

## Schoolwide Positive Behavior Support for Mental Health and Green Behavior



### Modell und Idee hinter GREEN SESAME

Der rasante Anstieg von psychischen Gesundheitsproblemen und die Folgen des Klimawandels stellen zwei gravierende gesellschaftliche Herausforderungen dar, die besonders Jugendliche betreffen. Trotz des grundsätzlichen Bewusstseins gelingt es vielen nicht, ihr Verhalten entsprechend anzupassen.

Das von der Bergischen Universität koordinierte Erasmus+-Projekt GREEN SESAME entwickelt und erprobt einen schulweiten Ansatz, der die psychische Gesundheit von Jugendlichen stärkt und zugleich ihr nachhaltiges Verhalten fördert.

### GREEN SESAME Rahmen

- **SW-PBS Modell** (Schoolwide Positive Behavior Support – Schulweite positive Verhaltensunterstützung) für nachhaltiges Verhalten (kulturelle Anpassung für Deutschland, Italien, Spanien und Portugal)
- **MTSS** (Multi-tiered Systems of Support – Mehrebenen-Präventionsmodell/ Unterstützungsmodell)

### Multi-Tiered Systems of Support (MTSS)

der konzeptionelle Rahmen von GREEN SESAME

#### Individueller Eingriff

(DBRC, Tagebuchführung, ESM-basierte Intervention)  
➤ Direct Behavior Rating, funktionelle Beurteilung



Einzelne SuS

#### Intervention zur Werteanpassung

(Umdeutung von klimaschädlichem Verhalten als unvereinbar mit Autonomie von Kontrolle durch Erwachsene  
➤ Direct Behavior Rating ODER Direct Observation



(Klein-) Gruppen

#### Unterrichten und Erhalten von umweltfreundlichen Verhalten

(naturbasiertes Lernen, GREEN classroom management, „caught-being-good“, Interventionen)  
➤ Screening



gesamter Klassenraum

### Die Green Sesame App

Die GREEN SESAME App dient zur Förderung von umweltfreundlichem Verhalten bei Kindern und Jugendlichen durch Gamifizierung und Wettbewerb. Die App ist für SuS dieser Altersspanne so entwickelt, dass sie intuitiv nutzbar ist.



Besuchen Sie gerne unsere Website für weitere Informationen:  
<https://sesameproject.eu/home-green-sesame/>

### Wirkungen und Ziele von GREEN SESAME

- Identifikation von **kulturellen Spezifika** der Länder als Grundlage des pädagogischen Konzeptes
- Entwicklung eines **pädagogischen Konzeptes** zur Erfassung und Förderung nachhaltigen Verhaltens
- praxisnaher **Leitfaden für Lehrkräfte** zur Unterstützung der Umsetzung
- Entwicklung einer interaktiven **App zur Vermittlung umweltfreundlicher Verhaltensweisen**
- **Lehrkräftefortbildung** zur Befähigung der Umsetzung
- **Bewusstseinsbildung in Schulen** zu nachhaltigem Verhalten und mentaler Gesundheit

Das Projekt wird in allen Partnerländern mit insgesamt N=400 SchülerInnen erprobt und zielt auf langfristige Integrierung ab. Der Ansatz wird mithilfe der Erkenntnisse evaluiert, optimiert und für unterschiedliche Schulsysteme skalierbar gemacht. Es ist eine Erweiterung des Service-Learning auf intergenerationale Lernkontakte geplant.

### Motive-Alignment-Interventionen

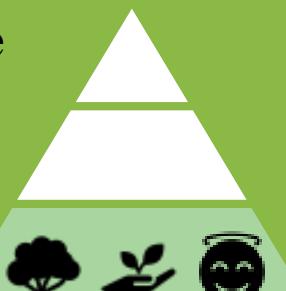
für ein umweltfreundliches Verhalten - dreistufiges System  
Prävention und Interventionen sind auf allen Ebenen miteinander verbunden.



Fokus von Stufe 1 ist die Prävention zur Förderung der Verbundenheit mit der Natur (Braun & Dierkes, 2016), beispielsweise durch:

- **Naturtagebuch**
- **Umweltbewusstsein im täglichen Leben**
- **Experiment: Ölverschmutzung**

Die Natur schützt mentale Gesundheit und kognitive Entwicklung von Kindern und Jugendlichen (Engemann et al., 2019; Maes et al., 2021; Sarkar et al., 2018)

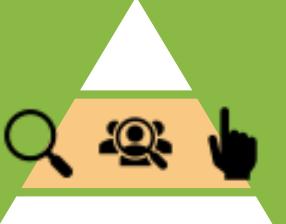


Fokus von Stufe 2 ist die Anpassung der Werte (Motive Alignment Hypothesis, Thomaes et al., 2023) hin zu umweltfreundlichem Verhalten:

- **Analyse** von umweltschädlichen Konditionen der Stadt
- **Erarbeitung** spezifischer Lösungen und Vorbereiten eines Berichts für den Stadtrat oder Bürgermeister
- **Initiation** von nachhaltigen Umweltprojekten – sich Erwachsenen entgegenstellen

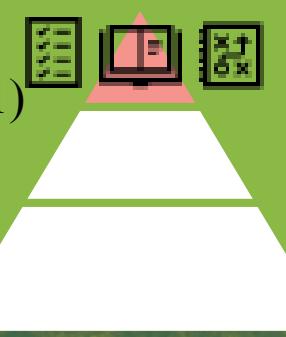
Kontakt mit der Natur beeinflusst positiv:

- soziale Verbundenheit (Chawla et al., 2014; Faber Taylor et al., 1998)
- Stress (Chawla et al., 2014; Feda et al., 2015)
- Laune (Li et. al., 2018)



Fokus von Stufe 3 ist die individuelle Beschäftigung der SuS mit ihrem persönlichen Umwelthandeln:

- Nachhaltiges-Verhalten-Tagebuch
- SMART Zielerstellung (Doran, 1981)
- Bewertung der Zielerreichung
- Erneute Ziel Evaluation



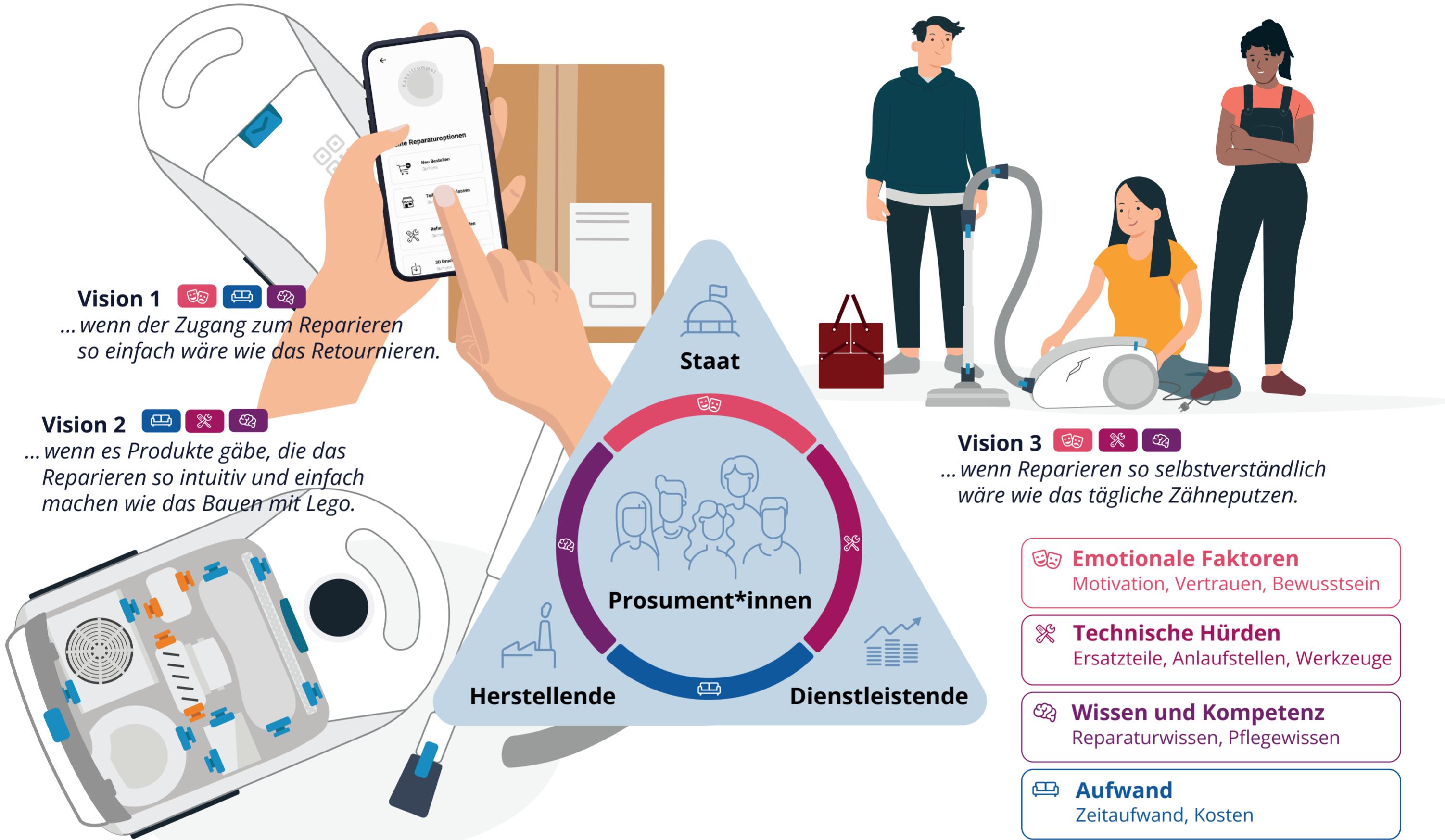
### Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung

- Stärkung der psychischen Gesundheit von Jugendlichen durch Autonomieerleben und soziale Eingebundenheit
- Entwicklung eines innovativen und schulweiten Bildungsangebotes, das nachhaltiges Verhalten und psychische Gesundheit praxisnahe im Schulalltag verankert
- Verbesserung des nachhaltigen Konsumverhaltens von Kindern und Jugendlichen
- Umsetzung einer EU-weiten Partnerschaft aus verschiedenen Institutionen:



# Sustainable Design Literacy

M.A. Strategische Produkt- und Innovationsentwicklung / Industrial Design



Lehrende und Studierende des Masterstudiengangs Strategische Produkt- und Innovationsentwicklung explorierten in diesem Projekt, wie nachhaltige Konsum- und Produktionskulturen gesamtgesellschaftlich gefördert werden können. Das Ziel war es, eine umfassende Reparaturkultur zu fördern – mit Fokus auf Fähigkeiten zur Entwicklung (Gestalter- und Unternehmer\*innenseite), Nutzung und Wiederinstandsetzung reparaturfähiger Produkte (Unternehmens- und Nutzer\*innenseite) als Schlüsselkompetenzen für den Übergang in eine Kreislaufwirtschaft.

Entsprechend wurden Kompetenzen entlang des gesamten Produktlebenszyklus adressiert: vom Design über Kauf, Nutzung, Wartung und Reparatur bis zur Wiederverwertung. Entworfen wurde ein Handlungsraum, in dem Verbraucher\*innen, Wirtschaft und Politik systemisch agieren können, ebenso wie Maßnahmen und Produkte für dessen praktische Ausstattung. Ein dreiteiliges Konzept beschreibt verschiedene Realisierungsstufen bis zum Jahr 2030 auf einer Roadmap: Bewusstsein für nachhaltigen Konsum schaffen; Wissen und Fähigkeiten stärken; Gelegenheiten und Möglichkeiten zur Reparatur schaffen. Fokussiert werden die Bedürfnisse der 18- bis 34-Jährigen. Sie besitzen im Vergleich mit älteren Gruppen wenig Reparaturbewusstsein.

## Gesetzliche und bildungsorientierte Maßnahmen

z.B. Repair-Escape-Rooms,

## Konzepte für produzierende Unternehmen

z.B. Interaktionsformen wie der digitale Zwilling,

## Strategien für Dienstleistende

z.B. Plattformen und Reparaturdienste,

## Produktgestaltung

z.B. „lesbare“ Produkte, modulare Designs.

Der modulare Aufbau des Konzepts ermöglicht eine flexible Umsetzung in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen. Design übernimmt dabei eine zentrale Rolle – forschungsbasiert und moderierend – wie von der Ressourcenkommission empfohlen. Basierend auf den Ebenen der Transformationsmanagementstruktur des UN Weltressourcenrates wurden Bezüge zu den SDGs herausgearbeitet: Im Zentrum steht das SDG 12 – Nachhaltiges Produzieren und Konsumenten, das enge Verbindungen zu anderen SDGs aufweist:

## Wohlstand / Wohlbefinden

Reparieren stärkt Kompetenzen, fördert nachhaltiges Bewusstsein (SDG 4), ermöglicht Teilhabe und Selbstwirksamkeit (1, 3) und unterstützt soziale Kohärenz und Gleichstellung (5, 10).

## Versorgungssysteme

Reparieren erfordert Partnerschaften (17) zwischen Industrie (9), Kommunen (11) und weiteren Akteur\*innen, um nachhaltige Produktions- und Konsumsysteme (12) breit zu verankern.

## Natürliche Ressourcen

Reparieren schont Ressourcen, Klima und Biodiversität (13, 14, 15).

## Modul

Forschungs- und Strategieprojekt 2  
Wintersemester 2023/24

## Lehrende

Prof. Dr. Martina Fineder,  
Prof. Dr. Christa Liedtke,  
Prof. Gert Trauernicht

## Studierende

Elena Gfrörer, Marie Ibach,  
Nora Karl, Camilo Martins,  
Anna Oestreich, Johanna Scholz,  
Ronja Sturm, Max Weishaupt,  
Nick Wode



# ASTA NACHHALTIGKEITSREFERAT



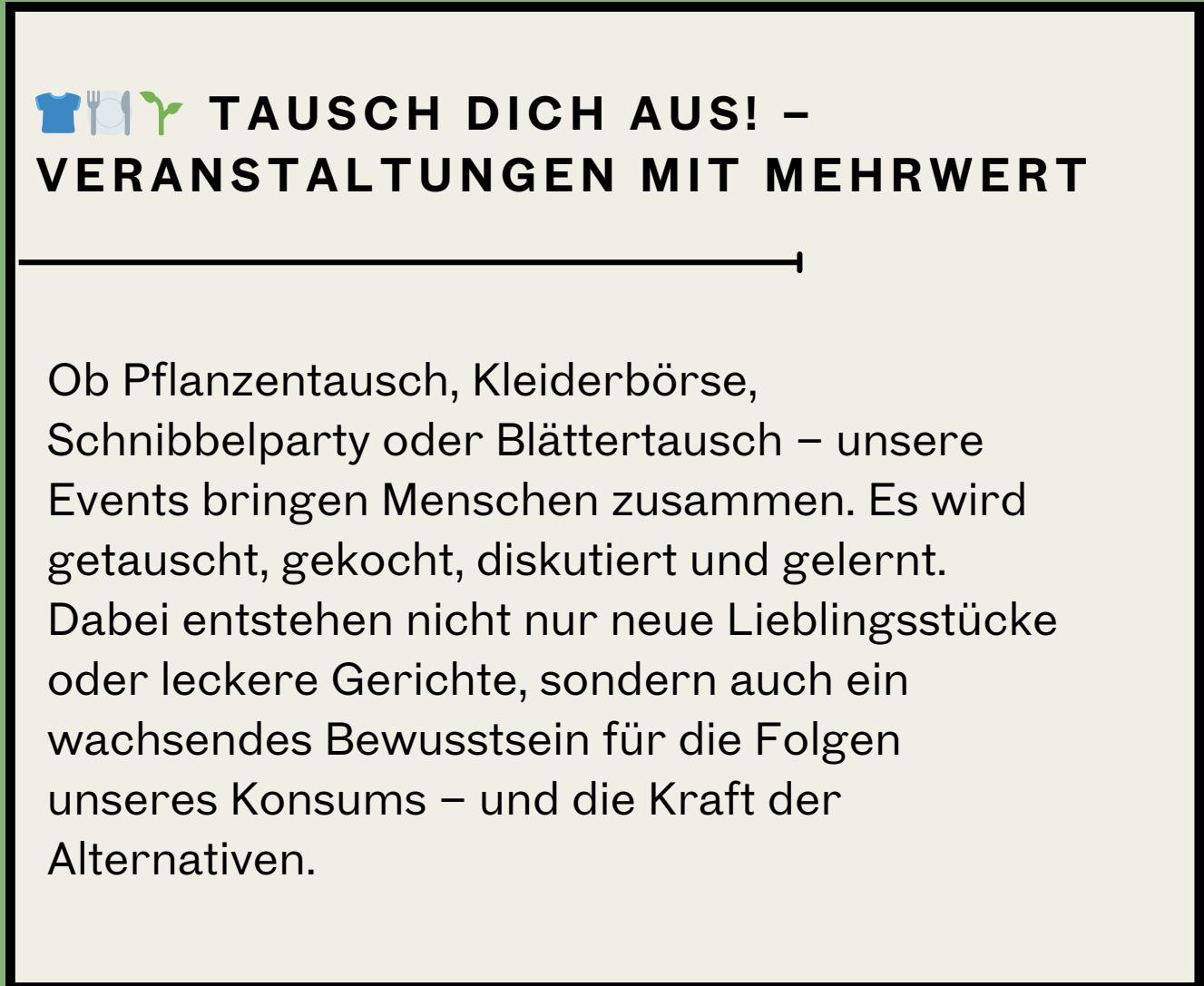
## TEILEN STATT WEGWERFEN

Das Nachhaltigkeitsreferat des ASTA setzt mit seinen vielfältigen Sharing-Angeboten ein Zeichen gegen Konsumwahn und Ressourcenverschwendungen. Ziel ist es, den Alltag an der Uni nachhaltiger, solidarischer und bewusster zu gestalten – mit niedrigschwelligen, kostenfreien Angeboten, die jede\*r nutzen kann.



## GEGEN VERSCHWENDUNG – FÜR VERANTWORTUNG UND GEMEINSCHAFT

Lebensmittel, Kleidung, Bücher und Gebrauchsgegenstände – vieles, was täglich entsorgt wird, ist noch voll nutzbar. Das Projekt reagiert auf diese Realität mit konkreten Angeboten, die zum Mitmachen einladen: sinnvoll, sichtbar und wirksam. Neben der ökologischen Wirkung steht auch die soziale Dimension im Fokus: Studierende sollen entlastet und sensibilisiert werden.



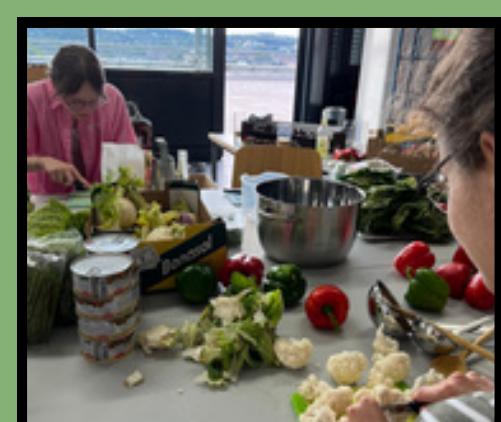
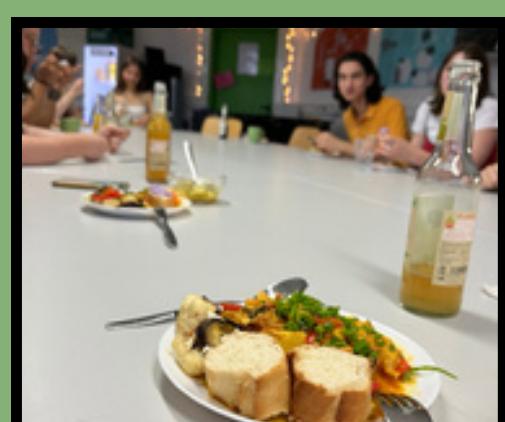
## MACH MIT – DEIN BEITRAG ZÄHLT!

Unsere Angebote sind offen für alle: Studierende, Mitarbeitende und Interessierte. Du kannst etwas mitnehmen, etwas geben – oder einfach dabei sein. So wird Nachhaltigkeit am Campus sichtbar und lebendig. Sei Teil der Bewegung. Teile mit – statt wegzuwerfen.

## SHARING-WAND & FAIRTEILER – GEBEN, NEHMEN, WEITERGEBEN

An der Sharing-Wand können Bücher, Kleidung oder Hausrat getauscht werden. Ganz unkompliziert – ohne 1:1-Tausch, ohne Hürden. Der FairTeiler ergänzt das Angebot mit geretteten Lebensmitteln aus Supermärkten, die sonst im Müll landen würden. Diese werden durch freiwillige Foodsaver\*innen zur Verfügung gestellt und stehen allen zur Verfügung.

## EIN BEWUSSTER UMGANG MIT RESSOURCEN BEGINNT IM KLEINEN – UND AM BESTEN GEMEINSAM.



# Naturnahes Campusgelände für Pflanzen, Tiere und Menschen

Tom Schürhoff & Prof'in Dr. Gertrud Lohaus

GALA-Bau, Technisches Gebäudemanagement, Dezernat 5, BUW

Molekulare Pflanzenforschung/Pflanzenbiochemie (Botanik), Fakultät 4, BUW, [www.botanik.uni-wuppertal.de](http://www.botanik.uni-wuppertal.de)



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

## Biodiversität nimmt weltweit ab

Weltweit nimmt die biologische Biodiversität ab, d.h. es sterben mehr Arten aus als neue hinzukommen. Ein Grund hierfür ist ein Mangel an den entsprechenden Lebensräumen (Biotopen) der Arten. Artenschutz ist daher primär als Biotopschutz zu verstehen.

## Unser Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung

Auch städtische Gelände, wie das Außengelände der BUW, können Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten sein. Dazu ist eine naturnähere Gestaltung des Geländes notwendig und auf dem Gelände sollten verschiedene (Kleinst-)Lebensräume zur Verfügung stehen, da bestimmte Pflanzen- und Tierarten nur in bestimmten Lebensräumen vorkommen.

Weitere Informationen zum Projekt finden Sie auf der Seite <https://www.botanik.uni-wuppertal.de/de/oeko-hotspots/>

## Was wurde/wird auf dem Campus gemacht?

- durch unterschiedliche Maßnahmen werden Lebensräume für verschiedene Pflanzen- und Tierarten geschaffen (z.B. Vogelnährgehölze, Totholzhecken, artenreiches Grünland)
- das Gelände wird so gepflegt, dass möglichst strukturreiche Lebensräume erhalten bleiben bzw. in andere Bereiche wird, abgesehen von Maßnahmen zur Verkehrssicherungspflicht, wenig eingegriffen
- das Campusgelände und die dort wachsenden Pflanzenarten werden in Lehrveranstaltungen genutzt und präsentiert
- durch Führungen, Broschüren und weiteren Darstellungsformen werden die Biodiversität und die ökologischen Zusammenhänge auf dem Campusgelände für eine breitere Öffentlichkeit dargestellt und der Campus wird zu einer „lebenden Ausstellung“



Farne



Artenreiches Grünland



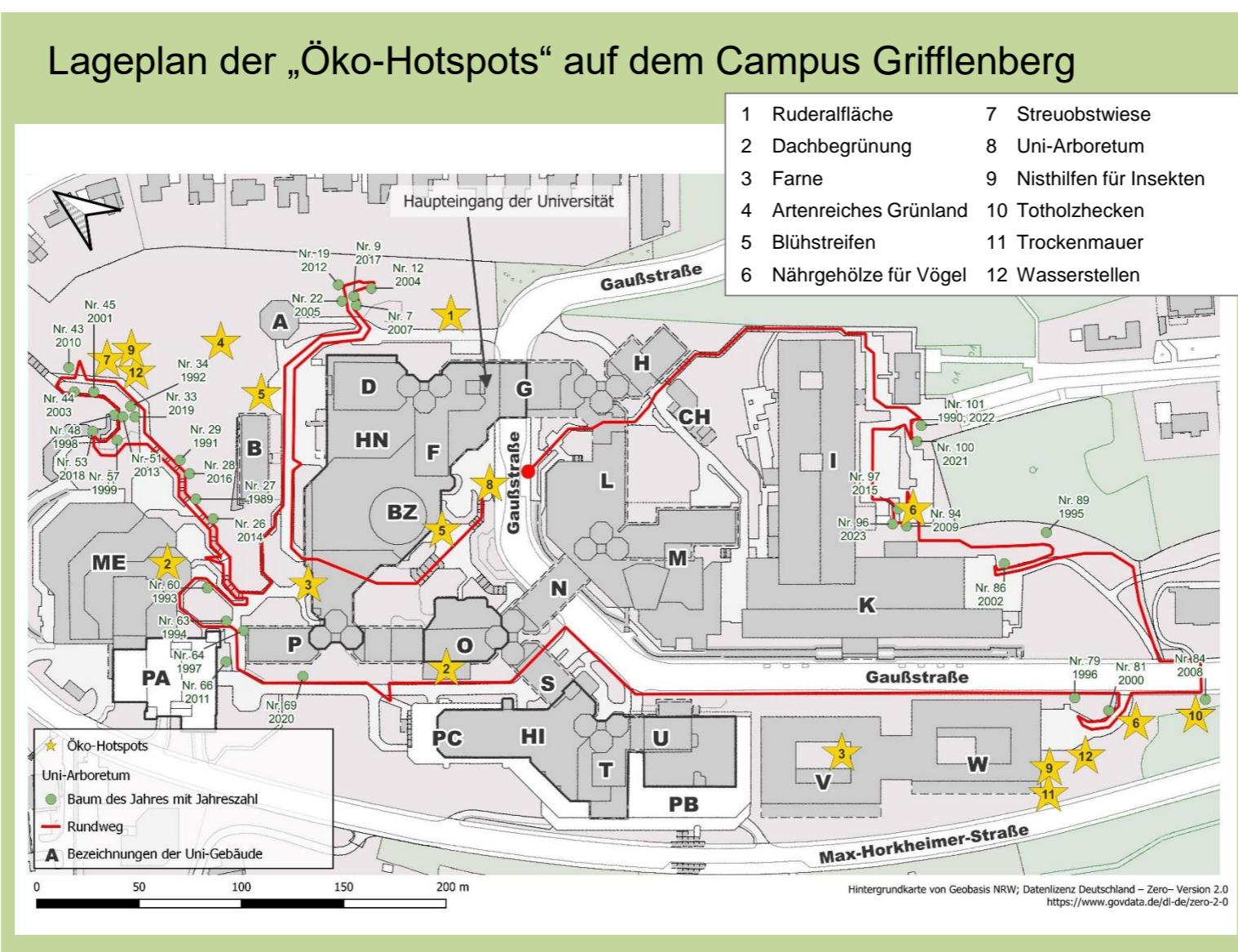
Blühstreifen



Vogelnährgehölze



Dachbegrünung



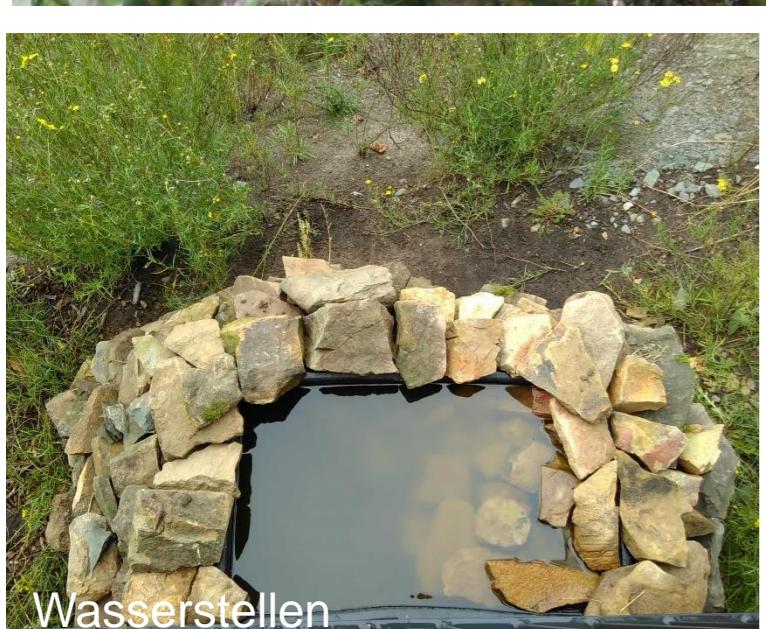
Streuobstwiese



Ruderalflächen



Uni-Arboretum



Wasserstellen



Trockenmauern



Totholzhecken



Nisthilfen Insekten

# BNE-Tutor

## Individuelles Lernen für eine nachhaltige Zukunft

Christiane Edler\* und Dominik Scheidel

### Gesellschaftliche Herausforderung

Angesichts von Klimakrise, Umweltverschmutzung und Ressourcenknappheit ist nachhaltige Entwicklung zentral. Vielen Menschen fehlt jedoch das nötige Handlungswissen, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Häufig sind Informationen fragmentiert, schwer zugänglich oder nicht an die Bedürfnisse der Zielgruppen angepasst.

**Der BNE-Tutor bietet als digitaler Assistent eine Lösung:** Er unterstützt Nutzer\*innen dabei, Wissen über nachhaltige Entwicklung in den Alltag zu integrieren, Handlungskompetenzen zu entwickeln und aktiv zur nachhaltigen Gesellschaft beizutragen. Dabei werden die Prinzipien des tutoriellen Lernens nach Bloom (1984) berücksichtigt, um individuelles Feedback und nachhaltigen Wissenserwerb zu ermöglichen.

### Methodisches Vorgehen

#### Einsatz moderner LLMs:

Der BNE-Tutor basiert auf modernen Sprachmodellen (LLMs) und nutzt Vektordatenbanken und Wissensgraphen für präzisere Antworten.

#### Innovative graphische Oberfläche:

- Anpassung der Sprache und Ausgabelänge der Texte an die jeweilige Zielgruppe (z. B. Bildungskontext)
- Integration zusätzlicher Funktionen (z. B. „Fußabdruckrechner“, Tipps oder Gamification-Elemente)

#### Motivation & Bindung:

Die geplante Integration von Gamification und Social-Media-Inhalten kann die Motivation, Akzeptanz und Verbreitung fördern und Nutzerinnen und Nutzer binden.

### Designelemente

#### Frontend: Oberfläche mit Eingabemaske

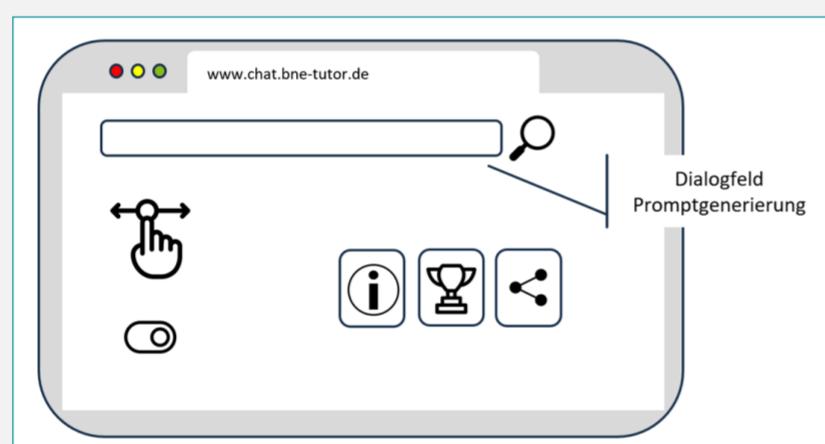


Abb. 1: Graphische Oberfläche (schematisch)

#### Backend: Verarbeitung der Eingaben (Prompt) und Parameter (z.B. Sprachniveau)

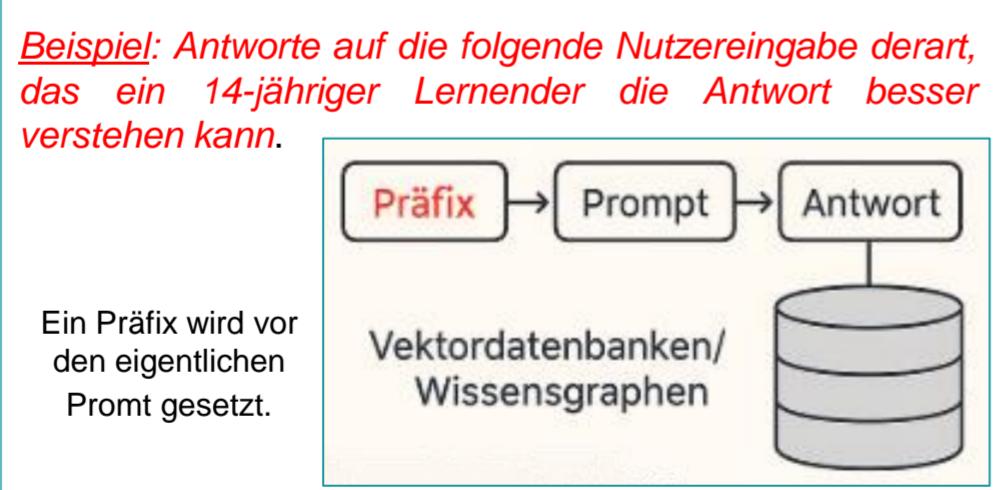


Abb. 2: Promt Engineering

#### Was möchtest du wissen?

Stelle eine Frage oder wähle ein Thema unten aus

Sprachniveau: Fortgeschritten  
Elementar Mittelstufe Fortgeschritten Experte

Ausgabellänge  
Kurz Mittel Ausführlich

Kannst du mir etwas über Nachhaltigkeit erzählen?  
Nachhaltigkeit bezeichnet die Nutzung von Ressourcen auf eine Weise, die zukünftigen Generationen die Möglichkeit gibt, ihren Bedarf zu decken. Sie umfasst ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte, um ein Gleichgewicht zwischen Mensch und Umwelt zu schaffen. Ziele wie der Erhalt der Biodiversität, der Übergang zu erneuerbaren Energien und soziale Gerechtigkeit sind zentrale Elemente nachhaltiger Entwicklung.

Schreib deine Nachricht hier...  
Beispiele Tipps Teilen

Abb. 3: BNE-Tutor (Demonstrator)

### Pilotphase

- Der BNE-Tutor ist unter [chat.bne-tutor.de](http://chat.bne-tutor.de) und dem nebenstehenden QR-Code abrufbar.
- Quantitative und qualitative Erhebungen begleiten die Testphase des Demonstrators.



### Kontakt:

Christiane Edler (OStR')  
Bergische Universität Wuppertal  
Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal  
E-Mail: [edler@uni-wuppertal.de](mailto:edler@uni-wuppertal.de)

### Literatur:

- Bloom, B. S. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *Educational Researcher*, 13, 4-16.
- Khakurel, J., Penzenstadler, B., Porras, J., Knutas, A. & Zhang, W. (2018). The Rise of Artificial Intelligence under the Lens of Sustainability. *Technologies*, 6(4), 100.
- Raman, R., Lathabai, H.H., Mandasli, S., Das P., Kaur, T., Nedungadi, P. (2024). ChatGPT: Literate or intelligent about UN sustainable development goals? *PLoS ONE* 19(4): e0297521.
- Rieckmann, M. (2018). Die Bedeutung von Bildung für nachhaltige Entwicklung für das Erreichen der Sustainable Development Goals (SDGs). *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 41(2), 4–10.

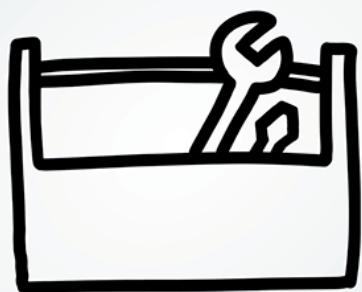
Geographie und ihre Didaktik  
Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

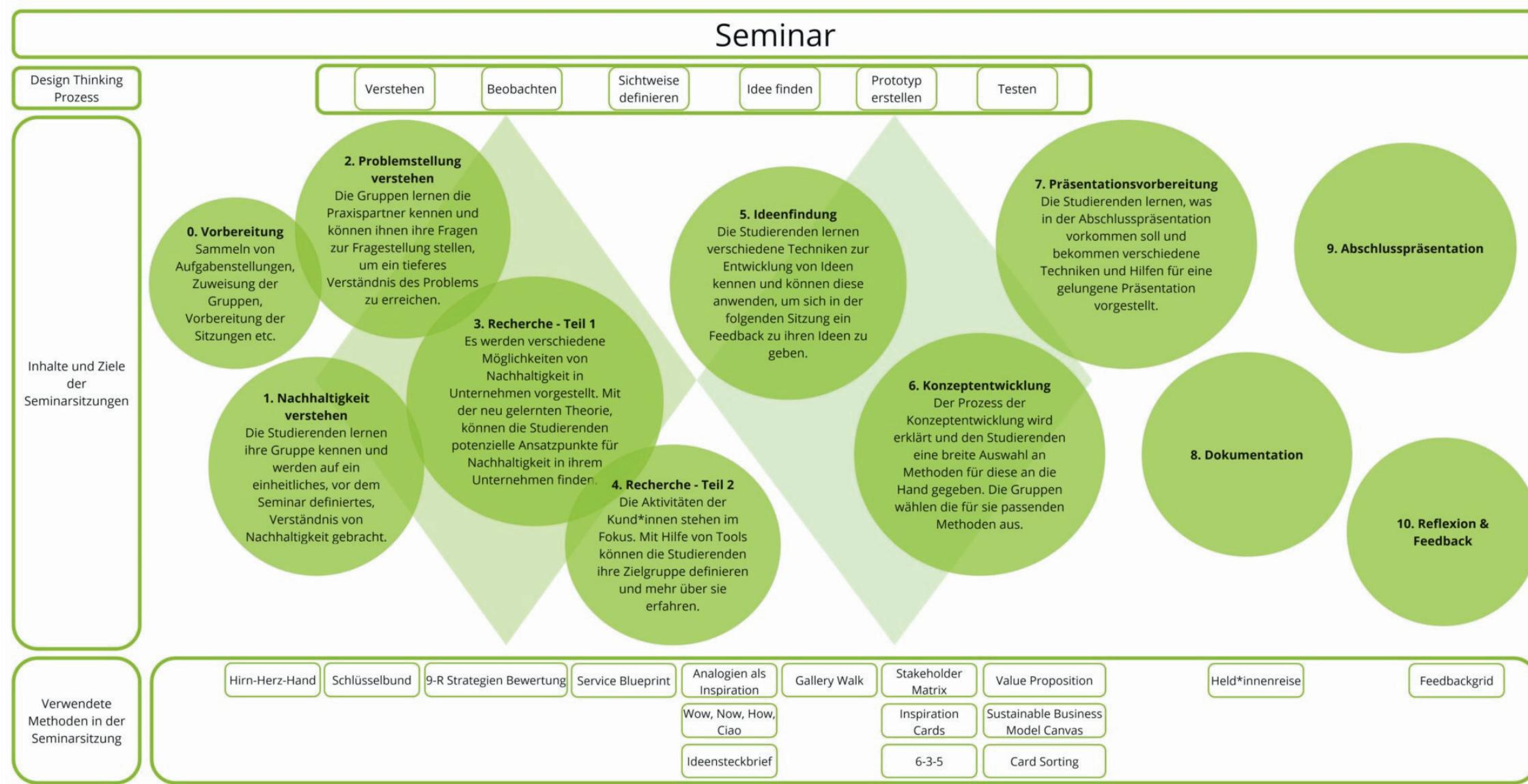


# Transformative Teaching Toolbox



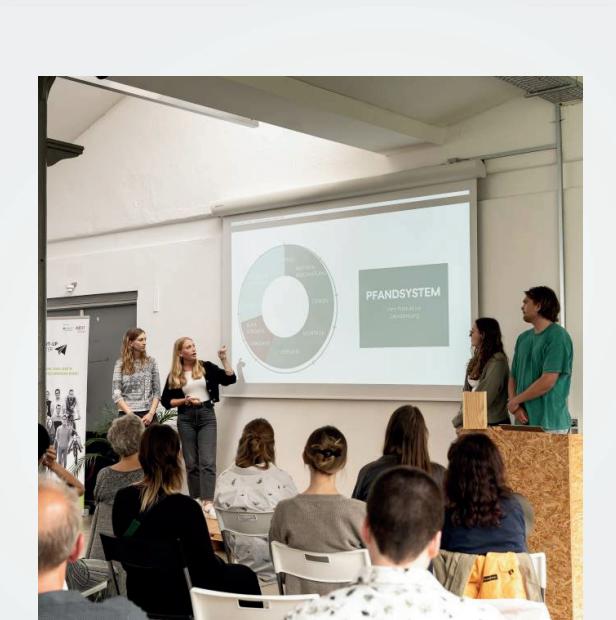
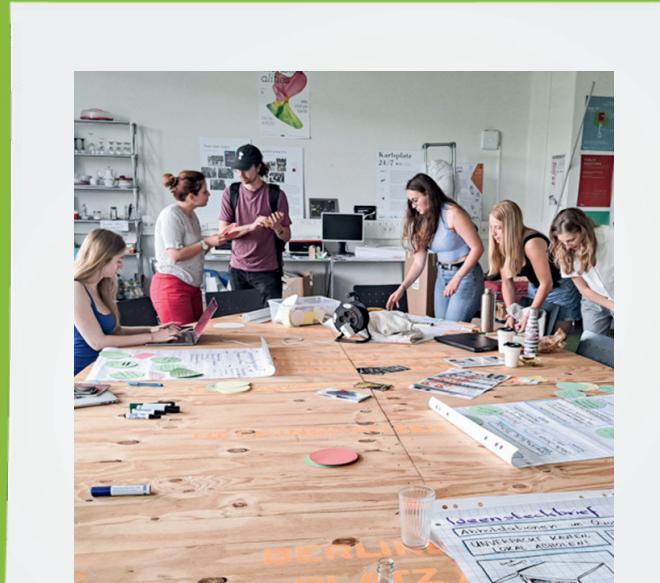
## Projekt

Die Transformative Teaching Toolbox wurde als modularer **Methodenbaukasten** im Rahmen des Projektes **“Educating Future Sustainability Leaders & Innovators”** entwickelt und dient als innovatives Fortbildungsinstrument für Lehrende aller Fachrichtungen in der Hochschulbildung. Sie enthält insbesondere Methoden und Inhalte der **Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)** mit einem Fokus auf co-kreativem und aktionsorientiertem Lernen. So soll Dozierenden die Integration des Themas Nachhaltigkeit in die eigene Lehrveranstaltung erleichtert werden. Neben den Methoden enthält die Toolbox ein Good Practice-Beispiel für deren Anwendung in einem konkreten Lehrformat in Form des Seminars **“Circular Business Innovation”**. Dort erarbeiteten Studierende in Zusammenarbeit mit regionalen Praxisorganisationen konkrete **Lösungskonzepte** im Nachhaltigkeitskontext.



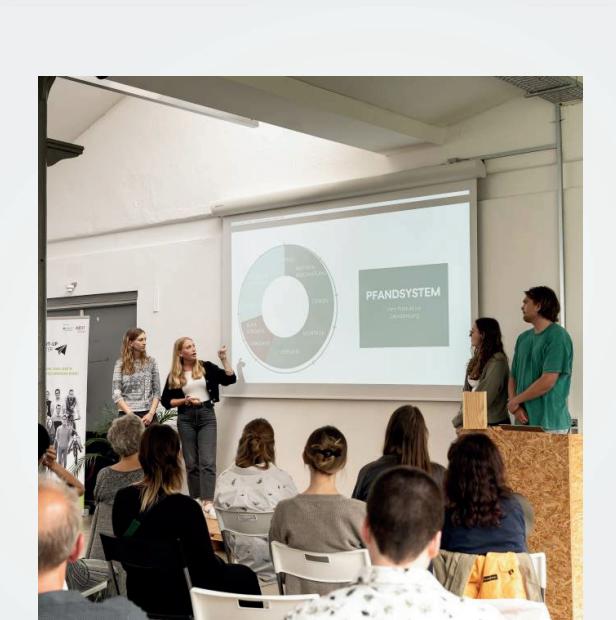
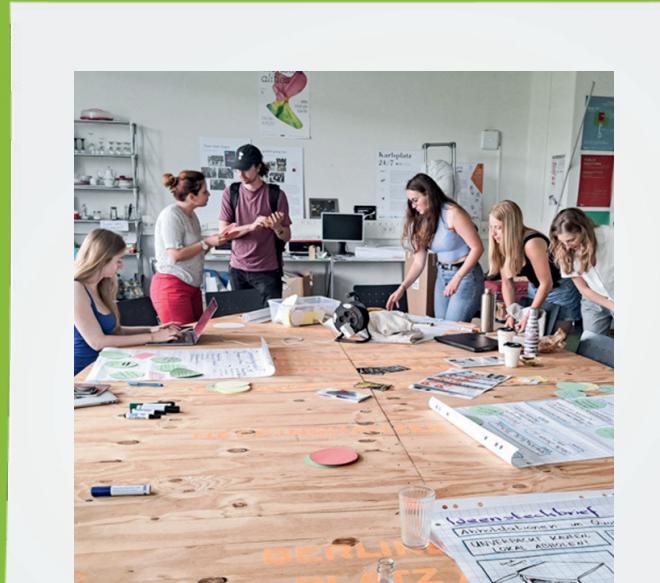
## Lehre

Im Sommersemester 2023 wurden die erarbeiteten Methoden in einem innovativen, transdisziplinären Seminarformat an der BUW erprobt und reflektiert. Die Studierenden lernten systematisch und interdisziplinär zu denken und dabei komplexe gesellschaftliche Veränderungsprozesse zu analysieren. Dabei wurden insbesondere die Konzepte Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, BNE, Design Thinking und Transdisziplinarität inhaltlich und didaktisch miteinbezogen.



## Methoden

Die entwickelte Methodensammlung orientiert sich am **Design Thinking Prozess**. Die enthaltenen interaktiven, erfahrungsbasierten Lehr- und Lernmethoden fördern Gestaltungskompetenzen im Kontext von komplexen Nachhaltigkeitsherausforderungen. Die Methoden sind als digitale Methodenkarten aufgearbeitet worden und können nach einem Baukastenprinzip modular in Lehrveranstaltungen integriert werden.

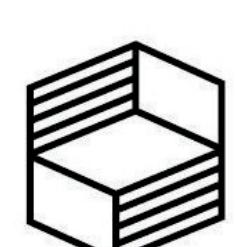


## Durchgeführt



UNESCO-Lehrstuhl für Entrepreneurship und Interkulturelles Management Schumpeter School of Business and Economics

## Gefördert



Stiftung  
Innovation in der  
Hochschullehre

## Ausgezeichnet

Das Projekt hat den renommierten **Greenup Award 2024** gewonnen! Die Auszeichnung würdigt die Toolbox als herausragendes Beispiel für innovative Lehrformate, die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in der Hochschullehre fördern. Der Greenup Award ist eine jährlich verliehene Auszeichnung, die herausragende Initiativen im Bereich BNE prämiert. Die Jury des Awards lobte die Transformative Teaching Toolbox insbesondere für ihre innovative Herangehensweise, ihre hohe Praxisrelevanz und ihr Potenzial, BNE in der Hochschullehre flächendeckend zu verankern.





LIVING LAB. NRW



## [Kistenweise Wissen] - Nachhaltigkeit spielerisch begreifen im Living Lab NRW

Das **Living Lab NRW** ist eine Forschungs- und Bildungsplattform der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen an der Bergischen Universität Wuppertal. Es widmet sich dem klimaneutralen und nachhaltigen Bauen in der Stadt – praxisnah, innovativ und öffentlich zugänglich.

[ **Kistenweise Wissen** ] ist ein Teil dieser Initiative: ein Bildungsangebot für Grundschulkinder, das komplexe Nachhaltigkeitsthemen spielerisch und verständlich vermittelt. In analogen Schau- und Experimentierkisten setzen sich die Kinder mit Themen wie Suffizienz, nachhaltigen Dämmstoffen, Solarenergie und Verschattung auseinander.

Dabei werden sie selbst aktiv: Sie rätseln, experimentieren, gestalten und testen. Die Lerninhalte sind mit den realen Gebäuden des Living Lab NRW verknüpft – so entsteht ein anschaulicher und unmittelbarer Bezug zur gebauten Umwelt.

Das Projekt fördert frühzeitig ein Bewusstsein für nachhaltiges Bauen, stärkt das architektonische Verständnis und regt über die Kinder auch deren Eltern zum Umdenken an.

[ **Kistenweise Wissen** ] ist leicht skalierbar und erweiterbar – ein lebendiges Beispiel dafür, wie Bildungsarbeit, Forschung und gesellschaftlicher Dialog Hand in Hand gehen können.



gefördert durch:  
Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Privatsphäre-bewahrende Smart Grids via Secure Multi-Party Computation

## 💡 Smart Grids

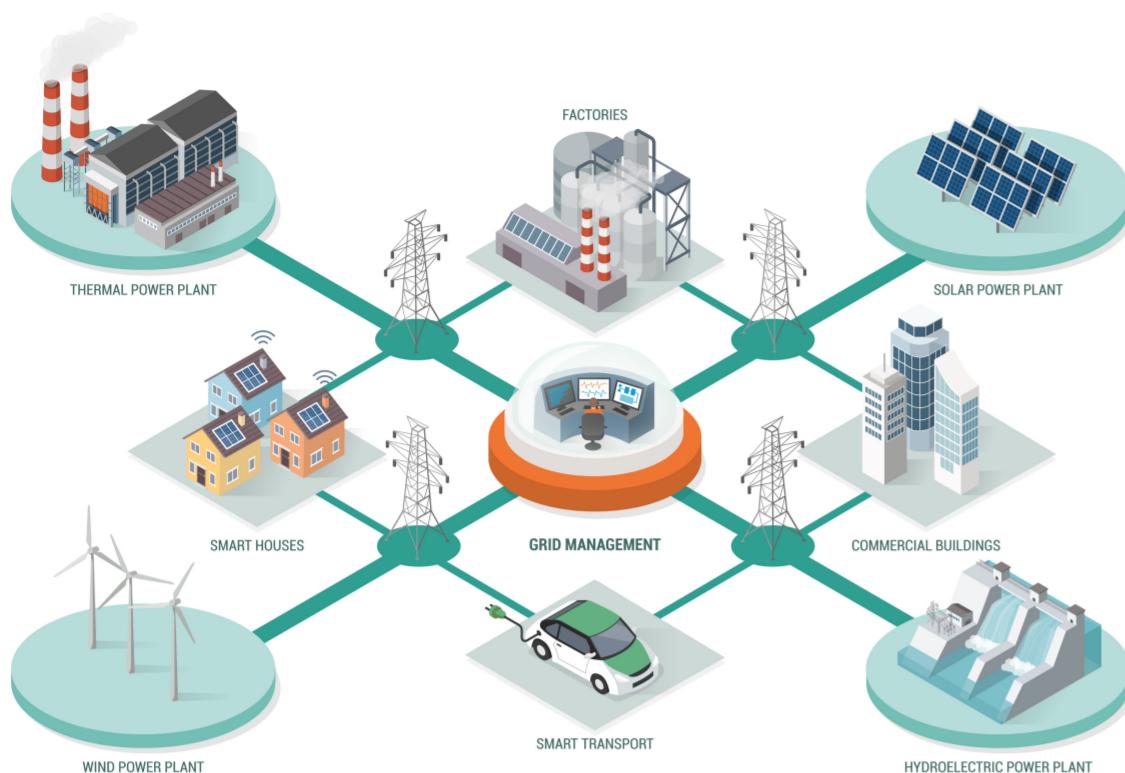


Abbildung 1. Illustration eines Smart Grids.

Die Energiewende stellt die öffentliche Energieversorgung vor neue Herausforderungen: Zukünftig wird der Großteil unserer Energie aus Quellen kommen, die nicht zuverlässig und konstant Strom erzeugen, sondern fluktuierend, wie z.B. Solarenergie oder Windkraft. Um dennoch eine sichere, zuverlässige und günstige Versorgung mit Energie zu ermöglichen, ist es sinnvoll, auf intelligente Energienetze umzustellen, sogenannte "Smart Grids". In Smart Grids wird die Stromverteilung durch multilateralen Austausch von Strom (z.B. von Solaranlagen, Batterien und Elektroautos) und Daten (z.B. Verbrauchsprognosen, Nutzungsdaten, etc.) zwischen Betreiber und Abnehmern optimiert. Dies ermöglicht es dem Energienetzbetreiber vorausschauend zu planen und Effizienzrenditen zu erzielen. Außerdem ermöglichen es Smart Grids, die Energienetze nicht wie bisher üblich ausschließlich durch Steuerung des Angebots zu regeln, sondern auch durch Steuerung der Nachfrage, z.B. durch dynamische Preisgebung. Somit stellen Smart Grids eine effizientere und robustere Alternative zu herkömmlichen Energienetzen dar.

## 🔒 Datenschutz in Smart Grids

Leider stehen der flächendeckenden Einführung von Smart Grids Datenschutzbedenken entgegen. Durch die eng getaktete Stromverbrauchsabfrage sowie das Senden von Verbrauchsprognosen erhält der Netzbetreiber detaillierte Einsicht in die Aktivitäten der Nutzer. Während herkömmliche Stromnetze lediglich den monatlichen Gesamtverbrauch eines Haushalts erfassen, nutzen intelligente Stromnetze in der Regel sogenannte *Smart Meter*, welche detaillierte Verbrauchsdaten liefern. Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst ohne *a priori*-Kenntnis von Haushaltsgeräten komplexe Nutzungsmuster identifiziert werden können, darunter Anwesenheit, Anzahl der Bewohner und Tagesablauf. Die Daten der Smart Meter erlauben aufgrund der Schwankungen im Stromverbrauch beim Anzeigen heller und dunkler Szenen audiovisueller Inhalte sogar Rückschlüsse darüber, welche Filme geguckt werden.

Zur Lösung dieser Probleme können kryptographische Techniken wie **Secure Multi-Party Computation (MPC)** eingesetzt werden.

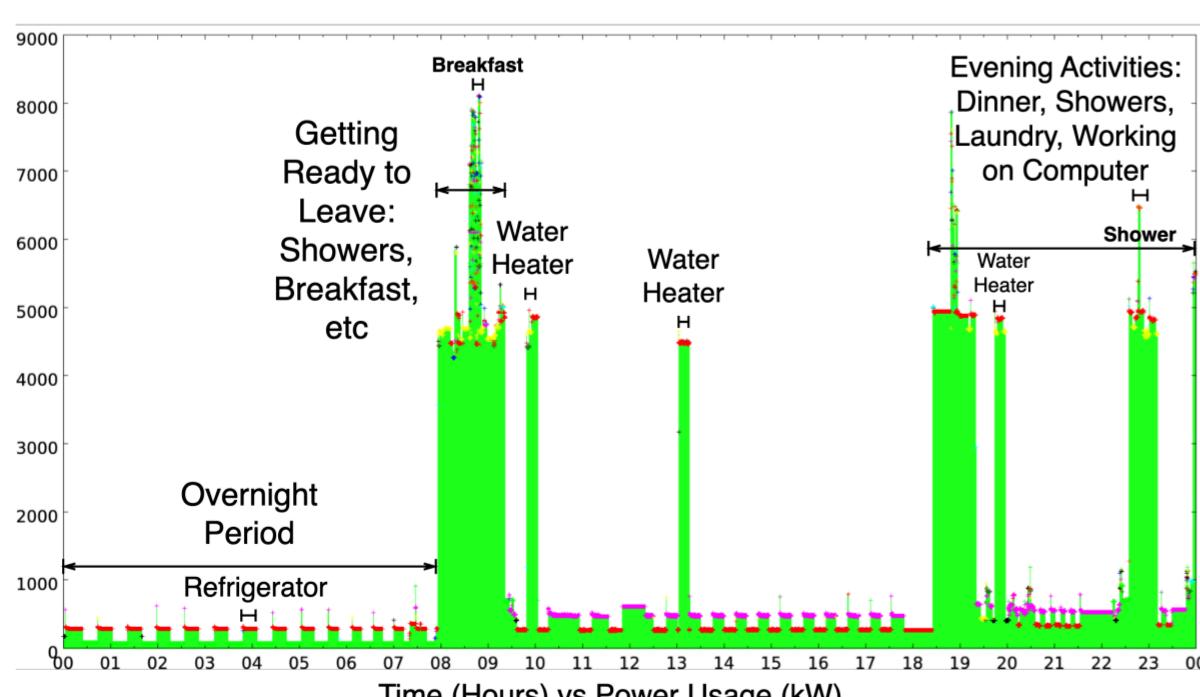


Abbildung 2. Nutzung von Stromverbrauchsdaten zur Rekonstruktion des Tagesablaufs eines Privathaushalts (von Molina-Markham et al., *Private Memoirs of a Smart Meter*, BuildSys 2010).

## 👥 Secure Multi-Party Computation

**Multi-Party Computation (MPC)** ermöglicht es einer Gruppe von  $n$  Teilnehmern verteilte Berechnungen durchzuführen, zu der jeder Teilnehmer eine Eingabe beisteuert ohne diese offenbaren zu müssen (siehe Abbildung 3).

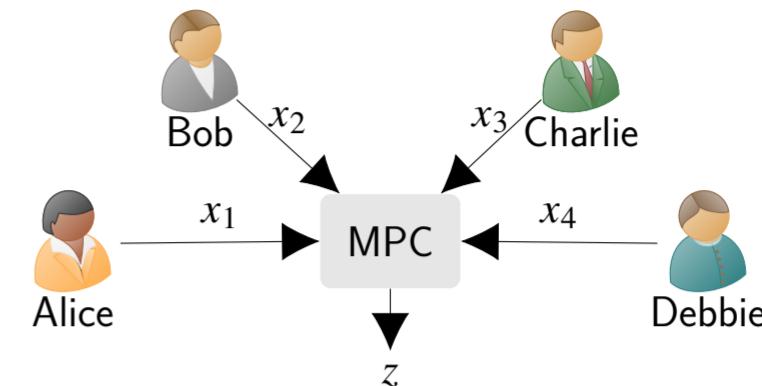


Abbildung 3. Sichere verteilte Berechnung einer Funktion  $f(x_1, \dots, x_4) = z$  zwischen  $n = 4$  Parteien.

Teilnehmer, die sich zusammenschließen, um Informationen über die geheimen Eingaben anderer zu erfahren, heißen *dishonest*. Je nach verwendeten MPC-Protokoll ist die Berechnung sicher, so lange höchstens  $\lfloor n/2 \rfloor$  bzw.  $n - 1$  Teilnehmer *dishonest* sind; man spricht dann von Sicherheit ggü. einer *honest* bzw. einer *dishonest majority*. Teilnehmer, die *dishonest* sind, werden entweder als *semi-honest*- (auch *honest-but-curious*) oder *malicious* klassifiziert. Wenn sie *semi-honest* sind, befolgen sie das Protokoll exakt, tauschen aber untereinander Informationen aus, um geheime Eingaben anderer Teilnehmer zu rekonstruieren. Wenn sie *malicious* sind, können sie zusätzlich beliebig vom Protokoll abweichen. Ein MPC-Protokoll ist *korrekt*, wenn  $z = f(x_1, \dots, x_n)$  gilt, und *sicher*, wenn keine Partei mehr erfährt als  $z$ .

## ⚡ Privatsphäre-bewahrende Lastflussanalyse

In Smart Grids liefert die **Lastflussanalyse** (LFA) entscheidende Informationen über die Netzperformance und trägt dazu bei, Probleme wie Spannungsinstabilität und Überlastungen zu vermeiden. Zugleich stützt sich die LFA auf Leistungsprognosen, die aus Verbrauchsdaten gewonnen werden und potenziell sensible Rückschlüsse auf das Nutzerverhalten erlauben. Um dieses Dilemma zu lösen, haben wir eine **privatsphäre-bewahrende Lastflussanalyse** auf Basis von MPC implementiert und evaluiert. Dabei werden die nichtlinearen Gleichungssysteme zunächst mittels dem Newton-Verfahren linearisiert und anschließend entweder per LU-Zerlegung oder mit der *Generalized Minimal Residual*-Methode (GMRES) gelöst. Wie Tabelle 1 zeigt, liegen die Laufzeiten unserer Benchmarks – abhängig von Netzlatenz, Sicherheitsmodell und Netzgröße – zwischen 30 s und 30 min. Damit ist unsere Implementierung beispielsweise in Flexibilitätsmärkten praktikabel, in denen LFA genutzt wird, um Spannungsbänderverletzungen innerhalb eines 24-Stunden-Intervalls vorherzusagen.

Tabelle 1. Laufzeit in Sekunden (\* schnellste and † langsamste)

Round-trip Latenz (in Millisekunden)	Semi-honest, honest majority		Semi-honest, dishonest majority		Malicious, dishonest majority	
	LU	GMRES	LU	GMRES	LU	GMRES
städtisches Netz mit $n = 39$						
1	72	111	62*	114	450	199
5	2,227	3,549	280	535	2,701	1,073
10	2,227	3,624	566	1,075	3,993†	1,672
ländliches Netz mit $n = 13$						
1	27*	41	56	92	52	85
5	102	163	300	498	218	364
10	197	316	566	935†	420	700

## 🔍 Ausblick

Der Flaschenhals vieler MPC-Verfahren ist die hohe Zahl von Kommunikationsrunden, welche insbesondere in Smart Grids mit hoher Netzlatenz den effizienten Einsatz von MPC erschweren. Um den Einsatz privatsphäre-bewahrender Verfahren in solchen Netzen zu ermöglichen, arbeiten wir derzeit an *rerandomizable garbling schemes*, die MPC mit konstanter Anzahl von Kommunikationsrunden erlauben.

## 📘 Veröffentlichtes Paper

von der Heyden et al., *Privacy-Preserving Power Flow Analysis via Secure Multi-Party Computation*, IEEE Transactions on Smart Grid, 2025.

Unser Paper zeigt, wie der Einsatz von MPC es ermöglicht, Lastflussanalyse privatsphäre-bewahrend durchzuführen.



## Untersuchung der Weiterverwendung von Traktionsbatterien als stationärer Energiespeicher in privaten Haushalten

### Projektdaten

- Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- 6 Projektpartner aus Wissenschaft und Industrie
- Fördersumme 468.896 € (Az 33874/01)
- Laufzeit: 01.04.2020 bis 31.12.2023

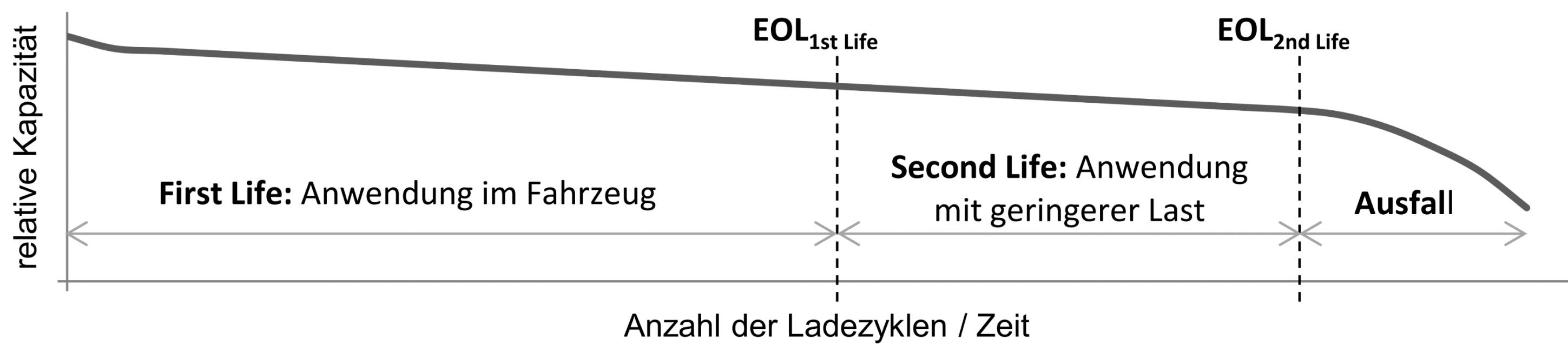
### Projektziele

**Ziel 1: Weiterverwendung von gebrauchten Batterien**  
(Systemen und Batteriezellen) aus Elektrofahrzeugen (1st Life) in stationären Energiespeichern (2nd Life) zur Speicherung von Strom aus Photovoltaikanlagen

**Ziel 2: Entwicklung eines Zuverlässigkeitstechnischen Modells und einer Sicherheitsarchitektur** zum sicheren Betrieb des Energiespeichers im 2nd Life-Use

**Ziel 3: Sicherstellung des zuverlässigen Betriebs** im 2nd Use und damit **Umweltentlastung** durch Ressourcen- und Prozessenergieeinsparung

### Degradation von Li-Ionen-Batterien



DBU-Projektseite

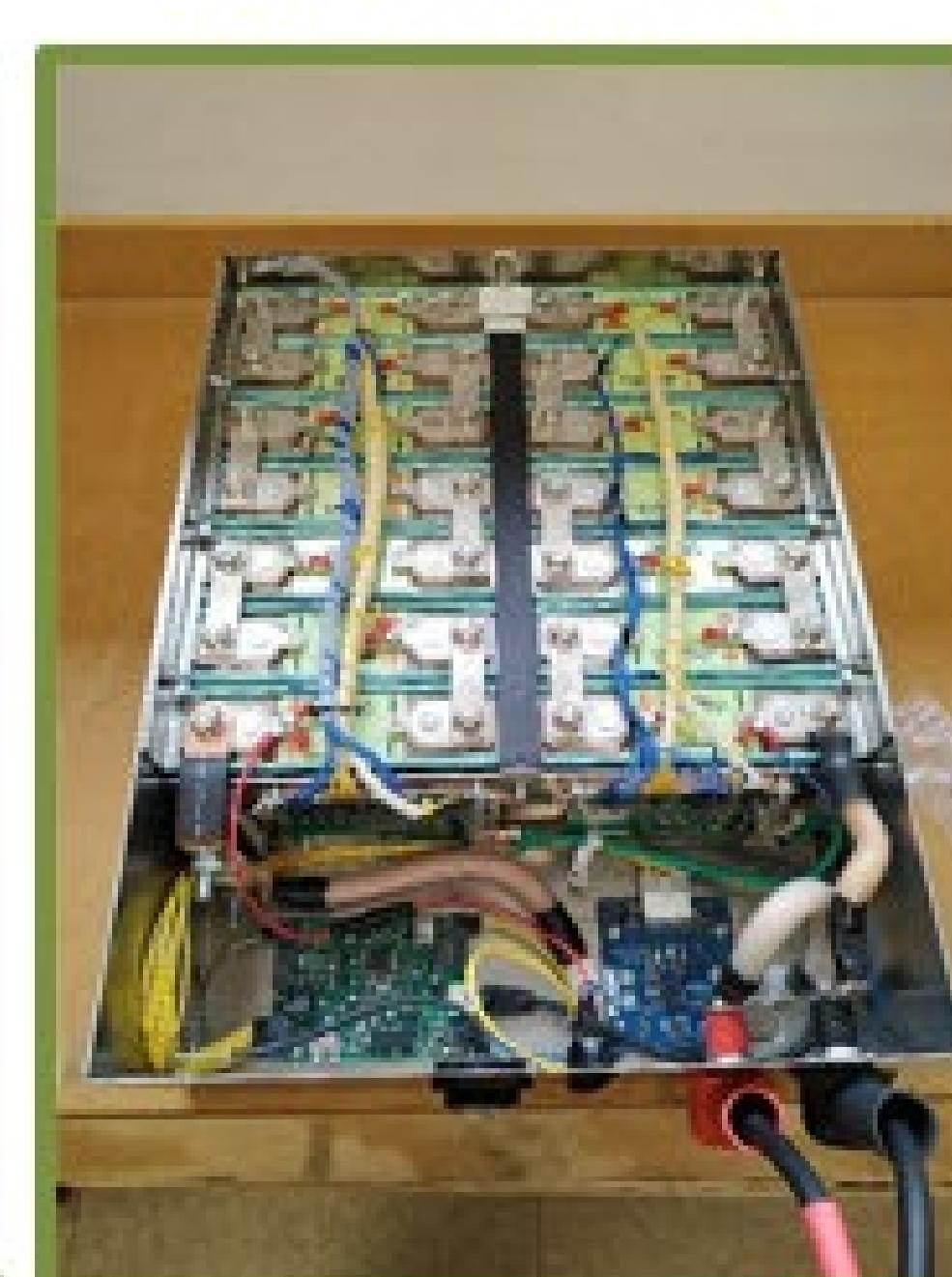


<https://www.rac.co.uk/drive/car-reviews/peugeot/ion/2011-2020/>

### Projektzusammenfassung



Demonstrator

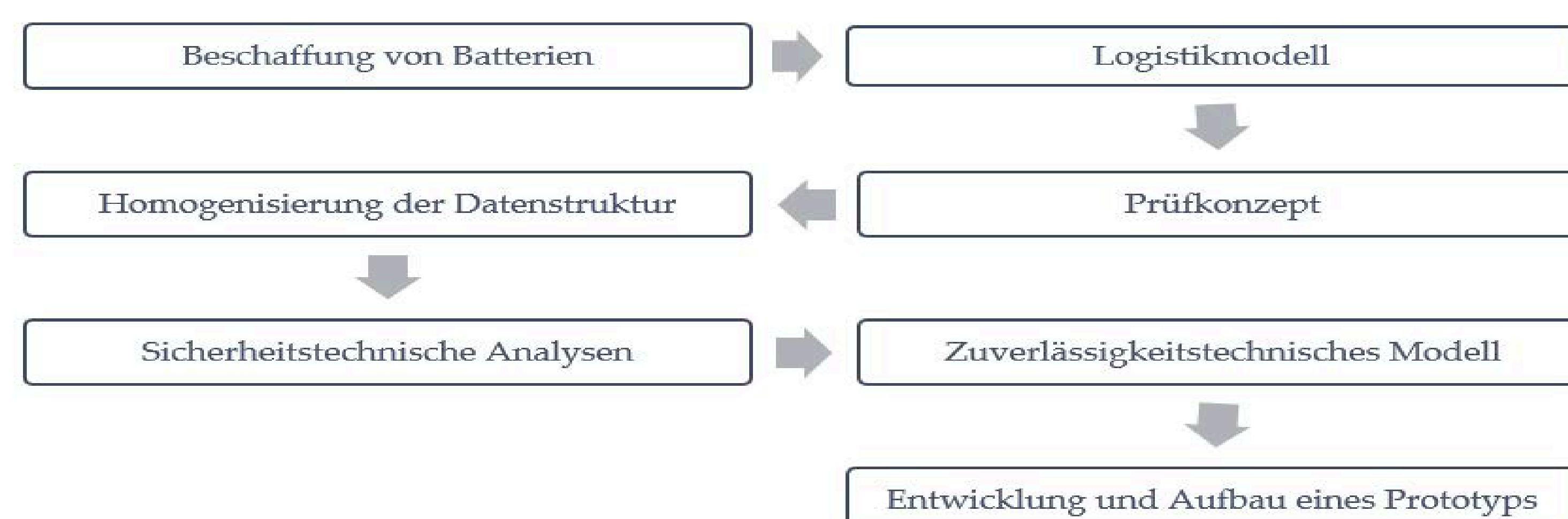


Prototyp im Betrieb



Quellen Fotos: DBU-Abschlussbericht (Az. 33874/01), Günther et al. (2024)

### Arbeitsschritte und Methoden



### Publikationen (Auswahl)

Bracke, S., & Günther, L. H. (2020). Concept for a second life use of traction batteries in private households: The impact of an adapted environmental setting on the product reliability. In P. Baraldi, F. Di Maio, & E. Zio (Eds.), *E-proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference* (pp. 4178–4185). [https://doi.org/10.3850/978-981-14-8593-0\\_5827-cd](https://doi.org/10.3850/978-981-14-8593-0_5827-cd)

Guenther, L. H., Klein, V., Loef, G., Pohl, A., Okube, H., Winterbur, R., Röwer, G., Wegener, B., Goertz, R., & Bracke, S. (2024). Second Life for Lithium-Ion Traction Batteries. *Sustainability*, 16(17), 7288. <https://doi.org/10.3390/su16177288>

gefördert durch