

# Iteratives Modell für das Physiklernen

Auszug aus dem Dissertationsvorhaben Claus Brell: „Lernmedien und Lernerfolg — reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht: Empirische Untersuchungen in neun 8. Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE“, Stand 19.09.2007. Die vollständige Arbeit wird voraussichtlich Ende 2007 verfügbar sein.

**Aus den Daten der empirischen Untersuchung lässt sich das im Folgenden beschriebene Modell ableiten und überprüfen. Dabei sind insbesondere die quantitativen Aussagen noch spekulativ. Das Modell erklärt den Lernerfolg mit den Vorkenntnissen und den kognitiven Fähigkeiten, das physikbezogene Selbstkonzept ist hier eine abhängige Variable.**

**Das Modell wurde am 17.9.2007 auf der GDCP-Jahrestagung 2007 in Essen vorgestellt (siehe Publikationshinweise).**

Einflussmodell (qualitatives Pfadmodell)

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit folgt, dass einige Lernervariablen einen stärkeren Einfluss auf den Lernerfolg haben als die Wahl der Medienkombination im Treatment. Das Einflussmodell für den Lernerfolg (Abb. 7 S. 41 des Diss.Entwurfs) dient als Leitschnur für die Entwicklung des Untersuchungsdesigns, das Pfadmodell für die Erklärung der Mathematikleistung (Abb. 6 S. 39 des Diss.Entwurfs) liefert eine Vorlage für ein zum qualitativen Pfadmodell für Physiklernen erweitertes Einflussmodell in Abb. 1. Im Fokus steht hier im Gegensatz zum Pfadmodell zur Erklärung der Mathematikleistung der Einfluss des Unterrichts mit den Medienkombinationen beziehungsweise Szenarien im Treatment. Das Unterrichtsszenario ist eine nominal gestufte Variable und stellt einen Faktor für die Varianzanalyse dar.

Zur quantitativen Ermittlung der Pfadkoeffizienten ist die Probandenzahl für aussagekräftige Angaben zu gering. Zudem war der Test für die Sprachfähigkeiten nicht breit angelegt, sondern nur zur Prüfung einer Anforderung, so dass die diesbezüglichen Aussagen eher Vermutungscharakter haben. So soll das Einflussmodell hier qualitativ bleiben und als Leitschnur für die Klärung der Varianz des Lernerfolges durch das Treatment dienen. Eine quantitative Betrachtung erfolgt weiter hinten in dem stark vereinfachten Modells des Physiklernens als iterativer Prozess. Die Daten dieser Untersuchung stehen nach Abschluss der Dissertation für Metaanalysen zur Entwicklung eines quantitativen Pfadmodells im Internet zur Verfügung<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Unter <http://L-Forschung.de/Download-Center>

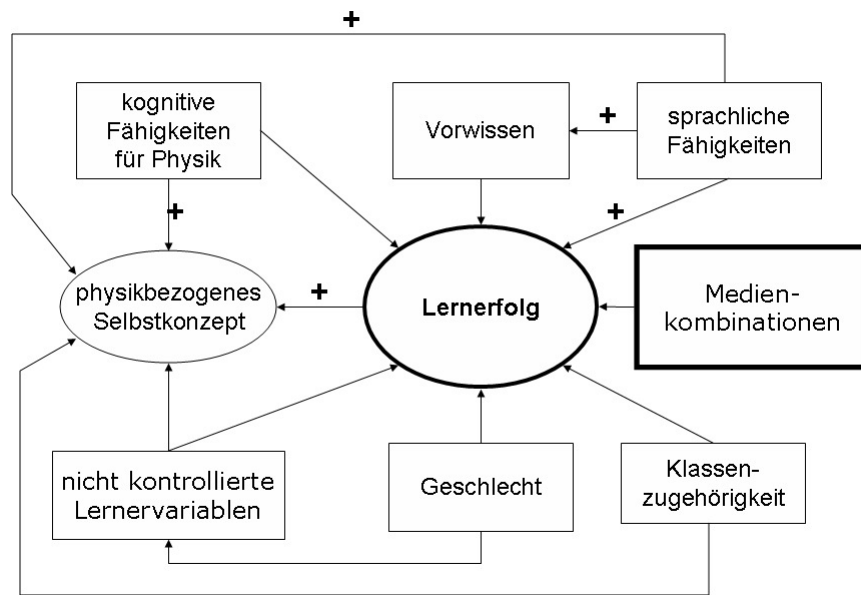


Abb. 1 Einflussmodell (qualitatives Pfadmodell) für Physiklernen

Die angegebenen Pfade resultieren aus den Korrelationsbetrachtungen (Tab. 40 S. 100 des Diss.Entwurfs). Betrachtet werden dabei die Beziehungen für alle Szenarien. Eine Korrelation der Computerkenntnisse, der Computeraffinität und der mittels Smileys gemessenen Interessantheit mit dem Lernerfolg ist nicht festzustellen. Jungen und Mädchen unterscheiden sich nicht im Nachtestergebnis und auch nicht signifikant im Lernzuwachs. Ein direkter Einfluss des Geschlechts auf den Lernerfolg wird nicht angenommen. Wohl aber unterscheiden sich Mädchen und Jungen im physikbezogenen Selbstkonzept, im Vorwissen und in den verbalen Fähigkeiten. Da das Geschlecht zuerst da war, wird im Sinne des Pfadmodells eine Ursache-Wirkungs-Beziehung vom Geschlecht aus unterstellt. Ebenso kann angenommen werden, dass das Geschlecht auf Störvariablen Einfluss hat.

Das Vorwissen ist das Ergebnis früherer Lernprozesse. Die Lernervariablen kognitive Fähigkeiten, verbale Fähigkeiten, die eine vergleichbar hohe Korrelation mit dem Lernerfolg aufweisen, werden wohl auch auf das Vorwissen einen vergleichbaren Einfluss gehabt haben.

Nicht berücksichtigt werden die detaillierten Zusammenhänge zwischen Klassenzugehörigkeit und Lernervariablen, da hierzu zu wenig Daten vorliegen. Es ist jedoch festzuhalten, dass die Klassenzugehörigkeit einen Einfluss auf den Lernerfolg hat.

#### Zusammenfassung der Lernervariablen, iteratives Modell für Physiklernen

Im Folgenden werden, Lernervariablen so zusammengefasst, dass zum einen die Erklärung der Varianz des Lernerfolges zu einem größeren Anteil erfolgt und zum anderen das Einflussmodell aus Abb. 7 (S. 41 des Diss.Entwurfs) quantitativ bewertet werden kann. Dazu sei das folgende iterative Modell für Physiklernen betrachtet.

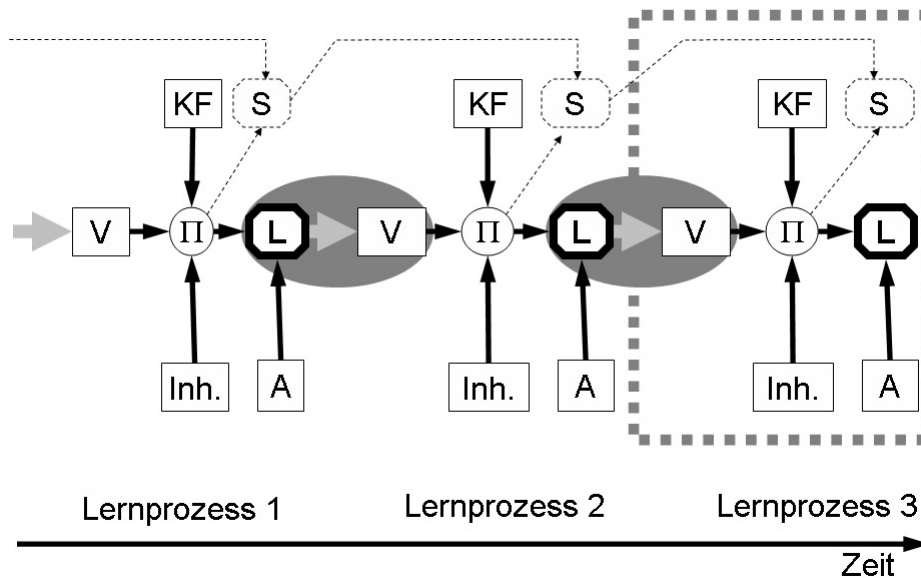


Abb. 2 Physiklernen als iterativer Prozess

In Abb. 2 bedeutet:

KF Kognitive Fähigkeiten

V Vorkenntnisse, identifiziert als durch einen Leistungstest real erreichte Punktzahl.

Inh. Lerninhalte, identifiziert als durch einen Leistungstest maximal erreichbare Punktzahl

II Einflussmaß, Produkt aus KF, V und Inh.

L Lernerfolg, identifiziert als durch einen Leistungstest real erreichte Punktzahl.

S Selbstkonzept

A Andere Einflüsse auf den Lernerfolg

Dem Modell liegt folgende Überlegung zugrunde:

Bei einem Lernprozess zu einem Zeitpunkt wird Unterrichtsstoff (Lerninhalte) zu neuen Kenntnissen und Fertigkeiten (Lernerfolg) adaptiert: Inh.->L. Dabei sind gewisse kognitive Fähigkeiten erforderlich<sup>2</sup>. Um dies rechnerisch zu erfassen, werden im Modell die kognitiven Fähigkeiten als Faktor mit den Inhalten multipliziert. Für diese Rechenoperation werden Inhalte als die maximal erreichbare Punktzahl im Leistungstest dargestellt. Da Unterricht in der Regel nicht bei Null anfängt, sind domänenspezifische Vorkenntnisse erforderlich, auf denen die neuen Inhalte aufbauen können<sup>3</sup>. Dabei sind die Vorkenntnisse das, was von vorherigen

<sup>2</sup> Wer gar keine kognitiven Fähigkeiten hat, lernt auch nichts hinzu, wer mehr hat, lernt schneller. Das begründet den proportionalen Ansatz.

<sup>3</sup> Wer gar nichts weiß, kann auch nichts hinzulernen, das Vorwissen voraussetzt, wer von vornherein etwas mehr weiß, kann neue Lerninhalte schneller und besser in sein Fähigkeitenportfolio einsortieren.

Lernprozessen an Gelerntem noch verfügbar ist. Der Prozess des Verlernens, Vergessens und Umbau des Gelernten in neue Vorkenntnisse (L->V) vollzieht sich in der grau unterlegten Ellipse und entzieht sich in dieser Arbeit vollständig der Beobachtung. Lediglich das Ergebnis kann mit Leistungstests beobachtet werden: Die neuen Vorkenntnisse nach den Untersuchungen werden mit dem Follow-Up-Test erhoben, der zeigt, dass sich der Lernerfolg weitgehend zu neuen Vorkenntnissen gefestigt hat. Der Einfluss der Vorkenntnisse auf den Lernerfolg wird durch Multiplikation beschrieben. Damit wird dann der Lernerfolg durch das Produkt aus Vorkenntnissen, kognitiven Fähigkeiten und Lerninhalten beeinflusst. Weiterhin gibt es noch andere Einflüsse auf den Lernerfolg, hier mit A bezeichnet. Diese Einflüsse können Lehrereigenschaften, akute und permanente Schülerbefindlichkeiten, Lernumstände räumlicher oder zeitlicher Art oder, wie im Fall dieser Arbeit, unterschiedliche Medienkombinationen sein. Da nicht anzunehmen ist, dass man zum Beispiel bei einem schlechten Lehrer oder ohne Medien gar nichts lernt, sondern nur weniger, geht dieser Einfluss additiv in den Lernerfolg ein. Der Lernerfolg eines vorangegangenen Lernprozesses mündet in neuen Vorkenntnissen, die dann wiederum in folgende Lernprozesse eingehen: Mittelfristig kann man auch erwarten, dass sich durch die Lernprozesse auch die kognitiven Fähigkeiten verbessern, zur Vereinfachung wird dies hier nicht betrachtet und die kognitiven Fähigkeiten als zeitlich stabil angenommen.

Das Selbstkonzept ist in diesem Modell kein Prediktor für den Lernerfolg, sondern nur ein Ergebnis des Erlebens früherer Lernprozesse. Das Selbstkonzept korreliert zwar mit dem Lernerfolg, die partielle Korrelation unter Beibehaltung des Produktes aus KF und V verschwindet jedoch. Somit hat das Selbstkonzept keinen kausalen Zusammenhang mit dem Lernerfolg (Backhaus et al 2005, S. 347).

Die Konstruktion des Einflussmaßes II aus den Prediktoren Vorkenntnissen und kognitive Fähigkeiten als Produkt ist auch motiviert durch den Erfolg des Konstruktes des Homogenisierungsmaßes, das in der Struktur ähnlich aufgebaut ist. Zudem zeigt sich, dass das Einflussmaß mit dem Nachtestergebnis als Indikator für den Lernerfolg deutlich besser korreliert als die kognitiven Fähigkeiten und die Vorkenntnisse einzeln oder als Summe.

Prüfung des Modells mit Daten dieser Arbeit

Übertragen auf diese Arbeit gibt der Lernprozess 3 (grau gestrichelt umrandet) in Abb. 2 das Lernen im Treatment wieder, Lernprozess 2 könnte das Bearbeiten des Arbeitsblattes „Grenzfläche“ in der Schule sein. Die im Vortest gezeigte Leistung kann auch den Vorkenntnissen zugeordnet werden, damit erklärt sich dann auch die Korrelation des Vortestergebnisses mit dem Lernerfolg. Um dies hier quantitativ zu fassen, werden die Vorkenntnisse jedes Schülers zu 50% aus dem Vorwissen und zu 50% aus dem Vortestergebnis zusammengesetzt:

$V=0,5*(\text{Vorwissen}+\text{Vortestergebnis})$ .

Die (allgemeinen) kognitiven Fähigkeiten werden ebenso aus KFT-Physik und KFT-V3 zusammengesetzt:  $KF=0,75 \cdot KFT\text{-Physik} + 0,25 \cdot KFT\text{-V3}$ . Die Gewichtungsfaktoren ergeben sich aus der Anzahl der verwendeten Subtests, 3 für KFT-Physik und einer für KFT-V3.

Einfluss		Nachtestergebnis	Lernzuwachs
Einflussmaß $\Pi$	$r$	0,55 **	0,43 **
	$r_{part}$	0,51 **	0,36 **
Selbstkonzept	$r$	0,24 **	0,26 **
	$r_{part}$	0,02	0,11

Tab. 1 Korrelationsanalyse für das iterativen Modell für Physiklern

Das Einflussmaß korreliert mit dem Selbstkonzept mit  $r=0,41^{**}$ . Für das Nachtestergebnis verschwindet die partielle Korrelation mit dem Selbstkonzept. Eine einfaktorielle Kovarianzanalyse mit dem Einflussmaß als Kovariate und dem Szenario als Faktor ergibt eine Erklärung der Varianz für

das Nachtestergebnis: Einflussmaß 31,1%\*\*, Szenario 2,1%

den Lernzuwachs: Einflussmaß 18,8%\*\*, Szenario 1,6%

Der Lernprozess 3 lässt sich dann konkret für diese Arbeit wie in Abb. 3 darstellen, dabei sind die Pfadkoeffizienten (für das Nachtestergebnis als Lernerfolg,  $N=182$ ) mit angegeben.

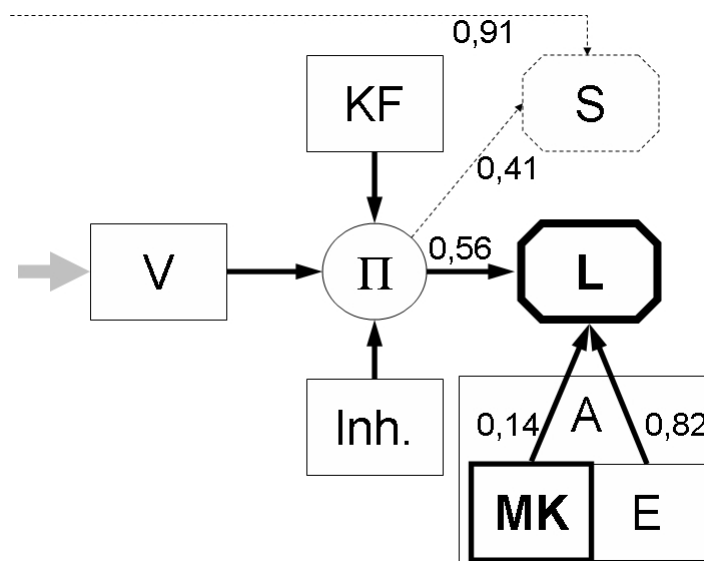


Abb. 3 Physiklern, Iterationsschritt im Treatment

Die anderen Einflüsse auf den Lernerfolg teilen sich auf den Einfluss der Medienkombination MK und allen anderen, hier als Fehler E bezeichnet, auf. E beinhaltet alle nicht erfassten Faktoren, entsprechend der nicht erfassten Lernervariablen im Einflussmodell. Das Einflussmaß  $\Pi$  entspricht den kontrollierten Lernervariablen im Einflussmodell.

Zu beachten ist, dass das hier vorgestellte Modell nicht mehr das Selbstkonzept als Prediktor für den Lernerfolg, sondern als abhängige Variable ausweist.

## Analyse der Residuen aus dem Modell

Die hohe Korrelation des Einflussmaßes  $\Pi$  mit dem Nachtstestergebnis legt eine Regressionsanalyse nahe: Das Nachtstestergebnis lässt sich mit

$$19,74 \cdot \text{Einflussmaß} + 5,79$$

gut annähern. Die Residuen weisen erwartungsgemäß eine geringere Standardabweichung als das Nachtstestergebnis aus (2,38 im Vergleich zu 3,40).

Die Residuen korrelieren nicht mit dem Vorwissen, KFT-Physik und dem physikbezogenem Selbstkonzept. Tab. 2 zeigt den Vergleich der Residuen in den Untersuchungsgruppen. Dabei sind auch jeweils eigene Residuen mit Korrelationsanalyse in den Welten berechnet.

		Szenario / Untersuchungsgruppe				Kruskal-Wallis Signifikanztest, Effektgrößen
Residuen zum		S1	S2	S3	S4	
Nachtstestergebnis	Mittelwert	-0,27	-0,46	0,43	0,46	0,310 $\epsilon = 0,36$ $\epsilon_m = 0,17$
	Stand.abw.	3,30	2,70	2,80	2,38	
nur Phänomene	Mittelwert	-0,23	0,05	0,18	0,46	0,385 $\epsilon = 0,32$ $\epsilon_m = 0,14$
	Stand.abw.	1,31	1,24	1,26	2,38	
nur math.Modelle	Mittelwert	0,32	-0,72	0,13	0,38	0,001 $\epsilon = 0,75$ $\epsilon_m = 0,35$
	Stand.abw.	1,52	1,40	1,41	1,52	
nur Verknüpfung	Mittelwert	-0,10	-0,12	0,07	0,18	0,860 $\epsilon = 0,23$ $\epsilon_m = 0,11$
	Stand.abw.	1,27	1,28	1,45	1,26	

Tab. 2 Übersicht Residuen des Nachtstestergebnisses in den Szenarien

Für die Residuen lassen sich die Medien vergleichen, indem die Untersuchungsgruppen mit den jeweils gleichen Medien zusammengefasst werden.

Welt	Mathematische Modelle		Phänomene	
Medienvergleich	Konstruktionshilfen vs. Simulation		Realexperiment vs. IBE	
Szenarien N=	S1 und S3 89	S2 und S4 93	S1 und S2 99	S3 und S4 83
Residuen zum Nachtstestergebnis				
Mittelwert	0,05	-0,05	-0,37	0,44
Standabweichung	3,08	2,59	2,99	2,58
Signifikanz U-Test	0,724		0,071	
$\epsilon =$	0,03		0,22	
nur Phänomene				
Mittelwert	-0,04	0,04	-0,09	0,10
Standabweichung	1,28	1,19	1,28	1,17
Signifikanz U-Test	0,628		0,218	
$\epsilon =$	0,06		0,16	
nur math. Modelle				
Mittelwert	0,23	-0,22	-0,21	0,25
Standabweichung	1,47	1,54	1,54	1,46
Signifikanz U-Test	0,024		0,071	
$\epsilon =$	0,30		0,31	
nur Verknüpfung				
Mittelwert	-0,02	0,02	-0,11	0,13
Standabweichung	1,35	1,28	1,27	1,35
Signifikanz U-Test	0,964		0,398	
$\epsilon =$	0,03		0,18	

Tab. 3 Medien-Vergleich in den Welten: Residuen zum Nachtstestergebnis und zum Lernzuwachs

Für die Welt der mathematischen Modelle fallen die Residuen in den Szenarien mit der Strahlengangsimulation stark ab (Tab. 3). Tab. 2 lässt sich entnehmen, dass dies an Szenario S2 liegt, welches als einziges Szenario nach unten stark abweicht. Dieses Ergebnis stützt damit Befund 27. In der Welt der Phänomene und der Verknüpfung der Welten ist der leichte Vorteil des IBEs nicht signifikant und die Effektgröße ist gering, so dass hier die gleiche Lernwirksamkeit des Realexperimentes und des IBEs als Ergebnis festgehalten werden kann.

Festzuhalten bleibt, dass das Modell aufgrund der Daten in dieser Arbeit entwickelt wurde und mit diesen Daten gut geprüft werden kann. Eine Verallgemeinerung ist hier noch sehr spekulativ. Durch die Einfachheit bietet sich das Modell auch für die Überprüfung mit Daten anderer Untersuchungen an.

#### Publikationshinweise

- (1) Brell, Claus - Schecker, Horst - Schumacher, Dieter - Theyßen, Heike: Computer vs. Realexperiment - empirische Ergebnisse zum Lernerfolg,; GDGP Jahrestagung 2007 (in Vorbereitung)
- (2) Brell, Claus – Theyßen, Heike: Die Smiley-Skala als effizientes Messinstrument für die Interessantheit des Unterrichts, MNU (im Druck)

- (3) Brell, Claus – Theyßen, Heike – Schecker, Horst: Experimentieren mit einem Augenmodell; Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 60. Jahrgang, Heft 1, S. 30-35, 2007
- (4) Brell, Claus - Schecker, Horst - Schumacher, Dieter - Theyßen, Heike: Simulation, IBE, Realexperiment – Lerneffizienz durch „Neue Medien“?; GDGP Jahrestagung 2005
- (5) Brell, Claus - Schecker, Horst - Theyßen, Heike - Schumacher, Dieter: Computer trifft Realexperiment – besser lernen mit Neuen Medien? ;In: von Nordmeier, V - Oberländer, A (Hrsg.): Didaktik der Physik: Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG - Berlin 2005
- (6) Brell, Claus - Schecker, Horst - Schumacher, Dieter - Theyßen, Heike: Auswirkungen verschiedener Lernmedien auf den Lernerfolg,; DPG Frühjahrstagung 2004