



**Architektengerechte  
Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung  
von Tragwerken bei Baumaßnahmen im Bestand**

**Dissertation Mathias Wirths**

# **Architektengerechte Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken bei Baumaßnahmen im Bestand**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Ingenieurwissenschaften  
am Fachbereich Architektur und Städtebau der Universität Siegen

vorgelegt von:

Dipl. Ing. Architekt Mathias Wirths

Gutachter:

Univ. -Prof. a. D. Dr. - Ing. Wilfried Führer, RWTH Aachen (erster Gutachter)

Univ. -Prof. Dipl. Ing. Friedhelm Stein, Universität Siegen

Datum der Disputation: 23.04.2008

## **Vorwort**

Diese vorgelegte Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in den Fachgebieten „Tragkonstruktionen“ und „Planen und Bauen im Bestand“ des Fachbereichs Architektur und Städtebau der Universität Siegen.

Die Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des Fachbereiches und vielen interessierten Studierenden hat mich gute Erfahrungen in Forschung und Lehre sammeln lassen und mir Freude an meiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter geschenkt.

Nun ist, im eigentliche Wortsinn, Gott sei Dank, die vorliegende Arbeit verfasst. Aber auch vielen irdischen Adressaten freue ich mich, meinen Dank aussprechen zu können.

Herzlich gedankt sei Prof. Dr. Ing. Wilfried Führer und Prof. Dipl. Ing. Friedhelm Stein für das Interesse an meiner Arbeit und die Übernahme der Gutachten.

Prof. Dr. Ing. Wilfried Führer hat mir die Möglichkeit eröffnet, an den Doktorrandenseminaren seines Lehrstuhles an der RWTH - Aachen teilzunehmen sowie durch gemeinsam durchgeführte Seminare Erfahrung in der Lehre zu sammeln. Stets hat er mich bei der Arbeit an der Dissertation ermutigt und unterstützt.

Prof. Dipl. Ing. Friedhelm Stein hat mich von der Wahl des Themas bis zur Abgabe der Arbeit bestärkt und unterstützt. Sein Engagement ermöglichte mir die Mitarbeit in dem, von ihm an der Universität Siegen vertretenen, Fachgebiet Tragkonstruktionen. Er war jederzeit bereit meine Fragen kritisch, kompetent und konstruktiv zu erörtern. Ohne die vielen nahrhaften Diskussionen wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Des Weiteren möchte ich danken:

Vertr. Prof. Dipl. Ing. Claus Anderhalten und Prof. Dipl. Ing. Klaus Block für lehrreiche Zusammenarbeit im Fachgebiet „Planen und Bauen im Bestand“ sowie zahlreiche Informationen zu Bauprojekten aus „erster Hand“,

Prof. Dr.-Ing. Dr.- phil. (NL) Karl Kiem für die Möglichkeit, in Zusammenarbeit mit seinem Fachgebiet Bauaufnahmen zu betreuen,

Prof. Dipl. Ing. Hanns M. Sauter für das Entfachen der Begeisterung an der Architektur während meines ersten Studiums und hilfreiche Diskussionen,

den Mitgliedern des „Interdisziplinären Kompetenzzentrum Altbau“ für gute Zusammenarbeit und Verständnis während der Ausarbeitung der Dissertation, Arno Schneider für die Zusammenarbeit bei der Konzeption der Datenbank, den Studierenden Hamse Achenbach, Christof Ahlers, Alexander Görg, Arno Hartmann, Sebastian Kühn, Norbert Krähling, Henning Saal, Roland Schneider und Matthias Wohlfahrt für ihr besonderes Engagement auf den Themengebieten „Tragkonstruktionen“ und „Planen und Bauen im Bestand“, allen, die diese Arbeit durch Auskünfte oder das Bereitstellen von Unterlagen, hier sei besonders Herr Rolf Schulte-Spechtel (Büro Jockwer) genannt, gefördert haben.

Vor allem aber gilt mein Dank meiner Frau Brigitte für unendlich viel Unterstützung und Zuspruch, allen weiteren Mitgliedern unserer Familie, besonders Carla und Lukas für viel Geduld mit einem „schreibenden“ Papa.

In der vorliegenden Arbeit werden die Bezeichnungen Architekt und Ingenieur für beide in dem jeweiligen Beruf tätigen Geschlechter verwendet. Diese, der Leserlichkeit dienende, Vereinfachung möchte nicht den erfreulich hohen Frauenanteil in diesen Berufsgruppen negieren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>7</b>
1.1	Ausgangslage	7
1.2	Ziele	8
1.2.1	Beitrag zur Weiterentwicklung von Untersuchungs- und Planungswerkzeugen	8
1.2.2	Verbesserung der Kompetenz und der Kommunikationsfähigkeit von Architekten	9
1.2.3	Beitrag zur Lehre	10
1.3	Vorgehensweise	10
<b>2</b>	<b>„Neues Garn für alte Nahtstellen“</b>	<b>12</b>
2.1	Problematik Alt/Neu in Konstruktion und Gestaltung	12
2.2	Besondere Bedeutung des Tragwerkes beim Planen und Bauen im Bestand	18
2.3	Einordnung der Arbeit	22
2.3.1	Was bedeutet architekturengerecht?	24
2.3.2	Benachbarte Forschungsbereiche	26
<b>3</b>	<b>Erfassung</b>	<b>30</b>
3.1	Einleitung	30
3.2	Auswertung von Bestandsunterlagen hinsichtlich der Geometrie des Gebäudes	33
3.2.1	Quellen von Bestandsunterlagen	33
3.2.2	Verarbeiten von Papierzeichnungen für CAD	36
3.3	Vor-Ort-Erfassung der Geometrie	40
3.3.1	Messgeräte und -methoden	40
3.3.1.1	Traditionelle Messmethoden	41
3.3.1.2	Laserdistanzmessgerät	42
3.3.1.3	Tachymeter / EDV – gestützte tachymetrische Verfahren	44
3.3.1.4	Einbild- und Stereofotogrammetrie	47
3.3.1.5	3D – Laserscanner	49
3.3.1.6	Sonstige	51
3.3.2	Erfassung der Geometrie an Beispielen	53
3.3.2.1	Villa la rocca, Volterra	53
3.3.2.2	Die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe	58
3.3.2.3	Nikolaikirche, Siegen	63
3.3.2.4	Ev. Gemeindehaus, Duisburg – Ruhrort	70
3.3.2.5	Kleine Objekte	77
3.4	Auswertung der Fallbeispiele	82
3.4.1	Besonderheiten bei der Bauaufnahme von Tragwerken	83
3.4.2	Beurteilung der verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für Architekten	89
3.5	Qualitative Erfassung	96
3.5.1	Lasten	97
3.5.2	Auswertung von Bestandsunterlagen hinsichtlich der qualitativen Eigenschaften der vorhandenen Bauteile	98
3.5.2.1	Erfassen von statischen Unterlagen	98
3.5.2.2	Weitere Informationsquellen zur Erfassung der Qualität des Tragwerkes	101
3.5.3	Schäden an Tragwerken	106
3.5.3.1	Schäden an Holzkonstruktionen	108
3.5.3.2	Mauerwerkkonstruktionen	116
3.5.3.3	Stahlbetonkonstruktionen	125
3.5.3.4	Schäden an Eisenkonstruktionen (Stahlkonstruktionen)	130
3.5.4	Baustoffkennwerte	139
3.5.4.1	Holz	139
3.5.4.2	Mauerwerk	141
3.5.4.3	Stahl (Eisen)	142
3.5.4.4	Stahlbeton	144
3.5.5	Messgeräte und -methoden	146
3.5.5.1	Visuelle Überprüfung	146
3.5.5.2	Klopf- /Horchtechnik	146

3.5.5.3	Springen.....	147
3.5.5.4	Fühlen/ Riechen.....	147
3.5.5.5	Überprüfung von Holzbauteilen mit Zimmermannshammer.....	147
3.5.5.6	Bewehrungssuchgerät, Betonüberdeckung.....	147
3.5.5.7	Ermittlung der Betondruckfestigkeit an Bohrkernen.....	148
3.5.5.8	Ermittlung der Steindruckfestigkeit an Steinproben.....	149
3.5.5.9	Schmidthammer.....	149
3.5.5.10	Ermittlung der Stahlzugfestigkeit.....	150
3.5.5.11	Ermittlung der Karbonatisierung.....	151
3.5.5.12	Mörtelanalysen.....	152
3.5.5.13	Endoskopie, Videoskopie.....	153
3.5.5.14	Thermografie.....	154
3.5.5.15	Feuchtemessung.....	158
3.5.6	Qualitative Erfassung an Beispielen.....	161
3.5.6.1	Die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe.....	161
3.5.6.2	Autohaus in Olpe.....	166
3.5.6.3	Ehemalige Schule in Wenden.....	177
3.5.6.4	Ev. Gemeindehaus Duisburg.....	182
3.5.6.5	Ev. Kirche, Weidenau.....	188
3.5.6.6	Thermografieaufnahmen Handwerksbetrieb.....	191
3.5.6.7	Gemeindehaus FeG, Waldbröl.....	193
3.5.6.8	Umbau Scheune zu Wohnhaus.....	197
3.5.6.9	Fachwerkhaus mit Befall durch Hausschwamm.....	198
3.6	Auswertung der Fallbeispiele.....	202
3.7	Entwicklungen und Anregungen zur architekturengerechten Erfassung.....	204
3.7.1	Zu erwartende Entwicklungen auf dem Gebiet der Erfassung.....	204
3.7.2	Was erfasse ich wie ?.....	208
3.7.3	Aufmaß - Möbel.....	210
3.7.4	Bildverzerrung historischer Baustellenbilder.....	211
3.7.5	Kombination von Bildverzerrung und Thermografie.....	214
<b>4</b>	<b>Bewertung.....</b>	<b>223</b>
4.1	Einleitung.....	223
4.1.1	Allgemeine Kriterien bei der Bewertung eines Gebäudes.....	224
4.1.2	Bewertungsprozesse in der Architektur.....	225
4.2	Bewertung von Tragkonstruktionen.....	229
4.2.1	Bewertung von Schäden.....	231
4.2.2	Bewertung von Verformungen.....	234
4.2.3	Bewertung der Materialeigenschaften.....	238
4.2.4	Bewertung des Tragwerkes hinsichtlich Änderungsmöglichkeiten.....	239
4.2.5	Bewertung von Tragsystemen.....	246
4.2.5.1	Biegeträger.....	247
4.2.5.2	Stützen.....	249
4.2.5.3	Wände (Scheiben).....	253
4.2.5.4	Platten.....	256
4.2.5.5	Fachwerke.....	257
4.2.5.6	Rahmen.....	260
4.2.5.7	Bögen.....	262
4.2.6	Hilfen zur Bewertung von Tragwerken.....	263
4.2.7	Beispielprojekte.....	269
4.2.7.1	„Neue mechanische Werkstatt“ der Charlottenhütte, Niederschelden.....	269
4.2.7.2	Bushof, Aachen.....	274
4.2.7.3	Ev. Kirche, Weidenau.....	279
4.2.7.4	„Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe.....	284
4.2.7.5	Gemeindehaus FeG, Waldbröl.....	291
4.2.7.6	Schule in Wenden.....	298
4.2.7.7	Autohaus in Olpe.....	299
4.2.7.8	Kunsthause Tacheles, Berlin.....	303
4.2.8	Auswertung der Fallbeispiele.....	308
4.2.8.1	Bewertungsstufen.....	308

4.2.8.2	Architektengerechte Bewertungsstufen .....	312
4.2.8.3	Prozessabläufe .....	313
<b>5</b>	<b>Ertüchtigung .....</b>	<b>315</b>
5.1	Tüchtig, tüchtig! .....	315
5.2	Ertüchtigung von Tragelementen aufgrund erhöhter Lasten .....	316
5.2.1	Ertüchtigung von Biegeträgern .....	317
5.2.2	Ertüchtigung von Stützen .....	326
5.2.3	Ertüchtigung von Wänden .....	328
5.2.4	Ertüchtigung von Fachwerken .....	332
5.2.5	Ertüchtigung von Platten .....	335
5.2.6	Ertüchtigung von Rahmen .....	337
5.2.7	Ertüchtigung von Bögen .....	340
5.3	Ertüchtigung wegen geplanter Schwächung/ Entfernen von Tragelementen .....	342
5.3.1	Entfernen von Wänden .....	342
5.3.1.1	Entfernen von Wänden mit Vertikallast .....	343
5.3.1.2	Entfernen von Wänden zur Gebäudeaussteifung .....	346
5.3.1.3	Entfernen von Wänden zur Knickaussteifung .....	347
5.3.1.4	Herstellen großer Wandöffnungen .....	348
5.3.2	Entfernen sonstiger Tragelemente .....	349
5.4	Sonstige Ertüchtigungsmaßnahmen .....	353
5.5	Beispielprojekte .....	356
5.5.1	Burg Stolberg .....	357
5.5.2	Heilig - Geist - Kirche in Werder, Havel .....	362
5.5.3	Hochschule für Kunst und Design, Halle .....	367
5.5.4	Erweiterung einer Grundschule .....	371
5.5.5	Gemeindehaus FeG, Waldbröl .....	376
5.5.6	Altes Pumpwerk, Berlin, Schandauer Straße .....	380
5.5.7	Hahn-Meithner-Institut, Berlin .....	384
5.5.8	Lokhalle, Göttingen .....	387
5.6	Auswertung der Fallbeispiele .....	389
<b>6</b>	<b>Entwicklungen und Forschungspotential .....</b>	<b>391</b>
6.1	Hergeleitetes Anforderungsprofil an ein Hilfswerkzeug .....	391
6.2	Vorbereitung einer Datenbank für Baumaßnahmen im Bestand .....	394
6.2.1	Was sind Datenbanksysteme? .....	394
6.2.2	Studie über das nachträgliche Erfassen von Daten .....	396
6.2.3	Typologisierung von Gebäuden zur Erleichterung der Bewertung .....	399
6.2.4	Konzept Datenbank „Bauen im Bestand“ .....	410
6.3	Weitere Bausteine eines rechnergestützten Werkzeuges .....	422
6.3.1	Anregungen auf der Basis von Datenbanksystemen .....	424
6.3.1.1	Historische Entwicklung von Einheiten, Baustoffbezeichnungen, Bauvorschriften und Normen .....	424
6.3.1.2	Bautechnische Merkmale typischer Bauteile .....	425
6.3.2	Anregungen auf der Basis von Expertensystemen .....	427
6.3.2.1	Was sind Expertensysteme? .....	427
6.3.2.2	Ermittlung von Eigenschaften historischer Stahlprofile .....	428
6.3.2.3	Rechnergestütztes Diagnosesystem Holzschädlinge .....	430
6.3.2.4	Schadstoffe .....	433
6.3.2.5	Entwicklung rechnergestützter Bewertungsschemata von Tragwerken .....	434
6.4	Zusammenfassung .....	436
6.5	Schlussbemerkungen und Ausblick .....	438
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>441</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis .....	441
7.2	Literaturverzeichnis .....	454
7.3	Sonstige Quellen .....	462

# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangslage

Die große Bedeutung des „Bauens im Bestand“ ist mittlerweile für alle Baubeteiligten offensichtlich. Unter dem Thema „Bauen im Bestand“ findet man eine große Bandbreite unterschiedlicher baulicher Maßnahmen mit vorhandener Bausubstanz.

Dies reicht von den periodisch anfallenden Instandhaltungsmaßnahmen an einzelnen Gebäuden bis zur kompletten Umgestaltung und Ergänzung eines Quartiers mit Veränderung der Nutzung.

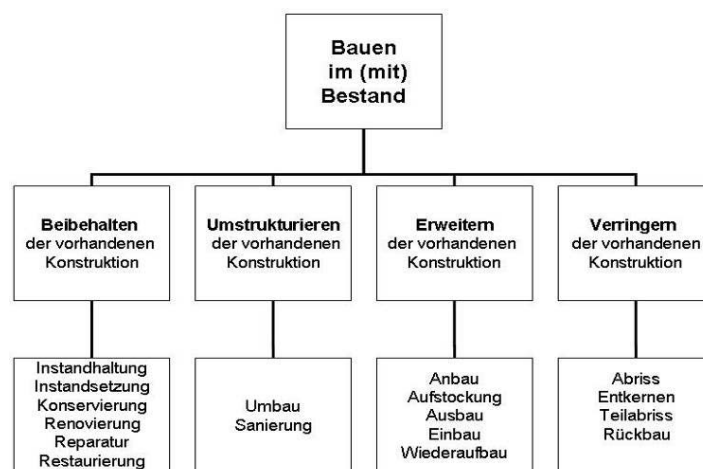


Abbildung 1-1 - Baumaßnahmen im Bestand

Das Investitionsvolumen der Baumaßnahmen im Bestand hat bereits das für Neubauten überschritten. Dieser Trend wird sich weiter verstärken.

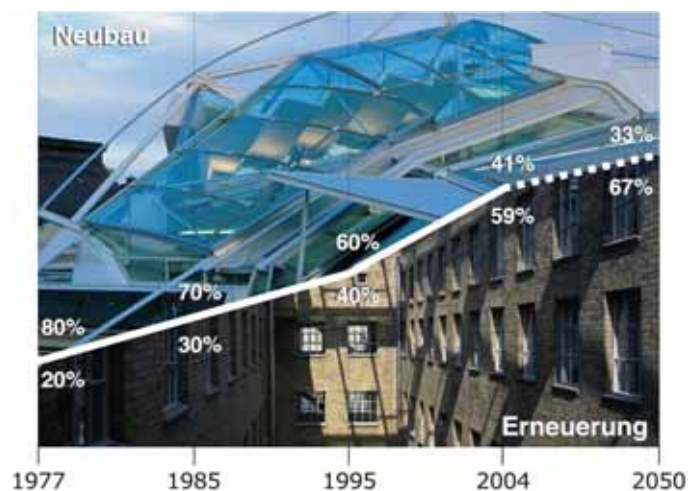


Abbildung 1-2 - Entwicklung der Anteile von Neubau & Erneuerung (Q.: <http://www.ibt.tu-braunschweig.de/fileadmin/BilderDateiUpload/Allgemeines/erneuerung-neubau2b-weiss.jpg>, 17.01.2008)



Ursachen hierfür sind u. A.:

- Gesellschaftliche Anerkennung des charakteristischen, Stadtbild prägenden Wertes von Altbauten.
- Eine bereits erreichte hohe Versiegelung im Stadtraum.
- Die zunehmende Diskrepanz zwischen Nutzungsdauer und Lebensdauer von Hochbauten.
- Die Umgestaltung der Industriegesellschaft zur Dienstleistungsgesellschaft.
- Die demographische Entwicklung in der Bundesrepublik und die, mit dem Bevölkerungsrückgang verbundene, geringere Nachfrage für Wohnraum insgesamt, dabei jedoch veränderte Anforderungen an Wohnungen (höherer Flächenbedarf pro Person)
- Hoher Modernisierungsbedarf der vorhandenen Bausubstanz, insbesondere für notwendige energetische Sanierungsmaßnahmen.

Die Ausbildung der Architekten beginnt, diesem Umstand Rechnung zu tragen. Studienschwerpunkte rund um das Themengebiet „Planen und Bauen im Bestand“ werden verstärkt von den Hochschulen angeboten.

Ein interdisziplinärer wissenschaftlicher Austausch zwischen Architekten und Ingenieuren ist auf diesem Gebiet jedoch kaum zu finden.

## **1.2 Ziele**

### **1.2.1 Beitrag zur Weiterentwicklung von Untersuchungs- und Planungswerkzeugen**

Ein Ziel der Arbeit ist, Studierenden der Architektur und Architekten Werkzeuge und Methoden für die Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken bei Baumaßnahmen im Bestand darzulegen.

Durch Erprobung, Vergleich, Bewertung hinsichtlich der Tauglichkeit für Architekten, sowie Kombination und punktueller Verbesserung einzelner Verfahren und Methoden, sollen Weiterentwicklungen der Untersuchungs- und Planungswerkzeuge zur Steigerung von Planungseffizienz und -qualität erläutert oder angeregt werden.

Dabei erfolgt, aufgrund der großen Bandbreite der tangierten Fachgebiete, beispielhaft eine vertiefende Betrachtung in Teilbereichen.

### **1.2.2 Verbesserung der Kompetenz und der Kommunikationsfähigkeit von Architekten**

Schwerpunkt der Betrachtungen sind die frühen Planungsphasen. Gerade hier hat der Architekt den größten Einfluss auf die Kostenentwicklung einer Bauaufgabe. Es soll belegt werden, dass eine architekturegerechte Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes dem Architekten einen Teil von verlorenen Kompetenzen bei diesem Planungsprozess zurückgibt.

Somit handelt es sich hierbei auch um ein Plädoyer, sich der Verantwortung für den gesamten Planungsprozess bei Baumaßnahmen im Bestand zu stellen.

Architekten soll Mut gemacht werden, über den eigenen Tellerrand hinaus in andere Fachgebiete hineinzuschauen, um so ein Gebäude zuerst verstehen zu lernen, das Verstandene mit den neuen Anforderungsprofilen kreativ zu verbinden und später auch umsetzen zu können.

Diese Arbeit behandelt hauptsächlich das Tragwerk. Um ein Gebäude in seiner Gesamtheit zu „begreifen“, sind viele weitere Aspekte, weitere Fachdisziplinen, die interessierten Architekten „architekturegerecht“ zu erschließen sind, zu beachten.

„Es ist bezeichnend, daß ein Außenseiter, der Ingenieur Klaus Pieper, in seinem maßgeblichen Buch das Problem der Denkmalpflege besser begriffen und seine Lebensarbeit besser als die Architektengeneration unserer Zeit formuliert hat: ‚Sicherung historischer Bauten‘.“ (*Petzet/Mader1993, S.146*).

Wenn man etwas von dem offensichtlichen Zorn, der in den Worten Gert Maders steckt, abzieht und man in diesem Fall ausnahmsweise das „Problem der Denkmalpflege“ auch auf den gewöhnlichen Altbau bezieht, zeigt uns doch dieses Zitat, dass Impulse aus verschiedenen Fachdisziplinen (hier der Tragwerklehre) helfen das Bestandsgebäude in Gänze zu verstehen.

### **1.2.3 Beitrag zur Lehre**

An vielen Stellen ist die vorliegende Arbeit eine Vorarbeit für weitere Forschungsschwerpunkte, die eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Architektur, Ingenieurs- und Medienwissenschaften verlangt. Hierbei kann der Architekt genau das tun, was in vielen Fällen die Hauptaufgabe seines Schaffens ist, das kreative Vermitteln zwischen den einzelnen Fachgebieten.

Die Lehre im Fachgebiet „Planen und Bauen im Bestand“ erfolgt ( unter diesem oder ähnlichem Titel) in Deutschland zur Zeit, nach einer Recherche des Deutschen Architektenblattes vom Juni 2007, an 10 Hochschulen(*Raschke2007, S.81*), dem Verfasser sind zwei weitere Studiengänge bekannt. Die einzelnen Studiengänge sind, im Vergleich zum übrigen Lehrangebot an Architekturfakultäten, relativ jung.

Dies zeigt, dass dem Thema zunehmend Bedeutung beigemessen wird. So ist es nicht zuletzt auch ein Ziel dieser Arbeit, einen Beitrag zur Tragwerklehre beim Bauen im Bestand zu leisten.

### **1.3 Vorgehensweise**

Die Wissensvermittlung für Architekten ist durch ein Lernen an Beispielen geprägt. Hierbei geht es natürlich nicht um ein Nachahmen, sondern die eigenständige Auseinandersetzung mit vorbildlichen ästhetischen und technischen Lösungen. Die Erläuterung von praxisnahen Beispielprojekten ist daher auch wichtiger Bestandteil dieser Arbeit.

Die jeweils in den Projekten durchgeführten Methoden werden vorab erläutert. Anhand von Architekten oder Studierenden der Architektur bearbeiteten Projekten wird die Durchführung der Methoden in der Praxis dargelegt. Bei den in Kapitel 3 und 4 beschriebenen Projekten (außer 4.2.7.8) wirkte der Autor aufgrund seiner Tätigkeiten in dem „Interdisziplinären Kompetenzzentrum Altbau“ der Universität Siegen, der universitären Lehre und im eigenen Architekturbüro in ausführender oder koordinierender Weise mit.

Es folgt jeweils eine kritische Betrachtung hinsichtlich der Tauglichkeit als architekturengerechte Methoden bei der Erfassung , Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes.

Abschließend werden aus den dargelegten Beispielen Schlüsse für die Verbesserung des Planungs- und Untersuchungsprozesses gezogen.

Bei der oben angesprochenen Wissensvermittlung an Beispielobjekten liegt es nahe, dass die gewonnenen Erkenntnisse aus der kritischen Betrachtung der Beispielobjekte in Überlegungen zu einem Werkzeug zur Verbesserung des Planungsprozesses münden, welches sich ebenfalls dem exemplarischen Darstellen bedient:

einer Datenbank von durchgeführten Umbaumaßnahmen, welche, neben dem eigentlichen Projekt, auch die Planungsabläufe und Interaktionen der am Bau Beteiligten darlegt.

.

## 2 „Neues Garn für alte Nahtstellen“

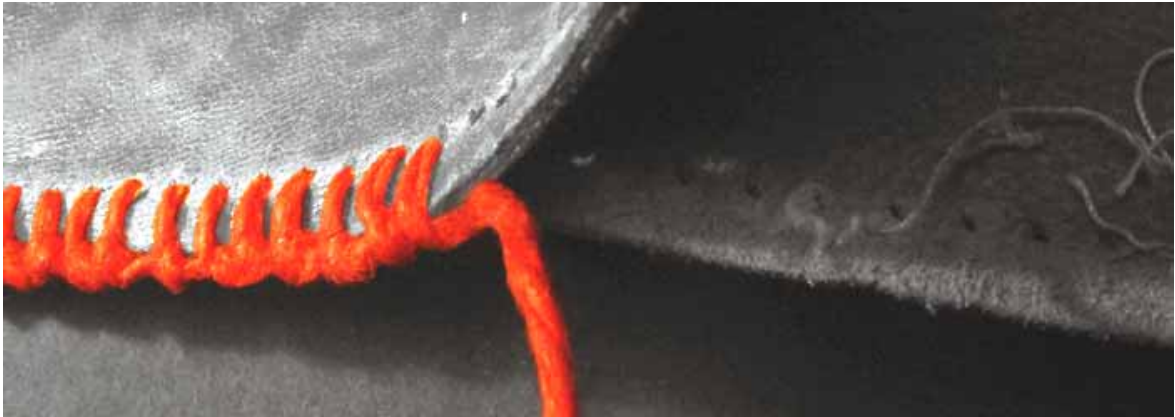


Abbildung 2-1 - Neues Garn... (Q.: E. Wellhausen)

### 2.1 Problematik Alt/Neu in Konstruktion und Gestaltung

“Neues Bauen in alter Umgebung ist etwas Selbstverständliches, ist ein Problem, das es immer gab.“ (Karljosef Schattner in Schirmbeck1994, S.103).

Diese Aussage von Karljosef Schattner zeigt, dass das Bauen im Bestand wahrlich keine Neuentdeckung von den Baukundigen und Fachliteraten unserer Tage ist. Es ist jedoch eine Tatsache, dass sich, wie oben erwähnt, die Bautätigen mehr und mehr auf dieses Feld konzentrieren.

Interessant ist aber auch, dass selbst Schattner als eine Ikone der Architekten, die im Bestand bauen, zu der Einschätzung gelangt, dass es sich hierbei um ein „Problem“ handelt.

Was macht das Bauen im Bestand nun zum „Problem“?

Anders ausgedrückt, was unterscheidet das Bauen im Bestand vom Neubau?

Der Architekt, der im Bestand baut, gleicht einem Reisenden, der ein Zugabteil betritt in dem sich bereits eine Person befindet.

Beginnt der Reisende einen Dialog? Versucht jeder den anderen möglichst in Frieden zu lassen oder entsteht sogar Streit, weil einer vermeintlich auf dem reservierten Platz des anderen sitzt?

Das weitere Geschehen in dem Abteil hängt vom Verhalten und Charakter beider Personen ab.

Das Zusammentreffen von Alt und Neu verlangt vom Architekten eine Haltung einzunehmen. Um diese Haltung wurde und wird immer wieder gerungen. Fügen, Trennen, Kontrastieren, Überformen, Anpassen, Verbinden sind Schlagworte, die die Bandbreite der Gestaltungsmöglichkeiten bei dem Zusammentreffen von Alt und Neu lediglich anreißen. Gunnar Asplund hat bei dem Anbau an das Rathaus in Göteborg selbst lange um die, seiner Meinung nach, richtige Haltung gesucht.

Das Ergebnis ist beispielgebend. Seinen Studenten sagte er:

*„Als zukünftige Architekten sollt ihr bei der Begegnung von Alt und Neu von den vier wesentlichen Komponenten architektonischer Gestaltung*

- *Proportionsverhältnisse*
- *Maßstabsbeziehungen*
- *Architekturmerkmale sowie*
- *Material- und Farbwerte*

*jeweils nur zwei aufnehmen, damit unsere gegenwärtige Zutat, das Weiterbauen, nicht den Vorwurf eklektizistischer Verhaftung erhält“*

*(Gunnar Asplund zitiert nach Schirmbeck1994, S.13)*



**Abbildung 2-2 - Rathaus Göteborg, Anbau: G. Asplund (Q.: Caldenby/ Hultin1985, S.106)**  
**Abbildung 2-3- Entwurfsvarianten der gleichen Ansicht (Q.: Caldenby/ Hultin1985, S.108)**

Auch wenn viele Architekten den von Asplund beschriebenen Entwurfsansatz übernommen oder weiterentwickelt haben, also das sichtbare aber respektvolle Gegenüber von Alt und Neu - hier seien die Werke von Carlo Scarpa und Karljosef Schattner erwähnt - sind doch heute bei dem Umgang mit alter Bausubstanz die unterschiedlichsten Strömungen zu beobachten, die vom Abriss ungeliebter Klassiker der 50iger Jahre über die kritische Rekonstruktion bis zu historisch

verkleideten Konsumoasen reichen. Die folgenden Beispiele zeigen einen Ausschnitt möglicher Herangehensweisen beim Bauen im Bestand.

### Die Kunst der Fuge zwischen Alt und Neu

Carlo Scarpa und Karljosef Schattner



Abbildung 2-4 - Carlo Scarpa: Castel Vecchio, Verona ( Q.: C. Anderhalten)

Abbildung 2-5 - Karljosef Schattner: Diözesanmuseum, Eichstätt

### Altes in neuem Glanz:

Sanierung des Bodemuseums, Berlin, Arch. Ernst von Ihne 1897 – 1904, Sanierung/  
Wiederaufbau Büro Heinz Tesar 2000 - 2006



Abbildung 2-6 - Treppenhaus Bodemuseum

Abbildung 2-7 - Saniertes Rundfenster in Rotunde

### Neues in altem Glanz:

Der Wiederaufbau der Frauenkirche wurde kontrovers diskutiert und ist wegen der besonderen Bedeutung des Gebäudes sicherlich ein Sonderfall. Weniger Sonderfall sind die vollkommen neu entstandenen Wohngebäude vor der Frauenkirche, die sich mit ihrer scheinbar historischen Fassade sicherlich gut vermarkten lassen.



Abbildung 2-8 - Frauenkirche, Dresden (2006)

Abbildung 2-9 - Wohnbebauung vor der Frauenkirche

### „Auferstanden aus Ruinen“

Weiterbauen an der Elisabethkirche, Berlin – Mitte, Arch.: K. F. Schinkel 1833 – 1835, K. Block 1992 – 2005



Abbildung 2-10 - Elisabethkirche 1993 (Q.: K. Block)

Abbildung 2-11 - Elisabethkirche 2006

### Abgerissen wegen „Auferstanden aus Ruinen...“ ?

Abbrucharbeiten am Palast der Republik, der Wiederaufbau des Berliner Schlosses ist bereits beschlossen (die Wiedereinführung der Monarchie nicht)



Abbildung 2-12 - Palast der Republik 2006

Abbildung 2-13 - Palast der Republik 2007



**Abreißen wegen Mangel an Bewusstsein, Mitteln, Kreativität...**  
**Drohender Abbruch eines denkmalgeschützten Hochhauses der 1950iger Jahre in Siegen**



**Abbildung 2-14 - Thyssen-Krupp Hochhaus**  
**Abbildung 2-15 - Anbau**

### **Implantieren**

**Das „Haus im Haus“ Prinzip bei der Stadtpfarrkirche in Müncheberg (Arch. K. Block), der Hochschule für Musik Hanns Eisler (ehem. Marstall), der FH Wildau (Arch. C. Anderhalten)**



**Abbildung 2-16 - Stadtpfarrkirche Müncheberg**  
**Abbildung 2-17 - Hochschule für Musik Hanns Eisler**  
**Abbildung 2-18 - Fachhochschule Wildau (Q.: C. Anderhalten)**

## Überformen

Verarbeitung eines Plattenbaus zur belgischen Botschaft 1999 – 2001

(Arch.: Rüttnik Architekten)



Abbildung 2-19 - Gleicher Bautyp auf gegenüberliegender Straßenseite

Abbildung 2-20 - Belgische Botschaft, Berlin

Neben den besonderen ästhetischen Anforderungen sieht sich der Architekt auch einer großen Zahl von technischen Problemen konfrontiert:

- Der Ablauf des Planungsprozesses ist in hohem Maße von der vorgefundenen Bausubstanz abhängig.
- Zur Erfassung und Bewertung des Bestandes, in geometrischer, technischer und qualitativer Hinsicht, muss eine umfangreiche Apparatur und Methodik beherrscht werden.
- Neben guten Kenntnissen zu aktuellen Baumaterialien und Bauweisen werden ebenso gute Kenntnisse zu alten Materialien und Bauweisen benötigt.
- Die logistischen Anforderungen sind in der Regel höher als bei einem Neubau (Entsorgung, Transport, Lagerung, Montage).
- Hinzu kommt oft erheblicher Zeitdruck für die Planung und Durchführung von Baumaßnahmen unter Aufrechterhaltung des laufenden Betriebs.
- Im Gegensatz zu Neubau-Maßnahmen kann kaum auf Standard-Lösungen zurückgegriffen werden.

Das Tragwerk stellt sowohl technische als auch ästhetische Anforderungen an die Architekten und ist bei Baumaßnahmen im Bestand unter diesen Gesichtspunkten zu bewerten.

## 2.2 Besondere Bedeutung des Tragwerkes beim Planen und Bauen im Bestand



Abbildung 2-21 - E-Werk, Berlin-Mitte, Umbau: 2004/05 Arch.: Hoyer & Schindele

Unter Tragwerk sind alle Bauteile zu verstehen, die bei den unterschiedlichsten auf ein Gebäude einwirkenden Kräften dafür sorgen, dass Standfestigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes gewährleistet bleiben. Wobei der Begriff Standfestigkeit (*Krauss/Führer/Willems1997, S.144*) oder auch Standsicherheit(*Krauss/Führer/Willems1997, S.129, Steffens2002, S.1*) und Tragsicherheit (*Steffens2002, S.1*) für das Vermeiden des Einsturzes des Gebäudes oder Teilen davon steht, Gebrauchstauglichkeit (*Krauss/Führer/Jürges2001,S.12*) die Verhinderung von Verformungen bedeutet, welche die Benutzung eines Gebäudes beeinträchtigen. Die Errichtung eines standfesten Gebäudes ist zu allen Zeiten Ziel der Baumeister gewesen, die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit haben sich jedoch im Lauf der Zeit stark verändert. Während das Durchhängen von Holzbalkendecken in

früheren Zeiten problemlos akzeptiert wurde, ist beispielsweise heute die zulässige Durchbiegung von Holzdecken im Wohnungsbau auf  $l/300$  beschränkt.

In der Fachliteratur wird neben dem Begriff „Tragwerk“, der Begriff „Tragkonstruktion“ bisweilen adäquat benutzt.

Das Tragwerk ist eine unter vielen Fachdisziplinen am Bau (Vermessung, Bauphysik, Haustechnik...).

Kuff betont besonders die gestalterische Aufgabe des Tragwerkes in der Architektur (Kuff2001, S.11ff.).

Der gestalterische, formgebende Charakter des Tragwerkes verursacht eine Verschmelzung zwischen Tragwerk und Architektur.

„Sie [die Form des Tragwerkes] ist selten alleinstehend, sie ist eingebettet zwischen anderen Bauelementen. Das bedeutet, dass die Form des Tragwerkes im Zusammenhang mit seiner Umgebung wahrgenommen wird“

(Polonyi/Walochnik2003, S. 330).

Durch seine gestaltgebende Funktion unterliegt das Tragwerk bei baulichen Maßnahmen an bestehenden Konstruktionen gleichen gestalterischen Fragestellungen bezüglich des Aufeinandertreffens von Alt und Neu wie das gesamte Gebäude . Setzt sich Neues kontrastierend ab, gleicht es sich dem Vorhandenen an? Wo ist „nur“ eine Reparatur gefragt, wo ist Neues deutlich zu zeigen?



**Abbildung 2-22 - Unterstützung einer Holzbalkendecke mit einem Stahlprofil**

**Abbildung 2-23 - Mit Polymerbeton sanierter Dachstuhl**

**Abbildung 2-24 - Angleichung ausgewechselter Fachwerkbalken durch Verkittung und späterem Farbauftrag**

Als Beispiel zeigen die in den Abbildungen 2-22 bis 2-24 dargestellten, relativ unscheinbaren Veränderungen ( Ertüchtigungen) alter Holzbalken unterschiedliche

gestalterische Herangehensweisen. Die in Abbildung 2-22 gezeigte Unterstützung einer Holzbalkendecke aus gewalzten Stahlprofilen setzt sich in Form, Farbe und Material von den vorhandenen Tragelementen ab.

Die Sanierung schadhafter Balken des Dachstuhles der Groten Kerk in Veere, NL mit anderem Material (Polymerbeton), ist durch eine angegliche Form und ähnliche Farbe der Baustoffe erst auf den zweiten Blick ersichtlich, bleibt aber zu erkennen (Abb.2-23).

Der Austausch durch Hausschwamm geschädigter Balken wird durch den Einbau historischer Holzbalken, Verkittung der Fugen und nach gleichfarbigem Anstrich nicht mehr ersichtlich sein (Abb. 2-24).

Es sind aber ja nicht nur ästhetische Fragen, die eine besondere Bedeutung des Tragwerkes ausmachen.

Tragwerk und Gebäude sind miteinander verwoben.

Gebäude ohne Haustechnik, Wärmeschutz, Feuchteschutz, Brandschutz, usw. sind möglicherweise mangelhaft, ohne Tragwerk sind sie gar nicht existent.

Die Architektin S. Ingendaaij erläutert eine gegenseitige Abhängigkeit von Form, - Nutzung und Material des Tragwerkes und des Gesamtgebäudes.

„Prinzipiell hängen also die Struktur eines Tragwerkes und die Struktur eines Gesamtbauwerks von den gleichen Faktoren ab. Das ist damit zu begründen, daß das Tragwerk nicht etwa ein zusätzlicher vierter Faktor im Gesamtbauwerks ist, sondern, daß das Tragwerk in allen drei Punkten mit der Struktur des Bauwerks zusammenhängt. Die Form des Tragwerkes ist ein Teil der Form des Bauwerks, das Material ein Teil des Bauwerkmaterials und so fort.“ (Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.63).

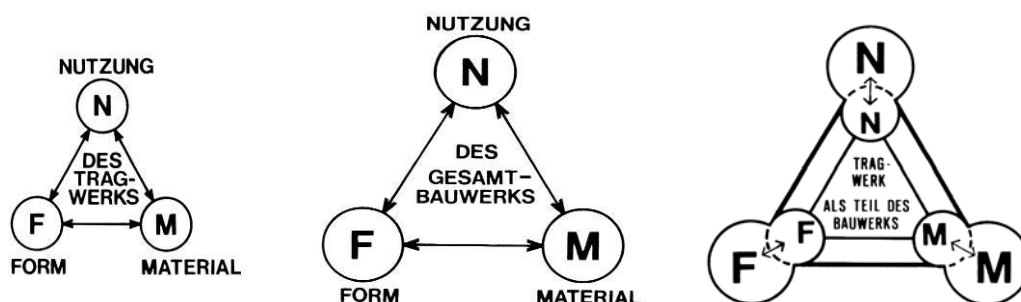


Abbildung 2-25 - Das Tragwerk und das Gebäude (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.63)

Weder Tragwerk noch Gebäude lassen sich in Gänze mit den drei benutzten Begriffen Form, Nutzung und Material fassen. Auch ist die Abhängigkeit von der Nutzung des Tragwerkes und der Nutzung des Gebäudes nicht immer gegeben. Schlüssig ist aber, dass alle Komponenten eines Tragwerkes unlösbar mit denen des Gesamtgebäudes verbunden sind.

Diese, auf den Entwurf von Tragwerken ausgerichteten, Überlegungen sind nicht nur für Neubauten zutreffend, sie gelten auch für den Altbau.

Der besondere Stellenwert des Tragwerkes gegenüber anderen Fachdisziplinen ist hier sogar noch größer.

Die Auswirkungen eines mangelhaften Tragwerkes sind, im Allgemeinen wesentlich folgenschwerer für das gesamte Gebäude, als dies bei den übrigen Fachdisziplinen der Fall wäre.

Bei der Umnutzung oder Sanierung bestehender Bausubstanz ist eine der ersten Fragen eines Bauherren: „Lohnt sich das denn noch?“.

Natürlich kann man eine solche Frage aus der Sicht eines Planers, der um den Erhalt unserer gebauten Vergangenheit bemüht ist, nicht **nur** nach ökonomischen Gesichtspunkten beantworten. „Bedauerlich“, dass diese Frage von Bauherren oft gerade so ökonomisch gemeint ist.

Bei der Beurteilung dieser Frage wird vor allem die Primärkonstruktion und damit das Tragwerk untersucht und bewertet, um in Erfahrung zu bringen, ob das vorhandene Gebäude in etwa den Wert eines Rohbaues hat. Fragen der Bauphysik oder der Haustechnik spielen hier kaum eine Rolle, da man von Anfang an davon ausgehen muss, dass die heutigen Standards in diesen Fachgebieten im Altbau nicht vorhanden sind.

Die Qualität des Tragwerkes ist also eines der wichtigsten Kriterien für die Beurteilung der „Weiterverwendbarkeit“ eines Gebäudes, denn ein stark geschädigtes oder für die neue Nutzung unbrauchbares Tragwerk kann zur Unwirtschaftlichkeit eines Umbauprojektes führen.

Die Sanierung eines Gebäudes geht oft einher mit einer Erhöhung der Eigenlasten der tragenden Bauteile, beispielsweise bei der Verbesserung des Schallschutzes einer Decke.

Nutzungsänderungen können höhere Verkehrslasten mit sich bringen, verursachen in der Regel den Verlust des Bestandschutzes. Dies bedeutet, dass die Tragfähigkeit gemäß der aktuellen Vorschriften nachgewiesen werden muss. Die Frage, welches Tragsystem vorliegt, entscheidet oft über die Durchführbarkeit einer beabsichtigten Umbaumaßnahme.

Änderungen der Last abtragenden Elemente in einem Gebäude verursachen meistens hohe Kosten und können dadurch eine Planung unwirtschaftlich erscheinen lassen. Das Tragwerk gibt also für viele Entwürfe Randbedingungen vor.

### 2.3 Einordnung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist auf der Nahtstelle zwischen Architektur und Ingenieurwissenschaften angesiedelt.

Diese Nahtstelle klafft bereits auf dem Gebiet des Neubaus teilweise weit auseinander.

„Der Graben ist tiefer und breiter geworden, die Verbindungen sind seltener und weniger tragfähig. Da, wo es keine überlappenden Kenntnisse aus Bauingenieurwesen und Architektur mehr gibt, folgt Unverständnis für die Arbeits- und Denkweise sowie die Aufgabe des anderen und schließlich Ignoranz.

Brückenschläge sind aber notwendig, denn wir haben es mit nur einem Objekt, dem Bau ... zu tun...“ (*Führer/ Ingendaaj/ Stein 1995, S10f.*).

Diesem Appell kann man sich beim Bauen im Bestand nur um so mehr anschließen, da für die Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung bestehender Tragsysteme umfangreiches Wissen in der Breite (Architektur) als auch in der Tiefe (Ingenieurwissenschaften) der heutigen **und** tradierten Baukunst benötigt wird.

Der Assistent Piepers (vgl. Kap. 1.2.2) in Braunschweig, Fritz Wenzel, initiierte den, von 1985 bis 1999 währenden, Sonderforschungsbereich 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“ an der TH Karlsruhe.

Eine Vielzahl von Forschungserfolgen und Hinweisen für die Praxis hat dieser Sonderforschungsbereich, an dem Ingenieure, Bauforscher, Denkmalpfleger und Architekten gemeinsam tätig waren, hervorgebracht.

Die Zusammenarbeit von Forschern verschiedener Fachgebiete hat zu einem neuen ganzheitlicheren Verständnis alter Bauten geführt.

*„Naturwissenschaftliche Erkenntnisgrenzen, vorgefertigte Meinungen über das Anzutreffende, Überschätzung eigener Bauweisen mit der entsprechenden Geringschätzung älterer Konstruktionen haben oft zu einer Arroganz gegenüber vorhandener Bausubstanz geführt, die erst langsam einer objektiveren Betrachtung weicht, zu welcher das Sonderforschungsprogramm 315 der Universität Karlsruhe wesentliche Impulse und Inhalte gegeben hat.“ (Georg Mörsch in Mörsch2005, S.35).*

Zudem geht es nach wie vor um ein Objekt, den Bau, und zwar einen bestehenden. Es handelt sich also nicht mehr nur um das eigene Werk, sondern auch um das vorheriger Kollegen und verpflichtet Architekten und Ingenieure gleichermaßen, sich um unsere gebaute Vergangenheit zu sorgen.

Die Ingenieurwissenschaften beschäftigen sich, verglichen mit der Architektur, wenig mit Entwurfsphasen, den Architekten wiederum fehlen meist das Wissen in der Tiefe und die Werkzeuge für ein frühes Bewerten der Tragkonstruktion.

Gelingt es hier, die Tauglichkeit von Methoden und Hilfen zu belegen, die den Architekten befähigen für die frühen Phasen des Planungsprozesses eigenverantwortlich zu handeln und im Fortlauf eines Projektes kompetent gestalterische und bautechnische Belange zu koordinieren sowie Varianten für notwendige Ertüchtigungsmaßnahmen erarbeiten zu können, so entsteht damit auch neues Garn, um teilweise aufklaffenden Nähte zwischen Architekten und Ingenieuren zu schließen. Nun könnte man behaupten, eigenverantwortliches Handeln durch Architekten bei der Erfassung und Bewertung, ja gar Ertüchtigung von Tragwerken, bedeutet, wenn es funktioniert, weniger Aufträge für Ingenieure, oder, wenn es nicht funktioniert, lediglich eine höhere Einsturzgefahr für die vom Architekten betreuten Objekte.

Weder das eine noch das andere soll der Fall sein.

Der Einsatz von Fachingenieuren wird keineswegs überflüssig.

Auch die besten architekturengerechten Methoden können nicht das Wissen eines Fachingenieurs ersetzen. Aber durch die Beschäftigung mit dem Wissen anderer Fachgebiete erreichen wir wieder mehr „überlappende Erkenntnisse“, Verständnis



für die Arbeits- und Denkweise des Anderen und schließlich einen dem Altbau dienlichen Dialog.

Neben diesen etwas ideellen Zielen spielen pragmatische Gründe eine wichtige Rolle. In den frühen Planungsphasen einer Baumaßnahme im Bestand ist oft noch nicht einmal die zukünftige Nutzung bekannt. Bei bekannter zukünftiger Nutzung weiß man nicht, ob das neue Anforderungsprofil und das dem Gebäude eingeschriebene Profil zu realistischen Kosten in Einklang gebracht werden können.

Die Machbarkeit eines Bauprojektes im Bestand kann oft erst durch den Entwurf, durch die zu Papier gebrachte Idee, entschieden werden.

Bis zu dieser Entscheidung werden Investoren versuchen, die Kosten für die Vorplanung und somit den Einsatz von Fachingenieuren möglichst gering zu halten, da das Risiko, dass sich das ganze Projekt nicht realisieren lässt, im Altbau höher ist als bei Neubauten.

Ist der Architekt hier in der Lage die erforderlichen Daten für den Vorentwurf kostengünstig selbst zu erheben, ist die Schwelle für die Entscheidung zur Investition in den Baubestand nicht so hoch.

Dies sollte letztendlich auch dazu führen, dass schneller oder leichter eine Entscheidung zur Investition in den Altbau gefällt wird und ein Umbauprojekt leichter entwickelt wird. Dies kommt schließlich Architekten und Fachingenieuren zugute.

Wenn Investoren der weitergehenden Planung eines Projektes zugestimmt haben, müssen natürlich alle erforderlichen Fachingenieure zu Rate gezogen werden.

### **2.3.1 Was bedeutet architektingerecht?**

Der Titel „architektingerechte Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken“ scheint einen gewissen Widerspruch zu enthalten, denn die hier genannten Tätigkeiten schreibt man in der Regel Vermessern, Statikern und Bauforschern zu, Architekten nur zu einem kleinen Teil.

Was bedeutet in diesem Zusammenhang „architektingerecht“?

Die Ausbildung von Architekten ist darauf angelegt möglichst viele bauspezifische Fachgebiete soweit zu behandeln, dass der Architekt in der Lage ist, mit den verschiedenen Fachdisziplinen zu kommunizieren, die Belange aller am Bau Beteiligten zu erkennen und diese in den Planungsprozess einzubinden.

Die Grenzen der eigenen Kompetenzen sollten bewusst sein.

Dies bedeutet, sich darüber im Klaren zu sein, Einblicke, aber nicht erschöpfendes Fachwissen, in verschiedenen Fachdisziplinen zu haben.

Architektengerechte Methoden und Verfahren zur Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken sollten dies berücksichtigen.

Die Verfahren zur Erfassung müssen beispielsweise mit einem stark eingeschränkten geodätischen Wissen noch zu vertretbaren Ergebnissen führen. Vertretbar bedeutet hier nicht mit der höchstmöglichen Genauigkeit, sondern mit der, für die Planungsaufgabe angemessenen, Genauigkeit, relevant für den derzeitigen Planungsablauf.

Petzold (*Petzold2001, S.18f.*) prägt in diesem Zusammenhang den Begriff planungsrelevante Bauaufnahme ( s. Kapitel 3.4.2)

Des Weiteren muss davon ausgegangen werden, dass trotz steigender Bautätigkeit im Bestand, Architekten sich nicht täglich mit den beschriebenen Werkzeugen und Methoden befassen werden.

Vielmehr werden bisweilen größere Zeitspannen zwischen den einzelnen Anwendungen verstreichen.

Somit sollten die Methoden schnell zu erlernen und auch leicht zu behalten sein.

Hier ist es sicherlich von Vorteil, wenn Medien, die im Arbeitsalltag von Architekten gängig sind, wie Bilder und Zeichnungen zur Erfassung und Weiterverarbeitung von Informationen, herangezogen werden.

Zuletzt ist zu berücksichtigen, dass sich die Investitionen in einem Rahmen halten, der auch mittleren bis kleinen Büros den Umgang mit besagten Werkzeugen ermöglicht.

Architektengerechte Verfahren und Methoden müssen also leicht zu handhaben, preislich auch für kleinere und mittlere Büros vertretbar sein und nach relativ geringer Einarbeitungszeit zu angemessenen, entwurfsrelevanten Ergebnissen führen.

### 2.3.2 Benachbarte Forschungsbereiche

Die vorliegende Arbeit beschreibt in benachbarten Forschungsbereichen wie der Vermessungskunde, der Baustoffkunde, der Bauingenieurforschung oder der Denkmalpflege gebräuchliche Methoden, um diese, auf ihre architekturengerechte Anwendung hin, zu untersuchen. Den einzelnen Fachdisziplinen und ihrer jeweils unbestrittenen Bedeutung für das Planen und Bauen im Bestand kann und will diese Arbeit damit nicht in Gänze gerecht werden. Für die Denkmalpflege mit dem Auftrag die „Träger wichtiger Erinnerungen“ (Mörsch2005, S.77) der Gesellschaft zu schützen, soll dies näher erläutert werden.

Bei einer baulichen Veränderung einer Bestandsimmobilie gibt es, wie oben erwähnt, viele Faktoren, die den Planungs- und Bauprozess von dem eines Neubauprojektes unterscheiden.

Handelt es sich bei dem bestehenden Gebäude um ein Denkmal, sind die Anforderungen der Denkmalbehörden zu berücksichtigen.

Der Denkmalschutz in Deutschland ist in der Gesetzgebung der Bundesländer verankert. In NRW hat das Denkmalschutzgesetz vom 11. März 1980 Gültigkeit.

In §2 Absatz (1) und (2) werden Denkmäler und Baudenkmäler begrifflich definiert.

#### § 2

##### *Begriffsbestimmungen*

*(1) Denkmäler sind Sachen, Mehrheiten von Sachen und Teile von Sachen, an deren Erhaltung und Nutzung ein öffentliches Interesse besteht. Ein öffentliches Interesse besteht, wenn die Sachen bedeutend für die Geschichte des Menschen, für Städte und Siedlungen oder für die Entwicklung der Arbeits- und Produktionsverhältnisse sind und für die Erhaltung und Nutzung künstlerische, wissenschaftliche, volkskundliche oder städtebauliche Gründe vorliegen. Die Vorschriften des Landschaftsgesetzes bleiben unberührt.*

*(2) Baudenkmäler sind Denkmäler, die aus baulichen Anlagen oder Teilen baulicher Anlagen bestehen. Ebenso zu behandeln sind Garten-, Friedhofs- und Parkanlagen sowie andere von Menschen gestaltete Landschaftsteile, wenn sie die Voraussetzungen des Absatzes 1 erfüllen. Historische Ausstattungsstücke sind wie Baudenkmäler zu behandeln, sofern sie mit dem Baudenkmal eine Einheit von Denkmalwert bilden.“ (DSchG vom 11.03.1980).*

Je nach Bauaufgabe kann die Erfüllung denkmalpflegerischer Forderungen die oberste Priorität bei der Durchführung des Projektes haben. Dies ist bereits bei der Nutzungsfindung für ein Baudenkmal zu berücksichtigen. Eine Nutzung, die zu starke Eingriffe in die geschützte Substanz verlangt, wird die Denkmalschutzbehörde ablehnen, da Ziel des denkmalpflegerischen Handelns der Erhalt der Originalsubstanz ist. „Die weitestgehende Aussagefähigkeit besitzt die unveränderte originale Substanz, und auf deren Erhaltung ist tatsächlich der wesentliche Teil der denkmalpflegerischen Bemühungen bezogen.“ (Thomas2004, S.21).

Oft befindet sich die Denkmalpflege dabei in einem Interessenkonflikt, da eine Nutzungsänderung mit Substanzverlust einhergehen kann, ein Denkmal ohne Nutzung jedoch nicht unterhalten werden kann und somit, auf lange Zeit betrachtet, der komplette Verlust des Denkmals droht. In der Charta von Venedig wird dazu 1964 festgehalten:

„Artikel 5

Die Erhaltung der Denkmäler wird immer begünstigt durch eine der Gesellschaft nützliche Funktion. Ein solcher Gebrauch ist daher wünschenswert, darf aber Struktur und Gestalt der Denkmäler nicht verändern.“( zitiert nach Petzet/Mader1993,S.326).

Wo hört eine gewünschte „nützliche Funktion“ auf, wo wird die Gestalt und Struktur zu sehr verändert? Um diese Frage wird im Einzelfall gerungen. Weder gibt es den Architekten noch den Denkmalschützer. Das Ergebnis baulicher Veränderungen am Bauwerk ist somit auch von der Zusammenarbeit der Beteiligten abhängig.

*„Das Denkmal hat sich nicht um jeden Preis einer Nutzung anzupassen, sondern Art und Umfang der Nutzung sind dem Denkmal anzupassen“  
(Petzet/Mader1993,S.102)*

Diese rigoros erscheinende Forderung wird von demselben relativiert, wenn er wenig später darauf hinweist, dass es nach Abwägung aller Faktoren es zu Änderungen am Denkmal auch durch Nutzungsanforderungen kommen kann(s.u.).

„Der Denkmalpfleger wünscht sich als Partner den auf denkmalpflegerische Aufgaben spezialisierten Fachmann, der aufgrund der umfassenden

denkmalpflegerischen Voruntersuchungen...den historischen Bestand sichert, eine den historischen Bestand möglichst schonende Ausführungsplanung erarbeitet und die konservatorische und handwerkliche Ausführung auch im Detail überwacht. Das dazu notwendige denkmalpflegerische Gutachten aber sollte aufgrund eine wissenschaftlichen Analyse des Denkmals das denkmalpflegerische Grundkonzept erarbeiten, nach dem entsprechend den bereits oben dargelegten Grundsätzen... konserviert, restauriert, renoviert oder ergänzt werden soll bzw. unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie Bedeutung, Zustand, Nutzungsanforderungen usw. entschieden werden kann, ob Veränderungen, Umbau, Erweiterung, ja im Extremfall der Abbruch zu verantworten sind oder nicht.“ (Petzet/Mader1993, S.112).

Aus diesen Worten lässt sich ein hoher Anspruch an die Architekten beim Umgang mit dem Denkmal erkennen. In einem solchen Falle sind Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken auch immer aus der Sicht des Denkmalschutzes zu sehen.

Dabei erhalten viele Entscheidungen und Abläufe, seien sie gestalterischer oder ökonomischer Natur, eine gegenüber dem nicht denkmalgeschützten Altbau stark differierende Gewichtung.

Beispielsweise wird die Erfassung eines denkmalgeschützten Gebäudes teilweise noch von den Denkmalbehörden bezuschusst. Selbst wenn dies nicht der Fall ist, sind Bauherren eher geneigt ( mitunter durch Einflussnahme der Denkmalbehörde) mehr in die Erfassung zu investieren und frühzeitig Fachleute wie Kunsthistoriker, Restauratoren, Vermessungsingenieure, Tragwerkplaner, Bauchemiker, Bauphysiker usw. einzuschalten.

Die große Masse der Altbauten ist jedoch **nicht** denkmalgeschützt (s.u.).

Eine „wissenschaftliche Analyse“ vor Beginn der Planung im Sinne Michael Petzets ist hier nicht zu leisten.

Die hier vorliegende Untersuchung architektengerechter Methoden für die Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken geht daher auf denkmalpflegerische Gesichtspunkte nicht näher ein.

Dessen ungeachtet sollte jeder Planer einem bestehenden Gebäude den gleichen Respekt und sensiblen Umgang schulden, sei es ein Denkmal oder nicht. Die Forderungen nach Bewahrung alter Substanz ist nicht allein vom Denkmalschutz abhängig, sondern ist gerade unter bauökologischen und bauökonomischen Gesichtspunkten ganz einfach nur sinnvoll. Hierzu zählt natürlich die Überlegung, dem Bestand möglichst passende Nutzungen zuzumuten.

Auch lassen sich in vielen Fällen am Denkmal erprobte Vorgehensweisen auch am „profanen“ Altbau anwenden.

Daher wird in dieser Arbeit auch auf Literatur oder Beispiele aus dem Bereich Denkmalschutz zurückgegriffen.

„Baudenkmale machen zwar allenfalls 3% aller vorhandenen Gebäude aus, doch die für ihre Instandsetzung und Restaurierung entwickelten und bewährten Strategien sind fast immer auch auf den „Normalfall“ übertragbar.“ (*Cramer/Breitling2007, S. 9*).

Auch wenn den eingangs dieses Kapitels erwähnten Fachdisziplinen die Behandlung ihrer thematischen Schwerpunkte, wie soeben erläutert, ungenügend behandelt erscheinen muss, ist zu berücksichtigen, dass die Arbeit einem interdisziplinären Ansatz folgt. Nach Überzeugung des Verfassers ist es für Architekten wichtig, sich nicht auf ihr vermeintliches Feld der Kreativität zurückzuziehen, sondern ihrer Berufung als Mittler zwischen allen am Bau Beteiligten gerecht zu werden und so, um auf die Überschrift des Kapitels zurückzukommen, mit neuem Garn dafür zu sorgen, dass die Nähte zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen nicht reißen.

### 3 Erfassung

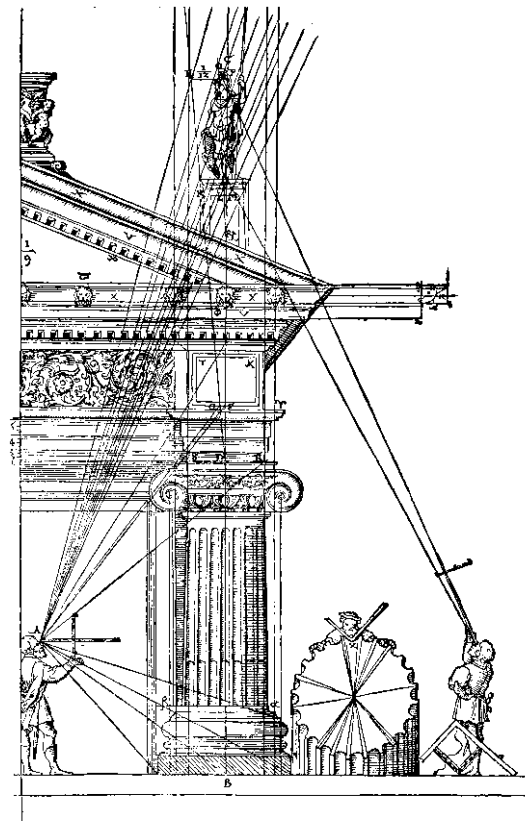
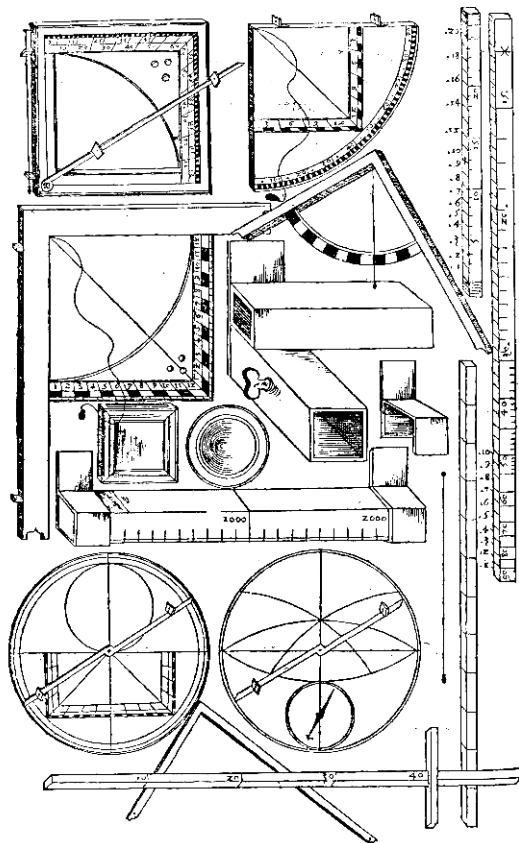


Abbildung 3-1 Instrumente zur Vermessung von Gebäuden, Zeichnung, W. Ryff 1547 (Q.: Docci/Maestri1994, S.99)

Abbildung 3-2 Erfassung der Gebäudegeometrie mit dem Jakobsstab, Illustration, 16. Jhd. (Q.: Docci/Maestri1994, S.98)

#### 3.1 Einleitung

„Der Architekt hat vor jeder Arbeit am historischen Bauwerk die notwendigen Bauaufnahmen durchzuführen .... Das ist eine Kunst, die heute kaum noch gelehrt wird. Die Fotogrammetrie ist zwar eine wertvolle Hilfe, kann aber nicht alles. Der Architekt muß selbst Kenntnisse der Kunst- und Baugeschichte des behandelten Bauwerkes besitzen. Es genügt nicht, daß diese von den Spezialisten vertreten werden, denn sie müssen von Anfang an in alle Überlegungen eingehen.“ (Pieper1983, S.6).

Der Bauingenieur Klaus Pieper fordert hier mehr Verantwortung durch die Architekten. Die von ihm geforderten Kenntnisse der Kunst- und Baugeschichte werden vielleicht bei profaneren Altbauten aus dem 20. Jahrhundert nicht in dem

Umfang benötigt wie bei den von Pieper betreuten Gebäuden (u. a. Dom zu Lübeck...), doch lässt sich der hiermit formulierte Anspruch auf weitere Fachgebiete übertragen. Das bedeutet:

Wenn es außer der Kunst- und Baugeschichte andere Wissensgebiete gibt, die für die Durchführung einer Baumaßnahme an einem bestehenden Gebäude Bedeutung gewinnen und somit „von Anfang an in alle Überlegungen eingehen“ (s. o.), also entwurfsbestimmend werden, muss der Architekt selbst Kenntnisse der Haustechnik, der Bauphysik oder eben des Tragwerkes „des behandelten Bauwerkes besitzen“ (s. o.).

Durch das Erfassen des Tragwerkes erhält der Architekt also entwurfrelevante Informationen aus erster Hand.

Der Architekt weiß (oder sollte es wenigstens wissen), welche Gebäudeteile mit welcher Genauigkeit erfasst werden müssen. Dadurch können Kosten für die Ansammlung überflüssiger Daten vermieden und Kosten für Spezialisten in den frühen Phasen des Entwurfes verringert werden.

Setzt man den Architekten mit einem Bausachverständigen gleich, scheint bereits Karl Staatsmann das finanzielle Problem des Einsatzes von Fachkräften erkannt haben.

*„Wo jedoch ein Geometer nicht zur Verfügung steht, oder dessen Entsendung an Ort und Stelle mit zu großen Kosten und Umständlichkeiten verbunden wäre, muß dann der Bausachverständige oder Archäologe die gesamte Aufmessung und zeichnerische Darstellung der bezüglichen Bauwerke usw. besorgen.“*  
(Staatsmann1910(a), S.2).

Es gibt also mindestens drei gute Gründe für eine architektengerechte Erfassung des Tragwerkes:

1. Genaue Kenntnis des vorh. Tragwerkes als entwurfsrelevanter Parameter
2. Kostenreduzierung zu Beginn des Planungsprozesses
3. Vertiefte Erkenntnisse in Fachdisziplinen erleichtern den Dialog mit den Fachplanern

An dieser Stelle ist zunächst zu klären, was unter „Erfassung des Tragwerkes“ verstanden werden kann. Die Erfassung setzt sich aus mehreren Bausteinen zusammen.



Teil der Erfassung ist die Bauaufnahme.

Wangerin definiert die Bauaufnahme und fußt dabei u. a. auf *Cramer1984* und *Staatsmann1910*:

„Bauaufnahme ist die Bestands- und Zustandserfassung eines dreidimensionalen Objektes und dessen Wiedergabe in zweidimensionalen maßstabgerechten Plänen und – soweit zeichnerisch nicht darstellbar – durch verbale Beschreibung. Damit lässt sich die Bauaufnahme als die Umkehrung des Prozesses beschreiben, der vom architektonischen Entwurf über die Bauausführung zum fertiggestellten, ggf. im Laufe der Zeit veränderten Bauwerk führt.“ (*Wangerin1992 / S.11*).

Petzold belegt zwar in einer Gegenüberstellung (*vgl. Petzold2001, S.16ff*) verschiedener Definitionen in der Fachliteratur, dass der Begriff Bauaufnahme nicht eindeutig verwendet wird, doch aus dem vorangegangenen Zitat und weiteren Quellen (*Eckstein2003 S. 7, S.34, Klein2001 S.12, Petzet/ Mader1993 S.156ff*) ist zu erkennen, dass Bauaufnahme in erster Linie die zeichnerische Dokumentation, also das Festhalten der vorgefundenen Geometrie eines Bauobjektes bedeutet.

Die festgestellte Geometrie wird gegebenenfalls durch augenscheinlich erkennbare Merkmale in Schriftform auf den Plänen ergänzt.

Die eindeutigste Definition liefert Petzet/Mader:

„Die Bauaufnahme besteht aus Vermessung und maßstäblicher Aufzeichnung des Bestandes.“ (*Petzetz/ Mader 1993, S.156*).

Für die Erfassung des Tragwerkes ist somit die „Bauaufnahme“ als **geometrische Erfassung** grundlegend.

Mit der Geometrie werden die Abmessungen der Bauteile in ihrer äußeren Erscheinung, der Lasteinzugsflächen sowie der Spannweiten bestimmt.

„Die besondere Schwierigkeit der Tragwerkplanung im Bestand besteht somit darin, dass nicht nur die geometrischen Strukturen zu erkunden sind, sondern auch die physikalischen.“ (*Wapenhans2005, S.9*).

Diese Aussage des Tragwerkplaners W. Wapenhans zeigt, dass für die Erfassung des Tragwerkes die Bauaufnahme ergänzt werden muss. Für die Erkundung der „physikalischen Strukturen“ sind Art der Beanspruchung, Fragen zur Lasteinleitung und Lastabtragung, zum Material ,zum inneren Aufbau der Bauteile, zu möglichen

Schäden und zum statischen System zu klären. Also alle Parameter, die etwas über die Qualität des vorher geometrisch bestimmten Bauteils aussagen.

Im Folgenden wird hierbei von **qualitativer Erfassung** des Tragwerkes gesprochen. Auch wenn dadurch durchaus quantifizierbare Ergebnisse erreicht werden können.

Anhand von, unter Mitwirkung bzw. Leitung des Verfassers durchgeführten, Fallbeispielen, werden in Kapitel 3.3 Methoden zur geometrischen und in 3.5 zur qualitativen Erfassung des Tragwerkes erläutert und auf ihre „architektengerechte“ Tauglichkeit überprüft.

### **3.2 Auswertung von Bestandsunterlagen hinsichtlich der Geometrie des Gebäudes**

Bevor neue Daten erhoben werden, sind unbedingt vorhandene Unterlagen zu sichten und zu prüfen.

#### **3.2.1 Quellen von Bestandsunterlagen**

Als Quellen für Bestandsunterlagen kommen Eigentümer, Architekten, ausführende Bauunternehmen, Statiker, Prüfstatiker, weitere Fachingenieure oder Sachverständige, öffentliche Archive sowie die beteiligten Behörden in Betracht.

Eine besondere gesetzliche Regelung zur Aufbewahrung von Unterlagen gibt es für Architekten nicht.

Aus verschiedenen Gründen ( Honorar- und Gewährleistungsansprüche, Herausgabeansprüche des Auftraggebers, steuerliche Gründe ) sind Architekten gehalten, Unterlagen bis zu 10 Jahren aufzubewahren.

Die Verjährungsfrist für den auf das Eigentum des Bauherrn begründeten Herausgabeanspruch beträgt sogar 30 Jahre (§ 197 BGB), folglich grundsätzlich auch die Aufbewahrungsfrist.

Oft werden jedoch zwischen Auftraggeber und Architekten durch vertragliche Regelungen diese Fristen verkürzt.

Sachverständige sind gem. §13 Sachverständigenordnung NRW verpflichtet Unterlagen 10 Jahre aufzubewahren.

Die Aufbewahrungspflichten von Bauunterlagen durch die genehmigenden Behörden sind erstaunlicherweise auch nicht einheitlich gesetzlich geregelt. Jedoch gibt es Empfehlungen der KGSt. Diese Abkürzung steht für kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement. Gegründet wurde die KGSt 1949 in Köln (damals noch kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung). Sie versteht sich als Entwicklungszentrum des kommunalen Managements. Getragen wird die KGSt von ihren Mitgliedern, den Kommunalverwaltungen. Diesen stehen dann Berichte und Empfehlungen oder Datenbanken der KGSt für alle Verwaltungsfragen zur Verfügung. Nahezu alle Kommunen Deutschlands und sogar einige in Österreich sind Mitglieder der KGSt.

Man kann daher davon ausgehen, dass die Empfehlung zur dauerhaften Aufbewahrung von Bauakten deutschlandweit übernommen worden sind, da die genehmigenden Behörden im eigenen Interesse eine lückenlose und dauerhafte Dokumentation von baulichen Veränderungen an Gebäuden anstreben.

Für beteiligte Behörden wie z.B. die Gemeinden, die im Rahmen des Bauantragverfahrens zwar gehört werden, die aber nicht die Baugenehmigung aussprechen, gibt es keine Empfehlung zur dauerhaften Aufbewahrung der Akten. Oft finden sich jedoch auch in den Gemeinearchiven Bauunterlagen, die selbst in den übergeordneten Kreisverwaltungen nicht mehr vorhanden sind.

Hierbei ist auch zu bedenken, dass die Zuständigkeiten vieler Behörden in den letzten 100 Jahren gewechselt haben.

Bevor behördliche Akten vernichtet werden, haben die staatlichen Archive die Pflicht, die entsprechenden Dokumente auf ihre Archivwürdigkeit zu untersuchen. Die Archivgesetzgebung ist Landesrecht.

Im Archivgesetz Nordrhein-Westfalen – (ArchivG NW) vom 16. Mai 1989 heißt es:

## §1, (2)

„Archivwürdig sind Unterlagen, die für Wissenschaft oder Forschung, für Gesetzgebung, Regierung, Verwaltung oder Rechtsprechung oder zur Sicherung berechtigter Belange Betroffener oder Dritter von bleibendem Wert sind. Über die Archivwürdigkeit entscheiden die staatlichen Archive unter fachlichen Gesichtspunkten. Archivwürdig sind auch Unterlagen, die nach anderen Vorschriften dauernd aufzubewahren sind.“

Je nach wissenschaftlicher Bedeutung eines Bauwerkes können auch in den staatlichen Archiven Altakten aufbewahrt sein.

Der Informationswert von Altakten ist natürlich sehr unterschiedlich.

Auch stimmen ursprüngliche Planung und Bauausführung selten in allen Punkten überein. Dennoch lassen sich aus „glücklichen“ Funden viele Erkenntnisse gewinnen, die sonst aufwendige Untersuchungen des Bestandes erfordert hätten. Altes Planmaterial liefert einen ersten Überblick zu der Geometrie des Gebäudes. Schon die für das Baugesuch erstellten Baupläne im Maßstab 1 / 100 enthalten des Öfteren auch Angaben zu Material, Deckenspannrichtungen oder der Lage von tragenden Bauteilen. Informationen, die man erst in der Ausführungsplanung erwartet. Da Ausführungsplanungen aber oft gar nicht beauftragt wurden, finden sich die für den Bauablauf wichtigsten Angaben bisweilen schon in den Bauantragsplänen.

Bei Betonbauteilen sind Schal- und Bewehrungspläne eine wichtige Quelle zur Erfassung der Geometrie und der Qualität des Tragwerkes.

Diese stimmen, weil später erstellt auch besser mit der Ausführung überein.

Baubeschreibungen und Angaben zum Wärmeschutz (Wärmeschutzverordnung ab 1977 in Kraft, DIN 4108 ab 1952) geben Aufschlüsse über das eingesetzte Baumaterial.

Eine Altstatik ist für die Erfassung des Tragwerkes von sehr großer Bedeutung (s. Kapitel 3.5.2.1).

### 3.2.2 Verarbeiten von Papierzeichnungen für CAD

Findet man bei den Unterlagen zu einem Bestandsgebäude alte Zeichnungen, gilt es diese möglichst effektiv in „CAD – taugliche“ Form zu bringen.

Hiermit ist in den meisten Fällen das Erstellen einer Vektorgrafik gemeint. Zwar können etliche CAD Programme Vektor- und Pixelgrafiken verarbeiten, doch für die Weiterverarbeitung einer Bauzeichnung bieten Vektorgrafiken die größten Vorteile.

Im Gegensatz zu Raster- oder Pixelgrafiken, die aus einer fixen Zahl von Bildpunkten bestehen, bei denen jedem Bildpunkt eine Farbe zugeordnet ist, werden Vektorgrafiken aus mathematischen Funktionen grafischer Primitiven wie Linie oder Kreis gebildet.

Dadurch ist nicht nur das Vergrößern oder Verkleinern von Vektorgrafiken ohne Qualitätsverlust möglich, sondern auch weitere grafische Funktionen wie das Verschneiden, Kürzen oder Verlängern von Linien und Vieles mehr. Für das Verwandeln einer Papierzeichnung in eine Vektorgrafik bieten sich verschiedene Methoden an.

#### **Das Digitalisieren:**

Vor einigen Jahren fand das Digitalisieren mit Hilfe eines Grafiktablets oder Tableaus statt. Die analoge Zeichnung wurde auf das Grafiktablett gespannt, mit der Lupe (Maus) wurden die Eckpunkte der Zeichnung abgefahren und somit ins CAD – Programm übertragen.

Heute wird das Scannen der Zeichnung und das Hinterlegen der so entstandenen Pixeldatei im CAD – Programm und anschließendem Nachzeichnen bevorzugt.

#### **Das automatische oder halbautomatische Vektorisieren von Pixeldateien:**

Die entsprechende Zeichnung wird zunächst gescannt.

Mit Hilfe spezieller Software werden zusammenhängende Linien z. B. erkannt und nicht mehr als Linie mit x Pixeln, sondern als Vektor mit einer mathematisch bestimmten Lage und Länge dargestellt.

Läuft dieser Vorgang vollkommen automatisch ab, gibt es schnell Probleme mit der richtigen Zuordnung der erkannten Linien, denn eine Maßkette, eine Wand,

ein zu deutlicher Knick auf der Planvorlage erzeugen letztendlich Vektoren von gleicher Bedeutung.

Bei der halbautomatischen Erkennung kann der Nutzer während der Konvertierung angeben, welche Bedeutung den erkannten Linien zugewiesen werden muss.

### **Das Neuzeichnen:**

Sind auf den vorhandenen Plänen genügend Maßangaben eingetragen bietet sich auch das Neuzeichnen im CAD –Programm an.

Die so entstandene Datei muss nicht mehr nachbearbeitet werden und ist daher oft sogar die kostengünstigste Variante, da hier auch die Möglichkeit besteht, Pixeldateien in Billiglohnländern bearbeiten zu lassen.

Es gibt zahlreiche Dienstleister, die diese Arbeiten auch im europäischen Raum anbieten und sich häufig einer Mischung aus Neuzeichnen und Vektorisieren bedienen.

Eine, aus einem Altplan wie auch immer gefertigte, Vektorgrafik darf jedoch nicht vergessen lassen, dass eine Überprüfung mit dem tatsächlich errichteten Gebäude erfolgen muss.

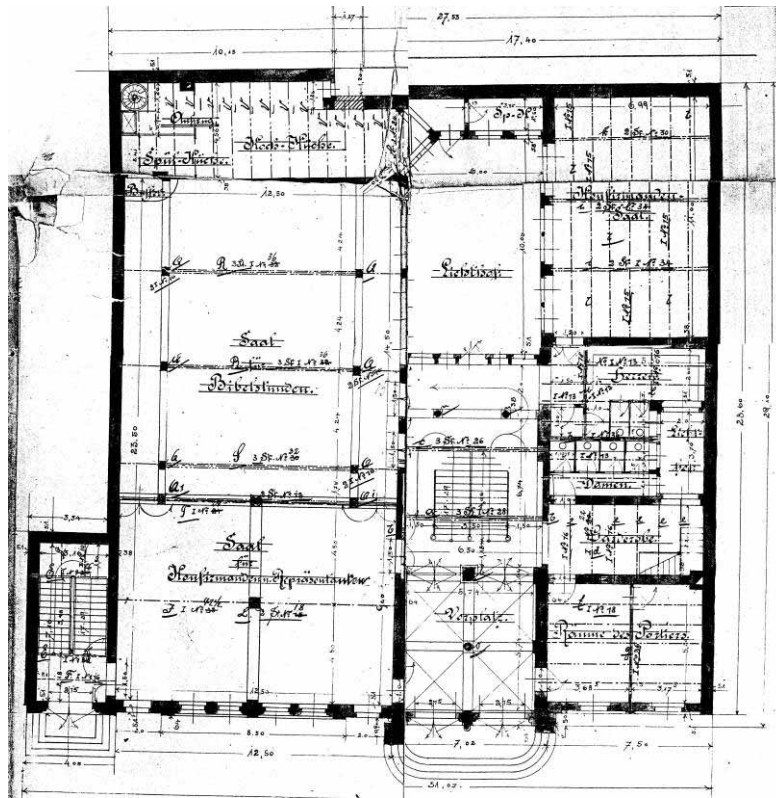


Abbildung 3-3 Schlecht erhaltene Kopien der Originalpläne von 1903 Erdgeschoss ev. Gemeindezentrum, Duisburg - Ruhrort

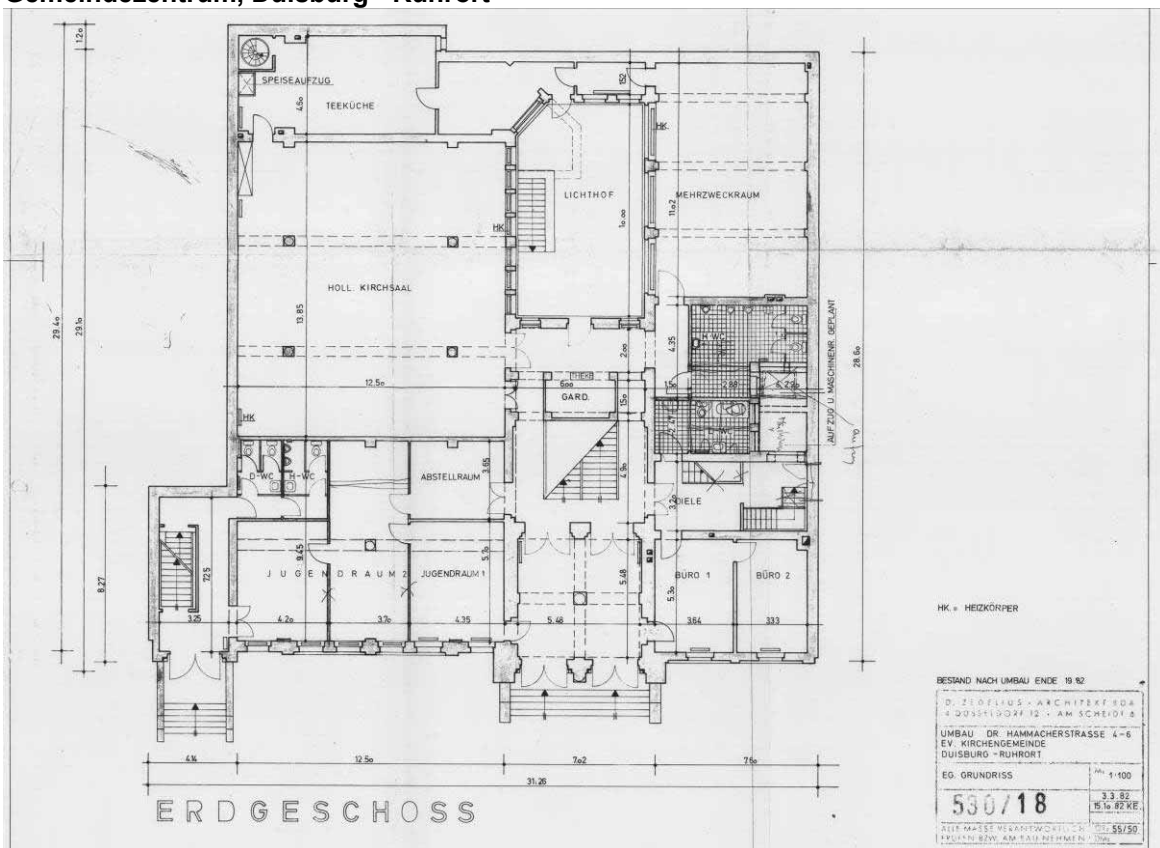
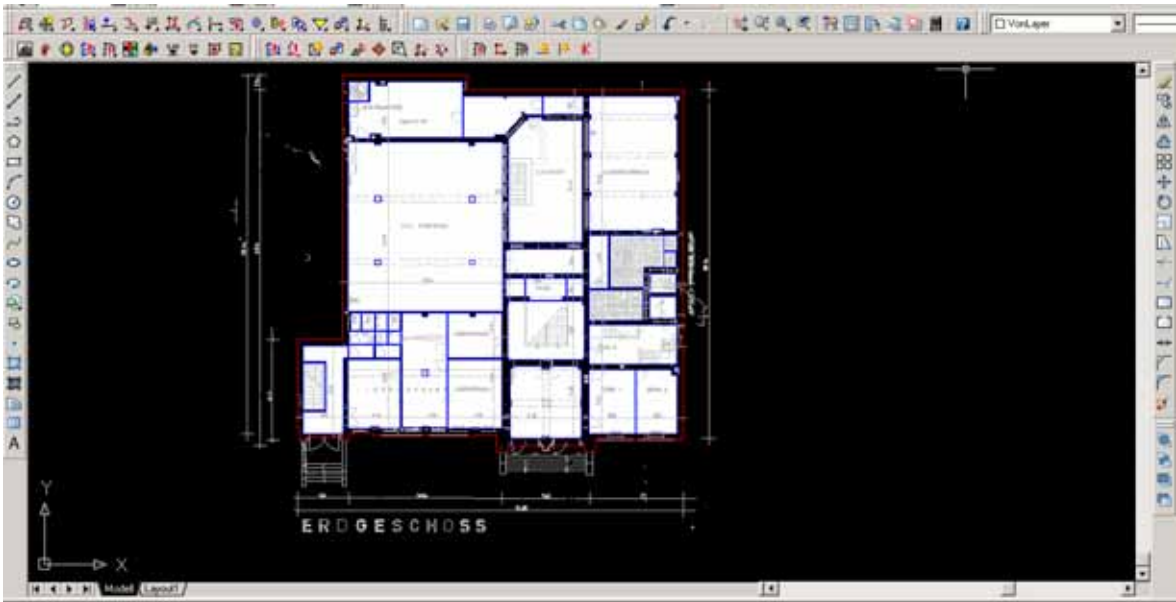
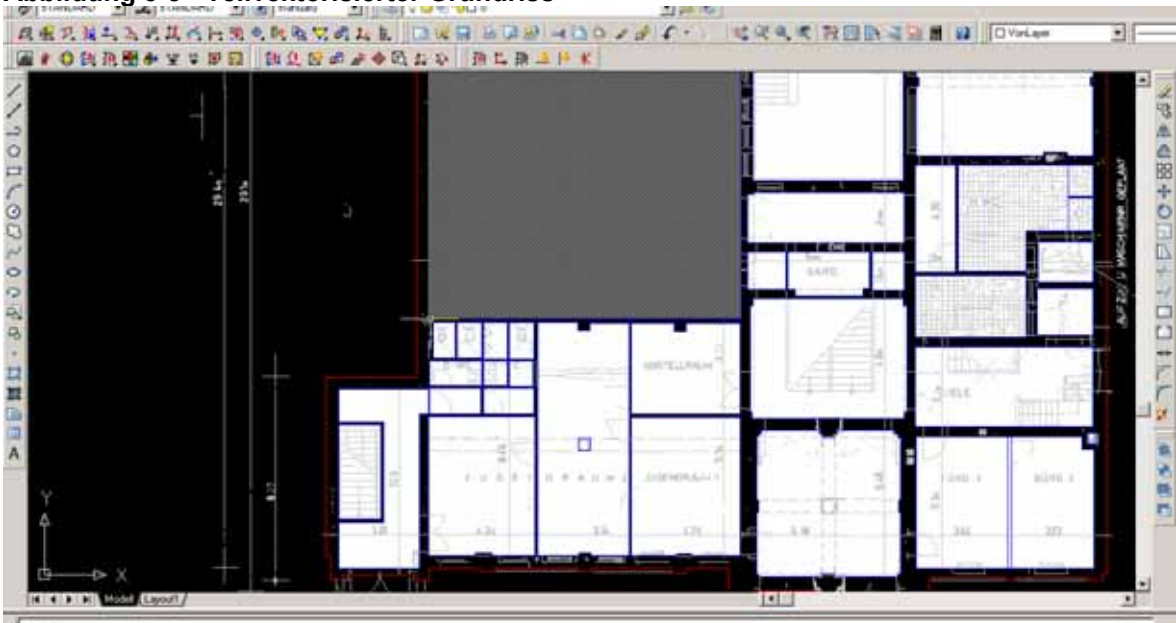


Abbildung 3-4 - Planmaterial aus 1982 Erdgeschoss ev. Gemeindezentrum, Duisburg - Ruhrort



**Abbildung 3-5 - Teilvektorisierter Grundriss**



**Abbildung 3-6 - Flächeninhalte (ersichtlich an grauer Hinterlegung an Cursorposition) werden erkannt**

Die Abbildungen zeigen das Ergebnis einer Vektorisierung, die auf der halbautomatischen Erfassung der Raumflächen und der Geschossfläche beruht (Software: SV ScanVector, mt soft Dr. Arnold GmbH), das bedeutet, bei der durchgeführten Vektorisierung wurden die Gebäudeaußenkante und die Flächen der Räume erkannt. (Wenn man im CAD System nun mit dem Cursor über einen Raum fährt, wird dessen gesamter Flächeninhalt grau hinterlegt.)

Für die Vektorisierung weiterer Zeichnungselemente erfolgen, je nach Angabe des Anwenders, weitere Durchläufe der Vektorisierungssoftware.



### 3.3 Vor-Ort-Erfassung der Geometrie

#### 3.3.1 Messgeräte und -methoden

Eine kompakte Abhandlung zur Geschichte der Bauaufnahme bietet *Petzold2001* des Weiteren sei auf *Staatsmann1910(b)*, *Knopp1992*, *Docci/Maestri1994* verwiesen.

Grundlegendes für die Bauaufnahme wird z.B. in *Cramer1984*, *Wangerin1992*, *Petzet/Mader1993*, *Klein2001*, *Eckstein2003* behandelt.

In der Regel werden in der angegebenen Literatur auch die für die Bauaufnahme erforderlichen Messinstrumente und Methoden erläutert.

Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Messgeräte sind jedoch sehr umfangreich. Auf den Kolloquien „Vom Handaufmaß bis Hightech“ im Februar 2000 und „Vom Handaufmaß bis Hightech II“ im Februar 2005 wurde der Einsatz moderner Technik für die Bauaufnahme gegenüber klassischer händischer Methoden kontrovers diskutiert.

(Vgl. *Weferling/Heine/Wulf2001*, *Riedel/Heine/Henze2006*).

Die Akzeptanz des Technikeinsatzes ist in den fünf Jahren, die zwischen den beiden Veranstaltungen liegen, beträchtlich gewachsen.

Zum einen wird technisches Gerät wie in anderen Branchen auch günstiger und leistungsfähiger, zum anderen wird die Bedienung einfacher.

Vorbehalte einiger Bauforscher sind oft mit der Sorge vor einer größer werdenden Distanz zum Bauwerk bei vermehrtem Einsatz von Tachymetrie und Laserscanning und einer damit einhergehenden Oberflächlichkeit bei der Aufnahme von Architektur begründet.

Solche Vorbehalte sind nicht ganz unbegründet. Natürlich könnte man ein Bauteil von einem Laserscanner erfassen lassen, ohne selbst genau hinzusehen. Jedoch verbietet das Gerät auch niemandem, genau hinzuschauen.

Jede Methode hat Vor- und Nachteile. Da die hier erläuterten Beispiele eher unter dem Gesichtspunkt des „alltäglichen Gebrauchs“ bei Bauaufgaben im Bestand und weniger unter dem der Bauforschung betrachtet werden, ist letztendlich ohne ideologische Vorbehalte zu klären, welche Methode je nach Bauaufgabe am sinnvollsten erscheint.

Die in den nachfolgenden Fallbeispielen angewandten Messgeräte und – methoden werden vorab erläutert.

### 3.3.1.1 Tradierte Messmethoden

#### **Aufmaß mit Schnurgerüst**

Das Schnurgerüst besteht aus einer oder mehreren straff gespannten Schnüre, deren Lage untereinander, am besten durch rechte Winkel, bekannt und kartiert ist.

Das Schnurgerüst referenziert das Handaufmaß, da alle Messpunkte auf das Schnurgerüst bezogen werden (*vgl. Cramer1984, S.74ff.*).

Es sollte sich immer in der Bezugsebene befinden.

#### **Abloten**

Durch Abloten können über der Bezugsebene befindliche Messpunkte auf die Bezugsebene projiziert werden oder Fassaden weitestgehend ohne den Einsatz von Gerüsten oder Hubsteigern händisch erfasst werden.

#### **Bandmaß**

Das Bandmaß dient zur Längenmessung, ist heute weitestgehend durch das Laserdistanzmessgerät abgelöst. Es hat nur noch da Vorteile, wo die Sichtverhältnisse für eine Messung mit Laserstrahl ungeeignet sind.

#### **Gliedermaßstab (Metermaß, Zollstock)**

Der „Zollstock“ ist nach wie vor eines der wichtigsten Werkzeuge bei der geometrischen Erfassung. Kaum ein anderes Verfahren ist z.B. bei der Überprüfung von Querschnitten von Stützen, Sparren, Pfetten, also allen Bauteilen mit relativ geringen Abmessungen ( bis ca. 60 cm), effizienter.

#### **Schieblehre**

Zur genauen Erfassung der Querschnitte von Rohren, Metallprofilen und Ähnlichem liefert eine Schieblehre Werte mit einer Genauigkeit von zehntel bis sogar hundertstel Millimetern.

### 3.3.1.2 Laserdistanzmessgerät



Abbildung 3-7 Distanzmessgerät mit Neigungsmesser (Q.: Leica geosystems)

Das Laserdistanzmessgerät wird heute gewiss in keinem Architekturbüro, welches sich mit dem Thema „Planen und Bauen im Bestand“ beschäftigt, fehlen. Doch wie funktioniert ein Laser?

Die folgende Kurzbeschreibung dient der Veranschaulichung dieser Frage.

Physiker mögen die laienhafte Darstellung entschuldigen.

Laser steht für light amplification by stimulated emission of radiation

(Lichtverstärkung durch induzierte Emission). Durch die Energiezufuhr (Pumpen)

werden Lichtteilchen in einem Laser auf ein hohes Energieniveau gebracht, so

dass bei dem Übergang auf ein geringeres Energieniveau weitere Lichtteilchen

angeregt werden. Durch Spiegel werden die Lichtteilchen immer wieder durch das

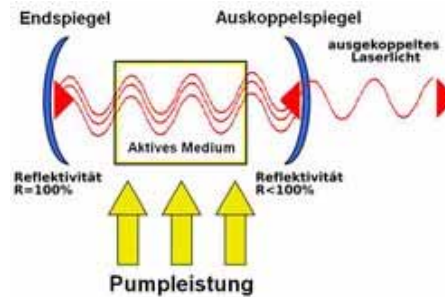
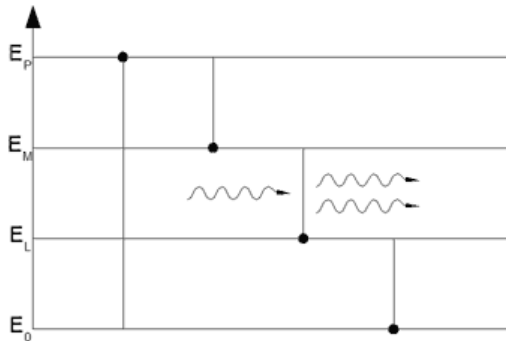
zur Lichterzeugung notwendige aktive Medium geschickt. Hierbei gewinnt der

Strahl an Intensität. Einer der Spiegel (Auskoppelspiegel) weist eine geringe

Durchlässigkeit für das Laserlicht auf. So können Laserstrahlen emittiert werden.

Die Strahlung besitzt eine hohe Parallelität und ist gut zu fokussieren (keine

Streuung) (vgl. Pepperl1993, S.6).



**Abbildung 3-8** Lichtteilchen emittieren Strahlung bei absinkendem Energieniveau (Q.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Lasing.png>, 17.10.2007)

**Abbildung 3-9** Aussenden eines Laserstrahles (Q.: [http://de.wikipedia.org/wiki/Optischer\\_Resonator](http://de.wikipedia.org/wiki/Optischer_Resonator), 17.10.2007)

Trifft nun ein solcher energiereicher Strahl auf ein Messobjekt, werden Strahlen mit veränderten Eigenschaften reflektiert. Die Reflexionen der so erzeugten Strahlung treffen auf einen Detektor. Durch Laufzeitmessung kann der Abstand vom Detektor zum Messobjekt festgestellt werden

(vgl. Czarske2005, S. 1-4, Pepper1993, S.109).

Laserdistanzmessgeräte nutzen die oben beschriebene Technologie für Streckenmessungen. Über eine „Dauermessfunktion“ bei der in kurzer Folge Messungen ausgelöst werden, lassen sich, je nach Einstellung am Gerät, die Minimal- oder Maximalwerte einer Messung anzeigen, bei der nicht nur der gewünschte Punkt, sondern auch um diesen Punkt herum gemessen wird. Dazu wird das Laserdistanzmessgerät leicht geschwenkt, bleibt aber mit der Hinterkante stets an der gleichen Stelle. Die minimale Streckenmessung wird z.B. bei der Ermittlung der lichten Höhe eines Raumes benötigt, die Maximale bei der Ermittlung der Raumdiagonalen. Weitere Funktionen sind die Ermittlung von Rauminhalten, Flächen oder die indirekte Höhenmessung über den Satz des Pythagoras. Mit Neigungsmesser ausgestattete Geräte benötigen für die indirekte Höhenmessung noch nicht einmal eine Messung mit rechten Winkeln.

Teilweise sind die Geräte mit einer Bluetooth - Schnittstelle ausgestattet. Hiermit können die Messdaten in eine Tabellenkalkulation oder mit der geeigneten Softwareunterstützung in CAD – Programme übertragen werden. Die Reichweite beträgt je nach Gerät und Oberflächenbeschaffenheit des Messobjektes 30m – 200 m.

### 3.3.1.3 Tachymeter / EDV – gestützte tachymetrische Verfahren



**Abbildung 3-10 - Aufmaß mit Theodolit und Bandmaß (Q.: Knopp1992, S.53)**

**Abbildung 3-11 Architekt bei Aufstellung eines Tachymeters bei starker Sonneneinstrahlung (Q.: B.Stahl)**

Tachymeter aus dem Griechischen übersetzt bedeutet soviel wie „Schnellmesser“. Es lassen sich also scheinbar schnell Messergebnisse erzielen.

Dies ist damit begründet, dass das Tachymeter als erstes Gerät den Winkel und die Distanz von Messpunkten zum Aufnahmegerät gleichzeitig messen konnte.

Die Koordinaten eines Messpunktes werden somit in einem Messvorgang ermittelt.

Eine solche Messaufgabe musste vorher in zwei Arbeitsschritte aufgeteilt werden, die Winkelmessung z.B. mit einem Theodolith und Distanzmessung z.B. mit einem Maßband (vgl. Abb.3-11).

Die Koordinaten der Messpunkte wurden anschließend mit einem programmierbaren Taschenrechner ermittelt. Vor 20 Jahren war dieses Verfahren bei der Bauaufnahme durchaus noch Stand der Technik.

Die Distanzmessung der ersten Tachymeter erfolgte ausschließlich durch das Messen auf ein Glasprisma. Das Gerät sendet Infrarotwellen aus, diese werden von dem Glasprisma reflektiert. Durch Messung der Laufzeit kann die Distanz zwischen Strahlungsquelle und Reflektor bestimmt werden.

Die heute eingesetzten Tachymeter verfügen zusätzlich über die Funktion reflektorlos mit Laserstrahl zu messen. Auch hier wird wieder die Laufzeit, von der Sendung bis zum Empfang des reflektierten Lasers, gemessen, jedoch wird für den energiereichen Laserstrahl kein besonderer Reflektor benötigt.

Der Messpunkt wird direkt auf dem anvisierten Objekt gemessen.

So können zum einen Messungen von einer Person durchgeführt werden, zum anderen auch Bauteile relativ problemlos gemessen werden, die mit einem Reflektor schwer zu erreichen sind, z.B. das Dachtragwerk in einer Halle.

Die Reichweite einer tachymetrischen Distanzmessung mit Laser ist nicht so hoch wie bei einer Messung mit Infrarot.

Jedoch ist sie für die Bauaufnahme in der Regel ausreichend.

Die tatsächliche Reichweite ist geräteabhängig.

Wichtige Faktoren sind:

- Intensität des Laserstrahls

(Man unterscheidet verschiedene Laserklassen.

Die Klassifizierung von Laserstrahlung ist in der Unfallverhütungsvorschrift "Laserstrahlung" und in der DIN EN 60825-1 festgelegt. Mit der Fassung vom November 2001 wurden die Laserklassen gegenüber der davor gültigen Norm stark überarbeitet. Neue Geräte mussten ab 2004 nach der überarbeiteten Fassung klassifiziert werden. Eine Neuklassifizierung von Altgeräten ist nicht erforderlich.

Die Arbeitsschutzrichtlinien sind zu beachten, ab Laserklasse 3R sind relativ aufwendige Schutzmaßnahmen erforderlich.)

- Oberflächenbeschaffenheit des Materials, welches den Strahl reflektieren soll

(Raue und dunkle Oberflächen „schlucken“ den Laserstrahl, die Reichweite wird geringer.)

- Messverfahren

Man unterscheidet das Impulsmessverfahren (Laufzeitmessung des ausgesandten und reflektierten Strahls) und das Phasenmessverfahren (hierbei wird die Phasenverschiebung zwischen dem abgesandten und dem empfangenen Signal ermittelt-> die Trägerwelle ist ein hochfrequentes sichtbares oder nahinfrarotes Licht, die Modulationswelle ist niederfrequent) (vgl. Spitz2005,S7).

- Messbedingungen  
(Starke Sonneneinstrahlung, aber auch Regen und Nebel führen zu geringerer Reichweite oder sogar Fehlmessungen.  
Laub oder Spinnweben, die einen Teil des Laserstrahles schon vor dem Auftreffen auf den zu messenden Punkt reflektieren, führen ebenfalls zu Fehlmessungen. Unter solchen Umweltbedingungen kann es ratsam sein, infrarot auf einen Prismenspiegel zu messen, da es hier nicht zu Fehlmessungen kommen kann. Entweder wird der Messstrahl vom Prismenspiegel reflektiert oder es gibt gar keine Messung. Teilweise abgelenkte Messstrahlen kommen hierbei nicht vor.  
Das Anzielen des Messobjektes unter sehr spitzem Winkel ist ebenso als problematisch einzuschätzen.)
  
- Qualität der eingesetzten Geräteoptik

Bei Messungen mit dem Laserstrahl ist zu beachten, dass der Messkegel vollkommen auf dem zu messenden Objekt liegt und nicht teilweise, z.B. durch das Anzielen einer Gebäudeecke im Unendlichen. In einigen Tachymetern sind bereits Funktionen implementiert, die Fehlmessungen durch einen teilweise abgelenkten Messstrahl verhindern sollen.

### **CAD gestützte tachymetrische Messverfahren**

Eine für das Gebäudeaufmaß gut geeignete Ergänzung des Tachymeters ist die Verbindung des Messgerätes mit einem CAD - Programm. Durch eine Softwareapplikation (z.B. Tachycad der Firma kubit ) werden die Messdaten online in einem CAD Programm verarbeitet.

Es ist somit möglich mit Laptop und Tachymeter vor Ort die Geometrie in eine CAD Zeichnung zu übertragen.

Weitere Entwicklungen sind Tachymeter in Verbindung mit Digitalfotografie. Hierbei wird gleichzeitig mit der Messung von den gemessenen Punkten mittels eingebauter Kameras Digitalbilder erstellt. (s. Beispiel 3.5.6.4).

### 3.3.1.4 Einbild- und Stereofotogrammetrie

Bei der Fotogrammetrie handelt es sich um ein indirektes Messverfahren, bei dem nicht der Bau unmittelbar, sondern sein Abbild in Form eines Fotos vermessen wird.

In Deutschland wurde die Fotogrammetrie von Albert Meydenbauer (1834-1921) entwickelt. Als junger preußischer Regierungsbauführer war Meydenbauer beauftragt worden, zeichnerische Bestandsaufnahmen des Wetzlarer Doms anzufertigen, wobei er im September 1858 aus dem, damals anstelle eines Gerüstes verwendeten, Hängekorb beinahe abgestürzt wäre. Dieser Vorfall war für ihn der Anlass, sich Gedanken über eine ungefährlichere Aufmaßmethode auf der Grundlage der bereits populär gewordenen Fotografie zu machen.

„Beim Hinabsteigen kam mir der Gedanke: Kann das Messen von Hand nicht durch Umkehren des perspektivischen Sehens, das durch das photographische Bild festgehalten wird, ersetzt werden?

Dieser Gedanke, der die persönliche Mühe und Gefahr beim Aufmessen von Bauwerken ausschloss, war der Vater des Messbild -Verfahrens!“ (A. Meydenbauer, zitiert nach Knopp1992, S.59)

Man unterscheidet die Einbildfotogrammetrie (Einbildauswertung oder auch -entzerrung) und Stereofotogrammetrie (Mehrbildauswertung).

Bereits Meydenbauer ist von seinem Verfahren der Einzelbildauswertung durch Umkehrung der Zentralperspektive zur Mehrbildauswertung gekommen.

Die **Stereofotogrammetrie** (Zweibildfotogrammetrie) ist eine fotogrammetrische Methode, die auch dreidimensionale Objekte, wie sie bereits eine Fassade mit plastischem Stuck oder einem vorspringenden Erker darstellt, exakt abbilden kann.

Grundlage einer stereofotogrammetrischen Bestandsaufnahme ist eine geodätische Passpunktbestimmung. Die Passpunkte werden am Gebäude angebracht und eingemessen. Wo dies nicht möglich ist, werden die Koordinaten von markanten Objektpunkten bestimmt. Danach wird das Objekt von zwei Standpunkten aus fotografiert.



Bis zur Einführung der digitalen Fotografie waren für diese Aufnahmen Messkammern erforderlich, die Großformataufnahmen auf Planfilm lieferten. Messkammern sind spezielle Fotoaufnahmegeräte, deren optische Fehler genau bekannt sind und die Einrichtungen zur Optimierung der Filmplanlage besitzen. Das damalige analoge Auswerten der Aufnahmen bedeutete einen relativ hohen Einsatz an Gerätschaft und Arbeitszeit.

Durch Digitalkameras und Auswertung am Rechner mit entsprechender Software wird der Aufwand reduziert. Digitalkameras für die Mehrbildauswertung haben speziell gefertigte, bildverarbeitende Chips. Diese sind besonders plan und der Abstand zum Fokus (sogenannte Kamerakonstante) ist genau vermessen.

Prinzipiell läuft jedoch der gleiche Vorgang wie zu analogen Zeiten ab.

Durch Zuweisen der Koordinaten der auf beiden Fotos erkennbaren Passpunkte wird die jeweilige Kameraposition zum Objekt bestimmt. „durch Umkehren des perspektivischen Sehens“ (A.Meydenbauer s.o.) kann in den Bildern gemessen werden.

Jede Kante, Linie etc. des Messobjektes wird in beiden Aufnahmen identifiziert und nachgezeichnet, so entsteht ein dreidimensionales Abbild des Messobjektes im CAD.

Die **Einbildfotogrammetrie** ist wesentlich leichter zu handhaben. Das Verfahren eignet sich zwar nicht für die Darstellung dreidimensionaler Objekte, jedoch gut für die Erfassung ebener Flächen wie z.B. Gebäudefassaden. Durch Entzerrung von Digitalfotografien wird ein maßstäbliches Bild errechnet.

Hierzu werden entweder eingemessene Passpunkte oder mindestens zwei bekannte Strecken auf der Fassade benötigt. Das Foto kann mit einer handelsüblichen Digitalkamera mit möglichst hoher Auflösung aufgenommen werden. Das maßstäbliche Bild wird in einem CAD-Programm hinterlegt und nachgezeichnet.

### 3.3.1.5 3D – Laserscanner

Für die Bauaufnahme eingesetzte Laserscanner nutzen gleiche Messprinzipien wie ein Laserdistanzmessgerät oder ein reflektorlos messendes Tachymeter. Bei dem Scannvorgang werden jedoch nicht einzeln bewusst ausgewählte Punkte erfasst, sondern das zu messende Objekt wird als Ganzes in engen Vertikal- und Horizontalschritten abgetastet. Man erhält somit eine sehr hohe Informationsdichte. Man unterscheidet Kamera Scanner ( Scannen eines Ausschnittes des Vertikalkreises) und Panoramascanner (Scannen von nahezu gesamtem Vertikal- und Horizontalkreis)

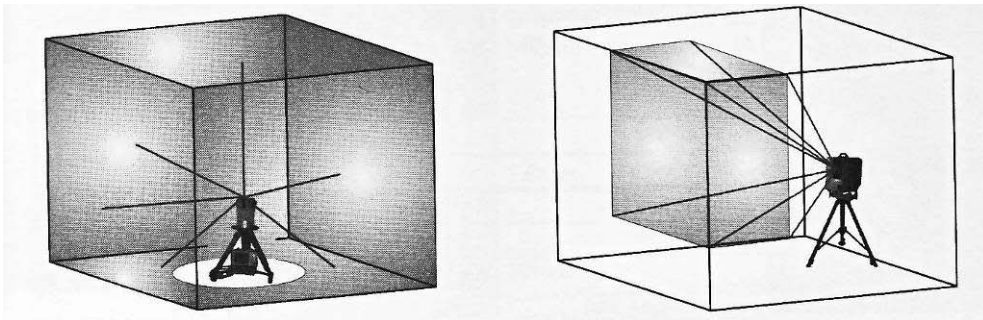


Abbildung 3-12 Li: Panorama-Scanner Re: Kamera Scanner (Q.: Luhmann2002, S.17)

Kamera Scanner werden eher im Außenbereich eingesetzt (z.B. Erfassung von Industrieanlagen). Um Innenräume in Gebäuden zu scannen, bieten sich Panorama-scanner an. Die Reichweiten bewegen sich zur Zeit zwischen 32m (Callidus/ Laserklasse1) und 350m(Trimble/ Laserklasse3R). Die Entwicklungen auf dem Gebiet Laserscanning sind zur Zeit noch enorm. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht dies für einen Zeitraum von 9 Jahren.



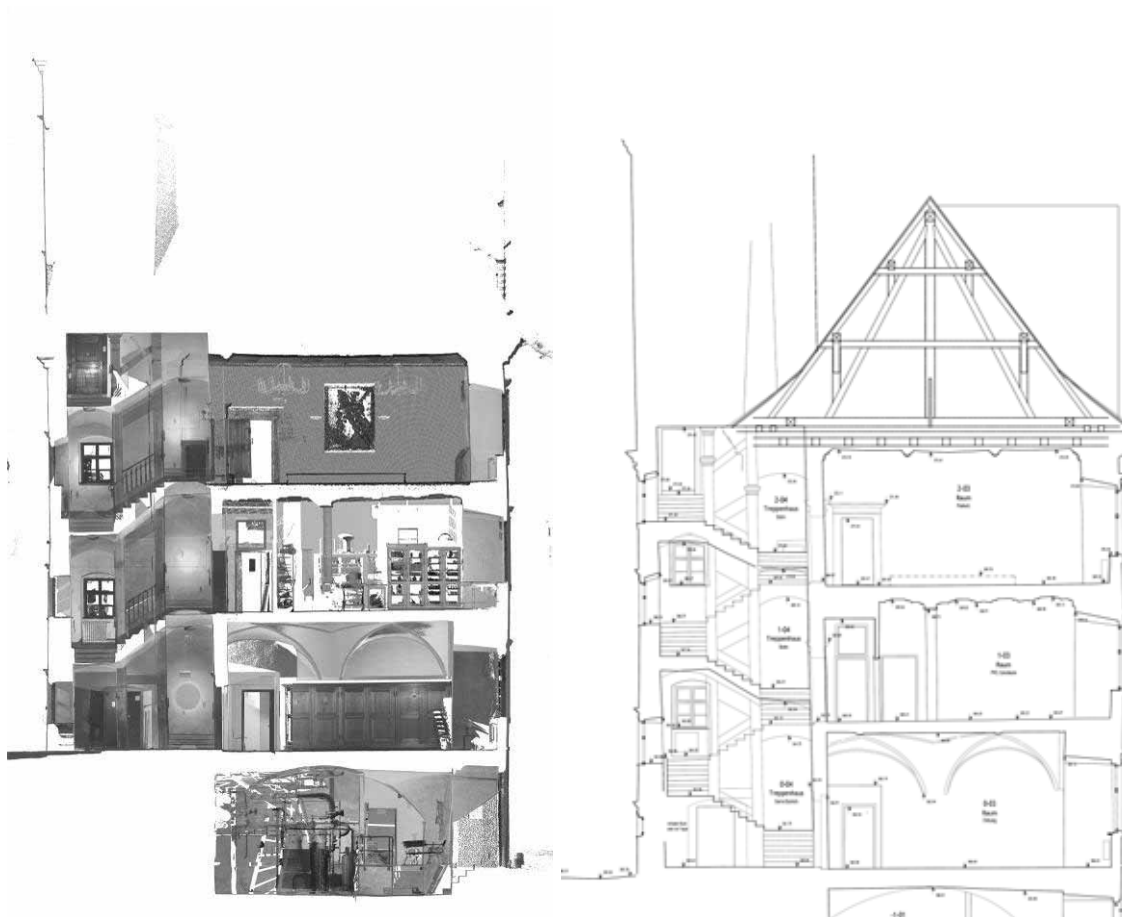
Abbildung 3-13 Entwicklung der Laserscanner der Firma Leica (Q.:Leica geosystems)

Weiterführende Literatur findet man bei:

*Luhmann2000, Luhmann2002, Luhmann2003, Luhmann/Müller2007*

(Aktuelle Geräteeigenschaften bei den Internetauftritten von Herstellern wie: Callidus, Leica geosystem, Trimble oder Zöllner und Fröhlich, um nur einige zu nennen).

Die Leistungsfähigkeit der Laserscanner wird mit den unten stehenden Abbildungen deutlich. Es handelt sich um eine Bauaufnahme des Schlosses Schwarzenberg in Scheinfeld (Franken). Die einem Foto gleichende Erfassung der Geometrie zeigt allerdings auch, dass der Schritt vom orientierten Scan zur (baustellentauglichen) Zeichnung groß ist.



**Abbildung 3-14 Querschnitt Schloss Schwarzenberg - 3D-Scan und Zeichnung ( Q.: B. Tsuchiya)**

### 3.3.1.6 Sonstige

#### **Wasserwaage mit Neigungsanzeige**

Eine Wasserwaage mit Neigungsanzeige eignet sich gut zur Erfassung der Dachneigung bei weniger anspruchsvollen Bauaufnahmen sowie einer ersten Überprüfung von Schiefstellungen von Bauteilen wie Stützen und Wänden.



**Abbildung 3-15 Digitale Wasserwaage, die Neigung wird im Display angegeben**

## Rotationslaser

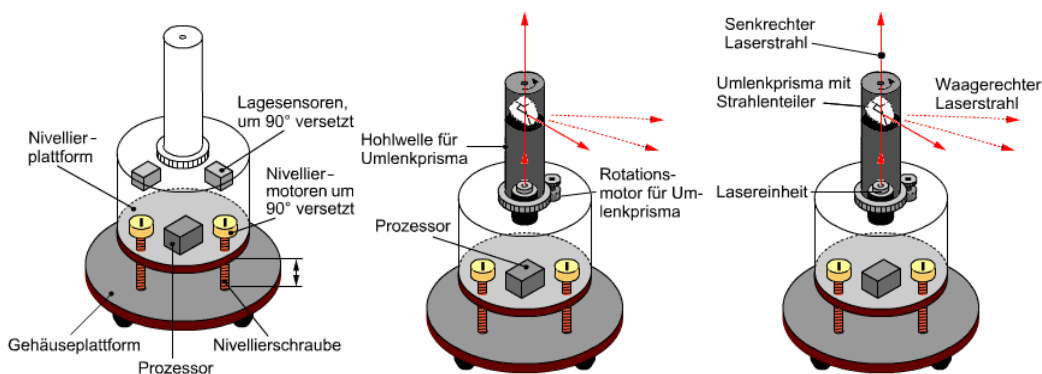


Abbildung 3-16 - Aufbau Rotationslaser (Q.: R. Bosch GmbH)

Rotationslaser werden Geräte genannt, die durch eine rotierende Optik einen Laserstrahl in eine horizontale Ebene ablenken.

Die Geräte sind einfach zu bedienen, in der Regel sind sie selbstnivellierend.

Häufig werden sichtbare Laser der Laserklasse 2 verwendet.

Je nach Geschwindigkeit des Rotationskörpers erscheint der horizontale Laserstrahl an der Wand als durchgehende Linie.

Durch die so geschaffene Bezugsebene können Höhen ermittelt werden

(Nivellement), die Messebene definiert oder das Anbringen von Messpunktmarkierungen auf durchgehend gleicher Höhe gewährleistet werden.

Bei der Verwendung von unsichtbaren Laserstrahlen oder großen Entfernungen zum Rotationslaser markieren Laserempfänger die Laserebene durch optische oder akustische Signale. Durch Kippen des Rotationslasers um 90° kann auch eine vertikale Bezugsebene geschaffen werden. Diese eignet sich besonders bei der Erstellung eines Gebäudeschnittes.

## Winkelmesser

Winkelmessgeräte mit digitaler Anzeige und integrierter Wasserwaage ermöglichen z.B. das Überprüfen der Rechtwinkligkeit von Wänden, aber auch



der Neigung von Dachflächen.

Abbildung 3-17 - Winkelmesser mit Digitalanzeige (Q.: R. Bosch GmbH)

### 3.3.2 Erfassung der Geometrie an Beispielen

#### 3.3.2.1 Villa la rocca, Volterra



Abbildung 3-18 - Villa la Rocca bei Volterra

Im Mai 2001 wurde von den Fachgebieten Baustatik & Massivbau (Prof. Dipl. Ing. F. Stein) sowie Entwerfen & EDV – Anwendungen (Prof. Dipl. Ing. M. Lenhart) des Fachbereiches Architektur und Städtebau der Universität GH Siegen in Volterra, Toskana, der Workshop „Digitale Bauaufnahme und Entwurf“ durchgeführt.

Mit dem genannten Workshop wurde eine Veranstaltungskette des wissenschaftlichen Austauschs und der Kooperation der Universität GH Siegen mit der Universität Pisa und der Kommune Volterra fortgesetzt.

Die Etruskerstadt Volterra ist ca. 50 km nordwestlich von Siena gelegen. Sie ist einer der wenigen Orte, die seit dem 9. Jh. vor Chr. durchgehend besiedelt wurden und zählte seit dem 8. Jh. vor Chr. zu den 12 mächtigsten Stadtstaaten des Etruskischen Reiches. Im 3. Jh. vor Chr. übernahmen die Römer die Macht

über die Stadt und bauten das noch teilweise erhaltene Amphitheater. Ein weiteres Merkmal ist die alte Medici-Festung, die den 550 m hohen Berg, auf dem Volterra liegt, krönt.

Als Aufmaßobjekt wurde unter verschiedenen Alternativen die 10 km vor Volterra, am Fuß des Monte Voltraio liegende, ehemalige Villa „La Rocca“ gewählt. Das Gebäude stammt nach Auskunft des damaligen Bürgermeisters von Volterra, Ivo Gabellieri, in großen Teilen aus dem 16. Jhd. und wurde ursprünglich als Postreite genutzt. Der baugeschichtliche Forschungsstand zur „Villa „La Rocca“ ist defizitär und wird hier nicht weiter verfolgt.



**Abbildung 3-19 - Ostfassade der Villa la Rocca**

Das teilweise leider sehr verkommene Gebäude wird nun nur noch als Schafstall genutzt.

Ziel des Workshops sollte es sein, erste Erfahrungen in der digitalen Bauaufnahme zu sammeln. Nach der Auswertung und Erstellung der notwendigen Zeichnungen wurden Ertüchtigungsmaßnahmen für Teile der vorhandenen Konstruktion von Studenten erarbeitet.

Als Hilfsmittel stand, aus Sicht der Zeit als dieses Projekt durchgeführt wurde, modernste Technik zur Verfügung. So reiste das 18-köpfige Aufmaßteam mit voll gepackten PKW in die Toskana. Unter anderem stand eine Totalstation, ein Laserdistanzmesser, Laptops und einige digitale Fotoapparate und PCs zur Verfügung. Neben AutoCAD wurden auch die Programme TachyCAD, Addplan und Eddi 2D verwendet, um das Bauwerk digital zu erfassen.

Die Innenräume des Gebäudes wurden mit Band- und Metermaß aber auch mit Laserdistanzmessgeräten erfasst. Hierbei stand unterstützend die Software Addplan zur Verfügung .

Die Gebäudekonturen wurden tachymetrisch aufgenommen, direkte Übertragung der Daten in CAD - Software mit der Autocad Applikation Tachycad der Firma kubit .

Für die Darstellung der Fassaden wurden Digitalfotos mit der Software Eddi2D entzerrt. Die dazu notwendigen Passpunkte wurden wie die Gebäudekontur mit Tachymeter eingemessen.

Besondere Sorgfalt ist beim Umsetzen des Gerätes angebracht.

Jeder neue Standpunkt erfordert eine neue, sogenannte „Freie Stationierung“ hierbei wird durch Rückmessung auf mindestens drei bereits erfasste Punkte der neue Standpunkt des Vermessungsgerätes bestimmt.

In relativ kurzer Zeit wurden von, in der Bauaufnahme ungeübten, Studierenden gute Ergebnisse mit den aufgezählten Hilfsmitteln erbracht. Das direkte Arbeiten im CAD - Programm vermeidet Übertragungsfehler von gemessenen Koordinaten in den PC.

Die Arbeitsweise kommt Architekten entgegen, auch ist das aufwendige Führen von Feldbüchern nicht mehr erforderlich.

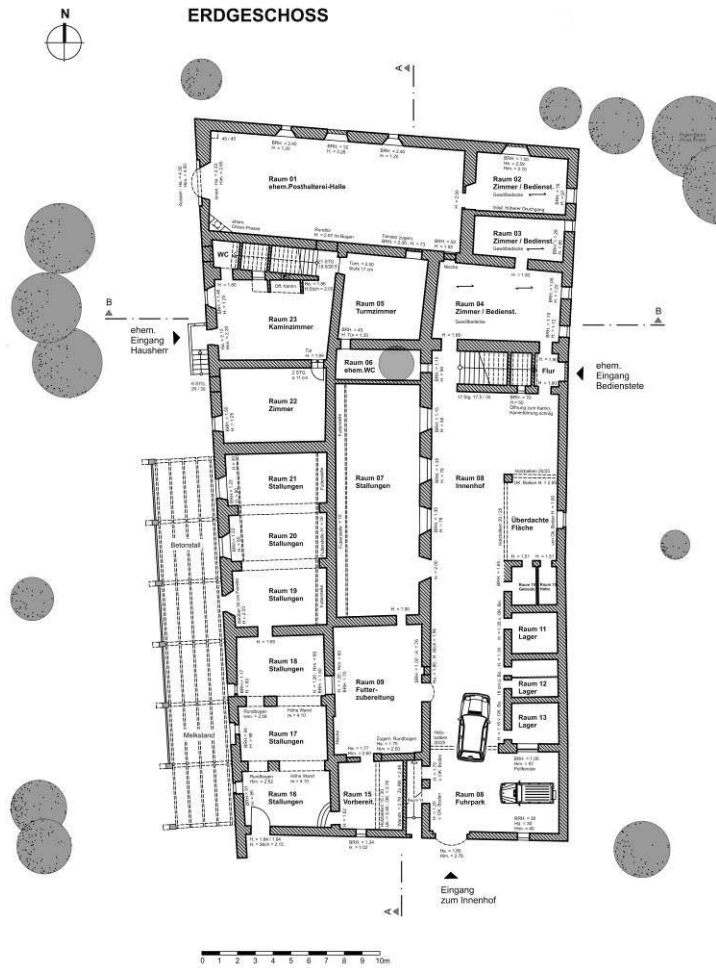


**Abbildung 3-20** Direktes Sonnenlicht macht das Display unleserlich

**Abbildung 3-21** - Abendliche Diskussion über Messergebnisse

**Abbildung 3-22** - Westfassade

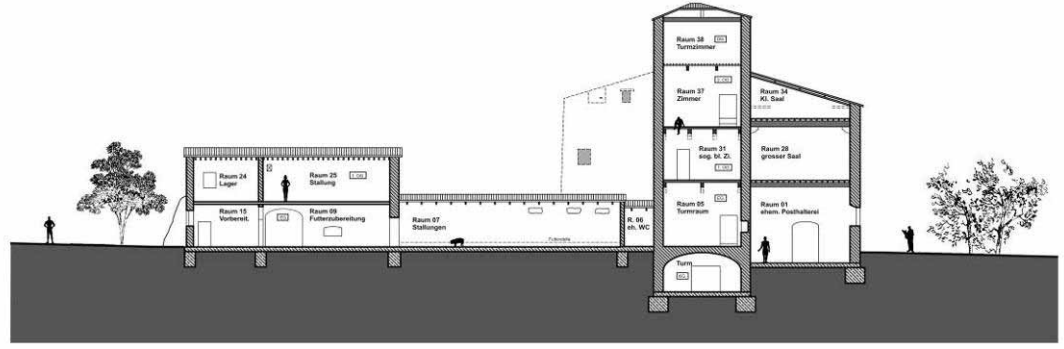




**LEGENDE**

	Mauerwerk		Rund / Stichbogen
	Betonfertigteile		Spannrichtung Decke
	Baum, Vegetation		Brüstungshöhe
			Höhe Scharfang aussen
			Höhe im Stich (Mitte)

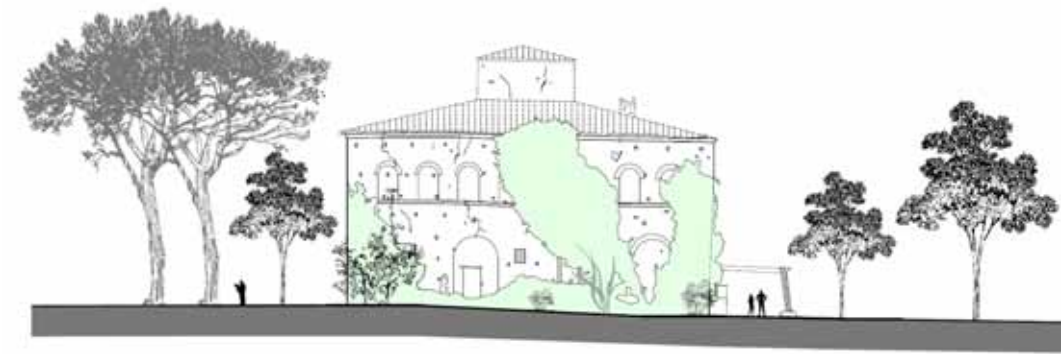
**Abbildung 3-23 -Erdgeschossgrundriss**



**LÄNGSSCHNITT A - A**

**LEGENDE**

	Erdrreich		Mauerwerk		Gebäudebauteil nicht entzerrt
	Fensteröffnungen		Beton/Stb., Decke, Bodenplatte		



**Abbildung 3-24 - Schnitt A-A und Ansicht von Norden**

Dieses Projekt hat auch einige Probleme mit sich gebracht, die für weitere Anwendungen durchaus lehrreich waren.

Winkelungenauigkeiten bei der Montage der aufgenommenen Punktwolke rührten von Fehlern beim Umsetzen des Tachymeters an den Gebäudekanten her.

Dadurch, dass lediglich Passpunkte auf dem Messobjekt selbst markiert wurden, erfolgten die Rückmessungen bei dem Umsetzen an der Gebäudeecke unter sehr spitzem Winkel (schleifende Schnitte).

Dieser Anfängerfehler lässt sich durch Aufnahme weiterer Messpunkte in der Umgebung vermeiden.

Weitere technische Probleme resultierten aus den Aufnahmebedingungen.

Begrenzte Akkukapazitäten wegen mangelndem Stromanschluss waren ebenso zu berücksichtigen wie starke Sonneneinstrahlung, die sowohl die Reichweite des Lasermessstrahles als auch die Lesbarkeit der Daten auf dem Laptopdisplay beeinträchtigte.

### 3.3.2.2 Die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe



Abbildung 3-25 - Aufnahme von gegenüberliegendem Hang (Q.: H. Sehak)

Abbildung 3-26 - Aufnahme von Westen (Q.: H. Sehak)

Die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe ist ein frühes Zeugnis des Eisenbetonbaus im Siegerland.

Für weitere Informationen zur Geschichte und baugeschichtlichen Bedeutung sei auf *Kiem/Lohmann2004* und *Kiem2007* verwiesen

Es handelt sich hierbei um ein Gebäude mit ca. 39,5m Länge, 35m Breite und 15m Höhe über Gelände.

Auf KG, EG sowie 1.-3. OG verteilt sich eine Bruttogeschossfläche von ca. 6400m<sup>2</sup>.

Das Erdgeschoss erstreckt sich über die gesamte Breite und Tiefe des Baukörpers, der mittlere Bereich ist mit Oberlichtern versehen.

Die Flächen aller übrigen Geschosse sind um einen inneren Lichthof angeordnet.

Auch die Räumlichkeiten des Kellergeschosses sind wie die Obergeschosse angeordnet, da der Bereich unter dem Lichthof nicht unterkellert ist.

Konstruiert wurde die „Neue Schlosserei“ über einem Rechteckraster von 4,33m x 3,86m.

Alle Stützen, Träger, Nebenträger und Deckenplatten sind aus Eisenbeton hergestellt, ebenso die Außenwände des EG's und des KG's, die übrigen Außenwände sind als Eisenbetonskelett mit Ziegelausfachung ausgebildet.



**Abbildung 3-27 Innenhof (Q.: H. Sehak)**  
**Abbildung 3-28 - Zweites OG (Q.: H. Sehak)**

Mit Studierenden des Fachgebietes Baugeschichte der Universität Siegen wurde 2003 eine vergleichende Untersuchung verschiedener Methoden der Bauaufnahme durchgeführt.

Aufgrund der in den verschiedenen Geschossen sehr ähnlichen Grundrisskonfiguration war die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte hierzu besonders geeignet.

Durch gleichzeitiges tachymetrisches Erfassen der Gebäudegeometrie konnten die Aufmaße der einzelnen Studentengruppen überprüft werden. Bei der Bauaufnahme kamen folgende Verfahren zum Einsatz:

Einbildentzerrung,

händisches Fassadenaufmaß mit Bandmaß und Lot ,

händisches Aufmaß mit Bandmaß und Schnurraster,

händisches Aufmaß mit Laserdistanzmessgerät und Schnurraster,

Nivellement,

händisches Aufmaß mit Laserdistanzmessgerät ohne Schnurraster,

CAD gestütztes tachymetrisches Aufmaß für die Erfassung der inneren und äußeren Gebäudekontur sowie von Passpunkten für die Bildentzerrung.

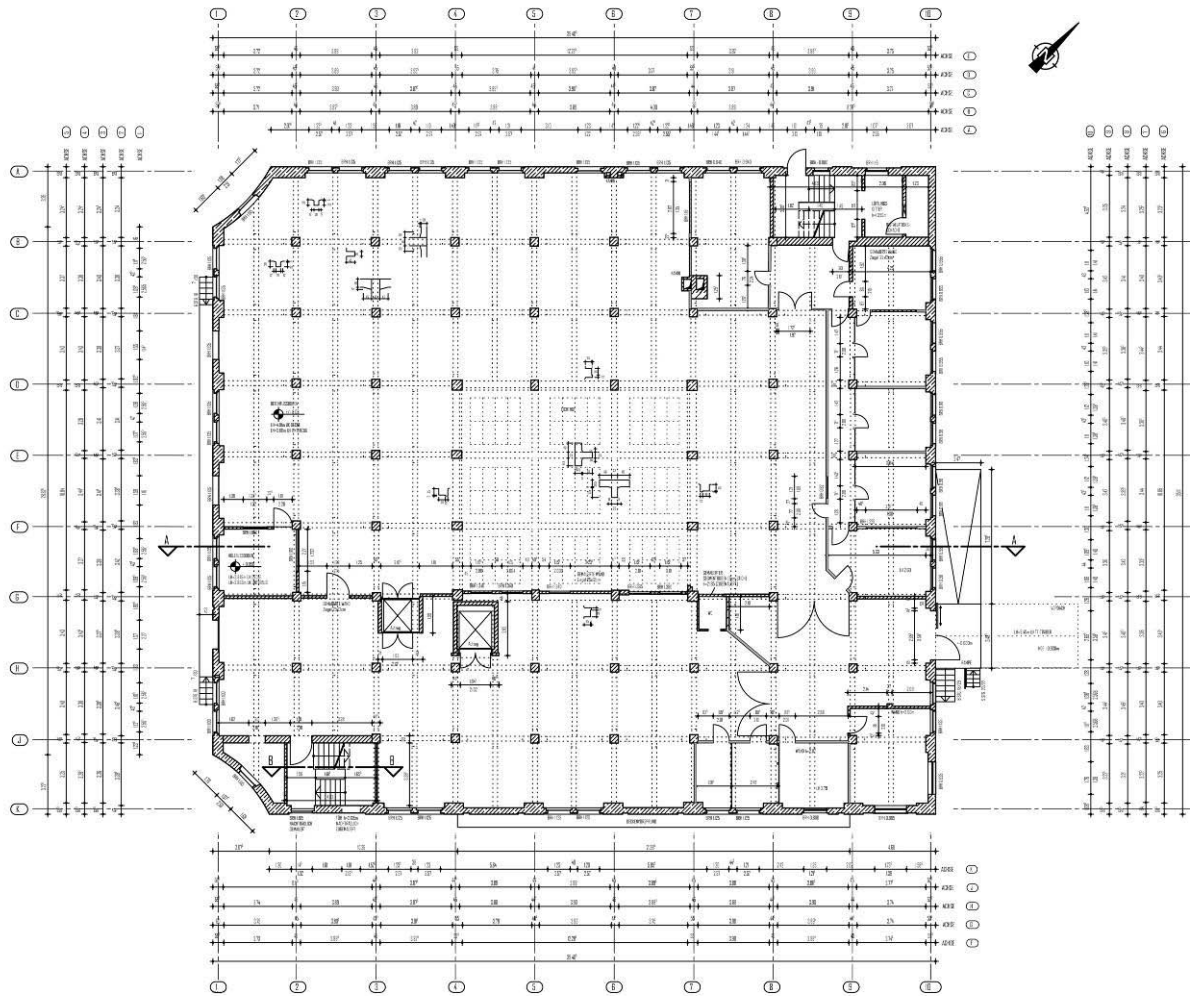


Abbildung 3-29 Erdgeschossgrundriss (verkleinert)

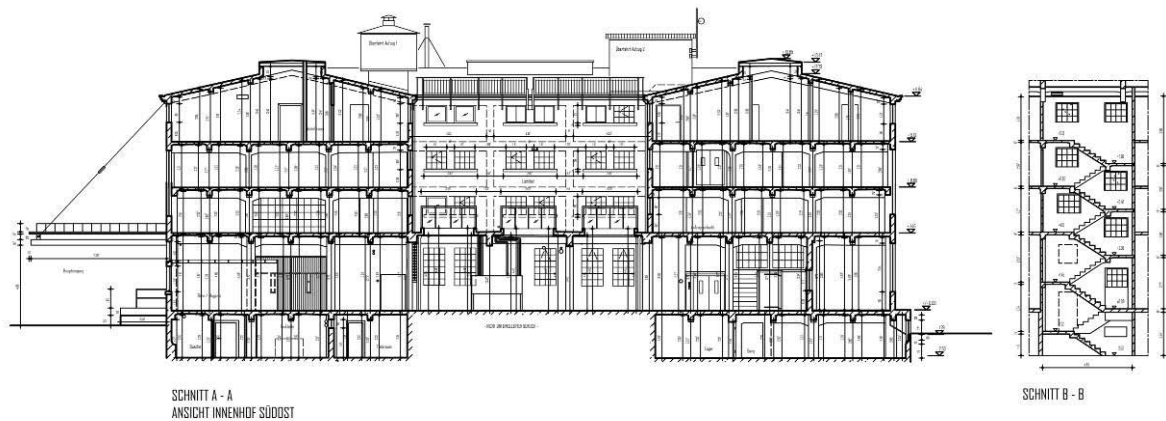


Abbildung 3-30 - Schnitt A - A (verkleinert)



**Abbildung 3-31 – Fassadenaufmaß mit Bandmaß**

**Abbildung 3-32 - Nivellement bei der Schnitterstellung**

**Abbildung 3-33 - Abloten von hoch gelegenen Punkten in die Bezugsebene**



**Abbildung 3-34 - Diagonalenmessung mit Laserdistanzmessgerät**

**Abbildung 3-35 - Rechnergestütztes tachymetrisches Aufmaß**

**Abbildung 3-36 - Schnurgerüst**



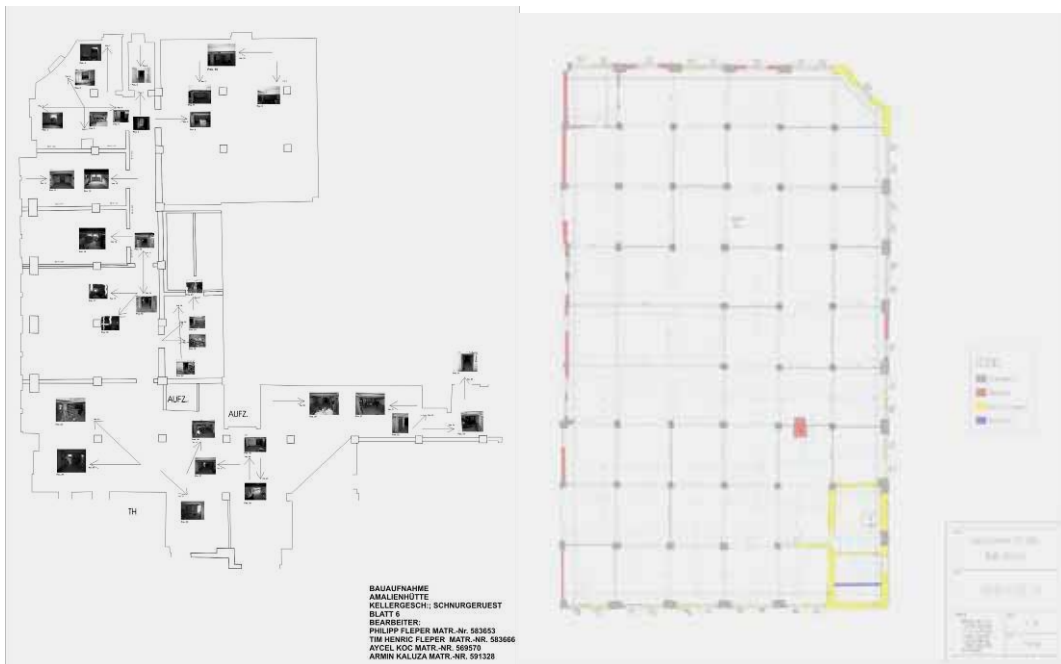
**Abbildung 3-37 - Eintragung der erfassten Daten auf Zeichenpapier...**

**Abbildung 3-38 - ...oder Laptop vor Ort**



**Abbildung 3-39 Südostfassade**

**Abbildung 3-40 - Entzerrte Südostfassade (software: Rollei)**



**Abbildung 3-41 - Aufmaß KG mit Schnurgerüst (ca. 50% der EG-Fläche erfasst)**

**Abbildung 3-42 - Aufmaß EG mit Schnurgerüst (ca. 66% der Gesamtfläche EG erfasst)**

Der Vergleich der Effizienz der verschiedenen Aufmaßmethoden anhand eines Objektes ist letztendlich nicht repräsentativ.

Die hier dargestellten Aufmaße wurden von verschiedenen Personen erstellt. Die Bedingungen waren trotz ähnlicher Grundrisskonfiguration nicht in allen Geschossen vollkommen gleich.

Eine Tendenz kann dennoch festgestellt werden.

Das Aufmessen mit Laserdistanzmessgerät und Zeichnen auf einem Laptop vor Ort kann in diesem Fall als die erfolgreichste Methode angesehen werden. Eine studentische Arbeitsgruppe konnte die gesamte Erdgeschossfläche bearbeiten.

Die Formtreue des Aufmaßes wurde hier durch das Einmessen von Diagonalen erreicht.

Die in den Abbildungen dargestellten Aufmaße mit Schnurgerüst und Laserdistanzmessgerät konnten in gleicher Bearbeitungszeit vor Ort nur ca. 50% und ca. 66% der jeweiligen Grundrissfläche erfassen.

Ursache für die umfassenden Untersuchungen der „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte in Bad Laasphe war der eher traurige Umstand, dass dieses Gebäude für die bauliche Erweiterung eines ortsansässigen Unternehmens weichen musste.

Vor einem Abriss forderte die Denkmalbehörde eine umfassende Bauaufnahme des Gebäudes.

### 3.3.2.3 Nikolaikirche, Siegen



Abbildung 3-43 - Turm und Haupteingang von Osten

Abbildung 3-44 - Sakristei, Chor und Mittelschiff von Südwesten



Die Entstehungszeit der Nikolaikirche wird aufgrund ihres romanischen Erscheinungsbildes auf das 2. Viertel des 13. Jahrhunderts geschätzt.

Die Weihe eines Altars für den Hl. Michael im ersten Obergeschoss des Turms wird 1317 erwähnt.

Die Nikolaikirche ist ein Zentralbau mit Platz für ca. 1000 Besucher. Chor und Apsis sind nicht wie sonst üblich genau nach Norden sondern nach Ost-Nord-Ost ausgerichtet.

Diese leichte Verdrehung könnte in der Topografie (Hanglage) oder einer städtebaulichen Ausrichtung auf Oberes und Unteres Schloss am Sieberg begründet sein.

Im Einzelnen besteht die Nikolaikirche aus Apsis, dem geraden Chor mit südlich angebauter Sakristei, einem sechseckigen Zentralbau mit südlichem und nördlichem Seitenschiff sowie dem mächtigen im Grundriss quadratischen Turm mit zwei flankierenden Treppenaufgängen zu den Emporen.

Lange Zeit ging man davon aus, dass die einzelnen Bauteile Schritt für Schritt über lange Zeiträume hinweg aneinander gereiht wurden.

( vgl. v. Achenbach1983, S.170ff., Mainzer1978, S.3ff.)

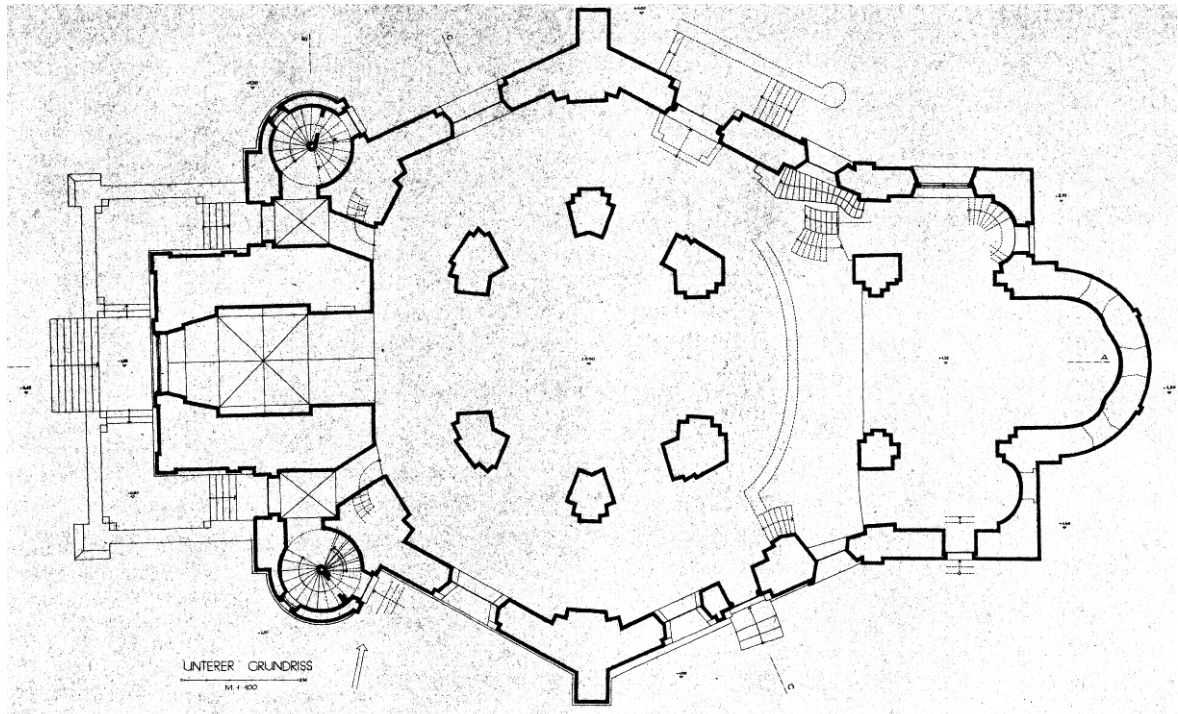


Abbildung 3-45 Bauaufnahme aus dem Jahr 1951 (Q.: Archiv ev. Kirchengemeinde Siegen)

Untersuchungen nach den Zerstörungen des Luftangriffes vom 18.12.1944 im Zweiten Weltkrieg deuten jedoch eher darauf, dass die Nikolaikirche abgesehen von letztendlicher Vollendung des Turmes und kleinerer An- und Umbauten in einem Zuge errichtet wurde.

Im Fachgebiet Bauaufnahme von Prof. Dr. Ing. Dr. phil. (NL) K. Kiem wurde unter Leitung des Verfassers im Sommersemester 2005 Grundriss und Schnitt der Nikolaikirche aufgenommen.

Der so gewonnene formgerechte Grundriss stützt nach Urteil von Prof. Dr. Dr. K. Kiem die These der Errichtung in einem Guss.

Für die Erfassung des Erdgeschossgrundrisses wurde mit Hilfe eines Rotationslasers Passpunktmarken auf exakt gleicher Höhe an allen relevanten Punkten im Gebäudeinneren angebracht.



**Abbildung 3-46 - Passpunktmarken in Mittel- ....  
Abbildung 3-47 - ...und Seitenschiff der Nikolaikirche**

Diese Passpunktmarken wurden mit reflektorlos messendem Tachymeter unter Verwendung der Autocadapplikation Tachycad eingemessen. In gleicher Bezugsebene wurde die Innenseite der Außenwände tachymetrisch eingemessen. Somit entsteht schnell CAD taugliche Daten, die die grobe Struktur der Gebäudegeometrie wiedergeben.

Mit Laserdistanzmessgeräten und Meterstäben werden daraufhin Details wie Fenster Stützen, Treppen etc. aufgenommen.

Durch Dreiecksmessungen, immer bezogen auf die vorher erfasste Grobstruktur, wird die Formtreue gewährleistet. Die im Laufe der Bauaufnahme immer weiter hinzugewonnenen Daten werden vor Ort in Laptops eingegeben.

Die Außenflächen der Erdgeschosswände wurden wie auf der Innenseite mit reflektorlos messendem Tachymeter erfasst.

Für das Umsetzen und Neupositionieren des Gerätes (Freie Stationierung) wird durch Rückmessung auf mindestens drei bereits erfasste Punkte der neue Standpunkt des Vermessungsgerätes bestimmt.

Es wurden sowohl auf der Fassade befestigte als auch „natürliche Passpunkte“, also markante Punkte an der umgebenden Bebauung ohne das Anbringen von Zielmarken, verwendet.

Die sogenannten „natürlichen Passpunkte“ müssen sorgfältig ausgewählt sein. Die Reichweite des Tachymeters ist zu berücksichtigen, die Passpunkte müssen eindeutig mit dem Fadenkreuz des Tachymeters anzusteuern sein, sie dürfen sich nicht auf beweglichen Flächen befinden, die Punkte sollten eindeutig durch Fotos oder Skizzen dokumentiert sein.

Dies alles gilt auch für angebrachte Zielmarken, hier sind das Anvisieren und die eindeutige Dokumentation einfacher.

Doch haben „natürliche Passpunkte“ den Vorteil, dass man diese auch nach geraumer Zeit wieder Einmessen kann und sich so ohne Probleme in einem vor Tagen, Wochen oder sogar Jahren erstelltem Koordinatensystem stationieren kann. Ebenso fällt das mitunter sehr aufwendige Befestigen von Zielmarken weg.

Neue Tachymeter, die, ausgerüstet mit zwei Digitalkameras, von jedem gemessenen Punkt ein Übersichts- und ein Detailfoto machen, wie das Topcon GPT 7000i können hier eine Erleichterung des Bauaufnahmeprozesses bringen (vgl. Kapitel 3.3.2.4).

Die Technik dafür ist vorhanden, leider werden die Bilddaten bei diesen Geräten z. Zt. noch nicht online an eine Schnittstelle für die externe Weiterverarbeitung der Daten übertragen, sondern zunächst intern abgespeichert und später mit Software des Geräteherstellers auf einen PC übertragen, um bearbeitet werden zu können.

Der Vertikalschnitt durch das Gewölbe des Zentralbaus wurde ebenfalls mit reflektorlos messendem Tachymeter erfasst.

Mit Hilfe eines Rotationslasers wurde die Schnittführung markiert.

Die erste Stationierung des Tachymeters im Dachgeschoss über dem Gewölbe erfolgte durch Anvisieren „natürlicher“ Passpunkte auf der umgebenden Bebauung an einem geöffneten Dachfenster.

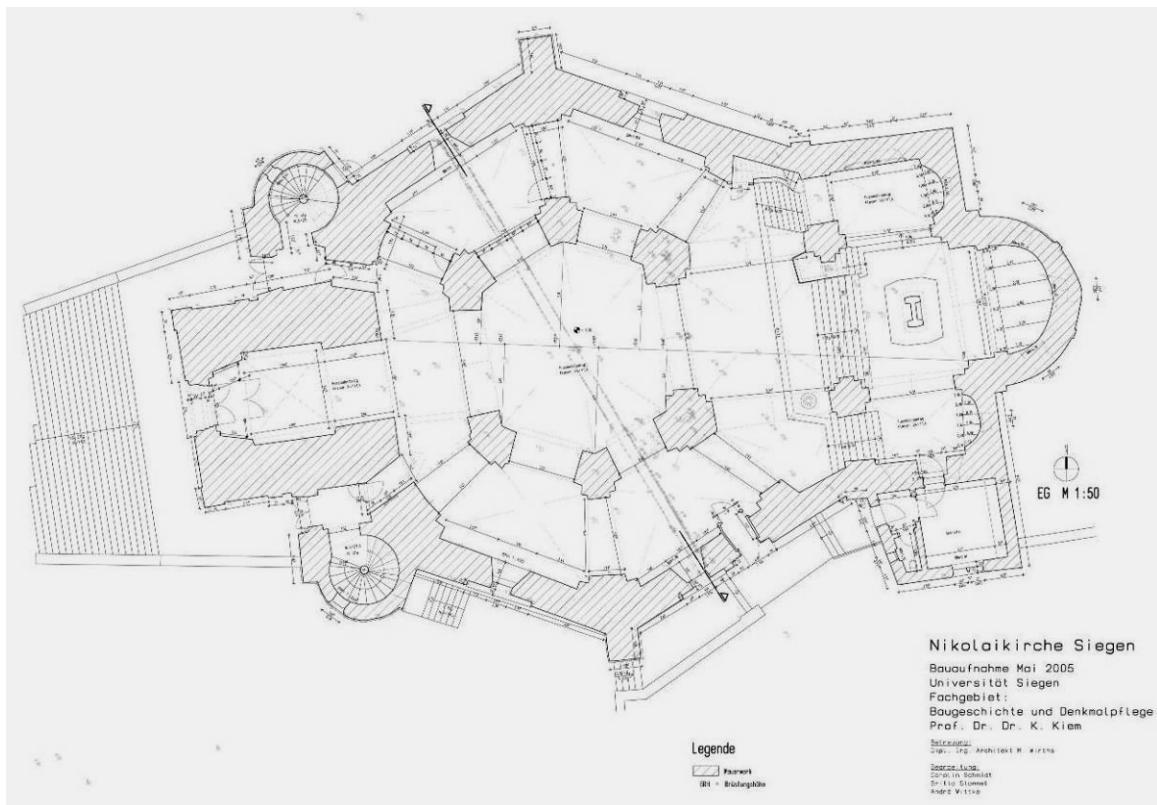
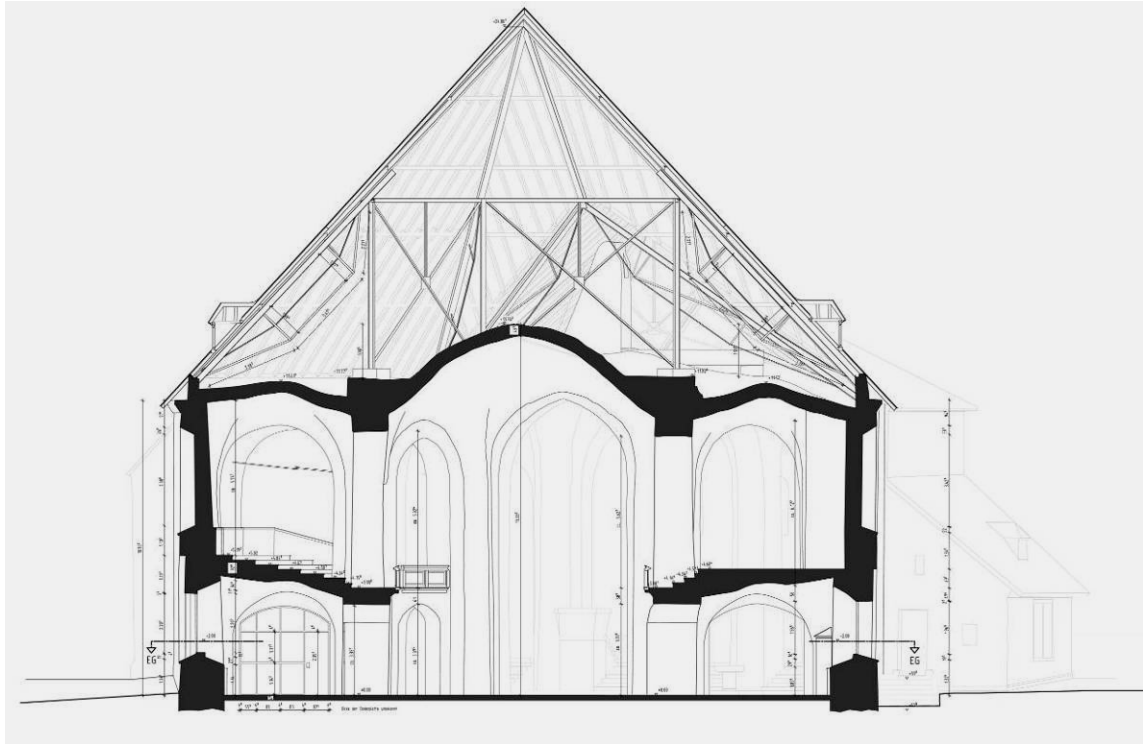


Abbildung 3-48 Erdgeschossgrundriss Nikolaikirche (mit Passpunkten)



**Abbildung 3-49 - Schnitt durch das Mittelschiff**

Gleichzeitig mit der Bauaufnahme durch Tachymeter und Laserdistanzmesser wurde die Nikolaikirche im Fachgebiet Praktische Geodäsie und Vermessung (Frau Prof. Dr. Ing. M. Jarosch) der Universität Siegen im Rahmen einer Diplomarbeit mit einem 3D – Laserscanner erfasst. An der durch die Herstellerfirma durchgeführte Einführung in die Funktionsweise und Anwendung des Gerätes konnte der Autor teilnehmen.



**Abbildung 3-50 3D Laserscanner GS Mensi200**

**Abbildung 3-51 - Das Gerät ist selbstnivellierend und kann leicht aufgestellt werden.**

**Abbildung 3-52 - Bei der Neustationierung wird der Scanner durch "Erkennen" solcher Kugelköpfe in alter und neuer Stationierung positioniert.**

Der eingesetzte Kamera Scanner tastet mit Laserstrahl die Geometrie des Gebäudes in einem vorher definierten Raster ab. Je nach Detaillierungsgrad wird dieses Raster enger oder weiter gewählt. Messungen mit einem Punktabstand unter einem Zentimeter sind durchaus möglich, allerdings ist dabei auf die enorme Datenmenge, welche dabei entsteht zu achten. Eine eingebaute Digitalkamera ermittelt die wirkliche Farblichkeit der erfassten Punkte. Falls gewünscht, werden die Messpunkte dementsprechend „eingefärbt“. Das so entstandene Bild sieht einem Foto sehr ähnlich, jeder Bildpunkt ist aber mit drei Koordinaten genau bestimmt. Die gewonnene Punktwolke wird in spezieller Software weiterverarbeitet, ein Schnitt durch die Wolke ist an beliebiger Stelle möglich. Bedeutsam ist hierbei, unwichtige Informationen von wichtigen zu trennen, um die große Datenmenge minimieren zu können.

( Für den Scanner ist schließlich ein Möbelstück nicht von einem massiven Bauteil zu unterscheiden.)

Für „baustellengerechte“ Zeichnungen sind die Schnitte zu überarbeiten.



**Abbildung 3-53 - 3D Scan Innenraum (Q.: S. Müsse)**

**Abbildung 3-54 - 3DScan außen (Q.: S. Müsse)**

### 3.3.2.4 Ev. Gemeindehaus, Duisburg – Ruhrort



**Abbildung 3-55 - Ev. Gemeindezentrum Duisburg - Ruhrort, Ansicht Dr.-Hammacher-Str.  
Abbildung 3-56 - Gottesdienstraum im 1. OG**

Das evangelische Gemeindehaus, Duisburg – Ruhrort wurde in den Jahren 1902 bis 1903 von Baurat Karl Siebold erbaut.

Das Gebäude besteht aus Kellergeschoss, Erdgeschoss, zwei Obergeschossen und dem nur teilweise ausgebauten Dachgeschoss. Es weist eine Bruttogeschossfläche von ca. 3400m<sup>2</sup> auf.

Die meisten Aufenthaltsräume, darunter Kirchräume für die evangelische Gemeinde und der Nederlandse Kerk aan Ruhr sind zu einem ca. 6m x 10m großen Innenhof hin ausgerichtet.

Die Gestaltung der Außenfassade zur Dr.- Hammacher - Straße und des repräsentativen Haupttreppenhauses weist eine Mischung der verschiedensten Baustile auf. Unter anderem finden sich romanische Fenster und Säulen, romanische Galerien im Inneren, renaissanceartige Treppengiebel, niedersächsisches Fachwerk an den Dachgauben sowie eine frühgotisch anmutende Rosette im Giebel des Kirchräumes der evangelischen Gemeinde.

Aufgrund der rückläufigen Zahl der Gemeindemitglieder bei steigenden Unterhaltungskosten soll das Objekt nun veräußert werden. Ein auf dem gegenüberliegenden Stadtquartier ansässiger Großkonzern hat Interesse bekundet, das Objekt zu erwerben und zu einem Konferenzzentrum und Firmenarchiv umzubauen. Als Grundlage für die geplante Umnutzung müssen die Geometrie des Gebäudes sowie die Baustoffkennwerte insbesondere die Festigkeiten der tragenden Bauteile festgestellt werden. Die geometrische Erfassung erfolgte hauptsächlich mit einem reflektorlos messendem Tachymeter in Verbindung mit der Autocad – Applikation Tachycad der Firma kubit .

**Für die Markierung der Schnittebene (horizontal oder vertikal) ist ein Rotationslaser sehr hilfreich. Gerade für eine Schnittzeichnung eines Gewölbes müssen viele Punkte auf der gleichen Schnittebene erfasst werden.**



**Abbildung 3-57 - Mit Rotationslaser markierte Schnittebene für Kellergeschossgrundriss...  
Abbildung 3-58 - ...und Gewölbeschnitt (Laser oben Mitte)**



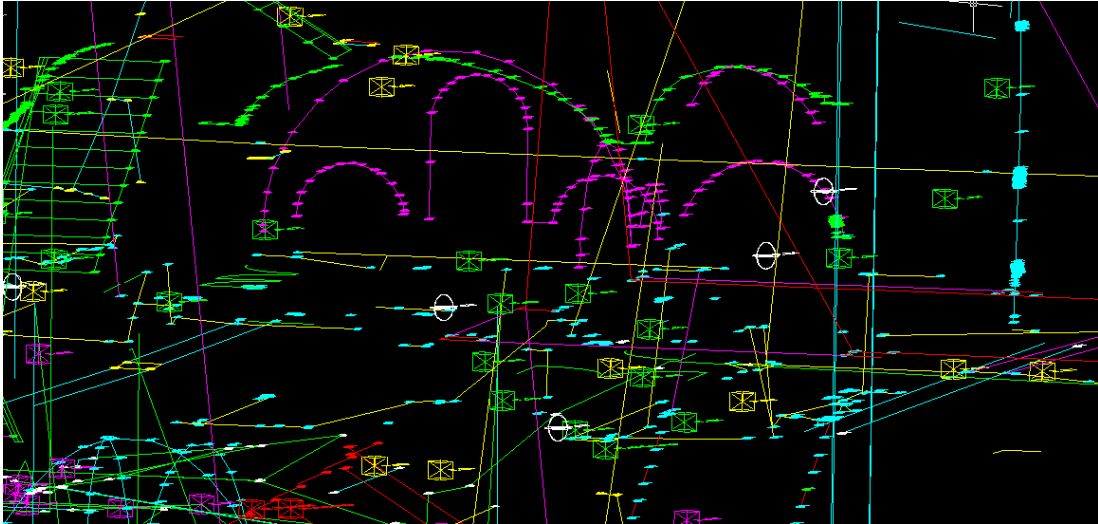


Abbildung 3-59 - Ein Blick auf die "Rohdaten" beim Aufmaß von Bögen

Die Datenübertragung vom Messgerät zum Laptop erfolgt über Bluetooth. Gegenüber einer Kabelverbindung ist dies, bei beengten Raumverhältnissen oder häufig umzusetzendem Messgerät, sehr von Vorteil.



Abbildung 3-60 - Datenübertragung zum Laptop, der Rotationslaser im Hintergrund markiert die Schnittebene

Abbildung 3-61 - Mit dem Tachymeter wird die Schnittebene "nachgezeichnet"

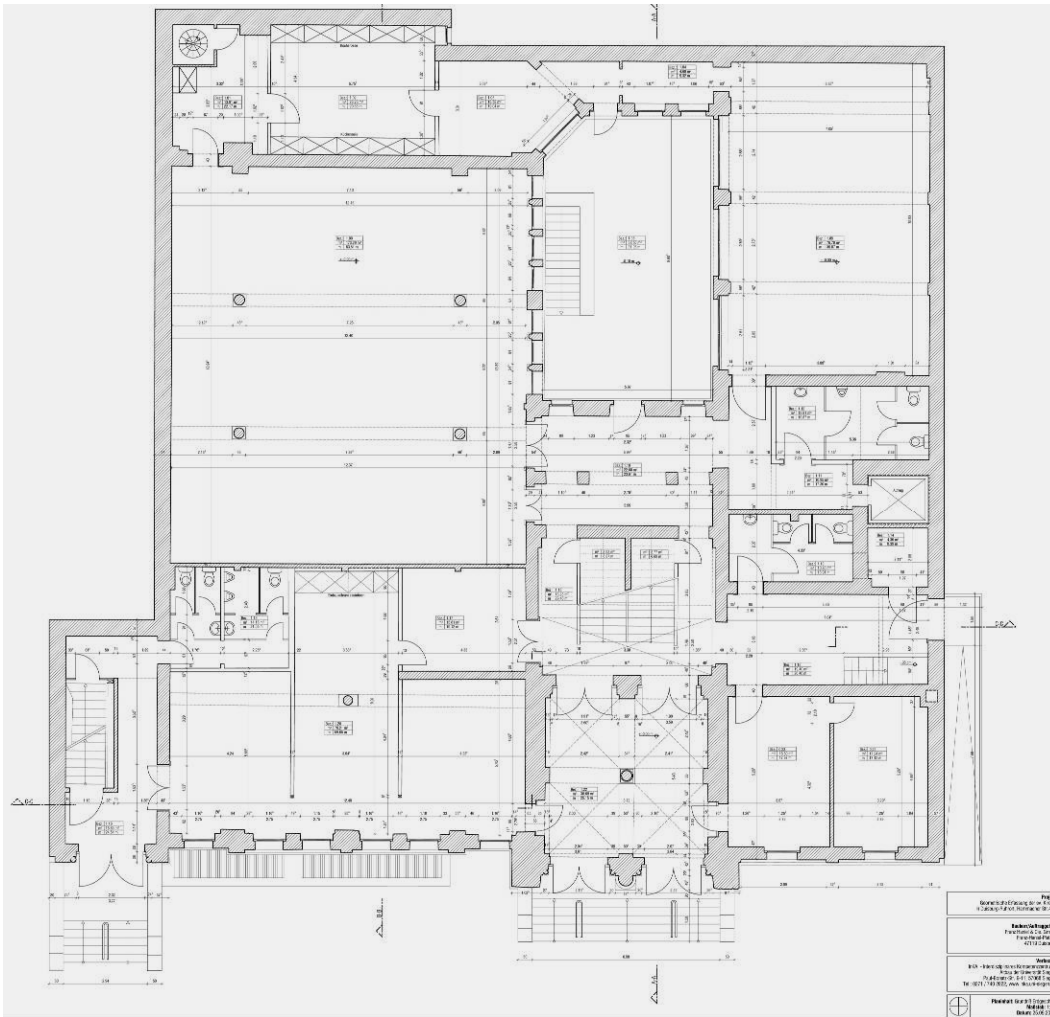


Abbildung 3-62 – Erdgeschossgrundriss

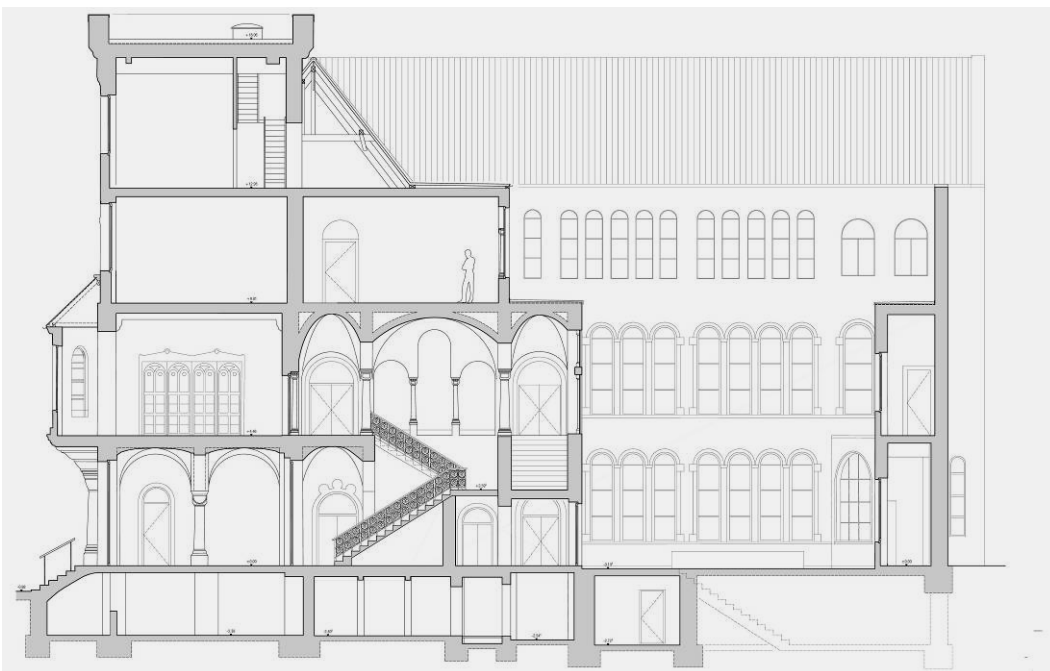


Abbildung 3-63 - Schnitt A-A durch den Innenhof

Die Bauaufnahme der reich verzierten Natursteinfassade an der Dr.-Hammacher-Straße erfolgte durch Einbildentzerrung von Digitalfotos mithilfe der Autocad – Applikation Photoplan (Firma kubit ).

Das Einmessen von Passpunkten für die Entzerrung und Montage der Aufnahmen erfolgte nicht über, im Digitalfoto sichtbare, Zielmarken, wie sonst bei Gebäuden dieser Größenordnung zu empfehlen, sondern über markante Punkte auf der Fassade. Diese wurden erfasst mit dem Tachymeter GPT 7000i der Firma Topcon.

Wie in Kapitel 3.3.2.3 beschrieben, werden bei diesem Gerät zu jedem Messpunkt ein Übersichts- und ein Detailfoto abgespeichert. Somit ist es möglich ohne Skizzen oder die erwähnten Zielmarken den gemessenen Punkt auch im Digitalfoto zu identifizieren.



Abbildung 3-64 - Übersichtsfoto für Passpunkt f4



Abbildung 3-65 - Detailaufnahme des Passpunktes f4 (Punkt bei ev.)

In der verwendeten Version des Programms PhoToPlan werden zunächst die Objektivverzeichnungen des Digitalfotos „herausgerechnet“.  
Die mit dem Tachymeter ermittelten Koordinaten können in verschiedenen Dateiformaten in die Autocad- Applikation eingelesen werden (z.B. DXF, ASCII).  
Danach sind die in der CAD Zeichnung dargestellten Passpunkte mit den entsprechenden Bildpunkten auf dem eingeladenen Digitalfoto zu verknüpfen.  
Anschließend kann das Foto entzerrt und gegebenenfalls mit weiteren entzerrten Aufnahmen zu einem Gesamtbild montiert werden.

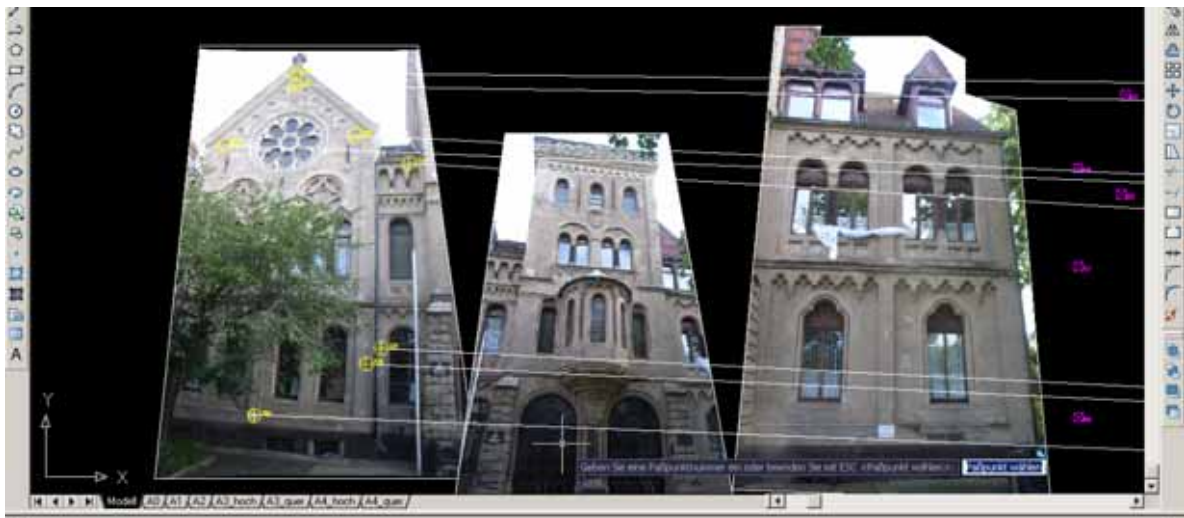


Abbildung 3-66 - Entzerren und Montieren von Teilbildern der Fassade



Abbildung 3-67 - Zusammengesetztes entzerrtes Bild



Abbildung 3-68 – Ansichtszeichnung



Abbildung 3-69 - Ansichtszeichnung mit Steinschnitt

Nach erfolgter Bauaufnahme vor Ort wurde für die Restauration der Steinfassade eine Darstellung des Fugenbildes benötigt. Hier zeigte sich der Vorteil eines Bild verarbeitenden Verfahrens. Das entzerrte Digitalfoto wurde erneut ausgewertet, ein weiterer Termin vor Ort wurde nicht nötig.

### 3.3.2.5 Kleine Objekte

Die im Folgenden dargestellten Objekte werden nicht in gleicher Tiefe wie die vorangegangenen Aufmaßprojekte behandelt. Sie stellen die bisher gewonnenen Erkenntnisse lediglich auf eine breitere Basis.

#### Aula der Justus Liebig Universität in Giessen



Abbildung 3-70 - Aula der Universität Gießen 2006

Abbildung 3-71 - Innenraum (nur mit künstlicher Belichtung)

Die 1907 erbaute Aula der Justus-Liebig Universität wurde 2006 bis 2007 komplett saniert. Die vorhandene Verkleidung des Dachtragwerkes wurde ausgetauscht, die in den 1950iger Jahren geschlossenen Dachgauben wieder freigelegt. Als Grundlage für die Ausführungsplanung musste die genaue Geometrie der bogenförmigen Dachbinder und der Gauben erfasst werden.

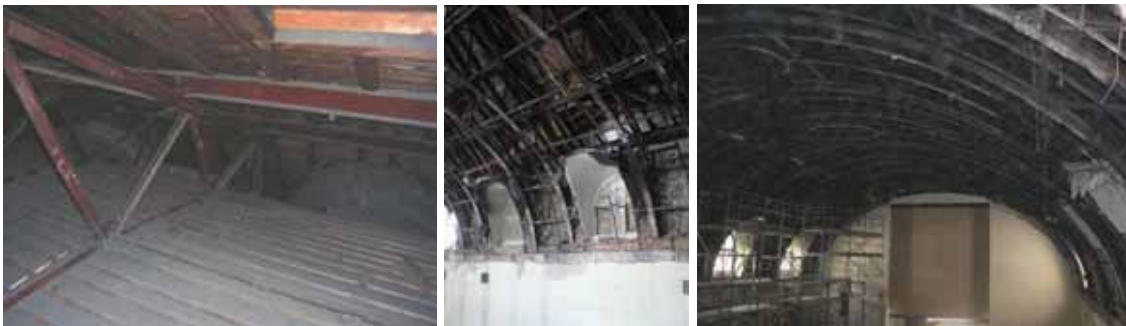


Abbildung 3-72 - Dachraum vor Entfernen der Unterdecke

Abbildung 3-73 - Freigelegte Dachgauben

Abbildung 3-74 Aula bei abgerissener Unterdecke

Die einzelnen Profilstärken der metallenen Dachkonstruktion konnten mit Schieblehre und Metermaß vom Dachraum aus ermittelt werden. Nach dem Abriss

der Unterkonstruktion wurde die Geometrie des Tragwerkes vom Boden der Aula aus mit Hilfe eines reflektorlos messenden Tachymeters bestimmt.

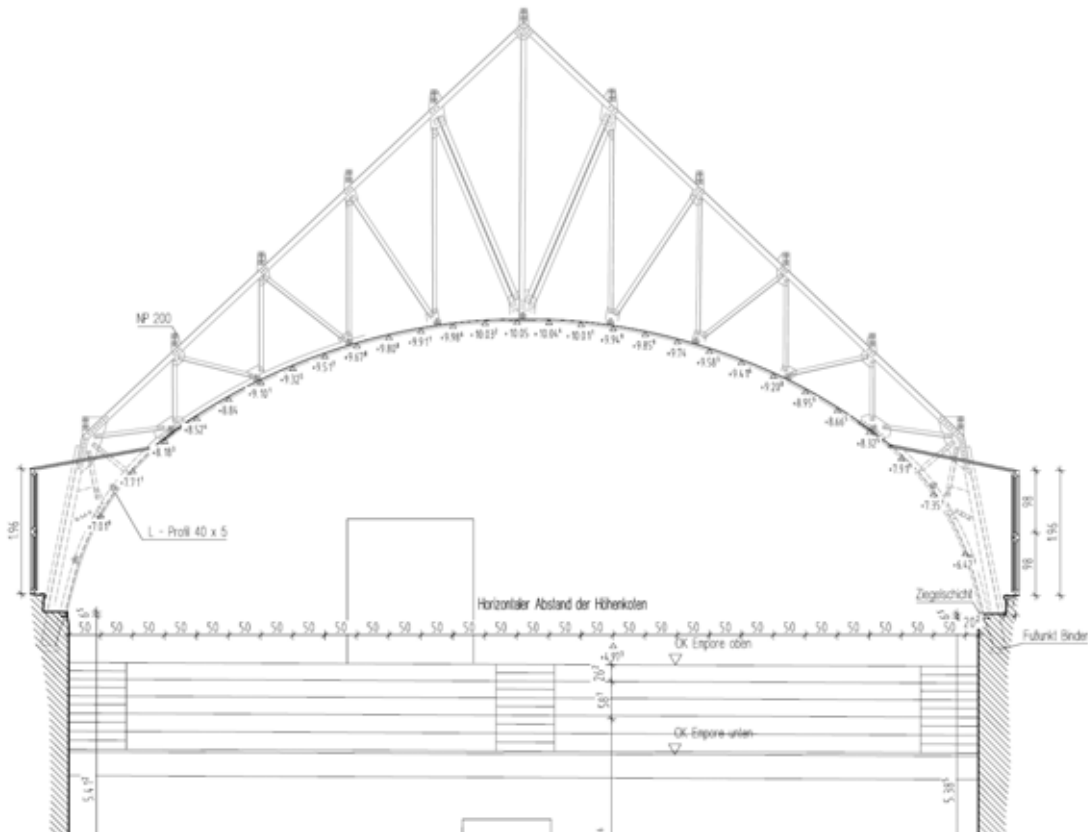


Abbildung 3-75 - Ansicht eines Dachbinders

### Putzrelief, Siegen

Vor dem Abbruch eines Wohn- und Geschäftshauses in Siegen, Stadtmitte, sollte ein als Sgraffito (sgraffiare (ital.)= kratzen) zu bezeichnendes Putzrelief des Künstlers Siegfried Vogt dokumentiert werden.

Das Putzrelief wurde digital fotografiert, Passpunkte zur Bildentzerrung tachymetrisch aufgenommen, um anschließend mit der Software PhoToPlan entzerrt zu werden.

Die Aufnahme vor Ort nahm eine Stunde, die Auswertung 20 Stunden Zeit in Anspruch.

Auch wenn es sich bei diesem Projekt nicht um die Erfassung eines Tragwerkes handelt, werden die Möglichkeiten des Verfahren sehr anschaulich verdeutlicht.

Bei günstigen Bedingungen lassen sich durch kurze Zeit vor Ort viele Informationen zur Geometrie festhalten.

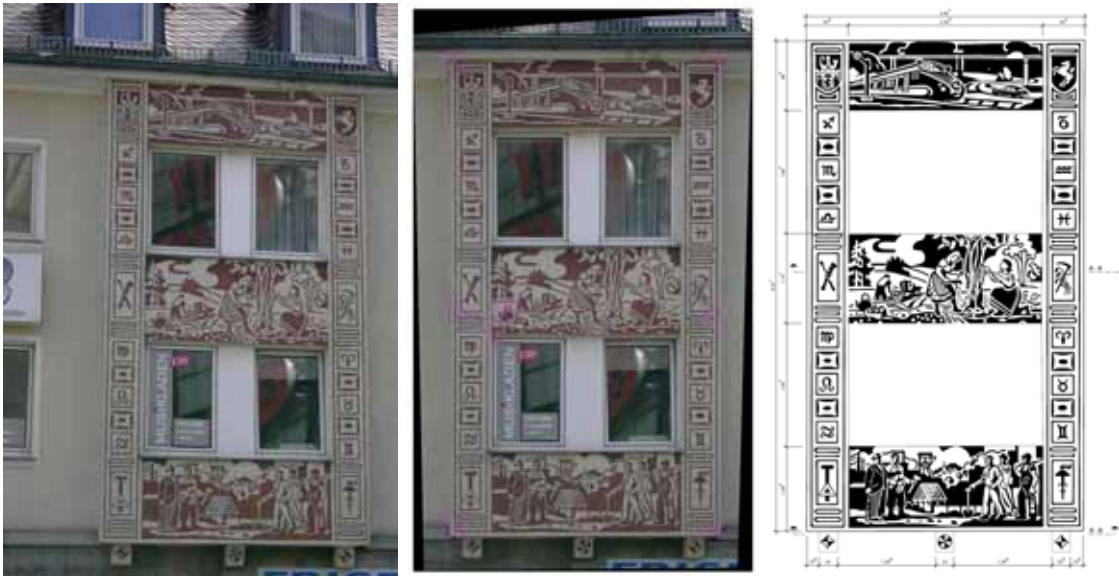


Abbildung 3-76 - Foto  
 Abbildung 3-77 - Entzerrtes Foto  
 Abbildung 3-78 - Reprofähige Grafik

### Fachwerkhaus, Bergisches Land

Mit dem gleichen Verfahren wurde bei dem Anbau an ein Fachwerkhaus die Geometrie der Fassaden des bestehenden Gebäudes für die Genehmigungplanung erfasst



Abbildung 3-79 - Entzernte Nordfassade  
 Abbildung 3-80 - Entzernte Ostfassade



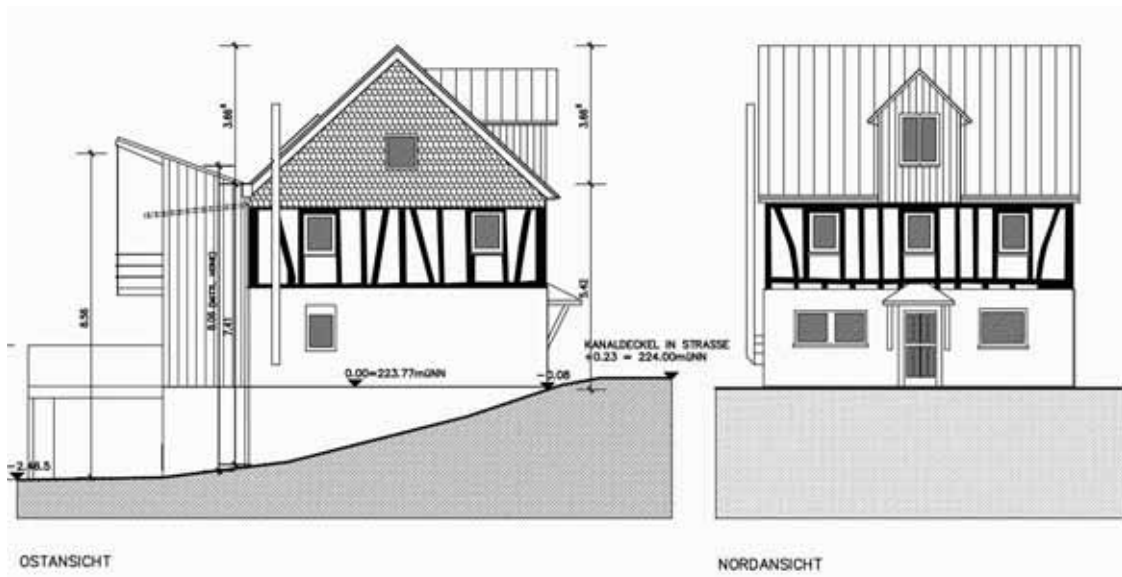


Abbildung 3-81 - Ansichtszeichnungen Baugesuch

### Pfarrhaus, Bergisches Land



Abbildung 3-82 Kath. Pfarrhaus, Holpe

Abbildung 3-83 - Aufmaßskizze

Abbildung 3-84 - Grundriss EG ( Maßketten abgeschnitten)

Das hier beschriebene Pfarrhaus einer katholischen Kirchengemeinde im Bergischen Land wurde Ende des 19. Jahrhunderts in Bruchsteinmauerwerk erbaut.

Da die Pfarrstelle nicht mehr besetzt werden sollte, wurde ein Aufmaß für den möglichen Umbau oder Verkauf der Immobilie erstellt.

Zur Erfassung wurden Laserdistanzmessgerät und Metermaß (Zollstock) eingesetzt.

## Einfamilienhaus, Waldbröl



Abbildung 3-85 - Straßenansicht  
Abbildung 3-86 - Rückansicht

Mit gleichen Methoden wurde auch ein Flächenaufmaß des hier dargestellten Einfamilienhauses erstellt. Das Ergebnis dieser Bauaufnahme diente lediglich zur Feststellung der vorhandenen Flächen und Kubatur und damit der Erleichterung der Vermarktung des zum Verkauf stehenden Gebäudes.

Um ein solche Bauaufnahme wirtschaftlich erstellen zu können, darf die Erfassung und zeichnerische Darstellung nicht mehr als 14 h x 1 Bearbeiter/in betragen.



Abbildung 3-87 - Grundrisse mit Flächenberechnung

### 3.4 Auswertung der Fallbeispiele

Die in den Kapiteln 3.3.2.1 bis 3.3.2.5 erläuterten Objekte belegen zunächst sehr anschaulich, dass es für eine Erfassung der Gebäudegeometrie eine Vielzahl unterschiedlicher Gründe gibt, eine Vielzahl von Methoden und Geräten zur Verfügung steht, und der Charakter der aufzunehmenden Objekte sehr variiert. In folgender Abbildung wird dies zusammengefasst.

Objekt: Gerät:	Villa la rocca	„Neue Schlos- serei“	Nikolai- kirche	ev. Gemein- dehaus	Aula	Putzrelief	Fach- werkhaus	Pfarrhaus	Einfam.- wohn- haus
3D Laser- scanner			<b>X</b>						
Bandmaß		<b>X</b>							
Einbildfoto- grammetrie	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		
Laserdis- tanzmessg. mit EDV .	<b>X</b>	<b>X</b>							
Laserdistanz- messgerät	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Lot		<b>X</b>							
Nivelliergerät		<b>X</b>							
Rotations- laser		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>				
Schieblehre					<b>X</b>				
Schnurgerüst		<b>X</b>							
Tachymeter						<b>X</b>	<b>X</b>		
Tachymeter mit Digital- kamera				<b>X</b>					
Tachymeter mit EDV Anbindung	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>				
Zollstock	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Gerät: Grund d. Erfass.:	Erproben der Methoden	Aufmaß für Denkmalamt / Vergleich von Methoden	Bau- forschung	Planungs- grundlage für Um- nutzung	Grundlag e für Aus- führung- planung	Virtueller Erhalt von Kunst	Zeichnun g für Genehmigungs- planung	Erfassen des Be- standes für evtl. Umbau	Erfassen von Flä- chen und Volumen für Im- mobilien-

**Abbildung 3-88 - Übersicht eingesetzter Geräte / Grund der Erfassung**

Es muss erwähnt werden, dass neben den hier aufgeführten Geräten **alle** Bauaufnahmen durch Skizzen und /oder Digitalfotos ergänzt wurden.

### 3.4.1 Besonderheiten bei der Bauaufnahme von Tragwerken

Für Erfassung der Tragwerkgeometrie ist hier zunächst festzustellen, welche typischen geometrischen Formen Tragwerke haben. Leitner hat sich in *Leitner2004, S.32ff.* mit den in der Literatur dargestellten Tragwerktypologien *Engel1967, Büttner/Hampe1976, Ackermann1988, Führer/Ingendaaij/Stein1995* beschäftigt.

GEOMETRIE			BEISPIELE VON TRAGELEMENTEN UND ANFORDERBARE KRÄFTE				
ZEHNUNG	ÄUSSERE FORM	INNERE STRUKTUR	ANZAHL DER TRAGWERKE	ANZAHL DER TRAGWERKE	KRAFTRICHTUNGEN SENKRECHT ZUR TRAGWERKEBENEN (BIEGUNG)	KRAFTRICHTUNGEN IN TRAGWERKEBENEN (NORMALKRAFT)	ANZAHL
0	0	0	0	0	 PUNKT e.B. ANFLASER	 KNOTEN  GELENK	0
1	1	1	1	1	 BALEEN HEISST ALS HORIZONTALER STAB	 STÄBEN HEISST ALS VERTIKALER STAB	1
2.1	2	 ANDERE LÄUFE	2	2	 ABSTRIE STÄBE, e.B. TRÄGERLÄUFE "FLÄCHEN" DER STÄBE MIT GEGENKÜRPERN	 ABSTRIE STÄBE, e.B. STÜTZENREIHE	1
		 "FLÄCHE"	1	1	 "SCHIBEN" ALS STÄBE, e.B. GÜTERKORB	 "SCHIBEN" ALS STÄBE, e.B. TRÄGERWERK	2
2.2	2	 GERÄUCHTE LÄUFE	1	1	 "SCHIBEN" ALS GEGENKÜRPER STAB	 e.B. RAHLEN	2
		 GERÄUCHTE FLÄCHE	1	1	 "SCHIBEN" ALS GEGENKÜRPER STAB, e.B. BOGEN	 e.B. BOGEN	2
2.2	2	2	1	1	 PLATE, HEISST ALS PECKE	 SCHREIBE, HEISST ALS WAND	2
3.1	3	 ANDERE FLÄCHEN	0	0	 WÄNDE UND DECKEN-PLATE	 KOMBINATION AUS VERTIKALEN UND HORIZONTALEN SCHREIBEN	3
		 GESALTENE FLÄCHEN	0	0	 GEFALTENE SCHREIBEN, e.B. PYRAMIDISCHES TRÄGERWERK	 e.B. PYRAMIDISCHES TRÄGERWERK	3
		 REKURVIERTE FLÄCHEN	0	0	 GEKÜRBTETE SCHREIBEN, e.B. KREIS-GEWÖLBE	 e.B. KREIS-GEWÖLBE	3
3.2	3	3	0	0	 KÖRPER	 GESCHLOSSENE KÖRPER MIT INNENRÄUM, e.B. PYRAMIDE	3

Abbildung 3-89 - Einteilung der Tragwerkelemente (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S. 46 f.)

Eine nach der Geometrie (äußere Form, innere Struktur) aufgestellte Typologie findet man bei *Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.46ff.*

Tragwerke werden gegliedert in Punkt, Linie und Fläche, wobei die Addition des Typus', welcher in der Hierarchie weiter unten steht (weniger Dimensionen verkörpert), den nächst höheren Typus ergibt, die Addition von Flächen letztendlich den Raum, das Äußere des Raumes den Körper. Die hier dargestellten Elemente sind grundsätzlich denen, die bei der „normalen Bauaufnahme“ erfasst werden, gleich.

Dies lässt die Frage zu, ob es bei der Erfassung der Tragwerkgeometrie gegenüber der übrigen Gebäudegeometrie überhaupt Unterschiede gibt.

Hierzu drei Bemerkungen:

- 1.) Gebäudegeometrie und Tragwerkgeometrie sind nicht immer deckungsgleich, in Bauteilen verborgene Tragelemente sind durch weitere Methoden (s. Kap. 3.5) zu untersuchen.
- 2.) Nicht alle erfassten Bauteile sind Tragelemente, das Erfassen des Tragwerkes, auch in seiner Geometrie, erfordert ein Bewerten der vorhandenen Gesamtgeometrie (s. Kap. 4).
- 3.) Die Genauigkeit des Aufmaßes eines Tragelementes unterliegt anderen Gesichtspunkten als bei dem Gesamtaufmaß.

Da 1.) und 2.) in weiteren Kapiteln behandelt werden, wird auf den letzten Punkt im Folgenden genauer eingegangen.

Die gebräuchlichste Definition von Genauigkeit bei dem Aufmaß von Gebäuden sind die von Eckstein (*vgl.Eckstein2003,S.11ff.*) aufgestellten vier Genauigkeitsstufen.

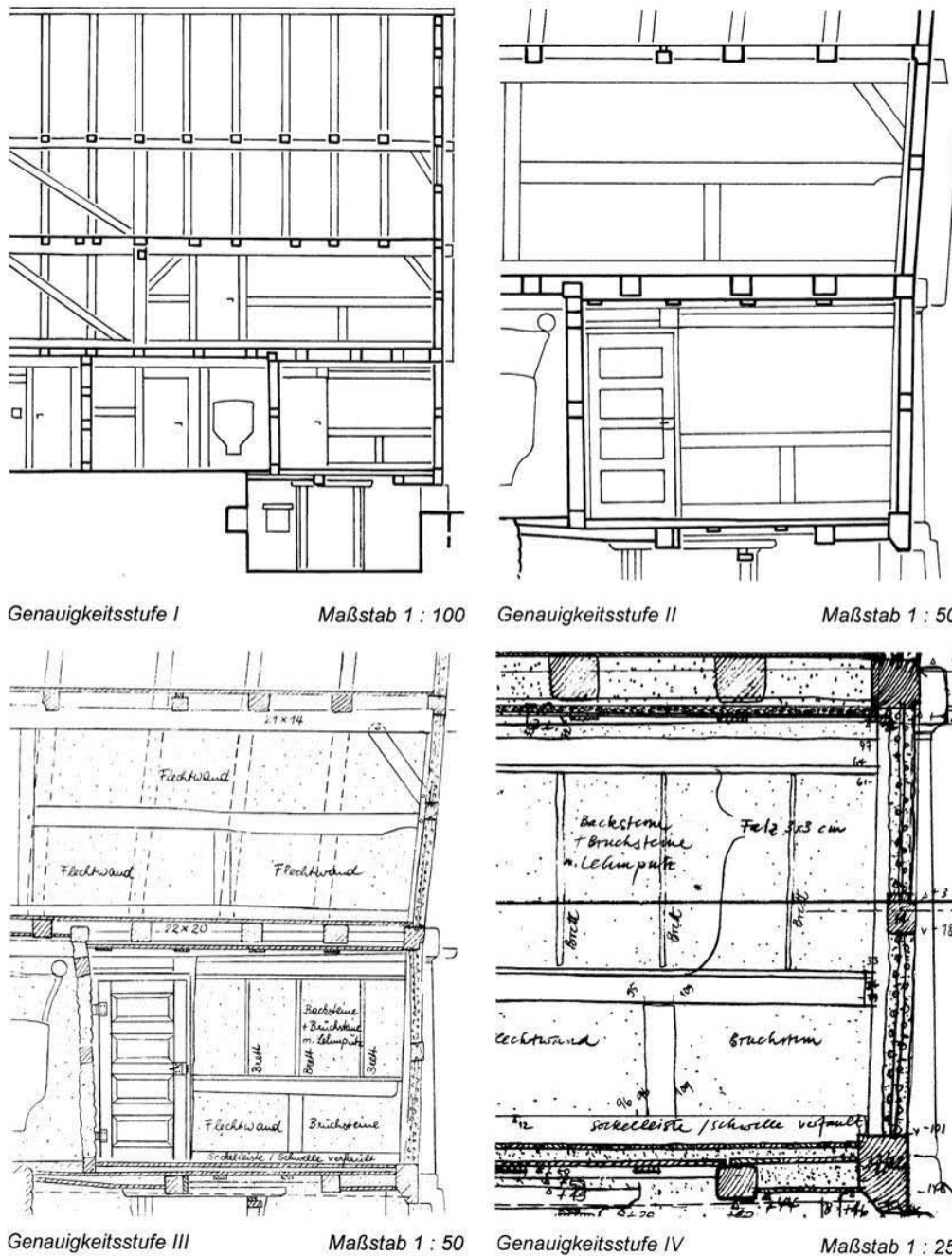


Abbildung 3-90 - Genauigkeitsstufen nach Eckstein (Q.: Eckstein2003, S.17)

Genauigkeitsstufe I (schematisches Aufmaß)

Genauigkeitsstufe II (annähernd wirklichkeitstretues Aufmaß)

Genauigkeitsstufe III (formgetretues Aufmaß)

Genauigkeitsstufe IV (formgetretues Aufmaß mit detaillierter Darstellung)

Obwohl Eckstein zwischen Darstellungsgenauigkeit und Messgenauigkeit differenziert, gibt es für die Messgenauigkeit nur ungenaue Angaben wie beispielsweise für die Genauigkeitsstufe II: „...die Messgenauigkeit, bezogen auf das

Gesamtgebäude, muss innerhalb  $\pm 10$  cm liegen“ (Eckstein2003, S.12).

Bei höheren Genauigkeitsstufen orientiert sich die geforderte Messgenauigkeit an der Darstellungsgenauigkeit (z.B. im Maßstab 1:20  $\pm 1$ cm (Stufe IV)).

In den Genauigkeitsstufen von Eckstein werden, vor allem Aussagen über die Darstellungstiefe, den Detaillierungsgrad getroffen.

Die Art der Darstellung ist für die geforderte Genauigkeitsstufe möglichst durchgehend beizubehalten. (Ausnahmen bilden weniger wichtige Gebäudeteile, die auch mit geringerer Genauigkeit dargestellt werden dürfen.)

Klein (vgl. Klein2001, S.59 ) erachtet es als sinnvoll, dass ein Architekt die tragwerkrelevanten Daten ebenso erfasst wie die übrige Gebäudegeometrie, um Mehrkosten durch doppeltes Aufnehmen zu sparen, weist aber auch darauf hin, dass der Tragwerkplaner höhere Anforderungen an ein Aufmaß hat.

Wie könnten diese Anforderungen des Tragwerkplaners aussehen?

Bei der Erfassung der Tragwerkgeometrie sollte die Messgenauigkeit weniger von einer vorgegebenen Genauigkeitsstufe, denn von der Art des Tragwerkes bestimmt werden. Die Abmessungen von Tragelementen quer und längs ihrer Stabachse gehen beispielsweise unterschiedlich in eine Berechnung ein.

#### Beispiel Holzbalken:

Der mit Gleichlast beanspruchte Träger ruht hier auf einem verschieblichen und einem unverschieblichen Auflager. Die Enden sind frei verdrehbar.

Des Weiteren werden folgende Annahmen getroffen:

Materialgüte:	Nadelholz S 10
Spannweite (l):	4,0m
Last ( $q_d$ ):	2,0 KN/m
Trägerhöhe (h) :	16 cm
Trägerbreite (b):	8 cm

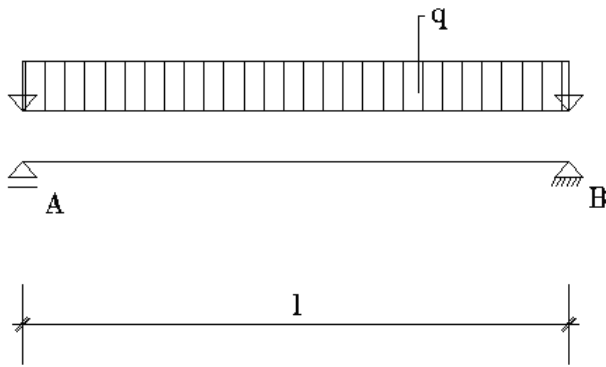


Abbildung 3-91 - Einfeldträger mit Gleichlast

Die vorhandene Spannung  $\sigma_d$  wird ermittelt aus

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$$

es gilt:

$$M_d = \frac{q_d \times l^2}{8} \text{ bei Gleichlast und}$$

$$W = \frac{b \times h^2}{6} \text{ bei einem Rechteckquerschnitt}$$

$$\sigma_d = \frac{400 \text{ KNcm}}{341 \text{ cm}^3} = 1,1730 \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$$

Bei einer (z.B. durch einen Messfehler verursachten) größeren Länge von 2 cm

erhöht sich  $\sigma_d$  lediglich auf  $\frac{404,01 \text{ KNcm}}{341 \text{ cm}^3} = 1,1848 \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$ .

Wird bei der Ermittlung der Höhe des Balken ebenfalls ein Messfehler von 2 cm begangen, so erhöht sich bei einem um 2cm flacheren Balken

$$\sigma_d \text{ auf } \frac{400 \text{ KNcm}}{261 \text{ cm}^3} = 1,5326 \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$$

Bei einer zulässigen Spannung von  $\sigma_{Rd} = 1,50 \text{ KN/cm}^2$  für S10 würde der Balken dann den Biegespannungsnachweis nicht erbringen.



Je leistungsfähiger das Material, umso sorgfältiger sind die Querschnitte zu erfassen.

#### Beispiel Stahlprofil:

Auch hier gilt :

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} \text{ [KN/cm}^2\text{]}, \text{ W ist im Folgenden Krauss/Führer/Jürges2007, S.104}$$

entnommen.

Ein Rechteckprofil in den Dimensionen 80mm x 60mm in St37, welches bei gleicher Belastung (2,0 KN/m) und gleicher Spannweite (4,0 m) mit einer Wandstärke von **5mm** zul.  $\sigma_{Rd} = 21,8 \text{ KN/cm}^2$

$$\text{mit } \sigma_d = \frac{400 \text{KNcm}}{24,95 \text{cm}^3} = 16,03 \text{ [KN/cm}^2\text{]} \text{ nicht erreicht,}$$

wird zul.  $\sigma_{Rd}$  bei einer Wandstärke von **3mm**

$$\text{mit } \sigma_d = \frac{400 \text{KNcm}}{17,51 \text{cm}^3} = 22,84 \text{ [KN/cm}^2\text{]} \text{ überschritten.}$$

In diesem Beispiel sind 2 mm Ungenauigkeit bei der Ermittlung des Querschnitts von großer Bedeutung, 2 mm bei der Ermittlung der Spannweite (l) fallen hier gar nicht ins Gewicht.

Das Beispiel zeigt auch noch einmal, dass für die Erfassung der Tragwerkgeometrie weiterführende Untersuchungen nötig sein können, schließlich ist die Wandstärke des hier beschriebenen Rechteckrohrs nur durch Freilegen eines Endes des Rohres, durch Ultraschallmessung oder durch Anbohren der Wandstärke zu ermitteln. Ebenfalls unter dem Gesichtspunkt Genauigkeit ist die Erfassung der Knoten von Tragelementen zu betrachten. Anzahl und Geometrie der Verbindungsmittel sind für eine spätere Bewertung einer Tragkonstruktion von hoher Bedeutung und verlangen damit auch erhöhte Genauigkeit bei der Erfassung.

### 3.4.2 Beurteilung der verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für Architekten

Bei den dargestellten Erfassungsmethoden handelt es sich grundsätzlich um architekturengerechte Methoden, die Handhabung erfordert keine über die Anforderungen des Architektenberufes hinausgehenden Kenntnisse in Vermessungskunde, Informatik oder Mathematik. Grundsätzlich ist die Einarbeitungszeit als kurz zu bezeichnen.

Einige Verfahren und Geräte basieren auf, für Architekten relativ geläufige, CAD – Anwendungen wie Autocad .

Dennoch unterscheiden sie sich untereinander durch die Dauer der notwendigen Einarbeitungszeit, den Gerätekosten, der Effizienz bei der Bauaufnahme und der zu erzielenden Genauigkeit. Aus der Kombination dieser Faktoren können, je nach Objekt und Ursache der Erfassung, Empfehlungen ausgesprochen werden. Die nachstehende Grafik gibt nochmals einen Überblick zur Häufigkeit der in Kapitel 3.3.2 eingesetzten Geräte.

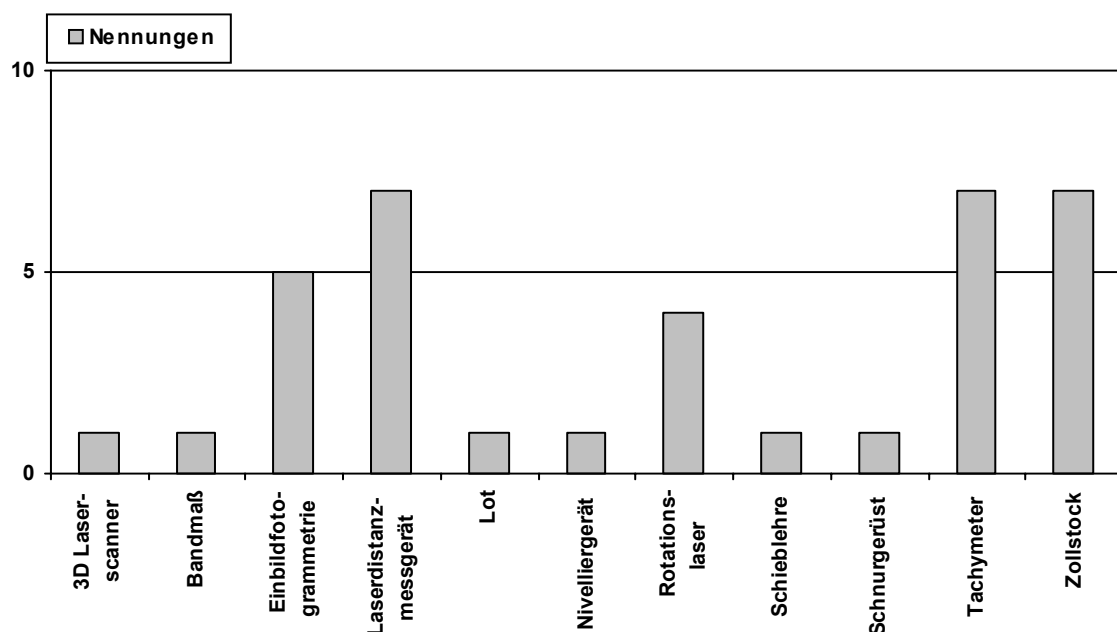


Abbildung 3-92 - Häufigkeit der in 3.3.2 benutzten Geräte

Hierbei wurden die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten von Tachymetern und Laserdistanzmessgeräten (mit od. ohne EDV-Unterstützung) zusammengefasst.

Natürlich bildet eine Reihe aus neun beschriebenen Projekten keine statistisch fundierte Grundlage, es lassen sich aber realistische Trends erkennen. Die meisten Nennungen können Laserdistanzmessgerät, Tachymeter und Zollstock verbuchen. Hier spielen die Handhabbarkeit, Einsatzmöglichkeit aber auch die Kosten der Geräte eine wichtige Rolle.

Rückblickend auf die beschriebenen Projekte, können nachfolgende Erfahrungen mit den aufgeführten Messgeräten festgehalten werden:

### **3D Laserscanner:**

Vorteile:

- Genaues virtuelles Abbild jeglicher Baukörper  
Vorteile gegenüber anderen Geräten besonders bei schwierig zu erfassenden Geometrien (z.B. Gewölbe, Rundbauten).
- Geräte erfordern, an Betrachtung der sehr anspruchsvollen Technik, relativ geringe Einarbeitungszeit.
- Bearbeitungszeit vor Ort gering.
- Nach dem Aufmaß Erstellen von beliebigen Schnitten möglich.

Nachteile

- Hohe Anschaffungskosten (ca. 100.000,- €).
- Nachbearbeitung noch etwas aufwändig.  
Da alles in einem Raum erfasst wird, sind bedeutende von unbedeutenden Daten zu trennen.
- Zusätzliche Softwareanwendungen sind zu erlernen.
- Gefahr des Aufmaßes, ohne genau hinzuschauen, da die einzelnen Messpunkte nicht bewusst erfasst werden, sondern eher „zufällig“ aufgenommen werden.  
„Laserschatten“ sind zu vermeiden.

Der 3D Laserscanner wird sich auch zu einem Werkzeug für Architekten entwickeln, wenn die Geräte erschwinglicher werden. Die Preise sind innerhalb von 5 Jahren um ca. 50.000 US\$ gesunken. Die immer noch hohen Anschaffungskosten ermöglichen bisher nur den Einsatz durch spezialisierte

Büros.

Alle Erfassungsaufgaben lassen sich auch nicht mit einem 3D Laserscanner bewerkstelligen.

Die Querschnitte feingliedriger Stahltragwerke sollten beispielsweise gesondert überprüft werden, da die Genauigkeit des Gerätes bei ca.  $\pm 2,5$  mm liegt.

### **Bandmaß**

Vorteile:

- Günstig in der Anschaffung.
- Kaum Einarbeitung erforderlich.
- Streckenmessung bei schwierigen Sichtverhältnissen (z.B. Gebüsch) möglich.

Nachteile:

- Nur im „Zweimannbetrieb“ zu verwenden.
- Relativ geringe „Reichweite“.
- Messvorgang relativ langwierig.

Das Bandmaß wird weitestgehend durch den Laserdistanzmesser verdrängt.

### **Einbildfotogrammetrie**

Vorteile:

- Das eingesetzte Programm zeichnet sich durch leichte Bedienbarkeit auch bei sporadischer Benutzung aus.
- Direkte Auswertung in CAD möglich.
- Messbild lässt sich in unterschiedlicher Detailtiefe auswerten (vgl. ev. Gemeindehaus Duisburg).
- Fotos handelsüblicher Kameras sind ausreichend.

Nachteile:

- Funktioniert nur in einer Ebene.
- Relativ teuer, falls Geräte für die Erfassung von Passpunkten und Autocad nicht zur Verfügung stehen.

Im Gegensatz zur Einbildfotogrammetrie erscheint die **Stereofotogrammetrie**

als weniger architekturengerecht, es werden kostenintensive Messkameras benutzt und die Auswertung ist etwas komplizierter, bei sporadischer Nutzung gehen Softwarekenntnisse leicht verloren

### **Laserdistanzmessgerät**

Vorteile:

- Berührungslose Distanzmessung.
- Messungen relativ genau (+-2mm).
- Geringe Gerätekosten (ab ca. 150,- €).
- Viele Einsatzmöglichkeiten, Verknüpfung von Rechner und Messgerät über Bluetooth teilweise möglich.
- Neuentwicklungen mit Winkelmesser.
- Kaum Einarbeit nötig.
- Einfache Messungen im „Einmannbetrieb“ möglich.

Nachteile:

- Nicht referenziert, (z.B. Problem bei Geschossen mit nicht gleichbleibender Wandstärke, Lage der Geschosse zueinander muss dann anderweitig bestimmt werden).
- Vorsicht bei Messungen mit Störung des Laserstrahls (Laub, Spinnenweben,...) geboten.
- Nicht für Strecken unter 30cm geeignet (z.B. Stützen und Balken).

Die Häufigkeit der Nennungen bei der Verwendung des Laserdistanzmessgerätes spiegelt auch dessen gute Einsatzmöglichkeit für Architekten wieder.

In Verbindung mit dem Laserdistanzmessgerät gibt es viele Softwarelösungen, die das schrittweise Überführen einer unmaßstäblichen Skizze in eine maßstäbliche Zeichnung ermöglichen. Die, dem Verfasser zur Verfügung stehende, Software zeichnete sich nicht als sonderlich bedienungsfreundlich aus. Hier sind die Untersuchungen und Entwicklungen von Thurow bemerkenswert.

*(vgl. Thurow 2004, S.53 ff.)*

### **Lot**

Anwendung für besondere Aufgaben im Handaufmaß, selten.

## **Nivelliergerät**

Wird zunehmend von Tachymeter und Rotationslaser verdrängt. Während Nivelliere fachgerecht in Waage aufgestellt werden müssen, ist der Rotationslaser selbstnivellierend.

## **Rotationslaser**

Vorteile:

- Leicht zu bedienen, selbstnivellierend.
- Einfache Höhenmessung.
- Durch Laserempfänger mit akustischem Signal können Höhen im „Einmannbetrieb“ ermittelt werden.

Nachteile:

- Oft Hilfsmittel für andere Messgeräte, der eigentliche Messvorgang erfordert zusätzliches Gerät.

Für viele Handwerker ist der Rotationslaser bereits ein Standardgerät. (Kosten ca. 1.500,-€). Architekten setzen ihn nicht mit der gleichen Häufigkeit wie das Laserdistanzmessgerät ein. Zur Unterstützung eines tachymetrischen Aufmaßes ist das Gerät sehr gut geeignet

## **Schieblehre**

Anwendung für besondere Aufgaben im Handaufmaß, selten, zur Bestimmung von Querschnitten von Tragelementen jedoch wichtig.

## **Schnurgerüst**

Als Hilfsmittel um ein klassisches Handaufmaß zu referenzieren wichtig. Jedoch aufgrund des Zeitaufwandes und den leicht möglichen Messfehlern bei dem Gebrauch durch Ungeübte nur sehr eingeschränkt als architekturegerechte Methode zu empfehlen.

## **Tachymeter**

### Vorteile:

- Genaue Messung, Messpunkte dreidimensional bestimmt.
- Reflektorlos messend besonders gut für die Erfassung schlecht zu erreichender Elemente wie Dachtragwerke in Hallen.
- Mit Softwareunterstützung direkte Übertragung und Darstellung der Messdaten in CAD möglich.
- Alle Messungen in einem Koordinatensystem, somit referenziert.

### Nachteile:

- Gerätekosten ab ca.6.000,- € für kleine Architekturbüros eine gut zu überlegende Investition
- Aufstellung und Stationierung sind sehr sorgfältig durchzuführen

Das Tachymeter ist vom Preis-Leistungsverhältnis betrachtet, für Architekten, die mit dem Gebäudebestand arbeiten, ein gut geeignetes Gerät. Es können auch schwierige Geometrien formgetreu abgebildet werden.

In Verbindung mit einem Rotationslaser lassen sich Vertikalschnitte sehr gut anfertigen. In Verbindung mit eingebauten Digitalkameras lassen sich die Messpunkte hervorragend dokumentieren. Noch fehlt die Funktion, dies in Verbindung mit einer CAD Applikation einsetzen zu können.

Eine Einarbeitungszeit, gerade für die Abstimmung von Gerät und Softwareunterstützung, muss berücksichtigt werden. Die Dauer hierfür hängt stark von den CAD Vorkenntnissen des Bearbeiters ab.

Ist das Objekt hauptsächlich rechteckig, gibt es viele (kleine) Räume, die häufig wiederholtes Stationieren des Gerätes erfordern, kann ein Aufmaß mit Laserdistanzmessgerät wirtschaftlicher sein.

## **Zollstock**

### Vorteile:

- Sehr geringe Kosten.
- Keine Einarbeitungszeit.
- Sehr effizient für kurze Strecken (Wandstärken, Stützen-, Balkenquerschnitte...).

Nachteile:

- Messstrecke begrenzt auf 2m.
- Messungen nicht referenziert
- Keine direkte Übergabe der Daten in Rechner möglich.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass für die architekturengerechte Erfassung der Tragwerkgeometrie der Einsatz verschiedener Geräte und Methoden sinnvoll ist. Selbst bei Vernachlässigung der Kosten eines 3D Laserscanners könnte man nicht empfehlen, jede Erfassung mit diesem Gerät, so hervorragend seine Möglichkeiten sind, durchzuführen. Mögliche Hilfen bei der Wahl der Methode werden in Kapitel 3.7.2 diskutiert. Entscheidend ist das Objekt (hier das Tragwerk) und der Zweck der Bauaufnahme. Generell für die Bauaufnahme prägte Petzold den Begriff „planungsrelevante Bauaufnahme.“

„Planungsrelevante Bauaufnahme bedeutet die objektive Erfassung aller Informationen, die für den Entwurf und die Definition des Planungsprozesses entscheidend sind“ (Petzold2001, S.18).

Mit dieser Definition wird die Bauaufnahme nicht zum Selbstzweck, sondern ist stets zielorientiert. Übertragen auf die Erfassung des Tragwerkes bedeutet dies das Sammeln aller Informationen, die zur Beurteilung und möglicherweise zur Ertüchtigung des Tragwerkes erforderlich sind. Es zeigt sich auch, dass für das Sammeln aller notwendigen Informationen die Geometrie allein nicht ausreicht. Eine qualitative Erfassung ist erforderlich.



### 3.5 Qualitative Erfassung

Wie in der Einleitung zu Kapitel 3 und im vorangegangenen Kapitel angesprochen, reicht die erfasste Geometrie nicht aus, um ein Tragwerk beurteilen zu können.

Das Gewinnen aller über die Geometrie hinausgehenden bautechnischen Informationen wird in dieser Arbeit mit **qualitativer Erfassung** bezeichnet.

Darunter fallen die Baustoffkennwerte der verbauten Materialien, die Beschaffenheit des Tragwerkes hinsichtlich Schäden, an einzelnen Elementen und den Verbindungen, Hinweise zur Auflagerung, Hinweise zur Art und Höhe der Belastung sowie Hinweise zum statischen System. An dieser Stelle wird bewusst etwas vorsichtig von Hinweisen gesprochen, da für eine genaue Aussage zur Funktionsweise des Tragwerkes alle erfassten Parameter zusammen bewertet werden müssen, und sich so eventuell erst zeigt, welche Bauteile wirklich das Tragwerk für die einwirkenden Lasten bilden.

Der oben benutzte Begriff „bautechnische Informationen“ betont den Schwerpunkt dieses Kapitels.

Die Erfassung gestalterischer, baugeschichtlicher, ökonomischer und ökologischer Qualität des Tragwerkes ist auch Aufgabe des Architekten, da niemand sonst der am Bau Beteiligten den gleichen Blick für die Gesamtheit der Baumaßnahme hat. An dieser Stelle kann jedoch nicht weiter darauf eingegangen werden.

### 3.5.1 Lasten



Abbildung 3-93 - Schilder mit Angabe zulässiger Belastungen in der "Neuen Schlosserei" der Amalienhütte

Lasten gehören zu den Einwirkungen auf ein Gebäude und haben viele Charaktermerkmale. Sie lassen sich nach der Größe der Last, der Dauer ihres Wirkens, ihrer Richtung, der Art ihrer Verteilung beschreiben (vgl. *Leicher2002, S.19ff., Kraus/Führer/Neukäter2002, S.13ff.*).

Die Dauer ihres Wirkens unterteilt sie in ständige Lasten, die Eigengewichte, sowie nicht ständige Lasten wie Verkehrslasten, Schneelasten, Windlasten, Lasten aus Längenänderungen von Bauteilen und dynamische Lasten (Bremslasten, Aufpralllasten, Erdbebenlasten, Schwingungen).

Die Art der Verteilung bedeutet eine Unterteilung in Punkt-, Linien-, und Flächenlasten.

Eigenlasten einer Tragkonstruktion ergeben sich aus der Untersuchung des Aufbaus eines Bauteils, den damit ermittelten Abmessungen und in Tabellenwerken zu ermittelnden Gewichten der Baustoffe. Für die Erfassung weiterer Lasten, sind Angaben einer Altstatik sehr hilfreich. Ist diese nicht vorhanden, können evtl. Angaben im Bestandsgebäude, historische Baubestimmungen, Angaben zur Nutzung des Gebäudes hilfreiche Hinweise liefern. Bei Veränderungen des Tragwerkes muss die Tragfähigkeit jedoch nach aktueller Gesetzgebung nachgewiesen werden. Lastannahmen werden in DIN 1055 geregelt (s.3.5.2.1).

### **3.5.2 Auswertung von Bestandsunterlagen hinsichtlich der qualitativen Eigenschaften der vorhandenen Bauteile**

Vor der qualitativen Erfassung des Tragwerkes vor Ort, sollten wie bei der Erfassung der Geometrie auch, vorhandene Unterlagen gesichtet und geprüft werden. Die Angaben in Altakten und Zeichnungen sind zwar auf ihren Wahrheitsgehalt hin zu überprüfen, können aber sehr viel Zeit sparen, da die Erfassung vor Ort damit erleichtert werden kann.

#### **3.5.2.1 Erfassen von statischen Unterlagen**

Auch Architekten sollten in der Lage sein, aus einer Altstatik zu ersehen, für welche Belastungen das Gebäude ausgelegt, und mit Hilfe von Positionsplänen zu erkennen, wie die Lastabtragung geplant war. Leider sind Statiken oft schwer zu lesen, da handschriftlich vielleicht sogar in Sütterlin verfasst, Positionspläne oft fehlen und sich Einheiten und Fachbezeichnungen gegenüber den heutigen unterscheiden.

Sowohl Berechnungsverfahren als auch die Randbedingungen für das Aufstellen statischer Berechnungen haben sich immer wieder gewandelt. Für Eichenholz musste in den preußischen Bauvorschriften 1890 ein Raumgewicht  $8,0\text{KN/m}^3$  angenommen werden, 1925  $8,5\text{KN/m}^3$  (vgl. *Bargmann2001, S.52f.*).

Als Beispiel sei die Entwicklung der DIN 1055 (Lastannahmen) genannt.

Seit dem ersten Erscheinen der DIN 1055 08/1934 mit 3 Teilen wurde die sie bis heute 86 mal verändert und hat heute mit 10 Teilen sowie den Ergänzungen 1055-40, 1055-45 und 1055-100 den mehrfachen Umfang.

Nach Auskunft des Deutschen Instituts für Normung, Berlin existieren keine Historien der Änderungen also eine Gegenüberstellung und Verfolgung der Änderungen von der Vorgängernorm zur nachfolgenden. Leider gehen viele Bibliotheken dazu über, nur noch die aktuellen Normen vorzuhalten. Für Neubauten ist dies sicherlich richtig, doch wie kann man die Bautechnik alter Gebäude einordnen? Hier besteht noch großer Forschungsbedarf. Eine Datenbank mit der Dokumentation der wichtigsten Änderungen der einschlägigen Normen könnte hier ein sehr wertvolles Werkzeug für die Erfassung und

Bewertung von Altbauten sein, um einschätzen zu können, welche Randbedingungen für die Erbauer früherer Gebäude vorgegeben waren.

*Bargmann2001* liefert wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung ausgewählter historischer Normen und Konstruktionshinweise.

Viele Veränderungen der Normen in der jüngsten Vergangenheit haben auch politische Ursachen.

Seit 1975 bemüht sich die Kommission der Europäischen Gemeinschaft um eine Harmonisierung technischer Normen für das Bauwesen in den Mitgliedsländern.

Bei diesem Prozess müssen die Belange vieler Mitgliedsstaaten der EU berücksichtigt werden.

Gern zitiertes Beispiel ist hier die Bezeichnung der statisch wirksamen Höhe von Stahlbetonbalken.

Vor der Einführung des Eurocodes wurde die Gesamthöhe eines Stahlbetonbalkens mit  $d$  die statisch wirksame Höhe, also die Distanz zwischen dem Schwerpunkt der Bewehrung und der der Bewehrung gegenüberliegenden Außenkante des Balkens, mit  $h$  angegeben.

Im EC 2 (gültig seit Oktober 2005) wird dies genau umgekehrt gehandhabt. Die statisch wirksame Höhe wird nun mit  $d$  angegeben. Dies entstand sicherlich bei dem Bemühen, einen politischen Kompromiss zu erreichen, da das deutsche Berechnungsverfahren in EC 2 einfluss, sollten die französischen Bezeichnungen übernommen werden.

Noch größeren Einfluss auf das, sich im Laufe der Zeit geänderte, Erscheinungsbild von statischen Berechnungen als die, eben beschriebenen, politischen Ursachen hat jedoch die Entwicklung der EDV.

Durch steigende Leistungsfähigkeit der „Rechenwerkzeuge“, von der Einführung von Rechenmaschinen über programmierbare Taschenrechner bis zu den heutigen PC's, hat sich die Art der Berechnung aber auch die Anforderungen an eine statische Berechnung stetig gewandelt.

Statische Rechenmodelle bilden die Wirklichkeit heute viel genauer ab als vor 60 Jahren. Es müssen auch eine weitaus größere Zahl an Parametern berücksichtigt werden ( s. Entwicklung der DIN 1055).

Diese Entwicklung hat sich immer im Erscheinungsbild einer Statik niedergeschlagen. Das Nachvollziehen einer statischen Berechnung wird für Architekten dadurch immer schwieriger, bis unmöglich. Dies ist jedoch auch nicht in allen Einzelheiten erforderlich. Selbst ein interessierter Architekt mit fundierten Kenntnissen zu Tragwerken soll schließlich nicht die Rechnungen überprüfen, sondern vielmehr erkennen, welche Tragsysteme der Berechnung zu Grunde liegen und wie die Ergebnisse der Berechnung zu verstehen sind.

Statische Berechnung

-----

der Kellerdecke zum Baugesuch von Josef Rossenbach, Ortseifen.

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o

Pos. 1. Lichtweite = 4,81 . 3,95 m  
 $l = 3,95 + 0,25 = 4,20$  m  
 Feldbreite =  $\frac{4,81}{5} = 0,96$  m

Belastungsaufstellung:

a) Nutzlast = 200,00 kg/qm

b) Eigengewicht:

Trägergewicht NP 14 =	15,00	"
Bimsbeton 12 cm stark	192,00	"
Deckenputz 1,5 cm stark	29,00	"
Erdbalken 2,00 . 8/8	8,00	"
Aschenauffüllung 8 cm	60,00	"
Fußboden 2,5 cm stark	15,00	"
<u>zus.</u>	<u>519,00</u>	<u>kg/qm</u>

$q = 519 \cdot 0,96 = 500,00$  kg/m

$W_x = \frac{500 \cdot 4,20 \cdot 4,20}{8 \cdot 1400} = 79$  cm<sup>3</sup>

Gewählt NP 14 mit  $W_x$  vorh = 81 cm<sup>3</sup>

---

Pos. 2 Lichtweiten 3,55 . 4,30 m  
 $l = 3,55 + 0,25 = 3,89$  m  
 Feldbreite =  $\frac{4,30}{5} = 0,86$  m  
 $q = 519 \cdot 0,86 = 450$  kg/m

$W_x = \frac{450 \cdot 3,80 \cdot 3,80}{8 \cdot 1400} = 58$  cm<sup>3</sup>

Gewählt NP 14 mit  $W_x$  vorh. = 81 cm<sup>3</sup>

Gummersbach, den 1. 6. Dez. 1946  
 Kreisverwaltung  
 Oberbergischer Kreis  
**KREISAMT BAU**  
 - BAULENKUNGSAMT -  
 Kreisausschuss  
 Kreisbaurat

Genehmigt durch Bauschein  
 Nr. 5307/12/46 vom heutigen Tage.  
 1. 6. Dez. 1946  
 Kreisverwaltung  
 Oberbergischer Kreis  
**KREISAMT BAU**  
 - BAULENKUNGSAMT -

Aufgestellt: Morsbach/Sieg, im März 1946

*P. ...*  
 Tiefbau-Ing.




Abbildung 3-94 – Gesamte statische Berechnungen für ein Einfamilienhaus 1946 (Q.: Archiv Gemeinde Morsbach)

Eine Statik für ein Einfamilienhaus umfasst heute ca. 70 Seiten.

### 3.5.2.2 Weitere Informationsquellen zur Erfassung der Qualität des Tragwerkes

#### Baubeschreibungen

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens von Bauvorhaben, wurde fast immer das Beibringen einer Baubeschreibung gefordert. Die Aussagekraft bezüglich des Tragwerkes ist sehr unterschiedlich. Heutige Baubeschreibungen werden auf amtlichen Vordrucken erstellt und enthalten wenig Tragwerk relevante Informationen. Ältere frei formulierte Baubeschreibungen enthalten auch oft nur möglichst allgemein gehaltene Formulierungen, doch können auch präzise Beschreibungen der eingesetzten Baustoffe und der Bauabläufe hier zu finden sein.

**B e s c h r e i b u n g .**  
\*\*\*\*\*

Das zu Eugenthal auf der Parzelle Flur 35 No: 905/408 Gemeinde Morsbach stehende Gebäude soll zu einer Wohnung hergerichtet werden.

Die inneren Wände sollen aus Holz gebaut, die Fachwände mit Sandsteinen ausgemauert, die Decken aus Gipsplatten hergestellt werden, der Fußboden mit Brettern gediebt. Der Kamin soll von Cementröhren gebaut und 10 cm. von jedem Holz entfernt bleiben. Ein Abort wird vorläufig nicht angelegt, sondern der dort vorhandene mitbenutzt.

Alles Uebrige ergibt sich aus der beiliegenden Zeichnung.

Schönstein bei Wissen(Sieg), den 3. Februar 1908.  
Ständesherrlich Fürstlich Hatzfeldt-Wildenburg'sche  
Rentei Schönstein.

*[Handwritten signature]*  
Eing 4/2 08 No 635

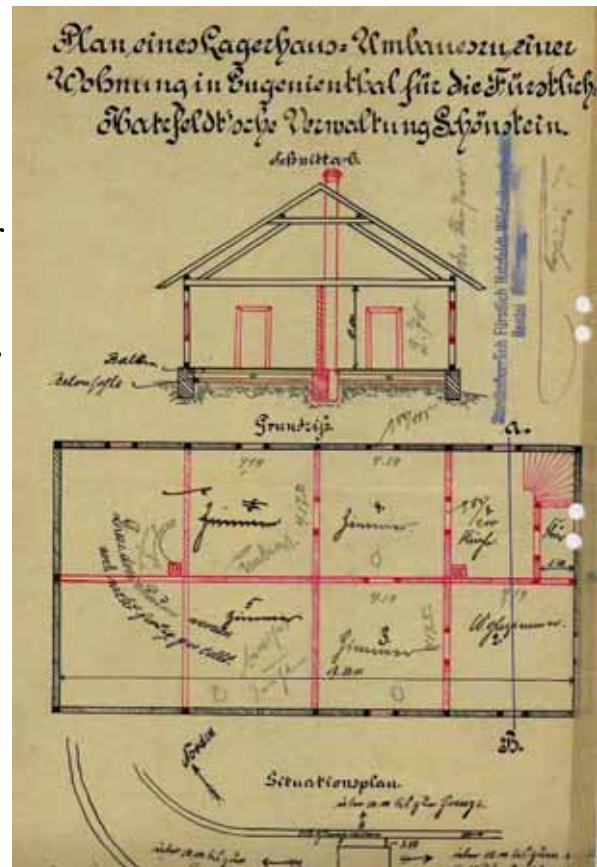


Abbildung 3-95 - Baubeschreibung für den Umbau eines Lagergebäudes zu Wohnzwecken 1908 (Q.: Archiv der Gemeinde Morsbach)  
Abbildung 3-96 - Bauantragszeichnung für den Umbau eines Lagergebäudes zu Wohnzwecken 1908 (Q.: Archiv der Gemeinde Morsbach)

Auch wenn die obige Baubeschreibung sehr knapp gehalten ist, werden doch die einzubringenden Materialien genannt: Wände aus Holz, Fachwerke mit Sandstein ausgemauert, Decken aus Gips.

In der unten in Auszügen abgebildeten Baubeschreibung eines Scheunenumbaus zu Wohnzwecken werden die beabsichtigten Maßnahmen aufgelistet und in Maßnahmen mit statischem Nachweis und ohne statischen Nachweis gegliedert. Ebenso wird eine Beschreibung des Ist-Zustands gegeben.

- 1 -

**BAUBESCHREIBUNG**

zum Bauvorhaben : Umbau eines Scheunengebäudes zu Wohnzwecken

für Herrn/Frau: Frau Karin Ising, Waldbrill-Biggach

Bauaufsichtlich geprüft und  
genehmigt durch Bauzweigen  
Nr. 0154780  
Gummersbach, den 06. JUNI 1980  
Der Oberkreisdirektor  
in Auftrag  
*[Signature]*

Fundamente: . . . . .	Stumpfbeton
Isolierung: . . . . .	Bitumenpappe
Kelleraußenwände: . . . . .	-
Kellerinnenwände: . . . . .	-
Geschoß-Außenwände: . . . . .	Fachwerk ausmassern mit Bimmedielen, innen 5 cm Holz- wolleleichtbauplatten
Geschoß-Innenwände: . . . . .	Fachwerk ausmassern mit Bimmedielen im OG Bbl 03, Bimmedielen; OG Holz
Kellerdecken: . . . . .	-
Kellerfußböden: . . . . .	-
Kellertreppe: . . . . .	-
Schornsteine: . . . . .	vorhanden
Geschoßdecken: . . . . .	Decke der Appartementswohnung. Im OG ist NICHT vorhanden; es ist eine Holzbohlendecke vorgesehen. Decke OG Holz
Geschoßfußböden: . . . . .	OG: Schwimmend, Zementestrich; begehbar. OG: Gipsplatten auf Perlitschüttung
Geschoßtreppe: . . . . .	Holztreppen, unterseitig Gipskartonplatten
Bodentreppe: . . . . .	Holztreppe
Fenster: . . . . .	Kunststoff, Isolierverglasung
Tür: . . . . .	Holz
Innentüren: . . . . .	Holz
Fassaden: . . . . .	Fachwerkfassade
(a Außenflächen: . . . . .	geriebener Putz
(b Sockel: . . . . .	
Innenflächen: . . . . .	Putz
Dachkonstruktion: . . . . .	Profenblech vorhanden ( beschränkte eisernerne- sändige Ausbesserung erforderlich )
Dachdeckung: . . . . .	Befenspläne ( ausbessern bzw. neu )

**1. Vorbemerkung:**

**1.1. Nutzungsänderung:**  
Bei dem vorliegenden Objekt ist teilweise eine Nutzungsänderung beabsichtigt. Das Gebäude wurde bisher auf allen Ebenen des OG zur Heu- und Lagerung verwendet und soll zukünftig ausschließlich zu Wohnzwecken genutzt werden. ( Einliegerwohnung im OG, Appartementswohnung im BG. )

**1.2. Statische Änderungen:**  
In den nachfolgenden Erläuterungen/Berechnungen werden alle beabsichtigten Maßnahmen unterteilt in:  
Ziffer 4. Maßnahmen mit statischem Nachweis;  
Ziffer 5. Konstruktive Maßnahmen, ( Auflagen, Ausführungshinweise ).

**2. Objektbeschreibung:**  
Es handelt sich bei dem vorliegenden Objekt im Grundsatz um eine Fachwerkskelettkonstruktion mit Ausfachung.  
Die jetzige äußere Situation ist aus den Bildern 1-3 zu entnehmen.  
Die Ausfachungen bestehen z. Tt. aus ( siehe Anlage 1 ):

Lehmfüllung

Ausmauerung mit Bims

Bretterverschalung

Das Gesamtgebäude ist zusammengesetzt aus drei Gebäudeteilen mit unterschiedlichem Baujahr.

**2.1. Gebäudeteil (A)**  
Teilweise unterkellert ( Anlage 2 ).  
Die ursprünglich vorhandene Fachwerkskelettkonstruktion

- 2 -

Abbildung 3-97 - Auszug einer Baubeschreibung "Umbau eines Scheunengebäudes zu Wohnzwecken", 1980 (Q.: C. Ising)

### Wärmeschutznachweise

Die Wärmeschutzverordnung tritt ab 1977 in Kraft. Als Vorläufer kann die ab 1952 gültige DIN 4108 gesehen werden. Die erforderlichen Angaben im Bauantragsverfahren waren anfangs nicht sehr umfangreich. Oft reichte die Aussage, dass die Erfordernisse des Wärmeschutzes erfüllt werden. Dennoch finden sich auch schon in den Wärmeschutznachweisen nach DIN 4108 wichtige Hinweise für den geplanten Schichtenaufbau der Bauteile. Hieraus kann zum

einen auf die Qualität tragender Bauteile geschlossen werden, z.B. wie in unten stehender Abbildung dargelegt, Zweikammerhohlblocksteine mit 30cm Dicke für die Außenwände, zum anderen kann auf Belastungen der tragenden Bauteile z.B. der Eigenlast von Deckenaufbauten geschlossen werden.

Wärmeschutz nach DIN 4108				I. Prüfausfertigung			
Konstruktion	Dicke d m	Wärmeleitfähigkeit kcal/m h °	Wärmedurchlaßwiderstand m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> /kcal	Konstruktion	Dicke d m	Wärmeleitfähigkeit kcal/m h °	Wärmedurchlaßwiderstand m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> /kcal
<b>Außenwände</b>				<b>Wohnungstrenndecke</b>			
Außenputz	0,02	0,75	0,027	Linoleum	0,003	0,16	0,018
Zweikammerhohlblockstein	0,30	0,38	0,79	Zementestrich	0,04	0,75	0,053
Innenputz	0,015	0,75	0,02	Ülpapier	0,001		
Wärmeübergangswiderstand			0,19	Glaswoll-Dämmplatten	0,025	0,035	0,714
Wärmedurchgangswiderstand 1/K			1,027	Hohlkörperdecke im mittel			0,33
Wärmedurchgangszahl "K"			0,988	Luftschicht			0,17
Mindestwärmeschutz für Außenwände im Wärmedämmgebiet II				Holzlatte n			
1/K erf. = 0,55			1,027 = 1/K vorh.	Innenputz	0,015	0,75	0,02
<b>Wohnungstrennwände</b>				<b>Terrassendach</b>			
Innenputz	0,015	0,75	0,02	Obere Betonschicht	0,015	1,75	0,008
Zweikammerhohlblockstein	0,24	0,38	0,63	Untere Betonschicht	0,030	1,30	0,023
Innenputz	0,015	0,75	0,02	Bitumen-Glasvliesbahn	0,003	0,16	0,019
Wärmeübergangswiderstand			0,19	Heißflüssige Bitumen-Klebmasse	0,004	0,15	0,026
Wärmedurchgangswiderstand 1/K			0,86	Jute-Dichtungsbahn	0,004	0,16	0,025
Wärmedurchgangszahl "K"			1,16	333er Bitumen-Dachpappe	0,002	0,16	0,012
1/K erf. = 0,30			0,86 = 1/K vorh.	Heißflüssige Bitumen-Klebmasse	0,004	0,15	0,026
<b>Fußboden in der Einliegerwohnung</b>				<b>Heißflüssige Bitumen-Klebmasse</b>			
Linoleum	0,003	0,16	0,018	Korkdämmplatten	0,030	0,04	0,750
Zementestrich	0,05	0,75	0,087	500er Bitumen-Dachpappe	0,003	0,16	0,019
Ülpapier	0,001			Heißflüssige Bitumen-Klebmasse	0,002	0,15	0,013
Glaswoll-Dämmplatten	45/35 = 90cm 0,025	0,035	11,00 0,714	Draindur-Lochbahn	0,004	0,16	0,025
2 Lagen Bitumen verlegen und abspachteln	0,004	0,15	0,027	Kaltflüssiger Bitumenanstrich	-	-	-
Stahlbeton	0,16	1,75	0,091	Hohlkörperdecke mittel Wert			0,024
Wärmeübergangswiderstand			0,19	Luftschicht			0,17
Wärmedurchgangswiderstand 1/K			1,107	Innenputz	0,015	0,75	0,02
Wärmedurchgangszahl "K"			0,91	Wärmeübergangswiderstand			0,19
1/K erf. = 1,00			1,107 = 1/K vorh.	Wärmedurchgangswiderstand 1/K			1,419
				Wärmedurchgangszahl "K"			
				1/K erf. = 1,25			
				1,419 = 1/K vorh.			

Abbildung 3-98 Wärmeschutznachweis gem. DIN 4108 (Q.: Privatarhiv Schädlich)

Im heutigen Antragsverfahren fallen die nach EnEV geforderten Energieeinsparnacheise noch umfangreicher aus. Auch hier findet man natürlich den Schichtaufbau aller Bauteile, die das beheizte Volumen umhüllen.



## Schal- und Bewehrungspläne

Schal- und Bewehrungspläne bieten bei Stahlbetonkonstruktionen relativ genaue Auskunft über die Art und Qualität der Bewehrung, da sie der letzte Planungsschritt vor der Ausführung und damit noch aktueller als eine Statik sind. Dennoch darf man nicht grundsätzlich davon ausgehen, dass die Pläne genauso umgesetzt wurden. Selbst ohne Statik kann ein Fachmann aus Schal- und Bewehrungsplänen die Tragfähigkeit errechnen. Architekten fällt die Zuordnung der vielen Schalungsdetails in den Gesamtzusammenhang des Gebäudes nicht immer leicht.

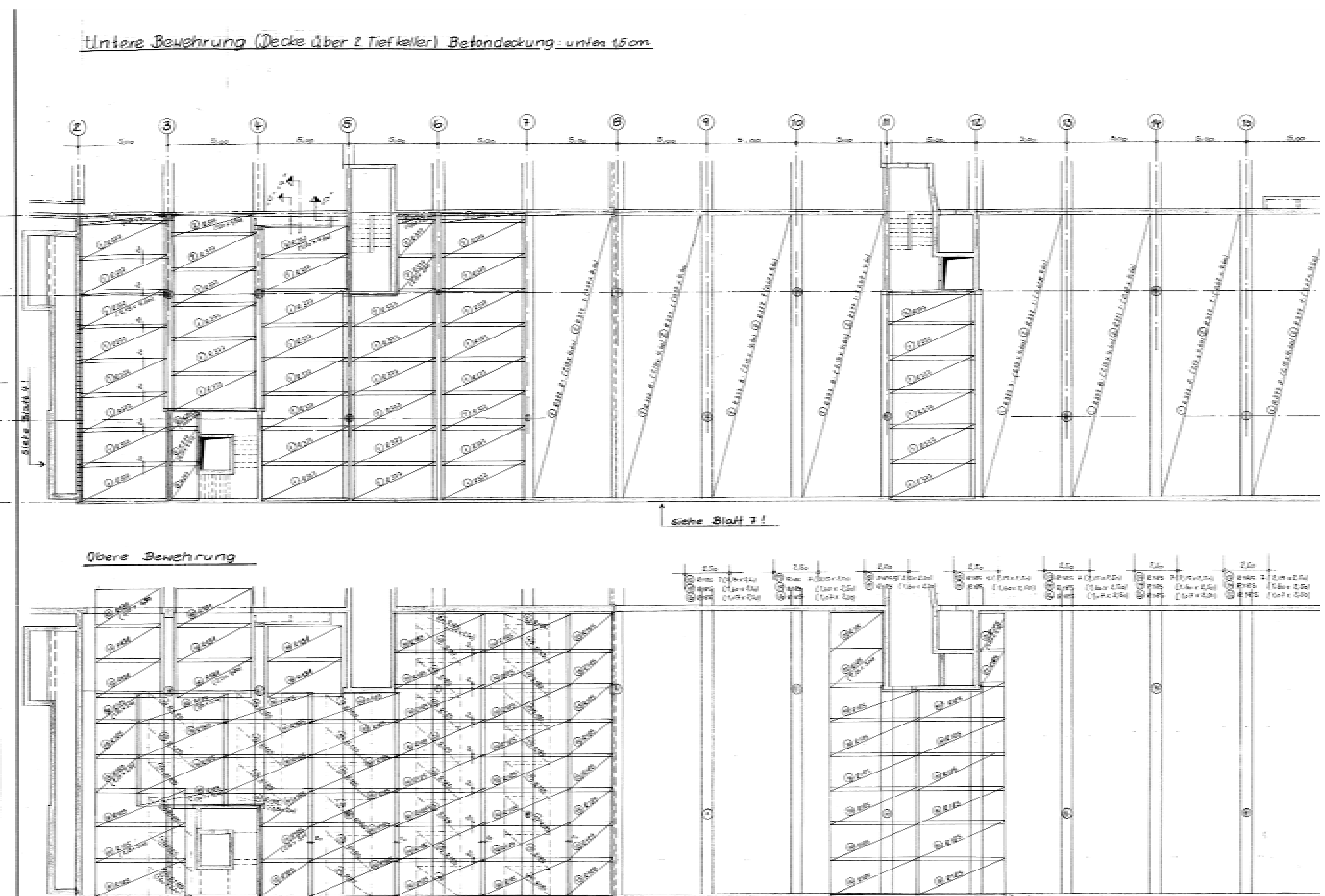


Abbildung 3-99 - Ausschnitt Schal- und Bewehrungsplan Bushof Aachen 1969 (Q.: Ingenieurbüro Kempen)

Sehr schwer wird die Einordnung, wenn Übersichtspläne fehlen.

An dieser Stelle ist auch zu erwähnen, dass bei der ‚Betrachtung eines Grundrisses Architekten „nach unten schauen“ also eine Draufsicht des Gebäudes sehen, Statiker meist die Untersicht betrachten, also „nach oben schauen“. Dies bedeutet, dass die Bewehrung für eine Decke zwischen EG und OG im Plan des Statikers im EG eingetragen wird.

## Baustellenfotos



Abbildung 3-100 - Katholische Schule, Dreistiefenbach im Bauzustand...  
Abbildung 3-101 ...und in den 1990iger Jahren (Q.: F. Stein)

Baustellenfotos zeigen oft die noch unverkleidete Konstruktion. Im rechten oberen Bild ist die Fachwerkkonstruktion im Obergeschoss des Schulgebäudes nicht zu erkennen. Das linke Bild gibt jedoch schnell Aufschluss über die Konstruktionsweise.

Eingesetztes Material, Konstruktionsweise, evtl. sogar statisches System und Spannrichtungen von Decken können Baustellenbilder offenbaren.

## Literatur

Alte Baugesetze und Normen sowie Literatur über gängige Baukonstruktionen liefern Hintergrundwissen zur Art und Weise, wie früher gebaut wurde und helfen, bei der qualitativen Erfassung, das Gebäude zu verstehen und die relevanten Bauteile zu untersuchen. Hier sei auf die Fachliteratur verwiesen (z.B.: Ostendorf1908/1982, Schmitt1967, Dartsch1990, Rau/Braune1992, Ahnert/Krause2000, Ahnert/Krause2001, Bargmann2001, Ahnert/Krause2002 ).

### 3.5.3 Schäden an Tragwerken



Abbildung 3-102 - Dem Verfall preisgegebene Gebäudeteile der Villa la Rocca, Volterra

Bei der qualitativen Erfassung sind die Schäden an Tragwerken zu erkennen, aufzunehmen und zu dokumentieren.

Im Folgenden wird die Thematik Schäden an Tragkonstruktionen angeschnitten. Hankammer (vgl. Hankammer2004, S.23ff.) erläutert die Unterschiede zwischen dem juristischen Schadenbegriff, nämlich eine unfreiwillige Einbuße an Rechtsgütern (= Ehre, Gesundheit, Körper, Vermögen,...) durch ein Ereignis und der bautechnischen Schadensdefinition gemäß „VDI-Richtlinie 3822 Blatt 1 Schadensanalyse Grundlagen, Begriffe, Definitionen; Ablauf einer Schadensanalyse

*„Schaden*

*Veränderungen an einem Bauteil, durch die seine vorgesehene Funktion wesentlich beeinträchtigt oder unmöglich gemacht wird.“ (zitiert nach Hankammer2004, S. 24).*

Auch wenn vor Gericht lediglich der juristische Schadensbegriff Gültigkeit hat, scheint die Definition des VDI für Schäden an Tragwerken hilfreicher.

Es sollen daher hier auch solche Schäden behandelt werden, welche die „vorgesehene Funktion [...]“ des Tragwerkes „[...]wesentlich“ (s.o.) beeinträchtigen oder anders ausgedrückt die Tragfähigkeit beeinträchtigen können.

Rybicki (*Rybicki1978, S.3ff.*) liefert bereits eine schematische Einteilung der Beeinträchtigung von Bauwerken mit einer Unterteilung in:

1. Bauschäden, hier liegen die Ursachen im Baugeschehen, der Planung und Ausführung,
2. Beschädigungen, verursacht von äußeren Einwirkungen und
3. Abnutzung, verursacht durch Verschleiß und Alterung.

Sicherlich ist die hier erfolgte Abgrenzung der genannten drei Schadenfälle untereinander nicht immer klar ersichtlich.

Ist das Korrodieren eines Bewehrungsstahles eine Abnutzung oder ein Planungsfehler, da die Betondeckung nicht ausreichend hoch gewählt war?

Die nachfolgend ausgeführten Beispiele beziehen sich hauptsächlich auf die 2. und 3. Kategorie.

Bei historischen Konstruktionen kann davon ausgegangen werden, dass die im Baugeschehen verursachte Beeinträchtigungen schon vor geraumer Zeit zu einem Schaden und daraufhin zur Behebung des Schadens oder zum frühzeitigen Verfall des Gebäudes geführt haben.

Es werden die für Tragwerke gängigsten Materialien Holz, Mauerwerk, Stahl und Stahlbeton angesprochen.

Neuere Konstruktionen, besonders in Stahlbeton, der 1960iger und 70iger Jahre haben heute mit Schäden zu kämpfen wo, wie oben genannt, die Zuordnung zur Kategorie „Schaden durch Planung und Ausführung“ oder durch „Abnutzung“ nicht eindeutig beantwortete werden kann.

Die Thematik „Schäden an Gebäuden“ umfassend zu behandeln ist in dieser Arbeit nicht möglich. Es sei auf die reichlich vorhandene Fachliteratur wie z.B. *Rybicki1978, Rybicki1979, Rau/Braune1992, Eler1993, , Blach1999, Mönck1999, Hankammer2004, Arendt/Seele2000* ,die von G. Zimmermann herausgegebene Reihe „Schadenfreies Bauen“ oder auch Internet gestützte Datenbanken wie Schadis hingewiesen (vgl. <http://www.irbdirekt.de/schadis/>, 29.09.2007).

### 3.5.3.1 Schäden an Holzkonstruktionen

Lißner/Rug2000 unterscheiden Schäden an Holzkonstruktionen nach fünf Schadensarten:

I biologische Einflüsse, II chemische Einflüsse, III mechanische Einflüsse, IV bauphysikalische Einflüsse und Durchfeuchtung, V sonstige Einflüsse (Lißner/Rug2000, S.144) .



Abbildung 3-103 Häufigkeit von Schäden an Holzkonstruktionen nach Lißner/Rug2000, S.145

Die Schadensgruppen I und IV sind hierbei in engem Zusammenhang zu sehen und machen weitaus den größten Anteil an Holzschädigungen aus.

Daher werden nachfolgend hauptsächlich Schäden durch Pilze und Insekten behandelt.

Materialtypische Risschäden sind der Schadensart V zuzuordnen und werden auch kurz angesprochen.

Neben den weiter behandelten Schadensarten ist wie bei jedem Material die Gesamtkonstruktion, Verbindungen, Auflager und Lasteinleitungen auf Schäden zu prüfen.

## Schäden durch Pilze



**Abbildung 3-104 - Brauner Kellerschwamm**

Pilze vermehren sich durch Sporen, die durch den Wind verbreitet werden und dann unter günstigen Bedingungen, z.B. auf feuchtem Holz, zu Keimen beginnen. Im Allgemeinen haben Pilze eine sehr hohe Keimfähigkeit, die auch durch extreme Witterungsverhältnisse nicht beeinträchtigt wird. Aus den Keimfäden entstehen feine Zellfäden, sog. Hyphen, die sich verzweigen und zu einem dichten Geflecht, dem Myzel, zusammenwachsen. Dabei wird unterschieden nach Substratmyzel, das im Holzinneren wächst, Oberflächenmyzel und Luftmyzel. Dabei scheiden die Hyphenspitzen Fermente und Enzyme aus, die das Holz chemisch abbauen. Der Pilz lebt von diesen Abbauprodukten und entwickelt im fortgeschrittenen Alter einen Fruchtkörper. Das Holz ist also meist bei Sichtbarwerden des Fruchtkörpers bereits beträchtlich geschädigt. Die entscheidenden Faktoren für das Wachstum eines Pilzes sind Feuchtigkeit und Untergrund sowie Temperatur und Luftfeuchte. Eine geringe Rolle spielen Licht und Sauerstoffzufuhr.

Generell befallen Pilze nur feuchtes, weder trockenes noch wassergesättigtes Holz. Unter etwa 20 % Holzfeuchte haben die meisten Pilze keine Lebensgrundlage mehr (vgl. Kempe 1999, S.78ff.).

Weiterhin wird unterschieden zwischen holzerstörenden und lediglich holzverfärbenden Pilzen, wie Bläuepilzen und Schimmelpilzen.

### **Holzverfärbende Pilze: Bläue**

Bläuepilze bevorzugen Kiefernspiltholz, treten aber auch in Laubholz auf. Die mechanischen Eigenschaften des Holzes werden durch die Bläue kaum beeinträchtigt. Deshalb darf nach DIN 4074 von Bläue befallenes Holz grundsätzlich verwendet werden. Wächst der Bläuepilz allerdings durch bestehende Lackschichten, kann Feuchtigkeit in das Bauteil eindringen, die dann die Voraussetzung für das Wachstum holzerstörender Pilze bilden kann.

### **Holzerstörende Pilze**



**Abbildung 3-105 - Echter Hausschwamm auf Spanplattenboden unter PVC-Belag**

Bei den holzerstörenden Pilzen unterscheidet man nach den abgebauten Holzinhaltstoffen in unterschiedliche Gruppen.

Je nach Art des Zerstörungsbildes wird unterschieden nach:

- Simultanfäule (Weißfäule): Zellulose und Lignin werden zu etwa gleichen Teilen abgebaut. Da mehr Zellulose als Lignin vorhanden ist, entsteht die Weißfärbung des Holzes. Die Festigkeit des Holzes sinkt nach Befall sehr schnell.
- Korrosionsfäule (Weißfäule): Es wird nur Lignin abgebaut, daher entsteht die Weißfärbung.
- Braunfäule: Die weiße Zellulose wird abgebaut und herausgelöst, das braune Lignin bleibt übrig. Das Holz zerfällt würfelförmig mit Rissen längs und quer zur Faserrichtung. Die Festigkeit sinkt innerhalb weniger Wochen rapide.
- Moderfäule: Das Schadbild ähnelt dem der Braunfäule, die Oberfläche wird schmierig und weich, im letzten Stadium ist das Holz fast schwarz. Die Würfelbildung ist gegenüber der Braunfäule kleiner. Auslöser sind Mikropilze z.B. Ascomyceten oder Chaetomium-Arten. Ein Befall ist von Außen erst sehr spät erkennbar. Von Moderfäule befallenes Holz ist sehr weich und kann mühelos eingedrückt werden.

Exemplarisch für die Vielzahl holzerstörender Pilze sei hier das Schadensbild des Echten Hausschwamms beschrieben.

Weitere Ausführungen sind in *Weiß/Wagenfuhr/Kruse2000* oder *Kempe1999* zu finden.



## Echter Hausschwamm



**Abbildung 3-106 - Mycel Echter Hausschwamm**

Der Hausschwamm gehört zu den holzerstörenden Pilzen des Typs Braunfäule und erzeugt groben Würfelbruch. Das Myzel, das der Pilz ausbildet, ist ein weicher watteartiger Myzelrasen. Die Stränge sind silbrig grau, können mehrere Meter lang werden und auch Mauern durchwachsen. Im trockenen Zustand sind die Stränge spröde.

Der Fruchtkörper ist eine fleischig-zähe, ein bis zwei Zentimeter dicke rotbraune Masse. Die Form ist rund bis elliptisch mit weißem Wachstumsrand. Der Pilz entwickelt sich bei einer Holzfeuchtigkeit von 30 – 50 % und einer Temperatur von 18 – 22° C, er übersteht aber auch deutlich kühlere oder wärmere Perioden zwischen 5 – 26° C. Aufgrund der dort meist idealen Bedingungen tritt der echte Hausschwamm meist in feuchten, schlecht belüfteten Kellerräumen und Erdgeschoss auf. Dabei baut der Hausschwamm vorwiegend Zellulose ab. Der Hausschwamm ist der einzige Pilz, der nur zur Entstehung akut feuchtes Holz benötigt. Danach ist er in der Lage der Luft Wasser zu entziehen oder es über sein Myzel aus mehreren Metern Entfernung heran zu transportieren. Auch diese Eigenschaft macht die Bekämpfung des Pilzes sehr schwierig. Obwohl der Hausschwamm Mauerwerk durchwachsen kann, kann er es nicht zerstören, er kann allerdings durch Mauerwerk hindurch andere Hölzer infizieren und Wasser transportieren. Daher ist er in Deutschland der bedeutendste holzerstörende Pilz in Gebäuden (vgl. *Kempe 1999, S. 120 ff., Weiß/Wagenfuhr/Kruse 2000, S. 51 ff.*)



**Abbildung 3-107 - Durch Mauerwerk gewachsener Fruchtkörper des Echten Hausschwammes**

Bei Befall muss sehr rasch gehandelt werden, um das vollständige Versagen der Bauteile zu verhindern. Zunächst müssen die konstruktiven Mängel, die ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion ermöglicht haben, beseitigt werden. Ursächlich für die Feuchtigkeit können sein :

- Staunässe
- Kondenswasser
- aufsteigende Feuchtigkeit in Mauern
- undichte oder geborstene Wasserleitungen
- hohe Luftfeuchtigkeit
- zu hohe Eigenfeuchte des Holzes beim Einbau

### **Schäden durch Insekten**

Neben den Pilzen stellen verschiedene Insekten, vor allem in ihren Larvenstadien, eine Gefahr für Holzkonstruktionen dar. Es wird unterschieden nach holzfressenden und holzbrütenden Insekten. Die holzbrütenden Insekten zernagen das Holz nur örtlich, um Brutplätze zu schaffen. Im Gegensatz zu den holzfressenden Insekten sind die Holzbrütenden nicht so gefährlich. Im Larvenstadium ernähren diese Insekten sich vom befallenen Holz. Dabei sind die meisten Schadinsekten nicht auf einen erhöhten Feuchtegehalt des Holzes angewiesen. So kann sich z.B. der Splintholzkäfer schon ab einer Holzfeuchte von

7 % entwickeln, also einer Holzfeuchte, wie sie nur in älteren Konstruktionen vorkommt. Die Weibchen legen ihre Eier meist in Risse von ungeschützten Balkenköpfen o. ä. . Anders als bei den Pilzen lässt sich hier also oft keine unmittelbare Ursache, wie eindringende Feuchte, feststellen und somit beseitigen. Bei massivem Befall kann es zu einer sehr starken Minimierung der Tragfähigkeit durch Lochfraß der Larven kommen, so dass die Bauteile versagen können. Besonders betroffen sind oft Balkenköpfe und Dachbalken

Auch bei den Schadinsekten wird sich hier auf ein Beispiel beschränkt.

### Hausbock

Der Hausbock ist der gefährlichste Holzzerstörer in Mitteleuropa und befällt ausschließlich Nadelholz und hier überwiegend das eiweißreiche Splintholz. Das Weibchen legt etwa 400 Eier von 2 mm Länge in Risse und Spalten des Holzes. Nach 2 bis 4 Wochen schlüpfen die Larven und beginnen mit ihren Kauwerkzeugen das Holz aufzufressen. Dabei sind sie durchaus in der Lage, Leimfugen zu durchfressen, ohne Schaden zu nehmen. Bei größeren Larven ist das Fraßgeräusch ohne weiteres gut zu hören. Je nach Eiweißgehalt des Holzes, Temperatur und Luftfeuchte dauert es zwischen 2 bis 6 (10) Jahre, bis die Larve sich verpuppt und dann anschließend durch ovale 5 - 10 mm lange Fluglöcher den Stammquerschnitt verlässt. In dieser Zeit kann die Larve rd. 1 kg Holz, d.h. etwa das 1000-fache ihrer Gewichtszunahme an Holz fressen. Da der Eiweißgehalt im Splintholz am größten ist, wird vor allem das Splintholz gefressen. Die Fraßgänge laufen hauptsächlich in Faserrichtung, dicht unter der Oberfläche und sind mit Fraßmehl gefüllt. Die Befallswahrscheinlichkeit ist bei 10 bis 30 Jahre altem Holz am größten, bei Holz, das älter als 60 Jahre ist, nimmt die Wahrscheinlichkeit eines Befalls stark ab, da der Nährwert des Holzes dann nur noch sehr gering ist. (vgl. Kempe 1999, S. 150 ff.)

## Schäden durch Schwind & Trockenrisse

Risse sind eine sehr häufige Form der Holzschädigung. Unterschieden werden kann nach den auslösenden Spannungszuständen, nach den Ursachen oder nach den baustoffspezifischen Rissen, wie z.B. Schwindrisse, Kernrisse, Sternrisse oder Schalenrisse. Konstruktiv verwendet werden dürfen nur Hölzer mit Schwindrissen, alle anderen Risstypen machen das Holz statisch unbrauchbar. Wird ein solches Rissbild erst beim Einbau erkannt, muss der Balken ersetzt werden.

Schwindrisse stellen bei geringer Tiefe und Länge keine bauwerksgefährdende Schäden dar, sie bieten jedoch immer Angriffspunkte für Schadinsekten und Feuchtigkeit und verringern die Brandfestigkeit. In statischer Hinsicht als unbedenklich gelten, je nach Beanspruchungsart, relativ große Werte, z.B. bei Biegung bis  $0,8 \cdot H$  und  $0,6 \cdot B$ . Es muss jedoch beachtet werden, dass sich bei horizontalen Rissen die Schubaufnahmefähigkeit deutlich verringert. Vertikale Risse hingegen haben kaum Einfluss auf die Tragfähigkeit in einem Biegebauteil. Daher muss bei der Beurteilung der Gefährlichkeit eines Risses differenziert werden nach der Hauptbeanspruchung des Bauteils, nach Biegung, Schub oder Knicken. Außerdem ist die Lage der Risse im Holzquerschnitt in Beziehung zur Lastrichtung bei Biegung und Schub zu berücksichtigen. Besondere Beachtung muss Rissen im Bereich von Holzschwächungen und Verbindungsmitteln geschenkt werden, da von hier meist die größten Gefahren ausgehen, z.B. durch Anprall oder Reißen des Vorholzes (vgl. Erler 1993, S. 63f.).

Die Länge der Risse spielt ebenfalls für die Tragfähigkeit eine Rolle. Die Risse sollten deshalb nicht länger als  $l/3$  sein, wobei  $l$  die Stablänge ist.

Wenn durch Sanierung oder Umnutzung in bisher wenig geheizten Gebäuden aus Fachwerk oder Holzrahmenbauweise Zentralheizungen eingebaut werden (Beispiel: Stallungen), kann es zu erheblichen Verkürzungen und damit zu Setzungen kommen. Dies bedeutet Lastumlagerungen und Änderungen des Tragsystems und kann zu Rissen, Quetschungen und Brüchen führen.

### 3.5.3.2 Mauerwerkkonstruktionen



Abbildung 3-108 - Umspannwerk Uklei, Berlin

#### **Durchfeuchtung und deren Folgen**

Die Durchfeuchtung von Mauerwerk kann zu einer Vielzahl von Schäden am Mauerwerk führen.

Die Ursachen für den Feuchteeintrag kann bei kapillar aufsteigender Feuchte durch fehlende horizontale Feuchtigkeitssperre, starker Schlagregenbeanspruchung oder Tauwasseranfall liegen.

Im Erdreich liegendes Mauerwerk von Gründungen und Kellerwänden erfährt zusätzlich Belastungen durch Sickerwasser, drückendes oder aufsteigendes Wasser. Hauptsächlicher Transportweg des Wassers im Mauerwerk sind die kapillaren Poren. Die maximale Steighöhe des Wassers ist abhängig von dem Durchmesser der Kapillaren.

Vereinfacht gilt (vgl. Frössel2002, S.116):

$$H = 0,149 \text{ cm} / r$$

H: maximale Steighöhe

r : Radius der Kapillaren

Die Steighöhe des Wassers steht hierbei im Gleichgewicht mit der Verdunstungsmöglichkeit und der Schwerkraft.

Das Bedeutet bei unendlich kleinen Kapillaren würde das Wasser dennoch nicht unendlich hoch steigen, da es bei dünneren Kapillaren langsamer steigt und irgendwann verdunstet ist.

Dennoch gilt als Faustregel, je dünner die Kapillaren, umso höher kann das Wasser im Mauerwerk steigen.

Bei üblichem Ziegelmauerwerk mit Kalkzementmörtel sind dies ca. 1,5m (vgl. Reul2005, S.110),

Wird durch gut gemeinte aber falsche Sanierung in das Gleichgewicht zwischen Schwerkraft und Verdunstung eingegriffen, z. B. durch Anbringen von wasserundurchlässigen Wandbekleidungen wie z.B. Fliesen, um den vermeintlichen Wassereintrag durch Regen abzuhalten, sorgt man dafür, dass die aufsteigende Feuchte nicht verdunsten kann und somit noch höher steigt.

Die Folgen der Mauerwerksfeuchte sind u. A.:

### Salzschäden

Am Bauwerk, im Erdreich oder der Umwelt (Staub, Regen) vorkommende Säuren reagieren mit dem im Bindemittel befindlichen Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) und es bilden sich je nach vorhandener Säure wasserlösliche Alkali oder Erdalkalisalze wie Sulfate, Nitrate, Phosphate, Carbonate,... (s. untere Abb. ).

H+	Na+	K+	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
	NaOH Natronlauge	KOH Kalilauge	Mg(OH) <sub>2</sub> Mg-Hydroxid	Ca(OH) <sub>2</sub> Ca-Hydroxid	Al(OH) <sub>3</sub> Al-Hydroxid	NH <sub>4</sub> OH Amm.-Hydrat	Bezeichnung
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Schwefelsäure	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfate
HNO <sub>3</sub> Salpetersäure	NaNO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Nitrate
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Phosphorsäure	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	AlPO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Phosphate
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Kohlensäure	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	–	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonate
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Kieselsäure	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	MgSiO <sub>3</sub>	CaSiO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	–	Silikate
HF Flusssäure	NaF	KF	MgF <sub>2</sub>	CaF <sub>2</sub>	AlF <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> F	Fluoride
HCL Salzsäure	NaCl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Chloride
H <sub>2</sub> S Schwefel-Wasserstoff	Na <sub>2</sub> S	K <sub>2</sub> S	MgS	CaS	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	–	Sulfide

**Abbildung 3-109 - Auswahl an Salzen und ihre Ausgangssituation (Q.:Frössel2002, S. 63)**

Weitere Salze durch Einsatz von Tausalzen kommen hinzu.

Durch die Reaktion der Säuren mit Calciumcarbonat wird bereits das Bindemittel herausgelöst und verliert je nach Stärke des Säureangriffes an Festigkeit.

Die wasserlöslichen Salze werden durch die Feuchte im Mauerwerk weitertransportiert. Das Wasser verdunstet und es bilden sich Salzkristalle. Auf der Oberfläche der Mauersteine sind diese als Ausblühungen sichtbar. Dies bedeutet zunächst nur einen optischen Mangel. Ausblühungen kommen auch bei Neubauten vor, z.B. wenn die Wand bei der Errichtung starkem Schlagregen ausgesetzt wurde ( vgl. *Hankammer2005, S.75* ). Diese Ausblühungen sollten trocken abgebürstet werden und damit nach zwei Witterungsperioden verschwunden sein.

Ausblühungen an permanent durchfeuchtetem Mauerwerk treten immer wieder auf und deuten auf weitere Schäden in der Wand hin. Durch die Kristallisation dehnen sich die Schadsalze aus.

Je nach Salzbelastung erfolgt ein sogenannter „Treibender Angriff“

(z.B. bei Calciumaluminiumsulfathydrat -> Ettringittreiben )

das bedeutet durch den Volumenanstieg in den Poren werden Gesteinsbrocken abgesprengt (vgl.*Frösse12002, S.44 ff*).

Die Salzbelastung im Mauerwerk verteilt sich häufig in drei Zonen der mit den schwerlöslichen Schadsalzen im unteren, einer mittleren Zone in der die Bindemittel angegriffen werden und der oberen Zone mit den leicht wasserlöslichen Salzen. Diese Aufteilung, welche auch in dem Zerstörungspotential nach oben hin abnimmt, zeigt sich auch oft an dem von außen erkennbaren Schadbild (vgl.*Reul2005, S109 ff*).



**Abbildung 3-110 - Salzschiiden - Zonen unterschiedlichen Schadensgrades (Q.: Reul2005, S.112)**

### Frostschäden

Frostschäden entstehen durch einen ähnlichen Effekt wie es bei der Kristallisation der Salze der Fall ist, nur dass hier Wasser friert und Eiskristalle mit größerem Volumen bildet.

Bei porösem durchfeuchtetem Mauerwerk werden durch häufigen plötzlichen Frost - Tauwechsel Mauerwerksstücke abgesprengt.

### Auswaschung von Bindemitteln

Neben dem oben beschriebenen Auswaschen von Bindemitteln durch Säuren, erfolgt bei alten, teilweise mit wasserlöslichem Kalkmörtel gemauerten Kellerwänden oder Fundamenten schon durch Wasser eine Schädigung bis hin zum totalen Abtrag des Bindemittels.

Folge ist ein Zusammenrutschen und mögliches Ausbrechen des Mauerwerks.

### **Risse**

Durch Überbelastung, Laständerung, Setzungen, Änderung des Baugrundes oder Verlust des Bindemittels, wie eben beschrieben, kommt es zu Schäden im Gefüge des Mauerwerks.

Diese Schäden zeigen sich ggf. durch Durchbiegungen, Verformungen oder Schiefstellungen an. Solche Symptome kann man im Grunde bei fast allen Baustoffen feststellen. Ein für Mauerwerk charakteristisches Schadbild aus solchen Belastungen sind Risse.

Hierbei geht es nicht um Putzrisse, sondern um solche, die das Gefüge des Mauerwerks betreffen.

Aus der Form des Rissbildes lassen sich vielmals die Art der (Über)-Belastung erkennen.

Mauerwerk ist dafür ausgelegt, Druckkräfte aufzunehmen, die Zugfestigkeit von Mauerwerk ist rechnerisch gleich Null.

Sobald Zug oder Scherkräfte auftreten, welche die durch den Fugenteil bedingte relativ hohe Elastizität des Mauerwerkes übersteigen, kommt es also zu Rissen. Diese treten dort auf, wo das Verhältnis von vorhandener Spannung zur Bruchspannung am ungünstigsten ist. Da Spannung der Quotient aus Kraft durch



Fläche ist, ist nicht gesagt, dass ein Riss immer an der Stelle der höchsten Belastung entsteht.

Auf einige charakteristische Rissbilder wird im Folgenden eingegangen:

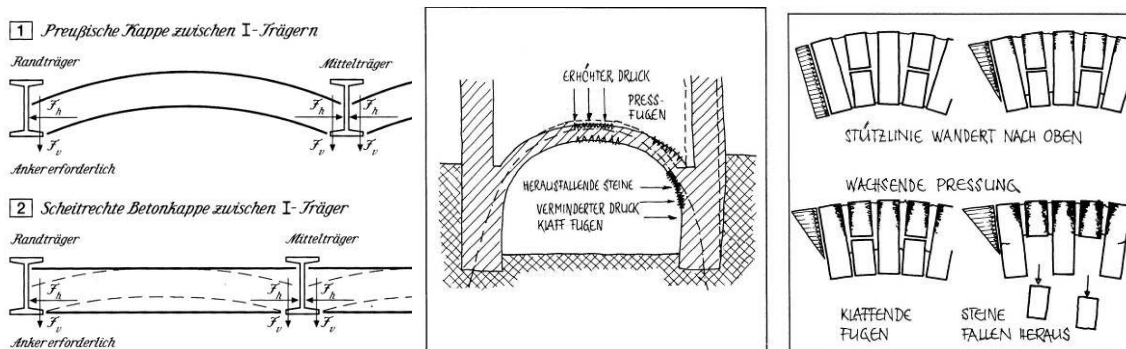
### Risse durch zu hohe statische Last

Diese kann beispielsweise in der Schädigung anderer Tragglieder und einer erfolgten Lastumlagerung, einer unwissentlichen Veränderung des statischen Systems bei erfolgten Umbaumaßnahmen, einer Erhöhung der Last durch Aufstockung, falsch dimensionierten Bauteilen oder einem fehlerhaften statischen System begründet sein. Ein Beispiel für einen Folgeschaden an anderen Traggliedern sind Schäden an Gewölben:

Seien es Kappendecken über dem Keller eines Fachwerkhauses oder das Mittelschiff einer Kathedrale, Gewölbe sind die im Grunde einzige Möglichkeit des horizontalen Lasttransportes mit Mauerwerk.

Die Schwierigkeit dieser Konstruktionen liegt vor allem in der Aufnahme des Gewölbeschubes. Die Baumeister der gotischen Kathedralen lösten dieses Problem mit der Anordnung von Fialen auf den Strebebögen seitlich des Mittelschiffes, der Gewölbeschub der profanen Kappendecke muss durch die Masse der Kelleraußenwand aufgenommen werden, eine weitere Variante ist die Rückverankerung der Endkappen durch Eisenbänder.

Kann die Mauerwerkswand dem Druck aus den Kappen nicht standhalten, vielleicht nach Durchfeuchtung und Verlust des Bindemittels oder es gaben die Rückverankerungen aufgrund Korrosion ihre Funktion auf, stellen sich Schäden in Form von Rissen an der Kappenunterseite bis hin zu Steinverlusten oder gar Einsturz ein. (vgl. Rau/Braune1992, S.116 ff.).



**Abbildung 3-111 - Kappendecke (Q.: Ahnert/Krause2001, S.48 )**

**Abbildung 3-112 - Verschieben des seitlichen Auflagers (Q.:Rau/Braune1992, S. 117)**

**Abbildung 3-113 - Schäden an Kappen oder Sturz (Q.:Rau/Braune1992, S.117)**

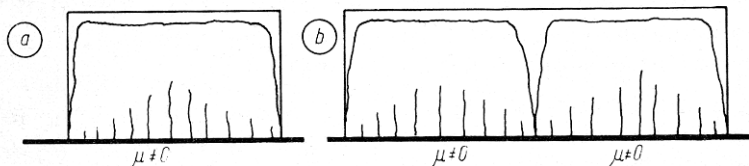
Neben den erwähnten statischen Lasten verursachen auch dynamische Lasten Mauerwerksrisse. Als Ursachen sind Schwingungen, die neben Erdstößen (deren Häufigkeit ist jedoch in Deutschland nicht sehr hoch) aus Erschütterungen durch Bauarbeiten, Explosionen, Maschinen oder Glocken herrühren können (vgl. Hankammer2005, S.308).

### Risse durch Formänderungen

Eine Ursache der Formänderungen von Baustoffen ist das Quellen, Schwinden und Kriechen. Bei Trocknung schwindet der Baustoff, bei Durchfeuchtung bis zur Sättigung quillt ein Baustoff. Unter Kriechen versteht man die Formänderung unter Last (Dauer bis ca.4 Jahre nach Lastaufbringung)(vgl. Rybicki1978, S.57).

Diese Erscheinungen sind bei Holz wesentlich ausgeprägter, sie können aber auch im Mauerwerk zu Rissen führen.

Solche Risse, die oft von oben bis unten durch eine Wand gehen erschrecken die Bauherren in der Regel sehr, stellen aber meist keine Gefährdung der Standsicherheit dar.



**Abbildung 3-114 - Schwinden einer kurzen und einer langen Leichtbetonwand (Q.: Rybicki1978, S.60)**



**Abbildung 3-115 - Von Decke bis Fußboden durchgehender Riss...  
Abbildung 3-116 - ...in der parallel zum First verlaufenden Mittelwand (in allen Geschossen)**

**Ursache dieses Schadens, zu dem der Verfasser vom Bauherren als Gutachter hinzugezogen wurde, war das Schwinden der Mittelwand. Die Wände wurden im Herbst bei hoher Feuchtigkeit gemauert. Aufgrund knapper Bauzeit wurde das Gebäude schon im Frühjahr bezogen und beheizt. Der Riss stellte sich in der Mitte der Wand ein, da sie an ihren Enden durch den Verbund mit Kamin bzw. Querwänden auf der anderen Seite gehalten wurde.**

Bei der Verwendung unterschiedlicher Steinsorten, z.B. Kalksandsteine für die höher belastete Innenwand und Hohlblocksteinen für Außenwände kann es aufgrund des unterschiedlichen Kriechverhaltens zu Rissen kommen.

Auch temperaturbedingte Dehnungen führen gerade bei der Verwendung unterschiedlicher Materialien wie Mauerwerk und Stahlbeton zu charakteristischen Rissbildern

Wärmedehnungskoeffizienten in $10^{-6}/K$	
Glas	3 bis 10
Mauerwerk	5 bis 12
Beton	5 bis 14
Stahl	10 bis 17
Aluminium	23 bis 24
Holz	3 bis 8 längs zur Faser 15 bis 60 quer zur Faser
Kunststoffe	10 bis 230

**Abbildung 3-117 - Wärmedehnungskoeffizienten von Baustoffen nach Wesche1996, S.97**

Rybicki unterscheidet sogar Herbstbauten, hier treffen die Verkürzung der Baustoffe durch Schwinden und fallenden Temperaturen zusammen, und Frühjahrsbauten, hier wird die Ausdehnung durch steigende Temperaturen durch das Schwinden des Materials infolge Trocknung gemildert (vgl. Rybicki1978, S.79).

#### Risse durch Formänderungen von Decken und Unterzügen

sind bei leichten Trennwänden auf weitgespannten Decken (> 7,0m) zu beobachten. Hierbei muss es sich nicht wie im Fall des Gewölbeschubes um das unvorhergesehene Nachgeben der Widerlager handeln. Die hier zu Grunde gelegten Durchbiegungen müssen die Standsicherheit in keiner Weise beeinträchtigen, ursächlich ist meist der Kriechprozess der Deckenplatte (vgl. Rybicki1978, S.84) .

In der Wand bildet sich, wie in Abb. 3-116 dargestellt, ein Druckgewölbe aus. An Stellen mit Zugbelastung entsteht ein charakteristisches Rissbild.

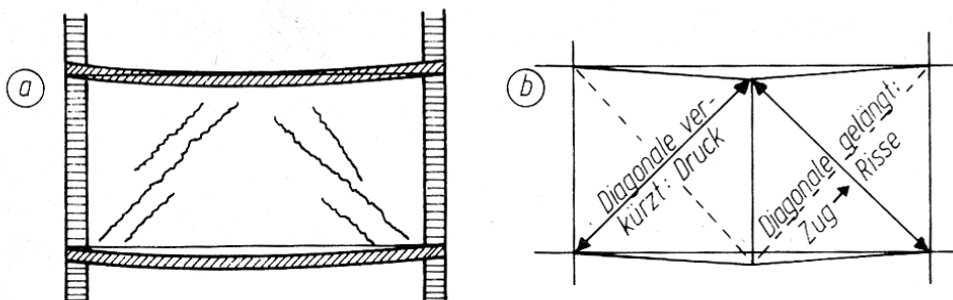


Abbildung 3-118 - Trennwand zwischen durchgebogenen Deckenplatten (Q.: Rybicki1978, S.88)

## Risse durch Änderungen des Baugrundes



**Abbildung 3-119 - Setzungsrisse im Mauerwerk der...  
Abbildung 3-120 - ... auf verschiedenen Böden (Flussbett) gegründeten "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden**

Mauerwerk ist eine setzungsempfindliche Bauweise. Schäden treten aber erst bei ungleichmäßigen Setzungen auf.

Ursachen hierfür sind:

- Verwendung von Schutt als Baugrund ( verrottbares Material und Nachrutschen führen zu Hohlräumen im Baugrund).
- Ungleichmäßiger Baugrund ( z.B. bei Bauten auf angeschüttetem und gewachsenen Boden).
- Ungleichmäßige Gründung bei gleichem Gebäude.
- Unterschiedliche Belastung des Baugrundes durch verschiedene Gebäude oder spätere Anbauten.
- Berg-Senkungen (durch Bergbau hervorgerufene Erdbewegungen).
- Veränderung des Grundwasserspiegels.

Weitere Informationen zu Schäden an Mauerwerk sind in *Franke/Schumann1998* dokumentiert.

### 3.5.3.3 Stahlbetonkonstruktionen



**Abbildung 3-121 -Freiliegende korrodierte Bewehrung an der "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden**

#### **Falsche Bewehrungsführung**

Im Gegensatz zu den vorangegangenen Materialien handelt es sich bei Stahlbeton nicht um einen homogenen Baustoff.

Stahl und Beton nehmen bekannterweise für den Transport von Lasten unterschiedliche Funktionen an, wobei der Stahl die Zugkräfte aufnimmt und Beton die Druckkräfte. Die Anordnung der Stahlbewehrung hat also der jeweiligen Belastung Rechnung zu tragen. Falsch geführte Bewehrung (z.B. unten angeordnete Bewehrung bei einer als Kragarm ausgebildeten Balkonplatte) kann leicht zu einem Versagen der gesamten Konstruktion führen.

Doch auch bei weniger drastischen Fehlern können Stahlbetonkonstruktionen geschädigt werden. Durch Mängel der Bauausführung, Setzungen oder unfachmännische Umbauten kann das ursprüngliche Tragsystem anders gearteten Belastungen ausgesetzt sein, bei denen sich schlimmstenfalls Druck- und Zugbelastung im Bauteil umkehren. Wenn nicht konstruktiv eingelegte Bewehrung mögliche Zugkräfte aufnehmen kann, kommt es hierbei zu massiven Schäden bis zum Versagen.

Beispielsweise verursacht das Aufliegen eines Einfeldträgers auf einer als nichttragend gedachten Wand in Feldmitte Stützmomente in einem Bereich, der dafür normalerweise nicht mit der dafür notwendigen oberen Bewehrung ausgestattet ist.

Sicher sind solche Fälle selten. Doch sollten gravierende Mängel festgestellt werden droht Gefahr, da Stahlbeton gegenüber Holzkonstruktionen, die in der Regel vor einem Zusammenbrechen durch Knacken oder Knirschen auf sich aufmerksam machen, ohne Ankündigung versagen.

Eine fehlerhafte Bewehrungsführung im weiteren Sinn liegt auch vor, wenn erforderliche Betonüberdeckungen nicht eingehalten werden. Es kommt durch Korrosion der Bewehrung zu ähnlichen Schadbildern wie der im Folgenden beschriebenen Korrosion durch Karbonatisierung oder Salzangriff.



**Abbildung 3-122 - Stützenfuß "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden**

### **Karbonatisierung**

Die chemischen Reaktionsabläufe der Karbonatisierung des Betons werden im Folgenden in einer Kurzfassung erläutert.

Die Karbonatisierung selbst ist für den Beton nicht schadhaft, im Gegenteil verbessert sie sogar die Betondruckfestigkeit.

Die Gefährdung für den Verbundbaustoff Stahlbeton geht lediglich vom Bewehrungsstahl aus. Dieser Tatsache ist in der Vergangenheit oft sehr wenig Beachtung geschenkt worden, was die große Zahl an heutigen Schadensfällen im

Stahlbetonbau erklärt. Hinzu kommen die durch Luftverschmutzung schlechter (=saurer) gewordene Umweltbedingungen

#### Passivschicht:

Der Korrosionsschutz der Bewehrung basiert auf der hohen Alkalität (Basizität) des Betonporenwassers. Beim Herstellen des Stahlbetons wird der Bewehrungsstahl von frischem, alkalischen Beton mit einem pH-Wert von ca. 13 umhüllt. Durch das Freisetzen von Calciumhydroxyd beim Abbinden bildet sich eine dünne Oxydschicht auf der Stahloberfläche, die den Stahl passiviert.

#### Chemische Reaktion:

Vorraussetzung für die chemische Reaktion der Karbonatisierung ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Umgebungsluft. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft liegt bei Landluft um ca. 0,03 Vol.-%, bei Stadtluft um 0,05 Vol.-% und bei Industrieluft bei ca. 0,08 Vol.-%. Das CO<sub>2</sub> diffundiert über die Jahre stetig in den Beton ein. Das für die Passivierung des Stahls zuständige Calciumhydroxid im Porenwasser des Betons wird in neutral reagierendes Calciumcarbonat umgewandelt.

Der pH-Wert im Beton sinkt unter 9 ab und die Schutzwirkung für den Bewehrungsstahl ist damit aufgehoben.

#### Planerische Beeinflussung des Karbonatisierungsverhaltens:

Einer der größten Einflussfaktoren auf das Karbonatisierungsverhalten eines Betons ist sicherlich eine ausreichende Betondeckung. Im Zuge einer Novellierung der DIN 1045 im Jahre 1988 wurde das Mindest-Nennmaß der Betondeckung im Schnitt um mehr als 1 cm heraufgesetzt, um den vermehrt aufkommenden Betonschäden Tribut zu zollen. Da der Karbonatisierungsfortschritt nicht linear verläuft, sondern die Geschwindigkeit mit steigendem Karbonatisierungsgrad abnimmt ist eine erhöhte Betondeckung eine sinnvolle Maßnahme, die bei der Planung berücksichtigt werden sollte.

Die DIN 1045 stellt in diesem Zusammenhang Ansprüche zur Mindestgüte an Außenbauteile aus Stahlbeton. Die Betongüte sollte besser sein als C20/25 der



Zementgehalt des eingebauten Betons sollte größer sein als  $300 \text{ kg/m}^3$  und der W/Z-Wert sollte unter 0,6 liegen. Diese Maßnahmen haben direkten Einfluss auf das Karbonatisierungsverhalten des Zementsteins. Durch den niedrigen W/Z-Wert ist sichergestellt, dass sich nicht zu viele Kapillarporen bilden. Durch eine Betondruckfestigkeitsklasse größer C20/25 ist das Aufkommen von Rissen durch Überschreiten der zulässigen Spannungen im Beton minimiert. Der hohe Zementanteil ist die Grundvoraussetzung für den passivierenden Zementleim. Oft wird jedoch vergessen, dass die Betonnachbehandlung eine wichtige Qualitätssicherungsmaßnahme ist. Nachbehandlung heißt, den W/Z-Wert des Betons an den luftumspülten Flächen während der Aushärtung durch Benässen oder sonstige Maßnahmen auf einem gleichbleibendem Niveau zu halten. Durch korrekte Nachbehandlung können Risse an der Oberfläche vermieden werden. Das Eindringen von Schadstoffen wird so auf ein Minimum reduziert. Es ist ebenfalls zu beachten, dass sich die Nachbehandlungszeit bei niedrigeren Außentemperaturen und bei langsam abbindenden Zementen verlängert.

#### Korrosion infolge von Karbonatisierung:

Hat die Karbonatisierungsfront die Bewehrungsebene erreicht, ist der Stahl nicht mehr dauerhaft geschützt. Die Korrosion erfolgt nur bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff. Bei einer relativen Luftfeuchte unter 30% bzw. bei einer ständig mit Wasser benetzten Oberfläche findet keine Karbonatisierung statt. Somit sind gänzlich mit Wasser bedeckte Bauteile auch nicht korrosionsgefährdet. Die größten Karbonatisierungstiefen werden meistens in Innenräumen mit einer relativen Luftfeuchte zwischen 50% und 65% erreicht. Im Außenbereich verläuft der Prozess langsamer, da die Poren zeitweise gänzlich mit Wasser gefüllt sind und somit kein  $\text{CO}_2$  in den Beton eindringen kann. Der häufige Nass-Trocken-Wechsel ist aber für die Korrosion sehr förderlich. Bei Sichtbetonbauwerken ist somit die Wetterseite des Gebäudes besonderer Korrosionsgefahr ausgesetzt. Der rostende Stahl verursacht eine Volumenzunahme, durch die die Betondeckung abplatzt.

## **Chloridangriff**

In erster Linie sind als Quelle für Chloride Tausalzlösungen zu nennen. Weitere Eintragungsmöglichkeiten von Chloriden sind Meerwasser, Industrieabwässer, PVC-Brandabgase, Baustoffe, Zusatzmittel und Schwimmbadwässer. Die Luft in Schwimmbädern enthält auch Chlorgas. Der Transport der Chloride erfolgt über das Porenwasser des Betons. Wie auch bei der Karbonatisierung ist also die Anfälligkeit gegenüber einem Chloridangriff von der Dichtigkeit des Betons abhängig. Unabhängig von der Karbonatisierung des Betons kann eine Chloridverseuchung vorliegen und die Passivschicht auf dem Bewehrungsstahl zerstören. Der große Unterschied zur Korrosion bei karbonatisiertem Beton ist der Verrostungsprozess ohne Volumenzunahme. Korrosion tritt als sogenannter Lochfraß bzw. Muldenfraß auf und hat keine Betonabplatzungen zur Folge. Ein Korrosionsschaden durch Chloride ist somit erheblich schwieriger zu diagnostizieren. Dadurch dass die Bewehrung nur stellenweise aber dafür komplett durchtrennt werden kann, ist die Tragfähigkeit des Stahlbetons um ein Vielfaches stärker beeinträchtigt als bei Korrosion durch Karbonatisierung. Der Korrosionsprozess wird solange weitergeführt bis kein Stahl mehr in der direkten Umgebung der Chloridionen vorhanden ist.

## **Biologische Schadstoffe**

In Bereichen, in denen der Beton dauerhaft der Witterung ausgesetzt ist und ein ständiger Nass-Trocken-Wechsel stattfindet, wittert die Betonoberfläche über die Jahre ab. Die Oberfläche wird zunehmend rauer und vergrößert sich. In der Luft befindliche Mikroorganismen setzen sich auf der Betonoberfläche ab und siedeln sich dort dauerhaft an, da sie ein wachstumsförderndes Milieu vorfinden. Nach einiger Zeit ist die Betonfläche so mit Moosen besetzt, dass die Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen ein saures Milieu erzeugen, welches dem Zementstein in oberflächennahen Bereichen zusätzlich Schaden zufügt.

## **Frosttauwechsel**

Speziell bei horizontalen Betonflächen, aber auch im Bereich von Rissen an vertikalen Flächen, dringt Wasser in den Beton ein. Verbleibt das Wasser über eine Frostperiode hinweg im Beton, kommt es örtlich zu Betonabplatzungen und

großformatigen Schalen-Abplatzungen, die sich durch die Volumenzunahme um 9% beim Wechsel des Wassers in den festen Aggregatzustand begründen lassen. Nach Abplatzen des Betons ergeben sich so neue Risse und vergrößerte Angriffsflächen für CO<sub>2</sub>, Chloride und andere Schadstoffe. Bei horizontalen Betonflächen kommt gegebenenfalls die Einwirkung von Streusalzen hinzu. Durch das Herabsetzen der Schmelztemperatur der Eiskristalle wird dem Beton sehr viel Wärmeenergie entzogen. Durch diese Schockabkühlung entstehen teilweise zu hohe Zugspannungen im Beton, die Risse zur Folge haben .

*(vgl. Reul2000, S.30ff., Henning/Knöfel2002, Karsten2005*

### **3.5.3.4 Schäden an Eisenkonstruktionen (Stahlkonstruktionen)**

Eisen ist nicht gleich Eisen.

In vielen verschiedenen Verbindungen und Legierungen wurde und wird Eisen für die unterschiedlichsten Zwecke hergestellt und verarbeitet.

Eisenprodukte sind gerade im Baubereich Hochleistungsmaterialien. Kein Baustoff an Bauwerken, welche in jetziger Zeit als Bestandsgebäude bauliche Veränderungen erfahren, wurde mit höheren Spannungen belastet als Baumaterial aus Eisen- oder Stahlwerkstoffen.

In Zukunft könnte sich dies mit Entwicklungen bei ultrahochfesten Betonen und hochfesten Glas- und Karbonfasern ändern. Bis dahin ist es jedoch noch ein weiter Weg.

In der Natur kommt Eisen als Erz in Form seiner Oxide vor (z.B. Magnetit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> und Hämatit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ). Durch Energiezufuhr werden diese Oxide in Hochöfen zu Eisen reduziert.

Das so entstandene Roheisen hat einen hohen Anteil an Kohlenstoff ( 3 - 5%) sowie Phosphor und Schwefel, ist sehr spröde und daher technisch praktisch unbrauchbar. Im Bauwesen sind Gusseisen (Kohlenstoffanteil 2 – 4%, geringerer Phosphor und Schwefelgehalt)

und Stahl ( Kohlenstoffanteil unter 2%, im Mittel nur 0,2%, verschiedene Legierungen )die am häufigsten verwendeten Eisenwerkstoffe *(vgl. Härig/*

*Günther/ Klausen1994, S. 301*). Unter Gusseisen und Stahl gibt es für die unterschiedlichsten Einsatzgebiete eine Vielzahl von Sorten. Die Korrosionsanfälligkeit ist das größte Problem dieser Baustoffe. Neben der Korrosion ist der geringe Feuerwiderstand von Stahlkonstruktionen zu nennen.

Doch auch Alterung bei Legierungen mit hohem Stickstoffgehalt wie in Bauteilen aus Fluss- und Puddelstahl (Herstellung bis ca. 1925) führen zu Schäden (*vgl. Dehn/ König/ Marzahn2003, S. 90*).

Ermüdungsbrüche bei wechselnder Belastung, z. B. Schwingungen durch Wind oder Maschinen sind ebenfalls Ursache für das Versagen von Tragwerken aus Stahl. Die Fehleinschätzung dynamischer Lasten soll hier jedoch nicht weiter vertieft werden. Interessante Beispiele bietet hier *Oehme/ Vogt2003*

### **Metall-Korrosion:**

Der Korrosion (von lat. *corrodere* = zernagen) liegt immer eine Oxidation der Metalle zugrunde.

In diesem Zusammenhang sollte man erinnern, dass neben den Metallen auch andere Baustoffe von Korrosionsschäden betroffen sein können. Erler definiert z. B. die Holzkorrosion als „die von der Oberfläche ausgehende Schädigung bzw. Zerstörung des Holzes infolge chemischer und/oder chemisch-physikalischer Reaktion bei Wechselwirkung mit seiner Umgebung“ (*Erler1993, S.65*).

Nach Nürnberger lassen sich die Korrosionsreaktionen von Metallen in drei verschiedenen Mechanismen unterscheiden: der chemischen Korrosion, der physikalischen Korrosion und der elektrochemischen Korrosion (*vgl. Nürnberger1995(a), S.18*).

Der elektrochemischen Korrosion von Metallen kommt dabei die für Schäden an Eisen- und Stahlkonstruktionen größte Bedeutung zu. Im Folgenden werden die chemischen Zusammenhänge der elektrochemischen Korrosion von Eisen nach dem Sauerstoffkorrosionstyp in groben Zügen erläutert. Weiterführendes zur Korrosion von Metallen ist bei *Henning/ Knöfel2002, S.67ff.* oder *Nürnberger1995(a)* und *Nürnberger1995(b)* zu finden.

Metalle haben unterschiedliches elektrochemisches Potential. Man könnte auch sagen, geben unterschiedlich leicht oder schwer Elektronen ab.

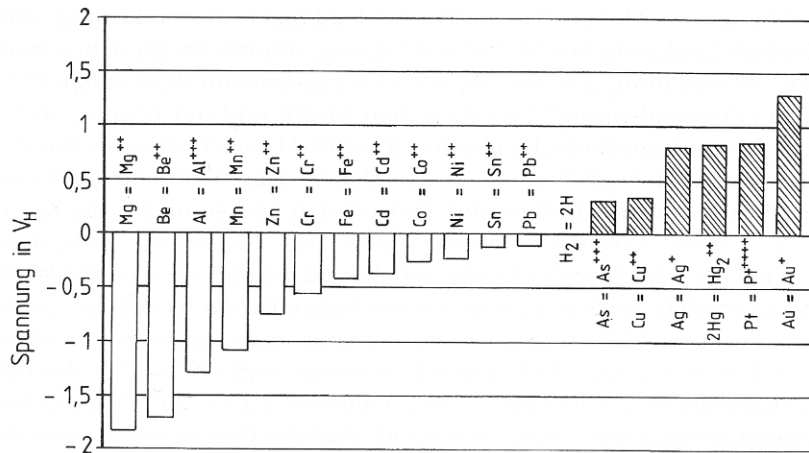
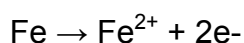


Abbildung 3-123 - Normalspannungsreihe (Q.: Nürnberger1995(a),S.26)

In der Normalspannungsreihe der Metalle ist das Standardpotential, gemessen unter festgelegten Bedingungen, der jeweiligen Metalle dargestellt. Das Potential der Wasserstoffelektrode ist hier willkürlich mit 0 bezeichnet. Je positiver das Standardpotential desto „edler“ ist das Metall, desto weniger tendiert es dazu, in Lösung zu gehen und Elektronen abzugeben.

Nicht nur durch Kontakt von Metallen untereinander kommt es zu unterschiedlichen Spannungspotentialen, diese bestehen auch zwischen Metallen und ihren Oxiden (diese sind im elektrochemischen Sinn „edler“) oder werden durch äußere Einflüsse, z.B. wässrige Lösungen, die es dem Metall an einer Stelle „leichter macht“, Elektronen abzugeben als an anderer Stelle, hervorgerufen. Eisenwerkstoffe besitzen meist schon durch ihre Zusammensetzung Stoffteilchen unterschiedlichen Spannungspotentialen. Für den Ablauf der elektrochemischen Reaktion wird nun nur noch ein Elektrolyt, z.B. ein Tautropfen benötigt. Dann läuft folgende Reaktion ab:

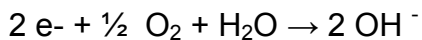
Eisen geht in Lösung und gibt dabei 2 Elektroden ab.



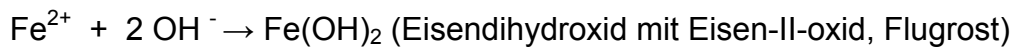
Eine Elektronenabgabe ist nach chemischer Sicht eine Oxidation. Die Oxidation erfolgt an der sogenannten Anode. Zur Anode wird immer das Material mit dem negativeren Standardspannungspotential oder, anders ausgedrückt, das

„unedlere“ Material. An der Oberfläche zwischen Eisen (Fe) und einem darauf befindlichen Wassertropfen findet ein Ladungsaustausch statt.

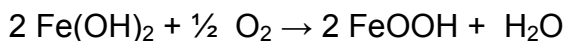
Die freigewordenen Elektronen wandern zu Katode dem „edleren“ Material mit positiveren Spannungspotential. Mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O) bilden die Elektronen Hydroxidionen (OH<sup>-</sup>). Der Sauerstoff nimmt Elektronen auf, diese Reaktion wird als Reduktion bezeichnet.



In der wässrigen Lösung reagieren die Eisenionen mit den Hydroxidionen

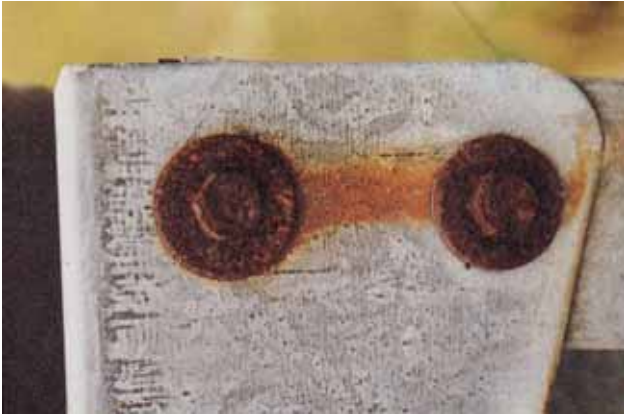


Der Flugrost reagiert weiter zu Rost und Wasser:



Das Gefüge des Rosts ist nicht dicht genug um als Schutzschicht den weiteren Zutritt von Sauerstoff und Feuchtigkeit zu verhindern, wodurch der Korrosionsprozess bis zur Zerstörung des Materials fortgesetzt werden kann. Durch atmosphärische Verunreinigungen, Säuren oder Säure bildende Salze wird die Korrosionsanfälligkeit gesteigert.

Aus dem Dargestellten wird auch ersichtlich, dass eine Kombination verschiedener Metalle in einem Bauteil immer das Risiko einer Kontaktkorrosion durch ein größeres Spannungspotential erhöht. Dabei dürfen auch die Verbindungsmittel nicht vergessen werden. Eine lediglich galvanisch (also sehr dünn) verzinkte Schraube oder Unterlegscheibe kann sogar an Edelstahlteilen Rostschäden verursachen.



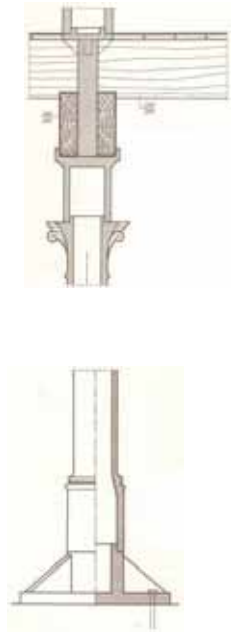
**Abbildung 3-124 – Korrosion galv. verzinkter Unterlegscheiben auf feuerverzinktem Bauteil  
(Q.: Nürnberger1995(b) S.XIX)**



**Abbildung 3-125 - Dachrinne und Falleitung Bodemuseum, Berlin 2006  
Abbildung 3-126 - Anschlussdetail**

Eine Nichtbeachtung der Normalspannungsreihe der Metalle kommt immer wieder vor. Obige Aufnahmen zeigen den Anschluss einer Kupferrinne an ein Zinkfallrohr am 2006 wiedereröffneten Bodemuseum in Berlin.

## Gusseisen



**Abbildung 3-127 (oben) - Gussstützen Tuchfabrik Radevormwald  
Abbildung 3-128 (rechts) -Gussstützen (Fuß1853) (Q.: Ahnert/Krause2002 S.22/27)**

Ab dem 19. Jahrhundert wurden druckbeanspruchte Bauteile wie Stützen und Bögen standardisiert aus Gusseisen hergestellt. Oft wurde bei gusseisernen Stützen auf die Möglichkeit einer Profilierung der Oberfläche zurückgegriffen, wobei man sich häufig an klassische Formen anlehnte und Kanneluren nachbildete. Auch die Form von Stützenfuß und –kopf folgte der Gestaltung nach antiken Vorbildern. Das hier verwandte Gusseisen wird auch als Grauguss bezeichnet. Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes (s. o.) ist es sehr spröde und wenig zugfest.

Die Korrosionseigenschaften von Gusseisen sind allgemein besser als die des Stahls.

Dies liegt vor allem an der durch den Herstellungsprozess bedingten Gusshaut. Sie entsteht hauptsächlich bei in Sandformen vergossenem Gusseisen. Die Gusshaut besteht aus Eisenmischoxiden und Eisensilicat. Hierin sind Quarz aus dem Formsand, Sulfide und Phosphorverbindungen eingebettet. Die Gusshaut ist 0,02 bis 0,05 mm dick und besitzt eine gute Haftung.



Normalen korrosiven Belastungen aus der Atmosphäre hält sie stand ( vgl. *Nürnberger1995(a)*, S. 295) . Je nach Korrosionsangriff z.B. bei erdberührenden Bauteilen bietet die Gusshaut keinen ausreichenden Korrosionsschutz. Jüngere Gusseisen die nicht in Sandformen, sondern in Stahlkokillen vergossen wurden, haben einen nicht so effizienten Korrosionsschutz.



**Abbildung 3-129 - Korrosion an einem Gussrohr (Q.: *Nürnberger1995(a)*, S.XI)**

### **Brand**

Starke Brandbeanspruchung schädigt natürlich jeden Baustoff.

Ungeschützte Eisen und Stahlkonstruktionen sind hohen Temperaturen gegenüber jedoch besonders schadensanfällig.

Die aufnehmbare Spannung lässt bei höheren Temperaturen rapide nach.

Brandkatastrophen zu Beginn des 20. Jahrhunderts in den USA, ließen die Fachwelt umdenken und tragende Bauteile aus dem doch eigentlich nicht brennbaren Baustoff Eisen wurden brandschutztechnisch geschützt.

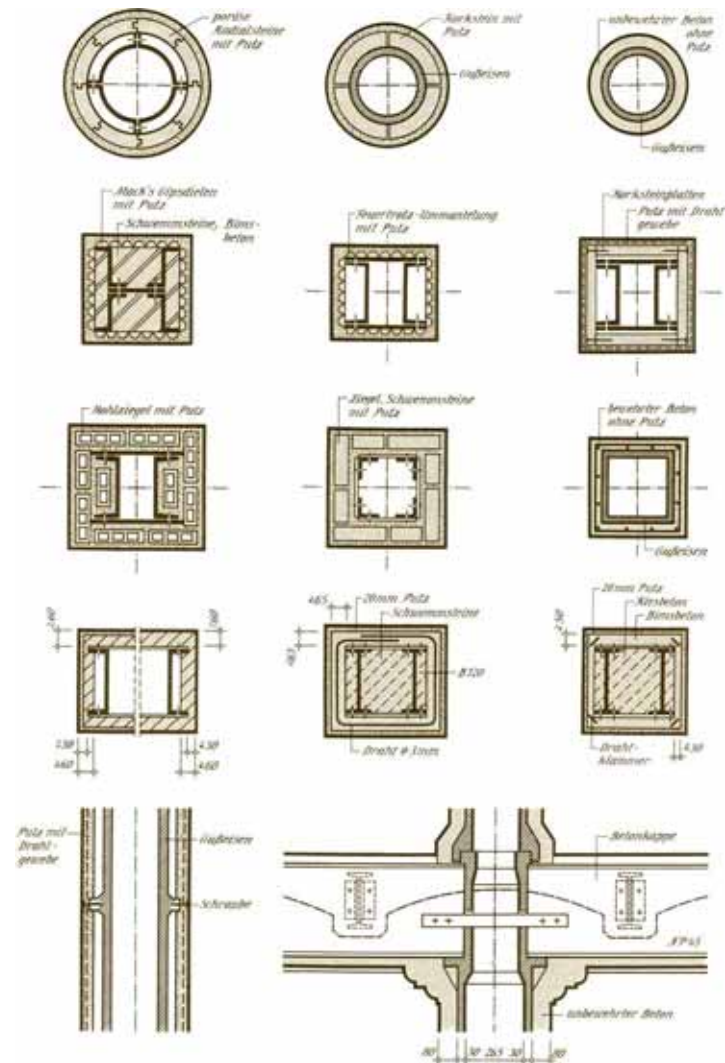


Abbildung 3-130 - Brandschutzmaßnahmen an Eisenstützen (Q.: Ahnert/Krause, S. 58 )

Das Gefüge eines hoch erhitzten Stahlträgers kann auch nach dem Abkühlen und geringer Formänderung stark gestört sein.

Eine Fahrbahn der Wiehltalbrücke (A4) musste nach dem Brand eines verunglückten Tankwagens, bei dem der Fahrer um Leben kam, wegen mangelnder Tragfähigkeit ausgetauscht werden.



**Abbildung 3-131 Wiehltalbrücke** (Q.:<http://de.structurae.de/photos/index.cfm?JS=25673>, C. Buschorn , 29.10.2007)

**Abbildung 3-132 - Dachtragwerk Aula Gießen**

Die offensichtlichen Schäden eines Brandes gegen Ende des zweiten Weltkrieges im Dachstuhl der Aula in Gießen zogen während der Umbaumaßnahmen 2006/2007 nach Auskunft des Tragwerkplaners nur deshalb keine Überprüfung der Festigkeit des Stahltragwerkes mit sich, weil nachgewiesen wurde, dass die Lasten nach dem Umbau nicht höher wurden als vorher.

### **Überbeanspruchung**

Ebenso wie Brandschäden sind Überbeanspruchungen einer Konstruktion kein Thema, welches nur auf Eisen- und Stahlkonstruktionen beschränkt ist. Die Leistungsfähigkeit des Materials lässt allerdings besonders schlanke Konstruktionen zu. Örtliches Beulen als Folge der hohen Schlankheit sind Schadensformen, die vor der Verwendung von Stahl für Tragkonstruktionen unbekannt waren und teilweise zu spektakulärem Versagen solcher Konstruktionen geführt haben.

### 3.5.4 Baustoffkennwerte

Dieses Kapitel soll zunächst einen Überblick darüber geben, welche Materialeigenschaften alter Baustoffe für eine Bewertung einer vorhandenen Tragkonstruktion erfasst werden sollten.

Von Interesse sind hauptsächlich die mechanische Festigkeit (Bruchfestigkeiten, zulässige Spannungen), Verformungsfähigkeit (Dehnungen, E-Modul) und das Brandverhalten. Hierbei wird sich wie im vorangegangenen Kapitel auf die für Tragwerke gängigsten Baumaterialien Holz, Mauerwerk, Stahl (Eisen) und Stahlbeton beschränkt. Bei der qualitativen Erfassung eines gesamten Gebäudes sind Baustoffeigenschaften weiterer Materialien wie Kunst- oder Dämmstoffe zu beachten. Hier liegt das Augenmerk weniger beim Tragverhalten als bei Fragen zur Schadstoffbelastung, bauphysikalischen Kennwerten, Aufwand für Entsorgung oder Sanierung. (vgl. *Dehn/ König/ Marzahn2003, S.5f.*)

Um in Kürze zu beschreiben welche jeweiligen Kennwerte benötigt werden, ist der Blick auf die heute zulässigen Materialbeanspruchungen hilfreich, denn damit wird klar, dass die hier aufgelisteten Eigenschaften auch erfasst werden müssen.

Weiterführende Literatur z.B.: *Wesche1985, Wesche1988, Wesche1993, Wesche1996, Härig/Günther/Klausen1994, Scholz/Hiese2003, Krauss/Führer/Jürges2007*

#### 3.5.4.1 Holz

Bei der Erfassung von Tragelementen aus Holz ist das Feststellen der Holzart und der eventuellen Sortierklasse sowie der Feuchtegehalt des Holzes interessant.

Lässt sich das vorgefundene Holz keiner Klasse zuordnen oder sind die Tragreserven sehr gering, so, dass man einen rechnerischen Nachweis mit den tatsächlichen Festigkeiten, die bei trockenem altem Holz in der Regel höher sind als die Werte heutiger Bautabellen, hofft erbringen zu können, müssen die tatsächlichen Festigkeiten anhand von Holzproben im Labor ermittelt werden.

Eine Überprüfung auf Holzschäden ist sorgfältig durchzuführen. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf den Knotenpunkten. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zu den heute zulässigen Spannungen und den Elastizitätsmoduli. Der Vergleich mit historischen Bautabellen hilft bei der Einschätzung der Sortierklasse.

Art der Beanspruchung		Vollholz Nadelholz: Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche etc. (Sortierklasse nach DIN 4074 T 1 <sup>1)</sup> )					Euro- päisches Laubholz Eiche/Buche D35	Brettschichtholz			
		S7 C16	S10 C24	S13 <sup>1)</sup> C30	MS13 <sup>1)</sup> C35	MS17 <sup>1)</sup> C40		BS11 GI24	BS14 GI28	BS16 GI32	BS18 GI36
		Sortierklasse der Lamellen <sup>1)</sup>				S10		S13	MS13	MS17	
$f_k$	Biegung $f_{m,k}$	1,6	2,4	3,0	3,5	4,0	3,5	2,4	2,8	3,2	3,6
	Zug $f_{t,0,k}$	1,0	1,4	1,8	2,1	2,4	2,1	1,7	2,0	2,3	2,5
	Druck II $f_{c,0,k}$	1,7	2,1	2,3	2,5	2,6	2,5	2,4	2,7	2,8	3,1
	⊥ $f_{c,90,k}$	0,22	0,25	0,27	0,28	0,29	0,84	0,27	0,30	0,33	0,36
	Schub $f_{v,k}$	0,18	0,25	0,27	0,30	0,35	0,34	0,27	0,27	0,27	0,32
$\sigma_{Rd}$	Biegung $\sigma_m$	1,0	1,5	1,8	2,1	2,4	2,1	1,5	1,7	2,0	2,2
	Zug $\sigma_t$	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,3	1,0	1,3	1,4	1,5
	Druck II $\sigma_{cII}$	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	1,8	1,9	2,0
	⊥ $\sigma_{c\perp}$	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,50	0,19	0,20	0,21	0,23
$\tau_{Rd}$	Schub	0,11	0,15	0,16	0,18	0,21	0,18	0,17	0,17	0,17	0,2
$E$	$E_{0,mean}$	800	1100	1200	1300	1400	1100	1160	1260	1370	1470
$\rho$	Rohdichte $\rho_k$ kN/m <sup>3</sup>	3,1	3,5	3,8	4,0	4,2	5,6	3,8	4,1	4,3	4,5

- 1) Den Sortierklassen S7, S10 und S13 entsprechen die Festigkeitsklassen C16, C24 und C30 und die alten Güteklassen III, II bzw. I von DIN 4074-2. Die Verfügbarkeit von maschinensortiertem Holz ist abzufragen.  
2) Bei Brettschichthölzern muß die dazugehörige Sortierklasse nach DIN 4074-1 bei Biegeträgern mind. in den äußeren Sechstein der Trägerhöhe, mind. jedoch in zwei Lamellen, vorhanden sein. Für die inneren Lamellen darf die nächst niedrigere Sortierklasse nach DIN 4074-1 verwendet werden (GI, Index c).

Abbildung 3-133 – Festigkeitswerte in KN/cm<sup>2</sup> und Elastizitätsmoduli Holz/ Brettschichtholz (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007, S.65)

Jahr	Holzart	Zug II	Druck II	Druck ⊥	Druck ⊥ mit Eindrücken
1872	Holz allg. Wohnhäuser Fabriken, Tanzsäle*5)	8,4	8,4		
		7,0	7,0		
1875	Esche	12,0	6,6		
	Eiche	11,0	6,6		
	Buche	11,0	6,6		
	Kiefer	7,0	4,4		
1887 Berlin	Eiche	10,0	8,0	2,2bis 2,7	
	Buche	10,0	8,0		
	Kiefer	10,0	6,0	0,9bis 1,0	
1890 Berlin	Eiche	10,0	8,0		
	Buche	10,0	8,0		
	Esche	10,0bis12,0	6,6		
	Kiefer	10,0	6,0		
	Tanne	6,0	5,0		
1900	Fichte	8,0	6,0	1,2	
	Kiefer	8,0bis10,5	6,0bis 8,0	1,2	
	Tanne	6,0bis10,5	5,0bis 7,5	1,2	
	Lärche	11,5	8,5	1,2	
1917 Hamburg	Eiche	10,0	8,0	2,5	
	Fichte *1)	10,0	6,0	1,5	
	Kiefer *1)	10,0	6,0	1,5	
	Buche	11,0	7,0	2,5	
	Pitch-pine *6)	10,0	8,0	2,0	
1919 Preußen	Eiche	10,0	8,0		
	Kiefer	10,0	6,0		
	Fichte	9,0	5,0		
	Tanne	8,0	5,0		
1928 Preußen	Rotbuche	10,0	8,0	3,0	
	Eiche	10,0	8,0	4,0	
	Fichte	9,0	5,0	2,0	
	Tanne	8,0	5,0	2,0	
	Kiefer	10,0	6,0	2,0	
1933 DIN 1052	Nadelholz	9,0	8,0	2,0 *4)	3,0
	Eiche, Buche	10,5	10,0	4,0 *4)	5,0 *3) *4) *8)
1938 DIN 1052	Nadelholz	9,0	8,0	2,0	3,0 *2)
	Eiche, Buche	10,5	10,0	4,0	5,0 *2)

Abbildung 3-134 - Historische zulässige Belastungen in N/mm<sup>2</sup>(Q.: Bargmann2001, S.130)

### 3.5.4.2 Mauerwerk

Bei Mauerwerk sind möglichst Materialwerte für den Stein und das Bindemittel zu erfassen. Die Untersuchung des Mörtels wird aus statischen Gründen oft unterlassen und pauschal mit Mörtelgruppe 1 die geringste Bindemittelqualität angenommen. Dies geschieht in Fällen in denen genügend Tragreserven vorhanden sind, um aufwändige Untersuchungen zu vermeiden. Zudem ist die Mörtelqualität in altem Mauerwerk tatsächlich oft nicht höher.

Bei der Untersuchung der Mauerwerkssteine sind Druckfestigkeit, Feuchtegehalt und mögliche Belastung mit Schadsalzen aus Sicht der Tragfähigkeit von Interesse. Unten stehende Abbildungen zeigen die Festigkeitsklassen heute üblicher Mauersteine.

Bezeichnung	Rohdichteklasse kg/dm <sup>3</sup>	Festigkeitsklassen N/mm <sup>2</sup>										Vorzugsformate			
		2	4	6	8	12	20	28	36	48	60				
<b>Mauerziegel</b>	0,7			•											50F, 8DF, 10DF, 12DF, 16DF, 20DF
<b>DIN 105 T 1 bis 4</b>	0,8			•	•										
Hlz Hochlochziegel 0,7 - 1,4 kg/dm <sup>3</sup>	0,9			•	•	•									
VHz Hochlochziegel, frostbeständig, 1,0 - 1,4 kg/dm <sup>3</sup>	1,0			•	•	•									NF, 2DF, 3DF, 5DF
Mz Vollziegel	1,2					•	•								
1,6 - 1,8 kg/dm <sup>3</sup>	1,4					•	•	•							
VHz Vollziegel, frostbeständig, 1,6 - 1,8 kg/dm <sup>3</sup>	1,6					•	•	•							DF, NF, 2DF
KHz Hochlochklinker 1,6 - 1,8 kg/dm <sup>3</sup>	1,8					•	•	•	•	•					
KMz Vollklinker	2,0					•	•	•	•	•					DF, NF
2,0 - 2,2 kg/dm <sup>3</sup>	2,2					•	•	•	•	•					
<b>Kalksandsteine</b>	0,7		•	•											NF, 2DF, 3DF, 4DF, 5DF, 8DF, 10DF, 12DF, 16DF
<b>DIN 106 T 1 und 2</b>	0,8		•	•	•										
KS L Lochsteine 0,7 - 1,6 kg/dm <sup>3</sup>	0,9		•	•	•										
KS Vm L Vormauersteine, gelocht 1,0 - 1,6 kg/dm <sup>3</sup>	1,0		•	•	•										
1,2	1,2		•	•	•										
KS Vb L Verblender, gelocht 1,0 - 1,6 kg/dm <sup>3</sup>	1,4		•	•	•	•									
1,6 - 1,8 kg/dm <sup>3</sup>	1,6		•	•	•	•	•								
KS Vm Vormauersteine, voll 1,8 - 2,2 kg/dm <sup>3</sup>	1,8		•	•	•	•	•	•							DF, NF, 2DF, 3DF, 5DF, 10DF, 12DF, 20DF
KS Vb Verblender, voll 1,8 - 2,2 kg/dm <sup>3</sup>	2,0		•	•	•	•	•	•	•	•					
KS Vollsteine 1,6 - 2,2 kg/dm <sup>3</sup>	2,2		•	•	•	•	•	•	•	•					
<b>Porenbetonsteine</b>	0,4		•												50
<b>DIN 4165</b>	0,5		•												75
PP Porenbetonsteine mit Dünnbettmörtel vermauert	0,6		•												100
F Blocksteine, mit Normalmörtel vermauert	0,7		•	•											240 125
0,8	0,8		•	•	•										300 150
			•	•	•										332 x 175 x 174
			•	•	•										374 200 x 249
<b>DIN 18151</b>	0,5		•												175
HBl Hohlblöcke aus Leichtbeton	0,6		•												490 x 240 x 238
0,7	0,7		•												(495) 300
0,8	0,8		•	•											
0,9	0,9		•	•											240 x 365 x 238
1,0	1,0		•	•	•										(245)
1,2	1,2		•	•	•										
1,4	1,4		•	•	•										
<b>DIN 18152</b>	0,6		•												115 95
V Vollsteine aus Leichtbeton	0,7		•	•											240 x 115 x 113
0,8	0,8		•	•	•										175 113
Vbl Vollblöcke aus Leichtbeton	0,9		•	•	•										175
1,0	1,0		•	•	•										495 x 240 x 238
1,2	1,2		•	•	•										300
1,4	1,4		•	•	•	•									300 x 240 x 115
1,6	1,6		•	•	•	•	•								245 x 365 x 238
1,8	1,8		•	•	•	•	•								240 240 115
			•	•	•	•	•								490 x 300 x 115
			•	•	•	•	•								240 95
<b>DIN 18153</b>	1,2		•												145 x 115 x 238
Hbn Mauersteine aus Beton	1,4		•												305 x 115 x 238
1,6	1,6		•	•											370 x 115 x 238
1,8	1,8		•	•	•										

Abbildung 3-135- Bezeichnung der Steinarten und Festigkeitsklassen von Mauersteinen (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007,S.132 )

Die folgende Abbildung verdeutlicht den großen Unterschied zwischen der Festigkeit einzelner Steine und des gesamten Mauerwerks.

Steinfestigkeitsklasse	NM Normalmörtel mit Mörtelgruppe					DM Dünnbettmörtel	LM Leichtmörtel	
	I	II	IIa	III	IIIa		LM 21	LM 36
2	0,05	0,08	0,08	-	-	0,10	0,08	0,08
4	0,06	0,12	0,14	0,15	-	0,18	0,12	0,14
6	0,08	0,15	0,17	0,20	-	0,25	0,12	0,15
8	0,10	0,17	0,20	0,24	-	0,34	0,14	0,17
12	0,14	0,20	0,27	0,30	0,32	0,37	0,15	0,18
20	0,17	0,27	0,32	0,41	0,51	0,54	0,15	0,18
28	-	0,30	0,39	0,51	0,59	0,62	0,15	0,18
36	-	-	-	0,59	0,67	-	-	-
48	-	-	-	0,67	0,76	-	-	-
60	-	-	-	0,76	0,84	-	-	-

**Abbildung 3-136 - Grenzspannungen für Mauerwerk aus künstlichen Steinen in KN/cm<sup>2</sup> (Krauss/Führer/Jürges2007, S.133)**

Werden die Bindemittel untersucht können folgende Kennwerte erfasst werden:

- Sieblinie
- Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis
- Treibminerale
- Schadsalze
- Gefügeuntersuchung und Porosität
- Hygrische Kennwerte
- Druckfestigkeit

### 3.5.4.3 Stahl (Eisen)

Eisenwerkstoffe haben je nach Herstellungsprozess die unterschiedlichsten Eigenschaften.

Dabei kommt reines Eisen aufgrund seiner geringen Festigkeit im Bauwesen gar nicht vor. Je nach Zusammensetzung der Legierung mit anderen Elementen erhält man einen Werkstoff anderer Qualität. Wichtige Faktoren sind hierbei der Kohlenstoff, Phosphor und Schwefelgehalt im Werkstoff.

Roheisen hat einen Kohlenstoffanteil von 3 – 5 % sowie einen hohen Phosphor und Schwefelgehalt. Zu ermitteln sind:

- Zug-/ Druckfestigkeit
- Kohlenstoffgehalt
- Legierung/Stahlsorte
- Schweißbeignung

		Baustahl		Stahlguß	Gußeisen	Stahseile	Aluminium
		St 37 (S235)	St 52 (S355)	GS 52	GGG 40	z. B.	z. Vgl.
<b>f</b>	Streckgrenze $f_{y,k}$	24	36	26	28	140	27
	Zugfestigkeit $f_{t,k}$	36	51	52	40	157	40
<b><math>\sigma</math></b>	Grenzspannungen $\sigma_{\text{Bd}} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M}$	21,8	32,7	23,6	21,8	- 75	- 20
	für Biegung, Druck, Zug						
<b><math>\tau</math></b>	Schub $\tau_{\text{Bd}}$	12,6	18,9	13,6	12,6		
<b>E</b>	Elastizitätsmodul E	21000	21000	21000	10000 ... 15000	10000 ... 17000	7000
<b><math>\alpha_T</math></b>	Temperaturdehnzahl $\alpha_T$	12 · 10 <sup>-6</sup> /°K					12 · 10 <sup>-6</sup> /°K

Abbildung 3-137 - Materialkennwerte in KN/cm<sup>2</sup> (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007,S.95 )

Oben stehende Abbild zeigt die heute zulässigen Spannungen für Stahl und Aluminium. Die unten gezeigte Tabelle zeigt im Vergleich dazu Festigkeiten verschiedener Eisenerzeugnisse von 1899 – 1957.

Jahr	Werkstoff	Zugfestigkeit MN/m <sup>2</sup>	Bruchdehnung %	Bemerkung
<b>1899</b>	Schweiß-Eisen Fluß-Stahl Guß-Eisen	350 bis 400 400 bis 420 125 bis 145		
<b>1925</b>	Fluß-Stahl St.37 Hochw. Baustahl St.48	370 bis 450 480 bis 580	18	
<b>1928</b>	Fluß-Stahl St.37 Hochw. Baustahl St.48 Puddelstahl Gußeisen	370 bis 450 480 bis 580 330 bis 400 120 bis 240	>20 18	
<b>1934</b>	St.00.12 Handelsbaustahl St.37.12 St.34.13 St.38.13	max. 500 340 bis 500 370 bis 450 340 bis 420 380 bis 450	18 20 25 20	Fluß-Stahl Fluß-Stahl Fluß-Stahl Fluß-Stahl
<b>1938</b>	Gußeisen Ge 14.91 Stahlguß St.52.815 Vergütungsstahl St.G 35.61	mind. 140 mind. 520 500 bis 600	16 19	ausgeglühter Fluß-Stahl
<b>1942</b>	St.52	520 bis 620	20	
<b>1946</b>	wie 1934			
<b>1946</b>	Gußeisen GG-14 Stahlguß Gs 52.1 Vergütungsstahl C 35	mind. 140 mind. 520 650 bis 800	16	
<b>1949</b>	St.00.12 Handelsbaustahl St.37.12 St.34.13 St.38.13 St.52 St.44	max. 500 340 bis 500 370 bis 450 340 bis 420 380 bis 450 520 bis 620 440 bis 520	18	
<b>1957</b>	St.33 St.37 St.37-2 St.37-3 St.52-3	330 bis 500 370 bis 450 370 bis 450 370 bis 450 520 bis 620	18 23 bis 25 23 bis 25 23 bis 25 22	

Abbildung 3-138 -Festigkeitseigenschaften im Stahlbau (Q.:Bargmann2001, S.232)



### 3.5.4.4 Stahlbeton

Für eine Beurteilung des Ist-Zustandes eines Tragwerkes aus Stahlbeton sind hauptsächlich die Druckfestigkeit des Betons, die Zugfestigkeit des Stahls sowie die Art der Bewehrung ausschlaggebend. Für Aussagen über die Dauerhaftigkeit sind mögliche Schadstoffbelastungen, Salze, Porosität, Karbonatisierung zu klären

Betonfestigkeitsklassen C ( $f_{ck}/f_{ck, cube}$ )	C 12/15	C 20/25	C 30/37	C 40/50	C 50/60	C 70/85	C 100/115	
Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit $f_{ck}$	1,2	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	$f_{ck}$
Grenzwert der Betondruckfestigkeit $\alpha_{f_{ca}}$	0,68	1,13	1,70	2,27	2,86	3,97	5,67	$\alpha f_{cd} = \sigma_{Rd}$
Grenzwert der Schubspannung für Platten u. Balken ohne Schubbewehrung	0,040	0,048	0,054	0,060	0,064	Nicht für Biegebalken verwenden		$\tau_{Rd1}$
Grenzwert der Schubspannung für Platten u. Balken mit Schubbewehrung	0,27	0,45	0,68	0,91	1,13			$\tau_{Rd2}$
Elastizitätsmodul $E_{cm}$	2580	2880	3190	3450	3680	4060	4520	$E_{cm}$
Wärmedehnzahl $\alpha_T$	1,0 · 10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>							$\alpha_T$

Abbildung 3-139 - Festigkeitswerte und Elastizitätsmoduli für Beton in KN/cm<sup>2</sup> (Q.: Krauss/Führer/Jürges2007, S.139)

Kurzname	BSI 500 S	BSI 500 M	
Kurzzeichen	IV S	IV M	
Werkstoff	1.0438	1.0466	
Erzeugnisform	Betonstabstahl	Mattenstahl	
Nenn Durchmesser $d_s$ in mm	6 bis 40	4 bis 12	
Streckgrenze $f_{yk}$ [kN/cm <sup>2</sup> ] [N/mm <sup>2</sup> ]	50 (500)	50 (500)	$f_{yk}$
Zugfestigkeit $f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	(550)	(550)	$f_{tk}$
Bemessungswert der Zugfestigkeit $f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,5	43,5	$f_{yd}$
Bruchdehnung $\epsilon_{uk}$ [%]	10	8	
Dehnbarkeit (Duktilität)	hoch oder normal		
Elastizitätsmodul $E_s$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	20000		$E_s$
Wärmedehnzahl $\alpha_T$	1,0 · 10 <sup>-5</sup> /°C		$\alpha_T$

Betonstabstahl mit  $\varnothing$  32 und  $\varnothing$  40 muß allgemein bauaufsichtlich zugelassen sein.

Abbildung 3-140 - Betonstahl nach DIN 488 und allg. bauaufs. Zulassung (Q.: Krauss/Führer/Jürges, S. 139)

Im Stahlbetonbau sind im Laufe der Zeit viele unterschiedliche Bezeichnungen zur Nennung der Betongüte verwandt worden. Folgende Bezeichnungen beschreiben in etwa die gleiche Druckfestigkeit wb28, B160, B15, C12/15 (variierend, vgl. Bargmann2001, S.523 – 528).

Die Art der Bewehrungsseisen kann, wie unten stehende Tabelle zeigt, Rückschlüsse auf die Bauzeit des Gebäudes zulassen oder bei bekannter Bauzeit ist einzuschätzen, welche Bewehrung zu erwarten ist.

Jahr	Form der Bewehrungsstäbe	Bezeichnung	Bemerkung
<b>1907 bis 1913</b>	Rundeisen Bandeisen Winkleisen	Eisen (Handelsware)	Daneben auch Sonderformen (z.B. Kahneisen, Quadrat-Rippeneisen, Lolat-Gitterträger, Bulbeisen)
<b>1914</b>	Rundeisen Kanteisen (Flacheisen)	Eisen	Müssen den Mindestanforderungen für Bauwerkseisen genügen. Daneben Sonderformen wie 1907
<b>1925</b>	fast ausschl. Rundeisen	Handelseisen aus Flußstahl St.37	Wird in der Regel als Bewehrung verwendet, hat allgemein die für St.37 verlangten Eigenschaften. *1)
	Durchmesser sind genormt $\phi$ 5 bis 40 mm	St.48	Hochwertiger Kohlenstoffstahl durch eingewalzte Marken gekennzeichnet.
<b>1932</b>	Rundeisen genormt	Handelseisen	wie 1925
		Hochwertiger Betonstahl St.52	Muß mit elektr. Widerstandstumpfschweißung schweißbar sein. Durch aufgewalzte Marken gekennzeichnet.
	Betonstahlmatten		1. Zulassung in Preußen. (Baustahlgewebe)
<b>1937</b>	Rundeisen genormt	Handelseisen, Hochwertiger Betonstahl, Sonderstähle	Werden nach den Leitsätzen für die Bauüberwachung im Eisenbetonbau unterschieden.
<b>1938</b>		Drillwulststahl I-Stegstahl Nockenstahl	Preuß. Runderlaß über die Verwendung von Sonderstählen im Eisenbetonbau. *2)
<b>1943</b>	Betonrippenstahl Betonformstahl	I, IIa, IIIa, IVa  IIb, IIIb, IVb	Erstmals in DIN 1045 aufgeführt. *3)

Abbildung 3-141 - Form der Bewehrungsstäbe (Q.: Bargmann2001, S.516f.)

### **3.5.5 Messgeräte und -methoden**

#### **3.5.5.1 Visuelle Überprüfung**

Dieser Punkt verdient, so banal er auch klingen mag, der besonderen Erwähnung. Viele Schäden sowie weitere Eigenschaften von Tragwerken, lassen sich durch genaues Hinsehen und dem Wissen um die Schadensbilder feststellen.

Unterstützt wird dieses genaue Hinsehen durch Lupe oder Fernglas.

Für die Beeinträchtigung von Tragelementen relevante Schiefstellungen, Risse, Korrosion, tierische oder pflanzliche Schädlinge usw. lassen sich in vielen Fällen durch die visuelle Überprüfung erkennen.

Mit der Digitalkamera werden die so gewonnenen Informationen leicht dokumentiert.

#### **3.5.5.2 Klopf- /Horchtechnik**

Die Geräusche, die beim Klopfen auf Elementen eines Holztragwerkes mittels Fingerknöchel oder Zimmermannshammer entstehen, geben eine Auskunft über eine eventuelle Beeinträchtigung der Tragfähigkeit.

Dabei gilt, dass ein heller Schall auf gesunde Beschaffenheit des Holzes und ein eher dumpfer Schall auf stockige oder faule Stellen hinweist.

Ein brummender Ton kann auf Druckbelastung hinweisen

Auch bei anderen Baustoffen (z.B. Mauerwerk) kann man durch Klopfen massive von nicht massiven Wänden unterscheiden oder Hohlräume aufspüren.

Lehmgefache klingen beispielsweise sehr dumpf, dünne Wände aus Mauerwerk oder Beton klingen hell und haben eine längere Nachhallzeit (*vgl. Mönck1999, S.65*).

Durch Klopfen erhält man Aufschluss über Befestigungspunkte von Dielenböden. Falls die Dielen direkt auf den Deckenbalken liegen, kann man so den Abstand der Balken untereinander feststellen. Klopfen oder Entlangfahren mit einem Draht an einer Sichtbetonfassade offenbart Hohlstellen im Beton.

### **3.5.5.3 Springen**

Da der Verfasser über eine gute Prüflast oberhalb der 1KN Marke verfügt, können durch Sprünge mit besagter Prüflast auf einer Geschossdecke und dem anschließenden Schwingungsverhalten des Bauteils, Rückschlüsse auf die Materialität gezogen werden. Grob vereinfachend kann man festhalten: Schwingungen Holzbalkendecke > Schwingungen Eisenträgerdecke > Schwingungen Betondecke.

### **3.5.5.4 Fühlen/ Riechen**

Um ein Gebäude zu begreifen, müssen wir es mit allen Sinnen erfahren. Die Berührung eines Materials kann den ersten visuellen Eindruck bestätigen oder in Frage stellen. Feuchtigkeit in der Luft oder auf Baustoffen können wir mit unseren Sinnesorganen wahrnehmen. Der Geruch innerhalb von Gebäuden kann bei modriger Ausprägung auf Feuchtigkeit, evtl. sogar Pilzbefall hinweisen. Fortgeschrittener Befall mit Echter Hausschwamm verbreitet beispielweise einen Nuss ähnlichen Geruch.

### **3.5.5.5 Überprüfung von Holzbauteilen mit Zimmermannshammer**

Durch Einschlagen der Hammerspitze in Holzbauteile wird festgestellt, ob Schäden kurz unter der Bauteiloberfläche vorliegen. Mit dem Zimmermannshammer können offensichtlich beschädigte Holzbauteile zur Feststellung von Insektenfraßgängen und der Bestimmung der Eindringtiefe von Holz zerstörenden Pilzen und deren Ausbreitungsrichtung geöffnet werden.

### **3.5.5.6 Bewehrungssuchgerät, Betonüberdeckung**

Dieses Gerät wird hauptsächlich zur Überprüfung der Betonüberdeckung und der Bewehrungsortung im Stahlbetonbau eingesetzt.

Mit einem Bewehrungssuchgerät wird durch das sogenannte Wirbelstrom-Prinzip in Verbindung mit dem Bewehrungsstahl im Stahlbeton ein induziertes magnetisches Feld erzeugt. Je näher der Stahl an der Oberfläche liegt oder je größer der Bewehrungsdurchmesser umso größer ist das von der Sonde zu empfangende Signal

Das Verfahren ist zerstörungsfrei, schnell zu erlernen sowie leicht zu handhaben. Bei kreativem Einsatz lassen sich mit diesem Verfahren nicht nur Stahlbetontragwerke untersuchen.

Der Balkenabstand einer von unten verputzten Holzbalkendecke ist normalerweise nicht mit einem magnetischen Verfahren festzustellen. Da die in alten Konstruktionen verbauten Spalierlatten, welche dem unterseitigen Lehmputz den nötigen Halt verschafften, aber unter die Balken genagelt wurden, lässt sich durch Ortung dieser Nägel der Balkenabstand bestimmen.

### **3.5.5.7 Ermittlung der Betondruckfestigkeit an Bohrkernen**

Das Kernbohrgerät wird entweder an die Wand gedübelt oder mittels einer Ansaugplatte und Vakuum-Pumpe auf glatten Oberflächen befestigt. Für Bohrungen über Kopf oder an höheren Stellen empfiehlt sich das Dübeln des Kernbohrgeräts, da die Vakuum-Pumpe durch unvorhergesehenen Stromausfall versagen könnte und eine Absturzgefahr bestünde. Für die Probenahme zur späteren Druckfestigkeitsbestimmung sind Kernbohrer mit einem Durchmesser von > 50 mm zu bevorzugen, da kleine Durchmesser eine größere Anzahl an Probekörpern erfordern. Ermittelte Druckfestigkeiten bei Durchmessern kleiner als 100 mm müssen mit einem Abminderungsfaktor versehen werden, um mit der entsprechenden Würfeldruckfestigkeit verglichen werden zu können. Bei der Probenahme ist darauf zu achten, dass der Bohrkern weitestgehend bewehrungsfrei ist. Besonders Bewehrungsstäbe in Längsrichtung zur Druckfestigkeitsprüfung beeinflussen das Ergebnis und sind nicht zu verwenden. Die Stellen der Probenahme müssen dokumentiert und die Bohrkern zur

späteren Auswertung beschriftet werden. Regelungen zur Druckfestigkeitsprüfung an Bohrkernen trifft die DIN 1045, die EN 13791 und die DIN 18999-15.

#### **3.5.5.8 Ermittlung der Steindruckfestigkeit an Steinproben**

Druckfestigkeitsprüfung an künstlichen Steinen erfolgt entweder an Probewürfeln oder aufgemörtelten Steinhälften. Diese werden nach Vorbereitung gemäß DIN V 105-100:2005-10 bis zum Bruch belastet. Bei der Druckfestigkeitsprüfung an Probewürfeln ist der ermittelte Wert mit einem Faktor von 0,85 zu multiplizieren.

#### **3.5.5.9 Schmidthammer**

Die zerstörungsfreie Überprüfung der Druckfestigkeit von Beton wird in der DIN 1045 Teil 2 lediglich unter Verwendung des Rückprallhammers nach E. Schmidt beschrieben. Vor jeder Messung muss der Rückprallhammer an einem Prüfboss kontrolliert und falls notwendig justiert werden. Mit dem Rückprallhammer wird ein über eine Feder vorgespanntes Schlaggewicht gegen die Betonoberfläche mit einer definierten Geschwindigkeit geschlagen. Gemessen wird der Rückprallwert in Skalenteilen. Je größer die Betondruckfestigkeit ist, desto höher ist der Skalenwert. Die DIN sieht für nicht waagerechte Messungen Korrekturwerte vor, da der Einfluss der Schwerkraft auf den Rückprallwert zu berücksichtigen ist. Messungen sind nur bei Temperaturen zwischen 10°C und 30°C zulässig. Messungen an Bauteilen unterhalb einer Dicke von 10 cm sind nicht zugelassen, da der Einfluss der Eigenschwingung das Messergebnis zu sehr verfälscht. Ausgeschlossen werden nach DIN 1045 Teil 2 Betonflächen, die durch chemischen Angriff, Feuer oder Frost beschädigt worden sind. Für jede Messstelle werden 10 Schläge auf einer Fläche von 200 cm<sup>2</sup> angesetzt, wobei darauf zu achten ist, dass man keine großen Zuschlagskörner trifft. Oberflächliche Schichten wie Anstriche oder pflanzlicher Bewuchs sind vor der Prüfung zu entfernen und bei zu rauer Oberfläche gegebenenfalls zu schleifen. An der jeweiligen Messstelle wird das arithmetische Mittel  $R_m$  aus den Skalenwerten  $R$  errechnet. Die Gesamtanordnung der Messstellen soll für den gesamten Prüfbereich repräsentativ sein. Gemäß des Entwurfes zu der EN 13791 ist es

möglich, mit Hilfe einer Bezugsgeraden eine Beziehung zwischen diesen Messungen und den Betondruckfestigkeiten gemessen an Probekörpern herzustellen.

### 3.5.5.10 Ermittlung der Stahlzugfestigkeit



**Abbildung 3-142 - Eingespannte Probe**

**Abbildung 3-143 - Größte Dehnung**

**Abbildung 3-144 - Bruch**

Über Zugversuche kann die Zugfestigkeit Stahlwerkstoffen untersucht werden. Beide Enden der Stahlprobe werden in einen Prüfgerät eingespannt und das Probestück bis zum Versagen auf Zug beansprucht. Der Quotient aus eingesetzter Kraft und Querschnittsfläche ergibt die vorhandene Spannung. Die Entnahme der Probestücke ist hierbei gut zu wählen, um unnötige Beschädigung des Tragwerkelementes zu verhindern.

Hierbei muss man sich vergegenwärtigen, welche Aufgaben der Stahl im Stahlbeton erfüllt. Meist ist es die Übernahme der aus Biegung resultierenden Zugkräfte.

Unterer Bewehrungsstahl eines Biegeträgers sollte beispielsweise möglichst nicht in Feldmitte, obere Bewehrung nicht in Auflagernähe entnommen werden.

Hier ist jedoch immer die tatsächliche Belastung und damit die Momentenlinie zu berücksichtigen. Bei Stahlträgern empfiehlt sich die Probenahme am Steg an einer Stelle geringer Querkraftbelastung (am Einfeldträger in Feldmitte)

### **3.5.5.11 Ermittlung der Karbonatisierung**

#### **Ermittlung der Karbonatisierung vor Ort**

Mit Hammer oder Meißel werden an geeigneter Stelle ein Stück der Betonoberfläche abgeschlagen. Die frische Bruchstelle wird mit einer Phenolphthalein-Lösung besprüht.

Erfolgt ein sofortiger Farbumschlag der wässrigen Lösung (pink, rot-violett) sind ausreichend Hydroxidionen vorhanden, das bedeutet, der Schutz der Stahlbewehrung ist aufgrund der hoch alkalischen Umgebung gewährleistet.

Dieses Verfahren führt jedoch oft nicht zu befriedigenden Ergebnissen.

Über die Tiefe einer beginnenden Karbonatisierung wird so nicht viel ausgesagt. Eine Überprüfung an Bohrkernen liefert hier genauere Ergebnisse.

#### **Ermittlung der Karbonatisierungstiefe an Bohrkernen**

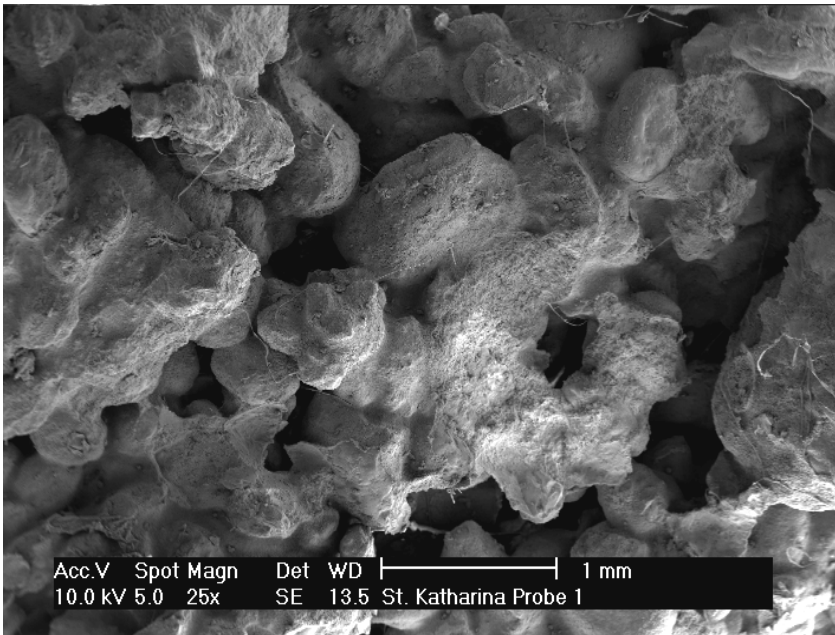
Im Labor werden die getrockneten Probekörper gespalten und mit der Phenolphthalein-Lösung besprüht. Nach 24 Stunden wird begutachtet, inwieweit Verfärbungen durch die Indikatorlösung vorhanden sind. Karbonatisierte Bereiche verfärben sich aufgrund ihres pH-Wertes nicht. Die mittlere Karbonatisierungstiefe kann so mittels eines Lineals abgelesen und fotografisch dokumentiert werden.

Die Karbonatisierungstiefe sollte nicht sofort nach dem Bohren ermittelt werden, da alkalisches Bohrwasser aus nicht karbonatisierten Bereichen das Ergebnis verfälscht.

*(vgl. Reul2000, S.40)*



### 3.5.5.12 Mörtelanalysen



**Abbildung 3-145 – Mörteluntersuchung mit Rasterelektronenmikroskop (Q.: Trettin2007)**

Mörtelanalysen werden in spezialisierten Labors durchgeführt. Die einzelnen Untersuchungsmethoden werden daher hier genannt aber nicht erläutert, da die Wahrscheinlichkeit, dass Architekten diese selbst durchführen, gering ist. Die Liste der Untersuchungsmethoden ist einem Untersuchungsbericht des Instituts für Bau- und Werkstoffchemie (Prof. Dr. R. Trettin) der Universität Siegen entnommen.

Es handelt sich um Untersuchungen zum Fugenmörtel der St. Katharina Kirche in Wissen Schönstein. Der Verfasser hatte Gelegenheit bei diesem Projekt durch seine Tätigkeit im „Interdisziplinären Kompetenzzentrum Altbau“ mitzuwirken. Ursache der Untersuchungen waren ausgeprägte Feuchteschäden im Inneren der Kirche. Neben konstruktiven Ursachen hat die Mörtelanalyse die hauptsächliche Schadensquelle, das enorme Saugvermögen des Mörtels bei geringem Wasserabgabevermögen, zu Tage gebracht.

#### ***Untersuchungsmethoden***

##### ***a. Bestimmung der Korngrößenverteilung des Zuschlags durch Säure-Auflösung***

*Die Korngrößenverteilung des Zuschlags ist ein geeigneter Indikator um unabhängig vom Bindemittel, unterschiedliche Mörtel zu identifizieren und Verarbeitungsfehler aufzudecken.*

##### ***b. Röntgenpulverdiffraktometrie***

Mithilfe der Röntgendiffraktometrie lässt sich die Phasenzusammensetzung des Mörtels qualitativ und quantitativ (Rietveldanalyse) untersuchen. Das gibt Aufschluss über eine mögliche Belastung mit Schadsalzen oder Treibmineralen, sowie die Art des Bindemittels und dessen Anteil.

**c. Ionenchromatographie**

Die Ionenchromatographie unterstützt die Auswertung der Röntgendiffraktogramme hinsichtlich der Schadsalzbelastung.

**d. Rasterelektronenmikroskopie**

Die Untersuchung mit dem Elektronenmikroskop dient hauptsächlich zur Charakterisierung des Gefüges.

**e. Polarisationsmikroskopie**

Mit polarisiertem Licht kann die Zusammensetzung des Mörtels bzw. in erster Linie des Zuschlags untersucht werden.

**f. Quecksilberdruckporosimetrie**

Die Ermittlung der Gesamtporosität und der Porenradienverteilung in den Proben fand mittels Hg-Druckporosimetrie statt.

Im Gegensatz zu Wasser wird Quecksilber von porösen Materialien nicht eingesaugt.

Die hohen Adhäsionskräfte des Quecksilbers verhindern dies. Um Poren mit Quecksilber zu füllen muss also Druck aufgewendet werden. Je kleiner die Poren sind desto mehr Druck muss erzeugt werden um die Poren zu füllen.

**g. Druckfestigkeitsprüfung**

Die Belastung der Prüfkörper erfolgte bis zum Bruch

**h. Wasseraufnahmeverhalten**

Als Ergebnis dieser Prüfung erhält man den Wasseraufnahmekoeffizienten. Er ist ein Maß für die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme, der kapillaren Saugfähigkeit.

**i. Wasserabgabeverhalten**

Vergleichend zur Wasseraufnahme wird die Wasserabgabe geprüft.

(vgl. Trettin2007)

### 3.5.5.13 Endoskopie, Videoskopie

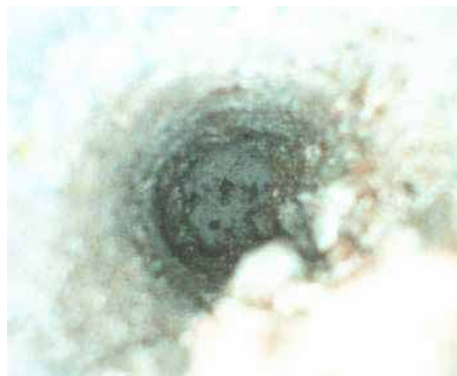


Abbildung 3-146 - Untersuchung eines Hohlraumes in einer Balkendecke mit einem flexiblen Endoskop

Abbildung 3-147 - Aufnahme Videoskop in einem Bohrloch

Endoskope ermöglichen das Einsehen von schwer zugänglichen Hohlräumen. Die Geräte sind mit einer Lichtquelle, einem optischen Leiter und einer Optik zur Fokussierung ausgestattet. Man unterscheidet starre (hier ist der optische Leiter ein fester Glaskörper) und flexible Endoskope, bei denen das Bild über Glasfaserkabel von der Spitze des Endoskopes zur Optik weitergeleitet wird. Die Anzahl der Glasfaserkabel ergeben die Auflösung des Bildes. Endoskope mit Bildausgang (Videoskope) ermöglichen die digitale Dokumentation des erfassten Bildes.

#### 3.5.5.14 Thermografie

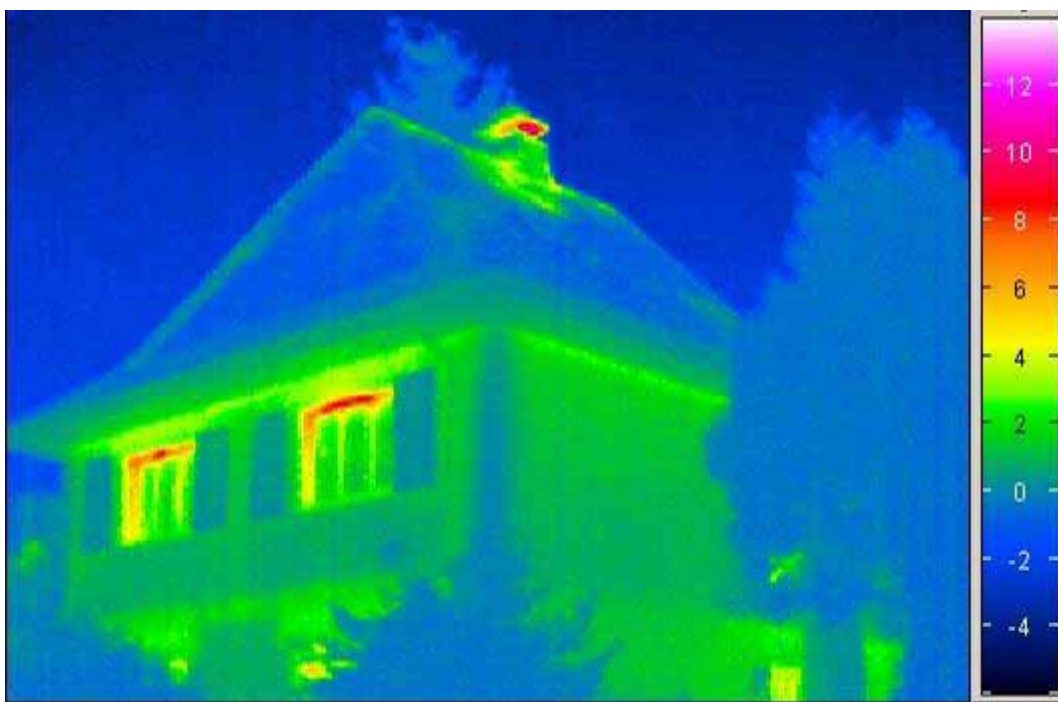


Abbildung 3-148 - Thermogramm Einfamilienhaus Baujahr 1938

Die Thermografie ist ein bildgebendes, berührungsloses und apparatives Verfahren, um die im Grunde für das menschliche Auge nicht zu erfassende Wärmestrahlung von Gegenständen sichtbar zu machen.

Dabei wird die physikalische Eigenschaft eines realen Körpers, der mit seiner Temperatur über dem absoluten Nullpunkt von  $-273,15^{\circ}\text{C}$  (0 Kelvin) eine Eigenstrahlung in Form von elektromagnetischen Wellen ausstrahlt, genutzt. (vgl. *Nouad/Richter2006, S10*)

Die sogenannte Infrarotstrahlung erstreckt sich im Bereich von den Wellenlängen von  $\lambda = 0,78\mu\text{m}$  bis  $1000\mu\text{m}$ . Das für das menschliche Auge sichtbare optische

elektromagnetische Spektrum, das sogenannte sichtbare Licht, liegt im Bereich von  $\lambda = 0,4\mu\text{m}$  bis  $0,78\mu\text{m}$ .

Für die Thermografie und die messtechnische Temperaturerfassung ist die Infrarotstrahlung (IR) bis zu den Wellenlängenbereichen von  $20\mu\text{m}$  besonders interessant, da in diesem Bereich des elektromagnetischen Spektrums die Wärmestrahlung am intensivsten emittiert wird.

Die Bauthermografie nutzt infolge der wellenlängenabhängigen Dämpfung der IR-Strahlung in der Atmosphäre die Wellenlängenbereiche von  $\lambda = 3\mu\text{m}$  bis  $5\mu\text{m}$  und  $\lambda = 8\mu\text{m}$  bis  $14\mu\text{m}$ .

Die Erkenntnis, dass Wärmestrahlung eine Form unsichtbarer elektromagnetischer Wellen ist, geht auf die Entdeckung des englischen Physikers Sir William Herschel (1738-1822) im Jahre 1800 zurück.

Der Entdeckung durch Herschel folgten die Erkenntnisse der Physiker *Kirchhoff*, *Stefan*, *Boltzmann*, *Wien* und *Planck* über die Strahlungsgesetzmäßigkeiten, die den Einfluss der Materialität des Messobjektes auf die ausgesandte Infrarotstrahlung näher definierten.

(vgl. *Weber*1982, S.63 ff.)

Mitte des 20. Jahrhunderts wurde erst im Zuge der Entwicklung der Infrarottechnik für militärische Zwecke die rechnergestützte Umwandlung in sogenannte Wärmebilder möglich.

Die Strahlungseigenschaft eines Gegenstandes wird durch den Emissionsgrad seiner Oberfläche und der ausgesandten Wellenlänge charakterisiert. Zur Bewertung der Strahlungseigenschaft wird das physikalische Modell des *Schwarzen Strahlers* herangezogen. Der schwarze Strahler, als idealer schwarzer Körper, zeichnet sich durch die größtmögliche Intensität der ausgesandten Strahlung im Vergleich mit anderen Körpern gleicher Temperatur aus.

( vgl.: <http://www.infratec.de/de/willkommen/submenu/theorie/grundlagen.html>, 13.01.2007)

Nach dem *Stefan-Boltzmann-Gesetz* ist die von einem Schwarzen Strahler ausgehende spezifische Ausstrahlung bzw. Strahlungsintensität nur von der Temperatur abhängig. Max Planck beschrieb auf dieser Grundlage sein *Planksches Strahlungsgesetz*, das den Zusammenhang zwischen der

Objekttemperatur, Strahlungsintensität und ausgesandten Wellenlänge des Schwarzen Strahlers herstellt.

Für die Bauthermografie ist der Bereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+20^{\circ}\text{C}$  (von 253K bis 293K) interessant. Die Strahlungsmaxima liegen in diesem Bereich von  $\lambda = 9,8 \mu\text{m}$  bis  $11,4 \mu\text{m}$ , dem Infrarot-Spektrum.

Ein weiteres Merkmal des idealen Schwarzen Strahlers ist, dass er die gesamte auftreffende Strahlung aller Wellenlängen absorbiert. Nach dem *Kirchhoffschen Strahlungsgesetz* emittiert der Schwarze Strahler im thermischen Gleichgewicht genauso viel Strahlung wie er absorbiert. Der sogenannte Emissionsgrad  $\varepsilon$  ist deshalb bei einem Schwarzen Strahler gleich dem Absorptionsgrad  $\alpha$  mit

$$\varepsilon = \alpha = 1.$$

Aus der Energiebilanz der einfallenden Strahlung folgt für den realen Körper mit  $\varepsilon = \alpha$ :

$$\varepsilon(\lambda) + \rho(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

mit  $\varepsilon$  Emissionsgrad (Funktion der Wellenlänge  $\lambda$ )

$\rho$  Reflektionsgrad (Funktion der Wellenlänge  $\lambda$ )

$\tau$  Transmissionsgrad (Funktion der Wellenlänge  $\lambda$ )

(vgl. *Schuster/Kolobrodov 2004, S.59ff.*)

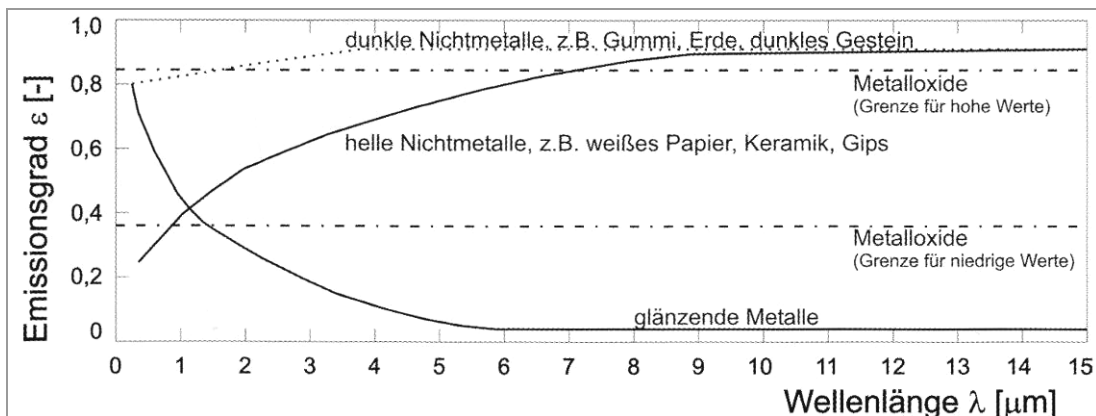
Ein realer Körper wird immer nur einen Teil der Strahlung absorbieren, den Rest reflektieren oder transmittieren. Ein idealer Spiegel reflektiert zu 100 % die einfallende Strahlung mit  $\rho = 1$ ,  $\varepsilon = 0$ ,  $\tau = 0$ .

Ein ideales Fenster mit  $\tau = 1$ ,  $\varepsilon = 0$ ,  $\rho = 0$  wird die Strahlung vollständig hindurch lassen.

Der Sonderfall mit  $\varepsilon = 1$  über alle Wellenlängen beschreibt den *Schwarzen Strahler*.

Für die Betrachtung der Emissionszahl eines realen Körpers wird die Strahlungsemission auf den maximalen konstanten Wert des Schwarzen Strahlers bezogen und ist abhängig von der einfallenden Wellenlänge. Folgende wesentliche Parameter auf die ausgesandte Strahlung des realen Körpers sind außerdem Einfluss nehmend: Die Materialzusammensetzung, die Rautiefe der Oberfläche, die Temperatur, der Winkel zur Flächennormalen und die Oxidschicht der Oberfläche.

Viele nichtmetallische Stoffe weisen im langwelligen Spektralbereich (ab  $\lambda = 8 \mu\text{m}$ ) unabhängig von ihrer Oberflächenbeschaffenheit und Farbe einen hohen und relativ konstanten Emissionsgrad auf. Diese Eigenschaft nutzt die Bauthermografie. Dies bedeutet, dass bei einer Thermografieaufnahme der Emissionsgrad nicht unentwegt neu eingestellt werden muss.



**Abbildung 3-149 Emissionsgrad verschiedener Stoffe in Abhängigkeit von der Wellenlänge (Q.:Fouad/Richter2006,S.18)**

Metalle weisen, stark von Ihrer Oberflächenbeschaffenheit abhängig, niedrigere Emissionsgrade auf.

Die Emissionsgrade des Baustoffes Glas zeigen eine Besonderheit. Der im sichtbaren Spektrum durchsichtige Baustoff zeigt ab Wellenlängen von ca.  $\lambda = 5 \mu\text{m}$  hohe Emissionsgrade und ist für Wellenlängen von  $\lambda = 8$  bis  $14 \mu\text{m}$  nicht durchlässig.

Bei Thermogrammen ist darauf zu achten. Möchte man also die Oberflächentemperatur von Glas- oder Metallflächen bei gleichzeitig mit anderen Baustoffen bestimmen, kann man mit Hilfe eines Klebebandes Malerkrepp, welches man auf die genannten Oberflächen klebt, den Emissionsgrad anderer Baustoffe „simulieren“. Eine möglicherweise dämmende Wirkung des Kreppbandes besteht nicht.

Nicht nur die Oberflächeneigenschaften der Gegenstände spielen bei der Beurteilung von Wärmebildern eine Rolle, sondern auch der Einfluss der Atmosphäre als Übertragungsweg von Messobjekt zum Detektor der Kamera und der Hintergrund des thermografierten Objektes sind zu beachten.

Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Luft bewirken eine Absorption der Strahlung.

Das Transmissionsverhalten der Luft ist abhängig von der Wellenlänge der Strahlung und zeigt im Bereich  $\lambda = 8$  bis  $14 \mu\text{m}$  eine relativ gute, konstante Durchlässigkeit. Diese Durchlässigkeit wird als „*atmosphärisches Fenster*“ bezeichnet. Je weiter der Detektor der IR-Kamera vom thermografierten Gegenstand entfernt ist, desto weniger Strahlung wird aber grundsätzlich eingefangen.

Zusätzlich ist der Einfluss der Umgebungs- und Hintergrundstrahlung bei einer genauen Temperaturermittlung der Oberflächen durch Thermografie zu berücksichtigen.

(vgl. <http://www.infratec.de/de/willkommen/submenu/theorie/grundlagen.html>, 13.01.2007)

### 3.5.5.15 Feuchtemessung

#### CM – Messung



Abbildung 3-150 - Entnahmestelle und CM Messgerät

Abbildung 3-151 - Über den angezeigten Gasdruck lässt sich die Feuchte ermitteln

Dieses Verfahren eignet sich gut zur Messung der Feuchte in mineralischen Baustoffen vor Ort. Es ist als zerstörungsarm einzustufen.

Eine Probe des zu messenden Materials wird in einem Mörser zerstoßen, abgewogen (10, 20 oder 50g) und zusammen mit einer Calciumcarbidkapsel sowie drei unterschiedlich großer Stahlkugeln in eine druckfest zu verschließende Edelstahlflasche eingebracht.

Durch Schütteln wird die Calciumcarbidkapsel zerstört und kann mit dem Baustoff vorhanden Wasser zu Acetylen reagieren. Das Verschluss angebrachte Manometer zeigt nach vorgeschriebener Wartezeit den in der Flasche entstandenen Gasdruck.

Über Tabellen oder weitere Skalen auf dem Manometer lässt sich nun der Feuchtegehalt des Baustoffes bestimmen. (vgl. Hankammer2004, S.378 f.)

### **Dielektrizitätsmessgerät**



**Abbildung 3-152 - Messgerät mit Kugelkopf**  
**Abbildung 3-153 - Dielektrizitätsmessung**

Mit dem Dielektrizitätsmessgerät wird durch Aufbau eines elektrischen Feldes die Oberflächenfeuchte von Baustoffen ermittelt.

Das Messfeld bildet sich zwischen dem Kugelkopf des Messgerätes und der damit berührten zu untersuchenden Untergrundmasse aus.



Die Veränderung des elektrischen Feldes durch Material und Feuchte wird detektiert und angezeigt

Die angezeigten Werte sind hierbei keine absoluten Angaben sondern geben lediglich Feuchtetrends für die untersuchten Bauteile an.

Eine Umrechnung durch Tabellen in Gewichtsprozent ist nach Herstellerangaben möglich.

*(vgl. Cziesielki2001, S.383, Hankammer2004, S.375,*

*[http://www.gann.de/downloads/IN\\_BAUFEUCHTE\\_D.pdf](http://www.gann.de/downloads/IN_BAUFEUCHTE_D.pdf), 26.09.2007)*

### **Messung des elektronischen Widerstandes**

Die Bestimmung der Feuchte über die elektrische Leitfähigkeit ist eine einfach zu handhabende Methode. Besonders geeignet ist sie für die Feuchtebestimmung von Holzbauteilen, da hier das Messergebnis beeinflussende Salze weniger oft vorkommen als bei der Messung an mineralischen Bauteilen. Zwei Elektroden werden mit bestimmtem Abstand in das Holz eingeschlagen und mit einem Messgerät die elektrische Leitfähigkeit des feuchten Holzes gemessen. Anhand des sich ändernden Widerstandes bei erhöhter Holzfeuchte wird bei diesem Verfahren relativ genau die Holzfeuchte direkt vor Ort bestimmt.

Die Holzfeuchte ist bedeutend für die Festigkeit des Holzes, d.h. wenn die Holzfeuchte  $u = 18M\%$  übersteigt müssen die Rechenwerte für zulässige Spannungen um  $1/6$  reduziert werden, da es zu Schwindrissen durch wechselnde Feuchteänderungen kommen kann. Diese Schwindrisse beeinflussen allerdings kaum die Tragfähigkeit des Holzes. Die größte Gefahr, die bei einer zu hohen Holzfeuchte besteht, liegt im Befall durch Holz schädigende Pilze. Übersteigt die Holzfeuchte langfristig  $20M\%$  muss (nach DIN 68800) mit dem Befall von Holz schädigenden Pilzen gerechnet werden. *(vgl. Erler1993, S.37 ff.)*

Weitere Methoden wie Dendrochronologie, Bohrwiderstandsmessung, Ultraschall, Röntgenverfahren, Belastung in situ,..., um nur einige zu nennen, können der Fachliteratur oder den vorbildlichen Erläuterungen der Bundesanstalt für Materialforschung in Berlin (BAM) entnommen werden.

### 3.5.6 Qualitative Erfassung an Beispielen

#### 3.5.6.1 Die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe



Abbildung 3-154 - Dokumentation der Abrissarbeiten

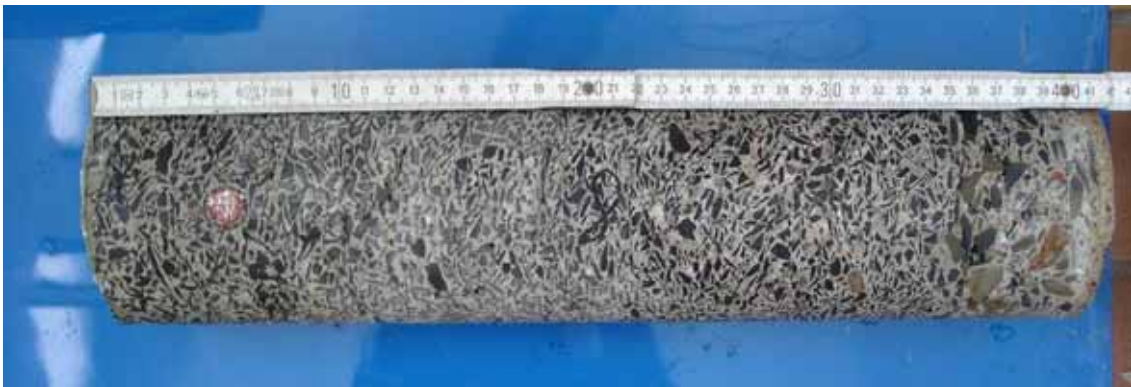
In Kapitel 3.3.2.2 wurde die Bauaufnahme der „Neuen Schlosserei“ der Amalienhütte in Bad Laasphe beschrieben. Die obere Abbildung zeigt bereits das Schicksal dieses Gebäudes. Doch bevor es zum Abriss kam, hat die „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte einiges ihrer „inneren Werte“ preisgegeben. Um mehr über die Art und Weise wie die, für das Siegerland, ersten Stahlbetonbauten konstruiert worden sind zu erfahren, wurde die „Neue Schlosserei“ auch bautechnisch untersucht.



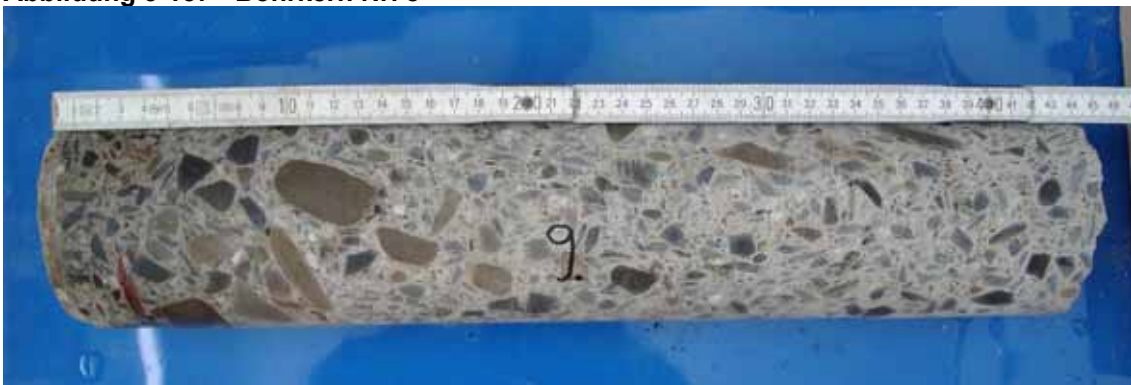
Abbildung 3-155 - Bohrkernentnahme (Nr.12) Wand EG

Abbildung 3-156 Bohrkernentnahme (Nr.2) Außenstütze 1.OG (Lichthof)

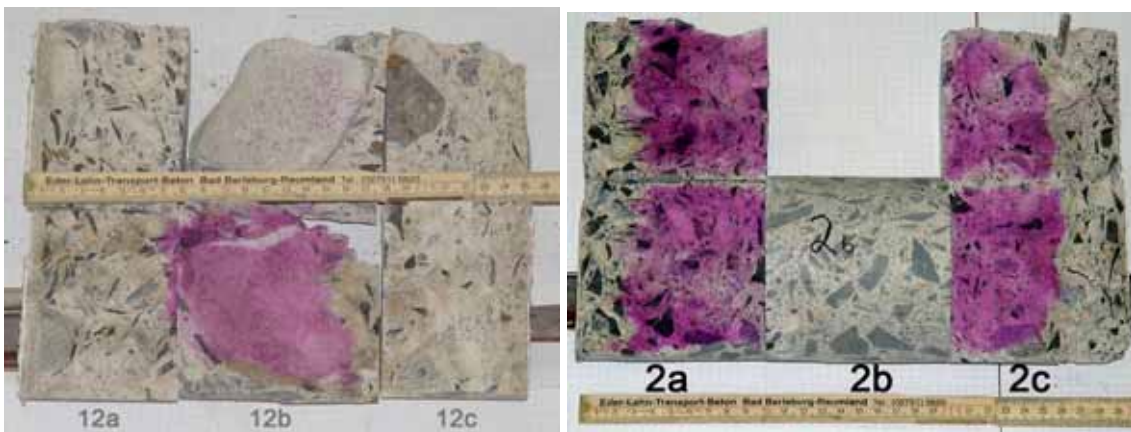
Zur Untersuchung der Betonqualität wurden Eisenbetonbauteilen in allen Geschossen Bohrkern entnommen. Bei der visuellen Überprüfung der Proben lässt sich bereits feststellen, dass die Betonzusammensetzung sehr stark variiert.



**Abbildung 3-157 - Bohrkern Nr. 8**



**Abbildung 3-158 - Bohrkern Nr. 9**



**Abbildung 3-159 - Karbonatisierungstiefe Bohrkern Nr. 12**

**Abbildung 3-160 - Karbonatisierungstiefe Bohrkern Nr. 2**

Die Karbonatisierungstiefe lag zwischen 3 und 8 cm. Dies ist für ein ca. 90 Jahre alten Stahlbetonbau nicht viel. Obige Proben zeigen nochmals die heterogene, teilweise kuriose Zusammensetzung der Zuschlagstoffe (vgl. Bohrkern 8 und Bohrkern 12b).



**Abbildung 3-161 - Bohrkernprobe**  
**Abbildung 3-162 - Probe nach Versagen**

Die Druckfestigkeit des Betons wurde durch Druckbelastung von Probezylindern bis zum Bruch ermittelt.

Prüfprotokoll Druckfestigkeitsprüfung an Bohrkernen											
Projekt "Neue Schlosserei" der Amalienhütte in Bad Laasphe											
Probennr.	Länge (mm)	Breite (mm)	Grundfläche Rechteck (mm <sup>2</sup> )	Höhe (mm)	Durchmesser (mm)	Grundfläche Kreis (mm <sup>2</sup> )	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Gewicht (kg)	Rohdichte (kg/dm <sup>3</sup> )	Bruchlast (kN)	Bruchspannung (N/mm <sup>2</sup> )
2b			0	98	99,1	7713,246	0,75590	1,748	2,31248	290	37,598
3b			0	99,5	98,8	7666,617	0,76283	1,7898	2,34627	130	16,957
4b			0	100,6	99	7697,687	0,77439	1,7702	2,28594	176	22,864
6b			0	98,7	98,9	7682,144	0,75823	1,7708	2,33545	144	18,745
7b			0	99,6	99	7697,687	0,76669	1,8468	2,40880	218	28,320
8b			0	99,8	99	7697,687	0,76823	1,7364	2,26026	130	16,888
10b			0	99,2	99,1	7713,246	0,76515	1,7582	2,29784	142	18,410
11b			0	99,8	99	7697,687	0,76823	1,7484	2,27588	139	18,057
12b			0	99,5	99,1	7713,246	0,76747	1,787	2,32844	110	14,261

Die Druckfestigkeit ist mit Durchschnittswerten zwischen einem C12/15 und einem C20/25 relativ gering. Dies lies bereits der geringe Bohrwiderstand, den das Material dem Kernbohrer entgegenbrachte, und das heterogene Bild der Zuschlagstoffe erwarten. Das Ergebnis der Zugfestigkeit der Stahlproben war jedoch so bemerkenswert, dass die Ergebnisse in einer weiteren Messreihe überprüft wurden. Der damals eingebaute Stahl hat mit einer Zugfestigkeit von 740 – 1070 N/mm<sup>2</sup> sehr hohe Festigkeiten ( Baustahl heute 550 N/mm<sup>2</sup>)

Prüfprotokoll - Zugfestigkeitsprüfung an Stabstahl											
Projekt: "Neue Schlosserei" der Amalienhütte, Bad Laasphe											
Probennr.:	Länge (mm)	Breite (mm)	Grundfläche Rechteck (mm <sup>2</sup> )	Höhe (mm)	Durchmesser (mm)	Grundfläche Kreis (mm <sup>2</sup> )	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Gewicht (kg)	Rohdichte (kg/dm <sup>3</sup> )	Bruchlast (kN)	Bruchspannung (N/mm <sup>2</sup> )
1 di			0	340,8	19,57	300,796	0,10251	0,805	7,85280	259	861,050
2 di			0	320,7	19,74	306,044	0,09815	0,7701	7,84628	237	774,398
3 di			0	386,9	19,8	307,907	0,11913	0,9347	7,84609	236	766,464
1 dü			0	289,1	7,98	50,014	0,01446	0,1135	7,84968	37,2	743,785
2 dü			0	352,1	7,93	49,390	0,01739	0,1366	7,85504	37,6	761,293
3 dü			0	357,1	7,19	40,602	0,01450	0,1139	7,85572	30,5	751,194
1 mi			0	352,9	12,94	131,510	0,04641	0,3646	7,85609	107	813,627
2 mi			0	321,7	12,94	131,510	0,04231	0,3324	7,85691	142	1079,767
3 mi			0	365	12,94	131,510	0,04800	0,3771	7,85607	136,5	1037,945

**Abbildung 3-163 - Ergebnisse Zugfestigkeitsprüfung Stabstahl**

Um den inneren Aufbau dieses frühen Eisenbetons nachzuvollziehen, wurde der Abriss genau dokumentiert.



**Abbildung 3-164 - Abrissarbeiten**  
**Abbildung 3-165 - Eingesetztes Gerät**

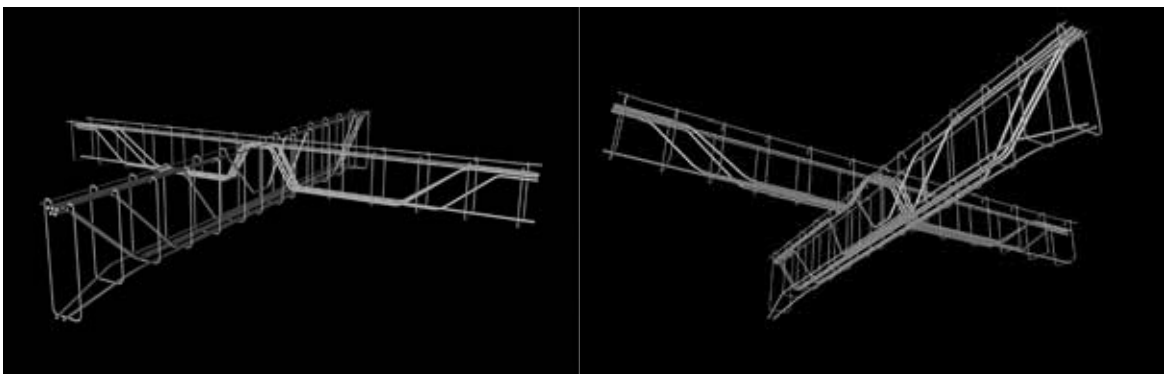
Aufgrund der Dokumentation des Abbruchs konnte die Bewehrungsführung rekonstruiert werden.



**Abbildung 3-166 Abstand untere Bewehrung Deckenplatte**  
**Abbildung 3-167 - Deckenplatte mit erkennbarer unteren und oberen Bewehrung**



**Abbildung 3-168 - Anschluss Hauptträger - Stütze**  
**Abbildung 3-169 - Anschluss Nebenträger – Hauptträger**



**Abbildung 3-170 - Visualisierung der Bewehrungsführung beim Anschluss von Hauptträger an Nebenträger**

### 3.5.6.2 Autohaus in Olpe



**Abbildung 3-171 - Zweigeschossige Halle des Autohauses**

Ein Autohändler in Olpe plant die Erweiterung der Ausstellungs- und Verkaufsfläche. Zu diesem Zweck werden Gebäude, die vorher von einem Baustoffhändler genutzt wurden erworben.

Ein an der Bruchstraße gelegenes zweigeschossiges, als Stahlbeton-Mauerwerk-Konstruktion errichtetes Hallengebäude wird umgebaut. Die Abmessungen dieses Gebäudes sind (l x b x h) ca.: 21,25m x 10,25m x 7,90m. Damit weist es einen umbauten Raum von ca. 1720m<sup>3</sup> auf.

Das Erdgeschoss wird in einem ersten Bauabschnitt zu einem Verkaufsraum für Automobile umgebaut.

In zweitem Bauabschnitt soll auch das Obergeschoss für den gleichen Zweck umgenutzt werden (Gebrauchtwagenzentrum).

Eine eingeschossige Halle im rückwärtigen Bereich wird zur Schaffung von Hoffläche abgerissen. Nach Abriss der eingeschossigen Halle im Hofbereich steht eine vorher unmittelbar an die Betonrahmen der Halle angrenzende Stützmauer von ca. 3.40m Höhe frei.



**Abbildung 3-172 - Obergeschoss des geplanten Ausstellungshaus**  
**Abbildung 3-173 - Stützmauer mit Stielen einer ehemaligen Halle**

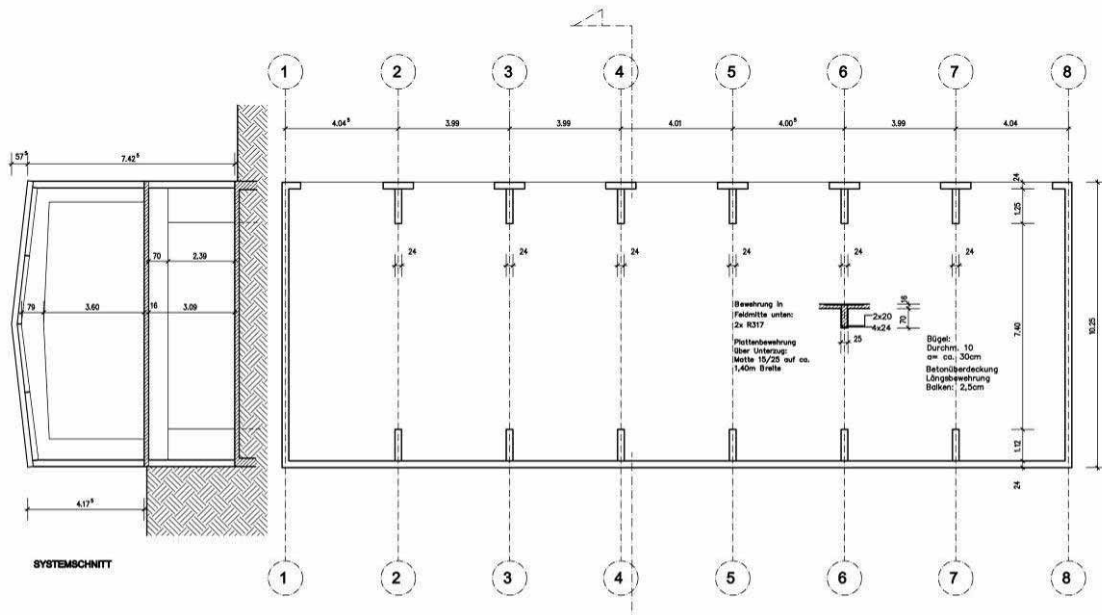
Für die Planer ergaben sich hinsichtlich des Tragwerkes folgende Fragen:

- 1.) Ist die Geschossdecke des Hallengebäudes als Ausstellungsfläche für PKW hinsichtlich der zu erwartenden Lasten geeignet?
- 2.) Wurde die Stützmauer im Hof durch die Rahmen der abgerissenen Hallen gehalten? Oder wurde die Stützwand vor der Errichtung der nun abgerissenen Halle erbaut und hat somit genügend Standsicherheit für den Erddruck ?

Obwohl die Gebäude nach Aussage von Anwohnern in den 1960iger Jahren errichtet worden sind, ließen sich keinerlei Unterlagen auffinden, die diese Fragen klären konnten. Auch die zuständige Behörden gaben vor, keine in dieser Hinsicht auswertbaren Akten (z.B. Statik) zu besitzen.

In einem ersten Schritt wurde die Geometrie der Bauten mit einem Laserdistanzmessgerät und Metermaßstab (Zollstock) aufgenommen und in CAD übertragen.





**Abbildung 3-174 - Erdgeschossgrundriss mit Schnitt**

Zu 1.)

Die Decke ü. EG des Gebrauchtwagenzentrums besteht aus einer 8-feldrigen Stahlbeton-Plattenbalkenkonstruktion mit einer Deckenstärke von 16 cm und Unterzügen mit Abmessungen von 25 x 70 cm; die Plattenfelder haben Spannweiten von jeweils 4 m. Die Unterzüge sind nicht, wie zunächst vermutet, Riegel einer Rahmenkonstruktion, sondern sie sind aufgelagert auf Mauerwerksscheiben mit einer Höhe von 2,40 m und Querschnitten von 24 x 112 cm auf der Hangseite und 24 x 125 cm auf der Talseite des Gebäudes. Ihre lichte Spannweite beträgt 7,40 m.



**Abbildung 3-175 - Das Bohrmehl identifiziert die Auflager der Unterzüge der Decke über EG eindeutig als Mauerwerkspfeiler**

## Bautechnologische Erhebungen

Nach Entfernen des Verbundstrichs wies die Deckenoberseite in den Deckenfeldern 6 und 7 einige unregelmäßige Vertiefungen von 2 bis 4 cm Tiefe auf; an einer Stelle war ein durchgehendes Loch mit einem Radius von ca. 5 cm auf halber Deckenhöhe, nach oben und unten auf ca. 10 cm zunehmend, vorhanden. Die Betonoberfläche in den vertieften Bereichen und in der Umgebung dieses Loches war rötlich verfärbt, die im Loch freigelegte Bewehrung war durch Korrosion örtlich angegriffen.



Abbildung 3-176 - Loch in der Geschossdecke (Oberseite)

Abbildung 3-177 - Unterseite mit korrodiertem Bewehrung



Abbildung 3-178 - Entnommene Probe mit verfärbtem Beton

Abbildung 3-179 - Salzausfällung in der linken Lösung

Aus den verfärbten Bereichen wurden Betonproben für Untersuchungen am Institut für Bau- und Werkstoffchemie der Universität Siegen entnommen, ebenso von der Unterseite der Betonkonstruktion.

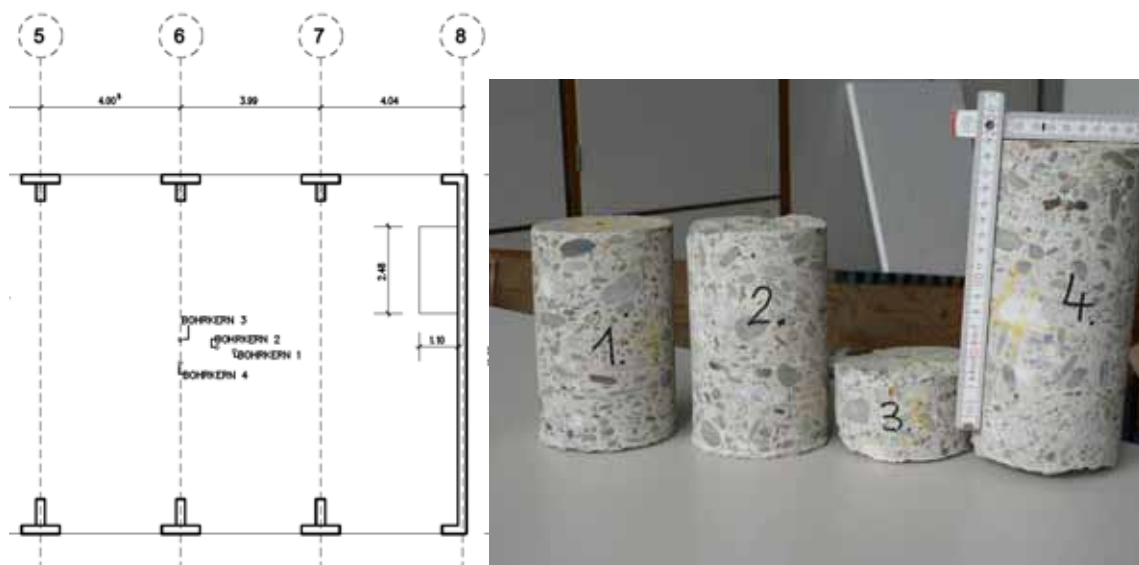
Nach Entfernen der verfärbten oberflächennahen Bereiche war für den verbliebenen Beton keine Beeinträchtigung seiner Festigkeit zu erkennen. Die

freigelegte Deckenbewehrung an der Deckenunterseite zeigte außerhalb des Bereichs der Rotfärbung des Betons keinerlei Anzeichen von Korrosion.

Zur Bestimmung der vorhandenen Druckfestigkeit des Betons wurden aus Decke und Balken der Plattenbalkenkonstruktion Bohrkerne entnommen.

Lage und Anordnung der Bewehrung von Platte und Unterzügen wurden unter Verwendung des Bewehrungssuchgeräts Profometer 5 ermittelt.

Da das Erdgeschoss im Untersuchungszeitraum als PKW-Ausstellungs- und Verkaufsraum genutzt war, wurden die notwendigen bautechnologischen Untersuchungen auf das Deckenfeld 6 begrenzt, um Störungen der Geschäftstätigkeit in einem erträglichen Rahmen zu halten.



**Abbildung 3-180 - Ausschnitt OG mit Eintragung der Entnahmestellen**  
**Abbildung 3-181 - Entnommene Bohrkerne**

Im mittleren Bereich des Deckenfeldes 6 wurden aus der Platte zwei durchgehende Bohrkerne (Proben 1 u. 2) entnommen, aus dem Balken in Achse 6, ebenfalls durch vertikale Bohrung von oben, die Proben 3 u. 4.



**Abbildung 3-182 - Belastung der Bohrkerne...**  
**Abbildung 3-183 - ...bis zum Bruch**

Für die Platte konnte zunächst zerstörungsfrei eine obere Bewehrung mit einer Maschenweite von 15 x 25 cm ermittelt werden, die sich parallel zur Auflagerlinie der Platte auf eine Breite von 130 bis 150 cm feststellen lies. Anhand der Bohrkerne 3 und 4 konnte als Bewehrung eindeutig eine Lagermatte R 317 (Doppelstab 5,5 mm, Querstab 4,5 mm) identifiziert werden.

Für die Untersuchung der Deckenunterseite musste in dem bereits fertig gestellten Ausstellungsraum im Erdgeschoss die Gipskartonverkleidung der Decke und eines Unterzuges in Teilen entfernt werden.

Als untere Bewehrung in Feldmitte wurden – nach Freilegen der Bewehrung in der Umgebung des o.a. Loches in der Decke – 2 Lagermatten R 317 vorgefunden.

Mit Hilfe des Bewehrungssuchgerätes konnte für den Plattenbalken in Achse 6 zunächst eine zweilagige untere Balkenbewehrung mit eindeutig 4 Stäben in der unteren Lage festgestellt werden, dazu Bügel mit einem Abstand von 30 cm. Nach örtlichem Freilegen der unteren Bewehrung in Feldmitte des Balkens wurden als Durchmesser der 4 Stäbe der unteren Bewehrungslage 24 mm gemessen, die Durchmesser der beiden Stäbe der zweiten Bewehrungslage betragen 20 mm und die der Bügel 10 mm.

Die Untersuchung der entnommenen verfärbten Betonproben am Institut für Bau- und Werkstoffchemie der Universität Siegen ergab, dass, zumindest im Bereich der vorgefundenen Vertiefungen mit rötlicher Verfärbung, die Deckenoberseite durch Salze belastet war und dass diese Verfärbung als eine Folge von Eisenkorrosion unter der Salzbelastung anzusehen ist. Entnommene Proben von der Unterseite der Deckenkonstruktion lieferten keinen Hinweis auf eine Belastung durch Salze.

Durch Besprühen von Teilen der Bohrkerne mit Phenolphthalein konnte nachgewiesen werden, dass eine Gefährdung des Korrosionsschutzes der Bewehrung durch fortgeschrittene Karbonatisierung des Betons nicht gegeben ist.

### **Beton - Festigkeit**

Aus den 4 entnommenen Bohrkernen mit einem Durchmesser von 100 mm konnten zur Bestimmung der Druckfestigkeit 3 Zylinder mit einer Höhe von 100 mm gewonnen werden.

Ergebnisse der Bruchfestigkeitsprüfung:

Probe 1: 40,27 N/mm<sup>2</sup>      Probe 2: 34,68 N/mm<sup>2</sup>      Probe 4: 35,59 N/mm<sup>2</sup>

Nach Entwurf EN 13791:2005 (D) 7.1 entspricht das Ergebnis der Festigkeitsprüfung von Bohrkernen mit 100 mm Durchmesser und Höhe der Druckfestigkeit der eines unter denselben Bedingungen hergestellten Würfels von 150 mm Kantenlänge.

Charakteristische Druckfestigkeit nach 7.3.3, Ansatz B:

$$1. f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \quad \text{mit } k = 7 \text{ bei } n = 3$$

oder

$$2. f_{ck, is} = f_{is, niedrigst} + 4$$

$$1. f_{ck, is} = (40,27 + 34,68 + 35,59) / 3 - 7 = 29,84 \text{ N/mm}^2 *$$

$$2. f_{ck, is} = 34,68 + 4 = 38,68 \text{ N/mm}^2$$

\* Der Beton ist also nach 6, Tab. A.1, der Druckfestigkeitsklasse C25/30 zuzuordnen  
( $f_{ck, is}$ , Würfel: 26 N/mm<sup>2</sup>).

### **Bewehrungsstahl - Festigkeit**

Da die Entnahme von Bewehrungsstäben aus dem Plattenbalken an den zugänglichen Stellen eine Minderung des Tragvermögens nach sich gezogen hätte, wurde von der Möglichkeit, die Stahlfestigkeit experimentell durch Zugversuche zu ermitteln, kein Gebrauch gemacht.

Die Anordnung der Rippen auf dem freigelegten Bewehrungsstahl lässt, in Verbindung mit der Entstehungszeit des Gebäudes, den Schluss zu, dass der Stabstahl als BSt 420/500 und die Betonstahlmatten als BSTG 500 einzustufen sind.



**Abbildung 3-184 - Probe Mattenstahl**  
**Abbildung 3-185 - Probe Stabstahl**

### **Zu 2.)**

Die an der bergseitigen Längswand des Gebrauchtwagenzentrums angeordnete offene PKW-Ausstellungsfläche wird an ihrer Rückseite auf einer Länge von ca. 29 m begrenzt durch eine Stahlbeton-Winkelstützwand, die den dortigen Geländesprung mit einer Höhe von ca. 3,30 m sichert. Der talseitige Wandfuß der Stützwand weist eine Schenkeltiefe von ca. 1,75 m auf; am „rechten“ Ende der Wand (Feld 6) ist dieser Fuß auf einer Länge von ca. 2,10 m allerdings nicht vorhanden. Informationen zur Ausbildung der Geometrie des bergseitigen Wandfußes sind nicht vorhanden.

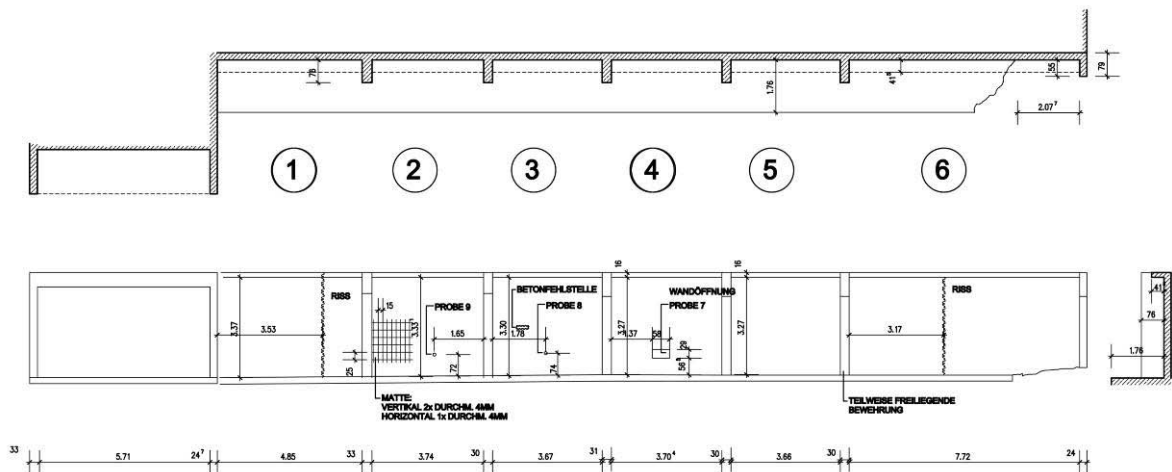


Abbildung 3-186 - Grundriss und Ansicht Stützmauer



Abbildung 3-187 - Vertikale Stäbe im rückwertigen Bereich und vertikal angeordnete Matte im vorderen Bereich der Untersuchungsöffnung

Abbildung 3-188 - Obere Ecke Stiel (geringe obere Bewehrung)

### Bautechnologische Erhebungen

Als Folge unzureichender Betondeckung ist örtlich auf der Talseite der Stützmauer eine Mattenbewehrung mit vertikal angeordneter Hauptbewehrung erkennbar.

Diese talseitige Matten-Bewehrung konnte unter Verwendung des Bewehrungssuchgerätes Profometer 5 auch für die übrigen Wandbereiche bestätigt werden.

Zur Abklärung des Tragverhaltens der Stützmauer wurde in Feld 4 eine Wandöffnung von 58 cm Breite und 29 cm Höhe hergestellt, die Unterkante der Öffnung befindet sich 56 cm über dem Wandfuß. Die Wandstärke beträgt hier 24 cm.

Als bergseitige vertikale Hauptbewehrung wurden in der Wandöffnung 2  $\Phi$  20 plus 1  $\Phi$  16 mit einem Abstand von 23 cm angetroffen, dazu eine horizontale Querbewehrung  $\Phi$  8. In Wandmitte sind vertikal angeordnete Stäbe  $\Phi$  22 mit einem Abstand von 50 cm vorhanden und auf der Talseite eine Matte mit vertikalen Doppelstäben 2x  $\Phi$  4 (Abstand 15 cm) und horizontalen Einzelstäben  $\Phi$  4 (Abstand 25 cm).

In den Feldern 2, 3 und 4 wurden zur Ermittlung der Betonfestigkeit Bohrkerne (Nr. 7, 8 und 9) mit einem Durchmesser von 100 mm entnommen.



**Abbildung 3-189 Bohrkerne Nr. 7-9 aus der Stützwand**  
**Abbildung 3-190 - Rechte untere Ecke der Wand ohne Fuß**

Die tatsächliche Lastabtragung am „rechten“ Ende der Wand (nicht vorhandener Wandfuß) ist ungeklärt. Eine kraftschlüssige Verbindung zur abschließenden Querwand konnte nicht festgestellt werden. Auf das Anlegen einer Erkundungsöffnung in diesem Bereich wurde zunächst verzichtet um jede zusätzliche Schwächung in diesem Bereich zu vermeiden.

### **Bautechnologische Befunde**

Die talseitige Wand-Oberfläche weist infolge von Betonierfehlern und unzureichender Betondeckung örtlich Schädigungen auf, die das Eindringen von Feuchtigkeit ermöglichen und dadurch das Fortschreiten von Gefügestörungen des Betons und von Bewehrungskorrosion begünstigen.



Beton-Festigkeit:

Aus den 3 Bohrkernen wurden zur Bestimmung der Druckfestigkeit Zylinder mit 100 mm Durchmesser und Höhe gewonnen.

Ergebnisse der Bruchfestigkeitsprüfung:

BK 7: 27,54 N/mm<sup>2</sup>

BK 8: 46,38 N/mm<sup>2</sup>

BK 9: 23,51 N/mm<sup>2</sup>

Nach Entwurf EN 13791(2005), 7.3.3, Ansatz B gilt

$$1. f_{ck, is} = (27,54 + 46,38 + 23,51) / 3 - 7 = 25,47 \text{ N/mm}^2$$

$$2. f_{ck, is} = 23,51 + 4 = 27,51 \text{ N/mm}^2$$

Der Beton ist nach EN 13791, 6, Tab. A.1 der Druckfestigkeitsklasse C20/25 zuzuordnen.

( $f_{ck, is}$  Würfel: 21 N/mm<sup>2</sup>)

### **Bewehrungsstahl-Festigkeit**

Die Anordnung der Rippen auf dem freigelegten Bewehrungsstahl lässt, in Verbindung mit der Entstehungszeit der Stützwand, den Schluss zu, dass der Stabstahl als BSt 420/500 und die Matten als BStG 500 eingestuft werden können

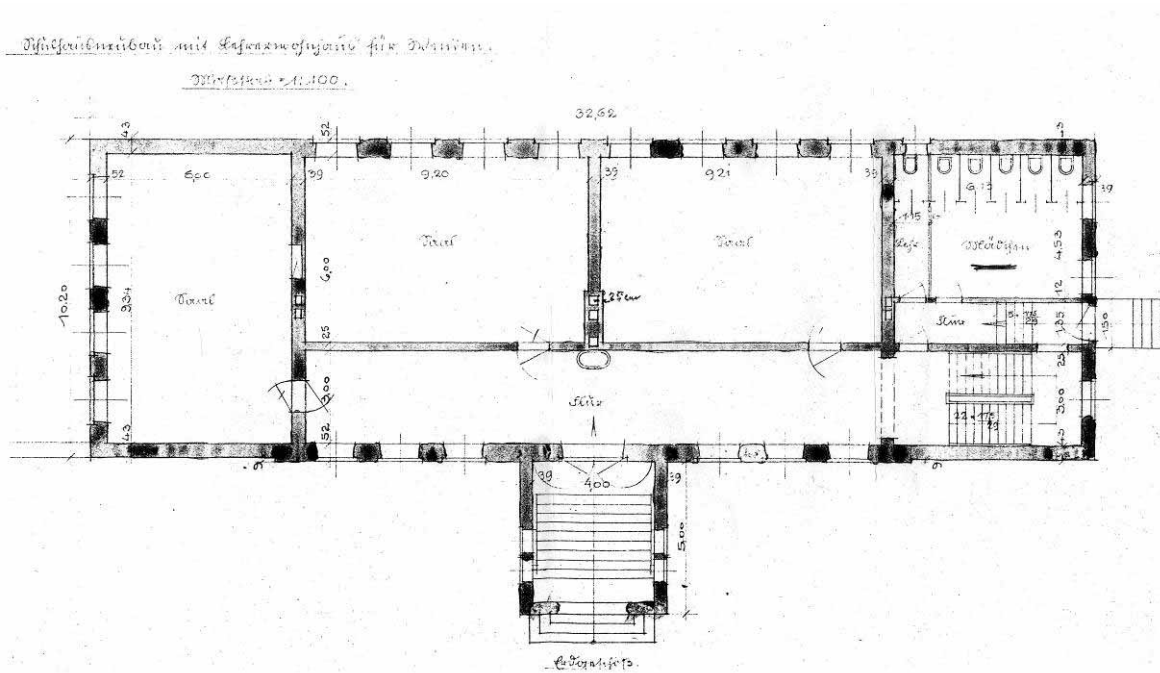
### 3.5.6.3 Ehemalige Schule in Wenden



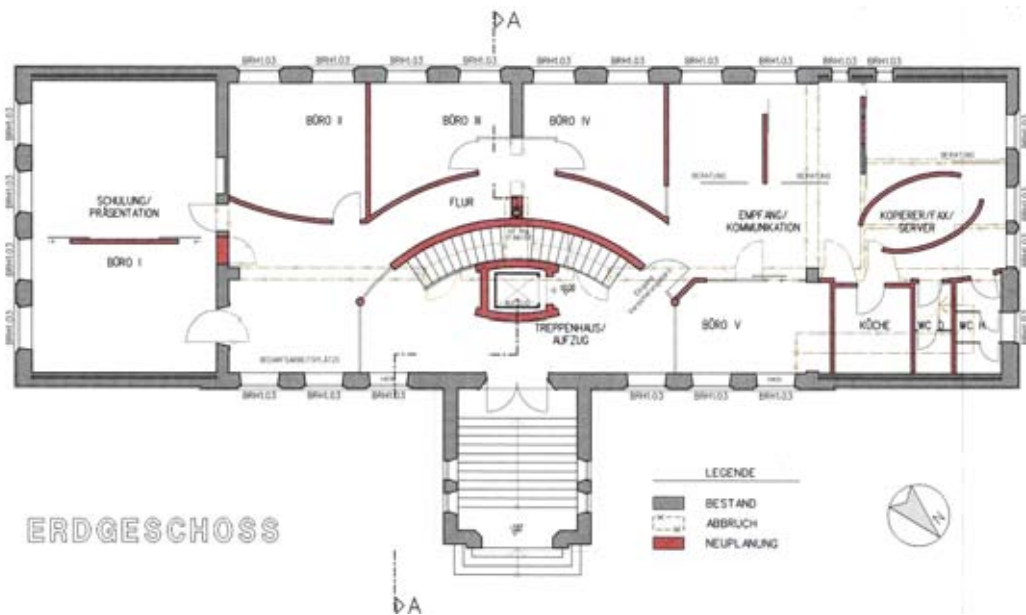
**Abbildung 3-191 Ehemalige Schule in Wenden**

**Abbildung 3-192 Flur im Erdgeschoss**

Das Schulgebäude in Wenden wurde Ende der 20iger Jahre des letzten Jahrhunderts erbaut (Auskunft: R. Klappert, Gemeinde Wenden). Im Jahr 2006 erfolgte nach längerem Lehrstand eine Umplanung zu einem Geschäfts- und Ärztehaus.



**Abbildung 3-193 - Historischer Grundris (EG) (Q.: Gemeinde Wenden)**



**Abbildung 3-194 - Planung EG (Q.: A. Arns)**

Die geplanten Eingriffe in die vorhandene Bausubstanz waren gerade hinsichtlich der Last abtragenden Bauteile sehr hoch. Eine Aussage zur Konstruktion und Tragvermögen der vorhandenen Geschosdecken konnte aufgrund fehlender Unterlagen nicht getroffen werden.

Eine erste Begehung des Gebäudes lässt keine genaue Aussage zu. Die Decken sind von unten verputzt, der Fußbodenbelag besteht teils aus Fliesen, teils aus Dielenboden.

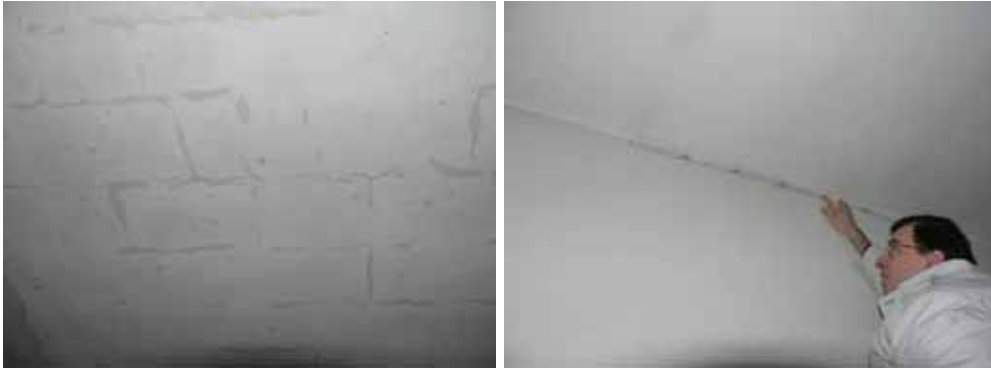
Das Schwingen der Decke bei dynamischer Belastung mit Prüfkörpern (gem. 3.5.5.3) erscheint subjektiv höher als bei Stahlbetondecken heutiger Konstruktionsweise jedoch geringer als bei Holzbalkendecken mit vergleichbarer Spannweite.



**Abbildung 3-195 - Deckenöffnung zum DG (Oberseite)**

**Abbildung 3-196 - Unterseite Deckenöffnung**

**Abbildung 3-197 - Bimskörper mit Betonfüllung**



**Abbildung 3-198 - Flecken UK Decke zum DG**

**Abbildung 3-199 - Streifenförmige "Schatten" im Abstand von ca. 50cm UK Decke Flur zum DG**



**Abbildung 3-200 - Fußbodenaufbau (Dielen, Lagerhölzer und Schlacke)**

**Abbildung 3-201 - Rohdecke**

Eine Öffnung in der Decke zwischen OG und DG liefert Hinweise über die mögliche Konstruktion. Man erkennt Bimskörper mit Betonrippen und Stahleinlagen.

Durch Untersuchung mit dem Bewehrungssuchgerät Profometer 5 auf der Unterseite der Decken lassen sich die einzelnen Rippen der Decke durch Ortung der unteren Bewehrung eindeutig lokalisieren.

Nach dem Entfernen des Fußbodenaufbaus (Lagerhölzer, Schlackeschüttung, Dielen) kann mit gleichem Verfahren eine dünne Bewehrung quer zu den Rippen auf der Oberseite festgestellt werden.



Abbildung 3-202 - Ermittlung der oberen Bewehrung mit Magnetwirbelstromverfahren  
 Abbildung 3-203 - Sowohl obere Rippenbewehrung (orthogonal zu Zollstock) als auch Bewehrung in der Deckenplatte zur Lastverteilung (parallel Zollstock) konnte festgestellt werden.

Durch Literaturrecherche kann bei *Ahnert/Krause2001* die Konstruktionsart der Decke identifiziert werden. Sie ist vergleichbar mit einer von 1933 Kleinlogel beschriebenen Eisenbetonrippendecke (vgl. *Kleinlogel1933*).

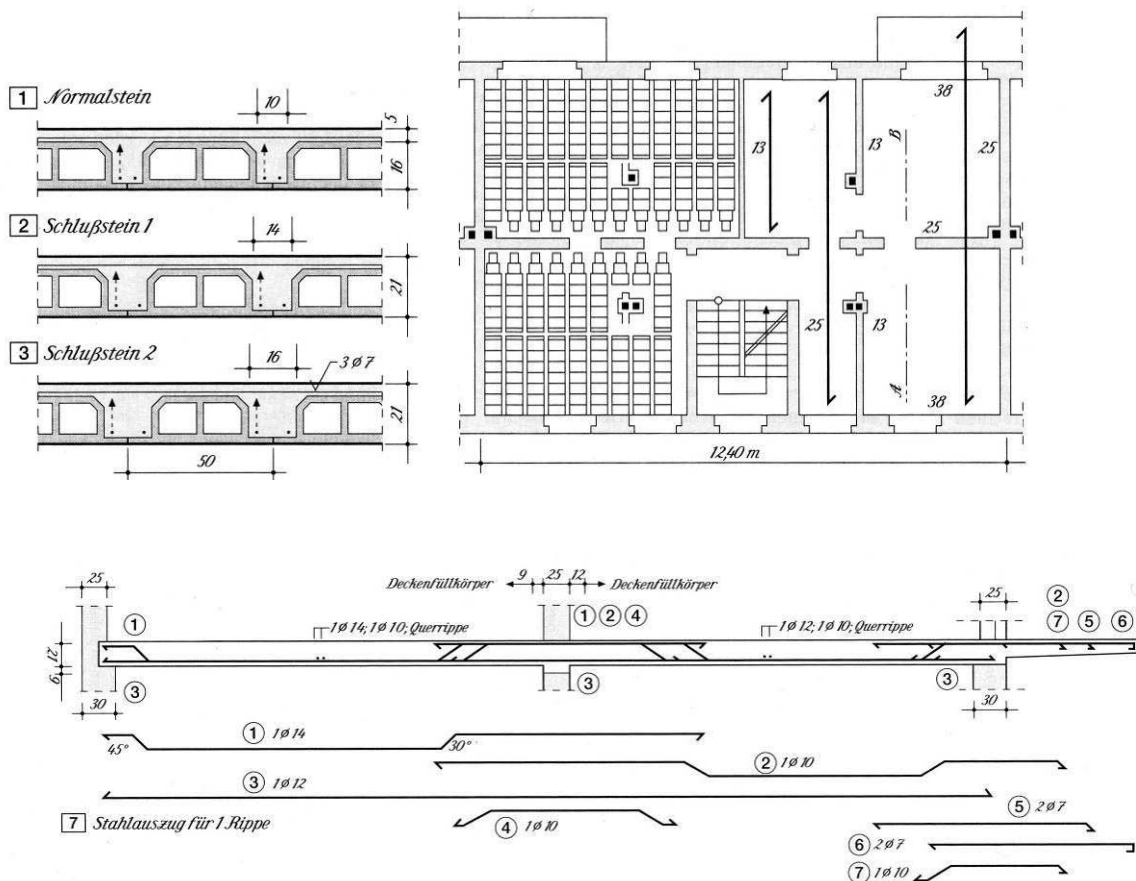


Abbildung 3-204 - Eisenbetonrippendecke nach Kleinlogel 1933 (Q.: Ahnert/Krause2001, S.115)



**Abbildung 3-205 - Bohrkernentnahme in 11cm breiten Rippen**  
**Abbildung 3-206 - Bohrkern Nr.11 und 12**  
**Abbildung 3-207 - Bohrkern Nr. 8 mit Auflösungserscheinungen**

Die Bohrkernentnahme bei diesem Projekt erforderte eine besondere Sorgfalt bei der Einmessung der Entnahmestelle. Teilweise war die Betonrippe mit 11cm nur ein Zentimeter breiter als der Kernbohrer.

Prüfprotokoll Druckfestigkeit an Betonbohrkernen 26.03.2006											
Projekt "Alte Schule", Wenden											
Probenr.:	Länge (mm)	Breite (mm)	Grundfläche Rechteck (mm <sup>2</sup> )	Höhe (mm)	Durchmesser (mm)	Grundfläche Kreis (mm <sup>2</sup> )	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Gewicht (kg)	Rohdichte (kg/dm <sup>3</sup> )	Bruchlast (kN)	Bruchspannung (N/mm <sup>2</sup> )
1			0	107	99	7697,687	0,82365	1,7926	2,17640	91,9	11,939
2			0	96,3	99	7697,687	0,74129	1,6076	2,16866	139	18,057
3			0	101	99	7697,687	0,77747	1,6446	2,11533	59,2	7,691
4a			0	99,4	99	7697,687	0,76515	1,6014	2,09292	23,5	3,053
5			0	101,5	99	7697,687	0,78132	1,6475	2,10862	74,3	9,652
7			0	103,2	99	7697,687	0,79440	1,722	2,16767	171,5	22,279
8			0	100,4	99	7697,687	0,77285	1,6723	2,16382	99,1	12,874
9			0	102	99	7697,687	0,78516	1,8237	2,32270	256,3	33,296
11			0	102	99	7697,687	0,78516	2,0023	2,55017	106,9	13,887
12			0	109,5	99	7697,687	0,84290	1,899	2,25294	109,2	14,186
13			0	102	99	7697,687	0,78516	1,7951	2,28627	109,8	14,264
14			0	106	99	7697,687	0,81595	1,8197	2,23015	117	15,199

**Abbildung 3-208 - Druckfestigkeiten der Bohrkern**

Die Ergebnisse der Druckprüfungen im Labor bestätigten den schlechten visuellen Eindruck der Probekörper, die manchmal schon bei der Entnahme zerbröckelten. Druckfestigkeiten von teilweise weniger als der Qualität eines C12/15 mussten festgestellt werden.

Die entnommenen Eisenproben erreichten Werte eines St37.

### 3.5.6.4 Ev. Gemeindehaus Duisburg

Als Grundlage für die geplante Umnutzung des evangelischen Gemeindehauses in Duisburg, Ruhrort mussten die Geometrie des Gebäudes sowie die Baustoffkennwerte insbesondere die Festigkeiten der tragenden Bauteile festgestellt werden (vgl. 3.3.2.4).

Die tragenden Wände sind aus Ziegelmauerwerk hergestellt. Für die Erfassung der mechanischen Eigenschaften des Mauerwerks wurden in jedem Geschoss an möglichst drei verschiedenen Orten Steinproben entnommen. Hier war zu berücksichtigen, dass das Gebäude während der Untersuchungen weiterhin als Gemeindehaus genutzt wurde.

Um optische Beeinträchtigungen und Staubbelastungen zu minimieren, wurden die Proben hauptsächlich Nebenräumen entnommen. Pro Entnahmestelle wurden zwei ganze Steine aus der Wand gelöst, die Fehlstellen anschließend wieder mit neuen Ziegeln gefüllt und vermörtelt.



**Abbildung 3-209 - Entnahme ganzer Mauerziegel**

**Abbildung 3-210 - Entnahmestelle 5**

Im Baustofflabor (Prof. Dr. Ing. Neroth) des Fachbereichs 10 der Universität Siegen wurden die Proben vorbereitet und deren Druckfestigkeit an Probewürfeln nach DIN EN 772-1 Anhang und an aufgemörtelten Steinhälften nach DIN V 105-100 ermittelt.



**Abbildung 3-211 - Aufgemörtelte Steinhälften (4.1 & 5.1)**



**Abbildung 3-212 - Bruchbelastung der Proben**



**Abbildung 3-213 - Probenwürfel nach Belastung**



### Ergebnisse der Prüfung:

Prüfung nach DIN EN 772-1 Anhang A an Würfelproben

Ziegel Nr.	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Volumen cm <sup>3</sup>	Gewicht g	Rohdichte g/cm <sup>3</sup>	Druckfläche mm <sup>2</sup>	Prüfkraft kN	Druckfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	*0,85 N/mm <sup>2</sup>
1.2	50,62	49,86	51,48	129,931	255,7	1,97	2523,91	142,0	56,26	47,8
2.1	50,63	51,07	51,03	131,947	260,3	1,97	2585,67	180,0	69,61	59,2
3.2	50,16	51,39	50,57	130,355	177,3	1,36	2577,72	34,5	13,38	11,4
4.2	50,64	50,71	51,35	131,864	220,0	1,67	2567,95	33,3	12,97	11,0
5.2	50,63	50,16	51,24	130,129	203,7	1,57	2539,60	19,7	7,76	6,6
6.2	50,03	51,58	50,19	129,518	203,1	1,57	2580,55	32,1	12,44	10,6
7.2	50,88	50,33	51,26	131,269	233,0	1,77	2560,84	50,6	19,76	16,8
8.2	51,28	50,99	51,39	134,373	210,0	1,56	2614,77	24,8	9,48	8,1
9.2	51,28	51,01	51,58	134,923	214,7	1,59	2615,79	41,8	15,98	13,6
10.2	51,07	51,32	51,23	134,269	216,0	1,61	2620,91	50,5	19,27	16,4
11.2	50,27	50,22	50,62	127,793	196,6	1,54	2524,56	13,5	5,35	4,6

Sonstige Angaben: Bei den Proben handelt es sich um aus verschiedenen Bestandteilen hergestellte Ziegel, deshalb kann kein Mittelwert gebildet werden.

Abbildung 3-214 - Ergebnisse (Würfelproben)

### Ergebnis der Prüfung:

Prüfung nach DIN V 105-100 an aufgemörtelten Steinhälften

Ziegel Nr.	Länge mm	Breite mm	Druckfläche mm <sup>2</sup>	Prüfkraft kN	Druckfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
1.1	123,4	121,7	15017,78	395,0	26,30
2.2	120,4	123,5	14869,40	750,0	50,44
3.1	124,3	124,6	15487,78	351,0	22,66
4.1	122,7	130,2	15975,54	174,0	10,89
5.1	122,2	122,4	14957,28	105,0	7,02
6.1	125,0	123,5	15437,50	124,0	8,03
7.1	125,4	117,9	14784,66	130,0	8,79
8.1	125,4	118,7	14884,98	89,0	5,98
9.1	131,0	105,1	13768,10	298,0	21,64
10.1	127,4	128,1	16319,94	118,0	7,23
11.1	128,2	129,0	16537,80	147,0	8,89

Sonstige Angaben: Bei den Proben handelt es sich um aus verschiedenen Bestandteilen hergestellte Ziegel, deshalb kann kein Mittelwert gebildet werden.

Abbildung 3-215 - Ergebnisse (aufgemörtelte Steinhälften)

Die Ergebnisse aus der Druckbelastung bis zum Bruch bestätigten, was schon an der heterogenen Zusammensetzung der Probewürfel augenscheinlich zu erkennen war. Die Druckfestigkeiten variieren sehr stark von 7,02 N/mm<sup>2</sup> bis 50,44 N/mm<sup>2</sup> bei der Prüfung an aufgemörtelten Steinhälften, sogar von 4,6N/mm<sup>2</sup> bis 59,2 N/mm<sup>2</sup> bei der Prüfung an Würfelproben. Heute hergestellte Mauerziegel

gibt es natürlich in den verschiedensten Festigkeitsklassen, sind in der Regel jedoch mindestens der Druckfestigkeitsklasse 6 zuzuordnen.

DIN V 105-100:2005-10

— Vornorm —

Tabelle A.10 — Druckfestigkeitsklassen

Spalte	1	2	3
Zelle	Druckfestigkeits- klasse	Kleinster Einzelwert N/mm <sup>2</sup>	Umgerechnete mittlere Mindestdruckfestigkeit $f_{st}$ N/mm <sup>2</sup>
1	2	2,0	2,5
2	4	4,0	5,0
3	6	6,0	7,5
4	8	8,0	10,0
5	10	10,0	12,5
6	12	12,0	15,0
7	16	16,0	20,0
8	20	20,0	25,0
9	28	28,0	35,0
10	36	36,0	45,0
11	48	48,0	60,0
12	60	60,0	75,0

Abbildung 3-216 - Druckfestigkeitsklassen Mauersteine (Q.: DIN V105-100)

Stützen, Treppenwangen und Deckenträger bestehen aus gewalzten Stahlprofilen. Im Kellergeschoss und an der Treppe zu Dachgeschoss konnten Stahlproben entnommen werden, ohne die Innenräume zu sehr zu beeinträchtigen.



Abbildung 3-217 - Stahlträger Treppenwange zum DG  
Abbildung 3-218 - Entnahmestelle Stahlprobe 1



Abbildung 3-219- Stahlträger im KG  
 Abbildung 3-220 - Entnahmestelle Stahlprobe2  
 Abbildung 3-221 - Probe 2

Die entnommenen Stahlproben wurden am Institut für Werkstofftechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Christ, Fachbereich 11) metallurgisch untersucht.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Prüfberichtes wiedergegeben:

*Zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzungen wurden aus beiden Blechen jeweils Segmente von etwa 20mm x 20mm entnommen und an einer Tellerschleifmaschine nass geschliffen. Die chemischen Analysen, deren Ergebnisse in Tabelle 1 aufgelistet sind, wurden im Zentrallabor Siegerland mittels Funkenspektroskopie durchgeführt. Zusätzlich wurden jeweils die Werte des Stickstoffgehalts und des Schwefelgehalts verbrennungsanalytisch ermittelt.*

Element	St_1	St_2
C	0,021	0,079
Si	0,001	0,002
Mn	0,362	0,387
P	0,049	0,045
S	0,0199	0,0349
Al	0,001	0,002
Cr	0,014	0,048
Ni	0,043	0,036
Mo	0,003	0,004
Cu	0,008	0,042
Ti	0,001	0,001
V	0,001	0,001
Nb	0,002	0,001
Ta	0,004	0,003
Co	0,015	0,018
W	0,002	0,002
As	0,05	0,012
N2	0,013	0,013

	St_1	St_2
R <sub>p0,2</sub>	311 MPa	297 MPa
R <sub>m</sub>	377 MPa	388 MPa
A	12,6%	30,2%

Abbildung 3-222 - Zusammensetzung der Proben (Q.:Christ)  
 Abbildung 3-223 - Zugfestigkeit (Q.: Christ)

Bei beiden Werkstoffen handelt es sich anhand der Analysen um unlegierte Kohlenstoffstähle mit geringem Kohlenstoffgehalt. Die ermittelten Legierungszusammensetzungen entsprechen typischen unlegierten Baustählen. Im Hinblick auf die Schweißbarkeit der Trägerprofile bestehen somit aus metallurgischer Sicht keinerlei Bedenken.

Für die Bestimmung der mechanischen Kennwerte wurden aus den Blechen Flachzugproben mit einer Dicke von  $t=3\text{mm}$  entnommen und an einer elektromechanischen Universalprüfmaschine Hegewald&Peschke Inspekt 100 geprüft. Die Zugversuche wurden unter Verwendung eines optischen Feindehnungsmessers in Wegregelung mit konstanter Abzugsgeschwindigkeit bis zum Probenbruch durchgeführt. Die Kennwerte der Zugversuche sind in Tabelle 2 angegeben.

Die ermittelten mechanischen Kennwerte der Bleche entsprechen in beiden Fällen denen eines Baustahls S235J (St37) mit Zugfestigkeiten um  $R_m=370\text{MPa}$ . Das Stahlblech St\_1, welches vermutlich einige Jahrzehnte älter ist als das Blech St\_2, weist allerdings eine im Vergleich deutlich geringere Duktilität auf als das Blech St\_2.

Neben den Baustoffkennwerten sind auch einige raumhohe Wandrisse zu beobachten, welche durch Bergsenkungen herrühren könnten. Eine längere Beobachtung mittels Rissmarken ist zu empfehlen.

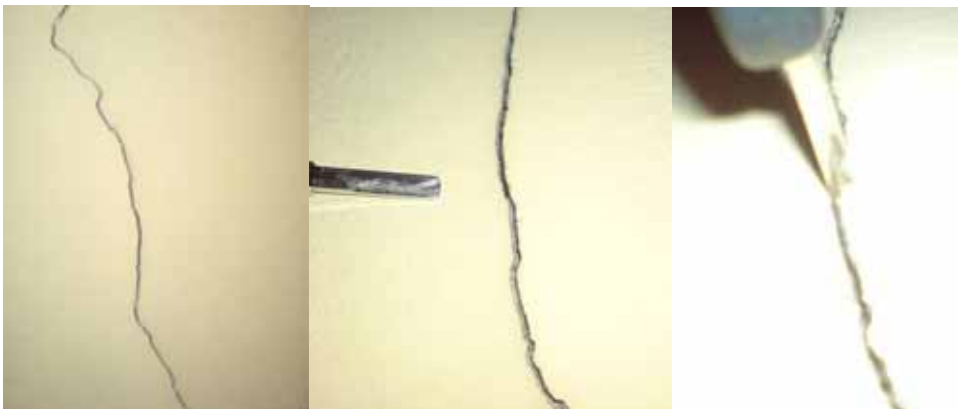


Abbildung 3-224 - Rissbilder

### 3.5.6.5 Ev. Kirche, Weidenau



Abbildung 3-225 - Südansicht  
Abbildung 3-226 - Nordansicht

Die evangelische Christuskirche in Siegen – Weidenau wurde 1967 wie viele Sakralbauten dieser Zeit in Stahlbeton als Sichtbeton errichtet. Der rautenförmige Grundriss bietet im EG Raum für 275 Gottesdienstbesucher, eine Empore weitere 50. Im Untergeschoss sind ein Unterrichtsraum für ca. 40 Personen sowie Nebenräume angeordnet.

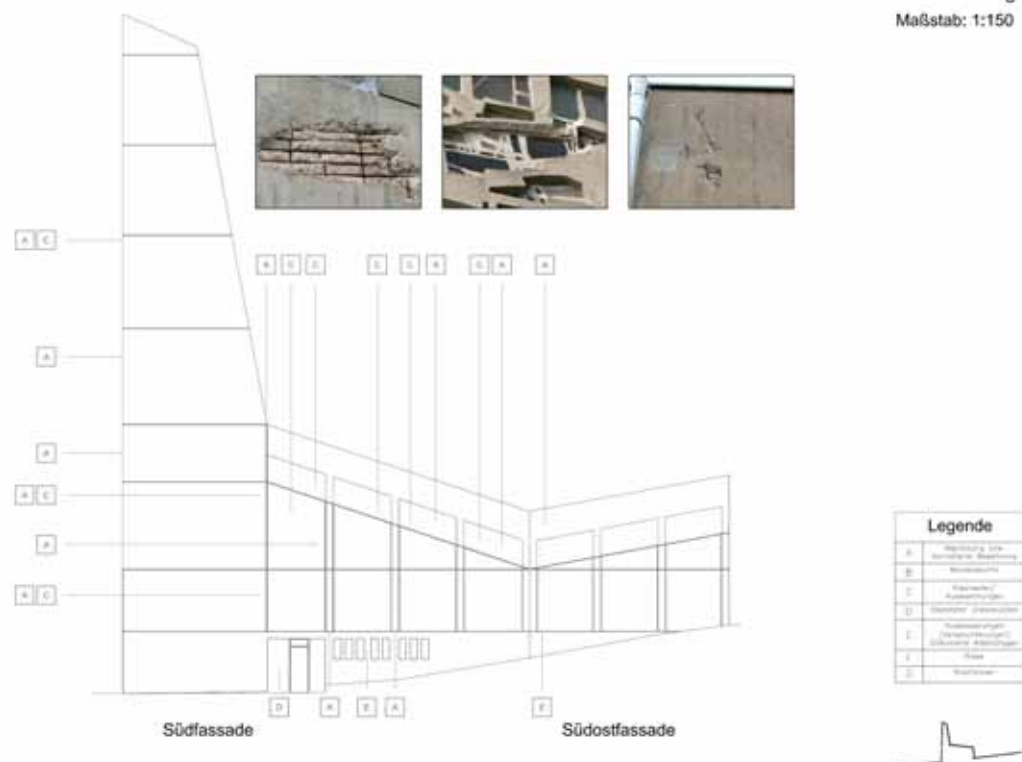


Abbildung 3-227 - Weithin sichtbare Christuskirche

In einer expressiven Geste ragt der 31m hohe Glockenturm als Fortsetzung der den Gottesdienstraum umfassenden Wandscheiben in den Himmel. Aufgrund der topografisch erhöhten Lage der Kirche ist die Silhouette der Kirche weithin sichtbar und bildet für die Stadt Siegen einen markanten Punkt im Stadtbild. Wie viele Kirchengemeinden hat auch die evangelische Kirche in Siegen–Weidenau das Problem einer schwindenden Zahl von Gemeindemitgliedern. Somit wird der Bedarf an Kirchengebäuden zusehends geringer. Der Unterhalt der Gebäude wird angesichts wachsendem Sanierungsstau schwieriger. Die Christuskirche weist einige Schäden an der Betonkonstruktion auf. Die Kirchengemeinde trat mit der Frage, ob die Tragfähigkeit der Konstruktion gefährdet ist, an das „Interdisziplinäre Kompetenzzentrum Altbau“ **InKA** heran.

Ist-Zustand

Schadenskartierung  
Maßstab: 1:150



**Abbildung 3-228 - Auszug der Schadenskartierung**

Die Diplomarbeit von Dipl. Ing. Ma. Sc. R. Schneider beschäftigt sich mit der Fassadensanierung der vorhandenen Schäden. In diesem Zusammenhang wurde vorhandene Stahlbetonkonstruktion gründlich untersucht. Im Einzelnen wurden folgende Untersuchungen an der Stahlbetonkonstruktion durchgeführt, die Informationen für die Bewertung des Tragwerkes lieferten:

## **Zerstörungsfreie Untersuchungen**

Visuelle Überprüfung des Objektes

Studium der Altakten (Pläne, Baustellenbilder)

Akustische Suche nach Hohlstellen

Überprüfung der Betondeckung mit dem Profometer

Überprüfung der Betondruckfestigkeit mit dem Rückprallhammer  
(Schmidthammer)

## **Zerstörende (zerstörungsarme) Untersuchungen**

Ermittlung der Betondruckfestigkeit an Bohrkernen

Ermittlung der Festigkeit des Bewehrungsstahls

Ermittlung der Karbonatisierungstiefe an Bohrkernen

Ermittlung des Chloridgehalts an Bohrkernen

Ermittlung der Betonzusammensetzung an Bohrkernen

Ermittlung der Porosität an Bohrkernen

Da die genannten Verfahren in dieser Arbeit bereits erläutert wurden, wird an dieser Stelle nicht vertieft darauf eingegangen. Im Kapitel Bewertung werden die Ergebnisse der für das Tragwerk relevanten Untersuchungen diskutiert.



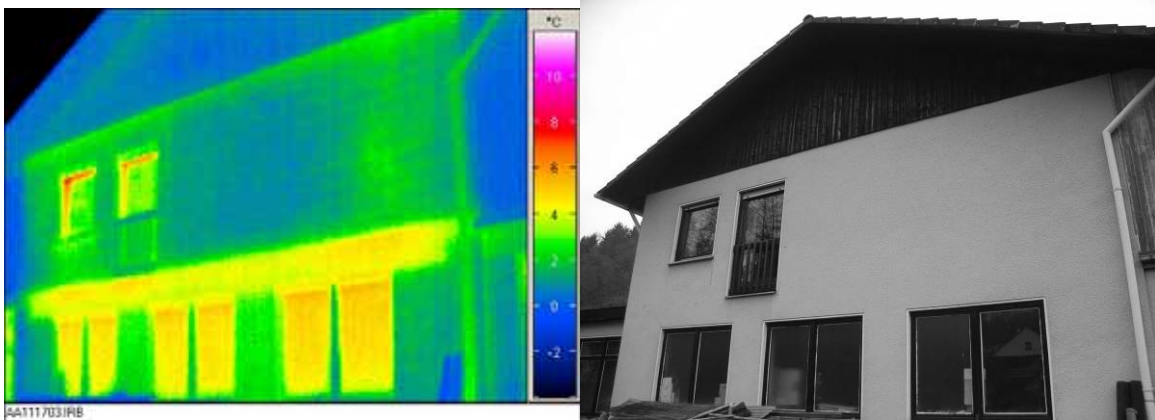
**Abbildung 3-229 - Betonierarbeiten UG (Q.: Ev. Kirchengemeinde Weidenau)**

**Abbildung 3-230 - Betonierarbeiten EG (Q.: Ev. Kirchengemeinde Weidenau)**

### 3.5.6.6 Thermografieaufnahmen Handwerksbetrieb

Neben dem Überprüfen der Dämmeigenschaften, kann die Bau-thermografie auch zur Erfassung von Tragwerkelementen eingesetzt werden.

Unter Putz verdeckte Stb-Bauteile in einer Mauerwerkswand oder Fachwerkbalken lassen sich gut lokalisieren. Voraussetzung ist jedoch die Beheizbarkeit des Gebäudes, da zwischen innen und außen eine Temperaturdifferenz von mindestens 10 Kelvin herrschen sollte.



**Abbildung 3-231 - Thermografieaufnahme und  
Abbildung 3-232 - ... Digitalfoto Westfassade**

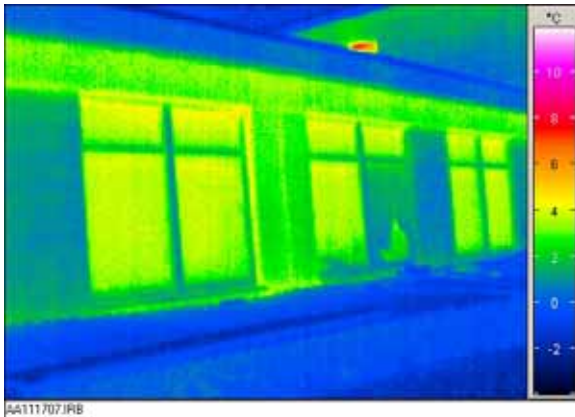
Die oben stehenden Abbildungen eines Handwerksbetriebs zeigen die Giebelansicht der Westfassade als Thermografie und Digitalfoto. Im Erdgeschoss befindet sich der Handwerksbetrieb, im Obergeschoss eine Wohnung. Das Thermogramm offenbart bereits viel von der Konstruktionsweise des Gebäudes. Das Erdgeschoss ist gemauert, die mittleren Pfeiler haben eine höhere Oberflächentemperatur, was aus einer größeren Wärmeleitfähigkeit durch höherer Steinfestigkeit herrühren könnte. Eine Besichtigung des Innenraumes zeigt jedoch, dass sich die mittleren Pfeiler auch näher zum Ofen der Werkstatt gelegen sind, was die höhere Oberflächentemperatur begründen kann.

Über den Pfeilern befindet sich ein mächtiger Betonsturz. Das Obergeschoss ist ganz eindeutig in Mauerwerk erstellt worden, es lässt sich sogar durch das Steinformat die Steinart, ein Bimshohlblockstein vermuten.

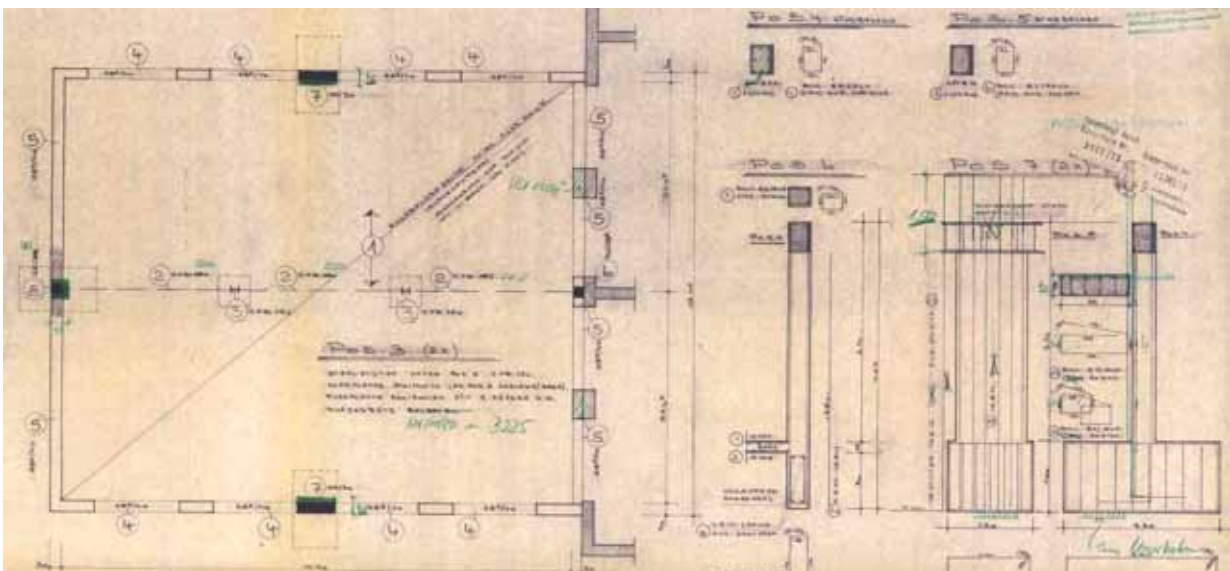
Unten stehende Abbildungen zeigen den als Werkstatt genutzten Flachanbau. Hier sind auch die gemauerten Pfeiler und der Betonsturz gut zu erkennen. Der Pfeiler in Bildmitte der Thermografieaufnahme weist an dem Übergang zum Sturz



exakt die gleiche Temperatur wie der Betonsturz auf, der Pfeiler ist scheinbar ebenso aus Stahlbeton hergestellt.



**Abbildung 3-233 - Thermografie Flachbau**  
**Abbildung 3-234 - Digitalfoto Flachbau**



**Abbildung 3-235 - Schal- und Bewehrungsplan Flachbau**

Ein Blick in den Schal- und Bewehrungsplan des Flachbaus zeigt, dass die als Position 7 gekennzeichneten Stützen tatsächlich in Stahlbeton konzipiert worden sind. Als eingespannte Stützen dienen sie der Gebäudeaussteifung.

### 3.5.6.7 Gemeindehaus FeG, Waldbröl



Abbildung 3-236 - Gemeindehaus FeG Waldbröl

Das 1956 errichtete zweigeschossige Gemeindehaus der Freien evangelischen Gemeinde in Waldbröl soll in verschiedenen Punkten den aktuellen Nutzungsanforderungen angepasst werden.

Beispielsweise ist im Untergeschoss durch Entfernen einer Flurwand die Erweiterung eines Gruppenraumes, im Dachgeschoss eine neue raumhaltige Dachkonstruktion die den Einbau einer Empore ermöglicht, geplant.

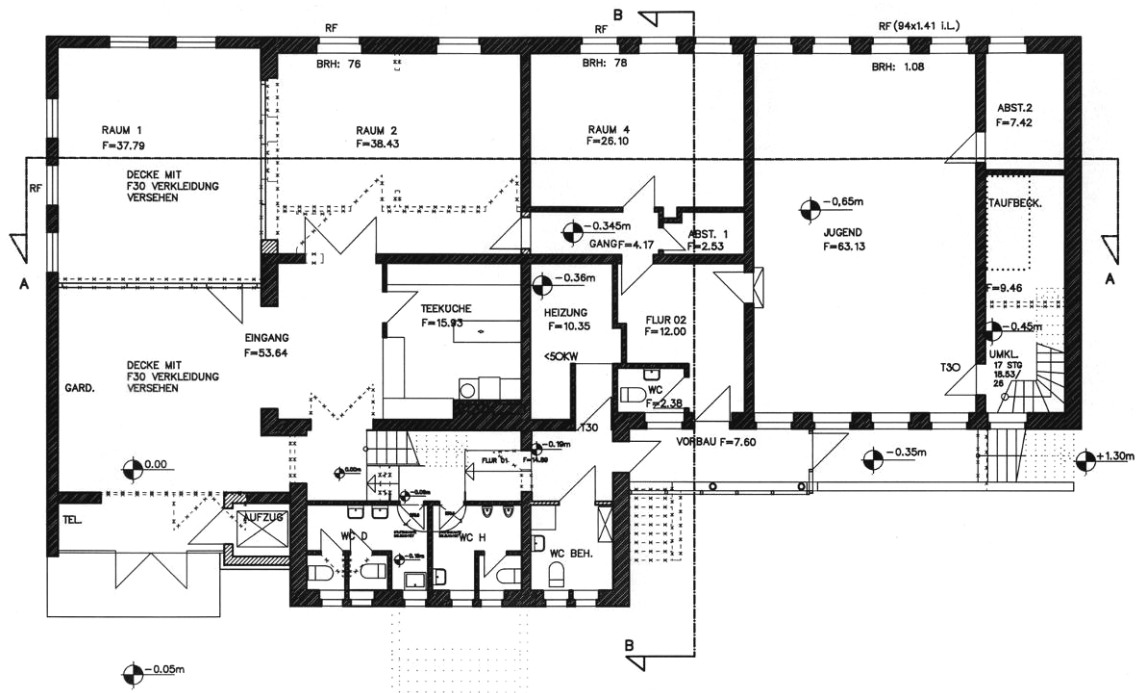


Abbildung 3-237 - Grundriss des Untergeschosses



**Abbildung 3-238 - Blick auf den Gottesdienstraum vor der Maßnahme**  
**Abbildung 3-239 - Entwurfsskizze Einbau eines Eltern/Kindraumes, darüber Empore**

1.)

Ist die zu entfernende Wand im UG (Raum 2) tragend?

2.)

Wie können Horizontallasten einer geänderten Dachkonstruktion aufgenommen und an die Giebelwände abgegeben werden?

Zu 1.)

Aus den vorhandenen Zeichnungen kann die Spannrichtung der über der Wand befindlichen Stahlbetondecke nicht eindeutig bestimmen.

Eine Statik zur Decke ist nicht vorhanden.

Die dargestellte Wandstärke ( 12 cm) mit Berücksichtigung der 1956 praktizierten Art zu Bauen deutet eher auf eine nichttragende Wand.

Die Decke ist mit einer zementgebundenen Holzwolleleichtbauplatte verkleidet.

Nach Freilegen des Anschlusspunktes von der Wand an die Decke wird zwischen der letzten Steinlage und der Decke eine Mörtelfuge sichtbar.

Dies deutet darauf hin, dass die Wand nach dem Gießen der Decke hochgemauert wurde.

Die besonders glatte Ausführung der Mörtelfuge und die beschränkte Sicht an der freigelegte Stelle lassen noch geringe Zweifel zu.

Die Mörtelfuge könnte eventuell geschalter Beton, entstanden bei dem Guss der Decke, sein.

Letztendlich Klarheit bringt die Untersuchung der Spannrichtung der Decke. Mit einem Bewehrungssuchgerät wird der Bewehrungsstahl geortet. Eine eindeutige Spannrichtung kann in diesem Fall nur durch diese Untersuchungsmethode nicht festgestellt werden, ein Freilegen der unteren Bewehrung zeigt warum. Die doppelt liegende zweite Bewehrungslage verursacht fast den gleiche elektromagnetische Impuls wie die untere dickere Bewehrung. Es wird jedoch auch die Spannrichtung der Stahlbetondecke in Richtung der unteren Bewehrungslage deutlich.



**Abbildung 3-240 - Freigelegte Bewehrung**

Zu 2.)

Für die Einleitung der Horizontalkräfte aus Wind in die Giebelwände sind Dachverbände oder groß dimensionierte Ringbalken erforderlich.

Durchgehende Dachverbände wurden, dies ergab eine Begehung des Dachraumes, nicht angeordnet.

Eine historische Zeichnung des vorhandenen Dachtragwerkes zeigt die Dimensionen des Ringbalkens sowie die Art der Bewehrung.

Vor Ort ist der Ringbalken von außen (Putz) wie innen (Deckenverkleidung) nicht eindeutig zu erkennen.



**Abbildung 3-241 - Zeichnung zum Ringbalken (Q.: Archiv, Freie ev. Gemeinde, Waldbröl)**  
**Abbildung 3-242 -Überprüfung der Ringbalkenhöhe über die Ortung der Bewehrung mit dem Profometer**

Eine Überprüfung der Höhe des Ringbalkens erfolgt mittels der Ortung der oberen und unteren Bewehrung durch das Bewehrungssuchgerät. Die tatsächliche Höhe des Ringbalkens ist mit 30 cm wesentlich geringer als die in der alten Zeichnung beschriebenen 50 cm.

### 3.5.6.8 Umbau Scheune zu Wohnhaus

Unten stehende Bilder zeigen ein landwirtschaftlich genutztes Gebäude mit Stallungen im untersten Geschoss in Massivbauweise und eine darüber in Holzbauweise errichtete Scheune.

Die Scheune soll zu einem Wohnhaus umgebaut werden. Vor Beginn der Planung wollten die Bauherrn natürlich wissen, ob der gewünschte Umbau überhaupt zu realisieren sei. Wichtiges Kriterium war hier der Zustand der Holzkonstruktion. Nach visueller Überprüfung wurden die Stützen und Balken mit dem Zimmermannshammer abgeklopft. Die Untersuchungen ergaben einen guten Zustand der vorhandenen Konstruktion. Nur wenige Balken müssen aufgrund Schädlingsbefall ausgetauscht werden.



Abbildung 3-243 - Südfassade  
Abbildung 3-244 - Westfassade



Abbildung 3-245 - Dachkonstruktion Scheune  
Abbildung 3-246 - Untersuchung der Holzkonstruktion...  
Abbildung 3-247 - ... mit dem Zimmermannshammer

### 3.5.6.9 Fachwerkhaus mit Befall durch Hausschwamm



**Abbildung 3-248 - Die Treppe durchdringender Fruchtkörper**  
**Abbildung 3-249 - Nahaufnahme**

Ein Malermeister war vom Eigentümer dieses als Wochenendhaus genutzten Fachwerkhauses beauftragt, die Treppe von „unschönen Erscheinungen“ zu säubern und neu zu streichen. Im Zweifel, ob der Schaden durch einen Neuanstrich zu beheben sei, zog der beauftragte Maler den Verfasser zu Rate. Zum Leidwesen des Eigentümers konnten die Erscheinungen auf den Treppenstufen nach sorgfältigem Literaturstudium und Rücksprache mit Prof. Dr. Ing. H. Zumbroich als Fruchtkörper des Echten Hausschwamms identifiziert werden.

Die qualitative Untersuchung des Gebäudes erfolgte mit konventionellen Methoden: Visuelle Überprüfung, Abklopfen (Zimmermannshammer) und Befühlen möglicherweise geschädigter Tragelemente, schrittweise Öffnen der Boden- und Wandkonstruktion, Ursachenforschung des Befalls sowie eine anschließende Sanierung nach DIN 68800 mit Beseitigung aller erfassten baulichen Schadensursachen.



**Abbildung 3-250 - Befall unter der Treppe**

**Abbildung 3-251 - Fliesen unter der Treppe werden bereits angehoben**



**Abbildung 3-252 - Öffnen des Fußbodens vor der Treppe: Üppiges Strangmycel**

**Abbildung 3-253 - Befall an der Wand zum Nachbarraum**



**Abbildung 3-254 - Erneutes Öffnen der Fußbodenkonstruktion**

**Abbildung 3-255- Aufgeweichte Fachwerkbalken**





Abbildung 3-256 - Freilegen der Wandkonstruktion  
Abbildung 3-257 - Pilz- und Insektenschäden



Abbildung 3-258 - Waagerechte Sockelabdeckung im Vordergrund  
Abbildung 3-259 - Umfangreiche Sanierung

Bauliche Schadensursachen:

**Erhöhter Feuchteintrag** in die Bodenkonstruktion und den Sockelbereich durch:

- Waagerechte Sockelabdeckung
- Bodenkonstruktion (Stahlträger mit Bimskappen) hat teilweise

Kontakt zum Erdreich (aufsteigende Feuchte)

- Regenfalleitung nicht dicht an Grundleitung angeschlossen

**Verminderte Verdunstungsmöglichkeit** von eingedrungenem Wasser:

- Bodenkonstruktion PVC Bodenbelag
- nachträglich angebrachter Sockel umschließt Fußschwelle teilweise
- Fachwerkbalken haben diffusionsdichten Anstrich

**Guter Nährboden für Schimmelpilze** durch Verwendung von Lagerhölzern und Spanplatten in der Bodenkonstruktion

Nutzungsbedingte Schadensursachen:

Durch Nutzung als Wochenendhaus unregelmäßiges Heizen und Lüften



Abbildung 3-260 - Erdkontakt der Bimsdielen der Fußbodenkonstruktion

Abbildung 3-261 Undichter Anschluss...

Abbildung 3-262 - ...des Regenfallrohres

Abbildung 3-263 - Nachträgliche Verkleidung der Schwelle mit falsch abgedecktem Sockel

### 3.6 Auswertung der Fallbeispiele

Die dargelegten Beispiele haben gezeigt, dass die Bandbreite der verschiedenen Untersuchungsmethoden noch größer ist als bei der geometrischen Erfassung. Das Erfassen der Qualität eines Tragwerkes, um es anschließend bewerten zu können, setzt Wissen und Erfahrung voraus. Es müssen nicht nur die einzelnen Geräte oder Verfahren beherrscht werden, sondern schon für die Erfassung müssen beispielsweise Kenntnisse über alte Baukonstruktion, Schäden, mögliche Tragsysteme angewandt werden, um überhaupt an der richtigen Stelle nachzuschauen, das Richtige zu erfassen. Es werden teilweise schon bei der Erfassung Schritte der Bewertung vollzogen, um weiter zu erfassen. Die zwischengeschalteten Bewertungsschritte können auch bei der abschließenden Bewertung wieder verworfen werden. Es handelt sich bei der qualitativen Erfassung um einen dem Entwurf sehr ähnlichen Prozess, dem iterativen Herantasten an die endgültige Aussage. Die genannten Faktoren „Wissen um Baukonstruktion“, „Schäden“, verschiedene „Systemvarianten“ beim Tragwerk, „iterativer Prozess“ kommen Architekten von der Herangehensweise sehr entgegen, man könnte sagen, der Architekt ist geradezu prädestiniert für diese Aufgabe und hierbei wurde die wichtige Erfassung der gestalterischen Qualität, wie anfangs des Kapitels erwähnt, noch gar nicht angesprochen.

Man erkennt an den genannten Beispielen allerdings auch, dass die Architektentauglichkeit einiger Verfahren stark eingeschränkt ist.

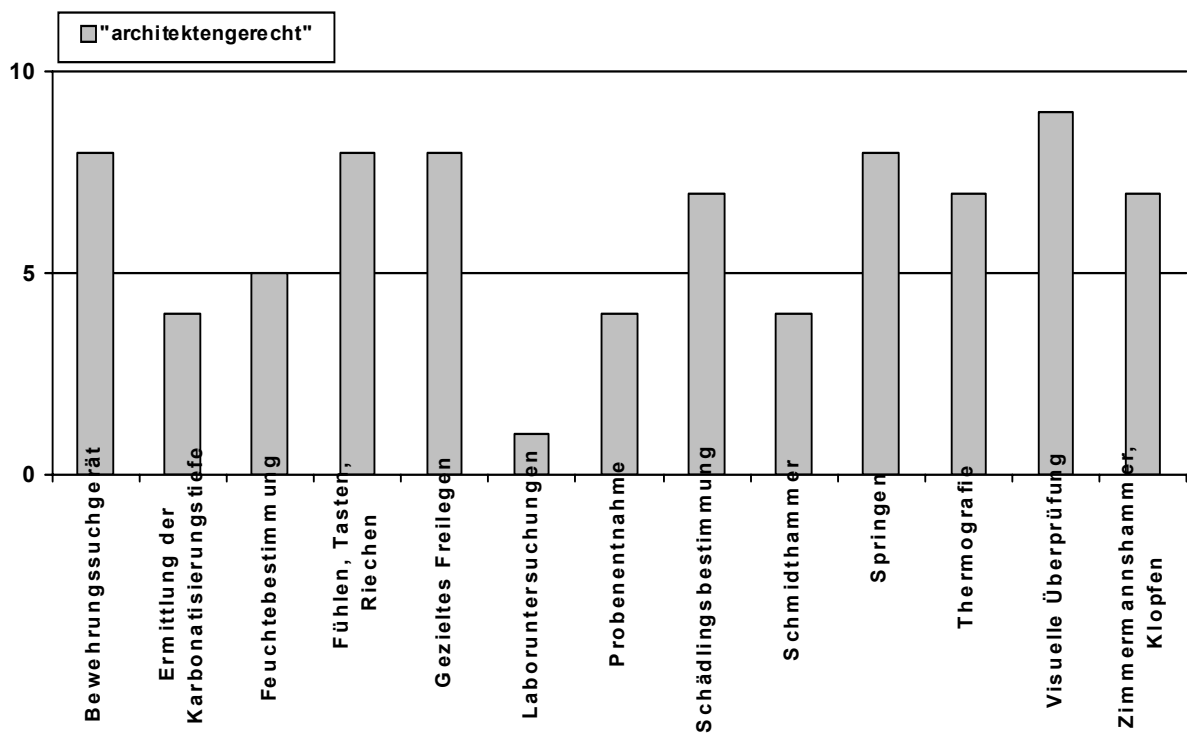
Das Wissen um alle angesprochenen Untersuchungsmethoden, Prüfvorschriften, etc. kann schwerlich von einem Architekten, der auch noch mit vielen anderen Fachgebieten zum Erwerb seines Einkommens konfrontiert ist, vorgehalten werden. Hier können jedoch EDV-Hilfen Expertenwissen bereitstellen. (s. Kapitel 6)

Sämtliche in den Beispielen genannte Laboruntersuchungen können schon aufgrund der Tatsache, dass die Kosten der Geräte nicht tragbar sind, nicht als architektengerecht aufgefasst werden. Bei der Auswahl der Entnahmestellen von Materialproben ist die Mitwirkung des Architekten von Vorteil, um unnötige Entnahmen oder gar zerstörende Entnahmen zu vermeiden.

Während die Erfassung der Geometrie weniger von den vorhandenen Baustoffen abhängt, sind die Methoden der qualitativen Erfassung oft materialabhängig. Die

Verfahren können untereinander noch schlechter als bei der geometrischen Erfassung verglichen werden.

Unten stehendes Diagramm zeigt eine, aus der Erfahrung mit den Beispielobjekten herrührende, subjektive Einschätzung der beschriebenen Verfahren bezüglich ihrer Tauglichkeit für Architekten. Die Tatsache, dass kein Verfahren mit voller Punktzahl angegeben ist, rührt nicht daher, dass der Verfasser beispielsweise eine visuelle Überprüfung Architekten nicht zutraut. Das Abrücken von einer uneingeschränkten Tauglichkeit der Verfahren ist der Tatsache geschuldet, dass bei der hohen Zahl möglicher Untersuchungsmethoden und -ergebnissen, eine zufriedenstellende Kompetenz in allen Verfahren, ohne weitere Unterstützung, schwerlich zu erreichen sein wird. Wie eine derartige Unterstützung aussehen kann wird in Kapitel 6 erläutert.



**Abbildung 3-264 - Einschätzung der Tauglichkeit der Verfahren „qualitative Erfassung“ für Architekten**

Die behandelten Beispielobjekte handeln von Untersuchungen am Objekt. Damit sollen die Bedeutung der Auswertung von Bestandunterlagen nicht geschmälert werden.

## **3.7 Entwicklungen und Anregungen zur architekturengerechten Erfassung**

### **3.7.1 Zu erwartende Entwicklungen auf dem Gebiet der Erfassung**

Die Entwicklungen von Messgeräten, also der Hardware, auf dem Gebiet der geometrischen und qualitativen Erfassung von Gebäuden sind so zahlreich, dass an dieser Stelle kein kompletter Überblick gegeben werden kann.

Einige Beispiele lassen erkennen, welche Entwicklungen zu erwarten sind.

#### **Laserdistanzmessgeräte**

Bei den kostengünstigen Lasermessgeräten gibt es zum einen den Trend zu kleineren Geräten (z.B. DLE 50 der Firma Bosch in Größe einer Zigarettenschachtel ) sowie den Trend zu höherer Ausstattung mit Neigungsmesser, eingebauter Digitalkamera zur Zielerfassung und Bluetooth - Schnittstelle zur Datenübertragung. Bisher ist kein Gerät auf dem Markt, welches alle diese Eigenschaften vereint, technisch machbar ist es bereits heute.

Auch könnte man, durch Kombination der Gerätetechnik eines Laserdistanzmessers, eines Neigungsmessers für vertikale Winkel und eines Winkelmessers für horizontale Winkel, ein kostengünstiges Tachymeter entwickeln. Für das Aufmaß von Innenräumen wird die kostenintensive Optik eines Tachymeters seltener benutzt. Evtl. könnte man diese weglassen. Eine Bluetooth - Schnittstelle zu integrieren wäre sinnvoll, in einer besseren Ausstattung zusätzlich eine einfache Optik mit einem Videochip. Das Bild des Chips könnte, aufs Laptop übertragen, das Anvisieren des Zieles erleichtern. ( Die Marktfähigkeit einer entsprechenden Entwicklung wird zur Zeit von der Industrie geprüft).

#### **3D Laserscanning**

Die Schnelligkeit und die Datenverarbeitungskapazität von 3D Laserscannern nimmt rasant zu. Kombinationen mit fotogrammetrietauglichen, in den Laserscanner eingebauten Kameras werden erprobt. Im Zusammenhang mit der 3D Lasertechnik sind durch Softwareentwicklungen, die zur leichteren Verarbeitung großer Datenmengen beitragen, große Entwicklungsschritte zu erwarten.

#### **Rotationskreisel**

Nachfolgende Überlegungen entstanden nach Gesprächen mit befreundeten

Wissenschaftlern aus der Elektrotechnik und der Physik. Eine Nutzung der im Flugzeugbau praktizierten Vermessung von Flugzeugen mittels Rotationskreisel erscheint dem Verfasser in technischer Hinsicht auch auf den Baubereich übertragbar, die Kosten solcher Anlagen lassen eine Entwicklung im Baubereich für nicht durchführbar erscheinen. Die folgende Erläuterung ist die einfache Darstellung einer laienhaften Idee für ein Messgerät mit zwei Kreiseln. Die Beurteilung dieser Idee hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit bleibt den verschiedenen Fachleuten überlassen.

Ein Kreisel ist bestrebt nach dem Prinzip der Drehimpulserhaltung stets seine Rotationsachse beizubehalten. Bei der oben erwähnten Vermessung von Flugzeugen wird ein Messgerät mit einem frei drehbaren Kreisel (kardanische Aufhängung) benutzt. Wird das Messgerät im Raum bewegt, der Kreisel aber seine Achse behält, ändert sich der Neigungswinkel der Aufhängung. Darüber kann (stark vereinfacht dargestellt) immer die genaue Position des Messgerätes bestimmt werden.

Das zu messende Objekt wird mit dem Messgerät abgetastet, die genaue Kontur des abgetasteten Objektes kann somit erfasst werden.

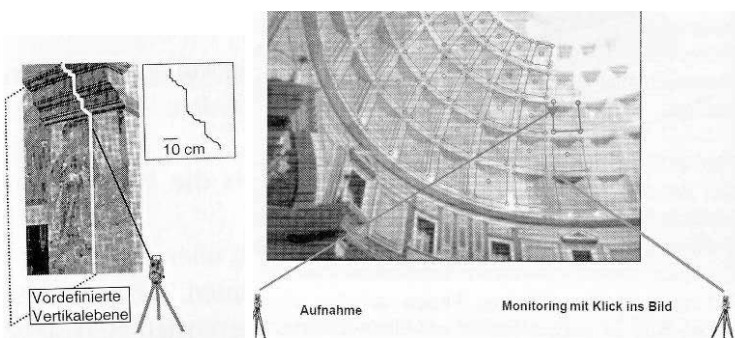
Hätte man ein Messgerät mit zwei Rotationskreiseln, müsste man über die Bestimmung der Koordinaten der beiden Kreisel die Richtung und Lage der Achse zwischen den beiden Kreiseln bestimmen können. Ordnet man in dieser Achse ein Laserdistanzmessgerät an, entsteht theoretisch ein Messgerät, welches jeden beliebigen Punkt wie ein Tachymeter durch Aufnahme der Distanz und der Winkel bestimmen kann.

### **Tachymetrie**

Auf dem Gebiet der Tachymetrie erscheint die Kombination von Tachymeter und Digitalkamera eine Lösung zu sein, die zu einer effizienten und kostengünstigen (verglichen mit einem 3D Laserscanner) Messmethode reifen könnte. Eine erste kommerzielle Anwendung, das Tachymeter GPT 7000i der Firma Topcon wurde bereits in Kapitel 3.3.2.4 beschrieben. Grundlegende Forschung auf diesem Gebiet leistet u. a. Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Scherer. (vgl. M. Scherer in *Riedel/Heine/Henze, S.27ff.*) „Intelligente“ motorisierte Tachymeter mit eingebauter Digitalkamera könnten eine Steuerung des Messgerätes durch eine Person am Laptop ermöglichen. Das auf dem Bildschirm angezeigte Bild der

Kamera zeigt das anvisierte Ziel. Dadurch, dass Foto und Laserstrahl die gleiche Optik des Tachymeters benutzen, können zu messende Punkte im Bild ausgesucht werden.

Mit der nötigen Intelligenz ausgestattet ist es Tachymetern ebenso möglich automatisch einen Vertikalschnitt zu zeichnen. Bisher wird die Schnittebene durch einen Rotationslaser markiert und diese Markierung wird per Hand in kurzen Abständen angezielt. Einem „intelligenten“ Tachymeter kann man eine Schnittebene vorgeben. Die geschieht beispielsweise über das Messen von drei Punkten. Darauf ist nur noch erforderlich ein Fenster zu definieren (maximale vertikale und horizontale Öffnungswinkel), in welchem sich die zu erfassende Kontur befindet und der Schnitt kann automatisch gemessen werden. Messungen die außerhalb der definierten Ebene liegen werden ignoriert. Eine Verbindung mit der CAD Applikation Tachycad der Firma kubit , Dresden, ist in Vorbereitung.



**Abbildung 3-265- Erstellen eine Schnittes mit "intelligenter" Tachymetrie (Q.:Riedel/Heine /Henze2006, S.28)**

**Abbildung 3-266 - Steuerung des Tachymeters durch Klick ins digitale Bild (Q.:Riedel/Heine /Henze2006, S.30)**

## Thermografie

Bei Entwicklungen auf dem Feld der Bau thermografie sind eine Erhöhung der Bildauflösung Pixelzahlen wie auch eine verbesserte Handhabbarkeit durch leichtere und kleinere Geräte zu erwarten.



**Abbildung 3-267 - Erste Thermografiekamera mit bis zu 1280 x 960 Infrarotpixel (Q.:<http://www.infratec.de/de/irtm/thermografie-infrarotkamas/kamas-portabel/fpa-echtzeit-kamas/variocamR-hr.html>)**

## Software zur Unterstützung der Erfassung

Zahlreiche Softwarepakete unterstützen die geometrische und qualitative Erfassung. Bei der geometrischen Erfassung wurde dies bereits wiederholt angesprochen.

	CallData	CASOB	Curamess	CYRAX	Eteon Iblon	ELTheo	ILRES-3D	MENSI	Maxmess	miniCASOB	Minolta	MOBI	MobileCAD	PHIDIAS	PhotoPlan	Rieg1	Roblometric	TachyCAD	TheoCAD	VITRUVIUS	Z-F: Imager 5003	
Handaufmaß									X	X		X	X								X	
Tachymetrie		X				X						X						X	X		X	
Photogrammetrie			X		X							X		X	X		X					
Laserscanning	X			X			X	X			X					X						X

Abbildung 3-268 - Gegenüberstellung verschiedener Aufmaßprogramme (Q.:Thurow2004, S.48 )

Thurow untersucht in *Thurow2004* gängige kommerzielle Softwarelösungen zur Unterstützung des Bauaufmaßes hinsichtlich der von ihm aufgestellten Forderungen an ein Aufmaßsystem im Rahmen der von *Petzold2001* formulierten „planungsrelevanten Bauaufnahme“.

- *durchgängige Unterstützung der Bauaufnahme von der Erstbegehung bis zur Datenübergabe*
- *Unterstützung der schrittweisen Annäherung an das Bauwerk*
- *Aufnahme, Verwaltung bzw. Strukturierung von formalen und informalen Daten*
- *Nutzbarkeit vor Ort*
- *Möglichkeit der flexiblen Kombination verschiedener Aufmaßtechniken und Methoden*
- *kein Zwang zu einer bestimmten Vorgehensweise, aber*
- *Unterstützung des Aufmaßes durch Assistenten, welche bestimmte Aufmaßstrategien unterstützen*
- *Nutzung ohne Fachwissen möglich*
- *Kontrolle durch Nutzer mit Fachwissen möglich*
- *Einfachheit und Flexibilität*
- *Echtzeit, Robustheit, Fehlertoleranz*
- *Unterstützung der parallelen Arbeit mehrerer Teams*
- *Bereitstellung von Verifikationstechniken*
- *Datenhaltung aller Messwerte und Möglichkeit der nachträglichen Korrektur (z.B. Reflektorkonstante)*

Thurow unterscheidet hier grundsätzlich nicht in Geometriedaten und sonstigen Informationen, sondern fordert die Verwaltung aller Daten in einer Softwarelösung(vgl. *Thurow2004*,S.39ff.).



Diese Möglichkeiten lassen die von ihm getesteten Programme meist nicht zu. Hier besteht also noch Entwicklungsbedarf. Prototypen, die in Teilbereichen den oben genannten Forderungen nachkommen, werden von ihm erarbeitet (vgl. *Thurow2004, S.148ff*).

### 3.7.2 Was erfasse ich wie ?

Diese Frage stellt sich sowohl für die geometrische als auch die qualitative Erfassung. Bei der großen Bandbreite möglicher Methoden und Apparatur wären Hilfen für eine Auswahl der effektivsten Methode wünschenswert.

*Klein2001* erarbeitet eine Systematik mit der in Abhängigkeit von einer geforderten Genauigkeit, der zu erarbeitenden Planungsgrundlage und Darstellungsart sowie den Eigenschaften des zu messenden Objektes eine Schlüsselzahl ermittelt wird, welche unter sieben verschiedenen Aufmaßmethoden eine geeignete vorschlägt. Das Verfahren ist in dieser Form noch nicht praktikabel. *Klein2001* sieht dies als Vorstufe für ein EDV – gestütztes Expertensystem. Denkbar ist die Integration eines solchen Programms in ein System welches sich an den Forderungen von *Thurow* orientiert. Teil der durchgängigen Unterstützung des Architekten durch EDV ist auch Hilfestellung bei der Auswahl der Aufmaßmethode.

Hierbei ist eine Beschränkung auf die Erfassung der Geometrie nicht befriedigend. Es müssten also auch weitere Parameter, wie die vorhandenen Baustoffe, angegeben werden.

Die zu erwartende Zahl der zu tätigenen Eingaben, bis das EDV – System eine brauchbare Antwort ausgibt erscheint hierbei allerdings relativ hoch. Ein EDV – Unterstützung des gesamten Verfahrens wird in Kapitel 6 diskutiert.

	Sehr geringe Genauigkeit > 20 cm	Geringe Genauigkeit 20,0–10,0 cm	Mittlere Genauigkeit 10,0–5,0 cm	Höhere Genauigkeit 5,0–2,0 cm	Sehr hohe Genauigkeit 2,0–1,0 cm	Höchste Genauigkeit < 1,0 cm
Sehr geringe Detaillierung	11	21	31			
Geringe Detaillierung	12	22	32	42		
Mittlere Detaillierung	13	23	33	43	53	63
Höhere Detaillierung		24	34	44	54	64
Sehr hohe Detaillierung			35	45	55	65
Höchste Detaillierung				46	56	66

**Abbildung 3-269 - Genauigkeits- und Detaillierungsstufen (Q.: Klein2001,S. 48)**

	Putzfassade einfach	Putzfassade kompliziert	Fassade Fachwerk einfach	Fassade Fachwerk kompliziert	Fassade Werkstein einfach	Fassade Werkstein kompliziert	Fassade Backstein einfach	Fassade Backstein kompliziert	Fassade Bruchstein einfach	Fassade Bruchstein kompliziert
Verformungsgetreuer Plan	32, 33, 42, 43	43, 44, 54	33, 43, 53	33, 43, 54	34, 35, 44, 45	44, 45, 54, 55	34, 35, 44, 45	44, 45, 54, 55	33, 43, 54	33, 43, 54
Analytischer Plan	43, 44, 54	44, 54	44, 54	43, 44, 54, 55	44, 45, 46, 55	55, 56, 65, 66	44, 45, 46	55, 56	43, 44	44, 45, 54, 55
Baueingabeplan	11, 12, 13, 21, 22, 23	12, 13, 22, 23	13, 23	23, 24, 33, 34	23, 24, 33, 34	24, 34, 44	23, 24, 33, 34	24, 34, 44	23, 24, 33, 34	24, 34, 44
Planungsgrundlage	32, 33, 42, 43	43, 44, 54	33, 43, 54	33, 43, 44, 54	34, 35, 44, 45	44, 45, 54, 55	34, 35, 44, 45	44, 45, 54, 55	33, 43, 54	33, 43, 54
Winkelrichtig, detailarm	31, 32	32	33	43	33	33	33	43	33	43
Winkelrichtig, detailreich	33	34	34	45	35	45	35	43	33	43
Tragsystem, detailarm	22, 23	33	43	44	33	43	33	43	33	43
Tragsystem, detailreich	33	34	34	45	35	45	35	45	34	45
Porträrierender Plan	34, 35, 43	44, 45, 46	44, 45, 46	45, 46, 55, 56	44, 45, 46	45, 46, 55, 56	44, 45, 46	45, 46, 55, 56	44, 45, 46	45, 46, 55, 56
Steingerechter Plan	-	-	-	-	44, 54, 64	45, 46, 55, 56, 65	44, 54, 64	45, 46, 55, 56, 65	44, 54	45, 46, 55, 56
Vereinfacht steingerecht	-	-	-	-	43, 53, 63	44, 54, 64	43, 53, 63	44, 54, 64	43, 53, 63	44, 54, 64
Kartierungsgrundlage	31, 32, 33	32, 33, 34	33, 34	43, 44, 45	33, 34, 35	43, 44, 45	33, 34, 35	43, 44, 45	33, 34, 35	43, 44, 45
Plan für Bauforschung	33	34	34, 44	45, 55	35, 45	45, 55	35, 45	45, 55	35, 45	45, 55
Plan für Reparaturplanung	33	34	33, 34, 43, 44	44, 45, 46, 54, 55, 56	33, 34, 35, 43, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66	33, 34, 35, 43, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66	33, 34, 35, 43, 44, 45	44, 45, 46, 54, 55, 56
Plan für Restaurierung	34, 35	35, 36	33, 34, 43, 44	44, 45, 46, 54, 55, 56	33, 34, 35, 43, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66	33, 34, 35, 43, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66	33, 34, 35, 43, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66

	Grundriss Massivbau einfach	Grundriss Massivbau kompliziert	Grundriss Fachwerk verputzt einfach	Grundriss Fachwerk verputzt kompliziert	Schnitt Massivbau einfach	Schnitt Massivbau kompliziert	Schnitt Fachwerk verputzt einfach	Schnitt Fachwerk verputzt kompliziert	Schnitt Fachwerk freiliegend einfach	Schnitt Fachwerk freiliegend kompliziert
Verformungsgetreuer Plan	33, 34	43, 44	33, 34	43, 44	42, 43, 44	44, 54	33, 34	44	44	44, 45, 54, 55
Analytischer Plan	43, 44	44, 45, 54, 55	34	44, 45	44	44, 54	34, 35, 44, 45	44, 45, 54	44, 45, 54	45, 46, 55, 56
Baueingabeplan	11, 12, 13, 21, 22, 23	12, 13, 22, 23	22, 23	23, 33	22, 23	23, 33, 34	22, 23, 32, 33	23, 32, 33, 34	32, 33	33, 34
Planungsgrundlage	32, 33, 42, 43	43, 44, 54	32, 33, 34	33, 34, 43, 44	42, 43, 44	44, 54	33, 34	43, 44	44, 45	44, 45, 54, 55
Winkelrichtig, detailarm	31, 32	32	33	33, 34, 35	33, 34, 43	34, 44	33	34	43	44
Winkelrichtig, detailreich	33	34	34	35	44, 45	45, 46	34, 35	35	44, 45	45, 46
Tragsystem einfach	31, 32, 41, 42	32, 42	33, 43	33, 34, 43, 44	33, 34, 43	44, 54	43	44	43	54
Tragsystem detailliert	33, 34, 42, 43	34, 35, 44, 45	34, 44	35, 36, 44, 45, 54, 55	34, 35, 44, 45	45, 46, 55, 56, 65, 66	44	45, 54, 55	44, 45, 46, 54, 55, 56	55, 56, 65, 66
Porträrierender Plan	34, 35, 43	44, 45, 46	34, 35	44, 45	44, 45	54, 55, 56, 65, 66	34, 35, 44, 45	44, 45, 54, 55	44, 45, 54, 55	45, 46, 55, 56, 65, 66
Kartierungsgrundlage	31, 32, 33	32, 33, 34	31, 32, 33	32, 33, 34	43, 44	44, 54	33, 34	43, 44	44, 45	44, 45, 54, 55
Plan für Bauforschung	33	34	33, 34	43, 44	42, 43, 44	44, 54	33, 34	44	44	44, 45, 54, 55
Plan für Reparaturplanung	33	34	33, 34	43, 44	42, 43, 44	44, 45, 46, 54, 55, 56	33, 34	44	44, 45, 54, 55, 64, 65	45, 46, 55, 56, 65, 66
Plan für Haustechnik	44	55	34, 44	44, 45	33, 34, 43	44, 54	33, 34	44	44, 45	45, 46
Plan für Restaurierung	33	34, 44, 45	33, 34	43, 44	33, 34, 43	44, 45, 54, 55	34, 35, 44, 45	34, 35, 44, 45	44	45

Schlüsselzahl	Einrüstung des Fassadenbereichs vorhanden	Keine Einrüstung des Fassadenbereichs über 4,0 m	Abstand von Fassaden unter 1,50 m	Fassadenbereich bis 4 m hoch	Bereich vor Fassaden nicht begehbar	Bereich vor Fassaden weiträumig nicht begehbar	Schnittdarstellung	Grundriss bei unbewohntem, leerem Objekt	Grundriss bei bewohntem Objekt
11	Hnr	PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, PE, PM	PE, PM	PE, PM	Hnr	Hnr	Hnr
12	Hnr	PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, PE, PM	PE, PM	PE, PM	Hnr	Hnr	Hnr
13	Hnr	PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, PE, PM	PE, PM	PE, PM	Hnr	Hnr	Hnr
21	Hnr	TL, PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, TR <sup>4</sup> , TL <sup>4</sup> , PE, PM	TL, PE, PM,	TL, PE, PM,	Hnr, Hr	Hnr, Hr	Hnr, (Hr) <sup>5</sup>
22	Hnr	TL, PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, TR <sup>4</sup> , TL <sup>4</sup> , PE, PM	TL, PE, PM	TL, PE, PM,	Hnr, Hr	Hnr, Hr	Hnr, (Hr) <sup>5</sup>
23	Hnr	TL, PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, TR <sup>4</sup> , TL <sup>4</sup> , PE, PM	TL, PE, PM	TL, PE, PM,	Hnr, Hr	Hnr, Hr	Hnr, (Hr) <sup>5</sup>
24	Hnr	TL, PE, PM	Hnr, (PM) <sup>3</sup>	Hnr, TR <sup>4</sup> , TL <sup>4</sup> , PE, PM	TL, PE, PM	TL, PE, PM,	Hnr, Hr	Hnr, Hr	Hnr, (Hr) <sup>5</sup>
31	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, (PE), PM	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM	TL, (PE) <sup>2</sup> , PM	TL, PM	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
32	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, (PE), PM	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM	TL, (PE) <sup>2</sup> , PM	TL, PM	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
33	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, (PE), PM	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM	TL, (PE) <sup>2</sup> , PM	TL, PM	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
34	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, (PE), PM	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM	TL, (PE) <sup>2</sup> , PM	TL, PM	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
35	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, (PE), PM	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM	TL, (PE) <sup>2</sup> , PM	TL, PM	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
42	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PM, PS	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM, PS	TL, PM, PS	TL, PM, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
43	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PM, PS	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM, PS	TL, PM, PS	TL, PM, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
44	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PM, PS	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM, PS	TL, PM, PS	TL, PM, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
45	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PM, PS	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM, PS	TL, PM, PS	TL, PM, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
46	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PM, PS	Hr, (PM) <sup>3</sup>	Hr, TR, TL, PM, PS	TL, PM, PS	TL, PM, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
53	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PS	Hr	Hr, TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
54	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PS	Hr	Hr, TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
55	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PS	Hr	Hr, TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
56	Hr, (TR, TL) <sup>1</sup>	TL, PS	Hr	Hr, TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
63	(Hr, TR, TL) <sup>2</sup>	TL, PS	(Hr) <sup>2</sup>	(Hr) <sup>2</sup> , TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
64	(Hr, TR, TL) <sup>2</sup>	TL, PS	(Hr) <sup>2</sup>	(Hr) <sup>2</sup> , TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
65	(Hr, TR, TL) <sup>2</sup>	TL, PS	(Hr) <sup>2</sup>	(Hr) <sup>2</sup> , TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>
66	(Hr, TR, TL) <sup>2</sup>	TL, PS	(Hr) <sup>2</sup>	(Hr) <sup>2</sup> , TR, TL, PS	TL, PS	TL, PS	Hr, TR, TL	Hr, TR, TL	(Hr) <sup>2</sup> , TR, (TL) <sup>6</sup>

Hnr	PE	TR
Handaufmaß nicht referenziell	Photozentrierung	Tachymeter mit Reflektor
Hr	PM	TL
Handaufmaß, referenziell	Mehrbildphotogrammetrie	Tachymeter ohne Reflektor
	PS	
	Stereophotogrammetrie	

- Nur bei ausreichendem Abstand auf dem Gerüst
- Mit geodätischen Präzisionsgeräten
- Bei optimalen Aufnahmebedingungen
- Geräte < 5° Winkelgenauigkeit können eingesetzt werden
- Bei Einsatz von Rotations- oder Richtungslasern Sicherheitsrichtlinien beachten!
- Lasersicherheit beachten!

Abbildung 3-270 - Systematik zur Auswahl der geeigneten Aufmaßmethode (Q.: Klein2001, S. 50-57)

### 3.7.3 Aufmaß - Möbel

Dieses Kapitel ist als praxisnahe Anregung zur Erleichterung des „Aufmaßalltags“ gedacht. Zur geometrischen wie auch qualitativen Erfassung wird viel Zeit für den Transport der Messgeräte innerhalb des Gebäudes benötigt. Der Arbeitsplatz des Aufmessenden ist nicht selten ungünstigen Umweltbedingungen ausgesetzt. Staub, Kälte, Hitze, Sonneneinstrahlung, Niederschlag können das Erfassen eines Gebäudes stark beeinträchtigen. Hier wäre ein Aufmaß – Möbel, welches zum einen als Arbeitsplatz für das Aufmaß dient und vor möglichst vielen der oben genannten widrigen Umweltbedingungen Schutz bietet, zum anderen bei dem Transport der Messgeräte einsetzbar ist, hilfreich. Selbst sollte dieses Aufmaß – Möbel möglichst leicht und gut zu verstauen sein.



Abbildung 3-271 - Verschiedene Geräte zur Erfassung  
Abbildung 3-272 - Stegreifentwurf zum Thema Aufmaßmöbel



Abbildung 3-273 - Stehgreifentwurf zum Thema Aufmaßmöbel

Die in Abbildung 3-268 gezeigte studentische Arbeit zeigt schon einige gute Lösungsansätze. Die untere Box kann ein Tachymeter aufnehmen, mit geschlossenem Deckel ist die Box als Sitz zu gebrauchen, weitere Fächer zum Transport von Laptop und Vermessungsgerät sind vorhanden. Zum Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung oder Regen kann ein Schirm befestigt werden. Das Möbelstück kann nach dem Prinzip einer Mülltonne verfahren werden.

### 3.7.4 Bildentzerrung historischer Baustellenbilder

Bei der Bearbeitung der Beispielobjekte stand dem Verfasser eine instrumentelle Ausstattung (einschl. Software) zur Verfügung, welche die Möglichkeiten eines Architekturbüros in der Regel übersteigt.

Durch kreative Anwendung von Instrumenten oder Methoden etwas abseits ihres ursprünglich zgedachten Einsatzgebietes lassen sich interessante Ergebnisse erzielen.

Als Beispiel sind hier zwei Anwendungen der Einbildentzerrung angeführt. Für Architekten liegt der Schwerpunkt dieses Verfahrens bei der Erfassung von Fassaden.

Bei den Untersuchungen zur „Neuen Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe konnten durch die Entzerrung alter Fotos des Bauprozesses, Aussagen zur Bewehrungsführung gemacht werden.

Für die Beurteilung der Stahlbetonkonstruktion der „Neuen Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe war es wichtig zu erkunden, nach welchem statischen System die Unterzüge hergestellt worden sind.

Handelt es sich bei allen Unterzügen um Einfeldträger oder wurde in der Bauzeit um 1916 bereits Durchlaufträger konzipiert ?

Dies ist gerade für die Frage nach einer möglichen Umnutzung eines vorhandenen Systems sehr bedeutend.

Handelt es sich bei allen Trägern um Einfeldträger, also wird die Last immer nur über ein Feld transportiert, ist beispielsweise das Herausnehmen eines Deckefeldes für das benachbarte Feld kein Problem.

Bei Durchlaufträgern entlastet eine Feldlast die jeweils benachbarten Felder. Ein Entlasten eines Feldes oder gar Herausnehmen führt somit zu höheren Feldmomenten der Nachbarfelder (s. Kapitel 4.2.4)

Die hier in einem historischen Baustellenfoto festgehaltene Szene zeigt die Herstellung der Decke über KG (Aufnahme ca. 1916). Die Bewehrungseisen für die Eisenbetonträger liegen, gut erkennbar, auf der Schalung. Über die Bildentzerrung ist die Ermittlung der Geometrie der Bewehrungseisen möglich.



Abbildung 3-274 - Baustellenbild "Neue Schlosserei" der Amalienhütte (Q.: Archiv Sauerwein & Schäfer)

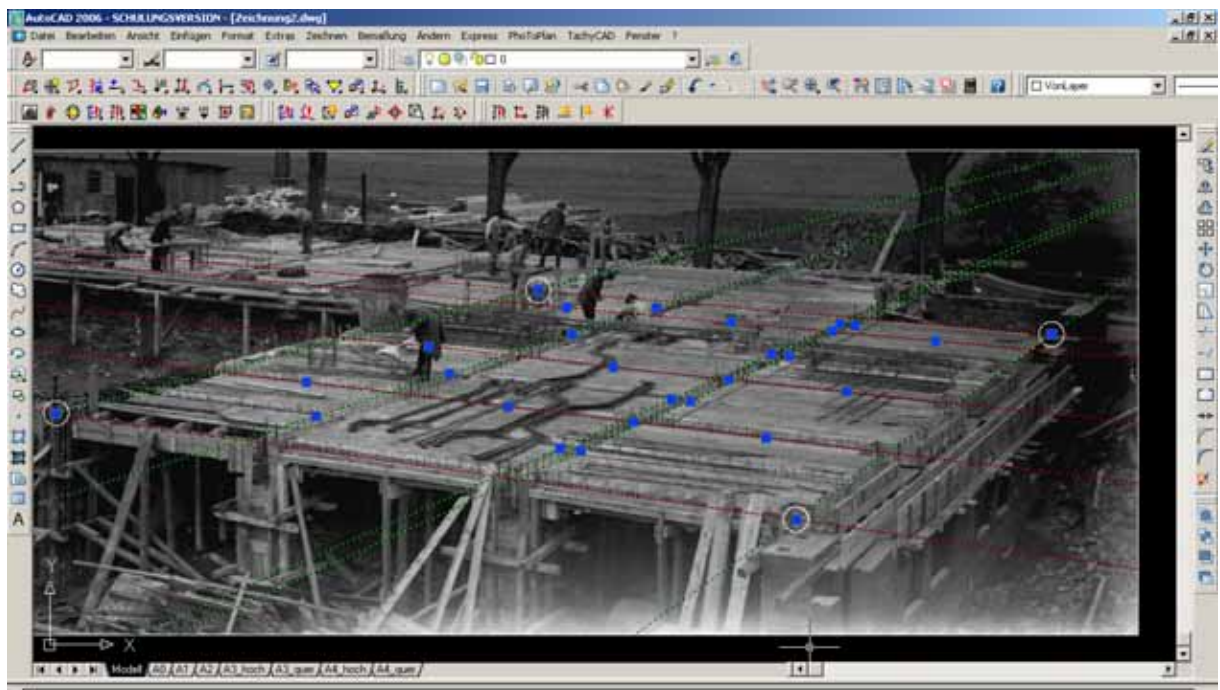
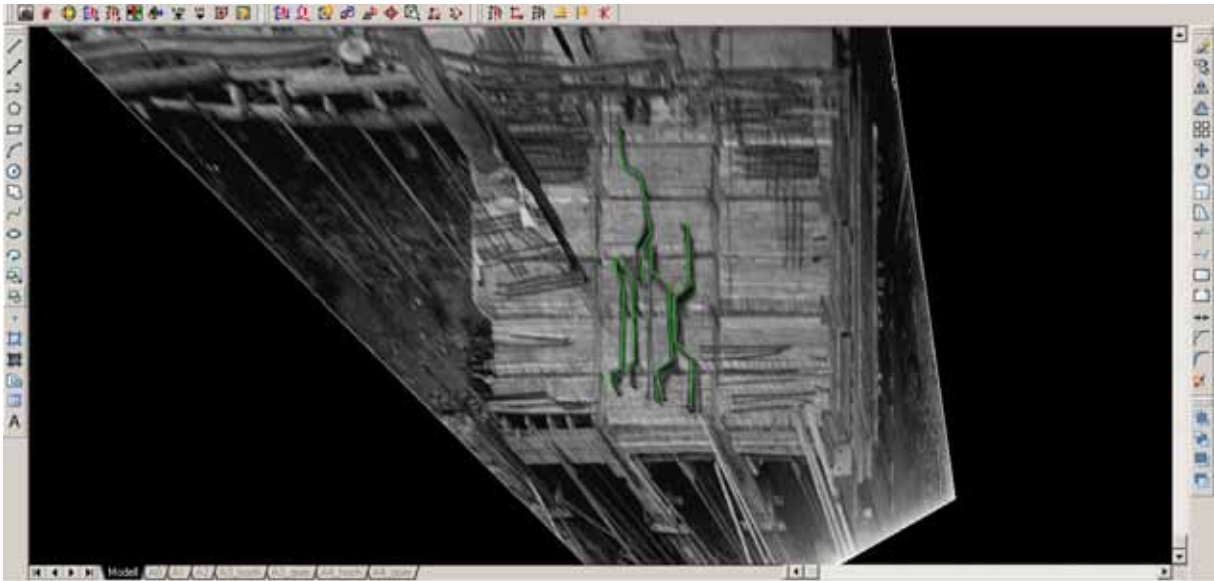


Abbildung 3-275 - Bildverzerrung über Gitternetz



**Abbildung 3-276 - Entzerrtes Foto mit in CAD nachgezeichneten Bewehrungseisen**

Beim Vorgang der Entzerrung werden oft den im Foto abgebildeten Passpunkten die örtlich gemessenen Punktkoordinaten zugeordnet. Die Pixelkoordinaten der Fotoaufnahme werden schließlich neu berechnet und in das Koordinatensystem der aufgemessenen Passpunktkoordinaten transformiert, so dass ein entzerrtes und maßstäbliches Ausgabebild entsteht.

Diese Referenzinformationen können alternativ über ebenengleiche Passstrecken und Angabe der Objektgeometrie mittels Anpassen eines Entzerrungsgitters ermittelt werden. Im hier dargestellten Beispiel erfolgte die Entzerrung nach dieser Methode mit der Software PhoToPlan der Firma kubit , Dresden.

Es werden bekannte Strecken in x und y Richtung auf der zu entzerrenden Ebene benötigt.

Durch die vorher erfolgte Bauaufnahme können die Abstände der Stützenköpfe und auch der Unterzüge untereinander ermittelt werden.

Das Ergebnis der Bildentzerrung ermöglicht ein Nachzeichnen der Bewehrungseisen und Abgreifen der wahren Längen. Hierbei konnte festgestellt werden, dass die nach oben aufgebogenen Bewehrungseisen über das Auflager hinwegreichen. Es lässt sich damit belegen, dass die Aufbiegung nicht nur der Aufnahme von Schubkräften diene, sondern dass negative Momente in Auflagernähe abgedeckt werden sollten. Es wurde also eindeutig davon ausgegangen, dass die Träger Durchlaufwirkung haben.

### 3.7.5 Kombination von Bildentzerrung und Thermografie

Die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten und Wärmedurchlasswiderstände der Baustoffe sind verantwortlich dafür, dass verdeckte Baukonstruktionen mit Hilfe von Thermografie erkannt werden können. Die Funktionsweise ist allerdings nur bei Aufbauten ohne Hinterlüftung gegeben. Das bedeutet, zweischalige hinterlüftete Konstruktionen oder einschalig verblendete Tragschalen wie Schieferdeckungen lassen, von außen thermografiert, keine bildlichen Rückschlüsse auf die eigentliche Tragschale oder Tragkonstruktion zu. Nicht nur bei alten, sondern ebenso bei jüngeren Bauwerken kann es eventuell erforderlich sein, Mauersteinformate oder Verankerungen wie bei Stahlbetonfertigteilfeassaden nachzuweisen, um daraus Erkenntnisse für eine Sanierungs- oder Umbauplanung zu gewinnen.

Die Entzerrung von Bildern kann wie in dem eben beschriebenen Beispiel der „Neuen Schlosserei“ der Amalienhütte über die Definition eines Rasters und Angabe bekannter Strecken erfolgen.

Die unten stehenden Bilder zeigen Schritte der Bildentzerrung eines Thermografiebildes des in Kapitel 3.5.6.6 beschriebenen Handwerksbetriebes. Die Bemaßung von vier Reihen Mauerwerk ergibt ein Maß von 1,04m, zwei Steine nebeneinander ergeben ein Maß von ebenfalls 1,04 m. Mit dem Wissen über Steinformate im Mauerwerksbau kann letztlich das Steinformat von 24cm x 49cm ermittelt werden. Die Sturzhöhe wurde mit 53cm ermittelt.

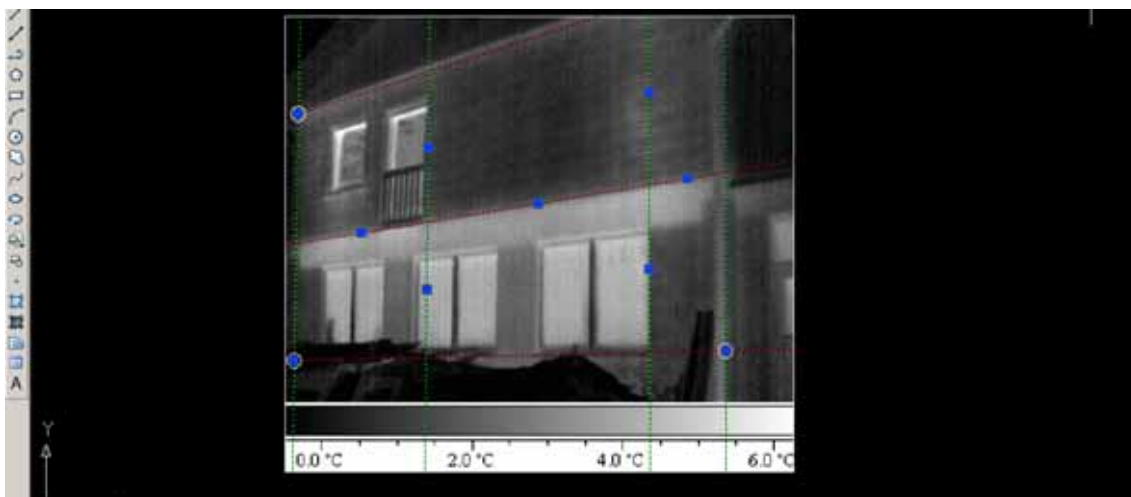


Abbildung 3-277 - Verzerrtes Bild mit Gitternetz

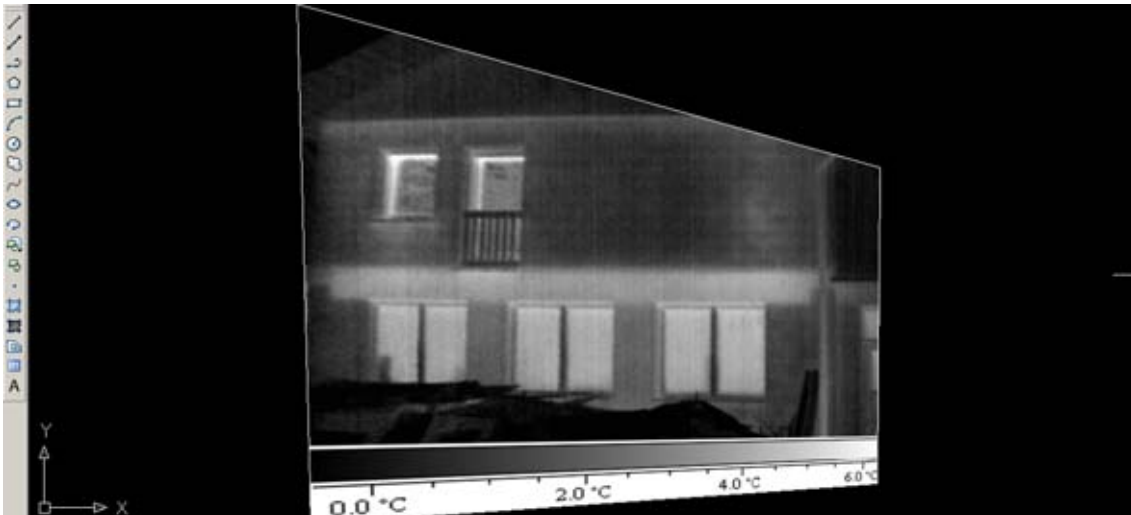


Abbildung 3-278 - Entzerrtes Bild im CAD - Programm

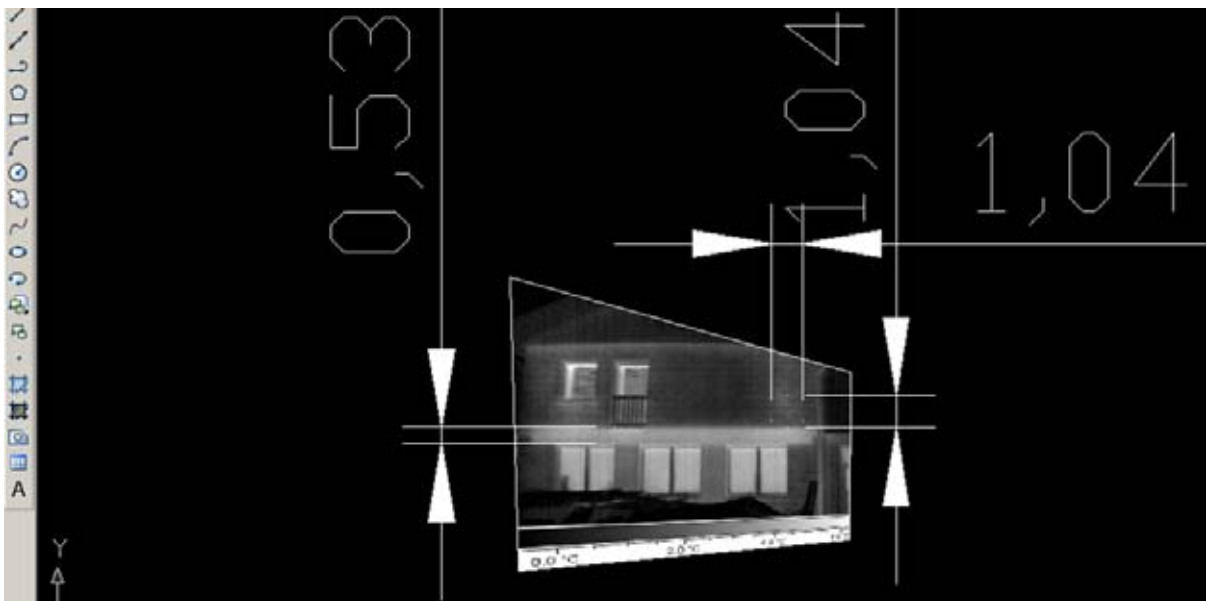


Abbildung 3-279 - Abgreifen von Maßen im entzerrten Bild

In einer vom Verfasser angeregten Hausarbeit im Studiengang „Planen und Bauen im Bestand“ wurde durch Herrn M. Wohlfahrt die Bildentzerrung mittels thermisch erkennbarer Passpunkte erprobt. Übliche Passpunkte sind im infraroten Bereich nicht sichtbar. Die Passpunkte müssen entweder wärmer oder kälter als ihre Umgebung sein, um auf der Thermografie zu erscheinen.



## Passmarke: Elektrischer Widerstand

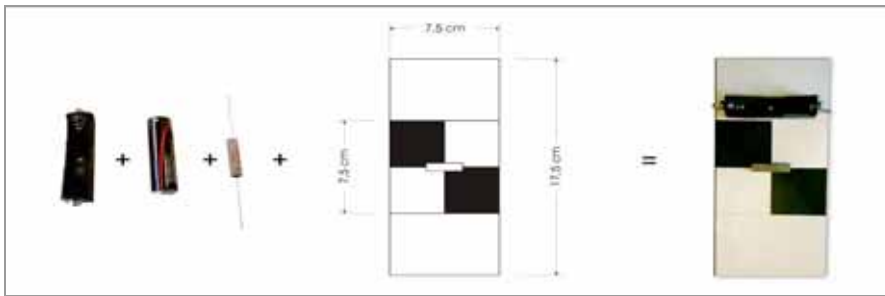


Abbildung 3-280 - Herstellung des Passpunktes "Elektr. Widerstand" (Q.: M. Wohlfahrt)

Für die Erzeugung einer annähernd punktförmigen und flachen Wärmequelle eignen sich insbesondere elektrische Widerstände mit hohem Emissionsgrad des Oberflächenmaterials. Prinzipiell ist die Herstellung der Passpunkte einfach und kostengünstig. Die Materialkosten der entwickelten Passmarke liegen bei ca. 3 Euro.

Dazu wird ein elektrischer Drahtwiderstand mit keramischer Ummantelung an eine 1,5 V Mignonbatterie angeschlossen. Der elektrische Widerstand wird zur leichteren Erkennbarkeit bei der Koordinatenaufnahme in ein grafischen Passpunkt integriert.

Die Befestigung der Passmarken erfolgt zerstörungsfrei mit wieder ablösbarem Klebeband an der Gebäudefassade. Da die Batterien über die Widerstände entladen werden, ist die Verwendung des Passpunktes für die Thermografieaufnahme zeitlich begrenzt (ca.2,5h).

Folgende Abbildung illustriert den sichtbaren Passpunkt im Thermogramm.



Abbildung 3-281 - Passpunkt in der Thermografie und im Digitalfoto (Q.:M. Wohlfahrt)

Das Thermogramm wurde idealer Weise aus einem Abstand von ca. 1m zum Passpunkt aufgenommen

### Passmarke: Gekantetes Blech

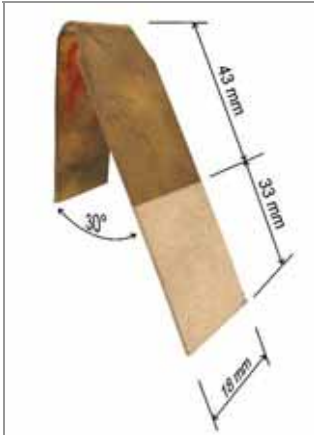


Abbildung 3-282 - Passpunkt aus Blech (Q.: M. Wohlfahrt)

Ein gekantetes Blech liefert eine noch kostengünstigere Passmarke als vorgenannte Variante, ohne dass weitere Verbrauchsmaterialien wie Batterien anfallen. Die Passmarke besteht aus einem ca. 2cm breiten Blechstreifen, der auf ca. 30° abgekantet ist. Als Material wird ein 1mm starkes Messingblech verwendet. Damit der Laserstrahl des Tachymeters nicht an der Metalloberfläche reflektiert, ist ein Teilbereich des Blechwinkels mit einem nicht reflektierenden Material abgedeckt.

Die Punktkoordinaten werden im Mittelpunkt der abgedeckten Fläche aufgenommen. Die Erkennbarkeit im Thermogramm zeichnet sich durch einen äußerst kalten, meist mit der Farbe Schwarz dargestellten Fleck, aus.

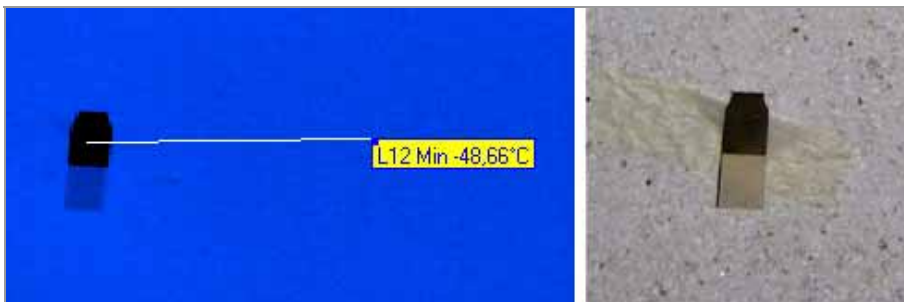


Abbildung 3-283 - Passpunkt "Blech" in Thermografie und Digitalfoto (Q.:M. Wohlfahrt)

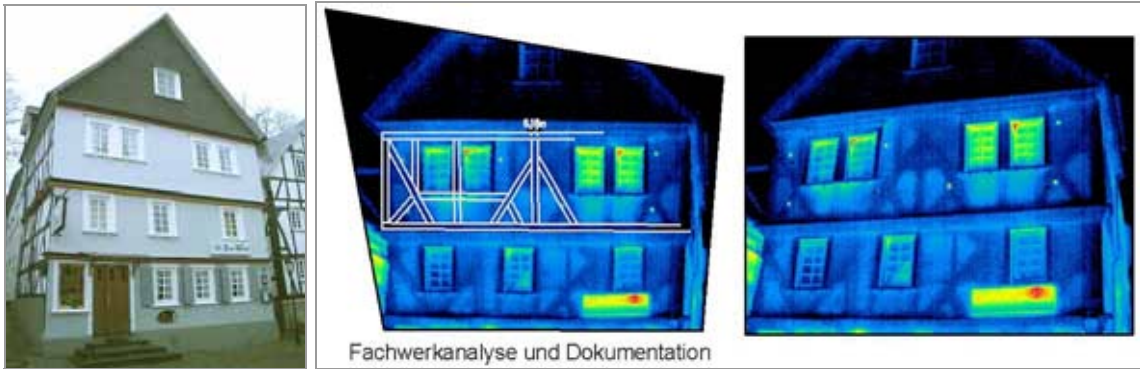
Die metallische Oberfläche mit niedrigem Emissionsgrad reflektiert bei richtiger Anordnung die Strahlungstemperatur des Himmels. Bei klarem Himmel stellen sich sehr geringe Strahlungstemperaturen bis ca.  $-80^{\circ}\text{C}$  ein.

Die Auswertung der entzerrten Thermogramme zeigt, dass grundsätzlich eine maßstabgerechte Entzerrung durchführbar ist. Die Methoden der Einbild-Fotogrammetrie lassen sich mit geeigneten Hilfsmitteln auf die Thermogramme anwenden. Die entwickelten Passmarken sind einfach nachzubilden, so dass weiterhin von einer architekturengerechten und praxistauglichen Methode gesprochen werden kann.

Eine maßstabgerechte metrische Auswertung erfolgt wie in vorigen Kapitel mit der Entzerrungssoftware PhoToPlan (kubit). Als AutoCad-Applikation ist das Programm direkt in das CAD-Programm eingebunden und bietet die schnelle und direkte digitale Auswertungsmöglichkeit..

Problematisch sind bei der Auswertung die weichen und zerfließenden Kanten der sichtbaren Konstruktionen, soweit sie unter einer Deckschicht zum Beispiel Putzschicht verborgen sind. Nicht nur die Spreizung von Innen- und Außentemperatur nimmt Einfluss auf die Weichzeichnung von Kanten, sondern auch die Stärke der Deck- bzw. Putzschicht. Da bis zur Oberfläche der Fassade die Wärme in Form von Leitung übertragen wird, beeinflusst bei idealen Randbedingungen die Wärmeleitfähigkeit sowie Speicherfähigkeit der Deckschicht die Oberflächentemperaturverteilung und kontrastreiche Differenzierung im Thermogramm. Bei Fachwerkkonstruktionen ergeben sich zudem in den Knotenpunkten sehr starke Weichzeichnungen.

Die Fachwerkstrukturen können zwar generell nachgezeichnet werden, genaue Bestimmungen von Dimensionen und Abmessungen der Balken, Streben und Ständer können nur annähernd erfasst werden. Vorteilhaft für eine Analyse ist daher der Einbezug schon freigelegter Fachwerkkonstruktionen.

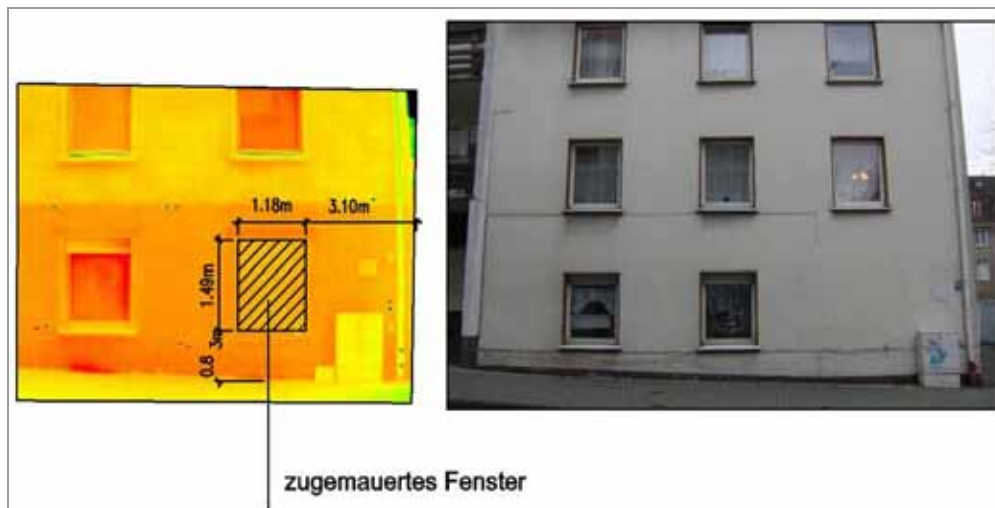


**Abbildung 3-284 - Fachwerkhaus in Freudenberg (Q.:M. Wohlfahrt)**

**Abbildung 3-285 - Thermografie und entzerrte Thermografie (Q.: M. Wohlfahrt)**

Das Gebäude in Freudenberg offeriert diese Vergleichsmöglichkeit, da die Trauffassaden bereits freigelegt wurden. Die oben gezeigte Abbildung verweist auf das Prinzip der Analyse.

Die Suche von zugemauerten Wandöffnungen ist nur erfolgreich, wenn das Baumaterial, welches zum Schließen der Öffnung verwendet wurde, einen gegenüber der übrigen Wand differierenden Wärmedurchgangskoeffizienten aufweist. Erfahrungsgemäß ist dies bei den meisten Altbauten vorzufinden, so dass eine genaue Bestimmung der Lage gelingt, wie die folgende Abbildung zeigt.



**Abbildung 3-286 - Auffinden und Messen ehemaliger Fensteröffnungen (Q.:M. Wohlfahrt)**

## Vergleich der Passmarken

Die verwendeten Passmarken zeigen im Vergleich relativ gleiche Genauigkeit, dennoch weisen sie einige charakteristische Unterschiede auf.

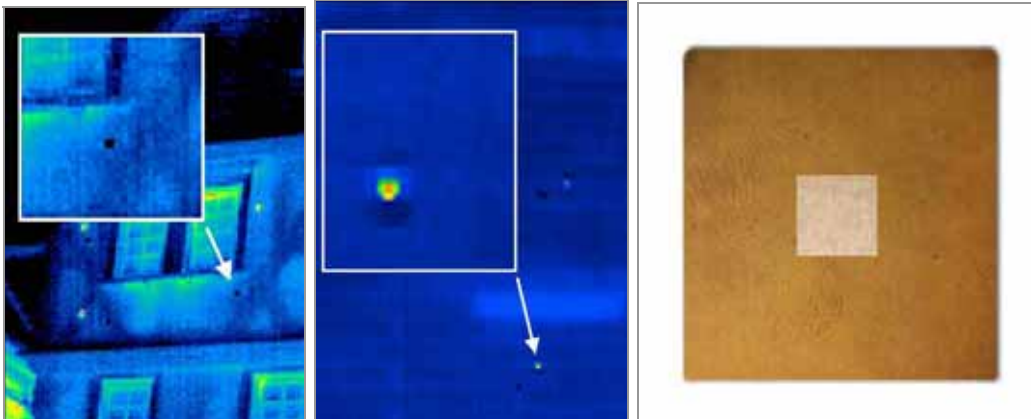


Abbildung 3-287 Passpunkt "Elektr. Widerstand" (Q.:M. Wohlfahrt)

Abbildung 3-288 - Passpunkt "Elektr. Widerstand" (Q.: M. Wohlfahrt)

Abbildung 3-289 - Passpunkt "Blech mit Zielfläche" (Q.: M. Wohlfahrt)

Die Blechwinkel sind im Thermogramm durch die automatische Zuweisung der Farbe Schwarz äquivalent zu sehr kalten Temperaturen besser sichtbar als die elektrischen Widerstände. Die Sichtbarkeit ist gleichwohl abhängig vom Standort der IR-Kamera. Bei kurzen und stark geneigten Blickwinkeln, vermindern sich, geometrisch bedingt, die betrachtete Reflektionsfläche des Metalls.

Die Eingrenzung des Messzielpunktes für die Koordinatenaufnahme ist der größere Nachteil des Passpunktes. Die Zuweisung der Koordinaten zum visuellen Passpunkt in der Software erfolgt durch Abschätzung. Der Mittelpunkt der abgedeckten Fläche des Blechwinkels, der den Messzielpunkt für das Laser des Tachymeters bildet, ist im Thermogramm nur bedingt sicht- oder eingrenzbar, da dieser Teil meist mit dem Hintergrund in einer Farbdarstellung verschwimmt. Da die Fläche des sichtbaren Metallstückes ungefähr gleich der abgedeckten Fläche entspricht, kann diese Abschätzung vorgenommen werden. Um das Problem zu mindern oder sogar zu beheben, sollte der Blechwinkel größer ausgebildet werden, ca. 6x6cm. Im Mittelpunkt der Fläche wäre eine Klebmarke, der Zielpunkt für den Laser des Tachymeters, ca. 2x2cm anzubringen.

In den Versuchen erwies sich der Elektrische-Widerstands-Passpunkt als die etwas genauere Methode. Der elektrische Widerstand bildet zugleich den

Zielpunkt des Lasers des Tachymeters, da die Oberfläche einen geringen Reflexionsgrad aufweist.

Die Problematik bei der Wiedererkennung im Thermogramm, stellt die Weichzeichnung und Farbdarstellung in Bezug auf die Pixelauflösung der Abbildung dar. Der Punkt ist nicht genau einzugrenzen. Einfluss auf das Verschwimmen der Farbgrößen nimmt zudem die leichte Erhitzung der Drahtzuleitungen von der Batterie zum Widerstand. Eine Isolierung der Zuleitungen und ein nicht wärmeleitendes Material um den Widerstand würden eine Zentrierung der Abstrahlrichtung hervorrufen, wodurch eine verbesserte Bilddarstellung erzielt werden kann.

Die vom Kameraabstand abhängige Messfleckgröße verursacht, dass die im Thermogramm sichtbaren Passpunkte zu einem diffusen Fleck verschwimmen, die zwar erkennbar sind, aber eine genaue Zuordnung auf die Mitte eines Passpunktes nicht zulassen. Dies ist der relativ geringen Auflösung von 320 x 240 Pixel der Thermografiekamera geschuldet.

Ohne die Bildauflösung der IR-Kamera zu erhöhen würde ein geringer Abstand der Kamera zum Messobjekt, die Messfleckgröße verkleinern. Bei der Thermografie von Bauwerken ist oftmals eine Reduktion des Abstandes angesichts der Gebäudehöhe schwierig umzusetzen. Falls doch, wird der betrachtete Bildausschnitt reduziert. Eine Fassade müsste daher in mehreren Abschnitten thermografiert werden. Dieses Verfahren gestaltet sich sehr zeitaufwendig.

Die Steigerung der Bildqualität sollte allerdings im Verhältnis zu der erdenklichen Sichtbarkeit von thermografierten Konstruktionen stehen. Die Weichzeichnung bei Fachwerkskonstruktionen kann auf diese Weise nicht besonders reduziert werden. Hier spielt, wie vorangehend erklärt, die Verteilung der Oberflächentemperaturen eine entscheidende Rolle. Prinzipiell ist für eine spätere Bauausführung, zum Beispiel bei Wiederherstellung von Fensteröffnungen, eine Abweichung von ca. 3% meist hinreichend genau.

Um dennoch die Ergebnisgenauigkeit der Entzerrung zu erhöhen, bieten Scanner-Kameras mit etwas höheren Bildauflösungen von z. Bt. 640x320px eine weitere Alternative. Die aktuelle Entwicklung der handlicheren FPA-Kameras tendiert zur Erhöhung der Detektorenanzahl (vgl. Kapitel 3.7.1) und demzufolge der

Bildauflösung, so dass zukünftig die entwickelte Messmethode weiter verbessert werden kann.

Eine Entzerrung von Thermografien ist sowohl über thermisch sichtbare Passpunkte als auch über die Angabe von Passstrecken und der Objektgeometrie (Anlegen eines Entzerrungsgitters) möglich. Die Wahl der Methode hängt von den örtlichen Gegebenheiten und der vorhandenen Ausstattung ab. Fassaden mit gleichmäßiger Raster ähnlicher Struktur eignen sich besonders gut für die Anpassung eines Entzerrungsgitters und somit für die Entzerrung über die Objektgeometrie. Voraussetzung ist die Möglichkeit, Referenzstrecken (Passstrecken) messen und diese auf der Thermografieaufnahme identifizieren zu können. Hier könnte der Einsatz von thermisch erkennbaren Stäben mit festgelegter Länge, die einfach bei der Thermografieaufnahme an der Fassade befestigt werden, eine Hilfe sein.

Die Entzerrung über thermisch erkennbare Passpunkte bietet sich an, wenn das notwendige Gerät (Tachymeter) zur Verfügung steht und die Fassade einen eher unregelmäßige Gestaltung aufweist.

## 4 Bewertung



Abbildung 4-1 -Bewertung (Q.: E. Wellhausen)

### 4.1 Einleitung

Grundlage einer Bewertung ist eine feste Größe, ein Maßstab mit dem das zu bewertende Objekt verglichen wird. Es müssen also Kriterien für eine Bewertung festgelegt werden (vgl. *Joedicke1976, S.34ff.*).

Vielzitierte Bewertungskriterien sind bereits mit dem sogenannten vitruvischen Dreiklang (*firmitas, utilitas, venustas*) in „*De architectura decem libri*“ genannt. Das gesamte Werk ist wahrscheinlich 14 v. Chr. herausgegeben worden (vgl. *Vitruv1964, Anmerkungen, S. 5*).

Im dritten Kapitel des ersten Buches spricht Vitruv darüber, dass öffentliche Gebäude „so gebaut werden, dass auf Festigkeit, Zweckmäßigkeit und Anmut Rücksicht genommen wird“ (*Vitruv1964, S.45*).

In der an Kaiser Augustus, den Unterstützer Vitruvs, adressierten Vorrede zum ersten Buch wird dargelegt, dass es sich bei dem Werk Vitruvs um eine Hilfe zur Beurteilung von Augustus Bauten handelt:

*„...damit sie (die Bauten, Anm. des Verf.)entsprechend der Größe Deiner Taten der Nachwelt zum Gedächtnis überliefert werden, habe ich festumrissene Vorschriften zusammengestellt, damit Du bei ihrer Beachtung die Beschaffenheit der Bauten, die Du schon geschaffen hast und noch schaffen wirst, selbst beurteilen kannst, denn ich habe in diesen Büchern alle Lehren der Baukunst dargelegt.“ (Vitruv1964, S.23).*

Vitruv bewertet also Architektur anhand der von ihm „festumrissenen Vorschriften“ unter anderem, wie erwähnt, mit Kriterien zur Festigkeit (Tragsicherheit), Zweckmäßigkeit (Funktionalität)und Anmut (Gestaltung). In Kapitel 2 wurde bereits darauf eingegangen, dass das Tragwerk nicht als eine neben der Architektur existierenden Fachdisziplin zu betrachten ist, sondern ein fester Bestandteil der



Architektur ist. So ist der Schluss zulässig, dass Beurteilungskriterien der Architektur, wie beispielsweise die oben genannten „festumrissenen Vorschriften“, in gleichem Maße auf das Tragwerk angewandt werden können.

#### **4.1.1 Allgemeine Kriterien bei der Bewertung eines Gebäudes**

Nun könnte man es mit dem vitruvschen Dreiklang bewenden lassen und behaupten, dass es weiterer Kriterien für die Beurteilung eines Gebäudes nicht bedarf. Doch auch Vitruv hat immerhin sein Werk auf zehn Bücher aufgeteilt und folglich viele weitere Aspekte behandelt.

Fragen der Gestaltung, der Funktionalität und der Standsicherheit wurden bereits nach Vitruv angesprochen.

Welche weiteren allgemeinen Kriterien sind bei der Bewertung von Gebäuden zu beachten?

Ein entscheidender Punkt für die Weiternutzung vorhandener Bauten sind monetäre Kriterien.

Welchen Wert hat das bestehende Gebäude, welchen das Grundstück?

Welche Standortvorteile und –nachteile sind zu berücksichtigen?

Wie sind die Entwicklungschancen des Gebäudestandortes einzuschätzen?

Welche „Restlebensdauer“ der vorhandenen Bauteile ist zu erwarten?

Welcher finanzielle Aufwand muss für eine Anpassung des Altbaus an den Stand der Technik betrieben werden?

Diese Fragen stehen im Allgemeinen ganz weit oben auf der Liste zu klärender Punkte bevor ein Altgebäude umgenutzt wird.

Über diese noch relativ gut zu quantifizierenden Parameter hinaus, kann der Wert eines Gebäudes nicht nur nach finanziellen Gesichtspunkten beurteilt werden.

Hier ist zunächst die Frage des Denkmals zu erörtern. In Kapitel 2.3.2 wurde zwar bereits darauf hingewiesen, dass Fragen des Denkmalschutzes im Rahmen dieser Arbeit nicht vertieft betrachtet werden. Eine architektur- oder konstruktionsgeschichtliche Bedeutung und damit einen besonderen Wert können auch Gebäude haben, die nicht in eine Denkmalliste eingetragen sind.

Des Weiteren gibt es auch noch individuelle emotionale Kriterien, die Bauherren veranlassen, ein vorhandenes Gebäude als besonders wertvoll zu erachten. Diese Kriterien lassen sich mitunter kaum noch rational erfassen.

Fragen bezüglich des Wärmeschutzes oder des Schallschutzes wiederum lassen sich mit Messungen an Bauteilen beantworten.

Weitere Kriterien zur Bewertung von Gebäuden ließen sich hier anschließen.

Es lässt sich festhalten:

Die Bewertung von Gebäuden erfolgt mit quantifizierbaren und nichtquantifizierbaren Kriterien.

#### 4.1.2 Bewertungsprozesse in der Architektur

##### Optimierungsverfahren im Entwurfsprozess

Beispiel für Bewertungsprozesse in der Architektur sind, aus der Entwurfsmethodik bekannte, Optimierungsverfahren. Hier lassen sich verschiedene Ansätze finden.



Abbildung 4-2 - Erzeugen und Einschränken von Varietät als Optimierungsverfahren für den Entwurf nach Rittel

In dem von Horst Rittel erläuterten Optimierungsverfahren wird die zuerst erzeugte Varietät verschiedener Lösungen für ein Entwurfsproblem anhand vorher

definierter Kriterien überprüft. Dieser Bewertungsfilter schränkt die Varietät wieder ein und lässt letztlich die bestbewertete Variante passieren. Durch Weiterentwickeln dieses Entwurfsgedankens wird für den nächsten Entwurfshorizont wieder Varietät erzeugt. Hier wiederholt sich der Vorgang (vgl. *Rittel*1970, S.17-32). Das dargestellte Diagramm könnte z.B. folgende Entwurfsschritte darstellen:

Zunächst (Basis1) die Organisation des Bauvolumens auf dem Grundstück. Es werden verschiedene Varianten entworfen und nach Kriterien, die dem Entwerfer angemessen erscheinen, gefiltert.

Die bewertete Variante wird zur Entwurfsbasis für den nächsten Entwurfshorizont (Basis2), beispielsweise die äußere und innere Erschließung des entworfenen Volumens. Auch hier erfolgt, nach der Erzeugung von Varietät, deren Einschränkung durch Bewertungskriterien.

Schließlich wird nach gleichem Verfahren eine geeignete Konstruktion für das Gebäude entwickelt.

### **Analyse als erster Schritt der Bewertung bestehender Gebäude**

In den vorangegangenen Sätzen wurde dargelegt, wie aus einzelnen bewerteten Elementen ein Ganzes, der Entwurf entstehen kann.

Die Umkehr dieses Prozesses ist die Analyse.

Beim Entwurf sind, wie eben dargelegt, Bewertungsschritte fester Bestandteil des Prozesses. Bewertungskriterien sind dafür ausschlaggebend, welche Varianten an unterschiedlichen Entwurfshorizonten zum Ganzen hinzugefügt werden. Die Umkehrung dieses Prozesses in der Analyse führt dazu, dass die Gesamtheit eines Gebäudes auf die einzelnen Bestandteile zurückgeführt wird. Gelingt es dabei die Bewertungskriterien, die zur Entstehung des Entwurfes geführt haben aufzuspüren, hat man sowohl das Werk als auch die Intention des Planers erfasst.

Des Weiteren erfordert die Aufteilung des Ganzen auf einzelne Entwurfparameter bereits wichtige Bewertungsschritte. Dies ist insofern nur folgerichtig, da das Zusammenfügen der Parameter im Entwurf auf Bewertungen basiert, bedingt das Auseinanderdividieren der Parameter in der Analyse ebenfalls eine Bewertung des Ganzen.

Beispielsweise muss zur Aufteilung des Ganzen schließlich entschieden oder bewertet werden, welcher Teil des Ganzen ist Verkehrsfläche, welcher Teil ist Nutzfläche.

Unten stehende Abbildungen zeigen Analyseschritte der von 1929 bis 1935 durch den italienischen Ingenieur Angelo Invernizzi in der Nähe von Verona erbauten Villa Girasole.



**Abbildung 4-3 - Villa Girasole bei Verona (Q.: K.Block/Archiv Villa Girasole)**

Das Gebäude besteht im Sockel aus einer Rotunde. Die darüber befindlichen, in Winkelform angeordneten Räume sind drehbar und können somit dem Sonnenlauf folgen. Aufgabe der Studierenden im Masterstudiengang „Planen und Bauen im Bestand“ war es, durch das Erstellen von Modellen und Zeichnungen sich den Entwurfparametern Erschließung, Volumen, Masse und Konstruktion zu nähern. Unter dem Gesichtspunkt der Umnutzung alter Gebäude kann so ermittelt werden, welche Anforderungen das überkommene Gebäude an mögliche neue Nutzungen stellt. In einem weiteren Schritt werden dann die Anforderungen der neuen Nutzung gegenüber dem Gebäude analysiert. Aus der Rückkopplung von Anforderungen des alten Gebäudes und der neuen Nutzung entsteht schließlich das neue Anforderungsprofil für eine Bauaufgabe im Bestand.

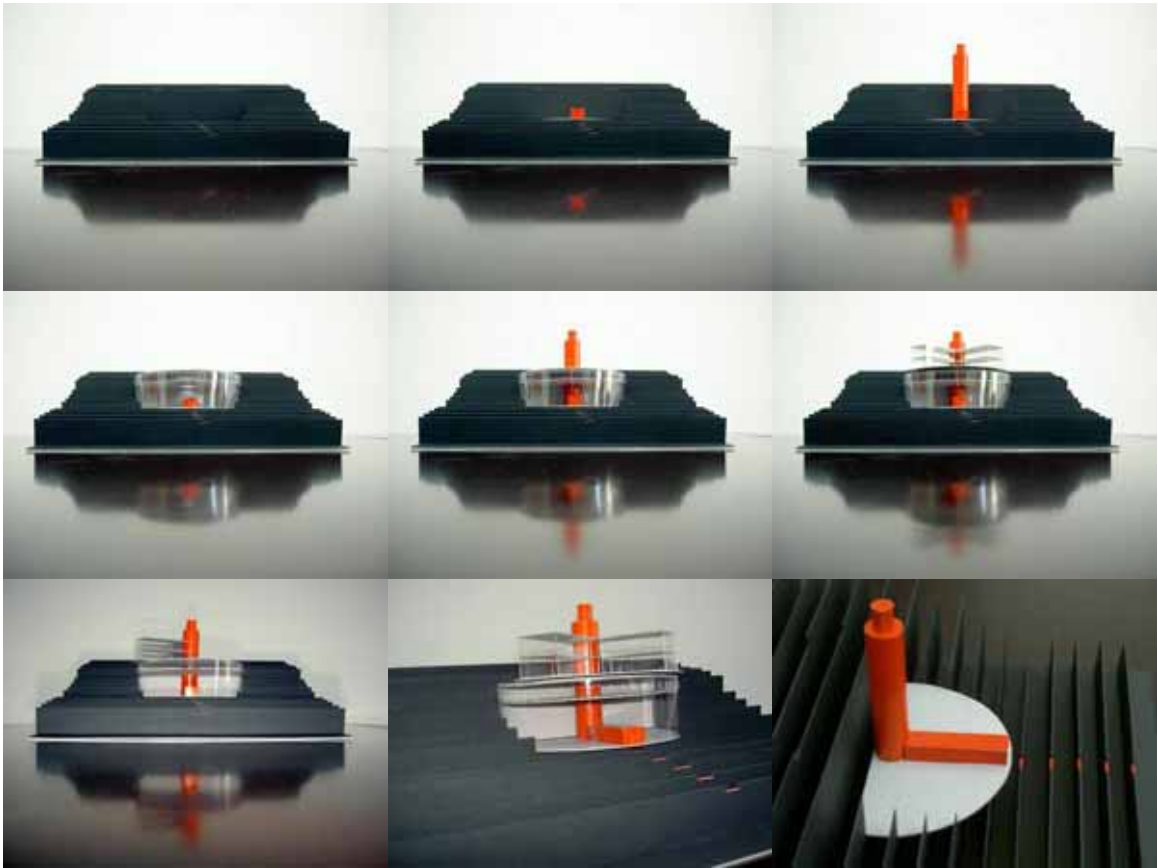


Abbildung 4-4 - Analysemodell Erschließung

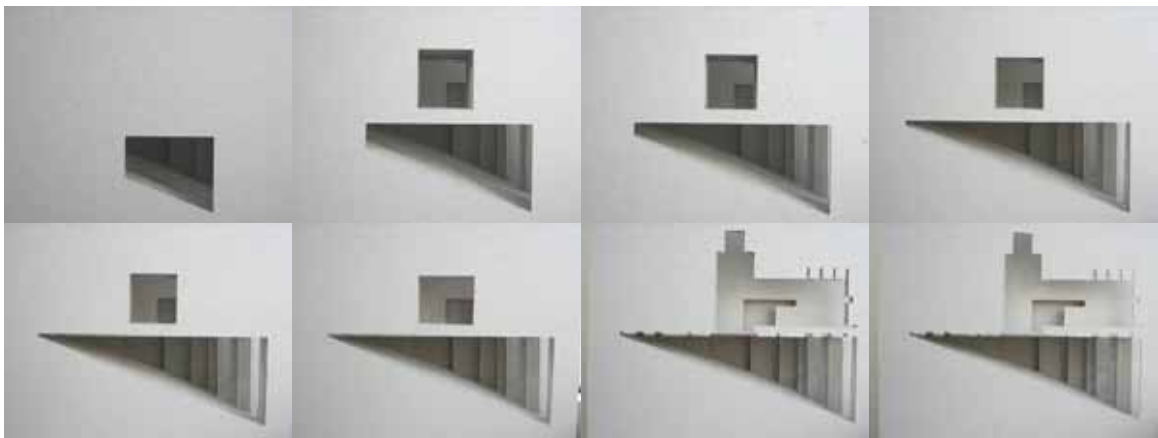


Abbildung 4-5 - Analysemodell Volumen (Negativform)



Abbildung 4-6 - Analysemodell Masse

Die hier im Rahmen der Entwurfsoptimierung und am Beispiel einer Entwurfsanalyse ablaufenden Bewertungsprozesse zeigen wichtige Charakterzüge architekturenspezifischer Arbeitsweise.

- Gewählte Bewertungskriterien sind oft nicht quantifizierbar
- Aufgaben werden mit iterativen Prozessen gelöst.
- Visuelle Aufbereitung von Sachverhalten sind fester Bestandteil von Arbeits- und Lernprozessen.

## 4.2 Bewertung von Tragkonstruktionen

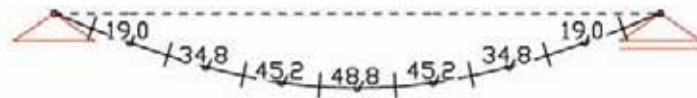


Abbildung 4-7 - Darstellung der Durchbiegung eines Einfeldträgers

Eine Übertragbarkeit der in 4.1.1 genannten Kriterien auf das Tragwerk ist durchaus gegeben. Zwar werden individuelle, emotionale Bindungen an ein Tragwerk eher selten vorkommen, doch Fragen der Gestaltung, der Funktionalität, der Standfestigkeit (unter diesem Stichwort müssen auch mögliche Schäden berücksichtigt werden), monetärer, architektur- und konstruktionsgeschichtlicher Bedeutung sind bei Baumaßnahmen im Bestand auch hinsichtlich des Tragwerkes zu lösen.

In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der architekturengerechten Beurteilung der Funktion und der Standfestigkeit von Tragwerken.

Die Standfestigkeit von bestehenden Tragwerken könnte man mit der lapidaren Frage : „Hält es oder hält es nicht?“ erläutern. Darüber hinaus soll jedoch beurteilt werden, welche Lasten in welcher Weise aufgenommen und weitergeleitet werden. Dies ist mit der Funktion des Tragwerkes gemeint. Jedoch nur in dem

Umfang, der für die Planung von Bedeutung ist. In diesem Zusammenhang kann man analog zu dem von Petzold (*vgl. Petzold2001, s.13ff*) benutzten Begriff „Planungsrelevanten Bauaufnahme“ von der „Planungsrelevanten Bewertung“ des Tragwerkes sprechen. Ziel der architekturengerechten Bewertung des Tragwerkes ist nicht der Standsicherheitsnachweis für das Gebäude, sondern eine Einschätzung, welche Möglichkeiten oder auch Einschränkungen die vorhandene Tragkonstruktion der Planung und Realisierung einer Baumaßnahme im Bestand bietet.

Hierzu gehört es zu klären, ob eine Ertüchtigung des Tragwerkes erforderlich und möglich ist. An dieser Stelle sei allerdings darauf hingewiesen, dass, mehr noch als beim Neubau, das Tragwerk als Bestandteil der Architektur in die Entwurfsplanung einzubeziehen ist. Planungen im Bestand sollten nie gegen den Bestand erfolgen, sondern mit dem alten Gebäude. Eine Bewertung des Tragwerkes erfordert parallel eine Bewertung des Entwurfes. Die Folge der Bewertung kann die Ertüchtigung des Tragwerks sein aber auch eine Änderung/ Ertüchtigung des Entwurfes oder beider Komponenten bedeuten.

Für den Ablauf einer Bewertung ist sind zwei verschiedene Ausgangslagen denkbar:

**1. Ein Bestandsgebäude soll umgenutzt werden, eine passende Nutzung für die Immobilie wird gesucht.**

Die Erfassung und Bewertung des Tragwerkes sollte generelle Aussagen zur Qualität des Tragwerkes ermöglichen. Bewertungen hinsichtlich geeigneter Belastungen und damit Nutzungen können hilfreich für die Projektentwicklung sein.

**2. Die zukünftige Nutzung eines Gebäudes steht bereits fest.**

In diesem Fall wird schon die Erfassung wie auch die Bewertung zielgerichteter ablaufen. Die Belastungen für das vorhandene Tragwerk sind genau abzuschätzen. Eventuell sind weitere Entscheidungen z.B. über den Abriss einzelner Gebäudeteile bereits gefallen. Diese zu bewerten ist folglich dann nicht notwendig. Bereits geplante Ergänzungen können für Ertüchtigungsmaßnahmen des Bestandes herangezogen werden.

Die genannten unterschiedlichen Ausgangslagen verlangen verschiedene Herangehensweisen. Der Umfang der Untersuchungs- und Bewertungsmethoden wird sich dadurch unterscheiden.

Im Folgenden werden jedoch Grundlagen und Beispiele erläutert, die in beiden genannten Fällen zur Bewertung von Tragwerken anwendbar sind.

Um eine Bewertung des Tragwerks zu erreichen, ist zunächst das Tragwerk zu definieren, sind mögliche Schäden und Verformungen am Tragwerk zu beurteilen, erfasste Materialeigenschaften zu berücksichtigen, die Einwirkungen (Lasten) auf das Tragwerk zu bewerten und die inneren Kräfte (Schnittgrößen) zu ermitteln.

#### **4.2.1 Bewertung von Schäden**



**Abbildung 4-8 - Risse im Sockel einer Kirche**

In Kapitel 3.5.3 wurden Schäden, klassifiziert nach den wichtigsten Baumaterialien, angesprochen. In diesem Kapitel wird davon ausgegangen, dass die Schäden an Tragelementen, Auflagern oder Knoten erfasst sind. Bei der Beurteilung, wie weit ein Schaden das Tragwerk beeinträchtigen kann, sollte zwischen verschiedener Schadensprozesse unterschieden werden.

**1.) Handelt es sich um einen Schaden durch eine einmalige bzw. abgeschlossene Einwirkung?**



Dies ist beispielsweise der Fall bei einer Querschnittsminderung eines Deckenbalkens durch unsachgemäße Durchführung einer Abwasserleitung, abgelaufenen Bauwerkssetzungen, der Einwirkungen eines Brandes oder bei mittlerweile verlassenen Fraßgängen des Holzbocks.

Es muss natürlich zunächst geklärt werden, ob es sich tatsächlich um eine abgeschlossene Einwirkung handelt.

Dies ist beispielsweise bei der Problematik von Setzungen des Baugrundes nicht leicht zu klären und erfordert eine Überwachung des Gebäudes evtl. durch Anbringung von Gipsmarken oder Rissmonitoren über einen längeren Zeitraum. Kommt man nun zum Ergebnis, dass eine abgeschlossene Einwirkung vorliegt, das Gebäude aber offensichtlich noch steht, ist dies vorläufig eine gute Nachricht zur Beurteilung der Standsicherheit nach dem Schaden. Allerdings ist die augenblickliche Standfestigkeit kein Garant dafür, dass Änderungen im Bauegefüge oder der belasteten Querschnitte nicht zu einer Überschreitung der zulässigen Spannungen bei den für das Gebäude zu erwartenden Belastungen führen. Es muss geklärt werden, ob aussteifende Elemente weiterhin ihrer Funktion nachkommen können.

Bei einmaligen Minderungen von Querschnitten kann ein Spannungsnachweis mit dem Restquerschnitt Aufschluss über die Bedeutung des Schadens für das Tragwerk geben. Brandschäden bei Stahlkonstruktionen sind besonders vorsichtig zu beurteilen, da stark erhitzter Stahl nur noch geringe Spannung aufnehmen kann. Im Zweifelsfall muss das Bauteil ausgetauscht werden.

Doch hilft bei der Beurteilung einer Querschnittsminimierung durch einen Schaden nicht nur der rechnerische Nachweis, auch die Vergegenwärtigung der wahrscheinlichen inneren Kräfte, also der Schnittgrößen kann hilfreich sein.

Je nachdem wo eine Beeinträchtigung des Querschnittes erfolgt ist damit abzuschätzen, welche Bedeutung dies für das Tragverhalten hat.

Dazu einige einfache Beispiele:

- Die Normalkraft einer Wand ist an deren Fuß infolge Eigengewicht am höchsten, eine Gefährdung durch Beulen besteht besonders im mittleren Drittel.

Eine Minderung des Querschnittes lässt sich also am besten am Kopf der Wand verkraften.

- Biegemomente sind für alte Holzbalken meist die Ausschlag gebenden Bemessungsgrößen. Diese sind in bei Einfeldträger in Feldmitte am größten. Eine Schädigung des Balkens in Feldmitte, im oberen oder unteren Drittel des Balkens ist hier, aufgrund der Verteilung von Biegezug und –druck im Querschnitt, gravierend.
- Schubkräfte sind hingegen in Feldmitte am geringsten. Dies wird beispielsweise bei der Probennahme an Metallprofilen, die ja auch einen (wenn auch geringen) Schaden am Tragelement verursachen, durch Entnahme in Mitte des Steges in Feldmitte berücksichtigt.
- Schäden an auf Druck belasteten Verbindungen im Holzbau stellen meist weniger Probleme dar als auf Zug belastete Anschlüsse.
- Freiliegende untere Bewehrung eines als Kragarm ausgebildeten Balkens aus Stahlbeton muss zwar saniert werden, für die Aufnahme der Zugkräfte ist jedoch die obere Bewehrung zuständig.

## 2.) **Handelt es sich um einen laufenden aber anzuhaltenden Schadensprozess?**

Beispielsweise die Korrosion unbeschichteter Stahlprofile, die Bewitterung von Holzkonstruktionen.

Im zweiten Fall ist die Ursache der Schadenseinwirkung zu ermitteln und abzustellen. Zum Beispiel das Schützen der genannten Holzkonstruktion vor der Witterung, die Beschichtung einer korrodierenden Metallkonstruktion, die Beseitigung aggressiver Stoffe oder das Abstellen zu hoher Belastungen. Ist mit finanziell vertretbaren Maßnahmen der Schadensprozess zu stoppen, kann danach wie in 1.) abgeschätzt bzw. nachgerechnet werden, ob die bisherigen Schäden weitere ertüchtigende Maßnahmen erfordern oder nicht.

### 3.) **Handelt es sich um einen laufenden, nicht zu stoppenden Schadensprozess?**

Hier sei beispielhaft der Befall mit Echem Hausschwamm oder das Auswaschen von mit Kalkmörtel gemauerten Fundamenten durch Grundwasser genannt.

Ist der Schadensprozess nicht zu stoppen, ist in der Regel das Tragelement zu entfernen und möglichst gegen ein resistenteres Element auszutauschen.

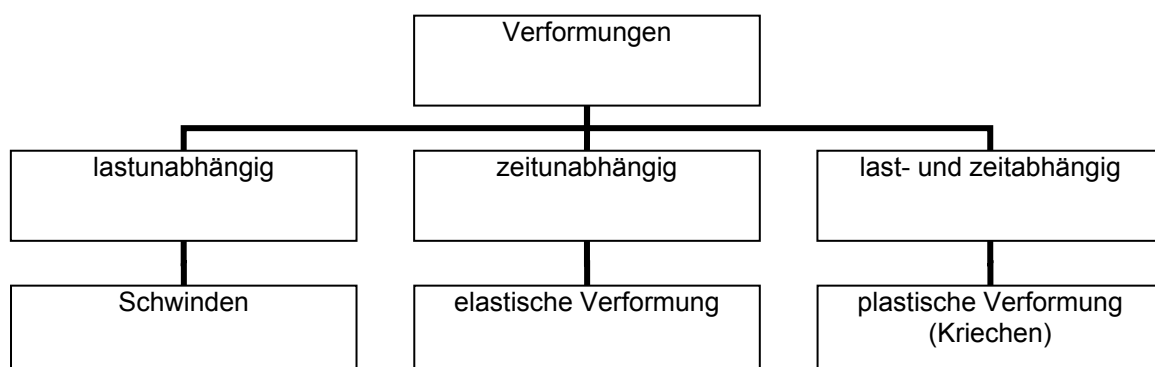
Beispielsweise müssen alle mit „Echem Hausschwamm“ befallene Holzbauteile mindestens einen Meter über den Befall hinaus entfernt werden. Die DIN 68800 rät darüber hinaus, auf einen erneuten Einsatz von Holzbauteilen zu verzichten oder geeignete vorbeugende Holzschutzmaßnahmen zu ergreifen.

Natürlich sollte versucht werden, die Ursachen des Schadensprozesses zu beseitigen.

In einigen Fällen wird gerade aus Kostengründen ein laufender Schadensprozess in Kauf genommen, wenn die zu erwartenden Auswirkungen auf das Tragverhalten zeitlich erst nach der geplanten Nutzungsdauer des Gebäudes eintritt. Eine laufende Überprüfung ist hier anzuraten.

#### 4.2.2 **Bewertung von Verformungen**

In Teilen könnte dieses Kapitel auch dem vorherigen zugerechnet werden, nicht alle Verformungen stellen jedoch bezogen auf die Tragfähigkeit einen Schaden dar. Daher wird diesem Thema ein eigenes Unterkapitel gewidmet. Mönck unterscheidet verschiedene Verformungsarten (vgl. *Mönck1999, S.52*).



**Abbildung 4-9 - Verformungsarten nach Mönck1999, S.52**

Lastunabhängige Verformungen haben ihre Ursache meist im Schwinden oder Quellen der Baustoffe sowie in Temperaturdehnungen.

Zeitunabhängige Verformungen entstehen durch Belastung, bilden sich nach Entlastung wieder zurück. Vorschriften zur Gebrauchstauglichkeit der Gebäude begrenzen heute die elastische Verformungen (Durchbiegung).

Unter lang andauernder Belastung weisen Baustoffe Kriechverformungen auf, sie verändern ihre Form ohne Erhöhung der Spannung. Stark durchgebogene Deckenbalken alter Gebäude sind meist keine Verformungen aufgrund zu hoher Spannungen, sondern Kriechverformungen, selbst bei völliger Entlastung bleibt eine Durchbiegung bestehen.

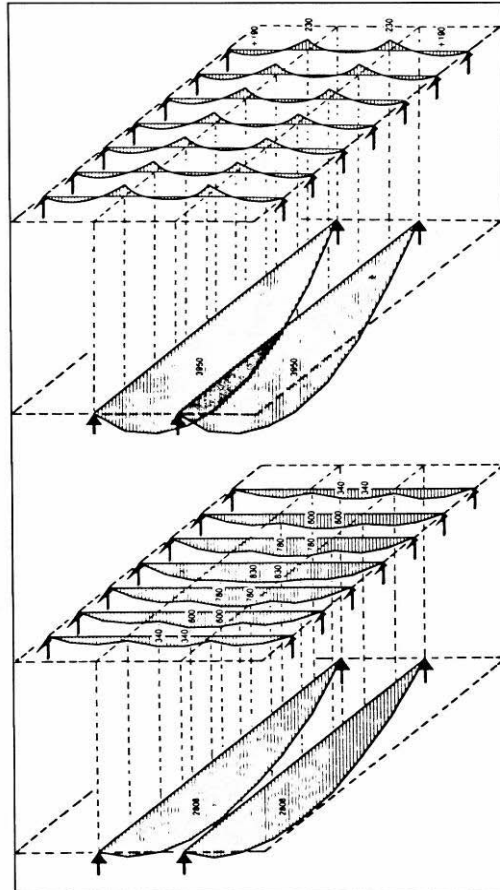
Eine weitere wichtige Ursache für Verformungen bestehen in Veränderungen der Auflagerung (z.B. Gründung).

Die Problematik unterschiedlicher Setzungen wurde in Kapitel 3.5.2.3 bereits angesprochen eine typische Veränderung des Auflagers ist z.B. das Wegfallen einer Schwelle in einem Fachwerkhaus.

Die genannten Verformungen bedeuten zunächst eine Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit.

Bisweilen sind die Verformungen jedoch zum Nachweis des Tragverhaltens erforderlich. Rau/ Braune schildern den häufig vorkommenden Fall der Unterstützung einer alten Holzbalkendecke durch einen hölzernen Unterzug.

Werden die Auflagerpunkte der einzelnen Holzbalken als feste Auflager angesehen, sind bei der rechnerischen Überprüfen der tragenden Konstruktion die Holzbalken scheinbar überdimensioniert, der Unterzug hingegen viel zu schwach ausgebildet.



**Abbildung 4-10 - Momentenverlauf Holz balkendecke- oben ohne, unten mit Berücksichtigung der elastischen Verformung (Q.: Rau/ Braune1995, S. 230)**

Bei Berücksichtigung der elastischen Verformung jedoch zeigt es sich, dass sowohl für die Holzbalken als auch für den Unterzug der Spannungsnachweis erbracht werden kann (vgl. *Rau/Braune1995, S.230*).

Wird der Unterzug in der statischen Berechnung als so steif angesehen, dass er sich nicht durchbiegt, zieht er sehr viel Last an sich, als weicher Balken werden die Deckenbalken viel stärker bei der Lastaufnahme mit einbezogen.

Das Tragverhalten wird dann geschädigt oder möglicherweise gefährdet,

- wenn die Verformungen tatsächlich aus zu hohen Lasten resultieren,
- wenn Verbindungen nicht mehr kraftschlüssig sind,
- andere Tragelemente verschoben werden,
- sich ein anderes Tragsystem ausbildet,
- wenn zu hohe Ausmitten entstehen,
- Verformungen unsachgemäß behoben werden.

Verformungen werden von Holz und Stahlkonstruktionen, welche in der Lage sind, Druck und Zug gleichermaßen aufzunehmen, leichter verkraftet als beispielsweise von Stahlbeton oder Mauerwerk, wo eine Verformung zu Zugbelastung in der Druckzone führen kann.

Einige Beispiele für Verformungen:

Das prominenteste Beispiel einer Schiefstellung ist der Schiefe Turm zu Pisa. Die Sicherung und Verringerung der Neigung wurde nötig, da das berühmte Bauwerk einzustürzen drohte. Man kann hier jedoch sehen, dass auch eine beträchtliche Schiefstellung die Standsicherheit dieses Mauerwerkbaus lange Zeit nicht beeinträchtigt hat. Wenn die Lastresultierende außerhalb des Bauteils zu geraten droht, besteht allerdings Einsturzgefahr (vgl. *Führer/Hegger1999, S.105 ff.*).

Die Stäbe eines Fachwerkes werden entsprechend ihrer Belastung als Zug- oder Druckstab dimensioniert. Veränderungen der vorgesehenen Belastungen werden zuerst an Verformungen der schlanken Zugstäbe erkennbar (Beispiel Kapitel 4.2.7.5).

Fußböden auf durchgebogenen Deckenbalken werden bei Sanierungen gerne ausgeglichen. Erfolgt dieses Ausgleichen jedoch nicht in kraftschlüssigem Verbund mit den verformten Balken (wodurch der Balken sogar ertüchtigt würde), sondern möglicherweise mit losem Schüttgut (z.B. Sand, Schlacke,... ) wird dem alten Balken an empfindlicher Stelle zusätzliche Last aufgebürdet.

Verformungen sind also Indizien für Veränderungen am Tragwerk, welche dem natürlichen Alterungsprozess, Baugrundbewegung, Bauschäden, Konstruktions- oder Planungsfehlern zuzuschreiben sind. Nach dem Auftreten von Verformungen ist bei der Bewertung der Tragkonstruktion besonders auf eine Überprüfung ihrer Funktionsweise zu achten und festzustellen, ob sich durch die Verformungen das ursprünglich geplante und ausgeführte Tragsystem geändert hat.

### 4.2.3 Bewertung der Materialeigenschaften

Die, durch die qualitative Erfassung ermittelten, Materialeigenschaften, müssen in den Kontext der Gesamtkonstruktion einbezogen werden. Haben die erfassten Qualitäten des Materials eine weite Streuung, sind möglicherweise weitere Untersuchungen zur Klärung dieser Bandbreite erforderlich.

Weitere Probennahmen können erforderlich werden.

Eine Alternative zu weiteren aufwendigen Laboruntersuchungen, bei der Ermittlung von Betonfestigkeiten, ist die Ergänzung von labortechnisch ermittelten Druckfestigkeiten mit Untersuchungen vor Ort durch den Schmidt-Hammer.

Aus Kosten-Überlegungen und aufgrund der Tatsache, dass die Entnahme von Material auch immer eine Zerstörung des Bestandes darstellt, ist die Anzahl möglicher Materialproben begrenzt. Eine 100%ige Übereinstimmung von der erfassten Materialeigenschaft und dem tatsächlichen Bestand wird es daher mit den derzeitigen Untersuchungsmethoden nicht geben. ( *vgl. Wapenhans2005, S.15*) Die verantwortungsvolle Bewertung der Materialeigenschaften lässt aber die Lücke zwischen gebauter Wirklichkeit und der Analyse des Bauzustandes auf eine kalkulierbare Größe sinken. Eine sorgfältige Bauüberwachung hilft Risiken aus eventuell unzutreffenden Annahmen aus der Bauzustandsanalyse zu minimieren.

Die Bewertung der Materialeigenschaften erfolgt mit Hilfe der für die verschiedenen Baustoffe geltenden DIN-Vorschriften. Zulässige Spannungen wurden bereits in Kapitel 3.5.4 (Baustoffkennwerte) angesprochen.

Nun kann es sein, dass man bei der Beurteilung der Materialeigenschaften, zur Sicherheit, vorhandene Baustoffe in eine niedrigere Festigkeitsklasse einordnet, als dies durch die mit Proben ermittelte Druckfestigkeiten zulassen.

Dennoch ist es oft möglich, nachzuweisen, dass die vorhandenen Spannungen zulässig sind. Gerade die sehr massiven alten Mauerwerkswände bieten hier oft „Reserven“.

Doch ist auch das Gegenteil ein mögliches Ergebnis der Bewertung der vorhandenen Materialeigenschaften. Die Materialeigenschaften sind möglicherweise so schlecht, dass der Baustoff heute gar nicht mehr eingesetzt werden dürfte, geschweige denn zusätzliche Lasten aufgrund eines geänderten

Anforderungsprofils aufnehmen kann. Jegliche Veränderung am Tragwerk auf Seiten der Konstruktion oder der Last erfordert dann Ertüchtigungsmaßnahmen.

#### 4.2.4 Bewertung des Tragwerkes hinsichtlich Änderungsmöglichkeiten

Änderungsmöglichkeiten von Tragwerken hängen zum einen von der Konstruktion des Tragwerkes zum anderen vom statischen System ab.

Ist das Tragsystem aus einzelnen Elementen zusammengefügt, die sich leicht montieren und demontieren lassen, sind Änderungen am Tragwerk relativ leicht zu vollziehen. Fachwerkkonstruktionen sind im Prinzip frühe Fertigteilkonstruktionen. Gerade Bauten deren Konstruktion freiliegt, beispielsweise Scheunen, wurden oft umgebaut oder sogar komplett abgebaut und an anderer Stelle wieder errichtet. Beim Umbau unten abgebildeter Scheune in ein Büro wurde das Tragwerk mit Hilfe von Drehstützen leicht angehoben, um Sockel und Bodenplatte unter den Wänden errichten zu können.



**Abbildung 4-11 - Abgestützte Scheune in der Bauphase**

**Abbildung 4-12 - Südansicht,...**

**Abbildung 4-13 - Westansicht nach Umbau zu Bürogebäude**

Decken und Wände von zu Wohnzwecken genutzten Fachwerkhäusern müssen für eine Veränderung des Tragsystems erst freigelegt werden. Dies bedeutet zwar einen höheren Aufwand als bei den oben genannten freiliegenden Konstruktionen. Dennoch ist eine Veränderung beispielsweise der Geschosshöhe leichter möglich als bei einer Massivkonstruktion, da sich die einzelnen Bauteile viel besser voneinander trennen lassen. Die Decke vom Obergeschoss zum Dachraum wurde in diesem Beispiel in der Lage verändert, um größere Geschosshöhen zu erreichen (s. Schnitt).





Abbildung 4-14 - Fachwerkhaus vor der Baumaßnahme  
 Abbildung 4-15 - Freigelegtes Fachwerk während der Bauphase

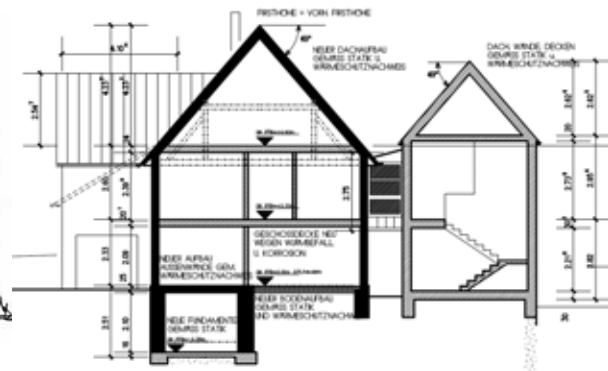
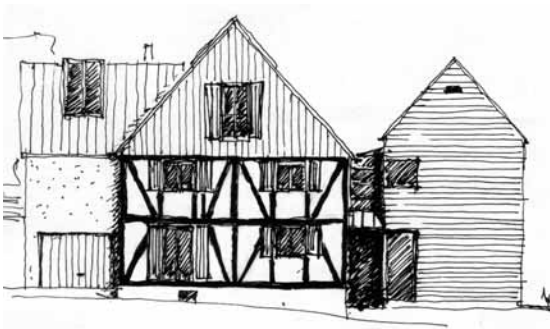


Abbildung 4-16 - Entwurf  
 Abbildung 4-17 - Schnitt

Bei dem Umbau des unten abgebildeten Stall- und Scheunengebäude aus den 1970iger Jahren zu einem Wohnhaus wurde die gute Eignung der vorhandenen Stahlkonstruktion für die Änderung der Kubatur genutzt. Die Stahlrahmen wurden komplett demontiert. Die Stiele wurden leicht gekürzt, die Rahmenecken mit im Winkel leicht geänderten Kopfplatten versehen und die Rahmen neu montiert.

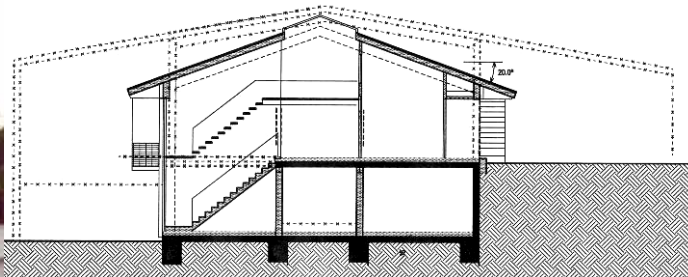


Abbildung 4-18 - Stall und Scheune vor dem Umbau  
 Abbildung 4-19 - Schnittzeichnung



**Abbildung 4-20 - Demontage der Stahlrahmen**  
**Abbildung 4-21 - Montierte leicht geänderte Rahmen**



**Abbildung 4-22 - Dachkonstruktion während der Bauphase**  
**Abbildung 4-23 - Innenraum (Essbereich) nach Umbau**  
**Abbildung 4-24 - Rahmenecke**

Die Flexibilität eines Tragwerkes hängt nicht nur von der Art und Weise wie es konstruiert wurde ab.

Auch bedeutet die Veränderungsmöglichkeit eines Tragwerkes nicht nur, dass man das Tragwerk leicht umbauen kann. Fragen nach der Reaktion eines Tragwerkes auf das Entfernen eines Tragelementes oder Möglichkeiten, nachträglich Öffnungen in Decken oder Wänden einzubringen, sollten bei der Beurteilung des Tragwerkes erwogen werden.

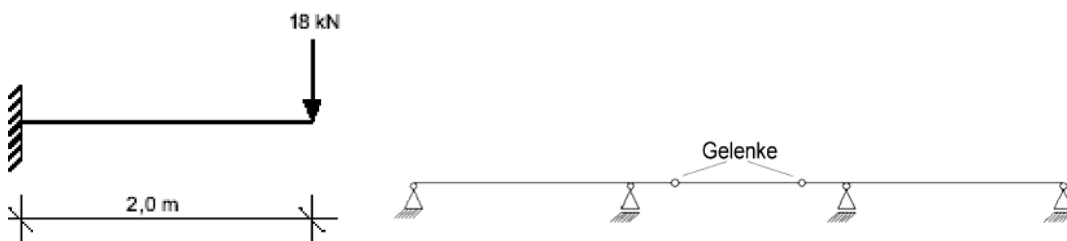
Wie oben erwähnt ist, das statische System ein bedeutender Faktor. In diesem Zusammenhang sind gerade die Unterschiede statisch bestimmter und statisch unbestimmter Systeme zu berücksichtigen. Weitere Kriterien bei der Bewertung statischer Systeme schließen sich diesem Kapitel an.

Zunächst eine kurze Erläuterung zur statischen Bestimmtheit/ Unbestimmtheit:

### Statisch bestimmte Systeme

Man spricht von einem statisch bestimmten System, wenn die Schnittgrößen allein durch die drei Gleichgewichtsbedingungen (Summe  $V=0$ , Summe  $H=0$ , Summe  $M=0$ ) ermittelt werden können. Ein einfaches statisch bestimmte System ist der Einfeldträger mit zwei gelenkigen Auflagern, eines davon ist horizontal verschieblich. Weitere Beispiele sind Kragträger oder Einfeldträger mit einem oder zwei Kragarmen.

Bei Dreigelenkrahmen oder Dreigelenkbögen sind beide Auflager unverschieblich, die Gleichgewichtsbedingungen sind allerdings durch das zusätzliche Gelenk definiert. Ein aufwändigeres statisch bestimmtes System ist der sogenannte Gerberträger. Dieser ist vom Augenschein eigentlich ein Dreifeldträger, der jedoch durch die konstruktive Ausbildung von zwei Gelenken im Mittelfeld (jeweils im Momentennulldurchgang aus dem Lastfall Eigenlast) statisch bestimmt wird. Die Ausbildung der gelenkigen Anschlüsse im Mittelfeld ist unter einem wesentlich geringeren konstruktivem Aufwand herzustellen, als dies bei biegesteifen Verbindungen der Fall wäre.



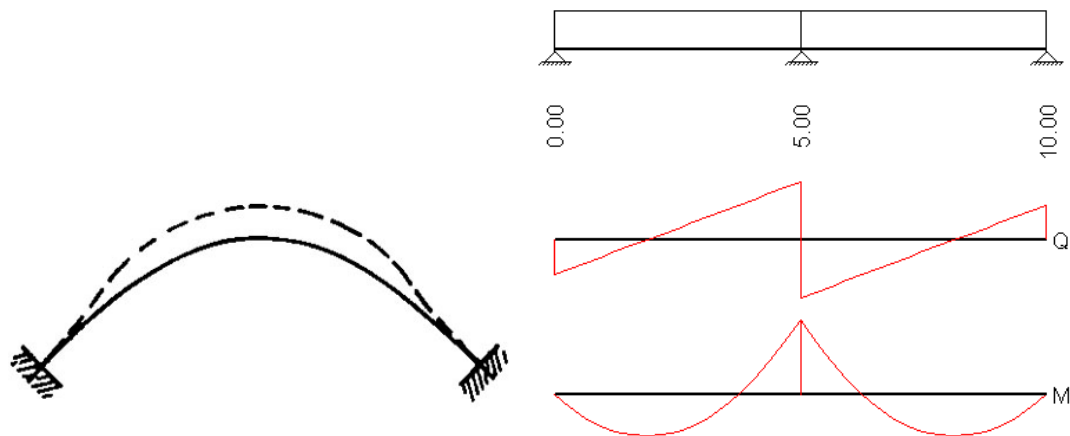
**Abbildung 4-25 - Eingespannter Kragarm** (Q.:<http://www.ruhr-uni-bochum.de/sfb398/projects/C5/arbeitsbericht2004/img104.png>)

**Abbildung 4-26 - Gerberträger** (Q.:[http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6\\_technik/ausleger/bilder/ausleger5.JPG](http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6_technik/ausleger/bilder/ausleger5.JPG))

### Statisch unbestimmte Systeme

Einfache statisch unbestimmte Systeme sind z.B. Durchlaufträger, wobei der Grad der statischen Unbestimmtheit durch die Anzahl der Zwischenauflager definiert ist.

Ein Dreifeldträger wäre somit zweifach statisch unbestimmt, ein Zweifeldträger einfach statisch unbestimmt.



**Abbildung 4-27 - Eingespannter Bogen** (Q.:[http://trako.arch.rwth-aachen.de/Team/mitarbeiter/Rottke/HTML\\_V/V-Bogen/bogen\\_bilder/SB\\_eingespannt.JPG](http://trako.arch.rwth-aachen.de/Team/mitarbeiter/Rottke/HTML_V/V-Bogen/bogen_bilder/SB_eingespannt.JPG))  
**Abbildung 4-28 - Zweifeldträger** (Q.:<http://www.tu-harburg.de/mb/software/Zweifeld.gif>)

Bei statisch unbestimmten Systemen haben jegliche Verformungen, Verschiebungen und Verdrehungen, seien sie entstanden aus Temperaturdehnungen, Kriechen oder Schwinden des Baustoffes bzw. aus der Belastung selbst, im Gegensatz zu statisch bestimmten Systemen direkten Einfluss auf die Schnittgrößen. Ebenso hat das Schwächen oder Stärken eines Tragelementes in einem statisch unbestimmten System Einfluss auf das Nachbarelement. Es gilt der Satz „Steifigkeit zieht Lasten an“.

Am Beispiel einer Rahmenkonstruktion lässt sich dies sehr gut veranschaulichen. Dargestellt sind Rahmen mit Gleichlast. System 1 und 2 sind statisch unbestimmte Zweigelenrahmen. In System 1 wird der Riegel mit einem HEA 400 (rot) und die Stiele jeweils mit einem HEA 200 (blau) und somit wesentlich weicher als der Riegel ausgebildet. In System 2 ist dies genau umgekehrt.

System 3 ist mit System 1 identisch, allerdings wurde in Mitte des Riegels ein Gelenk eingefügt, es handelt sich also um einen statisch bestimmten Dreigelenkrahmen. Genauso ist System 4 ein Dreigelenkrahmen, der gleiche Querschnitte und Lasten wie System 2 aufweist.

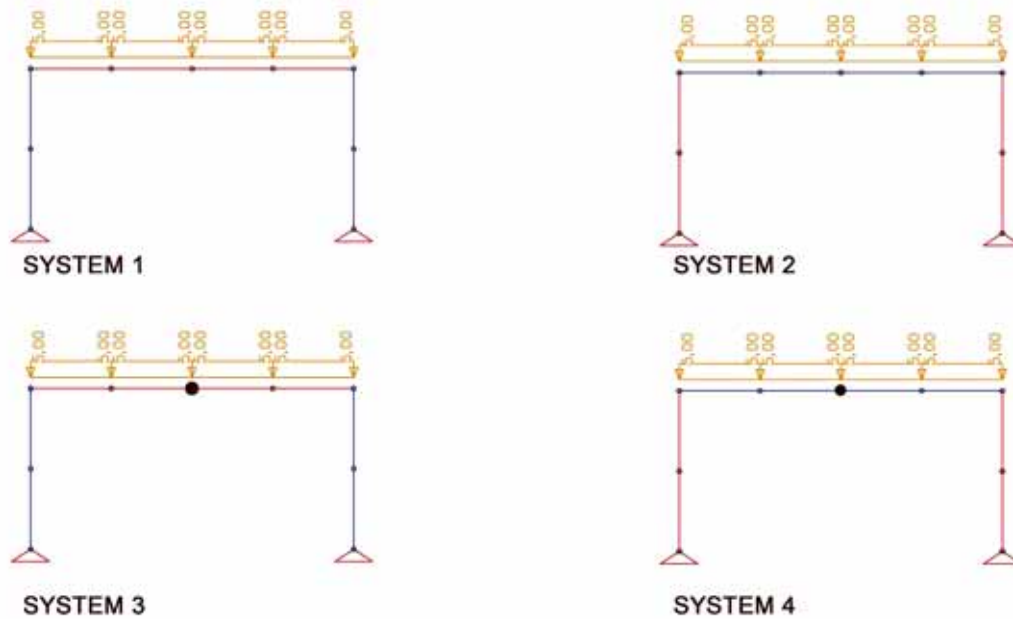


Abbildung 4-29 - System 1 & 2, statisch unbestimmt / System 3 & 4, statisch bestimmt

Unter Zuhilfenahme eines Statikprogramms mit grafischer Oberfläche (InfoCAD) werden nun die Schnittgrößen (Biegung) ermittelt und dargestellt.

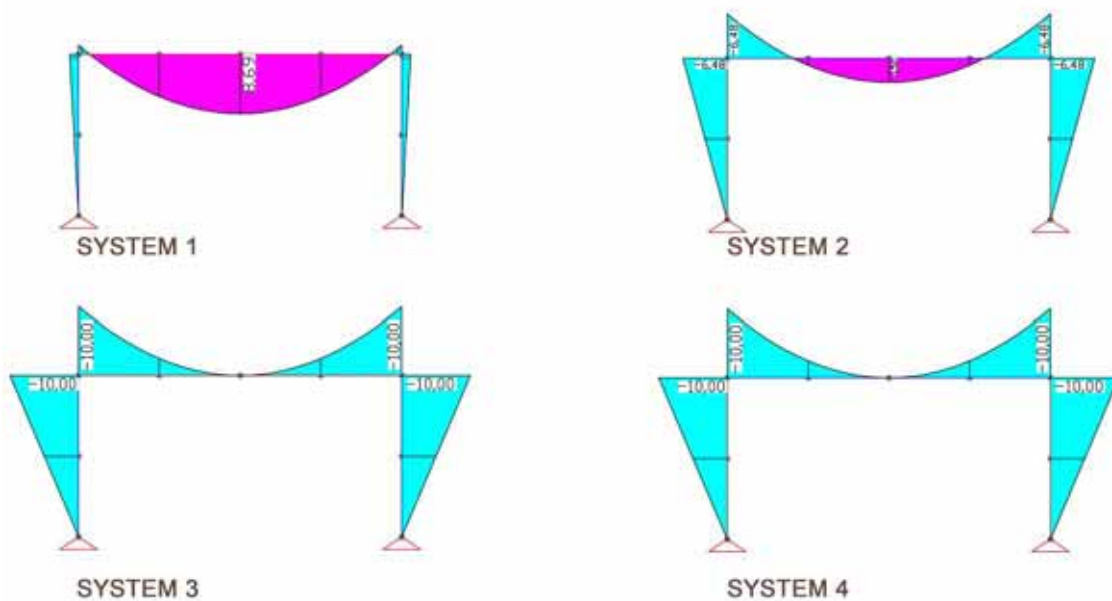


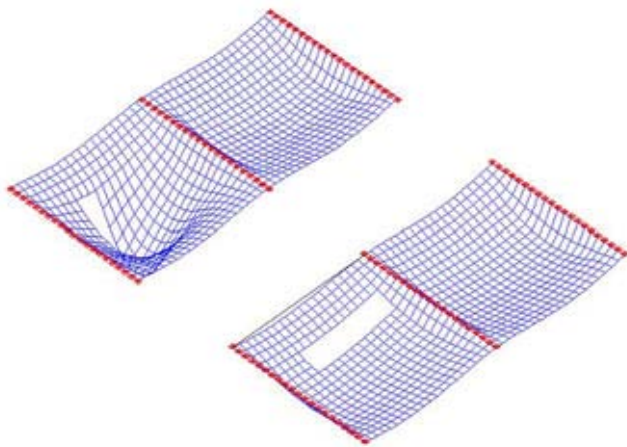
Abbildung 4-30 – Schnittgrößen

Es ist deutlich zu erkennen, dass bei den statisch unbestimmten Systemen dort, wo Querschnitte mit höherer Steifigkeiten vorliegen, auch stärkere Beanspruchungen auftreten. Diese Eigenschaften kann auch für eine mögliche

Ertüchtigung genutzt werden (s. 5.2.6). Die Schnittgrößen der statisch bestimmten Systeme bleiben unabhängig von den verschiedenen Querschnitten gleich.

Die Möglichkeit zur Beeinflussung der Schnittgrößen von Elementen eines Tragsystems durch Veränderungen der Steifigkeit am Nachbarelement besteht bei allen statisch unbestimmten Systemen.

Eine Betrachtung von Decken mit Durchlaufwirkung erfolgt in 4.2.5 (Beispielprojekt „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe)



**Abbildung 4-31 - Öffnungen quer und längs der Deckenspannrichtung in einer Zweifeldplatte (Q.:R. Schneider)**

Unter dem Stichwort „**von Biegung zur Längskraft**“ ist eine Veränderung bestehender Tragsysteme angesprochen, die eine Leistungssteigerung für den Transport von Lasten bedeutet.

Über Biegung findet die materialaufwändigste Art des Lastentransportes im Gebäude statt. Gelingt es solche System so zu ergänzen, dass beispielsweise aus einem Träger ein fachwerkähnliches Tragsystem entsteht, gewinnt man zusätzliche Tragkraft (s. Ertüchtigung von Biegeträgern, 5.2.1).

#### 4.2.5 Bewertung von Tragsystemen

Tragwerke von Gebäuden transportieren Lasten von der Stelle, an der sie auf das Tragwerk einwirken, bis in die Fundamente. Das Tragwerk ist die Umsetzung des statischen Systems (des Tragsystems) mit Baustoffen. Tragsysteme werden durch ihre Geometrie, Belastung und Auflager beschrieben (vgl.

*Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.32*). Die Betrachtung der Tragsysteme ist somit zunächst unabhängig vom Material, von den eingesetzten Querschnitten und somit allgemeiner als die Bewertung eines Tragwerkes, bei dem die Eigenschaften des Materials stets mit berücksichtigt werden müssen. An einigen Punkten erfordern jedoch auch Bewertungen des statischen Systems das Einbeziehen der Materialität und der Querschnitte, wenn darin prinzipielle Eigenarten des Tragsystems begründet sind. Im vorangegangenen Kapitel wurde dies am Beispiel der unbestimmten statischen Systeme deutlich.

Im Folgenden sollen grundsätzliche Überlegungen zu der Frage, welches Tragsystem sich für bestimmte Lasten besser oder schlechter eignet, erörtert werden. Dies kann eine Hilfe bei der Einschätzung des Potentials oder der Schwachstellen bestehender Tragwerke sein. Es können nicht alle Eigenschaften der behandelten Systeme in ihrer Tiefe behandelt werden. Weiterführende und vertiefende Literatur sind: *Engel1967/1997, Ackermann1988, Führer/Ingendaaij/Stein1995, Krauss/Führer/Willems 1997, Heller1998, Kuff2001, Krauss/Führer/Neukäter2002, Leicher2002*

#### 4.2.5.1 Biegeträger

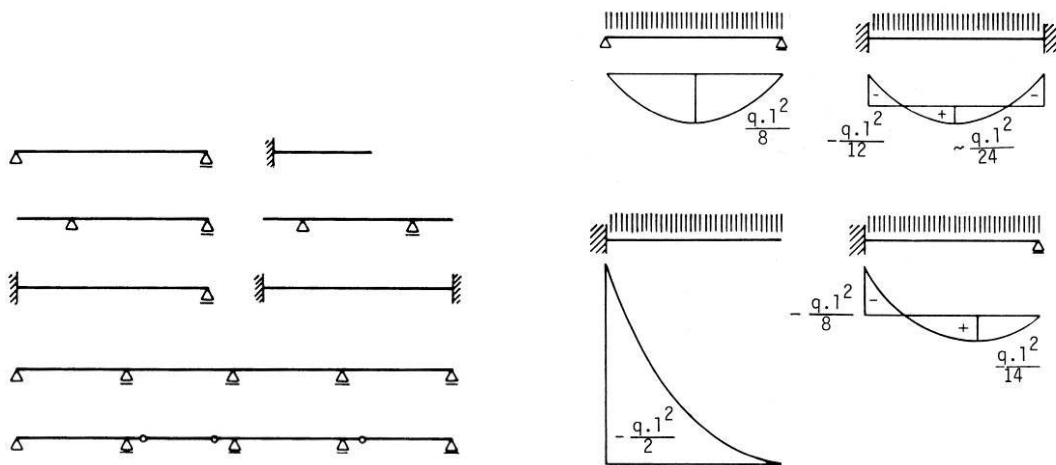


Abbildung 4-32 - Verschiedene Biegeträger (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.184)  
 Abbildung 4-33 - Biegeträger mit Momentenlinie aus Gleichlast (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.185)

Biegeträger sind linienförmige Tragsysteme, die wie der Name es sagt hauptsächlich auf Biegung beansprucht werden. Belastungen aus Querkraft und Längskraft treten hier auch auf, wären aber bei einer Bemessung des Bauteils nicht ausschlaggebend für den Nachweis der Standfestigkeit. ( Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist die Begrenzung der Durchbiegung bei Bemessungen nach heutigem Standart sogar noch eher für die Dimensionierung verantwortlich als dies bei der Biegebemessung der Fall ist.)

Systemrelevante Kriterien beim Tragverhalten von Biegeträgern sind die Art, Ort und Anzahl der Auflager sowie die Art und Größe der Belastung.

Die Ausbildung des Trägerquer- und Längsschnittes ist gegebenenfalls bei geneigten Trägern, bei Trägern mit Kragarm sowie statisch unbestimmten Systemen zu berücksichtigen.

Als Biegeträger bezeichnet werden:

Einfeldträger (gelenkig gelagert, einseitig oder beidseitig eingespannt),

Einfeldträger mit einem oder zwei Kragarmen, Kragträger, Mehrfeldträger (Durchlaufräger), Gelenkträger (Gerberträger).

Die Art der Auflagerung hat einen großen Einfluss auf die Schnittgrößen.

Abbildung 4-33 zeigt vier verschiedene Fälle mit den jeweiligen Momentenlinien.

Zwischen den Extremen, dem Kragarm und dem beidseitig eingespannten

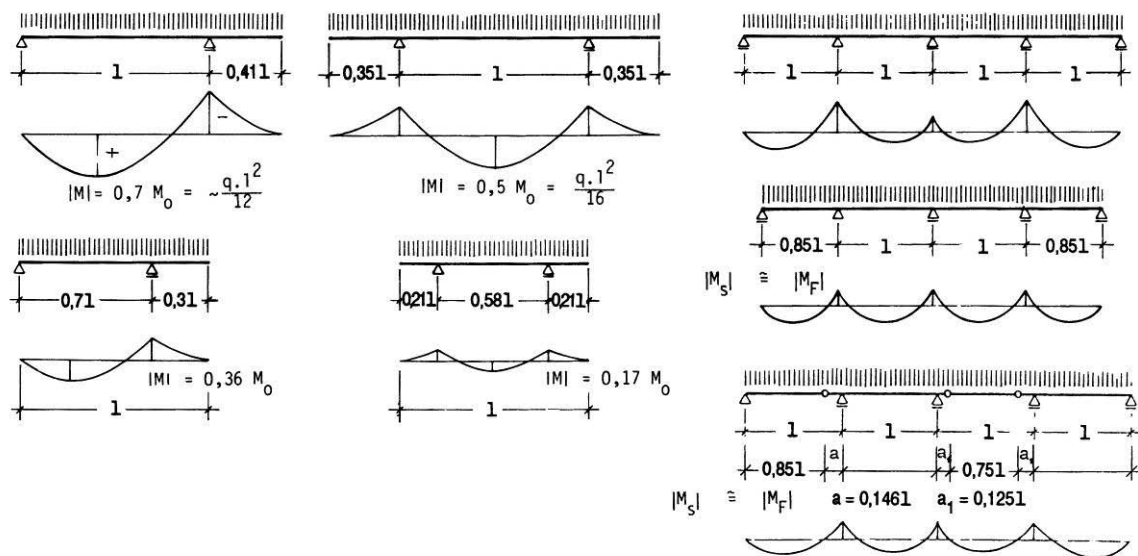
Einfeldträger, bewegt sich die Beanspruchung durch Biegung bei Gleichlast für



alle Biegeträger (wertet man unter Vernachlässigung der Vorzeichen den Betrag der Biegemomente).

Um eine möglichst gleichmäßige Auslastung eines Biegeträgers zu erreichen, ist bei Trägern über mehrere Felder die vom Betrag her gleiche Größe von Feldmoment und Stützmoment anzustreben. Dies erreicht man durch die Anordnung der Auflager (bei statisch unbestimmten Systemen (Durchlaufträger) eventuell auch durch Ausbildung unterschiedlicher Steifigkeiten).

Eine ideale Anordnung der Auflager zeigt unten stehende Abbildung.



**Abbildung 4-34 - Günstige Auflageranordnung und Kraglängen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.185)**

Die Belastung mit Gleichlast ist für Biegeträger typisch (z.B. Deckenbalken, Sparren, Pfetten...) . Sicherlich werden auch Punktlasten in Biegeträger eingeleitet, je weiter dies vom Auflager entfernt geschieht, desto höher ist die Belastung des Trägers.

Ein in Feldmitte mit einer Punktlast  $P = q \times l$  belasteter Einfeldträger weist mit

$$M_d = \frac{q_d \times l^2}{4}$$

ein doppelt so hohes Feldmoment wie der mit gleicher Größe aber

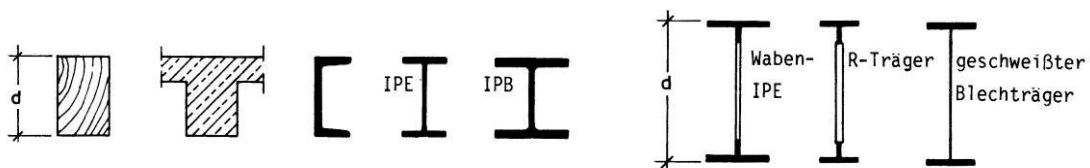
als Linienlast verteilte Last beanspruchte Träger mit  $M_d = \frac{q_d \times l^2}{8}$  auf.

Zusätzliche Punktlasten auf vorhandene Biegeträger aufzubringen ist daher oft nicht möglich. DIN 1055 trägt dem mit einer generellen Erhöhung der Verkehrslasten auf Decken ohne ausreichende Querverteilung der Lasten (z.B.

Balkendecken) um  $0,5 \text{ KN/m}^2$  Rechnung. Für Biegeträger mit Kragarmen und Durchlaufträger ist auf darauf zu achten, dass verschiedene Lastfälle bei der Ermittlung der Schnittgrößen betrachtet werden müssen. (Weitere Information hierzu s. *Krauss/Führer/Jürges2007*, S.52f.) Die Belastung eines Feldes verursacht eine Entlastung des Nachbarfeldes. Daher sind Systeme, welche sich über mehrere Felder erstrecken, bei einer Entlastung eines Feldes auf die Belastung des Nachbarfeldes zu untersuchen.

Geeignete Querschnitte für Biegeträger weisen ein hohes Widerstandsmoment in Richtung der Lasteinwirkung auf. Im Kapitel Ertüchtigung von Biegeträgern wird dies an einer Beispielrechnung genauer dargelegt.

Hat man Biegeträger zu bewerten, die in ihrer Querschnittsausbildung stark von den unten dargestellten abweichen, kann man daraus die Schlüsse ziehen, dass die Konstruktion möglicherweise ohne Berechnung, aufgrund damaliger Fertigungstechniken hergestellt wurde, die Konstruktion, so sie der jetzigen Belastung stand hält, zusätzliche Beanspruchungen aus Quer- und Normalkraft gut verkraften kann.



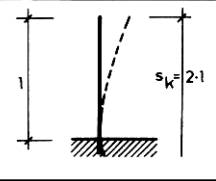
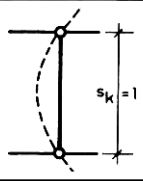
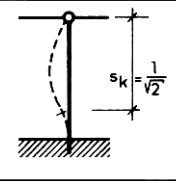
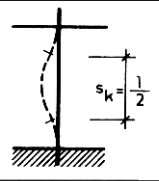
**Abbildung 4-35 - Querschnitte für Biegetragwerke - (Q.:Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.214)**

#### 4.2.5.2 Stützen

Zur Beurteilung von Stützen können die gleichen systemrelevanten Kriterien wie bei Biegeträgern herangezogen werden: Art, Ort und Anzahl der Auflager sowie die Art und Größe der Belastung.

Eine Stütze ist in der Regel an ihren Enden gelagert. Die Art der Lagerung (s. Eulerfälle) ist entscheidend für die Knicklänge. Mögliche Zwischenaullager können die Knicklänge verkürzen. Die Darstellung der Eulerfälle zeigt die große Bedeutung der Knicklänge für Stützen. Eine Stütze gleichen Querschnittes hat im Eulerfall 1 nur  $1/16$  der Tragkraft gegenüber einer Stütze im Eulerfall 4. In

einem vereinfachten Bemessungsverfahren für Stützen ergibt der Quotient aus Knicklänge ( $S_k$ ) und Trägheitsradius ( $i$  ( $= 0,289 \times$  kleinster Querschnittsbreite bei Rechteckstützen)) die Schlankheit ( $\lambda$ ) einer Stütze. Mit der Schlankheit lassen sich in Tabellenwerken der Abminderungsfaktor ( $k$ ) für verschiedene Querschnitte und Materialien ablesen. Der Abminderungsfaktor verringert die zulässige Spannung.

Eulerfälle	1	2	3	4
				
Lagerung der Stabendenden	ein Ende starr eingespannt, das andere frei	beide Enden gelenkig	ein Ende starr eingespannt, das andere gelenkig	beide Enden starr eingespannt
Verschieblichkeit der Stabendenden	verschieblich	unverschieblich	unverschieblich	unverschieblich
$\beta = \frac{\text{Knicklänge}}{\text{Stablänge}}$	2,0	1,0	$\approx 0,7$	0,5
$\frac{\text{Knicklast}}{N_{k,p}}$	1/4	1	2	4

**Abbildung 4-36 - Eulerfälle (Q.: Krauss/Führer/Jürges2007, S.59)**










Hauptsächliche Belastung einer Stütze ist eine Normalkraft (Längskraft).

Hier ist jedoch Vorsicht geboten. Stützen haben oft neben der Funktion vertikale Lasten aufzunehmen, Lasten aus Biegung, z. B. als Linienlast durch Wind bei einer Fassadenstütze (hier gleicht die Stütze einem aufgerichteten Biegeträger) sowie weitere Horizontalkräfte für die Gebäudeaussteifung zu verkraften. In dem Fall der Gebäudeaussteifung muss ein Ende der Stütze eingespannt sein.



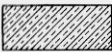
Auch außermittige Lastenleitung bewirkt Biegemomente in einer Stütze.

Bei einem optimierten Tragsystem lassen sich aus den Querschnitten Rückschlüsse auf die Art der Belastung ziehen. Für Belastung mit Längskraft ist ein punktsymmetrischer Querschnitt, dessen Masse möglichst weit vom Zentrum entfernt ist der optimale Querschnitt, wird die Stütze auch auf Biegung beansprucht nähert sich der ideale Querschnitt wieder dem eines Biegeträgers. Verschiedenste Gründe können natürlich dazu führen, dass auch bei einer reinen Belastung aus Längskraft kein optimaler punktsymmetrischer Querschnitt gewählt wurde. In diesem Fall sind die Schwachstelle einer solchen Stütze sicherlich die

Seiten mit der kleineren Ausdehnung (bezogen auf den Grundriss der Stütze), hier liegt aber auch das Potential für eine mögliche Ertüchtigung.

Querschnitte	Eignung (+ = gut)	
	Quadrat	Gelenkig gelagerte Stütze (üblich)
	Rechteck	Rahmenstiel, Wandstütze mit Ausmauerung o. ä.
	Rundholz	Baustütze
	1  und 2 	Verstärkte Fachwerkstrebe, Anschluß des Mittelholzes zwischen Zangen
	Zange und durchgehendes Füllholz	Stütze und verstärkte Fachwerkstrebe, Anschluß als Zange
	2 Rechtecke (Zangen)	Stütze durch mehrere Geschosse, Fachwerkstreben und Gurte
	4 Quadrate	Stütze durch mehrere Geschosse, Anschlüsse in zwei Richtungen

**Abbildung 4-37 - Querschnitte und Eignung von Holzstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.245)**

	Quadrat	Übliche Geschoßstütze
	Rundstütze	Übliche Geschoßstütze
	Rechteck	Wandstütze mit Ausmauerung Rahmenstiel

**Abbildung 4-38 - Querschnitte und Eignung von Stahlbetonstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.245)**



















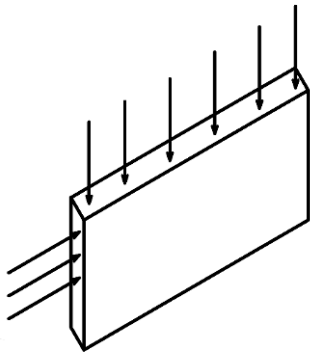
Querschnitte		Eignung (+ = gut)	
Einteilige Querschnitte		Rohr	+ Stütze sowie als Gurt und Strebe von Fachwerken, wenn $s_{ky} = s_{kz}$
		Rohr mit Betonfüllung	+ Stütze
		IPBI; IPB; IPBv	Als Stütze und Fachwerkstrebe und Gurt verwandt
		IPE	+ Stütze in Fachwerkwänden, wenn $s_{ky} > s_{kz}$
		Aus 4 $\perp$ geschweißt	Stütze und als Gurt und Strebe in doppelwandigen Fachwerken
		Aus $\perp$ geschweißt	Wie IPE oder IPB
		Aus 1 ganzen und 2 halbierten IPB	+ Stütze, wenn $s_{ky} = s_{kz}$
		Aus IPB und 2 $\perp$	+ Stütze, wenn $s_{ky} = s_{kz}$
		Halbierter I-Stahl T-Stahl	Gurte von einwandigen Fachwerken
		Gewalzter I-Stahl	Eventuell als Gurte bei Fachwerken
		Gleichschenkliger L-Stahl	In Gittermasten als Gurt und Strebe in Fachwerkbindern als Strebe
		Leichtbau-Profile durch Abkanten von Bandstahl	Gurt und Streben von Fachwerken im Stahleleichtbau
		Rundstahl	+ Nur als Strebe in R-Trägern verwandt
Zweiteilige Querschnitte		2 I-Stähle, verschnallt	Stütze und Fachwerkstrebe
		Aus 2 I-Stählen mit Vergitterung oder Verschnallung	Als Baustütze
		2 I-Stähle, verschnallt mit Betonfüllung	Stütze
		4 L-Stähle mit Vergitterung an 4 Seiten	Leichtbau, Leitungsmaste Stützen und Ausleger in Montagegeräten
		2 L-Stähle	Verwandt als Strebe und Gurt in genieteten Fachwerken
		2 über Kreuz gesetzte gleichschenklige L-Stähle	Strebe

Abbildung 4-39 - Querschnitte und Eignung von Stahlstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.244)

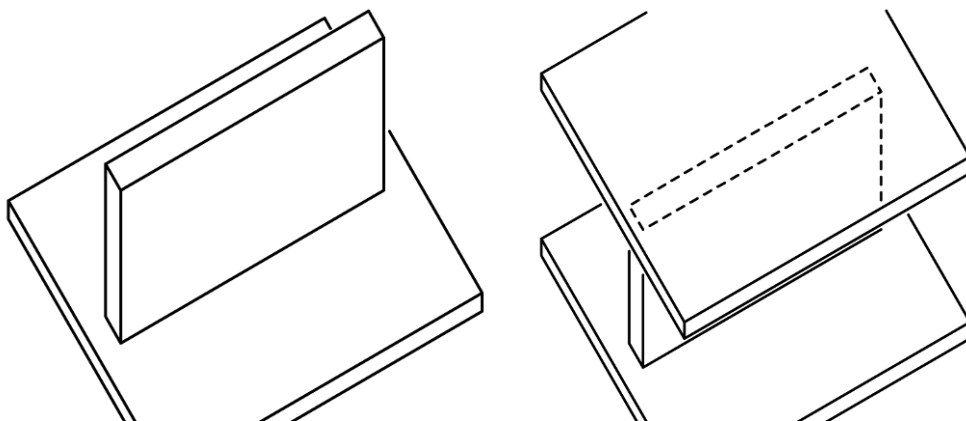
#### 4.2.5.3 Wände (Scheiben)

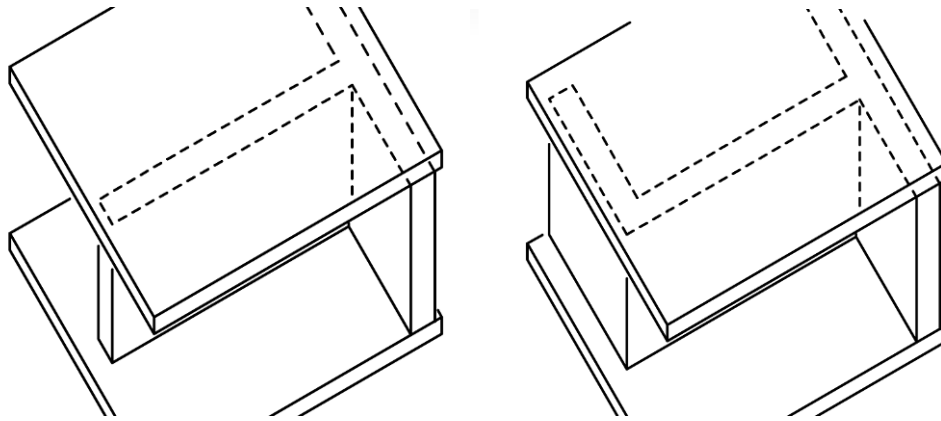
Wände haben in statischer Hinsicht die Funktion von Scheiben. Scheiben sind Elemente, die in einer Dimension eine kleine, in den zwei weiteren Dimensionen eine große Ausdehnung besitzen. Lasten nehmen Scheiben in Richtung ihrer großen Ausdehnungen auf.



Damit haben Scheiben die Funktionen, Lasten zu tragen und Gebäude auszusteiern. Hinzu kommt die Funktion, andere Wände auszusteiern. Grundlegendes zum Thema Aussteifung von Gebäuden ist in *Kuff2001, S.275ff.* oder *Leicher2002, S.297ff.* nachzulesen.

Art, Anzahl und Ort der Auflager sowie Art und Größe der Belastung sind auch hier systemrelevante Bewertungskriterien. Allerdings wird die Art der Auflagerung durch den Begriff der Halterung erweitert. Es werden 1-seitig, 2-,3- und 4-seitig gehaltene Wände unterschieden.





**Abbildung 4-40 - 1-, 2-, 3-, 4-seitig gehaltene Wand**

Oben abgebildet sind die vier möglichen Halterungen. Ähnlich einer Stütze besteht bei Wänden die Gefahr des Knickens, hier wird auch von Beulen gesprochen.

Eine Wand ist bei einer Länge von mind.  $\frac{1}{5}$  der Höhe in der Lage eine angrenzende Wand zu halten (auszusteiern). Die Länge einer 4-seitig gehaltenen Wand beträgt maximal 30-fache Wandstärke, die einer 3-seitig gehaltenen maximal 15-fache Wandstärke (vgl. Krauss/Führer/Jürges2007, S.135).

Bei Wänden aus Mauerwerk und unbewehrtem Beton fließt die Art der Halterung in die Bemessung mit ein.

Die Möglichkeit verschiedener Arten von Auflager auszubilden, ist eng an die Wahl der Baustoffe gebunden. Beispielsweise sind theoretisch alle auf Biegung belastbaren Baustoffe in der Lage Momente aus einer Einspannung aufzunehmen, praktisch ist die Herstellung einer kompletten Einspannung nur mit Stahlbeton möglich. Auch eine einseitig gehaltene Wand ist ebenso nur in diesem Material zu errichten.

Eine der häufigsten Fragen bei Umbaumaßnahmen ist die, ob eine Wand entfernt werden kann ohne das Tragwerk zu beeinträchtigen.

Oft wird dabei nur an die vertikalen Lasten gedacht, selten an das Weiterleiten der horizontalen Kräfte (Gebäudeaussteifung) oder das Halten einer benachbarten Wand. Sind diese Möglichkeiten überprüft gibt es zahlreiche Hinweise, die für eine tragende oder eine nichttragende Wand sprechen. Die unten Aufgeführten Merkmale sind für eine Bewertung hilfreich, um eine eindeutige Aussage zu treffen, können weitergehende Untersuchungen (Bauteilüberprüfungen, Auswertung von Altakten...) nötig werden.

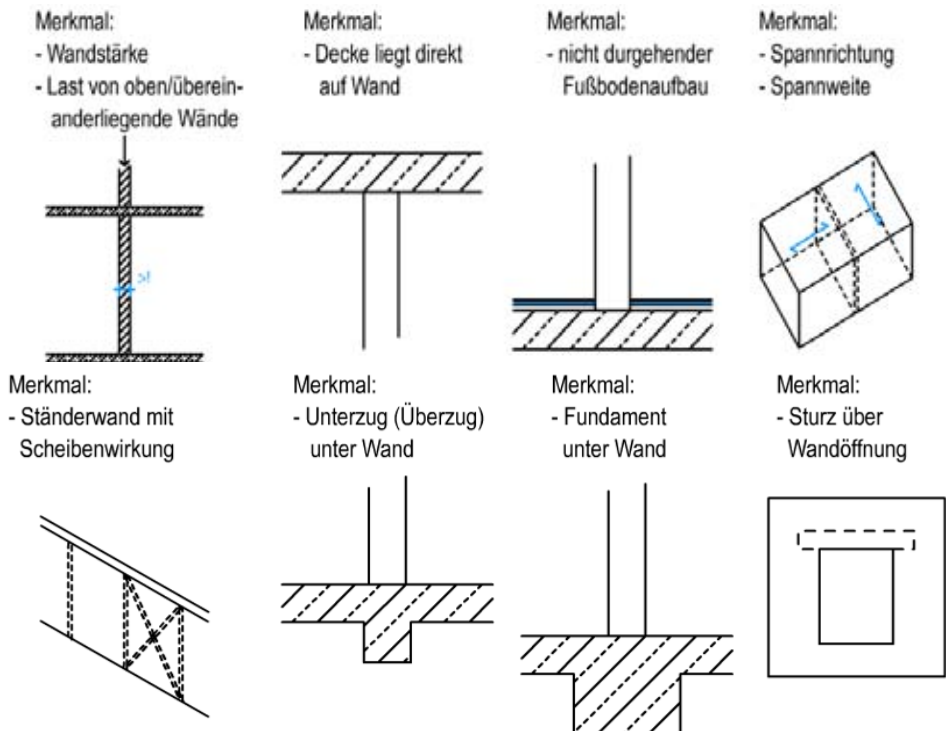


Abbildung 4-41 - Merkmale tragender Wände

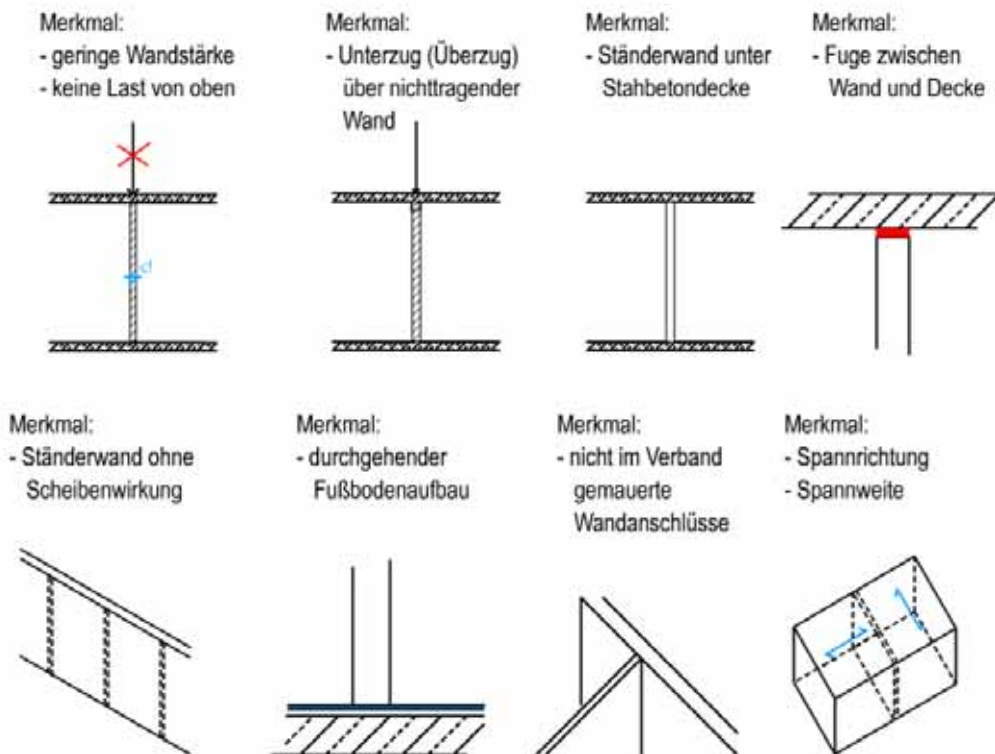
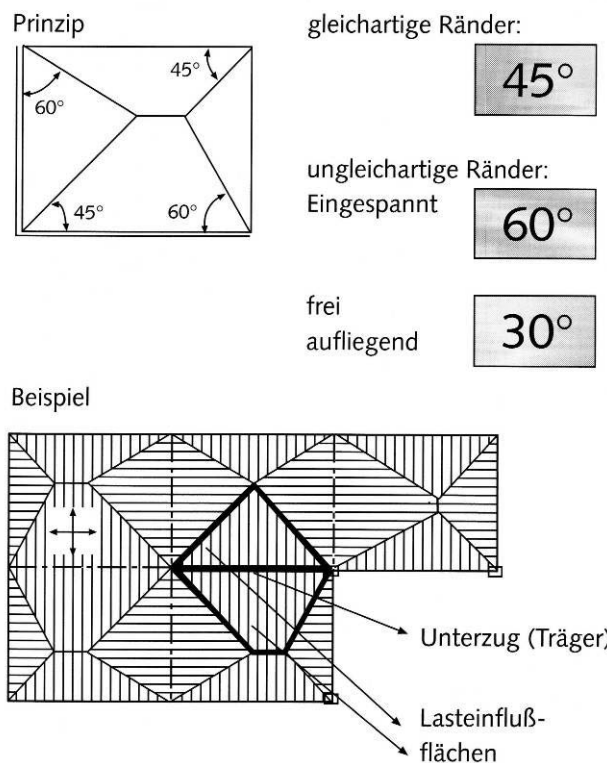


Abbildung 4-42 - Merkmale nichttragender Wände



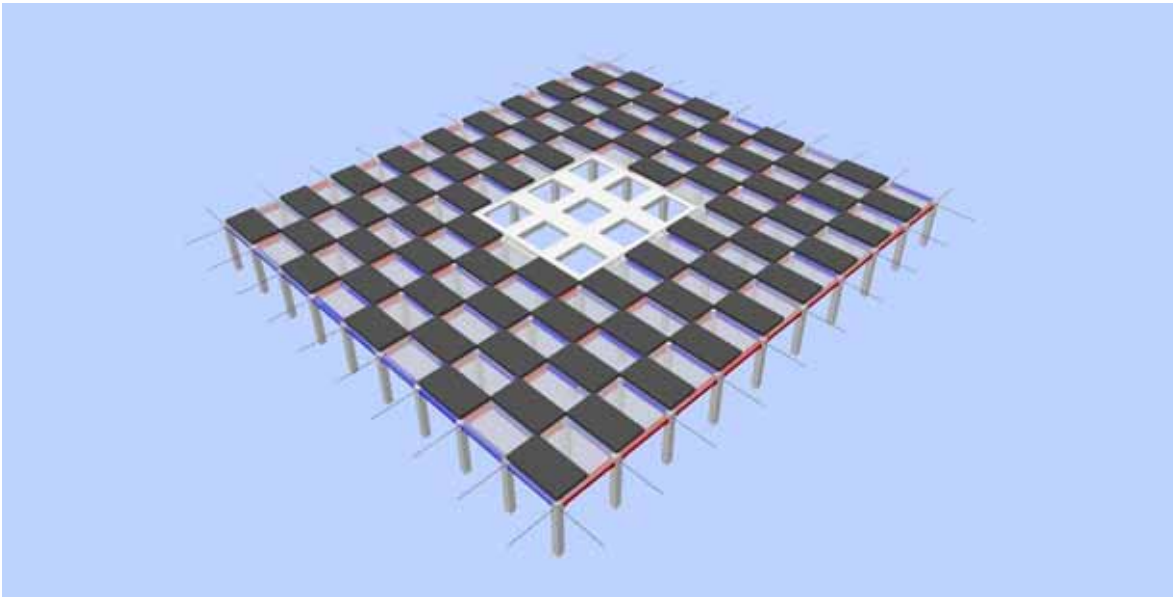
#### 4.2.5.4 Platten

Platten haben im Grunde die gleiche Geometrie wie Scheiben, große Ausdehnung in zwei Dimensionen, kleine Ausdehnung in einer Dimension. Die Belastung erfolgt aber nicht in Richtung einer großen Ausdehnungen, sondern in Richtung der kleinen. Typische Belastungen sind Flächenlasten, die über Biegung zu den Auflagern transportiert werden müssen. Linienlasten oder Punktlasten rufen analog den Erläuterungen bei Biegeträgern höhere Biegemomente hervor. Weitere Parallelen zu Biegeträgern: mögliche Kragarme, Durchlaufwirkung, Einspannung. In diesen Fällen ist die Platte ein dreidimensionaler Biegeträger. Bei zweiachsig gespannten Platten sind die Lasteinzugsflächen je nach Auflagerung zu beachten.



**Abbildung 4-43 - Lasteinzugsflächen bei zweiachsig gespannten Plattensystemen (Q.: Heller1998, S.61)**

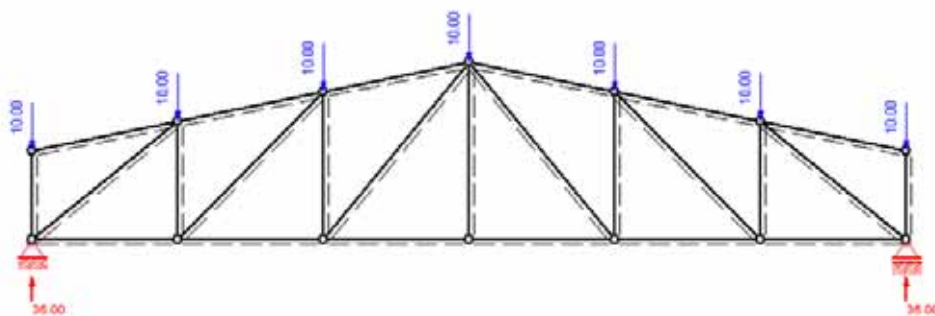
Für statisch unbestimmte Systeme und Platten mit Kragarmen gilt wie bei Durchlaufträgern, dass die Belastung eines Feldes eine Entlastung im Nachbarfeld verursacht. Bei einer Berechnung sind verschiedene Lastfälle zu überprüfen.



**Abbildung 4-44 Anordnung der Verkehrslasten für die Ermittlung der maximalen Feldmomente, "Neue Schlosserei" Amalienhütte, Bad Laasphe, Decke über EG**

Eine weitere Aufgabe vieler Platten ist die Gebäudeaussteifung. Hierbei wirken sie dann allerdings als Scheiben.

#### 4.2.5.5 Fachwerke



Fachwerke sind aus Stäben, die stets Dreiecke bilden, zusammengesetzte Tragsysteme. In der Modellvorstellung von Fachwerken wird davon ausgegangen, dass die Knoten gelenkig ausgebildet sind und Kräfte nur in den Knoten eingeleitet werden. Die Stäbe eines Fachwerkes werden dann nur auf Zug oder Druck belastet. Nicht belastete Stäbe werden als Nullstäbe bezeichnet.

Einfache Methoden zur Ermittlung der Stabkräfte sind der Cremonaplan und das Ritter'sche Schnittverfahren (vgl. Krauss/Führer/Neukäter2002 , S.247ff.).

Durch Vorüberlegungen ist es jedoch auch ohne die Anwendung von solchen Verfahren in vielen Fällen möglich Zug-, Druck- und Nullstäbe voneinander zu unterscheiden.

Stellt man sich einen parallelgurtigen Fachwerkträger als Biegeträger vor, entsteht bei Belastung von oben an seiner Unterseite Zug und an der Oberseite Druck. Dementsprechend besteht der Obergurt aus Druck- und der Untergurt aus Zugstäben (möglicherweise sind die Endstäbe auch Nullstäbe).

Aufgrund der Verformungsfigur eines solchen Trägers kann man darauf schließen, dass Diagonalstäbe, die zur Mitte hin fallen, Zugstäbe (Annäherung an eine Seillinie s. Kapitel Rahmen), Stäbe, die zur Mitte hin steigen, Druckstäbe sind (ähnlich der Ausbildung eines Bogens).

Die Betrachtung jedes einzelnen Knoten hilft bei der Beurteilung der Stabbelastung. Dabei wird der Knoten mit der evtl. angreifenden Lasten und Auflagerreaktionen sowie den angrenzenden Stäben untersucht. Jeder Knoten muss sich, wie alle anderen Punkte des Fachwerkes, im statischen Gleichgewicht befinden (Erfüllen der drei Gleichgewichtsbedingungen). Die Lastrichtung wird durch die Stäbe vorgegeben. Nun muss darauf geachtet werden, dass Kräfte, die an einer Seite des Knotens ziehen, ein Gegenüber durch Zug auf der anderen Seite oder Druck auf der gleichen Seite in einem anderen Stab haben muss. Im unten dargestellten Beispiel sind die rot markierten Vertikalstäbe Nullstäbe (Wohin sollten sie eine Vertikallast abgeben?)

Obergurt und Diagonalstäbe sind druckbelastet. Der mittlere Vertikalstab und der Untergurt sind Zugstäbe. Ausführliche weitere Beispiele zu diesem Thema sind in *Krauss/Führer/Neukäter2002*, S.267ff. angegeben.

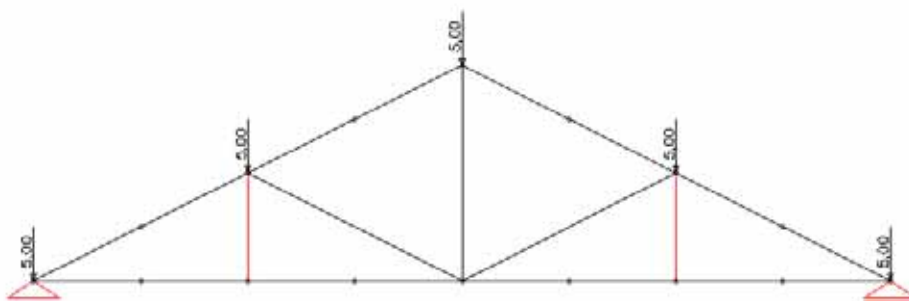


Abbildung 4-45- Fachwerkträger mit rot gekennzeichneten Nullstäben

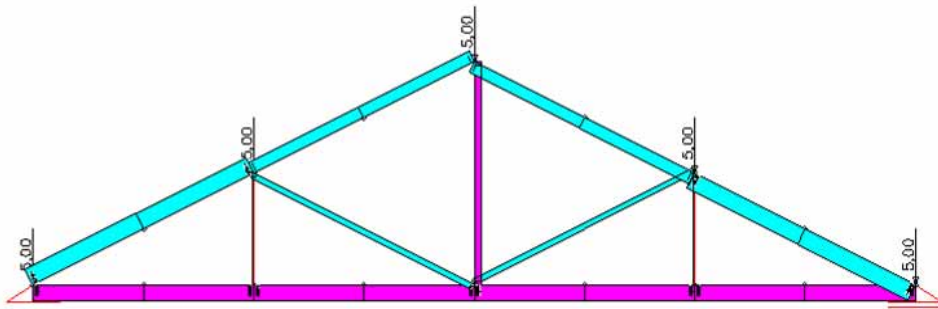


Abbildung 4-46 - Gleiches System mit Darstellung der Normalkräfte ( magenta = Zug, türkis = Druck )

Informationen über die Stabkräfte sind wichtig für die Beurteilung der möglichen Knickgefährdung von Druckstäben oder der Ausbildung der Querschnitte und Anschlüsse.

Die Knoten sind für das Tragverhalten von Fachwerken von großer Bedeutung. Handelt es sich um eine relativ weiche Verbindung (z.B. genagelte Brettflaschen), die zur Aufnahme von Lasten bereits eine verhältnismäßig große Verformung erfahren oder um eine Verbindung (z.B. Passbolzen), die Kräfte sofort weiterleitet, wodurch das System als steifer anzusehen ist?

Nicht selten haben für Fachwerkträger erstellte Statiken aus der Zeit vor einer Berechnung mit Computerprogrammen „Reserven“, da in Wirklichkeit die Knoten nicht alle gelenkig anschließen. Durchlaufende Ober- oder Untergurte sind gerade im Holzbau eher die Regel. Sie bewirken höhere Steifigkeiten als dies in der Modellvorstellung eines Fachwerkes angenommen wurde.

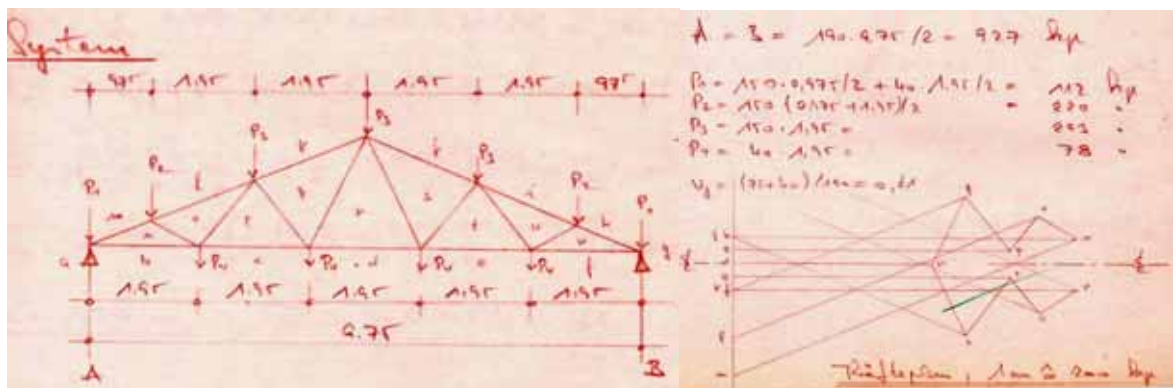


Abbildung 4-47 - System und Ermittlung der Stabkräfte mit Cremonaplan bei einem Dachbinder, Statik von 1968

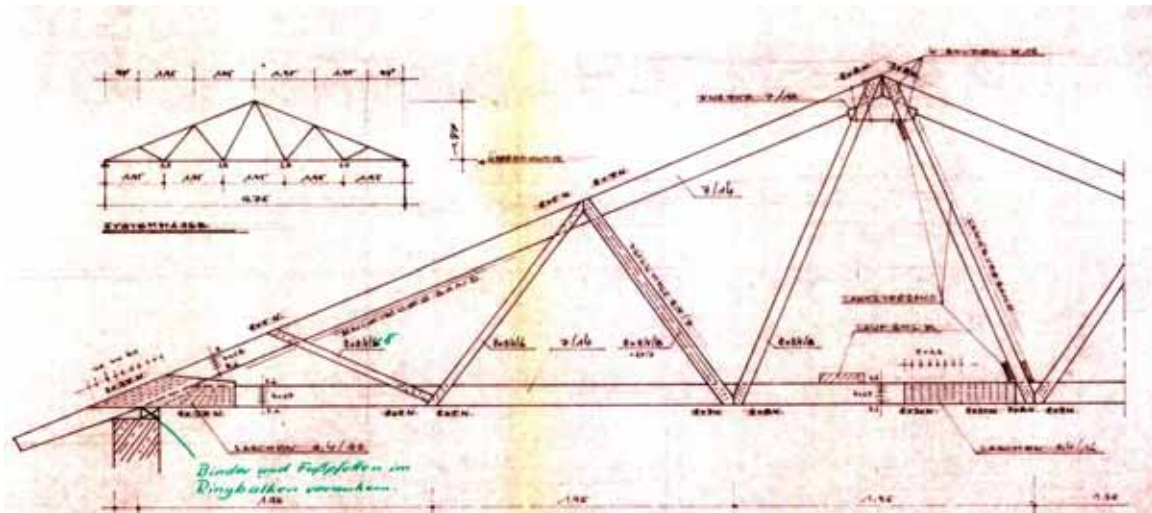


Abbildung 4-48 -Ausführungszeichnung für Dachbinder 1968

Die Ausführungsplanung des dargestellten Fachwerkträgers weist sowohl den Obergurt als auch den Untergurt als durchlaufendes Kantholz aus.

#### 4.2.5.6 Rahmen

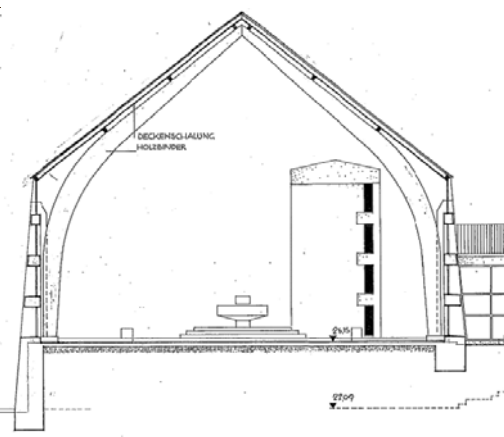
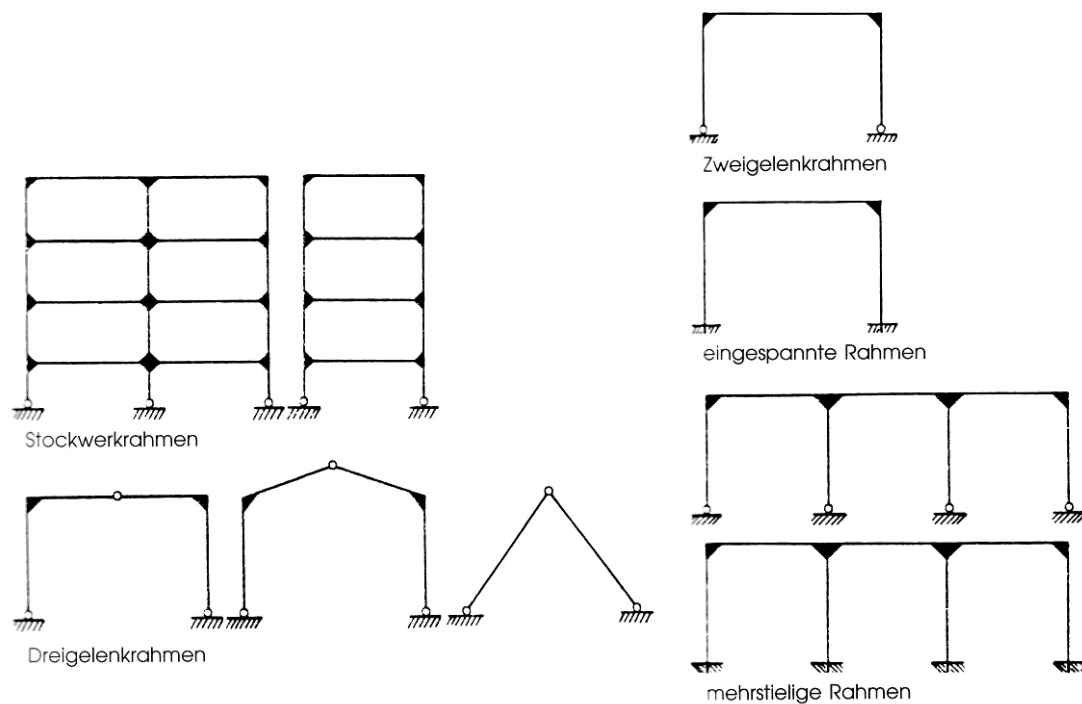


Abbildung 4-49 Kirchenschiff mit Dreigelenkrahen, Wissen-Schönstein

Abbildung 4-50 - Schnittzeichnung (Q.: Archiv Kirchengem. St. Katharina Wissen-Schönstein)

Ein Rahmen besteht aus zwei Stielen und dem über biegesteife Ecken verbundenen Riegel. Man unterscheidet Zweigelenkrahen, Dreigelenkrahen, eingespannte Rahmen sowie als Verbindung mehrerer Rahmen, Stockwerkrahmen und mehrstielige Rahmen. (vgl. Krauss/Führer/Willems1997, S.37ff.)



**Abbildung 4-51 - Rahmenarten (Q.:Krauss/Führer/Willems1997, S.37)**

Typisch für die Form eines Rahmens ist die Verbreiterung des Rahmenprofils in den biegesteifen Ecken, da hier hohe Biegemomente aufgenommen werden müssen. Aus Herstellungsgründen findet man jedoch auch häufig Rahmen mit parallel ausgebildeten Stielen und Riegel. Rahmen haben sowohl die Funktion vertikale Lasten aufzunehmen als auch horizontale, um das Gebäude auszusteiern. Riegel und Stiele der Rahmen erhalten dabei Längskraft und Biegung. Die typische Querschnittsausbildung ähnelt daher einem Biegeträger. Bei Überlegungen bestehende Rahmenkonstruktionen zu ändern, muss darauf geachtet werden, dass die Gebäudeaussteifung nicht beeinträchtigt wird. Über die Beeinflussung von statisch unbestimmten Systemen durch die Ausbildung unterschiedlicher Steifigkeiten wurde in Kapitel 4.2.4 am Beispiel eines Zweigelenrahmens hingewiesen.

Die Möglichkeiten zur Anpassung des statischen Systems ein Gelenk eines Rahmen zu versteifen, um einen Dreigelenrahmen in einen Zweigelenrahmen zu verwandeln oder das Einfügen eines Gelenkes im umgekehrten Fall verdient bei der Bewertung von Rahmenkonstruktionen Beachtung.

(Zur Beurteilung der Effizienz von Rahmenformen s. Bemerkungen zur Seillinie/ Stützlinie in Kapitel „Hilfen zur Bewertung von Tragwerken“.)

#### 4.2.5.7 Bögen



**Abbildung 4-52 – Gemauerte Bogenkonstruktion Gutshof in Herborn**

Bögen und die daraus in dritter Dimension abgeleiteten Gewölbe und Tonnen sind die einzige Möglichkeit eine Strecke mit lediglich auf Druck zu belastenden Baustoffen zu überspannen. Bögen sind nur standfest, solange sich die Druckkräfte innerhalb des Querschnittes der Konstruktion bewegen. Zur Beurteilung der Form hilft die Betrachtung der Stützlinie (s. Kapitel „Hilfen zur Bewertung von Tragwerken“). Die Stützlinie sollte sich immer im mittleren Drittel des Querschnittes bewegen. Bei hohem Eigengewicht des Bogens wirken sich wechselnde Verkehrslasten weniger gravierend auf eine Änderung der Stützlinie aus.

Hohe Punktlasten sind von Bögen sehr schlecht aufzunehmen. Bögen geben in der Regel an ihren Auflagern hohe Horizontallasten ab. Je flacher der Bogen desto höher sind die Horizontalkräfte. Ein Verschieben der Auflager nimmt der Bogenkonstruktion die Standfestigkeit (Beispiel Endfeld Kappendecke).

„Moderne“ Bögen aus Stahl oder Stahlbeton sind auch in der Lage weitere Belastungen aufzunehmen, z. B. Einspannmomente. Somit kann die Art der

Auflagerung, die auch hier wichtig für die Beurteilung des Tragvermögens ist, variieren und ist bei der Bewertung zu überprüfen. Eine nahe Verwandtschaft zu Rahmenkonstruktionen ist ersichtlich.

Weitere Ausführung zu Bögen sind in *Heinle/Schlaich1996,S.196ff.*, *Krauss/Führer/Willems199,S.99ff* oder *Leicher2002,S.198ff.* nachzulesen.

#### 4.2.6 Hilfen zur Bewertung von Tragwerken

Während das Instrumentarium und die Anzahl der Methoden für die Erfassung von Tragwerken eher unbegrenzt erscheint, sind Hilfsmittel für die Bewertung von Tragwerken weniger zahlreich. Für Architekten ist zur Beurteilung von Tragwerken beim Bauen im Bestand ein Verständnis statischer Zusammenhänge wichtig. Dabei hilft ein (hoffentlich) im Studium erworbenes Grundwissen. Verschiedene statische Modellvorstellungen geben die Wechselbeziehungen von Lastenwirkungen und Ausbildung von Tragwerken anschaulich wieder und sind damit für Architekten eine bessere Hilfe als ein Wissen um DIN-gerechte, statische Nachweise. Hier sei, neben bisher genannter Fachliteratur zur Tragwerklehre für Architekten, besonders auf *Führer/Ingendaaij/Stein1997* und *Gerhardt2002* verwiesen. In den genannten Quellen wird das Prinzip der **Seillinie** als sehr gutes Hilfsmittel zur Verdeutlichung der Beanspruchung von Tragwerken beschrieben.

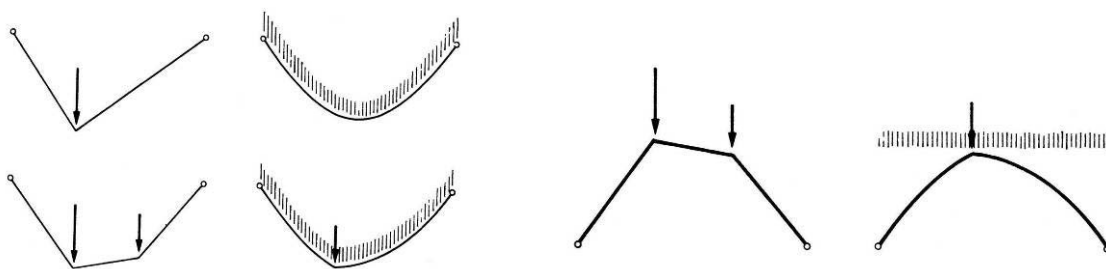


Abbildung 4-53 - Seillinien bei unterschiedlicher Belastung (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1997, S.188)

Abbildung 4-54 - Umklappen der Seillinie zur Stützzlinie (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1997, S.188)

Als Seillinie wird die Form, die ein Seil bei Belastung annimmt, bezeichnet. Seile nehmen nur Zugkräfte auf. Die Seillinie stellt damit ein optimales Tragwerk dar, weil der Kräfte transport über Zug der effizienteste ist. Die Umkehrung der Seillinie, die Stützzlinie, stellt somit ein ideales Tragwerk für Druckkräfte dar.



Die Annäherung eines Tragwerkes an die Form der Seillinie oder Stützlinie verringert die Biegebeanspruchung des Tragwerkes.

### Unterstützung des Bewertungsprozesses

	<b>H</b>	<b>St</b>	<b>BM</b>	<b>StB</b>	<b>G</b>
	Holz	Stahl	unbew. Beton, Mauerwerk	Stahlbeton	Gründung
Materialwerte	zul. $\sigma$ , zul. $\tau$ E – Modul zul. f	zul. $\sigma$ , zul. $\tau$ E – Modul zul. f	zul. $\sigma$ Stein- und Mörtelgruppen	Betongüte, $\tau$ , E Stahlsorten BSt...	zul. $\sigma$ Boden
Querschnittswerte	allgemein $\square \circ$ A;W; l; i Brettschichtholz	Profiltabellen $\Gamma$ $\Gamma$ L $\square$ u.a.		$\emptyset A_s$ Betonstahlmatten	
Statische Systeme und ihr Zusammenwirken Statische Berechnung Bemessung	Erkennen des „naheliegenden Tragsystems“ evtl. mehrere TS ineinander evtl. Übergang zu neuem TS infolge Überlast, Versagen eines Aufl.- Ausschnittes klassische Elastizitätsv.; neuere DIN – Methoden; EDV – Verfahren FEM; Traglastverfahren Elastisch; Plastizität, Kriechen + Schwinden				
Konstruktion	Tragfähigkeit Verbindungs- mittel, Details, Anschlüsse	Verbindungs- mittel	Wandabstände örtliche Beanspr.	Bewehrungs., Rippendecken	Fundamente Einzel-, Streifen-, Platten-

Abbildung 4-55 Bestandsbewertung des tragenden Gerüsts nach Führer1991

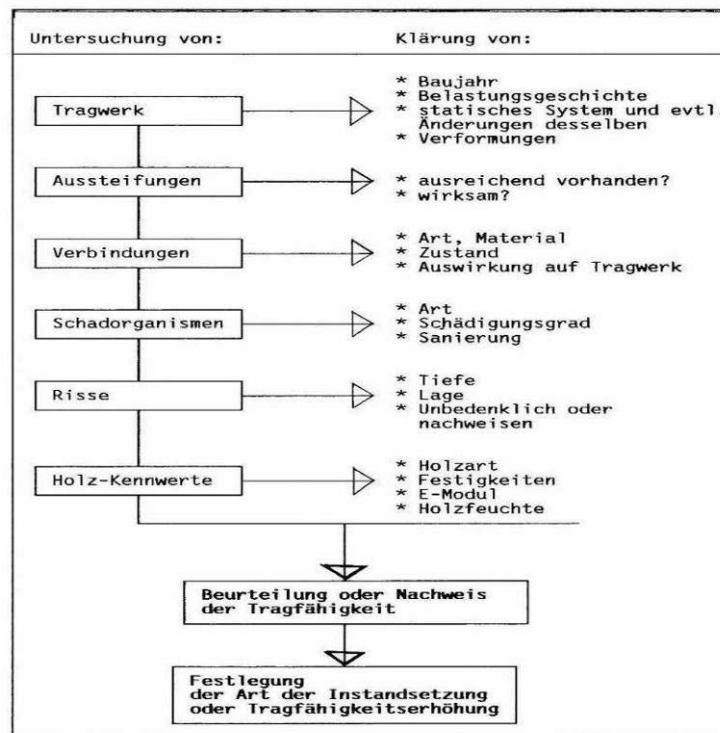


Abbildung 4-56 Algorithmus zur Beurteilung der Tragfähigkeit alter Holzkonstruktionen (Q.: Erler1993, S.81)

Die Bewertung des Tragwerkes bei einer konkreten Bauaufgabe unterstützen **Checklisten** sowie **Ablaufalgorithmen**. Sie helfen, keine wichtigen Schritte zu vergessen

Um in kompakter Form möglichst viele Fälle abzudecken, müssen sie allerdings oft sehr allgemein gehalten werden.

Seite 2 von 7

---

**Checkliste Geschossdecken**

**2. Bestandsaufnahme**

Maßnahmen der Bestandserfassung

- Erfassung des statischen Konzepts
- Substanzanalyse des Bauteils
- Überprüfung der Tragfähigkeit
- Überprüfung der vorhandenen Durchbiegung
- Substanzanalyse im Hinblick auf Schädlingsbefall
- Überprüfung auf Tragfähigkeitseinschränkungen
- Überprüfung der Tragfähigkeit im Hinblick auf zusätzliche Verkehrslasten bei Nutzungsänderung
- Überprüfung der Schallschutzanforderungen zwischen unterschiedlichen Nutzeinheiten
- Überprüfung des konstruktiven Feuchteschutzes
- Überprüfung der Brandschutzanforderungen auf Grund geänderter Vorschriften oder Nutzungsänderungen
- Sonstiges

**Alter der Bauteile**

Jahr der Erneuerung

- wie das Gebäude
- zwischenzeitlich erneuert

**Material und Konstruktion**

Deckenkonstruktion

- Stahlbeton-Massivplattendecke
- Stahlsteindecke
- Stahlbetonbalkendecke
- Plattenbalkendecke
- Stahlbetonrippendecke
- Holzbalkendecke
- Gewölbedecke
- Sonstiges

Deckenaufleger

- zweiseitig
- dreiseitig
- allseitig

Bemerkungen

---



---



---

Universität Siegen - Fachbereich Architektur und Städtebau, Paul-Bonatz-Str. 5-11, 57068 Siegen

Abbildung 4-57 - Checkliste Geschossdecken, Seite 2 von 7 (Q.: Heinze BauOffice)

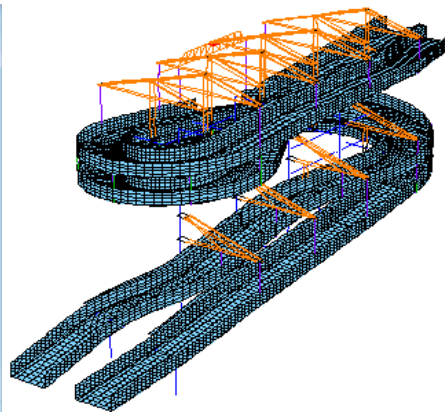
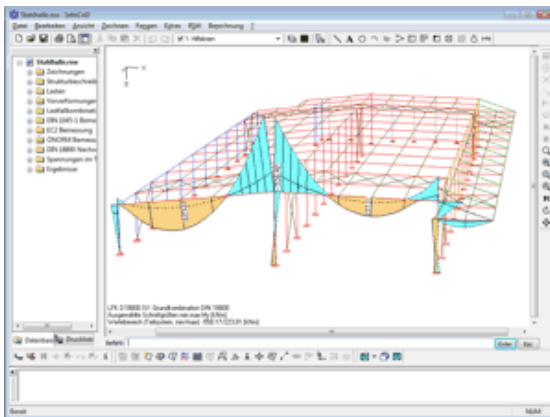
Sind solche Listen zu umfangreich, wird die Akzeptanz der Nutzer geringer.

Eine weitere Hilfe zur Bewertung von Tragwerken sind **Softwareprodukte zur statischen Berechnung** von Tragwerken.

Programme mit grafischer Oberfläche, die die Schnittkräfte und Verformungen darstellen eignen sich für Architekten. Auswirkungen von Veränderungen des Tragwerkes, verschiedene Alternativen können simuliert und direkt optisch kontrolliert werden.

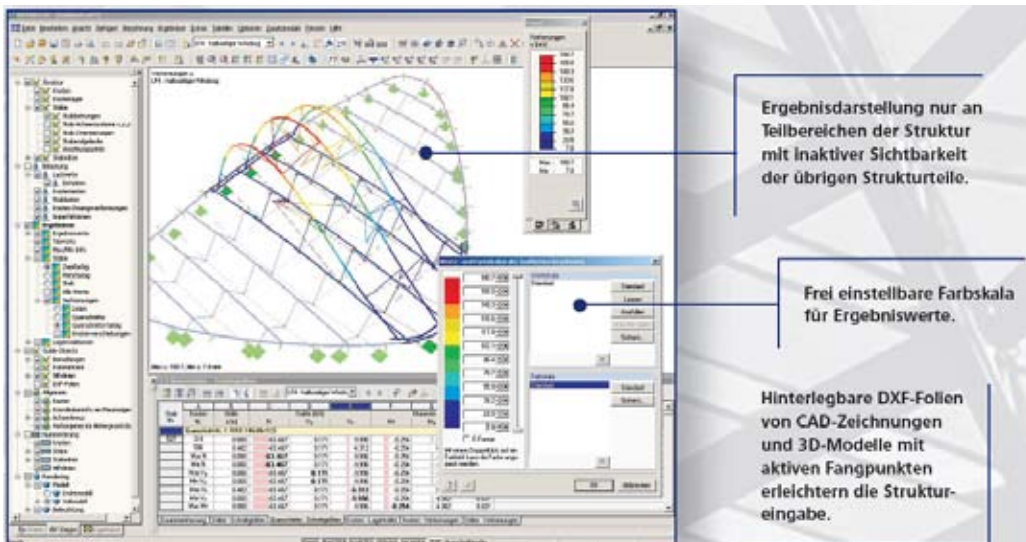
Die grafische Eingabe der Tragsysteme und die Visualisierung der Berechnungsergebnisse kommen den Arbeitsgewohnheiten von Architekten entgegen. Die unten stehenden Abbildungen stehen stellvertretend für weitere. Auch sind Verknüpfungen von CAD Programmen mit Statikprogrammen auf dem Markt.

Eines haben diese Softwarelösungen jedoch gemeinsam. Es sind zwar Programme, die der Arbeitsweise von Architekten entgegenkommen aber es sind keine für die Zielgruppe Architekten, sondern für Bauingenieure. Die zu beherrschende Fachsprache muss vom Architekten zunächst erlernt werden. Die Leistungsfähigkeit der Softwarelösungen, mit denen oft statische Nachweise aller Art erbracht werden, können übersteigt den Bedarf von Architekten erheblich. Für einen Architekten ist es nicht zuletzt eine Kostenfrage, sich Software für 2.500,- bis 9.000,- € zuzulegen, deren Potential er nicht ausschöpfen kann.



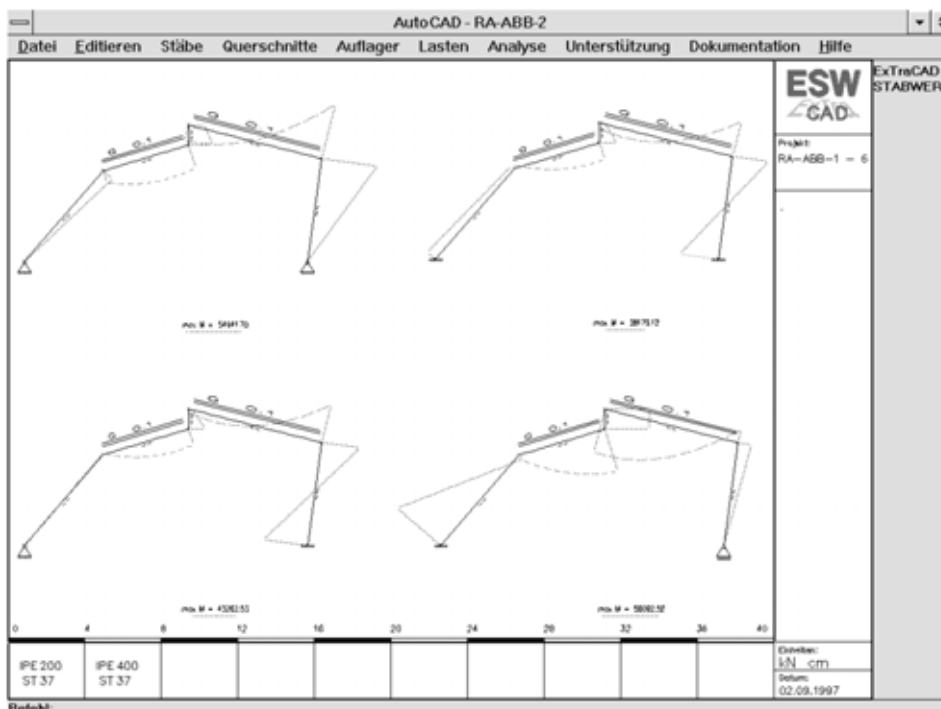
**Abbildung 4-58 Stabwerkberechnung mit Infograph(Q.:<http://www.infograph.de/stabwerk.htm>, 28.12.2007)**

**Abbildung 4-59 Mit Finite-Elemente-Programm simulierte Parkhausaufahrt (Q.:<http://www.infograph.de/schalen.htm>, 28.12.2007)**



**Abbildung 4-60 Auszug aus Prospekt der Firma Dlubal**  
 (Q.:<http://www.dlubal.de/Default.aspx?language=de&SID=111127173164206921225570188180887119179>, 28.12.2007)

Die Idee eines architekturengerechten Statikprogramms wird in *Rottke1998* beschrieben und auch in Teilen verwirklicht. Das entwickelte Programm ExTraCAD basiert auf dem weit verbreitete CAD – Programm AutoCAD. ExTraCAD unterstützt den Weg von der gezeichneten Geometrie zum statischen System. Die erforderlichen Eingaben werden möglichst auf entwurfsrelevante Parameter beschränkt, die Untersuchung verschiedener Varianten erleichtert.



**Abbildung 4-61 - Verschiedene Auflagertypen für Rahmen und deren Momentenflächen nach alternativer Berechnung in ExTraCAD (Q.:Rottke1998, S.100)**

Eine aktuelle Version dieser von Architekten und Ingenieuren entwickelten Software ist, aufgrund des enormen Programmierungsaufwandes, beispielsweise zur Anpassung an sich ändernde Betriebssysteme, leider zur Zeit nicht zu nutzen.

Wie bereits erwähnt, dient die architekturengerechte Bewertung des Tragwerkes dazu, in frühen Planungsphasen, in denen noch nicht alle Fachingenieure eingeschaltet sind und in einer Phase, in der die Bandbreite möglicher Alternativen noch so groß ist, dass der genaue rechnerische Nachweis der verschiedenen Möglichkeiten ökonomisch unsinnig wäre, einem kreativen und verantwortungsvollen Umgang mit dem Tragwerk möglich zu machen. Daher muss dem Nutzer auch bewusst sein, mit diesem Bewertungsvorgang keinen „wasserdichten“ Standsicherheitsnachweis erbracht zu haben.

## 4.2.7 Beispielprojekte

### 4.2.7.1 „Neue mechanische Werkstatt“ der Charlottenhütte, Niederschelden



Abbildung 4-62 - Nordansicht

Die „Neue mechanische Werkstatt“ der Charlottenhütte in Niederschelden/ Mudersbach wurde 1919 errichtet. Sie ersetzt die zu klein gewordene bestehende mechanische Werkstatt. Das Gebäude wird zur Weiterverarbeitung des in den Hochöfen und dem Stahlwerk der Charlottenhütte produzierten Stahles genutzt. Auf großen Kopfdrehbänken wurden verschiedene Maschinenbauteile hergestellt.



Abbildung 4-63 Alte mechanische Werkstatt vor 1919 (Q.: Privatarhiv H. Jentsch)  
Abbildung 4-64 - Produktion in der "Neuen mechanischen Werkstatt" (Q.: Privatarhiv H. Jentsch)

Weitere Nutzungen waren die Lehrwerkstatt und elektrische Werkstatt des Stahlwerkes. Nach der Stilllegung des Stahlstandortes Ende der 1990iger Jahre wird das Gebäude als Lagerhalle benutzt.

Die „Neue mechanische Werkstatt“ ist ca. lang 150m und 38m breit. Die Reihung der Tragkonstruktion prägt den zweischiffigen Innenraum. Auf den Längsseiten

befinden sich kleinere Annexbauten. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass ein Gebäude eines Stahlwerkes in Stahlbeton erstellt wurde und nicht als Stahlkonstruktion. Erklärungsmöglichkeiten sind: Stahlknappheit um 1919 wegen eventueller Reparationsleistungen an Frankreich in Form von Stahllieferungen, Die Zulassung von Hochofenzement für die Betonherstellung, das Streben der Betonindustrie die Leistungsfähigkeit des noch relativ neuen Werkstoffes zu beweisen. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Das Gebäude wurden im Studienjahr 2005/2006 im Masterstudiengang „Planen und Bauen im Bestand“ als Entwurfsprojekt hinsichtlich verschiedener Nutzungen untersucht.

Das Projekt wird an dieser Stelle als Beispiel einer Bewertung eines Tragwerkes angeführt, weil die Schönheit und Funktionalität der Tragstruktur die Entwürfe sehr beeinflusst hat. Nicht nur das Tragwerk wurde analysiert und bewertet, es wurde selbst zu einem Bewertungsmaßstab für die Qualität der Entwürfe. Unten aufgeführte Abbildungen zeigen Ausschnitte einer Entwurfsidee, die den, durch die Addition der Tragelemente geprägten, Innenraumeindruck erhält und weiteres Potential des Tragsystems (z.B. die hohe Tragkraft der Kranbahn) nutzt.

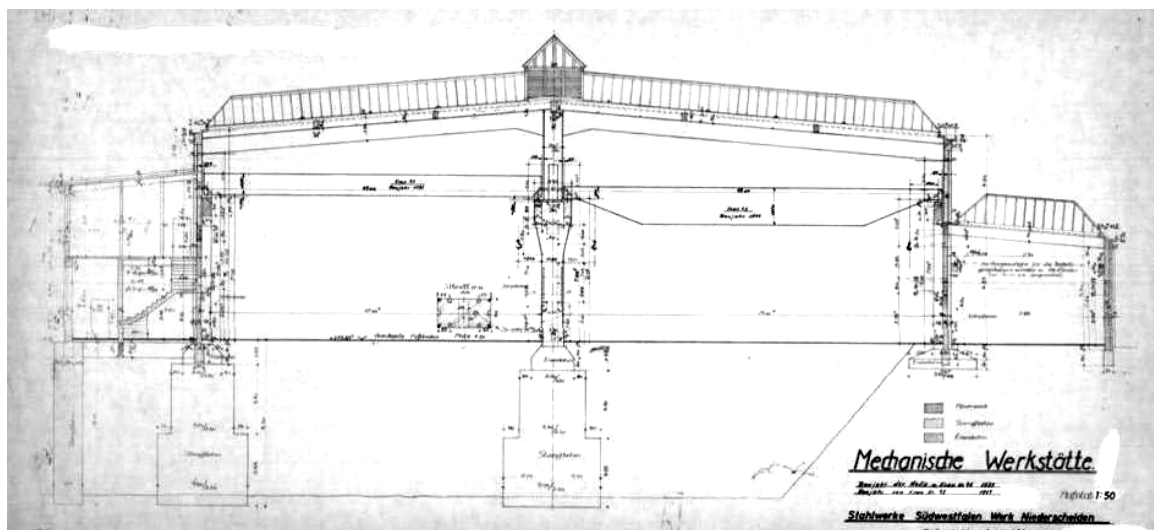


Abbildung 4-65 - Querschnitt (Q.: Privatarchiv R. Göbel)

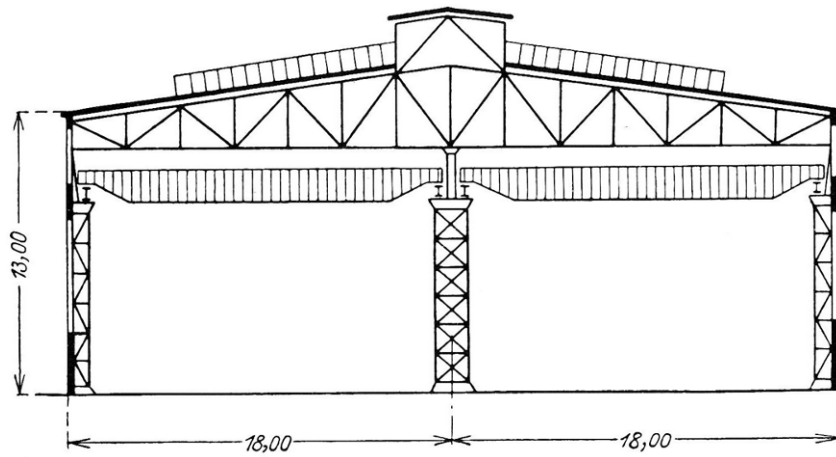


Abbildung 4-66 - Typische Industriehalle als Eisenkonstruktion in den 1920iger Jahren (Q.: Werner/ Seidel1992, S.176)



Abbildung 4-67 - Innenansichten der 150m langen Halle



Abbildung 4-68 - Kranbahn mit einer zulässigen Hebelast von 20t



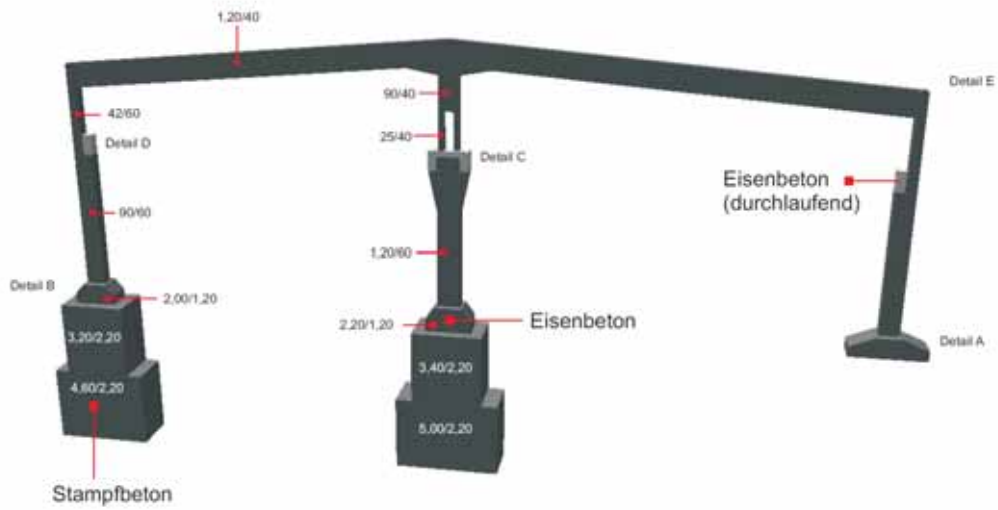


Abbildung 4-69 - Analyse der Tragwerkgeometrie

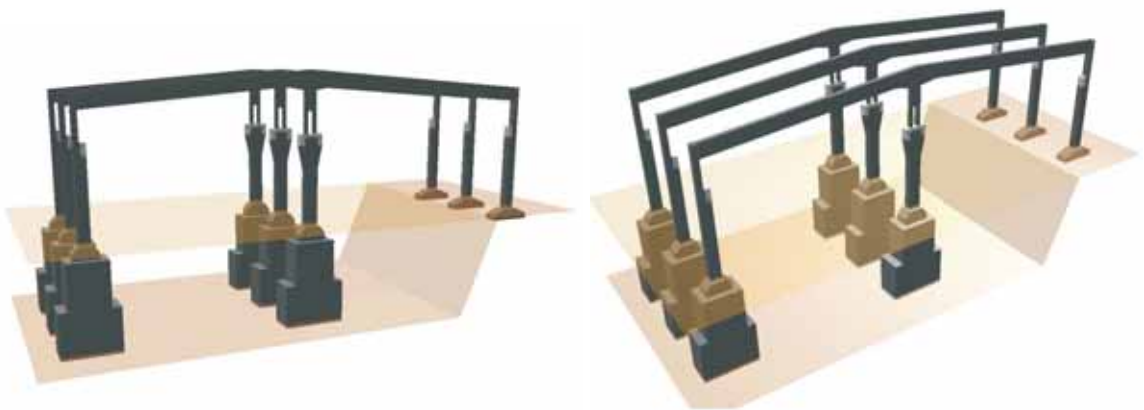


Abbildung 4-70 - Darstellung der teilweise in ehemaligem Flussbett angeordneter Gründung



Abbildung 4-71 - Darstellung der tragenden Bauteile für Vertikallasten

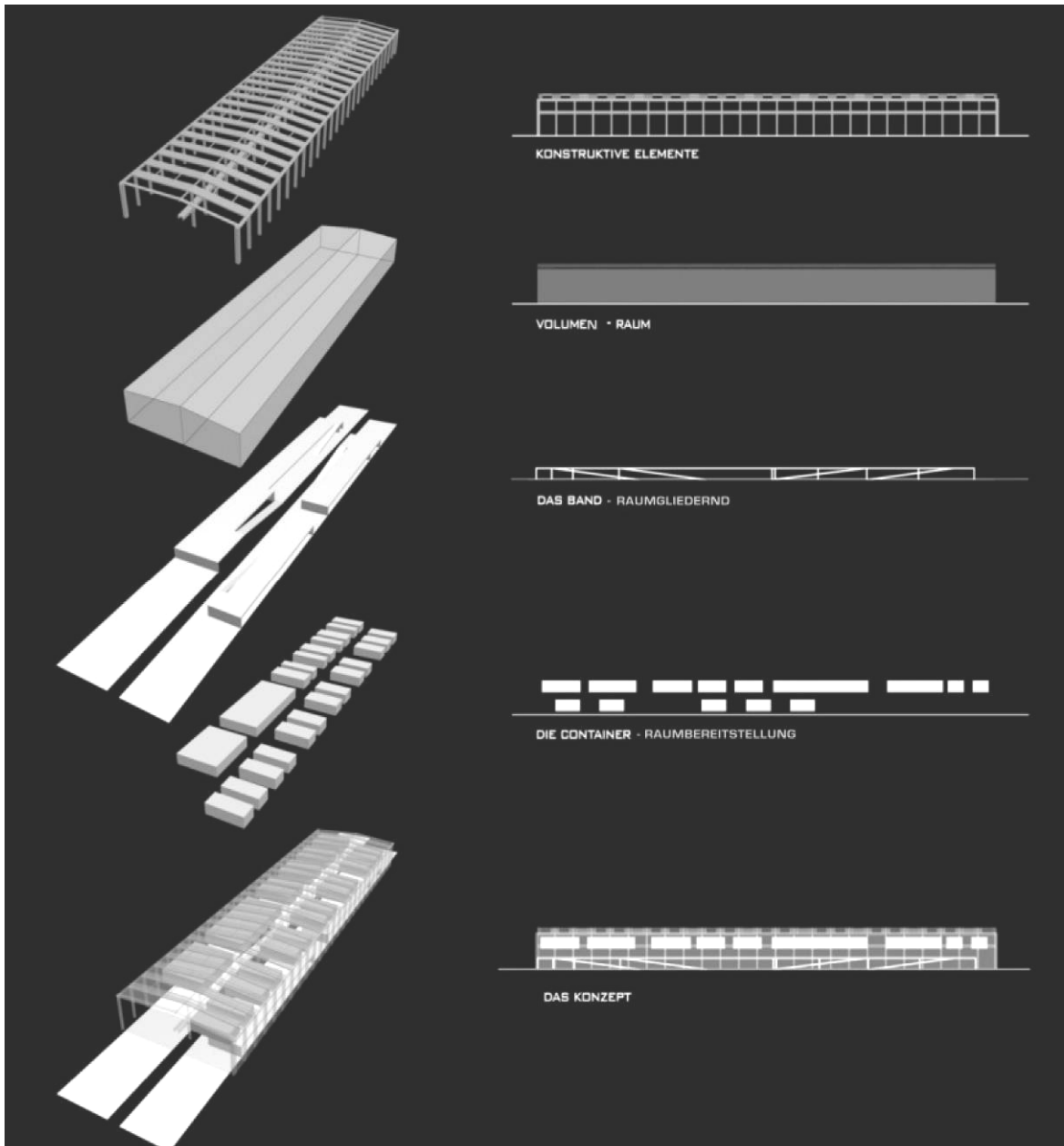


Abbildung 4-72 - Entwurfskonzept für eine Forschungseinrichtung und temporäres Wohnen

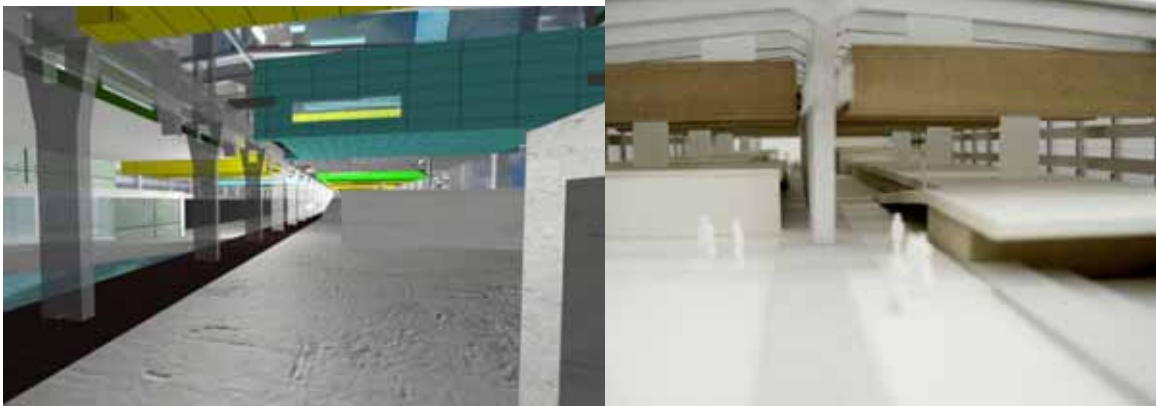


Abbildung 4-73 - Innenraumperspektive  
Abbildung 4-74 - Modellfoto

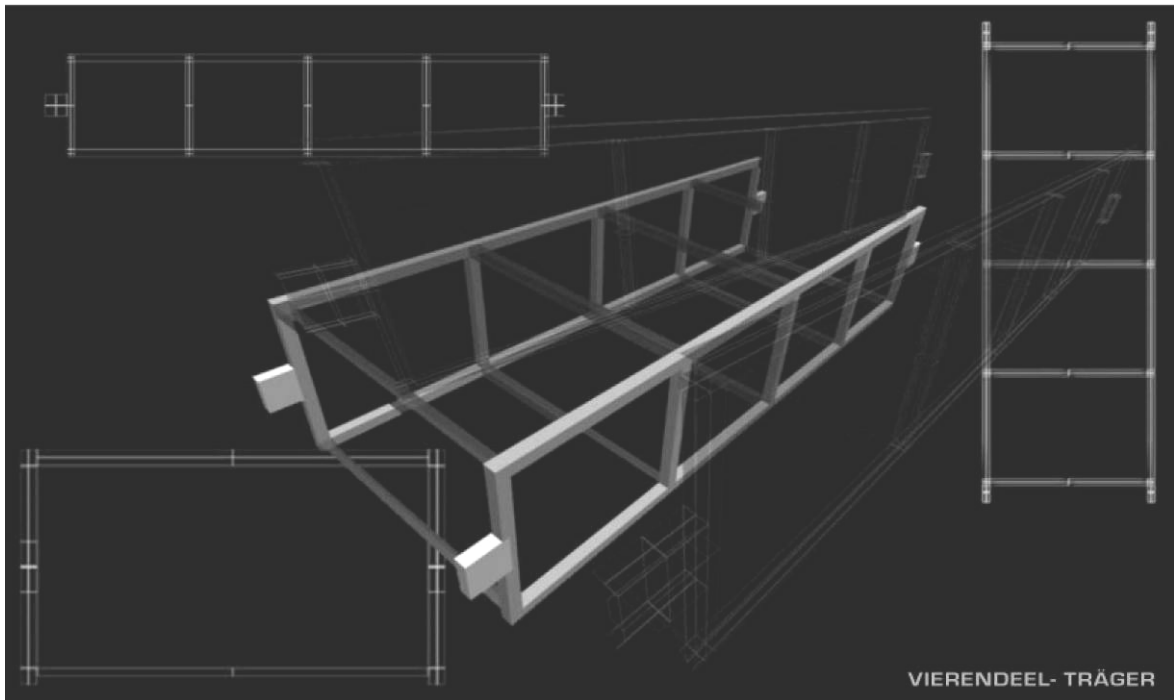


Abbildung 4-75 - Konzept für eine an der Kranbahn hängende Wohneinheit

#### 4.2.7.2 Bushof, Aachen

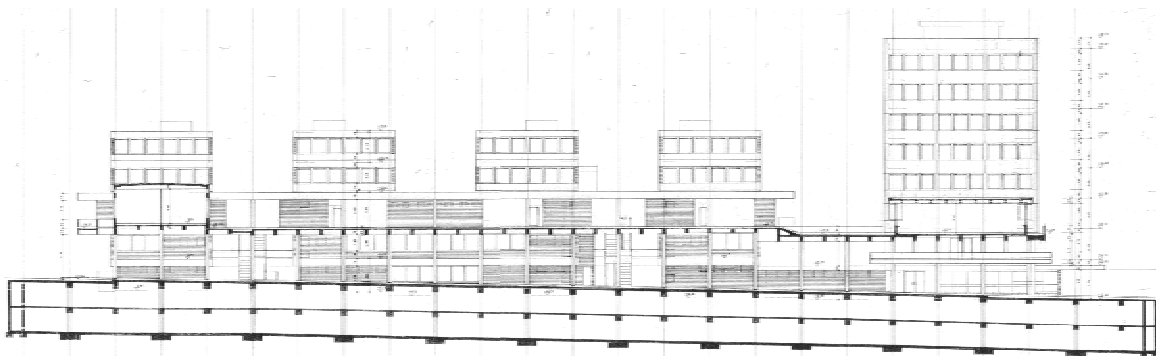


Abbildung 4-76 - Bushof Aachen - Längsschnitt durch Bushalle (Q.: Stadt Aachen)



Abbildung 4-77 - Bushof Aachen (Q.: Stadt Aachen)

Zur Ideenfindung für die Revitalisierung des anfangs der 1970iger Jahre erbauten Bushofes in Aachen wendet sich die Stadtverwaltung im Jahre 2002 an die Architekturfakultäten der FH und RWTH Aachen. Der Verfasser hatte Gelegenheit ein Seminar zum Thema „Bauen im Bestand: Bushof Aachen“ zusammen mit Prof. Dr. Ing. Wilfried Führer am Lehrstuhl Baukonstruktion I (Tragwerklehre) der RWTH Aachen durchzuführen. Im Rahmen des Seminars wurde folgende Aufgabe gestellt:

- Analysieren Sie die Tragkonstruktion.  
Aus welchen Bauteilen besteht Sie, wie erfolgt die Lastein- und Lastweiterleitung?
- Stellen Sie den Kraftverlauf möglichst anschaulich dar (evtl. CAAD Modell).  
Unterscheiden Sie Biegebeanspruchung und Normalkräfte.
- Stellen Sie Schwachstellen, Abrissmöglichkeiten und Tragreserven des Gebäudes im Grundriss dar.  
Markieren sie konstruktive und funktionale „Zwangspunkte“.

Zur Analyse des Gebäudes konnten die Situation vor Ort begutachtet werden, Bauzeichnungen, die Statik sowie Schal- und Bewehrungspläne eingesehen werden. Die unten in Auszügen dargestellte Analyse verschafft eine Orientierung über die Funktionen der einzelnen Bauteile

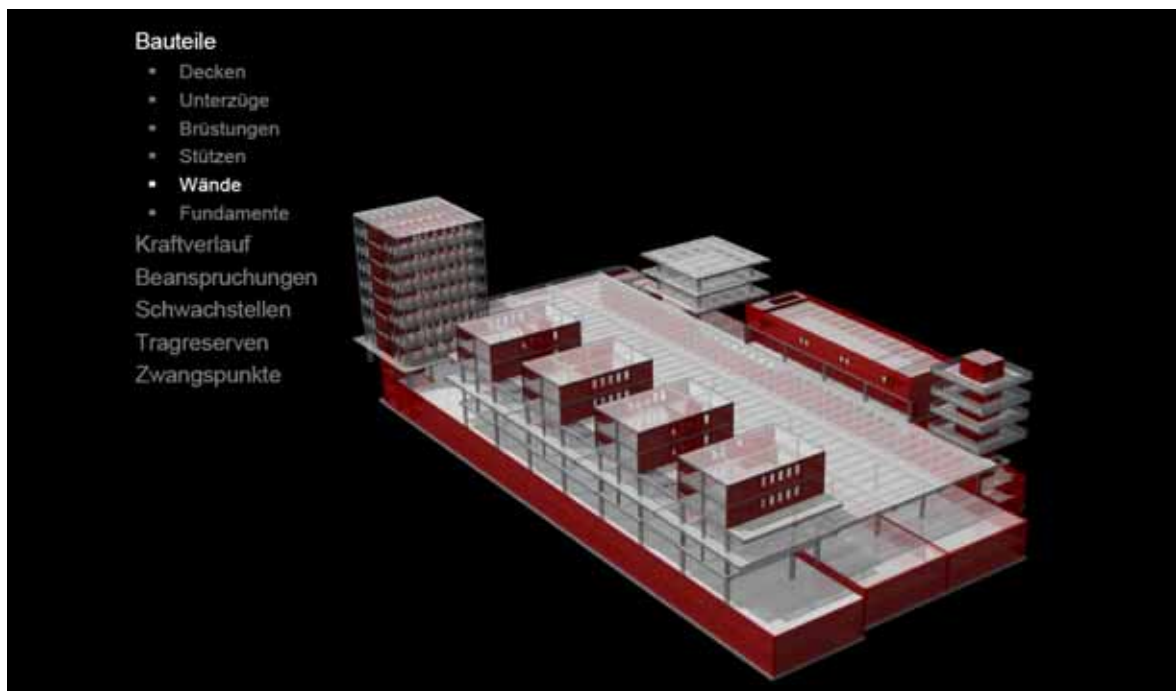


Abbildung 4-78 - Bushof Aachen - Statisch wirksame Wände

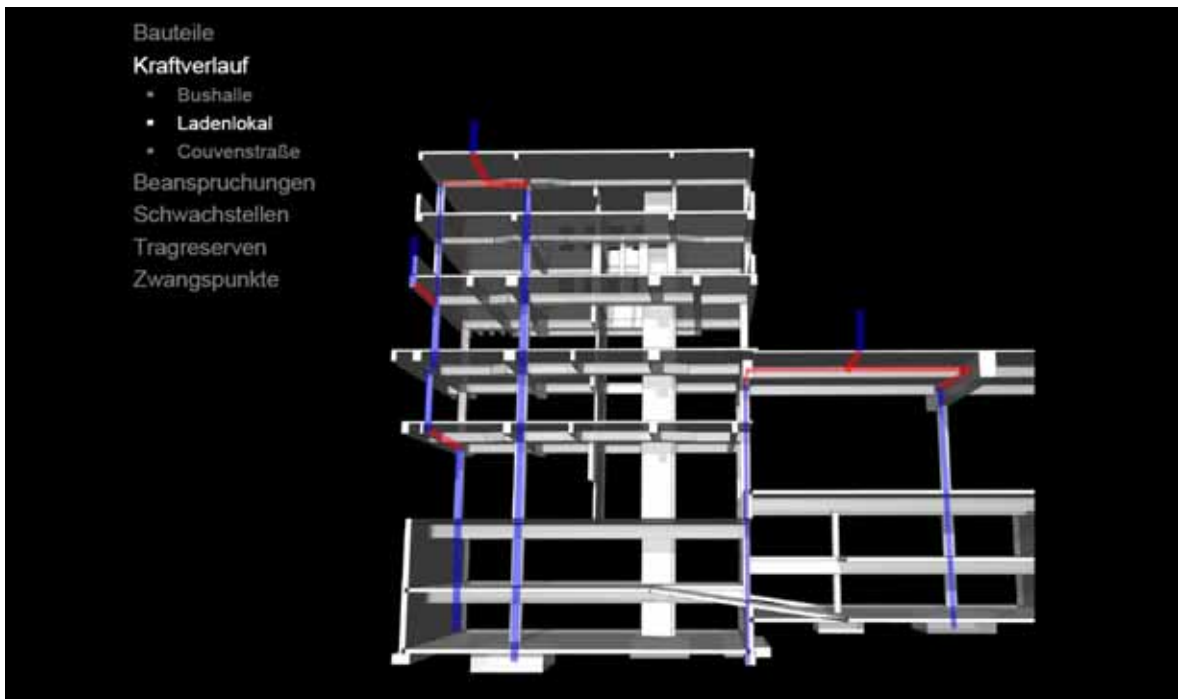


Abbildung 4-79 - Bushof Aachen - Verfolgen der Lastabtragung bis in die Fundamente

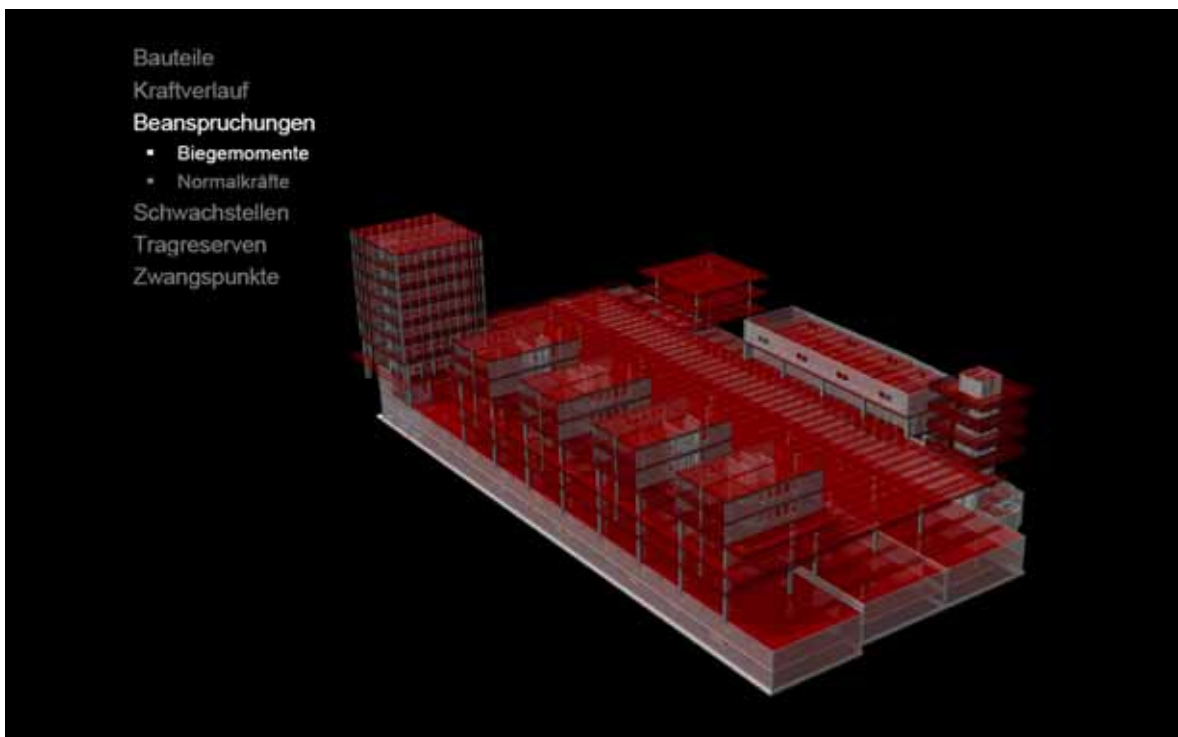


Abbildung 4-80 - Bushof Aachen - Darstellung auf Biegung beanspruchter Bauteile

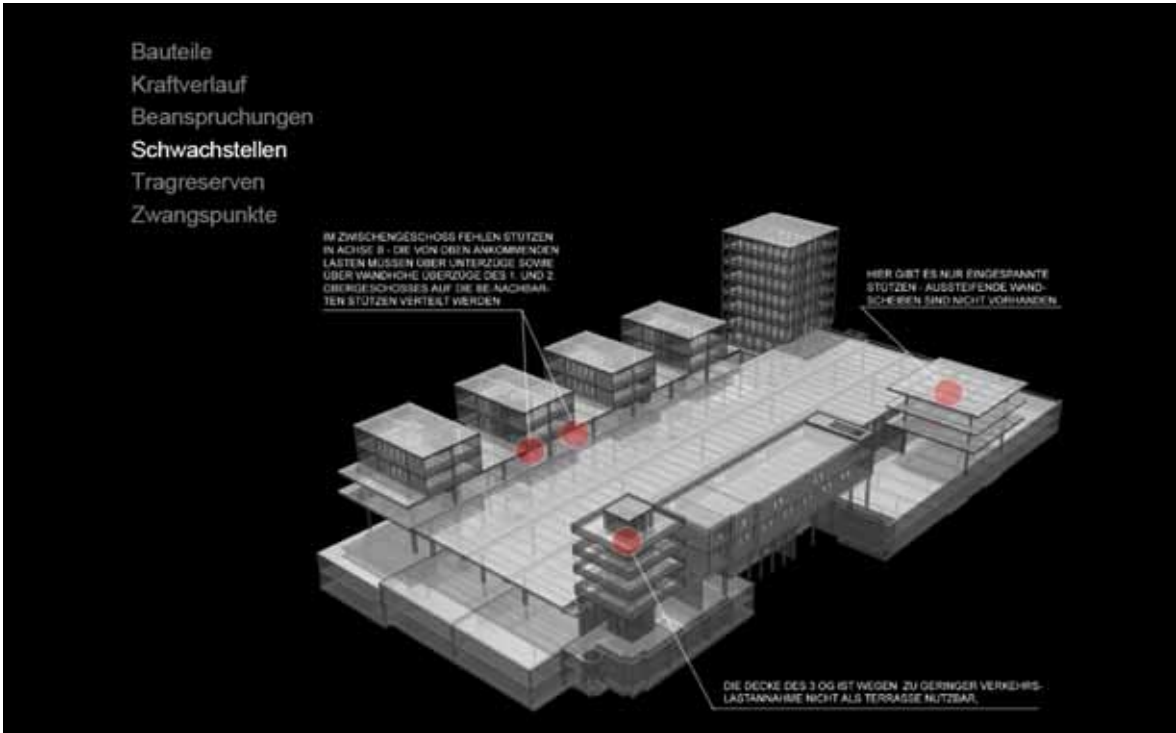


Abbildung 4-81 - Bushof Aachen - Markierung von Schwachstellen

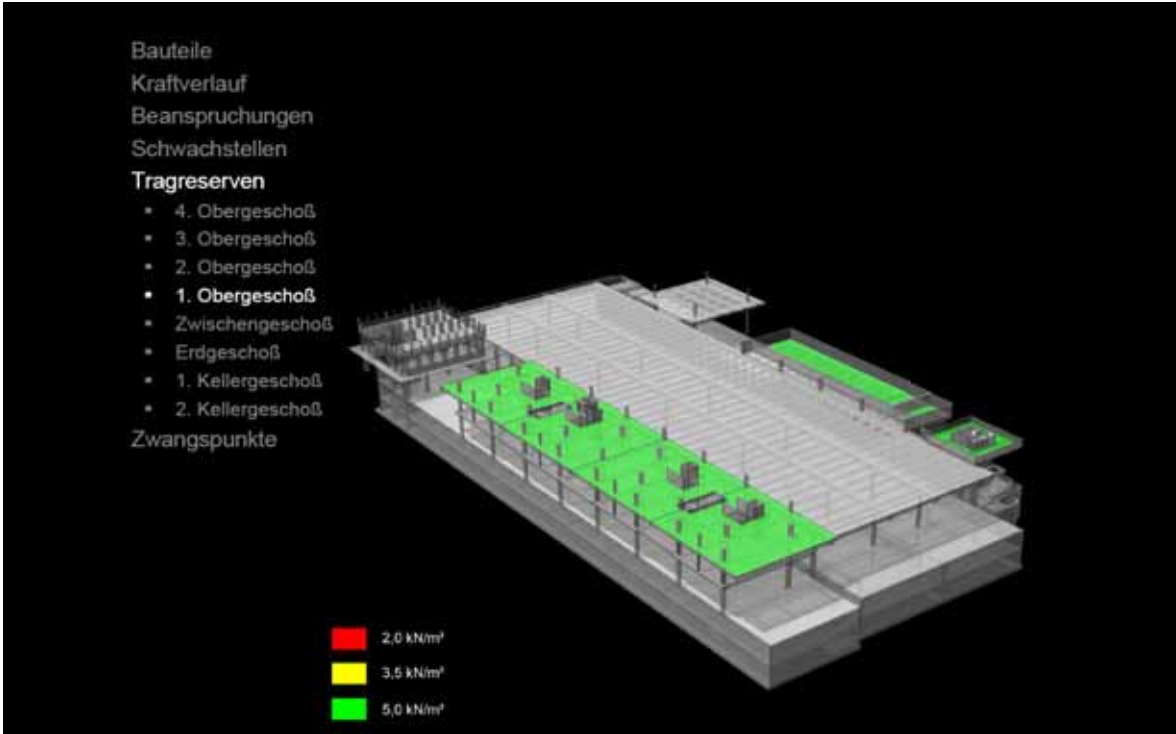


Abbildung 4-82 - Bushof Aachen - Ausweisen von Tragreserven

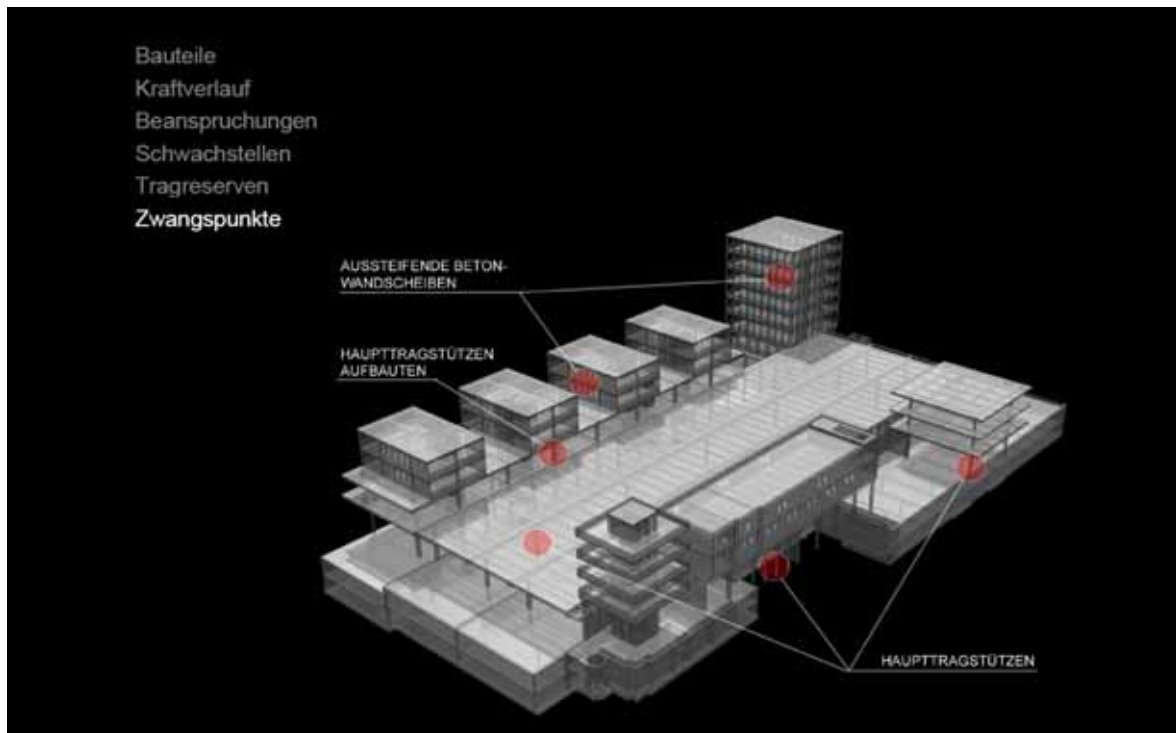


Abbildung 4-83 - Kennzeichnung von Zwangspunkten

Die hier durchgeführten Bewertungsschritte sind:

die Aufteilung der Konstruktionen auf verschiedene Tragglieder, die Ausweisung von Schwachpunkten, Stärken und Zwangspunkten der Konstruktion.

Basis für diese Beurteilungen sind Vergleiche einer effizienten oder möglicherweise einer idealen Kraftweiterleitung mit der tatsächlichen, für die Kennzeichnung von Schwachpunkten, sowie der Vergleich der in der Statik ausgewiesenen Verkehrslast mit üblichen Verkehrslasten für die Ausweisung der Tragreserven. Mit der dargestellten Analyse und Bewertung gelingt eine erste Annäherung an das Tragverhalten des vorhandenen Tragsystems.

Unterscheidungen in verschiedene Lastfälle, z.B. Vertikalkräfte und Horizontalkräfte, werden hier allerdings nicht getroffen.

#### 4.2.7.3 Ev. Kirche, Weidenau



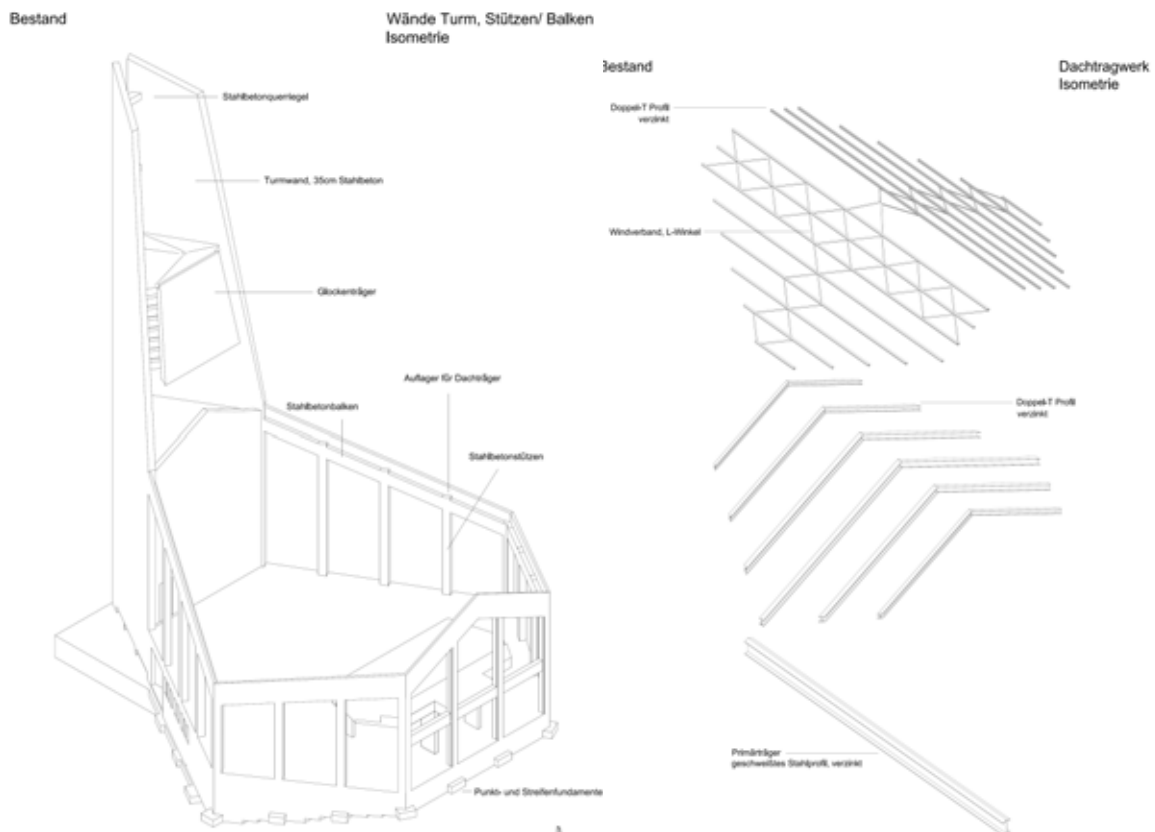
Abbildung 4-84 Innenraum, Christus - Kirche, Siegen – Weidenau

Aus der Begehung des Gebäudes und der Sichtung der Unterlagen ( Bauantragsunterlagen, Schal- und Bewehrungspläne, Baustellenfotos) sowie den durchgeführten Materialprüfungen lassen sich Baukonstruktion und Tragwerk des Gebäudes gut definieren.

#### **Gründung**

Die Fundamente wurden als Betonstreifenfundamente und Stahlbetonfundamente errichtet . Alle Außenwände sind in Sichtbeton hergestellt worden. Im Bereich des Kirchenraumes gehen die Außenwände im Erdreich in Streifenfundamente über und sind der Hanglage entsprechend abgestuft. Die Stützen der Empore im Kirchenraum durchstoßen die Bodenplatte und sind in Punktfundamenten auf der Höhe der seitlichen Streifenfundamente gegründet. Die Stützen in der Außenwand sind ebenfalls in Punktfundamenten gegründet. Der Turm ist in massiver Stahlbetonbauweise errichtet und hat eine durchgängige Wandstärke von 35cm. Er ist auf einem separaten großflächigen Einzelfundament gegründet.





**Abbildung 4-85- Darstellung tragender Bauteile (Gründung, Stützen, Wände) (Q.: R. Schneider)**

**Abbildung 4-86 Darstellung tragender Bauteile (Dach) (Q.: R. Schneider)**

## Stützen und Wände

Im Bereich zwischen den Stützen sind die Sichtbetonwände 24 cm stark. Stützen und Wände sind monolithisch in Ortbeton ausgebildet. Der Zwischenraum zwischen der Wand und der innen liegenden verputzten 11,5 cm Vormauerschale wurde mit einer Perlite-Schüttung versehen. Im Bereich der Sakristei und im Untergeschoss sind die Zwischenwände in Mauerwerk ausgeführt.

Nach den statischen Berechnungen sind die Stahlbetonstützen in der Deckenplatte oberhalb des Untergeschosses eingespannt (Eulerfall 1). Jedoch sind die Stützen zum einen über die 24 cm starke Außenwand und zum anderen über einen umlaufenden Stahlbetonbalken verbunden und somit zusätzlich ausgesteift. Die seitlichen Wände haben im Gegensatz zur ursprünglichen Planung eine Scheibenwirkung. Die Fassade des Haupteingangsbereichs ist komplett in Skelettbauweise errichtet und hat große Öffnungen mit Betonglasfenstern. Zur zusätzlichen Aussteifung ist diese Wand an die Empore angeschlossen, die durch zwei Stahlbetonrahmen und die Bodenplatte zu einem

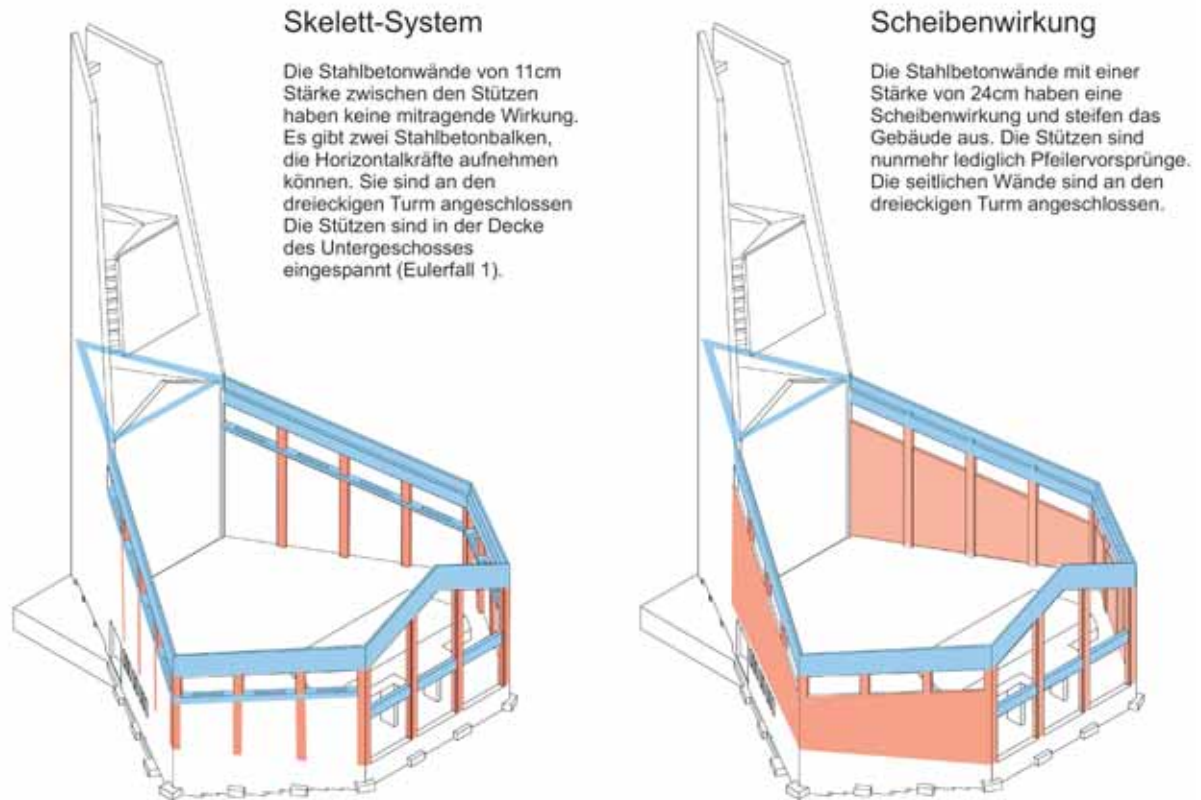
Tisch ausgebildet ist. Durch die in Dreiecksform zusammengesetzten Wandscheiben ist der Turm ein sehr steifes konstruktives Element. Im Bereich oberhalb der Dachebene sind die Turmwände durch die Decken- und Bodenplatte des Glockenträgers, sowie durch Stahlbetonriegel ausgesteift. Zur Turmspitze hin verjüngen sich die Turmwände seitlich und sind durch Stahlbetonquerriegel miteinander verbunden.

### **Dach**

Die Dachkonstruktion besteht aus einer geschweißten Firstpfette als Primärtragwerk sowie Doppel -T Trägern als Sekundärtragwerk, die jeweils auf den Stützenköpfen lagern und an die Firstpfette angeschlossen sind. Das Tertiärtragwerk besteht ebenfalls aus Doppel –T Profilen, die senkrecht zu den Sekundärträgern in einem Achsabstand von 1,20 m verlegt sind. Die gesamte Dachkonstruktion ist verzinkt. Die Dacheindeckung besteht aus Kupferstehfalz-Blechen auf einer Plattenlage aus Spanplatten (36 mm). Über eine Holzkonstruktion ist eine Decke abgehängt, auf der sich die Dämmebene des Kaldaches befindet. Nachträglich wurde hier ROCKWOOL eingeblasen, um eine bessere Dämmwirkung des Daches zu erreichen. Das komplette Dach ist über in den Wänden eingelassene PVC-Röhrchen oberhalb der Betonfenster belüftet. Eine entsprechende Firstentlüftung ist nicht gegeben. Luft aus dem Dachraum kann nur über sich konstruktiv ergebende Fugen und eine Öffnung an der Turmwand entweichen. Die Dachkonstruktion im Bereich des zweiten Raumes oberhalb der Sakristei ist abweichend vom restlichen Dach in Holzbauweise erstellt und ungedämmt.

### **Änderungen zwischen Planung und Ausführung**

Die frühere Planung für die Außenwand einen anderen Wandaufbau vor. Die Sichtbetonwände sollten nur 11cm dick und die Zwischenräume der Stützen mit 24 cm Steinen ausgemauert werden. Aus der Planungsänderung ergibt sich auch ein anderes statisches System.



**Abbildung 4-87 - Geplantes (li) und ausgeführtes (re) statisches System (Q.:R. Schneider)**

Vergleicht man die beiden Prinzip-Skizzen stellt man fest, dass das angewandte statische System erheblich unanfälliger gegenüber Bauwerksverformungen ist. Die Sichtbetonwände mit einer Dicke von 11cm, wie ursprünglich vorgesehen, hatten keine statische Funktion. Durch die Erhöhung der Wandstärke zwischen den Stützen ergibt sich eine Scheibenwirkung. Weiterhin ist der Arbeitsaufwand beim Erstellen der Schalung minimiert worden, da der aufwendige Stahlbetonbalken mit Öffnungen unterhalb der Betonfenster nicht ausgeführt wurde. Eine weitere Ersparnis und Vereinfachung der Konstruktion stellt der Wegfall der Mauerwerkswand zwischen den Stützen dar. Sie wird durch die statisch wirksame Verstärkung der Stahlbetonwand ersetzt.

### **Bewertung der Messergebnisse**

Die Messergebnisse fallen der Güte des verwendeten Betons und der exponierten Lage der Kirche entsprechend aus. Die damals geforderte Betongüte von B225 ist mit großer Sicherheit verbaut worden. Die durch den Alterungsprozesses des Betons erhöhte Druckfestigkeit von durchschnittlich 3,57 kN/cm<sup>2</sup> liegt somit eher im Bereich eines C30/37.

Die Messungen mit dem Rückprallhammer entsprechen denen der Laboruntersuchung. Die durchschnittliche Karbonatisierungstiefe ist mit 2,19 cm relativ hoch, berücksichtigt man die großflächig geringe Betondeckung. Die Rasterelektronenmikroskopaufnahmen zeigen laut Aussage des Instituts für Bau- und Werkstoffchemie eine große Porosität und ein sehr schlechtes Bindemittelgefüge auf. Ettringite sind zwar vorhanden, stellen aber innerhalb von Luftporen wegen problemloser Volumenvergrößerung keine Bedrohung dar. Die Röntgendiffraktometrie zeigt keine ungewöhnlichen Ergebnisse. Eine Gegenüberstellung von der Witterung stärker ausgesetzten Proben (mit „oben“ gekennzeichnet) und Betonproben aus tieferen Wandregionen (mit „unten“ gekennzeichnet) zeigt vor allem, dass Calcite hauptsächlich im vorderen Betonbereich vorhanden sind (Karbonatisierung).



**Abbildung 4-88** Betonoberfläche im oberen Wandbereich 2500-fach vergrößert (Q.: Istitut f. Bau- und Werkstoffchemie, Universität Siegen)

**Abbildung 4-89** Betonoberfläche im unteren Wandbereich 2500-fach vergrößert (Q.: Istitut f. Bau- und Werkstoffchemie, Universität Siegen)

Die hohe Karbonatisierungstiefe und die starke Wasseraufnahme lassen sich auf die große Kapillarporosität zurückführen.

### **Fazit:**

Gestützt auf die Erfassung der Schäden, die Konstruktionsanalyse sowie die ermittelten Baustoffkennwerte, lässt sich eine momentane Gefährdung der Standsicherheit ausschließen. Aufgrund des Schadbildes muss jedoch ohne eine Sanierung der geschädigten Betonflächen davon ausgegangen werden, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre kostenintensive Schäden an der Tragkonstruktion auftreten.

#### 4.2.7.4 „Neue Schlosserei“ der Amalienhütte, Bad Laasphe

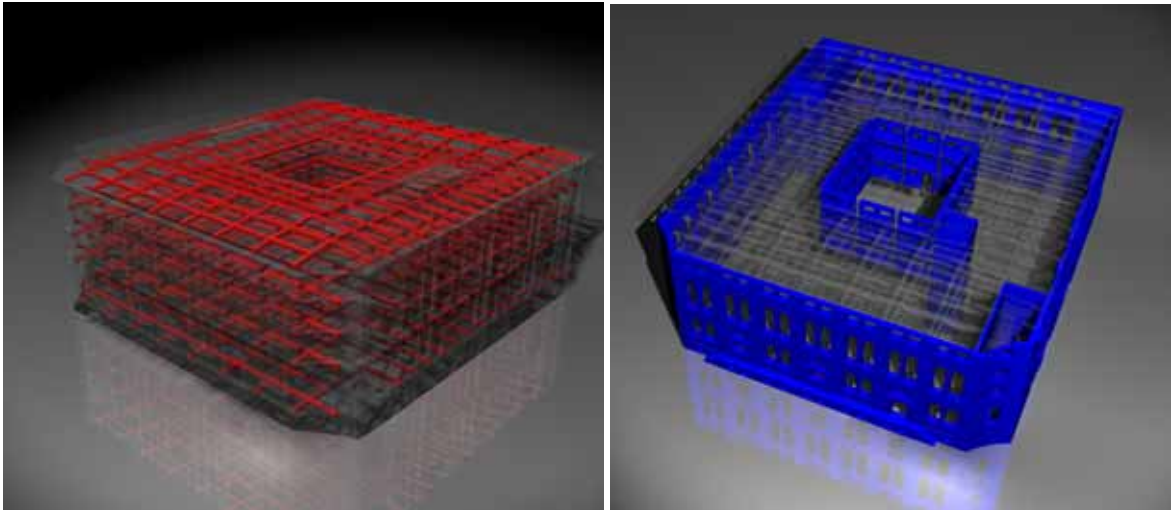


Abbildung 4-90 - Darstellung von Trägern und Nebenträgern

Abbildung 4-91 - Darstellung tragender Wände

Obwohl in den Kapiteln zur Erfassung des Schicksals der Amalienhütte (Abriss) bereits dargestellt wurde, wurde die Bewertung des Tragwerkes unter der Annahme, dass eine Nachnutzung des Gebäudes angestrebt wird, vorgenommen. Es stellen sich grundsätzlich Fragen, nach dem möglichen Umgang mit dem Gebäude, nach adäquaten Nutzungen.

Daraus ergeben sich für das Tragwerk folgende Fragen:

Welches Konstruktionsprinzip wurde verwendet?

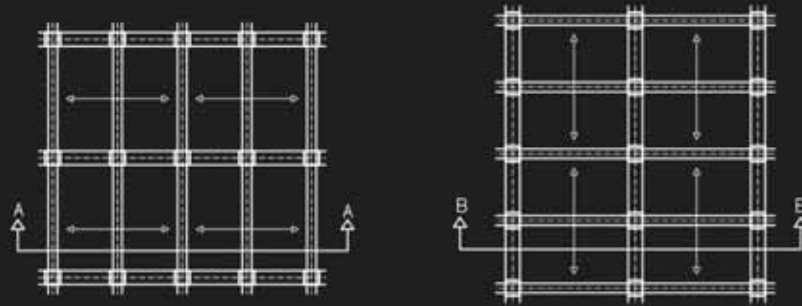
Wurde das Tragsystem geschädigt?

Welche Lasten können der Konstruktion zugemutet werden?

Lässt das Tragwerk Veränderungen der Gebäudegeometrie zu?

Wie bei dem weiter oben dargestellten Beispiel „Bushof Aachen“ wurden die einzelnen Tragelemente von der Gesamtkonstruktion unterschieden und mit der Art der Belastung dargestellt. Die Decken sind einachsrig von Nebenträger zu Nebenträger gespannt (Feldlänge ca. 2,16m). Die Nebenträger geben ihre Last an die Hauptträger ab, die Lasteinleitung in die Stützen erfolgt in einem Abstand von ca. 4,30 m.

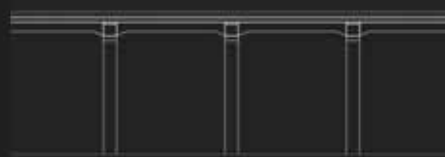
## Aufnahme und Weiterleitung der vertikalen Lasten



Aufsichten



Schnitte A-A



Schnitte B-B

Abbildung 4-92 Lastweiterleitung

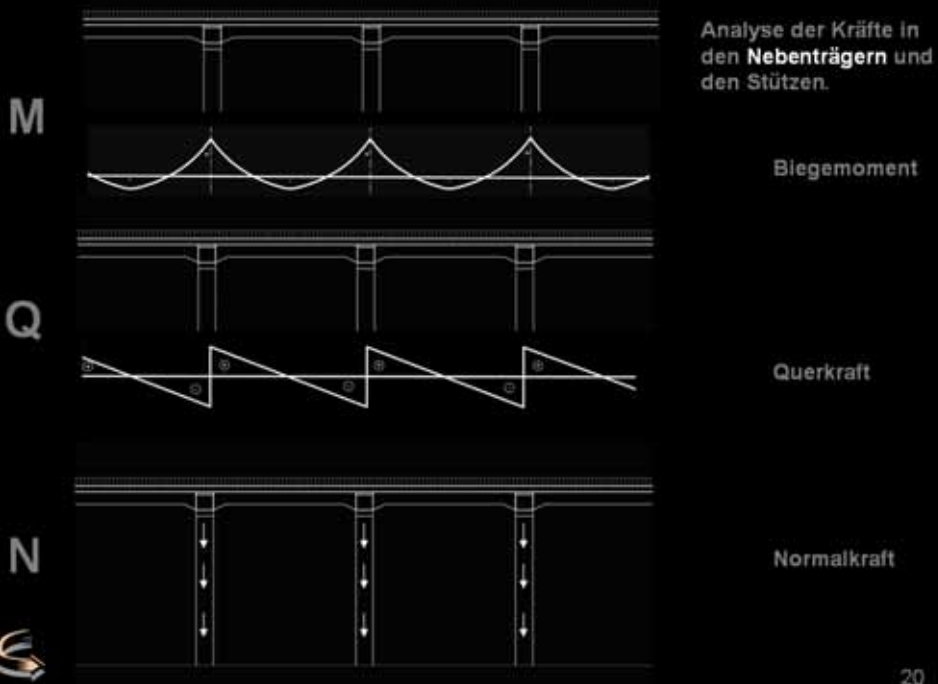


Abbildung 4-93 - Art der Belastung (Nebenträger)

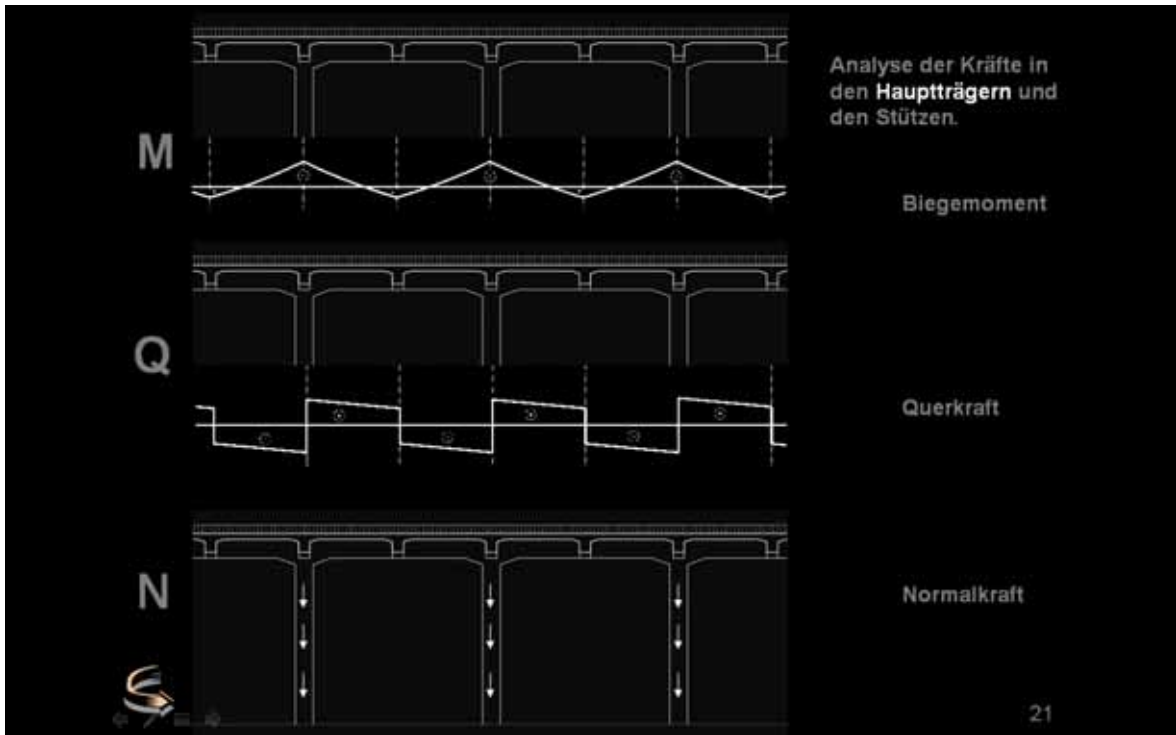


Abbildung 4-94 - Art der Belastung (Hauptträger)

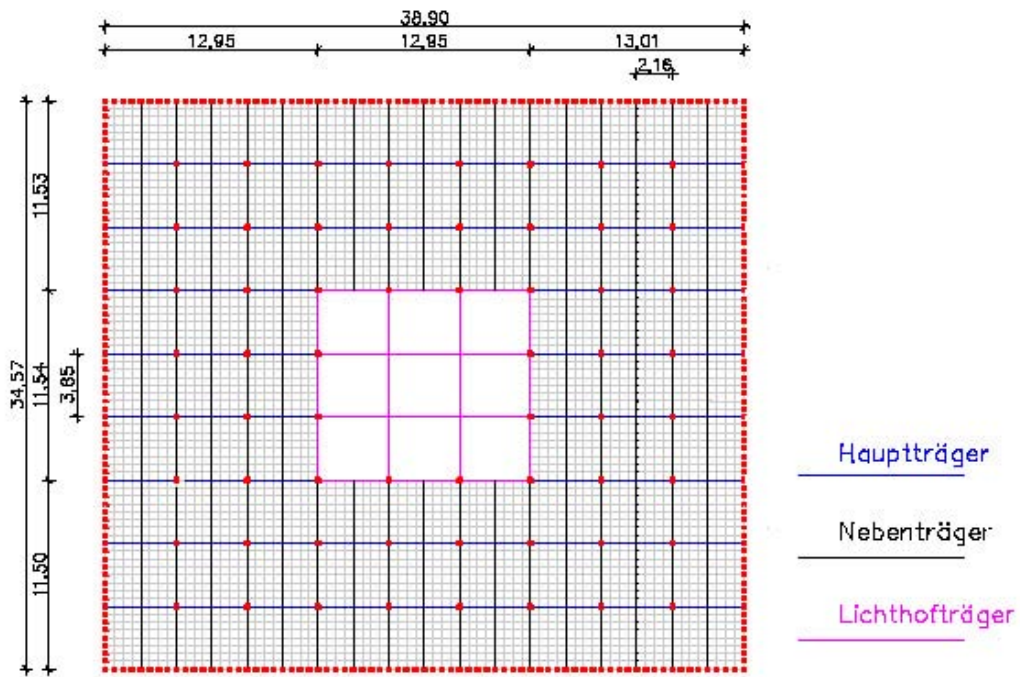
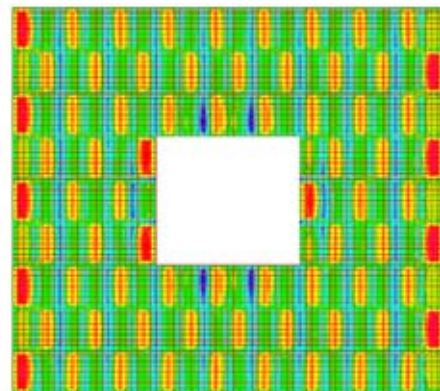
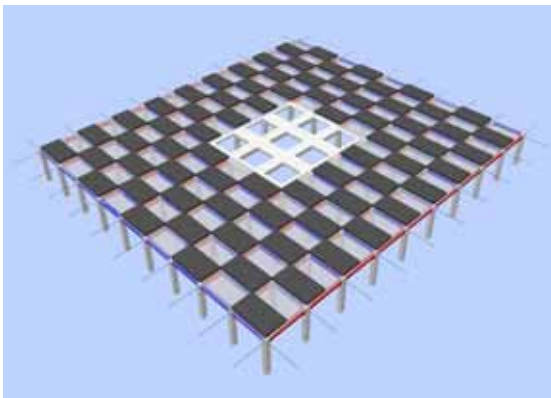


Abbildung 4-95 - Statisches System in InfoCAD

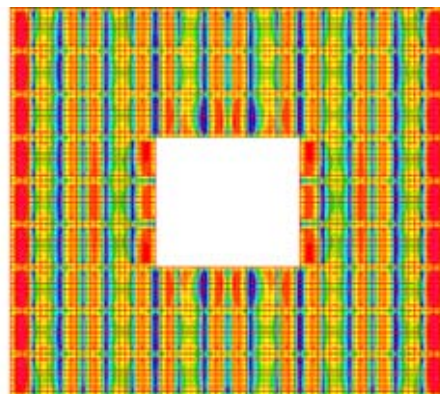
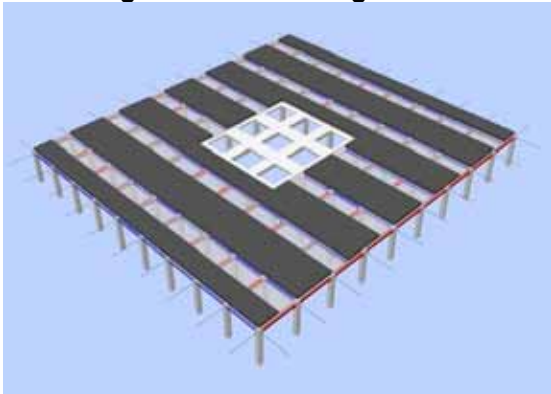
Zur Einschätzung der Tragfähigkeit der Geschosdecken wurde exemplarisch die Decke über EG in einem Statikprogramm (finite Elemente) simuliert

Unten stehende Abbildungen zeigen Lastfälle für maximales Feldmoment in x-Richtung und minimales Stützmoment in x-Richtung (maximaler Betrag).



**Abbildung 4-96 - Verteilung der Verkehrslast für max. Feldmoment in x-Richtung**

**Abbildung 4-97 - Darstellung der Feldmomente**



**Abbildung 4-98 - Verteilung der Verkehrslast für min. Stützmoment in x-Richtung**

**Abbildung 4-99 - Darstellung der Stützmomente**

Wie im Kapitel Erfassung dargestellt, wurde sowohl für die Deckenplatten als auch für die Träger und Nebenträger Durchlaufwirkung festgestellt. Es liegen für Träger und Deckenplatten also mehrfach statisch unbestimmte Systeme vor.

Zur Darstellung der oben abgebildeten Schnittgrößen wie zur Betrachtung der Verformungen werden daher die ermittelten Materialeigenschaften mit einbezogen.

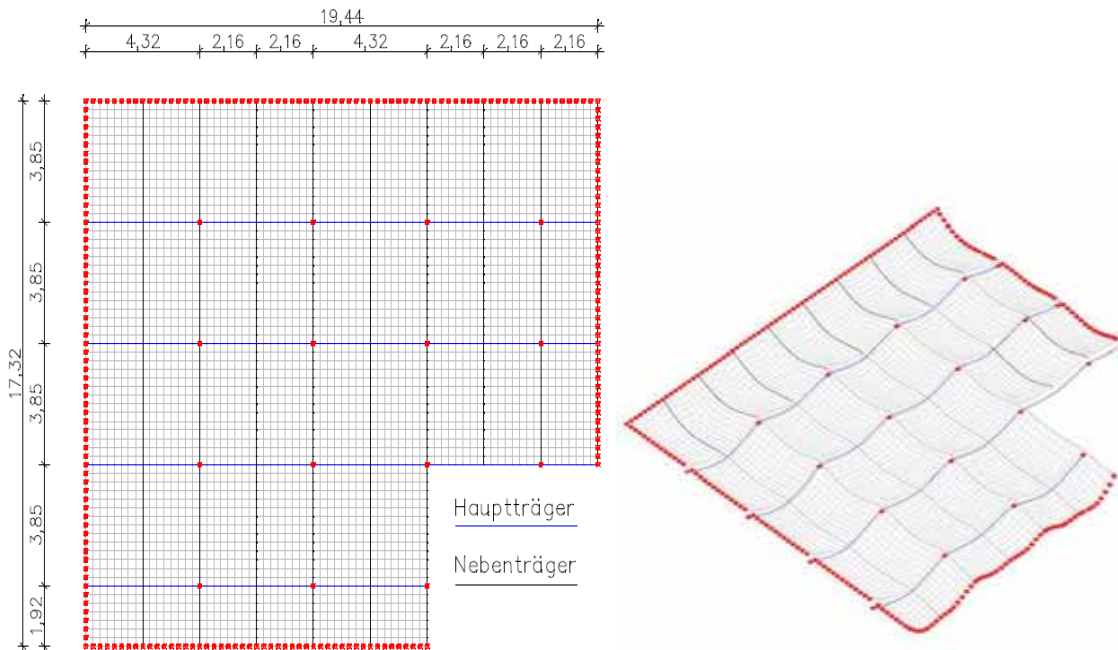
Die weiteren Untersuchungen erfolgen an einem Viertel der Decke, da das System nahezu punktsymmetrisch ist. Als Verkehrslast war für die Decke über EG eine Last von maximal  $750 \text{ kg/m}^2$  angegeben. Selbst diese hohe Verkehrslast von  $7,5 \text{ kN/m}^2$  bewirkt lediglich eine maximale Verformung von  $1,22 \text{ mm}$ . Da bei dieser Untersuchung nicht das gesamte Gebäude nachgewiesen wurde und die Betonqualität variierte, würde man empfehlen, bei einer Nutzungsfindung zunächst



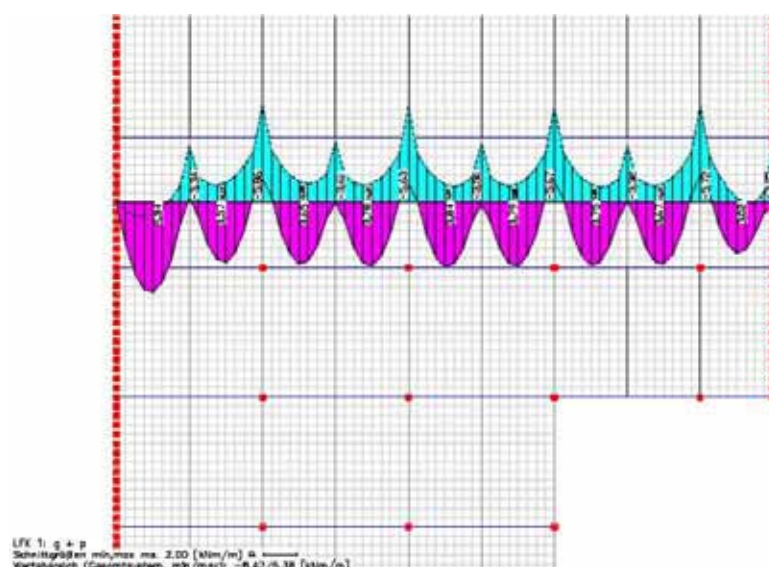
von einer verminderten Verkehrslast von  $5,0 \text{ KN/m}^2$  auszugehen, um der Notwendigkeit von Ertüchtigungsmaßnahmen zu entgehen.

Das Tragwerk lässt aber selbst bei solch einer Reduzierung der Verkehrslast viele Nutzungen zu, von der Wohnnutzung mit  $1,5 \text{ KN/m}^2$  über Büroflächen mit  $2,0 \text{ KN/m}^2$ , Schulen Cafés, Restaurants mit  $3,0 \text{ KN/m}^2$  bis Flächen für Werkstätten mit leichtem Betrieb, Museen oder Warenhäuser mit  $5,0 \text{ KN/m}^2$ .

Die Lasten stellen also für eine Umnutzung kein Problem dar.



**Abbildung 4-100 - Ausschnitt aus der Geschossdecke, dargestellt in InfoCAD (Q.: F. Stein)**  
**Abbildung 4-101 - Darstellung der Verformungsfigur, maximale Verformung =  $1,22 \text{ mm}$  (Q.: F.Stein)**

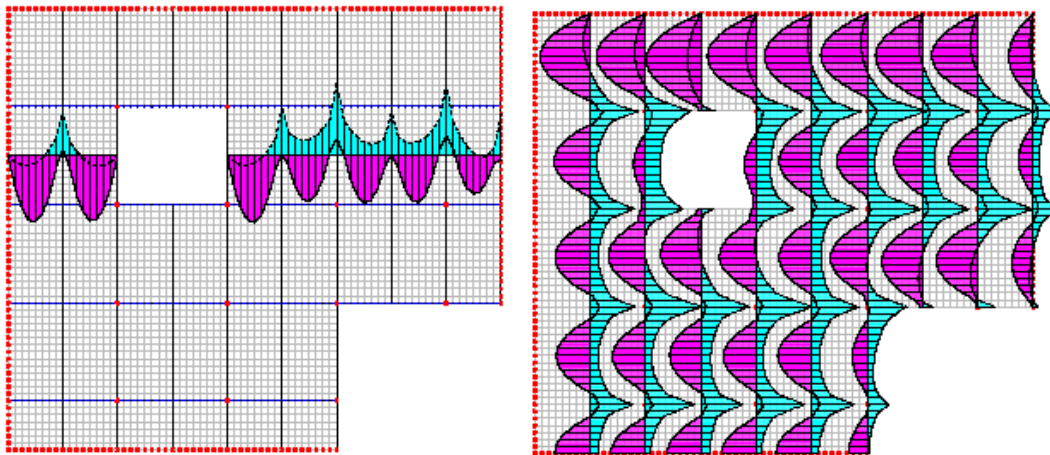


**Abbildung 4-102 - Darstellung der Momentenhüllkurve für die Deckenplatten in x-Richtung (parallel der blau dargestellten Hauptträger, Q.: F. Stein)**

Die Gebäudegeometrie, insbesondere die niedrigen Geschosshöhen in zwei Etagen sind für eine Umnutzung wesentlich problematischer.

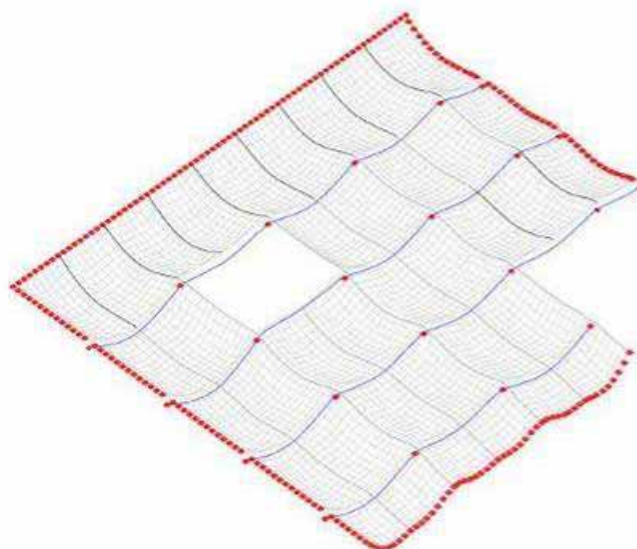
Für eine Nutzung als Büro oder Wohngebäude könnte man sich allerdings vorstellen, ganze Deckenfelder zu entfernen, die Decke also teilweise zu öffnen, um so Räume mit unterschiedlichen Raumhöhen zu erhalten.

Die Auswirkungen einer solchen Maßnahme auf die benachbarten Deckenfelder machen die folgenden Abbildung deutlich.



**Abbildung 4-103 - Die Feldmomente am Rand der Deckenöffnung werden in x-Richtung größer (Q.: F.Stein)**

**Abbildung 4-104 - In y-Richtung überwiegen negative Momente (Stützmomente) in Nähe der Deckenöffnung (Q. F. Stein)**



**Abbildung 4-105 Verformungsfigur maximale Durchbiegung 1,23mm (Q.: F.Stein)**

Die maximale Verformung ist nahezu identisch mit der vorherigen. Man erkennt, dass sich die Nebenträger am Rande der Deckenöffnung kaum durchbiegen. Die

Darstellung der Momentenhüllkurve zeigt hier überwiegend negative Momente an. Wäre die Maßnahme tatsächlich ausgeführt worden, ist genau zu prüfen, ob die obere Bewehrung der Nebenträger ausreicht.

Abschließend lässt sich zum Tragwerk der „Neuen Schlosserei“ der Amalienhütte in Bad Laasphe sagen, dass keine nennenswerten Schäden am Tragwerk vorliegen, die Decken hohe Tragkraft besitzen und auch Umgestaltungen des Tragsystems möglich sind.

Leider konnte das hohe Potential des Gebäudes aus den bereits erwähnten Gründen nicht ausgeschöpft werden.

Die unten stehende Bildfolge des Fotografen Helmut Sehak dokumentiert eindrucksvoll den Abbruch des Gebäudes.



Abbildung 4-106 - Bildfolge Abbruch der "Neuen Schlosserei" der Amalienhütte, Bad Laasphe (Q.: H. Sehak)

#### 4.2.7.5 Gemeindehaus FeG, Waldbröl



**Abbildung 4-107 Gemeindehaus FeG, Waldbröl**  
**Abbildung 4-108 - Spannrichtung der Decke über Raum2**

Aufgrund der im Kapitel Erfassung (3.5.6.7) beschriebenen Untersuchungen konnte die Spannrichtung der Decke über Raum 2 (UG) festgestellt werden. Das Ergebnis konnte in dieser Form durch die bloße Beurteilung der Geometrie nicht erwartet werden, da die Decke einachsrig über die etwas längere Richtung spannt.

Die unter 1) in Kapitel (3.5.6.7) aufgeworfene Frage:

Ist die zu entfernende Wand im UG (Raum 2) tragend? – lässt sich mit „nein“ beantworten. Dies bedeutet, dass die Wand (in oberer Abbildung mit A bezeichnet) ohne Ertüchtigungsmaßnahmen der Decke entfernt werden kann. Eine weitere Konsequenz aus diesem Sachverhalt ist, dass der in o. g. Abbildung mit B bezeichnete Wanddurchbruch neben weiteren Lasten die Hälfte der Deckenlast über Raum 2 erhält. Ohne rechnerischen Nachweis ist hier bereits klar, dass eine Ertüchtigung der Wand, z.B. durch einen Unterzug, an der Stelle des Wanddurchbruches nötig ist.

Die zweiten Fragestellung:

„Wie können Horizontallasten einer geänderten Dachkonstruktion aufgenommen und an die Giebelwände abgegeben werden?“

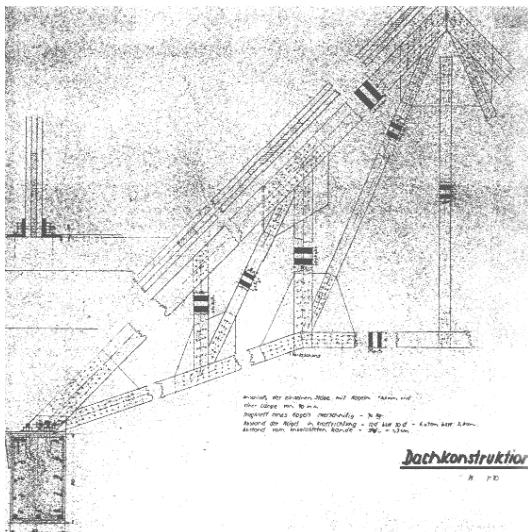
resultiert aus dem Wunsch der Bauherrin, die vorhandene Konstruktion zu Gunsten eines raumhaltigen Daches zu verändern. Die vorhandenen Binder beizubehalten und nur die Unterdecke zu entfernen, kam nicht in Frage, da die

Untergurte der eng stehenden Binder die Sicht von der geplanten Empore beeinträchtigt hätten.

Aufgrund der geringer als geplant ausgeführten Ringbalken wurde ihre Fähigkeit, Horizontallasten aus dem Dach bis in die Giebelwände weiterzuleiten, als sehr gering bewertet. Ein rechnerischer Nachweis bestätigte diese Einschätzung.

Die geplante Dachkonstruktion musste also in der Lage sein, die Horizontalkräfte aus Wind selbst aufzunehmen und erst in den Giebelwänden abzugeben.

Da die vorhandene Dachbinder entfernt werden sollten, war eine weitere Untersuchung und Bewertung dieser im Grunde nicht erforderlich.



**Abbildung 4-109 - Konstruktionszeichnung Nagelbinder**  
**Abbildung 4-110 - Dachraum**

Anhand einer bei der Begehung des Dachraumes festgestellten Verformung eines Fachwerkstabes lässt sich jedoch die Bewertung von Fachwerken mit Hilfe eines Statikprogramms gut darlegen.



**Abbildung 4-111 - Durchbiegung des Diagonalstabes unter dem Kehlsparren**

Der verformte Fachwerkstab ist ein, als Zange ausgebildeter, äußerer Diagonalstab. Der betroffene Binder befindet sich unter dem Kehlsparren des an das Hauptdach angrenzenden Sattel des Nebendaches (s. Pfeil in unten stehender Abbildung). In einem Konstruktionsplan aus dem Jahr 1952 wird explizit darauf hingewiesen, dass keine Lasten aus dem Dachstuhl des Nebendaches über dem Eingang auf die Binder des Hauptdaches geleitet werden.

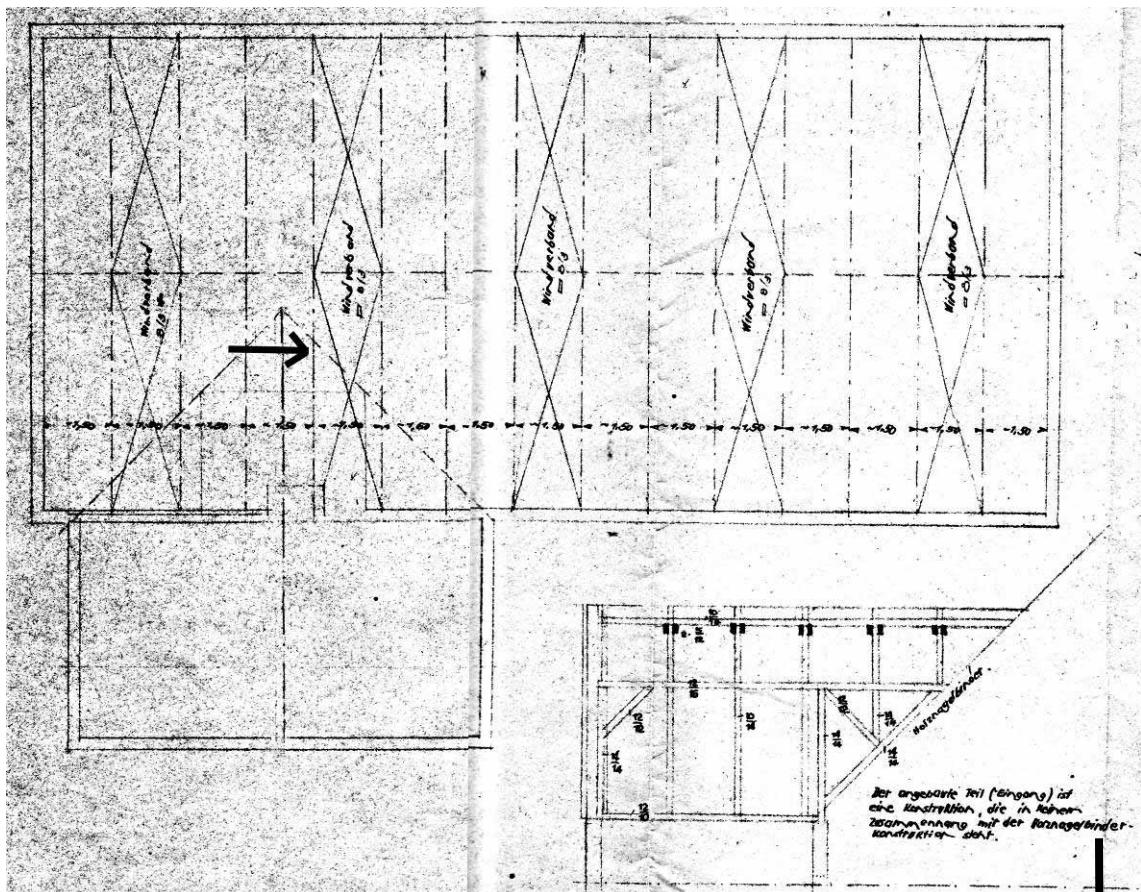


Abbildung 4-112 - Anordnung der Dachbinder (Q.: Archiv, FeG Waldbröl)

*Der angebaute Teil (Eingang) ist eine Konstruktion, die in keinem Zusammenhang mit der Nagelbinderkonstruktion steht.*

Erste Hypothese:

Der Anbau wurde nicht, wie in der Beschreibung gefordert, so gebaut, dass keine Last in die Nagelbinder eingeleitet wird.

Zur Simulation des Tragverhaltens wurde ein Statikprogramm herangezogen.

Die Belastungen werden in die Knoten eingeleitet, alle Stäbe sind gelenkig miteinander verbunden.

Die Schnittgrößen für Normalkraft zeigen die aus der Konstruktionszeichnung zu erwartenden Belastungen (Zug = Magenta, Druck = Türkis).

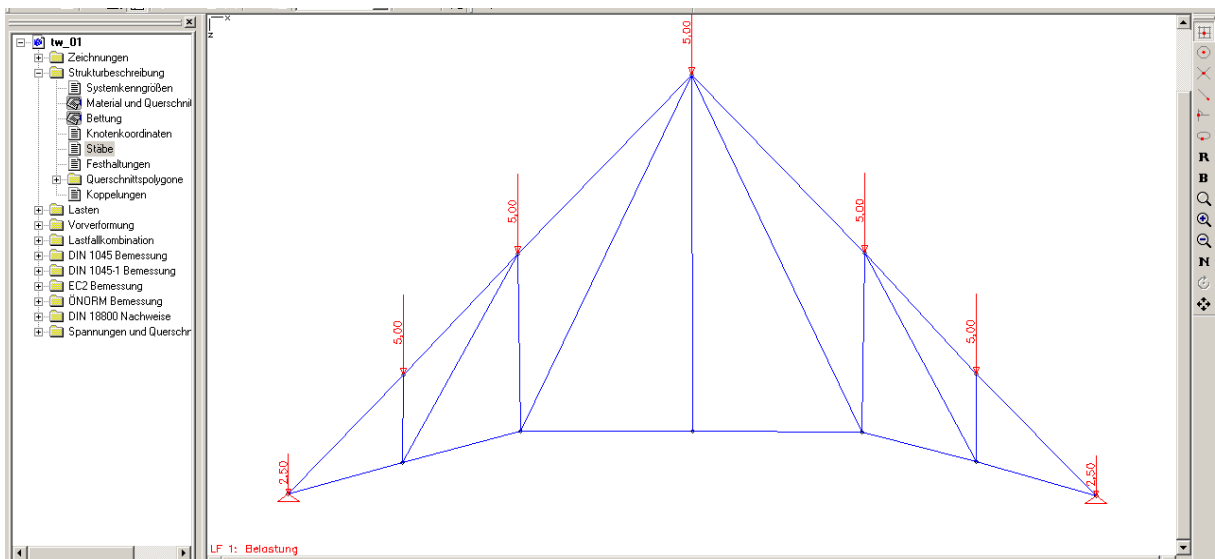


Abbildung 4-113 - Nachbildung des Binders in einem Statikprogramm

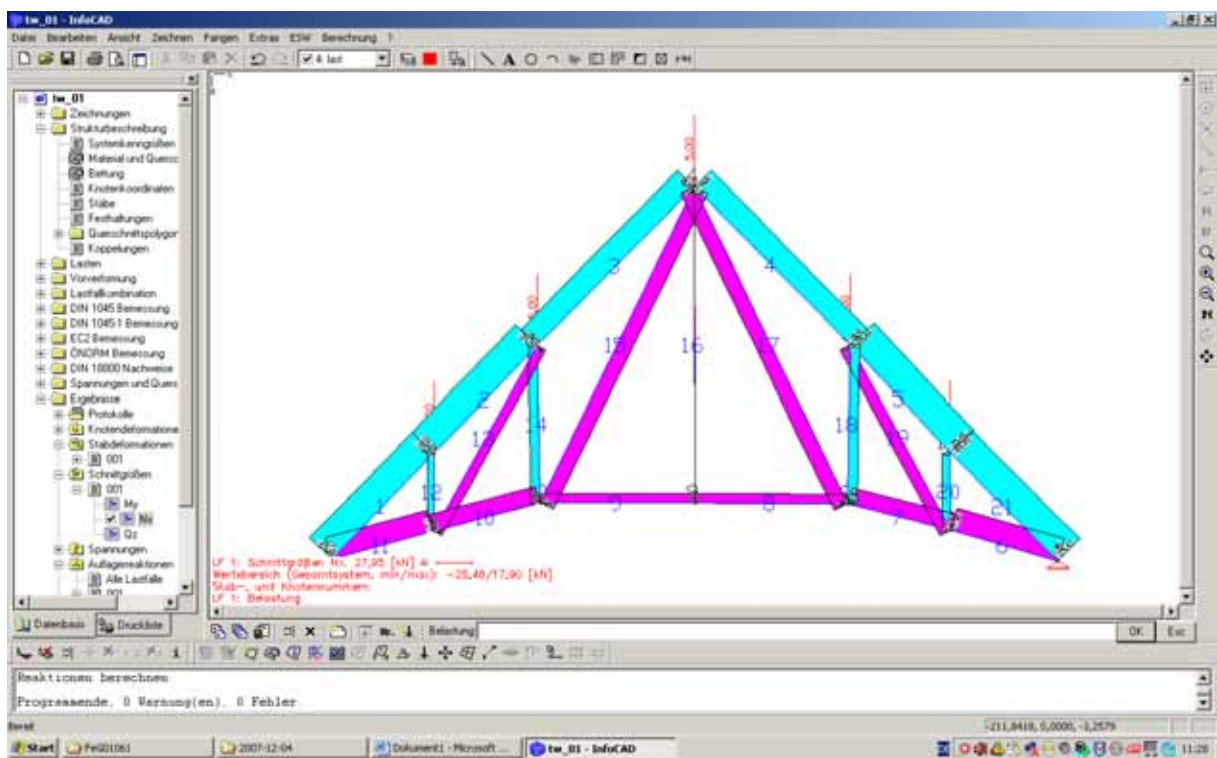


Abbildung 4-114 - Schnittgrößen für Normalkraft

Der Kehlsparren des Nebendaches berührt den Nagelbinder genau über Stab 18. Mit einer erhöhten Punktlast an dieser Stelle wird eine mögliche Belastung durch das Nebendach simuliert. Dies führt jedoch nicht zu einer Änderung der Belastungsart von Zug auf Druck in Stab 19.

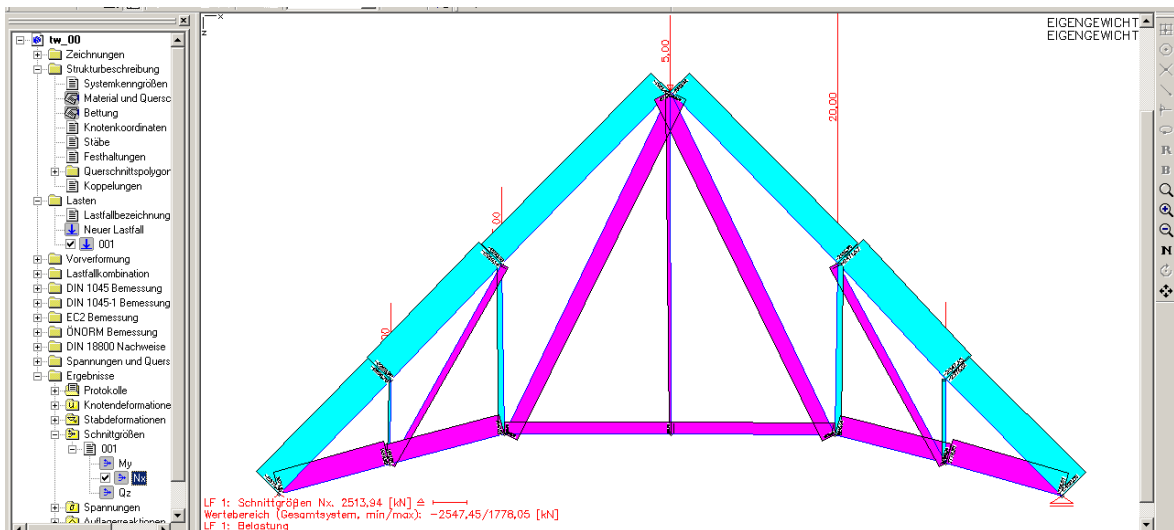


Abbildung 4-115 - Schnittkräfte für Normalkraft bei erhöhter Punktlast



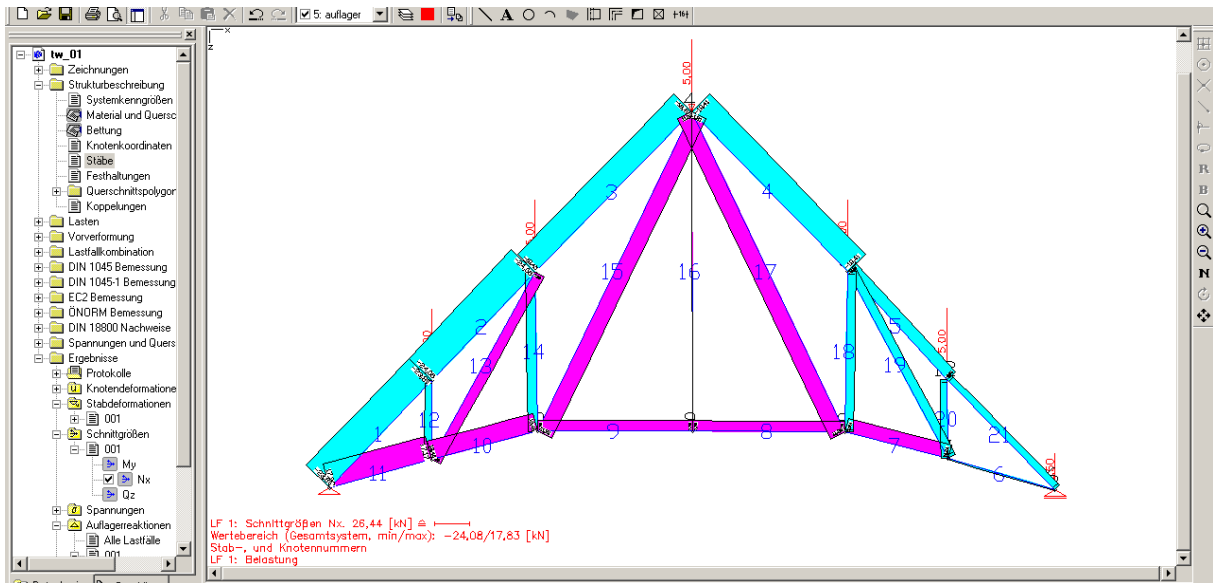
Stabbeschreibung							
Stab-Nummer	Anfangsknoten	Endknoten	Querschnitt	Gelenke		Länge [m]	
				Anf.	Ende		
1	1	2	1	H	H	2,08	
2	2	3	1	H	H	2,09	
3	3	4	1	H	H	3,14	
4	4	5	1	H	H	3,12	
5	5	12	1			2,06	
6	6	7	1			1,56	
7	7	8	1		H	1,49	
8	8	9	1	H	H	2,14	
9	9	10	1	H	H	2,17	
10	10	11	1	H	H	1,54	
11	11	1	1	H	H	1,49	
12	12	11	2	H	H	1,10	
13	13	11	3	H	H	2,99	
14	14	10	3	H	H	2,22	
15	15	10	4	H	H	4,96	
16	16	4	9	H	H	4,46	
17	17	4	8	H	H	4,96	
18	18	5	8			2,24	
19	19	5	7			2,97	
20	20	7	12			1,10	
21	21	12	6			2,15	

Abbildung 4-116 - Ausbildung des Knotenpunktes

Abbildung 4-117 - Entfernen einiger Momentengelenke

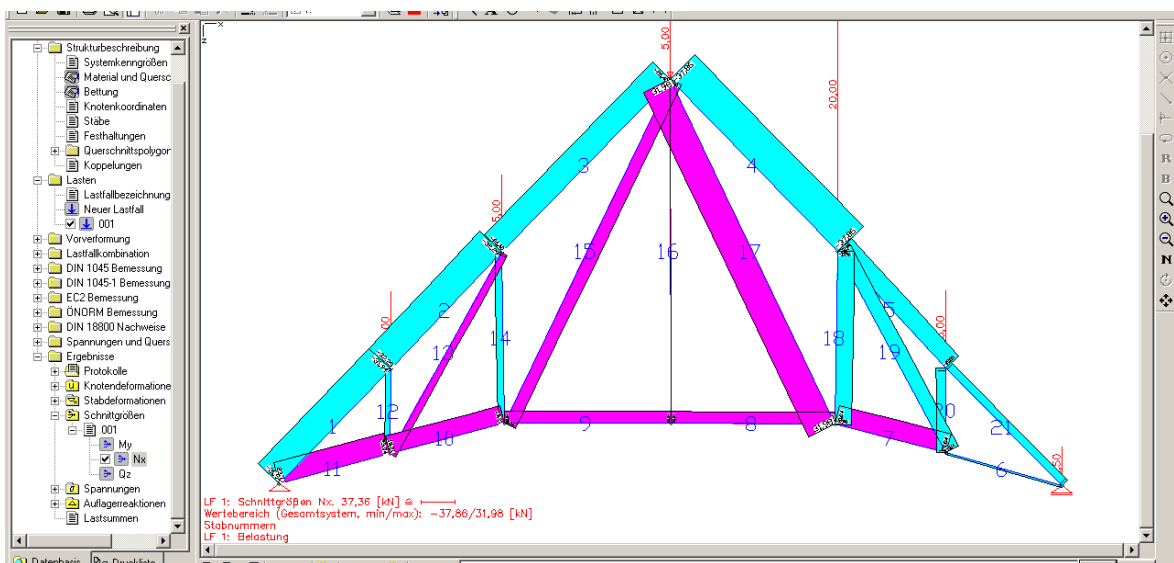
Bei Betrachtung der Knoten gewinnt man jedoch den Eindruck, dass die einzelnen Stäbe nicht gelenkig miteinander verbunden sind. In der nachfolgenden Simulation wurden die Stäbe vom rechten Auflager bis zu Stab 18 ohne Gelenke eingegeben. Nun erhält der als Zugstab geplante Stab 19 Druck.





**Abbildung 4-118 - Normalkräfte unter der Annahme biegesteifer Anschlüsse rechts des Stabes 18**

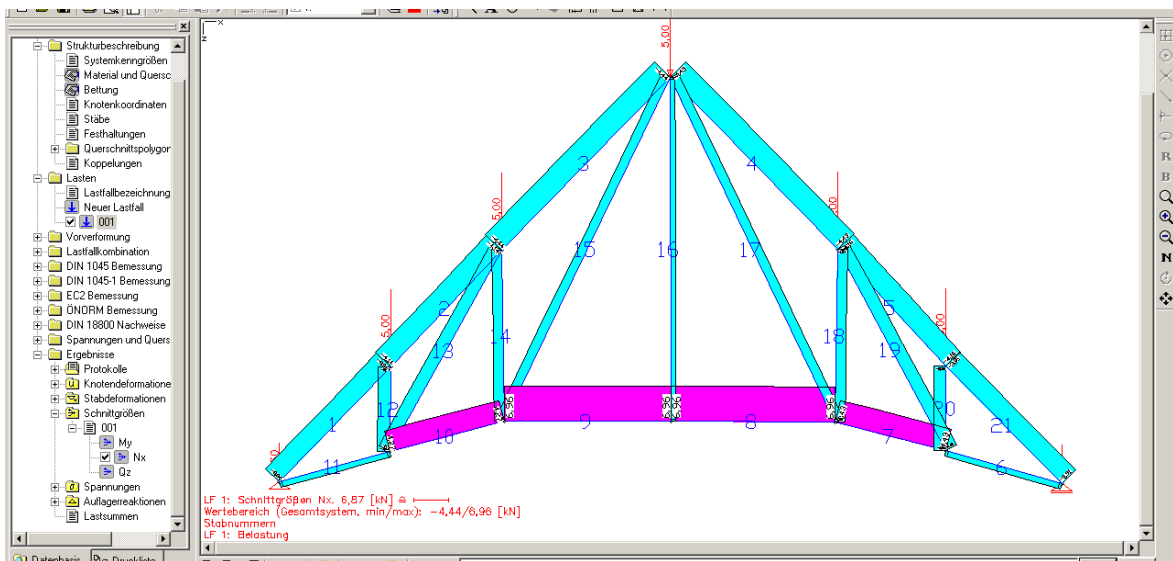
Nun führt auch eine höhere Punktlast über dem zweiten Vertikalstab von rechts (Stab18) zu einer Erhöhung der Druckkraft im Stab19



**Abbildung 4-119 - Wie vor, jedoch mit erhöhter Punktlast**

Bei dem oben abgebildeten Normalkraftdiagramm wurden, wie bereits beschrieben, nur Stäbe, rechts von Stab 18 an, als biegesteif angeschlossen betrachtet. Wie ist dies mit den übrigen Stäben? Die Art der Knotenausbildung ist überall nahezu gleich.

Sind alle Knoten biegesteif miteinander verbunden, so zeigt es das nächste Normalkraftdiagramm (Abb. 4-120), erhalten alle Vertikal- und Diagonalstäbe Druck.



**Abbildung 4-120 - Druckkräfte in allen Vertikal- und Diagonalstäben bei der Annahme von ausschließlich biegesteifen Knoten**

Es liegen jedoch nicht bei allen Diagonalstäben Verformungen vor. Die Diagonalstäbe sind aber so dünn ausgebildet, dass sich Verformungen bei Druckbelastung sicherlich einstellen würden. Das Material (Nadelholz) und die teilweise dünnen Querschnitte bewirken eher federnde, denn steife Verbindungen.

Fazit:

Der vorhandene Nagelbinder wurde scheinbar als Fachwerkträger mit gelenkigen Anschlüssen berechnet, die eindeutige Ausbildung dünner Zugstäbe und stärkerer Druckstäbe deutet darauf hin. Den Träger als statisch unbestimmtes System mit steifen Anschlüssen zu berechnen, wäre 1952 auch sehr aufwendig gewesen. , Das wirkliche Tragverhalten liegt zwischen den Normalkraftdiagrammen mit durchgehend gelenkigen Anschlüssen und durchgehend biegesteifen Anschlüssen.

Die Ausbildung der Anschlüsse ist bei der Beurteilung von Fachwerken sehr wichtig. Durch die nicht gelenkigen Anschlüsse kommt es zu nicht vorgesehenen Belastungen von Zugstäben.

Die Tatsache, dass die Verformung einen Nagelbinder unter dem Kehlsparren des Nebendaches betrifft, stärkt die zuerst geäußerte Hypothese. Ein Lasteintrag durch das Dach des Nebengebäudes ist nicht auszuschließen.

Für einen möglichen Umbau des Hauptdaches bedeutet dies, dass bei Entfernen der Binder des Hauptdaches die Konstruktion des Nebendaches sorgfältig gesichert werden muss.

Auch wenn „nicht vorgesehene“ Belastungen auftreten scheint die Standsicherheit der vorhandenen Konstruktion nicht gefährdet. Die Verformung des Stabes 19 ist über einen Beobachtungszeitraum von fünf Jahren unverändert. Der Beginn der Verformung ist unbekannt.

Der Nachweis der Standsicherheit erfolgt hier durch die bereits über 50 Jahre dauernde Standzeit. Wapenhans spricht hier von einem Nachweis durch „praktische Bewährung“ (vgl. Wapenhans 2005, S. 17).

Allerdings sind bei solchem Zustand einer Konstruktion regelmäßige Kontrollen und die Vermeidung jeglicher Lasterhöhung anzuraten.

#### 4.2.7.6 Schule in Wenden

Prüfprotokoll Druckfestigkeit an Betonbohrkernen 26.03.2006											
Projekt "Alte Schule", Wenden											
Probennr.:	Länge (mm)	Breite (mm)	Grundfläche Rechteck (mm <sup>2</sup> )	Höhe (mm)	Durchmesser (mm)	Grundfläche Kreis (mm <sup>2</sup> )	Volumen (dm <sup>3</sup> )	Gewicht (kg)	Rohdichte (kg/dm <sup>3</sup> )	Bruchlast (kN)	Bruchspannung (N/mm <sup>2</sup> )
1			0	107	99	7697,687	0,82365	1,7926	2,17640	91,9	11,939
2			0	96,3	99	7697,687	0,74129	1,6076	2,16866	139	18,057
3			0	101	99	7697,687	0,77747	1,6446	2,11533	59,2	7,691
4a			0	99,4	99	7697,687	0,76515	1,6014	2,09292	23,5	3,053
5			0	101,5	99	7697,687	0,78132	1,6475	2,10862	74,3	9,652
7			0	103,2	99	7697,687	0,79440	1,722	2,16767	171,5	22,279
8			0	100,4	99	7697,687	0,77285	1,6723	2,16382	99,1	12,874
9			0	102	99	7697,687	0,78516	1,8237	2,32270	256,3	33,296
11			0	102	99	7697,687	0,78516	2,0023	2,55017	106,9	13,887
12			0	109,5	99	7697,687	0,84290	1,899	2,25294	109,2	14,186
13			0	102	99	7697,687	0,78516	1,7951	2,28627	109,8	14,264
14			0	106	99	7697,687	0,81595	1,8197	2,23015	117	15,199

Abbildung 4-121 Ergebnisse der Betondruckfestigkeitsprüfung

Eine Bewertung der Deckenkonstruktion auf der Basis der in Kapitel 3.5.6.3 erfassten Betongüte (s. o.) erschien wegen der Streuung der Ergebnisse schwer. Es erfolgten weitere Untersuchungen mit dem Schmidhammer, um die durchschnittliche Betonfestigkeit feststellen zu können. Die so überprüfte Festigkeit war für die vorgesehen Nutzung des Gebäudes nicht ausreichend. Eine Ertüchtigung der Betonrippendecke mit einer Stahlunterkonstruktion wurde erforderlich. Die die hierzu erforderlichen statischen Nachweise wurden von einem ortsansässigen Statikbüro durchgeführt.

#### 4.2.7.7 Autohaus in Olpe



Abbildung 4-122 – Autohaus in Olpe

Die Im Kapitel 3.5.6.2 ermittelten Baustoffkennwerte wurden zur rechnerischen Ermittlung des Tragvermögens herangezogen.

Es sollten, wie erwähnt, folgende Fragen geklärt werden:

- 1.) Ist die Geschossdecke des Hallengebäudes als Ausstellungsfläche für PKW hinsichtlich der zu erwartenden Lasten geeignet?
- 2.) Wurde die Stützmauer im Hof durch die Rahmen der abgerissenen Hallen gehalten? Oder wurde die Stützwand vor der Errichtung der nun abgerissenen Halle erbaut und hat somit genügend Standsicherheit für den Erddruck ?

Die erforderlichen statischen Berechnungen wurden von Prof. Dipl.-Ing. F. Stein durchgeführt.

#### Zu 1)

Zunächst wurde ermittelt, ob die vorhandene Stahlbetonkonstruktion unter Beachtung der derzeit gültigen Bestimmungen (insbesondere DIN 1045 neu) für eine Verkehrslast von  $p=5 \text{ kN/m}^2$  ausreichend dimensioniert ist.

Die rechnerischen Nachweise wurde an den Orten geführt, für die die Geometrie, die Baustoffeigenschaften und die vorhandene Bewehrung bekannt waren – also im Feld 6-7 und in Achse 6.

Durch vergleichende Berechnung an Orten, an denen höhere Beträge der Schnittgrößen zu erwarten sind, wurde auf das Tragvermögen der Gesamtkonstruktion geschlossen.

In der Bewertung wurde davon ausgegangen, dass alle Elemente der Deckentragkonstruktion die exemplarisch ermittelten geometrischen Abmessungen (Deckenplatten:  $h=16$  cm; Unterzüge:  $h_u/b_0=70/25$  cm) haben, in den oben exemplarisch ermittelten Materialgütern (Beton C25/30 und Stahl BSt 420 bzw. BStG 500) ausgeführt wurden und mindestens über eine Bewehrung wie in Feld 6-7 bzw. Achse 6 verfügen.

Unter diesen Voraussetzungen ist zur Aufnahme der angenommenen Verkehrslast von  $p=5$  kN/m<sup>2</sup> an allen Stellen ausreichende Betonfestigkeit vorhanden. Die obere Plattenbewehrung an der jeweils ersten Innenstütze ist, falls auch dort nur eine Matte R 317 vorhanden ist, für Durchlaufwirkung geringfügig unterdimensioniert; an allen anderen Stellen der Konstruktion ist ausreichend Bewehrung vorhanden.

Es musste allerdings festgestellt werden, dass offensichtlich die obere Stützbewehrung der Platte über allen Stützen mit 1,25 bis 1,50 m Länge nicht über eine ausreichende Länge verfügt, um die bei  $p=5$  kN/m<sup>2</sup> dort auftretenden Zugkräfte sicher abzutragen.

Wegen der unterdimensionierten oberen Plattenbewehrung über den ersten Innenstützen und der geringen Länge der oberen Plattenbewehrung wurde empfohlen, die zulässige Verkehrslast der Decke auf einen Wert von  $p = 3,5$  kN/m<sup>2</sup> zu begrenzen.

Für die Belastung mit PKW ist diese Verkehrslast ausreichend. Das Bauvorhaben konnte ohne Ertüchtigung der Stahlbetondecke fortgesetzt werden.

Zu 2)



Abbildung 4-123 - Stützwall mit Betonfeilern

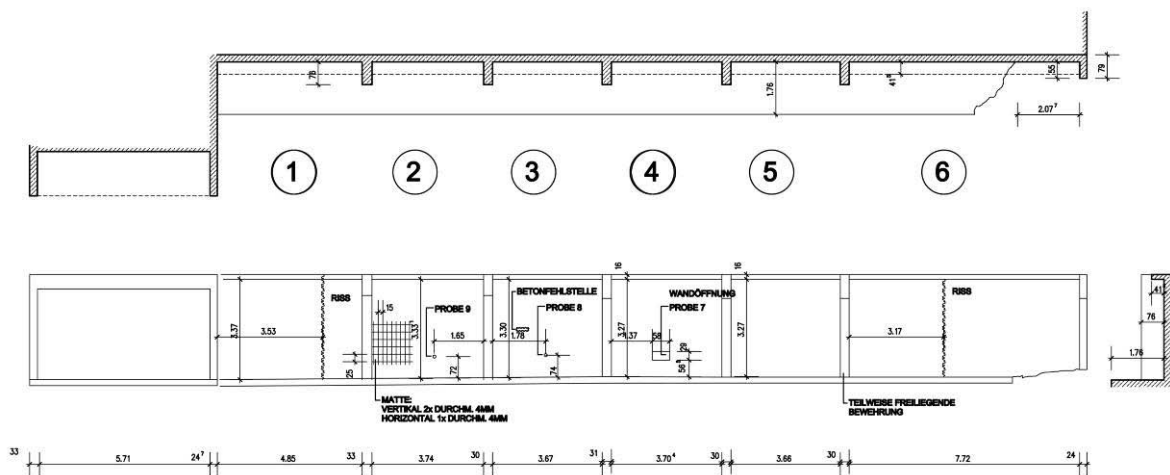


Abbildung 4-124 - Grundriss und Ansicht der Stützmauer

Die verbliebenen Stiele der ehemals vorhandenen Halle sind nachträglich auf dem Wandfuß gegründet worden, das Bewehrungsbild der durchtrennten Hallenbinder (keine obere Tragbewehrung) zeigt eindeutig, dass die Stiele nicht als Rahmenstiele ausgebildet wurden und folglich nicht an der Abtragung des Erddrucks der Winkelstützmauer beteiligt sind. Diese Einschätzung wird gestützt durch die beiden vertikalen Arbeitsfugen in den Feldern 1 und 6 der Stützwall, die eine horizontale Lastabtragung nicht zulassen.

Die erhobenen Befunde lieferten ebenso deutliche Hinweise, dass die verbliebenen Stützen der ehemaligen Halle an der Ableitung des Erddruckes nicht beteiligt sind; es handelt sich hier offensichtlich um eine „klassische“ Winkelstützmauer.

Die Untersuchungen mit Profometer und die der Probeöffnung ergaben keine nennenswerte horizontale Bewehrung (vgl. Abb. 3-185). Diese müsste aber vorhanden sein, wenn die Stützwand von Pfeiler zu Pfeiler gespannt wäre. Im Folgenden wird für den vertikalen Schenkel exemplarisch der Nachweis geführt, dass er in der Lage ist, eine Beanspruchung aus dem aktiven Erddruck und aus einer Auflast von  $5 \text{ kN/m}^2$  sicher aufzunehmen. Dieser Nachweis wird in Höhe der Oberseite des talseitigen Wandfußes geführt, unter der Prämisse, dass auf der gesamten Wandlänge auf dieser Höhe mindestens die in der angelegten Wandöffnung vorgefundene vertikale Bewehrung vorhanden ist.

Die erhobenen Befunde erlauben allerdings keine Aussage zur Lastabtragung am „rechten“ Wandende und im Wandfuß.

Der exemplarisch für einen Ort geführte rechnerische Nachweis, stützt die Vermutung, dass die Stützwand als „klassische“ Winkelstützwand geplant und hergestellt wurde und dass die erhaltenen Stützen der ehemaligen Halle für die Aufnahme des Erddrucks nicht benötigt werden.

Für das Feld 6 der Stützwand müssen ein statisches Konzept und eine Konstruktion entwickelt werden, die den dort fehlenden Wandfuß gleichwertig ersetzen können.

Die talseitige Oberfläche der Stützwand benötigt eine sorgfältige Sanierung, um das Fortschreiten der Bewehrungskorrosion und der Gefügestörungen des Betons zu verhindern.

#### 4.2.7.8 Kunsthaus Tacheles, Berlin



**Abbildung 4-125 - Kunsthaus Tacheles, Ansicht Oranienburger Straße (Q.:  
www.bushtrash.com,16.01.2008)**

**Abbildung 4-126 - Friedrich-Straßen-Passage, Ansicht Oranienburger Straße(Q.:  
www.bushtrash.com,16.01.2008)**

Bei dem Kunsthaus Tacheles handelt es sich um die Reste eines 1907 - 1908 errichteten Kaufhauses, der Friedrich-Straßen-Passage. Sie wurde als einer der ersten Eisenbetonbauten nach der im Jahre 1907 neu eingeführten Bauordnung errichtet. (vgl. <http://www.dhm.de/museen/berlin-mitte/tacheles.htm>, 16.01.2008)

Trotz wechselnder Betreiber war die Hauptnutzung des Gebäudes bis zum zweiten Weltkrieg die eines Geschäftshauses. in der DDR wurden Teile des Gebäudes weitergenutzt. beispielsweise der Theatersaal des jetzigen Kunsthauses bis 1982 als Kino.

Zu der Zeit waren jedoch bereits einige Gebäudeeile gesprengt und abgerissen worden.

Mehrere Gutachten hatten sich für den Komplettabriss ausgesprochen. Lediglich die langwierigen Abriss- und Aufräumarbeiten retteten die Gebäudereste bis zur Wende. Künstler besetzten die Ruine. Das Gebäude wurde unter Denkmalschutz gestellt. Im Laufe der Jahre etablierte sich das Kunsthaus Tacheles, welches hohen Bekanntheitsgrad erlangte.





**Abbildung 4-127 - Kunstinsatallationen...**  
**Abbildung 4-128 ... auf der Rückseite des Kunsthauses (Q.:  
www.bustrash.com,16.01.2008)**

Das Statikbüro Jockwer & Partner war mit der Verkehrssicherung der Ruine befasst. Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf Aussagen und Gutachten o.g. Ingenieurbüros (Geschäftsführer Herr Schulte-Spechtel) sowie Untersuchungen der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), welche in das Projekt mit einbezogen wurde.

Der aufwendigste Punkt bei der Sicherung des Gebäudes war die Klassifizierung der Geschosdecken in eine bestimmte Verkehrslastenkategorie. Als Gebäude mit Gaststätte, Kino und öffentlichen Ausstellungsflächen bestand die Forderung, dass alle Decken eine Verkehrslast von  $5,0 \text{ KN/m}^2$  tragen müssen. Ein rechnerischer Nachweis war dafür nicht zu erbringen, da die damalige Konstruktionsweise nicht den heutigen Bemessungsvorschriften entspricht und daher praktisch nicht genehmigungsfähig ist.

Beispielsweise wurde eine Bügelbewehrung nicht für statisch erforderlich gehalten. Diese dienten lediglich der Fixierung der oberen Bewehrung. Auf der anderen Seite wurde das Gebäude zu Beginn des 20. Jahrhunderts als Kaufhaus genutzt, was schon damals eine Tragfähigkeit von  $5,0 \text{ KN/m}^2$  voraussetzte. Somit gab es einen Widerspruch zwischen rechnerischer Nachweisbarkeit und durch die Nutzung nachgewiesene Belastbarkeit.

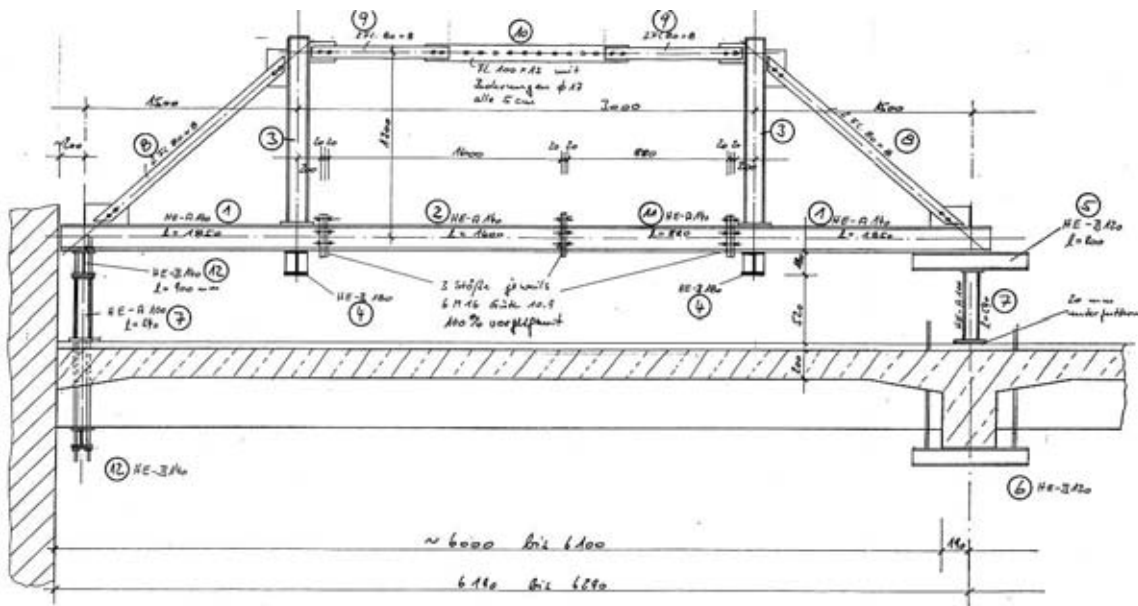


Abbildung 4-129 - Fachwerkträger für Probelasten (Q.: Jockwer & Partner)



Abbildung 4-130 - Aufgebaute Prüfanlage vor Ort (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Blatt18)

Zusammen mit der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) führte das Ingenieurbüro Jockwer & Partner Probelastungen durch. Es wurde ein Fachwerkträger konstruiert, der über Zugstangen durch die Decke hindurch verankert wurde. Zwischen Fachwerkträger (als Überzug) und Decke wurden hydraulische Pressen angesetzt. Pressenlast und Durchbiegungen wurden von der Bundesanstalt für Materialprüfung aufgezeichnet. Die Decken des Gebäudes

bestehen aus einem orthogonalen Raster aus Stahlbetonunterzügen, über die durchlaufende, einachsige gespannte Stb.-Decken mit unterschiedlicher Spannweite gelegt wurden. Probelastungen wurden sowohl an den Stahlbetonbalken als auch an den Deckenplatten durchgeführt.

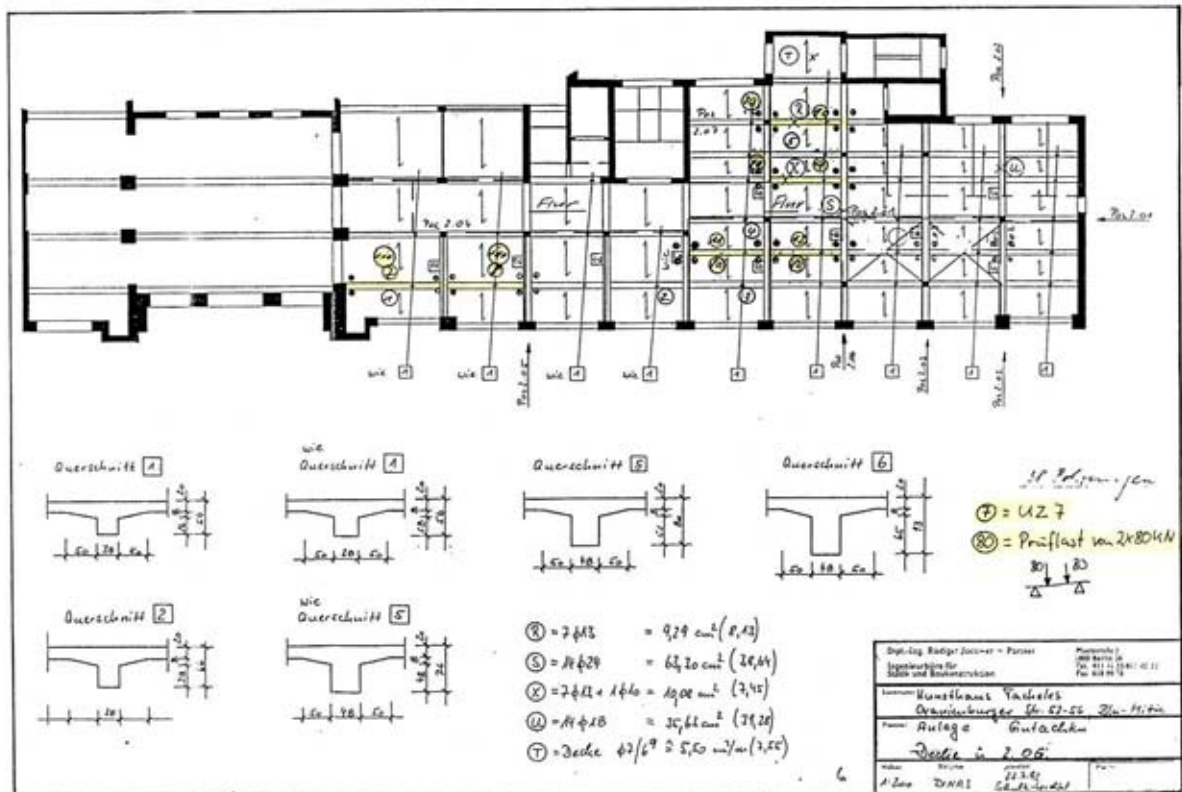


Abbildung 4-131 - Lage ausgewählter Unterzüge (Q.: Jockwer & Partner/BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Blatt15)

Fazit:

Die Tragfähigkeit der Balken für eine Verkehrslast von  $5,0 \text{ KN/m}^2$  konnte nachgewiesen werden. Die Deckenplatten hielten den Belastungen nicht Stand.



**Abbildung 4-132 Deckenstreifen nach Erreichen der Maximallast vor dem Abreißen der Voute (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Anlage3, Blatt3)**

**Abbildung 4-133 - Bruchzustand, abgefallene Voute (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Anlage3, Blatt3)**

Es erfolgte eine Ertüchtigung der Deckenplatten durch eine Unterstützung mit Stahlträgern in Feldmitte, wodurch die Spannweiten halbiert wurden.

Da ein orthogonales Unterzugraster vorhanden war und jedes Feld 4-seitig von Unterzügen eingefasst war, bestand die Möglichkeit den Stahlträger an Unterzüge anzuschließen.

Die Träger wurden nicht an die Unterzüge angedübelt, sondern mittels Gewindestangen aufgehängt und oberseitig durch eine Konterplatte verankert.

## 4.2.8 Auswertung der Fallbeispiele

### 4.2.8.1 Bewertungsstufen

Die vorgestellten Projekte zeigen, dass sich für die Bewertung von Tragkonstruktionen verschiedene Stufen nach dem Grad der Simulation des tatsächlichen Tragverhaltens ausweisen lassen. Mit der höheren Bewertungsgenauigkeit geht auch eine höhere Informationsdichte bei der Erfassung einher.

Die im Folgenden definierten Bewertungsstufen sind keine festumrissene Schritte Die Übergänge zwischen den einzelnen Stufen sind aufgrund der Komplexität der verschiedenen Prozessabläufe eher weich. Sie stellen eine Hilfe zur Einordnung der von Architekten zu leistenden Beurteilung des Tragwerkes dar.

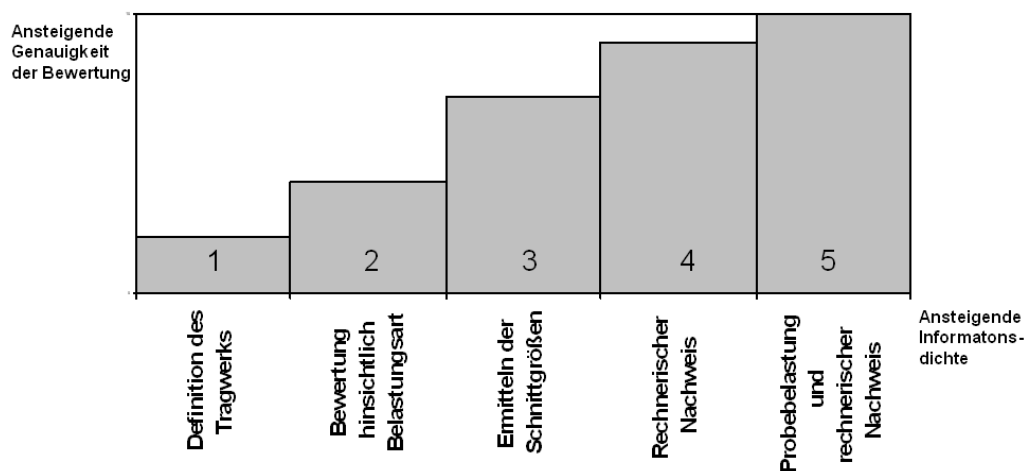


Abbildung 4-134 - Stufen bei der Bewertung von Tragkonstruktionen

#### 1)

Die erste Stufe ist die Bewertung der vorhandenen Konstruktion zur Definition des Tragwerkes.

Es wird sich auf die Unterscheidung von Tragwerk und nicht tragender Konstruktion konzentriert. Nur grobe Schäden werden zugeordnet. Die Bewertung stützt sich auf die Untersuchung von Altakten und die Begehung vor Ort. Relativ offensichtliche Sachverhalte werden bewertet, die Art der Belastung einzelner

Tragelemente ist noch nicht geklärt. Es wird deutlich, dass Aussagen über die Möglichkeit, Teile einer Konstruktion zu entfernen, weitere Untersuchungen erfordert.

## **2)**

Die Bewertung hinsichtlich der Belastungsart beurteilt die in 1) definierte Tragkonstruktion hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Beanspruchung (Biegung, Zug, Druck (, Schub, Torsion)). Mögliche Schwachpunkte oder Reserven des Systems werden benannt. Die Bedeutung des Entfernen tragender Elemente für benachbarte Bauteile wird eingeschätzt.

## **3)**

Die Ermittlung von Schnittgrößen lässt die Beanspruchung einzelner Tragelemente deutlich werden. Ein Vergleich von hohen oder geringen Belastungen innerhalb des Tragsystems wird möglich. Eine Entscheidung, ob eine Ertüchtigung erforderlich wird, kann in Einzelfällen schon erfolgen. Varianten zur Ertüchtigung des Tragsystems können angedacht werden. Baustoffqualität und Schäden werden in die Überlegungen mit einbezogen.

## **4)**

Der rechnerische Nachweis simuliert das wirkliche Tragverhalten in einem Rechenmodell. Die Auswirkung von Schäden wird quantitativ eingeordnet. Die Genauigkeit dieses Modells hängt von der Informationsdichte bei der Erfassung des Tragwerkes ab. Von lokal ermittelten Daten (Proben, Schäden) wird auf das Ganze geschlossen. Im Rahmen des Rechenmodells können Aussagen zur quantitativen Tragfähigkeit gemacht werden. Ebenso sind Defizite quantifizierbar. Größenordnungen für mögliche Ertüchtigungsmaßnahmen können angegeben werden.

## **5)**

Die Probelastung lässt genauere Rückschlüsse auf das Tragverhalten zu als ein auf Materialproben gestützter rechnerischer Nachweis. Eine befriedigende Aussage zum Tragverhalten kann rechnerisch nicht zu erbringen sein, weil beispielsweise die ermittelten Daten zu stark variieren, verlässliche Daten wegen

unzugänglicher Bauteile nicht erhoben werden können oder vorgefundene Materialeigenschaften den heutigen Vorschriften für einen rechnerischen Standsicherheitsnachweis gar nicht genügen. Auch die Probelastung fließt wiederum in ein Rechenmodell ein. Größenordnungen für mögliche Ertüchtigungsmaßnahmen können angegeben werden.

Ein Beispiel für die erste Bewertungsstufe ist die Bewertung des Tragwerkes der „**neuen mechanische Werkstatt**“ der Charlottenhütte in Niederschelden und der **ev. Kirche in Siegen - Weidenau**. Bei letzterem Projekt ist die Untersuchung der Schäden durchaus einer höheren Bewertungsstufe zuzuordnen.

Die ermittelten Materialkennwerte wurden lediglich komparativ bewertet, d.h. die festgestellten Festigkeiten waren besser/ schlechter als oder genauso wie die erwarteten Festigkeiten. Diese Erwartungen können auf Angaben in Altakten, dem Erscheinungsbild der Konstruktion oder dem allgemeinen Stand der Technik heute oder während der Entstehungszeit des Gebäudes beruhen.

Das Tragwerk des **Bushofes in Aachen** wurde gemäß der zweiten Bewertungsstufe beurteilt. Die wahrscheinlichen Kraftflüsse wurden analysiert, die Art der Belastung von Tragelementen festgestellt. Die Beurteilung von Schwachstellen und Reserven erfolgten wiederum komparativ anhand von generellen Kenntnissen über das Tragverhalten von Tragsystemen (vgl.4.2)und dem geltendem Stand der Technik (hier die in der Statik ausgewiesene Verkehrslast gegenüber für verschiedene Nutzungen gemäß DIN 1055 zu berücksichtigende Verkehrslasten).

Das Tragwerk der „**Neuen Schlosserei**“ **der Amalienhütte** wurde in einer ersten Phase wie der Bushof Aachen bewertet. In weitergehenden Schritten wurden die Schnittkräfte der Decken ermittelt und zur Bewertung von möglichen Eingriffe in das Tragsystem hinzugezogen. Die umfangreich betriebene Erfassung der Tragwerkgeometrie sowie der Materialkennwerte würde sogar den kompletten rechnerischen Nachweis des Gebäudes ermöglichen. Dieser wurde aus bekannten Gründen nicht durchgeführt. Die Bewertung ist insgesamt somit ein Beispiel für die dritte oben genannte Bewertungsstufe. Die im Kapitel 4.2.7.5 dargestellte Bewertung des Dachtragwerkes des **Gemeindehauses der FeG, Waldbröl** ist der gleichen Bewertungsstufe zuzurechnen.

Ein rechnerische Nachweise wurden für das Projekt „**Autohaus in Olpe**“ geführt. Die hierzu notwendige Informationsdichte lag mit den weiter oben beschriebenen bautechnischen Erhebungen und der Bewertung von Schadbildern vor. Die in Kapitel 4.2.7.7 beschriebene Bewertung ist somit eine Beispiel für die vierte oben genannte Bewertungsstufe.

Das Tragwerk der ehemaligen **Schule in Wenden** wäre ein guter „Kandidat“ für eine Bewertung nach Probelastung. Die Streuung der Ergebnisse führte wie beschrieben zunächst zu weiteren Untersuchungen und schließlich unter Annahme der ungünstigeren Baustoffkennwerte zu Ertüchtigungsmaßnahmen. Eine Probelastung hätte das tatsächliche Tragverhalten feststellen können. Ein solches Vorgehen kam jedoch nicht in Frage, da wegen der geplanten umfangreichen Eingriffe ins Tragwerk ( Veränderung tragender Wände) ein Nachweis des vorhandenen Status' nicht ausgereicht hätte.

Ertüchtigungsmaßnahmen waren somit ohnehin zu erwarten. Auch erlaubte der fortgeschrittene Planungs- und Bauprozess erlaubte keine weiteren, kostenintensive Untersuchungen. Für weitere Informationen sei an dieser Stelle daher auf das Beispiel „Kunsthause Tacheles“ oder *Steffens2002* verwiesen.

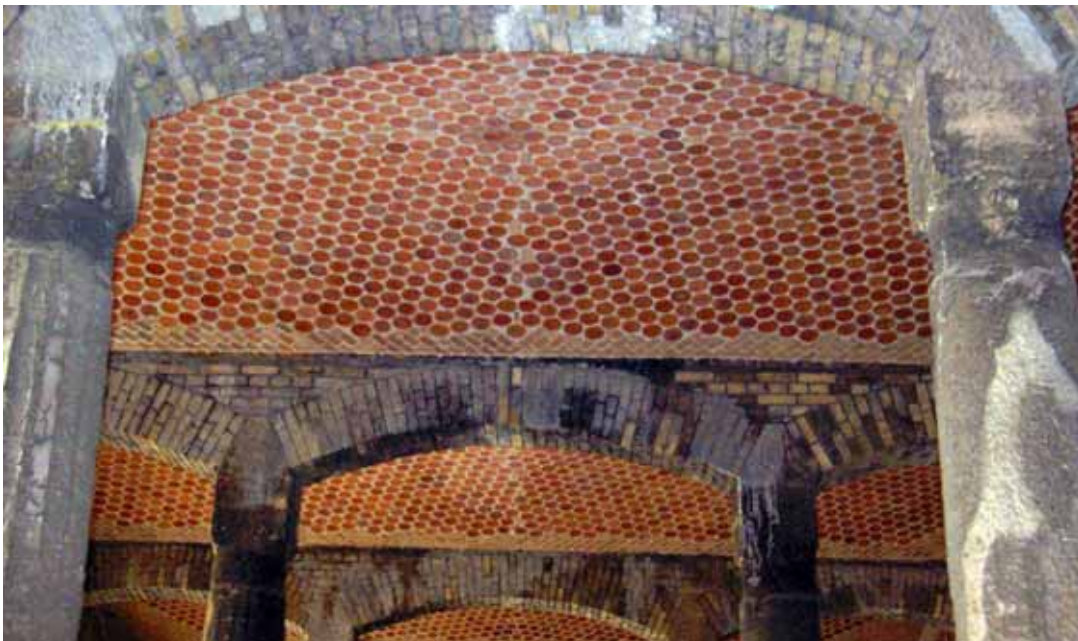


Abbildung 4-135 Tontopfgewölbe "Neues Museum" , Berlin

Das „Neue Museum“ Berlin, erbaut 1841 – 1855 nach Plänen des Schinkelschülers Friedrich August Stüler, wird zur Zeit durch das Büro David Chipperfield restauriert  
Die Tragfähigkeit der hier abgebildeten Tontopfdecken wurde mit Probelastungen in situ aber auch an Bruchversuchen neu errichteter Probegewölbe ermittelt (vgl. *Steffens2002*, S.116f.)



#### 4.2.8.2 Architektengerechte Bewertungsstufen

Als architekturentwickelnde Bewertungen des Tragwerkes sind die ersten drei Bewertungsstufen zu bezeichnen. Die dargestellten Visualisierungen des Tragwerkes wird ein Architekt im täglichen Geschäft mangels Honorierung selten erstellen, es sei denn, wie im Beispiel „neue mechanische Werksstatt“, der Entwurfsgedanke entwickelt sich aus der Tragstruktur und das Tragwerk ist ein wichtiges Gestaltungsmerkmal des Entwurfes.

Bei dem gewissenhaftem Umgang mit dem Altbestand ist der Prozess, die tragenden Teile der Baukonstruktion zu identifizieren, jedoch obligat. Ergebnisse dieses Prozesses werden aber möglicherweise nur skizzenhaft festgehalten.

Dem visuell arbeitenden Architekten ist die grafische Verarbeitung eines Sachverhaltes eine Hilfe. Weitergehende Bewertungsschritte basieren auf der grafischen Formulierung des Sachverhaltes in Form von Modellen, virtuellen Modellen, Zeichnungen oder Skizzen.

Die weitergehenden Bewertungsschritte sind mit dem Wissenstand eines Architekten zu bewältigen. Das Wissen muss möglicherweise aufgefrischt oder geschult werden, es werden aber keine Verfahren benötigt, die in der Ausbildung von Architekten nicht thematisiert werden. Dies gilt auch für die computerunterstützte Ermittlung der Schnittgrößen, welche an einigen Architekturfakultäten gelehrt wird.

Die quantitative Bewertung mit einem rechnerischen Nachweis oder der Beurteilung von Konstruktionen mit Probelastungen sollten dem Ingenieur vorbehalten bleiben

Zwar können die als Hilfe beschriebenen Statikprogramme auch ohne großen Aufwand zur Bemessung herangezogen werden, doch das für einen Standsicherheitsnachweis erforderliche Hintergrundwissen haben Architekten nicht. Die Gefahr „irgend etwas“ zu bemessen, was jedoch nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt, ist dabei zu hoch.

Die aufgelisteten Beispiele haben jedoch gezeigt, dass mit den quantitativen und komparativen Bewertungsmöglichkeiten von Architekten auch ein scheinbar quantitativ zu beurteilender Sachverhalt wie das Tragvermögen einer Konstruktion soweit eingeschätzt werden kann, dass der Planungsprozess verantwortungsvoll

fortgesetzt werden kann. Die Qualität dieser Bewertung hängt sicherlich von dem Wissen und der Erfahrung des Architekten ab.

Das Wissen liefert die zu Beginn des Kapitels von Vitruv genannten „festumrissenen Vorschriften“, die Werte, mit denen der zu bewertende Gegenstand verglichen wird.

Die Erfahrung wird für einen effizienten Prozessablauf benötigt.

Die Problemstellungen bei Baumaßnahmen im Bestand sind in einem geringeren Umfang standardisiert als bei Neubauten. Dies betrifft auch das Tragwerk. Es müssen oft neue Wege zur Lösung von Problemen beschritten werden.

Erfahrung greift dann in den Prozessablauf helfend ein, wenn der Planer einen gleichen Prozess erneut vollzieht, somit für den Planer selbst eine gewisse Standardisierung erfolgt.

Erfahrung bedeutet aber auch die Fähigkeit Prozesse aus anderen Abläufen, sprich anderen Bauaufgaben im Bestand, so zu transformieren, dass für das aktuelle Problem aus bereits vollzogenen Prozessen wiederum ein Standard entwickelt werden kann.

Ein mögliche Unterstützung für Architekten bietet hier die EDV. Durch Rechner kann man zwar Wissen nicht ersetzen, man kann es aber „vorhalten“.

Die Aufbereitung von vollzogenen Prozessen, in einer Weise, die es Nutzern erlaubt, für die eigene aktuelle Problemstellung daraus eine Prozessoptimierung zu generieren, kann als wichtiger Ausgleich fehlender eigener Erfahrung im herkömmlichen Sinne angesehen werden. In Kapitel 6 wird dieser Ansatz weiter verfolgt.

#### **4.2.8.3 Prozessabläufe**

Die Beschreibung der einzelnen Beispielprojekte hat deutlich gezeigt, dass eine alleinige Prozessbetrachtung der Bewertung nicht ausreichend ist.

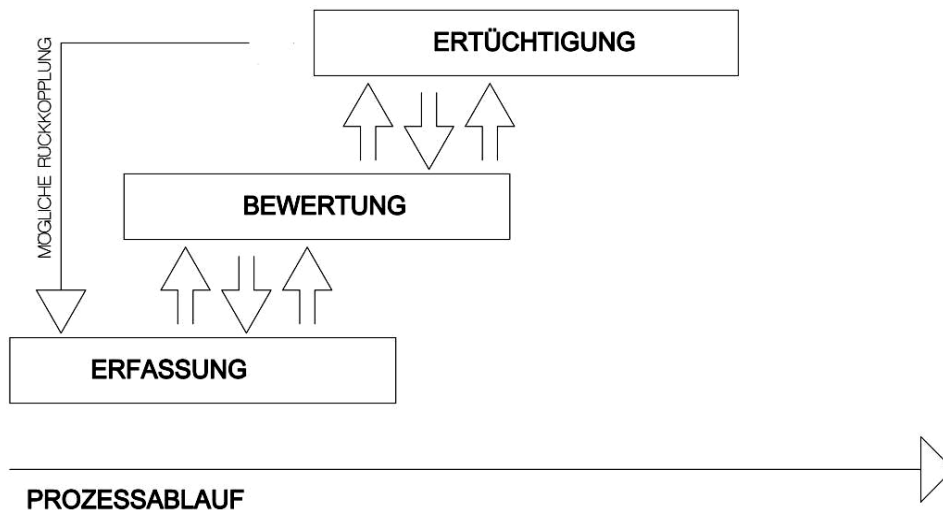
Bereits bei der Erfassung des Tragwerkes beginnt auch eine Bewertung, die Unterscheidung von Tragwerk und „Nicht – Tragwerk“. Die Beurteilung von erfassten Daten, kann die Erfordernis weiterer Erfassung mit sich bringen (s. Schule in Wenden)

Erfassung und Bewertung sind keine linearen und keine konsekutiven Prozesse, sondern vielmehr parallel und iterativ.



**Abbildung 4-136 - Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes als linearer, konsekutiver Prozess**

Die Ertüchtigung setzt zwar sicherlich erst nach dem Bewertungsprozess ein, das Potential eines Tragwerkes zur Ertüchtigung ist jedoch bereits ein wichtiges Bewertungskriterium. Auch hier laufen die Prozesse teilweise parallel. Im nachfolgenden Kapitel Ertüchtigung beschriebene Beispiele unterstreichen dies.



**Abbildung 4-137 - Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes als paralleler, iterativer Prozess**

Von Bedeutung sind diese Zusammenhänge für die Erstellung einer rechnergestützten Hilfe für Ertüchtigung und Bewertung. Die Navigation innerhalb eines solchen Werkzeuges muss dreidimensional möglich sein. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass nicht einzelne Abfragen oder Hinweise Schritt für Schritt abgearbeitet werden, man erhält ein Ergebnis und wendet sich dann einem weiteren Problem zu. Es wird vielmehr nötig sein, Probleme parallel zu bearbeiten. Ergebnisse aus Problemlösungen können im Prozessablauf viel weiter vorne gelegene Lösungen beeinflussen, genauso gut auch erst viel später zu generierende Problemstellungen, wie auch die Lösungen der benachbarten parallel verlaufenden Prozesse.

## 5 Ertüchtigung



Abbildung 5-1 - „Ertüchtigter“ Pavillon einer Friedhofsanlage auf Rhodos (Q.: M. Morkramer)

### 5.1 Tüchtig, tüchtig!

Was bedeutet Ertüchtigung?

Im täglichen Sprachgebrauch begegnet man dem Wort „Ertüchtigung“ seltener als der „Erfassung“ und der „Bewertung“. „Ertüchtigung“ hat etwas Altbackenes, ein

altmodisches Wort für „Fitness“ die „Leibesertüchtigung“ oder „Ertüchtigung des Geistes“ statt einer neueren Segnung aus der Welt der Anglizismen, dem „brain-jogging“, drängen sich ins Gedächtnis.

Dabei ist „Ertüchtigung“ in den Augen des Verfassers doch ein schönes, ein positives Wort dafür, einem Individuum oder einem Gegenstand die nötige Tüchtigkeit, man kann auch sagen, die erforderlichen Fähigkeiten für eine bestimmte Aufgabe zu verleihen.

Die Hauptaufgabe des Tragwerkes ist, ungeachtet weiterer wichtiger Funktionen, der Transport von Lasten.

Somit sucht eine Ertüchtigung des Tragwerks nach Möglichkeiten diesen Lasttransport zu verbessern. Die Verbesserung kann in der Aufnahme höherer Lasten, dem Transport über besser geeignete Wege oder dem Wiederherstellen beschädigter Transportwege bestehen.

Anliegen dieser Arbeit ist es, die Planung von Tragwerkertüchtigungen durch Architekten zu unterstützen.

Die weiter unten dargelegten Beispiele zeigen fast ausschließlich durchgeführte Ertüchtigungsmaßnahme. Sie dienen aber nicht zur Darlegung des Bauprozesses, sondern sind Anreiz, sich bei der Planung der großen Fülle an Möglichkeiten bewusst zu werden. Für den, in dieser Arbeit von der Erfassung bis zur Ertüchtigung beschriebenen, Planungsprozess ist es daher wichtig, zwischen Planung und Durchführung einer Ertüchtigung des Tragwerkes zu unterscheiden. Die Durchführung fällt nicht mehr in eine frühe Planungsphase, in der Architekten grundlegende Ideen für den Planungsprozess entwickeln müssen und ist daher nicht Gegenstand der hier dargelegten Betrachtungen.

## **5.2 Ertüchtigung von Tragelementen aufgrund erhöhter Lasten**

Es gibt viele Ursachen, die bei Baumaßnahmen im Bestand zur Erhöhung der Lasten für Tragelemente führen. Höhere Verkehrslasten wegen Nutzungsänderungen, höhere Eigenlasten durch Einbau zusätzlicher oder schwerer Baustoffe, geänderte Lasteinzugsflächen oder einfach nur erhöhte Sicherheitsanforderungen.

Im Folgenden werden Prinzipien für Ertüchtigungsmaßnahmen häufig vorkommender Tragelemente erläutert.

### 5.2.1 Ertüchtigung von Biegeträgern

In Ergänzung zum Kapitel „Bewertung von Biegeträgern“ wird der Einfluss der Materialgüte, Ausbildung des Trägerquer- und Längsschnittes, der Art, des Ortes, der Anzahl der Auflager sowie Art, Ort und Größe der Belastung mit der Betrachtung eines einfachen statischen Systems erläutert. Eine Darlegung der erforderlichen statischen Nachweise zeigt, an welcher Stelle die o. g. Parameter zum „Tragen“ kommen.

Es wird ein Einfeldträger aus Holz mit rechteckigem Querschnitt, mit unten beschriebenem statischen System behandelt.

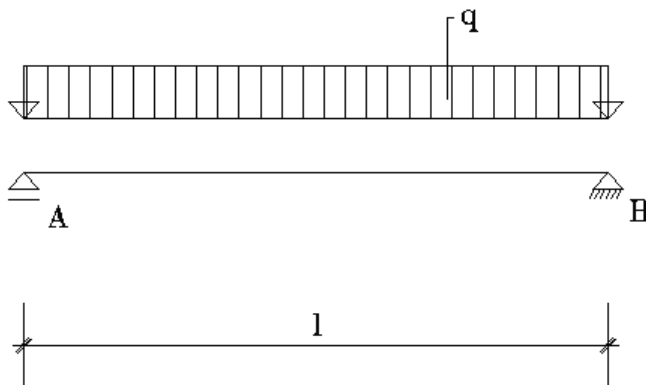


Abbildung 5-2 - Einfeldträger mit Gleichlast

Der mit Gleichlast beanspruchte Träger ruht hier auf einem verschieblichen und einem unverschieblichen Auflager. Die Enden sind frei verdrehbar.

Des Weiteren werden folgende Annahmen getroffen:

Materialgüte:	Nadelholz S 10
Spannweite ( $l$ ):	4,0m
Last ( $q_d$ ):	4,0 KN/m
Trägerhöhe ( $h$ ):	16 cm
Trägerbreite ( $b$ ):	8 cm

Für ein Tragelement, das auf Biegung beansprucht wird, sind in statischer Hinsicht der Biegespannungsnachweis, der Schubnachweis und der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Ermittlung der Durchbiegung) zu erbringen. Die Nachweise werden wie folgt geführt:

### **Biegespannungsnachweis**

Die zulässige Biegespannung bei S10 beträgt:

$$\sigma_{rd} = 1,5 \text{ KN} / \text{cm}^2$$

Die vorhandene Spannung  $\sigma_d$  wird ermittelt aus

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$$

es gilt:

$$M_d = \frac{q_d \times l^2}{8} \text{ bei Gleichlast und}$$

$$W = \frac{b \times h^2}{6} \text{ bei einem Rechteckquerschnitt}$$

$$q_d (\text{Last einschließlich Sicherheitsfaktor}) = q (\text{charakteristische Last}) \times 1,4$$

Der Biegespannungsnachweis ist erbracht, wenn

$$\sigma_d < \sigma_{rd} \cdot$$

### **Schubnachweis**

Die zulässige Schubspannung bei S10 beträgt:

$$\tau_{rd} = 0,15 \text{ KN} / \text{cm}^2$$

Die vorhandene Schubspannung wird ermittelt aus:

$$\tau_d = \frac{V_d}{z \times b} \text{ [ KN/cm}^2\text{]}$$

es gilt:

$$z = \frac{2}{3} h \text{ im Rechteckquerschnitt,}$$

des Weiteren gilt hier für die maximale Querkraft  $V_d$ :

$$V_d = \frac{q_d \times l}{2}$$

Der Schubspannungsnachweis ist erbracht, wenn

$$\tau_d < \tau_{rd}$$

## Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Berechnung der Durchbiegung

$$\delta = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I} \text{ [ cm ]}$$

hier gilt:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \text{ für einen Rechteckquerschnitt}$$

$$E = 1100 \text{ [ KN/cm}^2\text{ ] für S10}$$

Aus den aufgelisteten Parametern wird deutlich, dass eine Verbesserung des Tragverhaltens vor allem mit einer Erhöhung des Trägers und einer Verringerung der Spannweite einhergeht. Beim Biegespannungsnachweis fließt  $h$  in der zweiten Potenz, beim Durchbiegungsnachweis sogar in der dritten Potenz in die Gleichung ein.

Die Spannweite  $l$  wirkt sich beim Biegespannungsnachweis ebenfalls mit der zweiten Potenz, beim Durchbiegungsnachweis sogar in der vierten Potenz auf das Ergebnis der Gleichung aus.

Eine kleine Verringerung der Spannweite kann also schon eine beträchtliche Ertüchtigung eines Biegeträgers mit sich bringen.

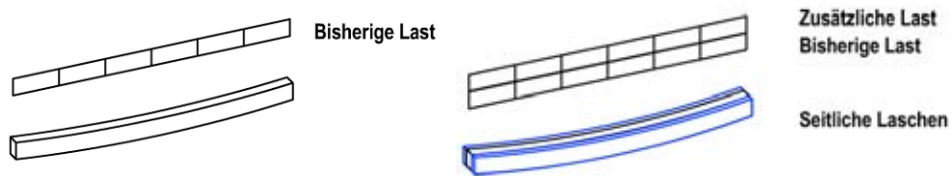
## Verstärkung des Querschnitts



Abbildung 5-3 Obere oder untere Verstärkung



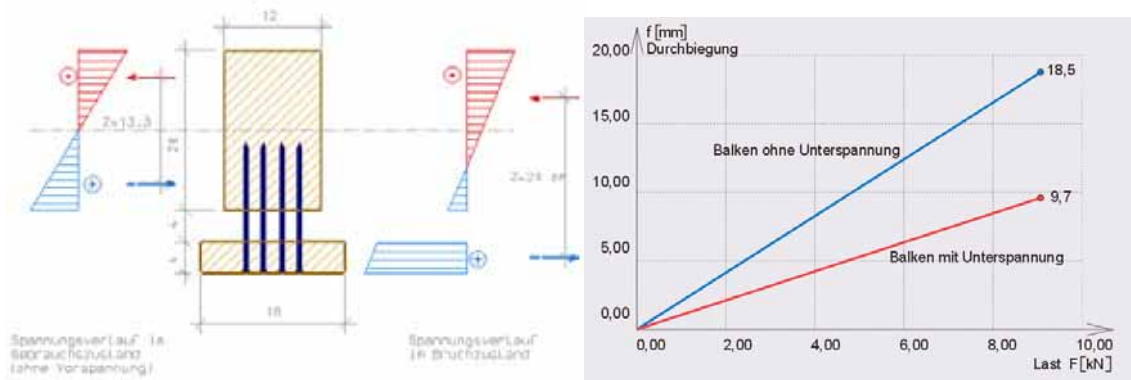
Die Erhöhung des Querschnitts hat, wie oben ausgeführt, einen großen Effekt auf das Tragverhalten. In der Baupraxis ist die Querschnittserhöhung von Biegeträgern jedoch schwer durchführbar. Die Erhöhung von Deckenträgern ist nicht selten aus Platzgründen unerwünscht. Die Herstellung eines kraftschlüssigen Verbundes zwischen bestehendem Balken und zugefügtem Querschnitt ist aufwendig, im Holzbau durch Leimen zu erreichen. Leimverbindungen sind jedoch bauaufsichtlich nicht als Baustellenverbindungen zugelassen und daher für das Bauen im Bestand nicht geeignet. Für andere Holzverbindungen, beispielweise Dübel besonderer Bauart, sind, aufgrund der bei Belastung auftretenden Verschiebung in der Fuge, die Widerstandsmomente zu mindern. Die notwendige Sicherung der Dübel mit Bolzen, macht außerdem das Öffnen der Decke über und unter den Balken erforderlich.



**Abbildung 5-4 - Seitliche Verstärkung**

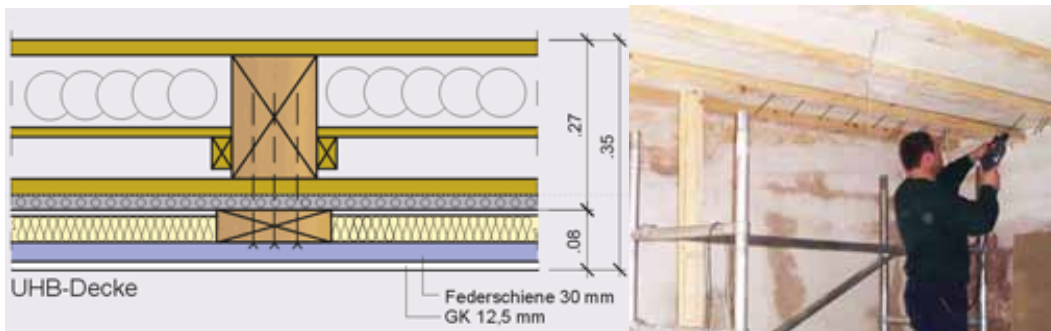
Zu beachten ist in diesem Zusammenhang das von Prof. Dr.-Ing. G. Berg und Dr.-Ing. H. Heller entwickelte und 2004 patentierte Verfahren der unterspannten Holzdecke (UHB – Verfahren).

Bohlenstreifen werden mit Abstand unter vorhandene Holzbalken geschraubt. Durch Schrägverschraubung von Vollgewindeschrauben wird eine schubfeste Verbindung erreicht. Das Widerstandsmoment des Balkens wird dadurch erhöht. (vgl. <http://www.convaso.de>, 17.01.2008). Unten stehende Abbildungen zeigen die Wirkungsweise des Verfahrens. Ertüchtigungen von Ziegeldecken nach dem gleichen Prinzip werden z. Zt. von Prof. Dr.-Ing. G. Berg erprobt (vgl.: <http://www.huz-decke.de/index.html>, 17.01.2008).



**Abbildung 5-5 Verteilung der Biegespannung im Querschnitt (Q.: [http://www.ecoba.de/fileadmin/ecocontent/UHB/Spann\\_kl.jpg](http://www.ecoba.de/fileadmin/ecocontent/UHB/Spann_kl.jpg), 17.01.2008)**

**Abbildung 5-6 Verringerung der Durchbiegung (Q.: [http://www.ipfbau.de/Bilder/T%E4tigkeitsfelder/Schallschutz\\_und/03\\_UHD/LV-diagramm\\_gross.gif](http://www.ipfbau.de/Bilder/T%E4tigkeitsfelder/Schallschutz_und/03_UHD/LV-diagramm_gross.gif), 17.01.2008)**



**Abbildung 5-7 - Deckenaufbau (Q.: <http://www.ipfbau.de>, 17.01.2008)**

**Abbildung 5-8 - Montage (Q.: <http://www.convaso.de/>, 17.01.2008)**

Andere Baustoffe lassen sich auch kraftschlüssig ergänzen. Stahl kann geschraubt und geschweißt werden, Betonbauteile können mit Spritzbeton verstärkt werden.



**Abbildung 5-9 - Sanierung mit Spritzbeton (vorher) (Q.: Jockwer & Partner, Berlin)**

**Abbildung 5-10 Sanierung mit Spritzbeton (nachher) (Q.: Jockwer & Partner, Berlin)**

Für gesamte Holzbalkendecken werden Verfahren zur Ertüchtigung durch Aufbringen von Estrichschichten angewandt.

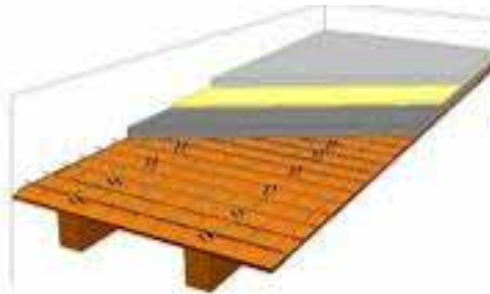


Abbildung 5-11 - Konstruktionsprinzip (Q.: [http://www.uni-leipzig.de/statik/isd/pub/general/research/4/image\\_0.jpg](http://www.uni-leipzig.de/statik/isd/pub/general/research/4/image_0.jpg), 17.01.2008)

Abbildung 5-12 Deckenaufbau (Q.: [http://www.baierlipp.com/4/108\\_tc.html](http://www.baierlipp.com/4/108_tc.html), 17.01.2008)

### Lastverteilung

In Kapitel 4.2.5.1 wurden bereits die Auswirkung einer linienförmigen Lastverteilung gegenüber Punktlasten an ungünstiger Stelle erörtert.



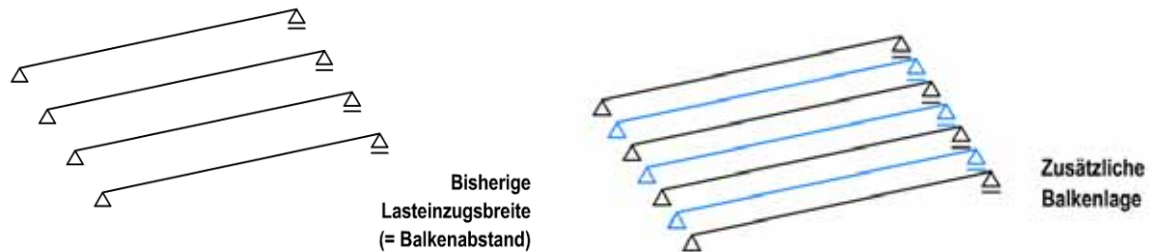
Abbildung 5-13 - Änderung der Lastverteilung

Die Verteilung der Last muss natürlich nicht immer in der Umwandlung einer Punktlast in eine Linienlast bestehen. Bereits zwei Punktlasten mit gleicher Last einer größeren Punktlast, bedeuten eine Verbesserung des Tragverhaltens. Generell ist festzuhalten: Je näher die Lasten zum Auflager hin eingeleitet werden, desto größer ist die Entlastung für den Biegeträger.

### Lasteinzugsbreite

Eine indirekte Art der Ertüchtigung von Biegeträgern ist die Verringerung der Lasteinzugsbreite. Indirekt, da nicht der vorhandene Biegeträger selbst eine

Änderung erfährt aber durch zusätzliche Tragelemente die Last trotz größerer Gesamtlast für den einzelnen Träger nicht erhöht wird.



**Abbildung 5-14 - Verringerung der Lasteinzugsbreite**

Mögliche Maßnahmen sind, wie oben dargestellt, zusätzlich eingeogene Biegeträger (Beispiel: s. Kapitel 5.5.8).

### **Änderung der Spannweiten** (Veränderung des Ortes der Auflager)

Weiter oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Spannweite in der zweiten Potenz in die Berechnung der Biegespannung einfließt. Somit ist die Verkürzung der Spannweite eine sehr effiziente Ertüchtigung für Biegeträger. Hierzu bieten sich viele verschiedenen Möglichkeiten an. Biegeträger können mit Stützen oder Querträgern unterstützt, mit Seilen, Zugstäben oder Überzügen von oben gehalten werden. Bei der Unterstützung von Biegeträgern ist zu bedenken, dass sich ein neues statisches System bildet. Aus dem Einfeldträger wird ein Zweifeldträger. Das Mittelauflager erhält hierbei relativ hohe Lasten. Am mittleren Auflager entstehen Stützmomente, die Stahl und Holzträger gut verkräften, Stahlbetonbalken mit mangelnder oberer Bewehrung könnten über dem Mittelauflager im oberen Drittel reißen. Eventuell bestimmt man den Ort des Risses durch Ausbildung einer Sollbruchstelle. Auf genügend Auflagerfläche ist zu achten.

Das Tragverhalten entspricht dann eher zweier Einfeldträger halber Länge.

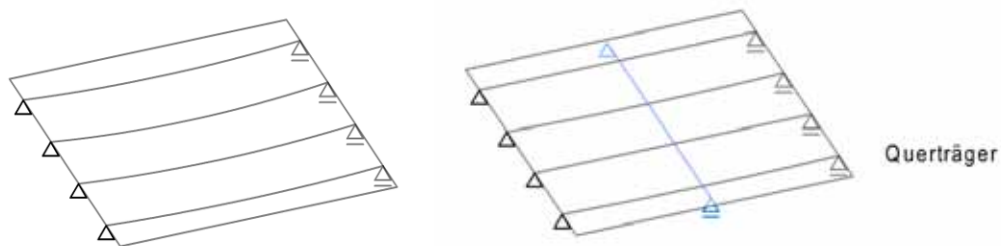


Abbildung 5-15 - Änderung der Spannweite mit Unterstützung durch Querträger

Das **Unterspannen** von Trägern kann man auch unter der Überschrift **Verkürzung der Spannweite** betrachten.



Abbildung 5-16 - Erhöhung der Tragfähigkeit durch Unterspannung

Es handelt sich aber auch um eine Änderung des statischen Systems, weg von einem reinen Biegetragwerk hin zu einem Tragwerk mit Biegung und Längskraft. Ein unterspannter Träger nähert sich dem Tragverhalten eines Fachwerkträgers. Die zusätzliche Belastung der Biegeträger durch Längskraft ist zu berücksichtigen.

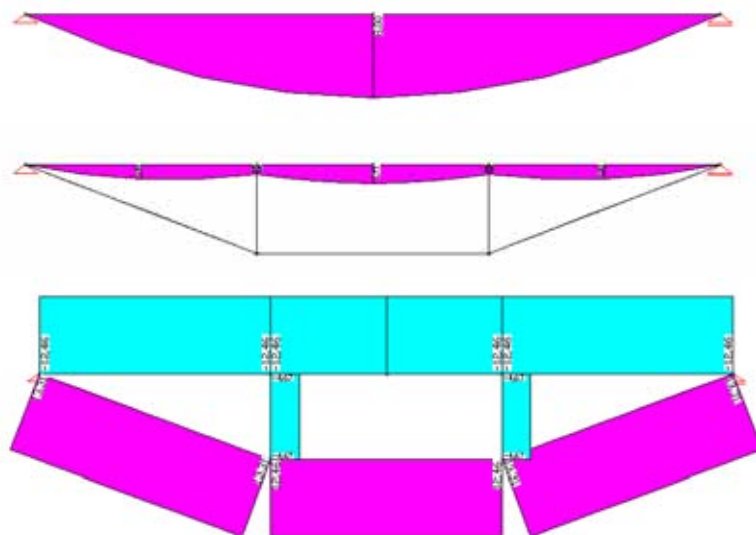


Abbildung 5-17 - Oben: Momentenlinie Einfeldträger (4m), Mitte: Momentenlinie bei Unterspannung, unten: Längskraft bei Unterspannung (Last: jeweils 4KN/m)

Mit dem Einbau von **Konsolen** erreicht man zwar nur eine kleine Verringerung der Spannweite, dies kann jedoch schon ausreichend für eine Lasterhöhung sein. Es ist zu gewährleisten, dass die Konsolen genügend steif und gut gegründet sind. Ist dies nicht der Fall, verformen sie sich mit dem Biegeträger und bewirken keine Spannweitenverkürzung (Beispiel: s. Kapitel 5.5.1)



Abbildung 5-18 - Änderung der Spannweite durch Konsolen

Der Einbau von **Kopfbändern** bewirkt eine Spannweitenverkürzung und ändert die Art des Auflagers. Abhängig von der Ausführung der Anschlüsse nähern sich die Eigenschaften der Auflager der von Einspannungen.

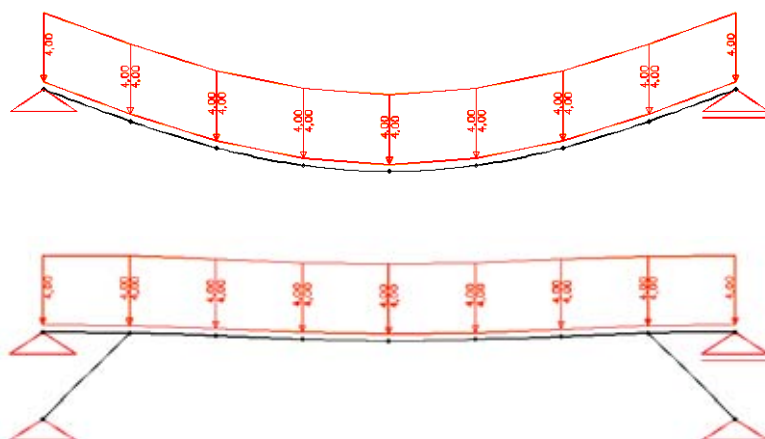


Abbildung 5-19 - Verformungsbild bei Holzbalken 8/16 mit 4m Länge und 4KN/m Last (ohne und mit Kopfbändern)

### Änderung der Art der Auflager

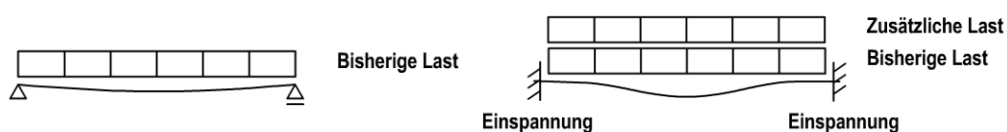


Abbildung 5-20 - Änderung der Art der Auflager

Die praktische Durchführbarkeit einer Änderung der Art der Auflager hängt sehr stark vom Einzelfall ab. Das Anbringen von Kopfbändern ist, wie soeben beschrieben, eine Möglichkeit. Theoretisch lässt sich das Biegemoment in Feldmitte von  $\frac{q_d \times l^2}{8}$  auf  $\frac{q_d \times l^2}{24}$  minimieren und so zusätzliche Last aufnehmen..

Es bleibt zu beachten, dass sich durch die Einspannung die Belastung angrenzender Bauteile mit der Übertragung von Biegemomenten ändert.

### 5.2.2 Ertüchtigung von Stützen

Die Tragfähigkeit von Stützen wird analog zu den Parametern bei Biegeträgern von den Einflussgrößen Materialgüte, Ausbildung des Stützenquer- und Längsschnittes, Höhe der Stütze, Art, Ort und Anzahl der Auflager, Art, Ort und Höhe der Belastung bestimmt.

Als Ertüchtigungsmaßnahme bieten sich an:

Seitliches Verstärken oder das Füllen von Hohlräumen als Veränderung des Stützenquer- und Längsschnittes (Erhöhung von min. i)

Reduzierung der Knicklänge durch Veränderung der Auflager (Eulerfall) oder zusätzliche Auflager (Abspannen und –streben der Stütze).

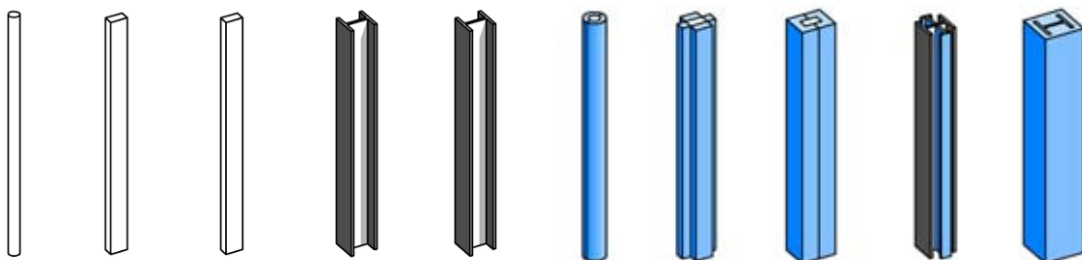


Abbildung 5-21 - Verstärken von Stützen

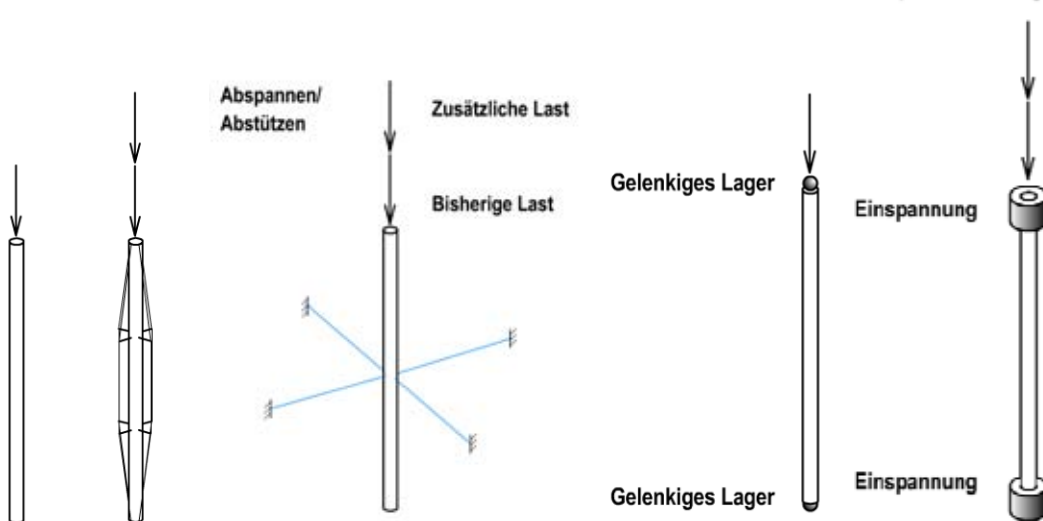


Abbildung 5-22 – Verkürzen der Knicklänge durch Abspannen/Abstützen, Ändern der Auflager ermöglicht zusätzliche Belastung

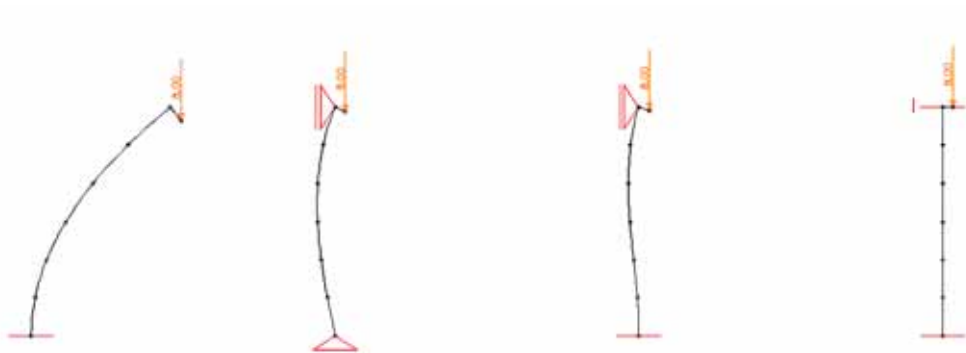


Abbildung 5-23 – Überzeichnete Verformungsfigur einer 3m langen Holzstütze (14/14) mit Euler 1 - 4 ( von links nach rechts ), Last: 8 kN bei leichter Ausmitte

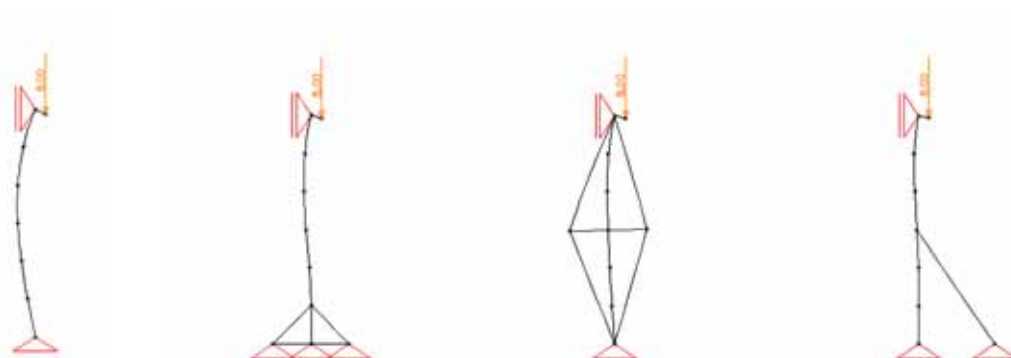


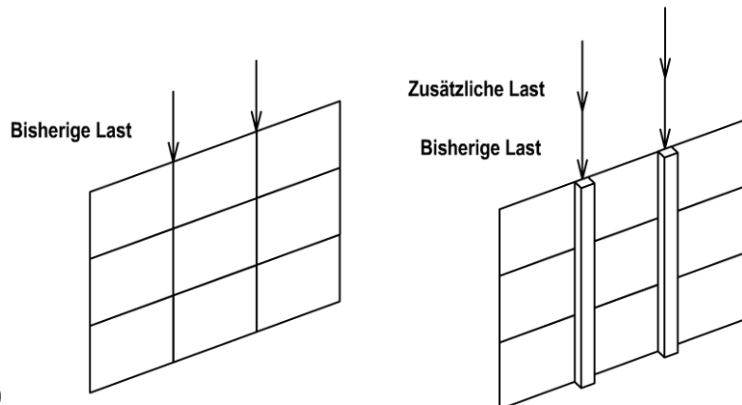
Abbildung 5-24 - Ertüchtigung der Euler 2 Stütze (links) durch Veränderung des Fußpunktes, Abspannen oder -streben



### 5.2.3 Ertüchtigung von Wänden

Können Wände die anfallenden Lasten nicht tragen, besteht wie in allen Fällen die Möglichkeit Maßnahmen auf der Seite der Last oder auf der Seite des Tragelementes zu ergreifen.

Ein Verstärken der Wand durch Pfeiler, oder Stahlbetonstützen verringert die Gefahr des Beulens (vgl. Beispiel Kapitel 5.5.3.).



**Abbildung 5-25 -Ertüchtigung durch seitliche Verstärkung**

Zusätzliche Aufmauerungen in Form einer vorgesetzten Wand können die Spannungen in der Wand herabsetzen, wenn gewährleistet ist, dass beide Scheiben gleichmäßig an der Lastaufnahme beteiligt werden.

Die Verstärkung von so großflächigen Tragelementen ist aus Kostengründen nicht immer sinnvoll. Hier ist eine Ertüchtigungsmaßnahme seitens der Lasteinleitung unter Umständen effizienter. Eine Möglichkeit ist, durch Ersatzkonstruktionen Lasten erst gar nicht in die Wand einzuleiten. Eine völlige Entlastung einer Mauerwerkswand kann allerdings auch das Gegenteil einer Ertüchtigung bedeuten und die Standfestigkeit herabsenken (vgl.4.2.5.3 und s. 5.3.1).



**Abbildung 5-26 Traufseite Stallgebäude, Criewen (Bestand) (Q.: C. Anderhalten)**  
**Abbildung 5-27 - Giebelseite, Bestand (Q.: C. Anderhalten)**



**Abbildung 5-28 - Einbau der Neuen Stahlkonstruktion (Q.: C. Anderhalten)**

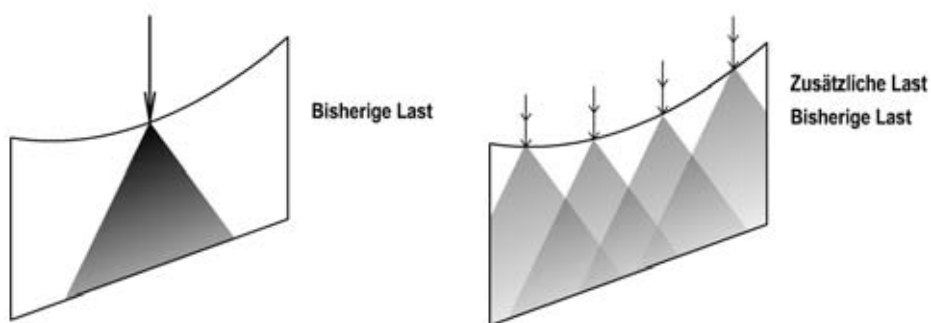


**Abbildung 5-29 - Innenraum nach Fertigstellung (Q.: C. Anderhalten)**  
**Abbildung 5-30 - Fassade nach Fertigstellung (Q.: C. Anderhalten)**

Bei dem oben abgebildeten Umbau eines Stalles zu einem Ausstellungsgebäude in Criewen (Brandenburg) konnten die vorhandenen Wände nicht mehr zur Aufnahme der vertikalen und horizontalen Lasten quer zu den Längswänden herangezogen werden

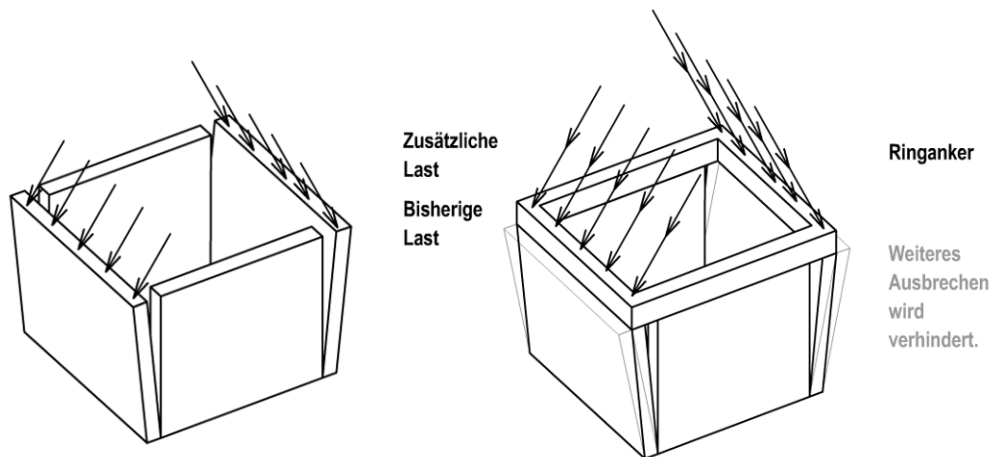
Lediglich die Aussteifung in Gebäudelängsrichtung erfolgt noch über die alten Ziegelwände. Die übrigen Tragfunktionen übernimmt eine neu eingebaute Stahlkonstruktion, welche auch die alten Wände hält.

Die Einleitung hoher Punktlasten birgt für Wände die Gefahr des Beulens oder des örtlichen Versagens durch Überschreiten der Druckfestigkeit des Materials. Eine Lasterrhöhung ist für Wände bei einer Verteilung der Last besser zu verkraften. Eine Lastverteilung kann beispielsweise durch einen Überzug erfolgen.

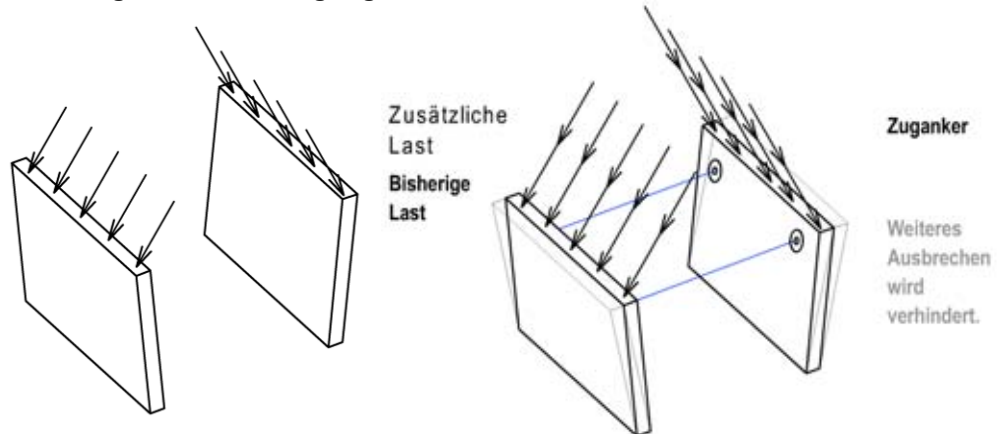


**Abbildung 5-31 - Eine Verteilung der Last ermöglicht insgesamt eine höhere Lastaufnahme**

Empfindlich reagieren Wände auf Belastungen in Richtung ihrer kleineren Dimension. Hier ist eine Ertüchtigung in Form von Ringankern oder Zugankern möglich.



**Abbildung 5-32 - Ertüchtigung von Wänden mit Ringanker**



**Abbildung 5-33 - Ertüchtigung von Wänden mit Zugankern bei symmetrisch anfallenden Horizontalkräften**

## 5.2.4 Ertüchtigung von Fachwerken

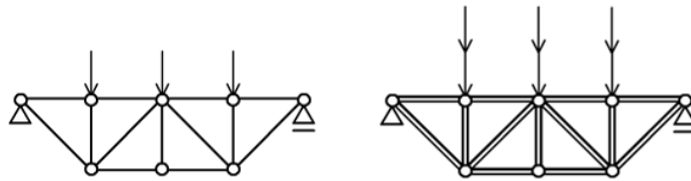


Abbildung 5-34 Verstärkung der Fachwerkstäbe

Zur Ertüchtigung von Fachwerken lassen sich die einzelnen Elemente des Fachwerkes, ähnlich den Biegeträgern und Stützen, verstärken. Hierbei kann die Ertüchtigung auf den Bedarf der einzelnen Stäbe abgestimmt werden.

Die konstruktive Ausbildung der Verstärkung wird nicht zuletzt davon abhängen, ob das Tragwerk später sichtbar bleibt oder beispielweise über einer abgehängten Decke verschwindet.

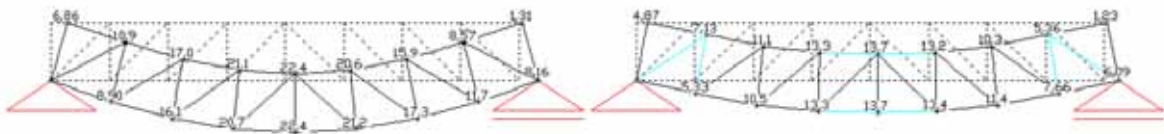


Abbildung 5-35 - Verstärkung der höchst belasteten Stäbe (hellblau) auf doppeltem Querschnitt

Neben der Verstärkung der Stäbe ist die Ausbildung der Knoten bei Fachwerken ein weiterer Parameter, der die Stabilität des gesamten Gefüges verbessern kann.

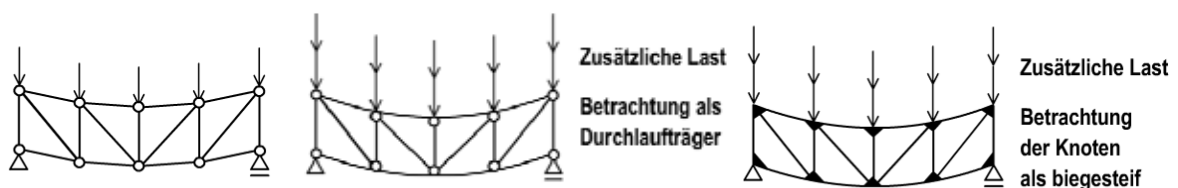


Abbildung 5-36 - Ertüchtigung mittels durchlaufender Ober- und Untergurte oder versteiften Knoten

Die Versteifung gelenkiger Knoten kann höhere Lastaufnahmen ermöglichen. Durch die nun vorliegende statische Unbestimmtheit kann es allerdings unter Umständen zu einem Vorzeichenwechsel (Druckstab  $\leftrightarrow$  Zugstab) der Stabkräfte

kommen. (s. Kapitel 4.2.7.8 Bewertung Gemeindehaus FeG, Waldbröl). Je nach Ausbildung der Zugstäbe ist dies zu vermeiden.

Oft laufen die Ober- und Untergurte von Fachwerkträgern durch, so dass die Knoten hier bereits eine gewisse Steifigkeit haben. In alten Statiken wurde diese Durchlaufwirkung aufgrund des aufwendigeren Rechenwegs meist nicht berücksichtigt. So kann mitunter schon eine rechnergestützte Neuberechnung des Tragwerks ertüchtigen. Allerdings führt die Ausbildung biegesteifer Anschlüsse nicht generell zu einer verbesserten Tragfähigkeit.

Mit dem Statikprogramm InfoCAD wurde das Verhalten verschiedener Fachwerkträger simuliert.

Der unten abgebildete 16m lange Fachwerkträger ist relativ weich. Die Zugdiagonalen wurden mit dünnen Stahlstäben ausgebildet. Eine vertikale Last von 8kN/m verursacht bei gelenkigen Knoten eine maximale Durchbiegung von 261mm.

Der gleiche Fachwerkträger mit biegesteifen Knoten erfährt bei gleicher Last eine Durchbiegung von nur 162mm.

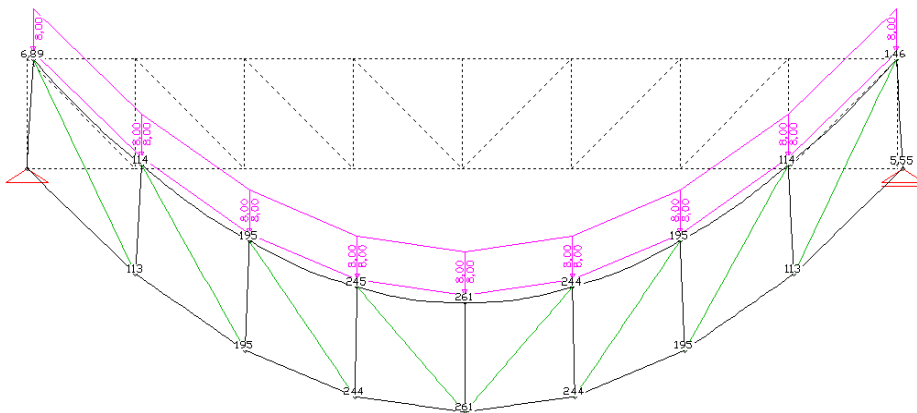


Abbildung 5-37- Fachwerkträger mit "weichen" Diagonalen und gelenkigen Knoten

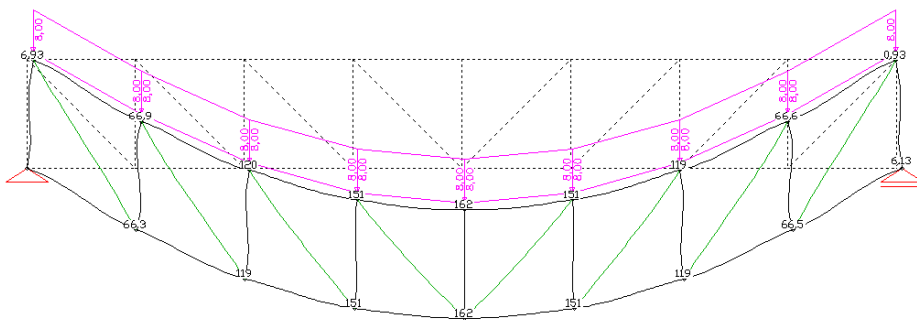


Abbildung 5-38 - System wie oben, jedoch mit biegesteifen Knoten

Im Gegensatz zu dem oben gezeigten Beispiel handelt es sich bei dem nächsten Fachwerkträger um eine relativ steife Konstruktion. Die Druckdiagonalen wurden, wie die übrigen Stäbe, als Kanthölzer mit einem Querschnitt von 14/14 angenommen.

Die unten stehenden Verformungsfiguren dokumentieren für den oberen Träger mit gelenkigen Knoten (oben) eine nur 0,1mm größere Verformung als bei dem unteren Träger mit durchgehend biegesteifen Knoten. Die darunter stehenden Momentenlinien zeigen allerdings eine gleichmäßigere Verteilung und im Betrag geringere Belastung des Obergurtes für den Fachwerkträger mit biegesteifen Knoten, wenn der Obergurt, wie in den dargestellten Beispielen erfolgt, mit einer Linienlast beaufschlagt wird. Auch wenn in der Tragwerklehre für Architekten zunächst davon ausgegangen wird, dass Fachwerke reine Normalkrafttragwerke sind, und die Lasten in den Knoten eingeleitet werden, sind gerade die Obergurte von Fachwerken im Dachkonstruktionen häufig Linienlasten ausgesetzt.

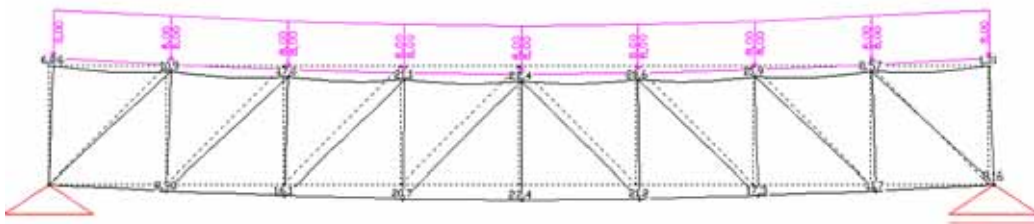


Abbildung 5-39 - Verformungsbild Fachwerkträger

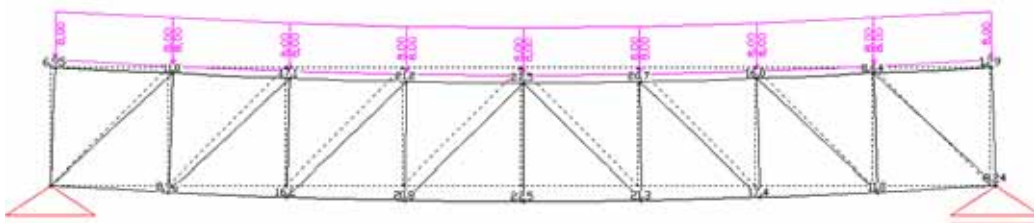


Abbildung 5-40 - Verformungsbild Fachwerkträger mit biegesteifen Knoten

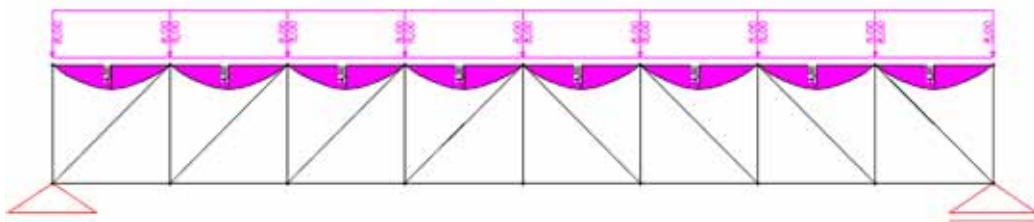


Abbildung 5-41 - Momentenlinie des Fachwerkträgers mit gelenkigen Knoten

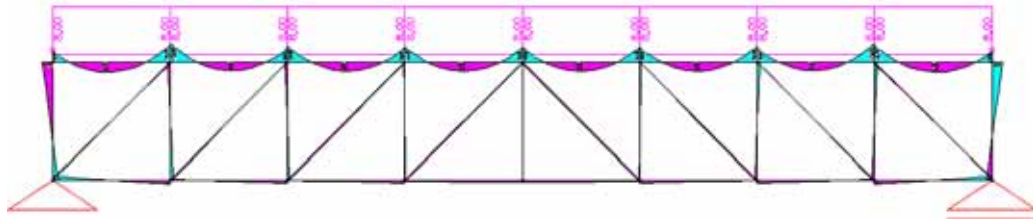


Abbildung 5-42 - Momentenlinie des Fachwerkträgers mit biegesteifen Knoten

Das Einfügen zusätzlicher Diagonalstäbe bewirkt ebenso geringere Biegemomente im Obergurt. Der gesamte Träger erfährt dadurch jedoch keine nennenswerte Ertüchtigung

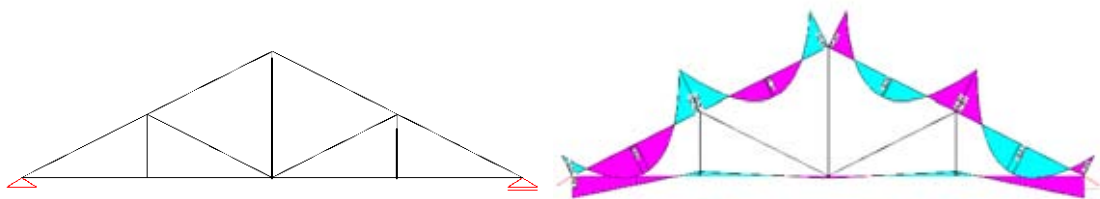


Abbildung 5-43 - Sattelförmiger Fachwerkträger und zugehörige Momentenlinie bei Gleichlast auf dem Obergurt

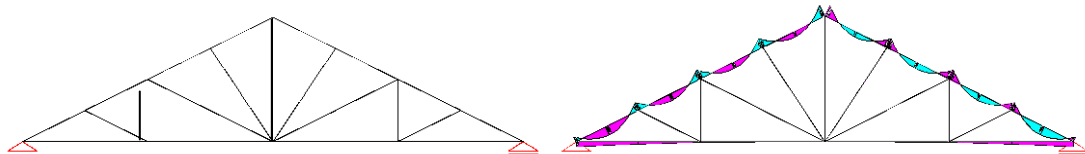


Abbildung 5-44 - Ertüchtigung des Obergurttes durch zusätzliche Stäbe

### 5.2.5 Ertüchtigung von Platten

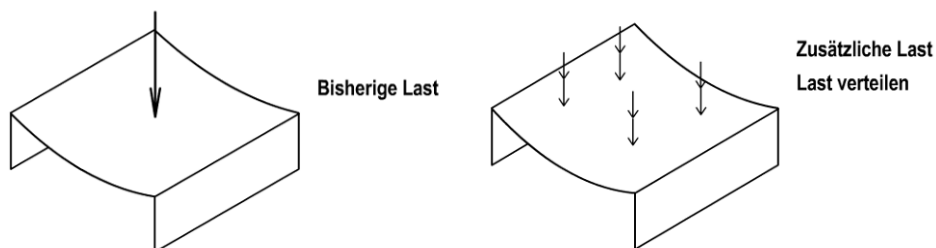


Abbildung 5-45 - Optimierung der Lasteinleitung

Zur Ertüchtigung von Platten bieten sich der Ertüchtigung von Biegeträgern gleichende Maßnahmen an. Relevante Parameter sind auch hier: Materialgüte, Ausbildung des Trägerquer- und Längsschnittes, der Art, Ort, Anzahl der Auflager sowie Art, Ort und Größe der Belastung.



Nahezu alle Platten, die für Baumaßnahmen im Bestand in Frage kommen, sind aus Stahlbeton hergestellt. Weitere Materialien für tragende Platten wie Holzwerkstoffe werden daher hier nicht behandelt.

Ertüchtigungsmaßnahmen sind:

Optimierung der Krafteinleitung

Zusätzliche Auflager, beispielsweise in Form von Unterkonstruktionen oder Unterspannungen

Ertüchtigung der Druckzone durch Überzüge oder Aufbeton ,

Ertüchtigung der Zugzone durch Unterzüge oder CFK-Lamellen.

Das nachträgliche Anbringen von CFK Lamellen ermöglicht auch eine vorher einachsig gespannte Platte zweiachsig zu beanspruchen (vgl. auch Kapitel „Entfernen von Wänden mit Vertikallast“ 5.3.1.1)

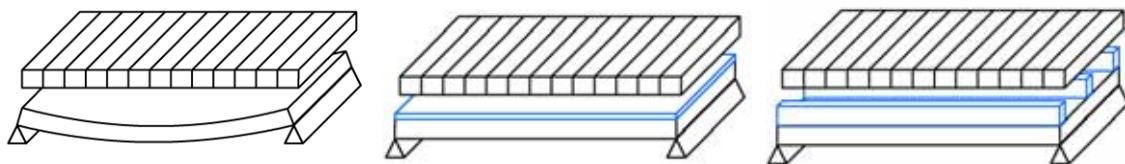


Abbildung 5-46 -Ertüchtigung durch Aufbeton oder Überzüge

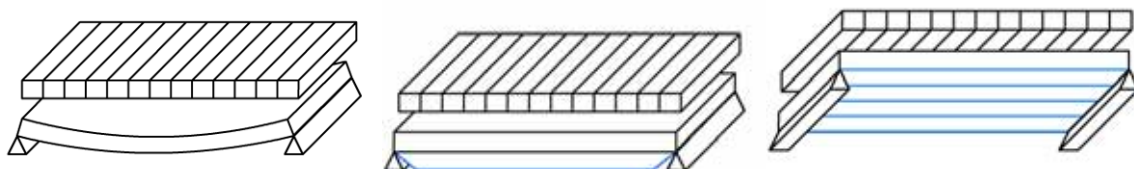


Abbildung 5-47 - Ertüchtigung durch Unterzüge oder CFK - Lamellen

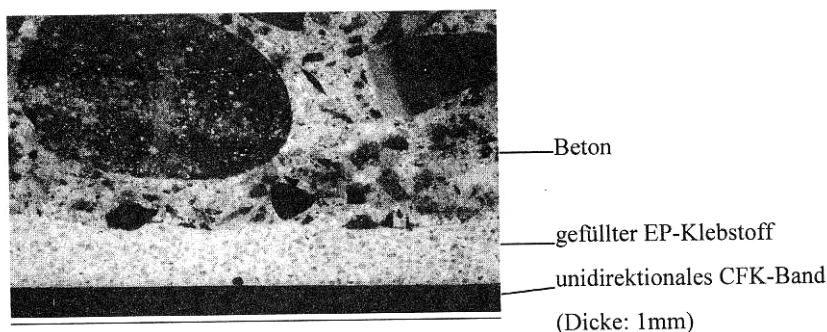
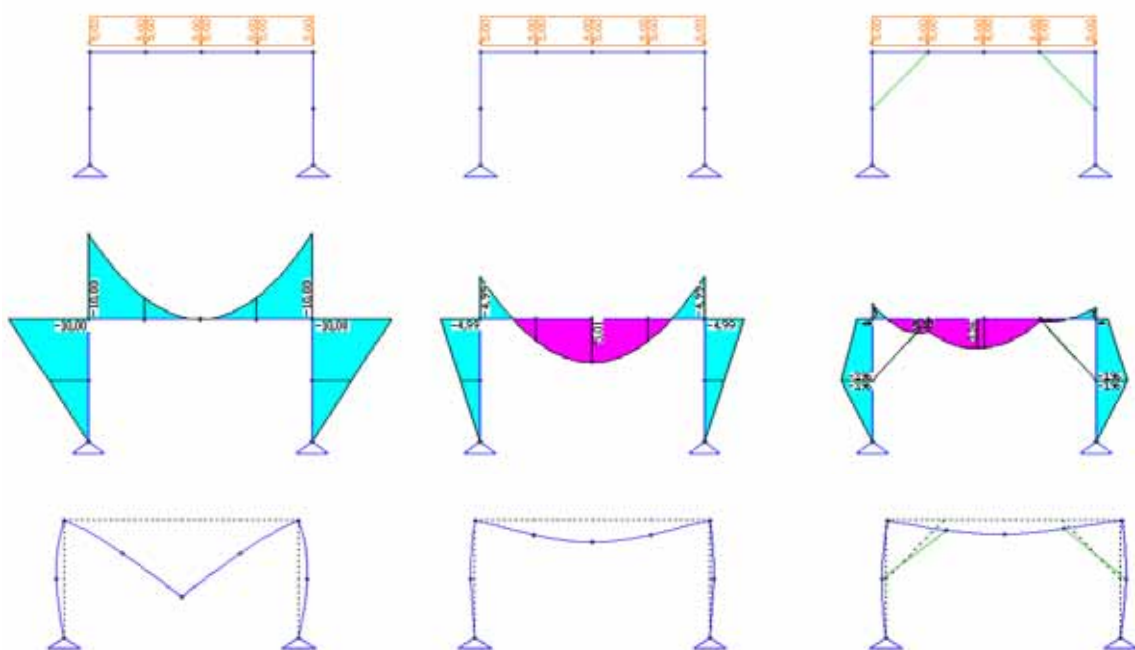


Abbildung 5-48 - Längsschnitt durch CFK/Beton - Stoffverbund (Q.: Führer/Hegger1999, S.131)

## 5.2.6 Ertüchtigung von Rahmen

Für Rahmen kommen viele Ertüchtigungsmaßnahmen, die bei Stützen und Biegeträgern bereits genannt wurden, in Frage.

Ein Verstärken der einzelnen Tragwerkkomponenten führt auch hier zu höherem Tragvermögen. Auf die Möglichkeit bei statisch unbestimmten Systemen (Zweigelenrahmen, eingespannte Rahmen) durch Verstärken einzelner Komponenten (nur Stiel od. nur Riegel) Lasten „anzuziehen“ wurde in Kapitel 4.2.4 eingegangen. Im Folgenden werden einige Ertüchtigungsprinzipien für Rahmen erläutert.

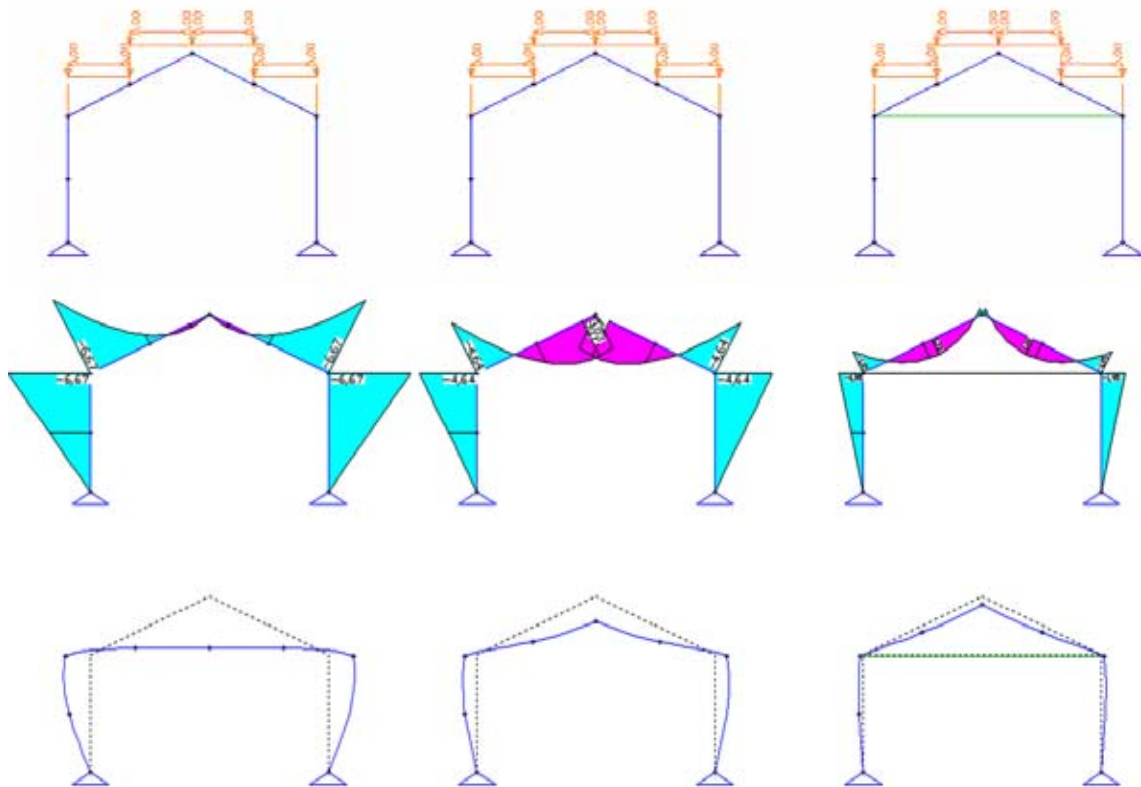


**Abbildung 5-49 - Dreigelenrahmen, Zweigelenrahmen und Zweigelenrahmen mit Kopfbändern (v.l.n.r.) sowie den jeweiligen Momentenlinien und Verformungsfiguren darunter**

Bei den oben abgebildeten Rahmen handelt es sich oben links um einen Dreigelenrahmen mit Gleichlast auf dem Riegel und Gelenk in Riegelmitte. Unter den Rahmen ist immer die jeweilige Momentenlinie und darunter die Verformung dargestellt.

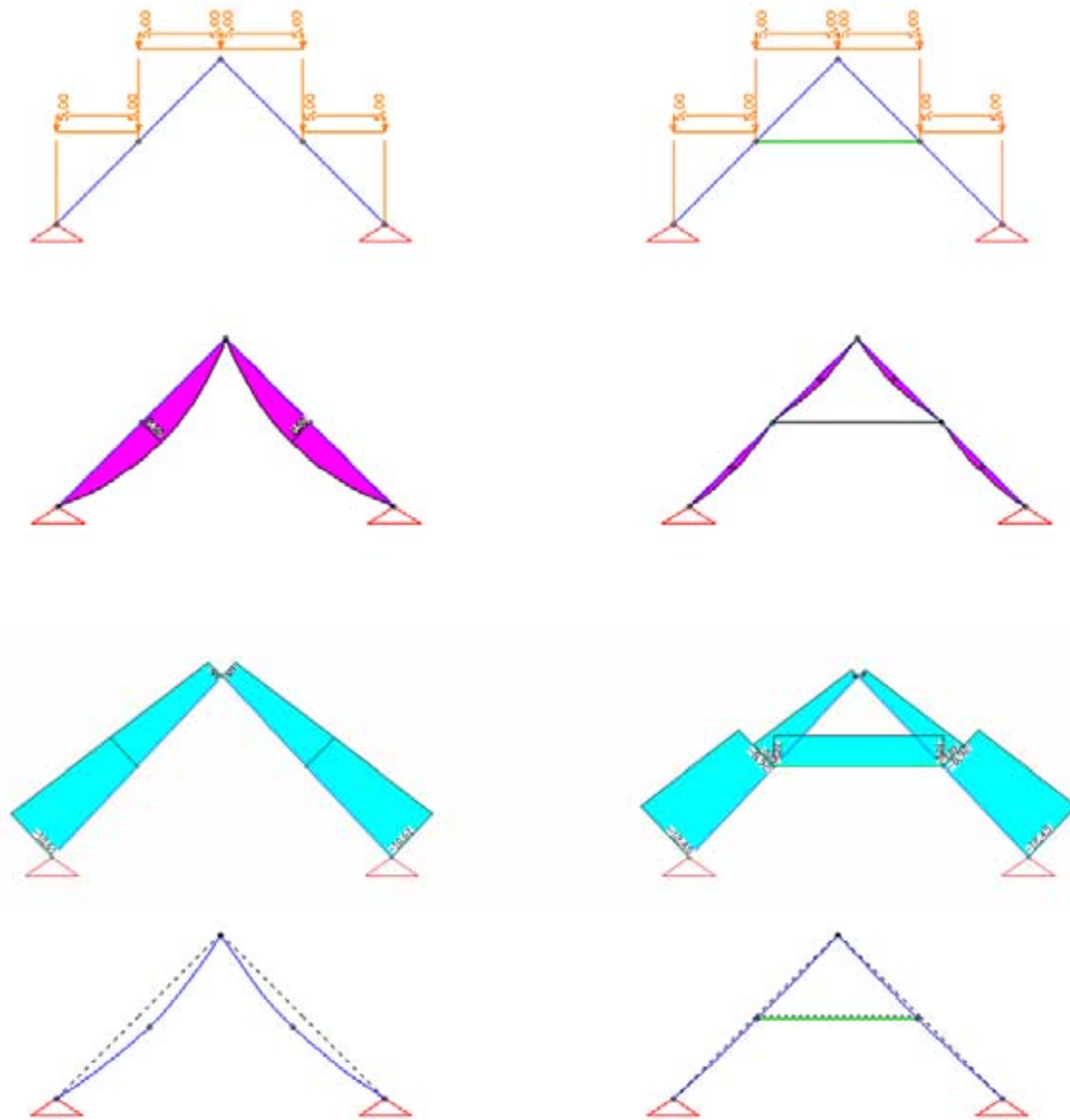
In der Mitte wurde das Gelenk versteift, rechts zusätzlich Kopfbänder in den Rahmenecken eingebaut. Die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen lassen sich gut ablesen.

Nachfolgende Rahmen nähern sich in ihrer Form der Stützlinie (vgl. 4.2.6) etwas besser. Die Eckmomente sind bei dem linken Dreigelenrahmen bereits etwas kleiner als bei dem oben dargestellten mit horizontalem Riegel. Der mittige Rahmen wurde wieder als Zweigelenrahmen ausgebildet, der rechte Rahmen erhält ein Zugband von Rahmenecke zu Rahmenecke.



**Abbildung 5-50 - Dreigelenrahmen, Zweigelenrahmen und Zweigelenrahmen mit Zugband (v.l.n.r.) sowie den jeweiligen Momentenlinien und Verformungsfiguren darunter**

Sparrendächer stellen im Prinzip auch eine Rahmenkonstruktion dar. Die unteren Abbildungen zeigen, welchen Effekt die Anordnung eines Kehlbalken hat. Auch hier zeigt die Annäherung an die Stützlinie einen Übergang vom Biegetragwerk zum Längskrafttragwerk. Die Längskräfte im unteren Teil der Sparren wurde dadurch zwar erhöht, die Beanspruchung durch Biegung wird aber wesentlich verringert. Dies schlägt sich auch in einer geringeren Verformung nieder.



**Abbildung 5-51 - Sparrendach sowie Sparrendach mit Kehlbalken darunter jeweils Momentenverlauf, Längskraftdiagramm und Verformung**

Nachfolgend wird eine Belastung durch eine Kraft mit horizontalen Komponenten simuliert. Gelingt es die Kehlbalkenlage als liegende Scheibe auszubilden und diese an den Giebelwänden zu befestigen, wird das gesamte System stabilisiert. In folgenden Zeichnungen wird auf der rechten Seite eine solche Ertüchtigung durch eine horizontal unverschiebliche Festhaltung am Kehlbalken dargestellt.

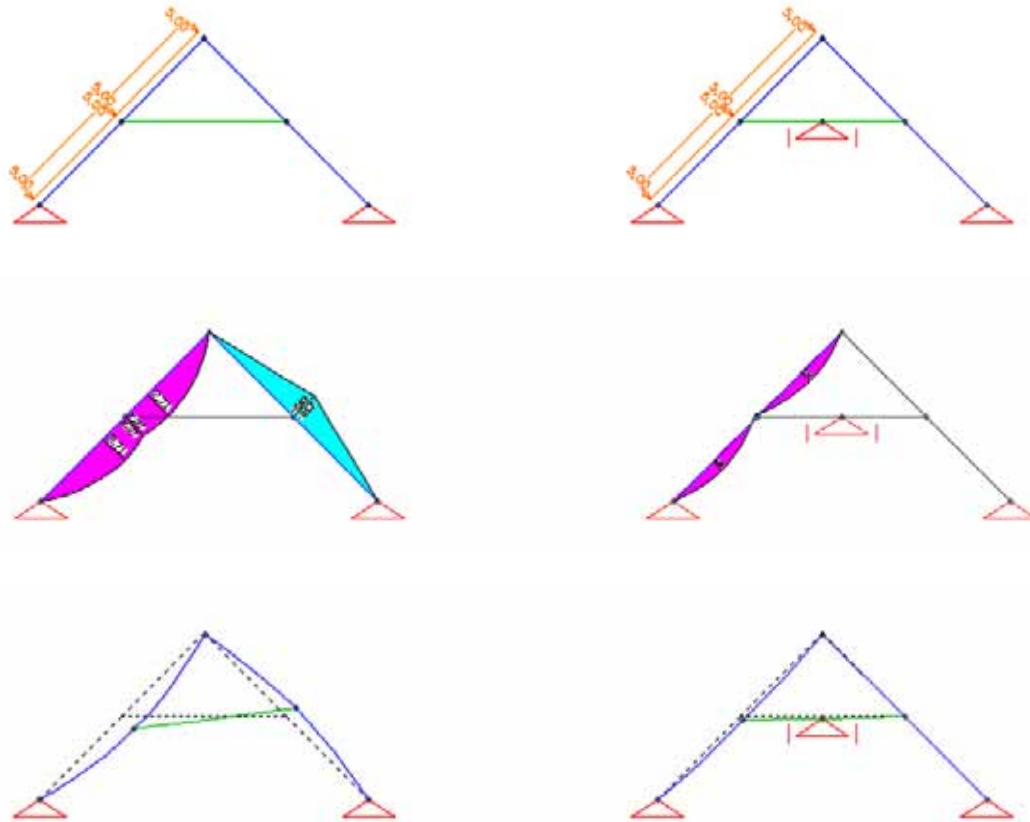


Abbildung 5-52 - Sparrendach mit Kehlbalckenlage sowie Verankerung der Kehlbalckenlage in den Giebelwänden als Ertüchtigung, darunter jeweils Momentenlinie und Verformung

### 5.2.7 Ertüchtigung von Bögen

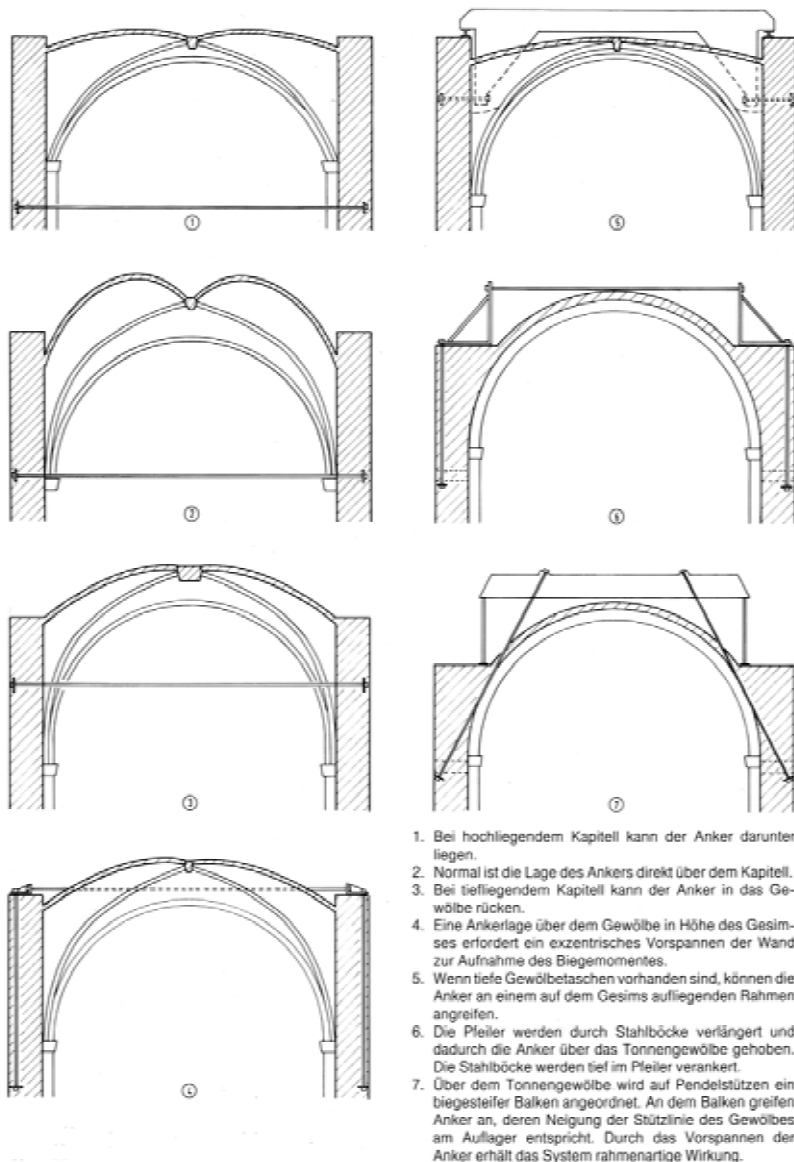


Abbildung 5-53 - Zugband eines Bogens in der Nikolaikirche, Siegen

Ertüchtigungsmaßnahmen an Bögen beziehen sich in den meisten Fällen auf die Aufnahme der Horizontallasten oder auf Schritte zur Wiederherstellung des Gefüges. Letztere sind handwerkliche Reparaturmaßnahmen, welche vom Ausbessern der Fugen über das Ersetzen einzelner Steine bis hin zum neuen Aufmauern von Bogenkonstruktionen reichen können. Viele geschädigte

Kappendecken lassen sich oft bereits durch Aufbringen eines Verbundstrichs stabilisieren. Voraussetzung ist hier die ausreichende Standfestigkeit der flankierenden Bauteile (Träger, Außenwände, etc.).

Die aus der Bogenform resultierenden Horizontallasten verursachen in vielen Fällen Schäden an dafür nicht geeigneten Auflagern ( z.B. Wände aus Mauerwerk mit geringer Auflast). Durch Einbringen von Zugbändern heben sich die Horizontalkräfte gegenseitig auf. Weiteres zur Ertüchtigung von Bögen und Gewölben ist in *Pieper1983, S.127ff.* nachzulesen.



1. Bei hochliegendem Kapitell kann der Anker darunter liegen.
2. Normal ist die Lage des Ankers direkt über dem Kapitell.
3. Bei tief liegendem Kapitell kann der Anker in das Gewölbe rücken.
4. Eine Ankerlage über dem Gewölbe in Höhe des Gesimses erfordert ein exzentrisches Vorspannen der Wand zur Aufnahme des Biegemomentes.
5. Wenn tiefe Gewölbetaschen vorhanden sind, können die Anker an einem auf dem Gesims aufliegenden Rahmen angreifen.
6. Die Pfeiler werden durch Stahlböcke verlängert und dadurch die Anker über das Tonnengewölbe gehoben. Die Stahlböcke werden tief im Pfeiler verankert.
7. Über dem Tonnengewölbe wird auf Pendelstützen ein biegesteifer Balken angeordnet. An dem Balken greifen Anker an, deren Neigung der Stützlínie des Gewölbes am Auflagere entspricht. Durch das Vorspannen der Anker erhält das System rahmenartige Wirkung.

**Abbildung 5-54 - Verschiedene Möglichkeiten zur Anbringung von Zugbändern (Q.: Pieper1983, S. 132)**

## 5.3 Ertüchtigung wegen geplanter Schwächung/ Entfernen von Tragelementen

### 5.3.1 Entfernen von Wänden

Das Entfernen oder teilweise Entfernen von Wänden gehört zu den häufigsten Maßnahmen beim Bauen im Bestand. Gutes Beispiel ist der Wohnungsbau. Während der Platzbedarf 1950 noch 15 m<sup>2</sup>/Person (vgl. Zapf1999, S.577) betrug, ist er auf 39,1 m<sup>2</sup>/Person im Jahre 1999 in Westdeutschland angestiegen (vgl. Harlander1999, S.12). Die Anzahl der Personen pro Wohnung ist jedoch mit der Zeit gesunken (vgl. Zapf1999, S.565ff).

Der Wunsch nach größeren Räumen lässt sich oft durch das Zusammenlegen von Zimmern erfüllen. Konsequenz ist die möglichst großzügige Entfernung einer Wand.

Ist diese in irgendeiner Form tragend (vgl. Kapitel „Bewertung von Wänden“) und die bisher durch die Wand übernommenen Funktionen können nicht von anderen vorhandenen Bauteilen übernommen werden, sind Ertüchtigungsmaßnahmen erforderlich. Eine Wand ist in der Lage, vertikale Lasten zu tragen, zur Gebäudeaussteifung beizutragen oder andere Wände auszusteiern (Knickaussteifung). Diese auf das Tragwerk bezogenen Funktionen kann eine einzelne Wand auf sich vereinigen. Im Folgenden werden sie jedoch separat betrachtet und prinzipielle Ertüchtigungsmaßnahmen dargelegt.

Zusätzlich wird auf den Fall eingegangen, dass nicht die gesamte Wand, sondern nur Teile entfernt werden sollen. Da kaum ein Bauteil, welches so viele Funktionen innehat, so oft entfernt werden soll, wird auf Wände in dieser Arbeit umfangreicher eingegangen als auf andere zu entfernende Tragelemente.

### 5.3.1.1 Entfernen von Wänden mit Vertikallast

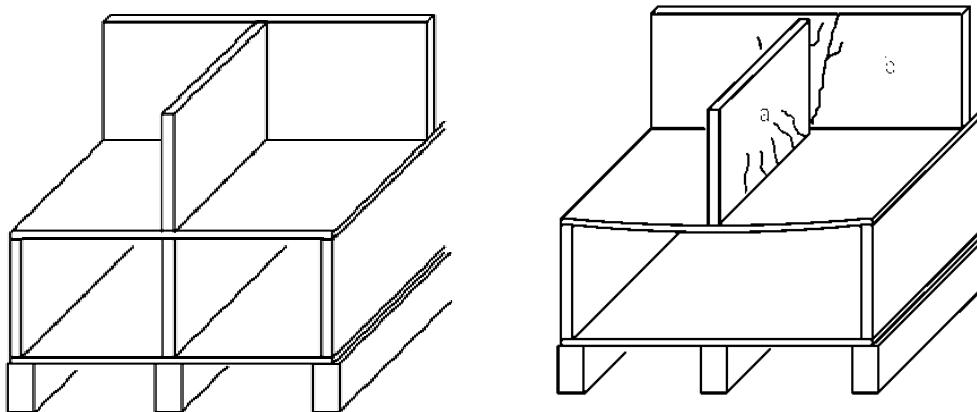


Abbildung 5-55 Tragende Mittelwand im unteren Geschoss

Abbildung 5-56 - Mögliche Schäden nahe Entfernen der Wand ohne Ertüchtigungsmaßnahme

Die nachfolgenden Prinzipskizzen gehen davon aus, dass die mittlere tragende Wand im unteren Geschoss entfernt werden musste. Damit es nicht, wie oben rechts, zu Schäden kommt sind eine Vielzahl von Ertüchtigungsmaßnahmen denkbar:

- Eine Überprüfung aller Last verursachenden Konstruktionen sowie der Verkehrslasten hinsichtlich einer Lastreduzierung
- Unterzüge quer oder längs der entfernten Wand.  
Der Unterzug an der Stelle der entfernten Wand verändert das Tragsystem weniger, leitet aber hohe Punktlasten an seinen Auflagern ein.  
Mehrere Unterzüge in Querrichtung verändern den Weg des Lasttransportes

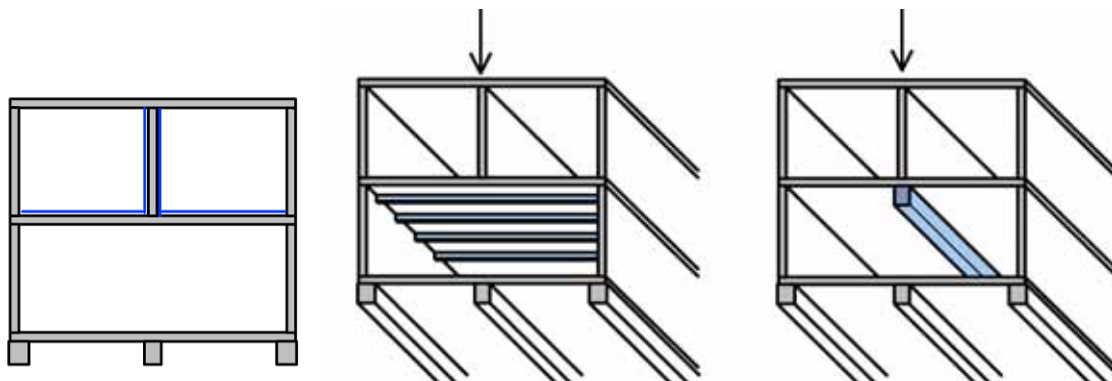


Abbildung 5-57- Verringern von Last

Abbildung 5-58 - Unterzüge



- Die Ertüchtigung der Zugzone der Geschossdecke  
Dies ist mit Glasfaser verstärkten Kohlenstoffbändern bei Stahlbetondecken denkbar, Holzdecken können evtl. nach 5.2.1 ertüchtigt werden.
- Einbringen von Überzügen.  
Hier gelten die Bemerkungen zu den Unterzügen sinngemäß. Zusätzlich ist zu beachten, dass durch die Herstellung der Überzüge oberhalb der Decke Bauteile zerstört werden.

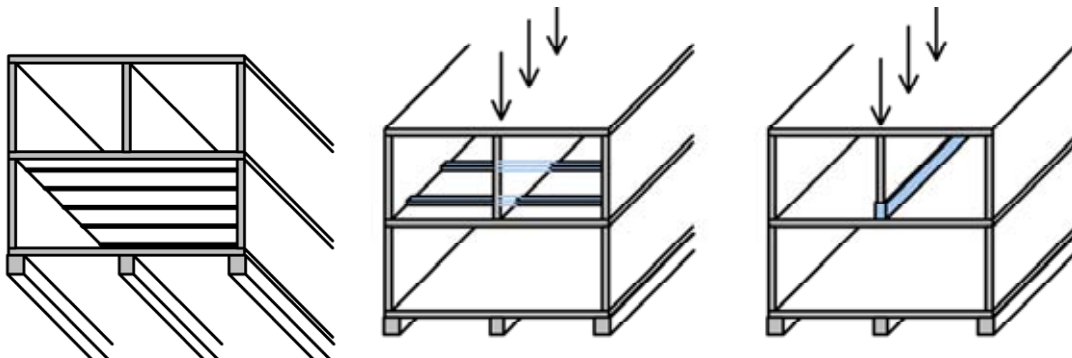


Abbildung 5-59 - Ertüchtigung der Zugzone der Decke

Abbildung 5-60 - Überzüge

- Das Ersetzen der entfernten Wand durch Stützen

- Unterspannen der Geschossdecke.  
Neben den gegenüber einer herkömmlichen Unterkonstruktion meist höheren Kosten muss hierbei die Aufbauhöhe sowie die Einleitung von Normalkräften in die bestehende Konstruktion berücksichtigt werden.

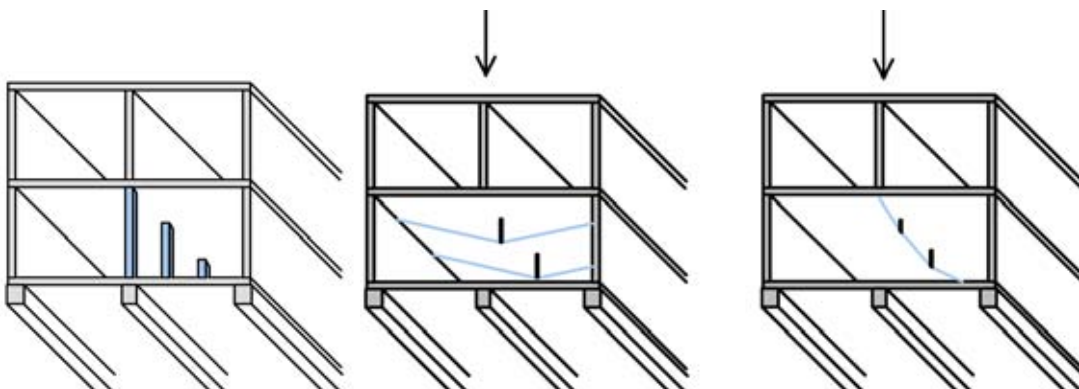
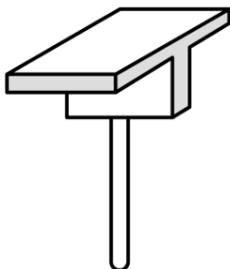


Abbildung 5-61 - Anordnen von Stützen

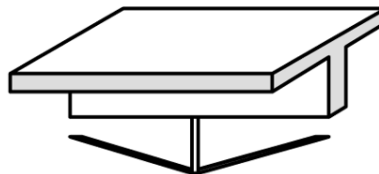
Abbildung 5-62 - Unterspannung

Die dargestellten Maßnahmen werden auch kombiniert, beispielsweise eine Unterkonstruktion aus Stütze und Unterzug oder Unterzug und Unterspannung.

**Unterzug + Stütze**

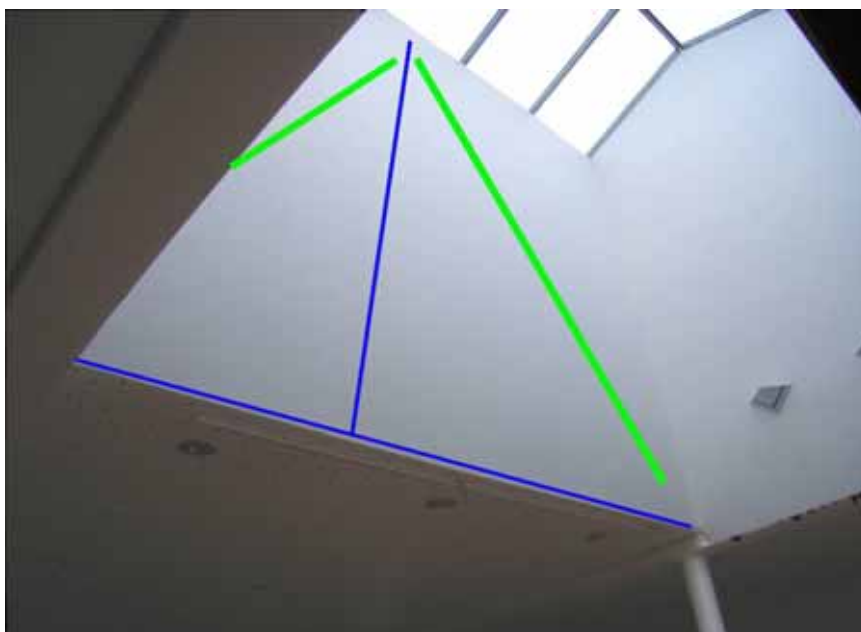


**Unterzug + Unterspannung**



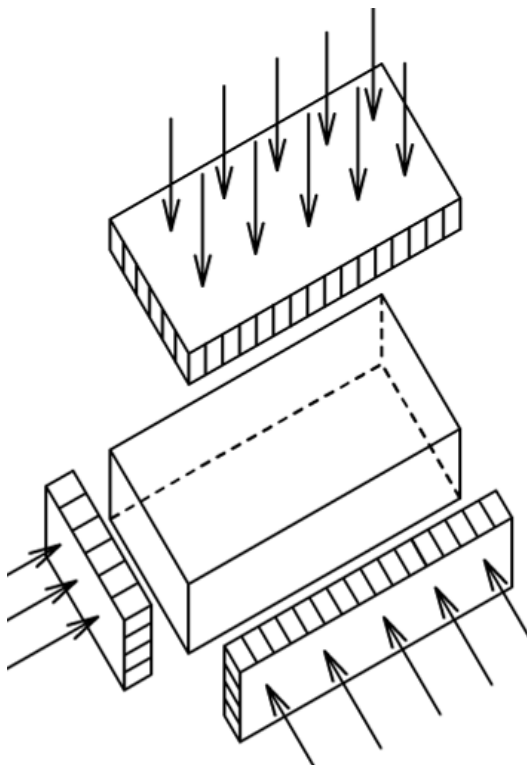
**Abbildung 5-63 - Kombination verschiedener Maßnahmen**

Eine weitere Maßnahme besteht in der Ertüchtigung der Wand über der entfernten. Eine Ausbildung dieser Wand als raumhoher Träger kann das Aufhängen der Deckenkonstruktion und die Aufnahme der Vertikallasten ermöglichen. Die Lastenleitung in Tragelemente an den Enden des raumhohen Trägers, welche Lasten vertikal weiterleiten können, ist dabei zu gewährleisten. Im Gemeindehaus der FeG, Aachen wurde die Wand unter dem Oberlicht entfernt. Eine Ertüchtigung mit Zugbändern (blau markiert) verwandelt die Mauerwerkswand in eine fachwerkähnliche Konstruktion wobei die Mauersteine im Bereich der grünen Markierung die Druckkräfte aufnehmen (Planung: Prof. Dr. Ing. W. Führer).



**Abbildung 5-64 - Einbringen von Zugbändern (blau) ermöglichte das Entfernen der darunter liegenden Wand**

### 5.3.1.2 Entfernen von Wänden zur Gebäudeaussteifung



**Abbildung 5-65 - Auf ein Gebäude wirken Vertikal- und Horizontallasten**

Bei Veränderungen am Tragwerk entwickeln selbst fachfremde Bauherren für vertikale Lasten relativ schnell ein Verständnis, dass ihre ordnungsgemäße Weiterleitung bis in die Fundamente gewährleistet sein muss. Die Schwerkraft ist für jeden Menschen von klein auf erfahrbar. Man ist sich bewusst, dass die Unterstützung eines Gewichtes nicht weggenommen werden kann, weil es sonst herab fällt.

Horizontale Lasten werden so nicht wahrgenommen und selbst von „Fachleuten“ manchmal vergessen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten des Einwirkens horizontaler Kräfte innerhalb eines Gebäudes (z.B. Horizontalanteile von Gewölbeschub).

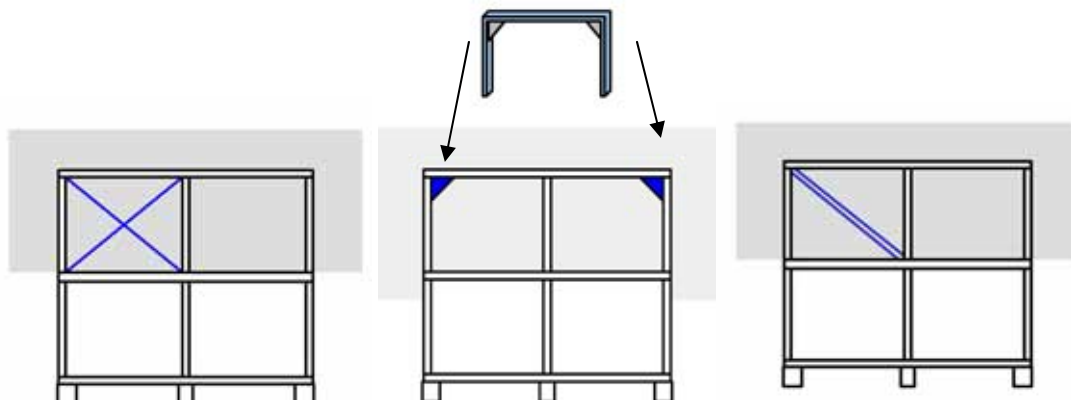
Von außen wirken von allen Richtungen Kräfte auf ein Gebäude ein .

Horizontallasten verursachen vor allem die Windkräfte. Um diesen Kräften Widerstand entgegen zu bringen, muss ein Gebäude ausreichend ausgesteift sein. Dies geschieht durch Bauteile, welche eine Scheibenwirkung haben, z. B. Wände.

Für eine ausreichende Aussteifung gegen Wind benötigt ein Gebäude in jedem Geschoss eine Deckenscheibe sowie 3 Wandscheiben, deren Wirkungslinien sich

nicht in einem Punkt schneiden. Ohne steife Deckenscheibe muss geschossweise jede Achse ausgesteift werden ( weitere Informationen zur Gebäudeaussteifung vgl. *Kuff2001, S.275ff. oder Leicher2002, S.297ff.*).

Werden Wände entfernt, welche zur Aussteifung herangezogen wurden, ist zunächst zu klären, ob andere Wandscheiben deren Aufgabe übernehmen können. Ist dies nicht der Fall, müssen Ertüchtigungsmaßnahmen ergriffen werden.



**Abbildung 5-66 - Auskreuzen, Einbau von Rahmen oder Streben als Ertüchtigungsmaßnahme**

Bei den obigen Darstellungen wird davon ausgegangen, dass eine aussteifende Wand in voller Gebäudebreite an den grau hinterlegten Stellen entfernt werden musste. Durch ausgleichende Maßnahmen, wie dem Auskreuzen eines Feldes, dem Einbau eines Rahmens oder einer druck- und zugfest angeschlossenen Strebe, kann das Gebäude ertüchtigt werden. Hierbei muss sich die Ertüchtigungsmaßnahme nicht zwangsläufig über die gesamte Länge der vorherigen Wand erstrecken.

Weitere Möglichkeiten bestehen in äußeren Abstreben oder dem Anschluss an eingespannte Stützen oder anderen ausgesteiften Gebäudeteilen.

### **5.3.1.3 Entfernen von Wänden zur Knickaussteifung**

Die Aufgabe von Wänden, benachbarte Wände zu halten (Knickaussteifung), wurde in Kapitel 4.2.5.3 dargelegt. Bei den unten stehenden Abbildungen wurde

davon ausgegangen, dass an Stelle der grau hinterlegten Fläche eine zur Knickaussteifung erforderliche Wand entfernt wurde. In den meisten Fällen wird versucht, die nun zum Beulen neigende Außenwand durch Einbau einer Stahlbetonstütze zu stabilisieren. Weitere Verstärkungen mit vertikal oder horizontal verlaufenden Trägern oder sogar das Abspannen der Wand sind denkbar (Beispiel: Kapitel 5.5.3).

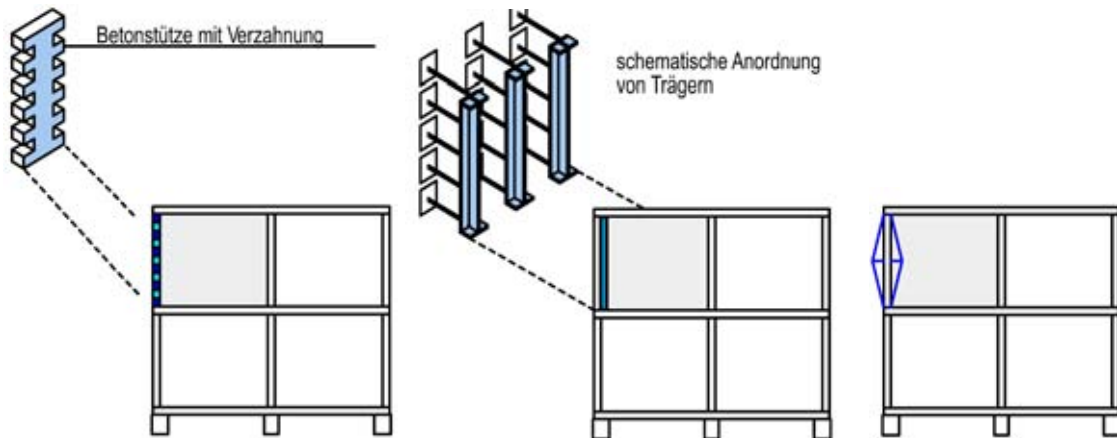


Abbildung 5-67 - Einbringen einer Stahlbetonstütze, Verstärken und Abspannen einer Wand

#### 5.3.1.4 Herstellen großer Wandöffnungen

Das Herstellen von Öffnungen in Wänden gleicht dem Entfernen von Wänden. Es wird hierbei jedoch davon ausgegangen, dass Reste der Wand erhalten bleiben. Diese können als Auflager für Unterzüge, Bögen oder einer ertüchtigten Wand über der Öffnung genutzt werden. Für Bogenkonstruktionen müssen die Auflager auf die Fähigkeit horizontale Lasten aufnehmen zu können untersucht werden.

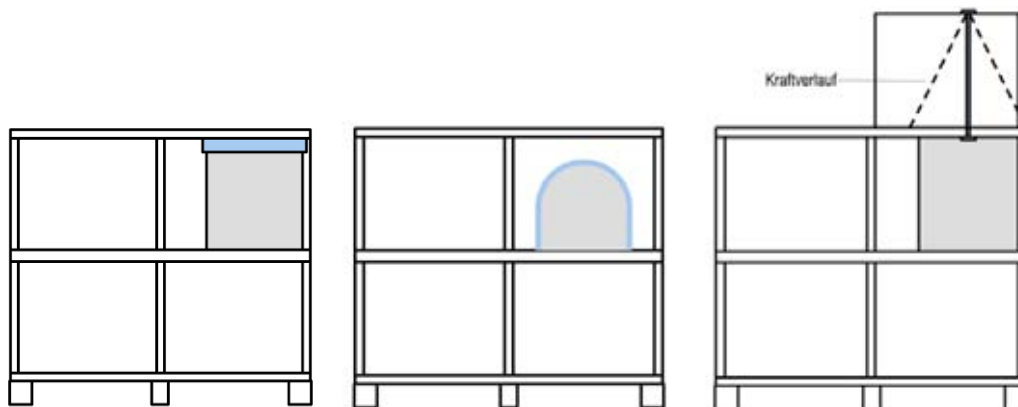


Abbildung 5-68 - Herstellen von Wandöffnungen mit Unterzug,...

Abbildung 5-69 ...Bogen...

Abbildung 5-70 und Ertüchtigung von Bauteilen oberhalb der Öffnung (vgl. 5.3.1.1)

### 5.3.2 Entfernen sonstiger Tragelemente

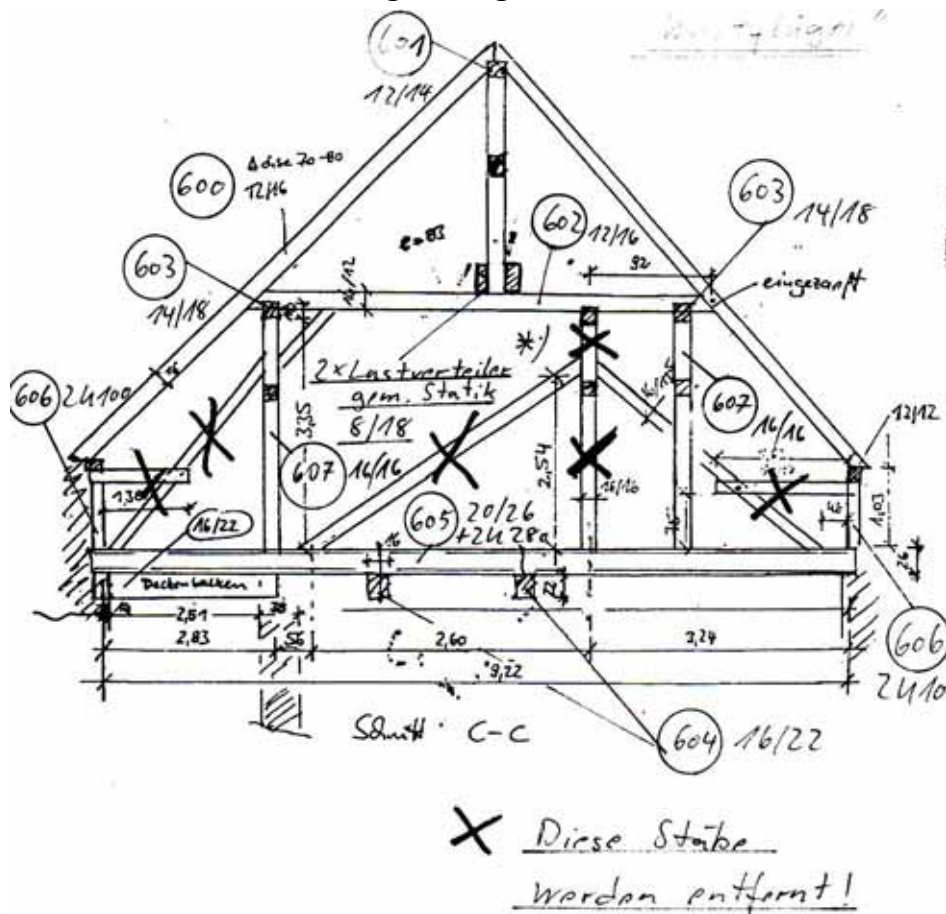


Abbildung 5-71 - Umbau einer Schule zu einer Bibliothek (Q.:Büro Tollé)

Unter der Voraussetzung unbegrenzter finanzieller und räumlicher Ressourcen lässt sich jedes Tragelemente entfernen und die übrige Baukonstruktion entsprechend ertüchtigen. Alle Möglichkeiten lassen sich daher hier nicht aufzählen. Auch ist fraglich, wie sinnvoll solche Maßnahmen wären. Viele solcher Ertüchtigungsmaßnahmen basieren auf Prinzipien, welche für das Entfernen von Wänden erläutert wurden. Im Folgenden werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige weitere Hinweise zum Entfernen weiterer Tragelemente gegeben.

Auf eine umfassende Erläuterung zu den einzelnen Tragelementen wird an dieser Stelle verzichtet.

## Entfernen von Platten und horizontalen Scheiben

Platten, in Gebäuden meist Decken, tragen nicht nur Lasten, sie dienen der Gebäudeaussteifung (als horizontale Scheiben) und halten Stützen und Wände. Das Entfernen einer Platte kann somit leicht zu der Überschreitung der vorgesehenen Knicklänge von Stützen oder Wänden führen.

Ertüchtigungsmaßnahmen nach 5.2.2 oder 5.2.3 können somit erforderlich werden.

Das Entfernen von Platten in statisch unbestimmten Systemen wurde bereits in 4.2.7.4 angesprochen

Einer fehlende Aussteifung muss mit adäquaten Mittel begegnet werden.

Denkbar sind:

- Maßnahmen im Bereich der entfernten Decke (horizontale Konstruktionen) wie Auskreuzungen, liegende Rahmenkonstruktionen oder Fachwerke
- Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudeaussteifung der umgebenden vertikalen Konstruktionen (Stützen, Wände) durch Einspannung, Auskreuzung, Rahmen, etc..

Beispiel : Ein Gebäude ist durch drei Wandscheiben und eine als Scheibe ausgebildete Decke ausgesteift. Wird die Decke entfernt, kann eine vierte Wandscheibe, deren Wirkungslinie sich nicht mit den übrigen schneidet, die Gebäudeaussteifung wieder herstellen.

## Entfernen von Stützen

Neben den Maßnahmen, die nach dem Entfernen von Wänden erforderlich sind, kommt für das Entfernen einer Stütze auch die Möglichkeit des Abhängens in Betracht. Eine Stütze transportiert in den meisten Fällen eine Punktlast. Hier ist eine einzelne Aufhängung leichter zu bewerkstelligen als bei den im Grundriss linienförmigen Wänden.

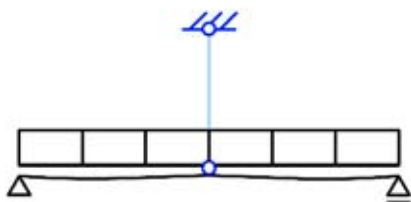


Abbildung 5-72 - Abhängung an der Stelle einer vormaligen Stütze

Prominentes Beispiel ist der durch Karljosef Schattner von 1979 – 1982 umgebaute Kipfenberger Speicher in Eichstätt. Schattner hängt die Last der abgetrennten Stützen an neu eingebaute Stahlfachwerkträger.

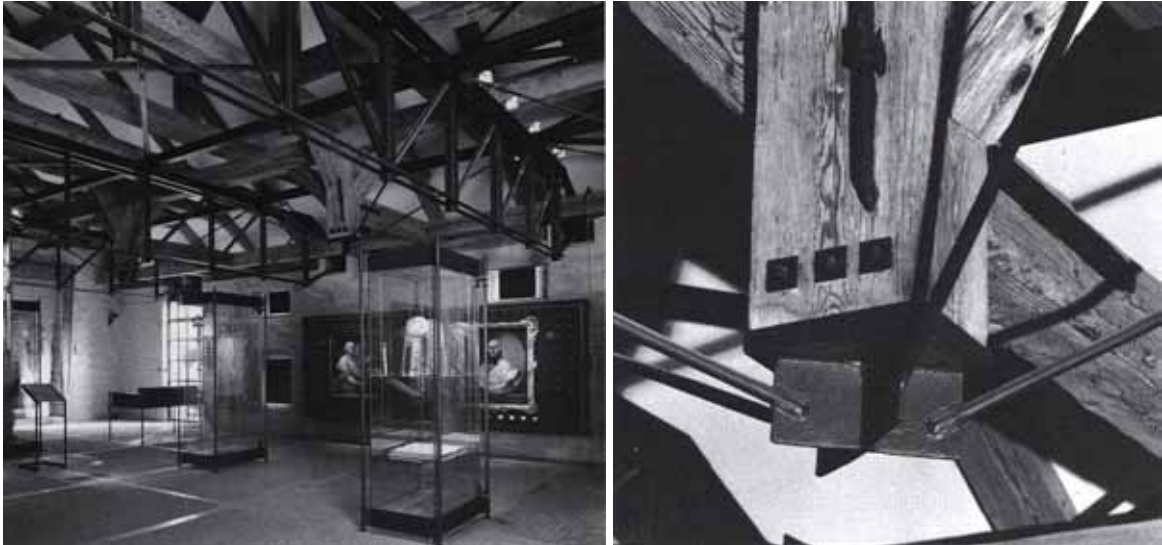


Abbildung 5-73 - Großer Saal im Kipfenberger Speicher (Q.: Pehnt1988, S.105)  
Abbildung 5-74 - Detail Aufhängung für Stützlast (Q.: Pehnt1988, S.102)

### Entfernen von Lasten

Lasten sind kein Tragelement in dem bisher benutzten Sinn.

Lasten zu entfernen ist in vielen Fällen sogar eine Ertüchtigungsmaßnahme der ersten Wahl. In einigen Fällen erfordert das Entfernen von Lasten jedoch selbst eine Ertüchtigung der vorhanden Konstruktion. Die unten stehenden Abbildungen schildern das Beispiel der fehlenden Auflast auf einer Kellerwand.

Ertüchtigungsmaßnahmen bestehen aus dem Entfernen des Erddruckes (Entfernen der angreifenden Last), Verstärken der Kellerwand durch zusätzliche Konstruktionen vor der Wand, dem künstlichen Herstellen von Auflast durch vertikale Spannglieder oder dem Einbau von Stahlbetonstützen in der Wand. Weiter könnte man sich auch vorstellen, wenn nötig, komplett eine zusätzliche Wand von innen gegen die betroffene Außenwand zu betonieren.



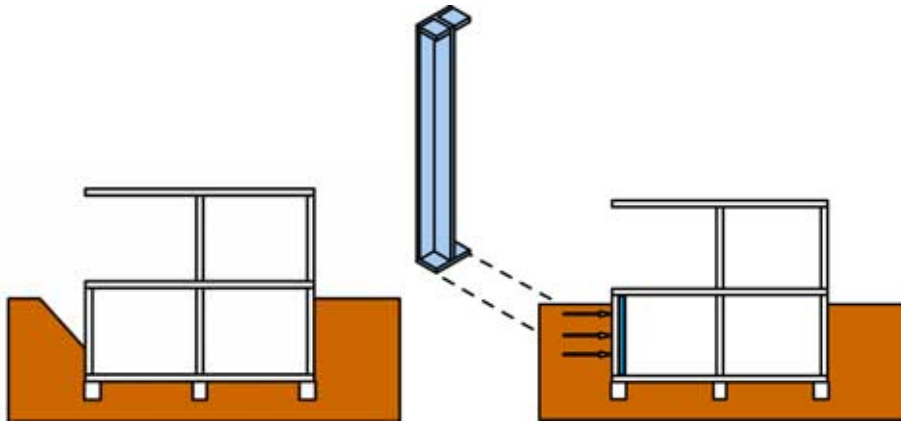


Abbildung 5-75 Fehlende Auflast über Kellerwand: Entfernen des Erddruckes,...  
 Abbildung 5-76 ... Zusatzkonstruktionen innen...

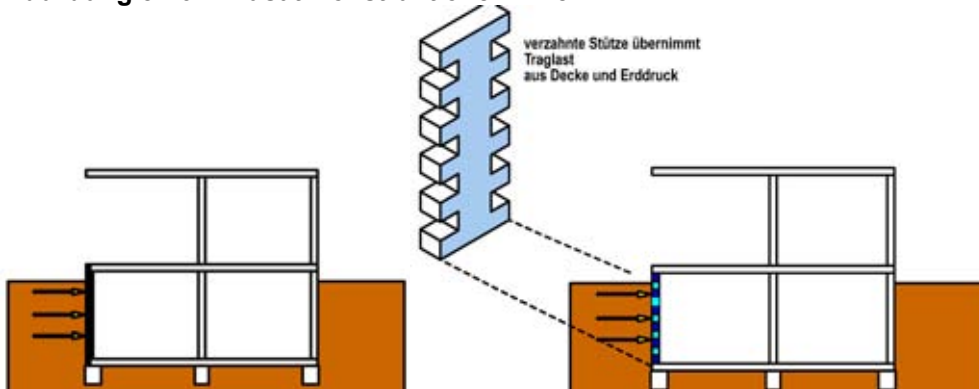


Abbildung 5-77 ...vertikale Spannglieder,...  
 Abbildung 5-78 ...Stahlbetonstütze

Ein Beispiel für das Entfernen eines einzelnen Tragelementes in einem Fachwerkträger ist in Kapitel 5.5.6 dargestellt.

## 5.4 Sonstige Ertüchtigungsmaßnahmen



Abbildung 5-79 - „Ertüchtigung“ einer Holzbalkendecke durch Stahlträgern mit "besonderer" Ausbildung der Auflager der Streuhölzer

Für den kreativen Planungsprozess von Architekten erscheinen die oben erwähnten Ursachen (höhere Lasten, Entfernen von Tragelementen) für eine Tragwerksertüchtigung die Bedeutenden zu sein, da die dadurch erforderlichen Ertüchtigungsmaßnahmen großen Einfluss auf den Entwurf haben.

Die Ertüchtigung aufgrund höherer Lasten macht in vielen Fällen eine gewünschte Nutzung erst möglich. Das Entfernen von Tragelementen ist oft Voraussetzung für die Funktionalität eines Entwurfes und hat meist einen direkten Einfluss auf die Ausbildung von Räumen.

Neben den bisher thematisierten Gründen für eine Tragwerksertüchtigung gibt es weitere, die nachfolgend kurz erwähnt werden sollen.

Zunächst sei eine **Ertüchtigungen aufgrund Schäden** genannt.

Diese Schäden können wie in 3.5.3 dargelegt wiederum verschiedenen Ursachen haben.

Die Ertüchtigung besteht hier in einer **Sanierung, Instandsetzung oder Reparatur** des Tragwerks (s. Beispiel 5.5.4 Heil-Geist-Kirche in Werder)

Die umfangreiche und wichtige Thematik der Sanierung von Schäden kann in dieser Arbeit allerdings nicht wiedergegeben werden und es sei auf die Fachliteratur verwiesen.

Eine weitere Ursache für die Ertüchtigungen von Tragwerken können **Anforderungen des Brandschutzes, Schallschutz, Feuchteschutzes oder Wärmeschutzes** sein. Die erforderlichen Maßnahmen reichen hier von Schutzanstrichen über Dämmmaßnahmen und Verkleidungen bis zum Einbringen massiver Bauteile (z.B. Schallschutz), was wiederum eine Ertüchtigung wegen Lasterhöhung bedeuten kann. Die Auswirkungen auf das Tragverhalten sind hier im Einzelfall zu klären.

#### Weitere Ertüchtigungsmaßnahmen:

**Lastverringierungen** sind im Kapitel „Entfernen von Wänden“ (5.3.1.1) kurz angesprochen worden. Das Entfernen von Eigenlast oder Nutzungen, welche geringere Verkehrslasten verursachen, sind Möglichkeiten dies zu erreichen. Eine **Änderungen des Tragsystems** wodurch letztlich Lasten andere Wege nehmen können. Das nachträgliche Einbringen eines Gelenkes in einen Zweifeldträger bedeutet für das Mittelauflager eine Lastverringierung. Die Endauflager teilen sich eine Lasterhöhung

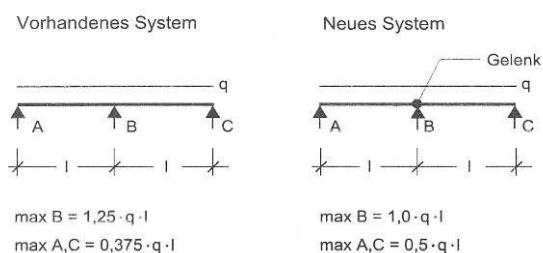


Abbildung 5-80 - Ertüchtigung durch Einfügen eines Gelenkes (Q.: Führer/Hegger1999, S.146)

### Ertüchtigung durch Lasterhöhung.

Auch wenn dies paradox klingt, ist es möglich, beispielsweise die Standfestigkeit von Wänden bei horizontalen Lasten (Beispiel 5.5.8) mit höheren Vertikallasten zu verbessern.

Der „Anbau“ von zwei Kragarmen erhöht zwar insgesamt die Last, die der unten abgebildete Balken trägt, das Feld wird jedoch entlastet. (Wie sinnvoll solch eine Maßnahme ist, hängt natürlich von der Tragfähigkeit der Auflager, der technischen Machbarkeit und dem Verhältnis von ständiger und nicht ständiger Last ab)

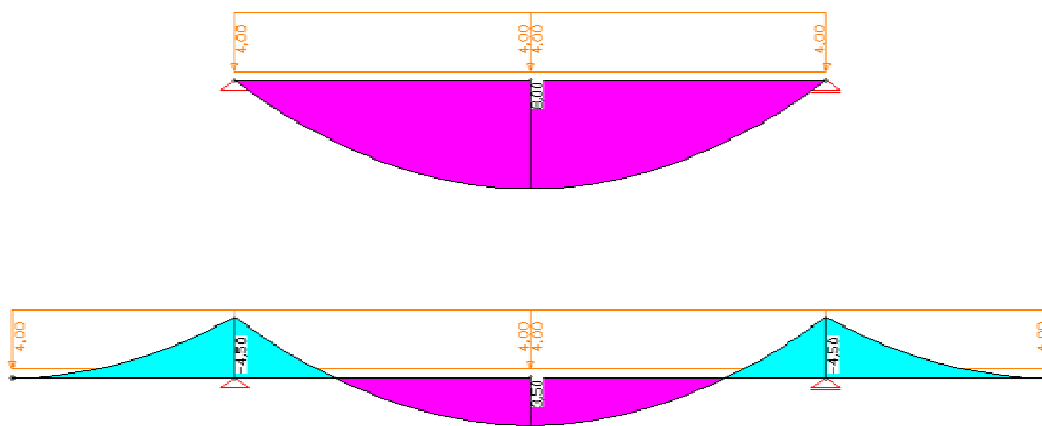


Abbildung 5-81 - Geringeres Feldmoment nach "Anbau" von Kragarmen

### Ertüchtigung durch Umdeuten

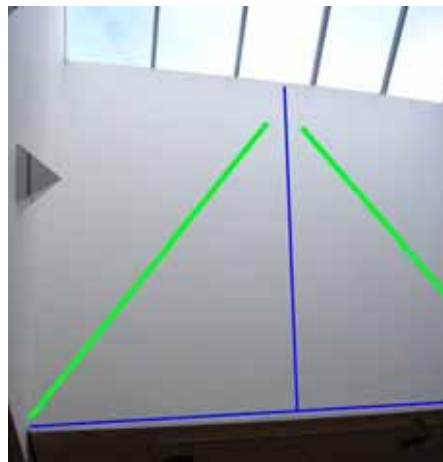
Hierfür ist eine kreative Auseinandersetzung mit der gesamten Baukonstruktion, welche in irgendeiner Form als Tragelement herangezogen werden kann, erforderlich.

Tragwerke, welche aus einer Zeit vor dem Erstellen von statischen Berechnungen stammen, bestehen gelegentlich aus einer Überlagerung verschiedener Tragsysteme. Die Betrachtung eines dieser Systeme kann zu dem Schluss führen, dass dieses System als zu schwach eingestuft wird und Verstärkungsmaßnahmen erforderlich scheinen.

Genaue Analyse der Kraftwege können dazu führen, dass die Standfestigkeit der Konstruktion nachweisbar wird, da weitere Bauteile am Lasttransport beteiligt sind.

Dies herauszufinden ist jedoch seltener Aufgabe von Architekten, denn die eines erfahren Tragwerkplaners. Statiker sprechen auch vom „Hinrechnen“ einer Konstruktion.

Das Umdeuten von Tragelementen kann mit Eingriffen in die Baukonstruktion kombiniert werden. Das in Kapitel „Entfernen von Wänden“ gezeigte Beispiel der Ertüchtigung einer mit zwei Zugstäben ertüchtigten Wand (s. Abb. unten), ist im Grunde auch die Umdeutung einer Mauerwerkswand zu Druckstäben in einer Fachwerkkonstruktion.



**Abbildung 5-82 Umdeuten einer Wandscheibe in ein Fachwerk**

## **5.5 Beispielprojekte**

Zu Projekten, die dem Verfasser nicht durch eigene Beteiligung bekannt sind, werden die Quellen zu Beginn der Projektbeschreibung genannt

### 5.5.1 Burg Stolberg



Abbildung 5-83 - Burg Stolberg (Q.: F. Stein)

Die Tragwerkplanung in nachfolgendem Projekt erfolgte durch die Ingenieurgemeinschaft Führer & Stein. Auskünfte von Prof. Dipl. Ing. F. Stein sind die Grundlagen der Projektbeschreibung.

Die Burg Stolberg wird von der gleichnamigen Stadt als Bürgerhaus genutzt. Mitte der 1980iger Jahre wurde das Gebäude grundlegend saniert. Das Obergeschoss (Burggalerie) sollte als Ausstellungsraum genutzt werden.

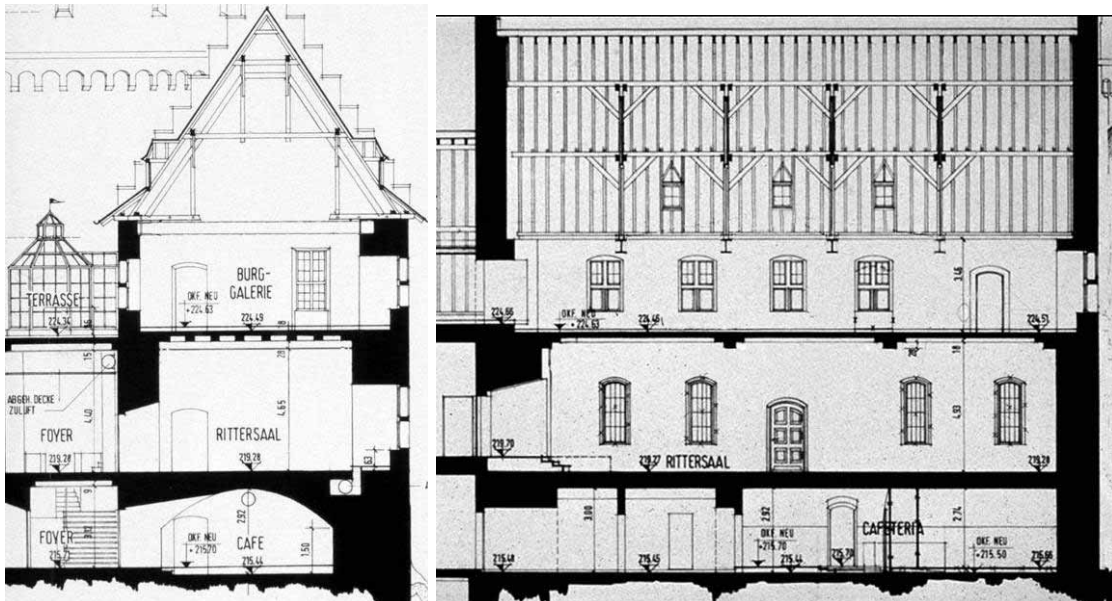


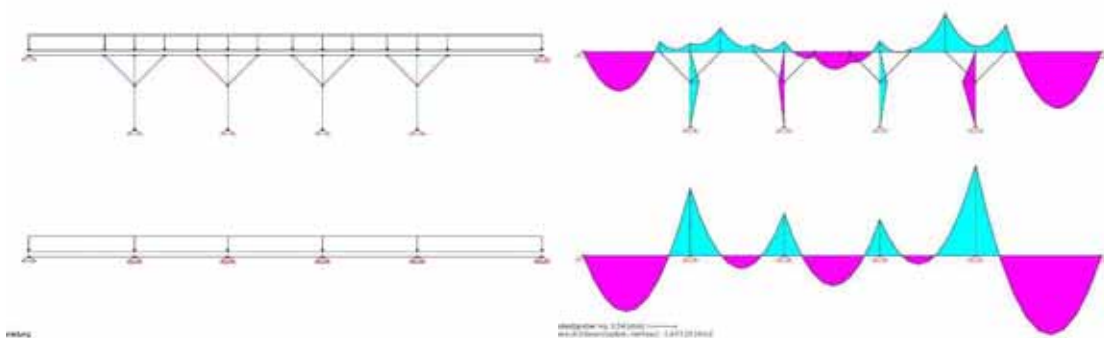
Abbildung 5-84 - Querschnitt Bestand (Q.: F. Stein)

Abbildung 5-85 - Längsschnitt Bestand (Q.: F. Stein)

In der Zeit des Wiederaufbaus nach dem zweiten Weltkrieg, war der Dachstuhl neu errichtet worden.

Die Säulen des Stuhls gaben ihre Last auf Stahlträger ab. Die Stahlträger werden auf Biegung belastet und mussten entsprechend groß dimensioniert werden.

Das Volumen des Dachraumes konnte aufgrund der Höhe der Träger optisch nicht wahrgenommen werden. Der Wunsch der Bauherren bestand jedoch darin, einen möglichst großzügigen Raumeindruck zu gewinnen.



**Abbildung 5-86 - Darstellung einer Pfette oben mit Kopfbändern unten als Durchlaufträger (Q.: F. Stein)**

**Abbildung 5-87 - Darstellung des Momentenverlaufes (Q.: F.Stein)**

Eine Veränderung des Dachgestühls musste behutsam angegangen werden. Die obigen Momentenverläufe belegen z.B. die Bedeutung der Kopfbänder an den Säulen des Stuhls für die Pfetten. Die Kopfbänder dienen nicht nur der Aussteifung, sondern minimieren auch die Stütz- und Feldmomente in der Pfette. Verschiedene Varianten zur Ertüchtigung des Dachstuhls wurden untersucht.

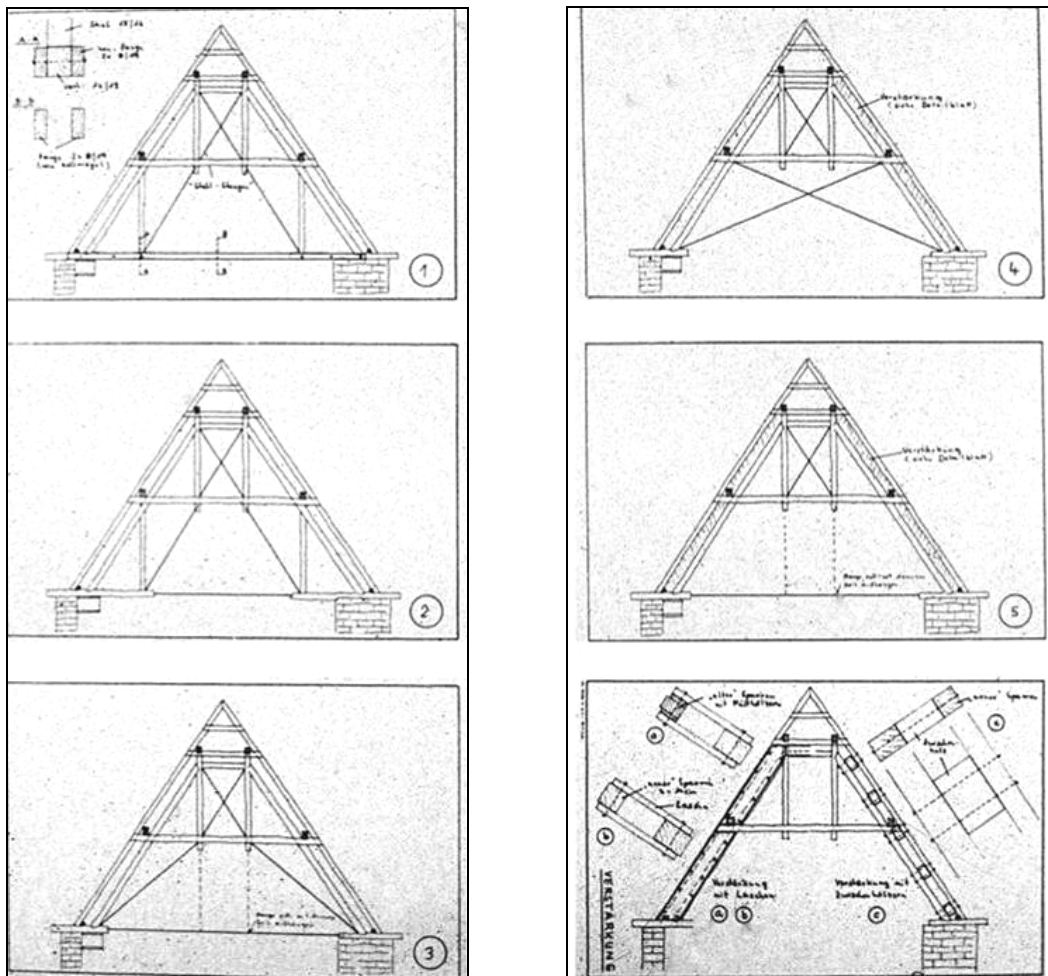
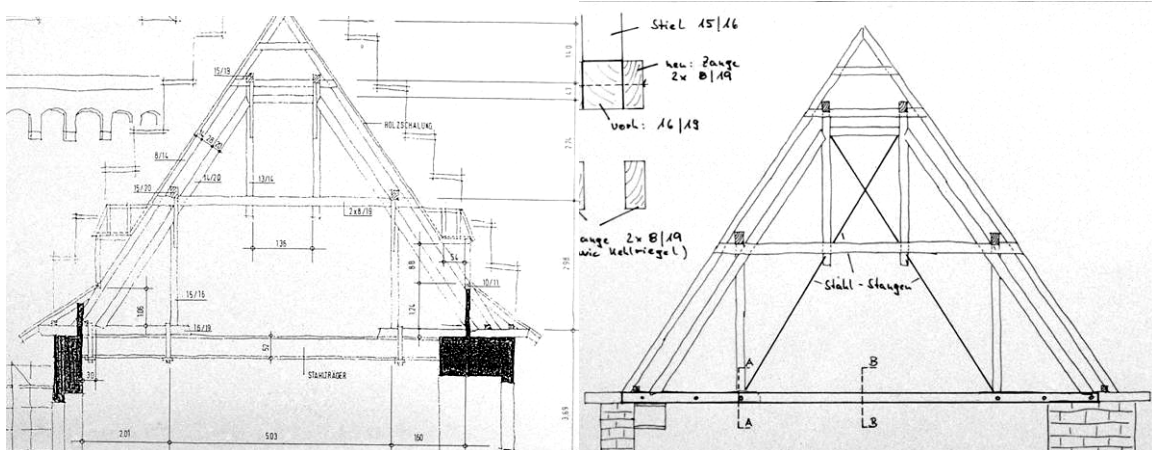


Abbildung 5-88 - Untersuchte Varianten (Q.: F. Stein)

Es wurde beschlossen, die Säulen des Dachstuhls samt Kopfbändern zu erhalten. Die vertikalen Lasten der Säulen werden durch Zugstangen aufgenommen und an deren Ende in die liegenden Streben eingebracht. Obwohl die Lasten nun weitere Wege zurücklegen müssen, konnten die Querschnitte der Tragwerkelemente wesentlich filigraner ausgebildet werden. Das System eines mit zwei Punktlasten beanspruchten Biegeträgers wurde gegen eine Fachwerkkonstruktion mit Längskräften getauscht.





**Abbildung 5-89 - Bestand (Q.: F. Stein)**  
**Abbildung 5-90 - Gewähltes System (Q.: F. Stein)**



**Abbildung 5-91 - Ausgeführter Dachstuhl (Q.: F. Stein)**  
**Abbildung 5-92 - Anschluss der Zugstange an vorhandenen Dachstuhl (Q.: F. Stein)**

Im Zuge der gleichen Baumaßnahme musste die Decke unter dem geplanten Ausstellungsraum ertüchtigt werden. Es handelt sich hierbei um eine nach dem zweiten Weltkrieg eingebrachte Stahlbetonrippendecke. Die zwei Hauptträger der Rippendecke, welche quer über den Saal spannen, waren für die neue

Verkehrslast und das zusätzliche Eigengewicht aus einem aufgebracht  
Heizestrich unterdimensioniert.

Bereits eine relativ geringfügige Spannweitenverkürzung mit den unten  
dargestellten Konsolen ließen den Nachweis der Standsicherheit zu.

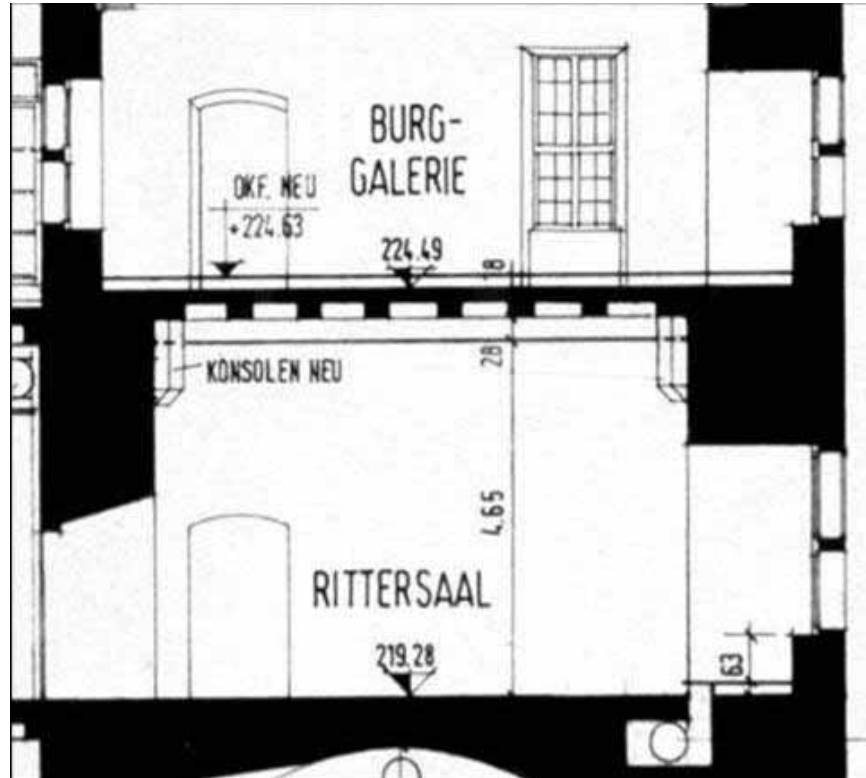


Abbildung 5-93 - Decke zwischen Galerie und Rittersaal (Q.: F. Stein)

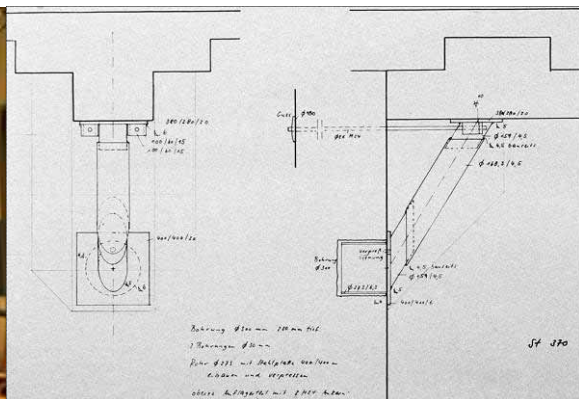


Abbildung 5-94 - Ausgeführte Ertüchtigung der Querträger (Q.: F. Stein)

Abbildung 5-95 - Konsolen zur Verkürzung der Spannweite (Q.: F. Stein)

Die Kaschierung der ausgeführten Konsolen mit Gips, um der ursprünglich filigran  
ausgeführten Ertüchtigungsmaßnahme ein historisch wirkendes Äußeres zu  
geben, ist aus Sicht der Tragwerkplaner bedauerlich.

## 5.5.2 Heilig - Geist - Kirche in Werder, Havel



Abbildung 5-96-Heilig - Geist - Kirche in Werder, Havel (Q.: K. Block)

Die Beschreibung dieses Projektes basiert auf Angaben des betreuenden Architekten Prof. Dipl. Ing. K. Block, Berlin sowie der Auswertung statischer Unterlagen (Büro Dierks, Babilon und Voigt, Berlin).

Die Heilig - Geist - Kirche in Werder (Havel) wurde zwischen 1856 - 1858 nach Plänen von Friedrich August Stüler im neugotischen Stil errichtet.

1990 erhielt der Innenraum eine Neufassung nach restauratorischen Gutachten. Schäden an der Dachkonstruktion führten von 2004 bis 2006 zu aufwändigen Restaurierungsarbeiten am Dachstuhl und an den Filialtürmen.

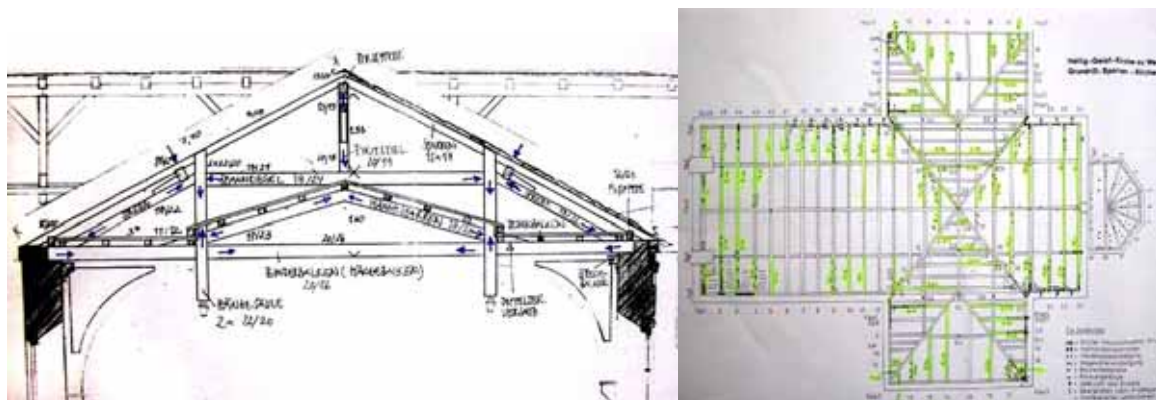


Abbildung 5-97 - Querschnitt Dachstuhl, Langhaus (Q.: K. Block)

Abbildung 5-98 - Sparrenplan mit Schadkartierung (Q.: K. Block)

Oben stehender Schnitt zeigt das Dachtragwerk des Langhauses auf dem nebenstehenden Sparrenplan sind schadhafte Stellen markiert. Holzbock und Hausschwammbefall erforderten umfangreiche Reparaturmaßnahmen am Tragwerk.



**Abbildung 5-99 - Fußpunkt geschädigt durch Hausschwamm (Q.: K. Block)**

**Abbildung 5-100 - Mycel "Echter Hausschwamm" (Q.: K. Block)**

Alle Arbeiten wurden unter dem Dach eines Schutzgerüsts durchgeführt. Holzbockmulm wird abgebeilt und entfernt, mit Hausschwamm befallene Hölzer müssen gemäß DIN 68800 mindestens ein Meter vom erkennbaren Befall entfernt abgeschnitten werden. Gewissermaßen eine Ertüchtigung gegen Schädlingsbefall erfolgte mit chemischem Holzschutz.



**Abbildung 5-101 - Befallene Hölzer müssen großzügig abgeschnitten werden (Q.: K. Block)**

**Abbildung 5-102 - Dachstuhl nach Entfernen befallener Hölzer (Q.: K. Block)**

Nach dem Entfernen der befallenen Hölzer wirkt der Dachstuhl sehr gelichtet. Aus denkmalpflegerischen Gründen galt es soviel wie möglich von der alten Substanz zu erhalten.

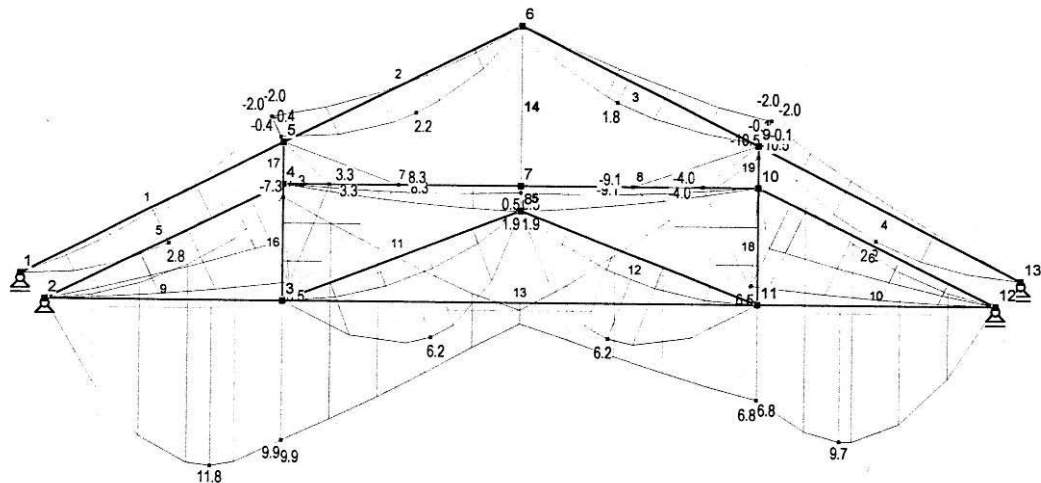


**Abbildung 5-103 - Stark geschädigter Horizontalbalken zwischen Ertüchtigungsversuch aus U-Profilen (Q.: K. Block)**

**Abbildung 5-104 - Balken nach Entfernen der U-Profile (Q.: K. Block)**

Vorangegangene unsachgemäße Reparaturen konnten eine weitere Schädigung des Holzes nicht verhindern und wurden rückgebaut

Die folgenden Abbildungen zeigen Momentenverlauf und Längskräfte im Dachstuhl bei Volllast. Eine relativ geringe Biegebelastung und hohe Längskraftbeanspruchung in den Sparren und Streben kann festgestellt werden. Der Horizontale Balken (Stäbe 9, 13, 10) erhält höhere Biegemomente und Zugkraft.



**Abbildung 5-105 - Momentenlinie des Dachstuhls bei Volllast (Q.: Dierks, Babilon und Voigt)**

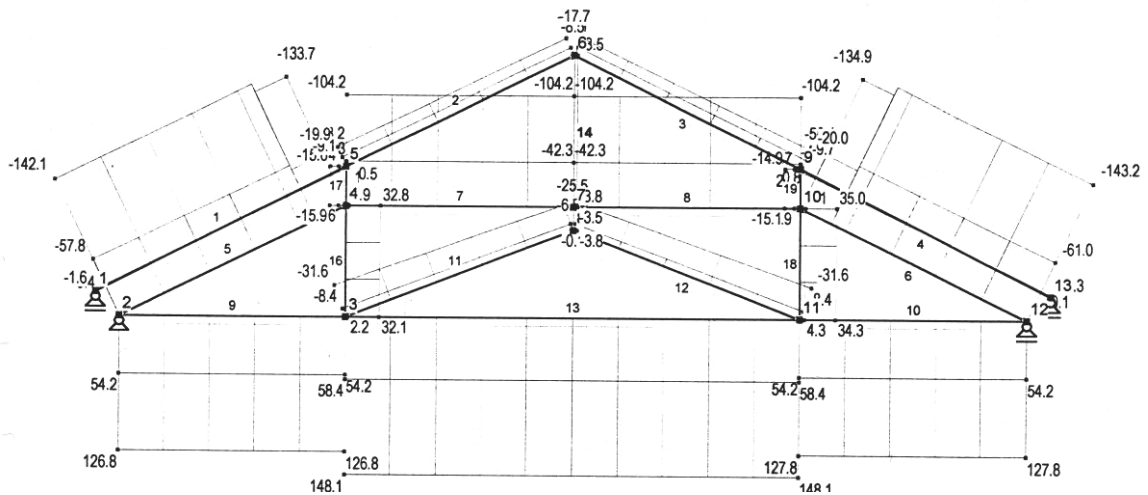


Abbildung 5-106 - Längskraftverlauf des Dachstuhls bei Volllast (Q.: Dierks, Babilon und Voigt)

Die Reparatur der fehlenden Balken und Streben erfolgte durch Einschlitzen von Stahlblechen.

Die Fußpunkte der Streben wurden in Stahlschuhen gehalten, welche zur Aufbringung von Vorspannung mit Gewindestangen angezogen werden können.

Die Ausbildung solcher Details erfordert eine gute Kooperation von Statiker, welcher die Aufnahme der Lasten gewährleisten muss, und Architekt, der in solchen Fällen meist die Kostenfrage berücksichtigen muss. Die Kosten für die Holzbauarbeiten am Dachstuhl beliefen sich auf ca. 72.000,- € zzgl. MwSt.

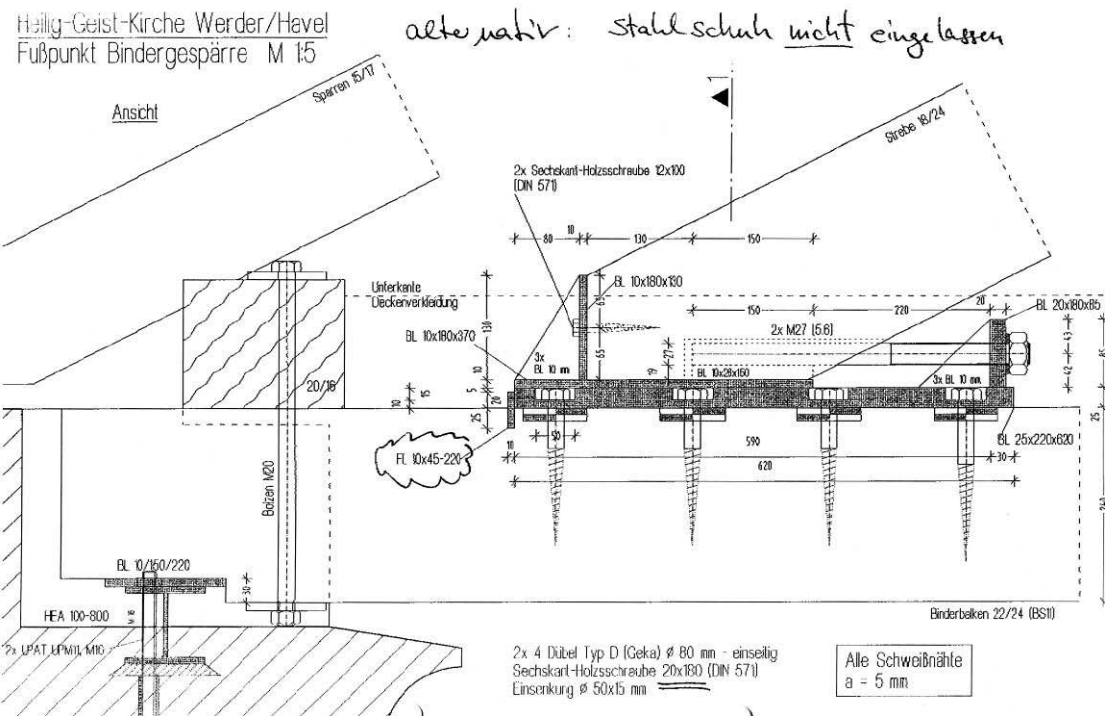


Abbildung 5-107 - Detail Fußpunkt (Q.: Dierks, Babilon und Voigt)



**Abbildung 5-108 - Bestandteile der Stahlschuhe (Q.:K. Block)**

**Abbildung 5-109 - Angesetzte Strebe mit Stahlschuh (Q.: K. Block)**



**Abbildung 5-110 - Eingeschlitztes Blech für den Anschluss am Horizontalbalken**

**Abbildung 5-111 - Reparatur des Balken (Q.: K. Block)**

### 5.5.3 Hochschule für Kunst und Design, Halle



Abbildung 5-112 -Hochschule für Kunst und Design, Aufstockung und Anbau (Q.: Anderhalten Architekten)

Nachfolgende Ausführungen stützen sich auf Aussagen des mit dem Entwurf und der Bauausführung betrauten Architekturbüro, Anderhalten Architekten.

Für den Umbau der Hochschule für Kunst und Design in Halle (Fertigstellung 2007)

wurden weite Teile des Bestandsgebäudes aufgestockt und ergänzt.

Aufgrund des Einbaus eines Hörsaales mussten Teile des vormals als Laborgebäude genutzten Objektes entkernt werden. Wände im KG bis zum OG sowie Decken zwischen KG und EG wie zwischen EG und OG mussten entfernt werden.

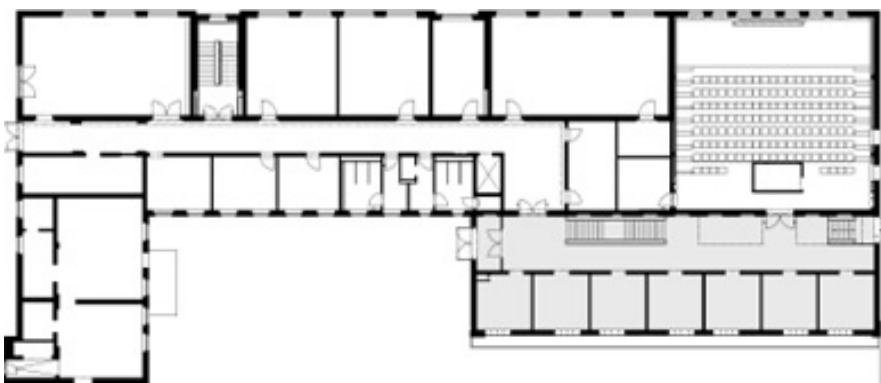


Abbildung 5-113 Grundriss EG (Q.: Anderhalten Architekten)

Unten stehende Abbildung zeigt den Bereich des ehemaligen Laborgebäudes, in dem der Hörsaal eingerichtet werden soll vor der Entkernung.





Abbildung 5-114 - Ehemaliges Laborgebäude (Q.: Anderhalten Architekten)



Abbildung 5-115 - Ausschnitt Grundriss EG, Hörsaal (Q.: Anderhalten Architekten)

Abbildung 5-116 - Schnitt durch Hörsaal (Q.: Anderhalten Architekten)



Abbildung 5-117 - Entfernen einer Decke (Q.: Anderhalten Architekten)

Abbildung 5-118 - Entkernter Gebäudeteil (Q.: Anderhalten Architekten)

Nach Entfernen der Decken und Innenwände und mit der zusätzlichen Last aus dem aufgestockten Obergeschoss würden die bestehenden Außenwände beulen. Zur Ertüchtigung werden in die Wände Stahlbetonpfeiler eingelassen.

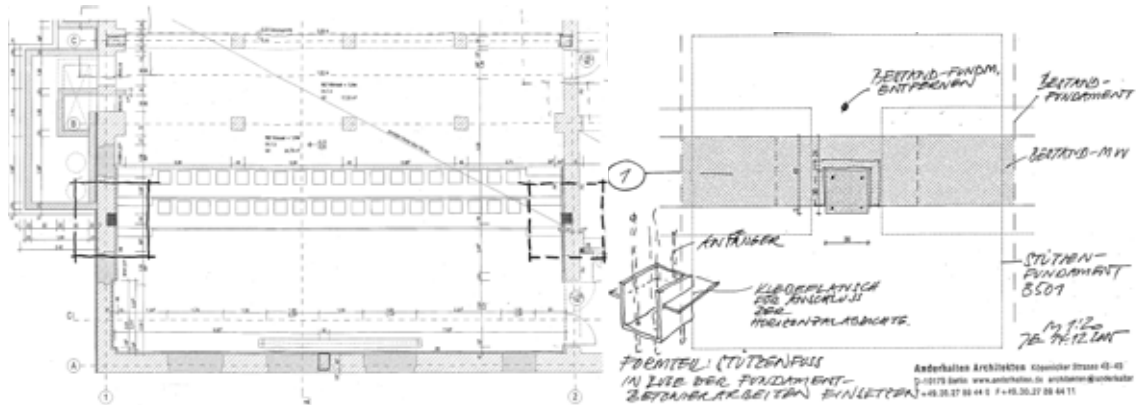


Abbildung 5-119 Ausschnitt Grundriss UG mit Markierung der Stahlbetonstützen (Q.: Anderhalten Architekten)

Abbildung 5-120 - Anschlussdetail Stahlbetonstütze (Q.: Anderhalten Architekten)



Abbildung 5-121 - Betonieren einer Stahlbetonstütze (Pfeil) zur Ertüchtigung der Mauerwerkswand (Q.: Anderhalten Architekten)



**Abbildung 5-122 -Ausgeschalte Stahlbetonstütze(Pfeil) (Q.: Anderhalten Architekten)**



**Abbildung 5-123 - Stahlverbundträger zur Aufnahme der neuen Decke über OG (Q.: Anderhalten Architekten)**

**Abbildung 5-124 - Aufstockung (Q.: Anderhalten Architekten)**



**Abbildung 5-125 - Fertiggestelltes Projekt (Q.: Anderhalten Architekten)**

## 5.5.4 Erweiterung einer Grundschule



Abbildung 5-126 - Erdgeschossgrundriss, Ergänzungsflächen: gelb  
Abbildung 5-127 - Isometrie, ergänztes Volumen: gelb

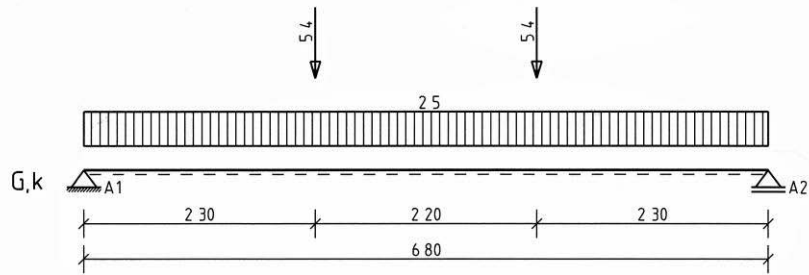
Eine bereits aus mehreren Bauabschnitten bestehende Grundschule wurde um die, oben gelb angelegten, Flächen erweitert. Eine bis dahin fehlende innere Erschließung aller Gebäudeteile wurde ermöglicht. Das Entfernen tragender Wände erfolgte an den grün gekennzeichneten Stellen A und B.

An **Stelle A** wurde die Giebelwand des bisherigen Schulgebäudes für das Verschieben eines Klassenraumes entfernt. Die vorhandene Wand war Auflager für die Mittelpfetten. Als Ertüchtigung wurde ein Stahlträger HE-B180 über der zu entfernenden Wand eingebaut.

Der Träger ist von unten nicht sichtbar.

Die Lasten aus den Mittelpfetten (5,4 KN) werden als Punktlasten ungefähr in den Drittelpunkten des 6,80m langen Trägers eingeleitet. Zusätzlich erhält der Träger eine Gleichlast von 2,5 KN/m (Eigengewicht und Anteil aus Dachkonstruktion)

SYSTEM: 1-Feldträger, Gesamtlänge 6.80 m



Feld: 1

l (m): 6.80

EINWIRKUNGEN: q (kN/m), P (kN), M (kNm)

aus	Art, Klas.	GamF (-)	Betrag		a (m)	c (m)
			li.	re.		
Eigengewicht	qz,G	1.35	0.50	0.50	0.00	6.80
Dachanteil	qz,G	1.35	2.00	2.00	0.00	6.80
Pos. 2 Auflager 1	Pz,G	1.35	5.40	5.40	2.30	—
Pos. 2 Auflager 1	Pz,G	1.35	5.40	5.40	4.50	—

HE-B, warmgefertigt, nach DIN 1025-2

1 x HE-B 180

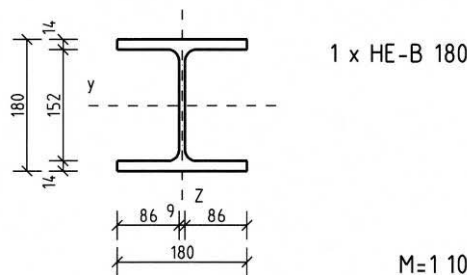


Abbildung 5-128 Belastung des Trägers und gewählter Querschnitt (Auszug Statik) (Q.: K. Schmidt)

Ein höheres Trägerprofil (z.B. IPE) ist für Biegeträger im Grunde besser geeignet und bedeutet einen geringeren Stahlverbrauch. Wegen der dann gegebenen Gefahr des Kippens, hätte der Träger zusätzlich gesichert werden müssen, was den Einbau eines schlanken hohen Trägers in diesem Fall unwirtschaftlich erscheinen lies.

Die Kosten der Maßnahme beliefen sich auf ca. 1500,-€ zzgl. MwSt.

(Lieferung und Einbau des Trägers, einschließlich Anschlussarbeiten)



**Abbildung 5-129 - Giebelwand vor ...**  
**Abbildung 5-130 - sowie nach Einbau des Trägers und der Klassenerweiterung**

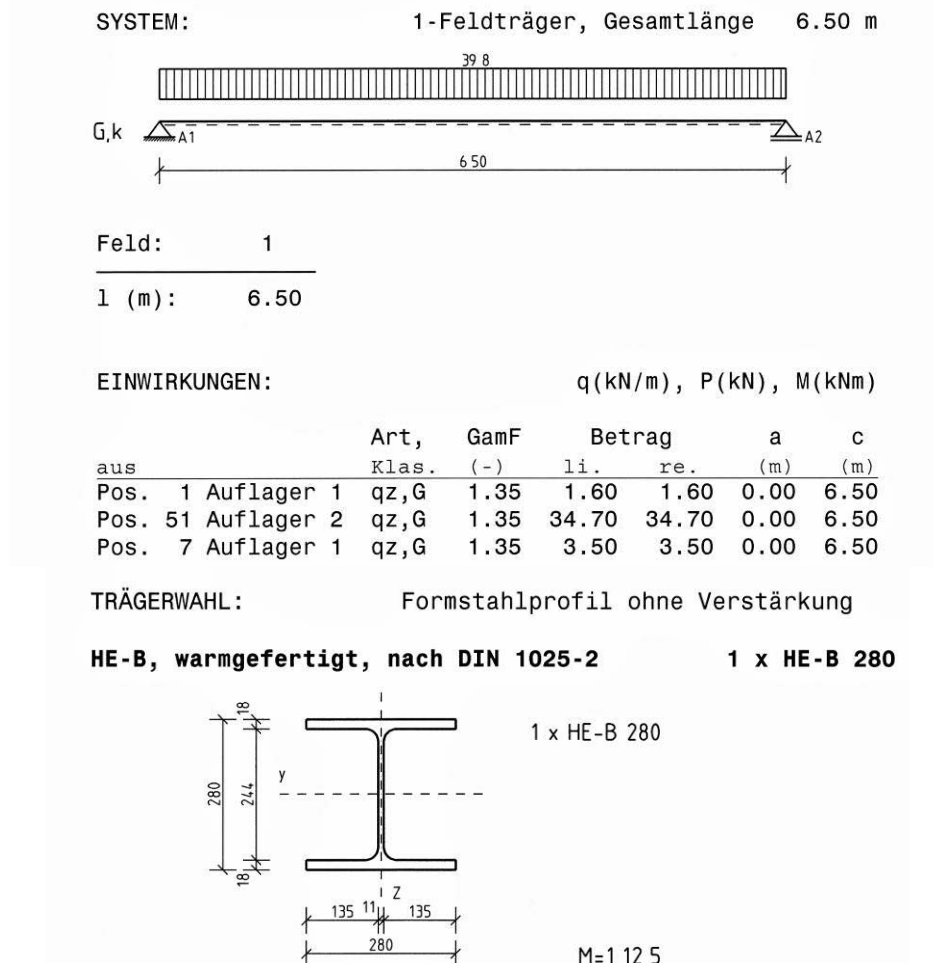


**Abbildung 5-131 - Öffnen des Daches**  
**Abbildung 5-132 - Eingebauter HEB 180**  
**Abbildung 5-133 - Abstützen einer Mittelpfette**



**Abbildung 5-134 - Zu entfernende Wand**  
**Abbildung 5-135 - Wand nach Abbruch**

An **Stelle B** wurde an der Traufe des vorhandenen Gebäudes eine großzügige Öffnung für die Einrichtung eines Raumes als Aula und Pausenhalle benötigt. Die Belastungen aus dem Dach wurden in eine Gleichlast von 39,8 KN/m umgerechnet. Die Spannweite beträgt 6,5m.



**Abbildung 5-136 - Belastung des Trägers und gewählter Querschnitt (Auszug Statik) (Q.: K. Schmidt)**

Auch hier wurde trotz eines aus statischer Sicht besser geeigneten hohen Trägers ein gedrungener Träger eingebaut, da die zur Verfügung stehende Höhe begrenzt war. Für die großen Punktlasten an den Auflagern mussten Mauerpfeiler aus Steinen der Festigkeitsklasse 20 erstellt werden. Zur Aufnahme der Querkräfte werden Bleche zwischen den Flanschen und dem Steg eingeschweißt. Metallplatten, auf denen der Träger nach dem Einbau ruht, gewährleisteten eine gezielte Lasteinleitung und verhindern zu hohe Kantenpressung der Mauerwerksauflager. Die Kosten der Maßnahme beliefen sich auf ca. 2750,- € zzgl. MwSt. (Lieferung und Einbau Stahlträger, einschließlich Erstellen der Auflager).



**Abbildung 5-137 - Einbau des Trägers (HEB 280)**

**Abbildung 5-138 - Auflager aus Steinen der Festigkeitsklasse 20**



**Abbildung 5-139 - Träger wird auf Stahlplatte gelagert**



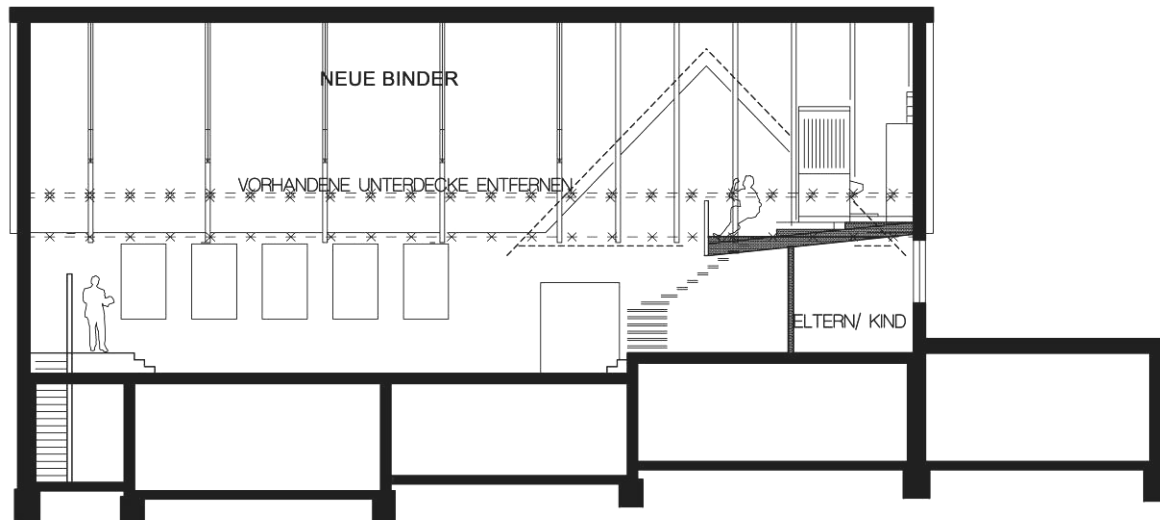
**Abbildung 5-140 - Innenraum nach der Maßnahme...**



**Abbildung 5-141 ... Träger befindet sich über der Treppe**



### 5.5.5 Gemeindehaus FeG, Waldbröl



**Abbildung 5-142 - Längsschnitt durch den Gottesdienstraum**

Aus der Bewertung der vorhandenen Tragkonstruktion wurde für Eingriffe in die Dachkonstruktion die Notwendigkeit einer Ertüchtigung zur Aufnahme der Horizontalkräfte abgeleitet.

Für die geplante Dachkonstruktion ergaben sich folgende Anforderungen.

Aus planerischer Sicht:

Keine Beeinträchtigung des Sichtfeldes für Gottesdienstbesucher auf der Empore.  
Erhalt der jetzigen Dachschalung und Eindeckung, daher schrittweise Demontage und Montage von innen.

Möglichkeit der nachträglichen Justierung musste gegeben sein.

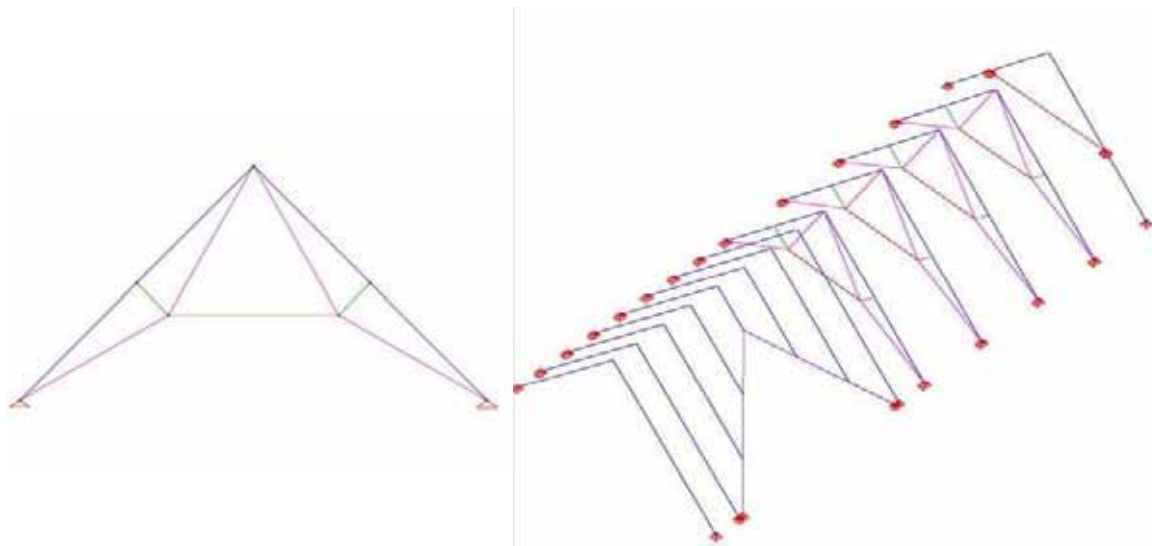
Aus statischer Sicht:

Aufnahme der Vertikal- und Horizontallasten.

Weiterleitung der Horizontallasten bis zu den Giebelwänden zur Entlastung der Ringbalken.

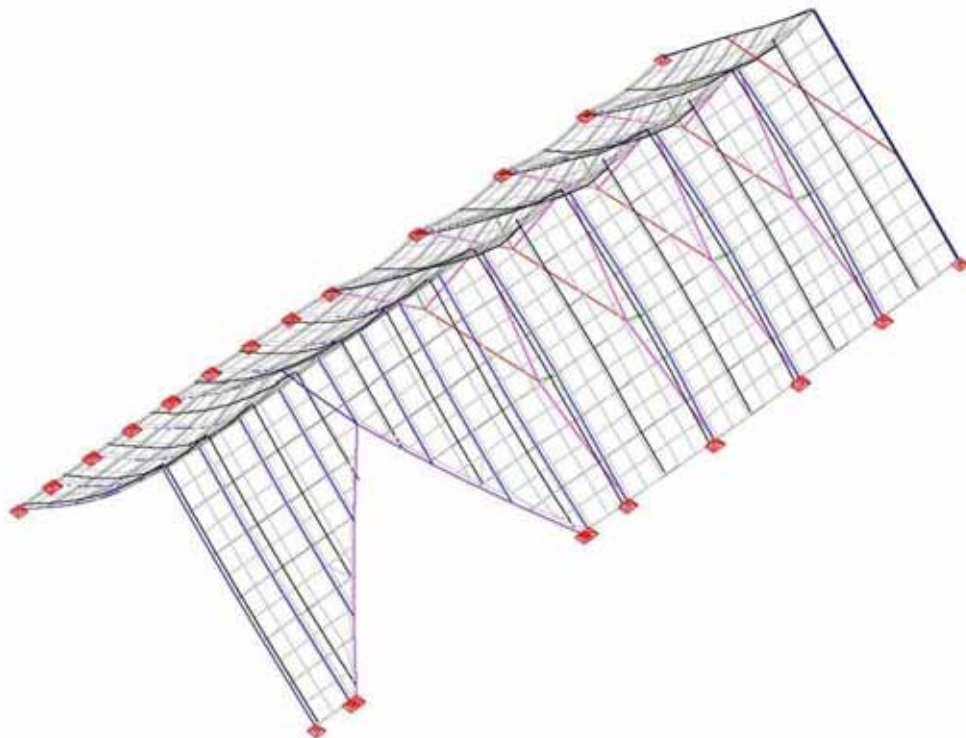
Diese Anforderungen schienen mit Polonceauträger zu erfüllen zu sein.

Das System wurde mit dem Statikprogramm InfoCAD simuliert.



**Abbildung 5-143 - Darstellung des Trägers und Gesamtsystems in Infograph (Q.: Prof. F. Stein)**

Die über die gesamte Länge von 23m anfallende Windlast konnte nur durch Ausbildung der Dachfläche als Scheibe (OSB-Platten) bis zu den Giebelwänden transportiert werden.



**Abbildung 5-144 - Ausgesteifte Dachscheibe - Verformungen bei Horizontallast (Q.: Prof. F. Stein)**

Zur Optimierung der Beanspruchung der Träger mussten diese vorgespannt werden.

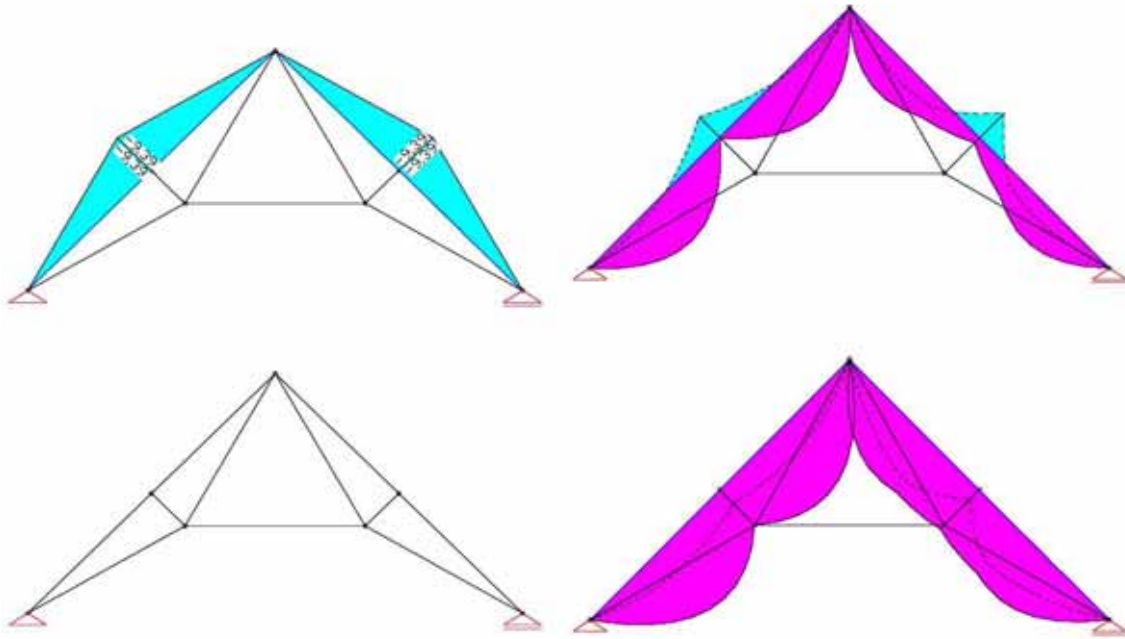


Abbildung 5-145 - System oben links mit 9,39kN vorgespannt, unten links ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein)

Abbildung 5-146 Momentenlinie, oben rechts mit , unten rechts ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein)

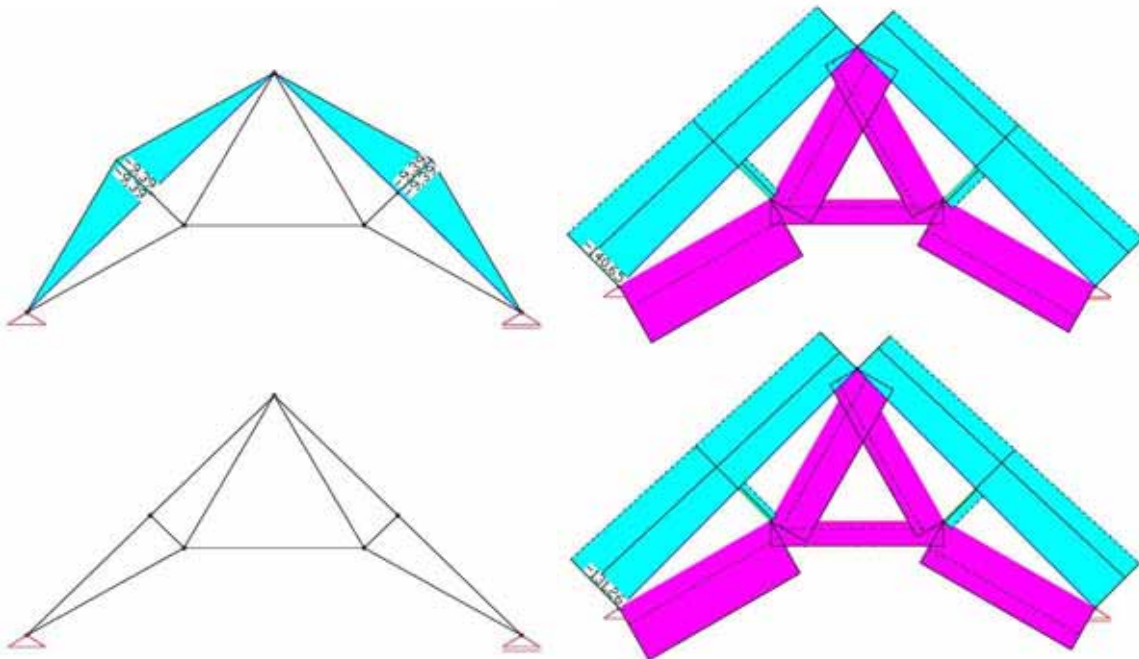


Abbildung 5-147 - System oben links mit 9,39kN vorgespannt, unten links ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein)

Abbildung 5-148 - Normalkräfte, oben rechts mit, unten rechts ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein)

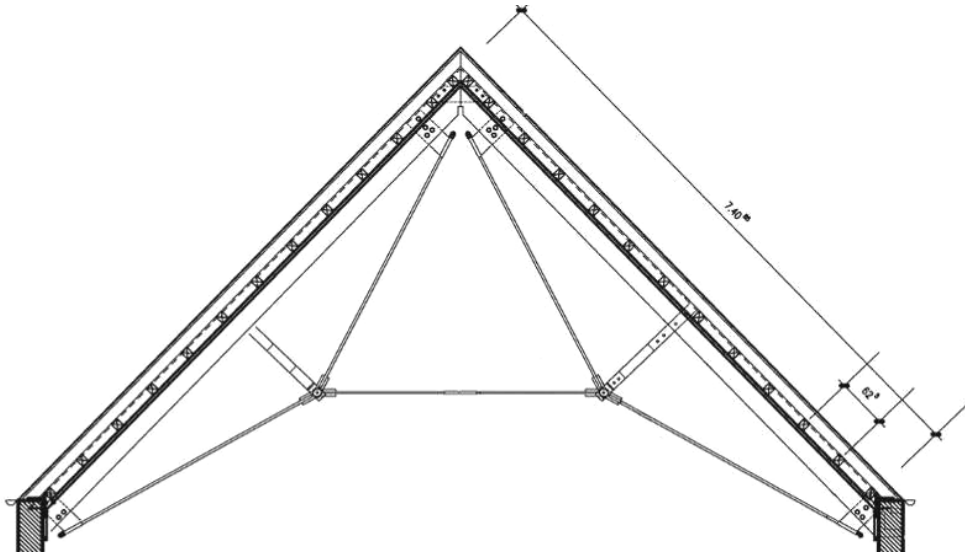


Abbildung 5-149 - Polonceauträger

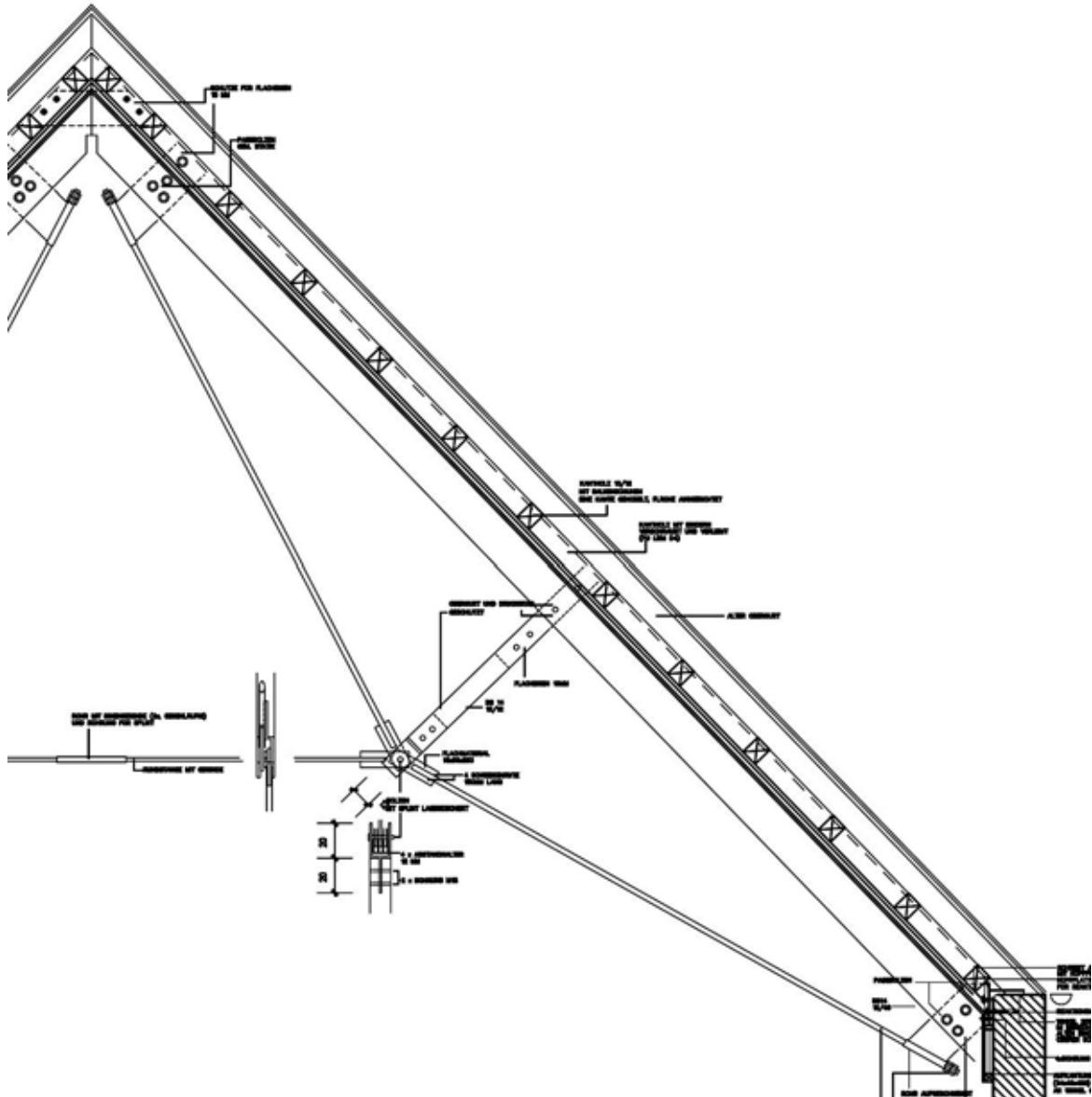


Abbildung 5-150 - Dimensionierte Tragkonstruktion mit Spannvorrichtung der Zugstäbe

### 5.5.6 Altes Pumpwerk, Berlin, Schandauer Straße



Abbildung 5-151 - Dachgeschoss vor der Maßnahme (Q.: Jockwer & Partner)

Abbildung 5-152 - Dachgeschoss nach Entfernen der Horizontalriegel (Q.: Jockwer & Partner)

Die Schilderung dieses Beispiels fußt auf den Angaben des beteiligten Ingenieurbüros Jockwer & Partner.

Das Pumpwerk, Berlin Schandauer Straße, wurde von einem privaten Nutzer für seine Zwecke umgestaltet ( Atelier, Werkstatt, Büro, Wohnen).

Das bisher ungenutzte Dachgeschoss sollte für Wohnzwecke genutzt werden. Das Dachtragwerk bestand aus großen Stahlfachwerkbindern. Die Fachwerkbinder besaßen in Höhe des Untergurtes eine geschlossene Massivdecke, die über Zugstangen an den Knotenpunkten der Fachwerkträger befestigt war. In Kopfhöhe horizontal verlaufende Zugstäbe der Fachwerkbinder standen einer Wohnnutzung jedoch entgegen.

Der Horizontalriegel wurde herausgetrennt und durch ein Zugband in Höhe der Massivdecke ersetzt. Um dem zu erwartenden Durchbiegungszuwachs aus elastischer Dehnung des Zugbandes entgegen zu wirken, ist dieses mit einem Drehmomentenschlüssel vorgespannt worden.

Gleichzeitig wurde der bestehende Horizontalriegel mit einem Brenner erwärmt. Dadurch wurde diesem langsam die Tragfähigkeit entzogen. Mit dieser Vorgehensweise konnte ein unschädlicher Übergang von dem ursprünglichen statischen System zu dem neuen System erreicht werden.

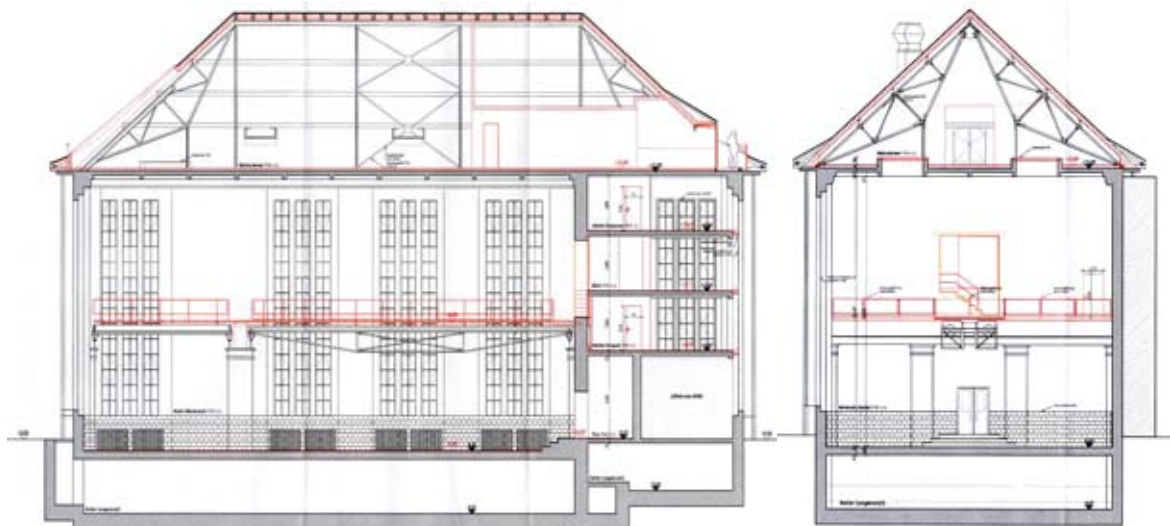


Abbildung 5-153 - Längs und Querschnitt des Pumpwerkes (Q.: N. Wenk, Architekt)

STATISCHER POSITIONSPLAN

QUERSCHNITT

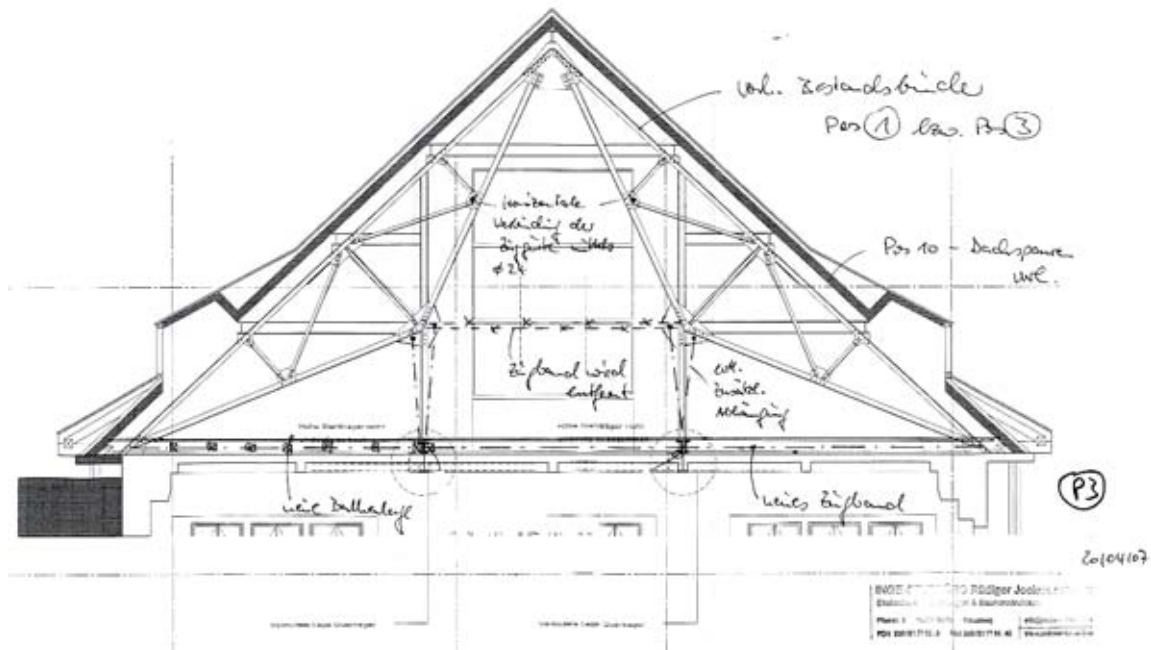


Abbildung 5-154 - Positionsplan (Q.: Jockwer & Partner)

Der Vergleich der Längskraftdiagramme und die Gegenüberstellung der Stabwerte zeigen die veränderten Belastungen der einzelnen Stäbe. Ober- und Untergurte wurden durch die Maßnahme entlastet. Die Zugkräfte in den Untergurten haben sogar stark abgenommen, ein Vorzeichenwechsel (Wechsel von Zug auf Druckkraft) fand jedoch nicht statt. Die Diagonal- und Vertikalstäbe erfahren eine leichte Lasterhöhung.

Das neue, in der Decke verborgene Zugband nimmt eine Last von 195 kN auf.

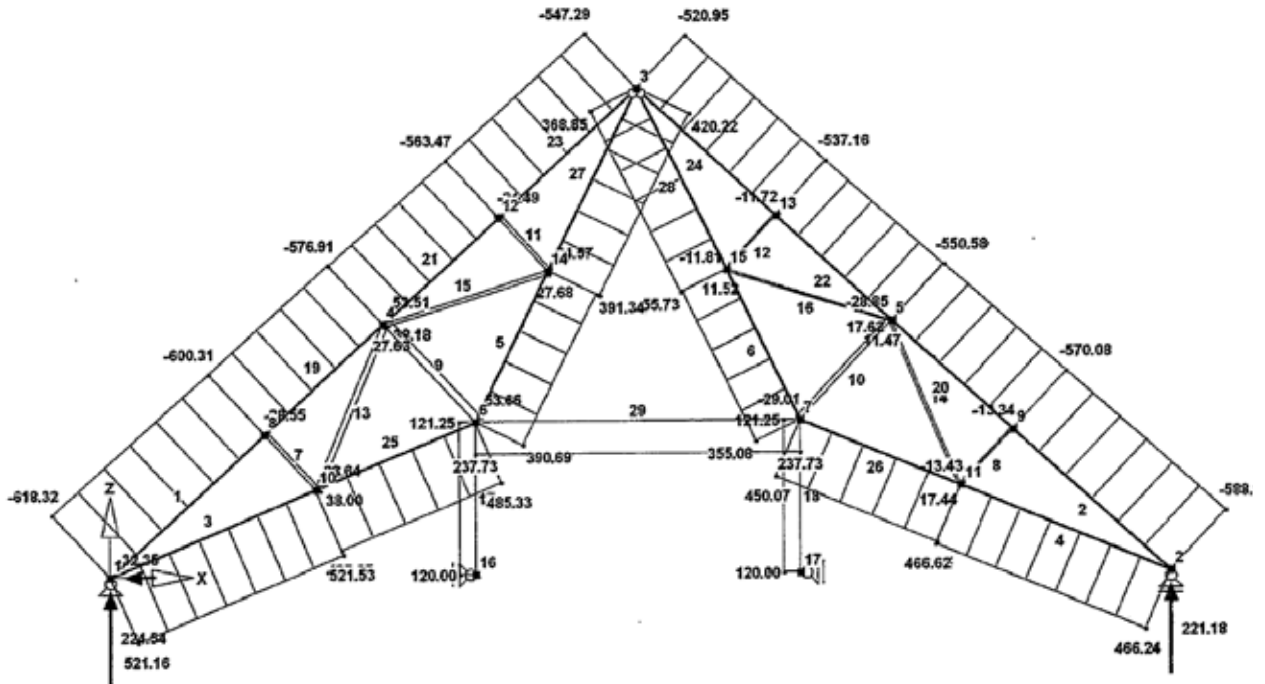


Abbildung 5-155 - Längskraftdiagramm vor dem Entfernen des Horizontalriegels (Q.: Jockwer & Partner)

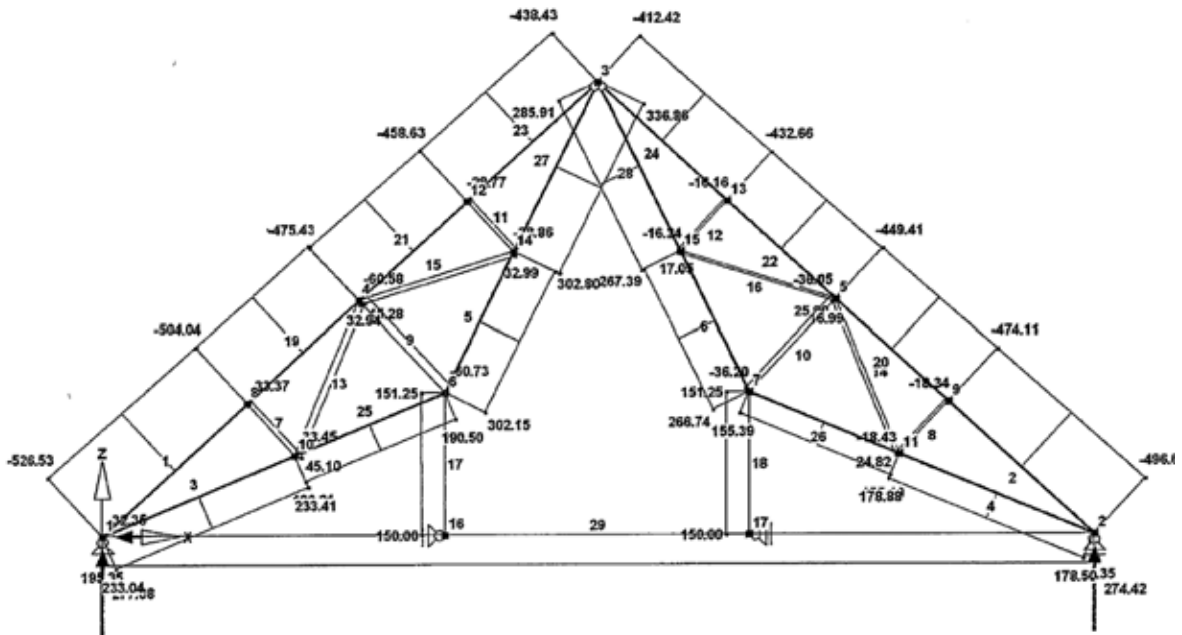


Abbildung 5-156 - Längskraftdiagramm nach Entfernen des Horizontalriegels (Q.: Jockwer & Partner)

	Stab-Nr.	Länge (m)	Stabkraft N (kN) max		Stab-Nr.	Länge (m)	Stabkraft N (kN) max
Untergurt	3	2,90	521,50	Untergurt	3	2,90	233,40
	25	2,50	485,00		25	2,50	190,50
	5	2,40	391,00		5	2,40	302,80
	27	2,60	420,20		27	2,60	336,90
	28	2,60	368,80		28	2,60	285,90
	6	2,40	355,70		6	2,40	267,40
	26	2,50	450,10		26	2,50	155,40
Obergurt	4	2,90	466,60	4	2,90	178,90	
	1	2,70	-618,30	Obergurt	1	2,70	-526,53
	19	2,30	-600,40		19	2,30	-504,60
	21	2,30	-577,00		21	2,30	-475,40
	23	2,70	-563,50		23	2,70	-458,60
	24	2,70	-537,13		24	2,70	-432,60
	22	2,30	-550,60		22	2,30	-449,40
	20	2,30	-570,10		20	2,30	-474,10
2	2,70	-588,20	2		2,70	-496,60	
Vertikalpfosten	7	1,00	-28,60	Vertikalpfosten	7	1,00	-33,50
	9	1,90	-53,60		9	1,90	-60,80
	11	1,00	-24,60		11	1,00	-28,90
	12	1,00	-12,65		12	1,00	-17,40
	10	1,90	-29,00		10	1,90	-36,40
	8	1,00	-13,40		8	1,00	-18,50
Diagonalen	13	2,4	38,20	Diagonalen	13	2,4	45,30
	15	2,4	27,70		15	2,4	36,20
	16	2,4	14,90		16	2,4	20,80
	14	2,4	19,00		14	2,4	26,30
Zugsäbse	17	2,2	121,20	Zugsäbse	17	2,2	151,30
	18	2,2	121,20		18	2,2	151,30
	29	14,6	237,70		29	14,6	195,35

Abbildung 5-157 - Links Normalkräfte vor, rechts nach der Maßnahme bei Lastfall Dachlast, Schnee, Wind von links (Q.: Jockwer & Partner)

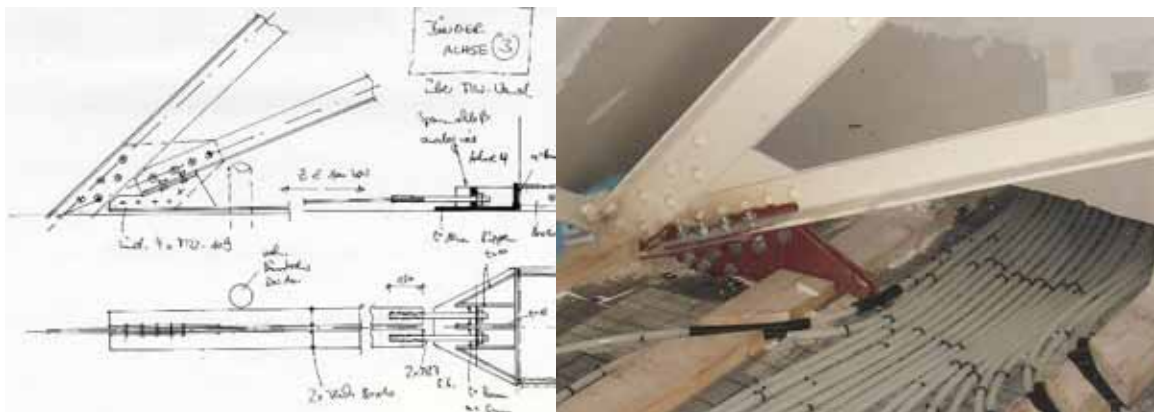


Abbildung 5-158 - Anschluss neues Zugband (Skizze) (Q.: Jockwer & Partner)

Abbildung 5-159 - Ausgeführter Anschluss (Q.: Jockwer & Partner)



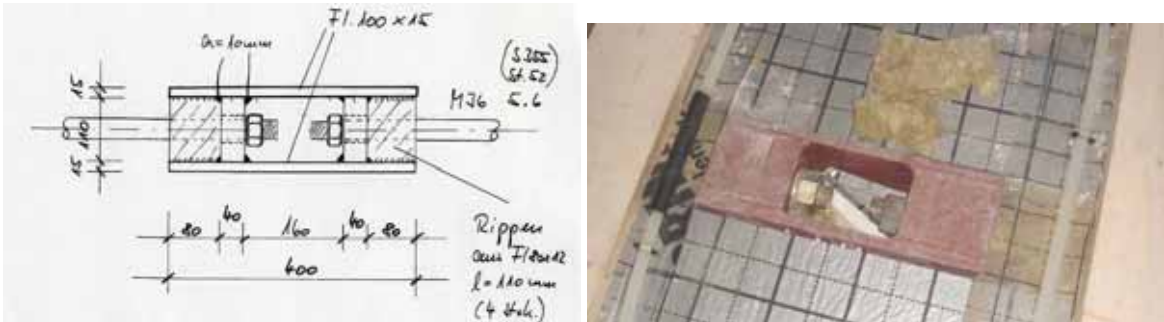


Abbildung 5-160 - Skizze Spannschloss zur Einstellung der Vorspannung (Q.: Jockwer & Partner)

Abbildung 5-161 - Ausgeführtes Spannschloss (Q.: Jockwer & Partner)

### 5.5.7 Hahn-Meithner-Institut, Berlin

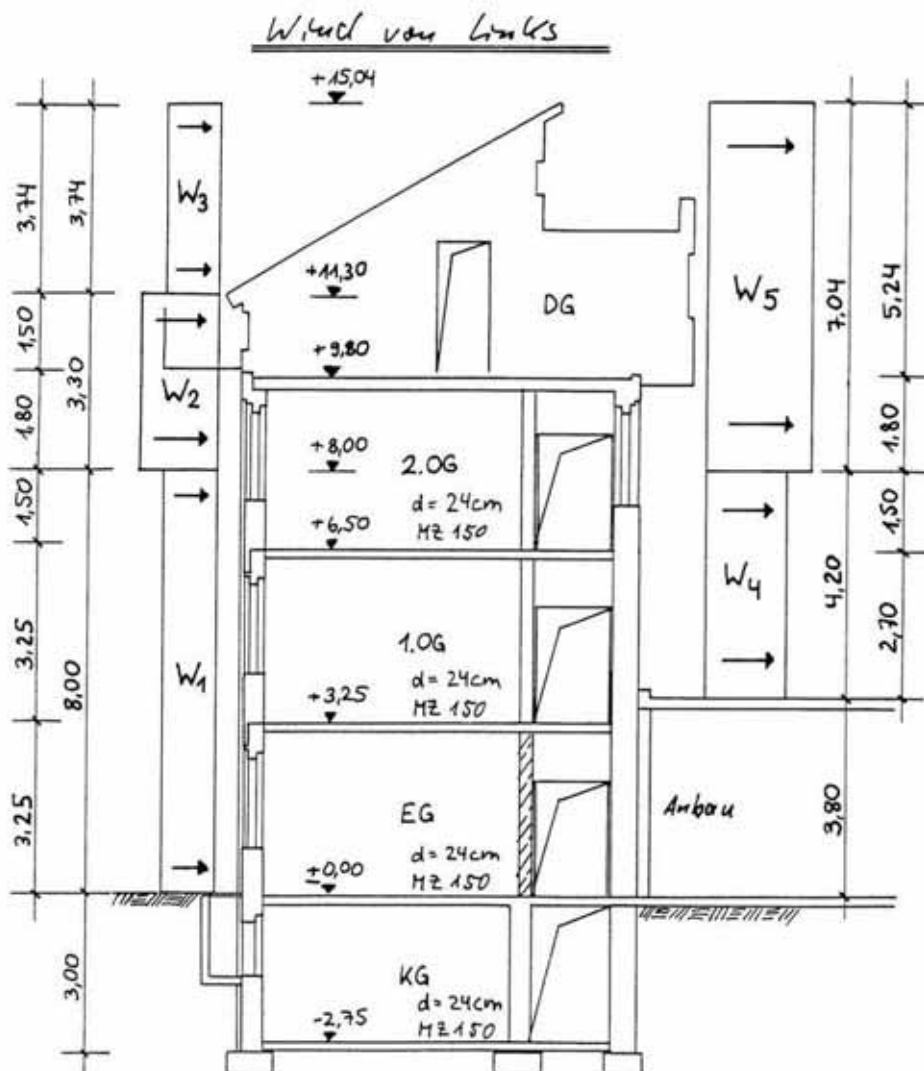


Abbildung 5-162 - Gebäudeschnitt und Eintrag der Windlasten (Q.: Jockwer & Partner)

Wie im vorangegangenen Projekt werden auch in diesem Beispiel die Schilderung des beteiligten Tragwerkplaners (Jockwer & Partner) als Quelle herangezogen. Ein Gebäude des Hahn-Meitner-Instituts im Süden von Berlin sollte aufgestockt werden. Dazu wurde ein Nachweis über die Ableitung der zusätzlichen Vertikallasten und der, aufgrund der größeren Windangriffsfläche gestiegenen, Horizontalkräfte erforderlich. Die vorhandenen gemauerten Wandscheiben waren in der Lage die zusätzlichen Vertikalkräfte aufzunehmen. Die Horizontalkräfte hätten jedoch in den aussteifenden Wandscheiben Zugkräfte erzeugt, welche nicht durch das Eigengewicht der Konstruktion überdrückt werden konnten.

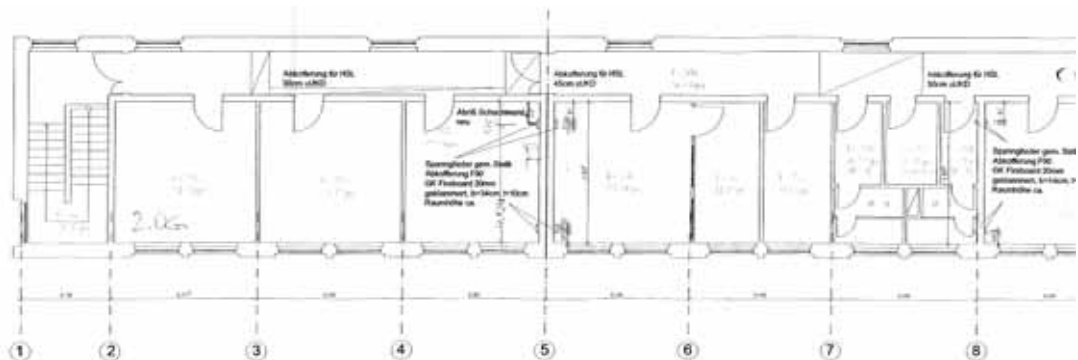


Abbildung 5-163 - Grundriss 2.OG (Q.: Jockwer & Partner)

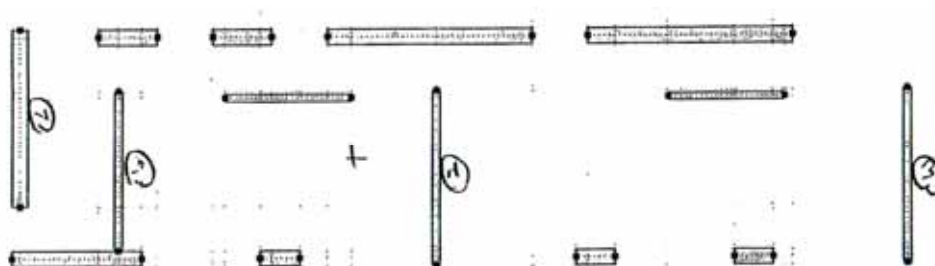


Abbildung 5-164 - Wandscheiben, die zur Gebäudeaussteifung herangezogen werden können (Q.: Jockwer & Partner)

Aus diesem Grund wurden an den Wandenden über mehrere Geschosse vertikale Zugbänder bis in das Kellergeschoss geführt und diese mittels definierten Drehmomenten vorgespannt.

Dadurch wurde „künstlich“ höhere Vertikallasten erzeugt, die mögliche Zugkräfte aus Wind in den Wandscheiben überdrückt. Im KG wurden die Zugbänder gekontert. Hier reichte die "natürliche" Auflast ohne Vorspannung aus.

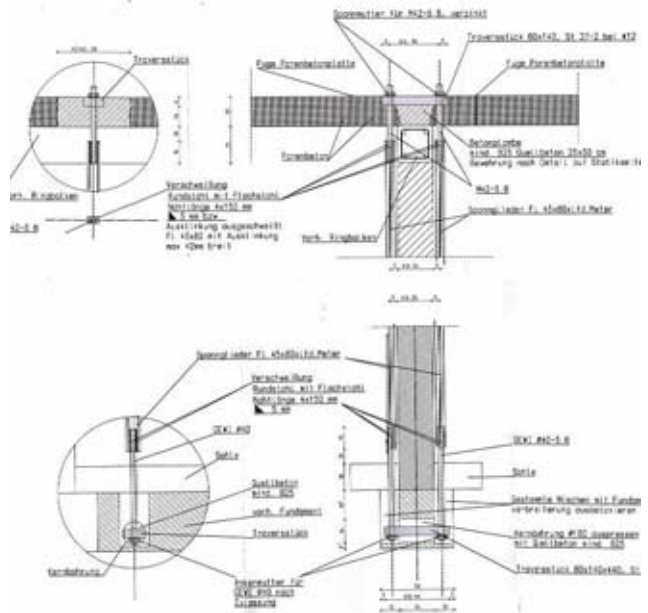
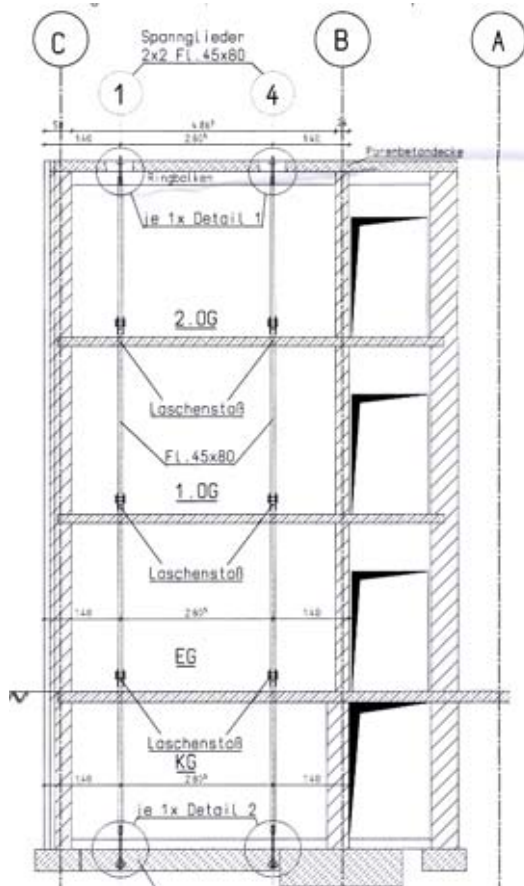


Abbildung 5-165 - Schnitt mit Anordnung der Zugstangen (Q.: Jockwer & Partner)  
 Abbildung 5-166 - Details der oberen und unteren Befestigung der Zugstangen (Q.: Jockwer & Partner)

### 5.5.8 Lokhalle, Göttingen



Abbildung 5-167 - Ansicht der Lokhalle (Q.: [http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2\\_Sicherung-Sanierung/G05\\_Lokhalle-Goettingen\\_2000.pdf](http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2_Sicherung-Sanierung/G05_Lokhalle-Goettingen_2000.pdf), 16.01.2008)

Die Angaben zu dem hier beschriebenen Projekt sind den Internetseiten des beteiligten Tragwerkplaners (Büro Prof. Dr.-Ing. R. Hempel) entnommen und wurden durch telefonische Auskünften des Büroinhabers ergänzt.

In den Jahren 1997 - 2000 wurde das Industriedenkmal Lokomotivrichthalle - Göttingen zu einer Veranstaltungshalle umgenutzt.

Gemäß dem Anspruch des Denkmalschutzes, sollten die Gebrauchsspuren der Halle und natürlich auch die vorhandenen Konstruktionen möglichst erhalten bleiben.

Im Falle der Dachkonstruktion (Bimskörper auf einer Stahlkonstruktion) ließ sich dies nicht mit der vorgesehenen Nutzung vereinbaren. Als Großveranstaltungshalle, unter anderem für Rockkonzerte, musste die Eigenlast des Daches aus Gründen des Schallschutzes verfünffacht werden.

Zur Ertüchtigung der Dachkonstruktion wurden zusätzliche Träger zwischen den vorhandenen Bindern inklusive Unterstützung des Mittelauflegers durch einen Fachwerkträger, Stützen und Fundamentierung eingebaut.

Als Wabenträger und durch die Wahl des Anstrichs setzen sich die neuen Träger von der vorhandenen Konstruktion ab.



**Abbildung 5-168 - Freigelegte Stahlträger (Q.:[http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2\\_INT-Sicherung/G05\\_bild12.jpg](http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_bild12.jpg), 16.01.2008)**

**Abbildung 5-169 - Montage des Fachwerkträgers (Q.:[http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2\\_INT-Sicherung/G05\\_innen03.jpg](http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_innen03.jpg), 16.01.2008)**



**Abbildung 5-170 - Fertiggestellte Halle (Q.:[http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2\\_INT-Sicherung/G05\\_Lokhalle-Fertig.jpg](http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_Lokhalle-Fertig.jpg), 16.01.2008)**

## 5.6 Auswertung der Fallbeispiele

Die dargestellten Beispiele zeigen nochmals die unterschiedlichsten Ursachen für Ertüchtigungsmaßnahmen an Tragwerken.

Ursache der Tragwerksertüchtigung	Projekte
Lasterhöhung	Burg Stolberg, Hahn-Meithner-Institut (Berlin), Lokhalle (Göttingen)
Entfernen von Tragelementen	Burg Stolberg, Hochschule für Kunst und Design (Halle), Erweiterung einer Grundschule, Gemeindehaus FeG (Waldbröl), Altes Pumpwerk (Berlin Schandauer Straße)
Schäden	Heilig-Geist-Kirche (Werder)
Schwaches bestehendes Tragwerk	Gemeindehaus FeG (Waldbröl)

Die enge Verknüpfung von baulichen Maßnahmen im Bestand und dem Tragwerk wird nochmals ersichtlich.

Änderungen am Tragwerk sind, so zeigen es die Beispiele, Folgen der oben genannten Ursachen. Sie stehen somit in einer Kette vorausgehender Prozesse. Wie im Neubau müssen die Belange aller Fachdisziplinen berücksichtigt werden. Bei Neubauprojekten erfordert dies aber keine Veränderung bestehender Strukturen, da in diesem Falle die Belastungen für das Tragwerk von Anfang an mit einbezogen werden können.

Bei den Baumaßnahmen im Bestand sind Planungen meist an enge Randbedingungen gebunden, folglich sind Einflüsse der Fachdisziplinen untereinander auch direkter. Die Lasterhöhung, welche die beschriebene Ertüchtigung einer Decke der Burg Stolberg erforderte, rührte auch von Anforderungen der Haustechnik her (Heizestrich). Die Dachlast der Lokhalle in Göttingen musste aufgrund des Schallschutzes verfünffacht werden.

Kosten wurden nur in einigen Projekten exemplarisch genannt. Aussagen zu Kosten einzelner Maßnahmen sind nicht leicht zu ermitteln.

Zum einen werden nicht in allen Fällen Kosten gerne von den Planern angegeben, zum anderen haben Architekturbüros wenig Zeit die Kosten einzelner Maßnahmen wie der Ertüchtigung eines Trägers zu ermitteln. Da die Angaben in dieser Form nicht festgehalten sind, müssten möglicherweise Rechnungen verschiedener Gewerke eingesehen werden.

In einer erweiterten Beispielsammlung wird jedoch die Angabe der Kosten einzelner Maßnahmen als sinnvoll erachtet. Vor dem Hintergrund einer weitaus größeren Anzahl von untersuchten Projekten, könnte man untersuchen, inwiefern sich Kreativität bei einer Ertüchtigungsmaßnahme auch bezahlt macht.

Zudem erhalten Planer durch die Kostenangaben Anhaltswerte für die eigene Planung.

Als Randnotiz konnte bei der Recherche, die unterschiedliche Art der Projektdokumentation von Architekten (viele Fotodokumente, einige Zeichnungen) und Ingenieuren (weniger Fotodokumente, zusätzlich Berechnungen und Zeichnungen) beobachtet werden.

## 6 Entwicklungen und Forschungspotential

### 6.1 Hergeleitetes Anforderungsprofil an ein Hilfswerkzeug

Die aufgeführten Beispielobjekte, die noch lange nicht die ganze Breite der Problemstellungen abdecken, welche auf Architekten und Ingenieure beim Bauen im Bestand zukommen, zeigen schon sehr deutlich, dass eine große Bandbreite an Methoden zur Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung beherrscht werden oder zumindest bekannt sein muss.

In Kapitel 3.7.2 („Was erfasse ich wie?“) wird eine Unterstützung bei der Wahl geeigneter geometrischer und qualitativer Erfassungsmethoden als wünschenswert eingeschätzt.

Das Beherrschen des nötigen Fachwissens für die Vielzahl unterschiedlicher qualitativer Erfassungsmethoden wird in 3.6 („Auswertung der Fallbeispiele“) für Architekten sogar als kaum zu leisten dargestellt, wenn ihnen nicht geeignete Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden.

In 4.1.2 „Bewertungsprozesse in der Architektur“ wird postuliert, dass Bewertungskriterien in der Architektur oft nicht quantifizierbar sind, Aufgaben mit iterativen Prozessen gelöst werden und die visuelle Aufbereitung von Sachverhalten fester Bestandteil von Arbeits- und Lernprozessen von Architekten ist.

In Kapitel „Architektengerechte Bewertung“ (4.2.8.2) wurde die Forderung nach einem Hilfswerkzeug, welches wenig erfahrenen Kollegen Fachwissen und Erfahrung zur Seite stellt, formuliert.

Erfahrung, Fachwissen, Unterstützung von Entscheidungsprozessen sind wiederholt angebrachte Forderungen an ein Hilfswerkzeug, welches den gesamten Prozess von der Erfassung bis zur Ertüchtigung sinnvoll unterstützen will, leisten sollte.

Gerade das Bauen im Bestand setzt oft viel Erfahrung voraus.

Doch in Zeiten starken Wettbewerbs, die Architektendichte in Deutschland ist mit 1,12 Promille eine der höchsten in Europa (vgl. *Bielefeld2004*, S. 310), können es sich junge Architekturbüros nicht leisten, erst aus (eigenen) Fehlern klug zu werden.



Das Lernen von den Fehlern anderer wird, zu recht, schon lange durch Herausgeber von Publikationen über Bauschäden oder Bauschadensdatenbanken propagiert. Und wie in Kapitel 1.3 bereits erwähnt, ist das Lernen an Beispielen auch ein wichtiger Bestandteil der Architekturausbildung.

Das Vermeiden von Schäden ist jedoch nicht das einzige Ziel der Architektentätigkeit.

Die Schadenfreiheit ist eine der zahlreichen Anforderungen ( wie z. B. Funktionalität, Gestaltung, Kosten- und Terminalsicherheit, ...) an das Werk des Architekten. Daher ist es hilfreich, sich nicht nur vor den schlechten Beispielen zu hüten, sondern auch guten ( selbstverständlich unter Wahrung der eigenen Kreativität und dem geistigen Eigentum anderer) zu folgen.

Durch den Vergleich der eigenen Problemstellung bei einer Bauaufgabe im Bestand mit Projekten von Kollegen in evtl. ähnlicher Situation, können eigene Planungsentscheidungen sicherer getroffen werden.

Dies betrifft den gesamten Planungsprozess. Um Entscheidungsprozesse innerhalb von Referenzprojekten nachvollziehen zu können, ist es wichtig, dass möglichst viele Informationen darüber, wie es letztendlich zu den Ergebnissen des Planungs- und Bauprozesses gekommen ist, vorgehalten werden.

Auch wenn in dieser Arbeit keine Hilfe für die Verbesserung des Bauprozesses im Bestand formuliert werden soll, ist die Dokumentation von beispielhaften Bauprozessen sinnvoll, da diese auf die Planung ausstrahlen.

Als Grundvoraussetzung für eine mögliche Orientierung an Beispielen bleibt jedoch die Notwendigkeit, das Grundwissen zur jeweiligen Aufgabenstellung vorzuhalten, denn ein Nachahmen von Lösungen anderer kann, bei den immer sehr individuellen Anforderungsprofilen beim Bauen im Bestand, nicht zu einer Lösung führen. Eine Transferleistung in die eigene Situation auf Basis von Faktenwissen ist unerlässlich.

Die Zeiten, in denen sowohl Kritiker als auch Verfechter des Computereinsatzes in der Architektur sich vorstellten, die einen als Horrorszenario, die anderen als Heilsbotschaft, bei genügender Eingabe von Daten spucke der Rechner schließlich einen Entwurf oder die Lösung eines sonstigen Problems des Architekten aus, sind vorbei.

Der Rechner kann wie andere Hilfsmittel die Arbeit des Architekten unterstützen.

Beispielsweise kann die Vorhaltung von Wissen durch herkömmliche Medien wie Bücher, Verordnungen, Zeichnungen etc. erfolgen. Ein Rechner hat jedoch, neben der großen Datenkapazität, auch die Möglichkeit, die Wahl der richtigen Informationsquelle zu unterstützen, den Suchprozess zu verkürzen und Informationen in Schrift, Bildern oder Ton zu vermitteln.

Das Vorhalten und gezielte Finden von Informationen über Referenzprojekte sowie weitere Planungs- und Entscheidungshilfen können **Datenbanken** und darauf basierende **Expertensysteme** leisten.

Es gibt bereits zahlreiche Datenbanken auf dem Gebiet der Bauplanung, z. B. SCHADIS, die Bauschadensammlung des IRB – Verlages, monudoc, eine Sammlung von Baudenkmälern aus dem gleichen Hause, MASEA, eine Material- und Stoffdatenbank des ZUB Kassel gemeinsam mit Uni Dresden, um nur einige zu nennen .

Der, gerade für das Bauen im Bestand, besonders wichtige interdisziplinäre Ansatz wird bisher noch zuwenig beachtet. Die oben erwähnten Zusammenhänge, Interaktionen am Bau Beteiligten wird nicht ersichtlich.

Diese können jedoch von Bedeutung sein, um einen komplexen Prozess wie das Planen und Bauen im Bestand nachvollziehen zu können.

Hierzu einige Beispiele:

Die Forderung des Bauphysikers nach mehr Masse für den Schallschutz oder die Lasten haustechnischer Anlagen haben Folgen für das Tragwerk .

Mangelndes Tragvermögen an einer Stelle oder aber Reserven an anderer Stelle des Gebäudes haben Folgen für den Entwurf, ebenso wie Forderungen des Denkmalschutzes, des Brandschutzes und so weiter.

Hier gilt natürlich auch immer die Umkehrung. Forderungen des Entwurfes haben Folgen für das Brandschutzkonzept etc..

Zudem stehen alle Entscheidungen des Planungsprozesses in Verbindung mit den Kosten.

## 6.2 Vorbereitung einer Datenbank für Baumaßnahmen im Bestand

### 6.2.1 Was sind Datenbanksysteme?

Eine Datenbank oder ein Datenbanksystem (DBS) ist eine geordnete Ansammlung von Daten, die miteinander in Beziehung stehen. Die Daten stehen allen Anwendern der Softwarelösung zur Verfügung. Anwender können hier auch weitere Programme sein, die auf eine Datenbank zugreifen (vgl. *Faeskorn-Woyke/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007, S.21, Geisler2007, S.41*).

Eine Datenbank besteht hauptsächlich aus einer Datenbasis und dem Datenbankmanagementsystem (DBMS).

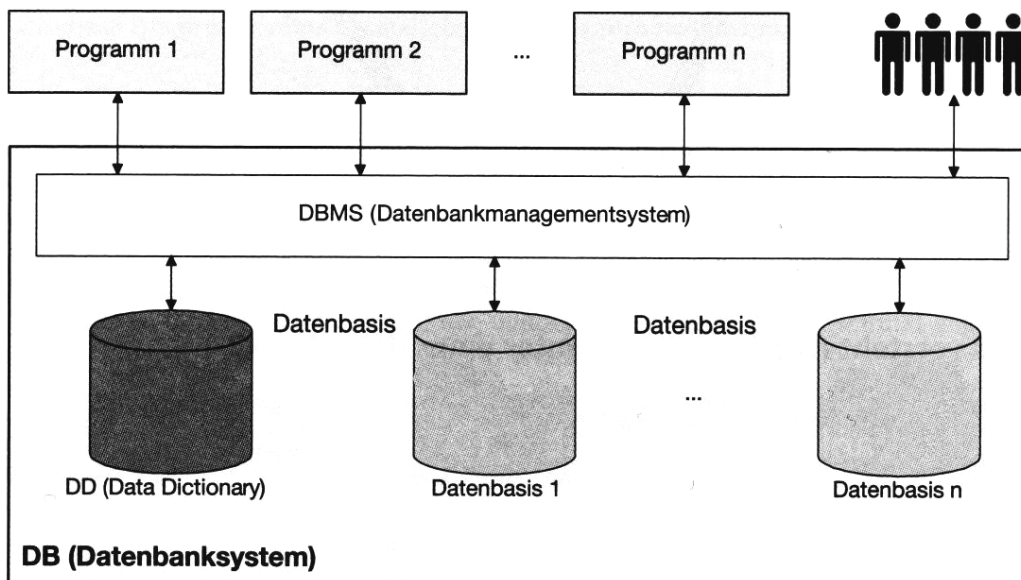


Abbildung 6-1 -Bestandteile einer Datenbank (Q.:Faeskorn-Woyke/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007, S.22)

Das Data Dictionary enthält Daten (Metadaten), die die Datenbasis definieren (z. B. Tabellenstruktur) und Beziehungen der Daten untereinander festlegen.

Das Datenbankmanagementsystem betreibt die Verwaltung der Daten. Es ist eine Software, über die alle Abläufe zwischen der Datenbasis und den Nutzern (Programme oder Personen) geregelt werden (Suchanfragen, Datenausgabe, Speichern, etc.) (vgl. *Faeskorn-Woyke/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007, S.23*).

Erste Datenbanksysteme wurden in den 1960er Jahren entwickelt. Sie entstanden aus der Notwendigkeit, große Datenmengen zu verwalten, als Rechner nicht mehr nur reine algorithmische Funktionen übernahmen, sondern auch Informationen bearbeiten und speichern mussten. Das bis dahin praktizierte Abspeichern in

einzelne Dateien ermöglichte keine praktikable Verwaltung der größer werdenden Datenmengen. Jede einzelne Datei musste alle festzuhaltenden Informationen beinhalten. Einen Verweis auf Zugehörigkeiten zu Gruppen mit den gleichen Merkmalen, wodurch das einzelne Merkmal nicht in jeder Datei auftauchen musste, gab es noch nicht. Dadurch kam es vermehrt zu redundanten Daten. Ein Ändern von Merkmalen bedeutete das Ändern jeder einzelnen Datei.

Programme speicherten die generierten Daten auf eigene Weise ab, diese konnten demnach auch nur von dem gleichen Programm wieder gelesen werden. Ende der 1960er Jahre werden die ersten Datenbanksysteme kommerziell eingesetzt. Einheitliche Sprachen zur Programmierung von Datenbanken werden entwickelt. Die Leistungsfähigkeit der Datenbanksysteme geht mit der steigenden Leistungsfähigkeit der Rechner einher. Es werden verschiedene Modelle unterschieden (hierarchische Datenbanken, Netzwerk-Datenbanken, ER-Datenbanken, relationale Datenbanken, objektorientierte Datenbanken, objektrelationale Datenbanken). Die einzelnen Merkmale der verschiedenen Datenbankmodelle können hier nicht wiedergegeben werden und bleiben der Fachliteratur überlassen. Eine Kurze Zusammenfassung findet man in *Faeskorn-Woyke/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007, S.29ff*, *Geisler2006, S.54ff* oder *Türk/Saake2006, S.7ff.*



**Abbildung 6-2 - Suchmaske Datenbank "Planen und Bauen im Bestand"**

Von der Erfassung und Einpflege der Daten einer Datenbank ist deren Qualität abhängig. Erfahrungen mit dem bisher entwickelten Prototyp oder der am Fachgebiet Tragstrukturen des Fachbereiches Architektur und Städtebau entwickelten Datenbank für Tragwerkdetails der Universität Siegen haben gezeigt, dass die Einpflege der Daten von Fachkräften erfolgen muss, die kausale Zusammenhänge und Beziehungen zwischen verschiedenen Sachverhalten erkennen und diese bei der Dateneinpflege korrekt zuordnen.

Auf der Seite der Nutzer einer Datenbank für Architekten muss mit unterschiedlichem Kenntnisstand gerechnet werden. Der Datenzugang sollte dies berücksichtigen. Nutzer mit hohem Kenntnisstand müssen direkt zu der von ihnen gewünschten Information gelangen, hier kann allerdings auch mit relativ präzisen Anfragen gerechnet werden. Nutzer mit geringerem Kenntnisstand brauchen möglicherweise bei der Suche nach der gewünschten Information dahingehend Unterstützung, dass zunächst geklärt werden muss, wie die gewünschte Information überhaupt beschaffen ist.

### **6.2.2 Studie über das nachträgliche Erfassen von Daten.**

Ist eine nachträgliche Datenerfassung für die Darstellung der Wechselbeziehungen zwischen den Fachdisziplinen möglich ?

Mit dieser Fragestellung beschäftigt sich eine am Fachgebiet für Tragstrukturen entstandene Masterthesis von Schneider (*vgl. Schneider2007*) .

Die Arbeit mit dem Titel „Analyse der Planungs- und Bauprozesse bei abgeschlossenen Baumaßnahmen im Bestand“ wurde von Prof. Dipl. Ing. F. Stein und Vertr. Prof. Dipl. Ing. C. Anderhalten betreut. Der Verfasser wurde bei der Konzeption der Aufgabenstellung beteiligt.

In einer umfassenden Arbeit schildert Schneider hier die Planungs- und Bauprozesse anhand fünf unterschiedlicher Baumaßnahmen im Bestand. Es wurde untersucht, inwieweit sich die Planungs- und Bauprozesse von abgeschlossenen Baumaßnahmen im Bestand nachträglich analysieren und für Außenstehende veranschaulichen lassen.

Der Untersuchungszeitraum betrug drei Monate. In dieser Zeit wurden die Projekte ausgewählt, Bauakten, Bild und Planmaterial eingesehen und ausgewertet sowie persönliche Befragungen der Planungs- und Baubeteiligten durchgeführt.

Zu sieben Projekten wurden zunächst Unterlagen recherchiert, fünf Projekte wurden weiterbearbeitet. In dem zur Verfügung stehenden Zeitraum konnten drei in zufriedenstellender Tiefe behandelt werden.

Die nachfolgenden Organigramme wurde auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Projektuntersuchungen entwickelt. Die unten stehende Abbildung soll

veranschaulichen, welche Zusammenhänge von Beginn der Projektsuche bis zur Projektuntersuchung bestehen können, und gibt Empfehlungen für eine sinnvolle Vorgehensweise. Das unter II. in der Grafik angesprochene Archiv steht für die Einbindung der verschiedenen Informationsstände zur Verfügung, die sich aus der Internet- und Literaturrecherche und weitergehend eingeholten Einverständniserklärungen und Planungsunterlagen ergeben.

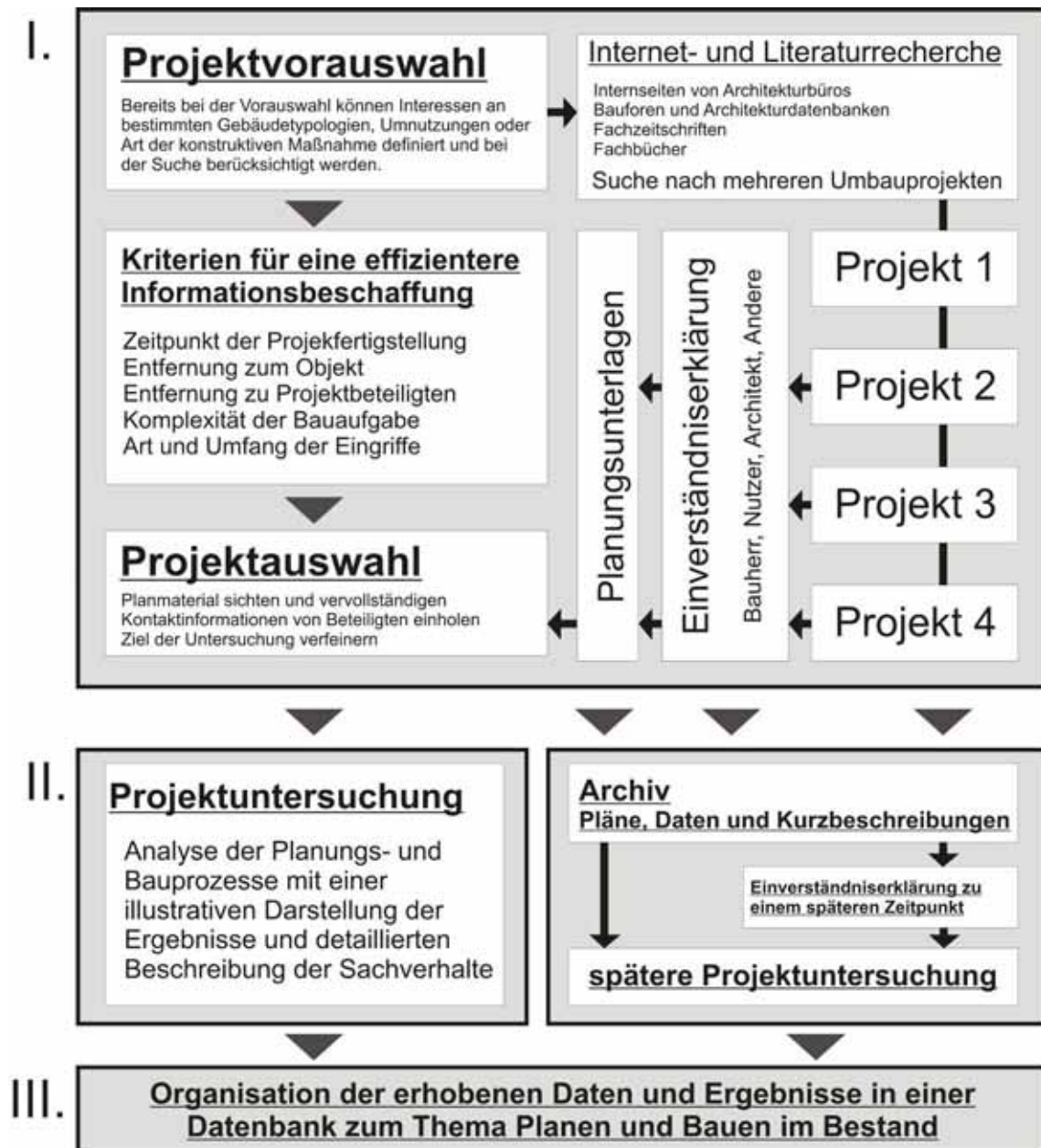


Abbildung 6-3 - Organigramm Nr.1 - Darstellung von Zusammenhängen und Vorgehensweise bei Projektuntersuchungen (Q.: Schneider2007, S. 373)

Das nachfolgende Organigramm Nr.2 schlüsselt den Punkt „Projektuntersuchung“ aus dem vorherigen Schaubild Nr.1.(Punkt II, Projektuntersuchung) genauer auf. Innerhalb eines iterativen Prozesses der Recherche wird die Informationsdichte und -objektivität gesteigert (in der Grafik von hellgrau bis schwarz dargestellt). Im Rahmen der Informationsbeschaffung sind die zuvor erwähnten Erkenntnisse aus den Projektuntersuchungen zu berücksichtigen.

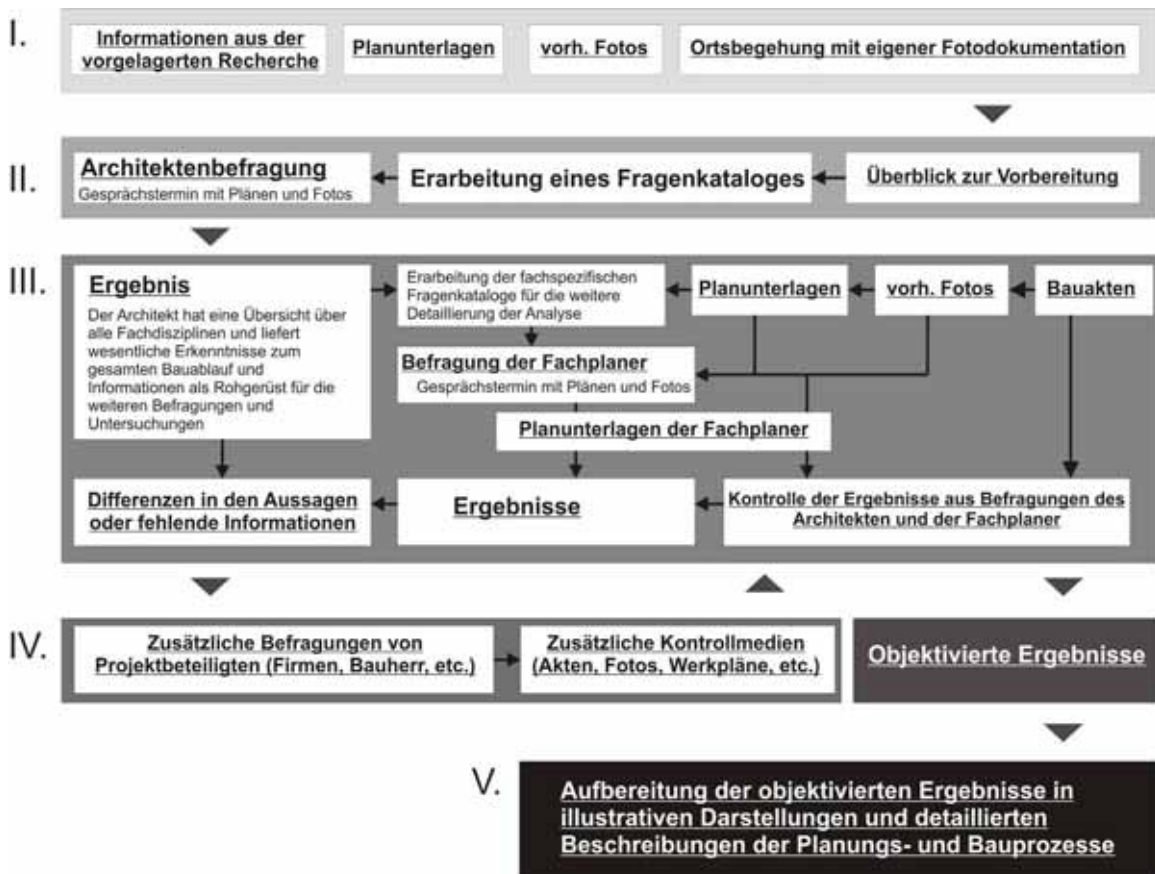


Abbildung 6-4 - Organigramm Nr. 2 - Darstellung der Projektanalyse nach abgeschlossener Vorauswahl (Q.: Schneider2007, S.374)

Als Ergebnis der so durchgeführten Projektuntersuchungen konnte festgehalten werden, dass die nachträgliche Dokumentation in einer Tiefe, welche die Prozessabläufe während der Baumaßnahme wiedergibt, möglich ist. Der Aufwand erscheint mit drei intensiv bearbeiteten Projekten innerhalb von drei Monaten allerdings relativ hoch. Im Gegensatz zu rein ergebnisorientierten Studien ist das Nachvollziehen der Planungsprozesse zeitaufwändiger, da möglichst viele am Bau beteiligte Fachdisziplinen befragt werden sollten.

Für eine länger angelegte Forschungsarbeit ist durch die Standardisierung der Datenerhebung eine höhere Effizienz zu erwarten.

In solchem Fall erscheint eine Zusammenarbeit mit Verlagen von Fachzeitschriften und Fachbüchern sinnvoll. Hierbei wäre die Nutzung bestehender Archive hilfreich bei der Vorauswahl von Projekten.

Auch ist dann mit einer höheren Bereitschaft der Projektbeteiligten, Material zur Verfügung zu stellen, zu rechnen.

### 6.2.3 Typologisierung von Gebäuden zur Erleichterung der Bewertung



Abbildung 6-5 - Siedlung Hainchen 1956 (Q.: Kühn2005, S.112)

Auf dem Gebiet der Bauphysik und des energieeffizienten Bauens sind Haustypologien mit charakteristischen Eigenschaften von Bauteilen Bestandteil der Forschungspraxis.

Siepe unterscheidet für den Wohnungsbau in *Ladener1997* vier verschiedene Epochen die typische Konstruktionen und typische bauphysikalische Eigenschaften aufweisen.

Gebäude bis 1918, von 1918 bis 1948, von 1949 bis 1968, von 1969 bis 1977. (vgl. *Ladener1997*, S.32 ff.)



*Ranft/Haas-Arndt2004* unterscheiden sieben Epochen:

Gebäudebestand bis 1900, Gebäude von 1900 bis 1918, von 1919 bis 1945, von 1945 bis 1959, von 1960 bis 1969, von 1970 bis 1976 sowie von 1977 bis 1984.

( vgl. *Ranft/Haas-Arndt2004*, S.45 ff.)

Nach der Einteilung der Epochen schließen sich Erläuterungen zu den jeweiligen typischen konstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften von Decken und Wänden. an

Ist eine Typologisierung von Gebäuden bezogen auf das Tragwerk auch durchführbar und sinnvoll?

Welche Möglichkeiten bestehen darin?

Sicherlich sind auf das Tragwerk bezogene Typologien wesentlich feiner zu differenzieren als dies durch eine Einteilung in eine bestimmte Bauzeit geschieht.

Findet man jedoch weitreichende Übereinstimmungen bei Tragwerken von Gebäuden eines gleichen Typs, könnten die „typischen“ Schwachpunkte und Qualitäten die Bewertung eines Bestandsgebäudes vereinfachen.

Untersuchungen können gezielt durchgeführt werden.

Es wäre sogar möglich „typische“ Ertüchtigungsmaßnahmen für verschieden Fälle einer Veränderung des Gebäudebestandes zu erarbeiten.

Eingegeben in einer Datenbank wären solche Lösungen für eine Vielzahl von Gebäuden anwendbar.

In einer vom Verfasser betreuten Hausarbeit im Masterstudiengang „Planen und Bauen im Bestand“ der Universität Siegen wurde ein Einfamilienhaussiedlung der 1950iger Jahre hinsichtlich der Konstruktionsweise der einzelnen Häuser untersucht.

Es handelt sich hierbei um die Siedlung Neulohe, Stadt Hilchenbach.

Das Gebiet „Neulohe“ wurde hauptsächlich in den Jahren 1950 bis 1959 bebaut. In dieser Zeit kamen zu den 40 bereits bestehenden Hauseinheiten 110 hinzu.

Die Arbeit stützt sich hauptsächlich auf Begehungen vor Ort und

Originaldokumenten in Form von Zeichnungen, Bauakten und Bildern von

Hauseigentümern in der Siedlung.

Aus der Analyse der Unterlagen und der Betrachtung der Bestandsgebäude lassen sich für die Gebäude der Fünfziger Jahre vier verschiedene Typen erkennen, wobei zwei Typen nochmals in jeweils zwei Varianten unterteilt werden:

Typ I	Doppelhaushälfte mit je einer Wohneinheit pro Etage
Typ II	Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage Eingang auf der Giebelseite
Typ IIa	ohne Vorbau
Typ IIb	mit Vorbau
Typ III	Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage Eingang auf der Traufseite
Typ IIIb	mit nur einer Wohneinheit plus Personalzimmer
Typ IV	Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage Eingang über Vorbau mit abgeschlepptem Dach an der Traufseite

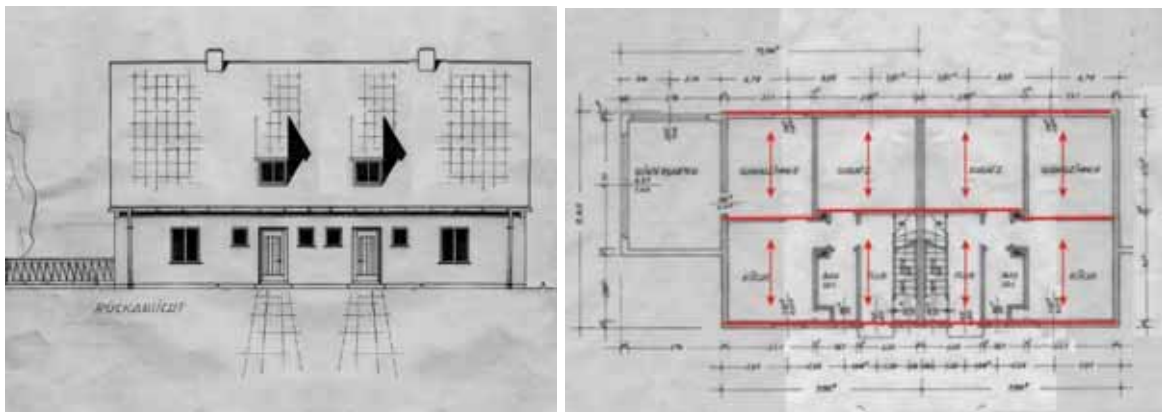
Von den 110 Gebäuden, die zwischen 1950 und 1959 entstanden, gehören 101 zu den eben genannten vier Typen. (siehe Abb. unten)

Alle Häuser haben gemeinsam, dass es sich um eine Bauweise mit einem Vollgeschoss, Drempe (ca. 80cm) und steilem Satteldach (etwa 50°) handelt. Als besonderes Merkmal dieser Siedlung hat sich herausgestellt, dass die meisten Vorbauten mit abgeschlepptem Dach (Aufschiebling) schon von vorneherein so geplant und ausgeführt wurden. Diese befinden sich an etwa 35% der analysierten Gebäude. Auch „Anbauten“, die als hinzugefügter Raum erscheinen, um den Wohnraum zu vergrößern, waren teils schon in der ursprünglichen Planung vorgesehen.



Die Erschließung erfolgt über die Traufseite, entweder zur Straße hin gerichtet oder von Norden erschlossen. Die Treppe befindet sich direkt neben dem Eingang und erstreckt sich über alle Geschosse.

Der etwa quadratische Grundriss besteht in allen Geschossen aus einer klassischen Vierteilung. Im Erd- und Obergeschoss sind jeweils Küche, Wohnzimmer und Schlafzimmer sowie Treppe, Bad und Flur in einem Viertel untergebracht. Das Wohnzimmer kann nur über die Küche erschlossen werden. Die Decken über Kellergeschoss und Erdgeschoss sind in Stahlbeton ausgebildet, die Decke über dem Obergeschoss ist eine Holzbalkendecke. Die Traufwände und die dazu parallel verlaufende Mittelwand sind tragend. Die Decken sind in allen Geschossen parallel zum Giebel einachsig gespannt.



**Abbildung 6-7 Rückansicht Typ I (Q.: Planunterlagen H. Vollendorf)**

**Abbildung 6-8 Typ I, Erdgeschoss mit Spannrichtung Decken über EG (Q.:Planunterlagen H. Vollendorf)**

Das Pfettendach ist als doppelt stehender Stuhl mit Streben ausgebildet. Im Dachgeschoss stehen Stützen über der tragenden Mittelwand. Zur Sicherung des Drempels ist in der Ebene der Streben einen Zugstab aus Metall angebracht.

## **Typ II – Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage**

### **Eingang auf der Giebelseite**

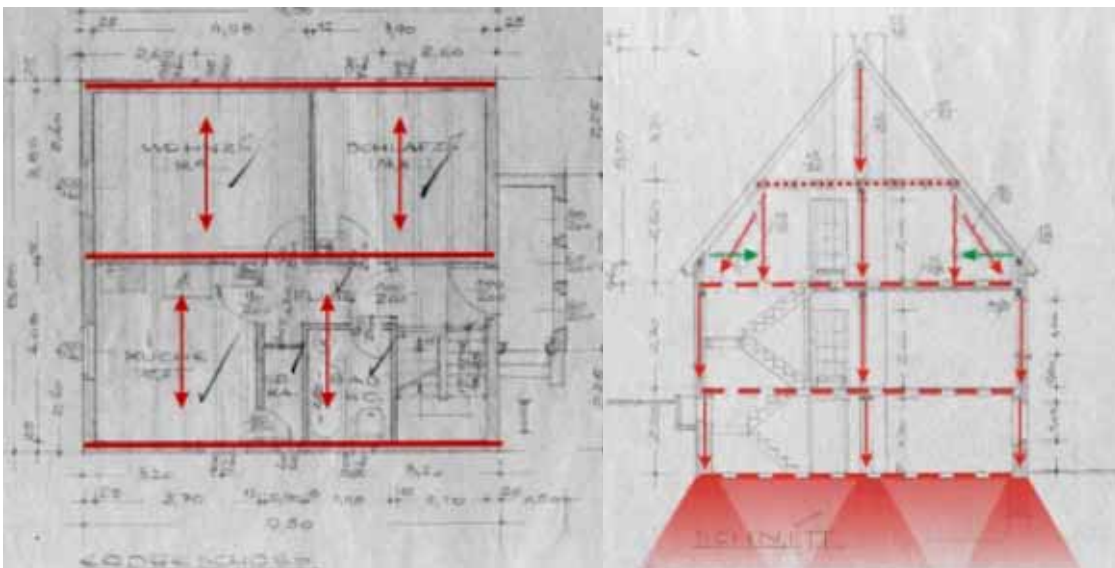
Insgesamt werden 26 Gebäude von der Giebelseite aus erschlossen, davon haben dort acht zusätzlich einen Vorbau, dessen Dach teilweise als Balkon ausgebaut ist. Alle anderen Typen werden von der Traufseite aus erschlossen.

Die meist zweiläufige Treppe befindet sich direkt neben dem Eingang und erstreckt sich vom Kellergeschoss bis ins Obergeschoss, der Dachboden wird über eine separate Treppe oder Dachbodenluke erschlossen.

Der Grundriss besteht in allen Geschossen aus einer Vierteilung, wobei es eine tragende Wand in der Giebelachse gibt und die senkrecht dazu angeordneten Wände gegeneinander verschoben sind. Eines der Viertel beinhaltet Flur, Treppe und Bad, die anderen drei werden in Küche, Wohn- und Schlafräum aufgeteilt. Die Grundrisse sind in allen Geschossen gleich.

Die Decke über dem Kellergeschoss ist in Stahlbeton ausgebildet (meist Kaiserdecke), die Decken über Erd- und Obergeschoss als Holzbalkendecken. Die Traufwände und die dazu parallel verlaufende Mittelwand wurden tragend ausgebildet. Die Decken sind im Keller- und Erdgeschoss parallel zum Giebel, im Obergeschoss senkrecht zum Giebel einachsrig gespannt.

Das Pfettendach ist als doppelt stehender Stuhl mit Streben ausgebildet. Im Dachgeschoss stehen Mittelstützen über der tragenden Mittelwand. Zur Sicherung des Dremfels gibt es in der Ebene der Streben ein Zugelement aus Holz.



**Abbildung 6-9 - Typ II , Grundriss EG(Q.: Bauakte Heinrich)**

**Abbildung 6-10 - Typ II, Schnitt (Q.: Bauakte Heinrich)**

## Typ III - Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage

### Eingang auf der Traufseite

Dieser Typus ist mit 37 Gebäuden in der Siedlung „Neulohe“ am häufigsten vertreten und daher in jedem Straßenzug vorzufinden. Elf der Gebäude haben eine Vergrößerung des Wohnraumes mit einem abgeschleppten Dach.

Hauptmerkmal hierbei ist die Erschließung auf der Traufseite, mittig oder etwas seitlich verschoben. Die mittige Variante wird hier von den Grundrissen und der Tragstruktur näher erläutert. Die Treppe befindet sich auch hier direkt neben dem Eingang und erstreckt sich über alle Geschosse. Durch die mittige Erschließung befindet sich auch die Treppe im mittleren Bereich des Hauses und nicht in einer Außenecke.

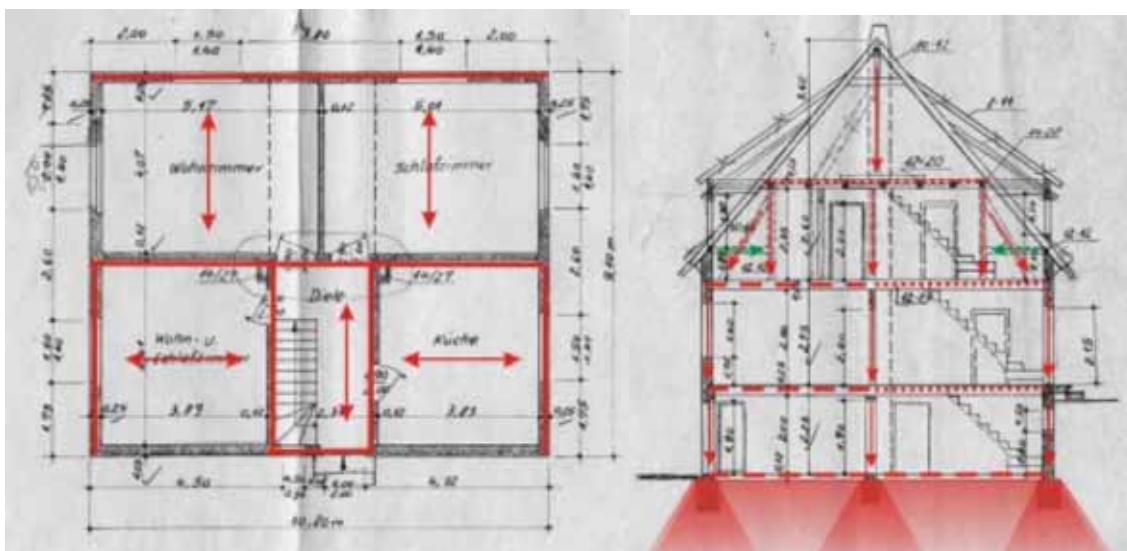


Abbildung 6-11 - Typ III, EG (Q.:Bauakte Müller-Späh )

Abbildung 6-12 - Typ III, Schnitt (Q.:Bauakte Müller-Späh)

Der Grundriss dieses Typus weicht vom bisherigen System etwas ab. Er ist durch die Giebelachse geteilt und beinhaltet auf der Gartenseite eine Zweiteilung, auf der Erschließungsseite eine Dreiteilung. Bei dem hier vorgestellten Beispiel gibt es insofern eine Besonderheit, da auch auf der Gartenseite im Obergeschoss eine Dreiteilung vorzufinden ist. Bei diesem Typ können alle Zimmer von der Diele bzw. dem Treppenhaus aus erschlossen werden.

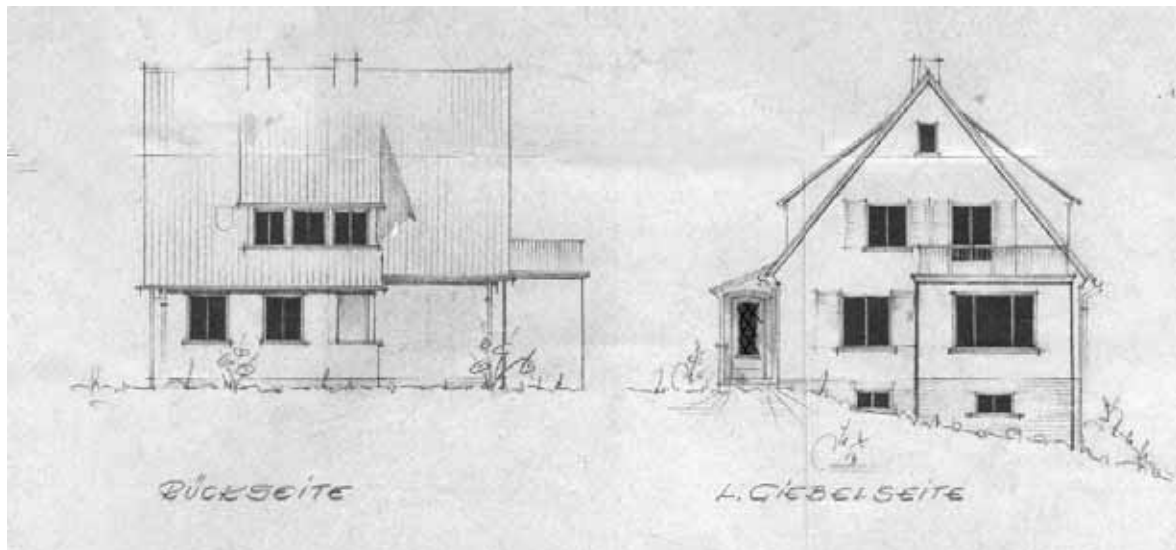
Die Decken über Kellergeschoss und Erdgeschoss sind in Stahlbeton ausgebildet, die Decke über dem Obergeschoss ist eine Holzbalkendecke. Die Decken sind in allen Geschossen einachsrig gespannt. Die Spannrichtungen variieren allerdings. Die konstruktive Ausbildung des Dachstuhles gleicht Typ II.

#### **Typ IV – Freistehendes Haus mit je einer Wohneinheit pro Etage Eingang über Vorbau mit abgeschlepptem Dach an der Traufseite**

Als letzter Typ ist eine Besonderheit zu nennen. Was als nachträglicher Anbau erscheint, ein Vorbau mit einem abgeschleppten Dach auf der Traufseite, ist von vorneherein geplant gewesen und ausgeführt worden.

Insgesamt werden 28 Gebäude über diese Art Vorbau erschlossen.

Weitere 11 Gebäude besitzen diese Art des Anbaus als Vergrößerung eines Wohnraumes fallen aber damit unter einen anderen Erschließungs- und Grundrisstyp (III).



**Abbildung 6-13 Typ IV, Ansichten (Q.: Bauakte Achenbach)**

Das abgeschleppte Dach über dem Eingang ist Hauptmerkmal des äußeren Erscheinungsbildes dieses Typus. Weiterhin markant sind auch die auf jeder Seite des Daches angebrachten Gauben mit zwei bis fünf, in der Regel aber drei Fenstern.

Teilweise gibt es einen kleinen „Anbau“ zur Vergrößerung des Wohnraumes im Erdgeschoss. Auf diesem ist dann in der Regel eine Dachterrasse mit Stahlgeländer und entsprechender Zugangsmöglichkeit vorhanden.

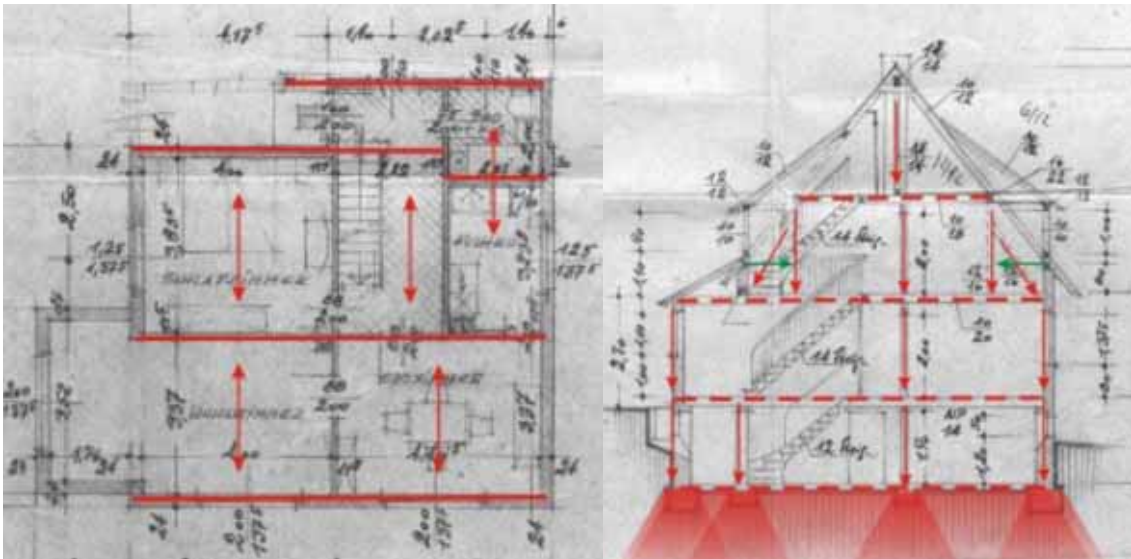
Die Erschließung erfolgt über den Vorbau mit abgeschlepptem Dach auf der Traufseite. Die Treppe befindet sich direkt neben dem Eingang und erstreckt sich über alle Geschosse.

Der Grundriss besteht in allen Geschossen aus einer klassischen Vierteilung. Im Erd- und Obergeschoss sind jeweils in je drei Vierteln Zimmer und im vierten

Viertel Flur, Bad und Küche untergebracht. Das Wohnzimmer kann nur über das Esszimmer erschlossen werden.

Die Decke über dem Kellergeschoss ist in Stahlbeton (meist Kaiserdecke) ausgebildet, die Decken über dem Erd- und Obergeschoss sind Holzbalkendecken.

Die Traufwände und die dazu parallel verlaufende Mittelwand sind tragend. Die Decken sind in allen Geschossen parallel zum Giebel einachsig gespannt.



**Abbildung 6-14 Typ IV, Grundriss EG (Q.: Bauakte Achenbach)**  
**Abbildung 6-15 - Typ IV, Schnitt ( Q.: Bauakte Achenbach)**

Das Pfettendach ist als doppelt stehender Stuhl mit Streben ausgebildet. Im Dachgeschoss stehen Mittelstützen über der tragenden Mittelwand. Eine Sicherung gegen Verschieben des Dremfels ist aus den Zeichnungen nicht erkennbar, aber laut Bauunterlagen vorhanden.



## **Vergleich der Typen untereinander**

Obwohl jeder einzelne Typ seine Besonderheiten hat, gibt es doch verschiedene Aspekte, die auf mehrere oder gar alle Typen zutreffen. Allen gemeinsam sind verschiedene Merkmale des äußeren Erscheinungsbildes. Zum einen die Formensprache wie quadratischer oder rechteckiger Grundriss, ein Vollgeschoss mit Drempel und steilem Satteldach (ca. 50°), zum anderen tauchen auch bei den Fenstern immer wieder Gemeinsamkeiten auf (vertikale Teilung bzw. Sprossenfenster).

Das äußere Erscheinungsbild von Typ I und Typ II weist zwar Unterschiede auf, aber es gibt Gemeinsamkeiten im Grundriss: Beide haben eine Vierteilung, von denen ein Viertel sowohl Flur und Treppe als auch das Bad beinhaltet. Die Gemeinsamkeit liegt in der Position der Treppe in der Hausaußenecke.

Auch Typ III und IV sind vom Erscheinungsbild unterschiedlich, haben aber ähnliche Merkmale im Grundriss. Hier liegt das Hauptaugenmerk auch auf der Lage der Treppe. Sie befindet sich zentral an der Mittelachse des Hauses. Ein weiterer gemeinsamer Punkt ist, dass im Gegensatz zu Typ I und II inklusive Küche vier Räume pro Etage zur Verfügung stehen, während es bei den beiden anderen Varianten nur drei sind.

Der Hauptunterschied zwischen Typ III und IV liegt in der Tragstruktur. Typ III hat unterschiedliche Deckenspannrichtungen, Typ IV ist einheitlich einachsig parallel zum Giebel gespannt.

Unabhängig vom Typ kann gesagt werden, dass die Hauptkriterien der Tragstruktur jedoch sehr große Gemeinsamkeiten aufweisen. Es handelt sich ausschließlich um Mauerwerksbauten, meist in Ziegel und Bims-Hohlblock. Die Kellergeschossdecke ist immer eine massive Stahlbetondecke, teilweise als Kaiserdecke erstellt. Die Decke zum Dachboden ist immer als Holzbalkendecke ausgeführt. Lediglich die Decke über dem Erdgeschoss ist wahlweise massiv oder in Holz errichtet worden. Dies ist aber unabhängig vom Gebäudetyp.

Die Konstruktion dieser Decke ist von außen immer dann ablesbar, wenn ein auskragender Balkon vorhanden ist. Beide Varianten (Holz und Stahlbeton) sind in der Siedlung anzutreffen.

Die Dachkonstruktion ist durchweg gleich. Es handelt sich immer um einen doppelt stehenden Stuhl mit Sprengwerk und einer Stütze im Dachgeschoss über der tragenden Mittelwand.

Überwiegend wurden Gauben zur Belichtung der oberen Räume eingebaut. Die Breite und die Anzahl der Fenster variiert dabei sehr stark. Es gibt Varianten von der einfachen Gaube mit einem Fenster bis hin zur dominanteren Version mit bis zu fünf Fenstern. Allen ist gemein, dass es sich um Schleppdachgauben handelt. Auch unabhängig vom Typ sind Gemeinsamkeiten bei den Giebel- und Trauffassaden zu finden: Beispielsweise waren zur Gartenseite zeigenden Fassaden oft gleich ausgebildet.

In einer weiteren Hausarbeit wurden Umbau- und Erweiterungsmöglichkeiten für die ermittelten Haustypen erarbeitet und auf ihre Auswirkungen auf das Tragwerk untersucht.

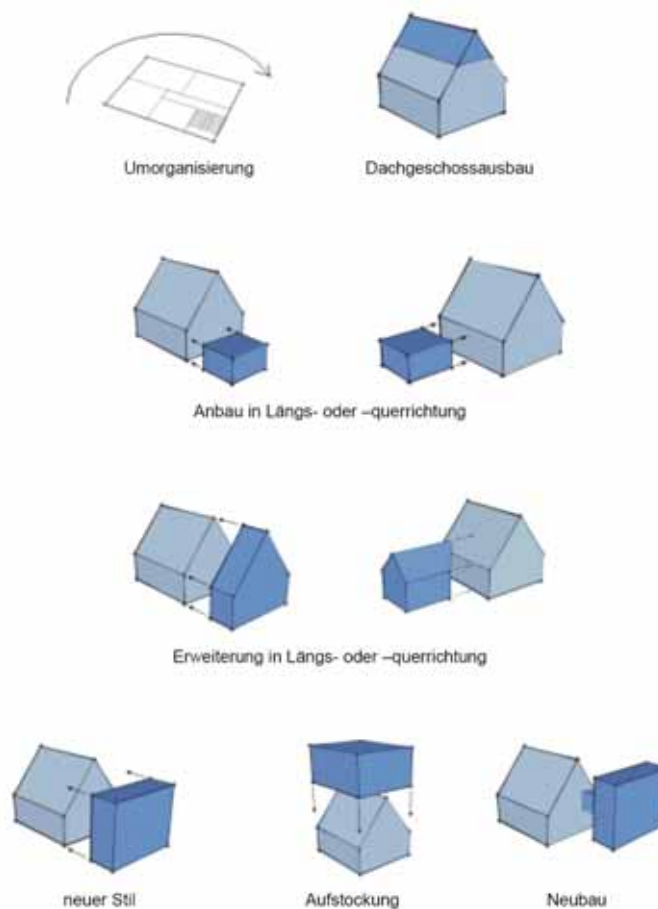


Abbildung 6-16 - Erweiterungsmöglichkeiten (Q.: S. Kühn)

In seiner Masterthesis hat Kühn die soeben beschriebenen Sachverhalte nochmals vertiefen können. In *Kühn2005* werden fünf Einfamilienhaussiedlungen der 1950er Jahre im Siegerland untersucht. Hierbei konnten die oben genannten Erkenntnisse verifiziert werden. Es wurden insgesamt sechs unterschiedliche Haustypen festgestellt.

Es kann also festgehalten werden, dass, gerade mit Bezug auf Konstruktion und Tragwerk, eine Einteilung in charakteristische Typen von Einfamilienhäusern in den 1950er Jahren möglich ist. Bei Gebäuden gleichen Typs sind die Möglichkeiten zur Veränderung des Grundrisses und den damit einhergehenden Auswirkungen auf das Tragwerk sehr ähnlich. Exemplarische Lösungen lassen sich wahrscheinlich auf alle Gebäude des gleichen Typs anwenden. Die Untersuchung zeigt aber auch, dass Typologisierung nicht mit Verallgemeinerung gleichzusetzen ist. Die Untersuchung wurde auf das Siegerland beschränkt. Bei der Wahl von Konstruktionsweisen und Material spielen regionale Faktoren eine große Rolle. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, beispielsweise durch einen Vergleich verschiedener Siedlungen der 1950iger Jahre im Bundesgebiet. Leichte Abweichungen lassen sich gerade bei privat errichteten Gebäuden entdecken. Werksiedlungen sind einheitlicher ausgeführt worden.

Bezogen auf das Tragwerk, erscheint die Untersuchung weiterer Gebäude innerhalb einer Bauzeitspanne, welche durch eine relativ einheitliche Nutzung geprägt werden und daher vergleichbar sind (z.B. Schulen, Bürogebäude,), sinnvoll. Gute Vergleichbarkeit weisen natürlich auch Bauformen auf, welche von Anfang an in Serie gefertigt wurden (Typenbau der ehemaligen DDR, Hochschulbau Westdeutschland [z.B. Baustufe 75]).

#### **6.2.4 Konzept Datenbank „Bauen im Bestand“**

Im Folgenden wird ein Konzept einer Datenbank für Baumaßnahmen im Bestand vorgestellt. Die Datenbank wurde vom Verfasser und dem Informatiker Arno Schneider entwickelt. Es handelt sich um eine relationale Datenbank. Sie basiert auf der frei zugänglichen (open-source) Programmiersprache MySQL.

Das seit Jahren gebräuchliche Datenbankmodell erlaubt das Vorhalten von Daten und die Verknüpfung der Beziehungen von Daten untereinander. Die weitere Beschreibung der Datenbank erfolgt aus der Sicht des Anwenders und soll lediglich die Ideen, die hinter der Entwicklung einer „Datenbank Bauen im Bestand“ stecken, verdeutlichen. Informationstechnologische Fragen werden hierbei nicht behandelt.

Die gute Verfügbarkeit und Aktualität sind wichtige Kriterien für die Akzeptanz eines Hilfswerkzeuges. Aus diesem Grunde ist das unten beschriebene Datenbankkonzept Internet basierend. Die Daten können somit nahezu von jedem Punkt der Erde eingepflegt und auch abgerufen werden.

Die Datenbank ist so konzipiert, dass neben dem Tragwerk auch weitere Fachdisziplinen involviert werden können. Hierfür wurden allerdings bisher keine Eingabemasken entwickelt.

Suchfunktionen konnten aufgrund mangelnder Forschungsmittel nicht in dem gewünschten Umfang programmiert werden, die Suchfunktionen sind daher noch zu allgemein gehalten.

Für die Erläuterung des Datenbankkonzeptes erscheint jedoch die Beschreibung der Dateneingabe ausreichend.

DBBIB v0.1	
<b>Immobilien</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Übersicht</li><li>◆ anlegen</li></ul>
<b>Baumassnahme</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Übersicht</li><li>◆ anlegen</li></ul>
<b>Einzelmassnahme</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Manager</li><li>◆ Übersicht</li><li>◆ anlegen</li></ul>
<b>Personen-Manager</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Übersicht</li><li>◆ natürliche Person anlegen</li><li>◆ juristische Person anlegen</li></ul>
<b>Medien-Manager</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Übersicht</li><li>◆ Medium anlegen</li></ul>
<b>Ursachen-Manager</b>	

Abbildung 6-17 - Übersicht Eingabemaske DBBIB

In der „Datenbank Bauen im Bestand“ (DBBIB) können Informationen zu durchgeführten Bauprojekten gespeichert werden.

Die projektbezogenen Daten sind gegliedert in:

Immobilien: Standortfestlegung des Bauprojektes.

Baumaßnahmen: Beschreibung durchgeführter baulicher Maßnahmen.  
(Eine Immobilie kann durchaus mehrere Baumaßnahmen aufweisen, z.B. Anbau 1992, Umbau 2004.)

Einzelmaßnahme: Untergliederung der Baumaßnahme, z.B. Wanddurchbruch in KG oder Sanierung Dachstuhl etc.  
(Einzelmaßnahmen können aus Sicht der Lehre in der Architektur verschiedenen Fachgebieten zugeordnet werden, dadurch sollen innerhalb einer Baumaßnahme die Beziehungen der Einzelmaßnahmen untereinander dargestellt werden können. In einem Ursachenmanager sollen die kausalen Zusammenhänge festgehalten werden.)

Exemplarisch wird im Folgenden ein Projekt angelegt.

Klickt man im Feld „Immobilien“ auf Übersicht, wird eine Übersicht aller bisherigen Projekte dargestellt. Für einen neuen Datensatz klickt man auf „anlegen“ und es wird unten stehender Dialog geöffnet.

Die Beschreibung kann beliebig lang sein. Der hier eingegebene Text wird bei der Suche nach Stichworten durchsucht, es ist hier aber keine Zuordnung in eine bestimmte Bauart, eine Gruppe von Nutzungen oder ähnliches möglich.

DBBIB v0.1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Immobilien           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Baumassnahme           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Einzelmassnahme           <ul style="list-style-type: none"> <li>Manager</li> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Personen-Manager           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>natürliche Person anlegen</li> <li>juristische Person anlegen</li> </ul> </li> <li>Medien-Manager           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>Medium anlegen</li> </ul> </li> <li>Ursachen-Manager</li> </ul>	<h3>Immobilie anlegen</h3> <p>Stammdaten   Adresse   Bekannte Nutzungen   Beteiligte</p> <p> <b>Quellenangabe</b> <input type="text" value="Architekt"/> </p> <p> <b>Bezeichnung</b> <input type="text" value="Gemeindehaus FeG Waldbröl"/> </p> <p> <b>Beschreibung</b> <input type="text" value="Gebäude mit UG, EG und DG&lt;br/&gt;Beinhaltet verschiedene&lt;br/&gt;Gruppenräume und Küche im UG,"/> </p> <p> <b>Baujahr</b> <input type="text" value="1956"/> </p> <p> <b>Bauweise / Bauart</b> <input type="text" value="Massivbau"/> </p> <p> <b>Gebäudetyp</b> <input type="text" value="Geschossbau"/> </p>

Abbildung 6-18 - Anlegen einer Immobilie (Stammdaten)

DBBIB v0.1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Immobilien           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Baumassnahme           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Einzelmassnahme           <ul style="list-style-type: none"> <li>Manager</li> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul> </li> <li>Personen-Manager           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>natürliche Person anlegen</li> <li>juristische Person anlegen</li> </ul> </li> <li>Medien-Manager           <ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>Medium anlegen</li> </ul> </li> <li>Ursachen-Manager</li> </ul>	<h3>Immobilie anlegen</h3> <p>Stammdaten   Adresse   Bekannte Nutzungen   Beteiligte</p> <p> <b>Nutzung</b> <input type="text" value="Sakrale Gebäude, kirchliche und religiöse Einrichtungen"/> </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>–</p> <p>–</p> <p>Bethäuser</p> <p>Synagogen</p> <p>Kirchen</p> <p>Kapellen</p> <p>Tempel</p> <p>Moscheen</p> <p><b>Gemeindehäuser</b></p> <p>Gemeindezentren</p> <p>Pfarrheime</p> </div> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="hinzufuegen"/></p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="alles speichern"/></p>

Abbildung 6-19 - Anlegen einer Immobilie (bekannte Nutzungen)

An vielen Stellen wurde versucht, die Eingabe mit „pull-down“ Menüs zu gestalten, damit soll zum einen die Eingabe erleichtert werden, zum anderen die Suche effizient erfolgen. In einer Suchmaske können die gleichen „pull-down“ Menüs erscheinen. Suchende können somit mit genau dem Stichwort eine Anfrage starten, hinter welchem auch tatsächlich Informationen hinterlegt worden sind. Suchdurchläufe, die nicht die erwünschte Information anzeigen, setzen die Akzeptanz einer Datenbank schnell herab.

DBBIB v0.1		Immobilie anlegen																																	
Immobilien		<table border="1"> <tr> <th>Stammdaten</th> <th>Adresse</th> <th>Bekannte Nutzungen</th> <th colspan="2">Beteiligte</th> </tr> <tr> <td colspan="5">Beteiligten hinzufügen:</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Personen</b></td> </tr> <tr> <td>Vorname</td> <td>Nachname</td> <td>Stadt</td> <td>Land</td> <td>Funktion</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>juristische Personen</b></td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td></td> <td>Stadt</td> <td>Land</td> <td>Funktion</td> </tr> </table>				Stammdaten	Adresse	Bekannte Nutzungen	Beteiligte		Beteiligten hinzufügen:					<b>Personen</b>					Vorname	Nachname	Stadt	Land	Funktion	<b>juristische Personen</b>					Name		Stadt	Land	Funktion
Stammdaten	Adresse	Bekannte Nutzungen	Beteiligte																																
Beteiligten hinzufügen:																																			
<b>Personen</b>																																			
Vorname	Nachname	Stadt	Land	Funktion																															
<b>juristische Personen</b>																																			
Name		Stadt	Land	Funktion																															
Baumassnahme																																			
Einzelmassnahme																																			
Personen-Manager																																			
Medien-Manager																																			
Ursachen-Manager																																			
		alles speichern																																	

Abbildung 6-20 - Anlegen einer Immobilie (Beteiligte)

Einer Immobilie können natürliche Personen oder juristische Personen (Gemeinden, Institutionen, etc.) und deren Funktion zugeordnet werden (s. Baumaßnahmen).

Im nächsten Schritt wird die, einer Immobilie (durch Anklicken) zuzuordnende, Baumaßnahme beschrieben.

DBBIB v0.1		Baumassnahme anlegen																											
Immobilien		<table border="1"> <tr> <th>Stammdaten</th> <th>Beteiligte</th> </tr> </table>		Stammdaten	Beteiligte																								
Stammdaten	Beteiligte																												
Baumassnahme		<table border="1"> <tr> <td>Immobilie</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Baujahr</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Art der Baumassnahme</td> <td>Scheunenumbau in Görsroth zum Gemeindehaus - In der Au1,Morsbach - Holpe Wohnhaus W - Hauptstraße18,Morsbach Ulmer Stadtbad - Marktplatz19,Ulm Ulmer Stadtbad - Sotterbach,Reichshof Sanierung Fachwerkhaus - Bettenhagen2,Waldbröl schiefes Fachwerkhaus - Schwörhausgasse9,Ulm Bürogebäude Köln Porz - ,Köln - Porz Erweiterung Grundschule - In der Au1,Morsbach - Holpe Gemeindehaus FeG Waldbröl - Tersteegenstraße18,Waldbröl</td> </tr> <tr> <td>Gebäudeteil</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Quellenangabe</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bezeichnung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschreibung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nutzung vorher</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Nutzung nachher</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> </tr> </table>		Immobilie	-	Baujahr	-	Art der Baumassnahme	Scheunenumbau in Görsroth zum Gemeindehaus - In der Au1,Morsbach - Holpe Wohnhaus W - Hauptstraße18,Morsbach Ulmer Stadtbad - Marktplatz19,Ulm Ulmer Stadtbad - Sotterbach,Reichshof Sanierung Fachwerkhaus - Bettenhagen2,Waldbröl schiefes Fachwerkhaus - Schwörhausgasse9,Ulm Bürogebäude Köln Porz - ,Köln - Porz Erweiterung Grundschule - In der Au1,Morsbach - Holpe Gemeindehaus FeG Waldbröl - Tersteegenstraße18,Waldbröl	Gebäudeteil		Quellenangabe		Bezeichnung		Beschreibung		Nutzung vorher	-		-		-	Nutzung nachher	-		-		-
Immobilie	-																												
Baujahr	-																												
Art der Baumassnahme	Scheunenumbau in Görsroth zum Gemeindehaus - In der Au1,Morsbach - Holpe Wohnhaus W - Hauptstraße18,Morsbach Ulmer Stadtbad - Marktplatz19,Ulm Ulmer Stadtbad - Sotterbach,Reichshof Sanierung Fachwerkhaus - Bettenhagen2,Waldbröl schiefes Fachwerkhaus - Schwörhausgasse9,Ulm Bürogebäude Köln Porz - ,Köln - Porz Erweiterung Grundschule - In der Au1,Morsbach - Holpe Gemeindehaus FeG Waldbröl - Tersteegenstraße18,Waldbröl																												
Gebäudeteil																													
Quellenangabe																													
Bezeichnung																													
Beschreibung																													
Nutzung vorher	-																												
	-																												
	-																												
Nutzung nachher	-																												
	-																												
	-																												
Einzelmassnahme																													
Personen-Manager																													
Medien-Manager																													
Ursachen-Manager																													

Abbildung 6-21 - Anlegen der Baumaßnahme - die soeben angelegte Immobilie erscheint bereits im Auswahlfenster.

**DBBIB v0.1**

**Baumassnahme anlegen**

Immobilien  
 • Übersicht  
 • anlegen

Baumassnahme  
 • Übersicht  
 • anlegen

Einzelmaßnahme  
 • Manager  
 • Übersicht  
 • anlegen

Personen-Manager  
 • Übersicht  
 • natürliche Person anlegen  
 • juristische Person anlegen

Medien-Manager  
 • Übersicht  
 • Medium anlegen

Ursachen-Manager

Stammdaten Beteiligte

Immobilie: Gemeindehaus FeG Waldbröl - Tersteegenstraße18,Waldbröl

Baujahr: von 2003 bis 2004

Art der Baumassnahme: Umbau

Gebäudeteil: Untergeschoss

Quellenangabe: Architekt

Bezeichnung: Umstrukturierung des Untergeschosses

Beschreibung: Umbau der Küche  
 Einbau eines Aufzuges  
 kleines Budget

Nutzung vorher: Sakrale Gebäude, kirchliche und religiöse Einrichtungen  
 Gemeindegäuser

Nutzung nachher: Sakrale Gebäude, kirchliche und religiöse Einrichtungen  
 Gemeindegäuser

**Abbildung 6-22 - Beschreibung der Baumaßnahme mit freiem Text und wählbaren Begriffen in pull-down Menüs**

Sollen der Baumaßnahme Personen zugeordnet werden, können diese aus der Übersicht der bisher angelegten Personen gewählt oder, wie in diesem Fall, über den „Personenmanager“ mit den Stammdaten, Adresse und Kontakt, neu angelegt werden.

**DBBIB v0.1**

Personen-Manager  
 • Übersicht  
 • natürliche Person anlegen  
 • juristische Person anlegen

**Personen**

ID	Titel	Vorname	Nachname	Ort	Land	
3		Hans	Hartholz	Morsbach	NRW	auswählen
5	Herberge	Warinka	Allstetter	Ulm	Deutschland	auswählen
2		Rudi	Planlos	Morsbach	Dänemark	auswählen
4	Hausbesitzer	Günter	Altstetter	Münster-Nienenberge	Deutschland	auswählen
6		Roland	Schneider			auswählen
7	Dipl. Ing.	Mathias	Wirths	Morsbach - Holpe	Deutschland	auswählen
8	Dipl. Ing.	Klaus	Schmidt	Morsbach - Appenhagen	Deutschland	auswählen
9	Dipl. Ing.	Manfred	Steinhauer	Morsbach		auswählen

**Juristische Personen**

ID	Name	Ort	Land	
1	Sparkasse	Kohlenhausen	USA	auswählen
2	test			auswählen
3	Gemeinde Morsbach	Morsbach	Deutschland	auswählen

**Abbildung 6-23 - Übersicht der bereits angelegten Personen**



**DBBIB v0.1**  
**Personen-Manager**  
 • Übersicht  
 • natürliche Person anlegen  
 • juristische Person anlegen

**Person anlegen**

Stammdaten | Adresse | Kontakt

Titel: Prof. Dipl. Ing.  
 Beruf: Tragwerkplaner  
 Vorname: Friedhelm  
 Nachname: Stein

Abbildung 6-24 - Neues Anlegen einer Person

Der neu erstellte Datensatz erscheint dann in der Übersicht und kann durch Betätigung des Knopfes „auswählen“ der Baumaßnahme zugeordnet werden. Hier wird auch die für diese Baumaßnahme gültige Funktion der Person bestimmt. Damit könnte man bei einer Suchabfrage alle Baumaßnahmen, an der die angegebene Person beteiligt war, anzeigen lassen.

**DBBIB v0.1**  
**Personen-Manager**  
 • Übersicht  
 • natürliche Person anlegen  
 • juristische Person anlegen

**Personen**

ID	Titel	Vorname	Nachname	Ort	Land	
3		Hans	Hartholz	Morsbach	NRW	auswählen
5	Herberge	Warinka	Allstetter	Ulm	Deutschland	auswählen
2		Rudi	Planlos	Morsbach	Dänemark	auswählen
4	Hausbesitzer	Günter	Altstetter	Münster- Nienenberge	Deutschland	auswählen
6		Roland	Schneider			auswählen
7	Dipl. Ing.	Mathias	Wirths	Morsbach - Holpe	Deutschland	auswählen
8	Dipl. Ing.	Klaus	Schmidt	Morsbach - Appenhagen	Deutschland	auswählen
9	Dipl. Ing.	Manfred	Steinhauer	Morsbach		auswählen
10	Prof. Dipl. Ing.	Friedhelm	Stein	Siegen	Deutschland	auswählen

Abbildung 6-25 - Aktualisierte Übersicht der Personen

DBBIB v0.1	
Immobilien	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Baumaßnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Einzelmaßnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manager</li> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Personen-Manager	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>natürliche Person anlegen</li> <li>juristische Person anlegen</li> </ul>
Medien-Manager	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>Medium anlegen</li> </ul>
Ursachen-Manager	

**Baumaßnahme anlegen**

Stammdaten **Beteiligte**

Beteiligten hinzufügen

**Personen**

Vorname	Nachname	Stadt	Land	Funktion	
Friedhelm	Stein	Siegen	Deutschland	Statiker	delete

**juristische Personen**

Name	Stadt	Land	Funktion

alles speichern

Abbildung 6-26 - Zuordnen der Funktion der beteiligten Person

Im Menüpunkt „Einzelmaßnahme“ wird nach der Wahl eines Fachgebietes (hier sind weitere denkbar) eine neue Einzelmaßnahme angelegt, beschrieben (im Fall Tragwerk unter besonderer Berücksichtigung tragwerkrelevanter Informationen) und mit Personen verknüpft. Dies erfolgt analog der Zuordnung bei den „Baumaßnahmen“.

DBBIB v0.1	
Immobilien	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Baumaßnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Einzelmaßnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manager</li> <li>Übersicht</li> <li>anlegen</li> </ul>
Personen-Manager	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>natürliche Person anlegen</li> <li>juristische Person anlegen</li> </ul>
Medien-Manager	<ul style="list-style-type: none"> <li>Übersicht</li> <li>Medium anlegen</li> </ul>
Ursachen-Manager	

Typ:

- Tragwerk
- Haustechnik
- Brandschutz
- Schallschutz
- Wärmeschutz
- Feuchteschutz

weiter

Abbildung 6-27 - Auswahl des Fachgebietes Tragwerk vor der Eingabe einer neuen Einzelmaßnahme

DBBIB v0.1

Immobilien  

- Übersicht
- anlegen

Baumaßnahme  

- Übersicht
- anlegen

Einzelmaßnahme  

- Manager
- Übersicht
- anlegen

Personen-Manager  

- Übersicht
- natürliche Person anlegen
- juristische Person anlegen

Medien-Manager  

- Übersicht
- Medium anlegen

Ursachen-Manager

### Einzelmaßnahme-Tragwerk anlegen

Stammdaten | Tragwerkdetails | Beteiligte

Quellenangabe:

Bezeichnung:

Beschreibung:

Abbildung 6-28 - Beschreibung der Einzelmaßnahme mit Stammdaten, detaillierte Informationen zum Tragwerk sowie Zuordnung der Beteiligten (s. Baumaßnahme)

Im Medienmanager werden Medien (z.B. Bilder) gespeichert und durch Auswahl Baumaßnahmen, Einzelmaßnahmen oder auch Personen zugeordnet.

DBBIB v0.1

Immobilien  

- Übersicht
- anlegen

Baumaßnahme  

- Übersicht
- anlegen

Einzelmaßnahme  

- Manager
- Übersicht
- anlegen

Personen-Manager  

- Übersicht
- natürliche Person anlegen
- juristische Person anlegen

Medien-Manager  

- Übersicht
- Medium anlegen

Ursachen-Manager

### Medium anlegen

Stammdaten | Zuordnung

Immobilie:

Quellenangabe:

Bezeichnung:

Beschreibung:

Medientyp:

Datei:

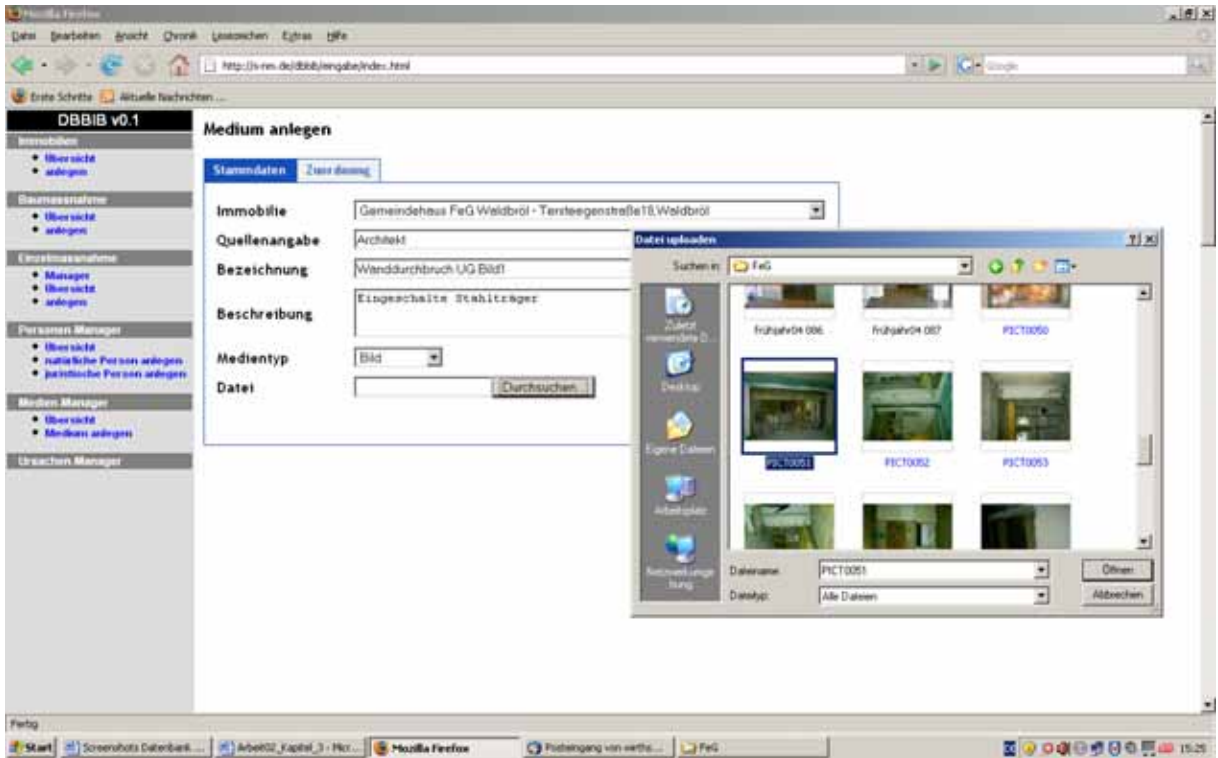


Abbildung 6-29- Das Medium wird von einer anzugebenden Quelle in die Datenbank geladen



Abbildung 6-30 - Durch Anklicken in einer Auswahlliste erfolgt die Zuordnung zu einer Baumaßnahme oder Einzelmaßnahme...



Abbildung 6-31 ... sowie ( falls gewünscht ) zu beteiligten Personen

**DBBIB v0.1**

**Immobilien**

- ◆ Übersicht
- ◆ anlegen

**Baumassnahme**

- ◆ Übersicht
- ◆ anlegen

**Einzelmassnahme**

- ◆ Manager
- ◆ Übersicht
- ◆ anlegen

**Personen-Manager**

- ◆ Übersicht
- ◆ natürliche Person anlegen
- ◆ juristische Person anlegen

**Medien-Manager**

- ◆ Übersicht
- ◆ Medium anlegen

**Ursachen-Manager**

### Medium anlegen

Stammdaten
Zuordnung

Immobilie

Quellenangabe

Bezeichnung

Beschreibung

Medientyp

Datei

Abbildung 6-32 - Das zugeordnete Medium wird abgespeichert

Auf der Seite der Suche sind verschiedene Wege zum Erlangen der gewünschten Information geplant. Unten abgebildet ist die Volltextsuche. Vergleichbar mit einer Suchmaschine im Internet, werden hier die Datensätze nach eingegebenen Stichworten durchsucht. Man erhält einen Link, unter dem man weitere Informationen abrufen kann.

Suche in:  Immobilien,  Baumassnahmen,  Personen,  Juristische Personen

[Erweiterte Suche](#)

Abbildung 6-33 - Suchanfrage

Suche in:  Immobilien,  Baumassnahmen,  Personen,  Juristische Personen

immobilie: [Gemeindehaus FeG Waldbröl](#)

Beschreibung: Gebäude mit UG, EG und DG beinhaltet verschiedene Gruppenräume und Küche im UG, Gottesdienstraum im EG, Strasse: Tersteegenstraße,

---

baumassnahme: [Umstrukturierung des Untergeschosses](#)

Beschreibung: Optimierung der Erschließung (rollstuhlgerecht) Zusätzlicher Gruppenraum Umbau der Küche Einbau eines Aufzuges kleines Budget, Strasse: Tersteegenstraße

Abbildung 6-34 - Suchergebnis mit Link für weitere Informationen

Eine gezielte Suche, unter Verwendung der in der Eingabe erstellten Strukturen, muss noch implementiert werden. Dann ist es beispielsweise auch möglich, mit einigen „Klicks“ alle Einzelmaßnahmen der Kategorie Tragwerk bei denen Biegeträger geändert wurden anzuzeigen.

Der Verfasser ist sich bewusst, dass das hier dargelegte Konzept einer Datenbank noch weit von einem fertigen Datenbankprodukt entfernt ist. Jedoch hat die Entwicklung dieses Prototyps zahlreiche Erkenntnisse für eine Überarbeitung, welche in der Entwicklung des oben beschriebenen rechnergestützten Hilfswerkzeuges münden könnte, geliefert.

Einen bedeutenden Punkt nimmt hier die Sprache ein.

Dies betrifft z.B. die Kommunikation der an der Entwicklung beteiligten Personen untereinander. In dem Fall des hier entwickelten Konzeptes war die Kommunikation sehr gut, bei einem größeren Entwicklerteam, welches auch als notwendig angesehen wird, wird die Abstimmung der Beteiligten untereinander zwangsläufig schwieriger. Ein Entwicklerteam für die angestrebte Datenbank wird aus Fachleuten verschiedener Disziplinen bestehen. Hier muss eine gemeinsame Sprache gefunden werden. Dies ist schon allein durch die Unschärfe von „Fachbegriffen“ in der Architektur ein beachtliches Problem. Begriffe wie Gebäudeart, Gebäudetyp, Bauart, Bautyp, Bauweise und viele weitere haben für Architekten teils gleiche, teils unterschiedliche Bedeutung.

Regionale Sprachgewohnheiten entscheiden, ob ein Haus einen Drempel oder einen Kniestock hat. Eine Übersetzungshilfe verschiedener Bezeichnungen in der Architektur, auch der Tragwerklehre, wäre bereits eine lohnende Forschungsaufgabe für eine aus Architekten und Sprachwissenschaftlern zusammengesetzte Forschergruppe.

Bei der Verwendung von Fachbegriffen sollten daher, unter Beachtung der Nutzerfreundlichkeit, Erklärungen zu den Begriffen (z.B durch pull-down Menüs) mitgeliefert werden.

Ein weiterer Punkt ist der Aufwand des Akquirierens von Daten. Hier sei auf die Ende 6.2.2 formulierten Vorschläge verwiesen. .

### 6.3 Weitere Bausteine eines rechnergestützten Werkzeuges

Ähnlich der Forderung Thurows nach der Verwaltung aller Daten in einer Softwarelösung (vgl. *Thurow 2004, S. 39ff.*), von der Adresse des Objektes bis zu den Geometriedaten etc., ließen sich die zuvor erläuterte Datenbank wie auch die weiter unten folgenden Anregungen als einzelne Programmbausteine in eine Software integrieren, unter gemeinsamer Nutzung der Stammdaten sowie dem Datenaustausch zwischen den verschiedenen Bausteinen. Diese Bausteine werden nachfolgend als Modul bezeichnet. Die Verwaltung und übergeordnete Koordinierung der Module wird als „Projektverwaltung“ bezeichnet. Die erfassten Daten stehen über die Projektverwaltung allen anderen Modulen zur Verfügung. In der Projektverwaltung werden also nicht nur die üblichen Daten wie Adresse des Objektes, Flurbezeichnung, Eigentümer, Planverfasser, etc. mitgeführt.

Parameter wie Volumen und Flächen, verwendete Baustoffe, Konstruktionsweise, Alter, bisherige Nutzung, Erhaltungszustand, evtl. Funktionsmängel, materieller und immaterieller Wert, Grundstück und Umgebung, planungsrechtliche Bindungen, Grundrissorganisation, äußere Erschließung, Ausstattung, evtl. geplante Nutzung sollten in der Projektverwaltung zusammenfließen und den einzelnen Modulen als Daten zur Verfügung stehen. Umgekehrt werden Daten, die durch den Einsatz der Module erst erhoben werden, an die Projektverwaltung gemeldet.

Für die Vorhaltung der Daten in der Projektverwaltung erscheint eine Verknüpfung von Geometriedaten und weiteren Informationen, wie dies in Geoinformationssystemen (GIS) oder Computer Aided Facility Management (CAFM) Systemen erfolgt, sinnvoll.

Die erfassten Daten sollten die Projektverwaltung in die Lage versetzen, fallbezogen „Leitfäden“ für das weitere Vorgehen zu erstellen.

Mit jedem neu aufgenommenen Datensatz werden die „Leitfäden“ überprüft und gegebenenfalls verändert.

Diese „Leitfäden“ enthalten Hinweise für zu erwartende Schwächen und Stärken der Baukonstruktion, Empfehlungen für Art und Umfang des Einsatzes der Module, geben einen Überblick der zu beteiligenden Behörden oder Fachleute, verweisen an Beispiele ähnlicher Bauten oder Nutzungen.

Daten aus der Erfassung der Geometrie stehen beispielsweise anderen Modulen, die mit Geometriedaten umgehen müssen (z.B. Kostenermittlung, Bauantragsverfahren), zur Verfügung.

Theoretisch lassen sich die unterschiedlichsten Softwarelösungen, die ein Architekt auch teilweise jetzt schon benutzt (Erstellung der Bauantragsformulare, Zeiterfassung, Rechnungswesen,...) unter dem Dach der „Projektverwaltung“ zusammenführen, mit dem Vorteil, doppelte Dateneingaben zu vermeiden.

Das Szenario der hier dargestellten Softwarelösung, ein Programm mit allem, was der Planer von Baumaßnahmen im Bestand benötigt, ist sicherlich ein Stück Utopie. Diese lässt sich jedoch schrittweise verwirklichen. Die einzelnen Module stellen, auch für sich alleine, bereits Hilfen in verschiedenen Teilbereichen dar. Die nachfolgenden Gliederungspunkte enthalten Anregungen für verschiedene Module.



### 6.3.1 Anregungen auf der Basis von Datenbanksystemen

#### 6.3.1.1 Historische Entwicklung von Einheiten, Baustoffbezeichnungen, Bauvorschriften und Normen

Bezeichnung	um <b>1900</b>	<b>1928</b>	<b>1937</b> <b>1943</b> DIN1044	<b>1961</b>
Schneelast	Ps	Ps	S	S
Windflächenlast	P, Wo	Wo	W	W
Spannung	k	$\sigma, k$	$\sigma$	$\sigma$
Sicherheitsbeiwert	n, s	$\gamma, s$	$\gamma$	$\gamma$
Stützhöhe	l	l	h	h
Durchbiegung	$\delta$	$\delta$	f	f
Querkraft	V	Q	Q	Q
Torsion	D	D	t	t
Besondere Zeichen im Stahlbau				
Werkstoffdicke	$\delta$	$\delta$	d	t
Scherspannung	ks	$\tau s$	$\tau$	$\tau a$
Leibungsspannung	kl	$\tau l$	$\sigma l$	$\sigma l$
Besondere Zeichen im Stahlbetonbau				
Gesamthöhe der Plattenbalken	h	do	do	do
Größte Höhe bei Rechteckquerschnitten	h	d	d	d
Abstand des Schwerpunktes der Zugbewehrung vom gedrückten Rand (Nutzhöhe)	h-a	h	h	h
Stegbreite bei Plattenbalken	b1	bo	bo	bo
Querschnittsfläche der Zugbewehrung	fe	Fe	Fe	Fe
Querschnittsfläche der Bewehrung je Breiten-einheit	fe	fe	fe	fe
Haftspannung	$\tau u$	$\tau l$	$\tau l$	$\tau l$

Abbildung 6-35 Zeichen der Statik und Festigkeitsberechnung (nach DIN 1350, 1080, 1044 Stahlbeton) (Q.:Bargmann2001, S.4)

Die Kenntnis über den Stand der Technik zur Zeit der Erstellung eines Gebäudes ist hilfreich für das Erfassen und Bewerten eines alten Gebäudes. Bei der

Auswertung von Altakten sind oft Abkürzungen oder Bezeichnungen von Einheiten zu finden, die heute nicht mehr gebräuchlich sind.

In einer Datenbank könnte hinterlegt sein, wann, wo welche Bauvorschriften (Norm, Baupolizeiliche Vorschriften, Bauordnungen etc.) Gültigkeit hatten.

Ebenso wann welche Einheitsbezeichnung für welchen Zweck gebräuchlich war und welcher Bezeichnung dies heute entspricht.

Das Erschließen der Daten muss über verschiedene Wege möglich sein, beispielsweise über das Material, über eine Zeitspanne oder über eine, dem Nutzer bekannte, Norm, Einheit etc.

Zur Schaffung einer solchen Datenbank sind Unmengen an Quellen zu überprüfen. Für eine erste Forschungsarbeit kann man sich daher möglicherweise auf einen Baustoff oder eine begrenzte Zeitspanne beschränken.

### **6.3.1.2 Bautechnische Merkmale typischer Bauteile**

In den bedeutenden Standardwerken *Ahnert/Krause2000*, *Ahnert/Krause2001*, *Ahnert/Krause2002* werden die typischen Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 in Form von Detailzeichnungen, textlicher Beschreibung und den jeweils maßgeblichen Bauvorschriften behandelt (weitere Quellen: *Bargmann2001*, *Schmitt1967*).

Eine hilfreiche Ergänzung eines solchen Werkes bestünde ebenfalls in der Verwaltung der typischen Details in einer Datenbank. Verknüpfungen von Zeichnungen und realen Bildern könnten Architekten die Identifikation der auf der Baustelle vorgefundenen Situation erleichtern.

Von besonderem Interesse wäre eine Verknüpfung der Standarddetails mit bautechnischen Angaben:

- Angaben zum Eigengewicht des dargestellten Details, zur überschläglichen Lastermittlung und zur Einschätzung möglicher Tragreserven bei gezielter Entlastung der bestehenden Konstruktion (z. B. Entfernen von Schlackeschüttungen in einer Decke).

- Angaben zum Luft- und Trittschalldämmmaß der Konstruktion zur Einschätzung des Schallschutzes, auch hier wird die Masse der Konstruktion benötigt.
- Angaben von u-Werten für den Wärmeschutz(vgl. Ladener1997,S.32ff.)

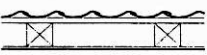

Bauteil / schematischer Aufbau	Ursprüngliche Konstruktion Beschreibung	k-Wert alt <sup>1)</sup>
<b>Außenwand</b> 	25, 38 oder 51 cm Vollziegelmauerwerk, außen Ziegelornamentik oder Stuck	1,35 - 2,10
<b>Kellerdecke</b> 	preußische Kappendecke, gemauert, mit Sandschüttung, oberseitig Dielung schiefe Kappendecke aus Ortbeton mit Sandschüttung, oberseitig Dielung	1,07 1,07
<b>Dachschräge</b> 	Schalung mit Putz auf Putzträger	1,80 - 2,95
<b>oberste Geschoßdecke</b> 	Holz balkendecke mit Blindboden und Lehmschlag, unterseitig Putz auf Schilfrohrträger, oberseitig Dielung	0,95
<b>Fenster</b> 	Sprossenfenster aus Holz, Einfachverglasung	5,20

Abbildung 6-36 - Grobe Einschätzung der Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen in Mehrfamilienhäusern vor 1918 (Q.: Ladener1997, S.35)

- Angaben über das Brandverhalten, bzw. die Feuerwiderstandsfähigkeit der Konstruktion.

Partiell sind diese Daten in der Literatur vorhanden, das Zusammenführen in einer Datenbank, kombiniert mit einer Hilfe, die den Nutzer dabei unterstützt, herauszufinden, welche Konstruktion überhaupt vorliegt (z.B. vergleichende Bilder, sukzessives Herausfiltern der Konstruktion über alle dem Nutzer bekannte Daten wie Bauzeit, Material, Bauteilbezeichnung), würde eine Erleichterung des Planungsprozesses im Bestand bedeuten. Verbunden mit solchen Programmfunktionen stellt die oben beschriebene Datenbank bereits ein Expertensystem dar.

## 6.3.2 Anregungen auf der Basis von Expertensystemen

### 6.3.2.1 Was sind Expertensysteme?

„Expertensysteme sind Programme, mit denen das Spezialwissen und die Schlussfolgerungsfähigkeit qualifizierter Fachleute auf eng begrenzten Aufgabengebieten nachgebildet werden soll.“ (Puppe1988, S.2). Mit diesem, heute noch geltenden und für die Informationstechnologie schon recht alten, Statement von Frank Puppe wird erkennbar, dass Expertensysteme keine neue Erfindung sind. Sie sind als ein Teil der Forschung auf dem Gebiet der Entwicklung künstlicher Intelligenz (KI) zu betrachten.

Während man in den 1960er Jahre noch versuchte einen „allgemeinen Problemlöser“ (general problem solver) zu entwickeln, geriet nach dem Scheitern dieses Vorhabens die Entwicklung von Expertensystemen in den Blickpunkt des Forschungsfeldes künstliche Intelligenz. Viele Erwartungen und Befürchtungen wurden auch auf diesem Gebiet nicht erfüllt. Das Ersetzen von menschlichen Experten war nicht realisierbar. Der Einsatz als unterstützendes Werkzeug wurde jedoch verwirklicht. Expertensysteme stützen sich in der Regel auf Wissensansammlungen, meist in Form von Datenbanken. Expertensysteme sind daher, wie die Robotik, die Bild- und Sprachverarbeitung, „wissensbasierte Systeme“ (vgl. Haun2000, S.31).

Haun2000 sieht die Stärke von Expertensystemen gegenüber konventionellen EDV-Lösungen auf Gebieten, bei denen mindestens zwei der folgenden Bedingungen eintreffen:

- *„Es wird eine Erklärung des Lösungsweges verlangt*
- *Die zu lösende Aufgabe ist nicht einfach als Algorithmus darstellbar, vielmehr werden während der Problemlösung Annahmen getroffen, die im weiteren Verlauf eventuell wieder verworfen werden (Lösungen lassen sich nicht berechnen, sondern werden durch einen Suchvorgang ermittelt).*
- *Die verarbeitete Information und das verarbeitende Wissen sind mit Unsicherheiten behaftet.*
- *Abstrakte Formen der Wissensaufschreibung sind notwendig, damit die Experten eines Fachgebietes als Nicht-Programmierer die Wissensbasis erstellen und warten können.“ (Haun2000, CD Handbuch Entwicklungsumgebung für Expertensysteme „Experticus“, S.11).*

Hier sind auch Felder benannt, die durchaus Prozessen des architektonischen Entwurfs entsprechen. Bereits 1990 wurden auf dem Symposium „KI -Forschung

im Baubereich“ der Universität Karlsruhe erste Ansätze auf diesem Gebiet vorgestellt (vgl. *Gauchel1990*).

Die weiter unten dargestellten Ideen gehen allerdings nicht in diese Richtung. Boersch/Heinsohn/Socher2007 beschreiben die Grenzen von Expertensystemen. Sie liegen darin,

- dass Expertensysteme auf ein Wissensgebiet begrenzt werden müssen, die Grenzen vom Rechner, im Gegensatz zum Menschen, jedoch nicht wahrgenommen werden können,
- dass menschliche Experten neben dem Fachwissen auch Allgemeinwissen zur Problemlösung heranziehen und dieses dem Expertensystem nicht vorliegt,
- dass das Abbilden des Wissens menschlicher Experten in Rechnern mit Schwierigkeiten behaftet sein kann, da dieses Wissen oft unterbewusst vorliegt und schlecht formuliert werden kann (vgl. *Boersch/Heinsohn/Socher2007, S.10*).

Im Vergleich zur Unterstützung komplizierter Abläufe wie dem Entwurfsprozess, handelt es sich bei den nachfolgenden Anregungen um relativ einfache Zusammenhänge. Es werden (bis auf 6.3.2.5) Unterstützungen in Diagnoseprozessen formuliert. Wie in den vorangegangenen Beschreibungen einzelner Bausteine für ein rechnergestütztes Werkzeug, handelt es sich um Anregungen aus Sicht des Anwenders ohne Hinweise auf programmiertechnische Umsetzung.

### **6.3.2.2 Ermittlung von Eigenschaften historischer Stahlprofile**

Für die Bewertung der Tragfähigkeit einer Decke mit Stahlträgern müssen die Abmessungen des Trägerprofils ermittelt werden.

Durch den Einbau in der Deckenkonstruktion ist die Erfassung der Geometrie des Stahlträgers jedoch mit Zerstörung der Bausubstanz verbunden. Den unteren Flansch freizulegen, ist dagegen meist nicht aufwendig. Somit lassen sich Flanscbreite und Flanschdicke (evtl. mit Ultraschall) messen.

Höhe	Flanschbreite	Stegstärke	Flanschstärke	Querschnittsfläche	Metergewicht	$I_x$	$W_x$	$I_y$	Hersteller	Quelle
$h$ mm	$b$ mm	$d$ mm	$t$ mm	$A$ cm <sup>2</sup>	$g$ kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>		
<b>73</b>	89	10	10	23,1	18,0	190	52,0	101	DK; U	[138] 1905
73	92	13	10	25,2	19,8	200	54,7	112	DK	[138] 1905
<b>74</b>	94	13	12,5	29,5	22,7	-	64,3	-	P	[95] 1875
<b>75</b>	65	10	8	16,0	11,9	-	42,0	-	HV	[95] 1875
75,5	68,5	11	14	25,9	20,0	-	56,0	-	RE	[95] 1875
75,5	85	9	10	23,3	18,0	-	55,7	-	P	[95] 1875
<b>76</b>	76	4,6	8	15,0	11,8	150	39,3	50,0	B; Hy	[138] 1905
76	76	5	8	15,2	11,9	151	39,7	50,4	DK	[138] 1905

Abbildung 6-37 Ausschnitt einer Tabelle historischer I - Profile (Q.:Ahnert/Krause2002, CD)

Stahlprofile wurden nahezu seit dem Beginn ihrer Produktion genormt. Die Profile unterschieden sich zwar oft von Stahlwerk zu Stahlwerk, dennoch kann man feststellen, dass sowohl die geometrischen als auch die daraus resultierenden statischen Kennwerte gut dokumentiert sind. Gute Quellen sind *Bargmann2001* und *Krause/Ahnert2002*.

Diese Informationen lassen sich gut in einer Datenbank abbilden. Weitere Informationen - über den Aufbau typischer Baukonstruktionen zu einem bestimmten Zeitraum in einer bestimmten Region - lassen sich ebenso in einer Datenbank festhalten.

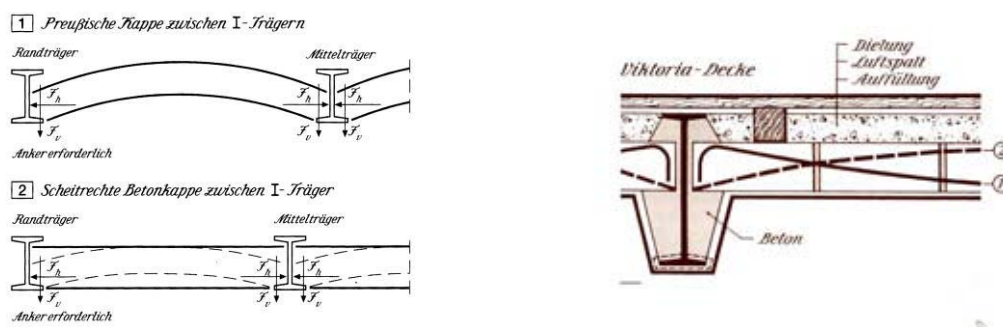


Abbildung 6-38 - Kappendecke (Q.:Krause/Ahnert2001, S. 48)  
Abbildung 6-39 - Viktoriadecke (Q.: Ahnert/Krause2001, S. 78)

Auf Basis dieses Wissens kann ein Expertensystem, unter Angabe zerstörungsarm zu ermittelnder Informationen wie Flanschbreite und Flanschstärke und zusätzlichen Hinweisen wie Baujahr, Bauort oder Beschreibung der sichtbaren Bestandteile der Deckenkonstruktion, das vorliegende Stahlprofil mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmen. Falls keine eindeutige Festlegung auf

ein Stahlprofil möglich ist, reicht es für eine erste, überschlägliche Bewertung aus, das statisch ungünstigste Profil einer Auswahlliste anzunehmen.

Mit dem gleichen Expertensystem kann man das ungefähre Herstellungsdatum eines Stahlträgers, bei genauer Angabe der Geometrie, ermitteln.

### 6.3.2.3 Rechnergestütztes Diagnosesystem Holzschädlinge

Auf dem Gebiet der Holzschäden durch Pilzbefall ist es besonders wichtig, den Schädling genau zu bestimmen, da die Wahl der Sanierungsmethode stark davon abhängt.

Diagnosesysteme für Bauschäden wurden bereits entwickelt.

In einer Kooperation der Technischen Universität Hamburg-Harburg, dem Raymond Lemaire Center for Conservation der K.U. Leuven und dem TNO Building and Construction Research, Delft wurde 1998 ein Expertensystem zur Beurteilung von Schäden an historischen Ziegelmauerwerksbauten entwickelt.

In *Franke/Schumann 1998* ist die Wissensbasis (Schadensatlas), auf die sich das Expertensystem stützt, veröffentlicht.

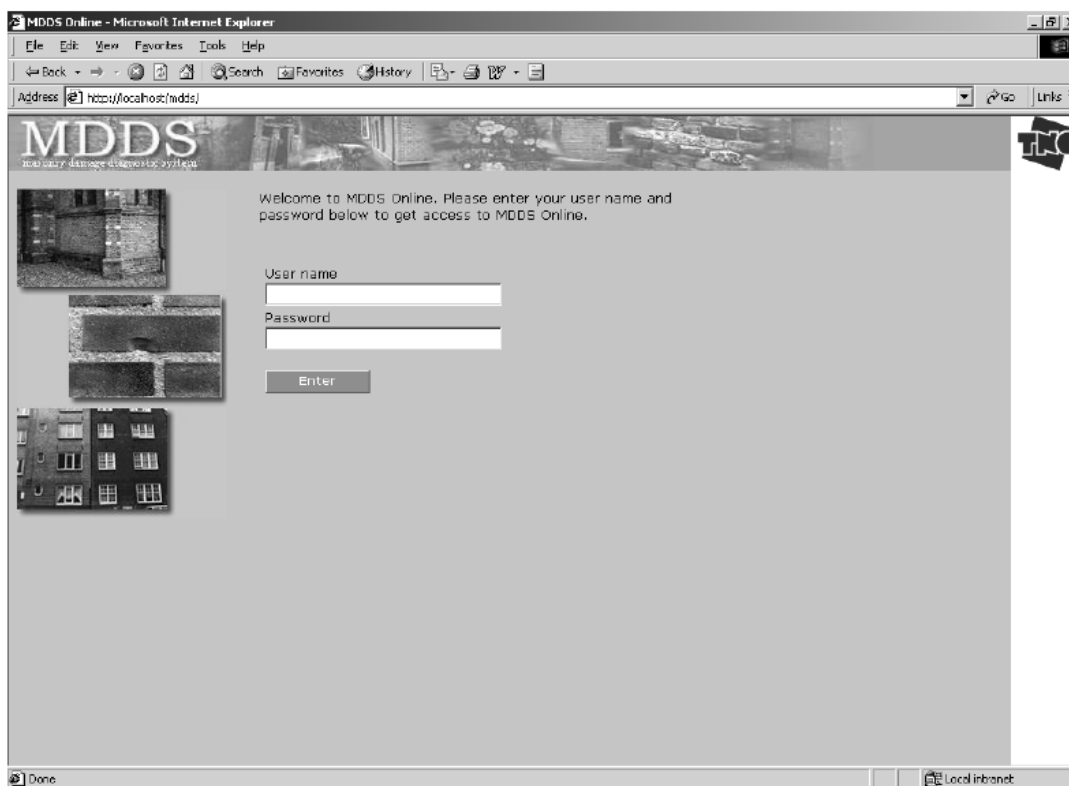


Abbildung 6-40 - Eingabemaske Masonry Damage Diagnostic System (Q.: [http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20\\_van%20Balen\\_.pdf](http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20_van%20Balen_.pdf), 29.01.'08)

In einem Artikel des Projektkoordinators am Raymond Lemaire Center for Conservation, Prof. dr. ir. arch. Koenraad van Balen, wird die Entwicklung des Masonry Damage Diagnostic System beschrieben (vgl.

[http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20\\_van%20Balen\\_.pdf](http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20_van%20Balen_.pdf), 29.01.'08).

Ein freier Zugang zu diesem Diagnosesystem besteht nicht, daher kann hier über die Nutzerfreundlichkeit des Systems keine Aussage getroffen werden.

An dieser Stelle wird der Vorschlag für die Entwicklung eines Expertensystems für die Bestimmung von holzschädigenden Pilzen gemacht.

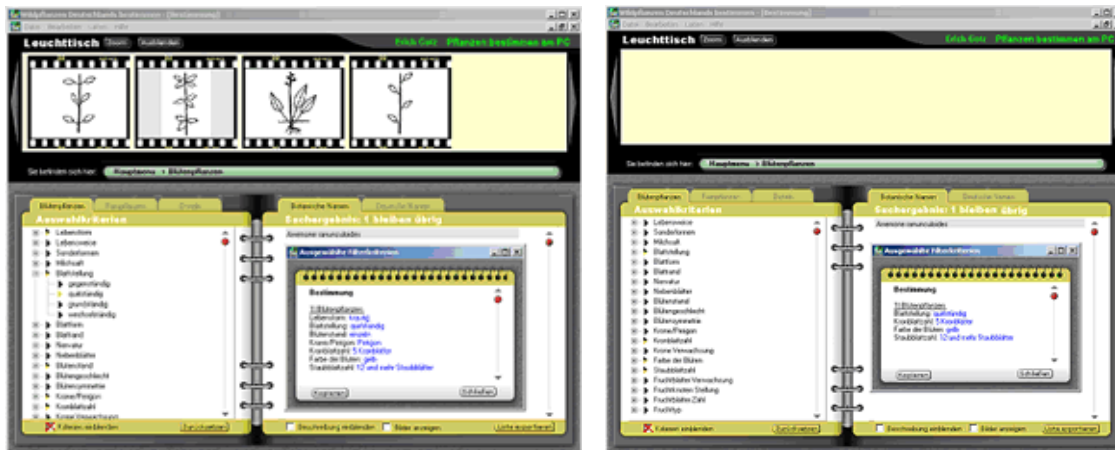
Ein solches Expertensystem eignet sich in den Augen des Verfassers sehr gut dafür, dem Nutzer eine gewisse Sicherheit für eine schon vorher gehegte Vermutung zu geben.

Hier sei auf die Beschreibung der Untersuchung des Beispiels in 3.5.6.9 verwiesen.

Zunächst wurden Informationen eingeholt (Literatur), um ein erstes Meinungsbild zu erstellen. Mit einer begründeten Vermutung wurde das Gespräch mit einem Experten gesucht. Danach erst wurde die Diagnose Befall mit „Echter Hausschwamm“ gestellt.

Eine Softwarelösung ist in der Lage, diese beiden Schritte zu unterstützen. Allgemeine Informationen können in einer Datenbank hinterlegt werden. Eine sukzessive Diagnose durch Beschreibung des Schadensbildes sowie der festgestellten Randbedingungen kann sich anschließen. Eine Vorgehensweise wie in einem Pflanzenbestimmungsprogramm erscheint sinnvoll, ein kommerzielles Produkt der Firma Ulmer ist nachfolgend kurz erläutert. Die Angaben sind dem Internetauftritt der Firma entnommen.





**Abbildung 6-41 - Software zur Pflanzenbestimmung**  
 (Q.:<http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTEwMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0>, 01.02.2008)

Anhand der Auswahl von Bildern und in einem Dialog wird die Suche konkretisiert. Jede zusätzliche Information schränkt die Zahl der verbleibenden Möglichkeiten ein.

Die Herangehensweise scheint auf die Diagnose von Pilzschäden übertragbar zu sein. Auch ist die Möglichkeit, sich einem Problem auf verschiedene Weise, aufgrund unterschiedlicher Vorbildung des Nutzers, zu nähern, wichtig.

„- Mit der Schnell-Suche können Sie arbeiten, wenn Sie bereits sicher sind, zu welcher Gruppe die gesuchte Pflanze gehört.

- Bei der Profi-Suche steigen Sie auf der Ebene der Familie oder der Gattung ein.

- Bei der Direkt-Suche geben Sie den vermuteten Pflanzennamen ein und erhalten gleich Artbeschreibung und Foto.“ (vgl.

<http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTEwMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0>, 01.02.2008).

Als Wissensbasis für ein Expertensystem zur Bestimmung von Schäden durch Pilze bieten sich zahlreiche Veröffentlichungen in der Fachliteratur an (Weiß/Wagenführ/Kruse2000, Kempe1999, Erler1993...).

Eine Ausweitung des Expertensystems auf weitere Holzschädlinge ist denkbar.

### 6.3.2.4 Schadstoffe

	E	explosionsgefährlich
	F+	hochentzündlich
	F	leichtentzündlich
	O	brandfördernd
	T+	sehr giftig
	T	giftig
	Xn	gesundheitsschädlich
	C	ätzend
	Xi	reizend
	N	umweltgefährlich

**Abbildung 6-42 - Gefahrensymbole (Q.: T. Wackermann)**

Die Kontaminierung von Gebäuden oder Bauteilen mit Schadstoffen hat selbstverständlich großen Einfluss auf Planungs- und Bauprozesse von Bestandsimmobilien. Je nach Aufwand einer notwendigen Sanierung sind Schadstoffbelastungen Ursache für die Aufgabe eines Gebäudes.

In einer Datenbank könnte hinterlegt sein, in welchem Zeitraum ein Schadstoff verbaut worden ist, welche typischen Anwendungsbereiche es gibt ,ergänzt mit Darstellungen in Bild und Zeichnung, welches Gefahrenpotential vorliegt, gesetzliche Vorschriften, Erläuterungen von Schadstoffklassifizierungen, Hinweise auf Sanierungsmethoden sowie Kosten von Sanierungen.

Datenbanken zu Schadstoffen gibt es natürlich schon (beispielsweise das Gefahrenstoff-Informationssystem [GISBAU] der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft).

Jedoch ist die Ausgabe der Daten hier meist an den Schadstoff gekoppelt. Wenn der Nutzer weiß, um welchen Schadstoff es sich handelt und diesen eingibt, erhält er Informationen über das Gefahrenpotential, Vorschriften zur Sanierung etc..

Dies ist wenig architekturengerecht.

Um Architekten eine erste Einschätzung über die Wahrscheinlichkeit einer Schadstoffbelastung zu erleichtern, erscheint ein Expertensystem, welches nach Beschreibung der Bestandsimmobilie Hinweise auf mögliche Belastung mit Schadstoffen gibt, als sinnvoll. Es handelt sich dabei im Grunde wie im vorangegangenen Kapitel um ein Diagnosesystem.

Eine schrittweise Eingrenzung möglicher Schadstoffe ist vorstellbar. Auch darf der Weg zur Information nicht starr vorgeschrieben werden.

Möglicherweise ist die Bauzeit bekannt.

Die Angabe der Bauzeit ergibt eine Ausgabe der zu dieser Zeit verwendeten Schadstoffe.

Ist die Konstruktionsweise bekannt, kann hiermit die erste Auswahl von Möglichkeiten eingeschränkt werden.

Gegebenenfalls will sich ein Nutzer des Systems jedoch nur über Schadstoffe informieren, die mit einem Produkt, z.B. „Fliesenkleber“ in Verbindung gebracht werden können, dann sollte auch hierüber eine Anfrage an das System machbar sein.

#### **6.3.2.5 Entwicklung rechnergestützter Bewertungsschemata von Tragwerken**

In 4.2.6 wurde bereits auf Checklisten und Schemata zur Unterstützung der Bewertung von Tragwerken hingewiesen. Die Praktikabilität solcher Schemata, welche das Medium Papier nutzen, hängt von dem Zweck der Schemata ab. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass kompakte Abläufe oft sehr allgemein gehalten werden müssen, detaillierte Checklisten sich dagegen über etliche Seiten erstrecken.

Geht es nur darum, in Form einer Checkliste einzelne Bewertungsschritte abzuarbeiten und die Liste dient nur dazu nichts zu vergessen, hat das Medium Papier viele Vorteile.

Es kostet (fast) nichts und lässt sich überall mit hinnehmen. Ist eine solche Liste übersichtlich erstellt, lassen sich auch detaillierte Listen zügig abarbeiten, da unnötige Hinweise schnell überflogen werden können.

Auch zum Festhalten von Notizen und Skizzen vor Ort ist Papier noch das Medium der ersten Wahl.

Wird es erforderlich die Skizzen oder Notizen zu Dokumentationszwecken oder Gutachten weiter zu bearbeiten, kommt es zu mehrfacher Dateneingabe oder möglicherweise sogar zu Datenverlusten, weil die Ortsbegehung und die Arbeiten im Büro eventuell nicht von der gleichen Person durchgeführt werden.

Rechnergestützte Bewertungsschemata könnten in zweierlei Hinsicht zu Verbesserungen des Bewertungsablaufes führen. Eine Softwarelösung kann auf erste Dateneingaben reagieren und dadurch unnötige Punkte oder Fragestellungen vermeiden, dafür aber gezielte Hinweise geben.

Bei einem Bauteil aus Stahlbeton, sind Hinweise zu möglichen Schäden durch Holzschädlinge überflüssig, statt dessen könnte aber die Führung der Bewehrung von großem Interesse sein.

Es empfiehlt sich auch hier eine Herangehensweise vom Allgemeinen zum Detail. Soll beispielsweise die Tragfähigkeit einer Decke untersucht werden, besteht ja die Möglichkeit, dass Aufbau und Material des Bauteils dem Nutzer nicht bekannt sind. In diesem Fall sind zunächst Vorschläge, wie diese Eigenschaften des Bauteils ermittelt werden können, hilfreich.

Die so ermittelten Daten werden für eine detaillierte Untersuchungsstufe herangezogen. Dieser Vorgang könnte sich mehrfach wiederholen bis genügend Informationen ermittelt sind um eine Aussage zur Tragfähigkeit machen zu können. Hier gilt jedoch auch, dass die Abkürzung eines Bewertungsvorgangs jederzeit möglich sein muss, wenn das Wissen des Nutzers dies ermöglicht. Falls einem Nutzer beispielsweise der Aufbau einer scheinbaren Kappendecke durch anderweitige Informationen bekannt ist er und nur noch den Abstand der Träger untereinander notieren möchte, sind selbst gute Hinweise, wie man den Aufbau der Konstruktion herausfindet, überflüssig.

Sind die Daten bereits vor Ort mit einem Rechner erfasst, dies ist der zweite Gesichtspunkt, kann die Weiterverarbeitung der Daten automatisiert werden. Allerdings ist nicht nur die Software für die Funktionalität eines rechnergestützten Bewertungsschemas verantwortlich. Auch auf der Seite der Hardware sind sicherlich noch Verbesserungen erforderlich.

Die Datenerfassung bei Ortsbegehung mit einem herkömmlichen Laptop erscheint wenig praktikabel. Die Eingabe von Skizzen (vgl. tablet-PC), Digitalfotos und Sprachaufzeichnungen sollte möglichst mit einem handlichen Gerät erfolgen.

#### **6.4 Zusammenfassung**

Zu Beginn der Arbeit wurde die besondere Verknüpfung von Architektur und Tragwerk thematisiert. Bei Baumaßnahmen im Bestand ist das Tragwerk einer der wichtigsten Parameter, um die wirtschaftliche Durchführbarkeit einer Umbaumaßnahme zu erörtern.

Grundlage des gesamten Planungsprozesses ist die Erfassung des Bestandes. Der Architekt hat das Gebäude in seiner, von vielen Parametern bestimmten, Gesamtheit zu erfassen (geometrische, architektonische, geschichtliche, kulturelle, technische, soziale Parameter).

Die in dieser Arbeit behandelte architekturengerechte, geometrische und qualitative Erfassung des Tragwerks ermöglicht Architekten, Grundlagen für Entwurfsprozesse, die das Tragwerk berühren, selbst zu erarbeiten.

Von der Analyse und Verwertung von Bestandsunterlagen bis zur Erfassung vor Ort wird eine große Zahl von Methoden und Messinstrumenten anhand durchgeführter Projekte beschrieben. Die Wahl der Methode ist abhängig von den finanziellen Möglichkeiten des Architekten und der jeweiligen Planungsaufgabe.

Eine rechnerunterstützte Auswahl der Methode sowie eine Begleitung des Aufnahmeprozesses zur Minimierung von Fehldaten erscheint sinnvoll.

Das CAD unterstützte Tachymeter hat sich als universelles Werkzeug auch für Architekten bewährt; aufgrund der Kosten erfährt das Gerät eine geringere Verbreitung in Architekturbüros. Ein Vorschlag für ein günstiges Längen und Winkel messendes Gerät wird formuliert.

Die Bandbreite der Methoden zur qualitativen Erfassung des Tragwerkes ist noch größer als bei der geometrischen Erfassung. Anhand von durchgeführten Beispielprojekten wird belegt, dass sich viele Methoden als architekturengerecht

erweisen. Eine Unterstützung durch Vorhaltung von Expertenwissen in einer Datenbank hilft, die große Zahl der Untersuchungsmethoden sinnvoll und den geltenden technischen Vorschriften entsprechend einzusetzen.

Hohe Gerätekosten und Einsatz von Labortechnik begrenzt die für Architekten tauglichen Verfahren, ein Mitwirken an solchen Verfahren ist Architekten jedoch möglich.

Die Stärken von Architekten, welche stets als Mittler zwischen den verschiedenen am Bau beteiligten Fachdisziplinen tätig waren, liegen bei der Forschung auf dem Gebiet der qualitativen Erfassung in interdisziplinären Lösungsansätzen. Das Potential, welches durch den kreativen Umgang mit dem Wissen benachbarter Wissenszweige erschlossen werden kann, erscheint vielversprechend.

Als Bausteine zur Fortentwicklung der architekturengerechten Erfassung von Tragwerken, wird die Entzerrung von Baustellenfotos und die Kombination von Einbildentzerrung und Thermografie vorgestellt.

Ein behutsamer Umgang mit der Bausubstanz, insbesondere dem Tragwerk, verringert die Notwendigkeit oben angesprochener aufwendiger Laboruntersuchungen in den frühen Planungsphasen eines Entwurfes.

Hierzu muss der Architekt jedoch in der Lage sein eine „planungsrelevante“ Bewertung des Tragwerks durchführen zu können, Risiken und Chancen, die das Tragwerk für den Entwurf bietet, zu erkennen.

Richtlinien für die Bewertung einzelner Tragelemente werden dargelegt und an Beispielen erläutert. Optimierungsverfahren für den Tragwerkentwurf stellen sich auch als geeignete Hilfe für die Bewertung vorhandener Tragwerke dar.

Statikprogramme, mit grafischer Eingabe und Anzeige der Schnittgrößen wie der Verformungen, sind vom Grundsatz ein architekturengerechtes Hilfsmittel für die Bewertung. Kosten-Nutzen Überlegungen und eine noch zu verbessernde Nutzeroberfläche lassen nur eine sehr geringe Verbreitung solcher Programme bei Architekten erwarten. Die Weiterentwicklung des an der RWTH Aachen entwickelten Programms ExtraCAD wäre, trotz leistungsfähigerer kommerzieller Anbieter auf dem Softwaremarkt, aus Sicht der Architektentauglichkeit zu begrüßen.

Die Planung von Ertüchtigungsmaßnahmen ist Teil des Entwurfsprozesses.

Prinzipien zur Ertüchtigung von Tragelementen aufgrund Lasterhöhung und dem

Entfernen von Tragelementen werden vertieft betrachtet. Beispiele durchgeführter Ertüchtigungsmaßnahmen runden das Bild der breitgefächerten Möglichkeiten der Tragwerksertüchtigung ab.

Die Unterstützung des in dieser Arbeit beschriebenen Prozesses mit rechnergestützten Werkzeugen wird an verschiedenen Stellen als Möglichkeit der Verbesserung des Prozessablaufes propagiert.

Der Charakter eines parallelen, iterativen Prozesses für die architekturengerechte Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes wird festgestellt. Der Entwurf eines Hilfswerkzeuges für den gesamten Prozess wird nur unter Berücksichtigung dieser Prozessstruktur als sinnvoll erachtet.

Das Erstellen einer Datenbank, welche durchgeführte Maßnahmen möglichst von der Erfassung bis zur Ertüchtigung dokumentiert, kommt dem in der Lehre an Architekturfakultäten verbreiteten Prinzip des Lernens an Beispielen entgegen. Die Navigation innerhalb der Datenbank muss je nach Nutzer unterschiedliche Wege zur Informationsbeschaffung ermöglichen. Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Ursachen der Prozesse innerhalb eines Projektes sollten erkennbar werden.

Vorbereitende Untersuchungen hinsichtlich möglicher Typologisierungen von Gebäuden, bezogen auf die Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken, hinsichtlich Verfahren zur Datenbeschaffung, werden durchgeführt. Das Konzept einer Datenbank für Baumaßnahmen im Bestand wird entwickelt und vorgestellt.

Weitere Module, die Grundwissen bereit stellen sowie Analyse und Entscheidungsprozesse unterstützen werden angeregt und können angeschlossen werden.

## **6.5 Schlussbemerkungen und Ausblick**

Architekten sollten den Mut aufbringen, ihr kreatives Potential in den frühen Planungsphasen auch auf ihnen weniger geläufige Fachdisziplinen auszudehnen, um Projekte mit „planungsrelevanter Sicherheit“ entwickeln zu können. Das Tragwerk als bedeutender Faktor bei der Auseinandersetzung mit unserer

gebauten Umwelt steht hier als Beispiel für weitere Fachdisziplinen am Bau. Die dargelegten Beispiele und die angerissenen Hilfswerkzeuge sollen zeigen, dass dies durchaus mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Die Bündelung von Erfassung, Bewertung und Planung der Ertüchtigung in einer Hand stellt für das Bauen im Bestand gewissermaßen ein Optimum dar.

Die für Planungsaufgaben im Bestand, in größerer Zahl als beim Neubau, vorhandenen Randbedingungen werden so ohne Datenverluste aufgenommen, verarbeitet und im Entwurf umgesetzt. Die damit gegebene höhere Datendichte gibt dem Entwerfer größere Planungssicherheit. Vor der Anzahl der Randbedingungen nicht zu kapitulieren und die Kreativität angesichts möglicher Einschränkungen nicht zu verlieren, bleibt eine Herausforderung an Entwerfer. Nach Einschätzung des Verfassers birgt das Bauen im Bestand für Architekten, wie für keine weitere Gruppe der am Bau Beteiligten, gerade die Chance, mit Hilfe der Kreativität aus dem Anforderungsprofil, welches dem bestehenden Gebäude eingeschrieben ist und dem, welches aus neuen Anforderungen erwächst, eine, den Aufgaben der Gegenwart entsprechende, Lösung zu schaffen.

Den gesamten, in dieser Arbeit beschriebenen, Ablauf, von der Erfassung bis zur Planung, durch einen Architekten bzw. ein Büro durchführen zu lassen wird, aufgrund kaum zu erwartender Datenverluste und der Minimierung von überflüssigen Datenerhebungen, als optimale Lösung erachtet, um ein Projekt in den frühen Planungsphasen zu entwickeln. Denkbar ist auch eine zweitbeste Lösung, die darin bestehen könnte, dass Architekten mit der Übernahme hier beschriebener Aufgaben die Vorarbeit für Kollegen zu übernehmen. Damit können zwar wiederum Datenverluste bei der Übergabe von Wissen entstehen, doch ist die Schnittstelle hier zumindest gleich besetzt, das heißt, die gleiche Fachsprache und Denkweise liegen vor.

Gerade in der Analyse und Bewertung des Gebäudebestandes liegt ein Aufgabenfeld, welches Generalisten mit baugeschichtlichen, -konstruktiven, -physikalischen, -ökonomischen, -ökologischen, gestalterischen und tragwerkplanerischen Kenntnissen fordert. Architekten als „Gebäudeflüsterer“ können diese Rolle, nach Fortbildung ihrer Grundkenntnisse, übernehmen.



Aufgrund wachsender Bautätigkeit im Bestand wird sich ein Berufszweig, den man Gebäudeanalytiker nennen könnte, etablieren. Im Bereich der energetischen Analyse von Gebäuden ist die Konkurrenz bereits groß.

Architekten, Ingenieure, Handwerker, sogar Baumärkte streifen als Berater in Fragen Energieeinsparung durch die Lande. Die Energieeffizienz ist aber nur ein Merkmal eines Gebäudes.

Warum sollten sich Architekten nicht mit der ganzheitlichen Analyse eines Bestandsgebäudes auf dem Markt etablieren können?

Die Fähigkeit, interdisziplinär zu arbeiten, kommt Architekten hierbei nur zugute. Die Ausbildung und Weiterbildung von Architekten in diesem Bereich ist auch eine Herausforderung für die Lehre an Hochschulen.

Hierbei ist das auf diesem Gebiet gewonnene Wissen nicht nur für die ersten Planungsphasen von Vorteil.

Wird der Planung eines Projektes durch den Bauherren zugestimmt, ist die Beteiligung der Fachingenieure, wie schon wiederholt festgehalten wurde, zwingend erforderlich. Ein Architekt mit Kenntnissen der Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung von Tragwerken wird ein kompetenter Partner des Tragwerkplaners sein. Dem Bauprozess, der Qualität und den Kosten des Bauvorhabens wird dies förderlich sein.

Es ist allerdings erforderlich, die Sprache des anderen zu sprechen und zu verstehen. Kenntnisse in vielen Teilbereichen müssen erlernt werden. Die in dieser Arbeit beschriebenen Abläufe, Beispiele und Werkzeuge können hierbei als Hilfen angesehen werden.

Die Forschungstätigkeit auf den Schnittstellen zwischen den Architektur- und Ingenieurwissenschaften ist noch gering.

Angesichts der vielen Gesichtspunkte, die das Thema dieser Arbeit enthält, konnten weniger Problemlösungen entwickelt, als Fragen aufgeworfen werden.

Dies wird als Chance für weitere Forschung gesehen. Aus den hier thematisierten Anregungen ergeben sich bereits Kooperationsmöglichkeiten mit dem Bauingenieurwesen, der Elektrotechnik, Informatik, Medienwissenschaften, Sprachwissenschaften und dem Vermessungswesen.

Diese Arbeit bietet somit einen Ausblick auf zahlreiche Forschungsfelder, die durch Architekten auf dem Gebiet der Beschäftigung mit dem Tragwerk bei Baumaßnahmen im Bestand erschlossen werden können.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachgebieten ist dabei gewinnbringend und unverzichtbar.

## 7 Anhang

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Für Abbildungen, deren Rechte nicht beim Verfasser liegen, wird die Quelle in Klammern hinter der Abbildungsbezeichnung angegeben

Abbildung 1-1 - Baumaßnahmen im Bestand .....	7
Abbildung 1-2 - Entwicklung der Anteile von Neubau & Erneuerung (Q.: <a href="http://www.ibt.tu-braunschweig.de/fileadmin/BilderDateiUpload/Allgemeines/erneuerung-neubau2b-weiss.jpg">http://www.ibt.tu-braunschweig.de/fileadmin/BilderDateiUpload/Allgemeines/erneuerung-neubau2b-weiss.jpg</a> , 17.01.2008) .....	7
Abbildung 2-1 - Neues Garn... (Q.: E. Wellhausen) .....	12
Abbildung 2-2 - Rathaus Göteborg, Anbau: G. Asplund (Q.: Caldenby/ Hultin1985, S.106) .....	13
Abbildung 2-3- Entwurfsvarianten der gleichen Ansicht (Q.: Caldenby/ Hultin1985, S.108) .....	13
Abbildung 2-4 - Carlo Scarpa: Castel Vecchio, Verona ( Q.: C. Anderhalten) .....	14
Abbildung 2-5 - Karljosef Schattner: Diözesanmuseum, Eichstätt .....	14
Abbildung 2-6 - Treppenhaus Bodemuseum .....	14
Abbildung 2-7 - Saniertes Rundfenster in Rotunde .....	14
Abbildung 2-8 - Frauenkirche, Dresden (2006) .....	15
Abbildung 2-9 - Wohnbebauung vor der Frauenkirche .....	15
Abbildung 2-10 - Elisabethkirche 1993 (Q.: K. Block) .....	15
Abbildung 2-11 - Elisabethkirche 2006 .....	15
Abbildung 2-12 - Palast der Republik 2006 .....	15
Abbildung 2-13 - Palast der Republik 2007 .....	15
Abbildung 2-14 - Thyssen-Krupp Hochhaus .....	16
Abbildung 2-15 - Anbau .....	16
Abbildung 2-16 - Stadtpfarrkirche Müncheberg .....	16
Abbildung 2-17 - Hochschule für Musik Hanns Eisler .....	16
Abbildung 2-18 - Fachhochschule Wildau (Q.: C. Anderhalten) .....	16
Abbildung 2-19 - Gleicher Bautyp auf gegenüberliegender Straßenseite .....	17
Abbildung 2-20 - Belgische Botschaft, Berlin .....	17
Abbildung 2-21 - E-Werk, Berlin-Mitte, Umbau: 2004/05 Arch.: Hoyer & Schindele .....	18
Abbildung 2-22 - Unterstützung einer Holzbalkendecke mit einem Stahlprofil .....	19
Abbildung 2-23 - Mit Polymerbeton sanierter Dachstuhl .....	19
Abbildung 2-24 - Angleichung ausgewechselter Fachwerkbalken durch Verkittung und späterem Farbauftrag ....	19
Abbildung 2-25 - Das Tragwerk und das Gebäude (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.63) .....	20
Abbildung 3-1 Instrumente zur Vermessung von Gebäuden, Zeichnung, W. Ryff 1547 (Q.: Docci/Maestri1994, S.99) .....	30
Abbildung 3-2 Erfassung der Gebäudegeometrie mit dem Jakobsstab, Illustration, 16. Jhd. (Q.: Docci/Maestri1994, S.98) .....	30
Abbildung 3-3 Schlecht erhaltene Kopien der Originalpläne von 1903 Erdgeschoss ev. Gemeindezentrum, Duisburg - Ruhrort .....	38
Abbildung 3-4 - Planmaterial aus 1982 Erdgeschoss ev. Gemeindezentrum, Duisburg - Ruhrort .....	38
Abbildung 3-5 - Teilvektorisierter Grundriss .....	39
Abbildung 3-6 - Flächeninhalte (ersichtlich an grauer Hinterlegung an Cursorposition) werden erkannt .....	39
Abbildung 3-7 Distanzmessgerät mit Neigungsmesser (Q.: Leica geosystems) .....	42
Abbildung 3-8 Lichtteilchen emittieren Strahlung bei absinkendem Energieniveau (Q.: <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Lasing.png">http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Lasing.png</a> , 17.10.2007) .....	43
Abbildung 3-9 Aussenden eines Laserstrahles (Q.: <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Optischer_Resonator">http://de.wikipedia.org/wiki/Optischer_Resonator</a> , 17.10.2007) .....	43
Abbildung 3-10 - Aufmaß mit Theodolit und Bandmaß (Q.: Knopp1992, S.53) .....	44
Abbildung 3-11 Architekt bei Aufstellung eines Tachymeters bei starker Sonneneinstrahlung (Q.: B.Stahl) .....	44
Abbildung 3-12 Li: Panorama-Scanner Re: Kamera Scanner (Q.: Luhmann2002, S.17) .....	49
Abbildung 3-13 Entwicklung der Laserscanner der Firma Leica (Q.:Leica geosystems) .....	50
Abbildung 3-14 Querschnitt Schloss Schwarzenberg - 3D-Scan und Zeichnung ( Q.: B. Tsuchiya) .....	51
Abbildung 3-15 Digitale Wasserwaage, die Neigung wird im Display angegeben .....	51
Abbildung 3-16 - Aufbau Rotationslaser (Q.: R. Bosch GmbH) .....	52
Abbildung 3-17 - Winkelmesser mit Digitalanzeige (Q.: R. Bosch GmbH) .....	52
Abbildung 3-18 - Villa la Rocca bei Volterra .....	53
Abbildung 3-19 - Ostfassade der Villa la Rocca .....	54
Abbildung 3-20 Direktes Sonnenlicht macht das Display unleserlich .....	55
Abbildung 3-21 - Abendliche Diskussion über Messergebnisse .....	55
Abbildung 3-22 - Westfassade .....	55
Abbildung 3-23 -Erdgeschossgrundriss .....	56

Abbildung 3-24 - Schnitt A-A und Ansicht von Norden.....	57
Abbildung 3-25 - Aufnahme von gegenüberliegendem Hang (Q.: H. Sehak).....	58
Abbildung 3-26 - Aufnahme von Westen (Q.: H. Sehak).....	58
Abbildung 3-27 Innenhof (Q.: H. Sehak).....	59
Abbildung 3-28 - Zweites OG (Q.: H. Sehak).....	59
Abbildung 3-29 Erdgeschossgrundriss (verkleinert).....	60
Abbildung 3-30 - Schnitt A - A (verkleinert).....	60
Abbildung 3-31 – Fassadenaufmaß mit Bandmaß.....	61
Abbildung 3-32 - Nivellement bei der Schnitterstellung.....	61
Abbildung 3-33 - Abloten von hoch gelegenen Punkten in die Bezugsebene.....	61
Abbildung 3-34 - Diagonalenmessung mit Laserdistanzmessgerät.....	61
Abbildung 3-35 - Rechnergestütztes tachymetrisches Aufmaß.....	61
Abbildung 3-36 - Schnurgerüst.....	61
Abbildung 3-37 - Eintragung der erfassten Daten auf Zeichenpapier... ..	61
Abbildung 3-38 - ...oder Laptop vor Ort.....	61
Abbildung 3-39 Südostfassade.....	62
Abbildung 3-40 - Entzerrte Südostfassade (software: Rolle).....	62
Abbildung 3-41 - Aufmaß KG mit Schnurgerüst (ca. 50% der EG-Fläche erfasst).....	62
Abbildung 3-42 - Aufmaß EG mit Schnurgerüst (ca. 66% der Gesamfläche EG erfasst).....	62
Abbildung 3-43 - Turm und Haupteingang von Osten.....	63
Abbildung 3-44 - Sakristei, Chor und Mittelschiff von Südwesten.....	63
Abbildung 3-45 Bauaufnahme aus dem Jahr 1951 (Q.: Archiv ev. Kirchengemeinde Siegen).....	64
Abbildung 3-46 - Passpunktmarken in Mittel-.....	65
Abbildung 3-47 - ...und Seitenschiff der Nikolaikirche.....	65
Abbildung 3-48 Erdgeschossgrundriss Nikolaikirche (mit Passpunkten).....	67
Abbildung 3-49 - Schnitt durch das Mittelschiff.....	68
Abbildung 3-50 3D Laserscanner GS Mensi200.....	68
Abbildung 3-51 - Das Gerät ist selbstnivellierend und kann leicht aufgestellt werden.....	68
Abbildung 3-52 - Bei der Neustationierung wird der Scanner durch "Erkennen" solcher Kugelköpfe in alter und neuer Stationierung positioniert.....	68
Abbildung 3-53 - 3D Scan Innenraum (Q.: S. Müsse).....	69
Abbildung 3-54 - 3DScan außen (Q.: S. Müsse).....	69
Abbildung 3-55 - Ev. Gemeindezentrum Duisburg - Ruhrort, Ansicht Dr.-Hammacher-Str.....	70
Abbildung 3-56 - Gottesdienstraum im 1. OG.....	70
Abbildung 3-57 - Mit Rotationslaser markierte Schnittebene für Kellergeschossgrundriss.....	71
Abbildung 3-58 - ...und Gewölbeschnitt (Laser oben Mitte).....	71
Abbildung 3-59 - Ein Blick auf die "Rohdaten" beim Aufmaß von Bögen.....	72
Abbildung 3-60 - Datenübertragung zum Laptop, der Rotationslaser im Hintergrund markiert die Schnittebene.....	72
Abbildung 3-61 - Mit dem Tachymeter wird die Schnittebene "nachgezeichnet".....	72
Abbildung 3-62 – Erdgeschossgrundriss.....	73
Abbildung 3-63 - Schnitt A-A durch den Innenhof.....	73
Abbildung 3-64 - Übersichtsfoto für Passpunkt f4.....	74
Abbildung 3-65 - Detailaufnahme des Passpunktes f4 (Punkt bei ev.).....	74
Abbildung 3-66 - Entzerren und Montieren von Teilbildern der Fassade.....	75
Abbildung 3-67 - Zusammengesetztes entzerrtes Bild.....	75
Abbildung 3-68 – Ansichtszeichnung.....	76
Abbildung 3-69 - Ansichtszeichnung mit Steinschnitt.....	76
Abbildung 3-70 - Aula der Universität Gießen 2006.....	77
Abbildung 3-71 - Innenraum (nur mit künstlicher Belichtung).....	77
Abbildung 3-72 - Dachraum vor Entfernen der Unterdecke.....	77
Abbildung 3-73 - Freigelegte Dachgauben.....	77
Abbildung 3-74 Aula bei abgerissener Unterdecke.....	77
Abbildung 3-75 - Ansicht eines Dachbinders.....	78
Abbildung 3-76 - Foto.....	79
Abbildung 3-77 - Entzerrtes Foto.....	79
Abbildung 3-78 - Reprofähige Grafik.....	79
Abbildung 3-79 - Entzerrte Nordfassade.....	79
Abbildung 3-80 - Entzerrte Ostfassade.....	79
Abbildung 3-81 - Ansichtszeichnungen Baugesuch.....	80
Abbildung 3-82 Kath. Pfarrhaus, Holpe.....	80
Abbildung 3-83 - Aufmaßsskizze.....	80
Abbildung 3-84 - Grundriss EG ( Maßketten abgeschnitten).....	80
Abbildung 3-85 - Straßenansicht.....	81
Abbildung 3-86 -Rückansicht.....	81
Abbildung 3-87 - Grundrisse mit Flächenberechnung.....	81
Abbildung 3-88 - Übersicht eingesetzter Geräte / Grund der Erfassung.....	82

Abbildung 3-89 - Einteilung der Tragwerkelemente (Q.: Führer/Ingendaaj/Stein1995, S. 46 f.).....	83
Abbildung 3-90 - Genauigkeitsstufen nach Eckstein (Q.: Eckstein2003, S.17).....	85
Abbildung 3-91 - Einfeldträger mit Gleichlast.....	87
Abbildung 3-92 - Häufigkeit der in 3.3.2 benutzten Geräte .....	89
Abbildung 3-93 - Schilder mit Angabe zulässiger Belastungen in der"Neuen Schlosserei" der Amalienhütte .....	97
Abbildung 3-94 – Gesamte statische Berechnungen für ein Einfamilienhaus 1946 (Q.: Archiv Gemeinde Morsbach).....	100
Abbildung 3-95 - Baubeschreibung für den Umbau eines Lagergebäudes zu Wohnzwecken 1908 (Q.: Archiv der Gemeinde Morsbach) .....	101
Abbildung 3-96 - Bauantragszeichnung für den Umbau eines Lagergebäudes zu Wohnzwecken 1908 (Q.: Archiv der Gemeinde Morsbach) .....	101
Abbildung 3-97 - Auszug einer Baubeschreibung "Umbau eines Scheunengebäudes zu Wohnzwecken", 1980 (Q.: C. Ising).....	102
Abbildung 3-98 Wärmeschutznachweis gem. DIN 4108 (Q.: Privatarchiv Schädlich).....	103
Abbildung 3-99 - Ausschnitt Schal- und Bewehrungsplan Bushof Aachen 1969 (Q.: Ingenieurbüro Kempen)....	104
Abbildung 3-100 - Katholische Schule, Dreistiefenbach im Bauzustand.....	105
Abbildung 3-101 ...und in den 1990iger Jahren (Q.: F. Stein).....	105
Abbildung 3-102 - Dem Verfall preisgegebene Gebäudeteile der Villa la Rocca, Volterra .....	106
Abbildung 3-103 Häufigkeit von Schäden an Holzkonstruktionen nach Lißner/Rug2000, S.145 .....	108
Abbildung 3-104 - Brauner Kellerschwamm.....	109
Abbildung 3-105 - Echter Hausschwamm auf Spanplattenboden unter PVC-Belag .....	110
Abbildung 3-106 - Mycel Echter Hausschwamm.....	112
Abbildung 3-107 - Durch Mauerwerk gewachsener Fruchtkörper des Echten Hausschwammes .....	113
Abbildung 3-108 - Umspannwerk Uklei, Berlin.....	116
Abbildung 3-109 - Auswahl an Salzen und ihre Ausgangssituation (Q.:Frössel2002, S. 63) .....	117
Abbildung 3-110 - Salzschäden - Zonen unterschiedlichen Schadensgrades (Q.: Reul2005, S.112) .....	118
Abbildung 3-111 - Kappendecke (Q.: Ahnert/Krause2001, S.48 ).....	120
Abbildung 3-112 - Verschieben des seitlichen Auflagers (Q.:Rau/Braune1992, S. 117).....	120
Abbildung 3-113 - Schäden an Kappen oder Sturz (Q.:Rau/Braune1992, S.117) .....	120
Abbildung 3-114 - Schwinden einer kurzen und einer langen Leichtbetonwand (Q.: Rybicki1978, S.60).....	121
Abbildung 3-115 - Von Decke bis Fußboden durchgehender Riss... ..	122
Abbildung 3-116 - ...in der parallel zum First verlaufenden Mittelwand (in allen Geschossen) .....	122
Abbildung 3-117 - Wärmedehnungskoeffizienten von Baustoffen nach <i>Wesche</i> 1996, S.97.....	122
Abbildung 3-118 - Trennwand zwischen durchgebogenen Deckenplatten (Q.: Rybicki1978, S.88).....	123
Abbildung 3-119 - Setzungsrisse im Mauerwerk der.....	124
Abbildung 3-120 - ... auf verschiedenen Böden (Flussbett) gegründeten "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden.....	124
Abbildung 3-121 -Freiliegende korrodierte Bewehrung an der "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden.....	125
Abbildung 3-122 - Stützenfuß "Mechanischen Werkstatt" der Charlottenhütte, Niederschelden .....	126
Abbildung 3-123 - Normalspannungsreihe (Q.: Nürnberger1995(a),S.26).....	132
Abbildung 3-124 – Korrosion galv. verzinkter Unterlegscheiben auf feuerverzinktem Bauteil (Q.: Nürnberger1995(b) S.XIX) .....	134
Abbildung 3-125 - Dachrinne und Falleitung Bodemuseum, Berlin 2006.....	134
Abbildung 3-126 - Anschlussdetail.....	134
Abbildung 3-127 (oben) - Gussstützen Tuchfabrik Radevormwald.....	135
Abbildung 3-128 (rechts )-Gussstützen (Fuß1853) (Q.: Ahnert/Krause2002 S.22/27).....	135
Abbildung 3-129 - Korrosion an einem Gussrohr (Q.: Nürnberger1995(a), S.XI).....	136
Abbildung 3-130 - Brandschutzmaßnahmen an Eisenstützen (Q.: Ahnert/Krause, S. 58 ) .....	137
Abbildung 3-131 Wiehlthalbrücke (Q.: <a href="http://de.structurae.de/photos/index.cfm?JS=25673">http://de.structurae.de/photos/index.cfm?JS=25673</a> , C. Buschorn , 29.10.2007).....	138
Abbildung 3-132 - Dachtragwerk Aula Gießen.....	138
Abbildung 3-133 – Festigkeitswerte in KN/cm <sup>2</sup> und Elastizitätsmoduli Holz/ Brettschichtholz (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007, S.65) .....	140
Abbildung 3-134 - Historische zulässige Belastungen in N/mm <sup>2</sup> (Q.: Bargmann2001, S.130).....	140
Abbildung 3-135- Bezeichnung der Steinarten und Festigkeitsklassen von Mauersteinen (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007,S.132 ) .....	141
Abbildung 3-136 - Grenzspannungen für Mauerwerk aus künstlichen Steinen in KN/cm <sup>2</sup> (Krauss/Führer/Jürges2007, S.133).....	142
Abbildung 3-137 - Materialkennwerte in KN/cm <sup>2</sup> (Q.:Krauss/Führer/Jürges2007,S.95 ) .....	143
Abbildung 3-138 -Festigkeitseigenschaften im Stahlbau (Q.:Bargmann2001, S.232).....	143
Abbildung 3-139 - Festigkeitswerte und Elastizitätsmoduli für Beton in KN/cm <sup>2</sup> (Q.: Krauss/Führer/Jürges2007, S.139) .....	144
Abbildung 3-140 - Betonstahl nach DIN 488 und allg. bauaufs. Zulassung (Q.: Krauss/Führer/Jürges, S. 139) .	144
Abbildung 3-141 - Form der Bewehrungsstäbe (Q.: Bargmann2001, S.516f.).....	145
Abbildung 3-142 - Eingespannte Probe .....	150

Abbildung 3-143 - Größte Dehnung .....	150
Abbildung 3-144 - Bruch .....	150
Abbildung 3-145 – Mörteluntersuchung mit Rasterelektronenmikroskop (Q.: Trettin2007) .....	152
Abbildung 3-146 - Untersuchung eines Hohlraumes in einer Balkendecke mit einem flexiblen Endoskop .....	153
Abbildung 3-147 - Aufnahme Videoskop in einem Bohrloch .....	153
Abbildung 3-148 - Thermogramm Einfamilienhaus Baujahr 1938 .....	154
Abbildung 3-149 Emissionsgrad verschiedener Stoffe in Abhängigkeit von der Wellenlänge (Q.: Fouad/Richter2006, S. 18) .....	157
Abbildung 3-150 - Entnahmestelle und CM Messgerät .....	158
Abbildung 3-151 - Über den angezeigten Gasdruck lässt sich die Feuchte ermitteln .....	158
Abbildung 3-152 - Messgerät mit Kugelkopf .....	159
Abbildung 3-153 - Dielektrizitätsmessung .....	159
Abbildung 3-154 - Dokumentation der Abrissarbeiten .....	161
Abbildung 3-155 - Bohrkernentnahme (Nr. 12) Wand EG .....	161
Abbildung 3-156 Bohrkernentnahme (Nr. 2) Außenstütze 1.OG (Lichthof) .....	161
Abbildung 3-157 - Bohrkern Nr. 8 .....	162
Abbildung 3-158 - Bohrkern Nr. 9 .....	162
Abbildung 3-159 - Karbonatisierungstiefe Bohrkern Nr. 12 .....	162
Abbildung 3-160 - Karbonatisierungstiefe Bohrkern Nr. 2 .....	162
Abbildung 3-161 - Bohrkernprobe .....	163
Abbildung 3-162 - Probe nach Versagen .....	163
Abbildung 3-163 - Ergebnisse Zugfestigkeitsprüfung Stabstahl .....	164
Abbildung 3-164 - Abrissarbeiten .....	164
Abbildung 3-165 - Eingesetztes Gerät .....	164
Abbildung 3-166 Abstand untere Bewehrung Deckenplatte .....	165
Abbildung 3-167 - Deckenplatte mit erkennbarer unteren und oberen Bewehrung .....	165
Abbildung 3-168 - Anschluss Hauptträger - Stütze .....	165
Abbildung 3-169 - Anschluss Nebenträger – Hauptträger .....	165
Abbildung 3-170 - Visualisierung der Bewehrungsführung beim Anschluss von Hauptträger an Nebenträger .....	165
Abbildung 3-171 - Zweigeschossige Halle des Autohauses .....	166
Abbildung 3-172 - Obergeschoss des geplanten Ausstellungshaus .....	167
Abbildung 3-173 - Stützmauer mit Stielen einer ehemaligen Halle .....	167
Abbildung 3-174 - Erdgeschossgrundriss mit Schnitt .....	168
Abbildung 3-175 - Das Bohrmehl identifiziert die Auflager der Unterzüge der Decke über EG eindeutig als Mauerwerkspfeiler .....	168
Abbildung 3-176 - Loch in der Geschossdecke (Oberseite) .....	169
Abbildung 3-177 - Unterseite mit korrodierter Bewehrung .....	169
Abbildung 3-178 - Entnommene Probe mit verfärbtem Beton .....	169
Abbildung 3-179 - Salzausfällung in der linken Lösung .....	169
Abbildung 3-180 - Ausschnitt OG mit Eintragung der Entnahmestellen .....	170
Abbildung 3-181 - Entnommene Bohrkern .....	170
Abbildung 3-182 - Belastung der Bohrkern .....	171
Abbildung 3-183 - ...bis zum Bruch .....	171
Abbildung 3-184 - Probe Mattenstahl .....	173
Abbildung 3-185 - Probe Stabstahl .....	173
Abbildung 3-186 - Grundriss und Ansicht Stützmauer .....	174
Abbildung 3-187 - Vertikale Stäbe im rückwertigen Bereich und vertikal angeordnete Matte im vorderen Bereich der Untersuchungsöffnung .....	174
Abbildung 3-188 - Obere Ecke Stiel (geringe obere Bewehrung) .....	174
Abbildung 3-189 Bohrkern Nr. 7-9 aus der Stützwand .....	175
Abbildung 3-190 - Rechte untere Ecke der Wand ohne Fuß .....	175
Abbildung 3-191 Ehemalige Schule in Wenden .....	177
Abbildung 3-192 Flur im Erdgeschoss .....	177
Abbildung 3-193 - Historischer Grundris (EG) (Q.: Gemeinde Wenden) .....	177
Abbildung 3-194 - Planung EG (Q.: A. Arns) .....	178
Abbildung 3-195 - Deckenöffnung zum DG (Oberseite) .....	178
Abbildung 3-196 - Unterseite Deckenöffnung .....	178
Abbildung 3-197 - Bimskörper mit Betonfüllung .....	178
Abbildung 3-198 - Flecken UK Decke zum DG .....	179
Abbildung 3-199 - Streifenförmige "Schatten" im Abstand von ca. 50cm UK Decke Flur zum DG .....	179
Abbildung 3-200 - Fußbodenaufbau (Dielen, Lagerhölzer und Schlacke) .....	179
Abbildung 3-201 - Rohdecke .....	179
Abbildung 3-202 - Ermittlung der oberen Bewehrung mit Magnetwirbelstromverfahren .....	180
Abbildung 3-203 - Sowohl obere Rippenbewehrung (orthogonal zu Zollstock) als auch Bewehrung in der Deckenplatte zur Lastverteilung (parallel Zollstock) konnte festgestellt werden. ....	180
Abbildung 3-204 - Eisenbetonrippendecke nach Kleinogel 1933 (Q.: Ahnert/Krause2001, S. 115) .....	180

Abbildung 3-205 - Bohrkernentnahme in 11cm breiten Rippen .....	181
Abbildung 3-206 - Bohrkern Nr.11 und 12 .....	181
Abbildung 3-207 - Bohrkern Nr. 8 mit Auflösungserscheinungen.....	181
Abbildung 3-208 - Druckfestigkeiten der Bohrkern.....	181
Abbildung 3-209 - Entnahme ganzer Mauerziegel .....	182
Abbildung 3-210 - Entnahmestelle 5 .....	182
Abbildung 3-211 - Aufgemörtelte Steinhälften (4.1 & 5.1).....	183
Abbildung 3-212 - Bruchbelastung der Proben .....	183
Abbildung 3-213 - Probenwürfel nach Belastung.....	183
Abbildung 3-214 - Ergebnisse (Würfelproben).....	184
Abbildung 3-215 - Ergebnisse (aufgemörtelte Steinhälften).....	184
Abbildung 3-216 - Druckfestigkeitsklassen Mauersteine (Q.: DIN V105-100).....	185
Abbildung 3-217 - Stahlträger Treppenwanne zum DG .....	185
Abbildung 3-218 - Entnahmestelle Stahlprobe 1.....	185
Abbildung 3-219- Stahlträger im KG .....	186
Abbildung 3-220 - Entnahmestelle Stahlprobe2.....	186
Abbildung 3-221 - Probe 2 .....	186
Abbildung 3-222 - Zusammensetzung der Proben (Q.:Christ).....	186
Abbildung 3-223 - Zugfestigkeit (Q.: Christ).....	186
Abbildung 3-224 - Rissbilder .....	187
Abbildung 3-225 - Südansicht.....	188
Abbildung 3-226 - Nordansicht.....	188
Abbildung 3-227 - Weithin sichtbare Christuskirche.....	188
Abbildung 3-228 - Auszug der Schadenskartierung.....	189
Abbildung 3-229 - Betonierarbeiten UG (Q.: Ev. Kirchengemeinde Weidenau).....	190
Abbildung 3-230 - Betonierarbeiten EG (Q.: Ev. Kirchengemeinde Weidenau).....	190
Abbildung 3-231 - Thermografieaufnahme und.....	191
Abbildung 3-232 - ... Digitalfoto Westfassade .....	191
Abbildung 3-233 - Thermografie Flachbau.....	192
Abbildung 3-234 - Digitalfoto Flachau .....	192
Abbildung 3-235 - Schal- und Bewehrungsplan Flachbau .....	192
Abbildung 3-236 - Gemeindehaus FeG Waldbröl .....	193
Abbildung 3-237 - Grundriss des Untergeschosses.....	193
Abbildung 3-238 - Blick auf den Gottesdienstraum vor der Maßnahme.....	194
Abbildung 3-239 - Entwurfsskizze Einbau eines Eltern/Kindraumes, darüber Empore .....	194
Abbildung 3-240 - Freigelegte Bewehrung.....	195
Abbildung 3-241 - Zeichnung zum Ringbalken (Q.: Archiv, Freie ev. Gemeinde, Waldbröl).....	196
Abbildung 3-242 - Überprüfung der Ringbalkenhöhe über die Ortung der Bewehrung mit dem Profometer .....	196
Abbildung 3-243 - Südfassade.....	197
Abbildung 3-244 - Westfassade.....	197
Abbildung 3-245 - Dachkonstruktion Scheune.....	197
Abbildung 3-246 - Untersuchung der Holzkonstruktion.....	197
Abbildung 3-247 - ... mit dem Zimmermannshammer .....	197
Abbildung 3-248 - Die Treppe durchdringender Fruchtkörper.....	198
Abbildung 3-249 - Nahaufnahme .....	198
Abbildung 3-250 - Befall unter der Treppe .....	199
Abbildung 3-251 - Fliesen unter der Treppe werden bereits angehoben .....	199
Abbildung 3-252 - Öffnen des Fußbodens vor der Treppe: Üppiges Strangmycel.....	199
Abbildung 3-253 - Befall an der Wand zum Nachbarraum .....	199
Abbildung 3-254 - Erneutes Öffnen der Fußbodenkonstruktion.....	199
Abbildung 3-255- Aufgeweichte Fachwerkbalken .....	199
Abbildung 3-256 - Freilegen der Wandkonstruktion .....	200
Abbildung 3-257 - Pilz- und Insektenschäden.....	200
Abbildung 3-258 - Waagerechte Sockelabdeckung im Vordergrund.....	200
Abbildung 3-259 - Umfangreiche Sanierung.....	200
Abbildung 3-260 - Erdkontakt der Bimsdielen der Fußbodenkonstruktion .....	201
Abbildung 3-261 Undichter Anschluss.....	201
Abbildung 3-262 - ...des Regenfallrohres.....	201
Abbildung 3-263 - Nachträgliche Verkleidung der Schwelle mit falsch abgedecktem Sockel .....	201
Abbildung 3-264 - Einschätzung der Tauglichkeit der Verfahren „qualitative Erfassung“ für Architekten.....	203
Abbildung 3-265- Erstellen eine Schnittes mit "intelligenter" Tachymetrie (Q.:Riedel/Heine /Henze2006, S.28).....	206
Abbildung 3-266 - Steuerung des Tachymeters durch Klick ins digitale Bild (Q.:Riedel/Heine /Henze2006, S.30) .....	206
Abbildung 3-267 - Erste Thermografiekamera mit bis zu 1280 x 960 Infrarotpixel (Q.: <a href="http://www.infratec.de/de/irtm/thermografie-infrarotkamas/kamas-portabel/fpa-echtzeit-kamas/variocamR-hr.html">http://www.infratec.de/de/irtm/thermografie-infrarotkamas/kamas-portabel/fpa-echtzeit-kamas/variocamR-hr.html</a> ).....	206

Abbildung 3-268 - Gegenüberstellung verschiedener Aufmaßprogramme (Q.:Thurow2004, S.48 ).....	207
Abbildung 3-269 - Genauigkeits- und Detaillierungsstufen (Q.: Klein2001,S. 48).....	208
Abbildung 3-270 - Systematik zur Auswahl der geeigneten Aufmaßmethode (Q.: Klein2001,S. 50-57).....	209
Abbildung 3-271 - Verschiedene Geräte zur Erfassung.....	210
Abbildung 3-272 - Stegreifentwurf zum Thema Aufmaßmöbel.....	210
Abbildung 3-273 - Stehgreifentwurf zum Thema Aufmaßmöbel.....	210
Abbildung 3-274 - Baustellenbild "Neue Schlosserei" der Amalienhütte (Q.: Archiv Sauerwein & Schäfer).....	212
Abbildung 3-275 - Bildentzerrung über Gitternetz.....	212
Abbildung 3-276 - Entzerrtes Foto mit in CAD nachgezeichneten Bewehrungseisen.....	213
Abbildung 3-277 - Verzerrtes Bild mit Gitternetz.....	214
Abbildung 3-278 - Entzerrtes Bild im CAD - Programm.....	215
Abbildung 3-279 - Abgreifen von Maßen im entzerrten Bild.....	215
Abbildung 3-280 - Herstellung des Passpunktes "Elektr. Widerstand" (Q.: M. Wohlfahrt).....	216
Abbildung 3-281 - Passpunkt in der Thermografie und im Digitalfoto (Q.:M. Wohlfahrt).....	216
Abbildung 3-282 - Passpunkt aus Blech (Q.: M. Wohlfahrt).....	217
Abbildung 3-283 - Passpunkt "Blech" in Thermografie und Digitalfoto (Q.:M. Wohlfahrt).....	217
Abbildung 3-284 - Fachwerkhaus in Freudenberg (Q.:M. Wohlfahrt).....	219
Abbildung 3-285 - Thermografie und entzerrte Thermografie (Q.: M. Wohlfahrt).....	219
Abbildung 3-286 - Auffinden und Messen ehemaliger Fensteröffnungen (Q.:M. Wohlfahrt).....	219
Abbildung 3-287 Passpunkt "Elektr. Widerstand" (Q.:M. Wohlfahrt).....	220
Abbildung 3-288 - Passpunkt "Elektr. Widerstand" (Q.: M. Wohlfahrt).....	220
Abbildung 3-289 - Passpunkt "Blech mit Zielfläche" (Q.: M. Wohlfahrt).....	220
Abbildung 4-1 -Bewertung (Q.: E. Wellhausen).....	223
Abbildung 4-2 - Erzeugen und Einschränken von Varietät als Optimierungsverfahren für den Entwurf nach Rittel.....	225
Abbildung 4-3 - Villa Girasole bei Verona (Q.: K.Block/Archiv Villa Girasole).....	227
Abbildung 4-4 - Analysemodell Erschließung.....	228
Abbildung 4-5 - Analysemodell Volumen (Negativform).....	228
Abbildung 4-6 - Analysemodell Masse.....	228
Abbildung 4-7 - Darstellung der Durchbiegung eines Einfeldträgers.....	229
Abbildung 4-8 - Risse im Sockel einer Kirche.....	231
Abbildung 4-9 - Verformungsarten nach Mönck1999, S.52.....	234
Abbildung 4-10 - Momentenverlauf Holzbalkendecke- oben ohne, unten mit Berücksichtigung der elastischen Verformung (Q.: Rau/ Braune1995, S. 230).....	236
Abbildung 4-11 - Abgestützte Scheune in der Bauphase.....	239
Abbildung 4-12 - Südansicht,.....	239
Abbildung 4-13 - Westansicht nach Umbau zu Bürogebäude.....	239
Abbildung 4-14 - Fachwerkhaus vor der Baumaßnahme.....	240
Abbildung 4-15 - Freigelegtes Fachwerk während der Bauphase.....	240
Abbildung 4-16 - Entwurf.....	240
Abbildung 4-17 - Schnitt.....	240
Abbildung 4-18 - Stall und Scheune vor dem Umbau.....	240
Abbildung 4-19 - Schnittzeichnung.....	240
Abbildung 4-20 - Demontage der Stahlrahmen.....	241
Abbildung 4-21 - Montierte leicht geänderte Rahmen.....	241
Abbildung 4-22 - Dachkonstruktion während der Bauphase.....	241
Abbildung 4-23 - Innenraum (Essbereich) nach Umbau.....	241
Abbildung 4-24 - Rahmenecke.....	241
Abbildung 4-25 - Eingespannter Kragarm (Q.: <a href="http://www.ruhr-uni-bochum.de/sfb398/projects/C5/arbeitsbericht2004/img104.png">http://www.ruhr-uni-bochum.de/sfb398/projects/C5/arbeitsbericht2004/img104.png</a> ).....	242
Abbildung 4-26 - Gerberträger (Q.: <a href="http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6_technik/ausleger/bilder/ausleger5.JPG">http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6_technik/ausleger/bilder/ausleger5.JPG</a> ).....	242
Abbildung 4-27 - Eingespannter Bogen (Q.: <a href="http://trako.arch.rwth-aachen.de/Team/mitarbeiter/Rottke/HTML_V/V-Bogen/bogen_bilder/SB_ingespannt.JPG">http://trako.arch.rwth-aachen.de/Team/mitarbeiter/Rottke/HTML_V/V-Bogen/bogen_bilder/SB_ingespannt.JPG</a> ).....	243
Abbildung 4-28 - Zweifeldträger (Q.: <a href="http://www.tu-harburg.de/mb/software/Zweifeld.gif">http://www.tu-harburg.de/mb/software/Zweifeld.gif</a> ).....	243
Abbildung 4-29 - System 1 & 2, statisch unbestimmt / System 3 & 4, statisch bestimmt.....	244
Abbildung 4-30 – Schnittgrößen.....	244
Abbildung 4-31 - Öffnungen quer und längs der Deckenspannrichtung in einer Zweifeldplatte (Q.:R. Schneider).....	245
Abbildung 4-32 - Verschiedene Biegeträger (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.184).....	247
Abbildung 4-33 - Biegeträger mit Momentenlinie aus Gleichlast (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.185).....	247
Abbildung 4-34 - Günstige Auflageranordnung und Kraglängen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.185).....	248
Abbildung 4-35 - Querschnitte für Biegetragwerke - (Q.:Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.214).....	249
Abbildung 4-36 - Eulerfälle (Q.: Krauss/Führer/Jürges2007, S.59).....	250
Abbildung 4-37 - Querschnitte und Eignung von Holzstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.245).....	251
Abbildung 4-38 - Querschnitte und Eignung von Stahlbetonstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.245) ..	251



Abbildung 4-39 - Querschnitte und Eignung von Stahlstützen (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1995, S.244) .....	252
Abbildung 4-40 - 1-, 2-, 3-, 4-seitig gehaltene Wand.....	254
Abbildung 4-41 - Merkmale tragender Wände .....	255
Abbildung 4-42 - Merkmale nichttragender Wände.....	255
Abbildung 4-43 - Lasteinzugsflächen bei zweiachsig gespannten Plattensystemen (Q.: Heller1998, S.61) .....	256
Abbildung 4-44 Anordnung der Verkehrslasten für die Ermittlung der maximalen Feldmomente, "Neue Schlosserei" Amalienhütte, Bad Laasphe, Decke über EG .....	257
Abbildung 4-45- Fachwerkträger mit rot gekennzeichneten Nullstäben.....	258
Abbildung 4-46 - Gleiches System mit Darstellung der Normalkräfte ( magenta = Zug, türkis = Druck ) .....	259
Abbildung 4-47 - System und Ermittlung der Stabkräfte mit Cremonaplan bei einem Dachbinder, Statik von 1968 .....	259
Abbildung 4-48 -Ausführungszeichnung für Dachbinder 1968.....	260
Abbildung 4-49 Kirchenschiff mit Dreigelenkrahmen, Wissen-Schönstein.....	260
Abbildung 4-50 - Schnittzeichnung (Q.: Archiv Kirchengem. St. Katharina Wissen-Schönstein) .....	260
Abbildung 4-51 - Rahmenarten (Q.:Krauss/Führer/Willems1997, S.37) .....	261
Abbildung 4-52 – Gemauerte Bogenkonstruktion Gutshof in Herborn .....	262
Abbildung 4-53 - Seillinien bei unterschiedlicher Belastung (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1997, S.188) .....	263
Abbildung 4-54 - Umklappen der Seillinie zur Stützlinie (Q.: Führer/Ingendaaij/Stein1997, S.188) .....	263
Abbildung 4-55 Bestandsbewertung des tragenden Gerüsts nach Führer1991.....	264
Abbildung 4-56 Algorithmus zur Beurteilung der Tragfähigkeit alter Holzkonstruktionen (Q.: Eler1993, S.81) ..	264
Abbildung 4-57 - Checkliste Geschossdecken, Seite 2 von 7 (Q.: Heinze BauOffice) .....	265
Abbildung 4-58 Stabwerkberechnung mit Infograph(Q.: <a href="http://www.infograph.de/stabwerk.htm">http://www.infograph.de/stabwerk.htm</a> , 28.12.2007) .....	266
Abbildung 4-59 Mit Finite-Elemente-Programm simulierte Parkhausauffahrt (Q.: <a href="http://www.infograph.de/schalen.htm">http://www.infograph.de/schalen.htm</a> , 28.12.2007) .....	266
Abbildung 4-60 Auszug aus Prospekt der Firma Dlubal (Q.: <a href="http://www.dlubal.de/Default.aspx?language=de&amp;slD=111127173164206921225570188180887119179,28.12.2007">http://www.dlubal.de/Default.aspx?language=de&amp;slD=111127173164206921225570188180887119179,28.12.2007</a> ).....	267
Abbildung 4-61 - Verschiedene Auflagertypen für Rahmen und deren Momentenflächen nach alternativer Berechnung in ExTraCAD (Q.:Rottke1998, S.100).....	267
Abbildung 4-62 - Nordansicht .....	269
Abbildung 4-63 Alte mechanische Werkstatt vor 1919 (Q.: Privatarhiv H. Jentsch).....	269
Abbildung 4-64 - Produktion in der "Neuen mechanischen Werkstatt" (Q.: Privatarhiv H. Jentsch).....	269
Abbildung 4-65 - Querschnitt (Q.: Privatarhiv R. Göbel) .....	270
Abbildung 4-66 - Typische Industriehalle als Eisenkonstruktion in den 1920iger Jahren (Q.: Werner/Seidel1992, S.176) .....	271
Abbildung 4-67 - Innenansichten der 150m langen Halle .....	271
Abbildung 4-68 - Kranbahn mit einer zulässigen Hebelast von 20t.....	271
Abbildung 4-69 - Analyse der Tragwerkgeometrie .....	272
Abbildung 4-70 - Darstellung der teilweise in ehemaligem Flussbett angeordneter Gründung .....	272
Abbildung 4-71 - Darstellung der tragenden Bauteile für Vertikallasten .....	272
Abbildung 4-72 - Entwurfskonzept für eine Forschungseinrichtung und temporäres Wohnen .....	273
Abbildung 4-73 - Innenraumperspektive .....	273
Abbildung 4-74 - Modellfoto .....	273
Abbildung 4-75 - Konzept für eine an der Kranbahn hängende Wohneinheit .....	274
Abbildung 4-76 - Bushof Aachen - Längsschnitt durch Bushalle (Q.: Stadt Aachen).....	274
Abbildung 4-77 - Bushof Aachen (Q.: Stadt Aachen).....	274
Abbildung 4-78 - Bushof Aachen - Statisch wirksame Wände .....	275
Abbildung 4-79 - Bushof Aachen - Verfolgen der Lastabtragung bis in die Fundamente.....	276
Abbildung 4-80 - Bushof Aachen - Darstellung auf Biegung beanspruchter Bauteile .....	276
Abbildung 4-81 - Bushof Aachen - Markierung von Schwachstellen.....	277
Abbildung 4-82 - Bushof Aachen - Ausweisen von Tragreserven.....	277
Abbildung 4-83 - Kennzeichnung von Zwangspunkten .....	278
Abbildung 4-84 Innenraum, Christus - Kirche, Siegen – Weidenau .....	279
Abbildung 4-85- Darstellung tragender Bauteile (Gründung, Stützen, Wände) (Q.: R. Schneider).....	280
Abbildung 4-86 Darstellung tragender Bauteile (Dach) (Q.: R. Schneider).....	280
Abbildung 4-87 - Geplantes (li) und ausgeführtes (re) statisches System (Q.:R. Schneider).....	282
Abbildung 4-88 Betonoberfläche im oberen Wandbereich 2500-fach vergrößert (Q.: Istitut f. Bau- und Werkstoffchemie, Universität Siegen) .....	283
Abbildung 4-89 Betonoberfläche im unteren Wandbereich 2500-fach vergrößert (Q.: Istitut f. Bau- und Werkstoffchemie, Universität Siegen) .....	283
Abbildung 4-90 - Darstellung von Trägern und Nebenträgern .....	284
Abbildung 4-91 - Darstellung tragender Wände .....	284
Abbildung 4-92 Lastweiterleitung .....	285
Abbildung 4-93 - Art der Belastung (Nebenträger).....	285
Abbildung 4-94 - Art der Belastung (Hauptträger).....	286
Abbildung 4-95 - Statisches System in InfoCAD .....	286

Abbildung 4-96 - Verteilung der Verkehrslast für max. Feldmoment in x-Richtung .....	287
Abbildung 4-97 - Darstellung der Feldmomente.....	287
Abbildung 4-98 - Verteilung der Verkehrslast für min. Stützmoment in x-Richtung.....	287
Abbildung 4-99 - Darstellung der Stützmomente .....	287
Abbildung 4-100 - Ausschnitt aus der Geschossdecke, dargestellt in InfoCAD (Q.: F. Stein).....	288
Abbildung 4-101 - Darstellung der Verformungsfigur, maximale Verformung = 1,22mm (Q.: F.Stein).....	288
Abbildung 4-102 - Darstellung der Momentenhüllkurve für die Deckenplatten in x-Richtung (parallel der blau dargestellten Hauptträger, Q.: F. Stein) .....	288
Abbildung 4-103 - Die Feldmomente am Rand der Deckenöffnung werden in x-Richtung größer (Q.: F.Stein) ..	289
Abbildung 4-104 - In y-Richtung überwiegen negative Momente (Stützmomente) in Nähe der Deckenöffnung (Q. F. Stein) .....	289
Abbildung 4-105 Verformungsfigur maximale Durchbiegung 1,23mm (Q.: F.Stein).....	289
Abbildung 4-106 - Bildfolge Abbruch der "Neuen Schlosserei" der Amalienhütte, Bad Laasphe (Q.: H. Sehak) ..	290
Abbildung 4-107 Gemeindehaus FeG, Waldbröl.....	291
Abbildung 4-108 - Spannrichtung der Decke über Raum2.....	291
Abbildung 4-109 - Konstruktionszeichnung Nagelbinder .....	292
Abbildung 4-110 - Dachraum .....	292
Abbildung 4-111 - Durchbiegung des Diagonalstabes unter dem Kehlsparren.....	292
Abbildung 4-112 - Anordnung der Dachbinder (Q.: Archiv, FeG Waldbröl).....	293
Abbildung 4-113 - Nachbildung des Binders in einem Statikprogramm .....	294
Abbildung 4-114 - Schnittgrößen für Normalkraft.....	294
Abbildung 4-115 - Schnittkräfte für Normalkraft bei erhöhter Punktlast .....	295
Abbildung 4-116 - Ausbildung des Knotenpunktes .....	295
Abbildung 4-117 - Entfernen einiger Momentengelenke .....	295
Abbildung 4-118 - Normalkräfte unter der Annahme biegesteifer Anschlüsse rechts des Stabes 18 .....	296
Abbildung 4-119 - Wie vor, jedoch mit erhöhter Punktlast .....	296
Abbildung 4-120 - Druckkräfte in allen Vertikal- und Diagonalstäben bei der Annahme von ausschließlich beigesteifen Knoten .....	297
Abbildung 4-121 Ergebnisse der Betondruckfestigkeitsprüfung.....	298
Abbildung 4-122 – Autohaus in Olpe .....	299
Abbildung 4-123 - Stützwand mit Betonpfeilern .....	301
Abbildung 4-124 - Grundriss und Ansicht der Stützmauer .....	301
Abbildung 4-125 - Kunsthaus Tacheles, Ansicht Oranienburger Straße (Q.: www.bushtrash.com,16.01.2008)..	303
Abbildung 4-126 - Friedrich-Straßen-Passage, Ansicht Oranienburger Straße(Q.: www.bushtrash.com,16.01.2008).....	303
Abbildung 4-127 - Kunstinsatallationen.....	304
Abbildung 4-128 ... auf der Rückseite des Kunsthauses (Q.: www.bushtrash.com,16.01.2008) .....	304
Abbildung 4-129 - Fachwerkträger für Probelasten (Q.: Jockwer & Partner) .....	305
Abbildung 4-130 - Aufgebaute Prüfanlage vor Ort (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Blatt18).....	305
Abbildung 4-131 - Lage ausgewählter Unterzüge (Q.: Jockwer & Partner/BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Blatt15)	306
Abbildung 4-132 Deckenstreifen nach Erreichen der Maximallast vor dem Abreißen der Voute (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Anlage3, Blatt3).....	307
Abbildung 4-133 - Bruchzustand, abgefallene Voute (Q.: BAM, Bericht AZ:2.2/24 062, Anlage3, Blatt3) .....	307
Abbildung 4-134 - Stufen bei der Bewertung von Tragkonstruktionen .....	308
Abbildung 4-135 Tontopfgewölbe "Neues Museum", Berlin.....	311
Abbildung 4-136 - Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes als linearer, konsekutiver Prozess	314
Abbildung 4-137 - Erfassung, Bewertung und Ertüchtigung des Tragwerkes als paralleler, iterativer Prozess ...	314
Abbildung 5-1 - „Ertüchtigter“ Pavillon einer Friedhofsanlage auf Rhodos (Q.: M. Morkramer) .....	315
Abbildung 5-2 - Einfeldträger mit Gleichlast.....	317
Abbildung 5-3 Obere oder untere Verstärkung .....	319
Abbildung 5-4 - Seitliche Verstärkung.....	320
Abbildung 5-5 Verteilung der Biegespannung im Querschnitt (Q.: <a href="http://www.ecoba.de/fileadmin/ecocontent/UHB/Spann_kl.jpg">http://www.ecoba.de/fileadmin/ecocontent/UHB/Spann_kl.jpg</a> , 17.01.2008) .....	321
Abbildung 5-6 Verringerung der Durchbiegung (Q.: <a href="http://www.ipfb-bau.de/Bilder/T%E4tigkeitsfelder/Schallschutz_und/03_UHD/LV-diagramm_gross.gif">http://www.ipfb-bau.de/Bilder/T%E4tigkeitsfelder/Schallschutz_und/03_UHD/LV-diagramm_gross.gif</a> ,17.01.2008) .....	321
Abbildung 5-7 - Deckenaufbau (Q.: <a href="http://www.ipfb-bau.de">http://www.ipfb-bau.de</a> ,17.01.2008) .....	321
Abbildung 5-8 - Montage (Q.: <a href="http://www.convaso.de/">http://www.convaso.de/</a> ,17.01.2008).....	321
Abbildung 5-9 - Sanierung mit Spritzbeton (vorher) (Q.: Jockwer & Partner, Berlin).....	321
Abbildung 5-10 Sanierung mit Spritzbeton (nachher) (Q.:Jockwer & Partner, Berlin).....	321
Abbildung 5-11 - Konstruktionsprinzip (Q.: <a href="http://www.uni-leipzig.de/statik/isd/pub/general/research/4/image_0.jpg">http://www.uni-leipzig.de/statik/isd/pub/general/research/4/image_0.jpg</a> , 17.01.2008).....	322
Abbildung 5-12 Deckenaufbau (Q.: <a href="http://www.baierrlipp.com/4/108_tc.html">http://www.baierrlipp.com/4/108_tc.html</a> , 17.01.2008) .....	322
Abbildung 5-13 - Änderung der Lastverteilung.....	322
Abbildung 5-14 - Verringerung der Lasteinzugsbreite.....	323
Abbildung 5-15 - Änderung der Spannweite mit Unterstützung durch Querträger .....	324
Abbildung 5-16 - Erhöhung der Tragfähigkeit durch Unterspannung .....	324

Abbildung 5-17 - Oben: Momentenlinie Einfeldträger (4m), Mitte: Momentenlinie bei Unterspannung, unten: Längskraft bei Unterspannung (Last: jeweils 4KN/m) .....	324
Abbildung 5-18 - Änderung der Spannweite durch Konsolen .....	325
Abbildung 5-19 - Verformungsbild bei Holzbalken 8/16 mit 4m Länge und 4KN/m Last (ohne und mit Kopfbändern) .....	325
Abbildung 5-20 - Änderung der Art der Auflager .....	325
Abbildung 5-21 - Verstärken von Stützen .....	326
Abbildung 5-22 - Verkürzen der Knicklänge durch Abspannen/Abstützen, Ändern der Auflager ermöglicht zusätzliche Belastung .....	327
Abbildung 5-23 - Überzeichnete Verformungsfigur einer 3m langen Holzstütze (14/14) mit Euler 1 - 4 ( von links nach rechts ), Last: 8 KN bei leichter Ausmitte .....	327
Abbildung 5-24 - Ertüchtigung der Euler 2 Stütze (links) durch Veränderung des Fußpunktes, Abspannen oder -streben .....	327
Abbildung 5-25 - Ertüchtigung durch seitliche Verstärkung .....	328
Abbildung 5-26 Traufseite Stallgebäude, Criewen (Bestand) (Q.: C. Anderhalten) .....	329
Abbildung 5-27 - Giebelseite, Bestand (Q.: C. Anderhalten) .....	329
Abbildung 5-28 - Einbau der Neuen Stahlkonstruktion (Q.: C. Anderhalten) .....	329
Abbildung 5-29 - Innenraum nach Fertigstellung (Q.: C. Anderhalten) .....	330
Abbildung 5-30 - Fassade nach Fertigstellung (Q.: C. Anderhalten) .....	330
Abbildung 5-31 - Eine Verteilung der Last ermöglicht insgesamt eine höhere Lastaufnahme .....	330
Abbildung 5-32 - Ertüchtigung von Wänden mit Ringanker .....	331
Abbildung 5-33 - Ertüchtigung von Wänden mit Zugankern bei symmetrisch anfallenden Horizontalkräften .....	331
Abbildung 5-34 Verstärkung der Fachwerkstäbe .....	332
Abbildung 5-35 - Verstärkung der höchst belasteten Stäbe (hellblau) auf doppelten Querschnitt .....	332
Abbildung 5-36 - Ertüchtigung mittelsdurchlaufender Ober- und Untergurte oder versteiften Knoten .....	332
Abbildung 5-37- Fachwerkträger mit "weichen" Diagonalen und gelenkigen Knoten .....	333
Abbildung 5-38 - System wie oben, jedoch mit biegesteifen Knoten .....	333
Abbildung 5-39 - Verformungsbild Fachwerkträger .....	334
Abbildung 5-40 - Verformungsbild Fachwerkträger mit biegesteifen Knoten .....	334
Abbildung 5-41 - Momentenlinie des Fachwerkträgers mit gelenkigen Knoten .....	334
Abbildung 5-42 - Momentenlinie des Fachwerkträgers mit biegesteifen Knoten .....	335
Abbildung 5-43 - Sattelförmiger Fachwerkträger und zugehörige Momentenlinie bei Gleichlast auf dem Obergurt .....	335
Abbildung 5-44 - Ertüchtigung des Obergurtes durch zusätzliche Stäbe .....	335
Abbildung 5-45 - Optimierung der Lasteinleitung .....	335
Abbildung 5-46 - Ertüchtigung durch Aufbeton oder Überzüge .....	336
Abbildung 5-47 - Ertüchtigung durch Unterzüge oder CFK - Lamellen .....	336
Abbildung 5-48 - Längsschnitt durch CFK/Beton - Stoffverbund (Q.: Führer/Hegger1999, S.131) .....	336
Abbildung 5-49 - Dreigelenkrahmen, Zweigelenkrahmen und Zweigelenkrahmen mit Kopfbändern (v.l.n.r.) sowie den jeweiligen Momentenlinien und Verformungsfiguren darunter .....	337
Abbildung 5-50 - Dreigelenkrahmen, Zweigelenkrahmen und Zweigelenkrahmen mit Zugband (v.l.n.r.) sowie den jeweiligen Momentenlinien und Verformungsfiguren darunter .....	338
Abbildung 5-51 - Sparrendach sowie Sparrendach mit Kehlbalcken darunter jeweils Momentenverlauf, Längskraftdiagramm und Verformung .....	339
Abbildung 5-52 - Sparrendach mit Kehlbalckenlage sowie Verankerung der Kehlbalckenlage in den Giebelwänden als Ertüchtigung, darunter jeweils Momentenlinie und Verformung .....	340
Abbildung 5-53 - Zugband eines Bogens in der Nikolaikirche, Siegen .....	340
Abbildung 5-54 - Verschiedene Möglichkeiten zur Anbringung von Zugbändern (Q.: Pieper1983, S. 132) .....	341
Abbildung 5-55 Tragende Mittelwand im unteren Geschoss .....	343
Abbildung 5-56 - Mögliche Schäden nahe Entfernen der Wand ohne Ertüchtigungsmaßnahme .....	343
Abbildung 5-57- Verringern von Last .....	343
Abbildung 5-58 - Unterzüge .....	343
Abbildung 5-59 - Ertüchtigung der Zugzone der Decke .....	344
Abbildung 5-60 - Überzüge .....	344
Abbildung 5-61 - Anordnen von Stützen .....	344
Abbildung 5-62 - Unterspannung .....	344
Abbildung 5-63 - Kombination verschiedener Maßnahmen .....	345
Abbildung 5-64 - Einbringen von Zugbändern (blau) ermöglichte das Entfernen der darunter liegenden Wand .....	345
Abbildung 5-65 - Auf ein Gebäude wirken Vertikal- und Horizontallasten .....	346
Abbildung 5-66 - Auskreuzen, Einbau von Rahmen oder Streben als Ertüchtigungsmaßnahme .....	347
Abbildung 5-67 - Einbringen einer Stahlbetonstütze, Verstärken und Abspannen einer Wand .....	348
Abbildung 5-68 - Herstellen von Wandöffnungen mit Unterzug, .....	348
Abbildung 5-69 ...Bogen .....	348
Abbildung 5-70 und Ertüchtigung von Bauteilen oberhalb der Öffnung (vgl. 5.3.1.1) .....	348
Abbildung 5-71 - Umbau einer Schule zu einer Bibliothek (Q.:Büro Tollé) .....	349
Abbildung 5-72 - Abhängung an der Stelle einer vormaligen Stütze .....	350

Abbildung 5-73 - Großer Saal im Kipfenberger Speicher (Q.: Pehnt1988, S.105) .....	351
Abbildung 5-74 - Detail Aufhängung für Stützlast (Q.: Pehnt1988, S.102).....	351
Abbildung 5-75 Fehlende Auflast über Kellerwand: Entfernen des Erddruckes.....	352
Abbildung 5-76 ... Zusatzkonstruktionen innen.....	352
Abbildung 5-77 ...vertikale Spannglieder.....	352
Abbildung 5-78 ...Stahlbetonstütze .....	352
Abbildung 5-79 -„Ertüchtigung“ einer Holzbalkendecke durch Stahlträgern mit "besonderer" Ausbildung der Auflager der Streuhölzer .....	353
Abbildung 5-80 - Ertüchtigung durch Einfügen eines Gelenkes (Q.: Führer/Hegger1999, S.146) .....	354
Abbildung 5-81 - Geringeres Feldmoment nach "Anbau" von Kragarmen .....	355
Abbildung 5-82 Umdeuten einer Wandscheibe in ein Fachwerk.....	356
Abbildung 5-83 - Burg Stolberg (Q.: F. Stein) .....	357
Abbildung 5-84 - Querschnitt Bestand (Q.: F. Stein).....	357
Abbildung 5-85 - Längsschnitt Bestand (Q.: F. Stein).....	357
Abbildung 5-86 - Darstellung einer Pfette oben mit Kopfbändern unten als Durchlaufträger (Q.: F. Stein).....	358
Abbildung 5-87 - Darstellung des Momentenverlaufes (Q.: F. Stein).....	358
Abbildung 5-88 - Untersuchte Vaianen (Q.: F. Stein).....	359
Abbildung 5-89 - Bestand (Q.: F. Stein) .....	360
Abbildung 5-90 - Gewähltes System (Q.: F. Stein) .....	360
Abbildung 5-91 - Ausgeführter Dachstuhl (Q.: F. Stein).....	360
Abbildung 5-92 - Anschluss der Zugstange an vorhandenen Dachstuhl (Q.: F. Stein) .....	360
Abbildung 5-93 - Decke zwischen Galerie und Rittersaal (Q.: F. Stein).....	361
Abbildung 5-94 - Ausgeführte Ertüchtigung der Querträger (Q.: F. Stein) .....	361
Abbildung 5-95 - Konsolen zur Verkürzung der Spannweite (Q.: F. Stein) .....	361
Abbildung 5-96-Heilig - Geist - Kirche in Werder, Havel (Q.: K. Block) .....	362
Abbildung 5-97 - Querschnitt Dachstuhl, Langhaus (Q.: K. Block).....	362
Abbildung 5-98 - Sparrenplan mit Schadkartierung (Q.: K. Block) .....	362
Abbildung 5-99 - Fußpunkt geschädigt durch Hausschwamm (Q.: K. Block).....	363
Abbildung 5-100 - Mycel "Echter Hausschwamm" (Q.: K. Block).....	363
Abbildung 5-101 - Befallene Hölzer müssen großzügig abgeschnitten werden (Q.: K. Block).....	363
Abbildung 5-102 - Dachstuhl nach Entfernen befallener Hölzer (Q.: K. Block) .....	363
Abbildung 5-103 - Stark geschädigter Horizontalbalken zwischen Ertüchtigungsversuch aus U-Profilen (Q.: K. Block).....	364
Abbildung 5-104 - Balken nach Entfernen der U-Profile (Q.: K. Block) .....	364
Abbildung 5-105 - Momentenlinie des Dachstuhls bei Volllast (Q.: Dierks, Babilon und Voigt) .....	364
Abbildung 5-106 - Längskraftverlauf des Dachstuhls bei Volllast (Q.: Dierks, Babilon und Voigt) .....	365
Abbildung 5-107 - Detail Fußpunkt (Q.: Dierks, Babilon und Voigt) .....	365
Abbildung 5-108 - Bestandteile der Stahlschuhe (Q.:K. Block).....	366
Abbildung 5-109 - Angesetzte Strebe mit Stahlschuh (Q.: K. Block).....	366
Abbildung 5-110 - Eingeschlitztes Blech für den Anschluss am Horizontalbalken.....	366
Abbildung 5-111 - Reparatur des Balken (Q.: K. Block).....	366
Abbildung 5-112 -Hochschule für Kunst und Design, Aufstockung und Anbau (Q.: Anderhalten Architekten) ....	367
Abbildung 5-113 Grundriss EG (Q.: Anderhalten Architekten).....	367
Abbildung 5-114 - Ehemaliges Laborgebäude (Q.: Anderhalten Architekten).....	368
Abbildung 5-115 - Ausschnitt Grundriss EG, Hörsaal (Q.: Anderhalten Architekten).....	368
Abbildung 5-116 - Schnitt durch Hörsaal (Q.: Anderhalten Architekten) .....	368
Abbildung 5-117 - Entfernen einer Decke (Q.: Anderhalten Architekten).....	368
Abbildung 5-118 - Entkernter Gebäudeteil (Q.: Anderhalten Architekten).....	368
Abbildung 5-119 Ausschnitt Grundriss UG mit Markierung der Stahlbetonstützen (Q.: Anderhalten Architekten).....	369
Abbildung 5-120 - Anschlussdetail Stahlbetonstütze (Q.: Anderhalten Architekten).....	369
Abbildung 5-121 - Betonieren einer Stahlbetonstütze (Pfeil) zur Ertüchtigung der Mauerwerkswand (Q.: Anderhalten Architekten) .....	369
Abbildung 5-122 -Ausgeschalte Stahlbetonstütze(Pfeil) (Q.: Anderhalten Architekten) .....	370
Abbildung 5-123 - Stahlverbundträger zur Aufnahme der neuen Decke über OG (Q.: Anderhalten Architekten).....	370
Abbildung 5-124 - Aufstockung (Q.: Anderhalten Architekten).....	370
Abbildung 5-125 - Fertiggestelltes Projekt (Q.: Anderhalten Architekten) .....	370
Abbildung 5-126 - Erdgeschossgrundriss, Ergänzungsflächen: gelb .....	371
Abbildung 5-127 - Isometrie, ergänztes Volumen: gelb .....	371
Abbildung 5-128 Belastung des Trägers und gewählter Querschnitt (Auszug Statik) (Q.: K. Schmidt).....	372
Abbildung 5-129 - Giebelwand vor .....	373
Abbildung 5-130 - sowie nach Einbau des Trägers und der Klassenerweiterung .....	373
Abbildung 5-131 - Öffnen des Daches .....	373
Abbildung 5-132 - Eingebauter HEB 180 .....	373
Abbildung 5-133 - Abstützen einer Mittelpfette .....	373
Abbildung 5-134 - Zu entfernende Wand .....	373
Abbildung 5-135 - Wand nach Abbruch .....	373

Abbildung 5-136 - Belastung des Trägers und gewählter Querschnitt (Auszug Statik) (Q.: K. Schmidt) .....	374
Abbildung 5-137 - Einbau des Trägers (HEB 280).....	375
Abbildung 5-138 - Auflager aus Steinen der Festigkeitsklasse 20 .....	375
Abbildung 5-139 - Träger wird auf Stahlplatte gelagert.....	375
Abbildung 5-140 - Innenraum nach der Maßnahme.....	375
Abbildung 5-141 ... Träger befindet sich über der Treppe.....	375
Abbildung 5-142 - Längsschnitt durch den Gottesdienstraum .....	376
Abbildung 5-143 - Darstellung des Trägers und Gesamtsystemin Infograph (Q.: Prof. F. Stein).....	377
Abbildung 5-144 - Ausgesteifte Dachscheibe - Verformungen bei Horizontallast (Q.: Prof. F. Stein) .....	377
Abbildung 5-145 - System oben links mit 9,39KN vorgespannt, unten links ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein) .....	378
Abbildung 5-146 Momentenlinie, oben rechts mit , unten rechts ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein) .....	378
Abbildung 5-147 - System oben links mit 9,39KN vorgespannt, unten links ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein) .....	378
Abbildung 5-148 - Normalkräfte, oben rechts mit, unten rechts ohne Vorspannung (Q.: Prof. F. Stein).....	378
Abbildung 5-149 - Polonceauträger .....	379
Abbildung 5-150 - Dimensionierte Tragkonstruktion mit Spannvorrichtung der Zugstäbe .....	379
Abbildung 5-151 - Dachgeschoss vor der Maßnahme (Q.: Jockwer & Partner).....	380
Abbildung 5-152 - Dachgeschoss nach Entfernen der Horizontalriegel (Q.: Jockwer & Partner).....	380
Abbildung 5-153 - Längs und Querschnitt des Pumpwerkes (Q.: N. Wenk, Architekt).....	381
Abbildung 5-154 - Positionsplan (Q.: Jockwer & Partner).....	381
Abbildung 5-155 - Längskraftdiagramm vor dem Entfernen des Horizontalriegels (Q.: Jockwer & Partner).....	382
Abbildung 5-156 - Längskraftdiagramm nach Entfernen des Horizontalriegels (Q.: Jockwer & Partner) .....	382
Abbildung 5-157 - Links Normalkräfte vor, rechts nach der Maßnahme bei Lastfall Dachlast, Schnee, Wind von links (Q.: Jockwer & Partner).....	383
Abbildung 5-158 - Anschluss neues Zugband (Skizze) (Q.: Jockwer & Partner) .....	383
Abbildung 5-159 - Ausgeführter Anschluss (Q.: Jockwer & Partner).....	383
Abbildung 5-160 - Skizze Spannschloss zur Einstellung der Vorspannung (Q.: Jockwer & Partner).....	384
Abbildung 5-161 - Ausgeführtes Spannschloss (Q.: Jockwer & Partner) .....	384
Abbildung 5-162 - Gebäudeschnitt und Eintrag der Windlasten (Q.: Jockwer & Partner) .....	384
Abbildung 5-163 - Grundriss 2.OG (Q.: Jockwer & Partner) .....	385
Abbildung 5-164 - Wandscheiben, die zur Gebäudeaussteifung herangezogen werden können(Q.: Jockwer & Partner).....	385
Abbildung 5-165 - Schnitt mit Anordnung der Zugstangen (Q.: Jockwer & Partner) .....	386
Abbildung 5-166 - Details der oberen und unteren Befestigung der Zugstangen (Q.: Jockwer & Partner) .....	386
Abbildung 5-167 - Ansicht der Lokhalle (Q.: <a href="http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2_Sicherung-Sanierung/G05_Lokhalle-Goettingen_2000.pdf">http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2_Sicherung-Sanierung/G05_Lokhalle-Goettingen_2000.pdf</a> , 16.01.2008).....	387
Abbildung 5-168 - Freigelegte Stahlträger (Q.: <a href="http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_bild12.jpg">http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_bild12.jpg</a> , 16.01.2008).....	388
Abbildung 5-169 - Montage des Fachwerkträgers (Q.: <a href="http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_innen03.jpg">http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_innen03.jpg</a> , 16.01.2008) .....	388
Abbildung 5-170 - Fertiggestellte Halle (Q.: <a href="http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_Lokhalle-Fertig.jpg">http://www.hempel-ingenieure.com/images/minibilder/2_INT-Sicherung/G05_Lokhalle-Fertig.jpg</a> , 16.01.2008).....	388
Abbildung 6-1 -Bestandteile einer Datenbank (Q.:Faeskorn-Woyke/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007, S.22) .....	394
Abbildung 6-2 - Suchmaske Datenbank "Planen und Bauen im Bestand" .....	395
Abbildung 6-3 - Organigramm Nr.1 - Darstellung von Zusammenhängen und Vorgehensweise bei Projektuntersuchungen (Q.: Schneider2007, S. 373).....	397
Abbildung 6-4 - Organigramm Nr. 2 - Darstellung der Projektanalyse nach abgeschlossener Vorauswahl (Q.: Schneider2007, S.374) .....	398
Abbildung 6-5 - Siedlung Hainchen 1956 (Q.: Kühn2005, S.112).....	399
Abbildung 6-6 Übersicht Siedlung Neulohe (Q.: S. Kühn).....	402
Abbildung 6-7 Rückansicht Typ I (Q.: Planunterlagen H. Vollendorf).....	403
Abbildung 6-8 Typ I, Erdgeschoss mit Spannrichtung Decken über EG (Q.:Planunterlagen H. Vollendorf) .....	403
Abbildung 6-9 - Typ II , Grundriss EG(Q.: Bauakte Heinrich).....	404
Abbildung 6-10 - Typ II, Schnitt (Q.: Bauakte Heinrich) .....	404
Abbildung 6-11 - Typ III, EG (Q.:Bauakte Müller-Späß) .....	405
Abbildung 6-12 - Typ III, Schnitt (Q.:Bauakte Müller-Späß) .....	405
Abbildung 6-13 Typ IV, Ansichten (Q.: Bauakte Achenbach).....	406
Abbildung 6-14 Typ IV, Grundriss EG (Q.: Bauakte Achenbach).....	407
Abbildung 6-15 - Typ IV, Schnitt ( Q.: Bauakte Achenbach) .....	407
Abbildung 6-16 - Erweiterungsmöglichkeiten (Q.: S. Kühn) .....	409
Abbildung 6-17 - Übersicht Eingabemaske DBBIB .....	411
Abbildung 6-18 - Anlegen einer Immobilie (Stammdaten).....	413
Abbildung 6-19 - Anlegen einer Immobilie (bekannte Nutzungen).....	413
Abbildung 6-20 - Anlegen einer Immobilie (Beteiligte).....	414

Abbildung 6-21 - Anlegen der Baumaßnahme - die soeben angelegte Immobilie erscheint bereits im Auswahlfenster.....	414
Abbildung 6-22 - Beschreibung der Baumaßnahme mit freiem Text und wählbaren Begriffen in pull-down Menüs.....	415
Abbildung 6-23 - Übersicht der bereits angelegten Personen.....	415
Abbildung 6-24 - Neues Anlegen einer Person.....	416
Abbildung 6-25 - Aktualisierte Übersicht der Personen.....	416
Abbildung 6-26 - Zuordnen der Funktion der beteiligten Person.....	417
Abbildung 6-27 - Auswahl des Fachgebietes Tragwerk vor der Eingabe einer neuen Einzelmaßnahme.....	417
Abbildung 6-28 - Beschreibung der Einzelmaßnahme mit Stammdaten, detaillierte Informationen zum Tragwerk sowie Zuordnung der Beteiligten (s. Baumaßnahme).....	418
Abbildung 6-29- Das Medium wird von einer anzugebenden Quelle in die Datenbank geladen.....	419
Abbildung 6-30 - Durch Anklicken in einer Auswahlliste erfolgt die Zuordnung zu einer Baumaßnahme oder Einzelmaßnahme.....	419
Abbildung 6-31 ... sowie ( falls gewünscht ) zu beteiligten Personen.....	419
Abbildung 6-32 - Das zugeordnete Medium wird abgespeichert.....	420
Abbildung 6-33 - Suchanfrage.....	420
Abbildung 6-34 - Suchergebnis mit Link für weitere Informationen.....	420
Abbildung 6-35 Zeichen der Statik und Festigkeitsberechnung (nach DIN 1350, 1080, 1044 Stahlbeton) (Q.:Bargmann2001, S.4).....	424
Abbildung 6-36 - Grobe Einschätzung der Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen in Mehrfamilienhäusern vor 1918 (Q.: Ladener1997, S.35).....	426
Abbildung 6-37 Ausschnitt einer Tabelle historischer I - Profile (Q.:Ahnert/Krause2002, CD).....	429
Abbildung 6-38 - Kappendecke (Q.:Krause/Ahnert2001, S. 48).....	429
Abbildung 6-39 - Viktoriadecke (Q.: Ahnert/Krause2001, S. 78).....	429
Abbildung 6-40 - Eingabemaske Masonry Damage Diagnostic System (Q.: ( <a href="http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20van%20Balen_.pdf">http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20van%20Balen_.pdf</a> , 29.01.'08).....	430
Abbildung 6-41 - Software zur Pflanzenbestimmung (Q.: <a href="http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTewMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0">http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTewMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0</a> , 01.02.2008).....	432
Abbildung 6-42 - Gefahrensymbole (Q.: T. Wackermann).....	433

## 7.2 Literaturverzeichnis

### **Ackermann1988**

Ackermann, Kurt: Tragwerke in der konstruktiven Architektur, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1988.

### **Ahnert/Krause2000**

Ahnert, Rudolf/ Krause, Karl Heinz: Typische Baukonstruktionen von 1860 - 1960, Band I, 6. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2000.

### **Ahnert/Krause2001**

Ahnert, Rudolf/ Krause, Karl Heinz: Typische Baukonstruktionen von 1860 - 1960, Band II, 6. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2001.

### **Ahnert/Krause2002**

Ahnert, Rudolf/ Krause, Karl Heinz: Typische Baukonstruktionen von 1860 - 1960, Band III, 6. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2002.

### **Arendt/Seele2000**

Arendt, Claus/ Seele, Jörg: Feuchte und Salze in Gebäuden, Verlagsanstalt Alexander Koch, Leinfelden - Echterdingen 2000.

### **Bargmann2001**

Bargmann, Horst: Historische Bautabellen, 3. Auflage, Werner - Verlag, Düsseldorf 2001.

### **Bielefeld2004**

Bielefeld, Bert: Architekturexport in der Europäischen Union, Dissertation an der Fakultät Bauwesen, Universität Dortmund, Dortmund 2004.

### **Blaich1999**

Blaich, Jürgen: Bauschäden Analyse und Vermeidung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1999.

### **Boersch/Heinsohn/Socher2007**

Boersch, Ingo/ Heinsohn, Jochen/ Socher, Rolf: Wissensverarbeitung, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, München 2007.

### **Böttcher2000**

Böttcher, Detlef: Erhaltung und Umbau historischer Tragwerke - Holz und Steinkonstruktionen, Ernst & Sohn, Berlin 2000.

### **Brand/Glatz2005**

Brand, Bernhard / Glatz Gerhard: Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton, 2. erw. Aufl., IRB - Verlag, Stuttgart 2005.

### **Büttner/Hampe1976**

Büttner, O./Hampe, E.: Bauwerk Tragwerk Tragstruktur, Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1976.

### **Caldenby/Hultin1985**

Caldenby, Claes/ Hultin, Olof: Asplund, Arkitektur Förlag, Stockholm 1985.

### **Cramer1984**

Cramer, Johannes: Handbuch der Bauaufnahme, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1984.

### **Cramer/Breitling2007**

Cramer, Johannes/ Breitling, Stefan: Architektur im Bestand, Birkhäuser Verlag AG, Basel, Boston, Berlin 2007.

**Czarske2005**

Czarske, Jürgen: Laserinterferometrische Sensoren, expert Verlag, Renningen 2005.

**Cziesielki2001**

Cziesielki, Erich (Hrsg.): Lufsky, Bauwerksabdichtung, 5.Aufl., B.G. Teubner, Stuttgart/ Leipzig/ Wiesbaden 2001.

**Dartsch1990**

Dartsch, Bernhard: Bauen heute in alter Substanz, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln 1990.

**Dartsch1984**

Dartsch, Bernhard: Jahrhundertbaustoff Stahlbeton, Beton-Verlag, Düsseldorf 1984.

**Dehn/König/Marzahn2003**

Dehn, Frank/ König, Gert/ Marzahn, Gero: Konstruktionswerkstoffe im Bauwesen, Ernst & Sohn, Berlin 2003.

**Docci/Maestri1994**

Docci, Mario/ Maestri, Diego: Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Editori Laterza, Bari 1994.

**Dzierzon/Zull1990**

Dzierzon, Michael/ Zull, Johannes: Altbauten zerstörungswarm untersuchen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1990.

**Eckstein2003**

Eckstein, Günter: Empfehlungen für Baudokumentationen, 2. Auflage, Landesdenkmalamt Baden Württemberg, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart 2003.

**Engel1997**

Engel, Heino: Tragsysteme, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1997.

**Erler1993**

Erler, Klaus: Alte Holzbauwerke, Verlag für Bauwesen, Berlin 1993.

**Faeskorn-Woyke/Heide/Bertelsmeier/Riemer/Bauer2007**

Faeskorn-Woyke, Heide/ Bertelsmeier, Birgit/ Riemer, Petra/ Bauer, Elena: Datenbanksysteme, Pearson Studium, München 2007.

**Fouad/Richter2006**

Fouad, Nabil A./ Richter, Torsten: Leitfaden Thermografie im Bauwesen. Theorie, Anwendungsbeispiele, praktische Umsetzung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006.

**Franke/Schumann1998**

Franke, Lutz/ Schumann, Irene: Schadensatlas - Klassifikation und Analyse von Schäden an Ziegelmauerwerk, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1998.

**Frössel 2002**

Frössel, Frank: Mauerwerkstrockenlegung und Kellersanierung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2002.

**Führer1991**

Führer, Wilfried: Planen und Bauen im Bestand, Seminarbroschüre, Lehrstuhl für Baukonstruktion I, RWTH Aachen, 1991.

**Führer/Hegger1999**

Führer, Wilfried/ Hegger, Josef (Hrsg.): Ertüchtigen und Umnutzen, Symposium an der RWTH Aachen zum Thema "Bauen im Bestand", Tagungsband, Aachen 1999.



***Führer/Igendaaij/Stein1995***

Führer, Wilfried/ Igendaaij, Susanne/ Stein, Friedhelm: Der Entwurf von Tragwerken, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1995.

***Gauchel1990***

Gauchel, Jupp: KI - Forschung im Baubereich, Ernst und Sohn, Berlin1990.

***Geisler2006***

Geisler, Frank: Datenbanken, 2. Auflage, mitp, Heidelberg 2006.

***Gerhardt2002***

Gerhardt, Rolf: Anschauliche Tragwerklehre, Shaker-Verlag, Aachen 2002.

***Görlacher1999***

Görlacher, Rainer: Historische Holztragwerke – Untersuchen, Berechnen und Instandsetzen, Sonderforschungsbereich 315, Karlsruhe 1999.

***Hankammer2004***

Hankammer, Gunter: Schäden an Gebäuden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2004

***Härig/Günther/Klausen1994***

Härig, Siegfried/ Günther, Karl/ Klausen, Dietmar: Technologie der Baustoffe, Verlag C. F. Müller, Heidelberg 1994.

***Harlander2001***

Harlander, Tilman: Villa und Eigenheim, Deutsche Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart 2001.

***Hass/Meyer-Ottens/Richter1993***

Hass, Rüdiger/ Meyer-Ottens, Claus/ Richter, Ekkehard: Stahlbau Brandschutz Handbuch, Ernst & Sohn, Berlin 1993.

***Haun2000***

Haun, Matthias: Wissensbasierte Systeme, expert verlag, Renningen

***Heinle/Schlaich1996***

Heinle, Erwin/ Schlaich, Jörg: Kuppeln aller Zeiten - aller Kulturen, Deutsche Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart 1996.

***Heller1998***

Heller, Hanfried: Padia 1 - Grundlagen Tragwerkslehre, Ernst & Sohn, Berlin 1998.

***Heller2001***

Heller, Hanfried: Wintab ST 2.0, Bautechnische Tabellen interaktiv , Softwareentwicklung, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2001.

***Henning/Knöfel***

Henning, Otto/ Knöfel, Dietbert: Baustoff Chemie, 6. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2002.

***Herzog1998***

Herzog, Max: Schadensfälle im Stahlbau und ihre Ursachen, Werner Verlag, Düsseldorf 1998.

***Holschemacher/Klug2007***

Holschemacher,Klaus/ Klug, Yvette: Lastannahmen nach neuen Normen, Bauwerk Verlag, Berlin 2007.

***Joedicke1976***

Joedicke, Jürgen: Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten, Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1976

**Karsten2005**

Karsten, Rudolf: Bauchemie, Ursachen, Verhütung und Sanierung von Bauschäden, C.F. Müller Verlag, Heidelberg 2005.

**Kempe1999**

Kempe, Klaus: Dokumentation Holzschädlinge, Verlag Bauwesen, Berlin 1999.

**Kiem2007**

Kiem, Karl (Hrsg.): Konversionen - Zum Umgang mit Bauten der Eisenindustrie in Europa, Shaker Verlag, Aachen 2007.

**Kiem/Lohmann2004**

Kiem, Karl/ Lohmann, Petra: "Die neue Schlosserei" auf dem Gelände der Amalienhütte in Bad Laasphe, in: Uni Siegen aktuell 3/04, Vmk-Verlag, Siegen 2004.

**Klein2001**

Klein, Ulrich: Bauaufnahme und Dokumentation, Deutsche Verlags - Anstalt, Stuttgart/München, 2001.

**Kleinlogel1993**

Kleinlogel A.: Eisenbeton in Beispielen. Heft 1: Eisenbetonrippendecken, W. Ernst & Sohn, Berlin 1993.

**Knopp1992**

Knopp, Gisbert: Bauforschung: Dokumentation und Auswertung, Rheinland - Verlag, Köln 1992.

**Krauss/Führer/Jürges2001**

Krauss, Franz/ Führer, Wilfried/ Jürges, Thomas: Tabellen zur Tragwerklehre, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2001.

**Krauss/Führer/Jürges2007**

Krauss, Franz/ Führer, Wilfried/ Jürges, Thomas: Tabellen zur Tragwerklehre, 10. Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2007.

**Krauss/Führer/Neukäter2002**

Krauss, Franz/ Führer, Wilfried/ Neukäter, Hans Joachim: Grundlagen der Tragwerklehre 1, 9. Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2002.

**Krauss/Führer/Willems1997**

Krauss, Franz/ Führer, Wilfried/ Willems, Claus-Christian: Grundlagen der Tragwerklehre 2, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1997.

**Kuff2001**

Kuff, Paul: Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart 2001.

**Kühn2005**

Kühn, Sebastian: Untersuchung der Typologien von Einfamilienhäusern aus Siedlungen der Fünfziger Jahre im Kreis Siegen unter besonderer Berücksichtigung von Umbau- und Erweiterungsmöglichkeiten aus konstruktiver Sicht, Masterthesis Fachbereich Architektur und Städtebau, Universität Siegen 2005.

**Ladener1997**

Ladener, Heinz (Hrsg.): Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg 1997.

**Leicher2002**

Leicher, Gottfried W.: Tragwerkslehre in Beispielen und Zeichnungen, Werner - Verlag, Düsseldorf 2002.

**Leitner2004**

Leitner, Katrin: Tragkonstruktionen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen mit der textilen Fuge, Dissertation RWTH-Aachen, Verlagsgruppe Mainz GmbH, Aachen2004.

**Lißner/Rug2000**

Lißner, Karin/ Rug, Wolfgang: Holzbausanierung, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg 2000.

**Luhmann2000**

Luhmann, Thomas: Nahbereichsphotogrammetrie. Grundlagen, Methoden und Anwendungen, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 2000.

**Luhmann2002**

Luhmann, Thomas (Hrsg.): Photogrammetrie und Laserscanning, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 2002.

**Luhmann2003**

Luhmann, Thomas (Hrsg.): Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 2003.

**Luhmann/Müller2007**

Luhmann, Thomas/ Müller, Christina (Hrsg.): Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 2007.

**Lunze1994**

Lunze, Jan: Künstliche Intelligenz für Ingenieure, Band I, Oldenbourg Verlag, München 1994.

**Lunze1995**

Lunze, Jan: Künstliche Intelligenz für Ingenieure, Band II, Oldenbourg Verlag, München 1995.

**Mainzer1978**

Mainzer, Udo: Die Nikolaikirche zu Siegen, in: Westfälische Kunststätten, Heft 3, Münster 1978.

**Mainzer1983**

Mainzer, Udo (Hrsg.): Was ist ein Baudenkmal?, Rheinland-Verlag GmbH, Köln1983.

**Mallon2005**

Mallon, Thomas: Bauchemie, Vogel-Fachbuch, Würzburg 2005.

**Mönck1999**

Mönck, Willi: Schäden an Holzkonstruktionen, 3. Aufl., Verlag Bauwesen, Berlin 1999.

**Mörsch2005**

Mörsch, Georg: Denkmalverständnis, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich 2005.

**Nürnberg1995(a)**

Nürnberg, Ulf : Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen, Band 1, Grundlagen Betonbau, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1995.

**Nürnberg1995(b)**

Nürnberg, Ulf : Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen, Band 2, Metallbau, Korrosionsprüfung, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1995.

**Oehme/Vogt2003**

Oehme, Peter / Vogt, Werner: Schäden an Tragwerken aus Stahl, IRB - Verlag, Stuttgart 2003.

**Ostendorf1982**

Ostendorf, Friedrich: Die Geschichte des Dachwerks, Nachdruck (Original 1908), Th. Schäfer GmbH, Hannover 1982.

**Pehnt1988**

Pehnt, Wolfgang: Karljosef Schattner, Verlag Gerd Hatje, Stuttgart 1988.

**Pepperl1993**

Pepperl, Rüdiger: Optische Abstandsmessung, Vulkan - Verlag, Essen 1993.

**Petzet/Mader1993**

Petzet, Michael / Mader, Gert Thomas: Praktische Denkmalpflege, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart 1993.

**Petzet/Wolters1975**

Petzet, Michael / Wolters, Wolfgang: Eine Zukunft für unsere Vergangenheit, Prestel - Verlag, München 1975.

**Petzold2001**

Petzold, Frank: Computergestützte Bauaufnahme als Grundlage für die Planung im Bestand, Dissertation Bauhausuniversität Weimar, 2001.

**Pfefferkorn1996**

Pfefferkorn, Werner: Rißschäden an Mauerwerk, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1996.

**Pieper1983**

Pieper, Klaus: Sicherung historischer Bauten, Ernst & Sohn, Berlin - München 1983.

**Polónyi/Walochnik2003**

Polónyi, Stefan / Walochnik, Wolfgang: Architektur und Tragwerk, Ernst & Sohn, Berlin 2003.

**Puppe1988**

Puppe, Frank: Einführung in Expertensysteme, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg 1988.

**Ranft/Haas-Arndt2004**

Ranft, Fred/ Haas-Arndt, Doris: Energieeffiziente Altbauten, TÜV - Verlag GmbH, Köln 2004.

**Raschke2007**

Raschke, Christian, Erhalten lernen, in: Deutsches Architektenblatt, Ausgabe 06/2007, corps Verlag, Düsseldorf 2007

**Rau/Braune1992**

Rau, Ottfried/ Braune, Ute: Der Altbau, 5. Auflage, Verlagsanstalt Alexander Koch, Leinfelden - Echterdingen 1992.

**Reinbold/Geschke1990**

Reinbold, Horst/ Geschke, Dieter: Stähle und ihre Wärmebehandlung, Werkstoffprüfung, 6. Auflage, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1990.

**Reul2005**

Reul, Horst: Die Sanierung der Sanierung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005.

**Reul2001**

Reul, Horst: Handbuch Bautenschutz und Bausanierung, 4. Aufl., Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 2001.

**Riedel/Heine/Henze2006**

Riedel, Alexandra/ Heine, Katja/ Henze, Frank: Von Handaufmaß bis High Tech II, Verlag Philip von Zabern, Mainz am Rhein 2006.

**Rittel1970**

Rittel, Horst: Der Planungsprozess als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung, in: Arbeitsberichte zur Planungsmethodik 4, Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1970.

**Rottke1998**

Rottke, Evelin: ExTraCAD Computerunterstützung des architektonischen Tragwerkentwurfs, Dissertation an der Fakultät für Architektur der RWTH Aachen, Aachen 1998.

**Rybicki1978** Bauschäden an Tragwerken - Teil 1 Mauerwerksbauten und Gründungen, Werner-Verlag, Düsseldorf 1978.

**Rybicki1979**

Rybicki, Rudolf: Bauschäden an Tragwerken - Teil 2 Beton- und Stahlbetonbauten, Werner-Verlag, Düsseldorf 1979.

**Schattner1994**

Schattner, Karljosef: Gratwanderung in einer historischen Stadt. In: Schirmbeck, E. ( Hrsg. ): Zukunft der Gegenwart - über neues Bauen in historischem Kontext, Stuttgart 1994.

**Schirmbeck1994**

Schirmbeck, Egon (Hrsg.): Zukunft der Gegenwart - Internationales Symposium über neues Bauen in historischem Kontext an der TU Dresden, Juli 1992, Deutsche Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart 1994.

**Schmitt1967**

Schmitt, Heinrich: Hochbaukonstruktionen, Otto Maier Verlag, Ravensburg 1967.

**Schneider2007**

Schneider, Roland: Analyse der Planungs- und Bauprozesse bei abgeschlossenen Baumaßnahmen im Bestand, Masterthesis Fachbereich Architektur und Städtebau, Universität Siegen 2007.

**Scholz/Hiese2003**

Scholz, Wilhelm/ Hiese, Wolfram: Baustoffkenntnis, 15.Auflage, Werner Verlag, München 2003.

**Schuster/Kolobrodov2004**

Schuster, Norbert/ Kolobrodov, Valentin G.: Infrarotthermographie, WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2004.

**Spitz2005**

Spitz, Christian: Skript, Lehrstuhl für Photonik, Universität Potsdam, [http://www.uni-potsdam.de/u/physik/spitz/Lehre/SS2006a/Skript\\_kap\\_2.PDF](http://www.uni-potsdam.de/u/physik/spitz/Lehre/SS2006a/Skript_kap_2.PDF), Potsdam 2005.

**Staatsmann1910(a)**

Staatsmann, Karl: Das Aufnehmen von Architekturen, Teil 1, Konrad Grethlein's Verlag, Leipzig 1910.

**Staatsmann1910(b)**

Staatsmann, Karl: Das Aufnehmen von Architekturen, Teil 2, Konrad Grethlein's Verlag, Leipzig 1910.

**Steffens2002**

Steffens, Klaus: Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken, Ernst & Sohn, Berlin 2002.

**Stiglat2004**

Stiglat, Klaus: Bauingenieure und ihr Werk, Ernst & Sohn, Berlin 2004.

**Thomas2004**

Thomas, Horst (Hrsg.): Denkmalpflege für Architekten und Ingenieure, 2. Auflage, Rudolf Müller, Köln 2004.

**Thurrow2004**

Thurrow, Torsten: "Digitaler Architekturbestand, Untersuchungen zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie von Gebäuden im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme, Dissertation Bauhaus-Universität Weimar", Weimar2004.

**Trettin2007**

Trettin, Reinhard: Untersuchungsbericht, Laboruntersuchungen von Mörtelproben der St. Katharina Kirche in Wissen-Schönstein, Institut für Bau-und Werkstoffchemie, Universität Siegen2007.

**Türker/Saake2006**

Türker, Can/ Saake, Gunter: Objektrelationale Datenbanken, dpunkt.verlag, Heidelberg 2006.

**v. Achenbach1983**

v. Achenbach, Heinrich: Geschichte der Stadt Siegen (erster Band), 2. ergänzter Nachdruck der Ausgabe Siegen 1894, verlag die wielandschmiede, Kreuztal 1983.

**Venzmer2001**

Venzmer, Helmuth (Hrsg.): Praxishandbuch Mauerwerkssanierung von A - Z .,1. Aufl., Verl. Bauwesen, Berlin 2001.

**Vitruv1964**

Vitruv: Zehn Bücher über Architektur, übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Dr. Curt Fensterbusch, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1964.

**Wallasch1999**

Wallasch, Sven: Instandsetzung von Ziegelmauerwerk, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1999.

**Wangerin1992**

Wangerin, Gerda: Bauaufnahme –Grundlagen, Methoden, Darstellung, 2. Auflage, Vieweg, Braunschweig/ Wiesbaden 1992.

**Wapenhans2005**

Wapenhans, Wilfried (Hrsg.): Tragwerksplanung im Bestand, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005.

**Weber1982**

Weber, Helmut: Thermografie im Bauwesen, expert verlag, Grafenau/Württ. 1982.

**Weferling/Heine/Wulf2001**

Weferling, Ulrich/ Heine, Katja/ Wulf, Ulrike (Hrsg.): Von Handaufmaß bis High Tech, Verlag Philip von Zabern, Mainz am Rhein 2001.

**Weiß/Wagenführ/Kruse2000**

Weiß, Björn/ Wagenführ, André/ Kruse, Kordula: Beschreibung und Bestimmung von Bauholzpilzen, DRW - Verlag, Leinfelden - Echterdingen 2000.

**Werner/Seidel1992**

Werner, Frank/ Seidel, Joachim: Der Eisenbau, Verlag für Bauwesen, Berlin 1992.

**Wesche1996**

Wesche, Karlhans: Baustoffe für tragende Bauteile - Grundlagen, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1996.

**Wesche1993**

Wesche, Karlhans: Baustoffe für tragende Bauteile - Beton Mauerwerk, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1993.

**Wesche1985**

Wesche, Karlhans: Baustoffe für tragende Bauteile - Stahl Aluminium, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1985.

**Wesche1988**

Wesche, Karlhans: Baustoffe für tragende Bauteile - Holz und Kunststoffe, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/ Berlin 1988.

**Zalewski/Allen1998**

Zalewski, Waclaw/ Allen, Edward: Shaping structures: statics, John Wiley & Sons, Inc., New York 1998.

**Zapf1999**

Zapf, Katrin, in: Flagge, Ingeborg(Hrsg.): Geschichte des Wohnens, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1999.

## 7.3 Sonstige Quellen

### Internetquellen im Text

Kapitel	Internetadresse, Datum
3.3.1.3	<a href="http://www.uni-potsdam.de/u/physik/spitz/Lehre/SS2006a/Skript_kap_2.PDF">http://www.uni-potsdam.de/u/physik/spitz/Lehre/SS2006a/Skript_kap_2.PDF</a> , Potsdam2005, 18.09.2007
3.5.3	<a href="http://www.irbdirekt.de/schadis">http://www.irbdirekt.de/schadis</a> , 29.09.2007)
3.5.5.14	<a href="http://www.infratec.de/de/willkommen/submenu/theorie/grundlagen.html">http://www.infratec.de/de/willkommen/submenu/theorie/grundlagen.html</a> , 13.01.2007
3.5.5.15	<a href="http://www.gann.de/downloads/IN_BAUFEUCHTE_D.pdf">http://www.gann.de/downloads/IN_BAUFEUCHTE_D.pdf</a> , 26.09.2007
4.2.7.8	<a href="http://www.dhm.de/museen/berlin-mitte/tacheles.htm">http://www.dhm.de/museen/berlin-mitte/tacheles.htm</a> , 16.01.2008
5.2.1	<a href="http://www.convaso.de">http://www.convaso.de</a> , 17.01.2008
5.2.1	<a href="http://www.huz-decke.de/index.html">http://www.huz-decke.de/index.html</a> , 17.01.2008
5.5.8	<a href="http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2_Sicherung-Sanierung/G05_Lokhalle-Goettingen_2000.pdf">http://www.hempel-ingenieure.com/images/pdfs/2_Sicherung-Sanierung/G05_Lokhalle-Goettingen_2000.pdf</a> , 16.01.2008
6.3.2.3	<a href="http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20van%20Balen_.pdf">http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Historical%20constructions/page%2015-28%20van%20Balen_.pdf</a> , 29.01.'08
6.3.2.3	<a href="http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTewMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0">http://www.cdrom.ulmer.de/TUIEPTewMzImQUIEPTgyNDAmVVBPUz03.html?UID=AA21D03049D4FF8D6CF8A3F99375E5805C0F4E144B92AAC0</a> , 01.02.2008

## Verwendete Gesetze, Normen und Gutachten

Kapitel	Verwendete Gesetze, Normen und Gutachten
2.3.2	Denkmalschutzgesetz NRW vom 11. März 1980
3.2.1	Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) vom 2. Januar 2002, Sachverständigenordnung der Architektenkammer NRW Vom 02.01.2005, Archivgesetz Nordrhein-Westfalen – (ArchivG NW) vom 16. Mai 1989
3.3.1.3	DIN EN 60825-1
3.5.2.1	DIN 1055
3.5.2.1	EC 2
3.5.2.2	DIN 4108
3.5.3.3	DIN 1045
3.5.5.7	DIN 1045, EN 13791, DIN 18999-15
3.5.5.8	DIN V 105-100:2005-10
3.5.5.9	DIN 1045 Teil 2 , EN 13791
3.5.6.2	EN 13791:2005
3.5.6.4	DIN EN 772-1, DIN V 105-100:2005-10
3.5.6.9, 4.2.1	DIN 68800
4.2.7.7	DIN 1045
4.2.7.8	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Bericht über Probebelastungen im Kunsthaus „Tacheles“ AZ 2.2/24 062