



Potenzialanalyse eines Schwarms biogener Wärmekraftkoppelungsanlagen zur Kompensation fluktuierender erneuerbarer Stromquellen

Frühstückspräsentation: Projektvorstellung und Fachgespräche

Was Sie erwartet

- Begrüssung
 - Gesamtperspektive → Rolle WKK und Biomasse
 - Projektvorstellung
 - Allgemeine Fragerunde
 - Austausch mit Fachspezialisten
- Buffet während ganzer Veranstaltung geöffnet
- Folien werden am Anschluss an Veranstaltung per Mail verteilt
(wer sich nicht online angemeldet hat → Liste am Eingang)
- Abschlussbericht online verfügbar: <http://bit.ly/1qnnMYB>
- } Konstantinos Boulouchos
- } Gil Georrges
- } Ganze Projektgruppe

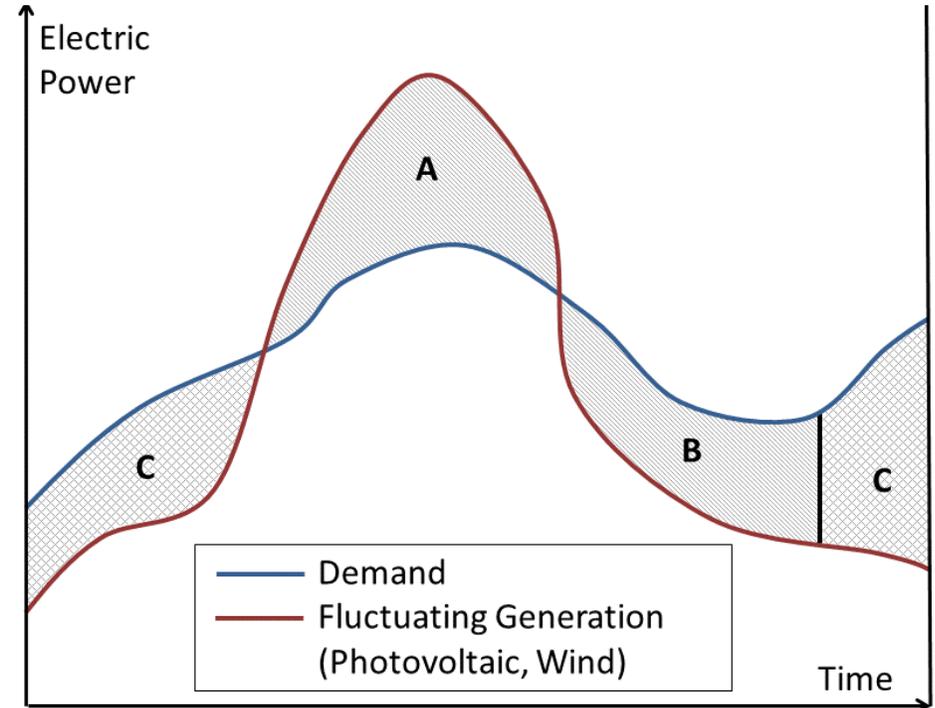
Gesamtperspektive: Rolle von WKK und Biomasse im Energiesystem

Konstantinos Boulouchos
boulouchos@lav.mavt.ethz.ch

Stromnetz mit fluktuierenden erneuerbaren Quellen

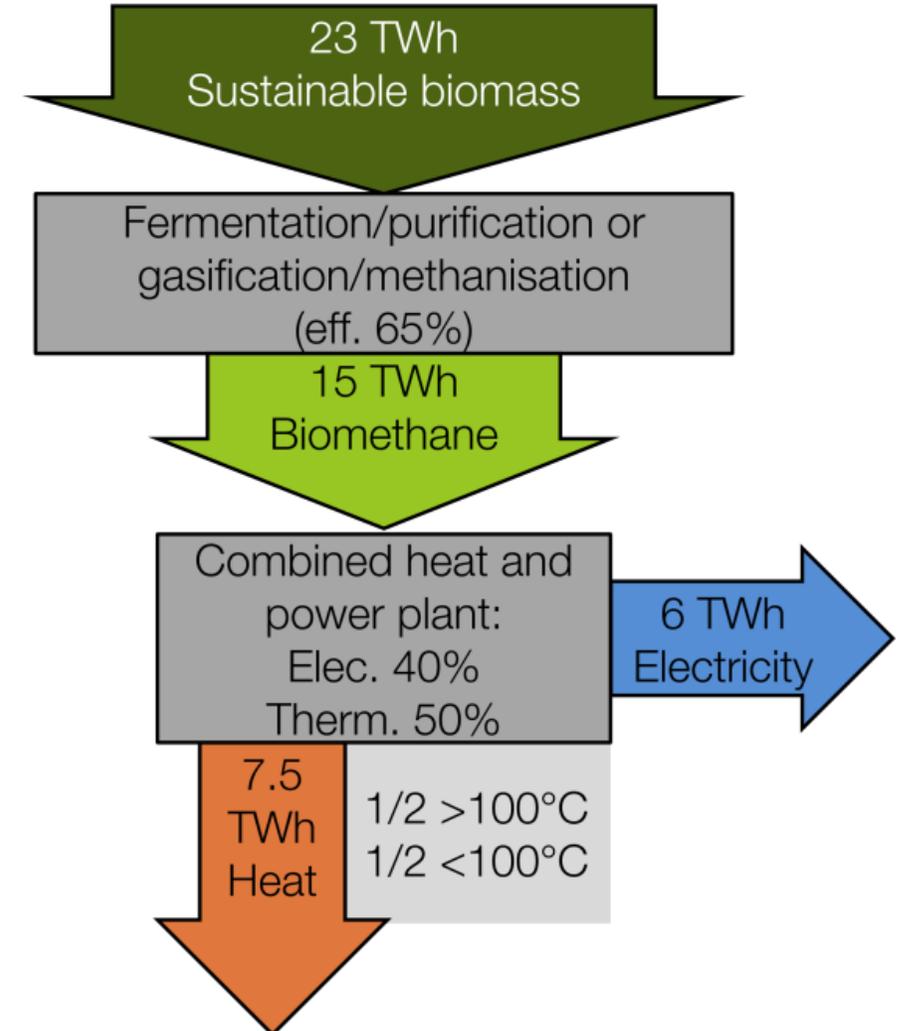
- Überschuss (A) gespeichert und verstromt (B)
 - Batterien
 - (eff. 80%, Stunden)
 - Pumpspeicherkraftwerke (PSK)
 - (eff. 75%, Tage)
 - Power-To-Gas-To-Power (P2G2P)
 - (eff. 30-40%, Monate)

- Steuerbare Erzeuger auf Abruf (C):
 - PSK + P2G2P (innert 1min)
 - Verbrennungsmotoren-WKK (bereit <3min, biogen möglich)
 - Gas- und Dampfkraftwerke (innert 20min)



Potential von Bioenergie und WKK in der Schweiz

- 23TWh nachhaltiges Biomassepotential ¹
- ~10% des CH-Strombedarfs ²
- ~33% des CH-Spitzenbedarfs bei 3GW Spitzenleistung @ 2000h/a ²
- ~10% der jährlichen Wärmebedarfs Warmwasser/Raumheizung ²

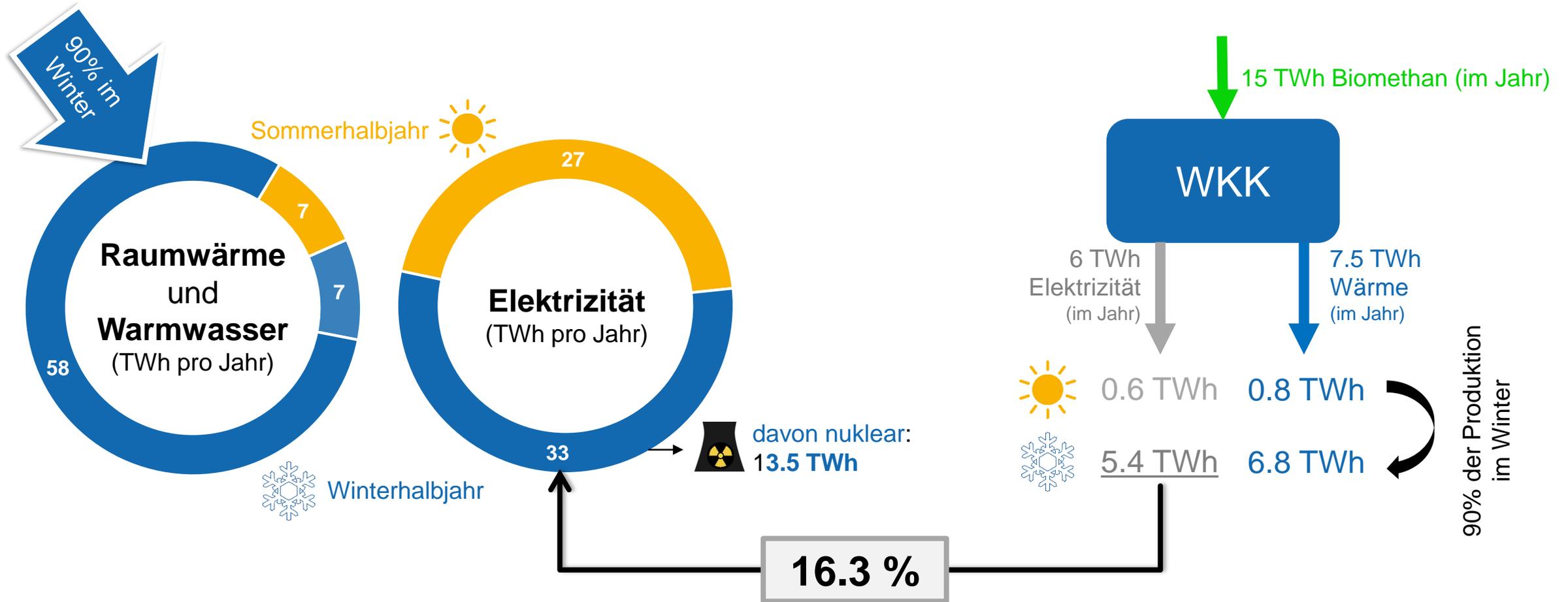


1) Nach Steubing et. al., "Biogeny Switzerland", Renew. Energy Reviews, 2010

2) <http://www.bfs.admin.ch> Energiestatistik 2014

WKK Strombeitrag im Winter

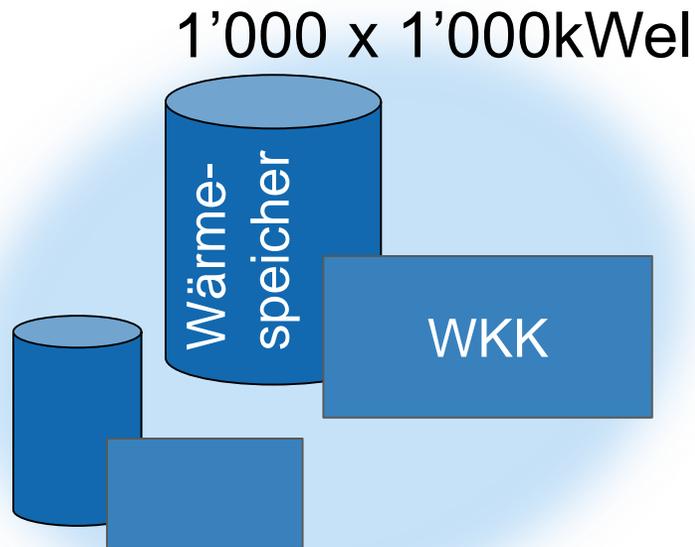
wesentlicher Strombeitrag von biogenen WKK im Winter



Biogene WKK-Anlagen im Verbund (Beispiel)

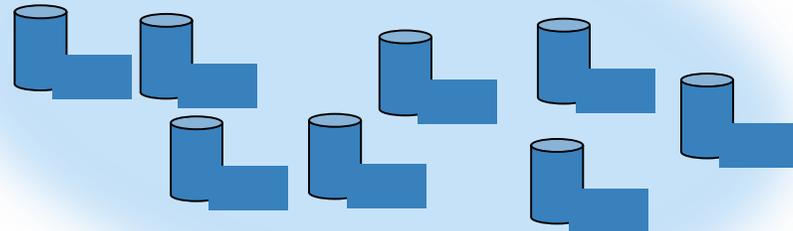
Portfolio verschiedener Anlagengrößen

- Annahme: 2'000 h/a WKK-Betrieb
- 3 GW Spitzenleistung bei 9GW Schweizer Spitzenbedarf im Winter
- 90% Betrieb im Winter → 10h/d

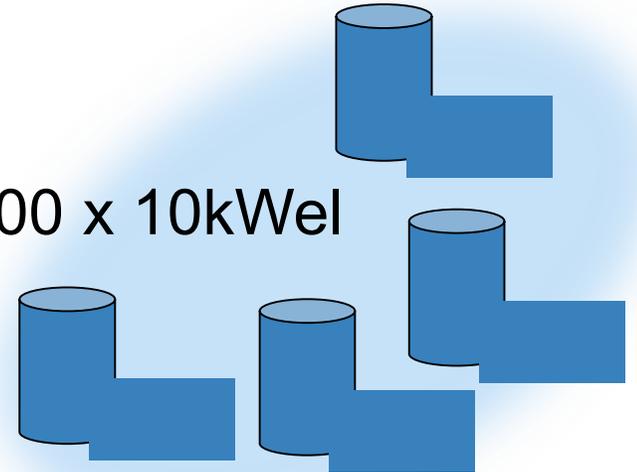


= 3 GWel

10'000 x 100kWel



100'000 x 10kWel

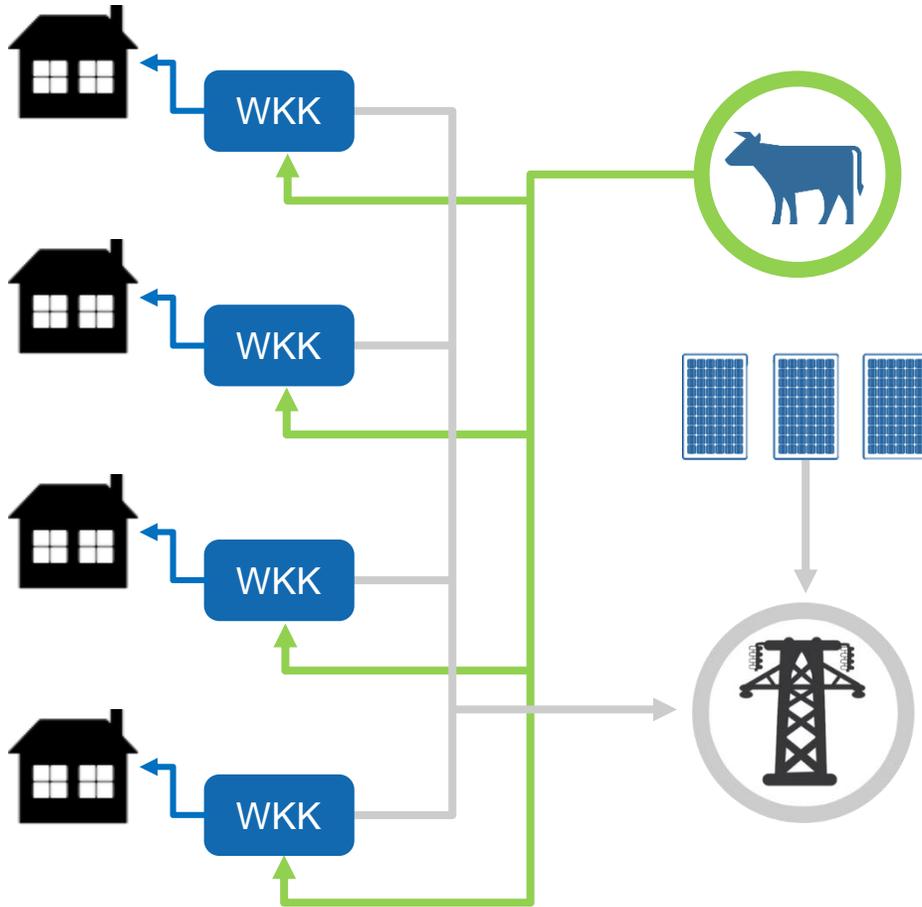


Projektvorstellung: Potenzialanalyse eines biogenen WKK-Schwarms

Gil Georges
georges@lav.mavt.ethz.ch

Verteilte, biogene WKKs → Einspringen wenn Sonne nicht scheint

Potenzial in konkreten Regionen der Schweiz



- Wärme-Kraft-Kopplung
- Wärmeversorgung von Gebäuden / Prozessen
- Verbünde von Anlagen (Schwärme)
- Dezentrale Stromproduktion
- Fluktuationen durch Erneuerbare
- Brennstoff → nur Biogas

Potenzialanalysen:

- Technisch → regionale Fallstudien
- Ökonomisch → nationale Energieszenarien

Finanzierung, Projektpartner und Regionen für Fallstudien

Sponsoren:

Swiss Electric Research



Bundesamt für Energie



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

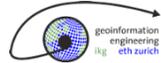
Forschungspartner:

Laboratorium für Aerothermochemie
und Verbrennungssysteme ETH (LAV)



Projektleitung
Modellierung WKK-Anlagen
Wärmebedarf Gebäude und Industrie

Geoinformation Engineering ETH (GIE)



Biomasseverfügbarkeit
Standorte Biogasanlagen
Gebäudestruktur

Forschungsstelle Energienetze ETH (FEN)



Stromnetzsimulation
PV-Erzeugung

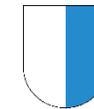
Energy Economics Group PSI (EEG)



Zukunftsszenarien 2050
Marktanteile

Untersuchte Regionen (Partner):

Kanton Luzern



Centralschweizerische Kraftwerke (CKW)
Energie Wasser Luzern (EWL)
Wasserwerke Zug (WWZ)

Kanton Thurgau



Abteilung Energie des Kt. Thurgau

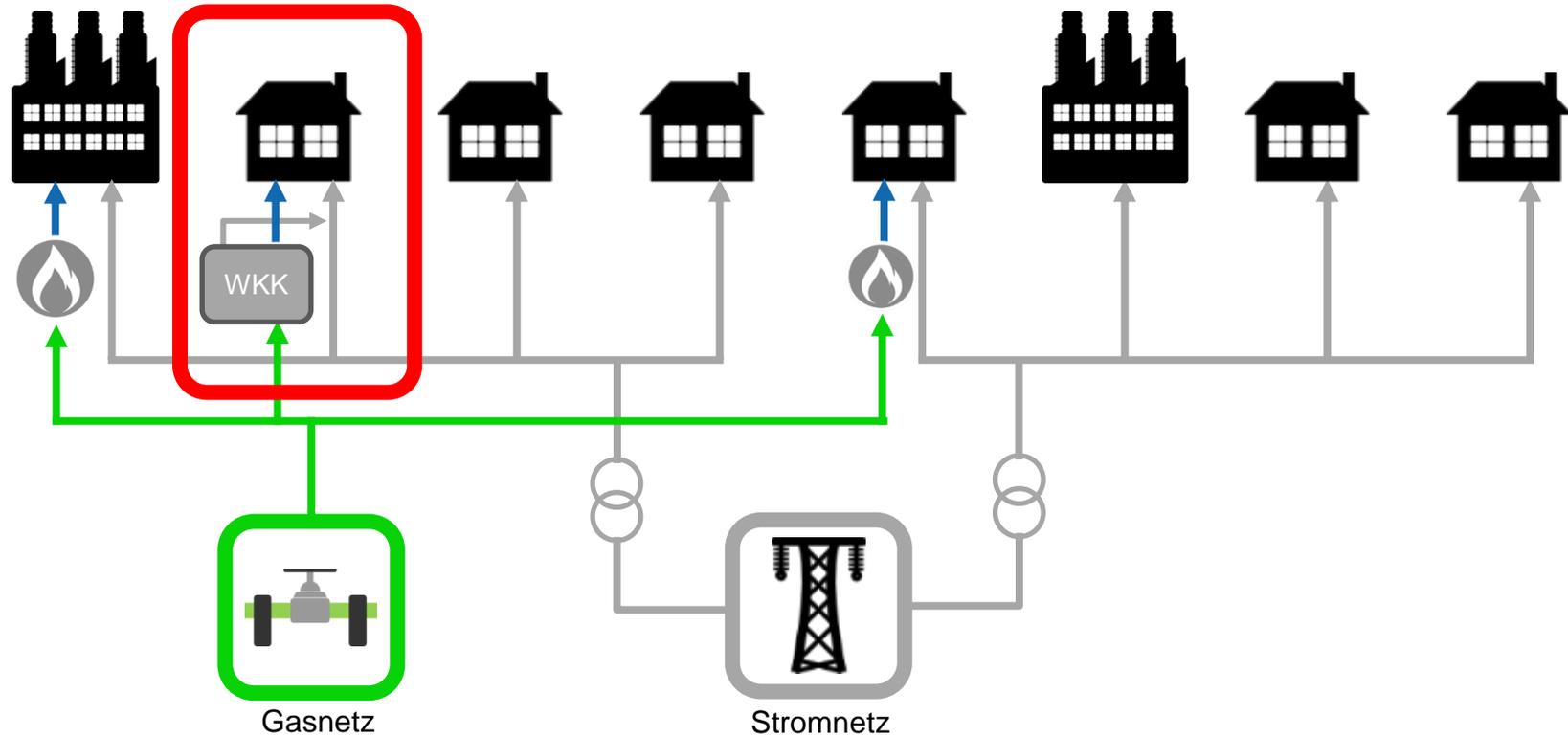
Kanton Basel-Stadt



Industrielle Werke Basel (IWB)

Schritt 1: Auslegung von WKK-Anlagen

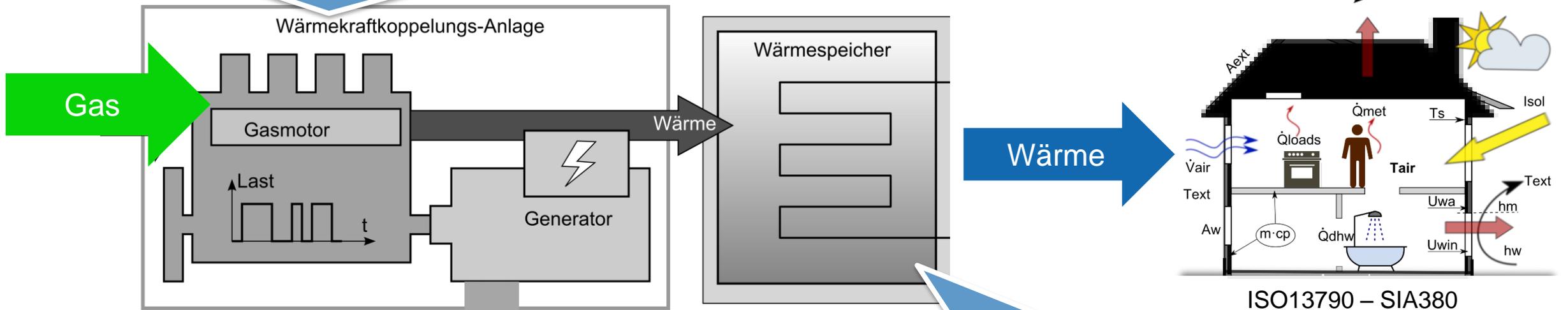
Wärme- & Stromkonsumenten



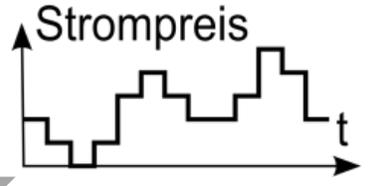
Auslegung einer WKK-Anlage für gegebenes Haus / Industrie

Auslegungskriterium für Auslegung und Betrieb: maximale Rendite (Strom- und Wärmeverkauf)

Die Effizienz steigt allgemein mit der Leistung; für gleiche Senke → kürzere Produktionszeit → grösserer Tank



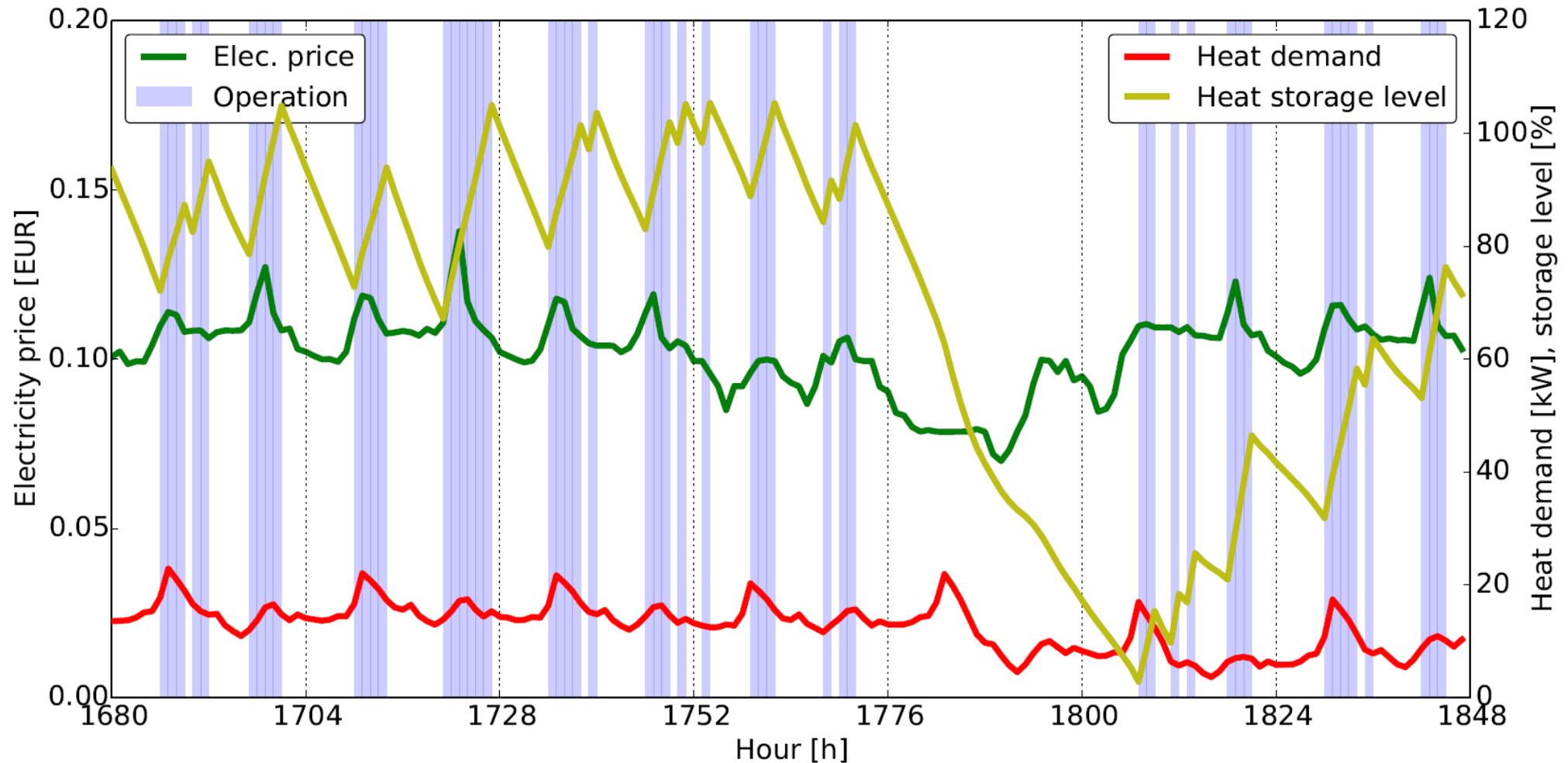
Erlös am Strommarkt hängt davon wann produziert wird



Ohne Speicher = «Heizung»: Betrieb durch Wärmebedarf diktiert → Flexibilisierung

Betriebsprofil einer wirtschaftlich optimierten WKK-Anlage

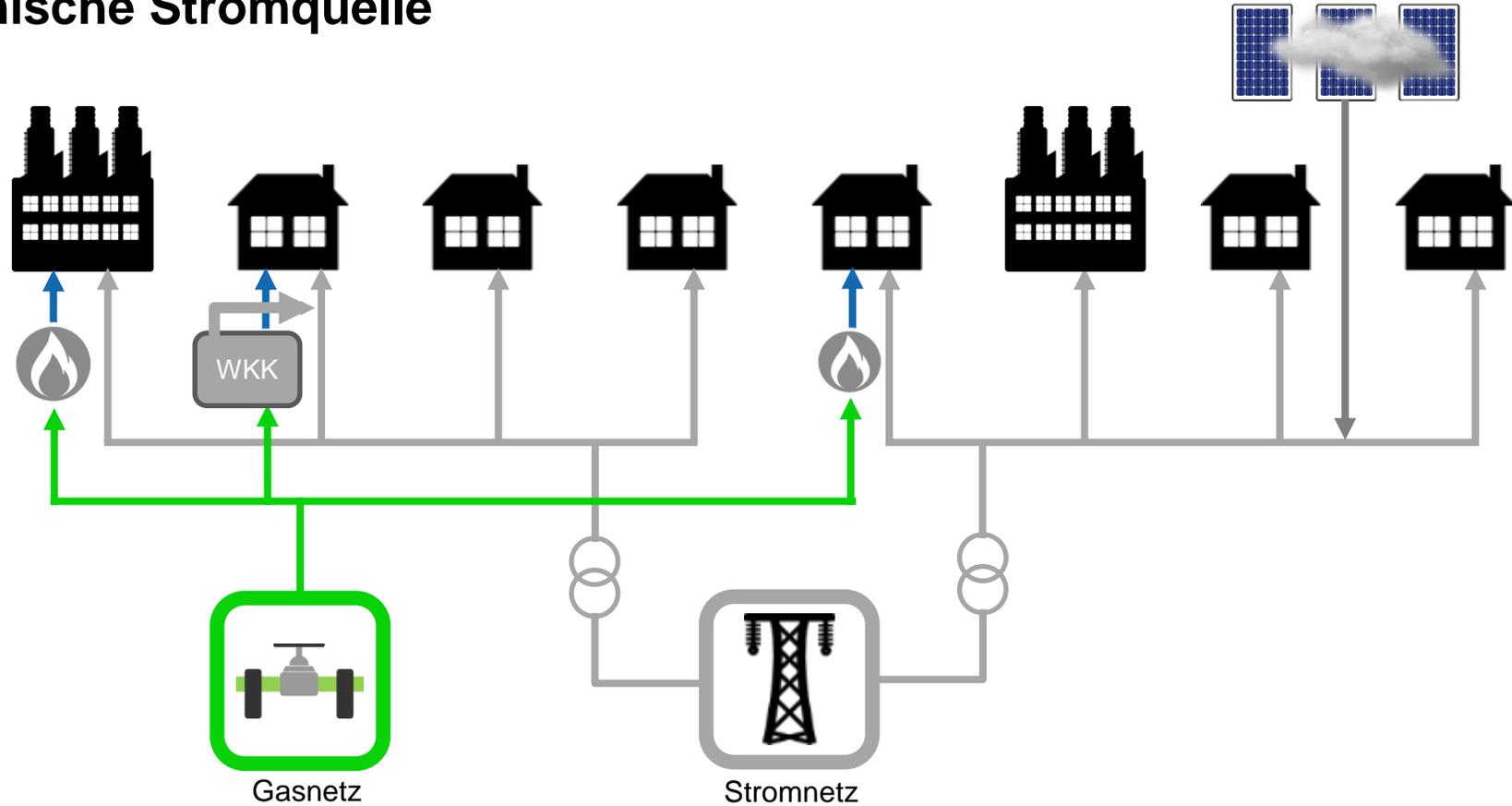
Beispiel: Mehrfamilienhaus, 2. Woche März



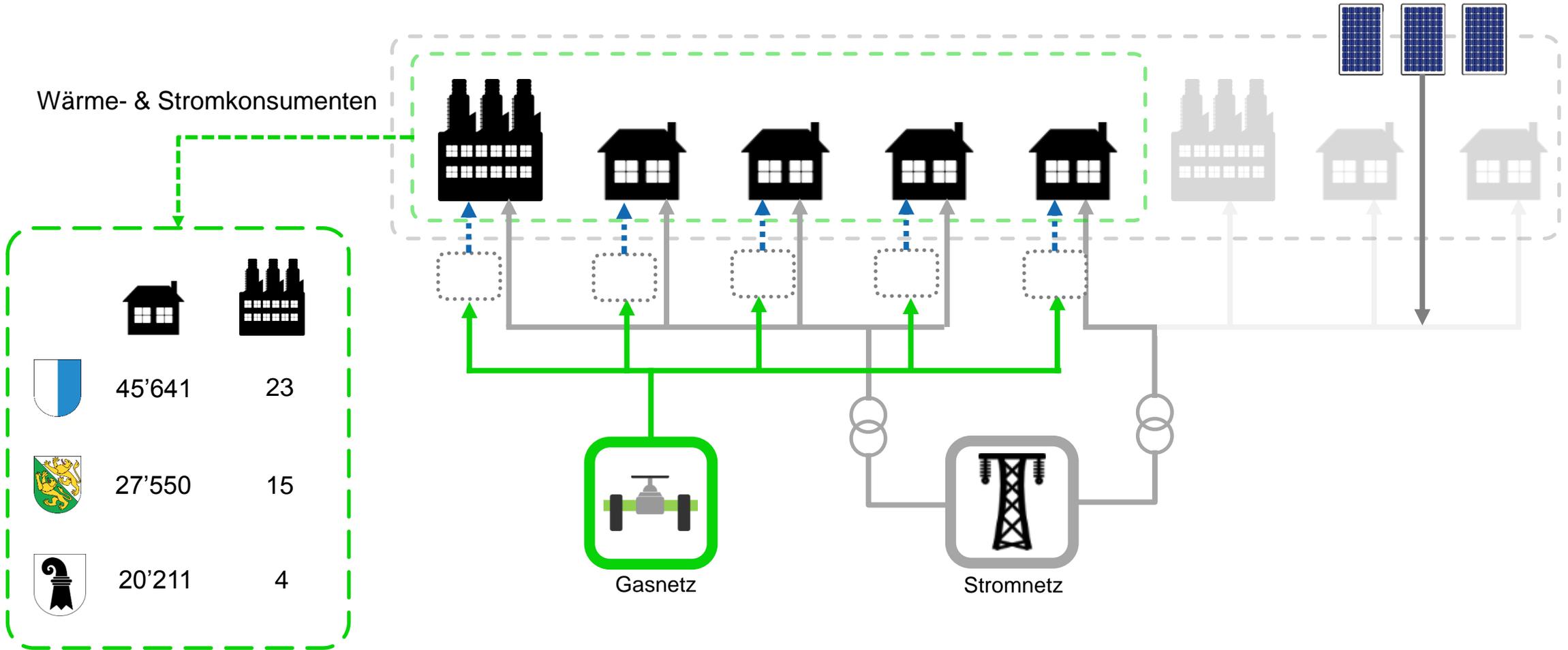
Zusammenspiel mit PV → Ausgleichen von Fluktuationen

Betrieb als hochdynamische Stromquelle

Wärme- & Stromkonsumenten

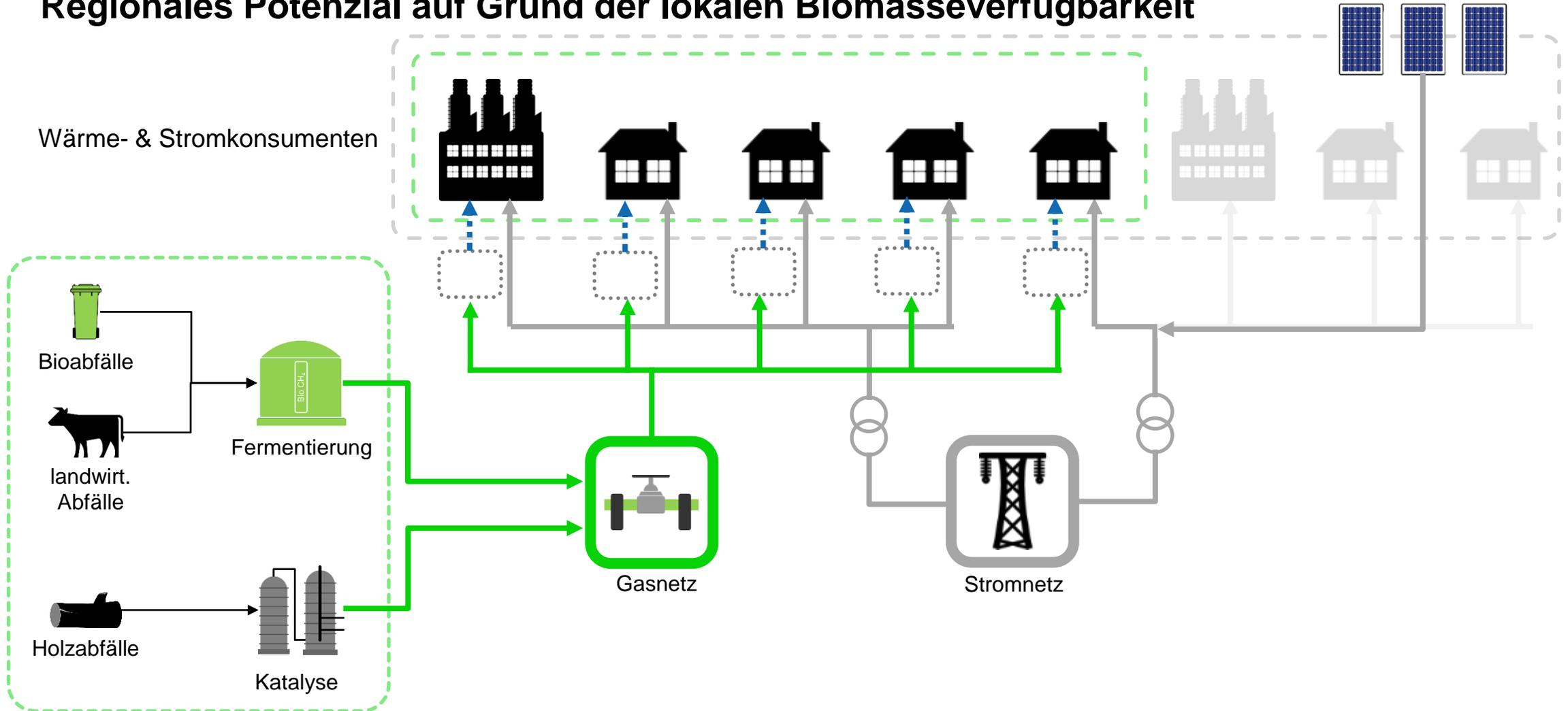


Schritt 2: Charakterisierung möglicher Installationsorte

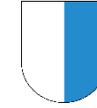


Schritt 4: Abschätzung der Biogaspotenziale

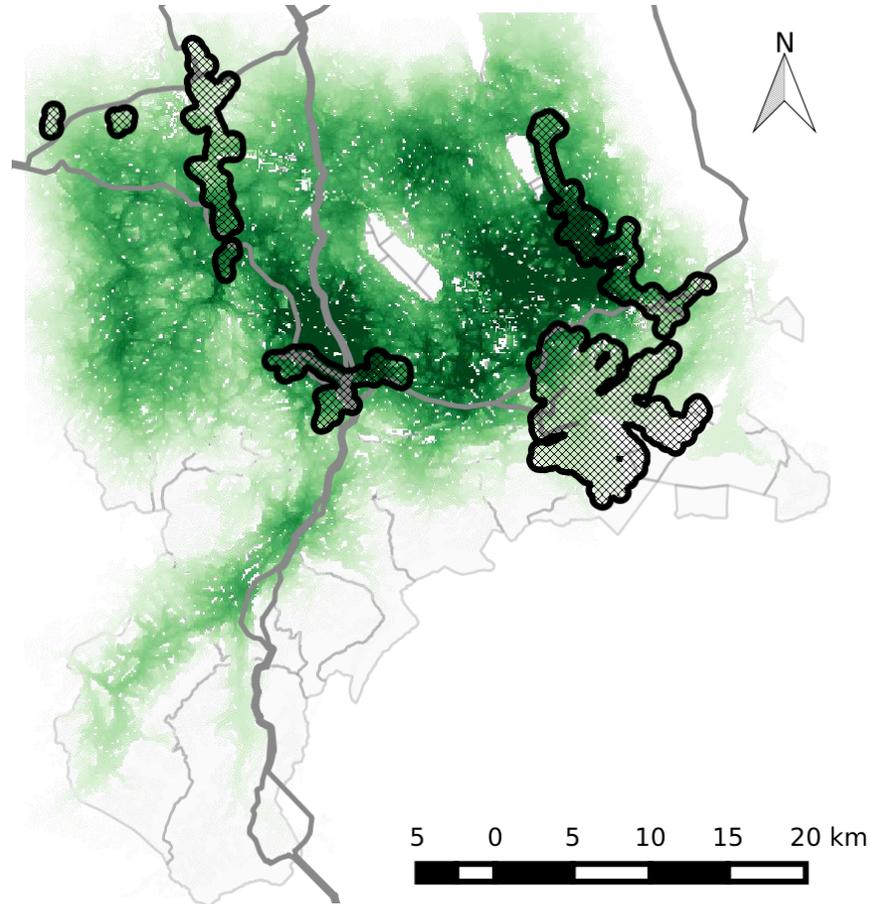
Regionales Potenzial auf Grund der lokalen Biomasseverfügbarkeit



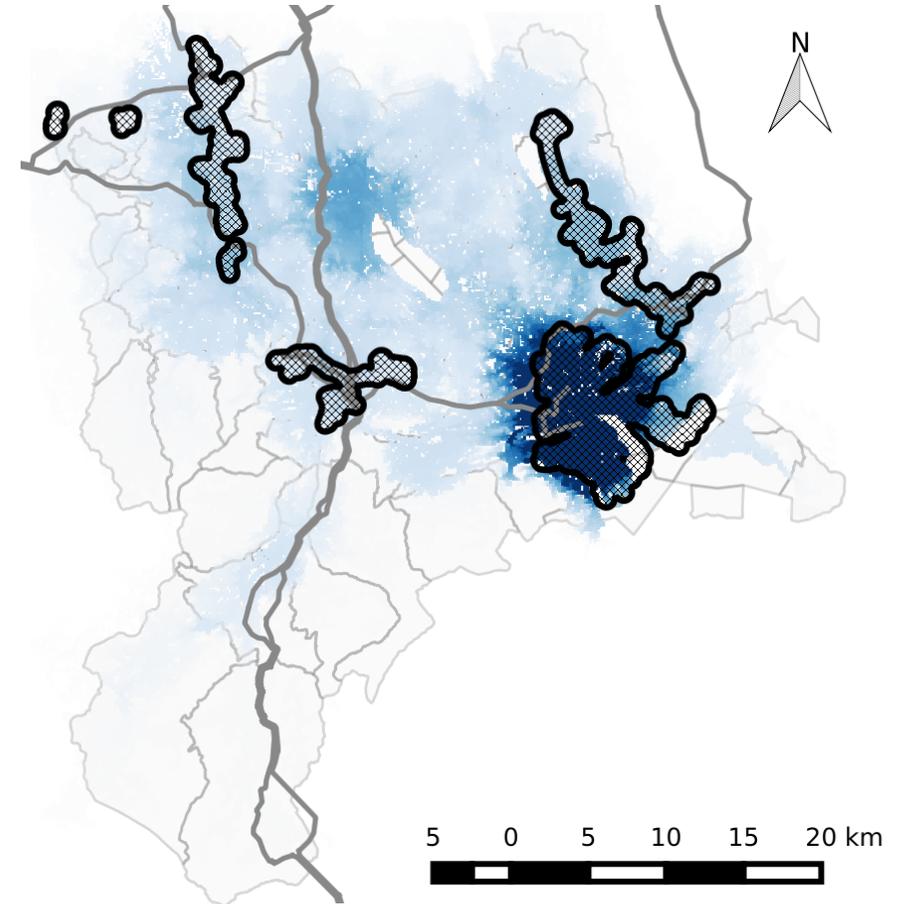
Schätzung der Biogaspotentiale im Kanton Luzern



Landwirtschaftliche Biomasse

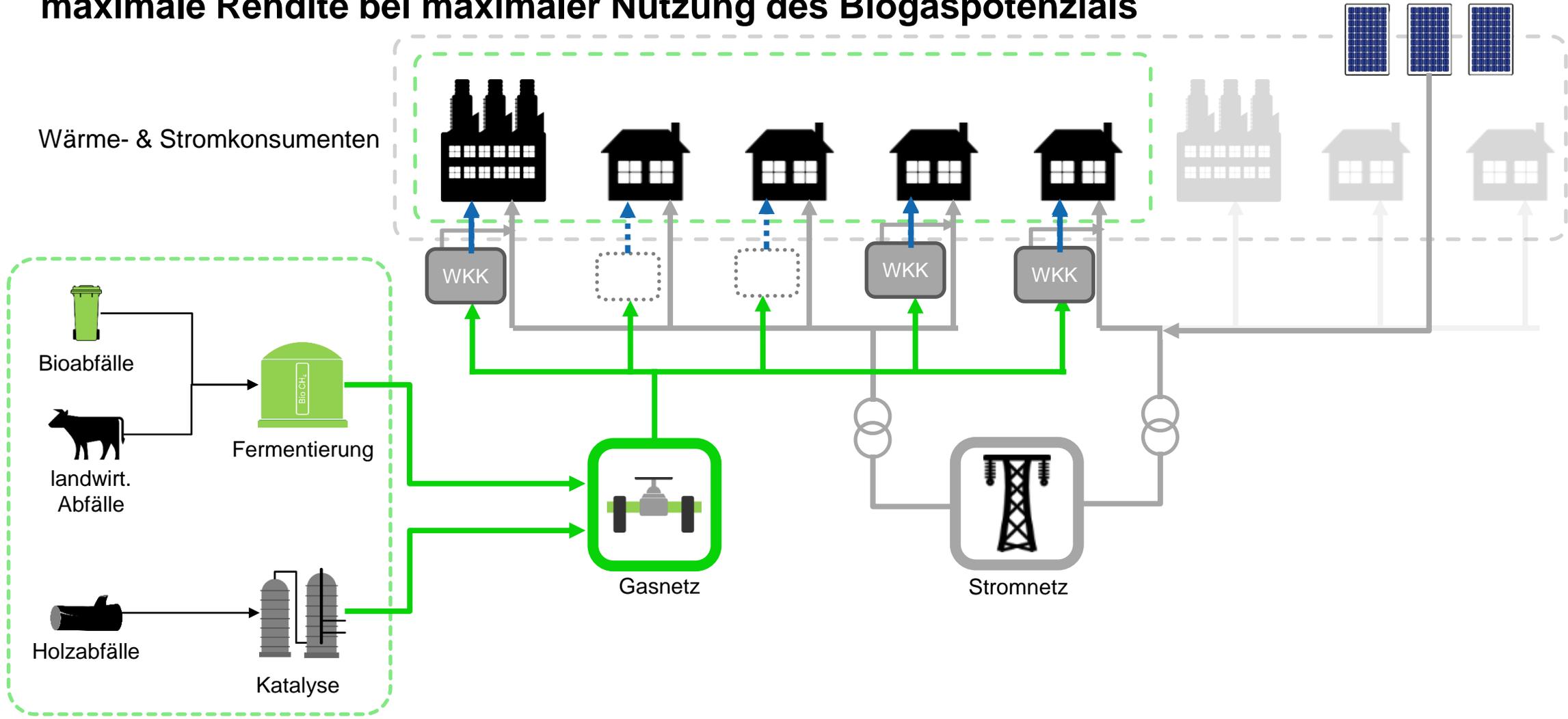


Hausrat, Gastroabfälle, Grünschnitt, usw.



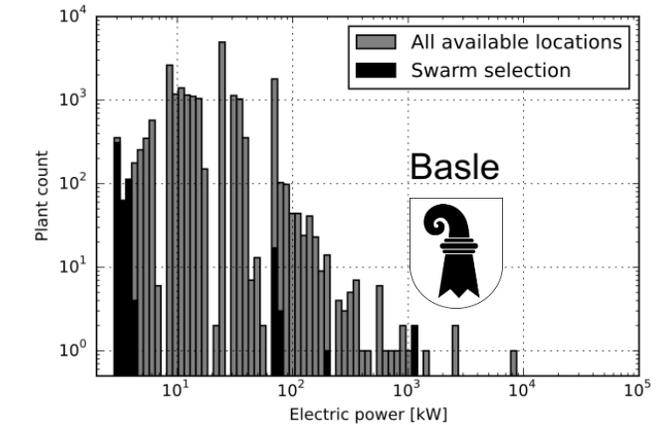
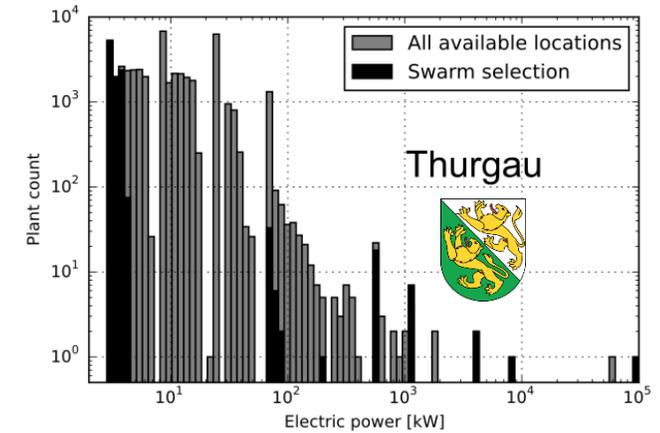
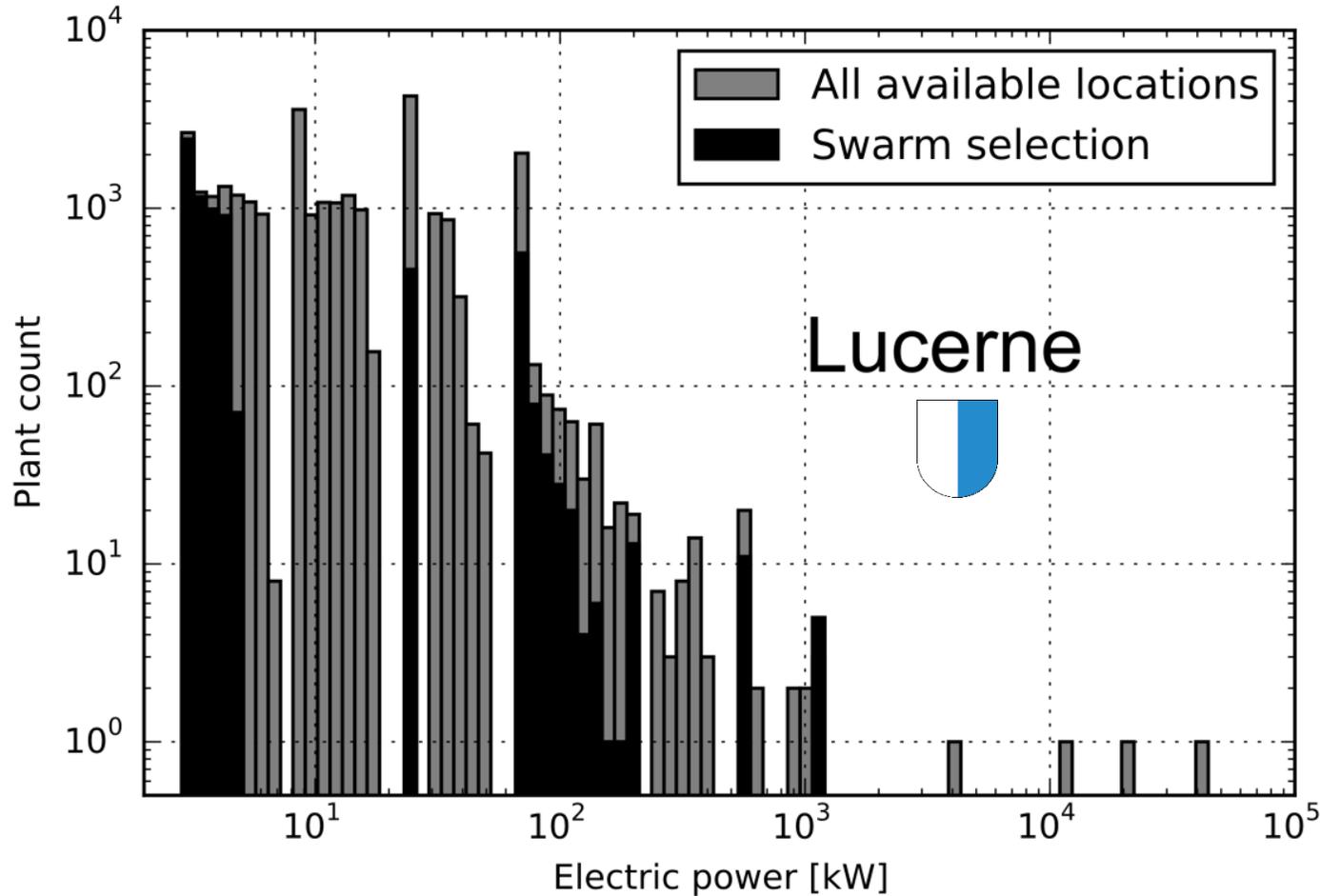
Schritt 5: Schwarm-Auswahl

maximale Rendite bei maximaler Nutzung des Biogaspotenzials



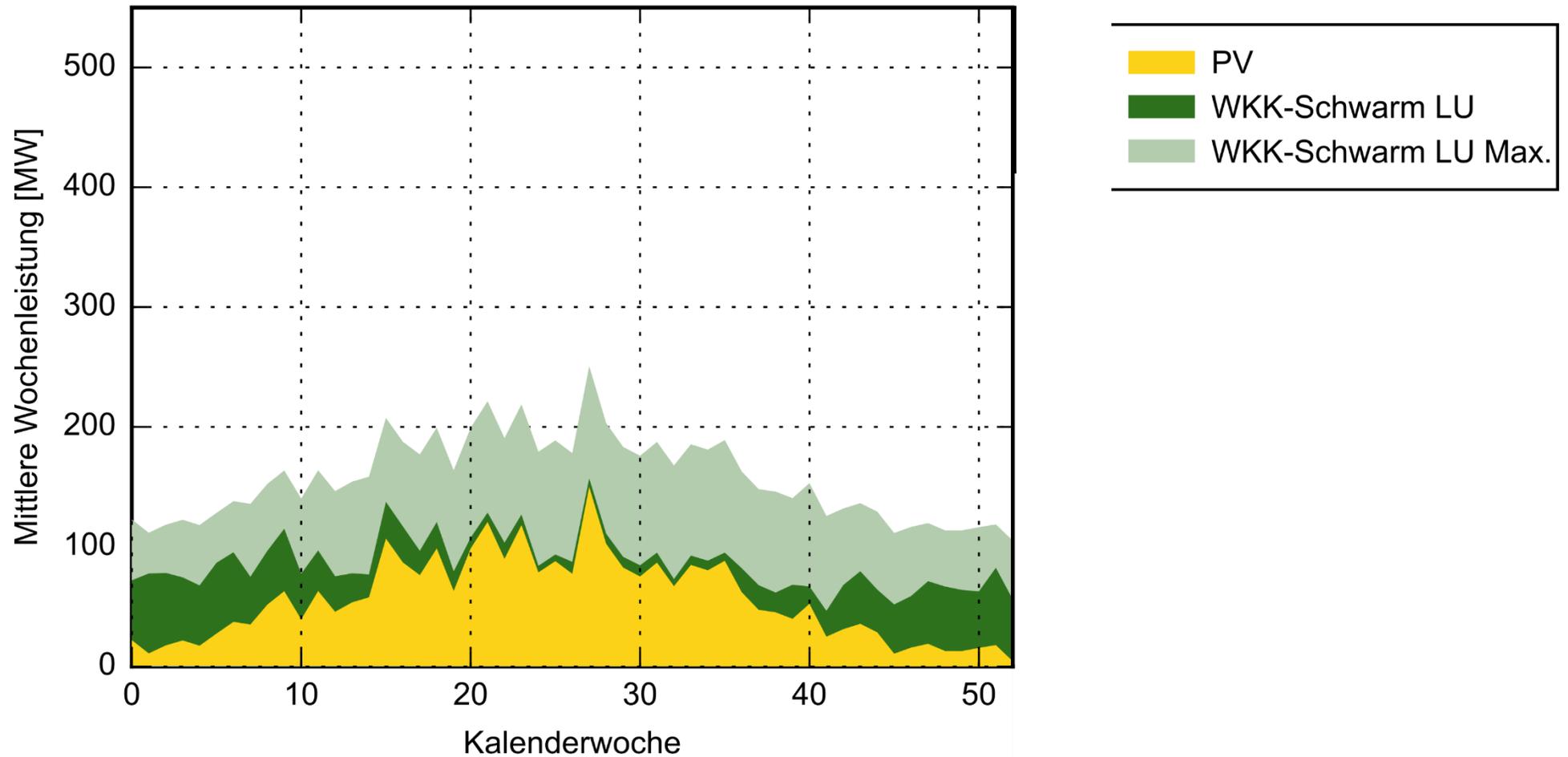
Optimale Zusammensetzung der biogenen WKK-Schwärme

beste Rendite, bei maximaler Ausbeute des lokalen Biogas-Potentials (kein Biogas unverbrannt lassen)



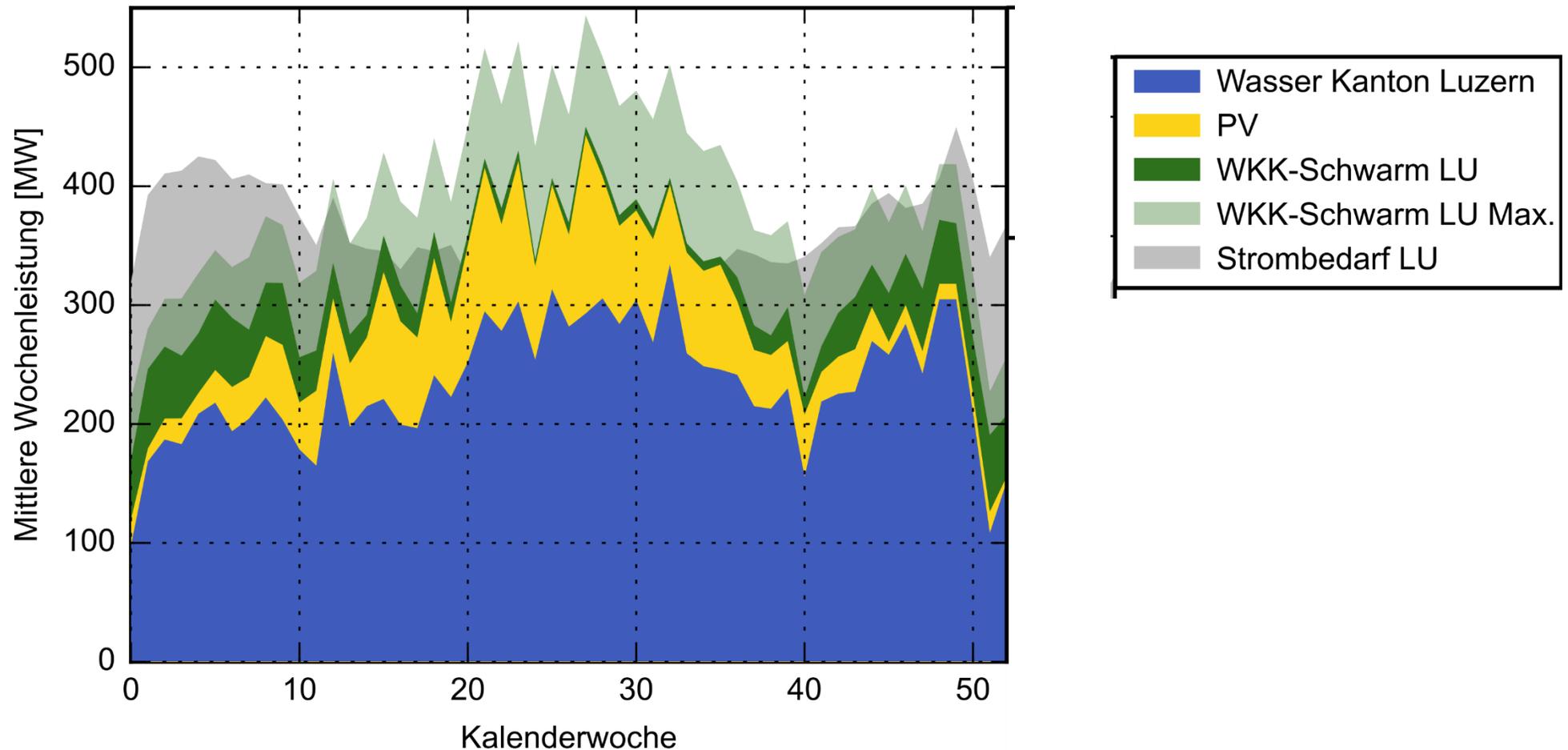
Stromlastgänge, exemplarisch für Region der Grösse von Luzern

Hinterlegt: nominelle Spitzenleistung des gesamten Schwarms

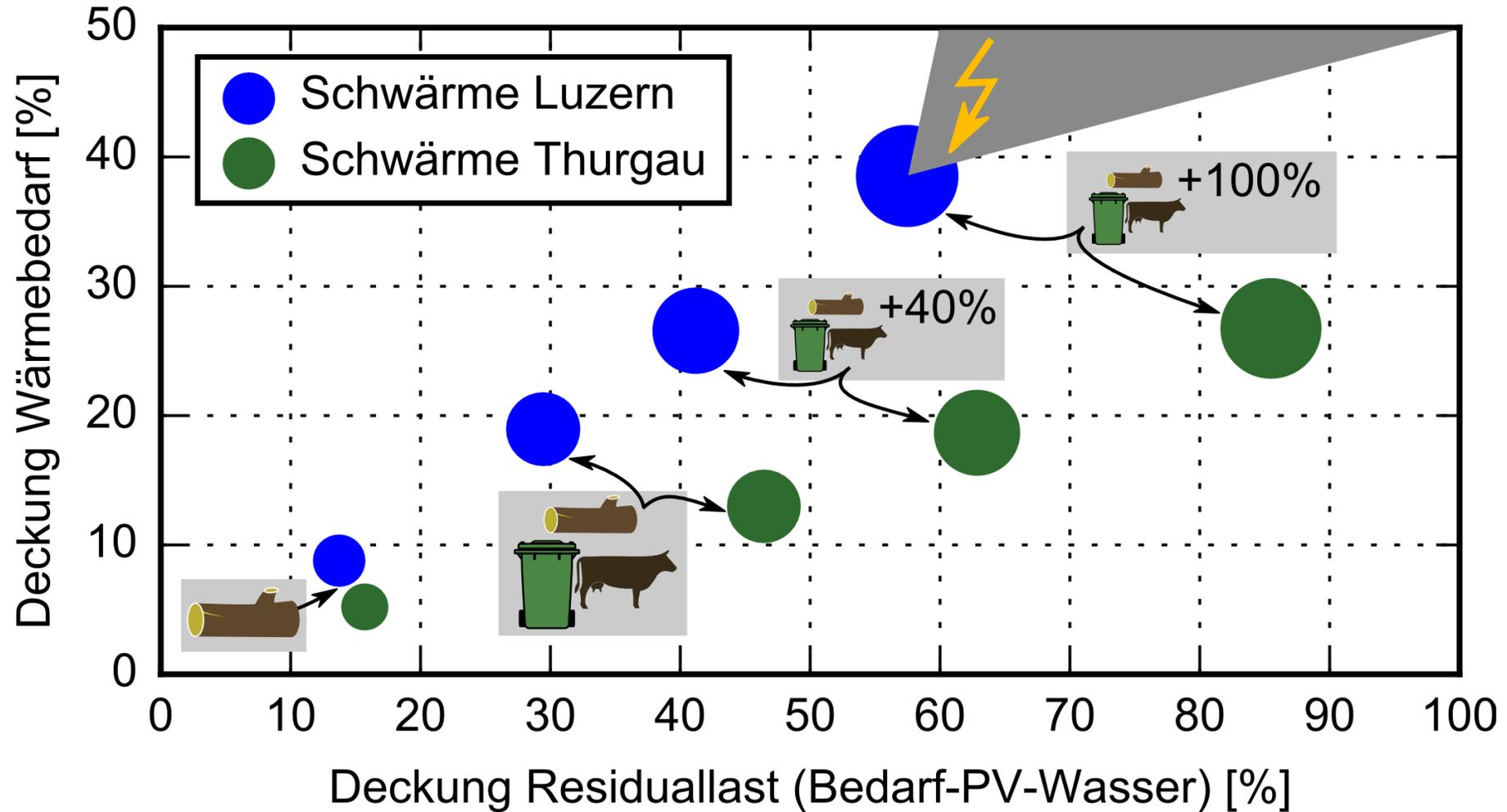


Stromlastgänge, exemplarisch für Region der Grösse von Luzern

Wasser und Bedarf skaliert von der Schweiz nach Bevölkerung, mit PV und WKK Beiträgen



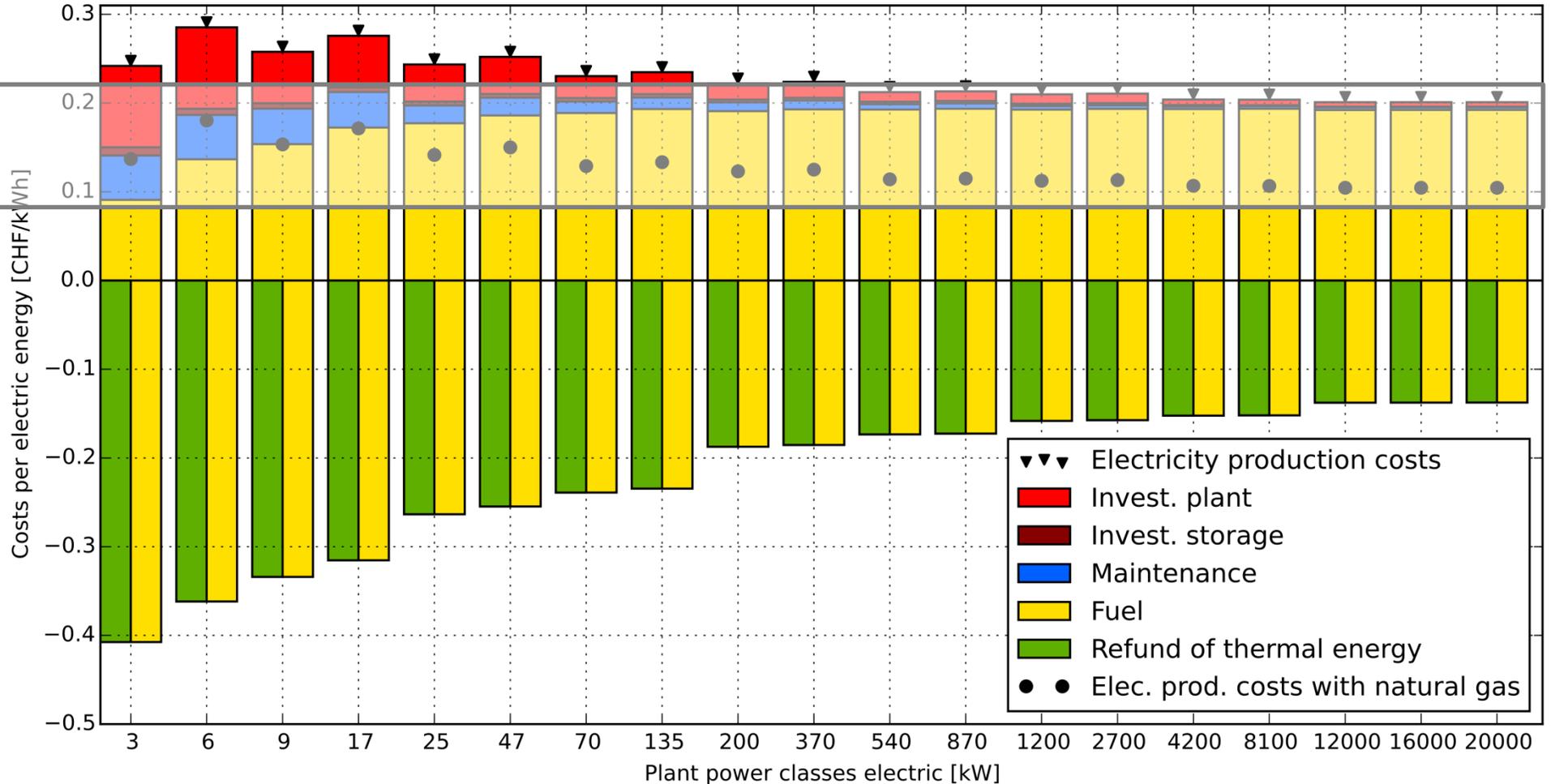
Strom- und Wärmeanteil der Schwärme



Stromgestehungskosten mit Wärmeverkauf

statische Analyse, Erlös aus Wärmeverkauf abgezogen, jährliche Übersichtsrechnung

Vergütung
Hochtarif
(je nach Kanton)



Annahmen

Wärmepreis: äquiv.
Gasheizung

Betrieb: 2000h/a

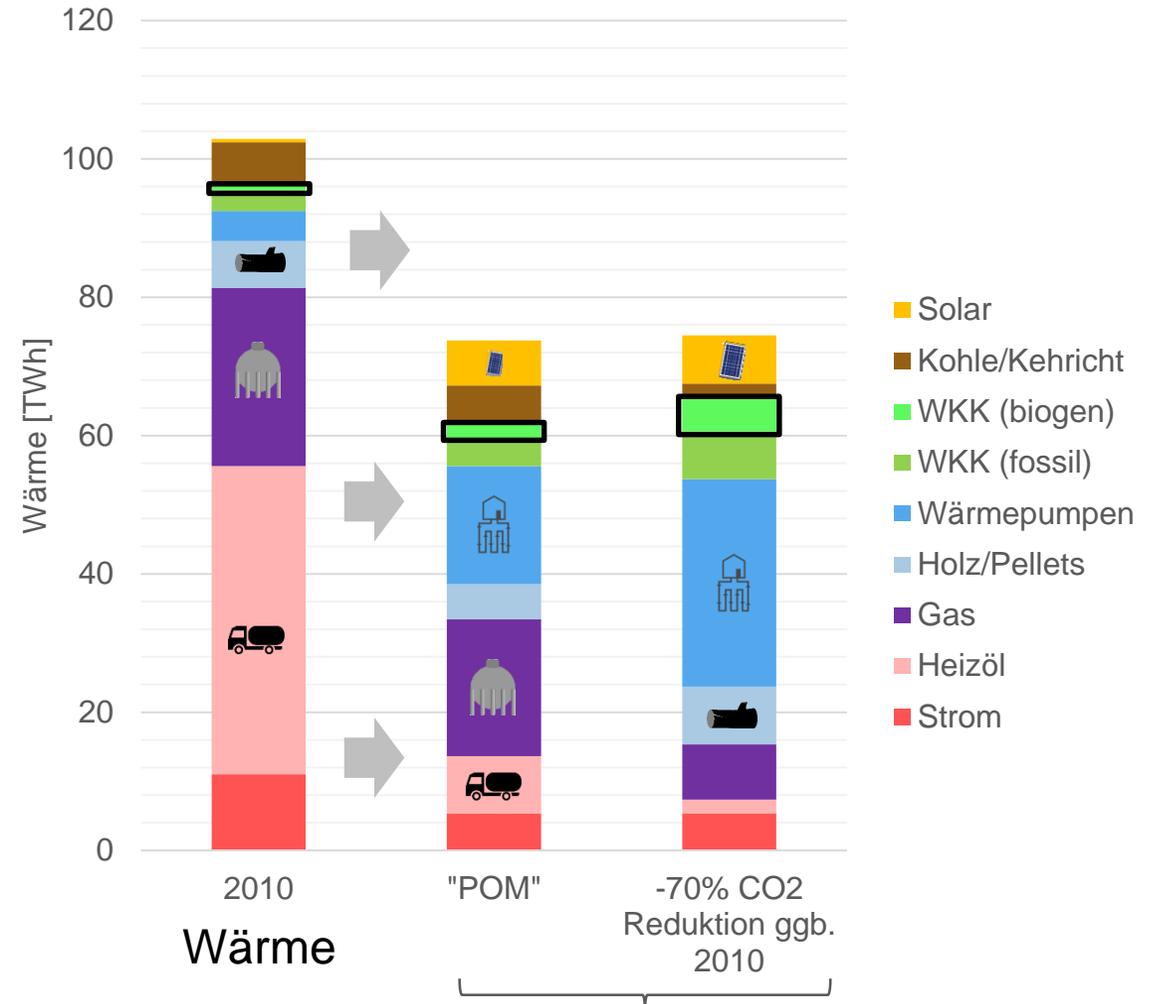
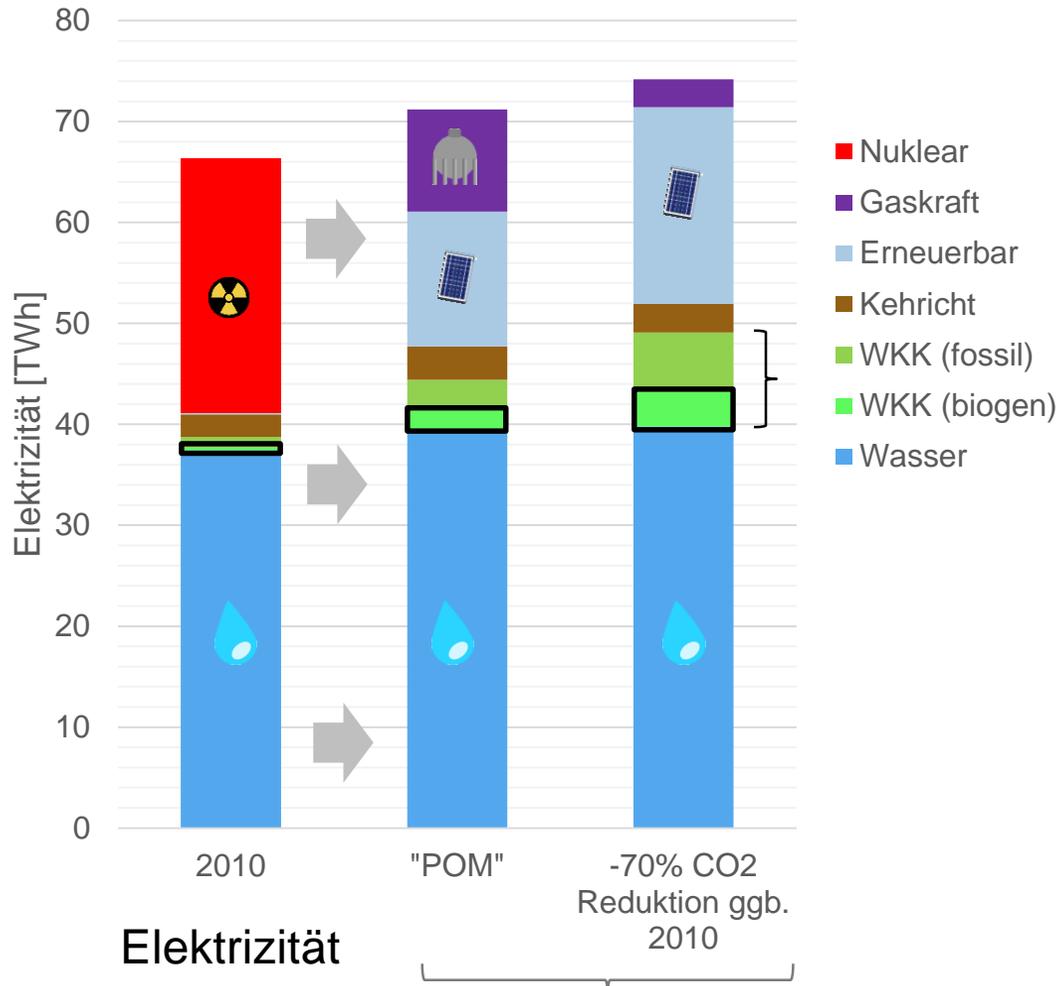
Wärmspeich: $4h \cdot P_{th}$

Gaspreise:

Biogas: 0.16CHF/kWh

Erdgas: 0.08CHF/kWh

Ökonomische Analyse: Perspektive in 2050



Schlussfolgerungen

- Saisonaler Beitrag im Winter → 16 % CH
 - Gegenläufige Korrelation zu PV und Laufwasser
- Hochdynamische Anpassung an Strompreisschwankungen (~Minute)
 - Preisspitzen zukünftig auf Grund fluktuierender PV
- Limitierend für den Beitrag (in ansteigender Reihenfolge):
 1. Verfügbare Biomasse (lokal)
 2. Anpassungen an /am Netz und Betrieb
 3. Wärmebedarf → auch in Zukunft genug Wärmesenken vorhanden
- Je nach Rahmenbedingungen ist Wettbewerbsfähigkeit mit konkurrierenden Technologien unterschiedlich (Wärmepumpen, Kehrlicht, usw.)
 - Je nach Szenario: **30-60%** des nachhaltigen Biomassepotentials der Schweiz kann in biogenen WKKs ökonomisch optimal verwertet werden

Ausblick

- Ausweitung des entwickelten Modells für regionale Anwendungen unter Nutzung von «Big Data»:
 - Wärmepumpen
 - Lokale Speicherung: Batterie, Power to gas
 - Integration der zukünftigen Mobilität
- Entwicklung einer Mikro-WKK Anlage in Zusammenarbeit mit 2 CH-Industriepartnern (4 Anlagen in Erprobung)

Allgemeine Fragen ?

Im Anschluss:
Austausch mit Experten zu jeweiligen Fachbeiträgen

Diskussionsrunde → Ansprechpartner



Philipp Vögelin

Doktorand am ETHZ LAV

WKK-Technologie: Modellierung, Auslegung, Betrieb von Anlagen und Verbänden, Gebäudemodellierung

voegelin@lav.mavt.ethz.ch



Gil Georges

PostDoc am ETHZ LAV

Projektleitung

gil.georges@lav.mavt.ethz.ch



René Buffat

Doktorand am ETHZ GIE (Prof. M. Raubal)

Räumliche Daten: Biomasseverfügbarkeit, Biogasproduktion, Standortbestimmung, Gebäudespezifikationen

rbuffat@ethz.ch



Konstantinos Boulouchos

Professor und Leiter des ETHZ LAV

Projektleitung

boulouchos@lav.mavt.ethz.ch



Giovanni Beccuti

Oberassistent am ETHZ FEN

Stromnetze: Netzfluss-Simulationen, Netztopologien, WKK im Netzbetrieb, Regelenergie

beccuti@fen.ethz.ch



Christian Schürch

Wiss. Mitarbeiter am ETHZ LAV

Experimentelle Basisdaten
Mikro-WKK Prototyp

schuercc@lav.mavt.ethz.ch



Evangelos Panos

PostDoc am PSI EEG

Energieökonomik: Energie-ökonomische Modellierung, Technologiebewertung, Energieszenarien

evangelos.panos@psi.ch

Abschlussbericht:
<http://bit.ly/1qnnMYB>

