

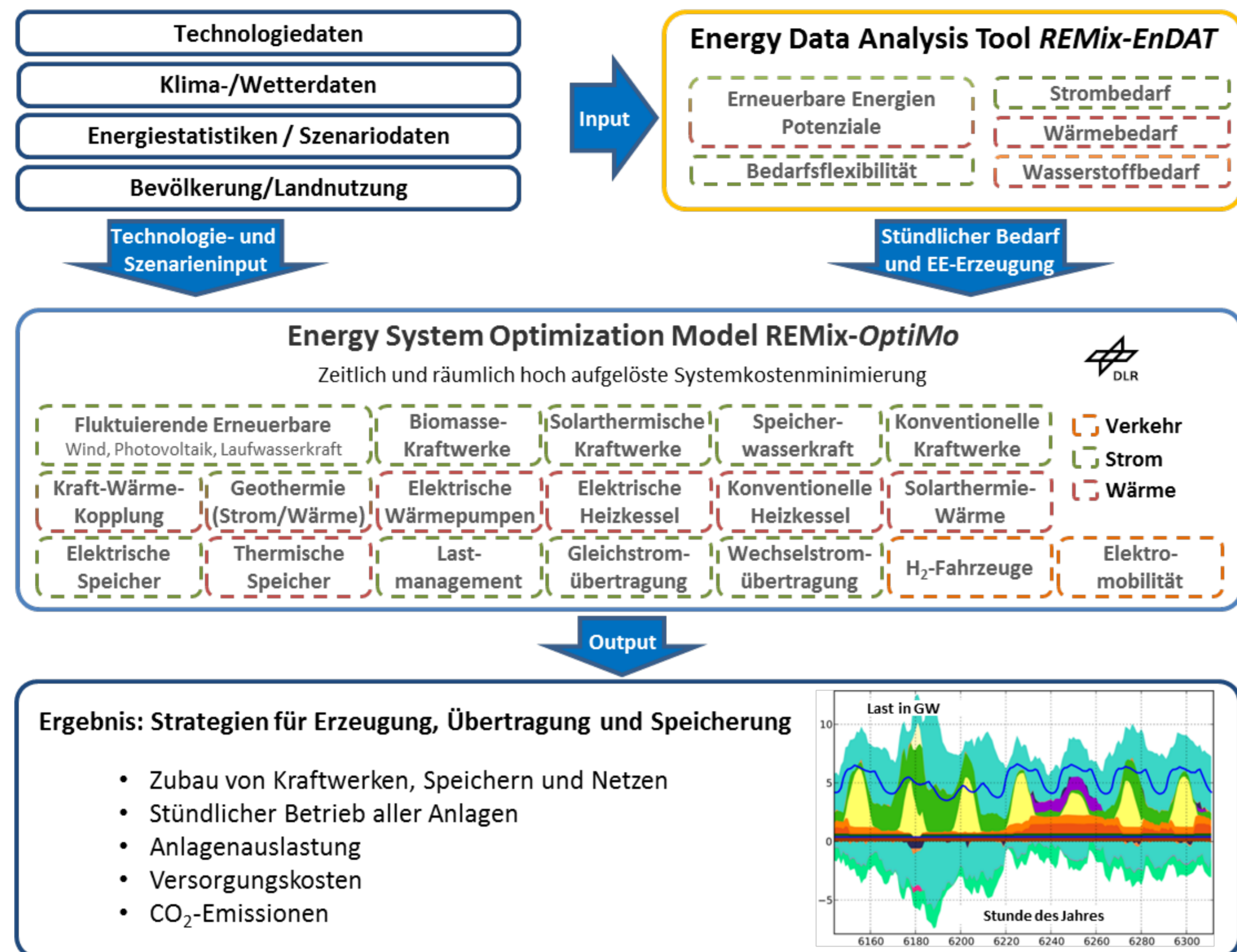
DLR-Energiesystemmodell REMix: Versorgungssysteme mit hohem Anteil erneuerbarer Energien

Hans Christian Gils, Felix Cebulla, Tobias Fichter, Yvonne Scholz, Thomas Pregger, Carsten Hoyer-Klick, Jürgen Kern, Franz Trieb

Ein DLR-Projekt

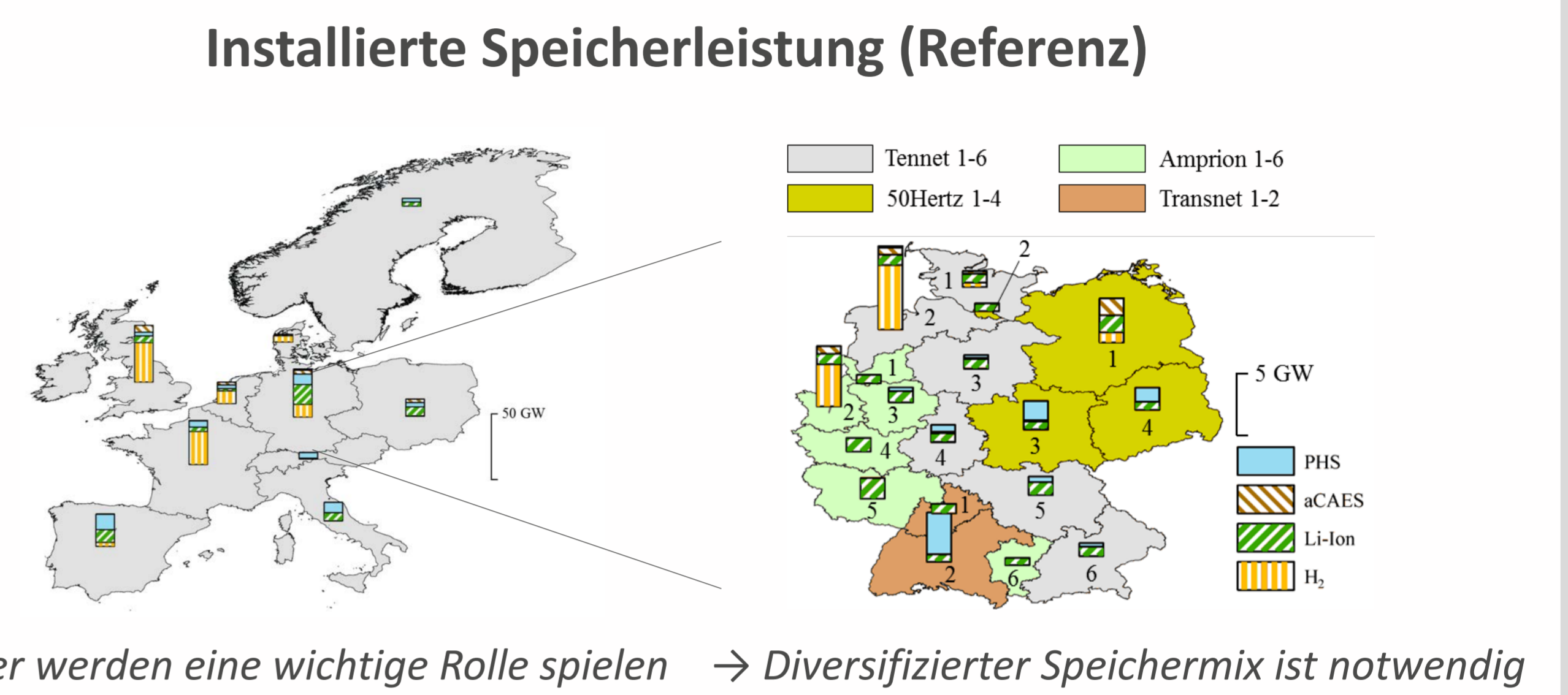
Kontakt: hans-christian.gils@dlr.de

Fundamentales Energiesystemoptimierungsmodell [1-5]

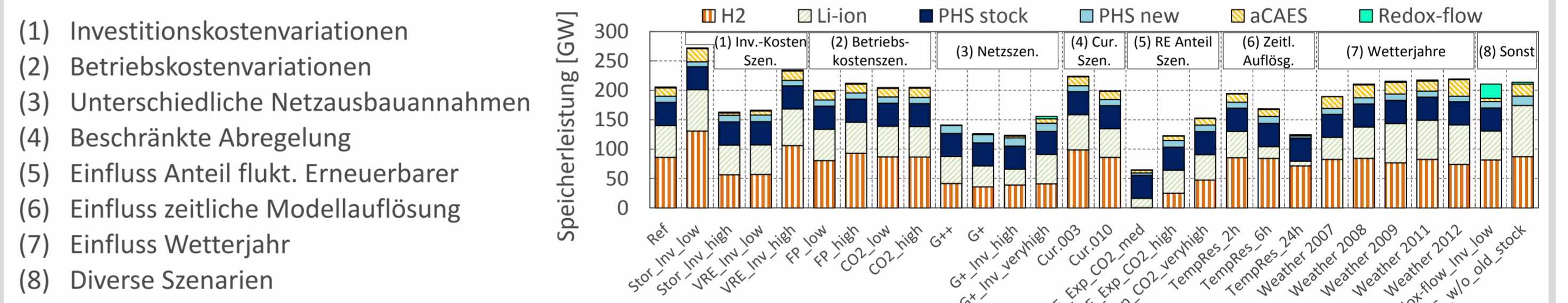


- Optimierung des Zubaus und stündlichen Betriebs aller Systemkomponenten
- Nutzung eines hoch aufgelösten, globalen EE-Ressourcenarchivs
- Sektorenübergreifende Betrachtung von Strom, Wärme und Mobilität

Speicherbedarf in Europa bei hohen EE-Anteilen [7,8]



Sensitivität des Speicherbedarfs (Leistung EU)



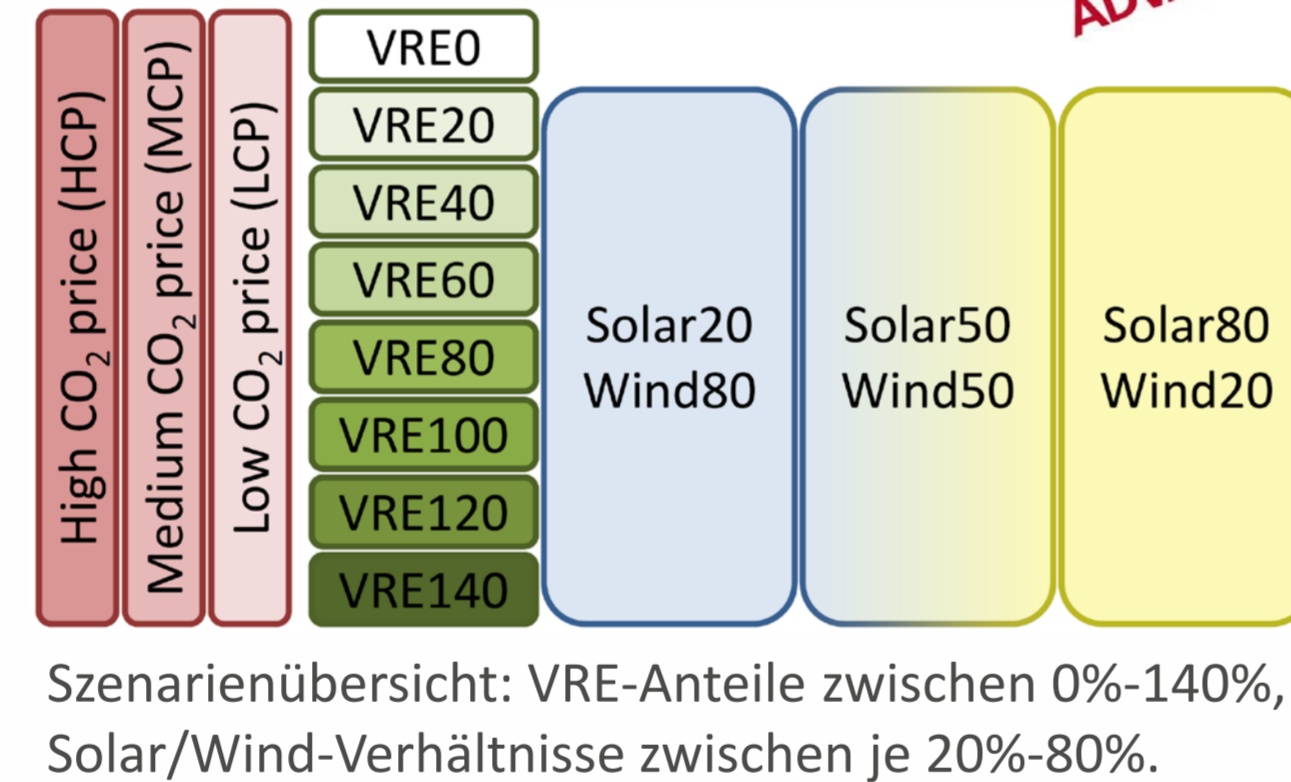
→ Speicherbedarf schwankt stark → Sensitiv bzgl. Netz, Investitionskosten und RE-Anteil

Integrationskosten erneuerbarer Energien in Europa [1,6]

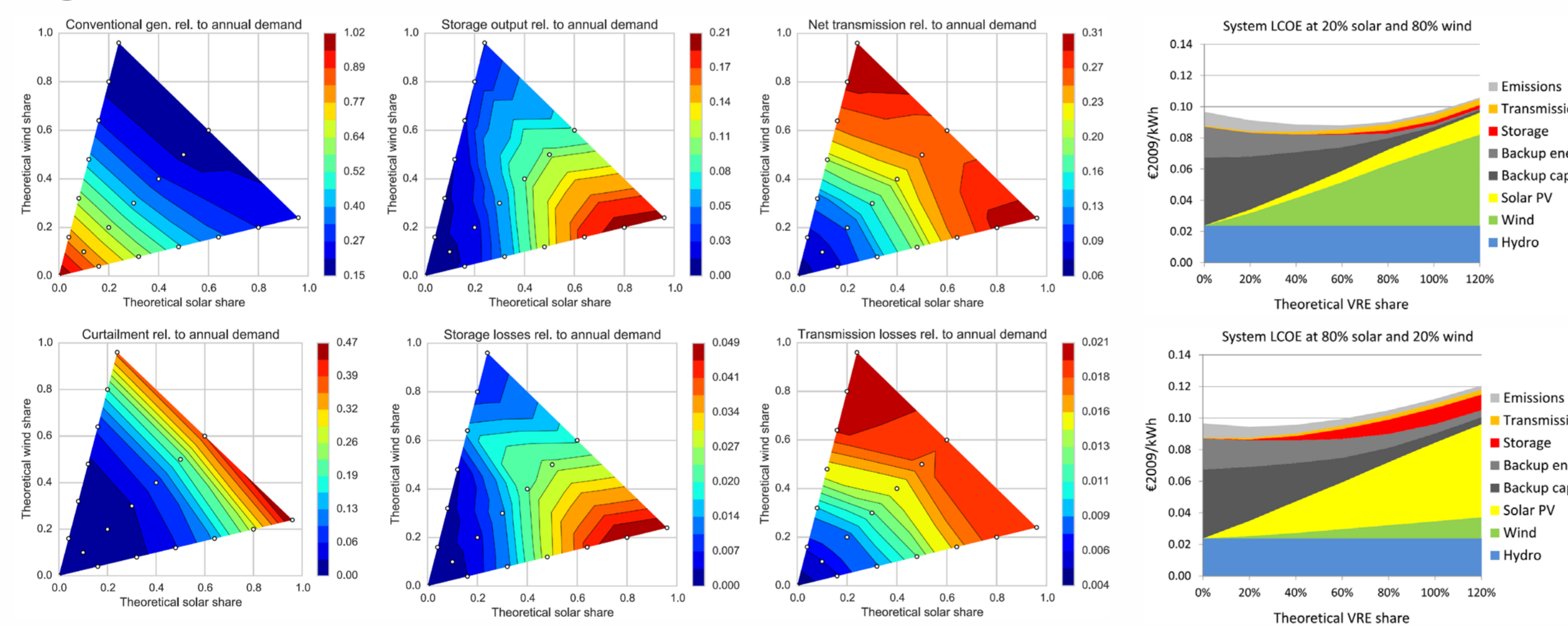
The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme [FP7/2007-2013] under grant agreement n° 308329

Methodik:

- Parametrische Studie für verschiedene Anteile fluktuierender EE (VRE), Solar/Wind-Verhältnisse und CO₂-Preise
- Ergebnis: Zubau und Einsatz von Netzen, Speichern und regelbaren Kraftwerken, Abregelung, Emissionen, Erzeugungs- und Integrationskosten



Ergebnisse:



- Speicherkapazität bis zu 60% der Spitzenlast, steigt v.a. mit Solaranteil
- Netzkapazität bis zu 580 GWkm/GW_{peak} steigt v.a. mit Windanteil
- Abregelung <6% des Bedarfs bei 50%, <24% bei 100% VRE-Anteil
- Bis zu 21% des Bedarfs wird gespeichert, bis zu 31% international übertragen
- Systemkosten minimal in winddominierten Systemen, aber flaches Minimum
- Systemkosten minimal bei 40%/60%/80% VRE in LCP/MCP/HCP
- Regionale Kraftwerksverteilung stark durch Solar/Wind-Verhältnis beeinflusst

Unterstützung Energiesystemplanung in Marokko [9,10]

Projektziel:

Unterstützung des Königreichs Marokko bei der Entwicklung robuster und kosteneffizienter Transformationspfade hin zu hohen EE-Anteilen im Stromsektor

Auftraggeber:

Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH im Rahmen des Sektorvorhabens „Technologiekooperation im Energiesektor“

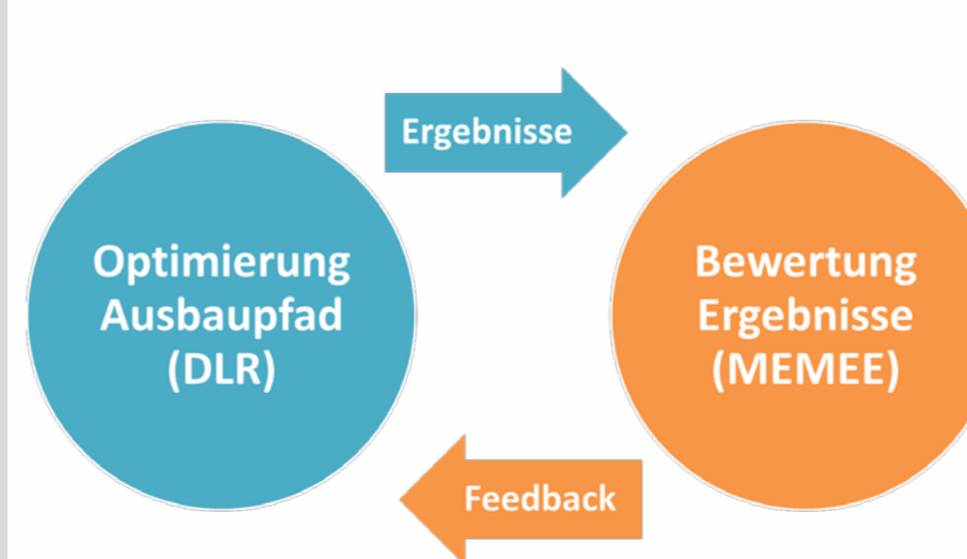
Unterstützt durch:

Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE)
Office National de l'Électricité et de l'Eau potable (ONEE)
KfW Bankengruppe, Geschäftsbereich KfW Entwicklungsbank (KfW)

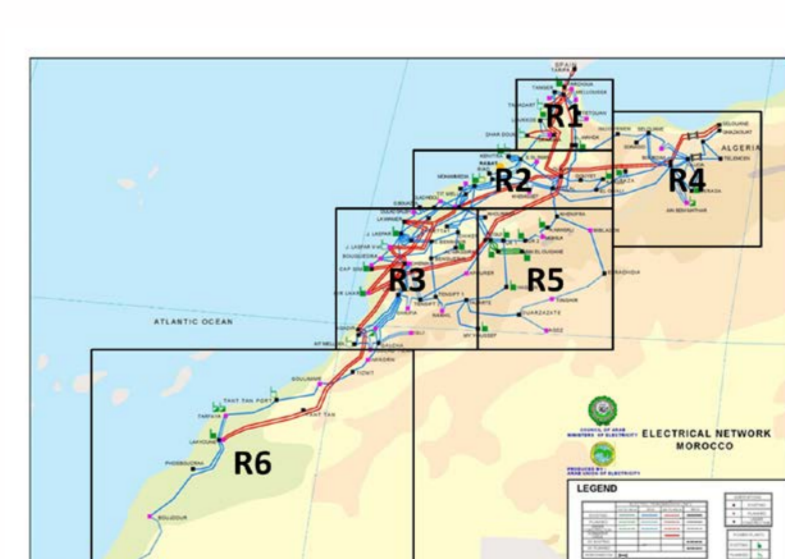


Methodik

Iterativer Planungsprozess



Mehrnoten-Modell



Fokus Modellierung

- Optimum für gesamten Planungszeitraum (2018 – 2050)
- Flexibilitätsrestriktionen thermische Kraftwerke

Ergebnisse

- Umfangreiche und gute Potenziale für Wind- und Solarenergie
- Steigender Strombedarf bietet Optionen für den kontinuierlichen Ausbau von EE-Technologien
- Mix aus PV, Wind und solarthermischen Kraftwerken (CSP) sowie fossilen Kraftwerken und Flexibilitätsoptionen ermöglicht eine sichere, nachhaltige und kosteneffiziente Stromversorgung
- Deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen möglich
- Ausgezeichnete Kooperation von Wissenschaft (DLR), Internationaler Zusammenarbeit (GIZ), Energiewirtschaft (ONEE) und Politik (MEMEE)

[1] H. C. Gils, Y. Scholz, T. Pregger, D. Luca de Tena, D. Heide (2017) "Integrated capacity expansion and operation modelling of variable renewable energy based power supply in Europe", Energy, 123: 173-188.
[2] Y. Scholz (2012), "Renewable energy based electricity supply at low costs: development of the REMix model and application for Europe", Universität Stuttgart.
[3] D. Stetter (2014), "Enhancement of the REMix energy system model: Global renewable energy potentials, optimized power plant siting and scenario validation", Univ. Stuttgart.
[4] D. Luca de Tena (2014), "Large scale renewable power integration with electric vehicles", Universität Stuttgart.
[5] H. C. Gils (2015), "Balancing of intermittent renewable power generation by demand response and thermal energy storage", Universität Stuttgart.
[6] Y. Scholz, H.C. Gils, R. Pietzcker (2016), "Application of a high-detail energy system model to derive power sector characteristics at high wind and solar shares", Energy Economics, in Press
[7] F. Cebulla, "European storage demand in highly renewable energy scenarios: The influence of methodology and data assumptions in model-based assessments," Universität Stuttgart, 2017, in preparation.
[8] F. Cebulla, "Stromspeicherbedarf in europäischen Langfristszenarien- Eine Analyse des Einflusses unterschiedlicher energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen," in VDI Optimierung in der Energiewirtschaft, 2015.
[9] Projekt-Homepage, http://www.dlr.de/it/de/desktopdefault.aspx/tabid-2885/442_read-43923/
[10] J. Kern, T. Fichter et al. (2016), "MOREMix - Power sector optimization for Morocco", AIP Conference Proceedings 1734, 080004 (2016); DOI: 10.1063/1.4949184