

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Die Basismodelltheorie .....	4
3. Entdeckendes Lernen .....	6
4. Destillierung von Qualitätsmerkmalen von entdeckendem Lernen aus untersuchten Studien .....	7
4.1 Planung von Schülerexperimenten und entdeckendem Lernen .....	7
4.2 Fokus auf Vor- und Nachbereitung .....	11
4.3 Notwendigkeit von Unterstützung während des Lernvorgangs .....	15
4.4 Zusammenfassung .....	20
5. Umsetzung der Qualitätsmerkmale im Basismodell <i>Lernen durch Eigenerfahrung</i> .....	21
5.1 Inneres Vorstellen und Planen .....	22
5.2 Handeln im Kontext .....	24
5.3 Erste Ausdifferenzierung und Reflexion .....	26
5.4 Generalisierung der Ergebnisse .....	28
5.5 Übertragung auf größere Zusammenhänge .....	30
6. Diskussion: Ist das Basismodell <i>Lernen durch Eigenerfahrung</i> eine gute Lösung, um lernwirksames entdeckendes Lernen im Unterricht zu ermöglichen? .....	31
7. Literaturverzeichnis .....	35
8. Erklärung .....	40

## 1. Einleitung

Eine zentrale Frage der Physikdidaktik lautet: Gibt es eine annähernd ideale Strukturvorgabe für den Physikunterricht und wenn ja, wie sieht sie aus? In den vergangenen Jahrzehnten wurden dazu immer wieder andere Strukturvorgaben vorgeschlagen, aber bis heute hat sich keine davon als ideale Lösung durchsetzen können.

Regelmäßiges Experimentieren ist eine notwendige Bedingung für das Gelingen des Physikunterrichts (Rincke, 2016). Dabei sind Schülerexperimente eine beliebte Methode um Schüler Erfahrungen sammeln zu lassen und die Schüler zu Entdeckern werden zu lassen (Rincke, 2016). Maurer & Rincke (2015) schreiben, dass der Aufbau von Erfahrungswissen durch Exploration eine der grundlegenden Rollen des Experiments im Erkenntnisprozess ist. Das Lernen durch Entdeckungen steht auch beim *Discovery Learning* im Fokus (Bruner, 1961). Unter den Fachdidaktikern gibt es unterschiedliche Vorstellungen und Ansätze, wie lernwirksames Experimentieren im Unterricht erreicht werden kann (Rincke, 2016). Rincke schreibt in seinem Artikel *Experimente in ihren Funktionen für das Lernen*, dass darüber bis heute kein gemeinsamer Konsens erreicht wurde. Ein weiterer Kritikpunkt von Rincke (2016) ist die unwissenschaftliche Begründung vieler „Rezepte“ zur lernwirksamen Gestaltung von Experimenten. Oftmals seien subjektive Theorien über das bestmögliche Lernen die Basis dieser Vorschläge (Rincke, 2016, S.2).

Selbst Studienergebnisse liefern teils widersprüchliche Ergebnisse. Die Auswertung der IPN-Videostudie (Duit & Tesch, 2004) zeigte, dass die Leistungsentwicklung der Schüler positiv mit der Gesamtdauer der Experimentierphasen (Vorbereitung, Experimentieren und Nachbereitung) im Unterricht korrelierte. Bei einer Videostudie, in welcher Physikunterricht in der Schweiz, Deutschland und Finnland analysiert wurde, konnte aber keine Korrelation der Leistungsentwicklung mit der Gesamtdauer des Experimentierens festgestellt werden (Börlin, 2012). Die Ergebnisse unterschiedlicher Studien scheinen also oftmals widersprüchlich zu sein. Es gibt aber auch Erkenntnisse, die in der Auswertung beider Studien auftauchen: Die richtige Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf wird als ein zentrales Qualitätsmerkmal des Physikunterrichts angesehen und es wird kritisiert, dass Schülerexperimente wenig zielgerichtet eingesetzt werden (Duit & Tesch, 2004; Börlin, 2012).

Dies wirft die Frage auf, wie man entdeckendes Lernen *sinnstiftend* im Unterricht umsetzen kann und wie man die „Balance zwischen Theorie und Experiment, sowie Instruktion (angeleitetes

Lernen) und Konstruktion (eigenständige Exploration, Diskussion, Planung, Durchführung und Auswertung der Ergebnisse und Darstellung der Ergebnisse)“ (Euler, 2001, S.31) schafft.

Die Basismodelltheorie ist eine mögliche Strukturvorgabe, nach der man den Physikunterricht planen kann. Dabei wird im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* der Fokus auf entdeckendes Lernen und das Machen von Erfahrungen gelegt (Oser & Baeriswyl, 2001). Besonders die Fokussierung auf die Tiefenstruktur des Unterrichts und die Berücksichtigung von gedächtnispsychologischen Erkenntnissen (Lernvorgänge im Schüler) machen die Basismodelltheorie zu einer attraktiven Strukturvorgabe.

Der erste Teil dieser Zulassungsarbeit soll eine literarische Aufarbeitung bisheriger Studienergebnisse zur Auswirkung von Schülerexperimenten und der Strukturvorgabe des *Discovery Learning* auf den Lernzuwachs der Schüler sein. Zudem werden Studien zur Umsetzung von *Discovery Learning* und Schülerexperimenten in der unterrichtlichen Praxis analysiert. In dieser Meta-Analyse werden einheitliche Befunde und widersprüchliche Aussagen der untersuchten Studien diskutiert. Es werden Probleme des entdeckenden Lernens diskutiert und Qualitätskriterien für das entdeckende Lernen im Unterricht herausdestilliert.

Im zweiten Teil der Zulassungsarbeit wird auf das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* eingegangen. Dieses Basismodell ist eine Strukturvorgabe für Unterricht, in dem Schüler eigenständig Erfahrungen sammeln sollen und dadurch Erfahrungswissen aufbauen (Oser & Baeriswyl, 2001). Es wird die Umsetzung der bereits erarbeiteten Qualitätsmerkmale für entdeckendes Lernen im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrungen* diskutiert. Auf Basis dieser Ergebnisse wird erörtert, ob dieses Basismodell eine gute Strukturvorgabe ist, um lernwirksames entdeckendes Lernen im Unterricht zu ermöglichen.

## **6. Ist das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* eine gute Strukturvorgabe, um lernwirksames entdeckendes Lernen im Unterricht zu ermöglichen?**

Meiner Meinung nach kann diese Frage bejaht werden. Das *Lernen durch Eigenerfahrung* ist eine gute Strukturvorgabe um den Lernzieltyp „Erfahrungslernen“ im Unterricht zu ermöglichen und die Schüler Entdeckungen machen zu lassen.

Es gibt mehrere Studien, die einen positiven Einfluss der Strukturvorgabe nach Basismodelltheorie belegen. Eine Untersuchung von Wackermann und Trendel (2010) zeigte, dass basismodellorientierter Unterricht von vorher gecoachten Lehrern von den Schülern als qualitativvoller, interessanter und verständlicher wie Unterricht in den Kontrollklassen angesehen wurde. Des Weiteren scheinen schwächere Schüler besonders stark von der Strukturierung nach Basismodelltheorie zu profitieren. Diesen signifikanten Einfluss konnten sowohl Zander et al. (2015) in ihrer Studie feststellen, als auch Christian Maurer in seiner Untersuchung (2016). In Zanders Studie zählten vor der Intervention 51% der Kontrollgruppe und 48% der Basismodellgruppe zu den schwächeren Schülern. Im Nachtest konnten 39% der Kontrollgruppe, aber nur noch 21% der Basismodellgruppe den schwächeren Schülern zugeordnet wurde. In Maurers Studie (2016) hatte die Strukturierung nach Basismodelltheorie bei den Leistungsschwachen einen besseren Effekt auf die Lernleistung als die Strukturierung nach forschend-entwickelndem Unterricht. Die leistungsstarken Schüler der forschend-entwickelnden Gruppe und der Basismodell-Gruppe unterschieden sich im Nachtest hinsichtlich ihrer Lernleistung jedoch kaum noch. Während sich die Strukturierung nach Basismodelltheorie also vor allem positiv auf die schwächeren Schüler auswirkt, scheint die Art der Strukturierung für bessere Schüler kein entscheidender Faktor für den Lernzuwachs zu sein. Maurer (2016) und Zander et al. (2013) schreiben deshalb in ihrem Fazit zu den Studienergebnissen, dass die Basismodelltheorie augenscheinlich gut geeignet dafür sei, der Leistungsheterogenität in der Klasse entgegenzuwirken.

Im Gegensatz dazu wird die Lernwirksamkeit des *Discovery Learning* in mehreren Studien kritisiert. So sprechen sich sowohl Mayer (2004), Kirschner et al. (2006) und Alfieri et al. (2011) speziell gegen die *unguided discovery* aus. In allen diesen Studien hatten Methoden der *guided discovery* bzw. *enhanced discovery* bessere Lerneffekte bei den Schülern zur Folge. Die Unterstützung der Schüler ist beim entdeckenden Lernen also unerlässlich. Dies ist allerdings ein weiteres Problem des *Discovery Learning*, denn es besteht kein Konsens darüber, wie viel Unterstützung durch die Lehrkraft in dieser Strukturvorgabe zulässig ist (Alfieri et al., 2011,

S.2f.). Beim Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* hingegen wird das Lernen der Schüler durch vielerlei Maßnahmen unterstützt. Der Aufbau dieses Basismodells sorgt für eine gute Einbettung der Untersuchungen in den Unterricht, es wird Wert auf Vor- und Nachbereitung der Ergebnisse gelegt und es besteht ein permanenter Lernzielfokus. Aufgrund dieser Erkenntnisse scheint *Lernen durch Eigenerfahrung* ein vielversprechender Ansatz zur Umsetzung von entdeckendem Lernen im Unterricht zu sein.

In den Studien von Mayer (2004), Kirschner et al. (2006) und Alfieri et al. (2011) wurden auch Vorschläge zur Verbesserung des *Discovery Learning* gemacht. Diese Vorschläge finden sich zum Großteil in den im ersten Teil der Zulassungsarbeit erarbeiteten Qualitätsmerkmalen für entdeckendes Lernen wieder. Fast alle dieser Qualitätsmerkmale werden im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* umgesetzt. Dies ist ein weiterer Punkt, der für dieses Basismodell als gute Strukturvorgabe für entdeckendes Lernen im Unterricht spricht. Im Folgenden wird die Umsetzung der erarbeiteten Qualitätsmerkmale beim *Lernen durch Eigenerfahrung* zusammengefasst.

Die Lernzielklarheit wird bei allen Handlungskettenschritten betont. So sollen die Lernziele der jeweiligen Untersuchung bereits im ersten Handlungskettenschritt klar kommuniziert werden und alle Aktivitäten der nächsten Handlungskettenschritte darauf bezogen werden. Dabei sollen die Lehrkräfte darauf achten, dass die Schüler diese Lernziele während der Lernaktivitäten nicht aus den Augen verlieren. Durch diese Lernzielorientierung entsteht ein roter Faden, der sich durch das ganze Basismodell zieht. Zudem werden Aufgaben und Zwischenziele zu Beginn der jeweiligen Handlungskettenschritte deutlich gemacht, was meiner Meinung nach sehr positiv ist. Durch die starke Zielorientierung soll erreicht werden, dass den Schülern zu jedem Zeitpunkt klar ist, was sie zu tun haben und sie dabei gleichzeitig immer die ursprünglichen Lernziele im Blick haben.

Außerdem ist das *Lernen durch Eigenerfahrung* eine gute Strukturvorgabe zum sinnstiftenden Einbetten von Experimentiereinheiten in den Unterricht. Es werden Vorerfahrungen und Ideen der Schüler miteinbezogen, ein Handlungsplan erstellt, Ergebnisse und Handlungen reflektiert, aus den Untersuchungen verallgemeinerte Erkenntnisse gewonnen, die Verbindung zur Theorie hergestellt und die gewonnenen Erkenntnisse auch in anderen Kontexten betrachtet. Dies zeigt, dass die Untersuchungen sehr gut und sinnstiftend in den Unterricht eingebettet werden.

Damit wird auch deutlich, dass Vor- und Nachbereitung beim *Lernen durch Eigenerfahrung* qualitativ hochwertig sind. Der erste Handlungskettenschritt kann als Vorbereitung der Untersuchungen gesehen werden. Dabei finden eine Anknüpfung an Schülervorstellungen, eine Lernzielfestlegung und der Entwurf eines Handlungsplans statt. Diese Faktoren haben sich als wichtige Qualitätsmerkmale der Vorbereitung beim entdeckenden Lernen herausgestellt. Auch bei den weiteren Handlungskettenschritten werden alle Aktivitäten auf die festgelegten Lernziele

bezogen und die Schülervorstellungen und -erwartungen werden mit den Ergebnissen der Untersuchungen verglichen. Zu einer guten Nachbereitung gehören sowohl eine Ergebnis- als auch eine Prozessreflexion. Beides findet im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* statt. Meiner Meinung nach sollte am Ende der *Generalisierung der Erfahrungen* eine Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse durch einen Hefteintrag oder ein Arbeitsblatt erfolgen. Dies wird bisher nicht explizit verlangt.

Durch die Entwicklung eines Handlungsplans, die Prozess- und Ergebnisreflexion sowie der Generalisierung der Ergebnisse wird sichergestellt, dass beim *Lernen durch Eigenerfahrung* eine kognitive Aktivierung der Schüler stattfindet. Sie müssen ihre Ideen und Vorstellungen miteinbeziehen und sich aktiv und eigenständig mit dem Stoff auseinandersetzen. Diese beiden Punkte scheinen eine Problemstelle im deutschen Physikunterricht zu sein. So wurde in Videostudie Physik des IPN der Unterricht von 60 Lehrkräften an Realschulen und Gymnasien untersucht. Die fachliche Qualität der untersuchten Unterrichtsstunden ist zwar beinahe durchgehend hoch, jedoch besteht für die Schüler kaum Gelegenheit für die aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem Stoff (Duit & Tesch, 2004). Börlin (2012) kritisiert in seiner Arbeit, dass in Experimentiereinheiten zu wenig auf die Vorstellungen und Ideen der Schüler eingegangen werde. Tesch (2008) schreibt, dass Schülervorstellungen oftmals kaum einbezogen werden und die meisten Experimentiereinheiten reine „cook-book-activities“ seien. Diese Probleme treten bei korrekter Umsetzung des Basismodells *Lernen durch Eigenerfahrung* nicht auf, was ein Vorteil im Vergleich zu anderen Formen entdeckenden Lernens ist.

Die Frage nach dem erlaubten Grad der Unterstützung durch die Lehrkraft beim *Lernen durch Eigenerfahrung* ist nicht eindeutig geklärt. Wie eingangs geschildert, sprechen Studienergebnisse (Mayer, 2004; Kirschner et al., 2006; Alfieri et al., 2011) für die Notwendigkeit einer ausführlichen Betreuung der Schüler. Meiner Meinung nach ist es beim *Lernen durch Eigenerfahrung* die Aufgabe der Lehrkraft, den Lernzielfokus aufrecht zu erhalten, konstruktives Feedback zu Ideen und Ergebnissen zu geben, Fehler anzusprechen und auf den korrekten Durchlauf der Handlungskettenschritte zu achten. Der letzte Punkt hat sich als notwendig herausgestellt, da man ansonsten von einer unvollständigen oder fehlerhaften Umsetzung der Handlungskettenschritte ausgehen muss. In Unterrichtsstunden, die nach dem Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* konzipiert wurden und in denen keine weitere Unterstützung durch die Lehrkraft stattfand, vertauschten 57% der Schüler mindestens einmal die Reihenfolge der Handlungskettenschritte und 62% der Schüler konnten das Basismodell nicht vollständig umsetzen (Krumbacher, 2016, S.121). Zudem muss die Lehrkraft darauf achten, dass auch die abschließenden beiden Handlungskettenschritte sorgfältig durchgeführt werden. Sowohl Trendel et al. (2007, S.26) als auch Reyer (2004) haben in ihren Untersuchungen festgestellt, dass das

*Generalisieren der Ergebnisse* und die *Übertragung auf größere Zusammenhänge* im Vergleich zu den vorherigen Handlungskettenschritten häufig nur unsauber umgesetzt werden. Darin sehen sie eine Gefahr für die Lernwirksamkeit des Basismodells.

Es spricht vieles für das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* als gute Strukturvorgabe zur Umsetzung des entdeckenden Lernens im Unterricht. Sowohl Studienergebnisse zur Basismodelltheorie (Wackermann & Trendel, 2010; Zander et al., 2015; Maurer, 2016) als auch Kritik an der *unguided discovery* (Mayer, 2004; Alfieri et al., 2011), und die Umsetzung der in dieser Zulassungsarbeit erarbeiteten Qualitätsmerkmale für entdeckendes Lernen legen diesen Schluss nahe. Mit Blick auf den gesamten Physikunterricht scheint man aber auf das Basismodell *Konzeptaufbau* nicht verzichten zu können. Studien zeigen, dass ein ausschließlich auf *Lernen durch Eigenerfahrung* oder *Konzeptaufbau* basierender Unterricht weniger lernwirksam ist als Unterricht in dem sowohl *Lernen durch Eigenerfahrung* als auch *Konzeptaufbau* verwendet werden (Geller et al., 2014; Fischer et al., 2002). Um die Lernwirksamkeit des Physikunterrichts zu erhöhen, ist also eine Kombination aus *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Konzeptaufbau* sinnvoll. Idealerweise werden dazu auch noch die Basismodelle *Problemlösen* und *Konzeptwechsel* verwendet.

Da bislang aber noch wenige Studienergebnisse zum *Lernen durch Eigenerfahrung* vorliegen, gibt es noch viele ungeklärte Fragen. Krabbe et al. (2014, S.44) identifizierten zwei Typen von *Lernen durch Eigenerfahrung*, die „Konzepterarbeitung“ (*Lernen durch Eigenerfahrung* als Vorbereitung des *Konzeptaufbaus*) und die „Konzeptsicherung“ (*Lernen durch Eigenerfahrung* als aktiver Umgang mit neuem Konzept im Anschluss an den *Konzeptaufbau*). Hier wäre zu untersuchen, ob Unterschiede in der Lernwirksamkeit beider Abläufe bestehen. Eine weitere Untersuchungsmöglichkeit ist der Einfluss der Lehrerunterstützung während der verschiedenen Handlungskettenschritte auf die Lernfortschritte der Schüler. Der zulässige und notwendige Grad der Lehrerunterstützung ist bisher nicht eindeutig festgelegt, deshalb könnte man diese Problematik anhand einer Studie untersuchen. Hierzu müsste man jeweilige Unterstützungsmaßnahmen vorher klar festlegen und unabhängig voneinander deren Einfluss auf den Lernfortschritt der Schüler überprüfen.

## 7. Literaturverzeichnis

Abrahams, I., Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, Vol. 30, No. 14, 1945-1968.

Abrahams, I., Millar, R. (2009). Practical work: making it more effective. *School Science Review*, Vol. 91, No. 334, 59-64

Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J. & Tenenbaum, H.R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of educational Psychology*, 103, No.1, 1-18 .

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*. Berlin: Logos

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Bruner, J.S. (1961). *The Act of Discovery*. *Harvard Ed. Rev.*, 31.

Council, N. R. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning* (S. Olson & S. Loucks-Horsley, Hrsg.). The National Academies Press.

Duit, R., Wodzinski, C.T. (2010). Piko-Brief Nr.4: Merkmale guten Physikunterrichts. Zugriff auf:  
<http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>

Duit, R., Häußler, P., Bündler, W., Gräber, W., Mayer, J.: Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtsplanung. Kiel: IPN, 1998

Duit, R., Tesch, M., Mikelskis-Seifert, S. (2010). Piko-Brief Nr.7: Das Experiment im Physikunterricht. Zugriff auf: <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>

Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel & M. Euler (Hrsg.), Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft (pp. 13-42). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Fischer, H.E., Reyer, T. & Trendel, G. (2004). Unterrichtsziele und ihre Umsetzung. *Essener Unikat* 24/2004, 87-95.

Gößling, J.M. (2010). *Selbstständig entdeckendes Experimentieren*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.

Harlen, W. (1999). Effective teaching of science. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education (SCRE).

Hofstein, A., Lunetta, V.N. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, *Science Education*, Vol. 88, No. 1, 28-54.

Hucke, L. & Fischer, H.E. (2002): The link of theory and practice in traditional and in computerbased university laboratory experiments. In: Psillos, D./Niedderer, H. (Hrsg.): Teaching and learning in the science laboratory – A look on the European project “Labwork in Science Education”. Dordrecht: Kluwer Academic Press, S. 205–218.

Jong, T. D. & Joolingen, W. R. V. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal Guidance during Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

Klahr D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-55

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667.

Krabbe H., Zander S., Fischer H.E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Münster: Waxmann Verlag GmbH

Krumbacher, C. (2016). *Die Relevanz lernprozessorientierter Sequenzierung im physikbezogenen Sachunterricht – eine Videostudie zur Berücksichtigung von Tiefenstrukturen beim Experimentieren*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.

Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Dissertation. Universität Regensburg.

Maurer, C. & Rincke, K. (2013). Zielgerichtetes Experimentieren. In Sascha(Hrsg.), *Inquiry-based learning - forschendes lernen* (S. 119-121). Kiel: IPNVerlag.

Mayer, R.E. (2004). Should There Be a Three-Strikes-Rule Against Pure Discovery Learning? *American Psychologist*, 59, No.1, 14-19 .

Millar, R., Le Maréchal, J.-F., & Tiberghien, A. (1999). 'Mapping' the domain: Varieties of practical work. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education—Recent research studies* (pp. 33–59). Roskilde/Dordrecht, The Netherlands: Roskilde University Press/Kluwer.

Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen

Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). *Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning*. Richardson, Virginia.

Oser, F., Patry, J.-L., Elsässer, T., Sarasin, S. & Wagner, B. (1997). Choreographien unterrichtlichen Lernens (F. Oser, Hrsg.). Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.

Oser, F., Sarasin, S.(1995). Basismodelle des Unterrichts: Von der Sequenzierung zur Lernerleichterung. Zugriff auf: <https://publishup.uni-potsdam.de/files/410/OSERSARA.pdf>

Rincke, K. (2016). *Experimente in ihren Funktionen für das Lernen*. Zugriff auf: <http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/rincke/Materialien/grundlagentext3.pdf>

Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Physikunterricht, Ergebnisbericht zur Dortmunder Videostudie. In A. Pitton (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung* (Bd. 24, S. 42-44). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2003. Münster: LIT Verlag.

Schlichting, H.J. (1991). Zwischen common sense und physikalischer Theorie - wissenschaftstheoretische Probleme beim Physiklernen. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 44/2, 74 .

Tesch, M., Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg.10, 2004, 51-69.

Tesch, M. (2005): Das Experiment im Physikunterricht: didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Logos-Verlag, Berlin.

Wirth, J. , Thillmann, H., Künsting, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of ‘what’ to prompt or also ‘when’ to prompt? - The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 105–115.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 9-31.

Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Hrsg.). Logos Verlag Berlin GmbH.

Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht - Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 361–375. Beltz.

Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2013). Lernzuwächse in Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen“. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning -Forschendes Lernen* (Bd. 33, S. 503-505). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN.

## 8. Erklärung

**Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit in allen Teilen selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Weiterhin versichere ich, dass ich die Arbeit nicht schon als Doktor- oder Diplomarbeit an einer anderen Hochschule, als Hausarbeit oder Facharbeit bei einer anderen Lehramtsprüfung oder als Teil solcher Arbeiten eingereicht habe.**

---

**Ort**

---

**Datum**

---

**(Michael Huber)**