

Lukas Lazar, M.Sc.  
Prof. Dr. Ingela Tietze

GOR-Workshop 8./9. Oktober 2020

Identifizierung und Quantifizierung  
von Zielkonflikten bei der  
multikriteriellen  
Optimierung von dezentralen  
Energiesystemen

# Ziele bei der Optimierung von Energiesystemen – konventionelle Technologien





# Ziele bei der Optimierung von Energiesystemen – erneuerbare Technologien



# Auswirkungen auf Umweltwirkungen durch verstärkten Einsatzes von Erneuerbaren Energien

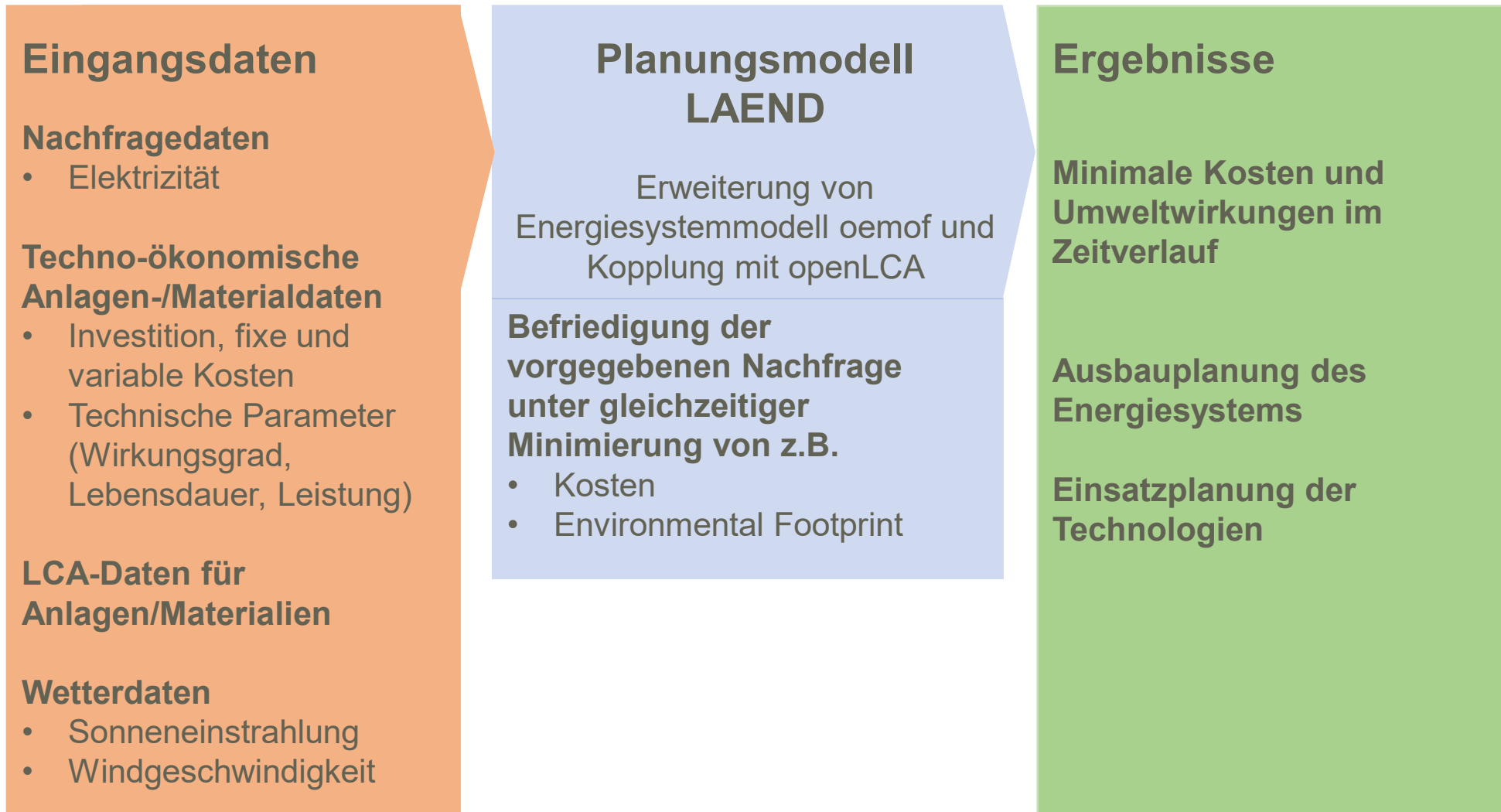
*“the shift to renewable energy will replace one non-renewable resource (fossil fuel) with another (minerals and metals)”*

Vidal, O./Goffé, B./Arndt, N., Metals for a low-carbon society, 2013

- Verschiebung Umweltwirkungen
  - Wirkungskategorien (z.B. Toxizitäten, Landnutzung, Biodiversität, Mineralien und Metalle)
  - Verschiebung von Nutzungs- in Herstellphase (und damit häufig in andere Länder)

→ Ganzheitliche Betrachtung erforderlich

# Life cycle Assessment based ENergy Decision support tool LAEND



# Environmental Footprint

Indicator	JRCII weighting	JRCII normalisation
Climate change total	0.2106	5.34998E+13
Acidification potential	0.062	3.83E+11
Ecotoxicity freshwater	0.0192	8.14693E+13
Eutrophication freshwater	0.028	17600000000
Eutrophication marine	0.0296	1.95E+11
Eutrophication terrestrial	0.0371	1.22E+12
Human toxicity carcinogenic	0.0213	265544.3645
Ionising radiation	0.0501	2.91018E+13
Human toxicity non-carcinogenic	0.0184	3274782.609
Ozone depletion potential	0.0631	161052494.6
Photochemical ozone creation	0.0478	2.8E+11
Respiratory effects	0.0896	4390385.028
Water dissipated	0.0851	7.90869E+13
Resources fossil	0.0832	4.5E+14
Land use	0.0794	9.20229E+15
Minerals and Metals	0.0755	399000000



# Life cycle Assessment based ENergy Decision support tool LAEND

LP, Zielfunktion

$$\begin{aligned} \min: & \sum_{t \in T} \left\{ \sum_{(s,e) \in E} \left( \left[ g_C \cdot cvar_{(s,e)}^t + \sum_{x \in X} g_x \cdot evar_{(s,e)}^{x,t} \right] \cdot wvar_{(s,e)}^t \right) \right\} \\ & + \sum_{a \in A} \left\{ \sum_{(s,e) \in E} \left( \left[ g_C \cdot cfi_{(s,e)}^a + \sum_{x \in X} g_x \cdot efi_{(s,e)}^{x,a} \right] \cdot wfi_{(s,e)}^a \right) \right\} \\ & + \sum_{t \in T} \left\{ \sum_{n \in N} \left( \left[ g_C \cdot cvar_n^t + \sum_{x \in X} g_x \cdot evar_n^{x,t} \right] \cdot vvar_n^t \right) \right\} \\ & + \sum_{a \in A} \left\{ \sum_{n \in N} \left( \left[ g_C \cdot cfi_n^a + \sum_{x \in X} g_x \cdot efi_n^{x,a} \right] \cdot vfi_n^a \right) \right\} \end{aligned}$$

## Anwendung auf exemplarisches Quartier

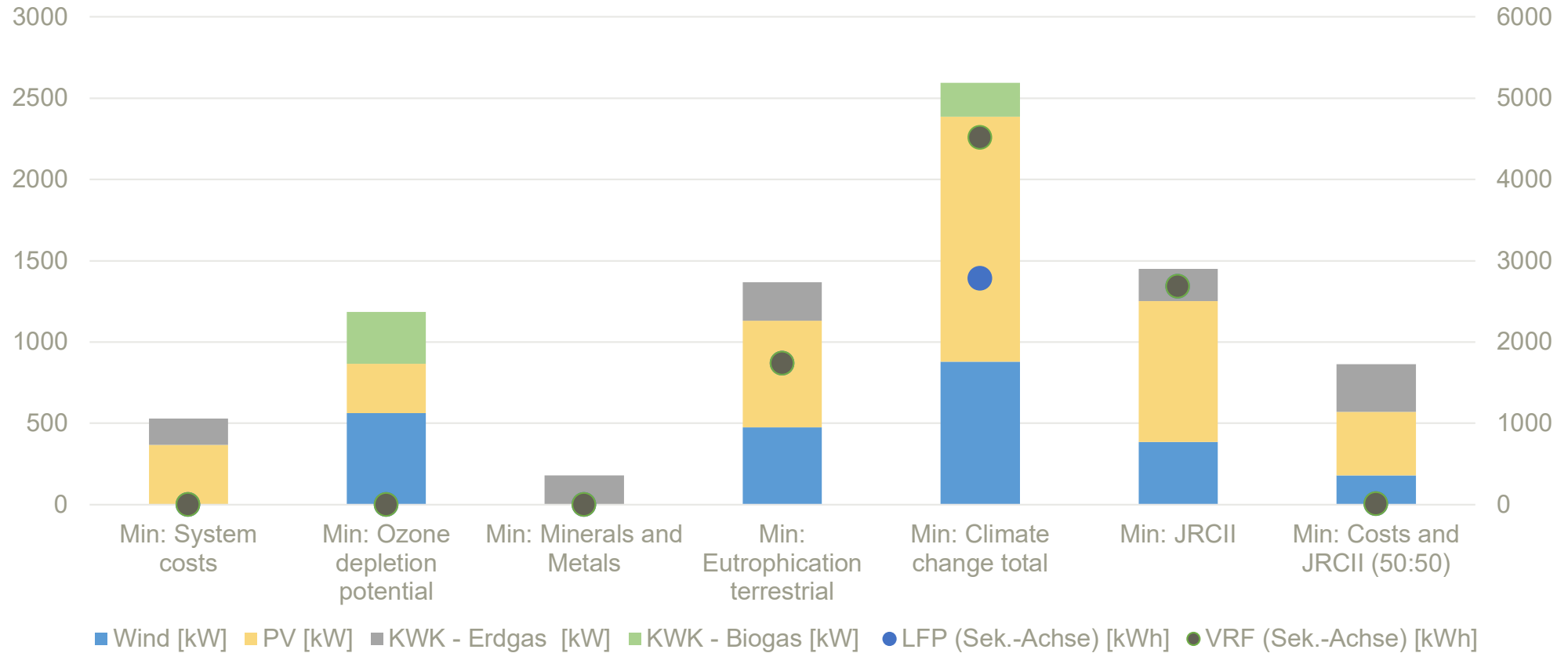
- Standort in der Nähe von Pforzheim
- Elektrizitätsnachfrage 21.513 MWh/a
- Zeitraum 2020 – 2050, stündliche Auflösung
- Lastprofile Nachfrage für ein Jahr, Einspeiseprofile für 10 Jahre

	Var. Kosten [€/kWh <sub>el</sub> ]	Fixkosten [€/kW <sub>el</sub> /a]	Investition	Wirkungsgrad	Lebens- dauer
KWK Erdgas	0,01		1.148 €/kW <sub>el</sub>	el. 37%, th. 49%	20 a
KWK Biogas	0,02		1.148 €/kW <sub>el</sub>	el. 39%, th. 49%	20 a
PV		130	1.300 €/kW <sub>p</sub>	14 %	30 a
Wind	0,03	59	1.558 €/kW <sub>el</sub>		20 a
LFP-Batterie		25	1.949 €/kWh	90%	8.000 Zyklen
VRF-Batterie		40	1.507 €/kWh	75%	10.000 Zyklen

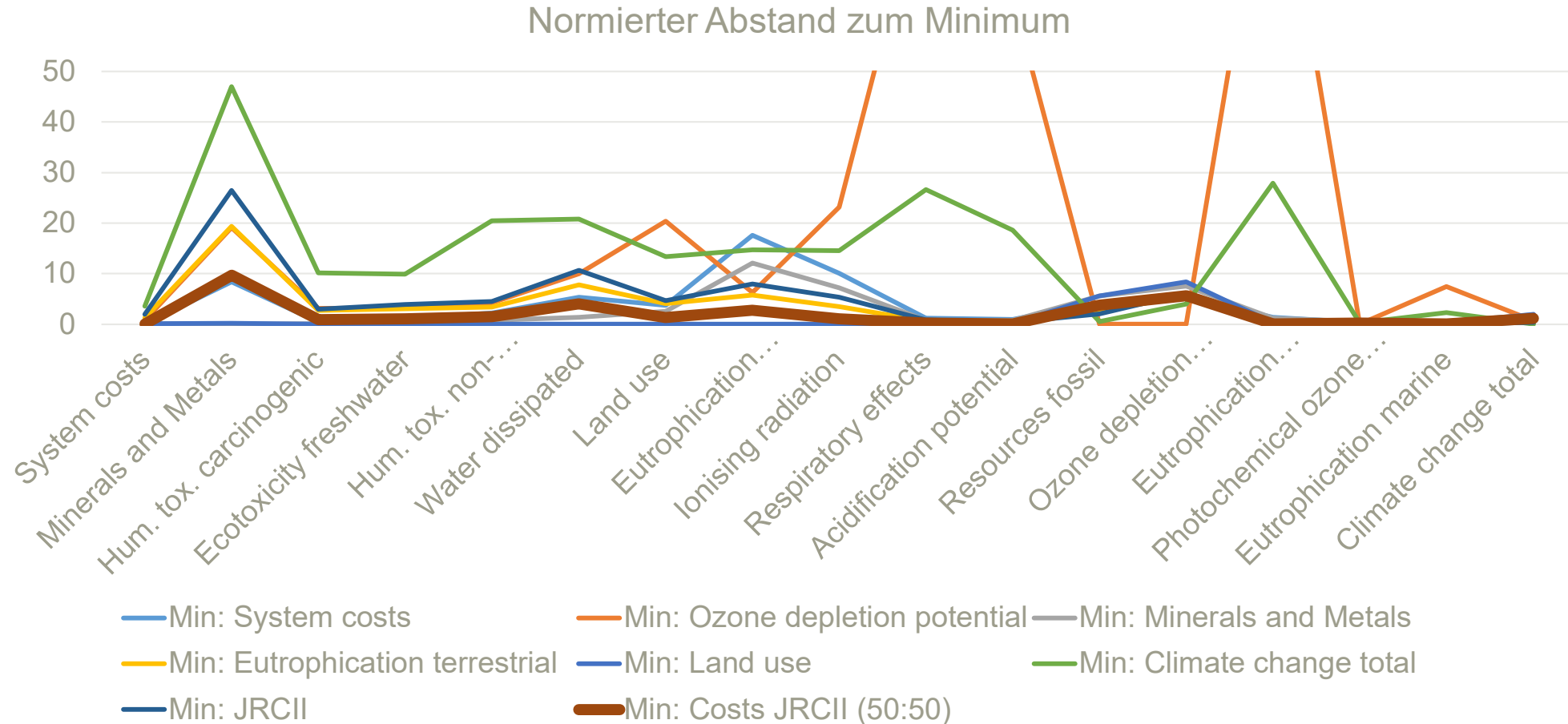


# Erste Ergebnisse - Auswahl

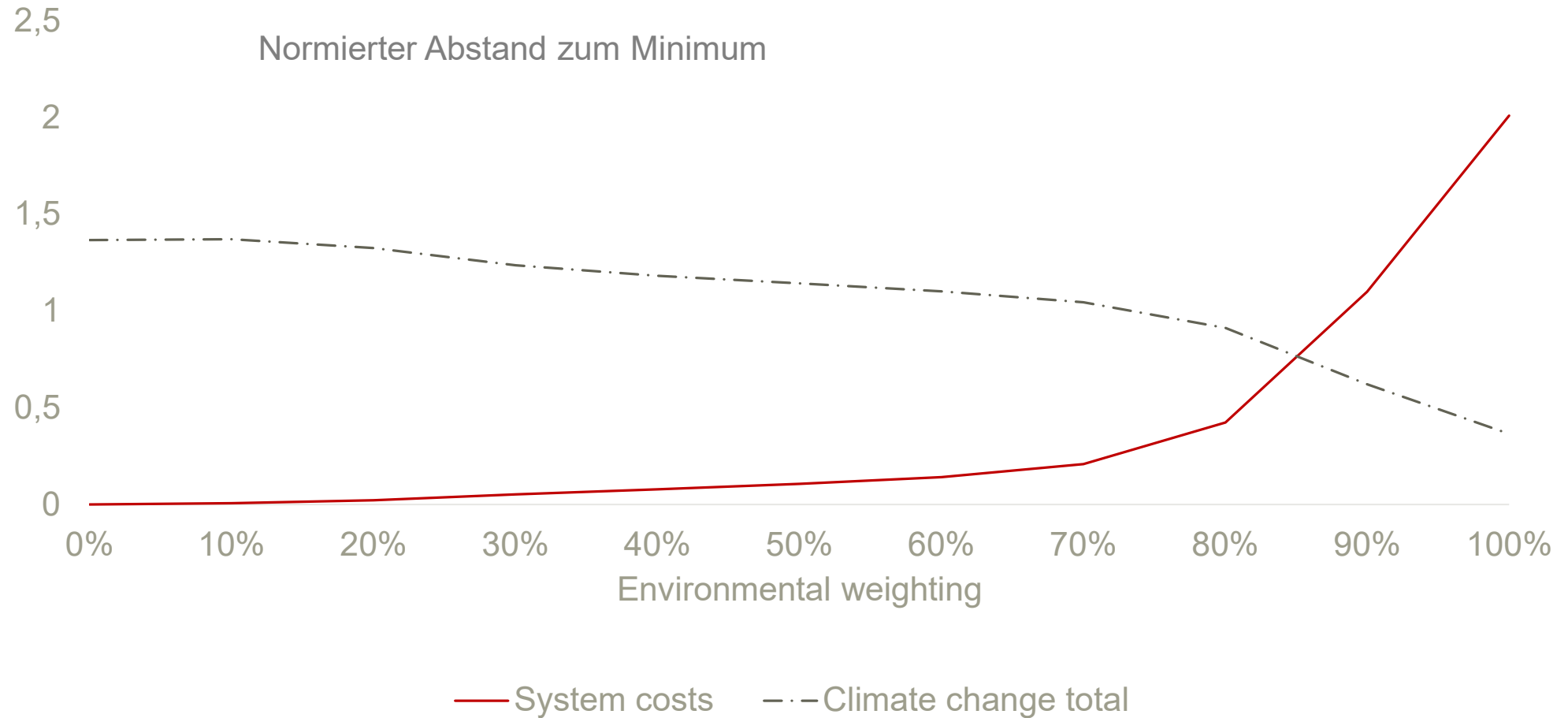
## Installierte Kapazität 2050



# Erste Ergebnisse - Auswahl

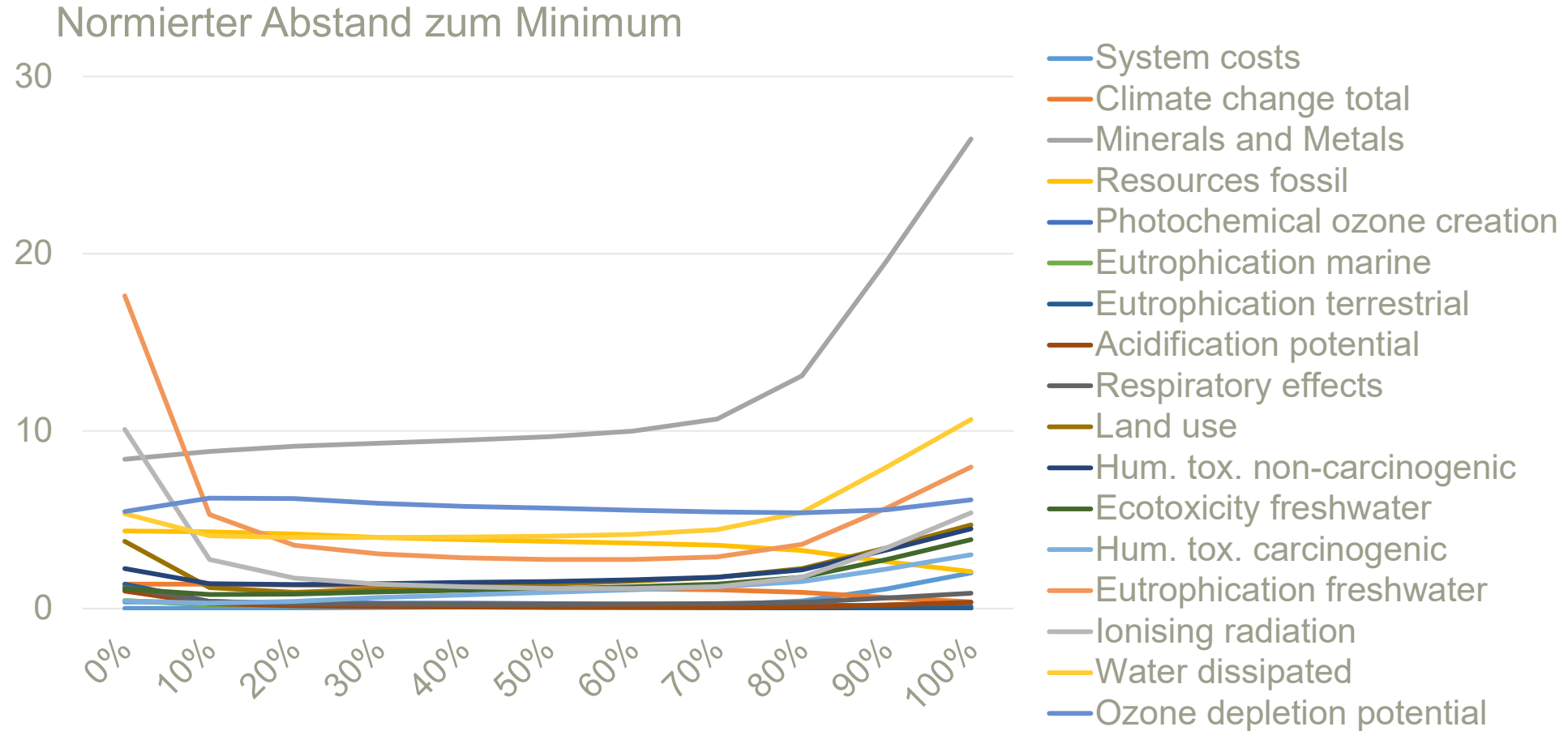


# Erste Ergebnisse - Auswahl





# Erste Ergebnisse - Auswahl



# Fazit und Ausblick

- Vielzahl von Zielkonflikten durch Integration Ökobilanzdaten ersichtlich
- Ausgewogene Ausprägungen über alle Kriterien durch multikriterielle Optimierung möglich
  
- Weitere Überlegungen
  - Ausweitung auf Wärme und Elektromobilität
  - Weitere Technologien (Dämmmaßnahmen, Technologien zur Sektorenkopplung)
  - Perfekte Voraussicht  $\Leftrightarrow$  myopische Optimierung
  - Integration von Restriktionen, Optimierungsansatz Distance-to-target
  - Verwendung von „Leitindikatoren“, Cluster von Indikatoren
  - Externe  $\Leftrightarrow$  interne Normierung
  - Prospektivität
  - Herausforderung Penny-Switching-Effect  $\rightarrow$  Übertragung der Ergebnisse in die Praxis

# Vielen Dank!

**Lukas Lazar, M.Sc.**

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse  
(ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

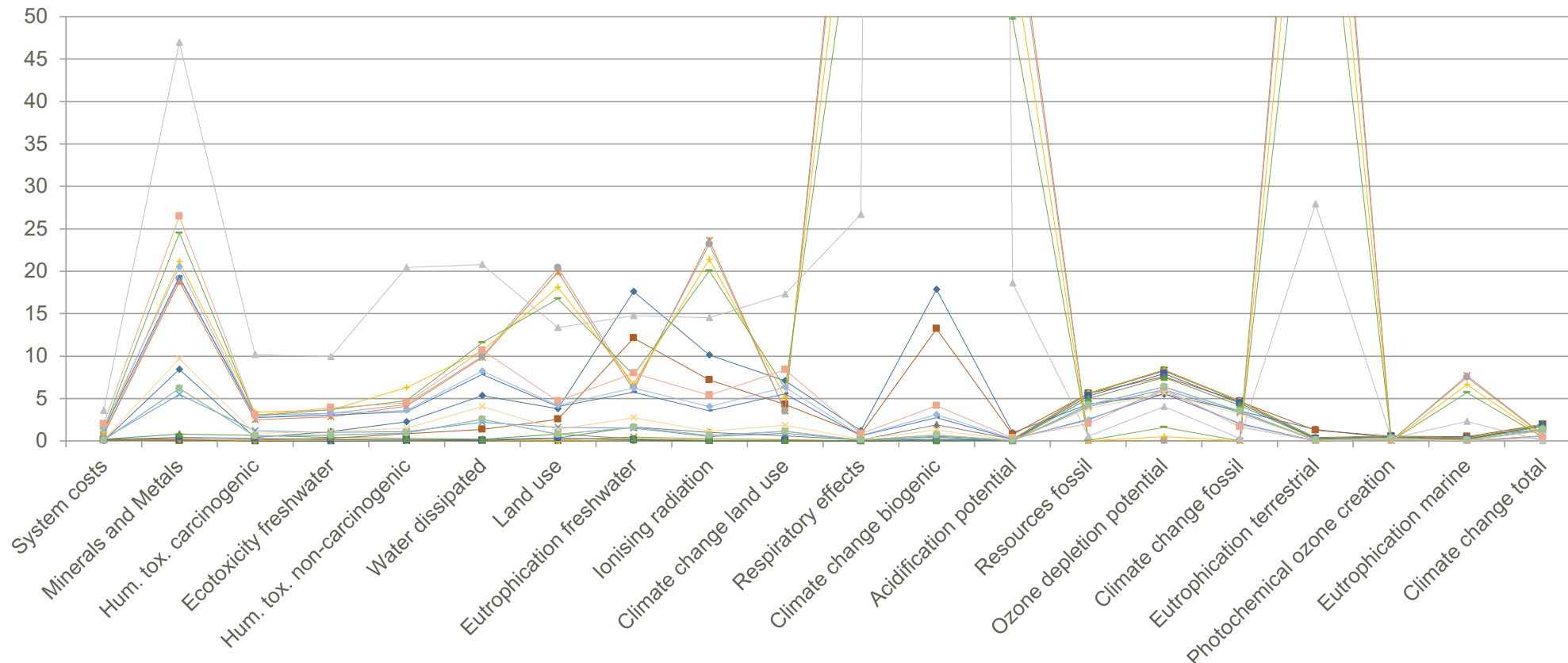
lukas.lazar@kit.edu

**Prof. Dr. Ingela Tietze**

Institut für Industrial Ecology, Hochschule Pforzheim

ingela.tietze@hs-pforzheim.de





- ◆— Min: System costs
- ▲— Min: Hum. tox. carcinogenic
- ✱— Min: Hum. tox. non-carcinogenic
- +— Min: Land use
- Min: Respiratory effects
- ✱— Min: Acidification potential
- Min: Ozone depletion potential
- +— Min: Eutrophication terrestrial
- ◆— Min: Eutrophication marine

- Min: Minerals and Metals
- ✱— Min: Ecotoxicity freshwater
- Min: Water dissipated
- +— Min: Eutrophication freshwater
- ◆— Min: Climate change land use
- ▲— Min: Climate change biogenic
- ✱— Min: Resources fossil
- +— Min: Climate change fossil
- ▲— Min: Photochemical ozone creation
- Min: JRCII

