10

SPECIAL TOPIC

Technology assessment and higher education:

Theories, applications and concepts

Technikfolgenabschätzung im Kontext von Hochschulbildung:

Theorien, Praxisansätze und Konzepte

Edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10

TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis
Journal for Technology Assessment in Theory and Practice

oekom

INTRODUCTION

Möglichkeiten und Perspektiven der Technikfolgenabschätzung in der Bildung

Elke Hemminger*,[1], Sabrina C. Eimler[2]

Zusammenfassung • Technikfolgenabschätzung (TA) kommt in vielfältigen Bildungszusammenhängen vor, ihre Inhalte und Methoden können dazu beitragen, über disziplinäre Grenzen hinweg gesellschaftlich relevante Fragestellungen aus verschiedenen Perspektiven zu bearbeiten. Die Transdisziplinarität der TA wirft jedoch die Frage auf, in welchen Bildungskontexten TA-Perspektiven eingebracht werden und wie Bildungsprozesse sinnvoll strukturiert und effektiv gestärkt werden können. Dieses Special Topic thematisiert daher beide Perspektiven: die Praxis in diversen trans- und interdisziplinären Bildungskontexten sowie die eigene (Aus-)Bildungspraxis der TA.

Chances and perspectives of technology assessment in education

Abstract • *Technology assessment (TA) occurs in a variety of educational contexts, its content and methods can contribute to dealing with socially relevant issues from different perspectives across disciplinary boundaries. However, the transdisciplinarity of TA raises the question in which educational contexts TA perspectives are introduced and how educational processes can be effectively structured and strengthened. This issue therefore addresses both perspectives: practice in various trans- and interdisciplinary educational contexts, as well as TA's own educational practice.*

Keywords • *university education, transdisciplinarity, participatory education, TA as educational process*

* *Corresponding author: hemminger@evh-bochum.de*
[1] *Soziale Arbeit, Bildung und Diakonie, Evangelische Hochschule Rheinland-Westfalen-Lippe, Bochum, DE*
[2] *Institut Informatik/Forschungsinstitut Positive Computing, Hochschule Ruhr West, Bottrop, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.11
Received: Jan. 24, 2022; accepted: Feb. 04, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (editorial peer review)

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

Wir leben in Zeiten, in denen die gesellschaftlichen Herausforderungen, allen voran die pandemische Notfallsituation der Coronakrise und der Klimawandel mit seinen globalen Folgen, die Entwicklung wissenschaftlicher Lösungsansätze dringlicher denn je machen. Gleichzeitig müssen sich ganze Staaten und Staatengemeinschaften zu solchen Lösungsansätzen politisch positionieren und Debatten darüber führen, welche technologischen Risiken eingegangen werden sollen und können, um die Chancen bestimmter Verfahren nutzen zu können. Das Führen solcher Debatten ist die Grundlage partizipativer Entscheidungsprozesse; die Fähigkeit und Möglichkeit zur kompetenten Teilnahme daran ein zentraler Mechanismus in der Entstehung von Prognose- und Orientierungswissen im Sinne der Technikfolgenabschätzung (TA). Eine häufig und medienwirksam transportierte Annahme, beispielsweise in Werbespots für technische Geräte, betrifft die Idee, technische Innovationen würden ‚unsere Art zu leben' oder ‚die Gesellschaft' verändern. Zwar ist dies in gewisser Weise zutreffend, gleichzeitig entspricht diese einseitige und simplifizierte Perspektive auf die Wirkmächtigkeit von Technik auf Gesellschaft nicht den Erkenntnissen jahrzehntelanger Forschung. Tatsächlich ist der Zusammenhang zwischen Technik und Gesellschaft weit komplexer und schwieriger vorherzusehen als solche Narrative uns glauben lassen wollen. Dies ist eine wesentliche Erkenntnis, die sich insbesondere auf bildungspolitische Entscheidungen auswirken sollte (Facer 2011, S. 6 ff.).

Zahlreiche Studien zur Produktion technischer Innovationen und wissenschaftlicher Erkenntnisse haben gezeigt, dass soziale, politische und persönliche Faktoren in unterschiedlichsten Zusammenhängen – Drittmittelförderung, Entscheidung über die Relevanz von Resultaten, Methodenwahl – eine wesentliche Rolle spielen können und somit die Produktion wissenschaftlicher und technischer Daten nicht völlig unabhängig vom sozio-kulturellen Umfeld zu betrachten ist (Latour 1988; Stand-

age 1998). Des Weiteren gibt es viele Erkenntnisse darüber, dass die tatsächliche Nutzung von Technik nicht unbedingt ihrem ursprünglich beabsichtigten Zweck entspricht und dass die vielfältigen und komplexen Aneignungspraktiken kaum vorhersehbar sind. Technik wird in das jeweils vorhandene soziale Umfeld mit all seinen Werten und Bedürfnislagen, Vorurteilen und lokalen Besonderheiten integriert oder adaptiert, teils abgelehnt oder gänzlich verworfen. Unweigerlich hat Technik Auswirkungen auf das Soziale; ebenso hat das Soziale aber Auswirkungen auf die Technik, sodass von einem ständigen, wechselseitigen Prozess der Co-Produktion auszugehen ist, der nicht vorhersehbar oder steuerbar ist (Grint und Wolgaar 1997; Wolgaar 2002).

Was bedeutet dies für ein Nachdenken über die Zusammenhänge von TA und Bildung? Zum einen erfordert es ein konsequentes Zusammendenken von Sozialem und Technik, wenn es um wichtige Fragen der Zukunft geht. In Bildungszusammenhängen kann es nicht nur um Überlegungen bezüglich technischer und ökonomischer Trends oder wissenschaftlicher Entwicklungen gehen, sondern die sozialen, ethischen, kulturellen und politischen Fragen müssen konsequent mitgedacht werden. Zum anderen münden diese Erkenntnisse in ein grundsätzliches Umdenken bezüglich des Zusammenhangs von Technik und Zukunft. Nämlich weg von einem Narrativ einer Zukunft, die uns unweigerlich angetan wird, hin zu einer Zukunft, die gestaltbar ist, die wir kreativ mitbestimmen und lebenswert einrichten können (Hemminger 2021, S. 26 f.).

Die Technikfolgenabschätzung versucht seit geraumer Zeit darauf hinzuwirken, dass Partizipation und Gestaltbarkeit von Zukunftsprozessen gesellschaftlich wirksam propagiert werden. Insbesondere die aktuelle TA ist bemüht, ihre Verfahren nach den gesellschaftlich dringlichen Fragestellungen auszurichten und Nicht-Fachleute in Entscheidungsprozesse mit einzubeziehen (Häußling 2019, S. 364 f.). Umso paradoxer scheint es, dass das Vertrauen in die Wissenschaft in der westlichen Welt in Teilen der Bevölkerung schwindet (Gallup 2018). Während wir uns im Alltag zunehmend auf Technik und Wissenschaft verlassen, wird die Expertise von Wissenschaftler*innen und ihre Fähigkeit, wesentliche Probleme einzuschätzen oder gar zu lösen, öffentlich angezweifelt und diskreditiert. Im Zusammenhang mit Fehlinformationen und ‚alternativen Fakten' in den Filterblasen und Echokammern der sozialen Medien hat das Narrativ der gescheiterten Wissenschaft und die daraus resultierende Vertrauenskrise das Potenzial, demokratische Entscheidungsprozesse zu untergraben und den gesellschaftlichen Zusammenhalt zu erschüttern.

Wissenschaftler*innen sind daher nicht nur gefordert, einen Beitrag zu möglichen Lösungen der Problemlagen in ihren jeweiligen Disziplinen zu entwickeln, sondern diese auch verständlich für die Öffentlichkeit zu kommunizieren und partizipative Prozesse anzubieten, durch die Interesse und Akzeptanz für wissenschaftliche Möglichkeiten, Vorgehensweisen und auch deren Grenzen geweckt werden können. Das ist keine einfache Aufgabe und nur selten haben die komplexen Fragen nach sozialen, rechtlichen, ökologischen oder ethischen Entscheidungen in den wissenschaftlichen Einzeldisziplinen ausreichend curricularen Raum.

Genau diesen Raum beansprucht die TA als junges und dynamisches, transdisziplinäres Forschungsfeld für sich. Aus der Spannung zwischen dem Glauben an das zukunftsweisende und gesellschaftsverbessernde Potenzial von Technik und den nicht intendierten Folgen technischer Innovationen heraus entstanden neben der Erkenntnis, dass technische und wissenschaftliche Entwicklungen ambivalente Folgen haben können, politische, gesellschaftliche, aber auch wissenschaftliche Debatten. Letztlich führte dies dazu, dass mögliche negative Folgen von technischem Fortschritt heute in zunehmendem Maße mitgedacht werden und ein grundsätzlicher Fortschrittsoptimismus teilweise gänzlich in Frage gestellt wird. Diese grundsätzlichen Ambivalenzen stellen eine gelungene Praxis der TA als Bildungsprozess, der zwischen Risikoabschätzung und Chancenbewertung vermittelt, vor große Herausforderungen (Beecroft und Dusseldorp 2009). Dass TA in vielfältigen Bildungsbezügen vorkommt, an Hochschulen gelehrt und durch Professuren vertreten wird, ist hinreichend bekannt. Es liegen jedoch keine umfassenden aktuellen Daten dazu vor, in welchem Umfang, in welchen Strukturen und mit welchen spezifischen Inhalten dies der Fall ist.

Beiträge zu diesem Special Topic

Paul Jerchel, Nadine Kleine und Tasso Mulzer nähern sich in ihrem Beitrag dieser Problematik an und bearbeiten die Frage, wie häufig und in welcher Form TA-Inhalte an Hochschulen für angewandte Wissenschaften im deutschsprachigen Raum vorkommen. Um die aktuelle Umsetzung von TA-Inhalten in der Hochschullehre zu untersuchen, wird zur Datenerhebung die Methode des Webscraping eingesetzt, die eine systematische Inhaltsanalyse öffentlich zugänglicher Webinhalte der Hochschulen ermöglicht. Die Autor*innen identifizieren als Ergebnis ihrer Analyse zwar zahlreiche und vielversprechende Ansätze, die jedoch kaum flächendeckend verankert zu sein scheinen. Auch fehle es, so die Autor*innen, an einer strategischen Einbettung von TA-Perspektiven und Inhalten in der Hochschullandschaft nicht nur in der Forschung, sondern insbesondere in der Hochschullehre, was sich in einer fehlenden Erwähnung in Curricula, ausgearbeiteten Konzepten sowie Lehr- und Lernzielen zeige. Einige Ideen, wie sich eine solche Einbettung erreichen ließe, werden zum Ende des Beitrags aufgezeigt.

Theorien und Methoden der TA haben Eingang gefunden in die Hochschullandschaft. In der Praxis sieht die Umsetzung jedoch äußerst unterschiedlich aus. Welche Inhalte thematisiert werden, welche Methoden angewandt und auf welche theoretischen Rahmenbedingungen zurückgegriffen wird, obliegt meist den Entscheidungen einzelner Akteur*innen und den spezifischen Bedingungen an den Hochschulen. Gleichzeitig ist das pädagogische Handeln der Bildungsakteur*innen eingebettet in die immer dringlichere gesellschaftliche Situation der Aus-

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.11

schöpfung neuer Möglichkeiten und Strategien zur globalen Krisenbewältigung und der vielfältigen Herausforderungen, vor die uns innovative Technologien insgesamt bezüglich der Einschätzung potenzieller Folgen stellen. Die gesellschaftlichen Paradoxien, die daraus entstehen, lassen sich besonders eindrücklich am Beispiel der Klimakrise zeigen. Einerseits eine Folge technischer Entwicklungen, die als Auswirkung der Industrialisierung zwar wenigstens beachtlichen Teilen der Menschheit Wohlstand und einen hohen Lebensstandard einbringt (wenn auch bei weitem nicht allen Menschen gleichermaßen und schon gar nicht überall), nun aber die Lebensgrundlage aller Menschen gefährdet, ganz besonders derjenigen, die ohnehin schon von Armut betroffen sind. Andererseits ist eine Bewältigung der Klimakrise ohne technische Innovationen kaum mehr vorstellbar. Allerdings zeigt sich die Bevölkerung zumindest in Deutschland technischen Lösungen gegenüber eher kritisch, nur rund ein Drittel erwartet, dass globale Krisen durch Technik gelöst werden können (acatech 2018). Angesichts dieser Herausforderungen sind pädagogische Konzepte, die TA-Perspektiven in den Zusammenhang von inter- und transdisziplinären Fragestellungen einbetten, besonders dringlich. Beispiele dafür werden in diesem Special Topic vorgestellt.

Technik hat unweigerlich Auswirkungen auf das Soziale – und ebenso hat das Soziale Auswirkungen auf die Technik.

Jan Mehlich befasst sich in seinem Beitrag mit der Vermittlung von RRI-Kompetenzen (Responsible Research and Innovation) im MINTCurriculum (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) durch TA-Perspektiven am Beispiel eines neuartigen Lehrkonzepts. Das Konzept richtet sich an fortgeschrittene Chemie-Studierende im Master sowie an Promotionsstudierende und wurde als Onlinekurs entwickelt, der sowohl methodologische, als auch sozial-ökologische und ethische Dimensionen beinhaltet. Der Artikel erläutert den theoretischen Hintergrund des Kurses und dessen Aufbau, beleuchtet einzelne Kurselemente näher und beschreibt die TA-relevanten Inhalte und Übungen. Die Evaluation des Kurses zeigt auf, welche Kompetenzen die Studierenden gerade bezüglich der TA-relevanten Dimension des Kurses erwerben können und wo die besondere Relevanz des Konzepts im Hinblick auf die Ausbildung der Diskursfähigkeit der Studierenden liegt.

Im Kontext von Bildung für nachhaltige Entwicklung eruiert der Artikel von Frank Ebinger, Livia Buttke und Julian Kreimeier die Potenziale und den Einsatz von immersiven Technologien. Im Unterschied zu traditionellen Vermittlungsmethoden biete Virtual und Augmented Reality (VR/AR) die Möglichkeit des Eintauchens in Simulationen realistischer (Zukunfts-) Szenarien und erleichtere so aktives Lernen und Wissenstransfer. Die Autor*innen stellen die Eigenschaften von Bildung zu nachhaltiger Entwicklung (zum Beispiel Wissen und Werte, Entscheidungskompetenz, Teilhabe und Verantwortungsgefühl) bestehenden technischen Anwendungsbeispielen und Vorteilen von immersiven Umgebungen (zum Beispiel Simulation, Immersion, Kollaboration, Interaktivität und Kosteneffizienz) gegenüber. Im Rahmen eines Expert*innen-Panels lassen sie diese zunächst allgemein und anschließend am Beispiel eines Prototypen einer Anwendung für Urban Greening diskutieren und bewerten. Die Expert*innenrunde komme zu dem Schluss, dass AR und VR Instrumente sein können, um die Erreichung von Bildungszielen insbesondere durch Simulations- und Interaktionsmöglichkeiten zu fördern, die einen entscheidenden Beitrag zum Wissens- und Wertetransfer sowie zum Handlungsverständnis leisteten. Die individuelle Ausgestaltung der VR- und AR-Anwendung sei jedoch entscheidend für das Ergebnis. Insgesamt sei hier noch ein großer Bedarf an weiterer Forschung mit Blick auf die Wirksamkeit in unterschiedlichen Kontexten sowie hinsichtlich des Einflusses auf Einstellungen, Verhaltensänderung und Entscheidungsfähigkeit festzustellen.

Ein digitales Instrument als Mittel der Veränderung von Praktiken und Vermittlung von Werten steht auch in dem Beitrag von Christiane Wetzel, Ina Frenzel, Daniela Schirmer und Philipp Pohlenz im Mittelpunkt. Der Werkstattbericht widmet sich elektronischen Labortagebüchern (Electronic Laboratory Notebooks/ELN) als einem Mittel, die Dokumentation von Forschungsprozessen transparenter zu machen, Teamarbeit und wissenschaftliche Kooperation sowie den Wissenstransfer zu unterstützen, zu erleichtern und zu fördern. Am Beispiel der gesammelten Erfahrungswerte des Einsatzes in der Charité Universitätsmedizin Berlin behandeln die Autor*innen die vielseitigen Vorteile von ELN und reflektieren Anforderungen an und Hürden in den Handlungsroutinen von Wissenschaftler*innen sowie Potenziale der Laborbücher als Instrumente der Förderung guter wissenschaftlicher Praxis, die eine frühzeitige Verankerung in der Hochschulbildung erhalten sollte. Die Implementierung von ELN, auch in anderen Disziplinen, stelle eine soziale Innovation dar. Eine transparente Darstellung von Forschungs-, Lern-, und Erkenntnisprozessen, ein datenbasierter wissenschaftlicher Austausch sowie der Einbezug von Stakeholdern und ein Wissenstransfer in die Gesellschaft als wünschenswerte soziale Praktiken und gesellschaftliche Ziele seien durch ELN förderbar.

Neben technischen Herausforderungen spielen in der Bearbeitung der in den Artikeln präsentierten Fragestellungen vielfältige Aspekte ethischer, sozialer und politischer Art eine ent-

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.11

scheidende Rolle. Schließlich verbirgt sich hinter all den Fragen nach Möglichkeiten der Umsetzung und Entwicklung immer auch die Frage nach einer lebenswerten und zukunftsfähigen Gesellschaft. TA als transdisziplinäres Forschungsfeld versteht sich unter anderem als Mittlerinstanz, welche die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft anstoßen und moderieren möchte. Ein Beispiel, wie dies gelingen kann, zeigt der Beitrag von Theresa Franke, Florian Hoffmann, Editha Marquardt und Philipp Pohlenz, die sich gesellschaftlichen Lernprozessen im Reallabor widmen. Ihr Artikel schildert die theoretische Fundierung sowie Aktivitäten und Erfahrungswerte aus der Praxis des partizipativen Studierendenprojekts in:takt in Magdeburg. Inspiriert aus der kritischen Bildungstheorie dient ihnen das Reallabor als Forschungsformat gesellschaftlichen Lernens in den Dimensionen Forschung, Praxis und Bildung (Beecroft 2020). Die Autor*innen fassen zusammen, dass im „Reallaborkontext Prozesse der ‚De-Institutionalisierung' und ‚De-Zweckzuweisung' individuellen Lernens mit gesamtgesellschaftlichen Entwicklungszielen" (Franke et al. in diesem Heft) vereint werden.

Fazit

Neben der TA stehen auch Bildungsakteur*innen und politische Entscheidungsträger*innen in der Verantwortung, gesellschaftliche Diskurse zu ermöglichen, anzuregen und zu begleiten. Häufig wird der analytische Diskurs jedoch sowohl im wissenschaftlichen als auch im gesellschaftlichen Bereich durch die strikte Trennung der Disziplinen sowie ein wenig ausgebildetes Bewusstsein für die Gestaltbarkeit sozialer Prozesse im Kontext von technischer und wissenschaftlicher Innovation behindert. Dieser Problematik steht die dringende Notwendigkeit gegenüber, die wechselseitigen Zusammenhänge zwischen technischer und sozialer Entwicklung transdisziplinär und gesamtgesellschaftlich zu bearbeiten.

Wie die Artikel dieses Special Topics zeigen, bietet die TA Inhalte und Methoden für verschiedenen Bildungskontexte. Praxis und Methoden der TA werden in vielfältigen Bildungszusammenhängen angewendet und können dazu beitragen, über disziplinäre Grenzen hinweg gesellschaftlich relevante Fragestellungen aus verschiedenen Perspektiven zu bearbeiten. Gleichzeitig muss aus der gesellschaftlichen Notwendigkeit einer intensiven wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Fragen der TA heraus auch diskutiert werden, ob und wie sich TA als transdisziplinäres Forschungsfeld weiterentwickeln soll und kann. Eine Entwicklung hin zu disziplinärer Geschlossenheit birgt die Gefahr eines Verlusts an Anknüpfungspunkten an Politik und Wirtschaft. Transdisziplinarität wiederum wirft die Frage auf, aus welchen Bildungskontexten sich Akteur*innen rekrutieren sollen und wie Bildungsprozesse strukturiert und gestärkt werden können. Dieses Special Topic thematisiert daher beide Perspektiven: die Praxis in diversen trans- und interdisziplinären Bildungskontexten sowie die eigene (Aus)Bildungspraxis der TA.

Funding • This work received no external funding.
Competing interests • The authors declare no competing interests.

Literatur

acatech (2018): Technikradar 2018. Was die Deutschen über Technik denken. Hamburg: Körber Stiftung. Online verfügbar unter https://www.acatech.de/publikation/technikradar-2018-was-die-deutschen-ueber-technik-denken/, zuletzt geprüft am 04. 02. 2022.

Beecroft, Richard (2020): Das Reallabor als transdisziplinärer Rahmen zur Unterstützung und Vernetzung von Lernzyklen. Dissertation. Lüneburg: Leuphana Universität Lüneburg. Online verfügbar unter https://pub-data.leuphana.de/frontdoor/deliver/index/docId/1031/file/diss_2020_beecroft_richard.pdf, zuletzt geprüft am 10. 02. 2022.

Beecroft, Richard; Dusseldorp, Marc (2009): TA als Bildung. Ansatzpunkte für Methodologie und Lehre. In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis 18 (3), S. 55–64. https://doi.org/10.14512/tatup.18.3.55

Facer, Keri (2011): Learning Futures. Education, technology and social change. London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203817308

Gallup (2018): Wellcome global monitor. First wave findings. Online verfügbar unter https://wellcome.org/reports/wellcome-global-monitor/2018, zuletzt geprüft am 04. 02. 22.

Grint, Keith; Wolgaar, Steve (1997): The machine at work. Technology, work and organization. London: Routledge.

Häußling, Roger (2019): Techniksoziologie. Opladen: UTB. https://doi.org/10.36198/9783838550794

Hemminger, Elke (2021): Science and technology awareness im Studium der Sozialen Arbeit. In: Sozialmagazin 3 (4), S. 24–31.

Latour, Bruno (1988): The pasteurization of France. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Standage, Tom (1998): The Victorian Internet. The remarkable story of the telegraph and the nineteenth century's online pioneers. London: Phoenix.

Wolgaar, Steve (Hg.) (2002): Virtual society? Technology, cyberbole, reality. Oxford: Oxford University Press.

DR. ELKE HEMMINGER
ist seit 2017 Professorin für Soziologie an der Ev. Hochschule RWL in Bochum mit einem Schwerpunkt auf Techniksoziologie, Digitalität und Bildung sowie Methoden der empirischen Sozialforschung. Vor ihrer Promotion an der PH Schwäbisch Gmünd und der University of Waikato in Hamilton (NZ) im Jahr 2009 war sie mehrere Jahre als Lehrerin im Schuldienst tätig.

DR. SABRINA C. EIMLER
ist seit 2015 Professorin für Human Factors and Gender Studies im Institut Informatik der Hochschule Ruhr West in Bottrop. Ihre interdisziplinäre Forschung vereint menschzentrierte, am Wohlbefinden orientierte Technologieentwicklung mit experimenteller Medien- und Sozialpsychologie, insbesondere in den Anwendungsfeldern Virtual und Augmented Reality, Social Media und Social Robotics.

TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis
Journal for Technology Assessment in Theory and Practice

oekom

RESEARCH ARTICLE

Technikfolgenabschätzung an Hochschulen für angewandte Wissenschaften: Zum Lückenschluss zwischen Handlungswissen und Erfüllungskompetenz

Paul Jerchel*,[1], Nadine Kleine[2], Tasso Mulzer[1]

Zusammenfassung • Die Technikfolgenabschätzung (TA) hat sich als elementares Werkzeug zum Umgang mit ‚wicked problems' etabliert. TA-Einrichtungen decken viele Bereiche der Forschungslandschaft ab; allerdings stellt sich die Frage, in welchem Maße TA von Fachhochschulen inkorporiert wird. Diese sollen neben der Bildungsvermittlung als lokale Innovationstreibende fungieren. Der Beitrag untersucht die Verbreitung von TA-Ansätzen an technisch ausgerichteten staatlichen Fachhochschulen im deutschsprachigen Raum. Mit einer systematischen Inhaltsanalyse öffentlicher Online-Informationen wird ein Überblick über die verschiedenen Erscheinungsformen gegeben. Ziel ist es, den aktuellen Stand der TA-Einbettung zu überprüfen und Bedarfe wie Chancen durch eine tiefere Implementation von TA-Instrumenten in Lehre und Forschung aufzuzeigen.

Technology assessment at universities of applied sciences: On closing the gap between knowledge for action and implementation competence

Abstract • *Technology assessment (TA) has become an essential tool for dealing with wicked problems. TA institutions cover many areas of the research landscape; however, the question arises to what extent TA is incorporated by universities of applied sciences. These are supposed to act as local drivers of innovation in addition to providing education. This article examines the dissemination of TA approaches at technically oriented state universities of applied sciences in German-speaking countries. Using a systematic content analysis of online information, it provides an overview of the different manifestations. The aim is to review the current state of TA embedding and to identify needs for and potential opportunities through a thorough implementation of TA instruments in education and research.*

Keywords • *technology assessment, university of applied sciences, knowledge transfer, DACH region*

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

* *Corresponding author: paul.jerchel@bht-berlin.de*
[1] *Fachbereich Elektrotechnik – Mechatronik – Optometrie, Berliner Hochschule für Technik, Berlin, DE*
[2] *Institut für Sozialforschung und Technikfolgenabschätzung, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Regensburg, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.15
Received: Sep. 13, 2021; revised version accepted: Jan. 31, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (peer review)

Einleitung

Technikfolgenabschätzung (TA) als transdisziplinäre Wissenschaft hat sich im Spannungsfeld der Trendanalyse ihrer jeweiligen Fachdisziplinen und der unmittelbaren Gesellschafts- und Politikberatung als elementares Werkzeug zur Ansprache und Vermeidung von ‚wicked problems' etabliert. Ihr Einfluss auf die akademische Debatte bei gesellschaftlichen Richtungsentscheidungen, die Aufnahme ihrer Begriffe in zahlreiche politische Programme und ihre Anknüpfungspunkte an Fragen der Wissenschaftskommunikation sind unbestritten. Dabei hinterfragt die deutschsprachige TA-Community zunehmend ihre Rolle. In der Debatte um die gestaltende Rolle hieß es jüngst, die Technikfolgenabschätzung solle „sehr viel transformativer werden", ohne an „Freiheit, Reflexionsvermögen, […] Übertragbarkeit und Anschlussfähigkeit" zu verlieren (Parodi 2021 a, S. 33).

Mit Blick auf diese selbst auferlegte Aufgabe liegt es nah, die Beziehung zwischen Bildungseinrichtungen und der Disziplin

Staat	Stichwort	Kategorie					Gesamt
		Forschungsprojekt	Studienprofil	Selbstverständnis	Personenprofil	Sonstige	
Deutschland	**Gesamt**	9	31	23	23	1	**87**
	Technikfolgen (+ Derivate)	8	24	15	21	1	69
	Technologiefolgen (+ Derivate)	1	2	5	2	0	10
	Technology Assessment	0	5	3	0	0	8
Österreich	**Gesamt**	7	31	4	6	2	**50**
	Technikfolgen (+ Derivate)	5	17	2	3	0	27
	Technologiefolgen (+ Derivate)	0	3	0	1	2	6
	Technology Assessment	2	11	2	2	0	17
Schweiz	**Gesamt**	7	1	4	17	4	**33**
	Technikfolgen (+ Derivate)	3	0	3	6	0	12
	Technologiefolgen (+ Derivate)	2	1	0	1	2	6
	Technology Assessment	2	0	1	10	2	15
DACH gesamt	**Gesamt**	**23**	**63**	**31**	**46**	**7**	**170**

Tab. 1: Überblick über die Ergebnisse nach Ländern, Begriffen und Kategorien. *Quelle: eigene Darstellung*

der TA genauer zu betrachten. Insbesondere im tertiären Sektor, also bei den Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW), scheint eine Verflechtung mit TA-Inhalten nur konsequent. Laut Sotoudeh wurde bereits „in den letzten Jahren intensiv an TA in der Lehre in den Fachhochschulen" gearbeitet. Nicht nur für „Studierende der Ingenieur- und Betriebswissenschaften" und ihre künftigen Rollen in Unternehmen ist TA relevant, sondern die Verbindung ist auch „für den Erfolg der TA […] [selbst] entscheidend" (Sotoudeh 2021, S. 175). Dennoch zählen das Fachportal openTA und das Netzwerk Technikfolgenabschätzung im September 2021 lediglich zwei institutionelle Mitglieder (von 58), die Organisationseinheiten von HAW oder beteiligte Einrichtungen sind, sowie 14 von 409 persönlichen Mitgliedern, die die Zugehörigkeit zu einer HAW angeben – also jeweils lediglich ca. 3 % (openTA 2021).

Der Hochschultyp, vielerorts Fachhochschule (FH) genannt, etablierte sich zu Beginn der 1970er-Jahre, um eine auf wissenschaftlichen Kenntnissen beruhende Ausbildung zu gewährleisten (Land Nordrhein-Westfalen 1969) und inkorporierte ehemalige Ingenieurschulen und polytechnische Institute. HAW sind seit jeher der Anwendung von Forschungsergebnissen und dem Methoden- und Wissenstransfer verpflichtet; sie wirken in regionalen Ökosystemen und haben einen besonderen Einfluss auf die Zukunftskompetenz ihrer Regionen. Die Hochschulgesetze mehrerer deutscher Bundesländer verpflichten HAW zum „Erhalt […] menschlicher Lebens- und Umweltbedingungen" und einer Auseinandersetzung „mit den möglichen Folgen einer Nutzung ihrer Forschungsergebnisse" (SenJustVA 2011, § 4; MWK BW 2005, § 2; MWG RLP 2020).

Vor dem Hintergrund dieser Ausrichtung der Fachhochschulen und angesichts der Perspektiven der Autor*innen dieses Aufsatzes (studierend, dozierend, forschend) ergab sich das Interesse einer Überprüfung der aktuellen Umsetzung von TA-Inhalten in Forschung, Lehre und Transfer von HAW.

Methodik und Auswertung

Beschreibung der methodischen Vorgehensweise

Um der Frage nach der Einbindung von TA-Aspekten an FH nachzugehen, wurde mittels Webscrapings eine systematische Inhaltsanalyse der Hochschul-Webseiten durchgeführt. Webscraping ist das automatisierte Sammeln und Auswerten von Inhalten aus öffentlich zugänglichen Datenquellen (meist Webseiten) im Internet mittels einer Vielfalt möglicher Programmiertechniken zur Datenanalyse, Sprachauswertung sowie Informationsinfrastruktur und -sicherheit (Mitchell 2015). Angesichts etablierter Forschungsinstitutionen für TA in Deutschland, Österreich und der Schweiz als auch der aktiven Netzwerke zwischen ihnen, umfasst die Analyse staatliche, deutschsprachige Fachhochschulen mit technischem Profil im sogenannten DACH-Bereich (Deutschland, Österreich, Schweiz). Folgende Einschränkungen wurden dabei vorgenommen: a) Universitäten, Kunst- und Musikhochschulen, Verwaltungshochschulen und Hochschulen eigenen Typs (wie bspw. Polizeihochschulen) wurden nicht berücksichtigt. b) In Österreich hat das Hochschul-Modell durch die per se privatrechtliche Form eine Sonderrolle (BMBWF 2021 a) – hier orientieren wir uns an der staatlichen Akkreditierung. c) Die Limitierung auf deutschsprachige Hochschulen ergibt sich aus der angestrebten Vergleichbarkeit mittels Stichworten. 102 Hochschulen aus Deutschland (Hochschulkompass 2021), 21 aus Österreich (BMBWF 2021 b) und zehn aus der

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.15

Schweiz (Swissuniversities 2021), sowie deren Webseiten entsprechen diesen Kriterien.

Als Begriffe, mithilfe derer nach TA-Aspekten gesucht werden soll, wurden *Technikfolgen* (darunter: Technikfolgenabschätzung, Technikfolgenforschung), *Technologiefolgen* (darunter: Technologiefolgenabschätzung, Technologiefolgenforschung) und *Technology Assessment* bestimmt. Die öffentlich zugänglichen Webseiten (HTML, auslesbare PDF) wurden mithilfe eines *Wget*-Skripts bis zu fünf Link-Ebenen unter der Homepage kopiert und gespeichert. Mit dem Programm *ripgrep* wurden diese Daten nach den ausgewählten Begriffen durchsucht und die Ergebnisse in Form der spezifischen Adresse und Anzahl der Funde in Textdateien gespeichert (siehe Forschungsdaten). Durch manuelle Sichtung erfolgte eine Zuordnung in folgende Kategorien:

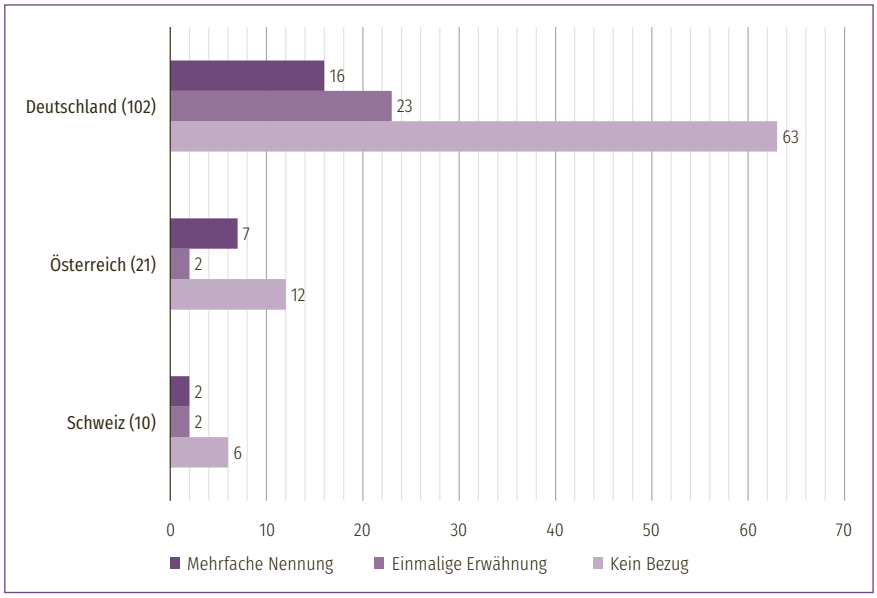


Abb. 1: Hochschulanzahl mit einmaliger, mehrfacher und keiner Begriffsnennung, pro Land.
Quelle: eigene Darstellung

- Forschungsprojekt: konkrete Projektvorhaben und Projekte
- Forschungsselbstverständnis: (Selbst-)Vorstellung von Instituten, Fachbereichen, Research-Center, Forschungsgruppe und -einheiten
- Leitbilder/Corporate Identity: Leitbilder und Selbstverständnis auf Hochschulebene
- Studienprofil: Beschreibungen von Veranstaltungen, Modulen und Studiengängen
- Personenprofil: Profile von FH-Angehörigen, z. B. Forschungsschwerpunkte, Forschungs-, Lehr- und Publikationstätigkeit
- Sonstiges
- Ungültig: defekter Link, nicht auffindbarer Suchbegriff; Verlinkung zu externen Inhalten

Dabei wurden nur die aus dem Textkorpus und aus direkten, seiteninternen Verlinkungen hervorgehenden Nennungen berücksichtigt. Groß- und Kleinschreibung wurden nicht berücksichtigt. Weiterführende manuelle Exploration durch die Suchfunktion der Websites fand nicht statt. Die Liste wurde um Duplikate bereinigt, die (durch Weiterleitungen, mehrfach verknüpfte Webseiten u. a.) eine beträchtliche Anzahl einnahmen. Der Scraping-Zeitraum war von 10. 08. bis 06. 09. 2021, der Zeitraum der manuellen Kategorisierung von 02. 09. bis 10. 09. 2021.

Auswertung

Nach der Bereinigung wurden insgesamt 170 Webseiten mit relevanten TA-Inhalten gefunden (vgl. Tabelle 1): 87 an deutschen, 50 an österreichischen und 33 an deutschsprachigen schweizer Hochschulen. Die Aufteilung der Treffer in unterschiedliche Kategorien zeigt eine stärkere Betonung von TA in Studienprofilen (63) und Personenprofilen (46), etwas weniger in allgemeinen Beschreibungen des Forschungsselbstverständnisses (31) und konkreten Forschungsprojekten (23) und außerdem einzelne sonstige Fälle (7, davon 3 Veröffentlichungen zu TA, 2 nicht näher definierte Partnerschaften mit TA-Institutionen, 1 Pressemitteilung und 1 Studierendenschaft-Erklärung). Da es für die Kategorie Leitbilder/Corporate Identity insgesamt nur einen Treffer gab, wurde dieser unter der Kategorie Forschungsselbstverständnis subsumiert, da beide auf eine Identifikation mit TA schließen lassen.

Trotz unterschiedlicher Verteilung der Begriffe pro Land (siehe Tabelle 1) ist die Nutzung des Begriffs Technikfolgen (+ Derivate) am meisten verbreitet (63 %). Der Begriff *Technology Assessment* (24 %) wird durchaus auch in deutschsprachigen Zusammenhängen genutzt, nicht nur in englischen Übersetzungen der Webseiten.

Bei der Aufteilung der Hochschulen nach Trefferanzahl (siehe Abbildung 1) wird deutlich, dass die Anzahl der Hochschulen ohne Treffer überall am höchsten ist (insg.: 81). Die Anzahl der Hochschulen mit Treffern ist geringer: Einmalig erwähnt wurde einer der drei Begriffe insgesamt an 27 Hochschulen, mehrfache Nennungen fanden sich ebenfalls an 27 Fachhochschulen.

In Abbildung 2 zeigt sich durch Aufschlüsselung nach Kategorien deutlich, dass die Begriffe in den DACH-Ländern in unterschiedlichem Kontext genutzt werden: TA-Begriffe in Personenprofilen machen in der Schweiz die deutliche Mehrheit aus (17), in Österreich dominieren Studienprofile (31). Deutlich dahinter mit jeweils 7 Ergebnissen liegt die Kategorie Forschungsprojekt. In Deutschland ist die Verteilung zwischen Stu-

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.15

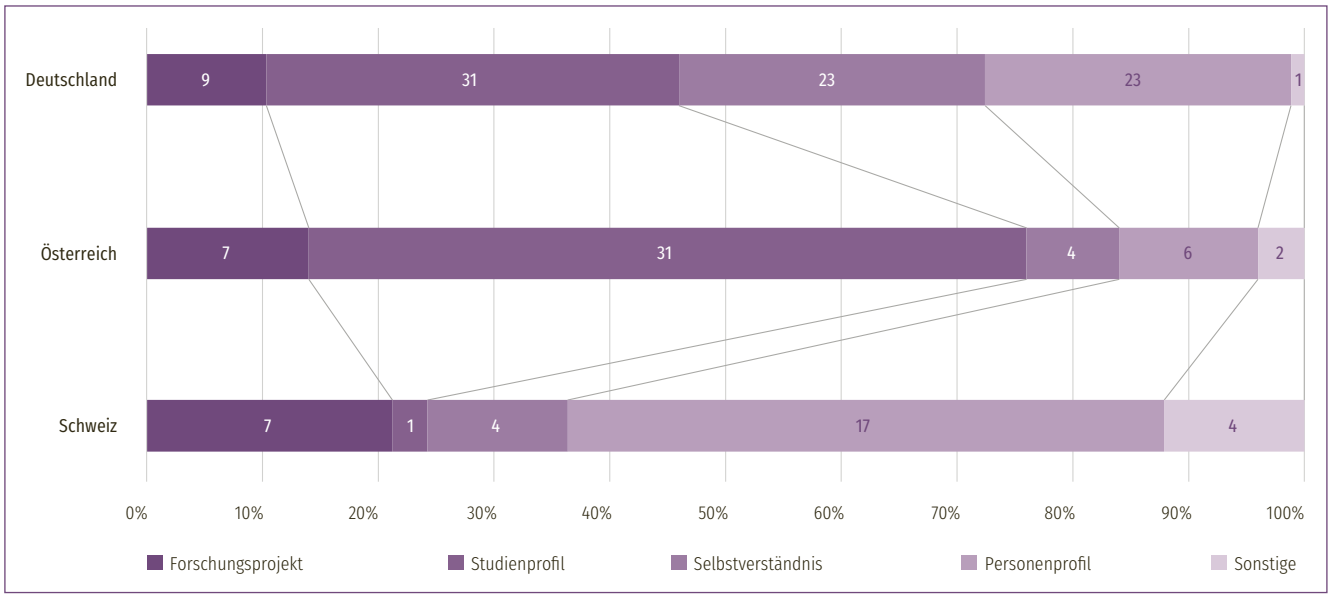


Abb. 2: Ergebnisverteilung auf Kategorien pro Land. Die Zahlenwerte innerhalb der Balken sind Absolutwerte der Treffer. *Quelle: eigene Darstellung*

dienprofil (31), Forschungsselbstverständnis (23) und Personenprofil (23) ausgeglichener; Forschungsprojekte (9) sind seltener vertreten. Auffällig ist auch der relative Ländervergleich: So hält die Schweiz prozentual die meisten Ergebnisse im Zusammenhang mit Forschungsprojekten, während Deutschland den größten Anteil von TA-Nennungen im Kontext von Selbstverständnis hat.

Fachhochschulen und TA – ein Analyseversuch

In allen DACH-Ländern spielen TA-Aspekte in unterschiedlicher Form und Kontexten eine Rolle. Trotz der vielen Ergebnisse in Deutschland ist hier die relative Anzahl der FH ohne TA-Bezug am höchsten. Die Schweiz hat in Relation ein besseres Verhältnis von Hochschulen mit und ohne TA-Bezug, wobei dies bei einer Anzahl von 10 FH bedingt aussagekräftig ist. Dies zeigt sich auch bei der Verteilung der Kategorien: So scheinen beispielsweise die jeweils 31 Treffer in der Kategorie Studienprofil in Deutschland und Österreich beachtlich. Der Unterschied: Während in Österreich einige Studiengänge TA-Pflichtveranstaltungen haben, findet sich TA in der deutschen Hochschullehre eher als ein Aspekt unter vielen in Wahlpflichtfächern, Veranstaltungen für Schlüsselkompetenzen und Ringvorlesungen. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei Personenprofilen: Einige Personen haben TA als Forschungsschwerpunkt und Lehrinhalt; andere weisen einzelne Veröffentlichungen in einer Zeitschrift oder Sammelbänden mit groben TA-Bezug vor, ohne dass die Begriffe an anderer Stelle wieder auftreten oder aus den Profilen andere Verbindungen zur TA-Disziplin auszumachen wären. Die quantitativen Ergebnisse geben also einen substanziellen Einblick in die Verbreitung von TA an Hochschulen; für konkretere Aussagen bedarf es jedoch einer tiefergehenden Analyse.

TA-Anwendung an DACH-Hochschulen

In Deutschland finden sich TA-Bezüge v. a. im Forschungsselbstverständnis, in Studienprofilen und Personenprofilen – jedoch selten bei konkreten Forschungsprojekten und gar nicht in den Leitbildern der Hochschulen selbst. Die hohe Anzahl an Treffern in der Kategorie Forschungsselbstverständnis ist bemerkenswert: Die Ergebnisse erwecken den Eindruck, dass TA insbesondere an Forschungsinstituten, -zentren und -gruppen als Aufgabe und Ziel verstanden wird, wohingegen konkrete Forschungsprojekte einerseits und Hochschuladministrationen andererseits der Technikfolgenabschätzung noch keine Relevanz beimessen. Der Einbezug der Personenprofile ist nur bedingt hilfreich, um Aussagen über die Implementationstiefe von TA-Inhalten zu tätigen. Dies liegt in der Natur der Technikfolgenabschätzung als transdisziplinäre Wissenschaft: Auch Angehörige der Hochschulen, die keinen dezidierten Fokus auf TA-Forschung angeben, können Berührungspunkte mit dieser haben – verdeutlicht in Publikationen zu genannten Begriffen. TA in der deutschen Hochschullehre teilt sich auf: Vermehrt finden sich TA-Inhalte in optionalen Veranstaltungen im Zusammenhang mit den Themen Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Ethik; in festgesetzten Curricula sind die TA-Inhalte meist eingebettet in konkrete Anwendungsfelder, v. a. im Gesundheitsbereich.

In Österreich findet sich der TA-Bezug v. a. in den Studienprofilen: Die Analyse zeigt, dass sich TA im Studienverlaufsplan unterschiedlichster Studiengänge findet, v. a. in technischen, wirtschaftlichen und sozialen Bereichen. Auch die Erwähnung der Suchbegriffe in Personenprofilen fällt meist im Zusammen-

hang mit Lehrveranstaltungen: Einige weisen auf frühere Tätigkeiten an TA-Institutionen hin, was den Eindruck einer inter- und transdisziplinären Ausrichtung der Lehre verstärkt. Relevante Forschungsprojekte beschäftigen sich größtenteils mit Energie, Mobilität und Stadtplanung; im Kontext von TA gefallene Aussagen zum Selbstverständnis lassen sich insbesondere auf Webseiten von Institutionen finden, die zu erneuerbaren Energien forschen (siehe Forschungsdaten).

Die deutschsprachige Schweiz hat die kleinste Anzahl betrachteter Fachhochschulen, die unseren Suchkriterien entsprechen. Hier fällt die Verteilung zugunsten der Personenprofile auf: Während einige Personen TA durchaus als Forschungsfokus angeben, findet sich TA auch hier vermehrt in den Publikationstiteln. Die Forschungsprojekte beziehen sich insbesondere auf Gesundheits- und Energie-Themen, wohingegen TA im Forschungsselbstverständnis von Institutionen mit Schwerpunkt Nachhaltigkeit oder KI auftaucht. Bemerkenswert ist die Unsichtbarkeit von TA in der Lehre: Lediglich im Modul einer Weiterbildung zu digitaler Ethik fallen gesuchte Begriffe.

Platzierung	Hochschule	Erwähnungen
1	**ZHAW (CH)**	**31**
2	**Technikum Wien (A)**	**14**
3	**FH Joanneum (A)**	**11**
4	FH Kärnten (A)	10
4	OTH Regensburg (D)	10
6	HAW Hamburg (D)	7
6	Hochschule Bochum (D)	7
8	TH Ingolstadt (D)	6
9	HfWU Nürtingen-Geislingen (D)	5
9	TH Nürnberg Georg Simon Ohm (D)	5
9	TH Wildau (D)	5

Tab. 2: Top-DACH-Hochschulen im TA-Kontext nach Häufigkeit der Erwähnungen. *Quelle: eigene Darstellung*

Auffälligkeiten

Bei der Betrachtung der DACH-Länder wird deutlich: Die Treffer-Anzahl lässt keine abschließende Bewertung der Implementationstiefe der TA-Inhalte zu. Auch wenn die Verteilung auf Kategorien den Schluss auf unterschiedliche Ausrichtungen zulässt, muss die Limitierung des Forschungsdesigns bedacht werden. Neben dem angesprochenen Fokus auf staatliche Hochschulen technischer Ausrichtung im deutschsprachigen Raum wurde auch mit der Begriffsauswahl eine Einschränkung vorgenommen.

Bemerkenswert ist die Unsichtbarkeit von TA in der Lehre.

Darüber hinaus zeigt sich eine Konzentration von TA-Inhalten auf wenige Fachhochschulen. Bei einem Ranking der Hochschulen mit den meisten TA-Ergebnissen (siehe Tabelle 2) wird die ungleiche Verteilung deutlich: Während sich die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) mit 31 Erwähnungen mit großem Vorsprung auf Platz 1 wiederfindet, gibt es nach dem 4. Platz (10 Erwähnungen) nur noch einstellige Trefferzahlen.

Bemerkenswert ist zudem, dass eine Schweizer Hochschule die meisten Erwähnungen innehat, obwohl die Schweiz insgesamt wenige TA-relevante Treffer zu verzeichnen hat. Dies zeigt, dass sich die TA-Inhalte nicht nur auf bestimmte FH konzentrieren, sondern auch auf Personen, Studiengänge oder Institute, durch deren konkrete TA-Ausrichtung die Begriffsanzahl an der Hochschule insgesamt ansteigt. TA an Fachhochschulen scheint also vor allem punktuell zum Tragen zu kommen und findet dort Beachtung, wo *der TA-Begriff* weit verbreitet ist.

Best Practices

Durch die datengestützte Analyse wurden vielversprechende TA-Ansätze an Hochschulen für angewandte Wissenschaften identifiziert. Ähnlich zu früheren Betrachtungen finden sich in der Auswertung unterschiedlichste Ansätze, TA an Hochschulen einzubinden (vgl. Grunwald 2012). Allerdings sind TA-Inhalte kaum flächendeckend oder synergetisch in den jeweiligen Hochschulumgebungen verankert. Integrative Innovationsforschung mit Regionalbezug (TH Wildau), Institute für Foresight (TH Ingolstadt) und Nachhaltige Entwicklung (ZHAW), Ethik-Zertifikate (HS Rottenburg), Zukunftsforschungs-Seminare (FH Oberösterreich) und TA-Präsidiumsbeauftragte (TH Lübeck) sind lobenswert, allerdings Einzelfälle und in den meisten Fällen nicht tiefer zwischen Forschung, Lehre und Transfer eingebettet (siehe Forschungsdaten). In vielen Fällen findet sich die in Studienflyern und -beschreibungen verlautbarte ethisch-transdisziplinäre Reflexivität nicht in konkreten Lernzielen (z. B. in Modul- und Kursbeschreibungen) wieder.

Schlussfolgerungen

Fazit

Es stellt sich die Frage, inwieweit ein relevanter Beitrag der Technikfolgenabschätzung zu sozial ausgehandelten und ökologisch-ökonomisch gebotenen Transformationen ohne strategische Einbindung der anwendungsorientierten Hochschulen gelingen kann.

Wenn Studierende an HAW lernen, das technisch Mögliche einzusetzen, benötigen sie Wege, um sich mit dem technisch Gewollten auseinanderzusetzen und Risiken adäquat zu berücksichtigen – gewissermaßen die Daseinsberechtigung der TA. Eine fehlende Verzahnung von TA und HAW könnte somit einem bildungs- und innovationspolitischen Querschläger

gleichkommen. Ohne gesamtstrategische Einbettung von TA-Inhalten könnte auch die zweckgemäße Ausdifferenzierung bisheriger TA-Ansätze verzögert werden (Boras 2009). Ob dies angesichts aktueller Herausforderungen und Risiken wünschenswert wäre, ist anzuzweifeln. Die Verankerung der TA an HAW könnte eine Gegenmaßnahme darstellen: Genauso, wie Hochschulangehörige aller Statusgruppen durch transformative Forschung zu *change agents* wurden, könnte die Technikfolgenabschätzung HAW zu *change agencies* machen.

Die Auswertung zeigt den Mangel einer breiten Implementation konkreter Transferpfade der Methoden und Leuchtturmprojekte, wie bspw. Reallabore. An den anwendungsorientierten Hochschulen bedarf TA einer strategischen Überführung in Leitbilder, Curricula und Forschungsprojekte. Bei steigender Relevanz entsprechender Problemlösungskompetenzen im Zuge intelligenter Automatisierung (Aoun 2017) kann TA sonst zum *buzzword* werden, dessen ausbleibende Effekte zur Schwächung des Ansehens des gesamten Forschungszweiges beitragen könnten.

An den Hochschulen für angewandte Wissenschaften bedarf TA einer strategischen Überführung in Leitbilder, Curricula und Forschungsprojekte.

Empfehlungen

Neben der Berücksichtigung bei Berufungsverfahren oder Schwerpunktsetzung in Forschungsprofilen könnten bestehende Netzwerke durch die Bereitstellung von zeit- und ortsunabhängigen Online-Lehrgängen zur TA-Methodenkompetenz beitragen. Allgemein wählbare Lehrveranstaltungen könnten zur studiengangsübergreifenden Auseinandersetzung mit Fragen der TA dienen. Die Ausweitung klassischer Forschungsprojektpartner auf zivilgesellschaftliche Organisationen sowie auf Dauer ausgelegte Kooperationen zwischen HAW und anwendungsnahen TA-Forschungseinrichtungen könnten die notwendigen Strukturen etablieren. Auch die wachsende Zahl Promovierender an HAW kann zur Vermittlung von TA in Lehre wie Forschung beitragen. All dies ist maßgeblich durch die Gremien der akademischen Selbstverwaltung anzuleiten und zu legitimieren.

Das technisch Mögliche einzusetzen, benötigt Wege, um sich mit dem Gewollten auseinanderzusetzen.

Ergänzend zur Initiierung ressourcenaufwändiger Reallabore (vgl. Parodi 2021 b) durch Forschungsförderung sehen die Autor*innen dieses Beitrages in offenen Laborstrukturen (FabLabs/Makerspaces) besondere Chancen für die niedrigschwellige und zugleich strukturell flächendeckende Verzahnung von Lehre, Forschung und Transfer mit TA-Kontexten an HAW: Auch wenn verschiedene Aspekte der Gestaltungsgerechtigkeit (*design justice*, Constanza-Chock 2020) zu beachten sind, spannen hochschulnahe FabLabs offen gestalt- und nutzbare Universalräume und Infrastruktur auf, die neben global vernetzter Innovation (Cutcher-Gershenfeld 2021) und „Commons-based Peer Production" (Benkler 2006, S. 63) Grundlage für TA in HAW sein können.

Die Selbstorganisation als Phänomen des Makerspaces könnte ermöglichen, dass die „Reflexion über die Zusammenhänge ihres [der Studierenden] technischen Handelns und ihrer moralischen Entscheidungen" (Schneider 2013, S. 287) mehr in gewohnten Arbeitsprozessen aufgehen als dies bei einzelnen Lehrveranstaltungen der Fall ist. Studentischer Kompetenzerwerb und gesellschaftlicher Erkenntnisgewinn könnten so im Idealfall wechselseitig erfolgen.

Weitere Forschungsfragen

Nachfolgende Untersuchungen könnten eine ähnliche Übersicht zur Identifikation von TA-Clustern an Universitäten oder Vergleichsstudien zwischen beiden Hochschultypen anstreben. Ebenso wäre eine Ausweitung des Webscrapings auf TA-verwandte Begriffe anzustreben (z. B. Ethical, Legal, and Social Implications, Responsible Research and Innovation). Eine höhere Suchtiefe könnte weitere Treffer liefern. Eine chronologische Zuordnung würde Trendanalysen ermöglichen. Zudem könnten soziale Netzwerkanalysen zum Verständnis des Transfers von TA-Kompetenzen beitragen.

Funding • This work received no external funding.
Competing interests • The authors declare no competing interest.

Literatur

Aoun, Joseph (2017): Robot-proof. Higher education in the age of artificial intelligence. Cambridge, MA: MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/11456.001.0001

Benkler, Yochai (2006): The wealth of networks. How social production transforms markets and freedom. New Haven: Yale University Press.

Boras, Alfons (2009): Im Schutz der Disziplinen. Technikfolgenabschätzung in der Lehre zwischen Multi- und Transdisziplinarität. In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis 18 (3), S. 9–16. https://doi.org/10.14512/tatup.18.3.9

BMBWF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2021 a): Fachhochschulen. Online verfügbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/HS-Uni/Hochschulsystem/Fachhochschulen.html, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

BMBWF (2021 b): Liste Fachhochschulen. Online verfügbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/HS-Uni/Hochschulsystem/Fachhochschulen/Liste-Fachhochschulen.html, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Constanza-Chock, Sasha (2020): Design justice. Community-led practices to build the worlds we need. Cambridge, MA: MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/12255.001.0001

Cutcher-Gershenfeld, Joel; Gershenfeld, Alan; Gershenfeld, Neil (2021): The promise of self-sufficient production. In: MIT Sloan Management Review 63 (1), S. 1–7.

Grunwald, Armin (2012): Innovation mit Verantwortung verbinden. Technikfolgen abschätzen lehren an einer Technischen Hochschule. In: Marc Dusseldorp und Richard Beecroft (Hg.): Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Wiesbaden: Springer, S. 371–388. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93468-6_21

Hochschulkompass (2021): Suchergebnisse zu Fachhochschulen/HAW mit öffentlich-rechtlicher Trägerschaft. Online verfügbar unter: https://www.hochschulkompass.de/hochschulen/hochschulsuche.html?tx_szhrksearch_pi1%5Bsearch%5D=1&tx_szhrksearch_pi1%5Bname%5D=&tx_szhrksearch_pi1%5Bort%5D=&tx_szhrksearch_pi1%5Bplz%5D=&tx_szhrksearch_pi1%5Bhstype%5D%5B2%5D=1&tx_szhrksearch_pi1%5Btraegerschaft%5D=1&tx_szhrksearch_pi1%5Bmember%5D, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Land Nordrhein-Westfalen (1969): Bekanntmachung des Abkommens zwischen den Ländern der Bundesrepublik zur Vereinheitlichung auf dem Gebiet des Fachhochschulwesens. Online verfügbar unter https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&bes_id=2477&show_preview=1, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

MWK BW – Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2005): Gesetz über die Hochschulen in Baden-Württemberg. Fassung vom 01. Januar 2005. Online verfügbar unter https://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=HSchulG+BW&psml=bsbawueprod.psml&aiz=true#jlr-HSchulGBWrahmen, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

MWG RLP – Ministerium für Wissenschaft und Gesundheit Rheinland-Pfalz (2020): Hochschulgesetz. Fassung vom 23. September 2020. Online verfügbar unter https://mwg.rlp.de/fileadmin/mbwwk/2_Wissenschaft/HZP/Hochschulgesetz_GVBl._Nr._36_vom_06.10.2020.pdf, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Mitchell, Ryan (2015): Web scraping with python. Sebastopol: O'Reilly Media.

openTA (2021): NTA-Mitglieder. Online verfügbar unter https://openta.net/mitglieder, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Parodi, Oliver (2021 a): Zum Verhältnis von Technik, Technikfolgenabschätzung und Transformation. In: Ralf Lindner et al. (Hg.): Gesellschaftliche Transformationen. Gegenstand oder Aufgabe der Technikfolgenabschätzung? Baden-Baden: Nomos, S. 19–36. https://doi.org/10.5771/9783748901556-19

Parodi, Oliver (2021 b): Reallabore als Möglichkeitsraum und Rahmen für Technikfolgenabschätzung. In: Stefan Böschen et al. (Hg.): Technikfolgenabschätzung. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Baden-Baden: Nomos, S. 374–388. https://doi.org/10.5771/9783748901990-374

Schneider, Christoph (2013): „Das muss man immer für sich selbst abwägen" oder: Das moralische Wissen von Studierenden der Informatik. In: Informatik Spektrum 36 (3), S. 287–292. https://doi.org/10.1007/s00287-013-0695-y

SenJustVA – Senatsverwaltung für Justiz, Verbraucherschutz und Antidiskriminierung Berlin (2011): Gesetz über die Berliner Hochschule im Land Berlin. Fassung vom 26. Juli 2011. Online verfügbar unter https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-HSchulGBE2011rahmen, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Sotoudeh, Mahshid (2021): TA im Unternehmen. In: Böschen et al. (Hg.): Technikfolgenabschätzung. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Baden-Baden: Nomos, S. 165–178. https://doi.org/10.5771/9783748901990-165

Swissuniverities (2021): Mitglieder. Online verfügbar unter: https://www.swissuniversities.ch/organisation/mitglieder, zuletzt geprüft am 14. 01. 2022.

Research data

Mulzer, Tasso; Kleine, Nadine; Jerchel, Paul (2021): Ergebnisse des Webscrapings zum Beitrag „Technikfolgenabschätzung an Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Zum Lückenschluss zwischen Handlungswissen und Erfüllungskompetenz". Online verfügbar unter: https://cloud.bht-berlin.de/index.php/s/NYQF3KnzG45caiY, zuletzt abgerufen am 14. 12. 2021. Die erfassten Website-Daten können auf individuelle Nachfrage zugänglich gemacht werden (250 GB).

PAUL JERCHEL
ist Student der Mechatronik und war Kuratoriumsmitglied der Berliner Hochschule für Technik. Er war Hilfskraft in der mikroelektronischen Zuverlässigkeitsforschung, der transformativen Nachhaltigkeitsforschung, sowie in der Innovations- und Wissenschaftspolitik und engagiert sich für Open Hardware.

NADINE KLEINE
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Sozialforschung & Technikfolgenabschätzung (IST), OTH Regensburg, und arbeitet derzeit an der Expertise sowie den Formen und Möglichkeiten gesellschaftlicher Normierung von KI für das BMBF-Projekt ‚KI – Mensch – Gesellschaft'. Zudem forscht und lehrt sie zu sozialwissenschaftlichen Fragen um Technik.

TASSO MULZER
ist seit 2014 Laboringenieur im Labor für Fertigungsverfahren der Mechatronik der Berliner Hochschule für Technik (BHT). Neben dem Aufbau eines Campus-FabLabs ist er am quelloffenen FabAccess-Projekt beteiligt. Zuvor war er Entwicklungsingenieur für elektromechanische Komponenten.

RESEARCH ARTICLE

Technology assessment in the STEM curriculum: Teaching responsible research and innovation skills to future innovators

Jan Mehlich*,[1]

Abstract • This article describes and evaluates a novel approach to incorporating technology assessment (TA), responsible research and innovation as well as science and technology ethics into STEM curricula (science, technology, engineering, and mathematics) by the example of the online course 'Good Chemistry – Methodological, Ethical, and Social Dimensions.' Based on the evaluation of extensive student feedback, this article answers positively to three major reservations (Is it possible? Is it necessary? Does it make a difference?) that often preclude such contents from STEM curricula: first, understanding the normative dimensions of chemists' professional agency is a skill, like many others, that requires adequate teaching and training; second, engaging with TA issues not only teaches discourse and critical thinking skills, but increases students' professional competences to collaborate in highly interdisciplinary settings; third, though this is less evidential and needs to proof in the future, it may enhance chemists' responsibility as drivers of innovation.

Technikfolgenabschätzung im MINT-Curriculum: *Kompetenzvermittlung aus Responsible Research and Innovation an zukünftige Innovator*innen*

Zusammenfassung • *Dieser Bericht beschreibt und bewertet einen neuartigen Lehransatz für Wissenschafts- und Technikethik für Studierende der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) am Beispiel des Onlinekurses ‚Good Chemistry – Methodological, Ethical, and Social Dimensions'. Auf Basis eines umfangreichen Feedbacks der Kursteilnehmer*innen reagiert der Aufsatz auf drei wesentliche Vorbehalte (Ist es möglich? Ist es notwendig? Ändert es etwas?), die oft gegen die Integration solcher Inhalte in MINT-Fächern angeführt werden: Erstens ist das Verständnis normativer Dimensionen des beruflichen Handelns von Chemiker*innen eine Kompetenz, die, wie viele andere, in angemessener Weise vermittelt und trainiert werden muss; zweitens schult die Auseinandersetzung mit TA-Inhalten nicht nur Diskurskompetenz und kritisches Denken, sondern verbessert auch die Fähigkeit der Studierenden zur interdisziplinären Kooperation; drittens, wobei sich dies in der Zukunft noch erweisen muss, kann ein Kurs wie dieser dazu beitragen, Chemiker*innen als treibende Kräfte von Innovation auf verantwortliches Handeln vorzubereiten.*

Keywords • *responsible research and innovation, STEM education, interdisciplinarity, discourse skills, innovation ethics*

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

Introduction

Natural sciences, social sciences, and humanities form different cultures (Kagan 2009). For example, there is debate whether normative sciences, like ethics, have any business in the so-called hard sciences. While more and more science and engineering departments incorporate courses on good scientific practice and research integrity into their curricula, the competence to participate with normative judgment and discourse skills in innovation teams, interdisciplinary research consortia, or in the context of scientific policy advice is not taught formally at most STEM (science, technology, engineering, and mathematics) faculties. It is even questioned whether this skill is necessary for scientific experts, whether it is teachable at all, and whether curricular courses on societal and environmental impact of scientific agency can, indeed, lead to more sustainable and beneficial innovation and technological progress (Englehardt and Pritchard

* *Corresponding author: jmehlich@uni-bonn.de*
[1] *Center for Life Ethics, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.22
Received: Sep. 07, 2021; revised version accepted: Jan. 28, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (peer review)

2018). This article argues that all three questions should be answered with a definite yes.

The approach of Responsible Research and Innovation (RRI) as conceptualized and methodologically explicated by the academic trans-discipline technology assessment (TA) offers a practical, pragmatic, and well-elaborated conceptual framework for the role of experts and their contributions in above-mentioned discourses that take place outside of their institutional and disciplinary boundaries (Koops et al. 2015). Based on at least two decades of experiences with interdisciplinarity research, ELSI research, constructive and parliamentary TA, and the sociological study of expert agency in the wider context of public communication, of testimony at courts and political panels, or of corporate innovation efforts, it is possible to define a standard of what normative discourse competence of scientific experts should consist of (Gianni et al. 2019). These standards are teachable in a mix of theoretical and practical classes.

Being able to see the larger picture of their professional activities and to make sound and scrutiny-withstanding judgments are the key learning objectives.

The designated goal of occupying slots in the STEM curriculum with RRI courses is to increase the chance that innovative efforts, in which the students will be engaged at later stages of their career, will produce outcomes that are beneficial for society, environment, and economy (Mejlgaard et al. 2018). Thus, being able to see the larger picture of their professional activities and to make sound and scrutiny-withstanding norm and value judgments are the key learning objectives of such courses' syllabus. If the syllabus with its lecture, exercise, case study discussion, and practical discourse training components is well-designed, students can be well-prepared for their professional roles in academic science, corporate research and development (R & D), or public service jobs. In the following, it will be shown at the example of such a course that course components that are conceptually informed by methodologies and competences of TA can significantly increase the chance to reach that learning goal.

Course description and objectives

Based on the syllabus and teaching experience of face-to-face courses on *science and technology ethics* at Tunghai University and Fengchia University in Taichung (Taiwan), the author developed and compiled the online course 'Good Chemistry – Methodological, Ethical, and Social Dimensions' for the European Chemical Society (EuChemS), which is accessible since fall 2018 to all chemistry students in countries whose national chemical societies are EuChemS members. Worth 2 ECTS credits, it consists of 16 classes, each featuring 50 minutes of video lectures that are accompanied by exercises, reading assignments, case study discussions, and quizzes, exploiting the technical possibilities of the e-learning platform Moodle. A related textbook provides additional in-depth information and exercises (Mehlich 2021).

The course intends to sharpen the attendees' proficiency in research methodology and its philosophical foundations as well as their ability to oversee, understand, evaluate, and engage in contemporary discourses on ethical and social issues arising in the context of scientific and technological (S & T) progress. The course is designed in particular for chemistry students and related fields and requires no background knowledge in ethics, sociology, philosophy, or history of science. The featured content such as logic and theory of science, scientific reasoning and the rationale of scientific methodology, scientific misconduct, academic writing, operating in multi-stakeholder teams with various interests, dealing with uncertainty and risk, arguing in terms of sustainability, etc., is strongly linked to the participants daily research activities. Thus, the course is recommended to second year Master's students or PhD students at the beginning of their research projects. This recommendation is based on the perception that students with lab experience and their own research projects will be able to better understand the practical significance of S & T ethics for their own work than younger students, who usually operate on a more theoretical level. It is important to keep in mind that the course aims at skills that are applied in all kinds of chemical professions and not just in academic environments at the student level. The course content, thus, covers three important domains of chemical expertise and activity: academic science, private-sector industrial R & D and innovation, and public service.

As its title suggests, the course is divided into three main parts: Science is good–or: done well–on the *methodological level* when the scientist understands and correctly applies the practical and theoretical competences of scientific agency (Pruzan 2016). A scientist is good in terms of *research ethics* (internal responsibility) when he or she complies with the guidelines of good professional conduct (Iphofen 2020). On the level of external responsibility, science is good when its outcome is beneficial for *society and the environment* (Develaki 2008). While the first part of the course is mostly informed by science theory, epistemology, the philosophy of science, and the respective practical methodologies of scientific agency, and the second part is a matter of compliance with moral common-sense commit-

Class #	Class/Part title	Content and key themes
1	Introduction	What is professionalism? When is chemistry (a) good? Interplay of facts and norms; discourse skills; rationale and structure of the course.
2–4	Part 1: Methodology	Science theory; epistemology; scientific method(s); scientific reasoning.
5–9	Part 2: Research Ethics	Good scientific practice; misconduct; publishing issues; conflicts of interest; academic freedom; animal experiments.
10	Science and Values	Chemistry as social sphere; chemistry as science and/or technology driver; neutrality theses; dual use; social constructivist views.
11	Sustainability	Concept and definition of sustainability; sustainability as a normative framework for S & T discourse; sustainability as value co-creation.
12	Responsibility	Four dimensions of responsibility (who is held responsible, by whom, for what, in view of what rules or knowledge?); types of responsibility (legal, social, organizational, moral).
13	Risk, uncertainty, precaution	Definitions of risk and uncertainty; risk assessment; risk management; risk discourse types; precautionary principles.
14	Science and technology Governance	The role of scientific expertise in S & T policy and governance; technology assessment; EU frameworks (ELSI, RRI, 3O); knowledge reporting.
15	Public communication of science	Science and mass media; scientists and science journalism; public participation in S & T discourse.
16	Course summary	Taking responsibility = taking the right action; good chemistry as a discourse skill.

Tab. 1: Content overview of the course "Good Chemistry – Methodological, Ethical, and Social Dimensions" (classes irrelevant for this article grayed and summarized, classes 10–15 = Part 3: "Societal and Environmental Impact"). *Source: author's own compilation*

ments, the third part requires ethical reasoning and argumentation skills and an awareness of the societally embedded and legitimized role of scientific expertise. This paper focuses on this latter part (see Tab. 1). On a side note, the combination of these three topics in one course also follows a strategic rationale: promoters of such courses usually face reluctance of STEM faculties to provide space in their tightly organized curricula. A comprehensive syllabus addressing all three obviously relevant fields of responsible research in one course increases the acceptance significantly.

Classes 10 to 15 contain exercises and case explorations that require students to make value- and norm-related judgments. The strategies for inferring and validating these judgments are informed by principles of applied ethics (Hansson 2017), discourse conduct (Zeidler 2003), history of science (Bensaude-Vincent and Simon 2012), and sociology (Felt et al. 2017). It proved useful to let students engage in a warm-up example case, test their state-of-the-art knowledge and skills, proceed to knowledge and practical approaches for solving comparable issues, and finally test their progress with a comprehensive case that, by comparison with their performance in the introductory case, illustrates the acquired skill. This problem-based learning concept is in line with an inductive teaching approach. It should be noted that the goal of the lectures and course activities is the development of a practical skill and the creation of an aware mindset of the scientific expert. In terms of Bloom's (1956) taxonomy, this requires reaching at least level five (creation). Both theoretical foundations of the course content, RRI and applied S & T ethics, are not taught theoretically as such, but are manifested in concrete exercises and real-world situations of scientific agency.

Technology assessment in the course content

The third part of the course – discussing sustainability, dual use, risk, precaution, S & T governance, and public communication – features content and exercises from TA and related disciplines (Dusseldorp and Beecroft 2012). It aims at preparing STEM students for a professional life that is embedded in a multi-stakeholder network of interests and frequently requires normative discourses on S & T-related issues. Settings such as academic research groups, corporate innovation teams, or scientific testimony in public committees benefit from S & T experts with RRI competences such that normative aspects of the issues at hand are effectively scrutinized and assessed in the perspective of the state-of-the-art of factual knowledge. Examples range from narrow and highly specific contexts such as writing grant proposals, designing an innovative solution for the detection of a chemical substance, assessing the malfunction risks of a component of a system, or defining the threshold of the concentration of a pollutant in an environmental protection regulation, to large and overarching endeavors such as work packages on ethical, legal, and social implications (ELSI) of EU-funded research consortia, scientific policy-advice on tackling climate change or en-

Class #	Learning objective	TA/RRI-informed content and exercises
10	Understand normative dimension of science	Social construction of science and technology; Actor-Network-Theory; refutation of neutrality theses; case discussions: Manhattan Project, Agent Orange
11	Make plausible sustainability assessments and decisions	Chemical leasing as sustainable innovation; REACH* as sustainability through regulation; value co-creation
12	Defend and accept responsibility attributions	Responsibility definition with cross-disciplinary acceptance; vase discussions: chemical weapons, POPs* assessment
13	Assess and communicate risks from a larger perspective	IRGC* concepts of risk management and risk discourse ('risk escalator'); workable precautionary principles; case discussions: nano sunscreens, chemometrics
14	Contribute meaningfully to innovation discourses	Scientific policy-advise, ELSI, multi-stakeholder comm.; interdisciplinarity; case discussions: speculative nanoethics, UN panel on marine plastic pollution
15	Communicate effectively with non-experts and the public	Expert-layman communication; public participation in science and innovation; case discussions: crosstalk at a public information event on nanomedicine, misrepresentation of chemistry in science journalism

Tab. 2: Course content and exercises informed by TA (*abbreviations: REACH = Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals, POPs = Persistent Organic Pollutants, IRGC = Intl. Risk Governance Council). *Source: author's own compilation*

ergy supply, or open innovation projects with participating public stakeholders. In all these situations, the S & T expert is making–more or less consciously–normative judgments concerning one or more values and their prioritization. Since many of these cases are complex and beyond a common-sense ethical evaluation, this judgment-ability or *normative literacy* requires training at least, and curricular education at best.

In view of these objectives, TA–here understood as an academic trans-discipline that emancipated itself from both sociology (of technology) and engineering (technical risk assessment)–is best suited to inform the course content with its long experience in interdisciplinarity, methodologies of normative S & T discourse, models of techno-scientific agency, etc. (Simonis 2013; Grunwald 2019). All its contemporary formats–parliamentary, participative, constructive, rational, real-time, and so forth (Ely et al. 2014)–share the commitment to the bridge-building function between those who know what *is* (or will be)–scientists, engineers, experts–and those who have the competence and task to assess, choose, and enact what *ought* (Mehlich 2017). This theme of combining factual and normative discourse under participation of various stakeholders in constructive and real-world-relevant fashions is found in many practical and well-established concepts that were endorsed and methodologically elaborated with TA expertise, such as ELSI research (Parker et al. 2019), RRI (European Commission 2013), 3O (Open Science, Open Innovation, Open to the World, see European Commission 2016), innovation research, and scientific policy-advice as practiced in many European countries (Bauer and Kastenhofer 2019).

Table 2 presents an overview of concepts, cases, and exercises that are course elements with necessary link to and input from TA. Most of these topics could be discussed from a "chemical" perspective, for example green/sustainable chemistry approaches to chemical synthesis, or life cycle assessment as the chemical contribution to risk assessments. Yet, that would miss the core objective of this course, the formation of a normative discourse competence in interdisciplinary or multi-stakeholder settings. The disciplinary comfort zone within which chemistry students feel familiar regarding modes of thinking and of problem-solving is broken up and substituted by simulations of discourses with a large variety of views and interests that TA deals with all the time (Barry and Born 2013). These simulations are facilitated and guided either by the course instructor or the design of the exercise (for example, the case discussion or the scenario of the task) so that the chemistry students cannot satisfyingly solve the issue with a mere "chemical" reply. At the same time, the expectations and demands on chemical expert input in such topical discourses can be clearly defined without blurring the differences to other contributions (for example, an applied ethics or social science input) and risking a confusion of the students (for example, the false impression that chemists need to know moral philosophy to engage in ethical discourses). Rather, the operation at the *inter*-space–between disciplines, between competences, between modes of problem-solving–can be illustrated effectively with the experiences, tools, and methods of TA.

Course assessment and evaluation

Attendees completing the course are requested to evaluate the course with a questionnaire that leaves a lot of space for free-text comments. Besides an assessment of technical and procedural aspects of the course, the main part of the survey focuses on the learning experience (12 questions) and the effectiveness of the course elements (9 questions). Over the three years that this course has been offered, completed questionnaires have been received from 138 students.

The *societal and environmental impact* section of the course has been rated outstandingly positive. While the methodological part is sometimes perceived as dry or boring ("All that philosophy …") and the research ethics part as trivial ("We already know that cheating is wrong!"), the external responsibility part seems to be more astounding, eye-opening, and practically orientational for the students. At that early stage of their career, most are not aware of the requirements on innovation discourse in academia, industry, and S & T governance. Those who have experiences with interdisciplinary collaboration, for example in EU-funded research consortia with attached ELSI work packages, report that the competences taught in this course significantly helped them understand the approaches of such efforts and gain the confidence to contribute actively to them. Class 11 on sustainability received the highest score for popularity (Question: "The class I liked the most is class No.___"). A student commented aptly, "I finally know how to argue with my Sustainable Chemistry professor that sustainability is more than environmental friendliness". The provided exercises, case studies, and discussion opportunities found widespread appreciation. Students feel comfortable with the strategy to look at chemical cases from the non-chemical perspectives that the TA-inspired approaches facilitate. This result indicates the teachability of RRI skills in STEM contexts.

Empirical research indicates that classes on scientific integrity cannot decrease the scientists' susceptibility for scientific misconduct (Mumford 2017). On the other side, learning discourse skills and interdisciplinary competences in the context of scientific and technological innovation–elements of RRI–does, according to the students' feedback, induce a change in their attitude and professional mentality. Of course, it is difficult if not impossible to measure long-term effects of this course's efforts, for example whether S & T-related innovations that are instantiated with the contribution from scientific and technical experts that attended RRI courses, indeed, are more sustainable or shift dual use potentials to the benefit side (a method that may be employed to this aim is described in Heras and Ruiz-Mallén 2017). Yet, it is plausible that innovation discourse participants with an understanding of the logic connection between factual and normative premises direct argumentative forces in innovation-related decision-making towards scrutiny-withstanding normative validity. According to student feedback, this mission–increasing awareness of normative implications of scientific expertise and improving practical argumentation and discourse skills in interdisciplinary innovation discourses–is accomplished.

Conclusion

The claim of a necessity of TA and RRI skills for scientific-technical experts is substantiated by students' course experiences as described above and their considerable improvements of normative assessment and argumentation skills as well as their confidence and courage to engage in such discourses across hierarchies. The initial question of this article, whether such skills are teachable, is thus answered positively by the successful combination and implementation of cross-disciplinary course content. Joining scientific-technical competence and its empirical-analytic mode of problem-solving with ethical-normative judgment-ability concerning societal and environmental impacts shapes STEM students' attitude towards value and norm assessments sustainably. Sensitizing future innovators to the ELSI dimensions of their work effectively targets the early phases of technology development and, thus, makes a viable difference for the trajectories and impacts of that development.

STEM faculties are often reluctant to open curricular for courses that go beyond the respective disciplinary core contents. While the acceptance of research and engineering ethics classes or courses on scientific integrity is slowly growing in science departments of universities, teaching interdisciplinarity and RRI skills is still underestimated and neglected. The experiences discussed here support the idea of widening the scope of such ethics classes for science students towards the societal and environmental impact dimension of scientific expertise:

A synergetic collaboration of education efforts beyond disciplinary boundaries can greatly contribute to a societally and environmentally sustainable development.

1. Normative discourse skills in the context of RRI increase the chance for innovation efforts to have *beneficial* outcomes (however defined).
2. These skills do not dependent on personality or character traits, but on practical competences of a specific expertise, namely the normative sciences including practical ethics, interdisciplinarity research, innovation research, and the sociology of science and technology, all of these represented and applicably conceptualized by contemporary approaches to TA.
3. If it is of interest for science faculties (representing a public interest) that their graduates occupy responsible positions in academia, industry, and public service (including policy-making or policy-advise) with a positive impact (for example, sustainable, risk-reducing, or supporting quality of life), they should open up for interdisciplinary educative engagements.

The concrete contributions of TA range from theoretical foundations such as social constructivism, the methodology of inter-

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.22

disciplinarity, or the real-world relevance of scientific policy-advise, to science-external professional expertise such as innovation management and S & T governance, to practical skills such as normative reasoning strategies, critical thinking, discourse performance, and argumentative logic. A synergetic collaboration of education efforts beyond disciplinary boundaries, thus, can greatly contribute to a societally and environmentally sustainable scientific and technological development.

Funding • This article received no external funding.
Competing interests • The author declares no competing interests.

References

Barry, Andrew; Born, Georgina (eds.) (2013): Interdisciplinarity. Reconfigurations of the social and natural sciences. Abingdon: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203584279

Bauer, Anja; Kastenhofer, Karen (2019): Policy advice in technology assessment. Shifting roles, principles and boundaries. In: Technological Forecasting and Social Change 139 (C), pp. 32–41. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.023

Bensaude-Vincent, Bernadette; Simon, Jonathan (2012): Chemistry, the impure science. London: Imperial College Press. https://doi.org/10.1142/p832

Bloom, Benjamin (1956): Taxonomy of educational objectives. Handbook I: The cognitive domain. New York: David McKay Co Inc.

Develaki, Maria (2008): Social and ethical dimension of the natural sciences, complex problems of the age, interdisciplinarity, and the contribution of education. In: Science & Education 17 (8), pp. 873–888. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9077-7

Dusseldorp, Marc; Beecroft, Richard (eds.) (2012): Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93468-6

Ely, Adrian; Van Zwanenberg, Patrick; Stirling, Andrew (2014): Broadening out and opening up technology assessment. Approaches to enhance international development, coordination and democratisation. In: Research Policy 43 (3), pp. 505–518. http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.09.004

Englehardt, Elaine; Pritchard, Michael (eds.) (2018): Ethics across the curriculum. Pedagogical perspectives. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78939-2

European Commission (2013): Options for strengthening responsible research and innovation. Brussels: European Commission. Available online at https://op.europa.eu/o/opportal-service/download-handler?identifier=1e6ada76-a9f7-48f0-aa86-4fb9b16dd10c&format=pdf&language=en&productionSystem=cellar&part=, last accessed on 26. 01. 2022.

European Commission (2016): Open innovation, open science, open to the world. A vision for Europe. Brussels: European Commission. Available online at http://publications.europa.eu/resource/cellar/3213b335-1cbc-11e6-ba9a-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2, last accessed on 26. 01. 2022.

Felt, Ulrike; Fouché, Rayvon; Miller, Clark; Smith-Doerr, Laurel (eds.) (2017): Handbook of science and technology studies. Cambridge, MA: The MIT Press.

Gianni, Robert; Pearson, John; Reber, Bernard (eds.) (2019): Responsible research and innovation. From concepts to practices. Abingdon: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315457291

Grunwald, Armin (2019): Technology assessment in practice and theory. Abingdon: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429442643

Hansson, Sven Ove (ed.) (2017): The ethics of technology. Methods and approaches. London: Rowman & Littlefield Intl.

Heras, Maria; Ruiz-Mallén, Isabel (2017): Responsible research and innovation indicators for science education assessment. How to measure the impact? In: International Journal of Science Education 39 (18), pp. 2482–2507. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1392643

Iphofen, Ron (ed.) (2020): Handbook of research ethics and scientific integrity. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16759-2

Kagan, Jerome (2009): The three cultures. Natural sciences, social sciences, and the humanities in the 21st century. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511576638

Koops, Bert-Jaap; Oosterlaken, Ilse; Romijn, Henny; Swierstra, Tsjalling; van den Hoven, Jeroen (eds.) (2015): Responsible innovation 2. Concepts, approaches, and applications. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17308-5

Mehlich, Jan (2017): Is, ought, should. The role of scientists in the discourse on ethical and social implications of science and technology. In: Palgrave Communications 3, p. 17 006. https://doi.org/10.1057/palcomms.2017.6

Mehlich, Jan (2021): Good chemistry. Methodological, ethical, and social dimensions. London: Royal Chemical Society.

Mejlgaard, Niels et al. (2018): Teaching responsible research and innovation. A phronetic perspective. In: Science and Engineering Ethics 25 (2), pp. 597–615. https://doi.org/10.1007/s11948-018-0029-1

Mumford, Michael (2017): Assessing the effectiveness of responsible conduct of research training. Key findings and viable procedures. In: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (ed.): Fostering integrity in research. Washington: The National Academies Press.

Parker, Lisa; Sankar, Pamela; Boyer, Joy; McEwen, Jean; Kaufman, David (2019): Normative and conceptual ELSI research. What it is, and why it's important. In: Genetics in Medicine 21, pp. 505–509. https://doi.org/10.1038/s41436-018-0065-x

Pruzan, Peter (2016): Research methodology. The aims, practices and ethics of science. Cham: Springer.

Simonis, Georg (ed.) (2013): Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-02035-4

Zeidler, Dana (ed.) (2003): The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/1-4020-4996-X

DR. JAN MEHLICH
studied chemistry and applied ethics at Münster University. He worked at Europäische Akademie Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH (2011–13) and was Alexander-von-Humboldt fellow at National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. After an assistant professorship at Fengchia University, Taichung, he recently joined Prof. Christiane Woopen's Center for Life Ethics at Bonn University.

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.22

RESEARCH ARTICLE

Augmented and virtual reality technologies in education for sustainable development: An expert-based technology assessment

Frank Ebinger*,[1], Livia Buttke[1], Julian Kreimeier[1]

Abstract • Digitalization in the field of education for sustainable development (ESD) has gained attention in the last decade. In particular, technologies such as augmented reality (AR) and virtual reality (VR) offer new ways to deliver educational content on sustainable development by simulating real-world experiences and using immersive and interactive formats for learning. Using an explorative qualitative research approach, the benefits of AR and VR technologies in the context of ESD are assessed. The results of a first expert panel show that AR and VR technologies are particularly suitable for sustainability topics when an understanding of action and the transfer of knowledge and values are to be promoted among learners.

***Augmented und Virtual-Reality-Technologien in der Bildung für nachhaltige Entwicklung**: Eine expertenbasierte Technologiebewertung*

Zusammenfassung • *Die Digitalisierung im Bereich der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) hat in den letzten zehn Jahren an Aufmerksamkeit gewonnen. Besonders Technologien wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) bieten neue Möglichkeiten, Bildungsinhalte zur nachhaltigen Entwicklung zu vermitteln, indem sie reale Erfahrungen simulieren und immersive sowie interaktive Formate für das Lernen nutzen. Mittels eines explorativen qualitativen Forschungsansatzes werden die Vorteile von AR- und VR-Technologien im Kontext von BNE untersucht. Ergebnisse eines kleinen Expertenpanels zeigen, dass AR- und VR-Technologien für nachhaltige Themen dann besonders geeignet sind, wenn ein Handlungsverständnis und der Transfer von Wissen und Werten bei Lernenden gefördert werden soll.*

* *Corresponding author: frank.ebinger@th-nuernberg.de*
[1] *Nuremberg Campus of Technology (NCT), Nürnberg, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.28
Received: Sep. 20, 2021; revised version accepted: Jan. 31, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (peer review)

Keywords • *augmented reality, virtual reality, immersive technologies, education, sustainable development*

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

Introduction

The transition towards sustainability calls for a far-reaching global change in our societies in order to meet the 17 Sustainable Development Goals of the United Nations, 'which inspires hope for breaking the vicious circle of poverty, inequality and environmental destruction confronting people and the planet' (UNRISD 2016, p. 3). Therefore, a transition towards sustainability addresses both individual agency and collective action by societies. Accordingly, education plays a crucial role in achieving global sustainable development goals and empowering people to address environmental and development issues (Buckler and Creech 2014). This led to the adoption of education for sustainable development (ESD) by the United Nations General Assembly on 20th December 2002.

ESD aims to empower people to think and act responsibly and with respect to the future as well as to develop an understanding of the social, cultural, economic, and environmental impacts associated with their actions on other parts of the planet and generations (Rieckmann 2018; Holfelder 2019). With ESD, learners can acquire competencies to apply knowledge and values about sustainable development, making future-oriented decisions, and participating in sociopolitical processes that move their society toward sustainable development (Buckler and Creech 2014; Rieckmann 2018). Identified key competencies include complex systems thinking, collaborative, forward and critical thinking, self-awareness, and integrated problem solving (Rieckmann 2018; Cebrián et al. 2020)

However, sustainability's complexity, interconnectedness and contradictory nature and components (Purvis et al. 2019) make it challenging to communicate, understand, and train these competencies. Therefore, to achieve a holistic and transformative education that changes capacities into actual, sustainable actions and considers the learning content and results (Heiskanen et al. 2016), more experimental or unconventional training and learning techniques are needed (Molnar and Mulvihill 2003). ESD also requires participatory learning approaches that motivate and empower learners to actively engage in decision-making processes and take action for sustainable development (Fukukawa et al. 2013).

Against this background, digitalization in the field of ESD has gained attention in the last decade as researchers and practitioners alike explore its potentials in creating new learning and teaching techniques to generate and transfer the required skills and competencies (Ahel and Lingenau 2020). While web-training instruments, online learning platforms and assessments to train sustainability-related competencies (Baumgartner and Winter 2014) are becoming more popular, the use of of immersive technologies is still at early stage. Even though immersive technologies are not new technologies in the education sector, the diffusion in the field of ESD is slow. This notwithstanding, they present great potential in sustainability communication and sustainability-related competencies training. Immersive technologies' ability to simulate potential scenarios, immersive visualization of situational data, and interactivity are key components that seem optimal for the application in the topic of ESD.

This paper investigates the potential of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies using an explorative expert panel as evaluation in the context of ESD needs both from a macroscopic and microscopic perspective. First, content-related background information and the applied methodology are presented. To this end, domain specific key experts from immersive technologies and sustainability education evaluate the previously identified benefits of AR and VR for the theoretical-generic usability to ESD and specifically on a practical use case. With the presented and discussed results, this paper provides a seminal contribution to effectively and comprehensively strengthen ESD in a society shaped by digitalization.

Analyzing the current application of AR and VR in education and sustainability

AR and VR in education and sustainability

Immersive technologies can be divided into two major technology streams: AR and VR approaches (Milgram and Kishino 1994). AR can be defined as a technology that superimposes a computer-generated image on the real world and in real-time 'thus providing a composite view' (McMillan et al. 2017, p. 163), while VR technology refers to a computer-generated environment that simulates a real situation (Fernandez 2017). AR and VR are able to provide learners with contextual learning experiences by allowing them to explore and discover the real or virtual world with previously inaccessible additional information (Johnson et al. 2016). Extensive and complex data can thus be visualized and conveyed intuitively, helping learners learn challenging and complex tasks (Beckmann et al. 2019). Besides, the features increase engagement and facilitate self- and participant-centric learning (Papanastasiou et al. 2019).

In the education sector researchers and practitioners have been exploring the potential of AR and VR in education and training. For instance, Papanastasiou et al. (ibid.) present the effectiveness of these technologies in terms of training and education in various fields such as health care, operation management and geography. First of all, adapting AR and VR into modern-day education can enhance and motivate learners while providing them with hands-on experiences and offers a new way of reaching out to more people (Bell and Fogler 2004, Shim et al. 2003). These technologies allow learners to actively participate (Beckmann et al. 2019) as well as promote understanding by embedding abstract information directly into the real or virtual world (Jerald 2016). VR creates immersive experiences that resemble the real world while providing virtual flexibility such as making extreme situations accessible in a risk-free (virtual) manner (Jerald 2016). In AR, computer-generated objects allow for perceptually enhancing additions. Extensive and complex information can be visualized and thus conveyed in an intuitive way.

Adapting AR and VR into modern-day education can enhance and motivate learners while providing them with hands-on experiences.

In sustainability research, immersive technologies were discovered in 1990 as part of research on tourism as Dewaily introduced a 3D visualization to reduce the carbon footprint of vulnerable environments (Dewailly 1999). Studies of environmentally friendly behaviors in the term of sustainable economies began with perceiving digital information (e.g., visually, auditory, and haptically). The illusion of 'being there' (so-called 'presence', Witmer and Singer 1998) "was associated with personal decision-making, and interaction with the virtual environment" (Jolink and Niesten 2021, p. 2). The potential applications of virtual reality were designed as so-called 'persuasive technology' to effect attitude change (Wu and Lee 2015). In this regard, there is evidence that serious games and simulations can foster players to inform, educate, and train on sustainability.

The 2005 proposal by Summerville et al. is among the first to underline immersive technologies in encouraging people to engange in environmentally sustainable behavior. An in-depth overview by Scurati et al. 2021 contains a comprehensive survey

of potentials and recommendations for an optimal implementation. Other contributions that show interfaces with the use of immersive technologies and sustainable development include VR as a persuasive technology to promote sustainability (Song and Fiore 2017) or AR for citizien-centered design in urban planning (Saßmannshausen et al. 2021).

AR and VR specific pedagogical remarks

The active use of human senses and motor skills enhances learning and understanding (Dale 1969). Edgar Dale postulated back in 1969, according to the 'Cone of Experience', that the level of involvement is critical to learning effectiveness. He distinguishes between passive and active involvement: Active involvement, such as simulating real experiences or doing real things, contributes to the strongest memorability. Both passive (verbal and visual reception of information) and active involvement is connotated strongly with the degree of presence in AR and VR (Witmer and Singer 1998) and is achieved through the interactive character of AR and VR.

In the past years, a paradigm shift took place in the prevailing learning theories from teacher-centered learning models to learner-directed approaches (constructivist approaches). Constructivist approaches are mainly used to highlight and contrast important aspects of immersive learning environments (Hütter and Lang 2017). Through constructivist learning methods, individual experiences and subjective relevance to action are to be obtained by placing the learner in a practical-subjective situation (Loyens and Gijbels 2008). Typical examples include simulations or business games in which participants experience scenarios to which they independently explore solutions for complex tasks and challenges as a reaction. In this way, they construct new knowledge situationally and directly experience the success of the applicability of this self-generated competence (Loyens and Gijbels 2008).

Criteria for assessing AR and VR in the context of ESD

In oder to derive criteria for assessing the potentials of AR and VR in the education for sustainable development an in-depth literature review was conducted, which is under publication in a separate paper. The following list presents the summary of the results of (five) clustered ESD needs and (seven) benefits of AR and VR in education. Each cluster is defined, which is necessary for a common understanding in the expert evaluation, as summarized in the following.

Educational needs for sustainable development:

- Knowledge and values: Gaining orientation knowledge on sustainable development, i.e., developing an understanding of complex structures, as well as learning to understand social and ecological aspects from a global perspective and how to deal with social norms and values.
- Sense of responsibilty: Development of intrinsic motivation and responsible behavior as well as sensitivity to the environment.
- Decision-making: Fostering thinking patterns to contribute to a more reflective decision-making of the individual, including critical thinking, future-oriented thinking but also creativity.
- Understanding of action: Creation of spaces for experimentation and design in order to model sustainable behavior as well as to be able to act autonomously, taking problems or resistance into account.
- Participation: Interdisciplinary design by involving various stakeholders and ensuring participation in decision-making processes.

AR/VR benefits:

- Interactivity: Real-time interaction as well as social interactions, a feedback mechanism is possible by giving comprehensible reactions.
- Simulation: Creation of innovative and experimental scenarios and a variety of explorative options.
- Immersion: Creation of virtual environments such as virtual laboratories, 3D visualizations enabling a realistic perception.
- Collaboration: Learning in virtual communities, which can also create group cohesiveness.
- Learnability: Increasing cognitive learning, i.e., concentration skills, contexts and relationships to be able to learn independently of location and time.
- Engagement: Increasing motivation through fun and playful learning.
- Cost Effectiveness: Lowering the risk of sunk costs due various scenarios being displayed through off-the-shelf devices.

Methodological approach to assess the potential of immersive technologies in the field of ESD

To address the previously introduced potentials of VR/AR in the field of ESD, we apply an explorative qualitative research approach in a form of an expert panel discussion. This method has been chosen, as we want to understand concepts, opinions and experiences of experts to develop a deeper understanding of potentials of VR/AR applications in ESD from different perspectives.

As basis for the panel, the identified ESD needs and relevant benefits of AR/VR technologies served as a guideline. Prior to the panel discussion, the experts were provided with the criteria asked for the completeness or redundancy of the categories to be evaluated. The whole expert panel took place in May 2021 via a videoconference due to the ongoing Covid19 pandemic and was recorded for later transcription and analysis. The evaluation process was implemented by a Miroboard (virtual whiteboard for online collaboration). The resulting analysis was sent to the involved experts in order to receive corrections and additional comments on the findings. The discussion is conducted in two rounds: In the first round of expert discussion, the techni-

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.28

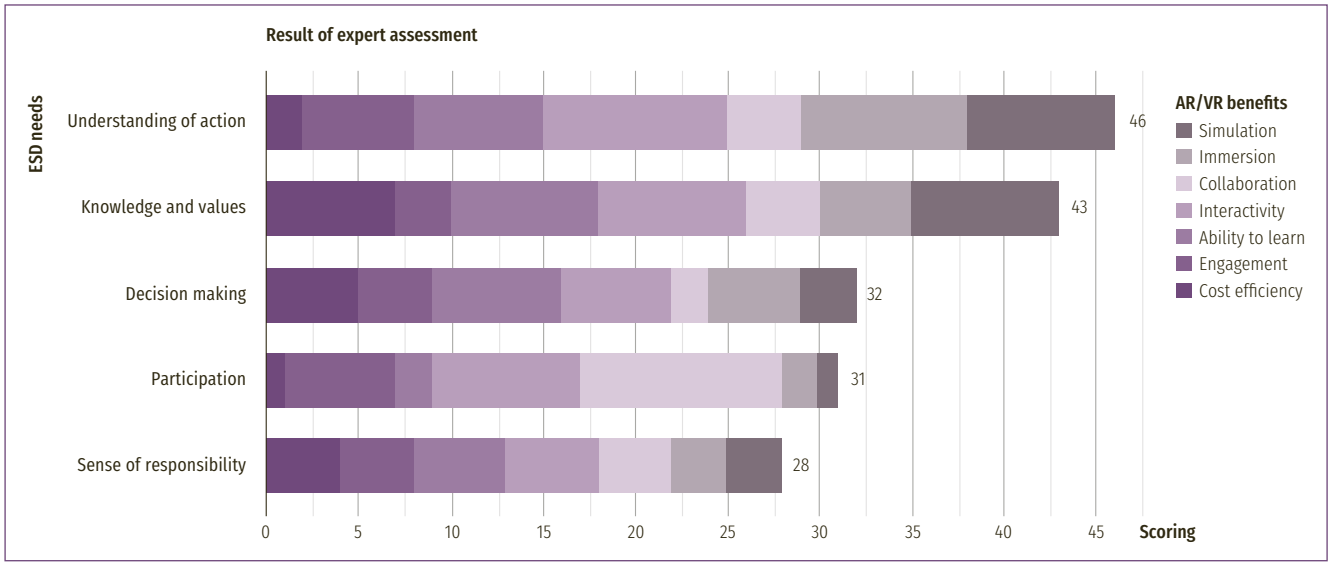


Figure 1: Visualization of the distribution of the points of the pairwise weights of AR/VR benefits to ESD needs. *Source: author's own compilation*

cal benefits of AR and VR are allocated with the needs of ESD. The first test is used to evaluate the usability of AR and VR in a generic perspective. For this purpose, the method of pairwise comparison has been applied, according to which the identified categories of AR/VR and of ESD were to be weighted followed by a discussion of the results afterwards.

In the second round, we contextualise this input to a specific use case and a more applied perspective. Therefore, a concrete case of an urban greening application (UGa) was introduced. The application aims to enable citiziens to view, understand and evaluate urban redesigns on site in a three-dimensional, immersive way, independent of time. This in-house prototype enable citizens to enrich three-dimensional city models with greening modules in AR and inform themselves about environmental impacts and maintenance needs. Thus, a knowledge transfer in addition to participation in the planning process is intended. Due to previous discussions in a research project, all experts are informed about the development of the application (current prototype status). The second round aims to classify the urban greening approach to the requirements of ESD.

The panel includes five stakeholders representing different disciplines, by a random selection process from a list of potential experts: Two AR/VR technical experts, an architect and an urban planner as experienced practitioners and a specialist in innovative education concepts in the context of sustainable development and transformation.

The five experts are composed on the basis of the following expertise:

- Expert 1: Founder and owner of office for planning and construction processes in the field of urban planning, landscape architecture and civil engineering for 30 years, using different digital solutions.
- Expert 2: Educational expert and speaker in the field of innovative learning, teaching and research concepts for 10 years and leader of different projects in the areaof ESD.
- Expert 3: Developer of computer games in the entertainment industry for 16 years and self-employed with AR/VR studio for four years.
- Expert 4: Owner of architectural office for 17 years and winner of various local and international competitions.
- Expert 5: Computer science professor in the field of human-computer interactions for 10 years.

Results and discussion of the expert assessment

Test 1: Benefits of immersive technologies in ESD

Regarding how AR and VR can meet the needs of ESD, the weighting of the pairwise comparison and the distribution of the experts' scores is shown in Figure 1. The bar chart is color-coded according to the identified benefits of AR and VR technologies. The experts' evaluation indicates that the technical possibilities of AR and VR are mostly linked to an improved understanding of action with a total of 46 points and the improved communication of knowledge and values of sustainable development with a total of 43 points. Overall, interaction and simulation, and immersion, in particular, are considered to have a decisive advantage.

The qualitative analysis of the discussion contextualizes these quantitative results as follows:

The experts agreed that through the technology specific benefits interactivity, simulation, and immersion of AR/VR, the understanding of action is most pronounced since the learning process is triggered by oneself as an self-initated action. In addition,

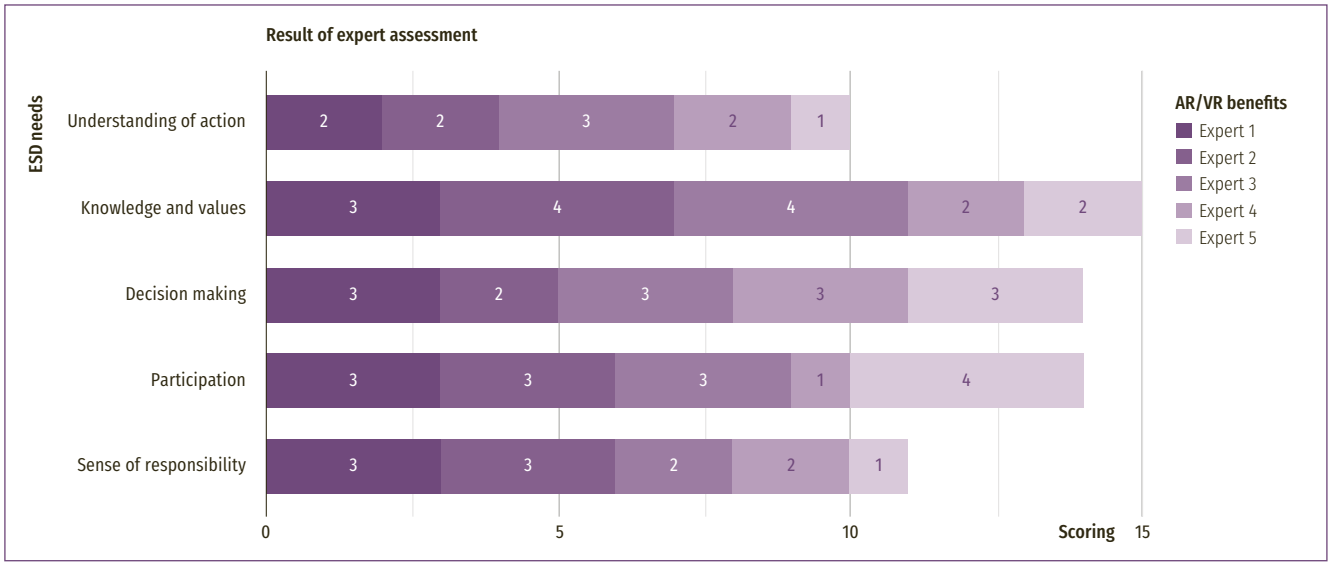


Figure 2: Benefits of use case urban greening to ESD needs. *Source: author's own compilation*

through the immersion, the actions are deepened by the emotional involvement of the learner.

The sustainability education expert saw, above all, strong connections between participation and engagement on the bases that a positive connotation prevails in participatory processes. In turn, the motivation is increased to get involved on a lasting basis (engagement).

The pairwise comparison of decision-making and learning ability was given a high score according to the experts, as the ability to show contexts and relationships and location-independent learning leads the learner to make reflective decisions.

Finally, the experts discussed that the combination of cost-effectiveness to ESD requirements was difficult to evaluate because no concrete link or example use case could be established.

Test 2: Context based potential of immersive technologies in a specific application

In a second discussion round, the experts were presented with an approach to visualizing urban greening and its sustainability effects. The UGa uses AR and VR to visualize (planning) models and urban redevelopments in real spaces without costly and time-consuming physical prototypes. Based on this use case, the experts were asked to evaluate the potentials of AR/VR in relation to ESD in this specific approach.

Figure 2 shows the results of this evaluation on the benefits of the UGa adressing ESD needs. Similar to the previous figure, the distribution of points is color-coded, but this time with regard to the experts' point distribution.

In summary, the UGa was rated most appropriate for the goals of knowledge and values, decision making, and participation of ESD. The high rated potential for participationis a proof for the approach of the UGa, since it primarily aims to be a citizen participation tool designed for low-threshold accessible feedback in decision-making processes and virtual co-creation by the individual.

The qualitative analysis of the discussion contextualizes these quantitative results as follows:

Specifically, in this use case, the experts assigned a lower contribution to action understanding than the evaluation in total in Figure 1 because users cannot judge whether greening works the way they apply it. To generate a deeper understanding of action, appropriate time and mediation is a prerequisite.

One of the AR/VR expert noted that not all ESD requirements can be addressed simultaneously, but rather build on each other in different phases. From the input knowledge grows the other requirements such as understanding of action and sense of responsibility, because without prior knowledge, the far-reaching consequences of one's own actions are not visible. The experts point out that due to the aforementioned characteristics, the use of the UGa should not be a one-time experience in order to achieve an optimal benefit in terms of ESD.

Finally, there was a consensus under all experts that potentially all needs of ESD can be achieved by using AR and VR applications. is decisive for best outcome.

Conclusion

As emerging and versatile technologies, AR and VR have the potential to transform ESD. To gain a deeper understanding and foster further development in this direction, we first identified five characteristic ESD needs and seven AR/VR benefits from existing literature. These aspects were used as guideline for an expert discussion with five stakeholders covering a technical, theoretical and pratical backround. The results of this expert-driven technology assessment show that AR and VR tech-

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.28

nologies are effective instruments to promote ESD, primarily due to their simulative and interactive properties making a decisive contribution to the transfer of knowledge and values as well as to the understanding of action. The characteristic of cost-effectiveness was revealed to be difficult to compare within ESD requirements. In the context of the UGa, the positive aspect of knowledge transfer was also identified, and, in addition, a particularly profitable effect on decision-making and participation became visible. Addressing all ESD requirements in parallel seems not feasible because some of the requirements build on each other. The expert discussion also showed that the degree of fulfillment of ESD needs depends on the very objective and implementation of the AR/VR application. In the specific use case of the presented UGa, no holistic understanding of action is assumed, but the criterion of participation is fully met. In summary, the technologies include the ability to improve all of the five identified prerequisites for educating sustainable development. Overall, the main potential is seen in understanding action and knowledge transfer, but individual AR/VR applications can also have a positive impact of decision-making and participation.

As limitation of our outcome the yet small number of experts and only one (prototype) use case must be mentioned. Given that immersive technologies are insufficiently explored in the context of ESD, our paper is a initial step towards broader dissemination. However, this paper provides an entry point of digital approaches supporting the effectiveness of learning outcomes in terms of ESD and how AR and VR potentials can be applied towards more sustainable development. The tremendous capabilities of these technologies may enable breaking the boundaries of traditional education.

Further research should evaluate the effectiveness of immersive and interactive AR and VR in various use cases in educational contexts and examine outcomes such as attitude, collaboration, action understanding and decision-making skills, changes in sustainable development education and behavior, and adverse effects. In particular, valid methods need to be found that can make more profound statements about actual behavioral changes and decision-making, and which also test and evaluate theory-based approaches.

Funding • This work received no external funding.

Competing interests • The authors declare no competing interests.

References

Ahel, Oliver; Lingenau, Katharina (2020): Opportunities and challenges of digitalization to improve access to education for sustainable development in higher education. In: Walter Leal et al. (eds.): Universities as living labs for sustainable development. Cham: Springer, pp. 341–356. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15604-6_21

Baumgartner, Rupert; Winter, Thomas (2014): The sustainability manager. A tool for education and training on sustainability management. In: Corporate Social Responsibility and Environmental Management 21 (3), pp. 167–174. https://doi.org/10.1002/csr.1313

Beckmann, Jennifer; Menke, Katharina; Weber, Peter (2019): Holistic evaluation of AR/VR trainings in the ARSuL- Project. INTED2019 Conference. Valencia, Spain, 11.–13. 03. 2019. http://dx.doi.org/10.21125/inted.2019.1079

Bell, John; Fogler, Scott (2004): The application of virtual reality to (chemical engineering) education. In: IEEE Virtual Reality 2004. Chicago, IL, USA, 27.–31. 03. 2004, pp. 217–218. https://doi.org/10.1109/VR.2004.1310077

Buckler, Carolee; Creech, Heather (2014): Shaping the future we want. UN decade of education for sustainable development (2005–2014). UNESCO: Paris. Availabel online at https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230171, last accessed on 01. 02. 2022.

Cebrián, Gisela; Junyent, Mercè; Mulà, Ingrid (2020): Competencies in education for sustainable development. Emerging teaching and research developments. In: Sustainability 12 (2), p. 579. https://doi.org/10.3390/su12020579

Dale, Edgar (1969): Audiovisual methods in teaching. New York: Dryden Press and Holt, Rinehart, and Winston.

Dewailly, Jean-Michel (1999): Sustainable tourist space. From reality to virtual reality? In: Tourism Geographies 1 (1), pp. 41–55. https://doi.org/10.1080/14616689908721293

Fernandez, Manuel (2017): Augmented-virtual reality. How to improve education systems. In: Higher Learning Research Communications 7 (1), p. 1–15. https://doi.org/10.18870/hlrc.v7i1.373

Fukukawa, Kyoko; Spicer, David; Fairbass, Jenny; Burrows, Sally (2013): Sustainable change. Education for sustainable development in the business school. In: Journal of Corporate Citizenship (49), pp. 71–99.

Heiskanen, Eva; Thidell, Åke; Rodhe, Håkan (2016): Educating sustainability change agents. The importance of practical skills and experience. In: Journal of Cleaner Production 123 (7), pp. 218–226. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.063

Holfelder, Anne-Katrin (2019): Towards a sustainable future with education? In: Sustainability Science 14 (4), pp. 943–952. https://doi.org/10.1007/s11625-019-00682-z

Hütter, Franz; Lang, Sandra (2017): Neurodidaktik für Trainer. Trainingsmethoden effektiver gestalten nach den neuesten Erkenntnissen der Gehirnforschung. Bonn: managerSeminare.

Jerald, Jason (2016): The VR Book. Human-centered design for virtual reality. New York: Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2792790

Johnson, Larry et al. (eds.) (2016): The NMC horizon report. 2016 higher education edition. Austin, TX: The New Media Consortium. Available online at https://www.mmkh.de/fileadmin/dokumente/publikationen/horizon_reports/2016-nmc-horizon-report-he-DE.pdf, last accessed on 01. 02. 2022.

Jolink, Albert; Niesten, Eva (2021): Virtual reality and sustainable behavior in business. In: Cleaner and Responsible Consumption 2, p. 100 012. https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100012

Loyens, Sofie; Gijbels, David (2008): Understanding the effects of constructivist learning environments. Introducing a multi-directional approach. In: Instructional Science 36 (5–6), pp. 351–357. https://doi.org/10.1007/s11251-008-9059-4

McMillan, Kiki; Flood, Kathie; Glaeser, Russ (2017): Virtual reality, augmented reality, mixed reality, and the marine conservation movement. In: Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 27 (S1), pp. 162–168. https://doi.org/10.1002/aqc.2820

Milgram, Paul; Kishino, Fumio (1994): A taxonomy of mixed reality visual displays. In: IEICE Transactions on Information and Systems E77-D (12), pp. 1321–1329.

Molnar, Eleonora; Mulvihill, Peter (2003): Sustainability-focused organizational learning. Recent experiences and new challenges. In: Journal of Environmental Planning and Management 46 (2), pp. 167–176. https://doi.org/10.1080/0964056032000070990

Papanastasiou, George; Drigas, Athanasios; Skianis, Charalabos; Lytras, Miltiadis; Papanastasiou, Effrosyni (2019): Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. In: Virtual Reality 23, pp. 425–436. https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2

Purvis, Ben; Mao, Yong; Robinson, Darren (2019): Three pillars of sustainability. In search of conceptual origins. In: Sustainability Science 14 (3), pp. 681–695. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5

Rieckmann, Marco (ed.) (2018): Learning to transform the world. Key competencies in Education for Sustainable Development. In: Alexander Leicht, Julia Heiss and Won Byun (eds.): Issues and trends in education for sustainable development. UNESCO Publishing: Paris, pp. 39–59. Available online at https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261802, last accessed on 01. 02. 2022.

Saßmannshausen, Sheree; Radtke, Jörg; Bohn, Nino; Hussein, Hassan; Randall, Dave; Pipek, Volkmar (2021): Citizen-centered design in urban planning. How augmented reality can be used in citizen participation processes. In: Designing Interactive Systems Conference, Virtual Event, USA, 28. 06.–02. 07. 2021, pp. 250–265. https://doi.org/10.1145/3461778.3462130

Scurati, Giulia; Bertoni, Marco; Graziosi, Serena; Ferrise, Francesco (2021): Exploring the use of virtual reality to support environmentally sustainable behavior. A framework to design experiences. In: Sustainability 13 (2), p. 943. Available online at https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/943, last accessed on 01. 02. 2022. https://doi.org/10.3390/su13020943

Shim, Kew-Cheol; Park, Jong-Seok; Kim, Hyun-Sup; Kim, Jae-Hyun; Park, Young-Chul; Ryu, Hai-Il (2003): Application of virtual reality technology in biology education. In: Journal of Biological Education 37 (2), pp. 71–74. https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655854

Song, Jihye; Fiore, Stephen (2017): VR what we eat. Guidelines for designing and assessing virtual environments as a persuasive technology to promote sustainability and health. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 61 (1), pp. 1519–1523. https://doi.org/10.1177/1541931213601864

Summerville, Jenny; Buys, Laurie; Ginn, Simon; Walker, Arron; Gard, Stephan; Bell, Lorraine (2005): Engaging people in environmentally sustainable work behaviours using virtual reality. A conceptual framework. Paper presented at the Social Change in the 21st Century Conference, Queensland University of Technology, Australia, 28. 10. 2005, 19 pp. Available online at https://eprints.qut.edu.au/3542/1/3542.pdf, last accessed on 01. 02. 2022.

UNRISD – United Nations Research Institute for Social Development (2016): Policy innovations for transformative change. Implementing the 2030 agenda for sustainable development. UNRISD flagship report 2016. Geneva: UNRISD. Available online at https://www.unrisd.org/80256B42004CCC77/(httpInfoFiles)/2D9B6E61A43A7E87C125804F003285F5/$file/Flagship2016_FullReport.pdf, last accessed on 01. 02. 2022.

Witmer, Bob; Singer, Michael (1998): Measuring presence in virtual environments. A presence questionnaire. In: Presence – Teleoperators and Virtual Environments 7 (3), pp. 225–240. https://doi.org/10.1162/105474698565686

Wu, Jason; Lee, Joey (2015): Climate change games as tools for education and engagement. In: Nature Climate Change 5 (5), pp. 413–418. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2566

PROF. DR. FRANK EBINGER
holds the research professorship of sustainability oriented innovation and transformation management at the Nuremberg Campus of Technology (NCT) since 2017. Since 2019 he is board member of the German Umweltgutachterausschuss at German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.

LIVIA BUTTKE
has been working at the NCT as a research assistant since 2019 and subsequently as a research fellow. Her research fields include digital approaches for optimizing sustainability management and implementing legally corporate due diligence obligations.

JULIAN KREIMEIER
has been working as scientific associate since 2017 wihtin the faculty of computer science and the NCT. In his PhD project he is working on virtual reality for visually impaired people, but is also involved in developing and evaluating immersive media in the context of sustainability research and transport planning.

TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis
Journal for Technology Assessment in Theory and Practice

oekom

RESEARCH ARTICLE

Elektronische Laborbücher in der Praxis: Folgen und Nutzen digitaler Forschungsdokumentation

Christiane Wetzel*,[1], Ina Frenzel[1], Daniela Schirmer[2], Philipp Pohlenz[2]

Zusammenfassung • Electronic Laboratory Notebooks (ELN) unterstützen die transparente Dokumentation von Forschungsprozessen, erleichtern die projektbezogene Forschung im Team und den wissenschaftlichen Austausch mit Kooperationspartner*innen. Um Transparenz, Kooperation und Wissenstransfer zu fördern, unterstützen akademische Forschungseinrichtungen zunehmend den Einsatz von ELN. Am Beispiel der institutionellen Implementierung des ELN an der Charité – Universitätsmedizin Berlin reflektiert der Beitrag das soziale Innovationspotenzial eines solchen Vorhabens. Ausgehend von der Beobachtung, dass Wissenschaftler*innen Handlungsroutinen neu ausrichten müssen, um ELN effektiv und im Einklang mit den institutionellen Zielen zu nutzen, betont der Artikel den sozialen Charakter der digitalen Forschungsdokumentation und die Notwendigkeit, auf allen Ebenen einer Organisation ein Bewusstsein dafür zu schaffen. Darüber hinaus muss die Entwicklung sozialer Praktiken frühzeitig in die Hochschulbildung integriert werden.

***Electronic laboratory notebooks in practice**: First findings on the consequences and benefits of digital research documentation*

Abstract • *Electronic laboratory notebooks (ELN) support transparent documentation of research processes, facilitate project-based team science and scientific exchange with cooperation partners. To foster transparency, cooperation, and knowledge transfer, academic research institutions increasingly support the use of ELN. Using the example of the institutional implementation of ELN at Charité – Universitätsmedizin Berlin, this article reflects on the social innovation potential of such a project. Based on the observation that researchers need to adapt routines in order to use ELN effectively and in line with institutional goals, this article emphasizes the social character of digital research documentation and the need to create awareness of this social character at all organizational levels. Furthermore, the development of social practices must be integrated early in higher education.*

Keywords • *electronic laboratory notebooks, open science, social innovation, implementation research*

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

Gesellschaften orientieren ihre soziale, ökonomische und ökologische Entwicklung zunehmend am Leitbild der Nachhaltigkeit. Dabei werden auch die Bedingungen hinterfragt, unter denen wissenschaftliches Wissen generiert, synthetisiert und in die Gesellschaft transferiert wird. Als zukunftsweisende Akteurin setzt hier die Europäische Union mit wissenschaftspolitischen Konzepten wie Responsible Research and Innovation (RRI) (Owen et al. 2012) und Open Science (OS) (Europäische Kommission 2016) Akzente und schafft mit Horizon Europe, dem größten Forschungsförderungsprogramm der EU, entsprechende Rahmenbedingungen. Im Kern sollen die Öffnung von Wissenschaft und ihre Sensibilität für gesellschaftlich relevante Problemlösungsbedarfe befördert werden.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich am Beispiel der Einführung eines elektronischen Laborbuches (ELN) an der Charité – Universitätsmedizin Berlin mit der Rolle und Verantwortung von Hochschul- und Forschungseinrichtungen in diesem Prozess. Das ELN soll die Verwendung traditioneller Laborbücher aus Papier ablösen, in denen insbesondere experimen-

* *Corresponding author: christiane.wetzel@bih-charite.de*
[1] *QUEST Center for Responsible Research, Berlin Institute of Health @ Charité, Berlin, DE*
[2] *Fakultät für Humanwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.35
Received: Sep. 09, 2021; revised version accepted: Feb. 02, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (peer review)

tell forschende Wissenschaftler*innen Protokolle, Beobachtungen und Notizen zu ihren Forschungen festhalten. Ziel ist, diese wichtigen Informationen ins Forschungsdatenmanagement zu integrieren, um Forschungsverläufe vollständig, transparent und digital abbilden zu können.

Der Beitrag ist wie folgt strukturiert: Zunächst beschreiben wir das ‚technische Werkzeug' ELN, skizzieren die mit seiner Verwendung verbundenen Möglichkeiten und stellen das Programm zur Implementierung des elektronischen Laborbuches an der Charité vor. Im Anschluss beleuchten wir anhand von empirischen Daten, die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des laufenden Programms bislang gesammelten wurden, die Akteursdynamiken dieses Prozesses. Dabei heben wir die praktischen Herausforderungen hervor, die eine institutionenweite Umstellung von analoger auf digitale Forschungsdokumentation mit sich bringt. Abschließend leiten wir aus unseren Befunden zwei für die institutionelle Ausgestaltung solcher Programme zentrale Schlussfolgerungen ab: a) dass die Implementierung digitaler Forschungsdokumentation auf allen Ebenen einer Organisation als soziale Innovation (Howaldt und Schwarz 2010) verstanden und umgesetzt werden muss und b) dass der wissenschaftliche Nachwuchs bereits in der grundständigen Hochschullehre an soziale Praktiken herangeführt werden muss, die mit der digitalen Forschungsdokumentation verbunden sind.

Digitale Forschungsdokumentation im Kontext von RRI und Open Science

Als wissenschaftspolitischer Steuerungsansatz zielt das Konzept Responsible Research and Innovation darauf, Forschung und Technologieentwicklung als einen antizipativen, reflexiven Prozess zu verstehen, der sich an sozioökonomischen Bedarfen und Herausforderungen ausrichten und an sozialen Werten orientieren soll. Wissenschaftliche Erkenntnisse sollen gesellschaftlichen Nutzen finden, die Wissensproduktion und die Transformation von Wissen in die Gesellschaft soll inklusiv gestaltet und auf einer breiten Entscheidungsbasis entwickelt werden (Owen et al. 2012). Der Ursprung des Konzeptes liegt in den 1990er Jahren, als Genomforschung und Nanotechnologie internationale Bestrebungen anstießen, ethische und soziale Aspekte als integralen Bestandteil von technologischen Entwicklungen von Beginn an systematisch mit zu betrachten.

Auf der Grundlage moderner Kommunikationstechnologien geht es der *Open-Science*-Bewegung um die Zugänglichkeit zu wissenschaftlichen Erkenntnissen. Ausgehend von nationalen und internationalen *Open-Access*-Bestrebungen mit Bezug zu wissenschaftlichen Ergebnissen und ihnen zugrunde liegenden Forschungsdaten wird das Konzept heute weiter gefasst (FOSTER 2021), wobei sich *Open-Science*-Inhalte zunehmend in Strategien und Richtlinien der (Wissenschafts-)Gemeinschaft einschreiben (EKGFuI 2016; UNESCO 2021).

Ob akademische Lehr- und Forschungseinrichtungen den mit RRI und OS anvisierten Zielen und gesellschaftlichen Erwartungen zukünftig gerecht werden, wird unter anderem davon abhängen, in welchem Maße datengetriebene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (Grossi et al. 2021) auf kommunikationsoffene Forschungsdateninfrastrukturen (Murtagh et al. 2018) treffen und (internationale) Forschungskooperationen auf eine inter- bzw. auch transdisziplinäre Coproduktion von wissenschaftlichem Wissen (Wagner 2019) ausrichtet werden.

Das elektronische Laborbuch schließt hier eine bislang wenig diskutierte Lücke: Im Unterschied zum Laborbuch aus Papier verknüpft ein als lokale oder browser-basierte Software nutzbares elektronisches Laborbuch Aufzeichnungen zu Forschungsverläufen direkt mit ggf. disziplinübergreifend und von mehreren Forschungsteams an unterschiedlichen Standorten gesammelten, analysierten bzw. gespeicherten Forschungsdaten (Dirnagl und Przesdzing 2016). Unter bestimmten Voraussetzungen kann ein elektronisches Laborbuch seinen Nutzer*innen auch institutionenübergreifend Zugang zu Aufzeichnungen und Daten ihrer Forschungsprojekte bieten. Im elektronischen Laborbuch angelegte (Protokoll-)Vorlagen können darüber hinaus die Standardisierung von experimentellen Abläufen erleichtern. Werden Aufzeichnungen und Daten in Projektteams geteilt, können Peer-Review-Verfahren bereits in der Phase der Produktion wissenschaftlichen Wissens einsetzen. Da Eintrags- und Versionskontrollen im elektronischen Laborbuch vollständige Audit-Trails speichern, bleiben das intellektuelle Potenzial der beteiligten Forscher*innen und ihre Eigentumsrechte gegenüber Dritten darstellbar. Gegebenenfalls kann letzteres über ein dynamisches Rollen- und Zugangsmanagement kontrolliert werden.

Institutionelle Implementierung des elektronischen Laborbuches

In den letzten Jahren wurden elektronische Laborbücher vermehrt auch an Hochschul- und Forschungseinrichtungen eingeführt (Adam und Lindstädt 2020), wobei die seit Ende 2017 laufende Implementierung des ELN an der Charité Teil eines umfangreichen Strategieprogramms ist, in dem „das BIH [Berlin Institute of Health] und die Charité ein translationales Ökosystem [etablieren wollen], in dem Ärzt*innen und Naturwissenschaftler*innen mit Innovator*innen und Gesundheitssystemexpert*innen eng vernetzt zusammenarbeiten" (Charité 2020). Mit ihrer strategischen Ausrichtung übernimmt die Charité an dieser Stelle, auch als Antwort auf die in der akademischen Forschung gegenwärtig diskutierte Replikationskrise (Nosek und Errington 2020), institutionelle Verantwortung, um Impulse für einen Kulturwandel in der biomedizinischen Forschung zu setzen. In diesem Zusammenhang wurde dem BIH QUEST Center das Mandat übertragen, „neue Ansätze [zu entwickeln und zu implementieren], um sicherzustellen, dass die biomedizinische Forschung vertrauenswürdig durchgeführt wird, nützliche Ergebnisse liefert und ethischen Ansprüchen genügt" (BIH 2021).

In der Umsetzung folgt das QUEST Center als Entwickler des institutionellen Programms zur Implementierung des ELN

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.35

einem Bottom-up-Ansatz. Interessierten Forscher*innen wird das ELN *Labfolder* des Anbieters Labforward zur Verfügung gestellt. Parallel dazu bietet das QUEST Center Schulungen zur Nutzung der Software an, administriert die auf Charité-Servern lokalisierte ELN-Infrastruktur und stellt einen Support-Service bereit. Die Programmreichweite erstreckt sich über den Forschungsraum des BIH, in dem mehr als 4000 Wissenschaftler*innen der Charité und des Max-Delbrück-Centrums (MDC) für Molekulare Medizin, dem privilegierten Forschungspartner der Charité, in zahlreichen Kooperationsprojekten forschen.

Forschungsdesign und Methoden

Das Programm zur institutionellen Implementierung des elektronischen Laborbuches wird im Rahmen einer wirkungsorientierten Prozessevaluation (Chen und Rossi 1989) wissenschaftlich begleitet (Wetzel et al. 2021), wobei einem Mixed-Methods-Ansatz folgend, quantitative und qualitative Forschungsstrategien reflektiert miteinander kombiniert werden (Palinkas et al. 2011). Übergeordnetes Ziel ist die Bewertung des Nutzens digitaler Forschungsdokumentation im Hinblick auf die Stärkung der Qualität und Translation biomedizinischer Forschung.

Dem Beitrag liegen erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Programmbegleitung zugrunde, die auf der monatlichen Erhebung von Labfolder-Nutzerzahlen sowie auf empirischen Daten aus neun qualitativen Interviews und zwei Online-Surveys beruhen. Interviewteilnehmer*innen wurden über ihre Zielgruppenzugehörigkeit im ‚Schneeball'-Verfahren rekrutiert. Dem unterlag die Annahme, dass Handhabung und Nutzungspräferenzen zum elektronischen Laborbuch in den verschiedenen Qualifizierungsstufen, Grundlagenforschungs- und Technologietransfer-Projekten oder Forschungsnetzwerken unterschiedlich ausgeprägt sind. Die semi-strukturierten Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und kategoriengeleitet textanalytisch ausgewertet. Ziel war die Fallkontrastierung und -typisierung als Grundlage für ein tieferes und realitätsnahes Verständnis zu den mit der institutionellen ELN-Implementierung gemachten Erfahrungen. Der erste Survey fand im Februar 2020 statt, hier im Rahmen der Status-Quo-Erhebung zur Untersuchung der Nutzungsverbreitung von ELN im BIH-Forschungsraum. Einbezogen wurden ca. 4450 forschende Mitarbeiter*innen an Charité und MDC, von denen 12 % die Umfrage beantworteten. Hinweis: An beiden Institutionen werden neben dem ELN Labfolder auch andere ELN-Anwendungen genutzt. Der zweite Survey fand im Mai 2021 innerhalb des durch die BMBF-Förderlinie, Qualitätsentwicklungen in der Wissenschaft II (Meso-Ebene)' geförderten Forschungsprojektes RE-PLACE statt. Ziel des zweiten Survey war die Status-Quo-Erhebung zur Dokumentationspraxis im ELN Labfolder. Die Stichprobe umfasste 172 Wissenschaftler*innen, die den ELN Labfolder als Experimentator*innen bzw. Supervisor*innen nutzen, und unter anderem folgende Fragen beantworteten: a) Dokumentieren Sie Ihre experimentellen Forschungsverläufe ausschließlich im ELN? Antwortmöglichkeiten: Ja/Nein. b) Wann erstellen Sie üblicherweise ELN-Einträge? Antwortmöglichkeiten: Gar nicht/Wenn ich das Experiment plane/Während ich das Experiment durchführe/Direkt nach Beendigung des Experiments/Gewöhnlich nach Beendigung des Experiments, wenn ich Zeit dafür habe. c) Wie oft erstellen Sie Ihre ELN-Einträge parallel zu Ihren experimentellen Schritten? Antwortmöglichkeiten: Nie/Selten/Manchmal/Oft/Jedes Mal. d) In wie vielen ELN-Projekten … sind Sie die einzige Person die Einträge erstellt?/…erstellen Sie und eine andere Person Einträge?/… erstellen Sie und mehrere andere Personen Einträge? Antwortmöglichkeit: Angabe zur Anzahl. e) Inwieweit stimmen Sie folgenden Aussagen zu? Antwortmöglichkeiten: 7-er Likert Skala mit: 1 = Stimme überhaupt nicht zu, 7 = Stimme voll und ganz zu. e1) Insgesamt finde ich, dokumentieren meine Kollegen/innen, mit denen ich ELN-Projekte teile, ihre Forschung im ELN … strukturiert/… präzise. e2) Das Teilen von ELN-Projekten … innerhalb meiner Forschungsgruppe/… über mein Forschungsteam hinaus/… über meine Institution hinaus, könnte meinen persönlichen Erfolg beeinträchtigen. e3) Das Teilen von ELN-Projekten über mein Forschungsteam hinaus erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass ich Publikationsmöglichkeiten verliere.

Im Unterschied zu einem Laborbuch aus Papier verknüpft ein elektronisches Laborbuch Aufzeichnungen zu Forschungsverläufen mit Forschungsdaten.

Institutionelle Verbreitung des elektronischen Laborbuches

Ziel des ersten Online-Survey war die Ermittlung der Nutzungsverbreitung des elektronischen Laborbuches im Forschungsraum des BIH.

Im Ergebnis gab ein Drittel der befragten Wissenschaftler*innen (33 %) an, in Arbeitsgruppen zu forschen, in denen bislang kein ELN verwendet wird, während ein Viertel der Befragten (24 %) zu Arbeitsgruppen gehörten, in denen alle Forscher*innen ein ELN verwenden. Drei Viertel der Wissenschaftler*innen, die bis dato kein ELN nutzten (77 %), würde lt. eigenen Angaben prinzipiell eines verwenden, während ein Viertel (23 %) dies ablehnte. Die Ablehnung wurde im Wesentlichen mit unzureichender IT-Infrastruktur, Nichteignung für Nasslaborumgebungen, Zweifeln an der Gewährleistung der Datensicherheit,

mangelnder Praktikabilität, aber auch mit der Wertschätzung des Handschriftlichen an sich begründet. Dies spiegelt die im Rahmen der geführten Interviews identifizierten Herausforderungen des Programms zur institutionellen ELN-Implementierung wider und findet seinen Ausdruck unter anderem in der Diskrepanz von registrierten und aktiven Labfolder-Nutzer*innen. Letztere machten zum Zeitpunkt der Survey weniger als ein Drittel der registrierten Labfolder-Nutzer*innen aus.

Adaption digitaler Forschungsdokumentationspraxis

Da die Einführung der digitalen Forschungsdokumentation im Sinne der damit verbundenen institutionellen Ziele auch Veränderungen in Arbeitsroutinen und -praktiken mit sich bringt, wurden Nutzer*innen des elektronischen Laborbuches Labfolder im Rahmen der zweiten Online-Umfrage zu ihrer momentanen Handhabung des ELN befragt.

Im Ergebnis wurde deutlich, dass ein größerer Teil der Experimentator*innen (63 %) neben dem ELN weitere Dokumentationsformate nutzt, was erklären könnte, dass Aufzeichnungen im ELN nicht unbedingt parallel zum experimentellen Fortschritt gemacht werden. So beantworteten 38 % der Experimentator*innen, die mehrere Dokumentationsformate verwenden, die Frage ‚Wie oft erstellen Sie Ihre ELN-Einträge parallel zu Ihren experimentellen Schritten?' mit ‚Nie'. Dabei gaben 62 % von ihnen zudem an, ihren Forschungsverlauf erst nach Beendigung eines Experimentes im ELN zu dokumentieren, wenn sie ‚Zeit dafür haben'. Ähnlich wurde die Handhabung des ELN in den im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung durchgeführten Interviews beschrieben (vgl. Zitat unten).

> „Also ich mache das meistens so, dass ich meine Experimente vorher plane und mir meistens als Worddokument ein paar Stichpunkte mache. So, was man nicht vergessen darf. Welche Konzentrationen und so weiter und so fort. Und dann lässt sich das ja ganz leicht einfach ins elektronische Laborbuch kopieren. Das heißt, ich mache mir vorher diesen Plan, mache dann die Experimente und trage es dann meistens/versuche es immer am Abend des Tages noch einzutragen. Weil: Umso mehr man macht, umso schneller vergisst man ja doch Kleinigkeiten. Aber spätestens am Ende der Woche versuche ich dann alles einzutragen. Wie genau die anderen aus unserer Gruppe es machen, weiß ich ehrlich gesagt nicht. Ich glaube, es kommt immer auf die Person an. Also es gibt schon Leute, die echt erst nach einem Monat alles eintragen. Obwohl ich mir da immer nicht so ganz sicher bin, wie detailliert das dann wirklich ist." *(Quelle: Interview #03)*

Zu ihrer Zusammenarbeit in ELN-Projekten befragt, gab ein Viertel der Experimentator*innen (26 %) an, ELN-Projekte allein zu führen, während 15 % der Experimentator*innen ihre Forschungsverläufe in jedem ihrer ELN-Projekte gemeinsam mit einer oder mehreren Person/en dokumentieren. Die meisten Experimentator*innen (59 %) dokumentierten ihre Forschungsverläufe in einigen ELN-Projekte ausschließlich selbst, in anderen mit einer oder mehreren Person/en. Insgesamt wird die Forschungsdokumentation von Kolleg*innen (Experimentator*innen und Supervisor*innen) als strukturiert (63 %) und präzise (60 %) bewertet. (Hinweis: hier wurden die Skalenpunkte 5,6,7 summiert.)

Da Forschungsprojekte im Bereich der Biomedizin zunehmend an Komplexität gewinnen und die Verbesserung der inter- bzw. transdisziplinären Öffnung von Forschung (Rabinow und Bennett 2009) in der Charité-Strategie institutionell verankert ist, wurden ELN-Nutzer*innen auch zu ihren Einstellungen zu *Information and Data Sharing* befragt. Ihre Angaben deuten darauf hin, dass das Teilen von Forschungsdokumentation und -daten mit einem gewissen Risiko verbunden wird. Zwar sehen lediglich 9 % der Befragten ein Risiko für ihren persönlichen Erfolg darin, ihre Forschungsdokumentation und -daten im eigenen Team zu teilen, allerdings steigt der Anteil auf 29 %, wenn sich die Reichweite des Teilens über das Team hinaus auf die eigene Institution ausweitet bzw. auf 37 %, wenn ihre Forschungsdokumentation und -daten über die Institution hinaus geteilt würde. Der Verlust von Publikationsmöglichkeiten infolge des Teilens von Forschungsdokumentation und -daten über das eigene Team hinaus wird ähnlich bewertet. Dieser Aussage stimmten 27 % der Befragten zu.

Zum Innovationscharakter digitaler Forschungsdokumentation

Nach gegenwärtigem Stand des Programms zur Implementierung des elektronischen Laborbuches ist seine Nutzung bereits deutlich in den Forschungsraum von Charité und BIH diffundiert. Jedoch lassen die bisherigen Ergebnisse der wissenschaftlichen Programmbegleitung auch vermuten, dass die Verwendung des ELN im Sinne der angestrebten strategischen Ziele bislang weniger verbreitet ist. Diese Diskrepanz zwischen individueller Nutzung und institutioneller Nutzungsvision lässt auf eine unterschiedliche Zweckbestimmung des ELN durch seine Stakeholder schließen: Wird das elektronische Laborbuch als das verstanden, was der Begriff wiedergibt, würden im Sinne einer inkrementellen Innovation (Freeman und Freeman 1992) allein die mit der Verwendung des Papierlaborbuches etablierten Routinen auf die elektronische Variante übertragen werden und Anpassungen im Verständnis der institutionellen Ziele marginal bleiben. Wird das ELN als Element des Forschungsdatenmanagements verstanden, nimmt es eine Forschungsinhalte und -teams verbindende Funktion ein und steht in engem Zusammenhang mit der Änderung sozialer Praktiken (Reckwitz 2003). Zu letzteren gehören a) eine gemeinsame, personen- und ggf. institutionenübergreifende co-produktive Bearbeitung von Forschungsprojekten im ELN, b) eine vollständige, digitale Rekonstruktion von Projektverläufen und Forschungsdatenzyklen im ELN als Element des Forschungsdatenmanagements sowie c)

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.35

eine transparente Darstellung bzw. Öffnung dieser Forschungsverläufe gegenüber Dritten, die ggf. nicht unmittelbar am Forschungsprozess beteiligt sind. In dieser Bedeutungszuschreibung konstituiert die institutionelle Implementierung des elektronischen Laborbuches einen spezifischen Innovationstyp, der auf die Neukonfiguration sozialer Praktiken ausgerichtet ist (Howaldt und Schwarz 2010).

Implikationen für die Programmgestaltung

Unsere Betrachtungen besitzen Implikationen für die Ausgestaltung von institutionellen Programmen wie der Implementierung des ELN an der Charité. Da technische Neuerungen regelmäßig bestehende Handlungsabläufe verändern (Hörning 2001), und Handelnde ihre Handlungsmöglichkeiten an jeweilige Interessen binden, kann eine technische Neuerung wie das ELN im Alltag unterschiedliche soziale Praktiken (re)produzieren (ebd.). Aus institutioneller Sicht bedenkenswert wären *Scale-Out*-Effekte, in denen sich die Verwendung des ELN institutionell verbreitet, ohne den intendierten sozialen Wandel zu provozieren (Oeij et al. 2019). Mit Blick auf die Funktionalität von ELN heißt das, dass seine Nutzung Forschungsqualität stärken kann, es jedoch Wissenschaftler*innen bzw. Forschungsteams obliegt, das elektronische Laborbuch auch qualitätsbestimmend zu verwenden. Gleiches gilt für Transparenz, Team Science und Co-Produktion im Forschungsprozess. Hier können Wissenschaftler*innen Forschungsfragen in gemeinsamen ELN-Projekten bearbeiten und als Team zusammenarbeitend Forschungsdokumentation und Forschungsdaten mit anderen teilen, bzw. sich auch dafür entscheiden, das ELN für ‚sich allein' zu nutzen.

Für welche ‚neuen' Handlungsmöglichkeiten sich eine Person entscheidet, sagt zunächst nichts über die, ihren Handlungen zugrundeliegenden Motivationen aus, denn letztere liegen zu Teilen in den bis dato etablierten sozialen Praktiken verborgen. An dieser Stelle zeigen die bisherigen Ergebnisse der wissenschaftlichen Programmbegleitung bekannte Paradoxa des Wissenschaftssystems auf: Während wissenschaftspolitische Ziele transparente und Dritten zugängliche Forschungsprozesse und -daten als zentralen Bestandteil eines auf Open Science ausgerichteten sozialen Wandels implizieren, stehen im Forschungsalltag von Wissenschaftler*innen nach wie vor auf Exzellenz, Wettbewerb und Reputation orientierte Prinzipien (Knie und Simon 2019) und Belohnungsmuster (Gläser und Laudel 2016) im Vordergrund. Inwieweit dieses Spannungsfeld Motivationen und Handlungsmöglichkeiten von Wissenschaftler*innen im Rahmen der Verwendung des elektronischen Laborbuches prägen oder damit zuweilen verbundene Bedenken erklären können, wird im weiteren Verlauf der wissenschaftlichen Begleitung untersucht werden müssen.

Implikationen für die (Hochschul-)Bildung

Die oben beschriebenen Untersuchungsergebnisse und Betrachtungen besitzen außerdem Implikationen für die Ausgestaltung der (Hochschul-)Bildung. Denn im Zuge der (Neu-)Ausrichtung von wissenschaftlichen Produktionsprozessen an gesellschaftspolitischen Zielen wie Responsible Research and Innovation und Open Science wird eine entsprechende Forschungssozialisation der Studierenden an Bedeutung gewinnen. Hochschulen sollten hier Verantwortung übernehmen und Lehrprogramme an die genannten wissenschaftspolitischen Konzepte anpassen. In diesem Sinne bietet sich mit der Einführung von elektronischen Laborbüchern in die akademische Lehre die Möglichkeit, Studierende als Novizen der Wissenschaft im Sinne des hochschuldidaktischen Konzeptes ‚Forschungsbasiertes Lernen' (Reinmann 2019) frühzeitig an gesellschaftspolitisch intendierte soziale Praktiken wie transparentes, coproduktives wissenschaftliches Arbeiten heranzuführen. Wünschenswert wäre hier die reguläre Integration der Verwendung von ELN in laborpraktischen Übungen naturwissenschaftlicher Studiengänge (Coles und Mapp 2016). Gleichermaßen würden nicht-naturwissenschaftliche Studiengänge von den Möglichkeiten digitaler Forschungsdokumentation und Zusammenarbeit in ELN-analogen Anwendungen profitieren. Letztere könnten Studierende während des Studiums begleiten und ihnen bspw. bei der Erstellung von Haus- bzw. Abschlussarbeiten den Zugriff auf Forschungsdaten erleichtern. ELN-analoge Anwendungen hätten darüber hinaus das Potenzial, den datenbasierten wissenschaftlichen Austausch mit Kommiliton*innen und Supervisor*innen zu stärken. Zudem könnten nicht unmittelbar am Forschungsprozess beteiligte Stakeholder z. B. im Rahmen von Studienpraktika und Feldforschungen Zugang zu sozial- und geisteswissenschaftlichen Forschungszusammenhängen erhalten. Dies würde sich erwartungsgemäß positiv auf inter- bzw. transdisziplinäre Lernprozesse bei den Studierenden auswirken, ggf. auch auf die Wertschätzung für die Einbeziehung von Stakeholdern in Lehr-, Lern- und Forschungszusammenhänge. Schließlich würde die Transformation von wissenschaftlichem Wissen in die Gesellschaft bereits in der grundständigen Lehre geübt werden können. In der Summe würden die mit RRI und OS verbundenen sozialen Praktiken im Verlauf eines Studiums gefestigt und generalisiert werden können.

Die Diskrepanz zwischen individueller Nutzung und institutioneller Nutzungsvision lässt auf eine unterschiedliche Zweckbestimmung des elektronischen Laborbuches durch seine Stakeholder schließen.

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.35

Fazit

Der vorliegende Beitrag stellt am Beispiel der ELN-Implementierung an der Charité dar, dass die Aneignung des elektronischen Laborbuches im Sinne der intendierten institutionellen Ziele als wechselseitiges Beziehungskonstrukt technischer und sozialer Aspekte betrachtet werden muss. Insofern mit der Einführung des elektronischen Laborbuches ein Wandel hin zu mehr Transparenz, Team Science und Coproduktion von wissenschaftlichem Wissen verbunden wird, konstituiert dies eine soziale Innovation, dessen Management spezifische Anforderungen an durchführende Institutionen stellt (Schubert 2016). Letztere beziehen sich neben der Herstellung von Akzeptanz für die technische Neuerung vor allem darauf, mehr Akzeptanz für die intendierten ‚neuen' sozialen Praktiken zu generieren. Dies schließt auch die sorgfältige Analyse der, den bisherigen sozialen Praktiken zugrundeliegenden, Handlungsmotive ein.

Author contributions • **CW:** Gesamtkonzept einschl. experimentelles Design: Methodik, Untersuchung, Analyse. Manuskript: ursprünglicher Entwurf, Schreiben, Revision. Projekt: Fördermitteleinwerbung, Gesamtprojektleitung, Projektverwaltung u. -aufsicht. **IF:** Teilkonzept experimentelles Design: Methodik, Untersuchung, Analyse. Manuskript: Schreiben, Revision. **DS:** Teilkonzept experimentelles Design: Methodik, Untersuchung. Manuskript: Schreiben, Revision. **PP:** Teilkonzept experimentelles Design: Methodik. Manuskript: Schreiben, Revision. Projekt: Fördermitteleinwerbung, Teilprojektleitung

Funding • Part of this work was funded by the BMBF. Funding line *Quality developments in science (Meso-level)*. FKZ: 16PH20013A; 16PH20013B.

Competing interests • The authors declare no competing interests.

Literatur

Adam, Beatrix; Lindstädt, Birte (2020): ELN Wegweiser. Elektronische Laborbücher im Kontext von Forschungsdatenmanagement und guter wissenschaftlicher Praxis – ein Wegweiser für die Lebenswissenschaften. Köln: ZB MED – Informationszentrum Lebenswissenschaften. Online verfügbar unter https://repository.publisso.de/resource/frl:6423321/data, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

BIH – Berlin Institute of Health *@Charité* (2021): Innovationstreiber. QUEST Center. Online verfügbar unter https://www.bihealth.org/de/translation/innovationstreiber/quest-center, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

Charité – Universitätsmedizin Berlin (2020): Wir denken Gesundheit neu. Charite 2030. Online verfügbar unter https://www.charite.de/die_charite/profil/charite_strategie_2030, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

Chen, Huey-Tsyh; Rossi, Peter (1989): Issues in the theory-driven perspective. In: Evaluation and Program Planning 12 (4), S. 299–306. https://doi.org/10.1016/0149-7189(89)90046-3

Coles, Simon; Mapp, Lucy (2016): Conducting reflective, hands-on research with advanced characterization instruments. A high-level undergraduate practical exploring solid-state polymorphism. In: Journal of Chemical Education 93 (1), S. 131–140. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00071

Dirnagl, Ulrich; Przesdzing, Ingo (2016): A pocket guide to electronic laboratory notebooks in the academic life sciences. In: F1000Research 5 (2), 12 S. https://doi.org/10.12688/f1000research.7628.1

EKGFuI – Europäische Kommission, Generaldirektion Forschung und Innovation (2016): Open innovation, open science, open to the world. A vision for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 104 S. Online verfügbar unter http://publications.europa.eu/resource/cellar/3213b335-1cbc-11e6-ba9a-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022. http://dx.doi.org/10.2777/061652

FOSTER – Facilitate Open Science Training For European Research (2021): Open Science. Online verfügbar unter https://www.fosteropenscience.eu/taxonomy/term/115, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

Freeman, Christopher; Freeman, Sandra (1992): The economics of hope. Essays on technical change, economic growth, and the environment. New York: Pinter Publishers.

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2016): Governing Science. In: European Journal of Sociology 57 (1), S. 117–168. https://doi.org/10.1017/S0003975616000047

Grossi, Valerio; Giannotti, Fosca; Pedreschi, Dino; Manghi, Paolo; Pagano, Pasquale; Assante, Massimiliano (2021): Data science. A game changer for science and innovation. In: International Journal of Data Science and Analytics 11 (4), S. 263–278. https://doi.org/10.1007/s41060-020-00240-2

Hörning, Karl (2001): Experten des Alltags. Die Wiederentdeckung des praktischen Wissens. Weilerswist-Metternich: Velbrück Wissenschaft.

Howaldt, Jürgen; Schwarz, Michael (2010): Soziale Innovation – Konzepte, Forschungsfelder und -perspektiven. In: Jürgen Howaldt und Heike Jacobsen (Hg.): Soziale Innovation. Wiesbaden: Springer VS, S. 87–108. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92469-4_5

Knie, Andreas; Simon, Dagmar (2019): Innovation, excellence und reputation. The persistence of the German science system. In: Dagmar Simon, Stefan Kuhlmann, Julia Stamm und Weert Canzler (Hg.): Handbook on science and public policy. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, S. 267–283.

Murtagh, Madeleine et al. (2018): Better governance, better access. Practising responsible data sharing in the METADAC governance infrastructure. In: Human Genomics 12 (24), 12 S. https://doi.org/10.1186/s40246-018-0154-6

Nosek, Brian; Errington, Timothy (2020): What is replication? In: PLoS Biology 18 (3), S. e3000691 https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000691

Oeij, Peter; van der Torre, Wouter; Vaas, Fietje; Dhondt, Steven (2019): Understanding social innovation as an innovation process. Applying the innovation journey model. In: Journal of Business Research 101 (8), S. 243–254. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.04.028

Owen, Richard; Macnaghten, Phil; Stilgoe, Jack (2012): Responsible research and innovation. From science in society to science for society, with society. In: Science and Public Policy 39 (6), S. 751–760. https://doi.org/10.1093/scipol/scs093

Palinkas, Lawrence; Aarons, Gregory; Horwitz, Sarah; Chamberlain, Patricia; Hurlburt, Michael; Landsverk, John (2011): Mixed method designs in implementation research. In: Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research 38 (1), S. 44–53. https://doi.org/10.1007/s10488-010-0314-z

Rabinow, Paul; Bennett, Gaymond (2009): Synthetic biology. Ethical ramifications 2009. In: Systems and Synthetic Biology 3, S. 99–108. https://doi.org/10.1007/s11693-009-9042-7

Reckwitz, Andreas (2003): Grundelemente einer Theorie sozialer Praktiken. Eine sozialtheoretische Perspektive. In: Zeitschrift für Soziologie 32 (4), S. 282–301. https://doi.org/10.1515/zfsoz-2003-0401

Reinmann, Gabi (2019): Heuristiken für die Hochschullehre zur Förderung forschenden Lernens. In: Gabi Reinmann, Eileen Lübcke, Anna Heudorfer (Hg.):

Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase. Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven. Wiesbaden: Springer VS, S. 149–177. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25312-7_9

Schubert, Cornelius (2016): Soziale Innovationen. In: Werner Rammert, Arnold Windeler, Hubert Knoblauch und Michael Hutter (Hg.): Innovationsgesellschaft heute. Wiesbaden: Springer VS, S. 403–426. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10874-8_18

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2021): UNESCO Recommendation on Open Science. Online verfügbar unter https://en.unesco.org/science-sustainable-future/open-science/recommendation, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

Wagner, Caroline (2019): Global science for global challenges. In: Dagmar Simon, Stefan Kuhlmann, Julia Stamm und Weert Canzler (Hg.): Handbook on science and public policy. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, S. 92–103.

Wetzel, Christiane; Pohlenz, Philipp; Schirmer, Daniela (2021): Wissenschaft zwischen Kooperation und Konkurrenz. Zum Potenzial kooperationsfördernder Managementinstrumente. Berlin: DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH. Online verfügbar unter https://www.duz-open.de/media/e1457f56a67a9f338c70e87ca8a4f2cf9da0ddce/f575b32f90a32b0cd866a47845aa350fb1ace900/864faa5f7dbb33de09ff38e408a2533dd5969d65/fa4cecc831775452b877479c71ce913aaf1245fb.pdf, zuletzt geprüft am 01. 02. 2022.

DR. CHRISTIANE WETZEL
ist Wissenschaftsmanagerin mit akademischem Hintergrund in Biochemie, promovierte 2006 an der Freien Universität Berlin zum Dr. rer. nat. in Neurowissenschaften und besitzt langjährige Erfahrung im Technologie-Transfer. Sie leitet den Bereich Programmevaluation am BIH QUEST Center in der Charité und forscht zu Responsible Research and Innovation und Open Science in der biomedizinischen Forschung.

INA FRENZEL
ist Technik-Soziologin und Empirikerin mit langjähriger Erfahrung in der Mobilitätsforschung. Sie arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Evaluatorin am BIH QUEST Center in der Charité und forscht im Projekt RE-PLACE zur Akzeptanz der Umsetzung digitaler Forschungsdokumentation.

DANIELA SCHIRMER
hat Soziologie in Magdeburg studiert und ist seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Hochschulforschung und Professionalisierung an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Als Doktorandin im Projekt RE-PLACE untersucht sie die soziale Praktik des Dokumentierens im (elektronischen) Laborbuch.

PROF. DR. PHILIPP POHLENZ
hat Soziologie in Hamburg und Potsdam studiert; Promotion zum Dr. rer. pol. an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam (2008); seit 2014 Inhaber der Professur für Hochschulforschung und Professionalisierung der akademischen Lehre an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Nachhaltigkeit
A–Z

R wie Risiko

Hilft Gentechnik gegen den Klimawandel? Was kann die Genschere CRISPR/Cas? Können wir damit mehr erreichen als die Evolution? Aus der gentechnischen Manipulation und dem Zusammenprall von Technik und Natur resultieren erhebliche Gefahren für die biologische Vielfalt. Christoph Then bietet eine fundierte Analyse der Risiken.

C. Then
Biologische Intelligenz
Über Evolution, Artenschutz und die Gentechnik
304 Seiten, Broschur, 19 Euro
ISBN 978-3-96238-357-2

Bestellbar im Buchhandel und unter www.oekom.de.
Auch als E-Book erhältlich.

Die guten Seiten der Zukunft
oekom

RESEARCH ARTICLE

Gesellschaftliches Lernen im Reallabor: Transdisziplinäre Suchbewegungen am Beispiel des partizipativen Studierendenprojekts in:takt

Theresa Franke*, [1], Florian Hoffmann[2], Editha Marquardt[2], Philipp Pohlenz[1]

Zusammenfassung • Reallabore erfahren eine wachsende öffentliche Aufmerksamkeit und haben sich als ein bedeutendes Forschungsformat in der Technikfolgenabschätzung etabliert. Sie scheinen in besonderer Weise in der Lage zu sein, zur Bewältigung aktueller Herausforderungen durch gesellschaftliche Lernprozesse beizutragen. Die implizierten Bildungsbezüge bleiben bis dato jedoch theoretisch weitgehend unbelichtet. Vor diesem Hintergrund betrachten wir Lernprozesse im Reallabor hinsichtlich ihres Beitrags für gesellschaftliches Lernen. Dazu werden, ausgehend von der kritischen Bildungstheorie, drei Dimensionen des Lernens im Reallabor am Fallbeispiel des Magdeburger Studierendenprojekts in:takt rekonstruiert. Im Ergebnis zeigen sich Lernprozesse im Reallabor als eine experimentelle und raumbezogene Weltaneignung, die zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen beiträgt.

***Societal learnings in the real-world laboratory**: Transdisciplinary searches using the example of the participatory students project in:takt*

Abstract • *Real-world laboratories are receiving increasing public attention and have established themselves as a relevant research format in technology assessment. They appear particularly suited to address current challenges through social learning. However, references to educational implications have remained largely unexplored theoretically to date. Against this background, we consider learning processes in real-world laboratories in terms of their contribution to social learning. To this end, starting from critical education theory, the article reconstructs three dimensions of learning in the real-world laboratory using the Magdeburg student project in:takt as a case study. As a result, learning processes in real-world laboratories prove to be an experimental and spatial appropriation of the world that contributes to overcoming societal challenges.*

Keywords • *transformation, real-world laboratory, higher education, societal learning, technology assessment*

This article is part of the Special Topic "Technology assessment and higher education: Theories, applications and concepts," *edited by Elke Hemminger and Sabrina C. Eimler. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.10*

Einleitung

Angesichts vor uns liegender, weitreichender gesellschaftlicher Transformationsprozesse ist das Verhältnis von Technikfolgenabschätzung (TA) und Transformationszielen neu zu bestimmen (Parodi 2021, S. 19 f.). Aktuelle regionale und globale Herausforderungen können nicht allein durch technologische Innovationen bearbeitet werden. Gegenwärtig zeichnet sich ein tiefgreifender Wandel und „Umbau gesellschaftlicher Strukturen und Verhaltensmuster" (Lindner et al. 2021, S. 11) ab, der es erforderlich macht, disparate Interessen, gemeinsame Bedürfnisse und bestehende Machtverhältnisse zu klären. Die „Große Transformation" bedarf laut dem Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderung" (WBGU) nicht weniger

* *Corresponding author: theresa.franke@ovgu.de*
[1] *Fakultät für Humanwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, DE*
[2] *Lehrstuhl für Hochschul- und Wissenschaftsmanagement, Deutsche Universität für Verwaltungswissenschaften, Speyer, DE*

© 2022 by the authors; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.42
Received: Sep. 10, 2021; revised version accepted: Jan. 28, 2022;
published online: Apr. 08, 2022 (peer review)

als einen neuen „Gesellschaftsvertrag“, der technik- und wettbewerbsgetriebene Veränderungen mit Forderungen nach ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit verbinden soll (WGBU 2011). Zivilgesellschaftliche Bewegungen und Bürgerinitiativen stehen zumeist für einen Nachhaltigkeitsdiskurs, der als Gegenentwurf zu einem vorwiegend technologieorientierten Wandel und wachstumsbezogenen Fortschrittsglauben verstanden werden kann. Die Herausforderung besteht deshalb darin, verschiedene Perspektiven auf beobachtbare transformative Prozesse in einem konstruktiven Widerstreit so miteinander zu verbinden, dass Möglichkeitsräume entstehen, in denen gesellschaftliche Alternativen erfahren und erdacht werden können.

Durch ihren transdisziplinären Ansatz ermöglichen Reallabore eine koproduktive Wissenserzeugung und eröffnen neue Formen des gegenseitigen Lernens.

TA nimmt hier die Rolle einer „Reflexions- und Transformationsagentin“ (Bogner und Torgersen 2021, S. 61) ein, die soziale und technologische Diskurse einer Beobachtung zweiter Ordnung unterzieht und somit den Weg für transdisziplinäre Lern- und Forschungsformate bereitet.

Gesellschaftliches Lernen im Reallabor vor dem Hintergrund kritischer Bildungstheorie

Um einen solchen transdisziplinären Dialog und einen kontroversen demokratischen Austausch zu organisieren, braucht es eine Infrastruktur und passende Umsetzungskonzepte. In der TA-Diskussion geraten hierfür besonders gesellschaftliche Lernräume in den Fokus, die „die Komplexität und Vielfalt von Problemlösungsprozessen analytisch zugänglich machen“ (Böschen 2018, S. 54) und somit einen „wissenschaftlichen Beitrag zu gesellschaftlichen Lernprozessen“ (Grunwald 2003, S. 3) leisten können. Seit einigen Jahren wird dies im Rahmen von Reallaboren erprobt. Sie sind lokal verortet und bringen verschiedene Akteur:innen der Stadtgesellschaft zusammen. Durch ihren transdisziplinären Ansatz ermöglichen sie eine koproduktive Wissenserzeugung und eröffnen neue Formen des gegenseitigen Lernens (Marquardt und Gerhard 2021). Über den Forschungsbezug hinaus bieten Reallabore den Beteiligten reflexive Handlungskontexte, in welchen sie sich selbst hinsichtlich konkreter Problemstellungen neu mit der Welt ins Verhältnis setzen.

Die eingangs genannten Transformationsziele können im Reallaborkontext in drei Dimensionen erschlossen werden: Forschung, Praxis und Bildung (Beecroft 2020). Dabei spielt die Dimension der Bildung eine wichtige, aber bislang nur wenig beachtete Rolle (Beecroft und Parodi 2016, S. 6 f.). Sollen sich Reallabore als Lernsettings und hinsichtlich ihrer Lernqualitäten als ein wichtiger „Kristallisationspunkt“ (Beecroft 2020, S. 37 f.) für die Themen einer breiten gesellschaftlichen Bewegung etablieren, sind ihre bildungspolitischen und pädagogischen Aufträge näher zu betrachten. Inwieweit können Reallabore also zu gesellschaftlichen Lernprozessen beitragen?

In der kritischen Bildungstheorie existiert ein geeigneter methodologischer Ansatz, der wichtige Aspekte des Lernens vor dem Hintergrund historischer und gesellschaftlicher Umbruchsituationen beleuchtet. Der von Heinz-Joachim Heydorn beschriebene „Widerspruch von Bildung und Herrschaft“ (Heydorn et al. 2004) lässt sich dialektisch lösen, indem historisch-systematische Analysestrategien die gesellschaftlichen Vorbedingungen von Bildung berücksichtigen: Bildung wird seit der Industrialisierung als zentrales soziales Planungs- und Steuerungsinstrument für gesellschaftlichen Fortschritt angesehen – und gleichzeitig mit dem aufklärerischen, bürgerlichen Bildungsversprechen von Selbstverwirklichung und Mündigkeit verbunden. Darin deutet sich ein grundlegendes Dilemma pädagogischer Situationen und bildungspolitischer Programme an, wie es auch am aktuellen Nachhaltigkeitsdiskurs nachweisbar ist (Kehren 2017): Nachhaltigkeit avanciert zu einem wichtigen Bildungs- bzw. Erziehungsauftrag der Großen Transformation (Schneidewind 2018), wobei das Individuum durch Kompetenzentwicklung und Wertevermittlung auf eine ressourcenschonende, suffiziente Lebensweise hin orientiert wird – doch gleichzeitig bleiben Wirtschaftswachstum und Konsum zentrale Narrative der Industriegesellschaft (Kehren 2017, S. 65 f.). Es besteht somit die Gefahr, in der Zielbestimmung von Bildung für Transformationsprozesse „noch so gut gemeinte Ziele zu instrumentalisieren“ und somit in jene „Herrschaftsform zurück“ zu führen (Pongratz 1995, S. 14), aus der es sich zu emanzipieren gilt. Bewusstseinsbildung, Selbstreflexivität und „antihabituelle Praxen“ (Bernhard 2011, S. 95) sind daher wesentliche Voraussetzungen für den Umgang mit gesellschaftlichen Verstrickungen und den immanenten Widersprüchlichkeiten institutionalisierter Bildung (Heydorn et al. 2004). Vor dem Hintergrund dieser bildungstheoretischen Überlegungen entfalten Reallabore eine besondere Wirkung: Forschung, Praxis und Bildung befinden sich in einer transdisziplinären Suchbewegung – sowohl zwischen objektiven und subjektiven Bewertungskriterien des generierten Wissens als auch zwischen der Normativität und Neutralität ihrer Themenwahl. Experimente und Interventionen im Reallabor ermöglichen es, Wandlungsprozesse und Problemlagen im direkten Umfeld frühzeitig wahrzunehmen und alternative Lösungskonzepte zu entwickeln.

https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.42

Das Magdeburger Studierendenprojekt in:takt als Ort gesellschaftlicher Lernprozesse

Im Folgenden wird am Fallbeispiel des partizipativen Studierendenprojekts in:takt rekonstruiert, was Reallabore als Bildungsorte im Sinne kritischer Bildungstheorie leisten können. Der Fallstudie liegt eine Dokumentation zugrunde, die von unterschiedlichen Akteur:innen des Projekts in:takt als Reflexionsarbeit verfasst wurde. Die Rekonstruktion erfolgt auch aus begleitenden Lehrerfahrungen in den Bereichen Kulturwissenschaft, Projektdesign und Wissensmanagement zur Projektarbeit der Studierenden im in:takt und stellt insofern eine Innenansicht dar. Mit dem in:takt wurde ein städtisches, nachhaltigkeitsorientiertes Reallabor[1] ausgewählt, da sich insbesondere urbane Räume als wegweisend für gesellschaftliche, soziotechnologische Transformationsprozesse herausstellen (Gerhard und Marquardt 2017, S. 100). Das Studierendenprojekt der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OvGU) entstand 2018 aus dem interdisziplinären Studienprogramm *Cultural Engineering*, das auf einer Verbindung aus Kulturwissenschaft, Wissensmanagement und Logistik fußt. In diesem Programm beschäftigen sich die Studierenden mit der Erschließung, Kontextualisierung und Moderation komplexer kultureller Handlungsfelder. Kernbereich des Studiums bilden Projektmodule, die über den gesamten Studienverlauf die Inhalte der genannten Disziplinen miteinander verschränken. Sie unterteilen sich in Projektseminare und in einen freien Projektbereich, in dem die Studierenden ganz eigene, freie Konzepte entwickeln können.

Aus einer Verflechtung von Projektseminar und freien Projektarbeiten entstand das Reallabor in:takt, in dem Studierende und unterschiedliche Partner:innen aus der Stadtgesellschaft gemeinsam neue Ideen und Lösungen für eine nachhaltige Stadtentwicklung und zur Belebung der Magdeburger Innenstadt erarbeiten. Die gleichnamige Seminarreihe in:takt bildet das Herzstück der seminaristischen Vorbereitung und sichert die inhaltliche Rückbindung für die sich im Reallabor frei vernetzenden Projekte. Das Lehrkonzept basiert auf dem Ansatz *live project*, der auf einer Wechselwirkung von Theorie und Praxis fußt, wie sie im angelsächsischen Raum[2] bereits seit einigen Jahren etabliert ist (Weiner et al. 2021, S. 16). Die Leistungsmessung findet in allen Projektmodulen über Reflexionsaufgaben statt, die mittels Portfolios, Dokumentationen und über Projektpräsentationen zur Bewertung eingereicht werden. Im Fokus der Leistungsbewertung liegt dabei nicht der Erfolg des initiierten Projektes, sondern die Fähigkeit, System- und Transformationswissen aus den inhaltlichen Bezügen des Studiums mit der praktischen Arbeit im Projekt zusammenzubringen und kritisch zu reflektieren. Dies ist im Reallaborkontext sehr wichtig, da unter realen Bedingungen gearbeitet wird und nicht von vornherein klar ist, ob ein Projekt erfolgreich sein wird. Um aus der Universität heraus in die Stadtgesellschaft zu treten, wurde das in:takt in einem leerstehenden Laden einquartiert und ein externer Gestaltungsraum für die Entwicklung des Reallabors gefunden.

Raum und Netzwerk

Mit der Idee ‚vom Leerstand zum Freiraum' ermöglicht das in:takt verschiedene Nutzungsformen wie bspw. als „Debattierraum, Vereinsraum, Atelier, Proberaum, Werkstatt, Seminarraum, Startraum für Ideen" (Weiner et al. 2021, S. 11). Der Raum zeichnet sich durch vielfältige funktionale Überschneidungen aus: Die Akteur:innen des Projekts in:takt beschreiben das entstehende Reallabor als einen entscheidenden „Anker- und Katalysationspunkt" (Weiner et al. 2021, S. 43) für die Auseinandersetzung mit gesellschaftlich relevanten Themen. Diese Auseinandersetzung erfolgt in unterschiedlichen Wirkungsfeldern (z. B. lokale Wirtschaft oder städtische Öffentlichkeit) und wird hinsichtlich Stadtdiskurs, Stadtraum und Stadtökologie kontextualisiert. Für einen möglichst breiten gesellschaftlichen Dialog werden unterschiedliche Akteur:innen wie Wissenschaftler:innen, Politiker:innen, Start-ups und Künstler:innenkollektive zu Veranstaltungen eingeladen, um den Austausch zwischen diesen Gruppen zu fördern. Dass dies nicht immer einfach ist, stellt eine wichtige Erfahrung für die Studierenden dar. Immer wieder wird das in:takt von einigen Akteur:innen aus der Stadt und dem politischen Raum zu einer neutralen und objektiven Haltung aufgefordert. Um dieser Forderung zu begegnen, wird mit einem methodischen Ansatz gearbeitet: Die im Seminar durchgeführten „Umfragen, Recherchen und vor Ort gesammelte Erfahrungen" werden mithilfe wissenschaftlicher Theorien vertiefend erschlossen, was zu „wissensbasiert begründeten Haltungen" (Weiner et al. 2021, S. 33) führen soll. Von den Studierenden werden immer wieder Themen wie „Nachhaltigkeit im Konsum" oder „Bürgerliches Empowerment" (Weiner et al. 2021, S. 16) bearbeitet und anhand von Projektergebnissen (z. B. aus Umfragen) diskutiert. Einzelne Projekte vertiefen in unterschiedlicher Weise aktuelle politische und gesellschaftliche Problemlagen in der Stadt. Alle Projekte werden in einer anschließenden Reflexionsphase nachbereitet und hinsichtlich der Kategorien „Wirkungsradius", „Sprungbretter" und „Barrieren" analysiert (Weiner et al. 2021, S. 33). Diese Bewertung zeigt, ob und wodurch ein Projekt im Austausch mit Akteur:innen der Stadt zu einer Weiterentwicklung und neuen Lösungen in der Innenstadt beigetragen hat.

Bei der Veranstaltung ‚auf:takt' zur Neueröffnung der Räumlichkeiten im Juni 2020 gestalteten die Studierenden den Straßenraum als Erweiterung des Lokals. Die Inszenierung des öffentlichen Raumes als Wohnzimmer wurde mit einer niederschwelligen Mitmachaktion zum Thema *Entwicklungspotenziale für eine lebendige, lebenswerte Stadt* verbunden (Abb. 1). Dabei entstand eine Pinnwand, auf der Gäste und befragte Passant:innen ihre Wünsche und ihre Kritik am Wohnumfeld festhalten konnten. Über das Aufspannen von Fäden wurden die Aussagen mit dem jeweiligen Wohnquartier verbunden. Das vi-

1 Für weitere Typen von Reallaboren s. Gerhard et al. (2017).

2 Das Lehrkonzept orientiert sich am Projekt *Live Works* der University of Sheffield, School of Architecture's Urban Room im Zentrum Sheffields.

 https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.42

Abb. 1: Mitmachaktion zur Stadtbegrünung (links und rechts) und der wiederbelebte innerstädtische Begegnungsraum (mittig). *Fotos: Giovanna Veronica Gahrns*

suelle Ergebnis der Aktion diente dem in:takt nachfolgend als Evaluationsmöglichkeit und als Inspiration für weitere Projekte.

Die Kategorie *Raum* spielt im Projekt in:takt eine tragende Rolle. Die Grundlage der Projektkonzeptionen bilden raumsoziologische Zugänge, die auch Wahrnehmungsweisen und Zukunftsvorstellungen der Zivilgesellschaft mit einbinden sollen. Mit der Methode des *Mappings* aus der kulturanalytischen Stadtraumforschung erfassen die Studierenden den Stadtraum als ein sozialräumliches Gefüge. Raumqualitäten werden dabei zeichnerisch bzw. visuell mitsamt ihren materiell-physischen Gegebenheiten und den sozialen Strukturen, wie z. B. der Verteilung von Freizeit- und Bildungsangeboten, erschlossen. Mithilfe dieser Analyse lassen sich die Orte hinsichtlich ihrer Gestaltungspotenziale, etwa für Begegnungen verschiedener Milieus, begreifen. In Bezug auf die Beteiligten und das partizipative Geschehen dokumentiert das in:takt systematisch verschiedene Ebenen der Netzwerkbildung. Dabei wird das Netzwerk in Form von Kooperationen und Praxispartner:innen stetig erweitert, denn Netzwerkbildung „findet fast immer raumbezogen statt“ (Weiner et al. 2021, S. 43). Auf diese Weise wird die räumliche Verortung der weitverzweigten Austauschbeziehungen fortwährend inhaltlich an das Reallabor rückgebunden.

Aus dieser qualitativen Fallbeschreibung lassen sich folgende Dimensionen relevanter Lernprozesse abstrahieren: Die Rolle von *Engagement und Distanzierung*, der *Umgang mit Wissen* und das *Experimentieren in einem geteilten öffentlichen Raum*.

Welterfahrung zwischen Engagement und Distanzierung

Die Aufgaben im Projekt in:takt sehen offene Situationen vor, die die Studierenden zur Reflexion ihrer eigenen Bezogenheit auf bestehende Strukturen oder der Distanzierung von ihnen veranlassen. Lernende sollen in diesen Kontexten Wirkungsgefüge verstehen und durch Irritationen etwas über soziale Dynamiken erfahren. Bestehende Regeln und normative Setzungen führen in den identifizierten Wirkungsfeldern (organisationsbezogen, politisch, nachbarschaftlich etc.) zu Aushandlungsprozessen zwischen den verschiedenen Interessengruppen. „Solche Prozesse des Netzwerkbildens beruhen auf einer doppelten Innovation“ (Schulz-Schaeffer 2000, S. 188): Sie verändern sowohl die Beziehungen im Netzwerk, als auch den Einzelnen als lernendes Individuum in der Gemeinschaft. Die eigene Rolle muss hinterfragt und zwischen Normativität und Neutralität verortet werden. Eine Analyse der im Reallabor stattfindenden Netzwerkbildung zeigt die Entfaltung der relevanten gesellschaftlichen Themen in einem situativen Setting, das fortlaufend relationale Bezüge (Schmitz 1988) im Lernprozess herstellt: Zeitbezüge (Was kann jetzt und künftig getan werden?), Selbstbezüge (Was kann ich selbst konkret tun?), Ortsbezüge (Was kann regional, positiv und nachhaltig wirken?) sowie Handlungs- und Sachbezüge (Welcher Art sind die eigenen Beziehungen zur Welt und die daraus erwachsenden Handlungspotenziale für die Gemeinschaft?). In konkreten Situationen erproben die Lernenden die Möglichkeiten und die Grenzen verschiedener Modi der Einflussnahme durch einen dialogorientierten, wissensbasierten Austausch.

Vernetzung von Wissensformen: Verfügbare Welt

Das Vor-Ort-Sein stellt die Mitwirkenden vor die Aufgabe, sich die nötige Akzeptanz in der lokalen Zivilgemeinschaft zu erobern. Dies erfordert eine Reflexion von Mensch-Raum-Verhältnissen, die aufzeigt, dass Räume fortwährend durch Menschen und soziale Strukturen geschaffen werden. Verortung und Orientierung des Einzelnen resultieren aus der Summe gesammelter Eindrücke. Die Themen, die die Studierenden aus der Stadt aufgreifen, erfordern einen konstruktiven Umgang mit Widersprüchen und divergierenden Perspektiven. Je sinnvoller und dichter diese Bezüge in einem Thema und an einem Ort zusammengebracht werden, desto lebendiger wird der eigene Lernprozess erlebt. Das „Systemwissen“ (Schneidewind und Singer-Brodowski 2014, S. 134 ff.) aus den Studieninhalten begünstigt das Verständnis aktueller Zustände und historische Reflexionen geben Auskunft über deren Veränderbarkeit. Im in:takt suchen die Ak-

teur:innen aktiv nach Leerstellen im städtebaulichen Bild, die sie als Freiräume zur Gestaltung begreifen. Diese stehen sinnbildlich für offene und unbearbeitete Themen gesellschaftlicher Diskurse. „Zielwissen" (Schneidewind und Singer-Brodowski 2014, S. 134 ff.) drückt sich hier in Zukunftsvisionen rund um die Themen Urbanität und Nachhaltigkeit aus, die die Studierenden mit ihren Projekten bearbeiten wollen. Diese Setting-Qualitäten und Formate befreien Bildung im Sinne kritischer Bildungstheorie aus einer partiellen Zweckbindung und führen die Aufgaben im Reallabor auf einen konkreten Sachbezug zurück. Reallabore und Reallaborforschung tragen zu einem „integrativen Verständnis" von Problemlösungsstrategien bei (Gerhard und Marquardt 2017, S. 101) und fördern schließlich das zur Entscheidungsfindung nötige „Transformationswissen" (Schneidewind und Singer-Brodowski 2014, S. 134 ff.).

Welt als Herausforderung: Erfolg und Misserfolg beim experimentellen Lernen

Der Erfolg des experimentellen Lernens im Projekt in:takt ist nicht notwendigerweise an das Gelingen der Projekte gebunden. Vielmehr steht der Umsetzungsprozess im Mittelpunkt der Lernerfahrungen, der von den Lernenden (größtenteils) selbstständig und experimentell erarbeitet wird. Die Einflussfaktoren, die im Projekt wirken, sind vielfältig und nur bedingt über die Erfahrungswerte und Wissensbestände aus vorangegangenen Projekten rekonstruierbar. Die Studierenden erzeugen durch ihre Projekte Situationen ungewissen Ausgangs und müssen unter Umständen improvisieren. Improvisation verweist hierbei auf einen kreativen, teils spontanen Umgang mit Komplexität und ungelösten Problemen, der eine enge Zusammenarbeit der Akteur:innen erfordert. Die gemeinsame Projektarbeit heterogener Gruppen übernimmt eine integrative Bildungsfunktion, indem sie Perspektiven aus unterschiedlichen Milieus, Lebenserfahrungen und Bildungsbiografien zusammenführt. Hierin liegt das kritisch-emanzipatorische Potenzial des Reallabors: Es entstehen Lernkontexte, in denen kulturelle Hegemonien, Konformismus und bestehende soziale Verhältnisse hinterfragt werden können. Die experimentierende Haltung im Reallaborkontext zeigt, dass Bildung auf besondere Weise ein Instrument von Emanzipation im Hinblick auf Handlungsmöglichkeiten sein kann. Damit rückt auch der Umgang mit dem Scheitern von Projekten ins Blickfeld. Der sinnvolle Lernmoment des Misslingens und der Neuorientierung wird bislang noch wenig im allgemeinen Reallaborkontext beachtet. Als besonders wertvoll erscheinen deshalb Analysen zu Barrieren und Chancen im bearbeiteten Handlungsfeld im Nachgang der Durchführung experimenteller Konzepte.

Fazit

Reallabore zählen heute fest zum TA-Kanon und lassen innovative Lösungen zur Bewältigung der gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts erhoffen. Bildungsbezüge bleiben bislang jedoch oft implizit und theoretisch weitgehend unbeleuchtet. Im Reallaborkontext können Prozesse der De-Institutionalisierung und De-Zweckzuweisung individuellen Lernens mit gesamtgesellschaftlichen Entwicklungszielen vereint werden: Es wurde gezeigt, dass Raumbindung und Raumbezogenheit ein situatives, experimentelles Lernen im Sinne eines kritischen Bildungsverständnisses ermöglichen. Bildung wird dabei in stetig reflexiver Auseinandersetzung mit den Bedingungen und Konstellationen einer sich verändernden Lebenswelt organisiert: Sie hat „keine Ziele, die der auf den Begriff gebrachte Gesellschaftsprozeß nicht schon enthält" (Koneffke 1982, S. 165). Kritisch-materialistische Bildungstheorie thematisiert die historischen gesellschaftlichen Vorbedingungen institutionalisierten Lernens. Analog hierzu kann die TA das dialektische Verhältnis aus technologischen Vorbedingungen und sozialen Entwicklungen mittels Zeitdiagnosen und objektivierender Zugänge zum Gegenstand von Forschung und Praxis machen. Reallabore stellen schließlich solche Lernräume in Aussicht, in denen gegensätzliche Perspektiven und Widerstände in einen konstruktiven transdisziplinären Dialog treten, und leisten somit einen wertvollen transformativen Beitrag zur künftigen gesellschaftlichen Entwicklung.

Das Vor-Ort-Sein stellt die Mitwirkenden vor die Aufgabe, sich die Akzeptanz der lokalen Zivilgemeinschaft zu erobern.

Funding • This article received no external funding.
Competing interests • The authors declare no competing interests.

Literatur

Beecroft, Richard; Parodi, Oliver (2016): Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation. Einführung in den Schwerpunkt. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 25 (3), S. 4–8. https://doi.org/10.14512/tatup.25.3.4

Beecroft, Richard (2020): Das Reallabor als transdisziplinärer Rahmen zur Unterstützung und Vernetzung von Lernzyklen. Dissertation. Lüneburg: Leuphana Universität Lüneburg. Online verfügbar unter https://pub-data.leuphana.de/frontdoor/deliver/index/docId/1031/file/diss_2020_beecroft_richard.pdf, zuletzt geprüft am 10. 02. 2022.

Bernhard, Armin (2011): Elemente eines kritischen Begriffs der Bildung. In: Bettina Lösch und Andreas Thimmel (Hg.): Kritische Politische Bildung. Ein Handbuch. Frankfurt a. M.: Wochenschau Verlag, S. 89–100.

Bogner, Alexander; Torgersen, Helge (2021): Die Transformation der TA im Zuge der TA von Transformationen. In: Ralf Lindner et al. (Hg.): Gesellschaftliche Transformationen. Gegenstand oder Aufgabe der Technikfolgenabschätzung? Baden-Baden: Nomos, S. 55–66. https://doi.org/10.5771/9783748901556

Böschen, Stefan (2018): Grand Challenges. Eröffnung von gesellschaftlichen Lernräumen oder Suche nach diskursiver Kontrolle? In: Michael Decker, Ralf Lindner, Stephan Lingner, Constanze Scherz und Mahshid Sotoudeh (Hg.): „Grand Challenges" meistern. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung. Baden-Baden: Nomos, S. 51–60. https://doi.org/10.5771/9783845283562-1

Gerhard, Ulrike; Marquardt, Editha (2017): Reallabore als innovatives Forschungsformat zur Untersuchung nachhaltiger Stadtentwicklung. Eine kritische Reflexion. In: Berichte. Geographie und Landeskunde 91 (1), S. 97–111.

Gerhard, Ulrike; Marquardt, Editha; West, Christina (2017): Reallabore in der Stadtforschung. Eine Einführung. In: Berichte. Geographie und Landeskunde 91 (1), S. 5–12.

Grunwald, Armin (2003): Technikfolgenabschätzung als wissenschaftlicher Beitrag zu gesellschaftlichen Lernprozessen über Technik. In: Gotthard Stein (Hg.): Umwelt und Technik im Gleichklang. Technikfolgenforschung und Systemanalyse in Deutschland. Berlin: Springer, S. 3–17. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55681-4_1

Heydorn, Irmgard; Kappner, Hartmut; Koneffke, Gernot; Weick, Edgar (Hg.) (2004): Heinz-Joachim Heydorn. Werke. Bd. 3, Über den Widerspruch von Bildung und Herrschaft. Wetzlar: Büchse der Pandora.

Kehren, Yvonne (2017): Bildung und Nachhaltigkeit. Zur Aktualität des Widerspruchs von Bildung und Herrschaft am Beispiel der Forderung der Vereinten Nationen nach einer ‚nachhaltigen Entwicklung'. In: Pädagogische Korrespondenz 30 (1), S. 59–71. https://doi.org/10.25656/01:20568

Koneffke, Gernot (1982): Wert und Erziehung. Zum Problem der Normierung des Handelns in der Konstitution bürgerlicher Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 28 (6), S. 935–949. https://doi.org/10.25656/01:14239

Lindner, Ralf et al. (2021): Gesellschaftliche Transformationen und Technikfolgenabschätzung. Einführung in den Konferenzband. In: Ralf Lindner et al. (Hg.): Gesellschaftliche Transformationen. Gegenstand oder Aufgabe der Technikfolgenabschätzung? Baden-Baden: Nomos, S. 11–18. https://doi.org/10.5771/9783748901556-11

Marquardt, Editha; Gerhard, Ulrike (2021): „Town and Gown" – Reallabore als Experimentierfeld kritischer Transformationsforschung in der urbanen Gesellschaft. Witi-Berichte Nr. 8, Speyerer Arbeitshefte Nr. 249. Speyer: Deutsche Universität für Verwaltungswissenschaften. Online verfügbar unter https://www.witi-innovation.de/wp-content/uploads/2021/04/WITI-Berichte_8_Reallabor.pdf, zuletzt geprüft am 10. 02. 2022.

Parodi, Oliver (2021): Zum Verhältnis von Technik, Technikfolgenabschätzung und Transformation. In: Ralf Lindner et al. (Hg.): Gesellschaftliche Transformationen. Gegenstand oder Aufgabe der Technikfolgenabschätzung? Baden-Baden: Nomos, S. 19–36. https://doi.org/10.5771/9783748901556-19.

Pongratz, Ludwig (1995): Aufklärung und Widerstand. Kritische Bildungstheorie bei Heinz-Joachim Heydorn. In: Peter Euler und Ludwig Pongratz (Hg.): Kritische Bildungstheorie. Zur Aktualität Heinz-Joachim Heydorns. Weinheim: Deutscher Studienverlag, S. 11–38.

Schmitz, Hermann (1988): System der Philosophie. Der Raum. Bonn: Bouvier.

Schneidewind, Uwe (2018): Die große Transformation. Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. Frankfurt a. M.: Fischer.

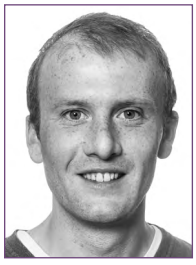
Schneidewind, Uwe; Singer-Brodowski, Mandy (2014): Transformative literacy. Gesellschaftliche Veränderungsprozesse verstehen und gestalten. In: Wolfgang Sorgo (Hg.): Krisen- und Transformationsszenarios. Frühkindpädagogik, Resilienz und Weltaktionsprogramm. Wien: Forum Umweltbildung, S. 131–140.

Schulz-Schaeffer, Ingo (2000): Akteur-Netzwerk-Theorie. Zur Koevolution von Gesellschaft, Natur und Technik. In: Johannes Weyer (Hg.): Soziale Netzwerke, Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung. München: Oldenbourg, S. 187–210.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderung" (2011): Hauptgutachten. Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Online verfügbar unter https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2011/pdf/wbgu_jg2011.pdf; zuletzt geprüft am 10. 02. 2022.

Weiner, Hendrik et al. (2021): Die Dokumentation vom Projekt in den Jahren 2018–2021. Magdeburg: o. V. Online verfügbar unter https://intakt-magdeburg.de/wp-content/uploads/2021/08/in_takt-Doku_2018-2021.pdf, zuletzt geprüft am 13. 12. 2021.

THERESA FRANKE
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin an der OvGU Magdeburg. Sie studierte Cultural Engineering (CE) und Bildungswissenschaften. Im Studienprogramm CE war sie zwischen 2015 und 2020 als Lehrende tätig und u. a. verantwortlich für Projektmodule im Kontext kulturwissenschaftlicher Stadtraumforschung in enger Verbindung zum Projekt in:takt.



FLORIAN HOFFMANN
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Hochschul- und Wissenschaftsmanagement der Deutschen Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer und Doktorand im BMBF-Graduiertenkolleg „Wissenschaftsmanagement und Wissenschaftskommunikation als forschungsbasierte Praxen der Wissenschaftssystementwicklung".

DR. EDITHA MARQUARDT
ist Leiterin des Projekts ‚Town & Gown – Zusammenarbeit von Stadt und Hochschule' an der Universität Speyer. Zuvor leitete sie u. a. das Reallabor ‚Urban Office – Nachhaltige Stadtentwicklung in der Wissensgesellschaft' der Universität Heidelberg. Wichtige Themen in ihrer Forschung sind Stadt und Wissen, Transformations- und Reallaborforschung.

PROF. DR. PHILIPP POHLENZ
hat Soziologie in Hamburg und Potsdam studiert und wurde 2008 zum Dr. rer. pol. an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam promoviert. Seit 2014 ist er Inhaber der Professur für Hochschulforschung und Professionalisierung der akademischen Lehre an der OvGU Magdeburg.