

Mathematik und Kunst

Beobachten, Malen, Denken, Konstruieren

1. Entstehungszusammenhang des Projektes

Zusammenhang mit einer pädagogischen Konzeption

Als Anfang der 70er Jahre die sogenannte Moderne Mathematik in die Schulen Einzug hielt, war mir klar, daß damit ein völlig verengtes Bild von der Mathematik den Kindern präsentiert wurde. Betrachtet man die mehrere tausend Jahre alte Geschichte der Mathematik, so bietet sich uns ein ganz anderes Bild dar; dies gilt insbesondere auch für die Bedeutung der Mathematik für die Gesellschaft und für die Reize, die die Beschäftigung mit Mathematik bieten kann. Fragt man außerdem nach dem pädagogischen Wert des Mathematikunterrichts, so hat die rein auf formales und strukturelles Denken bezogene Moderne Mathematik auch nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten.

Deshalb habe ich mir seit etwa 1975 Gedanken über einen andersartigen Mathematikunterricht gemacht und Unterrichtseinheiten für einen sogenannten „Praxisorientierten Mathematikunterricht“ entwickelt (vgl. Graumann 1976, 1977 und 1979). Kern dieser Konzeption ist ähnlich wie bei der Projektmethode von Dewey die Entwicklung von Erkenntnis, Bewußtsein und Handlungsfähigkeit des Menschen in der Auseinandersetzung mit seiner natürlichen und sozialen Umwelt. Die Mathematik erhält dabei die Rolle eines „Werkzeuges“, welches bei der Lösung von Problemen oder beim Verstehen von Gegebenheiten eine Hilfe bietet.

Ausgangspunkt einer Unterrichtseinheit im Rahmen des „Praxisorientierten Mathematikunterrichts“ sollte deshalb eine unmittelbar gegebene oder möglichst realitätstreu dargestellte Situation der Umwelt sein. In der Auseinandersetzung mit den Problemen dieser Situation werden dann die mathematisierbaren Aspekte herausgehoben und mittels der vorhandenen oder noch zu entwickelnden mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten gelöst. Danach wird die Ausgangssituation unter Beachtung der zwischenzeitlich erworbenen Einsichten erneut beurteilt, wobei nicht nur die mathematisierbaren Aspekte berücksichtigt werden; manchmal ist gerade das Erkennen der Grenzen der Mathematisierbarkeit das Wesentliche. Erprobt wurden Unterrichtseinheiten dieser Art schon für die verschiedensten Bereiche des Lebens, wie etwa Familie, Berufswelt, Staat und Freizeit.

Problemlage, auf die das Projekt antworten möchte

Ein Aspekt unserer Umwelt, der mittels geometrischer Begrifflichkeiten aufgeklärt werden kann, ist die künstlerische Gestaltung von Architektur und Ornamentik in unserer Umwelt.

Als Problem sehe ich dabei einmal die Verödung und Eintönigkeit der Straßen- und Stadtbilder moderner Industriestädte etwa im Vergleich zu mittelalterlichen oder barocken Gebäude- und Stadtansichten. Das Bedürfnis des Menschen nach Abwechslung und Ästhetik wird meist gegenüber ökonomischen oder Rationalisierungsinteressen vernachlässigt, obgleich die Interessen sich prinzipiell nicht widersprechen müssen. Zum zweiten liegt ein Problem darin, daß viele Menschen nicht mehr darin geschult sind, die Schönheit vorhandener im angesprochenen Sinne positiver Gestaltungen wahrzunehmen. Im üblichen Unterricht werden damit zusammenhängende Fragestellungen nicht behandelt, obgleich die Ornamentik und die Baukunst ganz wesentlich mit der Entwicklung der Mathematik in früheren Zeiten verknüpft ist. So findet man die Entwicklung vorgeschichtlicher Geometrie im wesentlichen auf Vasen und Tellern oder an Schmuckgegenständen, und das Aufblühen der Mathematik in den früheren Hochkulturen (Babylon, Ägypten) ist zeitgleich mit dem Bau von Kanälen, Vorrätekammern und Pyramiden (vgl. Vogel 1956, Wussing 1962). Im Mittelalter ist der Bau von Kirchen wesentlich von mathematischen Gesetzmäßigkeiten geprägt (vgl. Weber 1954), und es gibt Behauptungen, daß die Entwicklung der Kunst und der Perspektive im Spätmittelalter quasi eine Katalysatorfunktion für die Entwicklung des neuzeitlichen Weltbildes gespielt hat.

Ziele eines Projektes „Mathematik und Kunst“ sind deshalb neben Lernzielen des üblichen Mathematik- und Kunstunterrichts:

1. Die Zusammenhänge von Mathematik und Kunst erkennen (Kenntnisse über die Verwendung von Mathematik in der Kunst, insbesondere über die Verwendung von Zahlenverhältnissen und geometrischen Formen in der Baukunst, Ornamentik und modernen Malerei / Verstehen der Rolle der Mathematik in der Kunst der Vergangenheit und Gegenwart);
2. mathematisch-ästhetische Aspekte in der Umwelt wahrnehmen (Erkennen geometrischer Formen an Gegenständen der Umwelt / Entwickeln eines Bewußtseins für Gründe unterschiedlich ästhetischen Empfindens);
3. die Einstellung zur Mathematik verändern (erfahren, daß Mathematik außer dem technisch-rationalen und geistig-formalen Aspekt auch noch andere Aspekte hat, insbesondere auch mit „Schönheit“ und „Staunen“ in Verbindung gebracht werden kann / erfahren, daß Beschäftigung mit Mathematik auch anregend für Fragestellungen in anderen Bereichen sein kann);
4. die Art des Lernens von Mathematik verändern (Kennenlernen bzw. Vertiefung des Verständnisses von mathematischen Begriffen im Rahmen von Lebenssituationen und unter Einbeziehung des affektiven und psychomotorischen Bereiches / erfahren, daß Beschäftigung mit Mathematik auch Freude bereiten kann und das Selbstbewußtsein steigert).

Entstehung der Projektidee

Bei der Entwicklung von Unterrichtseinheiten für den „Praxisorientierten Mathematikunterricht“ habe ich die verschiedenen Lebensbereiche auf mögliche Themen untersucht. Da ich auf die Ornamentik und Baukunst wegen der darin steckenden Geometrie und Harmonie schon lange mein Augenmerk gerichtet hatte und da ich auch einige Kenntnisse von der Rolle der Mathematik in der Kunstgeschichte hatte,

war es für mich naheliegend, auch ein Thema im Bereich „Mathematik und Kunst“ zu suchen. Erste Unterrichtserfahrungen hierzu habe ich dann als Hochschullehrer für Mathematik und Didaktik der Mathematik an der Universität Bielefeld zusammen mit Studierenden in einer sechsten Hauptschulklasse im Rahmen eines mathematikdidaktischen Schulpraktikums machen können. Hierbei wurde klar, daß das Thema beispielsweise im Projektunterricht noch treffender behandelt werden könnte. Im Mai 1982 bot sich mir dann die Gelegenheit, im Rahmen einer Projektwoche der Hauptschule Baumheide in Bielefeld ein solches Projekt durchzuführen.

Vorbereitung des Projekts

Als mögliche thematische Schwerpunkte übersandte ich der Vorbereitungsgruppe der Projektwoche zur Information folgende Liste:

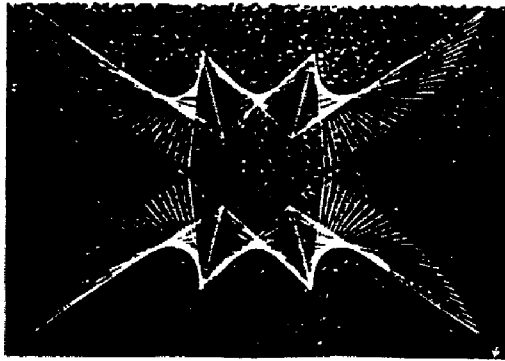
1. Ornamente und Muster auf Tapeten, Stoffen, Vasen u. ä.
2. Symbole (Wappen, Hinweisschilder u. ä.) in Vergangenheit und Gegenwart
3. Reguläre Figuren und Parkettierungen in Fassaden, Fußböden u. ä.
4. Der Kreis als künstlerisches Gestaltungsmittel
5. Geometrische Formen in Kunst und Architektur
6. Geometrische Formen in der modernen Malerei
7. Kurven und Kurvenscharen in der modernen Kunst und Werbegraphik
8. Zahlenverhältnisse in Kunst und Architektur
9. Die Perspektive in der Malerei
10. Die Kunst des M. C. Escher

Dabei hatte ich daran gedacht, daß ein Teil dieser Themen den Teilnehmern an meinem Projekt im Vorfeld mitgeteilt werden sollte, um eine möglichst weitgehende Mitarbeit der Projektteilnehmer an der Planung zu gewährleisten. In der von mir geplanten Form war die Vorbereitungsphase dann jedoch nicht durchführbar, da die Projektgruppe erst kurz vor Beginn der Projektwoche feststand.

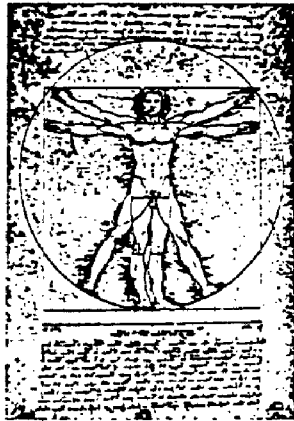
Von der Schule war vielmehr vorgesehen, in den Tagen vor der Projektwoche ein Plakat in der Pausenhalle der Schule aufzuhängen, so daß die Kinder die Möglichkeit der Information über alle Projektangebote erhielten. Die Projekte waren dabei jeweils einer der Klassenstufen 5/6, 7/6, 9/10 zugeordnet. Das Projekt „Mathematik und Kunst“ wurde von der Vorbereitungsgruppe der Projektwoche der Stufe 7/8 zugeordnet. Da ich keine weiteren Vorgaben und Vorinformation erhielt, gestaltete ich das Plakat so, daß außer den Begriffen „Mathematik“ und „Kunst“ und den vier Stichwörtern „Beobachten“, „Malen“, „Denken“, „Konstruieren“ nur verschiedene Bilder von Gebäuden, geometrischen Figuren und Mustern verwendet wurden (vgl. Abb. 1). Das Plakat sollte damit schon auf die weniger auf sprachlicher Ebene liegenden Ziele des Projektes hindeuten.

Aufgrund der vorgegebenen Rahmenbedingungen (Kinder der Hauptschule/fünf Vormittage) habe ich für dieses Projekt folgende allgemeine Lernziele angestrebt:

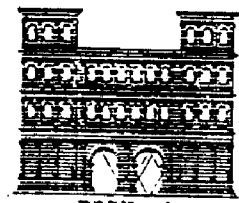
- Aufmerksamwerden auf geometrisch interessante Bauwerke.
- Kennenlernen der Verwendung von Kreisteilen bei einigen Bauformen aus früherer Zeit.



Beobachten
Denken



Konstruieren
Malen



Mathematik

und Kunst

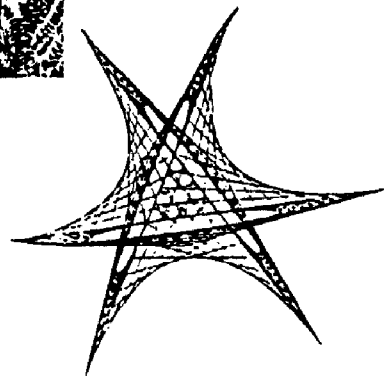
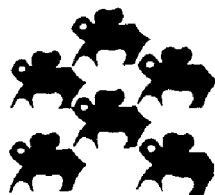
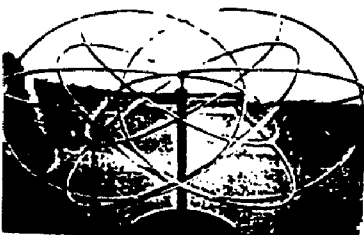


Abbildung 1

- Erfahren, wie man Kreis und Vieleck als Grundmuster für moderne Kunstwerke benutzen kann.
- Erleben, daß Mathematik auch anders als üblicherweise gesehen und gelernt werden kann.

Für das Projekt haben sich dann 8 Mädchen und 1 Junge gemeldet. Die neun Kinder kannten sich teilweise nur flüchtig, da sie aus vier verschiedenen Klassen der Stufe 7/8 kamen. Vier von ihnen waren Ausländerkinder. Das Projekt wurde von mir allein geleitet. Uns standen 5 volle Vormittage zur Verfügung.

2. Ablauf des Projektes

1. Tag

Am Montagmorgen der Projektwoche trafen wir uns in einem kleineren Klassenraum das erste Mal. Wir machten uns erst einmal gegenseitig bekannt. Auf die Frage von mir, was sie sich vorgestellt hatten, als sie sich für dieses Projekt entschieden, kamen nur spärliche Antworten. Zum Teil waren sie mit der Freundin mitgegangen, zum Teil war es die Andersartigkeit des Plakates, durch die sie angesprochen wurden. Da keine dezidierten Wünsche von den Kindern vorgebracht wurden und die Diskussionsfreudigkeit (u. a. auch wegen der Fremdheit der Teilnehmer) sehr gering war, entfaltete ich vor den Kindern ein Werbeplakat von der Stadt Bielefeld, auf dem mehrere Gebäude und Denkmäler in Form einer Kollage zu einem Bild zusammengefügt abgebildet waren. Dieses Bild war auch schon Bestandteil des Plakates, das auf mein Projekt aufmerksam machen sollte. Gemeinsam identifizierten wir nun die Gebäude und Denkmäler und sprachen darüber, wo diese Gebäude bzw. Denkmäler in der Stadt zu finden sind. Es zeigte sich dabei, daß ein Großteil der Kinder sich außer in ihrem am Rande der Stadt gelegenen Wohngebiet kaum in der Stadt Bielefeld auskannten. Deshalb fertigten wir erst einmal einen skizzenhaften Stadtplan von Bielefeld an. Danach zeigte ich mehrere Dias von Gebäudeansichten aus verschiedenen Städten und Jahrhunderten. Dabei fiel, wie schon auf dem Bielefeld-Plakat, der Gegensatz von Gebäuden der Gegenwart und denjenigen früherer Jahrhunderte auf. Da die Kinder inzwischen redseliger geworden waren, konnten wir die Unterschiede auch noch etwas deutlicher artikulieren, indem wir die auftretenden geometrischen Formen benannten und auflisteten. Zum Abschluß zeigte ich dann noch ein Dia von der Porta Nigra in Trier, welche schon aus der Römerzeit stammt und eine große Regelmäßigkeit aufweist. Dieses Bild hatte ich auch mehrfach in kopierter Form vorliegen (vgl. Abb. 2). Und da die beobachteten und besprochenen Gedanken auch durch Malen und Konstruieren vertieft werden sollten, forderte ich die Kinder auf, die Porta Nigra aus freier Hand, so gut sie es konnten, nachzuzeichnen (vgl. Abb. 3). Das kostete einige Zeit und auch einige Mühe wegen der vielen Rundbögen; es bereitete den Kindern aber dennoch Spaß.

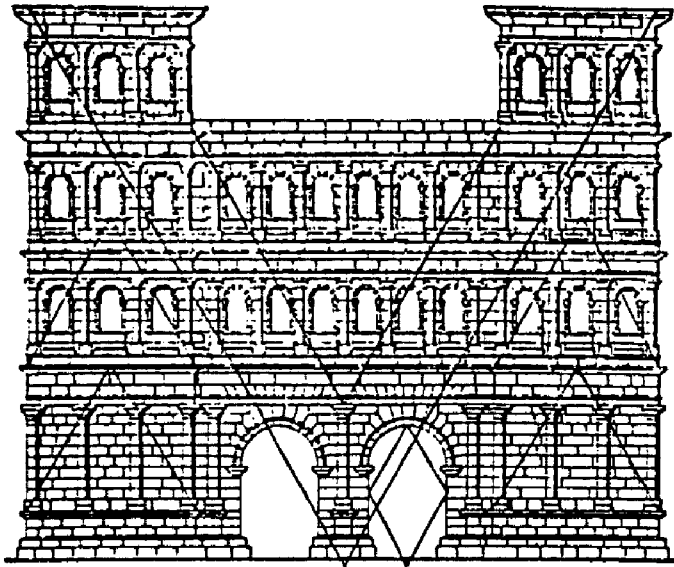


Abbildung 2 (aus: Frank 1941)

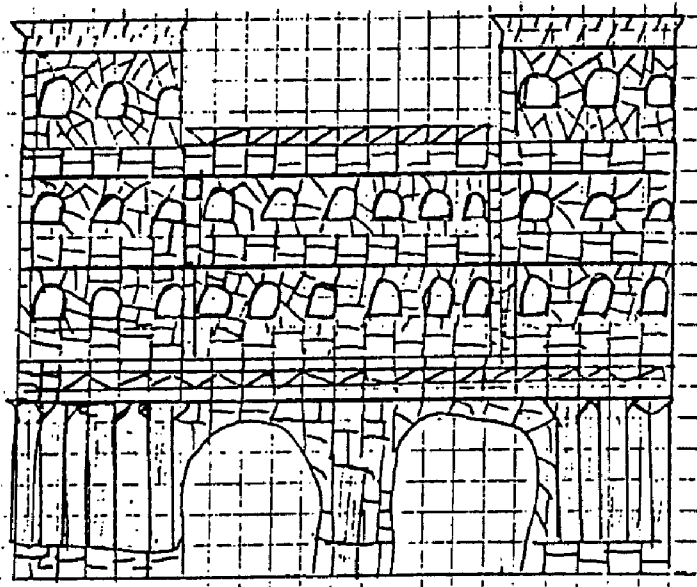
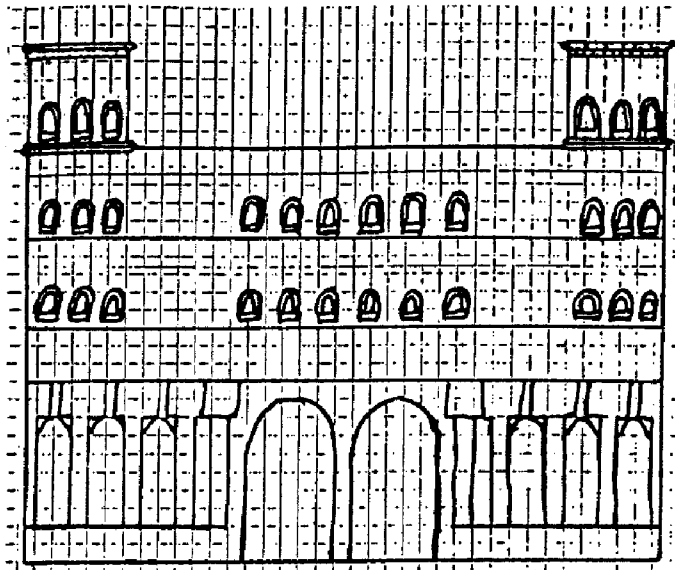


Abbildung 3

2. Tag

Anknüpfend an die Beschäftigung des Vortages und auf Anregung zweier Kinder, die zu Hause versucht hatten, ihr Bild der Porta Nigra mit Zirkel und Lineal zu vervollständigen, besprachen wir zuerst den Umgang mit dem Zirkel; denn es stellte sich heraus, daß fast alle Kinder der Projektgruppe im Umgang mit dem Zirkel unsicher waren. Wir machten erst ein paar einfache Übungen zur Benutzung von Zirkel und Geodreieck, wobei auch grundlegende Begriffe wie Rechteck, Quadrat, Diagonale, Symmetrieachse, Kreislinie, Kreisfläche, Radius, Durchmesser, Mittelpunkt wiederholt wurden. Danach wurden die Erfahrungen auf das Zeichnen von Teilen der am Vortag gesehenen Häuserfassaden angewendet. Je nach Fähigkeit bzw. Vertrauen in die eigene Fähigkeit suchten sich die Kinder unterschiedlich schwierige Aufgaben.

Für die zweite Hälfte dieses Vormittages stellte ich den Kindern die Aufgabe mit den Mitteln des Zirkels, dem Geodreieck und Farbstiften ein „modernes Kunstwerk“ zu schaffen. Die bisher auf vorgegebene Fassaden und Ornamente orientierte Arbeit sollte nun freier werden und die Kreativität anregen. Die Kinder griffen diese Anregung gern auf und arbeiteten über zwei Stunden in lockerer Atmosphäre daran.

Zum Abschluß besprachen wir noch die Planung des folgenden Tages.

3. Tag

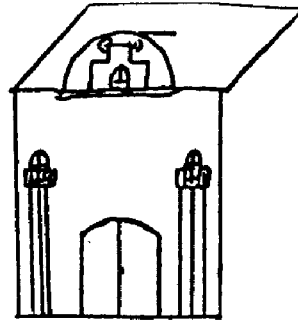
An diesem Vormittag hatten wir verabredet, uns in der Universität zu treffen. Ich verfolgte dabei zwei Ziele. Einmal sollten die Kinder Erfahrungen sammeln über einen ihnen bisher unbekanntem Lebensraum, wobei noch wichtig ist, daß ich – eine ihnen inzwischen bekannte Person – dort normalerweise arbeite. Zum zweiten konnten wir die Diskussion vom Montag noch einmal aufgreifen anhand des Universitätsgebäudes, geometrischer Modelle im Ausstellungsraum der Fakultät für Mathematik und eines modernen Kunstwerkes vor dem Aufbauzentrum der Universität (vgl. Abb. 4).

Die Kinder waren zusammen, aber ohne mich, mit der Straßenbahn und dem Bus von ihrer Wohngegend zur Universität gefahren. Die Fahrtroute hatten wir an unserem skizzenhaften Stadtplan am Vortage besprochen. Die Fahrkosten wurden aus der Projektkasse der Schule bezahlt. Wir trafen uns vor dem Haupteingang der Universität und besichtigten diese unter den oben genannten Gesichtspunkten etwa zwei Stunden lang. Danach erhielten sie den, auch schon am Vortag besprochenen Auftrag, nicht gleich wieder nach Hause zu fahren, sondern vorher in der Bielefelder Innenstadt in kleinen Gruppen einen Rundgang zu machen und sich nach Gebäuden und Fassaden umzusehen. Jede Gruppe sollte dabei ein kurzes Protokoll der ihnen besonders ins Auge fallenden Gebäude erstellen.

4. Tag

Zunächst tauschten wir die Erfahrungen über den gestrigen Tag aus und besprachen die Protokolle (vgl. Abb. 7), wobei auch das Werbeplakat der Stadt Bielefeld wieder herangezogen wurde. Außerdem sprachen wir über den von zwei Kindern einge-

1. Gelbes Haus in der Bahnhofstraße:
Links und rechts ein Erker, eine
Rundung im Dach.



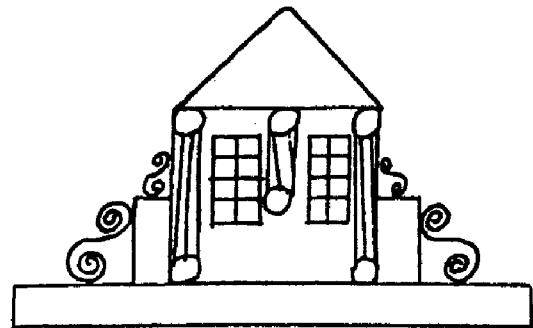
2. Haus Dornbach:
Gotischer Stil, in der Mitte ein
Turm mit Verzierungen (Kreis, Turm-
spitze wellig).



3. Altstädter Nikolaikirche:
Gotischer Stil.
In der Kirchenmauer sind Kreise,
Spitzbögen, Dreiecke und Quadrate
eingemeißelt. Spitze des Turmes ist
eine Pyramide.



4. 1. Fachwerkhaus am Alten Markt:
Das Dach ist dreieckig, an den Seiten
schneckenförmige Verzierungen. In der
Mitte des Hauses 3 Säulen. Unter den
Fenstern Kreise und Halbbögen.



5. 2. Fachwerkhaus am Alten Markt:
Das Dach hat halbe Rundbögen. Die
Rundbögen werden von Säulen gestützt.
In den Rundbögen sind noch Dreiecke
und manch andere Verschnörkelungen.



6. Jodokus Kirche:
Fenster in gotischem Stil. Die
Kirche ist spitzwinklig. Die Fenster
sind aus lauter kleinen Dreiecken
zusammengesetzt. Unter den Fenstern
befinden sich Säulen. Der Kirchen-
turm ist zwiebelförmig.

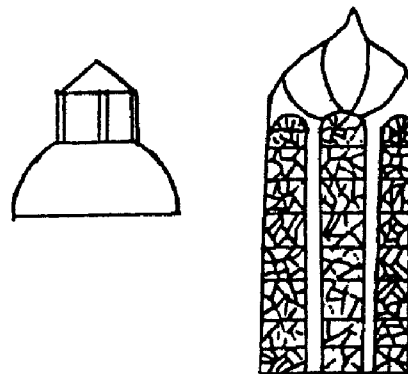


Abbildung 4

brachten Begriff „Gotischer Stil“. Zu diesem Zwecke zeigte ich nochmals einige Dias, die wir schon am Montag betrachtet hatten, sowie einige Bilder von Kirchen aus der Gotik, der Renaissance und dem Barockzeitalter. Obgleich die drei Stilbezeichnungen auf die Kinder fremd wirkten, waren sie dennoch daran interessiert, sich die Schreib- und Ausdrucksweise einzuprägen. Der Unterschied der Spitzbögen in der Gotik im Gegensatz zu den Rundformen im Barock wurde relativ schnell gesehen. Aus meinen Unterlagen nahm ich dann auch eine Kopiervorlage mit gotischen Hüttenzeichen (Symbole der „Baufirma“) und alten Konstruktionsvorschriften für gotische Spitzbögen unter Benutzung von Kreisteilen (vgl. Abb. 5).

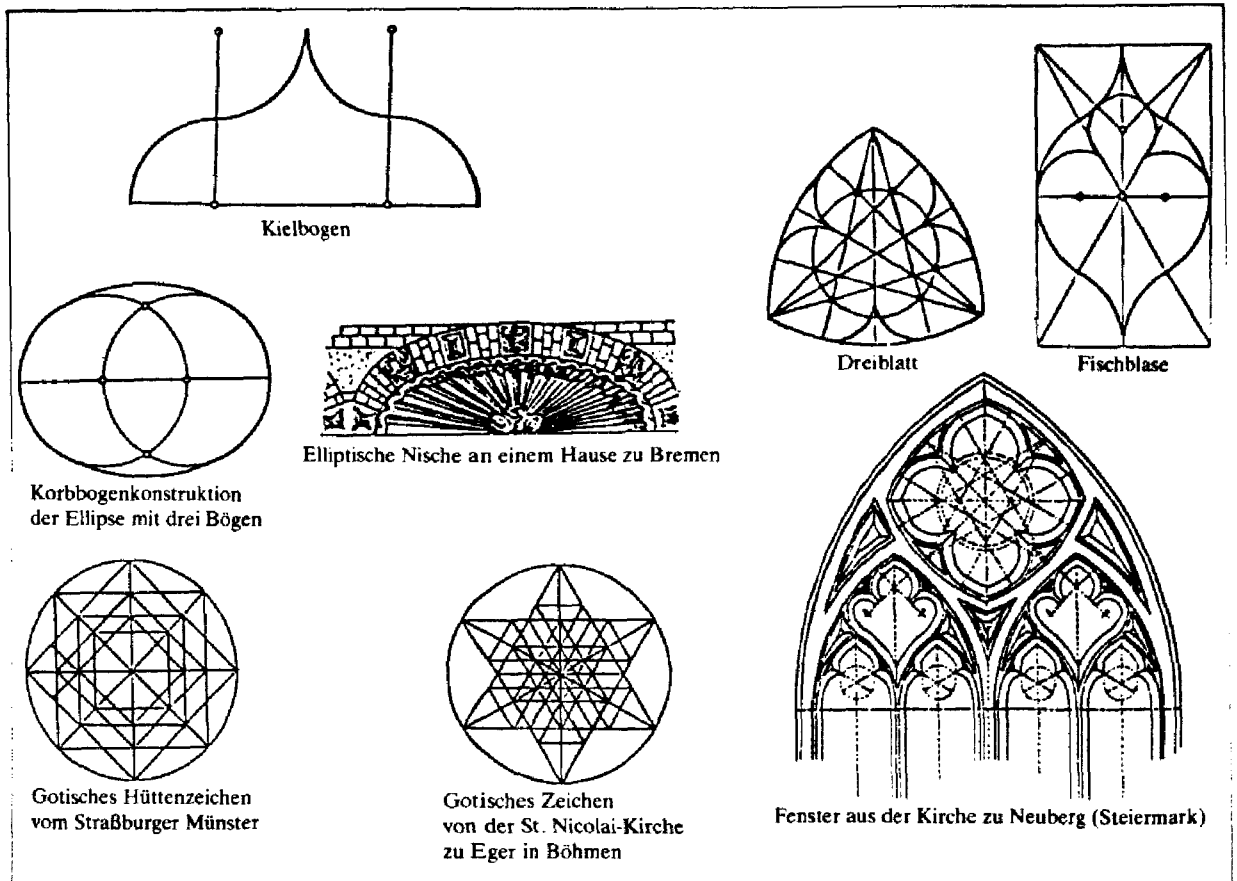


Abbildung 5

Ich kopierte diese Vorlage auf dem Kopierer der Schule und gab jedem Kind eine Kopie mit dem Auftrag zwei bis drei Figuren im vergrößerten Maßstab mit Zirkel und Lineal zu konstruieren. Dazu war es notwendig, zuerst Radius und Winkelmaß der einzelnen Kreisbögen auf der Kopie zu bestimmen, dann die Radien mit der selbst gewählten Maßstabzahl zu multiplizieren und danach die jeweiligen Kreisbögen mit dem vergrößerten Radius, dem gemessenen Winkelmaß und den Mittelpunkten in der Anordnung entsprechend der Vorlage auf das eigene Blatt zu zeichnen. Bei den Hüttenzeichen kam es vor allem darauf an, die verschiedenen sich überlagernden Vielecke stückweise aus der gegebenen Figur herauszulesen und in die eigene Figur richtig zu übertragen, wobei die Längen mit der Maßstabzahl vorher multipliziert werden mußte.

Hiermit verbrachten wir dann den Rest des Vormittages, wobei wir in lockerer Atmosphäre weiter über einzelne Aspekte des Themas sprachen. Da die Kinder den Umgang mit Zirkel und Geodreieck inzwischen schon besser beherrschten als zu Beginn, entstanden auch einige recht gute Zeichnungen (vgl. Abb. 6).

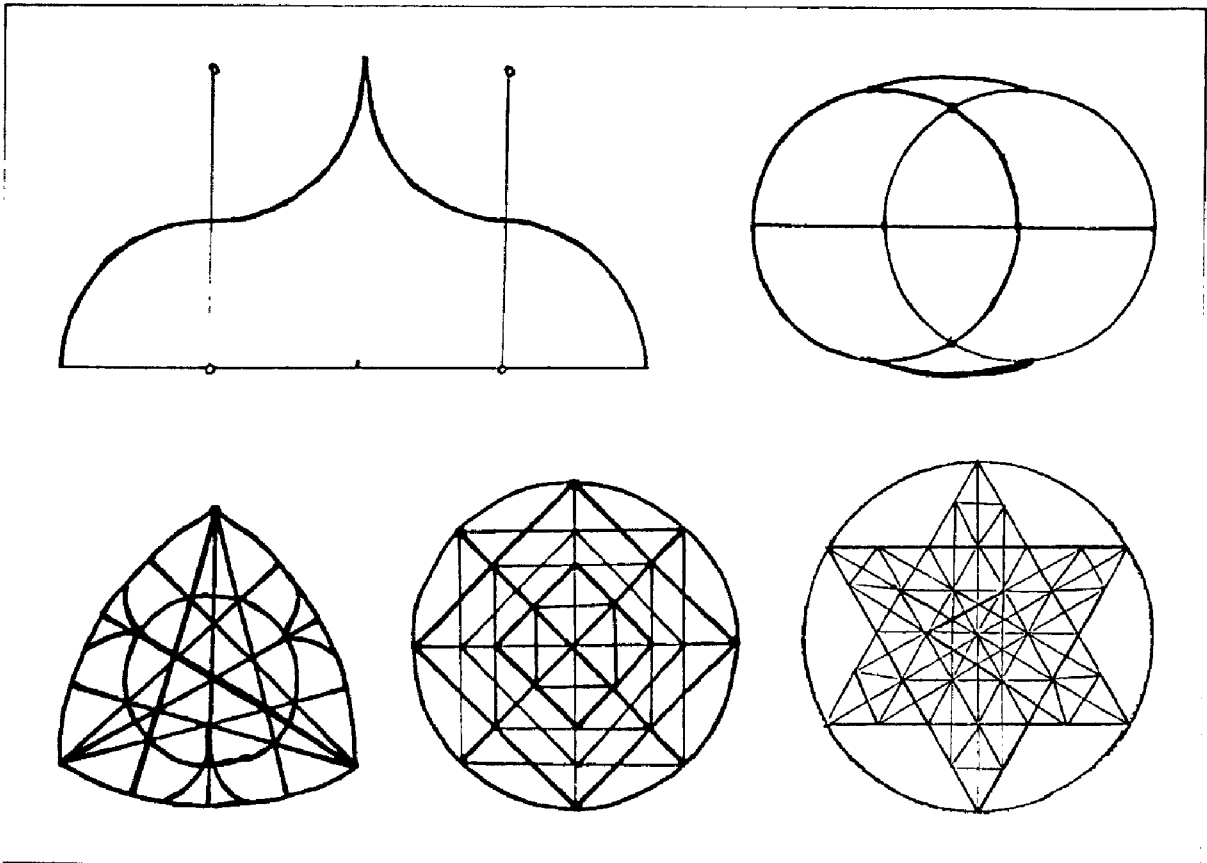


Abbildung 6

5. Tag

Zum Abschluß des Projektes hatte ich wieder eine freiere Betätigung geplant, bei der die Kinder hantieren sollten und ihre Kreativität entfalten konnten. Deshalb zeigte ich zunächst ein paar Musterbeispiele von Fadenarbeiten. Ein Kind kannte solche Arbeit auch schon aus dem Kunstunterricht. Als Themenbezug legte ich fest,

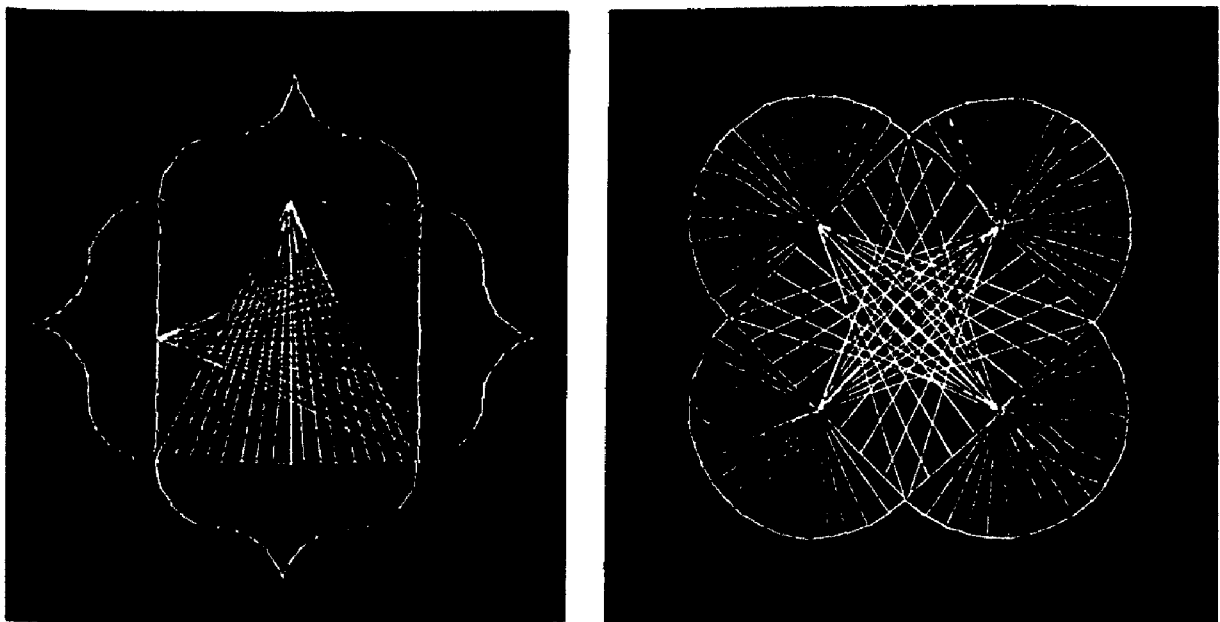


Abbildung 7

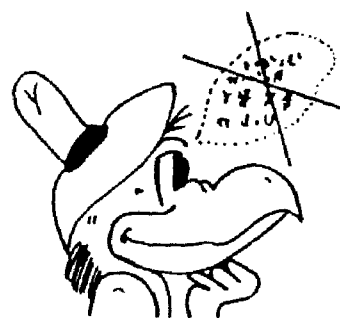
daß die Grundfigur aus Kreis- und Geradenteilen zusammengesetzt sein sollte. Als Material hatte ich Pappen, Fäden und Stopfnadeln mitgebracht. Die Aufgabe fand sofort Anklang, so daß ohne weitere Erläuterung mit der Arbeit angefangen werden konnte und im Laufe von zwei Stunden gut gelungene Produkte entstanden (vgl. Abb. 7).

In der zweiten Hälfte dieses letzten Tages der Projektwoche stellten alle Kinder ihre in der Projektwoche erstellten Produkte in der Schule aus. Unsere Projektgruppe legte dazu die erstellten Bilder und Fädenarbeiten sowie einen Teil unseres Ansichtsmaterials auf die Tische unseres Arbeitsraumes. Einige Kinder unserer Gruppe erklärten den Besuchern den Zusammenhang mit unserem Thema, während die anderen die Arbeiten der anderen Projekte besichtigten.

Aus der Projektwochenzeitung:

Projekt: Kunst-Mathe

Unter dem Namen Kunst-Mathe hatten wir uns eigentlich eine Tafel mit vielen, langen Formeln vorgestellt. Doch von denen war nichts zu sehen. Die Schüler sahen sich in der Stadt Ornamente an Häusern an und besichtigten die Universität. In der Klasse sahen sie Dias, machten sehr schöne geometrische Zeichnungen und ebenso schöne Fadenarbeiten, die auch auf geometrischen Grundlagen gearbeitet wurden. Für Herrn Graumann und seine Schüler war die Projektwoche (wie auch für die meisten anderen Projekte) zu kurz.



3. Kritische Reflexion

Ein Problem des Projektes lag meiner Ansicht nach darin, daß in vielen Phasen weitgehend die Planung von mir bestimmt werden mußte, da die Kinder zu wenig eigene Ideen einbrachten. Die Förderung der aktiven Mitgestaltung am Lerngeschehen ist deshalb sicherlich nur in ganz geringem Maße geschehen. Dennoch kann ich sagen, daß die bei der Vorbereitung dieses Projektes aufgestellten allgemeinen Lernziele (vgl. S. 149) erreicht werden konnten. Die Reaktion der Kinder an den Projekttagen, ihre Produkte sowie die engagierte Diskussion mit den Besuchern am letzten Projekttag lassen diesen Schluß zu. Aufschlußreich ist auch der Bericht über unsere Gruppe in der Projektwochenzeitung (vgl. Kasten), der entstanden ist aufgrund einer Befragung unserer Gruppe durch eine Projektgruppe, die das Thema „Projektwochenzeitung“ gewählt hatte. Ich denke, dieser Bericht führt uns deutlich vor Augen, wie wichtig es ist, das oft sehr einseitige Bild von der Mathematik im Schulunterricht zu durchbrechen.

4. Praktische Tips

Zur Vorbereitung ähnlicher Themen sollte man neben dem Besorgen von Sachinformationen (vgl. etwa Menninger 1959, Weber 1954 und Kunsthistorische Werke) frühzeitig in seiner Umwelt Ausschau nach mathematisch-künstlerischen Objekten halten und beim Studieren von Zeitschriften, Büchern etc. für Anregungen und Materialien aufgeschlossen sein.

Außer den in Kapitel 1 genannten Themen wäre sicherlich ein interessantes Projekt die Beschäftigung mit „Bauernhäuser, Bauerngärten, Geräte und Schmuck“ oder die Erstellung eines Videofilmes über „Ornamente und Bauwerke in unserer Stadt“.

Literatur

- Frank, H.: Mathematik für höhere Schulen/Oberstufe. Ausgabe für Mädchenschulen. Münster 1941
- Graumann, G.: Praxisorientiertes Sachrechnen. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 1976, S. 79–83
- Graumann, G.: Praxisorientierter Geometrieunterricht. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 1977, S. 98–101
- Graumann, G.: Mathematikunterricht und Freizeit. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 1979, S. 142–145
- Menninger, K.: Mathematik und Kunst. Göttingen 1959
- Münzinger, W.: Projektorientierter Mathematikunterricht. München 1977
- Vogel, K.: Vorgriechische Mathematik I, II. Hannover 1958
- Weber, E.: Maß und Zahl im Kunstwerk. Braunschweig 1954
- Wussing, H.: Mathematik in der Antike. Aachen 1962