

Projekt-Abschlussbericht

Förderung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und -handeln mit dem digitalen Lernspiel „MyPlanetEarth“

Aktenzeichen der Deutschen Bundesstiftung Umwelt:	34851/01
Titel des Projekts:	Förderung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und -handeln mit dem digitalen Lernspiel „MyPlanetEarth“
Verfasser:	Prof. Dr. Jürgen Paul ¹⁾ & Prof. Dr. Jorge Groß ²⁾
Institution:	Didaktik der Naturwissenschaften Otto-Friedrich-Universität Bamberg
Kontakt:	Prof. Dr. Jürgen Paul Email: juergen.paul@uni-bayreuth.de
Projektbeginn:	01.09.2019
Laufzeit:	3 Jahre

Bamberg, 2022

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Anmerkung: Beide Verfasser haben inzwischen die Universitäten gewechselt.

¹⁾ Universität Bayreuth

²⁾ Universität Marburg

Inhalt:

1. Zusammenfassung / Kurzfassung des Berichts	Seite	3
2. Anlass und Zielsetzung des Projekts	Seite	4
2.1 Bildung für nachhaltige Entwicklung im schulischen Kontext	Seite	4
2.2 Digitale Lernspiele	Seite	5
2.3 Ziele und Fragestellung des Projekts	Seite	6
3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden	Seite	6
3.1 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern	Seite	6
3.2 Inhalte, Konzeption und Umsetzung des Lernspiels	Seite	8
3.3 Theorie und Methoden der wissenschaftlichen Begleitung	Seite	9
3.4 Teilprojekt Unterrichtsmaterialien	Seite	11
3.5 Projektverlauf und Corona-Problematik	Seite	11
4. Ergebnisse	Seite	13
4.1 Das digitale Lernspiel „ProjectPlanet“	Seite	13
4.2 Integration in den Schulunterricht	Seite	16
4.3 Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung	Seite	17
5. Diskussion	Seite	19
5.1 Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern	Seite	19
5.2 Lernspiel und Begleitmaterialien	Seite	22
5.3 Wissenschaftliche Ergebnisse und deren Bedeutung	Seite	23
6. Öffentlichkeitsarbeit und Weiterführung des Projekts	Seite	25
7. Fazit	Seite	26
Abbildungsverzeichnis:	Abb. 1: Screenshot des Lernspiels	Seite 13
	Abb. 2: Beispiel Unterrichtsmaterialien	Seite 16
	Abb. 3: Fotos Projekttreffen	Seite 20
	Abb. 4: Voting für Optimierungen	Seite 21
Tabellenverzeichnis:	Tab. 1: Übersicht über den Projektverlauf	Seite 12
Abkürzungen:	BNE = Bildung für nachhaltige Entwicklung	
	KMU = Kleine und mittlere Unternehmen	
	UN = Vereinte Nationen	

Anmerkung: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dem Bericht meist auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und diverser Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten dennoch gleichermaßen für alle Geschlechter oder Geschlechterzuordnungen.

1. Zusammenfassung / Kurzfassung des Berichts

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) stößt immer wieder an ihre Grenzen, weil deren Ziele oft auf einer abstrakten und/oder systemischen Ebene liegen und der Zusammenhang zwischen Handlung und Ergebnis komplex und langfristig ist, aber kaum unmittelbar erfahrbar (Groß, Lude & Menzel, 2009). Zudem wurde mehrfach gezeigt, dass Wissen allein nicht prinzipiell entsprechendes Verhalten erzeugt („Knowledge-Action-Gap“, siehe Barth et al., 2012).

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen unseres Projekts ein digitales Lernspiel zur Nachhaltigkeit mit der Idee entwickelt, die notwendige Handlungs- und Erfahrungsorientierung mit dem Konzept der Nachhaltigkeit zu verbinden und dabei die Affinität vieler (vor allem junger) Menschen zu digitalen Medien zu nutzen. Unser daraus hervorgegangenes digitales Lernspiel namens „ProjectPlanet“ ermöglicht es, Handlungen und deren Auswirkungen in komplexen Systemen durch unmittelbare Rückmeldungen verständlich und erfahrbar zu machen. Damit zielte das Projekt mit einem neuen methodischen Zugang auf die Vermittlung von Kompetenzen, welche Nachhaltigkeitsbewusstsein und -handeln stärken.

Für die Entwicklung des digitalen Lernspiels „ProjectPlanet“ arbeitete die Didaktik der Naturwissenschaften der Universität Bamberg mit dem renommierten Spieleentwickler upjers GmbH (als KMU) sowie mit vier regionalen Schulen eng zusammen. Die verschiedenen Vorversionen des Lernspiels wurden dabei prozessbegleitend evaluiert und anhand der erhaltenen Ergebnisse immer wieder optimiert (Design-based research). Das Lernspiel „ProjectPlanet“ ermöglicht sowohl eine Beschäftigung mit dem Themenfeld Nachhaltigkeit in einem informellen Lernkontext im außerschulischen Bereich als auch die Einbindung in formale Lernprozesse während des Schulunterrichts. Hierfür wurden auf das Lernspiel abgestimmte Begleitmaterialien erstellt, welche das Lernspiel in den regulären Schulunterricht integrieren. Für Schülerinnen, Schüler und deren Lehrkräfte sind das Lernspiel sowie die zugehörigen Unterrichtsmaterialien als kostenlose Downloads erhältlich.

Mit dem digitalen Lernspiel „ProjectPlanet“ und den darauf abgestimmten Unterrichtsmaterialien stellen wir eine Alternative zu den bisherigen Vermittlungskonzepten im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zur Verfügung. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zeigen u.a., dass unmittelbares Feedback auf Handlungen im Spiel, Visualisierungen im Spiel sowie Reflexionsprozesse im begleitenden Unterricht typische Auslöser von Lernprozessen sind. Zudem können Lernende einen Bezug zwischen ihren Handlungen im Spiel und ihrer Lebenswirklichkeit herstellen. Auch wird die Selbstwirksamkeitserwartung für umweltrelevante Handlungen durch das Lernspiel positiv beeinflusst.

Die gemeinsame Auswertung und die langfristige Weiterentwicklung des Lernspiels sowie der Begleitmaterialien, auch über die Projektlaufzeit hinaus, waren und sind wichtige Ziele unserer Kooperation von Wissenschaft, Wirtschaft und Schulpraxis. Mit der Nachhaltigkeit sowie dem Umgang mit digitalen Medien verknüpft das Projekt auf modellhafte und innovative Weise zwei äußerst bedeutsame und breit diskutierte Themen unserer Gesellschaft.

2. Anlass und Zielsetzung des Projekts

2.1 Bildung für nachhaltige Entwicklung im schulischen Kontext

Von 2005 bis 2014 hatten sich die Vereinten Nationen mit der UN-Dekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ (BNE) dazu verpflichtet, die Prinzipien der Nachhaltigkeit in ihren Bildungssystemen zu verankern. Im November 2014 startete die UNESCO-Weltkonferenz das sich daran anschließende BNE-Weltaktionsprogramm (2015 - 2019). Anfang 2016 legte die deutsche Bundesregierung den Grundstein zu einem Nationalen Aktionsplan BNE. Inzwischen werden Inhalte mit Bezug zur Nachhaltigkeit in den Lehrplänen aller Schultypen in allen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland meist mehrfach in verschiedenen Jahrgangsstufen thematisiert.

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist nach wie vor ein sehr breites und bedeutsames Thema auch für die Fachdidaktiken der Naturwissenschaften. Denn Umweltbildung und BNE haben zwar in deutschen Schulen seit langem einen festen Platz (Eulefeld et al., 1993; Rode et al., 2001; Groß, 2011). Dennoch war das Konzept der Nachhaltigkeit zu lange nur ein Thema des Expertendiskurses (Borgstedt, Christ & Reusswig, 2010). Der Umgang mit dem komplexen Thema, die damit verbundenen methodischen Anforderungen und die möglichen Kooperationen sind den Lehrkräften auch heute noch nicht ausreichend vertraut (z.B. Kyburz-Graber & Högger, 2000; Eigner-Thiel & Bögeholz, 2004; Radits, Rauch & Kattmann, 2005; Groß et al., 2019; Lindemann-Matthies & Knecht, 2011). Verschiedenste Studien stellen zudem immer wieder fest, dass der Einfluss schulischer Umwelterziehung auf das Umwelthandeln nur gering ist (z.B. Lude, 2001). Untersuchungen zur außerschulischen Umweltbildung in Nationalparks und Waldheimen zeigen teilweise positive Effekte auf Einstellungen, Wissen und Verhalten bei den Lernenden (z.B. Bittner, 2003; Bogner & Wiseman, 2004; Lude, 2005; Bittner & Groß, 2009). Gemäß der OECD/PISA-Studie „Green at Fifteen?“ (2009) spielt die schulische Umweltbildung in den Einschätzungen der Jugendlichen zwar durchaus eine Rolle, aber ihren Angaben zufolge beziehen sie sehr viele Informationen über Umweltthemen nicht aus der Schule, sondern aus den Medien.

Da Umwelthandeln am ehesten durch handlungsorientierte Lern- und Arbeitsprozesse initiiert werden kann, müssen Handlungs- und Erfahrungsorientierung im schulischen Bereich Priorität erlangen (Unterbruner, 2013). Auch neurobiologische Studien zeigen, dass das menschliche Gehirn unabhängig von einer objektiven Bedeutsamkeit maßgeblich nur auf das reagiert, was uns emotional berührt und uns selbst aufgrund unserer eigenen subjektiven Bewertung als wichtig und bedeutsam erscheint (Hüther, 2011). Wir wissen, dass konkrete und erreichbare Ziele hierbei zum Handeln motivieren. Die Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung sind jedoch oft auf einer abstrakten Ebene und der Zusammenhang zwischen Handlung und Ergebnis ist langfristig, aber nicht unmittelbar erfahrbar. Wissen allein erzeugt eben nicht prinzipiell entsprechendes Verhalten („Knowledge-Action-Gap“, siehe De Haan & Kuckartz, 1996; Barth et al., 2012). Eine Diskrepanz zwischen Wissen und Handeln zeigt sich beispielsweise insbesondere in der mangelnden Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz und einem zunehmenden Ressourcenverbrauch. Genau hier setzt unser digitales Lernspiel für Nachhaltigkeit an. Der Lernende erhält im Spiel einen konkreten Gestaltungsspielraum, welcher nach dem Prinzip von „actio et reactio“ mit einem

unmittelbaren Feedback verbunden wird. Eine positive Rückmeldung erhöht dabei die emotionale Bedeutsamkeit. Diese positiven Erfahrungen im Spiel sollen dann auf das Handeln des Spielers in seinem realen Leben übertragen werden.

2.2 Digitale Lernspiele

Der Einsatz digitaler Medien in Lernumgebungen ist seit längerem ein breit diskutiertes Thema (Arnold et al., 2015; Girwidz et al., 2006; Groß, 2018; Groß, Affeldt & Stahl, 2019; Heinen & Kerres, 2015; Herzig, 2014; Koehler & Mishra, 2008; Kuhn, Ropohl & Groß, 2017; Meßinger-Koppelt, Schanze & Groß, 2017). Durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie erhielt dieses Thema einen nochmaligen Bedeutungszuwachs. Die steigende Zahl der Veröffentlichungen über Forschungsprojekte zu digitalen Lernspielen zeigt, dass sich hier ein Bereich mit großen Potentialen sowohl für die fachdidaktische Forschung und Lehre als auch für die Schulpraxis auftut (Hwang & Wu, 2012). Die in diesem Zusammenhang verwendeten Begriffe überschneiden sich teilweise in ihrem Bedeutungsgehalt und sind nicht immer scharf voneinander abgegrenzt, z.B.: Digital Game-Based Learning, Serious Games, Gamification, Edutainment, E-learning (Lampert et al., 2009; Crookall, 2010; Jacob & Teuteberg, 2017). Beim Game-Based Learning werden Lerninhalte auf Basis eines Spiels oder einer Simulation vermittelt. Umgesetzt wird dieses Prinzip in sogenannten Serious Games. In diesem Sinne ist das im Rahmen dieses Projekts entwickelte digitale Lernspiel für Nachhaltigkeit ein Serious Game.

Game-based learning und Serious Games gelten als ein aussichtsreicher Ansatz für neue Lehr- und Lernmethoden (Connolly et al., 2012; Kapp, 2012; Schaal, Schaal & Lude, 2015; Schaal et al., 2018; Wouters et al., 2013; Vogel et al., 2006). Dabei dienen die meisten bisher entwickelten und eingesetzten Spiele der Wissensvermittlung, eine Minderheit zielt auf problemlösende Fähigkeiten, nur sehr wenige fokussieren auf Einstellungen und affektive Lernziele oder soziokulturelle Aspekte (Li & Tsai, 2013). Digitale Geogames versuchen die Vorteile mobiler Endgeräte mit Aktivitäten in der Natur zu verbinden (Schneider & Schaal, 2017). Die bisherigen Spiele, die sich thematisch der Nachhaltigkeit annahmen, fokussierten eher auf nüchterne Inhalte (z.B. „LandYous“; Berning, Schmidt & Scholz, 2016; Lindner & Neubert, 2016) und weniger auf Spielfluss und affektive Ziele oder waren nicht als Lernspiel konzipiert und damit nicht in den Unterricht oder in eine andere Lernumgebung integrierbar (z.B. „Anno2070“). Gerade aber im Bereich des Ressourcen-Managements können Spiele und Simulationen einen wertvollen Beitrag leisten (Barreteau, Le Page & Perez, 2007). Weil die Nachhaltigkeit ein so komplexes und umfassendes Thema darstellt sowie Handlungsorientierung benötigt (siehe oben), erscheint daher dessen Aufarbeitung mittels eines interaktiven Serious Games naheliegend, welches neben der Wissensvermittlung insbesondere Spielfluss, persönliche Einstellungen und Handlungsbezüge in den Mittelpunkt stellt. Obwohl inzwischen die meisten Bildungsakteure digitale Lernspiele als eine positive Bereicherung in der Bildungslandschaft sehen, liegen bislang immer noch nur wenige empirische Befunde zu deren Wirkung und Wirkungsursachen vor (van Eck 2006; Lampert et al., 2009; Li & Tsai, 2013; Jacob & Teuteberg, 2017).

2.3 Ziele und Fragestellung des Projekts

Die grundlegende Idee des hier vorgestellten Projekts war die Verknüpfung von Handlungs- und Erfahrungsorientierung mit dem Konzept der Nachhaltigkeit vor dem Hintergrund der Affinität vieler vor allem junger Menschen zu digitalen Medien. Hierzu sollte das digitale Lernspiel mit dem Arbeitstitel „MyPlanetEarth“ entwickelt, evaluiert und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Das Lernspiel sollte in einer Simulation die komplexen Wirkungszusammenhänge nachhaltigen Handelns durch unmittelbare Rückmeldungen erfahrbar und nachvollziehbar machen. Damit zielte das Projekt auf drei der von der DBU angedachten Lösungsansätze für Nachhaltigkeitsbildung ab:

- Maßnahme zur Entwicklung und Stärkung von Nachhaltigkeitskompetenzen,
- neue Methode zur Vermittlung systemischer Nachhaltigkeitszusammenhänge und -ziele in Bildungseinrichtungen,
- neuer Zugang zur Entwicklung und Stärkung von Nachhaltigkeitsbewusstsein bei jungen Menschen.

Das neu entwickelte Lernspiel besitzt den Anspruch, in den schulischen Unterricht integrierbar zu sein. Damit sollte auch eine Alternative zu den bisherigen Vermittlungskonzepten im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Zielgruppe der Bildungsträger entstehen. Die mit der Entwicklungsarbeit verknüpfte wissenschaftliche Begleitforschung fokussierte dabei auf folgende Fragen: Welchen Beitrag zur BNE kann ein digitales Lernspiel durch die Verknüpfung von Wissen und Handeln in Kombination mit einem unmittelbaren Feedback leisten? Welche Interventionen im Lernspiel führen insbesondere zur Förderung von Vorstellungen und Einstellungen zur nachhaltigen Entwicklung? Inwieweit kann ein in den regulären Schulunterricht integrierbares digitales Lernspiel zur individuellen Förderung der Lernenden beitragen?

Neben der wissenschaftlichen Perspektive war uns die Praxis- und Produktorientierung ein wichtiges Anliegen. Das digitale Lernspiel sollte insbesondere für Schulen in einer kostenfreien Vollversion erhältlich sein und mit konkreten Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte flankiert werden. Somit sollte das Projekt bisherige Lücken in der Bildungsforschung schließen und darüber hinaus zu gesellschaftlich bedeutsamen Themen wie der sinnhaften Digitalisierung von Lernumgebungen und der Bildung für nachhaltige Entwicklung seinen Beitrag leisten.

3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

3.1 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

Die das Projekt ausführende und koordinierende Institution war die Lehr- und Forschungseinheit „Didaktik der Naturwissenschaften“ an der Universität Bamberg. Die beiden Autoren dieses Berichts sowie das zugehörige Team konnten dabei umfassende Praxis-Erfahrung als ehemalige Lehrkräfte an Schulen als auch in der Forschung und Lehre an Universitäten mit in das Projekt einbringen. Bildung für nachhaltige Entwicklung und die Digitalisierung waren für die Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bamberg bereits vor dem Projekt fest verankerte Bestandteile in Lehre, Forschung und Transfer. Seit Jahren kooperierten wir in verschiedenen Projekten erfolgreich mit außer-universitären Partnern.

Im Rahmen eines Pilotprojekts wurden erste Kontakte zu dem Spieleentwickler upjers GmbH in Bamberg geknüpft. Dieses mittelgroße Unternehmen (KMU) war schließlich in dem hier vorgestellten Projekt unser zentraler externer Partner. Die upjers GmbH ist ein auf dem Markt vollständig etablierter Spieleentwickler mit etwa 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das in Bamberg ansässige Unternehmen entwickelt und vermarktet sowohl Browsergames, Casual Games für Smartphones als auch weitere Apps für mobile Endgeräte (<https://de.upjers.com>). Die Spiele des Unternehmens wurden bereits mehrfach ausgezeichnet. Für uns war zudem die Zusammenarbeit mit einem regionalen Unternehmen von zentraler Bedeutung, um nachhaltige Kooperationen und Entwicklungsperspektiven über das Projekt hinaus entwickeln zu können

In enger Zusammenarbeit mit der Firma upjers GmbH wurde im Rahmen unseres Projekts ein digitales Lernspiel entwickelt, welches das Thema Nachhaltigkeit behandelt. Die sehr arbeitsintensive und umfangreiche Entwicklungsarbeit erfolgte in mehreren Teilschritten. Zunächst wurde in enger Abstimmung mit der upjers GmbH das Spielkonzept entwickelt. Demgemäß produzierte die Spielefirma dann einen ersten Prototyp, der in vielen kleinen sowie in zwei groß angelegten Testläufen (die zwei Testzeiträume mit Unterrichtseinsatz) im Sinne eines Design-based Research-Ansatzes immer weiter optimiert wurde (vgl. Kap. 3.3). Zur Gegenfinanzierung der dabei entstandenen Entwicklungskosten wird die Firma upjers GmbH das Lernspiel auf dem freien Spielmarkt als Verkaufsversion anbieten und vermarkten. Darüber hinaus steht Schulen, deren Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern eine kostenfreie Vollversion des Spiels zur Verfügung. Auf diese Weise können Schulen kostenfrei von dem Lernspiel profitieren. Gleichzeitig eröffnet dies die Möglichkeit einer nachhaltigen und langfristigen Weiterentwicklung des Spieles auch über die Projektlaufzeit hinaus.

Bei der Entwicklung des digitalen Lernspiels ergänzten sich die Expertisen der beiden Partner sehr gut: Die Universität Bamberg brachte das inhaltliche Know-how zu Naturwissenschaften, BNE, Pädagogik, Fachdidaktik sowie ihr Netzwerk mit Bildungsakteuren inklusive der Schulpraxis ein. Die Antragsteller profitierten hierbei auch von ihren Vorerfahrungen aus der Entwicklung anderer digitaler Medien wie der DBU-geförderten App „ID-Logics“ oder aus der Zusammenarbeit im Rahmen von Senior- und Junior-Fellowships im Kolleg „Didaktik:digital“ mit der Joachim Herz Stiftung. Die Spielefirma upjers GmbH steuerte insbesondere ihr technisches Know-how und ihre umfassende Markterfahrung bei, damit hier nicht nur ein qualitativ hochwertiges Lernspiel, sondern darüber hinaus ein Serious Game mit anhaltendem Spielspaß und Marktdurchdringung entstehen konnte.

Für die zwei oben angesprochenen zwei Testzeiträume von Vorversionen des Lernspiels mit Unterrichtseinsatz kooperierten wir mit folgenden vier regionalen Schulen: mit der Heidelsteigschule in Bamberg (Grund- und Mittelschule), der Steigerwaldschule in Ebrach (Realschule), dem Gymnasium Höchststadt an der Aisch und dem Clavius-Gymnasium in Bamberg. Zu den Schulpartnern bestanden bereits vor dem Projekt funktionierende und verlässliche Kontakte. Alle vier Schulen zeichneten sich durch umfassende Praxiserfahrungen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht aus (u.a. lernreich 2.0, iPad-Klassen, MINT-EC, Referenzschule für Medienbildung). Die mitwirkenden Lehrkräfte in den vier Schulen integrierten die jeweilige Vorversion des

Lernspiels in ihren Unterricht. Die damit beteiligten Schülerinnen und Schüler wurden so „nebenbei“ zu engagierten Spieletestern. Die Lehrkräfte waren zudem in die Entwicklung von Stundenentwürfen und zugehörigem Begleitmaterial zur Integration des Lernspiels in den Unterricht eingebunden. Die Entwicklung des Unterrichtsmaterials erfolgte im Rahmen eines Teilprojekts, welches additiv von der Oberfrankenstiftung finanziell gefördert wurde.

3.2 Inhalte, Konzeption und Umsetzung des Lernspiels

Grundlegendes Ziel für die Konzeption des neuen digitalen Lernspiels mit dem Arbeitstitel „MyPlanetEarth“ war es, das Thema Nachhaltigkeit einerseits möglichst umfassend, andererseits möglichst konkret in Bezug auf die Lebensrealität und Alltagsnähe der Zielgruppe zu behandeln. Folgendes Gesamt-Setting wurde schließlich gewählt: Die spielende Person schlüpft in die Rolle eines Bürgermeisters, der auf einer Insel die Geschicke einer Kleinstadt mit umliegendem Land lenken soll. Die Kleinstadt steht dabei stellvertretend für eine ganze Nation. Unser digitales Lernspiel zur Nachhaltigkeit stellt damit ein Genre-Mix aus Lebens-, Wirtschaftssimulation und Aufbauspiel dar und lässt sich im obigen Sinne (Kap. 2.2) als Serious Game bezeichnen.

Die Spiellogik stützt sich dabei auf vorhandene reale Datensätze von Bundesämtern, Bundesministerien und Verbänden sowie auf wissenschaftliche Datensätze und Modelle aus der Forschung (z.B. Umweltbundesamt, 2015; Statistisches Bundesamt, 2017, 2018; Bockermann et al., 2005; Gerstner et al., 2014; Halog & Manik, 2011; Noleppa, 2012; Seppelt, 2007; Seppelt et al., 2016; Václavík et al., 2013). Im Spiel wurden diese jedoch stark vereinfacht abgebildet und auf die Spielwelt angepasst, um eine praxistaugliche Umsetzung im Spannungsfeld zwischen Spielbarkeit (motivationaler Aspekt) und Simulationen (Vermittlungsaspekt) bestmöglich zu gewährleisten. Bei all der Komplexität der Gesamtthematik sollte sich das Lernspiel durch intuitive Steuerung und konkreten Rückmeldungen gepaart mit (anfänglich) schnellen Erfolgserlebnissen auszeichnen, um den Spielfluss und die Motivation am Spiel hoch zu halten. Das Spiel sollte dabei nicht allzu große Anforderungen an die Hardware stellen, damit es auch problemlos auf mobilen Endgeräten spielbar ist, was die grafischen Möglichkeiten etwas einschränkte.

Die Lernwirksamkeit des Einsatzes digitaler Medien hängt stark von den Inhalten und von dem Kontext ab (vgl. Untersuchungen von Herzig, 2014; Lindner, 2014; Meßinger-Koppelt, Schanze & Groß, 2017). Hierbei erscheint die Verknüpfung von informellen Lernkontexten im außerschulischen Bereich mit formalen Lernprozessen im Rahmen des Schulunterrichts als sehr vielversprechend (Azeiteiro et al., 2015). In diesem Sinne sollte die Konzeption des neuen digitalen Lernspiels sowohl die Integration in den regulären Schulunterricht als auch eine informelle Beschäftigung mit dem Thema außerhalb der Schule ermöglichen.

Bereits während der Arbeit am Spielkonzept wurde außerdem klar, dass selbst vereinfachende Simulationen von Nachhaltigkeitszusammenhängen auch in einem spielerischen Kontext sehr komplex sind und eine Vielzahl thematischer Anknüpfungspunkte bieten. So entstand die Idee, einzelne Themenschwerpunkte mithilfe verschiedener Szenarien zu fokussieren. Um die Komplexität auf einen machbaren Rahmen zu

reduzieren, wurde zunächst ein Szenario gesucht, welches sowohl am Anfang einer Aufbausimulation stehen kann, die prinzipielle Spielmechanik vermittelt als auch zentrale Botschaften der Nachhaltigkeitsdebatte abbildet sowie einen konkreten Bezug zum Alltag der Schülerinnen und Schüler herstellt. Hierfür erschien die Thematisierung einer nachhaltigen Ernährungsweise in Verbindung mit dem Flächenverbrauch in der Landwirtschaft als zielführend.

Die Strukturierung des Lernspiels in thematisch abgegrenzte Szenarien eröffnete zudem die Möglichkeit, die späteren Szenarien verschiedenen Leitfächern aus der Schule zuzuordnen. Dies würde außerdem eine konkrete thematische Anbindung an die jeweils gültigen Lehrpläne und Curricula der Schulen und damit die Integration des Lernspiels in den Unterricht erleichtern. Die hauptsächliche Zielgruppe waren dabei Schülerinnen und Schüler im Alter von 14 bis 18 Jahren (entspricht etwa der 8.-12. Jahrgangsstufe). Diese Altersgruppe erschien für das avisierte Denken und Handeln in systemischen Zusammenhängen als besonders geeignet. Zudem adressieren die zugehörigen Lehrpläne und Curricula dieser Jahrgangsstufen genau derartige Nachhaltigkeitsthemen in den relevanten Schulfächern. Ein einzelnes Szenario des Lernspiels sollte zeitlich während einer Unterrichtsstunde abgeschlossen werden können. Die Spieldauer für das erste Szenario sollte daher nach Möglichkeit unter 20 Minuten liegen.

Auf Seiten der Firma upjers GmbH waren ein Projektleiter, zwei Gamedesigner, vier Programmierer und drei Grafiker an der technischen Umsetzung des Spielkonzepts beteiligt. Ausgehend vom ersten Prototyp wurden schrittweise die gewünschten Features dem Spiel hinzugefügt. Die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der wissenschaftlichen Begleitforschung zur Wirksamkeit einzelner Spielelemente wurden prozessbegleitend entsprechend eingepflegt. Zuletzt erfolgte das Spiel-Balancing, welches sich angesichts der vielen möglichen Freiheitsgrade des Spielverlaufs, schwierig gestaltete.

3.3 Theorie und Methoden der wissenschaftlichen Begleitung

Unser Verständnis von Lernprozessen basiert auf einem moderaten Konstruktivismus (Widodo & Duit, 2004) und dem revidierten Conceptual Change-Ansatz (Strike & Posner, 1992), der eine situierte Perspektive berücksichtigt, d.h. Lernen auf den Kontext bezieht (Stark, 2003). Wir verstehen Lernende als Individuen, welche ihr Wissen in einem aktiven und selbstgesteuerten Vorgang auf der Grundlage von vorhandenen Vorstellungen und Erfahrungen konstruieren. Vorstellungsänderungen verstehen wir demnach als Rekonstruktion von Vorstellungen (Kattmann, 2008), wobei sie kontextbezogen in Abhängigkeit vom Lernenden weiterentwickelt, verändert oder neu gebildet werden können.

Das Lernspiel wurde bereits im Prozess der Entwicklung wissenschaftlich begleitet: Dazu wurden die jeweiligen Spielversionen evaluiert und anhand der Ergebnisse prozessbegleitend optimiert (Design-based Research; McKenney & Reeves, 2018; Scott, Wenderoth, & Doherty, 2020). Für diese Evaluation wurden zwei Testzeiträume festgelegt, die sich am bayerischen Schulferien-Rhythmus orientierten: (1) Zwischen den Pfingstferien und den Sommerferien (Juni & Juli) des Jahres 2020 und (2)

zwischen den Pfingstferien und den Sommerferien (Juni & Juli) des Jahres 2021. In beiden Testzeiträumen wurden Prototypen bzw. die jeweils aktuelle Version des Lernspiels durch die beteiligten Lehrkräfte (vgl. Kap. 3.1) in deren Unterricht eingesetzt. Im Anschluss an den Unterrichtseinsatz wurden Schülerinnen und Schüler in leitfadengestützten Interviews zum Spiel und zu ihren Lernprozessen befragt (qualitative Untersuchung). Zudem nahmen diese und weitere Schülerinnen und Schüler jeweils an einer Fragebogenerhebung im Prä-Post-Design teil (d.h. einmal vor der Unterrichtssequenz mit Lernspieleinsatz und einmal danach; quantitative Untersuchung). Die Fragebogenerhebung erfolgte neben der Treatment-Gruppe zudem in einer Kontrollgruppe (BNE-Unterrichtssequenz ohne Lernspieleinsatz). Die damit verbundene Erfassung und Auswertung von Daten wurde von einem für dieses Projekt eingestellten Nachwuchswissenschaftler durchgeführt.

Bei der Erstellung der Fragebögen für die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der quantitativen Untersuchung griffen wir auf bewährte und validierte Items zurück. Dabei wurden folgende Aspekte abgefragt bzw. kamen folgende Instrumente zum Einsatz: (1) soziodemografische Merkmale (z.B. Alter, Geschlecht, Schulzugehörigkeit), (2) Umwelteinstellung (preservation/utilisation, 2-MEV-Skala; Kibbe, Bogner & Kaiser, 2014; Bogner 2018), (3) Naturverbundenheit (NR-6; Nisbet & Zelenski, 2013; und INS; Schultz, 2002), (4) Selbstwirksamkeit für umweltrelevante Handlungen (SEEA; Porticella et al., 2017), (5) Verhaltensabsicht (Utopie-Skala, abgeleitet von GEB; Kaiser et al., 2007; Kahler, 2018) und (6) spielbezogene Freude (ENJ, nur Post-Test; Schaal et al., 2018). Die Items konnten jeweils auf einer 5-Punkte-Likert-Skala von 1 (stimme voll und ganz zu) bis 5 (stimme überhaupt nicht zu) bewertet werden. Darüber hinaus haben wir zwei Elemente hinzugefügt, die nach der Spielbarkeit unseres Spiels und den selbst wahrgenommenen Lerninhalten des Spielers fragten.

Für die qualitative Untersuchung führten wir online Einzel- und Gruppeninterviews via Zoom (Komorek & Duit, 2004). Dies ermöglichte eine Reflexion der individuell erlebten Erfahrungen, Lernprozesse und eventuellen Verhaltensänderungen. Im Falle der Gruppeninterviews setzten sich die Gruppen aus je 2-3 Schülerinnen und Schülern zusammen. Jedes Interview dauerte etwa 50-60 Minuten. Die Teilnahme war jeweils freiwillig. Alle personenbezogenen Daten wurden anonymisiert. Während der Interviews wurden den Schülerinnen und Schülern spielbezogene Grafiken und Screenshots als Interventionen präsentiert. Um die Vorstellungen und konzeptionellen Entwicklungen der Lernenden aufzuzeigen, integrierte der Interviewleitfaden zwei methodische Ansätze: Erstens problemorientierte, offene und halboffene Fragen zur Erfassung aktueller Vorstellungen und zweitens die retrospektive Befragung zum Lernprozess (Paul et al., 2016). Der Leitfaden wurde dabei in drei Teile gegliedert: (1) allgemeine Fragen zum Gameplay, (2) allgemeine Fragen zu Vorstellungen über Nachhaltigkeit, (3) konzeptionelle Entwicklungen anhand spielbezogener Interventionen. Mithilfe der retrospektiven Befragung sollten die Lernenden benennen, ob und welches Spielelement konzeptionelle Entwicklungen ausgelöst hat. Die Interviews wurden mittels qualitativer Inhaltsanalysen ausgewertet (Krüger & Riemeier, 2014; Mayring, 2010). Durch den Vergleich retrospektiv und aktuell benannter Konzepte konnten Rückschlüsse auf den Lernprozess gezogen und mögliche Ursachen diskutiert werden.

3.4 Teilprojekt Unterrichtsmaterialien

Die Einbindung des digitalen Lernspiels in den schulischen Unterricht mithilfe von eigens dafür konzipierten Unterrichtsmaterialien wurde als ein Teilprojekt von der Oberfrankenstiftung ko-finanziert. Wie auch im Gesamtprojekt kooperierten wir hierfür mit den gleichen Schulpartnern wie im Hauptprojekt (vgl. Kap. 3.1). Die mitwirkenden Lehrkräfte waren dabei maßgeblich an der Entwicklung der Unterrichtskonzepte mit passenden Begleitmaterialien beteiligt. Die bayerischen Lehrpläne aller drei involvierten Schultypen (Mittelschule, Realschule, Gymnasium) weisen mehrfache Bezüge zum Themenbereich Nachhaltigkeit auf. Auf dieser Basis sollten Konzepte und Materialien für eine exemplarische Unterrichtssequenz erarbeitet werden, die das Lernspiel MyPlanetEarth im regulären Fachunterricht nutzt und integriert.

Die Unterrichtskonzepte wurden in drei Phasen erarbeitet: (1) Inhalts- und Strukturbestimmung, (2) Konkrete Ausarbeitung der Materialien für die Schulen inklusive Verlaufspläne, (3) Anpassung und Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien. Den Workload der Phase 2 übernahm überwiegend die Universität Bamberg, um einerseits die beteiligten Schulen zu entlasten und um andererseits den Fokus auf die geplanten Ziele des Projekts stärken zu können. Die erarbeiteten Unterrichtskonzepte wurden während des zweiten Testzeitraums des Spiels in der Schulpraxis erprobt. Dabei gaben die Lehrkräfte mittels eines Fragebogens Rückmeldungen zum praktischen Verlauf und zu den erzielten Ergebnissen.

Damit besondere Lerngelegenheiten wie ein digitales Lernspiel zu fruchtbaren Lernprozessen führen und die damit verbundenen Lerneffekte maximiert werden, ist eine konkrete unterrichtliche Einbindung sehr bedeutsam. Gleichzeitig benötigen Unterrichtskonzepte, welche die Digitalisierung an den Schulen voranbringen wollen, auch konkrete digitalisierte Inhalte. Daher sind im Gesamtprojekt die Entwicklung des Lernspiels und die Entwicklung zugehöriger Unterrichtsmaterialien unmittelbar miteinander verzahnt worden.

3.5 Projektverlauf und Corona-Problematik

Zum Start des Projekts, im September und Oktober 2019, wurden zusammen mit den Kooperationspartnern die wesentlichen Meilensteine und der zugehörige Zeitplan definiert. In unserem ersten Zwischenbericht zum 01.03.2020 konnten wir von einem vollständig planmäßigen Verlauf des Projekts berichten. Kurz darauf, im März 2020 erfolgte in Deutschland unerwartet der vollständige Lockdown aufgrund der Corona-Pandemie. Von den daraus resultierenden Folgen war der weitere Verlauf des Projekts in mehrfacher Hinsicht betroffen, insbesondere aber der Projektzeitraum von März 2020 bis März 2021. Folgende Aspekte waren in diesem Zusammenhang besonders relevant:

(1) Nachdem die Schulen in der Folge des vollständigen Lockdowns im März 2020 sämtliche Kapazitäten benötigten, um die Digitalisierung des regulären Unterrichts im Rahmen von Homeschooling umzusetzen, musste die Entwicklung der begleitenden Unterrichtsmaterialien zur Einbettung des Lernspiels, die vor allem von den Lehrkräften getragen werden sollte, vorläufig ausgesetzt werden. Erst im Herbst 2020 wurde die diesbezügliche Arbeit wieder umfassend aufgenommen, so dass die fertigen Materialien

dann im Vorfeld des zweiten Testzeitraums des Lernspiels (Juni & Juli 2021) vollständig zur Verfügung standen.

(2) Weil im gesamten verbleibenden Schuljahr ab März 2020 kein normaler Schulbetrieb mehr möglich war, konnte auch nicht das Lernspiel, wie ursprünglich geplant, im normalen Schulunterricht zwischen den Pfingst- und den Sommerferien eingesetzt werden. Die Schulen mussten sich auf eine einigermaßen befriedigende Vermittlung der Grundlagen des jeweiligen Faches konzentrieren. Der erste Testeinsatz des Spiels musste daher im Umfang und auf die wesentlichen Kernelemente reduziert werden. Einige der in das Projekt involvierten Lehrkräfte konnten das Lernspiel auch in Homeschooling-Phasen ihrer Schülerinnen und Schüler während des geplanten Zeitraums integrieren. Die Datenerhebung beschränkte sich dabei auf per Videokonferenz geführte Gruppeninterviews (vgl. Kap. 3.3) sowie auf eine reduzierte Anzahl an beantworteten Fragebögen.

(3) Nicht nur die Schulen, auch die Spielefirma war direkt von dem Lockdown ab März 2020 betroffen: Die gewohnten und eingespielten Abläufe in den Entwickler-Teams waren durch den Homeoffice-Betrieb eingeschränkt und mussten neu organisiert werden. Die Einschränkungen durch den Lockdown (u.a. auch infolge der notwendig gewordenen häuslichen Kinderbetreuung) führten zu Verzögerungen der weiteren Programmierarbeit, weshalb der zu den Pfingstferien 2020 vorhandene Prototyp des Lernspiels wesentliche Spielelemente, die ursprünglich eingeplant waren, noch nicht enthielt. Nach den Sommerferien 2020 waren die digitalisierten Arbeitssettings dann weitgehend etabliert. Im Herbst 2021 musste bei unserem Projektpartner upjers aufgrund von Personalausfällen und Personalwechseln infolge der Corona-Pandemie jedoch das dortige Entwicklerteam im Projekt fast vollständig ausgetauscht werden. Durch die damit notwendige erneute Einarbeitungszeit des neuen Teams verzögerte sich die weitere Entwicklung des Lernspiels ein weiteres Mal.

Die teilweise erheblichen Einschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie, gerade auf Seiten der Schulen, behinderten den Projektverlauf zunächst deutlich. Trotz der aufgezeigten Problematik infolge der Corona-Pandemie konnte der prinzipielle Zeitplan des Projekts schlussendlich dennoch eingehalten und alle wesentlichen zu Beginn festgesetzten Meilensteine erreicht werden. Dies war nur aufgrund des herausragenden Engagements aller beteiligten Projektpartner möglich, wofür wir uns an dieser Stelle nochmals ausdrücklich und sehr herzlich bedanken.

Folgende Übersichtstabelle (Tab. 1) fasst den tatsächlichen Projektverlauf zusammen:

1. Projektjahr 09/2019 bis 08/2020	1.1	Festlegung der Meilensteine und des Zeitplans
	1.2	Entwicklung des Spielkonzepts
	1.3	Umsetzung des Spielkonzepts in einem ersten Prototyp
	1.4	Fertigstellung der Instrumente zur Datenerhebung
	1.5	Erster Testeinsatz des Spiels vorwiegend im Homeschooling
	1.6	Erste Datenerhebung zur Evaluation des Spiels

2. Projektjahr 09/2020 bis 08/2021	2.1	Teilauswertung der erhobenen Evaluationsdaten
	2.2	Weiterentwicklung und Optimierung des Spiels
	2.3	Entwicklung und Fertigstellung der Unterrichtsmaterialien
	2.4	Zweiter Testeinsatz des Spiels, im regulären Unterricht
	2.5	Zweite Datenerhebung zur Evaluation des Spiels
3. Projektjahr 09/2021 bis 08/2022	3.1	Teilauswertung der erhobenen Evaluationsdaten
	3.2	Weiterentwicklung und Optimierung des Spiels
	3.3	Optimierung der Unterrichtsmaterialien
	3.4	Weitere Auswertung der erhobenen Evaluationsdaten
	3.5	Anfertigen und Einreichung einer Publikation
	3.6	Fertiges Lernspiel inkl. Unterrichtsmaterialien als Download verfügbar

4. Ergebnisse

4.1 Das digitale Lernspiel „ProjectPlanet“

Der Schwerpunkt des Gesamtprojekts lag auf der Entwicklung eines digitalen Lernspiels zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Der Arbeitstitel des zu entwickelnden Lernspiels lautete „MyPlanetEarth“. Dieser Arbeitstitel wurde nach ausführlicher Namensrecherche in enger Abstimmung mit der upjers GmbH schließlich in den finalen Spielnamen „ProjectPlanet“ umgewandelt. Die grundlegende Konzeption des Lernspiels ist Kap. 3.2 zu entnehmen. Die konzeptionelle Arbeit an dem Lernspiel im ersten Projekthalbjahr mündete in einer ausführlichen (27-seitigen) Beschreibung des Spielkonzepts. In einigen Punkten werden dabei innovative Wege beschrrieben, die sich auch im finalen Spiel wiederfinden.



Abb. 1: Screenshot des Hauptbildschirms im Lernspiel „Project Planet“

Hintergrund und Grundlage des Spielkonzepts ist das Drei-Säulen-Modell aus der BNE (Ökologie, Soziales, Ökonomie). Diese drei Perspektiven bilden die drei wichtigsten Statusanzeigen im Spiel (links oben in Abb. 1). Die Spielerinnen und Spieler verfolgen das Ziel, diese drei Statusanzeigen erstens möglichst hochzuhalten und zweitens zueinander in eine Balance zu bringen. Hier unterscheidet sich das Spiel ProjectPlanet von fast allen anderen bekannten Aufbausimulationen, in denen es meist darauf ankommt, immer größer zu werden, also auf permanentes Wachstum zu setzen. Bei ProjectPlanet muss dagegen eine Balance zwischen den drei Statusanzeigen Ökologie, Soziales und Ökonomie hergestellt werden.

Darüber hinaus verknüpft das Spiel das Drei-Säulen-Modell mit den 17 Sustainable Development Goals der UN (gemäß Rockström & Sukhdev, 2016). In diesem Zusammenhang wurden für das Spiel zudem 20 relevante Ressourcen definiert, welche jeweils einer der drei Perspektiven des Drei-Säulen-Modells sowie einem oder mehreren der 17 SDGs zugeordnet werden können, z.B.: Ressource „Klima“ → SDG 13 → Perspektive „Ökologie“; Ressource „Nahrung“ → SDG 1, 2 → Perspektive „Soziales“; Ressource „Energie“ → SDG 7 → Perspektive „Ökonomie“. Durch die Handlungen der spielenden Person im Spiel werden die Ressourcen auf unterschiedliche Weise beeinflusst. Die sich verändernden Ressourcen haben wiederum Auswirkung auf die drei Perspektiven des Drei-Säulen-Modells und damit auf die drei Hauptstatusanzeigen im Spiel.

In dem grundständigen Spiel ist aktuell ein Szenario zur nachhaltigen Ernährung und Landwirtschaft implementiert (vgl. Kap. 3.2). Das Spiel ist dafür ausgelegt, dass hier weitere Szenarien mit anderen thematischen Schwerpunkten hinzukommen (vgl. Kap. 6). In dem aktuellen Szenario hat die spielende Person die Aufgabe, als Bürgermeister einer Kleinstadt mit umliegendem Land die Ernährung seiner Bevölkerung zu sichern. Dabei müssen insbesondere auf nachhaltige Produktionsketten, schonende Landnutzung und auf umsichtiges Konsumverhalten der Bevölkerung geachtet werden.

Mit diesem Szenario und den geplanten Folgeszenarien für die langfristige Weiterentwicklung des Spiels und für Folgeprojekte (vgl. Kap. 6) orientiert sich das Spiel an konkreten Inhalten von schulischen Lehrplänen und Curricula. Curriculare Anknüpfungspunkte finden sich z.B. in den Lehrplänen der 8. Klasse Geographie („Leben in der einen Welt“), 9. Klasse Wirtschaft und Recht („Entscheidungen beim Konsum“), 10. Klasse Biologie („Ökosysteme“) des Gymnasiums sowie 8. Klasse Wirtschaft und Recht („Grundzüge des Wirtschaftens und Konsumverhalten“) oder 10. Klasse Biologie („Auswirkungen auf Ökosysteme“) der Realschule.

Durch eine kurze fantasievolle und spannende Hintergrundgeschichte wird die spielende Person in das Spiel eingeführt (die beim Start auch übersprungen werden kann):

„Im Jahr 2070 sind Natur und Umwelt unseres Planeten Erde, wie wir sie heute kennen, weitgehend zerstört. Klimaüberhitzung, Rohstoffkonflikte, Hungersnöte und andere Katastrophen stellen die globale Menschengemeinschaft vor unlösbare Probleme. Da gelingt der Menschheit das Unmögliche: eine Zeitmaschine zu bauen! Dies eröffnet eine zweite Chance, nämlich den Planeten Erde ein zweites Mal neu zu besiedeln. In dem weltweiten Vorhaben „Project Planet“ starten einzelne Expeditionen in die Vergangenheit und besiedeln noch

unberührte Inseln. Dabei können sie fast vollständig auf das heutige Wissen zurückgreifen. Du bist ausgewählt, eine solche Expedition zu leiten, und gründest einen Inselstaat. Nutze Deine Chance! Zum Wohle der Menschheit und des Planeten Erde!“

Mit einem weiteren kurzen Text wird in das konkrete Szenario eingeführt und die zugehörige Aufgabe formuliert (welche während des Spiels auch immer wieder in den Zielbeschreibungen des Szenarios nachgelesen werden kann):

„Dein Inselstaat ist am Anfang seiner Geschichte. Auf der ersten kleinen Insel haben sich schon einige Bewohner angesiedelt. Ihnen wurde versprochen, dass es genug zu essen gibt. Doch die Landfläche ist begrenzt und Handelspartner fehlen. Habe in deiner Stadt mindestens 300 Bewohner und sichere langfristig deren Ernährung!“

Während des Spiels wird die spielende Person immer wieder vor sogenannte Dilemma-Entscheidungen gestellt, z.B. lieber die vorhandenen Landflächen für ein größeres Wirtschaftswachstum, die kurzfristige Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und für mehr monetäre Gewinne schneller und vollständig bewirtschaften oder größere naturnahe Flächen beibehalten, auf vegetarische Ernährung und auf weniger intensive Landwirtschaft setzen. Solche Dilemmata sind fachdidaktisch besonders reizvoll, weil sie keine einfache, eindeutige Lösung ermöglichen und damit zu einer mehrperspektivischen und reflektierteren Betrachtung anregen. Durch einen im Spiel implizierten Vergleich mit den eigenen individuellen Konsumgewohnheiten des Spielers wird der enge Alltagsbezug zur Zielgruppe und damit zu Dimensionen der persönlichen Handlungskompetenz hergestellt. Dabei gilt es stets nachhaltig zu handeln, also eine Balance zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektiven herzustellen.

Bei der Konzeption des digitalen Lernspiels wurde zudem darauf geachtet, beide Geschlechter gleichermaßen anzusprechen. Hierbei konnten wir auf die Expertise und das Datenmaterial unseres Partners zurückgreifen, welcher, deutlich mehr als andere Spieleentwickler, insbesondere Mädchen und Frauen zur eigenen User-Community zählen kann. Folgende beispielhafte Maßnahmen wurden zwecks Gender-Neutralität im Lernspiel umgesetzt (vgl. u.a. Embaugh, 2016; Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb, 2017; Orde & Durner, 2018; Yee, 2016, 2017). (1) Bei dem Spiel handelt es sich um eine Lebenssimulation bzw. um eine Stadtaufbau-Simulation, jeweils ein Genre, das zu gleichen Teilen sowohl weibliche als auch männliche Spieler anspricht. (2) Während eher kompetitive Spiele vor allem für Jungen und Männer attraktiv sind, liegen die Gender-Anteile bei überwiegend kooperativ ausgerichteten Spielen gleichauf. Das Lernspiel stellt eine ausgleichende Spielweise in den Mittelpunkt. (3) Durch entsprechende Spielelemente werden Identifikationsmöglichkeiten für beide Geschlechter geboten. Beispielsweise tauchen im Spiel sowohl männliche als auch weibliche Protagonisten als Berater/innen auf. (4) Spielinhalte, die auf das Kümmern und Versorgen abzielen, sprechen typischerweise weibliche Spieler an. Spielinhalte, die ein berechnendes strategisches Vorgehen voraussetzen, empfinden typischerweise männliche Spieler attraktiv. In dem Lernspiel werden beide Aspekte realisiert. (5) Ein helles und freundliches Setting einer realitätsnahen Echt-Welt mit leicht comicartigen oder karikierten Protagonisten im Low-Poly-Art-Stil wird von beiden Geschlechtern als ein angenehmer Rahmen empfunden.

Das fertige Lernspiel kann kostenlos auf der Projekt-Website der Universität Bamberg heruntergeladen werden:

<https://www.uni-bamberg.de/nawididaktik/digitale-lernspiele-bne/lernspiel-myplanetearth/>

4.2 Integration in den Schulunterricht

Damit besondere Lerngelegenheiten wie ein digitales Lernspiel ihre bestmögliche Wirkung entfalten können, sollten sie im Idealfall sowohl eine außerschulische Beschäftigung in einem informellen Lernkontext erlauben als auch in den regulären Schulunterricht integrierbar sein. Die grundlegende Anschlussfähigkeit des Lernspiels ProjectPlanet an Lehrpläne und Curricula verschiedener Schultypen wurde bereits in Kap. 4.1 angesprochen. Für die konkrete Einbindung in den Schulunterricht wurden eigens dafür Unterrichtskonzepte mit Begleitmaterialien entwickelt (vgl. Kap. 3.4). Bei der Erstellung der Materialien wurde die zukünftig geplante Weiterentwicklung des Spiels in Form von zusätzlichen Szenarien (vgl. Kap. 4.1 und 6) bereits mitgedacht. Ein Szenario wird jeweils in eine dafür spezifische Unterrichtssequenz eingebettet. Typischerweise umfasst eine solche Unterrichtssequenz insgesamt vier Schulstunden, bestehend aus einer Vorbereitungsstunde, einer Doppelstunde oder zwei Einzelstunden, in der die Lernenden das Spiel erkunden und spielen, sowie eine Nachbereitungsstunde.



Szenario 1: Ernährung & Landwirtschaft – Arbeitsblatt 1.3b

Warum ist es nachhaltig, weniger Fleisch zu essen?

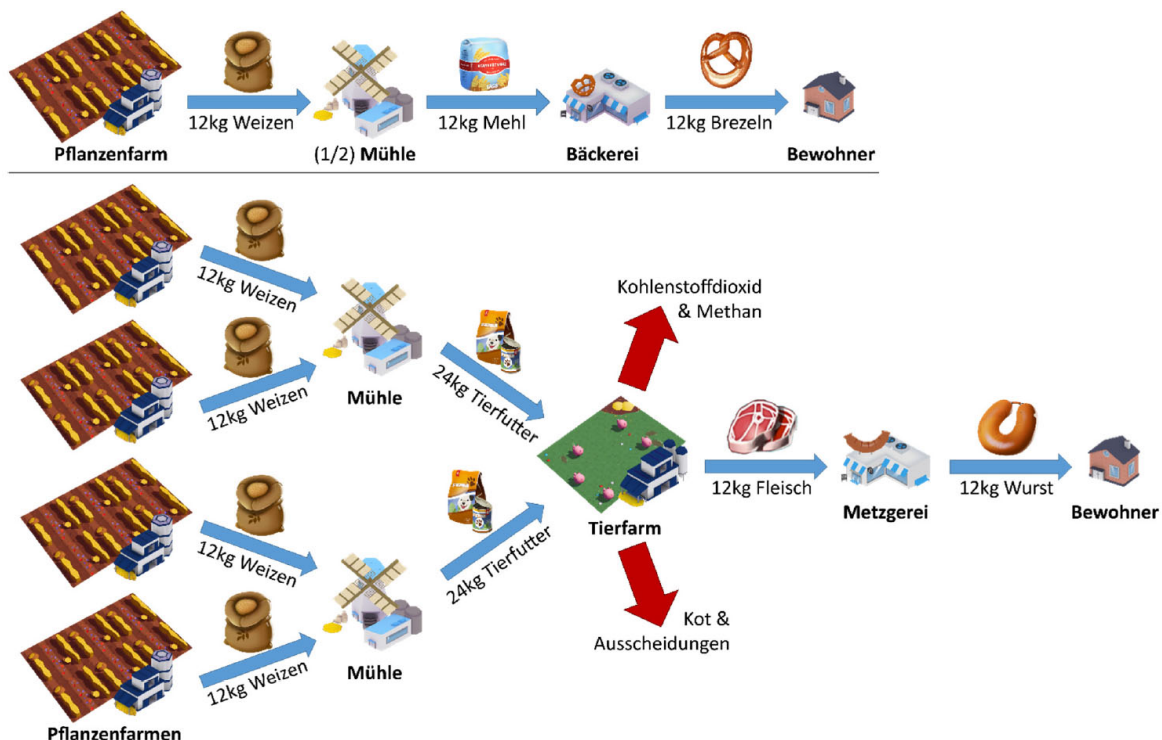


Abb. 2: Auszug aus einem Arbeitsblatt der Begleitmaterialien für den Unterricht

Als konkrete Hilfestellung für die Ausgestaltung des Unterrichts stehen der Lehrkraft folgende Materialien zur Verfügung:

- 1) Überblick über die zugehörige Unterrichtssequenz mit
 - Fächerzuordnung (Leitfach, Alternativfach, evtl. Kombifächer),
 - mögliche thematische Anbindungen an den laufenden Unterricht,
 - Lernziele und Kompetenzerwartungen
 - Inhaltliche Zusammenfassung der Einzelstunden
- 2) Tabellarische Stundenstrukturen (Artikulationsschemata) für jede Einzelstunde, inkl. Hinweise zu verwendeten Hilfsmitteln
- 3) Arbeitsblätter für die Lernenden, mit deren Lösungen für die Lehrkraft (beispielhafter Auszug siehe Abb. 2)
- 4) Hintergrund- und Zusatzmaterialien wie z.B. Video-Tutorials

Die vollständigen Unterrichtsmaterialien können ebenfalls kostenlos auf der Projekt-Website der Universität Bamberg heruntergeladen werden:

<https://www.uni-bamberg.de/nawididaktik/digitale-lernspiele-bne/lernspiel-myplanetearth/>

4.3 Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung

Die Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Begleitforschung beruhen auf den Daten, welche während der in Kap. 3.3 angesprochenen beiden Testzeiträumen erhoben wurden.

In unserer Studie untersuchten wir u.a. das Potenzial verschiedener Spielelemente bezüglich ihrer Wirksamkeit Lernprozesse auszulösen oder zu unterstützen. Im Rahmen unserer qualitativen Studie im ersten Testzeitraum nahmen 7 Gruppen von 2-3 Schülerinnen und Schülern (9. und 10. Klasse, N=18) an leitfadengestützten Gruppeninterviews teil, um die Vorstellungen der Lernenden sowie eventuelle konzeptionelle Entwicklungen aufzuzeigen. Dabei wurden den Lernenden Screenshots konkreter Spielsituationen gezeigt („Interventionen“). Insgesamt fanden wir 21 verschiedene Konzepte zum Thema Nachhaltigkeit, die wir folgenden vier Kategorien zuordneten: Landnutzung, Nahrungsmittelproduktion, Energiebereitstellung und Allgemeines zur Nachhaltigkeit. Gemäß dem Schwerpunktthema des ersten Szenarios befassten sich einige Interventionen mit nachhaltiger Ernährung, insbesondere mit der Landnutzung im Kontext der Fleischproduktion im Vergleich zum Obst- oder Gemüseanbau. Die folgende Aussage zur Fleischproduktion stellt eine typische Interviewsituation dar (Auszug aus dem Original-Transkript, retrospektive Befragung zum Lernprozess):

Interviewer: „Was wusstest Du vorher über Nachhaltigkeit und hat sich Deine Vorstellung über Nachhaltigkeit geändert?“ Interviewte Person: „(...) Ich habe Nachhaltigkeit zuvor immer nur mit Natur- und Umweltschutz in Verbindung gebracht (...) und ich habe nicht an diese drei Perspektiven [Ökologie, Soziales, Ökonomie] gleichermaßen gedacht. (...) Mir war vorher vor allem nicht bewusst, dass die Fleischproduktion so viel mehr Land und Energie braucht. Das konnte man im Spiel sehr gut sehen. Ich werde das überdenken und wahrscheinlich zukünftig weniger Fleisch essen.“

Für die interviewte Person beschränkte sich Nachhaltigkeit zunächst auf die ökologische Perspektive. Doch beim Spielen erkannte sie, dass auch ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigt werden müssen. Auch wenn der interviewten Person schon zuvor bekannt war, dass Fleischkonsum als weniger nachhaltig diskutiert wird als vegetarische Kost, verdeutlichte die Visualisierung der Landnutzung im Spiel, dass dies erstens tatsächlich zutrifft und zweitens auf den meist viel größeren Verbrauch an landwirtschaftlicher Fläche zurückzuführen ist. Das Umdenken der interviewten Person steht für zwei typische Lernprozesse: Erstens wurde Nachhaltigkeit zu einem multiperspektivischen Thema, bei dem ökologische, soziale und ökonomische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden müssen. Zweitens wurde klar, dass die Herstellung von Fleisch ein zusätzlicher Produktionsprozess zum Pflanzenanbau darstellt und dadurch mehr Land und Energie verbraucht.

In allen vier oben genannten Kategorien konnten wir Vorstellungsänderungen finden. In einigen Fällen benannten die teilnehmenden Personen die Ursachen für ihre Lernprozesse sehr präzise. Als Gründe für Vorstellungsänderungen wurden insbesondere zwei Aspekte genannt: (1) Die Lernenden konnten die für bestimmte Nahrungsmittel benötigte landwirtschaftliche Fläche selbst sehen und überblicken. (2) Für ihre Handlungen im Spiel erhielt die spielende Person unmittelbares Feedback, indem beispielsweise entsprechende Icons nach dem Vollziehen der Handlung zu den drei Hauptstatusanzeigen des Spiels flogen und diese direkt änderten. Oftmals diente das Spiel selbst auch als Diskussionsgrundlage, um Lernprozesse in interaktiven reflektierenden Folgegesprächen innerhalb der Lerngruppen anzustoßen.

In der quantitativen Studie untersuchten wir u.a. die Unterschiede im Prä-Post-Design bezüglich der Umwelteinstellung der Probanden sowie der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit für umweltrelevante Handlungen zwischen einer Kontrollgruppe, die konventionellen BNE-Unterricht erhielt, und einer Treatmentgruppe, die sich mit dem Lernspiel beschäftigt hatte, sowie zwischen den verschiedenen Schultypen (vgl. Kap. 3.3). Im Schulvergleich ist die Einstellung, die Natur zu nutzen, unter den Probanden der Mittelschule signifikant stärker ausgeprägt als unter den Probanden der beiden Gymnasien. Umgekehrt ist die Einstellung, die Natur zu schützen, unter den Schülerinnen und Schülern der beiden Gymnasien deutlicher ausgeprägt als unter den Lernenden der Mittelschule. Unabhängig von diesen Unterschieden zwischen den Schulgruppen waren die Unterschiede bezüglich der Änderungen der Umwelteinstellungen im Prä-Post-Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Treatmentgruppe nicht signifikant. Die Beschäftigung mit dem Lernspiel änderte also die Einstellung gegenüber der Umwelt nicht mehr als der konventionelle Unterricht. Auffallend war jedoch noch ein anderer Unterschied: Bei der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit für umweltrelevante Handlungen unterschieden sich die Änderungen im Prä-Post-Vergleich der Kontrollgruppe signifikant von der Treatmentgruppe. Während die Kontrollgruppe im Prä-Post-Vergleich hier keine Änderung verzeichnete, nahm die wahrgenommene Selbstwirksamkeit in der Treatmentgruppe im Prä-Post-Vergleich signifikant zu. Die Beschäftigung mit dem Lernspiel veränderte also die wahrgenommene Selbstwirksamkeit für umweltrelevante Handlungen deutlich positiv. Gerade die Selbstwirksamkeits-

erwartung gilt als eine elementar wichtige Voraussetzung für tatsächlich ausgeführte Handlungen.

Für weitere Details zu den im Rahmen des Projekts gewonnenen Daten sowie zu den daraus gezogenen Erkenntnissen und Schlussfolgerungen verweisen wir auf unsere aus dem Projekt hervorgehenden wissenschaftlichen Publikationen. Eine diesbezügliche Veröffentlichung ist bereits bei einer Fachzeitschrift eingereicht und befindet sich derzeit in der Begutachtungsphase (Titel #1: „Elements of a digital educational game that promote learning about sustainability“). Zwei weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen sind in Arbeit (Titel #2: „Educational equity and self-efficacy through serious gaming for sustainability education“; Titel #3: „Development of a game concept for a digital serious game on sustainability education“). Zudem entstand in dem Projekt bereits ein Beitrag für eine Fachtagung: Münz, T., Larsen, Y., & Paul, J. (2021). Lernförderliche Spielelemente für ein digitales Lernspiel zur BNE. *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio*.

5. Diskussion

5.1 Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

In unserem Kooperationsprojekt mit dem Titel „Förderung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und -handeln mit dem digitalen Lernspiel MyPlanetEarth“ arbeiteten wir sehr eng mit dem Unternehmen upjers GmbH sowie mit vier verschiedenen regionalen Schulen zusammen. Die Zusammenarbeit aller Partner erwies sich als sehr konstruktiv und produktiv. Gerade der interdisziplinäre Dreiklang aus freier Wirtschaft, Schulpraxis und Universität offenbarte und ermöglichte vielschichtige Perspektiven und Herangehensweisen insbesondere bei der Spielentwicklung. Während die universitären Akteure/innen oftmals von der Theorie, einem analytischen Blick und von wissenschaftlichen Vorkenntnissen geleitet wurden und damit einen „umfassenden Wurf auf dem Reißbrett“ ansteuerten, verfolgte das Team der Spieleentwicklungsfirma ein eher an der praktischen Erfahrung ausgerichtetes Vorgehen, welches die Machbarkeit und ein schrittweises Herantasten in den Vordergrund stellte. Die Schulen wiederum brachten die Perspektiven des Lehrplans, die Anbindungsvarianten an verschiedene Schulfächer, die damit in Zusammenhang stehenden zu vermittelnden Lernbotschaften und möglichst effiziente Integrationsmöglichkeiten des Lernspiels in den regulären Unterricht ein.

Während des Projektverlaufs wurden die ursprünglichen Detailplanungen immer wieder neu justiert und unter den Partnern abgestimmt. Beispielsweise plante die upjers GmbH ursprünglich das Lernspiel in Form eines free-to-play Games herauszugeben. Bei einem solchen Spiel können mindestens die grundlegenden Spielinhalte durchgängig kostenlos genutzt werden. Der Hersteller würde dann an kostenpflichtigen Premium-Inhalten und Zusatzangeboten im Spiel verdienen. Aufgrund der Schwierigkeit, mit der dann parallel vorhandenen, vollständig kostenfreien Schulvariante unterschiedliche Spielmechaniken und Spielverlaufgeschwindigkeiten ausbalancieren zu müssen, entschied sich der Spieleentwickler in Rücksprache mit allen Projektpartnern schließlich gegen ein free-to-play-Game und für eine einheitliche Vollversion, die einerseits Schulen

kostenfrei erhalten können und die andererseits auf dem freien Spielmarkt kostenpflichtig zu erwerben ist.



Abb. 3: Treffen aller Projektpartner im Oktober 2019 (oben) und im Oktober 2021 (unten)

Drei der vier jährlichen Projekttreffen aller Partner konnten unter den jeweils geltenden Corona-Regeln in Präsenz stattfinden (Sept./Okt. 2019, 2021, 2022; Abb. 3). Das Gesamttreffen 2020 fand als reine Online-Veranstaltung statt. Während die digitale Kommunikation in Form von Videokonferenzen in Kleingruppen meist als völlig unproblematisch wahrgenommen wurde, waren sich alle Beteiligten darüber einig, dass die Kommunikation und Absprachen in größeren Gruppen, etwa auf dem Gesamttreffen 2020, durch das Medium der Videokonferenz deutlich eingeschränkt war. Grundsätzlich hat es sich aber gezeigt, dass wesentliche Schritte (wie Programmierung, Programmtestverfahren, Koordinationsgespräche etc.) gut in digital gestützter Form abgehalten werden konnten. Aufgrund des Schwerpunkts der Didaktik der Naturwissenschaften der Universität Bamberg im Bereich der digitalen Medien (auch schon vor der Corona-Pandemie) und der Programmierpartner auf Seiten von upjers konnten zentrale Meilensteine der Spielentwicklung sehr gut ausschließlich digital durchgeführt werden. Hier zeigten sich sehr gut die Potentiale digital gestützter Kommunikationsmaßnahmen und bestehender digitaler Strukturen. Etliche Abstimmungsprozesse auch mit den Schulen erfolgten mithilfe digitaler Tools. Beispielsweise führten wir ein Feedback-Voting der Lehrkräfte zur Priorisierung der wichtigsten zu tätigen Optimierungen in der weiteren Entwicklung des Lernspiels und der Begleitmaterialien mittels eines Miro-Boards durch (Abb. 4).

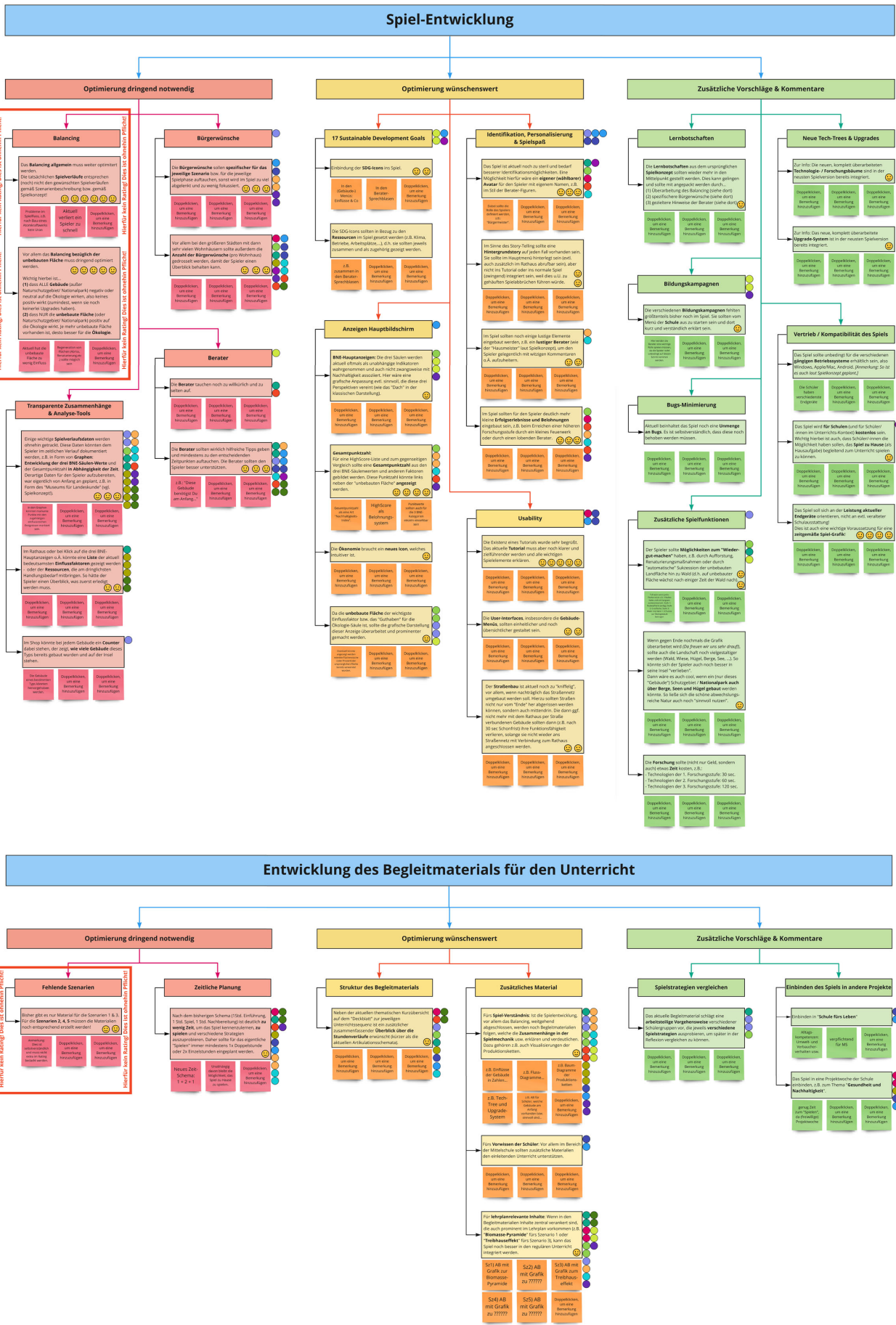


Abb. 4: Feedback-Voting (farbige Punkte) zu den durchzuführenden Optimierungen für die Entwicklung des Lernspiels und der Unterrichtsmaterialien (mittels Miro-Boards)

In dem Projekt kooperierten Universität, Wirtschaft und Schulpraxis sehr eng miteinander und tauschten dabei gemäß der jeweiligen Kernkompetenzen vielfältiges Wissen und Erfahrungen aus. Auf diese Weise entstand ein sehr gewinnbringender Transfer von Expertise in wechselseitigem Austausch, der auch der „Third Mission“ einer Universität Rechnung trägt.

5.2 Lernspiel und Begleitmaterialien

Serious Games gelten als vielversprechende Werkzeuge für neue Lehr- und Lernmethoden (Kap. 2). Das in unserem Projekt entwickelte Lernspiel „ProjectPlanet“ ermöglicht sowohl eine Beschäftigung mit dem Themenfeld Nachhaltigkeit in einem informellen Lernkontext im außerschulischen Bereich als auch die Einbindung in formale Lernprozesse im Rahmen des Schulunterrichts. Hierfür wurden auf das Lernspiel abgestimmte Unterrichtsmaterialien erstellt, die eine lehrplankonforme Integration in den Schulunterricht erlauben. Das derzeit erste Szenario im Spiel („Nachhaltige Ernährung und Landwirtschaft“) stellt eine Anbindung vor allem an die Fächer Biologie und Geographie her. Die Grundidee unseres Lernspiels und der Begleitmaterialien beinhaltet darüber hinaus großes Potential für weitere thematische Verknüpfungen auch zu anderen Schulfächern. Dementsprechend war unser Projekt von Beginn an auch immer auf eine langfristige Weiterführung ausgelegt (vgl. Kap. 6). Für die zukünftige Weiterentwicklung ist eine Komplettierung von mindestens fünf Szenarien geplant, welche wesentliche und naheliegende Schwerpunkte abdecken sowie sich hervorragend mit besonders nachhaltigkeitsrelevanten Schulfächern (hier Beispiele) vernetzen lassen:

- 1) Nachhaltige Ernährung und Landwirtschaft → Biologie
- 2) Regionale Produkte und globaler Handel → Wirtschaft und Recht
- 3) Erhöhter Energiebedarf und Klimawandel → Geographie
- 4) Recycling und Rohstoff-Kreisläufe → Chemie
- 5) Alltag, Luxus und Konsum → Ethik und Sozialkunde

Neben der Vermittlung von Wissen und Zusammenhängen in komplexen Systemen mithilfe der Spielsimulation wurde bei der Entwicklung des Spiels auch auf motivationale Aspekte, auf Spielfluss und auf konkrete Handlungsbezüge Wert gelegt. Nachdem die bisher erhältlichen digitalen Simulations- und Aufbauspiele, die das Thema Nachhaltigkeit adressieren (vgl. Kap. 2.2), entweder nicht für die Integration in den Schulunterricht ausgelegt waren oder eher nüchtern gestaltet wurden und weniger auf affektive Ziele fokussierten, kann mit der Entwicklung von „ProjectPlanet“ auch eine Lücke in der Bildungslandschaft geschlossen werden. Dazu bedarf es jedoch der geplanten kontinuierlichen Pflege und Weiterentwicklung des aktuellen Spiels und der zugehörigen Begleitmaterialien sowie einer fortführenden Multiplikation der Projektergebnisse etwa mithilfe von weiteren Fortbildungen für Lehrkräfte. Hierzu lassen sich hervorragend Folgeprojekte anschließen.

5.3 Wissenschaftliche Ergebnisse und deren Bedeutung

Die folgende Liste fasst wesentliche Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Begleitforschung zusammen:

1. Im Zusammenhang mit dem Lernspiel finden Lernprozesse (d.h. Änderungen oder Weiterentwicklungen von Konzepten) im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung statt.
2. Auslöser dieser Lernprozesse sind insbesondere
 - unmittelbares Feedback auf Handlungen im Spiel,
 - Visualisierungen im Spiel, z.B. der verbrauchten Landflächen,
 - Reflexionsprozesse in begleitenden Gruppengesprächen bzw. im begleitenden Unterricht.
3. Die Lernenden stellen einen Bezug zwischen Handlungen im Spiel und ihrer Lebenswirklichkeit her.
4. Die Selbstwirksamkeitserwartung für umweltrelevante Handlungen wird durch das Lernspiel positiv beeinflusst.

Die während der Datenerhebungen gefundenen Konzepte lassen auf eine recht differenzierte Betrachtungsweise der Thematik durch die Schülerinnen und Schüler schließen. Keines der gefundenen Konzepte ist fachlich völlig falsch, wenngleich einige der geäußerten Konzepte fachlich fragwürdig, nur teilweise richtig oder diskussionswürdig sind. Einige der Konzepte beziehen persönliche Bewertungen ein, wie Vorlieben, Moralvorstellungen, Gefühle und Ziele. Gerade die dabei aus der Spieltätigkeit erwachsenen Diskrepanzen erlaubte es den Lehrkräften, zentrale Herausforderungen der BNE zu diskutieren und zu reflektieren. Nachhaltiges Handeln wurde oftmals als ein „erstrebenswertes“ Ziel angesehen. Einzelne Probanden „fühlt(en) sich besser“, wenn sie den Müll sauber getrennt, kein Fleisch gegessen oder etwas (anderes) für die Umwelt getan haben. Emotionen und affektive Komponenten gelten als sehr einflussreich auf das Verhalten (Ajzen, 1991; Dolan, 2002; Graf, 2007). Gerade wenn es um die Überwindung der im Kontext von Nachhaltigkeitshandlungen bekannten „Knowledge-Action-Gap“ geht (vgl. Kap. 2.1), d.h. Wissen allein nicht prinzipiell entsprechendes Verhalten erzeugt, sind affektive Verhaltensbestandteile besonders relevant. Daher zielen viele Ansätze zur BNE in Richtung originale Naturerfahrung, um positive Einstellungen zur Natur zu initiieren (Gebhard & Menzel, 2019). Aus der gleichen Perspektive ergeben sich hoffnungsvolle Möglichkeiten, welche die große Affinität junger Menschen zu digitalen Medien nutzen.

Auch ist die Selbstwirksamkeitserwartung eine entscheidende Komponente, ob eine bestimmte Handlung ausgeführt wird oder nicht (z.B. Krapp & Ryan, 2002). Genau diese bedeutsame Selbstwirksamkeitserfahrung kann für nachhaltigkeitsrelevante Handlungen in der Realität oftmals nicht gemacht werden, wo die zugrundeliegenden Zusammenhänge oftmals sehr komplex und schwer überschaubar sind oder zeitlich deren Ursachen und Wirkungen weit auseinander liegen. So sind derartige Zusammenhänge im Alltagsleben schwierig nachzuvollziehen und kaum erfahrbar. Die Simulation im Spiel ProjectPlanet ermöglicht der spielenden Person dagegen solche Erfahrungen (digital) zu erleben, indem die eigenen Handlungen direkte Auswirkungen auf ökologische, soziale und ökonomische Belange ihrer Spielwelt haben. Hier liegt aus

unserer Sicht eine Stärke derartiger digitaler Simulationen, weil sie schwer zugängliche Zusammenhänge erfahrbar machen können. Darüber hinaus wurde die Verknüpfung zwischen den erlebten Spielerfahrungen mit dem realen Alltag hergestellt. Einige der Schülerinnen und Schüler äußerten während der Interviews die Absicht, ihre Erkenntnisse auf ihre Entscheidungen und Handlungen im wirklichen Leben zu übertragen.

Ein Teilaspekt in der ursprünglichen Planung des Projekts war, erste methodische Ansätze zu entwickeln und auszuprobieren, mithilfe von „Realexperimenten“ konkretes Handeln von Probanden zu dokumentieren und mit den erhobenen Vorstellungen und Einstellungen in Zusammenhang zu bringen. Denn inwieweit Lernangebote zur BNE konkrete Handlungen oder Verhaltensänderungen verursachen oder auslösen können, war mit den bisherigen Herangehensweisen nur schwer zu erfassen (vgl. Rieß, 2013). Abgesehen von den oben beschriebenen etablierten Erhebungsmethoden (Kap. 3.3) planten wir daher in einem zunächst kleinen beispielhaften Rahmen konkrete Verhaltensweisen der Probanden zu erfassen, wie beispielsweise die Dokumentation der Müllmengen in den verschiedenen Behältern zur Mülltrennung in den Klassenzimmern oder des individuellen Konsumverhaltens der beteiligten Schülerinnen und Schüler beim Pausenverkauf der Schule. Diese Dokumentationen hätten jeweils auf Seiten der Schulen organisiert werden sollen. Wegen des vollständigen Lockdowns bzw. der Folgeeinschränkungen an den Schulen aufgrund der Corona-Pandemie während der beiden Datenerhebungszeiträume konnte dieser Teilaspekt nicht realisiert werden (vgl. Kap. 3.5).

Im Zusammenhang mit dem Lernspiel wurden vielerlei wünschenswerte Lernprozesse initiiert. Diese Lernprozesse konnten einerseits auf spielimmanente Ursachen zurückgeführt werden, wie etwa das unmittelbare Feedback auf relevante Handlungen oder die Visualisierungen im Spiel. Im Sinne des Umweltkompetenzmodells nach Roczen, Kaiser, Bogner und Wilson (2014) wurde auf diese Weise vor allem Handlungswissen sowie Wirksamkeitswissen vermittelt, und zwar über Zusammenhänge, die außerhalb einer solchen Simulation nicht oder nur schwierig erfahrbar wären. Dies zeigt, dass ein digitales Lernspiel wie ProjectPlanet grundsätzlich gut geeignet ist, durch die Verknüpfung von Wissen und Handeln in Kombination mit einem unmittelbaren Feedback positiv zur BNE beizutragen. Andererseits konnten die direkten Spielerfahrungen einige der Lernprozesse lediglich anstoßen und lieferten indes nur das Gedankenmaterial für die sich anschließende Aufbereitung in dem begleitenden Unterricht. Hier sehen wir auch die Grenzen eines solchen Lernspiels. Ohne Einbettung in einen Gesamtzusammenhang können Lernspiele oft nicht ihr volles Potential entfalten. Zur Einbindung solcher Lernspiele in den schulischen Unterricht existieren bisher nur wenige Konzepte, vor allem die nachträgliche Auswertung und Reflexion wurde bislang nur unzureichend thematisiert (Crookall, 2010). Gerade Reflexionsprozesse erweisen sich aber beim Lernen in hohem Maße als fruchtbar (Paul et al., 2016). Daneben kommt der Instruktion und dem umgebenden Kontext beim spielbasierten Lernen, gerade mit digitalen Medien, eine große Bedeutung zu (Groß, 2018). Hier zeigte sich die Relevanz der entwickelten Begleitmaterialien für den Unterricht (vgl. Kap. 5.2). Ein solches Lernspiel sollte demnach in den Präsenzunterricht oder vergleichbare Settings integriert

werden, um adäquate Möglichkeiten zur weiteren Reflexion mit Lehrenden oder Experten zu bieten und um sicherzustellen, dass die Lernenden angemessene Schlussfolgerungen gezogen haben.

Die Ergebnisse unseres Projekts deuten, wie auch andere vergleichbare Arbeiten, auf aussichtsreiche Möglichkeiten hin, digitale Lernspiele in den Dienst von BNE zu stellen (Fjællingsdal & Klöckner, 2019; Katsaliaki & Mustafee, 2015; Liarakou et al., 2012; Schaal et al., 2015; Stanitsas et al., 2019). Hieraus ergibt sich auch ein sehr vielversprechendes Feld fachdidaktischer Forschung, welches zu gesellschaftlich bedeutsamen Themen wie der sinnhaften Digitalisierung von Lernumgebungen und der Bildung für nachhaltige Entwicklung einen wertvollen Beitrag leisten kann.

6. Öffentlichkeitsarbeit und Weiterführung des Projekts

Das im Rahmen dieser Förderung entstandene Spiel „ProjectPlanet“ hat neben den zuvor beschriebenen direkten Ergebnissen vor allem auch ein enormes langfristiges Potential im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Dieses Potential kann konkret für drei Bereiche genutzt werden: (1) weiterführende fachdidaktische Forschung, (2) Verbreitung auf dem freien Spielmarkt, (3) weiterführende Anknüpfung und Integration in den Schulunterricht. Alle beteiligten Projektpartner wollen daher das Projekt langfristig fortführen und weiterentwickeln.

Das nun zur Verfügung stehende fertige Spiel bietet sich durch seinen modularen Aufbau in Szenarien hervorragend an, um neue spezifische Themenfelder aus der breiten Gesamthematik Nachhaltigkeit herauszugreifen und für Bildungsprozesse zu erschließen. Dementsprechend sind bereits jetzt zusätzliche Szenarien zur Erweiterung des grundständigen Spiels geplant (vgl. Kap. 5.2). Indem die Spielefirma upjers GmbH durch die Möglichkeit der Vermarktung des Spiels zukünftig laufende Einnahmen generieren kann, wird auch von Seiten der Spielefirma ein langfristiges Interesse an der Fortführung des Lernspiels bestehen. In diesem Zusammenhang plant die Firma upjers GmbH, das Spiel im nächsten Jahr auch auf dem freien Markt anzubieten, wenn die aktuelle Version noch um einige zusätzliche Szenarien erweitert wurde. Dann wird auch eine Verbreitung des Spiels mittels der üblichen Vertriebskanäle auf dem Spielmarkt (z.B. App-Stores) zusammen mit den anderen Titeln im upjers-Portfolio erfolgen.

Im Sommer dieses Jahres wurde das Spiel und das zugehörige Begleitmaterial für den Unterricht bereits auf zwei Fortbildungen für Lehrkräfte vorgestellt, was auf sehr großes Interesse stieß. Mit den zusätzlichen im Spiel verankerten Szenarien und daran anknüpfende Unterrichtsmaterialien sollen weitere Fortbildungen für Lehrkräfte folgen und dann insbesondere auch Multiplikatoren in der Lehrkräftebildung (z.B. Seminarlehrer/-innen) angesprochen werden. Die Begleitmaterialien für den Unterricht sollen darüber hinaus in fachspezifischen unterrichtspraktischen Zeitschriften veröffentlicht werden, um so auf einem weiteren Weg die verschiedenen Fachlehrkräfte zu erreichen.

Zudem wollen wir weiterhin die Ergebnisse des Projekts und dessen Fortführung über unsere Netzwerke in der fachdidaktischen Community verbreiten. Durch die Weiterführung des Projekts eröffnet sich auch ein ergiebiges Feld sich anschließender fachdidaktischer Forschung. Die während der wissenschaftlichen Begleitung bisher und zukünftig gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen wurden und werden in ein-

schlägigen Fachzeitschriften veröffentlicht und auf nationalen und internationalen Tagungen präsentiert (vgl. Kap. 4.3). Dementsprechend sind wichtige langfristige Ziele der zukünftigen Zusammenarbeit aller Projektpartner die weitere gemeinsame Auswertung und die kontinuierliche Weiterentwicklung des Lernspiels mit zugehörigen Unterrichtsmaterialien, auch über die Projektlaufzeit hinaus.

7. Fazit

Unser Projekt mit dem Titel „Förderung von Nachhaltigkeitsbewusstsein und -handeln mit dem digitalen Lernspiel MyPlanetEarth“ zielte primär auf die Entwicklung eines digitalen Lernspiels zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ferner wurden zum Lernspiel passende Unterrichtsmaterialien entwickelt, die wir Schulen und Lehrkräften über unsere Website ebenso kostenlos zur Verfügung stellen. Mit der Fertigstellung des Spiels „ProjectPlanet“ wurde unser zentrales Ziel im Rahmen der Projektlaufzeit erfolgreich realisiert.

Das Projekt kombinierte dabei auf innovative und modellhafte Weise zwei gewichtige Inhaltsbereiche, einerseits die Bildung für nachhaltige Entwicklung und andererseits den Einsatz digitaler Medien in schulischen und außerschulischen Lernumgebungen. Mit dem Projekt wurde zugleich ein vielversprechender Lösungsansatz für ein grundlegendes Problem der BNE angegangen, nämlich die Überwindung der Knowledge-Action-Gap. Unsere prozessbezogene Begleitforschung zeigt, dass die Lernenden einen Bezug zwischen ihren Handlungen im Spiel und ihrer Lebenswirklichkeit herstellen können und dass sowohl das Nachhaltigkeits-Verständnis als auch die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden als wichtige Voraussetzungen für nachhaltigkeitsrelevante Handlungen durch das Lernspiel positiv beeinflusst werden.

Unsere empirischen Studien zu Wirkungen des Lernangebots zeigen aber auch die Grenzen eines digitalen Lernspiels auf, indem das Lernspiel mitunter nur Gesprächsanlass oder Auslöser für Reflexionsprozesse sein konnte, die dann erst im begleitenden Schulunterricht oder in moderierten Gesprächen zu den gewünschten Lerneffekten führten. Eine wichtige Schlussfolgerung hieraus ist, dass derartige digitale Lernangebote wie unser Lernspiel, die komplexe Themen wie Nachhaltigkeit adressieren, ihr volles Potential erst in einem begleitenden Gesamtkontext entfalten, wie ihn Lehrkräfte unter Verwendung der dafür entwickelten Begleitmaterialien für den Unterricht herstellen können.

Mit dem Projekt wurden und werden neben den Lernenden in Schulen insbesondere zwei weitere Zielgruppen angesprochen, nämlich (Bildungs-)Wissenschaftler und Schulpraktiker, die jeweils als Multiplikatoren in unserer Gesellschaft wirken. Zudem wird das digitale Lernspiel für Nachhaltigkeit auch außerhalb der Schulen und Hochschulen seine Wirkung entfalten können, da es auch über die Projektlaufzeit hinaus, beispielsweise auf unserer Website oder in den App-Stores, für die Öffentlichkeit verfügbar ist. Sowohl die Nachhaltigkeit als auch der Umgang mit digitalen Medien sind äußerst bedeutsame und aktuell breit diskutierte Themen für unsere Gesellschaft und darüber hinaus entscheidend für die Zukunftsfähigkeit unseres Landes.

Anlage: Verzeichnis der zitierten Literatur

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A., & Zimmer, G. (2015). *Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Bertelsmann.
- Azeiteiro, U. M., Bacelar-Nicolau, P., Caetano, F. J., & Caeiro, S. (2015). Education for sustainable development through e-learning in higher education: experiences from Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 106, 308-319.
- Barreteau, O., Le Page, C., & Perez, P. (2007). Contribution of simulation and gaming to natural resource management issues: an introduction. *Simulation & Gaming*, 38(2), 185-194.
- Barth, M., Fischer, D., Michelsen, G., Nemnich, C., & Rode, H. (2012). Tackling the knowledge-action gap in sustainable consumption: insights from a participatory school programme. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2), 301-312.
- Berning, M., Schmidt, T., & Scholz, P. (2016). Nachhaltiges Landmanagement - Das Onlinespiel Landyous in der Schule, Unterrichtsimpuls zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. *Klett MINT*. Verfügbar unter <http://www.klett-mint.de/landyous/>
- Bittner, A. (2003). Außerschulische Umweltbildung in der Evaluation. In A. Bauer, H. Bayrhuber, A. Bittner, S. Bögeholz, K.-H. Gehlhaar, U. Harms, H.-P. Ziemek (Hrsg.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht* (S. 209-212). Kiel: IPN.
- Bockermann, A., Meyer, B., Omann, I., & Spangenberg, J. H. (2005). Modelling sustainability: Comparing an econometric (PANTA RHEI) and a systems dynamics model (SuE). *Journal of Policy Modeling*, 27(2), 189-210.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupils' environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27-48.
- Borgstedt, S., Christ, T., & Reusswig, F. (2010). Umweltbewusstsein in Deutschland 2010. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. In Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Umweltbundesamt (Hrsg.), *Repräsentativumfrage zu Umweltbewusstsein und Umweltverhalten im Jahr 2010*. Niestetal: Silberdruck.
- Connolly, T.M., Boyle, E.A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J.M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661-686.
- Crookall, D. (2010). Serious games, debriefing, and simulation/gaming as a discipline. *Simulation & gaming*, 41(6), 898-920.
- De Haan, G., & Kuckartz, U. (1996). Die Studien zum Umweltbewusstsein - Ein Überblick. In *Umweltbewusstsein* (S. 39-62). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dolan, R. J. (2002). Emotion, cognition, and behavior. *Science* (New York, N.Y.), 298(5596), 1191-1194.
- Eigner-Thiel, S., & Bögeholz, S. (2004). Bildung für nachhaltige Entwicklung aus Sicht von MultiplikatorInnen außerschulischer Bildungsträger. *Umweltpsychologie*, 8(2), 80-100.
- Embaugh, K. (2016). Local Co-Op is The Most Consistently Appealing Mode of Social Gaming Across Gender and Age. *Quantic Foundry*. <https://quanticfoundry.com/2016/07/21/social-gaming/> (zuletzt aufgerufen am 02.11.2018).
- Eulefeld, G., Bolscho, D., Rode, H., Rost, J., & Seybold, H. (1993). *Entwicklung der Praxis schulischer Umwelterziehung in Deutschland*. Kiel: IPN.
- Feierabend, S., Plankenhorn, T., & Rathgeb, T. (2017). *KIM-Studie 2016: Kindheit, Internet, Medien. Basisstudie zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs).
- Fjællingsdal, K. S., & Klöckner, C. A. (2019). Gaming Green: The Educational Potential of Eco – A Digital Simulated Ecosystem. *Frontiers in Psychology*, 10(December), 1-13.
- Gerstner, K., Dormann, C. F., Stein, A., Manceur, A. M., & Seppelt, R. (2014). EDITOR'S CHOICE: REVIEW: Effects of land use on plant diversity—A global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1690-1700.
- Girwidz, R., Rubitzko, T., Schaal, S., & Bogner, F. X. (2006). Theoretical Concepts for Using Multimedia in Science Education. *Science Education International*, 17(2), 77-93.

- Graf, D. (2007). Die Theorie des geplanten Verhaltens. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp. 33-43). Springer Berlin Heidelberg.
- Groß, J., Affeldt, S., & Stahl, D. (2019). Find my Name! Evidence-based Development of an Interactive Species Identification Tool. In: I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Eds.). *Science education research and education for sustainable development*. Aachen: Shaker (in print).
- Groß, J. (2018). „Kann man da das Internet auch ausschalten?“ – Digitale Werkzeuge im Spannungsfeld zwischen Spielen und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: M. Weiß et al. (Hrsg.), *Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft und Recht*. Heidelberg: Springer.
- Groß, J. (2011). Orte zum Lernen – Ein kritischer Blick auf außerschulische Lehr-/ Lernprozesse. In: Messmer, K., von Niederhäuser, R., Rempfler, A. & Wilhelm, M. (Hrsg.), *Außerschulische Lernorte – Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften*. Berlin: LIT Verlag, 25-49.
- Groß, J., & Bittner, A. (2009). BNE im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich – Status quo und Perspektiven. In: Brickwedde, F. (Hrsg.), *Kindheit und Jugend im Wandel! Umweltbildung im Wandel?* Berlin: Erich-Schmidt-Verlag (Initiativen zum Umweltschutz; Bd. 72). 44-54.
- Groß, J., Lude, A., & Menzel, S. (2009). BNE und Biologische Vielfalt im schulischen und außerschulischen Kontext – Curriculare Vorgaben, Verständnis und Umsetzung. *Natur und Landschaft* 3, 108-112.
- Halog, A., & Manik, Y. (2011). Advancing integrated systems modelling framework for life cycle sustainability assessment. *Sustainability*, 3(2), 469-499.
- Heinen, R., & Kerres, M. (2015). *Individuelle Förderung mit digitalen Medien – Handlungsfelder für die systematische, lernförderliche Integration digitaler Medien in Schule und Unterricht*. Gütersloh: Bertelsmann.
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht*. Gütersloh: Bertelsmann.
- Hüther, G. (2011). Was wir sind und was wir sein könnten. Ein neurobiologischer Muntermacher. Fischer-Verlag.
- Hwang, G. J., & Wu, P. H. (2012). Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 43(1).
- Jacob, A., & Teuteberg, F. (2017). Game-Based Learning, Serious Games, Business Games und Gamification – Lernförderliche Anwendungsszenarien, gewonnene Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen. In S. Strahinger & Christian Leyh (Hrsg.), *Gamification und Serious Games* (S. 97-112). Heidelberg: Springer.
- Kahler, M. (2018). *Utopisches Denken als Intervention. Erhöht die Imagination einer idealen Welt die Motivation für umweltgerechtes Verhalten bei Jugendlichen?* [Universität Kassel].
- Kaiser, F. G., Oerke, B., & Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(3), 242–251.
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: Advancing ecology-specific rather than general abilities *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer Publishing.
- Katsaliaki, K., & Mustafee, N. (2015). Edutainment for Sustainable Development: A Survey of Games in the Field. *Simulation and Gaming*, 46(6), 647–672.
- Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. D. Tunnicliffe (Eds.), *Biology in context: Learning and teaching for the twenty-first century* (pp. 7-17). London: Institute of Education.
- Kibbe, A., Bogner, F. X., & Kaiser, F. G. (2014). Exploitative vs. appreciative use of nature – Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 106-112.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing tpck. *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, S. 3–29.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619–633.

- Krapp, A., & Ryan, R.M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. In: M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44, 54-82.
- Krüger, D., & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse - eine Methode zur Auswertung von Interviews. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer, 133-146.
- Kuhn, J., Ropohl, M., & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In: J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (pp. 11-33). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Kyburz-Graber, R., & Högger, D. (2000). LehrerInnenbildung für Nachhaltigkeit. Perspektiven für Umweltbildung und nachhaltige Entwicklung in der schweizerischen LehrerInnenbildung. In P. Posch, F. Rauch & I. Kreis (Hrsg.), *Bildung für Nachhaltigkeit* (S. 135-159). Innsbruck: Studienverlag.
- Lampert, C., Schwinge, C., & Tolks, D. (2009). Der gespielte Ernst des Lebens: Bestandsaufnahme und Potenziale von Serious Games (for Health). *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 15, 1-16.
- Li, M. C., & Tsai, C. C. (2013). Game-based learning in science education: A review of relevant research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 877-898.
- Liarakou, G., Sakka, E., & Gavrilakis, C. (2012). Evaluation of serious games, as a tool for education for sustainable development. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 15(2), 1-6.
- Lindemann-Matthies, P., & Knecht, S. (2011). Swiss elementary school teachers' attitudes towards forest education. *The Journal of Environmental Education*, 42(3), 152-167.
- Lindner, M. 2014: Digitale Medien in der Outdoor-Education. In: Maxton-Küchenmeister, J., Meßinger-Koppelt, J. (Hrsg.): *Digitale Medien im Naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 229-234). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Lindner, M., & Neubert, P. (2016). LandYOUs - an online game in classroom teaching. In: Rusek, M. (ed.): *Project-based education in Science education* 13, 87-94. Prague.
- Lude, A. (2001). *Natureerfahrung und Naturschutzbewusstsein*. Innsbruck: Studienverlag.
- Lude, A. (2005). Natureerfahrung und Umwelthandeln. Neue Ergebnisse aus Untersuchungen mit Jugendlichen. In U. Unterbruner & Forum Umweltbildung (Hrsg.), *Natur erleben. Neues aus Forschung und Praxis zur Natureerfahrung* (S. 65-84). Innsbruck: Studienverlag.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., & Groß, J. (2017). *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Nisbet, E. K., & Zelenski, J. M. (2013). The NR-6: A new brief measure of nature relatedness. *Frontiers in Psychology*, 4(813).
- Noleppa, S. (2012). *Klimawandel auf dem Teller*. WWF-Studie, Berlin.
- OECD/PISA (2009). *Green at Fifteen? How 15-year-olds perform in environmental science and geoscience in PISA 2006*. Verfügbar unter <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2006/42467312.pdf>
- Orde, H. vom & Durner, A. (2018). Grunddaten Kinder und Medien 2018. *Studie des Internationalen Zentralinstituts für das Jugend- und Bildungsfernsehen (IZI)*.
- Paul, J., Lederman, N.G., & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education, IJSE*, 38(15), 2367-2387.
- Paul, J., Schanze, S., & Groß, J. (2016). Lernwege zum Experimentieren beim Wettbewerb Jugend forscht. *Chemie konkret, CHEMKON*, 23(4), 170-180.
- Porticella, N., Phillips, T., & Bonney, R. (2017). Self-Efficacy for Environmental Action (SEEA, Generic). *Technical Brief Series. Cornell Lab of Ornithology*, Ithaca NY.
- Radits, F., Rauch, F., & Kattmann, U. (Hrsg.). (2005). *Gemeinsam forschen – gemeinsam lernen. Wissen, Bildung und Nachhaltige Entwicklung*. Innsbruck: Studienverlag.
- Rieß, W. (2013). *Bildung für nachhaltige Entwicklung: theoretische Analysen und empirische Studien*.

- Rockström, J., & Sukhdev, P. (2016). How food connects all the SDGs. *Opening Key Note Speech at the 2016 EAT Forum*.
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X., & Wilson, M. (2014). A Competence Model for Environmental Education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972–992.
- Rode, H., Bolscho, D., Dempsey, R., & Rost, J. (2001). *Umwelterziehung in der Schule – Zwischen Anspruch und Wirklichkeit*. Opladen: Leske+Budrich.
- Schaal, S., Schaal, S., & Lude, A. (2015). Digital Geogames to foster local biodiversity. *International Journal for Transformative Research*, 3(1), 16-29.
- Schaal, S., Otto, S., Schaal, S., & Lude, A. (2018). Game-related enjoyment or personal prerequisites – which is the crucial factor when using geogames to encourage adolescents to value local biodiversity. *International Journal of Science Education, Part B*, 8(3), 213-226.
- Schneider, J., & Schaal, S. (2017). Location-based smartphone games in the context of environmental education and education for sustainable development: fostering connectedness to nature with Geogames. *Environmental Education Research*, 23, 1-14.
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with Nature: The Psychology Of Human-Nature Relations. *Psychology of Sustainable Development*, 61–78.
- Scott, E. E., Wenderoth, M. P., & Doherty, J. H. (2020). Design-based research: A methodology to extend and enrich biology education research. *CBE Life Sciences Education*, 19(3), 1–12.
- Seppelt, R. (2007). Computer-based environmental management.
- Seppelt, R., Beckmann, M., Ceaușu, S., Cord, A. F., Gerstner, K., Gurevitch, J., & Powell, K. (2016). Harmonizing biodiversity conservation and productivity in the context of increasing demands on landscapes. *BioScience*, 66(10), 890-896.
- Stark, R. (2003). Conceptual Change: kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), 133-144.
- Statistisches Bundesamt (2017). Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2016.
- Statistisches Bundesamt (2018). Umweltstatistische Erhebungen: Abfallentsorgung. Fachserie 19, Reihe 1.
- Statistisches Bundesamt (2018). Umweltstatistische Erhebungen: Erhebung der laufenden Aufwendungen für den Umweltschutz. Fachserie 19, Reihe 3.2.
- Strike, K.A., & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, 147-176.
- Umweltbundesamt (2015). Umwelt, Haushalte und Konsum. Daten zur Umwelt, Ausgabe 2015.
- Unterbruner, U. (2013). Umweltbildung. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 169-190). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Václavík, T., Lautenbach, S., Kuemmerle, T., & Seppelt, R. (2013). Mapping global land system archetypes. *Global Environmental Change*, 23(6), 1637-1647.
- Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE review*, 41(2), 16-30.
- Vogel, J.J., Vogel, D.S., Cannon-Bowers, J., Bowers, G.A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: a meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229-243.
- Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233-255.
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., & Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, 105(2), 249.
- Yee, N. (2016). As Gamers Age, the Appeal of Competition Drops the Most. Strategy is the Most Age-Stable Motivation. *Quantic Foundry*. <https://quanticfoundry.com/2016/02/10/gamer-generation/> (zuletzt aufgerufen am 02.11.2018).
- Yee, N. (2017). Just How Important Are Female Protagonists? *Quantic Foundry*. <https://quanticfoundry.com/2017/08/29/just-important-female-protagonists/> (zuletzt aufgerufen am 02.11.2018).