

# RCE Vienna

Regional Centre of Expertise  
on Education for Sustainable Development

## White Paper

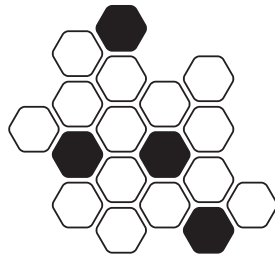
## BNE im Zeitalter der Digitalisierung

Laura Birkelbach  
Daniel Preglau  
Christian Rammel

**WU**  
WIRTSCHAFTS  
UNIVERSITÄT  
WIEN VIENNA  
UNIVERSITY OF  
ECONOMICS  
AND BUSINESS







**RCE Vienna**

## **White Paper** BNE im Zeitalter der Digitalisierung

 **Bundesministerium**  
Bildung, Wissenschaft  
und Forschung

Beauftragt durch das Bundesministerium für Bildung,  
Wissenschaft und Forschung (BMBWF)

# White Paper

## *„BNE im Zeitalter der Digitalisierung“*

*Laura Birkelbach, Daniel Preglau, Christian Rammel*

### **Präambel**

Im Zuge der vierten industriellen Revolution der Digitalisierung erleben oder begegnen wir neuen Trends in Gesellschaft und Technik, die die Art und Weise, wie wir lernen, lehren und Bildung vermitteln, stark beeinflussen. Neue Technologieanwendungen wie Künstliche Intelligenz (KI), Blockchain, Massive Open Online Courses (MOOCs) oder virtuelle Lernumgebungen werden nicht nur zunehmend im Rahmen formaler, non-formaler und informeller Bildungsprozesse eingesetzt, sie werden oft auch schon als die „Zukunft der Bildung“ gesehen. Es gibt aber sowohl sehr hohe Erwartungshaltungen an das Potenzial der Digitalisierung, als auch zunehmend Kritik an den gesellschaftlichen Auswirkungen dieser neuen Technologien. Diese Debatte um die Möglichkeiten und Risiken der Digitalisierung wird zurzeit nur unzureichend im Bereich einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) rezipiert.

BNE zielt auf neue Lehr- und Lernformen ab, die es den BürgerInnen ermöglichen sollen, nachhaltige sozio-ökologische Transformationen aktiv mitzugestalten. Neue Studien im Umfeld der BNE zeigen dabei, dass es uns oft nicht an den wissenschaftlichen Daten und den technischen Möglichkeiten fehlt, sondern an verantwortungsbewussten Menschen, die willens und in der Lage sind, sich zu engagieren und etwas zu verändern. Insbesondere im Bereich der Klimaforschung ergeben sich unsere jüngsten Probleme nicht aus dem Mangel an wissenschaftlichen Ergebnissen und technologischen Verbreitungsmöglichkeiten, sondern aus dem Mangel an adäquaten Lehr- und Lernmethoden, die aktives Engagement und verantwortungsvolles, aktives Handeln initiieren und fördern können. In diesem Sinne

muss sich die aktuelle Forschung zu BNE aktiv in den derzeitigen Diskurs rund um die Digitalisierung einschalten und mögliche Brücken zwischen dem rein technischen Potenzial neuer Technologieanwendungen und ihrer Einbettung in soziale und partizipative Lernprozesse untersuchen.

Mit dem vorliegenden White Paper „BNE im Zeitalter der Digitalisierung“ sollen die ersten Schritte in Bezug auf eine kritische Reflexion der Möglichkeiten und Risiken der Digitalisierung für BNE gemacht werden. Das übergeordnete Ziel des White Papers ist dabei keine detaillierte und tiefgehende Analyse von einzelnen Bereichen und Anwendungsgebieten – es soll vielmehr einen ersten Überblick für weiterführende Forschungen in diesem Bereich bieten. Konkret versucht das White Paper drei zusammenhängende Schlüsselfragen zu beantworten:

1. *Welche Kriterien müssen digitale Lerntools erfüllen damit sie die gesellschaftlichen Ziele einer BNE erfüllen?*
2. *Was sind die auf BNE bezogenen Stärken und Schwächen des State of the Art von technologischen Anwendungen wie KI, Blockchain, MOOCs und virtuellen Lernumgebungen, die für neue Lehr- und Lernprozesse eingesetzt werden?*
3. *Welche politischen Handlungsempfehlungen für eine positive und reflektierte Nutzung der Digitalisierung für BNE in Österreich leiten sich von den untersuchten internationalen Beispielen ab?*

# 1. Digitalisierung und Bildung / Begrifflichkeiten und Definitionen

## 1.1 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE)

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) entstand als Bildungskonzept und politische Mission nach dem Erdgipfel 1992 in Rio de Janeiro und gewann während der UN-Dekade der Vereinten Nationen über Bildung für nachhaltige Entwicklung zwischen 2005 und 2014 zunehmend an Dynamik (Bart & Michelsen, 2013).

Als einzigartige Strategie zur Förderung von nachhaltiger Entwicklung durch neue Lernprozesse und mit dem Ziel eines angestrebten paradigmatischen Wandels unseres Bildungssystems versucht BNE wichtige Beiträge zur formalen, nicht-formalen und informellen Bildung zu leisten.

Im Laufe der Jahre spiegelte sich BNE in verschiedenen politischen Dokumenten und Forschungspapieren wider, die ein breites Spektrum von Themen wie Bildungspolitik, Schlüsselprinzipien, Lerninhalte und pädagogische Rahmenbedingungen reflektieren (Bart & Michelsen, 2013). BNE hatte in den letzten Jahren zweifellos einen erheblichen Einfluss auf die internationale Bildungslandschaft. Dabei ist einerseits der Fokus auf die Befähigung der Lernenden nachhaltige Entwicklung aktiv und reflektiert mitzugestalten und andererseits der gesellschaftliche Anspruch einer notwendigen gesellschaftlichen Transformation hervorzuheben. Gerade der zweite Aspekt nimmt in der internationalen Debatte zu den Herausforderungen des Anthropozäns einen immer größeren Stellenwert ein und schlägt dabei die Brücke zu der Notwendigkeit einer transformativen Bildung (Biberhofer & Rammel, 2017). In diesem Zusammenhang weist auch die UNESCO darauf hin, dass "*ESD is holistic and transformational education which addresses learning content and outcomes, pedagogy and the learning environment. It achieves its purpose by transforming society*" (UNESCO, 2015: 12).

Transformative Bildung kann als ein Bildungsrahmen beschrieben werden, der offene Lernprozesse zur Unterstützung eines strukturellen Wandels in den Rahmenbedingungen von Denken, Fühlen und Handeln bereitstellt. Dieser Ansatz des Lehrens und Lernens beinhaltet kognitive, emotionale und handlungsorientierte Aspekte und versucht, die kritische Reflexion unserer Weltanschauungen und Verhaltensmuster zu erleichtern und gleichzeitig eine paradigmatische Rekonstruktion zu ermöglichen (Sipos et al., 2008; Sterling, 2010; Thomas, 2009). Die Zusammenhänge zwischen transformativer Bildung, Nachhaltigkeit und BNE werden von Autoren wie Lange (2012) oder Tilbury (2004) betont. Die notwendige Verknüpfung von BNE mit transformativer Bildung erfordert partizipative Lernumgebungen, die einen offenen Dialog zwischen verschiedenen Disziplinen und

Interessengruppen außerhalb der akademischen Gemeinschaft unterstützen. Transformatives Lehren und Lernen entfalten sich in einem transdisziplinären Umfeld und zielt auf Erfahrungen auch außerhalb formaler Lernorte (wie Klassenzimmer oder Hörsäle) ab, wodurch das Engagement von Lernenden, Lehrenden und ForscherInnen in BNE verbessert wird. Im Bereich der Hochschulbildung und BNE erfolgt daraus die große Bedeutung von transdisziplinären Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (Fadeeva, 2007).

## **1.2 Künstliche Intelligenz**

Der Begriff der “Künstlichen Intelligenz” (KI) ist schwer zu definieren, da die vorhandenen Definitionen vielfältig sind und zuerst bestimmt werden muss, was Intelligenz ist. Die verschiedenen Ansätze von Intelligenzdefinitionen setzen eine Informationsaufnahme, -verarbeitung und entsprechendes Urteilsvermögen sowie eine Speicherung für spätere Anwendungsszenarien voraus (Schael, 2018). Im Duden findet man als Definition von Intelligenz die „Fähigkeit [des Menschen], abstrakt und vernünftig zu denken und daraus zweckvolles Handeln abzuleiten“ (Duden, o. J.). Maschinen sind generell in der Lage, mehr Informationen aufzunehmen und diese schneller zu verarbeiten als Menschen, allerdings ist es fraglich, ob Maschinen auch menschenähnliches Urteilsvermögen besitzen können (Schael, 2018). Demnach sollen KI es möglich machen, diesen Aspekt nachzuahmen, indem menschliche Lernfähigkeit imitiert wird (Stelzer-Orthofer, 2018). Turing (1950) war der Meinung, dass eine Maschine dann als intelligent bezeichnet werden kann, wenn ein Mensch nicht mehr unterscheiden kann, ob er mit einem Computer oder einem Menschen interagiert. Mit dem Turingtest begann auch die Forschung zu KI, die mittlerweile rasch voranschreitet.

Die Europäische Kommission definiert KI als “Systeme mit intelligentem Verhalten, die ihre Umgebung analysieren und mit einem gewissen Grad an Autonomie handeln um bestimmte Ziele zu erreichen“ (Europäische Kommission, 2018). KI umfasst demnach Computersysteme, die intelligentes Verhalten zeigen, wobei der Begriff keine Auskunft darüber gibt, wie intelligent die Maschine ist. Nach Mainzer (2016) gilt ein Computer, der zwar eine Aufgabe schneller als ein Mensch lösen kann, allerdings von einem Menschen programmiert wurde, nicht als intelligent. Maschinelles Lernen ist dabei der Oberbegriff für eine Klasse von lernenden Algorithmen, die aus ihren Erfahrungen lernen können. KI setzen sich grundsätzlich aus Algorithmen zusammen, die aus vorhandenen Daten lernen, wobei die Entwicklung mittlerweile schon so weit ist, dass KI auch aus ihren Erfahrungen lernen können. Ein Algorithmus ist eine vordefinierte, detaillierte Folge von Anweisungen, mit denen ein bestimmtes Problem gelöst werden kann. KI mit statischen Algorithmen verarbeiten einen Eingabewert und berechnen einen Rückgabewert, der entweder wahr oder falsch sein kann (Stelzer-Orthofer, 2018). Handelt es sich um einen dynamischen Algorithmus, der aufgrund von Erfahrungswerten unterschiedliche Ergebnisse ausgeben kann und sich den bevorzugten Lösungsweg merkt, spricht man von maschinellem Lernen.

KI können helfen, unser Leben zu verbessern und bringen gesellschaftliche Vorteile durch verbesserte Gesundheitsversorgung, effizientere öffentliche Verwaltung, sicheren Transport oder nachhaltige Landwirtschaft (Europäische Kommission, 2018). Schon heute begegnen uns KI im täglichen Leben, wie zum Beispiel in der automatischen Übersetzung von Texten, als Suchmaschinen, als Sprachassistenten oder sie blockieren unerwünschte Mails. Viele Aufgaben können also von einem Computer gelöst werden, die für einen Menschen sehr komplex wären, wenn dieser sie formal erfassen kann. Den Vorteilen der Erleichterungen im Alltag stehen Risiken des Datenschutzes und der Compliance gegenüber (Schael, 2018).

Im Bildungsbereich werden KI zwar schon eingesetzt, allerdings meistens nur punktuell und in sehr einfacher Form. Oft wird auch noch der Nutzen beziehungsweise der Mehrwert solcher digitaler Lerntools im Unterricht infrage gestellt. Die immer schnellere Verbreitung und frühere Nutzung von Computern, Smartphones oder Tablets steht jedoch außer Frage. Somit ist es sinnvoller, heranwachsende Menschen an eine reflektierte Mediennutzung und deren Gefahren heranzuführen, anstatt sie davon abzuschirmen und sie auf dem Weg in eine sich verändernde Bildungs- und Arbeitswelt vorzubereiten und zu begleiten (Stelzer-Orthofer, 2018).

KI können im Bildungsbereich in den verschiedensten Formen eingesetzt werden, vor allem können sie die Möglichkeiten des Lehrens und Lernens erweitern. So kann man zum Beispiel das Prinzip der Gamification dazu nutzen, Lernende spielerisch an ein Thema heranzuführen, Apps verwenden, um den Unterricht interaktiver zu gestalten, e-Learnings einsetzen, um auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Lernenden besser eingehen zu können oder virtuelle Lernräume schaffen, um Raum- und Zeiteinschränkungen zu überwinden.

### **1.3 Blockchain**

Obwohl Blockchain beziehungsweise Distributed-Ledger Technologien keine neue Idee sind und bereits deutlich früher theoretisch beschrieben wurden, gewann das Konzept einer Blockchain erst mit der Veröffentlichung eines White Papers unter dem Pseudonym Satoshi Nakamoto im Jahr 2008 bedeutend an Aufmerksamkeit. Darin wurde die Anwendung einer Blockchain im Rahmen des Bitcoin-Protokolls beschrieben, womit die Kryptowährung Bitcoin erschaffen wurde (Chen et al., 2018; Nakamoto, 2008). Während Bitcoin und andere dezentrale Kryptowährungen, wie Ethereum, oft kontrovers diskutiert werden, wird die davon unabhängige Blockchain-Technologie allgemein als besonders zukunftsweisend wahrgenommen und hat sich in vielen Anwendungsbereichen abseits der in Bitcoin verwendeten Technologie weiterentwickelt.

Blockchain ist ein dezentrales System zur Datenspeicherung, welches aus kryptographisch miteinander verketteten Blöcken besteht. Es ist somit eine



Distributed-Ledger Technologie, wobei die gespeicherten Informationen – im Gegensatz zu einer klassischen Datenbank – in gleichen Kopien von allen Mitgliedern eines Netzwerks gehalten werden. Die Kopien der Mitglieder werden dabei laufend aktualisiert und validiert und stellen ein verteiltes System dar (Grech & Camilleri, 2017).

Vereinfacht zusammengefasst, werden in einer Blockchain Informationen in einem Register (dem Ledger), einer verketteten Folge von Transaktionen<sup>1</sup>, zusammengefasst und gespeichert. Diese Blockchain wird von allen Mitgliedern des Netzwerks (Nodes) in einer eigenen Kopie fortgeführt, welche auch alle vergangenen Transaktionen beinhaltet. Sobald eine neue Transaktion stattfinden soll, wird ein Konsensverfahren im Netzwerk gestartet, um die Transaktion zu validieren. Diese Abstimmung geschieht beispielsweise über die vorhandene Rechenkraft im Netzwerk durch das sogenannte Mining. Sobald eine Transaktion ausreichend bestätigt wurde, wird der Blockchain ein neuer Block mit dieser Transaktion hinzugefügt und mit der bereits bestehenden Blockchain verkettet (Chen et al., 2018; Grech & Camilleri, 2017). Neben dieser kontinuierlichen Verkettung von Datensätzen und der dezentralen Speicherung, zeichnet sich die Blockchain auch durch Transparenz, Nichtabstreitbarkeit und Manipulationssicherheit aus.

Transparenz bedeutet, dass alle Transaktionen in den Blöcken der Blockchain mit Zeitstempel erfasst und für alle Mitglieder des Netzwerks beziehungsweise öffentlich nachvollziehbar sind. Dabei müssen nicht zwingend alle Daten in der Blockchain zugänglich sein (zum Beispiel aufgrund von Verschlüsselung), wodurch Vertraulichkeit der gespeicherten Daten erreicht werden kann. Nichtabstreitbarkeit bedeutet, dass durch Signatur der Blöcke kein Mitglied des Netzwerks die Hinterlegung von Daten oder einer Transaktion abstreiten kann, was insbesondere für Kryptowährungen von Relevanz ist. Die Manipulationssicherheit wird durch kryptographische Verfahren erreicht, wobei die Blöcke untrennbar miteinander verbunden sind und die Blockchain nicht gefälscht werden kann. Um die Blockchain zu verändern, muss sie bei mindestens 51% der Mitglieder im Netzwerk ausgetauscht werden, was einen erfolgreichen Angriff auf die Blockchain sehr unwahrscheinlich macht (acatech, 2018; Chen et al., 2018; Tschorsch & Scheuermann, 2016).

Mit der Blockchain ergeben sich somit eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten abseits von Kryptowährungen: Im Bereich von digitalen Verträgen, e-Government oder im Bildungsbereich ist die Blockchain-Technologie vielseitig einsetzbar, wobei nach heutigem Standpunkt noch völlig offen ist, welche Ansätze am ehesten mit Erfolg gekrönt sein werden (acatech, 2018). Bisherige Anwendungsbeispiele sind hauptsächlich im Bereich der Dokumentation von Bildungsabschlüssen zu finden. Abschlussdokumente und Zertifikate könnten fälschungssicher ausgestellt sowie

---

<sup>1</sup> Aufgrund der Existenz von Blockchain als Grundlage von Kryptowährungen ist in der Literatur häufig von „Transaktionen“ die Rede. Diese Transaktionen können jedoch auch jeden beliebigen anderen Datensatz darstellen, der in der Blockchain gespeichert werden soll.

digital gespeichert werden. Anrechnungen und Anerkennungen von Bildungsabschlüssen könnten so europaweit vereinfacht und die Interoperabilität verbessert werden. Weiters kann die Blockchain im Bereich der informellen Bildung Kompetenzen, Lernerfahrungen und Wissen dokumentieren. Dabei ist jedoch unbedingt auf die Implikationen im Bereich des Datenschutzes zu achten (Grech & Camilleri, 2017).

#### **1.4 MOOCs und virtuelle Lernumgebungen**

MOOCs (Massive Open Online Courses) sind Onlinekurse, die sich dadurch auszeichnen, dass sie in der Regel einer großen Anzahl an Personen frei zur Verfügung stehen. *Massive* bedeutet dabei, dass auch hunderttausende Lernende an einem Kurs gleichzeitig teilnehmen können. *Open* beschreibt eine Offenheit der Kurse in mehreren Perspektiven: Sie sind meistens kostenlos, oder zumindest deutlich günstiger als vergleichbare Angebote, sowie *online* verfügbar und somit können alle Personen mit einer Internetverbindung darauf zugreifen (Weinhardt & Sitzmann, 2019). Außerdem wird dabei das Ziel einer offenen Lernumgebung angesprochen, in welcher die Lernenden an einem freien, partizipativen Wissensaustausch und gemeinsamen Wissensaufbau teilnehmen und daher eigenständig lernen können (Baturay, 2015).

Als Kurs (*Course*) bestehen MOOCs häufig aus einer Reihe an digitalen Vorträgen, Aufgaben und vorgegebenen Prüfungsmodalitäten, allerdings können sich diese Elemente je nach Ausrichtung des Kurses stark unterscheiden (Weinhardt & Sitzmann, 2019). Ein partizipativer Charakter, also die Möglichkeit sich mit eigenen Beiträgen einzubringen und mit anderen Lernenden zu interagieren, zählt zu den Kernelementen von MOOCs. Außerdem verfolgen die meisten MOOCs einen konnektivistischen Ansatz, der den Menschen nicht als isoliertes, sondern als vernetztes Individuum sieht. Das Lernen soll daher mit kritischer Interaktion mit dem Lernmaterial und in einer sozialen Lernumgebung stattfinden, welche Raum für weiterführende Diskussionen und Überlegungen bieten soll (Baturay, 2015).

Die große Bandbreite an MOOCs wird in zwei große Kategorien geteilt: cMOOCs (connectivist MOOCs) verfolgen besonders stark die konnektivistische Lerntheorie (Goldie, 2016) und sehen die Lehrenden hauptsächlich als BegleiterInnen im Lernprozess. Die Lernenden sollen aktiv zu ihrer Lernumgebung beitragen und gemeinsam Wissen aufbauen und die Lernmaterialien verbessern. Im Fokus stehen dabei der Wissensaustausch sowie die Vernetzung in einem dezentralisierten Netzwerk.

xMOOCs (content-based MOOCs) ähneln eher den e-Learning-Plattformen von Hochschulen und anderen Bildungsinstituten, wobei die Lehrenden eine zentrale Rolle in der Erstellung und Verwaltung des Kurses einnimmt. Die Lernenden folgen dem Kurs in einer vorgegebenen Struktur, wobei Onlinevorlesungen und

Leistungsbeurteilungen zentrale Bestandteile des Kurses sind. xMOOCs haben in der Regel auch einen vorgegebenen Zeithorizont und werden über eine zentrale Lernplattform einer Bildungsinstitution verwaltet (Baturay, 2015; Kaplan & Haenlein, 2016; Conache, Dima, & Mutu, 2016). xMOOCs stellen daher zusätzliche, digitale Bildungsangebote dar, welche sich von „klassischen“ Kursen nur unwesentlich unterscheiden. Zwar können beispielsweise Onlinediskussionsforen oder andere Vernetzungsmöglichkeiten eingerichtet sein, diese sind jedoch nicht essenziell für den Lernprozess. Gleichzeitig stellen xMOOCs die heute am häufigsten zu findende Form von MOOCs dar. cMOOCs schöpfen die Möglichkeiten digitaler Vernetzung weiter aus und ermöglichen einen aktiven, kollaborativen Lernprozess. Dabei können auch soziale Medien eine wichtige Rolle spielen, indem durch Blogeinträge, Podcasts oder Tweets Wissen geteilt und von anderen erweitert werden kann (Kaplan & Haenlein, 2016). Auch die Gamification von MOOCs, also das Einbinden spielerischer Elemente in die Kursstruktur, hat einen positiven Effekt auf den Erfolg von MOOCs bei der Wissensvermittlung und erweitert die Lernumgebung um eine wichtige Komponente (Aparicio et al., 2019).

## **2. Anforderungsprofil für digitale Lehr- und Lernmethoden**

Eine der drei Hauptfragen des White Papers „BNE im Zeitalter der Digitalisierung“ beschäftigt sich mit den Kriterien, die digitale Lerntools erfüllen müssten, damit die gesellschaftlichen Ziele einer BNE reflektiert werden. In diesem Sinne geht es um ein BNE-basiertes Anforderungsprofil von digitalen Lehr- und Lernmethoden, das sich auf zentrale BNE-Kriterien stützt. Die Entwicklung beziehungsweise Definition von eigenen Kriterien einer BNE war in der UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung (2005-2014) eines der wichtigsten Themen (Siemer et al., 2006, Espinet, 2012). Aus diesem Grund gibt es eine Vielzahl an fundierten und für unseren Kontext anwendbare Kriterien. Der „blinde Fleck“ der Digitalisierung im Kontext von Bildung und Nachhaltigkeit erschwert hingegen die Erstellung des Anforderungsprofils, da es nahezu keine expliziten Querverweise der Kriterien und Zielvorstellungen von BNE zu digitalen Lernumgebungen und digitalen Lerntools gibt. Aus diesem Grund basiert das vorliegende Anforderungsprofil für digitale Lehr- und Lernmethoden auf einer Kombination aus BNE-Kriterien/BNE-Zielvorstellungen und allgemeinen Erfahrungen mit e-Learning und dem Internet.

### **2.1 Zielvorstellungen und Kriterien einer BNE**

Der Schwerpunkt von BNE liegt in einer Pädagogik, die nicht nur darauf abzielt, über nachhaltige Entwicklung zu „lehren“ und ExpertInnenwissen in diesem Bereich zu vermitteln. Die Lernenden sollen sich die Kompetenz aneignen auf die Komplexität und Unsicherheit in der Zukunft reagieren zu können. In Gegensatz zu herkömmlichen pädagogischen Ansätzen, die auf überprüfbare und standardisierte Lernziele

fokussieren, liegt der primäre Schwerpunkt hier auf dem eigentlichen Lernprozess (Brudermann et al., 2019). Dabei verweist die aktuelle Literatur zu BNE auf verschiedene teilweise zusammenhängende Kriterien<sup>2</sup>, die die Grundlage von an BNE orientierten Lernprozessen darstellen sollen beziehungsweise, die damit einhergehenden pädagogischen Zielvorstellungen reflektieren (Espinet, 2012; Mogensen & Schnack, 2010; Capelo et al., 2012). Einige der wesentlichsten Kriterien beziehungsweise Zielvorstellungen der BNE sind wie folgt:

1. Zukunftsorientiertes Denken
2. Systemisches Denken
3. Kritisch reflektierendes Denken
4. Partizipatives Lernen (Einbindung von verschiedenen Stakeholder Gruppen)
5. Interdisziplinär und ganzheitlich
6. Werteorientiert
7. Methodenvielfalt / Diversität
8. Learning for change / transformatives Lernen

Im Kern lässt sich die Verbindung zwischen den ausgesuchten Kriterien sowie ihr übergeordneter BNE-Fokus auch folgendermaßen beschreiben:

Die Transformation jeglicher Art von sozio-ökologischen oder sozio-ökonomischen Systemen in Richtung eines nachhaltigeren Entwicklungspfades erfordert das Verständnis hochgradig vernetzter, sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Faktoren, die konkrete Nachhaltigkeitsprobleme reflektieren. Dafür ist ein tiefes Systemverständnis, die Integration verschiedener Arten von Wissen und Denkweisen (Diversität und Pluralismus) und damit eine interdisziplinäre Gestaltung von Lernprozessen dringend erforderlich. Um verschiedene Paradigmen und Methoden zu integrieren, ist es notwendig, Kompetenzen aus verschiedenen Bereichen interdisziplinär zusammenzuführen. Diese Integration ermöglicht ein interdisziplinäres Denken, das der Entwicklung transformativer Kompetenzen und des Engagements vorausgeht und das dazu beiträgt, komplexe Probleme in der realen Welt auf eine Weise zu lösen, die mit rein disziplinären Mitteln unwahrscheinlich gewesen wäre (Lans et al., 2014).

Interdisziplinarität im Sinne der Kombination von analytischem Wissen aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen ist jedoch noch nicht ausreichend, um die aktuellen Herausforderungen des Anthropozäns anzugehen. Stattdessen ist es auch wesentlich, analytisches Wissen und Systemverständnis mit praktischen Erfahrungen und Wahrnehmungen zu verbinden und diese mit den Werten und Präferenzen der

---

<sup>2</sup> Die gängige BNE Literatur hat verschiedene Ansätze von BNE Kriterien aufzuweisen. Dabei ist selten eine trennscharfe Unterscheidung zwischen Zielvorstellung oder methodische Orientierung gegeben. Eine methodische Auseinandersetzung einer präziseren Kategorisierung der BNE Kriterien würde aber den Rahmen des vorliegenden White Papers sprengen. In diesem Zusammenhang sind die von uns angeführten Kriterien vor allem als Orientierungsrahmen und allgemeine Charakterisierung von an BNE orientierten Lernprozessen zu verstehen.

Gesellschaft zu verknüpfen. Damit kann ein partizipativer und zukunftsorientierter Problemlösungsprozess zwischen Wissenschaft und Gesellschaft erreicht werden (Frodemann et al., 2010).

Wissenschaftliche Kompetenz und praktische Erfahrung sind unterschiedliche Wissensquellen, aber von gleichem Wert. Die gegenseitige Wissensvermittlung zwischen WissenschaftlerInnen und PraktikerInnen unterstützt nicht nur einen offenen Dialog und den damit einhergehenden Wissensaustausch, sie schafft auch die Voraussetzungen für transdisziplinäre Innovations- und Lernräume. In diesem Sinne unterstützen Transdisziplinarität und Methodenvielfalt "epistemologischen Pluralismus" und bringen Reflexivität in die Wissensproduktion, so dass Lernende in ihrer Entwicklung zu kritischen und reflektierenden gesellschaftlichen Akteuren unterstützt und gefördert werden (Brudermann et al., 2019).

## **2.2. Erfahrungen mit E-Learning und Internet**

Für eine Sichtung und Sammlung kritischer Erfahrungen mit e-Learning und Internet sieht sich eine weitergehende Analyse Erfahrungen aus folgenden drei Bereichen gegenüber:

- Erfahrungen bezogen auf die Lernumgebung
- Erfahrungen bezogen auf das Lehren und Unterrichten
- **Erfahrungen bezogen auf den Lernprozess (unterstützt durch digitale Lerntools)**

Eine umfassende Analyse aller drei Bereiche würde weit über den Rahmen des White Paper "BNE im Zeitalter der Digitalisierung" hinausgehen. Deswegen wurde der Fokus auf Erfahrungen mit Lernprozessen im Kontext von e-Learning und Internet gelegt. Erfahrungen mit Lernumgebungen und dem Bereich "Lehren und Unterrichten" wurden dementsprechend nur in sehr allgemeiner Form behandelt.

### **2.2.1 Lernumgebung**

Ein wichtiger Aspekt von Lernprozessen ist die eigentliche Lernumgebung, denn nur in einer positiven und fördernden Umgebung können Lernende ihr volles Potenzial entfalten. Innerhalb der digitalen Welt gibt es diesbezüglich ganz neue Herausforderungen. Eine der wesentlichsten ist dabei die Finanzierungsfrage. Konzepte wie BYOD (Bring Your Own Device) haben zwar den Vorteil, dass Lernende mit dem eigenen Laptop/Tablet/sonstigen Gerät meist besser umgehen können, andererseits birgt das die Gefahr, jene auszuschließen, die keinen Zugang zu einem eigenen Gerät haben. Bezogen auf die Hochschulbildung beziehungsweise Bildung außerhalb der Schulpflicht sollte beachtet werden, dass es nicht zu einer Teilung in

zwei Klassen kommt: Jene, die für (qualitativ hochwertige) Inhalte bezahlen können und jene, die das nicht können (Pechar, 2018).

Weiters ist auf technischer Ebene dafür zu sorgen, dass eine geeignete Infrastruktur, wie Zugang zu Internet, aber auch Verschlüsselungstechnologien und Sicherheitssysteme, zur Verfügung stehen (Friedrichsen & Bisa, 2016). Vor allem für ländliche Gebiete ist eine leistungsfähige und flächendeckende Internetverbindung ein wichtiger Faktor, um aus vorhandenen Ressourcen (örtliche Bibliothek, Bildungseinrichtungen, Gemeinschaftsräumen) neue Lernorte zu schaffen (Gruber-Rotheneder, 2011). Bei der Gestaltung einer virtuellen Lernumgebung kann es hilfreich sein Lernende mit einzubeziehen, sowie offene Softwareangebote kommerziellen vorzuziehen, da diese gemeinschaftlich und transparent erstellt werden (Engagement Global, 2018).

Um ältere Menschen oder Menschen mit Behinderungen nicht von virtuellen Lernumgebungen auszuschließen und möglichst vielen Personen den Zugang dazu zu ermöglichen, sollten diese übersichtlich und verständlich gestaltet sein. Dies beinhaltet auch die Aufbereitung der Inhalte in einer für alle zugänglichen Art und Weise (Bong & Chen, 2016; Iniesto et al., 2016). Dabei sollte auf Web-Accessibility-Standards geachtet werden, welche sicherstellen, dass Webapplikationen technisch barrierearm gestaltet sind (Sanchez-Gordon & Luján-Mora, 2013).

Ein wesentlicher Impuls wäre auch eine Neuausrichtung physischer Lernumgebungen, die darauf zielt, die digitale und analoge Welt aufeinander abzustimmen und die Vorteile daraus zu ziehen. Ein Beispiel hierfür kommt aus Australien, wo eine Schule in Sydney im Gegensatz zu traditioneller Gestaltung mit einem mobilen und flexiblen Ansatz errichtet wurde. Statt Klassenzimmer gibt es Lernlandschaften mit flexiblen Sitzmöglichkeiten, an denen sich die SchülerInnen (auch im Freien) mithilfe von Laptops oder Tablets den Lernstoff selbstständig erarbeiten. Lehrer stehen ihnen dabei mit Feedback und Hilfestellungen zur Seite. Außerdem wird der Lernraum auch „digital erweitert“, indem sich SchülerInnen in einem virtuellen Klassenzimmer neue Inhalte aneignen können (Reiter, 2017).

### **2.2.2 Lehren und Unterrichten**

War das Lernen bisher von den LehrerInnen ausgehend, die den Gegenstand des Lernens und das Lernziel bestimmen, ändert sich mit dem Einsatz von digitalen Medien auch die Rolle der LehrerInnen. Dies kann einen subjektiv empfundenen Kontrollverlust bedeuten und auch Unsicherheit bezüglich des Umgangs mit Neuen Medien kann den Einsatz von digitalen Medien und den Wechsel der Lehrenden hin zu einem Lernberater erschweren (Schrüfer & Brendel, 2018). Angehenden LehrerInnen fehlt oft die Kompetenz inhaltliches Wissen, mit digitalen Tools zu verknüpfen (So & Kim, 2009). Setzen sich Lehrende hingegen vorab des Einsatzes eines Tools im Unterricht damit auseinander, hat das nicht nur positiven Einfluss auf die Lehrenden selbst, sondern auch auf die Leistung der SchülerInnen. Deshalb ist

es auch notwendig, schon in der LehrerInnenausbildung anzusetzen und den kompetenten Umgang mit digitalen Medien zu fördern.

Der oben angedeutete Wechsel von einem lehrerzentrierten Unterricht zu einem lernendenzentrierten Unterricht bedeutet jedoch nicht, dass die LehrerInnen keine Rolle mehr spielen. Vielmehr sind sie gefragt den SchülerInnen eine gewisse Struktur vorzugeben, innerhalb derer sie die konkreten Lernziele verfolgen können (Hillmayr et al., 2017). Bezogen auf Unterricht in Onlineform ist es auch Aufgabe der Lehrenden den Unterricht zu moderieren, um chaotische Diskussionen zu vermeiden (Schwarz, Teynor & Haberl, 2018), sowie der Gefahr einer Orientierungslosigkeit der Lernenden entgegenzuwirken. Weiterhin ist es eine große Aufgabe der Lehrenden darauf zu achten, dass weder die Dynamik der Klasse leidet noch, dass leistungsstarke SchülerInnen immer besser werden und leistungsschwache SchülerInnen zurückbleiben (Forum Bildung Digitalisierung, 2017).

Was vor allem vermieden werden sollte, ist der Einsatz digitaler Medien nur um ihrer selbst willen, da sich ihr Mehrwert erst durch die Nutzung in einem bestimmten Kontext zu einem spezifischen Lernziel entfaltet (Gruber-Rotheneder, 2011). Hier ist es Aufgabe der Lehrenden durch eine reflektierte Herangehensweise je nach Lernsituation ein geeignetes Tool zum Erreichen konkreter Lernziele einzusetzen (Stelzer-Orthofer, 2018).

### **2.2.3 Erfahrungen mit dem Internet**

Der Einfluss des Internets auf unser alltägliches Leben ist unumstritten, es ist fester Bestandteil vieler Aktivitäten geworden und dies wird sich in Zukunft noch verstärken. Im Gegensatz zur vorherigen Generation sind die sogenannten "digital natives" mit dem Internet aufgewachsen und stehen diesem deshalb oft nicht so kritisch gegenüber wie vielleicht ihre Eltern (Klaffke, 2014). Umso wichtiger ist es, ein kritisches Bewusstsein im Umgang mit dem Internet zu schaffen, sei es bezogen auf Privatsphäre, Urheberrecht, Datenschutz, Falschmeldungen (Fake News) oder Cyber-Mobbing. Besonders bei Jugendlichen bzw. Lernenden in den Pflichtschuljahren ist es auch Aufgabe der Schule, wirkungsvolle Präventionsmaßnahmen zu ergreifen. Die Lernenden müssen für die Gefahr der Preisgabe von Daten und persönlichen Informationen in sozialen Netzwerken sensibilisiert werden, indem man ihnen zeigt, welche Möglichkeiten bezüglich Sicherheits- und Privatsphäreinstellungen es gibt. Lernende, die digitale Medien nutzen, sind aber nicht nur TeilnehmerInnen, sondern auch AkteurInnen. Bezogen auf Cyber-Mobbing bedeutet das zum Beispiel, dass sie selbst problematisches Material verbreiten können und damit zu TäterInnen werden. Im Gegensatz zu "traditionellem" Mobbing besteht zusätzlich die Gefahr, dass die digitale Welt eine gewisse Anonymität und Abstraktheit schafft, was zu leichtsinnigen Taten führen kann (Schaumburg, 2015).

Das Internet erleichtert Lernenden die Recherche von Informationen ungemein, es birgt aber auch die Gefahr, dass diese Informationen unhinterfragt übernommen werden. Dies führt einerseits zu Problemen bezüglich des Urheberrechts, andererseits zur schnellen Verbreitung von Falschmeldungen, da sich die Lernenden nur oberflächlich damit auseinandersetzen. Der Aufbau von entsprechenden Kompetenzen sowohl im Hinblick auf den Konsum als auch im Produzieren von Informationen im Internet ist essenziell für die Lernenden (Kerres, 2000).

Auch die exzessive Nutzung von digitalen Medien und Internet kann zu Problemen wie Schlaflosigkeit, Nervosität und asozialem Verhalten führen (Spitzer, 2012). Deshalb gehört zur kompetenten Mediennutzung auch, dass Lernende für schädliche Nutzungsweisen und deren Konsequenzen sensibilisiert werden und ihnen Strategien aufgezeigt werden, wie man das Internet gezielt und sinnvoll nutzt. Generell ist darauf zu achten, dass es nicht zu einer kognitiven Überlastung der Lernenden kommt, da ein wenig strukturiertes Informationsangebot die Lerneffektivität behindern kann (Schaumburg, 2015).

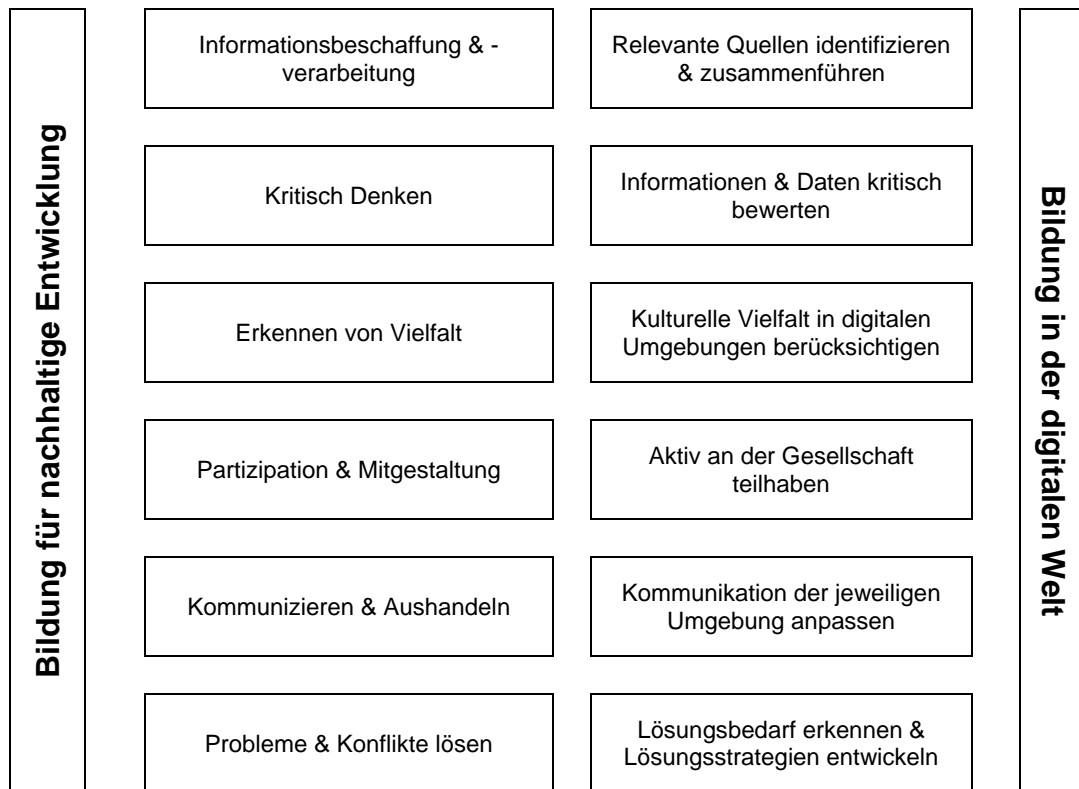
#### **2.2.4 Digitale Lerntools**

Wie schon weiter oben angeführt, wird das Thema Digitalisierung in der Forschung zu BNE noch sehr marginal reflektiert. Zu den Ausnahmen in diesem Bereich zählen Arbeiten wie die von Schrüfer und Brendel (2018) oder Osburg und Lohrmann (2017). In der Arbeit von Schrüfer und Brendel (2018) wurde unter anderem der Versuch unternommen, Gemeinsamkeiten auf Kompetenzebene zwischen BNE und Bildung in der digitalen Welt herauszuarbeiten (siehe Figur 1).

Unserer Erstellung des BNE Anforderungsprofils für digitale Lehr- und Lernmethoden liegt ein ähnlich vergleichender Ansatz zugrunde. In einem ersten Schritt wurde versucht, die oben aufgeführten BNE-Kriterien mit ähnlichen Erfahrungen und Kriterien von digitalen Lerntools zu spiegeln und damit die BNE-Kriterien zu erhalten, die schon einen expliziten Bezug zu den Erfahrungen in der digitalen Welt aufweisen. Damit wurde sichtbar welche der ausgewählten BNE-Kriterien schon in der kritischen Debatte über digitale Lerntools explizit oder implizit reflektiert werden und welche noch nicht.

Darauf aufbauend wurde in einem zweiten Schritt das vorhandene Kriterienset um Kriterien ergänzt, die im Augenblick nur in der Literatur zu digitalen Lerntools vorkommen, aber dennoch mit den Zielvorstellungen von BNE in Verbindung gebracht werden können.





Figur 1: Gemeinsamkeiten auf Kompetenzebene zwischen BNE und Bildung in einer digitalen Welt (adaptiert nach Schröder und Brendel, 2018).

### Schritt 1: Kriterien mit explizitem Bezug zu BNE und digitalen Lerntools

Ein Kriterium für BNE, welches auch schon in der Debatte um digitale Lerntools diskutiert wird, ist das des **kritisch reflektierenden Denkens**. SchülerInnen müssen nicht nur lernen mit digitalen Medien umzugehen, sondern auch lernen, nicht-nachhaltige Entwicklungen zu erkennen, sowie maschinelle Entscheidungen kritisch zu hinterfragen, um nicht nur Wissen zu reproduzieren, sondern neue Lösungswege zu finden. Digitale Lerntools selbst müssen aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden und sie sollen SchülerInnen dazu anregen, Fragestellungen und Probleme aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten (Engagement Global, 2018). Wenn Lernende das Gelernte kritisch reflektieren und darüber diskutieren, wird es verinnerlicht und in das Leben beziehungsweise die Gedankenwelt integriert. Dies kann durch die Schaffung von Räumen für eine laufende kritische Auseinandersetzung mit den gelernten Themen erreicht werden, wodurch die Lernenden neues Wissen mit bereits gelerntem neu verknüpfen und somit effektiver lernen (Merrill, 2012; Margaryan, Bianco, & Littlejohn, 2015).

Ein weiteres überschneidendes Kriterium bezieht sich auf das **partizipative beziehungsweise kollaborative Lernen**. Die Vernetzung in der digitalen Welt bietet

den Vorteil, dass man sehr einfach Zusammenhänge herstellen kann. Digitale Tools sollen Kommunikation ermöglichen, indem gemeinsam an Inhalten gearbeitet, zusammen eine Lösung gesucht oder ein Problem besprochen wird. Durch diesen Austausch mit anderen ist es den Lernenden möglich, nicht nur EmpfängerInnen von Informationen zu sein, sondern auch VerfasserInnen davon zu werden. Digitale Medien sollten weiters zur Nutzung neuer Formate verwendet werden, die kollaboratives Lernen auch über den Unterricht oder den Kurs hinaus ermöglichen. Dies beinhaltet auch die Möglichkeit zu Kooperationen mit anderen (u.U. internationalen) Bildungseinrichtungen (Güttli-Strahlhofer, 2014). Kollaboratives Lernen fördert gleichzeitig das kritisch-reflektierende Denken, indem Lernende in Diskussionen und in der Auseinandersetzung mit anderen das Gelernte argumentieren und verteidigen müssen (Merrill, 2012; Margaryan, Bianco, & Littlejohn, 2015). Demnach liegt das Potenzial eines Lernprozesses auch in der Diversität von Meinungen und im Austausch zwischen verschiedenen Wissensbereichen und Lebenswelten (Siemens, 2004).

Wie schon oben erwähnt, erfordern die komplexen Probleme der heutigen Zeit verschiedenste Kompetenzen aus unterschiedlichsten Bereichen. Demnach muss Bildung **interdisziplinär und ganzheitlich** gestaltet werden. Im Bereich formaler Bildungsprozesse sollte Unterricht generell fächerübergreifender gestaltet werden, damit einerseits keine linearen Denkmuster gefördert werden und andererseits die notwendigen Verknüpfungen zwischen einzelnen Disziplinen und Lebensbereichen verdeutlicht werden. Auch digitale Kompetenz kann nicht für sich alleine entstehen, sondern muss immer in Zusammenhang mit gesamtheitlichem Lernen sowie Wertefragen gesehen werden. Durch die Vernetzung verschiedener AkteurInnen können diese voneinander lernen und durch einen überregionalen oder überinstitutionellen Austausch kann die regionale Entwicklung gefördert werden (Lans et al., 2014).

Neben den notwendigen Brücken zwischen den einzelnen Disziplinen und Wissensbereichen ist außerdem die wichtige Verbindung von informeller und formeller Bildung zu berücksichtigen. Der Mehrwert von digitalen Medien zur Öffnung von Lernräumen wird dadurch erkannt und somit werden auch außerhalb dieser Räume Lernerlebnisse geschaffen (Röthler, 2014).

### ***Schritt 2: Kriterien für digitalen Lerntools mit Relevanz für BNE***

Zusätzlich zu den oben schon beschriebenen Kriterien gibt es auch noch Anforderungen an digitale Lerntools, die zwar nicht explizit in den Kriterien für BNE vorkommen, aber dennoch mit deren Zielvorstellungen in Verbindung gebracht werden können. Eines der wichtigsten Kriterien ist, dass der Einsatz von digitalen Lerntools **komplementär zu analogen und sozialen Lernprozessen** stattfinden muss. Der Einsatz digitaler Lerntools soll die Lehrenden oder analoge Lehrmethoden

nicht ersetzen, vielmehr sollen die neuen Methoden zusätzlich zu traditionellen Formen des Lehrens und Lernens eingesetzt werden. Das Vermischen von digitalen und analogen Methoden wird auch als „Blended Learning“ bezeichnet.

Wird Blended Learning richtig eingesetzt, so werden viele Kompetenzen der Lernenden gefördert (Engagement Global, 2018). Diese Vermischung zeichnet sich dadurch aus, dass sich Phasen mit physischer Anwesenheit mit Onlinephasen abwechseln und dabei sowohl selbst organisierte und interaktive Lernphasen stattfinden. Dies kann in Form einer Mischung aus einem Onlinevortrag mit physischer Anwesenheit der Lernenden sowie darauffolgender Gruppenarbeiten stattfinden. Auch die Einbindung von sozialen Medien (vor allem bei jungen Leuten) kann eine Möglichkeit sein (Gruber-Rotheneder, 2011; Bruderermann et al., 2019).

Weiters ist eine Anforderung an digitale Lerntools, dass diese **interaktiv und lernendenzentriert** sind. Digitale Medien ermöglichen mehr selbstorganisierte Lernprozesse und sollten so konzipiert werden, dass sie die Lernenden dabei unterstützen eigenverantwortlich und aktiv Wissen aufzubauen (Stelzer-Orthofer, 2018). Hierbei ist es wichtig, dass das Lerntool einen explorativen Charakter hat, da dann die Motivation von Lernenden höher ist, als bei einem Tool mit rein instruktivem Charakter (Adam et al., 2008; Bell & Smetana, 2008). Durch Hypertextualität kann, im Gegensatz zu einem linearen Tool, zwischen Informationsquellen gewechselt werden. Dies ermöglicht explorative Lernprozesse, wodurch die Lernenden angeregt werden sollen, in einer offenen Lernumgebung selbst zu einer Lösung eines Problems hinarbeiten zu wollen und verschiedene Strategien auszuprobieren (Wood & Reiners, 2015). Weiters zeigt sich, dass eine stärkere Kontrolle der Lernenden über ihre Lernumgebung und ihren Lernprozess zu größeren Erfolgen führt (Kaplan & Haenlein, 2016). In diesem Zusammenhang sollten die Bedürfnisse und Wünsche der Lernenden sowohl im Lernprozess als auch bei der Konzeption und Erstellung des Lerntools berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollten auch die Lerninhalte auf die Lernenden abgestimmt werden, um möglichst allen eine produktive Lernumgebung zu bieten (Bong & Chen, 2016; Iniesto et al., 2016).

In der Gestaltung und Auswahl von Lerntools sollen die Bedürfnisse der Lernenden im Mittelpunkt stehen, um deren Interesse und Motivation zu wecken und aufrechtzuerhalten. Digitale Medien bieten die Möglichkeit auf diese Bedürfnisse einzugehen und den Unterricht differenzierter zu gestalten, indem individuelle Niveaus und Leistungen der SchülerInnen noch mehr berücksichtigt werden können (Hillmayr et al., 2017). Intelligente Tutorensysteme oder andere online Lernprogramme erweisen sich vor allem bei leistungsschwachen SchülerInnen als hilfreich, da der Schwierigkeitsgrad gesenkt und Überforderung vermieden werden kann (Stelzer-Orthofer, 2018). Vice versa kann für leistungsstärkere SchülerInnen ein höherer Schwierigkeitsgrad eingestellt werden, gleichzeitig muss es hier aber entsprechende Angebote von der Lehrperson selbst geben (Beal et al., 2010). Ausschlaggebend ist dabei, dass sich das Tool an den Lernfortschritt der SchülerInnen anpasst, sowie im

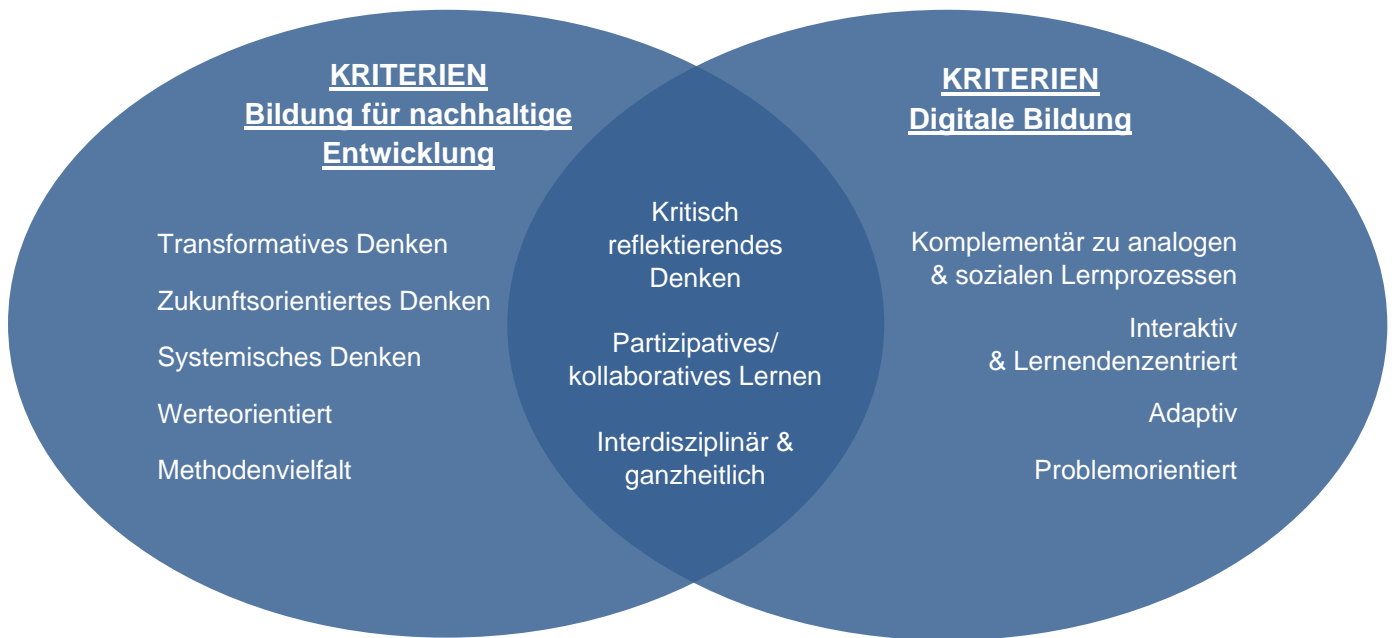
Stande ist, differenziertes Feedback zu geben. Intelligente Tutorensysteme ohne **adaptive Funktion** wirken sich zwar immer noch positiv auf die Leistung der SchülerInnen aus, allerdings in weitaus geringerem Ausmaß (Hillmayr et al., 2017).

Damit das Lernen mit digitalen Medien die Lernenden auf die reale Welt vorbereitet, müssen diese **authentisch und problemorientiert** gestaltet sein. Wirkt das Lernziel oder das Problem zu konstruiert, kann es sein, dass den Lernenden der Bezug zur Realität fehlt und damit auch der eigene Einfluss auf die Lösung des Problems nicht erkannt wird und deswegen die Motivation sinkt (Margaryan et al., 2015). Um diesen Gestaltungswillen bei Lernenden zu aktivieren, ist es natürlich notwendig, dass sie ein grundlegendes Verständnis der Technologie haben und Wissen über deren Einsatzmöglichkeiten (Akin-Hecke, 2014). Nicht zuletzt ist der Lernerfolg bei Lernenden am größten, wenn reale Probleme gelöst werden, und das neue Wissen in der Praxis angewandt werden kann (Merrill, 2002).

### ***Schritt 3: Zusammenfassung aller Kriterien des Anforderungsprofil für digitale Lehr-und Lernmethoden***

Basierend auf den vorangegangenen beiden Schritten der Kriteriensichtung und -sammlung lassen sich die ausgewählten Kriterien wie folgt zusammenfassen (siehe auch Figur 2):

1. Learning for change / transformatives Lernen
2. Zukunftsorientiertes Denken
3. Systemisches Denken
4. Werteorientiert
5. Methodenvielfalt / Diversität
6. Kritisch reflektierendes Denken
7. Partizipatives und kollaboratives Lernen
8. Interdisziplinär und ganzheitlich
9. Komplementär zu analogen und sozialen Prozessen
10. Interaktiv und Lernendenzentriert
11. Adaptiv
12. Problemorientiert



Das ausgewählte Kriterienset stellt weder einen Anspruch auf Vollständigkeit noch möchte es mögliche weitere Kriterien ausschließen. Das übergeordnete Ziel bei der Auswahl der Kriterien war neben der wissenschaftlich abgesicherten Relevanz ihre praktische Anwendbarkeit für das angestrebte BNE-Anforderungsprofil für digitale Lerntools. Im nächsten Kapitel des White Papers werden die zwölf Kriterien in erster Linie dazu genutzt, mögliche Stärken und Schwächen (in Bezug zu den Zielen einer BNE) der gesammelten internationalen Beispiele für digitale Lerntools aufzuzeigen.

### **3. Digitalisierung und Bildung / internationale Pioniere**

Vor dem Hintergrund der mangelnden Erfahrungen der BNE-Forschung mit digitalen Lerntools ist es das übergeordnete Ziel der vorliegenden Studie, eine kritische Reflexion der Möglichkeiten und Risiken der Digitalisierung für BNE zu unterstützen und weitergehende Forschungen anzuregen. Dafür wurden aktuelle internationale Pionierbeispiele gesammelt und entsprechend des erstellten BNE Anforderungsprofils für digitale Lerntools analysiert. Dabei ging es primär um die auf BNE bezogenen Stärken und Schwächen des State of the Art von technologischen Anwendungen wie KI, Blockchain, MOOCS und virtuelle Lernumgebungen, die für neue Lehr- und Lernprozesse eingesetzt werden.

Bezeichnung	Art	Beschreibung	Anwendungsbereich	Stärken	Schwächen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Link
busuu	App	App für den Spracherwerb von 12 Sprachen für das Niveau A1-B2; umfasst Lernmaterialien, Vokabeltrainer und Grammatiklektionen.	Training	Förderung von gemeinsamem Lernen durch Zusammenführung von MuttersprachlerInnen mit Lernenden Version für Schule in Vorbereitung	eher auf individuelle NutzerInnen ausgerichtet Einsatz im Unterricht würde ethische Fragen aufwerfen (da Vernetzung mit Menschen anderer Länder)									x	x			<a href="https://www.busuu.com/de">https://www.busuu.com/de</a>
Duolingo	App	Kostenloses Online-Sprachbildungsangebot im Web und für Smartphones.	Training	interaktive Übungen (Schreiben, Sprechen)	Motivation geht nach einiger Zeit zurück										x	x		<a href="http://duolingo.com/">http://duolingo.com/</a>
EAThink	App	Interaktives Spiel für 12 bis 16 Jährige über den Weg unseres Essens vom Anbau bis zum Verzehr.	Erforschung	interaktive Erforschung reflexionsfördernd			x	x	x						x	x	x	<a href="https://eathink2015.org/de/eathink-app/">https://eathink2015.org/de/eathink-app/</a>
GeoGebra	App	Dynamische Mathematiksoftware für Lehrende & Lernende aller Altersklassen in der Geometrie, Algebra und Tabellen dynamisch miteinander verbunden werden und somit innovatives Lernen in den MINT-Fächern unterstützt.	Training	Open-Source Programm visuelle & dynamische Darstellung									x	x	x			<a href="https://www.geogebra.org/">https://www.geogebra.org/</a>
LernDeutsch	App	Die App bietet einen spielerischen Einstieg in die deutsche Sprache. Die SpielerInnen bewegen sich in einer virtuellen Stadt und erlernen dabei die 200 wichtigsten Begriffe der deutschen Sprache.	Spracherwerb	selbst organisiertes Lernen	kein sichtbarer fächerübergreifender Nutzen zeitintensiv										x			<a href="https://ovos.at/de/projekte/learn-deutsch-eine-schwere-sprache/">https://ovos.at/de/projekte/learn-deutsch-eine-schwere-sprache/</a>

<b>Map your Meal</b>	App	Mithilfe des Scannens von Barcodes können junge Menschen mehr über die Produktion eines Produktes und dessen Auswirkungen erfahren.	Erforschung	interaktiv außerschulisches Erforschen		x	x	x	x									x			x	x	<a href="http://www.mapyourmeal.org/">http://www.mapyourmeal.org/</a>	
<b>MiniSASS</b>	App	SchülerInnen können zum Monitoring des SDG 6 beitragen, indem die von ihnen gesammelten Wasserproben aus Flüssen ausgewertet und in eine Datenbank eingespeist werden.	Erforschung	fächerübergreifend auch außerschulisch einsetzbar		x	x	x	x									x					<a href="http://www.minisass.org/en/">http://www.minisass.org/en/</a>	
<b>Robins Kuchen</b>	App	Interaktive Geschichte, die es 8 bis 12 Jährigen ermöglicht, nachhaltige Landwirtschaft und Möglichkeiten bewussten Konsums spielerisch zu erforschen.	Erforschung	interaktive Erforschung reflexionsfördernd				x	x	x											x	x	x	<a href="https://eathink2015.org/de/eathink-app/">https://eathink2015.org/de/eathink-app/</a>
<b>Hello English</b>	App	App für Spracherwerb der englischen Sprache; Elemente von Gamification sind in den Kurseinheiten inkludiert.	Sprachen erwerb	selbst organisiertes Lernen Gamification zur Steigerung der Motivation praktische Übungsbeispiele adaptive Lerninhalte																		x	x	<a href="https://helloenglish.com">https://helloenglish.com</a>
<b>Mimo</b>	App	App zum Erlernen von Programmiersprachen mit praxisbasierten Beispielen. Die Lerneinheiten sind kurz, um eine laufende Beschäftigung zu ermöglichen und Erfolgserlebnisse zu bieten.	IT-Ausbildung	mobile Lerninhalte kurze, praxisrelevante Lerneinheiten Gamification steigert Motivation	erfordert Smartphone oder Tablet																	x	x	<a href="https://getmimo.com">https://getmimo.com</a>















		und auch Lerngruppen und weiterführende Diskussion über Lehrinhalte im Fokus steht.																	
<b>Eilademy</b>	LMS	Eilademy soll LehrerInnen dabei unterstützen, das Klassenzimmer auf den digitalen Bereich auszuweiten und stellt dafür ein LMS zur Verfügung. Lehrende und Lernende können Kurse mit Lehrmaterialien, Online-Assessments und einer Diskussionsmöglichkeit erstellen. Die Software basiert auf Moodle und stellt eine Open-Source Lösung dar.	globaler Klassenraum	Open-Source Software Förderung der Interaktivität Kurse können frei erstellt werden															<a href="https://eliademy.com/">https://eliademy.com/</a>
<b>Third Space Learning</b>	LMS	Individuelles Lernen in Mathematik außerhalb des Klassenzimmers mit Einzelunterricht, ausgewählter Einheiten und Fortschrittsberichten.	Training	innovativ (TutorInnen aus z.B. Indien & SriLanka) Programm überprüft Lernfortschritte Fortbildung für TutorInnen	unklar, welche schulischen Aktivitäten SchülerInnen versäumen während sie mit dem/der externen TutorIn kommunizieren	x	x												<a href="https://thirdspacelearning.com/">https://thirdspacelearning.com/</a>
<b>OpenLearn</b>	LMS	Plattform, auf welcher Universitäten aus dem Vereinigten Königreich im Rahmen des "Open Courseware"-Projekts Lehrinhalte frei zur Verfügung stellen. Die Kurse können ohne Anmeldung an einer Hochschule in Anspruch genommen werden.	Hochschulbildung	offener Zugang zu Hochschulbildung kollaborative Lernumgebung Lernende können Materialien verbessern und eigene Beiträge liefern		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			<a href="http://www.open.edu/openlearn/">http://www.open.edu/openlearn/</a>
<b>Quipper</b>	LMS	E-Learning Plattform, die Tutoring und zusätzliche Lehrangebote für K-12 in Japan, Indonesien, auf den Philippinen und in Mexiko anbietet.	Training	unterstützt Lehrende mit einem zusätzlichen Online-Angebot lokal entwickelte Lehrmaterialien															<a href="https://www.quipper.com">https://www.quipper.com</a>
<b>Swayam</b>	LMS	Swayam ist ein offizielles Programm des indischen Bildungsministeriums und bietet Onlinekurse zu verschiedensten Lerninhalten an. Mit der Plattform soll das lebenslange Lernen unterstützt werden. Es werden Inhalte auf allen Bildungsniveaus angeboten. Abgeschlossene Onlinekurse werden von indischen Bildungsinstitutionen anerkannt.	Ausbildung	Anerkennung von online erbrachten Leistungen Angebote von Lehrinhalten auf allen Bildungsebenen kostenloses Angebot															<a href="https://swayam.gov.in/">https://swayam.gov.in/</a>
<b>Codecademy</b>	MOOC	Codecademy bietet kostenlose webbasierte Kurse an, um verschiedenste Programmiersprachen zu erlernen. Die Kurse sind adaptiv und ermöglichen das	Training	Schaffung von Lernanreizen durch Gamification, laufendes Feedback durch die Software, Anwendungsbeispiele aus der Praxis															<a href="https://www.codecademy.com">https://www.codecademy.com</a>











## 4. Politische Handlungsempfehlungen

Die aktuelle Welle der Digitalisierung ist auch in Österreich von entscheidender Bedeutung. Neue digitale Technologien wie KI, Blockchain, MOOCs oder virtuelle Lernumgebungen sind wesentliche Faktoren einer soziokulturellen Transformation, deren tief greifende Auswirkungen sich in allen Lebensbereichen widerspiegeln und noch dazu schwer abschätzbar sind. Gerade im Bildungsbereich sehen wir uns dabei einer zunehmenden Anzahl digitaler Lerntools und virtuellen Lernräumen gegenüber, die unsere herkömmliche Art des Unterrichts und Lernens radikal verändern. Neben der gängigen Meinung, dass Digitalisierung die „Zukunft der Bildung“ sei, gibt es nichtsdestotrotz auch zunehmende Kritik in Wissenschaft wie Gesellschaft an den Auswirkungen dieser neuen technologischen Anwendungen.

Dieses Spannungsfeld zwischen den Möglichkeiten und Risiken der Digitalisierung im Bildungsbereich stellt die Politik in Österreich vor eine sensible Herausforderung. Es müssen konkrete Rahmenbedingungen entwickelt werden, die einerseits das technologische Potenzial digitaler Technologien für den Bildungsbereich sinnvoll und effizient nützen und dabei andererseits die gesellschaftlichen Ziele des Bildungssystems nicht aus den Augen verlieren. In diesem kontroversiellen Entscheidungs- und Aushandlungsprozess zwischen technisch Machbarem und gesellschaftlich Wünschenswertem bietet Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) ein optimales Anwendungs- und Testfeld für die Nutzung digitaler Lerntools in Österreich.

Die Übertragung der Ziele und Kriterien von BNE in die digitale Welt muss dabei als ganzheitlicher Ansatz verstanden werden. Wie Mike Friedrichsen und Peter Bisa (2018) zeigen, geht dieser Ansatz über die bloße Steigerung der Medienkompetenz hinaus, transformiert unser Lehr- und Lernsystem und vermittelt den Lernenden die notwendigen Kompetenzen proaktiv eine nachhaltige Zukunft mitzugestalten. Das vorherige Kapitel, die Sichtung und Analyse der internationalen Pionierbeispiele von Bildung und Digitalisierung, basiert auf genau diesem ganzheitlichen BNE-Ansatz. Ausgehend von den Erfahrungen der gesammelten internationalen Pionierbeispiele und deren Bezug zu den erarbeitenden Kriterien des BNE-Anforderungsprofils soll hier die dritte zentrale Frage des White Papers beantwortet werden:

*Welche politischen Handlungsempfehlungen für eine positive und reflektierte Nutzung der Digitalisierung für BNE in Österreich leiten sich von den untersuchten internationalen Beispielen ab?*

## **Politische Handlungsempfehlungen für eine positive und reflektierte Nutzung der Digitalisierung für BNE in Österreich**

### **Vermeidung von Insellösungen**

Um die Möglichkeiten der Digitalisierung erfolgreich zu nutzen, muss es einen gesamtheitlichen Ansatz geben, in dem AkteurInnen aller Ebenen eingebunden sind. Es gilt, Insellösungen zu vermeiden und einen einheitlichen Rahmenplan für den Einsatz digitaler Tools im Unterricht zu verankern. Dieser sollte alle Formen von Bildungsinstitutionen sowie sozio-geografische Gebiete einbeziehen, um flächendeckend Bildungsgerechtigkeit voranzutreiben und Leistungsdifferenzen zwischen Lernenden zu minimieren. Notwendige Programme, die im Unterricht eingesetzt werden, müssen auch Schulen zur Verfügung stehen, die nur eingeschränkte Investitionsmöglichkeiten haben. Ressourcen müssen bedarfsgerecht und koordiniert zur Verfügung gestellt und genutzt werden, um einen Mehrwert bieten zu können. Es gilt zu vermeiden, dass es zu großen qualitativen Unterschieden zwischen den verschiedenen Bildungseinrichtungen kommt. Der Einsatz neuer Technologien sollte auf allen Ebenen geplant und geregelt werden.

### **Förderung von Blended Learning – Vernetzung von analogen und digitalen Methoden**

Der Einsatz von digitalen Lerntools sollte immer in Verbindung mit analogen und sozialen Lernprozessen stattfinden, da diese einen ebenso wichtigen Beitrag zum Lernprozess liefern. Das sogenannte Blended Learning kann auch das selbst organisierte Lernen fördern, indem Lernende selbst bestimmen können, wann sie welche Methode nutzen und somit selbstbestimmte, selbst organisierte und emanzipatorische Bildung gefördert wird. Die Lehrenden müssen vor allem darauf achten, dass durch den Einsatz digitaler Technologien die Schere zwischen leistungsschwachen und leistungsstarken Lernenden nicht größer wird und alle Lernenden als Gemeinschaft vom Einsatz digitaler Lerntools profitieren. Dies kann unter anderem durch einen Methodenmix digitaler und analoger Lerntools erreicht werden. Zukünftige Richtlinien und Programme aus Politik und Verwaltung sollten diese notwendige Brücke zwischen analogen und digitalen Lernprozessen im Auge haben.

### **Förderung inter- und transdisziplinärer Forschung und Entwicklung**

Bei der Entwicklung digitaler Lerntools ist nicht nur auf den technischen Fortschritt, sondern auch auf die Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes zu achten. Daraus folgend muss nicht nur der Einsatz der Tools inter- und transdisziplinär stattfinden, sondern auch schon die Forschung und Entwicklung dazu. Technische Entwicklungen sollten mit Erkenntnissen aus der Bildungswissenschaft und anderen Fachbereichen verknüpft werden, um den Lernprozess möglichst fortschrittlich und zielführend zu

gestalten. Hier ist eine hochschul-/forschungsübergreifende Zusammenarbeit anzustreben, um Kenntnisse aus Technik, Pädagogik und Recht effizient und wirkungsvoll zu verknüpfen. Weiters wäre es sinnvoll, auch Kooperationen zwischen Anbietern von Lehrmaterialien zu stärken. Durch eine intensivierete Zusammenarbeit von Autoren von Schulbüchern und Anbietern digitaler Tools, wie Lernplattformen oder Tablets, können Kompetenzen vereint, Synergien gefunden und digitale Tools inter- und transdisziplinär in den Lernalltag eingebunden werden. Zukünftige Forschungsförderprogramme sollten also nicht nur die spezifischen technologischen Aspekte im Fokus haben, sondern auf einem inter- und transdisziplinären Ansatz beruhen.

### **Förderung von Ansätzen der Gamification**

Großes Potenzial hat die sogenannte Gamification, also das spielerische Aneignen von Wissen. Der Einsatz digitaler Technologien im Bildungsbereich erschafft vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für Gamification, weshalb dieses Konzept stark an Relevanz gewonnen hat. Gamification steigert die Motivation der Lernenden und fördert dadurch gleichzeitig das selbst organisierte Lernen. Digitale Lerntools sollten so konzipiert und eingesetzt werden, dass die Interaktivität in Gruppen und der Austausch zwischen den Lernenden gefördert wird. Durch Spielelemente und Erfolgserlebnisse wird der Lernprozess positiv unterstützt. Gleichzeitig verursacht Gamification im Lernprozess eine Steigerung des Spaßes am Lernen, wodurch Lerninhalte effizienter aufgenommen werden. Im Moment gibt es in Österreich nahezu eine Welle von neuen Start-ups und kleinen IT-Unternehmen, die digitale Produkte und Methoden aus dem Gebiet der Gamification für den Bildungsbereich anbieten. Eine stärkere Vernetzung und Förderung von Kooperationen dieser Unternehmen mit öffentlichen Bildungsinstitutionen wäre dabei empfehlenswert.

### **Schaffung einer einheitlichen Regelung für Datenverwendung**

Das Lernen mit digitalen Lerntools führt zu einer Ansammlung von großen Datenmengen. Für die Politik bedeutet dies nicht nur, dass diese Daten zu schützen sind, es geht hierbei vor allem um die Schaffung einheitlicher Standards bezüglich des Datenschutzes in diesem Bereich. Die Daten sollten ausschließlich für die Evaluierung der Leistungen der Lernenden, zur Dokumentation für die Lehrenden und zur Verbesserung und Weiterentwicklung der digitalen Tools verwendet werden und nicht an Dritte weitergegeben werden. Immer hinterfragt werden sollten die Algorithmen, die den digitalen Tools zugrunde liegen, und welche Daten sie verarbeiten und analysieren. Eine weitere relevante Frage ist, welche Unternehmen als Anbieter von digitalen Lernlösungen auftreten und wie sich deren Umgang mit den generierten Daten gestaltet. Adäquate digitale Tools sollten werbefrei sein und nur nach aktiver Zustimmung Verknüpfungen zu sozialen Netzwerken herstellen.

### **Flächendeckende Infrastruktur**

Um digitale Tools sinnvoll einsetzen zu können, ist die Schaffung einer dafür adäquaten und flächendeckenden Infrastruktur Grundvoraussetzung. Hierzu zählt

flächendeckender Zugang zu Internet und die Grundausstattung von Lernräumen. Alle Lernenden müssen Zugang zu der notwendigen Hardware, beispielsweise Laptops oder Tablets, haben, um die digitalen Lerntools nutzen zu können. Ein gleicher und freier Zugang zu Bildungsmöglichkeiten muss gewährleistet sein. Weiters muss dafür gesorgt werden, dass die Möglichkeiten der Digitalisierung auch in der Verwaltung und Administration genutzt werden. Durch einen einheitlichen Rahmen führt die Digitalisierung zu einem erhöhten Nutzen und mehr Qualität in der Administration, anstatt bürokratische Effekte zu verstärken. Politische Maßnahmen bezogen auf die digitale Infrastruktur werden in Österreich schon in vielen Bereichen wie bei der „digitalen Schule“ oder bei öffentlichen WIFI Spots gestartet bzw. sehen sich einer großen Umsetzungsbereitschaft gegenüber.

### **Verankerung der Digitalisierung in der LehrerInnenbildung**

Im Sinne eines gesamtheitlichen Ansatzes ist es notwendig, schon in der Ausbildung der Lehrenden einen Fokus auf den richtigen Einsatz und Umgang mit digitalen Tools zu legen, da ohne gut ausgebildete und motivierte Lehrkräfte die neuen digitalen Lernräume nicht adäquat genutzt werden können. Auf dem Lehrplan sollten deshalb Einführungen bezüglich der technischen Seite digitaler Tools stehen, damit Lehrende die Kompetenz haben neue Entwicklungen zu erkennen und die Tools verantwortlich im Unterricht zu integrieren. Didaktisch müssen Lehrende den Bedarf an digitalen Tools erkennen und die Kompetenz erlangen, diese situationsbedingt ideal einzusetzen. Die Verankerung von mediendidaktischer Methodenkompetenz in der LehrerInnenbildung ist Voraussetzung für eine gesamtheitliche Transformation der digitalen Bildung und einer effektiven Nutzung von digitalen Tools. Damit auch bestehende Lehrkräfte die positiven Effekte der Digitalisierung in den Unterricht einbauen können, ist die Finanzierung von geeigneten Fort- und Weiterbildungen essenziell.

### **Nachhaltige Beschaffung**

Elektronische Geräte enthalten nicht nachwachsende bzw. nicht nachhaltige Rohstoffe, die nicht selten aus Krisengebieten stammen oder unter menschenunwürdigen Bedingungen gewonnen werden. Hier gilt es, im Rahmen der öffentlichen Beschaffung, eine nachhaltige Lieferkette zu unterstützen. Weiters führt die Speicherung von Daten in großen Rechenzentren zu erhöhtem Strombedarf, welcher durch die Notwendigkeit von Kühlungen und Sicherheitsmechanismen entsteht. Es bietet sich die Zusammenarbeit mit NGOs und der Einbezug von WissenschaftlerInnen an, die weitgehende Erfahrungen mit dem dringenden Thema der Nachhaltigkeit haben. Ebenso ist die Technologiebranche in die Pflicht zu nehmen, auf allen Ebenen auf die nachhaltige und sozial verträgliche Produktion von Technologien zu achten. Schließlich ist eine digital-ökologische Steuerreform anzudenken, um nachhaltige Rahmenbedingungen zu schaffen und die Digitalisierung zu einem zukunftsweisenden Projekt zu machen.

### **Open-Source Technologien nutzen**

Open-Source Technologien bieten den Vorteil, dass gegenüber allen NutzerInnen über die Verwendung von Daten und die hinter Lernumgebungen stehenden Technologien und Algorithmen Transparenz besteht. Im Sinne eines dringend notwendigen Datenschutzes bei sensiblen Bildungsdaten, sowie mit der wachsenden Gefahr von Datenlecks bieten Open-Source Technologien die Sicherheit, dass die zugrunde liegenden Schutzmechanismen ausreichend sind. Das Vertrauen in Lernumgebungen in Bezug auf Verschlüsselungsmechanismen sensibler Daten sowie in die genutzten Algorithmen kann durch Open-Source Technologien stark gesteigert werden, wodurch auch die Beliebtheit und die Anwendungsmöglichkeiten digitaler Lerntechnologien verbessert werden. Für die Politik bedeutet dies eine stärkere Förderung innovativer Open-Source-Technologien (Awards, Förderungen, Vernetzungsveranstaltungen) sowie eine Integration des Themenfeldes in relevante Lehrpläne wie die der Höheren Technischen Lehranstalten (HTL).





## 5. Literatur

acatech. (2018). acatech HORIZONTE: Erste Ausgabe zum Thema Blockchain. Abgerufen 19. März 2019, von acatech website:

<https://www.acatech.de/Projekt/acatech-horizonte-blockchain/>

Akin-Hecke, M. (2014). In: Digitale Kompetenz und die Bildung. Wien: Institut zur Förderung digitaler Mediennutzung.

Aparicio, M., Oliveira, T., Bacao, F. & Painho, M. (2019). Gamification: A key determinant of massive open online course (MOOC) success. *Information & Management*, 56(1), 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.06.003>

Bart, M. & Michelsen, G. (2013). Learning for change: an educational contribution to sustainability. *Science Sustain Science* 8: 103–119.

Baturay, M. H. (2015). An Overview of the World of MOOCs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 427–433. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.685>

Beal, C. R., Arroyo, I. M., Cohen, P. R., Woolf, B. P. (2010). Evaluation of AnimalWatch: An intelligent tutoring system for arithmetic fractions. *Journal of Interactive Online Learning* (9(1)): 64–77.

Biberhofer, P. & Rammel, C. (2017). Transdisciplinary learning and teaching as answers to urban sustainability challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 18 (1): 63-83.

Brudermann, T., Aschemann, R., Füllsack, M. & Posch, A. (2019). Education for Sustainable Development 4.0: Lessons 2 learned from University of Graz, Austria. *Sustainability: In Druck*. <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

Bong, W. K. & Chen, W. (2016). How Accessible Are MOOCs to the Elderly? In K. Miesenberger, C. Bühler, & P. Penaz (Hrsg.), *Computers Helping People with Special Needs* (S. 437–444). Springer International Publishing.

Capelo, A., Clayson A. & Dos Santos. P. (2012). Education for sustainable development indicators, competences and science education. In: *Umweltbildung, Umweltkommunikation und Nachhaltigkeit - Environmental Education, Communication and*

Sustainability. Verleger: Peter Lang, Editors: Gonçalves, F, Pereira, R, Leal Filho, W, Azeiteiro, U.M. 99-123.

Chen, G., Xu, B., Lu, M. & Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. Smart Learning Environments, 5(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>

Conache, M., Dima, R. & Mutu, A. (2016). A Comparative Analysis of MOOC (Massive Open Online Course) Platforms. Informatica Economica; Bucharest, 20(2), 5–14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12948/issn14531305/20.2.2016.01>

Dudenredaktion. (o. J.). "Intelligenz" auf Duden online.  
<https://www.duden.de/rechtschreibung/Intelligenz>. Zugriff am 28.03.2019.

Engagement Global. (2018). Orientierung gefragt - BNE in einer digitalen Welt. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.

Espinet, M. (2012). Critical perspectives on promoting Quality Criteria for ESD: Engaging schools into reflection on the quality of ESD. In (Reti, M. & Tschapka, J.): Creating Learning Environments for the Future. Research and Practice on Sharing Knowledge on ESD. ENSI. <https://ensi.org/global/downloads/Publications/341/Creating%20learning%20environments.pdf>

Europäische Kommission. (2018). Factsheet: Artificial Intelligence for Europe. Digital Single Market - European Commission. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/factsheet-artificial-intelligence-europe>

Fadeeva, Z. (2007). From centre of excellence to centre of expertise: Regional centres of expertise on education sustainable development. In Wals, A.E.J.: Social learning: Towards a sustainable world. Wageningen Academic Publishers: Wageningen.

Forum Bildung Digitalisierung. (2017) Personalisiertes Lernen – mehr Bildungsgerechtigkeit mit digitalen Medien?  
<https://www.forumbd.de/dialog/personalisiertes-lernen/>

Friedrichsen, M. & Bisa, P. (2016). Digitale Souveränität: Vertrauen in der Netzwerkgesellschaft. Wiesbaden: Springer VS.

Frodemann, R., Thompson Klein, J. & Mitcham, C. (2010). The Oxford handbook of interdisciplinarity. Oxford University Press, Oxford.

Goldie, J. G. S. (2016). Connectivism: A knowledge learning theory for the digital age? *Medical Teacher*, 38(10), 1064–1069.

<https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1173661>

Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schütte, J., Torres, C. & Wendland, F. (2018). Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport.

[https://doi.org/10.18420/blockchain2018\\_07](https://doi.org/10.18420/blockchain2018_07)

Grech, A. & Camilleri, A. F. (2017). Blockchain in Education [EUR - Scientific and Technical Research Reports]. <https://doi.org/10.2760/60649>

Gruber-Rotheneder, B. (2011). Lernen mit digitalen Medien. Österreichisches Institut für Erwachsenenbildung.

Güttl-Strahlhofer, A. (2014). Was macht eigentlich die Virtuelle Pädagogische Hochschule? In: Digitale Kompetenz und die Bildung. Wien: Institut zur Förderung digitaler Mediennutzung.

Hillmayr, D., Frank R., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Zentrum für Internationale Vergleichsstudien. Münster New York: Waxmann.

Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S. & Coughlan, T. (2016). Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective. *Journal of Interactive Media in Education*, 2016(1). Abgerufen von <https://eric.ed.gov/?id=EJ1125654>

Kaplan, A. M. & Haenlein, M. (2016). Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster. *Business Horizons*, 59(4), 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.03.008>

Kerres, M. (2000). Internet und Schule. Eine Übersicht zu Theorie und Praxis des Internet in der Schule. *Zeitschrift für Pädagogik* (46): 113–30.

Klaffke, M. (2014). Millennials und Generation Z – Charakteristika der nachrückenden Arbeitnehmer-Generationen. In M. Klaffke (Hrsg.), *Generationen-*

*Management: Konzepte, Instrumente, Good-Practice-Ansätze* (S. 57–82).

[https://doi.org/10.1007/978-3-658-02325-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-02325-6_3)

Lange, E. (2012). Transforming transformative learning through sustainability and the new science. In Taylor, E. W. and Cranton, P.: *The handbook of transformative learning*, San Francisco, CA: Jossey-Bass: 195-211.

Lans, T., Blok, V. & Wesselink, R. (2014). Learning apart and together: towards an integrated competence framework for sustainable entrepreneurship in higher education. *Cleaner Production* 62: 37–47.

Mainzer, K. (2016). *Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?* Berlin, Heidelberg: Springer.

Margaryan, A., Bianco, M. & Littlejohn, A. (2015). Instructional quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). *Computers & Education*, 80, 77–83.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.005>

Mogensen, F. & Schnack K. (2010). The action competence approach and the ‘new’ discourses of education for sustainable development, competence and quality criteria. *Environmental Education Research Volume 16* (1): 59-74.

Merrill, M. D. (2012). *First Principles of Instruction* (1.). San Francisco, CA: Pfeiffer.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.

Osburg, T. & Lohrmann, C. (2017). *Sustainability in a Digital World*. Cham: Springer International Publishing.

Pechar, H. (2018). Eine digitale Transformation der Lehre an Hochschulen?. In: *Digitale Transformationen Gesellschaft, Bildung und Arbeit im Umbruch.*, Wien: Christian Brandstätter Verlag GmbH & Co KG.

Reiter, A. (2017). „Digitalisierung und Bildung – Strategien weltweit (Teil 3)“. *Forum Bildung Digitalisierung*. <https://www.forumbd.de/dialog/digitalisierung-und-bildungsstrategien-weltweit-teil-3>.

Röthler, D. (2014). Digitale Erwachsenenbildung in Österreich. In: Digitale Kompetenz und die Bildung. Wien: Institut zur Förderung digitaler Mediennutzung.

Sanchez-Gordon, S. & Luján-Mora, S. (2013). Web accessibility of MOOCs for elderly students. 2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 1–6.

<https://doi.org/10.1109/ITHET.2013.6671024>

Schael, C. (2018). Künstliche Intelligenz in der modernen Gesellschaft: Bedeutung der ‚Künstlichen Intelligenz‘ für die Gesellschaft. Datenschutz und Datensicherheit - DuD 42(9): 547–51.

Schaumburg, H. (2015). Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Bertelsmann Stiftung.

Schrüfer, G. & Brendel, N. (2018). Globales Lernen im digitalen Zeitalter. In: Globales Lernen im digitalen Zeitalter, Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft, Münster New York: Waxmann.

Schwarz, I., Teynor, J. & Haberl, M. (2018). Globales Lernen im digitalen Zeitalter. In: Globales Lernen im digitalen Zeitalter, Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft, Münster New York: Waxmann.

Siemens, G. (2004). Connectivism. A Learning Theory for the Digital Age. In: eLearnSpace.

Siemer, S., Rammel, C. & Elmer S. (2006). Pilotstudie zu Indikatoren einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wien. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur.

So, H. & Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. Australasian Journal of Educational Technology 25(1).

Spitzer, M. (2012). Digitale Demenz (Editorial). Nervenheilkunde 31 (7-8): 493-497

Stelzer-Orthofer, C. (2018). Erwerbsarbeit und Digitalisierung - Chancen und Risiken einer digitalisierten Arbeitswelt. Gesellschafts- und sozialpolitische Texte Band 16.

Linz: Sozialwissenschaftliche Vereinigung.

Sterling, S. (2010). Transformative Learning and Sustainability: sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education* 5: 17-33.

Sipos, Y., Battisti, B. & Grimm, K. (2008). Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 4: 68-86.

Thomas, I. (2009). Critical Thinking, Transformative Learning, Sustainable Education, and Problem-Based Learning in Universities, *Journal of Transformative Education* 7: 245-264.

Tilbury, D. (2004). Environmental education for sustainability: A force for change in higher education. In Corcoran, P. B. and Wals, A. E. J.: *Higher education and the challenge of sustainability: Problematics, promise and practice*. Dordrecht: Kluwer Academic: 97-112.

Tschorsch, F. & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 2084–2123. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2535718>

Turing, A. M. (1950). *Mind*. *Mind*, 59 (236), 433–460.

UNESCO (2015). *Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.

Weinhardt, J. M. & Sitzmann, T. (2019). Revolutionizing training and education? Three questions regarding massive open online courses (MOOCs). *Human Resource Management Review*, 29(2), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2018.06.004>

Wood, L. C. & Reiners, T. (2015). *Storytelling to Immersive Learners in an Authentic Virtual Training Environment*. In *Gamification in Education and Business*, Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_16).

## **Abkürzungsverzeichnis**

BNE – Bildung für Nachhaltige Entwicklung

BYOD - Bring Your Own Device

HTL – Höhere Technische Lehranstalt

ILMS - Intelligent Learning Management System

ITS - Intelligentes Tutorsystem

KI – Künstliche Intelligenz

LMS - Learning Management System

MOOC – Massive Open Online Course

OLE - Online Learning Environment

UN – United Nations

UN-DESD – United Nations Decade of Education for Sustainable Development

---