

Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht – eine empirische Interventionsstudie¹

Anja Göhring*

*Universität Regensburg, Fakultät für Physik, Naturwissenschaft und Technik (NWT), D-93040 Regensburg,
anja.goehring@physik.uni-regensburg.de

Kurzfassung

Ziel der an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg durchgeführten Interventionsstudie war es, selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I zu fördern. Hierzu wurden zwei Unterrichtseinheiten (Elektrizitätslehre, Energie) entwickelt, die den Schülern gezielt das Erleben von Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit ermöglichen sollen. Das didaktisch-methodische Konzept umfasst offene und handlungsorientierte Unterrichtsformen, Schülerexperimente, differenzierte Problemlöseaufgaben sowie verschiedene kooperative Lernformen.

Die Studie folgt einem Treatment-Kontrollgruppen-Design. Zur Evaluation des Unterrichtsprojekts wurden fachliche Leistungstests, Fragebögen zu pädagogisch-psychologischen Konstrukten, Lehrerfeedbackbögen und Leitfadeninterviews eingesetzt. Umfangreiche Auswertungen haben ergeben, dass die Intervention vor allem in der Hauptschule mit positiven Effekten einher ging, in der Realschule jedoch weniger. Im Beitrag werden Ergebnisse aus verschiedenen Datensätzen präsentiert.

1. Theoretischer Hintergrund

1.1 Pädagogisch-psychologischer Hintergrund

Erziehung und Bildung sind in der Schule als wichtigste Aufgaben untrennbar miteinander verbunden. In der europäischen Bildungstradition werden vor allem Selbstständigkeit und personale Autonomie als höchstes Stadium von Entwicklung und Erziehung angesehen. Die Hauptziele unserer Lernkultur sind:

- *Erziehung zur Mündigkeit und Autonomie*
- *Förderung der Eigenständigkeit im Lernen*
- *Nutzen der eigenen kognitiven und affektiven Fähigkeiten zur Lösung schulischer und außerschulischer Aufgaben und Probleme*

[Beck et al. nach Höfle 2004, S. 370]

Schule und Eltern gelten demnach als erfolgreich, wenn sie die heranwachsende Generation zu eigenständigem Lernen erziehen, so dass auch nach Ende der Einflussnahme von Schule und Elternhaus ein Weiterlernen gewährleistet ist.

In der Fachliteratur sind unterschiedliche Begriffe und Theorien zu finden, die grob gesagt als Gemeinsamkeit die Eigenständigkeit im Lernen beinhalten. Boekaerts wählt für die Beschreibung des selbstregulierten Lernens ein Modell, das kognitive, metakognitive und motivationale Aspekte des Lernens in dynamischer Wechselwirkung sieht. Alle drei Regulationsebenen stehen eng miteinander in Beziehung. Es wird davon ausgegangen, dass positive Lernemotionen sowie eine vorhandene intrinsische Motiva-

tion selbstreguliertes Lernen erleichtern [vgl. Boekaerts et al. 2000].

Die Theorie des selbstbestimmten Lernens nach Deci und Ryan [Deci/Ryan 1993, Ryan/Deci 2000[a] und 2000[b]] stellt drei grundlegende Bedürfnisse in den Mittelpunkt. Menschen möchten sich als kompetent erleben, autonom sein und sich sozial eingebunden fühlen.

Wir gehen also davon aus, dass der Mensch die angeborene motivationale Tendenz hat, sich mit anderen Personen in einem sozialen Milieu verbunden zu fühlen, in diesem Milieu effektiv zu wirken (zu funktionieren) und sich dabei persönlich autonom und initiativ zu erfahren. [Deci/Ryan 1993, S. 229]

Nach der Selbstbestimmungstheorie verfolgen Menschen deshalb bestimmte Ziele, weil sie damit ihre angeborenen Bedürfnisse befriedigen können. Deci und Ryan nehmen an, dass Rahmenbedingungen, die Heranwachsenden die Gelegenheit von Kompetenz- und Autonomieerleben sowie sozialer Eingebundenheit geben, das Auftreten intrinsischer Motivation erleichtern. Umweltfaktoren, die die Befriedigung dieser Bedürfnisse behindern, hemmen intrinsisch motivierte Verhaltensweisen. Es wird davon ausgegangen, dass eine auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation positive Wirkungen auf die Qualität von Lernen hat (Problemlösefähigkeit, langfristige Behaltensleistung...).

Selbstbestimmtes Lernen lässt sich nicht nur motivationspsychologisch, sondern auch lernpsychologisch

begründen. Jeder Mensch muss sich sein Wissen über die Welt selbst erzeugen. Es findet ein aktiver Prozess der Konstruktion statt, indem der Schüler automatisch seine Alltagserfahrungen und Vorstellungen aktiviert und somit Verbindungen zu bereits Bekanntem herstellt. Aus Sicht der Theorie des aktiven Konstruktivismus ist der Lehrer demnach nicht Wissensüberbringer, sondern Anreger von Eigenkonstruktionen [vgl. hierzu Jung 1986 und Duit 1993, S. 6].

Nach Piaget erfolgt die Informationsaufnahme (Assimilation) aktiv durch die bereits bestehende kognitive Struktur des Subjekts. Durch jede neue Information ändert sich aber auch wieder die kognitive Struktur. Sie passt sich an die neue Sachstruktur an (Akkommodation) [vgl. Kircher 1995, S. 107ff].

Der Lernpsychologe Bruner geht in seiner Theorie ebenso wie Piaget davon aus, dass sich Kinder ihre Realität konstruieren. Durch seine Forderung, dass jeder Lernstoff den Schülern enaktiv, ikonisch und symbolisch erfahrbar gemacht werden soll, liefert er eine psychologische Begründung von selbstständigem Handeln zum Beispiel in Schülerexperimenten [vgl. Kircher 1995].

1.2 Naturwissenschaftlich-physikalischer Hintergrund

Für das Forschungsprojekt zur Förderung selbstbestimmten Lernens im Unterricht wurden zwei Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufe I (inklusive umfangreicher Schüler- und Lehrermaterialien) entwickelt und erprobt. Hierfür war nicht nur eine pädagogisch-psychologische Grundlegung notwendig, sondern auch eine Auseinandersetzung mit fachlichen und fachdidaktischen Aspekten von zentraler Bedeutung.

Für die zweite Unterrichtseinheit wurden beispielsweise verschiedene Konzepte bzw. Wege zum Energiebegriff analysiert – einerseits der „traditionelle“ Weg über die Mechanik (Kraft – Arbeit – Leistung – Energie) [vgl. z. B. das IPN-Curriculum 1978 sowie zahlreiche Schulbücher], andererseits der sogenannte Karlsruher Physikkurs von Falk und Herrmann [1981], der die Energie als etwas Quasi-Stoffliches einführt.

Nach Duit [1985] fand eine Auseinandersetzung mit den fünf grundlegenden Aspekten von Energie statt (Konzeptualisierung von Energie, Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung und Energieentwertung). Außerdem wurden Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen aus der Mechanik [Duit 1986, Jung/Wiesner 2004, Wiesner 1994, Wodzinski 2004], der Wärmelehre [Duit 2004], der Elektrizitätslehre [Rhöneck 1986] sowie zur Energie [Duit 1985, 1986, 1987[a], 1987[b], 2007] berücksichtigt.

2. Unterrichtskonzeption

Die im Rahmen des Projekts konzipierten Unterrichtseinheiten wurden für den Physik- bzw. MNT²- oder NWA³-Unterricht der Klassenstufe 8 an Haupt- und Realschulen entwickelt. Dabei waren folgende Leitlinien besonders wichtig:

- Förderung selbstbestimmten Lernens durch gezielte Berücksichtigung der Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit
- Berücksichtigung fachdidaktischer Erkenntnisse wie die Bedeutung von Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten
- Kompatibilität mit dem Lehrplan 1994 und dem Bildungsplan 2004 für Haupt- und Realschule in Baden-Württemberg

2.1 Die Inhalte der ersten UE: Elektrizität

Die Unterrichtseinheit zum Thema Elektrizität wurde bereits im Rahmen des Forschungsprojekts ECO-LE⁴ im Wesentlichen von Prof. Rhöneck entwickelt und für das Forschungsprojekt zur Förderung selbstbestimmten Lernens modifiziert. Sie ist inhaltlich an der üblichen Fachsystematik orientiert, wobei Messungen an Campinggeräten (12 V) und Miniprojekte Besonderheiten sind. Im Folgenden sind stichwortartig die Teilthemen in zeitlicher Abfolge genannt, die Gesamtstundenzahl beträgt etwa 17 Unterrichtsstunden. Weitere Informationen sind bei Göhring [2010] und Göhring/Laukenmann [2007] zu finden.

- Hinführung zum Thema Elektrizität (1 Std.)
- Der elektrische Stromkreis, Schaltskizzen (2 Std.)
- Die elektrische Stromstärke, Messungen (3 Std.)
- Die elektrische Spannung, Messungen (3 Std.)
- Wir untersuchen Campinggeräte (1 Std.)
- Der elektrische Widerstand (3 Std.)
- Miniprojekte (2 Std.)
- Übungen (2 Std.)

2.2 Die Inhalte der zweiten UE: Energie

Hier wurde die Entscheidung getroffen, den Energiebegriff nicht über die problematischen Begriffe Kraft und Arbeit einzuführen [vgl. Duit 1985, 1986 und 1987[a], 1987[b]]. Stattdessen sollte der Energiebegriff anknüpfend an das Alltagverständnis erarbeitet werden. Auch wurde Wert darauf gelegt, dass im Zuge der Fächerverbünde MNT bzw. NWA Aspekte aus der Biologie und Chemie wie etwa der Energiegehalt von Nahrungsmitteln integrativ unterrichtet werden. Insgesamt sind ca. 14 Unterrichtsstunden vorgesehen. Da detaillierte Beispiele und Materialien der Unterrichtseinheit zur Energie bereits an anderer Stelle [Göhring 2007, 2010; Göhring/Laukenmann 2007] publiziert wurden, seien

hier lediglich die wesentlichen Unterrichtsinhalte in chronologischer Reihenfolge genannt:

- Einführung zum Energiebegriff (1 Std.)
- Energieformen und Energieumwandlungen (4 Std.)
- Energie in Nahrungsmitteln (2 Std.)
- Energie und Energiesparen im Haushalt (5 Std.)
- Übungen (2 Std.)

2.3 Didaktisch-methodisches Konzept

Das allgemeine Ziel des Forschungsprojekts war die Förderung selbstbestimmten Lernens im Unterricht. Nach Deci und Ryan mussten insbesondere die Zielbereiche Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit berücksichtigt werden.

Um das *Autonomieerleben* der Schüler zu steigern, ist die Bereitschaft der Lehrperson, Wahlmöglichkeiten anzubieten und bei Entscheidungen die Perspektive der Schüler mit zu berücksichtigen, von besonderer Bedeutung. Dies kann im Rahmen von offenen und handlungsorientierten Unterrichtsformen geschehen. Statt Fremdkontrolle durch den Lehrer sollten den Schülern Möglichkeiten der Selbstkontrolle offeriert werden. Die Vermeidung von Strafen, Belohnungen, und psychischem Druck ist ebenfalls dem Erleben von Autonomie zuträglich. Wo immer es möglich ist, sollte Eigeninitiative unterstützt werden.

Verschiedene Maßnahmen der inneren Differenzierung eignen sich zur Förderung des *Kompetenzerlebens* im Unterricht. So können beispielsweise Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus angeboten werden, damit sich leistungsschwächere Schüler nicht überfordert und leistungsstärkere Schüler nicht unterfordert fühlen. Durch gezielt eingeplante Möglichkeiten der Kompetenzdemonstration (Präsentationen...) und positives individuelles Feedback von Seiten des Lehrers oder der Mitschüler ist eine Stärkung der wahrgenommenen Kompetenzen möglich. Auch Transparenz bezüglich der Leistungsanforderungen ist ein wesentlicher Aspekt des Konzepts.

Für das Gefühl *sozialer Eingebundenheit* ist generell ein gutes Schul- und Klassenklima wichtig. Die soziale Eingebundenheit betrifft sowohl die Lehrer-Schüler-Beziehung (z. B. persönliche Zuwendung und Engagement der Lehrperson) als auch die Beziehungen der Schüler untereinander. Letztere sollen durch kooperative Lernformen (verschiedene Varianten von Gruppenarbeit, Spiele...) positiv beeinflusst und gestärkt werden. Laut Johnson/Johnson [2008] wurden mehr als 750 Studien zur sozialen Interdependenz und zur Wirksamkeit kooperativer Lernformen durchgeführt. Als ein Ergebnis lässt sich nennen, dass kooperative Ansätze bei Schülern zu größeren Bemühungen um Leistung führen:

Es lassen sich intrinsische Motivation, Leistungsbereitschaft, anhaltende Lernbereitschaft und eine

positive Einstellung gegenüber dem Lernen und der Schule feststellen. [Johnson/Johnson 2008, S. 17]

Allerdings reicht es nicht, wenn Schüler lediglich eines der drei grundlegenden menschlichen Bedürfnisse in der Schule befriedigen können. Nur wenn alle drei im Unterricht berücksichtigt und miteinander verknüpft werden, haben sie Einfluss auf die intrinsische Motivation, das Interesse sowie das Wohlbefinden und die Lerner fühlen sich im günstigsten Fall selbstbestimmt [vgl. Jerusalem 2002].

3 Empirische Studie

3.1 Forschungsfragen, Design und Erhebungsinstrumente

Ausgehend von den fachlichen und didaktischen Überlegungen sowie den pädagogisch-psychologischen Theorien und Modellen wurden im Rahmen des Projekts zur Förderung selbstbestimmten Lernens folgende *Forschungsfragen* formuliert:

- (1) Lässt sich selbstbestimmtes Lernen (mit den Aspekten Autonomieerleben, Kompetenzerleben und soziale Eingebundenheit) im naturwissenschaftlichen Unterricht in Klassenstufe 8 der Haupt- und Realschule gezielt fördern?
- (2) Falls Frage (1) mit ja beantwortet werden kann, in welchen Unterrichtsabschnitten und der damit verbundenen Unterrichtsmethoden ist die Förderung selbstbestimmten Lernens besonders gut gelungen?
- (3) Hat selbstbestimmtes Lernen positive Auswirkungen auf die Lernleistung der Schüler und auf die Nachhaltigkeit des Lernens?
- (4) Können bei den Schülern durch das Treatment selbstbestimmtere Formen der motivationalen Selbstregulation erzielt werden?
- (5) Erzielt die Intervention in Haupt- und Realschule ähnliche Wirkungen?
- (6) Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten gibt es bei der Einschätzung der beiden Unterrichtseinheiten und der Aspekte selbstbestimmten Lernens aus Schülersicht beziehungsweise aus Lehrersicht?

Die erste Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre wurde bereits im Rahmen des Forschungsprojekts ECOLE an zahlreichen Schulen erprobt und lediglich modifiziert. Für die zweite Unterrichtseinheit zur Energie wurde von April bis Juli 2005 eine *Pilotstudie* zur Optimierung der methodischen Elemente, Materialien und Tests durchgeführt. Jeweils ein Hauptschullehrer und ein Realschullehrer haben das Thema Energie nach dem Konzept zur Förderung selbstbestimmten Lernens unterrichtet.

Die *Hauptstudie* mit beiden Unterrichtseinheiten fand im Schuljahr 2005/06 statt und folgte einem Treatment-Kontrollgruppen-Design. Acht Lehrer haben die an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg entwickelten Konzepte in ihrem Unterricht

umgesetzt (Treatmentklassen, 4 HS / 4 RS). Sieben weitere Lehrer haben die gleichen Inhalte in ihrer jeweils gewohnten Weise unterrichtet (Kontrollklassen, 3 HS / 4 RS). Insgesamt nahmen am Projekt knapp 400 Schüler und 15 verschiedene Lehrer teil. Alle Lehrer hatten die gleichen fachlichen Lernziele und die Unterrichtsdauer von 17 Stunden (Elektrizitätslehre) bzw. 14 Stunden (Energie) vorgegeben. Inhalt, Aufbau und didaktisch-methodische Elemente der Unterrichtseinheiten sowie zugehöriges Unterrichtsmaterial wurden den teilnehmenden Lehrern der Treatmentgruppe in Fortbildungsveranstaltungen vermittelt. Auch die Lehrer der Kontrollklassen wurden vor Beginn des Projekts zu einer Informationsveranstaltung an die Hochschule eingeladen.

Die gesamte Studie unterliegt einem *Pre-Post-Design*. Um Aussagen über die Leistungsentwicklung der Schüler machen zu können, wurden insgesamt sechs *fachliche Leistungstests* eingesetzt. Vor der jeweiligen Unterrichtseinheit wurde das Vorwissen zum Thema Elektrizität beziehungsweise Energie durch einen Vortest erhoben. Dieser war für die Schüler unbenotet und wurde nur an der Hochschule ausgewertet, um anfängliche Leistungsunterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe bei den Auswertungen berücksichtigen zu können. Rückmeldeaufgaben (keine Auswertung an der Hochschule) trennten die lernorientierte Erarbeitungsphase von der leistungsorientierten Übungsphase [vgl. Weinert 1999], anschließend wurde jede Unterrichtseinheit mit einer benoteten Klassenarbeit abgeschlossen. Etwa sechs Wochen nach der Klassenarbeit wurde die Nachhaltigkeit des Lernens anhand eines Behaltentests erhoben. Die zeitliche Abfolge der Tests ist Abbildung 1 zu entnehmen.

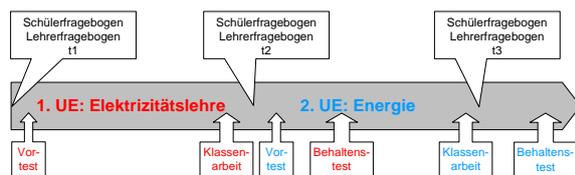


Abb.1: Versuchsablauf der Hauptstudie

Dem Pre-Post-Design entsprechend wurden die psychometrischen Daten von Schülern und Lehrern vor der ersten Unterrichtseinheit (t1), zwischen den beiden Unterrichtseinheiten (t2) und nach der zweiten Unterrichtseinheit (t3) erhoben (vgl. Abbildung 1).

Der *Schülerfragebogen* umfasst pädagogisch-psychologische Konstrukte aus folgenden Bereichen:

- Selbstbezogene Kognitionen (Selbstwirksamkeit, Lebenseinstellung...)
- Intrinsische Motivation (Interessenorientierung, Kompetenzorientierung)
- Emotionen im Unterricht (Interesse, Lernfreude, Ängstlichkeit)

- Interesse (fachbezogen und thematisch)
- Schüler-Schüler-Beziehungen (Rivalität, Hilfsbereitschaft)
- Schüler-Lehrer-Beziehung (Fürsorglichkeit)
- Unterrichtsmerkmale (Selbstbestimmung/Autonomie, Transparenz, Alltagsrelevanz...)
- Motivationale Selbstregulation (intrinsisch, identifiziert, introjiziert, external)
- Lernstrategien (Planung, Elaboration, Wiederholung...)

Im *Lehrerfragebogen* wurden einerseits pädagogisch-psychologische Konstrukte wie selbstbezogene Kognitionen und motivationale Orientierungen erhoben, andererseits beispielsweise auch Einschätzungen der Unterrichtseinheiten in verschiedenen Bereichen (fachliche und didaktische Konzeption, Durchführbarkeit, Materialien...).

Außer den genannten quantitativen Instrumenten (fachliche Leistungstests und Fragebögen) wurden auch qualitative Forschungsmethoden zur Evaluation einbezogen.

Sowohl die Lehrer der Treatment- als auch der Kontrollklassen dokumentierten jede Unterrichtsstunde anhand eines strukturierten *Feedbackbogens*. Dabei wurden einerseits die wichtigsten Unterrichtsinhalte, Arbeitsformen und Materialien festgehalten. Andererseits sollten die Lehrer die Lernemotiven sowie die Möglichkeiten selbstbestimmten Lernens ihrer Schüler einschätzen. Ferner ermöglichen die Feedbackbögen der Forschergruppe nachzuvollziehen, wie etwa der Unterricht in den Kontrollklassen ausgesehen hat beziehungsweise wo und evtl. wie die Treatmentlehrer vom Konzept der Hochschule abgewichen sind oder umdisponieren mussten.

Mit allen Treatmentlehrern und einigen Schülern aus Treatmentklassen wurden nach jeder Unterrichtseinheit zusätzlich *Leitfadeninterviews* geführt. Die Auswahl der Interviewschüler erfolgte theoriegeleitet (aus zwei Treatmentklassen je Schulart jeweils vier Schüler, davon zwei weiblich und zwei männlich, jeweils leistungsstark und leistungsschwach).

Während der zweiten Unterrichtseinheit zum Thema Energie sollte jeder Schüler zusätzlich ein *Portfolio* erstellen. Die darin enthaltenen vorstrukturierten Lernberichte und Reflexionsbögen dienten ebenfalls zur Beurteilung der Intervention. Die Teilstudie des Projekts zur Förderung selbstregulierten Lernens auf Grundlage des Portfolioansatzes wurde bereits in Gläser-Zikuda/Göhring [2007] veröffentlicht und soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

3.2 Zentrale Ergebnisse

In diesem Kapitel werden Ergebnisse präsentiert, die eine Beantwortung der Forschungsfragen 1, 2, 3 und 5 ermöglichen.

Lehrerfeedbackbögen

Am Ende jeder Unterrichtsstunde sollte jede Lehrkraft angeben, wie aus ihrer Sicht die Schüler die vergangene Unterrichtsstunde bezüglich Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialem Miteinander wahrgenommen haben. Eine nach Teilthemen differenzierte Auswertung ermöglicht hierbei einen Rückbezug auf die Methodenbausteine zur Förderung selbstbestimmten Lernens in den Treatmentklassen. Das Antwortformat war fünfstufig und reichte von 1 = „niedrig/schlecht“ bis 5 = „hoch/gut“. In Abbildung 2 und 3 sind nach rechts die Mittelwerte der einzelnen Variablen anhand von Balken abgetragen, links wird das dazugehörige Teilthema genannt (vgl. Kapitel 2.1 und 2.2).

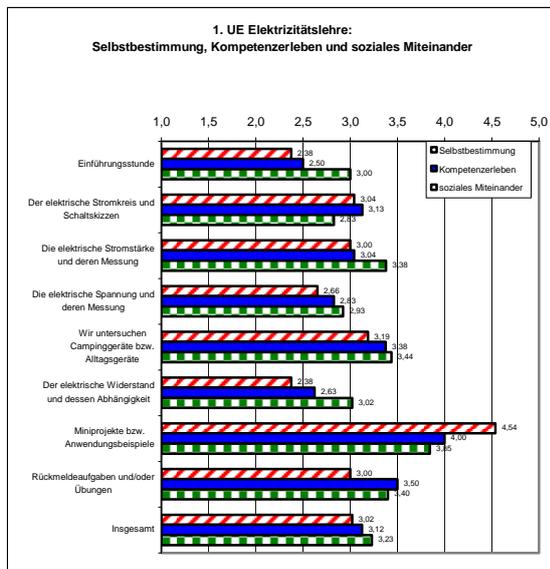


Abb. 2: Einschätzung von Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialem Miteinander bei der ersten Unterrichtseinheit (Elektrizitätslehre)

Bei der ersten Unterrichtseinheit streut bezüglich der Variablen Selbstbestimmung die von den Lehrern eingeschätzte Schülerwahrnehmung am stärksten mit dem Teilthema. So liegt der Mittelwert bei der Einführungsstunde und beim elektrischen Widerstand und dessen Abhängigkeit mit 2,38 auf einem eher niedrigen Niveau. Bei den meisten Teilthemen bewegt sich die Selbstbestimmung um das theoretische Mittel. Nur für einen Unterrichtsabschnitt der ersten Unterrichtseinheit befindet sich die Wahrnehmung der Selbstbestimmung auf einem hohen Niveau. Dies ist mit durchschnittlich 4,54 bei den Miniprojekten der Fall, bei denen die Schüler an verschiedenen Problemlöseaufgaben gearbeitet haben, die nach Schwierigkeitsgrad differenziert angeboten wurden und eine hohe Alltagsrelevanz aufwiesen. Bezüglich der Miniprojekte haben auch die Mittelwerte für Kompetenzerleben (4,00) und soziales Miteinander (3,85) ihr Maximum. Dieses Teilthema hebt sich somit deutlich von den anderen ab (siehe Abbildung 2). Höhere Mittelwerte für das Kompetenzerleben und das soziale Miteinander

finden sich zudem bei den Rückmeldeaufgaben/Übungen sowie bei der Untersuchung von Campinggeräten (Stationenlernen). Ganz ähnliche Tendenzen wie in der schulartunabhängigen Gesamtauswertung lassen sich auch in der Treatmentgruppe der Hauptschule feststellen, wobei die Streuung bei allen drei Variablen größer ist. In der Treatmentgruppe der Realschule zeigt sich ein relativ homogenes Bild bei der nach Teilthemen differenzierten Einschätzung der drei Bedürfnisse im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie.

Analog zur ersten Unterrichtseinheit soll nun auch für die zweite Unterrichtseinheit zur Energie zunächst die Gesamteinschätzung aller Treatmentlehrer bezüglich der Wahrnehmung von Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialem Miteinander durch die Schüler betrachtet werden. In Abbildung 3 sind diese Aspekte nach Teilthemen differenziert dargestellt.

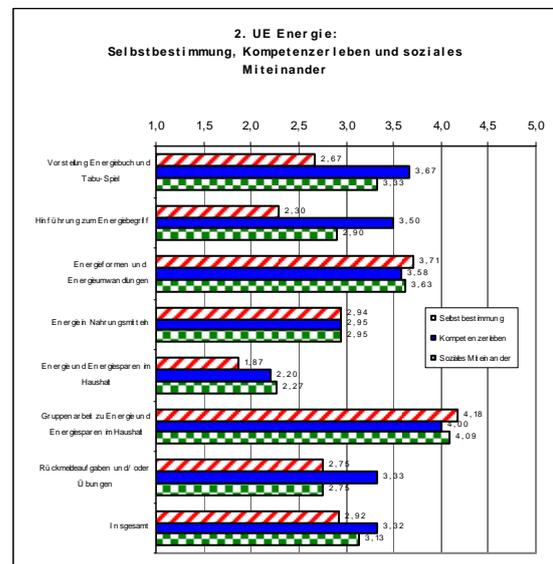


Abb. 3: Einschätzung von Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialem Miteinander bei der zweiten Unterrichtseinheit (Energie)

Aus dem fünfständigen Unterrichtsabschnitt zu Energie und Energiesparen im Haushalt konnte aufgrund detaillierter Angaben in den Lehrerfeedbackbögen die arbeitsteilige Gruppenarbeit (etwa drei bis vier Unterrichtsstunden) separiert werden. Es zeigt sich, dass bei diesem Teilthema die Mittelwerte für alle drei Variablen am höchsten sind (Selbstbestimmung 4,18; soziales Miteinander 4,09; Kompetenzerleben 4,00). Für den ersten lehrerzentrierten und informierenden Teil des Unterrichtsabschnitts Energie und Energiesparen im Haushalt liegen die Mittelwerte auf einem eher niedrigen Niveau, insbesondere was die Wahrnehmung der Selbstbestimmung (1,87) betrifft. Außer bei der genannten Gruppenarbeit war nach Einschätzung der Lehrer auch beim Teilthema Energieformen und Energieumwandlungen (Stationenlernen) die Schülerwahrnehmung der Selbstbestimmung (3,71), des

sozialen Miteinanders (3,63) sowie des Kompetenzerlebens (3,58) auf einem annähernd hohen Niveau. Dies stützt die Hypothese, dass durch die gewählten offenen Unterrichtsformen wie das Experimentieren an Lernstationen und die nach Schwierigkeitsgrad differenzierten Problemlöseaufgaben mit gestaffelten Tipps (Gruppenarbeit) die Befriedigung der drei grundlegenden menschlichen Bedürfnisse gleichermaßen gefördert werden konnte. Dies ist im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie besonders wichtig, denn durch die alleinige Förderung eines Aspekts werden noch keine positiven Auswirkungen hinsichtlich der Lernqualität prognostiziert. Wie schon bei der ersten Unterrichtseinheit lassen sich auch bei der zweiten ähnliche Tendenzen in beiden Schularten feststellen, in der Treatmentgruppe der Hauptschule jedoch teilweise stärker ausgeprägt und mit größerer Streuung als in der Treatmentgruppe der Realschule.

Schülerfragenbögen

Die Auswertung der Schülerfragebögen erfolgte mit dem Allgemeinen Linearen Modell (GLM) jeweils anhand einer Messwiederholung und den drei festen Faktoren Zeit, Gruppe und Schulart. Das Antwortformat war geschlossen, wobei die Antwortskala von 1 (vollständige Ablehnung) bis 4 (völlige Zustimmung) zu einem Item reichte.

Anhand einer Skala, die ursprünglich von Röder und Kleine [2003] entwickelt und für den Schülerfragebogen modifiziert wurde, wurde das Autonomieerleben erfasst. Die Skala umfasst fünf Items wie „Im Unterricht können wir oft zwischen unterschiedlich schweren Aufgaben wählen“ oder „Im Unterricht können wir oft mitentscheiden, wann und wie lange wir uns mit einer bestimmten Aufgabe beschäftigen“ und weist Reliabilitäten von $.65 \leq a \leq .75$ auf.

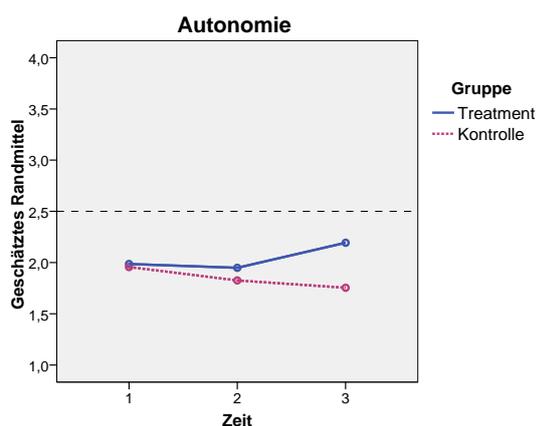


Abb.4: Autonomieerleben in Treatment- und Kontrollgruppe

Beim Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich ($N = 330$) zeigt sich ein signifikanter Gruppenzugehörigkeitseffekt zu Gunsten der Treatmentgruppe ($p < .001$; $\eta^2 = .047$; siehe Abbildung 4). Während die erste Unterrichtseinheit zum Thema Elektrizität

kaum das Autonomieerleben der Schüler beeinflusst hat, kann angenommen werden, dass durch die Intervention mit der zweiten Unterrichtseinheit die Förderung des Autonomieerlebens besser gelungen ist. Insgesamt fällt allerdings auf, dass sich das Autonomieerleben im Unterricht nur auf einem niedrigen bis mittleren Niveau befindet. Schule, Unterricht und insbesondere Fachunterricht sind stark durch äußere Rahmenbedingungen wie beispielsweise Zeit- und Themenvorgaben strukturiert, so dass eventuell nur noch offenere Unterrichtsformen in großem Rahmen wie zum Beispiel Projektunterricht Autonomieerleben auf einem höheren Niveau ermöglichen können. Die Daten erlauben jedoch die Annahme, dass die im kleineren Rahmen der Intervention ergriffenen Maßnahmen wie das Lernen an Stationen, die nach Schwierigkeitsgrad differenzierte Gruppenarbeit mit Hilfeumschlägen etc. bezüglich des Autonomieerlebens Wirkung zeigen.

Beim Schulartenvergleich zeigen sich ähnliche Effekte in Haupt- und Realschule. In beiden Schularten ist das Autonomieerleben der Treatmentgruppe wie erwartet höher als das der Kontrollgruppe. Während in den Kontrollgruppen das Autonomieerleben im Laufe des Schuljahres kontinuierlich abnimmt, zeigt sich bei der zweiten Unterrichtseinheit zum Thema Energie ein deutlicher Aufwärtstrend in den Treatmentgruppen. Dieser Effekt ist in der Realschule ($N = 194$; $p < .001$; $\eta^2 = .068$) stärker ausgeprägt als in der Hauptschule ($N = 136$; $p = .011$; $\eta^2 = .033$).

Die intrinsische Motivation wurde anhand zweier Skalen mit jeweils drei Items erhoben: Interessenorientierung und Kompetenzorientierung [Lewalter et al. 1999]. Beide Skalen weisen mit $.79 \leq a \leq .87$ beziehungsweise $.77 \leq a \leq .87$ hohe Reliabilitäten auf.

„Im Fach Physik lerne und beteilige ich mich am Unterricht, weil es mir wichtig ist, meine fachlichen Fähigkeiten immer mehr zu erweitern“ ist ein Beispielitem der Skala Kompetenzorientierung. Beim Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich konnte bezüglich dieser Skala kein signifikanter Gruppenzugehörigkeitseffekt gefunden werden, wohl aber ein dreifacher Interaktionseffekt $\text{Zeit} * \text{Gruppe} * \text{Schulart}$ ($N = 329$; $p = .002$; $\eta^2 = .019$). Dieser deutet auf gegenläufige Entwicklungen in den Schularten hin, die sich insgesamt kompensieren oder abschwächen. Bezüglich der Kompetenzorientierung lässt sich in der Hauptschule ($N = 134$) insgesamt kein signifikanter Effekt bei der Messwiederholung feststellen. In der Realschule ($N = 195$; $p = .004$; $\eta^2 = .029$) sinkt die anfänglich höhere Kompetenzorientierung der Treatmentgruppe bis zum zweiten Messzeitpunkt (t_2) unter die der Kontrollgruppe ab und bleibt dort auf relativ konstantem Niveau bis zum dritten Messzeitpunkt (t_3).

Die Interessenorientierung der Schüler wurde mit Items wie „Im Fach Physik lerne und beteilige ich

mich am Unterricht, weil ich ein großes Interesse an den angebotenen Inhalten habe“ erhoben. Bei der Auswertung dieser Skala im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich zeigt sich der erwartete, wenn auch nur schwach ausgeprägte Effekt ($N = 325$; $p = .029$; $\eta^2 = .011$) zu Gunsten der Treatmentgruppe. Insbesondere in der Hauptschule geht die Intervention mit einer höheren Interessenorientierung der Schüler einher. In der Treatmentgruppe bleibt sie nahezu konstant hoch, während sie in der Kontrollgruppe vom ersten (t_1) bis zum dritten Messzeitpunkt (t_3) kontinuierlich und deutlich abfällt ($N = 133$; $p < .001$; $\eta^2 = .059$; siehe Abbildung 5). Beide Unterrichtseinheiten scheinen hier die Abnahme der Interessenorientierung im Verlauf des achten Schuljahres aufzufangen. In der Realschule ($N = 192$) existiert bezüglich der Interessenorientierung kein signifikanter Unterschied zwischen Treatment- und Kontrollgruppe.

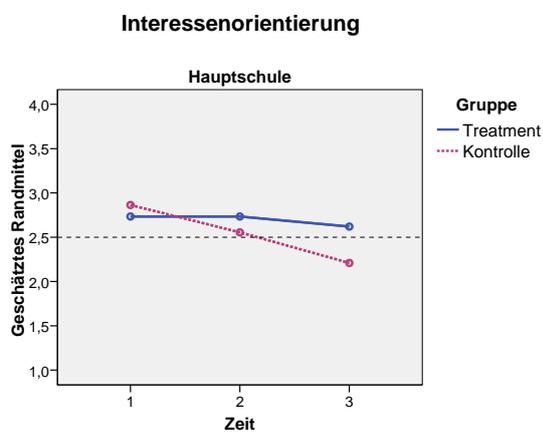


Abb.5: Interessenorientierung in der Hauptschule

Leistungstests

Im vorliegenden Beitrag soll die Leistungsentwicklung während der zweiten, neu konzipierten Unterrichtseinheit zum Thema Energie im Mittelpunkt stehen. Die Auswertung erfolgte mit dem Allgemeinen Linearen Modell (GLM), das multivariat mit drei Kovariaten gerechnet wurde. Als Kovariaten wurden die Klassenarbeit und der Behaltenstest der ersten Unterrichtseinheit (Elektrizitätslehre) sowie der Vortest der zweiten Unterrichtseinheit (Energie) verwendet. Dies ist dadurch zu begründen, dass sich Treatment- und Kontrollgruppe hinsichtlich der Leistung unterscheiden können und durch die Einbeziehung dieser Kovariaten eventuell anfänglich vorhandene Leistungsunterschiede berücksichtigt und herausgerechnet werden.

Der Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich ($N = 299$, davon 146 Treatment und 153 Kontrolle) ergibt, dass sich bei der Klassenarbeit die beiden Gruppen nicht signifikant unterscheiden. Die Schüler der Kontrollgruppe haben im Mittel gleiche Leistungen erzielt wie die Schüler der Treatmentgruppe. Beim Behaltenstest zeigt sich ein schwach ausgeprägter

Gruppenzugehörigkeitseffekt ($p = .032$; $\eta^2 = .015$). Die Schüler der Treatmentgruppe erzielten durchschnittlich bessere Leistungen als die der Kontrollgruppe. Allerdings lässt eine differenzierte Auswertung unterschiedliche Entwicklungen in den Schularten erkennen.

In der Hauptschule ($N = 117$, davon 58 Treatment und 59 Kontrolle) hat die Treatmentgruppe bei der Klassenarbeit eine signifikant ($p = .002$) höhere Leistung erzielt als die Kontrollgruppe. Mit $\eta^2 = .080$ handelt es sich dabei um einen Effekt mittlerer Stärke. Der Behaltenstest (max. 26 Punkte erreichbar) wurde ebenfalls von den Schülern der Treatmentgruppe signifikant besser gelöst, wobei hier sogar eine große Effektstärke ($\eta^2 = .259$) festzustellen ist (siehe Abbildung 6).

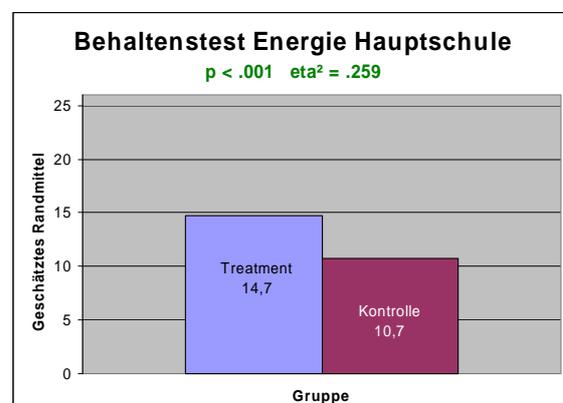


Abb.6: Behaltenstest Energie in der Hauptschule

Diese Ergebnisse bestätigen die theoretischen Annahmen der Selbstbestimmungstheorie. Es wurde davon ausgegangen, dass selbstbestimmtes Lernen eine bessere Qualität von Lernen zur Folge hat, was sich in besseren schulischen Leistungen bei der Klassenarbeit und insbesondere bei der Nachhaltigkeit des Lernens im Behaltenstest zeigen müsste und sich hier auch zeigt.

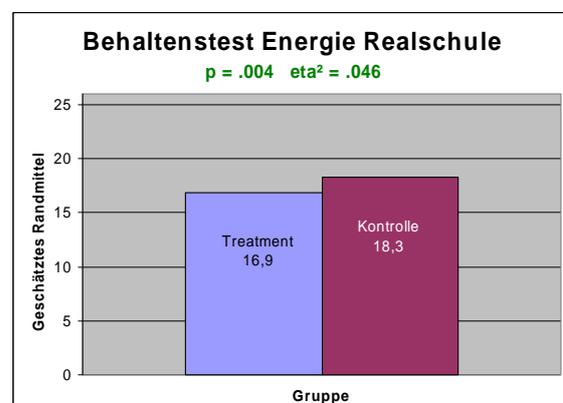


Abb.7: Behaltenstest Energie in der Realschule

In der Realschule ($N = 182$, davon 88 Treatment und 94 Kontrolle) hingegen ergibt die Auswertung der Leistungsdaten unerwartete Resultate. Es lässt sich

zwar auch ein Gruppenzugehörigkeitseffekt mittlerer Stärke ($\eta^2 = .075$) bei der Klassenarbeit feststellen, doch schneiden hier die Schüler der Kontrollgruppe signifikant ($p < .001$) besser ab als die der Treatmentgruppe. Ein ähnlicher, nur schwach ausgeprägter Effekt lässt sich beim Behaltenstest beobachten ($p = .004$; $\eta^2 = .046$; siehe Abbildung 7).

Im Hinblick auf die Interpretation der Leistungsergebnisse liefert die Auswertung der Skala Transparenz [in Anlehnung an Ditton 2000[a], 2000[b]] aus dem Schülerfragebogen wichtige Erkenntnisse. Anhand von vier Items wie „Vor einer Klassenarbeit sagt uns unser Lehrer immer genau, was wir dafür üben oder wiederholen sollen“ wurde gemessen, in wie weit die Leistungsanforderungen aus Sicht der Schüler transparent waren ($.73 \leq a \leq .77$). In der Hauptschule ($N = 137$) zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Treatment- und Kontrollgruppe. In der Realschule hingegen existiert ein Gruppenzugehörigkeitseffekt, wobei die wahrgenommene Transparenz der Leistungsanforderungen in der Kontrollgruppe deutlich über der in der Treatmentgruppe liegt ($N = 193$; $p = .001$; $\eta^2 = .038$). Zu Beginn des Forschungsprojekts haben alle teilnehmenden Lehrkräfte sämtliche Leistungstests erhalten. Damit wurde transparent gemacht, was in den einzelnen Tests wie geprüft wird. Dieses Wissen wurde jedoch von Lehrerseite vermutlich in unterschiedlichem Ausmaß an die Schüler weitergegeben. Die höhere Transparenz der Leistungsanforderungen liefert somit eine mögliche Erklärung für das bessere Abschneiden der Realschul-Kontrollgruppe bei den Tests.

Komplexes Modell

Um insgesamt die Einflüsse verschiedener Konstrukte auf die Leistung bei der zweiten Unterrichtseinheit zur Energie einschätzen zu können, wurden Analysen mit einem linearen Strukturgleichungsmodell (LISREL) durchgeführt. Das Gesamtmodell umfasst eine Stichprobe von 288 Schülern und soll unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit oder der Schulart Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Merkmalen deutlich machen.

Aufgrund der bisherigen Auswertungen (Leistungstests und Schülerfragebögen) wurden für das Gesamtmodell vier unabhängige Variablen gebildet:

- Leistung Elektrizitätslehre (Indikatoren: Klassenarbeit und Behaltenstest Elektrizitätslehre)
- Transparenz (Indikator: Transparenz zum Messzeitpunkt t3 aus dem Schülerfragebogen)
- Autonomieerleben (Indikator: Autonomieerleben zum Messzeitpunkt t3 aus dem Schülerfragebogen)
- (intrinsische) Motivation (Indikatoren: Kompetenzorientierung und Interessenorientierung jeweils zum Messzeitpunkt t3 aus dem Schülerfragebogen)

Abhängige/unabhängige Variablen im Modell sind:

- Vorwissen Energie (Vortest Energie)
- Leistung Energie (Klassenarbeit Energie)
- Nachhaltigkeit Energie (Behaltenstest Energie)

Insgesamt fallen im Modell (siehe Abbildung 8) die stark ausgeprägten direkten und indirekten Pfade von der Leistung Elektrizitätslehre zu allen Leistungsmaßen der Energie (Vorwissen, Leistung und Nachhaltigkeit) auf. Dies legt die Vermutung nahe, dass die fachliche Leistung der Schüler ein sehr stabiles Merkmal ist, das sich kaum über die Zeit ändert und nur wenig beeinflussbar ist. Wer beispielsweise bei der ersten Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre eine gute Leistung erbracht hatte, schnitt mit großer Wahrscheinlichkeit auch bei der Klassenarbeit zur Energie gut ab (0.78^{***}). Die Leistung Elektrizitätslehre ist ebenfalls ein Prädiktor für das Vorwissen Energie (0.47^{***}) bzw. die Nachhaltigkeit Energie (0.38^{***}), für die der Vortest bzw. der Behaltenstest als Indikator diente. Das Vorwissen zur Energie hat einen schwachen Effekt auf die Nachhaltigkeit (0.18^{***}) und keine messbare Auswirkung auf die Leistung bei der Klassenarbeit zum selben Thema. Der Pfadkoeffizient von der Leistung Energie (Klassenarbeit) auf die Nachhaltigkeit (Behaltenstest) beträgt 0.27^{**} . Fasst man alle direkten und indirekten Pfade zusammen, so ergibt sich ein Zusammenhang von 0.68 von der Leistung Elektrizitätslehre auf die Nachhaltigkeit Energie. Dies stützt die These von der fachlichen Leistung als stabilem Merkmal, deren Ausprägung bereits durch die Variable Leistung Elektrizitätslehre weitgehend erfasst wird und somit einen beachtlichen Teil der Varianz aufklärt.

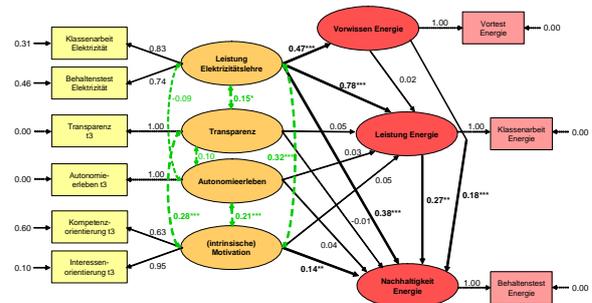


Abb.8: LISREL-Modell (gesamt); $\chi^2 = 14.84$; $df = 14$; $p = 0.389$; $RMSEA = 0.014$; $N = 288$

Die pädagogisch-psychologischen Konstrukte (Transparenz, Autonomieerleben, intrinsische Motivation) hingegen haben im Gesamtmodell nahezu keinen linearen Effekt auf die Leistung bei der Klassenarbeit oder dem Behaltenstest zur Energie. Einzige Ausnahme ist hier der Pfadkoeffizient mit 0.14^{**} von der intrinsischen Motivation auf die Nachhaltigkeit bei der Energie. Im LISREL-Modell für die Treatmentgruppe beträgt dieser Pfadkoeffizient 0.25^{**} , im Modell für die Treatmentgruppe der Hauptschule liegt er sogar bei 0.45^{***} . Diese Zusammenhänge bestätigen die theoretischen Annah-

men, dass selbstbestimmtes/intrinsisch motiviertes Lernen nachhaltiger ist und somit eine bessere Qualität von Lernen zur Folge hat.

3.3 Zusammenfassung

Während der Unterrichtseinheit zur Energie konnte *selbstbestimmtes Lernen* v. a. in folgenden Unterrichtsabschnitten gefördert werden:

1. UE: „Miniprojekte“
„Untersuchung von Campinggeräten“
2. UE: „Energie und Energiesparen im Haushalt“
„Energieformen und Energieumwandlungen“

Damit verbundene *Methodenbausteine* sind:

Handlungsorientierung, Schülerexperimente, Stationenlernen, Differenzierung nach Interesse oder Schwierigkeitsgrad, arbeitsteilige Gruppenarbeit, offene Problemlöseaufgaben mit gestaffelten Hilfen, positive soziale Interdependenz, Möglichkeiten der Selbstkontrolle, freie Wahl der Arbeitspartner, freie Zeiteinteilung

Leistungsentwicklung bei der 2. UE (Energie):

HS: Gruppenzugehörigkeitseffekt bei der Klassenarbeit und beim Behaltenstest zugunsten der Treatmentgruppe, v. a. beim Behaltenstest sehr stark ausgeprägt.

RS: gegenläufige, schwächer ausgeprägte Effekte

Die *Transparenz* der Leistungsanforderungen ist in der Kontrollgruppe der RS höher als in der Treatmentgruppe.

Autonomieerleben:

Gruppenzugehörigkeitseffekt zugunsten der Treatmentgruppe, sowohl insgesamt, in der HS und in der RS, v. a. bei der Unterrichtseinheit zur Energie

Interessenorientierung (als Teil der intrinsischen Motivation):

Insgesamt Gruppenzugehörigkeitseffekt zugunsten der Treatmentgruppe

HS: Effekt mittlerer Stärke zugunsten der Treatmentgruppe

Kompetenzorientierung (als Teil der intrinsischen Motivation):

RS: schwacher Effekt zugunsten der Kontrollgruppe

Komplexes Modell:

lässt vermuten, dass die fachliche Leistung ein sehr stabiles Merkmal ist, lediglich die intrinsische Motivation weist einen Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit bei der Energie auf

4. Literatur

[1] BOEKAERTS, MONIQUE; PINTRICH, PAUL R.; ZEIDNER, MOSHE (2000): Handbook of self-regulation. San Diego (California): Academic Press.

- [2] DECI, EDWARD L.; RYAN, RICHARD M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39/2, S. 223 – 238.
- [3] DITTON, HARTMUT (2000[a]): DFG-Projekt „Qualität von Schule und Unterricht“, S.12. http://quassu.net/SKALEN_1.pdf
- [4] DITTON, HARTMUT (2000[b]): Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung in Schule und Unterricht. Ein Überblick zum Stand der empirischen Forschung. In: Helmke, Andreas; Hornstein, Walter; Terhart, Ewald (Hrsg.): Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich. Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft, S. 73 – 92.
- [5] DUIT, REINDERS (1985): Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel.
- [6] DUIT, REINDERS (1986): Energievorstellungen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, Heft 13, 34. Jahrgang, S. 7 – 9.
- [7] DUIT, REINDERS (1987[a]): Sollte man Energie als quasi-materielles Etwas veranschaulichen? In: Praxis der Naturwissenschaften Physik 36, Heft 3, S. 27 – 29.
- [8] DUIT, REINDERS (1987[b]): Unterricht über Energie – Ziele, Lernschwierigkeiten, Wege. In: Praxis der Naturwissenschaften Physik 36, Heft 3, S. 41 – 43.
- [9] DUIT, REINDERS (1993): Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 4, Heft 16, S. 4 – 10.
- [10] DUIT, REINDERS (2004): Wärmevorstellungen. In: Müller, Rainer; Wodzinski, Rita; Hopf, Martin (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- [11] DUIT, REINDERS (2007): Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 18, Heft 101, S. 4 – 7.
- [12] FALK, GOTTFRIED; HERRMANN, FRIEDRICH (1981): Neue Physik. Das Energiebuch. Hannover: Schroedel.
- [13] GLÄSER-ZIKUDA, MICHAELA; GÖHRING, ANJA (2007): Analyse und Förderung selbstregulierten Lernens auf der Grundlage des Portfolio-Ansatzes – ein Forschungsprogramm in der Sekundarstufe I. In: Gläser-Zikuda, Michaela (Hrsg.): Lerntagbuch und Portfolio auf dem Prüfstand. Empirische Pädagogik, 21 (2), S. 174 – 208.
- [14] GÖHRING, ANJA (2007): Differenzierte Gruppenarbeit zu Energie und Energiesparen im Haushalt. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 18, Heft 101, S. 31 – 44.

- [15] GÖHRING, ANJA (2010): Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine empirische Interventionsstudie. Hamburg: Dr. Kovac. Schriftenreihe Didaktik in Forschung und Praxis, Band 50. (Zugl. Dissertation, Päd. Hochschule Ludwigsburg, 2009)
- [16] GÖHRING, ANJA; LAUKENMANN, MATTHIAS (2007): Eine Interventionsstudie zur Förderung selbstbestimmten Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht der Klassenstufe 8. In: Nordmeier, Volkhard; Oberländer, Arne (Hrsg.): Didaktik der Physik – Regensburg 2007. Berlin: Lehmanns Media.
- [17] HÖBLE, CORINNA (2004): Förderung des selbstständigen Lernens im Biologieunterricht – ein Problemaufriss. Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht, 57/6, S. 370 – 376.
- [18] IPN CURRICULUM PHYSIK (1978). Kraft – Leistung – Arbeit – Energie. Stuttgart: Klett.
- [19] JERUSALEM, MATTHIAS (2002): Einleitung. Zeitschrift für Pädagogik, 44. Beiheft, S. 8 – 12.
- [20] JOHNSON DAVID W.; JOHNSON ROGER T. (2008): Wie kooperatives Lernen funktioniert. Über die Elemente einer pädagogischen Erfolgsgeschichte. In: Individuell Lernen – Kooperativ Arbeiten. Friedrich Jahresheft XXVI 2008, S. 16 – 20.
- [21] JUNG, WALTER (1986): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie 34, Heft 13, S. 2 – 6.
- [22] JUNG, WALTER; WIESNER, HARTMUT (2004): Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik. In: Müller, Rainer; Wodzinski, Rita; Hopf, Martin (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- [23] KIRCHER, ERNST (1995): Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN 145).
- [24] LEWALTER, DORIS; SCHREYER, INGE; WILD, KLAUS-PETER; KRAPP, ANDREAS (1999): Dokumentation und Analyse der Erhebungsverfahren in der „Intensivstudie Innerbetrieblicher Unterricht“. Berichte aus dem DFG-Projekt „Bedingungen und Auswirkungen berufsspezifischer Lernmotivation“ Nr. 4: Neubiberg: Universität der Bundeswehr München.
- [25] RHÖNECK, CHRISTOPH VON (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik / Chemie 34, Heft 13, S. 10 – 14.
- [26] RÖDER, BETTINA; KLEINE, DIETMAR (2003): Selbstbestimmung. In: Jerusalem, Matthias et al. (Hrsg.): Skalendokumentation zum Forschungsprojekt „Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung im Unterricht“. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- [27] RYAN, RICHARD M.; DECI, EDWARD L. (2000[a]): Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary Educational Psychology, 25, S. 54 – 67.
- [28] RYAN, RICHARD M.; DECI, EDWARD L. (2000[b]): Self-Determination Theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development and well-being. American Psychologist, 55, S. 68 – 78.
- [29] WEINERT, FRANZ E. (1999): Bedingungen für mathematisch-naturwissenschaftliche Leistungen in der Schule und die Möglichkeiten ihrer Verbesserung. In: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.): Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. MKJS Baden Württemberg, Stuttgart.
- [30] WIESNER, HARTMUT (1994): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik. Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen. In: Physik in der Schule 32, S. 122 – 127.
- [31] WODZINSKI, RITA (2004): Lernschwierigkeiten in der Mechanik. In: Müller, Rainer; Wodzinski, Rita; Hopf, Martin (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner.

5. Anmerkungen

¹ Gefördert und unterstützt vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg sowie der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.

² MNT ist die Abkürzung für den naturwissenschaftlichen Fächerverbund an Hauptschulen in Baden-Württemberg und steht für Materie-Natur-Technik.

³ NWA ist die Abkürzung für den naturwissenschaftlichen Fächerverbund an Realschulen in Baden-Württemberg und steht für Naturwissenschaftliches Arbeiten.

⁴ Das Forschungsprojekt ECOLE (Emotional and cognitive aspects of learning) zur Förderung von Emotionen und Leistung von Schülern wurde an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg in den Jahren 2000 bis 2003 durchgeführt.