

Fachdidaktik Physik: Konzepte 2: Lernwirksamer Physikunterricht

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Lernwirksame Maßnahmen	3
2.1	Methode	4
2.2	Ergebnisse	4
2.3	Zusammenfassung und Deutung	9
2.3.1	Gute Leistungen verstärken	9
2.3.2	Wartezeit nach einer Frage	9
2.3.3	Mastery Learning	9
2.3.4	Individuelle Rückmeldung zu Hausaufgaben	10
2.3.5	Kooperatives Lernen in Gruppen	10
2.3.6	Schülerversuche	10
2.3.7	Gliederung des Stoffes in eine Fragereihe	10
2.3.8	Entdeckendes Lernen	11
2.3.9	Information über aktuelle Leistungen mit Tests	11
2.3.10	Individualisierter Unterricht	11
2.3.11	Unkontrollierte Hausaufgaben	12
2.4	Weitere allgemeine Maßnahmen	12
2.4.1	Sinnhaftigkeit	12
2.4.2	Erkennen bekannter Strukturen	12
2.4.3	Graphische Darstellung	12
2.4.4	Selbst- und Fremdeinschätzung	12
2.4.5	Heuristiken	13
2.4.6	Aufstellen und Testen von Hypothesen	13
2.4.7	Aufzeichnungen	13
2.4.8	Zieltransparenz	13
2.4.9	Experimentieren mit Simulationen und Symbolen	13

2.4.10 Ideen	13
2.4.11 Prozess-Monitoring	13
3 Entdeckendes Lernen	14
3.1 Methode	14
3.2 Ergebnisse	14
3.3 Zusammenfassung und Deutung	15
4 Worked-Out Examples	15
4.1 Methode	16
4.2 Ergebnisse	16
4.3 Zusammenfassung und Deutung	17
5 Worked-Out Example versus angeleitete Entdeckung	18
6 Drei Muster naturwissenschaftlichen Unterrichts	20
6.1 Methode	20
6.2 Ergebnisse	21
6.3 Zusammenfassung und Deutung	21
7 Maßnahmen für langfristiges Lernen	21
7.1 Methode	21
7.2 Ergebnisse	22
7.3 Zusammenfassung und Deutung	22
7.4 Langfristige Entwicklung physikalischer Konzepte	22
7.4.1 Lehrverfahren durch Anknüpfung	23
7.4.2 Lehrverfahren durch kognitiven Konflikt	23
8 Aufgaben	23
9 Zusammenfassung	24

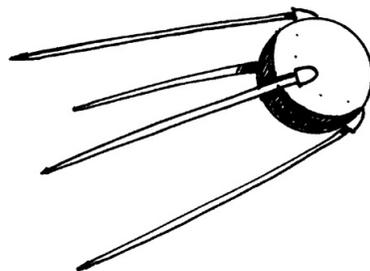


Abbildung 1: Am 4.10.1957 kam mit Sputnik der erste künstliche Satellit in die Erdumlaufbahn. Der Westen empfand sein Bildungswesen als abgehängt und entwickelte verschiedene Unterrichtsmethoden wie z. B. das *Mastery Learning* (s. Kazu u. a. (2005)) oder das *Personalized System of Instruction* (s. Grant u. Spencer (2003)), um den Rückstand aufzuholen.

1 Einleitung

Die Pädagogik hat im Laufe der Jahrhunderte eine Vielzahl von Unterrichtsmethoden¹ hervorgebracht. Hier werden Methoden behandelt, von denen durch empirische Studien bekannt ist, dass sie im Unterricht besonders lernwirksam sind.

Zu jeder Methode stelle ich zunächst die empirischen Befunde vor, deute diese und gebe konkrete Hinweise zur Umsetzung der Methode im Physikunterricht. So können Sie sich bewusst und begründet für eine zweckmäßige Methode entscheiden. Damit rundet dieser Aufsatz das Skript *Konzepte 1* ab, bei dem Sie lernen konnten, wie Sie physikalische Inhalte in interessante, bedeutsame, anwendungsnahe, schülernahe, lebensweltliche und/oder sinnvolle Kontexte einbetten können.

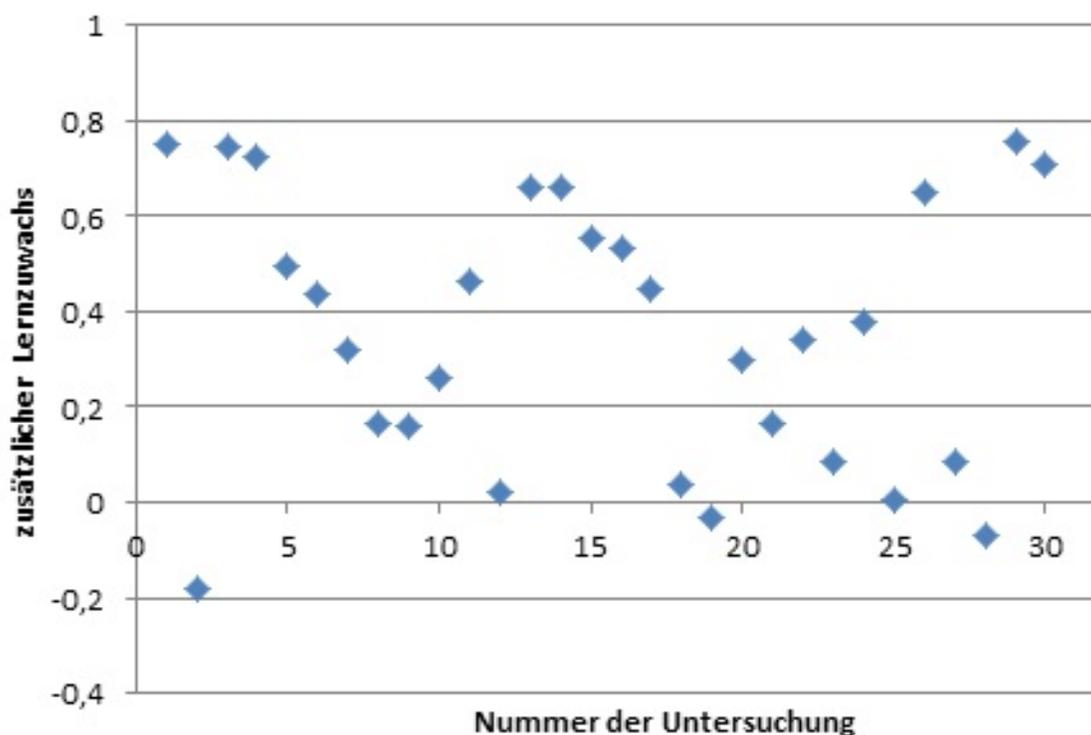


Abbildung 2: Für 30 fiktive Untersuchungen ist der zusätzliche Lernzuwachs, den eine untersuchte Maßnahme im Vergleich zur Kontrollgruppe erzielt, dargestellt. Der Mittelwert beträgt 0,35. Die Streuung beträgt 0,7. Daher ist die Effektstärke $d = \frac{0,35}{0,7} = 0,5$.

2 Lernwirksame Maßnahmen

Es gibt einige sehr einfache elementare Maßnahmen, die den Lernerfolg steigern können:

¹ Nach Hilbert Meyer sind Unterrichtsmethoden die Formen und Verfahren, in und mit denen sich Lehrer und Schüler die sie umgebende natürliche und gesellschaftliche Wirklichkeit unter institutionellen Rahmenbedingungen aneignen (Meyer (1994) S. 45).

2.1 Methode

Viele empirische Untersuchungen zur Lernwirksamkeit wurden mit Hilfe einer Metaanalyse vergleichbar gemacht. Dazu wurde für jede Maßnahme wie folgt eine sogenannte **Effektstärke** berechnet (s. Steiger (2004) oder Marzano (1998) S. 73):

Für jede Maßnahme wird zunächst der mittlere Lernerfolg $\bar{x}_M = \frac{1}{N} \sum_i^N x_i$ ermittelt. Dabei ist x_i der Lernerfolg der i -ten Versuchsperson und N die Stichprobengröße, also die Anzahl der Versuchspersonen. Zum Vergleich wird der mittlere Lernerfolg $\bar{x}_K = \frac{1}{N} \sum_i^N x_i$ für eine Kontrollgruppe bestimmt. Der Effekt der Maßnahme wird zunächst durch die *Differenz* $\bar{x}_M - \bar{x}_K$ der mittleren Lernerfolge beschrieben.

Jedoch haben diese Differenzen für verschiedene Maßnahmen unterschiedliche Einheiten sowie Skalierungen und sind so kaum vergleichbar. Daher teilt man die Differenz durch die empirische Standardabweichung $\sigma_{emp} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (x_i - \bar{x}_K)^2}$ und erhält so die dimensionslose und weitgehend vom Stichprobenumfang unabhängige Effektstärke $d = \frac{\bar{x}_M - \bar{x}_K}{\sigma_{emp}}$. Beispielsweise bedeutet die Effektstärke 1, dass 84 % der SuS, welche die Maßnahme erfahren haben, über dem Mittelwert der Kontrollgruppe liegen, in welcher die Maßnahme nicht eingesetzt wurde (s. Häußler u. a. (1998) S. 155-159).

2.2 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse für einzelne Maßnahmen oder Indikatoren sowie für unterrichtliche Konzepte dargestellt. Hierbei sind die Quellen wie folgt abgekürzt: [S11] steht für Steffens u. Höfer (2011), [H09] bedeutet Hattie (2009) und [H98] kürzt Häußler u. a. (1998) ab.

Effektstärken einzelner Maßnahmen oder Indikatoren

1. Vernetzen mit Vorwissen und Interessen im Naturwissenschaftlichen Unterricht 1,48 [H09]
2. Vermitteln von Zweck und Wert des Stoffs 1,37 [M98]
3. Erkennen bekannter Strukturen 1,32 [M98]
4. Piaget-Stufe als Indikator für Lernerfolg 1,44 [H09]
5. Schülereinschätzung als Indikator für Lernerfolg 1,28 [H09]
6. Grafische Darstellung 1,24 [M98]
7. Herausfordernde Aktivitäten für Begabte in Naturwissenschaften (Enrichment) 1,23 (1,1 in Mathe; 0,59 in Lesen; 0,23 in Gesellschaftswissenschaften) [H09]
8. Förderung von Selbst- und Fremdeinschätzung 1,22 [M98]
9. Heuristiken 1,17 [M98]
10. Gute Leistungen verstärken 1,17 [H98]
11. Aufstellen und Testen von Hypothesen 1,14 [M98]

-
12. Anfertigen eigener Aufzeichnungen 0,99 [M98]
 13. Herstellen von Zieltransparenz 0,97 [M98]
 14. Nach einer Frage genügend langes Warten 0,9 [H98]
 15. Formative Evaluation 0,9 [S11]
 16. Experimentieren mit Symbolen und Simulationen 0,89 [M98]
 17. Unterrichtsbesuch mit anschließender Stundenanalyse (Microteaching) 0,88 [H09]
 18. Curriculum-Beschleunigung für Begabte 0,88 [H09]
 19. Darstellen von Ideen 0,8 [M98]
 20. Klassenverhalten 0,8 [H09]
 21. Individuelle Rückmeldung zur HA 0,79 [H98]
 22. Klarheit der Lehrkraft 0,75 [S11]
 23. Lehren durch Schüler 0,74 [S11]
 24. Prozessmonitoring 0,74 [M98]
 25. Rückmeldung 0,73 [S11]
 26. Lehrer-Schüler-Verhältnis [H09]
 27. Verteilte versus massive Übung 0,71 [H09]
 28. Metakognition 0,69 [S11]
 29. Lernvoraussetzung der Schülerinnen und Schüler 0,67 [H09]
 30. Vokabellernen als Voraussetzung für Leseverständnis 0,67 [H09]
 31. Wiederholtes Lesen desselben Textes beim Lesenlernen 0,67 [H09]
 32. Eigene Verbalisierung 0,64 [S11]
 33. Lehrerfortbildung 0,62 (0,94 Naturwissenschaften; 0,88 Schreiben; 0,5 Mathe; 0,34 Lesen) [H09]
 34. Lehren von Strategien 0,6 [S11], [H09]
 35. Instruktion zu Buchstaben als Voraussetzung zum Lesenlernen 0,6 [H09]
 36. Kooperatives Lernen 0,59 [S11]; 0,76 [H98]
 37. Lerntechniken 0,59 [S11]

-
38. Kooperatives versus individualisiertes Lernen 0,59 [H09]
 39. Programme zum Leseverständnis 0,58 [H09]
 40. Konzeptkarte 0,57 [S11]
 41. Sozio-ökonomischer Status des Elternhauses 0,57 [H09]
 42. Intellektuell anregendes Elternhaus 0,57 [H09]
 43. Ausgearbeitete Beispiele 0,57 [H09]
 44. Schülerversuche 0,57 [H98]
 45. Entdeckenlassende versus bestätigende Versuche 0,57 [H09]
 46. Herausfordernde Ziele 0,56 [S11]
 47. Peers als Tutoren 0,55 [S11]
 48. Visuelle Wahrnehmung als Voraussetzung für Lesen 0,55 [H09]
 49. Kooperatives versus kompetitives Lernen 0,54 [H09]
 50. Geburtsgewicht bei Frühgeburten als Indikator für Lernerfolg 0,54 [H09]
 51. Klassengemeinschaft 0,53 [H09]
 52. Hilfen durch Mitschüler 0,53 [H09]
 53. Management im Klassenraum 0,52 [S11]
 54. Interaktive Videomethoden 0,52 [H09]
 55. Engagement der Eltern 0,51 [H09]
 56. Zweite-Chance-programm für Risikoschüler 0,5 [H09]
 57. Spielen, Problemlösen und Kreativität 0,5 [H09]
 58. Vorschulische Programme und Maßnahmen 0,45 bis 0,47 [H09]
 59. Gruppenarbeit versus individuelles Lernen 0,49 [H09]
 60. Motivation als Indikator für Lernerfolg 0,48 [H09]
 61. Konzentrationsfähigkeit als Indikator für Lernerfolg 0,48 [H09]
 62. Fragen formulieren 0,46 [H09]
 63. Unterrichtsqualität nach Einschätzung durch Schüler 0,44 [H09]
 64. Gliederung des Stoffs in eine Fragereihe 0,43 [H98]

-
65. Schulgröße 0,43 (800 optimal) [H09]
 66. Selbstkonzept als Indikator für Lernerfolg 0,43 [H09]
 67. Advance Organizer 0,41 [H09]; 0,23 [H98]
 68. Berücksichtigung von Lernstilen 0,41 [H09]
 69. Angstreduktion als Indikator für Lernerfolg 0,4 [H09]
 70. Fächerübergreifende Curricula 0,39 (0,56 Grundschule; 0,27 Highschool) [H09]
 71. Zeit für eine Aufgabe 0,38 [H09]
 72. Animationen (Adjunct Aids) 0,37 [H09]
 73. Computer-unterstützte Instruktion 0,37 [H09]
 74. Lesen 0,36 [H09]
 75. Häufigkeit von Tests 0,34 [H09]
 76. Simulationen 0,33 [S11]
 77. Information über aktuelle Leistungen mit Tests 0,32 [H98]
 78. Begabtenklassen (Ability Track) 0,3 [H09]
 79. Unkontrollierte Hausaufgaben 0,29 [H09]; 0,28 [H98]
 80. Inklusion Behinderter (Mainstreaming) 0,28 [H09]
 81. Taschenrechnereinsatz in Mathe 0,27 (0,3 für Leistungsschwache; 0,2 für Mittlere; -0,23 für Leistungsstarke) [H09]
 82. Computergestützter Unterricht 0,24 [H98]
 83. Kompetitives versus individualisiertes Lernen 0,24 [H09]
 84. Programmierte Instruktion 0,24 [H09]
 85. Besondere Schulen (0,23 kirchlich; 0,2 autonom (Charter School)) [H09]
 86. Lehren von Testen und Coaching 0,22 [H09]
 87. Programmierte Instruktion 0,20 [H98]
 88. Team Teaching 0,19 [S11]
 89. Lernhierarchien 0,19 [H09]
 90. SuS mit besseren Voraussetzungen nutzen Zusatzinstruktion wirksamer (ATI) 0,19 [H09]

-
91. Web-basiertes Lernen 0,18 [H09]
 92. Familienstruktur 0,17 [H09]
 93. Unmittelbarkeit des Lehrers 0,16 [H09]
 94. Mentoring 0,15 [H09]
 95. Kombinieren von Sätzen 0,15 [H09]
 96. Problemorientiertes Lernen 0,15 [S11]
 97. Klassengröße von 25 auf 15 verringert 0,13 [H09]
 98. Ausbildung des Lehrers 0,11 [H09]
 99. Lerngruppen nach Fähigkeit (Tracking in amerikanischen Highschools) 0,11 [H09]
 100. Zusammenstellen homogener Lerngruppen 0,10 [H98]
 101. Verkleinerung der Klasse 0,09 [H98]
 102. Außerschulisches Lernen 0,09 [S11]
 103. Fernstudium, Fernlernen 0,09 [H09]
 104. Lernen von Worten im Kontext 0,06 [H09]
 105. Selbstgesteuertes Lernen 0,04 [H09]
 106. Jahrgänge übergreifender Unterricht 0,04 [S11]
 107. Wohlfahrtsempfänger -0,12 [H09]
 108. Wiederholen -0,16 [H09]
 109. Fernsehen -0,18 [H09]

Effektstärken unterrichtlicher Konzepte

1. Problemlösen 0,61 [S11], [H09]
2. Direkter Unterricht 0,59 [S11]
3. Mastery Learning 0,58 [S11]; 0,81 [H98]
4. Individualisierter Unterricht nach Keller-Plan 0,53 [H09]
5. Inductive Teaching (Konstruktivismus) 0,33 [H09]
6. Entdeckendes Lernen 0,31 [S11], [H09]; 0,32 [H98]
7. Individualisierter Unterricht 0,23 [H09]; 0,32 [H98]
8. Traditioneller statt offener Unterricht 0,01 [S11] und [H98]

2.3 Zusammenfassung und Deutung

Die Effektstärke ermöglicht hier eine durchaus sinnvolle Rangfolge für sehr unterschiedliche Maßnahmen. Dabei ist die zugrunde liegende Einheit die empirische Standardabweichung. Diese ist hier praktisch unabhängig von der Stichprobengröße (s. o.). Die Effektstärke macht also unterschiedlichste Maßnahmen quantitativ miteinander vergleichbar².

2.3.1 Gute Leistungen verstärken

Das wirkt motivierend und orientierend zugleich. Die Maßnahme ist im Unterricht leicht umsetzbar.

2.3.2 Wartezeit nach einer Frage

Günstig sind bis zu 10 Sekunden Wartezeit. Selbstverständlich benötigen die SuS Zeit, wenn sie sequenziell Folgerungen aus der Frage ziehen wollen. Doch die SuS benötigen ebenso Zeit, wenn sie assoziativ Antworten auf die Frage finden wollen (s. [Helie u. Sun \(2010\)](#) S. 1000 und s. [Sio u. Ormerod \(2009\)](#); siehe auch das Skript zu Experimenten). Die Maßnahme ist im Unterricht leicht umsetzbar.

2.3.3 Mastery Learning

Jeder Lernende arbeitet so lange an einem Thema, bis er es beherrscht. Ich habe das Verfahren einige Jahre im Mathematikunterricht angewendet und ebenfalls sehr gute Erfahrungen damit gemacht. Das Verfahren ist für Lernende und Lehrende aufwändig. Denn langsame Lerner müssen zusätzlichen Unterricht erhalten. Die wichtigsten **Grundregeln des Mastery Learning** sind (s. z. B. [Kazu u. a. \(2005\)](#)):

1. Stellen Sie das Lernziel der Unterrichtseinheit klar dar!
2. Gliedern Sie die Unterrichtseinheit in Unterrichtssequenzen mit jeweils klaren Zielen und Lernzielüberprüfungen.
3. Die Lernmaterialien und Lehrstrategien werden identifiziert, einschließlich Lehrverfahren, Modellierung, Übung, erste Lernkontrollen, Lehrverfahren zur Behebung festgestellter Defizite, abschließende Lernkontrollen.
4. Vor jeder Unterrichtssequenz werden Lernvoraussetzungen diagnostiziert.
5. Diagnostizierte Defizite werden durch zusätzliche Lehre behoben.

² Es bleiben minimale Grenzen dieser Vergleichbarkeit. Ein Beispiel: Falls bei einer Maßnahme die Streuung der Lernwirksamkeit bezogen auf einen Schüler besonders hoch ist, beispielsweise weil die Maßnahme sehr von der Tagesform des Schülers abhängt, wogegen eine andere Maßnahme kaum von der Tagesform abhängt, dann wird die Effektstärke der Maßnahme mit der großen Streuung etwas unterschätzt. Denn die Differenz der Lernerfolge wird durch die empirische Standardabweichung dividiert. Auch ergibt eine Maßnahme, deren Durchführung durch den Lehrer kaum streut, eine leichte Überschätzung der Effektstärke. So sind die beiden hochrangigsten Maßnahmen mit geringer Streuung bei der Durchführung behaftet.

2.3.4 Individuelle Rückmeldung zu Hausaufgaben

Das wirkt motivierend und orientierend zugleich. Das entspricht weitgehend dem Hausaufgabenbenerlass, während unkontrollierte Hausaufgaben zu Recht unzulässig sind, siehe Rang 11. Die Maßnahme ist im Unterricht mit zusätzlichem Zeitaufwand umsetzbar.

2.3.5 Kooperatives Lernen in Gruppen

Das kann die Aktivität der SuS steigern und motivierend wirken (s. Abb. 5). Allerdings ist darauf zu achten, dass die Gruppenarbeit kognitiv fokussiert bleibt, damit die Leistung nicht abfällt (s. Abb. 5). Die Maßnahme ist im Unterricht leicht umsetzbar. Allerdings muss sichergestellt werden, dass alle SuS kognitiv anspruchsvoll und zielführend aktiv sind.

2.3.6 Schülerversuche

Das kann die Aktivität der SuS steigern und bietet viele Primärerfahrungen. Die Maßnahme ist im Unterricht leicht umsetzbar.

2.3.7 Gliederung des Stoffes in eine Fragereihe

Mit Hilfe der Fragen können die SuS zum Inhalt geführt werden. Das entspricht ungefähr dem bewährten *Sokratischen Gespräch* (s. Mikelskis (2006) oder Aeschlimann (1999) S. 94-95). Die Maßnahme ist im Unterricht leicht umsetzbar. Die wichtigsten **Grundregeln des Sokratischen Gesprächs** sind:

1. Jeder Teilnehmer äußert seine eigenen Überlegungen, die Meinungen von Autoritäten interessieren nicht.
2. Das Gespräch geht vom Konkreten zum Abstrakten. Beispielsweise kann man mit einem Beispiel aus dem eigenen Erfahrungsbereich beginnen.
3. Die Verständigung in der Sache ist wichtiger als das schnelle Ergebnis.
4. Alle Teilnehmer gehen gemeinsam schrittweise vor.
5. Zu aufgestellten Behauptungen, Vermutungen und Fragen werden das Für und Wider begründet und geprüft.
6. Ziel ist Konsens.

Der Gesprächsleiter ist gut vorbereitet, moderiert im Hinblick auf die obigen Grundregeln und regt inhaltliche Beiträge der Teilnehmer an, anstatt selber Inhalte zu nennen.

Die empirischen Ergebnisse zur Fragereihe können auf das Sokratische Gespräch grob übertragen werden, weil in beiden Fällen der Gesprächsleiter gut vorbereitet ist, ein schrittweises Vorgehen anstrebt und versucht, die Inhalte von den Teilnehmern entwickeln zu lassen.

2.3.8 Entdeckendes Lernen

Die Effektstärke erscheint relativ gering. Das könnte daran liegen, dass die Bedingungen der Studien nicht dokumentiert sind. Denn andere Studien zeigen, dass angeleitetes entdeckendes Lernen sehr lernwirksam ist, während reines entdeckendes Lernen weniger lernwirksam ist (s. die Tabellen 1 und 2). Auch neuere und kritisch angelegte Untersuchungen zeigen, dass entdeckendes Lernen bei hinreichend guten Lernvoraussetzungen in der ganzen Lerngruppe lernwirksam ist, wogegen bei unzureichenden Lernvoraussetzungen nur wenige SuS das Lernziel erreichen (s. Kirschner u. a. (2006) S. 80).

Das entdeckende Lernen kommt beispielsweise auch beim genetischen Lernen vor (s. Wagen-schein (1968)). Die wichtigsten **Grundregeln des genetischen Lehrens** sind (s. Mikelskis (2006) S. 48-50):

1. Zum Einstieg erhalten die SuS etwas Erstaunliches, Aufregendes, Problematisches oder Herausforderndes und entdecken daran das zu Lernende.
2. Die SuS gelangen vom Phänomen zum Laborphänomen, zum Modell und zur Theorie.
3. Die SuS gelangen vom Qualitativen zum Quantitativen (s. auch Tab. 7).
4. Die SuS gelangen vom Einzelfall zum Prinzip (s. auch Tab. 7).
5. Die SuS gelangen von der Muttersprache zur Fachsprache.
6. Die SuS lernen durch ihre angeborene Entdeckerlust.
7. Die SuS entdecken physikalische Prinzipien in lebensweltlichen Kontexten.

2.3.9 Information über aktuelle Leistungen mit Tests

Diese Maßnahme ist mäßig wirksam. Schließlich gibt es bereits viele andere Möglichkeiten der Rückmeldung, die unmittelbarer und somit wirksamer sind.

2.3.10 Individualisierter Unterricht

Das individualisierte Lernen wird auch als PSI (Personalized System of Instruction) oder Keller-Plan bezeichnet (s. Grant u. Spencer (2003)). Es wird aktuell häufig eingesetzt, wenn keine Lehrkraft vor Ort ist, beispielsweise beim Fernstudium oder bei virtuellen Lernumgebungen. Es funktioniert also im Prinzip auch ohne Lehrer.

Im Unterricht kann das PSI bei sehr heterogenen Lerngruppen sinnvoll sein, wenn die Lehrkraft sich nicht um alle SuS zugleich kümmern kann. Dabei ist es allerdings wichtig, dass die im PSI inhärent geringe persönliche Ansprache der SuS durch ein intelligentes System gegenseitiger Hilfen der SuS untereinander und ein besonders aufmerksames Handeln der Lehrkraft mit den bedingt selbstständig handelnden SuS organisiert wird. Das PSI alleine ist im Unterricht leicht umsetzbar, da lediglich die Materialien bereit gestellt werden müssen. Ein lernwirksamer Einsatz des PSI im Unterricht erfordert jedoch eine Ergänzung durch intelligente Kommunikation. Die Vorbereitung kann wegen der nötigen Materialien aufwändig sein. Die wichtigsten **Grundregeln des PSI** sind (s. Grant u. Spencer (2003)):

-
1. Wesentliche Inhalte werden schriftlich präsentiert.
 2. Das zu Lernende wird in Einheiten gegliedert. Erst wenn ein Schüler seinen Lernerfolg zur aktuellen Einheit nachgewiesen hat, kann er zur nächsten Einheit fortschreiten.
 3. Jeder Schüler arbeitet mit seiner eigenen Geschwindigkeit.
 4. Jeder Schüler hat einen Tutor zur Unterstützung und Überwachung des Lernprozesses.
 5. Unterricht motiviert und demonstriert Inhalte ergänzend zur oben dargestellten schriftlichen Präsentation.

2.3.11 Unkontrollierte Hausaufgaben

Unkontrollierte Hausaufgaben sind wenig effektiv und daher zu Recht durch den Hausaufgabenbenerlass verboten.

Die übrigen Maßnahmen sind kaum wirksam und werden daher hier nicht weiter erörtert.

2.4 Weitere allgemeine Maßnahmen

In einer allgemeinen Metaanalyse wurden für weitere wichtige Maßnahmen Effektstärken bestimmt (s. [Marzano \(1998\)](#)):

2.4.1 Sinnhaftigkeit

Für das Vermitteln von Zweck und Wert des zu Lernenden wurde beim Lernerfolg eine Effektstärke von 1,37 und bei bei der Kompetenz zur Metakognition eine Effektstärke von 1,88 ermittelt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 124 und S. 122). Sie sollten also mit sinnvollen Kontexten unterrichten (s. Skript zu Konzepte 1).

2.4.2 Erkennen bekannter Strukturen

Für das Erkennen bekannter Strukturen wurde eine Effektstärke beim Lernerfolg von 1,32 beobachtet (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 90 und S. 98). Das Anknüpfen an bereits Gelerntes ist also besonders lernwirksam und sollte nie fehlen.

2.4.3 Graphische Darstellung

Eine allgemeine Untersuchung zeigte für graphische Darstellungen von Sachverhalten beim Lernerfolg eine Effektstärke von 1,24 (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 91). Die ikonische Ebene sollte also im Unterricht gepflegt werden.

2.4.4 Selbst- und Fremdeinschätzung

Für die Förderung der Selbst- und Fremdeinschätzung wurde beim Lernerfolg eine Effektstärke von 1,22 ermittelt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 124). Sie sollten also die Kompetenzen der SuS transparent machen. Hier können glaubwürdige positive Rückmeldungen nutzen.

2.4.5 Heuristiken

Das Bewusstmachen von Heuristiken ergibt eine Effektstärke von 1,17 bei der Kompetenz der Ideendarstellung (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 114). Hierzu können Sie nach einer Problemlösung oder Entdeckung die SuS das Vorgehen reflektieren lassen.

2.4.6 Aufstellen und Testen von Hypothesen

Für das Aufstellen und Testen von Vermutungen wurde eine Effektstärke beim Lernerfolg von 1,14 gefunden (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 93). Diese Verfahren der Erkenntnisgewinnung scheinen besonders lernwirksam zu sein. Das könnte daran liegen, dass die Glaubwürdigkeit und Nachvollziehbarkeit des Gelernten hoch sind.

2.4.7 Aufzeichnungen

Für das Anfertigen von kleinen Notizen oder kurzen Aufzeichnungen durch die SuS wurde beim Lernerfolg eine Effektstärke von 0,99 bestimmt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 91). Beim Sichern wichtiger Zwischenschritte oder Ergebnisse scheint die Aktivität der SuS lernwirksam zu sein.

2.4.8 Zieltransparenz

Für das Herstellen von Zieltransparenz wurde beim Lernerfolg eine Effektstärke von 0,97 und bei der Kompetenz der Ideendarstellung eine Effektstärke von 1,37 festgestellt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 94 und 108). Diese Zieltransparenz scheint eher lernwirksam zu sein als ein Advance Organizer, bei dem vorab ein Überblick gegeben wird. Das könnte damit zu tun haben, dass die Zieltransparenz nur das aktuell Nötige aktiviert, wogegen der Überblick alles auf einmal aktiviert und somit die Aufmerksamkeit weniger fokussiert.

2.4.9 Experimentieren mit Simulationen und Symbolen

Für das Experimentieren mit Computersimulationen oder Symbolen durch die SuS wurde eine Effektstärke beim Lernerfolg von 0,89 bestimmt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 91). Auch die symbolische Aktivität der SuS ist lernwirksam.

2.4.10 Ideen

Das Darstellen von Ideen ergibt eine Effektstärke von 0,8 für die Organisation des Gelernten (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 98). Sie sollten daher das Gelernte mit Hilfe grundlegender Ideen gliedern.

2.4.11 Prozess-Monitoring

Für das permanente Bewusstmachen des Lernprozesses wurde beim Lernerfolg eine Effektstärke von 0,74 und bei der Kompetenz der Ideendarstellung eine Effektstärke von 1,13 bis 1,27 sowie bei der Kompetenz zur Metakognition eine Effektstärke von 1,38 ermittelt (s. [Marzano \(1998\)](#) S. 94 und 108 sowie S. 117). Sie können beispielsweise die SuS Zwischenergebnisse zusammenfassen lassen und so zugleich Lernkontrollen durchführen.

3 Entdeckendes Lernen

Für den Unterricht sind neben einzelnen einfachen Maßnahmen auch ganzheitliche Lehrverfahren grundlegend. Daher wird hier das entdeckende Lernen noch einmal ausführlich behandelt. Entdeckenlassende Lehrverfahren werden seit wenigstens 50 Jahren propagiert und untersucht. Zwei empirische Studien werden dargestellt (s. Mayer (2003) S. 287-291).

3.1 Methode

In einer Untersuchung soll die Versuchsperson aus fünf Worten ein unpassendes Wort aussondern. Ein mögliches Quintupel ist (GONE; START; GO; STOP; COME). Die Paare gegenteiliger Worte (START; STOP) und (GO; COME) passen, während GONE auszusondern ist. Bei der reinen Entdeckung wurden keine Hilfen gegeben. Bei der angeleiteten Entdeckung wurde vorab darauf hingewiesen, dass es zwei Paare gegenteiliger Worte gibt. Bei der Darbietung wurde die komplette Lösung präsentiert. Nach einer Trainingsphase wurde der Lernerfolg getestet, auch wurden Transferbeispiele gegeben. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 dargestellt.

In einer zweiten Untersuchung soll die Versuchsperson eine Formel für die Teilsummen zu einer Zahlenfolge erstellen. Eine mögliche Zahlenfolge ist 1, 3, 5, 7, 9, Hierzu sind die Teilsummen die Quadratzahlen 1, 4, 9, 16, 25, Bei der sogenannten *reinen Entdeckung* wurden nötigenfalls Hilfen gegeben³. Bei der *angeleiteten Entdeckung* wurde eine Sequenz hilfreicher Fragen gestellt. Bei der *Darbietung* wurde die komplette Lösung präsentiert. Nach einer Trainingsphase wurden Transferbeispiele gegeben. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt.

3.2 Ergebnisse

korrekte Antworten bei ...	Reines Entdecken	Angeleitetes Entdecken	Darbietung
Sofortiger Test	74%	78%	76%
Nachtest	28%	74%	54%
Transfer	24%	90%	56%

Tabelle 1: Vergleich von drei Lehrverfahren (s. Mayer (2003) S. 287-291): Dargestellt sind die Anteile korrekter Antworten. Das angeleitete Entdecken ist den anderen Verfahren bei allen drei Tests überlegen.

³ Die Erstellung einer Formel für eine Teilsumme war für die getestete Lerngruppe anscheinend so schwierig, dass es nötig war, bereits vorab weitgehende Lernhilfen zu geben. Das zeigt: Bei hohem Schwierigkeitsgrad kann das reine Entdecken ein zu schwieriges Lehrverfahren für die Lerngruppe sein.

Lehrmethode	Reines Entdecken	Angeleitetes Entdecken	Darbietung
Fehler beim Lernen	6	17	9
Lerndauer	28	46	41
Fehler beim Transfer	2	1	6
Transferdauer	20	17	27

Tabelle 2: Vergleich von drei Lehrverfahren: Lerndauer und Transfer. Das angeleitete Entdecken ist zwar relativ zeitaufwändig, dafür ist es den anderen Verfahren beim Transfer überlegen.

3.3 Zusammenfassung und Deutung

Die Untersuchungen bestätigen, dass reines Entdeckenlassen uneffektiv ist, weil zu viele SuS das Lernziel ohne Lernhilfen nicht erreichen. Ein darbietendes Verfahren fördert die Transferfähigkeit zu wenig. Das angeleitete Entdecken liefert die besten Ergebnisse beim kurz- und langfristigen Lernen sowie beim Transfer.

Die Lehrkraft sollte daher das minimal angeleitete Entdecken bevorzugen und Lernhilfen nach dem **Prinzip der individuellen minimalen Hilfe** vorbereiten und einsetzen. Dabei sind folgende Typen von Lernhilfen üblich und sinnvoll (s. [Zech \(1996\)](#) S. 315 oder [Aebli \(1997\)](#) S. 300-302):

1. Motivationshilfe
2. Rückmeldungshilfe
3. allgemein-strategische Hilfe
4. inhaltsorientierte-strategische Hilfe
5. inhaltliche Hilfe

Der Grad der Hilfe nimmt in der Liste nach unten hin zu. Das Prinzip der individuellen minimale Hilfe besagt, dass jedem Lerner gerade so viel geholfen wird, wie nötig. Bei hohem Schwierigkeitsgrad kann sowohl das reine als auch das angeleitete Entdecken ein zu schwieriges Lehrverfahren für die Lerngruppe sein.

4 Worked-Out Examples

Seit einigen Jahren wird ein **erarbeitendes Lehrverfahren** erprobt und untersucht, bei dem die SuS ein Problem zusammen mit einer ausgearbeiteten Lösung erhalten. Die SuS sollen zunächst diese ausgearbeitete Lösung durcharbeiten. Anschließend sollen die SuS eine Transferaufgabe bearbeiten. Das Lehrverfahren ist unter dem Stichwort Worked-Out Example bekannt (s. [Mayer \(2003\)](#) S. 312-318 und [Kirschner u. a. \(2006\)](#)).

4.1 Methode

In einer ersten Untersuchung wurde ein geometrisches Problem gegeben. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 dargestellt.

In einer zweiten Untersuchung wurde ein Geschwindigkeitsproblem gegeben. Damit sollte analysiert werden, wie detailliert die Lösung dargestellt sein sollte und wie strukturgleich das Beispiel zum Transferbeispiel sein sollte. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 dargestellt.

In einer dritten Untersuchung wurde ein mechanisches Problem gegeben. Die Versuchspersonen sollten bei der Bearbeitung laut sagen, was sie gerade bedenken. Damit sollte analysiert werden, wie die Versuchspersonen die vorgegebene Lösung bearbeiten und welchen Einfluss das auf die erzielte Transferkompetenz hat. Das beleuchtet auch den Unterschied des Worked-Out Examples zum darbietenden Lehrverfahren (s. Skript zur Phasenstruktur). Die Ergebnisse sind in Tab. 5 dargestellt.

4.2 Ergebnisse

	Aufgabenlösen	Worked-Out-Example
Lerndauer in s	1406	625
Mentaler Aufwand beim Lernen in 9-Punkte-Skala	4,5	3,3
Anteil richtiger Antworten beim Transfer	28%	61%
Mentaler Aufwand beim Transfer in 9-Punkte-Skala	6,1	5,2

Tabelle 3: Worked-Out-Examples: Lernen und Transfer im Vergleich zum Lernen durch Aufgabenlösen.

Richtige Antworten bei ...	Beispiel ohne Bezug zum Problem	Beispiel strukturgleich zum Problem
Kurzes Worked-Out-Example	18%	25%
Ausführliches Worked-Out-Example	17%	69%

Tabelle 4: Worked-Out-Examples: Lernen und Transfer im Vergleich zum Lernen durch Aufgabenlösen.

Selbstgespräch: Anzahl der Aussagen beim ...	Aussagentyp	Gute Problemlöser	Schwache Problemlöser
... Lernen	Erklärung	15	3
„	Zustandsbeschreibung	20	7
„	Andere	16	7
... Aufgabenlösen	Neuerliches Lesen	0,6	4,2
„	Übertragen	1,1	2,2
„	Überprüfen	1,0	0,3

Tabelle 5: Worked-Out-Examples: Selbstgespräche beim Lernen und beim Lösen. Beispielsweise bedeutet das 0,6-fache neuerliche Lesen, dass z. B. bei 10 SuS 6 mal ein neuerliches Lesen stattfand.

4.3 Zusammenfassung und Deutung

Im Vergleich zum Aufgabenlösen sind die Worked-Out Examples zeitlich effektiver und führen zu besseren Transferergebnissen (s. Tab. 3). Erfolgreiche Worked-Out Examples müssen weitgehend strukturgleich zu den Transferaufgaben sowie ausführlich ausgearbeitet sein (s. Tab. 4). Erfolgreicher Transfer beim Worked-Out Example erfordert von den SuS, dass sie den Lösungsweg aktiv erklären (s. Tab. 5).

Dieses Lehrverfahren entspricht insofern dem **exemplarischen Lehren**, als ein Beispiel sehr ausführlich behandelt. Das Beispiel dient als Grundlage für Transfer (s. Wagenschein (1968) und Abb. 3). Allerdings entwickeln beim exemplarischen Lehren die SuS die Lösung, anstatt eine vorgegebene Lösung durcharbeiten (s. Wagenschein (1968) und Mikelskis (2006) S. 44-56). Beim exemplarischen Lehren ist es grundlegend ein geeignetes Thema zu finden. Die wichtigsten **Merkmale eines Themas für exemplarisches Lehren** sind (s. Mikelskis (2006) S. 45):

1. Das Thema macht Eigenschaften des Faches deutlich.
2. Es bietet ein Problem, dessen Lösung die SuS grundlegenden Einsichten führt.
3. Es steht für viele ähnliche Fälle.
4. Es regt die Anwendung wichtiger Denk- und Arbeitsweisen des Faches an.
5. Es regt die Entwicklung ethischer Grundsätze an, die ernsthaft ergreifen und betroffen machen.

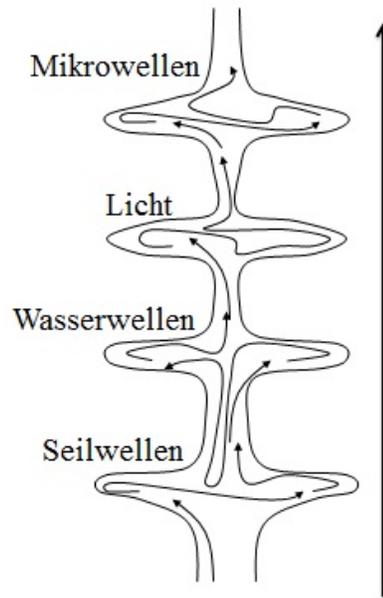


Abbildung 3: Exemplarisches Lernen: Verdickungen: Die Inhalte werden mit Hilfe von ausführlich behandelten und weitreichend transferierbaren Beispielen gelehrt. Illustrierte Inhalte: Wellenlehre. Erstes Beispiel (eindimensional): Die Seilwelle ergibt $c = \lambda \cdot f$ sowie laufende, stehende, reflektierte, transversale und überlagerte Wellen als gut transferierbare Konzepte. Zweites Beispiel (zweidimensional): Die Wasserwelle ergibt Wellenvektoren, Wellenfronten, das Prinzip von Huygens, Brechung sowie Beugung als gut transferierbare Konzepte. Drittes Beispiel (dreidimensional): Die Lichtwelle ist ein sinnlich wahrnehmbares Beispiel für elektromagnetische Wellen. Viertes Beispiel: Die Mikrowelle ergibt die Beugung am räumlichen Gitter in sinnlich wahrnehmbarer Form als gut transferierbares Konzept.

5 Worked-Out Example versus angeleitete Entdeckung

Die SuS können sowohl durch Worked-Out Examples als auch durch angeleitete Entdeckungen zur Transferkompetenz gelangen. Die Wege hierzu werden ausführlich in Abb. 4 dargestellt:

In beiden Fällen **erzeugen die SuS Neues**: Beim Worked-Out Example gewinnen die SuS ihre Transferkompetenz, indem sie zu einem ausführlich dargestellten Lösungsweg eine Erklärung erzeugen. Beim angeleiteten Entdecken erzeugen die SuS ihre Transferkompetenz, indem sie zu einem Problem mit Hilfe minimaler Anleitung einen Lösungsweg erzeugen.

In beiden Fällen **erzeugen die SuS alle wesentlichen Elemente** des Lösungswegs: Beim Worked-Out Example erzeugen die SuS weitgehend vollständige Erklärungen, weil der Lösungsweg ausführlich dargestellt ist. Beim angeleiteten Entdecken erzeugen die SuS den Lösungsweg weitgehend vollständig, weil sie nur so die Lösung finden. Das führt zur entsprechenden Aktivität des Gehirns. Diese Aktivität ist notwendige Voraussetzung für das Lernen (s. Carmesin (1996)).

In beiden Fällen **erzeugen die SuS die zur Lösung wesentliche Metakognition**: Beim Worked-Out Example erzeugen die SuS nur die Metakognition. Das ist die Erklärung

zum Lösungsweg. Dagegen erzeugen die SuS beim angeleiteten Entdecken zusätzlich zum Lösungsweg die Metakognition in Form des Weges zum Lösungsweg.

In beiden Fällen hängt der Lernerfolg ganz entscheidend von der **Professionalität der Lehrkraft** ab: Beim Worked-Out Example erzeugen nicht alle SuS von alleine die nötigen Erklärungen, hier muss die Lehrkraft helfen. Beim angeleiteten Entdecken erzeugen nicht alle SuS von alleine den Lösungsweg, hier muss die Lehrkraft helfen.

In beiden Fällen muss **professionell geholfen** werden: Da jede reale Lerngruppe heterogen ist und da alle SuS ein anspruchsvolles Lernziel erreichen sollen, muss immer einigen SuS geholfen werden. Daher sollte niemand nach einem Lehrverfahren suchen, bei dem nicht geholfen werden muss. Beim Helfen muss die Lehrkraft sicherstellen, dass alle SuS Wertschätzung erfahren, fair behandelt werden und Transparenz sowie Kompetenz erleben.

Das angeleitete Entdecken ist eine wesentliche Komponente des Problemlösens und bietet neben der hier analysierten hohen Lernwirksamkeit weitere Vorteile aus Sicht der Lernpsychologie (s. [Aebli \(1997\)](#) S. 277-309) und der Neurowissenschaften (s. [Arnold \(2009\)](#) S. 277-309). Diese Vorteile werden im Skript zum Problemlösen dargestellt.

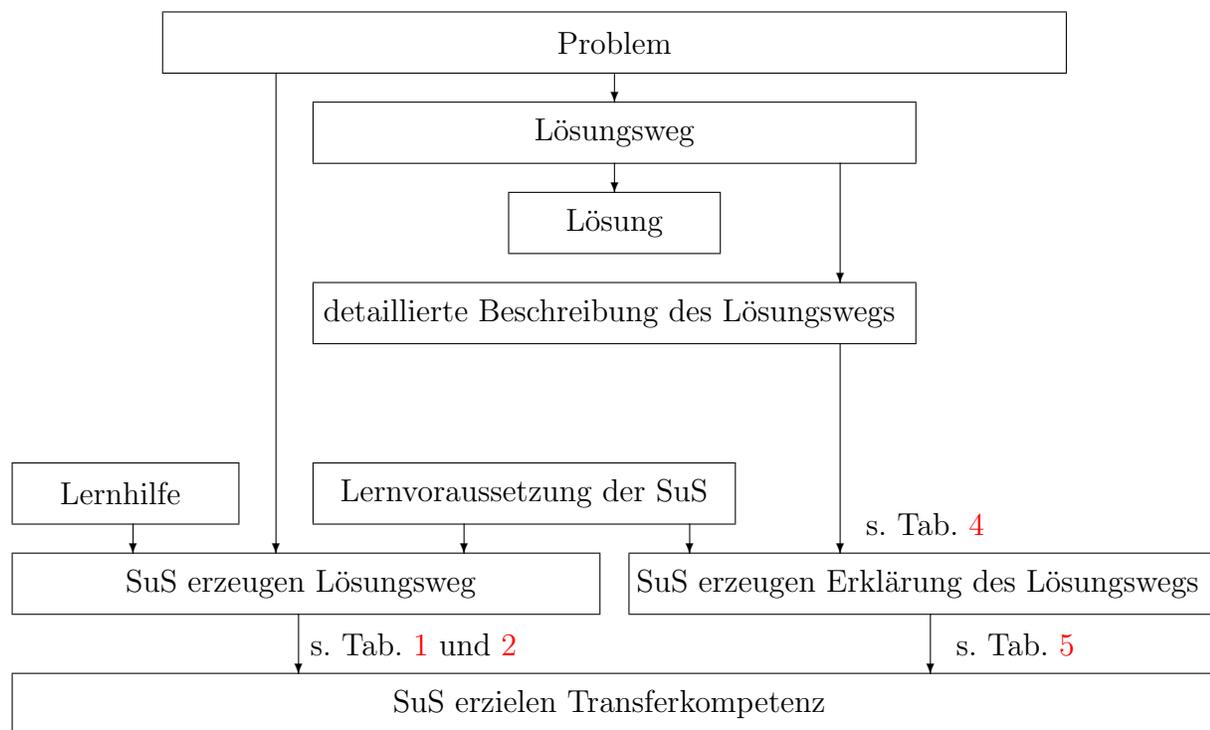


Abbildung 4: Zwei Wege zur Transferkompetenz: Obere Vierergruppe: Vorgegebenes Worked-Out Example. Unten links: Minimal angeleitete Entdeckung. Unten rechts: SuS bearbeiten das vorgegebene Worked-Out Example. Tabellen 1, 2, 4 und 5: Empirische Nachweise der Lernwirksamkeit der Verfahren. Wesentliche Gemeinsamkeit beider Verfahren: SuS bearbeiten den Lösungsweg generativ und weitgehend vollständig.

6 Drei Muster naturwissenschaftlichen Unterrichts

Bei der Pisastudie 2006 wurde untersucht, welche Lehrverfahren im naturwissenschaftlichen Unterricht besonders lernwirksam sind (s. Prenzel u. a. (2007) S. 13-14).

6.1 Methode

Die SuS wurden nach Merkmalen des Unterrichts befragt. Dabei berichteten ungefähr 13 % der SuS von einem Unterrichtsmuster, in dem alle **globalen Aktivitäten** des Experimentierens und Forschens häufig umgesetzt werden. Ungefähr 55 % der SuS berichteten von einem Unterrichtsmuster, in dem die **kognitiv fokussierten Aktivitäten** (Schlussfolgern, Generieren eigener Ideen, Übertragen wissenschaftlicher Konzepte auf den Alltag) des Experimentierens und Forschens häufig umgesetzt werden. Etwa 32 % der SuS berichteten von einem **traditionellen** Unterrichtsmuster, in dem es selten Gelegenheiten zum Experimentieren, Forschen und eigenständigen Denken gibt (s. Abb. 5). In Tabelle 6 wird gezeigt, wie lernwirksam und motivierend diese drei Unterrichtsmuster sind.

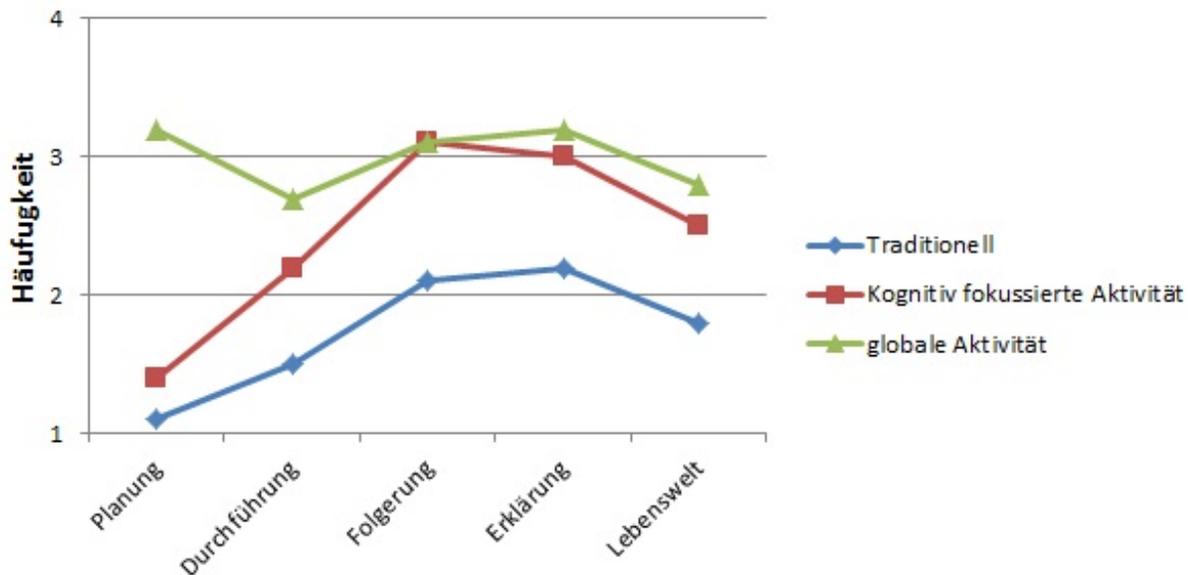


Abbildung 5: Unterrichtsmuster: Querachse: Unterrichtsmerkmale. Hochachse: Häufigkeit im Unterricht (1: fast nie oder nie. 2: in manchen Stunden. 3: in den meisten Stunden. 4: in allen Stunden.).

6.2 Ergebnisse

Steigerung in Pisapunkten bei ...	Muster: Traditionell	Muster: kognitiv fokussierte Aktivität	Muster: globale Aktivität
Leistung	36	45	0
Motivation	0	20	28

Tabelle 6: Leistung und Motivation bei drei Unterrichtsmustern (s. [Prenzel u. a. \(2007\)](#) S. 13-14).

6.3 Zusammenfassung und Deutung

Das traditionelle Muster liegt weder bei der Motivation noch bei der Lernwirksamkeit vorne. Das global aktive Muster fällt bei der Leistung stark ab und ist dafür ein wenig motivierender. Wenn nur diese drei Muster zur Wahl stehen, dann ist das kognitiv fokussierende insgesamt am günstigsten. Noch besser wäre es, wenn dieses Unterrichtsmuster in Zukunft noch motivierender würde, ohne an Lernwirksamkeit einzubüßen. Insgesamt ist erfreulich, dass das günstigste Muster mit 55 % Anteil auch das bei weitem häufigste ist. Leider ist das wenig motivierende Muster mit 32 % das zweithäufigste.

7 Maßnahmen für langfristiges Lernen

In der Schule soll für das Leben gelernt werden. Es kommt also auf die langfristig verfügbaren Kompetenzen an.

7.1 Methode

Langfristige Wirkungen von Lernen wurden relativ selten und wenn, dann relativ undifferenziert untersucht (s. [Häußler u. a. \(1998\)](#) S. 167). Daher schlägt Häußler hierzu die folgenden aus Untersuchungen grob verallgemeinerten Regeln vor, ohne statistisches Material zu präsentieren:

7.2 Ergebnisse

Maßnahme	Erläuterung
Auswahl bedeutsamer Lerninhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einstieg: Alltag, Interessen und Erfahrungen der SuS • SuS erkennen eigenen Nutzen des Gelernten. • Der Nutzen kann indirekt, zukünftig oder optional sein.
Aktualisierbarkeit des Gelernten	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele entstammen der Lebenswelt der SuS. • So wird Gelerntes im Alltag aktiviert. • So wird Gelerntes stabiler Teil im semantischen Netz.
Vernetzung des zu Lernenden mit bereits Gelerntem	<ul style="list-style-type: none"> • Zu Lernendes wird Teil der kognitiven Struktur. • Ein funktionierendes semantisches Netz (SN) entsteht. • Isoliertes Gelerntes wirkt nicht im SN mit.
Qualitativ Gelerntes ist Basis für quantitativ Gelerntes und Progression	<ul style="list-style-type: none"> • Zunächst orientieren sich die SuS. • Dann entwickeln die SuS Handlungsfähigkeit. • Danach mathematisieren die SuS.
Nutzen der Fachsystematik	<ul style="list-style-type: none"> • SuS wünschen bündelnde Prinzipien. • Die Fachsystematik bietet bündelnde Prinzipien. • Die SuS bündeln viel Gelerntes zu einem Prinzip.
Transferieren	<ul style="list-style-type: none"> • Das Prinzip beinhaltet Neues und erlaubt so Transfer.
Konzentration auf das Wesentliche: Bedeutsame, vernetzte und verallgemeinerbare Module	<ul style="list-style-type: none"> • Der bedeutsame Einstieg aktiviert die SuS. • Der lebensweltliche Bezug aktiviert die SuS. • Die bewusste Vernetzung aktiviert die SuS. • Die Progression aktiviert die SuS. • Die Bündelung des Gelernten aktiviert die SuS. • Das Transferieren aktiviert die SuS. • Die alltägliche Aktualisierung aktiviert die SuS. • Solches Lernen ist tendenziell nachhaltiger als lexikalisches Lernen (s. Häußler u. a. (1998) S. 167).

Tabelle 7: Maßnahmen für langfristig aktives Wissen.

7.3 Zusammenfassung und Deutung

Die vorgeschlagenen Regeln erscheinen durchaus plausibel. Die Umsetzung erscheint ohne un-
terrichtlichen Mehraufwand machbar, da man sich auf das Wesentliche konzentriert.

7.4 Langfristige Entwicklung physikalischer Konzepte

Ein wesentlicher Teil der physikalischen Kompetenzen machen die Konzepte über die Physik, die Natur und die Technik aus. Die Entwicklung dieser Konzepte ist ein Prozess, der im Säuglingsalter beginnt und das ganze Leben andauert. Diese Entwicklung wird sowohl aus der Sicht der Lernpsychologie als auch aus der der Neurowissenschaft als Entwicklung eines **semantischen Netzes** (s. Tab. 7) beschrieben (s. [Bleichroth u. a. \(1999\)](#) S. 170-210 und [Arnold \(2009\)](#) S. 194-195).

Zu Beginn eines neuen Lernprozesses hat der Lerner bereits Vorwissen⁴, das schließt Alltagswissen ein. Ein mündiger Schüler sollte die **Unzulänglichkeit des Vorwissens einsehen**⁵. In jedem Fall soll die Lehrkraft an das Vorwissen der SuS anknüpfen. Denn das ist sinnvoll und es hat eine Effektstärke von 1,32 (s. Marzano (1998) S. 90).

7.4.1 Lehrverfahren durch Anknüpfung

Wenn das **Vorwissen erweiterbar** ist, dann kann im Unterricht eine **Anknüpfungsstrategie** angewendet werden (s. Hopf u. a. (2011) S. 50). Beispielsweise wissen die SuS aus dem Alltag, dass beim Anschieben oder Abbremsen eines Wagens eine Kraft F zu einer Änderung der Geschwindigkeit Δv führt. Daraus kann im Unterricht mit Hilfe geeigneter Versuche die Proportionalität von Kraft F und Geschwindigkeitsänderung Δv entwickelt werden.

7.4.2 Lehrverfahren durch kognitiven Konflikt

Wenn das **Vorwissen deutlich abzuwandeln** ist, dann kann im Unterricht ein kognitiver Konflikt helfen (s. Abb 6). Dieser zeigt der Schülerin oder dem Schüler, dass das Basiskonzept in der neuen Situation nicht tragfähig ist. Daraufhin entwickeln die SuS ein neues Konzept, das den neuen Anforderungen genügt.

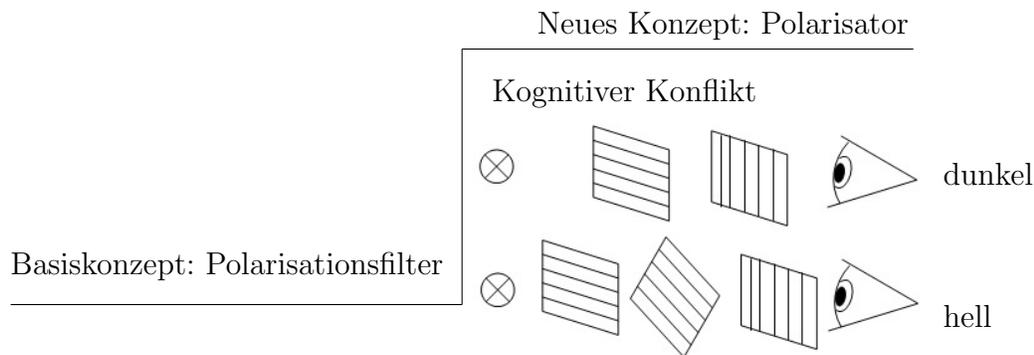


Abbildung 6: Konzeptwechsel: Links: Basiskonzept: Der Polarisator wird als ein Filter verstanden, der das durchgelassene Licht nie mehr machen kann. Mitte: Kognitiver Konflikt: Der Versuch zeigt, dass der Polarisator das durchgelassene Licht mehrt. Rechts: Neues Konzept: Der Polarisator dreht die Schwingungsebene und mehrt so hier das durchgelassene Licht.

8 Aufgaben

1. Nennen Sie je zwei leicht und zwei aufwändig umsetzbare hoch lernwirksame Maßnahmen.

⁴ Die typischen physikalischen Konzepte der SuS werden im Skript zu Schülervorstellungen behandelt.

⁵ So fordert auch der Kompetenzbegriff die Einsicht der SuS (s. Weinert (2001) S. 27 f.): *Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen nutzen zu können.* Denn die Grundlage der motivationalen Bereitschaft ist im Wesentlichen die Einsicht.

-
2. Planen Sie ein Stundenkonzept zur angeleiteten Entdeckung der oben dargestellten Proportionalität von Kraft und Geschwindigkeitsänderung.
 3. Planen Sie eine UE nach den Grundregeln des Mastery Learning.
 4. Planen Sie ein Sokratisches Gespräch zu dem in Abb. 6 dargestellten kognitiven Konflikt.
 5. Planen Sie eine UE nach den Grundregeln des genetischen Lehrens.
 6. Planen Sie eine UE nach den Grundregeln des PSI.
 7. Planen Sie Lernhilfen nach dem Prinzip der minimalen individuellen Hilfe zur Entdeckung des in Abb. 6 dargestellten neuen Konzepts.
 8. Planen Sie ein Worked-Out Example zur Aneignung des in Abb. 6 dargestellten neuen Konzepts und entwerfen Sie eine geeignete Transferaufgabe.
 9. Planen Sie ein Stundenkonzept zur angeleiteten Entdeckung des in Abb. 6 dargestellten neuen Konzepts durch Anknüpfung.
 10. Erläutern Sie die langfristige Entwicklung physikalischer Konzepte bei den SuS.
 11. Nennen Sie Bedingungen, die für bzw. gegen den Einsatz des angeleiteten Entdeckens sprechen.
 12. Nennen Sie Bedingungen, die für bzw. gegen den Einsatz eines Worked-Out Examples sprechen.
 13. Nennen Sie Bedingungen, die für bzw. gegen den Einsatz des Mastery Learnings sprechen.
 14. Nennen Sie Bedingungen, die für bzw. gegen den Einsatz des genetischen Lernens sprechen.
 15. Nennen Sie Bedingungen, die für bzw. gegen den Einsatz des PSI sprechen.

9 Zusammenfassung

Viele lernwirksame Unterrichtsmethoden und Maßnahmen lassen sich leicht umsetzen. Durch diese Vielfalt können Sie für jede Lerngruppe und jedes Thema geeignete Lehrmethoden finden. So können Sie die Unterrichtsmethoden jederzeit in stimmiger und zweckmäßiger Weise einsetzen.

Ich wünsche Ihnen, dass Sie durch den Einsatz lernwirksamer sowie situationsgerechter Unterrichtsmethoden die Welt gemeinsam mit Ihren SuS immer auf spannende und effektive Weise erkunden.

Literatur

- [Aebli 1997] AEBLI, Hans: *Zwölf Grundformen des Lehrens*. 9. Stuttgart : Klett-Cotta, 1997
- [Aeschlimann 1999] AESCHLIMANN, Ueli: *Mit Wagenschein zur Lehrkunst*. Marburg, Universität Marburg, Diss., 1999
- [Arnold 2009] ARNOLD, Margret: Brain-based Learning and Teaching - Prinzipien und Elemente. In: HERRMANN, Ulrich (Hrsg.): *Neurodidaktik*. 2. Weinheim : Beltz Verlag, 2009
- [Bleichroth u. a. 1999] BLEICHROTH, Wolfgang ; DAHNKE, Helmut ; JUNG, Walter ; KUHN, Wilfried ; MERZYN, Gottfried ; WELTNER, Klaus: *Fachdidaktik Physik*. 2. Köln : Aulis Verlag Deubner, 1999
- [Carmesin 1996] CARMESIN, Hans-Otto: *Neuronal Adaptation Theory*. Frankfurt : Peter Lang Verlag, 1996
- [Grant u. Spencer 2003] GRANT, Lyle K. ; SPENCER, Robert E.: The Personalized System of Instruction: Review and applications to distance education. In: *International Review of Research in Open and Distance Learning* 4 (2003), S. 1–17
- [Hattie 2009] HATTIE, John: *Visible Learning*. London : Taylor and Francis Ltd, 2009
- [Helie u. Sun 2010] HELIE, Sebastian ; SUN, Ron: Incubation, Insight, and Creative Problem Solving: A Unified Theory and a Connectionist Model. In: *Psychological Review* 117 (2010), S. 994–1024
- [Hopf u. a. 2011] HOPF, Martin ; SCHECKER, Horst ; WIESNER, Hartmut: *Physikdidaktik kompakt*. 1. Köln : Aulis Verlag, 2011
- [Häußler u. a. 1998] HÄUSSLER, Peter ; BÜNDER, Wolfgang ; DUIT, Reinders ; GRÄBER, Wolfgang ; MAYER, Jürgen: *Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel : IPN, 1998
- [Kazu u. a. 2005] KAZU, Ibrahim Y. ; KAZU, Hilal ; OZDEMIR, Oguzhan: The Effects of Mastery Learning Model on the Success of the Students Who Attended Usage of Basic Information Technologies Course. In: *Educational Technology and Society* 8 (2005), S. 233–243
- [Kirschner u. a. 2006] KIRSCHNER, Paul A. ; SWELLER, John ; CLARK, Richard E.: Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. In: *Educational Psychologist* 41 (2006), S. 75–86
- [Marzano 1998] MARZANO, Robert J.: *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*. Aurora, Colorado : Mid-continent Educational Laboratory, 1998 www.mcrel.org
- [Mayer 2003] MAYER, Richard: *Learning and Instruction*. 1. New Jersey : Merrill Prentice Hall, 2003
- [Meyer 1994] MEYER, Hilbert: *Unterrichtsmethoden*. Bd. 1. 6. Berlin : Cornelsen Skriptor, 1994

-
- [Mikelskis 2006] MIKELSKIS, Helmut: *Physik Didaktik*. Berlin : Cornelsen Skriptor, 2006
- [Prenzel u. a. 2007] PRENZEL, Manfred ; ARTELT, Cordula ; BAUMERT, Jürgen ; BLUM, Werner ; HAMMANN, Marcus ; KLIEME, Eckhard ; PEKRUN, Reinhard: *Pisa 2006*. Münster : Waxmann, 2007
- [Sio u. Ormerod 2009] SIO, Ut N. ; ORMEROD, Thomas C.: Does Incubation Enhance Problem Solving? A Metaanalytic Review. In: *Psychological Bulletin* 135 (2009), S. 94–120
- [Steffens u. Höfer 2011] STEFFENS, Ulrich ; HÖFER, Dieter: Zentrale Befunde aus der Schul- und Unterrichtsforschung - Eine Bilanz aus über 50000 Studien. In: *Zeitschrift Schulverwaltung - Ausgabe Hessen Rheinland/Pfalz* (2011)
- [Steiger 2004] STEIGER, James H.: Beyond the F Test: Effect Size Confidence Intervals and Tests of Close Fit in the Analysis of Variance and Contrast Analysis. In: *Psychological Methods* 9 (2004), S. 164–182
- [Wagenschein 1968] WAGENSCHIN, Martin: *Verstehen lehren*. Weinheim : Beltz Verlag, 1968
- [Weinert 2001] WEINERT, Franz: *Leistungsmessung in Schulen*. Weinheim : Beltz Verlag, 2001
- [Zech 1996] ZECH, Friedrich: *Grundkurs Mathematikdidaktik*. 8. Weinheim : Beltz Verlag, 1996