

Susanne Oyrer/ Johannes Reitingner

Transparente Erkenntniswege im forschenden Physikunterricht: Transparenz im Kontext der 6 Prinzipien forschenden Lernens.

Zusammenfassung: Das beschriebene Praxisbeispiel zeigt den engen Zusammenhang von sechs handlungsleitenden Prinzipien für den forschenden Unterricht im Schulfach Physik mit dem darin verankerten Metaprinzip Transparenz. In den einzelnen Stufen des Unterrichts nach dem AuRELIA-Konzept lassen sich verschiedene Aspekte der Transparenz identifizieren. Durch die aktive, selbstbestimmte Rolle der Lernenden am Prozess des Wissens- bzw. Kompetenzerwerbs werden nicht nur die Wege der Erkenntnisgewinnung transparent, sondern auch der Erwerb fachspezifischer Kompetenzen. Ein forschender Unterrichtsansatz im Schulfach Physik nach dem handlungsweisenden Metaprinzip der Transparenz sowie den sechs handlungsleitenden Prinzipien könnte daher wesentlich dazu beitragen, die Anforderungen an den modernen Physikunterricht zu erfüllen.

Schlüsselworte: Selbstbestimmung, forschendes Lernen, Kompetenzen

Transparent knowledge discovery in inquiry learning arrangements in Physics teaching: Transparency in context with the 6 principles of inquiry learning

Abstract: In this case study in the field of teaching Physics, it is shown that there is one principle underlying the six action-guiding principles. This major principle is transparency. Different aspects of transparency were recognized in each step of the AuRELIA-Konzept performed in Physics classes. Their active and self-determined participation allows the pupils greater insight not only into the process of discovering knowledge in Physics but also into the gaining of specific competences in natural sciences. By bearing in mind the major underlying principle of transparency and the six action leading principles, an inquiry learning approach in teaching Physics may considerably contribute to modern didactics of Physics.

Keywords: self-determination, Inquiry Learning, competences

1. Forderung nach mehr Transparenz im Physikunterricht

Physik ist das am wenigsten beliebte Schulfach (Milberg & Röbbcke 2010, S. 48f), und zwar besonders bei Mädchen. Selbst die Aufforderung, eine bestimmte Vermutung durch ein geeignetes Experiment zu prüfen, stößt bei Schülerinnen und Schülern auf geringes Interesse. Hingegen werden Tätigkeiten, wie beispielsweise etwas zu fertigen, einen Versuch aufzubauen, oder ein Gerät zu konstruieren bevorzugt (Zwiorek 2010, S. 76). Die Tatsache, dass zwar das Fachinteresse an Physik gering ist, der Physik aber gleichzeitig innerhalb der Schulfächer sehr wohl eine hohe Bedeutung zugeschrieben wird (ebd.), resultiert in einem Handlungsbedarf zur Veränderung der Praxis des Physikunterrichts (Stadler 2004, S. 81).

Im Folgenden sollen weitere Bereiche aufgezeigt werden, aus denen sich der Bedarf einer Änderung der Praxis des Physikunterrichts ableiten lässt. Darüber hinaus soll gezeigt werden, inwiefern Transparenz der Didaktik des Physikunterrichts zuträglich ist.

Der Lehrplan der NMS (2012) sieht vor, dass Lernende der Sekundarstufe 1 verschiedenste Kompetenzen erlangen, wie beispielsweise im Alltag physikalische Phänomene zu erkennen, selbständig zu experimentieren und Ergebnisse zu interpretieren, sowie Lösungswege zu erkennen und anzuwenden. Diese Lernziele sind durch Unterricht, der sich an Frontalunterricht und Lehrendenexperiment orientiert, schwer zu erreichen. Sie verlangen ein Mindestmaß an eigenständiger experimenteller Übung und vor allem Transparenz hinsichtlich der Art und Weise, wie in der Physik Erkenntnisse gewonnen wurden und auch in Zukunft neue Erkenntnisse gewonnen werden können. Physikunterricht, der zum Großteil darauf basiert, „Wissen und Fakten“ als unverrückbar gegeben zu vermitteln, ohne den dahintersteckenden Erkenntnisprozess transparent zu machen, verführt verstärkt zum nachvollziehenden Auswendiglernen. Martin Wagenschein (1988, S. 182/183) drückt dies prägnant folgendermaßen aus: „...das Entlang-Gejagtwerden längs den Gleisen des Systems bildet nicht. Wir wollen Gleisleger erwecken, nicht Gleisfahrer machen“.

Neben dem gewichtigen Argument der Forderung des Lehrplans ergibt sich ein weiterer Anstoß zur Veränderung der Didaktik in Richtung Transparenz aus der Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach Deci & Ryan (2002, S. 7f). Deci und Ryan konnten experimentell belegen, dass, gemäß ihrer Theorie, mehr gefühlte Selbstbestimmung zu mehr Interesse bzw. mehr intrinsischer Motivation führt. Angewandt auf den Physikunterricht könnte eine solche Selbstbestimmung beispielsweise damit beginnen, dass Schülerinnen und Schüler mit Unterstützung einer Lehrperson zunächst selbst frei gewählte Forschungsfragen zu einem gewissen Thema formulieren und daraufhin Methoden auswählen, mit welchen sie dieser Forschungsfrage auf den Grund gehen wollen. Dies würde gleichzeitig bedeuten, dass für die Forschenden Klarheit und Transparenz hinsichtlich der Erkenntniswege in den Naturwissenschaften entstehen. Wie Transparenz in forschenden Lernarrangements weiter umgesetzt werden kann, ist Gegenstand dieses Artikels und wird in Kapitel 5 ausführlich beschrieben.

Ein Handlungsbedarf hinsichtlich der Praxis des Physikunterrichts folgt außerdem aus den Erkenntnissen der Neurobiologie (vgl. Roth 2009, S.88, Reitinger 2013, S. 48f), die zeigen, dass das Gehirn des Lernenden die sogenannte „Wirklichkeit“ des Lehrenden nicht 1:1 übernimmt, sondern einen Bedeutungskontext herstellt. Das Gehirn des lernenden Individuums ordnet neue Informationen in das vorhandene Vorwissen ein. Je eher das Individuum neue Informationen in verschiedensten Hirnregionen abspeichern kann, und je eher, beispielsweise Fachwissen aus der Physik, in einen größeren Bedeutungszusammenhang eingebettet werden kann, umso eher werden verschiedene Hirnregionen beim Lernvorgang vernetzt (vgl. Klein & Öttinger 2007, S. 51 ff). Ein höherer Grad an Vernetzung wiederum führt dazu, dass Informationen besser gemerkt und später besser abgerufen werden können (ebd. S. 53). Eine moderne Didaktik im Physikunterricht sollte aus Sicht der Autorin und des Autors auf diese Erkenntnisse der Hirnforschung aufbauen, und entsprechende Unterrichtsmethoden einsetzen. Beispielsweise haben Lernende in selbstbestimmten Lernsettings im Physikunterricht durch die selbstbestimmte Formulierung von Forschungsfragen die Gelegenheit, selbst neue Aufgabenstellungen zu entwickeln, die an ihr Vorwissen anknüpfen. Lernende können kontextbezogene Forschungsfragen formulieren, die ihrer eigenen Lebenswelt entstammen. Für die Lernenden wird transparent, warum sie wie zu welchem Ergebnis kommen.

Für den Unterricht ist außerdem von großer Relevanz, dass „Erfolg und Nachhaltigkeit von Lernen wesentlich abhängig von der emotionalen Tönung des Lernprozesses“ sind (Klein & Öttinger, 2007, S. 50), dass also Lernen, das durch Emotionen begleitet wird, besser abrufbar bleibt. Klein und Öttinger (2007, S. 57) unterscheiden außerdem zwischen deklarativem Wissen und prozeduralem Wissen und gehen davon aus, dass deklaratives Wissen über Dinge und Zusammenhänge weniger nachhaltig abrufbar ist, als prozedurales Wissen. Aus den o.g. Aussagen kann man für den modernen Physikunterricht ableiten, dass er von positiven Emotionen begleitet sein sollte und dass er Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit bieten sollte, in einen Lernprozess zu treten, der es erlaubt, neben deklarativem auch prozedurales Wissen zu generieren.

Angesichts dieser Argumentation könnte der forschende Unterricht im Sinne einer förderlichen Transparenz einen wertvollen Dienst einbringen, da er aus Sicht der Autorin und des Autors in einem geeigneten Setting, wie beispielsweise AuRELIA es gewährleistet, die oben beschriebenen Anforderungen an eine moderne Didaktik zu erfüllen scheint. Durch die aktive Rolle der Lernenden, ihre Teilnahme von der Interessensentwicklung, über den Prozess des Wissens- bzw. Kompetenzerwerbs, bis hin zum Transfer nach außen, werden nicht nur die Wege der Erkenntnisgewinnung transparent, sondern auch der Erwerb fachspezifischer Kompetenzen. Im folgenden Kapitel soll dieser These genauer nachgegangen werden.

2. Transparenter Unterricht im Kontext der Umsetzung des AuRELIA-Konzeptes

Wie soeben angemerkt, hat aus Sicht der Autorin und des Autors das forschende Lernen im Unterricht Potential, Transparenz in diesbezüglich notwendigen Momenten innerhalb des Physikunterrichts zu schaffen. Inwieweit hierzu eine Orientierung an Prinzipien eines forschenden Unterrichts unterstützend wirksam wird und auf welche Weise so Transparenz im Rahmen der Praxis des Physikunterrichts zur Entfaltung kommen kann, soll im Folgenden anhand des AuRELIA-Konzeptes dargestellt werden.

AuRELIA („*Authentic Reflective Exploratory Learning and Interaction Arrangement*“; Reitinger 2012) ist ein von den Handlungsstufen des Lernens nach Dewey (1933) und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess nach Demuth, Gräsel, Parchmann und Ralle (2008) abgeleitetes Konzept für forschendes Lernen. Innerhalb der praktischen Umsetzung werden Anliegenorientierung (Seyfried, 2002), Authentizität, Reflexion und lernseitige Orientierung sowie die Verwirklichung der Kriterien forschenden Lernens (Entdeckungsinteresse, Methodenaffirmation, erfahrungsbasiertes Hypothesieren, authentisches Explorieren, kritischer Diskurs, conclusiobasierter Transfer; vgl. Reitinger 2015) bestmöglich unterstützt. Das Konzept beschreibt forschende Lernarrangements mittels einer siebenstufigen Prozessstruktur (Emergenz, Vermutung, Konzeption, Untersuchung, Entdeckung, Kritische Phase, Transfer; siehe Kap. 5).

2.1 Prinzipien eines forschenden Unterrichts

Unterrichtsprinzipien sind Konstrukte der Orientierung, von deren Berücksichtigung man sich im Rahmen der Unterrichtsorganisation eine für den Prozess förderliche Wirkung erwartet. Unterrichtsprinzipien orientieren sich dabei an der Praxis pädagogischen Handelns und fungieren als theoriebasierte, handlungsleitende Parameter für die Prozesse der Vorbereitung, Durchführung und Reflexion von Unterricht (vgl. Reitinger 2013, S. 60).

Reitinger (2013) leitet in einer theoretischen Auseinandersetzung mit selbstbestimmungsorientiertem forschenden Lernen insgesamt sechs Thesen ab und assoziiert diese jeweils mit einem Prinzip selbstbestimmten Unterrichts (ebd., S. 198):

- „Beziehungsarbeit mit dem Ziel der Vertrauensschaffung macht forschende Lernarrangements überhaupt erst konstruktiv möglich.“
→ *Prinzip des Vertrauens.*
- „Autonomie schafft notwendige intrinsische Motivation. Identifikation mit der Handlung spielt dabei eine zentrale Rolle.“
→ *Prinzip der Selbstbestimmung.*
- „Anschaulichkeit fungiert als Verstehenshilfe und ist im forschenden Lernen, wie auch in anderen Lernkonzeptionen, von großer Bedeutung.“
→ *Prinzip der Veranschaulichung.*
- „Durch persönliches Dabeisein und individuelle Orientierungshilfen ermöglicht die Lehrperson ein authentisches und zugleich sicheres Explorieren. Diese Sicherheit begünstigt die notwendige permanente Evolution des explorativen Prozesses.“
→ *Prinzip der Sicherheit.*
- „Struktur ist auch in offenen Lernsettings von zentraler Bedeutung und steht auch nicht im Widerspruch zur Autonomie.“
→ *Prinzip der Strukturierung.*
- „Im forschenden Lernen wird unter Berücksichtigung unterschiedlicher Motivationen, Interessen und Leistungskapazitäten die Lernumgebung vorbereitet und gemeinsam gestaltet. Personalisierung erfolgt durch Selbstgestaltung und im Dialog und führt zu einzigartigen Ergebnissen.“
→ *Prinzip der Personalisierung.*

Diese handlungsleitenden Prinzipien didaktisieren den Begriff des forschenden Lernens einen Schritt weit und tragen ihn damit näher an die Unterrichtspraxis heran. Dennoch handelt es sich dabei um keine konkretisierten Handlungsanweisungen. Der Transfer der Prinzipien in das pädagogische Handeln unternimmt die unterrichtende Person unter Berücksichtigung externer Parameter (Lernumgebung, Lernvoraussetzungen, kontextbezogene Möglichkeiten und Bedingungen, ...) sowie immanenter Variablen, wie persönliche Kompetenzen, Haltungen und Zielsetzungen.

2.2 Transparenz als in den Prinzipien forschenden Unterrichts verankertes Metaprinzip

Ob Transparenz in den vorgestellten sechs Prinzipien forschenden Unterrichts eine Verankerung finden kann und inwiefern damit Transparenz ein Prinzip – oder folglich Metaprinzip – forschenden Unterrichts darstellt, soll im folgenden Kapitel hinterfragt werden.

Prinzip des Vertrauens. Einerseits kann durch Vertrauen eine Basis geschaffen werden, die sowohl Lehrpersonen aber auch Lernenden Mut macht, unterrichtsrelevante Aspekte offenzulegen. Andererseits kann aber auch Transparenz der Nährboden für Vertrauensaufbau sein, weil damit die Gefühle der Eingebundenheit und Wertschätzung vermittelt werden (vgl. Seyfried 2010). Dieser wechselwirkende Zusammenhang veranschaulicht die Korrespondenz der beiden Konstrukte und stellt beide als wesentliche Orientierungsmarken im Kontext von Lehr-Lern-Settings dar.

Prinzip der Selbstbestimmung. Fehlende Transparenz kann zu Abhängigkeit führen und schränkt folglich den Raum an Selbstbestimmungsmöglichkeiten der Betroffenen ein. Wer Selbstbestimmung fördern möchte, wird daher auch dafür sorgen, dass für die Lernenden in Bezug auf die hierfür notwendigen Parameter Einblick, Nachvollziehbarkeit und Einschätzbarkeit gegeben ist.

Prinzip der Veranschaulichung. Die Lehrperson, die sich der Anschaulichkeit der Lerninhalte verpflichtet fühlt, wird auch auf Transparenz auf der Ebene der Inhalte, der Ziele, der Methoden und der Medien Wert legen. Je transparenter diese Dimensionen aus der Perspektive der Lernenden vorliegen, umso deutlicher wird sich auch die Lernerfahrung insgesamt als fass- und verstehbar herausstellen (Veranschaulichung als Motivations-, Erkenntnis-, Verstehens- und Behaltenshilfe; vgl. Glöckel 1996, 287ff).

Prinzip der Sicherheit. Um sicher durch einen Lernprozess zu gelangen, ist einerseits Transparenz hinsichtlich der Ziele, Inhalte und Methoden notwendig, andererseits müssen diese unterrichtsbezogenen Elemente aber auch den individuellen Leistungsständen und Motivationen der Lernenden angepasst sein. Für Lehrende sollte es daher im Sinne der Schaffung von Sicherheit auch ein Ziel sein, hinsichtlich dieser hier angedeuteten Beziehung zwischen dem Lernenden und dem Lernkontext Transparenz zu schaffen, um gegebenenfalls notwendige Anpassungen durchführen zu können.

Prinzip der Strukturierung. Strukturierung in forschenden Lernsettings kann als Balanceakt zwischen Instruktion, Konstruktion und Reflexion mit dem Ziel der Unterstützung von Transparenz und Erfolgserleben verstanden werden. Anders ausgedrückt: Struktur – in Form prozessualer Stufung, der Orientierung an Anliegen, gemeinsamer Reflexionen oder einer vorbereiteten Lernumgebung – hilft, erfolgsbestimmende Variablen (notwendige Einzelschritte, persönliche Interessen, fehlende Informationen, Bedarf an Materialien bzw. Medien, ...) an die Oberfläche des Geschehens zu transportieren und erzeugt so Klarheit hinsichtlich des zu beschreitenden Lernprozesses.

Prinzip der Personalisierung. Hochkomplexe Prozesse der Personalisierung benötigen ein transparentes Lernumfeld und führen zu der Notwendigkeit eines authentischen und differenzierten Austausches von Informationen, damit das forschende Lernsetting für alle Beteiligten bewältigbar bleibt.

Transparenz scheint angesichts der hier angeführten Überlegungen ein den sechs Prinzipien forschenden Lernens übergeordnetes, gemeinsames Metaprinzip zu sein. Werden im Kontext der Organisation (Vorbereitung, Durchführung und Reflexion) von Unterricht die Kriterien forschenden Lernens als handlungsleitende Orientierungen herangezogen, so mag es folglich auch Sinn machen, hierbei das Metaprinzip der Transparenz einzubinden.

3. Leitfragen zur Schaffung von Transparenz im forschenden Physikunterricht

In Anbetracht des konstatierten Potentials einer Orientierung an Prinzipien forschenden Unterrichts im Sinne einer Schaffung von bzw. Korrespondenz mit Transparenz könnten die im Folgenden aufgelisteten Leitfragen eine konkretisierte Hilfestellung für das Treffen von Entscheidungen seitens Lehrender, die transparenten forschenden Unterricht organisieren möchten, darstellen. Eine Systematisierung dieser Leitfragen erfolgt hierzu entsprechend der von Moegling und Schude (2015) im Rahmen der vorliegenden Ausgabe der Onlinezeitschrift „Schulpädagogik heute“ vorgestellten fünf sich auf den Entscheidungsprozess beziehenden Kategorien nach Klafki (1996, 92f):

a) *Transparenz hinsichtlich der Ziele des Lehrens und Lernens:*

- Wie kann der Unterricht didaktisch aufgebaut werden, um physikalisches Wissen nicht als Faktum per se, sondern als modellhaftes Erkenntnisprodukt vorzustellen, das in der Umwelt erprobt und bislang nicht widerlegt wurde?
- Ist aus dem Unterricht ersichtlich, wie man in den Naturwissenschaften eine eigene, überschaubare und angemessene Forschungsfrage formuliert?
- Geht aus dem Unterricht hervor, wie es in der Geschichte der Physik zu Forschungsfragen, wie zum heutigen Wissensstand kam?
- Erkennt man im Unterricht neben den Ergebnissen der Forschung, auch die Personen oder den Prozess, die dahinterstehen?

b) *Transparenz hinsichtlich der Auswahl von Inhalten und Themen:*

- Wie kann im Unterricht gezeigt werden, wie einfache physikalische Phänomene durch Formeln modellhaft dargestellt werden können?
- Ermöglichen bestimmte Unterrichtsphasen es den Lernenden, eigenen aktuellen Fragen nachzugehen?
- Gibt es in bestimmten Unterrichtsphasen Gelegenheit, auf Fragen der Schüler und Schülerinnen einzugehen?

c) *Transparenz hinsichtlich der Methoden und Organisationsformen:*

- Erkennen Schüler und Schülerinnen im Unterricht, wie die Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften verläuft? Lernen sie konkrete wissenschaftliche Forschungsmethoden kennen?
- Bietet der Unterricht die Möglichkeit die Lernenden durch Gespräche und Handlungen aktiv werden zu lassen?
- Lernen die Schülerinnen und Schüler, wie man mit Unterstützung des oder der Lehrenden eigene Strategien entwickeln kann, um durch geeignete Methoden Antworten auf die eigenen Fragen zu finden?
- Werden die Schülerinnen und Schüler im Unterricht dazu befähigt zu ihren Forschungsfragen geeignete Experimente selbst zu entwickeln, um Ergebnisse zu bekommen? Lernen sie, Beobachtungen zu interpretieren?

d) *Transparenz hinsichtlich der Medien, die auf Lernvoraussetzungen und Lernmöglichkeiten abgestimmt sind:*

- Wie können Medien so eingesetzt werden, dass sie zugleich der Lösung personalisierter Forschungsinteressen sowie der Weiterentwicklung von Medienkompetenz dienen?
- Wie können Lernende hinsichtlich der Auswahl und Anwendung von Medien anliegenorientiert (Seyfried 2002, S. 19ff) und zielführend unterstützt werden?

e) *Transparenz hinsichtlich der Kontrolle und Beurteilung:*

- Nach welchen Kriterien werden Schülerinnen und Schüler benotet und kennen diese die Kriterien? Zählt vor allem das Fachwissen, die Kompetenzen beim Experimentieren, die Genauigkeit, mit der Beobachtungen aufgeschrieben werden, etc.?

- Wie wichtig ist es, für die Einschätzung der Leistung der Lernenden selbst im überschaubaren Rahmen physikalische Erkenntnisse zu gewinnen?
- Was kann die Lehrperson tun, um den Lernenden ausreichend Möglichkeiten zur Prüfung der Gangbarkeit gewählter Lösungswege sowie gefundener Ergebnisse (Viabilitätschecks; vgl. Patry 2001, S. 74) zu bieten?

4. Projektdesign

Das AuRELIA Konzept wurde parallel in 2 Schulklassen (7. Schulstufe) des Gymnasiums Werndlpark in Steyr (Oberösterreich) im Rahmen des Schulunterrichts umgesetzt. Details werden in Tabelle 1 beschrieben. Jede Klasse hatte 2 Einheiten Physik pro Woche. Der Stundenplan wurde nicht verändert, daher standen für den AuRELIA – Unterricht jeweils 2 getrennte Unterrichtseinheiten pro Woche zur Verfügung. Unterrichtet wurde durch die Klassenlehrerin Oyrer (siehe Autorinnenbeschreibung), die den Schülerinnen und Schülern im Zuge des Projektes als Coachin zur Verfügung stand. Wissenschaftlich bearbeitet und begleitet wurde das Projekt durch das Institut für Forschung und Entwicklung der Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz (Oberösterreich) durch Reitingner (siehe Autorenbeschreibung) und Oyrer.

Tab. 1: Die AuRELIA Treatmentklassen im Gymnasium Werndlpark (Steyr/Oberösterreich)

Standort	Schulklasse	Gender	Schulstufe
BG Werndlpark Steyr	3D	Mädchen: 14	7
		Buben: 10	
	3E	Mädchen: 25	7
		Buben: 0	

Um der Leserin bzw. dem Leser einen Einblick in die Vorgehensweise im Projektverlauf zu geben und den Zusammenhang zwischen dem Projektverlauf, den 6 Prinzipien und der Transparenz im forschend Unterricht nach AuRELIA aufzuzeigen, wird im folgenden Kapitel der Verlauf des AuRELIA Projektes beschrieben.

5. Performanz des Treatments

Im Zuge des Regelunterrichts zum Thema Elektrizität in Physik wurde von den Schülerinnen und Schülern immer wieder die Frage nach Schülerversuchen laut, um den Schulstoff der vergangenen Wochen durch Experimente selbst zu probieren, bzw. Fragen, die sich aus dem Unterricht ergaben, selbst experimentell zu bearbeiten.

Es wurde eine Zeitspanne im 2. Semester des Schuljahres gesucht, in welcher mehrere Wochen hintereinander ohne allzu viele Unterbrechungen am Projekt gearbeitet werden konnte. Dadurch sollte die Kontinuität der Arbeit am Projekt gewährleistet werden, zumal da das Experimentieren in kurzen 50-Minuteneinheiten durch den Zeitaufwand des Vorbereitens und Wegräumens sowieso in einem sehr engen Zeitrahmen verlaufen musste.

Das Projekt dauerte insgesamt 10 Einheiten á 50 Minuten in der 3D, 12 Einheiten á 50 Minuten in der 4E und erstreckte sich über 5 bzw. 6 Wochen.

Es bildeten sich Kleingruppen, die an folgenden konkreten Fragestellungen arbeiten wollten:

1. Wie funktioniert eine Ampelschaltung? Können wir selbst eine Ampel bauen?
2. Wie funktioniert eine Taschenlampe und wie können wir selbst eine bauen?
3. Können wir selbst ein Boot bauen, das durch einen Spielzeug-Elektromotor angetrieben wird?
4. Wie baut man ein Morsegerät?
5. Kann man (können wir) mit Magneten sozusagen ein Perpetuum mobile bauen?
6. Kann man Seifenblasen elektrisch machen, und wie kann man das experimentell prüfen?
7. Welche Auswirkung hat ein elektrisches Feld auf einen Wasserstrahl?
8. Wie können wir selbst ein Glätteisen bauen? Wie können wir die Hitze erzeugen?
9. Wie lenkt Strom das Magnetfeld ab? Können wir das experimentell zeigen?
10. Wie funktioniert der Stromkreis in einem Teddybären, dessen Augen leuchten können? Können wir so einen Teddy bauen?
11. Wie kann man mit einfachen Alltagsgegenständen Funken springen lassen?
12. Wo fließt der Strom hin, wenn er im Gerät war? Wie kann man sich das vorstellen? (Expertenbefragung und Recherche per Internet).

Der Verlauf des Projektes wird am Beispiel der Klasse 3D in Tabelle 2 dargestellt:

Tab. 2: Verlauf des AuRELIA-Projektes am BG Werndlpark, Klasse 3D

Phase	Beschreibung des Verlaufs mit Bezug auf die entstehende Transparenz für die Sn (Schülerinnen und Schüler)	Sequenzen und Arbeitseinheiten, bei denen die Prinzipien von AuRELIA zum Tragen kommen
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Phase 1: Emergenz: Entstehung eines persönlich bedeutsamen Interesses; Konsensbildung bezüglich des forschenden Prozesses</p>	<p>Das Entdeckungsinteresse der Schülerinnen und Schüler entwickelte sich aus dem Unterricht zum Thema Elektrizität, in dem einige Lehrerversuche gezeigt, aber keine Schülerversuche durchgeführt wurden. Zum Zeitpunkt als die Sn mehrfach ihr Interesse äußerten, eröffnete die Coachin der Klasse die Möglichkeit an selbstgewählten Fragen zum Thema Elektrizität weitgehend selbstbestimmt zu arbeiten. Nach dem Methodenkonsens (Transparenz hinsichtlich der Arbeitsmethode(n) zwischen Coachin und Sn) und einer Einigung auf die Vorgehensweise (Transparenz</p>	<p>Einheit 1 á 50 min</p>
		<p>Nachdem großes Interesse von der Klasse bekundet wird, selbstbestimmt in Kleingruppen an selbstgewählten Fragestellungen zu arbeiten, erläutert die Coachin in einem Gespräch, wie solch eine Selbstbestimmung umsetzbar wäre. Sie betont, dass sie das Vertrauen in die Sn habe, ein solches Projekt erfolgreich durchzuführen (didaktische Transparenz). Sie betont den Reiz dieser Art von Arbeit, wenn auch andererseits in jeder Einheit das Engagement der Sn für ihr Projekt notwendig sein werde.</p>
		<p>Die ausführliche Einsicht (Transparenz hinsichtlich Vorgehensweise) in die Art und Weise des bevorstehenden Projektes gibt den Sn Sicherheit, worauf sie sich einlassen.</p>
<p>Durch eine ppt Präsentation von vergangenen AuRELIA-Projekten veranschaulicht die Coachin das</p>		

	hinsichtlich des Projektverlaufs) herrscht eine gewisse Aufbruchsstimmung.	Projekt und gibt den Sn weitere Beispiele (Transparenz hinsichtlich eines möglichen Projektverlaufs) in vergangene Wege der Bearbeitung von Fragestellungen.
Phase 2: <i>Vermutung: Transformation der allgemeinen Fragestellungen in reflektierte Arbeitshypothesen</i>	In dieser weitgehend selbstbestimmten Phase kommen die Sn von ihren ersten Forschungsideen auf konkrete Forschungsfragen, bis hin zu einer selbst formulierten Vermutung bzw. Hypothese. Durch die Konkretisierung der Forschungsfragen bilden sich 6 Gruppen. Durch die Hypothesenformulierung bekommen die Sn bekommen Einsicht in eine Vorgehensweise, wie sie auch in der Naturwissenschaft verwendet wird. (Transparenz hinsichtlich der Entwicklung von Fragen und Hypothesen)	Einheit 2 á 50 min Die Sn schreiben ihre Forschungsinteressen auf ein vorbereitetes Arbeitsblatt. Dadurch, aber auch durch persönliche Gespräche mit befreundeten Mitschülerinnen und -schülern, bilden sich Gruppen, die während des Projektes großteils beibehalten werden.
		Die Sn schreiben ihre Namen auf ein gemeinsames Arbeitsblatt, sodass sie sich zu dieser Gruppe noch stärker zugehörig fühlen. Die Struktur wird gefestigt. Die Schüler und Schülerinnen können sich je nach Interesse (Differenzierung nach Interesse) selbstbestimmt zuordnen.
		In dieser Gruppe beginnen sie zu recherchieren – mittels Büchern und Internet. Aufgrund der neuen Erkenntnisse werden die Forschungsinteressen zu Forschungsfragen formuliert. (Transparenz hinsichtlich der Genese von wissenschaftlichen Fragestellungen).
Phase 3: <i>Konzeption: Betreutes Ausarbeiten von Untersuchungsstrategien</i>	Die Gruppen arbeiten zum Teil sehr selbstständig, zum Teil mit Fragen an die Coachin vorwiegend experimental-orientierte Konzeptionen aus. (Transparenz hinsichtlich der Entwicklung von Experimenten). Manche Gruppen überarbeiten ihre Fragestellungen aufgrund der neuen Erkenntnisse. Beispielsweise erkennt eine Gruppe, dass sie der Aufgabe nicht gewachsen sind, selbst durch Strom ein Geräusch zu erzeugen, und sie entscheiden sich, statt des Geräusches Lichtsignale auszulösen.	Einheit 3,4 à je 50 min Alle Gruppen beginnen mit Konzentration und Engagement zu arbeiten. Es fällt auf, dass jene Gruppen sehr komplexen Fragestellungen oft Hilfestellungen brauchen, um eine geeignete Konzeption zu erarbeiten.
		2 Gruppen müssen ihre ursprünglichen Fragestellungen aus Phase 2 nochmals überarbeiten. Für die Sn wird transparent, dass das komplexe Wissen der Physik erst in zahlreicher Kleinarbeit generiert wurde. In dieser Phase ist darüber hinaus das Prinzip Vertrauen wichtig: das den Lernenden vermittelte Vertrauen der Lehrkraft, dass sie ihnen auch komplexere Unternehmungen (wenn gewünscht mit Hilfestellungen) zutraut, und Vertrauen der Lernenden, dass sie auch auf einfachere, für sie überschaubarere Fragestellungen zurück kommen können, wenn sie dokumentieren, warum sie die ursprüngliche Fragestellung verändern mussten. Dieses Vertrauen bestätigt den Lernenden, dass sie selbst bestimmen können und sollen, was für sie eine angemessene, umsetzbare Forschungsaufgabe ist. Sie bekommen dadurch auch Einblick (Transparenz), wie das Wissen erst bausteinartig durch die Forschenden zusammengetragen wurde. Andererseits benötigt es aber auch viel vorgegebene Struktur, um klar zu machen, dass diese Phasen notwendig sind, um zu angemessenen, bearbeitbaren

		Fragestellungen und Konzeptionen und schließlich Ergebnissen zu kommen.
<p>Phase 4:</p> <p><i>Untersuchung: Exploration der einzelnen Forschungsfragen; Sammeln von Beobachtungen und Ergebnissen</i></p>	<p>Die Gruppen arbeiten nun an der Umsetzung ihrer Konzeption. In der konzentrierten Arbeit müssen die Schülerinnen und Schüler ihre Handlungen immer wieder neu überdenken, neu ausrichten und überprüfen. (Transparenz hinsichtlich der Erkenntnisgewinnung durch Experimente)</p>	<p>Einheiten 5,6 á je 50 min</p> <p>1 Gruppe stellt Internetrecherchen zum Fließen des Stromes an und befragt via Email Experten. Die anderen Gruppen arbeiten vorwiegend experimentell an dem Morsegerät, am Kompass und der Ablenkung der Nadel durch Strom, an der elektrischen Seifenblase sowie der dazu nötigen Zusammensetzung der Lauge, am magnetischen Perpetuum mobile. Bei manchen Gruppen entstehen während der Umsetzung ihrer Vorhaben Unsicherheiten. Die Coachin gibt auf Anfrage der Schülerinnen und Schüler Hilfestellungen. Dadurch entsteht Sicherheit, wie weiter gemacht werden kann.</p>
<p>Phase 5:</p> <p><i>Entdeckung: Beobachtungen und Ergebnisse werden ausgewertet und interpretiert; Präsentation der Ergebnisse durch die einzelnen Gruppen</i></p>	<p>Die gesammelten Erkenntnisse aus den Recherchen, Experimenten und „technischen Geräten“ werden ausgewertet und auf dem Arbeitsblatt der Gruppe dokumentiert. Die Kleingruppen präsentieren ihre Ergebnisse.</p> <p>Hier entsteht durch die Auswahl der präsentierbaren, wesentlichen Daten Transparenz, wie aus Beobachtungen und Forschungsprozessen letztlich Antworten auf die Fragen gefunden wurden.</p>	<p>Einheiten 7,8 á je 50 min</p> <p>In dieser Phase sind von der Coachin deutlich weniger Hilfestellungen nötig. Da sehr stark experimentell und technisch werkend gearbeitet wurde, zeigen die Sn große Motivation ihre funktionstüchtigen Werke zu präsentieren und vorzuführen. Durch die bevorstehende Präsentation haben sie auch die nötige Motivation ihre Beobachtungen zu sammeln und auszuwerten.</p>
<p>Phase 6:</p> <p><i>Kritische Phase: Reflexion des Prozesses und der Ergebnisse sowie der eigenen Rolle im Prozess</i></p>	<p>Anhand von Analyseskalen zur Selbsteinschätzung werden die Ergebnisse, der Prozess und der persönliche Bedeutungskontext im Diskurs zwischen Coachin und Schülern und Schülerinnen diskutiert und reflektiert. Diese Reflexion macht viele der abgelaufenen Prozesse erst für die Lernenden transparent.</p>	<p>Einheiten 9 á je 50 min</p> <p>Transparenz wird ermöglicht durch den Rückblick auf die Ergebnisse, den Prozess, der zu diesen Ergebnissen führte und schließlich auf die eigenen Handlungen in diesem Prozess.</p> <p>Verwendung von Selbsteinschätzungsskalen zur Visualisierung der Schüleraussagen, aber auch zur Anonymisierung, da negative Meinungen manchmal nicht gerne öffentlich geäußert werden.</p>

Phase 7: Transfer: Sichtbarmachen/ Anwenden der Ergebnisse	Multimediashow	Einheiten 9 á je 50 min Es werden Bilder gezeigt, die während des Projektes gemacht wurden. Die Sn schauen so nochmals auf das Projekt zurück. Quasi aus der Vogelperspektive sehen sie auch die anderen Gruppen bei der Arbeit und erhalten nochmals einen Überblick über das Gesamtprojekt.
--	----------------	--

6. Exemplarische Beschreibungen der Ergebnisse der personalisierten forschenden Lernprozesse

Alle Gruppen konnten ihre Forschungsfragen mehr oder weniger ausführlich beantworten. Die Ergebnisse der Gruppen wurden der Klasse in der Phase „Entdecken“ vorgestellt. Beispielhaft werden hier einige Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst:

1. Eine Gruppe von 3 Lernenden baute mittels Batterien, Alufolie, einer Klopapierrolle, einer alten Plastikgetränkeflasche, einer kleinen Lampe, einem isoliertem Kabel und einem Schalter eine Taschenlampe.
2. Aus Styropor wurde ein „Leichtboot“ konstruiert und gebaut, welches mit dem eingebauten Motor schwimmfähig und fahrtüchtig war.
3. Aus Holzklötzen, Kabel und Lampen wurden Stromkreise so geschaltet, dass man durch Betätigung eines Schalters in gewissen Zeitabständen eine Lampe an einem anderen Ort als Nachrichtenübermittler aufleuchten ließ (statt einem Morseklopzeichen).
4. Es wurde eine Seifenlauge angemischt und versucht, Seifenblasen mit einem Draht und einer Batterie elektrisch zu machen. In der Praxis konnte die Abstoßung von anderen elektrostatisch aufgeladenen Unterlagen kurzfristig – aber nicht beliebig wiederholbar – gezeigt werden.
5. Eine Gruppe von 4 Schülerinnen recherchierte, wie ein Glätteisen funktioniert. Die Hitze im selbstgebastelten Glätteisen wurde letztendlich statt mit einem eingebauten Widerstand mit Hilfe eines Kurzschlusses erzeugt.
6. Es wurde ein Kompass aus Wasserschale, Kork und Nadel gebastelt und die Nadel anschließend durch Annäherung eines stromdurchflossenen Leiters abgelenkt.
7. Aus Kabeln wurde die Form eines Teddies nachgebaut, dessen Augen dann schließlich aus 2 Lämpchen bestanden, die beim Betätigen des Schalters aufleuchteten.
8. Wie kann man mit einfachen Alltagsgegenständen Funken springen lassen? Diese Gruppe baute einen einfachen Kondensator, den sie durch Reibung aufzuladen versuchte. Es traten insofern Probleme auf, als Funken zwar gelegentlich, aber nicht beliebig wiederholbar erzeugt werden konnten.
9. Wo fließt der Strom hin, nachdem er im Gerät war? Wie wird dies in der Physik erklärt, und wie kann man es in einfachen Worten erklären? Wie soll oder kann man sich das vorstellen? Es wurde sowohl ein Experte befragt, als auch im Internet recherchiert. Schließlich fanden zwei Schülerinnen und ein Schüler verschiedene Kurzfilme, die den Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Widerstand sehr verständlich darstellten. Sie präsentierten die Filme der Klasse.
10. Eine Gruppe versuchte ein mit Magneten besetztes Holzrad über einen längeren Zeitraum (z.B. einige Minuten) in Drehung zu halten. Sie wollte dies erreichen, indem dieses Rad zunächst mit einen händischen Drehimpuls in Gang gesetzt werden sollte.

Dann sollten sich Magneten, die auf dem Rad befestigt waren, von einem äußeren ebenfalls mit Magneten versehenen Kreis abstoßen und so in Bewegung bleiben – eine Konstruktion, die quasi ein magnetisches „Perpetuum mobile“ darstellen sollte. In der Praxis stellte sich jedoch heraus, dass allein die Befestigung der Magnete wegen der starken Anziehungskräfte sehr schwierig war und das theoretische Konstrukt so nicht in der Praxis verwirklicht werden konnte. Die Gruppe fand aber heraus, dass ein ähnliches Prinzip in Elektromotoren zum Tragen kommt.



Abb. 1: Bau einer Taschenlampe aus Alltagsgegenständen



Abb. 2: Teddybär aus Draht mit leuchtenden Augen



Abb. 3: Versuch, elektrostatisch aufgeladene Seifenblasen herzustellen



Abb. 4: Erzeugung von Bewegung durch abstoßende Magnete



Abb. 5: Morsegerät mittels Lichtzeichen

7. Evaluierungsskalen zur Selbsteinschätzung

Die Schülerinnen und Schüler wurden aufgefordert, auf A3-Blättern mit gewissen Statements zum Projekt und mit Selbsteinschätzungsskalen von 0-10 rote Punkte zu kleben, je nach dem ob sie zu 100% zustimmten (10 Punkte) oder gar nicht zustimmten (0 Punkte).

Die Selbsteinschätzung sollte vor allem als Basis für eine Reflexion des Projektes dienen. Konkret sollten die Ergebnisse, der Prozess und der persönliche Bedeutungskontext zunächst für sich selbst und dann im Diskurs diskutiert und reflektiert werden. Diese Reflexion sollten die abgelaufenen Prozesse für die Lernenden transparent machen; andererseits können sie auch zur Reflexion des Projektes durch die Durchführenden dienen.

Die Statements lauteten:

Das Ergebnis meiner Arbeit ist richtig.
Ich bin stolz auf das Ergebnis meiner Arbeit.
Das Ergebnis meiner Arbeit ist überprüfbar.

Meine Mitarbeit war wichtig.
Ich bin mutiger geworden beim Forschen.
Ich habe gelernt, mit Misserfolgen umzugehen und neu zu beginnen.

Ich habe etwas herausgefunden, das nicht im Physikbuch steht.
Ich kann selbst recherchieren und Informationen finden.
Ich kann mir einen Plan machen, wie ich etwas erreichen kann.

Bezogen auf die Ergebnisse ihrer Arbeit klebten alle Schülerinnen und Schüler ihre Punkte in die Bereiche zwischen 8-10 Skala. Lediglich eine Person bewertete die Richtigkeit ihrer Ergebnisse mit 7 von 10. Die Lernenden hielten ihre Ergebnisse also für richtig und überprüfbar und sie waren stolz darauf.

100% der Schülerinnen und Schüler gaben auf der Skala bei 9 und 10 an, dass sie selbst recherchieren und Informationen beschaffen können. 46% kreuzten auf der Skala bei 10 an, dass sie sich einen Plan machen können, um etwas zu erreichen, 28% lagen auf der Skala bei 8 und 16% bei 5.

90% aller Schülerinnen und Schüler gaben an gelernt zu haben, mit Misserfolgen umzugehen und neu zu beginnen (Skala 8-10).

89% gaben an, dass ihre Mitarbeit beim Forschen wichtig war (Skala 8-10), 77% liegen im Bereich 6-10 hinsichtlich der Aussage, sie wären beim Forschen mutiger geworden. Beim Statement, man habe etwas herausgefunden, was nicht im Physikbuch steht, kreuzten 42% auf der Skala bei 10 und weitere 33% zwischen 6-9 an; 12% lagen bei 5 und 10% bei 0.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Lernenden rückblickend mit ihren Ergebnissen sehr zufrieden waren, dass sie sich gut darin einschätzten, selbstständig zu recherchieren. Über 70% denken, dass sie sich einen Plan machen können, um etwas zu erreichen, 90% haben gelernt, mit Misserfolgen umzugehen und neu zu beginnen, sie denken, dass ihre Mitarbeit wichtig war, und 77% sagen von sich, dass sie beim Forschen mutiger geworden wären.

8. Conclusio

Anhand des vorliegenden Beispiels aus der Praxis des Physikunterrichts konnte gezeigt werden, dass Transparenz zur Entfaltung kommen kann, wenn im Rahmen des forschenden Unterrichts die sechs handlungsleitenden Prinzipien – Sicherheit, Vertrauen, Selbstbestimmung, Veranschaulichung, Strukturierung und Personalisierung – als Orientierungshilfen im Rahmen der Organisation des Unterrichts herangezogen werden.

Bei genauerer Analyse des Unterrichts nach dem AuRELIA-Konzept zeigt sich, dass Transparenz ein übergeordnetes, gemeinsames Metaprinzip ist: Werden im Zuge der Organisation des Unterrichts (Vorbereitung, Durchführung und Reflexion) die Kriterien forschenden Lernens als handlungsleitende Orientierungen herangezogen, so resultiert daraus gleichzeitig ein Lernarrangement, das für die Lernenden mehr Transparenz hinsichtlich wesentlicher Charakteristika der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ermöglicht.

Will man also transparenten forschenden Unterricht organisieren, so kann mit dem Unterricht nach dem AuRELIA-Prinzip Transparenz hinsichtlich aller sich auf den Entscheidungsprozess beziehenden Kategorien nach Klafki (1996, 92f) gefördert werden.

In den einzelnen Stufen des Unterrichts nach dem AuRELIA-Konzept zeigen sich deutlich verschiedene Aspekte der Transparenz. Beispielsweise ermöglicht das handlungsweisende Prinzip des Vertrauens u.a. Transparenz hinsichtlich der Lernziele und der Methodik. Das Prinzip der Selbstbestimmung begünstigt die Transparenz hinsichtlich der Lerninhalte und damit der Genese von geeigneten individuellen Fragestellungen. Das Prinzip der Veranschaulichung bewirkt Transparenz, wie aus komplexen physikalischen Fragen konkrete, für das Individuum realisierbare Forschungsaufgaben resultieren. Daraus wiederum und aus der Reflexion, die ja selbst bereits einen Aspekt von Transparenz darstellt, wird für den Lernenden ersichtlich, wie naturwissenschaftliches Wissen zusammengetragen werden kann. Werden die Handlungsschritte der Schülerinnen und Schüler von den handlungsweisenden Prinzipien forschenden Lernens und nach dem Metaprinzip der Transparenz getragen, so kann sich schlussendlich auch zeigen, wie die Genese von Wissen passieren kann, und dass der moderne Wissensstand der Naturwissenschaft ein Ergebnis der Bearbeitung von Forschungsfragen, der Datenbeschaffung und des Strebens einzelner Personen nach der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in der Vergangenheit ist.

Durch die aktive Rolle der Lernenden im Unterricht nach dem AuRELIA-Konzept, durch ihre selbstbestimmte Teilnahme von der Interessensentwicklung, über den Prozess des Wissens-

bzw. Kompetenzerwerbs, bis hin zum Transfer nach außen, werden nicht nur die Wege der Erkenntnisgewinnung transparent, sondern auch der Erwerb fachspezifischer Kompetenzen.

Schülerinnen und Schüler gaben nach der Durchführung des AuRELIA-Unterrichts rückblickend an, dass sie mit ihren Ergebnissen sehr zufrieden waren und dass sie sich gut darin einschätzten, selbstständig zu recherchieren. Die Lernenden hielten ihre Ergebnisse für richtig und überprüfbar und sie waren stolz darauf. Über 70% trauten sich zu, einen Plan machen zu können, um etwas zu erreichen, 90% gaben an gelernt zu haben, mit Misserfolgen umzugehen und neu zu beginnen; sie dachten von sich, dass ihre Mitarbeit wichtig war, und 77% sagten von sich, dass sie beim Forschen mutiger geworden wären.

Die Ergebnisse des vorliegenden Praxisbeispiels legen den Schluss nahe, dass ein forschender Unterrichtsansatz im Schulfach Physik nach dem handlungsweisenden Metaprinzip der Transparenz sowie den sechs handlungsleitenden Prinzipien die neuen in Kapitel 1 dieses Beitrags beschriebenen Anforderungen an den modernen Physikunterricht bestens erfüllt.

Dies könnte ein wesentlicher Beitrag dazu sein, dass das Schulfach Physik bei den Schülerinnen und Schülern auf mehr Interesse stößt und selbst wieder bessere Noten erhält.

Literatur

- Deci E.L. & Ryan R.M. (2002). An Overview of Self-Determination Theory: An Organismic-Dialectical Perspective, In E. L. Deci & R. M. Ryan (Hrsg.). *Handbook of Self-Determination Research*. Chapter 1. The University of Rochester Press. pp. 3-9.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (2008). *Chemie im Kontext - Von der Innovation zur nachhaltigen Vorbereitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster, New York, München und Berlin: Waxmann.
- Dewey, J. (1933). *How We Think*. Lexington: Courier Dover Publications.
- Glöckel, H. (1996). *Vom Unterricht*. 2. Aufl., Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. 5. Aufl., Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Klein, K. & Öttinger, U. (2007). *Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-)Unterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren
- Milberg, J. & Röbbcke, M. (2010). Neue Bündnisse für den Nachwuchs. In R. Messner (Hrsg.). *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Hamburg: edition Körber-Stiftung. S. 48-56.
- Moegling, K. & Schude, S. (2015). Transparenz im Unterricht und in der Schule – Eine problemorientierte Einführung. *Schulpädagogik heute*, 12. <http://www.schulpaedagogik-heute.de> (01-09-2015).
- Reitinger, J. (2012). Differenziertes forschendes Lernen in den Naturwissenschaften mit leistungsheterogenen Schüler/-innengruppen. Eine empirische Studie zur Performanz und Wirksamkeit des AuRELIA-Konzeptes. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), *Binnendifferenzierung. Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. S. 107-133, Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag.
- Reitinger, J. (2013). *Forschendes Lernen: Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements*. Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag.
- Reitinger, J. (2015). *Self-Determination, Unpredictability and Transparency –*

- About Nature and Empirical Accessibility of Inquiry Learning. *Schulpädagogik heute*, 12. <http://www.schulpaedagogik-heute.de> (01-09-2015).
- Roth, G. (2009). Die Bedeutung von Motivation und Emotionen für den Lernerfolg. In R. Messner (Hrsg.). *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Hamburg: edition Körber-Stiftung. S. 57-76.
- Seyfried, C. (2002). Unterricht als Moderation von Anliegen. *Atelier Schule*, 17, 19-23.
- Seyfried, C. (2010). Mapping intercultural education with trust-based learning. In S. Tötösy de Zepetnek & I.-C. Wang (Hrsg.), *Mapping the world, culture, and border-crossing*. S. 31-37. Kaohsiung: Okprint Company.
- Stadler, H. (2004). *Physikunterricht unter dem Gender-Aspekt*. Dissertation an der Fakultät für Physik der Universität Wien. http://lise.univie.ac.at/artikel/Diss_stadler.pdf (30-04-2015).
- Wagenschein, M. (1988). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge*. Stuttgart
- Zwiorek, S. (2010). Mädchen und Jungen im Physikunterricht. In H.F. Mikelskis (Hrsg.). *Physik Didaktik. Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*. (2.Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor. S. 73-84.



Dr. Susanne Oyrer

geb. 1966; Studium der Geochemie an den Universitäten Wien/Bonn/Kapstadt. Promotion in engl. Sprache zum Thema „Paleohydrology of the Cape Fold Belt/South Africa“ bis 1996, ab 2009 Lehramtsstudium an der PH der Diözese Linz/OÖ für Englisch und Physik/Chemie bis 2013; Lehrtätigkeit am BG Werndlpark Steyr und Mitarbeiterin am Institut für Forschung und Entwicklung der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz; Interessenschwerpunkte: konstruktivistische Didaktik; Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, Naturpädagogik



PD Dr. Johannes Reitingner

Jahrgang 1974, Studium des Hauptschullehramts für die Fächer Mathematik, Physik, Chemie, Informatik und Religion; Studium der Schulpädagogik, Psychologie und Soziologie; Lehrer an einer österreichischen Hauptschule bis 2009; Hochschulprofessor und Leiter des Instituts für Forschung und Entwicklung an der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz, Oberösterreich; Habilitation im Fachbereich Schulpädagogik; Privatdozent an der Universität Kassel; Wissenschaftlicher Beirat der Online-Zeitschrift "Schulpädagogik-heute".