

Forschungspartizipation und Bürgerwissenschaften

Lernen durch kollaborative Wissenskonstruktion

Till Bruckermann

Zusammenfassung: *Forschungspartizipation umfasst die Beteiligung der Öffentlichkeit an wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen in unterschiedlichen Disziplinen. Die Vielfalt der Beteiligungsformate spiegelt sich in der gesellschaftlichen Reichweite, den normativen und epistemischen Aspekten sowie individuellen Lernprozessen wider. Diese Vielfalt erfordert eine differenzierte Betrachtung im Hinblick auf Lernkontexte, -ziele und -konzepte sowie beteiligte Akteur:innen. Mit Blick auf die Naturwissenschaften wird am Beispiel von Citizen Science das Verhältnis zwischen individuellem Lernen als partizipativer Wissenschaftskommunikation und kollaborativer Wissenskonstruktion als partizipativer Forschung verdeutlicht. Durch die Interaktionen zwischen Individuum und Wissenschaft werden sowohl das individuelle als auch das kollektive Wissen in Citizen-Science-Projekten weiterentwickelt.*

Schlagworte: *Forschendes Lernen, Kollaborative Wissenskonstruktion, Informelle Lernkontexte, Wissenschaftsverständnis*

1 Einleitung

Forschungspartizipation beschreibt als Begriff, wie sich Öffentlichkeit (außerhalb akademischer Wissenschaft) an wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen beteiligt. Die Formate, in denen sich Öffentlichkeit beteiligt, sind vielfältig, weil sie in verschiedenen Kontexten, wie Wissenschaftskommunikation und transdisziplinärer Forschung, sowie Disziplinen, wie Natur- und Ingenieurwissenschaften, umgesetzt werden (Allianz der Wissenschaftsorganisationen, 2022; Bessert-Nettelbeck et al., 2023). Allerdings unterscheiden sich die

Formate in ihrer gesellschaftlichen Reichweite, normativen Aspekten des Einbezugs, epistemischen Aspekten der Wissensgenerierung und individuellen Aspekten des Lernens teils deutlich (Schrögel & Kolleck, 2019). Forschungspartizipation wird zudem häufig in politischer Theorie kontextualisiert und auf politische Veränderung normativ ausgerichtet, wenngleich die Befähigung zur Partizipation eng mit dem Lernen über sowie durch Partizipation verbunden ist (vgl. Kelly et al., 2015). Deshalb ist es notwendig, zwischen Partizipationsformaten differenzierend zu betrachten, was über Wissenschaft sowie in ihr gelernt und wie über Wissenschaft gelernt wird (d.h. von Individuen in und außerhalb akademischer Wissenschaft). Um also die Formate vergleichen zu können, werden die Ziele des Lernens, die Konzepte zum Lernen, die beteiligten Akteur:innen und die Kontexte des Lernens als Aspekte einer Lerndimension in Partizipationsformaten vorgeschlagen. An Beispielen wird deutlich, dass Forschungspartizipation im Allgemeinen und Citizen Science im Speziellen wissenschaftsdidaktisch heterogene Lernkontexte darstellen.

An Projekten der Citizen Science bzw. Bürgerwissenschaften wird exemplarisch das Spannungsverhältnis zwischen individuellem Lernen in Projekten als partizipative Wissenschaftskommunikation und der kollaborativen Wissenskonstruktion als partizipative Forschung diskutiert (z.B. Davis et al., 2023). Auch wenn die durch die Professionalisierung akademischer Wissenschaft bestehende Trennung zwischen Expert:innen und Laien in Citizen Science nicht aufgehoben ist, so nehmen beide durch den Einbezug weiterer Wissensformen andere Rollen ein (vgl. Strasser et al., 2019). Die an Forschungspartizipation Beteiligten stehen in einem für Lernkontexte besonderen Verhältnis zueinander, das durch eine kollaborative Konstruktion von Wissen gekennzeichnet ist (z.B. Gray et al., 2017). Einerseits tragen die beteiligten Bürger:innen dazu bei, wissenschaftliche Erkenntnisse zu erzielen, die ohne ihren Beitrag nicht möglich gewesen wären. Andererseits entwickeln die Bürger:innen ihre Fähigkeiten, ihr Wissen und ihre Einstellungen zu Wissenschaft und den beforschten Themen weiter (z.B. Greving et al., 2022). Beide Veränderungen können auf Interaktionen zwischen zwei Systemen, dem Individuum als kognitives System und der Wissenschaft als soziales System, beschrieben werden (Kimmerle et al., 2015). Indem das Individuum mit Erfahrungen und (lokalem) Wissen zum Forschungsprozess beiträgt, kann sich das kollektive Wissen (d.h. geteiltes und in Artefakten repräsentiertes Wissen) im sozialen System weiterentwickeln. Gleichzeitig lernt das Individuum über Wissenschaft, sodass sich das individuelle kognitive System weiterentwickelt.

Deshalb betrifft Forschungspartizipation nicht nur die Entwicklung des individuellen Wissens, sondern immer auch die Entwicklung des kollektiven (wissenschaftlichen) Wissens.

2 Ansätze zur Partizipation im Überblick

Zur Partizipation in der Forschung können drei Ansätze unterschieden werden (Allianz der Wissenschaftsorganisationen, 2022; Schrögel & Kolleck, 2019; Schrögel et al., 2021): (1.) die Planung, wenn Bürger:innen in Zielsetzungen und Rahmenbedingungen einbezogen werden (z.B. Bürger:innendialoge, vgl. *Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt*); (2.) die Durchführung, wenn Bürger:innen Daten erheben, analysieren oder Forschungskonzepte entwickeln (z.B. Citizen Science; vgl. Bonn et al., 2021); (3.) das Erleben bzw. Erfahren von Wissenschaft in der Forschungsdissemination, wenn Bürger:innen über Forschungsergebnisse im Kontext ihrer Lebenswelt lernen (z.B. Outreach in Lernlaboren, Science Centern und Museen; Woithe et al., 2022).

Die gesellschaftliche, normative und epistemische Dimension von Partizipation wurde inzwischen um eine individuelle Erfahrungs- bzw. Erlebnisdimension erweitert, da Partizipation in der Forschung zunehmend auch vor dem Hintergrund von Lernprozessen betrachtet wird (Kelty et al., 2015; Schrögel et al., 2021). Obwohl Lernprozesse aus der Forschungspartizipation auch früher schon nicht ausgeklammert wurden (z.B. in der transdisziplinären Didaktik; Ukowitz, 2021), werden Lernprozesse nun explizit und auf individueller Ebene fokussiert, wie bspw. in der partizipativen Wissenschaftskommunikation (Schrögel et al., 2021). Indem Lernprozesse explizit fokussiert werden, können Ziele und Gegenstände bzw. Outcomes des Lernens beschrieben werden. Anhand von Zielen kann reflektiert werden, was über und in der Wissenschaft gelernt werden soll. Bei der Forschungspartizipation ist zudem das Lernen des Individuums vom Lernen des Systems abzugrenzen (siehe Abschnitt 3.1), wenn nicht nur wissenschaftliches Wissen weiterentwickelt wird, sondern sich auch das Wissen der einzelnen Person weiterentwickelt (vgl. Ko-Evolutionsmodell; Cress & Kimmerle, 2008).

2.1 Formale, non-formale und informelle Lernkontexte

Zum Lernen werden formale, non-formale und informelle Kontexte unterschieden, in denen Lernen in unterschiedlichem Maße organisiert, zielgerich-

tet und intentional ist (z.B. Werquin, 2016). Während in formalen Kontexten Lernen durch Institutionen des Bildungssystems organisiert sowie zertifiziert, auf Lernziele ausgerichtet und intendiert wird, ist Lernen in informellen Kontexten beiläufig und in Alltagssituationen eingebettet (Werquin, 2016). Non-formale Lernkontexte bilden eine Zwischenkategorie, da Lernen hier zwar intentional ist, aber außerhalb des formalen Bildungssystems wie bspw. in Museen organisiert wird (Rohs, 2014).

Die Organisation von Lernprozessen kann sich abhängig vom Kontext für die drei Partizipationsformate unterscheiden, wenn bspw. sowohl in formalen als auch in informellen Kontexten durch Citizen-Science-Projekte gelernt wird (Lorke et al., 2024). In formalen Lernkontexten können Spannungen aus der Ergebnisoffenheit ko-produktiver Prozesse der Forschungspartizipation und den Anforderungen formaler Bildungseinrichtungen entstehen, wobei insbesondere die Partizipation in der Planung Spannungen reduzieren kann (z.B. Roche et al., 2020). Formate zur Partizipation in der Forschungsdurchführung werden in Universitäten in der Lehre (Hitchcock et al., 2021) und in Schulen umgesetzt (Lüsse et al., 2022), wobei in den Aktivitäten ein Ausgleich zwischen dem Erwerb formal relevanter Kompetenzen auf individueller Ebene und dem Erreichen von Forschungszielen angestrebt wird (Atias et al., 2023). Aber auch in Formaten der Forschungsdissemination können Schüler:innen im Unterricht partizipieren: Dazu sollten in Outreach-Programmen die unterschiedlichen Erwartungen von Wissenschaftler:innen, Lehrer:innen und Schüler:innen adressiert werden, indem sie Intermediäre wie Wissenschaftskommunikator:innen einbeziehen (Claussen et al., 2023). Für beide Partizipationsformate wird deutlich, dass in formalen Lernkontexten den Intermediären eine bedeutsame Rolle zukommt, da sie zwischen den Erfordernissen und Zielen der Beteiligten vermitteln können (Claussen et al., 2023; Lorke et al., 2024).

In non-formalen Lernkontexten werden die kompetenz- und wissensorientierten Zielsetzungen von Forschungspartizipation häufig durch sozial-, personal- und erfahrungsorientierte Ziele ergänzt (Schwan & Noschka-Roos, 2019). Die individuellen Motive, sich an Partizipationsformaten der Forschungsdissemination (z.B. partizipative Gestaltung im Museum: Lewalter & Schwan, 2017; Wissenschaftskommunikation: Bromme & Kienhues, 2017) oder der Forschungsdurchführung (z.B. in Citizen-Science-Projekten; Phillips et al., 2019) zu beteiligen, variieren und können vom Ziel, das eigene Wissen zu erweitern, bis zur Unterhaltung und Entspannung reichen (Lewalter & Schwan, 2017). Aus den verschiedenen Motiven zur Partizipation ergibt

sich, dass individuelle Lernprozesse unterschiedlichen Zielsetzungen folgen (Lewalter & Schwan, 2017).

In informellen Lernkontexten sind Partizipationsformate schließlich dadurch charakterisiert, dass Lernprozesse nur schwer beschreibbar sind, weil sie ungeplant und ohne vorab definiertes Ziel ablaufen. Sie sind in informellen Kontexten nicht intendiert, sondern beiläufig und können daher nicht im Vorfeld bestimmt werden. So lernen Teilnehmende in Citizen-Science-Projekten auch dann, wenn das Projekt Lernen nicht intendiert (Masters et al., 2016). Die Erträge aus solchen Lernprozessen zu beschreiben, ist herausfordernd, und sie sind mit wissenschaftlichen Mitteln schwer festzustellen (Schaefer et al., 2021). Um die Erträge dennoch systematisch beschreiben zu können, werden Formen der partizipativen Evaluation vorgeschlagen, in der Indikatoren unter Einbezug der Lernenden definiert und analysiert werden (Kieslinger et al., 2022).

2.2 Ziele und Gegenstände des Lernens

Mit der Orientierung vom Defizitmodell hin zur Ko-Produktion in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit umfassen Lernprozesse nicht nur kognitive Ziele; sie sind bspw. auch auf affektiv-emotionale Ziele wie *Ownership* (d.h. das Gefühl, etwas zu besitzen; z.B. Greving et al., 2023), soziale Ziele wie Vertrauen in Wissenschaft (z.B. Hendriks et al., 2016) oder Verhaltensziele wie Verantwortungsübernahme in der Umwelt (z.B. Phillips et al., 2018) ausgerichtet. Diese Orientierung an weiteren Zielen zeigt sich auch in den verschiedenen Auffassungen von *Scientific Literacy* als wissenschaftsorientiert (*Vision 1*) bzw. als anwendungsorientiert (*Vision 2*; Roberts, 2007) bzw. als orientiert an soziowissenschaftlichen Problemstellungen (*Vision 3*; »hot type« versions of SSI« [socioscientific issues]; Sjöström et al., 2017, p. 183). Ein weiteres Ziel wird relevant: Bürger:innen sollen Einschätzungen nicht nur aus erster Hand treffen können, weil sie über ausreichend Wissen und Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken verfügen; Bürger:innen sollen in alltäglichen Problemstellungen (mit wissenschaftlicher Dimension) informierte Einschätzungen darüber treffen, welchen Informationsquellen sie trauen können (d.h. aus zweiter Hand, Bromme & Goldman, 2014). Diese Ziele können im Kontext informellen und non-formalen Lernens differenziert werden (z.B. National Research Council, 2009), und zwar in Lernziele, die auf Wissen, Fähigkeiten, Einstellungen und das Verhalten ausgerichtet sind (Phillips et al., 2018).

Das Lernziel Wissen erstreckt sich nicht nur auf Wissen über den disziplinären Gegenstandsbereich, also Fachwissen im engeren Sinne, sondern auch auf Methodenwissen über die Denk- und Arbeitsweisen (z.B. Aristeidou & Herodotou, 2020). Während in Partizipationsformaten zur Forschungsdurchführung vor allem Wissen über den Forschungsgegenstand erworben wird (vgl. Peter et al., 2019; Gönner et al., 2023), stehen in Formaten zur Forschungsdissemination häufig das Interesse am Gegenstand und positive Einstellungen zur Wissenschaft im Vordergrund (Lewalter & Schwan, 2017).

Das Lernziel Einstellungen kann differenziert werden in Einstellungen gegenüber Wissenschaften (z.B. Naturwissenschaften; Bruckermann et al., 2021), Interesse am Gegenstandsbereich (z.B. naturwissenschaftlichen Themen; Lewalter et al., 2021) und der Motivation, sich an Wissenschaft zu beteiligen (Greving et al., 2023; vgl. Potvin & Hasni, 2014, für eine Übersicht). Für Partizipationsformate der Forschungsdissemination und hier insbesondere für Museen, Science Center sowie Lernlabore wurden mehrfach positive Effekte auf affektive Lernziele wie die Förderung von Interessen und Motivation nachgewiesen (Lewalter et al., 2021; Schwan et al., 2014; Woithe et al., 2022). Im Kontext von Citizen Science als Partizipationsformat konnten Effekte der Einstellungsentwicklung seltener gezeigt werden (Peter et al., 2019), und es werden Deckeneffekte durch eine positive Selbstselektion der beteiligten Bürger:innen vermutet (vgl. Brossard et al., 2005).

Das Lernziel Fähigkeiten umfasst nicht nur praktisch-technische Fähigkeiten, wie bspw. Laborfertigkeiten (*practical skills*; vgl. Itzek-Greulich et al., 2015), sondern auch Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken, wie bspw. das Interpretieren von Daten (z.B. Bruckermann et al., 2023). In Partizipationsformaten zur Forschungsdurchführung zeigt sich, dass die verschiedenen Fähigkeiten nicht gleichermaßen als Lernziele adressiert werden (Stylinksi et al., 2020). Insbesondere anspruchsvollere Fähigkeiten, wie das Hypothesenformulieren, werden seltener adressiert als proximale Fähigkeiten, bspw. zum verlässlichen Beobachten (Stylinksi et al., 2020).

Das Lernziel Verhalten soll letztendlich Handlungsweisen von Bürger:innen in ihrer Lebenswelt verändern, indem sie sich bspw. in den Umweltschutz einbringen (Bela et al., 2016) oder Gesundheitsentscheidungen treffen (z.B. Wing et al., 2008). Formate der Forschungspartizipation, welche Verhaltensziele verfolgen, betreffen häufig lokale Problemstellungen oder Fragen einer spezifischen Gemeinschaft bzw. Gemeinde (»community or civic action«; Phillips et al., 2018, p. 11).

2.3 Konzepte zum Lernen

Um Lernprozesse in Partizipationsformaten zu beschreiben, werden die Lernkonzepte differenziert in solche, die sich eher an epistemisch-kognitiven oder an sozialen Praxen der Wissensgenerierung orientieren (vgl. Rhein & Reinmann, 2022). Während epistemisch-kognitiv orientierte Lernkonzepte eher Prozesse und Methoden der Erkenntnisgewinnung betonen (z.B. forschendes Lernen; Pedaste et al., 2015), fokussieren sozial orientierte Lernkonzepte die Enkulturation in einer Gemeinschaft von Lernenden, welche Ziele und Werte teilen (z.B. situiertes Lernen; Lave & Wenger, 2008). Auch wenn sich durch diese Unterscheidung Schwerpunkte in den Lernkonzepten identifizieren lassen, sind sie nicht ausschließend, da bspw. auch die Nutzung epistemischer Praxen nicht außerhalb eines sozial-institutionellen Rahmens erfolgt.

Beim forschenden Lernen in Formaten der Forschungspartizipation werden die epistemischen Praxen der Wissensgenerierung in Forschungsprozessen mit dem individuellen Lernen parallelisiert (z.B. in *Citizen Inquiry*; Herodotou, Scanlon & Sharples, 2018). Durch das Konzept des forschenden Lernens werden Lernprozesse beschrieben, welche eine Fragestellung zur natürlichen oder materiellen Welt anhand von gesammelter Daten, wie bspw. in den Naturwissenschaften aus Untersuchungen zu einer Hypothese, beantworten sollen, wobei aber auch eine induktive Vorgehensweise möglich ist (Pedaste et al., 2015). Zu der untersuchten Fragestellung wird Wissen generiert, welches aus individuell-subjektiver Sicht (Sharples et al., 2015), aber auch aus Sicht Dritter relevant und neu sein sollte (Huber, 2009). Durch die Parallelisierung mit epistemischen Praxen soll forschendes Lernen insbesondere Wissen über das Fach und seine Methoden sowie Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten fördern (vgl. Huber & Reinmann, 2019). In Partizipationsformaten zur Forschungsdurchführung können Aspekte der epistemischen Dimension (u.a. Problemdefinition und/oder Interpretation und/oder Datenanalyse umfassend; Schrögel & Kolleck, 2019) den Phasen des forschenden Lernens zugeordnet und so bspw. für Citizen-Science-Projekte verschiedene Öffnungsgrade des forschenden Lernens ermöglicht werden (Bruckermann et al., 2023; Sommer et al., 2023). Forschendes Lernen durch die Partizipation in der Forschungsdurchführung erfordert einerseits geeignete (technologische) Unterstützung der Aktivitäten im Forschungsprozess (Herodotou, Aristeidou, Sharples & Scanlon, 2018) aber auch Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken, wie am Beispiel von Citizen-Science-Projekten gezeigt werden konnte (Bruckermann et al., 2023).

Lernprozesse in Partizipationsformaten, die Lernen in sozialen Situationen einer Lerngemeinschaft fokussieren (z.B. transdisziplinäre Didaktik in FabLabs), können durch das Konzept des situierten Lernens beschrieben werden, in dem Lernen eher durch soziale Interaktionen als durch kognitive Prozesse charakterisiert wird (vgl. Schmohl, 2021). Beim situierten Lernen wird Wissen durch Lernende wechselseitig und in einer sozialen Situation ko-konstruiert, sodass dieses Wissen weniger ein individuelles als ein soziales ist (Greeno, 1998). Innerhalb der Partizipationsformate zur Forschungsdurchführung weisen einige Citizen-Science-Projekte Merkmale des situierten Lernens auf, die in den Projekten vor allem durch Peer-Interaktionen im Internet oder in Präsenz realisiert werden (Phillips et al., 2019). Für Forschungspartizipation insbesondere relevant ist, dass »die etablierte Einteilung in ›Experten‹ und ›Novizen‹ dekonstruiert« wird (Schmohl, 2021, S. 307). In Citizen-Science-Projekten sind Laien im Bezug auf die Projektaktivitäten Noviz:innen. Allerdings werden die Unterschiede zwischen Noviz:innen und Expert:innen durch gemeinsames Lernen aufgehoben, weil sich eine geteilte Praxis gewisser Aktivitäten (z.B. Austausch in Online-Foren) innerhalb einer Gemeinschaft von Citizen Scientists mehr und mehr etabliert (z.B. Online-Astronomie-Projekt; Raddick et al., 2009; vgl. Phillips et al., 2019). Deshalb sind beim situierten Lernen durch Forschungspartizipation die Zugehörigkeit, die wahrgenommene Rolle und soziale Beziehungen in Citizen-Science-Projekten bedeutsam (Phillips et al., 2019). Studien zu Citizen-Science-Projekten zeigen, dass das Gefühl von Teilnehmenden, ein Projekt zu besitzen (Projekt-Ownership), von der wahrgenommenen Rolle (Greving et al., 2020) und den Einstellungen zur Beteiligung in Citizen-Science-Projekten abhängt (Greving et al., 2023).

2.4 Akteur:innen

Die verschiedenen Akteur:innen in Partizipationsformaten können entlang eines Gradienten beschrieben werden, der von den Individuen einer breiten Öffentlichkeit bis zu Individuen mit einem hohen Spezialisierungsgrad reicht (vgl. Schrögel & Kolleck, 2019). Einerseits berücksichtigt der Gradient die Spezialisierung in einem Thema oder Feld, indem er »andere Expert:innen« in dem Thema bzw. Feld und »Teilöffentlichkeiten mit besonderem Interesse« an diesem Thema bzw. Feld als Akteur:innen in Forschungspartizipation benennt (Schrögel & Kolleck, 2019, p. 88). Andererseits berücksichtigt der Gradient die Institutionalisierung, indem er »institutionalisierte Wissenschaftler:in-

nen« in Forschungseinrichtungen und die »organisierte Zivilgesellschaft« als Akteur:innen benennt (Schrögel & Kolleck, 2019, p. 88).

Aus dem Spezialisierungsgradienten der Akteur:innen folgt, dass Lernen in Partizipationsformaten an unterschiedlichen Voraussetzungen ansetzt, wie bspw. individuelles Vorwissen oder Interessen in einem Feld. In inter- bzw. transdisziplinären Projekten sind auch Wissenschaftler:innen außerhalb ihres Themas oder Feldes Laien, sodass eine Experten-Laien-Unterscheidung nur entlang des jeweils eingebrachten themenspezifischen Wissens getroffen werden kann. Lernen ist deshalb nicht auf Individuen der jeweils angesprochenen Teilöffentlichkeit beschränkt, wie bei einer Defizitorientierung, sondern auch Wissenschaftler:innen und andere Expert:innen lernen in ko-konstruktiven Partizipationsformaten der Forschungsdurchführung (Wagenknecht et al., 2021). In Partizipationsformaten sowohl zur Forschungsdurchführung als auch zur Forschungsdissemination wurde wiederholt die Bedeutung unterschiedlicher Motive (z.B. für Citizen Science; Phillips et al., 2019) und Interessen (z.B. für Museen; Lewalter & Schwan, 2017) für das Lernen festgestellt. In der Forschungsdurchführung können zudem Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken das themenbezogene Fachwissen der Teilnehmenden beeinflussen, welches sie am Ende eines Citizen-Science-Projekts besitzen (Bruckermann et al., 2023). Die unterschiedlichen Vorerfahrungen und Interessen werden deshalb auch als Ressource der kollektiven Wissensproduktion in der Forschungspartizipation aufgefasst (vgl. Strasser & Haklay, 2018; siehe 3.2. Vorerfahrungen der Teilnehmenden).

Aus dem Institutionalisierungsgradienten folgt, dass Lernen für die Akteur:innen in unterschiedlichem Maße institutionalisiert sein kann und sie in ihrem jeweiligen Kontext lernen. Für Wissenschaftler:innen kann ein Partizipationsformat zur Forschungsdurchführung wie ein Citizen-Science-Projekt eine formale Lerngelegenheit im beruflichen Kontext darstellen, während sie für teilnehmende Bürger:innen informelles Lernen ermöglicht (Lorke et al., 2019).

3 Citizen Science und Wissenskonstruktion

Innerhalb der Partizipationsformate bieten Citizen-Science-Projekte Gelegenheiten zur Partizipation in der Forschungsdurchführung (z.B. Allianz der Wissenschaftsorganisationen, 2022). Citizen Science wird in diesem Kontext verstanden als freiwillige Beteiligung von Personen, die in der jeweiligen

Disziplin nicht akademisch forschen, an Forschungsprozessen mit dem Ziel, wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen (z.B. Bonn et al., 2021). Neben dem Ziel, wissenschaftliche Erkenntnisse zu generieren, also für Dritte relevantes Wissen, können Citizen-Science-Projekte Lerngelegenheiten für subjektiv-individuelles Wissen bieten, welches relevant für die teilnehmenden Bürger:innen ist (vgl. Gönner et al., 2023; zum individuellen Wissen der Wissenschaftler:innen, vgl. Lorke et al., 2019). Aufgrund der Gelegenheiten zum individuellen Lernen für teilnehmende Bürger:innen werden Citizen-Science-Projekte auch zur partizipativen Wissenschaftskommunikation genutzt (Wagenknecht et al., 2021). Häufig wird zwischen der partizipativen Forschung und der partizipativen Wissenschaftskommunikation in Citizen-Science-Projekten unterschieden (vgl. Schrögel et al., 2021). Eine Abgrenzung und Bezeichnung von Projekten der Wissenschaftskommunikation als »Citizen Engagement Projects«, weil letztere kaum in wissenschaftlichen Veröffentlichungen resultieren würden (Davis et al., 2023, p. 9), scheint allerdings nicht zielführend: Durch das Ko-Evolutionsmodell des Wissens (Cress & Kimmerle, 2008) wird deutlich, dass individuelles Lernen, das eher Ziel partizipativer Wissenschaftskommunikation wäre, mit der Wissenskonstruktion des sozialen Systems verknüpft ist, die eher Ziel partizipativer Forschung wäre. Außerdem können wissenschaftliche Veröffentlichungen nur ein Maß für den wissenschaftlichen Beitrag von Citizen-Science-Projekten neben anderen Maßen sein, da auch Themen außerhalb der Interessen akademischer Wissenschaft und diese Themen unter Einbezug anderer Wissensformen systematisch bearbeitet werden (Strasser et al., 2019).

3.1 Ko-Evolutionsmodell der Wissenskonstruktion

In Citizen-Science-Projekten stehen die Teilnehmenden in einem für Lernkontexte besonderen Verhältnis zueinander, das nicht nur durch die Weiterentwicklung des eigenen Wissens in individuellen Lernprozessen, sondern auch durch die kollaborative Konstruktion von Wissen gekennzeichnet ist. Einerseits tragen die Teilnehmenden dazu bei, wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, die ohne ihren Beitrag nicht möglich gewesen wären (Dillon et al., 2016; z.B. partizipative Modellierung von Ökosystemen; Gray et al., 2017). Andererseits entwickeln die Teilnehmenden ihre Fähigkeiten, ihr Wissen und ihre Einstellungen zu Wissenschaft und den beforschten Themen weiter (z.B. Peter et al., 2019).

Diese doppelte Wissenskonstruktion wurde bspw. im Kontext der Wikipedia durch das Ko-Evolutionsmodell beschrieben (Cress & Kimmerle, 2008; Kimmerle et al., 2015). Der zugrundeliegende Wissensbegriff ist ein weiter, sodass Wissenskonstruktion nicht nur ein kognitiver Vorgang, sondern auch eine soziale Interaktion ist (Cress & Kimmerle, 2016). Darum werden zwei Systeme unterschieden, in denen Wissen konstruiert wird: das individuelle, kognitive System, in dem der Aufbau von Wissen als Lernen bezeichnet, und das soziale System, in dem der Aufbau von Wissen als Wissenskonstruktion bezeichnet wird (Cress & Kimmerle, 2016). Kollaborative Wissenskonstruktion umfasst die (technisch unterstützten) Interaktionen zwischen beiden Systemen in Diskursen und/oder zur Produktion gemeinsamer Artefakte, indem Wissen der individuell-kognitiven Systeme zur Wissenskonstruktion im sozialen System externalisiert wird bzw. Wissen des sozialen Systems durch Individuen internalisiert wird (Kimmerle et al., 2015). Die im Kontext von Wikipedia beschriebenen Prozesse können auch auf die Wissenskonstruktion in Citizen-Science-Projekten übertragen werden, wie im Projekt Kollaborative Wissensentwicklung als Transferinstrument (*WTImpact*; z. B. Bruckermann et al., 2022): Teilnehmende interagierten auf einer Internetplattform mit dem Ziel, die Verbreitung von Wildtieren in Berlin im Zusammenhang mit Umweltfaktoren zu dokumentieren, indem sie (1.) Bilder aus Kamerafallen hochluden, (2.) Tierartbestimmungen durchführten und validierten, (3.) eigene statistische Auswertungen anstellten und (4.) im Forum über Artbestimmung und Auswertungen diskutierten.

Online-Citizen-Science-Projekte ermöglichen mit ihrer technischen Infrastruktur die kollaborative Wissenskonstruktion durch Diskurse, wie bspw. in Foren und auf Blogs (Raddick et al., 2009), oder durch die Produktion von Artefakten, wie bspw. mit Tools zur Datenauswertung (Green et al., 2020) oder Modellierung (Gray et al., 2017). Im Fall der kollaborativen Modellierung erstellten Teilnehmende eigene *Concept Maps* zu ökologischen Zusammenhängen zu einem vorher festgelegten Umweltthema, welche anschließend in einer gemeinsamen *Concept Map* aggregiert und in Diskussionen zwischen Teilnehmenden weiterentwickelt wurden (Gray et al., 2017, p. 81). Im Falle der kollaborativen Datensammlung und -auswertung interagieren Teilnehmende bspw. zur Identifikation von Wildtieren auf Bildern, indem sie im Forum über Bilder diskutieren oder die Bestimmungen anderer Teilnehmender validieren (Bruckermann et al., 2022, pp. 5f.). Das produzierte Artefakt umfasst in diesem Fall das Forum mit Wissensrepräsentationen sowie einen Datensatz mit Wildtiersichtungen auf einer digitalen Plattform. Der Daten-

satz entstand durch das in den Bestimmungsprozess eingebrachte Wissen der Teilnehmenden und die Interaktion zur Klärung uneindeutiger Bilder oder zur mehrfachen Bestimmung desselben Bildes (vgl. Green et al., 2020). Der Prozess der Wissenskonstruktion kann als Interaktion zwischen dem individuell-kognitiven und dem sozialen System beschrieben werden (Cress & Kimmerle, 2008): Indem das Individuum mit Erfahrungen und Wissen B' zur Bestimmung von Tierarten beiträgt (Wissensexternalisierung), kann sich das im digitalen Artefakt A repräsentierte Wissen über die Verbreitung einer Tierart im sozialen System weiterentwickeln. Gleichzeitig lernt ein anderes Individuum durch die Interaktionen auf der Plattform über und von der Wissenschaft, indem sich bspw. das Wissen A über die Verbreitung einer Tierart im individuell-kognitiven System weiterentwickelt (Wissen A'; Wissensinternalisierung; siehe Abbildung 1).

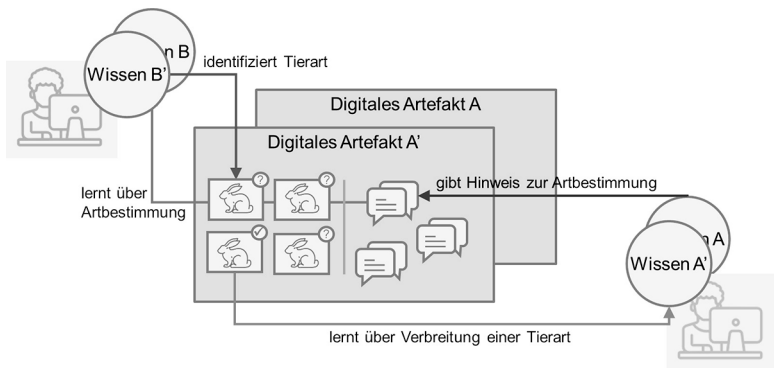


Abb. 1: Kollaborative Wissenskonstruktion in Online-Citizen-Science-Projekten (adaptiert nach Cress & Kimmerle, 2008)

3.2 Vorerfahrungen der Teilnehmenden

Die kollaborative Wissenskonstruktion in Citizen-Science-Projekten umfasst, dass Teilnehmende ihre eigenen Erfahrungen und ihr individuelles Wissen einbringen (vgl. Cress & Kimmerle, 2008), welche im Kontext Citizen Science auch lokales Wissen, wie erfahrungsbasiertes oder situiertes Wissen, umfassen können (für eine Übersicht vgl. Strasser et al., 2019). Die verschiedenen

Erfahrungen und Wissensformen komplementieren existierende Epistemologien der wissenschaftlichen Wissensproduktion auf kollektiver Ebene (vgl. Strasser et al., 2019) und können auf individueller Ebene auch als epistemische Diversität verschiedener Individuen bezeichnet werden (vgl. Schiefer et al., 2022; cf. Siegel, 2011). In Lernkontexten umfasst Diversität in der Regel mehrere Differenzlinien, unter denen demographische Merkmale wie Alter, Geschlecht und sozio-ökonomischer Hintergrund durch kognitiv-epistemische Merkmale wie das Wissen über das Fach und die Erkenntnisgewinnung ergänzt werden können (Stinken-Rösner et al., 2020). Als Abweichung von einer die Epistemologie betreffenden Norm soll epistemische Diversität in manchen Citizen-Science-Projekten verringert werden (vgl. Strasser & Haklay, 2018), indem die Projekte von Vorerfahrungen ausgehend das Lernen über Wissen, Methoden und Erkenntnislogiken der Disziplin fördern (z.B. Trumbull et al., 2000). In diesen Projekten werden bspw. Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten (Stylinski et al., 2020), epistemologisches Wissen (z.B. Nature of Science) oder Fachwissen von Teilnehmenden zum Lernen berücksichtigt (für eine Übersicht, vgl. Aristeidou & Herodotou, 2020). Andere Citizen-Science-Projekte greifen wiederum die epistemische Diversität der Teilnehmenden auf, indem in solchen Projekten bspw. »intuitive Wissenschaft« (Marshall, 2012) als alternative Epistemologie bisherigen Epistemologien zur Seite gestellt wird (vgl. Strasser et al., 2019). Vorerfahrungen der Teilnehmenden beeinflussen also als kognitive-epistemische Personenmerkmale auf individueller Ebene auf verschiedene Weise den Prozess der kollaborativen Wissenskonstruktion in Citizen-Science-Projekten.

3.3 Ausgewählte Befunde zur kollaborativen Wissenskonstruktion in Citizen Science

Prozesse der kollaborativen Wissenskonstruktionen können anhand der Struktur des Diskurses bzw. Produktion des Artefakts auf kollektiver Ebene, aber auch anhand von Teilnehmendenmerkmalen auf individueller Ebene analysiert werden (Cress & Kimmerle, 2016). In der Analyse werden zudem die Inhalte, wie bspw. die Konzeptentwicklung oder individuelle Wissensveränderungen, von den Strukturen, wie bspw. des Beteiligungsgrads in Aktivitäten oder der Vernetzung des Wissens, unterschieden (Cress & Kimmerle, 2016). In Citizen-Science-Projekten werden Daten zur Beteiligung in wissenschaftlichen Aktivitäten auf Citizen-Science-Plattformen (z.B. Bruckermann et al., 2022) oder zur individuellen Wissensveränderung (z.B. Greving et al.,

2022) erfasst, sodass an den Beispielen der partizipativen Modellierung bzw. Datensammlung kollaborative Wissenskonstruktion beschrieben werden kann.

Am Beispiel der partizipativen Datensammlung und -auswertung im Projekt *WTImpact* kann die Struktur der kollaborativen Wissenskonstruktion auf individueller Ebene mit Daten zur Beteiligung der Teilnehmenden an epistemischen Aktivitäten sowie der Wissensveränderung nachvollzogen werden. Die Beteiligung an der kollaborativen Wissenskonstruktion auf der Internetplattform zeigt, dass Teilnehmende sich stärker in die Datensammlung und -verarbeitung (d.h. das Hochladen von Bildern und das Bestimmen von Tierarten in Bildern) als in die Datenauswertung (d.h. statistische Analyse von Verteilungen) einbringen (Bruckermann et al., 2022), was eine vorherige Studie zur Teilnehmendenmotivation stützt (Phillips et al., 2019). Außerdem war in einer weiteren Studie die Veränderung des individuellen Fachwissens von Teilnehmenden unabhängig davon, ob sie an der Datensammlung oder -auswertung teilnahmen (Greving et al., 2022). Es zeigte sich, dass auch vermeintlich kognitiv weniger anspruchsvolle epistemische Aktivitäten in der kollaborativen Wissenskonstruktion den individuellen Wissenserwerb fördern.

Ein Beispiel zum partizipativen Modellieren in *Concept Maps* mit der *Mental-Modeler*-Software (Gray et al., 2017) veranschaulicht, wie sich individuelles Wissen an das kollektive Wissen durch kollaborative Wissenskonstruktion angleichen kann. Im Prä-Posttest-Vergleich zweier Concept Maps zeigte sich, dass sich die individuellen Wissensrepräsentationen in der eigenen Concept Map im Projektverlauf einer kollektiven Concept Map annäherten (Gray et al., 2017, p. 83). Die Concept Maps der zwei befragten Teilnehmenden wiesen eine gesteigerte Anzahl von Konzepten, eine geringere Dichte und mehr abhängige sowie unabhängige Variablen auf, was auf die Wissensentwicklung im individuell-kognitiven sowie im sozialen System hindeutet (Cress & Kimmerle, 2016).

4 Fazit

Partizipation in der Forschung durch Bürger:innen betrifft nicht nur die Entwicklung des individuellen Wissens, sondern immer auch die Entwicklung des kollektiven (wissenschaftlichen) Wissens. Insofern kann dieser besondere Lernkontext der Forschungspartizipation nicht entweder als Wissenschaftskommunikation oder als partizipative Forschung bezeichnet

werden. Nicht nur am Beispiel der kollaborativen Wissenskonstruktion in Citizen Science zeigt sich, dass in Formaten der Forschungspartizipation die Grenzen zwischen individuellem Lernen und kollektiver Wissensproduktion verschwimmen, wie im *Wissenschaftsjahr 2022 – Nachgefragt*, das sowohl Ziele der Wissenschaftskommunikation als auch der Entscheidungsfindung miteinander verband. Die Ziele wie auch die Gestaltung von Lernprozessen durch Forschungspartizipation variieren deutlich in Abhängigkeit vom Lernkontext sowie von den beteiligten Akteur:innen.

Literatur

- Allianz der Wissenschaftsorganisationen. (2022). *Stellungnahme: Allianz der Wissenschaftsorganisationen zur Partizipation in der Forschung*. https://www.wissenschaftsrat.de/download/2022/Allianz_Partizipation_Forschung_2022_11_09.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- Aristeidou, M. & Herodotou, C. (2020). Online citizen science. A systematic review of effects on learning and scientific literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5(1), 69. <https://doi.org/10.5334/cstp.224>
- Atias, O., Baram-Tsabari, A., Kali, Y. & Shavit, A. (2023). In pursuit of mutual benefits in school-based citizen science: who wins what in a win-win situation? *Instructional Science*, 51(5), 695–728. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09608-2>
- Bela, G., Peltola, T., Young, J.C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., ... Bonn, A. (2016). Learning and the transformative potential of citizen science. *Conservation Biology*, 30(5), 990–999. <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- Bessert-Nettelbeck, M., Bischof, A., Sturm, U., Nagy, E., Schraudner, M., Backhaus, J., ... Voigt-Heucke, S. (2023). Participation as a research approach in academia: a converging field. *Research Ideas and Outcomes*, 9. <https://doi.org/10.3897/rio.9.e105155>
- Bonn, A., Brink, W., Hecker, S., Herrmann, T.M., Liedtke, C., Premke-Kraus, M., ... Woll, S. (2021). *Weißbuch Citizen Science Strategie 2030 für Deutschland*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/ew4uk>
- Bromme, R. & Goldman, S.R. (2014). The public's bounded understanding of science. *Educational Psychologist*, 49(2), 59–69. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.921572>

- Bromme, R. & Kienhues, D. (2017). Gewissheit und Skepsis. Wissenschaftskommunikation als Forschungsthema der Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 68(3), 167–171. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000359>
- Brossard, D., Lewenstein, B.V. & Bonney, R.E. (2005). Scientific knowledge and attitude change. The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1099–1121. <https://doi.org/10.1080/09500690500069483>
- Bruckermann, T., Greving, H., Schumann, A., Stillfried, M., Börner, K., Kimmig, S. E., ... Harms, U. (2021). To know about science is to love it? Unraveling cause-effect relationships between knowledge and attitudes toward science in citizen science on urban wildlife ecology. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(8), 1179–1202. <https://doi.org/10.1002/tea.21697>
- Bruckermann, T., Greving, H., Stillfried, M., Schumann, A., Brandt, M. & Harms, U. (2022). I'm fine with collecting data: Engagement profiles differ depending on scientific activities in an online community of a citizen science project. *PLOS ONE*, 17(10), e0275785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275785>
- Bruckermann, T., Greving, H., Schumann, A., Stillfried, M., Börner, K., Kimmig, S.E., ... Harms, U. (2023). Scientific reasoning skills predict topic-specific knowledge after participation in a citizen science project on urban wildlife ecology. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(9), 1915–1941. <https://doi.org/10.1002/tea.21835>
- Claussen, C., Enzengmüller, C., Kremer, K., Schulenburg, H. & Parchmann, I. (2023). Developing science outreach events based on stakeholders' objectives and expectations – A case study of a lecture day for schools. *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 6(1), 49–66. <https://doi.org/10.23770/ristal-2023-3>
- Cress, U. & Kimmerle, J. (2008). A systemic and cognitive view on collaborative knowledge building with wikis. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(2), 105–122. <https://doi.org/10.1007/s11412-007-9035-z>
- Cress, U. & Kimmerle, J. (2016). Gemeinsame Wissenskonstruktion im Internet. In N.C. Krämer, S. Schwan, D. Unz & M. Suckfüll (Hrsg.), *Medienpsychologie. Schlüsselbegriffe und Konzepte* (S. 441–445). Stuttgart: Kohlhammer.
- Davis, L.S., Zhu, L. & Finkler, W. (2023). Citizen science: Is it good science? *Sustainability*, 15(5), 4577. <https://doi.org/10.3390/su15054577>
- Dillon, J., Stevenson, R.B. & Wals, A.E.J. (2016). Introduction to the special section Moving from Citizen to Civic Science to Address Wicked Conservation

- Problems. *Conservation Biology*, 30(3), 450–455. <https://doi.org/10.1111/cobi.12689>
- Göner, J. von, Herrmann, T.M., Bruckermann, T., Eichinger, M., Hecker, S., Klan, F., ... Bonn, A. (2023). Citizen science's transformative impact on science, citizen empowerment and socio-political processes. *Socio-Ecological Practice Research*, 5(1), 11–33. <https://doi.org/10.1007/s42532-022-00136-4>
- Gray, S., Jordan, R.C., Crall, A., Newman, G., Hmelo-Silver, C., Huang, J., ... Singer, A. (2017). Combining participatory modelling and citizen science to support volunteer conservation action. *Biological Conservation*, 208, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.037>
- Green, S.E., Rees, J.P., Stephens, P.A., Hill, R.A. & Giordano, A.J. (2020). Innovations in camera trapping technology and approaches: The integration of citizen science and artificial intelligence. *Animals*, 10(1), ani10010132. <https://doi.org/10.3390/ani10010132>
- Greeno, J.G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53(1), 5–26. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.1.5>
- Greving, H., Bruckermann, T. & Kimmerle, J. (2020). This is my project! The influence of involvement on psychological ownership and wildlife conservation. *Current Research in Ecological and Social Psychology*, 1(1), 100001. <https://doi.org/10.1016/j.cresp.2020.100001>
- Greving, H., Bruckermann, T., Schumann, A., Stillfried, M., Börner, K., Hagen, R., Kimmig, S.E., Brandt, M. & Kimmerle, J. (2023). Attitudes toward engagement in citizen science increase self-related, ecology-related, and motivation-related outcomes in an urban wildlife project. *BioScience*, 73(3), 206–219. <https://doi.org/10.1093/biosci/biada003>
- Greving, H., Bruckermann, T., Schumann, A., Straka, T.M., Lewanzik, D., Voigt-Heucke, S.L., ... Kimmerle, J. (2022). Improving attitudes and knowledge in a citizen science project about urban bat ecology. *Ecology and Society*, 27(2). <https://doi.org/10.5751/ES-13272-270224>
- Hendriks, F., Kienhues, D. & Bromme, R. (2016). Trust in science and the science of trust. In B. Blöbaum (Ed.), *Trust and communication in a digitized world: Models and concepts of trust research* (pp. 143–159). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28059-2_8
- Herodotou, C., Aristeidou, M., Sharples, M. & Scanlon, E. (2018). Designing citizen science tools for learning: Lessons learnt from the iterative development of nQuire. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0072-1>

- Herodotou, C., Scanlon, E. & Sharples, M. (Eds.) (2018). *Citizen inquiry: Synthesising science and inquiry learning*. Abingdon, Oxon, New York, NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315458618>
- Hitchcock, C., Vance-Chalcraft, H. & Aristeidou, M. (2021). Citizen science in higher education. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), Article 22. <https://doi.org/10.5334/cstp.467>
- Huber, L. (2009). Warum forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber, J. Hellmer & F. Schneider (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium: Aktuelle Konzepte und Erfahrungen* (2. Aufl., S. 9–35). Bielefeld: UVW Universitäts Verlag Weblar.
- Huber, L. & Reinmann, G. (Hrsg.) (2019). *Vom forschungsnahen zum forschenden Lernen an Hochschulen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24949-6>
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2015). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? *Learning and Instruction*, 38, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.03.003>
- Kelty, C., Panofsky, A., Currie, M., Crooks, R., Erickson, S., Garcia, P., ... Wood, S. (2015). Seven dimensions of contemporary participation disentangled. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(3), 474–488. <https://doi.org/10.1002/asi.23202>
- Kieslinger, B., Schürz, S., Mayer, K. & Schaefer, T. (2022). Participatory evaluation practices in citizen social science: Insights from three case studies. *fteval Journal for Research and Technology Policy Evaluation*, 54, 10–19. <https://doi.org/10.22163/fteval.2022.567>
- Kimmerle, J., Moskaliuk, J., Oeberst, A. & Cress, U. (2015). Learning and collective knowledge construction with social media: A process-oriented perspective. *Educational Psychologist*, 50(2), 120–137. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1036273>
- Lave, J. & Wenger, E. (Eds.) (2008). *Learning in doing. Situated learning* (18. print). Cambridge: Cambridge Univ. Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lewalter, D., Gegenfurtner, A. & Renninger, K.A. (2021). Out-of-school programs and interest: Design considerations based on a meta-analysis. *Educational Research Review*, 34, 100406. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100406>

- Lewalter, D. & Schwan, S. (2017). Wissenschaftskommunikation in naturwissenschaftlich-technischen Museen aus psychologischer Sicht. *Psychologische Rundschau*, 68(3), 182–187. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000362>
- Lorke, J., Bruckermann, T., Helbing, I., Tchekov, E. & Scheuch, M. (2024). Citizen Science: (Mit-)Forschen in Lehrkräftebildung & Schulpraxis. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung von Morgen* (S. 267–276). Münster: Waxmann.
- Lorke, J., Golumbic, Y.N., Ramjan, C. & Atias, O. (2019). *Training needs and recommendations for Citizen Science participants, facilitators and designers*: COST Action 15212. Verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/10141/622589>
- Lüsse, M., Brockhage, F., Beeken, M. & Pietzner, V. (2022). Citizen science and its potential for science education. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1120–1142. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2067365>
- Marshall, J. (2012). Victory for crowdsourced biomolecule design. *Nature* (2012). <https://doi.org/10.1038/nature.2012.9872>
- Masters, K., Oh, E.Y., Cox, J., Simmons, B., Lintott, C., Graham, G., ... Holmes, K. (2016). Science learning via participation in online citizen science. *Journal of Science Communication*, 15(03). <https://doi.org/10.22323/2.15030207>
- National Research Council (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12190>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., Jong, T. de, van Riesen, S.A., Kamp, E.T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Peter, M., Diekötter, T. & Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: A systematic literature review. *Sustainability*, 11(10), Article 2780. <https://doi.org/10.3390/su11102780>
- Phillips, T.B., Ballard, H.L., Lewenstein, B.V. & Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. *Science Education*, 103(3), 665–690. <https://doi.org/10.1002/sce.21501>
- Phillips, T.B., Porticella, N., Constan, M. & Bonney, R.E. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), Article 3. <https://doi.org/10.5334/cstp.126>
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational

- research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Raddick, M.J., Bracey, G., Carney, K., Gyuk, G., Borne, K., Wallin, J. & Jacoby, S. (2009). Citizen science: Status and research directions for the coming decade. In *astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*.
- Rhein, R. & Reinmann, G. (2022). Einleitung. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik I. Einführung* (S. 9–20). Bielefeld: Transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839460979-001>
- Roberts, D.A. (2010). Scientific Literacy/Science Literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). New York, NY: Routledge.
- Roche, J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y.N., Kloetzer, L., Knobens, N., ... Winter, S. (2020). Citizen science, education, and learning: Challenges and opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5, 613814. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- Rohs, M. (2014). Konzeptioneller Rahmen zum Verhältnis formellen und informellen Lernens. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 36(3), 391–406. <https://doi.org/10.25656/01:12074>
- Schaefer, T., Kieslinger, B., Brandt, M. & van den Bogaert, V. (2021). Evaluation in Citizen Science: The Art of Tracing a Moving Target. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 495–514). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_25
- Schiefer, J., Edelsbrunner, P.A., Bernholt, A., Kampa, N. & Nehring, A. (2022). Epistemic beliefs in science: A systematic integration of evidence from multiple studies. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1541–1575. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09661-w>
- Schmohl, T. (2021). Situiertes Lernen. In T. Schmohl & T. Philipp (Hrsg.), *Handbuch Transdisziplinäre Didaktik* (S. 301–312). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839455654-028>
- Schrögel, P., Hecker, S., Mayer, M., Unterleitner, K., König, T. & Brandt, S. (2021). *Partizipative Wissenschaftskommunikation – Ergänzung zur AG Partizipation der #FactoryWissskomm*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7581552>
- Schrögel, P. & Kolleck, A. (2019). The many faces of participation in science. *Science and Technology Studies*, 32(2), 77–99. <https://doi.org/10.23987/sts.595>

- Schwan, S., Grajal, A. & Lewalter, D. (2014). Understanding and Engagement in Places of Science Experience: Science Museums, Science Centers, Zoos, and Aquariums. *Educational Psychologist*, 49(2), 70–85. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.917588>
- Schwan, S. & Noschka-Roos, A. (2019). Non-formale und informelle Bildungsangebote. In O. Köller, M. Hasselhorn, F.W. Hesse & K. Maaz (Hrsg.), *Das Bildungswesen in Deutschland. Bestand und Potenziale* (S. 131–159). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Sharples, M., Scanlon, E., Ainsworth, S., Anastopoulou, S., Collins, T., Crook, C., ... O'Malley, C. (2015). Personal inquiry: Orchestrating science investigations within and beyond the classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 24(2), 308–341. <https://doi.org/10.1080/10508406.2014.944642>
- Siegel, H. (2011). Epistemological diversity and education research: Much ado about nothing much? In C.W. Ruitenberg (Ed.), *Education, culture and epistemological Diversity* (S. 65–84). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2066-4_4
- Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V.G. & Eilks, I. (2017). Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 53(2), 165–192. <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1384649>
- Sommer, K., Parchmann, I. & Strippel, C. (2023). Forschen und Lernen: Citizen Science für und mit Schüler:innen. *Unterricht Chemie*, 34(194), 2–5.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., ... Abels, S. (2020). Thinking inclusive science education from two perspectives: Inclusive pedagogy and science education. *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL)*, 3(1), 30–45. <https://doi.org/10.23770/rt1831>
- Strasser, B.J., Baudry, J., Mahr, D., Sanchez, G. & Tancoigne, E. (2019). »Citizen Science«? Rethinking science and public participation. *Science and Technology Studies*, 32(2), 52–76. <https://doi.org/10.23987/sts.60425>
- Strasser, B.J. & Haklay, M. (2018). *Citizen Science. Expertise, Demokratie und öffentliche Partizipation* (Politische Analyse / Schweizerischer Wissenschaftsrat SWR, 1 (2018)). Empfehlungen des Schweizerischen Wissenschaftsrates SWR.
- Stylinski, C.D., Peterman, K., Phillips, T.B., Linhart, J. & Becker-Klein, R. (2020). Assessing science inquiry skills of citizen science volunteers: A snapshot of the field. *International Journal of Science Education, Part B-Com-*

- munication and Public Engagement*, 10(1), 77–92. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1719288>
- Trumbull, D.J., Bonney, R.E., Bascom, D. & Cabral, A. (2000). Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science Education*, 84(2), 265–275. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<265::AID-SCE7>3.3.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<265::AID-SCE7>3.3.CO;2-X)
- Ukowitz, M. (2021). Partizipative Forschung. In T. Schmohl & T. Philipp (Hrsg.), *Handbuch Transdisziplinäre Didaktik* (S. 221–230). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839455654-021>
- Wagenknecht, K., Woods, T., Nold, C., Rüfenacht, S., Voigt-Heucke, S., Caplan, A., ... Vohland, K. (2021). A question of dialogue? Reflections on how citizen science can enhance communication between science and society. *Journal of Science Communication*, 20(03), A13. <https://doi.org/10.22323/2.20030213>
- Werquin, P. (2016). International perspectives on the definition of informal learning. In M. Rohs (Hrsg.), *Handbuch Informelles Lernen* (S. 39–64). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05953-8_4
- Wing, S., Horton, R.A., Marshall, S.W., Thu, K., Tajik, M., Schinasi, L. & Schiffman, S. S. (2008). Air pollution and odor in communities near industrial swine operations. *Environmental Health Perspectives*, 116(10), 1362–1368. <http://doi.org/10.1289/ehp.11250>
- Woithe, J., Müller, A., Schmeling, S. & Kuhn, J. (2022). Motivational outcomes of the science outreach lab S’Cool LAB at CERN: A multilevel analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(6), 930–968. <https://doi.org/10.1002/tea.21748>