



TECHNOLOGIEZENTRUM  
ENERGIE



**Europäische Union**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung



Ziel ETZ  
Freistaat Bayern –  
Tschechische Republik  
2014 – 2020 (INTERREG V)

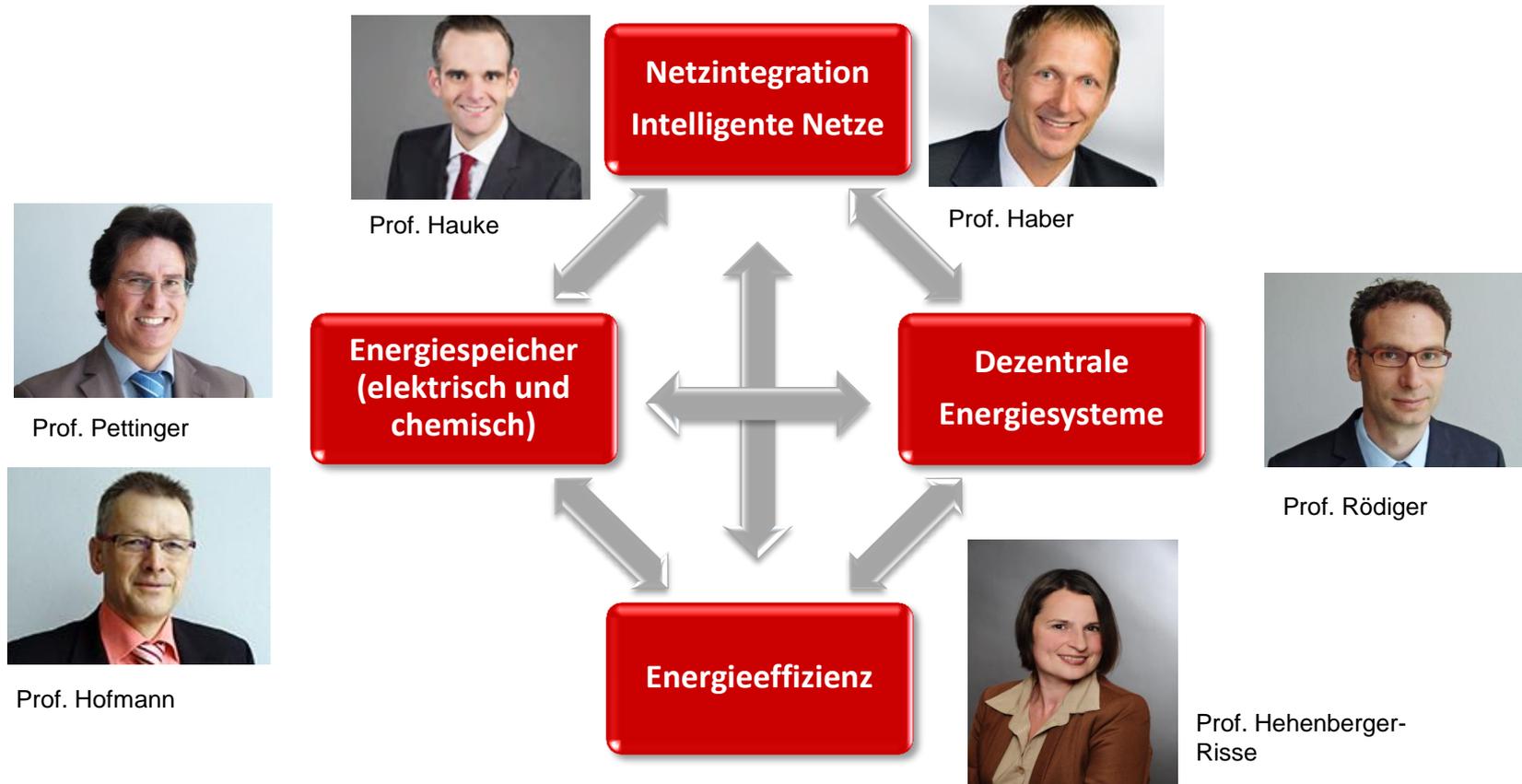
**Nachhaltige  
Klärschlamm Entsorgung  
Eine Chance für Bürger  
und Gemeinden**

**Projekt greenIKK**



Technologiezentrum Energie Ruhstorf  
Prof. Dr. Diana Hehenberger-Risse  
Prof. Dr. Josef Hofmann

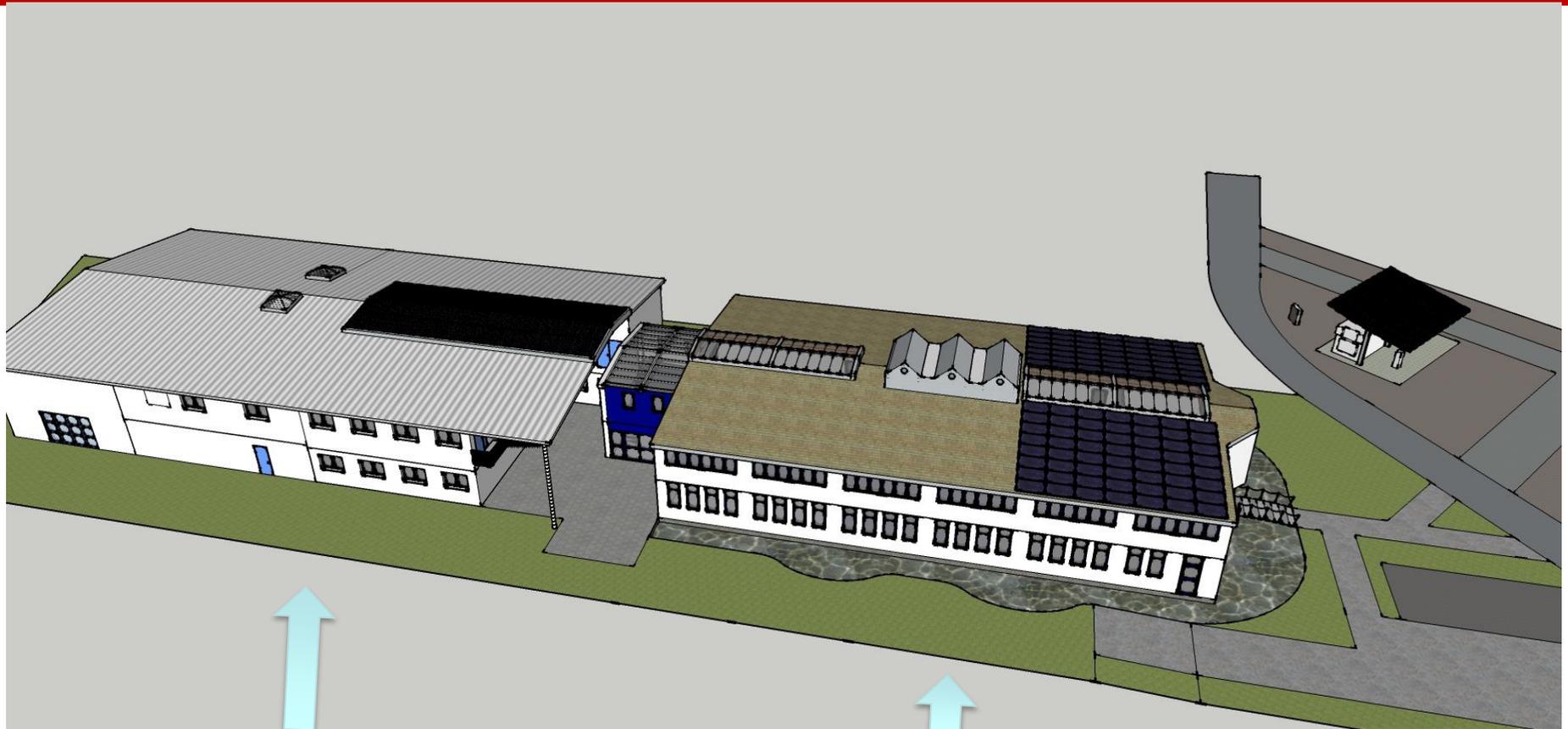
# Forschungsthemen und Professoren am TZE



Das TZE unterstützt primär den **Forschungsschwerpunkt Energie** der Hochschule Landshut.

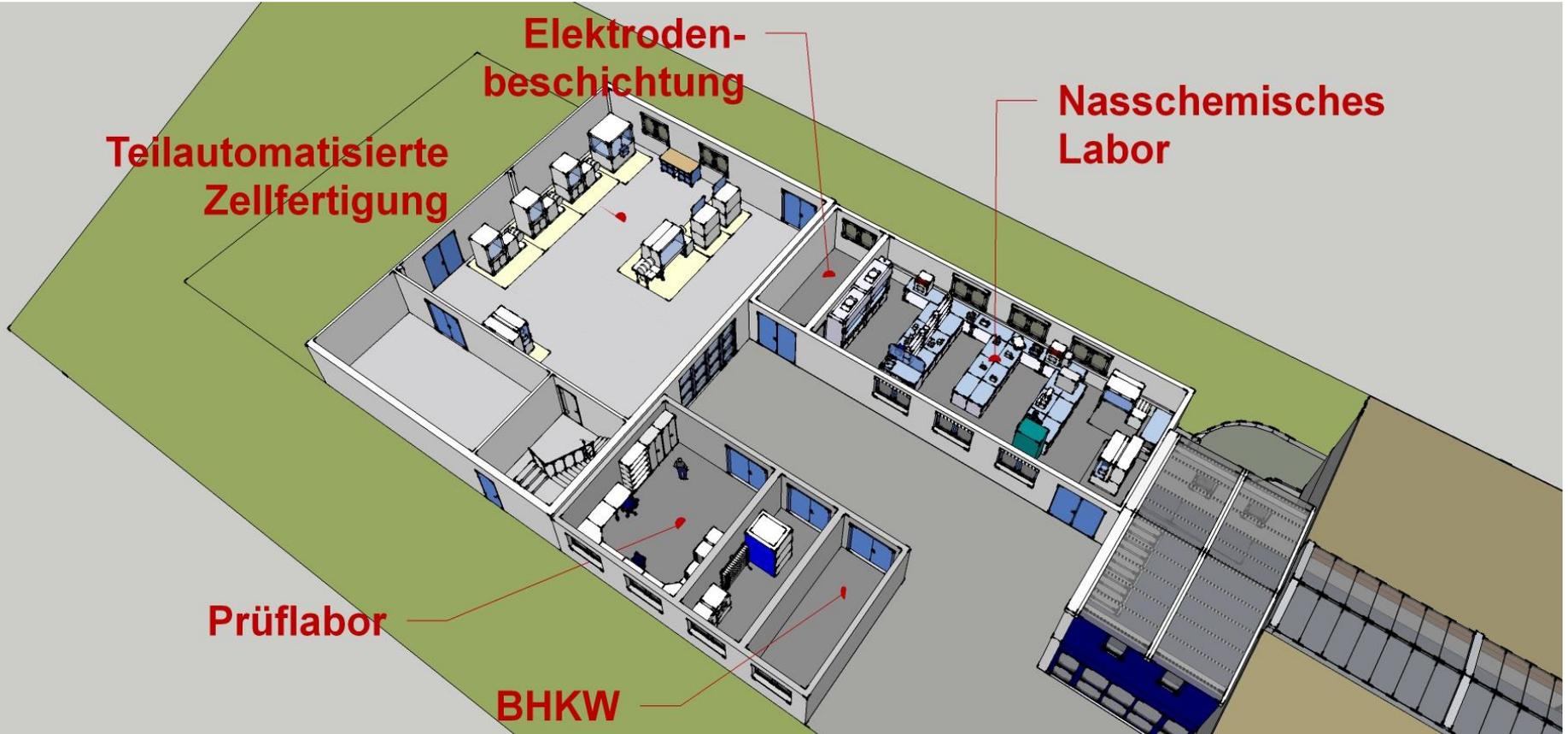
# Technologiezentrum Energie

Bietet Forschungsinfrastruktur

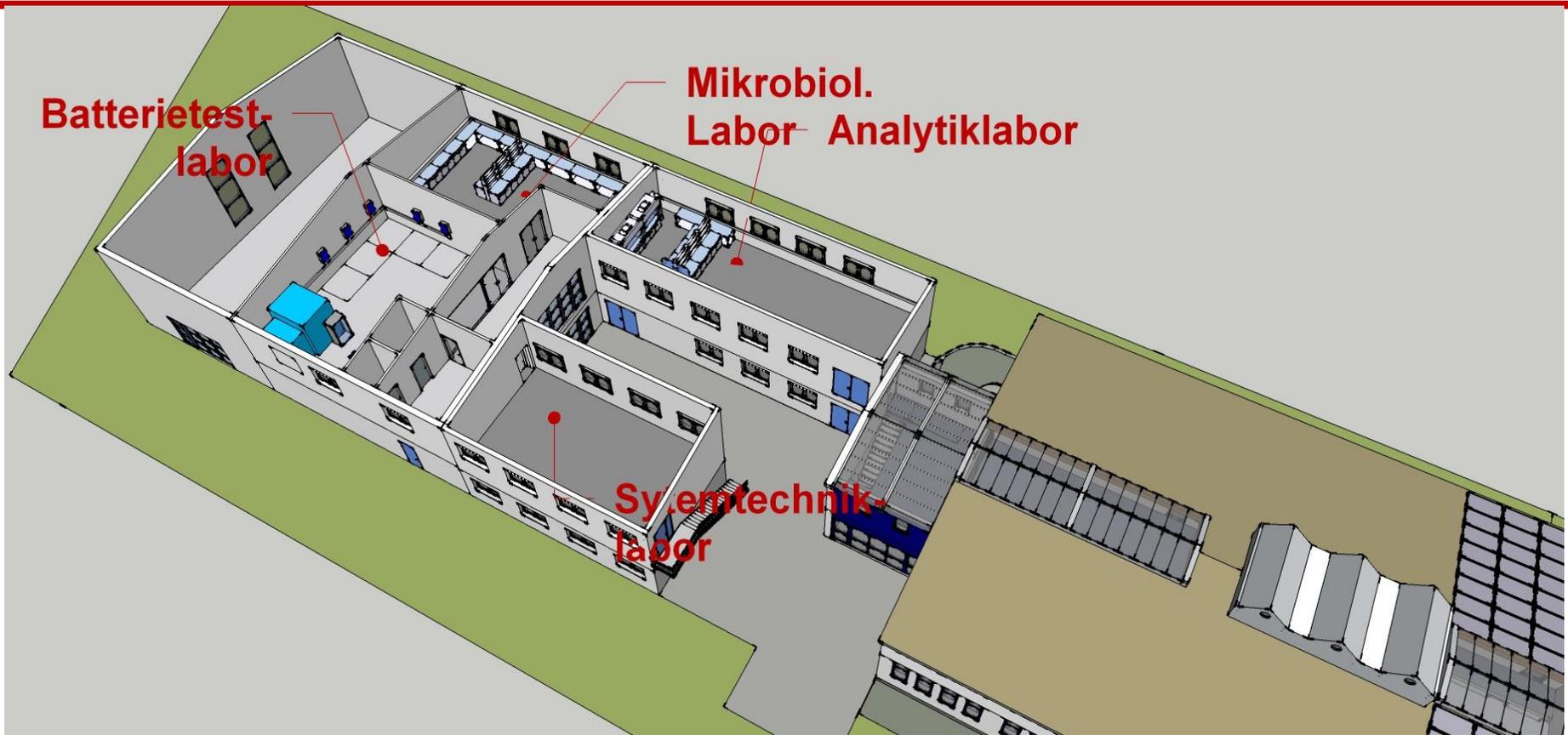


2017 Erweiterung um weitere  
1200 m<sup>2</sup> Fläche mit Laboren  
und Experimentierhalle

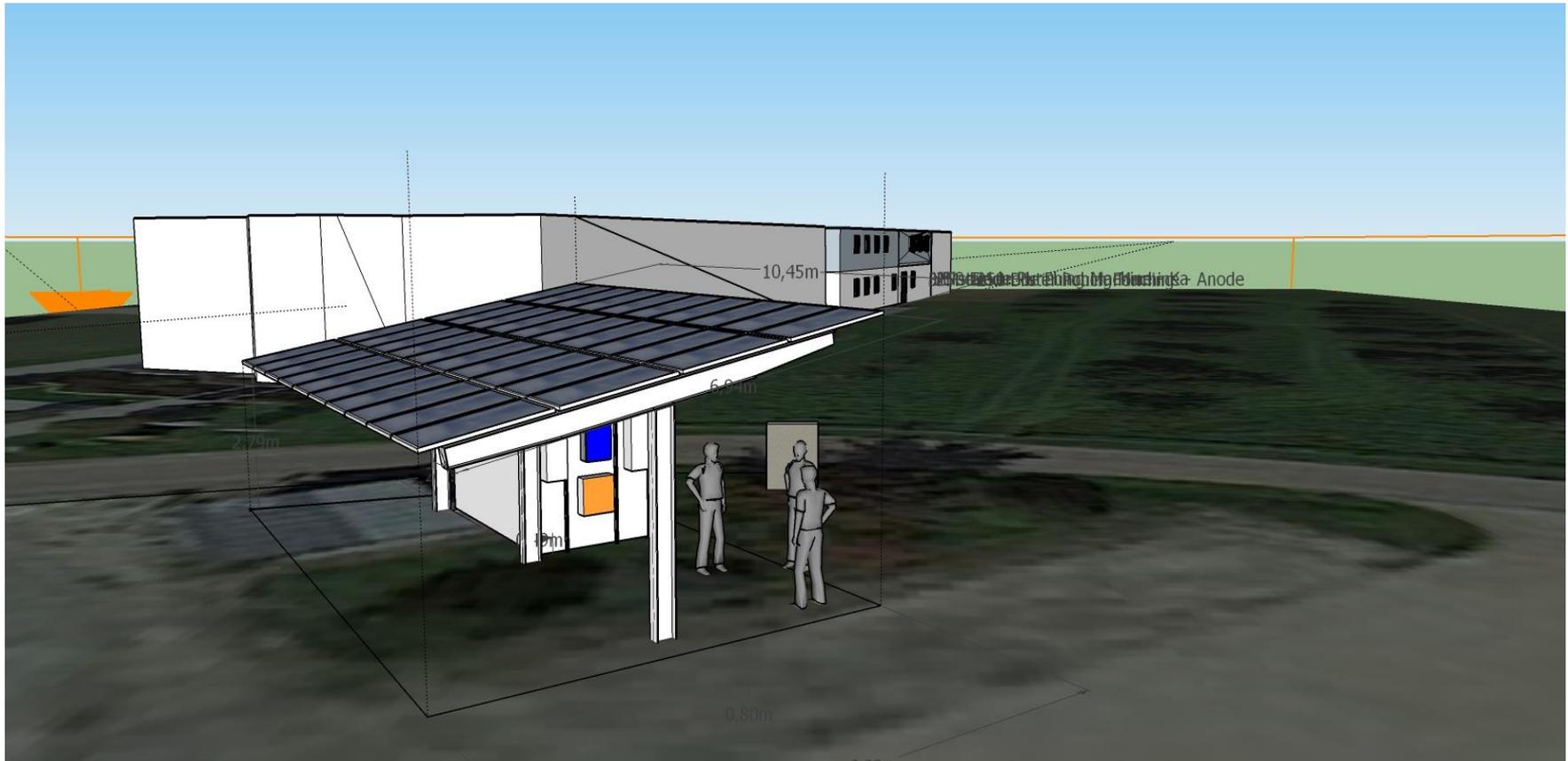
Derzeit etwa 1200 m<sup>2</sup> Fläche  
mit Büros, Werkstätten, und  
Laboren



Erdgeschoss des Erweiterungsbaus



Erster Stock des Erweiterungsbaus



Eingangsbereich mit Semitransparenter Photovoltaik und Redox-Flow Batterie

# Nachhaltige Klärschlammmentsorgung - Eine Chance für Bürger und Gemeinden

**Teil 1**  
**Prof. Dr. Diana Hehenberger-Risse**  
**Ruhstorf, den 06.11.2017**



1. Vorstellung Projekt greenIKK, Ausgangssituation und Projektziel
2. Projektstruktur/-ablauf und Projektpartner
3. Ökobilanzierung
4. Nachhaltigkeitsbewertung
5. Ausblick - Entwicklung Nachhaltigkeitsindex für Klärschlammverwertung



## GREEN INFRASTRUCTURE MAßNAHMEN AUS KLÄRSCHLAMM-KASKADENNUTZUNG - GREENIKK

### MOTIVATION

- Klärschlamm: eine Rohstoffquelle anstatt Senke
- Nachhaltige Nutzung begrenzter und werthaltiger Nährstoffe (Phosphor, Stickstoff)
- Aktuelle Novellierung der Rechtsvorschriften zur Klärschlammverwendung

### KOOPERATIONSPROJEKT (BY & CZ)



### ZIELSETZUNG

- Entwicklung von Verwertungspfaden zur Kaskadennutzung von Klärschlamm
- Ressourceneffizienzsteigerung durch Rückgewinnung und ein nachgeschaltetes gezieltes Nährstoffmanagement
- Verwertung der gespeicherten Energie
- Verbesserung der Umweltbilanz
- Aufbau von green infrastructure Maßnahmen in der Zielregion



Abbildung 1: Kreislauf der Klärschlammbehandlung



Abbildung 2: Kläranlage in Cheb Tschechien (Quelle: Chevak)

# 1. Vorstellung Projekt greenIKK

## Ausgangssituation und Projektziel

## Ausgangssituation

- Verschärfung der rechtlichen Vorgaben, dadurch bisherige Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen kaum mehr zulässig
- steigende Kosten für Entsorgung durch Trocknung, Transport und Verbrennung – mit Verlust der im Klärschlamm enthaltenen Nährstoffe und Schwermetallbelastung in der Verbrennungssasche

→ steigende Abwassergebühren

## Ziel des Projekts

- Entwicklung optimales Verfahren zur stofflichen und energetischen Klärschlammverwertung als nachhaltiges Verfahren zur Nährstoffrückgewinnung/-rückführung zur Ressourceneffizienzsteigerung und Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- bezahlbare Abwassergebühren für Gemeinden/Bürger bei gleichzeitiger Einhaltung der Umweltvorgaben
- Bau Pilotanlage(n) zur Nachahmung



**Europäische Union**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung



Ziel ETZ  
Freistaat Bayern –  
Tschechische Republik  
2014 – 2020 (INTERREG V)



**Kommunalverbund  
Gemeinden  
Region Tirschenreuth,  
Cheb, Tachau**

## 2. Projektstruktur und Ablauf

# green Infrastructure Maßnahmen aus Klärschlamm-Kaskadennutzung (greenIKK) zur CO<sub>2</sub>-Senkung und Ressourceneffizienzsteigerung

Bearbeitung: TZE Ruhstorf

Nachhaltigkeitsanalyse für Untersuchungsrahmen

- Ökologische,
- Ökonomische und
- soziale Indikatoren

Bearbeitung: TZE, Vyzkumny ustav I, Chevák,

Neue Technologien:

- Vermeidung Klärschlamm-anfall
- stoffliche und
- energetische Verwertung
- Nährstoffrückgewinnung

Identifizierung green Infrastructure Maßnahmen und Pilotprojekte

Bau Pilotanlage(n)

Bearbeitung: TZE, Ikom, Chevák

Bestandsaufnahme:

- derzeitige Infrastruktur
- Entsorgung

Bearbeitung: TZE, Vyzkumny u.

Analyse Istsituation:

- konventionelle Verfahr.
- Kosten-, Nutzen-, Risikoanalyse

Bearbeitung: Kanzlei BBH, KKP

Rechtliche Vorgaben:

- EU-Recht
- Istsituation
- Änderungen

Aufbau EVTZ



Zusammenarbeit:

- interkommunal
- grenzüberschreitend
- Risiken
- Chancen
- Synergien

opatření green infrastructure z víceúčelového využití odpadních kalů  
(green IKK) ke snížení CO2 a zvýšení efektivity zdrojů

zpracování: TZE Ruhstorf

analýza udržitelnosti  
zkoumaného rámce

ekologické, ekonomické a  
sociální ukazatele

zpracování: TZE, VULHM, Chevak

nové technologie –  
zabránění odpadního  
kalu – látkové a  
energetické využití –  
zpětné získání živin

identifikace opatření green  
infrastruktury a pilotních  
projektů

výstavba pilotních zařízení



Chevak a. s. | Ikom Stiftland

spolupráce –  
interkomunální –  
přeshraniční – rizika –  
šance - synergie

zpracování: TZE, Ikom, Chevak

Inventarizace:

- současná  
infrastruktura
- odstraňování

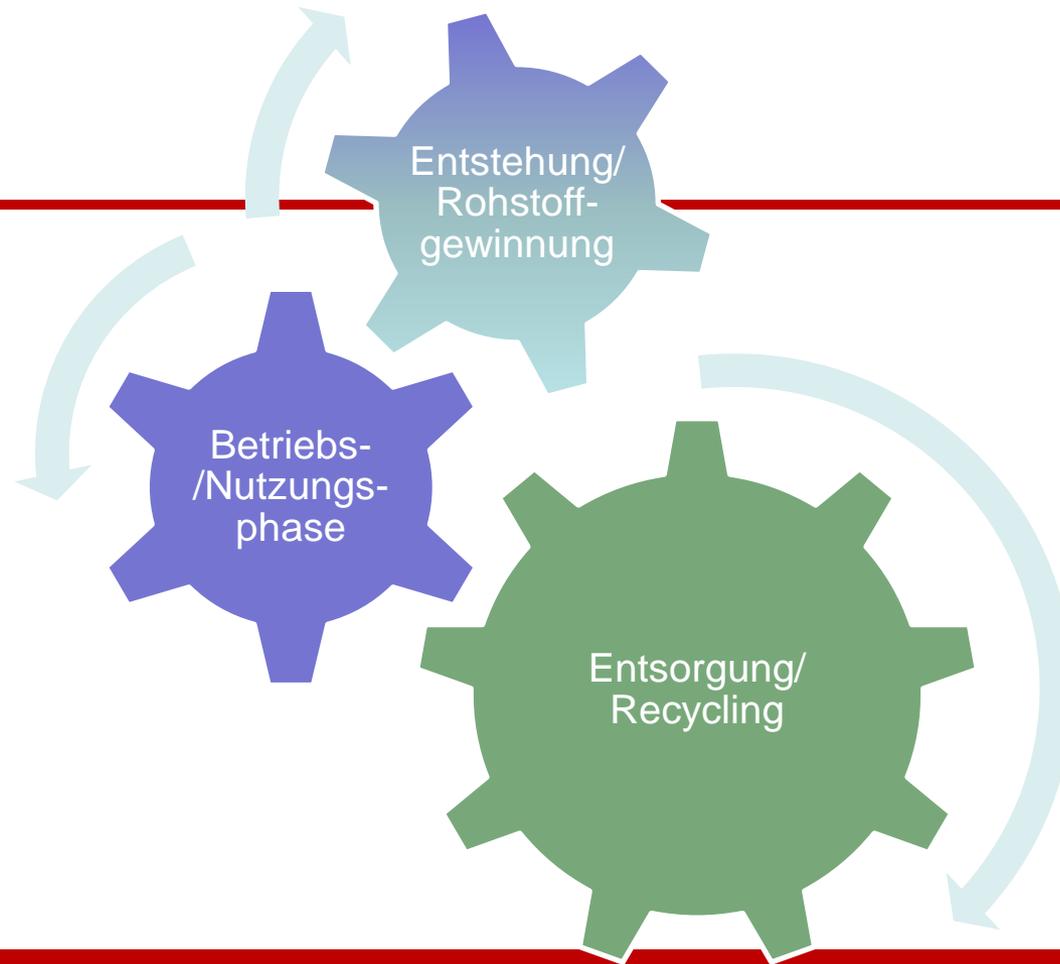
zpracování: TZE, VULHM

analýza současného  
stavu – konvenční  
postupy, analýzy  
nákladů, užitku a rizik

zpracování: Kannziel BBH,

Právní požadavky –  
právo EU – současná  
situace - změny

vytvoření ESÚS



### 3. Ökobilanzierung - Lebenszyklusanalyse

„Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges.“

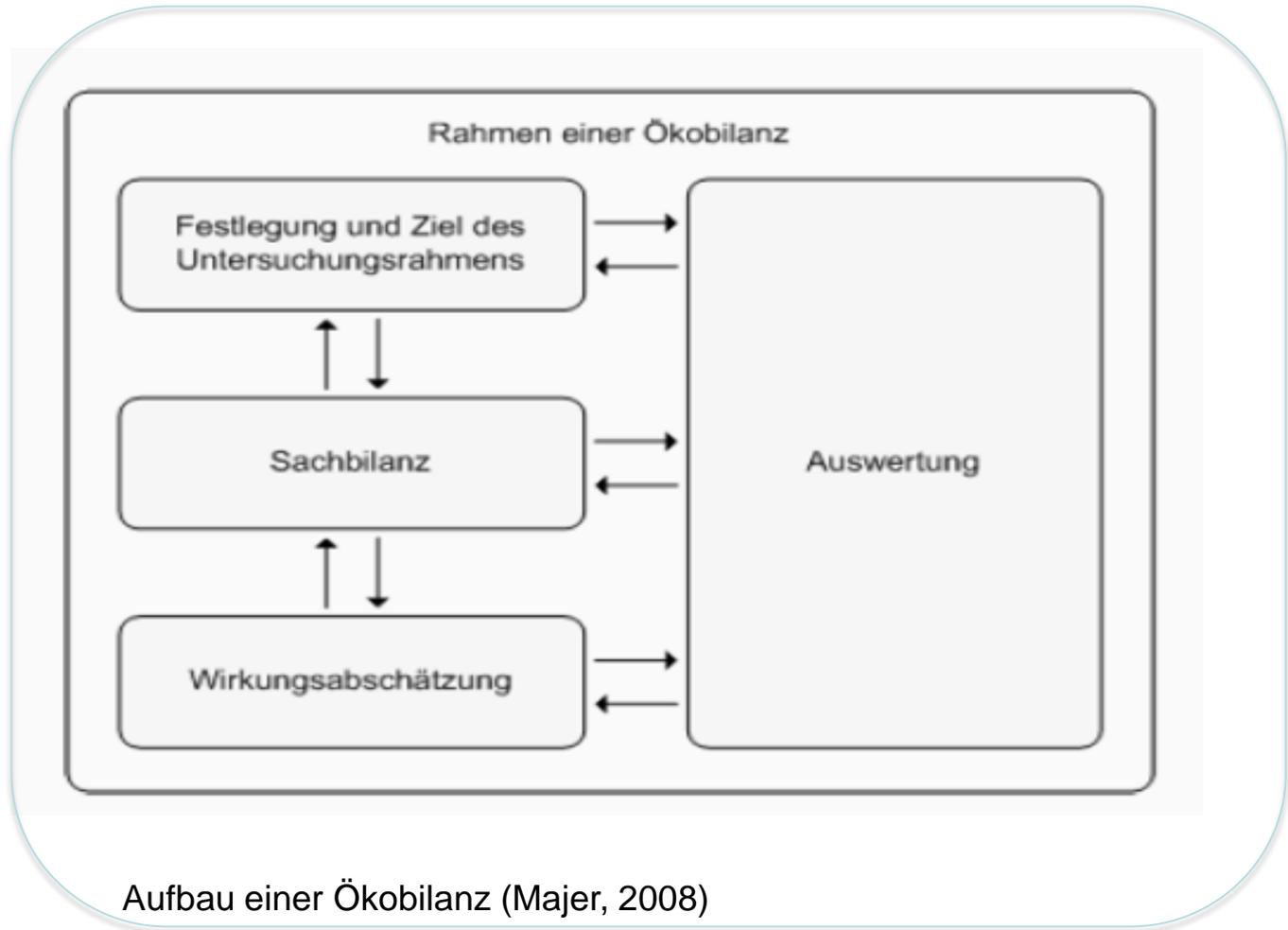
Begriffsdefinition der ISO 14040/44



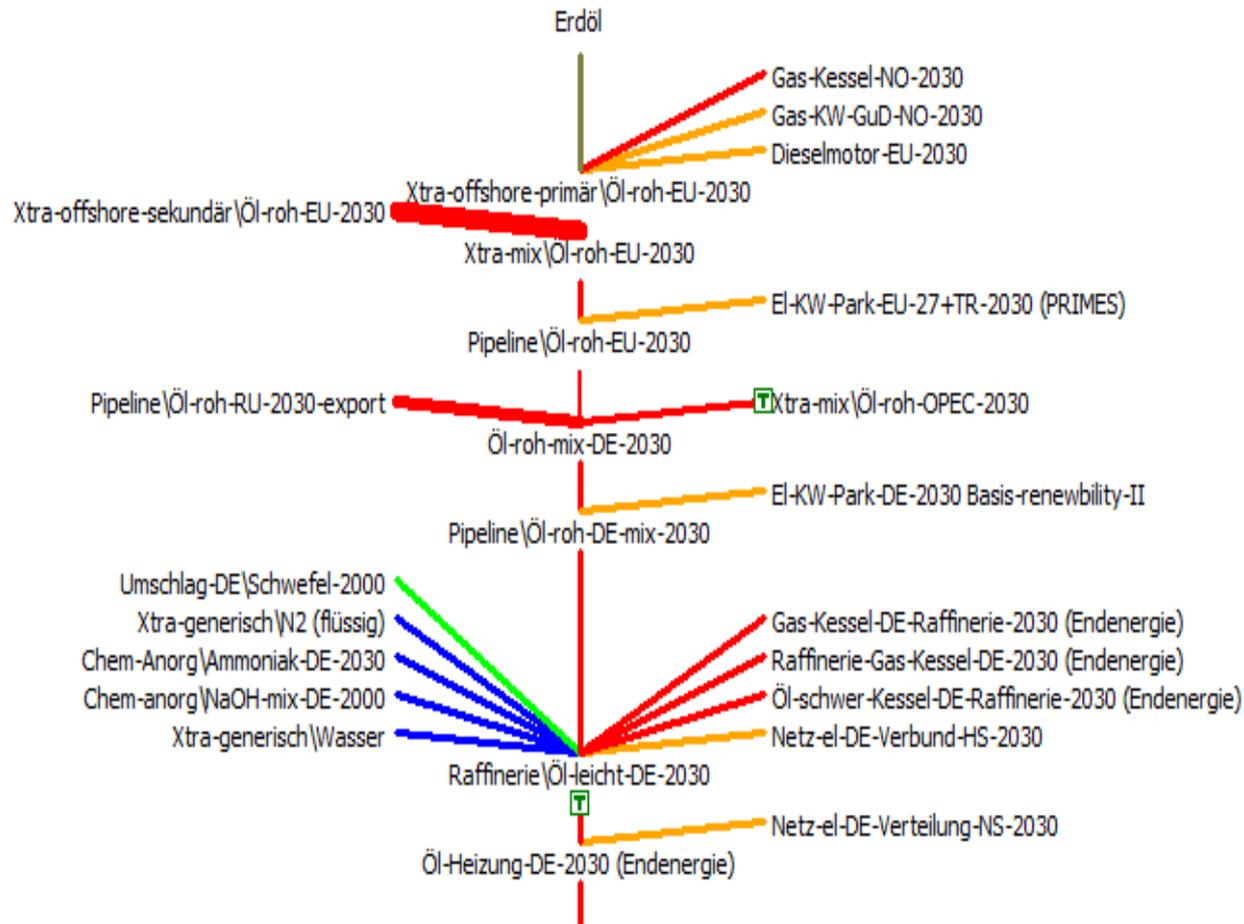
# Ökobilanzierung- Wo liegt die Systemgrenze?

vorgelagerte  
Prozesse

Rohöl-  
gewinnung  
Umwandlung  
Transporte



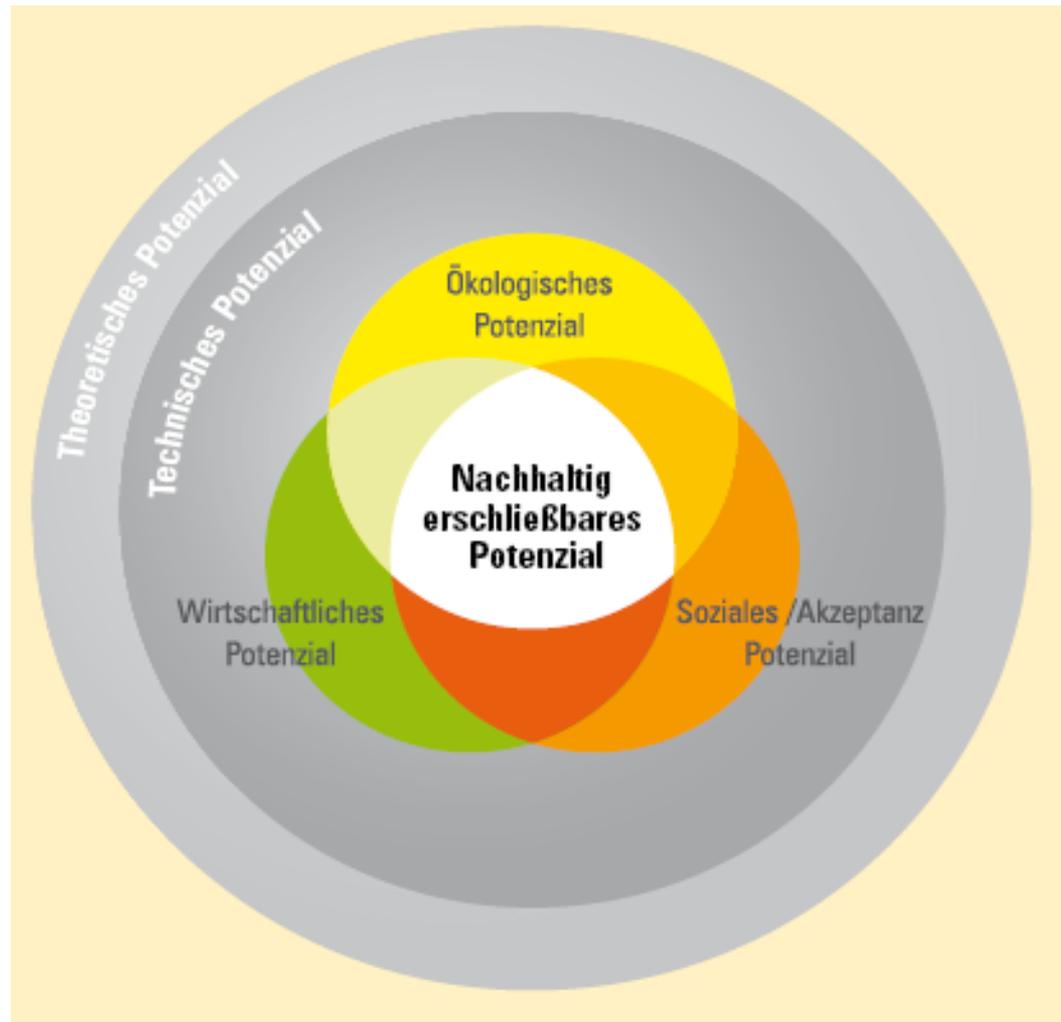
# Wo liegt die Systemgrenze?

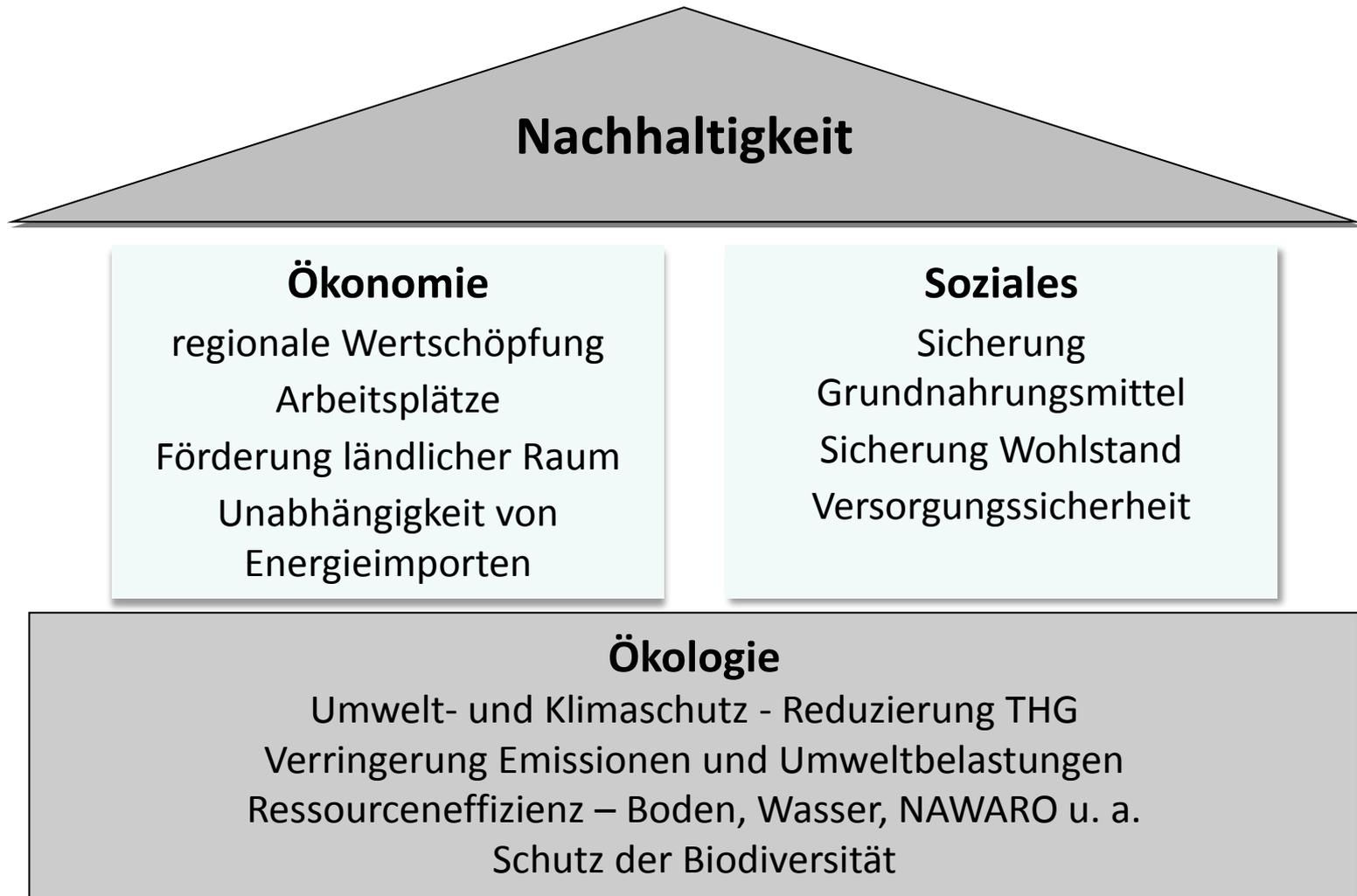


Prozesskette aus GEMIS 4.8, Prozess Öl-Heizung-DE-2030 (Endenergie)

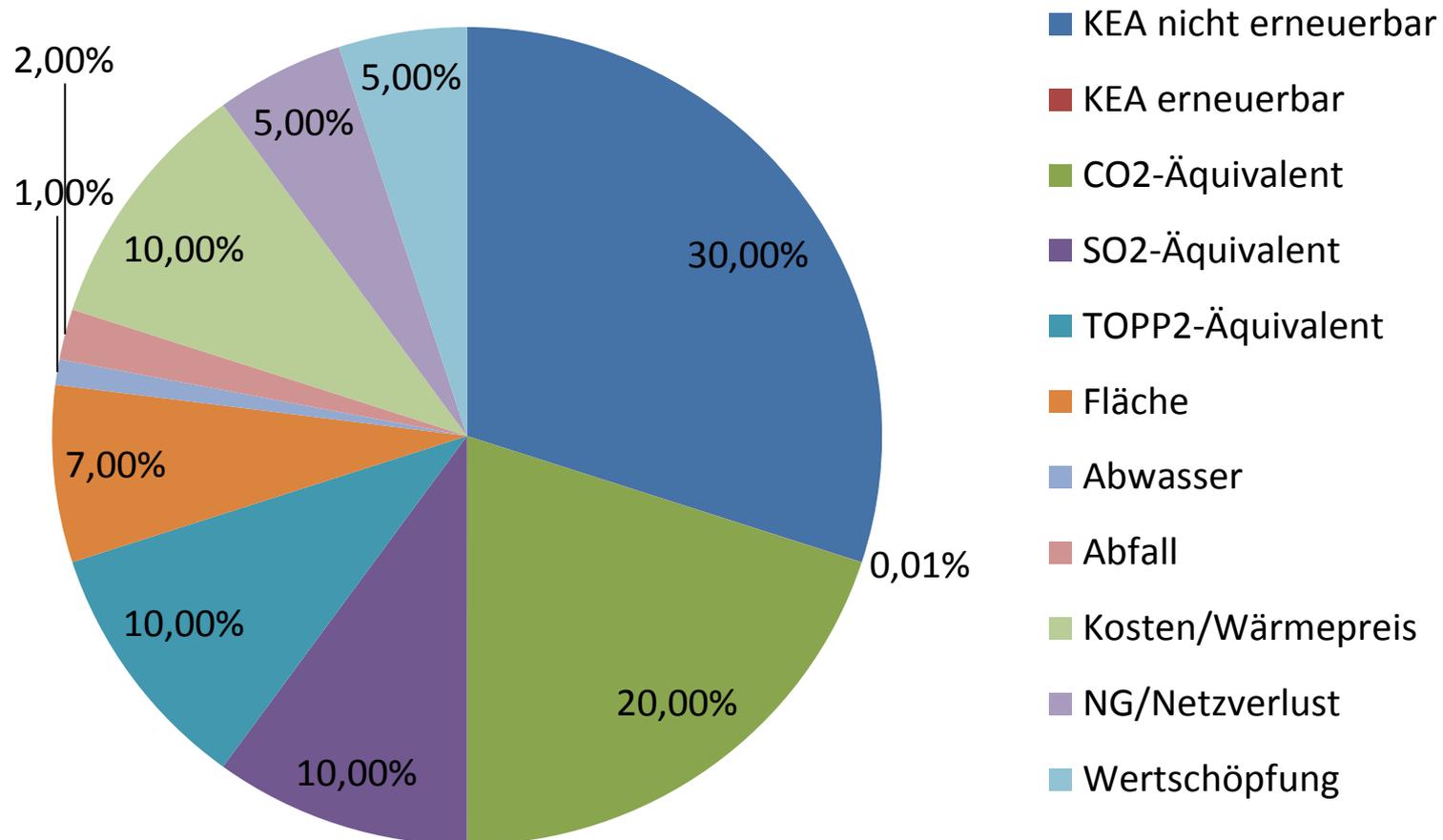


## 4. Nachhaltigkeitsbewertung





# Beispiel Nachhaltigkeitsindikatorensystem und Gewichtung



# Beispiel untersuchte Nahwärmerversorgungsvarianten

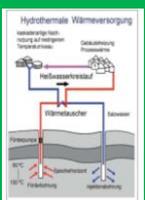
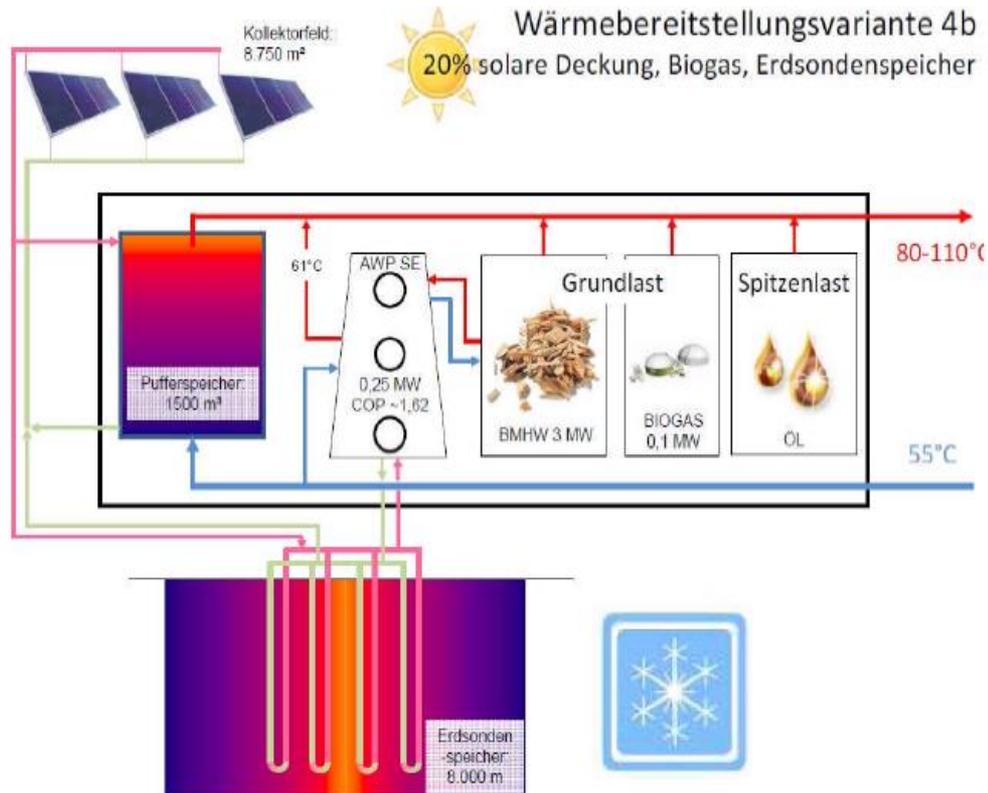
Bezeichnung	Einheit	Referenzvariante	Varianten großes Nahwärmenetz Speichersdorf Netz 10.828 m						Varianten kleines Nahwärmenetz Speichersdorf 6.027 m		kleines Nahwärmen. Mitterteich
		V1ÖlGas	V2	V2aBG	V3SolarK20	V4SolarK20	V4aBGSolar20	V6Geoth	V5VG1b	V5VG1bSolar8	Mitterteich
											
Brennstoffeinsatz	MWh/a	12.069	12.449	15.499	9.441	12.566	12.441	800	9.353	8.603	2.449
Wärmebedarf	MWh/a	10.500	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600	10.500	7.500	7.500	1.878
Anschlussleistung	kW <sub>th</sub>	7.500	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	10.000	4.450	4.450	1.600
Gesamtinvestition	€	2.289.000	5.828.723	5.828.723	13.953.427	9.904.723	9.775.723	12.251.747	3.780.600	4.231.500	635.020
Brennstoffkosten	€/a	1.095.251	586.880	567.267	366.858	470.332	470.332	85.412	330.032	305.199	92.678
spezifischer Wärmepreis	€/MWh	149	125	123	174	147	147	143	105	112	100
regionale Wertschöpfung	€/MWh	28	73	74	64	68	68	32	67	64	56

Tabelle: Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmerversorgungsvarianten inkl. Wärmenetz ohne Hausübergabestationen - eigene Berechnung auf Basis Machbarkeitsstudie Speichersdorf und Mitterteich



Kesselanlagen  
Biogas-BHKW  
Solarkollektor,  
Erdwärmespeicher  
Geothermieanlage  
sowie das  
Wärmenetz.

- Berechnung Gesamtenergieaufwand und Emissionen - Lebenszyklusanalyse mittels Indikatoren
- Berechnung der Prozesse und Szenarien bezogen auf die gesamte erzeugte Nutzwärme (Endenergie), mit Programm GEMIS 4.8.



## 5. Ausblick Nachhaltigkeitsindex

# Ergebnis Vergleich Umweltauswirkungen Wärmeversorgungsvarianten ohne/mit Wärmenetz und Erdwärmespeicher

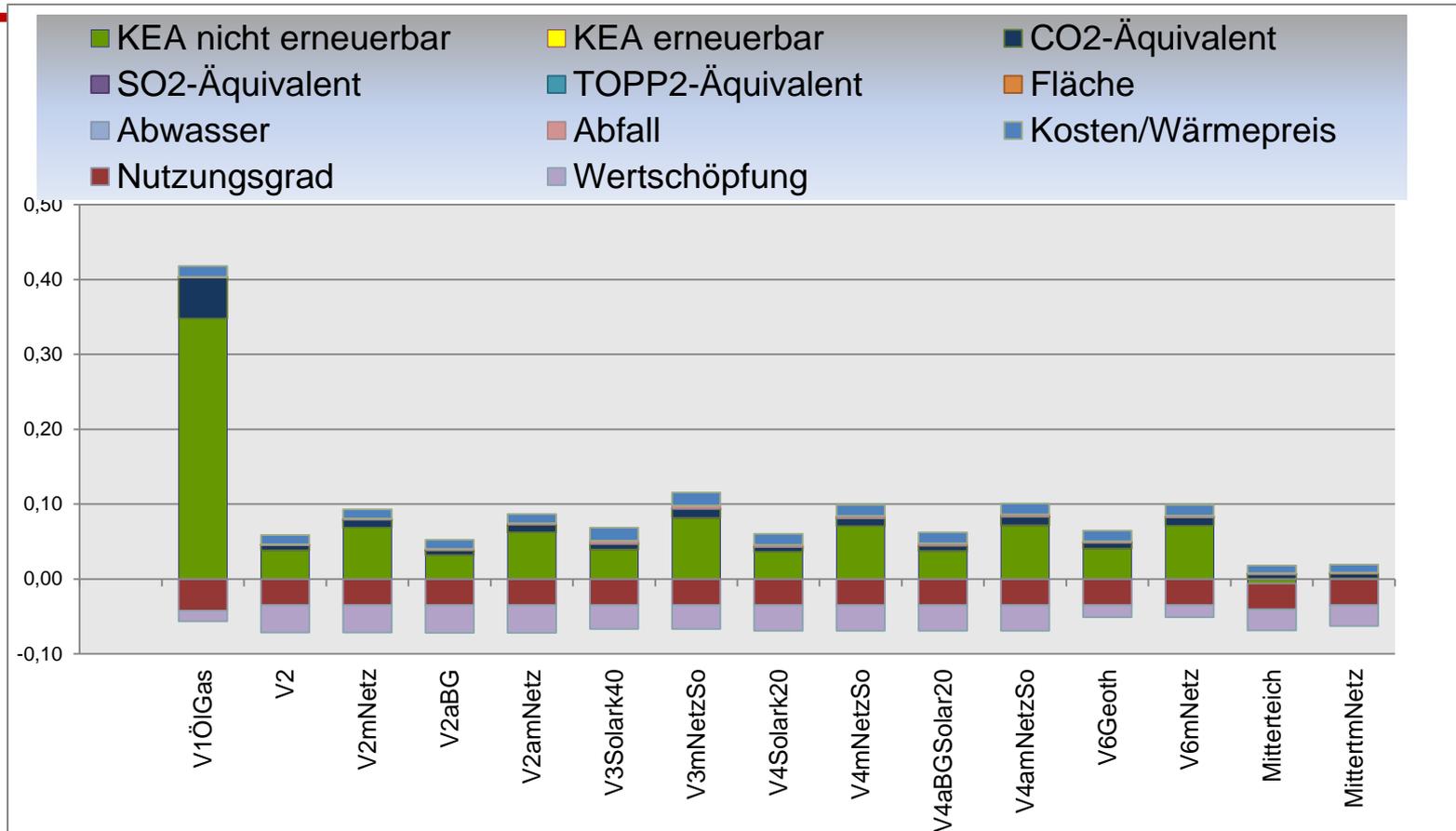


Abbildung: Ergebnis Vergleich Umweltauswirkungen der Wärmeversorgungsvarianten ohne und mit Wärmenetz und Erdwärmespeicher – eigene Darstellung auf Basis GEMIS



## 5. Ausblick Entwicklung Nachhaltigkeitsindex für Klärschlammentsorgung

# Ausblick Entwicklung Nachhaltigkeitsindex

zur Bewertung der Klärschlamm Entsorgung am Beispiel verschiedener Nahwärmeversorgungs-systeme

## Ergebnis Bilanzindikator - vermiedene Umweltauswirkungen Nahwärmeversorgungsvarianten ohne und mit Wärmenetz und Erdwärmespeicher

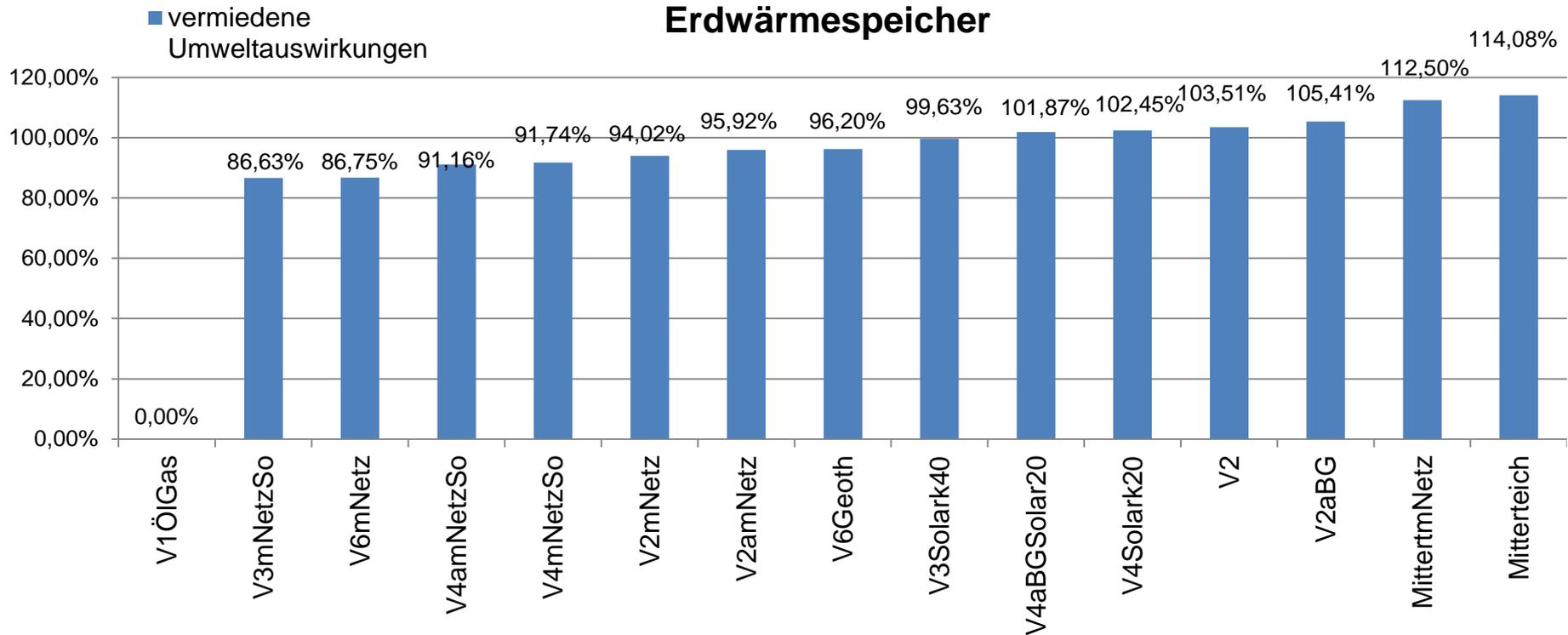


Abbildung: Darstellung Gesamtergebnis mit Bilanzindikator vermiedene Umweltauswirkungen - eigene Entwicklung und Darstellung auf Basis GEMIS

# Nachhaltigkeitsindex als Kompass für Ressourceneffizienz

Wie viele Erden bräuchten wir, wenn alle Leute der Welt so leben würden wie die Bewohner von...



Umsetzung CSR-Richtlinie  
Berichtspflicht über  
Nachhaltigkeitsaspekte  
ökonomische, ökologische,  
soziale, führungsbezogene  
Aspekte

# Nachhaltige Klärschlammentsorgung - Eine Chance für Bürger und Gemeinden

**Teil 2**  
**Prof. Dr. Josef Hofmann**  
**Ruhstorf, den 06.11.2017**



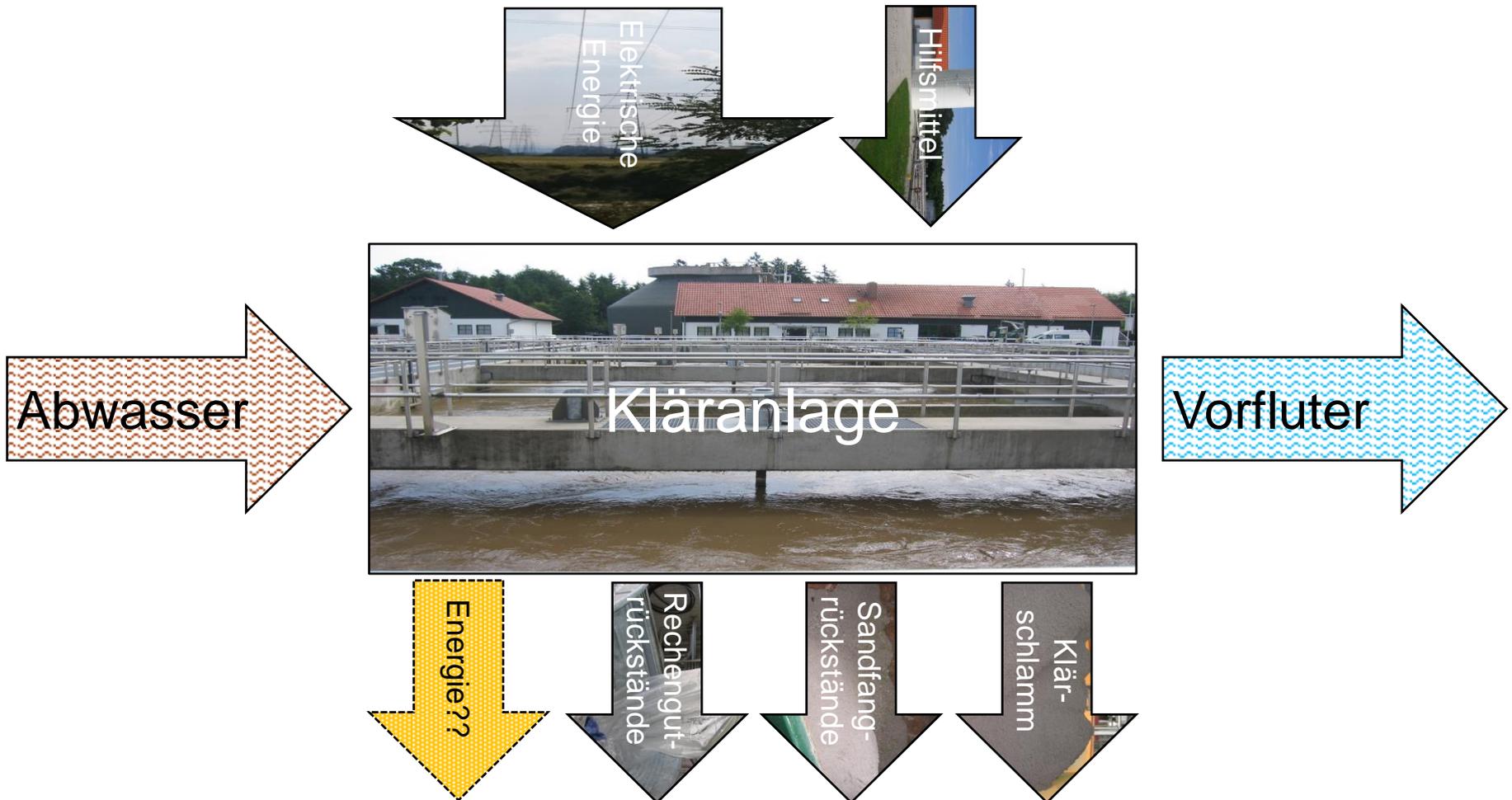
1. Einführung
2. Herausforderungen für Kläranlagen
3. Rohstoffe statt Abfälle
4. Phosphor – eine wichtige Ressource
5. Perspektiven





# 1. Einführung

- ▶ **Systemische Betrachtung**
- ▶ **Daten und Fakten in Deutschland**



- **Ca. 10.000 kommunale Kläranlagen in Deutschland in Betrieb**
- **Strombedarf: 4.400 GWh pro Jahr (78 Mio. Einwohner)**  
→ **ca. 20% des kommunalen Strombedarfs**
- **Klärschlamm: Ca. 2 Mio. Tonnen Trockensubstanz (2011)**  
→ **55% Verbrennung**  
→ **29% Ausbringung in der Landwirtschaft**  
→ **16% Aufbringung auf Böden (z.B. Rekultivierung) und sonstige Verwertung**
- **Rechengutrückstände: 176.700 Tonnen (2012, DESTATIS)**
- **Sandfangrückstände: 134.100 Tonnen (2012, DESTATIS)**



## 2. Herausforderungen für Kläranlagen

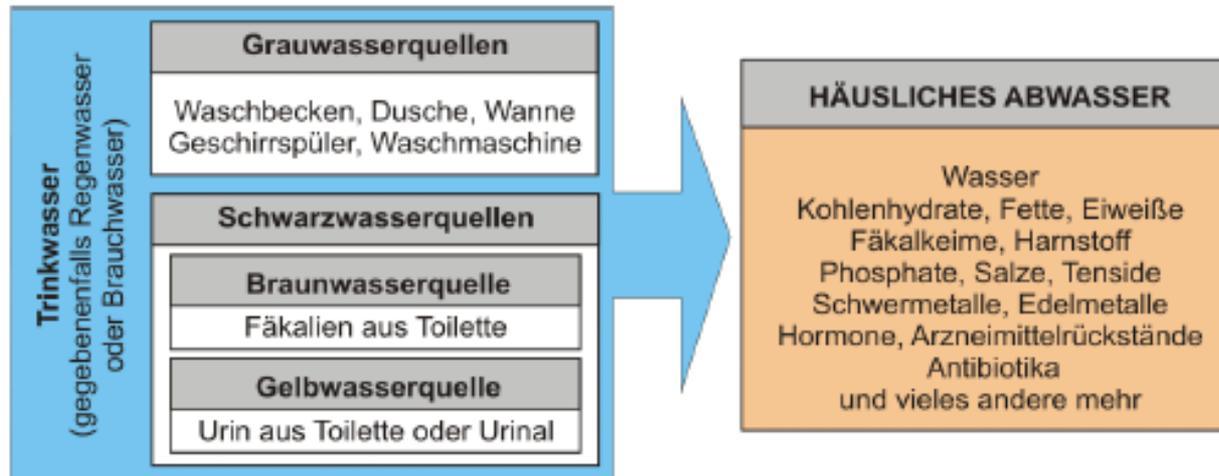
- **Einhaltung bestehender und künftiger rechtlicher Vorgaben**
- **Reduzierung von Arzneimittelrückständen, Hormonen und Mikroplastik im gereinigten Wasser**
- **Umweltgerechte Nutzung der im Abwasser enthaltenen Düngekomponenten (Stickstoff, Phosphor)**
- **Hygienisierung des Klärschlammes (Seuchenhygiene)**
- **Reduzierung des externen Strombezugs bei der Abwasserreinigung**
- **Stabilisierung der Abwassergebühren**
- **Datentechnischer Schutz gegen Hackerangriffe**
- **Aufrechterhaltung der Stromversorgung bei Netzausfällen**



### 3. Rohstoffe statt Abfälle

- ▶ **Abwasser**
- ▶ **Rechengut und Sandfangrückstände**
- ▶ **Klärschlamm**

- **Abwasserzusammensetzung**
  - Ø 51 mg/Liter Stickstoff (gesamt) im Zulauf
  - Ø 8 mg/Liter Phosphor (gesamt) im Zulauf
- **Häusliches Abwasser**



Quelle: <http://www.lubsgmbh.de/presse/Dezentrale%20KKA%20Prof.%20Koch.pdf> [11.10.2017]

## **Rechengut**

**Rohzustand: 80% Wasseranteil, 20% Feststoff (Zellulose, Kunststoffe, 80% Organik)**

**→ Entwässerung erforderlich**

**Trocknung ermöglicht energetische Verwertung**

## **Sandfangrückstände**

**Hoher mineralischer Anteil**

**Wäsche erforderlich, um mineralische Stoffe verwerten zu können (z.B. als Kabelsande)**

**Waschwasser kann zur Denitrifizierung als Kohlenstoffquelle eingesetzt werden.**

- ▶ **Zusammensetzung von Klärschlamm**
- ▶ **Warum Schlammbehandlung?**
- ▶ **Vorgehensweise Schlammstabilisierung**

- ▶ **Wassergehalt im Rohschlamm: ca. 95%**
  
- ▶ **Organische Trockenmasse (oTM):**
  - ◆ bei Rohschlamm bis 70% der Trockenmasse (TM)
  - ◆ bei Faulschlamm ca. 50% der TM
  
- ▶ **Sekundärrohstoffdünger aufgrund von**
  - ◆ Humusstoffen
  - ◆ Pflanzennährstoffen (z.B. Stickstoff, Phosphor)
  - ◆ Spurenelementen (z.B. Kupfer, Zink)
  
- ▶ **Schadstoffsенke für**
  - ◆ Schwermetalle (z.B. Hg, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn)
  - ◆ Organische Schadstoffe (z.B. hormonell wirksame Stoffe, Arzneimittelrückstände, Kunststoffnanopartikel, Perfluorierte Tenside, PCB)
  - ◆ Krankheitserreger (z.B. pathogene Keime wie Bakterien, Viren)
  
- ▶ **Energiegehalt (bei 90% TM): 8.000 kJ/kg (vgl. Braunkohle)**

Abwasserschlämme stellen die Schadstoff- und Nährstoffsенке im Abwasserreinigungsprozess dar. Sowohl Schadstoffe (Schwermetalle), endokrin (hormonell) wirkende Stoffe, Arzneimittel als auch pathogen wirkende Keime (Pilze, Viren, Bakterien) finden sich in den Abwasserschlämmen angereichert wieder.

Folgende **Anforderungen** sind **an eine Schlammstabilisierung** zu stellen:

- **Entseuchung der Schlämme**
- **Abbau von Schadstoffen**
- **Volumenreduzierung durch Entwässerung**
- **Nährstoffrückgewinnung (Phosphor, Stickstoff)**
- **Trocknung**
- **Nutzung des Energieinhalts der Schlämme**

## 1) Entwässerung mit Dekanter/Zentrifuge des Rohschlamm

Trockenmasse-Gehalt Rohschlamm: 0,5 bis 1%

Trockenmasse-Gehalt vor Faulturm: 4-8%

## 2) Anaerober Abbau von organischer Substanz im Faulbehälter (nur bei Kläranlagen mit Faulbehälter!)

Abbau von organischer Trockenmasse (bis zu 25% der oTM)

Faulgasproduktion mit ca. 60% CH<sub>4</sub> und ca. 40% CO<sub>2</sub>

Heizwert des Faulgases: ca. 6 kWh/Nm<sup>3</sup>

→ Nutzung in Gas-Ottomotoren zur Strom- und Wärmeerzeugung

## 3) Entwässerung mit Dekanter/Zentrifuge

TM-Gehalt Faulschlamm: 2-6% nach Entwässerung: 25-30% TM

## 4) Trocknung

mit Abwärme aus Gas-Ottomotor oder Solarwärmetrocknung bis 90% TM

Heizwert: 8.000-10.000 kJ/kg getrockneter Klärschlamm

## 5) Nutzung des Energiegehalts in Verbrennungsanlagen

1 kg getrockneter Schlamm ca. 2,5 kWh: Finanzieller Wert: 0,05 €/kg !!



## 4. Phosphor - eine wichtige Ressource

- ▶ **Bedeutung von Phosphor**
- ▶ **Warum Phosphorrückgewinnung?**
- ▶ **Phosphorverbindungen im Abwasser**
- ▶ **Rückgewinnungsmöglichkeiten**
- ▶ **Perspektiven Phosphorrückgewinnung**

Mineralstoffe sind für die Pflanzenernährung lebensnotwendig:

Hauptnährstoffe: Stickstoff (N), Schwefel (S), Kalium (K),  
Calcium (Ca), Magnesium (Mg), **Phosphor (P)**

Physiologische Bedeutung von Phosphor für die Pflanze:

- Bestandteile der Erbinformationsmoleküle (RNA, DNA)
- Bestandteil von wichtigen Energielieferanten (ATP, NADPH)
- wichtig für die Entwicklung von Samen, Blättern und Früchten

**Phosphate sind nicht erneuerbar!!**

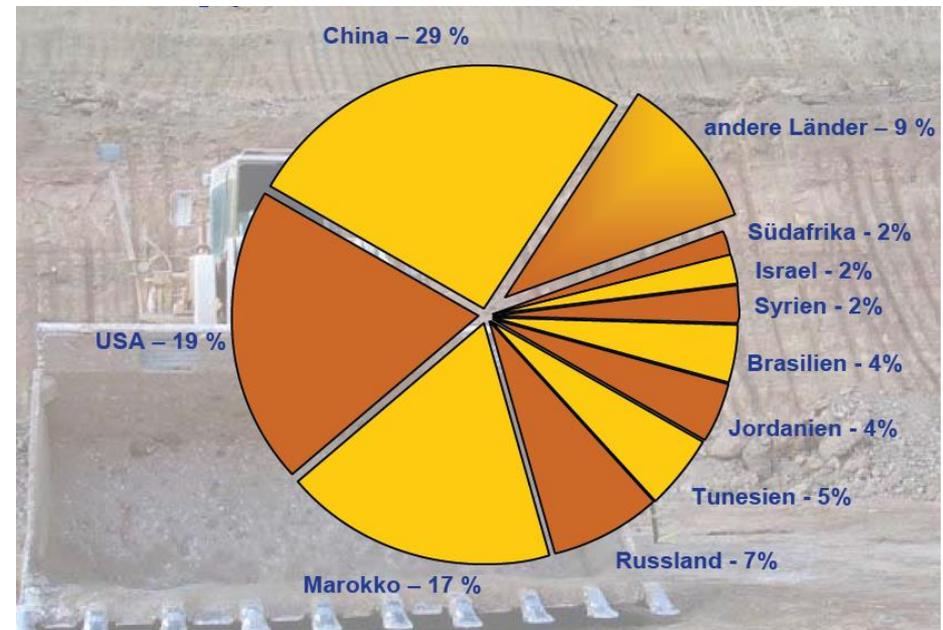
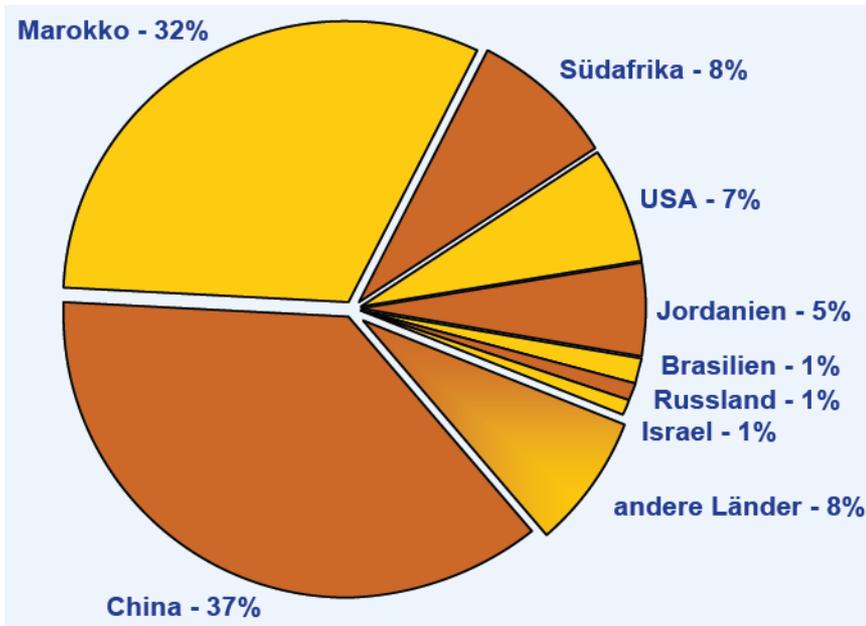


Bildquelle: [http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly\\_fs/1.263612.1274123379!/image/image.jpg\\_gen/derivatives/560x315/image.jpg](http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.263612.1274123379!/image/image.jpg_gen/derivatives/560x315/image.jpg)

# Warum Phosphorrückgewinnung?

**Weltweite Reserven: 18 Mrd. t (2007)**

**Weltproduktion: 156 Mio. t (2007)**



**Statistische Reichweite: ca. 115 Jahre !!!**

Quelle: Vortrag Dr. Harald Elsner, Bundesamt für Geologie und Rohstoffe, Braunschweiger Rohstofftage 2008

[http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam\\_uploads/koordinierend/bs\\_n\\_aehrstofftage/phosphor\\_landwirtschaft/2\\_Elsner.pdf](http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/koordinierend/bs_n_aehrstofftage/phosphor_landwirtschaft/2_Elsner.pdf) [13.09.12]

- Eintrag von Phosphor aus häuslichen Abwässern in Kläranlagen:  
ca. 70.000 t P/a in Deutschland  
zum Vergleich: Import Phosphatdünger ca. 100.000 t P/a nach Deutschland
- stammt zu 70% aus menschlichen Ausscheidungen (50-65% Urin,  
35-50% Kot) und zu ca. 13% aus Küchen- und Nahrungsmittelabfällen
- Häufigste Verbindung im Abwasser  $\text{PO}_4^{3-}$  (Ortho-Phosphat)
- Rechnerische Konzentration im Zulauf von kommunalen Kläranlagen:  
ca. 9 mg  $\text{P}_{\text{ges.}}$ /Liter (in der Praxis meist niedriger;)
- Nach Phosphatfällung in der Kläranlage zu ca. 90% im Klärschlamm enthalten

Quelle: Umweltbundesamt,

<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2298> [13.09.12]

- Rückgewinnung aus Klärschlamm macht Sinn, da dort Festlegung der überwiegenden Phosphorressourcen (ca. 80% der Zulaufmenge) erfolgt
- Abhängigkeit der Phosphorrückgewinnung von der Schlammstabilisierung
  - Anaerobe Schlammstabilisierung ermöglicht Rücklösung des organisch gebundenen bzw. als Eisenphosphat festgelegten Phosphors als ortho-Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Nach der Faulung befindet sich die überwiegende Menge des Phosphors in der wässrigen Phase
  - Trennung der wässrigen und festen Phase: Rückgewinnung aus flüssiger Phase möglich z.B. durch MAP(Magnesium-Ammonium-Phosphat  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ )-Fällung
- Verbrennung des Schlammes und Rückgewinnung aus der Asche
- Schlammbehandlung z.B. mit **Hydrothermaler Carbonisierung (HTC)** und Fällung des Phosphats aus wässriger Phase

- Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm ist aus Sicht der Schonung natürlicher Vorkommen zwingend notwendig
- Derzeitige Kosten pro kg rezykliertem P: 5 – 7 €
- Derzeitige Erlöse pro kg rezykliertem P: 0,50 €/kg  
→ Phosphorrückgewinnung trägt sich derzeit nicht wirtschaftlich!!
- Entwicklungspotenziale vorhanden z.B. bei Hydrothormaler Carbonisierung von Klärschlämmen (Senkung des pH-Werts führt zur verstärkten P-Löslichkeit!)
- Kopplung mit der Entfernung von Ammoniumstickstoff durch MAP-Fällung kann zu Kostensenkungen führen (z.B. Vermeidung bzw. geringere Dimensionierung einer SBR-Anlage bei der gemeinsamen P- und N-Fällung aus Schlammwässern)



Bildquelle: <https://i1.wp.com/www.score-personal.de/wp-content/uploads/Weiterbildung-Altenpflege.jpg?resize=300%2C225>  
[22.10.2017]

## 5. Perspektiven und Visionen

- ▶ **Innovative Ansätze**
- ▶ **Visionen**

- **Separation mit Organik hoch belasteter Abwässer aus Gewerbebetrieben (Brauereien, Schlachthöfe, Molkereien) zur Gaserzeugung in Faulbehältern**
- **Mitbehandlung von teilstabilisierten Schlämmen kleinerer Kläranlagen in Faultürmen**
- **Entwässerung und Trocknung von Klärschlamm auch in kleinen Kläranlagen unter 10.000 Einwohnerwerten**
- **Schlammbehandlung mittels hydrothormaler Carbonisierung zur besseren Entwässerung der Schlämme (bis 60% TM) und Klärgaserzeugung aus gelöster Organik**
- **Verbrennung der Schlämme möglichst in Monoverbrennungsanlagen in der Region: **Kein Klärschlamm-tourismus!!****

- **Erneuerbare Energien (Sonne, Klärgas, Klärschlamm) ermöglichen einen energieautarken Betrieb der Kläranlage und liefern Wärme für die kommunale Energieversorgung sowie Kraftstoff für den kommunalen Fuhrpark**
- **Stickstoff und Phosphor aus dem Abwasser werden weitgehend zurückgewonnen und leisten einen wichtigen Beitrag zur Düngemittelversorgung**
- **Die Kohle aus der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) kann als Aktivkohle für die Entfernung von Arzneimittelrückständen, hormonell wirksamen Substanzen sowie Viren, Pilze und Bakterien genutzt werden und ermöglicht ein gereinigtes Wasser, das Badewasserqualität aufweist.**

Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!



Hochschule Landshut  
Am Lurzenhof 1  
84036 Landshut  
[www.haw-landshut.de](http://www.haw-landshut.de)

Prof. Dr. Diana  
Hehenberger-Risse  
Tel. +49 (0)871 – 506 565  
Fax +49 (0)871 – 506 9218  
[diana.hehenberger-  
risse@haw-landshut.de](mailto:diana.hehenberger-<br/>risse@haw-landshut.de)

Prof. Dr. Josef Hofmann  
Tel. +49 (0)871 – 506 218  
Fax +49 (0)871 – 506 9218  
[jhofmann@haw-landshut.de](mailto:jhofmann@haw-landshut.de)