

## **Citizen Science**

(Mit-)Forschen in Lehrkräftebildung und Schulpraxis

*Julia Lorke, Till Bruckermann, Isabell Helbing,*

*Eva Tchekov & Martin Scheuch*

Als Citizen Science (CS) werden Forschungsprojekte bezeichnet, die eine aktive Mitwirkung von Bürgerinnen und Bürgern zur Generierung von neuem Wissen ermöglichen (Bonn et al., 2022). Diese Beteiligung kann einzelne Phasen oder den gesamten Forschungsprozess umfassen. Der Begriff CS wurde Mitte der 90er Jahre in zwei unterschiedlichen Kontexten geprägt: Einerseits als gängige Forschungspraxis, in der Hobby-Vogelbeobachtende freiwillig wissenschaftliche Daten an Forschende übermitteln (Bonney, 1996), andererseits als „Demokratisierung der Wissensproduktion“ (Irwin, 1995), eine stärkere Beteiligung von Öffentlichkeit an Wissenschaft. Diese Auffassungen prägen divergierende Erwartungen an Projekte und Teilnehmende. Je nach Art der Mitwirkung unterscheiden sich auch die Bildungsziele, welche Teilnehmende erreichen können. Eine Analyse der Projekte auf der CS-Plattform SciStarter zeigte, dass 92 % der Projekte neben Forschungs- auch Bildungsziele verfolgen (Phillips et al., 2018). In der CS-Community werden häufig die Kategorien von Learning Outcomes nach Phillips et al. (2018) verwendet: Fach- und Methodenwissen sowie Wissen über Nature of Science, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, Interesse, Selbstwirksamkeit, Motivation sowie verantwortungsvolles Verhalten in Bezug auf Umweltschutz (siehe dazu z. B. Lorke & Schmid-Loertzer, 2022, als Einstieg für Personen, die mehr über die Wirkung von Citizen Science wissen möchten, wird dort ein deutschsprachiger Überblick über empirische Studien bis 2021 gegeben, welche häufig auch die Learning Outcomes nach Phillips et al., 2018 verwenden). Diese Learning Outcomes weisen Ähnlichkeit zur Fachwissens- und Erkenntnisgewinnungskompetenz in Lehrplänen, Bildungsstandards und Scientific Literacy (naturwissenschaftliche Grundbildung) auf. CS ist aktuell noch nicht in Lehrplänen oder Bildungsstandards erwähnt, es lassen sich aber zahlreiche Anknüpfungspunkte finden. So sollen „Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, [...] den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden“ und „reale Situationen mit authentischen Problemen“ berücksichtigt werden (MSB, 2022, S. 11). CS-Projekte ermöglichen das Mitwirken an Forschung zu

authentischen Problemen und bieten damit auch die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Kompetenzen zu schulen. In Österreich ist die Einbindung von CS durch die Grundsatzverträge „Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung“ sowie „Projektunterricht“ legitimiert (BBF, 2014; BMBWF, 2017): Schüler/innen sollen die Möglichkeit haben, „die Umwelt forschend und interdisziplinär zu untersuchen“, „ihre demokratische Verantwortung als mündige Bürgerinnen und Bürger zu erkennen [...] sowie sich aktiv und konstruktiv an gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen zu beteiligen“. Ähnlich zu Scientific Literacy wird hier, zusätzlich zu Wissen und wissenschaftlichem Denken und Arbeiten, die demokratische Funktion von Bildung betont. CS könnte das Verhältnis von Wissenschaft und Gesellschaft demokratisieren, indem Lernende schon früh aktiv in die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit gesellschaftlich relevanten Fragestellungen eingebunden werden (Mueller et al., 2011). Durch das Mitforschen können zudem 21<sup>st</sup> Century Skills wie Kritisches Denken, Problemlösen und Kommunikation & Kollaboration gefördert werden (z. B. Caruso et al., 2016). CS sollte das soziale und natürliche Lebensumfeld als Lernumfeld nutzen (Community-based/Place-based Learning; z. B. Dani, 2019). Lernende erleben, dass sie selbst beitragen können, wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen und Entscheidungen zu prägen, weshalb CS auch Erfahrungsraum für Identitätsarbeit und Agency-Entwicklung, also eine Positionierung des Selbst und die Wahrnehmung eigener Handlungsoptionen, ist (Dixon et al., 2022).

Ohne die Integration von CS in Lehrpläne und Bildungsstandards obliegt es Lehrkräften, ob sie CS im Unterricht einsetzen. Daher ist es essenziell, dass Lehrkräftebildung über die Potenziale und Herausforderungen von CS-Projekten informiert. Zum einen können so Anforderungen für die Lehrkräftebildung abgedeckt werden, z. B.: „Arbeits- und Erkenntnismethoden“, „Kenntnisse und Fertigkeiten sowohl im hypothesengeleiteten Experimentieren und Modellieren, im kriteriengeleiteten Beobachten als auch im hypothesengeleiteten Vergleichen“ (KMK, 2019, S. 22). Zum anderen bietet sich so Gelegenheit, Lehramtsstudierenden schon in ihrer Ausbildung Themen mit gesellschaftlicher Relevanz in ihrem Umfeld aufzuzeigen (Dani, 2019).

CS in Schulen wird auch kritisch diskutiert. An aktuellen CS-Konzepten wird bemängelt, sie seien zur Erreichung von Bildungszielen nicht ausreichend, und generell wird in Frage gestellt, ob Schulen für die Auseinandersetzung mit der Rolle von Wissenschaft in der Gesellschaft geeignet sind (Mueller et al., 2011). Forschungs- und Bildungsziele von CS-Projekten konkurrieren um Ressourcen, z. B. Geld, Zeit, Personal, dadurch müssen teils auf beiden Seiten Kompromisse gemacht werden. Differenzen zwischen Lehrplänen und Projektinhalten können die Implementation erschweren (Roche et al., 2020) und so disruptiv auf traditionelle Abläufe in Schulen wirken (Atias et al., 2023). Die Teilnahme an CS kann teils über Bildungskontexte hinausreichen und in politischem Engagement oder Aktivismus münden (Roche et al., 2020).

## 1. Wissen, Überzeugungen und Motivation von Lehrkräften

In der Lehrkräftebildung sind Wissen, Überzeugungen und Motivation von Lehrkräften für die Implementation von CS bedeutsam. Um notwendige Kompetenzen zur Integration von CS-Projekten in den Unterricht zu beschreiben, wird auf ein Modell professioneller Kompetenz zurückgegriffen, welches die drei Facetten Wissen, Überzeugungen und motivationale Orientierungen umfasst (Baumert & Kunter, 2006). Sowohl Fach- und fachdidaktisches Wissen (Scheuch et al., 2018) als auch Überzeugungen (Glenn Lee, 2022) und motivationale Orientierungen von Lehrkräften werden im Kontext von CS-Projekten betrachtet (Aristeidou et al., 2022).

Fehlt Lehrkräften Fachwissen über das CS-Projektthema, welches auch über den schulischen Kontext hinausgeht (Scheuch et al., 2018), oder verfügen sie über ein geringes akademisches Selbstkonzept (Jenkins et al., 2015), können sie die unterschiedlichen Aufgaben als Teilnehmende und als Unterstützende für Lernende nicht wahrnehmen. Daneben erfordert wissenschaftliches Arbeiten auch Methodenwissen über CS als Konzept und damit verbundene Forschungsprozesse (Aristeidou et al., 2022). Fachdidaktisches Wissen ist erforderlich, um geeignete Lernziele, wie die Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Scheuch et al., 2018), sowie Lehr-Lernkonzepte, wie Situiertes und Forschendes Lernen, Place- und Community-based Learning (Dani, 2019), gemäß dem CS-Projekt auszuwählen. CS-Projekte eignen sich für kognitive sowie affektive Lernziele, wie die Förderung von Teilhabe an Wissenschaft und Selbstvertrauen der Lernenden (Atias et al., 2023). Sich daraus entwickelnde Karriereperspektiven sind ein weiteres Lernziel, das Lehrkräfte verfolgen (Frigerio et al., 2023). Lehr-Lernkonzepte zum Place- und Community-based Learning beschreiben das Lernen über lokale sowie soziale Kontexte und sind deshalb besonders für CS-Projekte geeignet (Dani, 2019).

Forschungsprozesse in CS-Projekten sind offen angelegt und daher mit epistemischen Ungewissheiten behaftet (Kervinen & Aivelo, 2022). Lehrkräfte sollten deshalb über angemessene epistemologische Überzeugungen verfügen (Nouri et al., 2021), um Ungewissheiten im Lernprozess produktiv nutzen zu können (Ruhrig & Höttecke, 2015). Die Motive von Lehrkräften, CS-Projekte in den Unterricht zu integrieren, sind am häufigsten das Forschungsthema sowie die Lernergebnisse der Schüler/innen. Auch die Gelegenheit, neue Lehr-Lernkonzepte zu erproben sowie sich professionell weiterzuentwickeln werden als Motive genannt (Aristeidou et al., 2021; Atias et al., 2023). Ein Projektzuschnitt auf bestimmte Motive kann aber für die Unterrichtsintegration von CS nicht förderlich sein, weil die Motivation von Lehrkräften nicht alleine durch die Nützlichkeit für den Unterricht erklärt werden kann (Atias et al., 2023). Bisherige Studien weisen auf folgende Implikationen für die Lehrkräftebildung hin und nehmen die Stärkung der Kompetenzfacetten im Bereich Fachdidaktik in den Blick: (1.) Die Beteiligung von Lernenden an verschiedenen wissenschaftlichen Tätigkeiten in CS-Projekten sollte stärker als bisher auf Theorien und Modellen zum Lernen fundiert werden; (2.) Der epistemische Status von Daten und Ergebnissen (i.w.S. Wissen) aus CS-Projekten, d. h. ihre Rolle im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, sollte mit

den Lernenden expliziert werden; (3.) die unterschiedlichen Motive von Lehrkräften, wie neue Lernformen zu erproben, sollten im CS-Projekt aufgegriffen werden (Aristeidou et al., 2021).

Nicht zuletzt können bei Ungewissheiten eine Bereitschaft zum Lernen sowie eine prozessorientierte Haltung helfen, das Projekt gemeinsam mit den Schüler/innen und den Forschenden zu verhandeln und zu gestalten (Atias et al., 2023), die Zusammenarbeit zu reflektieren und dabei auch professionelle wie individuelle Kompetenzen weiterzuentwickeln (Frigerio et al., 2023). Dies ist eine Herausforderung für die Lehrkräfte, kann aber auch zur Motivation beitragen, in heterogenen Teams an CS-Projekten teilzunehmen und sie mitzugestalten. Lehrkräftebildung kann sich bei der Förderung professioneller Kompetenzen zur Unterrichtsintegration von CS-Projekten an den drei forschungsbasierten Implikationen orientieren. Implikationen zur Fundierung durch Lehr-Lernkonzepte und zur Explizierung des epistemischen Status werden in den folgenden Empfehlungen für die Umsetzung von CS in der Schule exemplarisch aufgegriffen, da hier bereits Forschungsarbeiten vorliegen.

## 2. Empfehlungen für die Umsetzung von CS in der Schule

Um Lehrkräfte zu motivieren und zu befähigen, CS im schulischen Kontext einzusetzen, sollte Lehrkräftebildung vermitteln, welche Aspekte förderlich für die erfolgreiche Umsetzung sind. Dies soll zu einem ersten Aufbau der oben besprochenen Kompetenzfacetten beitragen, da sowohl Wissen erworben als auch Einstellungen entwickelt werden können. Zu förderlichen Aspekten liegen bereits einige Studienergebnisse und veröffentlichte Empfehlungen vor. Die folgenden Aspekte sind sowohl für die praktische Umsetzung von CS in der Unterrichtspraxis selbst als auch für die praktische Implementation in der Lehrkräftebildung relevant:

### 2.1 Passung zwischen Projekt und Unterricht

Eine angemessene *Balance von individuellem, schulrelevanten Kompetenzerwerb und dem gleichzeitigen Beantworten wissenschaftlicher Forschungsfragen* gilt als wesentliches Kriterium für das Gelingen von CS im formalen Bildungskontext (Lüsse et al., 2022). Auf CS-Plattformen (z. B. buergerschaffenwissen.de, citizen-science.at, schweizforscht.ch und zooniverse.org) können verfügbare Projekte von Dozierenden, Lehrkräften und Lernenden anhand verschiedener Kriterien durchsucht werden. Das Filtern nach Disziplinen sowie Projektbeschreibungen mit Informationen zum Forschungsgegenstand, dem Beitrag der Teilnehmenden und zur Wissenschaftsrelevanz erleichtern es, die Eignung zur *Förderung im Lehrplan ausgewiesener Kompetenzen* zu eruieren (Bruckermann & Lorke, 2021).

Die Lage der Schule, materielle Ausstattung sowie zeitliche Einschränkungen durch Stundenpläne können *ressourcenbezogene Herausforderungen* bei der Implementation darstellen (Roche et al., 2020). Darüber hinaus wird die fehlende Unterstützung bei der Umsetzung von CS von Lehrkräften bemängelt (Aristeidou et al., 2022). Hier

können Anleitungen, Materialien, flexible Aufgaben im Projekt und Workshops für Lernende und Lehrende als Unterstützungsangebote dienen (Bopardikar et al., 2023). Lehrkräftebildung sollte Gelegenheit bieten, die Projektauswahl im individuellen Anwendungskontext (in der Ausbildung z. B. anhand konstruierter Fallbeispiele oder in Fortbildungen für die realen eigenen Lerngruppen) zu reflektieren. Online-Projekte sind meist eine Möglichkeit, ressourcenschonend mitzuforschen. Da die Datensammlung/-verarbeitung digital erfolgt, sind sie oft mit geringem Zeitaufwand und unabhängig vom Standort umsetzbar (Aristeidou et al., 2022). Jedoch empfinden Lernende die Arbeit im Freiland als besonders motivierend (Kelemen-Finan et al., 2018). Diese erfordert aber Flexibilität z. B. in Bezug auf Wetter, potenzielle Standorte und Exkursionen während der Unterrichtszeit (Kelemen-Finan et al., 2018). Lernende in aktive Entscheidungen im gesamten Forschungsprozess einzubeziehen (z. B. Entwicklung von Forschungsfragen, Methodenauswahl), wird im Vergleich zu Aktivitäten wie Datenerhebung und -analyse seltener realisiert (Hadjichambi et al., 2023). Projekte, die dies ermöglichen, sind meist zeitintensiver und eher geeignet für eine schuljahrbegleitende Umsetzung (z. B. in AGs) oder Projektwochen. Je mehr Zeit jedoch für CS-Projekte aufgewendet wird, desto wahrscheinlicher sind Effekte auf Einstellungen, Werte und Verhalten, was gerade bei umweltbezogenen Projekten und Bildung für nachhaltige Entwicklung wesentlich ist (Hadjichambi et al., 2023).

## 2.2 Lernende bei der Umsetzung unterstützen

Die Rolle von Daten und Ergebnissen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess des CS-Projekts sollte mit Lernenden reflektiert werden. Lernende haben teilweise Schwierigkeiten, den wissenschaftlichen Hintergrund von CS-Projekten (Bruckermann et al., 2020) und den Zusammenhang zwischen ihrem konkreten Beitrag im Projekt und den übergeordneten Fragen und Konzepten zu verstehen (Bopardikar et al., 2023). Daher sollten Unterstützungsmaßnahmen bei der Umsetzung von CS-Projekten in Unterricht, Lehre und Fortbildung schon zu Beginn integriert werden, z. B. *Informationen, Aufgaben und Diskussionen zu wissenschaftlichen Datensätzen* (Bopardikar et al., 2023). Datenerhebungen können durch entsprechendes *Methodentraining* vorbereitet werden, dies fördert auch die Qualität der gesammelten Daten (Bruckermann et al., 2020). Die *Rückmeldung an CS-Teilnehmende zu ihren Beiträgen* erhöht die Qualität der Daten und den Kompetenzerwerb (Peter et al., 2021). Lehrkräfte erachten die *Rückmeldung von Forschungsergebnissen durch professionell Forschende* als wesentlich für die bewusste Wahrnehmung der Relevanz des eigenen Beitrags (Doyle et al., 2017). Durch den *Kontakt zu Projektwissenschaftler/innen* erhalten Lernende und Lehrende Zugang zu aktuellem Wissen und auch affektive Aspekte können so adressiert werden (Bopardikar et al., 2023).

### 2.3 Forschendes Lernen als konzeptionellen Rahmen nutzen

Forschendes Lernen als konzeptioneller Rahmen kann Lehrkräften weitere Anhaltspunkte für die Umsetzung von CS im Unterricht geben (Jenkins, 2011), was auch ihrem Interesse an geeigneten Lernmodellen und -theorien entgegenkommt (Aristeidou et al., 2022). Neben inhaltlichem Wissenszuwachs können wissenschaftliches Denken und Arbeiten durch die *explizite Behandlung des wissenschaftlichen Prozesses* fokussiert werden; potenziell geeignete Lerngelegenheiten wurden von Lehrkräften bislang nur unzureichend genutzt (Scheuch et al., 2018), sodass Lehrkräftebildung diese Möglichkeiten explizit aufzeigen sollte. Bereits durch das Framing des Projekts können Unterschiede zwischen Untersuchungen in CS-Projekten und Schulexperimenten thematisiert werden, damit Lernende ihren eigenen Beitrag zur Forschung angemessen wahrnehmen und reflektieren können (Ghadiri Khanaposhtani et al., 2022).

### 2.4 Motivation und Interesse bei Lernenden

Wird CS im Unterricht umgesetzt, nehmen Schüler/innen meist nicht freiwillig, sondern durch die Lehrkraft vermittelt, teil. Dies erschwert das Initiieren und Aufrechterhalten von Motivation und Interesse (Roche et al., 2020). Ihnen zu *verdeutlichen, dass ihre individuelle Tätigkeit zu realen wissenschaftlichen Untersuchungen beiträgt*, kann laut Aussage von Lehrkräften Lernende für CS begeistern (Aristeidou et al., 2022). Lehrkräfte schätzen auch *dem Schülerinteresse entsprechende Themen* – möglichst mit *Bezug zur Lebenswelt und Arbeiten im Freien* – als wesentlichen Motivationsfaktor ein (Aristeidou et al., 2022).

### 2.5 Rollen kennen und wahrnehmen

Die *explizite Kommunikation und bewusste Wahrnehmung der jeweiligen Rollen* von Lernenden, Lehrenden und Wissenschaftler/innen sind eine wichtige Basis für ein erfolgreiches CS-Projekt (Cieslinksi et al., 2021). Als Vermittelnde zwischen Wissenschaftler/innen und Lernenden gestalten Lehrkräfte Projekte durch Austausch und Rückmeldungen zu Lern- und Forschungsgelegenheiten aktiv mit. Entsprechende Aktivitäten zur Unterstützung sollten daher in Lehrkräfteaus- und -fortbildung aufgezeigt werden, z. B. die Kollaboration mit Kolleg/innen (schulintern, -übergreifend, über Netzwerke) und Forschenden sowie die Nutzung von Unterstützungsangeboten (z. B. Material, Fortbildungen) und Einbezug einer weiteren, vermittelnden Instanz, z. B. fachdidaktische Forschungsgruppen (Aristeidou et al., 2022; Atias et al., 2023).

## 3. Konkrete Beispiele aus der Lehrkräftebildung

Die Online-Materialien zu diesem Beitrag beschreiben erprobte Formate, um CS in die Lehrkräftebildung zu integrieren. Material 1 stellt dar, wie an der Hochschule für

Agrar- und Umweltpädagogik (Wien) CS als Methode in der Hochschullehre mehrmals im Studienverlauf, sowohl in fachwissenschaftlichen als auch in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen, integriert werden kann. Schon am Kennenlerntag erheben Studierende mit der Bestimmungsass iNaturalist Biodiversitätsdaten. Sie nutzen die App auch in Bestimmungsübungen und Exkursionen und behandeln CS in der fachdidaktischen Lehre.

Material 2 hingegen informiert über CS als Konzept und seine Einsatzmöglichkeiten im Unterricht in Form einer ca. 90-minütigen Lehr- oder Fortbildungsveranstaltung. Das entwickelte Konzept wurde in einer fachdidaktischen Lehrveranstaltung an der RWTH Aachen University und in gekürzter Form auch im Rahmen einer Lehrkräftefortbildung der Joachim Herz Stiftung erprobt. Es ist in allen Phasen der Lehrkräftebildung einsetzbar und kann sowohl online als auch in Präsenz durchgeführt werden. Es ist auf den Einsatz von CS im Biologieunterricht fokussiert, kann aber auf andere Fächer angepasst werden. Dabei wird auf hier beschriebene Aspekte zum Potenzial von CS, zu Erkenntnissen über CS und zu Anknüpfungspunkten und Empfehlungen für CS in der Schulpraxis eingegangen. Projektbeispiele und Ressourcen werden vorgestellt und die Umsetzung im Unterricht wird exemplarisch thematisiert. Somit sollen Lehrkräfte bzw. Lehramtsstudierende über das Konzept von CS informiert und für die Nutzung in ihrer Unterrichtspraxis motiviert und unterstützt werden. Zu diesem Konzept werden auch Präsentationsfolien als Online-Material 3 zur Verfügung gestellt.

Ergänzend dazu finden sich in Online-Material 4 weiterführende Ressourcen, welche für die Thematisierung von Citizen Science in Lehrkräftebildung und Unterrichtspraxis als hilfreich erachtet werden.

Mit den Online-Materialien liefert dieser Beitrag handlungsorientierte Vorschläge, um zu gewährleisten, dass Citizen Science als ein partizipativer Forschungsansatz mit Potenzial zur Umsetzung zahlreicher Bildungsziele in einer zeitgemäßen Lehrkräftebildung angemessen thematisiert wird.

## Literatur

- Aristeidou, M., Ferguson, R., Perryman, L.-A. & Tegama, N. (2021). The Roles and Value of Citizen Science: Perceptions of Professional Educators Enrolled on a Postgraduate Course. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.5334/cstp.421>
- Aristeidou, M., Lorke, J. & Ismail, N. (2022). Citizen Science: Schoolteachers' Motivation, Experiences, and Recommendations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10340-z>
- 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*. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09608-2>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>

- Bonn, A., Brink, W., Hecker, S., Herrmann, T.M., Liedtke, C., Premke-Kraus, M., Voigt-Heucke, S., von Gönner, J., Altmann, C. S., Bauhus, W., Bengtsson, L., Brandt, M., Bruckermann, T., Büermann, A., Dietrich, P., Dörler, D., Eich-Brod, R., Eichinger, M., Ferschinger, L., ... & Woll, S. (2022). *Weißbuch Citizen-Science-Strategie 2030 für Deutschland*. Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft, Universitäten und außeruniversitäre Einrichtungen.
- Bonney, R. (1996). Citizen science: A lab tradition. *Living Bird*, 15(4), 7–15.
- Bopardikar, A., Bernstein, D. & McKenney, S. (2023). Boundary Crossing in Student-Teacher-Scientist-Partnerships: Designer Considerations and Methods to Integrate Citizen Science with School Science. *Instructional Science*, 1–40. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09615-3>
- Bruckermann, T. & Lorke, J. (2021). Online Citizen Science: Mit digitalen Tools Forschung in den Unterricht bringen. *Unterricht Biologie*, 45(469), 44–47.
- Bruckermann, T., Lorke, J., Rafolt, S., Scheuch, M., Aristeidou, M., Ballard, H., Bardy-Durchhalter, M., Carli, E., Herodotou, C., Kelemen-Finan, J., Robinson, L., Swanson, R., Winter, S. & Kapelari, S. (2020). Learning opportunities and outcomes in citizen science: A heuristic model for design and evaluation. In O. Levrini & G. Tasquier (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging With Contemporary Challenges Through Science Education* (S. 889–898). University of Bologna. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10213530>
- Bundesministerium für Bildung und Frauen (BBF). (2014). *Grundsatzertlass Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung*. [https://rundschriften.bmbwf.gv.at/media/2014\\_20.pdf](https://rundschriften.bmbwf.gv.at/media/2014_20.pdf)
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF). (2017). *Grundsatzertlass zum Projektunterricht*. <https://rundschriften.bmbwf.gv.at/rundschriften/?id=772>
- Caruso, J. P., Israel, N., Rowland, K., Lovelace, M. J. & Saunders, M. J. (2016). Citizen science: The small world initiative improved lecture grades and California critical thinking skills test scores of nonscience major students at Florida Atlantic University. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 156–162.
- Cieslinski, M., Heinzelreiter-Wallner, G., Scheuch, M., Siegele, P., Ernst, M., Frigerio, D., Grabner, M., Hofer, A., Lampert, P., Mädge, A., Mattenberger, H., Pany, P., Pirker, H., Steuerer, W., Wagner, S. & Westreicher, F. (2021). *Citizen Science – Forschen mit Schulen. Grundlagen, Empfehlungen & praktische Tipps für gemeinsame Projekte*. <https://zenodo.org/record/5865482>
- Dani, D. (2019). A community and place-based approach to middle childhood science teacher education. *Middle School Journal*, 50(2), 45–52. <https://doi.org/10.1080/00940771.2019.1576581>
- Dixon, C. G., Harris, E. M., Ballard, H. (2022). Identities in Action: Opportunities and Risks of Identity Work in Community and Citizen Science. In H. T. Holmegaard & L. Archer (Hrsg.), *Science Identities – Theory, method and research* (S. 247–269). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-17642-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-17642-5_12)
- Doyle, C., Anderson, D. & Boucher, M. (2017). *What is online citizen science anyway? An educational perspective*. <https://arxiv.org/pdf/1805.00441.pdf>
- Frigerio, D., Cieslinski, M., Westreicher, F., Scheuch, M. & Ernst, M. (2023). The booklet “Citizen Science – Research with Schools” – Does it withstand the critical eyes of the citizen science community? *Proceedings of Austrian Citizen Science Conference 2022 – PoS, ACSC2022*, 030. <https://doi.org/10.22323/1.407.0030>



- Ghadiri Khanaposhtani, M., Ballard, H. L., Lorke, J., Miller, A. E., Pratt-Taweh, S., Jennewein, J., Robinson, L. D., Higgins, L., Johnson, R. F., Young, A. N., Gregory, B. P. & Benavides Lahnstein, A. I. (2022). Examining youth participation in ongoing community and citizen science programs in 3 different out-of-school settings. *Environmental Education Research*, 28(12), 1730–1754. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2078480>
- Glenn Lee, S. C. (2022). *Elucidating the Relationship Between Elementary Teachers' Beliefs About Science Teaching and Learning, Decision Making, and Participation in Citizen Science* (Dissertation, San Diego State University). <https://digitallibrary.sdsu.edu/islandora/object/sdsu%3A200818>
- Hadjichambi, D., Hadjichambis, A. C., Adamou, A. & Georgiou, Y. (2023). A systematic literature review of K-12 environmental citizen science (CS) initiatives: Unveiling the CS pedagogical and participatory aspects contributing to students' environmental citizenship. *Educational Research Review*, 39, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100525>
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science. A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203202395>
- Jenkins, L. L. (2011). Using citizen science beyond teaching science content: a strategy for making science relevant to students' lives. *Cultural Studies of Science Education*, 6(2), 501–508. <https://doi.org/10.1007/s11422-010-9304-4>
- Jenkins, L. L., Walker, R. M., Tenenbaum, Z., Sadler, K. C. & Wissehr, C. (2015). Why the secret of the great smoky mountains institute at tremont should influence science education – connecting people and nature. In M. P. Kueller & D. J. Tippins (Hrsg.), *EcoJustice, Citizen Science and Youth Activism* (S. 265–279). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11608-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11608-2_16)
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M. & Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: an examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078–2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1520405>
- Kervinen, A. & Aivelo, T. (2022). *How do secondary school students handle epistemic uncertainty during an ecological citizen science inquiry?*. EdArXiv. <https://doi.org/10.35542/osf.io/4py6n>
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf)
- Lorke, J. & Schmid-Loertzer, V. (2022). *Wie wirkt eigentlich Citizen Science? Ein Blick in die Forschungsliteratur*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6797923>
- 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>
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB). (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe 2 Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Biologie*. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/325/gost\\_klp\\_bi\\_2022\\_06\\_07.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/325/gost_klp_bi_2022_06_07.pdf)
- Mueller, M. P., Tippins, D. & Bryan, L. (2011). The Future of Citizen Science. *Democracy & Education*, 20(1), 1–12. <https://democracyeducationjournal.org/home/vol20/iss1/2>

- Nouri, N., Saberi, M., McComas, W.F. & Mohammadi, M. (2021). Proposed Teacher Competencies to Support Effective Nature of Science Instruction: A Meta-Synthesis of the Literature. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 601–624. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1871206>
- Peter, M., Diekötter, T., Kremer, K., Höffler, T. (2021). Citizen science project characteristics: Connection to participants' gains in knowledge and skills. *PLoS ONE*, 16(7), e0253692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253692>
- Phillips, T., Porticella, N., Constan, M. & Bonney, R. (2018). A Framework for Articulating and Measuring Individual Learning Outcomes from Participation in Citizen Science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), 3. <https://doi.org/10.5334/cstp.126>
- Roche J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y.N., Kloetzer, L., Knobens, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P. & Winter, S. (2020). Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- Ruhrig, J. & Höttecke, D. (2015). Components of Science Teachers' Professional Competence and Their Orientational Frameworks when Dealing with Uncertain Evidence in Science Teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 447–465. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9628-3>
- Scheuch, M., Panhuber, T., Winter, S., Keleman-Finan, J., Bardy-Durchhalter, M., Kapelari, S. (2018). Butterflies & wild bees: biology teachers' PCK development through citizen science. *Journal of Biological Education*, 52(1), 79–88. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1405530>



Onlinematerial

Julia Lorke, RWTH Aachen, Didaktik der Biologie, Worringerweg 1, 52074 Aachen,  
lorke@ddb.rwth-aachen.de  
<https://orcid.org/0000-0001-5064-1744>

Till Bruckermann, Leibniz Universität Hannover, Im Moore 11, 30167 Hannover,  
till.bruckermann@iew.uni-hannover.de  
<https://orcid.org/0000-0002-8789-8276>

Isabell Helbing, RWTH Aachen University,  
isabell.helbing@rwth-aachen.de  
<https://orcid.org/0000-0002-7987-6034>

Eva Tchekov, Leibniz-Universität Hannover, Im Moore 11, 30167 Hannover,  
eva.tchekov@iew.uni-hannover.de

Martin Scheuch, Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik & Universität Wien/AECC-  
Biologie, Angermayergasse 1, 1130 Wien, Österreich  
martin.scheuch@haup.ac.at  
<https://orcid.org/0000-0003-3183-799X>