

Virtuelle Labore im Biologieunterricht

Auswirkungen von Labster auf die Selbsteinschätzung von Schülerinnen und Schülern

Maria Sophie Schäfers, Mario Schmiedebach und Claas Wegner

Zusammenfassung

Obwohl Experimente nachweislich zum Wissenserwerb und Steigerung des Fachinteresses Lernender beitragen, ist die Planung und Durchführung aufgrund materieller und zeitlicher Voraussetzungen im Biologieunterricht nicht immer umsetzbar. Schülerinnen und Schülern wird in virtuellen Laboren die Möglichkeit gegeben, authentische Lernerfahrungen in einem Labor zu sammeln, um dadurch ähnliche Effekte in Bezug auf die (nicht-) kognitiven Fähigkeiten und Kompetenzen der Lernenden zu bewirken. In dieser empirischen Studie wurden in einem Kontrollgruppendesign mit insgesamt N = 94 Schülerinnen und Schüler der Oberstufe zu den Auswirkungen des Simulationsprogramms Labster im Fachbereich Genetik auf unterschiedliche Persönlichkeitsmerkmale untersucht. Die Ergebnisse der Vergleichsstudie zeigen, dass sowohl hinsichtlich des biologischen Selbstkonzepts, der Selbstwirksamkeit in Genetik, der Berufswahl sowie der konstruktiven Prozessmerkmale des gemässigten Konstruktivismus und den prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung geschlechterunabhängig positive Effekte zu verzeichnen sind. Lediglich die sozialen Prozessmerkmale des gemässigten Konstruktivismus bringen für die Kontrollgruppe signifikant höhere Ergebnisse hervor, was sich jedoch mit der eingesetzten Interaktionsform begründen lässt. Die Pilotstudie zeigt, dass virtuelle Labore zahlreiche Potenziale für den Biologieunterricht mitbringen könnten, die in Folgestudien mit grösseren Stichproben untersucht werden. Besonders in der aktuellen Zeit, in der Besuche in Laboren oder labortechnische Arbeiten in Schulen nicht durchführbar sind, bieten die virtuellen Labore somit eine gewinnbringende Alternative.

Virtual laboratories in biology lessons. Effects of Labster on the self-assessment of pupils

Abstract

Although conducting experiments in biology lessons contributes to knowledge acquisition and an increased interest in the subject, it is not always feasible to plan and implement them due to material and time constraints. Virtual laboratories offers an alternative to provide students with an authentic learning experience in a laboratory, which can similarly increase (non-)cognitive skills and ability. We conducted a quantitative

empirical comparative study in 10th grade students (N = 94) at a grammar school to investigate the influence of the Labster simulation program on different non-cognitive personal characteristics. Our results display a myriad of benefits in terms of biological self-concept, self-efficacy in genetics, career choice, of the construct constructive process characteristics of moderate constructivism and process-related skills in the field of knowledge production. However, students who did not participate had significantly higher values only with regard to the construct social process characteristics of moderate constructivism, although this can be justified by the cooperative form of interaction used. Virtual laboratories have the potential to offer numerous opportunities in biology lessons, such as making virtual first-hand experiences and performance-differentiated learning, particularly where laboratory visits or work in school is not possible, and continuative effects should be explored in follow-up studies.

1. Praktisches Arbeiten im Biologieunterricht der Oberstufe – Herausforderungen und Chancen

Das Experimentieren als spezifisch naturwissenschaftliche und zentrale Methode rückte in den Fokus (Labudde und Möller, K. 2012, 14), um die natürliche Faszination der Menschen für alltägliche und zukünftig relevante Phänomene und Fragestellungen im biologischen, aber auch chemischen und physikalischen Bereich (Kohse-Höinghaus 2012, 197) auf die Unterrichtsinhalte der naturwissenschaftlichen Fächer zu übertragen.

Durch das *Experimentieren* soll das fachspezifische Interesse und die Motivation zur Auseinandersetzung im Laufe der Schulzeit gesteigert und stabilisiert werden (Barzel, Reinhoffer, und Schrenk 2012, 103) und somit langfristig dem Fachkräftemangel entgegenwirken. So sind in den Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife und mittleren Schulabschluss einige Kompetenzen auf das Experimentieren der Schülerinnen und Schüler ausgerichtet, die sie während der Schulzeit erwerben sollen. Beispielsweise sollen die Lernenden eigene Fragestellungen entwickeln, (qualitative und quantitative) Experimente hypothesengeleitet planen, unter Beachtung fachlicher Qualitätsmerkmale durchführen und hinsichtlich der Fragestellung auswerten sowie mögliche Fehlerquellen reflektieren können (Kultusministerkonferenz 2020, 14 f., 2004, 14).

Über die Vorzüge und Vorteile des Experimentierens besteht Konsens, sowohl in Bezug auf *fachspezifische Kompetenzen*, wie das Einüben von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Koenen 2014) als auch *allgemeingültige Kompetenzen*, wie die Förderung des kausalen und logischen Denkens (Völzke, Arnold, und Kremer 2013), der kommunikativen Kompetenzen (Pfangert-Becker 2010) oder der Konzentrationsfähigkeit (Barzel, Reinhoffer, und Schrenk 2012, 104 ff.).

Mit dem Experimentieren einhergehende Probleme bleiben häufig unerwähnt. Nicht weniger bedeutend sind jedoch auch die Barrieren, welche bereits bei der Planung und der Durchführung von Schülerexperimenten im Unterricht auftreten können. Dabei lassen sich nach Ehmer 2008 grundsätzlich zwei Hindernisse feststellen:

1. *Der zeitliche Aufwand:* Für das Planen und Durchführen von Experimenten wird mehr Unterrichtszeit benötigt als für andere Methoden im Unterricht. So nimmt alleine der Aufbau der Experimentierapparatur häufig mehr Zeit ein, als die zeitliche Planung der Lehrkräfte erlaubt. In Kosten-Nutzen-Rechnungen entscheiden sich Lehrkräfte daher häufiger für den Verzicht des Experiments zu Gunsten der zeitlich gepufferten Erklärung des Phänomens anhand von Videos, Abbildungen oder Texten.
2. *Der materielle Aufwand:* Viele Schulen verfügen in den naturwissenschaftlichen Fachräumen nicht über ausreichendes Material, um die Experimente durchführen zu können. Je komplexer dabei die Inhalte, umso umfangreicher können auch die benötigten Materialien und Apparaturen sein. Dies stellt die Lehrkräfte in der Planung vor zusätzliche Sachzwänge, so dass einige Experimente aufgrund einer mangelnden Ausstattung an den Schulen nicht umsetzbar sind.

Diese Hindernisse sind meist so dominant, dass auf einen handlungsorientierten Unterricht verzichtet wird. Während in der Primarstufe das Interesse und die Motivation für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen und Fragestellungen sehr hoch ist, zählen Naturwissenschaften dennoch im Fächerkanon der Sekundarstufe I und II nicht zu den beliebtesten Fächern der Schülerinnen und Schüler (Gebhard, Höttecke, und Rehm 2017, 131). Das Gegenteil ist der Fall: besonders das Interesse für die Fächer Physik und Chemie als die lernintensiven Naturwissenschaften, aber auch für Biologie sinkt aufgrund der behandelten Unterrichtsinhalte stetig (Jördens und Hammann 2019, 15) und so zählen diese zu den unbeliebtesten Fächern (Merzyn 2008, 6). Dieser *Interessenverfall* im Laufe der weiterführenden Schule lässt sich zum einen mit der ansteigenden Komplexität in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern und zum anderen mit der gehobenen Theorielastigkeit erklären (Merzyn 2008, 132). Nicht zuletzt durch diesen Interessenverfall ist der vorherrschende Fachkräftemangel im Segment der naturwissenschaftlichen Berufe zu erklären (Wegner und Schmiedebach 2017, 119). Kaum Schülerinnen und Schüler entscheiden sich für einen Beruf mit dem Schwerpunkt, dessen Fach sie in der Schule nicht gerne belegten. Das Ausbleiben eines motivierten und themeninteressierten Nachwuchses hat somit zur Folge, dass alleine in Deutschland im Jahr 2019 über 478.000 Stellen im MINT-Bereich unbesetzt blieben (Institut der deutschen Wirtschaft Köln 2019, 64).

Weiter ist zudem eine grosse geschlechtsbedingte Diskrepanz zu verzeichnen. Schon seit den 1990er Jahren und im Zuge der Interessenstudie des IPN Kiel wird

erforscht, wie sich die Interessen von Schülerinnen und Schülern in den Naturwissenschaften, hier bezogen auf das Unterrichtsfach Physik, unterscheiden und welche Unterrichtskonzepte sich anwenden lassen, um Mädchen in besonderer Weise zu fördern, ohne die Jungen zu benachteiligen (Häußler und Hoffmann 1995, 107). Während aktuell zwar die Zahlen der weiblichen Studierenden in naturwissenschaftlichen Fächern stetig ansteigen (Mokhonko, Nickolaus, und Windaus 2014, 144), besteht weiterhin eine genderspezifisch geprägte Fachbereichsfrequentierung bereits ab der Wahl der Differenzierungskurse und Leistungskurse in der Schule. Schülerinnen wählen sprachliche Fachkombinationen, wohingegen Schüler sich häufiger für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich entscheiden (Kampshoff 2007). Dies liegt nicht zuletzt daran, dass Mädchen sich ein schwächeres schulisches Fähigkeitsselbstkonzept zuschreiben als Jungen in ihrem Alter und dies nicht mit den Anforderungen der Naturwissenschaften übereinstimmt (Solga und Pfahl 2009), obwohl sich die tatsächlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Jungen und Mädchen nicht stark voneinander unterscheiden (Mokhonko, Nickolaus, und Windaus 2014, 144). Jedoch bleiben diese geschlechtsstereotypen Beschreibungen aufgrund der kulturellen Konstruktion weiterbestehen und begründen u.a. auch den Mangel an weiblichen Fachkräften im MINT-Bereich (Faulstich-Wieland 2004, 10).

Mit der fortschreitenden Digitalisierung haben sich in der Schule und im naturwissenschaftlichen Fachunterricht neue Möglichkeiten eröffnet, den Unterricht handlungsorientierter und somit für die Schülerinnen und Schüler ansprechender zu gestalten. Neben Projekten wie *ring-a-scientist* (Göpfrich und Gödel 2018, 463), bei der im Unterricht eine Videokonferenz mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit dem Forschungsschwerpunkt des aktuell im Unterricht behandelten Lerninhalts stattfindet, oder Apps zur Bestimmung von Tier- und Pflanzenarten (Rösch und Maurer 2014, 28) steigt auch die Popularität von virtuellen Laboren, in denen die Schülerinnen und Schüler Experimente als Computersimulation durchführen (Herzig 2017, 508). Da die Entwicklung und Anwendung schneller voranschreitet als die wissenschaftliche Evaluation solcher *virtual labs*, befindet sich die Forschungslandschaft zu den Auswirkungen virtueller Labore aktuell noch im Aufbau.

2. Virtuelle Labore für Schülerinnen und Schüler im Biologieunterricht – die Lösung des Problems?

2.1 Digitale Medien im Unterricht

Da digitale Medien als ein fester Bestandteil sowohl der Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen als auch der Arbeits- und Alltagswelt der Erwachsenen zählen, ist das Erlernen eines kompetenten und verantwortungsbewussten Umgangs erforderlich

(Kramer et al. 2019, 133). Daher stellt dieses auch einen zentralen Bildungsauftrag der Schule dar (Kultusministerkonferenz 2016) und soll durch Kampagnen und Programme der Bundesländer, wie zum Beispiel die Bildungsoffensiven *Gute Schule 2020* des Landes Nordrhein-Westfalen oder *Digitale Schule 2020* des Landes Bayern, thematisiert und gefördert werden. Laut der BITKOM-Studie sind viele Schulen auch technisch soweit ausgestattet, dass Medien im Unterricht genutzt und eingesetzt werden können, jedoch fehlt es häufig an der Kompetenz der Nutzungsfähigkeit der Lehrkräfte (BITKOM 2015). So beschränken sich digitale Aufgaben der Lernenden meist auf Recherchen oder die richtige Bedienung von Programmen (BITKOM 2015, 43). Obwohl der Anteil der wöchentlichen Nutzung digitaler Medien im Unterricht in den letzten Jahren immer weiter ansteigt (Bos et al. 2014, 212; Bos et al. 2016, 86), ist diese jedoch häufig lehrkraftzentriert oder dient lediglich Präsentationszwecken. Somit kann der potenzielle Nutzen dieser innovativen Lernformate, wie z.B. eine Motivationssteigerung oder die Festigung des spezifischen Fachinteresses, nicht ausgeschöpft werden (Kramer et al. 2019, 133).

Besonders in den Naturwissenschaften und somit auch im Biologieunterricht bieten digitale Medien zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten. Sie können dabei als «Rechen, Explorations-, Visualisierungs-, Recherche-, Strukturierungs-, Präsentations-, Übungs-, Kommunikations-, Kollaborations- und Produktionswerkzeug dienen» (Kramer et al. 2019, 133). Die Nutzung der Medien ist jedoch noch kein Garant für eine gewinnbringende Unterrichtseinheit. Die Einbindung der Medien muss kontextabhängig, lerngruppenangepasst und didaktisch wertvoll integriert werden, um lernförderlich wirken zu können (Stürmer und Lachner 2017, 82 ff.). Dies soll vor allem bestärken, dass die digitalen Medien die klassisch im Unterricht eingesetzten Medien, wie zum Beispiel Bücher, Filme oder auch Modelle und Abbildungen nicht ersetzen sollen, sondern dass sie in ihrem Zusammenspiel ihre Stärken hervorbringen und ihre Schwächen reduzieren (Schaal, Spannagel, und Vogel 2013). Dabei können die Naturwissenschaften besonders von dem Einsatz digitaler Medien profitieren, da komplexe Prozesse, Strukturen oder Funktionen, die normalerweise schwierig zu verstehen und zu begreifen sind, sichtbar gemacht werden können und den Lernenden somit ein grösserer Zugang zu den Fachinhalten ermöglicht wird (Schwanewedel, Ostermann, und Weigand 2018, 14 ff.). Eine Form zur Darstellung solcher Strukturen oder Prozesse sind zum Beispiel Simulationen, die den Schülerinnen und Schülern durch ihre aktive Manipulation von Systemparametern an einem System oder Phänomen exploratives Lernen ermöglicht, zum Beispiel durch Wachstumsversuche bei Pflanzen zu unterschiedlichen Bedingungen in Bezug auf die Lichtintensität, die Wassermenge den pH-Wert im Boden (Nerdel 2017, 184). Die Simulationen sind dabei für die Darstellung von Prozessen geeignet, die im Unterricht aufgrund zeitlicher, unterrichtspraktischer oder sicherheitsrelevanter Parameter nicht durchgeführt werden können und fördern so das Verständnis von kausal-logischen Zusammenhängen bei Schülerinnen und Schülern (Nerdel 2017, 184; Jong und van Joolingen 1998, 179 ff.).

2.2 Virtuelle Labore – Digitale Medien für den Biologieunterricht

Für den Biologieunterricht gewinnen virtuelle Labore mit einer visualisierenden und explorativen Funktion an Bedeutung (Kramer et al. 2019, 134). Neben der schulischen Verwendung von virtuellen Laboren werden diese ebenso in der Gen- und Hirnforschung angewandt (Kokot 2019, 1). Im Biologieunterricht bestehen bereits zahlreiche Einsatzmöglichkeiten, wie

- die Neurobiologie, um durch Simulationen die Nervenzellenaktivität oder die Reaktionsgeschwindigkeit zu messen,
- die Genetik, um gentechnische Experimente unter Laborbedingungen durchführen zu können oder
- die Tierphysiologie, um realitätsgetreu Präparationen anfertigen zu können.

Frühere Forschungen haben gezeigt, dass virtuelle Labore für Lernende wichtige pädagogische Vorteile bieten können (National Research Council, Honey, und Hilton 2011). Neben den bereits erwähnten günstigen Kosten-Nutzen-Voraussetzungen für das praktische Arbeiten, fördern virtuelle Labore die Bildung neuer Konzepte und das naturwissenschaftliche Lernen der Schülerinnen und Schüler durch kontinuierliches Feedback (Thisgaard und Makransky 2017, 1). Insbesondere bietet diese Form der Lernsimulation jedoch einen Rahmen für die Förderung des forschenden Lernens, da ihnen ermöglicht wird, konzeptionelles Wissen zu erlangen und gleichzeitig eine wissenschaftliche Fragestellung mit fachspezifischer Methodik selbstständig zu untersuchen und zu überprüfen (Thisgaard und Makransky 2017, 2). Darüber hinaus sind virtuelle Labore in der Lage, Lernende zu motivieren, indem sie ihnen Herausforderungen bieten, die auf ihre individuellen Lernbedürfnisse und Interessen zugeschnitten sind (National Research Council, Honey, und Hilton 2011). Im Gegensatz zum analog gestalteten Biologieunterricht, in welchem die Lernenden zwar handlungs- und wissenschaftsorientiert arbeiten können, jedoch die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen teilweise nur umrissen werden können, stimulieren die virtuellen Labore zusätzlich die natürliche Neugierde und stärkt die fachspezifische Selbstwirksamkeit (Bonde et al. 2014, 694).

In einer Studie von Bonde et al. (2014) konnte sogar bereits festgestellt werden, dass sich die Teilnahme und Bearbeitung solcher virtuellen Labore positiv auf die Berufswahl der Schülerinnen und Schüler auswirkt sich mehr Lernende für ein Studium in naturwissenschaftlichen Bereichen und Karrieren in der Biotechnologie interessieren als zuvor (Bonde et al. 2014, 695). Mit den positiven Resonanzen zu den Auswirkungen der virtuellen Labore steigt mittlerweile auch die Anzahl an Angeboten. So bestehen für das Unterrichtsfach Biologie aktuell virtuelle Labore für unterschiedliche Jahrgänge und zu verschiedenen Themenbereichen, von denen für die vorliegende Studie *Labster* verwendet wurde.

2.3 Simulationsprogramm Labster

Labster ist ein Unternehmen, welches sich gemeinsam mit Expertinnen und Experten unterschiedlicher internationaler Institutionen der Entwicklung von interaktiven Laborsimulationen widmet (Stauffer et al. 2018). Dabei können Lernende durch 3D-Animationen realitätsnah und nur zu einem Bruchteil der echten Laborkosten Erfahrungen im Labor sammeln und auf effektive Weise Erkenntnisse sammeln (Stauffer et al. 2018). Mittlerweile kann Labster auf ein grosses Repertoire an bereits entwickelten Laboren in englischer Sprache zurückgreifen, die von einer Einführung in ein naturwissenschaftliches Labor bis hin zur Analyse von Antikörpern oder biochemischen Vorgängen reicht und somit unterschiedliche Zielgruppen ansprechen (Najafi et al. 2018, 2).

Im Fokus des didaktischen Konzepts des virtuellen Labors stehen das Erwerben von fachspezifischen Kompetenzen, wie das Einüben von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, indem Schülerinnen und Schüler computersimulierte Realexperimente planen, durchführen und auswerten. So müssen die Schülerinnen und Schüler bei der Gelelektrophorese in der Simulation u.a. darauf achten, die Pipettenspitze nicht durch Mehrfachbenutzung zu kontaminieren, da sonst fehlerhafte Ergebnisse zustande kommen, die am Ende des Experiments von Labster dargestellt werden. Aber auch das Aneignen von fachübergreifenden Kompetenzen, wie das Selbstorganisieren und das forschende Lernen, wird angeregt (Franuszkiewicz et al. 2019, 274). Durch Feedback, welches während und nach der Durchführung durch das Programm gegeben wird, bekommen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, ihre Handlungen zu reflektieren und zu diskutieren.

Für Fachlehrkräfte bieten sich dabei unterschiedliche Möglichkeiten, die virtuellen Labore von Labster in den Unterricht zu integrieren:

1. *Labster als Vorübung:* Wenn die Lehrkraft die Durchführung eines realen Experiments im Unterricht geplant hat, kann die entsprechende Labster-Simulation als Vorübung genutzt werden. So lernen die Schülerinnen und Schüler bereits zuvor die notwendigen Materialien kennen, können sich den Versuchsaufbau einprägen und sich mit dem Ablauf der Durchführung vertraut machen. So treten bei der realen Experimentierphase weniger Probleme oder Fehler auf.
2. *Labster als Ersatz:* Die Labster-Simulationen können die realen Experimente des Biologieunterrichts auch ersetzen. So wird den Lernenden die Möglichkeit gegeben, auch zu Themen zu experimentieren, die normalerweise nicht in der Schule durchzuführen sind und spezielles Material und spezifische Apparaturen verlangen.
3. *Labster als grundsätzliche Ergänzung:* Labster kann, losgelöst von spezifisch im Unterricht behandelten Themengebieten, die Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern fördern, was in den curricularen Vorgaben der Kernlehrpläne vorgeschrieben ist. (Klem 2019, 4)

In der vorliegenden Studie wurde *Labster* sowohl als Ersatz für Experimente als auch als ergänzendes Angebot im Bereich Genetik in der Oberstufe eingesetzt. Durch Pflicht- und Wahllabore, welche die Lernenden bearbeiten konnten, wurde sichergestellt, dass alle ein Mindestmass an simulierten praktischen Erfahrungen gewonnen haben und die Interessierten weitere Aufgaben und Experimente in diesem Themenbereich durchführen konnten.

Um die Auswirkungen auf des Programms *Labster* auf die Schülerinnen und Schüler zu überprüfen, wurden unterschiedliche Konstrukte erhoben, deren theoretische Grundlagen in der folgenden Tabelle dargestellt werden.

Konstrukt	Definition für die Pilotstudie
<i>Selbstkonzept allgemein</i>	Als Selbstkonzept (oder Fähigkeitsselbstkonzept) «wird allgemein die Gesamtheit der kognitiven Repräsentationen eigener Fähigkeiten verstanden» (Stiensmeier-Pelster und Schöne 2008, 63), also das Selbstkonzept als «mentale[s] Modell einer Person über ihre Fähigkeiten und Eigenschaften» (Moschner und Dickhäuser 2018, 750). Darunter werden ausschliesslich Beschreibungen und Einschätzungen über die eigenen Fähigkeiten und Schwächen, auf die Person bezogene Informationen sowie stabile Vorlieben und Abneigungen gefasst (Krapp, Geyer, und Lewalter 2014), wohingegen die Bewertung derer dem Selbstwert zugeordnet wird (Stiensmeier-Pelster und Schöne 2008).
<i>Selbstkonzept biologisch</i>	Bei der Struktur des Fähigkeitsselbstkonzepts besteht Konsens über die «Multidimensionalitätsannahme» (Moschner und Dickhäuser 2018, 750), die besagt, dass sich das Selbstkonzept in Teilbereiche ausdifferenziert. Fähigkeitsselbstkonzepte können somit auf unterschiedlichen Hierarchieebenen formuliert werden, je genauer die Beschreibung des Fähigkeitsselbstkonzepts, umso spezifischer die Ebene. Für die vorliegende Studie wird daher neben dem allgemeinen Selbstkonzept auch das biologische Selbstkonzept erhoben.
<i>Berufswahl</i>	Schülerinnen und Schüler bringen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern wenig Interesse entgegen (Prenzel, Reiss, und Hasselhorn 2009, 16). Da die schulisch gesetzten Schwerpunkte mit den Studienfachwahlen korrelieren, liegt nicht zuletzt im geringen Interesse an Naturwissenschaften ein Ausbleiben bereichsspezifische Fachkräfte begründet (Taskinen 2010, 13). Neben dem Interesse muss ausserdem ein hohes Fähigkeitsselbstkonzept gegeben sein, damit die Schülerinnen und Schüler einen naturwissenschaftlichen Beruf anstreben (Haste 2004, 2). Durch den Zusammenhang zwischen dem Selbstkonzept und dem Interesse der Schülerinnen und Schüler, wird in der Pilotstudie auch die Berufswahl erhoben.
<i>Intrinsische Motivation Genetik</i>	Bei intrinsisch motivierten Handlungen weckt bereits die Ausführung dieser eine ehrliche Freude und führt zur Genugtuung und Befriedigung der Person (Schiefele und Schaffner 2015, 155). Dabei werden diese Handlungen oft spontan und ohne äusseren Anreiz ausgeführt (Duske 2017, 74). Durch die Kontextabhängigkeit wird in dieser Studie die intrinsische Motivation im Hinblick auf den Unterrichtsinhalt Genetik untersucht, um den Einfluss anderer Inhalte auf die intrinsische Motivation ausschliessen zu können.

Konstrukt	Definition für die Pilotstudie
<i>Extrinsische Motivation</i>	Extrinsische Lernmotivation bezeichnet die Absicht, dass durch die ausgeführte Handlung entweder positive Konsequenzen hervorgerufen oder negative Folgen umgegangen werden können (Schiefele und Schaffner 2015, 155). Diese extrinsische Motivation lässt sich in drei weitere Kategorien aufspalten, die von der externalen Regulation über die introjierte bis hin zur integrierten Regulation die Skala vom fremdbestimmten zum selbstbestimmten Extrem abdecken (Schiefele und Schaffner 2015, 158).
<i>Selbstwirksamkeit Genetik</i>	Als Selbstwirksamkeit wird die «subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können» (Schwarzer und Jerusalem 2002, 35) bezeichnet. Dabei liegt der Fokus vor allem auf Handlungen, die nicht zu den Routinen der Person zählen (Schwarzer und Jerusalem 2002, 35). Grundlage für dieses Konzept ist die Annahme, dass «kognitive, motivationale, emotionale und aktionale Prozesse durch subjektive Überzeugungen gesteuert» (Schwarzer und Jerusalem 2002, 35) werden. Die Selbstwirksamkeit kann in unterschiedlichen Dimensionen untersucht werden (allgemein, bereichsspezifisch, situationsspezifisch) (Schwarzer und Jerusalem 2002, 41), wobei für die vorliegende Studie die bereichsspezifische Selbstwirksamkeit im Bereich Genetik erhoben wird.
<i>Interesse</i>	Die Grundlage für die Definition von <i>Interesse</i> bildet für diese Studie die Person-Gegenstands-Theorie des Interesses nach Krapp (2010). Das Interesse bezeichnet demnach eine spezifische Präferenz für bestimmte Lerninhalte und ist als mehrdimensionales Konstrukt zu verstehen (Krapp, Schiefele, und Schreyer 1993, 120). Es definiert sich also als «eine herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand, die durch eine hohe subjektive Wertschätzung für den Gegenstand eine insgesamt positive Bewertung der emotionalen Erfahrungen während der Interessenhandlung gekennzeichnet ist» (Krapp, Geyer, und Lewalter 2014, 205).
<i>Frustration</i>	Frustration ist eine Reaktion auf Misserfolg oder Überforderung im Fachunterricht (Nölle 1993). Durch den Anstieg des Leistungsdrucks in der Schule, kann es immer wieder zu Misserfolgen kommen, die sich in Frustration bei den Schülerinnen und Schülern ausdrücken können. So kann durch den Leistungsdruck anfängliche Freude am Unterricht und Lerngegenstand sinken und schwinden (Christen et al. 2001, 9).
<i>Konstruktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus</i>	Konstruktivistische Lernprozesse werden in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik als notwendig angesehen, um aktive und eigenständige Wissenszuwächse und Handlungskompetenzen zu fördern (Basten et al. 2015, 44). Dabei ist das Lernen konstruktiv, da nicht das Rezipieren neuen Wissens im Fokus steht, sondern vielmehr das Selektieren, Interpretieren, Reorganisieren und Verknüpfen von Grundlagen und Vorkenntnissen mit bestehenden Wissensstrukturen. Diese eigenen Aufbauprozesse sind somit essentiell für eine dauerhafte Veränderung von individuellem Wissen und Können (Reinmann und Mandl 2006, 626 ff.; 638).
<i>Sozial-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus</i>	Lernen ist zudem ein sozialer Prozess. Durch die gemeinsame Konstruktion von neuem Wissen und gegenseitige Unterstützung können höhere kognitive Leistungen erbracht und Potenziale für lernschwächere Schülerinnen und Schüler geschaffen werden, indem die Lücken geschlossen und Aufgaben als Gruppe bewältigt werden (Urhahne et al. 2011, 118).

Konstrukt	Definition für die Pilotstudie
<i>Aktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemäßigten Konstruktivismus</i>	Aktives Lernen hat zum Ziel, den Schülerinnen und Schülern eine zielgerichtete und konzentrierte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ermöglichen. Dabei ist eine Voraussetzung für aktives Lernen, dass Schülerinnen und Schüler motiviert sind, damit sich zumindest ein situationales Interesse entwickeln kann (Krapp 1998).
<i>Prozessbezogene Kompetenzen Erkenntnis-gewinnung</i>	«Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren» (Kultusministerkonferenz 2020, 13). Um den subjektiv empfundenen Zuwachs der Schülerinnen und Schüler zu erfassen, wird eine Selbsteinschätzung zum Erkenntnisgewinn in der Interventionsmassnahme erhoben.
<i>Prozessbezogene Kompetenzen Kommunikation</i>	Bei der Kommunikationskompetenz wird in den Fokus gestellt, dass die Schülerinnen und Schüler sich eine geeignete Fachsprache und -argumentation aneignen und diese einsetzen können, um zum einen bereichsspezifische Informationen erschliessen und sich zum anderen adressaten- und situationsgerecht über die Kenntnisse austauschen zu können (Kultusministerkonferenz 2020, 15).

Tab. 1.: Theoriebasierte Kurzdefinitionen der Konstrukte aus der Pilotstudie.

4. Fragestellung und Hypothesen

Ausgehend von der Relevanz sowohl von digitalen Medien für die Schule und den Lebensweltalltag als auch von Experimenten für die Förderung von (nicht-) kognitiven Fähigkeiten der Lernenden, ist es notwendig, das Potenzial von virtuellen Laboren im Biologieunterricht zu untersuchen und zu analysieren, um die folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Inwiefern wirkt sich die Arbeit mit Labster-Simulationen im Bereich Genetik auf die Selbsteinschätzungen in Bezug auf unterschiedliche kognitive und nicht-kognitive Parameter der Lernenden im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne die Labster-Erfahrungen aus?

Da es sich bei dieser Studie um eine erste Erhebung mit diesem Messinstrument handelt, wird eine explorative Vorgehensweise gewählt, in welcher zunächst viele mögliche Konstrukte auf Effekte hin überprüft werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Experimentalgruppe in den gewählten Konstrukten signifikant von der Kontrollgruppe unterscheidet.

Die Konstrukte wurden zum einen ausgewählt, da es sich bei Konstrukten wie dem Interesse, dem Selbstkonzept (biologisch und allgemein) oder der Motivation um allgemein anerkannte und häufig erhobene Parameter handelt, die bereits in vorherigen Studien für das Programm Labster erhoben wurden, sodass ein Vergleich

der Ergebnisse möglich wird. Zum anderen wurden jedoch auch Konstrukte, wie Frustration, Skalen zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus oder die prozessbezogenen Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung und Kommunikation gewählt, da in diesen Bereichen durch den Aufbau und die Durchführung Probleme auftreten können, welche die Schülerinnen und Schüler dazu bringen, diese Konstrukte als weniger stark zu bewerten.

Dies führt zu folgendem Hypothesenblock:

H1	Die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe haben ...
a	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihr allgemeines Selbstkonzept.
b	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihr biologisches Selbstkonzept.
c	ein signifikant höheres Interesse, einen biologischen Beruf zu ergreifen.
d	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihre intrinsische Motivation im Bereich Genetik.
e	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihre extrinsische Motivation.
f	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihre Selbstwirksamkeit im Bereich Genetik.
g	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihr Interesse.
h	eine signifikant geringere Selbsteinschätzung in Bezug auf ihre Frustration.
i	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf die konstruktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus.
j	eine signifikant niedrigere Selbsteinschätzung in Bezug auf die sozial-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus.
k	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf die aktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus.
l	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung.
m	eine signifikant höhere Selbsteinschätzung in Bezug auf prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich Kommunikation.

Tab. 2.: Übersicht über die Hypothesen bezüglich der Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe.

Darüber hinaus wird angenommen, dass die signifikanten Unterschiede nicht nur auf den Vergleich von Test- und Kontrollgruppe zurückzuführen sind, sondern zusätzlich auf das Geschlecht, da Schülerinnen ihre Fähigkeiten in den Naturwissenschaften grundsätzlich geringer einschätzen als Schüler (Mokhonko, Nickolaus, und Windaus 2014).

H2	Die Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern der Kontroll- und Experimentalgruppe sind vom Geschlecht des Individuums abhängig.
----	--

Tab. 3.: Übersicht über die Hypothesen bezüglich der Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe im Hinblick auf das Geschlecht.

Diese Hypothesen gilt es durch die Erhebung und Analyse zu überprüfen.

5. Studie

5.1 Studiendesign

Um die Auswirkungen des Simulationsprogramms *Labster* zu überprüfen, wurde in der vorliegenden Pilotierungsstudie ein Kontrollgruppendesign zum Ende der Unterrichtseinheit gewählt. Beide Gruppen bestehen aus Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe und wurden im ersten Halbjahr des Schuljahrs 2019/2020 zum Thema *Genetik* unterrichtet, welches gleichzeitig die Interventionsdauer darstellt. Alle Kurse wurden von ihren regulären Biologielehrkräften geleitet. Die behandelten Inhalte und erworbenen Kompetenzen orientierten sich an den Vorgaben des Kernlehrplans für das Unterrichtsfach Biologie der Sekundarstufe II, sodass die vermittelten Inhalte zwischen den Gruppen deckungsgleich waren. Auch die Methoden im Unterricht unterschieden sich zwischen den Lerngruppen nicht voneinander. Sowohl der Unterricht in den Kontrollkursen als auch in der Versuchsgruppe wurde im Hinblick auf die eingesetzten Methoden handlungs- und kontextorientiert gestaltet und unterschieden sich lediglich durch den zusätzlichen Einsatz der virtuellen Labore voneinander. Während die Kontrollgruppe dabei keinen Zugriff auf das Simulationsprogramm *Labster* hatte, war es der Testgruppe möglich, unterschiedliche Experimente zum Unterrichtsthema virtuell durchzuführen. Es mussten mindestens drei Experimente durchgeführt werden, es standen allerdings bis zu acht virtuelle Labore zur Verfügung. Bei den virtuellen Laboren handelte es sich dabei in der Versuchsgruppe um zusätzliche Aufgaben und Angebote zum Fachunterricht, die in außerunterrichtlicher Zeit bearbeitet wurden.

Anzahl Labs	Häufigkeit	Prozent
3	2	5,4
4	3	8,1
5	23	62,2
6	1	2,7
7	4	10,8
8	4	10,8
Gesamt	37	100,0

Tab. 4.: Übersicht über die Verteilung der durchgeführten virtuellen Labore in der Versuchsgruppe.

5.2 *Verteilung auf Kontroll- und Testgruppe*

Für die Zuordnung zur Test- und Kontrollgruppe wurden die Kursverbände der Schülerinnen und Schüler beibehalten, da aus schulorganisatorischen Gründen keine zufällige Verteilung auf die Gruppen möglich war. Die Zuordnung als Test- und Kontrollkurs erfolgte jedoch durch ein Losverfahren. Diese nicht vollständig erfolgte Randomisierung stellt im Hinblick auf die Ergebnisse und Interpretation eine Einschränkung dar, da mögliche Faktoren auf Kursebene die beobachteten Effekte beeinflussen können, die lediglich durch eine vollständige Randomisierung ausgeschlossen werden können. Dies gilt es besonders in Bezug auf eine folgende Hauptstudie zu beachten und durch die Ergänzung einer Prä-Testung abzuändern.

5.3 *Stichprobe*

Nach Eliminierung nicht vollständig ausgefüllter Fragebögen nahmen insgesamt 94 Probandinnen und Probanden der Qualifikationsphase I an der Umfrage teil. Dabei bestand die Testgruppe aus insgesamt 37 Lernenden eines Gymnasiums aus Krefeld, die mindestens drei und maximal acht virtuelle Labore besucht und bearbeitet haben. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 57 Schülerinnen und Schülern zusammen, die entweder ein Gymnasium in Krefeld oder Bielefeld besuchten. Die Altersspanne der Teilnehmenden lag zwischen 15 und 19 Jahren ($M = 16.47$ Jahre; $SD = .729$). Sowohl in der Testgruppe als auch in der Kontrollgruppe überwog der Anteil der Schülerinnen gegenüber dem der Schüler (Testgruppe: weiblich = 59,5%; männlich = 40,5% und Kontrollgruppe: weiblich = 61,4%; männlich = 38,6%).

5.4 *Testinstrument*

Für die vorliegende Studie wurde ein quantitativer Fragebogen verwendet, um die subjektiven Meinungen der Lernenden über ihren Genetikunterricht auf einer affektiven Ebene zu erfragen. Hauptsächlich bestand das Testinstrument, neben der Erhebung personenbezogener Daten, aus geschlossenen Items, die auf einer sechsstufigen Ratingskala im Likert-Typ von 1 bis 6 (1 = stimme gar nicht zu; 6 = stimme voll zu) von den Teilnehmenden bewertet wurden. Dabei wurden Items zu unterschiedlichen Konstrukten aufgeführt, wie zum Beispiel zum allgemeinen und biologischen Selbstkonzept, der intrinsischen und extrinsischen Motivation und dem Interesse an Biologie. Eine ausführliche Übersicht über alle Konstrukte kann Tabelle 5 entnommen werden:

Konstrukt [Autorin/Autor]	Beispielitem	Anzahl Items	α
Selbstkonzept allgemein (SK_alg) [Schiefele, Moschner und Husstegge 2002]	In den meisten Fächern kann ich mich auf meine Begabung verlassen.	4	.858
Selbstkonzept biologisch (SK_bio) [Wegner 2009]	Ich finde schnell Antworten auf biologische Phänomene.	4	.822
Berufswahl (BW) [Eigenes und verändert nach Pawek 2009 (im Original Authentizität)]	Ich habe durch den Biologieunterricht einen Einblick in den Berufsalltag von Wissenschaftlern bekommen.	6	.832
Intrinsische Motivation Genetik (Mot_int_gen) [Verändert/übersetzt nach Makransky et al. 2016]	Ich freue mich etwas über Genetik zu lernen.	6	.882
Extrinsische Motivation (Mot_ext) [Wegner 2009]	Ich lerne im Biologieunterricht, weil ich gute Leistungen bringen möchte.	4	.733
Selbstwirksamkeit Genetik (Selbstwi_gen) [Übersetzt/verändert nach Makransky et al. 2016]	Ich bin selbstbewusst und verstehe die grundlegenden Konzepte der Genetik.	5	.910
Interesse (Int) [Verändert nach Wegner 2009]	Die Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht ist so spannend, dass ich noch mehr über das Thema wissen will.	4	.782
Frustration (Fru) [Verändert nach Wegner 2009]	Bei der Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht weiss ich oft nicht, was ich mit den Inhalten anfangen soll.	4	.856
Konstruktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus (PgK_kon) [Verändert nach Basten et al. 2015 nach Vorlage von Urhahne et al. 2011]	Bei der Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht hat mir mein bisheriges Wissen weitergeholfen.	4	.781
Sozial-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus (PgK_soz) [Verändert nach Basten et al. 2015 nach Vorlage von Urhahne et al. 2011]	Bei der Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht bilde ich oft mit anderen zusammen ein Team.	3	.833
Aktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus (PgK_akt) [Verändert nach Basten et al. 2015 nach Vorlage von Urhahne et al. 2011]	Bei der Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht bin ich beim Lernen eifrig.	4	.811
Prozessbezogene Kompetenzen Erkenntnisgewinnung (PK_E) [Verändert nach Institut für Schulqualität der Länder Berlin und Brandenburg e.V. 2009]	Durch die Arbeit mit Labster/ im Biologieunterricht werde ich besser beim Ziehen von Schlussfolgerungen aus Experimenten.	4	.729
Prozessbezogene Kompetenzen Kommunikation (PK_K) [Verändert nach Institut für Schulqualität der Länder Berlin und Brandenburg e.V. 2009]	Durch die Arbeit mit Labster/Biologieunterricht werde ich besser beim selbstständigen Erstellen von Tabellen oder Diagrammen.	5	.714

Tab. 5.: Überblick über die Konstrukte des Fragebogens, Autorinnen und Autoren und Anzahl der Items sowie die Cronbachs- α -Werte als Mass der internen Konsistenz der Konstrukte.

Die Fragebögen der Test- und Kontrollgruppe unterschieden sich nur bei einigen Items in der Formulierung. So wurde bei der Kontrollgruppe nach den Einschätzungen bezüglich des Biologieunterrichts gefragt, bei der Testgruppe nach den Einschätzungen bezüglich der Arbeit mit Labster. Die abgefragten Inhalte der Items veränderten sich dadurch nicht (siehe Tabelle 6).

Item	Formulierung Testgruppe	Formulierung Kontrollgruppe
Int_1	Die Arbeit mit Labster ist so spannend, dass ich noch mehr über das Thema wissen will.	Der Biologieunterricht ist so spannend, dass ich noch mehr über das Thema wissen will.
Fru_1	Die Arbeit mit Labster war für mich in der letzten Stunde sehr frustrierend.	Der Biologieunterricht war für mich in der letzten Stunde sehr frustrierend.

Tab. 6.: Beispiele für angepasste Items für die Test- und Kontrollgruppe.

6. Ergebnisse

Da es sich um eine explorative Vorgehensweise handelt, wurden alle Konstrukte des Fragebogens mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) getestet, ob sich die Mittelwerte der Gruppen und in Interaktion mit dem Geschlecht signifikant voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 7). Die Voraussetzungen der Varianzhomogenität sowie der Normalverteilung sind für alle ANOVA-Berechnungen sowohl durch die graphische Prüfung als auch durch die Signifikanztestung erfüllt.

Konstrukt	M _{TG} (SD)	M _{KG} (SD)	M _{männlich} (SD)	M _{weiblich} (SD)		F	df	p	ES d
SK_alg	4.19 (.56)	3.88 (.54)	3.91 (.53)	4.06 (.59)	HE Gruppe	7.813	1/90	.006*	.602
					HE Geschlecht	1.233	1/90	.27	
					IE	.486	1/90	.488	
SK_bio	4.42 (.81)	3.70 (.96)	4.27 (.84)	3.82 (1.00)	HE Gruppe	12.071	1/92	.001*	.748
					HE Geschlecht	4.310	1/92	.041*	.447
					IE	.410	1/92	.524	
BW	4.41 (.84)	3.27 (1.00)	3.95 (1.04)	3.57 (1.10)	HE Gruppe	32.333	1/94	.000*	1.224
					HE Geschlecht	3.260	1/94	.074	
					IE	.014	1/94	.906	
Mot_int_gen	5.04 (.81)	4.55 (.87)	4.77 (.95)	4.73 (.83)	HE Gruppe	8.568	1/93	.004*	.630
					HE Geschlecht	.194	1/93	.660	
					IE	1.889	1/93	.173	
Mot_ext	4.42 (.68)	4.04 (.90)	4.14 (.88)	4.23 (.81)	HE Gruppe	6.487	1/94	.013*	.548
					HE Geschlecht	.032	1/94	.858	
					IE	3.686	1/94	.058	
Selbst-wi_gen	4.66 (.71)	4.02 (.88)	4.39 (1.01)	4.19 (.78)	HE Gruppe	10.263	1/93	.000*	.689
					HE Geschlecht	1.356	1/93	.157	
					IE	1.345	1/93	.159	

Konstrukt	M _{TG} (SD)	M _{KG} (SD)	M _{männlich} (SD)	M _{weiblich} (SD)		F	df	p	ES d
Int	3.98 (.89)	4.02 (.84)	4.03 (.81)	4.00 (.89)	HE Gruppe	.001	1/90	.979	
					HE Geschlecht	.100	1/90	.753	
					IE	.509	1/90	.478	
Fru	2.66 (1.01)	2.32 (.97)	2.26 (1.03)	2.57 (.96)	HE Gruppe	2.375	1/93	.121	
					HE Geschlecht	2.308	1/93	.126	
					IE	.041	1/93	.838	
PgK_kon	4.88 (.60)	4.47 (.72)	4.59 (.87)	4.64 (.59)	HE Gruppe	9.904	1/93	.002*	.677
					HE Geschlecht	.005	1/93	.946	
					IE	1.874	1/93	.174	
PgK_soz	2.86 (1.21)	4.19 (1.01)	3.44 (1.18)	3.81 (1.32)	HE Gruppe	28.804	1/94	.000*	1.155
					HE Geschlecht	1.256	1/94	.265	
					IE	2.831	1/94	.096	
PgK_akt	4.12 (.83)	4.37 (.75)	4.44 (.89)	4.15 (.70)	HE Gruppe	.730	1/91	.267	
					HE Geschlecht	2.643	1/91	.036*	.350
					IE	2.023	1/91	.066	
PK_K	3.39 (.89)	3.40 (.76)	3.60 (.67)	3.26 (.87)	HE Gruppe	.097	1/94	.756	
					HE Geschlecht	5.725	1/94	.019*	.515
					IE	3.705	1/94	.057	
PK_E	3.95 (.84)	3.37 (.92)	3.62 (.89)	3.58 (.96)	HE Gruppe	10.807	1/94	.001*	.707
					HE Geschlecht	.199	1/94	.657	
					IE	2.214	1/94	.140	

Tab. 7.: Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA der einzelnen Konstrukte bei der Prüfung der Haupt- und Interaktionseffekte von Test- und Kontrollgruppe (TG vs. KG) und Geschlecht. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0.05$ festgelegt und wird mit * gekennzeichnet. Anmerkung: Zähler und dann Nennerfreiheitsgrade sind dargestellt als x/y x = Zählerfreiheitsgrade; y = Nennerfreiheitsgrade. HE = Haupteffekt; IE = Interaktionseffekt.

Im Vergleich zwischen der Test- und Kontrollgruppe als Haupteffekt der ANOVAs zeigt sich, dass die Lernenden der Testgruppe signifikant höhere Einschätzungen in Bezug auf das allgemeine Selbstkonzept ($F(1,90) = 7.813, p = .006, d = .602$), Selbstkonzept in Biologie ($F(1,92) = 12.071, p = .001, d = .748$), die Berufswahl ($F(1,94) = 32.333, p < .001, d = 1.224$), die intrinsische Motivation im Bereich Genetik ($F(1,93) = 8.568, p = .004, d = .630$), die extrinsische Motivation ($F(1,94) = 6.487, p = .013, d = .548$), die Selbstwirksamkeit im Unterrichtsbereich Genetik ($F(1,93) = 10.263, p < .001, d = .689$) sowie auf die konstruktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus ($F(1,93) = 9.904, p = .002, d = .677$) und die prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung ($F(1,94) = 10.807, p = .001, d = .707$) erzielen. Nur in Bezug auf die sozial-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus erzielt die Kontrollgruppe signifikant höhere Werte ($F(1,94) = 28.804, p < .001, d = 1.155$). Dabei weisen alle Unterschiede eine grosse Effektstärke auf (siehe Tabelle 7: Cohens $d > 0.5$).

Hinsichtlich der weiteren Konstrukte konnte kein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Haupteffekt *Gruppe* festgestellt werden.

Die Untersuchung des Vergleichs zwischen Schülerinnen und Schülern, unabhängig der Gruppe bringt hervor, dass Schüler ein signifikant höheres biologisches Selbstkonzept aufweisen ($F(1,92) = 4.310, p = .041, d = .447$) und signifikant höhere Einschätzungen in Bezug auf die aktiv-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemässigten Konstruktivismus ($F(1,91) = 2.643, p = .036, d = .350$) und die prozessbezogenen Kompetenzen im Bereich Kommunikation ($F(1,94) = 5.725, p = .019, d = .515$) abgeben. Dies entspricht mittelgrossen bis grossen Effektstärken (siehe Tabelle 7: Cohens $d > 0.3$).

Durch die ANOVA-Berechnungen konnte bezüglich keines der Konstrukte ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Gruppe und dem Geschlecht festgestellt werden (siehe Tabelle 7).

7. Diskussion

7.1 Limitationen der Studie

Aufgrund unterschiedlicher Limitationen sind die erhaltenen Ergebnisse der Studie, die im Anschluss diskutiert werden, nicht generalisierbar. Zum einen handelt es sich bislang um eine begrenzte Stichprobe, die für aussagekräftige Ergebnisse sowohl in der Testgruppe als auch in der Kontrollgruppe noch wachsen muss. Ausserdem sollte darauf geachtet werden, das Geschlechterverhältnis in beiden Gruppen weiter auszugleichen. Zum anderen handelt es sich bei den erhobenen Parametern um subjektive Einschätzungen der Teilnehmenden über ihre individuellen Kompetenzen und Fähigkeiten. Darüber hinaus wurde in der Pilotstudie kein Prä-Post-Vergleich durchgeführt. Dadurch müssen die Aussagen und Ergebnisse, die aus dieser Studie gezogen werden, besonders vorsichtig gedeutet werden, da Unterschiede nicht eindeutig auf die Intervention zurückzuführen sind. Weiter werden die unterschiedlichen Kurse von verschiedenen Fachlehrkräften an zwei Schulen unterrichtet. Durch die curricularen Vorgaben sind zwar die zu unterrichtenden Inhalte vorgegeben, allerdings können sich Sym- und Antipathien gegenüber des Lehrenden auf die individuellen Einschätzungen auswirken. Daher wäre es entweder interessant, mehrere Kurse von unterschiedlichen Lehrkräften aufzunehmen und die Variable der Lehrkraft in die Analyse einzubeziehen oder die Studie auf eine Lehrkraft zu limitieren, um die Störvariable der unterrichtenden Person zu reduzieren. Darüber hinaus ist die Studie bisher auf den Themenbereich *Genetik* reduziert – somit bezieht sich auch der Fragebogen auf diesen Fachbereich. Bei anderen Unterrichtsinhalten können die Ergebnisse der Studie andere Ergebnisse hervorbringen. Des Weiteren wurde im Unterricht lediglich

das Simulationsprogramm *Labster* im Unterricht getestet. Dies hat zur Folge, dass die Lernenden eventuelle Schwierigkeiten, welche sie spezifisch mit dem Programm haben, generalisieren und diese die Bewertung beim Ausfüllen des Fragebogens beeinflussen. Alleine die englische Sprache kann bei den Schülerinnen und Schülern bereits Misstrauen auslösen, sich mit der Simulation auseinanderzusetzen. Um an dieser Stelle die Stärken und Schwächen eines einzelnen Simulationsprogramms zu verringern, sollten zusätzlich und aufbauend zu dieser Studie unterschiedliche virtuelle Labore getestet werden, um herauszustellen, welches Labor welche Auswirkungen bei den Schülerinnen und Schülern hervorbringt. Jedoch schafft die Begrenzung auf den Fachbereich Genetik an dieser Stelle der Pilotstudie eine bessere Vergleichbarkeit zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe.

Darüber hinaus gilt es zu erwähnen, dass der Fragebogen aktuell vor allem für die Durchführung in Experimentalkursen mit dem Programm *Labster* konzipiert ist. Die Übertragung einiger Items auf den Regelunterricht ist an einigen Stellen noch nicht optimal, wodurch für weitere Durchgänge eine Überarbeitung der Fragebögen für die Kontrollgruppen vorgenommen wird.

Zu den Limitationen muss ebenfalls auch die mediale Ausstattung der Schulen und der einzelnen Schülerinnen und Schüler gezählt werden. Je nach besuchtem Labor muss entweder in der Unterrichtszeit oder zu Hause für jeden Lernenden ein mobiles Endgerät zur Verfügung stehen, um dieses Labor bearbeiten zu können. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, gestaltet sich die Umsetzung dementsprechend schwierig.

7.2 Diskussion der quantitativen Analyse

Im Einklang mit bisherigen Studien scheinen positive Auswirkungen der Durchführung von virtuellen Laboren durch die Simulation *Labster* im Themenbereich Genetik auf die Selbsteinschätzungen der Lernenden hinsichtlich einiger Konstrukte erzielt werden zu können. Lediglich das Konstrukt der sozial-Skala aus dem Messinstrument zu Prozessmerkmalen des gemäßigten Konstruktivismus fällt hingegen bei der Kontrollgruppe signifikant höher aus. Folglich können die Hypothesen H1a, H1b, H1c, H1d, H1e, H1f, H1i und H1l angenommen und H1g, H1h, H1j, H1k und H1m vorerst abgelehnt werden.

So stellt die Simulation *Labster* in diesem Studiendesign eine Unterrichtsmethode dar, welche zur Förderung (nicht-) kognitiver Fähigkeiten und Kompetenzen der Lernenden führen kann. Es scheint damit als Hilfe zur Vermittlung und Visualisierung von bereichsspezifischen Arbeitsmethoden der Gentechnik und genetischem Grundverständnis zu dienen, besonders im Hinblick auf die meist mangelnde Materialausstattung an den Schulen, die ein themenbezogenes Experimentieren im Unterricht verhindern (Ehmer 2008). Dabei kann durch handlungsorientiert angelegte

Unterrichtsstunden die naturwissenschaftliche Selbstwirksamkeit und das bereichsspezifische Selbstkonzept von Schülerinnen und Schülern nachhaltig gestärkt werden (Krauss et al. 2008). Durch die vorliegende Studie wird nun aufgezeigt, dass die virtuellen Labore ähnliche Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeit und das allgemeine sowie naturwissenschaftliche Selbstkonzept im Bereich Genetik zu haben scheinen und somit der Einsatz virtueller Labore, welche einen deutlich geringeren Aufwand zur Durchführung aufweisen, eine Alternative zu den Experimenten im Unterricht darstellen kann. Besonders scheinen an dieser Stelle die Schülerinnen von den virtuellen Experimenten zu profitieren, da sie Realexperimenten signifikant gefährlicher empfinden als Jungen und durch die Animation die Besorgnis genommen werden kann (Körner und Ihringer 2016, 115 f.). Damit lässt sich begründen, warum keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in Interaktion mit der Gruppe gemessen wurden.

Für das allgemeine sowie das naturwissenschaftlichen Selbstkonzept konnten im Vergleich zwischen Test- und Kontrollgruppe signifikante Unterschiede ausgemacht werden. Dies kann entweder darin begründet liegen, dass die Kontrollgruppe bereits vor der Testung eine schwächere Ausprägung der Selbstkonzepte aufwies oder dass die Intervention die Selbstkonzepte auf unterschiedlichen Hierarchieebenen fördert (Randhawa 2012, 9). Da das allgemeine Selbstkonzept hierarchisch sehr hoch angesiedelt ist, benötigt es einen längeren Zeitraum und eine intensivere Auseinandersetzung, um das allgemeine Selbstkonzept nachhaltig zu beeinflussen. Es gilt in der Hauptstudie und durch die Erweiterung um eine Prätestung weiter zu überprüfen, ob dies bereits durch drei- bis achtmaliges Anwenden des virtuellen Labors erreicht werden kann.

Das signifikant gesteigerte Interesse an dem Ergreifen eines Berufes im naturwissenschaftlichen Bereich kann sich durch die Förderung der Selbstwirksamkeit erläutern lassen, da eine positive Korrelation zwischen der Selbstwirksamkeit und der Berufswahlentscheidung besteht (Struck 2013), welche sich auch in der vorliegenden Studie zeigt ($r = .627$, $p = < .001$, $n = 93$). Dabei muss allerdings beachtet werden, dass sich auch diese Ergebnisse lediglich nach dem Einsatz von *Labster* im Bereich Genetik zeigen. Ähnliche Erhebungen müssen auch für andere Themenschwerpunkte oder für die Gesamtheit aller Einheiten nach dem Abschluss erhoben werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Im Hinblick auf die extrinsische und intrinsische Motivation fällt auf, dass auch positive Auswirkungen auf das Motivationsniveau durch den Einsatz von *Labster* erzielt werden konnten. Nicht zuletzt kann dies daran liegen, dass es sich bei der Motivation um ein Konstrukt handelt, welches sich erst durch immer wiederkehrenden Einsatz des virtuellen Labors *Labster* langfristig verändern lässt (Schiefele und Streblov 2006, 232). Die Versuchsgruppe besuchte im Durchschnitt 5,38 Labs, was scheinbar für eine nachhaltige Veränderung der Motivation ausreicht. Mit einer

grösseren Stichprobe könnte hier der Zusammenhang zwischen der Anzahl der besuchten Labs und der Ausprägung der Motivation untersucht werden. Ausserdem muss angeführt werden, dass es sich aktuell bei dieser Studie lediglich um eine Vergleichsstudie ohne Messwiederholung handelt. Durch die fehlenden Werte einer Prä-Erhebung können aktuell noch keine Aussagen über den zeitlichen Verlauf der Versuchs- und Kontrollgruppe getroffen werden. Ähnlich können auch die nicht-signifikanten Ergebnisse in Bezug auf die Frustration und die konstruktiven Prozessmerkmale des gemässigten Konstruktivismus erklärt werden.

Das kaum unterschiedliche Interesse der Experimental- und Kontrollgruppe hingegen kann durch eine Studie von Jördens und Hammann (2019) begründet werden. Sie stellten durch ihre quantitative Forschung heraus, dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern weniger von Methoden und Kontexten abhängig ist, sondern von dem Thema, welches behandelt wird (Jördens und Hammann 2019). Da sowohl Experimental- als auch Kontrollgruppe im Bereich Genetik unterrichtet wurden, lassen sich die ausbleibenden Unterschiede des Interesses begründen. Für die Hauptstudie gilt es im Hinblick auf das Interesse zu überprüfen, ob eine getrennte Erhebung des Fachinteresses an dem Unterrichtsfach Biologie und des Sachinteresses an den in der Intervention behandelten Inhalten durchgeführt werden sollte, um dadurch das themenabhängige Interesse von dem allgemeinen Interesse auch in der Interpretation der Ergebnisse voneinander trennen zu können.

Obwohl sich die Schülerinnen und Schüler in ihrer Kommunikation und ihrer Aktivität durch die virtuellen Labs nicht besonders gefördert fühlten, schätzten sie jedoch ihren Erkenntnisgewinn höher ein als die Kontrollgruppe. Dabei sollte zwar berücksichtigt werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler über den Unterricht hinaus intensiver mit dem Thema auseinandergesetzt haben und daher eine höhere Selbsteinschätzung nicht verwunderlich ist. Allerdings handelte es sich bei den virtuellen Laboren teilweise um Hausaufgaben, welche alternative Hausaufgaben der Kontrollgruppe ersetzen und sich somit auch die ausserunterrichtliche Beschäftigungszeit wieder angleicht. Um dies statistisch zu überprüfen, kann in der Hauptstudie der zeitliche Aufwand mit dem Unterrichtsfach Biologie neben den Unterrichtsstunden erhoben werden, um mögliche Korrelationen zwischen Dauer der Auseinandersetzung und Kompetenzzuwachs zu prüfen. Die Ergebnisse stimmen insgesamt mit bereits durchgeführten Studien überein und zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre individuellen Fähigkeiten durch die virtuellen Labore stärken können (National Research Council, Honey, und Hilton 2011).

Lediglich im sozialen Miteinander der Lernenden bewertet die Testgruppe die soziale Interaktion signifikant geringer. Dies ist damit zu erklären, dass *Labster* im Fachunterricht und als ergänzende Aufgabe für Zuhause lediglich als Einzelarbeit eingesetzt wurde und daher keine Zusammenarbeit möglich war. An dieser Stelle wäre eine kooperative Bearbeitung der Labore in Gruppen denkbar, um nicht nur die

individuellen Fähigkeiten der Lernenden zu fördern, sondern auch die Gruppenarbeit und Kompetenzen des sozialen Umgangs in fachlichen Situationen zu stärken. Dadurch kann ebenfalls der Effekt auftreten, dass sich Lernende mit der Diskussion fachlicher Aspekte auseinandersetzen und somit auch die (fachwissenschaftliche) Kommunikation und Ausdrucksweise geschult und gefördert wird. Auf der anderen Seite muss jedoch auch über eine Überarbeitung des Kontrollfragebogens nachgedacht werden, da die Items aktuell auf *Labster* ausgelegt sind und durch eine andere Formulierung der Items eventuell herausgestellt werden könnte, dass auch der Regelbiologieunterricht wenig sozial förderlichen Komponenten enthält.

Darüber hinaus konnten durch die Analysen mit ANOVAs in der vorliegenden Studie keine Interaktionseffekte zwischen den Konstrukten und dem Geschlecht der Lernenden gefunden werden.

Dies scheint dem aktuell noch anhaltenden Trend, dass Jungen aufgrund geringerer Angst vor sozialer Ausgrenzung ein höheres Fähigkeitsselfkonzept in den Naturwissenschaften zeigen und somit auch zu einer höheren Leistungserbringung fähig sind (Faulstich-Wieland 2004, 10 f.), zumindest für den Fachbereich Genetik entgegenzuwirken und beide Geschlechter gleichermassen zu fördern. Dies könnte, wenn die Ergebnisse dieser Pilotstudie durch die Hauptstudie bestätigt würden, langfristig dazu führen, dass die unterdurchschnittliche Quote von Frauen in MINT-Studiengängen angeglichen werden kann und geschlechtsunabhängig die Rekrutierungsprobleme für naturwissenschaftliche Studiengänge abschwächen (Lojewski 2012). Ebenso bedeutend ist somit auch die signifikant höhere Selbsteinschätzung der Lernenden der Testgruppe zur Ergreifung eines Berufs im naturwissenschaftlichen Bereich in Bezug auf die Differenzen zwischen offenen Stellen im MINT-Bereich und ausgebildeten Fachkräften (Institut der deutschen Wirtschaft Köln 2019).

8. Fazit und Ausblick

Konkludierend konnte vor dem theoretischen Hintergrund und der Diskussion der vorliegenden Studie herausgearbeitet werden, dass virtuelle Labore einen positiven Einfluss auf die Selbsteinschätzung der Lernenden zu nehmen scheinen und diese konstruktiv in den Unterricht eingebunden werden können. Dabei scheinen besonders das realitätsnahe Arbeiten und der hohe Grad an Visualisierung chemischer und biologischer Prozesse für die Lernenden besonders lernförderlich zu wirken. Besonders positiv ist dabei herauszustellen, dass keine geschlechtsbedingten Unterschiede in der Stichprobe auszumachen waren, was bedeutet, dass die virtuellen Labore von *Labster* im Bereich Genetik geschlechtsstereotype Selbsteinschätzungen ausgleichen und Mädchen sowie Jungen im gleichen Masse fördern. Dies muss allerdings in weiterführenden Studien näher untersucht werden. Inwiefern die Ergebnisse dieser Studie von äusseren Bedingungen abhängen, wie in den Limitationen aufgezeigt,

kann in aufbauenden Studien untersucht werden. Dazu bietet dieses Design einige Erweiterungs- und Differenzierungsmöglichkeiten, die für das Treffen von aussagekräftigen Ergebnissen umgesetzt werden sollten. Zunächst sollte ein Prä-Post-Design eingeführt werden, um tatsächliche Unterschiede im Laufe der Intervention erheben zu können. Die Studie kann darüber hinaus u.a. auch in anderen Bundesländern durchgeführt werden, um herauszustellen, ob die unterschiedlichen Kernlehrpläne, Lehrinhalte oder vorgeschriebenen zu erwerbende Kompetenzen Auswirkungen auf die Ergebnisse haben. Ausserdem sollte die Studie auch auf andere Themenbereiche repliziert werden, damit themenspezifische Unterschiede in den Ergebnissen herausgestellt werden. Obwohl in der vorliegenden Studie aufgrund der Altershomogenität keine Unterschiede bezüglich des Alters festgestellt werden konnten, ist denkbar, virtuelle Labore bereits in der Sekundarstufe I oder der Primarstufe einzusetzen, um eine grössere Altersspanne abzudecken und somit eventuelle alters- und jahrgangsstufenbedingte Differenzen deutlich werden. Ergänzend kann zu dem bestehenden Fragebogen, der die individuellen Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler erhebt, ein Wissenstest erfolgen, welcher an objektiven Werten eine Aussage über den tatsächlichen Wissenserwerb zulässt.

Literaturverzeichnis

- Barzel, Bärbel, Bernd Reinhoffer, und Marcus Schrenk. 2012. «Das Experimentieren im Unterricht». In *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*, herausgegeben von Werner Rieß, Markus Antonius Wirtz, Bärbel Barzel, und Andreas Schulz, 103–28. Münster: Waxmann.
- Basten, Melanie, Samuel Greiff, Sabine Marsch, Annika Meyer, Detlef Urhahne, und Matthias Wilde. 2015. «Kurzskala zur Messung gemäßigt konstruktivistischer Prozessmerkmale (Kurz PgK) im Biologieunterricht». *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 14 (1): 43–57. <https://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/didaktik/Erkenntnisweg/2015/Basten.pdf>.
- BITKOM. 2015. «Digitale Schule – vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht». *Digitale Studie und vernetztes Lernen*. Bitkom Research GmbH. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf>.
- Bonde, Mads T., Guido Makransky, Jakob Wandall, Mette V. Larsen, Mikkel Morsing, Hanne Jarmer, und Morten O. A. Sommer. 2014. «Improving Biotech Education through Gamified Laboratory Simulations». *Nature Biotechnology* 32 (7): 694–97. <https://doi.org/10.1038/nbt.2955>.
- Bos, Wilfried, Birgit Eickelmann, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, Renate Schulz-Zander, und Heike Wendt, Hrsg. 2014. *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann Verlag. <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=3131>.

- Bos, Wilfried, Ramona Lorenz, Manuela Endberg, Birgit Eickelmann, Rudolf Kammerl, und Stefan Welling, Hrsg. 2016. *Schule digital - der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich*. Münster; New York: Waxmann. <https://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/3540Volltext.pdf>.
- Christen, Franka, Franka Schäflein, Helmut Vogt, Annette Upmeier Belzen, und Annette Upmeier Zu Belzen. 2001. «Einstellung von Schülern zu Schule und Sachunterricht : Erfassung und Differenzierung von typologischen Einstellungsausprägungen bei Grundschulern». *Zeitschrift für Didaktik der Biologie. Biologie Lehren und Lernen* 10: 1–16. <https://doi.org/10.4119/zdb-1690>.
- Duske, Petra. 2017. *Bilingualer Unterricht im Fokus der Biologiedidaktik. Auswirkungen von Unterrichtssprache und -kontext auf Motivation und Wissenserwerb*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16492-8>.
- Ehmer, Maike. 2008. «Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse». Dissertation, Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:8-diss-30340>.
- Faulstich-Wieland, Hannelore. 2004. «Mädchen und Naturwissenschaften. Expertise für das Landesinstitut für Lehrer-bildung und Schulentwicklung Hamburg». *Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg*. Hamburg: Universität Hamburg. <http://www.sinus-transfer.de/fileadmin/MaterialienBT/Expertise.pdf>.
- Franuszkiewicz, Judyta, Silke Frye, Claudius Terkowsky, Sabrina Heix, Judyta Franuszkiewicz, Silke Frye, Claudius Terkowsky, und Sabrina Heix. 2019. «Flexibles und selbstorganisiertes Lernen im Labor – Remote-Labore in der Hochschullehre». *Zeitschrift für Hochschulentwicklung (ZFHE)* 14 (3): 273–85. <https://doi.org/10.3217/zfhe-14-03/16>.
- Gebhard, Ulrich, Dietmar Höttecke, und Markus Rehm. 2017. *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>.
- Göpfrich, Kerstin, und Karl Gödel. 2018. «Ring-a-Scientist — der direkte Draht ins Labor». *BIOspektrum* 24 (5): 463. <https://doi.org/10.1007/s12268-018-0944-3>.
- Haste, Helen. 2004. *Science in My Future. A study of values and beliefs in relation to science and technology amongst 11-21 year olds*. London: Nestlé Social Research Programme. <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2019-07/science-in-my-future-nestle-social-research.pdf>.
- Häußler, Peter, und Lore Hoffmann. 1995. «Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert». *Unterrichtswissenschaft* 23 (2): 107–26. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-81243>.
- Herzig, Bardo. 2017. «Medien im Unterricht». In *Lehrer-Schüler-Interaktion. Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge*, herausgegeben von Martin K.W. Schweer, 3., überarb. u. aktual. Aufl. 2017, 503–22. *Schule und Gesellschaft* 24. Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15083-9_22.

- Institut für Schulqualität der Länder Berlin und Brandenburg e.V. 2009. «Naturwissenschaften in der Sekundarstufe - Fragebogen Sekundarstufe: Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften – Experimentieren». Berlin. 2009. https://www.sep-klassik.isq-bb.de/de_DE/fragebogen/voransicht/26.html.
- Jong, Ton, und Wouter R. van Joolingen. 1998. «Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains». *Review of Educational Research* 68 (2): 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>.
- Jördens, Janina, und Marcus Hammann. 2019. «Driven by Topics: High School Students' Interest in Evolutionary Biology». *Research in Science Education*, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9809-5>.
- Kampshoff, Marita. 2007. *Geschlechterdifferenz und Schulleistung. Deutsche und englische Studien im Vergleich*. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-90732-1>.
- Klem, Louise. 2019. «The implementation of Labster Virtual Labs at Copenhagen University: A Case Study». Copenhagen University. https://www.elearningmedia.pt/sites/default/files/pdfs/The_implementation_of_Labster_at_Copenhagen_University_A_case_study_final.pdf.
- Koenen, Jenna. 2014. *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Studien zum Physik- und Chemielernen 171. Berlin: Logos Verlag.
- Kohse-Höinghaus, Katharina. 2012. «Nanogold – außerschulische Chemie im teutolab». In *Handbuch Wissenschaftskommunikation*, herausgegeben von Beatrice Dernbach, Christian Kleinert, und Herbert Münder, 197–204. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18927-7_26.
- Kokot, Sylvia. 2019. «Virtuelle Laboratorien». In *Handbuch Virtualität*, herausgegeben von Dawid Kasproicz und Stefan Rieger, 1–17. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16358-7_31-1.
- Körner, Hans-Dieter, und Susanne Ihringer. 2016. «Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften». In *Vielfalt geschlechtergerechten Unterrichts. Ideen und konkrete Umsetzungsbeispiele für die Sekundarstufen*, herausgegeben von Marita Kampshoff und Claudia Wiepcke, 106–40. Berlin: epubli GmbH. http://gelefa.de/wordpress/wp-content/uploads/sammelband/GELEFA_Sammelband2016_komplett.pdf.
- Kramer, Maria, Christian Förtsch, Monika Aufleger, und Birgit J. Neuhaus. 2019. «Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 25 (1): 131–60. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00096-5>.
- Krapp, Andreas. 1998. «Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht». *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 44: 185–201.
- Krapp, Andreas, Claudia Geyer, und Doris Lewalter. 2014. «Motivation und Emotion». In *Pädagogische Psychologie*, herausgegeben von Tina Seidel und Andreas Krapp, 193–224. Weinheim / Basel: Beltz.

- Krapp, Andreas, Ulrich Schiefele, und Inge Schreyer. 1993. «Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung». *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 10: 120–48.
- Krauss, Stefan, Martin Brunner, Mareike Kunter, Jürgen Baumert, Werner Blum, Michael Neumann, und Alexander Jordan. 2008. «Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers». *Journal of Educational Psychology* 100 (3): 716–25. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716>.
- Kultusministerkonferenz. 2004. *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Herausgegeben von Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München, Neuwied: Luchterhand, Wolters Kluwer Deutschland GmbH. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf.
- Kultusministerkonferenz. 2016. «Strategie der Kultusministerkonferenz ›Bildung in der digitalen Welt‹. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017». Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf.
- Kultusministerkonferenz. 2020. «Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020». Berlin: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf.
- Labudde, Peter, und Kornelia Möller. 2012. «Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 15 (1): 11–36. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0257-0>.
- Lojewski, Johanna. 2012. «Geschlecht und Studienfachwahl – fachspezifischer Habitus oder geschlechtsspezifische Fachkulturen?» In *Der Übergang Schule - Hochschule. Zur Bedeutung sozialer, persönlicher und institutioneller Faktoren am Ende der Sekundarstufe II*, herausgegeben von Philipp Bornkessel und Jupp Asdonk, 1. Aufl., 279–348. Schule und Gesellschaft 54. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94016-8_8.
- Makransky, Guido, Mads T. Bonde, Julie S. G. Wulff, Jakob Wandall, Michelle Hood, Peter A. Creed, Iben Bache, Asli Silaharoglu, und Anne Nørremølle. 2016. «Simulation Based Virtual Learning Environment in Medical Genetics Counseling: An Example of Bridging the Gap between Theory and Practice in Medical Education». *BMC Medical Education* 16 (1). <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0620-6>.
- Merzyn, Gottfried. 2008. *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?* Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Mokhonko, Svitlana, Reinhold Nickolaus, und Anne Windaus. 2014. «Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 20 (1): 143–59. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0016-2>.

- Moschner, Barbara, und Oliver Dickhäuser. 2018. «Selbstkonzept». In *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*, herausgegeben von Detlef H. Rost, Jörn R. Sparfeldt, und Susanne Buch, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, 750–57. Beltz Psychologie 2018. Weinheim; Basel: Beltz.
- Najafi, Hedieh, Carol Rolheiser, Laurie Harrison, und Will Heikoop. 2018. «Connecting Learner Motivation to Learner Progress and Completion in Massive Open Online Courses | Relier la motivation de l'apprenant à ses progrès et à l'achèvement des cours en ligne ouverts à tous». *Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie* 44 (2): 22. <https://doi.org/10.21432/cjlt27559>.
- National Research Council, Margaret A. Honey, und Margaret L. Hilton, Hrsg. 2011. *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13078>.
- Nerdel, Claudia. 2017. *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>.
- Nölle, Karin. 1993. *Schülerinnen und Schüler über Schule - subjektive Sichtweisen und ihre Relevanz für pädagogisches Handeln Theorie und Praxis eines Versuchs handlungsorientierter pädagogischer Forschung*. Bd. 9. Materialien zur sozialwissenschaftlichen Forschung. Frankfurt am Main: Haag und Herchen.
- Pawek, Christoph. 2009. «Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe». Dissertation, Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:8-diss-36693>.
- Pfangert-Becker, Ursula. 2010. «Das Experiment im Lehr- und Lernprozess». *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule: PdN* 59 (6): 40–41. https://www.uni-saarland.de/fileadmin/user_upload/Einrichtungen/zfl/PDF_Fachdidaktik/Vortrag_Das_Experiment_im_Lehr-_und_Lernprozess.pdf.
- Prenzel, Manfred, Kristina Reiss, und Marcus Hasselhorn. 2009. «Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen». In *Förderung des Nachwuchses In Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den Zentralen Handlungsfeldern*, herausgegeben von Joachim Milberg, 15–60. acatech DISKUTIERT. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01123-8_1.
- Randhawa, Eva. 2012. «Das frühkindliche Selbstkonzept: Struktur, Entwicklung, Korrelate und Einflussfaktoren». Dissertation, Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:he76-opus-75322>.
- Reinmann, Gabi, und Heinz Mandl. 2006. «Unterrichten und Lernumgebungen gestalten». In *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*, herausgegeben von Andreas Krapp und Bernd Weidenmann, 5., vollst. überarb. Aufl., 613–58. Anwendung Psychologie. Weinheim: Beltz PVU.

- Rösch, Eike, und Björn Maurer. 2014. «Apps in der Schule». *merz. medien + erziehung* 58 (3): 25–30. https://www.medienpaedagogik-praxis.de/wp-content/uploads/2014/09/merz-3-14_roesch_maurer.pdf.
- Schaal, Steffen, Christian Spannagel, und Markus Vogel. 2013. «Mehr als eine Rechenmaschine. Computer im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht». In *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*, herausgegeben von Martin Ebner und Sandra Schön, 2. Aufl. Graz: TU Graz. <https://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/31/>.
- Schiefele, Ulrich, Barbara Moschner, und Ralf Husstegge. 2002. «Skalenhandbuch SMILE-Projekt». Bielefeld, Universität Bielefeld, Abteilung für Psychologie, Unveröffentlichtes Manuskript.
- Schiefele, Ulrich, und Ellen Schaffner. 2015. «Motivation». In *Pädagogische Psychologie*, herausgegeben von Elke Wild und Jens Möller, 153–75. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_7.
- Schiefele, Ulrich, und Lilian Streblow. 2006. «Motivation aktivieren». In *Handbuch Lernstrategien*, herausgegeben von Heinz Mandl und Helmut Felix Friedrich, 232–47. Göttingen: Hogrefe.
- Schwanewedel, Julia, Anje Ostermann, Hans-Georg Weigand, und Bardo Herzig. 2018. «Medien sind gut! Gut für was? Funktionen von Medien im Fachunterricht». In *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*, herausgegeben von Mathias Ropohl, Anke Lindmeier, Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Andreas Mühlhng, und Julia Schwanewedel, 1st ed., 14–37. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Schwarzer, Ralf, und Matthias Jerusalem. 2002. «Das Konzept der Selbstwirksamkeit». In *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*, herausgegeben von Matthias Jerusalem und Diether Hopf, Unveränd. Nachdr. der letzten Aufl., 28–53. Zeitschrift für Pädagogik Beiheft 44. Weinheim: Beltz.
- Solga, Heike, und Lisa Pfahl. 2009. «Doing Gender Im Technisch-Naturwissenschaftlichen Bereich». In *Förderung des Nachwuchses In Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den Zentralen Handlungsfeldern*, herausgegeben von Joachim Milberg, 155–218. acatech DISKUTIERT. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01123-8_4.
- Stauffer, Sarah, Aaron Gardner, Dewi Ayu Kencana Ungu, Ainara López-Córdoba, und Matthias Heim. 2018. *Labster Virtual Lab Experiments: Basic Biology*. Berlin: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57996-1>.
- Stiensmeier-Pelster, Joachim, und Claudia Schöne. 2008. «Fähigkeitsselbstkonzept». In *Handbuch der pädagogischen Psychologie*, herausgegeben von Wolfgang Schneider, Marcus Hasselhorn, und Jürgen Bengel. Bd. 62–73. Handbuch der Psychologie. Göttingen: Hogrefe.
- Struck, Philipp. 2013. «Berufswahlprozesse Jugendlicher - Effekte von Selbstwirksamkeit und Ergebniserwartung auf die Berufswahlaktivität». Herausgegeben von Marcell Fischell und Christian Schmidt. *bwp@ Spezial*, Workshop 11, 6 (Hochschultage Berufliche Bildung): 1–14. http://www.bwpat.de/ht2013/ws11/struck_ws11-ht2013.pdf.

- Stürmer, Kathleen, und Andreas Lachner. 2017. «Unterrichten mit digitalen Medien». In *Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Strategien, internationale Trends und pädagogische Orientierungen*, herausgegeben von Katharina Scheiter und Thomas Riecke-Baulecke, 164:82–95. Schulmanagement-Handbuch. München: Oldenbourg. <https://bibliographie.uni-tuebingen.de/xmlui/handle/10900/85261>.
- Taskinen, Päivi Hannele. 2010. «Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerinnen und Schüler mit hochernaturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz: eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen». Dissertation, Kiel: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:8-diss-56859>.
- Thisgaard, Malene, und Guido Makransky. 2017. «Virtual Learning Simulations in High School: Effects on Cognitive and Non-Cognitive Outcomes and Implications on the Development of STEM Academic and Career Choice». *Frontiers in Psychology* 8: 805. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00805>.
- Urhahne, Detlef, Sabine Marsch, Matthias Wilde, und Dirk Krüger. 2011. «Die Messung konstruktivistischer Unterrichtsmerkmale auf der Grundlage von Schülerurteilen». *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 58 (2): 116–27. <https://doi.org/10.2378/peu2011.art06d>.
- Voelzke, Katja, Julia Arnold, und Kerstin Kremer. 2013. «Denken und Verstehen beim naturwissenschaftlichen Problemlösen – Eine explorative Studie». *ZISU – Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung* 2 (1): 58–86. <https://www.budrich-journals.de/index.php/zisu/article/view/17410>.
- Wegner, Claas. 2009. «Entwicklung und Evaluation des Projektes «Kolumbus-Kids» zur Förderung begabter SchülerInnen in den Naturwissenschaften». Dissertation, Bielefeld: Universität Bielefeld. <https://pub.uni-bielefeld.de/record/1965480>.
- Wegner, Claas, und Mario Schmiedebach. 2017. «Begabungsförderung im naturwissenschaftlichen Unterricht». In *Potenzialentwicklung. Begabungsförderung. Bildung der Vielfalt*, herausgegeben von Christian Fischer, Christiane Fischer-Ontrup, Friedhelm Käpnick, Franz J. Mönks, Nils Neuber, und Claudia Solzbacher, 4:119–44. Begabungsförderung. Münster; New York: Waxmann.