

# Mit Rohstoffen aus Trockentoiletten Kreisläufe schließen

.....

Ariane Krause

*Projektkoordination REGION.innovativ zirkulierBAR*  
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V.



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**  
Forschung für Nachhaltigkeit

**REGION.  
innovativ**

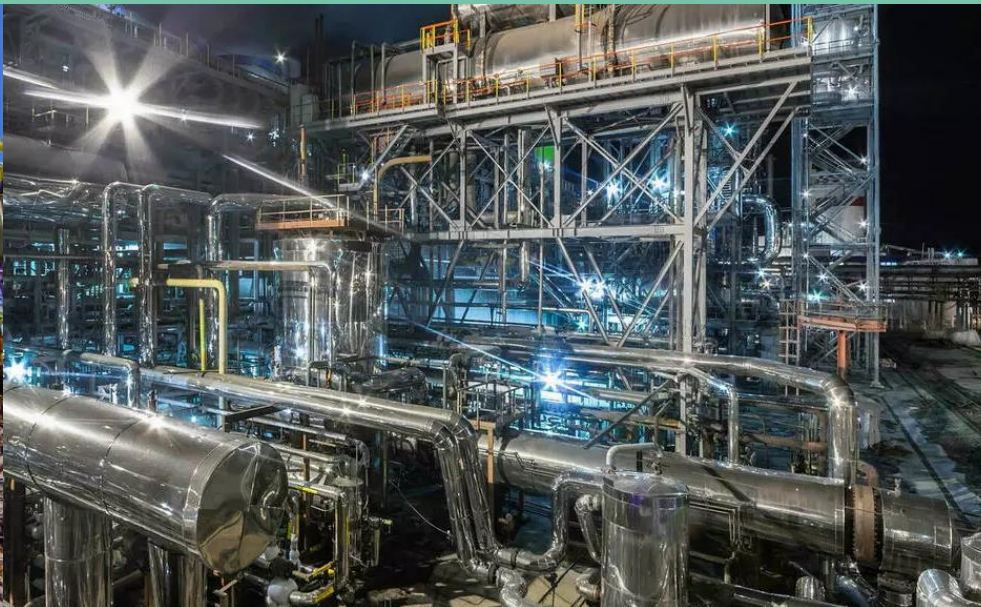
# Klimawandel, Ressourcenverbrauch, multiple Krisen, Krieg

... 2022, 2023 ...

Wasserkrise    Energie- & Düngerkrise    Nährstoffkrise



© picture alliance / Andreas Franke / Andreas Franke



Creative commons



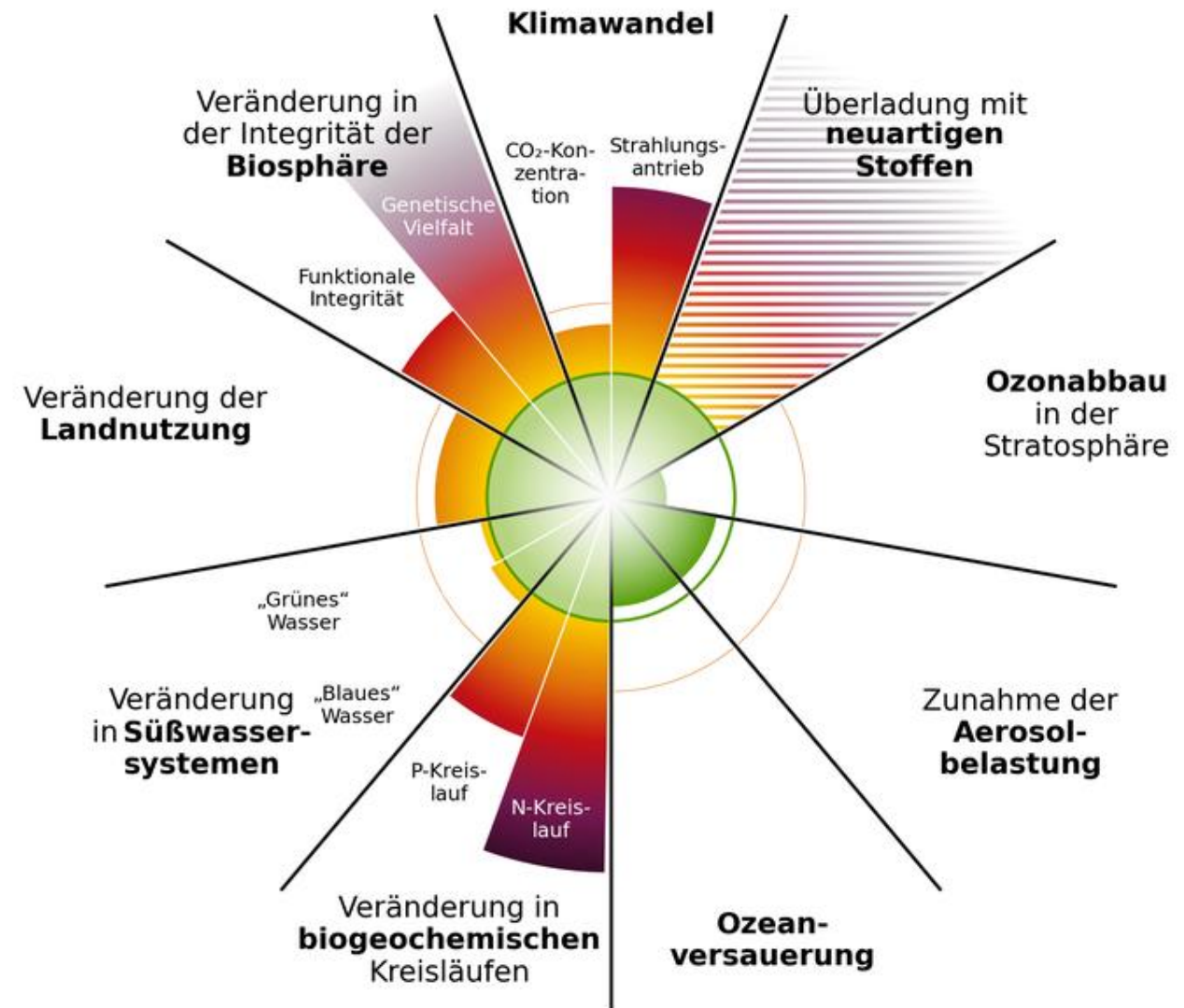
© stock.adobe.com/Всеволод Чуванов



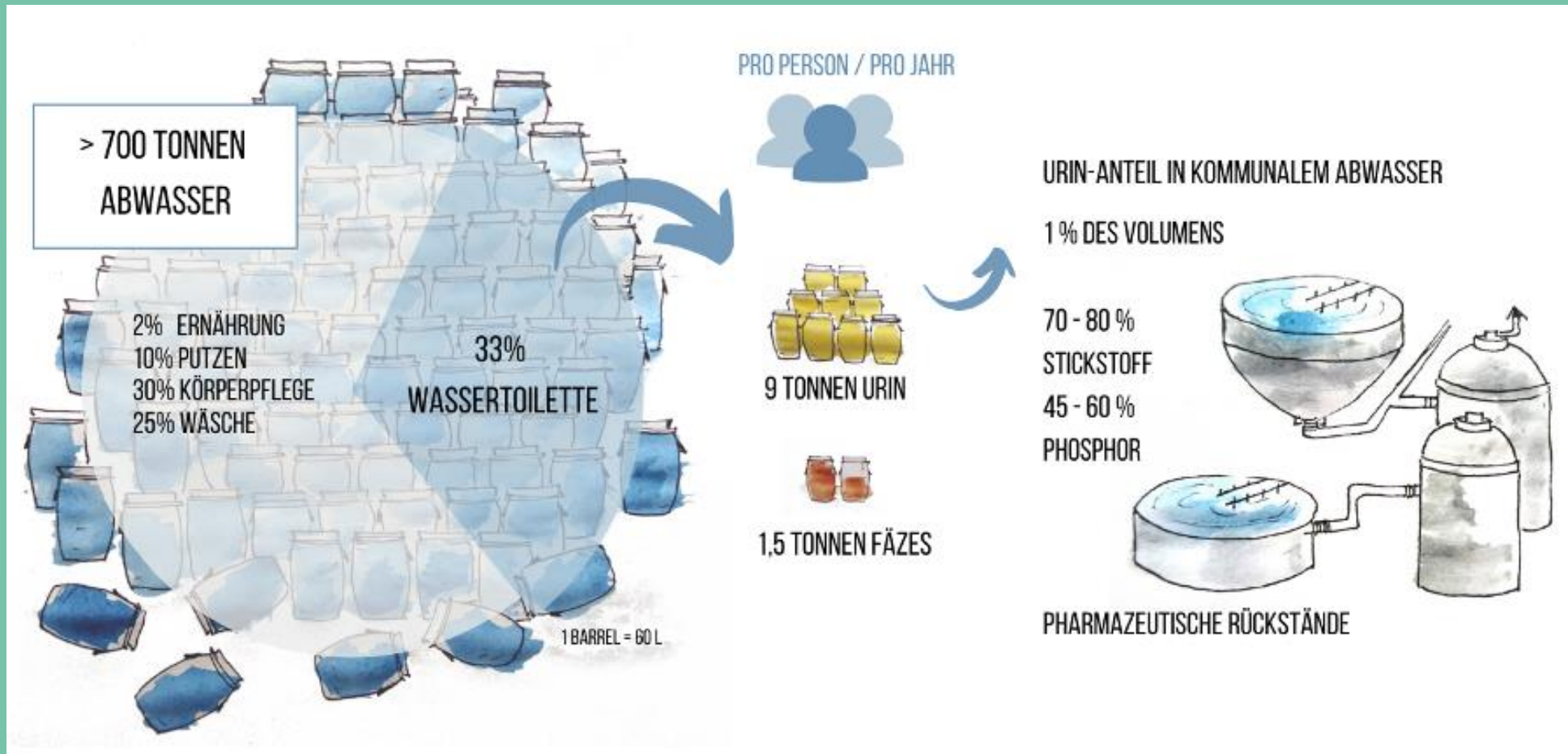
# Global denken, lokal handeln.

## Planetary Health Diet:

- Weniger Verschwendung
- Mehr Kreislaufwirtschaft
- Mehr Gemüse, weniger Tierhaltung  
→ weniger Gülle



# Wassereinspar- & Recyclingpotential am „stillen Örtchen“





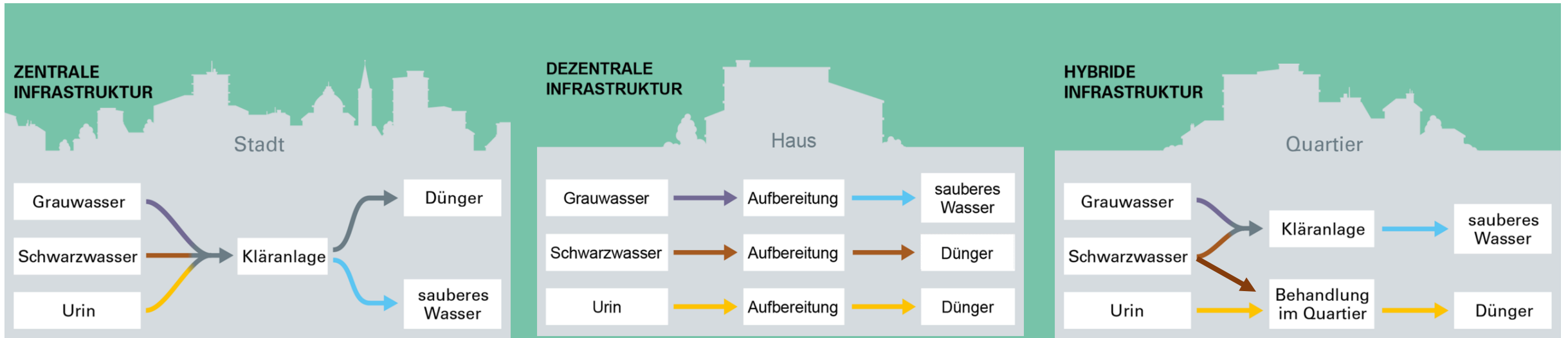
# Die Sanitär- und Nährstoffwende

(1) Weniger Wasser & Energie verbrauchen,  
 (2) Mehr Wertstoffe zirkulieren, und (3) mehr Schadstoffe eliminieren.



Krause et al. 2021, „Ressourcen aus der Schüssel sind der Schlüssel: Diskussionspapier zur Sanitär- und Nährstoffwende: Wertstoffe zirkulieren, Wasser sparen und Schadstoffe eliminieren“, [www.naehrstoffwende.org](http://www.naehrstoffwende.org)

# Optionen für die Transformation des Abwasser-Systems



**Weiterentwicklung** der Kläranlagen mit **P-Rückgewinnung** und **4. Reinigungsstufe**

Neugestaltung des Systems basierend auf der **Stoffstromtrennung** und ressourcen-orientierter Abwasser- und Abfallbehandlung und integrierter **Nährstoff-Recycling** und **Schadstoff-Ausschleusung**

# Stoffstromtrennung und Recycling



Bild © Daniel Röttele/infografik.ch und Eawag



# Geschlossene Lebenserhaltungssysteme



© European Space Agency



# REGION.innovativ - zirkulierBAR



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**REGION.  
innovativ**

# Sammlung in Trenn-Trockentoiletten



Stadt  
Eberswalde





# Verwertung auf Recyclinghof Eberswalde



Forschungsanlage

Pilotanlage



KREISWERKE  
BARNIM





# Pilotanlage zur Feststoffverwertung

## H.I.T. - Humusdünger aus Inhalten aus Trockentoiletten



Hygienisierung durch Erhitzung

Humifizierung durch kontrolliert sauerstoffversorgte Kompostierung



# Qualitätssicherung, dann Düngung & Anbau



Qualitätssicherung nach DIN SPEC 91421

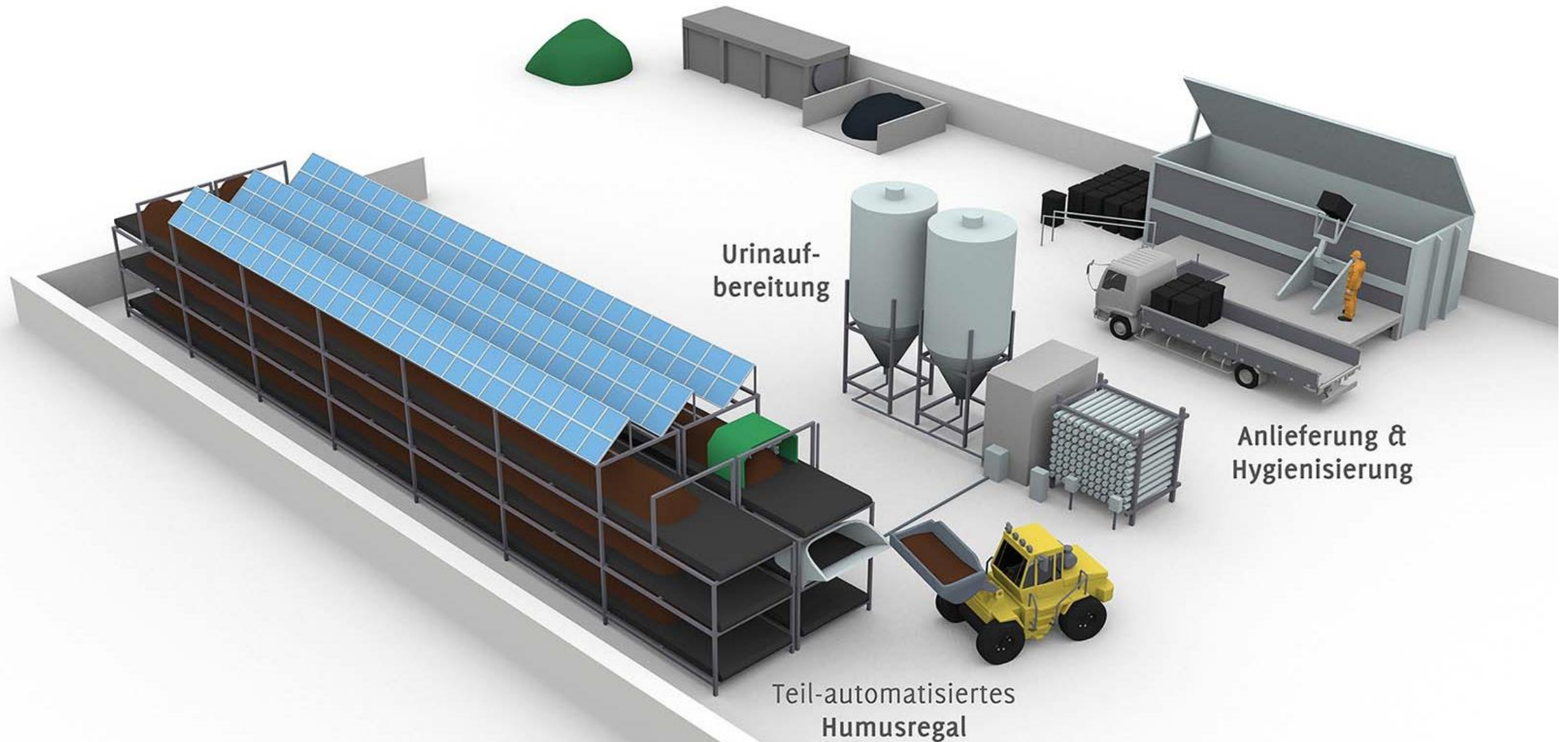


SAG Schorfheider Agrar-GmbH

Düngerausbringung auf Versuchsfläche



# Geplante Forschungsanlage





# Forschungsanlage wurde 2023 eröffnet

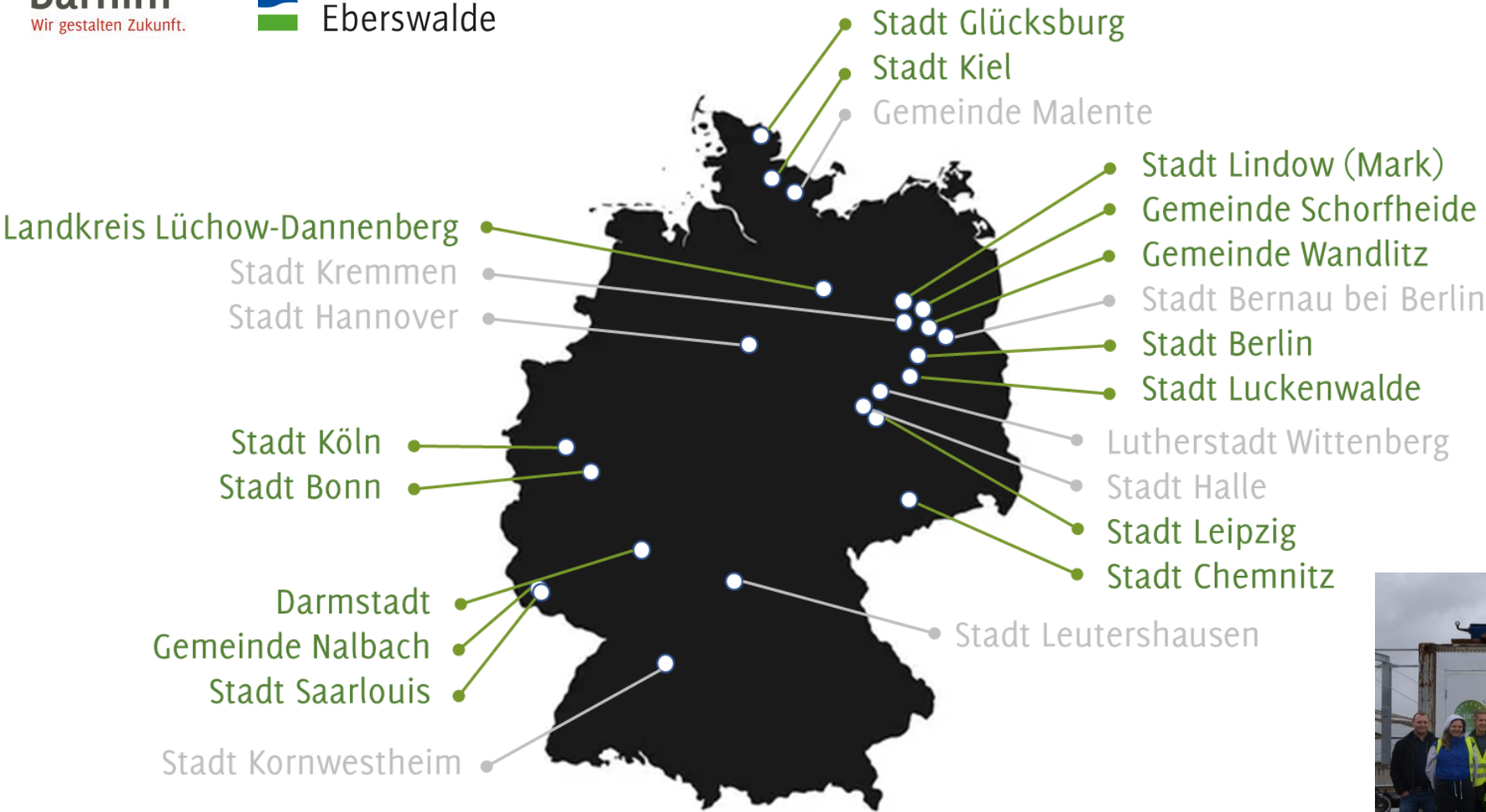


Mehr Infos: <https://finizio.de/humusregal/>



Kapazität: 100 Kubikmeter pro Jahr

# Netzwerk „beobachtender“ Transfer-Kommunen





# Akzeptanz in der Gesellschaft ist hoch

## Quantitative Befragung zur Akzeptanz

(n: 2046 Befragte, 2022)

Center for Responsible  
Research and Innovation  **Fraunhofer**  
IAO

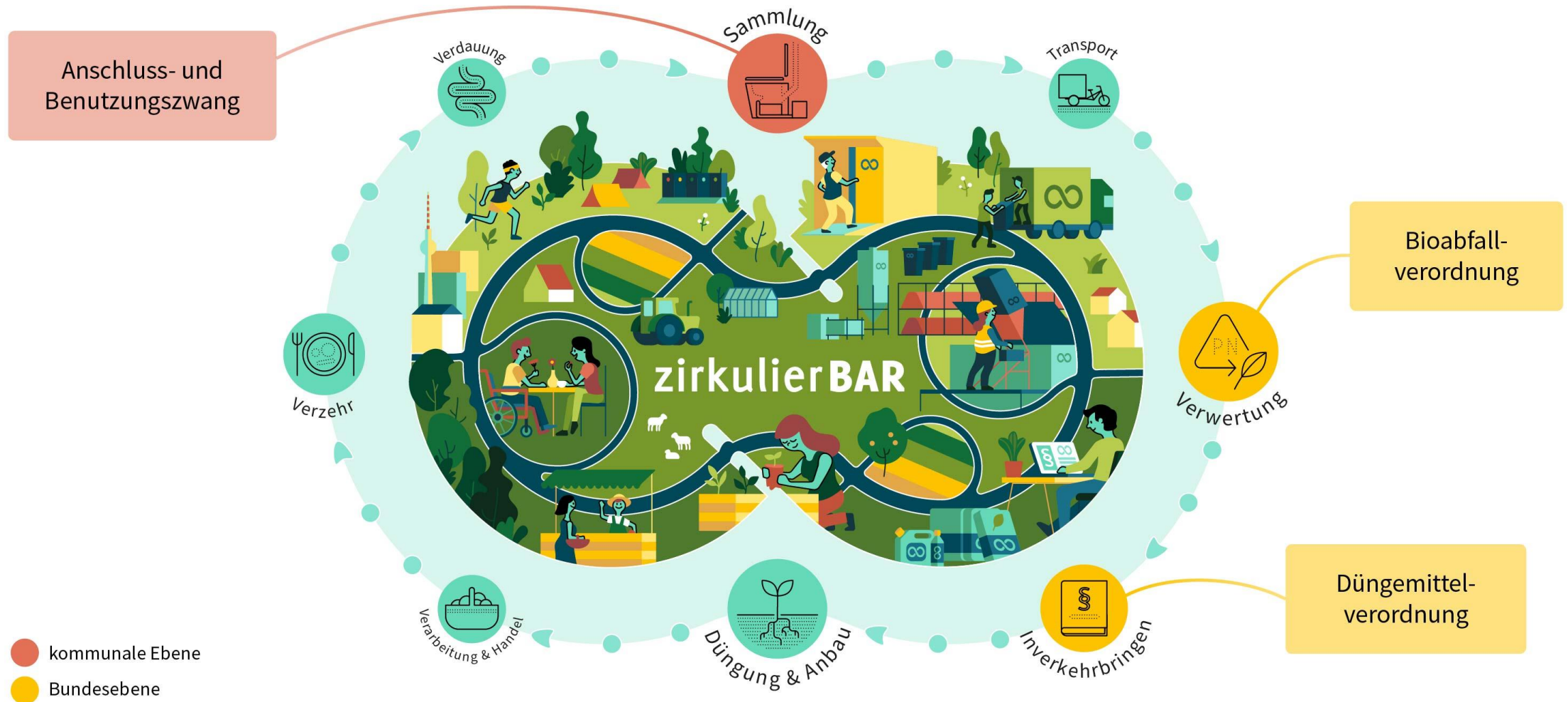


Über die Hälfte (55%) bewertet die Nutzung von Trockentoiletten und die Verwertung zu Recyclingdünger positiv;  
nur 12% bewerten das negativ.

44% der Befragten würden Gemüse essen,  
das mit Recyclingdünger gedüngt wurde.



# Anpassung rechtlicher Rahmen erforderlich



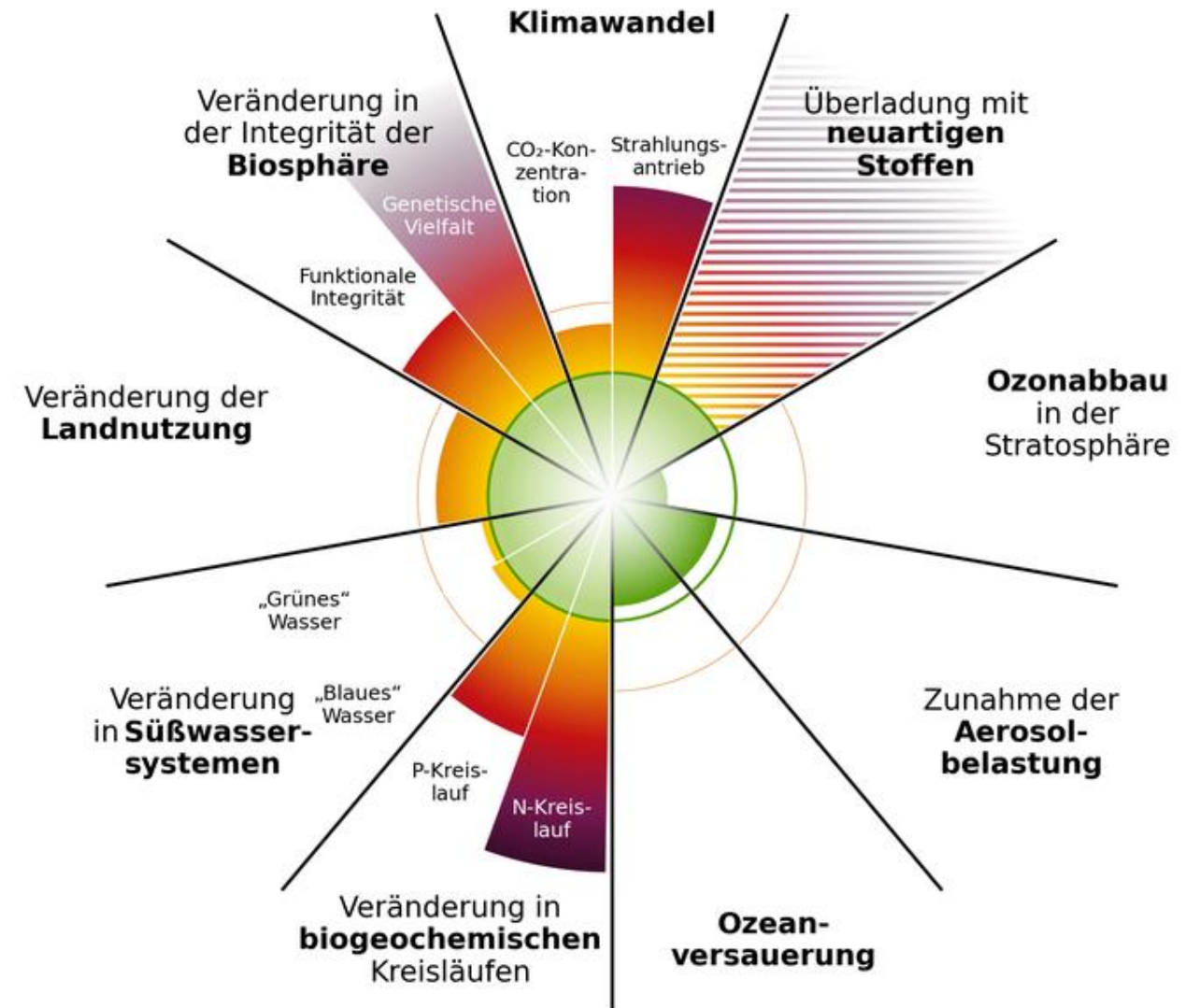
# Stoffstromtrennung hat Impact

## Ökobilanzen-Metaanalyse:

- Erderwärmungspotential -30%
- Eutrophierungspotential -65%
- Ökotoxizität bis zu -90%

Gero Scheck (2023) „Meta-Analyse von Life-Cycle-Assessments zu Toiletten mit Stoffstromtrennung“

<https://zirkulierbar.de/wissen/projektergebnisse/>



Version 1.0 - 2023



# VIELEN DANK FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!

Dr.-Ing. Ariane Krause  
*Projektkoordination*  
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V.

[krause@igzev.de](mailto:krause@igzev.de) |  Ariane Krause



[www.zirkulierBAR.de](http://www.zirkulierBAR.de)

 zirkulierBar

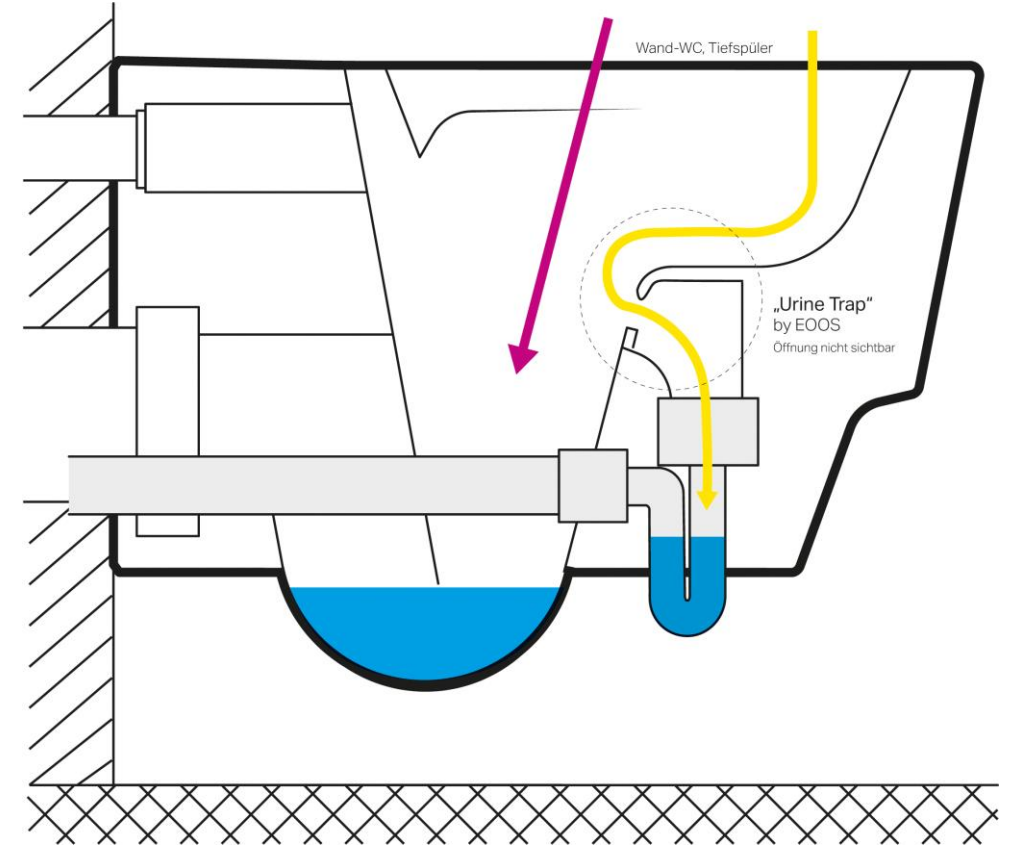
 @zirkulier.bar

[info@zirkulierbar.de](mailto:info@zirkulierbar.de)





# .....Trenn- & Trockentoiletten mit Urin-Trennung



# ..... Urinaufbereitung mit dem Vuna-Recycling-Verfahren



VUNA  
= Valorisation of Urine Nutrients in Africa  
= Nährstoffverwertung aus Urin in Afrika

Entwicklung durch



**ETH** zürich

# ..... Qualitätssicherung nach DIN SPEC 91421

*informativ*

## Standardparameter

(z.B. pH-Wert,  
Trockensubstanz,  
Salzgehalt)

- Produktanalysen grundlegend nach DüMV
- Strengere Grenzwerte für organische Schadstoffe, Hygieneparameter (BioAbfV, AbfKlärV)
- Plus: Analyse pharmazeutischer Rückstände

*Düngemitteltyp*

## Nährstoffe

Hauptnährstoffe, weitere Nährstoffe  
Nährstoffformen/Löslichkeiten,  
Mindestgehalte  
Kennzeichnungsschwellenwerte

*Grenzwerte für  
Erfüllung der  
Qualitätskriterien*

## Fremdstoffe

(Steine, Glas, Metall,  
Kunststoffe)

## Schadstoffe

(z. B. Schwermetalle, organische  
Schadstoffe, **pharmazeutische  
Rückstände** [5])

## Hygieneparameter

(Seuchenhygiene [5 Indikat.],  
Phytohygiene)



# Gründe für die Sanitär- und Nährstoffwende aus kommunaler Sicht

1. Steigende Nachfrage nach (kostenfreier) öffentlicher (nachhaltiger) Sanitärversorgung
2. Trockentrenntoiletten benötigen keinen Medienanschluss
  - Geringere Installationskosten als Wassertoiletten
  - Hohe Flexibilität für die Standortauswahl
  - Saisonale Aufstellung (z.B. in touristischen Gebieten) möglich
3. Reduktion von Wasserstress
  - Durch Trinkwassereinsparung
  - Durch die Ausschleusung von Schadstoffen aus dem Abwasser
4. Beitrag zur Erreichung global-, EU-, bundes- und kommunalpolitischer Ziele
  - Schließung von Stoffkreisläufen (Nährstoffe und Kohlenstoff)
  - Trinkwassereinsparung
  - Energieeinsparung

# Zusammengefasst: Politische Handlungsempfehlungen

- Änderung Bioabfall- und Düngemittelverordnung auf Bundesebene
- Experimentierklauseln im neuen Reallabor-Gesetz
- Vorräuschaugend agierende und planende Kommunen:  
 bei Reparatur, Erneuerung, Neubau von Kanalisation Trockenheit berücksichtigen,  
 neue Technologien mitdenken, Präzedenzfälle schaffen

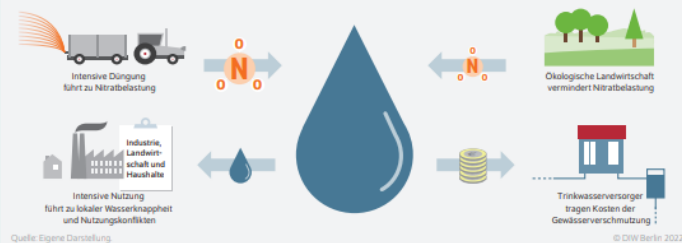


### Wertvolle Ressource Wasser auch in Deutschland zunehmend belastet und regional übermäßig genutzt

Von Astrid Cullmann, Greta Sundermann, Nicole Wägner, Christian von Hirschhausen und Claudia Kemfert

- Globale Herausforderungen wie Wasserknappheit und Wasserverschmutzung werden auch in Deutschland vermehrt sichtbar
- Großes Problem stellt Verschmutzung durch Nährstoffeinträge der Landwirtschaft dar, was zu Kostensteigerungen bei Trinkwasserversorgung führt
- Ausbau der ökologischen Landwirtschaft trägt zu einer Reduktion der Nitratbelastung bei
- Sanitäre Innovationen könnten einen Beitrag zur Verbesserung der Wasserqualität leisten
- Mehr Transparenz bei der Verteilung und Bepreisung von Wasser ebenfalls wichtig

Kosten der Wasseraufbereitung steigen durch Nitratverschmutzung: Ökologische Landwirtschaft kann Belastung verringern – Übermäßiger Wasserverbrauch führt zu Nutzungskonflikten



ZITAT

MEDIATHEK

„Auch in unseren Breitengraden steht die Ressource Wasser unter Druck. Vor allem die Nitratverschmutzung des Grundwassers aufgrund intensiver Düngung in der Landwirtschaft führt zu hohen ökologischen und sozialen Kosten und treibt die Ausgaben für Trinkwasseraufbereitung in die Höhe.“

— Astrid Cullmann —

Audio-Interview mit Astrid Cullmann  
[www.diw.de/mediathek](https://www.diw.de/mediathek)



Recyclingdünger: warum wir eine Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen brauchen, um Wasser zu sparen, Schadstoffe zu reduzieren und Ressourcen zu schonen

#### Das Wichtigste im Überblick:

##### Die Ausgangslage

Ressourcen wiederverwerten, anstatt sie wegzuspülen. Kreislaufwirtschaft! Das geht mit einem Sanitärsystem auf Basis von Trocken- oder Trenntoiletten. Moderne Aufbereitungstechniken ermöglichen, Toiletteninhalte zu erfassen und effizient zu Recyclingdünger für die schadlose landwirtschaftliche Nutzung aufzubereiten.

Gegenüber der herkömmlichen Entsorgung auf dem Abwasserweg birgt dieses ressourcenorientierte System zentrale Vorteile:

- Es spart Trinkwasser.
- Es reduziert Schadstoffe.
- Es erhöht die Recyclingquote.
- Es erhöht die Ressourceneffizienz.

Solche ressourcenorientierten Sanitärsysteme (auch ROSS oder ROS genannt) sind bereits in Parks, Gärten, Häusern und ganzen Quartieren weltweit im Einsatz. Reallabore erforschen, entwickeln und erproben die Herstellung verschiedener Recyclingdünger. Erste Dünger sind sogar schon auf dem Markt, in Österreich zum Beispiel.

##### Das Hindernis

Warum wird das erwiesene und erprobte Potenzial von Recyclingdünger in Deutschland noch nicht genutzt? Ganz einfach: die rechtlichen Rahmenbedingungen lassen es momentan nicht zu. Unvollständige oder widersprüchliche Definitionen und Einordnungen verhindern, dass Recyclingdünger hier ordnungsgemäß produziert und wirtschaftlich genutzt werden kann.

##### Der Lösungsansatz

Mit Recyclingdünger aus Trockentoiletten auch in Deutschland Nährstoffe zurückgewinnen und Wertschöpfung steigern. Auf Basis von Forschung und Praxis gibt dieses Positionspapier konkrete Handlungsempfehlungen für die Anpassung des Kreislaufwirtschafts- und Düngerechts. Dazu zählen auf Bundesebene unter anderem die

- Erweiterung der Begriffsdefinition des Bioabfalls auf menschlichen Urin und Kot,
- die Aufnahme von menschlichen Ausscheidungen in die Düngemittelverordnung.

REGION.innovativ - zirkulierBAR:

Interkommunale Akzeptanz für nachhaltige Wertschöpfung aus sanitären Nebenstoffströmen |  
Koordination: Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V. in Großbeeren |  
Web: <https://zirkulierbar.de> | Kontakt: [info@zirkulierbar.de](mailto:info@zirkulierbar.de)



Eu-Recht nutzen, um Märkte zu erweitern und Ressourcen zu schonen  
Ein Positionspapier zur Sanitär- und Nährstoffwende

#### Das Wichtigste im Überblick:

##### Die Ausgangslage

Recyclingdünger sind ein wichtiger Baustein des Aktionsplans für Kreislaufwirtschaft der EU Kommission (COM) 2020/98, um eine kreislaforientierte, klimaneutrale und wettbewerbsfähige Wirtschaft zu etablieren. Heterogene Ausprägungen des Düngerechts in einzelnen Ländern hemmen jedoch die Entwicklung und verhindern die Vermarktung solcher neuartiger Recyclingdüngerprodukte. Das EU-Recht lässt sich aber nutzen, um neue Recyclingdünger legal auf den Markt zu bringen, und so Ressourcen zu schonen.

##### Der Lösungsweg

Eine der vier Grundfreiheiten der EU ist der freie Warenverkehr. Für den Fall, dass ein noch nicht harmonisierter nationaler Rechtsrahmen ihn hemmt oder verhindert, gibt es ein formales Werkzeug, den Warenverkehr doch zu ermöglichen: das Verfahren der gegenseitigen Anerkennung.

Neben der Inverkehrbringung von Düngemitteln über das nationale Düngerecht existiert auf EU-Ebene gleichrangig die *Fertilizing Products Regulation* (EU) 2019/1009. Herstellende, die in einem Mitgliedstaat eine Zulassung für Recyclingdüngerprodukte erhalten haben, können die „Erklärung zur gegenseitigen Anerkennung“ gemäß Verordnung (EU) 2019/515 zur Produkterkennung einsetzen, um auch in anderen Mitgliedstaaten Marktzugang zu erhalten. Voraussetzung dafür ist das „rechtmäßige Inverkehrbringen“ eines Düngers. Sie gilt unter zwei Bedingungen als erfüllt:

1. Waren müssen im erstzulassenden Mitgliedstaat („Basisstaat“) für Endnutzende bereitgestellt werden und
2. a) entweder: den im Ursprungsstaat geltenden einschlägigen technischen Vorschriften entsprechen (Art. 3 Nr. 1, 1. Alt.),  
b) oder: keiner nationalen technischen Vorschrift unterliegen (Art. 3 Nr. 1, 2. Alt.).

REGION.innovativ - zirkulierBAR:

Interkommunale Akzeptanz für nachhaltige Wertschöpfung aus sanitären Nebenstoffströmen |  
Koordination: Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V. in Großbeeren |  
Web: <https://zirkulierbar.de> | Kontakt: [info@zirkulierbar.de](mailto:info@zirkulierbar.de)

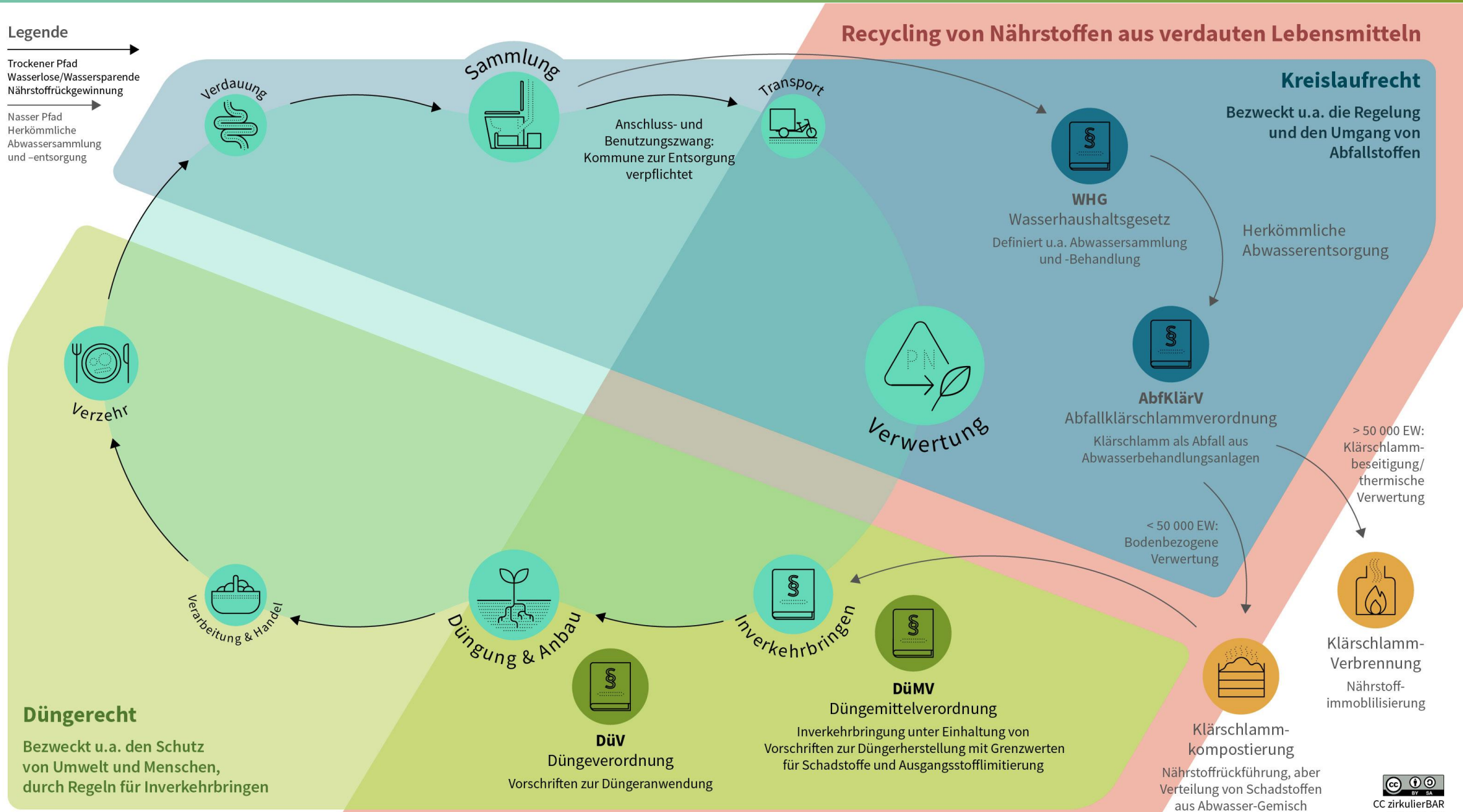




# Nasser Pfad: herkömmliche Abwasserentsorgung

## Legende

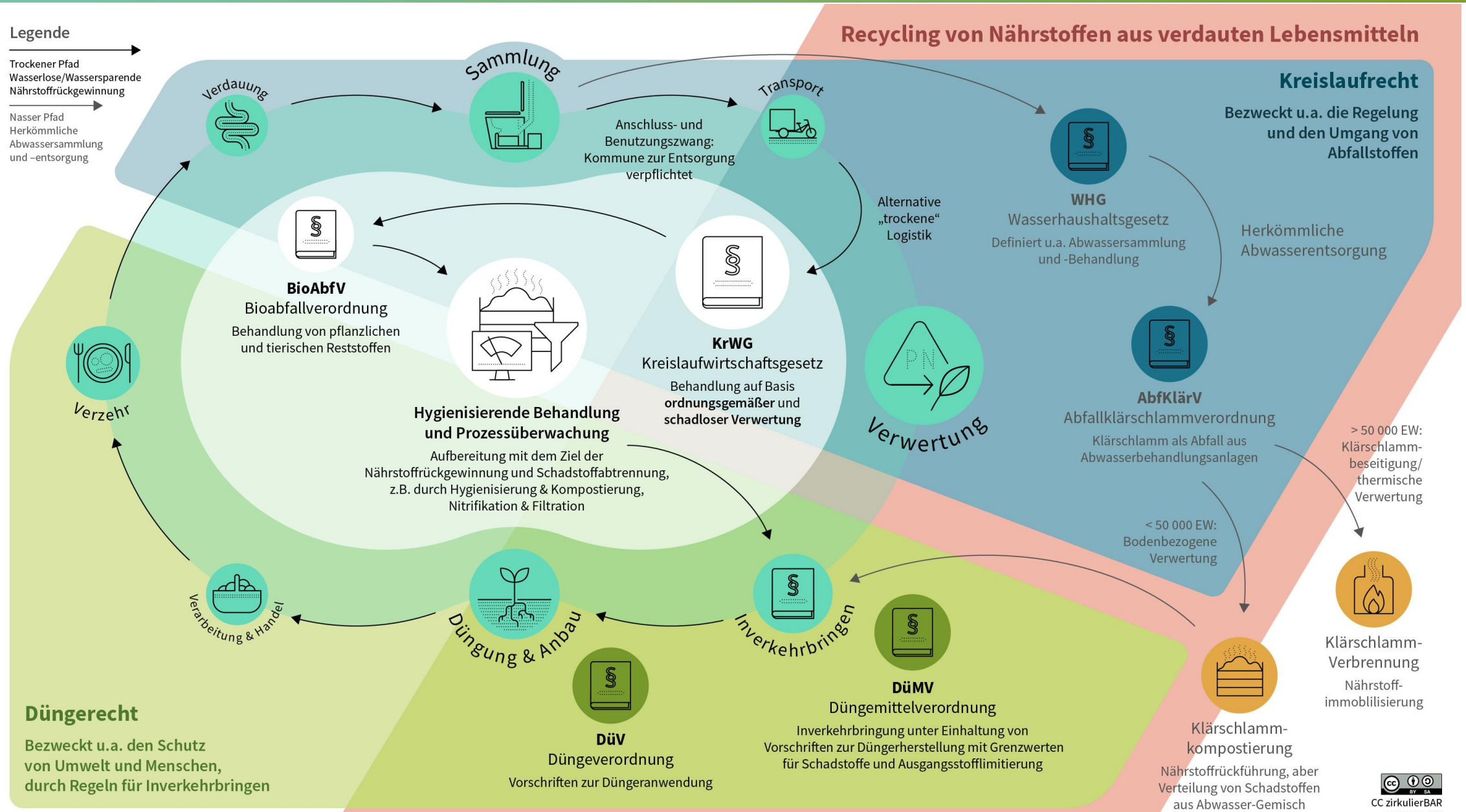
- Trockener Pfad  
Wasserlose/Wassersparende  
Nährstoffrückgewinnung
- Nasser Pfad  
Herkömmliche  
Abwassersammlung  
und -entsorgung



# ..... Trockener Pfad: wassersparende Nährstoffrückgewinnung

## Legende

 Trockener Pfad  
 Wasserlose/Wassersparende  
 Nährstoffrückgewinnung  
 Nasser Pfad  
 Herkömmliche  
 Abwassersammlung  
 und -entsorgung





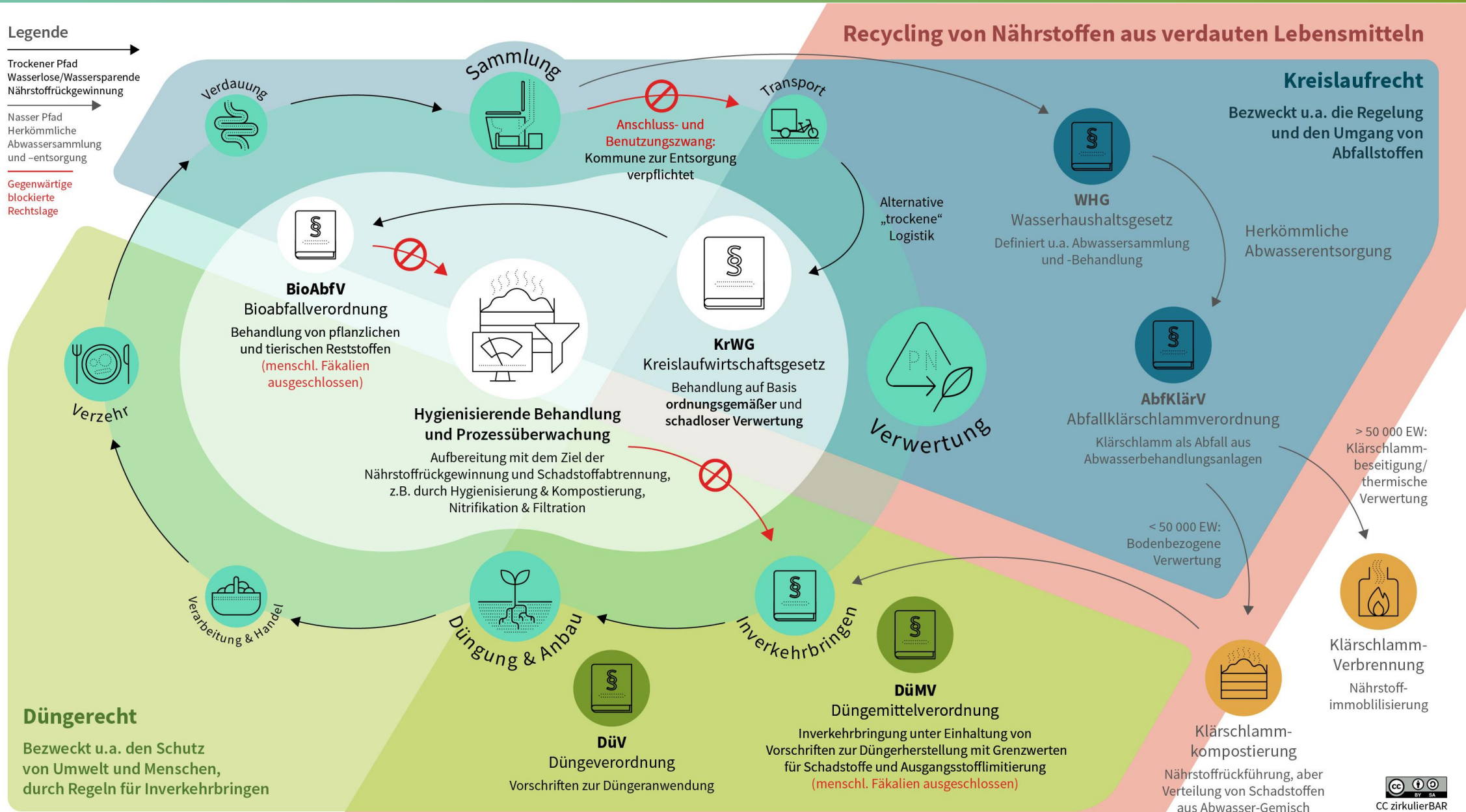
# ..... Trockener Pfad: gegenwärtige rechtliche Hürden

## Legende

Trockener Pfad  
Wasserlose/Wassersparende  
Nährstoffrückgewinnung

Nasser Pfad  
Herkömmliche  
Abwassersammlung  
und -entsorgung

Gegenwärtige  
blockierte  
Rechtslage



## Recycling von Nährstoffen aus verdauten Lebensmitteln

### Kreislaufrecht

Bezweckt u.a. die Regelung  
und den Umgang von  
Abfallstoffen



**WHG**  
Wasserhaushaltsgesetz  
Definiert u.a. Abwassersammlung  
und -behandlung

Herkömmliche  
Abwasserentsorgung



**AbfKlärV**  
Abfallklärschlammverordnung  
Klärschlamm als Abfall aus  
Abwasserbehandlungsanlagen

> 50 000 EW:  
Klärschlamm-  
beseitigung/  
thermische  
Verwertung



Klärschlamm-  
Verbrennung  
Nährstoff-  
immobilisierung



Klärschlamm-  
kompostierung  
Nährstoffrückführung, aber  
Verteilung von Schadstoffen  
aus Abwasser-Gemisch



Verwertung

Alternative  
„trockene“  
Logistik



**KrWG**  
Kreislaufwirtschaftsgesetz  
Behandlung auf Basis  
ordnungsgemäßer und  
schadloser Verwertung



**Hygienisierende Behandlung  
und Prozessüberwachung**  
Aufbereitung mit dem Ziel der  
Nährstoffrückgewinnung und Schadstoffabtrennung,  
z.B. durch Hygienisierung & Kompostierung,  
Nitrifikation & Filtration



**BioAbfV**  
Bioabfallverordnung  
Behandlung von pflanzlichen  
und tierischen Reststoffen  
(menschl. Fäkalien  
ausgeschlossen)



Sammlung



Transport

Anschluss- und  
Benutzungszwang:  
Kommune zur Entsorgung  
verpflichtet



Verdaung



Verzehr



Verarbeitung & Handel



Düngung & Anbau



**DüV**  
Düngerverordnung  
Vorschriften zur Düngeranwendung



**DüMV**  
Düngemittelverordnung  
Inverkehrbringen unter Einhaltung von  
Vorschriften zur Düngerherstellung mit Grenzwerten  
für Schadstoffe und Ausgangsstofflimitierung  
(menschl. Fäkalien ausgeschlossen)

### Düngerecht

Bezweckt u.a. den Schutz  
von Umwelt und Menschen,  
durch Regeln für Inverkehrbringen

# ..... Ansatzpunkte für Novellierungen des rechtlichen Rahmens

## Anschluss- und Benutzungszwang:

Teilbefreiungen oder Anschlusswahl zw. Abwasser- und Abfallpfad



§ 2 Nr. 1 **Bioabfallverordnung (BioAbfV)**

Abfallschlüsselnr. in **Abfallverzeichnisverordnung (AVV)**

Anlage 2, Tabelle 7 **Düngemittelverordnung (DüMV)**



Oder EU-Düngerecht da freiwillige, optionale Harmonisierung