

4.1 REKURSIVE KAUSALANALYSE

(Peter Schmidt)

4.1.1 Die Verfahren

4.1.2 Vergleich der Verfahren

4.1.1 Die Verfahren

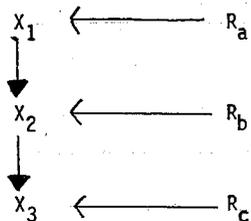
Das Ziel der vorliegenden Studie war es, zum einen Hypothesen zu prüfen und zum anderen Prognosen bzw. praktische Handlungsanweisungen abzuleiten. Dieser Zielsetzung wird der Kalkül der Kausalanalyse am ehesten gerecht. Was sind die Vorteile dieses Verfahrens?

- (A) Mit Hilfe linearer Kausalmodelle lassen sich verbale Hypothesen in Form von Gleichungssystemen derart formalisieren, daß, wenn nicht alle Variablen mit allen anderen direkt zusammenhängen, zusätzlich testbare Deduktionen ableitbar sind. Um unser Vorgehen zu erläutern, sei folgendes Beispiel gegeben:

Hypothese 1: Je mehr Partizipation an Entscheidungen in der Veranstaltung (X_1), desto strukturierter der Stoff (X_2).

Hypothese 2: Je mehr Strukturiertheit des Stoffes (X_2), desto höher die intrinsische Motivation (X_3).

Zwischen Partizipation und intrinsischer Motivation soll keine direkte Beziehung bestehen. Das entsprechende Pfeildiagramm (Pfaddiagramm) zu diesen verbalen Hypothesen stellt sich so dar:



R_a = Residuum der Variable X_2

R_b = Residuum der Variable X_1

Die Residuen repräsentieren die jeweilige ungeklärte Varianz. Die Deduktion, die man hier nur zusätzlich ableiten kann, besteht darin, daß die Beziehung von X_1 auf X_3 unter Konstanthaltung von X_2 Null werden muß.

Die entsprechenden Pfad- bzw. Regressionsgleichungen lauten nun :

Regressionsgleichungen (2)

$$(1) X_1 = e_1$$

$$(2) X_2 = \beta_{21}X_1 + e_2$$

$$(3) X_3 = \beta_{31}X_1 + \beta_{32}X_2 + e_3$$

Pfadgleichungen (3)

$$(4) X_1 = R_a$$

$$(5) X_2 = p_{21}X_1 + R_b$$

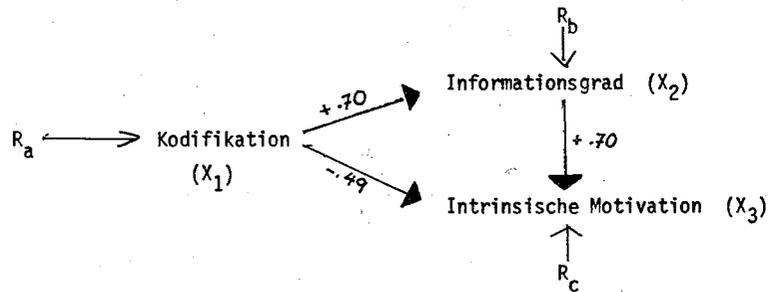
$$(6) X_3 = p_{31}X_1 + p_{32}X_2 + R_c$$

Man nimmt also an, daß bei den Regressionsgleichungen der partielle Regressionskoeffizient β_{31} 0 bzw. nicht signifikant wird. Bei der Pfadanalyse deduziert man, daß die Differenz zwischen der errechneten Korrelation r_{31}^X und der empirischen Korrelation r_{31} nicht größer als .10 sein darf.

- (B) Man kann mit Hilfe der linearen Kausalmodelle die Parameter der Koeffizienten, d.h. die Steigung geschätzen. Die von uns verwendeten Verfahren haben die optimalen Merkmale hinsichtlich der Unverzerrtheit, Effizienz und Konsistenz der Schätzung. In Bezug auf die Qualität der Schätzung unterscheiden sich die in den Gleichungen (1) - (3) auftretenden Parameter β nicht von der in Gleichung (4) - (6) auftretenden Pfadkoeffizienten. Im Rahmen unseres Vergleichs der Methoden der Kausalanalyse haben wir auch den Beweis der Identität von Pfad- und Regressionskoeffizienten aufgeführt.

- (C) Über die Regressionsanalyse hinaus erlaubt uns das sogenannte Pfadtheorem $r_{ij} = p_{ik}r_{jk}$ die Zerlegung von Effekten in direkte (kausale) und indirekte korrelierte sowie indirekte kausale Effekte (4). Um dies näher zu erläutern, wollen wir die algebraische Zerlegung der Effekte an einem Beispiel durchführen.

Gegeben sei folgendes Modell:



Die Gleichungen hierfür lauten:

$$(7) X_1 = R_a$$

$$(8) X_2 = p_{21} X_1 + R_b$$

$$(9) X_3 = p_{31} X_1 + p_{32} X_2 + R_c$$

Multiplikation mit den jeweils kausal vorangehenden Variablen ergibt vereinfacht:

$$(8a) r_{21} = p_{21}$$

$$(9a) r_{31} = p_{31} + p_{32} r_{21}$$

$$(9b) r_{32} = p_{31} r_{21} + p_{32}$$

Wir können nun in (9b) r_{21} und in (9a) r_{21} durch den Ausdruck rechts des Gleichheitszeichens in (8a) substituieren und erhalten dann:

$$(10a) r_{31} = p_{31} + p_{32} p_{21}$$

$$(10b) r_{32} = p_{31} p_{21} + p_{32}$$

Auf unser inhaltliches Problem angewandt, ergibt sich also bei (10a): der direkte Effekt von Kodifikation von $-.49$ (p_{31}) wird durch den indirekten Effekt über Informationsgrad $.70 \cdot .70 = .49$ ($p_{32} p_{21}$) wieder aufgehoben.

Eine Analyse, die also nur die direkten Effekte berücksichtigt, würde zu falschen Schlüssen über den Einfluß der Variablen Kodifikation auf die Variable IM kommen.

4.1.2 Vergleich der Verfahren

Für den Vergleich der verschiedenen Verfahren der Kausalanalyse hatten wir drei Kriterien formuliert:

- Falsifikationskraft des Verfahrens
- Eigenschaften der Parameter
- Art des Inferenzschlusses

Wir wollen nun noch einmal eine vergleichende Einschätzung der Methoden bringen.

Vergleich auf Grund der drei Kriterien:

(a) Falsifikationskraft

Bei Hypothesen ohne präzise Koeffizienten sind Partialkorrelation, Multiplikationstheorem, Residuenkorrelation und Regression gleich stark. Die Dependenzanalyse ist in diesem Fall schwächer. (5)

Bei Hypothesen mit präzisen Koeffizienten sind Partialkorrelation, Multiplikationstheorem und Residuenkorrelation schwächer als die Dependenzanalyse, weil man mit den ersteren Verfahren keine Parameter schätzen kann. Pfad- und Regressionsanalyse sind falsifikationsstärker als die Dependenzanalyse. (6)

(b) Parametereigenschaften

Mit der Partialkorrelation, dem Multiplikationstheorem und der Residuenkorrelation erhält man keine Information über die Steigung der Funktionen, d. h. man kann mit diesen Verfahren nicht die Parameter für Beziehungen schätzen. Hinsichtlich der drei zentralen Kriterien für die Schätzung von Parametern Verzerrtheit, Effizienz und Konsistenz unterscheiden sich Dependenzanalyse einerseits und Pfad- und Regressionsanalyse andererseits in Bezug auf die Effizienz.

Pfad- und Regressionskoeffizienten sind effizienter als Dependenzkoeffizienten, weil ihre Sampling-Streuung geringer ist (7).

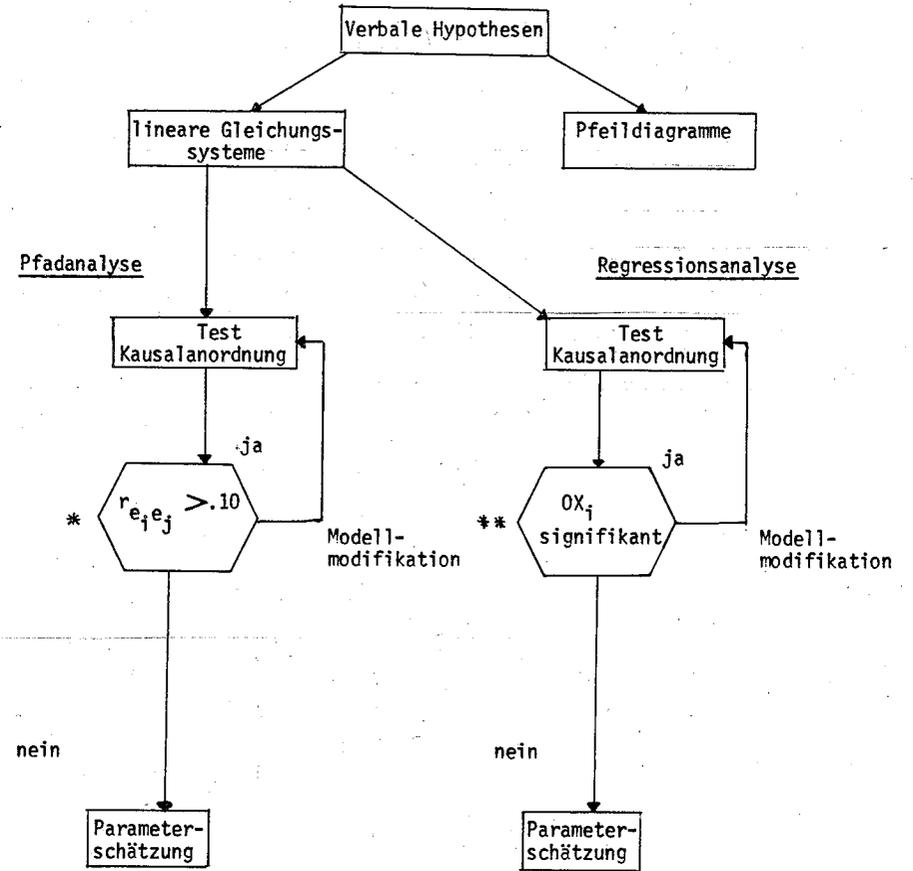
(c) Inferenzschluß

In Form einer Tabelle wollen wir darstellen, bei welchen Verfahren als Inferenzschluß die Daumenregel und bei welchen Verfahren ein Signifikanztest angewendet wird. Die Anwendung des Signifikanztests als objektiveres Verfahren ist dann vorzuziehen, wenn man die Festlegung des Signifikanzniveaus nicht als Konvention betrachtet, sondern auf Grund eines Entscheidungsmodells unter Berücksichtigung der relevanten Faktoren (z. B. Zahl der Versuchspersonen) das gewählte Signifikanzniveau begründet.

Tabelle

Partialkorrelation	Multiplikationstheorem	Residuenkorrelation	Pfadanalyse	Dependenzanalyse	Regressionsanalyse
Signifikanztest	Daumenregel	Daumenregel	Daumenregel	Daumenregel	Signifikanztest

In Form eines Flußdiagramms wollen wir das Vorgehen der Forschungsgruppe Hochschulkapazität noch einmal darstellen:



* $r_{e_j e_j} > .10$ heißt, es wird geprüft, ob die Differenz zwischen errechneter und empirischer Korrelation $> .10$ ist.
 ** OX_i heißt, der partielle standardisierte Regressionskoeffizient von X_i auf eine andere Variable ist Null bzw. nicht signifikant.

Anmerkungen

- (1) vergl. H.J. HUMMELL, Zur Problematik der Ableitung in sozialwissenschaftlichen Aussagensystemen. Ein Plädoyer für Formalisierung, Teil 1 und 2 Zeitschrift für Soziologie 1/1972, S. 31-46 und 2/1972, S. 118-138
- (2) vergl. P. ABELL, Model Building in Sociology, WEIDENFELD und NICHOLSON, 1971
- (3) vergl. K. LAND, Principles of Path Analysis, in: BORGATTA (ed): Sociological Methodology, 1969, Jossey Bass, 1970, S. 3-37
E. WEEDE, Zur Methodik der kausalen Abhängigkeitsanalyse (Pfadanalyse) in der nichtexperimentellen Forschung. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 22, 1970, S. 532-550
- (4) vergl. zur Herleitung und graphentheoretischen Interpretation den Methodenteil dieser Studie, der in der HIS-Reihe Hochschulplanung erscheint.
- (5) vergl. zum Beweis den Methodenteil a.a.O.
- (6) vergl. zum Beweis den Methodenteil
- (7) vergl. A.S. GOLDBERGER, On Boudon's Method of Linear Causal Analysis, in: American Sociological Review, 1970, S. 97-101