



Kommunale Abwasserreinigungsanlagen mit optionaler thermischer Klärschlammverwertung als Flexibilitätsdienstleister in elektrischen Netzen

Kerstin Pfleger-Schopf

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Parkstraße 31, 8700 Leoben

 0043 3842/4025-409

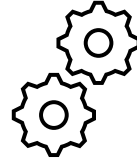
 Kerstin.Pfleger-Schopf@unileoben.ac.at

 www.evt-unileoben.at

Agenda



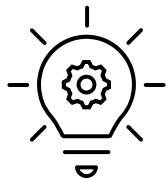
1. Motivation



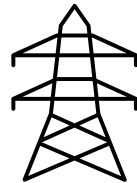
2. Stand der Technik:
Aufbau kARAs



3. Stand der Forschung:
kARAs als Flexibilitätsdienstleister



4. OPTIEVLEX



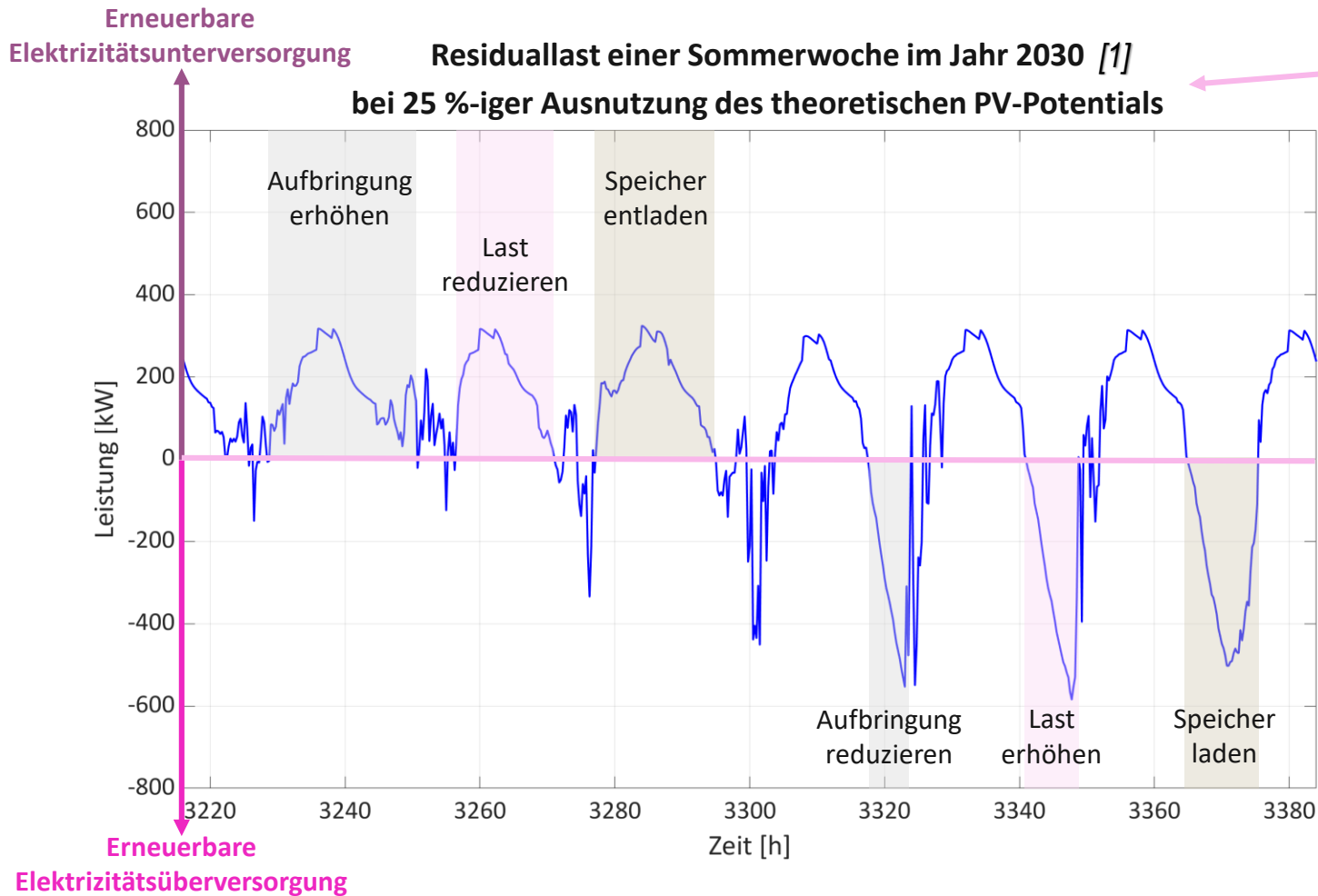
5. Netzdienliche
Flexibilitätsanalyse



6. Zusammenfassung

Herausforderung für die Elektrizitätsversorgung

Integration erneuerbarer Elektrizitätsquellen



Stadtgebiet
900 durchschnittliche 3-Personen-Haushalte
(Jahresverbrauch = 2.600 kWh_{el}/Jahr) [2]

$$P_R(t) = P_{Last}(t) - P_{VEE}(t) [3]$$

→ Flexibilitätsdienstleister bieten Flexibilitätsoptionen zum Angleich von Bedarf und Aufbringung

Einspeisemanagement

Lastmanagement

Speichermanagement

Herausforderung für die Elektrizitätsversorgung

Flexibilitätsdienstleister als Teil des Lösungskonzeptes

Flexibilitätsdienstleister

Einsatz der Flexibilitätsoptionen im Netz [4]

zur Frequenzhaltung im Übertragungsnetz

zur Spannungshaltung im Verteilernetz

Systemdienlicher Einsatz
„Regelenergiemarkt“

Netzdienlicher Einsatz
„Lokale Netzdienstleistungen“

z.B. Bereitstellung von Sekundär- und Tertiärregelleistung

z.B. Bereitstellung von Flexibilität in Erneuerbaren Energiegemeinschaften

Stand der Technik

Definition und Branchenbild

■ Kommunale ARA (kARA)...

... Einrichtung zur Behandlung von kommunalem Abwasser gemäß kommunaler Abwasserrichtlinie 91/172/EW

... = „häusliches Abwasser oder ein Gemisch aus häuslichem und industriellem Abwasser und/oder Niederschlagswasser“ [5]

EW ... Maß für Ausbaupazität

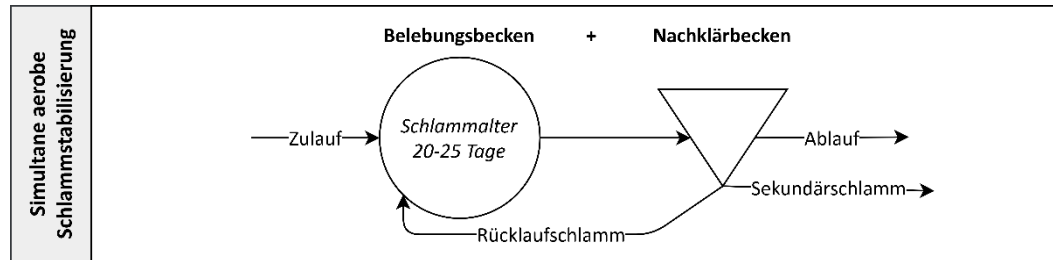
$$EW = \text{Einwohnerzahl} + \frac{B_{a,CSB,dM,gewerblich}}{B_{a,CSB,E}}$$

■ Branchenbild kommunaler Abwasserbehandlung...

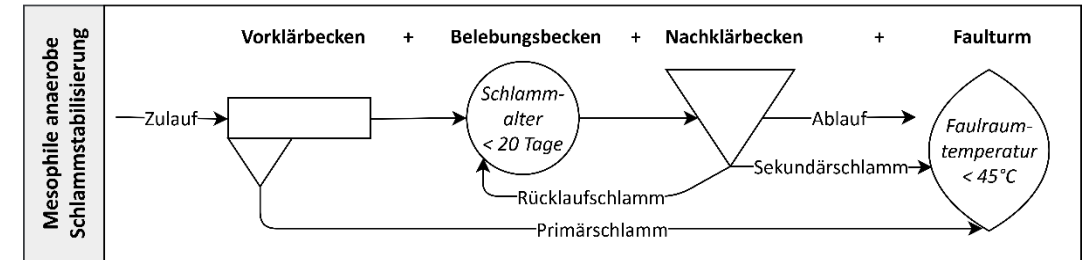
... in Ö 92 % der kARAs > 500 EW mit Belebtschlammverfahren ausgestattet → in 70 % einstufig [6]

... 2 vorherrschende Schlammstabilisierungsverfahren [7]

1.



2.



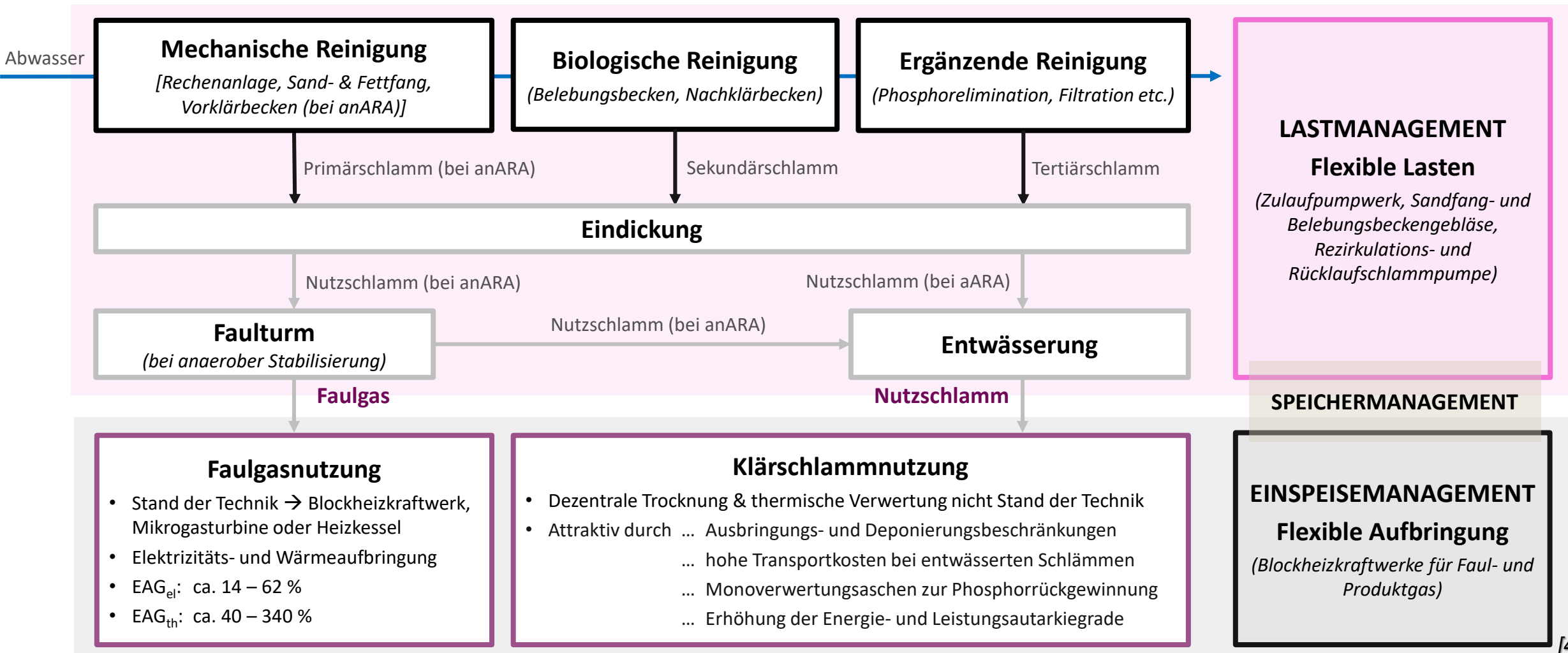
... Branchenbild auf deutschsprachigen Raum (CH, D) übertragbar [7],[8]

→ Belebungsanlagen mit simultaner aerober und mesophiler anaerober Schlammstabilisierung im Fokus

anARA ... Belebungsanlage mit anaerober Stabilisierung
 aARA ... Belebungsanlage mit aerober Stabilisierung
 EAG ... Energieautarkiegrad

kARA als Flexibilitätsdienstleister

Aufbau und flexible Aggregate



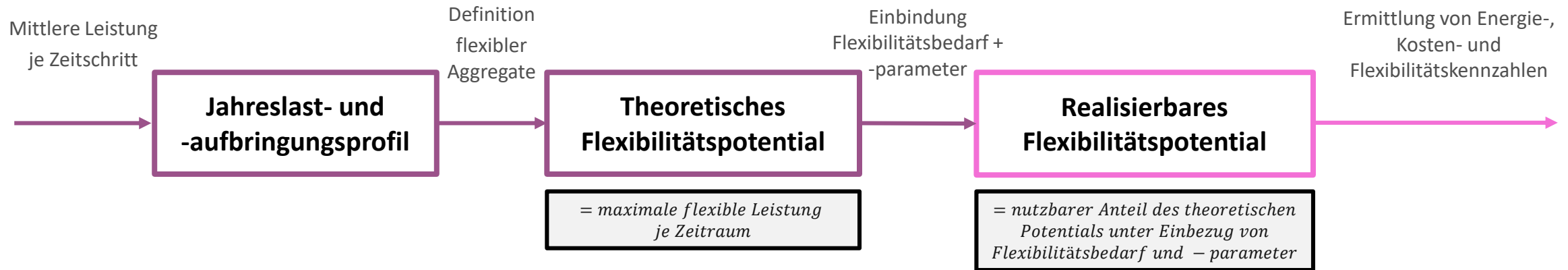
Netz- und systemdienliche Flexibilitätsanalysen

Zeitlich aufgelöst (Jahr in Zeitschritten)

OPTIEVLEX



ZIEL: Szenario-Analyse zur Ermittlung des realisierbaren Flexibilitätspotentials



Monetäre Bewertung

OPTIEVLEX



Kosten der Flexibilitätsmaßnahmen
 Investitionsausgaben und fixe Betriebskosten
 (z.B. IKT, Speicher)
 + variablen Betriebskosten
 (z.B. Strom und Wärme)



Erlöse der Flexibilitätsmaßnahmen
 Netzdienliche Vermarktung der Flexibilität
 innerhalb der rEEG

Strompreis/Einspeisetarif	Einheit	Wert	Quelle
Strompreis „öffentliche Versorgung“ – Zelle 1 („Quartier“)	CentkWh ⁻¹	22,83	[5]
Strompreis „öffentliche Versorgung“ – Zelle 2 („kommunale ARA“)	CentkWh ⁻¹	11,93	[5]
Strompreis rEEG	CentkWh ⁻¹	17,47	[6]
Einspeisetarif „öffentliche Versorgung“	CentkWh ⁻¹	3,91	[7]
Einspeisetarif rEEG	CentkWh ⁻¹	17,47	[6]

Marktpreis für Haushalte und Nicht-Haushalte je nach Jahresstromverbrauch

Marktüblicher Einspeisetarif

Strompreises für Haushalte
 – 30% des Netzentgeltes
 – Erneuerbarer-Förderbeitrag
 – Elektrizitätsabgabe für PV-Strom

Netzdienliche Flexibilitätsanalyse

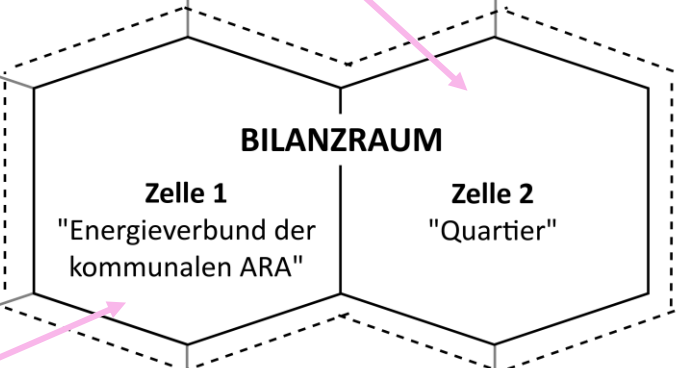
Systemgrenze

Zeitlich aufgelöst =
15-minütliche Jahressimulation inkl. Regendaten für das Jahr 2014

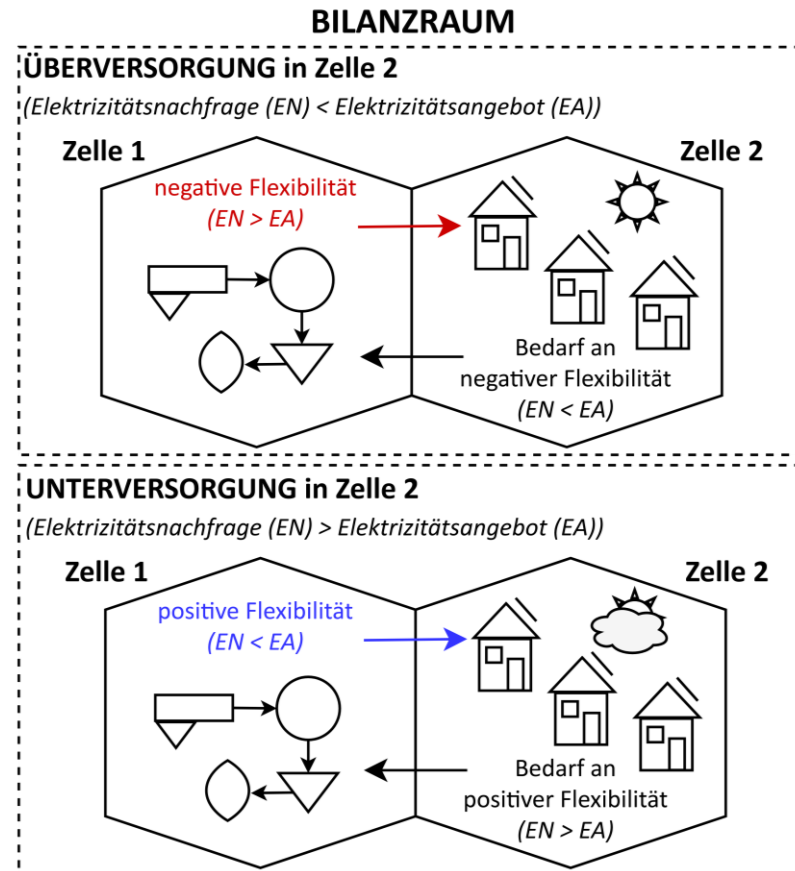
aARA ... Belebungsanlage mit aerober Stabilisierung
FG ... Faulgas

Angrenzendes Stadtgebiet
900 durchschnittliche 3-Personen-Haushalte
(Jahresverbrauch = 2.600 kWh/a-1) im Jahr 2030
mit 25%iger Ausnutzung des theoretischen
PV-Potentials

**Regionale Erneuerbare
Energiegemeinschaft =**



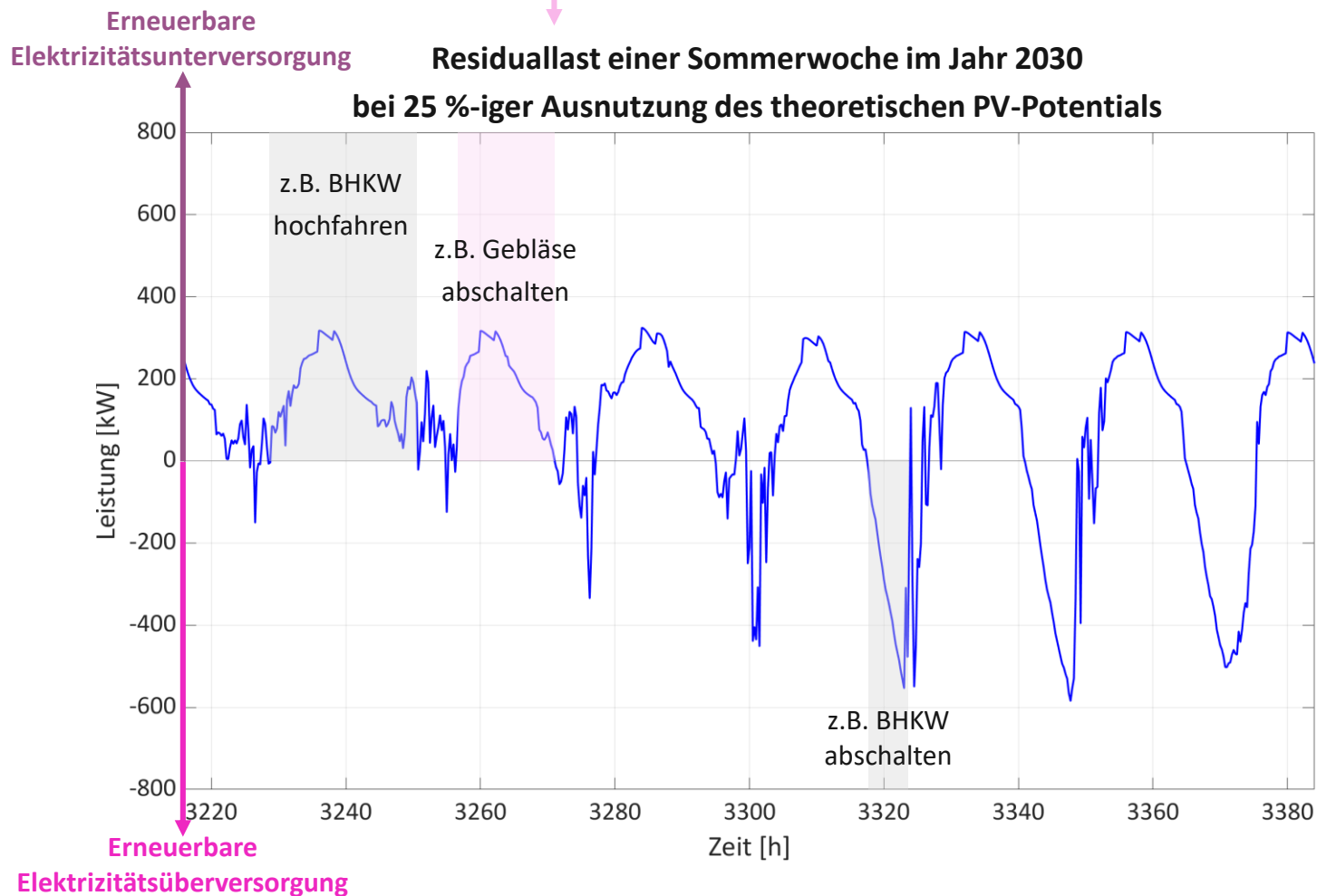
Stand der Technik Energieverbund
anARA_BHKW = anARA + FG-BHKW



Netzdienliche Flexibilitätsanalyse

Szenarien

Stadtgebiet
900 durchschnittliche 3-Personen-Haushalte
(Jahresverbrauch = 2.600 kWh/a-1)



Szenarien

S1

- Einspeisemanagement
- Speichermanagement

S2

- Einspeisemanagement
- Lastmanagement
- Speichermanagement

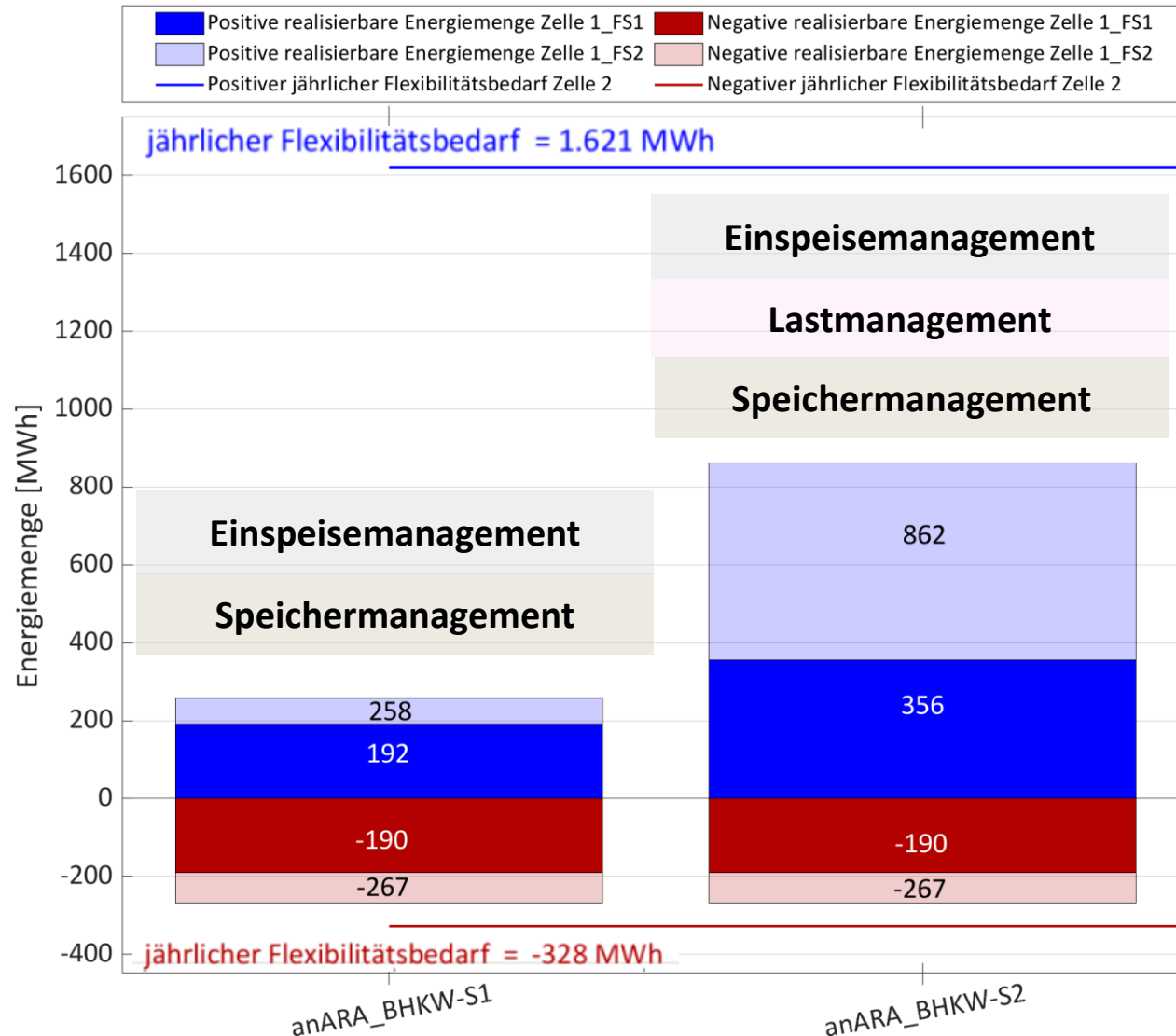
Flexibilisierungsstrategien

FS1 Defensiv ... kurze Aktivierung + begrenzte Speicherkapazitäten

FS2 Offensiv ... längst mögliche Aktivierung + unbegrenzte Speicherkapazitäten

Netzdienliche Flexibilitätsanalyse

Flexibilitätskennzahlen



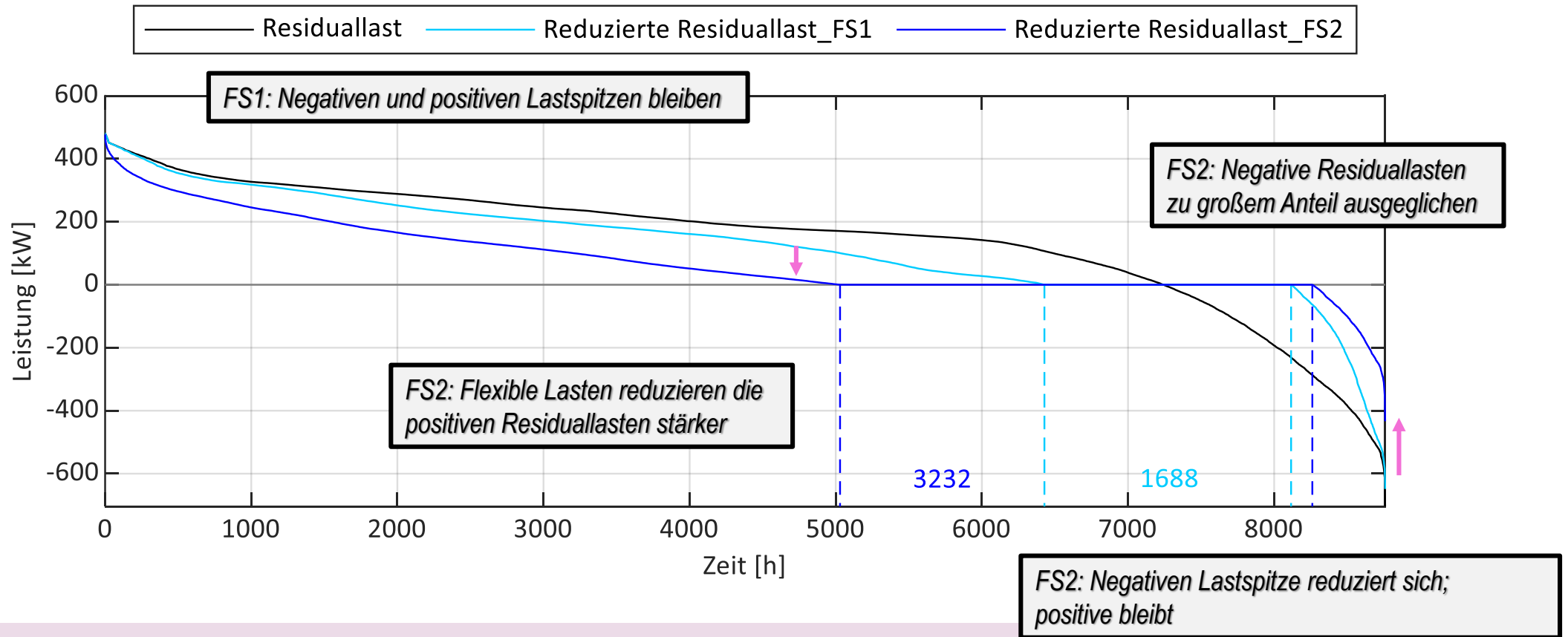
- Flexible Lasten erhöhen positive realisierbare Energiemenge
 - ... 1,9-fache Energiemenge bei FS1
 - ... 3-fache Energiemenge bei FS2
- FS1 führt vor allem zur Begrenzung der flexiblen Lasten → Schutz der Reinigungsprozesse
- FS2 führt in S1 und S2 zur Bereitstellung von 81,4% des negativen jährlichen Flexibilitätsbedarfs
 - ... S1: 15,9 % des positiven Flexibilitätsbedarfs
 - ... S2: 53,2 % des positiven Flexibilitätsbedarfs

Stand der Technik Energieverbund
 $anARA_BHKW = anARA + FG-BHKW$

Zeitlich aufgelöst
15-minütliche Jahressimulation inkl. Regendaten

Netzdienliche Flexibilitätsanalyse

Jahresdauerlinie – Szenario 2



Schlussfolgerung:

Kommunale ARAs können aus energietechnischer Sicht netzdienliche Flexibilität bereitstellen

Stand der Technik Energieverbund
 $anARA_BHKW = anARA + FG-BHKW$

Netzdienliche Flexibilitätsanalyse

Energie, Kosten- und Erlöskennzahlen – Szenario 2

S2_FS2

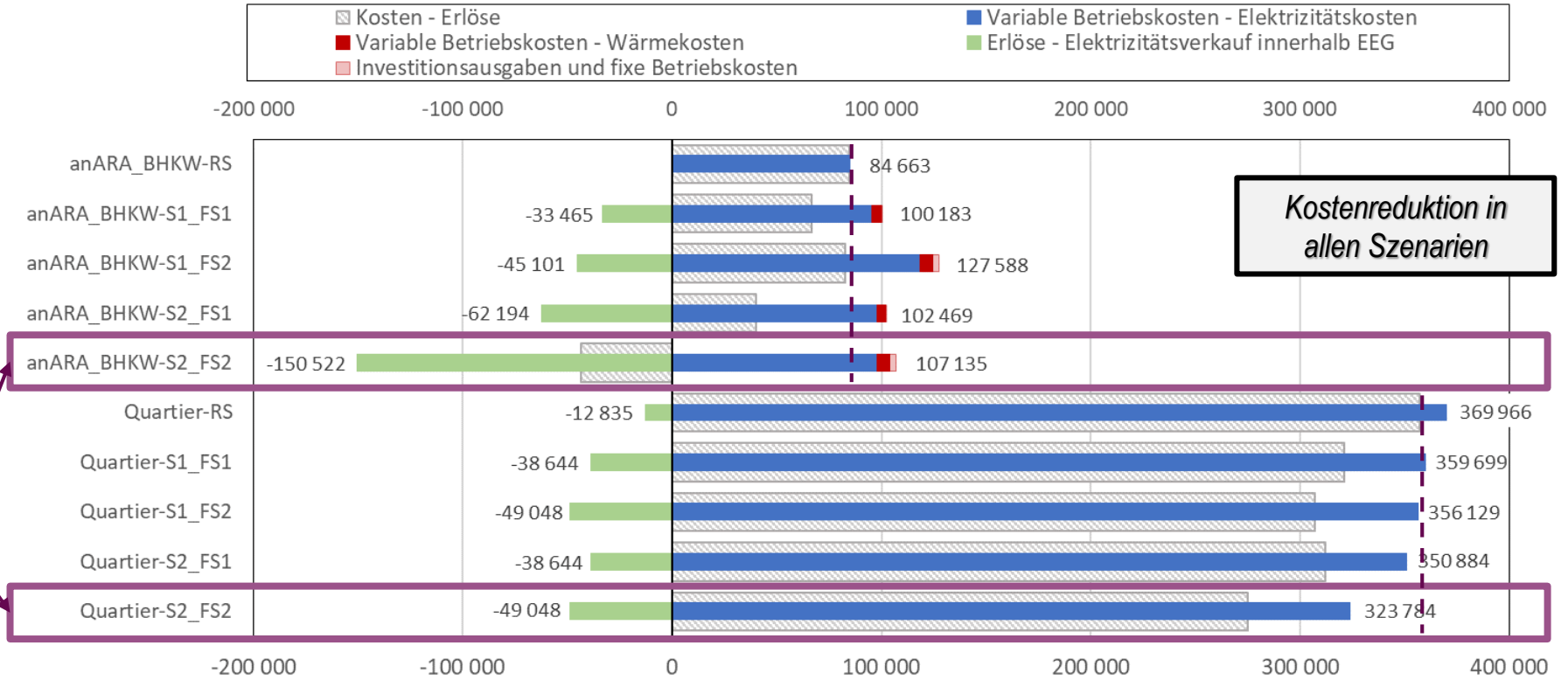
↓ LAG_{el} ... 76 % auf 72 %
 ↓ EV_{el} ... 100 % auf 81 %

+ ca. 13.000 €/a
 Elektrizitätskosten

↓ LAG_{th} ... 100 % auf 92 %
 ↓ EV_{th} ... 57 % auf 53 %

+ ca. 6.000 €/a
 Wärmekosten

+ ca. 3.000 €/a für IKT
 und Speichererweiterung



Schlussfolgerung:
 Erzielbare Erlöse können zur Wirtschaftlichkeit von Flexibilitätsmaßnahmen führen und sogar zur Amortisation von Anlagenerweiterungen beitragen

Zukunft Energieverbund
 $anARA_BHKW_T_VG-BHKW = anARA + FG-BHKW + T + VG + PG-BHKW$

Netzdienliche Flexibilitätsanalysen

Integration der Klärschlamm-trocknung und -verwertung

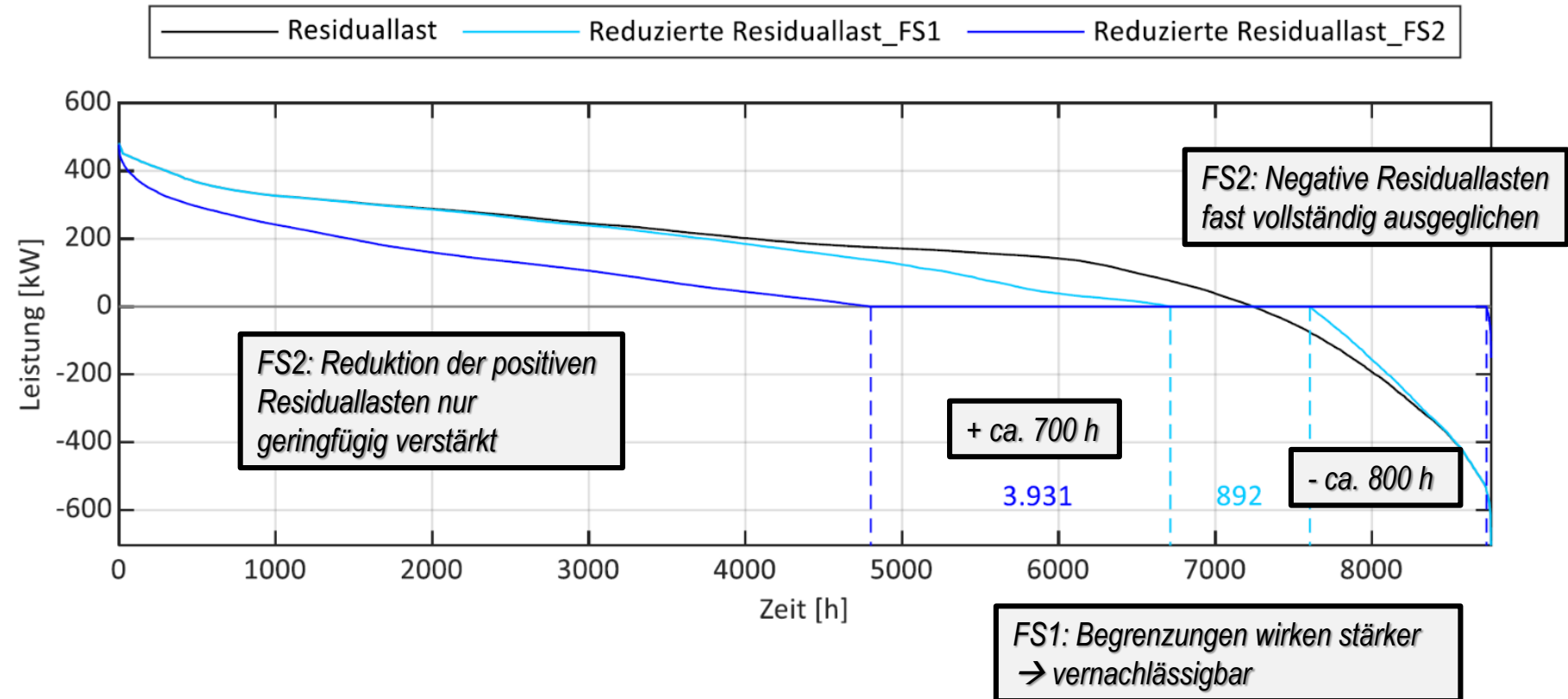
S4

Einspeisemanagement

Lastmanagement

Speichermanagement

- Klärschlamm-trocknung mittels Band-trockner
- Thermische Verwertung mittels Vergaser
- Flexibilisierung des Produktgas-BHKWs



Schlussfolgerung:

Dezentrale Verwertungskonzepte können das realisierbare netzdienliche Flexibilitätspotential erhöhen.

Zusammenfassung

inkl. kritischer Betrachtung und zukünftigen Einsatzmöglichkeiten

Zusammenfassung wichtiger Schlussfolgerungen

- Kommunale ARAs können netzdienliche Flexibilität bereitstellen
- Flexibilitätspotential muss anlagenspezifisch ermittelt werden
- Vermarktung der Flexibilität kann zur Wirtschaftlichkeit von Flexibilitätsmaßnahmen führen

Kritische Betrachtung (ausgewählte Punkte):

- OPTIEVLEX verfolgt eine energietechnische Betrachtungsweise → kein Ersatz für spezialisierte Software-Tools
- Die Flexibilisierung auf Basis von Preissignalen (marktdienlich) wird nicht untersucht

Ausblick: Erweiterung des MATLAB-Modells

Zukünftige Einsatzmöglichkeiten (ausgewählte Punkte):

- Untersuchung weiterer ARAs → Ermittlung eines österreichweiten Potentials
- Entscheidungsprozesse hinsichtlich Analgenplanung oder -erweiterung

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Quellen

- [1] BUNDESKANZLERAMT ÖSTERREICH: Aus Verantwortung für Österreich : Regierungsprogramm 2020-2024. Wien, 2020
- [2] VOPAVA, Julia ; BÖCKL, Benjamin ; KRIECHBAUM, Lukas ; KIENBERGER, Thomas: Anwendung zellulärer Ansätze bei der Gestaltung zukünftiger Energieverbundsysteme. In: e & i Elektrotechnik und Informationstechnik 134 (2017), Nr. 3, S. 238–245
- [3] METZ, Michael: Flexible Energieversorgung : Modellierung der Last- und Erzeugungssituation dezentraler Versorgungsgebiete zur Bestimmung der Systemflexibilität. Dortmund, Technische Universität Dortmund, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. Dissertation. 2013. URL <https://eldorado.tudortmund.de/bitstream/2003/33484/1/Dissertation.pdf> – Überprüfungsdatum 2021-01-04
- [4] SCHÄFER, Michael ; HÜESKER, Frank ; SALOMON, Dirk ; GRETZSCHEL, Oliver ; KNERR, Henning ; SCHMITT, Theo G.: Abwasserreinigungsanlagen als Regelbaustein in intelligenten Verteilnetzen mit erneuerbarer Energieerzeugung. - arrivee : BMBF-ERWAS Verbundvorhaben. 2017
- [5] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL: Energiecheck und Energieanalyse : Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Dezember 2015. Hefen : DWA, 2015 (DWA-Arbeitsblatt A 216)
- [6] ASSMANN, Manfred ; DÜRR, Kathrin ; HABERFELLNER-VEIT, Elisabeth ; LABER, Johannes ; LINDTNER, Stefan ; TSCHIESCHE, Ulrich: Branchenbild der österreichischen Abwasserwirtschaft 2020. Wien, 2019
- [7] GUJER, Willi: Siedlungswasserwirtschaft : Mit 84 Tabellen. 3., bearb. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer, 2007
- [8] HERKNER, Thomas ; REHBERG, Jörg ; KOLVENBACH, Franz-Josef: Abwasserdaten Deutschland : Strukturdaten der Abwasserentsorgung. 4. Aufl. Bonn, 2019