

Strukturgleichungsmodelle und die Analyse mit AMOS

I. Definition:

Ein Strukturgleichungsmodell ist eine Kombination aus einer Regressionsanalyse und (mind.) zwei Faktoranalysen.

Mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen können kausale Beziehungen bzw. Abhängigkeiten geprüft werden (Kausalanalyse).

II. Vorgehensweise:

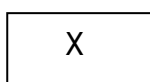
1. Hypothesenbildung:

Das Hypothesensystem muss theoretisch fundiert sein - konfirmatorischer Ansatz. Nach sachlogischen Überlegungen (theoretisches Vorwissen, logische Kriterien, empirische Befunde aus der Literatur) sollen die Zusammenhänge, insbesondere deren Richtung und eventuell auch deren Stärke, definiert werden.

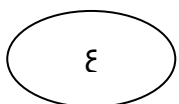
2. Pfaddiagramm und Modellspezifikation:

2.1. Formen von Variablen im Modell:

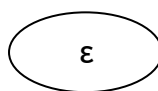
Verbal formulierte Hypothesen werden in graphischen und mathematischen Strukturen spezifiziert.



Manifeste Variable
beobachtbar
(z.B. Skala)



Latente Variable
nicht direkt beobachtbar
(z.B. Faktor)

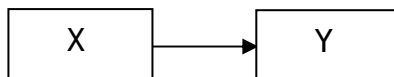


Messfehler:
besondere latente Variable

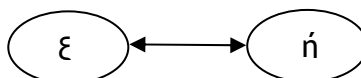
Zudem unterscheidet man zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen.

2.2. Allgemeine Konstruktionsregeln:

Regression (kausal gerichtet)



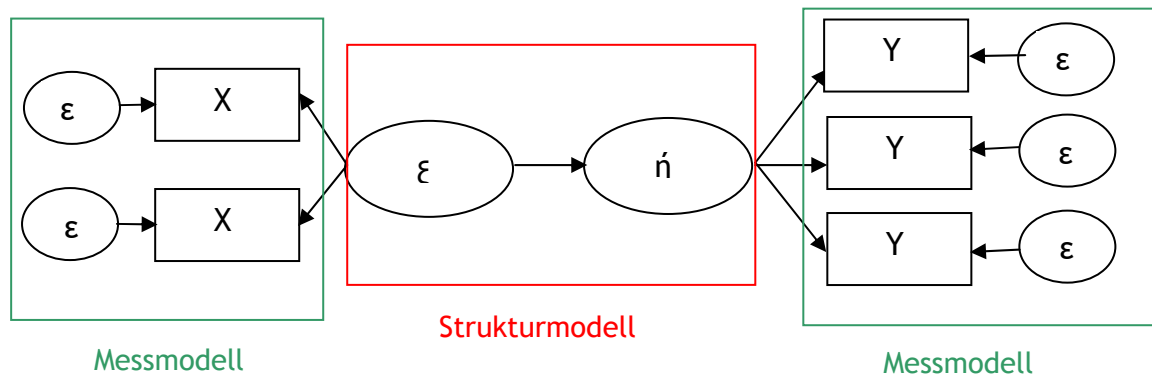
Korrelation (kausal ungerichtet)



Jeder Pfeil hat *eine* Variable als Ursprung und *eine* Variable als Endpunkt.
Für jede Variable lässt sich genau *eine* Gleichung formulieren.

Ein vollständiges Strukturgleichungsmodell besteht aus *zwei Messmodellen* und *einem Strukturmodell*:

Beispiel:



3. Identifikation der Modellstruktur:

Das Problem der Identifizierbarkeit besteht aus der Frage, ob ein Gleichungssystem eindeutig lösbar ist. Dabei wird geprüft, ob die Informationen, die aus den empirischen Daten bereitgestellt werden, ausreichen, um die unbekannt Parameter in eindeutiger Weise bestimmen zu können.

Notwendige Bedingungen:

Zahl der Freiheitsgrade soll Zahl der zu schätzenden Parameter entsprechen

Zahl der Freiheitsgrade muss größer oder gleich Null sein

Zahl der untersuchten Objekte soll größer sein als die Zahl der Indikatorvariablen

4. Parameterschätzungen

Die Einschätzung der Parameter erfolgt:

Für die Passung des Gesamtmodells.

Für die Passung einzelner Teilstrukturen.

Es stehen eine Reihe iterativer Schätzverfahren zur Verfügung (am gebräuchlichsten ist die Maximum-Likelihood-Methode). Diese Verfahren prüfen, inwieweit die durch das Modell spezifizierte Populations-Kovarianzmatrix mit der beobachteten Kovarianzmatrix übereinstimmt.

5. Beurteilung der Schätzergebnisse

5.1. Beurteilung der Teilstrukturen

- Regressionsgewichte, Faktorladungen
- Erklärter Varianzanteil
- Residuen
- Modifikation Indices

5.2. Beurteilung der Gesamtstruktur

| | Anforderung |
|--|-------------|
| • Chi-Quadrat-Wert (χ^2), df, p (Signifikanz) | $\leq 2,5$ |
| • Goodness-of-Fit Index (GFI) | $\geq 0,9$ |
| • Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI) | $\geq 0,9$ |
| • Normed Fit Index (NFI) | $\geq 0,9$ |
| • Comparative Fit Index (CFI) | $\geq 0,9$ |
| • Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) | $\leq 0,05$ |

6. Modifikation der Modellstruktur

Wenn die Gütekriterien (Fit-Indices) eine schlechte Anpassung der modelltheoretischen Kovarianz (bzw. Korrelations)matrix an die empirischen Daten erbracht haben, gibt es mehrere Möglichkeiten damit umzugehen:

- Verwerfen der Theorie
- Modifikation des Modells - das bedeutet, dass auch die Hypothesen verändert werden (der konfirmatorische, theoriegeleitete Charakter geht verloren; bei explorativem Vorgehen daher mit besonderer Vorsicht modellieren!):
 - Vereinfachung der Modellstruktur
 - Vergrößerung der Modellstruktur

7. Simultanvergleich von Modellen

Es gibt auch die Möglichkeit verschiedene Modelle zu vergleichen, beispielsweise wenn zwei Hypothesen konkurrieren. Es wird das Modell vorgezogen, das den besseren Chi-Quadrat-Wert (im Verhältnis zu df) und die besseren Fit-Indices hat.

III. Voraussetzungen für den Einsatz von Strukturgleichungsmodellen

- Ein theoretisch fundiertes Hypothesensystem
- Stichprobengröße: üblicherweise $n \geq 100$; manchmal aber auch $n \geq 200$ oder $n \geq 5 \cdot q$ (q ist die Anzahl der zu schätzenden Parameter)
- Multivariate Normalverteilung: Wenn nicht vorhanden, sind spezielle Verfahren notwendig; grundsätzlich gibt es Probleme bei „out of range values“.
- Linearität und Additivität der Konstrukte und Messhypothesen
- Keine Korrelation zwischen Messfehlern und Residuen der Strukturgleichungen
- Keine Korrelation zwischen den Residuen im Strukturmodell und den exogenen latenten Variablen
- Unabhängigkeit der Beobachtungen

IV. Praktisches Beispiel anhand einer Analyse in AMOS

1. Hypothesenbildung:

Verbale Hypothesen werden in für Strukturgleichungsmodelle typische graphische und mathematische Strukturen gebracht.

Beispielaufgabe: Lernstile und ihr Einfluss auf die Prüfungsleistung.

Zeichne für folgende Hypothesen das Strukturgleichungsmodell!

Ein forschender, auf Bedeutung orientierter Lernstil (=DEEP) hat einen positiven Einfluss auf die Prüfungsleistung (=PR-L).

Ein strategischer, leistungsorientierter Lernstil (=STRATEGIC) hat einen sehr positiven Einfluss auf die Prüfungsleistung (=PR-L).

Ein oberflächlicher, auf Auswendiglernen orientierter Lernstil (=SURFACE) hat einen negativen Einfluss auf die Prüfungsleistung (=PR-L).

Folgende Lernstil-Faktoren werden durch nebenstehende Skalen erfasst:

DEEP: Bedeutungssuche, Zusammenhängende Ideen, Einsatz von Beweismitteln, Interesse an Ideen/Gedanken.

STRATEGIC: Zeitmanagement, Aufmerksamkeit auf Prüfungsanforderungen, Leistungsorientierung, Effektivitätskontrolle.

SURFACE: Mangel an Zielsetzungen, Unzusammenhängendes Auswendiglernen, Lehrplan-Bezogenheit, Versagensangst.

PR-L: Modul 1, Modul 2, Modul 3, Modul 4.

2. Demonstration in AMOS

2.1. Modell spezifizieren und zeichnen

2.2. Modellberechnung

2.3. Interpretation des Outputs: Beurteilung der Schätzergebnisse

V. Stärken und Schwächen von Strukturgleichungsmodellen (SEM)

1. Problem: Wir können ein Modell nur verwerfen, aber niemals seine Gültigkeit bestätigen (Falsifikationsdilemma).
2. Stärke des SEM: Es werden Modelle verworfen, die nicht ident mit den empirischen Daten sind.
3. Schwäche des SEM: “The true model” ist nur eines von vielen, das zu den Daten passt: “Model-data consistency is not sufficient for model-reality consistency”.
Betrachte jedes SEM deshalb als Teil eines größeren Universums.

Literatur:

- Backhaus, K., Erichson, B. et al.* (2003). Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin, Heidelberg: Springer, 10. Auflage.
- Byrne, B. M.* (2001). Structural Equation Modeling using AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming. Lawrence Erlbaum Associates.