

Grundlagen und Anwendungen von Strukturgleichungsmodellen und das zugehörige SAS/JMP Benutzerinterface

Gerhard Svolba
SAS Austria
Mariahilfer Straße 116
A-1070 Wien
gerhard.svolba@sas.com

Zusammenfassung

Strukturgleichungsmodelle (engl. Structural equation modeling, SEM) sind eine mächtige statistische Methode, die es Ihnen erlaubt, komplexe funktionale oder "kausale" Beziehungen zwischen Variablen zu modellieren. Die Variablen können dabei tatsächlich beobachtet (real gemessen) oder nicht beobachtet sein. Im ersten Fall spricht man von manifesten Variablen, im zweiten Fall von latenten Variablen. Die breite Palette der Anwendungen unserer Kunden erstreckt sich vom Gesundheitsforschungsbereich, wo Faktoren, die mit Drogenmissbrauch und Persönlichkeitsstörungen in Verbindung stehen identifiziert werden sollen, genauso wie in der Marktforschung, wo Strukturgleichungsmodelle Vorschläge liefern, wie das Web-Site Design verändert werden könnte, um sich an die benutzerspezifischen Anforderungen anzupassen.

SAS bietet Ihnen diese Methode mit vielen Optionen zur Modelldefinition und Parameterschätzung mit der Prozedur CALIS in SAS/STAT. Zusätzlich steht Ihnen mit dem SAS Structural Equation Modeling for JMP eine ansprechende graphische Benutzeroberfläche zur Verfügung, in der Sie ein Strukturgleichungsmodell graphisch zeichnen und definieren können und die Ergebnisse, die durch den Aufruf von PROC CALIS erzeugt werden, im Modellgraph anzeigen können.

Dieser Beitrag fasst die Grundideen von Strukturgleichungsmodellen und der Möglichkeiten in SAS und JMP kurz zusammen. Der Vortrag wurde auf Basis von [1] und [2] erstellt. Diese beiden Arbeiten sind für eine detailliertere Auseinandersetzung mit diesem Thema sehr wertvoll.

Schlüsselwörter: JMP, Structural Equation Modeling, Strukturgleichungsmodelle, latente Variable, CALIS-Prozedur

1 Strukturgleichungsmodelle und deren Anwendungen

Strukturgleichungsmodelle sind eine statistische Methode, mit der komplexe funktionale oder „kausale“ Abhängigkeiten zwischen Variablen modelliert werden.

Diese Variablen können beobachtet sein, in diesem Fall spricht man von „manifesten“ Variablen, oder nicht-beobachtet. Dies sind dann sogenannte „Latente Variablen“.

Für Strukturgleichungsmodelle gibt es viele Anwendungsgebiete.

- So wird zum Beispiel im Marketing analysiert, wie das Design einer Website verändert werden soll, um die Benutzerfreundlichkeit und „Usability“ zu erhöhen. Dabei werden explizit messbare Größen wie Abschlüsse eines Bestellvorgangs, die Klickpfade oder die Verweildauer auf Seiten verwendet, um latente Größen wie die Verständlichkeit oder die Benutzerführung der Website zu beschreiben.
- In der Marktforschung werden Kenngrößen wie Kundenzufriedenheit, Kaufentscheidungen oder „Brand-Awareness“ untersucht und die Beziehungen zueinander in Relation gesetzt.
- In den Gesundheitswissenschaften werden z. B. Faktoren aufgedeckt, die mit Medikamenten-Missbrauch oder Persönlichkeitsstörungen assoziiert sind.

2 Pfaddiagramme repräsentieren Theorien und Annahmen über den Zusammenhang der Variablen

Ein zentrales Element in Strukturgleichungsmodellen sind die sogenannten Pfaddiagramme. Mit Hilfe dieser Diagramme beschreiben Forscher ihre Theorien über den Zusammenhang von Variablen.

Abbildung 1 zeigt ein Pfaddiagramm in Anlehnung an Marjorybanks [3]. Dieses Pfaddiagramm beschreibt theoretische Annahmen über den Zusammenhang von „Mental Ability“, „Achievement Motivation“ mit „Parental Encouragement“, „Social Status“ und „Family Size“. Die latenten Variablen sind in Form von Ellipsen dargestellt, die manifesten Variablen, in diesem Beispiel „Family Size“ durch Rechtecke.

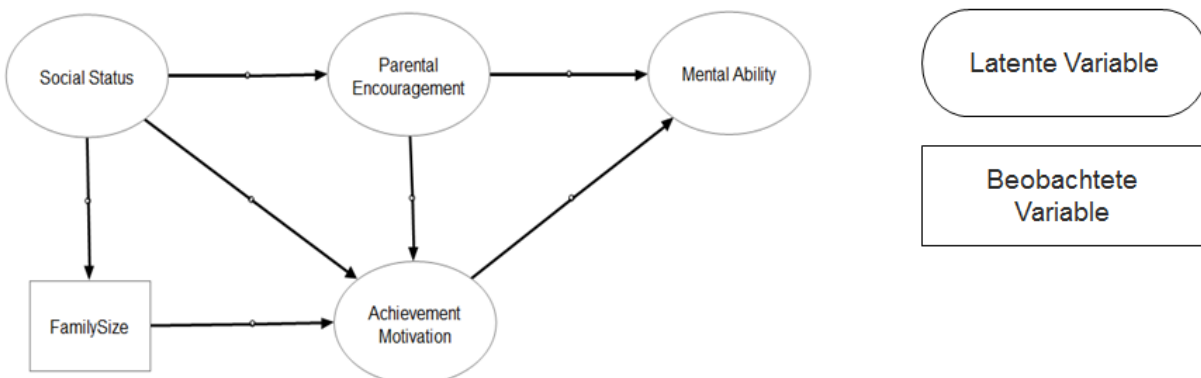


Abbildung 1: Beispiel für ein Pfaddiagramm

In weiterer Folge werden manifeste Variablen verwendet, um die latenten Variablen zu beschreiben. Am Beispiel der latenten Variable: „Mental Ability“ können dies zum Beispiel die Mess-Indikatoren M1=Sprach-Test, M2=Mathematik-Test und M3=Logik-Test sein.

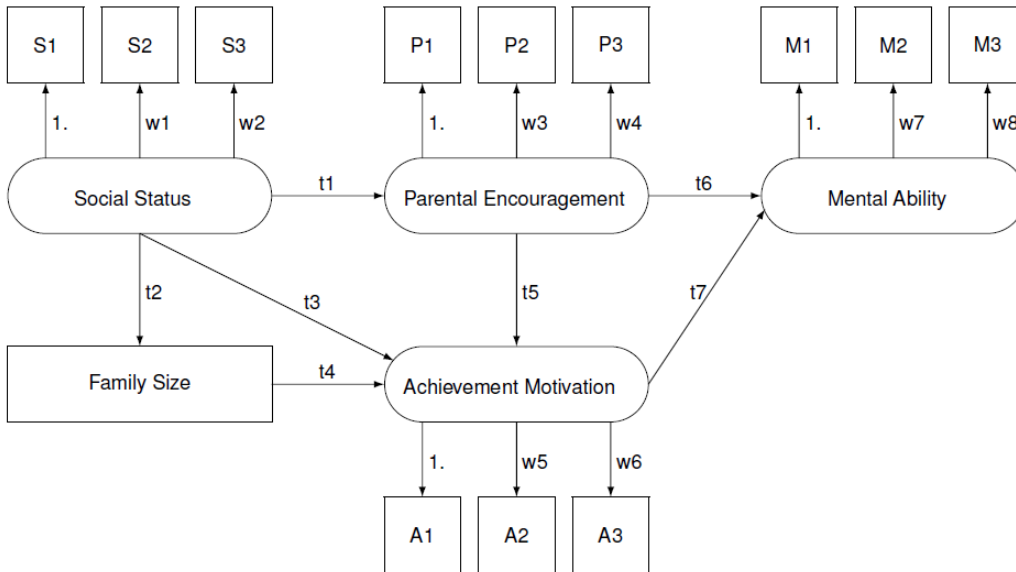


Abbildung 2: Erweitertes Pfaddiagramm

3 Umsetzung in SAS und JMP

Mit SAS und JMP haben Sie zwei Möglichkeiten Strukturgleichungsmodelle zu definieren und auszuwerten.

3.1 Die Prozedur CALIS in SAS/STAT

Mit PROC CALIS in SAS/STAT können Sie mit Hilfe folgender Syntax diese Beziehungen definieren.

```
proc calis data=mental nobs=115;
path
/* Structural Model */
SocialStatus -> ParentalEncouragement t1,
SocialStatus -> FamilySize t2,
SocialStatus -> AchievementMotivation t3,
FamilySize -> AchievementMotivation t4,
ParentalEncouragement -> AchievementMotivation t5,
ParentalEncouragement -> MentalAbility t6,
AchievementMotivation -> MentalAbility t7,
/* Measurement Model */
S1 <- SocialStatus 1.0,
S2 <- SocialStatus w1,
S3 <- SocialStatus w2,
P1 <- ParentalEncouragement 1.0,
P2 <- ParentalEncouragement w3,
P3 <- ParentalEncouragement w4,
A1 <- AchievementMotivation 1.,
```

```
A2 <- AchievementMotivation w5,  
A3 <- AchievementMotivation w6,  
M1 <- MentalAbility 1.0,  
M2 <- MentalAbility w7,  
M3 <- MentalAbility w8;  
run;
```

Diesbezüglich stehen eine Reihe von Modellierungssprachen zur Verfügung:

- COSAN—a generalized version of the COSAN program, uses general mean and covariance structures to define models
- FACTOR—supports the input of latent factor and observed variable relations
- LINEQS—like the EQS program, uses equations to describe variable relationships
- LISMOD—utilizes LISREL model matrices to define models
- MSTRUCT—supports direct parameterizations in the mean and covariance matrices
- PATH—provides an intuitive causal path specification interface
- RAM—utilizes the formulation of the reticular action model to define models
- REFMODEL—provides a quick way for model referencing and respecification

3.2 SAS Structural Equation Modeling for JMP

Mit dem SAS Structural Equation Modeling for JMP haben Sie die Möglichkeit, das Pfaddiagramm selbst zu zeichnen und mit Variablen in Ihren Daten zu verbinden. Im Hintergrund wird Programmcode für die Prozedur CALIS generiert und ausgeführt. Die Ergebnisse werden wieder im Pfaddiagramm dargestellt.

Somit bietet Ihnen das SAS Structural Equation Modeling for JMP nicht nur eine einfache Möglichkeit zur Definition sondern auch zur Interpretation der Ergebnisse. Die Systemvoraussetzungen für dieses Tool sind: SAS 9.22 oder später, JMP 9.0.2 oder später.

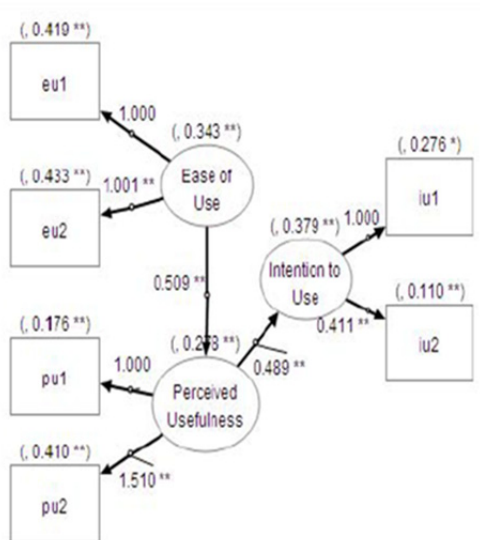


Abbildung 3: SAS®Structural Equation Modeling for JMP Interface

4 Zusammenfassung

Strukturgleichungsmodelle erlauben die Analyse von beobachteten und latenten Variablen in einem Modell und sind für viele Fragen anwendbar. SAS unterstützt die Pfaddiagramm-Idee von Strukturgleichungsmodellen mit dem SAS Structural Equation Modeling for JMP. SAS bietet mit PROC CALIS eine mächtige Prozedur für Strukturgleichungsmodelle.

Literatur

- [1] Yiu-Fai Yung: Structural Equation Modeling and Path Analysis using PROC TCALIS in SAS® 9.2; SAS Global Forum 2008, Paper 384-2008
- [2] Watson, Wayne E.: Introducing SAS® Structural Equation Modeling: A New User Interface That Brings the Power of SAS/STAT® Software to JMP® Software. SAS Global Forum 2011, Paper 356-2011
- [3] Marjoribanks, K., ed. (1974), Environments for Learning, London: National Foundation for Educational Research Publications.

Weiterführende Literatur

- [1] SAS 9.2 Online Documentation – Prozedur CALIS
<http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/index.html#stat922>
- [2] Norm O'Rourke and Larry Hatcher: A Step-by-Step Approach to Using SAS for Factor Analysis and Structural Equation Modeling, Second Edition; SAS Press 2013