

Analyse eines Trainings zum Induktiven Denken unter Verwendung von EffectLite

Ausarbeitung zum Referat

Seminar: Kausale Modelle
Seminarleiter: Prof. Dr. R. Steyer
WS 2006/2007 – 02.02.07

Referentinnen:
Franziska Ehrke
Caroline Rook
Bianca Mariß

Gliederung

| | Seite |
|------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung | 3 |
| 1.1. Induktives Denken | 3 |
| 1.2. Training Induktiven Denkens | 3 |
| 1.3. Datenerhebung | 4 |
| 1.4. Datensatz | 5 |
| 2. Hauptteil | 6 |
| 2.1. Inhaltliche Fragestellung | 6 |
| 2.2. Vorgehen | 6 |
| 2.3. Modell | 9 |
| 2.4. Ergebnisse der Modelle | 9 |
| 2.5. Prüfung von Unkonfundiertheit | 15 |
| 3. Schlussfolgerungen | 17 |

1. Einleitung

In dem folgenden Bericht stellen wir unsere Analysen zu einem Training induktiven Denkens von Klauer et al. (1997) vor. Unser Anliegen war es, anhand von kausalen Analysen Schlussfolgerungen über die Wirksamkeit des Trainings und dessen Indikation für bestimmte Personengruppen zu treffen.

1.1. Induktives Denken

Unter induktivem Denken wird die Fähigkeit verstanden, die in unterschiedlichen beobachteten Situationen oder betrachteten Daten enthaltenen Regelmäßigkeiten bzw. Unregelmäßigkeiten zu erkennen, und aus diesen Beobachtungen allgemeingültige Regeln abzuleiten. Es wird also von Einzelphänomenen auf eine zugrunde liegende Gesetzmäßigkeit geschlossen.

Hierbei stellt der Vergleich von gegebenem Material den ersten Schritt induktiven Denkens dar. Dieser Vergleich führt zu objektbezogenen Unterscheidungen bzw. zum Erkennen von Relationen zwischen einzelnen Merkmalen. Als zweiter Schritt folgt nun die eigentliche Induktion, die Generalisierung dieser beobachteten Relationen.

Klauer (2002) unterscheidet somit das Erkennen der Regel- bzw. Unregelmäßigkeiten („inductive reasoning“) von der Generalisierung des Beobachteten auf andere Situationen („inductive inference“).

1.2. Training Induktiven Denkens

Um induktives Denken zu trainieren, entwickelten Klauer und Phye (1994) ein Training für Schulkinder. Hierdurch sollen die Kinder darin geschult werden, ein induktives Problem zu erkennen, eine adäquate Lösung für das Problem zu entwickeln und im Anschluss die gefundene Lösung zu überprüfen.

Das Training zum induktiven Denken setzt sich aus sechs verschiedenen Aufgabenbereichen zusammen:

1. Generalisierung von Eigenschaften, 2. Unterscheidung von Eigenschaften, 3. Kreuz-Klassifikation von Eigenschaften, 4. Erkennen von Beziehungen, 5. Unterscheidung von Beziehungen und 6. System-Konstruktion

Mit Hilfe von Abbildungen, auf denen verschiedene Gegenständen abgebildet sind, sollen die Kinder entsprechende Fragen zu den Aufgabenbereichen beantworten. (Beispiel: *Generalisierung von Eigenschaften*: „Welche drei [von fünf] Objekten gehören zusammen?)

Entsprechend der Hypothese von Klauer et al. sollte der Raven-Matrizen-Test (CPM) von Schmidtke et al. (1980) die Effekte des Trainings zum induktiven Denken am besten erfassen.

Dies begründen die Durchführenden der Untersuchung damit, dass der CPM als Culture Fair Test besonders geeignet sei, fluide Intelligenz und somit auch induktives Denken zu erfassen.

Das zugrundeliegende Konzept der zwei Intelligenzfaktoren fluider und kristalliner Intelligenz nach Cattell (1963) beruht auf der Unterscheidung der Fähigkeit, kulturunabhängig Wege und Methoden zu finden, um Probleme zu lösen (fluide Intelligenz) und der Fähigkeit, zuvor erworbenes deklaratives Wissen anzuwenden (kristalline Intelligenz).

Die Fähigkeit zu induktivem Denken wird gemeinhin fluider Intelligenz zugerechnet, sollte also gut durch den CPM erfassbar sein, während die Leistung in einem Wortschatztest auf kristalline Intelligenz zurückgeführt werden kann.

1.3. Datenerhebung

1997 führten Klauer et al. eine Untersuchung zu dem, von ihnen konzipierten, Training induktiven Denkens durch.

Hierzu ermittelten die Durchführenden sechs Grundschulen mit jeweils zwei ersten Klassen, wobei jeweils eine Klasse das Training erhielt und die dazugehörige Parallelklasse als Kontrollgruppe fungierte. Während der fünfwöchigen Intervention erhielt die Experimentalgruppe zweimal wöchentlich ein einstündiges Training zum induktiven Denken, welches von zwei Psychologinnen in Kleingruppen durchgeführt wurde. Die Kontrollgruppe nahm während dieser Zeit am regulären Unterricht teil.

Die Untersuchung von Klauer et al. umfasste zwei Messzeitpunkte.

Eine Woche vor Beginn des Trainings wurde ein Prätest erhoben, der Posttest erfolgte zwei Wochen nach Beendigung des Trainings.

Als Messinstrumente zur Erhebung der Effekte des Trainings zum induktiven Denken zogen Klauer et al. den Raven-Matrizen-Test (Raven's Coloured Matrices, CPM) von Schmidtke et al. (1980), den Grundintelligenztest Skala 1 (CFT) von Weiss & Osterland (1980) und den Wortschatztest für Schulanfänger (WST) von Kamratowski & Kamratowski (1969) heran.

Die drei Tests wurden jeweils nach Zufall in zwei Teile aufgeteilt und die so entstandenen 6 Testteile wurden sowohl zum ersten als auch zum zweiten Messzeitpunkt erhoben.

1.4. Datensatz

Der uns vorliegende Datensatz zur Analyse des Trainings zum induktiven Denken umfasst die Daten von 279 Schülern, welche sowohl am Prä- als auch am Posttest teilgenommen haben. Es liegen insgesamt 19 Variablen vor.

Für unsere Analyse werden vor allem der Wert der unabhängigen Variable *Experimental- vs. Kontrollgruppe*, die Werte der beiden Testhälften des CPM im Prä- & der Testhälften des CPM im Posttest, die 2 Variablen-Werte des CFT 1 im Prä- & die 2 Variablen-Werte des CFT 1 im Posttest und die zwei Testhälften des WST im Prä- sowie im Posttest von Bedeutung sein.

2. Hauptteil

2.1. Inhaltliche Fragestellung

Unserer Analyse des Trainings zum induktiven Denken liegt die Fragestellung zugrunde, für welche Schülergruppe das Training die größten durchschnittlichen kausalen Effekte erzielt.

2.2. Vorgehen

Die Effekte des Trainings zum induktiven Denken wurden unter Zuhilfenahme der Programme EffectLite und LISREL analysiert.

Für die Analyse musste zunächst eine Outcome-Variable in EffectLite bestimmt werden. Da, wie oben beschrieben, der CPM am besten geeignet erscheint, die Effekte des induktiven Denktrainings zu erfassen, wählten wir die beiden im Posttest erhobenen CPM-Testhälften (CPM 12 & CPM 22) zur Bildung der latenten Outcome-Variablen.

Im nächsten Schritt widmeten wir uns der Identifikation relevanter Kovariaten, um so den Einfluss anfänglicher Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe bei der Analyse zu berücksichtigen. Deshalb wurden zunächst die Werte des CPM im Prätest (CPM 11 & CPM 21) als Outcome-Variablen in EffectLite eingegeben, um so mögliche Anfangsunterschiede zwischen den Gruppen sichtbar zu machen (Abb. 1).

```

*** Simultaneous tests for all treatment groups and all dependent variables ***
=====
Hypothesis          Chi-sq  DF  Prob
-----
No treatment effect    8.563   1  0.0034
=====

*** Detailed analysis of the effects ***
Results for outcome variable 1: A1
Group 1 - Control group 0

Effect      -0.944
Std.error   0.327
Effect/SE   -2.884
Effect size -0.405

*** Group means of the outcome variable(s) ***
Group  Outcome  Mean  Std.dev.  Std.error
0      A1      13.312  2.329    0.224
1      A1      12.368  2.562    0.239

```

Abb.1

Hierbei ergaben sich signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe, mit einem höheren Mittelwert der Kontrollgruppe. Inhaltlich bedeutet dies, dass die Kontrollgruppe vor Beginn des Trainings über eine höhere Fähigkeit des induktiven Denkens verfügte, als die Experimentalgruppe. Demzufolge sollte der zu Messzeitpunkt 1 erhobene CPM als Kovariate in die Analyse der Effekte des Trainings induktiven Denkens miteinbezogen werden.

In einem nächsten Schritt musste die Relevanz der Werte des CFT und des WST zum ersten Messzeitpunkt als zusätzliche potentielle Kovariaten für unsere Analyse überprüft werden.

Wie oben beschrieben, sollte der Wortschatztest WST in erster Linie kristalline Intelligenz erfassen und somit ohne Bedeutung für die Erfassung von Fähigkeit zu induktivem Denken sein.

Der CFT sollte hingegen bei der Erfassung von Trainingseffekt nicht unberücksichtigt bleiben, da sich dieser Grundintelligenztest aus induktiven und nichtinduktiven Subtests zusammensetzt.

| *** Group means of the outcome variable(s) *** | | | | |
|--|---------|--------|----------|-----------|
| Group | Outcome | Mean | Std.dev. | Std.error |
| 0 | WST | 13.039 | 1.854 | 0.186 |
| 0 | CFT | 26.740 | 4.536 | 0.397 |
| 1 | WST | 12.883 | 2.014 | 0.207 |
| 1 | CFT | 29.093 | 3.787 | 0.353 |

Abb.2

In einem Mittelwertsvergleich der WST- und CFT- Werte zum 2. Messzeitpunkt (Abb. 2) zeigte sich, dass die Experimentalgruppe nach dem Training höhere Werte als die Kontrollgruppe auf dem CFT aufwies. Gegenteiliges zeigte sich beim WST, hier lag der Mittelwert der Kontrollgruppe höher als der der Experimentalgruppe.

Da das Training zum induktiven Denken keinen Effekt auf den WST hatte, wurden die Prätest-Werte des WST nicht als Kovariate in unsere Analyse miteinbezogen.

Um nun abzusichern, dass der CFT zum ersten Messzeitpunkt (CFT 11 & CFT 21) tatsächlich Berücksichtigung als Kovariate finden sollte, testeten wir auch hier, wie zuvor beim CPM, auf anfängliche Gruppenunterschiede.

| *** Simultaneous tests for all treatment groups and all dependent variables *** | | | |
|---|--------|----|--------|
| Hypothesis | Chi-sq | DF | Prob |
| No treatment effect | 21.371 | 1 | 0.0000 |

| *** Detailed analysis of the effects *** | |
|--|--------|
| Results for outcome variable 1: A1 | |
| Group 1 - Control group 0 | |
| Effect | -2.385 |
| Std.error | 0.494 |
| Effect/SE | -4.832 |
| Effect size | -0.651 |

| *** Group means of the outcome variable(s) *** | | | | |
|--|---------|--------|----------|-----------|
| Group | Outcome | Mean | Std.dev. | Std.error |
| 0 | A1 | 23.052 | 3.666 | 0.317 |
| 1 | A1 | 20.667 | 4.267 | 0.378 |

Abb. 3

Die Mittelwertsunterschiede zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe wurden signifikant (Abb.3), somit wurde der CFT in einem unserer Modelle als Kovariate miteinbezogen.

2.3. Modelle

Modell 1

In unser erstes Modell wurde eine Kovariante einbezogen.

Die latente Outcome-Variable η wurde durch die zwei Testteile des CPM (CPM 12 & CPM 22) zum zweiten Messzeitpunkt gemessen.

Als latente Kovariante ξ wurden die zwei Testteile des CPM zum ersten Messzeitpunkt (CPM 11 & CPM 21) herangezogen.

Modell 2

Unser zweites Modell enthält zwei Kovariaten.

Die latente Outcome-Variable η entspricht der des ersten Modells.

Als erste latente Kovariante ξ_1 wurden weiterhin die zwei Testteile des CPM zum ersten Messzeitpunkt (CPM 11 & CPM 21) betrachtet.

Zusätzlich wurde nun die zweite latente Kovariante ξ_2 gemessen durch die zwei Testteile des CFT zum ersten Messzeitpunkt (CFT 11 & CFT 21) in dieses Modell einbezogen.

2.4. Ergebnisse der Modelle

Modell 1

Das Strukturgleichungsmodell auf dessen Grundlage die Regressionskoeffizienten etc. geschätzt werden, ist in der folgenden Abbildung (Abb.4) dargestellt.

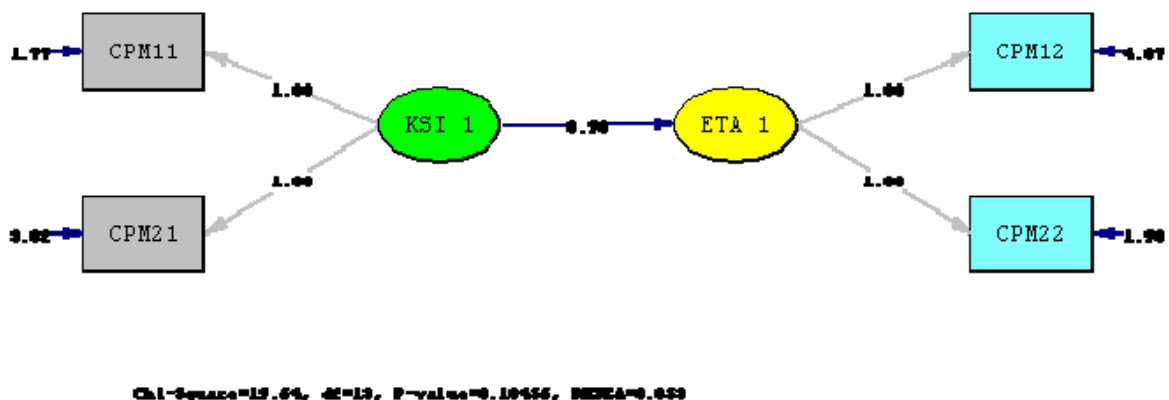


Abb. 4: Pfaddiagramm der Kontrollgruppe Modell 1

Die von LISREL berechneten Modelfit-Werte für das geschätzte Strukturgleichungsmodell betragen: Chi-Square=19.64, df=13, P-value=0.10456, RMSEA=0.053 . Der Modelfit kann als gut bezeichnet werden.

Die Analyse mit EffectLite brachte folgende Ergebnisse: Alle drei von EffectLite getesteten Hypothesen (Abb. 5) wurden signifikant, das heißt, es gibt einen durchschnittlichen kausalen Effekt und es gibt einen Einfluss der Kovariaten auf die Outcome-Variable, weiterhin gibt es einen Interaktionseffekt zwischen Kovariate und Treatment

| *** Simultaneous tests for all treatment groups and all dependent variables *** | | | |
|---|--------|----|--------|
| Hypothesis | Chi-sq | DF | Prob |
| No average treatment effect: $E(g1-0) = 0$ | 73.511 | 1 | 0.0000 |
| No covariate effect in control group: $g0 = \text{constant}$ | 96.171 | 1 | 0.0000 |
| No treatment*covariate interaction: $g1-0 = \text{constant}$ | 7.146 | 1 | 0.0075 |

Abb. 5

Der ACE_{1-0} für die Gesamtstichprobe wurde von EffectLite mit den Wert 2.633 berechnet. Hier handelt sich um einen starken Effekt, die Effektstärke beträgt 0,916. Inhaltlich heißt dies, dass sich die Treatment- und Kontrollgruppe um 2,633 Rohpunkte im Test unterscheiden und dies basierend auf der Effektstärke ein großer Unterschied ist. Diese Werte sind der folgenden Abb. 6 im Ausschnitt des EffectLite-Outputs zu entnehmen.

| *** Detailed analysis of the average effects *** | |
|--|--------|
| Results for outcome variable 1: B1 | |
| Group 1 - Control group 0 | |
| Effect $E(g1-0)$ | 2.633 |
| Std.error | 0.251 |
| Effect/Std.error | 10.475 |
| Effect size | 0.916 |

Abb. 6

Die durchschnittlichen kausalen Effekte gegeben der Treatment Bedingung $ACE_{1-0, X=i}(\xi)$ sind in der folgenden Abb. 7 abzulesen.

| *** Average effects given a treatment condition *** | | |
|---|-------|-------|
| Results for outcome variable 1: B1 | | |
| Group 1 - Control group 0 | | |
| Effect given treatment: | 0 | 1 |
| Effect $E(g_{1-0} X=i)$ | 2.501 | 2.767 |
| Std.error | 0.251 | 0.267 |
| Effect/Std.error | 9.956 | 10.37 |
| Effect size | 0.870 | 0.962 |

Abb. 7

Der $ACE_{1-0, X=0}(\xi)$ beträgt 2,501 der $ACE_{1-0, X=1}(\xi)$ beträgt 2,767. Diese Werte haben wiederum große Effektstärken von 0.870 und 0.962. Das bedeutet, wenn die Kontrollgruppe behandelt worden wäre, hätte sie einen Effekt von 2.501. Der Vergleich dieser beiden durchschnittlichen kausalen Effekte gibt auch an, ob die Zuweisungsstrategie günstig ist. Da in der von uns analysierten Studie keine gezielte Zuweisungsstrategie stattgefunden hat, ist dies hier nicht von Belang. Es lässt sich jedoch feststellen, dass die Personengruppen in ihrer jeweiligen Bedingung gut „aufgehoben“ sind, da der durchschnittliche kausale Effekt für die Treatmentgruppe größer ist, als der der Kontrollgruppe und somit die Personen, die tatsächlich das Training bekommen haben, im Durchschnitt auch mehr Erfolg durch das Training zeigen, als wenn die Personen der Kontrollgruppe behandelt worden wären.

Um nun aber den Effekt des Treatments betrachten zu können und daraus abzuleiten, welche Personengruppe tatsächlich mehr vom Training profitiert und somit auch eine günstige Zuweisungsstrategie für zukünftige Trainings ableiten zu können, betrachten wir die Effektfunktion $g_{1-0}(\xi)$ bzw. die Werte der Effektfunktionen $E_{X=0}(\eta/\xi) = \gamma_{00} + \gamma_{01} * \xi$ und $E_{X=1}(\eta/\xi) = \gamma_{10} + \gamma_{11} * \xi$. Die Werte dieser Funktionen betragen 0,98 für die Kontrollgruppe und 0,62 für die Treatmentgruppe. Da wir zu Anfang beim Hypothesentest in EffectLite gesehen haben, dass die Interaktion signifikant wird, wissen wir, dass diese Unterschiede signifikant sind und die Kovariate also einen Einfluss auf die Outcome-Variable hat. Weiterhin kann man sich im EffectLite-Output (Abb. 8) den Wert für γ_{11} betrachten, der in diesem Falle -0.282 beträgt.

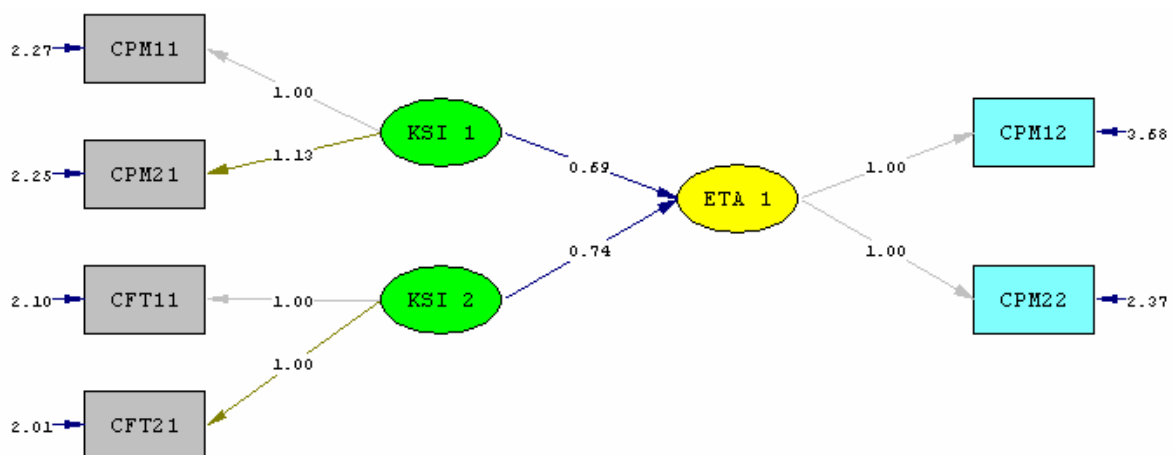
| *** Detailed analysis of the conditional effects *** | | |
|--|-----------|--------|
| Results for outcome variable 1: B1 | | |
| Effect function g1-0: Group 1 - Control group 0 | | |
| | Intercept | A1 |
| Coefficient | 6.250 | -0.282 |
| Std.error | 1.455 | 0.112 |
| Coeff./SE | 4.296 | -2.522 |

Abb. 8

Dies zeigt, also noch einmal, dass die Hypothese „Es gibt keine Interaktion zwischen Kovariate und Treatment“ signifikant wird. Schlussfolgernd aus der Effektfunktion kann man also sagen, dass die Treatmentgruppe, die niedrigere Ausgangswerte als die Kontrollgruppe hatte durch das Training größere Effekte erzielt und inhaltlich heißt das, dass Personen mit niedrigen Anfangswerten im induktiven Denken die größten Effekte durch ein Training des induktiven Denkens erzielen.

Modell 2

Das Strukturgleichungsmodell auf dessen Grundlage die Regressionskoeffizienten etc. geschätzt werden, ist in der folgenden Abb. 9 dargestellt.



Chi-Square=21.57, df=31, P-value=0.89609, RMSEA=0.000

Abb. 9 Pfaddiagramm der Kontrollgruppe Modell

Die von Lisrel berechneten Modelfit-Werte für das geschätzte Strukturgleichungsmodell betragen: Chi-Square=21.57 df=31, P-value=0.89609 RMSEA=0.000. Der Modelfit kann als sehr gut bezeichnet werden.

Die Analyse mit EffectLite brachte folgende Ergebnisse: Alle drei von EffectLite getesteten Hypothesen wurden signifikant, das heißt, es gibt einen durchschnittlichen kausalen Effekt und es gibt einen Einfluss der Kovariaten auf die Outcome-Variable, weiterhin gibt es einen Interaktionseffekt zwischen mindestens einer der Kovariaten und dem Treatment. Die Hypothesentests sieht man in der folgenden Abb. 10.

| *** Simultaneous tests for all treatment groups and all dependent variables *** | | | |
|---|--------|----|--------|
| Hypothesis | Chi-sq | DF | Prob |
| No average treatment effect: $E(g1-0) = 0$ | 39.933 | 1 | 0.0000 |
| No covariate effect in control group: $g0 = \text{constant}$ | 97.096 | 2 | 0.0000 |
| No treatment*covariate interaction: $g1-0 = \text{constant}$ | 7.760 | 2 | 0.0207 |

Abb. 10

Der ACE_{1-0} für die Gesamtstichprobe wurde von EffectLite mit dem Wert 2.723 berechnet. Hier handelt sich um einen starken Effekt, die Effektstärke beträgt 0,950. Inhaltlich heißt dies, dass sich die Treatment- und Kontrollgruppe um 2,723 Rohpunkte im Test unterscheiden und dies basierend auf der Effektstärke ein großer Unterschied ist. Diese Werte sind in der folgenden Abb. 11 im Ausschnitt des EffectLite-Outputs zu entnehmen.

| *** Detailed analysis of the average effects *** | |
|--|--------|
| Results for outcome variable 1: B1 | |
| Group 1 - Control group 0 | |
| Effect $E(g1-0)$ | 2.723 |
| Std.error | 0.254 |
| Effect/Std.error | 10.704 |
| Effect size | 0.950 |

Abb. 11

Die durchschnittlichen kausalen Effekte gegeben der Treatmentbedingung $ACE_{1-0, X=i}$ (ξ_1, ξ_2) sind in der folgenden Abb. 12 abzulesen.

| *** Average effects given a treatment condition *** | | |
|---|--------|--------|
| Results for outcome variable 1: B1 | | |
| Group 1 - Control group 0 | | |
| Effect given treatment: | 0 | 1 |
| Effect $E(g_{1-0} X=i)$ | 2.647 | 2.798 |
| Std.error | 0.260 | 0.276 |
| Effect/Std.error | 10.180 | 10.153 |
| Effect size | 0.923 | 0.976 |

Abb. 12

Der $ACE_{1-0, X=0}(\xi_1, \xi_2)$ beträgt 2.647 der $ACE_{1-0, X=1}(\xi_1, \xi_2)$ beträgt 2.798. Diese Werte haben wiederum große Effektstärken von 0.923 und 0.976. Das bedeutet, wenn die Kontrollgruppe behandelt worden wäre, hätte sie einen Effekt von 2.647. Der Vergleich dieser beiden durchschnittlichen kausalen Effekte gibt auch an, ob die Zuweisungsstrategie günstig ist. Da in der von uns analysierten Studie keine gezielte Zuweisungsstrategie stattgefunden hat, ist dies hier nicht von Belang. Erneut lässt sich jedoch feststellen, dass die Personengruppen gut in die jeweilige Bedingung „passen“, da der durchschnittliche kausale Effekt für die Treatmentgruppe größer ist, als der der Kontrollgruppe und somit die Personen, die tatsächlich das Training bekommen haben im Durchschnitt auch mehr Erfolg durch das Training zeigen, als wenn die Personen der Treatmentgruppe behandelt worden wären.

Um nun aber den Effekt des Treatments betrachten zu können und daraus abzuleiten, welche Personengruppe tatsächlich mehr vom Training profitiert und somit auch eine günstige Zuweisungsstrategie für zukünftige Trainings ableiten zu können, betrachten wir die Effektfunktion $g_{1-0}(\xi)$ bzw. die Werte der Effektfunktionen für die Kontrollgruppe $E_{X=0}(\eta/\xi_1) = \gamma_{00} + \gamma_{01} * \xi_1$ und $E_{X=0}(\eta/\xi_2) = \gamma_{00} + \gamma_{01} * \xi_2$ und für die Treatmentgruppe $E_{X=1}(\eta/\xi_1) = \gamma_{10} + \gamma_{11} * \xi_1$ und $E_{X=1}(\eta/\xi_2) = \gamma_{10} + \gamma_{11} * \xi_2$. Die Werte dieser Funktionen betragen 0,69 und 0,74 für die Kontrollgruppe und 0,39 und 0,66 für die Treatmentgruppe. Da wir zu Anfang beim Hypothesentest in EffectLite gesehen haben, dass die Interaktion signifikant wird, wissen wir, dass diese Unterschiede signifikant sind und die Kovariate also einen Einfluss auf die Outcome-

Variable hat. Weiterhin kann man im EffectLite-Output (Abb. 13) sich den Wert für γ_{11} und γ_{21} betrachten.

| *** Detailed analysis of the conditional effects *** | | | |
|--|-----------|--------|-------|
| Results for outcome variable 1: B1 | | | |
| Effect function g1-0: Group 1 - Control group 0 | | | |
| | Intercept | A1 | A2 |
| Coefficient | 5.582 | -0.361 | 0.081 |
| Std.error | 1.566 | 0.160 | 0.096 |
| Coeff./SE | 3.564 | -2.259 | 0.844 |

Abb. 13

Dies zeigt, also noch einmal, dass die Hypothese „Es gibt keine Interaktion zwischen Kovariate und Treatment“ signifikant wird. Schlussfolgernd aus den Effektfunktionen kann man also sagen, dass der durchschnittliche kausale Effekt der TG weiterhin größer ist als der der KG unter zusätzlicher Berücksichtigung einer zweiten Kovariaten und dass das Training größere durchschnittliche kausale Effekte bei anfänglich niedrigerer Fähigkeit bei Messung durch CPM und CFT erzielt. So lautet also auch weiterhin die abzuleitende Zuweisungsstrategie: *„Trainiere die, die am bedürftigsten sind!“*

2.5. Prüfung der Unkonfundiertheit

Um kausale Effekte auch als solche interpretieren zu können, müssen diese kausal unverfälscht sein. Diese Unverfälschtheit kann durch Randomisierung im Experiment hergestellt werden. Wenn dies nicht getan wurde, wie im Fall unserer Studie, so kann man dennoch Unverfälschtheit über die Prüfung von Unkonfundiertheit in Subpopulationen prüfen.

Hierzu haben wir in unseren Analysen parallel zwei verschiedene Varianten der Überprüfung angewendet: Eine statistische und eine empirische Variante.

Bei der statistischen Überprüfung verglichen wir die Differenz der ACEs der zwei Modelle in Relation zu den Standardfehlern. Bei einer Differenz von $ACE_2 - ACE_1 = 2,830 - 2,633 = 0,197$ und den Standardfehlern $SD(ACE_1) = 0,255$ und $SD(ACE_2) = 0,251$

weist dies auf Unkonfundiertheit hin, da die Differenz kleiner als die Standardfehler ist.

Bei der statistischen Überprüfung konnten wir auch auf Unkonfundiertheit schließen, da die Vertrauensintervalle der jeweiligen adjusted means sich in beiden Gruppen fast vollständig überlagerten (Tab. 1)

Tabelle 1

| | Kontrollgruppe | Treatmentgruppe |
|----------|-----------------|-----------------|
| Modell 1 | [14,755;15,806] | [17,393;18,361] |
| Modell 2 | [14,74;15,72] | [17,467;18,439] |

Diese Werte erhielten wir, indem wir den jeweiligen adjusted mean mit dem Produkt aus dem jeweiligen Standardfehler und kritischen t-Wert addierten um die obere Grenze des Vertrauensintervalls festzulegen und subtrahierten, um die untere Grenze des Vertrauensintervalls festzulegen. Wir verglichen die so erhaltenen Vertrauensintervalle für die Kontrollgruppe zwischen den beiden Modellen und die Vertrauensintervalle der beiden Modelle innerhalb der Treatmentgruppe.

3. Schlussfolgerungen

Für die kausalen Effekte lässt sich schlussfolgern, dass Unkonfundiertheit bezüglich unserer Kovariaten gegeben zu sein scheint.

Wenn Anfangsunterschiede der Variable CPM als Kovariate berücksichtigt werden, dann sind ACEs bezüglich des Trainings induktiven Denkens kausal interpretierbar.

Somit ist hier anzumerken, dass Modell 1 mit einer Kovariate in diesem Fall ausreichend ist, um die Effekte des Treatments kausal zu interpretieren.

Dies bedeutet für unsere inhaltliche Fragestellung, dass bei Personen mit niedrigen Anfangswerten im induktiven Denken die größten Effekte durch ein Training des induktiven Denkens zu erwarten sind. Deshalb sollte man also, falls nur begrenzte Kapazitäten vorhanden sind, das Training den Bedürftigsten zukommen lassen.

Abschließend möchten wir anmerken, dass für die Evaluation eines Trainings Randomisierung unbedingt zu empfehlen ist, da dadurch kausale Interpretation anhand einfacher Mittelwertsunterschiede möglich wird.