

sponsored by



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



„Nitratscouts - partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge“

Abschlussbericht

Aktenzeichen:

37467/01

Projektbeginn:

01.04.2022

Verfasserin:

Daniela Lud, Hochschule Rhein-Waal

Laufzeit bis:

31.03.2024 (ursprünglich)

31.07.2024 (tatsächlich)

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung	1
1. Gegenstand	2
2. Zielsetzung	3
3. Verlauf.....	4
4. Zentrale Ergebnisse.....	4
4.1 Aktivitätsfeld Umweltzusammenhänge.....	5
4.2 Aktivitätsfeld digitale Methoden	5
4.3 Aktivitätsfeld Transformation und Wirkung	6
5. Outcomes.....	6
Literaturverzeichnis	9

Zusammenfassung

Im Projekt „Nitratscouts – partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge“ wurden neue Methoden entwickelt, erprobt und im Anschluss bereitgestellt, um Lernenden komplexe, strukturelle Interdependenzen im Themenfeld Nitratbelastung von Grundwasser als Folge von Düngung landwirtschaftlicher Flächen nahezubringen. In drei Modulen „Umweltzusammenhänge“, „Digitale Methoden“ und „Transformation & Wirkung“, entwickelten die teilnehmenden Gruppen (Lehrende, Studierende, Schüler*innen, Praktiker*innen aus Landwirtschaft/Gartenbau, Wasserqualitätsüberwachung und Trinkwassergewinnung) gemeinsam schrittweise Lehr- und Lern-Tools. Dies ist nach Zwischenberichten im Oktober 2022, Juni 2023 und Februar 2024 der Abschlussbericht des Projektes. Für eine Reihe der entwickelten Materialien (sowohl hands-on Methoden z. B. in den Hochbeeten des Green FabLabs, als auch Spiele wie das Gemüsemarkt- oder Grundwasserspiel, letzteres auch in digitaler Variante) wurden Entwürfe in Workshops mit verschiedenen Nutzer*innen getestet und auf Grundlage von Feedback von Lehrenden und Lernenden weiter verbessert. Die entwickelten Materialien wurden zu Mikromodulen gebündelt und in einem Reader zusammengestellt. Die Vernetzung mit ähnlichen Projekten z. B. über eine Plattform für bürgerwissenschaftliche Projekte hat zur Verbreitung der Ergebnisse beigetragen.

1. Gegenstand

Als Folge von Düngung in Landwirtschaft und Gartenbau ist das Grundwasser in Deutschland vielerorts mit Nitrat belastet. In den letzten Jahren gab es verschiedene Ansätze, das Problem zu verringern (z. B. durch eine neue Düngemittelverordnung (1) und Maßnahmen wie das Anlegen von Blühstreifen oder das Vermeiden von offenen brachliegenden Flächen). Nach wie vor sind die Nitratkonzentrationen im Grundwasser unter vielen landwirtschaftlich genutzten Flächen erhöht, das gilt auch für die Projektregion der Landkreise Kleve und Wesel, deren Ackerflächen trotz sinkenden Trends aktuell noch immer von hoher Gesamtstickstoff-Zufuhr geprägt sind (2, 3). Grundwasserdaten aus dem OpenHygrisC-Datensatz (4) von 2017-2019 zeigen, dass der Trinkwassergrenzwert im Grundwasser unter Ackerland häufiger überschritten wird, als im Gesamtdatensatz der Grundwassermessstellen in Nordrhein-Westfalen (Abbildung 1). Nitrat im Grundwasser verursacht vielerorts Probleme z. B. für die Trinkwassergewinnung, weil das Grundwasser aufbereitet werden muss, um gute Trinkwasserqualität zu erreichen. In der Projektregion werden Maßnahmen umgesetzt, um zur Umsetzung von Teilzielen der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen in Bezug auf den Anteil von ökologisch bewirtschafteter Anbaufläche beizutragen (5).

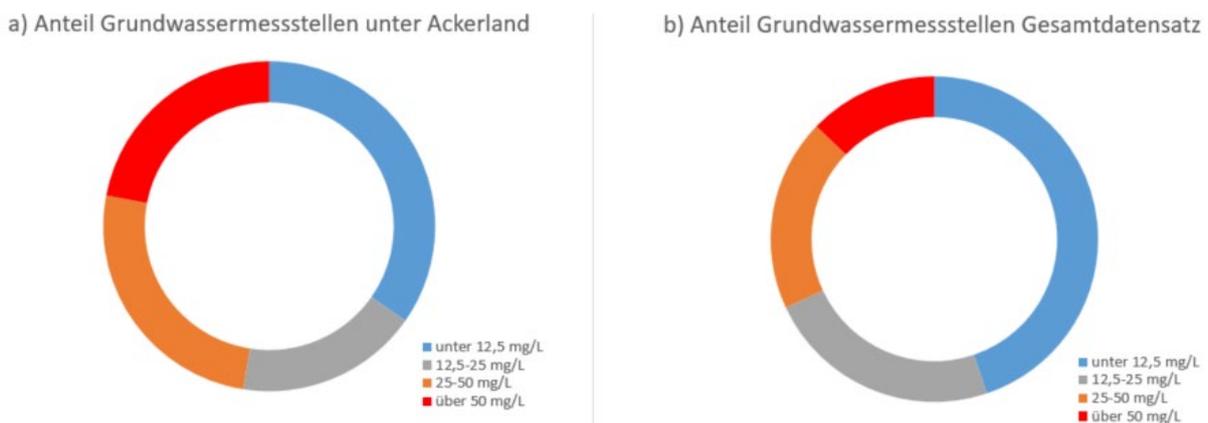


Abbildung 1 a) Anteil der Grundwassermessstellen unter Ackerland in Nordrhein-Westfalen, die den Trinkwassergrenzwert von 50 mg/L überschreiten (rot, 22 %), b) Anteil der Grundwassermessstellen im Gesamtdatensatz in Nordrhein-Westfalen, die den Trinkwassergrenzwert überschreiten (rot, 12,8 %). Eigene Darstellung auf Grundlage von Daten aus (2).

Bisher haben in vielen Regionen Deutschlands auf Beratung und Dialog basierende Formen der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Trinkwassergewinnung über Jahre gute Ergebnisse erzielt. Allerdings ist der Dialog von Akteur*innen häufig nicht konfliktfrei, die Verantwortung wird als zwischen den Akteur*innen ungleichgewichtig verteilt wahrgenommen (6). Deutschland ist eins der europäischen Länder, in dem die Konflikt-Lage in der Landwirtschaft komplex ist (7), die Regulierung der Düngung ist einer von mehreren Anlässen für Proteste. Die Novellierung des Düngegesetzes wird kontrovers diskutiert, „rote Gebiete“ auf Grundwasserkarten werden als pauschalisierend und wenig dialogfördernd empfunden (8).

Nitrat im Grundwasser ist in seiner Komplexität ein typisches Thema für Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), also einer Bildung, die Lernende in die Lage versetzen möchte, zukunftsfähig zu denken und zu handeln (9). BNE zielt darauf, Kompetenzen zu vermitteln, fachbezogenes und über einzelne Fachdisziplinen hinausgehendes Wissen anzuwenden, Probleme nicht nachhaltiger

Zusammenhänge zu erfassen, verschiedene Perspektiven zu integrieren und Lösungen zu entwickeln. BNE orientiert sich an nachhaltiger Entwicklung und den Zielen für eine nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen.

Nitrat im Grundwasser ist einer der zentralen Umweltindikatoren (z. B. im Hinblick auf das nachhaltige Entwicklungsziel 2, Hunger beenden, Ernährungssicherheit erreichen und nachhaltige Landwirtschaft fördern, (10)). Weitere nachhaltige Entwicklungsziele, die im Zusammenhang mit Nitrat im Grundwasser stehen, sind Entwicklungsziel 4 (hochwertige Bildung), Entwicklungsziel 6 (sauberes Wasser) und SDG12 (verantwortungsvolle Konsum- und Produktionsmuster). Diese Entwicklungsziele wurden im Projekt adressiert.

2. Zielsetzung

Zentrale Zielsetzung des Projekts ist die Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge im Themenfeld Düngung und Nitrat im Grundwasser. Ziel der Entwicklung dieser Module als Lehr- und Lern-Tools ist es, Akteur*innen für die Problematik erhöhter Nitratgehalte im Grundwasser zu sensibilisieren, sie zu befähigen, Handlungsoptionen zu erwägen und gemeinsam Lösungsansätze für nachhaltiges Handeln zu erarbeiten. Zwischen Wissen, Bewusstsein und Handeln gibt es häufig keinen einfachen direkten Zusammenhang. Daher wurde im Projekt ein regionaler und partizipativer Ansatz gewählt, um authentische, lebensnahe Lernszenarios zu schaffen. Basierend auf einem Mix von digitalen und analogen, praktischen Herangehensweisen wurden attraktive Lehr- und Lerntools entwickelt. Besonderer Nachdruck lag hierbei auf der Integration der Perspektiven verschiedener Akteur*innen, um auf diese Weise das gemeinsame Erarbeiten von Lösungsansätzen für nachhaltiges Handeln zu unterstützen. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung des Projektansatzes.

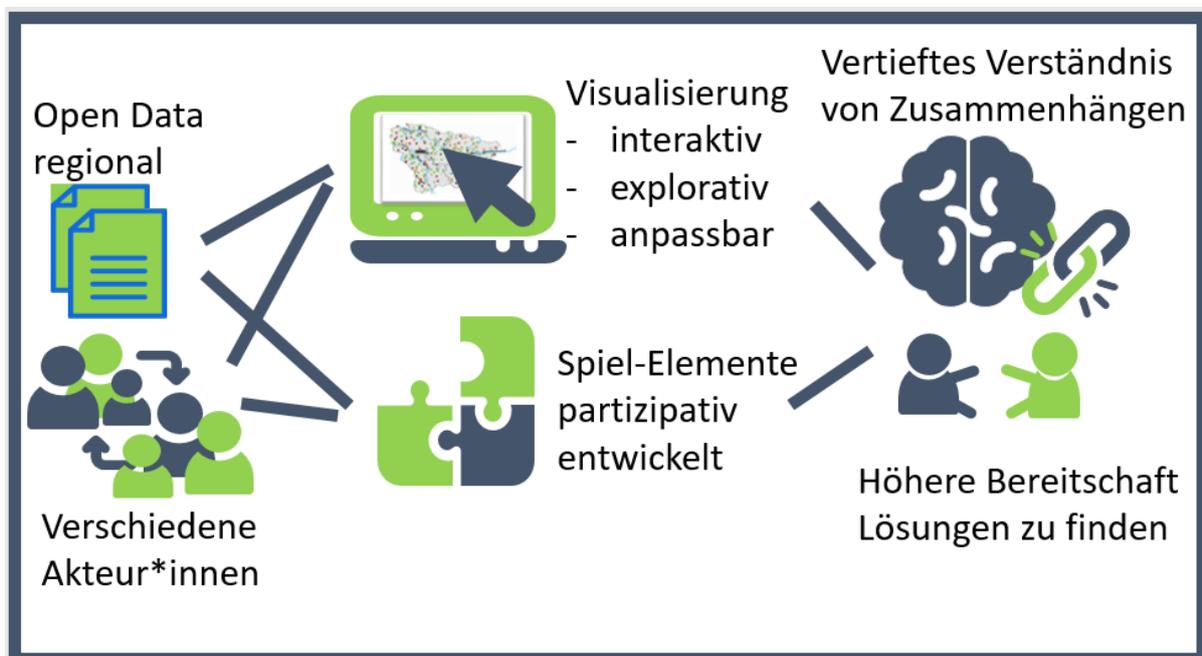


Abbildung 2 Nitratscouts-Ansatz zur partizipativen Entwicklung von Bildungsmodulen mit regionalisiert aufbereiteten offenen Daten (eigene Darstellung, modifiziert nach (11)).

3. Verlauf

In einem ersten Schritt wurde gemeinsam mit Projektpartner*innen ein regionales Netzwerk erarbeitet mit Akteur*innen aus Landwirtschaft, Gartenbau, Wasserqualitätsmonitoring, Trinkwassergewinnung, Bildung und bürgerschaftlichem Engagement. Verfügbare Umweltdaten (4) und umweltwissenschaftliche Forschung zu Nitrat im Grundwasser in der Region (12, 13) wurden zusammengestellt und für das Projekt nutzbar gemacht. Konferenzen und Netzwerkevents wurden genutzt, um Kontakte zu ähnlichen Projekten (z. B. 14, 15, 16) zu knüpfen.

In der Folge wurde gezielt eine Anzahl von Expert*innen-Interviews geführt, u.a. mit Vertreter*innen aus der Landwirtschaft, der landwirtschaftlichen Beratung, der Wissenschaft sowie von Behörden. Diese wurden mit Praxispartner*innen diskutiert. So wurden Bedarfe erfragt und die Basis geschaffen, um verschiedene Perspektiven in die zu entwickelnden Lerntools zu integrieren.

In Zyklen von verschiedenen Workshops mit unterschiedlichen Zielgruppen (Vertreter*innen aus der Praxis, Bürger*innen, Schüler*innen, Studierende) wurden Ideen für Lerntools in drei Aktivitätsfeldern (Umweltzusammenhänge, digitale Methoden, Transformation und Wirkung) entwickelt, erprobt und überarbeitet. Die entwickelten Mikromodule wurden als Sammlung übertragbarer Lehr- und Lernkonzepte gemeinsam mit verschiedenen Akteur*innen erarbeitet, getestet und in einem Reader verfügbar gemacht. Die wichtigsten Meilensteine im Projektverlauf sind in Abbildung 3 dargestellt.

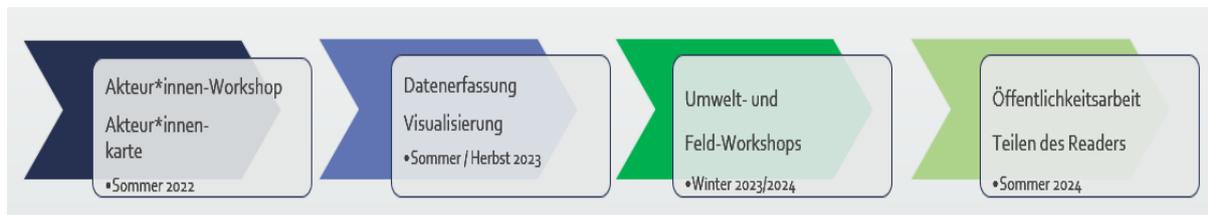


Abbildung 3 Die wichtigsten Meilensteine des Projekts Nitratscouts im Projektverlauf (Frühjahr 2022 bis Sommer 2024), eigene Darstellung.

4. Zentrale Ergebnisse

In Workshops, Gesprächen und Umfragen mit verschiedenen Akteur*innen ergaben sich Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei den geäußerten Wünschen in Bezug auf gewünschte Inhalte und Art der Experimente in den Lehr- und Lernmaterialien. Zentrale Wünsche und Bedarfe, die verschiedene Akteur*innen in Umfragen und Feedback-Bögen angegeben haben, sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Evaluation von Feedbackbögen im Rahmen des Projekts Nitratscouts zeigt, dass sich vor allem Lernende (Schüler*innen, Auszubildende, Studierende) digitale Tools wünschen und Nachhaltigkeit beziehungsweise nachhaltige Entwicklung und die globalen Nachhaltigkeitsziele von verschiedenen Akteur*innen erwünscht sind.

Tabelle 1 Interessen an Inhalten und Arten von Experimenten bei verschiedenen Akteur*innen laut Umfragen und Feedbackbögen (zusammengefasst)

	Lehrende	Lernende	Praxisvertreter*innen
Gewünschte Inhalte	Nährstoffkreisläufe	Nitrat in der Landwirtschaft, Nitrat im Gemüse	Wirtschaftliche Notwendigkeiten in der Landwirtschaft, Wichtigkeit von Bodenökologie
	Nachhaltige Entwicklung		Bildungsmaterial für landwirtschaftliche Ausbildung, Fach Nachhaltigkeit an Schulen
Gewünschte Experimente	Lösungsstrategien	Persönlicher Beitrag	Wirtschaften mit den Ressourcen
	Experimente zu Nährstoffkreislauf	Nitratausspülung messen	Praxisrelevante Experimente
	Nachweisexperimente low-cost	Digitale Tools	Attraktive Tools
	Sichere, einfache Messungen	Kombination mit Urban Gardening	Verlässliche, einfache Messungen
		Messen im Gelände, auf dem Acker, in der Region	Experimente die Interesse an Bodenleben wecken

4.1 Aktivitätsfeld Umweltzusammenhänge

Im Aktivitätsfeld Umweltzusammenhänge wurden verschiedene im Freiland umsetzbare Lehr- und Lerntools entwickelt. Experimente in Hochbeeten sind attraktiv für Lernende und lassen sich z. B. in Schulgärten oder öffentlichen Urban Gardening Bereichen umsetzen. Der Bau von neuen oder die Umrüstung von bestehenden Hochbeeten mit getrennten Kompartimenten erlaubt das getrennte Auffangen von durchsickerndem Gießwasser. So kann der Gedanke der Nitratauswaschung besser erlebbar gemacht werden und die Erarbeitung der Zusammenhänge von Nährstoffkreisläufen unterstützt werden. Die getrennten Kompartimente können in Experimenten unterschiedlich behandelt werden (z. B. ein gedüngter, ein ungedüngter Teilbereich) und mit anderen digital gestützten oder analogen Experimenten kombiniert werden z. B. mit dem Erfassen des Pflanzenwachstums mit Apps oder mit Messungen von Nitratkonzentrationen in Boden oder Wasser mit verschiedenen robusten, einfach umsetzbaren Methoden (wie z. B. der Messung mit Aquarienteststreifen). Um bodenökologische Zusammenhänge zu vermitteln, wurden Experimente mit Köderstreifen mit verschiedenen Auswertungsmethoden entwickelt.

4.2 Aktivitätsfeld digitale Methoden

Nach Gesprächen mit verschiedenen Akteur*innen über Open Data, über die Messung und oder das Verfügbarmachen von Daten konzentrierte sich die Entwicklung im Aktivitätsfeld digitale Methoden auf öffentlich verfügbare Grundwassermonitoringdaten aus dem HygrisC Datensatz (4) des LANUV. Aus diesem Datensatz wurden regionale Daten der Landkreise Kleve und Wesel, die beide durch hohe Nitratzufuhr gekennzeichnet sind (siehe Abschnitt 1), extrahiert und zu interaktiven Tools verarbeitet.

In einem ersten Aufschlag entstanden Excel-Tools, die später mit Streamlit zu webbasierten oder auf vorbereiteten Laptops nutzbaren interaktiven Visualisierungstools weiterbearbeitet wurden. Die Tools unterstützen das eigenständige Erkunden der Daten durch Lernende. Zur Verzahnung mit entwickelten Experimenten aus dem Aktivitätsfeld Umweltzusammenhänge wurden Funktionen wie der Upload und Download eigener Daten in das Visualisierungstool integriert.

Für einige der Experimente aus dem Aktivitätsfeld Umweltzusammenhänge gibt es digitale Erweiterungen, z. B. wurde zusammen mit einem der Partner ein Schüler*innenworkshop für den 3D-Druck von Teilen einer Lupe entwickelt, der mit Beobachtungen des Bodenlebens kombiniert werden kann.

4.3 Aktivitätsfeld Transformation und Wirkung

In diesem Aktivitätsfeld lag ein besonderer Schwerpunkt auf der spielerischen Vermittlung der unterschiedlichen Perspektiven verschiedener Akteur*innen in Bezug auf das Thema Nitrat im Grundwasser. Um diese unterschiedlichen Sichtweisen für Lernende greifbarer zu machen wurde eine Herangehensweise mit sogenannten Personas gewählt. Personas sind fiktive Vertreter*innen von Akteur*innen mit Ansichten, die repräsentativ für die jeweiligen Akteur*innen sind. Die Persona-Methode kommt ursprünglich aus dem Marketing, wurde aber auch schon in Lernszenarien in MINT-Fächern eingesetzt (17). Im Projekt Nitratscouts wurden Personas u.a. für einen Landwirt, eine Forscherin, einen Trinkwasserproduzenten und eine Konsumentin entwickelt. In einem Gamification-Ansatz mit dem im Rahmen des Projektes entwickelten Nitratscouts-Grundwasserspiel kommen die Personas zu Einsatz und helfen dabei, die Perspektive unterschiedlicher Akteur*innen kennenzulernen. Das Nitratscouts-Grundwasserspiel wurde mit verschiedenen Zielgruppen in Workshops getestet und schrittweise verbessert, hierbei flossen auch positive Erfahrungen wie z. B. langjährige Kooperation zwischen regionalen Akteur*innen (18) in die Spielgestaltung mit ein. Die Entwicklungsergebnisse zeigen, dass Personas und Gamification für Bildung für nachhaltige Entwicklung hilfreiche methodische Ansätze bieten, weil sie auf Lernende realistisch wirken und so Lernenden verschiedene Perspektiven unterschiedlicher Akteur*innen vermitteln können (19).

Für jüngere Lernende wurde das Nitratscouts-Gemüsemarktspiel entwickelt, ein einfaches Spiel, das einen haptischen Eindruck von Nitratauswaschung aus Ackerböden unter unterschiedlichen Anbauformen vermittelt. Für bekannte Gemüsesorten wie Karotten, Salat oder Radieschen kann für Anbauformen wie biologische oder konventionelle Landwirtschaft mit kleinen bunt bemalten Stoffsäckchen erraten und besprochen werden, welche Gemüsesorten und welche Anbauformen mit vergleichsweise niedriger oder hoher Nitratausspülung verbunden sind.

5. Outcomes

Die anvisierten Projekt-Outcomes des Projektes Nitratscouts - partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge waren:

- Die Bereitstellung der entwickelten Lehr- und Lerntools zum Thema Nitrat im Grundwasser in Form eines Readers,
- neue Methoden zur Vermittlung von Nachhaltigkeitszusammenhängen und die
- Entwicklung und Erprobung von digitalen Methoden.

Die entwickelten Lehr- und Lerntools der drei Aktivitätsfelder (Umweltzusammenhänge, digitale Methoden sowie Transformation und Wirkung) wurden mit Unterstützung des entstandenen Projektnetzwerkes in gedruckter und digitaler Form zur Verfügung gestellt (20), das Herunterladen ist über die Projektwebseite möglich. Als besonders hilfreich erwiesen hat sich auch das Netzwerk deutschsprachiger bürgerwissenschaftlicher Projekte mitforschen.org, das die Möglichkeit bot, online auf das Projekt aufmerksam zu machen und die Ergebnisse kurz vor Ende der Projektlaufzeit in einem online-Vortrag zu präsentieren. Über dieses Netzwerk haben uns mehrere Anfragen erreicht. Ebenso zu erwähnen ist der eNewsletter Bürgergesellschaft, der Gelegenheit bot, das Projekt in einem Gastbeitrag vorzustellen (21).

Als neue Methode zur Vermittlung von komplexen Zusammenhängen wie Nitrat im Grundwasser ist vor allem die Entwicklung des Persona-Ansatzes mit Lernenden hervorzuheben, die im Kontext von Bildung für nachhaltige Entwicklung Chancen bietet, unterschiedliche Perspektiven zu vermitteln (19).

Bei der partizipativen Entwicklung der Lehr- und Lerntools konnten sich verschiedene Akteur*innen einbringen, z. B. durch die Teilnahme an Workshops oder das Teilen von Wissen in Expert*innen-Interviews. Eine Übersicht der während der Projektlaufzeit erreichten Teilnehmenden (durch Vorträge, Präsentationen, Workshops und weitere Aktivitäten) ist in Abbildung 4 wiedergegeben.

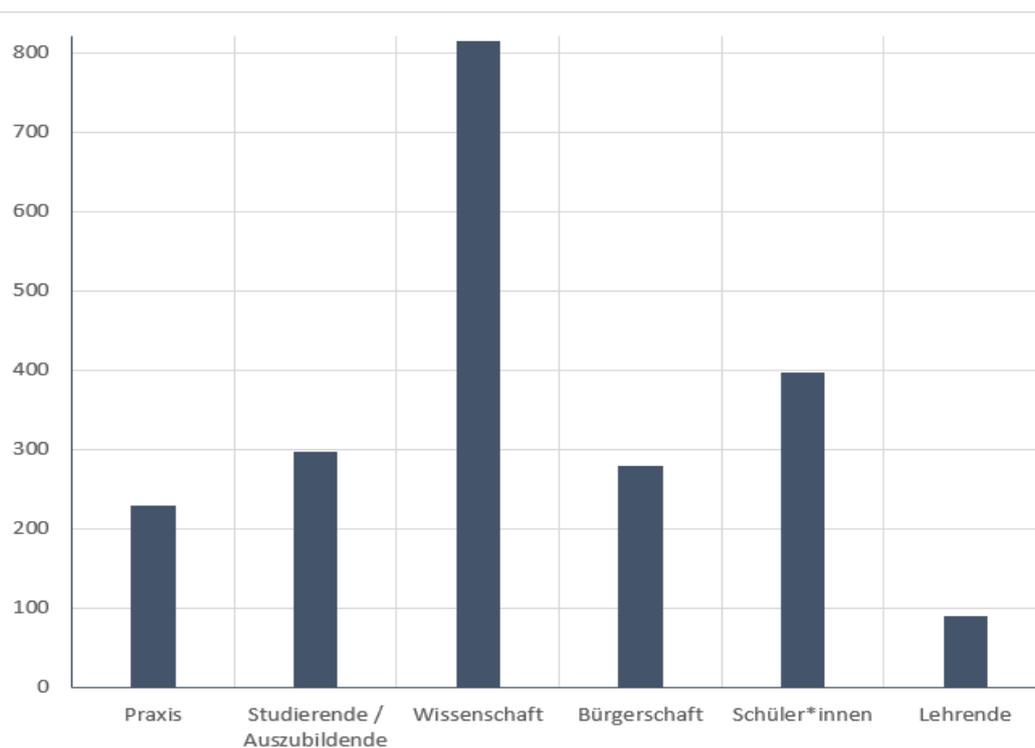


Abbildung 4 Geschätzte Anzahl der mit Präsentationen, Vorträgen, Workshops und anderen Aktivitäten erreichten Teilnehmenden des Projekts Nitratscouts – partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen zur Vermittlung systemischer Zusammenhänge (eigene Darstellung).

Die praktische Entwicklung und Erprobung der verschiedenen Tools entfaltet gerade auch durch die Vielzahl von durchgeführten Workshops, mit denen eine große Anzahl unterschiedlicher Lernender

(Schüler*innen, Studierende, Auszubildende, Erwachsene in Qualifizierungsmaßnahmen) erreicht werden konnte, einen zusätzlichen Mehrwert.

Die Workshop-Erfahrungen zeigen, dass Lehrende und Lernende sich mehr Bildung für nachhaltige Entwicklung wünschen. Fachübergreifende Aktivitäten außerhalb des Unterrichts z. B. in außerschulischen Lernorten wie dem Green FabLab der Hochschule oder dem grünen Klassenzimmer werden von Lernenden und Lehrenden gleichermaßen geschätzt und positiv bewertet. Gerade die Verknüpfung praktischer bzw. analoger und digitaler Elemente wird als ansprechend empfunden. Digitale Tools können helfen, regionale Daten zugänglich zu machen und so alltagsnahe Lernszenarios zu bieten, dies motiviert Lernende zusätzlich. Allerdings gibt es für die Bereitstellung der digitalen Materialien Herausforderungen (u.a. die Verfügbarkeit von digitalen Endgeräten an Schulen, Zugriff von Lehrenden auf Geräte, z. B. um digitale Tools verfügbar zu machen, die langfristige Verfügbarkeit von digitalen Tools in nutzbaren Formaten). Auch in Zukunft sind zusätzliche Ressourcen erforderlich, um digitale Bildung in Kombination mit Bildung für nachhaltige Entwicklung für Lernende in Bildungseinrichtungen aller Ebenen verfügbar zu machen.

Literaturverzeichnis

1. Molls, L. (2022) Neue Landesdüngerverordnung tritt am 1. Dezember 2022 in Kraft. Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; <https://www.mlv.nrw.de/neue-landesduengeverordnung-tritt-am-1-dezember-2022-in-kraft/> (Zugriff am 14.10.2024).
2. Berges, M. (2021). Nährstoffbericht NRW 2021 (pp. 1–131). Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <https://www.landwirtschaftskammer.de/Landwirtschaft/ackerbau/duengung/naehrstoffbericht/index.htm> (Zugriff am 14.10.2024).
3. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, BMEL (2024) Bericht der Bundesrepublik Deutschland gemäß Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2024_bf.pdf (Zugriff am 24.10.2024).
4. HygrisC Datensatz. LANUV; verfügbar unter: www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/wasser/grundwasser/hygrisc/ (Zugriff am 14.10.2024).
5. Ökomodellregion Niederrhein <https://ömr.de/niederrhein> (Zugriff am 14.10.2024).
6. Huber-Wagner, D. (2018). Gülle sorgt für neue Eskalationsstufe: Landwirte sollten das direkte Gespräch mit den Kritikern suchen. *Agrarzeitung*, 2, 0002.
7. van der Ploeg, J. D. (2020). Farmers' upheaval, climate crisis and populism. *The Journal of Peasant Studies*, 47(3), 589–605. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1725490>.
8. Wie bewerten Sie die Novellierung des Düngegesetzes? (2024). *Agrarzeitung*, 79(25), 7–7. <https://doi.org/10.51202/1869-9707-2024-25-007>
9. Statistisches Bundesamt (Destatis) /Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland <http://dns-indikatoren.de/2/> (Zugriff am 14.10.2024).
10. de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In *Kompetenzen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung*; 2008, S. 23–43. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90832-8_4
11. Lud, D., Moßbrucker, M., Zimmer, F., Kofer, W., Attallah, O., Limbu, B., Paudel, B., Chabvuta, M. (2023). Nitratscouts Partizipative Entwicklung von Bildungsmodulen: Daten gemeinsam Bilder und Spielideen geben. Poster-Präsentation ialb Tagung 2023, Dresden.
12. van der Wiel, B. Z., Weijma, J., van Middelaar, C. E., Kleinke, M., Buisman, C. J. N., & Wichern, F. (2021). Restoring nutrient circularity in a nutrient-saturated area in Germany requires systemic change. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 121(2-3), 209–226. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10172-3>

13. Cherepinina, Y., Gallas, C., Itzel, F. & Hansen, U. (2023) Temporal and Spatial Analysis of Groundwater Nitrate Concentrations: Long Term Trends and Land Use Impacts in the Lower Rhine Region. Posterpräsentation Jahrestagung 2023 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Köln.
14. Brockhage, F., Lüsse, M., Klasmeier, J., Pietzner, V., & Beeken, M. (2022). Citizen Science as an Innovative Approach to Analyze Spatial and Temporal Influences on Nitrate Pollution of Water Bodies: Results of a Participatory Research Project in Germany. *Sustainability*, 14(15).
<https://doi.org/10.3390/su14159516>
15. Lüsse, M., Brockhage, F., Pietzner, V., & Beeken, M. (2021). Nachhaltige Unterrichtsvorschläge zur Stickstoffproblematik: Fridays For Future und Schule? – Teil 2. *Chemie in unserer Zeit*, 55(3), 186–191. <https://doi.org/10.1002/ciuz.202000005>
16. Initiative Wasserschutzbrot, <https://wasserschutzbrot.de/> (Zugriff am 14.10.2024).
17. Weinhandl, R., Kleinfurchnner, L. M., Schobersberger, C., Schwarzbauer, K., Houghton, T., Lindenbauer, E., Anđić, B., Lavicza, Z., & Hohenwarter, M. (2023). Utilising personas as a methodological approach to support prospective mathematics teachers' adaptation and development of digital mathematics learning resources. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10857-023-09607-1>
18. Wasserverbund Niederrhein (undatiert) Gewässerschutz Wasserwirtschaft und Landwirtschaft <https://wv-n.de/gewaesserschutz/kooperation-landwirtschaft/> (Zugriff am 14.10.2024).
19. Moßbrucker, M.E., Attallah, O., Chabvuta, M.M., Eichner, J., & Lud, D. (in press). Personas can clarify complex topics in education for sustainable development: Gamification strategies for nitrate pollution. in Hegemann, Lud, Sohnrey "Wer rettet die Welt? Wirkung und Design von Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft", Nomos Verlagsgesellschaft Baden-Baden.
20. Moßbrucker, M. & Lud, D. (2024). Nitratscouts - Lehrmaterialien zum Thema Nitrat in Böden und Grundwasser. DOI 10.13140/RG.2.2.17156.13444
21. Lud, D. & Moßbrucker, M. (2024). Authentisches Lernen durch Beteiligung: Das Projekt »Nitratscouts« bietet Lehr- und Lernmaterial zum Thema Nitrat im Grundwasser. eNewsletter Wegweiser Bürgergesellschaft 03/2024.
https://www.buergergesellschaft.de/fileadmin/pdf/gastbeitrag_lud_mossbrucker_240328.pdf
(Zugriff am 14.10.2024).