

Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht

Einleitung

„Qualitätvoller Unterricht“, so wie ihn das Tagungsthema zum diesem Tagungsband in den Fokus stellt, treibt die fachdidaktische Forschung seit Jahrzehnten um - sei es auf der Seite der Unterrichtsentwicklung oder aber auf der Seite der Unterrichtsevaluation. Nicht zuletzt durch die Hattie-Studie hat die Diskussion über die Qualitätsmerkmale von Unterricht noch einmal an Popularität gewonnen. Dabei sind die Sichtweisen auf Unterricht sehr verschieden und nicht zu Unrecht wurden im Fragen wie „*Doch wonach wird dabei gefragt? Was macht die Qualität aus?*“ im Vorwort der Tagung aufgeworfen. Eine Orientierung bei der Verortung der unterschiedlichen Sichtweisen können Modelle zur Unterrichtsqualität, wie z. B. das systemische Modell von Reusser und Pauli (2010) oder das Angebots-Nutzungsmodell von Helmke (2007), bieten.

Dieser Beitrag widmet sich gezielt der Qualität von Chemie- und Physikunterricht. Dazu wird zunächst die Frage geklärt, was überhaupt qualitativvoller Unterricht ist. Auf Basis empirischer Studien wird anschließend herausgearbeitet, wie allgemeine Qualitätskriterien von Unterricht fachdidaktisch interpretiert werden, um so zu einer Übersicht zu gelangen, was wir über guten Unterricht in den Fächern Chemie und Physik wissen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler - soweit vorhanden, werden aber auch affektive Variablen diskutiert.

Die Frage nach dem guten Unterricht

Die Frage nach der Gestaltung guten Unterrichts gewinnt nach einer Erforschung entsprechender Merkmale zunehmend wieder an Bedeutung. Schulische bzw. politische Entscheidungsträger fordern von der empirischen Bildungsforschung konkretes Handlungswissen ein, um Unterrichtsprozesse optimieren zu können. Eine Abfrage des Wortes *Handlungswissen* fördert zahlreiche Treffer in den Ausschreibungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zutage, die sich mit Fragen der Bildungsqualität befassen.

Bei der Suche nach Forschungsergebnissen zu gutem Unterricht findet man in der Regel zunächst fachspezifische Auflistungen von Merkmalen, die grundsätzlich positiv mit dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern oder wahrgenommener Unterrichtsqualität korreliert sind. Solche Merkmalslisten präsentieren u. a. Brophy, Meyer oder auch Helmke (Brophy, 1999; Helmke, 2009; Meyer, 2004). Diese Merkmalslisten werden in der Regel aus empirischen Studien abgeleitet, die auf Unterrichtsbeobachtungen basieren. Allerdings handelt es sich bei den in den gelisteten Kriterien hauptsächlich um fächerübergreifende Qualitätsmerkmale, wie zum Beispiel *Klassenführung*, *Klarheit und Strukturiertheit*, *Aktivierung*, *Schülerorientierung* und *Kompetenzorientierung*, die nur teilweise über verschiedene Fächer hinweg stabil sind. Verschiedene Studie weisen darauf hin, dass einige dieser Merkmale eine fachabhängige Wirkung entfalten. Die inhaltliche Strukturierung von Unterricht erweist sich im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht als wirksamer als beispielsweise im Englischunterricht (Klieme, 2006). Eine domänenspezifische Betrachtung solcher Qualitätsmerkmale scheint daher unumgänglich (Klieme, 2006). Darüber hinaus wird die Wirksamkeit solcher Merkmale auch noch durch die Art der Umsetzung durch die Lehrkraft und die Schülerinnen und Schüler in der Lernsituation beeinflusst. Vor diesem Hintergrund verbietet sich die Frage nach dem guten Unterricht von

Beginn an. Das Bemühen der pädagogischen, psychologischen und fachdidaktischen Forschung kann es daher nur sein, Einflussvariablen auf die Unterrichtsqualität zu benennen, wobei die immer zur konkreten Situation (Fach, Schulform usw.) in Beziehung gesetzt werden müssen. Der vorliegende Beitrag liefert daher einen Überblick über die aktuell vorliegenden Befunde. Nach einer Darstellung der Rahmenbedingungen von Unterricht werden zunächst zentrale Befunde der Hattie-Studie (Hattie & Beywl 2013) zusammengefasst, bevor der Blick auf die sogenannten *What-works-clearing-houses* gerichtet wird, die Handlungswissen zur Gestaltung von Unterrichtsprozessen versprechen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Studien, die aus dem Bereich des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts stammen oder aber für diesen Bereich besonders wirksame Maßnahmen herausarbeiten konnten. Im Anschluss wird die Studie von Schulz (2011) vorgestellt, die in einer experimentellen Studie potenzielle Qualitätsmerkmale von Chemieunterricht näher beschrieben hat.

Rahmenbedingungen des Unterrichts

Für den Erfolg des Unterrichts spielen neben Qualitätsmerkmalen des Unterrichtsprozesses zahlreiche weitere Einflussfaktoren eine Rolle, die ebenfalls den Unterrichtserfolg erklären können. Helmke (2009) fasst diese im Angebots-Nutzungsmodell zusammen.

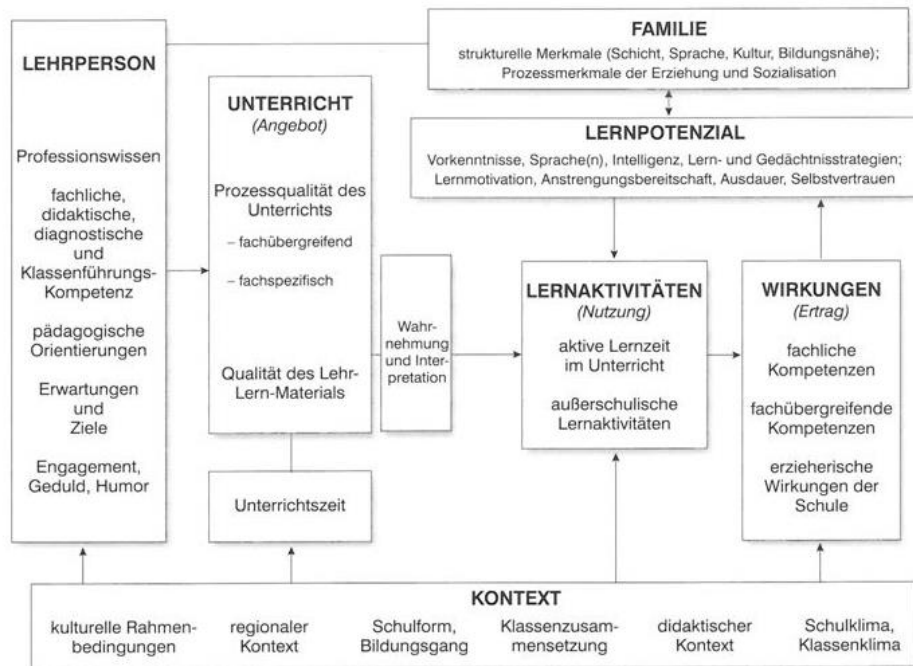


Abb. 1: Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke, 2009

Neben dem eigentlichen Unterricht spielen Kompetenzen und Einstellungen der Lehrkraft, aber auch die Nutzung des Lernangebots durch die Schülerinnen und Schüler eine wichtige Rolle. Diese werden wiederum beeinflusst durch ihr familiäres Umfeld und ihre eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten. Befunde zur Wirksamkeit bestimmter Faktoren sind zusätzlich immer in Bezug zum aktuellen Kontext (Schulform, Fach usw.) zu setzen. Diese Rahmenbedingungen werden auch von Hattie & Beywl (2013) aufgegriffen, die die Beiträge des Elternhauses, der Lernenden, der Lehrperson, des Unterrichtens, der Curricula und der Schule auf das Lernen berichten.

Zentrale Befunde der Hattie-Studie

Die Hattie-Studie fasst die Ergebnisse zahlreicher Metaanalysen zur Unterrichtsqualität bzw. zu erfolgreichem Lernen zusammen. Über Qualität der Studie gibt es eine lebhaft Diskussion (z. B. Lind, 2013), sodass die die Ergebnisse nicht unreflektiert als ein Rezept für guten Unterricht übernommen werden sollten. Dennoch bietet die Studie, basierend auf sehr umfangreichen Forschungsdaten, einige wichtige Anhaltspunkte zu potenziell wichtigen Einflussfaktoren auf den Lernerfolg. Im Bereich des Elternhauses sind vor allem der *sozioökonomische Index* und die *häusliche Umgebung* (also intellektuelle Anreize zuhause) wichtige Prädiktoren für Lernerfolg. Bezogen auf die Lernenden haben neben der *Piaget'schen Entwicklungsstufe* vor allem das bereits vorhandene *Vorwissen* und die *vorherigen Noten* eine hohe Vorhersagekraft. Auf Seiten der Lehrkräfte spielen *Microteaching-Situationen* in der Ausbildung, das *Lehrer-Schüler-Verhältnis* und die *professionelle Entwicklung* eine wichtige Rolle. Für die Optimierung einer konkreten Unterrichtssituation sind diese Merkmale jedoch nicht zugänglich, da sie außerhalb des eigentlich Unterrichtsgeschehens liegen. Vielversprechender erscheinen hier das Curriculum, die Schule und der Unterricht selber. Bezogen auf das Curriculum konnte von Hattie & Beywl gezeigt werden, dass sich *Science-Programme* an Schulen positiv auf die laborpraktischen Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler auswirken, allerdings nur mit vergleichsweise kleinen Effektstärken mit dem Fachwissenserwerb in Verbindung zu bringen sind. Auf Schulseite liegen positive Faktoren wie eine *Akzeleration für lernstarke Schülerinnen und Schüler* und *Kleingruppenlernen außerhalb des Klassenverbands* ebenfalls außerhalb des Einflussbereichs der Lehrkraft in einer konkreten Unterrichtssituation, ebenso wie der Einfluss der *Peer-Group*. Das *Klassenklima* bzw. die *Klassenführung* sind hingegen beeinflussbare Faktoren, die sich positiv auf den Unterrichtserfolg auswirken. Für den Unterricht selber findet Hattie ähnliche Faktoren wie die oben bereits benannten. Zu nennen sind hier insbesondere *Zielorientierung*, *Lösungsbeispiele*, *Mastery Learning*, *Feedback*, *formatives Assessment*, *metakognitive Strategien*, *Reciprocal Teaching* und *Problemlösen*.

Diese Faktoren werden im Wesentlichen – wie bereits erläutert – nicht fachspezifisch, sondern verallgemeinernd beschrieben. Um genauer benennen zu können, ob diese Faktoren auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Bedeutung haben, ist daher eine Prüfung der Replizierbarkeit in naturwissenschaftlichen Fächern notwendig. Eine gut zugängliche Recherchemöglichkeit für Unterrichtspraktiker bieten hier die *What-works-clearing-houses*.

Naturwissenschaftsbezogene Befunde der *What-works-clearing-houses*

In den USA unterhält das U.S. Department of Education über das Institute of Education Sciences (IES) ein Clearing House, das 2017 eine Datenbasis von über 10.000 Studien ausweist. Hier lassen sich über die Filterfunktion gezielt Studien finden, die sich mit bestimmten Unterrichtsfächern beschäftigen. Eine Auswahl des Filters *Science* reduziert die Datengrundlage allerdings beträchtlich – es werden acht Studie aufgeführt, von denen sich eine auf die Lehrperson bezieht und die restlichen sieben auf spezielle Curricula oder Unterrichtseinheiten. Aus diesen Studien lassen sich nur sehr schwer Merkmale ableiten, die sich auf den naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen übertragen lassen, da im Wesentlichen komplexe Interventionen mit speziellen Bedingungen vorgestellt werden.

Etwas ergiebiger ist die Internetseite des Clearing Houses der TUM München, die 12 Analysen listet, von denen sich 6 direkt auf den naturwissenschaftlichen Unterricht beziehen und eher generalisierbare Aspekte in den Vordergrund stellen. Bezogen auf innovativen Unterricht stellen Knogler et al. (2017) fest, dass *kontextbasierte Unterrichtsansätze* vor allem auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler einen positiven Einfluss haben,

während *forschendes Lernen* vor allem einen Einfluss auf die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler hat. Insgesamt wirken die untersuchten Aspekte *kontextbasierte Ansätze*, *forschendes Lernen*, *Lernen mit digitalen Medien*, *kollaboratives Lernen* und *extracurriculare Aktivitäten* positiv auf Interesse und Lernen, insgesamt lässt sich ein mittlerer bis großer Effekt auf die Lernleistung nachweisen. Eine weitere, sehr ähnliche Analyse zu alternativen Unterrichtsansätzen (Knogler, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017a) bestätigt den Erfolg *kollaborativer Ansätze* ebenso wie den der *kontextbasierten Ansätze*, wobei hier einschränkend hinzuzufügen ist, dass die berichteten sehr großen Effektstärken sich nicht auf Gruppenvergleiche, sondern auf den Prä-Post-Vergleich beziehen. Speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht wurde auch der Erfolg von *forschendem Lernen* untersucht (Hetmanek, Knogler, & CHU Research Group, 2017; Knogler, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017b). Die Ansätze sind vor allem dann effektiv, wenn sie epistemisch orientiert sind (also Erklärungen für die einzelnen Schritte verlangen), sie prozedurale und soziale Aktivitäten (gemeinsames Planen usw.) enthalten und die Lernsteuerung mehr durch die Lehrkraft als durch die SuS erfolgt bzw. eine Unterstützung (Einschränkungen, Scaffolding, Erklärungen) durch die Lehrkraft erfolgt. Allgemeine Merkmale, die sich darüber hinaus im Fächervergleich insbesondere für die MINT-Fächer als lernwirksam erweisen, sind *kognitive* und *metakognitive Strategien* (Wiesbeck, Knogler, & CHU Research Group, 2017) und – vor allem bei jungen Schülerinnen und Schülern – *kooperatives Lernen* (Mok, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Metaanalysen der *What-works-clearing-houses* zeigen können, dass einige der fachunspezifisch nachgewiesenen lernförderlichen Aspekte auch oder sogar insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht wirken.

Qualitätsmerkmale lernwirksamem Chemieunterrichts

Noch spezifischer ist eine von Schulz & Walpuski (Schulz, 2011; Schulz, Walpuski, & Sumfleth, 2010) durchgeführte Studie, die in einem experimentellen Design die Wirksamkeit angenommener Qualitätsmerkmale für den Chemieunterricht untersucht. Ziel dieser Studie war es, experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht in Bezug auf Leistung, Interesse und Motivation der Schülerinnen und Schüler zu identifizieren. Zur Erfassung von experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen im Chemieunterricht wurden Videoanalysen und Schülerfragebögen eingesetzt. In einer ersten Studie wurden 18 Unterrichtsvideos, die jeweils mindestens ein Experiment im Chemieunterricht zeigen, mit Hilfe eines Kategoriensystems ausgewertet und die unterrichteten Schülerinnen und Schüler wurden hinsichtlich ihrer Leistung, Motivation und Interesse getestet. Diese Schülerdaten wurden in einem weiteren Schritt auf ihren Zusammenhang mit den Ergebnissen der Videoanalysen überprüft, um Hinweise auf potenzielle Qualitätsmerkmale zu bekommen. Um die Ergebnisse dieser Korrelationsstudie im Hinblick auf Wirkungszusammenhänge abzusichern, wurden die Qualitätsmerkmale mit den höchsten Korrelationen zum Lernerfolg als mögliche positive Merkmale von Experimentierphasen in einer zweiten Studie (Interventionsstudie) auf ihre Bedeutung hin überprüft.

Es zeigte sich, dass insbesondere die Merkmale *Schülererklärung*, *hypothesenüberprüfendes Experimentieren in Kleingruppen*, *Instruktionseffizienz*, *Problemlösender Unterricht* besonders lernwirksam waren. Ein positiver Befund konnte auch im Bereich des situationalen Interesses gezeigt werden, das durch die Intervention erhöht werden konnte.

Fazit

Die Diskussion um die Merkmale qualitätvollen Unterrichts kann nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Da die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen immer stark von den veränderlichen Rahmenbedingungen abhängt, wird sie das auch niemals ein. Der Ruf nach einem verbindlichen, universell gültigen Handlungswissen verbietet sich somit ebenfalls. Was die fachdidaktische Forschung jedoch leisten kann, ist, datenbasiert Hinweise zu geben, welche Faktoren den Unterrichtserfolg unter bestimmten Bedingungen positiv beeinflussen können. Je präziser dabei die Rahmenbedingungen erfasst und beschrieben werden, desto eher ist es möglich, die Ergebnisse auf spezielle Bedingungen zu beziehen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht gilt es, die Schülerinnen und Schüler am Unterrichtsprozess zu beteiligen. Gerade kooperative Experimentierphasen mit einem hohen Rede- und Argumentationsanteil der Schülerinnen und Schüler versprechen einen hohen Lernerfolg, während eine Kontextualisierung zusätzlich das Interesse erhöhen kann. Wie und bei welchen Rahmenbedingungen sich diese Merkmale in den Unterricht integrieren lassen, muss durch eine möglichst professionelle Lehrkraft vor den Rahmenbedingungen der Schule und der Lerngruppe eingeschätzt und entschieden werden. Eine Unterrichtsstunde, die in einer bestimmten Situation gelungen ist, ist somit keinesfalls eine universell einsetzbare Blaupause, sondern muss immer wieder verändert werden. Mit jeder Änderung der curricularen oder unterrichtlichen Rahmenbedingungen, sei es durch Inklusion, Digitalisierung oder andere Veränderungen, ist die fachdidaktische Forschung erneut gefordert, datengestützte Hinweise auf sinnvolle Vorgehensweisen zu geben.

Literatur

- Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität - Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht: Einleitung und Überblick. In K. Reusser, C. Pauli, & M. Waldis (Eds.), *Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht (S 9–32)*. Waxmann Verlag GmbH.
- Helmke, A. (2007). Theorie- und Forschungstraditionen zur Unterrichtsqualität. In A. Helmke (Hrsg.), *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern (S. 28–35)*. Seelze: Kallmeyer.
- Brophy, J. (1999). *Teaching (Educational Practices Series, Vol. 1)*. Brussels. <http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac01e.pdf>
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Kallmeyer.
- Hattie, J., & Beywl, W. (2013). *Lernen sichtbar machen: Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von Visible Learning*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Klieme, E. (2006). Empirische Unterrichtsforschung: aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 765–773.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie*. Berlin: Logos Verlag.
- Lind, G. (2013). *Meta-Analysen als Wegweiser? Zur Rezeption der Studie von Hattie in der Politik*. http://www.uni-konstanz.de/ag-moral/pdf/Lind-2013_meta-analysen-als-wegweiser.pdf
- Knogler, M., Wiesbeck, A. B., & CHU Research Group. (2017). *Wie wirkt sich innovativer MINT-Unterricht auf die Einstellung und Leistung von SchülerInnen aus?* https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-12_Savelsbergh_2016_Einstellung-und-Leistung-innovativer-Unterricht.pdf
- Knogler, M., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017a). *Wie effektiv sind alternative Unterrichtsansätze in den MINT-Fächern?* https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-6_Schroeder_2007_Alternative-Unterrichtsansatze.pdf
- Hetmanek, A., Knogler, M., & CHU Research Group. (2017). *Forschendes Lernen: Auf die Unterstützung kommt es an!* https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-5_Lazonder-Harmsen-2016_Forschendes-Lernen.pdf
- Knogler, M., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017b). *Forschendes Lernen oder lehrerzentrierte Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht: Was ist effektiver?* https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-1_Furtak-2012_Forschendes-Lernen.pdf
- Wiesbeck, A. B., Knogler, M., & CHU Research Group. (2017). *Selbstreguliertes Lernen und Lernerfolg bei SchülerInnen: Gibt es einen Zusammenhang?* https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-10_Dent-2016_Selbstreguliertes-Lernen.pdf
- Mok, S. Y., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017). *Kooperatives Lernen im Klassenzimmer – Neue Befunde belegen die Wirksamkeit kooperativer Lernformen*. https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-4_Kyndt_2013_Kooperatives-Lernen.pdf
- Schulz, A., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2010). *Chemistry-specific Characteristics of Quality*. In M. F. Tasar & G. Cakmakci (Eds.), *Contemporary Science Education Research: Teaching* (pp. 341–348). Ankara: Pegem Akademi.