

# Was sind eigentlich Pfadmodelle?

## Wirkungszusammenhänge aufdecken und Abhängigkeiten identifizieren

In der letzten Zeit finden in Veröffentlichungen der empirischen Bildungsforschung sog. Pfadmodelle vermehrt Verwendung. Hierbei geht es im Kern darum, Wirkungszusammenhänge zwischen unterschiedlichen Merkmalen (unabhängigen, erklärenden Variablen und abhängigen, zu erklärenden Zielvariablen) des Untersuchungsfeldes empirisch aufzudecken und kausale Abhängigkeiten zu identifizieren.

**Thomas Frein**  
**Gerd Möller**  
**Andreas Petermann**  
**Michael Wilpricht**

Ministerium für Schule und Weiterbildung  
 des Landes Nordrhein-Westfalen

Im Rahmen von Pfadanalysen ist es von besonderer Wichtigkeit, dass vor Anwendung eines statistischen Verfahrens intensive sachlogische Überlegungen über die Verwendung und Beziehungen der Variablen angestellt werden. Es muss also zunächst ein theoretisch fundiertes Hypothesenmodell mit allen im Modell verwendeten Variablen und den Beziehungen zwischen ihnen aufgestellt werden. Das Pfaddiagramm ist die grafische Darstellung der vermuteten Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen, wobei die Beziehungen in der grafischen Darstellung durch Pfeile angegeben sind. Jeder Pfeil steht für einen Pfad, dem ein Pfadkoeffizient zugeordnet ist (s.u.). Es ist sozusagen eine verkürzte Form der verwendeten erziehungswissenschaftlichen bzw. sozialwissenschaftlichen Theorie

und benennt Wirkungen inklusive ihrer vermuteten Ursachen. Im Rahmen einer Pfadanalyse geht es im Prinzip um zwei Fragen: Sind erstens die in dem Pfaddiagramm zusammengefassten Hypothesen insgesamt mit den empirischen Daten vereinbar? Das ist die Frage nach der Modellanpassungsgüte. Zur Überprüfung stehen eine Reihe von statistischen Gütemaßen zur Verfügung. Kann diese Frage bejaht werden, geht es zweitens um die Richtung und den Betrag der einzelnen kausalen bzw. korrelativen Einflüsse. Das ist die Frage nach den Modellparametern, hier: Pfadkoeffizienten.

Die Pfadkoeffizienten sind standardisierte partielle Regressionskoeffizienten und als solche direkt miteinander vergleichbar. Sie geben den eigenständigen Beitrag jeder einzelnen unabhängigen Variable (bei Konstanzhaltung bzw. Kontrolle der anderen unabhängigen Variablen) zur Aufklärung der Unterschiede in der Zielvariablen an. Je größer der Wert des Pfadkoeffizienten ist, desto größer ist die Bedeutung des jeweiligen Merkmals für das interessierende Zielmerkmal.

### Kausalität und Korrelation

Bevor der hier dargestellte theoretische Rahmen anhand des dargestellten Pfaddiagramms konkretisiert wird, muss zunächst erläutert werden, wie die Begriffe Kausalität und Korrelation im Kontext der Pfadanalysen zusammenhängen.

Ein statistischer Zusammenhang zwischen zwei Variablen sagt noch nichts darüber aus, ob die eine Variable die andere beeinflusst oder umgekehrt. Unter pragmatischen Gesichtspunkten verwenden wir eine Definition von Kausalität, die die folgenden drei Kriterien erfüllt:

1. Der Wirkungszusammenhang lässt sich theoretisch belegen.
2. Die auf theoretischer Ebene vermutete Abhängigkeit zwischen zwei Variablen muss empirisch (korrelativ) nachweisbar sein. Es wird kein perfekter Zusammenhang vorausgesetzt, da die abhängige Variable auch durch andere Variablen beeinflusst sein kann.
3. Der beobachtete statische Zusammenhang bleibt auch dann bestehen, wenn mögliche Drittvariablen rechnerisch kontrolliert werden. Man beachte, dass in diesem Fall nur von einer vorläufigen Kausalität gesprochen werden kann, weil nur Drittvariablen geprüft werden können, über die im zugrunde liegenden Pfadmodell Informationen vorliegen.

Es kann aber auch Fälle geben, in denen der empirische Nachweis der Abhängigkeit zweier Merkmale (2. Kriterium) zunächst nicht gelingt, und erst bei Kontrolle dritter Variablen bestätigt wird. Es kann also zwischen zwei Variablen Kausalbeziehungen geben, die durch Drittvariable unterdrückt werden und erst bei Kontrolle dieser Drittvariablen zum Vorschein kommen.

### Les- und Interpretationshilfen

Abschließend soll ein einfaches Pfadmodell im Detail interpretiert werden, um beispielhaft Les- und Interpretationshilfen für Pfaddiagramme bereitzustellen. Es wurde dem Aufsatz von N. Knoche u. D. Lind »Bedingungsanalysen mathematischer Leistung«, erschienen in »Mathematische Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in Deutschland«, M. Neubrand (Hrsg.), 2004, entnommen.

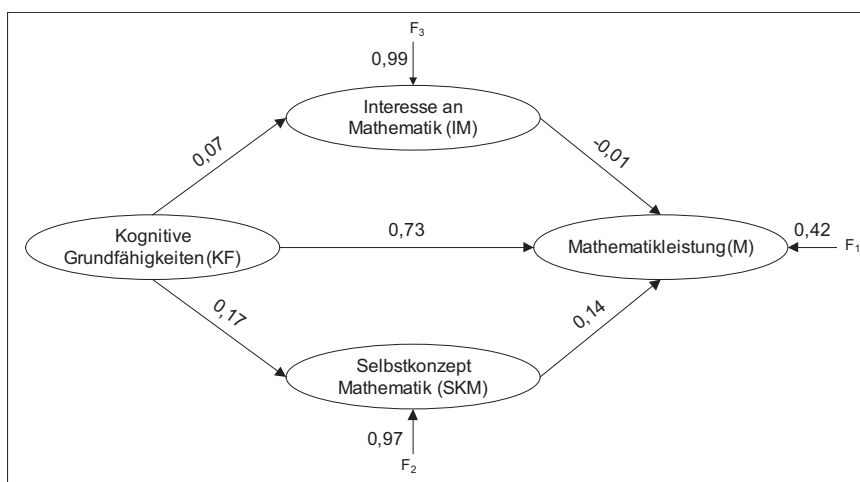


Abb. 1: Pfaddiagramm zur Beurteilung des Effekts der Variablen Kognitive Fähigkeiten, Interesse an Mathematik und Selbstkonzept Mathematik auf die Mathematikleistung der 15-jährigen Deutschen in PISA 2000



Leistungen im Fach Mathematik werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Zur Beantwortung der Frage, welche Faktoren Einfluss auf die mathematischen Leistungen haben, wurde auf der Basis der PISA-2000-Daten in einer explorativen Pfadanalyse ein einfaches theoretisches Modell zugrunde gelegt: es werden lineare Effekte der Variablen KF (kognitive Grundfähigkeiten), IM (Interesse an Mathematik) und SKM (Vertrauen in die eigene mathematische Leistungsfähigkeit) auf die Variable M (Mathematikleistung) und Effekte von KF auf IM und SKM im Modell zugelassen. Diese Modellannahmen werden durch gerichtete Pfeile im Diagramm dargestellt. Die Variablen F1, F2 und F3 sind sogenannte Fehlervariablen, sie stellen den Einfluss anderer Variablen, die nicht im Modell berücksichtigt sind, und den Messfehler auf die Zielvariablen dar. Die an den Pfeilen von F1 bis F3 stehenden Zahlen geben die Varianz (Streuungsmaß) der jeweiligen Fehlervariablen an. Ihre Differenz zu 1 (das Bestimmtheitsmaß) gibt im Umkehrschluss den Prozentsatz der durch die Variablen aufgeklärten Unterschiede der Zielvariablen an. Im Falle von F1 bedeutet dies, dass 58% (1-0,42) der Unterschiede in den

Mathematikleistungen durch das gewählte Pfadmodell erklärt werden. 42% können mit diesem Modell nicht erklärt werden. Die größte Bedeutung für die Mathematikleistung hat – wie das Pfaddiagramm zeigt – die Variable KF mit einem erheblichen Totaleffekt von 0,75. Der Totaleffekt setzt sich aus einem direkten und einem indirekten Effekt zusammen: der direkte Effekt von KF auf M beträgt 0,73 (direkter Pfeil von KF nach M), der über IM und SKM vermittelte indirekte Effekt von KF auf M errechnet sich durch  $0,07 \times 0,01 + 0,17 \times 0,14 = 0,02$ . Der indirekte Effekt wird als Produkt der Pfadkoeffizienten der zusammengesetzten Pfade von KF nach M berechnet. Die Produkte werden dann addiert.

Der Totaleffekt ist die Summe aus dem direkten und den indirekten Effekten.

Ein überraschendes Ergebnis der Pfadanalyse ist, dass die Kognitiven Fähigkeiten (KF) praktisch keine Bedeutung für das Interesse an Mathematik (IM) haben. Dieses Ergebnis wird bestätigt durch die Zahl 0,99 am Pfeil von F3 nach IM, lediglich 1% der Unterschiede in den Interessenswerten an Mathematik werden durch die Kognitiven Fähigkeiten erklärt. Auch der totale Effekt vom KF

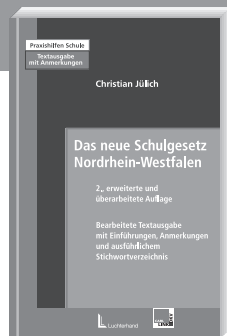
auf die Variable SKM ist mit 0,17 nicht sonderlich hoch. Die Variable Interesse an Mathematik hat, wie das Pfaddiagramm zeigt, praktisch keinen Einfluss (-0,01) auf die Mathematikleistungen, dies wurde mehrfach in anderen Untersuchungen bestätigt. Dies steht im Gegensatz zum Interesse an Lesen für die Leseleistungen in den PISA-Untersuchungen.

## Fazit

Pfadmodelle sind mächtige Werkzeuge in der empirischen Bildungsforschung. Sie erlauben, in theoretisch abgesicherten Modellen Wirkungszusammenhänge explorativ nachzugehen und die aufgestellten Hypothesen empirisch zu überprüfen. Hierbei ist aber zu beachten, dass die Ergebnisse von Pfadmodellen nur innerhalb des Modells Gültigkeit haben. Sie können daher lediglich vorläufige Kausalitäten nachweisen, da prinzipiell nicht ausgeschlossen werden kann, dass relevante Drittvariablen, die im Modell nicht enthalten sind, für die vermuteten Wirkungszusammenhänge verantwortlich sind. ■

## Unentbehrliche Arbeitsmittel zum aktuellen Landesschulgesetz NRW

Herausgeber: Dr. Christian Jülich  
**Das neue Schulgesetz NRW**  
 2., überarbeitete Ausgabe 2006, 152 Seiten,  
 Broschüre, kartoniert,  
 € 11,-  
 ISBN 978-3-472-06633-0



Jülich/van den Hövel/Packwitz  
**Schulrechtshandbuch NRW**  
 1 Ordner, ca. 1.300 Seiten,  
 € 78,-  
 ISBN 978-3-472-06123-6



Mit dieser bearbeiteten Textausgabe liegt eine handliche Ausgabe des Schulgesetzes NRW vor. Sie soll die Kenntnis und das Verstehen der neuen Vorschriften erleichtern und in der Praxis eine schnelle Orientierung ermöglichen. Die Einführung macht die Zusammenhänge deutlich und informiert über die Rechtsänderungen und Reformschritte. Die Anmerkungen enthalten kurze Erläuterungen und Hinweise. Das Stichwortverzeichnis erschließt schnell den Inhalt.

### Vertiefende und weiterführende Informationen zum Schulrecht erhalten Sie mit dem Schulrechtshandbuch NRW.

Kern des Schulrechtshandbuches NRW ist ein ausführlicher **Kommentar zum Schulgesetz**, der durch zeitnahe Aktualisierung an die neue Rechtslage angepasst wird. Ergänzt wird das Werk durch den Ratgeber Schule, der aktuelle Stichworte zur Schule erklärt und praktische Hinweise gibt. Wichtige zum Teil erläuterte Vorschriften runden das Werk ab. Eine umfangreiche Vorschriftensammlung auf der beigefügten CD-ROM ermöglicht Ihnen eine schnelle Suche nach zusätzlich benötigten Vorschriften.

Zu beziehen über Ihre Buchhandlung oder direkt beim Verlag.



**LinkLuchterhand**

eine Marke von Wolters Kluwer Deutschland

Wolters Kluwer Deutschland GmbH • Postfach 2352 • 56513 Neuwied  
 Telefon 02631 801-2222 • Telefax 02631 801-2223  
 www.wolterskluwer.de • info@wolterskluwer.de

