Situierte
Künstliche
Kommunikatoren

SFB 360

Die Modellierung von Nichtmonotonie im Rahmen der Prädikatenlogik

Walther Kindt

Report 94/4

Universität Bielefeld

Herausgeber:

Hans-Jürgen Eikmeyer, Dafydd Gibbon, Walther Kindt,
Franz Kummert, Henning Lobin, Dieter Metzing,
Stefan Posch, Gert Rickheit, Hannes Rieser, Helge Ritter,
Gerhard Sagerer, Hans Strohner, Ipke Wachsmuth

Anschrift:

Sonderforschungsbereich 360 an der Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31
33 501 Bielefeld
Germany

Die Modellierung von Nichtmonotonie im Rahmen der Prädikatenlogik[1]

Walther Kindt

1. Vorbemerkungen

Für situiertes Handeln und Kommunizieren ist charakteristisch, daß unter der Bedingung unvollständiger Information Annahmen über die Situation gemacht und Entscheidungen getroffen werden müssen. Hierzu bedienen sich Handelnde in ihrem Erfahrungswissen maßgeblich solcher Regularitäten, die zwar nur 'im Normalfall' gelten, aber eine sehr effiziente Inferenzbildung erlauben (vgl. Kindt, 1993b). Allerdings muß dann grundsätzlich immer damit gerechnet werden, daß Inferenzresultate zu revidieren sind, wenn sich neue Informationen über die Situation aus Kommunikation oder Wahrnehmung ergeben oder wenn in der Situation bestimmte nicht erwartete/vorhersehbare Zustandsänderungen eintreten. M.a.W. die auf der Basis von Normalfall-Regularitäten vollzogene Informationsableitung ist nichtmonoton im Sinne der in der Künstlichen Intelligenz verwendeten Redeweise (vgl. etwa Brewka 1993). Im vorliegenden Beitrag geht es um die Frage, wie das Phänomen der Nichtmonotonie am einfachsten und angemessensten erfaßt werden kann. Hierzu wird im Anschluß an frühere Überlegungen (Kindt, 1988) eine neue Modellierungsperspektive entwickelt. Im Prinzip soll die gewünschte Modellierung zwei Forderungen erfüllen: Sie soll

- möglichst weitgehend den Strategien des Umgangs mit nichtmonotonen Schlüssen und Normalfall-Regularitäten in der Alltagsargumentation entsprechen,

- allenfalls eine konservative Erweiterung der Klassischen Prädikatenlogik beinhalten.

Eine Erfüllung der ersten Forderung setzt voraus, daß nichtmonotones Schließen in stärkerem Maße als bisher empirisch untersucht wird. Auf die Ergebnisse solcher Untersuchungen gehe ich hier nur andeutungsweise ein (vgl. Kindt, 1993b). Im Vordergrund der Diskussion steht demgegenüber die in der zweiten Forderung formulierte Idee. Mir ihr wird angestrebt, die bisherige Strategie einer Entwicklung von Sonderlogiken für nichtmonotone Schlüsse abzulösen. Tatsächlich stellt sich heraus, daß es solcher Logiken nicht bedarf, wenn man das Modellierungspotential der Klassischen Logik geeignet ausschöpft. Um dies nachzuweisen, müssen einerseits unterschiedliche logische Aspekte nichtmonotoner Schlüsse voneinander abgegrenzt und getrennt untersucht werden. Andererseits ist genauer zu klären, wie man im Rahmen der Klassischen Logik mit Normalfall-Regularitäten korrekt umgehen kann; zentraler Lösungsansatz hierfür ist die Einführung einer erweiterten theorieabhängigen Ableitbarkeitsbeziehung, die den provisorischen Charakter von Konklusionen nichtmonotoner Schlüsse in geeigneter Weise abbildet.

1 Dieser Aufsatz ist eine überarbeitete Fassung von Kindt 1993a.

2. Grundideen einer prädikatenlogischen Modellierung

Zum Diskussionseinstieg gehen wir von einer prädikatenlogischen Sprache erster Stufe mit Syntax und Semantik in gewohntem Sinne aus (vgl. etwa Ebbinghaus et al., 1978). Die zur Sprache passenden Strukturen werden auch *Situationen* genannt, um die Anschließbarkeit an die in der Kommunikationstheorie übliche Sprechweise hervorzuheben. Das Situationskonzept der zweiwertigen Logik scheint für die Behandlung von Nichtmonotonie zwei Nachteile zu haben. Erstens ist mit ihm üblicherweise die Absicht verbunden, so etwas wie 'objektive Realität' darzustellen, und dabei wird Vollständigkeit der Information über atomare Sachverhalte vorausgesetzt. Demgegenüber geht es bei nichtmonotonen Schlüssen um die 'subjektive Realität' der schließenden Personen, und speziell haben diese Personen im allgemeinen nur unvollständige Informationen über die objektive Realität. Zweitens werden in der Prädikatenlogik nicht explizit die durch Informationsvervollständigung bedingten Situationsübergänge betrachtet, wie dies für eine genaue Rekonstruktion von Wissenserweiterungen durch Schlußprozesse erforderlich wäre. Beide Umstände bedeuten jedoch - wie wir sehen werden - kein prinzipielles Argument gegen die Möglichkeit einer prädikatenlogischen Rekonstruktion nichtmonotoner Schlüsse.

Im Sinne des eben Gesagten liegt es für einen prädikatenlogischen Modellierungsansatz nahe, auch Situationen mit unvollständiger Information über atomare Sachverhalte zuzulassen. Dies läßt sich z.B. dadurch realisieren, daß man zu einer dreiwertigen Prädikatenlogik übergeht, bzw. daß man partiell definierte Interpretationen der nichtlogischen Konstanten zuläßt, wie dies z.B. in Ebbinghaus (1969) dargestellt wird. Am bewährten Beispiel der fliegenden und nichtfliegenden Vögel konkretisiert, beinhaltet eine solche Erweiterung der prädikatenlogischen Semantik, daß die Interpretation von Prädikatenkonstanten wie *kann fliegen* und *Strauß* in bestimmten Situationen ein nur partiell definiertes Prädikat im Individuenbereich ergibt und somit der Wahrheitswert eines Satzes wie *Franzi kann fliegen* unbestimmt bleiben kann.

Da Menschen wissensbegierig sind, geben sie sich oft nicht damit zufrieden, daß die Geltung eines Sachverhalts in ihrer subjektiven Situation unbestimmt bleibt. Ein weiterer maßgeblicher Modellierungsschritt muß also in der Beantwortung der Frage bestehen, wie Wissenserweiterungen und zugehörige Situationsübergänge zustande kommen. Im Prinzip stehen hierfür zwei verschiedene Strategien der Wissensprogression zur Verfügung. Entweder kann man versuchen, den betreffenden Sachverhalt durch Beobachtung unmittelbar zu verifizieren, bzw. zu falsifizieren, oder man besitzt schon ein einschlägiges generelles Wissen über die Realität und versucht damit, Voraussagen über die Geltung bzw. Nichtgeltung des Sachverhalts abzuleiten. Uns interessiert hier die zweite Strategie. Dabei ist es zunächst nicht die Aufgabe der Logik, sondern die der emprischen Argumentationsforschung, festzustellen, unter welchen Voraussetzungen Personen welche Schlußverfahren anwenden. Die Logik kann aber Aussagen darüber machen, ob solche Verfahren korrekt und/oder erfolgversprechend sind.

Empirische Analysen haben in letzter Zeit einen Aspekt von Alltagsargumentation konkretisiert und hervorgehoben, den schon Aristoteles (vgl. 1980) mit seinem Enthymemkonzept postulierte, nämlich die starke Implizitheit von Alltagsschlüssen (vgl. Kindt, 1988, 1992). Insofern muß man bei der logischen Rekonstruktion solcher Schlüsse sehr vorsichtig sein, um zu vermeiden, daß man Kommunikationsteilnehmern fälschlicherweise die Durchführung von inkorrekten Schlußprozessen unterstellt. Daß Alltagsschlüsse an ganz unterschiedlichen Stellen implizit bleiben können, läßt sich gut an dem bekannten Strukturschema von Toulmin (1958) verdeutlichen, das wir zur Analyse des Vogelbeispiels benutzen wollen.

Daten/singuläre Prämissen: *Franzi ist ein Vogel.*
<u>Schlußregularitäten: *Vögel können fliegen.*</u>
Qualifikation: *sicherlich* (oder keine Angabe)
Konklusionskern: *Franzi kann fliegen.*
Ausnahmebedingungen: *Es sei denn, Franzi ist ein Strauß.*

Für keine der fünf Komponenten dieser Schlußrekonstruktion kann man sicher sein, daß die eingetragenen Informationen präzise und vollständig wiedergeben, worauf die reale Schlußdurchführung eines Kommunikationsteilnehmers basiert. Möglicherweise liegen weitere singuläre Prämissen vor, und die Regularität ist eventuell nicht als strikte Generalisierung, sondern als Normalfall-Regularität *Vögel können im allgemeinen fliegen* gemeint. Außerdem könnten weitere Ausnahmebedingungen wie *Es sei denn, Franzi ist ein Pinguin* mental vorhanden sein, und die Qualifikationsformulierung wird auf Rückfrage hin häufig durch die vorsichtigere Einschätzung *Es ist wahrscheinlich, daß* präzisiert.

Unsere Analyse des Vogelbeispiels illustriert schon die These, daß die üblicherweise betrachteten Typen von nichtmonotonen Schlüssen versteckte Wahrscheinlichkeitsschlüsse bilden (vgl. Kindt, 1988). Deshalb muß man fragen, ob bzw. inwieweit die Modellierung nichtmonotoner Schlüsse eine wahrscheinlichkeitstheoretische Formulierung erfordert. Die wahrscheinlichkeitslogische Struktur solcher Schlüsse vollständig explizit zu machen, würde verlangen, daß man entweder Syntax und Semantik der Prädikatenlogik durch Einführung eines Wahrscheinlichkeitsoperators erweitert oder daß man innerhalb der Prädikatenlogik eine Theorie formuliert, die die Definition einer 'inneren' Sprache mit der gewünschten Ausdrucksfähigkeit zuläßt. Bei Wahl der zweiten Möglichkeit weiß man, daß die Prädikatenlogik erster Stufe zusammen mit irgendeiner Version der Axiomatischen Mengenlehre genügend ausdrucksstark ist, um die gängigen Theorien der Mathematik inklusive der Wahrscheinlichkeitstheorie zu formulieren. D.h. eine innnertheoretische Rekonstruktion nichtmonotoner Schlüsse läßt sich dadurch erreichen, daß man in naheliegender Weise von wahrscheinlichkeitstheoretischen Prinzipien Gebrauch macht (eine entsprechende Formulierung für unser Vogelbeispiel würde lauten: *Wenn es wahrscheinlich ist, daß Vögel fliegen, können, und wenn über Franzi nur bekannt ist, daß er ein Vogel ist, dann ist es wahrscheinlich, daß Franzi fliegen kann.* In diesem Sinne sind Aussagen der Art, die Klassische Logik sei für eine Modellierung nichtmonotoner Schlüsse ungeeignet (vgl. etwa Brewka 1993: 55), schon vom Grundsatz her nicht korrekt.

Allerdings sollte man versuchen, bei der Modellierung nichtmonotoner Schlüsse so weit wie möglich auf eine explizit wahrscheinlichkeitstheoretische Konstruktion zu verzichten. Und zwar ist dies deshalb angebracht, weil Kommunikationsteilnehmer sowohl Normalfall-Regularitäten als auch die mit ihnen inferierten Konklusionen teilweise oder temporär auch ohne Wahrscheinlichkeitsqualifikation subjektiv für wahr halten, bzw. weil subjektive Wahrheit/Geltung ohnehin als hohe subjektive Wahrscheinlichkeit zu interpretieren ist. Bei einem solchen Ansatz braucht das Vokabular der betrachteten Sprache also nicht um einen Operator *wahrscheinlich* erweitert zu werden, und die Diskussion konzentriert sich dann auf die Frage, ob in den gängigen Rekonstruktionen nichtmonotoner Schlüsse nicht eventuell bestimmte implizite Prämissen unberücksichtigt bleiben und welche logische Rolle Normalfall-Regularitäten spielen.

Auch wenn man keine explizit wahrscheinlichkeitstheoretische Rekonstruktion von nichtmonotonen Schlüssen anstrebt, kann man - wie schon am Vogelbeispiel veranschaulicht - aus derartigen Zusammenhängen lernen: Aus vorliegenden Informationen über einen Gegenstand dürfen bestimmte Arten von Schlüssen mit Hilfe von Normalfall-Regularitäten nur unter der (zumeist implizit bleibenden) Voraussetzung gezogen werden, daß über den betreffenden Gegenstand keine spezifischeren Informationen bekannt sind. Die oben behandelte Art 'starker' Ausnahmebedingungen im Schema von Toulmin bildet einen Spezialfall dieser Voraussetzung, weil das Wissen um die Geltung einer solchen Ausnahmebedingung eine spezifische Information bildet, die die Schlußdurchführung in jedem Fall blockiert und die Konklusion bereits als eindeutig falsch erweist. Daneben gibt es aber auch den Fall von zusätzlichen spezifischen Informationen, die die Wahrscheinlichkeit der Konklusion so stark erniedrigen, daß es für zu riskant gehalten wird, eine Geltung der Konklusion anzunehmen. Dieser Fall liegt beispielsweise vor, wenn man die Information hat, *Franzi ist ein Jungvogel*, weil dann die Wahrscheinlichkeit für *Franzi ist noch nicht flügge* steigt und eine größere Vorsicht bei der Inferenzbildung geboten ist. Hier stoßen wir wieder auf das Problem, daß nur in empirischen Untersuchungen entschieden werden kann, welche Informationen bei welchen Gruppen von Kommunikationsteilnehmern zur Blockade nichtmonotoner Schlüsse führen.[2] Aus Sicht der Logik stellt sich demgegenüber die Frage, ob in der verwendeten Sprache selbst die für nichtmonotone Schlüsse einschlägige Prämisse formuliert werden kann, daß ein spezifischeres Wissen als die explizit genannten Prämissen nicht vorliegt. In Kindt (1988) wurde bereits gezeigt, daß und wie man die implizite Nichtwissensprämisse in bestimmten Fällen im Rahmen der Prädikatenlogik erster Stufe explizieren kann. In der vorliegenden Arbeit soll die damalige Darstellung erweitert und ausdifferenziert werden. Auf zwei zentrale Punkte möchte ich aber schon vorgreifend hinweisen. Erstens ist es zweckmäßig, je nach Komplexität der gewünschten Modellierung in unterschiedlicher Weise von der Klassischen Prädikatenlogik bis hin zu einer Einbeziehung der Mengentheorie Gebrauch zu machen. Dabei zeigt sich, daß die Flexibilität der Anwendung von Prädikatenlogik wesentlich größer ist, als häufig angenommen wird. Zweitens: In solchen Modellierungen, bei denen die Nichtwissensprämisse eines nichtmonotonen Schlusses prädikatenlogisch formulierbar ist, kann es sich im strikten Sinne gar nicht um einen nichtmonotonen Schluß handeln. Denn die mögliche Revision eines solchen Schlusses wird nicht allein dadurch ausgelöst, daß neue Prämissen mit spezifischen Informationen hinzukommen, sondern auch dadurch, daß gleichzeitig die bisher geltende Nichtwissensprämisse falsch wird. Mit anderen Worten: Wenn man die neuen Prämissen hinzufügt und die bisherige Nichtwissensprämisse nicht beseitigt, dann liegt eine widersprüchliche Prämissenmenge vor, und nach dem Prinzip *ex falso quod libet*, ist alles ableitbar, also ist insbesondere die Monotonie-Eigenschaft erfüllt. Wenn man demgegenüber die bisherige Nichtwissensprämisse beseitigt, bzw. durch eine mit den neuen Prämissen kompatible Nichtwissensprämisse ersetzt, ist die Monotonie-Eigenschaft trivial erfüllt, weil die beiden zu vergleichenden Prämissenmengen nicht im Inklu-

[2] Im Prinzip kann man auch mit einer objektiven Wahrscheinlichkeitstheorie arbeiten. Dann müßte man einerseits über eine präzise Interpretation von *Jungvogel* verfügen, um die Häufigkeitsverteilung fliegender und nichtfliegender Jungvögel ermitteln zu können. Und zugleich müßte man einen Wahrscheinlichkeitswert ansetzen, unterhalb dessen Aussagen nicht mehr als approximativ wahr gelten dürften.

sionsverhältnis stehen. Somit basiert die auf den ersten Anschein so plausible These, die Prädikatenlogik sei nicht zur Rekonstruktion nichtmonotoner Schlüsse geeignet, u.a. auf einer unzureichenden logischen Analyse der Prämissen sogenannter nichtmonotoner Schlüsse. Dies bedeutet allerdings nicht, daß die Problematik "Nichtmonotonie" bereits als gelöst gelten kann. Vielmehr müssen nach wie vor die spezifischen Eigenschaften von Schlüssen unter unvollständiger Information, die in der Alltagsargumentation eine sehr große Rolle spielen, genauer untersucht werden. Hierzu behandeln wir in den folgenden Abschnitten verschiedene Schlußtypen.

3. Schlüsse mit spezifischer Ausnahmebedingung

Der prototypische Fall eines Schlusses mit Hilfe einer Schlußregularität hat folgende Form:

$$\begin{array}{l} D(a) \\ \underline{\forall v(D(v) \rightarrow C(v))} \\ C(a). \end{array}$$

Daß ein Schluß mit einer endlichen Zahl bekannter/spezifischer, aber in der Alltagsargumentation ggf. impliziter Ausnahmebedingungen vorliegt, besagt: Für den Satz D existiert eine Zerlegung der Form,

$$D(v) \equiv B(v) \wedge -(A_1(v) \vee \ldots \vee A_n(v)).$$

Mit anderen Worten: Die Konklusion C(a) kann erschlossen werden, wenn die Basisprämisse B(a) erfüllt ist und wenn zugleich keine der Ausnahmebedingungen $A_1(a), \ldots, A_n(a)$ gilt. Die interne logische Struktur des Ausnahmeteils von D ist im folgenden ohne Belang, und die Disjunktion der Ausnahmebedingungen bezeichnen wir mit A.

Die im vorigen Abschnitt formulierte Idee, "nichtmonotone"[3] Schlüsse als monotone Schlüsse mit Nichtwissensprämissen zu rekonstruieren, bedeutet für den vorliegenden Schlußtyp, daß man den Schluß auf C(a) nicht nur erlaubt, wenn die Negation von A gilt, sondern auch, wenn unbekannt ist, ob A gilt. Eine explizite Verwendung eines Unbekanntheitsjunktors U ist beispielsweise im Rahmen der dreiwertigen Logik (vgl. etwa Blau, 1978) möglich, und deshalb liegt es nahe, die betreffende Rekonstruktionsidee zunächst im Rahmen einer solchen Logik zu realisieren. Dabei brauchen wir hier auf unterschiedliche Varianten dieser Logik bzw. der Interpretation von Junktoren nicht einzugehen, und es genügt, folgende Wahrheitstafeln zu betrachten.

---

[3] Der Einfachheit halber wollen wir die eingeführte Bezeichnung "nichtmonoton" auch dann beibehalten, wenn es sich um einen Schluß handelt, der nur deshalb den Eindruck von Nichtmonotonie erweckt, weil die Rolle bestimmter impliziter Prämissen nicht berücksichtigt wird.

A	-A	UA	$\neg$A
0	1	0	1
1/2	1/2	1	1
1	0	0	0

Mit der hier vorgenommenen Unterscheidung von starker Negation -A und schwacher Negation $\neg$A läßt sich nun der Übergang zu einem "nichtmonotonen" Schluß folgendermaßen darstellen:

Statt der Schlußregularität $\forall v(B(v) \wedge -A(v) \rightarrow C(v))$ können Kommunikationsteilnehmer in bestimmten, noch genauer zu legitimierenden Fällen die Schlußregularität verwenden, die man durch Ersetzung der starken durch die schwache Negation erhält. Dabei ist eine solche Ersetzung gerade logisch äquivalent dazu, daß $UA(v) \vee -A(v)$ für $-A(v)$ eingesetzt wird.

Die modifizierte Schlußregularität $\forall v(B(v) \wedge \neg A(v) \rightarrow C(v))$ - wir wollen sie Normalfall-Regularität nennen - kann schließlich wieder als Satz der Klassischen Prädikatenlogik aufgefaßt werden, wenn man die Negation der Klassischen Logik so wie die schwache Negation interpretiert. Dies ist deshalb möglich, weil beispielsweise bei der Interpretation einer einstelligen Prädikatenkonstante die zugehörige Extension als die Menge derjenigen Individuen aufgefaßt werden kann, auf die das Prädikat zutrifft, und das Komplement der Extension als die Menge derjenigen Individuen, auf die das Prädikat nicht zutrifft oder für die es nicht definiert ist. Insofern kann der hier diskutierte Typ "nichtmonotoner" Schlüsse mit spezifischer Ausnahmebedingung bei der angegebenen Interpretationsvorschrift auch im Rahmen der Klassischen Prädikatenlogik modelliert werden. Nichtmonotonie im strikten Sinne liegt aber nicht vor, weil bei Hinzukommen der neuen Information A die Voraussetzung der Unbekanntheit von A nicht mehr gilt und aus diesem Grund eine Schlußrevision notwendig ist.

Es bleibt die Frage zu beantworten, unter welchen Voraussetzungen die Ersetzung der starken durch die schwache Negation in der Schlußregularität logisch sinnvoll bzw. rational begründbar ist. Zur Beantwortung dieser Frage ist es zweckmäßig, auf eine gewisse Asymmetrie zwischen Ausnahmebedingung A und Konklusion C hinzuweisen. Daß A eine starke Ausnahmebedingung ist, bedeutet, daß neben der bisher behandelten Schlußregularität für das Nichtzutreffen von A auch folgende korrespondierende Regularität für das Zutreffen von A gilt:

$$\forall v(B(v) \wedge A(v) \rightarrow -C(v)).$$

In dem beliebten Vogelbeispiel entspricht diese Regularität der Aussage *Jeder Vogel, der ein Strauß oder ein Pinguin ist, kann nicht fliegen.* Die Regularität im 'Normalfall' liefert bei Verwendung der schwachen Negation zusammen mit der Regularität im 'Ausnahmefall' die Aussage:

$$\forall v(B(v) \rightarrow C(v) \vee -C(v)).$$

Diese Aussage besagt, daß die Prädikation, die mit der Konklusion C formuliert wird, im Individuenbereich total definiert ist, d.h. daß sie entweder eindeutig zutrifft oder eindeutig nicht zutrifft und keine unentschiedenen Fälle (mehr) existieren. Dieser Definitheitseffekt wird gerade durch die Verwendung der schwachen Negation in der Normalfall-Regularität induziert, und die zugehörige Übergeneralisierung ist allenfalls dann vertretbar, wenn das Risiko im Einzelfall, einem Individuum zu Unrecht die mit C formulierte Prädikation zugesprochen zu haben, gering ist. M.a.W. die Zahl der Individuen, bei der aufgrund mangelnder Kenntnisse über das Zutreffen von A die Prädikation in C übergeneralisiert wird, sollte im Vergleich zur Gesamtzahl von Individuen in dem durch B abgegrenzten Bereich relativ klein sein. Genau in diesem Sinne ist die Sprechweise legitim, daß A den Ausnahmefall und -A den Normalfall beschreibt.

Wenn man demgegenüber die Möglichkeit, von C auf A zu schließen, betrachtet, dann muß wegen der Ersetzung der starken durch die schwache Negation in der Normalfallregularität auch der ursprünglich mögliche Schluß von C auf -A modifiziert werden zu:

$$\forall v(B(v) \wedge C(v) \rightarrow \neg A(v)).$$

Außerdem ergibt sich durch Kontraposition aus der Normalfallregularität

$$\forall v(B(v) \wedge \neg C(v) \rightarrow A(v)).$$

Insbesondere läßt sich aus den beiden letzteren Regularitäten nicht auf die Definitheit von A schließen, und dies zeigt die Asymmetrie zwischen A und C. Wollte man nun die Verhältnisse umkehren und die Definitheit von A erreichen, dann würde man das Risiko eingehen, bei einer möglicherweise sehr großen Zahl von Individuen, bei denen das Vorliegen der in C beschriebenen Eigenschaft unbekannt ist, zu Unrecht die durch A beschriebene Prädikation als zutreffend anzusetzen.

Insgesamt realisiert der Modellierungsvorschlag also eine plausible Asymmetrie zwischen A und C, obwohl keine explizit wahrscheinlichkeitstheoretische Fundierung vorgenommen wird. Im Rahmen der Klassischen zweiwertigen Logik läßt sich diese Asymmetrie allerdings nicht innersprachlich, sondern nur über eine korrespondierende Restriktion der Situationen charakterisieren.

4. Schlüsse ohne explizite Ausnahmebedingungen

Alltagsargumentationen liegen häufig Schlußregularitäten des Typs zugrunde, daß eine Eigenschaft im allgemeinen eine andere nach sich zieht, obwohl keine Ausnahmebedingungen hierfür spezifiziert sind. Dies kann zwei verschiedene Gründe haben. Entweder man kennt überhaupt keine Ausnahmebedingung, oder die Vielfältigkeit der Ausnahmebedingungen ist so groß, daß sie beim Schließen nicht alle vollständig präsent sind (auch für das Vogelbeispiel sind im Prinzip noch Ausnahmen wie *Jungvogel, gebrochener Flügel* etc. zu berücksichtigen. Anders als im vorigen Abschnitt angenommen, steht also eine Schlußregularität der Form

$$\forall v(B(v) \wedge -A(v) \rightarrow C(v))$$

mit einer von der Konklusion C unabhängigen Ausnahmebedingung A nicht explizit zur Verfügung. Trotzdem läßt sich für die Modellierung von "Nichtmonotonie" teilweise dieselbe Grundidee wie in Abschnitt 3 realisieren. Man kann nämlich auch -C als Ausnahmebedingung ansetzen und erhält dann analog zu den Überlegungen von Abschnitt 3

$$\forall v(B(v) \rightarrow C(v) \vee -C(v)),$$

weil zugehörige Schlußregularitäten für den Normal- und den Ausnahmefall trivialerweise gelten. Welcher der beiden Fälle C oder -C vorliegt, kann jetzt allerdings nicht mehr unabhängig von einem Wissen über die Geltung von C selbst abgeleitet werden. Deshalb läßt sich die wegen Übergeneralisierung eventuell erforderliche Revision des Schlusses auf C auch nicht mehr darauf zurückführen, daß die Geltung einer Prämisse mit unspezifischem Wissen aufgrund neuer Informationen zurückgenommen wurde. Als Lösung des Problems bietet sich aber eine Idee an, die sich auf Beobachtungen der ethnomethodologischen Konversationsanalyse im Zusammenhang mit dem Konzept der Idealisierung (vgl. Kallmeyer/Schütze, 1976) berufen kann. Auch wenn C nicht ableitbar ist, scheint es legitim zu sein, bei Vorliegen von B provisorisch/probeweise die Gültigkeit von C zu unterstellen, sofern C den Normalfall beschreibt. Eine für diese Unterstellung gebräuchliche Formulierung lautet: Bis zum Beweis des Gegenteils gehen wir - B vorausgesetzt - davon aus, daß C gilt. Logisch gesehen, bedeutet dies, daß C nicht als in der betreffenden Situation geltend abgeleitet, sondern probeweise als vorerst plausible zusätzliche Prämisse für die weitere Argumentation eingeführt wird. Zugleich kann man dabei wieder in die zweiwertige Logik zurückkehren.

Wie läßt sich die skizzierte Konstellation genauer logisch modellieren? Offensichtlich muß man dabei zwei verschiedene Arten von Schlußregularitäten bzw. von Theoriesystemen für die Argumentation unterscheiden. Das eine System enthält universelle Regularitäten, mit Hilfe derer man in üblicher Weise deduktive Ableitungen vornehmen kann. Die in diesem System ableitbaren Aussagen reichen zur Begründung von Entscheidungen, die in Situationen mit unvollständiger Information getroffen werden, sehr oft nicht aus, und deshalb berufen sich handelnde Personen auch auf Regularitäten, die im Normalfall, d.h. nur im allgemeinen gelten. Solche Regularitäten bilden ein weiteres Theoriensystem N, das für die Durchführung "nichtmonotoner" Schlüsse benutzt wird. Wenn man in einer konkreten Situation mit unvollständiger Information eine bestimmte Entscheidung treffen muß, dann weiß man oft nicht, ob die Situation zur Klasse der N erfüllenden Normalsituationen gehört oder m.a.W. ob der Normalkontext vorliegt. Gleichwohl besteht die Möglichkeit, eine im Normalkontext geltende Konklusion als zusätzliche Prämisse in die Argumentation einzuführen. Ein in gewisser Hinsicht ähnliches Verfahren wird auch in Truth-Maintenance-Systemen praktiziert (vgl. Doyle, 1979); im Gegensatz zu diesen Systemen benötigt der hier vorgeschlagene Ansatz aber keinen eigenen Mechanismus, um solche Annahmen, die sich als falsch erweisen, sowie die aus ihnen abgeleiteten Aussagen zu eliminieren. Dies soll zunächst an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Für die Durchführung von Ableitungen legen wir einen Annahmenkalkül im Sinne von Hermes (1972) zugrunde, bei dem jeweils nach bestimmten logischen Regeln Sequenzen der Form M:C, bestehend aus einer Menge bzw. Sequenz M von als gültig angenommenen Sätzen und einem daraus zu erschließenden Satz C generiert werden. Wenn sich eine Sequenz M:C nach den Regeln des Kalküls erzeugen läßt, ist C aus M ableitbar (wie üblich

notiert durch $M \vdash C$). Der Einfachheit halber wollen wir universelle Schlußregularitäten als Axiome im Kalkül betrachten, d.h. daß sie in der Form $:\forall v(D(v) \rightarrow C(v))$ darstellbar und somit aus der leeren Sequenz ableitbar sind. Wenn man nur Ableitungen für den Normalkontext betrachten würde, könnte man idealisierende Schlußregularitäten des Typs $\forall v(B(v) \rightarrow C(v))$, in denen Ausnahmebedingungen unberücksichtigt bleiben, in gleicher Weise als Axiome repräsentieren. Dies ist aber auch bei gleichzeitiger Betrachtung von genereller Ableitung und Ableitung im Normalkontext möglich, sofern man die zugehörigen Ableitungssysteme genau voneinander unterscheidet. Die zu einer Theorie N gehörige Ableitung (kurz N-Ableitung) und die zugehörige Ableitbarkeitsbeziehung wollen wir mit dem Index "N" markieren, und dementsprechend kann eine idealisierte Regularität durch
$:_N \forall v(B(v) \rightarrow C(v))$ dargestellt werden. Für unser Vogelbeispiel ergibt sich nun (bei naheliegender Symbolisierung) folgende Ableitungskonstellation.

$$\begin{array}{ll} V(f) & :V(f) \\ & :_N \forall v(V(v) \rightarrow KF(v)) \\ & :_N V(f) \rightarrow KF(f) \\ V(f) & :_N KF(f) \end{array}$$

Statt der Erzeugung der letzten Zeile kann man gemäß oben skizzierter Modellierungsidee wieder ins generelle Ableitungssystem überwechseln, wenn man als zusätzliche Annahme KF(f) einführt und in besonderer Weise markiert, um deutlich zu machen, daß diese Annahme bis zum Beweis des Gegenteils stillschweigend als gültig akzeptiert wird. Als zugehörige Repräsentationsform verwenden wir

$$V(f),[KF(f)]_N : KF(f).$$

Was geschieht nun, wenn die neue oder noch nicht berücksichtigte Information *Franzi ist ein Strauß* in die Argumentation einbezogen wird? Zunächst kann man die bisherige Ableitung durch Einführung der universellen Regularität *Kein Strauß kann fliegen* folgendermaßen fortführen.

$$\begin{array}{ll} & : \forall v(ST(v) \rightarrow \neg KF(v)) \\ & : ST(f) \rightarrow \neg KF(f)) \\ ST(f) & : \neg KF(f) \end{array}$$

Wenn man nun die Ableitungen aus den beiden Annahmen *Franzi ist ein Vogel* und *Franzi ist ein Strauß* zusammenfaßt, ergibt sich ein Widerspruch.

$$V(f),ST(f),[KF(f)]_N \quad : KF(f) \wedge \neg KF(f).$$

Der Umgang mit Widersprüchen ist im Annahmenkalkül nichts Ungewöhnliches, und nach der Regel *ex falso quod libet* kann man nun z.B. zu folgender Zeile übergehen.

$$V(f),ST(f),[KF(f)]_N \quad : \neg KF(f).$$

Für diese Konstellation gibt es im Annahmenkalkül die Regel der *Selbstwiderlegung*, die es erlaubt, eine Annahme zu tilgen, wenn aus ihr zusammen mit anderen Annahmen ihre Negation ableitbar ist. Diese Regel leistet genau das, was wir uns für die Annahme KF(f) unter dem Stichwort "bis zum Beweis des Gegenteils" gewünscht haben, und dementsprechend kann man jetzt übergehen zu

$$V(f),ST(f) \quad : \neg KF(f).$$

An diesem Beispiel zeigt sich, daß es für die Klassische Prädikatenlogik keine Schwierigkeit bedeutet, Widersprüche zu beheben, die sich aus einer versteckten Normalfallannahme ergeben. Andererseits liegt wiederum keine echte Nichtmonotonie vor, weil die Einführung der neuen Information zur Tilgung der Normalfallannahme führt. Zugleich wird deutlich, daß man eine erweiterte Ableitbarkeitsbeziehung, die den Eindruck von Nichtmonotonie erweckt, definieren kann, indem man die eingeklammerten Normalfallannahmen jeweils nicht explizit aufführt. In diesem Sinne kann man dann sagen, daß erstens *Franzi kann fliegen* gemäß obigem Generierungsprozeß aus *Franzi ist ein Vogel* ableitbar ist und zweitens *Franzi kann nicht fliegen* aus *Franzi ist ein Vogel* und *Franzi ist ein Strauß*.

Statt die eben formulierte Definitionsidee für eine erweiterte Ableitbarkeitsidee aufzugreifen und zu präzisieren, ist es einfacher, einen anderen, logisch gleichwertigen Modellierungsansatz zugrunde zu legen. Wir wollen ihn wieder am Vogelbeispiel veranschaulichen.

$$\begin{array}{rl}
V(f) & : V(f) \\
 & :_N \forall v(V(v) \rightarrow KF(v)) \\
 & :_N V(f) \rightarrow KF(f) \\
V(f) & :_N KF(f) \\
ST(f) & : ST(f) \\
 & : \forall v(ST(v) \rightarrow \neg KF(v)) \\
 & : ST(f) \rightarrow \neg KF(f) \\
ST(f) & : \neg KF(f) \\
V(f),ST(f) & :_N KF(f) \land \neg KF(f)
\end{array}$$

Die letzte Zeile der Ableitung besagt, daß die beiden Aussagen V(f) und ST(f) im Normalkontext zu einem Widerspruch führen, d.h. daß sie im Normalkontext nicht erfüllbar sind. Folglich ist eine Situation, in der V(f) und ST(f) gelten, keine Normalsituation, und die Resultate von N-Ableitungen gelten für sie nicht uneingeschränkt. Speziell ist die Ableitung von KF(f) bei Hinzunahme von ST(f) nicht mehr brauchbar, und man darf bei Auftreten von Widersprüchen nur solche Ableitungsresultate verwenden, die generell ableitbar sind. M.a.W. als Verfahren zur Kombination von genereller Ableitung und Ableitung im Normalkontext sowie zum Umgang mit Widersprüchen kann man festlegen, daß Resultate von Ableitungen im Normalkontext so lange übernommen werden dürfen, wie keine Widersprüche auftreten (können); anderenfalls sind als Endresultate nur generelle Ableitbarkeitsbeziehungen zulässig. Diese Definition führt zu folgender Definition einer erweiterten Ableitbarkeitsbeziehung.

Definition 1

C ist N-maximiert ableitbar aus M (notiert durch $M \sim_N C$) genau dann, wenn $M \vdash_N C$ und wenn im Fall $M \vdash_N \neg C$ auch $M \vdash C$.

Diese Definition präzisiert noch einmal, welche Art der Erweiterung von generellen Ableitungsbeziehungen einer Betrachtung von "nichtmonotonen" Schlüssen im Fall nicht explizit benannter Ausnahmebedingungen zugrunde liegt. Die generelle Ableitbarkeit wird nämlich expandiert durch die Hinzunahme von Ableitungsbeziehungen für einen vorgegebenen Kontext bzw. für eine bestimmte Theorie N, wobei als einzige Randbedingung festgelegt wird, daß keine zusätzlichen Inkonsistenzen auftreten dürfen. Diese Expansionsmöglichkeit besteht natürlich unabhängig von unserer bisherigen empirischen Vorstellung, N als Normalkontext einzustufen.

Daß der jetzt eingeführte Begriff der N-maximierten Ableitbarkeit dasselbe leistet wie die oben formulierte Definitionsidee, läßt sich leicht nachweisen. Einerseits sind nämlich probeweise eingeführte Annahmen nach Voraussetzung N-ableitbar und können somit aufgrund der Schnitteigenschaft eliminiert werden. Andererseits lassen sich N-ableitbare Sätze als probeweise vorausgesetzte Annahmen für generelle Ableitungen einführen.

Im folgenden sollen nun wichtige Eigenschaften der N-maximierten Ableitbarkeitsbeziehung und weitere Beispiele diskutiert werden. Ein für Normalfall-Argumentationen besonders interessanter Fall liegt vor, wenn zwei idealisierende Schlußregularitäten miteinander konkurrieren, d.h. daß sie zu einander widersprechenden Konklusionen führen. Ein Standardbeispiel hierfür ist gegeben durch: *Nixon ist ein Quäker*, *Nixon ist ein Republikaner*, *Quäker sind Pazifisten*, *Republikaner sind keine Pazifisten*. Gilt nun *Nixon ist Pazifist* oder *Nixon ist kein Pazifist*? Im Sinne unserer Definition ist aus *Nixon ist ein Quäker und ein Republikaner* weder das eine noch das andere ableitbar. Dies entspricht dem logisch Erwartbaren und basiert auf der Tatsache, daß im Normalkontext der Fall von Personen, die zugleich Quäker und Republikaner sind, nicht vorgesehen ist (dies ergibt sich durch Ableitung im Normalkontext aus den beiden Regularitäten). Nicht in jedem Fall konkurrierender Regularitäten ist es aber wünschenswert, daß die Ableitbarkeit ihrer Konklusionen gleichzeitig blockiert wird. Speziell gilt dies, wenn die Basisprämisse der einen Regularität spezifischer ist als die Basisprämisse der anderen, wie etwa in folgendem Beispiel: *Rita ist ein vierjähriges Schweizer Mädchen*, *Schweizer können i.a. lesen*, *Vierjährige können i.a. nicht lesen*. Die zweite Regularität beschreibt nur den Normalfall, weil es vierjährige Wunderkinder gibt; trotzdem sollte man *Rita kann nicht lesen* erschließen können. Im hier vorgeschlagenen Ansatz ist dies auf verschiedene Weise möglich. Analog zum Nixon-Beispiel ergibt sich für einen Normalkontext, in dem die beiden genannten Regularitäten erfüllt sind, die Nichtexistenz vierjähriger Schweizer Mädchen. Für eine differenziertere Betrachtung ist diese Konsequenz nicht akzeptabel; folglich muß man entweder die Regularitäten modifizieren oder die bisherige Voraussetzung aufgeben, daß innerhalb einer Argumentation nur ein Normalkontext zugrunde gelegt wird. Die Wahl letzterer Möglichkeit wäre sehr kompliziert, und deshalb scheint es sinnvoller zu sein, und es entspricht vermutlich eher den empirischen Gegebenheiten, wenn man die Wahl eines Normalkontextes innerhalb einer Argumentation von den singulären Prämissen abhängig macht. Im konkreten Beispiel ist die Regularität *Schweizer können i.a. lesen* angesichts des Sprechens über eine Vierjährige als zu unspezifisch abzulehnen, d.h. entweder muß sie ganz aufgegeben oder verändert werden. Eine spezifischere Version der Regularität kann man wiederum dadurch erhalten, daß eine Ausnahmebedingung eingeführt wird. Eine naheliegende Modifikation der Regularität würde z.B. lauten *Schweizer können i.a. lesen, es sei denn, sie sind jünger als sechs Jahre*. Unter dieser Voraussetzung läßt sich bei Hinzunahme geeigneter universeller Regularitäten über

Altersbeziehungen wie gewünscht *Rita kann nicht lesen* ableiten, weil die Ableitung von *Rita kann lesen* wegen der Geltung der Ausnahmebedingung blockiert ist.

Das eben diskutierte Beispiel hat verdeutlicht, wie stark die Ableitungsresultate von der Wahl eines Normalkontextes bzw. der zugehörigen Theorie abhängen. Dabei ist es eine vorrangig empirisch zu beantwortende Frage, welchen Normalkontext Kommunikationsteilnehmer bei welchen Prämissen zugrunde legen. Allerdings kann man sich vorstellen, daß durch das Vorkommen bestimmter Prädikate in den singulären Prämissen jeweils formal ein bestimmtes Differenzierungsniveau für die auszuwählenden Regularitäten gegeben ist, indem von mehreren zur Verfügung stehenden alternativen Regularitäten solche bevorzugt werden, die möglichst viele der betreffenden Prädikate enthalten. Ein systematischer Vergleich zwischen Regularitäten unterschiedlicher Spezifik ist allerdings erst im Rahmen des Modellierungsvorschlags im nächsten Abschnitt möglich.

Eine wichtige Entwicklung in der Nichtmonotonieforschung der jüngsten Zeit ist der Versuch im Anschluß an Gabbay (1985), systematisch zu prüfen, ob die bisher vorgeschlagenen nichtmonotonen Logiken bestimmte, als natürlich geltende Eigenschaften der Ableitbarkeitsbeziehung erfüllen. Eine solche Prüfung wollen wir jetzt auch für die N-maximierte Ableitbarkeit durchführen.

Theorem 1

Die N-maximierte Ableitbarkeit erfüllt folgende drei Eigenschaften.

(i) *Supraklassizität*: Wenn $M \vdash C$, dann $M \sim_N C$.

(ii) *Kumulative Monotonie*: Wenn $M \sim_N C_1$ und $M \sim_N C_2$, dann $M,C_1 \sim_N C_2$.

(iii) *Schnitteigenschaft*: Wenn $M \sim_N C_1$ und $M,C_1 \sim_N C_2$, dann $M \sim_N C_2$.

Nach Gabbay sollte jede nichtmonotone Logik diese drei Eigenschaften erfüllen, und für die N-maximierte Ableitbarkeit erhält man sie auf sehr einfache Weise. Der Beweis von (i) ergibt sich unmittelbar aus Definition 1 und der Tatsache, daß mit $M \vdash C$ auch $M \vdash_N C$ gilt.

Zum Beweis von (ii) erschließt man aus den Voraussetzungen zunächst, daß $M \vdash_N C_2$ und daß wegen der Monotonie der N-Ableitbarkeit auch $M,C_1 \vdash_N C_2$ gilt. Falls zugleich $M,C_1 \vdash_N \neg C_2$ gilt, erhält man durch Anwendung der Schnittregel wegen $M \vdash_N C_1$ auch $M \vdash_N \neg C_2$. Nach Voraussetzung gilt dann $M \vdash C_2$ und somit $M, C_1 \vdash C_2$ wegen der Monotonie von $\vdash$. Insgesamt erhält man also $M,C_1 \sim_N C_2$.

Für einen Beweis von (iii) ergibt sich aus den Voraussetzungen zunächst $M \vdash_N C_1$ und $M,C_1 \vdash_N C_2$. Da die Schnitteigenschaft für $\vdash_N$ erfüllt ist, erhält man $M \vdash_N C_2$. Falls zugleich $M \vdash_N \neg C_2$ gilt, ergibt sich einerseits $M,C_1 \vdash_N \neg C_2$ wegen Monotonie und andererseits $M \vdash_N \neg C_1$ durch Anwendung der Widerspruchsregel. Nach Voraussetzung muß dann $M \vdash C_1$ und $M,C_1 \vdash C_2$ gelten, und durch Anwendung der Schnittregel erhält man $M \vdash C_2$. Insgesamt ergibt sich also $M \sim_N C_2$.

Abschließend sollen noch weitere wichtige Eigenschaften der N-maximierten Ableitbarkeit angeführt werden.

Theorem 2

(i) Falls N inkonsistent ist oder $N = 0$, so $M \sim_N C$ genau dann, wenn $M \vdash C$.

(ii) Die Eigenschaft OR ist erfüllt, d.h. wenn $M,B_1 \sim_N C$ und $M,B_2 \sim_N C$, dann $M,B_1 \vee B_2 \sim_N C$.

(iii) Die Eigenschaft der *Rationalität* ist erfüllt, d.h. wenn $M \sim_N C$ und nicht $M \sim_N \neg A$, dann $M,A \sim_N C$.

Die sich unmittelbar aus Definition 1 ergebende Aussage (i) zeigt, daß eine echte Erweiterung der klassischen Ableitbarkeit nur im Fall nichttrivialer Theorien möglich ist. OR und Rationalität sind zwei Eigenschaften, deren Geltung als relevant für nichtmonotone Systeme eingeschätzt wird (vgl. Kraus et al., 1990). Speziell bedeutet Rationalität, daß Nichtmonotonie nur bei Hinzufügung einer Information auftreten kann, deren Negation N-ableitbar ist.

Ob man für nichtmonotone Systeme die Eigenschaft der Rationalität fordern soll, ist insofern umstritten, als es Beispiele gibt, die eine schwächere Version von Nichtmonotonie zu realisieren scheinen. Bei näherer Betrachtung stellt sich allerdings heraus, daß diese Beispiele nicht ausreichend logisch analysiert worden sind. Zur Diskussion dieser Problematik knüpfen wir an die Behandlung des Vogelbeispiels in Abschnitt 1 an.

Den Schluß auf *Franzi kann fliegen* wird man - wie oben ausgeführt - evtl. schon dann blockieren wollen, wenn die Aussage *Franzi ist ein Jungvogel* als zusätzliche Information bekannt ist. Bezüglich dieser Aussage scheint die Eigenschaft der Rationalität aber nicht erfüllt zu sein, weil aus *Franzi ist ein Vogel* nicht *Franzi ist kein Jungvogel* maximiert ableitbar ist und trotzdem der Schluß auf *Franzi kann fliegen* bei Voraussetzung von *Franzi ist ein Vogel* und *Franzi ist ein Jungvogel* blockiert werden soll. Tatsächlich wird dieser Schluß - wie gewünscht - erst blockiert, wenn man zwei weitere naheliegende Voraussetzungen macht. Zum einen sollte *Jungvögel sind Vögel* universell gelten, und zum anderen bildet *Franzi ist ein Jungvogel* nur dann eine relevante, die Blockade des Schlusses legitimierende Information, wenn man in der zugrundeliegenden Situation als zusätzliche Prämisse weiß *Es gibt Jungvögel, die nicht fliegen können* . Aus dieser Information ergibt sich zusammen mit der Normalfall-Regularität *Vögel können fliegen* aber ein Widerspruch, so daß *Franzi kann fliegen* nicht mehr ableitbar ist. Zugleich sieht man, daß die Eigenschaft der Rationalität nicht für *Franzi ist ein Jungvogel* allein, sondern für die Konjunktion aller drei Zusatzprämissen gefordert werden muß. Die Negation dieser Konjunktion ist aber - wie verlangt - maximiert ableitbar. Diese Problemlösung bleibt allerdings noch unbefriedigend, weil die Existenzaussage *Es gibt Jungvögel, die nicht fliegen können* nicht nur in der jeweiligen Situation, sondern auch im Normalkontext gelten sollte. Letzteres läßt sich erst für den im nächsten Abschnitt vorgeschlagenen Modellierungsansatz realisieren.

Zum weiteren Beweis von Theorem 2 benutzen wir Theorem 1. Weil für die N-Ableitbarkeit die Eigenschaft OR erfüllt, genügt es zum Nachweis von (ii) zu untersuchen, was im Fall $M,B_1 \vee B_2 \vdash_N \neg C$ gilt. Wegen $B_1 \vdash B_1 \vee B_2$ und $B_2 \vdash B_1 \vee B_2$ erhält man dann $M, B_1 \vdash_N \neg C$ und $M,B_2 \vdash_N \neg C$. Folglich muß nach Voraussetzung von (ii) sogar $M,B_2 \vdash C$ und $M,B_1 \vdash C$, also auch $M,B_1 \vee B_2 \vdash C$ gelten.

Zum Beweis von (iii) nehmen wir indirekt an, daß nicht M, A $\sim_N$ C. Dann gilt insbesondere M,A $\vdash_N \neg$C oder nicht M,A $\vdash_N$ C. Falls nicht M,A $\vdash_N$ C, dann auch nicht M $\vdash_N$ C, was im Widerspruch zur Voraussetzung M $\sim_N$ A steht. Falls M,A $\vdash_N \neg$C, dann M,C $\vdash_N \neg$A. Wegen M $\vdash_N$ C ergibt sich dann M $\vdash_N \neg$A im Widerspruch zur Voraussetzung, daß nicht M $\sim_N \neg$A.

Bisher haben wir Eigenschaften der klassischen Ableitbarkeit angegeben, die auch für die maximierte Ableitbarkeit erfüllt sind. Genauso wichtig ist es zu wissen, welche logischen Prinzipien nicht übertragbar sind.

Theorem 3

(i) Wenn $M_1 \sim_N$ C und $M_2 \sim_N \neg$C, dann nicht M_1, $M_2 \sim_N$ B für beliebiges B.
(ii) Wenn M,B $\sim_N$ C, dann M $\sim_N$ B $\rightarrow$ C, aber nicht umgekehrt.
(iii) Wenn M,B $\sim_N$ C, dann nicht M,$\neg$C $\sim_N \neg$B.

Die Aussage (i) besagt, daß das Widerspruchsprinzip in der Version des Kalküls von Hermes (1972) nicht erfüllt ist; als Beleg kann das mehrfach behandelte Vogelbeispiel herangezogen werden. Die fehlende Möglichkeit einer Linksverschiebung einer Prämisse B einer Implikation gemäß (ii) beruht darauf, daß M zusammen mit B inkonsistent sein kann und deshalb die N-Ableitbarkeit von C nicht übernommen werden darf. Ein analoger Sachverhalt liegt auch der Aufhebung des Kontrapositionsprinzips in der Version von (iii) zugrunde. Daß eine Geltung des betreffenden Kontrapositionsprinzips inadäquat wäre, wird manchmal mit folgendem Beispiel plausibilisiert. Im Normalkontext gilt *Informatiker wissen nichts über Nichtmonotonie*. Trotzdem ist es denkbar, daß innerhalb der kleinen Gruppe von Personen, die überhaupt etwas über Nichtmonotonie wissen, ausschießlich Informatiker sind oder daß sie die Mehrzahl bilden. In diesem Fall hat man auch die Regularität *Wer etwas über Nichtmonotonie weiß, ist ein Informatiker*. Folglich ist zwar aus der Tatsache, daß eine bestimmte Person ein Informatiker ist, maximiert ableitbar, daß sie nichts über Informatik weiß; umgekehrt ist aber aus der Tatsache, daß eine Person etwas über Nichtmonotonie weiß, nicht ableitbar, daß sie kein Informatiker ist, weil hier die N-Ableitung zu einem Widerspruch führt.
Fazit der Überlegungen dieses Abschnitts ist also, daß mit dem Konzept der maximierten Ableitung gerade die für nichtmonotone Informationssysteme gewünschten Eigenschaften modelliert werden können und daß auch im Fall von Schlüssen ohne spezifische Ausnahmebedingungen kein Anlaß besteht, den Rahmen der klassischen Logik zu verlassen.

5. Schlüsse mit unspezifischer Ausnahmebedingung

Wie schon dargestellt, löst der Modellierungsvorschlag im vorigen Abschnitt ein Problem noch nicht zufriedenstellend. Wenn nämlich von zwei miteinander konkurrierenden Normalfall-Regularitäten die eine spezifischer ist als die andere, dann soll bei Geltung der Prämisse der spezifischeren Regularität die zugehörige Konklusion erschlossen werden. Dies ist aber bisher nur erreichbar, wenn man in die weniger spezifische Regularität eine korrespondierende Ausnahmebedingung einführt. Diese Lösung ist wieder insofern empirisch problematisch, als man dabei voraussetzt, daß in Regularitäten alle relevanten Ausnahmebedingungen explizit benannt sind. Demgegenüber ist zu vermuten, daß Kommunikationsteilnehmern in realen Schlußprozessen nicht sämtliche Ausnahmebedingungen einer Regularität präsent sind und daß sie auch nicht im einzelnen überprüft werden, wenn die betreffende Regularität angewendet wird. Tatsächlich reicht auch eine Überprüfung der *unspezifischen Ausnahmebedingung*, ob eventuell noch zusätzliche relevante, den Schluß gefährdende Informationen vorliegen. Eine solche Ausnahmebedingung ist zwar nicht mehr im bisherigen Anwendungsrahmen der Logik formulierbar. Trotzdem können wir innerhalb der Klassischen Prädikatenlogik erster Stufe bleiben. Dies soll im folgenden genauer ausgeführt werden.

Wir betrachten eine prädikatenlogische Sprache erster Stufe mit Identitätssymbol, die als einzige Prädikatenkonstante das zweistellige Elementsymbol "$\in$" besitzt. Zum Logikkalkül wird ein geeignetes Axiomsystem der Mengentheorie hinzugenommen, also etwa das System von Zermelo (vgl. zum folgenden Ebbinghaus, 1977; Glubrecht et al., 1983). Prädikationen über einem vorgegebenen Gegenstandsbereich können in der Mengentheorie generell durch atomare Sätze der Form $t_1 \in t_2$ mit geeigneten Termen t_1, t_2 ausgedrückt werden, wobei im Fall, daß t_2 eine mehrstellige Prädikation darstellt, t_1 ein entsprechendes n-tupel bildet. Um den wichtigen Typenunterschied zwischen gegenstandsreferierenden und prädikativen Termen wieder einzuführen, werden bei den Individuenkonstanten zwei entsprechende Sorten voneinander abgegrenzt. Außerdem setzen wir die Existenz einer Konstanten KAT in der Sprache voraus, die als Menge der Kategorien interpretiert werden soll, d.h. für prädikative Konstanten p wird axiomatisch $p \in KAT$ postuliert und $g \in \bigcup KAT$ für Gegenstandskonstanten g.

Regularitäten mit unspezifischer Ausnahmebedingung sind jetzt folgendermaßen formulierbar.

$$\forall v(v \in p \wedge \neg\exists k \exists u(k \in KAT \wedge p \not\subset k \wedge v \in k \wedge u \in p \cap k \wedge u \notin q) \rightarrow v \in q).$$

Die Kategorisierung eines Gegenstandes v als q-Gegenstand wird also verhindert, wenn es eine von p hinreichend verschiedene Kategorie k gibt, der v angehört und die innerhalb von p einen nicht zu q gehörigen Vertreter u besitzt. Gäbe es einen solchen Vertreter in einer Kategorie k, dann hätte man qua Zugehörigkeit von v zu k eine relevante Information über v, die es als riskant erscheinen lassen würde, v in q einzustufen. M.A.W. es liegt nahe, folgenden Relevanzbegriff einzuführen:

k ist relevant bei v für q relativ zu p (abgekürzt RLV k v q p) genau dann, wenn $k \in KAT \wedge p \not\subset k \wedge v \in k \wedge \exists u\,(u \in p \cap k \wedge u \notin q)$.

Die mit dieser Relevanzbedingung arbeitende, relativ vorsichtige Ausnahmeregelung kann man noch abschwächen, indem man nicht nur die Existenz eines Elements u mit $u \notin q$, sondern einer anteilmäßig größeren Zahl solcher Elemente in $p \cap k$ fordert. Eine derartige Formulierung setzt allerdings voraus, daß man quantitative Aussagen über Mengen/Kategorien machen kann; auf diesen Punkt gehen wir später noch ein.

Wir müssen nun prüfen, ob die vorgeschlagene Art der Formulierung von Regularitäten das Gewünschte leistet. Wir nehmen also an, daß es zu der oben für die Kategorien p und q dargestellten Regularität folgende konkurrierende Regularität für die Kategorie r gibt:

$$\forall v(v \in r \wedge \neg\exists k\ \mathrm{RLV}\ k\ v\ {-q}\ r \rightarrow v \notin q).$$

Hierbei sei -q das Komplement von q relativ zu $\cup$ KAT; d.h. die Ausnahmebedingung wird nur erfüllt, wenn es ein $u \in p \cap k$ mit $u \notin -q$, also $u \in q$ gibt. Außerdem setzen wir voraus, daß $r \subset p \wedge r \neq p$ in dem zu betrachtenden Normalkontext N gilt. Wenn in einer Situation $g \in r$ erfüllt ist und keine zusätzlichen relevanten Informationen über g vorliegen (d.h. daß die in Frage kommenden Kategorien in der Situation entweder eine leere Extension haben oder daß g ihnen zumindest nicht angehört), dann führen die beiden Regularitäten zu widersprüchlichen Einstufungen von g bezüglich q. Folglich können die beiden Regularitäten nicht zugleich als generell gültige Axiome hinzugenommen werden. Wir können sie aber als in N gültige Sätze einführen, wenn wir - dies ist der entscheidende Trick - dafür sorgen, daß die Ableitung eines Widerspruchs in N verhindert wird. Dies ist möglich durch die Hinzunahme von

$$\exists u(u \in r \wedge u \notin q)$$

als weitere Idealisierung. Aus dieser Aussage resultiert nämlich die Erfüllung der Ausnahmebedingung für die erste, weniger spezifische Regularität, und somit ist aus $g \in r$ nunmehr $g \notin q$ ableitbar, d.h. wie gewünscht ist die Information $g \in r$ für die Frage, ob $g \in q$ gilt, relevanter als die Information $g \in p$. Die argumentationslogische Leistung der maximierten Ableitbarkeit besteht also nicht nur in der Verwendung idealisierender Regularitäten, sondern auch in der Benutzung von singulärem Wissen, das in der jeweils betrachteten Situation aber nicht selbst exemplifiziert zu sein braucht; m.a.W. der Gegenstandsbereich einer speziellen Situation muß nicht so weit expandiert werden, daß jede zum Allgemeinwissen gehörende Existenzaussage in der Situation selbst gilt. Im Zusammenhang mit dem in diesem Absatz vorgeschlagenen Modellierungsansatz stoßen wir also auf einen ganz neuen Aspekt von "nichtmonotonem" Schließen.

Wenn im Unterschied zu den eben diskutierten Verhältnissen die Kategorie r in der zweiten Regularität keine Teilkategorie von p ist (wie im Beispiel von den Quäkern und den Republikanern), dann hat man zu prüfen, was für Elemente g des Durchschnitts $p \cap r$ ableitbar ist. Sofern kein zusätzliches Wissen über die q-Zugehörigkeit von Elementen im Durchschnitt vorliegt, führen die beiden Regularitäten in N zu widersprüchlichen Einstufungen von g, und somit erbringt die N-maximierte Ableitbarkeit keine Aussage über die q-Zugehörigkeit von g. Falls aber in N beispielsweise gilt

$$\exists u(u \in p \cap r \wedge u \notin q),$$

dann wird die Anwendung der Regularität für p blockiert, und die Regularität für r liefert eventuell $g \notin q$. Dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, daß $p \cap q \in$ KAT, was nahelegt, daß man als zusätzliches Axiom die Abgeschlossenheit von KAT gegenüber der Durchschnittsbildung einführt.

Falls in N auch der Kategorie q zugehörige Beispiele aus $p \cap r$ bekannt sind, d.h. daß

$$\exists u(u \in p \cap r \wedge u \in q),$$

dann wird die Anwendung der zweiten Regularität ebenfalls blockiert, und man kann wiederum keine Informationen über die q-Zugehörigkeit von g ableiten. Dies ändert sich erst, wenn in N eine Regularität für $p \cap r$ vorliegt, die eine Einstufung nach q entweder erlaubt oder verbietet. Empirisch gilt eine solche Regularität immer dann, wenn eine der beiden Kategorien p oder r einen größeren Einfluß auf q hat, wenn sich also z.B. das Quäkertum stärker auf eine pazifistische Einstellung auswirkt als die Zugehörigkeit zu den Republikanern. Evtl. gibt es solche Regularitäten auch nur für den Fall, daß zusätzliche Prämissen erfüllt sind (vgl. Kindt, 1993b).

Abschließend wollen wir noch zeigen, daß es im jetzigen Modellierungsrahmen auch möglich ist, ein Prinzip zu formulieren, das darüber entscheidet, in welchen Fällen die Geltung von Regularitäten der betrachteten Form angenommen werden kann. Ein solches Prinzip läßt sich zumindest für solche Fälle formulieren, bei denen die betreffende Regularität statistisch legitimierbar ist. Nachdem man in üblicher Weise einschlägige numerische Konzepte mengentheoretisch expliziert hat, kann man nämlich als Prämisse für den Schluß von p auf q in N folgende Formel betrachten:

$$|p \cap q| \geq h|p|$$

Mit den Betragsstrichen "| |" wird die Anzahl der Elemente von Mengen notiert. h gibt den Wert an, ab dem die relative Häufigkeit von q-Elementen in p dazu führt, daß in Normalfall-Argumentationen die Existenz von Ausnahmen zunächst vernachlässigt wird; empirisch könnte h z.B. bei 0,75 liegen. Es ist klar, daß das Kriterium, das wir hier speziell für p und q formuliert haben, auch als Prämisse eines globalen, über prädikative Variablen quantifizierten Regularitätsprinzips verwendet werden kann, das dann folgendermaßen lautet:

$$\forall x \forall y(x \in KAT \wedge y \in KAT \wedge |x \cap y| \geq h\,|x| \rightarrow \forall v(v \in x \wedge \neg\exists k\ RLV\ k\ v\ y\ x \rightarrow v \in y)).$$

Wenn in N die Geltung dieses generellen Regularitätsprinzips unterstellt wird, dann braucht man die Ausnahmebedingung, die den Schluß von x auf y bei spezifischerer Kategorisierbarkeit von v und Existenz eines einzigen Gegenbeispiels blockiert, nicht abzuschwächen, falls aufgrund des Prinzips entscheidbar ist, ob für die betreffende spezifischere Kategorie $k \cap x$ eine Regularität bezüglich y gilt und angewendet werden kann. Andernfalls läßt sich in eine für p und q formulierte Regularität natürlich eine modifizierte Ausnahmebedingung mit folgendem Relevanzkriterium einführen:

$$|k \cap p \cap q| < h|k \cap p|.$$

Danach soll der Schluß auf q erst blockiert werden, wenn die relative Häufigkeit von q-Elementen innerhalb von $k \cap p$ kleiner als h ist.

Damit der skizzierte Ableitungsmechanismus wie gewünscht funktioniert, muß noch - analog zu den obigen Überlegungen zur Geltung geeigneter Existenzaussagen in N - gefordert werden, daß in N die jeweils erforderlichen Aussagen über relative Häufigkeiten vorliegen. Diese Forderung macht einen wichtigen 'intensionalen' Aspekt statistischen Schließens deutlich: Die verwendeten Informationen über relative Häufigkeit entstammen nicht der Situation, für die zwecks Wissenserweiterung der betreffende Schluß durchgeführt wird, und die zugehörigen Häufigkeitswerte von N einerseits und andererseits von der Situation selbst können auch - ohne daß man es weiß - entscheidend voneinander abweichen.

6. Fazit

Nichtmonotones Schließen basiert nach dem vorgeschlagenen Lösungsansatz auf einem zentralen Prinzip von Ableitungsmaximierung, das durch die obigen klassisch-prädikatenlogischen Modellierungen nicht wegerklärt, sondern in seinen verschiedenen Aspekten durchsichtig gemacht wird. Dieses Prinzip trägt dem Umstand Rechnung, daß Menschen auch in Situationen mit unvollständiger Information Entscheidungen treffen oder handeln und hierzu zusätzliche Annahmen über die Situation machen müssen. Dies führt zu einer spezifischen Dynamik hinsichtlich der Revision von Ableitungsergebnissen. Solche Revisionen sind auf allen Ebenen menschlicher Informationsverarbeitung zu beobachten. Ein bekanntes Beispiel für den Bereich der Wahrnehmung ist das Phänomen des Gestalt-Switch bei Kippfiguren; dasselbe Phänomen liegt aber auch Revisionen zugrunde, die bei der kommunikativen Verarbeitung natürlichsprachiger Äußerungen auftreten. Ein besonders manifestes Beispiel hierfür aus dem Bereich der syntaktischen Verarbeitung bilden die sogenannten Garden-Path-Sätze wie etwa *Alkohol entfernt mit einem Lappen hinterläßt keine Flecken* (in diesem Satz wird bei sukzessiver Lektüre die syntaktische Kategorisierung für *entfernt* von "finites Verb" zu "Partizip" revidiert.

Die im vorliegenden Aufsatz entwickelten Modellierungsvorschläge haben gezeigt, wie die komplexe und bei der Alltagsanwendung weitgehend implizite logische Struktur des Verfahrens zur Ableitungsmaximierung in einzelne, voneinander zu trennende Komponenten zerlegt werden kann. Die wichtigsten diesbezüglichen Ergebnisse unserer logischen Analyse sollen hier noch einmal zusammengefaßt werden.

Das Verfahren der Ableitungsmaximierung in der Version von Abschnitt 5 verwendet Regularitäten, die zwei wesentliche Aufgaben miteinander kombinieren. Erstens sind die Regularitäten nicht universell gültig, weil sie auch die Ableitung von provisorischen Annahmen/Erwartungen eines Verarbeitungssystems bei unvollständiger Information gestatten. Zweitens machen sie explizit, was es heißt, daß kein relevantes, die Erwartungsableitung störendes Wissen vorliegt. Dementsprechend sind zwei verschiedene Ursachen von "Nichtmonotonie" voneinander zu unterscheiden. Entweder macht die Hinzunahme neuer Informationen die bisherige Voraussetzung ungültig, daß kein zusätzliches relevantes Wissen vorliegt. Oder die neuen Informationen zeigen, daß die bisher hilfsweise hinzugenommenen Annahmen eliminiert werden müssen, weil sie anderen Ableitungsergebnissen widersprechen.

Mit den so formulierten Regularitäten werden zwei Ökonomieeffekte erreicht. Einerseits ergibt sich eine erhebliche Komplexitätsreduktion von Sachverhaltsformulierungen, weil nicht alle Ausnahmebedingungen explizit formuliert werden müssen. Andererseits ist es möglich, komplexe Informationskonstellationen stückweise und unmittelbar zu verarbeiten, ohne jeweils warten zu müssen, bis die Konstellation vollständig überschaubar wird. Zweckmäßig ist die Verwendung solcher Regularitäten allerdings nur, wenn sie Standardfälle beschreiben und somit abgeleitete Erwartungen nicht allzu häufig revidiert werden müssen.

Auch aus der Perspektive der schrittweisen Entwicklung wissenschaftlicher Theorien ist die Verwendung von Regularitäten mit unspezifischer Ausnahmebedingung vorteilhaft. Zu Beginn der Theorieentwicklung werden nämlich nicht sämtliche spezifische Ausnahmebedingungen einer Regularität bekannt sein, und wenn neue derartige Bedingungen entdeckt werden, muß man nicht die bisherige Regularität revidieren, sondern braucht nur zusätzliche

Regularitäten und Existenzaussagen zur Theorie hinzuzunehmen. Zentrale Voraussetzung für diese ökonomische Art der Theorieerweiterung ist die Einführung des Relevanzkonzepts, mit dem vermieden wird, daß jede beliebige Zusatzinformation Ableitungsrevisionen notwendig macht. Umgekehrt ermöglicht dieses Konzept auch eine Lösung des Konkurrenzproblems zwischen spezifischen und weniger spezifischen Regularitäten.

Schließlich verdeutlicht das vorgeschlagene Verfahren der Ableitungsmaximierung die Besonderheiten einer komplexen Interaktion zwischen dem Wissen über eine Situation und dem theoretischen Wissen, das benutzt werden soll, um das Situationswissen zu erweitern. Das theoretische Wissen besteht aber nicht nur in der Kenntnis von Generalisierungen/ Regularitäten, sondern beinhaltet auch - wie sich gezeigt hat - wichtige Existenzaussagen, die in der betrachteten Situation selbst nicht erfüllt zu sein brauchen.

Literaturangaben

Aristoteles (1980): *Rhetorik*. Dt. Übersetzung von F.G. Sieveke. München: Fink.

Blau, U. (1978): *Die dreiwertige Logik der Sprache*. Berlin: De Gruyter..

Brewka, G./Dix, J./Konolige, K. (1992): A Tutorial on Nonmonotonic Reasoning. In: *NIL 91* (Proceedings of the Second Workshop on Nonmonotonic and Inductive Logic). Berlin: Springer..

Brewka, G. (1993): Nichtmonotones Schließen. In: Görz, G. (Hg.): *Einführung in die Künstliche Intelligenz*. Bonn: Addison-Wesley, 55-85.

Doyle, J. (1979): A Truth Maintenance System. In: *Artificial Intelligence*, 12.

Ebbinghaus, H.-D. (1969): Über eine Prädikatenlogik mit partiell definierten Prädikaten und Funktionen. In: *Archiv für mathematische Logik und Grundlagenforschung*, 12.

Ders. (1977): *Einführung in die Mengenlehre*. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft.

Ders./Flum, J./Thomas, W. (1978): *Einführung in die Mathematische Logik*. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft.

Gabbay, P. (1985): Theoretical Foundations for Non-Monotonic-Reasoning in Expert Systems. In: *Logics and Models of Concurrent Systems*. Berlin: Springer.

Glubrecht, J.-M./Oberschelp, A./Todt, G. (1983): *Klassenlogik*. Mannheim: Bibiliographisches Institut.

Hermes, H. (1972): *Einführung in die mathematische Logik*. 3. Aufl. Stuttgart: Teubner.

Kallmeyer, W./Schütze, F. (1976): Konversationsanalyse. In: *Studium Linguistik*, 1: 1-28.

Kindt, W. (1988): Zur Logik von Alltagsargumentationen. In: *Fachberichte Informatik*, 3. Universität Koblenz.

Ders. (1992): Organisationsformen des Argumentierens in natürlicher Sprache. In: Paschen, H./Wigger, L. (Hg.): *Pädagogisches Argumentieren*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.

Ders. (1993a): *Die Modellierung von Nichtmonotonie im Rahmen der Klassischen Logik*. Ms. Universität Bielefeld.

Ders. (1993b): Nichtmonotonie und Relevanz. Zwei zentrale inferenztheoretische Aspekte der Dynamischen Semantik. Erscheint in: *Sprachwissenschaft*.

Kraus, S./Lehmann, D./Magidor, M. (1990): Nonmonotonic Reasoning, Preferential Models and Cumulative Logics. In: *Artificial Intelligence*, 44.

Toulmin, St. (1958): *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.