



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna | Austria



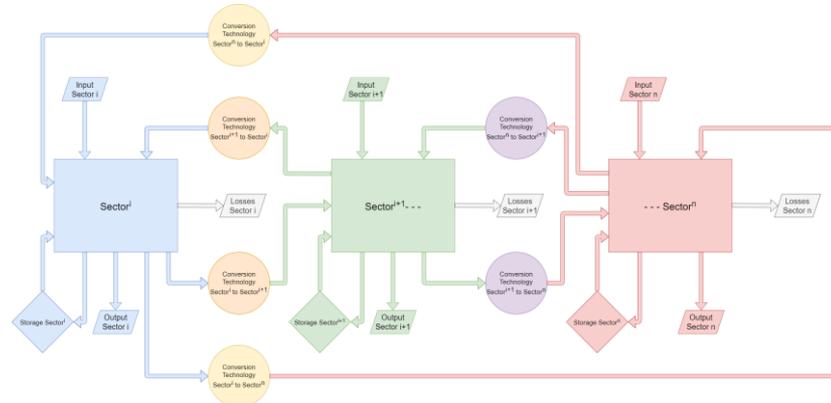
# POTENTIAL OF WASTE AND WATER TREATMENT ENERGY RECOVERY IN SECTOR COUPLING

EnInnov Graz 2022  
16.02.2022

Matthias Maldet  
TU Wien

- Einführung und Motivation
  - Ressourcennutzung
  - Energierückgewinnung
- Anwendung
  - Set-Up
  - Methodik
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

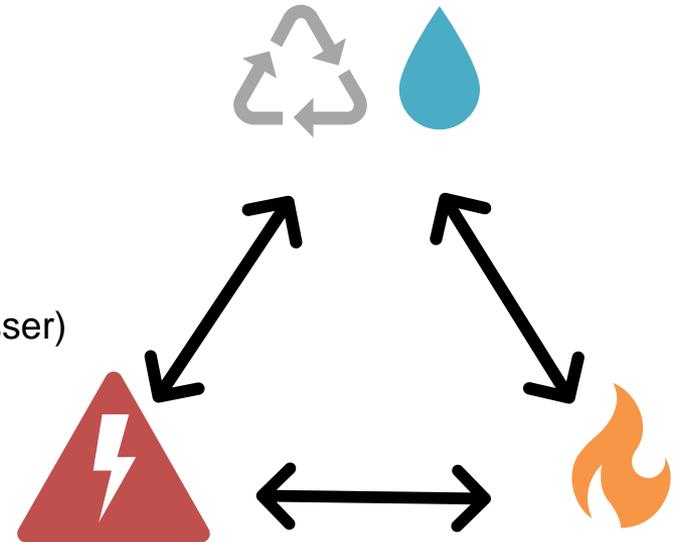
- Erreichen der Klimaneutralität bis 2050
- Reduktion von Emissionen in Sektoren, in denen Dekarbonisierung schwerer ist
- Reduktion des Energieverbrauchs und der Verluste
  - → effizientere Nutzung von Technologien und Ressourcen notwendig
  - → Nutzung von Energierückgewinnungspotenzialen
  - → Mengenabhängige Entsorgungskosten
- Ganzheitliche Planung des Energiesystems



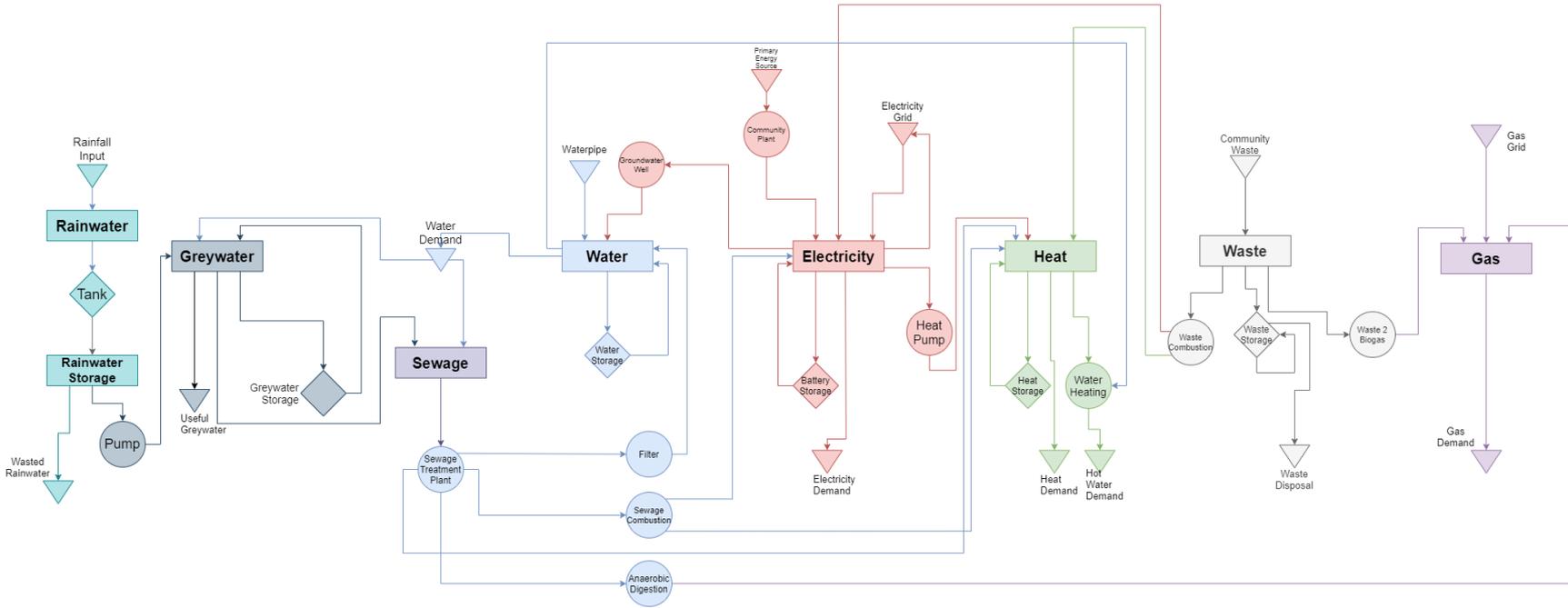
- Technologieeinsatz benötigt Ressourcen
- Energierückgewinnung aus Ressourcenbehandlung
  - Abfall und Abwasserbehandlung mit hohem Potenzial
- Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen<sup>1</sup>
  - Ziel 6: Sicherstellung der Wasserverfügbarkeit und einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung
  - Ziel 7: Sicherstellung des Zugangs zu leistbarer und nachhaltiger Energie
  - Ziel 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster
- Energie ist wichtig und wertvoll...
- ... aber dasselbe gilt für Ressourcen

<sup>1</sup> <https://sdgs.un.org/goals>

- Energierückgewinnung aus Abfall, Abwasser und Klärschlamm
- Abfall
  - Müllverbrennung: Strom und Wärme
  - Gärung: Biogas
  - Fermentierung: Wasserstoff
- Abwasser
  - Wiederherstellung: Trinkwasser
  - Abwasserbehandlung: Klärschlamm und Abwärme
  - Greywater: Nutzung Anteil Abwasser (+ Regenwasser)
- Klärschlamm
  - Verbrennung: Strom und Wärme
  - Gärung: Biogas
  - Mikrobielle Brennstoffzelle: Strom



- Siedlung mit 50 Haushalten
- Vorgegebene Verbrauchs- und Erzeugungsprofile
- Aggregation der Daten
  - Erzeugung, Verbrauch, Technologiedaten
- Strom, Wärme, Gas, Abfall und Wasser
- Untersuchung Energierückgewinnung aus Abfall und Wasser
- Einfluss von Greywater und Regenwasser
- Ermittlung Einsatz vorhandener Technologien
- **Dispatch Optimierungsmodell!**



- Lineares Optimierungsproblem
- Dispatch Energie- Massen und Volumsflüsse zwischen Sektoren
- Minimierung der Kosten
  - Prozesskosten für Umwandlungstechnologien (O&M costs)
  - Kosten für extern bezogene Energie und Ressourcen

$$\min C^{total} = \min( \sum_{processes} C^{process} + \sum_{sources} C^{external} )$$

- Technologie Limits

$$\frac{x_t^{\text{technology}}}{\Delta t} \leq \frac{dX^{\text{max,technology}}}{dt}$$

- Umwandlungsfaktoren

$$x_t^{\text{out,technology}} = \eta^{\text{conversion}} \cdot x_t^{\text{in,technology}}$$

- Verlustfaktoren

$$x_t^{\text{loss}} = \text{factor}^{\text{loss}} \cdot x_t^{\text{in}}$$

- Energieerhaltung

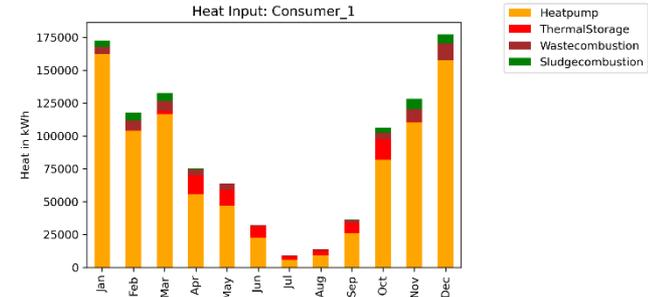
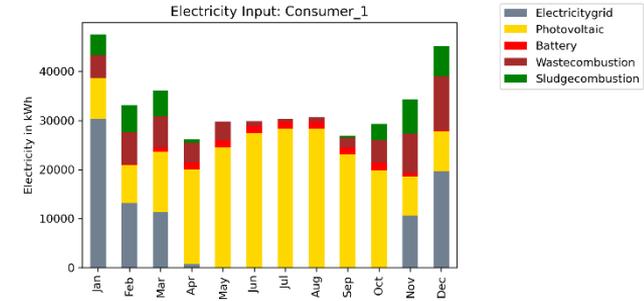
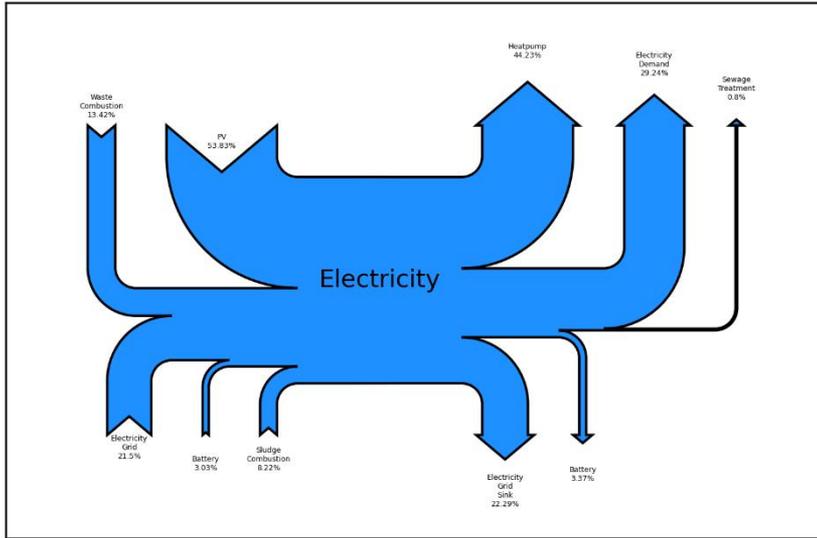
$$\sum_{i=1}^n x_t^{\text{input},i} + \sum_{k=1}^l x_t^{\text{usefulLoss,sector},k,\text{sector}1} = \sum_{j=1}^m x_t^{\text{output},j} + \sum_{k=1}^i x_t^{\text{usefulLoss,sector},\text{sector}1,k} + x_t^{\text{loss}}$$

- Speicher mit Speichergleichung und Entleerungszeitpunkten

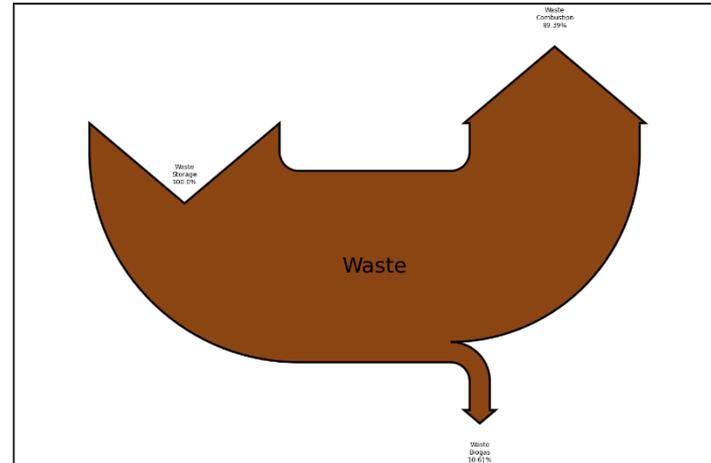
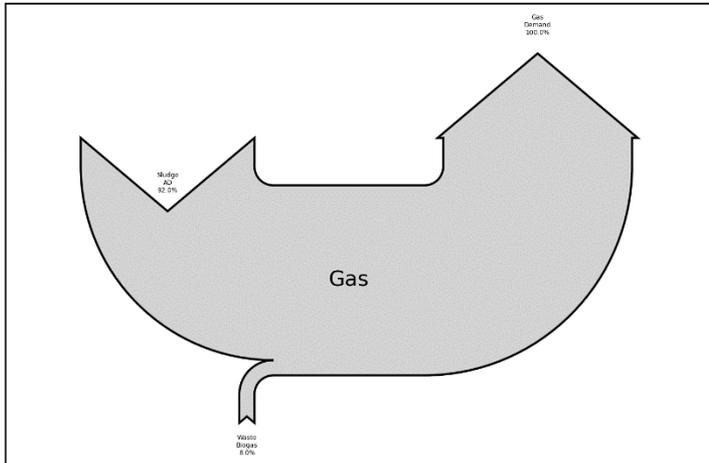
$$SOC_t = SOC_{t-1} + \eta^{\text{in}} \cdot x_t^{\text{in}} - \frac{x_t^{\text{out}}}{\eta^{\text{out}}}$$

$$SOC_t = 0 \forall t \in n \cdot T^{\text{emptying}}$$

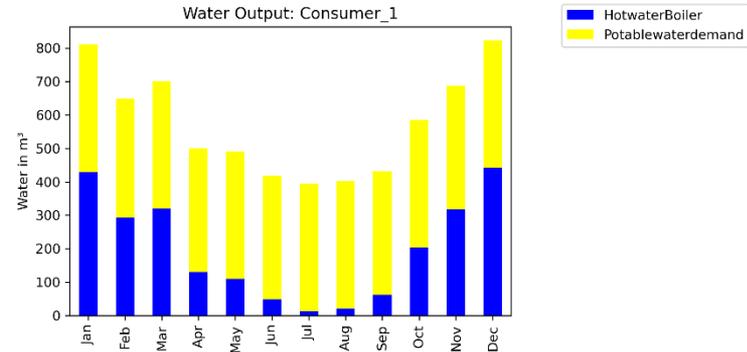
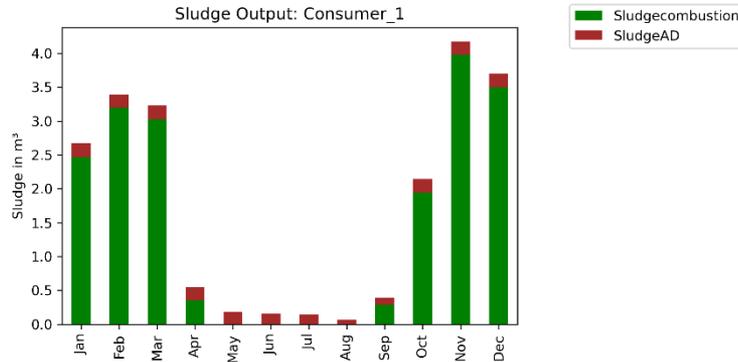
- Abfallverbrennung und Klärschlammverbrennung mit signifikanten Beiträgen
  - Strom 13,4% bzw. 8,2%
  - Wärme 5,7% bzw. 3,5%



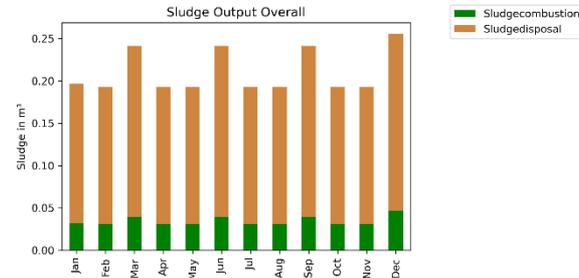
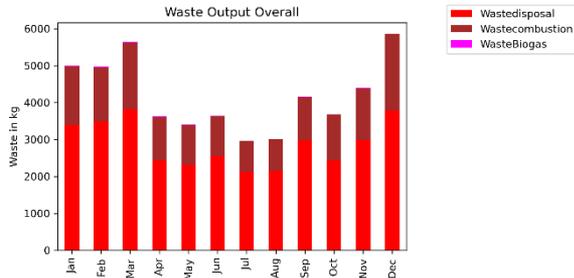
- Gas zu 100% aus Gärung von Abfall und Klärschlamm gedeckt
  - Nur 10% der Haushalte mit Gasanschluss → dadurch kann Bedarf gedeckt werden
- Kein Müll ohne Energierückgewinnung entsorgt
  - 92% verbrannt, 8% vergärt
  - Masseabhängige Entsorgungskosten als Anreiz zur Energierückgewinnung



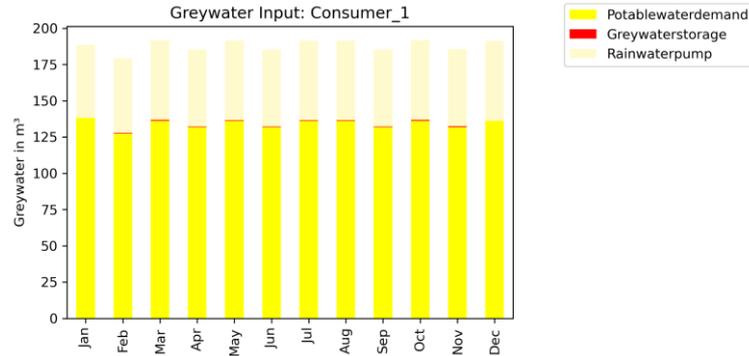
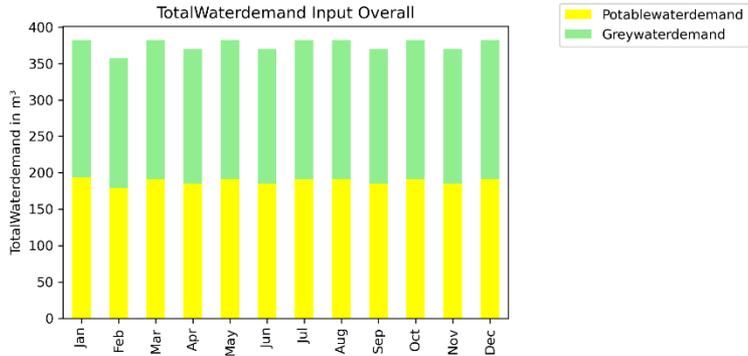
- Klärschlamm im Sommer vergärt und im Winter vergärt und verbrannt
  - 90% verbrannt, 10% vergärt
  - Gesamter Klärschlamm verwertbar
- Wasser notwendig für Nachfrage und Boiler
- Greywater durch Energierückgewinnung in Abwasserbehandlung ohne Einfluss



- Fehlende Lagermöglichkeit Abfall und Klärschlamm → Verwertung nach einer Woche
- 68% Abfall, 84% Klärschlamm ohne Energierückgewinnung entsorgt
- Strom Netzbezug verdoppelt durch fehlende Energierückgewinnung
- Erhöhter Wärmepumpeneinsatz notwendig
- Gas zu 99% aus Netz bezogen
- → Lagermöglichkeit zur Energierückgewinnung, wenn Energie benötigt
- → Zeitlicher Aspekt



- Bis zu 50% Wasserbedarf durch Greywater → alles genutzt
- Maximum an Regenwasser verwertet
- Umsetzung in Siedlung zur Wassereinsparung
  - Siedlung: einfacher umsetzbar als Energierückgewinnungs-Technologien
  - Potenzial abhängig von betrachteter Set-Up Dimension



- **Zusammenfassung**
- Hohes Potenzial an Energierückgewinnung aus Abfall und Abwasserbehandlung
- Greywater Nutzung zur Wassereinsparung
  - Auf Siedlungslevel als einfachere Umsetzung
- Effiziente Ressourcennutzung auch auf Siedlungslevel relevant
  
- **Ausblick**
- Größere Dimensionen bei Energierückgewinnung betrachten
  - Energieplanung und Ressourcenplanung einer Stadt
- Betrachtung einzelner Akteure und Lokalität der Technologien
- Geschäftsmodelle für dezentrale Ressourcennutzung und Einsparung

- Die Arbeit wurde im Rahmen des “Hybrid Local Sustainable Communities” Projekt durchgeführt und wird mit den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und wird im Rahmen der RTI-Initiative “Vorzeigeregion Energie” in Green Energie Lab implementiert.
- <https://greenenergylab.at/projects/hybrid-lsc/>





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna | Austria



# Matthias Maldet

Technische Universität Wien  
Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe  
Energy Economics Group - EEG

Gußhausstraße 25-29 / E370-3  
1040 Wien, Österreich

(T) +43 1 58801 370 365

(E) [maldet@eeg.tuwien.ac.at](mailto:maldet@eeg.tuwien.ac.at)

(W) [www.eeg.tuwien.ac.at](http://www.eeg.tuwien.ac.at)