

aus dem
PSYCHOLOGISCHEN INSTITUT
DER UNIVERSITÄT HEIDELBERG

Möglichkeiten und Grenzen der theoretischen
Aussagekraft von multidimensionalen Skalie-
rungen bei der Untersuchung menschlicher In-
formationsverarbeitung

Teil I: Formale und wissenschaftstheoretische
Grundlagen

Hans Joachim Ahrens & Hans Kordy

März 1979

Diskussionspapier Nr. 14

I n h a l t

	Seite
Vorbemerkung	1
1. Einleitung	3
2. Zielsetzungen der MDS	5
3. Modell und Empirie	8
3.1 Anmerkungen zum Modellbegriff	8
3.2 Prozeß wissenschaftlicher Erkenntnis	11
3.3 Zur Problematik des Isomorphiekonzepts	11
3.4 Zum Erklärungswert von Modellen	16
4. Theoretische Aussagemöglichkeiten des MDS-Modells	34
4.1 Die formale Grundstruktur der MDS	34
4.2 Die Grundstruktur der MDS als Urteilsmodell	38
4.3 Die MDS als Meßstruktur und als Dekomponierungsverfahren	40
4.4 Möglichkeiten und Grenzen der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Modellen	43
4.5 Beispiel (KRANTZ & TVERSKY, 1975)	52
5. Zusammenfassender Überblick über allgemeine Forschungsziele bei der Untersuchung der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Strukturen	57
Zusammenfassung	64
Literatur	65

Vorbemerkung

Einer der beiden Verfasser hat in einer Monographie über Methodik, Theorie und empirische Gültigkeit der multidimensionalen Skalierung (MDS) auf einen Aspekt der Verwendung von MDS-Verfahren hingewiesen, auf den zwar bei der Interpretation von MDS-Ergebnissen immer wieder Bezug genommen wird, der aber bisher kaum Gegenstand systematischer Forschung war. Gemeint ist die über eine allgemeine Deskriptionsleistung hinausgehende Möglichkeit, MDS-Strukturen auch als Grundlage für den Aufbau von Verhaltensmodellen (z. B. Urteilstheorien) mit theoretischem Erklärungswert zu verwenden (vgl. AHRENS 1974, 33 ff., 103 ff., 109 ff., 182 ff., 186 ff., 207 ff.). Die vorgelegte Untersuchung ist als Ergänzung und Vertiefung zu diesem in der MDS-Literatur bisher wenig ausgebauten Schwerpunkt gedacht. Über die spezifische Bedeutung der Untersuchung für MDS-Verfahren hinaus hat die Analyse auch paradigmatische Bedeutung. Denn auch bei der Anwendung anderer multivariater Methoden der Dimensionsanalyse auf der Basis geometrischer Strukturmodelle wird die nur deskriptive Leistungsfähigkeit der Verfahren oft und bisher wenig fundiert in Richtung auf theoretische Aussagekraft mit Erklärungswert ausgedehnt. Bekannte Beispiele sind viele Anwendungen der Faktorenanalyse, beispielsweise als Grundlage zum Aufbau mehrdimensionaler Persönlichkeitstheorien.

In letzter Zeit wurden auch von GIGERENZER (1977, 1978) und GIGERENZER & STRUBE (1978) Konzepte und Analysen zu diesem Thema vorgelegt. Eine "Implikationsthese" besagt, "... daß jedes mathematische System (z. B. dimensionsanalytische Methoden) bereits durch seine Anwendung auf einen psychologischen Gegenstandsbereich G eine psychologische Theorie über diesen Gegenstandsbereich G impliziert". Werden diese Implikationen nicht angemessen berücksichtigt, so kann die resultierende Aussage durch "Divergenz-Artefakte" überlagert werden, wie die Autoren u. a. am Beispiel von MDS-Untersuchungen zur impliziten Persönlichkeitstheorie bei Personbeurteilungen demonstrieren .

Weiterhin soll unsere Untersuchung darauf hinweisen, daß auch die Verwendung der MDS zur Skalenkonstruktion die Beachtung theoretischer Implikationen erfordert. Denn auch die prinzipielle Eignung der MDS als Meßinstrument kann im Rahmen meßtheoretischer Begründungen erst gerechtfertigt werden, wenn die Klärung der inhaltlich-theoretischen Struktur des zu messenden Objektbereichs geleistet wird (vgl. z. B. GUTTMANN 1971; KRANTZ et al. 1971; KRANTZ 1974)

Unsere Analyse ist in einen theoretischen Teil I und einen empirischen Teil II gegliedert, von denen hier zunächst als Diskussionspapier der theoretische Teil vorgelegt wird. Dieser Teil soll entsprechende empirische MDS-Untersuchungen zur Theorie der menschlichen Informationsverarbeitung vorbereiten.

1. Einleitung

Psychologische Forschung und ihre praktische Anwendung wird im Vergleich zu den traditionellen Naturwissenschaften (z. B. Physik) u. a. auch wegen der unzureichenden Begründung und Verbindlichkeit ihrer theoretischen Beschreibungs- und Erklärungsversuche gegenüber empirischen Untersuchungsgegenständen kritisiert. Die Berechtigung dieser Kritik wird besonders deutlich, wenn bei Verwendung mathematischer Modelle von der Exaktheit mathematischer Formalisierungen unbedenklich auf die Exaktheit der daraus abgeleiteten Erklärungen für psychische Phänomene geschlossen wird. Insbesondere die Art der Anwendung faktorenanalytischer Methoden und verwandter geometrischer Strukturmodelle der Dimensionsanalyse ist zu Recht von kritischen Stellungnahmen dieser Art betroffen (vgl. z. B. ORLIK 1967, KALVERAM 1970, MICKO 1971, PAWLIK 1973, GIGERENZER 1978, GIGERENZER & STRUBE 1978 u. a.).

Auch die in jüngster Zeit besonders vielfältig entwickelten und häufig angewendeten Methoden der multidimensionalen Skalierung (MDS) sind in ihrer Grundstruktur meistens als geometrische Strukturmodelle aufgebaut (AHRENS 1974). Zwar gibt es eine Grundlagenforschung zur Theorie der MDS, aber die meisten Untersuchungen beschränken sich dabei auf meßtheoretische Eigenschaften unter formalen Aspekten, wie z. B. auf Axiomatisierungsversuche im Rahmen der Meßtheorie (vgl. z. B. BEALS, KRANTZ & TVERSKY 1968, KRANTZ et al. 1971). Nur wenige gezielte Untersuchungen liegen hingegen zum allgemeinen und auch inhaltlich bezogenen theoretischen Erklärungswert von MDS-Modellen vor (vgl. z. B. CROSS 1965, MICKO & FISCHER 1970, WENDER 1971, AHRENS 1972, 1973, 1974, 1976, FISCHER & MICKO 1972, BORTZ 1974, KRANTZ & TVERSKY 1975, LANTERMANN 1976).

Dem angedeuteten Bedürfnis nach einer zusammenhängenden Einschätzung der theoretischen Möglichkeiten der MDS soll unsere Analyse Rechnung tragen.

In den meisten Anwendungen wird die MDS lediglich in ihrer Werkzeugfunktion als mathematisch-statistisches Instrument zur strukturellen Beschreibung von Reizähnlichkeiten beansprucht. Auf den ersten Blick erfordert diese deskriptive Anwendung keine explizite Klärung theoretischer Voraussetzungen von MDS-Modellen. Aber schon der oft mit der Anwendung einer MDS verbundene Anspruch auf "Entdeckung" unbekannter, verborgener Strukturen (vgl. z. B. SHEPARD 1974, 374 f.) führt nicht nur auf methodische und algorithmische Probleme der Datendeskription (z. B. Anzahl der Dimensionen, Feststellung lokaler vs. globaler Minima bei der Anpassungsprozedur der nonmetrischen MDS etc., vgl. SHEPARD 1974, 377), sondern rückt auch die Notwendigkeit theoretischer Überlegungen deutlicher in den Vordergrund. Denn die "Entdeckung" von gesetzmäßigen Strukturen in einer Menge von Ähnlichkeitsmaßen ist auf rein induktivem Wege ohne minimale theoretische Vorstrukturierung kaum denkbar.

Wir gehen in unserer theoretischen Untersuchung von der These aus, daß die MDS mehr sein kann (und auch sein muß) als ein zweckmäßiges Werkzeug der Datenbeschreibung, nämlich ein formales Modell zur Abbildung von psychologischen Theorien über die Wahrnehmung und Beurteilung von Reizähnlichkeiten.

Die empirische Einschätzung der Geltung und Begrenzung von MDS-Aussagen mit dem erkenntnistheoretischen Ziel, auch zu theoretischen Erklärungen zu kommen, erfordert zunächst bestimmte theoretische Vorarbeiten.

Eine ähnliche Position zum theoretischen Stellenwert von dimensionsanalytischen Methoden wurde kürzlich von GIGERENZER (1978) in einer Arbeit über Artefakte bei der dimensionsanalytischen Erfassung von Urteilsstrukturen vorgetragen. Artefakte werden auf dem Hintergrund einer "Implikationsthese" (GIGERENZER 1977) analysiert. Diese These besagt, daß jedes mathematische System (z. B. MDS) "... bereits durch seine Anwendung auf einen psychologischen Gegenstandsbereich ... eine psychologische Theorie über diesen Gegenstandsbereich ... impliziert" (GIGERENZER 1978, 110). "Divergenz-Artefakte" entstehen, wenn diese Theorie im Widerspruch steht zur gegenstandsbezogenen Theorie des Forschers, wie

am Beispiel der Untersuchungen zur impliziten Persönlichkeits-
theorie von ROSENBERG & SEDLAK (1972) gezeigt wird.

Sozusagen ins "Positive" gewendet weisen die vorgeschlagenen
Maßnahmen zur Vermeidung von Divergenz-Artefakten genau auf un-
sere noch näher zu erläuternde Forschungsstrategie, nämlich MDS-
Methoden als psychologisch bedeutsame Verhaltensmodelle einzu-
setzen.

Dazu ist zunächst eine theoretische Analyse der MDS-Modelle
erforderlich. So soll z. B. theoretisch erörtert werden, ob und
unter welchen Bedingungen die jeweils verwendete Distanzfunktion
(z. B. Dominanzmetrik) auch als erklärende psychologische Urteils-
regel für das Zustandekommen bestimmter Ähnlichkeitsurteile her-
angezogen werden kann und welche wissenschaftstheoretischen Rah-
menbedingungen relevant sind.

In einem späteren Teil II der Analyse soll der Versuch unternommen
werden, aus der wissenschaftstheoretischen Reflexion und Analyse
von theoretisch möglichen Modelleigenschaften der MDS einige kon-
krete Forschungsprogramme abzuleiten, deren Ergebnisse auch
empirisch begründete Stellungnahmen zur Möglichkeit und Begren-
zung der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Modellen erlauben.

2. Zielsetzungen der MDS

Historisch gesehen leitet sich die Entwicklung der MDS aus Frage-
stellungen der Psychophysik ab: Zur Messung subjektiver Äquiva-
lente von komplexen physikalischen Reizen (z. B. Farben) sollen
Meßskalen konstruiert werden. Die anfangs eindimensionale Skalie-
rungsabsicht wurde später erweitert auf komplexe mehrdimensionale
Reize und auf nicht-physikalisch objektivierbare Reizobjekte,
z. B. auf soziale Reize (vgl. z. B. TORGERSON 1958) und schließ-
lich auch ergänzt durch solche MDS-Konzepte, die individuelle
Differenzen berücksichtigen (vgl. z. B. TUCKER & MESSICK 1963,
CARROLL & CHANG 1970). Die historisch primäre Zielsetzung der MDS
ist also in der Konstruktion mehrdimensionaler Meßskalen zu sehen.

Die MDS geht in ihrer klassischen Konzeption von der allgemeinen
theoretischen Annahme aus, daß der subjektiven Beurteilung,

Wahrnehmung etc. von komplexen Reizobjekten ein mehrdimensionaler psychologischer Reizraum zugrunde liegt. Subjektseitig zentriert entspricht dieser theoretischen Konstruktion eine mehrdimensionale subjektive Urteilsstruktur. Empirischen Zugang zu diesem theoretischen Konstrukt gewinnt man üblicherweise über subjektive Reizähnlichkeiten bzw. Unähnlichkeiten (z. B. Ähnlichkeitsurteile, Verwechslungshäufigkeiten in Lernexperimenten etc.). Allgemein und mehr formal gesehen sollen durch MDS folgende nicht unabhängige Zielsetzungen erfüllt werden:

- (1) Abbildung einer Menge empirischer Unähnlichkeiten $U(x,y)$ für paarweise geordnete Reize $x,y,z \dots$ durch Distanzen $d(x,y)$ eines metrischen Modellraumes;
- (2) Abschätzung der minimal erforderlichen Dimensionalität n in der Reizkonfiguration durch die dimensionsspezifische Zerlegung der Distanzen;
- (3) Ermittlung der Skalenwerte als Projektionen x_i, y_i, z_i, \dots der Reizpunkte x, y, z in $i = 1, 2, \dots, n$ Dimensionen (Skalen).

Nach SHEPARD (1974, 374 f.) lassen sich verschiedene, auch auf inhaltliche Fragen zielende Akzentuierungen dieser allgemeinen Zielsetzung unterscheiden:

- (1) Entdeckung unbekannter Strukturen
- (2) Repräsentation von experimentellen Daten durch unterliegende mehrdimensionale Variationsmuster zum Zwecke der Kommunikation, des Vergleichs verschiedener Untersuchungen etc.
- (3) Quantitative Beschreibung von Objektmengen in reduzierter parametrischer Form für weitere Untersuchungen und/oder zum Testen theoretischer Modelle.

TORGERSON (1967, 151) hob anlässlich einer Tagung über psychologische Messung als primäre Zielsetzung der MDS die Herstellung von Meßskalen hervor. Insgesamt gliedert sich nach TORGERSON das Anwendungsinteresse an der MDS jedoch nach vier speziellen Schwerpunkten:

- (1) Skalierung zur Gewinnung von Meßdaten
- (2) Skalierung zur Prüfung der Angemessenheit des Skalierungsmodelles
- (3) Skalierung zur Klassifikation von Reizobjekten
- (4) Skalierung zur Untersuchung von Urteilsstrukturen und Urteilsprozessen; Skalierungsmodelle als Urteilstheorien.

Weiterhin wird in der Zielsetzung der MDS - analog zur Faktorenanalyse - oft unterschieden zwischen hypothesenerzeugenden und hypothesentestenden Eigenschaften. Auch eine Unterscheidung von CLIFF (1973, 497 f.) ist bedeutsam: Er teilt die an der MDS interessierten Psychologen in "Axiomatiker" (axiomatizer) und "Repräsentierer" (representationalists) auf. Die Axiomatiker konstruieren mögliche MDS-Modelle (insbesondere Meßmodelle) und geben notwendige Bedingungen an. Eine Konsequenz axiomatischer Strategien besteht in der Regel darin, daß bei empirischer Prüfung diese Bedingungen experimentell hergestellt werden müssen, beispielsweise durch Konstruktion der Reizobjekte nach vorgegebenen Dimensionen. Die Repräsentierer hingegen setzen bestimmte MDS-Modelle als gültig voraus und suchen lediglich bestangepaßte Datenbeschreibungen unter weitgehender Vernachlässigung bestimmter Modellannahmen und ihrer erklärungs-theoretischen Implikationen.

Alle genannten Zielsetzungen stehen in einer mehr oder weniger engen Wechselbeziehung. Zwar konzentrieren wir uns in unserer Analyse weitgehend auf die Frage, unter welchen Bedingungen MDS-Strukturen zum Aufbau theoretischer Erklärungsversuche tauglich sein können. Die Klärung dieser Frage hat jedoch direkte Rückwirkungen auf die Lösung von Problemen bezüglich anderer Zielsetzungen, wie man an Beispielen leicht erkennen kann.

Der MDS und anderen Meßverfahren wird oft zu Recht vorgehalten, daß sie zwar Zahlenwerte produzieren, die jedoch deshalb fragwürdig sind, weil in den meisten Fällen die theoretisch-inhaltliche Struktur des angezielten und zu messenden Objektbereiches nicht geklärt ist. Gerade bei der MDS wird deutlich, daß es in der Regel einer subjektiven ad-hoc-Entscheidung des Forschers überlassen bleibt, wie er aus den resultierenden MDS-Ergebnissen

heraus das Abbild einer ihm noch unbekanntem Struktur interpretieren soll (vgl. z. B. KREPPNER 1975, 118, GUTTMAN 1971). KREPPNER vergleicht diesen unzureichenden Versuch überspitzt mit dem augenscheinlichen Irrtum, daß man etwa bei der Beschreibung und Kategorisierung von Tischen mit dem bewährten Meßinstrument "Zollstock" etwas über deren Holzart erfahren könne. Solange die theoretische Konzeption des Objektbereiches einer Messung nicht geklärt ist, solange muß die Messung fragwürdig bleiben. Insofern hat die von uns angezielte Klärung des theoretischen Status der MDS auch unmittelbare Relevanz für die Fundierung der MDS als Meßinstrument.

Um der Behandlung dieser Problematik einen verbindlichen (wissenschaftstheoretischen) Bezugsrahmen zu geben, gehen wir zunächst auf einige Fragen zum allgemeinen Verhältnis von Empirie und Theorie (bzw. Modell) ein.

3. Modell und Empirie

3.1. Anmerkungen zum Modellbegriff

Wir gehen davon aus, daß es nicht nur nützlich, sondern auch notwendig ist, die dimensionsanalytische Methode der MDS nicht nur als gegenstandsneutrales mathematisch-statistisches Hilfsmittel der Analyse von Reizähnlichkeiten, sondern als formalisiertes Modell für einen bestimmten Verhaltensbereich, insbesondere zur Abbildung von Strukturen und Prozessen der Informationsverarbeitung zu betrachten. Die von uns postulierte enge Verflechtung von statistischer (im deskriptiven Sinne) Methode und ihrer Modellfunktion mit spezifisch inhaltlich-theoretischen Implikationen wird in der einschlägigen Literatur zwar häufig erwähnt (vgl. z. B. KEMPF 1974, 13 ff.), aber selten explizit und ausführlich analysiert. Dies gilt vor allem im Hinblick auf Konsequenzen für die Aussagekraft entsprechender Forschungsergebnisse, wie z. B. bei der Anwendung der Faktorenanalyse (z.B. KALVERAM 1970) oder der MDS (z.B. GIGERENZER 1977, 1978).

Unter einem Modell versteht man in der mathematischen Logik eine Realisierung einer Theorie - d. h. eines Systems von Aussagenvariablen, Verknüpfungsregeln für Aussagen, Axiomen oder Postulaten und Schlußregeln, mit denen man aus den Axiomen Sätze herleiten kann (KALVERAM 1971, 372) -, bei der alle gültigen Sätze der Theorie gültig bleiben (SUPPES 1960). In der Psychologie wie in anderen empirischen Wissenschaften wird der Modellbegriff mit anderem Akzent gebraucht: Ausgangspunkt ist hier ein empirischer Gegenstandsbereich, der durch das Modell "abgebildet", "repräsentiert", "modelliert" etc. werden soll. Es soll ein Modell für eine "Realität" bzw. einen Ausschnitt der Realität entwickelt werden. Die Vereinbarkeit dieser beiden Verwendungsvarianten diskutiert SUPPES (1960); wobei er davon ausgeht, daß der Modellbegriff der formalen Logik der untergeordnete sei. Unter dieser Auffassung können formales (z. B. mathematisches) Modell und empirischer Gegenstandsbereich als Realisierung einer gemeinsamen Theorie angesehen werden. Die Beziehung zwischen beiden kann dann mit Hilfe einer Äquivalenzrelation für Modelle beschrieben werden (vgl. TACK 1970, DEPPE 1977, HERRMANN & STAPF 1971, 350 f.), wobei z. B. das Isomorphiekonzept eingesetzt werden kann (vgl. S. 11 ff).

Oft wird eine strenge Unterscheidung getroffen zwischen Modell und Theorie. SARRIS (1971, 330) vertritt z. B. die These: "Es ist in der Psychologie nicht nur konzeptuell möglich, sondern auch forschungsstrategisch nützlich, eine möglichst sorgfältige Trennung zwischen 'Modellen' und 'Theorien' vorzunehmen." Der Nutzen dieser Konzeption wird z. B. bei der Analyse von "Divergenz-Artefakten" nach GIGERENZER (1978) deutlich. Der Autor geht von der These aus, daß z. B. die Methode der MDS Modellfunktion gegenüber der gegenstandsbezogenen psychologischen Theorie des Forschers aufweise. Wird diese Implikation nicht auf Widerspruchsfreiheit geprüft, d. h. entsprechen die Modellannahmen nicht den Annahmen der gegenstandsbezogenen Theorie, so kommt es zu "Divergenz-Artefakten". Andere Autoren verzichten auf die Trennung der Begriffe "Modell" und "Theorie" (vgl. z. B. TACK 1969, 1971; FISCHER 1971; HERRMANN & STAPF 1971; KALVERAM 1971). Auch wir wollen in unserer Untersuchung keine prinzipiel-

le Trennung vornehmen, jedoch im Sinne der Nützlichkeitsthese von SARRIS offenlassen, wieweit eine pragmatische Unterscheidung bei Behandlung bestimmter Fragen nicht nützlich ist.

Die allgemeine Bedeutung von formalisierten bzw. mathematisierten Modellen für die psychologische Forschung wird in einschlägigen Arbeiten (vgl. z. B. SARRIS 1971; BJORK 1973; KEMPF 1974, 15 ff.) vor allem in ihrer Funktion als Hilfsmittel der Theoriebildung unter verschiedenen Aspekten gesehen: Präzisierung und Explikation empirisch relevanter Aussagen aus vagen, verbal beschriebenen theoretischen Konzepten; bessere Durchschaubarkeit der Konsequenzen von Annahmen; Herstellbarkeit von eindeutigen Zuordnungen zwischen inhaltlich-psychologischen Theorien und den Methoden ihrer Überprüfung; Begründung der Untersuchungsplanung und leichter Falsifikationsmöglichkeiten etc. Insbesondere im Hinblick auf den abzubildenden Gegenstandsbereich wird dabei eine psychologisch-inhaltliche Interpretierbarkeit der Modellstruktur und Modellparameter (vgl. KEMPF 1974, 17) gefordert.

Oft mag es zweckmäßig sein, zwischen verschiedenen allgemeinen Modelltypen nach ihrer Funktion im Forschungsprozeß oder ihnen eigenen Struktureigenschaften zu unterscheiden, wie z. B. zwischen deterministischen und probabilistischen Modellen (vgl. z. B. FISCHER 1971, 376), eigentlichen und uneigentlichen Modellen (vgl. KALVERAM 1971), zwischen theoretischen und empirischen (explikativen oder prognostischen) Modellen (vgl. KEMPF 1974, 15 f.) etc.. SARRIS (1971, 331) stellt die Unterscheidung zwischen zwei Modelltypen heraus: Modelltyp I ist an die Repräsentation von bereits Bekanntem gebunden (z. B. Flugmodell im Windkanal), während Modelltyp II sich auf noch Unbekanntes bezieht, das durch die Modellmethode erst erkennbar werden soll. Insbesondere der letzte Modelltyp ist für die Theoriebildung bedeutsam.

3.2. Prozeß wissenschaftlicher Erkenntnis

Nach LEINFELLNER (1967, 14 ff.) ist wissenschaftliche Erkenntnis an die Beachtung gewisser Voraussetzungen und verbindlicher Richtlinien (= Obligate) gebunden. Das "Prozeßobligat" beschreibt wissenschaftliche Erkenntnis als prozessuale Einheit von Erfahrung, Deskription und begrifflich-theoretischer Darstellung in folgenden aufeinander bezogenen Schritten:

- (1) Deskriptive Erfassung von Wahrnehmungen, Messungen etc. in der Erfahrung
- (2) Begrifflich-theoretische Darstellung: Repräsentation der Erkenntnisobjekte durch theoretische Konstruktionen
- (3) Rückkehr zur Erfahrung: Bestätigung der theoretischen Konstruktionen in der Empirie

Je nach Bestätigungsgrad und Modifikationsbedürftigkeit der Theorie wird dieser Prozeß u. U. mehrfach durchlaufen, wobei der Einstieg in den Forschungsprozeß nicht notwendig von "unten" (Daten) nach "oben" (Theorie), sondern auch umgekehrt verlaufen kann, d. h. vom Primat der Theorie ausgeht. Ziel und Zweck der Erkenntnis bestehen schließlich nach LEINFELLNER (1967, 26) in der Angabe von Erklärungen und im Aufbau logischer Strukturabbilder gegenüber dem Erkenntnisgegenstand.

Das im Prozeßobligat als prozessuale Einheit verstandene Verhältnis von Empirie und Theorie (bzw. Modell) wird in verkürzter und allgemeinerer Form auch häufig unter expliziter oder impliziter Verwendung des Isomorphiebegriffes beschrieben (vgl. z. B. KLIX 1962; TACK 1970; BRUSCHLINSKI 1974; COOMBS, DAWES & TVERSKY 1975).

3.3. Zur Problematik des Isomorphiekonzeptes

COOMBS, DAWES & TVERSKY (1975, 22 ff.) behandeln das Verhältnis von Realität und Modell (bzw. Theorie) als Repräsentationsproblem: Die Realität wird als empirisches Relativ verstanden und soll über eine isomorphe Abbildung durch ein "strukturäquivalentes" formales Relativ repräsentiert werden. Die Autoren weisen nachdrücklich darauf hin, "... daß die Charakterisierung des Forschungsbereiches als empirisches Relativ selbst ein Abstraktionsprozeß

ist, bei dem die einfachen Rohdaten unserer Wahrnehmung als Objekte und Relationen klassifiziert und strukturiert werden" (a.a.O. S. 23).

Was heißt "Relativ" und was bedeutet "Isomorphie"?

Seien A und B zwei Mengen mit Elementen $a \in A$ und $b \in B$. Eine Abbildung φ von A in B ist definiert als Zuordnungsvorschrift, die jedem $a \in A$ genau ein $b \in B$ als Bild zuordnet (man schreibt: $\varphi(a) = b$). Durch φ wird eine Relation wie folgt erklärt: Ein Element $a \in A$ heißt Urbild von $b \in B$ genau dann, wenn $\varphi(a) = b$ ist. Das Bild $b (= \varphi(a))$ von a unter φ ist eindeutig bestimmt, dagegen ist das Urbild für ein $b \in B$ unter φ weder eindeutig, noch muß für jedes $b \in B$ ein solches existieren. Besitzt jedoch jedes Element $b \in B$ genau ein Urbild $a \in A$ - d. h. es gilt $\varphi(a) = b$ -, so heißt φ eine bijektive Abbildung.

Sind auf den Mengen A und B durch Zuordnung von Relationen R_1, \dots, R_n bzw. S_1, \dots, S_m Strukturen erklärt, so spricht man von Relativen (oder Relationensystemen) und schreibt:

$$\begin{aligned} \mathcal{A} &= \langle A; R_1, \dots, R_n \rangle \quad \text{bzw.} \\ \mathcal{B} &= \langle B; S_1, \dots, S_m \rangle \end{aligned}$$

"Ein Relativ heißt empirisch, wenn seine Objekte empirischer Natur, wie Personen oder Gewichte sind; es heißt formal, wenn seine Objekte formale Dinge, wie Zahlen oder Punkte, sind." (COOMBS, DAWES & TVERSKY 1975, 23).

Die Beziehung zwischen Empirie und Theorie kann nun als Abbildung von einem empirischen Relativ in ein theoretisches Relativ dargestellt werden. Dabei muß ein Relativ nicht alle möglichen Relationen, die über einer Menge von Objekten erklärt sind, umfassen, sondern es genügen diejenigen, die für die jeweilige Fragestellung relevant erscheinen (vgl. TACK 1970, 187).

Zur Definition eines Homomorphismus bzw. Isomorphismus betrachte die Relative \mathcal{A} und \mathcal{B} , wobei die Relationen in \mathcal{A} vom "gleichen Typ" (vgl. TACK 1970, 188 f.) sein müssen wie diejenigen in \mathcal{B} , d. h. R_i und S_i sind gleichstellig, n und m sind gleich. Unter einem Homomorphismus versteht man eine Abbildung von A in B, die jedem $a \in A$ ein Bild $b \in B$ so zuordnet, daß

alle Relationen zwischen Elementen von A auch für die Bild-elemente gelten. Formal läßt sich das wie folgt ausdrücken: Seien z. B. R_i ($i = 1, \dots, n$) und S_i ($i = 1, \dots, n$) 2-stellige Relationen auf A bzw. B, dann gilt für einen Homomorphismus Ψ : für je zwei Elemente a_1, a_2 aus A und alle Relationen R_i und S_i ($i = 1, \dots, n$) gilt:

$$\Psi (R_i (a_1, a_2)) = S_i (\Psi(a_1), \Psi(a_2))$$

Unter einem Isomorphismus Ψ von \mathcal{A} in \mathcal{B} versteht man eine bi-jektive Abbildung Ψ von A in B mit der Eigenschaft, daß Ψ und Ψ^{-1} (die inverse Abbildung zu Ψ) Homomorphismen sind, d. h. eine Isomorphie kann in diesem Sinne als Strukturäquivalenz aufgefaßt werden. Hierbei ist zu beachten, daß nicht nur Elemente, sondern auch Relationen, d. h. Strukturen insgesamt in die Definition der homomorphen bzw. isomorphen Abbildung eingehen.

Vom Konzept der isomorphen Abbildung wird in der Meßtheorie Gebrauch gemacht: Die relationalen Beziehungen zwischen den Objekten eines Objektbereiches sollen durch eine "strukturäquivalente" Repräsentation in einem numerischen Relativ dargestellt werden. In vielen Fällen ist es sinnvoll, verschiedenen Objekten denselben Meßwert zuzuordnen. Das bedeutet jedoch nicht, daß die Forderung nach isomorpher Abbildung durch eine solche nach homomorpher Abbildung gemildert werden müßte. Stattdessen kann man zu der Menge der Äquivalenzklassen übergehen, die aus den unter der betrachteten Meßabbildung äquivalenten Objekten bestehen. Für diese "Objektmenge" kann dann die wesentliche "Symmetrieeigenschaft" (sowohl Ψ als auch Ψ^{-1} sind Homomorphismen) der Isomorphie genutzt werden (TACK 1970, 196; vgl. auch SUPPES & ZINNES 1963; LEINFELLNER 1967, 133 ff.). Dieses wird besonders dann relevant, wenn nach Untersuchung des formalen Relativs Rückschlüsse auf das eigentlich interessierende empirische Relativ notwendig werden.

Die geforderte Strukturäquivalenz zwischen Ausgangsstruktur und ihrem Bild führt allerdings auch in der Meßtheorie oft zu unrealistischen Annahmen über das empirische Relativ; nämlich dann, wenn die Wahl der Struktur des Bildes (d. h. des theore-

tischen Relativs) nicht auf das empirische Relativ abgestimmt ist. So ist z. B. selbst in der Physik die Möglichkeit additiver Operationen nicht immer gegeben, so daß auch dort eine Abbildung in nicht additive Strukturen sinnvoll sein kann, d. h. eine Messung auf Intervallskalenniveau nicht zulässig erscheint. Besonders in der Psychologie sind bei Annahme vollständiger und enger Entsprechung von Modelloperationen und empirischen Operationen bestimmte zu fordernde empirische Operationen oft nicht sinnvoll anzugeben (vgl. KALVERAM 1971, 366). Überhaupt besteht eine grundsätzliche Schwierigkeit, das empirische Relativ für sich und ohne theoretische Zusatzannahmen (vgl. Prozeßobligat von LEINFELLNER, Schritt 2; S. 11) so zu operationalisieren, daß eine empirische Überprüfung der Isomorphieannahme ermöglicht wird (vgl. z. B. COOMBS, DAWES & TVERSKY 1975, 23 ff; KREPPNER 1975, 104 ff.). Insbesondere für die Belange der Meßtheorie hält es LEINFELLNER (1967, 135) aus erkenntnistheoretischen Gründen für günstig, zwischen empirischen und numerischen Strukturdaten begriffliche Größen einzuschieben.

Diese Hilfskonstruktion beseitigt aber bestimmte Isomorphieprobleme nicht. Vielmehr wird hier für die Prüfung der grundlegenden Bestimmungsstücke die Gefahr eines Zirkelschlusses deutlich; denn zum Vergleich mit theoretischen Strukturen wird das empirische Relativ erst existent, wenn es in einem Akt der Vorwegnahme begrifflich-theoretisch vorstrukturiert wird. In dialektischen (vgl. z. B. KLIX, 1962) und/oder kybernetischen Erkenntnismodellen (vgl. z. B. KLAUS, 1972) wird diese zirkuläre Argumentation sozusagen ins Positive gewendet.

Trotz dieser und weiterer Probleme zur Isomorphie sollte man andererseits mindestens unter heuristischen Gesichtspunkten davon ausgehen, daß die im Isomorphiekonzept enthaltene enge und restriktive Entsprechung zwischen Modelloperationen und empirischen Operationen vorteilhaft ist für den Erklärungsumfang eines Modells und auch für die Menge erzeugbarer Hypothesen.

Was ist mit "heuristischen" Gesichtspunkten gemeint? Isomorphie wird bei üblicher Anwendung der MDS zur Konstruktion von Skalen zunächst relevant, wenn die Anpassungsgüte geprüft wird. Bei der nonmetrischen MDS wird z. B. anhand des Stress-Kriteriums die Annäherung an die Rang-Isomorphie zwischen empirischen Unähnlichkeitsmaßen und numerischen Distanzen geprüft (vgl. z.B. MÖBUS, 1976). Gibt man sich damit zufrieden, so ist weder gesichert, daß die rang-isomorphe Abbildung zu Meßwerten führt (weil eine begrifflich-theoretische Darstellung fehlt (vgl. Prozeßobligat von LEINFELLNER, Schritt 2, S. 11)), noch sind die notwendigen Voraussetzungen für die Verwendung des MDS-Modells als "eigentliches Modell" im Sinne von KALVERAM (1971) erkennbar (wie später noch ausgeführt wird). Mit der meßtheoretischen Axiomatisierung der nonmetrischen MDS werden hinreichende Bedingungen für das empirische Relativ formuliert, so daß die Abbildung mit Hilfe der MDS als eine Messung auf der Grundlage der Additiven-Differenzen-Struktur aufgefaßt werden kann (vgl. BEALS, KRANTZ & TVERSKY, 1968; TVERSKY & KRANTZ 1970). Diese Meßstruktur beschreibt in differenzierter Form die formale "innere Struktur" von metrischen Distanzen, beispielsweise die interdimensionale Additivität von spezifischen Reizdistanzen, und gibt die hinreichenden Bedingungen an, unter denen diese zur Abbildung der Realität (empirisches Relativ von Unähnlichkeitsmaßen) genutzt werden können.

Hier sehen wir nun die grundsätzliche Möglichkeit, das Isomorphiekonzept heuristisch einzusetzen, indem wir vom bekannten formalen Relativ ausgehen, beispielsweise die Eigenschaft der interdimensionalen Additivität als psychologische Kombinationsregel interpretieren, und unter Annahme der Isomorphie im empirischen Relativ geeignete experimentelle Maßnahmen wählen, welche die Zulässigkeit dieser Interpretation prüfen (vgl. Prozeßobligat von LEINFELLNER, Schritt 3, S. 11). Dabei werden die formalen Eigenschaften dieser experimentellen Maßnahmen durch die Axiomatisierung geregelt. Es ergeben sich damit Möglichkeiten, Struktureigenschaften des Distanzmodells zur Abbildung von Theorien mit Erklärungswert nutzbar zu machen.

Mit dieser Heuristik nutzen wir im übrigen nach unserer Auffassung eine ganz und gar übliche am Primat der Theorie orientierte Forschungsstrategie, indem wir nämlich aus dem Aufbau formalisierter Modelle und/oder dem Bedeutungsüberschuß von theoretischen Konstruktionen lernen, in welchem Bezugsrahmen wir einen empirischen Objektbereich untersuchen wollen.

3.4. Zum Erklärungswert von Modellen

KALVERAM (1974) hat einen allgemeinen systemtheoretischen Ansatz zur Beurteilung des Erklärungswerts von Theorien bzw. Modellen vorgelegt in dem er den Isomorphiebegriff vermeiden will, zum einen, weil die Voraussetzungen oft nicht erfüllbar seien, und zum anderen, weil er das Konzept ohnehin für überflüssig hält. Entgegen dieser Einschätzung meinen wir, daß das Isomorphiekonzept aus grundsätzlichen theoretischen Gründen sowohl in der Meßtheorie als auch im allgemeinen Zusammenhang der Verknüpfung von Empirie und Theorie (bzw. Modell) beibehalten werden sollte. Im Rahmen dieses Konzeptes können nämlich präzise und prüfbare Bedingungen für ein empirisches Relativ angegeben werden, welche die Tragfähigkeit seiner Abbildung in ein bestimmtes theoretisches Relativ begründen, das wiederum die Basis wissenschaftlicher Erklärungsversuche abgibt. Wenn bestimmte Bedingungen für die Existenz eines Homomorphismus bzw. Isomorphismus trotz intensiver Forschung nicht erfüllbar sind, dann ist eine entsprechende Änderung der Theorie und nicht der Verzicht auf das Prinzip der (strukturäquivalenten) isomorphen Abbildung sinnvoll.

Mit unserer "heuristischen" (oder auch pragmatischen) Argumentation für die Beibehaltung des Isomorphiekonzeptes heben wir nicht nur hervor, daß wir so besser sehen können, was wir tun (d. h. durch welche Restriktionen unsere wissenschaftliche Aussage relativiert wird), sondern auch, was wir noch tun können, um die Erklärungsmöglichkeiten eines Empirie-Theorie-Systems voll auszuschöpfen. Außerdem wurde im KALVERAMschen Ansatz u. E. nicht überzeugend dargelegt, inwiefern der systemtheoretische Ansatz tatsächlich ohne das Prinzip der Isomorphie auskommt.

So wird zum einen im Anpassungskriterium erklärt, wann abhängige Variable und Ausgangsvariable (siehe später) als "äquivalent" gelten. Zum anderen drücken sich in der Auswahl bestimmter abhängiger Variablen (es werden ja nicht alle möglichen von der Datenquelle ausgehenden Variablen betrachtet) die für die Untersuchung als relevant erachteten Beziehungen zwischen den Werten der unabhängigen Variablen aus. Hierbei können eben gerade auch Strukturaussagen wichtig werden, so daß dann die Forderung nach Strukturäquivalenz die Wahl des Anpassungskriteriums bestimmen wird.

Der KALVERAMsche Ansatz soll in unserer wissenschaftstheoretischen Erörterung zum Erklärungswert von MDS-Modellen trotz der hier nicht endgültig geklärten Isomorphie-Problematik vor allem deshalb mit einbezogen werden, weil er als systemtheoretischer Ansatz das gesamte System Empirie - Theorie problematisiert, in diesem Rahmen einige brauchbare Fallunterscheidungen erlaubt und zudem speziell bezogen werden kann auf Meßprobleme und die Diskussion der theoretischen Aussagekraft von geometrischen Strukturmodellen (Faktorenanalyse, MDS etc.).

Das schematisch dargestellte Konzept (vgl. Abb. 1) enthält als wesentliche Bestimmungsstücke die Datenquelle (empirisches System) und das Modell (theoretisches System). Die Datenquelle (z. B. Vpn in einem Experiment) liefert auf Abruf Daten, die nach unabhängigen Variablen X und abhängigen Variablen Y gruppiert sind. Das Modell wird als Verknüpfungselement gedacht, das $n + m$ Eingangsvariablen zu einer Ausgangsvariablen Z verknüpft. Eingangsvariablen sind neben den n unabhängigen Variablen X_1, X_2, \dots, X_n bestimmte Parameter W_1, W_2, \dots, W_m . Das Verknüpfungselement kann als Modell der Datenquelle auch insofern angesehen werden, als es durch die Ausgangsvariable Z die

Fall A vs. Fall B

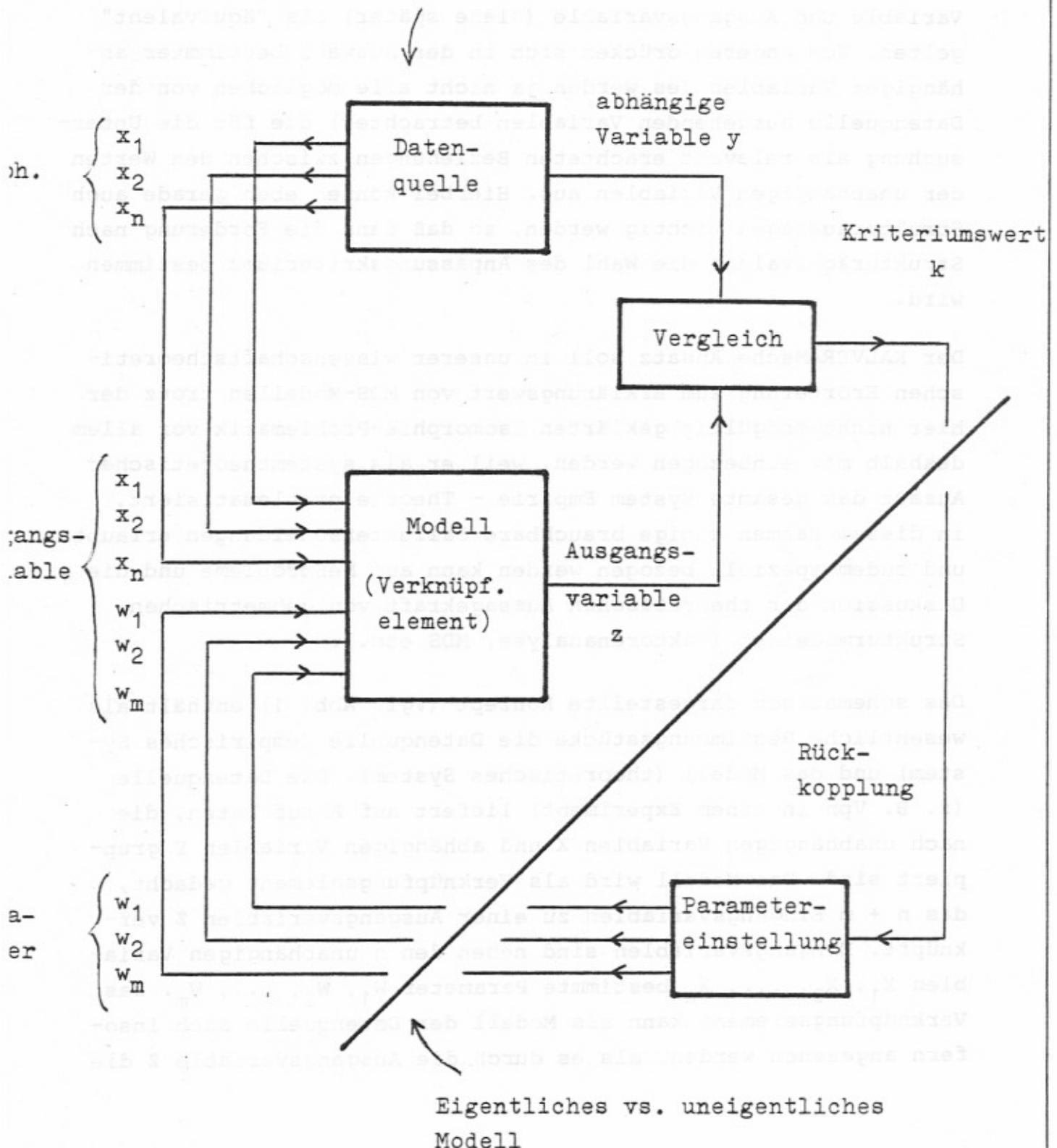


Abb. 1 Systemtheoretisch orientiertes Schema zur Fallunterscheidung von Modellen nach KALVERAM (1971)

Fall A: x und y klassifizierbar

Fall B: nur y klassifizierbar

Uneigentliches Modell: mit Rückkopplung (Parameterschätzung)
 Eigentliches Modell : ohne Rückkopplung

abhängige Variable Y vorhergesagt. In einem Vergleich mit einem Anpassungskriterium k wird diese Vorhersage geprüft. In diesem Sinne verzichtet KALVERAM auf den Isomorphiebegriff; d. h. er fordert nicht, daß die Relationen des Verknüpfungselementes in der Datenquelle konkrete Entsprechungen haben müssen. Es soll nur auf die Güte der Vorhersagen ankommen. Dieser Verzicht ist jedoch u. E. nicht notwendig und auch nicht zweckmäßig, wenn Struktureigenschaften des Modells vorteilhaft genutzt werden sollen. Dann sind allerdings entsprechende Maßnahmen zur Operationalisierung solcher Eigenschaften erforderlich.

KALVERAM trifft einige Fallunterscheidungen, die insbesondere für die von uns gewünschte Einschätzung der theoretischen Aussagekraft von MDS-Modellen bedeutsam sind. Als Fall A wird die ideale Möglichkeit bezeichnet, daß sowohl die unabhängigen als auch die abhängigen Variablen der Datenquelle klassifizierbar sind. Dieser Fall kennzeichnet eine der wichtigsten Voraussetzungen für klassische Experimente mit Manipulation unabhängiger Variablen (z. B. durch Herstellung experimenteller Bedingungen) und entsprechenden theoretischen Konsequenzen. Unter Fall B hingegen ist nur die abhängige Variable Y klassifizierbar. Dann ist lediglich eine 'Wirkung' meßbar. 'Ursachen' sind nicht meßbar, nicht manipulierbar und oft nicht einmal genau bekannt. In der Psychologie liegt dieser Fall z. B. gewöhnlich bei faktorenanalytischen Untersuchungen vor, deren theoretische Aussagekraft insbesondere dann eingeschränkt ist, wenn nicht wenigstens eine 'stellvertretende' Manipulation unabhängiger Variablen möglich ist. Oft wird die Faktorenanalyse allerdings auch nur für diese beschränkte deskriptive Aussage einer Strukturbeschreibung benötigt.

Eine weitere Fallunterscheidung kennzeichnet KALVERAM mit den Begriffen 'uneigentliche Modelle' (oder 'Definitionsmodelle') vs. 'eigentliche Modelle'. Mit dieser Unterscheidung wird auch der Unterschied von deskriptiven und erklärenden Eigenschaften einer Theorie angesprochen. Beim uneigentlichen Modell ist der Rückkopplungsweg "Vergleich (Anpassungskriterium) - Parameter-

wahl - Modelleingang" geschlossen (vgl. Abb. 1). Die Parameter werden so eingestellt, daß die Übereinstimmung zwischen Modellausgang und Datenquelle maximal wird (z. B. Schätzung der Beta-Gewichte bei der multiplen Regression). Wegen der Abhängigkeit der Parameter von der optimierten Anpassung zwischen Modell und Daten kann dieser Modelltypus den Zusammenhang zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen nicht erklären, sondern lediglich definieren (vgl. auch innere Gültigkeit; MICKO 1971). Im Gegensatz zu uneigentlichen Modellen ist bei 'eigentlichen Modellen' die Rückkopplung zwischen Modell und Anpassungskriterium durchschnitten (vgl. Abb. 1). Dann werden die Parameter extern eingeführt, z. B. aus einer anderen Theorie (vgl. auch äußere Gültigkeit; MICKO 1971). Erst bei diesem Verfahren geht man über interne Deskriptionen hinaus und gewinnt die Möglichkeit, mit 'eigentlichen Modellen' Erklärungen zu begründen. MICKO (1971, 385) stellt einen systematischen Zusammenhang zwischen beiden Geltungsaspekten dar: Eine Theorie 1 heißt extern valide, wenn eine ihr vorgeordnete Theorie 2 existiert, die intern valide ist; die Parameter von Theorie 1, die in Theorie 2 eingesetzt werden können, heißen generalisierbar. Diejenigen Eigendaten der 2. Theorie sind für die erste 'Fremddaten', die mit Hilfe der ersten vorhergesagt werden. (In diesem Sinne ist Theorie 2 der Theorie 1 vorgeordnet.)

Auch KALVERAM geht ähnlich vor, indem Theorien verschiedener Ordnung in einer mehrstufigen Forschungsstrategie zusammengekoppelt werden. Zu einer hierarchischen Klassifikation von eigentlichen Modellen nach aufsteigendem Erklärungswert gelangt man durch die Angabe, aus welcher Theorie ihre Verknüpfungsregeln jeweils hergeleitet wurden. Man gehe aus von zwei Theorien T (mit Axiomen A_1, A_2, \dots) und T' (mit Axiomen A_I, A_{II}, \dots). Die Axiome von T seien in der Theorie T' mit den in T' gültigen Schlußregeln beweisbar. T' ist also eine Theorie von T und wird somit als Theorie mit der Ordnungsziffer 2 bezeichnet. Theorie T' hat die Ordnungsziffer 1. Entsprechend klassifizierbar sind die zugehörigen bzw. ableitbaren Modelle. Zur Einschätzung des Erklärungswertes wird hier die Ordnungszahl des Modells genommen:

Je mehr hierarchisch gegliederte Theorien hinter dem Modell stehen, desto stärker ist die theoretische Durchdringung des jeweiligen Gegenstandsbereichs theoretischer Erkenntnis.

Nach unserem systemtheoretisch orientierten Exkurs über den Erklärungswert von Modellen können nach KALVERAM bestimmte Idealforderungen aufgestellt werden, die ein Modell hinsichtlich seiner theoretischen Brauchbarkeit mindestens erfüllen sollte:

1. Unabhängige und abhängige Variablen der Datenquelle seien unterscheidbar und nach definierten Vorschriften klassifizierbar (vgl. Fall A).
2. Das Modell soll die Bedingung eines 'eigentlichen Modells' erfüllen, d. h. die Parameter sollen nicht durch eine interne Anpassungsprozedur eingestellt, sondern extern eingeführt werden.
3. Das Modell soll als Voraussetzung für den gewünschten Erklärungswert eine möglichst große Ordnungszahl in der hierarchischen Klassifikation relevanter Theorien (bzw. Modelle) aufweisen.

Diese formal aus dem systemtheoretischen Ansatz abgeleiteten Forderungen bilden einen sehr allgemeinen Bezugsrahmen für die Abklärung des Erklärungswertes von MDS-Modellen. Will man nicht nur die allgemeine formale Struktur des zur Erklärung herangezogenen Argumentes, sondern die Erklärungsgüte für den speziellen empirischen Anwendungsfall klären (vgl. GROEBEN & WESTMEYER, 1975, 80 f.), so müssen weitere und differenziertere Kriterien hinzugenommen werden. Vor allem müssen die Kriterien so formuliert bzw. operationalisiert werden, daß sie in der Anwendung auch konkret prüfbar sind.

In dieser Hinsicht lassen die KALVERAMschen Kriterien noch einige Probleme offen. So gibt KALVERAM keine spezifischen Hinweise, wie sich Theoriehierarchien und damit auch Ordnungszahlen als Gütemaßstab für den Erklärungswert einzelner Theorien eindeutig objektivieren lassen. Ähnliche Probleme treten auch bei anderen

wissenschaftstheoretischen Versuchen zur Theoriebewertung auf, wie beispielsweise beim Konzept des 'Integrationswertes' von HOLZKAMP (1964, 18 ff.) oder bei der Reduktionsform theoretischer Erklärungen (vgl. GROEBEN & WESTMEYER 1975, 98 ff.). Auch die Unterscheidung von 'eigentlichen' und 'uneigentlichen' Modellen enthält vielleicht notwendige formale Voraussetzungen für die Struktur des erklärenden Argumentes, jedoch keine konkreten Kriterien zur Erklärungsgüte. Eine eindeutige und direkte Aussage zur Erklärungsgüte enthält der KALVERAMsche Ansatz u. E. nur insofern, als die Übereinstimmung zwischen Modellausgang Z und Datenquelle (abhängige Variable Y) maximiert werden soll und einem bestimmten Anpassungskriterium genügen muß. Diese Äquivalenzforderung ist aber nicht spezifisch für eigentliche und uneigentliche Modelle, also auch keine hinreichende Bedingung für Erklärungsgüte; denn auch Beschreibungen müssen gut angepaßt sein.

Aus den genannten Gründen soll die Diskussion des systemtheoretischen Ansatzes von KALVERAM insbesondere durch solche Konzepte der wissenschaftlichen Erklärung ergänzt werden, die nicht nur die formale Struktur der Erklärung, sondern in Gestalt von 'Adäquatheitsbedingungen' auch ausgearbeitete Kriterien zur Erklärungsgüte enthalten (vgl. GROEBEN & WESTMEYER 1975, 76 ff.).

Wissenschaftliche Erklärungen von Sachverhalten setzen Beschreibungen voraus und zielen auf die Beantwortung von 'Warum-Fragen', wobei im Fall der empirischen Verwendung von MDS-Modellen zunächst die Struktur von empirischen oder Ereignis-Erklärungen interessiert.

Das am weitesten ausgebaute Erklärungsmodell ist die deduktiv-nomologische Erklärung (DN-Erklärung) nach HEMPEL & OPPENHEIM (1948; vgl. auch WESTMEYER 1973, 15 ff.; GROEBEN & WESTMEYER 1975, 80 f.; KREPPNER 1975, 62 ff.). Dieses Konzept hat folgende logische Grundstruktur:

G_1, G_2, \dots	allgemeine Gesetze, Hypothesen, theoretische Annahmen deterministischer Art	} Explanans
A_1, A_2, \dots	Antezedensbedingungen (Randbedingungen)	
<hr/>		
E	Beschreibung des zu erklärenden Ereignisses	Explanandum

Die gesuchte Erklärung wird logisch aus dem Explanans gefolgert und hat die Form: Das Explanandum (E) ist der Fall aufgrund der Antezedensbedingungen (A) und gemäß der Gesetze (G_i); d. h. E wird durch G_i ($i = 1, \dots$) und A erklärt.

Die resultierende Erklärung kann von unterschiedlicher Güte sein, die für die DN-Erklärung an folgende Adäquatheitsbedingungen geknüpft ist (vgl. GROEBEN & WESTMEYER 1975, 80 f.).

- B_1 : Das Argument, das vom Explanans zum Explanandum führt, muß logisch korrekt sein.
- B_2 : Das Explanans muß mindestens ein allgemeines Gesetz enthalten (oder einen Satz, aus dem ein allgemeines Gesetz ableitbar ist).
- B_3 : Das Explanans muß empirischen Gehalt besitzen.
- B_{4+} : Die Sätze, aus denen das Explanans besteht, müssen wahr sein.

Für die letzte Bedingung existiert auch die schwächere Form:

- B_4 : Die Sätze, aus denen das Explanans besteht, müssen gut bewährt sein.

Die schwächere Bedingung B_4 nimmt besonders auf die Gesetze G_1, G_2, \dots im Explanans Bezug, von denen man annehmen muß, daß sie nicht endgültig verifizierbar sind, sondern immer nur mehr oder weniger gut bestätigt bzw. bewährt sind. Aber auch die Antezedensbedingungen müssen hochbestätigt sein, wenn vollkommene Warum-Erklärungen als Ideal erreicht werden sollen. Die modifizierte Adäquatheitsbedingung B_4 liefert in gewissem Sinne ein Vergleichskriterium für Explanantien, nämlich über den Begriff

der Bewährungsgüte. Auch wenn dieser Begriff bisher nur als kategorialer erklärt ist (vgl. WESTMEYER, 1972, 66ff; GROEBEN & WESTMEYER, 1975, 110ff) - die praktische Anwendung für den Vergleich also noch fraglich ist -, erlaubt er doch, den wichtigen Fall einer "hypothetischen Erklärung" zu präzisieren¹⁾.

Im Normalfall psychologischer Forschung kann die empirische Bewährung von Gesetzen nicht vorausgesetzt werden. Dann wird bei gegebenem Explanandum E und (noch) ungesicherten Gesetzaussagen G und bestimmten Randbedingungen A ein hypothetisches Explanans \hat{E} aus G und A gefolgert und mit dem tatsächlichen Explanandum verglichen. Tritt bei Durchführung entsprechender Experimente und statistischer Prüfung kein Widerspruch zwischen \hat{E} und E auf, so kann die fragliche Gesetzaussage bis auf weiteres als Bestandteil des Explanans zur Erklärung von E herangezogen werden.

Die durch das DN-Schema beschriebene Warum-Erklärung ist charakterisiert durch die logische Ableitung des Explanandums aus G und A. Dies erfordert, daß zum einen die Gesetze entsprechend formuliert sind (entscheidbar sind) und zum anderen eine lückenlose Aufzählung aller für die Anwendung der zu verwendenden Gesetze relevanten Antezedensbedingungen und deren Kontrolle erfolgt. WESTMEYER demonstriert dieses - wie HERRMANN (1974, 146) in seiner pointierten Kritik der WESTMEYER'schen Position herausstellt - anhand der Konstruktion einer präzisierten Verhaltenstheorie auf der Grundlage der SKINNER'schen operanten Konditionierung.

1) Es ist klar, daß durch B_4 und B_{4+} falsche Gesetzaussagen ausgeschlossen werden sollen. Damit bleiben aber alle Gesetze, die noch nicht als falsch nachgewiesen werden konnten, zulässig für die Erklärung. Eine weitere Reduktion der Menge der zulässigen Explanantien ist unter den angegebenen Adäquatheitsbedingungen nicht möglich. Deshalb versuchen einige Autoren eine - wenigstens unter pragmatischen Gesichtspunkten - brauchbare Auswahl über die Maximum Likelihood oder andere "Entscheidungsregeln" zu erreichen (vgl. TACK, 1971, die Diskussion im Rahmen des Braunschweiger Symposions 394-430, insbesondere: 422-430; GROEBEN & WESTMEYER, 1975, 127ff). Andere Autoren schlagen vor, den Erkenntnisfortschritt und Progressivität, die einer Erklärung relativ zu anderen zuerkannt wird, in die Bewertung ihrer Erklärungsgüte miteinzu-

Praktische Voraussetzungen für die vollständige Kontrolle der Antezedensbedingungen im Explanans wären ideal in dem Ausmaß erfüllt, in dem die Alltagsrealität des Menschen durch entsprechende gesellschaftliche Sozialisierungsstrategien an die Laborsituation angeglichen werden kann. Auch WESTMEYER sieht diese Horror-Vision einer kombinierten Forschungs- und Gesellschafts-utopie wohl noch in weiter Ferne. Bestenfalls bei Ergebnissen aus kontrollierten Laborexperimenten mit "herstellender" Methode ist - allerdings wohl zunächst ohne Alltagsbezug - eine möglichst lückenlose Rekonstruktion von erklärenden Antezedensbedingungen möglich. Dieser Fall der ideal kontrollierten Experimente ist in der gegenwärtigen Forschungspraxis jedoch kaum gegeben. Meistens liegt die Situation vor, daß für ein bestimmtes Ereignis eine ganze Reihe von alternativen Erklärungen möglich sind. Im Explanans können verschiedene gut bewährte Gesetze und auch alternative Antezedensbedingungen als hinreichende Bedingung für das Auftreten von E in Frage kommen:

$$\begin{array}{ccc}
 G_{11}, G_{21}, \dots & G_{1i}, G_{2i}, \dots & G_{1n}, G_{2n}, \dots \\
 A_{11}, A_{21}, \dots & A_{1i}, A_{2i}, \dots & A_{1n}, A_{2n}, \dots \\
 \hline
 E & E & E
 \end{array}$$

Dann kann nur geklärt werden, wie es möglich war, daß es zu dem fraglichen Ereignis im Explanandum kam. Jedes dieser potentiellen Explanantien kommt als Explanans einer korrekten Erklärung in

beziehen (vgl. z.B. HERRMANN, 1974, 150).

Auf eine weitere Diskussion der Begriffe Bewährungsgüte und (induktiver) Bestätigungsgrad kann hier nicht eingegangen werden, obwohl u. E. die damit verbundenen Probleme gerade für die empirische Forschung in der Psychologie von besonderer Bedeutung sind. Wir werden darauf im zweiten (empirischen) Teil dieser Untersuchung näher eingehen.

Frage. Es muß offen gelassen werden, ob nicht vielleicht ganz andere Gründe vorgelegen haben. Die tatsächlich vorliegende Antezedensbedingung ist nicht feststellbar. WESTMEYER (1973, 27ff) bezeichnet diese in vielen Fällen einzig realistische Erklärungsform als "Wie-es-möglich-war,daß-Erklärung". Dafür soll eine Modifikation der Adäquatheitsbedingung B_4 gelten, von der die Antezedensbedingungen nicht mehr betroffen werden:

B'_4 : Die im Explanans enthaltenen Gesetze G_1, G_2, \dots müssen gut bewährt sein.¹⁾

Für die deduktiv-nomologische Erklärungsform liegen verschiedene Modifikationen für den Fall vor, daß das Explanans statistische Gesetzesannahmen enthält. Wir gehen hier auf statistische Syllogismen, induktiv-statistische Systematisierungen etc. (vgl. WESTMEYER 1973, S. 19ff) jedoch nicht näher ein, weil die üblichen MDS-Modelle u.E. im Prinzip deterministisch aufgebaut sind. Auch wenn Ansätze zur wünschenswerten Entwicklung von probabilistischen MDS-Modellen oder wenigstens Bemühungen zur statistischen Prüfung der Anpassungsgüte existieren, so müssen die gegenwärtig am häufigsten verwendeten MDS-Modelle wohl doch in ihrer Grundstruktur als deterministische Modelle klassifiziert werden.

Der Nutzen der Unterscheidung in deterministische und probabilistische Modelle ist umstritten: Einerseits fehlt eine eindeutige, allgemein anerkannte Definition der Begriffe, zum anderen ist unklar, ob die Unterscheidung zweckmäßig ist. TACK (1971, 358) gibt eine Definition unter dem Aspekt der Entscheidbarkeit (vgl. auch GROEBEN & WESTMEYER, 1975, 125, 133): "Als deterministisch bezeichnen wir ein Modell genau dann, wenn es für jedes einzelne Objekt/

1) Die Bewertung der "Wie-es-möglich-war,daß-Erklärung" als unvollkommene Erklärung durch WESTMEYER und die von ihm angeführten Argumente sind allerdings nicht unproblematisch:

a) Die von WESTMEYER vorgeschlagene Modifikation B'_4 setzt - wenn sie sinnvoll sein soll - voraus, daß die Auswahl der zulässigen Gesetze für eine Erklärung durch die Angabe und Kontrolle aller für ihre Anwendung relevanten Antezedensbedingungen entschieden

Ereignis seines Basisbereiches angibt, ob es mit dem Modell vereinbar ist oder nicht." Für ein probabilistisches Modell gilt die Charakterisierung: "Statt bestimmte Kombinationen von Werten empirischer Variablen als modell-konform oder nicht-konform auszuweisen, belegt ein probabilistisches Modell derartige Kombinationen mit Wahrscheinlichkeit, sofern bestimmte Bedingungen spezifiziert sind" (TACK, 1971, 361). Nach FISCHER (1971, 376) besteht das Wesen probabilistischer Modelle darin, "...daß die empirischen Beobachtungen als Realisierungen von Zufallsvariablen aufgefaßt werden; das Modell macht Aussagen über den Verteilungstypus und über die Parameter der auftretenden Verteilungen".

Für die Zuweisung der Eigenschaften 'deterministisch' oder 'probabilistisch' ist die Form der Aussagen und der damit verbundenen Ansprüche des Modells relevant und nicht die Art der Suche nach einem geeigneten Modell bzw. die verwendete Anpassungsprozedur. Insofern gelingt es auch nicht, durch Wahl eines 'schwächeren' Anpassungskriteriums das Modell probabilistischer zu machen (vgl. KALVERAM, 1971, 412). Ebenso genügt es nicht, das Anpassungskriterium als eine statistische Größe mit einer bestimmten Zufallsverteilung zu behandeln, ohne gleichzeitig die Aussagen des Modells

wird. Diese Voraussetzung ist u. E. aus dem DN-Schema oder den Adäquatheitsbedingungen nicht herzuleiten.

- b) Weiter ist u. E. nicht ersichtlich, daß bei den angegebenen Adäquatheitsbedingungen nicht mehrere Erklärungen für ein Explanandum existieren dürfen.
- c) Der Verzicht auf die gute empirische Bewährung der Antezedensbedingungen in B_4' ist offensichtlich nicht so gedacht, daß (bekanntermaßen) nicht-zutreffende Antezedentien gewählt werden können. Stattdessen ist hier wohl von (noch) nicht hochbestätigten bzw. (noch) nicht prüfbaren Antezedentien auszugehen (vgl. WESTMEYER 1973, 27ff).

Auch HERRMANN (1974, 149) macht an einem Beispiel deutlich, daß es weder eine korrekte Warum-Erklärung noch eine korrekte "Wie-es-möglich-war,daß-Erklärung" geben kann, wenn die Antezedensbedingungen nicht gesichert sind. Den Sinn der modifizierten Adäquatheitsbedingung B_4' kann man daher nur unter einem pragmatischen Aspekt erkennen, nämlich insofern man den Verzicht auf die Geltung

in Form von Wahrscheinlichkeitshypothesen zu formulieren. So weist TACK (1971, 414) darauf hin, daß deterministische durch probabilistische Modelle ersetzt werden können, "... indem man Parameter des deterministischen Modells zu Zufallsvariablen macht, irgendwelche Verteilungsannahmen einführt und dann die Verteilungsparameter als neue Modellparameter betrachtet". Die Ansätze von NAKATANI (1972) oder FALMANGE (1976) scheinen für den Fall der MDS in diese Richtung zu gehen.

Für die Einschätzung der MDS betrachte man zunächst den Spezialfall der nonmetrischen MDS, wie sie von BEALS, KRANTZ & TVERSKY (1968) bzw. TVERSKY & KRANTZ (1970) als geometrisches Modell axiomatisiert wurde. Seine Variablen sind empirisch gewonnene Unähnlichkeiten. Der Objektbereich ist durch die (psychologische) Reizmenge gegeben. Die Angemessenheit eines bestimmten Raummodells für einen vorgegebenen Objektbereich wird geprüft über die Gültigkeit von Axiomen. Diese stellen die Restriktionen im Sinne von TACK (1971, 357) dar. Die Prüfung ist im Prinzip deterministisch, denn für jede Kombination von Reizen wird entschieden, ob sie die Axiome erfüllt oder nicht. Zwar werden in einer "Konzession an die Realität" Verletzungen vernachlässigt, wenn ihre relative Häufigkeit klein ist; doch gibt es keine statistische Begründung für dieses Vorgehen, es fehlt eine probabilistische Fehlertheorie (vgl. ORTH, 1974, 91f). Die Entscheidung, ob das Modell abzulehnen ist oder nicht, sollte nicht verwechselt werden mit der Entscheidung, ob ein beobachtetes Ereignis modell-konform ist oder nicht.

der jeweiligen Antezedensbedingung nur vorläufig betrachtet. Wir halten zwar die WESTMEYER'sche Einschätzung für zutreffend, daß in den meisten Fällen psychologischer Forschungspraxis für ein und dasselbe zu erklärende Ereignis mehrere Erklärungsmöglichkeiten existieren. Wir sind aber der Meinung, daß dabei sowohl die Gesetze als auch die Antezedensbedingungen als gut gesichert gelten müssen, so daß mehrere (alternative), aber korrekte DN-Erklärungen möglich sind (vgl. HERRMANN, 1974, 149).

Vor allem die deterministischen Eigenschaften der klassischen MDS-Modelle rechtfertigen als Ergänzung zum KALVERAM'schen Ansatz die Verwendung des Prinzips der deduktiv-nomologischen Erklärung bzw. der "Wie-es-möglich-war, daß-Erklärung".

Ein Experiment von WENDER (1971) zur Interpretation der Metrik der MDS als Funktion der Urteilsschwierigkeit kann das Grundprinzip dieser Erklärungsform demonstrieren. Hier wird die MDS als Hilfsmittel der psychologischen Theorienbildung eingesetzt. Der in der MDS verwendete metrische Raum wird als Modell der Urteilsfindung angesehen, d.h. als psychologischer Reizraum, der bei Personen in der Wahrnehmung bzw. Beurteilung von Reizähnlichkeiten wirksam wird. Für diesen Raum wird eine Minkowski-Metrik als Abstandsfunktion angenommen. Die Beurteilung der Reizähnlichkeit wird im Modell dargestellt als monotone Funktion des Reizabstandes. Aus diesen formal-strukturellen Aussagen wird mit Hilfe einer von CROSS (1965) vorgeschlagenen mathematischen Transformation die "Gewichtungseigenschaft" von Minkowski-Metriken hergeleitet (vgl. Formeln 4.13 - 4.16)¹⁾. Diese über die Metrik r definierte Gewichtungseigenschaft wird psychologisch als 'Schwierigkeit der Urteilsfindung' interpretiert. Im WENDERSchen Experiment wird die Urteilsschwierigkeit operational definiert durch die Darbietungszeit der zu beurteilenden Reizpaare (kurze Darbietungszeit = große Urteilsschwierigkeit).

Dem Experiment läßt sich folgendes DN-Schema zuordnen (vgl. auch AHRENS, 1974, S. 215 ff.):

G_1 Der Beurteilung der Ähnlichkeit (bzw. Unähnlichkeit) von Reizen x, y, \dots liegt ein mehrdimensionaler psychologischer Reizraum zugrunde, der durch die "Additive-Differenzen-Struktur" des MDS-Modells beschrieben wird, d.h.

$$U(x, y) = G(d(S_t(x), S_t(y))) \quad (\text{vgl. Abschnitt 4.1}).$$

¹⁾ Zum besseren Verständnis des Beispiels wird dem Leser empfohlen, sich zuvor mit den in einem späteren Abschnitt (4.1) erörterten formalen Struktureigenschaften der MDS vertraut zu machen.

- G_2 Bei der Ähnlichkeitsbeurteilung gewichten die Personen die großen Merkmalsdifferenzen umso mehr, je größer die Urteilschwierigkeit ist.
- A_1 Personen und Reize $x, y \dots$ fallen in den Zuständigkeitsbereich der Gesetze G_1, G_2 .
- A_2 Bei der Beurteilung der Reizähnlichkeit wird die Urteilschwierigkeit durch experimentelle Herstellung unterschiedlicher Darbietungszeiten t_1, t_2, t_3 für verschiedene Personengruppen variiert.
-
- E Unterschiedliche Datensätze von Ähnlichkeitsurteilen.

Das DN-Schema beschreibt zunächst lediglich die logische Grundstruktur der Untersuchung. Verschiedene Forschungsstrategien mit unterschiedlicher Abfolge und Gewichtung einzelner Schritte sind möglich. In der ursprünglichen Form sollte das WENDERSche Experiment dazu dienen, die Brauchbarkeit einer bestimmten Interpretation der Metrik von skalierten Ähnlichkeitsurteilen als Ausdruck unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade der Urteilsbildung zu prüfen, d.h. auf dem Hintergrund von G_1 soll insbesondere das Gesetz G_2 bewährt werden. Nach GROEBEN & WESTMEYER (1975, S. 109 ff.) bewährt sich G_2 an E relativ zu einem Hintergrundwissen A, - das hier insbesondere G_1 und A_1, A_2 umfaßt, - wenn E logisch aus G_2 und A folgt. Die Bewährung von G_2 hängt also davon ab, inwieweit G_1 als gesichertes Wissen gelten kann. Aus G_1 folgt für die drei unterschiedlichen experimentellen Bedingungen die folgende Gesetzesaussage:

$$U^{(i)}(x, y) = G(d^{(i)}(S_t^{(i)}(x), S_t^{(i)}(y))), \quad i \in \{1, 2, 3\}$$

Im WENDERSchen Experiment wie in vielen anderen Anwendungen der MDS werden $S_t^{(i)}$ und $d^{(i)}$ ($i \in \{1, 2, 3\}$) aus den Ähnlichkeitsdaten geschätzt. Daher können $S_t^{(i)}$ und $d^{(i)}$ nicht mehr für die Bewährung verwendet werden, weil die Ähnlichkeitsurteile zu den jeweiligen Untersuchungsbedingungen bereits aus ihrer Kenntnis allein erfolgten (vgl. GROEBEN & WESTMEYER 1975, S. 110). Für G_2 bleibt damit nur noch die unterschiedliche Rangfolge der Reizpaare (die mit Hilfe der Ähnlichkeitsurteile gebildet wird) in den drei Datenreihen als Bedingung. Aber G_2 bezieht sich auf Repräsentationen der Reize in dimensional-metrischen Räumen und nicht auf Ähnlichkeits-Ratings, wie sie E, das hier vorliegende Explanandum, enthält. Dieser Schwierigkeit kann man unserer Auffassung nach auf die folgende Weise begegnen: Logische Ableitung ist nur dann möglich, wenn E in der Erklärungssprache ausgedrückt werden kann (GROEBEN & WESTMEYER 1975, S. 78). Die Ähnlichkeitsurteile lassen sich (ohne G_1) nicht auf G_2 beziehen. Es wird eine Explikation \hat{E} notwendig, die dann die Prüfung der logischen Wahrheit des Schlusses von G_2 nach E erlaubt. Eine solche Explikation von E in die Erklärungssprache sehen wir in einer Transformation der Daten über die MDS. Dabei wird die (formale) Möglichkeit dieser Transformation über meßtheoretische Bedingungen (z.B. Axiome) für das AD-Modell bzw. (abgeschwächt) über die Güte der Anpassung (vgl. Abschnitt 4.3) geprüft. Die Güte der Explikation durch \hat{E} wird dann mit Hilfe von Adäquatheitsbedingungen (GROEBEN & WESTMEYER 1975, S. 57) bewertet, wobei insbesondere die Bedingung der Ähnlichkeit voraussetzt, daß geklärt ist, welche Relationen in E bei der Transformation in \hat{E} erhalten bleiben müssen. Die Wahl der MDS für die Explikation führt zwangsläufig zur Auswahl bestimmter Relationen, wodurch der Einsatz bestimmter theoretischer Annahmen über die Struktur der Ereignisse in E impliziert wird (vgl. "Implikationsthese" GIGERENZER 1978). E ist im WENDERSchen Experiment durch drei Konfigurationen in drei metrischen Räumen gegeben, deren Metrikparameter der Größe nach geordnet die Rangreihe $r_1 < r_2 < r_3$ bilden. Andererseits läßt sich mit Hilfe der

von CROSS (1965) vorgeschlagenen mathematischen Transformation (vgl. S. 39) eine zu G_2 äquivalente Aussage über die Rangfolge der Metrikparameter herleiten, nämlich $r_1 < r_2 < r_3$. In diesem Sinne bewährt sich G_2 relativ zu dem Hintergrundwissen A (das insbesondere G_1 enthält) an E. Allerdings ist G_2 nur als hypothetische Erklärung für die Rangfolge der Metrikparameter aufzufassen, weil es erst an E empirisch bewährt wird, als Teil eines Explanans für E also noch nicht als empirisch bewährt gelten kann.

Der Autor führt zwar keine explizite wissenschaftstheoretische Diskussion der theoretischen Erklärungsansprüche seines Experiments, sinngemäß wird jedoch mit der experimentellen Prüfung der Interpretation des Metrik-Parameters als Schwierigkeit der Urteilsfindung ein Erklärungsversuch der oben erörterten Art angezielt. Allerdings handelt es sich u.E. bestenfalls um eine "Wie-es-möglich-war,-daß-Erklärung"; denn Ähnlichkeitsurteile unterschiedlicher Metrik können z.B. auch durch alternative Gesetzmäßigkeiten G_2 erklärt werden (vgl. z.B. SHEPARD, 1964a,b; CROSS 1965; MICKO, 1970; MICKO & FISCHER, 1970; AHRENS, 1972, 1973) oder bei gleichen theoretischen Annahmen kann die Urteilsschwierigkeit in der Antezedensbedingung A_2 auch auf andere Art und Weise operationalisiert und experimentell manipuliert werden (vgl. z.B. AHRENS, 1972). Die Gültigkeit der Antezedensbedingung A_1 wurde stillschweigend vorausgesetzt. Insofern muß mindestens für A_1 die WESTMEYER'sche Adäquatheitsbedingung B'_4 in Anspruch genommen werden. Aber auch für A_2 ist streng genommen nicht gesichert, daß die Verkürzung der Darbietungszeit t "tatsächlich" einer Erhöhung der Urteilsschwierigkeit entspricht.

Nach unseren wissenschaftstheoretischen Vorüberlegungen zur wissenschaftlichen Erklärung ergibt sich nun die weiter zu verfolgende Frage, ob und wie weit die bisher genannten Kriterien - d.h. die Mindestforderungen von KALVERAM und die Adäquatheits-

bedingungen der DN-Erklärung - für MDS-Modelle erfüllbar sind. In Bezug auf die empirische Absicherung von entsprechenden Geltungsansprüchen muß darüber hinaus gefragt werden, welche empirischen Untersuchungen kritisch für den Erklärungswert des MDS-Modells sind.

Zur Beantwortung dieser Fragen wird das Grundmodell der MDS

- a) zunächst in seiner formalen Struktur dargestellt (vgl. 4.1)
- b) dann auf Urteilsverhalten bezogen (vgl. 4.2) und unter den Gesichtspunkten "Dekomponierung" und "Meßstruktur" diskutiert (vgl. 4.3), und schließlich
- c) in Bezug auf die genannten wissenschaftstheoretischen Kriterien eingeschätzt (vgl. 4.4) und durch ein Beispiel ergänzt (vgl. 4.5).

4. Theoretische Aussagemöglichkeiten des MDS-Modells

Bei der Darstellung der formalen Struktur der MDS sowie bei ihrer Diskussion unter dem systemtheoretischen Ansatz Kalverams beschränken wir uns hier auf die nonmetrische MDS ohne Berücksichtigung individueller Differenzen (SHEPARD 1964 a,b; KRUSKAL 1964 a,b). Diese Klasse von Verfahren wird gegenwärtig am häufigsten angewendet. Außerdem liegen ausführliche Axiomatisierungsversuche vor (BEALS, KRANTZ, TVERSKY 1968; TVERSKY & KRANTZ 1970; ORTH 1974). Eine Ausdehnung auf metrische Verfahren und solche, die individuelle Differenzen berücksichtigen (TUCKER & MESSICK 1963; CARROLL & CHANG 1970) erscheint leicht möglich.

4.1 Die formale Grundstruktur der MDS

Sei $\mathcal{M} = \{x, y, z, \dots\}$ eine Menge von Reizobjekten (z.B. Farben, Rechtecke oder Politiker). Die Reizobjekte seien - wenigstens prinzipiell - durch n Merkmale beschreibbar. Es existiere eine n -dimensionale Funktion $X = (X_1, \dots, X_n)$:

$$(4.1) \quad X: \mathcal{M} \rightarrow \mathbb{R}^n; \quad X(\mathcal{M}) = \mathcal{X} \subseteq \mathbb{R}^n$$

Dabei genügt es, für X_i ($1 \leq i \leq n$) Nominalskalen anzunehmen.¹⁾

Zur Formulierung der entscheidenden Modellaussage müssen einige Funktionen eingeführt werden. Es mögen die folgenden Funktionen erklärt sein:

$$(4.2) \quad s_i: \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}; \quad 1 \leq i \leq t \leq n; \quad \text{d.h.} \\ \forall (a_1, \dots, a_n) \in \mathcal{X} : \\ s_i((a_1, \dots, a_n)) = a_i^i, \quad 1 \leq i \leq t \leq n.$$

1) Die Reizobjekte x, y, \dots aus \mathcal{M} werden mit ihren Bildern unter X identifiziert; sie sollen auch in der Schreibweise nicht von ihren Bildern unterschieden werden, weil im folgenden von den durch X gegebenen (zumindest prinzipiell) objektivierbaren Reizmerkmalen ausgegangen wird.

Die Funktionen s_i sind mathematisch zunächst nicht weiter bestimmt.

Schreibe: $S_t = (s_1, \dots, s_t)$

$$(4.3) \quad \Phi_i: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightsquigarrow \mathbb{R}^+; \quad 1 \leq i \leq t; \quad \text{d.h.} \quad \forall (a, b) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} : \\ \Phi_i((a, b)) = |a - b|, \quad \text{wobei } |\cdot| \text{ den gewöhnlichen Absolut-} \\ \text{betrag in } \mathbb{R} \text{ bezeichne.}$$

Schreibe: $\Phi = (\Phi_1, \dots, \Phi_t)$

$$(4.4) \quad G_r: (\mathbb{R}^+)^t \rightsquigarrow (\mathbb{R}^+)^t \quad \forall (a_1, \dots, a_t) \in (\mathbb{R}^+)^t : \\ G_r((a_1, \dots, a_t)) = (a_1^r, \dots, a_t^r)$$

$$(4.5) \quad Z: (\mathbb{R}^+)^t \rightsquigarrow \mathbb{R}^+; \quad \forall (a_1, \dots, a_t) \in (\mathbb{R}^+)^t : \\ Z((a_1, \dots, a_t)) = \sum_{i=1}^t a_i$$

$$(4.6) \quad F: \mathbb{R}^+ \rightsquigarrow \mathbb{R}^+; \quad F \text{ monoton wachsend, z.B. } \forall a \in \mathbb{R}^+ : \\ F(a) = a^{\frac{1}{r}}$$

Über die in (4.1) bis (4.6) erklärten Funktionen läßt sich jetzt eine ("psychologische") Distanzfunktion d auf $S_t(\mathcal{X}) \times S_t(\mathcal{X})$ wie folgt definieren

$$(4.7) \quad d = F \cdot Z \cdot G_r \cdot \Phi; \quad \text{d.h.} \quad \forall (x, y) \in \mathcal{X} \times \mathcal{X} \\ d(S_t(x), S_t(y)) = \left(\sum_{i=1}^t |s_i(x) - s_i(y)|^r \right)^{\frac{1}{r}}$$

wobei $1 \leq t \leq n$ und $1 \leq r < \infty$. *)

Diese auch als MINKOWSKI - oder Potenzmetrik bezeichneten Distanzen haben einige bekannte Spezialfälle, die durch unterschiedliche r -Werte definiert werden. Für $a, b \in \mathbb{R}^t$ erhält man:

*) s. nächste Seite

$$(4.8) \quad d(a,b) = \sum_{i=1}^t |a_i - b_i| \quad (\text{City-Block-Metrik, } r=1)$$

$$(4.9) \quad d(a,b) = \left(\sum_{i=1}^t (a_i - b_i)^2 \right)^{1/2} \quad (\text{euklidische Metrik, } r=2)$$

$$(4.10) \quad d(a,b) = \max_{i=1, \dots, t} \{|a_i - b_i|\} \quad (\text{Dominanzmetrik})$$

Der Begriff der Distanz im mehrdimensionalen psychologischen Skalenraum ist für die MDS von zentraler Bedeutung. Inzwischen sind Verfahren für eine nonmetrische MDS entwickelt, welche die Verwendung der Distanzfunktion (4.7) für alle Werte $r \in [1, \infty)$ zulassen. Die interessierende ordinale Eigenschaft läßt sich jetzt folgendermaßen formulieren:

Sei $U : \mathcal{X} \times \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$ eine Ordinalskala für die Unähnlichkeit zwischen den Reizobjekten $x, y, z, \dots \in \mathcal{X}$; sei $G : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ eine monotone Funktion. Dann gilt:

$$(4.11) \quad \forall (x,y) \in \mathcal{X} \times \mathcal{X} : U(x,y) = G(d(S_t(x), S_t(y)))$$

Modellannahme (4.11) beschreibt zusammen mit der in (4.7) definierten Distanz d die Struktur der nonmetrischen MDS (vgl. TVERSKY & KRANTZ 1970; BEALS, KRANTZ & TVERSKY 1968). Nonmetrisch bedeutet hier, daß lediglich ein ordinaler Zusammenhang gefordert wird im Gegensatz zur metrischen MDS, wo man eine lineare Beziehung voraussetzt.

*) Aus technischen Gründen muß zusätzlich angenommen werden:

$1 \leq t \leq m - 1$; wobei m die Anzahl der Reize in M bezeichnet.

Abhängig vom verwendeten Algorithmus können weitere Einschränkungen nötig werden.

In üblichen Anwendungssituationen zur MDS liegen empirisch gewonnene Unähnlichkeiten $U(M \times M)$ - z.B. Ähnlichkeitsurteile auf einer Ratingskala, Konfusionshäufigkeiten etc. - über eine endliche Menge $M \subset \mathcal{X}$ von Reizobjekten vor. Unter einer MDS - Lösung kann man eine Abbildung $S_t: \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}^t$ verstehen, d.h. eine Zuordnungsregel, die jedem Reiz $x \in M$ ($\subset \mathcal{X}$) einen Punkt $\xi \in \mathbb{R}^t$ zuordnet (dieser Bildpunkt kann unter dem Aspekt des Messens als mehrdimensionaler Meßwert von x aufgefaßt werden). Eine solche Lösung wird akzeptiert, wenn die (4.11) entsprechende Bedingung:

(4.11) $\forall x', y', x, y \in M$ ($\subset \mathcal{X}$) gilt:

$$U(x, y) \leq U(x', y') \Rightarrow d(S_t(x), S_t(y)) \leq d(S_t(x'), S_t(y'))$$

"angemessen" erfüllt ist. Die formale Entscheidung wird dabei über ein Anpassungskriterium geregelt. Als solches wird im Falle der nonmetrischen MDS meist KRUSKAL's Stressmaß S (KRUSKAL 1964 a,b) oder ein ihm ähnliches Maß (vgl. z.B. MÖBUS 1976, S. 242 ff) verwendet. Ergänzend wird die in diesem Sinne formal zulässige Zuordnung von Reizen aus M und Punkten aus \mathbb{R}^t über eine Interpretation auch inhaltlich begründet. Dabei wird die Zuordnungsregel S_t (bisher) kaum für die Formulierung von Urteilsmodellen auf der Basis der MDS-Struktur genutzt. Stattdessen betrachtet man lediglich die in einem Experiment "realisierte" Punktmenge $S_t(M)$. Will man jedoch über die Aufstellung empirischer Formeln hinausgehend Urteilsmodelle für die Beurteilung von Reizen aus entwickeln, erscheint uns die Verwendung der Funktion S_t vorteilhaft (vgl. Abschnitt 4.2).

Allerdings ist die Funktion S_t als Parameter eines solchen Modells aus den Daten einzelner Experimente zu schätzen. Wenn M nur eine Teilmenge der Reizobjekte umfaßt, für die eine Aussage angestrebt wird, bzw. wenn das Anpassungskriterium gleich-optimale Lösungen

zuläßt, dann ist S_t allerdings nicht eindeutig zu bestimmen. Man muß daher bei der Verwendung von geschätzten Parametern S_t von Repräsentanten von Äquivalenzklassen von Funktionen ausgehen, wobei die Äquivalenzrelation wie folgt gegeben ist:

Bezeichne K das Anpassungskriterium. Zwei Funktionen S_t und \tilde{S}_t (nach (4.2)) heißen äquivalent (relativ zu M) genau dann, wenn

$$(4.12) \quad K(S_t(M), U(M \times M)) = K(\tilde{S}_t(M), U(M \times M))$$

4.2 Die Grundstruktur der MDS als Urteilsmodell

Die in (4.1) - (4.11) beschriebene Struktur kann genutzt werden, Modelle zur Beschreibung und/oder Erklärung von Ähnlichkeitsurteilen bzw. der ihnen zugrundeliegenden Urteilsvorgänge zu formulieren. Um diese Möglichkeit hervorzuheben, sollen exemplarisch die Funktionen S_t und G_r inhaltlich benannt werden. Eine solche Festlegung ist immer an die empirischen Sachverhalte gebunden, die im Modell abgebildet werden sollen. Eine unterschiedliche, aber ebenfalls sinnvolle Verwendung von S_t und G_r im Falle anderer Ähnlichkeitsdaten bzw. unter einer anderen Fragestellung ist möglich. Als allgemeine inhaltliche Benennung bietet sich an, S_t als Informationsverarbeitungsfunktion und G_r als Gewichtungsfunktion aufzufassen:

Bei der Interpretation von S_t als Informationsverarbeitungsfunktion geht man von der Annahme aus, daß die urteilende Person die Merkmale der Reizobjekte so "transformiert", daß sie für ein Urteilsverfahren, das ihr zur Verfügung steht, zugänglich werden. Sei z.B. x ein durch n physikalische Merkmale beschreibbarer Reiz. Die Funktion S_t gibt dann an, wie die physikalischen Merkmale in psychologische Dimensionen transformiert werden, d.h. der Urteiler

wählt die für sein Urteil relevante Information aus: es können Merkmale vernachlässigt werden, es können Merkmale nach irgendwelchen Regeln zusammengefaßt werden.

Nach einem Vorschlag von CROSS (1965) (vgl. auch WENDER 1969, 1971; AHRENS 1974, S. 182 ff) kann G_r als Gewichtungsfunktion aufgefaßt werden, und zwar im folgenden Sinne:

Seien $x \neq y \in \mathbb{R}^n$ und bezeichne d_r die folgende Distanzfunktion:

$$(4.13) \quad (d_r(x, y))^r = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^r \text{ und } g_i \text{ Gewichte:}$$

$$(4.14) \quad g_i = \left(\frac{|x_i - y_i|}{d_r(x, y)} \right)^{r-1}. \text{ Dann gilt:}$$

$$(4.15) \quad d_r(x, y) = \sum_{i=1}^n g_i |x_i - y_i|, \text{ wobei für } |x_i - y_i| < |x_j - y_j|$$

$$(4.16) \quad \lim_{r \rightarrow \infty} g_i/g_j = 0.$$

d.h. je größer der Exponent der Metrik ist, desto größer ist der relative Anteil, den die großen Koordinatendifferenzen zu der Gesamtdistanz beitragen, und desto weniger fallen die kleinen Koordinatendifferenzen ins Gewicht (WENDER 1971). In diesem Sinne kann G_r als eine Gewichtungsfunktion aufgefaßt werden. Auch G_r beschreibt die Informationsverarbeitung bei der Bildung von Ähnlichkeitsurteilen: Sie gibt an, wie die Unterschiede auf den einzelnen psychologischen Urteilsdimensionen bei der Kombination zu einem Gesamturteil bewertet werden. Dabei wird allerdings die Gültigkeit des MDS-Modells unterstellt.

Zwar wird durch die Interpretierbarkeit der Erklärungswert eines Modells noch nicht unmittelbar gesichert (MICKO 1971), doch wird u.U. durch Verweis auf eine mögliche Einbettung in eine inhalt-

liche Theorie hervorgehoben, unter welchen Bedingungen seine Anwendung zur Erklärung empirischer Gegebenheiten führt. Vom Erklärungswert eines Modells kann sinnvoll nur dann gesprochen werden, wenn dieses empirischen Gehalt besitzt. Die formalen Eigenschaften einer Struktur allein entscheiden noch nicht über ihre theoretische Brauchbarkeit, sie geben lediglich Hinweise auf ihre Möglichkeiten für den Einsatz als Modell. Allerdings muß man davon ausgehen, daß die Wahl einer bestimmten Struktur für ein Modell oder seine Teile - in Grenzen - seine Möglichkeit für die Abbildung von Inhalten festlegt (vgl. HERRMANN & STAPF 1971).

4.3 Die MDS als Meßstruktur und als Dekomponierungsverfahren

Die theoretische Brauchbarkeit von MDS soll in dieser Arbeit unter der folgenden Frage beurteilt werden: Welche Art von Modellaussagen können bei Vorliegen empirischer Ähnlichkeitsdaten mit Hilfe von MDS unter welchen Bedingungen erreicht werden? Die grundsätzlichen Möglichkeiten sind durch die formale Struktur - beschrieben in 4.1 - abgesteckt. Die Verwendung einzelner Struktureigenschaften bei der Formulierung von Modellaussagen, d.h. u.a. bei der Belegung mit empirischem Gehalt, hängt davon ab, was mit dem jeweiligen Modell abgebildet werden soll (vgl. 4.2).

Häufig wird MDS als bloßes Dekomponierungsverfahren zur Beschreibung von Reizstrukturen bzw. zur "Entdeckung" latenter Dimensionen verstanden. Davon abgehoben wird die Einsatzmöglichkeit als Modell für den Fall, daß es als Meßstruktur, d.h. hier als AD-Struktur aufgebaut ist. Abgesehen davon, daß eine Trennung von Meßverfahren und Meßmodell vom Standpunkt einer modernen Meßtheorie (GUTTMAN 1971; KRANTZ et al. 1971; 1974) unerwünscht ist, ist diese Unterscheidung nach oben genannter Zielsetzung auch nicht sinnvoll.

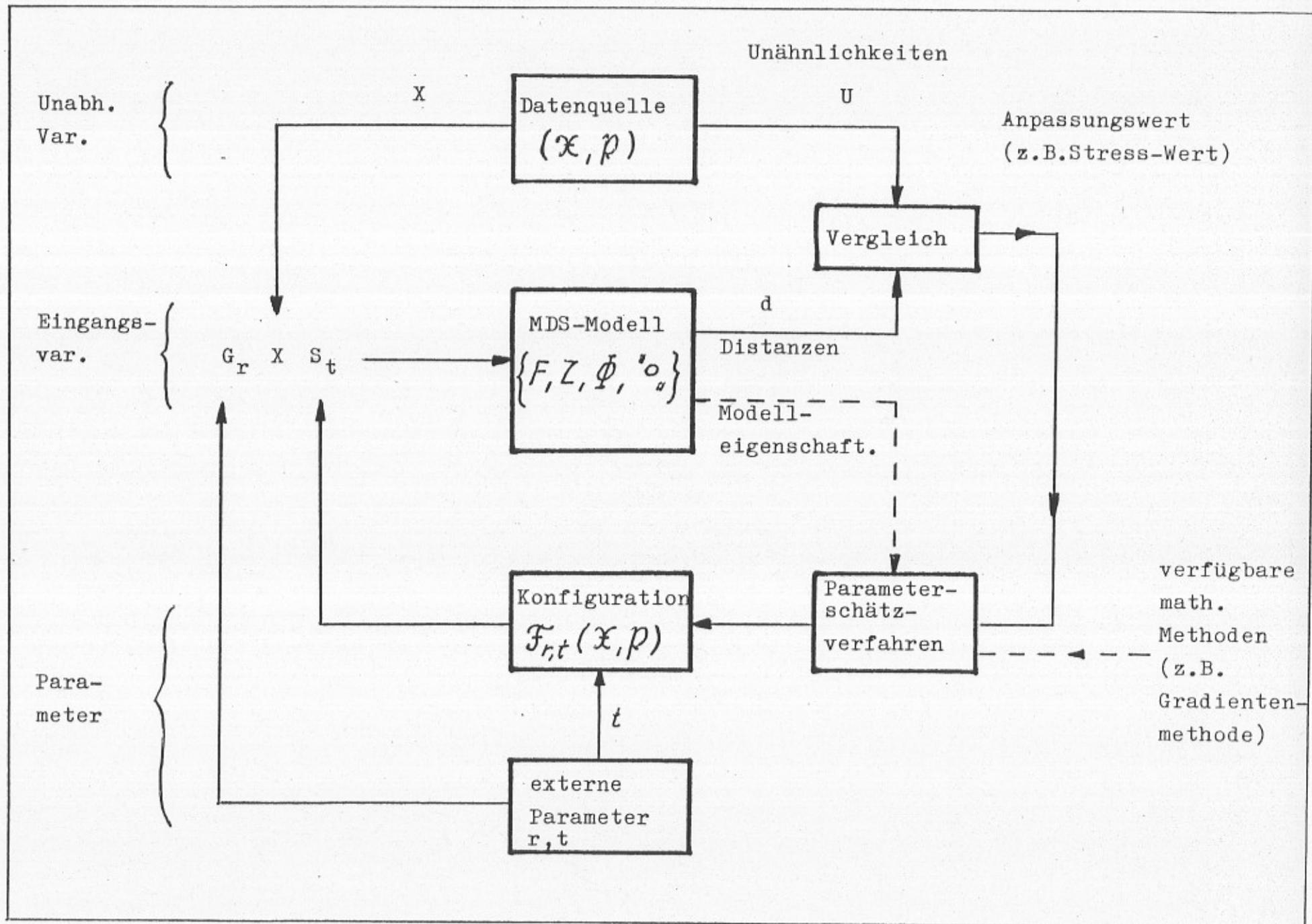
Unseres Erachtens sind damit nur zwei verschiedene Schwerpunkte für den Einsatz derselben Struktur innerhalb empirischer Untersuchungen gegeben. Wir werden deshalb auf die Trennung verzichten und von MDS - Modellen sprechen, sofern die in Abschnitt 4.1 beschriebene Struktur verwendet wird.

WENDER & HEGNER (1974) deuten eine Konkurrenz zwischen den zwei Gesichtspunkten bei der Planung von Untersuchungen zur Überprüfung von Skalierungsmodellen an. Sie akzentuieren dies in der Gegenüberstellung von numerischer vs. axiomatischer Überprüfung. Dabei heben sie darauf ab, daß bei Anwendung der Dekomponierung die Gültigkeit der AD-Struktur unterstellt wird (Abb.2). Die Möglichkeit der geometrischen Darstellung, wie sie in der Dekomponierung nachgewiesen wird, sagt wenig über die Angemessenheit der Verwendung von Eigenschaften dieser Struktur. Werden solche in Form von Modellaussagen zur Erklärung von Daten hinzugezogen, wird eine axiomatische Prüfung sinnvoll. Auch die AD-Struktur erhält erst in der Anwendung auf empirische Gegebenheiten Modellcharakter. Demzufolge bezieht sich die Prüfung von Axiomen auf die Angemessenheit von Struktureigenschaften jeweils für einen speziellen Anwendungsbereich. Die rein formalen Probleme sind bereits im Repräsentanztheorem gelöst (vgl. z.B. SUPPES & ZINNES 1963); d.h. dort werden hinreichende Bedingungen, nämlich die Axiome, für die Repräsentation angegeben.

Die Aspekte - Dekomponierung und Modelleinsatz - lassen sich durch folgende Fragen und Antworten charakterisieren:

1. Taugt ein bestimmtes Modell für die metrische Darstellung der Daten? - Hier werden die testbaren Bedingungen des ADM geprüft.
2. Existiert ein metrischer Raum, in dem sich die Unähnlichkeitsdaten "angemessen" darstellen lassen? - Die Antwort besteht darin, daß versucht wird, eine solche Darstellung anzugeben.

Abb. 2 Systemtheoretisch orientiertes Schema zur Einschätzung der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Modellen



Die Konsequenzen für die Planung entsprechender Untersuchungen sind offensichtlich:

- liegt ein theoretisch gut begründetes Modell vor, wird man versuchen, dieses als geeignet nachzuweisen. Man wird die meßtheoretischen Voraussetzungen - zusammengefaßt in einem ADM - prüfen. Man wird dann als Ergebnis einer Dekomponierung eine optimale MDS-Lösung erwarten (nur noch abhängig von der Güte des verwendeten Algorithmus), die dann im Sinne der DN-Erklärung eingesetzt wird.
- Im anderen Fall wird die Menge der möglichen Konfigurationen apriori nur wenig eingeschränkt (vgl. "uneigentliches Modell" nach KALVERAM). Jede Lösung mit hinreichend kleinem Streßwert, die angemessen interpretiert werden kann, gilt als Antwort auf die Frage; d.h. hier wird Erklärung nur im Sinne einer "Wie-es-möglich-war, daß-Erklärung" möglich.

Welche Strategie man im konkreten Fall zu wählen hat, hängt von dem Vorwissen bzw. den Vorannahmen über den Gegenstandsbereich und der Zielsetzung der Untersuchung ab.

Die hier angesprochenen Fragen werden bei der Darstellung einer Untersuchung von KRANTZ & TVERSKY (1975) zur Ähnlichkeitsbeurteilung von Rechtecken in Abschnitt 4.5 wieder aufgenommen. Dort werden eine numerische und eine axiomatische Überprüfung eines Skalierungsmodelles parallel durchgeführt und verglichen. Es wird deutlich, wie Annahmen über den psychologischen Urteilsraum $S_t(X)$ in die Planung der Untersuchung eingehen. Es ergeben sich Hinweise für die Entwicklung einer mehrstufigen Forschungsstrategie zur Erklärung von Ähnlichkeitsurteilen mit Hilfe eines Modells der MDS. Dort wird sich zeigen, daß der axiomatische Aspekt und die Dekomponierung für die Klärung einer substantiellen Fragestellung - hier die Ähnlichkeitsbeurteilung von Rechtecken - fruchtbar gemeinsam eingesetzt werden können.

4.4 Möglichkeiten und Grenzen der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Modellen

In diesem Abschnitt soll die theoretische Brauchbarkeit von MDS-Modellen, die durch die in (4.1) - (4.7) und (4.11) beschriebene Struktur festgelegt sind, unter dem systemtheoretischen Ansatz nach KALVERAM eingeschätzt werden. Dabei ist zu entscheiden, ob ein Modell unter Fall A oder B, als eigentliches oder uneigentliches Modell einzustufen ist und welche Ordnungszahl in der Theorienhierarchie zutreffend ist. Diese Einstufung beschreibt den Erklärungswert eines Modells (vgl. S.19 f), wobei davon ausgegangen wird (vgl. S.27 ff), daß die DN-Erklärung einen geeigneten Erklärungsbegriff abgibt. Eine Klassifizierung von MDS-Modellen ist dabei nicht allein von der Struktur abhängig, sondern hängt wesentlich von der gewählten Zielsetzung ab. Erst wenn man klären will, welche Erklärungsmöglichkeiten bzw. -chancen die MDS bietet, muß die Frage beantwortet werden: Unter welchen Bedingungen bzw. in welchem Zusammenhang ist ein Modell der MDS als eigentliches Modell (im Sinne des systemtheoretischen Ansatzes) darstellbar?

Das Problem stellt sich unseres Erachtens so dar, daß man es nicht dem Modell an sich - d.h. seiner formalen Struktur - ansehen kann, wie es hinsichtlich der genannten Fallunterscheidung einzuordnen ist. Vielmehr ist zu klären, ob es überhaupt bestimmten wünschenswerten Fällen zuzuordnen ist und welche Voraussetzungen dafür innerhalb der gesamten Forschungsstrategie zu erfüllen sind. Ein Beispiel für diese Perspektive ist die Neueinschätzung der theoretischen Brauchbarkeit von Faktorenanalysen durch PAWLIK (1973), der nicht das Modell der Faktorenanalyse apriori als unbrauchbar für theoretische Erklärungsversuche bewertet. Vielmehr werden - ausgehend von der Interpretation der Faktoren als Folge von vorgeordneten Verstärkungsplänen - Voraussetzungen

angegeben, bei deren expliziter Einbeziehung in die Forschungsstrategie faktorenanalytische Ergebnisse Erklärungswert haben können, und zwar ohne Änderung des Grundmodells.

In das KALVERAM'sche System sollen Meßreihen eingehen und nicht einzelne Meßwerte. Eine Beschränkung auf Aussagen über einzelne Meßwerte kann höchstens zu empirischen Formeln (= unterste Stufe von Theoriensystemen) führen (KALVERAM 1971, S. 373).

Viele Anwendungen von MDS-Methoden beziehen sich auf ein einziges Experiment. Das Modell wird nur für die in dieses Experiment eingehenden Realisierungen der abhängigen und unabhängigen Variablen formuliert - d.h. nur auf die bei der gegebenen Reizauswahl resultierenden Unähnlichkeitsdaten bezogen. Insbesondere werden dabei die Konfigurationen zu eng ausgelegt, nämlich als die Anordnung der die Reize genau dieses Experiments repräsentierenden Punkte. Wir haben dagegen in Abschnitt 4.1 die Grundstruktur von MDS-Modellen so dargestellt, daß dort nur Variable eingehen und so eine Einschätzung auf höherer theoretischer Ebene vorbereitet (denn nur so können Modelle mit höherer als nullter Ordnung erreicht werden). Insbesondere sind daher Konfigurationen, - sobald sie wie vorgeschlagen als Parameter verwendet werden - auf die Variablen zu beziehen und dürfen nicht nur für bestimmte Realisierungen der Variablen in einem Experiment gelten. Wir haben sie dazu als Repräsentanten äquivalenter Funktionen, nämlich S_t (vgl. Abschnitt 4.2), dargestellt. Einem MDS-Modell für einen Gegenstandsbereich, der charakterisiert wird durch X und \mathcal{M} (vgl. S. 45), wird eine solche Funktion S_t als Parameter fest zugeordnet, d.h. S_t ist als Modellparameter fixiert für alle Realisierungen der Variablen X und U auf der Reizmenge \mathcal{M} .¹⁾

1) Das ist nicht zu verwechseln mit dem Vorgehen bei der Schätzung: Die Funktion S_t wird aus den Daten einzelner Experimente geschätzt; die Schätzungen hängen damit selbstverständlich von bestimmten Realisierungen der Variablen X und U auf einer Teilmenge M von \mathcal{M} ab (vgl. S.37f).

Für die Einschätzung der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Modellen ist zunächst zu entscheiden, ob mit der MDS Modelle unter Fall A oder B formuliert werden. Die Datenquelle im Falle der MDS ist durch ein Zusammentreffen von Reizobjekten und einem Subjekt (im folgenden als Beurteiler angenommen) ausgezeichnet. Diese Datenquelle ist symbolisch beschreibbar durch das Paar $(\mathcal{X}, \mathcal{P})$, wobei \mathcal{X} wie bisher das Bild von \mathcal{M} unter $X (= (X_1, \dots, X_n))$ und \mathcal{P} den "idealisierten" Beurteiler (wir beschränken uns ja hier auf MDS-Strukturen ohne Berücksichtigung individueller Differenzen) bezeichnen. Als Ergebnis einer "Interaktion" (vgl. dazu z.B. LEINFELLNER 1967, S. 198 ff; AHRENS 1974, S. 39 ff; GREIF 1973; GRAUMANN 1975, S. 20 ff) werden Unähnlichkeitsdaten $U(\mathcal{X} \times \mathcal{X})$ gewonnen. Dabei wird angenommen, daß die Unähnlichkeit zwischen Reizen nur von deren Ausprägung auf den Merkmalen X_i ($i=1, \dots, n$) abhängt (vgl. Abschnitt 4.1).¹⁾

Die Darstellung der MDS als Modell für den so beschriebenen Gegenstandsbereich $((\mathcal{X}, \mathcal{P}), X, U)$ anhand des KALVERAM'schen Ansatzes geht davon aus, daß eine Meßreihe U von Unähnlichkeitsurteilen resultiert, wenn eine Meßreihe X gegeben ist; d.h. es ergibt sich eine Menge von Unähnlichkeitswerten $U(M \times M)$, wenn die Variablen X und U in einem Experiment an einer Menge von Reizen M ($\subset \mathcal{X}$) realisiert werden (vgl. Abb. 2). Für das Modell sind offensichtlich die psychologische Distanz d als Ausgangsvariable und t, r als Parameter zu wählen. Modellparameter geben den Variationsbereich eines Modells an. Entsprechend der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Grundstruktur der MDS kann daher neben t und r die Konfiguration S_t als Parameter eines Modells mit dieser Struktur angesehen werden. Hier zeigt sich der Vorteil, Konfigurationen als Abbildungen aufzufassen; denn S_t ist eine fest fixierte Größe und charakterisiert die Datenquelle $(\mathcal{X}, \mathcal{P})$ ²⁾, wohingegen eine Punkte-

1) d.h. seien x, y, z Reizobjekte aus \mathcal{M} und es gelte (oBdA): $X(x) = X(z)$, dann folgt: $U(x, y) = U(z, y)$.

2) Der Parameter S_t (aber selbstverständlich auch r und t) variiert also in Abhängigkeit von der Datenquelle: eine Veränderung (z.B. durch "Lernen") der Reizmenge \mathcal{M} oder "des" Beurteilers kann zu Modellen mit gleicher Struktur, aber anderen Parametern führen.

Konfiguration $S_t(M) \subset \mathbb{R}^t$ jeweils nur auf die Realisierung von X und U an M bezogen ist und so fraglich bleibt, ob diese Punktemengen als Parameter eines MDS-Modells sinnvoll sind. Folgt man dagegen unserem Vorschlag und faßt S_t als Zuordnungsregel auf, so erhält man als Parametermenge - aus der dann S_t zu wählen ist - die Menge aller Abbildungen von \mathcal{X} nach \mathbb{R}^t , die wir mit $\mathcal{F}_{r,t}(\mathcal{X}, \mathcal{P})$ bezeichnen wollen. Als weitere Eingangsvariable betrachten wir die Meßreihe $X = (X_1, \dots, X_n)$, die im Verknüpfungselement, das durch die Hintereinanderausführung der Funktionen F, Z, G_r, Φ, S_t , - d.h. durch $F \circ Z \circ G_r \circ \Phi \circ (S_t, S_t)$ - gegeben ist, mit den Parametern zur Ausgangsvariablen $d = d(S_t(X), S_t(X))$ verknüpft werden. In Abbildung 2 ist das gesamte System schematisch dargestellt.

Alternativ zu der hier gewählten Darstellung könnte man MDS-Modelle auch unter Fall B einordnen. Viele Anwendungen - bspw. beim Einsatz von MDS zur "Entdeckung" unbekannter Reizdimensionen - scheinen eine solche Bewertung nahezu legen. Modelle unter Fall B haben einen geringeren Erklärungswert. Man 'weiß nicht', wovon die abhängigen Variablen abhängen, es werden keine Bedingungen über den Geltungsbereich des Modells expliziert. Für MDS-Modelle bedeutet eine Einstufung unter Fall B, daß die Konfigurationen S_t als "unabhängige" Eingangsvariablen zu betrachten sind. Konfigurationen lassen sich jedoch nicht unabhängig von U stellvertretend manipulieren (vgl. S. 1), sondern sie lassen sich (im günstigsten Fall) unter Annahme der Gültigkeit des Modells aus den Unähnlichkeitsdaten schätzen. Erst eine gelungene Schätzung zusammen mit einer plausiblen Interpretation entscheidet darüber, welche Konfiguration angenommen werden darf. Von daher erscheint es wünschenswert, Bedingungen zu formulieren, die eine Bewertung im Sinne Fall A zulassen. Dementsprechend haben wir die Struktur der MDS in Abschnitt 4.1 beschrieben.

Zur Entscheidung darüber, ob die MDS eigentliche oder uneigentliche Modelle ergibt, muß man prüfen, wie die Parameter bestimmt werden. Eine Konfiguration S_t wird bei Vorliegen von Unähnlichkeitsdaten $U(M \times M)$ und festgewählter Metrik r und Dimensionalität t ¹⁾ nach einem Parameterschätzverfahren bestimmt, das sich aus den Eigenschaften des Verknüpfungselementes, insbesondere der psychologischen Distanz d , dem Anpassungskriterium und den zur Verfügung stehenden mathematischen Methoden (z.B. Gradientenmethode) herleitet (vgl. Abb. 2).

1) So wird z.B. der Streß als Anpassungskriterium bzw. (4.11) ja erst dann zu einer sinnvollen Bedingung für S_t , wenn r und t gewählt sind. Erst dadurch wird ja der Streß S (KRUSKAL 1964 a,b; vgl. auch MÖBUS 1976) definiert.

Ein 'gutes' Schätzverfahren verspricht bei "richtiger" Wahl von r und t eine "optimal" angepasste, eine "richtige" Lösung. Konfigurationen als Parameter führen zu einem uneigentlichen Modell, wenn die Menge der zulässigen Konfigurationen $\mathcal{F}_{r,t}$

nicht eingeschränkt wird. Dies ist z.B. möglich durch eine theoretisch begründete Beschränkung auf bestimmte mathematische Funktionstypen (z.B. nur lineare oder nur monotone Funktionen) oder durch Ausschluß bestimmter Funktionen aufgrund von gegebenem Vorwissen. Dabei werden dann (i.a.) externe Bedingungen hinzuzuziehen sein.

Die Parameter r und t werden in den bisher vorliegenden Skalierungsverfahren nicht geschätzt, sondern gesetzt. Das wird häufig nicht deutlich; denn man probiert lediglich, unter welcher Wahl von r , t die beste Anpassung gelingt. Dieses Vorgehen ist bei den gegenwärtig benutzten Anpassungskriterien und Schätzverfahren nicht berechtigt. Der Streßwert läßt sich nicht über verschiedene Parameterwerte von r oder t vergleichen. Die relative Veränderung des Streßwertes in Abhängigkeit von der Änderung der Dimensionalität t gibt nur ein Indiz, wieweit sich eine Vergrößerung von t noch "lohnt". Durch Freigabe der Variation von r und t wird die Menge der möglichen Konfigurationen vergrößert - formal entspricht das der Bildung der Vereinigungsmenge $\mathcal{F}(X, \mathcal{P}) := \bigcup_{r,t} \mathcal{F}_{r,t}(X, \mathcal{P})$ - eine Verbesserung der Anpassung kann daher nicht überraschen. So ist im Extremfall eine absolut optimale Anpassung möglich, wenn $t = m - 1$ gesetzt wird und Unähnlichkeitsdaten über m Reizobjekte vorliegen. KRUSKAL (1964) gibt den Rat, eine gut interpretierbare Lösung einer mit kleinerem Streßwert vorzuziehen, wenn diese nicht plausibel interpretiert werden kann. Die Nebenbedingung "Interpretierbarkeit" kann in das Modell einbezogen werden, indem man die Menge der möglichen Konfigurationen (z.B. über theoretische Erwartungen) einschränkt (vgl. zum Problem der Schätzung von t auch SHEPARD 1974; CUNNINGHAM & SHEPARD, 1974; ORTH 1976).

Ähnliche Probleme ergeben sich bei der Bestimmung des Metrikparameter r . Für die Wahl des "richtigen" r genügt ein minimaler Streßwert nicht (WENDER 1969, KRUSKAL 1964a, BORTZ 1974, AHRENS 1974, WOLFRUM 1976). Hat man allerdings die Parameter r und t "richtig" gewählt, so liefert ein gutes Verfahren eine gutangepasste Lösung. In diesem Sinne ist ein niedriger Streßwert zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung.

Die angegebene Darstellung macht deutlich, daß für die MDS zwei Klassen von Parametern unterschieden werden müssen: Konfigurationen S_t , die das MDS-Modell als uneigentliches charakterisieren und Metrik r und Dimensionalität t , die extern eingestellt werden und daher zu einem eigentlichen Modell führen können. Dabei ist zu beachten, daß auch die Konfigurationen nicht mehr allein durch die Anpassungsprozedur bestimmt werden, sobald formale (z.B. Beschränkung auf lineare oder monotone Funktionen) oder inhaltliche (nur bestimmte Merkmale dürfen in bestimmter Weise verwendet oder kombiniert werden) Nebenbedingungen eingeführt werden. Eine Einschätzung als eigentliches Modell erscheint möglich. Dies hängt davon ab, in welchem Maß externe Bedingungen die Parameterwahl beeinflussen, wie weit hypothetische bzw. theoretische Erwartungen eingesetzt werden. Dabei wird gefragt: Wieviele psychologische Merkmale sind für ein Urteil nötig; welche sind möglich; wie sollen diese unter Voraussetzung eines MDS-Modells kombiniert werden? Für die Abschätzung des Erklärungswertes ist zu unterscheiden, ob Formkriterien (wie z.B. das Ökonomieprinzip bei der Festlegung von t) oder theoretische Erwartungen bzw. Interpretationshypothesen verwendet wurden.

Für die Gruppe um GUTTMAN und LINGOES hat kürzlich BORG (1976, 1977) Vorschläge veröffentlicht, wie Prinzipien der Facetten-Theorie GUTTMAN's - insbesondere die Strukturen Simplex, Radex, Circumplex - für die Formulierung von Apriori - Einschränkungen der zulässigen MDS-Lösungen eingesetzt werden können. Übertragen auf unsere Analyse beziehen sich BORG's Überlegungen auf eine

Verkleinerung der Parametermenge $\mathcal{F}_{r,t}(X, \mathcal{P})$; sie können als eine Möglichkeit gesehen werden, die MDS-Struktur als eigentliches Modell einzusetzen.

Bisher wurden die inneren Struktureigenschaften des Verknüpfungselementes, die in der speziellen Wahl der Funktionen Z und Φ (s. S. 34 f) gegeben sind, nicht diskutiert. Will man die Gestalt der Funktionen für die Erklärung psychologischer (empirischer) Phänomene hinzuziehen, müssen zusätzliche Maßnahmen zur Operationalisierung ergriffen werden. D.h. die Wahl der speziellen Funktionen in (4.3) und (4.5) bleibt solange willkürlich wie sie nicht als Ergebnis begründeter Annahmen erscheint, die wiederum aus "gut bestätigten" Theorien hergeleitet werden sollten. Dies soll auch bei der systemtheoretischen Beschreibung von MDS-Modellen hervorgehoben werden. Dazu sollen die Funktionen Z und Φ aus dem Verknüpfungselement herausgenommen werden und das System von Abb. 2 um 2 Parameter erweitert werden.

Alle Parameter werden extern eingestellt bis auf die Konfigurationen S_t , die (in der Regel) geschätzt werden. Die vier externen Parameter hängen in unterschiedlicher Weise voneinander ab (vgl. (4.2) - (4.5)). Dem entspricht das Vorgehen in Anwendungssituationen: zunächst werden F , Z , und Φ eingestellt und die Form von G_r nach (4.4) festgelegt, dann werden r und t gewählt, erst dann wird S_t geschätzt.

Die Beziehung der Parameter zueinander kann durch die Beziehung der folgenden formalen Strukturen dargestellt werden;

- (4.17)
1. dimensionale Struktur: t, S_t
 - 2a. Differenzenstruktur : Φ, t, S_t
 - 2b. Additive Struktur : Z, t, S_t
 3. Add.-Diff. Struktur : Z, Φ, t, S_t
 4. AD-Struktur mit add. Segmenten: G_r, Z, Φ, t, S_t

Alle Strukturen sind auf einer Menge (Anwendungsbereich) S_t definiert. Die Strukturen 2 - 4 setzen eine dimensionale Struktur voraus, ohne jedoch die Variation von t und S_t weiter einzuschränken. Bei der Differenzenstruktur wird die Funktion Φ nach (4.3) festgelegt, bei der add. Struktur die Funktion Z nach (4.5). Die Forderung einer Metrik mit additiven Segmenten legt G_r der Gestalt nach fest, der Parameter $r \in [1, \infty)$ bleibt frei (vgl. TVERSKY & KRANTZ 1970, S. 588 f). Die AD-Struktur (mit add. Segmenten), das Meßmodell der MDS (vgl. ORTH 1974), erhält seine Struktur durch Φ , Z , G_r . Seine Variabilität wird durch die freien Parameter t und r beschrieben, sein Anwendungsbereich ist durch Mengen S_t (\mathcal{X}) gegeben.

Die Parameter eines MDS-Modells können aus verschiedenen Theorien hergeleitet werden. Innerhalb der jeweils für die Parametereinstellung herangezogenen Theorie muß geprüft werden, ob die damit verbundenen Annahmen berechtigt sind; hier können z.B. meßtheoretische Axiome getestet werden. Wenn die Festsetzung von F , Z , G_r , Φ und t in diesem Sinne theoretisch begründet ist, erklären die berechneten Zuordnungsregeln S_t die Unähnlichkeitsdaten U ($M \times M$).

Die obige Darstellung (4.17) zeigt, daß MDS-Modelle eine hochdifferenzierte Struktur besitzen, nämlich eine AD-Struktur mit additiven Segmenten. Aus der Struktur eines Modells kann nichts über seine Ordnungszahl innerhalb einer Theorienhierarchie abgeleitet werden. Dazu müssen übergeordnete Theorien existieren. Man kann einem Modell nicht ansehen, welche Ordnungszahl es besitzt (KALVERAM 1971, S. 373). Diese wird vielmehr in der Regel vom Anwendungsbereich abhängig sein: so hat möglicherweise ein MDS-Modell zur Ähnlichkeitsbeurteilung von Farben eine höhere Ordnungszahl als eines bei der Ähnlichkeitsbeurteilung sozialer Reize (weil sich das erste z.B. auf Ergebnisse und Theorien der Psychophysik stützen kann).

4.5 Beispiel (KRANTZ & TVERSKY 1975)

In der Untersuchung werden von 17 Vpn Ähnlichkeitsurteile über Rechtecke erhoben. Diese werden dann simultan mit einer MDS-Dekomponierung und meßtheoretisch analysiert. Die Rechtecke werden durch die physikalischen Merkmale Länge (L) und Breite (B) beschrieben. Damit erhält man:

(4.18) \mathcal{M} : Menge von Rechtecken

(4.19) $X = (L, B)$

(4.20) $X(\mathcal{M}) = \{(l, b) \in (\mathbb{R}^+)^2\}$

Für den psychologischen Urteilsraum werden zwei Alternativmodelle berücksichtigt:

(4.21) $S_2 = (\log L, \log B)$

(4.22) $\tilde{S}_2 = (\log L \cdot B, \log L/B)$

Zusammen mit der Annahme einer Minkowski-Metrik - mit nicht festgelegtem $r \in [1, \infty)$ - erhält man eine AD-Struktur für dieses Modell, so wie sie in 4.1 beschrieben ist. Aufgrund dieser Modellannahmen werden 17 Rechtecke so ausgewählt, daß sich faktorielle Versuchspläne zur Prüfung der strukturellen Eigenschaften ergeben (s. Abb. 3a). Dann werden prüfbare Bedingungen für Dekomponierbarkeit (D), Interdimensionale Additivität (IDA) und intradimensionale Subtraktivität (IDS) hergeleitet, die für beide Raummodelle parallel angewendet werden. D.h. das Anpassungskriterium wird hier durch diese drei Bedingungen definiert. Ist für eines der beiden Alternativmodelle das Kriterium "angemessen" erfüllt, kann dieses als eigentliches Modell akzeptiert werden, da (4.21) und (4.22) unabhängig von den empirischen Ähnlichkeitsurteilen eingeführt wurden.

Die Untersuchung liefert eine Reihe von interessanten Einzelergebnissen, die hier nicht weiter vorgestellt werden sollen. Stattdessen sollen das Hauptergebnis und die von den Autoren vorgestellten Konsequenzen für die Untersuchung unter unserer Fragestellung diskutiert werden. Die Autoren sehen das Hauptergebnis in der Aufdeckung einer systematischen Verletzung meßtheoretischer Voraussetzungen für beide Alternativen. Die in der Untersuchung gewählten testbaren Bedingungen erlauben es, eine Hypothese über die 'Systematik' zu formulieren: "The main reason for the failure of decomposability is the tendency for an interval along one dimension to appear larger the higher or more extreme the level of the orthogonal dimension." (KRANTZ & TVERSKY 1975, S. 31)

Es ist offensichtlich, daß nicht nur das Ergebnis - die Feststellung der Verletzung -, sondern vor allem die Interpretationen und die Konsequenzen der Analyse entscheidend von den getroffenen Modellannahmen abhängen. Die Hypothese über eine 'systematische Verletzung' von Axiomen ist nur unter der Annahme der Gültigkeit von (4.21) bzw. (4.22) gerechtfertigt. Sie wird plausibler, wenn sie durch andere Teile der Untersuchung, die unabhängig von denen durchgeführt werden, die zur Entdeckung der 'Systematik' geführt haben, gestützt werden können. Eine ausgezeichnete Möglichkeit bietet hier die MDS-Analyse, deren Ergebnisse in Abb. 3-b wiedergegeben sind. Die augenscheinliche Ähnlichkeit der Reizanordnung in der errechneten Konfiguration mit der durch (4.21) und (4.22) festgelegten Abb. 3a unterstützt die Interpretation der Testbefunde, insbesondere wird die daraus abgeleitete Hypothese anschaulich.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es wenig fruchtbar, die Untersuchung so zu bewerten wie ORTH (1974, S. 90) es andeutet: "Zahlreiche detaillierte und empirisch bedeutsame Ergebnisse dieser meßtheoretischen Analyse waren mittels einer mit den-

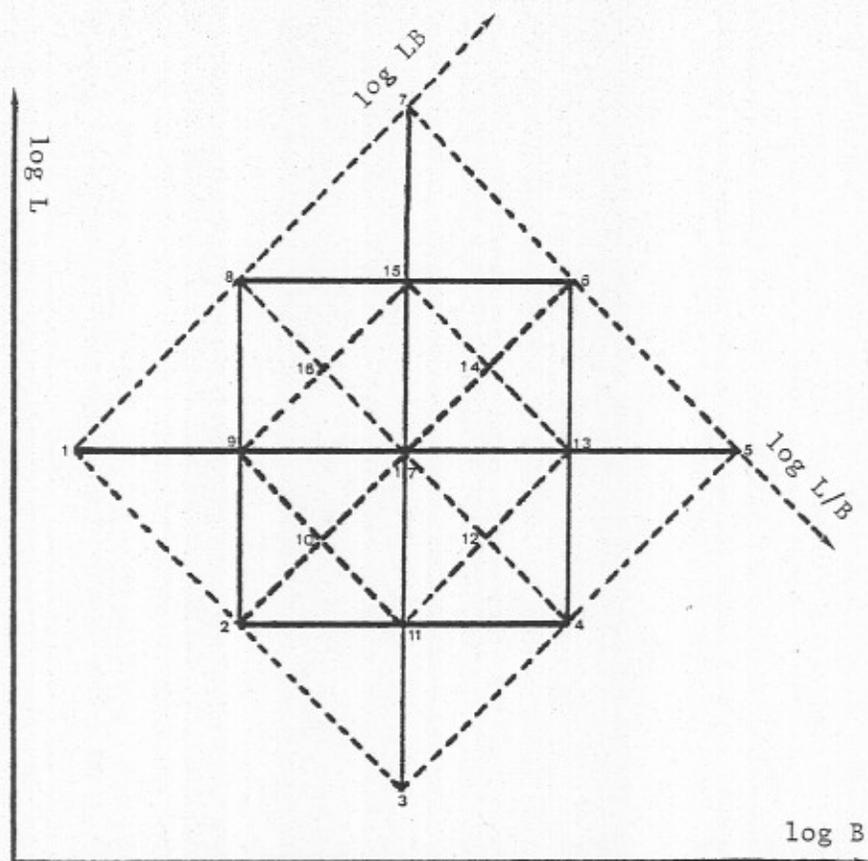


Abb. 3a : Darstellung der 17 Rechtecke als Punkte in dem orthogonalen Koordinatensystem $(\log B, \log L)$. Gestrichelt eingetragen ist das System $(\log LB, \log L/I)$ (vgl. KRANTZ & TVERSKY 1975,6)

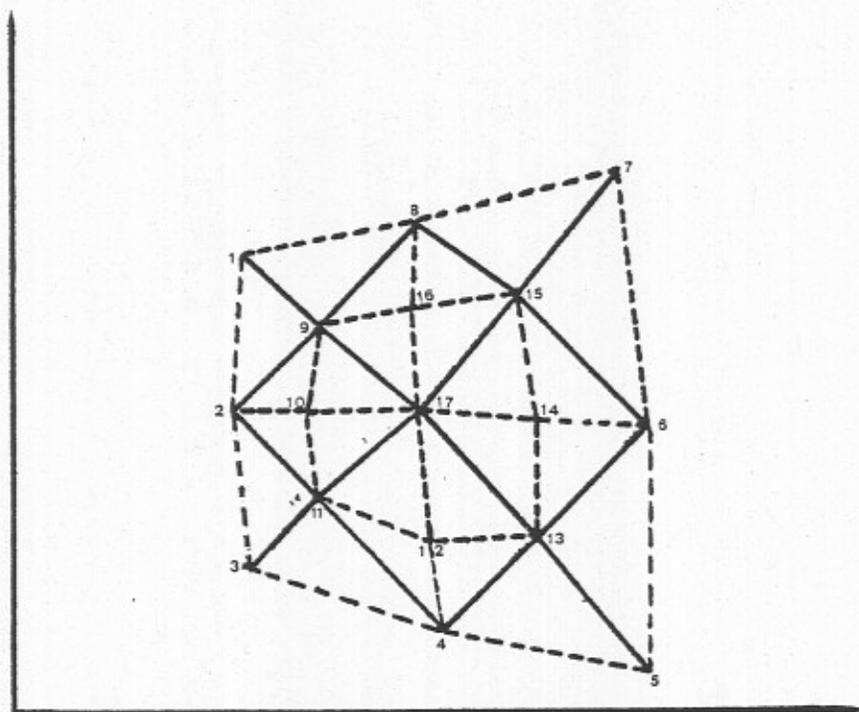


Abb. 3b : Das Skalierungsergebnis: die 17 Punkte des resultierenden Raumes repräsentieren die 17 Rechtecke (vgl. a.a.O. 30)

selben Daten durchgeführten mehrdimensionalen Skalierung nicht erkennbar". Sicher bleibt es fraglich, ob die Testbefunde im einzelnen und die vermutete 'Systematik' allein aus der geschätzten Konfiguration zu erkennen ist. So ist bspw. die systematische Verzerrung nur für die Dimension G und nicht für Dimension F deutlich zu sehen. Dieser Effekt ist aber auch sehr viel kleiner und das Versagen der MDS bei seiner Aufdeckung kann wohl eher auf eine geringe Sensibilität des Kruskal-Algorithmus als auf eine generelle Untauglichkeit der Dekomponierungsprozeduren zurückgeführt werden. Statt der von ORTH angedeuteten Konkurrenz zwischen beiden Vorgehensweisen sollten die Vorteile einer gemeinsamen Verwendung herausgestellt werden: Formal betrachtet wird unter der Nebenbedingung der 'systematischen Verletzung' die Menge der zulässigen Parameter - d.h. der Konfigurationen - eingeschränkt. Eine Lösung, die in der reduzierten Menge gefunden wird, hat in diesem Sinne einen höheren Informationswert.

Dieses Beispiel zeigt weiter, daß uneigentliche Modelle, wie sie durch MDS in Form einer Dekomponierung gewonnen werden, auch für die Entdeckung substantieller Fragen fruchtbar genutzt werden können. Während die meßtheoretische Analyse allein im strengen Sinne lediglich zur Ablehnung beider Alternativen führt, wird in der MDS-Lösung die Ablehnung positiv gewendet, indem ein modifiziertes Modell abgebildet wird und so die Abweichung anschaulich wird.

An dieser Stelle kann noch einmal die Beziehung zu dem systematischen Erklärungsbegriff der "Wie-es-möglich-war-daß-Erklärung" (vgl. S. 26) illustriert werden: Angenommen, die oben angegebene Hypothese einer systematischen Verletzung sei eine empirisch gut bestätigte Gesetzmäßigkeit, dann ließen sich unabhängig von den zu erklärenden Ähnlichkeitsurteilen Nebenbedingungen formulieren. Mit diesen können eine Menge von Konfigurationen verträglich sein, die bezogen auf die Nebenbedingungen - untereinander nicht weiter unterschieden werden können. Somit sind alle Alternativen

gleichberechtigt zur Erklärung, falls sich die Nebenbedingungen als logisch widerspruchsfrei mit den zu erklärenden Ähnlichkeitsurteilen erweisen und die über die oben genannte Hypothese modifizierten Gesetzesaussagen der AD-Struktur für die vorliegende Datenquelle (VPn, Reize) als gültig angenommen werden können. Es ergibt sich so eine Erklärung i.S. der "Wie-es-möglich-war-daß" Erklärung. Es ist offensichtlich, daß Dekomponierung und meßtheoretisch/orientiertes Vorgehen nur zwei unterschiedliche Überprüfungsweisen sind, die sich von ihrem Erklärungsanspruch her nicht prinzipiell unterscheiden. So zeigt man im ersten Fall, daß die Menge der möglichen Erklärungen nicht leer ist - durch Angabe einer Konfiguration - und im zweiten, daß Daten und Nebenbedingung logisch verträglich sind.

KRANTZ & TVERSKY diskutieren die Ergebnisse ihrer Studie unter dem Gesichtspunkt von zwei alternativen Forschungsstrategien: "The presence of interactions between attributes suggest two alternative research strategies:

- (i) to regard natural attributes as psychological dimensions and replace Equs. (1) und (2) (S. 5) by more complicated rules.
- (ii) to maintain additivity and subtractivity as essential properties of psychological dimensions, and search for factors that satisfy them." (S. 33).

Die in der Untersuchung angeführten Ergebnisse erlauben keine Entscheidung darüber, ob die Urteile auf einem orthogonalen Bezugssystem beruhen, ob IDA und IDS wesentliche Eigenschaften der Urteilsbildung sind. Die Wahl der Forschungsstrategie hängt vielmehr von dem Zweck der jeweiligen Untersuchung ab.

"If one is concerned with data reduction and convenient display of results, the latter approach has some advantages. If, on the other hand, one is primarily concerned with the manner in which people perceive and integrate stimuli, the former approach seems more appealing". (a.a.O. S. 33). Daß MDS-Modelle die erste Aufgabe erfüllen, ist weitgehend unumstritten. Aber auch unter der 2. Fragestellung können sie fruchtbar eingesetzt werden. Das führt zu der Frage, inwieweit die MDS-Dekomponierung als Modell auch systematische Abweichungen abbildet. D.h. will man die Alternativmodelle zunächst über ihre Abweichung von dem metrischen Modell mit orthogonalen Dimensionen beschreiben, dann versucht man, diese innerhalb eines solchen Bezugssystems darzustellen. Allerdings interpretiert man dann besser nicht die Koordinatenachsen des Bezugssystems, sondern die Konfiguration für sich.

5. Zusammenfassender Überblick über allgemeine Forschungsziele bei der Untersuchung der theoretischen Brauchbarkeit von MDS-Strukturen

In unseren einleitenden Bemerkungen zur allgemeinen Zielsetzung der MDS konnten verschiedene, aber nicht unabhängige Schwerpunkte in der Verwendung dieser Verfahrensgruppe identifiziert werden (vgl. S.5f). Wir haben uns in unserer theoretischen Analyse vor allem auf einen theoriezentrierten Aspekt konzentriert, nämlich auf die Brauchbarkeit der MDS als Hilfsmittel der Theorienbildung in psychologischen Verhaltensbereichen, bei denen die Untersuchung subjektiver Reinzähnlichkeiten und der korrespondierenden Urteilsprozesse in der menschlichen Informationsverarbeitung eine wesentliche Rolle spielt. Dazu waren einige theoretische Voraussetzungen zu klären wie der formale Status der MDS als Dekomponierungsmodell und als Meßstruktur sowie eine Einschätzung des prinzipiell möglichen theoretischen Erklärungswertes unter wissenschaftstheoretischer Perspektive. Die Analyse theoretischer Möglichkeiten muß nun abschließend ergänzt werden durch die Entwicklung eines Bezugsrahmens, der die Ableitung und Gliederung konkreter Forschungsprogramme zur empirischen Absicherung des theoretischen Geltungsanspruches von MDS-Modellen ermöglicht. Letztlich müssen empirische Forschungsstrategien entwickelt werden, welche die Planung und Durchführung von entsprechenden Experimenten erlauben, über die später im zweiten (empirischen) Teil der Untersuchung berichtet werden soll.

Bei der Herausarbeitung von Forschungszielen haben wir gemäß unserer Zielsetzung die Einschätzung des theoretischen Erklärungswertes in den Vordergrund gestellt. Zur Planung konkreter empirischer Untersuchungen und zur Einschätzung ihrer Bedeutsamkeit für Inhalt, Theorie und Praxis der Forschung sind jedoch einige Präzisierungen und Ergänzungen notwendig. Wir orientieren uns

hauptsächlich an wissenschaftstheoretischen Arbeiten von WESTMEYER (1973), der als allgemeines Ziel der Psychologie die Erklärung, Vorhersage und Kontrolle der Ereignisse ihres Gegenstandes nennt (S. 14, 38 f).

Mit wissenschaftlichen Erklärungen haben wir uns schon ausführlich beschäftigt. In ihrer üblichen Form sollen sie Antwort auf Warum-Fragen geben, indem die Antezedensbedingungen und Gesetze angegeben werden, unter denen das zu erklärende Ereignis eingetreten ist. Insbesondere wurden auch Adäquatheitsbedingungen genannt, die eine Beschreibung der Güte der Erklärungen erlauben. Als Modifikation des strengen Erklärungsmodells wurde die Form der "Wie-es-möglich-war,-daß-Erklärung" erörtert. Ergänzend haben wir in Bezug auf den Erklärungswert formaler Modelle einen systemtheoretischen Ansatz von KALVERAM (1971) diskutiert.

Die Prognose wird als Forschungsziel strukturell gleichgestellt mit der Erklärung, - allerdings bezogen auf andere pragmatische Umstände. Bei der Prognose geht man nämlich vom Explanans aus und gewinnt nachträglich das Explanandum, das das vorhergesagte Ereignis beschreibt.

Komplizierter ist das Verständnis des Forschungszieles der Kontrolle, vor allem auch deshalb, weil es sich auf den Prozeßaspekt wissenschaftlichen Handelns bezieht. Gerade deshalb ist dieser Aspekt auch besonders wichtig für die Planung und Durchführung empirischer Untersuchungen. In diesem Zusammenhang interessiert uns Kontrolle insbesondere als technologische Voraussetzung für die Planung von empirischen Untersuchungen mit Erklärungswert: "Kontrolle ... bezieht sich auf die Eigenart der Gesetzesannahmen und Theorien, die zur Erklärung und Vorhersage psychologischer Ereignisse eingeführt werden. Kontrolle ist dann gegeben, wenn

diese Ereignisse in den Gesetzesaussagen mit Bedingungen in Verbindung gebracht werden, die realisiert bzw. hergestellt werden können, so daß die entsprechenden Ereignisse (willkürlich) induzierbar sind bzw. ihr Eintreten verhindert werden kann." (WESTMEYER 1973, S. 31). Kontrollaspekte wurden auch schon bei unserer früheren Diskussion von Fall A und B in der KALVERAM'schen Konzeption berührt, wobei im Fall A sowohl unabhängige als auch abhängige Variablen der Datenquelle klassifizierbar sein sollen. Auf den Aspekt der Kontrolle als Bestandteil der Versuchsplanung kommen wir später (im empirischen Teil II) bei der Klassifikation von Forschungsstrategien wieder zurück, bspw. bei der Unterscheidung von Feld- und Laborexperimenten und bei der Diskussion der problematischen Beziehungen zwischen experimenteller und Alltagsrealität.

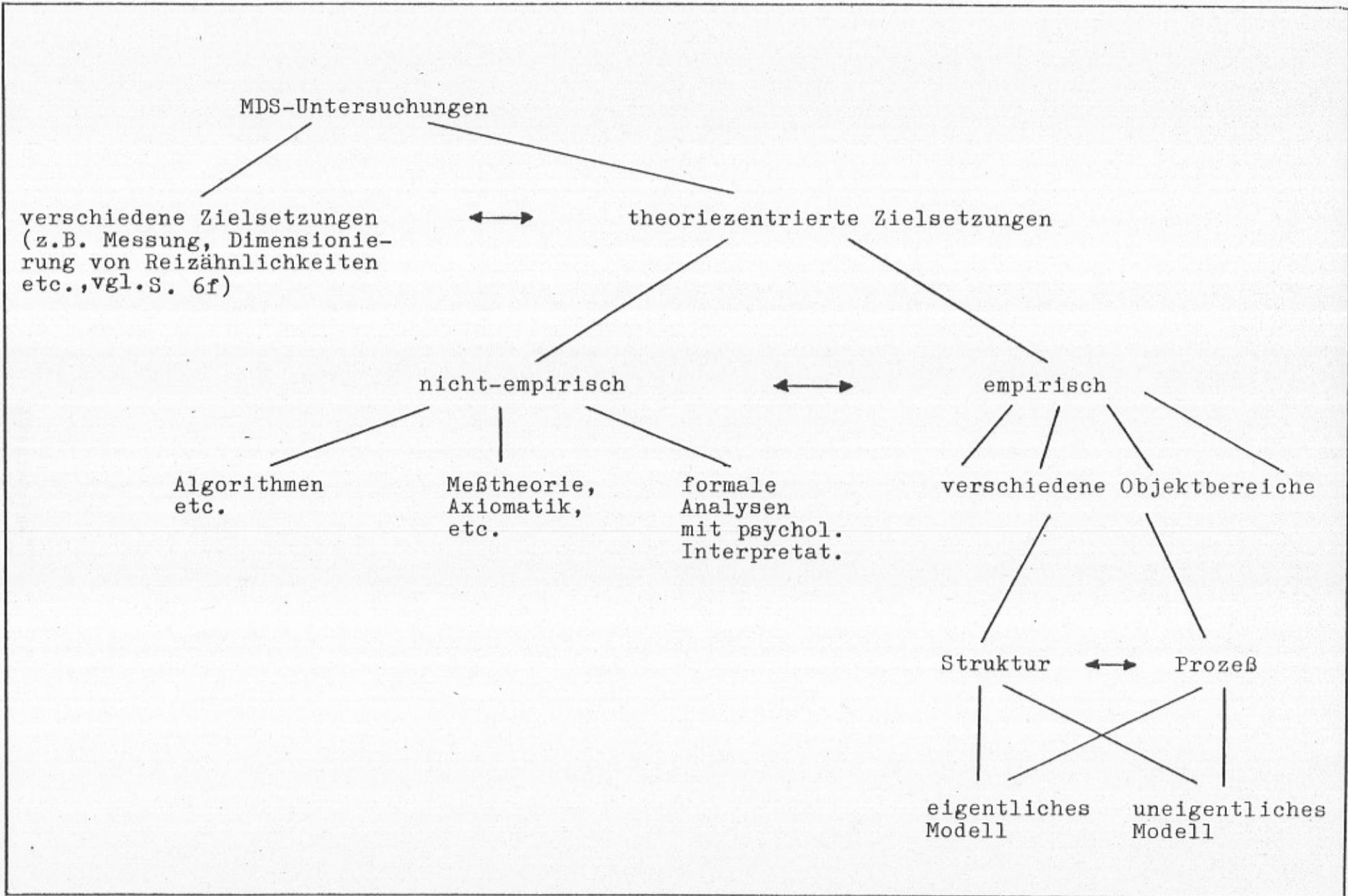
Mit dem Gegenstandsbereich einer Theorie als inhaltlichem Aspekt der Datenquelle haben wir ein wichtiges Bestimmungsstück der anfangs genannten Zieldefinition von Psychologie angesprochen. Wir hatten bei der Diskussion zur Einschätzung des Erklärungswertes von Modellen schon mehrfach darauf hingewiesen, daß der Erklärungswert eines MDS-Modelles nicht an sich, sondern immer im Zusammenhang mit der jeweiligen spezifischen Zielsetzung der Untersuchung einzuschätzen ist. Dazu gehört insbesondere auch der Gegenstandsbereich der jeweiligen inhaltlichen Theorie, die durch das MDS-Modell abgebildet werden soll.

Sofern wir den Gegenstandsbereich der MDS (Reizähnlichkeiten) im Sinne einer allgemeinen Verhaltenstheorie der Psychologie deuten, können wir uns an entsprechenden Analysen und Beispielen von WESTMEYER (1973, S. 40 ff, S. 81) orientieren, der den Objektbereich der Verhaltenstheorie durch die Variablen "Reaktionen" (bzw. Verhaltensweisen), "Reize", "Zeitpunkte", "Personen", "Situationen" und "Zahlen" definiert. Auf die Strukturierung des Objekt- bzw. Gegenstandsbereichs der MDS werden wir am Anfang des empirischen Teils II unserer Untersuchung genauer eingehen.

Forschungsarbeiten zum theoretischen Erklärungswert der MDS lassen sich zunächst grob danach unterscheiden, ob es sich um nicht-empirische oder empirische Untersuchungen handelt (vgl. Abb. 4). Unter nicht-empirischen Arbeiten fassen wir beispielsweise meßtheoretische und axiomatische Untersuchungen (z.B. BEALS, KRANTZ & TVERSKY 1968; TVERSKY & KRANTZ 1970) aber auch solche zu Algorithmen-Problemen, zur Entwicklung optimaler Anpassungsprozeduren etc. zusammen. Aber auch Konstruktionen und formale Analysen von Modellen mit expliziter psychologisch-inhaltlicher Interpretation von Modellparametern gehören zu nicht-empirischen Untersuchungen, obwohl sie direkte Hinweise auf Experimente enthalten (vgl. z.B. verschiedene Interpretationen des Metrik-Parameters von SHEPARD 1964a, CROSS 1965, MICKO & FISCHER 1970). Axiomatische und meßtheoretische Untersuchungen sind insofern mit der Empirie mehr oder weniger eng verzahnt, indem sie mindestens immer die notwendige Voraussetzung für die Planung theorieorientierter Experimente bilden, - wofür auch unsere eigene Gesamtuntersuchung in zwei Teilen ein Beispiel ist. Viele axiomatische Untersuchungen enthalten die Ableitung empirisch testbarer Bedingungen (z.B. Additivität), die unmittelbar auf konkrete Experimente hinweisen (vgl. z.B. WENDER(1971), LANTERMANN (1976)).

Wie schon ausgeführt, beziehen sich Theorien auf bestimmte Objektbereiche, deren empirischer Gehalt in empirischen Untersuchungen einen konkreten Sinn erhält und sich auf Inhalt und Verknüpfung der schon genannten Variablen "Reaktion", "Reiz", etc. bezieht. In diesem Zusammenhang ist auch die oft verwendete Gegenüberstellung von "Struktur-" und "Prozeßaspekten" des MDS-Modells bedeutsam. Wird die MDS z.B. als Hilfsmittel bei der Theorienbildung im Gegenstandsbereich "Urteilsbildung" eingesetzt, so impliziert die Abbildung subjektiver Reizräume durch MDS-Strukturen nicht nur die Erfassung von Urteilsstrukturen

Abb. 4 MDS als Hilfsmittel der Theoriebildung: Klassifikation von Forschungszielen



(z.B. implizite Persönlichkeitstheorien für die Personenwahrnehmung), sondern bei Interpretation der Distanzfunktion als Urteilsregel auch die mögliche Analyse von Urteilsprozessen. Auch in Längsschnittuntersuchungen zur Entwicklung von kognitiven Strukturen werden prozessuale Aspekte stärker berücksichtigt. Struktur- und Prozeßaspekte ergänzen sich wechselseitig.

Unter theorienorientierten empirischen Arbeiten verstehen wir solche Untersuchungen, in denen empirische MDS-Ergebnisse apriori und/oder aposteriori mit theoretischen Ansprüchen verknüpft werden. Eine "aposteriori-Verknüpfung" liegt z.B. dann vor, wenn die MDS zunächst nur zur beschreibenden Repräsentation von mehrdimensional dekomponierten Unähnlichkeiten verwendet wird, und wenn nachträglich die resultierenden MDS-Skalen bspw. als kognitive Dimensionen einer psychologischen Urteilstheorie interpretiert werden. Dieser Fall ist zumindest immer dann als sehr problematisch anzusehen, wenn keinerlei Bemühungen des Experimentators ersichtlich sind, die postulierte Beziehung zwischen der deskriptiven Werkzeugfunktion der MDS und ihren theoretischen Implikationen abzusichern. Eine minimale Absicherung bei solchen "aposteriori-Strategien" kann erfolgen durch empirische Prüfung der Interpretationsgültigkeit von Skalen (vgl. z.B. AHRENS 1967, 1974, S. 230 ff). In Bezug auf die schon kurz erörterte "Implikationsthese" (vgl. S. 4) hat GIGERENZER (1978) kürzlich auf die Notwendigkeit hingewiesen, dimensionsanalytische Untersuchungen gegenüber "Divergenz-Artefakten" abzusichern, vor allem wenn die MDS-Ergebnisse theoretisch als Abbildung von Urteilsstrukturen interpretiert werden. Die "apriori-Verknüpfung" ist unproblematischer und würde z.B. eine Urteilstheorie voraussetzen, aus der Hypothesen über mögliche Urteilsregeln abgeleitet werden, wobei die Urteilsregeln durch bestimmte Teile des MDS-Modells repräsentiert würden. Ein weiterer Gliederungsaspekt für MDS-Untersuchungen nach allgemeinen Forschungszielen zielt auf die Frage, ob die MDS als "eigentliches" oder "uneigentliches" Modell eingesetzt wird (vgl. Abb. 4).

Im besonders günstigen Fall wird die MDS als axiomatisiertes System, nach KALVERAM als eigentliches Modell unter Fall A mit möglichst großer Ordnungszahl der dahinterstehenden Theorie eingesetzt. Damit ist nach unseren früheren wissenschaftstheoretischen Erörterungen gemeint, daß:

- a) eine empirisch prüfbare Hypothese (apriori) aus einem möglichst "umfassenden" hierarchisch gegliederten psychologischen Theoriensystem ableitbar ist (hohe Ordnungszahl).
- b) daß nicht nur die abhängigen Variablen, sondern auch die unabhängigen in der Hypothese klassifizierbar und experimentell manipulierbar sind (Fall A).
- c) und daß die in der Hypothese angesprochen Modellparameter extern, d.h. ohne Rückkoppelung über die zu erklärenden Daten einstellbar sind (eigentliches Modell).

Besonders der letztgenannte Gesichtspunkt zielt auf den theoretischen Erklärungswert von MDS-Modellen, der in Verbindung mit weiteren schon genannten wissenschaftstheoretischen Kriterien die Basis für entsprechende theoretische Experimente bildet.

Einen verwandten Aspekt haben wir in einer früheren Arbeit bei der Diskussion der Anpassungsgüte von MDS-Ergebnissen als "skalierungsexterne" Güteprüfung angesprochen (vgl. AHRENS 1974, S. 47). Gegenüber "skalierungsexterner" Prüfung lassen sich Untersuchungen mit "skalierungsinterner" Prüfprozedur abheben. Dabei handelt es sich gewöhnlich um übliche Prüfungen der Anpassungsgüte beim Einsatz der MDS als Hilfsmittel der Dekomponierung von empirischen Unähnlichkeiten: Die modellabhängig berechneten und auf bestimmte Eingangsdaten bezogenen Distanzen werden wieder mit den Eingangsdaten verglichen und anhand eines Anpassungskriteriums auf

Anpassungsgüte beurteilt. Da die Parameter bei geschlossener Rückkoppelung zu den Eingangsdaten eingestellt werden, wird die MDS hier nach KALVERAM als "uneigentliches Modell" angewendet, wobei lediglich eine Beschreibung der dekomponierten Unähnlichkeitswerte erfolgt, aus der nicht ohne weiteres auch auf den theoretischen Erklärungswert der MDS-Ergebnisse geschlossen werden kann.

Als optimale Strategie hatten wir schon bei der Gegenüberstellung von MDS als Dekomponierungsmittel und als Meßstruktur eine systematische Kombination beider Strategien vorgeschlagen. Dem entspricht auch die Vorstellung, daß Beschreibung und Erklärung nicht unabhängige, sondern sich wechselseitig ergänzende Erkenntnisschritte sind. Auch Konzepte von MICKO (1971) zur inneren und äußeren Gültigkeit am Beispiel der Faktorenanalyse sind verwandt mit dieser zweistufigen Strategie.

Eine genauere Erörterung von Forschungsstrategien soll auf dem Hintergrund der angeführten Forschungsziele und in Verbindung mit dem jeweiligen inhaltlichen Forschungsgegenständen und den Maßnahmen der experimentellen Kontrolle im empirischen Teil II erfolgen. In diesem Zusammenhang sollen z.B. auch Fragen zum Zusammenhang von experimenteller Realität und Alltagsrealität erörtert und möglicherweise durch empirische Untersuchungen belegt werden.

Zusammenfassung:

Die allgemeine Zielsetzung der mehrdimensionalen Skalierung (MDS) besteht in der Repräsentation von subjektiven Reizunähnlichkeiten durch Distanzen in metrischen Räumen möglichst geringer Dimensionalität. Am Beispiel der nonmetrischen MDS ohne Berücksichtigung individueller Differenzen wird in einer theoretischen Analyse untersucht, wieweit die MDS dabei auch als Hilfsmittel der Theorienbildung zur Untersuchung informationsverarbeitender Strukturen und Prozesse eingesetzt werden kann. Wir gehen dabei von der These aus, daß die Anwendung der MDS über eine neutrale Werkzeugfunktion hinaus nicht nur wahlweise, sondern notwendig Modellfunktion aufweist, d.h. die Berücksichtigung von inhaltlich-theoretischen Aspekten der untersuchten Gegenstandsbereiche impliziert.

Die formale Struktur der MDS wird ausführlich analysiert und expliziert. Es wird untersucht, unter welchen Voraussetzungen bei der Anwendung der MDS gewährleistet werden kann, daß die MDS-Struktur Eigenschaften eines Verhaltensmodells mit theoretischen Erklärungswert aufweist. Die vorliegende theoretische Analyse soll die Grundlage für spätere empirische Untersuchungen zur Theorie der menschlichen Informationsverarbeitung bilden.

- AHRENS, H. J.: Zur Systematik der Urteilsbildung bei der Beurteilung westdeutscher Politiker. Arch. ges. Psychol., 1967, 119, 57 - 89.
- AHRENS, H. J.: Zur Verwendung des Metrik-Parameters multidimensionaler Skalierungen bei der Analyse von Wahrnehmungsstrukturen. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 1972, 19, 173-195
- AHRENS, H. J.: Zur Bedeutung der Metrik in multidimensionalen Ähnlichkeitsskalierungen. In: E. REINERT (Hrsg.) Bericht 27. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Göttingen (Hogrefe) 1973, 221-229
- AHRENS, H. J.: Multidimensionale Skalierung. - Methodik, Theorie und empirische Gültigkeit mit Anwendungen aus der differentiellen Psychologie und Sozialpsychologie. Weinheim (Beltz) 1974
- AHRENS, H. J.: Multidimensionale Skalierung: Ein Hilfsmittel zum Theorietesten. Bemerkungen zur Untersuchung von E. LANTERMANN "Die Dimensionalität kognitiver Repräsentation sozialer Objekte: Informationsverarbeitung in Relation zur politischen Haltung." Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1976, 7, 286-291
- BEALS, R., KRANTZ, D.H. & TVERSKY, A.: Foundations of multidimensional scaling. Psychological Review, 1968, 75, 127-142
- BJORK, R.A.: Why mathematical models? American Psychologist, 1973, 28, 426-434
- BORG, I.: Facetten- und Radextheorie in der multidimensionalen Skalierung. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1976, 7, 231-247
- BORG, I.: Ergänzende Bemerkungen zur Facetten- und Radextheorie in der MDS. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1977, 8, 199-200
- BORTZ, J.: Kritische Bemerkungen über den Einsatz nicht-euklidischer Metriken im Rahmen der multidimensionalen Skalierung. Archiv für Psychologie, 1974, 126, 196 - 212
- BRUSCHLINSKI, A.W.: Über einige Modellierungsverfahren in der Psychologie. In: E.W. SCHORCHOWA (Hrsg.) Methodologische und theoretische Probleme der Psychologie. Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften) 1974, 202-225
- CARROLL, J.D. & CHANG, J.J.: Analysis of individual differences in multidimensional scaling via an N-way of "Eckart-Young" decomposition. Psychometrika, 1970, 35, 283-319

- CLIFF, N.: SCaling. Annual Review of Psychology, 1973, 24, 473-507
- COOMBS, C.H., DAWES, R.M. & TVERSKY, A.: Mathematische Psychologie. Weinheim (Beltz) 1975
- CROSS, D.V.: Metric properties of multidimensional stimulus generalization. In: D.I. MOSTOFISKY (Ed.) Stimulus Generalization. Stanford (University Press) 1965, 72-93
- CUNNINGHAM, J.P. & SHEPARD, R.N.: Monotone Mapping of Similarities into a-General Metric Space. Journal of Mathematical Psychology, 1974, 11, 335-363
- DEPPE, W.: Formale Modelle in der Psychologie. Stuttgart (Kohlhammer) 1977
- FALMAGNE, J.C.: Random Conjoint Measurement and Loudness Summation. Psychological Review, 1976, 65-79
- FISCHER, G.H.: Einige Gedanken über formalisierte psychologische Theorien. Psychologische Beiträge, 1971, 13, 376-384
- FISCHER, W. & MICKO, H.C.: More about metrics of subjective spaces and attention distributions. Journal of Mathematical Psychology, 1972, 9, 36-54
- GIGERENZER, G.: Nonmetrische multidimensionale Skalierung als Modell der Urteilsfindung. Zur Integration von dimensionsanalytischer Methodik und Theorienbildung. Dissertation, München, 1977
- GIGERENZER, G.: Artefakte in der dimensionsanalytischen Erfassung von Urteilsstrukturen. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1978, 9, 110-116
- GIGERENZER, G. & STRUBE, G.: Zur Revision der üblichen Anwendung dimensionsanalytischer Verfahren. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 1978, 10, 75-86
- GROEBEN, N. & WESTMEYER, H.: Kriterien psychologischer Forschung. München (Juventa) 1975
- GUTTMAN, L.: Measurement as structural theory. Psychometrika, 1971, 36, 329-347
- HEMPEL, C.G. & OPPENHEIM, P.: Studies in the logic of explanation. Philosophical Science, 1948, 15, 135-175
- HERRMANN, T.: Präzisierte Psychologie. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1974, 5, 145-151
- HERRMANN, T. & STAPF, K.H.: Über theoretische Konstruktionen in der Psychologie. Psychologische Beiträge, 1971, 13, 336-355
- HOLZKAMP, K.: Theorie und Experiment in der Psychologie. Berlin (De Gruyter) 1964

- KALVERAM, K. T. : Über Faktoranalyse. Kritik eines theoretischen Konzepts und seine mathematische Neuformulierung. Archiv für Psychologie, 1970, 122, 92-118
- KALVERAM, K.T.: Modell und Theorie in systemtheoretischer Sicht. Psychologische Beiträge, 1971, 13, 366-376
- KEMPF, W.F.: Probabilistische Modelle in der Sozialpsychologie. Bern (Huber) 1974
- KLAUS, G.: Kybernetik und Erkenntnistheorie. Berlin (VEB Verlag der Wissenschaften) 1972
- KLIX, F.: Gesetz und Experiment in der Psychologie. Probleme und Ergebnisse der Psychologie, 1962, III/IV, 1-37
- KRANTZ, D.H.: Measurement Theory and Qualitative Laws in Psychophysics. In: KRANTZ, D.H., ATKINSON, R.C., LUCE, R.D. & SUPPES, P. (Eds.): Contemporary Developments in Mathematical Psychology. San Francisco (Freeman) 1974
- KRANTZ, D.H., LUCE, R.D., SUPPES, P. & TVERSKY, A.: Foundations of measurement. Vol. I: Additive and Polynomial Representations. New York (Academic Press) 1971
- KRANTZ, D.H. & TVERSKY, A.: Similarity of Rectangles: An Analysis of Subjective Dimensions. Journal of Mathematical Psychology, 1975, 12, 4-34
- KREPPNER, K.: Zur Problematik des Messens in den Sozialwissenschaften. Stuttgart (Klett) 1975
- KRUSKAL, J.B.: Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 1964, 29, 1-29(a)
- KRUSKAL, J.B.: Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. Psychometrika, 1964, 29, 115-131(b)
- LANTERMANN, E.D.: Die Dimensionalität kognitiver Repräsentation sozialer Objekte: Informationsverarbeitung in Relation zu politischer Haltung. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 1976, 7, 168-176
- LEINFELLNER, W.: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. Mannheim (Bibliographisches Institut) 1967
- MICKO, H.C.: A "Halo"-Model for multidimensional ratio scaling. Psychometrika, 1970, 35, 199-227
- MICKO, H.C.: Bemerkungen zur inneren und äußeren Gültigkeit am Beispiel der Faktorenanalyse. Psychologische Beiträge, 1971, 13, 384-391

- MICKO, H.C. & FISCHER, W.: The metric of multidimensional psychological spaces as a function of the differential attention to subjective attributes. *Journal of Mathematical Psychology*, 1970, 1, 118-143
- MÖBUS, C.: Nonmetric Multidimensional Scaling without Disparities and Derivatives: A Rankcorrelation-Orientated Approach Through L_1 -Approximation. *Archiv für Psychologie*, 1976, 128, 240-268
- NAKATANI, L.H.: Confusion-choice model for multidimensional psychophysics. *Journal of Mathematical Psychology*, 1972, 9, 104-128.
- ORLIK, P.: Das Dilemma der Faktorenanalyse - Zeichen einer Aufbaukrise in der modernen Psychologie. In: A. DIEMER (Hrsg.) *Geschichte und Zukunft*. Meisenheim (Hain) 1967, 368-379
- ORTH, B.: *Einführung in die Theorie des Messens*. Stuttgart (Kohlhammer) 1974
- ORTH, B.: On the foundations of multidimensional scaling: An alternative to the Beals, Krantz, and Tversky approach. Präsentiert auf der Tagung: Internationales Symposium über multidimensionale Skalierung und verwandte Gebiete. Institut für Psychologie der RWTH Aachen, 5.12-12.12.1976, 1976
- PAWLIK, K.: Right answers to the wrong questions? A re-examination of factor analytic personality research and its contributions to personality theory. In: J. R. ROYCE (Ed.) *Contributions of multivariate analysis to psychological theory*. New York (Academic Press) 1973, 17-44
- ROSENBERG, S. & SEDLAK, A.: Structural representations of implicit personality theory. In: L. BERKOWITZ (Ed.) *Advances in experimental social psychology*. Vol. 6, New York (Academic Press) 1972
- SARRIS, V.: Zur Bedeutung von Modellen bei der psychologischen Theorienbildung. *Psychologische Beiträge*, 1971, 13, 328-336
- SHEPARD, R. N.: Attention and metric structure of stimulus space. *Journal of Mathematical Psychology*, 1964(a), 1, 54-87
- SHEPARD, R.N.: On subjectively optimum selection among multiattribute alternatives. In: M. W. SHELLY & G.L. BRYAN (Eds.) *Human judgments and optimality*. New York (Wiley) 1964(b)
- SHEPARD, R.N.: Representations of structure in similarity data: Problems and prospects. *Psychometrika*, 1974, 39, 373-421

- SUPPES, P.: A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. *Synthese*, 1960, 12, 287-301
- SUPPES, P. & ZINNES, J.L.: Basic measurement theory. In: R.D. LUCE, R.R. BUSH & E. GALANTER (Eds.) *Handbook of Mathematical Psychology*. Vol. I. New York (Wiley) 1963, 1-77
- TACK, W.H.: Mathematische Modelle in der Sozialpsychologie. In: GRAUMANN, C.F. (Hrsg.) *Handbuch der Psychologie*, Bd. 7 (1. Halbbd.) Theorien und Methoden. Göttingen (Hogrefe) 1969, 232-265
- TACK, W.H.: Messung als Repräsentation empirischer Gegebenheiten. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 1970, 17, 184-212
- TACK, W.H.: Das Entscheidbarkeitsproblem bei der Verwendung formaler Modelle. *Psychologische Beiträge*, 1971, 13, 355-366
- TORGERSON, W.S.: Psychological scaling. In: van der KAMP, L.J.Th. & VLEK, C.A.J. (Eds.) *Psychological measurement theory*. Proceedings of the NUFFIC international summer session in science, The Hague 1966, Leyden 1967.
- TUCKER, L.R. & MESSICK, S.: An individual differences model for multidimensional scaling. *Psychometrika*, 1963, 28, 333-367
- TVERSKY, A. & KRANTZ, D.H.: The dimensional representation and the metric structure of similarity data. *Journal of Mathematical Psychology*, 1970, 7, 572-596
- WENDER, K.: Die psychologische Interpretation nichteuklidischer Metriken in der multidimensionalen Skalierung. Dissertation, Darmstadt, 1969
- WENDER, K.: Die Metrik der multidimensionalen Skalierung als Funktion der Urteilsschwierigkeit. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 1971, 18, 166-187
- WENDER, K. & HEGNER, K.: Ähnlichkeitsskalierung und Präferenzbeurteilung. In: ECKENSBERGER, L.U. & ECKENSBERGER, U.S. (Hrsg.) *Bericht 28. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie*, Band 2. Göttingen (Hogrefe) 1974, 51-64
- WESTMEYER, H.: *Logik der Diagnostik. Grundlagen einer normativen Diagnostik*. Stuttgart (Kohlhammer) 1972
- WESTMEYER, H.: *Kritik der psychologischen Unvernunft. Probleme der Psychologie als Wissenschaft*. Stuttgart (Kohlhammer) 1973

WOLFRUM, C.: Zur Bestimmung eines optimalen Metrikkoeffizienten r mit dem Skalierungsverfahren von Kruskal. Zeitschrift für angewandte und experimentelle Psychologie, 1976 (XXIII), 2, 339-350

Bisher erschienene Berichte aus dem

Psychologischen Institut der Universität Heidelberg

- Diskussionspapier Nr. 1: GROEBEN, N.: Vom behavioralen zum epistemologischen Subjektmodell: Paradigmawechsel in der Psychologie? September 1975
- Diskussionspapier Nr. 2: MÖBUS, C. & SIMONS, H.: Zur Fairness psychologischer Intelligenztests gegenüber ethnischen und sozialen Gruppen: Kritik klassischer Konzepte. Oktober 1975
- Diskussionspapier Nr. 3: WOTTAWA, H.: Skalenprobleme bei probabilistischen Meßmodellen. März 1976
- Diskussionspapier Nr. 4: TREIBER, B. & PETERMANN, F.: Zur Interaktion von Lernermerkmalen und Lehrmethoden: Rekonstruktion und Normierung des ATI-Forschungsprogramms. April 1976
- Diskussionspapier Nr. 5: MÖBUS, C. & WALLASCH, R.: Zur Erfassung von Hirnschädigungen bei Kindern: Nichtlineare Entscheidungsregeln auf der Basis von Veränderungsmessungen. August 1976
- Diskussionspapier Nr. 6: SCHEELE, B. & GROEBEN, N.: Voraussetzungs- und zielspezifische Anwendung von Konditionierungs- vs. kognitiven Lerntheorien in der klinischen Praxis. Dezember 1976
- Diskussionspapier Nr. 7: MÖBUS, C.: Zur Analyse nichtsymmetrischer Ähnlichkeitsurteile: Ein dimensionales Driftmodell, eine Vergleichshypothese, TVERSKY's Kontrastmodell und seine Fokushypothese. Juni 1977
- Diskussionspapier Nr. 8: SIMONS, H. & MÖBUS, C.: Veränderung von Berufschancen durch Intelligenztraining. Juli 1977
- Diskussionspapier Nr. 9: BRAUNMOHL, C. v. & GRIMM, H.: Zur Kommunikationspsychologie: Über Versuche der methodischen Konstitution eines genuin humanwissenschaftlichen Forschungsansatzes zur Entwicklung der Verständigungsfähigkeit. November 1977
- Diskussionspapier Nr. 10: HOFER, M.: Entwurf einer Heuristik für eine theoretisch geleitete Lehrer- und Erzieherbildung. November 1977
- Diskussionspapier Nr. 11: SCHEIBLER, D. & SCHNEIDER, W.: Probleme und Ergebnisse bei der Evaluation von Clusteranalyse-Verfahren. Juni 1978
- Diskussionspapier Nr. 12: SCHEELE, B.: Kognitions- und sprachpsychologische Aspekte der Arzt-Patient-Kommunikation. September 1978

Diskussionspapier Nr. 13: TREIBER, B. & SCHNEIDER, W.: Mehr-
ebenenanalyse sozialstruktureller Bedingungen schulischen
Lernens. Oktober 1978

Diskussionspapier Nr. 14: AHRENS, H.-J. & KORDY, H.: Möglich-
keiten und Grenzen der theoretischen Aussagekraft von multi-
dimensionalen Skalierungen bei der Untersuchung menschlicher
Informationsverarbeitung. Teil I: Formale und wissenschafts-
theoretische Grundlagen. Februar 1979