

Computerseminare AMOS I & II

Modul MA-HPSTS-7

DR. MATTHIAS RUDOLF

Inhalt:

1	Vorbemerkung	2
2	Fiktive Datenbeispiele Schulleistungen 1	2
3	Die grafische Oberfläche von AMOS	4
3.1	Die Werkzeugleiste	4
3.2	Eingabe des Pfadmodells	5
4	Pfadanalyse mit manifesten Variablen	9
4.1	Optionen der Parameterberechnung	10
4.2	Ergebnisse für das Gesamtmodell.....	11
4.3	Ergebnisse für Teilstrukturen	13
4.4	Modifikations-Indizes.....	14
4.5	Ergebnisse für das modifizierte Modell	15
5	Fiktives Datenbeispiel Schulleistungen 2	16
6	Lineares Strukturgleichungsmodell mit latenten Variablen	18
6.1	Eingabe des Modells	18
6.1	Spezifikationen und Einstellungen.....	18
6.2	Untersuchung von Ausreißern.....	18
6.3	Prüfung der Multinormalverteilung	19
6.4	Ergebnisse für das Gesamtmodell.....	19
6.5	Ergebnisse für Teilstrukturen	20
6.6	Modifikations-Indizes.....	21
6.7	Zusatzaufgabe: Moderatoreffekt des Geschlechts	22
6.8	Zusätzliche Übungsaufgabe.....	24

1 Vorbemerkung

Die folgende Beschreibung soll den Einstieg in die Arbeit mit IBM SPSS AMOS erleichtern.

Die Darstellungen entsprechen weitgehend den Abhandlungen in Kapitel 10 des Buches Rudolf, M. & Müller, J. (2012). *Multivariate Verfahren. Eine praxisorientierte Einführung mit Anwendungsbeispielen in SPSS* (2., überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

Eine detailliertere und umfangreichere Einführung in die Arbeit mit AMOS geben Weiber, R. & Mülhhaus, D. (2014). *Strukturgleichungsmodellierung. Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.

2 Fiktive Datenbeispiele Schulleistungen 1

In der Datei [Datensatz Pfadanalyse.sav](#) liegen fiktive Daten von 120 Schülern in folgenden Variablen vor (Tabelle 2.1):

Tabelle 2.1: Variablen im Modell mit manifesten Variablen

Variablenname	Variablenlabel
Bildung	Bildungsniveau der Eltern
Einstellung	Einstellung der Eltern zur Schule
Deutsch_4	Ergebnis Deutsch 4. Klasse
Deutsch_10	Ergebnis Deutsch 10. Klasse

Die Daten liegen aus Gründen der Übersichtlichkeit für die folgenden Darstellungen in z-standardisierter Form vor (Abbildung 2.1)¹.

In diesem Modell wird angenommen, dass die Variablen Bildung und Einstellung die Deutschleistung in der 4. Klasse beeinflussen. Weiterhin wird unterstellt, dass die Deutschleistungen der 10. Klasse ausschließlich über die Deutschleistungen der 4. Klasse vorhergesagt werden können, dass es also keine direkten Effekte von Bildung und Einkommen auf die Deutschleistung der 10. Klasse gibt. Das zu untersuchende Pfadmodell ist in Abbildung 2.2 schematisch dargestellt².

¹ Grundsätzlich ist die Standardisierung der Daten vor der Analyse nicht erforderlich.

² Die Beispiele sind für diesen Workshop bewusst so gewählt worden, dass sie inhaltlich gut nachvollziehbar sind. Alle verwendeten Daten sind fiktiv.

	Bildung	Einstellung	Deutsch_4	Deutsch_10	var
1	-.52874	.29208	-.05350	-.26702	
2	-.78173	-1.93140	-1.35029	-1.83656	
3	-.35124	-.50908	-.58103	.44054	
4	.59830	1.79356	1.76508	1.79028	
5	-1.82814	-.84856	-1.57110	-.94777	
6	-1.26644	.25021	.16645	.87224	
7	.03371	.43828	.40568	.07634	
8	1.49110	.03177	.58725	.17620	
9	-.23706	-.41996	-.14564	-.19392	
10	.10974	.60917	-.21010	-.34818	
11	-.59340	-.93259	-1.26084	-2.50979	
12	-.18867	1.53273	.61329	-.20659	

Abbildung 2.1: Daten im Modell mit manifesten Variablen

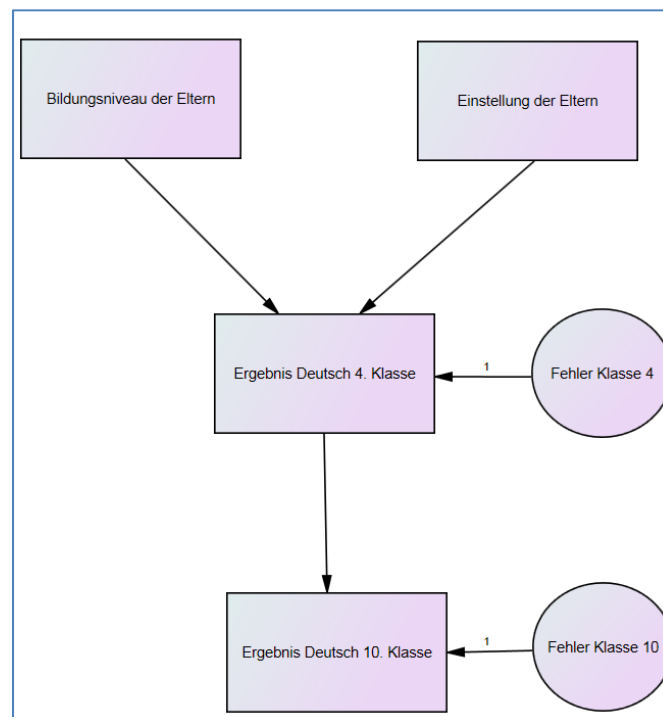


Abbildung 2.2: Modell mit manifesten Variablen

Folgende Fragen sind im Rahmen der Analyse des Modells zu beantworten:

1. Lassen Sie mit dem in Abbildung 2.2 dargestellten Modell die Beziehungen der 4 Variablen abbilden?
2. Sind Modifikationen des Modells nötig, sind diese Modifikationen ggf. inhaltlich zu begründen?
3. Haben Bildung und Einstellung signifikante direkte Effekte auf die Deutschleistungen in der vierten Klasse, haben Sie signifikante indirekte Effekte (vermittelt über den Mediator Deutschleistung in der 4. Klasse) auf die Deutschleistung in Klasse 10?

3 Die grafische Oberfläche von AMOS

Die Strukturgleichungsmodelle sollen nun mit dem Programm AMOS (Analysis of Moment Structures) analysiert werden. Zunächst wird das Darstellen von Pfaddiagrammen in AMOS ausführlich beschrieben.

Dabei wird ein ausführlicher Weg der Eingabe der Grafiken erläutert. Auf Möglichkeiten, den Eingabeprozess effektiver und schneller zu gestalten, wird im weiteren Verlauf des Workshops (in Kapitel 6 dieser Anleitung) hingewiesen.

3.1 Die Werkzeugleiste

Abbildung 3.1 zeigt die grafische Benutzeroberfläche von AMOS³ nach dem Start des Programms⁴.

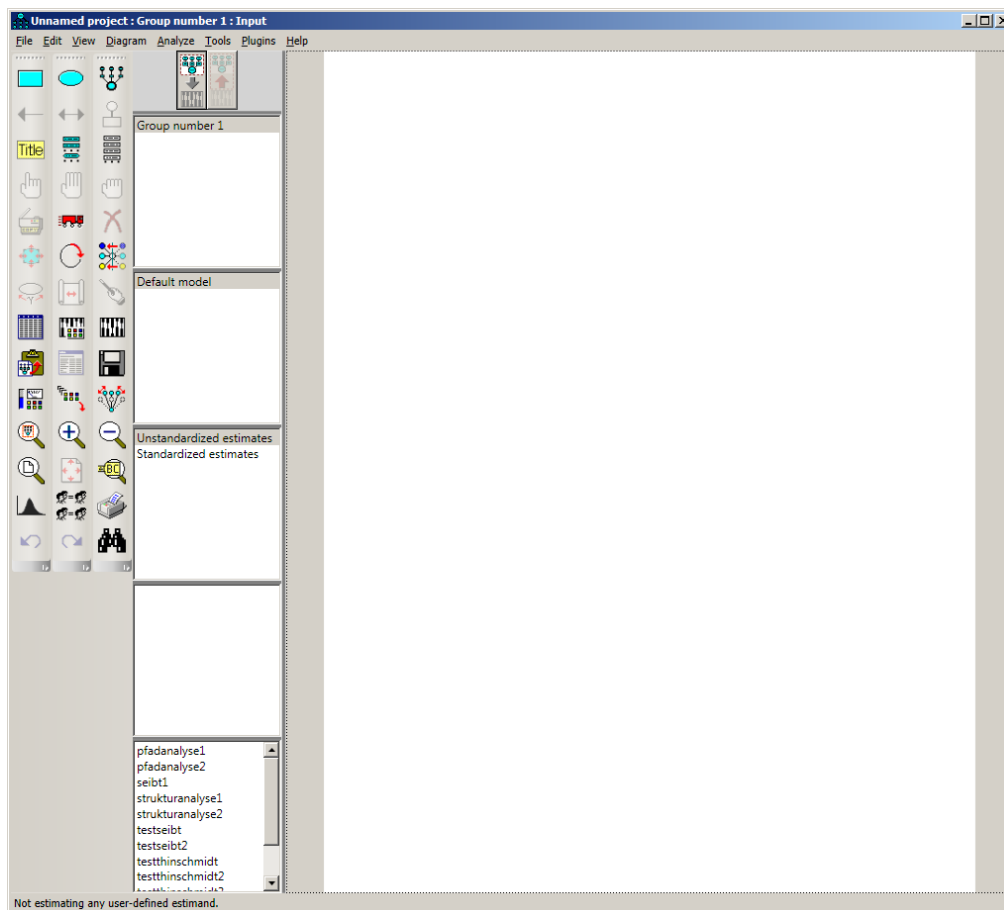


Abbildung 3.1: Benutzeroberfläche von AMOS

Im folgenden Text werden meistens deutsche Übersetzungen angegeben. Es ist durchaus möglich, dass Abbildung 3.1 von Ihrem Bildschirm abweicht, da AMOS jeweils die zuletzt

³ Leider liegt für dieses Programm keine deutschsprachige Version vor.

⁴ Eventuell erscheinen im nach dem Programmstart dargestellten Fenster zuletzt an diesem Rechner bearbeitete Modelle. In diesem Fall ist in der Hauptmenüzeile [File](#) und danach [New](#) anzuklicken.

bearbeitete Datei inklusive deren Oberfläche öffnet. Die Werkzeugleiste (am linken Rand⁵) enthält „Werkzeuge“ für zur Arbeit in der Benutzeroberfläche.

Hier befinden sich die meisten der im vorliegenden Kapitel benötigten Befehle (Werkzeuge), sie können durch Anklicken der bunten Symbole aktiviert werden. Die jeweils benutzbaren Symbole sind farblich kräftig dargestellt. Informieren Sie sich über die einzelnen Werkzeuge, indem Sie den Mauszeiger 1-2 Sekunden auf der jeweiligen Fläche lassen – es wird dann jeweils ein kleines Fenster mit der Beschreibung geöffnet. Alternativ sind sämtliche Befehle über das Hauptmenü aktivierbar. Im Folgenden wird zumeist die Aktivierung der Befehle über die Werkzeugleiste beschrieben. Die Positionen der Befehle im Hauptmenü werden zusammenfassend erwähnt.

Als erstes soll ein Pfaddiagramm gezeichnet werden, das die Beziehungen von Kausalmodell aus Abbildung 2.2 repräsentiert.

3.2 Eingabe des Pfadmodells

Zeichnen Sie zunächst die Felder für die vier manifesten (beobachteten) Variablen. Beobachtete Variablen werden generell durch Rechtecke repräsentiert. Das zugehörige Werkzeug ist dementsprechend in der Werkzeugleiste durch ein Rechteck symbolisiert. Führen Sie die Maustaste ohne zu klicken über das Symbol, um eine kurze Beschreibung des Werkzeugs zu erhalten. Sie erscheint in Form eines kleinen Textfelds rechts unter dem Mauszeiger. Mit diesem Werkzeug können also beobachtete Variablen gezeichnet werden (Draw observed variables).

Beachten Sie bei den nun folgenden Schritten, dass Anordnung und Größe der von Ihnen erzeugten Rechtecke in etwa denen aus Abbildung 2.2 entsprechen. Klicken Sie zunächst mit der linken Maustaste auf das Rechteck (1. Zeile, 1. Spalte → im Weiteren mit 1/1 bezeichnet) in der Werkzeugleiste, um es zu aktivieren. Die Aktivierung wird durch einen Rahmen um das Symbol in der Werkzeugleiste angezeigt. Wenn sich der Mauszeiger im Bereich der Zeichenfläche befindet, erscheint außerdem rechts unter dem Mauszeiger jeweils das Symbol des im Augenblick aktivierten Werkzeugs, in diesem Fall also ein Rechteck. Zeigen Sie mit der Maus auf eine passende Stelle der Zeichenfläche und klicken Sie die linke Maustaste. Bewegen Sie dann die Maus bei gedrückter Maustaste. Es erscheint ein Rechteck, das ständig seine Form verändert. Bewegen Sie die Maus so lange, bis Ihnen die Form des Rechtecks gefällt. Lassen Sie dann die Maustaste los, um das Rechteck zu zeichnen. Aktivieren Sie anschließend den Befehl Verschieben (5/2). Rechts unter dem Mauszeiger erscheint nun das an einen fahrenden Lastwagen erinnernde Symbol dieses Werkzeugs. Berühren Sie mit der Maus das gezeichnete Rechteck, bis sein Rahmen rot wird. Klicken Sie dann auf das Rechteck und verschieben Sie es bei gedrückter Maustaste an die gewünschte Stelle der Zeichenfläche. Lassen Sie die Maustaste los, um das Rechteck an der aktuellen Position zu platzieren.

Das gezeichnete Rechteck kann nun als Vorlage für die nächsten beiden Rechtecke dienen. Aktivieren Sie hierzu den Befehl Duplizieren (5/1). Er funktioniert im Prinzip wie der Befehl Verschieben, nur dass jetzt anstelle des angeklickten Objekts dessen Duplikat verschoben

⁵ Die Werkzeugleiste kann in AMOS unterschiedlich angeordnet bzw. strukturiert werden. Klicken Sie hierzu bei Bedarf auf den dünnen dunklen Balken am oberen Rand der Leiste, halten Sie die Maustaste gedrückt und verschieben Sie Teile der Leiste an die gewünschte Stelle.

wird. Klicken Sie also auf das Rechteck, halten Sie die Maustaste gedrückt und verschieben Sie das Duplikat an den gewünschten Ort. Zeichnen Sie auf diese Weise vier Rechtecke, die in Größe und Anordnung denen aus Abbildung 2.2 ähneln. Das untere Rechteck soll später die Deutscheistung der 10. Klasse repräsentieren (Abbildung 3.3).

Falls ein Zeichenschritt missglückt ist, kann das entsprechende Element nach Aktivieren des Befehls Entfernen (5/3) durch Anklicken gelöscht werden. Alternativ können Zeichenschritte über den Befehl **Undo** (bzw. über das entsprechende Symbol in der letzten Zeile der Werkzeugleiste) rückgängig gemacht werden. Wählen Sie hierzu im Hauptmenü unter Edit die Option **Undo** (Abbildung 3.2). Mittels **Undo** können maximal die vier letzten Operationen rückgängig gemacht werden. Unter dem Menüpunkt **Edit** sind u.a. auch die oben beschriebenen Befehle **Verschieben** und **Duplizieren** wählbar.

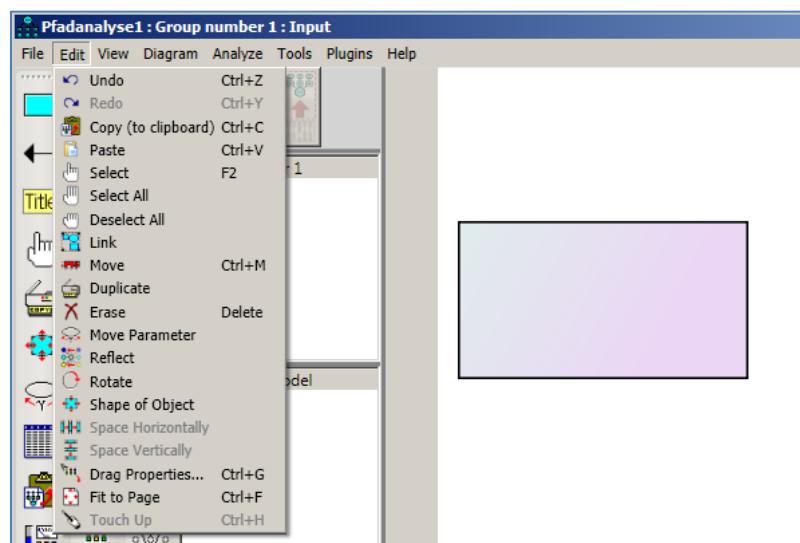


Abbildung 3.2: Hauptmenü Edit

Ergänzen Sie nun in Ihrer Zeichnung die in Abbildung 2.2 gezeigten Ellipsen über das entsprechende Werkzeug (1/2). Das Vorgehen ist dabei analog zum Zeichnen der Rechtecke. Ellipsen sind in AMOS für nichtbeobachtete Variablen (latente und Fehlervariablen) vorgesehen, in unserem Fall die Fehlervariablen. Für jede Kriteriumsvariable muss prinzipiell eine Fehlervariable eingeführt werden, damit später abgeschätzt werden kann, welcher Anteil des Kriteriums durch den Prädiktor erklärt werden kann und welcher Anteil auf die Fehlervariable (also Messfehler und andere Einflüsse) zurückzuführen ist. Eine Kriteriumsvariable erkennt man daran, dass mindestens ein Pfeil auf sie gerichtet ist.

Anschließend können die Beziehungen zwischen den Variablen spezifiziert werden. Der einseitige Pfeil (2/1) steht für eine gerichtete Kausalhypothese, einen sogenannten „Pfad“. Aktivieren Sie das Werkzeug und klicken Sie auf den Ursprung eines Pfads. Der Ursprung (d.h. das betreffende Rechteck bzw. die Ellipse) erhält einen roten Rahmen. Bewegen Sie dann die Maus bei gedrückter Maustaste zum Endpunkt des Pfads. Wenn der Endpunkt erreicht ist, wechselt die Rahmenfarbe des Endpunkts (d.h. in diesem Fall des unteren Rechtecks) auf grün. Sobald Sie die Maustaste loslassen, wird der Pfad gezeichnet. Ein Doppelpfeil (2/2) ließe die Kovarianz zweier Variablen schätzen, was im Modell aus Abbildung 2.2 jedoch nicht vorgesehen ist. Die beschriebenen Werkzeuge zum Zeichnen von Variablen und Pfaden befinden sich auch im Hauptmenü unter **Diagram**.

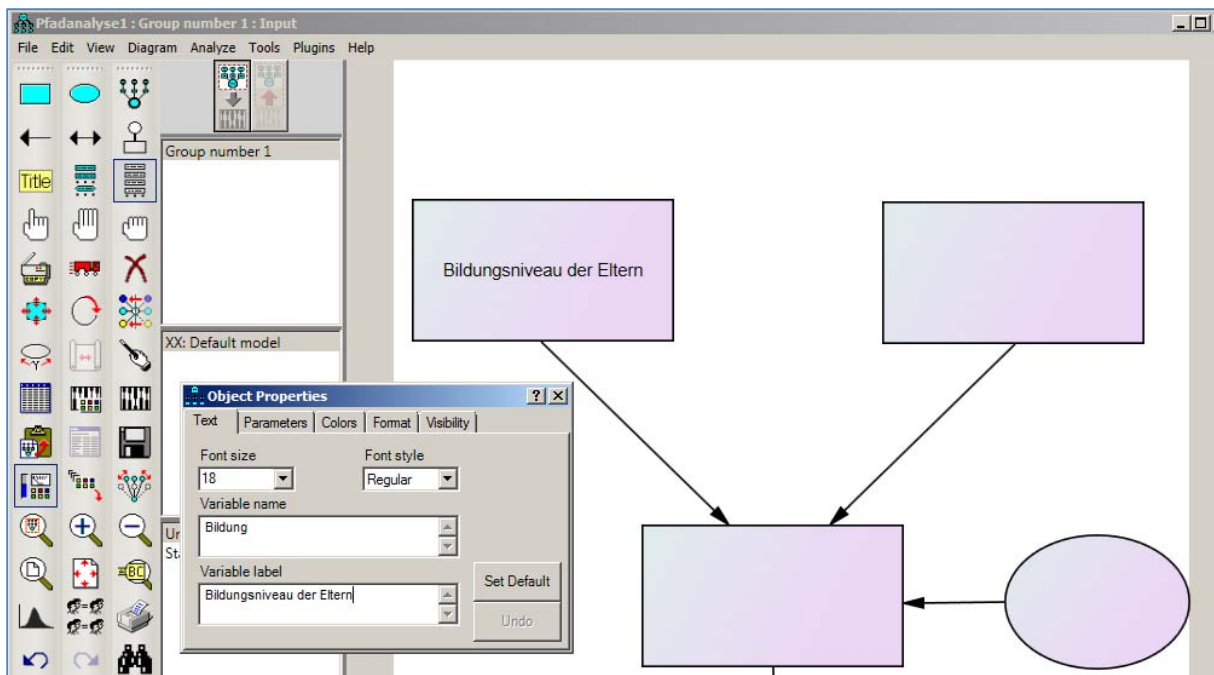


Abbildung 3.3: Spezifikation der Variablen

Als nächstes werden die Namen der Variablen eingefügt. Doppelklicken Sie hierzu auf das in Abbildung 3.3 gezeigte linke Rechteck (d.h. auf eine der Prädiktorvariablen). Es öffnet sich das Dialogfenster **Objekteigenschaften**. Hier können verschiedene Registerkarten ausgewählt werden. So können z.B. die Farben (**Colors**) des Objekts, dessen Bezeichnungen (**Text**) oder die **Parameter** spezifiziert werden. Wählen Sie die Registerkarte **Text**. Geben Sie hier den **Namen der Variablen** sowie die **Label der Variablen** in die entsprechenden Felder ein. Dabei ist zu beachten, dass der Name mit dem der entsprechenden Variablen der SPSS-Datei exakt übereinstimmen muss. Bei Bedarf könnten außerdem Schriftgröße und Schriftstil geändert werden sowie Label vergeben werden. Nach der Eingabe bei der ersten Variablen kann die Eingabe bei einer anderen Variablen fortgesetzt werden. Das Dialogfenster **Objekteigenschaften** bleibt solange geöffnet, bis die letzte Variable spezifiziert wurde. Danach ist es zu schließen⁶. Für die beiden Fehlervariablen sollen die Variablennamen Fehler_4 bzw. Fehler_10 gewählt werden sowie die Variablenlabel Fehler Klasse 4 bzw. Fehler Klasse 10. Klicken Sie nun nacheinander auf alle sechs Variablen und geben Sie die Namen entsprechend der Abbildung oder des Dateneditors von SPSS (siehe Tabelle 2.1). ein. Das Dialogfeld bleibt dabei ständig geöffnet.

Anschließend sollen die Regressionsgewichte der beiden Fehlervariablen auf 1 festgelegt werden. Doppelklicken Sie hierzu auf den von Fehler Klasse 4 ausgehenden Pfad. Da für einen Pfad kein Text vorgesehen ist, verschwinden im Dialogfenster **Objekteigenschaften** die Eingabeoptionen für die Texteingabe. Wählen Sie stattdessen die Registerkarte **Parameter**.

⁶ Wenn die Datendatei bereits geöffnet ist (siehe Abbildung 4.1), gibt es eine komfortablere Möglichkeit zur Eingabe der Variablennamen und -labels. Nach Anklicken von View und anschließend Variables in Dataset öffnet sich ein Fenster, aus dem man die in der SPSS-Datei enthaltenen Variablen (Namen und Labels) unmittelbar in die entsprechenden Rechtecke ziehen kann. Dadurch kann die Eingabe der Variablennamen und -label deutlich erleichtert werden.

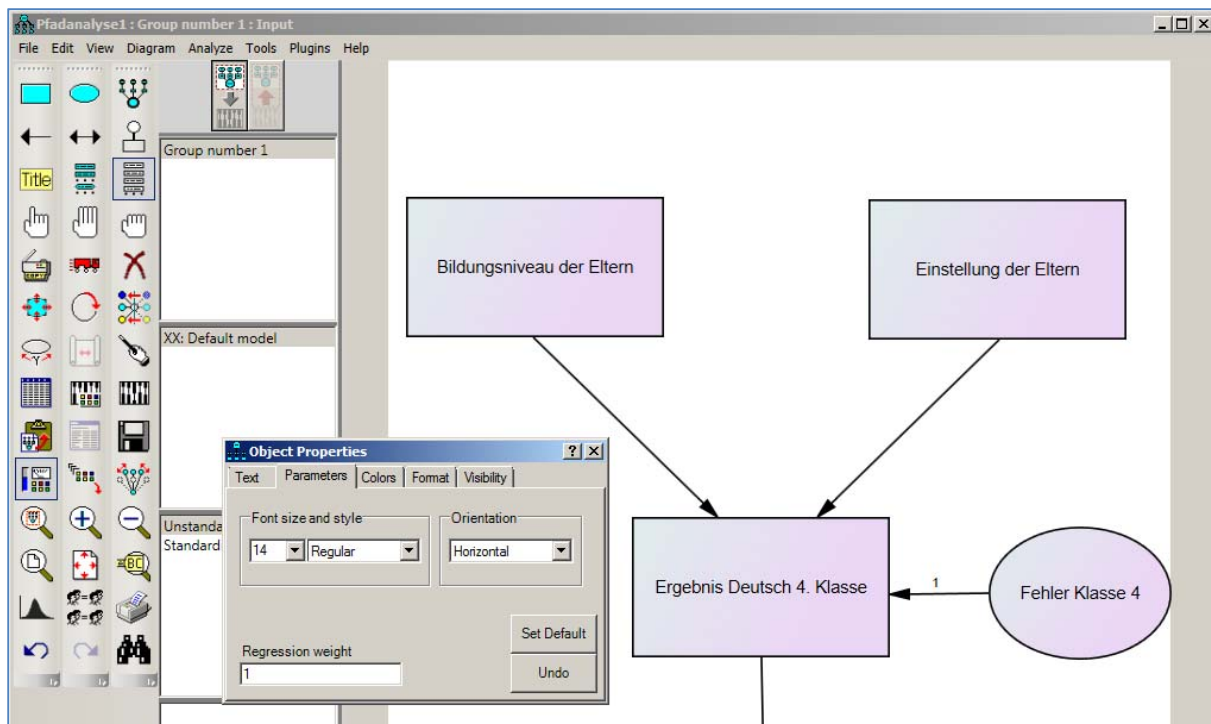


Abbildung 3.4: Spezifikation der Pfade

Es erscheint die in Abbildung 3.4 gezeigte Registerkarte **Parameter** für den Pfad zwischen **Fehler Klasse 4** und **Ergebnis Deutsch 4. Klasse**. Geben Sie in das Feld für das **Regressionsgewicht** den Wert **1** ein. Damit wird dieser Parameter zu einem festen Parameter, der in der Modellgleichung nicht mehr geschätzt werden muss. Die Gewichte der beiden Fehlervariablen sollen auf den Wert **1** festgesetzt werden⁷. Die geschätzte Varianz der Fehlervariablen entspricht dann dem nicht erklärten Varianzanteil des Kriteriums dieser Fehlervariablen. Wie bei den Variablennamen können auch bei den Parametern Schriftgröße und Schriftstil geändert werden. Außerdem kann die Ausrichtung der Parameter bestimmt werden (**Orientation**). Dabei stehen bei Anklicken des kleinen Dreiecks die Optionen **Horizontal** (horizontale Ausrichtung), **Oblique** (die Parameter werden parallel zum Pfeil ausgerichtet, was hier der horizontalen Ausrichtung entspricht) und **Oblique, inverted** (der Parameter wird zusätzlich um 180° gedreht) zur Verfügung. Schließen Sie anschließend das Dialogfenster.

Speichern Sie das fertige Pfaddiagramm durch Anklicken von **File** im **Hauptmenü** sowie anschließend von **Save as...**⁸ Während des Workshops können Dateien unter dem Laufwerk Z gespeichert werden. Verwenden Sie dabei jeweils unverwechselbare Dateinamen (die z.B. die Anfangsbuchstaben Ihres Namens enthalten), da alle Teilnehmer des Workshops auf das gleiche Laufwerk zugreifen. Als Dateiname kann also beispielsweise MARUPfadmodell.amw gewählt werden (die Datei-Endung für Pfaddiagramme in AMOS lautet amw).

⁷ Eine weitere Möglichkeit, die Anzahl der freien Parameter zu verringern, besteht in restringierten Parametern. Anstelle fester Werte wird für zwei oder mehrere Parameter vorgegeben, dass sie alle den gleichen Wert erhalten sollen. Somit muss für diese Parameter insgesamt nur ein Wert geschätzt werden. In AMOS ist für diese Parameter anstelle einer Zahl ein Buchstabe einzugeben. Alle Parameter mit dem gleichen Buchstaben erhalten den gleichen Wert.

⁸ Das Speichern ist an dieser Stelle, spätestens vor dem Beginn der Berechnungen unbedingt nötig, da das Programm die Berechnungen andernfalls nicht durchführt, sondern eine entsprechende Fehlermeldung ausgibt.

4 Pfadanalyse mit manifesten Variablen

Für die Durchführung der Analyse sollen die Daten aus Abbildung 2.1 geladen werden. Dazu ist im **Hauptmenü** unter **File** die Option **Data Files** auszuwählen (Abbildung 4.1). Unter **File** kann die entsprechende SPSS-Datei aufgerufen werden. Das Dialogfenster funktioniert analog zum Öffnen einer Datei in SPSS. Der Name und die Anzahl der Fälle der ausgewählten Datei erscheinen in dem freien Feld. Die Spezifikation der SPSS-Datendatei ist mit **OK** abzuschließen.

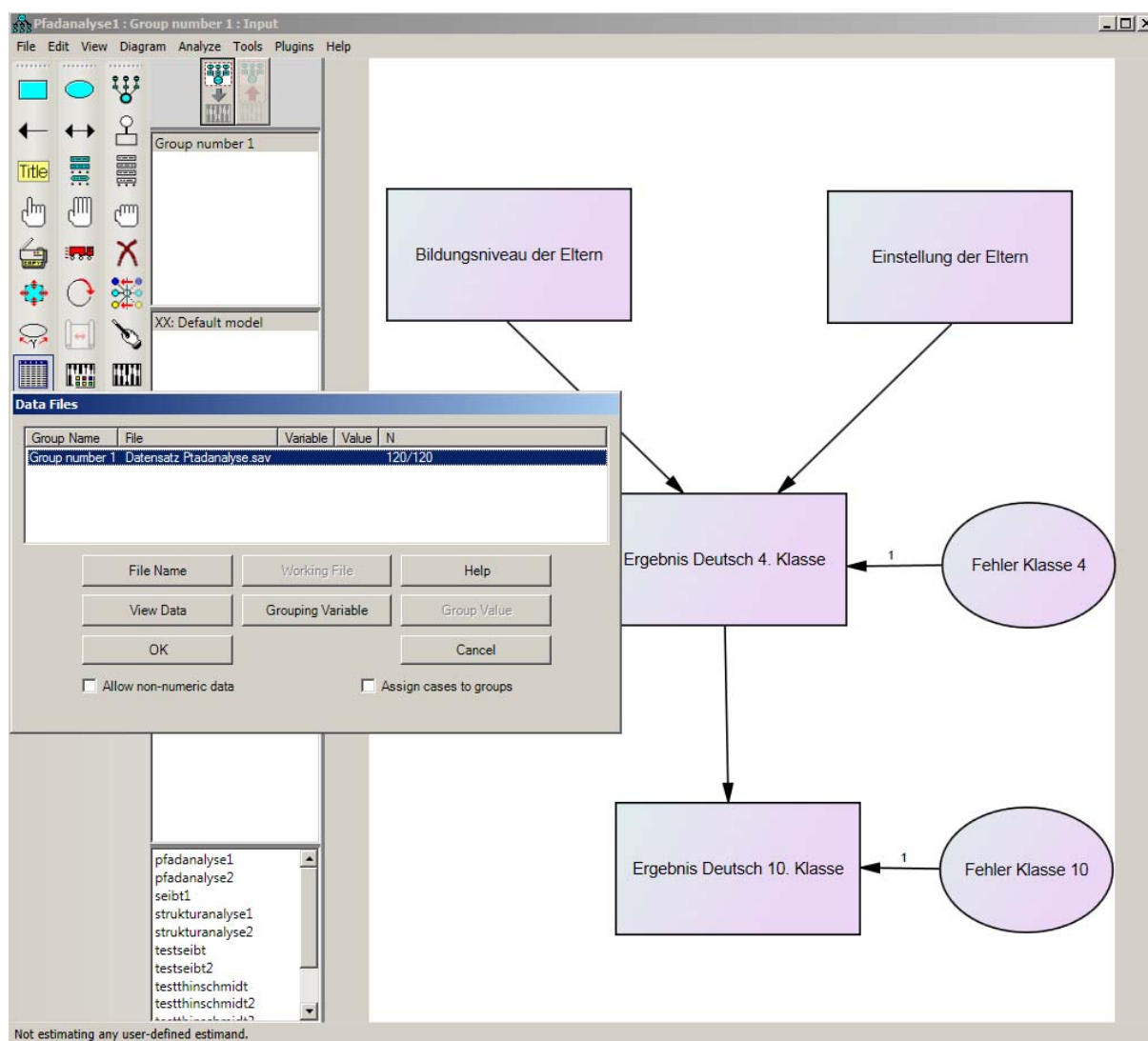


Abbildung 4.1: Laden der SPSS-Datei

4.1 Optionen der Parameterberechnung

Bevor die ersten Modellberechnungen durchgeführt werden, sollen zunächst einige Eigenschaften der Analyse spezifiziert werden. Wählen Sie im [Hauptmenü](#) unter [View](#) die Option [Analysis Properties](#) (Abbildung 4.2).

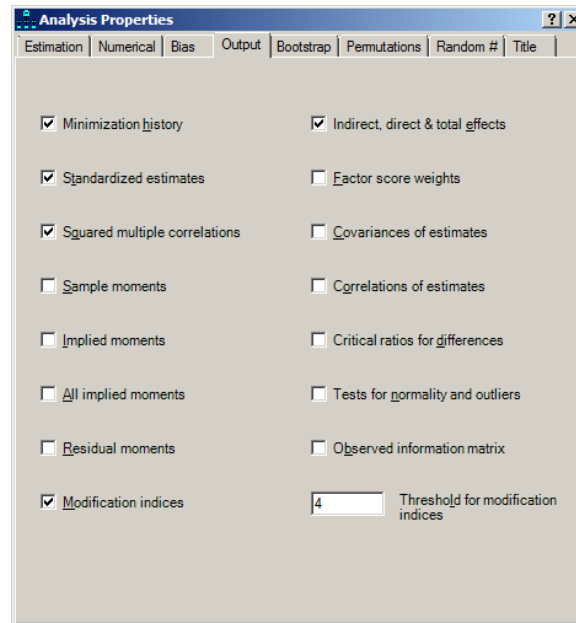


Abbildung 4.2: Ausgabespezifikation

Es öffnet sich das entsprechende Dialogfenster mit einer Vielzahl von Registerkarten, in denen zum Beispiel die Methode der Schätzung ([Estimation](#)) spezifiziert werden kann. Die Parameterschätzung soll nach der [Maximum-Likelihood-Methode](#) erfolgen (voreingestellt). Behalten Sie diese Voreinstellung bei. Wählen Sie die Registerkarte [Output](#) (Abbildung 4.2). Hier können die im zu erzeugenden Output enthaltenen Informationen festgelegt werden können.

Für die bevorstehende Analyse sollen zusätzlich zu der voreingestellten Darstellung des Iterationsprozesses ([Minimization history](#)) die standardisierten Schätzungen (standardisierte Pfadkoeffizienten und Korrelationen) und die [quadrierten multiplen Korrelationkoeffizienten](#) (Varianzaufklärungen der Kriterien) ausgegeben werden. Der Haken bei [Indirect, direct & total effects](#) soll ebenfalls gesetzt werden, ebenso der Haken bei [Modification indices](#). Anschließend ist die Registerkarte [Bootstrap](#) zu wählen (Abbildung 4.3).

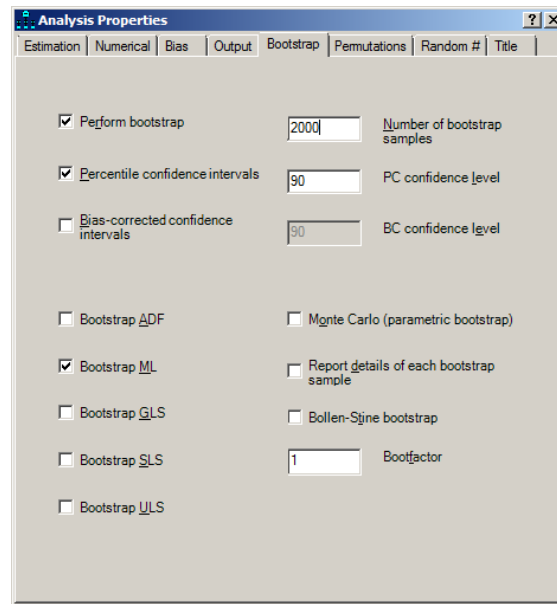


Abbildung 4.3: Bootstrap

Für die Signifikanztests auf der Grundlage der Bootstrap-Methode ist [Perform Bootstrap](#) anzuklicken sowie [Percentile confidence intervals](#). Die Zahl der Bootstrap-Stichproben soll 2000 betragen, es ist die [Bootstrap ML](#)-Methode zu wählen.

Die Voreinstellungen der übrigen Registerkarten sollen beibehalten werden.

Der SRMR wird in AMOS nicht routinemäßig ausgegeben. Um den Wert zu erhalten, muss [Plugins](#) im Hauptmenü angeklickt werden und danach [Standardized RMR](#). Im danach erscheinenden Fenster wird nach der Berechnung der Wert des SRMR erscheinen.

Die Analyse kann nun durch Anklicken des einem Backgammon-Feldes ähnelnden Symbols in der Werkzeugleiste [Calculate estimates](#) (8/3) gestartet werden.

4.2 Ergebnisse für das Gesamtmodell

Zunächst erscheint ein Fenster, in dem mitgeteilt wird, dass die Variablen [Bildung](#) und [Einstellung](#) im spezifizierten Modell als unkorreliert angenommen werden. Da das so vorgesehen ist, kann die Analyse durch Anklicken von [Proceed with the analysis](#) fortgesetzt werden. Im erscheinenden Fenster kann durch Anklicken der rechten der beiden Schaltflächen unterhalb der Hauptmenüzeile (direkt unter [Tools](#)) die Anzeige der geschätzten Pfadkoeffizienten sowie der geschätzten Fehlervarianzen angefordert werden (Ergebnismodus). Das Ergebnis ist in Abbildung 4.4 dargestellt.

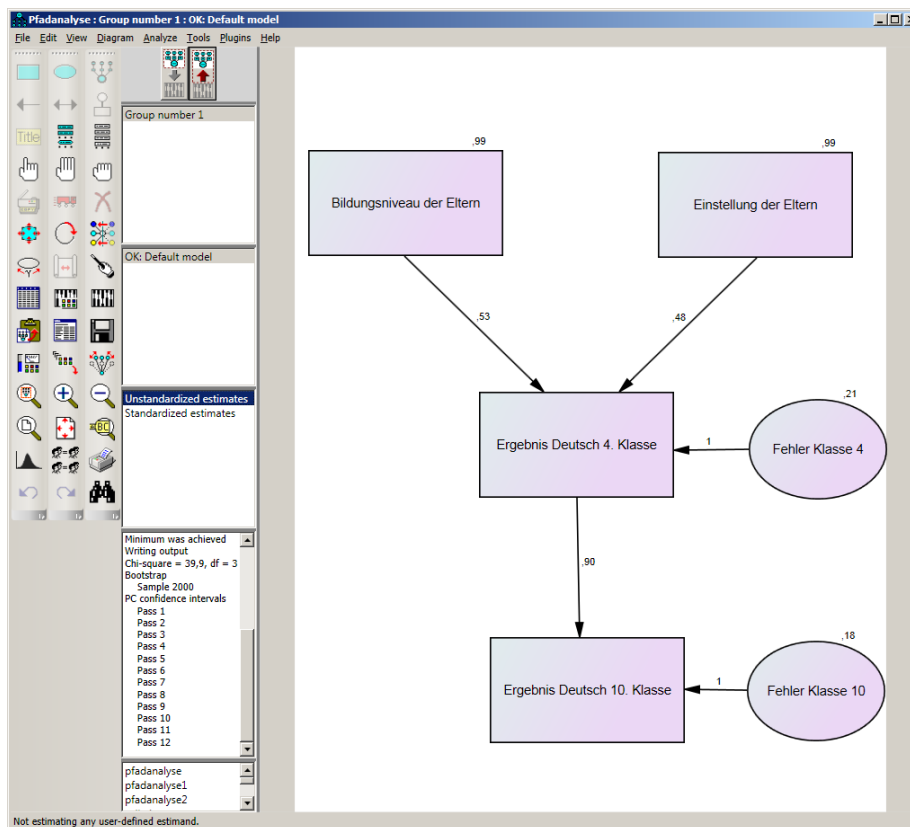


Abbildung 4.4: Ergebnisdarstellung (unstandardisierte Schätzungen)

Detaillierte Ergebnisse können dem Ergebnisoutput entnommen werden, der durch Anklicken des Feldes [View Text](#) (9/2) geöffnet werden kann.

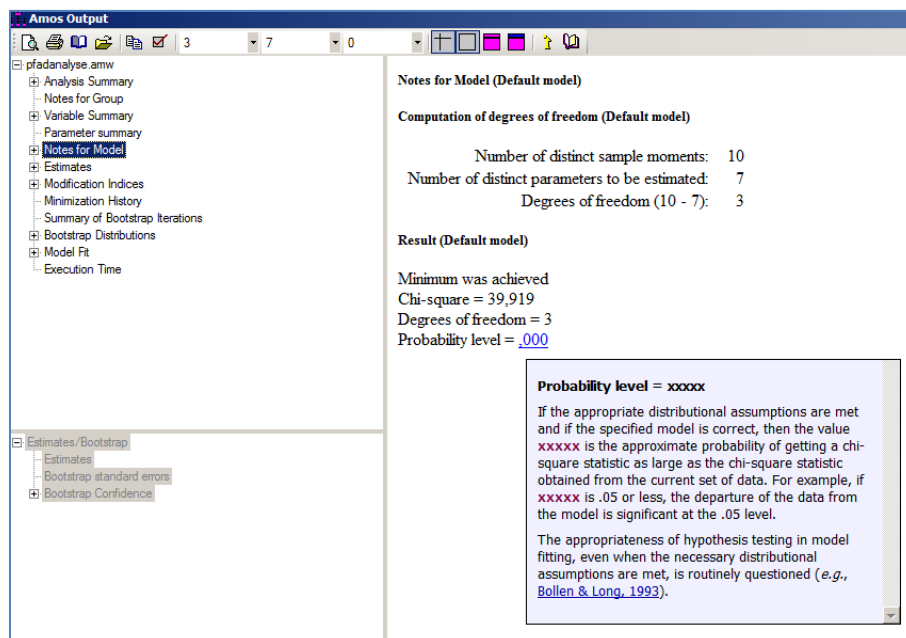
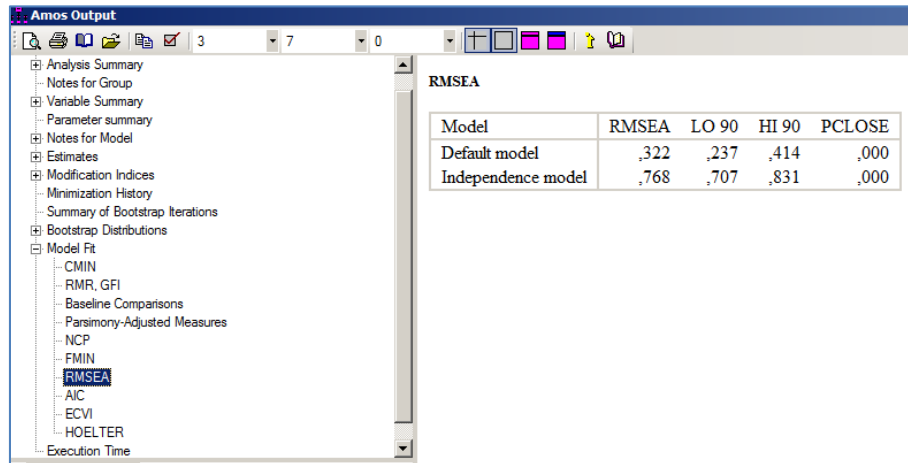


Abbildung 4.5: Text-Output: Notes for Model

Unter [Notes for Model](#) ist in Abbildung 4.5 das Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests abgebildet. Wenn man mit dem Cursor über die Ergebnisse fährt, werden viele Daten oder Beschriftungen blau unterlegt (hier .000). Wenn man dann darauf klickt, bekommt man eine in der Regel hilfreiche Beschreibung (hier des p-Wertes im Chi-Quadrat-Test).

Kennzahlen der Anpassungsgüte können unter **Model Fit** entnommen werden (Abbildung 4.6).



The screenshot shows the 'Amos Output' window with the 'Model Fit' section expanded. The 'RMSEA' table is displayed, comparing the 'Default model' and the 'Independence model'.

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,322	,237	,414	,000
Independence model	,768	,707	,831	,000

Abbildung 4.6: Text-Output: Model Fit: RMSEA


Beurteilen Sie auf diesen Grundlagen die Güte des betrachteten Modells.

4.3 Ergebnisse für Teilstrukturen

Unter **Estimates** kann man die Parameterschätzungen der schätzbaren Parameter (Pfadkoeffizienten, Varianzen usw.) einschließlich der Ergebnisse der Signifikanztests einsehen (Abbildung 4.7). Wenn Pfade im Modell keine signifikanten Koeffizienten aufweisen, können die entsprechenden Pfade bei eventuellen Modellmodifikationen (explorative Vorgehensweise) ggf. entfernt werden.

Diskutieren Sie die Ergebnisse.


Amos Output



3

7

0



pfadanalyse.amw

- [-] Analysis Summary
 - Notes for Group
- [-] Variable Summary
 - Parameter summary
- [-] Notes for Model
- [-] **Estimates**
- [-] Modification Indices
 - Minimization History
 - Summary of Bootstrap iterations
- [-] Bootstrap Distributions
- [-] Model Fit
 - Execution Time

Estimates (Group number 1 - Default model)

Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)

Maximum Likelihood Estimates

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Deutsch_4	<---	Einstellung	,482	,042	11,437	***	
Deutsch_4	<---	Bildung	,533	,042	12,626	***	
Deutsch_10	<---	Deutsch_4	,904	,046	19,735	***	

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
Deutsch_4	<---	Einstellung	,565
Deutsch_4	<---	Bildung	,624
Deutsch_10	<---	Deutsch_4	,875

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Einstellung	,992	,129	7,714	***	
Bildung	,992	,129	7,714	***	
Fehler_4	,210	,027	7,714	***	
Fehler_10	,180	,023	7,714	***	

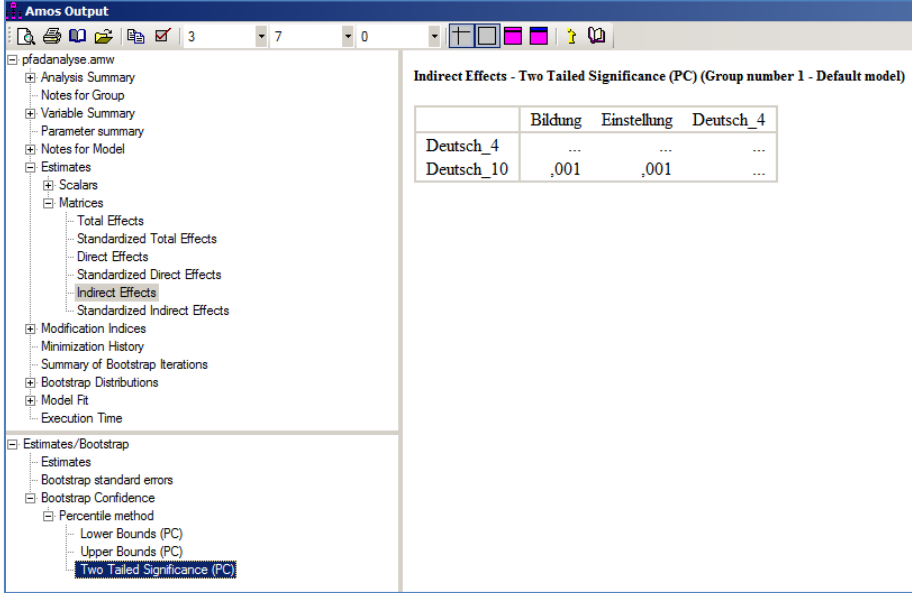
[-] Estimates/Bootstrap

- Estimates
- Bootstrap standard errors
- [-] **Bootstrap Confidence**

Abbildung 4.7: Text-Output: Estimates

Zur Signifikanzprüfung der indirekten Effekte von Bildung und Einstellung auf die Deut-

schleistung in der 10. Klasse können die Ergebnisse von Bootstrap-Tests ausgewertet werden. Die in der linken Spalte des Ausgabefensters vorzunehmenden Einstellungen können Abbildung 4.8 entnommen werden (zunächst sind dabei die Einstellungen im oberen Bereich vorzunehmen (bis zum Anklicken von [Indirect Effects](#)), danach sind die Einstellungen im unteren Bereich notwendig (bis zum Auswählen von [Two Tailed Significance \(PC\)](#))).



Indirect Effects - Two Tailed Significance (PC) (Group number 1 - Default model)

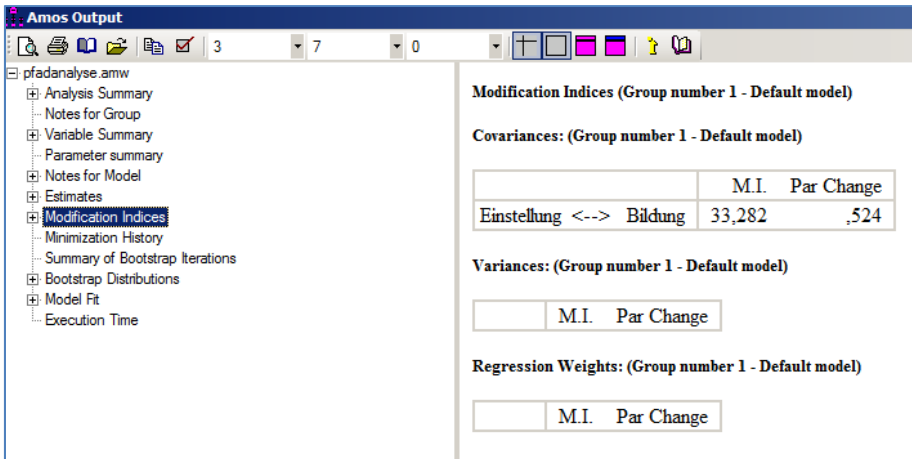
	Bildung	Einstellung	Deutsch_4
Deutsch_4	...	...	...
Deutsch_10	,001	,001	...

Abbildung 4.8: Text-Output: Estimates

Diskutieren Sie die Ergebnisse nur dann, wenn das Modell befriedigende Güte aufweist (Abschnitt 4.2) und keine Modifikationen (Abschnitt 4.4) vorgenommen werden sollen.

4.4 Modifikations-Indizes

Unter [Modification Indices](#) können Vorschläge zur Veränderung des Modells entnommen werden.



Modification Indices (Group number 1 - Default model)

Covariances: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change
Einstellung <-> Bildung	33,282	,524

Variances: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change

Abbildung 4.9: Text-Output: Modification Indices

Eine sehr deutliche Reduzierung des Chi-Quadrat-Wertes würde man erzielen, wenn man im Modell eine Kovarianz (Doppelpfeil) zwischen den Variablen [Einstellung](#) und [Bildung](#) auf-

nehmen würde.

Diskutieren Sie, ob die vorgeschlagene Kovarianz inhaltlich zu begründen ist. Interpretieren Sie die Kovarianz inhaltlich.

Ergänzen Sie ggf. das Modell entsprechend, nachdem Sie durch Anklicken der rechten der beiden Schaltflächen unterhalb der Hauptmenüzeile (direkt unter **Tools**) in den Eingabemodus zurückgekehrt sind.

Berechnen Sie das von Ihnen modifizierte Modell.

4.5 Ergebnisse für das modifizierte Modell

Das Ergebnis der Berechnung des modifizierten Modells ist in Abbildung 4.10 dargestellt. Wiederholen Sie die in den Abschnitten 4.2, 4.3 und 4.4 beschriebenen Schritte bei der Interpretation des Text-Outputs.

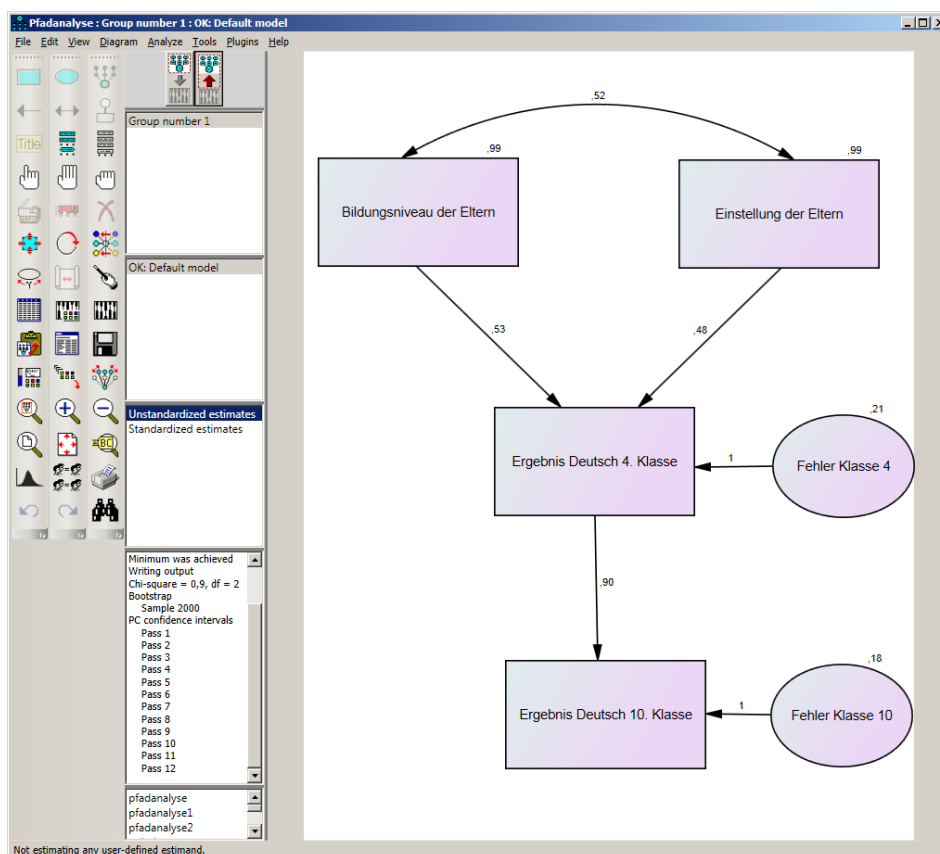


Abbildung 4.10: Ergebnisdarstellung (unstandardisierte Schätzungen, modifiziertes Modell)

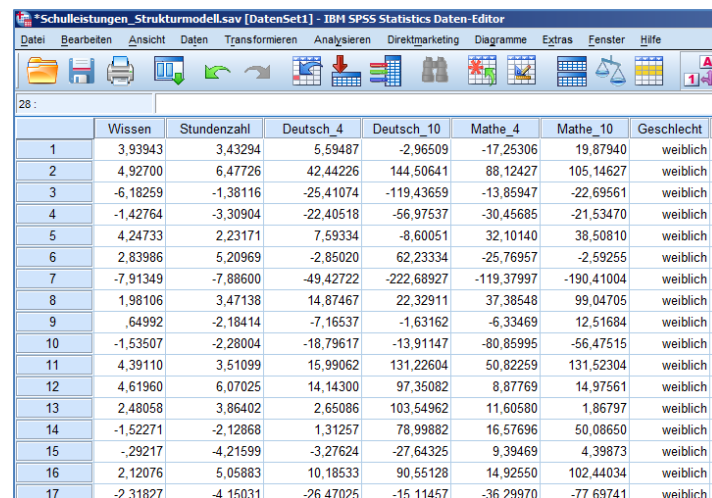
5 Fiktives Datenbeispiel Schulleistungen 2

In der Datei [Datensatz Strukturgleichungsanalyse.sav](#) liegen fiktive Daten von 300 Schülern in folgenden Variablen vor (Tabelle 5.1):

Tabelle 5.1: Variablen im Modell mit latenten Variablen

Variablenname	Variablenlabel
Wissen	Wissensaneignung
Stundenzahl	Zeitaufwand in Übungsstunden
Deutsch_4	Ergebnis Deutsch 4. Klasse
Deutsch_10	Ergebnis Deutsch 10. Klasse
Mathe_4	Ergebnis Mathe 4. Klasse
Mathe_10	Ergebnis Mathe 10. Klasse
Geschlecht	Geschlecht

Die Daten liegen in standardisierter Form vor (Abbildung 5.1).



	Wissen	Stundenzahl	Deutsch_4	Deutsch_10	Mathe_4	Mathe_10	Geschlecht
1	3,93943	3,43294	5,59487	-2,96509	-17,25306	19,87940	weiblich
2	4,92700	6,47726	42,44226	144,50641	88,12427	105,14627	weiblich
3	-6,18259	-1,38116	-25,41074	-119,43659	-13,85947	-22,69561	weiblich
4	-1,42764	-3,30904	-22,40518	-56,97537	-30,45685	-21,53470	weiblich
5	4,24733	2,23171	7,59334	-8,60051	32,10140	38,50810	weiblich
6	2,83986	5,20969	-2,85020	62,23334	-25,76957	-2,59255	weiblich
7	-7,91349	-7,88600	-49,42722	-222,68927	-119,37997	-190,41004	weiblich
8	1,98106	3,47138	14,87467	22,32911	37,38548	99,04705	weiblich
9	,64992	-2,18414	-7,16537	-1,63162	-6,33469	12,51684	weiblich
10	-1,53507	-2,28004	-18,79617	-13,91147	-80,85995	-56,47515	weiblich
11	4,39110	3,51099	15,99062	131,22604	50,82259	131,52304	weiblich
12	4,61960	6,07025	14,14300	97,35082	8,87769	14,97561	weiblich
13	2,48058	3,86402	2,65086	103,54962	11,60580	1,86797	weiblich
14	-1,52271	-2,12868	1,31257	78,99882	16,57696	50,08650	weiblich
15	-,29217	-4,21599	-3,27624	-27,64325	9,39469	4,39873	weiblich
16	2,12076	5,05883	10,18533	90,55128	14,92550	102,44034	weiblich
17	-2,31827	-4,15031	-26,47025	-15,11457	-36,29970	-77,69741	weiblich

Abbildung 5.1: Daten im Modell mit latenten Variablen

In diesem Modell wird angenommen, dass die [Voraussetzungen](#) der Eltern (latente Variable, die sich in den Ausprägungen der manifesten Variablen [Stundenzahl](#) und [Wissen](#) ausdrückt) das [Leistungsvermögen 4. Klasse](#) (latente Variable, die sich in den Ausprägungen der manifesten Variablen [Deutsch_4](#) und [Mathe_4](#) ausdrückt) beeinflusst.

Das [Leistungsvermögen 10. Klasse](#) (latente Variable, die sich in den Ausprägungen der manifesten Variablen [Deutsch_10](#) und [Mathe_10](#) ausdrückt) wird direkt von der latenten Variablen [Leistungsvermögen 4. Klasse](#) beeinflusst, eine direkte Beeinflussung durch die [Voraussetzungen](#) der Eltern gibt es nicht. Das entsprechende Modell ist in Abbildung 5.2 darge-

stellt.

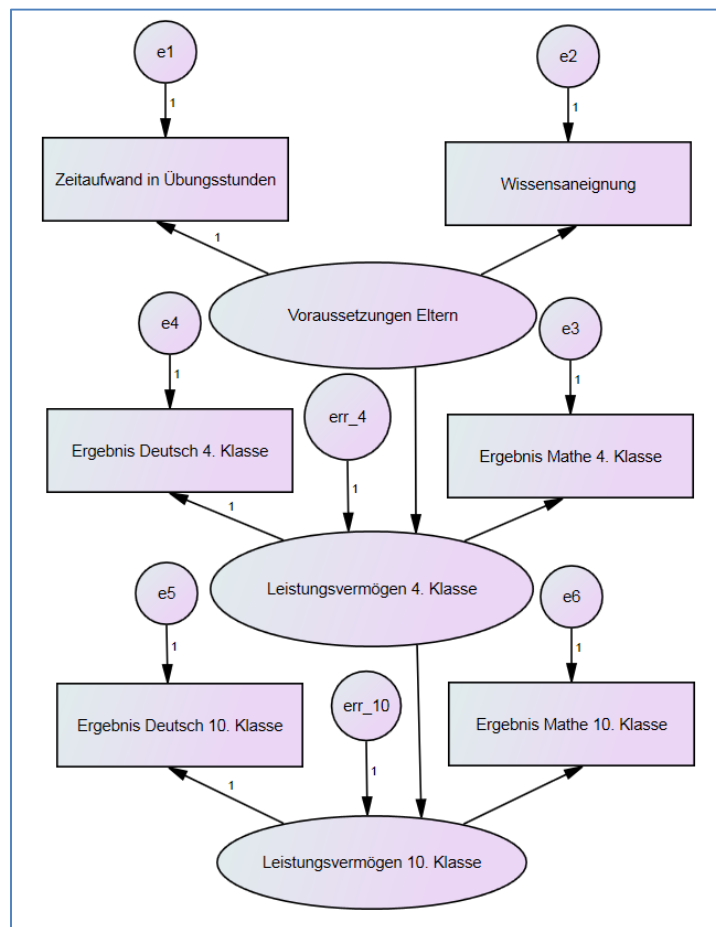


Abbildung 5.2: Modell mit latenten Variablen

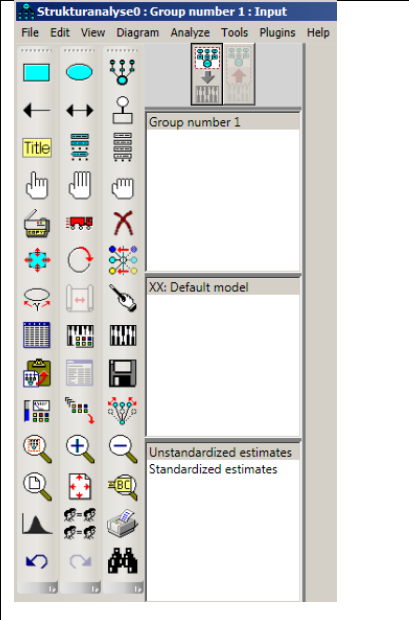
Folgende Fragen sind im Rahmen der Analyse des Modells zu beantworten:

1. Lassen Sie mit dem in Abbildung 5.2 dargestellten Modell die Beziehungen der 4 Variablen abbilden?
2. Sind Modifikationen des Modells nötig, sind diese Modifikationen ggf. inhaltlich zu begründen?
3. Gibt es einen signifikanten indirekten Effekt der Voraussetzungen der Eltern auf das Leistungsvermögen der Kinder in der 10. Klasse?
4. Gibt es einen Moderatoreffekt des Geschlechts, d.h. wie unterscheiden sich die ermittelten Strukturgleichungsmodelle zwischen den Geschlechtern?

6 Lineares Strukturgleichungsmodell mit latenten Variablen

6.1 Eingabe des Modells

Tabelle 6.1: Einige Eingabeerleichterungen

	<ul style="list-style-type: none"> • List variables in data set (3. Zeile/3. Spalte der Symbole): Wenn vor dem Zeichnen des Pfaddiagramms die Daten-datei spezifiziert wurde, können Variablenamen und –label direkt in das Pfaddiagramm übernommen werden. • Add a unique variable to an existing variable (2/3). Hierdurch können komfortabel z.B. Fehlervariablen eingefügt werden. • Change the shape of objects (6/1): Über diese Schaltfläche können die Formen der gezeichneten Objekte verändert werden. • Move parameter values (7/1): Im Pfaddiagramm eingegebene Parameterwerte, z.B. der Wert 1 für Pfadkoeffizienten, können optisch ansprechender angeordnet werden. • Plugins → Name Unobserved Variables im Hauptmenü ermöglicht die automatische Benennung von mehreren Fehlervariablen
--	---

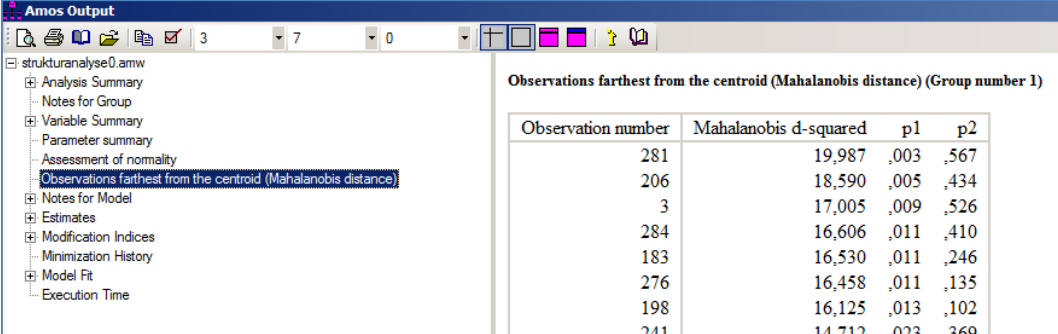
Geben Sie das in Abbildung 5.2 dargestellte Modell ein. Nutzen Sie dabei ergänzend zu dem im vergangenen Teil beschriebenen Vorgehen (zum Beispiel) die in Tabelle 6.1 dargestellten Optionen zur Vereinfachung der Eingabe, testen Sie ggf. weitere Möglichkeiten.

6.1 Spezifikationen und Einstellungen

Die Einstellungen sind zunächst analog zu dem in den Abschnitten 2 und 3 beschriebenen Vorgehen vorzunehmen. Setzen Sie in der Registerkarte [Analysis Properties](#) zusätzlich einen Haken bei [Test for normality and outliers](#). Nehmen Sie die [Bootstrap](#)-Einstellungen analog zu Abbildung 4.3 vor.

6.2 Untersuchung von Ausreißern

Im AMOS Text-Output sollen nach der erfolgten Berechnung des Modells zunächst mögliche Ausreißer identifiziert werden. Da es in den in Abbildung 6.1 dargestellten Mahalanobis-Abständen keinerlei Sprünge gibt, ist nicht von Ausreißern auszugehen. Deutliche Sprünge wären ein Indiz für Ausreißer (z.B. ein Wert von >40 beim Probanden Nr. 281)



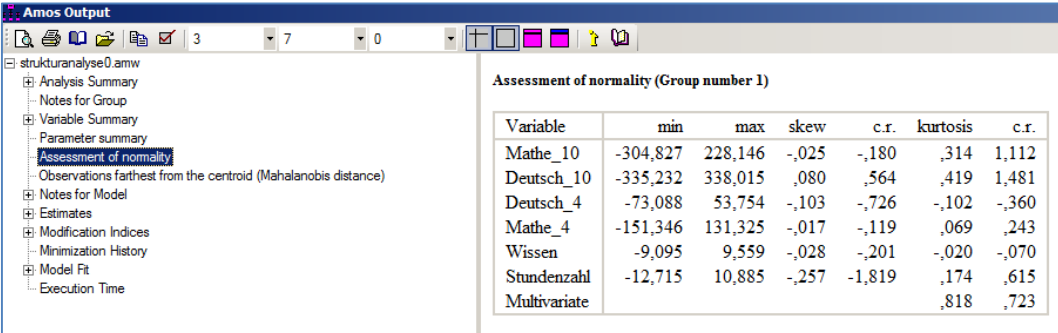
Observations farthest from the centroid (Mahalanobis distance) (Group number 1)

Observation number	Mahalanobis d-squared	p1	p2
281	19,987	,003	,567
206	18,590	,005	,434
3	17,005	,009	,526
284	16,606	,011	,410
183	16,530	,011	,246
276	16,458	,011	,135
198	16,125	,013	,102
241	14,712	,023	,369

Abbildung 6.1: Ergebnisdarstellung Ausreißeridentifikation

6.3 Prüfung der Multinormalverteilung

Im nächsten Schritt soll die Voraussetzung der Multinormalverteilung mit den von AMOS angebotenen Möglichkeiten untersucht werden.



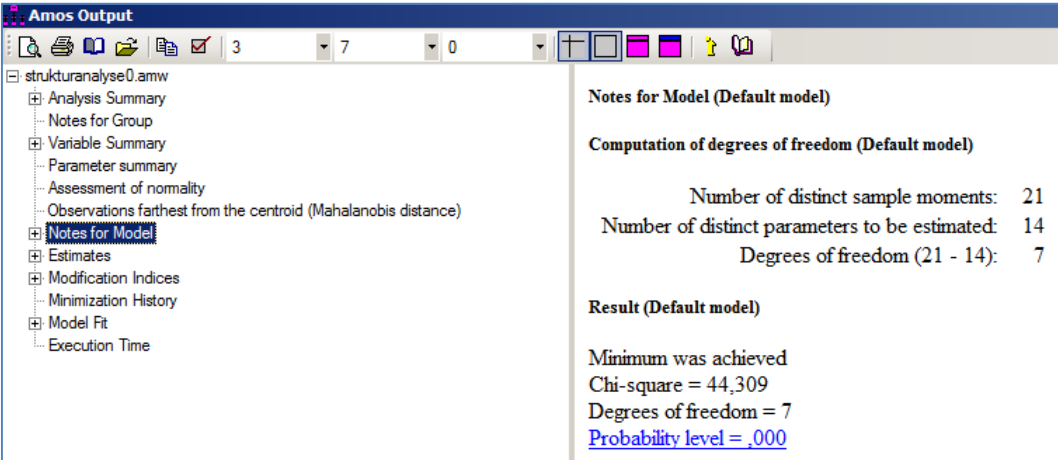
Assessment of normality (Group number 1)

Variable	min	max	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
Mathe_10	-304,827	228,146	-,025	-,180	,314	1,112
Deutsch_10	-335,232	338,015	,080	,564	,419	1,481
Deutsch_4	-73,088	53,754	-,103	-,726	-,102	-,360
Mathe_4	-151,346	131,325	-,017	-,119	,069	,243
Wissen	-9,095	9,559	-,028	-,201	-,020	-,070
Stundenzahl	-12,715	10,885	-,257	-1,819	,174	,615
Multivariate					,818	,723

Abbildung 6.2: Ergebnisdarstellung Prüfung der Multinormalverteilung

Weder multivariat noch bei der Analyse der einzelnen Variablen ergeben sich Hinweise auf Abweichungen von der Multinormalverteilung bzw. der Normalverteilung.

6.4 Ergebnisse für das Gesamtmodell



Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 21
 Number of distinct parameters to be estimated: 14
 Degrees of freedom (21 - 14): 7

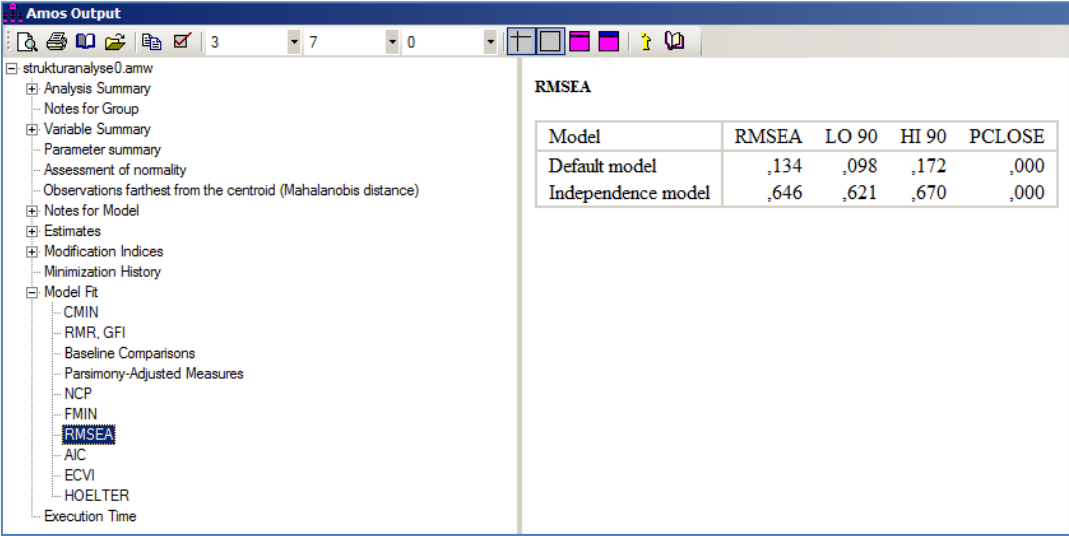
Result (Default model)

Minimum was achieved
 Chi-square = 44,309
 Degrees of freedom = 7
 Probability level = ,000

Abbildung 6.3: Text-Output: Notes for Model

Unter **Notes for Model** ist in Abbildung 6.3 das Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests abgebildet.

Kennzahlen der Anpassungsgüte können unter **Model Fit** entnommen werden (Abbildung 6.4). Beurteilen Sie auf diesen Grundlagen die Güte des betrachteten Modells.



Amos Output

strukturanalyse0.amw

- Analysis Summary
 - Notes for Group
- Variable Summary
 - Parameter summary
 - Assessment of normality
 - Observations farthest from the centroid (Mahalanobis distance)
- Notes for Model
- Estimates
- Modification Indices
- Minimization History
- Model Fit
 - CMIN
 - RMR, GFI
 - Baseline Comparisons
 - Parsimony-Adjusted Measures
 - NCP
 - FMIN
 - RMSEA**
 - AIC
 - ECVI
 - HOELTER
 - Execution Time

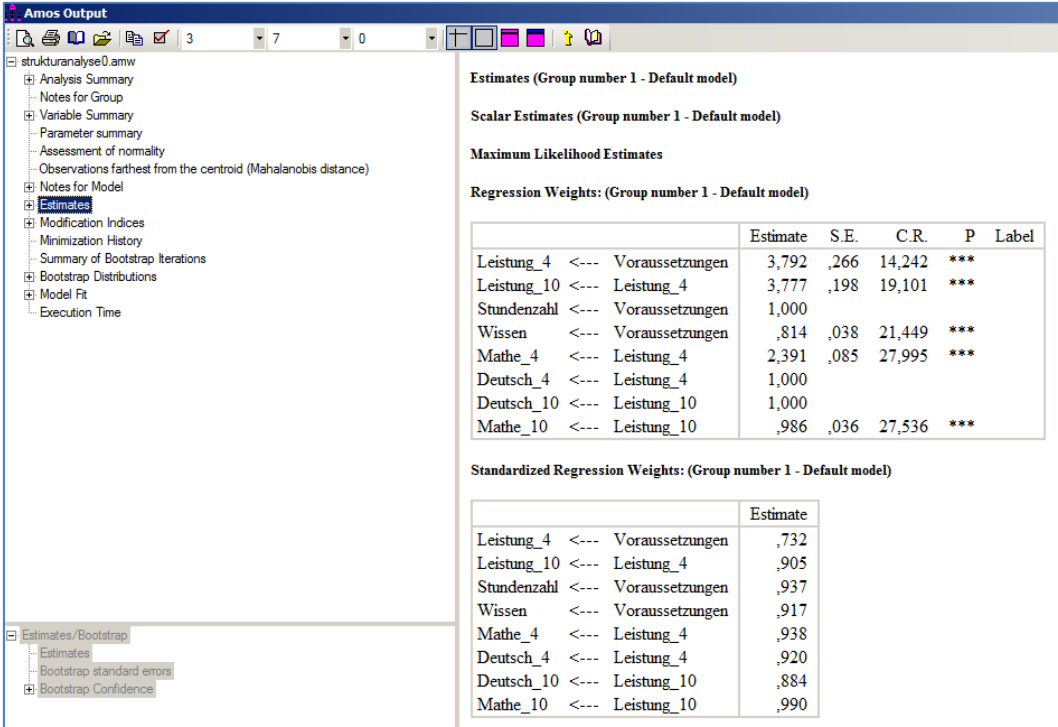
RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,134	,098	,172	,000
Independence model	,646	,621	,670	,000

Abbildung 6.4: Text-Output: Model Fit: RMSEA

6.5 Ergebnisse für Teilstrukturen

Unter **Estimates** kann man die Parameterschätzungen der schätzbaren Parameter (Pfadkoeffizienten, Varianzen usw.) einschließlich der Ergebnisse der Signifikanztests einsehen (Abbildung 6.5). Wenn Pfade im Modell keine signifikanten Koeffizienten aufweisen, können die entsprechenden Pfade bei eventuellen Modellmodifikationen (explorative Vorgehensweise) ggf. entfernt werden. Diskutieren Sie die Ergebnisse.



Amos Output

strukturanalyse0.amw

- Analysis Summary
 - Notes for Group
- Variable Summary
 - Parameter summary
 - Assessment of normality
 - Observations farthest from the centroid (Mahalanobis distance)
- Notes for Model
- Estimates**
 - Modification Indices
 - Minimization History
 - Summary of Bootstrap iterations
 - Bootstrap Distributions
 - Model Fit
 - Execution Time

Estimates (Group number 1 - Default model)

Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)

Maximum Likelihood Estimates

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Leistung_4 <--- Voraussetzungen	3,792	,266	14,242	***	
Leistung_10 <--- Leistung_4	3,777	,198	19,101	***	
Stundenzahl <--- Voraussetzungen	1,000				
Wissen <--- Voraussetzungen	,814	,038	21,449	***	
Mathe_4 <--- Leistung_4	2,391	,085	27,995	***	
Deutsch_4 <--- Leistung_4	1,000				
Deutsch_10 <--- Leistung_10	1,000				
Mathe_10 <--- Leistung_10	,986	,036	27,536	***	

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	Estimate
Leistung_4 <--- Voraussetzungen	,732
Leistung_10 <--- Leistung_4	,905
Stundenzahl <--- Voraussetzungen	,937
Wissen <--- Voraussetzungen	,917
Mathe_4 <--- Leistung_4	,938
Deutsch_4 <--- Leistung_4	,920
Deutsch_10 <--- Leistung_10	,884
Mathe_10 <--- Leistung_10	,990

Abbildung 6.5: Text-Output: Estimates

Zur Signifikanzprüfung der indirekten Effekte von **Voraussetzungen** der Eltern auf das **Leistungsvermögen** in der 10. Klasse können die Ergebnisse von Bootstrap-Tests ausgewertet werden. Die in der linken Spalte des Ausgabefensters vorzunehmenden Einstellungen können Abbildung 6.6 entnommen werden. Neben den Ergebnissen des Signifikanztests kann man sich Schätzungen der Effekte, Konfidenzintervalle u.a. anzeigen lassen.

Indirect Effects - Two Tailed Significance (PC) (Group number 1 - Default model)

	Voraussetzungen	Leistung_4	Leistung_10
Leistung_4	...	...	...
Leistung_10	,001	...	...
Mathe_10	,001	,001	...
Deutsch_10	,001	,001	...
Deutsch_4	,001	...	...
Mathe_4	,001	...	...
Wissen	...	...	...
Stundenzahl	...	...	...

Abbildung 6.6: Text-Output: Estimates

Diskutieren Sie die Ergebnisse nur dann, wenn das Modell befriedigende Güte aufweist (Abschnitt 2.4) und keine Modifikationen (Abschnitt 2.6) vorgenommen werden sollen.

6.6 Modifikations-Indizes

Unter **Modification Indices** können Vorschläge zur Veränderung des Modells entnommen werden.

Amos Output

strukturanalyse0.amw

- Analysis Summary
- Notes for Group
- Variable Summary
- Parameter summary
- Assessment of normality
- Observations farthest from the centroid (Mahalanobis distance)
- Notes for Model
- Estimates
 - Scalars
 - Matrices
 - Total Effects
 - Standardized Total Effects
 - Direct Effects
 - Standardized Direct Effects
 - Indirect Effects
 - Standardized Indirect Effects
- Modification Indices**
- Minimization History
- Summary of Bootstrap Iterations
- Bootstrap Distributions
- Model Fit
- Execution Time

Modification Indices (Group number 1 - Default model)

Covariances: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change
e4 <--> Voraussetzungen	10,524	6,737
e4 <--> err_4	13,057	-27,534
e4 <--> err_10	4,667	-44,799
e3 <--> Voraussetzungen	6,278	-11,579
e3 <--> err_4	7,598	46,163
e3 <--> err_10	5,561	105,885
e3 <--> e6	4,413	73,850
e2 <--> e6	6,254	-6,958
e2 <--> e5	8,450	11,644
e1 <--> e5	5,817	-11,444
e1 <--> e4	8,039	2,982
e1 <--> e3	6,559	-5,989

Variances: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change
--	------	------------

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	M.I.	Par Change
Deutsch_4 <--- Voraussetzungen	10,524	,511
Deutsch_4 <--- Wissen	9,620	,532
Deutsch_4 <--- Stundenzahl	13,250	,518
Mathe_4 <--- Voraussetzungen	6,278	-,878
Mathe_4 <--- Wissen	5,165	-,867
Mathe_4 <--- Stundenzahl	8,439	-,920

Abbildung 6.7: Text-Output: Modification Indices

Die relativ größte Reduzierung des Chi-Quadrat-Wertes würde man erzielen, wenn man im Modell eine gerichtete Beziehung (Pfeil) zwischen den Variablen **Stundenzahl** und **Deutsch-4** aufnehmen würde.

Diskutieren Sie, ob die vorgeschlagene Modifikation inhaltlich zu begründen ist. Interpretieren Sie die vorgeschlagene aufzunehmende Beziehung inhaltlich.

Ergänzen Sie ggf. das Modell entsprechend, nachdem Sie durch Anklicken der rechten der beiden Schaltflächen unterhalb der Hauptmenüzeile (direkt unter **Tools**) in den Eingabemodus zurückgekehrt sind.

Berechnen Sie ggf. das von Ihnen modifizierte Modell und interpretieren Sie die Ergebnisse.

6.7 Zusatzaufgabe: Moderatoreffekt des Geschlechts

Nachfolgend soll untersucht werden, ob die Ergebnisse der Strukturgleichungsanalyse zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, wenn man das Geschlecht als mögliche Moderatorvariable berücksichtigt. Benutzen Sie für diese Analyse ggf. das von Ihnen modifizierte Modell.

Zunächst sind nach anklicken von **Analyze** im Hauptmenü und danach von **Manage Groups** die zu untersuchenden Gruppen festzulegen – zunächst die Gruppe **Mädchen**, danach die

Gruppe [Jungen](#) (Abbildung 6.8).

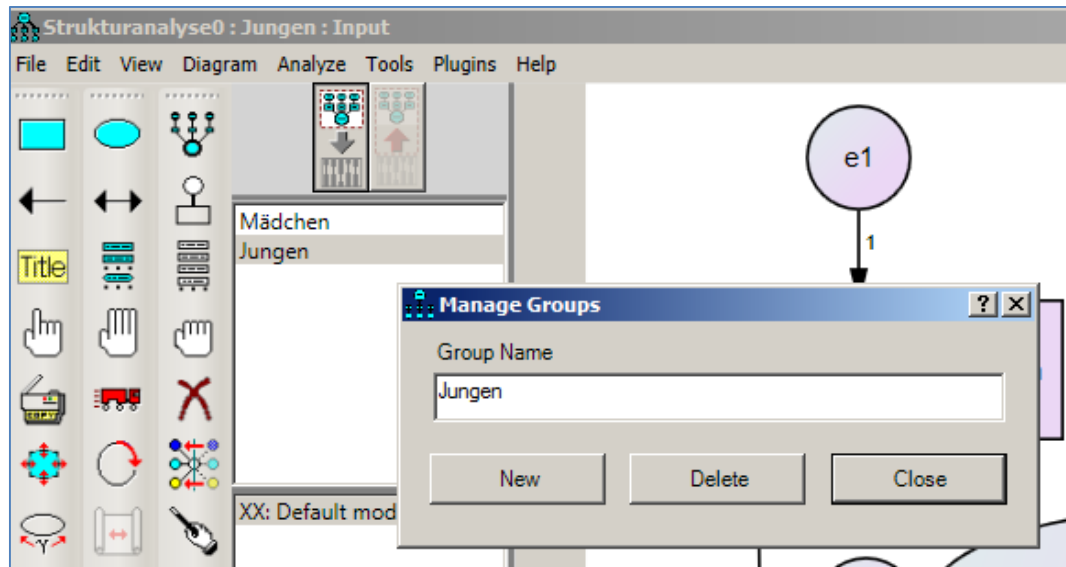


Abbildung 6.8: Fenster Manage Groups

Danach sind die Dateien für beide Gruppen zu spezifizieren (Anklicken von [File](#) → [Data Files](#)). Im vorliegenden Fall sind die Daten beider Gruppen in der gleichen Datei enthalten. Deshalb ist nach Anklicken von [Grouping Variable](#) die Gruppenvariable zu benennen, im vorliegenden Beispiel [Geschlecht](#) (Abbildung 6.9). Dieser Vorgang ist für beide Gruppen zu wiederholen.

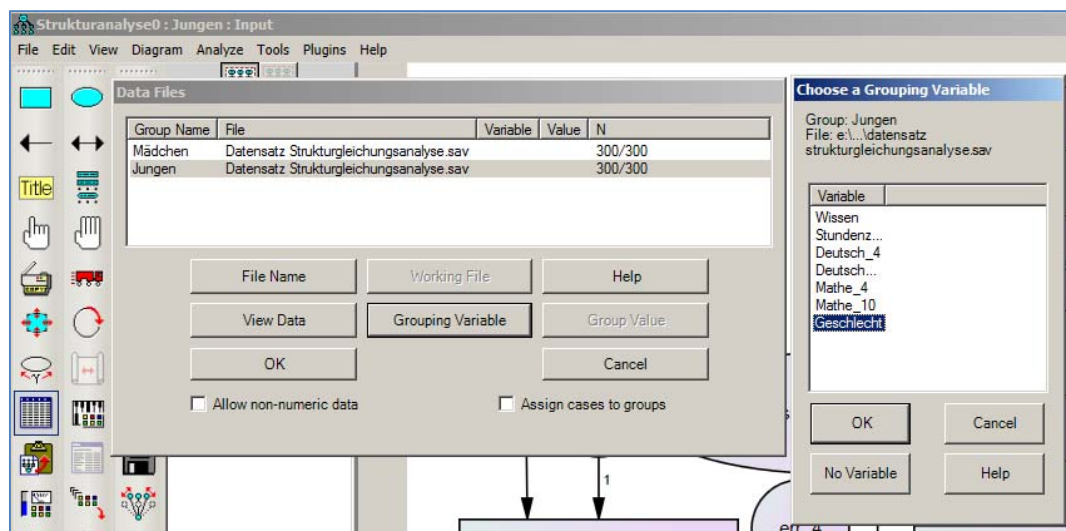


Abbildung 6.9: Fenster Choose a Grouping Variable

Anschließend müssen nach Anklicken der Schaltfläche [Group Value](#) die Werte der Variablen [Geschlecht](#) für beide Gruppen festgelegt werden (siehe Abbildung 6.10)⁹.

⁹ Es ist zu beachten, dass der in jeder Gruppe zur Verfügung stehende Stichprobenumfang hinreichend groß sein muss.

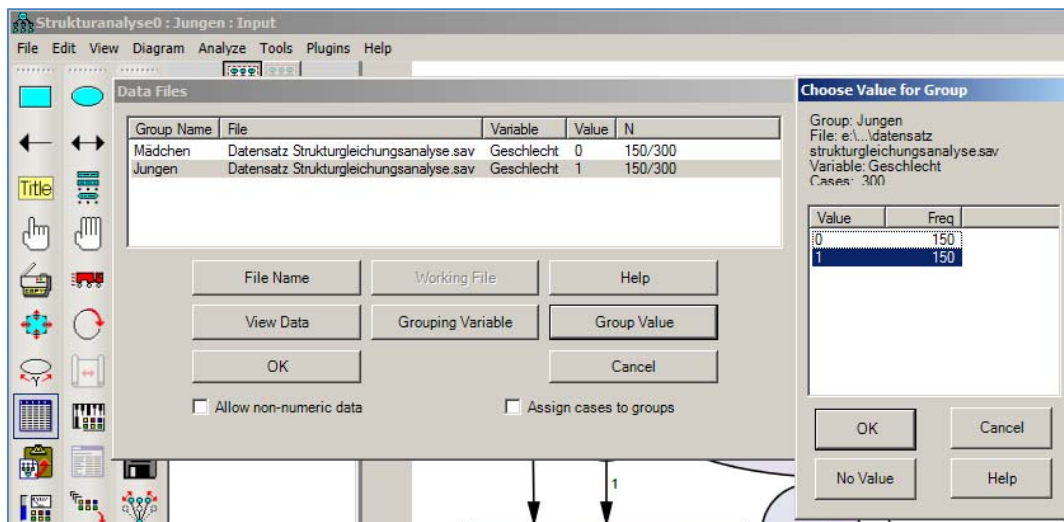


Abbildung 6.10: Fenster Choose Value for Group

Um einen vollständigen Modellvergleich vornehmen zu können, ist unter **View** und **Analysis Properties** unter der Registerkarte **Estimation** ein Haken bei **Estimate means and intercepts** zu setzen.

Danach ist die Schaltfläche **Multi-Group Analysis** (14/2) anzuklicken (analog: Anklicken von **Analyze** in der Hauptmenüzeile und danach **Multi-Group Analysis**). Nach einem mit OK zu bestätigenden Hinweis erscheint das in Abbildung 6.11. dargestellte Fenster.

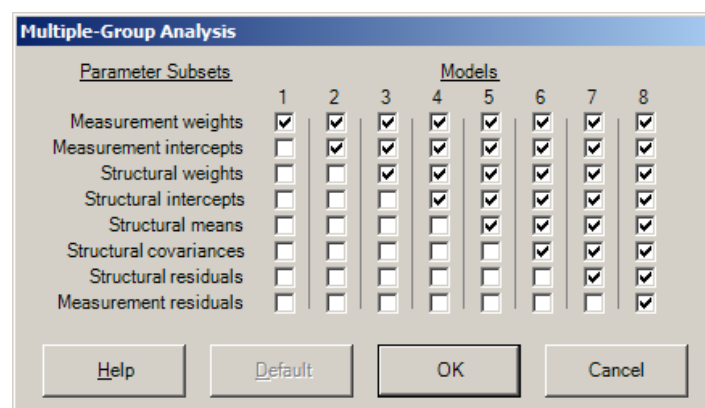


Abbildung 6.11: Fenster Multi-Group Analysis

Nach OK kann man den grafischen Output (getrennt nach den Geschlechtern) und den umfangreichen Textoutput einsehen. Diskutieren Sie die Ergebnisse.

6.8 Zusätzliche Übungsaufgabe

In einer Untersuchung soll das folgende theoretisch begründete Modell untersucht werden: Die latenten Variablen Leistungsvoraussetzungen (operationalisiert durch 3 Leistungstests L1, L2 und L3) und Leistungsbereitschaft (gemessen durch 2 Tests B1 und B2) beeinflussen die latente Variable Wissen (gemessen durch Wissenstests W1 und W2). Die latente Variable Wissen beeinflusst die latente Variable Selbstzufriedenheit, die durch 3 Items (S1, S2 und S3) erfasst wird.

Stellen Sie ein korrektes und identifizierbares Strukturgleichungsmodell dar, das diese Hypothesenstruktur abbildet.

Es steht die SPSS-Datei Selbstzufriedenheit.sav zur Verfügung, in der von 321 Probanden die Werte der in der Aufgabenstellung beschriebenen metrischen Variablen L1, L2, L3, B1, B2, W1, W2, S1, S2 und S3 enthalten sind (fiktive Daten).

Berechnen Sie die Modellparameter. Interpretieren Sie das Ergebnis und beurteilen Sie die Modellgüte.

Gibt es signifikante indirekte Effekte der latenten Variablen Leistungsvoraussetzungen bzw. der latenten Variablen Leistungsbereitschaft auf die latente Variable Selbstzufriedenheit im untersuchten Modell?