

Prozess und Werkzeugkette zur multikriteriell optimierten Auslegung kommunaler Energiesysteme

Andreas Stadler, Dominic Mutzhas, Jan Vollmar, Herbert Palm
17. Symposium Energieinnovation, 16.-18.02.2022

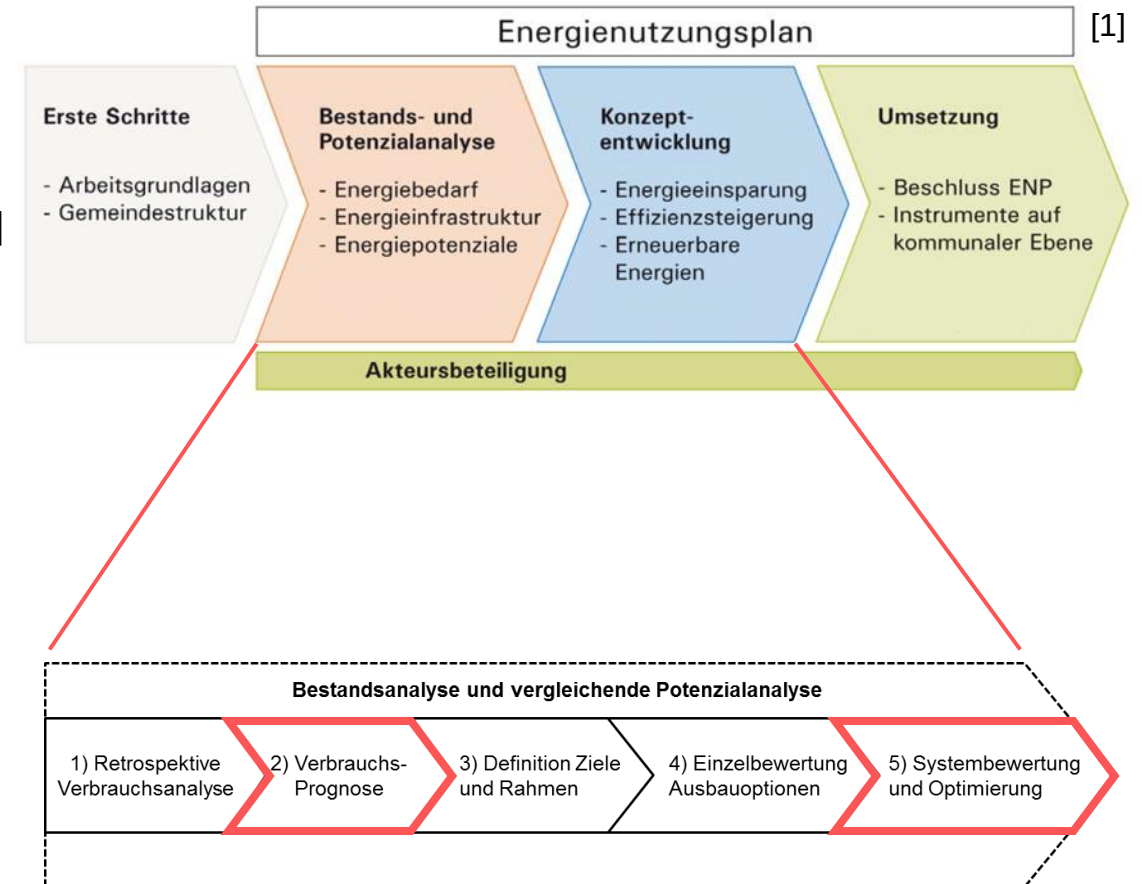


Motivation – Energiewende auf kommunaler Ebene

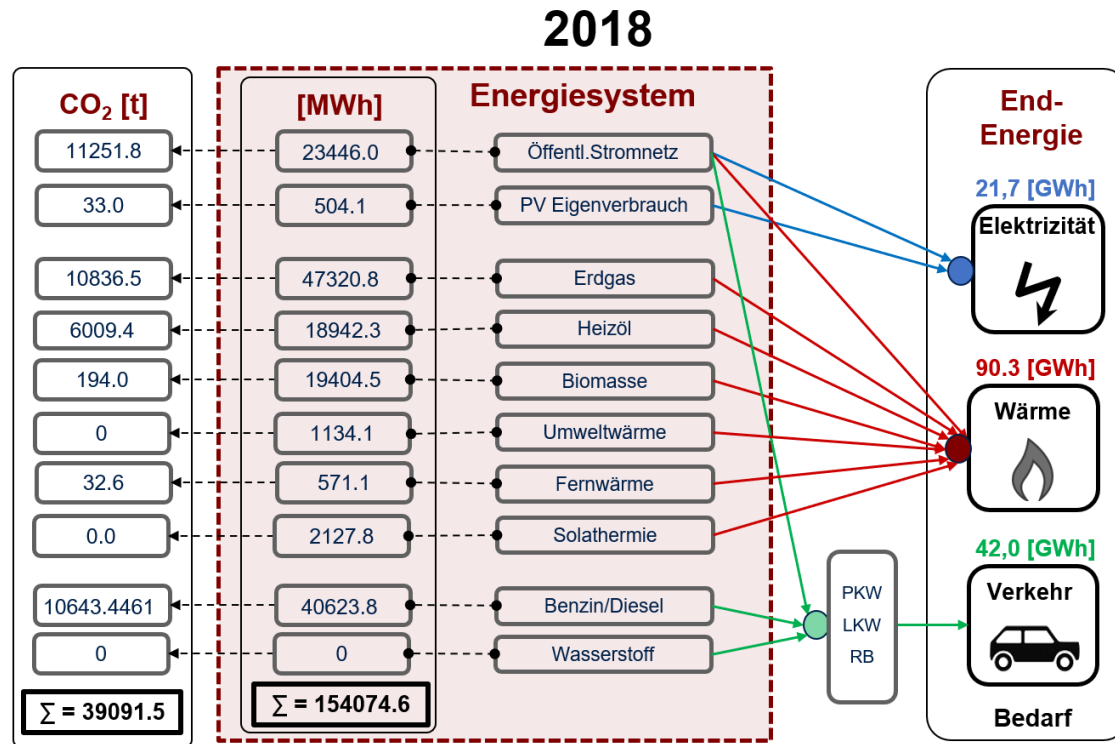
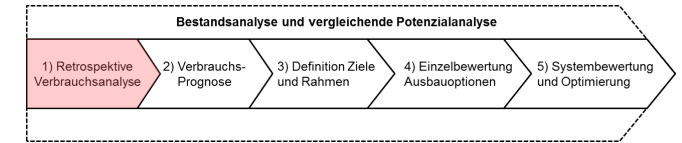
- Kommunen als großer Faktor im disruptiven Wandel der Energieversorgung
- Aktuelles Hilfsmittel für Kommunen: „Leitfaden Energienutzungsplan“ [1]
-> **Es fehlt der vergleichende Aspekt**
- Erweiterung des bestehenden Prozess um
 1. **Verbrauchsprognose** und
 2. **Systembewertung und Optimierung**

Ziel: Fundierte Entscheidungshilfe für Verantwortliche basierend auf zukünftigem Bedarf

[1] Energienutzungsplanung, Bayerische Staatsregierung,
<https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energienutzungsplan.html> (26.10.2021).

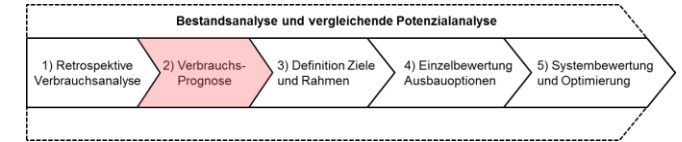
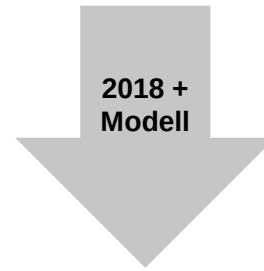


Retrospektive Verbrauchsanalyse

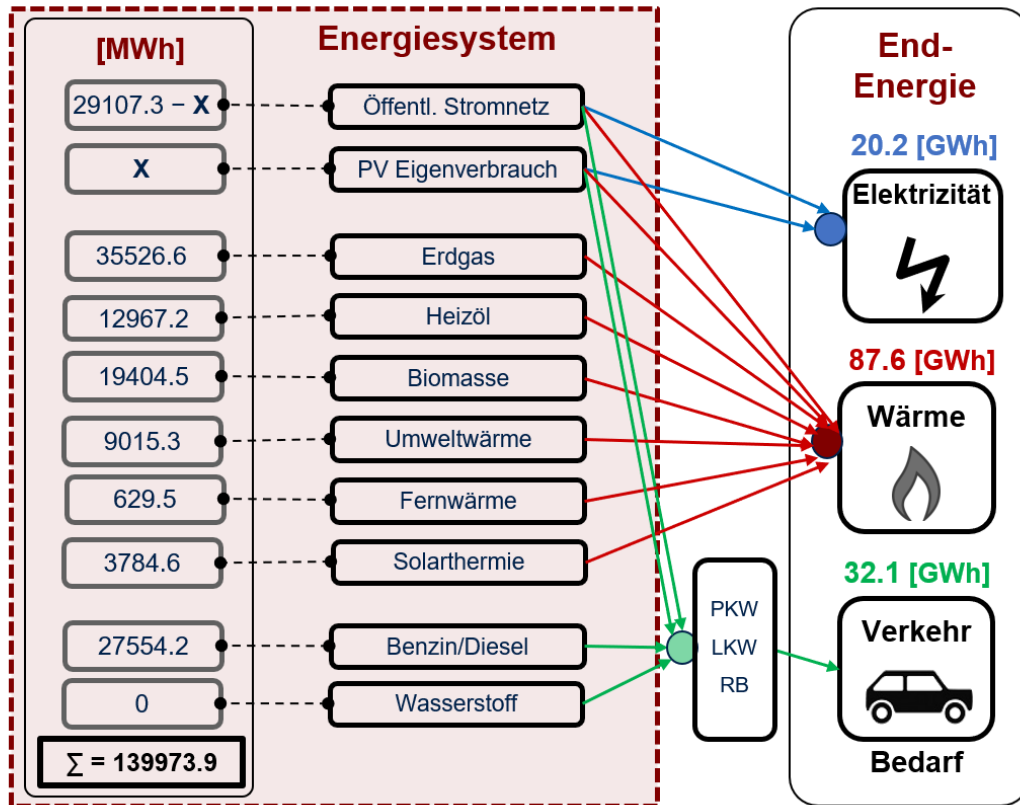


- Referenzgemeinde mit 11.000 Einwohnern südlich von München
- Vollständige und disjunkte Endenergieklassifikation für Einflussbereich der Kommune
 - Überregionaler Bedarf wird nicht betrachtet
- Unterteilung in Elektrizität, Wärme und Verkehr (Endenergie)
 - Für Lastprofile wird Wärme und Elektrizität zusätzlich den Wirtschaftssektoren *Haushalte (HH)*, *Gewerbe*, *Handel*, *Dienstleistung (GHD)* und *Industrie* zugeordnet
- Abbildung auf Endenergieklassen zur Zieldefinition in Schritt 3
 - Datenbasis durch Messdaten (VNB, Gasnetzbetreiber), statistischen Landesamt, Landratsamt

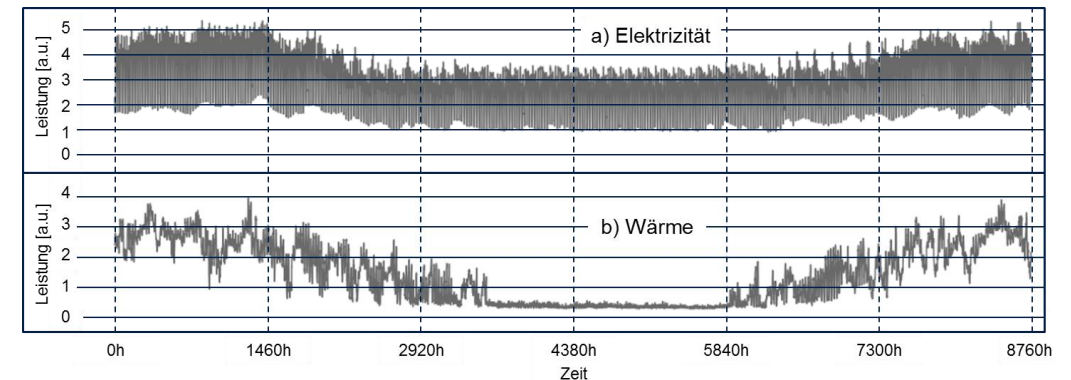
Verbrauchsprognose



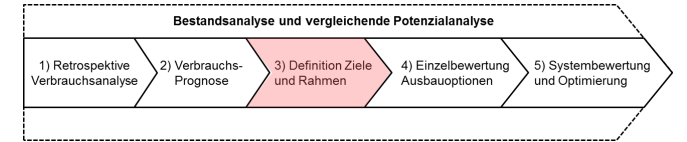
2030



1. Summarische Prognose des Endenergiebedarfs anhand verschiedenen Modellannahmen (z.B. Einwohnerzahl, Gebäudesanierungsrate, gewerbliche Entwicklung, ...)
2. Zuordnung des Endenergiebedarfs zu Energiesystemen (Abhängigkeit zum Ausbauszenario!)
3. Zeitliche Auflösung in Form von Lastprofilen



Definition kommunaler Ziele und Rahmen



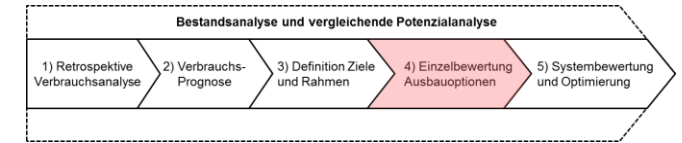
Klasse	KPIs	Kurzbezeichnung
Beitrag zum Klimaschutz	erneuerbarer Energieanteil genutzter Energie in %	RS
	CO2 Energieeffizienz in kg CO2 / kWh	EE
	CO2 pro-Kopf Energieverbrauch in kg/a	CO2
	bilanzieller erneuerbarer Beitrag vs. Nutzung in %	OA
Wirtschaftlichkeit	nivellierte Energiegestehungskosten in ct/kWh	LCOE
	benötigtes Investitionskapital in €	CAPEX
	Nettobarwert der Investition in €	NPV
	durchschnittliche Kapitalverzinsung in % p.a.	IRR
Netzstabilität	erneuerbarer Energie-Eigenverbrauchsanteil in %	OC
Eingriff in Natur und Landschaftsbild	benötigte Fläche in ha	FB
	Eingriffsbewertung auf dimensionsloser Skala	EI

- Qualität durch Zieldefinition!

- Referenzgemeinde:

1. Auswahl von Entscheidern aus Gemeinderat
2. Relevant eingestufte thematische Zielfelder definieren
3. Zielfelder messbare Zielindikatoren zuordnen

Einzelbewertung Ausbauoptionen



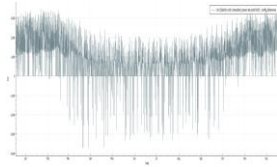
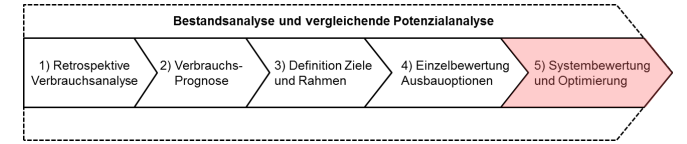
Technologiegruppe	Variante	Potenzial [GWh]	Δ OA	LCOE [ct/kWh]	Design Space Parameter	Betrachteter Maximalwert
Freiflächen-Photovoltaik (PV-FFA)	EEG PV-FFA	52.1 (el.)	258%	4.0	verfügbare EEG FF	41 MWp
	non-EEG PV-FFA	127 (el.)	628%	4.0	verfügbare non-EEG FF	100 MWp
	Agri-PV	85.6 (el.)	424%	4.0	verfügbare Agri-PV FF	58 MWp
Dachflächen-Photovoltaik (PV-DFA)	gut geeignet	6.4 (el.)	32%	8.3	Ausbaugrad „guter“ DF	6.0 MWp
	geeignet	8.0 (el.)	40%	10,5	Ausbaugrad „geeigneter“ DF	9.3 MWp
	bedingt geeignet	0.9 (el.)	4%	13,2	Ausbaugrad „b. geeign.“ DF	1.3 MWp
Windkraft (WKA)	Anzahl und Typ WKA Anlagen	27.1 (el.)	134%	6.7	installierte WKA Anzahl und max. Leistung / WKA	3 5700 kWp
Tiefen-Geothermie (T-GT)*	Bis drei (Bohr-) Dubletten in verfügbarem Claim	>450 (th.)	>500%	2.1...2.6	maximal pro T-GT Anlage mögliche Anzahl an Bohr-Dubletten	3
Wärmepumpe	$T_{\text{Vorlauf}} > 50^{\circ}\text{C}$	33,6 (th.)	38,4%	17...19	Anzahl / Nummern versorgter Gebäude	2762
	$T_{\text{Vorlauf}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	27.5 (th.)	31.4%	13...15		
Heizwerk (HW)**	Versorgung qua kommunalem Wärmenetz	51 (th.)	58%	9.9...12.1	Anzahl / Nummern versorgter Gebäude	2762

*) ohne Fernwärmenetz

**) mit Fernwärmenetz

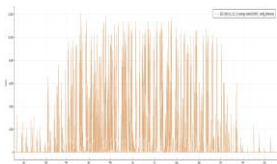
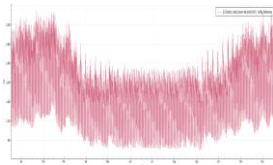
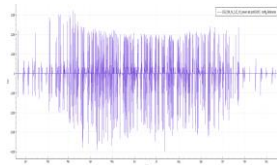
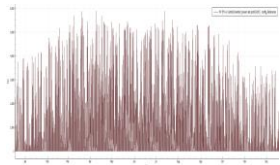
- Analyse der lokal verfügbaren, technologiespezifischen Potentiale
- Ergebnis ist Design Space (D) für Optimierung
- Untere Schranke wird zu Null gewählt, obere Schranke entspricht maximalem Ausbaupotential der jeweiligen Technologiegruppe
- Erste Betrachtungen möglich

Systembewertung und Optimierung



$d_1 \in [0; 9300 \text{ kWp}]$

$d_2 \in [0; 28 \text{ MWh}]$

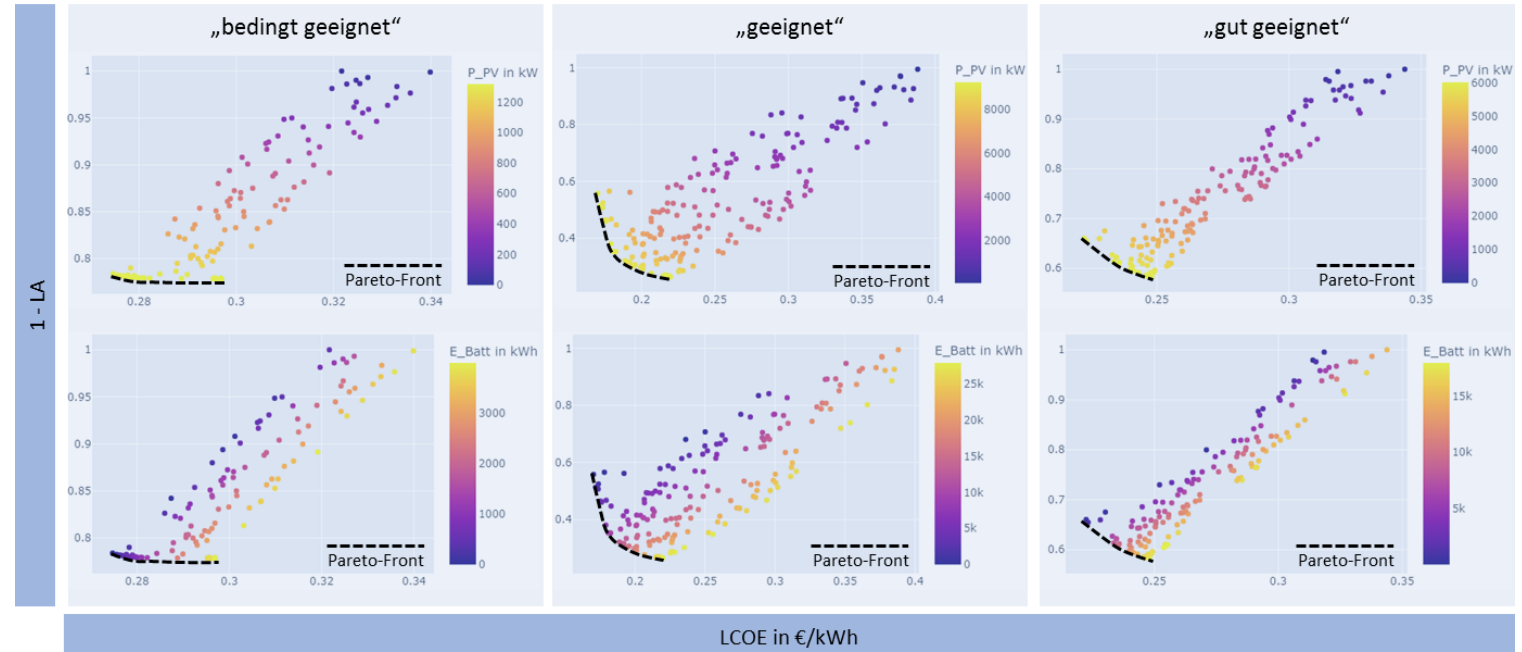


- $LA = \frac{\int \text{Min} [|P_{con}(t)|; |P_{gen}(t)|] dt}{\int P_{con}(t) dt}$
- $LCOE$

(Lokale Autarkie)

(Stromgestehungskosten)

Ziel: $\underset{d_1, d_2 \in D}{\text{argmin}} \left(\frac{LCOE(d_1, d_2)}{1 - LA(d_1, d_2)} \right)$



- Befähigung der Kommunen durch vergleichende Bewertung auf zukünftigem Bedarf
- Entscheidender Faktor in der Energiewende!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Andreas Stadler

Masterand am Institut für Nachhaltige Energiesysteme (ISES)

Andreas.stadler@hm.edu

Prozess und Werkzeugkette zur multikriteriell optimierten Auslegung kommunaler Energiesysteme