



Forschendes Lernen als kreativer Erkenntnisweg im Physikunterricht der Sekundarstufe

Susanne Oyrer

*Private Pädagogische Hochschule der Diözese Linz
susanne.oyrer@ph-linz.at*

EINGELANGT 05 MAI 2018

ÜBERARBEITET 01 OKT 2018

ANGENOMMEN 22 NOV 2018

Dieser Artikel geht der Frage nach, inwiefern sich forschende Lernarrangements als motivations- und kreativitätsfördernde Maßnahme im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 eignen. Obwohl dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg ähnlich dem künstlerischen Arbeiten ein kreativer Prozess zugesprochen wird (Feist, 1991, 1998), kommt dies im schulischen Kontext nicht als motivierender Faktor zum Tragen. Im Gegenteil, das Fach Physik ist allgemein, aber besonders bei Mädchen, eines der unbeliebtesten Fächer. An einem Praxisbeispiel wird gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler einen kreativen Prozess im Schulfach Physik erfahren können, wenn ein forschender Unterrichtsansatz gewählt wird. Um den Zusammenhang zwischen forschendem Lernen, Motivation und Kreativität empirisch zu prüfen, wurden Fragebogenitems zur reflexiven Selbsteinschätzung aus dem künstlerischen Interventionsbereich übernommen und für den deutschsprachigen, naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe 1 adaptiert. Die quantitative Auswertung der Daten bestätigt, dass forschender Unterricht von den Lernenden signifikant stärker intrinsisch motivierend und als kreativer Prozess wahrgenommen wird. Mit dem für den deutschen Sprachraum und das schulische Umfeld adaptierten Fragebogen ist ein Grundstein für ein Instrument gelegt, das zur Abschätzung kreativer Prozesse auch im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe geeignet ist.

SCHLÜSSELWÖRTER: Forschendes Lernen, Kreativität, Physikunterricht

1. Einführung

Bereits vor mehr als 3 Jahrzehnten haben Deci & Ryan (1985) in ihrer Theorie der Selbstbestimmung festgehalten, dass die intrinsische Motivation von Lernenden durch Selbstbestimmung steigt. Verschiedene Autoren haben diesen Denkansatz bereits aufgegriffen und für die Schule in verschiedenen Unterrichtsarrangements umgesetzt. (Peschel, 2003; Reich, 2006; Messner, 2009; Müller, 2010). Besonders das Forschende Lernen ist wesentlich dadurch charakterisiert, dass es Schülerin-

nen und Schülern unter anderem erlaubt ist, dem eigenen Interesse zu folgen und selbstbestimmt zu explorieren. (Reitinger, 2013; 2014). In verschiedenen quantitativen und qualitativen Studien konnte bestätigt werden, dass forschende Lernarrangements durchaus das Potential haben, die intrinsische Motivation von Lernenden in der Schule, aber auch im Lehramtsstudium, in verschiedenen Fachgebieten zu erhöhen (Keplinger, 2016; Oyrer, Ressler & Reitinger, 2012; Oyrer, 2016). Für das Fach Physik ist dies in Österreich umso mehr von Bedeutung, da es besonders bei Mädchen eines der unbeliebtesten Fächer ist (Milberg & Röbbelcke, 2009; Zwioerek, 2010) und auch der Frauenanteil beispielsweise beim Lehramtsstudium Physik konstant niedrig ist (Stadler, 2004), wohingegen die Abneigung gegen oder Vorliebe für das Fach Physik in anderen Ländern nicht so stark ausgeprägt ist und auch nicht so stark vom Geschlecht abhängt (Stadler, 2004; Meyer & Sandner, 2013; BMBWF, 2015).

Die Anforderung an das Schulfach Physik wird darüber hinaus insofern verschärft, als durch die rasche technologische Entwicklung nicht nur kompetente, sondern zunehmend auch kreative Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler benötigt werden. Der österreichische Lehrplan für das Fach Physik der Sekundarstufe 1 versucht dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, indem er einfordert, dass im Unterricht vermehrt die Möglichkeit bestehen soll, „selbstständig Untersuchungen, Entdeckungen und Forschungen durchzuführen“ (BMBWF, 2000).

Die vorliegende Studie geht der Frage nach, ob die intrinsische Motivation der Lernenden gesteigert werden kann, und ob - bzw. wie - Kreativität im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 gefördert werden kann. Versucht wird dies mithilfe eines forschenden Unterrichtsansatzes. Dieser Artikel stellt damit eine didaktische Vorgehensweise für die Schulpraxis vor, mit deren Hilfe das Fach Physik für jugendliche Lernende attraktiver gestaltet werden kann, und ein Lernprozess ermöglicht wird, der einen kreativen Prozess bei der Erarbeitung neuen Wissens erlaubt.

2. Theoretischer Ansatz und Fragestellung

Basierend auf einem konstruktivistischen Weltbild, in welchem man davon ausgeht, dass Individuen ihr Wissen im Lernprozess selbst konstruieren, gelangt man auf der Suche nach geeigneten Unterrichtsformen rasch zu Konzepten, die darauf abzielen, die Selbstbestimmung der Lernenden zu fördern (Elliot, McGregor & Thrash, 2004; Reeve, 2004; Reich, 2010; Savory & Duffy, 1995). Eine Unterrichtsform, die das konstruktivistische Weltbild widerspiegelt, und dabei das interessegeleitete, selbstbestimmte und authentische Explorieren der Lernenden ins Zentrum des Unterrichts rückt, ist das forschende Lernen (Messner, 2009; Reitinger, 2013, 2014).

Verschiedenste positive Auswirkungen auf Unterrichtssituationen in der sekundären und tertiären Bildung, darunter auch für den Physikunterricht der Sekundarstufe 1, konnten durch Unterrichtskonzepte erreicht werden, die mit der

„Theory of Inquiry Learning Arrangements“ (Reitinger, 2013) korrespondieren, nämlich AuRELIA (Authentic Reflective Exploratory Learning and Interaction Arrangements) und CrEED (Criteria-based Explorations in Education) (Reitinger, 2013). Beispielsweise konnte die Motivation von Lernenden im Lehramtsstudium für Englisch gesteigert werden (Keplinger, 2016; Da Rocha, 2016), aber auch die Motivation von Schülerinnen und Schülern im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 sowie deren erlebte Beteiligung am Unterricht (Oyrer, 2016). Sogar der positive Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung von Schülerinnen und Schülern konnte nachgewiesen werden (Oyrer, Ressler & Reitinger, 2012).

Die Steigerung der intrinsischen Motivation steht in engem Zusammenhang mit positiven Gefühlen (Roth, 2009) wie beispielsweise Freude, Spaß, Begeisterung und Aufmerksamkeit, die einer Tätigkeit zugemessen werden (Deci & Ryan, 1985; Guay, Vallerand & Blanchard, 2000; Csikszentmihalyi, 1990). Solche positive Emotionen führen wiederum zu einer Erweiterung der Denk- und Handlungsmöglichkeiten (Fredrickson, 2001). Freude löst beispielsweise den Drang zu spielen aus, wobei „spielen“ hier in einem breiten Kontext gedacht wird. Neben dem Spiel auf sozialer, emotionaler und künstlerischer Ebene ist hier auch das Gedankenspiel gemeint, was letztlich auch im Wunsch zu explorieren oder zu erfinden zum Ausdruck kommt (Fredrickson, 2001).

Isen et al (1987) berichtet ebenfalls über die Erweiterung von Denk- und Handlungsweisen, indem er den Zusammenhang positiver Emotionen mit einem verbesserten Verständnis komplexer Situationen beschreibt, ja sogar mit einem besseren Abschneiden bei Standardtests für Kreatives Denken.

Die oben beschriebenen Zusammenhänge zwischen forschenden Lernarrangements einerseits und der Möglichkeit zum selbstbestimmten Explorieren, der Steigerung der intrinsischen Motivation, den positiven Emotionen während des Unterrichts und den erweiterten Denk- und Handlungsmöglichkeiten der Lernenden andererseits, sind für die Fragestellung der vorliegenden Studie von großer Bedeutung.

Denn das Ziel dieser Studie ist es, zu zeigen, ob ein Zusammenhang zwischen Unterricht im Stile des Forschenden Lernens und der Motivation und Kreativem Denken bzw. Handeln während eines naturwissenschaftlichen Explorationsprozess nachgewiesen werden kann. Im besonderen soll hier das Forschende Lernarrangement AuRELIA von Reitinger (2013) als Unterrichtsmethode verwendet werden.

Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

- (1) Gelingt es im Fach Physik im Regelunterricht der Sekundarstufe im Zuge des forschenden Lernarrangements AuRELIA kreative Denk- oder Handlungsprozesse auszulösen?
- (2) Lässt sich im Zuge dieses forschenden Lernarrangements gleichzeitig auch die intrinsische Motivation der Lernenden im Fach Physik steigern?

- (3) Können in der Literatur vorhandenen standardisierte Kreativitätstests adaptiert und als selbstreflexive Messinstrumente für den naturwissenschaftlichen Explorationsprozess herangezogen werden?

Alle drei Fragestellungen lassen sich durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit hinreichend beantworten.

3. Zusammenhang zwischen Motivation, Kreativität und forschendem Lernen

Forschendes Lernen nach sechs Kriterien im Unterrichtskonzept AuRELIA

Auf der Basis der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 2004), aber auch eines konstruktivistischen Weltbildes und dessen didaktischer Berücksichtigung nach Reich (2006), und darüber hinaus bezugnehmend auf die kritisch-konstruktive Didaktik nach Klafki (1999) entwickelte Reitinger (2011a,b) ein theoriegestütztes, konstruktivistisches Konzept für selbstbestimmtes, forschendes Lernen mit heterogenen Schüler/-innengruppen – AuRELIA (Authentic Reflective Exploratory Learning and Interaction Arrangements). Dieses forschende Lernarrangement ist offen strukturiert und bietet Schüler/-innen die Möglichkeit, ihre individuellen Interessen anliegenorientiert (Seyfried, 2002) zu entfalten, zu untersuchen und zu reflektieren.

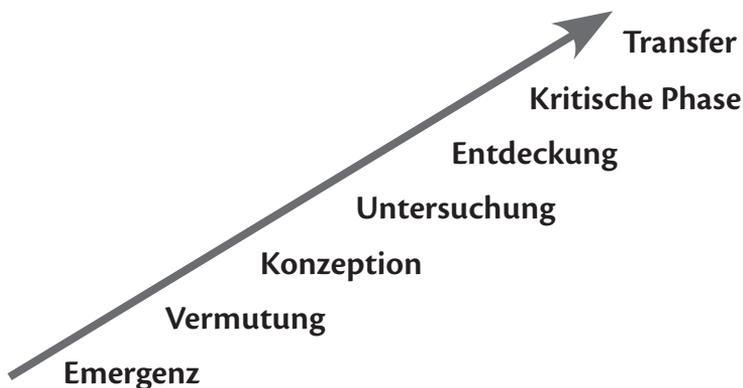
Grundlegend für den Unterricht im Sinne des forschenden Lernens definiert Reitinger (2011, 2013) sechs Kriterien, die ein forschendes Lernarrangement ausmachen. Diese Kriterien kommen auch in AuRELIA zur Anwendung und werden im Folgenden vorgestellt:

- (1) Neugierde – Entdeckungsinteresse: sollte von Beginn an vorhanden sein, damit die Lernenden den Lernverlauf für sinnvoll erachten.
- (2) Bereitschaft zum Forschenden Lernen - Methodenaffirmation: ist Voraussetzung dafür, dass die Lernenden nicht aus äußerem Zwang neues Wissen erarbeiten, sondern aus eigenem Antrieb.
- (3) Vermuten - erfahrungsbasiertes Hypothesieren: ermöglicht es, selbst Hypothesen aufzustellen und diese dann entsprechend zu widerlegen oder zu bestätigen.
- (4) Untersuchen - authentisches Explorieren: bedeutet, dass die Lernenden selbst ihre Untersuchungen steuern und individuell von der Lehrkraft unterstützt werden. Dazu ist ein Klima des Vertrauens auf beiden Seiten nötig.
- (5) Miteinander reden – kritischer Diskurs: bezeichnet das gemeinsame Reflektieren der Lernergebnisse, aber auch des Weges, der zu dem Ergebnis führte.

- (6) Das Entdeckte sichtbar machen – conclusiobasierter Transfer: dient dazu, das Entdeckte nach Außen zu tragen und den erlebten Wert des Entdeckten zu kommunizieren.

Das Unterrichtskonzept AuRELIA (Reitinger, 2013) ist darauf ausgelegt, die sechs Kriterien forschenden Lernens in sieben Phasen des Unterrichts umzusetzen, nämlich in den Phasen a) Emergenz, b) Vermutung, c) Konzeption, d) Untersuchung, e) Entdeckung, f) Kritische Phase und g) Transfer zusammen (siehe Abbildung 1).

ABBILDUNG 1. Phasen im Unterrichtskonzept AuRELIA (Reitinger, 2013).



In den einzelnen Phasen können verschiedene Kriterien zur Entfaltung kommen und es kann notwendig sein, dass die Phasen - angepasst an die individuellen Bedürfnisse der Lernenden- nicht streng in der dargestellten Reihenfolge ablaufen.

INTRINSISCHE MOTIVATION durch Forschende Lernarrangements

In der Vergangenheit konnte bereits mehrfach gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler in forschenden Lernarrangements, nach dem Konzept von AuRELIA (Reitinger, 2013), stärker intrinsisch motiviert sind als zuvor im Regelunterricht (Reitinger, 2013; Oyrer, Ressler & Reitinger, 2012). Diese Art der Motivation ist gerade im schulischen Alltag überaus erstrebenswert und bezieht sich darauf, dass eine Aktivität aus eigenem Antrieb ihrer selbst willen ausgeführt wird, und zwar um kein geringeres Ziel als das Vergnügen und die Befriedigung zu genießen, die selbiger Aktivität innewohnen (Deci & Ryan, 2004; Csikszentmihalyi, 1990). Nach Amabile (1994) ist die einer Person bei einer spezifischen Aufgabe innewohnende intrinsische Motivation ein Kernelement der kreativen Persönlichkeit.

Die Steigerung der intrinsischen Motivation steht in engem Zusammenhang mit der erlebten Freude, Begeisterung/Aufregung und Aufmerksamkeit, die einer Aktivität zugemessen wird, sowie mit dem Maß an Selbstbestimmung mit der eine Aktivität aus eigenem Interesse ausgeführt wird (Deci & Ryan, 1985; Guay, Vallerand & Blanchard, 2000; Reeve, 2004). Diese Faktoren können sozusagen als Erkennungsmerkmale intrinsischer Motivation definiert werden (Snir & Regev, 2013) und finden sich in statistisch mehrfach bestätigten Items von Fragebögen wieder, welche die intrinsische Motivation (Guay, Vallerand & Blanchard, 2000) oder den Zustand des Flow (Csikszentmihalyi, 1990) abfragen. Derartige Items wurden auch für den Fragebogen der vorliegenden Studie herangezogen.

KREATIVITÄT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN

Man könnte annehmen, dass Künstler bzw. Künstlerinnen und beispielsweise mathematische Physiker und Physikerinnen in ihrem Arbeitsfeld wenig Ähnlichkeiten haben. Denkt man an Forschung in der Physik oder anderen Naturwissenschaften, so assoziiert man möglicherweise Logik, Objektivität oder Rationalität, während man mit künstlerischem Schaffen vielleicht Kreativität schlechthin, oder auch Subjektivität, Fantasie oder Ausdruck verbindet. Dennoch ist KünstlerInnen und NaturwissenschaftlerInnen etwas gemeinsam: der kreative Prozess (Feist, 1991). Kreativität ist in der Kunst und in der Wissenschaft eine Bedingung „sine qua non“ (Feist, 1998), denn ohne Kreativität würden weder Kunst noch Wissenschaft existieren. Auch in vielen alltäglichen Lebensbereichen des Menschen ist Kreativität von Bedeutung. Nach Plucker et al. (2004) wird Kreativität als Interaktion zwischen Eignung bzw. Begabung, dem Prozess, und der Umgebung definiert, während welcher ein Individuum oder eine Gruppe ein erkennbares Produkt hervorbringt, welches sowohl neu ist, als auch sinnvoll ist (S. 90).

Betrachtet man die Schöpfungsphasen in den Naturwissenschaften im Detail, so kann man im forschenden Prozess zwei verschiedene Phasen unterscheiden: die Phase der Entdeckung, geprägt durch neue Ideen, neue Gesetze und neue Hypothesen, und die Phase der Verifikation, also der Umsetzung, geprägt von empirischem Nachweis und kritischer Prüfung dieser neuen Ideen, Gesetze oder Hypothesen (Feist 1991, 1998). In seiner Studie zu den Gedankengängen von Künstlerinnen und Künstlern sowie Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern stellte Feist (1991) fest, dass sie den künstlerischen Schaffungsprozess durchaus mit denselben Adjektiven beschrieben wie die Phase des wissenschaftlichen Entdeckens. Er kommt weiterhin zu dem Schluss, dass der wissenschaftliche Forschungsprozess komplex aufgebaut ist und sich die Denkweisen im wissenschaftlichen Forschen und künstlerischen Schaffen in manchen Stadien nicht signifikant unterscheiden lassen.

Fredrickson (2001) und Izard (1992) erkannten positive Emotionen als grundlegenden Faktoren für Kreativität. Sie konnten zeigen, dass positive Emotionen

beim Individuum zu Erweiterungsmöglichkeiten beim Denken und Handeln führen. Dadurch erhöht ein Individuum zum Zeitpunkt positiver Erfahrungen sein Wissen, auch sein kognitives Wissen und seine Fähigkeiten und Kompetenzen, auf die es zu einem späteren Zeitpunkt zurückgreifen kann.

Isen (1987) berichtet ebenfalls über die Erweiterung von Denk- und Handlungsweisen, indem er den Zusammenhang positiver Emotionen mit einem verbesserten Verständnis komplexer Situationen beschreibt, ja sogar mit einem besseren Abschneiden bei Standardtests für Kreatives Denken.

Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht lassen die o.g. Zusammenhänge Folgendes schließen: Unterrichtskonzepte, die nicht nur das Ziel haben, den Wissensstand als gegebene Fakten zu vermitteln, sondern die Schülerinnen und Schüler darüber hinaus in einem kreativen, naturwissenschaftlich explorierenden Prozess zu begleiten, sollten im Lernprozess also Raum für Kreativität schaffen, die ähnlich positiv und kreativ empfunden werden kann wie künstlerisches Schaffen.

FORSCHENDES LERNEN, MOTIVATION UND KREATIVITÄT

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen forschendem Lernen nach dem Konzept von AuRELIA, der intrinsischer Motivation und dem Zustandekommen kreativer Prozesse beschrieben.

Als authentisch-reflexives Konzept gesteht AuRELIA den Lernenden ein hohes Maß an Mitbestimmung zu, sodass Unterricht nach dieser Konzeption in den einzelnen Phasen durch einen hohen Individualisierungsgrad gekennzeichnet ist. Darüber hinaus ist AuRELIA ein anliegenorientiertes Konzept, wobei Anliegenorientierung nach Seyfried (2002) sowohl die Interessens- als auch die Kompetenzfaltung jedes Lernenden erlaubt. Durch den hohen Grad an Transparenz während des Lernprozesses sind die Lernenden auch immer wieder zum Hinterfragen ihres Schaffens bzw. zu positiver Kritik an ihrem eigenen Handeln angeleitet. Lernen bedeutet in diesem Unterrichtssetting, dass Lernende in ein von Selbstbestimmung geprägten Forschungsprozess geleitet und begleitet werden. Die oben erwähnten typischen Charakteristika AuRELIAs wie der hohe Individualisierungsgrad, die Anliegenorientierung und die durchgängige Transparenz, sind jedes für sich alleine - und umso mehr in Kombination - dazu geeignet, die intrinsische Motivation der Lernenden zu fördern. Die selbstbestimmte Entwicklung einer interessegeleiteten Forschungsfrage sollte ein kreativer Prozess sein, den Feist (1998) als einen der künstlerischen Tätigkeit durchaus ähnlichen Prozess beschreibt.

Durch die Orientierung an den sieben Phasen während des Unterrichts bietet AuRELIA eine grundlegende Struktur. Andererseits sind die Phasen geprägt durch Selbstbestimmung und Eigeninitiative, was kreativen Persönlichkeiten genügend Freiheit in ihrer forschenden Tätigkeit bieten sollte.

Die einzelnen Phasen der Arbeit in AuRELIA unterstützen den kreativen Prozess der Lernenden, ja bauen ihn quasi dramaturgisch steigernd auf. Im Folgenden werden die 7 Phasen nach Reitinger (2013) mit dem Entstehen kreativer Prozesse in Zusammenhang gebracht:

Phase 1: Emmergenz (Entdeckungsinteresse) und Methodenaffirmation. Die Lernenden können selbst interessensgesteuert Einfluss auf das zu erforschende/erlernende Thema nehmen. Neugierde und intrinsisches Interesse können entstehen (Deci & Ryan, 1985) als Basis für einen kreativen Prozess (Feist, 1991). Die Lernenden sind als Grundvoraussetzung mit dem Lernprozess einverstanden. Es besteht also eine gewisse positive Bereitschaft und positive Einstellung zum Arbeiten. Die Arbeit wird gleich am Beginn von positiven Emotionen begleitet, die einen positiven Einfluss auf die Kreativität haben (Fredrickson, 2001).

Phase 2: Vermuten, Hypothesisieren. Die Lernenden beginnen selbst Erklärungen zu finden, stellen eigene Gedanken an; Interesse, Neugierde und Flow, sowie deren begleitenden positiven Emotionen könnten in dieser Phase das Spektrum des Denkens und Handelns kreativ erweitern (Fredrickson, 1998, 2001).

Phase 3: Konzeptionieren. Die eigene weitere Vorgehensweise wird in dieser Phase AuRELIAs selbstständig und möglichst selbstbestimmt geplant. Dies gibt den Lernenden einerseits Struktur, ermöglicht aber andererseits auch die Freiheit, dem intrinsischen Interesse zu folgen und nach den eigenen Fähigkeiten zu handeln (Reitinger, 2013). Diese Phase sollte also ein Flow-Erlebnis bzw. die Kreativität unterstützen. (Csikszentmihalyi, 1990).

Phase 4: Authentisches Explorieren. Diese Phase ist geprägt von selbsttätigem Experimentieren und/oder Recherchieren. Selbstbestimmung einerseits und Unterstützung durch die Lehrperson andererseits sollten die Möglichkeit bieten, dass die Lernenden in einen Zustand kommen, in dem Herausforderung und Fähigkeiten einander die Waage halten – nach Deci & Ryan (1985) Grundlage für intrinsische Motivation. Andererseits schafft das authentische Explorieren den nötigen Freiraum und die Eigenständigkeit für den kreativen Akt. Insgesamt sollte diese Phase also eine unterstützende Lernatmosphäre für kreative Menschen ermöglichen.

Phase 5: Entdeckung. Diese Phase ermöglicht Augenblicke der Erkenntnis. Die Anstrengungen der vorhergehenden Tätigkeiten werden hier belohnt. Die generell höhere Motivation im forschenden Lernarrangement kann hier auch als Anreiz dienen, komplexere kreative Problemstellungen zu lösen (Amabile et al., 1994) und sich mit der selbst gewählten Fragestellung noch intensiver zu beschäftigen, sodass oft ein Prozess durchlaufen wird, der jenem in der Forschung gleicht: die gewonnenen Erkenntnisse führen zu weiterführenden Fragestellungen. Also wiederholt sich unter Umständen der Forschungsprozess durch eine spezifischere Hypothesenbildung, neuerliches Konzeptionieren der weiteren Vorgehensweise und wiederum neuerlichem Explorieren und Entdecken – alles Phasen der Erkenntnis, in denen ein hohes Maß an Kreativität gefragt ist.

Phase 6: Kritische Phase. Die Lernenden können durch geeignete Reflexionsweisen auf ihre Ergebnisse stolz sein: sie haben viel geschafft, und das auch noch selbst. Sie überdenken ihre eigenen Handlungen. Ein Gefühl der Zufriedenheit mit ihrem Handeln und ihren Ergebnissen kann sich einstellen, Anlass für die Integration des Erlernten für das zukünftige Handlungs- und Denkrepertoire, also für kreative Lernprozesse.

Phase 7: Transfer. Auch in dieser Phase AuRELIAs kann ein Gefühl des Stolzes und der Zufriedenheit mit den Ergebnissen stattfinden: es wird überlegt, wie die Erkenntnisse und Ergebnisse sichtbar gemacht werden können. Dies kann wiederum ein Anlass sein, das Neue in die eigenen Denkmuster zu integrieren und diese zu erweitern. Dieser Vorgang konnte insofern bestätigt werden, als durch Unterrichtsphasen, die sich am forschenden Lernen orientierten, sogar die Selbsteinschätzung bzw. das Selbstbild der Lernenden positiv beeinflusst werden konnte (Oyler, Ressler & Reitinger, 2013).

Betrachtet man die oben beschriebenen Phasen des forschenden Lernarrangements AuRELIA, lässt sich im Lernprozess der Schülerinnen und Schüler feststellen, dass er dem tatsächlichen naturwissenschaftlichen Forschungsprozess durchaus nachempfunden ist. Im Kontext sollten sich also - ähnlich wie im naturwissenschaftlichen Forschungsprozess - die von Feist (1991) beschriebenen Phasen naturwissenschaftlicher Tätigkeit festmachen lassen:

- (1) Phase der Entdeckung nach Feist (1998) → Phasen in AuRELIA nach Reitinger (2013): Ideenfindung, Entdeckungsinteresse
- (2) Phase der Ausdauer und Disziplin nach Feist (1998) → Ausdauer im forschenden Lernprozess nach Reitinger (2013): (a) beim Finden der genauen Fragestellung, oft erst in einem zweiten Arbeitsschritt; (b) Disziplin bei der genauen Konzeption und später (c) beim Abschluss der Arbeit und beim Aufschreiben der Ergebnisse.

Analog zu den beiden Phasen naturwissenschaftlichen Arbeitens von Feist findet sich eine interessante Parallele im Geneplore Model von Finke, Ward & Smith (1996), in welchem im kreativen Prozess zwei Phasen ausgewiesen werden: zunächst findet eine Phase der Ideenfindung statt – vergleichbar mit der Phase der Entdeckung nach Feist (1998) und den oben angesprochenen Phasen von AuRELIA (Ideenfindung, Entdeckungsinteresse). Daran schließt eine Phase der Exploration und Prüfung dieser Ideen an, analog zur Phase der Ausdauer und Disziplin nach Feist (1998), erkennbar bei AuRELIA in den Phasen 3 bis 6, in welchen die Schüler und Schülerinnen strukturiert an der Beantwortung der eigenen Fragestellungen arbeiten.

Die oben aufgezeigten Parallelen zwischen naturwissenschaftlichem Arbeiten im Forschungs- bzw. schulischen Kontext und dem kreativen Prozess per se unterstützen eine der Hypothesen des vorliegenden Beitrags, dass nämlich kreati-

ve Denk- oder Handlungsprozesse durch forschende Lernarrangements im Fach Physik ausgelöst werden können.

4. Methoden

Um in der Praxis zu testen, ob die Hypothese dieser Studie im schulischen Kontext bestätigt werden kann, dass nämlich durch forschende Lernarrangements kreative Denk- oder Handlungsprozesse ausgelöst und die intrinsische Motivation der Lernenden im Fach Physik gesteigert werden können, wurden im schulischen Kontext.

Unterrichtsphasen nach den Kriterien forschenden Lernens (Reitinger, 2013) durchgeführt und mittels Fragebögen quantitativ statistisch mittels SPSS ausgewertet (Pallant, 2011). Besonderes Augenmerk lag hierbei auf der Auswahl des Fragebogens, um zu klären, ob in der Literatur vorhandene standardisierte Kreativitätstests adaptiert und als selbstreflexive Messinstrumente für den naturwissenschaftlichen Explorationsprozess herangezogen werden können. Im Folgenden werden die Wahl des Fragebogens zur sowie das Forschungsdesign beschrieben.

Entwicklung eines Fragebogens zur quantitativen Forschung

Für den schulischen Kontext wurden Fragebögen, die in der Literatur bereits beschrieben und statistisch getestet wurden, adaptiert, um sie in der Praxis für Kinder bzw. Jugendliche im deutschsprachigen Raum zu testen.

Die Lernenden sollten dabei nicht auf ihre kreative Persönlichkeit an sich getestet werden, sondern nach der Unterrichtssituation rückwirkend nach den erlebten Empfindungen während der Aktivität befragt werden, um die intrinsische Motivation und Kreativität während derselben zu messen.

Um eine Veränderung der intrinsischen Motivation feststellen zu können, wurden die entsprechenden Fragebogenitems nach dem IMI (intrinsic motivation inquiry, Deci & Ryan, 2002) und teilweise des SIMS (Situational Motivation Scale nach Guay, Vallerand & Blanchard, 2000) herangezogen.

Bei diesen Items stehen Aussagen betreffend die Freude (joy, enjoying sth), Spaß (fun), Begeisterung/Aufregung (excitement) und Aufmerksamkeit (concentration, attention), die einer Aktivität zugemessen werden, im Mittelpunkt.

Desweiteren wurde der Fragebogen ABI (Art-Based-Intervention Questionnaire) von Snir & Regev, 2013) aus dem künstlerisch-therapeutischen Bereich genutzt, um festzustellen, ob im naturwissenschaftlich forschenden Unterricht nach AuRELIA die von Feist (2004) beschriebene kreative Phase des Entdeckens von den Lernenden im Lernprozess empfunden werden konnte. Obwohl Snir & Regev (2013) die Items ausschließlich im künstlerisch-therapeutischen Kontext entwickelten bzw. testeten, geben sie an, dass der Fragebogen im erzieherischen Kontext Anwendung finden könnte.

Der ABI erscheint für die gegenwärtige Fragestellung insbesondere wegen der Art der Entwicklung interessant. Probanden, die einen kreativen künstlerischen Prozess durch freies, selbstbestimmtes Arbeiten in einer freien, aber unterstützenden und gleichzeitig strukturierten Atmosphäre erlebten, definierten selbst Charakteristika des erlebten Prozesses. Darauf basierend entwickelten Snir und Regev (2013) dann die Items des Fragebogens. Da eben dieses Zusammenspiel von Freiheit, bzw. Selbstbestimmung) und gleichzeitig Struktur bei AuRELIA ebenfalls ein wesentliches Charakteristikum ist, lag die Vermutung nahe, dass sich die Phase der Entdeckung (Feist, 1991) im forschenden Lernprozess nach AuRELIA (Reitinger, 2013) ebenfalls mit dem ABI abbilden lassen könnte. Dadurch könnte sich die Hypothese dieser Arbeit, dass nämlich im naturwissenschaftlichen forschenden Lernprozess nach dem Konzept von AuRELIA Kreativität ausgelöst werden kann, messen lassen.

Der Fragebogen testet rückwirkend sowohl die Einstellung gegenüber dem bevorstehenden Arbeitsprozess, als auch die erlebten Emotionen bzw. Gedanken während des Prozesses, und schließlich die Einstellung zum letztendlich erreichten Ergebnis des Arbeitsprozesses.

Bei der Anwendung der Fragen bzw. Items wurde darauf geachtet, dass das theoretische Konstrukt hinter der Fragebatterie (Snir & Regev, 2013) nach wie vor widerspiegelt wurde (excitement, confidence, pleasantness, playfulness, positive attitude towards product). Andererseits wurden die Items aber (1) ins Deutsche übersetzt und (2) für den schulischen Kontext adaptiert und (3) in einer für 13-Jährige verständlichen Sprache formuliert.

Eine sehr interessante Überschneidung des ABI (Snir & Regev, 2013) mit einem Fragebogen betreffend den FLOW (Csikszentmihalyi, 1990) soll hier noch angesprochen werden. Sowohl im ABI als auch im Fragebogen des FLOW-Erlebnisses betreffen die Items vorrangig drei Faktoren, nämlich Spaß/Freude an der forschenden Tätigkeit, Aufmerksamkeit bzw. Konzentration auf die Tätigkeit und schließlich Interesse an der Tätigkeit. Interesse wiederum ist ein wesentliches Element in der Abfrage der Intrinsischen Motivation nach IMI und SIMS (Guay et al., 2000). Zwar wurde das FLOW-Erlebnis während des forschenden Lernprozesses nicht eigens als Fragebatterie abgefragt, dennoch scheint die oben beschriebene umfangreiche Überschneidung der Items aller drei Konstrukte (intrinsische Motivation, Kreativität nach dem ABI und das Flow-Erlebnis) darauf hinzudeuten, dass der forschende Lernprozess in engem Zusammenhang mit intrinsischer Motivation, Kreativität und dem Flow-Erlebnis steht. In diesem Fall sollte sich die Hypothese dieser Arbeit quantitativ bestätigen lassen, dass nämlich im Prozess des forschenden Lernens die intrinsische Motivation und die Kreativität der Lernenden gesteigert werden können.

Zusätzlich zu den Items, die rückwirkend den Lernprozess beschreiben, wurden zwei Teilkonstrukte der von Kaufmann (2012) publizierten Skala K-DOCS,

Kaufmann Domains of Creativity Scale (Kaufmann, 2012), abgefragt, nämlich die items zur wissenschaftlichen Kreativität (scholar creativity) und die mechanisch-wissenschaftliche Kreativität (mechanical/scientific creativity), in welchen die Probanden sich selbst im Vergleich zu anderen hinsichtlich verschiedener Aspekte ihrer Kreativität einschätzen.

Forschungsdesign

Das AuRELIA Konzept nach Reitinger (2013) wurde in einer Schulklasse (7. Schulstufe) eines österreichischen Realgymnasiums im Rahmen des Schulunterrichts ohne Änderung des Stundenplans umgesetzt. Die Klasse hatte 2 Mal pro Woche jeweils 1 Einheit Physik. Unterrichtet wurde durch die Klassenlehrerin, die gleichzeitig auch Autorin dieses Artikels ist. Als Referenzklasse wurde eine Parallelklasse des Realgymnasiums gewählt, die zeitgleich keinen Unterricht nach einem Forschenden Lernkonzept hatte.

Für beide Klassen wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Fragebogen 1 → **treatment AURELIA** → **Fragebogen 2**

Die beforschte Klasse wählte selbst Versuche zum Thema Elektrizität aus. Sie waren davor durch einen kurzen Input der Lehrperson theoretisch über Grundlagenwissen informiert worden. Die Schülerinnen und Schüler recherchierten selbst einfache Versuche zur Elektrizität, setzten sie um und kümmerten sich in Begleitung ihrer Lehrkraft darum, das nötige Hintergrundwissen zum Versuch zu recherchieren und so das Gehörte durch eigene Nachforschungen zu ergänzen. Ein Probelauf des Experiments wurde vor der Klasse durchgeführt, welche aufgerufen war, sachdienliche, die Referierenden im Projekt weiterführende Kritik zu äußern.

Im Gegenteil zum Regelunterricht gab es für die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit nach einem kurzen Wissensinput zunächst selbstständig zum Thema Elektrizität zu recherchieren und das Stoffgebiet durch Experimente selbst zu erkunden, anstatt den Stoff vorzutragen und durch Lehrerversuche zu untermauern. Zu diesem Zweck 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.

Das Projekt dauerte insgesamt 10 Einheiten á 50 Minuten. Es bildeten sich Kleingruppen, die beispielsweise an folgenden konkreten Fragestellungen arbeiten wollten:

- Welche Materialien leiten Strom und was hat das mit elektrischem Widerstand zu tun?
- Was sind Elektronen in einem Atom? Wie ist ein Atom aufgebaut?

- Wieso lenkt elektrischer Strom die Nadel eines Kompasses ab?
- Wie funktioniert der „kleinste Elektromotor der Welt“?
- Wie kann ich einen einfachen Stromkreis bauen? Wie funktioniert ein Schalter?
- Kann man durch mehr Batterien auch mehr Licht erzeugen?

5. Resultate

Zur statistischen Auswertung der Fragebögen bot sich aufgrund des Forschungsdesigns die Untersuchung mittels Multivariater Varianzanalyse (MANOVA) bzw. mittels Subjektvarianzanalyse (ANOVA mixed between-within subject) an.

Bewährte und statistisch geprüfte Fragebogenitems und ihre entsprechenden Konstrukte wurden der Literatur entnommen und sind daher hinsichtlich ihrer Voraussetzungen für die Varianzanalyse hinlänglich geprüft. Da die einzelnen Items jedoch ins Deutsche übersetzt und sprachlich angepasst wurden, damit Jugendliche die Items gut verstehen können, mussten sie nochmals statistisch geprüft werden. So spiegeln die Cronbachs Alpha Werte der zusammengehörigen Items die Brauchbarkeit der deutschen Übersetzung wieder; die Normalverteilungen der Mittelwerte der hinter den Items liegenden theoretischen Konstrukte wiederum sind Voraussetzung für die weitere statistische Auswertung.

Cronbachs Alpha und Normalverteilungen

Die Cronbachs Alpha Werte der jeweiligen Items der einzelnen theoretischen Konstrukte (IMI, SIMS, ABI, SC, MSC) sowie die Normalverteilungen der Mittelwerte zusammengehöriger Items werden in Tabelle 1 dargestellt. Die Cronbachs Alpha Werte zwischen 0,7 und 0,9 zeigen, dass die jeweiligen Items jeweils ein gemeinsames theoretisches Konstrukt abbilden, obwohl sie nicht im Originaltext in den Fragebogen der vorliegenden Studie übernommen worden waren.

TABELLE 1. Cronbachs Alpha Werte der ins Deutsche übersetzten Items der verschiedenen Konstrukte

Konstrukt/Autor	Forschungsinteresse	Cronbachs Alpha vor dem Treatment, Fragebogen 1	Cronbachs Alpha nach dem Treatment, Fragebogen 2
IMI	Intrinsische Motivation	0,82	0,945
SIMS	Intrinsische Motivation	0,77	0,905
Art based inventory/ SNIR & REGEV (200x)	Kreativität	0,52	0,87
SC Kaufmann	Schulische Kreativität	0,50	0,75
MSC	Mechanische Kreativität	0,725	0,83

Generell sind die Cronbachs Alpha Werte aller Konstrukte im Fragebogen zum Messzeitpunkt 2 höher und stabiler als zum Messzeitpunkt 1. Die Werte liegen größtenteils über 0,7, lediglich das Konstrukt der wissenschaftlichen Kreativität der Kaufmann Domain sowie das Konstrukt des ABI (Art-Based Inventory) liegen zum Messzeitpunkt 1 niedriger als 0,7.

Aufgrund der statistisch insgesamt zufrieden stellenden Cronbachs Alpha Werte wurde als weitere notwendige Bedingung für die statistische Auswertung der Daten mittels MANOVA bzw. ANOVA der jeweilige Mittelwert aus den einzelnen Werten der zusammengehörigen Items gebildet, beispielsweise der Mittelwert für die Motivation (Mean IMI) jedes einzelnen Probanden, und daraufhin deren Normalverteilung überprüft.

Die Mittelwerte für die intrinsische Motivation (IMI, SIMS) sowie des ABI (als Maß für die Kreativität) zeigen sehr gute Normalverteilungen zum Messzeitpunkt 1, sind zum Messzeitpunkt 2 aber nach rechts zu positiveren Werten verschoben. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Motivation zum Messzeitpunkt 2 größer war, als vor der Unterrichtsphase des forschenden Lernens. Die Mittelwerte für MSC (mechanische Kreativität) der Kaufmann Domain of Creativity sind sowohl zu Messzeitpunkt 1 als auch 2 normal verteilt; jene von SC (schulische Kreativität) sind zum Messzeitpunkt 1 normalverteilt; zum Messzeitpunkt 2 ist hier die Normalverteilung aber nicht gegeben.

Korrelationen betreffend Art Based Inventory (Snir & Regev, 2013)

In der Gruppe der Probanden, welche ein Treatment mit AuRELIA erhielten, wurden im ABI drei verschiedene Teilbereiche abgefragt: vier Items betrafen die Erwartungen der Probanden vor dem Projekt oder Treatment, acht Items bezogen sich auf die Zeit während des Treatments und 5 Items beschäftigen sich mit den Gedanken der Probanden zu ihren Ergebnissen aus dem forschenden Unterricht.

Eine Korrelationsanalyse (Tabelle 2) zeigt, dass die Mittelwerte betreffend die Erwartungen (ABI pre) mit jenen betreffend die eigentliche AuRELIA-phase (ABI during treatment) signifikant korrelieren und dass außerdem die Mittelwerte betreffend diese AuRELIA Phase (ABI during treatment) signifikant mit jenen betreffend die Ergebnisse (ABI post) korrelieren. Personen mit hohem ABI pre haben also auch hohe ABI during treatment-Werte und hohe Werte in ABI post. Dies kann so interpretiert werden, dass Personen mit hohen Erwartungen oder großer Vorfreude auf die Arbeit auch höhere Werte beim kreativen Prozess selbst erreichten und auch größere Freude beim Abschluss des Projektes empfanden.

TABELLE 2. Korrelationen zwischen den Werten des ABI-Art based Inventory vor, während und nach der Unterrichtsphase mit AuRELIA. (** Korrelation ist auf dem Niveau 0,01 2-seitig signifikant.)

ABI ...	vor AuRELIA	während AuRELIA	nach AuRELIA
vor AuRELIA	1	0,839**	0,376
während AuRELIA	0,839**	1	0,671
nach AuRELIA	0,376	0,671	1

MANOVA – ANOVA – T-Test

Eine Multivariate Varianzanalyse wurde durchgeführt, um zu sehen, ob die zeitliche Entwicklung von Motivation, künstlerische Kreativität und wissenschaftliche Kreativität der zwei Schulklassen unterschiedlich verläuft, wenn eine Klasse davon nach den Kriterien des forschenden Lernens unterrichtet wird.

Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzen und Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen sind beide nicht signifikant und die Nullhypothese daher abschließbar. Multivariate Tests ergaben hinsichtlich der unterschiedlichen zeitlichen Veränderung der beiden Klassen eine hohe Signifikanz (Wilks' Lambda = ,488; $F=9,435$; $p=,00$; Partielles Eta Quadrat = ,512). Dies zeigt, dass sich die Klassen durch das Treatment wesentlich auseinanderentwickelten.

Allerdings zeigt auch der Test der Zwischensubjekteffekte in einigen Werten Signifikanz, was darauf schließen lässt, dass die beiden Klassen starke Unterschiede aufweisen, und zwar schon vor dem Treatment. Dies verletzt die Annahme der Zufälligkeit bei der Auswahl der Klassen. Eine Varianzanalyse (ANOVA) wurde mit den Mittelwerten der jeweiligen theoretischen Konstrukte IMI, SIMS, ABI, SC, MSC durchgeführt, um zu sehen, inwiefern die Varianz zwischen den Klassen größer ist, als die Entwicklung eines Probanden aus der Treatmentklasse zwischen Messzeitpunkt 1 und 2. Tests der Innersubjektkontraste zeigten, dass sich die Gruppen hinsichtlich Motivation (IMI, SIMS) und künstlerischer Kreativität (ABI) bereits vor dem Unterricht im Stil des Forschenden Lernens (Treatment) signifikant unterschieden (IMI: $F=51,118$, $p=,00$, partielles Eta-Quadrat = ,567; SIMS: $F=16,701$, $p=,00$, partielles Eta-Quadrat = ,300; ABI: $F=34,289$, $p=,00$, partielles Eta-Quadrat = ,468).

Die Variablen SC und MSC zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Ausgangssituation (SC: $p=,118$, MSC: $p=,841$). Allerdings zeigten ihre Werte über den Beobachtungszeitraum hinweg nur geringfügige Unterschiede, und jedenfalls auch keine signifikante Veränderung über die Zeit (SC: $F=,554$, $p=,461$, partielles Eta-Quadrat = ,014; MSC: $F=,467$, $p=,498$, partielles Eta-Quadrat = ,012). Die Mittelwerte dieser Variablen sind in der Treatmentklasse geringfügig gestiegen (Tabelle 3) (SC vor: 3,51 nach: 3,59; MSC vor: 3,48 nach: 3,55).

Die Variablen der Motivation (IMI, SIMS) und der Kreativität (ABI) der beiden Schulklassen wurden einem T-TEST unterzogen. Dieser ergab, dass die Treatmentklasse über den zeitlichen Verlauf des Forschenden Unterrichts eine signifikante Motivationssteigerung zeigte (IMI: $T=-7.56$, $df=19$; SIMS, $T=-5.868$, $df=19$) und diese Unterrichtsphase signifikant stärker als kreativ empfunden wurde (ABI: $T=-7.227$, $df=19$).

Dies zeigt sich auch in den Mittelwerten der theoretischen Konstrukte des Fragebogens zu Messzeitpunkt 1 und 2, also vor und nach jener Unterrichtsphase, in der in der untersuchten Klasse forschendes Lernen stattgefunden hatte (Tabelle 3).

TABELLE 3. Mittelwerte der theoretischen Konstrukte in der Treatmentklasse zu den zwei Messzeitpunkten (MZP).

Konstrukt	Mittelwert MZP1	Mittelwert MZP2
IMI	2.35 ± 0.51	3.39 ± 0.39
SIMS	2.625 ± 0.54	3.45 ± 0.42
ABI during	3.71 ± 0.42	5.49 ± 0.83
SC	3.51 ± 0.52	3.59 ± 0.68
MSC	3.48 ± 0.92	3.55 ± 0.99

Diese signifikanten Veränderungen in der Treatmentklasse werden kontrastiert von den Mittelwerten in der Referenzklasse, die mit Ausnahme der mechanischen Kreativität im selben Zeitraum sogar leicht sanken. Die Mittelwerte sind in Tabelle 4 dargestellt.

TABELLE 4. Mittelwerte der theoretischen Konstrukte in der Referenzklasse zu den zwei Messzeitpunkten (MZP).

Konstrukt	Mittelwert MZP1	Mittelwert MZP2
IMI	2.07 ± 0.62	2.11 ± 0.73
SIMS	2.29 ± 0.66	2.25 ± 0.76
ABI during	3.67 ± 0.79	3.60 ± 0.99
SC	3.44 ± 0.52	3.23 ± 0.70
MSC	3.41 ± 0.70	3.46 ± 0.72

6. Diskussion

Die vorliegende Untersuchung kann alle drei ihr zugrunde liegenden Fragestellungen hinreichend beantworten. Die statistisch signifikanten Ergebnisse zeigen den engen Zusammenhang zwischen positiven Emotionen, intrinsischer Motivation, Kreativität und wissenschaftlicher Erkenntnis.

- (1) Zu allererst konnten die quantitativ analytischen Daten bestätigen, dass es im Fach Physik im Regelunterricht der Sekundarstufe im Zuge des forschenden Lernarrangements AuRELIA gelang, kreative Denk- oder Handlungsprozesse auszulösen.
- (2) Darüber hinaus ließ sich im Zuge dieses forschenden Lernarrangements gleichzeitig auch die intrinsische Motivation der Lernenden im Fach Physik steigern.
- (3) Die aus der Literatur herangezogenen, standardisierten Kreativitätstests konnten für den schulisch-naturkundlichen Explorationsprozess adaptiert werden und als selbstreflexive Messinstrumente herangezogen werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse und ihre Bedeutung für die Fragestellungen genauer besprochen:

Die signifikant durch das forschende Lernen gesteigerten Werte für den ABI (Art-Based Inventory nach Snir & Regev, 2013) legen hinsichtlich Fragestellung 1 den Schluss nahe, dass selbst im Regelunterricht der Sekundarstufe durch forschende Lernprozesse ein kreativer Lernprozess, hier im Physikunterricht, ermöglicht werden kann. Interessant ist dies vor allem, da der Fragebogen „Art based inventory“ von Snir & Regev (2013) ursprünglich im künstlerischen Setting getestet worden war, der Fragebogen nun aber sogar im naturwissenschaftlichen Lernprozess signifikant gesteigerte Werte ergab. Die Annahme von Feist (2004), dass der naturwissenschaftliche Forschungsprozess ebenso kreativ ist, wie der künstlerische Schaffungsprozess, wurde hier für den schulischen Lernprozess im forschenden Lernarrangement bestätigt.

Die gleichzeitig relativ unveränderten Werte der Kaufmann Domain of Creativity (Kaufmann, 2012) für die schulische und mechanische Kreativität vor und nach der Unterrichtsintervention lassen sich dahingehend interpretieren, dass die Unterrichtsphase allerdings noch nicht dazu ausreichte, dass die Schülerinnen und Schüler sich als kreativere Person einschätzen als zuvor, obwohl sie jedoch den erlebten Lernprozess als signifikant kreativer empfunden haben.

Die im ABI feststellbare Zufriedenheit mit ihren Ergebnissen ist insofern sehr positiv zu deuten, da selbige nach Isen (1987) dazu beiträgt, dass Personen ihr Denk- und Handlungsmuster erweitern – ein fruchtbarer Nebeneffekt, des forschenden Lernprozesses.

Die Signifikanzen in der Änderung der intrinsischen Motivation (IMI nach Deci & Ryan, 2002, SIMS nach Guay, Vallerand & Blanchard, 2000) bestätigen hinsichtlich Fragestellung 2, dass die Schülerinnen und Schüler der Untersuchungsklasse den Unterricht nach dem AuRELIA Konzept stark motivierend erlebt haben. Dies ist ein wesentlicher positiver Effekt des forschend angelegten Unterrichts, da nach Frederickson (2001) die Handlungs- und Denkstrategien von Individuen durch positive Empfindungen, wie sie mit erhöhter Motivation einhergehen, erweitert werden.

Die hohen Cronbachs-Alpha Werte der verschiedenen Items der jeweiligen theoretischen Konstrukte der Literatur für Kreativität, IMI und SIMS legen den Schluss nahe, dass sie diese trotz der deutschen Übersetzung gut abbilden und die Übersetzungen gut bei Jugendlichen von etwa 12-14 Jahren einsetzbar sind. Dadurch wurde auch die dritte Fragestellung beantwortet, dass in der Literatur vorhandene, standardisierte Kreativitätstests für den deutschen Sprachraum und den schulischen Kontext adaptiert und als selbstreflexive Messinstrumente für den naturwissenschaftlichen Explorationsprozess herangezogen werden können.

Damit ist ein Grundstein für ein Instrument gelegt, das zur Abschätzung kreativer Prozesse auch im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe geeignet ist.

Literatur

- Amabile, T.M., Hill, K.G., Hennessey, B.A., & Tighe, E.M. (1994). The Work Preference Inventory: Assessing intrinsic and extrinsic motivational orientations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 950–967.
- BMBWF Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2000). *Lehrpläne der AHS-Unterstufe*. Verfügbar unter: https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.html
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Frauen (2015). *Frauen und Männer in Österreich. Genderindex 2015*. Verfügbar unter https://bildung.bmbwf.gv.at/frauen/gender/gender_index_2015.pdf
- Czikszentmihalyi, M. (1990). *FLOW. The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper & Row.
- Da Rocha, K. (2016). Need for CrEEd: Chances and Challenges of Inquiry Learning in Student Teacher Training in English as a Foreign Language. In J. Reitinger, C. Habermellner, E. Brewster, and M. Kramer (Hrsg.): *Theory of Inquiry Learning Arrangements. Research, Reflection, and Implementation* (S. 81–97). Kassel University Press.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination of behaviour*. New York: Academic Press.
- 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* (S. 3–9). Rochester, NY: The University of Rochester Press.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (2004). *Handbook of Self-Determination Research*. Rochester, NY: The University of Rochester Press.
- Elliot, A.J., McGregor, H.A., & Thrash, T.H. (2004). The need for competence. In E.L. Deci & R.M. Ryan (Hrsg.). *Handbook of Self-Determination Research* (S. 361-387). Rochester, NY: The University of Rochester Press.

- Feist, G.F. (1991). Synthetic and Analytic Thought: Similarities and Differences Among Art and Science Students. *Creativity Research Journal*, 4(2), 145-155.
- Feist, G.F. (1998). A Meta-Analysis of Personality in Scientific and Artistic Creativity. *Personality and Social Psychology Review*, 2(4), 290-309.
- Finke, R. A., Ward, T., & Smith, S. M. (1996). *Creative Cognition*. London: MIT.
- Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions? *Review of General Psychology*, 2, 300–319.
- Fredrickson, B.L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. *American Psychologist*, 56, 218-226.
- Guay, F., Vallerand, R.J., & Blanchard, C. (2000). On the Assessment of Situational Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and Emotion*, 24(3), 175–213.
- Izard, C.E. (1992). Basic Emotions, Relations Among Emotions, and Emotion-Cognition Relations. *Psychological Review*, 99(3), 561–565.
- Isen, A.M. (1987). An Influence of positive affect on decision making in complex situations: Theoretical issues with practical implications. *Journal of Consumer Psychology*, 11(2), 75–85.
- Kaufman, J.C., Plucker, J.A., & Baer, J. (2008). *Essentials of Creativity Assessment*. New Jersey: Wiley & Sons.
- Kaufman, J.C. (2012). Counting the Muses: Development of the Kaufmann Domains of Creativity Scale (K-DOCS). *Psychology of Aesthetics, Creativity, and Arts*, 6(4), 298–308.
- Keplinger, G. (2016): Let´s CrEED Student Teachers of English: Focus on individualization in Tertiary Education. In: Reitinger, J., Haberfellner C., Brewster E., & Kramer, M. (Hrsg.), *Theory of Inquiry Learning Arrangements. Research, Reflection, and Implementation* (S. 65–80). Kassel University Press.
- Klafki, W. (1999). Die bildungstheoretische Didaktik im Rahmen kritisch-konstruktiver Erziehungswissenschaft. In H. Gudjons, R. Teske, & R. Winkel (Hrsg.), *Didaktische Theorien* (S. 13–34). Hamburg.
- Messner, R. (2009). Forschendes Lernen aus pädagogischer Sicht. In R. Messner (Hrsg.), *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 15–30). Hamburg, Germany: Körber Stiftung.
- Meyer, C., & Sandner, A. (2013) *Physikerinnen: Zahlen und Fakten*. Deutsche Physikalische Gesellschaft. Verfügbar unter https://www.dpg-hysik.de/dpg/gliederung/ak/akc/projekte/Meyer_Statistiken_DPT-2012.pdf
- Milberg, J., & Röbbcke, M. (2009). Neue Bündnisse für den Nachwuchs. In R. Messner (Hrsg.), *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 48-56). Hamburg: Edition Körber-Stiftung.
- Müller, R. (2010). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H.F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik Didaktik. Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 102–119). Berlin: Cornelsen Scriptor.

- Oyrer, S., Ressler, J., & Reitinger, J. (2012). Das AuRELIA-Konzept. Forschendes Lernen in den Naturwissenschaften mit leistungsheterogenen Gruppen. In M. Bönsch & K. Moegling (Hrsg.), *Binnendifferenzierung. Unterrichtsbeispiele für binnendifferenzierten Unterricht* (S. 29–47). Immenhausen bei Kassel, Germany: Prolog.
- Oyrer, S. (2016). AuRELIA in Action: Inquiry learning in Physics for girls in lower secondary education. In J. Reitinger, C. Haberfellner, E. Brewster, & M. Kramer (Hrsg.), *Theory of Inquiry Learning Arrangements. Research, Reflection, and Implementation* (S. 151–168). Kassel University Press.
- Pallant, J. (2011). *SPSS Survival Manual*. New York, NY: Open University Press.
- Peschel, F. (2003). *Offener Unterricht – Idee, Realität, Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept in der Evaluation*. Hohengehren, Deutschland: Schneider.
- Plucker, J.A., Beghetto, R.A., & Dow, G. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potential, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39, 83–96.
- Reeve, J. (2004). Self-Determination Theory Applied to Educational Settings. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Eds.), *Handbook of Self-Determination Research* (S. 183–203). Rochester, NY: The University of Rochester Press.
- Reich, K. (2006). *Konstruktivistische Didaktik. Lehr- und Studienbuch mit Methodenpool*. Weinheim und Basel: Juventa.
- Reitinger, J. (2011a). Das AuRELIA-Konzept. Interessensförderung durch methodisch strukturierte Öffnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In A. Fächter & K. Moegling (Hrsg.), *Diagnostik und Förderung. Beispiele aus der Unterrichtspraxis* (S. 107–120). Kassel: Prolog.
- Reitinger, J. (2011b). Differenziertes forschendes Lernen in den Naturwissenschaften mit leistungsheterogenen Schüler/-innengruppen – Eine empirische Studie zur Performanz und Wirksamkeit des AuRELIA-Konzeptes. *Schulpädagogik heute* 2(4), <http://www.schulpaedagogik-heute.de>
- Reitinger, J. (2013). *Forschendes Lernen: Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements. Theorie und Praxis der Schulpädagogik*. Immenhausen bei Kassel, Deutschland: Prolog.
- Reitinger, J. (2014). *Forschendes Lernen im Kontext einer selbstbestimmungsorientierten Lernkultur*. Doktorarbeit. Universität Kassel, Deutschland.
- Roth, G. (2009). Die Bedeutung von Motivation und Emotionen für den Lernerfolg. In R. Messner (Hrsg.), *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen* (S. 57–74). Hamburg, Germany: Körber Stiftung.
- Savory, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework. In B. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design* (S. 135–148). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Seyfried, C. (2002). Unterricht als Moderation von Anliegen. *Atelier Schule* 17, 9–23.

- Snir, S., & Regev, D. (2013). ABI – Art-based Intervention Questionnaire. *The Arts in Psychotherapy, 40*, 338–346.
- 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
- Zwiorek, S. (2010). Mädchen und Jungen im Physikunterricht. In H.F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik Didaktik. Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II* (S.73–84). Berlin, Deutschland: Cornelsen Scriptor.

