



CUTEC

Informationen
Ressourcen
Energie

2. QT – Biobrennstoffzelle
07.09.2015 - Karlsruhe

Aktueller Status der Arbeiten im Projekt BioBZ



Michael Sievers

- Einleitung
- Herausforderungen und Randbedingungen
- Entwicklungsfortschritt
 - Automatisierung
 - Reaktorkonzept
 - Auskopplung der Elektroenergie



CUTEC Informationen
Ressourcen
Energie

CUTEC-Institut

- Abwasserverfahrenstechnik
- Metallrecycling



TU Clausthal

Institut für Chemische Verfahrenstechnik

TU Clausthal

Institut für Chemische
Verfahrenstechnik



Technische
Universität
Braunschweig

TU Braunschweig

Institut für Ökologische und Nachhaltige
Chemie



DVGW-Forschungsstelle am Engler-
Bunte-Institut des Karlsruher Instituts
für Technologie, FB Wasserchemie und
Wassertechnologie



EISENHUTH GmbH & Co. KG



EURAWASSER Aufbereitungs- und
Entsorgungs GmbH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

Entwicklung, Untersuchung und Bewertung einer bioelektrochemischen Brennstoff-/Elektrolysezelle im Pilotmaßstab.



Hierzu gehören:

- (1) mögliche Netto-Stromproduktion nachweisen
- (2) Möglichkeiten für eine Integration auf einer Kläranlage erarbeiten
- (3) Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb bewerten
- (4) Ergänzend: Wasserstoffproduktion
- (5) Ergänzend: Abbau von Mikroschadstoffen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

- **Reaktionstechnik** (Umsatzrate, Konversionseffizienz, etc.)
- **Verfahrenstechnik** (Strömung, Stofftransport, Biofilmstruktur, etc.)
- **Materialtechnik** (Elektroden, Katalysator, Membranen, etc.)
- **Konstruktionstechnik** (Elektrodendesign, Stackaufbau, etc.)
- **Elektrotechnik** (Zellenverschaltung, Spannungswandlung, Stromspeicherung etc.)
- **Regelungstechnik** (Rückkopplungseffekte und Leistungsunterschiede von Einzelzellen, etc.)
- **Abwassertechnik** (Integrationsmöglichkeiten auf Kläranlage, Nutzungspotenzial, Rückkopplungseffekte, Jahres-, Tagesschwankungen von Abwassertemperatur und -zusammensetzung, etc.)



- Verstopfungs-/Verblockungsrisiko minimieren – **Robustes Festbettbiofilm-Konzept anwenden**
- Leicht abbaubare Abwasserinhaltsstoffe verwerten – **Teilabbau gelöster Stoffe (Rohabwasser/Prozesswasser)**
- Betrieblichen Einfluss auf KA minimieren – **Bypass Betrieb**
- Große Elektrodenoberflächen erforderlich – **hohe Packungsdichten und preiswerte Materialien nutzen**

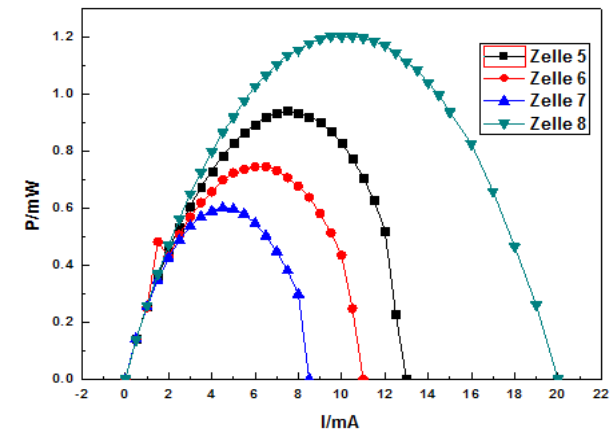
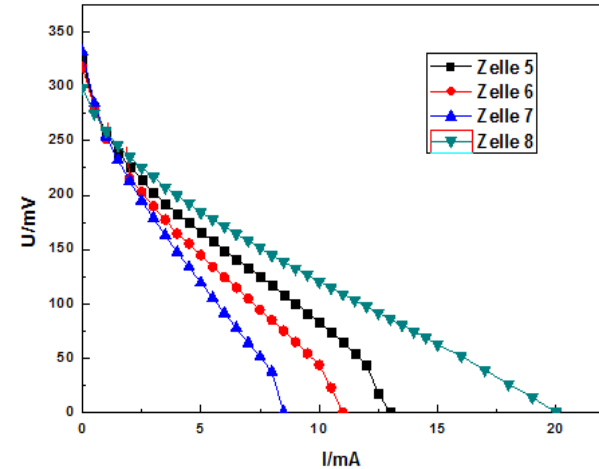


Anforderungen

- Leistungsmaximum für jede Zelle
- Stabiler Betrieb

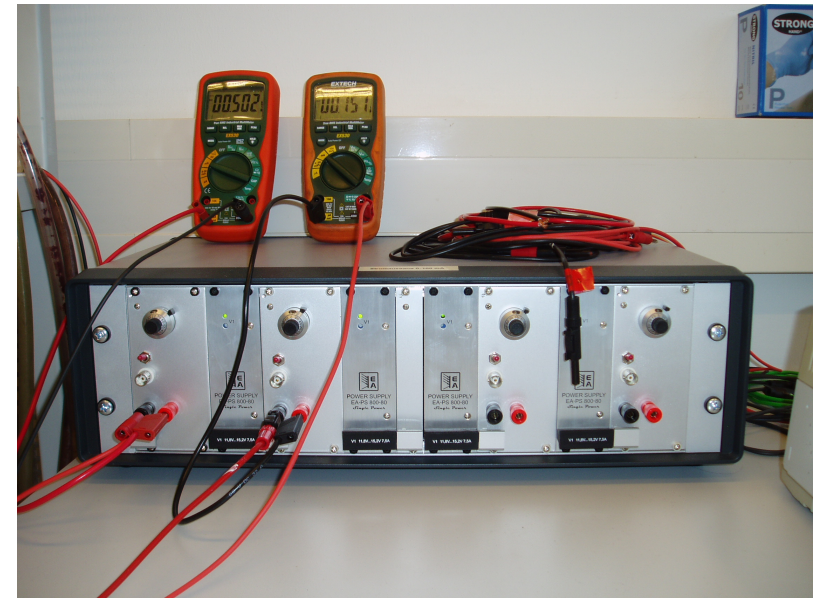
Zwischenergebnisse

- Unterschiedliches Leistungsverhalten bau- und betriebsgleicher Zellen
- Negative Rückkopplungseffekte bei Parallel- und Reihenschaltung, d.h. Steuerung von mehreren Zellen bzw. eines Stacks nicht optimal, da leistungsschwächste Zelle die Gesamtleistung eines Stacks vorgibt



Entwickelte Lösungen / Ansätze

- Konstant-Stromquelle für rechnergestützte elektronische Regelung
- Zweistufige Regelungsstrategie: Spannungs-/Leistungsregelung für jede (!) Einzelzelle
- Aktuell: Keine Rückkopplungseffekte, jede Zelle im Leistungsmaximum, stabiler Zellenbetrieb, vergleichbare Ergebnisse von gleichen Zellen

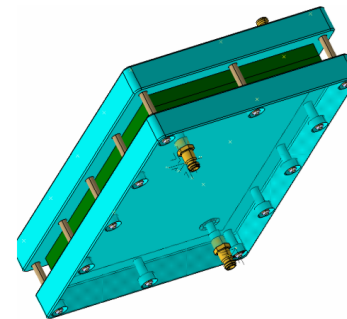
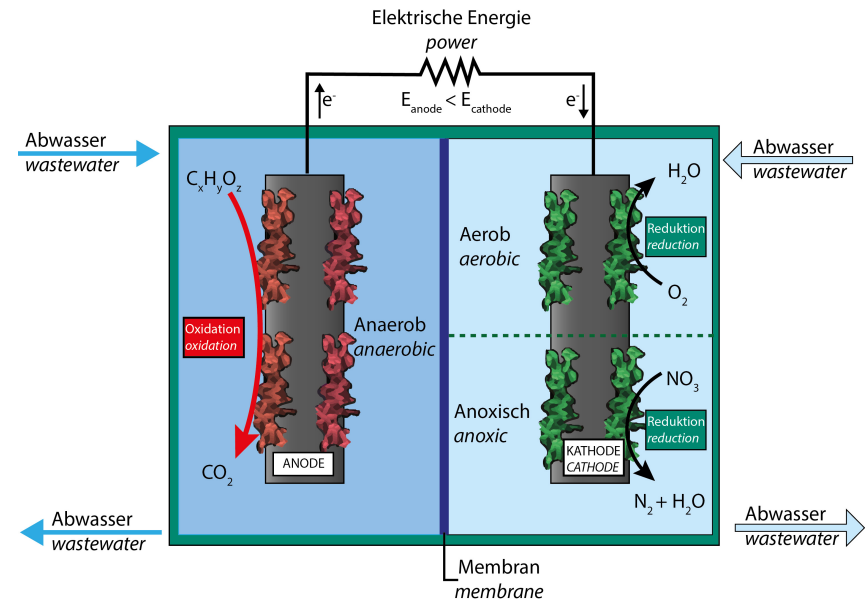


Anforderungen

- Hohe Konversionseffizienz
- Niedriger Eigenenergiebedarf

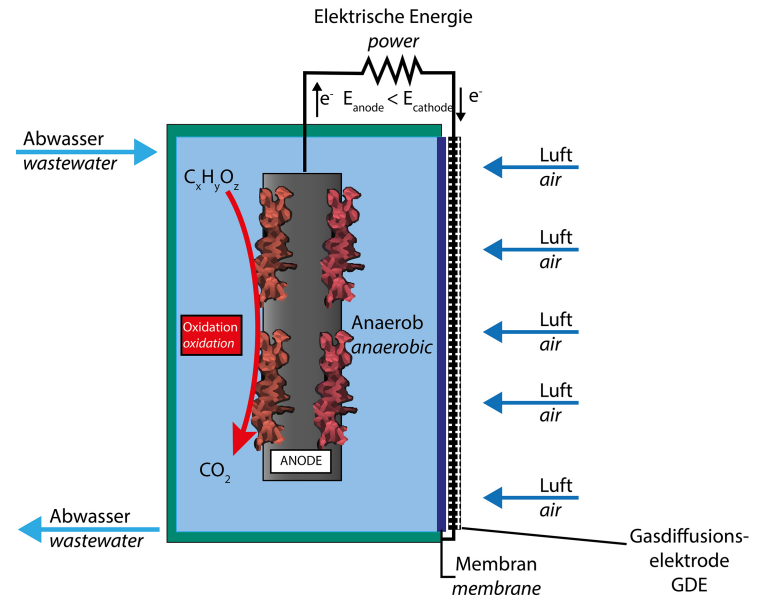
Zwischenergebnisse

- Flüssigphasenkathode hat nach derzeitigem Kenntnisstand limitierte Leistung (ca. 80-200 mW/m²)
- Leistung bei Denitrifikation auf Kathodenseite noch kleiner (ca. 50%)
- Energie für Durchfluss (Pumpe) ist wichtiges Kriterium für Reaktorkonzeptentwicklung



Weiterentwicklung / Ansätze

- Neue Testzellen mit Luftkathodenkonzept
- Entwicklung von Gasdiffusionselektroden
- Materialvergleichstests mit/ohne Katalysator (Platin ...)
- Aktuelle Zwischenergebnisse:
 - Höhere Leistung mit Luftkathode (30-50%) gegenüber Flüssigkathode
 - Weitere 100 % höhere Leistung mit Platin beschichteter Luftkathode
 - Vorplanung für Pilotanlage mit Luftkathodenkonzept zeigt Praxisvorteile bei Integration und Betrieb auf Kläranlagen



Anforderungen

- Spannungswandlung mit hohem Wirkungsgrad
- Wandler für Eingangsspannung 50 – 500 mV, niedrige Leistung im Bereich mW mit hohem Wirkungsgrad zwischenspeichern

Zwischenergebnisse

- Aus Recherche:

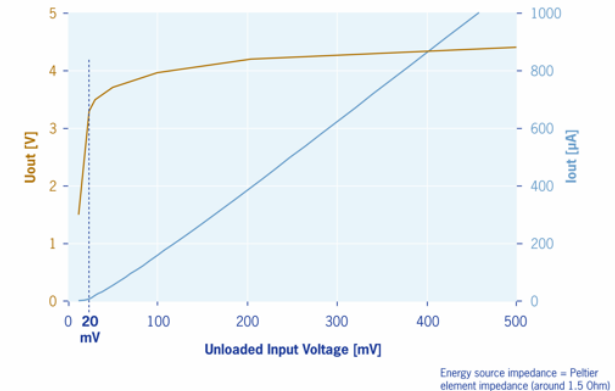
Kommerzielle Lösungen:

- Bieten eine zu geringe Leistung oder
- bei der genannten Leistung einen zu kleinen Wirkungsgrad (ca. 20-30%).
- Erfordern eine höhere Leistung bei akzeptablem Wirkungsgrad.

Spezielle Biobrennstoffzellen Konzepte aus Wissenschaft enthalten einen zu hohen Eigenstromverbrauch

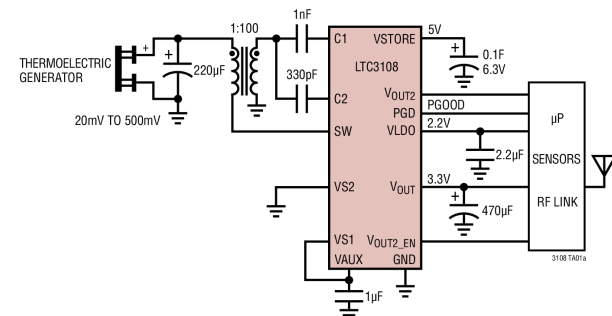
- Eigenentwicklung notwendig

Output of ECT310 versus Input



Enocean (<https://www.enocean.com/en/home/>)

Wireless Remote Sensor Application Powered From a Peltier Cell



Linear Technology (<http://www.linear.com/product/LTC3108>)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



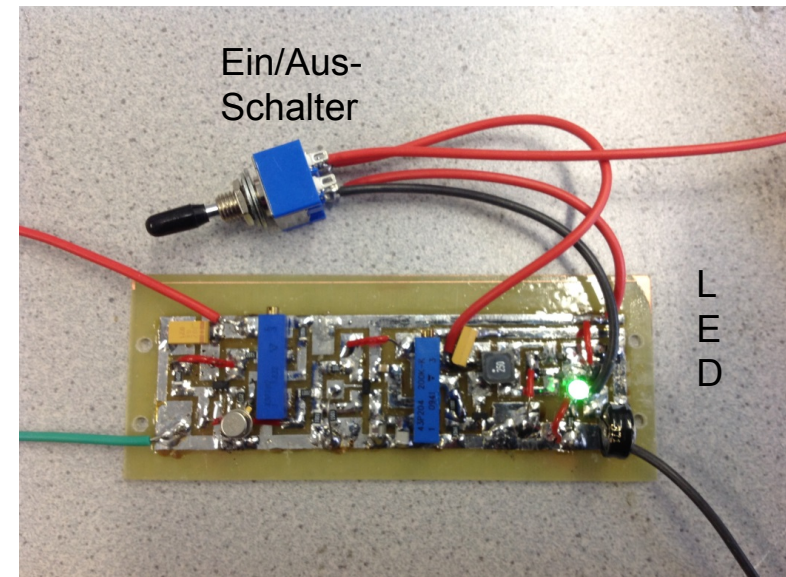
NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



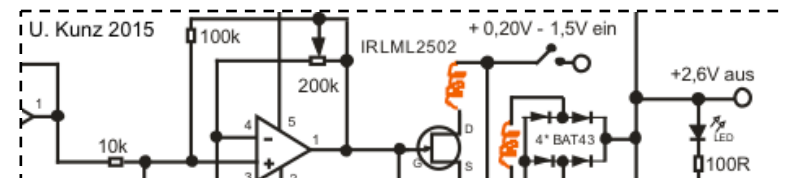
ERWAS

Entwickelte Lösungen / Ansätze

- Erster Prototyp eines Spannungswandlers entwickelt
- Sicheres Anschwingen auch bei kleinen Eingangsspannungen von 60mV
- Ausgangsspannung konstant 2,15 oder 2,53 V
- Verbesserungspotenzial mit weiteren Prototypen umsetzen. Ziel: Wirkungsgrad 90 %
- Danach kommerzielle (nahezu verlustfreie) weitere Wandlungen auf höhere Spannungen nutzen



(U. Kunz)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

2. QT – Biobrennstoffzelle
07.09.2015 - Karlsruhe

Herausforderungen und erste Erkenntnisse zur Praxiseinführung von Bio-Brennstoffzellen auf kommunalen Kläranlagen

Michael Sievers

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

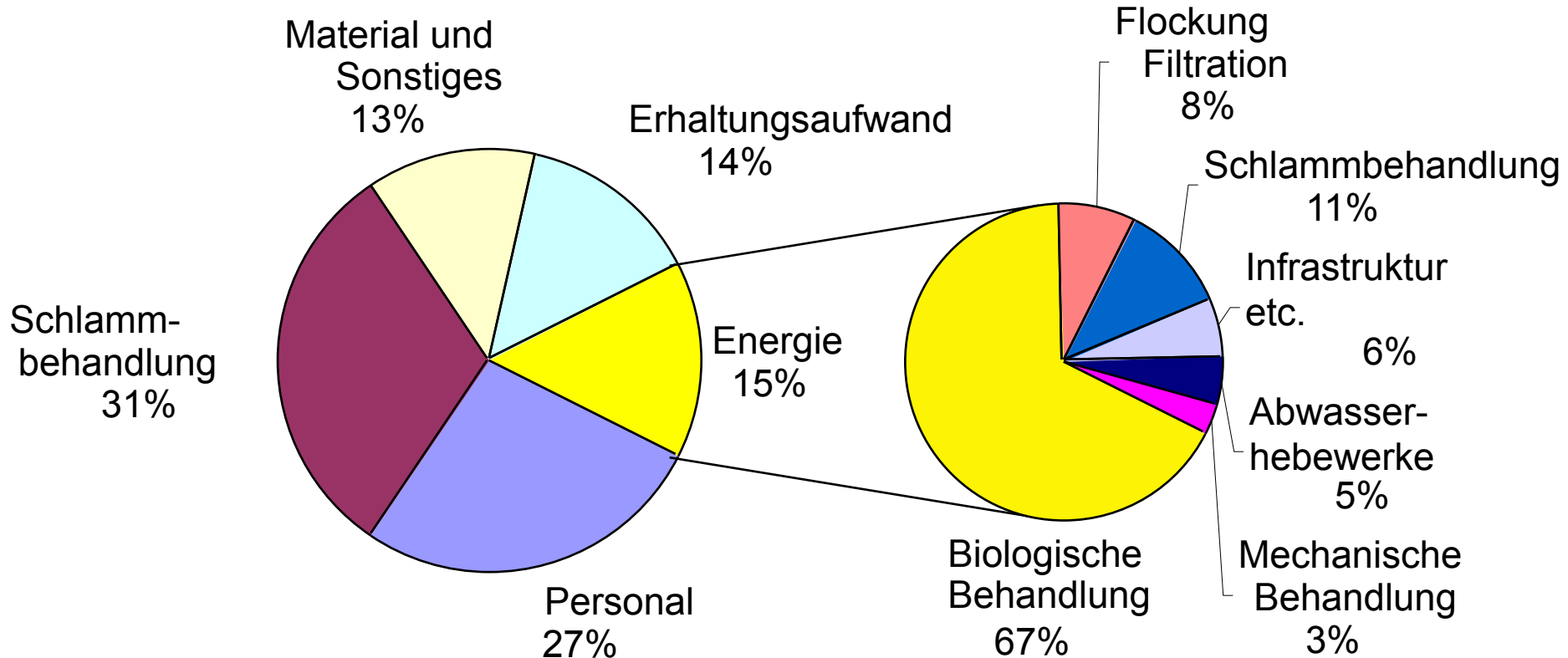
- Zusammenfassung relevanter Daten kommunaler KA
- Zusammenfassung relevanter Merkmale von Biobrennstoffzellen
- Sinnvolle Integrationsmöglichkeiten auf kommunalen KA
- Kostenbetrachtungen





Gesamtbetrieb

Energie



Quelle: MURL NRW, 1999

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



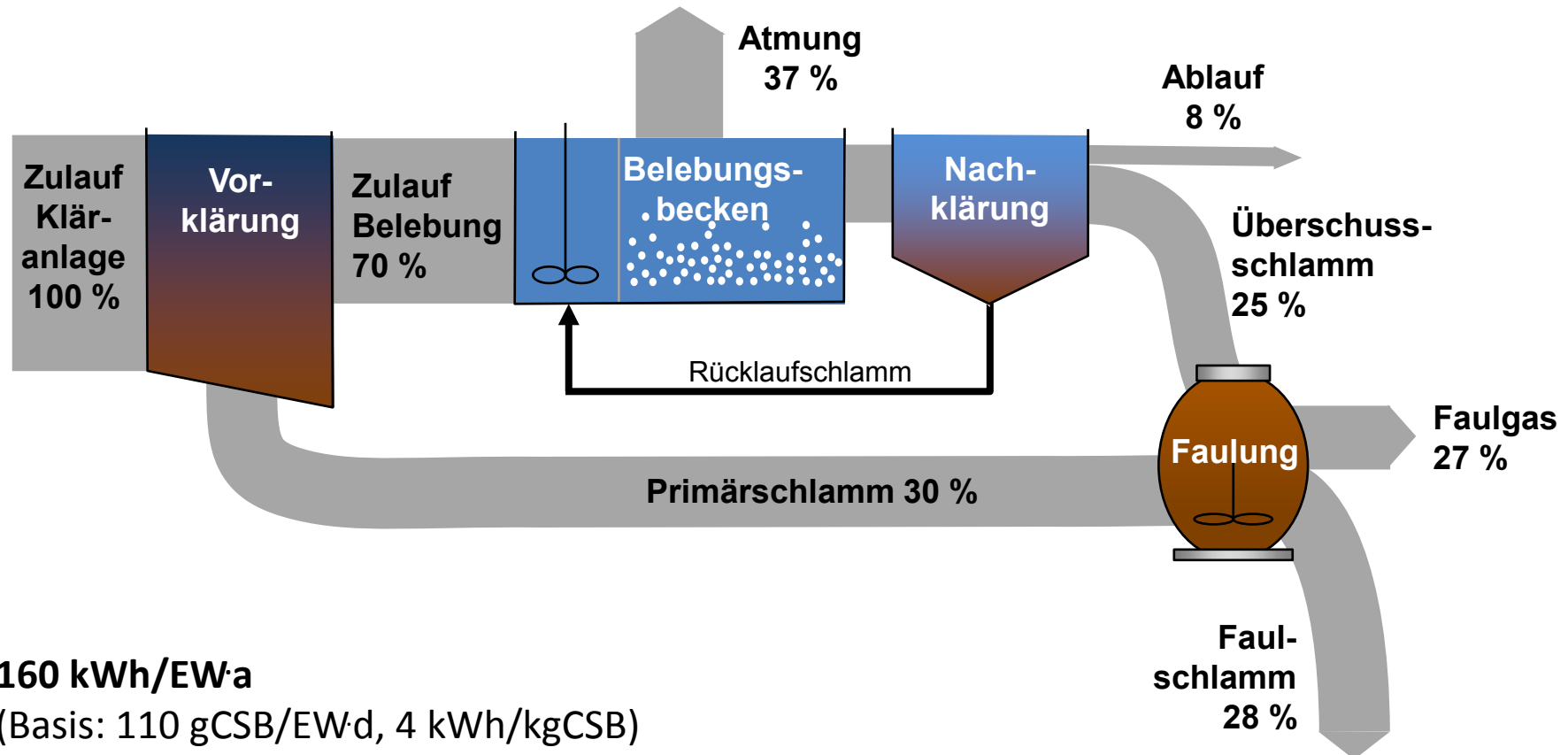
FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

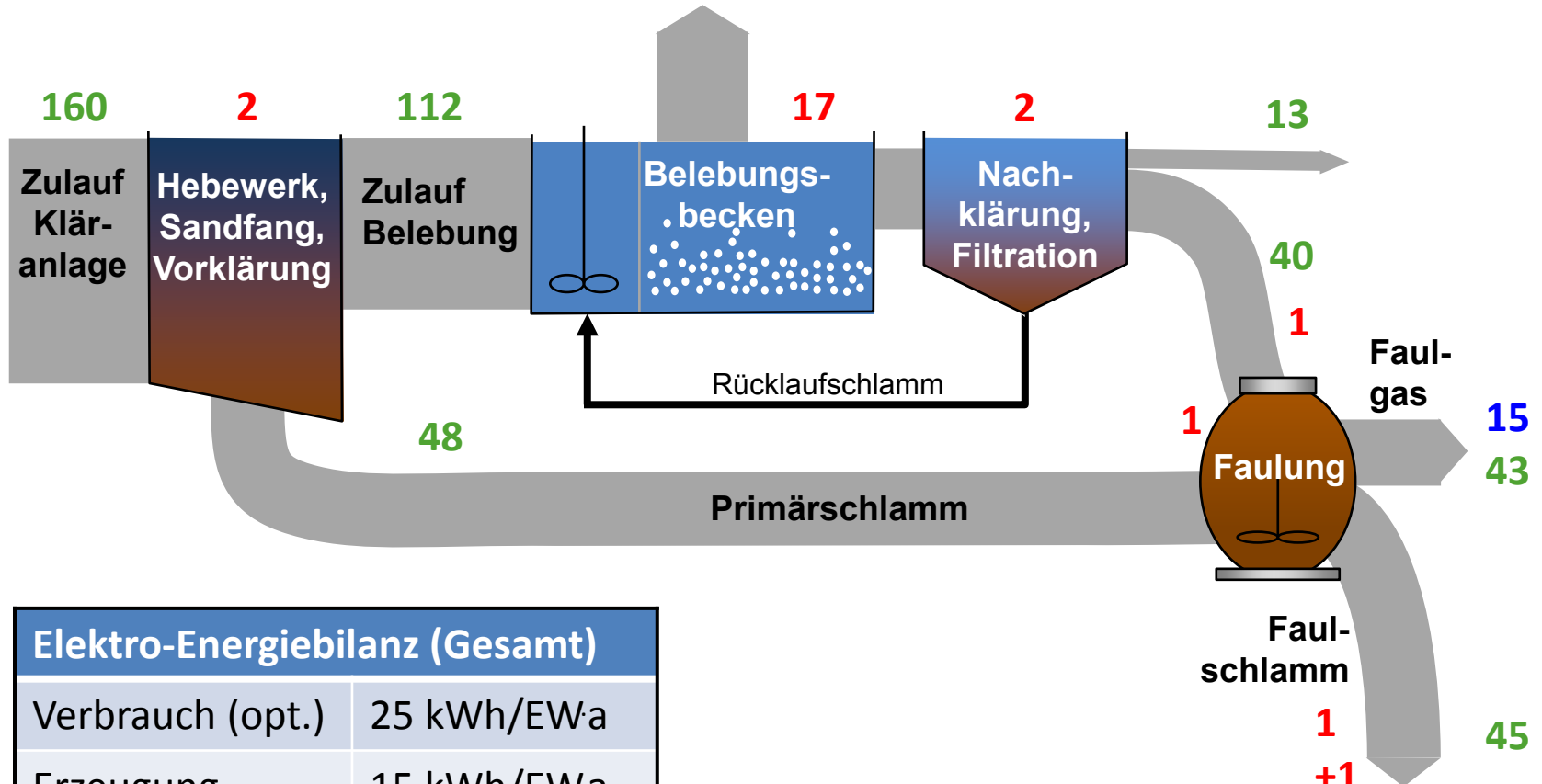


Alle Werte in kWh/EW·a

Rot – Verbrauch (elektrisch)

Grün – Energieinhalt (chemisch)

Blau – Erzeugung (elektrisch)



Elektro-Energiebilanz (Gesamt)

Verbrauch (opt.)	25 kWh/EW·a
Erzeugung	15 kWh/EW·a

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



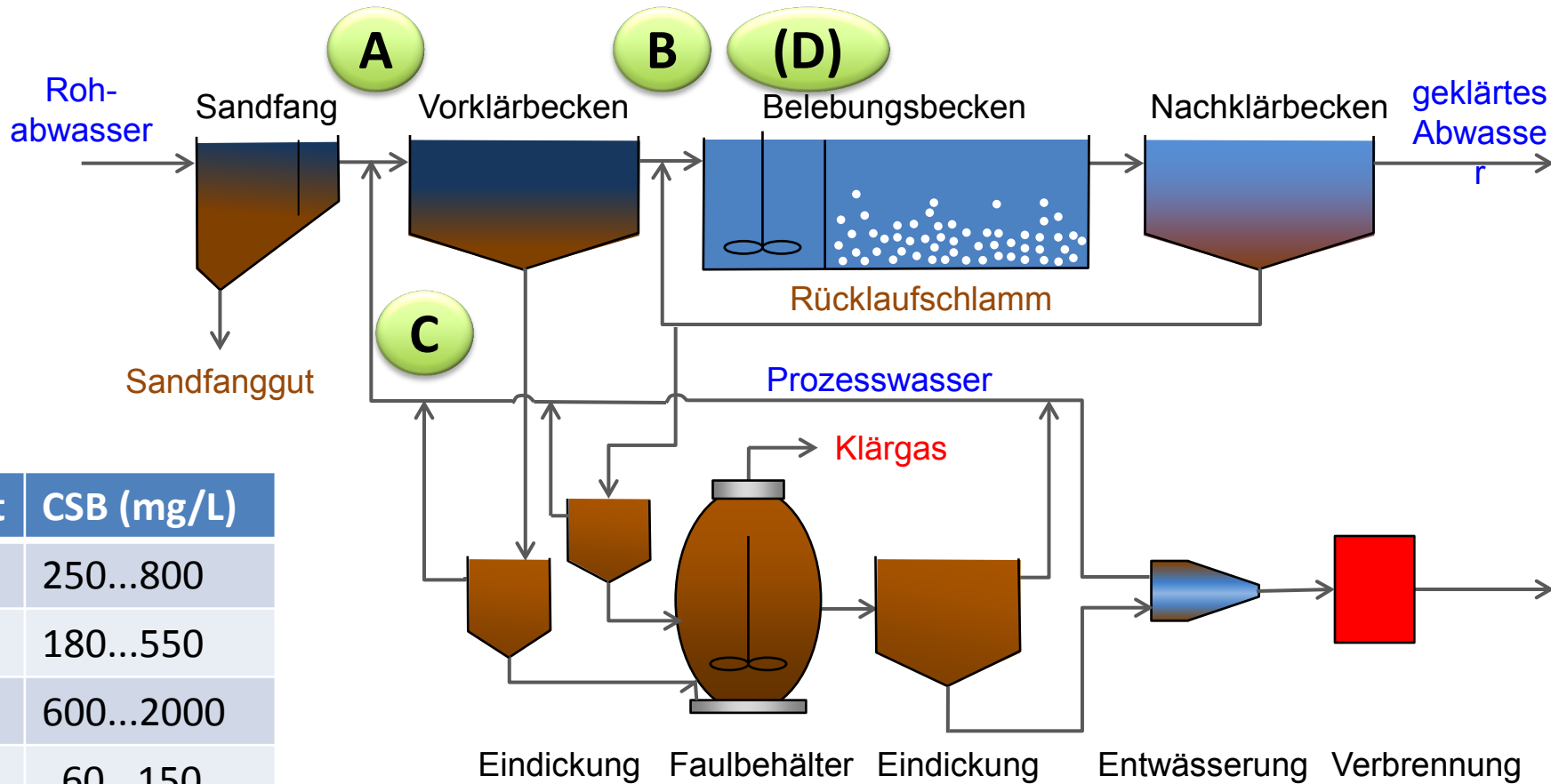
NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

- Biofilmverfahren (Festbettsystem)
- Verwertung biologisch leicht abbaubarer Stoffe effizienter
- Kleine Leistungsdichte im Vergleich zur chemischen Brennstoffzelle (Faktor 1000 plus kleiner)
- Große Elektrodenoberflächen erforderlich
- Hohe Packungsdichte vs. Verstopfungsrisiko (Feststoffverträglichkeit?)





Gesamtkosten = Investitionskosten + laufende Kosten

■ Investitionskosten

Hauptkostenträger (Maschinen und Apparate, Rohrleitungen, Elektrik, Energieversorgung, elektronische Einrichtungen, Elektromotoren, Kabel/Leitungen, Bauarbeiten, Fundamente, Gebäude, Sicherheitstechnik, Montage, etc.)

■ Laufende Kosten

Kapitalkosten, Wartung und Reparatur, Versicherung, Elektroden-/Membranersatzkosten, Personalkosten, Chemikalien und Hilfsstoffe, **Energie**



Analog zu Membrantechnik (s. z.B. Goedicke, Fluidverfahrenstechnik), da als Hauptkostenfaktor die Elektroden inkl. Verkabelung und Wandlung angenommen werden können:

$$K_{\text{invest}} = K_{\text{fix}} + K_{\text{elektroden}} = K_{\text{fix}} + k_{\text{elektrode}} \cdot A_{\text{elektroden}}$$

■ Abgeschätzt: $K_{\text{elektroden}}/K_{\text{invest}} = 0,5 \dots 0,8$

$$K_{\text{invest}} = 2 \cdot K_{\text{elektroden}} \quad (\text{angenommen})$$

- $K_j = r \cdot K_{\text{invest}}$ (jährliche Kapitalkosten)

- $r = q^n \cdot (q - 1) / q^n - 1$

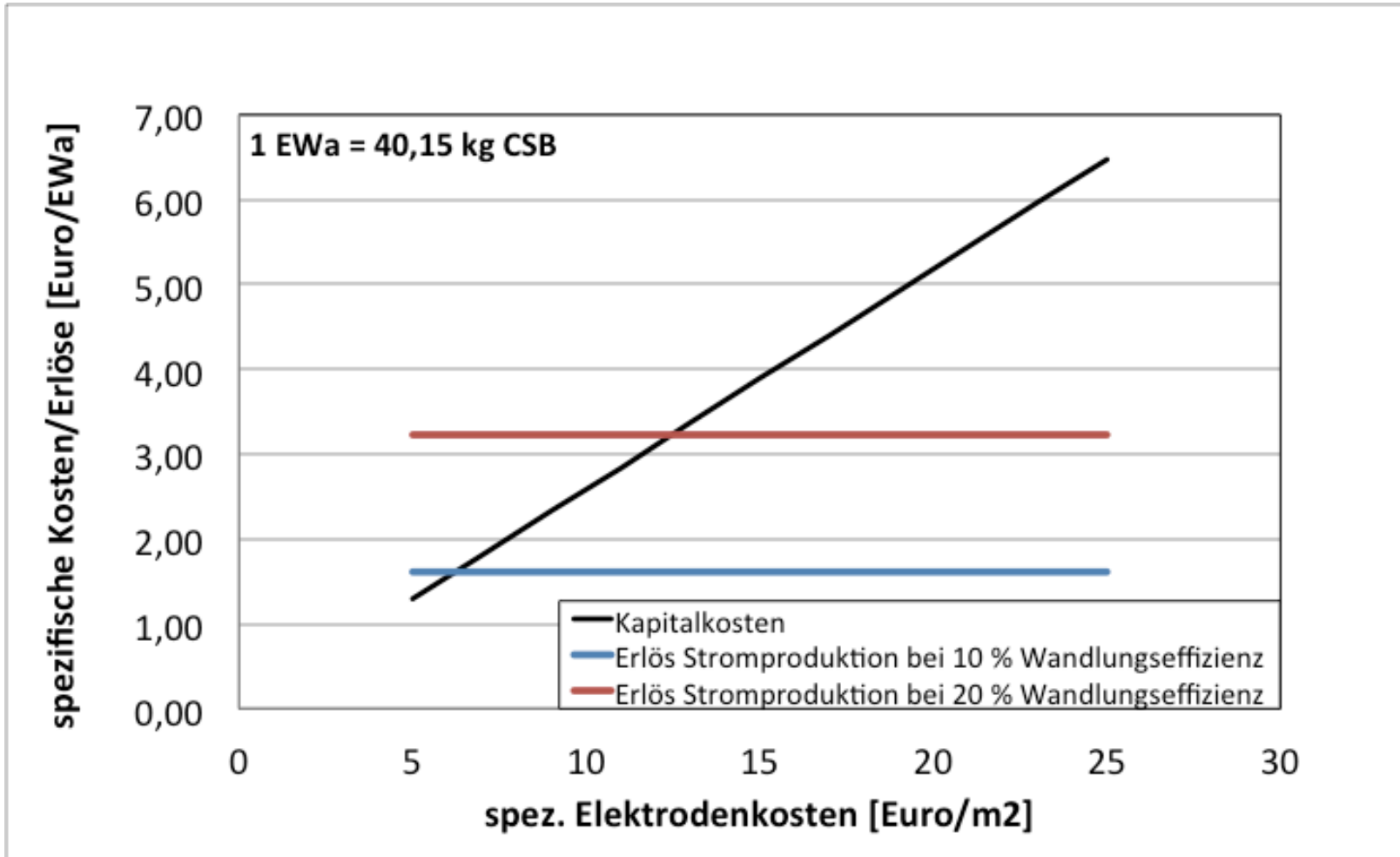
mit $q = 1+z$ (z-Zinssatz, n-Abschreibungszeitraum)



Abschätzung der jährlichen Kapitalkosten

CUTEC

Basis: 1 m² pro EW - Effizienz: Chemische Energie BSB in Strom



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS



Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

GEFÖRDEBT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF



NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS