

# **Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement**

Universität GH Essen  
Fachbereich 5: Wirtschaftswissenschaften  
Universitätsstraße 9, D – 45141 Essen  
Tel.: ++49 (0) 201 / 183 - 4007  
Fax: ++49 (0) 201 / 183 - 4017

Arbeitsbericht Nr. 1

## **STICKELS theoretische Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik**

**– Darstellung, Analyse und Rekonstruktion  
aus der Perspektive des ‘non statement view’ –**

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski



E-Mail: [stephan.zelewski@pim.uni-essen.de](mailto:stephan.zelewski@pim.uni-essen.de)

Internet: <http://www.pim.uni-essen.de/mitarbeiter/person.cfm?name=pimstze>

Essen 1999

Alle Rechte vorbehalten.

**Inhaltsüberblick:**Seite

<b>1</b>	<b>Rahmenlegung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Überblick über das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik .....	1
1.2	Präsuppositionen des Produktivitätsparadoxons .....	2
1.3	Problemstellung .....	3
<b>2</b>	<b>Rekonstruktion einer theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons</b> .....	<b>8</b>
2.1	Rekonstruktionsprämissen .....	8
2.2	Darstellung von STICKELS Miniaturtheorie .....	10
2.3	Exkurs zur zentralen Aussage der Miniaturtheorie .....	33
2.4	Anmerkungen zur Formalisierung der Miniaturtheorie .....	48
2.5	Eine Rekonstruktion der Miniaturtheorie STICKELS aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts .....	56
2.5.1	Einführung in das Strukturalistische Theorienkonzept .....	56
2.5.2	Strukturalistische Rekonstruktion der Miniaturtheorie .....	62
2.5.2.1	Terminologischer Apparat .....	62
2.5.2.2	Gesetzesartige Aussagen .....	66
2.5.2.3	Anwendungsbedingungen .....	71
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>84</b>
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis:</b> .....	<b>87</b>

## **Zusammenfassung**

Es werden Probleme verdeutlicht, die bei der Formulierung von Theorien im Bereich der Wirtschaftsinformatik auftreten können, und zugleich Optionen der Theoriegestaltung aufgezeigt, die sich zur Überwindung jener Probleme ergreifen lassen. Dabei stehen die Aspekte der Formalisierung und der Strukturierung „wohlgeformter“ Theorien im Vordergrund des Untersuchungsinteresses. Den Ausgangspunkt bilden konventionelle Theorieformulierungen, wie sie im Rahmen des „statement view“ allgemein üblich sind. Als Beispiel hierfür wird eine anspruchsvolle Theorie herausgegriffen, die STICKEL 1997 zur theoretischen Begründung für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik publiziert hat. Um einige der Probleme, die mit STICKELS Theorieformulierung verknüpft sind, zu akzentuieren und entsprechende Lösungsvorschläge für eine modifizierte Theoriegestaltung herauszuarbeiten, wird auf das Strukturalistische Theorienkonzept des „non statement view“ zurückgegriffen. Es stellt u.a. ein übersichtlich gegliedertes Strukturschema für wohlformulierte Theorien zur Verfügung. Hierdurch übt es auf den Theoriegestalter einen „heilsamen Zwang“ aus, sich sorgfältig um die Identifizierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen und die Spezifizierung der Anwendungsbedingungen einer Theorie zu kümmern.

# 1 Rahmenlegung

## 1.1 Überblick über das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik

Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik<sup>1)</sup> wird seit einigen Jahren in der einschlägigen Fachliteratur aus unterschiedlichen Perspektiven diskutiert<sup>2)</sup>. Es geht von der zunächst unreflektierten, lediglich intuitiven Vermutung aus, daß Unternehmen ihre Produktivität<sup>3)</sup> durch Investitionen in arbeitsunterstützende Informationstechnik (im folgenden kurz als IT angesprochen) steigern müßten. Also sollte sich in der Realität feststellen lassen, daß eine *positive* Korrelation zwischen der Unternehmensproduktivität einerseits und dem Ausmaß an informationstechnischen Investitionen andererseits besteht. Tatsächlich existiert aber eine breite Palette empirischer Befunde, von denen die vorgenannte mutmaßliche Korrelation nicht bestätigt wird. Statt dessen lassen die Studien für einzelne Realitätsbereiche, die von ihrem jeweiligen Untersuchungsdesign bestimmt werden,

- entweder *keine* statistisch signifikante *positive* Korrelation zwischen Unternehmensproduktivität und IT-Investitionen erkennen (Produktivitätsparadoxon i.w.S.)<sup>4)</sup>,
- oder sie zeigen sogar eine statistisch signifikante *negative* Korrelation zwischen den beiden vorgenannten Kenngrößen auf (Produktivitätsparadoxon i.e.S.)<sup>5)</sup>.

Ein Paradoxon im ursprünglichen Wortverständnis kommt allerdings nicht allein durch diese kontraintuitiven empirischen Befunde zustande, da eine – zumindest partielle – Gegenläufigkeit von Unternehmensproduktivität und IT-Investitionen an sich noch kein „widersinnig“ erscheinendes Phänomen darstellen muß. Denn es läßt sich kein zwingendes Argument dafür nennen, daß Investitionen im allgemeinen oder gar Investitionen in arbeitsunterstützende Informationstechnik im besonderen notwendig produktivitätserhöhend wirken. Vielmehr läßt sich eine Fülle von Investitionen vorstellen, bei denen der Investitionsaufwand den Investitionsertrag übersteigt, so daß eine Durchführung der Investitionen produktivitätsmindernd wirken müßte.

- 
- 1) Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik wird fortan der Kürze halber auch nur als Produktivitätsparadoxon angesprochen.
  - 2) Vgl. z.B. ROACH (1991), S. 85f.; MORRISON/BERNDT (1991); BRYNJOLFSSON (1992); BRYNJOLFSSON (1993); DUÉ (1993); BRYNJOLFSSON/HITT (1994); LOVEMAN (1994); mehrere Beiträge in dem Sammelwerk HARRIS (1994); STICKEL (1995); HITT/BRYNJOLFSSON (1995); BRYNJOLFSSON/YANG (1996); GIMLIN/RULE (1996), S. 2f. u. 13ff.; STICKEL (1997); PILLER (1997), insbesondere S. 13ff. (mit einem umfassenden und typisierenden Überblick über entsprechende Veröffentlichungen in den Abbildungen 8 und 9 auf S. 16ff.); STRASSMANN (1997a), S. 119ff.; STRASSMANN (1997b); STRASSMANN (1997c); ABDEL-HAMID (1997) [eine bemerkenswerte, weil „selbstreferentielle“ Diskussion des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik: es wird die Entwicklung der Produktivität bei Investitionen in Informationstechnik untersucht, die ihrerseits in der Gestalt von computergestützten Entwicklungswerkzeugen zur Produktion von Software dient]; PILLER (1998); BRYNJOLFSSON/HITT (1998); STRASSMANN (1999a); STRASSMANN (1999b). Mitunter klingt das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik auch nur mehr oder minder deutlich am Rande an; vgl. z.B. HUBER (1990), S. 51; CORSO/PAOLUCCI (1997), S. 215 u. 222.
  - 3) Im Rahmen dieses Arbeitsberichts werden Probleme der Definition und der empirischen Messung von Produktivitätskennzahlen nicht näher thematisiert. Die Existenz solcher Probleme wird keineswegs bezweifelt; doch läßt ihre Diskussion hinsichtlich der hier interessierenden Rekonstruktion einer Theorie zur Erklärung des Produktivitätsparadoxons keine nennenswerten Erkenntnisse erwarten. Vgl. statt dessen zur Produktivitätsdefinition und -messung, speziell im Kontext der Informationstechnik, z.B. STRASSMANN (1990), S. 75ff.; HITT/BRYNJOLFSSON (1995), S. 11f. u. 26ff.; STRASSMANN (1999c), S. 61ff.
  - 4) Vgl. zu dieser *weit* gefaßten Formulierung des Produktivitätsparadoxons im Sinne einer *fehlenden positiven* Korrelation z.B. ROACH (1991), S. 85; BRYNJOLFSSON (1993), S. 67f.; STICKEL (1997), S. 66, 67 u. 71.
  - 5) Vgl. zu dieser *eng* gefaßten Formulierung des Produktivitätsparadoxons im Sinne einer *negativen* Korrelation z.B. ROACH (1991), S. 85; BRYNJOLFSSON (1993), S. 67f.; STICKEL (1997), S. 65, 66, 67 u. 71.

## 1.2 Präsuppositionen des Produktivitätsparadoxons

Ein Produktivitätsparadoxon kommt strenggenommen erst dann zustande, wenn neben die zuvor angesprochenen empirischen Befunde drei zusätzliche implizite Annahmen<sup>6)</sup> hinzutreten. Im einzelnen wird vorausgesetzt, daß:

- ❑ sich die Entscheidungsträger in Unternehmen rational verhalten, d.h. daß sie nur solche Investitionen in arbeitsunterstützende Informationstechnik beschließen, von denen sie eine Erhöhung der Unternehmensproduktivität erwarten (*Rationalitätspräsupposition*),
- ❑ die Erwartungen der Entscheidungsträger hinsichtlich der prognostizierten Produktivitätserhöhungen korrekt sind (*Präsupposition vollkommener Prognosefähigkeit*) und auch
- ❑ keine Verfälschungen der Investitionsentscheidungen in der nachfolgenden Phase der Entscheidungsverwirklichung eintreten (*Präsupposition vollkommener Realisierungsfähigkeit*).

Erst unter diesen drei Präsuppositionen<sup>7)</sup> erscheint es widersinnig, daß in mehreren empirischen Untersuchungen keine positive oder sogar nur eine negative Korrelation zwischen Unternehmensproduktivität und IT-Investitionen beobachtet werden konnte.

Mit guten Argumenten aus den Bereichen der deskriptiven Entscheidungstheorie und der Organisationswissenschaften läßt sich belegen, daß die drei vorgenannten Präsuppositionen in der betrieblichen Realität im allgemeinen nicht erfüllt sind. Zwar können diese Argumente in der hier gebotenen Kürze nicht im einzelnen entfaltet werden. Dies ist aber auch nicht erforderlich, weil die drei Präsuppositionen für das Bestehen eines Produktivitätsparadoxons nur eine hinreichende Voraussetzung, aber keine notwendige Bedingung darstellen. Denn es ist durchaus vorstellbar, daß die drei Präsuppositionen nur „geringfügig“ verletzt sind, so daß sich insgesamt ein zwar „abgeschwächter“, aber immer noch positiver Zusammenhang zwischen Unternehmensproduktivität und IT-Investitionen feststellen lassen müßte.

Es soll hier keineswegs verkannt werden, daß die Attribute „geringfügig“ und „abgeschwächt“ aufgrund ihrer Vagheit inoperational bleiben. Jedoch spielt dies hier keine wesentliche Rolle, weil das Anliegen dieses Beitrags nicht darin besteht, die Validität von *empirischen* Untersuchungen zum Produktivitätsparadoxon präzise zu überprüfen. Vielmehr geht es darum, eine *theoretische* Begründung für das Zustandekommen des Produktivitätsparadoxons zu rekonstruieren und hinsichtlich der hierbei auftretenden theoretischen Probleme auszuloten. Daher reichte es aus aufzuzeigen, daß das Produktivitätsparadoxon auch noch unter der plausiblen Annahme eintreten kann, daß die Rationalitätspräsupposition sowie die Präsuppositionen vollkommener Prognose- und vollkommener Realisierungsfähigkeit im allgemeinen nicht streng erfüllt sind, aber zumindest „angenähert“ gelten.

In den anschließenden Überlegungen werden die realen Abweichungen von den idealen Erfüllungen der drei Präsuppositionen nicht in die theoretische Begründung des Produktivitätsparadoxons einbezogen, sondern in die Sphäre der empirischen Datenerhebung ausgelagert. Dies kann z.B. dazu führen, daß die zwar geringfügigen, aber immerhin vorhandenen Präsuppositionsverletzungen eine Erhöhung der nicht erklärten Varianz in statistischen Korrelationsanalysen hervorrufen. Diese „Externalisierung“ von Präsuppositionsverletzungen mag aus empirischer Perspektive zu Recht auf Kritik

---

6) Ob mit den impliziten Annahmen entweder hinreichende oder aber notwendige Voraussetzungen (synonym: Bedingungen) für das Zustandekommen eines Produktivitätsparadoxons gemeint sind, wird hier noch offengelassen. Aber die Formulierung „erst dann“ - anstelle der Formulierung „nur dann“- soll bereits darauf vorbereiten, daß es sich nur um hinreichende Voraussetzungen handelt. Darauf wird in Kürze zurückgekommen.

7) Unter einer Präsupposition wird eine Annahme (Voraussetzung, Prämisse) verstanden, die in einem gegebenen Argumentationszusammenhang nicht explizit ausgesprochen, sondern implizit unterstellt wird.

stoßen; aber sie trägt dazu bei, die Analyse der theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons relativ übersichtlich zu halten. Denn es kann darauf verzichtet werden, die Abweichungen von den idealen Erfüllungen der drei Präsuppositionen in der Begründung selbst explizit berücksichtigen zu müssen.

### 1.3 Problemstellung

In der Fachliteratur wurde zwischenzeitlich eine Vielzahl von Begründungen vorgelegt, die das Zustandekommen des Produktivitätsparadoxons erklären<sup>8)</sup>. Sie sollen hier nicht noch einmal aufgerollt werden. Ebenso wenig wird die Absicht verfolgt, eine weitere, neuartige Begründung hinzuzufügen. Statt dessen wird der jüngst präsentierte Begründungsansatz von STICKEL (1997) herausgegriffen, um mit seiner Hilfe auf exemplarische Weise:

- einerseits einige *Probleme* zu verdeutlichen, die sich bei der *Formulierung von Theorien im Bereich der Wirtschaftsinformatik* einstellen können<sup>9)</sup>,
- und andererseits *Gestaltungsoptionen* aufzuzeigen, die für die Lösung dieser Probleme, insbesondere aus der Perspektive des *Strukturalistischen Theorienkonzepts*, angeboten werden<sup>10)</sup>.

Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik dient also nur als eine Art „Argumentationsvehikel“, um das eigentliche, primäre Anliegen - die Analyse von Theorieformulierungen - anhand eines konkreten Problemhintergrundes entfalten zu können.

Für die Auswahl des Begründungsansatzes von STICKEL sprechen im wesentlichen fünf Gründe. Erstens zählt er zu den wenigen Arbeiten auf diesem Gebiet, die explizit den Anspruch erheben, eine *theoretische Erklärung*<sup>11)</sup> für das Zustandekommen des Produktivitätsparadoxons zu liefern<sup>12)</sup>.

- 
- 8) Vgl. z.B. den systematisierenden Überblick über solche Erklärungsversuche bei STICKEL (1997), S. 67f., sowie die ausführlicheren Erläuterungen bei BRYNJOLFSSON (1993), S. 72ff.
- 9) Es wird hier nicht behauptet, daß die aufgezeigten Probleme *spezifisch* für die Wirtschaftsinformatik gelten. Vielmehr teilt der Verfasser die Überzeugung, daß die hier angeschnittenen Probleme der Theorieformulierung ebenso in anderen realwissenschaftlichen Disziplinen auftreten (können). Dieser Argumentationshintergrund braucht hier aber nicht weiter vertieft zu werden, da sich der vorliegende Beitrag auf den Erkenntnishorizont der Wirtschaftsinformatik beschränkt.
- 10) Die Gestaltungsoptionen konstituieren neben den Problemen, die auf der „Objektebene“ der Theorieformulierung angesiedelt sind, eine „Metaebene“ von überlagerten Auswahlproblemen. Diese „Meta-Probleme“ erstrecken sich jeweils auf die Aufgabe, aus den Gestaltungsvorschlägen zur Lösung eines bestimmten Problems der Theorieformulierung genau eine Gestaltungsvariante auszuwählen. Infolgedessen wird in diesem Beitrag eine zweifache Problemstellung untersucht, die sich sowohl auf die Objektebene der Theorieformulierung als auch auf die Metaebene der begründeten Auswahl zwischen Formulierungsvarianten erstreckt.
- 11) Vgl. zum expliziten Anspruch, eine theoretische Begründung für das Produktivitätsparadoxon vorzustellen, STICKEL (1997), S. 66. Die Begriffe „Erklärung“ und „Begründung“ werden in diesem Beitrag synonym verwendet.
- 12) STICKEL hat darüber hinaus schon früher eine zweite theoretische Erklärung für das Produktivitätsparadoxon publiziert; vgl. STICKEL (1995), S. 550ff. Jener Begründungsansatz bezog sich jedoch auf ein mikroökonomisches Modell für zwei Unternehmen, die ein klassisches Duopol bilden. Dieser volkswirtschaftlich orientierte Ansatz liegt dem Schwerpunkt der Wirtschaftsinformatik, sich mit den *betriebswirtschaftlichen* Gestaltungsproblemen und -optionen von Informationssystemen zu befassen, ferner als die nachfolgend thematisierte Miniaturtheorie, die eine *innerbetriebliche* Erklärung des Produktivitätsparadoxons liefert. Daher fokussiert der Verfasser seine Analysen von vornherein auf den neueren, zuletzt angesprochenen Begründungsansatz von STICKEL. Des weiteren spricht z.B. HUBER (1990), S. 47 u. 64f., expressis verbis davon, eine *Theorie* für den Zusammenhang zwischen verschiedenen Beobachtungsgrößen vorzulegen, die den Einsatz von („moderner“) Informationstechnik beschreiben. Aber seine Ausführungen fokussieren sich nicht auf das hier interessierende Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik. Statt dessen befassen sie sich mit einer Fülle von Beobachtungsgrößen, unter die sich das Ausmaß von IT-Investitionen und Unternehmensproduktivität zwar – mit einigen interpretativen Anstren-

Dieser Theoriebezug ist hier von entscheidender Bedeutung, weil sich die späteren Untersuchungen auf Probleme und Lösungsvorschläge der Formulierung von *Theorien* beziehen. Zweitens handelt es sich nach Einschätzung des Verfassers um einen der theoretisch *anspruchsvollsten* und inhaltlich *tiefreichendsten* Beiträge, die bislang zur Erklärung des Produktivitätsparadoxons vorgelegt wurden<sup>13)</sup>. Insofern erscheint der Begründungsansatz von STICKEL als ein besonders würdiges Untersuchungsobjekt. Drittens zeichnet sich die Argumentation von STICKEL dadurch aus, daß sie anhand eines *formalsprachlich* verfaßten Erklärungsmodells erfolgt. Dieses Erklärungsmodell stellt eine „Miniaturtheorie“ dar<sup>14)</sup>, die es gestattet, mit formalen Instrumenten einerseits streng nachzuweisen, daß Situationen möglich sind, in denen das Produktivitätsparadoxon auftritt, und andererseits diesen Möglichkeitsbereich sogar explizit einzugrenzen. Viertens legt STICKEL jedoch keine vollständige Formalisierung seines theoretischen Erklärungsmodells vor, sondern kombiniert in ihm formalsprachliche mit *natürlichsprachlichen* Komponenten. In den natürlichsprachlichen Modellkomponenten liegen nach Ansicht des Verfassers erhebliche Komplikationen verborgen. Eine zentrale Intention des hier vorgelegten Beitrags liegt darin, diese Komplikationen zunächst aufzudecken und alsdann zu veranschaulichen, wie sie mit den Formulierungshilfen des Strukturalistischen Theorienkonzepts überwunden werden können. Schließlich – und fünftens – spricht für die Auswahl des Begründungsansatzes von STICKEL, daß er ausdrücklich auf die investiven *Entscheidungen* eingeht, die dem Produktivitätsparadoxon zugrunde liegen, und hierbei auch die involvierten *Rationalitätsannahmen* thematisiert. Daher gehört er zu den wenigen Autoren, die bei ihren Erklärungen des Produktivitätsparadoxons nicht nur mit impliziten Rationalitätspräsuppositionen arbeiten, sondern ihre Rationalitätsprämissen explizieren und somit einer „rationalen“ Kritik unmittelbar zugänglich machen<sup>15)</sup>.

Zu dem bereits angesprochenen grundsätzlichen Anliegen dieses Beitrags, Probleme und Gestaltungsoptionen bei der Formulierung von Theorien zu untersuchen, tritt als weitere Absicht hinzu, zwei weiterführende Thesen hinsichtlich der Formulierung „guter“<sup>16)</sup> realwissenschaftlicher Theorien aufzustellen und in den nachfolgenden Kapiteln zu verteidigen. Diese beiden Thesen werden zwecks Anregung des wissenschaftlichen Disputs bewußt pointiert vorgetragen, ohne zu verkennen, daß sich hierdurch einige Überspitzungen einschleichen mögen, die entsprechende Kritik provozieren werden.

---

gungen – subsumieren lassen, ohne jedoch im Vordergrund der Argumentation von HUBER zu stehen. Hinzu kommt, daß die Theorieformulierung bei HUBER nicht über eine simple Aneinanderreihung von zwar ausführlich kommentierten, aber lediglich natürlichsprachlichen Aussagen hinausreicht. Da im hier vorgelegten Beitrag vor allem die *Formalisierung* von Theorien interessiert, bietet sich auch aus diesem zuletzt genannten Grund der Artikel von HUBER nicht als Argumentationsgrundlage an.

- 13) Eine seiner konzeptionellen Grundlagen stellt das Modell dar, das HILTON (1981), S. 57f., zur Erklärung des Nutzens von Informationssystemen vorgelegt hat.
- 14) Aufgrund der Miniaturtheorie-Charakteristik von Modellen (zumindest von Modellen, die als Erklärungsmodelle zur *theoretischen* Begründung eines Explanandums dienen) werden im folgenden die Begriffe „Modell“ und „Theorie“ ohne nähere Unterscheidung verwendet.
- 15) Zugleich wird hierdurch nochmals deutlich, warum an früherer Stelle die Rationalitätspräsupposition als einige der drei eingangs angesprochenen Präsuppositionen des Produktivitätsparadoxons in die weiterführenden Überlegungen eingeschlossen wurde. Denn die eingehendere Beschäftigung mit dem Begründungsansatz von STICKEL bietet unmittelbar die Gelegenheit, sich mit denjenigen Annahmen näher auseinanderzusetzen, die hinsichtlich der Rationalität von Entscheidungsträgern getroffen werden, um das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik zu erklären.
- 16) Als Gütemaßstäbe werden in den beiden nachfolgenden Thesen die Anforderungen genannt, Theorieformulierungen einerseits möglichst weitreichend zu *formalisieren* und andererseits so weit zu *strukturieren*, daß Auskünfte über den nomischen Gehalt und den intendierten Anwendungsbezug einer Theorie ohne zusätzliche, theorieexterne Erläuterungen möglich sind.

- ⌚ *Formalisierungsthese:* Natürlichsprachliche Komponenten führen bei der Formulierung von Theorien aufgrund ihrer immanenten Vagheit und Mehrdeutigkeit oftmals zu Verständnisschwierigkeiten<sup>17)</sup>. Im Interesse einer präzisen Theorieformulierung sollten sie daher grundsätzlich vermieden und – so weit wie möglich<sup>18)</sup> – durch formalsprachliche Formulierungskomponenten ersetzt werden.
- ⌚ *Strukturierungsthese:* Gewöhnlich wird unter einer Theorie eine Ansammlung von endlich vielen expliziten Aussagen<sup>19)</sup> verstanden („statement view“<sup>20)</sup>), die untereinander in Beziehung ste-

---

17) Vgl. dazu beispielsweise die Kritik an den Defekten natürlichsprachlicher Theorieformulierungen, die COOPER/FOX/FARRINGTON/SHALLICE (1997), S. 7 u. 9, jüngst im Kontext der Informatik – speziell der Erforschung Künstlicher Intelligenz – vorgetragen haben.

18) Der Verfasser räumt freimütig ein, daß dieser Einschub unbefriedigend bleibt, da keine Festlegung erfolgt, „wie weit“ die Formalisierung einer Theorie überhaupt möglich ist. Diese Unbestimmtheit wird hier aber bewußt in Kauf genommen, weil es außerhalb des Erkenntnisinteresses dieses Beitrags liegt zu erforschen, wo die Grenzen einer Theorieformalisierung liegen mögen. Der Verfasser maßt sich auch nicht an, eine befriedigende Antwort auf diese Fragestellung offerieren zu können. Er möchte durch den Einschub lediglich andeuten, daß er selbst nicht damit rechnet, realwissenschaftliche Theorien jemals vollständig auf formalsprachliche Weise ausdrücken zu können. (In formal- oder strukturwissenschaftlichen Theorien könnten andere Verhältnisse vorliegen, weil sie nicht darauf angewiesen sind, Bezüge zu außertheoretischen Entitäten in dem jeweils reflektierten Realitätsausschnitt herzustellen.)

Beispielsweise werden die Korrespondenzregeln, die zur Verknüpfung zwischen formalsprachlichen, theorieintern verwendeten Symbolen einerseits und den von ihnen symbolisierten, theorieexternen Entitäten im jeweils referenzierten Realitätsausschnitt andererseits dienen, vermutlich immer auf natürlichsprachliche Erläuterungen der beabsichtigten Verknüpfungen angewiesen bleiben. Auch andere Aspekte der „Theoriesemantik“, wie etwa die Ausdeutung von Formeln entweder als gesetzesartige Aussagen oder aber als Randbedingungen der jeweils betroffenen Theorie, werden ohne natürlichsprachliche Festlegungen der Formelbedeutungen nicht auskommen. (Das gilt übrigens auch dann, wenn die Formeln – wie etwa im Rahmen des Strukturalistischen Theorienkonzepts – zwar zunächst auf rein formalsprachliche Weise als Elemente aus verschiedenartigen Formelmengen klassifiziert werden, alsdann aber die Semantik jener Formelmengen wieder auf natürlichsprachliche Weise definiert wird).

Aufgrund des Vorhergesagten wird also in keiner Weise gelehnet, daß sich natürlichsprachliche Komponenten bei der Formulierung von realwissenschaftlichen Theorien vermutlich nicht vollkommen vermeiden lassen. Statt dessen wird lediglich in der Art eines „regulativen Imperativs“ das Postulat aufgestellt, solche natürlichsprachlichen Komponenten im Interesse der Formulierungspräzision so weit durch formalsprachliche Formulierungen zu ersetzen, wie hierdurch kein Verlust im intendierten Aussagegehalt der jeweils betroffenen Theorie eintritt. Allerdings muß der Verfasser zugestehen, daß sich auch in dieser Hinsicht „Abgründe“ öffnen, die hier nur kurz angesprochen, aber in keiner Weise ausgelotet oder gar überwunden werden können. Denn es läßt sich trefflich darüber streiten, ob es überhaupt möglich ist, natürlichsprachliche Theoriekomponenten durch formalsprachliche Pendanten zu ersetzen, ohne den Aussagegehalt der Theorie hierdurch zu verändern. Die vielfältigen Konnotationen natürlichsprachlicher Ausdrücke und deren bewußte Ausgrenzung mittels formalsprachlicher Präzisierungen weisen eher in die entgegengesetzte Richtung: Der Aussagegehalt der Theorie wird bei der Substitution von natürlichsprachlichen durch formalsprachliche Formulierungen mit Sicherheit verändert. Allerdings wurde das Formalisierungspostulat kurz zuvor auch so vorsichtig aufgestellt, daß es sich nur darauf bezog, den *intendierten* Aussagegehalt einer Theorie nicht zu verändern. Solange also lediglich *nicht-intendierte* Konnotationen von natürlichsprachlichen Ausdrücken bei ihrer Substitution durch formalsprachliche Ausdrücke ausgegrenzt werden, bleibt der intendierte Aussagegehalt der Theorie erhalten. Das eigentliche Problem besteht also nicht in der Formalisierung an sich, sondern hinsichtlich der Frage, *wie* sich der intendierte Aussagegehalt einer Theorie *unabhängig* von den jeweils zu beurteilenden Formulierungsvarianten einer Theorie feststellen läßt. Denn diese Fähigkeit wäre notwendig, um überhaupt beurteilen zu können, ob eine Variation der Theorieformulierung – wie die hier angeregte stärkere Formalisierung – den intendierten Aussagegehalt einer Theorie entweder bewahrt oder aber verfälscht hat. Von erkenntnistheoretischen Abgründen der zuvor skizzierten Art wird aber im folgenden abgesehen.

19) Diese expliziten Aussagen einer Theorie werden oftmals auch als deren Axiome bezeichnet. Der Begriff der „Aussage“ wird hier bewußt nicht näher präzisiert, sondern in einem intuitiven Vorverständnis als sprachlich verfaßte und in sich abgeschlossene Entität betrachtet. Es kann sich dabei sowohl um natürlichsprachliche Sätze als auch um formalsprachliche Formeln handeln.

hen<sup>21)</sup> und implizit die potentiell unendliche Gesamtheit aller impliziten Aussagen einschließen, die aus den expliziten Aussagen der Theorie mit der Hilfe von Inferenzregeln<sup>22)</sup> erschlossen werden können<sup>23)</sup>. Diese Aussagensammlungen sind aber so dürftig strukturiert, daß es nicht möglich ist, wesentliche Fragen hinsichtlich des nomischen Gehalts und des intendierten Anwendungsbereichs der jeweils betroffenen Theorien anhand der vorliegenden Theorieformulierungen<sup>24)</sup> zu beantworten<sup>25)</sup>. Daher besteht Bedarf für Konzepte, die zumindest<sup>26)</sup> eine so reichhaltige Theoriestructurierung gestatten, daß die beiden zuvor aufgeworfenen Fragen innerhalb einer vorliegenden Theorieformulierung beantwortet werden können.

Den Anforderungen der beiden voranstehenden Thesen, eine möglichst weitreichende Formalisierung und Strukturierung von realwissenschaftlichen Theorien zu leisten, wird das *Strukturalistische Theorienkonzept* gerecht. Es reicht auf die bahnbrechenden Arbeiten von SNEED zurück. Für seine

- 
- 20) Die Bezeichnungen „statement view“, „konventionelles Theorienverständnis“, „konventionell formulierte Theorie“ und weitere Zusammensetzungen des Theoriebegriffs mit dem Attribut oder Adverb „konventionell“ werden fortan synonym verwendet.
  - 21) Die einfachste Form der Beziehung liegt vor, wenn die Aussagen einer Theorie – zumindest implizit – durch ein logisches „und“ miteinander verknüpft sind. Diese konjunktive Aussagenverknüpfung trifft auf praktisch alle gewöhnlichen Theorieformulierungen zu. Darüber hinaus kommen Beziehungen zwischen den Aussagen in der Regel dadurch zustande, daß sie sich jeweils paarweise auf eine oder mehrere gemeinsame Entitäten beziehen können (aber nicht müssen). Diese Aussagenverknüpfung über geteilte Bezugsobjekte wird z.B. ausdrücklich von HUBER (1990), S. 64f., angesprochen: Er hebt hervor, daß alle Aussagen seiner Theorie über eine gemeinsame unabhängige Variable, den Einsatz („moderner“) Informationstechnik, untereinander zusammenhängen.
  - 22) Es können durchaus unterschiedliche Auffassungen darüber bestehen, welche Inferenzregeln zur Herleitung von Schlußfolgerungen als zulässig erachtet werden. Beispielsweise wird von Anhängern der intuitionistischen Mathematik das Prinzip des „tertium non datur“ abgelehnt, so daß sie darauf basierende indirekte Schlüsse nicht als beweiskräftig anerkennen. Daher gehören zu einer Theorie strenggenommen nicht nur ihre expliziten Aussagen, sondern ebenso auch ihre Inferenzregeln.
  - 23) Bei diesen impliziten, aber mittels Inferenzregeln erschließbaren Aussagen handelt es sich um die Theoreme einer Theorie.
  - 24) Natürlich ist es immer möglich, auf Fragen hinsichtlich des nomischen Gehalts oder des intendierten Anwendungsbezugs einer Theorie in zusätzlichen Erläuterungen einzugehen, die *neben* der „eigentlichen“ Theorieformulierung gewährt werden. Dies betrachtet der Verfasser jedoch als unbefriedigend. Denn zur Beurteilung der epistemischen Güte einer Theorie steht eben nur diese Theorie zur Verfügung – alle darüber hinaus gehenden Erläuterungen liegen *außerhalb* des Beurteilungsobjekts und spielen daher für die Theoriebeurteilung strenggenommen keine Rolle. Sollen sie in diese Beurteilung einfließen, so müssen sie zu *Bestandteilen* der Theorie werden. Dann stellen sie aber Komponenten der *Theorieformulierung* dar, was im oben angeschnittenen Argumentationskontext qua Voraussetzung nicht der Fall ist.
  - 25) In der hier gebotenen Kürze können die zuvor angesprochenen Probleme hinsichtlich des nomischen Gehalts und des intendierten Anwendungsbezugs von Theorieformulierungen des „statement view“ nicht näher erläutert werden. Der Verfasser hat sie aber an anderer Stelle als „Gesetzesdefekt“ bzw. „Anwendungsdefekt“ des konventionellen Theorienverständnisses ausführlicher thematisiert; vgl. ZELEWSKI (1993), S. 18ff. bzw. S. 50ff. Darüber hinaus wird er im Verlauf der anschließenden Rekonstruktion des Begründungsansatzes von STICKEL an geeigneten Stellen jeweils darauf hinweisen, inwiefern dort Ausprägungen des Gesetzes- oder Anwendungsdefekts vorliegen.
  - 26) Die Kritik des Strukturalistischen Theorienkonzepts am Theorienverständnis des „statement view“, die der hier präsentierten Strukturierungsthese inhaltlich zugrunde liegt, reicht noch weiter. Über die vorgenannten Gesetzes- und Anwendungsdefekte hinaus umfaßt sie auch noch die Vorhaltung eines Überprüfungsdefekts, der darauf hinausläuft, daß sich die empirische Gültigkeit von realwissenschaftlichen Theorien *grundsätzlich* nicht überprüfen läßt, solange sie in der konventionellen Weise des „statement view“ formuliert sind. Diese Behauptung eines derart fundamentalen Überprüfungsdefektes kann als eine „Bankrotterklärung“ des konventionellen Theorienverständnisses aufgefaßt werden. Sie ist aber nicht Gegenstand des hier vorgelegten Beitrags, zumal ihre Berechtigung durchaus problematisiert werden kann. Vgl. statt dessen zur vertiefenden Behandlung des Überprüfungsdefekts aus strukturalistischer Perspektive ZELEWSKI (1993), S. 80ff., 112ff. u. 311f.

Auffassung über wohlstrukturierte Theorien bürgerte sich die Bezeichnung „non statement view“<sup>27)</sup> ein, die eine bewußte Abgrenzung vom zuvor skizzierten konventionellen Theorienverständnis des „statement view“ verdeutlicht. Dieser „non statement view“ wurde alsbald im Kontext der Analytischen Wissenschaftstheorie vor allem von STEGMÜLLER vertieft sowie von zahlreichen namhaften Wissenschaftstheoretikern, wie etwa BALZER und MOULINES, in der Folgezeit zu einem umfassenden Theorienkonzept weiterentwickelt. Ein sekundäres Anliegen dieses Beitrags liegt auch darin, anhand der Analyse von Theorieformulierungen Interesse für die Besonderheiten des Strukturalistischen Theorienkonzepts zu wecken und den einen oder anderen Leser davon zu überzeugen, daß es fruchtbare Anregungen zur verstärkten Formalisierung sowie Strukturierung von Theorien vermittelt.

Um möglichen Mißverständnissen vorzubeugen, wird ausdrücklich hervorgehoben, daß hier *keine neuartige* Theorie präsentiert wird. Statt dessen wird lediglich eine bereits vorliegende, zudem anspruchsvolle Theorie in einer besonderen, „strukturalistisch inspirierten“ Weise *rekonstruiert*. Der intendierte Erkenntnisgewinn erstreckt sich also *nicht* auf die Schaffung *neuen* theoretischen Wissens, das den Rang einer eigenständigen Theorie für sich in Anspruch nehmen könnte. Statt dessen wird das viel bescheidenere Erkenntnisziel verfolgt, einige *Probleme* bei der Konstruktion konventionell formulierter Theorien *aufzudecken* und Vorschläge für ihre *Lösung* zu unterbreiten.

---

27) In diesem Beitrag werden – wie auch sonst üblich – die Begriffe „Strukturalistisches Theorienkonzept“ und „non statement view“ synonym verwendet.

## 2 Rekonstruktion einer theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons

### 2.1 Rekonstruktionsprämissen

STICKEL hat seine (Miniatur-)Theorie<sup>28)</sup> zur Erklärung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik in einer Form vorgelegt<sup>29)</sup>, in der formal- und natürlichsprachliche Formulierungen miteinander verschränkt sind. Dies trägt nicht immer zur Verständlichkeit der Theorieformulierung bei, weil der Rezipient zwischen den Eigenarten natürlich- und formalsprachlicher Theoriekomponenten hin- und herwechseln muß. Daher wird STICKELS Theorieformulierung im folgenden so rekonstruiert, daß alle *hier* relevanten Aspekte auf formalsprachliche Weise expliziert werden, ohne jedoch auf eine natürlichsprachliche Kommentierung der formalen Theoriekomponenten zu verzichten.

Dabei erlaubt sich der Verfasser, von der Symbolik STICKELS dort geringfügig abzuweichen, wo es zur Erleichterung des Verständnisses für die verwendeten Formeln hilfreich erscheint<sup>30)</sup>. Ebenso erfolgen marginale begriffliche Modifikationen, wenn es sich im Interesse einer konsistenten Begriffsverwendung anbietet<sup>31)</sup>. Eine inhaltliche Veränderung der ursprünglich formulierten Theorie

- 
- 28) STICKEL selbst spricht zwar davon, ein „formale[s] Modell zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons“ vorzulegen (STICKEL (1997), S. 66; Zusatz [...] durch den Verfasser). Aber es wurde schon an früherer Stelle dargelegt, daß solche Begründungs- oder Erklärungsmodelle als *Miniaturtheorien* betrachtet werden können. Von dieser speziellen Betrachtungsweise wird im folgenden ausgegangen, weil die (Re-)Konstruktion von *Theorien* im Vordergrund des Interesses steht, nicht aber die Gestaltung von Modellen schlechthin. Dabei wird zwischen Miniaturtheorien einerseits und Theorien andererseits nicht weiter differenziert, weil diese Unterscheidung für Zwecke der Konstruktion theoretischer Aussagensysteme keine Bedeutung besitzt.
- 29) Vgl. STICKEL (1997), Abschnitt 3 auf S. 68-71 (einschließlich der Entfaltung einiger Basisannahmen auf S. 66, die in der Theorieformulierung auf S. 68f. jedoch ebenso enthalten sind).
- 30) Dies betrifft vor allem das Symbol „E“, das STICKEL (1997) zunächst auf S. 69 für den *Erwartungsnutzen* eines Entscheidungsträgers einführt, dann aber später auf S. 70 für den hiervon verschiedenen *erwarteten Ertrag* einer Investition verwendet. In komplementärer Weise wird auf S. 70 der *Erwartungsnutzen* mit dem Symbol „U“ referenziert, während es auf S. 68 noch für den *BERNOULLI-Nutzen* eines Entscheidungsträgers benutzt worden war. Um Mißverständnisse zu vermeiden, die aus dieser Symbolverwendung resultieren könnten, werden hier die Symbole „U“, „EU“ und „EE“ („EË“) für den BERNOULLI-Nutzen, den Erwartungsnutzen bzw. den erwarteten Ertrag (oder – in Vorgriff auf die nachfolgende Fußnote – das erwartete Ergebnis im Sinne des erwarteten [Überschuß-]Erlöses) verwendet. Darüber hinaus werden die Handlungsalternativen nicht – wie bei STICKEL – mit dem Symbol „A“, sondern mit dem Symbol „HA“ bezeichnet. Dadurch wird es einerseits möglich, diese Handlungsalternativen später leichter von Entscheidungsalternativen („EA“) zu unterscheiden, die hinsichtlich der Investitionen in Informationstechnik bestehen können. Andererseits wird auf diese Weise eine Überschneidung mit dem Symbol „A“ für die Axiome einer Theorie vermieden.
- 31) Das gilt für die Begriffe „Auszahlungen“ und „Erträge“, die STICKEL (1997) auf S. 68ff. offenbar synonym verwendet. Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive gehören diese Begriffe jedoch verschiedenen Kategorien des betrieblichen Rechnungswesens an, nämlich der liquiditätsbezogenen Ein-/Auszahlungsrechnung einerseits und der bilanziellen Ertrags-/Aufwandsrechnung andererseits. (Darüber hinaus handelt es sich bei den „Auszahlungen“ aus der hier interessierenden Perspektive der Entscheidungsträger, die über Investitionen in Informationstechnik befinden, um Einzahlungen.) Um eine einheitliche Begriffsverwendung zu gewährleisten, wird hier in beiden vorgenannten Fällen stets von „Erlösen“ die Rede sein. Dieser Umbenennung besitzt den Vorzug, daß Erlöse aus betriebswirtschaftlicher Perspektive sowohl in liquiditätsbezogener Weise als Einzahlungen als auch in bilanzieller Hinsicht als Erträge aufgefaßt werden können, ohne sich hier bei der Begründung des Produktivitätsparadoxons auf eine der beiden vorgenannten, für die Begründung selbst irrelevanten Blickwinkel festlegen zu müssen. Darüber hinaus wird in Kürze dargelegt werden (vgl. Axiom A<sub>6</sub>), daß STICKEL in seiner Theorieformulierung nicht die Erlöse (Aus-/Einzahlungen, Erträge) selbst verwendet, sondern nur die in bestimmter Weise transformierten Überschußerlöse. Sie werden im folgenden neutral als „Ergebnisse“ der jeweils betroffenen Handlungsalternativen und Umweltzustände bezeichnet. Hierdurch wird die Festlegung auf eine bestimmte, für die Begründung des Produkti-

braucht aufgrund dieser äußerlichen Adjustierungen jedoch nicht befürchtet zu werden. Schließlich nimmt der Verfasser auch kleinere inhaltliche Ergänzungen vor, wenn im Original die erforderlichen Informationen nicht oder nicht eindeutig vorgefunden werden<sup>32)</sup>. Abgesehen von den vorgenannten Einschränkungen wird jedoch versucht, STICKELS Theorie in möglichst originalgetreuer Form wiedergegeben<sup>33)</sup>.

Schließlich werden die Komponenten der Theorieformulierung von STICKEL zur klareren Kennzeichnung ihrer epistemischen Qualität in zwei Klassen aufgeteilt:

- Einerseits handelt es sich um Komponenten, die in der Theorie unhinterfragt als gültig vorausgesetzt werden und somit axiomatischen Charakter besitzen; sie werden hier als *Axiome*  $A_i$  mit  $i \in \{1; \dots, I\}$  bezeichnet<sup>34)</sup>.
- Andererseits kommen Komponenten hinzu, die in der Theorie aus anderen Komponenten hergeleitet werden. Sie stellen deshalb *Theoreme*  $Th_j$  mit  $j \in \{1; \dots, J\}$  dar.

Zwar würde es für eine kompakte Theorieformulierung aus der Perspektive des konventionellen „statement view“ ausreichen, lediglich die Axiome der Miniaturtheorie von STICKEL – sowie die Menge der zulässigen Inferenzregeln<sup>35)</sup> – wiederzugeben. Denn eine Theorie umfaßt neben ihren explizierten Bestandteilen stets auch die Gesamtheit aller Schlußfolgerungen, die aus ihren Axiomen mittels zulässiger Inferenzen hergeleitet werden können<sup>36)</sup> und somit in der Theorie von vornherein implizit enthalten sind. Dennoch werden im folgenden die Theoreme aus STICKELS Theorieformulierung zusätzlich angegeben, weil hierdurch die Aufmerksamkeit auf jene Schlußfolgerungen

vitätsparadoxons jedoch unerhebliche Variante des betrieblichen Rechnungswesens vermieden. Hinzu kommt, daß der Ergebnisbegriff für spätere Erweiterungen offen ist. So ist es problemlos möglich, an späterer Stelle neben den Überschußerlösen auch noch Kosten der Informationsbeschaffung einzubeziehen, ohne die grundlegende Begrifflichkeit der Theorieformulierung ändern zu müssen.

- 32) Diese Ergänzungen können zwar eine inhaltliche Veränderung der Miniaturtheorie von STICKEL bedeuten. Dies gilt zumindest dann, wenn die vom Verfasser gewählte inhaltliche Ergänzung nicht genau mit demjenigen Theoriegehalt übereinstimmt, der von STICKEL ursprünglich intendiert war. Aber der Verfasser bemüht sich um „theoriekonforme“ Ergänzungen, die jeweils so ausgelegt sind, daß sie sich möglichst friktionsfrei in die übrige, von STICKEL explizierte Theorieformulierung einfügen. An den betroffenen Stellen der Theorieformulierung wird in Fußnoten auf die jeweils vorgenommenen Ergänzungen ausdrücklich hingewiesen werden.
- 33) Es wird von vornherein zugegeben, daß jegliche nicht-identische Wiedergabe der ursprünglichen Formulierungsweise von STICKEL nicht im strengen Sinne „originalgetreu“ sein kann (daher ist oben auch nur von einer „möglichst“ originalgetreuen Wiedergabe die Rede). Es geht hier aber nicht um eine identische Reproduktion der Theorieformulierung von STICKEL, sondern nur um eine Hilfestellung für den Leser, indem die „wesentlichen“ Formulierungskomponenten noch einmal aufgeführt werden. Dabei werden diejenigen als Formulierungskomponenten als wesentlich erachtet, die zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons hinreichend sind. Der Verfasser hofft, in dieser Hinsicht die ursprüngliche, von STICKEL präsentierte Theorieformulierung nicht „vergewaltigt“ zu haben. Darüber hinaus hat er sich erlaubt, die Formulierungskomponenten mit Identifikatoren zu versehen, um bei der späteren Rekonstruktion der Miniaturtheorie in kompakter Form auf die jeweils betroffenen Theoriebestandteile verweisen zu können.
- 34) Die Axiome einer Theorie entsprechen den Prämissen, die einer Modellformulierung oder einem Planungsprozeß zugrunde gelegt werden. Da in diesem Beitrag (Erklärungs-)Modelle und (Miniatur-)Theorien nicht voneinander unterschieden werden, werden die Begriffe „Axiom“ und „Prämisse“ im folgenden synonym verwendet.
- 35) Da im hier erörterten Kontext die Zulässigkeit von Inferenzregeln nicht in Abrede gestellt wurde, gilt dieser inferentielle Aspekt der Theorieformulierung als unproblematisch. Er wird daher im folgenden der Übersichtlichkeit halber nicht mehr explizit erwähnt. Statt dessen wird davon ausgegangen, daß ein konventionelles logisch-deduktives Kalkül von Inferenzregeln implizit zugrunde liegt und von allen Rezipienten stillschweigend akzeptiert wird. Dies gilt für alle nachfolgend präsentierten Theorieformulierungen unabhängig davon, ob sie aus der Perspektive des entweder konventionellen oder aber strukturalistischen Theorieverständnisses hervorgegangen sind.
- 36) Schlußfolgerungen, die aus den Axiomen einer Theorie mittels zulässiger Inferenzen hergeleitet werden können, stellen per definitionem Theoreme der betroffenen Theorie dar. Daher werden solche Schlußfolgerungen im folgenden auch kurz als Theoreme angesprochen.

gelenkt wird, die schließlich die gesuchte Erklärung des Produktivitätsparadoxons liefern<sup>37)</sup>. Auf eine weitere Strukturierung und Formalisierung der Theorieformulierung wird im anschließenden Kapitel vorerst verzichtet, weil sie später in Kapitel 2.5.2 aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts („non statement view“) erfolgen.

## 2.2 Darstellung von STICKELS Miniaturtheorie

Unter den vorgenannten Voraussetzungen ergibt sich als Ausgangspunkt der späteren strukturalistischen Rekonstruktionsbemühungen zunächst die (Miniatur-)Theorie T. Es handelt sich um eine kompakte und weitgehend originalgetreue Wiedergabe der Miniaturtheorie von STICKEL zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons. Sie wird in Anlehnung an die Formulierungsweise des Originals in semi-formalsprachlicher Weise dargestellt als:

$$T = \{A_1; \dots; A_{23}; Th_1; \dots; Th_8\}$$

mit:

A<sub>1</sub>: Es gibt genau zwei Handlungsalternativen HA<sub>m</sub> mit  $m \in \{1; 2\}$ <sup>38)</sup>.

Mit HA als Menge aller zulässigen Handlungsalternativen gilt also:  $HA = \{HA_1; HA_2\}$ .

A<sub>2</sub>: Es gibt genau zwei Umweltzustände Z<sub>n</sub> mit  $n \in \{1; 2\}$ <sup>39)</sup>.

Mit Z als Menge aller relevanten Umweltzustände gilt also:  $Z = \{Z_1; Z_2\}$ .

A<sub>3</sub>: Die Apriori-Wahrscheinlichkeiten p<sub>n</sub> dafür, daß der Umweltzustand Z<sub>n</sub> eintritt, sind dem Entscheidungsträger mit  $p_n \in \mathbf{R}$ <sup>40)</sup>,  $0 \leq p_n \leq 1$  und  $n \in \{1; 2\}$  bekannt.

A<sub>4</sub>: Für die Apriori-Eintrittswahrscheinlichkeiten der Umweltzustände gilt:

$$p_1 + p_2 = 1$$

---

37) Darüber hinaus kann die Explizierung einzelner, ausgewählter Theoreme auch in dem Sinne verstanden werden, daß es sich vorerst nicht um Theoreme, sondern lediglich um *behauptete* Theoreme handelt. Es wäre also erst noch nachzuweisen, daß es sich tatsächlich um Schlußfolgerungen handelt, die mittels zulässiger Inferenzen aus den Axiomen der Theorie hergeleitet werden können. Dieser Aspekt wird hier aber nicht weiter vertieft. Statt dessen wird davon ausgegangen, daß die inferentielle Ermittlung der Schlußfolgerungen von STICKEL korrekt durchgeführt wurde.

38) STICKEL (1997), S. 68, führt als exemplarische Handlungsalternativen an, entweder in einen neuen Markt einzutreten oder dies zu unterlassen.

39) In bezug auf das Beispiel aus der voranstehenden Fußnote nennt vgl. STICKEL (1997), S. 68, als denkmögliche Umweltzustände einen entweder günstigen oder aber ungünstigen Konjunkturverlauf, der den durchgeführten oder unterlassenen Markteintritt (voraussichtlich) begleiten wird.

40) Mit  $\mathbf{R}$  wird die Menge aller reellen Zahlen bezeichnet.

- A<sub>5</sub>: Für jede Handlungsalternative  $HA_m$  und jeden Umweltzustand  $Z_n$  ist der Erlös  $E_{m,n}$  bekannt, der bei Realisierung der Handlungsalternative im betroffenen Umweltzustand erzielt wird. Das Wissen über die erzielbaren Erlöse drückt die Erlösfunktion  $E^{41)}$  aus<sup>42)</sup>:

$$E: HA \times Z \rightarrow \mathbf{R}$$

$$(HA_m, Z_n) \rightarrow E(HA_m, Z_n) = E_{m,n}$$

- A<sub>6</sub>: Als entscheidungsrelevante Ergebnisse  $\hat{E}_{m,n}$  der Handlungsalternativen  $HA_m$  in Umweltzuständen  $Z_n$  werden nicht deren Erlöse  $E_{m,n}$  direkt betrachtet, sondern die daraus abgeleiteten Überschußerlöse<sup>43)</sup>. Sie sind definiert durch:

$$\hat{E}_{1,n} = E_{1,n} - E_{1,2} \quad \text{und} \quad \hat{E}_{2,n} = E_{2,n} - E_{2,1}$$

oder allgemein mit Hilfe der Überschußerlösfunktion  $\hat{E}^{44)}$ :

$$\hat{E}: HA \times Z \rightarrow \mathbf{R}$$

$$(HA_m, Z_n) \rightarrow \hat{E}(HA_m, Z_n) = E(HA_m, Z_n) - E_{m,3-m} = E_{m,n} - E_{m,3-m}$$

- 41) Die Erlösfunktion wird von STICKEL (1997) nicht verwendet. Sie wird hier aber ergänzt, weil sie es gestattet, bei der späteren Einführung von BERNOULLI-Nutzenfunktion, Erwartungsnutzen und erwartetem Ergebnis jeweils die Handlungsalternativen  $HA_m$  und Umweltzustände  $Z_n$  als unabhängige Variablen explizit auszuweisen, während sie bei einer Anlehnung an STICKELS Notationsweise in den Indizes der Erlösterme  $E_{m,n}$  (oder im Original in den Indizes der entsprechenden Auszahlungsterme „ $a_{ij}$ “; vgl. STICKEL (1997), S. 68ff.) „versteckt“ würden. Durch die Einführung der Erlösfunktion wird also nicht der Inhalt der Miniaturtheorie verändert, aber der Explizierungsgrad ihrer „fundamentalen“ Einflußgrößen – der unabhängigen Variablen – wird erhöht. Dies entspricht dem „formal-ästhetischen“ Postulat, die „wesentlichen“ Determinanten einer Theorie möglichst explizit wiederzugeben, um sie einer kritischen Diskussion leichter zugänglich zu machen.
- 42) Um die Miniaturtheorie nicht ohne Not in ihrem Geltungsbereich einzuschränken, werden auch nicht-positive Erlöse zugelassen. Auf diese Weise lassen sich auch Handlungsalternativen und Umweltsituationen erfassen, in denen sich kein Erlös erzielen läßt (z.B. im Falle einer „erlösneutralen“ Unterlassungsalternative) oder in denen sogar mit einem „negativen“ Erlös – also ausschließlich Kosten – zu rechnen ist.
- 43) Vgl. zur Begründung dieser Vorgehensweise STICKEL (1997), S. 68 und Fußnote [24] auf S. 72. Im wesentlichen geht es STICKEL bei dieser Transformation von Erlösen in Überschußerlöse um eine rechen- und darstellungstechnische Vereinfachung seiner Theorieformulierung. Denn die Ergebnismatrix, deren Felder die mit bestimmten Handlungsalternativen in bestimmten Umweltzuständen erzielbaren Ergebnisse wiedergibt, stellt nach dieser Transformation eine Diagonalmatrix dar. Sie enthält nur noch in ihrer Hauptdiagonalen Koeffizienten, die von Null verschieden sein können, während alle anderen Matrixkoeffizienten Null betragen müssen. Allerdings führt diese Vereinfachung zu einem „Tuning“ der Theorieformulierung, das sich nach Einschätzung des Verfassers als kontraproduktiv erweisen kann, sobald nachträgliche Erweiterungen des intendierten Anwendungsbereichs der Theorie anstehen. Denn beim Übergang auf mehr als nur zwei Handlungsalternativen oder Umweltzustände läßt sich die voranstehende Koeffiziententransformation der Ergebnismatrix nicht mehr so durchführen, daß eine einfach handhabbare Diagonalmatrix resultiert. Daher wäre es im Interesse später möglicher Anwendungserweiterungen der Theorie vorzuziehen, als entscheidungsrelevante Ergebnisse von Handlungsalternativen in Umweltzuständen jeweils die nicht-transformierten Erlöse zu verwenden. Da aber zu Beginn dieses Kapitels die Festlegung erfolgte, die Theorie von STICKEL in möglichst originalgetreuer Form wiederzugeben, wird hier davon Abstand genommen, seine Koeffiziententransformationen zu unterlassen. Darüber hinaus bezweifelt der Verfasser, daß es sich bei dieser Transformation von Erlösen in Überschußerlöse lediglich um eine rechen- und darstellungstechnische Vereinfachung der Theorieformulierung handelt. Denn es wird später – im Kontext der strukturalistischen Theorierekonstruktion – ein kleines Beispiel präsentiert werden, das erkennen läßt, wie sich die „Präferenzstruktur“ des Entscheidungsträgers durch diese Transformation in Einzelfällen ändern kann. Daher bleibt die Transformation von Erlösen in Überschußerlöse keineswegs immer auf eine rein „technische“ Informationstransformation beschränkt, die lediglich die Darstellungsform von (Erlös-)Informationen ohne jegliche inhaltliche Auswirkungen modifiziert.
- 44) Die Überschußerlösfunktion wird abermals von STICKEL (1997) nicht verwendet. Sie wird hier aber aus den gleichen Gründen ergänzt, die schon kurz zuvor hinsichtlich der Erlösfunktion angeführt wurden.

A<sub>7</sub>: Der Entscheidungsträger beurteilt die Ergebnisse  $\hat{E}_{m,n}$ , die sich mit Handlungsalternativen  $HA_m$  in Umweltzuständen  $Z_n$  erzielen lassen, nach Maßgabe einer BERNOULLI-Nutzenfunktion  $U_\alpha$ , für die mit  $\alpha$  als Parameter zur Erfassung der Risikopräferenz des Entscheidungsträgers gilt<sup>45)</sup>:

$$U_\alpha[\hat{E}(HA_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{m,n}}$$

A<sub>8</sub>: Der Entscheidungsträger verhält sich risikoavers, d.h. es gilt:  $\alpha \in \mathbf{R}_+$ <sup>46)</sup>.

A<sub>9</sub>: Durch eine zusätzliche Investition in Informationstechnik kann sich der Entscheidungsträger eines Informationssystems bedienen, um seine Entscheidungsgrundlage zu verbessern<sup>47)</sup>. Die Verbesserung schlägt sich nach Implementierung<sup>48)</sup> des Informationssystems<sup>49)</sup> darin nieder, daß eine Konsultation des Informationssystems eine Prognose darüber liefert, welcher Umweltzustand  $Z_n$  bei Realisierung einer erwogenen Handlungsalternative  $HA_m$  vorliegen wird<sup>50)</sup>. Der Entscheidungsträger erhält die Prognoseinformation  $y_n$  genau dann, wenn vom Informationssystem der Umweltzustand  $Z_n$  prognostiziert wird (mit  $n \in \{1;2\}$ ).

45) Im Gegensatz zu STICKEL (1997), Formel (1) auf S. 68, wird hier der Parameter  $\alpha$  der Risikopräferenz nicht wie eine unabhängige Variable im Argument der BERNOULLI-Nutzenfunktion notiert, sondern als Subskript zum Funktionssymbol der Nutzenfunktion angeführt. Durch diese Notationsweise soll verdeutlicht werden, daß der präferenzwidrigspiegelnde Parameter  $\alpha$  weder ergebnisabhängig (in bezug auf denselben Entscheidungsträger) noch von Entscheidungsträger zu Entscheidungsträger variieren kann, sondern als *konstante* Einflußgröße vorgegeben ist.

46) Mit  $\mathbf{R}_+$  wird hier die Menge aller positiven reellen Zahlen bezeichnet. STICKEL (1997), S. 68, fordert hingegen nur  $\alpha > 0$ , was beispielsweise auch eine Einschränkung auf die Menge aller (positiven) natürlichen Zahlen zuließe. Es wird hier aber unterstellt, daß STICKEL die Menge aller reellen Zahlen als Grundmenge stillschweigend voraussetzte (wie es beispielsweise in Modellen des Operations Research üblich ist).

47) Dabei kann es sich beispielsweise um ein Informationssystem handeln, das zur Erhebung und Verarbeitung von Marktforschungsdaten dient; vgl. STICKEL (1997), S. 68.

48) Der Begriff der *Implementierung* wird hier so weit gefaßt, daß er sowohl die *Einführung* eines neuen Informationssystems als auch die *Aufrüstung* eines bereits bestehenden Informationssystems umgreift. Diese weite Implementierungsauffassung ist erforderlich, um die beiden Anwendungsszenarien zu überdecken, die STICKEL (1997) auf S. 70 als zwei Varianten für die Investition in ein Informationssystem betrachtet.

49) Unter einem Informationssystem wird hier stets ein *Automatisches* Informations(verarbeitungs)system verstanden. Denn nur dann läßt sich eine Investition in Informationstechnik unmittelbar mit der Implementierung eines Informationssystems gleichsetzen. Andernfalls wäre mit dem Verzicht auf eine Investition in Informationstechnik die Nutzung eines bereits bestehenden Informationssystems verknüpft. Denn jedes Unternehmen verfügt über ein Informationssystem *irgendeiner* Art. Es geht hier also nicht um die Implementierung (oder Nutzung) irgendeines Informationssystems, sondern um eine Investition in Informationstechnik zur Implementierung eines Automatischen Informationssystems. Der Einfachheit halber wird im folgenden jedoch auf das präzisierende Attribut „Automatisch“ verzichtet.

Da eine Investition in Informationstechnik mit der Implementierung eines (Automatischen) Informationssystems identifiziert wurde, werden im folgenden die Formulierungen „Investition in Informationstechnik“ sowie „Investition in die Implementierung eines Informationssystems“ synonym verwendet. Darüber hinaus wird hierfür auch die Kurzformulierung „Investitionsfall“ verwendet.

50) An dieser Stelle wird das Original ergänzend ausgelegt: STICKEL (1997), S. 68, spricht zwar ausdrücklich von einem „prognostizierten Umweltzustand“, äußert sich aber nicht zu dem Zeitpunkt, auf den sich die Zustandsprognose beziehen soll. Der Verfasser unterstellt hier, daß es sich um den Zeitpunkt (das Zeitintervall) handelt, in dem die Realisierung der jeweils betrachteten Handlungsalternative angestrebt wird. Diese – nach Einschätzung des Verfassers plausibelste – Annahme führt allerdings zu zwei Komplikationen. Erstens hängt die Prognoseinformation  $y_n$  nur vom prognostizierten Umweltzustand  $Z_n$ , nicht aber von der jeweils betrachteten Handlungsalternative  $HA_m$  ab. Diese Invarianz der Prognoseinformation gegenüber der jeweils betrachteten Handlungsalternative widerspricht zunächst den Sachverhalten, daß sich einerseits die prognostizierten Umweltzustände in Abhängigkeit vom Bezugszeitpunkt einer Prognose ändern können und andererseits diese Bezugszeitpunkte als Zeitpunkte der beabsich-

A<sub>10</sub>: Die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  dafür, daß das Informationssystem die Prognoseinformation  $y_{n^*}$  für den Umweltzustand  $Z_{n^*}$  abgibt, falls der Umweltzustand  $Z_n$  vorliegt<sup>51)</sup>, sind dem Entscheidungsträger mit  $\pi_{n^*,n} \in \mathbf{R}$ ,  $0 \leq \pi_{n^*,n} \leq 1$ ,  $n^* \in \{1;2\}$  und  $n \in \{1;2\}$  bekannt<sup>52)</sup>.

A<sub>11</sub>: Für die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  gilt:

$$\pi_{1,n} + \pi_{2,n} = 1 \quad \text{mit } n \in \{1;2\}$$

A<sub>12</sub>: Die Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{n^*,n}$  dafür, daß das Informationssystem die Prognoseinformation  $y_{n^*}$  für den Umweltzustand  $Z_{n^*}$  abgibt und der Umweltzustand  $Z_n$  vorliegt, beträgt:

$$p_{n^*,n} = \pi_{n^*,n} \cdot p_n \quad \text{mit } n^* \in \{1;2\} \text{ und } n \in \{1;2\}$$

A<sub>13</sub>: Wenn der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, so erfolgt die Investition kostenlos, d.h. es werden weder Entwicklungs- noch Pflegekosten für die Informationstechnik berücksichtigt<sup>53)</sup>.

tigten Realisierung einer Handlungsalternative ihrerseits mit der jeweils betrachteten Handlungsalternative variiert werden. Dieser Widerspruch läßt sich aber durch die zusätzliche Prämisse beseitigen, daß für alle Handlungsalternativen gleiche Zeitpunkte ihrer Realisierung vorausgesetzt werden. Ebenso reicht es aus, zusätzlich zu unterstellen, daß unabhängig vom jeweils relevanten Bezugszeitpunkt stets dieselben Umweltzustände prognostiziert werden. (Oder es werden beide Prämissen zugleich aufgestellt.) Zweitens wird durch die Prognose zukünftiger Umweltzustände ein neuartiges Unsicherheitsmoment in die Miniaturtheorie hineingetragen, weil im allgemeinen nicht davon ausgegangen werden kann, daß das Informationssystem stets zutreffende Prognosen abgibt. Die Möglichkeit von Prognoseirrtümern sieht STICKEL in seiner Miniaturtheorie jedoch nicht vor. Er muß daher implizit ein ideales Informationssystem mit vollkommener Prognosefähigkeit unterstellen. Hiervon wird aufgrund der Vorentscheidung, eine möglichst originalgetreue Wiedergabe von STICKELS Miniaturtheorie zu leisten, trotz aller denkmöglichen (und berechtigten) Einwände gegenüber einer solchen Idealisierung fortan ausgegangen. Zugleich wird spätestens an dieser Stelle deutlich, warum zu Beginn dieses Beitrags für die Geltung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik u.a. auf die Präsupposition vollkommener Prognosefähigkeit hingewiesen wurde.

51) An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß in der Theorieformulierung von STICKEL nicht zwischen unterschiedlichen Zeitpunkten für das Vorliegen von Umweltzuständen und für den Bezug von Zustandsprognosen unterschieden wird. Daher fallen hier der Bezugszeitpunkt der Zustandsprognose  $Z_{n^*}$  als derjenige *zukünftige* Zeitpunkt, in dem die Realisierung einer Handlungsalternative angestrebt wird, und der *gegenwärtige* Zeitpunkt des Umweltzustands  $Z_n$ , in dem die Prognoseinformation abgegeben wird, unterschiedslos zusammen.

52) Die Bekanntheit der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  findet sich nicht ausdrücklich in der Theorieformulierung von STICKEL (1997) während des Kapitels 3.1 auf S. 68f. Aber sie ergibt sich unmittelbar aus dem nachfolgenden Beispiel einer Theorieanwendung auf S. 70, wo diese bedingten Wahrscheinlichkeiten jeweils mit konkreten Werten als bekannt vorausgesetzt werden.

53) Vgl. STICKEL (1997), S. 69 (Entwicklungs- und Pflegekosten für das Informationssystem werden vernachlässigt) sowie Endnote [3] auf S. 71 (die Entwicklung eines Informationssystems erfolgt ohne Kosten [hier ohne Bezug auf die Pflegekosten; Anmerkung des Verfassers]).

Darüber hinaus könnte darüber gestritten werden, ob es angesichts der langfristigen wirtschaftlichen Folgewirkungen von Investitionen in Informationstechnik angemessen ist, mit dem Kostenbegriff einer betriebswirtschaftlichen Kosten- und Leistungsrechnung zu argumentieren, die in der Regel auf kurz- bis mittelfristige Zeiträume in den Größenordnungen von Wochen oder Monaten, allenfalls einem Jahr ausgelegt ist. Zur korrekten Erfassung von Verzinsungseffekten läge es näher, direkt auf liquiditätswirksame Zahlungsgrößen abzustellen und daher die Auszahlungen zu erfassen, die mit einer Investition in Informationstechnik verknüpft sind. Von diesen Feinheiten des betriebswirtschaftlichen Rechnungswesens wird hier aber abgesehen, weil sie weder dem Ziel einer originalgetreuen Wiedergabe von STICKELS Miniaturtheorie entsprechen noch zu neuartigen Erkenntnissen hinsichtlich der hier interessierenden theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons führen würden.

- A<sub>14</sub>: Wenn der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, so wird er das implementierte Informationssystem auch zu Prognosen über den zukünftig erwarteten Umweltzustand nutzen, um hierdurch seine Entscheidungen über die beiden Handlungsalternativen zu fundieren<sup>54)</sup>.
- A<sub>15</sub>: Je eingeholter Prognose über den zukünftig erwarteten Umweltzustand werden die Informationsbeschaffungskosten K verursacht<sup>55)</sup>.
- A<sub>16</sub>: Das Informationssystem besitzt eine „hinreichend gute“ Prognosequalität, d.h. die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  dafür, daß das Informationssystem die Prognoseinformation  $y_{n^*}$  für den Umweltzustand  $Z_{n^*}$  abgibt, falls der Umweltzustand  $Z_n$  vorliegt, erfüllen die nachfolgenden einschränkenden „Qualitätsanforderungen“<sup>56)</sup>:
- A<sub>16a</sub>: a) Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen<sup>57)</sup>:

$$\pi_{1,1} \text{ und } \pi_{2,2} \text{ jeweils „deutlich größer“ als } 0,5$$

---

54) Die Unterlassungsalternative, das nach der Investition in Informationstechnik vorhandene Informationssystem nicht zur Beschaffung von Prognoseinformationen zu nutzen, wird in der Miniaturtheorie von STICKEL nicht zugelassen. In STICKEL (1997) findet sich zwar kein ausdrücklicher Hinweis auf den Ausschluß dieser Unterlassungsalternative; aber eine Analyse seiner Theorieformulierung läßt nach Einschätzung des Verfassers keine andere Auslegung zu. Allerdings handelt es sich um keine logisch zwingende Alternativenausgrenzung. Denn es könnte durchaus ökonomisch vorteilhaft sein, die Unterlassungsalternative in Betracht zu ziehen, und zwar immer dann, wenn die erwartete und monetär bewertete Verbesserung der Entscheidungsqualität aufgrund einer Prognoseinformation geringer ist als die Kosten K zur Beschaffung dieser Prognoseinformation.

55) Zwar führt STICKEL (1997) während der Formulierung seiner Miniaturtheorie nicht explizit die Informationsbeschaffungskosten K als eine Theoriekomponente auf (vgl. S. 68f.). Aber in seinem anschließenden Beispiel einer Theorieanwendung, das die Möglichkeit des Produktivitätsparadoxons anhand eines Einzelfalls konkret nachweist, werden diese Informationsbeschaffungskosten nachträglich verwendet (vgl. S. 70). Allerdings bleiben seine Ausführungen zur Theorieanwendung insofern zweideutig, als im Falle der *Einführung* des Informationssystems für den Erhalt seiner Prognoseinformationen noch keine Informationsbeschaffungskosten berücksichtigt werden, im anschließenden Fall der *Verbesserung* des Informationssystems durch zusätzliche IT-Investitionen hingegen veranschlagt werden. Da der Verfasser keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen den Informationsbeschaffungskosten bei der Konsultation eines entweder eingeführten oder aber verbesserten Informationssystems zu erblicken vermag (bis auf die mögliche unterschiedliche Höhe der Informationsbeschaffungskosten, auf die STICKEL jedoch nicht rekurriert), hat er sich in ergänzender Auslegung entschieden, STICKELS zweiten Fall mit veranschlagten Informationsbeschaffungskosten K zugrunde zu legen. Dies hat den Vorzug, den ersten Fall (noch) nicht berücksichtigter Informationsbeschaffungskosten als Grenzfall mit  $K=0$  einschließen zu können.

56) STICKEL bezieht sich in seiner Theorieformulierung an zwei unterschiedlichen Stellen auf die geforderte Güte des betrachteten Informationssystems. Die „hinreichend gute“ Prognosequalität bezieht er auf korrekte Prognosen, und zwar in Endnote [28], die zu Formel (4) für den Erwartungsnutzen der optimalen Handlungsalternative bei Einsatz des Informationssystems gehört (vgl. STICKEL (1997), S. 72 hinsichtlich Endnote bzw. S. 69 bezüglich der Formel). Die „Mindestanforderungen an die Qualität“ des Informationssystems erwähnt er hingegen bei seiner Betrachtung möglicher Fehlprognosen („Fehlklassifikationswahrscheinlichkeiten“) im Kontext der Formeln (5) bis (11) auf S. 69. Da einerseits korrekte und andererseits fehlerhafte Zustandsprognosen durch das Informationssystem nur zwei komplementäre Seiten seiner Prognosequalität darstellen, hat der Verfasser die Qualitätumschreibungen STICKELS generell auf das betrachtete Informationssystem bezogen.

57) STICKEL (1997) legt sich in seiner Endnote [28] auf S. 72 insoweit fest, daß die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  jeweils „deutlich über  $\frac{1}{2}$  liegen“ sollen.

A<sub>16b</sub>: b) Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2.1}$  und  $\pi_{1.2}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen<sup>58</sup>):

$$\begin{aligned} p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] &\geq p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \\ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] &\geq (1-p_1) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \end{aligned}$$

In dieser Anforderung sind die Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2.1}$  und  $\pi_{1.2}$  allerdings noch nicht enthalten. Sie resultieren erst mit Hilfe der Axiome A<sub>11</sub> und A<sub>12</sub> *mittelbar* als<sup>59</sup>):

58) Die beiden nachfolgenden Ungleichungen entsprechen – abgesehen von unerheblichen Notationsabweichungen – den Formeln (7) und (9) bei STICKEL (1997), S. 69. STICKEL ordnet diese beiden Formeln zunächst nicht in den Kontext der Prognosequalität eines Informationssystems ein, sondern bezieht sie auf die Anforderung „ $E_2 > E_1$ “, die eine Voraussetzung für die Sinnhaftigkeit der Entwicklung eines Informationssystems sein soll. Darauf wird in den Anmerkungen zu Axiom A<sub>21</sub> noch zurückgekommen. Hier interessiert vorerst nur, daß STICKEL kurze Zeit später, und zwar unmittelbar im Anschluß an seine Formel (11) und noch auf S. 69, herausstellt, die beiden Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_{1.2}$  und  $p_{2.1}$ , die in jener Formel (11) auftauchen, könnten als „Fehlklassifikationswahrscheinlichkeiten“ aufgefaßt werden. Darüber hinaus würden mittels jener Formel (11) und der darin vorkommenden Wahrscheinlichkeiten  $p_{1.2}$  und  $p_{2.1}$  „Mindestanforderungen an die Qualität eines Informationssystems“ festgelegt. Die Formel (11) geht jedoch ihrerseits mittels einiger elementarer Umformungen aus den oben eingeführten Formeln (7) und (9) hervor. Daher ist die Eigenschaft, „Mindestanforderungen an die Qualität eines Informationssystems“ festzulegen, bereits in diesen Formeln (7) und (9) enthalten. Allerdings ist sie dort nur implizit enthalten, weil in den Formeln (7) und (9) die „Fehlklassifikationswahrscheinlichkeiten“  $p_{1.2}$  und  $p_{2.1}$  nicht vorkommen, sondern statt dessen die Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_{1.1}$  und  $p_{2.2}$  für korrekte Prognoseinformationen. Dennoch bevorzugt der Verfasser die Formulierung der qualitativen Mindestanforderungen mittels der Formeln (7) und (9), weil sie – im Gegensatz zur Formel (11) – nicht aus anderen Formeln hergeleitet, sondern ursprünglich vorgegeben sind. Daher besitzen nur die Formeln (7) und (9) die hier interessierende Qualität, Axiome der Miniaturtheorie darzustellen. Um die darin lediglich implizit enthaltenen Anforderungen an die Mindestqualität eines Informationssystems zu explizieren, werden nachfolgend die beiden Ungleichungen, die den Formeln (7) und (9) entsprechen, so transformiert, daß sie die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.2}$  und  $\pi_{2.1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen direkt ausweisen.

Allerdings wird von STICKEL insofern abgewichen, als die Mindestanforderungen an die Qualität eines Informationssystems nicht mehr mit Hilfe der Fehlklassifikationswahrscheinlichkeiten  $p_{1.2}$  und  $p_{2.1}$ , sondern mittels der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.2}$  und  $\pi_{2.1}$  ausgedrückt werden. Hierdurch wird zwar das Ziel einer originalgetreuen Theoriewiedergabe nicht exakt erfüllt (es war aber auch nur von einer „möglichst“ originalgetreuen Wiedergabe die Rede). Doch sprechen für diese geringfügige Modifizierung nach Ansicht des Verfassers zwei überzeugende Gründe. Erstens stellen die Fehlklassifikationswahrscheinlichkeiten  $p_{1.2}$  und  $p_{2.1}$  gemäß Axiom A<sub>12</sub> zusammengesetzte Größen dar: Die Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{n^*.n}$  besteht gemäß  $p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n$  aus der bedingten Wahrscheinlichkeit  $\pi_{n^*.n}$  und der Apriori-Wahrscheinlichkeit  $p_n$ . Die letztgenannte Apriori-Wahrscheinlichkeit  $p_n$  hat aber mit einer „Fehlklassifikation“ durch ein Informationssystem überhaupt nichts zu tun. Daher wird das Risiko fehlerhafter Prognoseinformationen nur durch die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  mit  $n^* \neq n$  erfaßt. Aus diesem Grund werden sie in der o.a. Formulierung des Axioms A<sub>16b</sub> anstelle der von STICKEL präferierten Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{n^*.n}$  verwendet. Zweitens entspricht es auch dem „formalästhetischen“ Streben nach einer möglichst „symmetrischen“ Theorieformulierung, Anforderungen an die Qualität eines Informationssystems sowohl im Hinblick auf korrekte (Axiom A<sub>16a</sub>) als auch in bezug auf fehlerhafte (Axiom A<sub>16b</sub>) Prognoseinformationen jeweils mittels eines gleichartigen formalsprachlichen Konstrukts zu spezifizieren. Dies wird hier durch die Verwendung der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  geleistet, und zwar mit  $n^* = n$  für korrekte und mit  $n^* \neq n$  für fehlerhafte Prognoseinformationen.

59) Dabei liegen nachfolgende einfache Äquivalenztransformationen zugrunde, die jeweils die Beziehung  $p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n$  aus Axiom A<sub>12</sub> benutzen:

$$\begin{aligned} p_{1.1} &= \pi_{1.1} \cdot p_1 & // & \quad \pi_{1.1} + \pi_{2.1} = 1 \Leftrightarrow \pi_{1.1} = 1 - \pi_{2.1} \text{ gemäß Axiom A}_{11} \\ \Leftrightarrow p_{1.1} &= (1 - \pi_{2.1}) \cdot p_1 \\ p_{2.2} &= \pi_{2.2} \cdot p_2 & // & \quad \pi_{1.2} + \pi_{2.2} = 1 \Leftrightarrow \pi_{2.2} = 1 - \pi_{1.2} \text{ gemäß Axiom A}_{11} \\ \Leftrightarrow p_{2.2} &= (1 - \pi_{1.2}) \cdot p_2 \end{aligned}$$

Aufgrund ein- bzw. zweifachen Rückgriffs auf Axiome der Theorieformulierung stellt das Axiom A<sub>15</sub> in seiner nachfolgenden Formulierung *kein unabhängiges* Axiom dar. Es könnte sogar als ein *Theorem* aufgefaßt werden,

$$(1-\pi_{2.1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + (1-\pi_{1.2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]$$

$$(1-\pi_{2.1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + (1-\pi_{1.2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq (1-p_1) \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

A<sub>17</sub>: Der Entscheidungsträger besitzt vollkommenes Vertrauen in die Prognosequalität des Informationssystems. Daher wählt er im Investitionsfall *genau dann* die Handlungsalternative HA<sub>m</sub>, *wenn* er von dem implementierten Informationssystem die Prognoseinformation y<sub>n</sub> mit n = m<sup>60)</sup> erhält, daß mit dem zukünftigen Eintreten des Umweltzustands Z<sub>n</sub> zu rechnen ist.

---

das aus dem Axiom A<sub>15</sub> in seiner *voranstehenden* Formulierung und aus den Axiomen A<sub>11</sub> und A<sub>12</sub> gefolgert wurde.

Bei STICKEL (1997), S. 69, finden sich zunächst nur die Formeln (7) und (9). Sie entsprechen - in lediglich leicht modifizierter Notation - den beiden oben zuerst angeführten Ungleichungen, in denen die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2.1}$  und  $\pi_{1.2}$  für fehlerhafte Prognosen des Informationssystems noch nicht explizit enthalten sind. *Diese* beiden Ungleichungsformeln sind in der Tat unabhängig von allen anderen Formeln definiert (sofern man vom Rückgriff auf die BERNOULLI-Nutzenfunktion absieht, der im hier erörterten Kontext jedoch unerheblich ist). Die zwei zuerst angeführten Ungleichungsformeln können daher als Axiome aufgefaßt werden, die so, wie es von „wohlformulierten“ axiomatischen Theorien im allgemeinen gefordert wird, von keinen anderen Axiomen abhängen. Allerdings leiden sie unter dem Nachteil, daß ihre materielle Bedeutung schwer zu entschlüsseln ist. Insbesondere kann ohne Bezugnahme auf die Axiome A<sub>11</sub> und A<sub>12</sub> nicht gefolgert werden, daß die zwei zuerst angeführten Ungleichungsformeln die Bedeutung besitzen, Qualitätsanforderungen an das Informationssystem hinsichtlich fehlerhafter Prognosen zu spezifizieren. Jene Bedeutung wird erst in den beiden zuletzt angeführten Ungleichungsformeln offensichtlich, die jedoch - wie bereits erläutert - die Benutzung der Axiome A<sub>11</sub> und A<sub>12</sub> voraussetzen. Es besteht also das Dilemma, wählen zu müssen zwischen:

- einerseits einem Axiom A<sub>16</sub>, das wegen seiner Zusammensetzung aus den beiden zuerst angeführten Ungleichungsformeln zwar *unabhängig* von anderen Axiomen formuliert, aber hinsichtlich seiner Bedeutung *unklar* ist, sowie
- andererseits einem Axiom A<sub>16</sub>, das wegen seiner Zusammensetzung aus den beiden zuletzt angeführten Ungleichungsformeln zwar eine *klare* Bedeutung besitzt, aber *abhängig* von anderen Axiomen formuliert ist.

Es wird hier offengelassen, welche dieser beiden Alternativen von STICKEL tatsächlich intendiert wurde, da in der späteren Theoriekonstruktion ohnehin eine andere Formulierung der Anforderung an die Qualität des Informationssystems vorgeschlagen wird, welche die vorgenannten Schwierigkeiten von vornherein vermeidet.

60) Die spezielle Bedingung n = m ergibt sich zunächst scheinbar als „Idiosynkrasie“ des Begründungsansatzes von STICKEL dadurch, daß er die formalen Komponenten seiner Theorieformulierung anscheinend auf seine inhaltlich verdeutlichenden Beispiele bezieht. Denn seine Handlungsalternative HA<sub>1</sub> für den Eintritt auf einen neuen Markt korrespondiert mit der Prognose y<sub>1</sub> eines günstigen Konjunkturverlaufs im Umweltzustand Z<sub>1</sub> (n = m = 1) ebenso, wie seine Handlungsalternative HA<sub>2</sub> für den Verzicht auf den Markteintritt der Prognose y<sub>2</sub> eines ungünstigen Konjunkturverlaufs im Umweltzustand Z<sub>2</sub> entspricht (n = m = 2), und zwar jeweils unter der Voraussetzung, daß der Entscheidungsträger diejenige Handlungsalternative auswählt, die nach Maßgabe der Prognoseinformation als die wirtschaftlich vorteilhafteste erscheint. Später wird jedoch aufgezeigt, daß die Bedingung n = m keine idiosynkratische Eigenschaft der Theorieformulierung von STICKEL ist, sondern - vermutlich - aus weiteren, jedoch nicht explizierten axiomatischen Anforderungen an die Erlösgrößen E(HA<sub>m</sub>, Z<sub>n</sub>) - und somit mittelbar auch an die daraus abgeleiteten Überschußerlöse  $\hat{E}(\text{HA}_m, Z_n)$  - resultiert.

A<sub>18</sub>: Falls der Entscheidungsträger *nicht* in die Implementierung eines Informationssystems investiert<sup>61)</sup>, beurteilt er die zwei Handlungsalternativen HA<sub>m</sub>, die ihm zur Auswahl stehen, anhand des alternativenspezifischen Erwartungsnutzens EU<sup>62)</sup>. Der Wert dieses Erwartungsnutzens hängt nicht nur von der jeweils zu beurteilenden Handlungsalternative und der darauf angewandten BERNOULLI-Nutzenfunktion ab, sondern auch von dem Wissen des Entscheidungsträgers über die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Umweltsituationen, die zu jeweils verschiedenen Ergebnissen bei der Realisierung einer Handlungsalternative führen können. Bei diesen Eintrittswahrscheinlichkeiten handelt es sich im Falle des Verzichts auf IT-Investitionen um die Apriori-Eintrittswahrscheinlichkeiten der jeweils betroffenen Umweltzustände. Unter diesen Annahmen resultiert als Definition des Erwartungsnutzens EU(HA<sub>m</sub>) für jede Handlungsalternative HA<sub>m</sub><sup>63)</sup>:

$$EU(HA_m) = p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_m, Z_1)] + p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_m, Z_2)]$$

A<sub>19</sub>: Falls der Entscheidungsträger *nicht* in die Implementierung eines Informationssystems investiert, verhält er sich rational bezüglich seines Erwartungsnutzens, d.h. er wählt jene Handlungsalternative aus, die von allen zulässigen Handlungsalternativen den maximalen Erwartungsnutzen aufweist. Bezeichnet man diese optimale Handlungsalternative mit HA<sup>opt</sup>, so gilt<sup>64)</sup>:

$$HA^{opt} = \arg \max \{ EU(HA_m) : m \in \{1;2\} \}$$

---

61) Durch die kursiven Hervorhebungen der Passagen „Falls ... nicht ... investiert“, „Falls ... investieren“, „Ob ... investiert“ und verwandter Formulierungen soll der besondere, konditionale Charakter der jeweils betroffenen Axiome oder Theoreme verdeutlicht werden, deren Anwendbarkeit jeweils davon abhängt, ob sich der Entscheidungsträger entweder zugunsten einer Investition in die Implementierung eines Informationssystems oder aber zugunsten eines Investitionsverzichts entscheidet. Dieser konditionale Charakter wird in den späteren Anmerkungen zur Formalisierung der Miniaturtheorie aufgegriffen, wenn auf die Möglichkeit einer expliziten formalsprachlichen Erfassung der Entscheidungsalternativen des Investierens und des Nichtinvestierens eingegangen wird.

62) Der Erwartungsnutzen als entscheidungsrelevante Formalzielgröße wird in STICKEL (1997), S. 69, noch explizit genannt. Die nachfolgend aufgeführte konkrete Formel zur Ermittlung des Erwartungsnutzens ist jedoch vom Verfasser ergänzt worden, und zwar durch inhaltliche Auslegung der Erwartungsnutzenformel, die STICKEL in seiner Formel (3) auf S. 69 für die ausgewählte, bestmögliche Handlungsalternative präsentiert. Diese Formel wird nachfolgend in der Wiedergabe von STICKELS Miniaturtheorie ebenso angeführt, jedoch nicht unter der Rubrik der vorgegebenen Axiome, sondern als abgeleitetes Theorem (vgl. Theorem Th<sub>1</sub>).

63) Der Erwartungsnutzen einer Handlungsalternative HA<sub>m</sub> stellt strenggenommen eine Funktion dar, die jeder Handlungsalternative HA<sub>m</sub> bei extern vorgegebenen Apriori-Wahrscheinlichkeiten p<sub>n</sub> und ebenso extern vorgegebenem BERNOULLI-Nutzen U<sub>α</sub>[Ē(HA<sub>m</sub>, Z<sub>n</sub>)] für alle Umweltzustände Z<sub>n</sub> ∈ Z eine reelle Zahl als Erwartungsnutzen zuordnet. Der Einfachheit halber wird in der hier präsentierten Theorieformulierung der Erwartungsnutzen einer Handlungsalternative HA<sub>m</sub> jedoch direkt mittels der Funktionsvorschrift der zugrundeliegenden Erwartungsnutzenfunktion definiert. Dies entspricht der Vorgehensweise STICKELS bei der Formulierung seiner Miniaturtheorie. Analog wird bei der später eingeführten Definition des Erwartungsnutzens für die Superpositions-Situation HA<sub>1</sub> ⊕ HA<sub>2</sub> vorgegangen.

64) Dabei ordnet die Funktion arg max { f(x): ... } jedem maximalen Element f(x) aus der Menge {...} das Argument x des Funktionswerts f(x) zu.

A<sub>20</sub>: Falls der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems *investieren* würde<sup>65)</sup>, rechnet er für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$ <sup>66)</sup> mit dem Erwartungsnutzen  $EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2)$ . Dieser Erwartungsnutzen ist zunächst rein kombinatorisch definiert durch<sup>67)</sup>:

- 
- 65) In diesem Konditionalsatz wird bewußt der „conjunctivus deliberativus“ verwendet, weil eine Entscheidungssituation unterstellt wird, in welcher der Entscheidungsträger noch *erwägt, ob* er in Informationstechnik – d.h. in die Implementierung eines Informationssystems – investieren soll. In dieser „Als-ob“-Situation bewertet er die erwogene Entscheidungsalternative, in Informationstechnik zu investieren, anhand derjenigen Konsequenzen, mit denen er im später gegebenenfalls realisierten Investitionsfall bereits zum heutigen Entscheidungszeitpunkt rechnen kann. Der Entscheidungsträger verfügt also zum Entscheidungszeitpunkt noch nicht über das implementierte Informationssystem und kann es daher auch noch nicht hinsichtlich der zu erwartenden Umweltzustände konsultieren. Zum Entscheidungszeitpunkt weiß der Entscheidungsträger deshalb nicht, ob das Informationssystem – falls es implementiert werden sollte – bei einer zukünftigen Konsultation entweder die Prognoseinformation  $y_1$  zugunsten des Umweltzustands  $HA_1$  oder aber die Prognoseinformation  $y_2$  zugunsten des Umweltzustands  $HA_2$  abgeben wird. Folglich muß der Entscheidungsträger im Entscheidungszeitpunkt mit *beiden* Prognosemöglichkeiten  $y_1$  und  $y_2$  rechnen. Daher weiß er im Entscheidungszeitpunkt weiß noch nicht, welche der beiden Handlungsalternativen  $HA_1$  oder  $HA_2$  er im Falle einer Investition in Informationstechnik zukünftig ergreifen wird. Aus diesem Grund bewertet der Entscheidungsträger die Entscheidungsalternative, in Informationstechnik zu investieren, im Entscheidungszeitpunkt mit dem *Erwartungswert* aller Konsequenzen, die resultieren *würden*, wenn er entweder die Handlungsalternative  $HA_1$  oder die Handlungsalternative  $HA_2$  bei den unterschiedlichen denkmöglichen Kombinationen von Umweltzuständen  $Z_1$  und  $Z_2$  sowie Prognoseinformationen  $y_1$  und  $y_2$  ergriffe. (Dabei schlagen sich unterschiedliche Prognoseinformationen  $y_1$  oder  $y_2$  in unterschiedlichen Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_{1,n}$  bzw.  $p_{2,n}$  nieder.)
- 66) In der voranstehenden Fußnote wurde erläutert, daß der Entscheidungsträger in dem Entscheidungszeitpunkt, in dem er die Investition in die Implementierung eines Informationssystems erwägt, noch nicht weiß, ob ihm das Informationssystem im Investitionsfall später die Prognoseinformation  $y_1$  oder  $y_2$  liefern wird, und infolgedessen auch noch nicht vorhersieht, ob er sich später entweder für die Handlungsalternative  $HA_1$  oder aber für die Handlungsalternative  $HA_2$  entscheiden wird. Daher liegt aus der Perspektive des Entscheidungsträgers im Entscheidungszeitpunkt eine „temporäre Koexistenz“ der beiden Handlungsalternativen  $HA_1$  und  $HA_2$  vor. In Analogie zur Koexistenz von Zuständen physikalischer Systeme vor einem messenden Systemzugriff, die im Rahmen der quantenmechanischen Meßtheorie eine große Rolle spielt, wird hier von einer „Superposition“ der Handlungsalternativen gesprochen. Sie wird durch die Notation  $HA_1 \oplus HA_2$  ausgedrückt. Die Superposition  $HA_1 \oplus HA_2$  der Handlungsalternativen bedeutet *nicht*, daß der Entscheidungsträger daran denkt, die Handlungsalternativen  $HA_1$  *und*  $HA_2$  zu realisieren. Sie drückt nur aus, daß er im Entscheidungszeitpunkt noch nicht weiß, welche der beiden Handlungsalternativen er im Investitionsfall nach einer späteren Konsultation des Informationssystems verwirklichen will, so daß er im Entscheidungszeitpunkt die spätere Realisierung der Handlungsalternativen  $HA_1$  und  $HA_2$  für gleich möglich hält.
- 67) Der Verfasser folgt hier nicht direkt der Formulierung in Formel (4) von STICKEL (1997), S. 69, weil die dort angeführte Definition des Erwartungsnutzens für den Investitionsfall bereits implizit die Axiome  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_{12}$  und  $A_{17}$  voraussetzt. Daher erfüllt jene Definition nicht die Anforderung an „wohlgeformte“ Theorien, daß ihre Axiome voneinander unabhängig sein sollten. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, gibt der Verfasser oben als Axiom  $A_{20}$  zunächst denjenigen Erwartungsnutzen  $EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2)$  an, der sich im Investitionsfall für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  rein kombinatorisch ergibt. Erst später wird in Theorem  $Th_2$  gezeigt, wie sich dieser Erwartungsnutzen unter Hinzuziehung der Axiome  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_{12}$  und  $A_{17}$  so äquivalent transformieren läßt, daß die Formulierung des Erwartungsnutzens aus Formel (4) von STICKEL (1997), S. 69, resultiert. Gegen die oben angeführte Definition des Erwartungsnutzens könnte vorgebracht werden, daß sie sich nicht kohärent bezüglich der Definition des erwarteten Ergebnisses verhält, die später in Axiom  $A_{23}$  für den Fall einer Investition in die Implementierung eines Informationssystems eingeführt wird. Denn das erwartete Ergebnis wird im Investitionsfall als ein *Netto*-Ergebnis definiert, indem von den erwarteten Erlösüberschüssen die Informationsbeschaffungskosten  $K$  abgezogen werden, die bei der späteren Konsultation des implementierten Informationssystems mit Sicherheit anfallen werden. Es ist schwer nachzuvollziehen, warum bei der Ermittlung des erwarteten Ergebnisses diese Informationsbeschaffungskosten berücksichtigt werden (vgl. dazu aber auch die Einschränkung in den Anmerkungen zu Axiom  $A_{23}$ , daß STICKEL diese Kosten im Investitionsfall nicht durchgängig veranschlagt, sondern im zweiten Anwendungsszenario außer Acht läßt), während sie in der Definition des Erwartungsnutzens keine Beachtung finden. Dieser Kohärenzmangel ließe sich auf (mindestens) zwei Weisen heilen.

Entweder werden in der o.a. Definition des Erwartungsnutzens die Informationsbeschaffungskosten  $K$  „einfach“ subtrahiert, weil sie in allen denkmöglichen Konstellationen von Handlungsalternativen  $HA_m$ , Umweltzuständen  $Z_n$  und Prognoseinformationen  $y_{n^*}$  / Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_{n^*,n}$  bei einer späteren Konsultation des Informationssystems mit Sicherheit anfallen werden. Der Netto-Erwartungsnutzen  $NEU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  ist dann im Investitionsfall definiert durch:

$$NEU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) - K$$

Oder der Netto-Erwartungsnutzen  $NEU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  wird im Prinzip genau so definiert, wie es oben in Axiom  $A_{20}$  für den Erwartungsnutzen  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  geschieht, nur wird jedes Vorkommnis der BERNOULLI-Nutzenfunktion  $U_\alpha$  ersetzt durch ein Exemplar der BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}$ , das über dem jeweils gleichen Argument  $\hat{E}(HA_m, Z_n)$  definiert ist durch:

$$\begin{aligned} NU_{\alpha,K}[\hat{E}(HA_m, Z_n)] &= 1 - e^{-\alpha \cdot (\hat{E}_{m,n} - K)} \\ \Leftrightarrow NU_{\alpha,K}[\hat{E}(HA_m, Z_n)] &= 1 - e^{-\alpha \cdot K} \cdot e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{m,n}} \end{aligned}$$

Für die Verwendung der BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}$  spricht, daß BERNOULLI-Nutzenfunktionen konzeptionell so aufgebaut sind, daß sie die subjektiven Höhen- und Risikopräferenzen des Entscheidungsträgers auf die „objektiven“ Ergebnisse der jeweils bewerteten Handlungs- oder Entscheidungsalternativen anwenden. Die Kosten der Informationsbeschaffung gehören zu den „objektiven“ Ergebniskomponenten. Daher entspricht es dem Konzept der BERNOULLI-Nutzenfunktionen, zuerst die Informationsbeschaffungskosten  $K$  von den Erlösüberschüssen  $\hat{E}_{m,n} = \hat{E}(HA_m, Z_n)$  zur Ermittlung eines Netto-Ergebnisses  $\hat{E}_{m,n} - K$  zu subtrahieren und erst danach die Präferenzen des Entscheidungsträgers aus der Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}$  auf dieses Netto-Ergebnis anzuwenden.

Im folgenden wird aber auf die zuvor skizzierten Aspekte eines Netto-Erwartungsnutzens nicht weiter eingegangen, weil in diesem Beitrag keine inhaltliche Veränderung (Fortentwicklung) der Miniaturtheorie von STICKEL angestrebt wird, sondern lediglich eine Rekonstruktion ihrer wesentlichen Inhalte aus der Perspektive einer verstärkten Formalisierung und Strukturierung der Theorieformulierung.

Darüber hinaus könnte die Definition des Erwartungsnutzens aus Axiom  $A_{20}$  für den Investitionsfall grundsätzlich in Zweifel gezogen werden. Dies gilt ebenso für STICKELS Definition des Erwartungsnutzens in seiner Formel (4) auf S. 69, die später aus Axiom  $A_{20}$  und weiteren Axiomen hergeleitet sowie in Theorem  $Th_2$  wiedergegeben wird. Denn diese Definitionen schreiben der Investition in ein Informationssystem einen Erwartungsnutzen zu, der wegen der Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  so niemals realisiert werden kann (zumindest wenn ein „klassisches“ Anwendungsszenario unterstellt wird, in dem die Zustands-Superpositionen der Quantenmechanik nicht vorkommen). Statt dessen wird der Entscheidungsträger im Falle seiner Investition in ein Informationssystem entweder die Handlungsalternative  $HA_1$  oder aber die Handlungsalternative  $HA_2$  realisieren. Ihre Erwartungsnutzen berechnen sich zunächst aufgrund rein kombinatorischer Überlegungen zu:

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1) &= p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{1.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_2)] \\ EU_{inv}(HA_2) &= p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_1)] + p_{1.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \end{aligned}$$

Mit denselben Vereinfachungen, die später zur Herleitung des Theorems  $Th_2$  auf die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  angewandt werden, folgt hier für die Erwartungsnutzen der beiden Handlungsalternativen  $HA_1$  und  $HA_2$  im Investitionsfall die vereinfachte Berechnungsweise:

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1) &= p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ EU_{inv}(HA_2) &= p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \end{aligned}$$

Daher würde bei rationalem, nutzenmaximierendem Verhalten des Entscheidungsträgers für den Fall, daß er in die Implementierung eines Informationssystems investiert hat und vor Realisierung einer Handlungsalternative das implementierte Informationssystem auch konsultiert, folgender Erwartungsnutzen für den Investitionsfall resultieren:

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA^{opt}) &= \max \{ p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] ; p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \} \\ \text{mit: } HA^{opt} &= \arg \max \{ p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] ; p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \} \end{aligned}$$

Von diesem Erwartungsnutzen könnten – wie zuvor erläutert – noch die Informationsbeschaffungskosten  $K$  abgezogen werden, die für die einmalige Konsultation des Informationssystems gemäß Axiom  $A_{15}$  anfallen, um eine kohärente Bewertung anhand des Netto-Erwartungsnutzens vorzunehmen.

Diese Variante für das Axiom  $A_{20}$  (und das später abgeleitete Theorem  $Th_2$ ) besitzt zwei Vorzüge. Erstens würden die Berechnungen des Erwartungsnutzens der jeweils optimalen Handlungsalternative  $HA^{opt}$  für die beiden Fälle, in denen der Entscheidungsträger entweder in ein Informationssystem investiert [siehe die voranstehende Gleichung für  $EU_{inv}(HA^{opt})$ ] oder aber diese Investition unterläßt [vgl. die Gleichung für  $EU(HA^{opt})$ , die später in Theo-

$$\begin{aligned}
EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \\
&+ p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] \\
&+ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] \\
&+ p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]
\end{aligned}$$

Anmerkung<sup>68</sup>): Dieser Erwartungsnutzen hängt im Gegensatz zur Unterlassung der IT-Investition nicht von einer einzelnen Handlungsalternative  $\text{HA}_m$  ab, sondern geht von der - impliziten<sup>69</sup> - Unterstellung aus, daß der Entscheidungsträger im Entscheidungszeitpunkt sein Informationssystem noch nicht konsultiert hat. Er hat also noch keine Prognoseinformation  $y_1$  oder  $y_2$  erhalten, so daß er sich auch noch nicht zwischen den Handlungsalternativen  $\text{HA}_1$  bzw.  $\text{HA}_2$  entschieden hat. Folglich bewertet er die Situation, die nach der Investition in das Informationssystem vorliegen würde, im Entscheidungszeitpunkt ohne die Kenntnis der erst später ausführbaren Konsultationen, und zwar im Hinblick auf die *beiden denkmöglichen* Konsultationsergebnisse  $y_1$  und  $y_2$ .

---

rem  $\text{Th}_1$  angeführt wird und sich auch bei STICKEL (1997), S. 69, in Formel (3) wiederfindet], vollkommen analog ausfallen. Zweitens würde der Investitionsfall nicht mit einem „imaginären“, nicht realisierbaren Erwartungsnutzen  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2)$  der Superpositions-Situation  $\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2$  bewertet, sondern mit dem Erwartungsnutzen  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}^{\text{opt}})$  derjenigen Situation, in welcher der nutzenmaximierende Entscheidungsträger die Handlungsalternativen  $\text{HA}^{\text{opt}}$  mit  $\text{HA}^{\text{opt}} = \arg \max \{ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]; p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \}$  verwirklichen wird.

Allerdings ignoriert diese Variante die in einer der voranstehenden Fußnoten zu Axiom  $A_{20}$  vorgetragene Argumentation, daß der Entscheidungsträger im Entscheidungszeitpunkt noch nicht weiß, welche Prognoseinformation das Informationssystem im Investitionsfall später abgeben wird und sich daher im Entscheidungszeitpunkt noch nicht auf eine der beiden Handlungsalternativen  $\text{HA}_1$  und  $\text{HA}_2$  festlegen will. Eine solche Festlegung geschähe jedoch durch die rationale Auswahl der Handlungsalternative  $\text{HA}^{\text{opt}}$  mit  $\text{HA}^{\text{opt}} = \arg \max \{ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]; p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \}$ . Darüber hinaus liefe diese Alternativenauswahl der Risikoaversität des Entscheidungsträgers zuwider, die in Axiom  $A_8$  vorausgesetzt wurde. Denn ein risikoaverser Entscheidungsträger würde sich bei einer Entscheidung unter Unsicherheit nicht am maximalen Erwartungsnutzen orientieren. Statt dessen käme eher eine Orientierung am minimalen Erwartungsnutzen in Betracht, die dem Maximin- oder WALD-Kriterium der klassischen Entscheidungstheorie für risikoaverse („pessimistische“) Entscheidungen unter Unsicherheit entspricht (vgl. z.B. BAMBERG/COENENBERG (1996), S. 108). Dann müßte eine Handlungsalternative  $\text{HA}^{\text{opt}}$  mit  $\text{HA}^{\text{opt}} = \arg \min \{ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]; p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \}$  ausgewählt werden.

Auf eine vertiefte Erörterung der Vor- und Nachteile der zuvor skizzierten Definitionsalternative kann an dieser Stelle aber verzichtet werden, weil hier keine inhaltliche Veränderung, sondern nur eine möglichst originalgetreue Wiedergabe der Theorieformulierung von STICKEL angestrebt wird. Daher hält der Verfasser an der Variante für Axiom  $A_{20}$  (und Theorem  $\text{Th}_2$ ) fest, die oben im laufenden Text in enger Anlehnung an Formel (4) von STICKEL (1997), S. 69, präsentiert wird.

- 68) Im folgenden werden keine neuartigen Informationen vermittelt, sondern lediglich die Ausführungen aus den vorangehenden Fußnoten zu Axiom  $A_{20}$  kurz inhaltlich zusammengefaßt.
- 69) Die Ausführungen von STICKEL (1997), S. 69, geben keine explizite Auskunft darüber, ob die vom Verfasser oben inhaltlich ergänzte Unterstellung zutrifft. Allerdings deuten seine Formel (4) auf S. 69 und das nachfolgende Anwendungsbeispiel für seine Miniaturtheorie auf S. 69ff. darauf hin, daß sich die Ergänzung des Verfassers mit den Intentionen von STICKEL deckt. Denn STICKEL berücksichtigt in seiner Formel (4) für den Fall einer Investition in Informationstechnik sowie in seinem zweiten und dritten Anwendungsszenario, in dem ein Informationssystem eingeführt bzw. verbessert wird, jeweils den Erwartungswert für Konsequenzen der *beiden denkmöglichen* Handlungsalternativen  $\text{HA}_1$  und  $\text{HA}_2$ .

A<sub>21</sub>: Ob der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, hängt davon ab, ob die Bedingung<sup>70)</sup>:

$$p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > \max \{ p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \}$$

erfüllt ist<sup>71)</sup>. Er investiert also *genau dann* in die Implementierung eines Informationssystems, *wenn* die voranstehende Bedingung erfüllt ist<sup>72)</sup>.

70) STICKEL (1997), S. 69, drückt diese Bedingung nur durch die Formulierung „E<sub>2</sub> > E<sub>1</sub>“ aus. Dabei definiert er E<sub>2</sub> in Formel (4) genau so, wie es oben in Axiom A<sub>20</sub> für den Erwartungsnutzen EU(HA<sub>1</sub> ⊕ HA<sub>2</sub>) des Investitionsfalls geschehen ist. Dagegen definiert er E<sub>1</sub> in Formel (3) so, wie es weiter unten in Theorem Th<sub>1</sub> für den Erwartungsnutzen im Fall der Investitionsunterlassung dargestellt werden wird. Da die Theoreme hier als Theoriebestandteile, die aus anderen Komponenten abgeleitet sind, noch nicht zur Verfügung stehen, mußte oben in Axiom A<sub>21</sub> in der rechten Ungleichungsseite direkt auf denjenigen Term zurückgegriffen werden, der den Erwartungsnutzen im Fall der Investitionsunterlassung wiedergibt.

71) Strenggenommen finden sich im Beitrag STICKEL (1997) zwei unterschiedliche Bedingungen dafür, daß der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert. Die oben in Axiom A<sub>21</sub> aufgeführte *erste* Bedingung entnimmt der Verfasser aus der Formulierung auf S. 69: „Die Entwicklung eines Informationssystems ist überhaupt nur dann sinnvoll, wenn E<sub>2</sub> > E<sub>1</sub> gilt.“ Hierfür wurde schon in der unmittelbar vorangehenden Fußnote gezeigt, daß die Formulierung „E<sub>2</sub> > E<sub>1</sub>“ mit der oben angeführten Formulierung von Axiom A<sub>21</sub> inhaltlich übereinstimmt. Die o.a. Formulierung von Axiom A<sub>21</sub>, die inhaltlich auf die *Erwartungsnutzen* der Fälle entweder mit Investition (linke Ungleichungsseite) oder aber ohne Investition (rechte Ungleichungsseite) in ein Informationssystem bezogen ist, findet sich auch in zwei anderen Formulierungen wieder. So führt STICKEL auf S. 69 eine Konstellation an, die „zu einem höheren *Erwartungsnutzen* führt. Unterstellt man rationales Verhalten des Entscheidungsträgers, würde er also die neue Situation gegenüber der alten bevorzugen.“ [*kursive* Hervorhebung durch den Verfasser]. Der Erwartungsnutzenbezug wird ebenso durch die Formulierung auf S. 70 für das dritte Anwendungsszenario eines verbesserten Informationssystems gestützt: „Als Fazit ist festzuhalten, daß der *Erwartungsnutzen* bei Verwendung des modifizierten Systems höher ist. ... Ein rationaler Entscheidungsträger würde also das Informationssystem in geeigneter Weise weiter entwickeln.“ [*kursive* Hervorhebung durch den Verfasser]. Dagegen benutzt STICKEL (1997) auf S. 70f. eine *zweite* Bedingung dafür, daß der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert. Diese zweite Bedingung ist genau dann erfüllt, wenn die Investition in ein Informationssystem die Varianz (des erwarteten Ergebnisses) verringert und somit das mittels dieser Varianz gemessene Risiko der Entscheidung (zwischen den beiden Handlungsalternativen) reduziert. (Die Klammerzusätze finden sich bei STICKEL (1997) nicht explizit, sondern wurden vom Verfasser durch ergänzende Auslegung hinzugefügt.) So betrachtet STICKEL auf S. 70 den Übergang von einem zweiten zu einem dritten Anwendungsszenario seiner Miniaturtheorie, der die szenariospezifische Varianz und somit auch das szenariospezifische Entscheidungsrisiko absinken läßt, und stellt diesbezüglich auf S. 71 fest: „Aufgrund des ... verminderten Risikos bevorzugt der Entscheidungsträger ... dieses [dritte; Anmk. des Verf.] Szenario gegenüber dem Ausgangsszenario [d.h. zweiten Szenario; Anmk. des Verf.]“. Darüber hinaus stellt STICKEL bereits auf S. 66 fest, daß in seiner Miniaturtheorie eine Verbesserung der Entscheidungsqualität mit einer Verminderung des (Entscheidungs-)Risikos einhergehe und daß der Wert zusätzlicher Informationsbeschaffung (durch Investition in ein Informationssystem) im Hinblick auf eine Verbesserung der Entscheidungsqualität bestimmt werde. Auch dies spricht dafür, als Bedingung für die Investition in ein Informationssystem anzusetzen, daß durch diese Investition die Varianz (des erwarteten Ergebnisses) verringert und somit das mittels dieser Varianz gemessene Entscheidungsrisiko reduziert wird. STICKEL (1997) äußert sich nicht näher über das Verhältnis, das zwischen seinen zwei vorgenannten Bedingungen für die Investition in ein Informationssystem bestehen soll. Seine Ausführungen erscheinen aber nur dann in sich konsistent, wenn er die Äquivalenz beider Bedingungen präsupponiert. Diese Äquivalenz wäre allerdings noch explizit nachzuweisen. Da diese jedoch keine Aufgabe einer möglichst originalgetreuen Wiedergabe der Miniaturtheorie von STICKEL ist, wird auf die Überprüfung der Äquivalenz an dieser Stelle verzichtet. Statt dessen beschränkt sich der Verfasser auf die Verwendung der ersten Bedingung, weil nur sie im Kapitel 3.1 des Beitrags STICKEL (1997) aufgeführt ist, in dem die *allgemeine* Theorieformulierung entfaltet wird. Die zweite Bedingung thematisiert STICKEL (1997) hingegen nur in seinem Kapitel 3.2, das sich einer *exemplarischen* Theorieanwendung in drei Anwendungsvarianten (Szenarien) widmet und somit lediglich verdeutlichenden Charakter besitzt. Infolge dieser Einschränkung bleiben in der o.a. Wiedergabe der Miniaturtheorie von STICKEL alle Aspekte ausgeklammert, die sich auf Varianzen erstrecken. Diese Einschränkung mag durchaus als denkmögliche Verletzung des Inhalts der betrachteten Miniaturtheorie kritisiert werden. Allerdings müßte der putative Kritiker dann auch auf das Verhältnis zwischen den zwei oben angeführten Bedingungen für die Investition in ein Informationssystem präzise eingehen und gegebenenfalls deren Äquivalenz nachweisen.

- 72) Hinter Axiom  $A_{21}$  verbirgt sich strenggenommen ein *Informationsdilemma*, das sich anhand der zuletzt angeführten Paraphrasierung als ein-eindeutige Wechselbeziehung zwischen Investitionsentscheidung und Erfüllung der Bedingung  $p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > \max \{ p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \}$  verdeutlichen läßt. Zur Schärfung des Blicks für die Problematik von Axiom  $A_{21}$  wird auf die Beziehung  $p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n$  zurückgegriffen, die in Axiom  $A_{12}$  eingeführt wurde. Mit ihrer Hilfe gilt:

$$\pi_{1.1} \cdot p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + \pi_{2.2} \cdot p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > \max \{ p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \}$$

Im Entscheidungszeitpunkt, in dem eine Investition in die Implementierung eines Informationssystems erwogen wird, kann zwar davon ausgegangen werden, daß der Entscheidungsträger die Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$  für die Umweltzustände  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  (sowie die Erlösüberschüsse  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$ ) kennt. Aber es ist in sich *widersprüchlich* anzunehmen, daß er die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  für korrekte Prognoseinformationen des Informationssystems hinsichtlich dieser beiden Umweltzustände anzugeben vermag, noch *bevor* dieses Informationssystem überhaupt implementiert worden ist. Es könnte sogar der Fall eintreten, daß sich der Entscheidungsträger gegen die Implementierung des Informationssystems entscheidet, so daß er bedingte Wahrscheinlichkeiten für korrekte Prognoseinformationen eines Informationssystems kennen müßte, über das er selbst entscheidet, es überhaupt nicht zu realisieren. Dies ist die typische Situation eines Informationsdilemmas: Einerseits müßte der Entscheidungsträger im Entscheidungszeitpunkt – also *vor* der möglichen Investition in die Implementierung eines Informationssystems – präzise Informationen über die Prognosequalität dieses Informationssystems besitzen, um die Werte der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  in die o.a. Ungleichung einsetzen zu können. In diesem Zeitpunkt verfügt er aber nicht über jene Informationen, weil das Informationssystem überhaupt noch nicht implementiert ist (vielleicht auch niemals implementiert wird). Andererseits kann der Entscheidungsträger *nach* der Implementierung des Informationssystems jene Informationen über die Prognosequalität des Informationssystems gewinnen, indem er beispielsweise mehrere Testprognosen durchführt und die dabei realisierte Prognose-Performance statistisch auswertet. Dann benötigt der Entscheidungsträger jene Informationen aber nicht mehr, weil er bereits seine Entscheidung zugunsten der Investition in die Implementierung des Informationssystems getroffen hat (also die Erfüllung der o.a. Ungleichung überhaupt nicht mehr überprüfen muß). Kurz gesagt: Der Entscheidungsträger verfügt nicht über die Informationen hinsichtlich der Prognosequalität des Informationssystems, wenn er diese Informationen benötigt, um auf ihrer Grundlage seine Investitionsentscheidung zu treffen, und er verfügt über diese Informationen, wenn er sie gar nicht mehr benötigt, weil die Investitionsentscheidung bereits gefällt wurde.

Es ließe sich trefflich darüber streiten, ob eine „gute“ Theorie ein solches Informationsdilemma als Axiom voraussetzen darf. Der Verfasser tendiert zu einer ablehnenden Haltung, ohne zu verkennen, daß es einer ausführlicheren Begründung für die epistemische Norm bedürfte, dilemmatische Axiome aus wohlformulierten Theorien auszuschließen. Eine vertiefte Behandlung dieses normativen Aspekts kann hier aber unterbleiben. Denn es ist möglich, den immanenten Widerspruch von Axiom  $A_{21}$ , der zu dem Informationsdilemma führte, durch eine *abschwächende Interpretation* der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  aufzulösen: Wenn die Größen  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  nicht mehr im strengen Sinne als bedingte Wahrscheinlichkeiten für die Prognoseinformationen  $y_1$  bzw.  $y_2$  des Informationssystems bei Vorliegen des Umweltzustands  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  aufgefaßt werden, sondern lediglich als *subjektive Schätzungen* dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten durch den Entscheidungsträger im Entscheidungszeitpunkt, dann lösen sich die zuvor skizzierten Schwierigkeiten in Wohlgefallen auf. Beispielsweise kann der Entscheidungsträger Kenntnisse über baugleiche Informationssysteme besitzen, die bei anderen Anwendern bereits implementiert sind, so daß dort bereits Messungen ihrer Prognosequalitäten durchgeführt werden konnten. Dann kann der Entscheidungsträger die Ergebnisse jener Messungen als Schätzungen für die eigentlich benötigten, aber ihm unbekannt bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  desjenigen Informationssystems benutzen, über dessen Implementierung er eine Entscheidung treffen möchte. Oder der Entscheidungsträger greift auf das Urteil von „Experten“ zurück, die sich in der Lage sehen, aufgrund der Konzeption oder der Konstruktionsunterlagen für das Informationssystem, über dessen Implementierung zu entscheiden ist, fundierte Schätzungen seiner bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.1}$  und  $\pi_{2.2}$  abzugeben. Man mag zwar lange über die Zuverlässigkeit solcher Schätzungen debattieren, aber dies ist unerheblich, solange es nur darum geht, das in Axiom  $A_{21}$  verborgene Informationsdilemma zu beseitigen. Dies reicht dem Verfasser an dieser Stelle aus, um an diesem Axiom in wohlwollender, ergänzender Interpretation der Miniaturtheorie STICKELS festhalten zu können.

A<sub>22</sub>: Falls der Entscheidungsträger *nicht* in die Implementierung eines Informationssystems investiert, beträgt das erwartete Ergebnis<sup>73)</sup>  $E\hat{E}(HA_m)$  für jede Handlungsalternative<sup>74)</sup>:

$$E\hat{E}(HA_m) = p_1 \cdot \hat{E}(HA_m, Z_1) + p_2 \cdot \hat{E}(HA_m, Z_2) - K$$

A<sub>23</sub>: Falls der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, ist das erwartete Ergebnis  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  zunächst rein kombinatorisch definiert durch<sup>75)</sup>:

73) STICKEL (1997) spricht sowohl anlässlich der Spezifizierung seiner Miniaturtheorie (vgl. Kapitel 3.1, S. 69f.) als auch im Kontext seiner exemplarischen Theorieanwendung (vgl. Kapitel 3.2, S. 69ff.) mehrfach von den erwarteten Erträgen des Entscheidungsträgers. Diese Erträge werden hier – wie schon früher dargelegt wurde – neutral als (erwartete) Ergebnisse bezeichnet. Allerdings findet sich in den vorgenannten Passagen des Werks von STICKEL *keine formale* Definition für das erwartete Ergebnis (im Original: für den erwarteten Ertrag). Daher hat der Verfasser die nachfolgende Formel für das erwartete Ergebnis durch Auslegung des Zahlenbeispiels für die Theorieanwendung auf S. 69 (unten) ergänzt.

74) Das erwartete Ergebnis einer Handlungsalternative  $HA_m$  stellt strenggenommen eine Funktion dar, die jeder Handlungsalternative  $HA_m$  bei extern vorgegebenen Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_n$  und ebenso extern vorgegebenen Erlösüberschüssen  $\hat{E}(HA_m, Z_n)$  für alle Umweltzustände  $Z_n \in Z$  sowie extern vorgegebenen Informationsbeschaffungskosten  $K$  eine reelle Zahl als erwartetes Ergebnis zuordnet. Der Einfachheit halber wird in der hier präsentierten Theorieformulierung das erwartete Ergebnis einer Handlungsalternative  $HA_m$  jedoch direkt mittels der Funktionsvorschrift der zugrundeliegenden Ergebnis-Funktion definiert. Analog wird bei der später eingeführten Definition des erwarteten Ergebnisses für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  vorgegangen.

75) Bereits in der vorletzten Fußnote wurde darauf hingewiesen, daß STICKEL (1997) die erwarteten Ergebnisse (im Original: die erwarteten Erträge) des Entscheidungsträgers nicht formal definiert. Im Fall des Verzichts auf eine Investition in ein Informationssystem erwies sich dies noch als unproblematisch, weil das erwartete Ergebnis für diesen Fall durch ergänzende Auslegung eines Zahlenbeispiels für die Theorieanwendung gewonnen werden konnte. Für den jetzt betrachteten Fall, in dem der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, treten hingegen gravierende Probleme auf, weil aus den Zahlenbeispielen für das zweite und dritte Anwendungsszenario bei STICKEL (1997), S. 70, nicht mehr unmittelbar ersichtlich ist, wie er die Resultate für die erwarteten Ergebnisse ermittelt hat. Diese Schwierigkeiten werden im Zusammenhang mit dem später vorgestellten Theorem  $Th_7$  noch näher erläutert. In Ermangelung klarer – formaler - Vorgaben wird hier das erwartete Ergebnis zunächst in Analogie zum bereits eingeführten Erwartungsnutzen für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  definiert. Es beruht also weiterhin auf der Unterstellung, daß der Entscheidungsträger sein Informationssystem noch nicht konsultiert und somit noch keine Prognoseinformation  $y_1$  oder  $y_2$  erhalten hat.

Des Weiteren ist problematisch, ob die Kosten  $K$  der Informationsbeschaffung, die in Axiom  $A_{15}$  eingeführt wurden, in die Definition des erwarteten Ergebnisses einfließen oder nicht. Für die Berücksichtigung der Informationsbeschaffungskosten sprechen drei Gründe. Erstens bezieht sie STICKEL (1997), S. 70, in das numerische Beispiel des dritten Anwendungsszenarios seiner Miniaturtheorie explizit ein ( $K = 0,04$ ). Zweitens wäre es merkwürdig, die Informationsbeschaffungskosten zwar explizit als Komponente der Theorieformulierung aufzuführen, jedoch an keiner anderen Stelle innerhalb der Theorie darauf zurückzugreifen (dann könnte auf die Einführung dieser Kosten auch von vornherein verzichtet werden). Drittens wurde in Axiom  $A_{14}$  vorausgesetzt, daß der Entscheidungsträger im Investitionsfall das Informationssystem tatsächlich zur Gewinnung von Prognoseinformationen konsultieren wird, sobald es implementiert ist. Daher fallen die Informationsbeschaffungskosten  $K$  im Investitionsfall später mit Sicherheit an, auch wenn im Entscheidungszeitpunkt das Informationssystem noch nicht implementiert ist. Es widerspräche dem Prinzip kaufmännischer Vorsicht, solche mit Sicherheit erwarteten Kosten in die Entscheidung darüber, ob in Informationstechnik investiert werden soll, nicht von vornherein einzubeziehen. Allerdings lassen sich auch zwei Gründe gegen die Berücksichtigung der Informationsbeschaffungskosten in die Definition des erwarteten Ergebnisses anführen. Einerseits werden sie von STICKEL (1997), S. 70, im numerischen Beispiel des zweiten Anwendungsszenarios seiner Miniaturtheorie nicht erfaßt. Andererseits berücksichtigt STICKEL in seinen Formeln und Berechnungsbeispielen für den Erwartungsnutzen die Informationsbeschaffungskosten an keiner Stelle (sofern der Verfasser STICKELS Ausführungen richtig verstanden hat). Es ist jedoch nicht einsichtig, warum der Entscheidungsträger beim erwarteten Ergebnis diese Kosten ergebnismindernd einbeziehen sollte, wenn er sie beim Erwartungsnutzen unbeachtet läßt. Denn auch der Erwartungsnutzen könnte als ein Netto-Erwartungsnutzen nach Abzug von eventuell anfallenden Informationsbeschaffungskosten definiert werden. Dies wurde bereits in einer der voranstehenden Fußnoten erläutert. Die beiden zuletzt angeführten Argumente gegen die

$$\begin{aligned} E\hat{E}_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= p_{1,1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_1) + p_{1,2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_2) \\ &+ p_{1,1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_1) + p_{1,2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_2) \\ &- K \end{aligned}$$

Th<sub>1</sub>: Falls der Entscheidungsträger *nicht* in die Implementierung eines Informationssystems *investiert*, beträgt sein Erwartungsnutzen bei rationaler Auswahl einer optimalen Handlungsalternative<sup>76)</sup>:

$$EU(\text{HA}^{\text{opt}}) = \max \{ p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \}$$

---

Einbeziehung von Informationsbeschaffungskosten wiegen nach Einschätzung des Verfassers die vorangehenden drei Argumente zugunsten ihrer Veranschlagung jedoch nicht auf. Denn die Nichterfassung der Informationsbeschaffungskosten im zweiten Anwendungsszenario kann als ein „Flüchtigkeitsfehler“ interpretiert werden. (Wenn diese Interpretation als willkürlich abgelehnt wird, so „neutralisieren“ sich zumindest die Erfassung und die Nichterfassung der Informationsbeschaffungskosten im dritten bzw. zweiten Anwendungsszenario gegenseitig, so daß das erste Gegenargument seine Stichhaltigkeit verliert.) Hinzu kommt, daß sich der Hinweis auf die Nichtberücksichtigung von Informationsbeschaffungskosten bei der Ermittlung des Erwartungsnutzens dadurch entkräften läßt, daß auch der Erwartungsnutzen im Investitionsfall unter Einbeziehung der Informationsbeschaffungskosten definiert wird (vgl. dazu die Erläuterungen zum Netto-Erwartungsnutzen). Folglich werden im Axiom A<sub>23</sub> die Informationsbeschaffungskosten bei der Definition des erwarteten Ergebnisses für den Fall einer Investition in ein Informationssystem berücksichtigt.

76) Theorem Th<sub>1</sub> folgt aus den Axiomen A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>18</sub> und A<sub>19</sub>. Denn gemäß Axiom A<sub>6</sub> gilt zunächst für die Bewertung von Handlungsalternativen HA<sub>m</sub> in Umweltzuständen Z<sub>n</sub>:

$$\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2) = \hat{E}_{1,2} = E_{1,2} - E_{1,2} = 0 \quad \text{und} \quad \hat{E}(\text{HA}_2, Z_1) = \hat{E}_{2,1} = E_{2,1} - E_{2,1} = 0$$

Setzt man diese Ergebnisse in Axiom A<sub>7</sub> zur Berechnung der BERNOULLI-Nutzenfunktion ein, so resultiert:

$$U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] = U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] = 1 - e^{-\alpha \cdot 0} = 1 - 1 = 0$$

Durch Anwendung dieser Resultate in Axiom A<sub>18</sub> erhält man für die Erwartungsnutzen der beiden Handlungsalternativen HA<sub>1</sub> und HA<sub>2</sub>:

$$EU(\text{HA}_1) = p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] = p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_2 \cdot 0 = p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]$$

$$EU(\text{HA}_2) = p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] + p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] = p_1 \cdot 0 + p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] = p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

Durch Zusammenfassen der beiden voranstehenden Gleichungen folgt für den Erwartungsnutzen einer beliebigen Handlungsalternative HA<sub>m</sub> unmittelbar  $EU(\text{HA}_m) = p_m \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_m, Z_m)]$ .

Die optimale Handlungsalternative HA<sup>opt</sup> wird gemäß Axiom A<sub>19</sub> durch  $\text{HA}^{\text{opt}} = \arg \max \{ EU(\text{HA}_m); m \in \{1;2\} \}$  ermittelt. Setzt man darin das zuvor gewonnene Resultat  $EU(\text{HA}_m) = p_m \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_m, Z_m)]$  ein, so folgt unmittelbar:

$$\text{HA}^{\text{opt}} = \arg \max \{ p_m \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_m, Z_m)]; m \in \{1;2\} \}.$$

Daraus ergibt sich wiederum  $EU(\text{HA}^{\text{opt}}) = \max \{ p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \}$  und somit Theorem Th<sub>2</sub>.

Th<sub>2</sub>: Falls der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, beträgt sein Erwartungsnutzen vereinfacht<sup>77)</sup>:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

Th<sub>3</sub>: Ob der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, hängt davon ab, ob sein Erwartungsnutzen für den Investitionsfall größer ist als sein Erwartungsnutzen für den Fall der Nichtinvestition. Der Entscheidungsträger investiert also genau dann in die Implementierung eines Informationssystems, wenn die Bedingung:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$$

erfüllt ist<sup>78)</sup>.

---

77) Dieses Theorem entspricht der Formulierung von Formel (4), die sich bei STICKEL (1997), S. 69 findet (unter entsprechender Notationsanpassung). Es resultiert aus der ursprünglichen, in Axiom A<sub>20</sub> eingeführten Definition des Erwartungsnutzens für den Investitionsfall durch Anwendung der Axiome A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>12</sub> und A<sub>17</sub>. Für diesen Erwartungsnutzen galt in der Superpositions-Situation HA<sub>1</sub>⊕HA<sub>2</sub> rein kombinatorisch:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] \\ + p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] + p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

Da gemäß Axiom A<sub>6</sub> zur Bewertung von Handlungsalternativen HA<sub>m</sub> in Umweltzuständen Z<sub>n</sub> nicht deren Erlöse E<sub>m,n</sub> direkt herangezogen werden, sondern die Überschußerlöse  $\hat{E}_{m,n}$  mit  $\hat{E}_{1,n} = E_{1,n} - E_{1,2}$  und  $\hat{E}_{2,n} = E_{2,n} - E_{2,1}$  gelten:

$$\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2) = \hat{E}_{1,2} = E_{1,2} - E_{1,2} = 0 \quad \text{und} \quad \hat{E}(\text{HA}_2, Z_1) = \hat{E}_{2,1} = E_{2,1} - E_{2,1} = 0$$

Mit  $U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{m,n}}$  gemäß Axiom A<sub>7</sub> folgt hieraus:

$$U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)] = U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)] = 1 - e^{-\alpha \cdot 0} = 1 - 1 = 0$$

Dadurch nimmt der Erwartungsnutzen für die Superpositions-Situation HA<sub>1</sub>⊕HA<sub>2</sub> den nachfolgenden vereinfachten Zwischenwert an:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{1.2} \cdot 0 + p_{2.2} \cdot 0 \\ + p_{1.1} \cdot 0 + p_{2.1} \cdot 0 + p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \\ = p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

Schließlich ist zu beachten, daß der Entscheidungsträger gemäß Axiom A<sub>17</sub> vollkommenes Vertrauen in die Prognosequalität des Informationssystems besitzt, so daß er bei Vorliegen der Prognoseinformation y<sub>2</sub> (y<sub>1</sub>) niemals die Handlungsalternative HA<sub>1</sub> (HA<sub>2</sub>) realisieren würde. Dem widerspricht aber der zweite (dritte) Summand in der zuletzt angeführten Gleichung für den Erwartungsnutzen. Denn einerseits bezieht er sich gemäß Axiom A<sub>12</sub> mit seiner Aposteriori-Wahrscheinlichkeit p<sub>2,1</sub> = π<sub>2,1</sub> · p<sub>1</sub> (p<sub>1,2</sub> = π<sub>1,2</sub> · p<sub>2</sub>) auf eine Situation, in der das Informationssystem wegen der bedingten Wahrscheinlichkeit π<sub>2,1</sub> (π<sub>1,2</sub>) die – fehlerhafte – Prognoseinformation y<sub>2</sub> (y<sub>1</sub>) abgegeben hat, unterstellt aber andererseits im Argument der BERNOULLI-Nutzenfunktion U<sub>α</sub>, daß in derselben Situation trotz dieser Prognoseinformation die Handlungsalternative HA<sub>2</sub> (HA<sub>1</sub>) realisiert wird. Da diese Situation durch das Axiom A<sub>17</sub> ausgeschlossen wird, vereinfacht sich der Erwartungsnutzen für die Superpositions-Situation HA<sub>1</sub>⊕HA<sub>2</sub> noch weiter zu:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \quad // \quad (\text{q.e.d.})$$

78) Dies folgt aus dem Axiom A<sub>21</sub> sowie aus den Theoremen Th<sub>1</sub> und Th<sub>2</sub>. Theorem Th<sub>3</sub> entspricht zugleich – abgesehen von geringfügigen, inhaltlich irrelevanten Notationsunterschieden – der Bedingung „E<sub>2</sub> > E<sub>1</sub>“ aus STICKEL (1997), S. 69. Denn es gelten die Entsprechungen E<sub>2</sub> = EU<sub>inv</sub>(HA<sub>1</sub>⊕HA<sub>2</sub>) und E<sub>1</sub> = EU(HA<sup>opt</sup>).

Th<sub>4</sub>: Für die Verknüpfung der Apriori-Eintrittswahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$  für die Umweltzustände  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  mit den korrespondierenden Aposteriori-Eintrittswahrscheinlichkeiten  $p_{1.1}$  und  $p_{2.1}$  bzw.  $p_{1.2}$  und  $p_{2.2}$  gilt<sup>79)</sup>:

$$p_1 = p_{1.1} + p_{2.1} \quad \text{und} \quad p_2 = 1 - p_1 = p_{1.2} + p_{2.2}$$

Th<sub>5</sub>: Die Bedeutung der Bedingung  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$ <sup>80)</sup> aus Theorem Th<sub>3</sub> liegt in der Erfüllung der nachfolgenden zweifachen Ungleichung<sup>81)</sup>:

79) Dies folgt aus den Axiomen  $A_4$ ,  $A_{11}$  und  $A_{12}$ :

$$\begin{aligned} p_2 &= 1 - p_1 \quad // \quad p_1 + p_2 = 1 \text{ gemäß Axiom } A_4 \\ p_2 &= p_2 \cdot 1 \quad // \quad \pi_{1.2} + \pi_{2.2} = 1 \text{ gemäß Axiom } A_{11} \\ &= p_2 (\pi_{1.2} + \pi_{2.2}) \\ &= \pi_{1.2} p_2 + \pi_{2.2} p_2 \quad // \quad p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n \text{ gemäß Axiom } A_{12} \\ &= p_{1.2} + p_{2.2} \\ p_1 &= p_1 \cdot 1 \quad // \quad \pi_{1.1} + \pi_{2.1} = 1 \text{ gemäß Axiom } A_{11} \\ &= p_1 (\pi_{1.1} + \pi_{2.1}) \\ &= \pi_{1.1} p_1 + \pi_{2.1} p_1 \quad // \quad p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n \text{ gemäß Axiom } A_{12} \\ &= p_{1.1} + p_{2.1} \end{aligned}$$

Diese Beziehungen finden sich in den Hilfsformeln (5) und (6) von STICKEL (1997), S. 69.

80) Die Formulierung „Bedeutung“ wird hier – bis auf die Substantivierung – originalgetreu aus STICKEL (1997), S. 69, übernommen. Denn dort kündigt STICKEL an: „Es soll noch herausgearbeitet werden, was die Bedingung  $E_2 > E_1$  bedeutet.“ [*kursive Hervorhebung durch den Verfasser*]. Dabei korrespondiert die vorgenannte „Bedingung  $E_2 > E_1$ “ mit der o.a. Bedingung  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$ , wie schon in einer der voranstehenden Fußnoten dargelegt wurde.

81) Theorem Th<sub>5</sub> ergibt sich aus den beiden Ungleichungen:

$$\begin{aligned} p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] &\geq p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \\ p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] &\geq (1 - p_1) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)], \end{aligned}$$

die als erste in Axiom  $A_{16b}$  aufgeführt wurden, mittels der Wahrscheinlichkeitsbeziehungen aus Theorem Th<sub>4</sub>:

$$\text{a) } p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \quad // \quad p_1 = p_{1.1} + p_{2.1} \text{ gemäß Theorem Th}_4$$

$$\Leftrightarrow p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq (p_{1.1} + p_{2.1}) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \quad // \quad - p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]$$

$$\Leftrightarrow p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq p_{2.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \quad // \quad : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] > 0$$

$$\Leftrightarrow p_{2.2} \geq p_{2.1} \cdot (U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]) \quad // \quad : p_{2.1} > 0$$

$$\Leftrightarrow p_{2.2} : p_{2.1} \geq U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

$$\Leftrightarrow U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \leq p_{2.2} : p_{2.1} \quad (\text{q.e.d. / rechte Ungleichung})$$

$$\text{b) } p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq (1 - p_1) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \quad // \quad 1 - p_1 = p_{1.2} + p_{2.2} \text{ gemäß Theorem Th}_4$$

$$\Leftrightarrow p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq (p_{1.2} + p_{2.2}) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \quad // \quad - p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$$

$$\Leftrightarrow p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] \geq p_{1.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \quad // \quad : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] > 0$$

$$\Leftrightarrow p_{1.1} \cdot (U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]) \geq p_{1.2} \quad // \quad : p_{1.1} > 0$$

$$\Leftrightarrow U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \geq p_{1.2} : p_{1.1}$$

$$\Leftrightarrow p_{1.2} : p_{1.1} \leq U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \quad (\text{q.e.d. / linke Ungleichungsseite})$$

$$p_{1.2} : p_{1.1} \leq U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] : U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \leq p_{2.2} : p_{2.1}$$

Allerdings wurden in den voranstehenden Äquivalenztransformationen die drei zusätzlichen Voraussetzungen  $U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0$ ,  $p_{2.1} > 0$  und  $p_{1.1} > 0$  benutzt, die in der Theorieformulierung von STICKEL (1997), S. 68f., *nicht* als Axiome enthalten sind. Daher klafft strenggenommen eine *Inferenzlücke* bei der Herleitung von Theorem Th<sub>4</sub>. Infolgedessen könnte die o.a. zweifache Ungleichung erst dann ein Theorem der Theorie T<sub>0</sub> darstellen, wenn entweder direkt  $U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0$ ,  $p_{2.1} > 0$  und  $p_{1.1} > 0$  als zusätzliche Axiome vorausgesetzt würden oder aber entsprechende Anforderungen an die zugrundeliegenden unabhängigen Variablen  $\pi_{2.1}$  und  $p_1$  sowie an die Erlösfunktion E axiomatisch vorausgesetzt würden. Diese Inferenzlücke wird hier zunächst übergangen und später im Rahmen der Diskussion von STICKELS Miniaturtheorie wieder aufgegriffen. Es wird lediglich kurz aufgezeigt, welche axiomatischen Anforderungen an die zugrundeliegenden unabhängigen Variablen und die Erlösfunktion E mit den oben benutzten Voraussetzungen  $U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0$ ,  $p_{2.1} > 0$  und  $p_{1.1} > 0$  korrespondieren, um die zusätzlichen Randbedingungen vorzubereiten, die hierfür später im Rahmen einer strukturalistischen Theorierekonstruktion eingeführt werden:

$$a) \quad U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0 \quad // \quad U_{\alpha}[\hat{E}(HA_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{m,n}} \text{ gemäß Axiom A}_7$$

$$\Leftrightarrow 1 - e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{2.2}} > 0 \quad // \quad \hat{E}_{2.2} = E_{2.2} - E_{2.1} \text{ gemäß Axiom A}_6$$

$$\Leftrightarrow 1 > e^{-\alpha \cdot (E_{2.2} - E_{2.1})} \quad // \quad e^0 = 1$$

$$\Leftrightarrow -\alpha \cdot (E_{2.2} - E_{2.1}) < 0 \quad // \quad : \alpha > 0 \text{ gemäß Axiom A}_8$$

$$\Leftrightarrow -(E_{2.2} - E_{2.1}) < 0 \quad // \quad + E_{2.2}$$

$$\Leftrightarrow E_{2.1} < E_{2.2} \quad // \quad E_{m,n} = E(HA_m, Z_n) \text{ gemäß Axiom A}_5$$

$$\Leftrightarrow E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$$

$$b) \quad p_{2.1} > 0 \quad // \quad p_{2.1} = \pi_{2.1} \cdot p_1 \text{ gemäß Axiom A}_{12}$$

$$\Leftrightarrow \pi_{2.1} \cdot p_1 > 0 \quad // \quad \pi_{2.1} \geq 0 \text{ gemäß Axiom A}_{10} \text{ und } p_1 \geq 0 \text{ gemäß Axiom A}_2$$

$$\Leftrightarrow \pi_{2.1} > 0 \text{ und } p_1 > 0$$

$$c) \quad p_{1.1} > 0 \quad // \quad p_{1.1} = \pi_{1.1} \cdot p_1 \text{ gemäß Axiom A}_{12}$$

$$\Leftrightarrow \pi_{1.1} \cdot p_1 > 0 \quad // \quad \pi_{1.1} \geq 0 \text{ gemäß Axiom A}_{10} \text{ und } p_1 \geq 0 \text{ gemäß Axiom A}_2$$

$$\Leftrightarrow \pi_{1.1} > 0 \text{ und } p_1 > 0$$

Die Bedingung  $\pi_{1.1} > 0$  braucht allerdings nicht zusätzlich vorausgesetzt zu werden, weil sie aus Axiom A<sub>16a</sub> mit „ $\pi_{1.1}$  ... deutlich größer als 0,5“ unmittelbar folgt.

Ein zweites *Problem* tritt hinsichtlich der Behauptung auf, die o.a. zweifache Ungleichung spiegele die Bedeutung der Bedingung  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{opt})$  wieder. Denn die Ungleichung verwendet die schwache Ungleichungsrelation („ $\leq$ “), während die vorgenannte Ungleichung für die Erwartungsnutzen die starke Ungleichungsrelation („ $>$ “) benutzt. Eine Überleitung zwischen diesen beiden *unterschiedlichen* Ungleichungsrelationen, die für eine Bedeutungszuweisung nötig wäre, ist für den hier angesprochenen Fall jedoch nicht ersichtlich. Auf dieses Problem wird ebenso später zurückgekommen, wenn versucht wird zu rekonstruieren, was STICKEL mit der „Bedeutung“ der Bedingung  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{opt})$  gemeint haben könnte.

Th<sub>6</sub>: Falls der Entscheidungsträger *nicht* in die Implementierung eines Informationssystems investiert, beträgt das erwartete Ergebnis bei rationaler Auswahl einer optimalen Handlungsalternative<sup>82)</sup>:

$$E\hat{E}(HA^{opt}) = \max \{ p_1 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1); p_2 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) \}$$

---

82) Theorem Th<sub>6</sub> folgt analog zur Vorgehensweise bei der Herleitung von Theorem Th<sub>1</sub> aus den Axiomen A<sub>6</sub>, A<sub>19</sub> und A<sub>22</sub>. Denn gemäß Axiom A<sub>6</sub> gilt zunächst für die Bewertung von Handlungsalternativen HA<sub>m</sub> in Umweltzuständen Z<sub>n</sub>:

$$\hat{E}(HA_1, Z_2) = \hat{E}_{1.2} = E_{1.2} - E_{1.2} = 0 \quad \text{und} \quad \hat{E}(HA_2, Z_1) = \hat{E}_{2.1} = E_{2.1} - E_{2.1} = 0$$

Setzt man dies in Axiom A<sub>22</sub> ein, so resultiert:

$$E\hat{E}(HA_1) = p_1 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_2 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_2) = p_1 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_2 \cdot 0 = p_1 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1)$$

$$E\hat{E}(HA_2) = p_1 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_1) + p_2 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) = p_1 \cdot 0 + p_2 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) = p_2 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2)$$

Durch Zusammenfassen der beiden voranstehenden Gleichungen folgt für das erwartete Ergebnis einer beliebigen Handlungsalternative HA<sub>m</sub> unmittelbar  $E\hat{E}(HA_m) = p_m \cdot \hat{E}(HA_m, Z_m)$ .

Die optimale Handlungsalternative HA<sup>opt</sup> wird gemäß Axiom A<sub>19</sub> durch  $HA^{opt} = \arg \max \{ EU(HA_m); m \in \{1;2\} \}$  ermittelt. Setzt man darin das zuvor gewonnene Resultat  $E\hat{E}(HA_m) = p_m \cdot \hat{E}(HA_m, Z_m)$  ein, so folgt unmittelbar:

$$HA^{opt} = \arg \max \{ p_m \cdot \hat{E}(HA_m, Z_m); m \in \{1;2\} \}.$$

Daraus ergibt sich wiederum  $E\hat{E}(HA^{opt}) = \max \{ p_1 \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1); p_2 \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) \}$  und somit Theorem Th<sub>6</sub>.

Th<sub>7</sub>: Falls der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert, beträgt das erwartete Ergebnis für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  vereinfacht<sup>83)</sup>:

83) Hier gelten im Prinzip die gleichen Vorbehalte, die an früherer Stelle zum Axiom A<sub>23</sub> vorgetragen wurden. Insbesondere wird hier noch einmal in Erinnerung gerufen, daß sich bei STICKEL (1997), S. 68ff., keine formale Definition des erwarteten Ergebnisses (im Original: der erwarteten Erträge) findet, so daß seine mutmaßlich intendierte Definition des erwarteten Ergebnisses durch ergänzende Auslegung derjenigen Ausführungen erschlossen werden muß, die sich auf S. 70 zum zweiten und dritten Anwendungsszenario seiner Miniaturtheorie finden. Hinzu kommt – wie in einer früheren Fußnote schon angekündigt wurde –, daß es dem Verfasser nicht gelungen ist, aus dem numerischen Beispiel der beiden vorgenannten Anwendungsszenarien eine formale Definition des erwarteten Ergebnisses zu gewinnen, die sich sowohl mit den konkreten Werten des Anwendungsbeispiels als auch mit allen anderen Aspekten der bislang vorgelegten Theorieformulierung (gemeint ist vor allem die Unterstellung der Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$ , die im Zusammenhang mit Axiom A<sub>20</sub> erläutert wurde) konsistent vereinbaren läßt. Daher besteht der Verdacht, daß die hier angeführte Definition den ursprünglichen Intentionen von STICKEL doch nicht gerecht wird. Sollte sich dies nachträglich herausstellen, müßte sie nachträglich entsprechend modifiziert werden.

Ein erstes Problem stellt sich hinsichtlich der Einbeziehung der Informationsbeschaffungskosten K (vgl. dazu auch die Erläuterungen in der zugehörigen Fußnote zu Axiom A<sub>23</sub>). Sie werden im Anwendungsbeispiel bei STICKEL (1997), S. 70, mit  $K = 0,04$  [Geldeinheiten] quantifiziert und erklären exakt die Differenz zwischen den erwarteten Ergebnissen für das zweite und das dritte Anwendungsszenario. Allerdings wurde schon an früherer Stelle darauf hingewiesen, daß schwer nachvollziehbar ist, warum diese Informationsbeschaffungskosten im dritten Anwendungsszenario berücksichtigt werden, im zweiten Anwendungsszenario dagegen offensichtlich noch keine Rolle gespielt haben, obwohl sich *beide* Anwendungsszenarien auf eine – lediglich unterschiedlich große – Investition in ein Informationssystem beziehen. Daher erschiene es allenfalls als plausibel, daß in den beiden Szenarien verschieden hohe Informationsbeschaffungskosten angesetzt werden. Sie würden etwa dann resultieren, wenn in die Kosten K zur Beschaffung einer Prognoseinformation auch Anteile der Einführungs- oder Pflegekosten für das Informationssystem einbezogen werden. Dies ist z.B. bei konventionellen Vollkostenrechnungen der Fall, in denen kalkulatorische Abschreibungen auf das Informationssystem den Nutzungen des Informationssystems anteilig zugerechnet werden. Um die inkohärente Behandlung der Investitionsfälle des zweiten und des dritten Anwendungsszenarios zu vermeiden, wurde bereits in den Erläuterungen zu Axiom A<sub>23</sub> festgelegt, die Informationsbeschaffungskosten grundsätzlich in die Ermittlung des erwarteten Ergebnisses einzubeziehen. Dies gestattet es auch, in einer gegebenenfalls zu ergänzenden Theorievariante für unterschiedlich große Investitionen in Informationstechnik entsprechend unterschiedliche Werte der Informationsbeschaffungskosten K zu verwenden.

Analog zu der Vorgehensweise, die bereits in der Erläuterung zu Theorem Th<sub>2</sub> hinsichtlich der Vereinfachung des Erwartungsnutzens  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  angewandt wurde, läßt sich auch die Vereinfachung des erwarteten Ergebnisses  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2)$  für den Investitionsfall herleiten. Der Übersichtlichkeit halber wird das Prozedere hier nochmals veranschaulicht, und zwar mit den entsprechenden Anpassungen an das jetzt betrachtete erwartete Ergebnis. Dies war zunächst durch Axiom A<sub>23</sub> definiert zu:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = p_{1,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{1,2} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_2) \\ + p_{1,1} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_1) + p_{1,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) - K$$

Da gemäß Axiom A<sub>6</sub> zur Bewertung von Handlungsalternativen  $HA_m$  in Umweltzuständen  $Z_n$  nicht deren Erlöse  $E_{m,n}$  direkt herangezogen werden, sondern die Überschußerlöse  $\hat{E}_{m,n}$  mit  $\hat{E}_{1,n} = E_{1,n} - E_{1,2}$  und  $\hat{E}_{2,n} = E_{2,n} - E_{2,1}$ , gelten:

$$\hat{E}(HA_1, Z_2) = \hat{E}_{1,2} = E_{1,2} - E_{1,2} = 0 \quad \text{und} \quad \hat{E}(HA_2, Z_1) = \hat{E}_{2,1} = E_{2,1} - E_{2,1} = 0$$

Dadurch nimmt das erwartete Ergebnis für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  den nachfolgenden vereinfachten Zwischenwert an:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = p_{1,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{1,2} \cdot 0 + p_{2,2} \cdot 0 \\ + p_{1,1} \cdot 0 + p_{2,1} \cdot 0 + p_{1,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) - K \\ = p_{1,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{2,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{1,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) - K$$

Schließlich ist zu beachten, daß der Entscheidungsträger gemäß Axiom A<sub>17</sub> vollkommenes Vertrauen in die Prognosequalität des Informationssystems besitzt, so daß er bei Vorliegen der Prognoseinformation  $y_2$  ( $y_1$ ) niemals die Handlungsalternative  $HA_1$  ( $HA_2$ ) realisieren würde. Dem widerspricht aber der zweite (dritte) Summand in der zuletzt angeführten Gleichung für den Erwartungsnutzen. Denn einerseits bezieht er sich gemäß Axiom A<sub>12</sub> mit seiner A posteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{2,1} = \pi_{2,1} \cdot p_1$  ( $p_{1,2} = \pi_{1,2} \cdot p_2$ ) auf eine Situation, in das Informationssystem wegen

der bedingten Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,1}$  ( $\pi_{1,2}$ ) die – fehlerhafte - Prognoseinformation  $y_2$  ( $y_1$ ) abgegeben hat, unterstellt aber andererseits im Argument der BERNOULLI-Nutzenfunktion  $U_\alpha$ , daß in derselben Situation trotz dieser Prognoseinformation die Handlungsalternative  $HA_2$  ( $HA_1$ ) realisiert wird. Da diese Situation durch das Axiom  $A_{17}$  ausgeschlossen wird, vereinfacht sich das erwartete Ergebnis für die Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  noch weiter zu:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = p_{1,1} \cdot \hat{E}(HA_1, Z_1) + p_{2,2} \cdot \hat{E}(HA_2, Z_2) - K \quad // \quad (\text{q.e.d.})$$

Ein zweites Problem ergibt sich, wenn die zuvor angeführte vereinfachte Berechnung für das erwartete Ergebnis mit den konkreten numerischen Werten aus dem zweiten und dritten Anwendungsszenario von STICKEL (1997), S. 70, konfrontiert wird.

Zwar läßt sie sich mit dem dritten Anwendungsszenario noch konsistent vereinbaren. Denn mit den allgemeinen Vorgaben  $p_1 = 0,4$  [daraus folgt mit Axiom  $A_4$ :  $p_2 = 0,6$ ],  $\hat{E}(HA_1, Z_1) = 2$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2) = 0,6$ , die aus dem ersten Anwendungsszenario übernommen werden (vgl. S. 69), mit den szenariospezifischen Vorgaben  $K = 0,04$ ,  $\pi_{1,1} = 3/4$  und  $\pi_{2,2} = 11/12$  sowie mit Hilfe der Beziehungen  $p_{1,1} = \pi_{1,1} \cdot p_1$  und  $p_{2,2} = \pi_{2,2} \cdot p_2$  aus Axiom  $A_{12}$  ergibt sich:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (11/12 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 = 0,60 + 0,33 - 0,04 = 0,89$$

Dies stimmt mit dem Wert  $E_4 = 0,89$  von STICKEL exakt überein, wenn berücksichtigt wird, daß in der hier verwendeten Notation  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = E_4$  für das dritte Anwendungsszenario gilt. Dies bestärkt den Verfasser zunächst in seiner Vermutung, daß die vereinfachte Berechnung des erwarteten Ergebnisses so, wie sie in Theorem  $Th_2$  präsentiert wird, die Intentionen STICKELS richtig wiedergibt.

Schwierigkeiten ergeben sich jedoch, wenn das erwartete Ergebnis auf dieselbe Weise für die konkreten numerischen Werte des zweiten Anwendungsszenarios ermittelt wird. Denn mit den szenariospezifischen Vorgaben  $K = 0,04$  (unverändert gegenüber Szenario drei, aber neu gegenüber Szenario eins),  $\pi_{1,1} = 3/4$  (unverändert gegenüber Szenario drei, aber neu gegenüber Szenario eins) und  $\pi_{2,2} = 5/6$  (verändert gegenüber Szenario drei) ergibt sich hier:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (5/6 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 = 0,60 + 0,30 - 0,04 = 0,86$$

Dies weicht auf eklatante Weise von STICKELS Wert  $E_3 = 0,93$  ab, wenn berücksichtigt wird, daß in der hier verwendeten Notation  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = E_3$  für das zweite Anwendungsszenario gilt. Selbst dann, wenn die Informationsbeschaffungskosten  $K = 0,04$  herausgerechnet werden, weil sie von STICKEL im zweiten Anwendungsszenario nicht berücksichtigt werden, verbleibt immer noch eine signifikante Diskrepanz zwischen dem hier berechneten Wert von  $0,86 + 0,04 = 0,90$  für das erwartete Ergebnis und dem von STICKEL präsentierten Wert von  $0,93$ . Der Verfasser vermag sich die Differenz von mindestens  $0,03$  Ergebniseinheiten (bei Berücksichtigung der Informationsbeschaffungskosten sind es sogar  $0,07$  Ergebniseinheiten) nicht zu erklären. Dies konstituiert den Konsistenzmangel seiner ergänzenden Auslegung, den der Verfasser zu Beginn dieser ~~Nutzenfunktion~~ ~~Multiplizität~~ halber werden auch kurz die konkreten numerischen Werte für die Erwartungsnutzen angeführt, die sich aus den voranstehenden Vorgaben für das dritte und das zweite Anwendungsszenario sowie aus dem allgemeinen, nicht szenariospezifischen Risikoparameter  $\alpha = 1$  [vgl. STICKEL (1997), S. 69] ergeben. Diesbezüglich treten keine Abweichungen gegenüber den Resultaten auf, die STICKEL (1997) auf S. 70 präsentiert. Denn mit  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = p_{1,1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2,2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$  gemäß Theorem  $Th_2$  (für die Definition des Erwartungsnutzens im Investitionsfall) und mit  $U_\alpha[\hat{E}(HA_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot \hat{E}_m \cdot n}$  gemäß Axiom  $A_7$  (für die BERNOULLI-Nutzenfunktion) gilt für den Erwartungsnutzen des dritten Anwendungsszenarios mit  $e = 2,718$  als Näherungswert der EULER-Konstante:

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 2}) + (11/12 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 0,6}) \\ &= 0,30 \cdot (1 - 0,1353) + 0,55 \cdot (1 - 0,5488) = 0,5076 \end{aligned}$$

Dies stimmt angenähert mit dem Wert  $0,494$  überein, den STICKEL (1997), S. 70, für den Erwartungsnutzen seines zweiten Anwendungsszenarios aufführt; die geringfügige Diskrepanz von  $0,0136$  könnte auf Rundungsfehlern oder auf einem anderen Näherungswert für die EULER-Konstante beruhen (der Verfasser wird in Kapitel 2.3 aber noch eine andere, von ihm als überzeugend empfundene Interpretation für diese Abweichung liefern). Für den Erwartungsnutzen des zweiten Anwendungsszenarios gilt entsprechend mit der einzig veränderten unabhängigen Variable  $\pi_{2,2} = 5/6$ :

$$EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 2}) + (5/6 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 0,6}) = 0,30 \cdot (1 - 0,1353) + 0,50 \cdot (1 - 0,5488) = 0,4850$$

Dies stimmt sogar exakt mit dem Wert  $0,485$  überein, den STICKEL (1997), S. 70, für den Erwartungsnutzen seines zweiten Anwendungsszenarios angibt.

$$E\hat{E}_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = p_{1.1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_1) + p_{2.2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_2) - K$$

Th<sub>8</sub>: Es gibt mindestens eine zulässige Daten-Konstellation<sup>84)</sup>, die nachfolgende Eigenschaften erfüllt: Sie beschreibt erstens einen Übergang:

- e  
entweder von einem Zustand, in dem der Entscheidungsträger noch nicht in die Implementierung eines Informationssystems investiert hatte, zu einem Folgezustand, in dem der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert hat (Zustandsübergang erster Art)<sup>85)</sup>,
- o  
oder von einem Zustand, in dem vom Entscheidungsträger bereits eine geringere Investition in die Implementierung eines Informationssystems vorgenommen worden war, zu einem Folgezustand, in dem der Entscheidungsträger für sein Informationssystem eine Erweiterungs- oder Verbesserungsinvestition vorgenommen hat (Zustandsübergang zweiter Art)<sup>86)</sup>.

Zweitens *nimmt* beim Zustandsübergang der *Erwartungsnutzen* des Entscheidungsträgers *zu*, so daß er sich bei rationalem – nutzenmaximierendem - Verhalten für diesen Zustandsübergang entscheidet, *obwohl* das *erwartete Ergebnis* bei demselben Zustandsübergang *zurückgeht*<sup>87)</sup>.

Das zuletzt angeführte Theorem Th<sub>8</sub> stellt die *zentrale Aussage* von STICKELS Miniaturtheorie dar. Denn dieses Theorem liefert die *theoretisch fundierte Begründung* dafür, daß mindestens eine Daten-Konstellation auftreten kann, in der das *Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik* erfüllt ist.

---

84) Unter einer Daten-Konstellation wird hier eine Belegung aller unabhängigen Variablen, die in der Theorieformulierung verwendet wurden, mit jeweils einem konkreten numerischen Wert verstanden. Zu den unabhängigen Variablen werden auch die Werte einer Funktion gerechnet, wenn der Definitions- und der Wertebereich dieser Funktion jeweils endlich sind und die Abbildungsvorschrift der Funktion durch die Aufzählung der jeweils einander zugeordneten Argumente- und Wertepaare spezifiziert wird. (Dies trifft hier für die Erlösfunktion E zu.)

Alle abhängigen Variablen werden durch die Belegung aller unabhängigen Variablen implizit mitbestimmt, weil ihre Werte durch die Axiome (und Theoreme) der Theorie bei vorgegebenen Werten für alle unabhängigen Variablen vollständig determiniert sind. Eine Daten-Konstellation heißt genau dann zulässig, wenn durch ihre Variablenbelegung alle Axiome (und Theoreme) der Theorie erfüllt sind.

In der hier vorliegenden Miniaturtheorie zur Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik sind folgende unabhängige Variablen mit jeweils einem konkreten numerischen Wert zu belegen:  $E(\text{HA}_1, Z_1)$ ,  $E(\text{HA}_1, Z_2)$ ,  $E(\text{HA}_2, Z_1)$ ,  $E(\text{HA}_2, Z_2)$ ,  $p_1$  (oder alternativ  $p_2$ ),  $\pi_{1.1}$  (oder alternativ  $\pi_{2.1}$ ),  $\pi_{2.2}$  (oder alternativ  $\pi_{1.2}$ ) und  $\alpha$ . Alternativ zu den Belegungen der unabhängigen Variablen  $E(\text{HA}_1, Z_1)$ ,  $E(\text{HA}_1, Z_2)$ ,  $E(\text{HA}_2, Z_1)$  und  $E(\text{HA}_2, Z_2)$  können auch direkt die Belegungen der abhängigen Variablen  $\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)$  vorgegeben werden, weil die abhängigen Variablen  $\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)$  und  $\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)$  nach der Transformation der Erlöse in die Überschüßerlöse notwendig den Wert Null besitzen. Diese Alternative nutzt STICKEL (1997), S. 69f., bei der Spezifizierung seiner drei Anwendungsszenarien. Der Verfasser bevorzugt aber die erstgenannte Vorgehensweise, zunächst die unabhängigen Variablen  $E(\text{HA}_1, Z_1)$ ,  $E(\text{HA}_1, Z_2)$ ,  $E(\text{HA}_2, Z_1)$  und  $E(\text{HA}_2, Z_2)$  mit konkreten numerischen Werten zu belegen und erst daraus die abhängigen Variablen  $\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)$ ,  $\hat{E}(\text{HA}_1, Z_2)$ ,  $\hat{E}(\text{HA}_2, Z_1)$  und  $\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)$  abzuleiten, weil dadurch das Prinzip einer Daten-Konstellation, zunächst die Belegungen aller unabhängigen Variablen festzulegen, gewährt wird.

85) Diesen Zustandsübergang erster Art betrachtet STICKEL (1997), S. 69f., hinsichtlich des Übergangs vom ersten zum zweiten Anwendungsszenario seiner Miniaturtheorie.

86) Diesen Zustandsübergang zweiter Art betrachtet STICKEL (1997), S. 70f., hinsichtlich des Übergangs vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario seiner Miniaturtheorie.

87) Auf die Herleitung der Gültigkeit des Theorems Th<sub>8</sub> wird im Exkurs des nachfolgenden Kapitels 2.3 eingegangen.

Dies gilt zumindest dann, wenn das erwartete Ergebnis in der Art, wie es in der voranstehenden Miniaturtheorie definiert wurde, als eine Maßgröße für die Produktivität von Investitionen in Informationstechnik akzeptiert wird<sup>88)</sup>. Denn unter dieser Voraussetzung kann der wesentliche Gehalt von Theorem Th<sub>8</sub> auch auf folgende Weise paraphrasiert werden: Es gibt mindestens einen Übergang von einem Zustand mit geringeren Investitionen in Informationstechnik zu einem Zustand mit höheren Investitionen in Informationstechnik<sup>89)</sup>, für den sich ein rationaler, nutzenmaximierender Entscheidungsträger entscheidet, weil sein *Erwartungsnutzen* durch den Zustandsübergang *vergrößert* wird, *obwohl* sich durch diesen Zustandsübergang die *Produktivität* der Investitionen in Informationstechnik *verringert*.

---

88) Es könnte durchaus darüber gestritten werden, ob es zulässig ist, das erwartete Ergebnis als eine Produktivitätsgröße zu behandeln. Ausgangspunkt einer solchen Debatte sollte nach Ansicht des Verfassers eine möglichst breit akzeptierte Ausdeutung des ökonomischen Produktivitätsbegriffs sein. Unter Produktivität wird im allgemeinen eine Relation zwischen Input- und Outputgrößen aufgefaßt. Hinsichtlich der Frage, wie diese Input/Output-Relation konkret spezifiziert wird, existiert in der einschlägigen Fachliteratur eine Fülle unterschiedlicher Antworten. Sie lassen sich aber (nahezu) immer einer der beiden Alternativen zuordnen, das relationale Verhältnis zwischen Input- und Outputgrößen entweder durch eine Differenz oder aber durch einen Quotienten wiederzugeben. Damit läßt sich das erwartete Ergebnis durchaus vereinbaren. Denn es wurde in der oben entfalteten Miniaturtheorie einerseits anhand der Erlöse und der daraus abgeleiteten Überschußerlöse (als Outputgrößen) und der Informationsbeschaffungskosten (als Inputgröße) berechnet. Daher kann das erwartete Ergebnis ohne Schwierigkeiten als ein Produktivitätsmaß angesehen werden, das dem allgemein akzeptierten ökonomischen Begriffsverständnis in seiner Differenzvariante gerecht wird. Infolgedessen sieht er es als gerechtfertigt an, das erwartete Ergebnis als eine Maßgröße für die Produktivität von Informationen in Informationstechnik zu behandeln.

89) In dieser Formulierung werden die beiden Zustandsübergänge erster und zweiter Art zusammengefaßt, die sich aus STICKELS Theorieformulierung zwar zwangsläufig ergeben, aber für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik nicht unbedingt erforderlich sind.

## 2.3 Exkurs zur zentralen Aussage der Miniaturtheorie

Die zentrale Aussage von STICKELS Miniaturtheorie stellt das Theorem Th<sub>8</sub> dar, aus dem sich – wie zuvor dargelegt wurde – das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik gewinnen läßt. STICKEL leitet die Gültigkeit dieses Theorems<sup>90)</sup> anhand des Anwendungsbeispiels für seine Miniaturtheorie her, das er mit der Hilfe von drei Anwendungsszenarien entfaltet<sup>91)</sup>. Dabei führt der Übergang vom ersten zum zweiten Anwendungsszenario zu einem Zustandsübergang erster Art und der Übergang vom zweiten zum dritten Szenario zu einem Zustandsübergang zweiter Art.

Der Zustandsübergang erster Art liefert im Anwendungsbeispiel STICKELS noch keine Bestätigung für die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub>, weil beim Übergang vom ersten Anwendungsszenario<sup>92)</sup> zum zweiten Anwendungsszenario<sup>93)</sup> der Erwartungsnutzen *und* das erwartete Ergebnis *gleichsinnig* zunehmen. Der Zustandsübergang zweiter Art bestätigt hingegen die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub>, weil beim Übergang vom zweiten Anwendungsszenario<sup>94)</sup> zum dritten Anwendungsszenario<sup>95)</sup> der Erwartungsnutzen *ansteigt*, das erwartete Ergebnis jedoch *sinkt*.

Diese Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> – und somit auch der theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik<sup>96)</sup> – gilt allerdings nur insofern, als der Korrektheit der Berechnungen des Anwendungsbeispiels für den Zustandsübergang zweiter Art zugestimmt wird. Da der Verfasser nicht alle Berechnungen des Anwendungsbeispiels nachvollziehen konnte<sup>97)</sup> und die fehlende formale Definition für das erwartete Ergebnis durch eine ergänzende inhaltliche Auslegung „überbrücken“ mußte, sieht er sich an dieser Stelle zu keinem abschließenden Urteil hinsichtlich der Berechnungskorrektheit in der Lage. Dies ist hier aber auch nicht notwendig, weil *nicht* die *inhaltliche Richtigkeit* von STICKELS theoretischer Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik im Zentrum des vorgelegten Beitrags steht, sondern die Diskussion der *Theorieformulierung* aus den Blickwinkeln von *Formalisierung* und *Strukturierung*. Daher mögen einige wenige Randbemerkungen zur inhaltlichen Richtigkeit ausreichen, die gewisse Zweifel nahelegen, aber in anderen, ausführlicheren Arbeiten vertieft oder widerlegt werden müßten.

In den Anmerkungen zu Theorem Th<sub>7</sub> wurden für Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis des zweiten Anwendungsszenarios die Werte  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = 0,4850$  bzw.  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = 0,86$  ermittelt. Entsprechend wurden für Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis des dritten Anwendungsszenarios die Werte  $EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = 0,5076$  bzw.  $E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = 0,89$  berechnet. Diese Resultate widersprechen zunächst einer Bestätigung von Theorem Th<sub>8</sub> durch den zuvor angesprochenen Zustandsübergang zweiter Art vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario. Denn

90) Strenggenommen erstrecken sich die Ausführungen STICKELS nicht auf das Theorem Th<sub>8</sub>, sondern auf das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik. Aber das Theorem Th<sub>8</sub> wurde hier in so enger Anlehnung an die Argumentation von STICKEL aufgestellt, daß sich seine Ausführungen unmittelbar auf die Überprüfung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> übertragen lassen.

91) Vgl. STICKEL (1997), Kapitel 3.2 auf S. 69ff.

92) Hier wird die Investition in ein Informationssystem unterlassen.

93) Dort erfolgt die Investition in ein Informationssystem.

94) Es erfolgt eine Investition in ein Informationssystem, die jedoch geringer ausfällt, als es im dritten Anwendungsszenario der Fall ist.

95) Es erfolgt eine zusätzliche Investition in das bereits vorhandene Informationssystem, so daß die Gesamtinvestition in das Informationssystem nach seiner Aufrüstung größer als im zweiten Anwendungsszenario ist.

96) Vgl. dazu die Rückführung dieses Paradoxons auf das Theorem Th<sub>8</sub>, die am Ende des voranstehenden Kapitels erfolgte.

97) Dies wurde in voranstehenden Fußnoten anlässlich der Erläuterungen der Axiome und Theoreme aus STICKELS Miniaturtheorie an den jeweils betroffenen Orten angedeutet.

der Erwartungsnutzen steigt von 0,4850 auf 0,5076 an (konform zu Theorem Th<sub>8</sub>), jedoch nimmt auch das erwartete Ergebnis von 0,86 auf 0,89 zu (im Widerspruch zu Theorem Th<sub>8</sub>).

Zwar ließe sich einwenden, daß von STICKEL im zweiten Anwendungsszenario die Informationsbeschaffungskosten  $K = 0,04$  nicht berücksichtigt werden, so daß nach Herausrechnung ihres ergebnismindernden Effekts das erwartete Ergebnis des zweiten Anwendungsszenarios von 0,86 auf 0,90 vergrößert wird. Nach dieser „Korrektur“ geht das erwartete Ergebnis beim hier betrachteten Zustandsübergang zweiter Art – in Übereinstimmung mit Theorem Th<sub>8</sub> – tatsächlich von 0,90 auf 0,89 zurück.

Dies wäre aber nach Ansicht des Verfassers nur eine *Scheinbestätigung* von Theorem Th<sub>8</sub>. Denn der Rückgang des erwarteten Ergebnisses kommt lediglich dadurch zustande, daß im dritten Anwendungsszenario Informationsbeschaffungskosten berücksichtigt werden, während dies im zweiten Anwendungsszenario unterbleibt, obwohl beide Anwendungsszenarien darin *übereinstimmen*, daß in ihnen jeweils in die Implementierung eines Informationssystems *investiert* wird. Daher erscheint es dem Verfasser *inkonsistent*, die beiden Anwendungsszenarien insofern unterschiedlich zu behandeln, als im dritten Szenario Informationsbeschaffungskosten angesetzt werden, im zweiten jedoch nicht. Statt dessen könnte nach Ansicht des Verfassers eine *stringente Bestätigung* der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> nur auf eine der beiden nachfolgend angeführten Weisen zustande kommen (so lange der Miniaturtheorie von STICKEL grundsätzlich gefolgt wird).

*Entweder* wird ein *Zustandsübergang erster Art* betrachtet. Dann ist es gerechtfertigt, beim Übergang von einem Zustand ohne Investition in Informationstechnik zu einem Zustand mit Investition in Informationstechnik zwischen der Nichterfassung (im ersten Zustand) zur Erfassung (im zweiten Zustand) von Informationsbeschaffungskosten zu wechseln. Dies würde jedoch im Anwendungsbeispiel STICKELS dem Übergang vom ersten zum zweiten Anwendungsszenario entsprechen. Da seine konkreten numerischen Vorgaben für diesen Zustandsübergang erster Art *keinen* Rückgang des erwarteten Ergebnisses liefern, scheidet sein Anwendungsbeispiel für eine Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> aus<sup>98)</sup>.

*Oder* es wird ein *Zustandsübergang zweiter Art* untersucht. Dann müßten Informationsbeschaffungskosten für beide Zustände angesetzt werden, zwischen denen der betrachtete Übergang erfolgt. Denn in beiden Zuständen wurde in Informationstechnik investiert; sie unterscheiden sich lediglich hinsichtlich des Ausmaßes ihrer Investitionen in die Implementierung eines Informationssystems.

Zunächst könnte davon ausgegangen werden, daß die Informationsbeschaffungskosten der Höhe nach differieren, weil die unterschiedlichen Investitionsbeträge zu verschiedenen hohen Nutzungskosten der implementierten Informationssysteme führen. Auf diese Weise müßte es möglich sein, die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> durch ein entsprechend konstruiertes Anwendungsbeispiel zu bestätigen<sup>99)</sup>. Im Prinzip könnte sogar schon das Anwendungsbeispiel, das STICKEL für seine Miniaturthe-

---

98) Dessen ungeachtet ließe sich natürlich nach einem anderen Anwendungsbeispiel forschen, von dem das Theorem Th<sub>8</sub> hinsichtlich eines Zustandsübergangs erster Art erfüllt wird. Dies ist aber nicht die Aufgabe des hier vorgelegten Beitrags.

99) Wenn der früher vorgetragenen Anregung des Verfassers gefolgt würde, die Informationsbeschaffungskosten nicht nur bei der Berechnung des erwarteten Ergebnisses, sondern ebenso bei der Berechnung des Erwartungsnutzens zu berücksichtigen, empfiehlt es sich, zur Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> für einen Zustandsübergang zweiter Art zwei Fälle zu unterscheiden.

Einerseits wäre es möglich, die Informationsbeschaffungskosten sowohl beim erwarteten Ergebnis als auch beim (Netto-)Erwartungsnutzen lediglich zu subtrahieren. In diesem Fall könnten sie niemals die gegenläufige Entwicklung von erwartetem Ergebnis und Erwartungsnutzen gemäß Theorem Th<sub>8</sub> bei einem Zustandsübergang zweiter Art erklären, weil sich die Subtraktion der unterschiedlichen Informationsbeschaffungskosten, die vor bzw. nach dem Zustandsübergang in Rechnung gestellt werden, auf das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen in jeweils derselben Weise auswirken: Sowohl das erwartete Ergebnis als auch der Erwartungsnutzen würden jeweils um dieselbe Differenz zwischen den Informationsbeschaffungskosten vor und nach dem Zustandsübergang erhöht

orie präsentiert hat, hinsichtlich des Übergangs vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario als ein solches bestätigendes Beispiel angesehen werden<sup>100)</sup>. Allerdings müßte es dann in der Weise ergänzend ausgelegt werden, daß die Informationsbeschaffungskosten im zweiten Anwendungsszenario nicht – wie bisher angenommen – unberücksichtigt bleiben, sondern in der speziellen Höhe von  $K = 0$  angesetzt werden. In diesem speziellen Fall wäre es tatsächlich gelungen, einen Rückgang des erwarteten Ergebnisses trotz vergrößerten Erwartungsnutzens bei einem Zustandsübergang zweiter Art nachzuweisen<sup>101)</sup>. Damit läge bereits eine Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> vor; und das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik wäre theoretisch begründet worden.

---

oder verringert, so daß eine gegenläufige Entwicklung von erwartetem Ergebnis und Erwartungsnutzen ausgeschlossen ist.

Andererseits ließe sich durchaus vorstellen, die Informationsbeschaffungskosten bei der Berechnung des Erwartungsnutzens auf eine andere als rein subtraktive Weise zu berücksichtigen. Dazu könnte auf die BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}$  zurückgegriffen werden, die in einer früheren Fußnote präsentiert wurde. Bei ihrer Anwendung werden die Informationsbeschaffungskosten im Exponenten der EULER-Konstante erfaßt, so daß sie einen *nicht-linearen* Einfluß auf die Entwicklung des Erwartungsnutzens ausüben. Dagegen würden die Informationsbeschaffungskosten bei der Ermittlung des erwarteten Ergebnisses weiterhin subtrahiert, so daß sie dessen Entwicklung bei einem Zustandsübergang zweiter Art in *linearer* Weise beeinflussen. Aufgrund dieser Diskrepanz zwischen dem nicht-linearen bzw. linearen Einfluß der Informationsbeschaffungskosten auf Erwartungsnutzen bzw. erwartetes Ergebnis müßte es ohne prinzipielle Schwierigkeiten möglich sein, die gegenläufige Entwicklung von erwartetem Ergebnis und Erwartungsnutzen gemäß Theorem Th<sub>8</sub> für einen Zustandsübergang zweiter Art herzuweisen. Aber dies wäre anhand einer konkreten formalsprachlichen Spezifizierung der Einbeziehung von Informationsbeschaffungskosten in die Berechnung von erwartetem Ergebnis oder Erwartungsnutzen und eines geeignet konstruierten Anwendungsbeispiels erst noch nachzuweisen.

- 100) Es wird hier bewußt im Konjunktiv formuliert, weil der Verfasser – wie auch nachfolgend nochmals verdeutlicht wird – nicht davon ausgeht, daß STICKEL seine Argumentation auf einen *reinen* Kosteneffekt gründen möchte. Darauf wird in Kürze zurückgekommen.
- 101) Denn mit den Vorgaben aus dem Anwendungsbeispiel von STICKEL (1997), S. 69f., auf die bereits in den Erläuterungen zu Theorem Th<sub>7</sub> näher eingegangen wurde, ergeben sich nun für das zweite Anwendungsszenario mit den szenariospezifischen Informationsbeschaffungskosten  $K = 0$  folgende Werte für das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (5/6 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 = 0,60 + 0,30 - 0 = 0,90$$

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 2}) + (5/6 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 0,6}) \\ &= 0,30 \cdot (1 - 0,1353) + 0,50 \cdot (1 - 0,5488) \\ &= 0,4850 \end{aligned}$$

Für das dritte Anwendungsszenario resultieren hingegen aus den szenariospezifischen Informationsbeschaffungskosten  $K = 0,04$  folgende Werte für das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen:

$$\begin{aligned} E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (11/12 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 \\ &= 0,60 + 0,33 - 0,04 \\ &= 0,8900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 2}) + (11/12 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot 0,6}) \\ &= 0,30 \cdot (1 - 0,1353) + 0,55 \cdot (1 - 0,5488) \\ &= 0,5076 \end{aligned}$$

Beim Zustandsübergang zweiter Art vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario erhöht sich also der Erwartungsnutzen von 0,4850 auf 0,5076, während das erwartete Ergebnis von 0,90 auf 0,89 zurückgeht (q.e.d.).

Allerdings vermutet der Verfasser, daß STICKELS grundsätzliche Idee zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik nicht auf dem bloßen Effekt unterschiedlich hoher Informationsbeschaffungskosten beruhte<sup>102)</sup>. Denn das Produktivitätsparadoxon läßt sich für zwei alternative Investitionen in Informationstechnik ohne große Mühen bestätigen, wenn die zugehörigen, alternativenspezifischen Informationsbeschaffungskosten nur hinreichend unterschiedlich festgelegt werden<sup>103)</sup>. Da eine solche simple, rein kostenorientierte Bestätigung des Produktivitätsparadoxons vermutlich nicht dem Begründungsansatz von STICKEL gerecht wird, wird sie nachfolgend nicht mehr weiter beachtet.

Wenn also der Rückgang des erwarteten Ergebnisses für einen Zustandsübergang zweiter Art *unabhängig* von den Informationsbeschaffungskosten erklärt werden soll, dann müßte dies allein anhand der Berechnungsformeln für das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen möglich sein. In beiden Zuständen, zwischen denen der betrachtete Übergang zweiter Art stattfindet, erfolgen Investitionen in die Implementierung eines Informationssystems. Daher gelten für beide Zustände die Berechnungsformeln für das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen, die in den Theoremen Th<sub>2</sub> und Th<sub>7</sub> aufgeführt wurden:

$$\begin{aligned} EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \\ E\hat{E}_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= p_{1.1} \cdot \hat{E}(\text{HA}_1, Z_1) + p_{2.2} \cdot \hat{E}(\text{HA}_2, Z_2) - K \end{aligned}$$

Mit Hilfe der Beziehung  $p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n$  aus Axiom A<sub>12</sub> folgt daraus:

$$\begin{aligned} EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= \pi_{1.1} \cdot p_1 U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + \pi_{2.2} \cdot p_2 U_{\alpha}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \\ E\hat{E}_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) &= \pi_{1.1} \cdot p_1 \hat{E}(\text{HA}_1, Z_1) + \pi_{2.2} \cdot p_2 \hat{E}(\text{HA}_2, Z_2) - K \end{aligned}$$

- 
- 102) Für diese Vermutung spricht, daß STICKEL in seinem Anwendungsbeispiel beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario, der als Zustandsübergang zweiter Art das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik begründen soll, nicht nur die Informationsbeschaffungskosten erhöht (sofern der o.a. Interpretation seines Anwendungsbeispiels gefolgt wird). Vielmehr vergrößert er auch die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2.2}$  und somit die Prognosequalität des aufgerüsteten Informationssystems. STICKEL argumentiert also nicht aufgrund eines *reinen* Kosteneffekts, sondern berücksichtigt in seiner Argumentation auch eine *qualitative* Verbesserung der Entscheidungsgrundlage des Entscheidungsträgers durch verstärkte Investition in Informationstechnik. Allerdings wird in Kürze herausgearbeitet werden, daß die kostenbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons sich bei näherer Betrachtung nicht auf einen reinen Kosteneffekt beschränken kann, sondern zumindest eine „marginale“ Variation bedingter Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  einbeziehen muß, um stichhaltig zu sein. Auf die daraus resultierenden Schwierigkeiten, die „kostenbezogene“ Begründung des Produktivitätsparadoxons von anderen, weiterreichenden Begründungsansätzen präzise abzugrenzen, wird später zurückgekommen.
- 103) Beispielsweise bereitet es keine Schwierigkeiten, Daten-Konstellationen so vorzugeben, daß eine höhere Investition in Informationstechnik einerseits durch Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  für korrekte ( $n^* = n$ ) oder fehlerhafte ( $n^* \neq n$ ) Prognoseinformationen nur zu einer marginalen Vergrößerung der Prognosequalität führt, andererseits jedoch - vor allem über eine Verrechnung der höheren Investitionskosten auf die Nutzungen des aufgerüsteten Informationssystems - einen massiven Anstieg der Informationsbeschaffungskosten bewirkt. Erstes induziert einen lediglich marginalen Anstieg des Erwartungsnutzens, reicht aber aus, um den Entscheidungsträger dazu zu bewegen, die höhere Investition in Informationstechnik zu bevorzugen. Zweites belastet hingegen das erwartete Ergebnis dieser höheren Investition. Daher braucht der Anstieg der Informationsbeschaffungskosten lediglich so groß gewählt zu werden, daß er im erwarteten Ergebnis den positiven Effekt der höheren Prognosequalität überkompensiert. Dann fällt das erwartete Ergebnis insgesamt geringer aus als bei der Alternative, eine geringere Investition in Informationstechnik durchzuführen, und das Produktivitätsparadoxon ist bestätigt. Diese Bestätigung ist ohne große Mühen zu erreichen, weil die Informationsbeschaffungskosten  $K$  eine *unabhängige* Variable in der Miniaturtheorie STICKELS darstellen und daher beim Übergang von der geringeren zur höheren Investition in Informationstechnik *beliebig* erhöht werden können, ohne daß Nebeneffekte bei anderen Theoriekomponenten auftreten können. (Dies gilt zumindest so lange, wie die Informationsbeschaffungskosten nicht in der Berechnung des Erwartungsnutzens erfaßt werden.) Daher wäre es in der Tat ein simples Unterfangen, auf diese Weise das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik zu begründen.

Da die Erlösüberschüsse  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$  sich beim Zustandsübergang zweiter Art ebensowenig ändern wie die Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$ , kann eine gegenläufige Entwicklung des erwarteten Ergebnisses und des Erwartungsnutzens bei einem Zustandsübergang zweiter Art nur dadurch eintreten, daß die zwei bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  *gegenläufig* verändert werden. Dies gilt zumindest dann, wenn – wie es in STICKELS Theorieformulierung anscheinend präsupponiert wird<sup>104)</sup> – die Erlösüberschüsse  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$  sowie die hiervon abhängigen Werte  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$  und  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$  der BERNOULLI-Nutzenfunktion sowie die Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$  für die beiden Umweltzustände  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  immer positiv sind. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich aus den beiden o.a. Berechnungsformeln durch unmittelbare Anschauung<sup>105)</sup>, daß bei gleichsinniger Veränderung der zwei bedingten Wahrscheinlichkeiten das erwartete Ergebnis und der Erwartungsnutzen entweder beide gemeinsam ansteigen oder aber beide gemeinsam fallen müssen. Gleiches gilt, wenn nur eine der zwei bedingten Wahrscheinlichkeiten verändert wird, während die jeweils andere konstant bleibt.

Folglich läßt sich die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> unter den zuvor erläuterten Voraussetzungen durch einen Zustandsübergang der zweiten Art allenfalls nur dann bestätigen, wenn er so konstruiert wird, daß die zwei bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  gegenläufig verändert werden. Dann könnte man sich vorstellen, daß die entgegengesetzten Veränderungen von  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  wegen des nicht-linearen Einflusses der BERNOULLI-Nutzenfunktion auf den Erwartungsnutzen, der hinsichtlich des erwarteten Ergebnisses nicht existiert, derart zusammenwirken, daß der Erwartungsnutzen ansteigt, während das erwartete Ergebnis abnimmt. Dies wäre die gesuchte Bestätigung für die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> durch einen Zustandsübergang zweiter Art.

Hiergegen kann aber immer noch eingewendet werden, daß ein Zustandsübergang zweiter Art wenig plausibel erscheint, wenn er mit einer gegenläufigen Veränderung der zwei bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  verknüpft sein soll. Dieser Fall würde nämlich bedeuten, daß der Entscheidungsträger in die „Aufrüstung“ eines Informationssystems investiert, obwohl sich nur ein Indikator für die Prognosequalität des Informationssystems verbessert (Ansteigen der bedingten Wahrscheinlichkeit entweder  $\pi_{1,1}$  oder  $\pi_{2,2}$ ), während sich der andere verschlechtert (Absinken der jeweils anderen bedingten Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$  bzw.  $\pi_{1,1}$ ). Wider dieses Plausibilitätsargument läßt sich jedoch vortragen, daß eine solche zusätzliche Investition in ein bereits bestehendes Informationssystem zwar kontraintuitiv wirken mag, aber dennoch rational gerechtfertigt ist, solange der Gesamteffekt der beiden gegenläufig veränderten bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  zu

104) Vgl. vor allem die konkreten numerischen Werte in seinem Anwendungsbeispiel auf S. 69ff.

105) Statt dessen wäre es auch möglich, sowohl das erwartete Ergebnis als auch den Erwartungsnutzen als die Werte von zwei Funktionen aufzufassen, die in Abhängigkeit von den bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$ , den Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$  sowie den Erlösüberschüssen  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$  – und im Fall des erwarteten Ergebnisses auch noch in Abhängigkeit von den Informationsbeschaffungskosten  $K$  – als unabhängigen Variablen definiert sind. Alsdann wären die ersten partiellen Ableitungen der Ergebnis- und der Erwartungsnutzen-Funktion nach  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  zu bilden und zu zeigen, daß sich diese Ableitungen hinsichtlich ihres Vorzeichens nicht unterscheiden. Diese Anforderung ist hier erfüllt, denn mittels einiger weniger trivialer Ableitungsschritte ergibt sich unter der o.a. Voraussetzung, daß sowohl die Erlösüberschüsse  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$  als auch die hiervon abhängigen Werte  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$  und  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$  der BERNOULLI-Nutzenfunktion sowie die Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$  immer positiv sind:

$$\begin{aligned}
 & EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) = \pi_{1,1} \cdot p_1 U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + \pi_{2,2} \cdot p_2 U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \\
 \Rightarrow & \text{a) } \delta EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) / \delta \pi_{1,1} = p_1 U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > 0 \\
 & \text{b) } \delta EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) / \delta \pi_{2,2} = p_2 U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0 \\
 & E\hat{E}_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) = \pi_{1,1} \cdot p_1 \hat{E}(HA_1, Z_1) + \pi_{2,2} \cdot p_2 \hat{E}(HA_2, Z_2) - K \\
 \Rightarrow & \text{a) } \delta E\hat{E}_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) / \delta \pi_{1,1} = p_1 \hat{E}(HA_1, Z_1) > 0 \\
 & \text{b) } \delta E\hat{E}_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) / \delta \pi_{2,2} = p_2 \hat{E}(HA_2, Z_2) > 0
 \end{aligned}$$

einer Erhöhung des Erwartungsnutzens für das aufgerüstete Informationssystem führt. Dieser Einwand ist nach Einschätzung des Verfassers stichhaltig, so daß es mittels gegenläufig veränderter bedingter Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  in der Tat möglich sein müßte, die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> zu bestätigen.

Allerdings bezieht sich STICKELS Anwendungsbeispiel für einen Zustandsübergang zweiter Art *nicht* auf die zuvor skizzierte Bestätigungsmöglichkeit. Denn variiert (präziser: erhöht) wird nur die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$ , die sich beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario vom Wert 5/6 auf den Wert 11/12 vergrößert. Hierin spiegelt sich wider, daß die Prognosequalität des implementierten Informationssystems durch die zusätzliche Investition, die im dritten Anwendungsszenario erfolgt, gegenüber dem zweiten Anwendungsszenario erhöht wird. Aber die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{1,1}$  behält ihren konstanten Wert von 0,75. Daher kann *dieses* numerische Beispiel aufgrund des Vorhergesagten die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> *nicht* bestätigen.

Dieser offensichtliche Widerspruch zwischen den Konklusionen STICKELS und des Verfassers könnte immerhin auch dadurch aufgelöst werden, daß mindestens eine der nachfolgend genannten vier Optionen - oder eine weitere, vom Verfasser übersehene Option - zutrifft:

- STICKEL gründet seine Beweisführung, entgegen der oben geäußerten Vermutung, doch lediglich auf eine Variation der Informationsbeschaffungskosten bei einem Zustandsübergang zweiter Art.
- STICKEL setzt implizit voraus, daß mindestens eine der vier Größen  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$ ,  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$ ,  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$  und  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$  nicht-positiv, im Zweifelsfall sogar negativ ist<sup>106</sup>.
- STICKEL meint gar keinen Zustandsübergang zweiter, sondern einen Zustandsübergang erster Art<sup>107</sup>.
- Der Verfasser hat in den Theoremen Th<sub>2</sub> und Th<sub>7</sub> sowie in den Axiomen, die diesen beiden Theoremen zugrunde liegen, die Berechnungen des erwarteten Ergebnisses und des Erwartungsnutzens nicht so wiedergegeben, wie sie von STICKEL in seinem Beitrag aus dem Jahr 1997 intendiert waren.

Der Verfasser hegt die Vermutung, daß STICKELS Begründungsansatz für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik letztlich auf eine Kombination der vorgenannten Optionen – mit Ausnahme der zweiten Option – hinausläuft. Unabhängig davon, ob ein Zustandsübergang erster oder zweiter Art erfolgt<sup>108</sup>, wird eine Investition in Informationstechnik<sup>109</sup> betrachtet, mit der *zwei gegenläufige Effekte* verknüpft sind:

---

106) Das läßt sich allerdings nicht mit seinem Anwendungsbeispiel in Kapitel 3.2 vereinbaren.

107) Dann müßte sein Anwendungsbeispiel jedoch entsprechend umformuliert werden.

108) Dadurch wird auf die zweite Option zurückgegriffen, daß auch ein Zustandsübergang erster Art gemeint sein kann.

109) Zur Vereinfachung der Diktion werden in der nachfolgenden Argumentation die zwei verschiedenartigen Zustandsübergänge aus der Miniaturtheorie von STICKEL zu nur noch einem Übergang zusammengefaßt: Die Investition in Informationstechnik kann sich sowohl auf die Neueinführung eines Informationssystems als auch auf die Aufrüstung eines bereits vorhandenen Informationssystems erstrecken. Im ersten Fall bedeutet die Unterlassungsalternative der Nichtinvestition, daß der Entscheidungsträger bei seinen Entscheidungen auf die Unterstützung durch ein (Automatisches) Informationssystem verzichtet. Im zweiten Fall bedeutet die Unterlassungsalternative der Nichtinvestition, daß es der Entscheidungsträger bei der früheren – geringeren – Investition in ein bereits vorhandenes Informationssystem beläßt und hierdurch auf die zusätzliche Investition in ein leistungsfähigeres Informationssystem verzichtet. Dann entspricht der erste Fall einem Zustandsübergang erster Art, während der zweite Fall mit einem Zustandsübergang zweiter Art korrespondiert.

- ⇓ Einerseits werden die Informationsbeschaffungskosten  $K$  erhöht<sup>110)</sup>. Dies wirkt sich im Vergleich zur Unterlassungsalternative zumindest auf das erwartete Ergebnis (vgl. Theorem Th<sub>2</sub>), unter Umständen aber auch auf den Erwartungsnutzen der Investition (vgl. Theorem Th<sub>7</sub>)<sup>111)</sup> negativ aus.
- ⇑ Andererseits erhöht die Investition die Prognosequalität des implementierten Informationssystems durch eine Vergrößerung der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  für korrekte Prognoseinformationen (mit  $n^* = n$ )<sup>112)</sup>, die zwangsläufig von einer komplementären Verkleinerung der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen (mit  $n^* \neq n$ )<sup>113)</sup> begleitet wird<sup>114)</sup>. Dies wirkt sich sowohl auf den Erwartungsnutzen als auch auf das erwartete Ergebnis positiv aus (vgl. Theorem Th<sub>2</sub> bzw. Th<sub>7</sub>).

Hinzu kommt, daß die Ergebnisse  $\hat{E}(HA_m, Z_n)$  von Handlungsalternativen  $HA_m$  und Umweltzuständen  $Z_n$  die Berechnung des erwarteten Ergebnisses unmittelbar in linearer Weise beeinflussen (vgl. Theorem Th<sub>2</sub>), sich auf die Berechnung des Erwartungsnutzens mittels der BERNOULLI-Nutzenfunktion jedoch in nicht-linearer Weise auswirken (vgl. Theorem Th<sub>7</sub>). Sofern die Informationsbeschaffungskosten auch in die Berechnung des Erwartungsnutzens einfließen<sup>115)</sup>, verstärken sie diese Beeinflussungsdiskrepanz, weil dann auch für sie gilt, daß sie sich auf das erwartete Ergebnis in linearer Weise, auf den Erwartungsnutzen hingegen in nicht-linearer Weise auswirken. Diese zumindest einfache, unter Umständen sogar zweifache Diskrepanz zwischen *linearem* Beeinflussungszusammenhang bei der Ermittlung des erwarteten Ergebnisses und *nicht-linearem* Beeinflussungszusammenhang bei der Ermittlung des Erwartungsnutzens eröffnet grundsätzlich die Mög-

- 
- 110) Damit ist die erste von den oben angeführten vier Optionen angesprochen. Allerdings wird sie insofern abgeschwächt, als in der hier skizzierten Begründung des Produktivitätsparadoxons - im Gegensatz zur ersten Option - nicht vorausgesetzt wird, daß *nur* die Informationsbeschaffungskosten variieren, sondern in schwächerer Weise angenommen wird, daß sie *auch* variieren.
- 111) Eine Auswirkung auf den Erwartungsnutzen ist nur dann möglich, wenn – wie vom Verfasser angeregt wurde – ein Netto-Erwartungsnutzen ermittelt wird, in den auch die Informationsbeschaffungskosten einbezogen werden. Dazu kann beispielsweise auf die BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}$  zurückgegriffen werden, die in einer früheren Fußnote kurz vorgestellt wurde. Vielleicht wurde das auch schon von STICKEL intendiert, und es wurde vom Verfasser nur nicht richtig erkannt. Dieses mögliche Mißverständnis fällt unter die letzte von den oben angeführten vier Optionen.
- 112) Die „Vergrößerung“ der bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte Prognosen wird hier so weit definiert, daß sie genau dann erfüllt ist, wenn mindestens eine dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten vergrößert und keine dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten verringert wird. Dies läßt z.B. zu, daß nur eine bedingte Wahrscheinlichkeit für korrekte Prognosen erhöht wird, während alle übrigen bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte Prognosen konstant bleiben (in der Miniaturtheorie kommt dafür nur eine übrige bedingte Wahrscheinlichkeit in Betracht).
- 113) Die „Verkleinerung“ der bedingten Wahrscheinlichkeiten für fehlerhafte Prognosen wird hier so weit definiert, daß sie genau dann erfüllt ist, wenn mindestens eine dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten verkleinert und keine dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten vergrößert wird. Dies läßt z.B. zu, daß nur eine bedingte Wahrscheinlichkeit für fehlerhafte Prognosen verringert wird, während alle übrigen bedingten Wahrscheinlichkeiten für fehlerhafte Prognosen konstant bleiben (in der Miniaturtheorie kommt dafür nur eine übrige bedingte Wahrscheinlichkeit in Betracht).
- 114) Die Komplementarität wird durch das Axiom A<sub>11</sub> erzwungen, dem zufolge  $\pi_{1,n} + \pi_{2,n} = 1$  für  $n \in \{1;2\}$  gilt. Daher bedeutet jede Vergrößerung der Prognosequalität durch größere bedingte Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  ( $\pi_{2,2}$ ) für korrekte Prognoseinformationen bezüglich des Umweltzustands  $Z_1$  ( $Z_2$ ) notwendig eine komplementäre Verkleinerung der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2,1} = 1 - \pi_{1,1}$  ( $\pi_{1,2} = 1 - \pi_{2,2}$ ) für fehlerhafte Prognoseinformationen bezüglich desselben Umweltzustands. Wegen dieser komplementären Beziehungen zwischen den bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte und für fehlerhafte Prognoseinformationen braucht explizit nur auf eine von beiden eingegangen zu werden, um die Veränderung der Prognosequalität eines Informationssystems zu charakterisieren. Dies können z.B. die bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte Prognoseinformationen sein.
- 115) Dies trifft nur dann zu, wenn der Anregung des Verfassers gefolgt wird, einen Netto-Erwartungsnutzen zu ermitteln. Darauf wurde schon kurz zuvor hingewiesen.

lichkeit, die zwei vorgenannten gegenläufigen Effekte, die mit einer Investition verknüpft sind, quantitativ so zu bemessen<sup>116)</sup>, daß im Investitionsfall gilt:

- ↑ Bei der Berechnung des Erwartungsnutzens überwiegt der positive Effekt der erhöhten Prognosequalität den negativen Effekt der erhöhten Informationsbeschaffungskosten. Folglich *vergrößert* die Investition in Informationstechnik den *Erwartungsnutzen* des Entscheidungsträgers, und er entscheidet sich deshalb für diese Investition.
- ↓ Bei der Berechnung des erwarteten Ergebnisses fällt hingegen der negative Effekt der erhöhten Informationsbeschaffungskosten größer aus als der positive Effekt der erhöhten Prognosequalität. Infolgedessen *sinkt* das *erwartete Ergebnis*, wenn sich der Entscheidungsträger zugunsten der Investition entscheidet.

Genau dies bestätigt die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> und liefert somit die theoretische Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik. Auch das Anwendungsbeispiel, das STICKEL für seine Miniaturtheorie präsentiert und das schon mehrfach angesprochen wurde, *kann* hinsichtlich seines Übergangs vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario so interpretiert werden, daß es *alle* voranstehend erläuterten Determinanten der mutmaßlich intendierten Begründung des Produktivitätsparadoxons *erfüllt*<sup>117)</sup>. Damit wäre es gelungen, den oben skizzierten Widerspruch zwischen den Konklusionen STICKELS und des Verfassers endgültig aufzulösen und die Zweifel an der Gültigkeit der Bestätigung des Produktivitätsparadoxons auszuräumen. Hiervon wird im folgenden ausgegangen.

Ein kritischer Betrachter wird allerdings feststellen, daß es schwerfällt, die zuletzt vorgetragene Argumentation zur Begründung des Produktivitätsparadoxons klar von dem weiter oben erörterten Fall abzugrenzen, in dem das Produktivitätsparadoxon für einen Zustandsübergang zweiter Art „nur“ durch geeignete Variation der Informationsbeschaffungskosten erklärt wurde. Denn jene kostenbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons stützte sich *auch* auf eine marginale Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  für korrekte ( $n^* = n$ ) oder fehlerhafte ( $n^* \neq n$ ) Prognoseinformationen, die dafür sorgte, den Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers durch Erhöhung der Prognosequalität des implementierten Informationssystems um einen marginalen Betrag

---

116) Um die gegenläufigen Effekte quantitativ „richtig“ zu dimensionieren, bietet es sich vor allem an, für die Informationsbeschaffungskosten  $K$  und für die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$ , die jeweils von der Investition verändert werden (können), geeignete Werte zu wählen. Daneben läßt sich das quantitative Ausmaß der Effekte auch über die Werte für die Ergebnisse  $\hat{E}(HA_m, Z_n)$  und für den Risikoparameter  $\alpha$  beeinflussen. Sie werden als Ausgangsdaten zwar von der Investition nicht verändert, beeinflussen aber das Ausmaß, in dem sich Veränderungen der Informationsbeschaffungskosten oder der bedingten Wahrscheinlichkeiten auf den Erwartungsnutzen und das erwartete Ergebnis auszuwirken vermögen. Die „geschickte“ Wahl der Werte für die Ergebnisse  $\hat{E}(HA_m, Z_n)$  und für den Risikoparameter  $\alpha$  schließt die zweite oben angeführte Option ein, daß mindestens eine der vier Größen  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$ ,  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$ ,  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$  und  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$  nicht-positiv, im Zweifelsfall sogar negativ ist.

117) Hierzu wird STICKELS Anwendungsbeispiel – wie es schon früher einmal angesprochen wurde – so interpretiert, daß bereits im zweiten Anwendungsszenario Informationsbeschaffungskosten anfallen, diese jedoch „zufällig“ den Grenzwert von  $K = 0$  annehmen. Beim Übergang zum dritten Anwendungsszenario erhöhen sie sich auf  $K = 0,04$ . Durch diese Erhöhung der Informationsbeschaffungskosten ist erstens der *negative* Effekt auf das erwartete Ergebnis sichergestellt (der optionale negative Effekt auf den Erwartungsnutzen entfällt, weil STICKEL die Informationsbeschaffungskosten nicht in die Berechnung des Erwartungsnutzens einbezieht). Zweitens existiert auch der *positive* Effekt auf Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis, weil beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognosen hinsichtlich des Umweltzustands  $Z_2$  ansteigt (bei Konstanz aller anderen bedingten Wahrscheinlichkeiten). Drittens garantieren die Berechnungsvorschriften von Theorem Th<sub>7</sub> und Th<sub>2</sub> den *linearen* Beeinflussungszusammenhang bei der Berechnung des erwarteten Ergebnisses bzw. den *nicht-linearen* Beeinflussungszusammenhang bei der Berechnung des Erwartungsnutzens. Folglich sind alle oben angeführten Determinanten der mutmaßlich intendierten Begründung für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik erfüllt.

zu erhöhen<sup>118)</sup>. Denn ohne diese marginale Vergrößerung des Erwartungsnutzens erfolgt keine Investition in die Implementierung eines Informationssystems, so daß das zu erklärende Produktivitätsparadoxon überhaupt nicht zustande kommen kann. Da also auch bei der kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons nicht nur die Informationsbeschaffungskosten, sondern ebenso die bedingten Wahrscheinlichkeiten als Indikatoren für die Prognosequalität eines Informationssystems variiert werden, bleibt fraglich, worin der *präzise* Unterschied zwischen jenem kostenbezogenen Begründungsansatz einerseits und der zuletzt vorgetragenen Begründungsvariante andererseits bestehen soll. Darauf lassen sich zwei Antworten geben.

Erstens ist in der kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons nur eine „marginale“ Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  gefordert. Sie muß als „begründungstechnisches Vehikel“ lediglich dazu ausreichen, einen ebenso *marginale* Anstieg des Erwartungsnutzens im Investitionsfall herbeizuführen und damit eine notwendige – aber noch keineswegs hinreichende – Voraussetzung für das Zustandekommen des Produktivitätsparadoxons zu erfüllen. Als wesentliche und erst hinreichende Voraussetzung muß jedoch bei der kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons noch hinzukommen, die Informationsbeschaffungskosten so stark zu erhöhen, daß der oben beschriebene Effekt eines sinkenden erwarteten Ergebnisses trotz eines steigenden Erwartungsnutzens eintritt. Die Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  spielt also bei der kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons nur eine untergeordnete Rolle, während die Zunahme der Informationsbeschaffungskosten den Ausschlag gibt.

Dagegen bleiben die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  in der zuletzt vorgetragenen Begründungsvariante nicht auf eine solche marginale Rolle beschränkt, den Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers um einen beliebig kleinen, „noch gerade über Null“ liegenden Betrag anwachsen zu lassen. Statt dessen können sie hier den Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers in beliebig starkem Ausmaß vergrößern. In der Tat dürfte eine *substantielle*, keineswegs nur marginale Vergrößerung des Erwartungsnutzens den Regelfall darstellen, weil die Investition in Informationstechnik primär darauf abzielt, ein Informationssystem mit hoher *Prognosequalität* zu implementieren und damit die Entscheidungsgrundlage des Entscheidungsträgers für seine Auswahl zwischen den Handlungsalternativen wesentlich zu verbessern. Aus diesem Grund wird die zuletzt angeführte Variante zur Begründung des Produktivitätsparadoxons fortan der Kürze halber auch als qualitätsbezogene Begründung angesprochen.

Daher unterscheiden sich die kosten- und die qualitätsbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons durchaus auf signifikante Weise. Allerdings räumt der Verfasser ein, daß noch eine „Grauzone“ verbleibt, weil es in Einzelfällen schwerfallen mag zu beurteilen, ob eine vorgegebene Erhöhung des Erwartungsnutzens aufgrund variiert bedingter Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  gerade noch als *marginal* oder schon als *substantiell* eingestuft wird. So erhöht sich etwa der Erwartungsnutzen in STICKELS Anwendungsbeispiel beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario von 0,4850 auf 0,5076: Es läßt sich trefflich darüber streiten, ob dieser Betrag entweder als marginal oder als substantiell eingestuft werden sollte<sup>119)</sup>. Diese Unschärfe ist in der immanenten Vagheit der natürlichsprachlichen Begriffe „marginal“ und „substantiell“ verankert und läßt sich grundsätzlich nicht vermeiden. Allenfalls könnte ein numerischer Schwellenwert eingeführt werden, ab dessen Überschreiten eine Erhöhung des Erwartungsnutzens als substantiell bezeichnet wird. Dies hilft jedoch aus Sicht des Verfassers nicht wesentlich weiter, weil die letztlich *willkürliche* Festlegung des Schwellenwertes stets angezweifelt werden kann.

---

118) Vgl. dazu die Erläuterungen in den Fußnoten zur kostenbezogenen Erklärung des Produktivitätsparadoxons einschließlich der Fußnote, die STICKELS Anwendungsbeispiel in diesen Erklärungskontext einbettet.

119) Folglich könnte auch darüber debattiert werden, ob STICKELS Anwendungsbeispiel eher zur kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons gehört oder aber eher unter die qualitätsbezogene Begründungsvariante zu subsumieren ist.

Eine zweite Antwort auf die oben aufgeworfene Frage, worin der präzise Unterschied zwischen der kosten- und der qualitätsbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons liegt, umgeht die zuvor thematisierte Unschärfe der Begriffe „marginal“ und „substantiell“. Zu diesem Zweck wird auf die frühere Anregung zurückgegriffen, den Erwartungsnutzen unter Einbeziehung der Informationsbeschaffungskosten als einen Netto-Erwartungsnutzen zu ermitteln<sup>120)</sup>. Dann bewirkt eine Erhöhung der Informationsbeschaffungskosten  $K$  immer eine entsprechende, aber nicht-lineare Verringerung des Netto-Erwartungsnutzens des Entscheidungsträgers. Auf diese Weise wird es unmöglich, lediglich durch eine marginale Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  die notwendige Voraussetzung für das Zustandekommen des Produktivitätsparadoxons zu erfüllen, daß der Netto-Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers durch eine Investition in Informationstechnik ansteigt. Statt dessen muß jetzt die Variation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  mindestens so groß sein, daß sie die Verringerung des Netto-Erwartungsnutzens infolge erhöhter Informationsbeschaffungskosten durch eine dem Betrag nach *größere* Erhöhung des Netto-Erwartungsnutzens infolge erhöhter Prognosequalität überkompensiert. Für diese Mindestvariation  $\Delta\pi_{n^*,n}$  der bedingten Wahrscheinlichkeiten vom Ausgangswert  $\pi_{n^*,n}$  auf den Folgewert  $\pi_{n^*,n} + \Delta\pi_{n^*,n}$  läßt sich jetzt ein präziser Schwellenwert angeben, der von der Erhöhung  $\Delta K$  der Informationsbeschaffungskosten  $K$  vom Ausgangswert  $K$  auf den Folgewert  $K + \Delta K$  auf folgende Weise abhängt:

$$\int_{\pi_{1,1}}^{\pi_{1,1} + \Delta\pi_{1,1}} [\delta EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) / \delta \pi_{1,1} d\pi_{1,1}] + \int_{\pi_{2,2}}^{\pi_{2,2} + \Delta\pi_{2,2}} [\delta EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) / \delta \pi_{2,2} d\pi_{2,2}] \dots$$

$$\dots > \left| \int_K^{K + \Delta K} [\delta EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) / \delta K dK] \right|$$

mit:  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) = \pi_{1,1} \cdot p_1 \cdot \text{NU}_{\alpha,K}[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] + \pi_{2,2} \cdot p_2 \cdot \text{NU}_{\alpha,K}[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]$

und:  $\text{NU}_{\alpha,K}[\hat{E}(\text{HA}_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot (\hat{E}_{m,n} \cdot K)} = 1 - e^{-\alpha \cdot K} \cdot e^{-\alpha \cdot \hat{E}_{m,n}}$

Erst dann, wenn diese Restriktion erfüllt ist, steigt der Netto-Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers durch eine Investition in die Implementierung eines Informationssystems mit erhöhter Prognosequalität an. Zugleich liefert diese Restriktion ein präzises und operationales Kriterium zwischen einer kosten- und einer qualitätsbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik, *sofern* der Entscheidungsträger seine Investitionsentscheidungen auf der Grundlage eines Netto-Erwartungsnutzens fällt<sup>121)</sup>: Gelingt es, die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> zu bestätigen und somit das Produktivitätsparadoxon theoretisch zu begründen, so handelt es sich um eine qualitätsbezogene (kostenbezogene) Begründung genau dann, wenn die oben angeführte Restriktion (nicht) erfüllt ist.

Tatsächlich läßt sich der Zustandsübergang zweiter Art aus STICKELS Anwendungsbeispiel, der sich für seine Miniaturtheorie beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario einstellt, sogar so interpretieren, daß er eine *qualitätsbezogene* Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik liefert. Denn verwendet man anstelle des „gewöhnlichen“ Erwartungsnutzens,

120) Vgl. dazu die Anmerkung zur Verwendung einer BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $\text{NU}_{\alpha,K}$ , die in einer Fußnote zu Axiom A<sub>20</sub> erfolgte.

121) Aufgrund dieser konditionalen Formulierung läßt sich die Unterscheidung zwischen qualitäts- und kostenbezogener Begründung des Produktivitätsparadoxons leider nicht auf STICKELS Beitrag anwenden, solange an einer möglichst originalgetreuen Wiedergabe seiner Miniaturtheorie festgehalten wird. Denn er verwendet nicht den vom Verfasser präferierten Netto-Erwartungsnutzen, sondern nur den „gewöhnlichen“ Erwartungsnutzen (vgl. Formel (1) bei STICKEL (1997), S. 68). Daher kann die bereits erwähnte Unschärfe, ob STICKELS Anwendungsbeispiel zur Begründung des Produktivitätsparadoxons eher der kosten- oder aber eher der qualitätsbezogenen Begründungsvariante zuzurechnen ist, bei einer originalgetreuen Wiedergabe seiner Miniaturtheorie nicht beseitigt werden. Dies gilt zumindest so lange, wie nur die explizite Formulierung seiner Miniaturtheorie in Kapitel 3.1 betrachtet und nicht das Beispiel für eine Anwendung seiner Theorie in Kapitel 3.2 ergänzend zu Rate gezogen wird. Die Bedeutung dieser Einschränkung wird in Kürze erläutert werden.

den STICKEL in seiner expliziten Theorieformulierung anführt<sup>122)</sup>, z.B. den oben angeführten Netto-Erwartungsnutzen mit der BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}[\hat{E}(HA_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot (\hat{E}_{m,n} - K)}$ , so bestätigt dieses Beispiel weiterhin die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub>: Der Entscheidungsträger *vergrößert* durch eine Investition in die Implementierung eines (aufgerüsteten) Informationssystems seinen *Netto-Erwartungsnutzen*<sup>123)</sup> von 0,4850 auf 0,4936 und entscheidet sich daher zugunsten dieser Investition in Informationstechnik (drittes Anwendungsszenario), *obwohl* zugleich das *erwartete Ergebnis* dieser Investition gegenüber der Unterlassungsalternative (zweites Anwendungsszenario) von 0,90 auf 0,89 *zurückgeht*<sup>124)</sup>. Dies bekräftigt nochmals die oben geäußerte Vermutung des Verfassers, daß es STICKEL nicht darum ging, das Produktivitätsparadoxon in einer simplen, aber wenig überzeugenden Weise lediglich durch eine geeignete Variation der Informationsbeschaffungskosten zu erklären<sup>125)</sup>. Daher nimmt sich der Verfasser die Freiheit, STICKELS Miniaturtheorie aufgrund der

122) Vgl. STICKEL (1997), S. 68, Formel (1).

123) Da der Netto-Erwartungsnutzen vergrößert wird, muß die oben angeführte Restriktion dafür, daß die Erhöhung des Netto-Erwartungsnutzens durch Variation  $\Delta\pi_{n^*,n}$  der bedingten Wahrscheinlichkeiten größer ist als die Verminderung des Netto-Erwartungsnutzens infolge Vergrößerung  $\Delta K$  der Informationsbeschaffungskosten, erfüllt sein. Sollte dies bezweifelt werden, läßt sich die Erfüllung der Ungleichungsbeziehung durch Einsetzen der konkreten numerischen Vorgaben aus STICKELS Anwendungsbeispiel für den Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario bestätigen.

124) Wenn sich der Entscheidungsträger in STICKELS Anwendungsbeispiel nach Maßgabe des Netto-Erwartungsnutzens entscheiden und hierbei die BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_{\alpha,K}[\hat{E}(HA_m, Z_n)] = 1 - e^{-\alpha \cdot (\hat{E}_{m,n} - K)}$  verwenden würde (STICKEL äußert sich hierzu nicht explizit), so resultieren für das zweite Anwendungsszenario mit den szenariospezifischen Informationsbeschaffungskosten  $K = 0$  folgende – unveränderte – Werte für das erwartete Ergebnis und den Netto-Erwartungsnutzen:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (5/6 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 = 0,60 + 0,30 - 0 = 0,9000$$

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot (2-0)}) + (5/6 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot (0,6-0)}) \\ &= 0,30 \cdot (1-0,1353) + 0,50 \cdot (1-0,5488) = 0,4850 \end{aligned}$$

Für das dritte Anwendungsszenario resultieren hingegen aus den szenariospezifischen Informationsbeschaffungskosten  $K = 0,04$  folgende Werte für das erwartete Ergebnis und den – nun veränderten – Netto-Erwartungsnutzen:

$$E\hat{E}_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) = (3/4 \cdot 0,4) \cdot 2 + (11/12 \cdot 0,6) \cdot 0,6 - 0,04 = 0,60 + 0,33 - 0,04 = 0,8900$$

$$\begin{aligned} EU_{inv}(HA_1 \oplus HA_2) &= (3/4 \cdot 0,4) \cdot (1 - e^{-1 \cdot (2-0,04)}) + (11/12 \cdot 0,6) \cdot (1 - e^{-1 \cdot (0,6-0,04)}) \\ &= 0,30 \cdot (1-0,1409) + 0,55 \cdot (1-0,5712) = 0,4936 \end{aligned}$$

Beim Zustandsübergang zweiter Art vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario erhöht sich also der Erwartungsnutzen weiterhin, allerdings weniger stark von 0,4850 auf 0,4936, während das erwartete Ergebnis von 0,90 auf 0,89 zurückgeht (q.e.d.).

125) Bei der kostenbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons wurden für den Erwartungsnutzen des Entscheidungsträgers Werte von 0,4850 und 0,5076 für das zweite bzw. dritte Anwendungsszenario ermittelt. Nur der erste Wert stimmt exakt (bis auf die unterschiedliche Genauigkeit des Ergebnisausweises) mit dem Wert von 0,485 überein, den STICKEL selbst für sein Anwendungsbeispiel auf S. 70 angibt. Hinsichtlich des zweiten Werts ergibt sich aber eine zwar nur geringfügige, jedoch unübersehbare Diskrepanz, da STICKEL für sein drittes Anwendungsszenario den Erwartungsnutzen von 0,494 angibt (ohne die konkrete Berechnungsweise offenzulegen). Vergleicht man hiermit die Werte von 0,4850 auf 0,4936, die sich in der voranstehenden Fußnote aufgrund einer qualitätsbezogenen Begründung des Produktivitätsparadoxons ergaben, so zeigt sich – im Rahmen der Rundungsgenauigkeit – eine perfekte Übereinstimmung mit STICKELS Werten von 0,485 bzw. 0,494. Dies bekräftigt die Vermutung des Verfassers, daß STICKEL tatsächlich eine qualitätsbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons intendierte.

Überzeugungskraft<sup>126)</sup> seines Anwendungsbeispiels fortan so auszulegen, daß auch STICKEL vom Netto-Erwartungsnutzen als entscheidungsrelevantes Formalziel für den Entscheidungsträger ausgeht<sup>127)</sup>.

Ergänzend sei noch angemerkt, daß der Verfasser in seiner gesamten voranstehenden Argumentation die Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> nur auf das erwartete Ergebnis und den Erwartungsnutzen<sup>128)</sup> als relevante Einflußgrößen bezogen hat. Statt dessen findet sich bei STICKEL aber auch der Ansatz<sup>129)</sup>, das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik auf die Betrachtung von erwartetem Ergebnis und Varianz zurückzuführen. Daher müßte diese alternative Betrachtungsweise hier auch noch als eine fünfte Option erwogen und auf das Theorem Th<sub>8</sub> übertragen werden, das hier dem Produktivitätsparadoxon zugrunde gelegt wurde. Zwar ist der Verfasser schon an früherer Stelle kurz auf die Möglichkeit eingegangen, den Erwartungsnutzen bei der theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons durch die Varianz zu ersetzen. Dort wurde auch erläutert, warum der Verfasser diesem zweiten Begründungsweg nicht näher gefolgt ist. Aber selbst dann, wenn dieser Begründungsweg jetzt eingeschlagen würde, blieben die Probleme bestehen, die zuvor hinsichtlich einer Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> erläutert wurden. Denn für die Bestätigung der Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> hat sich nur die Berechnung des *erwarteten Ergebnisses* als *kritisch* erwiesen, weil gemäß Theorem Th<sub>8</sub> das erwartete Ergebnis in den hier diskutierten Fällen sinken müßte, im Anwendungsbeispiel STICKELS unter den zuvor erläuterten Rahmenbedingungen jedoch zunimmt. Bei der Berechnung des Erwartungsnutzens haben sich dagegen keine Schwierig-

---

126) Die Überzeugungskraft rührt aus drei Quellen. Erstens stimmen die numerischen Werte aus STICKELS Anwendungsbeispiels am besten mit derjenigen Theorieformulierung überein, die den Erwartungsnutzen durch einen Netto-Erwartungsnutzen ersetzt (vgl. dazu die voranstehende Fußnote). Zweitens hat der Verfasser bereits an früherer Stelle dargelegt, daß es wenig plausibel erscheint, die Informationsbeschaffungskosten zwar bei der Berechnung des erwarteten Ergebnisses, nicht aber bei der Berechnung des Erwartungsnutzens zu berücksichtigen. Daher plädierte er von vornherein für eine Verwendung des Netto-Erwartungsnutzens. Drittens wurde in diesem Kapitel gezeigt, daß die kostenbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons zwar möglich, aber simpel ist und daher kaum den Inhalt dessen trifft, was intuitiv mit dem Begriff eines *Paradoxons* assoziiert wird. Auch dies spricht dafür, daß STICKEL mit seiner Begründung des Produktivitätsparadoxons tatsächlich auf die qualitätsbezogene Begründungsvariante abzielte.

127) Zwar wird hierdurch der früher geäußerte Grundsatz, sich um eine möglichst originalgetreue Wiedergabe von STICKELS Miniaturtheorie zu bemühen, verletzt. Insofern erfolgt bereits ein Vorgriff auf die spätere Theoriekonstruktion, die das Prinzip der Originaltreue dem Ziel unterordnet, eine möglichst „wohlstrukturierte“ Theorie zu formulieren. Allerdings erscheint dem Verfasser die Abweichung von der originalgetreuen Theoriemwiedergabe nur geringfügig und tolerierbar, weil lediglich gegen die explizite Formulierung des Erwartungsnutzens in Formel (1) von STICKEL (1997), S. 68, verstoßen wird, während die numerischen Werte des Anwendungsbeispiels auf S. 69 präzise getroffen werden. Hinzu kommt, daß es durch diese bewußte Abweichung vom Original möglich wurde, STICKELS Anwendungsbeispiel nicht nur als eine simple kostenbezogene, sondern als eine anspruchsvolle qualitätsbezogene Begründung des Produktivitätsparadoxons darzustellen. Dies unterstreicht nochmals die vom Verfasser zu Beginn dieses Beitrags geäußerte Ansicht, daß STICKEL mit seiner Miniaturtheorie einen bemerkenswert *anspruchsvollen* Begründungsansatz für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik vorgelegt hat.

128) Nachfolgend spielt es keine Rolle, ob der Netto-Erwartungsnutzen oder der „gewöhnliche“ Erwartungsnutzen gemeint ist. Daher wird der Kürze halber nur der einfache Begriff „Erwartungsnutzen“ verwendet. Im Zweifelsfall ist er im Sinne des „gewöhnlichen“ Erwartungsnutzens auszulegen.

129) Vgl. STICKEL (1997), S. 70f.

keiten eingestellt. Deshalb bleibt es für die voranstehende Argumentation unerheblich, ob der Erwartungsnutzen eines Informationssystems durch die Varianz ersetzt wird<sup>130)</sup>.

Abschließend wird noch ein weiterer Aspekt der zentralen Aussage von STICKELS Miniaturtheorie hervorgehoben, der sich jedoch nicht mehr auf die Gültigkeit von Theorem Th<sub>8</sub> – und somit die Gültigkeit des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik – bezieht. Diese Gültigkeit wird fortan vorausgesetzt. Statt dessen interessiert nun ein Theoriefacetten, die als „strukturelle Überein-

---

130) Allerdings ist die Betrachtung der Varianz bei STICKEL (1997), S. 70, insofern hochinteressant, als sie andeutet, daß man hinsichtlich der Qualität von Informationssystemen zu entgegengesetzten Urteilen gelangen kann je nachdem, welcher Qualitätsmaßstab zugrunde gelegt wird. Bislang wurde gemäß Axiom A<sub>16a</sub> vorausgesetzt, die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognosen als Maßstab für die Prognosequalität des betrachteten Informationssystems zu benutzen. Die Vergrößerung (mindestens) einer dieser bedingten Wahrscheinlichkeiten wurde unmittelbar mit einer erhöhten Prognosequalität identifiziert.

Demgegenüber zeigt STICKEL für sein Anwendungsbeispiel, daß dieser Zusammenhang nicht mehr notwendig gelten muß, wenn die Prognosequalität des betrachteten Informationssystems anhand seiner Varianz gemessen wird und hierbei eine Verringerung der Varianz mit einer erhöhten Prognosequalität identifiziert wird. Zwar thematisiert STICKEL (1997) einen solchen Qualitätsmaßstab nicht im Kontext seines Anwendungsbeispiels auf S. 69ff. (dort rückt er vielmehr die Varianz auf S. 70f. sowie in der zugehörigen Endnote [30] auf S. 71 in die inhaltliche Nähe des Erwartungsnutzens, indem er Erwartungsnutzen und Varianz unter Verweis auf  $(\mu, \sigma)$ -Regeln für Entscheidungen unter Risiko miteinander in Beziehung setzt). Aber in seinem Einführungskapitel findet sich auf S. 66 ein entsprechender Hinweis, daß eine „Verbesserung der Entscheidungsqualität“ [durch Prognoseinformationen eines konsultierten Informationssystems] ... mit einer Verminderung der Ungewißheit (des Risikos) einhergeht“ [Ergänzung durch den Verfasser]. Da die Varianz ein spezielles, aber weit verbreitetes Risikomaß darstellt, kann die angesprochene Qualitätsverbesserung anhand einer Verminderung des Risikomaßes Varianz beurteilt werden. Auf diesen Fall beziehen sich die nachstehenden Erläuterungen.

STICKEL (1997) weist anhand seiner Formeln (13) bis (15) auf S. 70 schlüssig nach, daß sich die Varianz beim Übergang vom zweiten zum dritten Anwendungsszenario unterschiedlich verhält in Abhängigkeit davon, welche bedingte Wahrscheinlichkeit vergrößert wird: Solange die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$  vergrößert wird, erhöht sich wegen des proportionalen Zusammenhangs  $p_{2,2} = \pi_{2,2} \cdot p_2$  aus Axiom A<sub>12</sub> mit konstant vorgegebener Apriori-Wahrscheinlichkeit  $p_2$  notwendig auch die Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{2,2}$ . Mit wachsender Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{2,2}$  fällt gemäß Formel (15) die Varianz des betrachteten Informationssystems, so daß qua Voraussetzung seine Prognosequalität steigt. In diesem ersten Fall führt die Varianzbetrachtung also zur gleichen Qualitätsbeurteilung wie die Betrachtung der bedingten Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$ . Wenn jedoch zum zweiten Fall übergegangen wird, in dem die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{1,1}$  vergrößert wird, so schlägt dieser Zusammenhang in sein Gegenteil um. Zwar erhöht sich weiterhin wegen des proportionalen Zusammenhangs  $p_{1,1} = \pi_{1,1} \cdot p_1$  aus Axiom A<sub>12</sub> mit konstant vorgegebener Apriori-Wahrscheinlichkeit  $p_1$  notwendig auch die Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{1,1}$ . Mit wachsender Aposteriori-Wahrscheinlichkeit  $p_{1,1}$  steigt jedoch gemäß Formel (14) auch die Varianz des betrachteten Informationssystems an, so daß qua Voraussetzung seine Prognosequalität sinkt. Folglich liefert in diesem zweiten Fall die Varianzbetrachtung die entgegengesetzte Qualitätsbeurteilung – nämlich eine Qualitätsverminderung – gegenüber der Betrachtung der bedingten Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,2}$ , die weiterhin eine Erhöhung der Prognosequalität anzeigt.

Diese partiell gegenläufige Qualitätsbeurteilung durch bedingte Wahrscheinlichkeiten einerseits und Varianz andererseits wäre nach Ansicht des Verfassers interessant genug, um sie an anderer Stelle vertieft zu diskutieren. Insbesondere wäre dabei zu berücksichtigen, daß das oben vorgestellte Axiom A<sub>16a</sub> hinsichtlich der Qualitätsbeurteilung eines Informationssystems entsprechend modifiziert werden müßte, wenn zu diesem Beurteilungszweck nicht mehr bedingte Wahrscheinlichkeiten für korrekte Prognosen, sondern Varianzen herangezogen würden. Darüber hinaus wäre zu eruieren, welche Konsequenzen aus dieser Veränderung im axiomatischen Theoriefundament hinsichtlich der Theoreme resultieren, die aus der modifizierten Axiomenmenge – bei unveränderten Inferenzregeln – gefolgert werden können.

stimmung“ zwischen der Theorie als Gesamtheit und ihrer zentralen, in Theorem Th<sub>8</sub> manifestierten Aussage umschrieben werden kann<sup>131)</sup>.

Die gesamte Miniaturtheorie beruht – mit Ausnahme des Theorems Th<sub>8</sub> – auf der Unterscheidung zwischen einer Investition in Informationstechnik, die zur Implementierung eines Informationssystems führt, und einem komplementären Verzicht auf eine solche Investition. Dies äußert sich vor allem in den zwei verschiedenen Berechnungsmodi für Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis je nachdem, ob entweder der Investitionsfall oder aber der Fall des Investitionsverzichts betrachtet wird<sup>132)</sup>. Mit dieser „strukturellen“ Eigenart der Miniaturtheorie stimmt ihre zentrale Aussage, das Theorem Th<sub>8</sub>, jedoch nur in seiner einen Hälfte überein, die das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik auf einen Zustandsübergang erster Art bezieht. Seine andere Hälfte, die sich auf einen Zustandsübergang zweiter Art erstreckt, reflektiert diese Eigenart der Theoriestructur dagegen nicht. Denn sie bezieht sich nur auf den Investitionsfall, der lediglich hinsichtlich des Investitionsausmaßes variiert wird. Infolgedessen liegt nur eine *partielle* strukturelle Übereinstimmung zwischen der Miniaturtheorie und ihrer zentralen Aussage vor.

Die Irritation, die eine solche lediglich partielle strukturelle Übereinstimmung auslöst, läßt sich durch die provokante Frage verdeutlichen, ob die aufwendige Unterscheidung zwischen Investitionsfall und komplementärem Investitionsverzicht mit zwei verschiedenartigen Berechnungsmodi für Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis überhaupt gerechtfertigt ist, wenn es zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons ausreicht, lediglich den Zustandsübergang zweiter Art zu betrachten. Dadurch würden die „intellektuellen Kosten“ der aufwendigen Fallunterscheidung eingespart. Denn die Miniaturtheorie müßte nur noch im Hinblick auf verschieden hohe Investitionen in Informationstechnik formuliert werden, so daß für Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis nur noch ein Berechnungsmodus erforderlich wäre. Hinzu käme, daß sich auch das Theorem Th<sub>8</sub> einfacher formulieren ließe, weil es nur noch auf einen Zustandsübergang zweiter Art bezogen werden müßte. Aufgrund des Vorhergesagten würde es dem – zugegeben „schillernden“ – Metaprinzip der „kognitiven Adäquanz“ zugute kommen, eine Miniaturtheorie zu konstruieren, die es von vornherein unterläßt, den Fall ohne Investition in Informationstechnik und den zugehörigen Zustandsübergang erster Art zu berücksichtigen. Eine derart reduzierte Miniaturtheorie würde:

- einerseits den angestrebten Erkenntniszweck, das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik theoretisch zu begründen, weiterhin erfüllen, aber
- andererseits diesen Zweck mit geringeren „intellektuellen Kosten“ erfüllen.

In diese Richtung weist sogar STICKEL selbst, wenn er in seiner Begründung des Produktivitätsparadoxons auf ein Anwendungsbeispiel seiner Miniaturtheorie rekurriert, das die Gültigkeit von Th<sub>8</sub> nicht für einen Zustandsübergang erster, sondern nur für einen Zustandsübergang zweiter Art nachweist.

---

131) Eine solche strukturelle Übereinstimmung tangiert in keiner Weise die Korrektheit einer Theorieformulierung (ohne an dieser Stelle zu problematisieren, wie diese Korrektheit anhand intersubjektiv nachprüfbarer Kriterien – wie etwa der Freiheit von logischen Widersprüchen - operationalisiert werden kann). Vielmehr stellt sie ein weiteres „formalästhetisches“ Postulat der Art dar, die schon an früherer Stelle im Zusammenhang mit der Einführung der Erlösfunktion angesprochen wurde. Aus dieser formalästhetischen Perspektive sollten die „Strukturen“ von zentralen Theorieaussagen einerseits und der jeweils betroffenen Theorie als Gesamtheit andererseits miteinander „harmonieren“. Der Verfasser räumt ein, daß er hier mehrere vage Begriffe („Strukturen“, „harmonieren“, „übereinstimmen“) und eine nicht näher gerechtfertigte Norm („sollten“) verwendet. Aber es geht ihm hier nicht um eine präzise und wertfreie Sachverhaltserläuterung, sondern lediglich darum, um ein „Gefühl“ für formalästhetische Anforderungen an „wohlformulierte“ Theorien zu vermitteln. Ob es ihm gelingt, dieses Gefühl tatsächlich zum Rezipienten zu transferieren, muß von dritter Seite beantwortet werden.

132) Vgl. die Axiome und Theoreme A<sub>20</sub>, A<sub>23</sub>, Th<sub>2</sub> und Th<sub>7</sub> für den Investitionsfall bzw. die Axiome und Theoreme A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>22</sub>, Th<sub>1</sub> und Th<sub>6</sub> für den Fall des komplementären Investitionsverzichts.

Dem Verfasser war bei der Erstellung dieses Beitrags nicht die Muße gegönnt, den zuvor angerissenen Gedanken kognitiver Adäquanz weiter zu vertiefen. Es liegt aber auf der Hand, ihn in Richtung auf ein Konzept für die „kognitive Ökonomie“ von Theorieformulierungen auszubauen<sup>133)</sup>. Von einem solchen Konzept könnte erwartet werden, die Relation zwischen den Erkenntniszwecken, zu deren Erfüllung Theorien aufgestellt werden, und dem Ressourceneinsatz, der in Gestalt der zuvor erwähnten „intellektuellen Kosten“ von alternativen zweckerfüllenden Theorieformulierungen verursacht wird, mit der Hilfe von ökonomischen Analyseinstrumenten zu untersuchen und – darauf aufbauend – entsprechende Empfehlungen für ein ökonomisches „Theoriedesign“ zu unterbreiten.

In der voranstehenden Diskussion von STICKELS Miniaturtheorie wurde ein rudimentäres Beispiel für eine solche „Ökonomisierung“ der Formulierung von Theorien präsentiert. Mit seiner Anregung, eine reduzierte, aber weiterhin den Begründungszweck erfüllende Theorievariante zu formulieren, stützte es sich auf das allgemeine ökonomische Prinzip (in seiner Minimumversion). Diesem Prinzip zufolge sollen - vereinfacht formuliert<sup>134)</sup> - Entscheidungen über alternative Verwendungsweisen knapper Ressourcen so getroffen werden, daß ein vorgegebener Zweck mit dem geringstmöglichen Ressourceneinsatz erfüllt wird.

Der Verfasser hofft, durch die abschließenden Ausblicke dieses Exkurses verdeutlicht zu haben, welche fruchtbare Anregungen aus der Analyse von STICKELS theoretischer Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik gewonnen werden können. Zugleich unterstreichen sie die eingangs vorgetragene Einschätzung, daß STICKEL durch seinen Begründungsansatz die Wirtschaftsinformatik mit einer bemerkenswert anspruchsvollen und tiefgründigen Theorie bereichert hat.

---

133) Dies müßte in einem anderen Beitrag geschehen.

134) Vgl. zu einer ausführlicheren Erläuterung des allgemeinen ökonomischen Prinzips ZELEWSKI (1996b), S. 14ff.

## 2.4 Anmerkungen zur Formalisierung der Miniaturtheorie

Die Miniaturtheorie läßt sich so, wie sie von STICKEL im Original vorgelegt und im Kapitel 2.2 möglichst originalgetreu wiedergegeben wurde, als eine semi-formalsprachliche<sup>135)</sup> Theorieformulierung charakterisieren. Denn in ihr werden formalsprachliche und natürlichsprachliche Formulierungskomponenten miteinander kombiniert. Dies ist zunächst eine rein deskriptive Feststellung. Sie erlangt allerdings eine normative Einfärbung, wenn die eingangs aufgestellte Formalisierungsthese hinzugezogen wird, der zufolge es empfehlenswert ist, natürlichsprachliche möglichst weitgehend durch formalsprachliche Formulierungskomponenten zu ersetzen. Die Berechtigung dieser Empfehlung wird nachfolgend anhand einiger Anregungen zur stärkeren Formalisierung der Miniaturtheorie verdeutlicht, ohne den Anspruch zu erheben, eine vollständige Theorieformalisierung anstreben oder gar leisten zu wollen<sup>136)</sup>.

Ein erstes Formalisierungsdefizit wurde bereits früher kurz angesprochen. Es erstreckt sich auf die fehlende formale Definition des erwarteten Ergebnisses für eine einzelne Handlungsalternative und für die Superposition der beiden Handlungsalternativen. Es wurde jedoch schon an früherer Stelle bei der Einführung von Axiom A<sub>22</sub> bzw. Theorem Th<sub>7</sub> durch ergänzende Auslegung der Miniaturtheorie STICKELS geheilt<sup>137)</sup>. Daher braucht hier auf diesen marginalen Aspekt nicht weiter eingegangen zu werden.

Irritierend wirkt die natürlichsprachliche Formulierung aus Axiom A<sub>16</sub>, ein Informationssystem müsse eine hinreichend gute Prognosequalität besitzen, um als Objekt einer Investitionsentscheidung in Betracht zu kommen, und dies manifestiere sich darin, daß die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen jeweils deutlich größer als 0,5 seien (Axiom A<sub>16a</sub>). Denn die natürlichsprachliche Vagheit von Formulierungen wie „hinreichend gut“ und „deutlich größer als“ wird es oftmals nicht gestattet, für ein konkret vorliegendes Informationssystem in intersubjektiv nachvollziehbarer Weise zu beurteilen, ob es diesen Qualitätsanforderungen gerecht wird<sup>138)</sup>. Zwar bestehen reizvolle, konzeptionell anspruchsvolle Möglichkeiten, solche natürlichsprachlichen Vagheiten mit der Hilfe von linguistisch interpretierten unscharfen Mengen („fuzzy sets“) formalsprachlich anzugehen und einer Operationalisierung zugänglich zu machen. Allerdings weist auch das Konzept linguistischer Fuzzyifizierung seinerseits gravierende Schwachpunkte auf, die in der hier gebotenen Kürze nicht näher diskutiert werden können<sup>139)</sup>. Daher wird es hier nicht weiter verfolgt<sup>140)</sup>.

---

135) Mit gleicher Berechtigung könnte von einer semi-natürlichsprachlichen Theorieformulierung gesprochen werden.

136) Vgl. dazu die Fußnote zur Formalisierungsthese, in der von vornherein davon Abstand genommen wurde zu postulieren, eine realwissenschaftliche Theorie jemals vollständig auf formalsprachliche Weise ausdrücken zu können.

137) Insofern wurde schon früher von einer „exakt“ originalgetreuen Wiedergabe der Theorieformulierung STICKELS abgewichen. Daher wurde auch zurückhaltender nur eine „möglichst“ originalgetreue Theoriewiedergabe angestrebt.

138) Diese Urteilsmöglichkeit besteht nur dann, wenn die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen jeweils maximal 0,5 betragen, weil dann zumindest die Qualitätsdeterminante aus Axiom A<sub>16b</sub> offensichtlich nicht erfüllt wird.

139) Vor allem treten Schwierigkeiten hinsichtlich der Akzeptanz von Zugehörigkeitsfunktionen („membership functions“) und Fuzzy-Operatoren sowie im Hinblick auf die Scheinpräzision von unscharfen Mengen trotz vager natürlichsprachlicher Ausgangskonstrukte auf. Vgl. dazu die Vorbehalte in ZELEWSKI (1988), S. 59ff.

140) Allerdings wäre es von Interesse, die Konsequenzen näher zu untersuchen, die resultieren würden, wenn das Konzept linguistischer Fuzzyifizierung auf STICKELS natürlichsprachliche Umschreibungen der intendierten Prognosequalität eines Informationssystems angewendet wird. Dieser anspruchsvollere Formalisierungsansatz müßte jedoch in einem anderen Beitrag ausgearbeitet werden.

Statt dessen wird hier in einer nur konventionellen, nicht-fuzzyfizierten Weise zu präzisieren versucht, was unter der „hinreichend guten“ Prognosequalität eines Informationssystems verstanden werden könnte. Diese Prognosequalität läßt sich – wie schon in Axiom A<sub>16</sub> erfolgt – einerseits im Hinblick auf korrekte und andererseits in bezug auf fehlerhafte Prognoseinformationen beurteilen.

Hinsichtlich der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen bietet es sich an, anstelle des früheren Axioms A<sub>16a</sub> die inhaltlich abgeschwächte, dafür jedoch operationale Anforderung zu stellen<sup>141)</sup>:

$$\pi_{1,1} > 0,5 \quad \text{und} \quad \pi_{2,2} > 0,5$$

Bezüglich der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,2}$  und  $\pi_{2,1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen wurde schon in Axiom A<sub>16b</sub> eine formalsprachliche Anforderung spezifiziert:

$$(1-\pi_{2,1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$$

$$(1-\pi_{2,1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq (1-p_1) \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$$

Sie wird hier lediglich so weit äquivalent transformiert, daß die „eigentlich“ interessierenden Größen, die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,2}$  und  $\pi_{2,1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen, jeweils isoliert und somit hervorgehoben werden<sup>142)</sup>:

141) Mit der Festlegung  $\pi_{1,1} > 0,5$  und  $\pi_{2,2} > 0,5$  erfolgt eine inhaltliche Abweichung von der Miniaturtheorie in der Gestalt, wie sie STICKEL (1997) vorgelegt hat. Denn STICKEL legte in seiner Endnote [28] auf S. 72 fest, daß die bedingten Wahrscheinlichkeiten „ $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  deutlich über  $\frac{1}{2}$  liegen“ sollen. Die oben vorgeschlagene operationale Reformulierung „ $\pi_{1,1} > 0,5$  und  $\pi_{2,2} > 0,5$ “ für diese Anforderung wählt aus dem diffusen Kontinuum denk-möglicher „hinreichend guter“ Prognosequalitäten die *kleinstmögliche* aus, die sich mit der Intention einer „hinreichend guten“ Prognosequalität inhaltlich noch gerade deckt und dem Kriterium „über  $\frac{1}{2}$ “ gerecht wird. Zungunsten dieser Auswahl spricht, daß alle anderen Konkretisierungen einer „hinreichend guten“ Prognosequalität die axiomatische Anforderung  $\pi_{n,n} > 0,5$  ebenso erfüllen, während dies auf jede andere Konkretisierung nicht mehr zutrifft. Allerdings wird von STICKELS natürlichsprachlicher Formulierung insofern abgewichen, als sich das Adverb „deutlich“ aus der Anforderung, die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  sollten „deutlich über  $\frac{1}{2}$  liegen“, in der formalsprachlichen Rekonstruktion nicht wiederfindet. Daher handelt es sich um keine originalgetreue Wiedergabe von STICKELS Theorieformulierung. Statt dessen ist der formalsprachliche Präzisionsgewinn mit einem natürlichsprachlichen Verlust hinsichtlich des Adverbs „deutlich“ einhergegangen. Der Verfasser hält diesen Verlust allerdings für tolerabel, da er ohnehin nicht operational auszudrücken vermag, was ein „deutliches“ Über-0,5-Liegen inhaltlich bedeuten mag. Allenfalls die linguistische Fuzzyfizierung könnte hier einen Ausweg weisen, die schon kurz zuvor angesprochen wurde.

142) Es werden im folgenden die Bedingungen  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > 0$ ,  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0$ ,  $p_1 > 0$  und  $p_2 > 0$  vorausgesetzt. Dann gelten:

$$\text{a) } (1-\pi_{2,1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$$

$$\quad \quad \quad // \quad (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 = \pi_{2,2} \cdot p_2$$

$$\Leftrightarrow p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + \pi_{2,2} \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] - p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \geq \pi_{2,1} \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$$

$$\Leftrightarrow \pi_{2,1} \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \leq \pi_{2,2} \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \quad // \quad : U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > 0 \quad : p_1 > 0$$

$$\Leftrightarrow \pi_{2,1} \leq \pi_{2,2} \cdot (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]) : (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]) \quad (\text{q.e.d.})$$

$$\text{b) } (1-\pi_{2,1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq (1-p_1) \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$$

$$\quad \quad \quad // \quad (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 = \pi_{2,2} \cdot p_2 \quad \text{und} \quad 1-p_1 = p_2$$

$$\Leftrightarrow \pi_{1,1} \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] - p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq \pi_{1,2} \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$$

$$\Leftrightarrow \pi_{1,2} \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \leq \pi_{1,1} \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \quad // \quad : U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > 0 \quad : p_2 > 0$$

$$\Leftrightarrow \pi_{1,2} \leq \pi_{1,1} \cdot (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]) : (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]) \quad (\text{q.e.d.})$$

An späterer Stelle wird auf die oben vorausgesetzten Bedingungen aus der Perspektive zusätzlicher Randbedingungen noch einmal zurückgekommen.

$$\pi_{1,2} \leq \pi_{1,1} \cdot (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)]) : (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)])$$

$$\pi_{2,1} \leq \pi_{2,2} \cdot (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)]) : (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)])$$

Diese Reformulierung der Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,2}$  und  $\pi_{2,1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen offenbart auch die interessante Eigenschaft von STICKELS Miniaturtheorie, daß diese Wahrscheinlichkeiten zwar einerseits mindestens so klein ausfallen müssen, daß sie die jeweils rechte Seite der voranstehenden Ungleichungen erfüllen, aber andererseits um so größer sein dürfen, je größer die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen ausfallen. Die bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte und für fehlerhafte Prognoseinformationen sind also nicht voneinander unabhängig, sondern gemäß der voranstehenden Qualitätsanforderung auf nicht-triviale Weise miteinander verwoben<sup>143)</sup>.

Ein zweites Formalisierungsdesiderat besteht hinsichtlich des Theorems Th<sub>5</sub>. Es konstatiert, daß die Bedeutung der Bedingung  $EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$  aus Theorem Th<sub>3</sub> in der Erfüllung der zweifachen Ungleichung  $p_{1,2} : p_{1,1} \leq U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \leq p_{2,2} : p_{2,1}$  liege. Jedoch bleibt unklar, was unter einer solchen „Bedeutung“ konkret zu verstehen ist. Aus formalsprachlicher Perspektive bieten sich hierfür zumindest drei Operationalisierungsalternativen an:

- Die Erfüllung der zweifachen Ungleichung ist eine hinreichende Voraussetzung für das Zutreffen der Bedingung:

$$p_{1,2} : p_{1,1} \leq U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \leq p_{2,2} : p_{2,1} \Rightarrow EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$$

- Die Erfüllung der zweifachen Ungleichung ist eine notwendige Voraussetzung für das Zutreffen der Bedingung:

$$EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}}) \Rightarrow p_{1,2} : p_{1,1} \leq U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \leq p_{2,2} : p_{2,1}$$

- Die Erfüllung der zweifachen Ungleichung ist zugleich notwendig und hinreichend für das Zutreffen der Bedingung, so daß die Ungleichung und die Bedingung äquivalente Formulierungen desselben Sachverhalts darstellen:

$$p_{1,2} : p_{1,1} \leq U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(\text{HA}_2, Z_2)] \leq p_{2,2} : p_{2,1} \Leftrightarrow EU_{\text{inv}}(\text{HA}_1 \oplus \text{HA}_2) > EU(\text{HA}^{\text{opt}})$$

Allerdings sieht der Verfasser keinen Ansatz, die Gültigkeit auch nur einer der drei vorgenannten Optionen nachzuweisen. Dies liegt an der unterschiedlichen Verwendung der schwachen („ $\leq$ “) und der starken („ $>$ “) Ungleichungsrelation, die sich nicht so aufeinander zurückführen lassen, daß eine der o.a. Implikationen oder Äquivalenzen zutrifft<sup>144)</sup>.

143) Eine triviale Abhängigkeit der bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte und für fehlerhafte Prognoseinformationen ist durch die definitorische Beziehung  $\pi_{1,n} + \pi_{2,n} = 1$  für  $n \in \{1;2\}$  aus Axiom A<sub>11</sub> gegeben. Diese Art der Verknüpfung, in der die bedingten Wahrscheinlichkeiten jeweils auf *denselben* Umweltzustand  $Z_n$  bezogen sind, liegt in den beiden o.a. Ungleichungen jedoch nicht vor. Denn dort sind die bedingten Wahrscheinlichkeiten „über Kreuz“ miteinander verflochten: Innerhalb derselben Ungleichung hängen jeweils die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n,1}$  und  $\pi_{n,2}$  für  $n \in \{1;2\}$  voneinander ab, die sich auf *unterschiedliche* Umweltzustände  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  beziehen.

144) Das wurde schon in einer Anmerkung zu Theorem Th<sub>5</sub> festgestellt und hier nur noch einmal in Erinnerung gerufen.

Falls hingegen die Theorieformulierung STICKELS derart modifiziert wird, daß in der zweifachen Ungleichung  $p_{1.2} : p_{1.1} \leq U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \leq p_{2.2} : p_{2.1}$  aus Theorem Th<sub>5</sub> anstelle der starken die schwache Ungleichungsrelation verwendet wird<sup>145)</sup>, dann läßt sich mit Hilfe der Theoreme Th<sub>1</sub>, Th<sub>2</sub> und Th<sub>4</sub> zeigen<sup>146)</sup>: Die Bedingung  $EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{\text{opt}})$  und die zweifache Ungleichung  $p_{1.2} : p_{1.1} < U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] < p_{2.2} : p_{2.1}$  verhalten sich äquivalent zueinander. Da auf diese Weise eine operationale Ausdeutung des Bedeutungspostulats aus Theorem Th<sub>5</sub> resultiert, liegt es nahe, dieses Theorem wie folgt zu reformulieren:

$$\text{Th}_5^*: \quad EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{\text{opt}}) \Leftrightarrow p_{1.2} : p_{1.1} < U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] < p_{2.2} : p_{2.1}$$

Allerdings ist zu beachten, daß bei einer solchen Bedeutungspräzisierung die Formulierung von Axiom A<sub>16b</sub> in bezug auf die bedingten Wahrscheinlichkeiten für fehlerhafte Prognoseinformationen des Informationssystems angepaßt werden muß. Denn die beiden ersten Ungleichungen aus diesem Axiom werden im Nachweis für die voranstehende Äquivalenz benutzt, jedoch nicht in ihrer ursprünglichen Formulierung mit der schwachen, sondern mit der entsprechend ersetzten starken Ungleichungsrelation. Das modifizierte Axiom A<sub>16b</sub>\* lautet dann in seinen drei äquivalenten Formulierungen, die bereits eingeführt und kommentiert wurden:

145) Statt dessen könnte der Äquivalenznachweis ebenso für den Fall geführt werden, daß anstelle der starken die schwache Ungleichungsrelation in der Bedingung  $EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{\text{opt}})$  aus Theorem Th<sub>3</sub> verwendet wird. Analog zur nachfolgenden Argumentation müßte dann aber die modifizierte Bedingung  $EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) \geq EU(HA^{\text{opt}})$  in Theorem Th<sub>3</sub> eingesetzt werden, damit die Theorie als Ganzes in sich stimmig bleibt. Darüber hinaus müßte auch in Axiom A<sub>21</sub> die starke durch die schwache Ungleichungsrelation ersetzt werden. Diese alternative Vorgehensweise wäre zwar formal gleichwertig, aber materiell weniger plausibel. Denn in diesem Fall würde gemäß Axiom A<sub>21</sub> und Theorem Th<sub>3</sub> schon dann in die Implementierung eines Informationssystems investiert, wenn die Erwartungsnutzen für den Fall mit und für den Fall ohne Informationssystem *gleich groß* sind. Bei gleich großen Erwartungsnutzen müßte sich der Entscheidungsträger jedoch aus entscheidungstheoretischer Perspektive gegenüber den beiden Entscheidungsalternativen *indifferent* verhalten. Diese Indifferenz verträgt sich aber nicht mit der zuvor angesprochenen Konsequenz, daß der Entscheidungsträger bei gleich großen Erwartungsnutzen gemäß Axiom A<sub>21</sub> und Theorem Th<sub>3</sub> in die Implementierung eines Informationssystems investieren würde. Diese Investitionsentscheidung wäre zwar nicht grundsätzlich falsch, weil sich bei Indifferenz zwischen zwei Entscheidungsalternativen jede von ihnen mit derselben Willkür auswählen läßt. Aber der *willkürliche* Charakter einer jeden „tie breaking rule“, die zur Auflösung einer solchen Indifferenz angewandt werden könnte, ginge in Axiom A<sub>21</sub> und Theorem Th<sub>3</sub> verloren, wenn in ihnen beiden die Auswahl des Entscheidungsträgers von vornherein zugunsten der Investitionsalternative festgelegt würde. Daher wird dieser alternativen Vorgehensweise hier nicht gefolgt.

146) Bei Verwendung der starken Ungleichungsrelation gilt:

$$\begin{aligned} & p_{1.2} : p_{1.1} < U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] : U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] < p_{2.2} : p_{2.1} \\ \Leftrightarrow & p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > p_{1.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \wedge p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > p_{2.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ & // \quad p_{1.2} = p_2 - p_{2.2} \text{ gemäß Theorem Th}_4 \quad \text{und} \quad p_{2.1} = p_1 - p_{1.1} \text{ gemäß Theorem Th}_4 \\ \Leftrightarrow & p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > (p_2 - p_{2.2}) \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \wedge p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > (p_1 - p_{1.1}) \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ \Leftrightarrow & p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \\ & \wedge \quad p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] + p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ & // \quad p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] = EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) \text{ gemäß Theorem Th}_2 \\ \Leftrightarrow & EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \wedge EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ \Leftrightarrow & EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > \max \{ p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \} \\ & // \quad EU(HA^{\text{opt}}) = \max \{ p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \} \text{ gemäß Theorem Th}_1 \\ \Leftrightarrow & EU_{\text{inv}}(HA_1 \oplus HA_2) > EU(HA^{\text{opt}}) \end{aligned}$$

(q.e.d.)

$$p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$$

$$p_{1.1} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > (1-p_1) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$$

oder äquivalent:

$$(1-\pi_{2.1}) \cdot p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1.2}) \cdot p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]$$

$$(1-\pi_{2.1}) \cdot p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1.2}) \cdot p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > (1-p_1) \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)]$$

oder äquivalent:

$$\pi_{1.2} < \pi_{1.1} \cdot (p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]) : (p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)])$$

$$\pi_{2.1} < \pi_{2.2} \cdot (p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)]) : (p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)])$$

Erst nach diesen Anpassungen ist die gesamte Theorie wieder in sich „stimmig“ formuliert. Um die Theorieformulierung möglichst kompakt zu halten, wird das Axiom A<sub>16b</sub>\* fortan nur noch in der letzten von den drei voranstehenden, äquivalenten Darstellungsweisen wiedergegeben. Sie besitzt den Vorzug, die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1.2}$  und  $\pi_{2.1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen, auf die sich das Axiom inhaltlich primär bezieht, um eine Anforderung an die Prognosequalität eines Informationssystems zu spezifizieren, mittels ihrer Isolierung hervorzuheben.

A<sub>16b</sub>\*: Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2.1}$  und  $\pi_{1.2}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen:

$$\pi_{1.2} < \pi_{1.1} \cdot (p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)]) : (p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)])$$

$$\pi_{2.1} < \pi_{2.2} \cdot (p_2 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_2, Z_2)]) : (p_1 \cdot U_{\alpha}[\hat{E}(HA_1, Z_1)])$$

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß die voranstehenden Formalisierungsanregungen nur eine bescheidene Teilmenge derjenigen Formalisierungsmöglichkeiten abdecken, die für die semi-formalsprachliche Theorieformulierung aus Kapitel 2.2 „naheliegen“<sup>147)</sup>. Als Ansatzpunkte für eine noch stärkere Formalisierung der Miniaturtheorie werden hier der Kürze halber nur erwähnt:

- In der Miniaturtheorie werden nur die zwei Handlungsalternativen HA<sub>1</sub> und HA<sub>2</sub> formalsprachlich expliziert, zwischen denen der Entscheidungsträger auf der „Objektebene“ auswählen kann. Tatsächlich durchzieht die gesamte Miniaturtheorie aber wie ein „roter Faden“ die Unterscheidung zwischen zwei weiteren Alternativen: Auf der „Metaebene“ kann der Entscheidungsträger wählen, ob er entweder in die Implementierung eines Informationssystems investiert oder aber auf eine solche Investition in Informationstechnik verzichtet<sup>148)</sup>. Diese beiden zusätzlichen Al-

147) Es könnte trefflich darüber gestritten werden, wie sich das „Naheliegen“ einer Formalisierungsmöglichkeit intersubjektiv nachprüfbar operationalisieren läßt. Der Verfasser versucht erst gar nicht, einen Vorschlag hierfür zu unterbreiten, weil er ein solches Unterfangen für hoffnungslos erachtet. Statt dessen zielt er mit dem Hinweis auf „naheliegende“ Möglichkeiten einer weiterführenden Theorieformalisierung auf zwei Aspekte ab. Erstens soll verdeutlicht werden, daß die zuvor angesprochenen Formalisierungsanregungen keineswegs erschöpfend sind. Andererseits soll zum Ausdruck gelangen, daß der Verfasser nicht daran glaubt, das Potential aller denkmöglichen zusätzlichen Formalisierungen für die hier betrachtete Miniaturtheorie jemals vollständig beschreiben zu können. Statt dessen ist immer damit zu rechnen, daß von anderen dritter Seite „ferner liegende“ Möglichkeiten der Theorieformalisierung aufgedeckt werden, die vom Verfasser schlicht übersehen wurden.

148) Diese beiden Entscheidungsalternativen manifestieren sich vor allem in der durchgängigen Unterscheidung, ob Erwartungsnutzen und erwartetes Ergebnis entweder im Investitionsfall oder aber im komplementären Fall des Investitionsverzichts ermittelt werden. Auf diese „strukturelle“ Eigenart der Miniaturtheorie wurde bereits am Ende des Exkurses von Kapitel 2.3 ausführlicher eingegangen.

Es könnte der Einwand erhoben werden, daß über die zwei vorgenannten Entscheidungsalternativen hinaus noch eine dritte Entscheidungsalternative eingeführt werden müßte, da STICKEL in seinem Anwendungsbeispiel mit drei Anwendungsszenarien argumentiert: Das erste korrespondiert noch eindeutig mit der Entscheidungsalterna-

ternativen könnten als Entscheidungsalternativen  $EA_{inv}$  für den Investitionsfall und  $EA_{nin}$ <sup>149)</sup> für den Fall eines Investitionsverzichts formalsprachlich ebenso expliziert werden, wie es für die beiden Handlungsalternativen des Entscheidungsträgers von vornherein geschehen ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die beiden Alternativenpaare  $HA_1/HA_2$  und  $EA_{inv}/EA_{nin}$  zwei verschiedenen Ebenen angehören: Aus sachlogischer Perspektive ist zunächst auf der Metaebene zu entscheiden, ob entweder in die Implementierung eines Informationssystems investiert ( $EA_{inv}$ ) oder ob darauf verzichtet wird ( $EA_{nin}$ ). Erst danach kann auf der Metaebene zwischen den zwei Handlungsalternativen  $HA_1$  und  $HA_2$  ausgewählt werden, und zwar entweder mit der Hilfe eines auswahlunterstützenden Informationssystems ( $EA_{inv}$ ) oder ohne eine solche Hilfe ( $EA_{nin}$ ). Alle Komponenten der Theorieformulierung, die sich auf eine tatsächliche oder potentielle<sup>150)</sup> Auswahl zwischen den beiden Handlungsalternativen beziehen, müßten daher jeweils formalsprachlich explizieren, ob sie die Investition in ein Informationssystem und somit die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  oder ob sie den Investitionsverzicht und somit die Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$  voraussetzen<sup>151)</sup> (oder ob sie gegenüber diesen beiden Entscheidungsalternativen indifferent sind<sup>152)</sup>).

---

tive, auf eine Investition in Informationstechnik zu verzichten. Das zweite und das dritte Anwendungsszenario, die sich auf eine geringere bzw. höhere Investition in Informationstechnik erstrecken, scheint hingegen eine „Aufspaltung“ der oben eingeführten Entscheidungsalternative, in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren, in zwei separate Entscheidungsalternativen zu erfordern. Dieser oberflächliche Anschein trägt jedoch. Denn die beiden letztgenannten Anwendungsszenarien lassen sich als *Varianten* der gleichen Entscheidungsalternative auffassen, in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren. Zu diesem Zweck wurde bereits zu Beginn dieses Beitrags der Implementierungsbegriff so weit gefaßt, daß er sowohl die Einführung eines neuen Informationssystems (zweites Anwendungsszenario) als auch die Aufrüstung eines bereits vorhandenen Informationssystems (drittes Anwendungsszenario) überdeckt. Die beiden Varianten gehören daher auf der Metaebene gemeinsam zu der Entscheidungsalternative „Investition in die Implementierung eines Informationssystems“. Sie unterscheiden sich nur hinsichtlich der *parametrischen Spezifizierung* dieser Investitionsalternative, und zwar in bezug auf die Informationsbeschaffungskosten  $K$  und die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  (letzte als Indikatoren für die Prognosequalität des Informationssystems). Auch STICKELS zweites und drittes Anwendungsszenario unterscheiden sich lediglich im Hinblick auf die Informationsbeschaffungskosten und eine bedingte Wahrscheinlichkeit. Daher reicht es in der Tat aus, auf der Metaebene nur zwei Entscheidungsalternativen einerseits für die Investition in ein – neues oder aufgerüstetes – Informationssystem und andererseits für den Verzicht hierauf vorzusehen.

- 149) Von Entscheidungsalternativen anstelle von Handlungsalternativen wird hier gesprochen, um hervorzuheben, daß die zwei Alternativen des „Investierens“ ( $EA_{inv}$ ) und des „Nichtinvestierens“ ( $EA_{nin}$ ) auf einer anderen Ebene (Metaebene) als die beiden Handlungsalternativen (Objektebene) angesiedelt sind. Auf diese Ebenenunterscheidung wird im folgenden näher eingegangen.
- 150) Der Fall einer potentiellen Auswahl zwischen den beiden Handlungsalternativen betrifft die Superpositionssituation  $HA_1 \oplus HA_2$ , die schon ausführlicher thematisiert wurde.
- 151) Diese Voraussetzungen lassen sich formalsprachlich jeweils durch ein Subjugat erfassen, das in seiner Antezedenzkomponente entweder die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  oder aber die Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$  enthält. Solche Subjugate wären vor allem für die Reformulierung derjenigen Axiome und Theoreme der Miniaturtheorie anzuwenden, in denen die Ermittlung des Erwartungsnutzens oder des erwarteten Ergebnisses für den Investitionsfall bzw. für den Fall des Investitionsverzichts spezifiziert werden. Dies betrifft die Axiome  $A_{18}$ ,  $A_{19}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{22}$  und  $A_{23}$  sowie die Theoreme  $Th_1$ ,  $Th_2$ ,  $Th_6$  und  $Th_7$ . Darüber hinaus sind im Prinzip auch das Axiom  $A_{21}$  und das Theorem  $Th_3$  betroffen. Wegen ihrer „genau dann, wenn“-Formulierung ist die jeweils angesprochene Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$ , in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren, allerdings nicht in ein formalsprachliches Sub-, sondern in ein Bijugat einzubetten. (Infolge der Symmetrie von Bijugaten ist es unerheblich, ob dort die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  jeweils im Vor- oder Nachsatz des Bijugats enthalten ist.) Schließlich könnten ebenso die Axiome  $A_9$  bis  $A_{17}$  als Subjugate reformuliert werden, deren Antezedenzkomponente jeweils die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  umfaßt. Denn die zuletzt genannten Axiome setzen inhaltlich die Investition in die Implementierung eines Informationssystems voraus, auch wenn sie – im Gegensatz zu den vorher angeführten Axiomen und Theoremen – diese Voraussetzungen in ihren umgangssprachlichen Formulierungen nicht mittels konditionaler Redewendungen unmittelbar verdeutlichen. Dies könnte zum Anlaß genommen werden, die natürlichsprachlichen Formulierungen der Axiome  $A_9$  bis  $A_{17}$  im Kapitel 2.2 in entsprechend konditionaler Weise zu überarbeiten. Darauf wird in diesem Beitrag aber bewußt verzichtet, um einerseits

- Die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$ , in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren, ist strenggenommen als eine „generische“ Alternative aufzufassen, von der mehrere Varianten existieren können. Diese Varianten der Investitionsalternative unterscheiden sich durch die spezifischen Informationsbeschaffungskosten  $K$  und die spezifischen bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$ , die von dem jeweils betrachteten Informationssystem abhängen. Daher ist für den Investitionsfall, der durch die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  beschrieben wird, eine Variable „inv“ einzuführen, die durch verschiedene Konstanten  $inv_q$  mit  $q=1;\dots;Q$  und  $Q \in \mathbf{N}_+$ <sup>153)</sup> belegt werden kann<sup>154)</sup>. Jede dieser Konstanten  $inv_q$  symbolisiert genau eine Investitionsvariante „q“. STICKEL selbst hat in dem Anwendungsbeispiel seiner Miniaturtheorie  $Q = 2$  solcher Investitionsvarianten – allerdings nur auf der natürlichsprachlichen Ebene – diskutiert; sie manifestierten sich im zweiten und dritten Anwendungsszenario.
- Die Beschreibung der Entscheidungsalternative, eine Investition in Informationstechnik durchzuführen und das hierdurch implementierte Informationssystem zu Prognosezwecken zu konsultieren, erfolgt in Axiom  $A_8$  auf nahezu vollkommen natürlichsprachliche Weise. Wenn jedoch – wie zuvor erläutert wurde – für die Entscheidung darüber, ob in Informationstechnik investiert werden soll, die neuartigen Entscheidungsalternativen  $EA_{inv}$  und  $EA_{nin}$  eingeführt werden, läßt sich das Axiom  $A_8$  in der Gestalt eines formalsprachlichen Subjugats folgender Art reformulieren: Seine Antezedenzkomponente drückt die Bedingung aus, daß sich der Entscheidungsträger zugunsten der Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  entscheidet. Seine Konklusionskomponente verknüpft hiermit die Möglichkeit, entweder die Prognoseinformation  $y_1$  oder aber die Prognoseinformation  $y_2$  zu erhalten.
- Die Kostenlosigkeit einer Investition in Informationstechnik, die in Axiom  $A_{13}$  natürlichsprachlich konstatiert wird, läßt sich analog zur voranstehenden Anmerkung formalisieren. Dazu wird abermals auf ein Subjugat zurückgegriffen, das in seiner Antezedenzkomponente die Entscheidung des Entscheidungsträgers zugunsten der Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  ausdrückt. Seine Konklusionskomponente ordnet dieser Entscheidung lediglich die Investitionskosten von Null zu<sup>155)</sup>. Auf analoge Weise lassen sich die Axiome  $A_{14}$  bis  $A_{17}$  formalisieren<sup>156)</sup>.
- Die bereits konditional formulierten Axiome  $A_{18}$  bis  $A_{23}$  und Theoreme  $Th_1$  bis  $Th_3$  sowie  $Th_6$  und  $Th_7$  können ebenso stärker formalisiert werden, indem sie als Subjugate oder – im Falle des bikonditionalen Axioms  $A_{21}$  und des bikonditionalen Theorems  $Th_3$  – als Bijugate reformuliert werden. Dabei enthalten ihre Antezedenzkomponenten jeweils die Entscheidung des Entscheidungsträgers zugunsten entweder der Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  oder aber der Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$  je nachdem, welche dieser beiden Entscheidungen in der natürlichsprachlichen Formulierung als Kondition vorausgesetzt war.

---

die Formulierungen möglichst kompakt zu halten und andererseits anhand dieser Formulierungen nachträglich aufzeigen zu können, welche zusätzlichen Einsichten durch formalsprachliche Reformulierungen gewonnen werden können.

- 152) Dem Verfasser ist in STICKELS Miniaturtheorie kein Axiom oder Theorem aufgefallen, auf das diese Bedingung zutrifft. Dennoch hat er sie hier der Vollständigkeit halber aufgeführt.
- 153) Mit  $\mathbf{N}_+$  wird hier die Menge aller von Null verschiedenen natürlichen Zahlen bezeichnet.
- 154) Falls der Entscheidungsträger nicht zwischen mehreren Investitionsvarianten wählen kann, tritt der Degenerationsfall mit  $Q = 1$  ein. Dann kann die Variable „inv“ nur noch durch die genau eine Konstante  $inv_1$  belegt werden und unterscheidet sich daher nicht mehr substantiell von einer Konstanten.
- 155) Zur formalsprachlichen Repräsentation der Investitionskosten müßte ein neues Symbol eingeführt werden, weil das Symbol „K“ bereits für die Informationsbeschaffungskosten reserviert ist, die im allgemeinen nicht Null betragen.
- 156) Dabei werden für Axiom  $A_{16}$  in der Konklusionskomponente bereits die Formalisierungen vorausgesetzt, die kurz zuvor hinsichtlich der Anforderungen an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  für korrekte und für fehlerhafte Prognoseinformationen vorgestellt wurden.

- In manchen Axiomen ( $A_3$ ,  $A_5$  und  $A_{10}$ ) wird explizit festgestellt, daß dem Entscheidungsträger die konkreten Werte für unabhängige Variablen der Miniaturtheorie bekannt sind<sup>157)</sup>, in anderen Axiomen ( $A_{13}$  und  $A_{15}$ ) wird diese Kenntnis implizit eingeschlossen<sup>158)</sup>. Das Vorhandensein dieses Wissens könnte explizit formalisiert werden; dies ist in wirtschaftswissenschaftlichen Modellierungen jedoch nur selten der Fall.
- Das Theorem  $Th_8$  ist vollständig natürlichsprachlich verfaßt, obwohl es die zentrale Aussage der Miniaturtheorie von STICKEL darstellt. Daher böte es sich vor allem als weiterer Kandidat für eine stärkere Formalisierung an, sofern der vom Verfasser eingangs aufgestellten Formalisierungsthese zugestimmt wird. Der verblüffende Umstand, daß die zentrale Aussage einer – immerhin semi-formalsprachlichen – Theorie selbst nicht formalisiert ist, läßt sich jedoch leicht erklären: Theorem  $Th_8$  bezieht sich auf den Übergang zwischen Zuständen, die sich entweder durch das Investieren/Nichtinvestieren in Informationstechnik oder aber durch das unterschiedliche Ausmaß von Investitionen in Informationstechnik unterscheiden. Eine Formalisierung dieses Theorems würde daher erfordern, in die formalsprachliche Theorieformulierung explizite Zustandsrepräsentationen aufzunehmen und die Axiome und Theoreme der Theorie – zumindest teilweise – auf alternative Zustände zu beziehen. Dies würde eine weitreichende Überarbeitung der meisten formalsprachlichen Theoriekomponenten nach sich ziehen<sup>159)</sup>.

Es bleibt weiterführenden Arbeiten vorbehalten, die vorgenannten zusätzlichen Formalisierungsmöglichkeiten konkret umzusetzen und ihre Konsequenzen auszuleuchten. Immerhin werden einige dieser Anregungen in der anschließenden Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie bereits aufgenommen.

---

157) Das betrifft die Apriori-Wahrscheinlichkeiten  $p_n$  in Axiom  $A_3$ , die Erlöse  $E_{m,n}$  in Axiom  $A_5$  sowie die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  in Axiom  $A_{10}$ .

158) In Axiom  $A_{13}$  wird das Wissen über die Kostenlosigkeit einer zusätzlichen Investition in Informationstechnik vorausgesetzt. In Axiom  $A_{15}$  wird implizit unterstellt, daß die Informationsbeschaffungskosten  $K$  bekannt sind.

159) Wegen des hiermit verbundenen Aufwands wurde in diesem Beitrag darauf verzichtet, diese umfassende Reformulierung durchzuführen. Allerdings wird eingeräumt, daß dies – wegen des Bezugs auf die zentrale Aussage der Miniaturtheorie – die vermutlich „interessanteste“ Formalisierungsvariante der hier diskutierten Theorie wäre und daher unbedingt zu späterer Zeit nachgeholt werden sollte.

## 2.5 Eine Rekonstruktion der Miniaturtheorie STICKELS aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts

### 2.5.1 Einführung in das Strukturalistische Theorienkonzept

Das Strukturalistische Theorienkonzept<sup>160)</sup> zeichnet sich dadurch aus, für die Formulierung von realwissenschaftlichen Theorien eine reichhaltige, auf den ersten Blick oftmals „merkwürdig“ anmutende Struktur vorzuschreiben. Es besitzt daher einen ausgeprägt normativen Charakter hinsichtlich der Gestaltung „wohlformulierter“ Theorien.

Die Betonung der „Struktur“ einer Theorie könnte zu der Annahme verleiten, es würde dem konventionellen Theorienverständnis des „statement view“ vorgehalten, seine Theorieformulierungen seien vollkommen strukturlos. Dies wäre jedoch verfehlt. Statt dessen weisen auch konventionell formulierte Theorien eine Struktur auf: Sie lassen sich zunächst separieren in die Aussagen der Theorie („statements“) einerseits und die Inferenzregeln, die auf diese Aussagen angewendet werden können. Die zweite, inferentielle Theoriekomponente wird jedoch nur selten explizit angegeben, sondern zumeist als „deduktiver Theoriehintergrund“ stillschweigend vorausgesetzt. Seine Bedeutung für die Theorieformulierung wird erst dann offensichtlich, wenn die Zulässigkeit einzelner Inferenzregeln – wie etwa seitens der intuitionistischen Mathematik<sup>161)</sup> – in Zweifel gezogen wird. Diese Problematik steht jedoch nicht im Fokus des hier vorgelegten Beitrags. Darüber hinaus wird die Menge der Aussagen einer Theorie vollständig und disjunkt zerlegt in die echten Teilmengen ihrer Axiome und der daraus herleitbaren Theoreme. Von dieser letztgenannten Theoriestructur wurde bereits in Kapitel 2.2 Gebrauch gemacht, als versucht wurde, die Miniaturtheorie STICKELS möglichst originalgetreu wiederzugeben.

Das Strukturalistische Theorienkonzept des „non statement view“ geht jedoch über diese „Minimalstruktur“ konventionell formulierter Theorien, die nur die strukturelle Unterscheidung zwischen Axiomen, Theoremen und Inferenzregeln kennt, deutlich hinaus. Sein wesentlicher konzeptioneller Ansatzpunkt besteht in der Behauptung, konventionell formulierte Theorien seien aufgrund ihrer Minimalstruktur im allgemeinen nicht in der Lage, drei fundamentalen Defekten zu entrinnen: einem Gesetzes-, einem Anwendungs- und einem Überprüfungsdefekt. Diese Defekte ließen sich aber heilen, wenn Theorien in einer wesentlich anspruchsvolleren, im Rahmen des „non statement view“ detailreich und subtil ausgearbeiteten Weise strukturiert würden. Es steht hier nicht der Raum zur Verfügung, die inhaltlichen Facetten dieser drei Defektvorwürfe zu entfalten, hinsichtlich ihrer Berechtigung zu hinterfragen sowie die zur Defektheilung angebotenen Strukturierungsempfehlungen zu diskutieren. Der Verfasser hat dies an anderer Stelle ausführlicher geleistet<sup>162)</sup>. Statt dessen soll im folgenden lediglich anhand einer strukturalistisch inspirierten Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie exemplarisch verdeutlicht werden, daß die spezielle Art der Theoriestructurierung des

---

160) Vgl. als Basiswerk SNEED (1979), als neuere Überblickswerke STEGMÜLLER (1980), STEGMÜLLER (1986), BALZER/MOULINES/SNEED (1987), ZOGLAUER (1993) und BALZER/MOULINES (1996). Die Besonderheiten dieses Konzepts sowie seine besondere Eignung für die systematische Konstruktion und Kritik realwissenschaftlicher Theorieformulierungen wurden vom Verfasser bereits bei anderer Gelegenheit dargelegt; vgl. ZELEWSKI (1993); ZELEWSKI (1994), S. 899ff.; ZELEWSKI (1996a), Sp. 1595ff. Vgl. auch die umfangreicheren Hinweise auf Literatur zum Strukturalistischen Theorienkonzept bei ZELEWSKI (1993), S. 98f.

161) Sie betrachtet das Inferenzprinzip des „tertium non datur“ und die davon abhängigen indirekten Schlußweisen als logisch unzulässig.

162) Vgl. ZELEWSKI (1993), S. 18ff. u. 112ff. (hinsichtlich der Defektvorwürfe) sowie S. 94ff. u. 225ff. (im Hinblick auf die Strukturierungsansregungen).

„non statement view“ interessante Einblicke in den *Gehalt* einer Theorie zu vermitteln<sup>163)</sup> und ihre *Fortentwicklung* zu befruchten vermag<sup>164)</sup>.

Die Minimalstruktur konventioneller Theorieformulierungen steht im folgenden nicht zur Debatte. Die Unterscheidung zwischen Axiomen, Theoremen und Inferenzregeln findet sich ebenso im Strukturalistischen Theorienkonzept wieder. Darüber hinaus führt das Strukturalistische Theorienkonzept hinsichtlich der Theoreme und Inferenzregeln einer Theorie zu keinen hier erwähnenswerten, neuartigen Erkenntnissen. Daher beschränken sich die anschließenden Ausführungen ausschließlich darauf, die Menge  $A = \{A_1; \dots; A_{23}\}$  der Axiome aus STICKELS Miniaturtheorie zur theoretischen Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik aus der Perspektive des „non statement view“ zu rekonstruieren. Alle nachfolgenden Komponenten der strukturalistisch rekonstruierten Theorieformulierung besitzen daher axiomatischen Charakter.

Das Strukturalistische Theorienkonzept empfiehlt für eine „wohlformulierte“ Theorie T eine konzeptspezifische Theoriestructur. Diese Struktur besteht in einer mehrfachen, sowohl horizontalen als auch vertikalen Ausdifferenzierung charakteristischer Theoriekomponenten. Zunächst wird eine Theorie T auf der obersten Ebene in ihren Theoriekern  $K_T$  und ihren intendierten Anwendungsbe-  
reich  $I_T$  horizontal gegliedert. Auf der zweiten Ebene wird der Theoriekern  $K_T$  in vier Mengen aufgespalten:

- die Menge  $M_{p(T)}$  der potentiellen Modelle der Theorie T,
- die Menge  $M_{pp(T)}$  der partiellen potentiellen Modelle der Theorie T,
- die Menge  $M_{S(T)}$  der Modelle der Theorie T und
- die Menge  $C_{S(T)}$  der Restriktionen der Theorie T.

---

163) Dies unterstreicht noch einmal die Festlegung, die zu Beginn dieses Beitrags erfolgte, daß hier *nicht* beansprucht wird, eine *neuartige* Theorie vorzulegen. Vielmehr wird lediglich der Gehalt einer bereits vorliegenden – anspruchsvollen – Theorie in einer anderen, strukturreicheren Weise formuliert („rekonstruiert“). Mit dieser Theorierekonstruktion wird allerdings der Anspruch verknüpft, daß sie zu nicht-trivialen („interessanten“) Einsichten verhilft, die anhand der ursprünglich vorliegenden, konventionell formulierten Theorie nicht oder nur schwer hätten gewonnen werden können.

Der Verfasser räumt ein, daß es schwierig ist, die Erfüllung dieses Anspruchs stringent nachzuweisen. Denn bezüglich aller nachfolgend vorgetragenen Aspekte, die hier im Argumentationskontext des Strukturalistischen Theorienkonzepts entwickelt werden, könnte natürlich behauptet werden, sie hätten ebenso anhand einer konventionellen Theorieformulierung – etwa so, wie sie im Kapitel 2.2 für STICKELS Miniaturtheorie vorgelegt wurde, – gewonnen werden können. Die Richtigkeit dieser Behauptung läßt sich grundsätzlich weder beweisen noch widerlegen, weil es einer geäußerten Erkenntnis nicht „objektiv“ angesehen werden kann, aus welchen epistemischen Grundlagen sie hervorgegangen ist. Insbesondere bereitet es keine Schwierigkeiten, die anschließend aus strukturalistischer Perspektive vorgetragenen Einsichten und Fortentwicklungsanregungen als „ebenso konventionell gewinnbar“ darzustellen, *nachdem* sie bekannt gemacht worden sind. Eine solche Ex-post-Zuweisung von Erkenntnissen zu einem Theorienkonzept läßt sich immer vornehmen. Daher möchte sich der Verfasser auf den denkmöglichen Streit, *ob* das konventionelle Theorienverständnis *grundsätzlich* nicht auch in der Lage sei, die nachstehenden Erkenntnisse zu gewinnen, von vornherein nicht einlassen. Ein solcher Streit läßt sich wohl kaum jemals rational schlichten. Statt dessen hielte es der Verfasser aber für lohnenswert, *empirisch* zu untersuchen, *ob* die nachstehenden Erkenntnisse schon einmal im Rahmen des konventionellen Theorienkonzepts für STICKELS Theorienkonzept – in welcher konkreten Formulierungsvariante und inhaltlichen Nuancierung auch immer – vorgetragen wurde. Sollten sie hierfür keine oder nur „spärliche“ Evidenzen anführen lassen, so wäre dies ein *Indikator* (kein Beweis) für die *heuristische Kraft* des Strukturalistischen Theorienkonzepts, interessante Erkenntnisse zu stimulieren. Dies würde aus Sicht des Verfassers schon ausreichen, um eine nähere Befassung mit diesem Theorienkonzept zu rechtfertigen.

164) Auf den Fortentwicklungsaspekt wird abschließend im Zusammenhang mit der Ergänzung zusätzlicher Randbedingungen kurz eingegangen. Dies stellt jedoch nur eine marginale Facette aus dem reichhaltigen Angebot von Anregungen dar, den das Strukturalistische Theorienkonzept zur Thematik „Fortschrittlichkeit“ von Theorien anbietet. Der Verfasser hat sich damit intensiver an anderer Stelle auseinandergesetzt; vgl. ZELEWSKI (1993), S. 360ff. (u. 160ff.).

Die Menge  $M_{p(T)}$  der potentiellen Modelle läßt sich als formalsprachliche Spezifikation des terminologischen Apparats der Theorie  $T$  auffassen. Denn sie umfaßt alle Formelsysteme, die ausschließlich mittels der formalen Sprache der Theorie  $T$  formuliert sind, und zwar unabhängig davon, ob sie die gesetzesartigen Aussagen (nomischen Hypothesen) der Theorie  $T$  erfüllen oder nicht. Die partiellen potentiellen Modelle der Theorie  $T$  gehen aus solchen potentiellen Modellen hervor, indem formalsprachliche Konstrukte besonderer Art – die sogenannten  $T$ -theoretischen Konstrukte – aus den Formulierungen der Formelsysteme mittels der RAMSEY-Eliminierung entfernt werden. Dies wird in Kürze etwas näher erläutert. Die Menge  $M_{S(T)}$  der Modelle der Theorie  $T$  umfaßt alle Formelsysteme, die ausschließlich mittels der formalen Sprache der Theorie  $T$  formuliert sind *und* alle gesetzesartigen Aussagen der Theorie  $T$  erfüllen. Ein „Modell“<sup>165)</sup> einer Theorie  $T$  ist eine „Instantiierung“<sup>166)</sup> dieser Theorie, die exakt die *formale* Struktur  $S(T)$ <sup>167)</sup> dieser Theorie besitzt. Dabei wird die formale Theoriestructur  $S(T)$  durch den terminologischen Apparat und die gesetzesartigen Aussagen der Theorie  $T$  vollständig bestimmt. Schließlich stellt die Restriktionenmenge  $C_{S(T)}$  eine Besonderheit des Strukturalistischen Theorienkonzepts dar, die erst bei komplexen Theorieanwendungen Bedeutung erlangen kann<sup>168)</sup>. Sie wird im folgenden vernachlässigt, weil sie für STICKELS Miniaturtheorie keine Rolle spielt.

Nach der Ausdifferenzierung des Theoriekerns  $K_T$  wird das Spektrum der intendierten Anwendungsbereiche  $I_T$  der Theorie  $T$ , die aus strukturalistischer Perspektive überhaupt zulässig sind, mittels der Anforderung  $I_T \subseteq \text{pot}_+(M_{pp(T)})$ <sup>169)</sup> festgelegt. Sie drückt aus, daß jede intendierte Theorieanwendung eine nicht-leere Menge aus partiellen potentiellen Modellen der Theorie  $T$  darstellen muß. Dies bedeutet, daß eine intendierte Theorieanwendung einerseits mit Hilfe des terminologischen Apparats der Theorie  $T$  formuliert sein muß und andererseits keine  $T$ -theoretischen Konstrukte enthalten darf.

Die erste Teilanforderung scheint zunächst trivial zu sein. Sie lenkt aber die Aufmerksamkeit auf den Umstand, daß es zu den Grundlagen einer wohlformulierten Theorie gehört, zunächst ihren terminologischen Apparat formalsprachlich präzise zu explizieren (anhand der Menge  $M_{pp(T)}$  ihrer partiellen potentiellen Modelle), bevor über ihre intendierten Anwendungen überhaupt „sinnvoll“ geredet werden kann.

---

165) Um Mißverständnisse zu vermeiden, wird deutlich darauf hingewiesen, daß der Modellbegriff des Strukturalistischen Theorienkonzepts nichts mit dem wirtschaftswissenschaftlichen Modellbegriff gemein hat. Statt dessen bezieht sich der strukturalistische Modellbegriff auf den *semantischen Modellbegriff* der formalen Logik. Seitens der formalen Logik wird jede formale Interpretation eines Formelsystems, unter der das Formelsystem als Ganzes gültig ist, als ein Modell dieses Formelsystems bezeichnet. Der strukturalistische Modellbegriff übernimmt diesen Geltungsanspruch und überträgt ihn auf die Erfüllung aller gesetzesartigen Aussagen einer Theorie. Allerdings weist der strukturalistische Modellbegriff die Besonderheit auf, innerhalb des Theoriekerns zunächst auf rein syntaktische Weise definiert zu sein, ohne formallogische Konstrukte für die Explikation von Formelinterpretationen zu verwenden. Solche Konstrukte einer formalen Semantik werden im Rahmen des Strukturalistischen Theorienkonzepts erst an späterer Stelle eingeführt, und zwar als Interpretationsbedingungen für die Festlegung des Bereichs intendierter Anwendungen einer Theorie.

166) Die metaphorische Redeweise soll verdeutlichen, daß eine Theorie mit der formalen Struktur  $S(T)$  durch verschiedene – im Prinzip beliebig viele – sprachliche Formulierungen wiedergegeben („instantiiert“) werden kann, solange sie sich des terminologischen Apparats  $M_{pp(T)}$  der Theorie  $T$  bedienen.

167) Da die Struktur einer Theorie  $T$  umfassender durch ihren Theoriekern  $K_T$ , ihren intendierten Anwendungsbereich  $I_T$  und alle daran noch anknüpfenden Ausdifferenzierungen festgelegt ist, wird hier der Teilaspekt von terminologischem Apparat und gesetzesartigen Aussagen einschränkend als die *formale* Theoriestructur bezeichnet.

168) Näheres dazu findet sich bei ZELEWSKI (1993), S. 132f. u. 319ff. Abermals sei der Deutlichkeit halber darauf hingewiesen, daß die „Restriktionen“ des Strukturalistischen Theorienkonzepts keinesfalls mit dem Restriktionsbegriff aus wirtschaftswissenschaftlichen Modellierungen übereinstimmen.

169) Dabei ist „ $\text{pot}_+$ “ der positive Potenzmengenoperator, der jede Menge auf die Menge aller ihrer Teilmengen mit Ausnahme der leeren Menge abbildet.

Die zweite Teilanforderung rückt die T-theoretischen Konstrukte als einen zentralen erkenntnistheoretischen Aspekt des Strukturalistischen Theorienkonzepts in den Vordergrund. In der hier gebotenen Kürze kann auf die herausragende Bedeutung – aber auch die inhärente Problematik – dieser T-theoretischen Konstrukte leider nicht näher eingegangen werden<sup>170</sup>). Daher müssen an dieser Stelle einige kurze Anmerkungen ausreichen.

Ein Konstrukt verhält sich T-theoretisch in bezug auf eine realwissenschaftliche Theorie T, falls sich seine konkreten Ausprägungen nur dann messen lassen, wenn vorausgesetzt wird, daß mindestens eine intendierte Anwendung dieser Theorie T existiert, in der alle Gesetze dieser Theorie erfüllt sind. Sofern eine Theorie T mindestens ein solches T-theoretisches Konstrukt enthält, unterliegt sie einem gravierenden *Überprüfungsdefekt*: Die empirische Gültigkeit der Theorie T läßt sich nicht überprüfen, ohne sich entweder in einem „circulus vitiosus“ oder aber in einem infiniten Regreß zu verfangen, weil jeder Überprüfungsversuch implizit die empirische Gültigkeit der Theorie voraussetzt<sup>171</sup>). Dieser Überprüfungsdefekt bedeutet eine „Bankrotterklärung“ des konventionellen Theorienverständnisses, sofern es den Anspruch auf empirische Überprüfbarkeit – und *Falsifizierbarkeit* – der Gültigkeit seiner Theorien erhebt<sup>172</sup>). Diesen empirischen Überprüfbarkeits- und Falsifizierbarkeitsanspruch vertreten zumindest alle realwissenschaftlichen Theorien, die sich dem derzeit dominierenden, wesentlich vom Kritischen Rationalismus POPPERS geprägten Empirischen Paradigma zuordnen lassen. Das gilt insbesondere auch für Theorien der Wirtschaftsinformatik, für die in der Regel gefordert wird, empirisch überprüfbare realwissenschaftliche Theorien darzustellen. Daher bedroht das Strukturalistische Theorienkonzept mit seiner gravierenden Vorhaltung eines *prinzipiellen* Überprüfungsdefekts das Selbstverständnis konventioneller realwissenschaftlicher Theoriebildung massiv. Um so überraschender mag es anmuten, daß sich die Anhänger des Empirischen Paradigmas mit der Fundamentalkritik des „non statement view“, dem zuvor skizzierten Überprüfungsdefekt unvermeidlich ausgeliefert zu sein, sobald eine Theorie mindestens ein T-theoretisches Konstrukt umfaßt, zumindest im Bereich der Wirtschaftsinformatik anscheinend noch nicht auseinandergesetzt haben.

Den Ausgangspunkt der Entwicklung des Strukturalistischen Theorienkonzepts bildete die Auseinandersetzung mit dem Überprüfungsdefekt konventionell formulierter Theorien. Es führte zu der hier vereinfacht vorgestellten Theoriestructur, die es gestattet, den Überprüfungsdefekt trotz Existenz T-theoretischer Konstrukte zu vermeiden. Die Kernidee hierzu liefert die oben angesprochene RAMSEY-Eliminierung T-theoretischer Konstrukte. Sie ermöglicht es, einerseits intendierte Theorieanwendungen ohne Verwendung T-theoretischer Konstrukte zu formulieren und andererseits trotz dieser Eliminierung der T-theoretischen Konstrukte den empirischen Gehalt der jeweils betroffenen Theorie T nicht zu verändern<sup>173</sup>). Dadurch wurde es möglich, die Gültigkeit realwissenschaftlicher Theorien trotz Existenz T-theoretischer Konstrukte empirisch zu überprüfen, ohne hierbei schon implizit die Gültigkeit der Theorien vorauszusetzen.

Mit R als Operator für die Anwendung der RAMSEY-Eliminierung T-theoretischer Konstrukte besteht die empirische Gesamthypothese jeder strukturalistisch formulierten Theorie T schließlich aus der Behauptung:  $I_T \subseteq R[\text{pot}_+(M_{S(T)}) \cap C_{S(T)}]$ . Sie drückt aus, daß jede intendierte Anwendung der Theorie T sowohl alle gesetzesartigen Aussagen der Theorie als auch alle Restriktionen der Theorie erfüllen soll, nachdem alle T-theoretischen Konstrukte aus der Modellmenge  $M_{S(T)}$  und der Restrik-

---

170) Vgl. statt dessen ZELEWSKI (1993), S. 112ff. und 262ff.

171) Eine ausführliche Begründung dieses Überprüfungsdefekts findet sich bei ZELEWSKI (1993), S. 113ff., und der dort angeführten vertiefenden Literatur.

172) Die Existenz T-theoretischer Konstrukte läßt zwar die Falsifizierung einer Theorie bezüglich *einzelner* intendierter Theorieanwendungen zu, schließt aber *per definitionem* die Falsifizierung hinsichtlich *aller* intendierten Theorieanwendungen aus.

173) Vgl. zu den Details der RAMSEY-Eliminierung T-theoretischer Konstrukte ZELEWSKI (1993), S. 118ff.

tionenmenge  $C_{S(T)}$  eliminiert worden sind. Diese Gesamthypothese gilt es dann durch Analyse intendierter Theorieanwendungen aus dem Bereich  $I_T$  empirisch zu überprüfen.

Unter Zugrundelegung der charakteristischen Theoriekomponenten, die zuvor knapp erläutert wurden, ergibt sich als typische Struktur einer Theorie T aus der Perspektive des „non statement view“:

Theorie:	$T = \langle K_T, I_T \rangle$
Theoriekern:	$K_T = \langle M_{p(T)}, M_{pp(T)}, M_{S(T)}, C_{S(T)} \rangle$
Intendierter Anwendungsbereich:	$I_T \subseteq \text{pot}_+(M_{pp(T)})$
Empirische Gesamthypothese:	$I_T \subseteq R [\text{pot}_+(M_{S(T)}) \cap C_{S(T)}]$

Diese Theiestruktur birgt jedoch aufgrund ihrer nicht gerade „alltäglichen“ formalsprachlichen Komponenten die Gefahr in sich, von Rezipienten, die mit dem Strukturalistischen Theorienkonzept nicht vertraut sind, als „unverständlich“ abgelehnt zu werden. Darüber hinaus wird diese Theiestruktur für die nachfolgende Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie auch nicht in vollem Umfang benötigt, weil bei der Theorierekonstruktion weder die eigentümlichen Restriktionen<sup>174)</sup> noch die T-theoretischen Konstrukte<sup>175)</sup> des Strukturalistischen Theorienkonzepts auftauchen<sup>176)</sup>. Daher läßt sich den nachfolgenden Ausführungen eine vereinfachte, aber infolgedessen auch intuitiv leichter zugängliche Theiestruktur zugrunde legen, die – mit Ausnahme von Restriktionen und T-theoretischen Konstrukten – die Charakteristika einer strukturalistischen Theorieformulierung bewahrt.

Hinzu kommt die Gestaltungsentscheidung, die Miniaturtheorie auf der formalsprachlichen Basis einer sortierten Prädikatenlogik zu rekonstruieren<sup>177)</sup>. Für diese Entscheidung spricht erstens, daß es mit prädikatenlogischen Ausdrucksmitteln besonders anschaulich möglich ist, die gesetzesartigen Aussagen einer Theorie herauszuarbeiten. Zweitens bieten „Sorten“ ein formalsprachliches Gestaltungsmittel, mit dem sich die Klassen der Erkenntnisobjekte, auf die sich eine Theorie erstreckt, auf

174) Dadurch entfallen die Restriktionenmenge  $C_{S(T)}$  und alle von ihr abhängigen Konstruktionen, wie z.B. die Anwendung des Schnittmengenoperators in der Definition der empirischen Gesamthypothese  $I_T \subseteq R[\text{pot}_+(M_{S(T)}) \cap C_{S(T)}]$ .

175) Daher erübrigt sich nicht nur die gesonderte Betrachtung der Menge  $M_{pp(T)}$  aller partiellen potentiellen Modelle der Theorie T, sondern auch alle Anwendungen der RAMSEY-Eliminierung T-theoretischer Konstrukte werden obsolet. Die empirische Gesamthypothese vereinfacht sich hierdurch zu:  $I_T \subseteq \text{pot}_+(M_{S(T)})$ .

176) Dies wird hier ohne nähere Begründung behauptet. Die Gültigkeit der Behauptung wird aber im nächsten Kapitel aufgezeigt, in der es gelingt, STICKELS Miniaturtheorie auf strukturalistische Weise zu rekonstruieren, ohne hierbei Restriktionen oder T-theoretische Konstrukte aus dem Strukturalistischen Theorienkonzept zu verwenden.

177) Anhänger des Strukturalistischen Theorienkonzepts bevorzugen im allgemeinen eine andere Darstellungsweise von Theorien, die sich auf die Ausdrucksmittel von Mengen- und Relationentheorie stützt. Dies entspricht dem „BOURBAKI-Programm“, realwissenschaftliche Theorien in einer einheitlichen, mengentheoretisch basierten Weise zu rekonstruieren. Der Verfasser folgt diesem Ansatz nicht, weil im Rahmen von Mengen- und Relationentheorie keine ähnlich prägnante formalsprachliche Charakterisierung von gesetzesartigen Aussagen möglich ist, obwohl gerade diese gesetzesartigen Aussagen nach Einschätzung des Verfassers die wesentliche Facette realwissenschaftlicher Theorien bilden.

Allerdings wird eingeräumt, daß die nachfolgend vorgetragenen Argumente zur Rechtfertigung einer sortierten Prädikatenlogik keineswegs zwingend sind. Sie schließen weder aus, daß andere formalsprachlichen Konzepte (mindestens) die gleichen Vorzüge besitzen. Noch können sie für sich in Anspruch nehmen, die einzigen denkmöglichen Kriterien für die Rechtfertigung einer formalsprachlichen Basis darzustellen. Wer jedoch eine andere Basis bevorzugt, der sollte entweder aufzeigen, daß sie (mindestens) die gleichen Vorzüge wie eine sortierte Prädikatenlogik aufweist, oder aber seine abweichenden Kriterien für die Auswahl einer formalsprachlichen Basis offenlegen.

einfache und übersichtliche Weise spezifizieren lassen. Sie werden fortan der Kürze halber nur als „Objekte“ bezeichnet. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich das nachfolgende vereinfachte Schema für die Struktur von Theorien, die sich aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts als „wohlformuliert“ erweisen:

<b>Theorie</b>	
a)	<b>Terminologischer Apparat</b> (potentielle Modellmenge)
aa)	Relevante Objektklassen (Sorten)
ab)	Objektzusammensetzungen (Funktionssymbole)
ac)	Urteile (Prädikatssymbole)
ad)	Definitorische Beziehungen
b)	<b>Gesetzesartige Aussagen</b> (Modellmenge)
c)	<b>Anwendungsbedingungen</b> (intendierter Anwendungsbereich)
ca)	Interpretationsbedingungen
caa)	Definitionsbereiche der Sorten
cab)	Abbildungsvorschriften der Funktionen
cac)	Extensionen der atomaren Prädikate
cb)	Randbedingungen

Von diesem Strukturschema einer strukturalistisch formulierten Theorie wird fortan ausgegangen.

## 2.5.2 Strukturalistische Rekonstruktion der Miniaturtheorie

### 2.5.2.1 Terminologischer Apparat

Zur Beschreibung des terminologischen Apparats von STICKELS Miniaturtheorie wird zunächst für jede Objektklasse eine Sorte eingeführt. Zu dieser Sorte gehören alle Terme, die ein (Erkenntnis-) Objekt aus der jeweils betroffenen Objektklasse formalsprachlich bezeichnen. Bei diesen Termen kann es sich sowohl um Konstanten als auch um Variablen handeln. Der Deutlichkeit halber werden diese Sorten *kursiv* notiert. Darüber hinaus werden die Sortennamen selbsterklärend gebildet, so daß aus dem Namen einer Sorte unmittelbar ersichtlich ist, auf welche Art von Objekten sie sich erstreckt. Für die Sektion „*Sorts*“, in der die Sorten der Miniaturtheorie eingeführt werden, gilt:

Sorts:     *handlungsalternative*  
               *umweltzustand*  
               *wahrscheinlichkeit\_apriori*  
               *wahrscheinlichkeit\_aposteriori*  
               *wahrscheinlichkeit\_bedingt*  
               *prognoseinformation*  
               *erlös*  
               *überschußerlös*  
               *informationsbeschaffungskosten*  
               *nettonutzen*  
               *erwartungsnutzen*  
               *erwartetes\_ergebnis*  
               *entscheidungsalternative*  
               *investitionsvariante*

Gegenüber STICKELS ursprünglicher Theorieformulierung stellen nur die beiden Sorten *entscheidungsalternative* und *investitionsvariante* völlig neuartige Konstrukte dar. Die Sorte *entscheidungsalternative* dient dazu, später ein Prädikatssymbol *Investitionsentscheidung* einführen zu können, mit dessen Extension sich ausdrücken läßt, ob der Entscheidungsträger entweder beschließt, in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren (Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$ ), oder aber entscheidet, darauf zu verzichten (Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$ ). Falls sich der Entscheidungsträger zugunsten der Investitionsalternative entscheidet, so kann er unter Umständen zwischen unterschiedlichen Varianten des zu implementierenden Informationssystems wählen<sup>178)</sup>. Diese Option wird durch die zusätzliche Sorte *investitionsvariante* berücksichtigt, deren Objekte die jeweils zulässigen Investitionsvarianten darstellen.

Auf der Basis der voranstehenden Sorten werden die nachfolgenden Funktionssymbole eingeführt. Im Gegensatz zu Funktionen wird in Funktionssymbolen nur die „Struktur“ von Funktionen mittels der jeweils involvierten Sorten spezifiziert, aber noch nicht die konkrete Funktionsvorschrift festgelegt. Mit  $sort^N$  wird die N-fache Iteration der Sorte *sort* notiert. Bei der Konstante N handelt es sich hier zunächst um ein rein formalsprachliches Konstrukt mit  $N \in \mathbf{N}_+$  und  $N \geq 2$ . Sie wird später in den Anwendungsbedingungen der Miniaturtheorie als Anzahl der berücksichtigten Umweltzustände

---

178) Vgl. dazu die Option in STICKELS Anwendungsbeispiel, zwischen dem zweiten und dem dritten Anwendungsszenario zu wählen. Vgl. ebenso die früheren Anregungen zur weiterreichenden Formalisierung von STICKELS Miniaturtheorie. Dort wurde schon vorbereitet, die Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  des Investitionsfalls als eine Variable aufzufassen, die durch unterschiedliche Konstanten  $inv_q$  für entsprechende Investitionsvarianten mit  $q = 1, \dots; Q$  und  $Q \in \mathbf{N}_+$  belegt werden kann. Wenn keine Auswahlmöglichkeit zwischen Investitionsvarianten besteht, so wird dies durch den degenerierten Fall mit  $Q = 1$  erfaßt.

interpretiert<sup>179)</sup>. Für die Sektion „Funs“, in der die Funktionssymbole der Miniaturtheorie deklariert werden, gilt dann:

<u>Funs:</u>	$E$ :	handlungsalternative umweltzustand $\rightarrow$ erlös
	$\hat{E}$ :	handlungsalternative umweltzustand $\rightarrow$ überschußerlös
	$NU$ :	überschußerlös informationsbeschaffungskosten $\rightarrow$ nettonutzen
	$EU_{nin}$ :	handlungsalternative (wahrscheinlichkeit_apriori nettonutzen) <sup>N</sup> $\rightarrow$ erwartungsnutzen
	$EU_{inv}$ :	investitionsvariante (wahrscheinlichkeit_aposteriori nettonutzen) <sup>N*N</sup> $\rightarrow$ erwartungsnutzen
	$E\hat{E}_{nin}$ :	handlungsalternative (wahrscheinlichkeit_apriori überschußerlös) <sup>N</sup> informationsbeschaffungskosten $\rightarrow$ erwartetes_ergebnis
	$E\hat{E}_{inv}$ :	investitionsvariante (wahrscheinlichkeit_aposteriori überschußerlös) <sup>N*N</sup> informationsbeschaffungskosten $\rightarrow$ erwartetes_ergebnis
	$S_{inv}$ :	investitionsvariante $\rightarrow$ (wahrscheinlichkeit_bedingt) <sup>N*N</sup> informationsbeschaffungskosten
	$EA_{inv}$ :	investitionsvariante $\rightarrow$ entscheidungsalternative

Das Funktionssymbol  $EU_{nin}$  bereitet die Berechnung des Erwartungsnutzens einer einzelnen Handlungsalternative für den Fall vor, daß der Entscheidungsträger nicht in die Implementierung eines Informationssystems investiert (Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$ ). Daher bezieht sich seine erste Argumentsorte auf Handlungsalternativen. Dagegen bereitet das Funktionssymbol  $EU_{inv}$  die Berechnung des Erwartungsnutzens der Superpositions-Situation  $HA_1 \oplus HA_2$  für den Fall vor, daß der Entscheidungsträger in die Implementierung eines Informationssystems investiert (Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$ ). Da sich der Entscheidungsträger in dieser Superpositions-Situation noch auf keine konkrete Handlungsalternative festlegt, sondern dies von der späteren Konsultation des Informationssystems und dessen Prognoseinformation abhängig macht, wäre die Sorte der Handlungsalternativen als erste Argumentsorte für das Funktionssymbol  $EU_{inv}$  verfehlt. Statt dessen dient hier als erste Argumentsorte die Sorte derjenigen Investitionsvarianten, zwischen denen der Entscheidungsträger im Investitionsfall auswählen kann<sup>180)</sup>. Diese Varianten führen zu unterschiedlichen, variantenspezifischen, bedingten Wahrscheinlichkeiten und Informationsbeschaffungskosten für das jeweils zu implementierende Informationssystem. Sie werden durch das zuletzt aufgeführte Funktionssymbol  $S_{inv}$  berücksichtigt. Aus ihr geht später durch Festlegung einer konkreten Funktionsvorschrift die Spezifikationsfunktion  $S_{inv}$  hervor, die jede zulässige Investitionsvariante auf die zugehörigen bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  und Informationsbeschaffungskosten  $K$  abbilden wird. Das Funktionssymbol  $EA_{inv}$  besitzt hingegen eine rein formulierungstechnische Bedeutung. Mit seiner

179) Beispielsweise muß die Spezifikationsfunktion  $S_{inv}$  einer Investitionsvariante nicht nur eine 1 bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{n^*,n}$ , sondern bei 2 möglichen Umweltzuständen und 2 möglichen Prognoseinformationen insgesamt 4 bedingte Wahrscheinlichkeiten für das jeweils zu implementierende Informationssystem zuordnen. Daher hätte unten als erste Komponente der Zielsorten des Funktionssymbols  $S_{inv}$  anstelle der unbestimmten Iteration *wahrscheinlichkeit\_bedingt*<sup>N\*N</sup> ebenso das bestimmte 4-fache kartesische Produkt *(wahrscheinlichkeit\_bedingt)*<sup>4</sup> aufgeführt werden können. Von dieser näheren Bestimmung wurde jedoch Abstand genommen, um zumindest den terminologischen Apparat der rekonstruierten Miniaturtheorie nicht von vornherein so eng zu formulieren, daß er sich nur auf den von STICKEL vorausgesetzten Spezialfall von nur  $N = 2$  Umweltzuständen anwenden läßt. Diese Überlegung trifft ebenso auf die anderen hier verwendeten Sorten-Iterationen zu.

180) Falls der Entscheidungsträger im Investitionsfall keine Möglichkeit besitzt, zwischen Varianten auszuwählen, gilt der degenerierte Fall  $Q = 1$ , in dem er nur die genau eine Investitionsvariante  $inv_1$  „wählen“ kann. Darauf wurde schon an früherer Stelle hingewiesen.

Hilfe wird die Sorte *investitionsvariante* als eine Subsorte der Sorte *entscheidungsalternative* deklariert, so daß es im Investitionsfall möglich ist, jedes Vorkommnis der Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$  aus der Sorte *entscheidungsalternative* durch einen Term „inv“ der Subsorte *investitionsvariante* zu substituieren<sup>181)</sup>. Analoge Konstruktionen treffen auf die Funktionssymbole  $E\hat{E}_{nin}$  und  $E\hat{E}_{inv}$  zu. Sie werden hier eingeführt, um die Berechnung des erwarteten Ergebnisses einzelner Handlungsalternativen im Falle des Investitionsverzichts bzw. um die Ermittlung des erwarteten Ergebnisses der Superpositions-Situation im Investitionsfall vorzubereiten.

Die definitorischen Beziehungen drücken Abhängigkeiten zwischen Elementen des terminologischen Apparats aus. Sie besitzen keine empirisch überprüfbare Qualität, weil sie *per definitionem* zwischen den Termen der Miniaturtheorie bestehen. In der Regel werden solche definitorischen Beziehungen mit der Hilfe von Termgleichungen ausgedrückt. Dabei bezeichnet  $t \in DB_{sort}$  einen beliebigen Term aus dem – noch nicht näher spezifizierten - Definitionsbereich  $DB_{sort}$  der Sorte *sort*. Mit  $\Sigma$  als Summenbildungsoperator und  $\forall$  als prädikatenlogischem Allquantor gilt für die Sektion „*Equus*“, in der die definitorischen Beziehungen festgelegt werden:

$$\underline{Equus}: \quad \forall(p \in DB_{wahrscheinlichkeit\_apriori}): \quad \Sigma(n=1; \dots; N): p_n = 1$$

$$\forall(\pi \in DB_{wahrscheinlichkeit\_bedingt}) \quad \forall(n=1; \dots; N): \quad \Sigma_{n^*=1; \dots; N}: \pi_{n^*.n} = 1$$

$$\forall(p \in DB_{wahrscheinlichkeit\_aposteriori}) \quad \forall(n^*=1; \dots; N) \quad \forall(n=1; \dots; N): \quad p_{n^*.n} = \pi_{n^*.n} \cdot p_n$$

$$\forall(inv \in DB_{investitionsvariante}): \quad EA(inv) = inv$$

Die ersten drei definitorischen Festlegungen können direkt STICKELS Theorieformulierung entnommen werden. Sie entsprechen dort den Axiomen  $A_4$ ,  $A_{11}$  und  $A_{12}$ . Die vierte, zuletzt angeführte definitorische Beziehung bringt lediglich eine Bezeichnungskonvention zum Ausdruck. Ihr zufolge kann jede Investitionsvariante „inv“, wenn sie als ein Objekt der Sorte *entscheidungsalternative* behandelt wird, unter der gleichen Bezeichnung „inv“ aufgeführt werden<sup>182)</sup>.

Prädikatssymbole stellen gegenüber STICKELS Theorieformulierung ein neuartiges Ausdrucksmittel dar. Aus einem Prädikatssymbol  $Prä(arg_1; \dots; arg_K)$  mit einem K-stelligen Argument geht ein atomares Prädikat  $Prä(t_1; \dots; t_K)$  hervor, indem jede Argumentstelle mit einem Term  $t_k$  aus dem Definitionsbereich  $DB_{arg_k}$  derjenigen Sorte  $arg_k$  belegt wird (mit  $k = 1; \dots; K$ ), die an der gleichen Stelle des Arguments des zugrunde liegenden Prädikatssymbols steht. Ein atomares Prädikat nimmt den Wahrheitswert entweder „gültig“ oder aber „ungültig“ an, wenn jede seiner Argumentstellen mit einem variablenfreien Term belegt ist. Dadurch wird die Theorieformulierung um die neuartige Qualität bereichert, wahrheitsfähige Urteile über Sachverhalte ausdrücken zu können. Im Rahmen der hier betrachteten Miniaturtheorie reichen drei Prädikatssymbole – und die daraus gewinnbaren atomaren Prädikate – aus, um alle wahrheitsrelevanten Sachverhalte aus den noch natürlichsprachlich formulierten Komponenten der Axiome von STICKELS Miniaturtheorie formalsprachlich zu rekonstruieren: Es muß möglich sein auszudrücken, daß:

181) Darauf wird z.B. später in atomaren Prädikaten zurückgegriffen, die aus dem Prädikatssymbol *Investitionsentscheidung* abgeleitet sind.

182) Für das Funktionssymbol  $EA_{inv}$  wird also bereits in der Sektion der definitorischen Beziehungen eine konkrete Funktionsvorschrift (die Vorschrift der identischen Funktion) angegeben. Dadurch wird das Funktionssymbol als eine konkrete Funktion  $EA_{inv}$  interpretiert, nämlich als identische Funktion. Dies stellt eine Ausnahme von dem generellen Strukturschema für die strukturalistische Theorieformulierung dar, weil gewöhnlich die Abbildungsvorschriften von Funktionen erst unter den Anwendungsbedingungen einer Theorie festgelegt werden, und zwar als Interpretationsbedingungen für ihre Funktionssymbole. Von diesem generellen Schema wird hier abgewichen, weil eine solche Bezeichnungskonvention eher definitorischen als anwendungsbezogenen Charakter besitzt.

- die Konsultation eines implementierten Informationssystems eine bestimmte Prognoseinformation  $y_n$  liefert,
- der Entscheidungsträger eine Handlungsalternative  $HA_m$  auswählt,
- der Entscheidungsträger entweder die Investition in die Implementierung eines Informationssystems beschließt (Entscheidungsalternative  $EA_{inv}$ )<sup>183)</sup> oder aber entscheidet, auf diese Investition zu verzichten (Entscheidungsalternative  $EA_{nin}$ ).

Für die Sektion „Präs“, in der die Prädikatssymbole der Miniaturtheorie definiert werden, gilt demnach:

Präs:    *Konsultation(prognoseinformation)*  
              *Handlungsentscheidung(handlungsalternative)*  
              *Investitionsentscheidung(entscheidungsalternative)*

Damit ist die formale Spezifikation des terminologischen Apparats der Miniaturtheorie zur Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik abgeschlossen.

---

183) Dies schließt über die Sortenbildung mittels des Funktionssymbols  $EA$  auch den Beschluß zugunsten einer bestimmten Investitionsvariante  $IV_q$  ein.

### 2.5.2.2 Gesetzesartige Aussagen

Die zentrale Komponente realwissenschaftlicher Theorien stellen ihre *gesetzesartigen Aussagen* dar, die oftmals auch als nomische oder nomologische<sup>184)</sup> Hypothesen bezeichnet werden. Es handelt sich nur um gesetzes-„artige“ Aussagen, weil erst die empirische Überprüfung der Gültigkeit einer Theorie erweisen kann, ob ihre gesetzesartigen Theorien tatsächlich Gesetze darstellen, die in der Realität gelten<sup>185)</sup>. Daher besitzen alle gesetzesartigen Aussagen im Rahmen der Theorieformulierung einen hypothetischen Charakter<sup>186)</sup>.

Ein erhebliches erkenntnistheoretisches Problem wird durch die Frage eröffnet, welche Anforderungen eine formalsprachliche Aussage („Formel“) erfüllen muß, um als gesetzesartige Aussage anerkannt zu werden. Bis heute hat sich dazu in der erkenntnistheoretischen Diskussion keine dominante Antwort herausgeschält, die von der überwiegenden Mehrheit der „scientific community“ anerkannt wäre. Daher wäre es vermessen, in diesem Beitrag eine abschließende Charakterisierung gesetzesartiger Aussagen bieten zu wollen. Statt dessen beschränkt sich der Verfasser auf die Arbeitshypothese, daß die „wesentlichen“<sup>187)</sup> gesetzesartigen Aussagen von realwissenschaftlichen Theorien „im Prinzip“<sup>188)</sup> als nicht-tautologische<sup>189)</sup> allquantifizierte Subjugatformeln dargestellt

- 
- 184) Strenggenommen handelt es sich nicht um nomologische, sondern nur um nomische Hypothesen. Denn jede dieser Hypothesen besitzt nur den Charakter einer gesetzesartigen Aussage („nomos“), während das Attribut „Nomologie“ auf eine Lehre von oder Wissenschaft über gesetzesartige Aussagen verweist. Da sich die Bezeichnung „nomologische Hypothese“ jedoch weithin eingebürgert hat, wird hier darauf verzichtet, zwischen „nomisch“ und „nomologisch“ näher zu differenzieren.
- 185) Im Sinne eines „aufgeklärten“ Falsifikationismus POPPERSCHER Prägung reicht diese Aussage sogar zu weit. Denn aus der Perspektive des falsifikationistischen Wissenschaftsverständnisses kann die Gültigkeit einer Theorie niemals streng nachgewiesen (verifiziert) werden; statt dessen läßt sich ihr Geltungsanspruch nur durch Einzelfälle widerlegen (falsifizieren). Folglich ist es nicht möglich, für gesetzesartige Aussagen empirisch zu bestätigen, daß es sich tatsächlich um Gesetze handelt. Allenfalls kann ihr putativer Gesetzescharakter widerlegt werden. Darüber hinaus läßt sich sogar mit guten Argumenten belegen, daß noch nicht einmal die Widerlegung der Gültigkeit einer Theorie oder des Gesetzescharakters einer gesetzesartigen Aussage möglich ist. Denn bei jedem Widerlegungsversuch muß zumindest für den empirischen Beobachtungsprozeß die Gültigkeit einer Beobachtungstheorie mit entsprechenden „Meßgesetzen“ vorausgesetzt werden, die ihrerseits aus falsifikationistischer Sicht niemals endgültig bestätigt sein kann. Auf eine vertiefende Problematisierung von Verifikations- und Falsifikationsversuchen wird im folgenden jedoch verzichtet, weil sie hinsichtlich einer strukturalistischen Theorie-*Rekonstruktion* unerheblich sind. Andere Verhältnisse lägen vor, wenn die empirische *Überprüfung* der rekonstruierten Theorie zur Debatte stünde. Aber das ist nicht das Thema des hier vorgelegten Beitrags.
- 186) Daher rührt die treffende Bezeichnung „nomologische *Hypothesen*“.
- 187) Auf die Wesentlichkeit wird in der übernächsten Fußnote erklärend zurückgekommen. Dort werden die logisch-mathematischen Gesetze, die einer Theorie ebenso zugrunde liegen, aus den für eine realwissenschaftliche Theorie wesentlichen gesetzesartigen Aussagen ausgegrenzt. Darüber hinaus wird in Kürze verdeutlicht werden, daß realwissenschaftliche Theorien des öfteren auch Aussagen umfassen, die keine logisch-mathematischen Gesetze darstellen, die typische formalsprachliche Darstellungsform gesetzesartiger Aussagen aufweisen und dennoch nicht die „nomische Essenz“ einer Theorie bilden. Auch solche zwar gesetzesartige, aber – aus nomologischer Perspektive – für eine Theorie unwesentliche Aussagen werden durch das Wesentlichkeitsattribut ausgegrenzt.
- 188) Nähere Ausführungen zu den Möglichkeiten, aber auch Problemen, die „wesentlichen“ gesetzesartigen Aussagen einer Theorie in der hier vorgeschlagenen Form als nicht-tautologische allquantifizierte Subjugate wiederzugeben, finden sich in ZELEWSKI (1993), S. 24ff. u. 33ff.

werden können<sup>190)</sup>. Solche Subjugate besitzen in ihrer natürlichsprachlichen Paraphrasierung eine charakteristische „Wenn ..., dann ...“-Struktur und beanspruchen kraft ihrer prädikatenlogischen Allquantifizierung Allgemeingültigkeit<sup>191)</sup>. Dies trifft nach Ansicht des Verfassers sehr gut das intuitive, „vor-theoretische“ Verständnis davon, was die „Essenz“ gesetzesartiger Aussagen ausmacht.

Erstaunlich ist, daß STICKELS Miniaturtheorie überhaupt keine gesetzesartigen Aussagen erkennen läßt. Sie besitzt keine einzige (nicht-tautologische)<sup>192)</sup> allquantifizierte Subjugatformel. Dagegen kann natürlich ins Feld geführt werden, daß diese Negativanzeige nicht verwunderlich sei, weil STICKEL bei seiner Theorieformulierung darauf verzichtet hat, prädikatenlogische Ausdrucksmittel zu verwenden. Dieser Einwand ist vollkommen berechtigt, verfehlt jedoch die Intention der zuvor geäußerten Feststellung. Sie zielt darauf ab, für das Problem zu sensibilisieren, daß es oftmals schwerfällt, einer Theorieformulierung im ursprünglichen Sinne des Wortes „anzusehen“, welche ihrer Komponenten gesetzesartige Aussagen darstellen und welche nicht<sup>193)</sup>. Wer sich der prädikatenlogischen Charakterisierung gesetzesartiger Aussagen nicht anschließen möchte, müßte zumindest ein Ersatzkriterium anbieten, das es ermöglicht, in der formalsprachlichen Formulierung einer Theorie ihre gesetzesartigen Aussagen zuverlässig zu identifizieren. Aber der Verfasser hat auch ein solches Ersatzkriterium der Miniaturtheorie zur Erklärung des Produktivitätsparadoxons nicht entnehmen können. Statt dessen stellt sie eine weitgehend „amorphe“ Anhäufung von Formeln dar, in

---

189) Durch dieses Attribut werden alle logischen und mathematischen Gesetze aus den „wesentlichen“ gesetzesartigen Aussagen ausgegrenzt; denn jene Gesetze besitzen aufgrund ihrer Apriori- oder analytischen Gültigkeit stets tautologischen Charakter. Damit soll keineswegs behauptet werden, daß diese logisch-mathematischen Gesetze zu vernachlässigen wären. Vielmehr spielen sie insbesondere für die Inferenzregeln einer Theorie und somit auch für die Theoreme, die aus den Axiomen einer Theorie hergeleitet werden können, eine herausragende Rolle. Aber diese logisch-mathematischen Gesetze werden in realwissenschaftlichen Theorien zumeist als „bekannt“ und „unproblematisch“ vorausgesetzt; im Zweifelsfall ist ihre Gültigkeit außerhalb der Realwissenschaften im Bereich der Strukturwissenschaften zu klären. Von dieser Voraussetzung wird auch im hier vorgelegten Beitrag ausgegangen. Dementsprechend wurde schon bei der Wiedergabe des konventionellen Theorieverständnisses auf die Menge der Inferenzregeln als deduktive Theoriekomponente nicht näher eingegangen.

190) Vgl. ZELEWSKI (1993), S. 18ff., insbesondere auch die Literaturbelege in der zugehörigen Anmerkung 7 auf S. 22.

191) Dies unterstreicht nochmals die früher getroffene Basisentscheidung, die Theorierekonstruktion mittels prädikatenlogischer Ausdrucksmittel zu betreiben. Denn andere, nicht-logische Formalsprachen, wie etwa mengen- und relationentheoretische Kalküle, bieten nach Kenntnis des Verfassers keinen ähnlich klaren und präzisen Ansatz, um gesetzesartige Aussagen anhand ihrer formalen Struktur zu identifizieren. Im Bereich der formalen Logik bietet sich dagegen eine Fülle von Logikvarianten an, die es alle gestatten, Subjugate mit ihrer charakteristischen „Wenn ..., dann ...“-Struktur zu formulieren. Der Verfasser hat sich in diesem Spektrum zugunsten der Prädikatenlogik (1. Stufe) entschieden, weil sie sich – grob und lediglich intuitiv gesprochen – durch eine „optimale Komplexität“ auszeichnet. Einerseits reichen die Ausdrucksmittel der einfacheren Aussagenlogik nicht aus, um die „Allgemeingültigkeit erheischende“ Natur von gesetzesartigen Aussagen wiederzugeben. Denn die Aussagenlogik kennt keine Variablen und erst recht die hierüber definierten Allquantoren, die für die prädikatenlogische (Re-)Formulierung gesetzesartiger Aussagen so wichtig sind. Andererseits werden komplexere Logikvarianten, wie etwa Modal- oder Temporallogiken, hier nicht benötigt, um die Miniaturtheorie STICKELS aus strukturalistischer Perspektive zu rekonstruieren.

192) Auf dieses Attribut wird fortan der Kürze halber verzichtet; es wird jedoch stets implizit mitgedacht.

193) Hier klingt nochmals das „formalästhetische“ Explizitheitsprinzip an, das schon einmal an früherer Stelle reflektiert wurde. Ihm zufolge sollen alle „wesentlichen“ Aspekte einer Theorie explizit dargestellt werden. Nun wurde schon erläutert, daß die gesetzesartigen Aussagen *die* zentralen Komponenten einer realwissenschaftlichen Theorie bilden. Daher muß es erheblich verwundern, wenn es für die gesetzesartigen Aussagen einer Theorie trotz ihrer eminenten Bedeutung nicht möglich sein sollte, sie anhand ihrer „Form“ – also ohne zusätzliche natürlichsprachliche Erläuterungen und somit innerhalb der formalsprachlichen Theorieformulierung expliziert – als solche zu identifizieren.

denen gesetzesartige und nicht-gesetzesartige Aussagen – zumindest auf der formalsprachlichen Ebene<sup>194)</sup> – vollkommen unterschiedslos nebeneinandergestellt werden.

Es wäre allerdings unfair, diese mangelhafte Identifizierung gesetzesartiger Aussagen in der formalsprachlichen Theorieformulierung dem Urheber der hier analysierten Miniaturtheorie anzulasten. Vielmehr handelt es sich um einen typischen „Gesetzesdefekt“ von konventionell formulierten Theorien<sup>195)</sup>. Er läßt sich noch nicht einmal dadurch heilen, daß diese Theorien in prädikatenlogischer Weise reformuliert werden. Denn es existiert eine Fülle von Beispielen für prädikatenlogische Formeln, die zwar allquantifizierte Subjugate darstellen, aber dennoch im Rahmen der jeweils betroffenen Theorie nicht die Qualität einer gesetzesartigen Aussage besitzen, sondern beispielsweise nur Randbedingungen für die Anwendung der Theorie spezifizieren<sup>196)</sup>. Daher ist die formale Gestalt einer allquantifizierten Subjugatformel keineswegs hinreichend<sup>197)</sup> für das Vorliegen einer gesetzesartigen Aussage, sondern stellt nur einen Indikator hierfür dar. *Ob* eine formalsprachliche Theoriekomponente – unabhängig davon, ob sie nun als allquantifizierte Subjugatformel ausgedrückt wurde oder nicht, – die epistemische Qualität einer gesetzesartigen Aussage besitzt, legt vielmehr erst ihre Einordnung in die Struktur der Theorie fest: Eine formalsprachliche Komponente gehört aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts genau dann zu den wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer Theorie, wenn sie erstens zur Definition des *Theoriekerns* gehört und zweitens – innerhalb des Theoriekerns – zur Definition der *Modellmenge*  $M_{S(T)}$  beiträgt.

In dieser „strukturellen“ Identifizierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer Theorie liegt nach Einschätzung des Verfassers eine der herausragenden erkenntnisbefruchtenden Wirkungen des „non statement view“<sup>198)</sup>. Durch sein oben eingeführtes Strukturschema für die strukturalistische Formulierung einer Theorie übt er den „heilsamen Zwang“ auf jeden Theoriegestalter aus, sich zur Spezifikation der Modellmenge  $M_{S(T)}$  eindeutig festlegen zu müssen, welche Komponenten seiner Theorie er als deren wesentliche gesetzesartige Aussagen auszeichnen möchte. Ob diese gesetzesartigen Aussagen dann, wie vom Verfasser hier bevorzugt, als allquantifizierte Subjugatformeln ausgedrückt werden, stellt hingegen einen nachrangigen Aspekt dar.

---

194) Über diese Einschränkung hinaus findet sich aber auch in den natürlichsprachlichen Erläuterungen, die STICKEL in der semi-formalsprachlichen Formulierung seiner Miniaturtheorie des öfteren verwendet, keinerlei Hinweis darauf, welche Theoriekomponenten jeweils den Charakter einer gesetzesartigen Aussage besitzen sollen.

195) Vgl. zu diesem Gesetzesdefekt des „statement view“ ZELEWSKI (1993), S. 18ff.

196) Vgl. ZELEWSKI (1993), S. 235f. u. 250; insbesondere ZELEWSKI (1994), S. 908 in Verbindung mit S. 910f.

197) Die formale Gestalt einer allquantifizierten Subjugatformel ist ebensowenig notwendig für das Vorliegen einer gesetzesartigen Aussage. Beispielsweise kann eine gesetzesartige Aussage – wie etwa in der Physik oftmals üblich – auch als eine Differentialgleichung als ein System von Differentialgleichungen formuliert werden. Aus diesem Grund behauptete die oben vorgetragene Arbeitshypothese nicht, daß alle wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer realwissenschaftlichen Theorie als allquantifizierte Subjugatformeln ausgedrückt *sind*. Statt dessen wurde bewußt die vorsichtiger Formulierung verwendet, daß diese gesetzesartigen Aussagen als allquantifizierte Subjugatformeln dargestellt werden *können*. Unter Umständen ist daher zunächst die Reformulierung einer gesetzesartigen Aussage erforderlich, um sie in eine inhaltlich äquivalente Darstellung als allquantifizierte Subjugatformel zu überführen. Wie dies geschehen kann, hat der Verfasser in ZELEWSKI (1993), S. 25, exemplarisch verdeutlicht. Vgl. auch die zugehörige Anmerkung 18 auf S. 31.

198) Dagegen hält der Verfasser den historischen Ausgangspunkt des „non statement view“, den Vorwurf eines fundamentalen Überprüfungsdefekts gegenüber konventionell formulierten Theorien, zwar für hochinteressant, jedoch für weniger erkenntnisstimulierend im Hinblick auf die *Gestaltung* von realwissenschaftlichen Theorien. Denn die tiefere Beschäftigung mit T-theoretischen Konstrukten führt zu erheblichen Schwierigkeiten, die auch Anhänger des Strukturalistischen Theorienkonzepts mittlerweile dazu veranlaßt haben, von der ursprünglichen Definition der T-Theoretizität abzurücken. Vgl. dazu ZELEWSKI (1993), S. 262ff., insbesondere S. 310ff. (und die dort angeführten Quellen).

Bei einer näheren Betrachtung von STICKELS Miniaturtheorie konnte der Verfasser zwei wesentliche gesetzesartige Aussagen identifizieren, die offensichtlich die „nomologische Essenz“ der Miniaturtheorie bilden<sup>199)</sup>. Es handelt sich um nomologische Verhaltenshypothesen. Sie legen fest, daß sich ein Entscheidungsträger in nutzenmaximierender<sup>200)</sup> Weise verhält, wenn er zwischen mehreren Handlungs- oder Entscheidungsalternativen auszuwählen vermag. Diese verhaltensbezogenen gesetzesartigen Aussagen waren in der ursprünglichen Theorieformulierung in den beiden Axiomen  $A_{19}$  und  $A_{21}$  verborgen. Mittels der Ausdrucksmittel, die für den terminologischen Apparat der strukturalistisch rekonstruierten Miniaturtheorie bereits eingeführt wurden, lassen sich diese beiden gesetzesartigen Aussagen in den beiden nachfolgenden modifizierten Axiomen  $A_{19}^*$  und  $A_{21}^*$  als typische allquantifizierte Subjugatformeln darstellen.

Die erste verhaltensbezogene gesetzesartige Aussage, die in Axiom  $A_{19}^*$  wiedergegeben wird, bezieht sich auf den Fall, daß der Entscheidungsträger nicht in die Implementierung eines Informationssystems investiert. Diese Voraussetzung, die in STICKELS Theorieformulierung noch natürlich-sprachlich ausgedrückt war, wird jetzt mittels des atomaren Prädikats „Investitionsentscheidung ( $EA_{\min}$ )“ reformuliert<sup>201)</sup>. Die zweite verhaltensbezogene gesetzesartige Aussage, die sich in Axiom  $A_{21}^*$  niederschlägt, weist als Besonderheit die formalsprachliche Gestalt einer Bijugatformel auf.

- 
- 199) Es wäre töricht auszuschließen, daß der Verfasser einer Fehlinterpretation von STICKELS Miniaturtheorie unterlegen ist. Die Miniaturtheorie könnte aus dem Blickwinkel anderer Theorierezipienten andere wesentliche gesetzesartige Aussagen enthalten als diejenigen, die vom Verfasser identifiziert wurden. Solche Interpretationsfehler liegen in der „Natur“ aller Rekonstruktionsbemühungen. Aber sie wären dem hier empfohlenen Strukturalistischen Theorienkonzept auch nicht abträglich. Denn die Kritik Dritter an der Theorierekonstruktion des Verfassers würde nur die erkenntnisstimulierende Wirkung des Strukturalistischen Theorienkonzepts bekräftigen, durch den Zwang zur formalsprachlichen Identifizierung und strukturellen Lokalisierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen eindeutig zu bekennen, welches denn nun tatsächlich die wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer Theorie sein sollen.
- 200) Strenggenommen trifft die Verhaltenshypothese nur auf die Auswahl einer Handlungsalternative für den Fall zu, daß der Entscheidungsträger nicht in die Implementierung eines Informationssystems investiert hat. Hinsichtlich der zwei Entscheidungsalternativen, entweder in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren oder aber darauf zu verzichten, verhält sich der Entscheidungsträger hingegen lediglich „meliorisierend“. Denn er entscheidet sich zugunsten der Alternative mit dem höheren (Netto-)Erwartungsnutzen, ohne dabei zu untersuchen, ob es sich um den maximal erreichbaren (Netto-)Erwartungsnutzen handelt. Dies wird besonders deutlich, wenn – wie schon früher erläutert wurde – für die Entscheidungsalternative des Investierens mehrere Varianten zugelassen werden, die sich nur durch parametrische Variation ihrer bedingten Wahrscheinlichkeiten für korrekte und fehlerhafte Prognoseinformationen sowie durch ihre Informationsbeschaffungskosten voneinander unterscheiden. Der Entscheidungsträger unterläßt es, aus diesen Varianten eine nutzenmaximierende zu ermitteln. Statt dessen vergleicht er nur die Nutzenunterschiede zwischen je zwei Varianten der Investitionsalternative. Dies wird besonders deutlich bei STICKELS Anwendungsbeispiel für seine Miniaturtheorie, und zwar hinsichtlich der Entscheidung zwischen zweitem und drittem Anwendungsszenario.
- 201) Die allquantifizierte Teilformel, die auf das atomare Prädikat „Investitionsentscheidung ( $EA_{\min}$ )“ folgt, wurde bewußt nicht als Bijugat-, sondern als Subjugatformel formuliert. Zwar hätte vielleicht eine Bijugatformel intuitiv auf der Hand gelegen. Aber es ist daran zu denken, daß zufällig mehrere Handlungsalternativen denselben maximalen (Netto-)Erwartungsnutzen aufweisen. Dann wird aus ihnen genau eine Handlungsalternative mittels einer „tie breaking rule“, die in der formalsprachlichen Theorierekonstruktion *noch nicht* enthalten ist (und bei einer späteren Verfeinerung der Rekonstruktion zu ergänzen wäre), letztlich willkürlich ausgewählt. Daher ist die Erfüllung der Konklusionskomponente aus der allquantifizierten Subjugatformel zwar notwendig, aber im allgemeinen nicht hinreichend für die Auswahl einer Handlungsalternative  $HA_m^*$ . Folglich wäre die Verwendung einer allquantifizierten Bijugatformel fehlerhaft gewesen. Dies gilt zumindest so lange, wie die Eindeutigkeit der Handlungsalternative mit maximalem (Netto-)Erwartungsnutzen nicht garantiert werden kann.

Hierin spiegelt sich die natürlichsprachliche „genau dann, wenn“-Formulierung aus STICKELS Miniaturtheorie wider<sup>202)</sup>.

Bei der Reformulierung der beiden verhaltensbezogenen gesetzesartigen Aussagen muß ein Vorgriff auf die erst später erläuterten Definitionsbereiche DB für die Sorten *handlungsalternative*, *entscheidungsalternative* und *investitionsvariante* erfolgen. Dies ist jedoch für das Strukturalistische Theorienkonzept durchaus typisch, weil eine strukturalistisch formulierte Theorie einen *holistischen* Charakter besitzt<sup>203)</sup>. Er führt dazu, daß eine strukturalistische Theorie nur als Ganzheit betrachtet und analysiert werden kann, und manifestierte sich bereits weiter oben darin, daß der „non statement view“ nur genau *eine* empirische *Gesamthypothese* für eine realwissenschaftliche Theorie vorsieht.

Für die Sorte *handlungsalternative* werden zwei Variablen  $HA_{m^*}$  und  $HA_m$  in die Formulierung der Axiome aufgenommen, die durch beliebige Konstanten aus dem Definitionsbereich dieser Sorte gebunden werden können. Für die Sorte *entscheidungsalternative* werden die beiden Entscheidungsalternativen betrachtet, entweder in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren oder aber darauf zu verzichten. Sie werden durch die Konstanten  $EA_{inv}$  bzw.  $EA_{nin}$  repräsentiert; diese stellen die einzigen zulässigen Konstanten aus dem Definitionsbereich dieser Sorte dar. Für die Sorte *investitionsvariante* wird die Variable „inv“ eingeführt, die durch beliebige Konstanten  $inv_q$  aus dem Definitionsbereich dieser Sorte für jeweils eine konkrete Investitionsvariante belegt werden kann. Auf diese Erweiterung von STICKELS Miniaturtheorie wurde bereits anlässlich der Formalisierungsanregungen hingewiesen<sup>204)</sup>. Mit „¬“ als Notation für die logische Negation gilt dann für die beiden gesetzesartigen Aussagen der rekonstruierten Miniaturtheorie:

$$A_{19}^*: \quad \text{Investitionsentscheidung}(EA_{nin}) \rightarrow \left( \forall (HA_{m^*} \in DB_{handlungsalternative}): \dots \right. \\ \left. \text{Handlungsentscheidung}(HA_{m^*}) \rightarrow HA_m = \arg \max \{ EU(HA_m): HA_m \in DB_{handlungsalternative} \} \right)$$

$$A_{21}^*: \quad \text{Investitionsentscheidung}(EA_{inv}) \rightarrow \left( \forall (inv \in DB_{investitionsvariante}): \dots \right. \\ \left. \text{Investitionsentscheidung}(EA(inv)) \leftrightarrow \dots \right. \\ \left. p_{1.1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + p_{2.2} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] > \max \{ p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]; p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \} \right)$$

Am Rande sei darauf hingewiesen, daß das Axiom  $A_{21}^*$  auf der Präsupposition von nur zwei Umweltzuständen und der daraus abgeleiteten Ermittlung von Erlösüberschüssen gemäß Axiom  $A_6$  beruht. Andernfalls könnte die linke Seite der zuletzt aufgeführten Ungleichung nicht in der vereinfachten Form mit nur zwei Summanden ausgedrückt werden. Auf diese Besonderheit von STICKELS Miniaturtheorie wird in der anschließenden Diskussion ihrer Anwendungsbedingungen zurückgekommen.

202) Da eine Bijugatformel  $F_1 \leftrightarrow F_2$  mit der konjunktiven Verknüpfung zweier komplementärer Subjugatformeln  $F_1 \rightarrow F_2$  und  $F_2 \rightarrow F_1$  äquivalent ist, erfüllt auch diese Bijugatformel die Arbeitshypothese, daß sich gesetzesartige Aussagen als allquantifizierte Subjugatformeln darstellen lassen. Die Besonderheit besteht hier lediglich darin, daß zur prädikatenlogischen Formulierung einer gesetzesartigen Aussage zwei allquantifizierte Subjugatformeln erforderlich sind, sofern sie nicht in der äquivalenten Bijugatformel zusammengefaßt werden.

203) Vgl. zur Vertiefung des holistischen Charakters des Strukturalistischen Theorienkonzepts ZELEWSKI (1993), S. 139f.

204) Sie wurde auch schon durch die Einführung der Sorte *investitionsvariante* vorbereitet.

### 2.5.2.3 Anwendungsbedingungen

Die Anwendungsbedingungen einer Theorie bestehen aus strukturalistischer Sicht aus zwei Segmenten: den Interpretations- und den Randbedingungen. Die Interpretationsbedingungen konkretisieren die abstrakten Sorten, Funktionssymbole und Prädikatssymbole, die im terminologischen Apparat der Theorie vereinbart wurden, jeweils so, daß sich mit den daraus hervorgehenden Termen, Funktionen bzw. atomaren Prädikaten die intendierten Anwendungen der Theorie beschreiben lassen. Die Randbedingungen grenzen darüber hinaus<sup>205)</sup> den intendierten Anwendungsbereich der Theorie auf denjenigen Realitätsausschnitt ein, für den die empirische Gültigkeit der betroffenen Theorie behauptet wird. Daher besitzt die präzise und vollständige Spezifikation aller Randbedingungen große Bedeutung für die empirische Überprüfung des Geltungsanspruchs einer Theorie.

Die Spezifikation der Randbedingungen spielt im Rahmen des konventionellen Theorieverständnisses im allgemeinen nur eine untergeordnete Rolle<sup>206)</sup>. Oftmals werden sie nur unvollständig aufgeführt, und wenn dies erfolgt, so häufig nur in unpräziser natürlichsprachlicher Weise. Ein Paradebeispiel für diese Spezifikationsmängel findet sich in der betriebswirtschaftlichen Literatur, die sich GUTENBERGS Theorie der Produktionsfunktionen vom Typ B widmet. Für die Erfassung ihrer Randbedingungen existiert kaum ein formalsprachlich präzisierter Formulierungsvorschlag<sup>207)</sup>. Das Strukturalistische Theorienkonzept übt hingegen mittels seines Strukturschemas für die Theorieformulierung abermals den „heilsamen Zwang“ aus, von vornherein die formalsprachliche Spezifizierung und somit auch Explizierung aller für relevant erachteten Randbedingungen in die Theorieformulierung einzubeziehen. Hierin sieht der Verfasser – neben der Identifizierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer Theorie - den zweiten herausragenden Beitrag des Strukturalistischen Theorienkonzepts, den wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt hinsichtlich der Gestaltung von Theorien zu befruchten.

Zunächst wird aber auf die *Interpretationsbedingungen* eingegangen. Sie verleihen strukturalistisch formulierten Theorien die immanente Flexibilität, bei der Spezifikation ihres formalsprachlichen Apparats keine „unnötigen“ Festlegungen treffen zu müssen. Dabei handelt es sich um Festlegungen, die für die Formulierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen einer Theorie noch nicht erforderlich sind, sondern sich erst anlässlich der Beschreibung konkreter Theorieanwendungen manifestieren. Dies betrifft z.B. die Frage, ob die Variablen einer Sorte entweder nur ganzzahlige oder aber statt dessen beliebige reellzahlige Werte annehmen dürfen. Denn es wäre eigentümlich, wenn die gesetzesartigen Aussagen einer Theorie von dieser Definition zulässiger Variablenwerte abhängen sollten. Daher werden entsprechende Definitionsbereiche für alle Terme<sup>208)</sup> einer Sorte erst als Interpretationsbedingungen einer Theorie festgelegt. Diese Interpretationsbedingungen können von den Anwendern einer Theorie beliebig variiert werden je nachdem, welche Theorieanwendungen sie konkret intendieren, ohne hierbei den terminologischen Apparat oder gar die wesentlichen gesetzesartigen Aussagen der Theorie verändern zu müssen. Gleiches gilt für die Zuordnung konkreter

---

205) Bereits die Festlegungen, die mittels der vorgenannten Interpretationsbedingungen erfolgen, führen zu einer ersten Einschränkung des Bereichs intendierter Theorieanwendungen. Wenn beispielsweise für ein Funktionssymbol eine konkrete, lineare Funktionsvorschrift als Interpretation des Funktionssymbols vereinbart wird, so sind hierdurch alle Theorieanwendungen ausgeschlossen, die mit der Hilfe von nicht-linearen Funktionsvorschriften für dasselbe Funktionssymbol hätten beschrieben werden müssen.

206) Dies hat der Verfasser an anderer Stelle als „Anwendungsdefekt“ des konventionellen Theorieverständnisses näher ausgeführt; vgl. ZELEWSKI (1993), S. 50ff.

207) Vgl. zu einer Ausnahme ZELEWSKI (1993), S. 245 u. 250.

208) Die Terme einer Sorte umfassen sowohl alle atomaren Konstanten und Variablen dieser Sorte als auch alle Ausdrücke, die mit der Hilfe von Funktionen aus Termen (anderer Sorten) so zusammengesetzt sind, daß die resultierenden Funktionswerte wieder Terme der betroffenen Sorte darstellen (das ist immer dann der Fall, wenn die betroffene Sorte die Zielsorte der jeweils zugrunde liegenden Funktionssymbole ist).

Funktionsvorschriften zu den Funktionssymbolen, die im terminologischen Apparat eingeführt wurden.

Jede Sorte *sort* aus dem terminologischen Apparat der hier rekonstruierten Miniaturtheorie wird durch einen Definitionsbereich  $DB_{sort}$  interpretiert. Da diesbezüglich keine neuartigen Aspekte zu berücksichtigen sind, werden die Definitionsbereiche hier lediglich aufgelistet:

DBs:

$$DB_{handlungsalternative} = \{HA_m: m=1;\dots;M\} \text{ mit } M \in \mathbf{N}_+ \text{ und } M \geq 2$$

$$DB_{umweltzustand} = \{Z_n: n=1;\dots;N\} \text{ mit } N \in \mathbf{N}_+ \text{ und } N \geq 2$$

$$DB_{wahrscheinlichkeit\_apriori} = \mathbf{R}_{\geq 0}^{209)}$$

$$DB_{wahrscheinlichkeit\_aposteriori} = \mathbf{R}_{\geq 0}$$

$$DB_{wahrscheinlichkeit\_bedingt} = \mathbf{R}_{\geq 0}$$

$$DB_{prognoseinformation} = \{y_n: n=1;\dots;N\} \text{ mit } N \in \mathbf{N}_+ \text{ und } N \geq 2$$

$$DB_{erlös} = \mathbf{R}_{\geq 0}$$

$$DB_{überschußerlös} = \mathbf{R}$$

$$DB_{informationsbeschaffungskosten} = \mathbf{R}_{\geq 0}$$

$$DB_{nettonutzen} = \mathbf{R}$$

$$DB_{erwartungsnutzen} = \mathbf{R}$$

$$DB_{erwartetes\_ergebnis} = \mathbf{R}$$

$$DB_{entscheidungsalternative} = \{EA_{inv}; EA_{nin}\}$$

$$DB_{investitionsvariante} = \{inv_q: q=1;\dots;Q\} \text{ mit } Q \in \mathbf{N}_+$$

Für die Funktionssymbole werden zur Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie diejenigen Funktionsvorschriften als Interpretationsbedingungen eingeführt, die STICKEL selbst verwendet hat. Nur für diejenigen Funktionssymbole, die in der hier präsentierten Theorierekonstruktion als völlig neuartige Formulierungskomponenten ergänzt wurden, werden eigenständige Funktionsvorschriften festgelegt<sup>210)</sup>.

Funs:

$$E: DB_{handlungsalternative} \times DB_{umweltzustand} \rightarrow DB_{erlös}$$

$$(HA_m, Z_n) \rightarrow E(HA_m, Z_n) = E_{m,n}$$

$$\hat{E}: DB_{handlungsalternative} \times DB_{umweltzustand} \rightarrow DB_{überschußerlös}$$

$$(HA_m, Z_n) \rightarrow \hat{E}(HA_m, Z_n) = E_{m,n} - E_{m,3-m}$$

$$NU: DB_{überschußerlös} \times DB_{informationsbeschaffungskosten} \rightarrow DB_{nettonutzen}$$

$$(\hat{E}(HA_m, Z_n), K) \rightarrow NU_{\alpha}[\hat{E}(HA_m, Z_n), K] = 1 - e^{-\alpha \cdot (\hat{E}_{m,n} \cdot K)} = NU_{\alpha, m, n, K}$$

$$EU_{nin}: DB_{handlungsalternative} \times (DB_{wahrscheinlichkeit\_apriori} \times DB_{nettonutzen})^N \rightarrow DB_{erwartungsnutzen}$$

$$(HA_m, (p_n, NU_{\alpha, m, n, K}: n=1;\dots;N)) \rightarrow EU_{nin}(HA_m) = \sum_{n=1;\dots;N} p_n \cdot NU_{\alpha, m, n, K}$$

$$EU_{inv}: DB_{investitionsvariante} \times (DB_{wahrscheinlichkeit\_aposteriori} \times DB_{nettonutzen})^{N \cdot N} \rightarrow DB_{erwartungsnutzen}$$

$$(inv_q, (p_{n^* \cdot n}, NU_{\alpha, m, n, K}: n^*=1;\dots;N \wedge n=1;\dots;N)) \rightarrow \dots$$

$$EU_{inv}(HA_m) = \sum_{m=1;\dots;M} \sum_{n=1;\dots;N} \sum_{n^*=1;\dots;N} p_{n^* \cdot n} \cdot NU_{\alpha, m, n, K}$$

$$E\hat{E}_{nin}: DB_{handlungsalternative} \times (DB_{wahrscheinlichkeit\_apriori} \times DB_{überschußerlös})^N \times \dots$$

$$DB_{informationsbeschaffungskosten} \rightarrow DB_{erwartetes\_ergebnis}$$

$$(HA_m, (p_n, \hat{E}_{m,n}: n=1;\dots;N), K) \rightarrow E\hat{E}_{nin}(HA_m) = (\sum_{n=1;\dots;N} p_n \cdot \hat{E}_{m,n}) - K$$

209) Mit  $\mathbf{R}_{\geq 0}$  wird die Menge aller nicht-negativen reellen Zahlen bezeichnet.

210) Für das Funktionssymbol  $EA_{inv}$  wurde bereits in der Sektion der definitorischen Beziehungen die Funktionsvorschrift der identischen Funktion als Interpretationsbedingung vorweggenommen. Sie wird hier nur der Vollständigkeit halber noch einmal aufgeführt.

$$\begin{aligned}
E\hat{E}_{inv}: & DB_{investitionsvariante} \times (DB_{wahrscheinlichkeit\_aposteriori} \times DB_{\text{überschußerlös}})^{N:N} \times \dots \\
& DB_{informationsbeschaffungskosten} \rightarrow DB_{erwartetes\_ergebnis} \\
& (inv_q, (\pi_{n^*.n}, \hat{E}_{m.n}: n^*=1; \dots; N \wedge n=1; \dots; N), K) \rightarrow \dots \\
& E\hat{E}_{inv}(HA_m) = (\sum_{m=1; \dots; M} \sum_{n=1; \dots; N} \sum_{n^*=1; \dots; N} \pi_{n^*.n} \cdot \hat{E}_{m.n}) - K \\
S_{inv}: & DB_{investitionsvariante} \rightarrow (DB_{wahrscheinlichkeit\_bedingt})^{N:N} \times DB_{informationsbeschaffungskosten} \\
& inv_q \rightarrow S_{inv}(inv_q) = ((\pi_{n^*.n}: n^*=1; \dots; N \wedge n=1; \dots; N), K) \\
EA_{inv}: & DB_{investitionsvariante} \rightarrow DB_{entscheidungsalternative} \\
& inv_q \rightarrow EA_{inv}(inv_q) = inv_q^{211)}
\end{aligned}$$

Für die Erlösfunktion  $E$  wird durch den Ausdruck  $E(HA_m, Z_n) = E_{m,n}$  noch keine konkrete Funktionsvorschrift spezifiziert. Dies muß statt dessen für jede einzelne intendierte Theorieanwendung durch numerische Werte für die Erlöse  $E_{m,n}$  geleistet werden, wie etwa für das erste, zweite und dritte Anwendungsszenario aus STICKELS Anwendungsbeispiel. Daher wird hier in den Interpretationsbedingungen strenggenommen noch keine konkrete Theorieanwendung festgelegt, sondern nur ein *Schema* intendierter Theorieanwendungen. Im Falle einer konkreten Theorieanwendung muß es noch durch die Ergänzung der Funktionsvorschrift für die Erlösfunktion „instantiiert“ werden. Gleiches gilt für die BERNOULLI-Netto-Nutzenfunktion  $NU_\alpha$ , die ebenso noch einer Konkretisierung ihres Risikoparameters  $\alpha$  bedarf. Schließlich müssen auch noch für die Spezifikationsfunktion  $S_{inv}$  die konkreten numerischen Werte bestimmt werden, die sie jeder als zulässig betrachteten Investitionsvariante als bedingte Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  und als Informationsbeschaffungskosten  $K$  zuweist.

Eine Besonderheit von STICKELS Miniaturtheorie zur Erklärung des Produktivitätsparadoxons besteht darin, daß sie – in ihrer strukturalistischen Rekonstruktion – keine Interpretationsbedingungen für die Prädikatssymbole benötigt. Denn die Extensionen der atomaren Prädikate<sup>212)</sup>, die aus den Prädikatssymbolen abgeleitet und in den Formeln der Theorie verwendet werden<sup>213)</sup>, werden vollständig theorie-*endogen* determiniert<sup>214)</sup>. Bei der Festlegung einer intendierten Theorieanwendung besteht daher überhaupt kein Freiheitsgrad mehr, die Extension eines der atomaren Prädikate festzulegen.

Es verbleibt noch, die *Randbedingungen* der rekonstruierten Miniaturtheorie zu spezifizieren. Im Prinzip gehören alle Axiome aus STICKELS Theorieformulierung zu diesen Randbedingungen. Davon ausgenommen sind nur jene Axiome, die:

- 
- 211) Diese Funktionsvorschrift ist insofern redundant, als sie bereits innerhalb des terminologischen Apparats der Miniaturtheorie definitorisch festgelegt wurde. Sie wird hier dennoch der Vollständigkeit halber als Funktionsvorschrift noch einmal separat aufgeführt.
- 212) Unter der Extension eines atomaren Prädikats versteht man die Menge aller Argumente des Prädikats, für die das Prädikat den Wahrheitswert „gültig“ annimmt.
- 213) Beispielsweise werden die Prädikate Investitionsentscheidung( $EA_{min}$ ) und Investitionsentscheidung( $EA_{inv}$ ), die beide aus dem gemeinsam zugrunde liegenden Prädikatssymbol *Investitionsentscheidung(entscheidungsalternative)* abgeleitet sind, in den beiden bereits vorgestellten gesetzesartigen Aussagen  $A_{19}^*$  und  $A_{23}^*$  verwendet.
- 214) Das gilt strenggenommen aber nur dann, wenn die nomologische Verhaltenshypothese aus Axiom  $A_{21}^*$  nicht wie in Axiom  $A_{21}$  als Sub-, sondern als Bijugat ausgedrückt und somit inhaltlich verschärft wird. Auf diese Verschärfung, die aus der Perspektive des strukturalistischen Theorienkonzepts eine „Kernspezialisierung“ darstellt, wurde bereits in Kapitel 2.5.2.2 kurz hingewiesen.
- Für das Beispiel aus der voranstehenden Fußnote gilt, sofern die vorgenannte Verschärfung zutrifft: Die Gültigkeit des atomaren Prädikats Investitionsentscheidung( $EA_{min}$ ) wird im Antezedenz der Formel der gesetzesartigen Aussage  $A_{19}^*$  als gültig vorausgesetzt (andernfalls wäre das gesamte Subjugat der gesetzesartigen Aussage  $A_{19}^*$  ungültig). Analog hierzu wird die Gültigkeit des atomaren Prädikats Investitionsentscheidung( $EA_{inv}$ ) im Antezedenz der Formel der gesetzesartigen Aussage  $A_{21}^*$  als gültig vorausgesetzt (andernfalls wäre das gesamte Subjugat der gesetzesartigen Aussage  $A_{21}^*$  ungültig).

- als wesentliche gesetzesartige Aussagen der Miniaturtheorie identifiziert wurden (Axiome  $A_{19}$  und  $A_{21}$ ),
- die schon als definatorische Beziehungen im Rahmen des terminologischen Apparats Berücksichtigung fanden (Axiome  $A_4$ ,  $A_{11}$  und  $A_{12}$ ) oder
- die bereits in die voranstehenden Interpretationsbedingungen eingearbeitet wurden (Axiome  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_{18}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{22}$  und  $A_{23}$ ).

Darüber hinaus könnten weitere, zusätzliche Randbedingungen erforderlich sein, die in STICKELS Theorieformulierung noch nicht explizit enthalten waren. Dies wäre dann der Fall, wenn sich zeigen ließe, daß ohne jene zusätzlichen Randbedingungen Anwendungen der Theorie formuliert werden könnten, die von STICKEL – mutmaßlich – überhaupt nicht intendiert wurden. Auf solche zusätzlichen Randbedingungen wird abschließend zurückgekommen.

Zunächst werden jene Randbedingungen betrachtet, die als Axiome aus STICKELS Theorieformulierung unmittelbar übernommen werden können und allenfalls einer Anpassung an den oben eingeführten terminologischen Apparat bedürfen. Der Kürze halber wird im folgenden nur auf solche Axiome näher eingegangen, hinsichtlich derer eine Besonderheit festzustellen ist. Alle anderen Axiome (außer den bereits kurz zuvor ausgeschlossenen Axiomen) werden als Randbedingungen übernommen, ohne dies noch einmal ausdrücklich zu erwähnen. Das trifft vor allem auf die Axiome  $A_3$ ,  $A_{10}$  und  $A_{15}$  zu, in denen lediglich das Wissen des Entscheidungsträgers über die konkreten Ausprägungen der unabhängigen Variablen  $p_n$  bzw.  $\pi_{n^*.n}$  bzw.  $K$  ausgedrückt wird. Hinzu kommen die Axiome  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_{18}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{22}$  und  $A_{23}$ , mit deren Hilfe die Berechnungsvorschriften von Funktionen spezifiziert werden, die der Entscheidungsträger zur Ermittlung der von ihm präferierten Entscheidungs- und Handlungsalternativen<sup>215)</sup> zu Rate zieht. Ebenso stellt das Axiom  $A_8$  eine Randbedingung dar. Mit der Festlegung „ $\alpha \in \mathbb{R}_+$ “ für den Risikoparameter  $\alpha$  der BERNOULLI-(Netto-)Nutzenfunktion schränkt es – wie schon von STICKEL konstatiert wurde – den intendierten Anwendungsbereich seiner Theorie grundsätzlich auf risikoaverse Entscheidungsträger ein. Auf analoge Weise wird mittels des Axioms  $A_{16}$  der Bereich intendierter Theorieanwendungen von vornherein auf solche Fälle eingeschränkt, in denen als Investitionsalternative solche Informationssysteme zur Verfügung stehen, die eine „hinreichend gute“, in den Teilaxiomen  $A_{16a^*}$  bzw.  $A_{16b^*}$  spezifizierte Prognosequalität aufweisen. Schließlich wird auch noch das Axiom  $A_{13}$ , in dem die „Kostenlosigkeit“ von Investitionen in Informationstechnik postuliert wird, unverändert übernommen. Zwar legen sowohl die fehlende Formalisierung als auch die Realitätsferne Annahme kostenloser Investitionen nahe, dieses Axiom zu überarbeiten. Jedoch würde hierdurch das Erklärungspotential von STICKELS Theorie nicht wesentlich tangiert. Daher wird an dieser Stelle darauf verzichtet, das Axiom  $A_{13}$  entsprechend anzupassen.

Zu den Randbedingungen, die einer näheren Erläuterung bedürfen, gehört STICKELS Festlegung in seinen Axiomen  $A_1$  und  $A_2$ , daß er sich auf die Betrachtung von nur 2 Handlungsalternativen bzw. nur 2 Umweltzuständen beschränkt. Da diese Einschränkung des intendierten Anwendungsbereichs in der strukturalistischen Rekonstruktion von STICKELS Theorie bisher noch keine Berücksichtigung fand, als die Sorten des formalsprachlichen Apparats durch Definitionsbereiche für ihre Terme interpretiert wurden<sup>216)</sup>, muß sie nachfolgend durch eine entsprechende Modifizierung der Axiome  $A_1$  und  $A_2$  nachgeholt werden:

---

215) Die Handlungsalternativen wurden bereits anläßlich der Theoriekonstruktionen explizit genannt. Davon abgehoben werden hier der besseren Verständlichkeit halber die zwei „übergeordneten“ Entscheidungsalternativen, entweder in die Implementierung eines Informationssystems zu investieren oder aber hierauf zu verzichten.

216) Oben wurde bewußt darauf verzichtet, STICKELS Einschränkung auf nur zwei Handlungsalternativen und nur zwei Umweltzustände einzubeziehen, um die Interpretationsbedingungen der Theorie noch möglichst „allgemeingültig“ zu formulieren.

$A_1^*$ :  $M = 2$ . Es gibt also genau zwei Handlungsalternativen  $HA_m$  mit  $m = 1; \dots; M$ .

$A_2^*$ :  $N = 2$ . Es gibt also genau zwei Umweltzustände  $Z_n$  mit  $n = 1; \dots; N$ .

Die Randbedingung  $M = 2$  ist unproblematisch und könnte zur Ausweitung des intendierten Anwendungsbereichs durch andere Randbedingungen mit  $M > 2$  ersetzt werden. Die Randbedingung  $N = 2$  stellt jedoch eine Eigentümlichkeit von STICKELS theoretischer Begründung des Produktivitätsparadoxons dar, aus der sich erhebliche Folgeprobleme ergeben. Darauf wird an späterer Stelle dieses Kapitels ausführlicher eingegangen. Hier mag es zunächst ausreichen, auf eine bemerkenswerte Asymmetrie hinzuweisen: Die beiden Randbedingungen  $A_1^*$  und  $A_2^*$  unterscheiden sich erheblich in *pragmatischer* Hinsicht, also in bezug auf mögliche Erweiterungen des intendierten Anwendungsbereichs der Miniaturtheorie, obwohl sie auf der *syntaktischen* Ebene ihrer formalsprachlichen Formulierung „ $M = 2$ “ bzw. „ $N = 2$ “ keine signifikanten Unterschiede erkennen lassen.

Das Axiom  $A_9$  legte fest, daß der Entscheidungsträger durch Konsultation des Informationssystems die Prognoseinformation  $y_n$  hinsichtlich des erwarteten Umweltzustands  $Z_n$  erhalten *kann*, sofern er vorher in die Implementierung eines Informationssystems investiert hat. Zusätzlich bestimmte Axiom  $A_{14}$ , daß der Entscheidungsträger diese Konsultationsmöglichkeit auch tatsächlich nutzt, falls er in die Implementierung eines Informationssystems investiert hat. Dies beiden vormals nur natürlichsprachlich formulierten Axiome können nun in einer gemeinsamen Randbedingung formalsprachlich zusammengefaßt werden. Hierfür gilt mit „ $\vee$ “ als Notation für das exklusive logische „oder“ im Sinne des natürlichsprachlichen „entweder ... oder“:

$A_{9\oplus 14}^*$ : Investitionsentscheidung( $EA_{inv}$ )  $\rightarrow$  (Konsultation( $y_1$ )  $\vee$  ...  $\vee$  Konsultation( $y_N$ ))

Das Axiom  $A_{16}$  wird in der modifizierten Weise übernommen, die an früherer Stelle angeregt wurde, um die Präzision der Miniaturtheorie durch verstärkte Formalisierung zu erhöhen:

$A_{16}^*$ : Das Informationssystem besitzt eine „hinreichend gute“ Prognosequalität genau dann, wenn die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$  dafür, daß das Informationssystem die Prognoseinformation  $y_{n^*}$  für den Umweltzustand  $Z_{n^*}$  abgibt, falls der Umweltzustand  $Z_n$  vorliegt, die nachfolgenden einschränkenden Qualitätsanforderungen erfüllen:

$A_{16a}^*$ : a) Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,1}$  und  $\pi_{2,2}$  für korrekte Prognoseinformationen:

$$\pi_{1,1} > 0,5 \quad \text{und} \quad \pi_{2,2} > 0,5$$

$A_{16b}^*$ : b) Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{2,1}$  und  $\pi_{1,2}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen:

$$\pi_{1,2} < \pi_{1,1} \cdot (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)]) : (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)])$$

$$\pi_{2,1} < \pi_{2,2} \cdot (p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)]) : (p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)])$$

Das Axiom  $A_{17}$  wird inhaltlich unverändert übernommen, aber mit den reichhaltigeren formalsprachlichen Ausdrucksmitteln des oben eingeführten terminologischen Apparats wie folgt rein formal rekonstruiert<sup>217)</sup>:

$A_{17}^*$ : Investitionsentscheidung( $EA_{inv}$ )  $\rightarrow$  ...

$$(\forall (y_n \in DB_{prognoseinformation}) \forall (HA_m \in DB_{handlungsalternative}): \dots$$

$$\text{Konsultation}(y_n) \leftrightarrow (\text{Handlungsentscheidung}(HA_m) \wedge m = n))$$

217) In bezug auf später mögliche Erweiterungen des intendierten Anwendungsbereichs muß beachtet werden, daß sich Axiom  $A_{17}^*$  in dieser Form nur für den Spezialfall  $M = N = 2$  aufrechterhalten läßt. Dies wird später noch ausführlicher erörtert.

Damit sind alle Axiome aus STICKELS ursprünglicher Theorieformulierung in der strukturalistischen Theorierekonstruktion berücksichtigt worden.

Zur Erörterung der Randbedingungen einer Theorie gehört es aber auch, des weiteren zu untersuchen, ob die Bereiche zulässiger Belegungen ihrer Variablen mit konkreten numerischen Werten stärker eingeschränkt werden müssen, als es durch die zuvor angesprochenen Zuweisungen von Definitionsbereichen zu Sorten und von Abbildungsvorschriften zu Funktionssymbolen bereits der Fall war. Solche weitergehenden Einschränkungen können erforderlich werden, um „degenerierte“ oder „pathologische“ Fälle auszuschließen, in denen entweder einzelne formalsprachliche Konstrukte der Theorie überhaupt nicht mehr definiert sind<sup>218)</sup> oder aber einzelne Inferenzschritte nicht mehr durchgeführt werden können<sup>219)</sup>, die zur Herleitung von Theoremen der Theorie erforderlich wären.

Tatsächlich zeigt sich bei einer Analyse der Miniaturtheorie aus Kapitel 2.2, daß an mehreren Stellen solche Pathologien auftreten können. Um die Vergleichbarkeit mit früheren Darstellungen zu erleichtern, wird im folgenden STICKELS Festlegung aufrechterhalten, daß der Entscheidungsträger anhand der Bernoulli-(Brutto-)Nutzenfunktion  $U_\alpha$  disponiert. Der Übergang zur Nettonutzenfunktion  $NU_\alpha$ , die in den voranstehenden Formalisierungen eingeführt worden war, wird im Interesse der Anschlußfähigkeit an Kapitel 2.2 also wieder zurückgenommen<sup>220)</sup>.

Beispielsweise läßt sich eine der zwei Teilanforderungen an die bedingten Wahrscheinlichkeiten für fehlerhafte Prognoseinformationen aus Axiom  $A_{16b}$  grundsätzlich nicht mehr erfüllen, wenn folgende Annahmen zutreffen: Für die Apriori-Wahrscheinlichkeit des Umweltzustands  $Z_1$  trifft der degenerierte Wert  $p_1 = 1$  und für den Erlösüberschuß der Handlungsalternative  $HA_2$  im Umweltzustand  $Z_2$  der ebenso degenerierte Wert  $\hat{E}(HA_2, Z_2) = 0$  zu. Dagegen gilt für die bedingte Wahrscheinlichkeit  $\pi_{2,1}$  einer fehlerhaften Prognoseinformation die realistische Annahme, daß völlige Fehlerfreiheit unmöglich ist und somit  $\pi_{2,1} > 0$  zutrifft. Der Erlösüberschuß der Handlungsalternative  $HA_1$  im Umweltzustand  $Z_1$  nimmt ebenso einen normalen Wert  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  an. Unter diesen Voraussetzungen gilt für die erste Ungleichung aus Axiom  $A_{16b}$  in ihrer zweiten (äquivalenten) Formulierungsvariante:

$$\begin{aligned} & (1-\pi_{2,1}) \cdot p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] \geq p_1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ \Rightarrow & (1-\pi_{2,1}) \cdot 1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + (1-\pi_{1,2}) \cdot p_2 \cdot U_\alpha[0] \geq 1 \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] & // U_\alpha[0] = 0 \\ \Rightarrow & (1-\pi_{2,1}) \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] + 0 \geq U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] & // - U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \\ \Rightarrow & -\pi_{2,1} \cdot U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] \geq 0 \end{aligned}$$

Da  $\pi_{2,1} > 0$  vorausgesetzt wurde und aus  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  mit Hilfe des Axioms  $A_7$  unmittelbar  $U_\alpha[\hat{E}(HA_1, Z_1)] > 0$  folgt, muß die linke Seite der voranstehenden Ungleichung notwendig negativ sein. Also kann diese Ungleichung niemals erfüllt sein. Folglich ist es auch unmöglich, die erste

218) Das ist vor allem dann der Fall, wenn die Konstrukte einen Quotienten umfassen und der Nenner dieses Quotienten in einem der vorgenannten Fälle den unzulässigen Wert Null annimmt. Ein anderer unzulässiger Fall tritt z.B. ein, wenn die formalsprachlichen Konstrukte der Theorie aufgrund der Definitionsbereiche ihrer Sorten höchstens reellzahlige Werte annehmen dürfen, aber ein Wurzelterm mit negativem Argument auftritt.

219) Dieser Fall kann beispielsweise dann eintreten, wenn bei der schrittweisen Transformation einer Ungleichung eine Multiplikation beider Ungleichungsseiten mit demselben Faktor erfolgt und zur Gewährleistung des intendierten Inferenzresultats gefordert werden muß, daß dieser Faktor ein bestimmtes Vorzeichen besitzt (weil sich andernfalls die „Richtung“ der Ungleichung in ihr Gegenteil verkehren würde). Der multiplikative Inferenzschritt läßt sich in diesem Fall nicht mehr ausführen, wenn es durch unterschiedliche zulässige Variablenbelegungen möglich ist, das Vorzeichen des Multiplikationsfaktors sowohl negativ als auch positiv ausfallen zu lassen.

220) Bei einer vollständigen Formalisierung und strukturalistischen Rekonstruktion der Miniaturtheorie STICKELS, die am Ende von Kapitel 2.4 angesprochen wurde, müßte allerdings analysiert werden, ob — und im positiven Fall: unter welchen gegebenenfalls erforderlichen Modifikationen — die nachfolgend aufgezeigten Pathologien bei der Zugrundelegung des Nettonutzens fortbestehen.

Ungleichung aus Axiom  $A_{16b}$  unter diesen Voraussetzungen zu erfüllen. Dies wäre zwar kein Widerspruch im strengen logischen Sinne. Aber es würde zu Recht als „pathologisch“ empfunden werden, wenn es zulässig wäre, Variablen einer Theorie so mit Werten zu belegen, daß ein Axiom der Theorie nicht erfüllt werden kann.

Weitere Möglichkeiten für pathologische Theorieformulierungen ergeben sich unmittelbar aus der Formulierung von Theorem  $Th_5$ : Es enthielte unzulässige Quotienten mit dem Nenner Null, wenn für die Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten die Werte  $p_{1.1} = 0$  oder  $p_{2.1} = 0$  zulässig wären. Gleiches gilt, wenn der Erlösüberschuß  $\hat{E}(HA_2, Z_2) = 0$  zulässig wäre, da dann gemäß Axiom  $A_7$  auch der Nenner im mittleren Quotienten aus der zweifachen Ungleichung des Theorems  $Th_5$  den Wert  $U_\alpha[\hat{E}(HA_2, Z_2)] = 0$  annähme. Darüber hinaus würde es sogar zu einer *Inferenzlücke* bei der Herleitung des Theorems  $Th_5$  aus den Axiomen  $A_{12}$  und  $A_{16b}$  sowie aus Theorem  $Th_4$  kommen, wenn nicht  $\hat{E}(HA_2, Z_2) > 0$ ,  $\pi_{1.1} > 0$ ,  $\pi_{2.1} > 0$  und  $p_1 > 0$  vorausgesetzt werden<sup>221)</sup>.

Um solche pathologischen Fälle von vornherein auszuschließen, werden – in „risikoaverser“ Weise<sup>222)</sup> – folgende Randbedingungen für die unabhängigen Variablen aus STICKELS Miniaturtheorie zur Begründung des Produktivitätsparadoxons in ihrer strukturalistischen Rekonstruktion ergänzt<sup>223)</sup>:

---

221) Vgl. dazu die Fußnote zur Herleitung der zweifachen Ungleichung aus Theorem  $Th_5$ .

222) Aufgrund der voranstehenden Ausführungen sind nicht alle nachstehenden Einschränkungen notwendig. Beispielsweise ist zur Herleitung von Theorem  $Th_5$  nur die Randbedingung  $E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$  erforderlich, aus der die vorgenannte Inferenzvoraussetzung  $\hat{E}(HA_2, Z_2) > 0$  resultiert (vgl. dazu die Erläuterung zu Theorem  $Th_5$ ). Die zusätzliche Randbedingung  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  wird dagegen zur Herleitung dieses Theorems nicht benötigt. Dennoch hat der Verfasser sie hier aus drei Gründen ergänzt.

Erstens entspricht es dem „formalästhetischen“ Kriterium einer „symmetrischen“ Theorieformulierung, Randbedingungen der Erlösfunktion in analoger Weise auf alle Paare von Handlungsalternativen und Umweltzuständen zu beziehen, die für die Ermittlung der Überschußerlöse relevant sind. Zweitens werden Randbedingungen hier „flächendeckend“ eingeführt, um durch die ausgeschlossenen „Randwerte“ der Variablen weitere (aber nicht notwendig alle) Pathologien zu verhindern, die bislang noch nicht aufgedeckt wurden. Wem dies als unnötig starke Einschränkung des intendierten Anwendungsbereichs der Miniaturtheorie erscheint, der ist natürlich nicht daran gehindert, einige dieser Einschränkungen wieder aufzuheben. Um nicht-intendierte, aber dennoch pathologische „Nebenwirkungen“ seiner Entscheidung müßte er sich allerdings ebenso kümmern. So besteht etwa die Gefahr, übersehen zu werden, daß für die oben vorgestellte Auflösung der Ungleichungen aus Axiom  $A_{16b}$  nach den „eigentlich“ interessierenden bedingten Wahrscheinlichkeiten für fehlerhafte Prognoseinformationen u.a. auch die Voraussetzung  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  erforderlich war. Sie folgt jedoch unmittelbar aus der zusätzlichen Randbedingung  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  und aus Axiom  $A_6$ , in dem die Berechnungsvorschrift für die Überschußerlösfunktion  $\hat{E}$  definiert wurde. Denn aus  $\hat{E}(HA_1, Z_1) = E(HA_1, Z_1) - E(HA_1, Z_2)$  und  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  ergibt sich  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$ . Also ist die zusätzliche Randbedingung  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  zwar zur Herleitung von Theorem  $Th_5$  entbehrlich, wird jedoch an einer anderen Stelle der Theorieformulierung benötigt. Da es oftmals schwierig ist, eine Theorie in ihrer Gesamtheit zu überblicken, liegt es nahe, pathologieverdächtige Randwerte von Variablen in einem ersten Formulierungsansatz zunächst „flächendeckend“ auszuschließen (und unter Umständen später wieder zurückzunehmen; darauf wird noch zurückgekommen).

Drittens wird in Kürze gezeigt, daß die zusätzliche Randbedingung  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  den begrüßenswerten Nebeneffekt besitzt, einen zunächst idiosynkratisch anmutenden Aspekt von STICKELS Miniaturtheorie, der sich in Axiom  $A_{17}$  manifestiert, plausibel zu machen (gemeinsam mit der ohnehin erforderlichen Randbedingung  $E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$ ). Wenn von dieser letztgenannten Besonderheit abgesehen wird, treffen die beiden erstgenannten Gründe auch auf die anderen oben angeführten, jedoch nicht unbedingt erforderlichen Randbedingungen zu.

223) Die ersten sechs Randbedingungen sind – im Gegensatz zu den beiden letztgenannten Randbedingungen – nicht völlig neu, sondern korrespondieren mit den Anforderungen  $0 \leq p_n \leq 1$  für  $n \in \{1; 2\}$  aus Axiom  $A_3$  und  $0 \leq \pi_{n^*, n} \leq 1$  für  $n^* \in \{1; 2\}$  und  $n \in \{1; 2\}$  aus Axiom  $A_{10}$ . Allerdings werden jene Anforderungen durch den Übergang von der schwachen Ungleichungsrelation „ $\leq$ “ zur starken Ungleichungsrelation „ $<$ “ jetzt verschärft, so daß es sich tatsächlich um zusätzliche Randbedingungen handelt.

$$0 < p_1 < 1 \quad \text{und} \quad 0 < p_2 < 1$$

$$0 < \pi_{1,1} < 1 \quad \text{und} \quad 0 < \pi_{2,1} < 1 \quad \text{und} \quad 0 < \pi_{1,2} < 1 \quad \text{und} \quad 0 < \pi_{2,2} < 1$$

$$E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2) \quad \text{und} \quad E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$$

Die beiden zusätzlichen Randbedingungen  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  und  $E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$  implizieren mit Hilfe der Berechnungsvorschrift für die Überschußerlösfunktion  $\hat{E}$  aus Axiom  $A_6$  die abgeleiteten Bedingungen  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  bzw.  $\hat{E}(HA_2, Z_2) > 0$ , die z.B. für die oben angeführte Anforderung an die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{1,2}$  und  $\pi_{2,1}$  für fehlerhafte Prognoseinformationen in Axiom  $A_{16b^*}$  benötigt werden<sup>224)</sup>.

Die voranstehenden zusätzlichen Randbedingungen schließen „Randwerte“ aus den bereits vereinbarten Definitionsbereichen der Sorten, denen die Variablen jeweils zugeordnet sind, aus. Hierdurch werden die zuvor exemplarisch erläuterten pathologischen Fälle von vornherein verhindert. Es wurde jedoch schon darauf hingewiesen, daß solche Pathologien keineswegs logische Widersprüche darstellen. Statt dessen können sie geduldet werden, wenn sich zeigen läßt, daß sie zu keinen Defekten der Theorieformulierung führen. Beispielsweise kann die Theorieformulierung so erweitert werden, daß für Axiome oder Theoreme, in denen ein Quotient den Nenner Null annehmen könnte, entsprechende Fallunterscheidungen eingeführt werden, die für den Ausnahmefall eines drohenden Null-Nenners eine alternative Quotientendefinition vorhalten. Oder die Inferenzkette zur Herleitung eines Theorems der Theorie wird so ergänzt oder so abgeändert, daß die Inferenzlücke, die vormalig in einem pathologischen Fall klaffte, geschlossen wird.

Auf diese Weise ist es möglich, durch spezielle Maßnahmen vormalig pathologische Fälle nachträglich in die Theorieformulierung defektfrei zu integrieren. Dadurch können die zuvor angeführten zusätzlichen Randbedingungen – teilweise oder sogar vollständig – wieder zurückgenommen werden, so daß der intendierte Anwendungsbereich der Theorie vergrößert wird. Hierdurch stellt sich ein epistemischer Fortschritt im Sinne einer *verbreiterten* Theorieanwendung ein.

Damit offenbart sich abermals das erkenntnisstimulierende Potential des Strukturalistischen Theorienkonzepts: Durch seinen immanenten Zwang, die Randbedingungen einer Theorie formalsprachlich zu explizieren, zeigt es zugleich Ansatzpunkte auf, an denen die Formulierung einer Theorie *fortentwickelt* werden könnte, um ihren intendierten Anwendungsbereich zu erweitern. Dabei handelt es sich nicht lediglich um eine rein quantitative Erweiterung um „irgendwelche“ zusätzlichen Theorieanwendungen. Vielmehr besitzt diese Erweiterungsoption eine *qualitative* Komponente, da sie den Theoriekonstrukteur mit den zuletzt erörterten Randbedingungen auf besonders „anspruchsvolle“ Erweiterungsmöglichkeiten aufmerksam macht, die es gestatten, vormalige „Pathologien“ zu überwinden.

Die beiden Randbedingungen  $E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$  und  $E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$  gestatten darüber hinaus, eine „Idiosynkrasie“ zu erklären, die scheinbar dem Axiom  $A_{17}$  zugrunde lag. Ihm zufolge wählt der Entscheidungsträger im Investitionsfall genau dann die Handlungsalternative  $HA_m$ , wenn er von dem konsultierten Informationssystem die Prognoseinformation  $y_n$  mit  $n = m$  erhält. Warum sich der Entscheidungsträger jedoch an die Übereinstimmung der Indizes „n“ und „m“ von

---

224) Die Bedingungen  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2) > 0$  wurden in den Äquivalenztransformationen zur Herleitung dieser Anforderung (neben  $p_1 > 0$  und  $p_2 > 0$ ) verwendet. Hinzu kommen die Bedingungen  $\hat{E}(HA_1, Z_1) \neq 0$  bzw.  $\hat{E}(HA_2, Z_2) \neq 0$ . Sie sind in der Formulierung der Anforderung selbst erforderlich, weil die Überschußerlöse  $\hat{E}(HA_1, Z_1)$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2)$  in den Nennern zweier Quotienten vorkommen. Allerdings brauchen die Bedingungen  $\hat{E}(HA_1, Z_1) \neq 0$  bzw.  $\hat{E}(HA_2, Z_2) \neq 0$  nicht separat aufgestellt zu werden, weil sie wegen  $\hat{E}(HA_1, Z_1) > 0$  und  $\hat{E}(HA_2, Z_2) > 0$  notwendig erfüllt sind.

Prognoseinformationen bzw. Handlungsalternativen halten sollte, mußte zunächst offen bleiben<sup>225)</sup> (zumal schwer zu beantworten ist, welche Auswirkung eine willkürliche Permutation der Indizes auf die Formulierung von Axiom  $A_{17}$  hätte). Diese Frage läßt sich nun mittels der beiden zusätzlichen Randbedingungen so beantworten, daß es für einen rationalen Entscheidungsträger vollkommen plausibel erscheint, sich in der vorgenannten Weise zu verhalten<sup>226)</sup>. Zugleich wird mittels dieser Antwort der Boden bereitet, auf dem sich abschließend die eingangs erwähnte, höchst eigentümlich anmutende Verschiedenartigkeit der zwei Randbedingungen erklären läßt, daß nur genau zwei Handlungsalternativen (Axiom  $A_1$ ) und nur genau zwei Umweltzustände (Axiom  $A_2$ ) betrachtet werden.

Den Ausgangspunkt der Argumentation bildet die Erlösmatrix, die den Wertebereich der Erlösfunktion  $E(HA_m, Z_n)$  für die hier vorausgesetzten zwei Handlungsalternativen und zwei Umweltzustände vollständig wiedergibt:

$E(HA_m, Z_n)$	$Z_1$	$Z_2$
$HA_1$	$E(HA_1, Z_1)$	$E(HA_1, Z_2)$
$HA_2$	$E(HA_2, Z_1)$	$E(HA_2, Z_2)$

Da sich der Entscheidungsträger gemäß Axiom  $A_6$  nicht direkt nach den Erlösen, sondern nach den Überschußerlösen als entscheidungsrelevanten Ergebnissen richtet, sind die vier Felder der voranstehenden Matrix mit Hilfe der Definition der Überschußerlöse aus Axiom  $A_6$  und der beiden zusätzlichen Randbedingungen wie folgt zu transformieren:

225) Dies gilt zumindest dann, wenn man sich ausschließlich an diejenigen Informationen hält, die in STICKELS Theorieformulierung *expliziert* wurden. Natürlich wäre es durchaus möglich, diejenige Argumentation, die jetzt anhand der explizit formulierten, zusätzlichen Randbedingungen entfaltet wird, von vornherein als *implizite* Intention der formulierten Theorie unterstellen können. Aber der Verfasser hegt die Vorstellung, daß alle „wesentlichen“ Aspekte einer Theorie in ihr explizit enthalten sein sollten (Explizitheitspostulat), und zwar entweder als explizites Axiom – auch Randbedingungen besitzen axiomatischen Charakter – oder als aus Axiomen (und gegebenenfalls anderen Theoremen) herleitbares Theorem. Dieses Explizitheitspostulat wird jedoch von STICKELS ursprünglicher Theorieformulierung in bezug auf die o.a. scheinbare Idiosynkrasie nicht erfüllt, da sie weder axiomatisch vorausgesetzt wird noch als Theorem herleitbar ist.

Gegen das Explizitheitspostulat wird sicherlich der Vorwurf mangelnder Operationalität erhoben, weil kaum nachprüfbar sei, *welche* Theorieaspekte „wesentlich“ sind. Diese potentielle Vorhaltung ist vollkommen korrekt – und geht dennoch an der theoriepragmatischen Dimension des Explizitheitspostulats vorbei: Das Explizitheitspostulat erfüllt aus pragmatischer Perspektive eine *Demarkationsfunktion*: Der Theoriegestalter legt sich mit seiner Theorieformulierung dahingehend fest, daß die explizierten Theoriebestandteile (Axiome und Theoreme) *für ihn* wesentlich sind, während nicht-explizierte Aspekte für ihn keine wesentliche Bedeutung besitzen. Somit grenzen die Art und der Umfang der Explizierung den Bereich dessen ab, den der Theoriegestalter selbst für wesentlich erachtet. Dies ist mit „Demarkation“ durch das Explizitheitspostulat gemeint. Es würde verletzt, wenn der Theoriegestalter einen Aspekt selbst als wesentlich qualifiziert, jedoch zugeben muß, daß er in seiner Theorieformulierung nicht explizit enthalten ist. Genau dies trifft nach Einschätzung des Verfassers auf die beiden oben diskutierten Randbedingungen zu, weil sie erforderlich – und somit „wesentlich“ – sind, um die scheinbare Idiosynkrasie des Axioms  $A_{17}$  als vollkommen plausibles Verhalten des Entscheidungsträgers aufzulösen.

226) Die Erklärung der Verhaltensweise des Entscheidungsträgers mittels der zwei zusätzlichen Randbedingungen geht inhaltlich über die Plausibilitätserklärung hinaus, die vormals in einer Fußnote zu Axiom  $A_{17}$  angeführt wurde. Denn dort wurde nur auf die spezielle Konstellation eingegangen, die sich aus dem Anwendungsbeispiel für STICKELS Miniaturtheorie ergab. Insofern handelte es sich dort um eine *einzelfallbezogene* Erklärung. Hier wird hingegen eine *generelle* Erklärung präsentiert, die auf *alle* Theorieanwendungen aus dem intendierten Anwendungsbereich der Miniaturtheorie zutrifft. Allerdings erfüllt das Anwendungsbeispiel von STICKEL die beiden oben zusätzlich angeführten Randbedingungen wegen  $E(HA_1, Z_1) > 0$ ,  $E(HA_1, Z_2) = 0$ ,  $E(HA_2, Z_2) > 0$  und  $E(HA_2, Z_1) = 0$ . Daher steht es nicht im Widerspruch zu der hier angebotenen Erklärung, sondern stellt lediglich einen ihrer – potentiell unendlich vielen – Spezialfälle dar.

- a)  $\hat{E}(HA_1, Z_1) = E(HA_1, Z_1) - E(HA_1, Z_2) \quad // \quad E(HA_1, Z_1) > E(HA_1, Z_2)$   
 $\Rightarrow \hat{E}(HA_1, Z_1) = a \quad \text{mit } a \in \mathbf{R}_+$
- b)  $\hat{E}(HA_1, Z_2) = E(HA_1, Z_2) - E(HA_1, Z_2) = 0$
- c)  $\hat{E}(HA_2, Z_1) = E(HA_2, Z_1) - E(HA_2, Z_1) = 0$
- d)  $\hat{E}(HA_2, Z_2) = E(HA_2, Z_2) - E(HA_2, Z_1) \quad // \quad E(HA_2, Z_2) > E(HA_2, Z_1)$   
 $\Rightarrow \hat{E}(HA_2, Z_2) = b \quad \text{mit } b \in \mathbf{R}_+$

Daraus ergibt sich als Entscheidungsgrundlage für den Entscheidungsträger folgende Überschußerlösmatrix:

$\hat{E}(HA_m, Z_n)$	$Z_1$	$Z_2$
$HA_1$	$a$	$0$
$HA_2$	$0$	$b$

Durch spaltenweise Auswertung dieser Überschußerlösmatrix zeigt sich unmittelbar, daß es wegen  $a > 0$  ( $b > 0$ ) für den Entscheidungsträger rational ist, sich auf jeden Fall zugunsten der Handlungsalternative  $HA_1$  ( $HA_2$ ) zu entscheiden, wenn er vom konsultierten Informationssystem die Prognoseinformation  $y_1$  ( $y_2$ ) erhält, es sei der Umweltzustand  $Z_1$  ( $Z_2$ ) zu erwarten<sup>227)</sup>. Genau dies erklärt die Verhaltensweise des Entscheidungsträgers, die in der Formulierung von Axiom  $A_{17}$  zunächst idiosynkratisch anmutete.

Allerdings läßt sich die Verhaltensweise des Entscheidungsträgers gemäß Axiom  $A_{17}$  nur dann in der zuvor demonstrierten Weise plausibel erklären, wenn STICKELS „trickreiche“ Transformation von Erlösen in Überschußerlöse gemäß Axiom  $A_6$  vorausgesetzt wird. Ohne diese Transformation kann die Plausibilitätsargumentation hingegen nicht mehr allgemein aufrechterhalten werden. Dies sei anhand eines einfachen Gegenbeispiels erläutert. Es bezieht sich auf die nachfolgende Überschußerlösmatrix, die den Anforderungen der o.a. zusätzlichen Randbedingungen gerecht wird:

$\hat{E}(HA_m, Z_n)$	$Z_1$	$Z_2$
$HA_1$	$10$	$0$
$HA_2$	$0$	$8$

Dieser Matrix könnte folgende Erlösmatrix zugrunde liegen:

$E(HA_m, Z_n)$	$Z_1$	$Z_2$
$HA_1$	$20$	$10$
$HA_2$	$1$	$9$

227) Strenggenommen ist die voranstehende Argumentation unvollständig, weil sich der Entscheidungsträger nicht unmittelbar nach den Überschußerlösen, sondern nach seinen Nutzensvorstellungen richtet. Die Nutzenfunktion  $U_\alpha$  des Entscheidungsträgers steigt jedoch gemäß Axiom  $A_7$  streng monoton mit den Überschußerlösen  $\hat{E}_{m,n} = \hat{E}(HA_m, Z_n)$  an. Das gilt ebenso, wenn von der Nutzenfunktion  $U_\alpha$  zur Netto-Nutzenfunktion  $NU_\alpha$  übergegangen wird. Infolge dieses streng positiv monotonen Zusammenhangs besitzt die Nutzenmatrix des Entscheidungsträgers dieselbe „(a,0,0,b)“-Struktur wie die oben angeführte Erlösüberschußmatrix. Daher wird hier – der Einfachheit halber – verkürzend, aber dennoch inhaltlich zutreffend anhand der Erlösüberschußmatrix argumentiert.

Diese Erlösmatrix erfüllt weiterhin die Anforderungen der o.a. zusätzlichen Randbedingungen. Dennoch läßt es sie *nicht* mehr rational erscheinen, daß sich der Entscheidungsträger zugunsten der Handlungsalternative  $HA_2$  entscheidet, wenn er vom konsultierten Informationssystem die Prognoseinformation  $y_2$  erhält, es sei mit dem Umweltzustand  $Z_2$  zu rechnen. Denn in dieser Konstellation erweist sich die Handlungsalternative  $HA_1$  als *dominante* Alternative, die der Entscheidungsträger *unabhängig* von der Prognoseinformation  $y_n$  auf jeden Fall bevorzugen wird. Insbesondere wird er sich sogar dann zugunsten der Handlungsalternative  $HA_1$  entscheiden, wenn er vom Informationssystem die Prognoseinformation  $y_2$  erhält, daß mit dem Umweltzustand  $Z_2$  zu rechnen sei. Dies läßt sich mit Axiom  $A_{17}$  aus STICKELS Theorieformulierung nicht mehr konsistent vereinbaren<sup>228)</sup>.

Anhand dieses kleinen Gegenbeispiels zeigt sich, daß die Transformation von Erlösen in Überschußerlöse keineswegs eine rein „technische“ Informationstransformation darstellt, die lediglich die Darstellungsform von (Erlös-)Informationen modifiziert. Vielmehr handelt es sich um eine Transformation mit nicht unerheblichen inhaltlichen Nebenwirkungen, weil hierdurch die Präferenzstruktur des Entscheidungsträgers – zumindest in Einzelfällen (wie dem oben vorgestellten) – verändert wird. Denn vor der Transformation war die Handlungsalternative  $HA_1$  noch die dominante Alternative, während sie nach der Transformation diese Eigenschaft verloren hat<sup>229)</sup>.

Wie zuvor gezeigt, setzt die Plausibilität von Axiom  $A_{17}$  die „trickreiche“ Transformation von Erlösen in Überschußerlöse gemäß Axiom  $A_6$  voraus. Sie überführt die Erlösmatrix in eine Überschußerlösmatrix in Diagonalf orm, d.h. nur die Matrixkoeffizienten der Hauptdiagonalen sind von Null verschieden (und hier sogar positiv). Diese Transformation läßt sich so, wie sie von STICKEL ange-

---

228) Zwar läßt sich weiterhin am Axiom  $A_{17}$  festhalten. Dann müßte aber hingenommen werden, daß in diesem Axiom eine Verhaltensweise des Entscheidungsträgers vorausgesetzt wird, die nicht mehr auf dem Prinzip der Nutzenmaximierung beruht. (Welches andere Prinzip an dessen Stelle Axiom  $A_{17}$  zugrunde läge, müßte noch geklärt werden; der Verfasser vermag im Falle des Festhaltens an Axiom  $A_{17}$  kein alternatives Prinzip klar zu identifizieren.) Demgegenüber beruhen jedoch die Axiome  $A_{20}$  und  $A_{21}$  auf der Vorstellung, das Verhalten des Entscheidungsträgers als nutzenmaximierendes Verhalten festzulegen. Dies bedeutet zwar keinen logischen Widerspruch auf der syntaktischen Ebene der formalsprachlichen Axiomeformulierungen. Aber es träte ein materieller Widerspruch auf der semantischen Ebene auf, weil die Verhaltensweisen des Entscheidungsträgers in Axiom  $A_{17}$  einerseits sowie in den Axiomen  $A_{20}$  und  $A_{21}$  andererseits auf zwei verschiedenartige, sich gegenseitig inhaltlich ausschließende Weisen spezifiziert würde. Um eine solche semantische Inkonsistenz auszuschließen, müßte entweder auf Axiom  $A_{17}$  ersatzlos verzichtet werden, oder es müßte so modifiziert werden, daß es sich wieder mit der nutzenmaximierenden Verhaltensweise des Entscheidungsträgers aus den Axiomen  $A_{20}$  und  $A_{21}$  konsistent vereinbaren läßt. Der Verfasser bevorzugt die zweite Alternative, weil bei der ersten Alternative nicht auszuschließen ist, daß Inferenzlücken hinsichtlich der Herleitung von Theoremen der Miniaturtheorie drohen.

Anstelle der zwei vorgenannten Alternativen wäre es auch möglich, Axiom  $A_{17}$  in seiner ursprünglichen Formulierung beizubehalten und statt dessen die Axiome  $A_{20}$  und  $A_{21}$  entsprechend anzupassen. Von dieser dritten Alternative hat der Verfasser jedoch von vornherein abgesehen, weil dann die Verhaltensweise des Entscheidungsträgers überhaupt nicht mehr auf das Prinzip der Nutzenmaximierung bezogen wäre. Der Verfasser glaubt, daß eine solche „Rekonstruktion“ so weit von der ursprünglichen Theorieformulierung entfernt wäre, daß sie mit der Idee STICKELS zur Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik nichts mehr zu tun gehabt hätte. Denn nach Einschätzung des Verfassers ging es STICKEL gerade darum zu zeigen, daß es zum Produktivitätsparadoxon kommen kann, *obwohl* sich der Entscheidungsträger – in Übereinstimmung mit dem „klassischen Rationalitätsideal“ – in nutzenmaximierender Weise verhält.

229) Vor der Transformation entscheidet sich der Entscheidungsträger, wenn er vom Informationssystem die Prognoseinformation  $y_2$  erhält, aufgrund der Erlösmatrix zugunsten der Handlungsalternative  $HA_1$ . Nach der Transformation wählt er hingegen aufgrund der Überschußerlösmatrix gemäß Axiom  $A_{17}$  die Handlungsalternative  $HA_2$  aus. Dies läßt unmittelbar erkennen, daß die Transformation der Erlöse in Überschußerlöse in speziell konstruierten Einzelfällen die Präferenzstruktur des Entscheidungsträger erheblich zu beeinflussen vermag.

regt wurde, jedoch nur auf Erlösmatrizen mit zwei Umweltzuständen anwenden<sup>230)</sup>. Bei Erlösmatrizen mit mehr als zwei Umweltzuständen versagt sie dagegen im allgemeinen Fall<sup>231)</sup>. Denn wenn in einer Matrixzeile – abgesehen vom Koeffizienten der Hauptdiagonale – mindestens 2 von Null verschiedene und unterschiedlich große Matrixkoeffizienten stehen, ist es unmöglich, durch Subtraktion eines der Erlöswerte aus dieser Matrixzeile alle Koeffizienten der Matrixzeile so in Überschußerlöse zu transformieren, daß alle Koeffizienten der Matrixzeile bis auf den Koeffizienten der Hauptdiagonale jeweils den Wert Null annehmen.

Folglich lassen sich sowohl das Axiom  $A_6$  als auch das Axiom  $A_{17}$ , welches das Axiom  $A_6$  – wie zuvor erläutert wurde – implizit voraussetzt, strenggenommen nur so lange aufrechterhalten, wie als Anwendungsbedingung der Miniaturtheorie eine Beschränkung auf zwei Umweltzustände erfolgt<sup>232)</sup>. Dies bereitet in der hier vorgelegten strukturalistischen Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie keine Probleme, weil genau diese Anwendungsbedingung in Übereinstimmung mit STICKELS eigener Theorieformulierung vorausgesetzt wurde. Allerdings lenkt die Theorierekonstruktion den Blick des „Theoriedesigners“ auf die *Erweiterbarkeit des intendierten Anwendungsbereichs* der Miniaturtheorie. Diese Rekonstruktionsperspektive erscheint dem Verfasser insofern bemerkenswert, als es zu den weithin akzeptierten Kriterien wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritts zählt, einen *theoretischen Fortschritt* (u.a.) dann zu attestieren, wenn es gelungen ist, ceteris paribus den Anwendungsbereich einer Theorie auszuweiten. Das entspricht dem Fortschrittskriteri-

- 
- 230) Auf den ersten Blick scheint die Transformation ebenso eine Beschränkung auf zwei Handlungsalternativen vorauszusetzen. Das ist aber nicht der Fall. Denn bei mehr als zwei Handlungsalternativen, aber weiterhin nur zwei Umweltzuständen lassen sich in jeder Matrixzeile die dort zunächst angeführten Erlöse in Überschußerlöse transformieren. Dabei wird unterstellt, daß – wie schon im Fall von nur zwei Handlungsalternativen – für jede Handlungsalternative  $HA_m$  mit  $m = 1; \dots; M$  und  $M > 2$  entweder die Randbedingung  $E(HA_m, Z_1) > E(HA_m, Z_2)$  oder aber die Randbedingung  $E(HA_m, Z_2) > E(HA_m, Z_1)$  gilt. [Die nachfolgende Argumentation läßt sich sogar noch dann aufrechterhalten, wenn lediglich entweder  $E(HA_m, Z_1) \geq E(HA_m, Z_2)$  oder aber  $E(HA_m, Z_2) \geq E(HA_m, Z_1)$  gefordert wird.] Dann resultiert eine Überschußerlösmatrix, in deren Zeilen jeweils nur ein Koeffizient von Null verschieden und positiv [nicht-negativ] ist. Für die Entscheidung des nutzenmaximierenden Entscheidungsträgers gilt dann analog zu Axiom  $A_{17}$ : Wenn der Entscheidungsträger vom konsultierten Informationssystem die Prognoseinformation  $y_n$  erhält, daß mit dem Umweltzustand  $Z_n$  zu rechnen ist, dann wählt er eine Handlungsalternative  $HA_m^*$ , die in der Überschußerlösmatrix in der Spalte des Umweltzustands  $Z_n$  den maximalen Überschußerlös aufweist (falls zufällig mehrere Handlungsalternativen diese Bedingung erfüllen, ist genau eine von ihnen mittels einer beliebigen „tie breaking rule“ auszuwählen):

$$HA_m^* = \arg_1 \max \{ \hat{E}(HA_m, Z_n) : m = 1; \dots; M \}$$

Dabei ordnet die Funktion  $\arg_1 \max \{ f(x_1, \dots, x_K) : \dots \}$  jedem maximalen Element  $f(x_1, \dots, x_K)$  aus der Menge  $\{ \dots \}$  das erste Argument  $x_1$  des Funktionswerts  $f(x_1, \dots, x_K)$  zu.

- 231) Im allgemeinen Fall können alle Matrixkoeffizienten von Null verschieden und paarweise verschieden groß sein.
- 232) Dies gilt übrigens nicht nur für die Axiome  $A_6$  und  $A_{17}$ . Beispielsweise beruhen auch das Axiom  $A_{21}$  und das Theorem  $Th_2$  u.a. auf der Präsupsposition, daß nur zwei Umweltzustände in Betracht kommen, der hierdurch ermöglichten Transformation von Erlösen in Überschußerlöse gemäß Axiom  $A_6$  sowie auf den daraus resultierenden Vereinfachungen, die in Axiom  $A_{17}$  ausgenutzt wurden. Es wird darauf verzichtet, dies hier im Detail aufzuzeigen, weil die ausführlichere Erläuterung von Axiom  $A_{17}$  als „pars pro toto“ ausgereicht haben sollte, die Art der Zusammenhänge exemplarisch zu verdeutlichen. Als Hinweise mögen hier ausreichen, daß in Axiom  $A_{21}$  auf der linken Ungleichungsseite von den 8 denkmöglichen Kombinationen aus jeweils 2 Umweltzuständen, 2 Prognoseinformationen und 2 Handlungsalternativen nur genau 2 Kombinationen für den Investitionsfall berücksichtigt werden. Die Irrelevanz der 6 ausgeblendeten Kombinationen wird dort axiomatisch vorausgesetzt. Die Ausgrenzung der 6 Kombinationen beruht jedoch implizit auf der Präsupsposition der Axiome  $A_6$  und  $A_{17}$ . Dies läßt sich der expliziten Herleitung von Theorem  $Th_2$  entnehmen. Denn in der zugehörigen Fußnote wird detailliert aufgezeigt, wie sich die 8 denkmöglichen Kombinationen des Investitionsfalls mit Hilfe der Axiome  $A_6$  und  $A_{17}$  auf nur noch 2 relevante Kombinationen reduzieren lassen.

Aufgrund des Vorhergesagten muß beachtet werden, daß noch mehr Axiome und Theoreme der Miniaturtheorie implizit von der Beschränkung auf nur zwei Umweltzustände abhängen können. Sie wären alle in Betracht zu ziehen, wenn diese Beschränkung durch eine Erweiterung des intendierten Anwendungsbereichs der Miniaturtheorie aufgehoben werden soll.

um von POPPER, die *Allgemeinheit* einer Theorie (neben ihrer Bestimmtheit oder Präzision) zu vergrößern<sup>233)</sup>. Erst aus diesem erkenntnistheoretischen Blickwinkel offenbart sich eine spezielle Problematik der Transformation von Erlösen in Überschußerlöse aus Axiom  $A_6$ , die abschließend skizziert wird.

Einerseits gestattet sie eine relativ kompakte Theorieformulierung. Dazu trägt vor allem bei, daß die Matrix der entscheidungsrelevanten Ergebnisse von Handlungsalternativen in Umweltzuständen als Überschußerlösmatrix die mathematisch einfach zu handhabende Form einer Diagonalmatrix annimmt. Auf diese Weise vereinfachen sich zahlreiche Formeln und Formelherleitungen in STICKELS Theorieformulierungen<sup>234)</sup>. Hinzu kommt, wie bereits erläutert wurde, daß sich die „einfache“ Formulierung von Axiom  $A_{17}$  nur so lange plausibel erklären läßt, wie die „trickreiche“ Transformation aus Axiom  $A_6$  vorausgesetzt wird.

Andererseits würden ernsthafte Schwierigkeiten resultieren, sobald die Miniaturtheorie auf mehr als zwei Umweltzustände angewendet werden soll. Erstens könnte die Transformation von Erlösen in Überschußerlöse gemäß Axiom  $A_6$  wegen des Übergangs zu mehr als zwei Umweltzuständen nicht mehr aufrechterhalten werden, so daß sich die entscheidungsrelevante Ergebnismatrix im allgemeinen nicht mehr als simple Diagonalmatrix darstellen läßt. Folglich müßten die Vereinfachungen von Formeln und Formelherleitungen, die auf jener Diagonalmatrix beruhten, zurückgenommen sowie durch komplexere Formulierungen ersetzt werden. Dies wäre aber nur eine *formulierungstechnische* Komplizierung, die sich auf den Gehalt der Miniaturtheorie nicht auswirkt. Darüber hinaus ließe sich aber Axiom  $A_{17}$  nicht mehr plausibel rechtfertigen<sup>235)</sup>, sobald auf die Transformation aus Axiom  $A_6$  wegen des Übergangs zu mehr als zwei Umweltzuständen verzichtet werden muß. Das würde eine *inhaltliche* Veränderung der Miniaturtheorie nach sich ziehen.

Daher verschließt sich die Miniaturtheorie STICKELS einer Erweiterung ihres intendierten Anwendungsbereichs auf mehr als zwei Umweltzustände, *falls* ihr Inhalt – u.a. verkörpert durch Axiom  $A_6$  – nicht verändert werden soll. Insofern erweist sich die ursprüngliche Theorie zur Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik als inflexibel gegenüber nachträglichen Anwendungserweiterungen (im Hinblick auf Umweltzustände). Allerdings wird STICKELS theoretische Begründung für das Produktivitätsparadoxon nicht grundsätzlich unanwendbar, wenn der intendierte Anwendungsbereich seiner Miniaturtheorie im Interesse einer Realitätsannäherung auf mehr als zwei Umweltzustände erweitert werden soll. Statt dessen dürfte es ausreichen,

- auf die Transformation der Erlöse in Überschußerlöse gemäß Axiom  $A_6$  zu verzichten,
- Axiom  $A_{17}$  inhaltlich so zu modifizieren, daß es ohne implizite Voraussetzung dieser Transformation auskommt, sowie
- alle Vereinfachungen von Formeln und Formelherleitungen entsprechend zu überarbeiten, die eine Ergebnismatrix in der simplen Gestalt einer Diagonalmatrix voraussetzen.

Die konkrete Ausformulierung einer derart überarbeiteten, dann auch inhaltlich veränderten Miniaturtheorie kann in der hier gebotenen Kürze jedoch nicht mehr präsentiert werden, sondern muß einem späteren Beitrag vorbehalten bleiben.

---

233) Vgl. dazu die Diskussion und strukturalistische Rekonstruktion von POPPERS Fortschrittskriterien in ZELEWSKI (1993), S. 384ff.

234) Dies manifestierte sich in mehreren Theoremen und deren Herleitungen, die in Kapitel 2.2 präsentiert wurden. Vgl. dazu insbesondere die Erläuterungen in den zugehörigen Fußnoten.

235) Das trifft ebenso auf das Axiom  $A_{21}$  hinsichtlich der Reduktion seiner linken Ungleichungsseite von 8 denkmöglichen auf nur noch 2 tatsächlich erfaßte Kombinationen zu. Darauf wurde bereits in einer der voranstehenden Fußnoten hingewiesen. Für weitere Axiome wäre zu prüfen, ob ähnliche Beeinträchtigungen ihrer Plausibilität drohten, falls zu mehr als zwei Umweltzuständen übergegangen würde und auf Axiom  $A_6$  verzichtet werden müßte.

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde versucht, einige Probleme zu verdeutlichen, die bei der Formulierung von Theorien im Bereich der Wirtschaftsinformatik<sup>236)</sup> auftreten können, und zugleich Optionen der Theoriegestaltung aufzuzeigen, die sich zur Überwindung jener Probleme ergreifen lassen. Die Untersuchungen der Probleme und Gestaltungsoptionen konzentrierten sich auf zwei Bereiche: die Formalisierung und die Strukturierung „wohlgeformter“ Theorien.

Die Erkenntnisse, die hierbei gewonnen wurden, können keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben. Statt dessen besitzen sie nur illustrativen Charakter, weil Theorieformalisierung und Theoriestructurierung in zweifacher Hinsicht lediglich auf exemplarische Weise thematisiert wurden. Einerseits diente STICKELS theoretische Begründung für das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnik als Untersuchungsobjekt zur Entfaltung der hier interessierenden Probleme. Seine Theorieformulierung entspricht dem konventionellen Theorieverständnis des „statement view“. Andererseits wurde vornehmlich auf das Strukturalistische Theorienkonzept des „non statement view“ zurückgegriffen, um einige der Probleme, die mit STICKELS Theorieformulierung verknüpft sind, zu akzentuieren und entsprechende Lösungsvorschläge für eine modifizierte Theoriegestaltung herauszuarbeiten. Die Betrachtung eines anderen Untersuchungsobjekts und das Hinzuziehen eines alternativen Theorienkonzepts hätten zu anderen Problemidentifikationen bzw. Gestaltungsvorschlägen führen können.

Werden jedoch die Vorentscheidungen zugunsten der beiden vorgenannten, exemplarischen Antipoden der hier vorgetragenen Argumentation akzeptiert, so lassen sich im wesentlichen drei Erkenntnisse festhalten: Erstens zeichnen sich konventionell formulierte Theorien oftmals durch eine intensive Vermengung von formal- und natürlichsprachlichen Theoriekomponenten aus, die dazu führen kann, die Verständlichkeit und die Präzision der Theorieformulierung zu beeinträchtigen. Abhilfe schafft hier nur eine verstärkte Formalisierung der Theorien, die sich – so postuliert der Verfasser - auch im Bereich der Wirtschaftsinformatik vorteilhaft auswirken dürfte. Zweitens fehlt es konventionell formulierten Theorien an einer klaren Identifizierung derjenigen gesetzesartigen Aussagen, welche die „nomologische Essenz“ der Theorien darstellen sollen. Drittens werden die Bedingungen, die den Bereich intendierter Theorieanwendungen eingrenzen, häufig nicht klar und nicht vollständig spezifiziert. Das Strukturalistische Theorienkonzept bietet jedoch für den zweiten und dritten Mangel konventioneller Theorieformulierungen Hilfe an, indem es ein übersichtlich gegliedertes Strukturschema für wohlformulierte Theorien zur Verfügung stellt. Hierdurch übt es auf den Theoriegestalter einen „heilsamen Zwang“ aus, sich sorgfältig um die Identifizierung der wesentlichen gesetzesartigen Aussagen und die Spezifizierung der Anwendungsbedingungen einer Theorie zu kümmern.

Strenggenommen beinhalteten die zuvor angeführten Erkenntnisse jeweils unzulässige Verallgemeinerungen. Dies folgt unmittelbar aus dem doppelt exemplarischen Charakter der hier vorgelegten Untersuchungen. Die Generalisierungen sind daher nicht als strenge Schlußfolgerungen aus dem Vorhergesagten zu verstehen, sondern als kleine „Provokationen“. Sie sollen zum kritischen Diskurs über die konzeptionellen Fundamente einladen, die ein jeder – implizit oder explizit – zugrunde legt, wenn er eine Theorieformulierung präsentiert.

---

236) Der Bereich der Wirtschaftsinformatik diente hier nur als Argumentationshintergrund. Dadurch wird keineswegs bestritten, daß die hier angesprochenen Probleme auch bei der Formulierung von Theorien aus anderen Wissenschaftsdisziplinen auftreten können. Die aufgezeigten Probleme besitzen daher keinen für die Wirtschaftsinformatik spezifischen Charakter.

Darüber hinaus bleibt der kleine Beitrag, der hier zur Rekonstruktion von STICKELS bemerkenswerter theoretischer Begründung des Produktivitätsparadoxons der Informationstechnik vorgelegt wurde, in mehrfacher Hinsicht unvollständig. In der hier gebotenen Kürze konnten bei weitem nicht alle Aspekte ausgeführt werden, die sich aus den Postulaten verstärkter Theorieformalisierung und –strukturierung herleiten ließen. Beispielsweise wurden hier folgende Punkte offengelassen<sup>237)</sup>:

- Einbeziehung aller Theoreme aus STICKELS Miniaturtheorie, da in der strukturalistischen Rekonstruktion zunächst nur die Axiome der Theorie Berücksichtigung fanden;
- Explizierung des jeweils unterstellten „deduktiven Apparats“, also derjenigen Inferenzregeln, die zur Herleitung der Theoreme der Theorie benötigt werden (enge Variante)<sup>238)</sup> oder als zulässig erachtet werden (weite Variante)<sup>239)</sup>;
- Ausweitung des intendierten Anwendungsbereichs der Theorie auf mehr als 2 Handlungsalternativen;
- Ausweitung des intendierten Anwendungsbereichs der Theorie auf mehr als 2 Umweltzustände einschließlich der Analyse aller daraus resultierenden Komplikationen (Unzulässigkeit der „trickreichen“ Transformation von Erlösen in Überschußerlöse, so daß nicht mehr mit einer Diagonalmatrix als entscheidungsrelevanter Ergebnismatrix gearbeitet werden kann);
- Stärkere Einbindung der Investitionsvarianten  $inv_q$  in die formalsprachliche Theorieformulierung (wie z.B. Ergänzung eines Teilindexes „q“ in die Notation der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*.n}$  und Ergänzung eines Indexes „q“ zu den Informationsbeschaffungskosten K);
- Formalisierung der Rationalitätspräsupposition des Produktivitätsparadoxons durch Einführung eines einstelligen Rationalitätsprädikats, das die vorausgesetzte Rationalität eines beliebigen Entscheidungsträgers IM (für „Informationsmanager“) expliziert und hierbei auf die nomischen Verhaltenshypothesen der Axiome  $A_{19}^*$  und  $A_{21}^*$  zurückführt<sup>240)</sup>;
- Bezugnahme der Allquantoren in den beiden nomischen Verhaltenshypothesen der Axiome  $A_{19}^*$  und  $A_{21}^*$  nicht nur auf die Gesamtheit aller Handlungsalternativen bzw. aller Investitionsvarianten, sondern ebenso auf die Gesamtheit aller Entscheidungsträger IM;

---

237) Daneben könnten z.B. alle Einzelinformationen, die in den drei vorangehenden Kapiteln zur strukturalistisch inspirierten Rekonstruktion von STICKELS Miniaturtheorie zusammengetragen wurden, in einer kompakten Theorieformulierung des „non statement view“ zusammengeführt werden. Der Verfasser hat darauf verzichtet, weil hierdurch keine neuartigen Erkenntnisse gewonnen worden wären, sondern nur eine Informationskompilierung stattgefunden hätte.

238) Aus dieser Perspektive wird eine bestimmte Menge von Theoremen vorgegeben, wie z.B. die Menge  $\{Th_1; \dots; Th_8\}$  aus der Wiedergabe von STICKELS ursprünglicher Theorieformulierung in Kapitel 2.2, und nach denjenigen Inferenzregeln geforscht, die notwendig sind, um diese Theorememenge aus den Axiomen der Theorie herleiten zu können.

239) Hierbei wird keine bestimmte Menge von herzuleitenden Theoremen vorgegeben. Statt dessen legt sich der Theoriegestalter zunächst auf die Menge aller Inferenzregeln fest, die er als zulässig betrachtet. Alsdann kann versucht werden, die Menge aller Theoreme zu bestimmen, die sich mit Hilfe dieser Inferenzregelmenge aus den Axiomen der Theorie herleiten lassen.

240) Dieser Aspekt dürfte aus der Perspektive des Strukturalistischen Theorienkonzepts von besonderem Interesse sein, weil sich die Rationalität eines Entscheidungsträgers grundsätzlich nicht unmittelbar beobachten läßt. Statt dessen müßten notwendige oder hinreichende Bedingungen für rationales Verhalten eines Entscheidungsträgers formuliert werden, die sich – zumindest mittelbar – auf beobachtbare Größen beziehen. In diesem Zusammenhang *könnte* die Frage auftauchen, ob es sich bei einem solchen Rationalitätsprädikat um ein typisches T-theoretisches Konstrukt handelt, das zu seiner Überprüfung immer schon die empirische Gültigkeit von mindestens einer Theorieanwendung voraussetzt. Daher verspricht sich der Verfasser von einer expliziten Einbeziehung eines Rationalitätsprädikats in die Theorieformulierung eine besonders interessante Vertiefung der strukturalistischen Theorie-rekonstruktion.

- Formalisierung der Präsupposition vollkommener Prognosefähigkeit, indem Abweichungen zwischen zunächst prognostizierten und später realisierten Umweltzuständen zugelassen werden und die Analyse der Möglichkeit solcher Abweichungen in das Kalkül eines Entscheidungsträgers einbezogen wird;
- Formalisierung der Präsupposition vollkommener Realisierungsfähigkeit, indem Diskrepanzen zwischen der Handlungs- oder der Investitionsentscheidung eines Entscheidungsträgers einerseits und deren späterer Realisierung andererseits zugelassen werden;
- Berücksichtigung von Unsicherheiten hinsichtlich der bedingten Wahrscheinlichkeiten  $\pi_{n^*,n}$ , die vor der Implementierung eines Informationssystems in der Regel nicht präzise bekannt sind, sondern nur geschätzt werden können<sup>241)</sup>;
- formalsprachliche Einbeziehung von vagen Vorstellungen eines Entscheidungsträgers über die Mindestqualität eines von ihm akzeptierten Informationssystems, z.B. mit der Hilfe von linguistischer Fuzzyfizierung.

Die Bearbeitung der zuvor nur stichwortartig angesprochenen Aspekte müßte in späteren, vertiefenden Arbeiten nachgereicht werden. Zugleich sollten sie aber auch offensichtlich werden lassen, daß sich Formalisierungs- und Strukturierungspostulate noch weitaus fruchtbarer umsetzen lassen, als es in diesem ersten Beitrag aus der Perspektive des „non statement view“ demonstriert wurde.

---

241) Auf das zugrunde liegende Informationsdilemma wurde in einer Fußnote zu Axiom A<sub>10</sub> hingewiesen. Zur formalsprachlichen Erfassung der Schätzunsicherheiten könnte sowohl auf ein anspruchsvolleres statistisches Konzept als auf auch das Konzept unscharfer Mengen zurückgegriffen werden.

## 4 Literaturverzeichnis:

- ABDEL-HAMID, T.: The Slippery Path to Productivity Improvement; in: IEEE Engineering Management Review, Vol. 25 (1997), No. 1, S. 41-49.
- BALZER, W.; MOULINES, C.U. (Hrsg.): Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results, Berlin - New York 1996.
- BALZER, W.; MOULINES, C.U.; SNEED, J.D.: An Architectonic for Science. The Structuralist Program, Dordrecht - Boston - Lancaster ... 1987.
- BAMBERG, G.; COENENBERG, A.G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, 9. Aufl., München 1996.
- BRYNJOLFSSON, E.: The Productivity Paradox of Information Technology; in: Communications of the ACM, Vol. 36 (1993), No. 12, S. 67-77.
- BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L.: Paradox Lost? Firm-Level Evidence of High Returns to Information Systems Spending, Working Paper No. 162, MIT Sloan School of Management, Cambridge (Massachusetts) Revised Version February 1994, URL: <http://ccs.mit.edu/CCSWP162/CCSWP162.html> [auch erschienen in: Management Science, Vol. 42 (1996), S. 541-558].
- BRYNJOLFSSON, E.; YANG, S.: Information Technology and Productivity: A Review of the Literature, Working Paper, MIT Sloan School of Management, Cambridge (Massachusetts) 1996, URL: <http://ccs.mit.edu/erik/itp/> [auch erschienen in: Advances in Computers, Vol. 43 (1996), S. 179-214].
- BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L.M.: Beyond the Productivity Paradox – Computers are the Catalyst for Bigger Changes, Working Paper, MIT Sloan School of Management, Cambridge (Massachusetts) 1998, URL: <http://ccs.mit.edu/erik/bpp.pdf> [auch erschienen in: Communications of the ACM, Vol. 41 (1998)].
- COOPER, R.; FOX, J.; FARRINGDON, J.; SHALLICE, T.: A systematic methodology for cognitive modelling; in: Artificial Intelligence, Vol. 85 (1996), S. 3-44.
- CORSO, M.; PAOLUCCI, E.: The Ambiguous Role of IT in Determining Knowledge Specialisation and Architectural Innovation Capabilities in Product Development; in: o.V.: 4th International Product Development Management Conference, 26.-27.05.1997 in Stockholm, o.O. 1997, S. 211-226.
- DUÉ, R.T.: The Productivity Paradox; in: Information Systems Management, o.Jg. (1993), No. Winter, S. 68-71.
- GIMLIN, D.; RULE, J.: Computing and Social Change: Employment and Efficiency, Paper, Russell Sage Foundation, Washington 1996, URL: <http://epn.org/saga/rsjr.html>.
- HARRIS, D.H. (Hrsg.): Organizational Linkages: Understanding the Productivity Paradox – Panel on Organizational Linkages, National Research Council, Washington 1994.
- HILTON, R.W.: The Determinants of Information Value: Synthesizing Some General Results; in: Management Science, Vol. 27 (1981), No. 1, S. 57-64.
- HITT, L.; BRYNJOLFSSON, E.: Productivity, Profit and Consumer Welfare: Three Different Measures of Information Technology's Value, Working Paper No. 190, MIT Sloan School of Management, Cambridge (Massachusetts), Revised Version October 1995, URL: <http://ccs.mit.edu/CCSWP190.html>, [auch erschienen in: Management Information Systems Quarterly, Vol. 20 (1996)].

- HUBER, G.P.: A Theory of the Effects of Advanced Information Technology on Organizational Design, Intelligence, and Decision Making; in: *Academy of Management Review*, Vol. 15 (1990), No. 1, S. 47-71.
- LOVEMAN, G.: An assessment of the productivity impact of information technologies; in: Allen, T.; Scott Morton, M. (Hrsg.): *Information technology and the corporation of the 1990s*, New York 1994, S. 84-110.
- MORRISON, C.J.; BERNDT, E.R.: *Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries*, Working Paper No. 3582, National Bureau of Economic Research, Cambridge (Massachusetts) 1991.
- PILLER, F.T.: *Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnologie – Stand der Forschung über die Wirkung von Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologie*, Arbeitspapier, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre und Industriebetriebslehre, Universität Würzburg, 2. Aufl., Würzburg 1997.
- PILLER, F.T.: *Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnologie [Kurzfassung des Arbeitspapiers von 1997]*, URL: <http://www.wifak.uni-wuerzburg.de/bwl2/research/pilwist.htm>, Würzburg 1998.
- ROACH, S.S.: *Services Under Siege – The Restructuring Imperative*; in: *Harvard Business Review*, o.Jg. (1991), No. September/October, S. 82-91.
- SNEED, J.D.: *The Logical Structure of Mathematical Physics*, 2. Aufl., Dordrecht - Boston - London 1979.
- STEGMÜLLER, W.: *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*, Berlin - Heidelberg - New York 1980.
- STEGMÜLLER, W.: *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Bd. II: *Theorie und Erfahrung*, Dritter Teilband: *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973*, Berlin - Heidelberg - New York ... 1986.
- STICKEL, E.: *Wettbewerbsorientierte Informationssysteme und Produktivitätsparadoxon*; in: *Wirtschaftsinformatik*, 37. Jg. (1995), Nr. 5, S. 548-557.
- STICKEL, E.: *IT-Investitionen zur Informationsbeschaffung und Produktivitätsparadoxon*; in: *Die Betriebswirtschaft*, 57. Jg. (1997), Nr. 1, S. 65-72.
- STRASSMANN, P.A.: *The Business Value of Computers – An Executive's Guide*, New Canaan 1990.
- STRASSMANN, P.A.: *The Squandered Computer – Evaluating the Business Alignment of Information Technologies*, New Canaan 1997 (a).
- STRASSMANN, P.A.: *Will big spending on computers guarantee profitability?*, URL: <http://www.strassmann.com/pubs/datamation0297/>, New Canaan 1997 (b) [auch erschienen in: *Datamation*, Vol. 43 (1997), No. 2].
- STRASSMANN, P.A.: *Facts and Fantasies about Productivity – Excerpted from Information Productivity*, URL: <http://www.strassmann.com/pubs/fnf/factnfantasy.shtml>, New Canaan 1997 (c).
- STRASSMANN, P.A.: *IT Paradox Number*; in: *Computerworld*, Ausgabe vom 03.05.1999 (a) [auch unter der URL: <http://www.strassmann.com/pubs/cw/paradox.shtml>].
- STRASSMANN, P.A.: *Paradox Revisited*; in: *Computerworld*, Ausgabe vom 06.09.1999 (b) [auch unter der URL: <http://www.strassmann.com/pubs/cw/paradoxrevisited.shtml>].
- STRASSMANN, P.A.: *Information Productivity – Assessing the Information Management Costs of U.S. Industrial Corporations*, New Canaan 1999 (c).

- ZELEWSKI, S.: The Concept of Fuzzy Sets with Special Regard to their Linguistic Interpretation – a Solution for Fuzzy Problems?; in: Zeitschrift für Operations Research, Vol. 32 (1988), S. 47-68.
- ZELEWSKI, S.: Strukturalistische Produktionstheorie, Wiesbaden 1993.
- ZELEWSKI, S.: Produktionstheorie aus der Perspektive des „non statement view“ – Ein Beitrag zur strukturalistischen Formulierung produktionswirtschaftlicher Theorien; in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 64. Jg. (1994), Nr. 7, S. 897-922.
- ZELEWSKI, S.: Produktionstheorie, strukturalistische; in: Kern, W.; Schröder, H.-H.; Weber, J. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, 2. Aufl., Stuttgart 1996 (a), Sp. 1595-1603.
- ZELEWSKI, S.: Grundlagen; in: Corsten, H.; Reiß, M. (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre, 2. Aufl., München – Wien 1996 (b).
- ZOGLAUER, T.: Das Problem der theoretischen Terme. Eine Kritik an der strukturalistischen Wissenschaftstheorie, Braunschweig - Wiesbaden 1993.