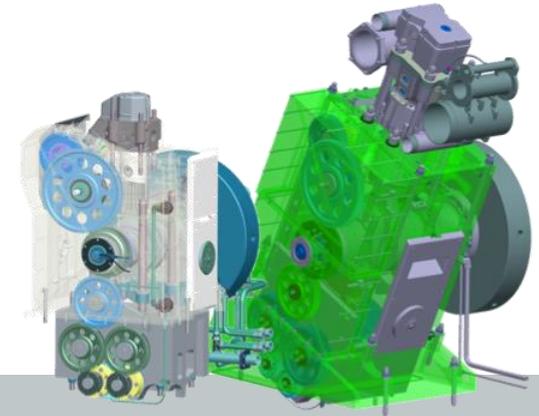
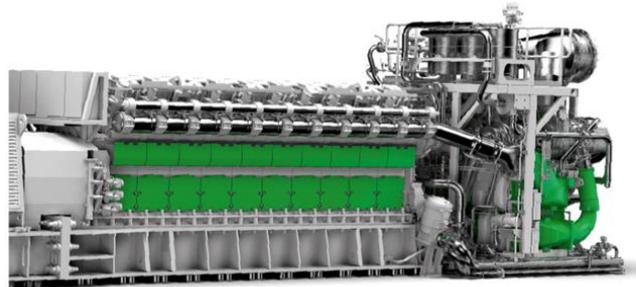




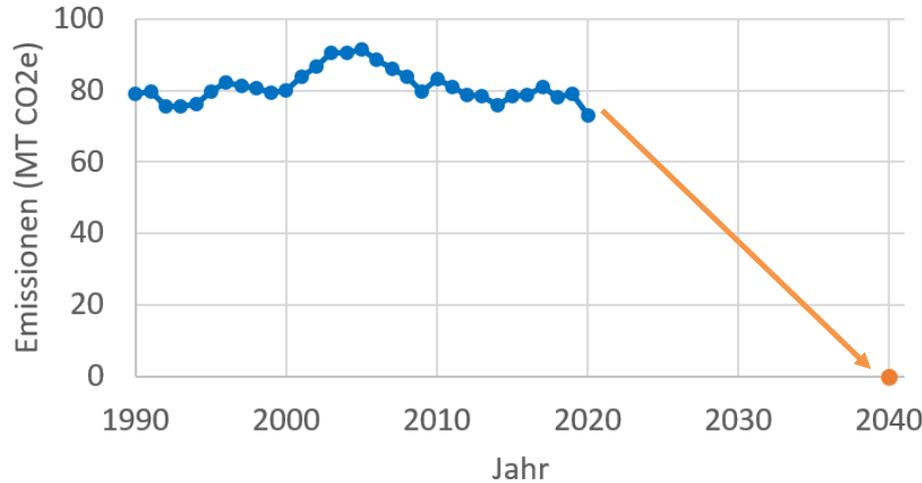
Large Engines Competence Center

## Simulation und Analyse des österreichischen Stromsystems 2030 und 2040: Erzeugung, Verbrauch und Speicherung



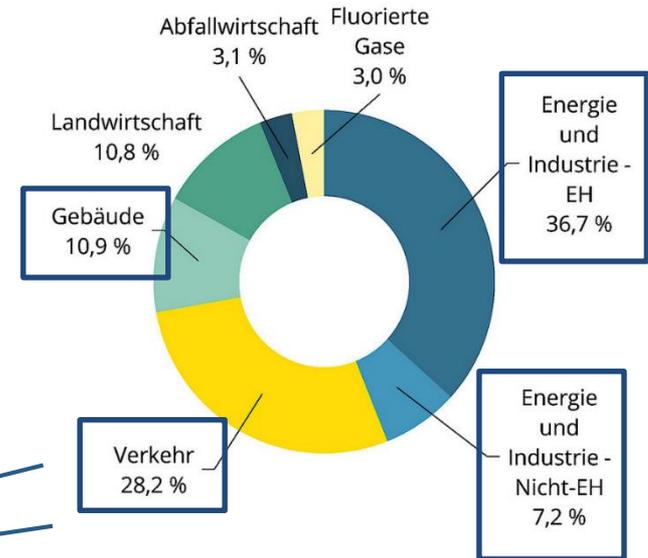
# Motivation

## THG Emissionen Österreich



**Sektorkopplung:  
„Electrify everything?“**

## Sektorale Anteile 2020



Quelle: Umweltbundesamt

**Energiebedingte Emissionen: ~75 - 85%**

# Methodik



## LEC ENERsim

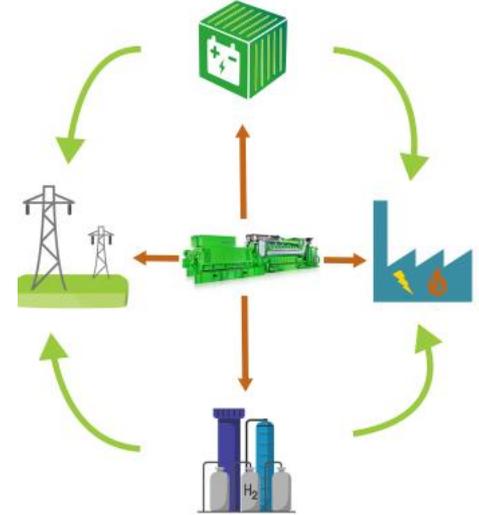
- Optimierungstool zur Abbildung von generischen Energiesystemen
- Definition techno-ökonomischer Randbedingungen
- Simulation + Optimierung: System-Auslegung und Betriebsstrategien

Industrielle Kraftwerke

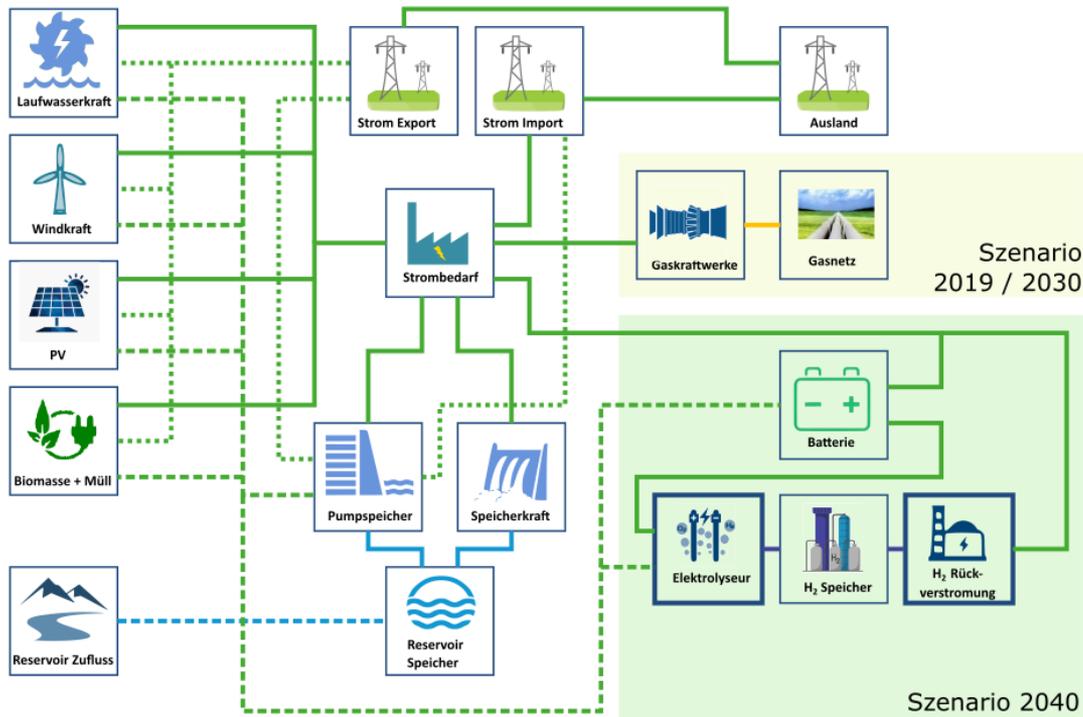
Schiffs-Systeme

Prosumer-Anwendungen

Kommerzielle Kraftwerke



# Abbildung Österreich als generisches Energiesystem



## Aggregation der System-Komponenten:

- Energie-Quellen
- Energie-Wandler
- Energie-Speicher
- Energie-Netze

## 3 Szenarien:

- 2019 (Validierung)
- 2030 (EAG-Analyse)
- 2040 (Klimaneutrales System)

# Szenarien und Methodik

## Randbedingungen

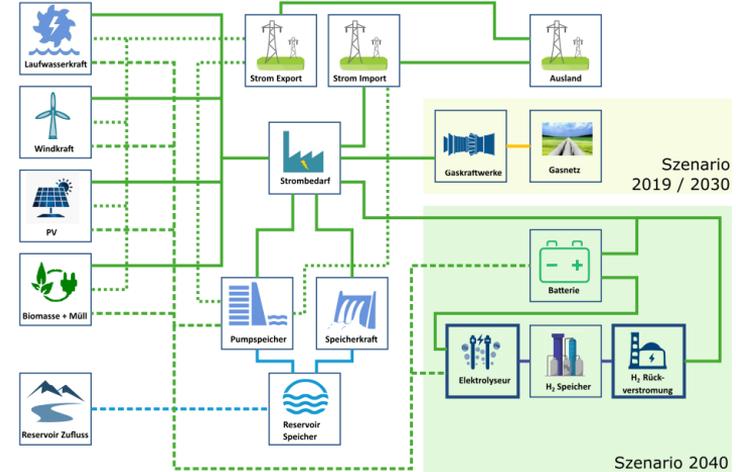
- **Szenario 2019 (Validierung):**  
bestehende Kraftwerksflotte
- **Szenario 2030 (EAG –Analyse):**  
bestehende Kraftwerksflotte  
+ fixierte EAG Ausbaumengen
- **Szenario 2040 (Klimaneutrales System):**  
bestehende Kraftwerksflotte (exkl. Erdgas)  
+ optimierte Leistungen von PV, Wind, Batterien, H<sub>2</sub>-  
Infrastruktur

## Mathematisches Modell + Optimierung mit **LEC ENERsim** (python, MILP)

Optimierung von

- Betrieb (alle Szenarien)
- Dimensionierung (Szenario 2040)

## System-Layout



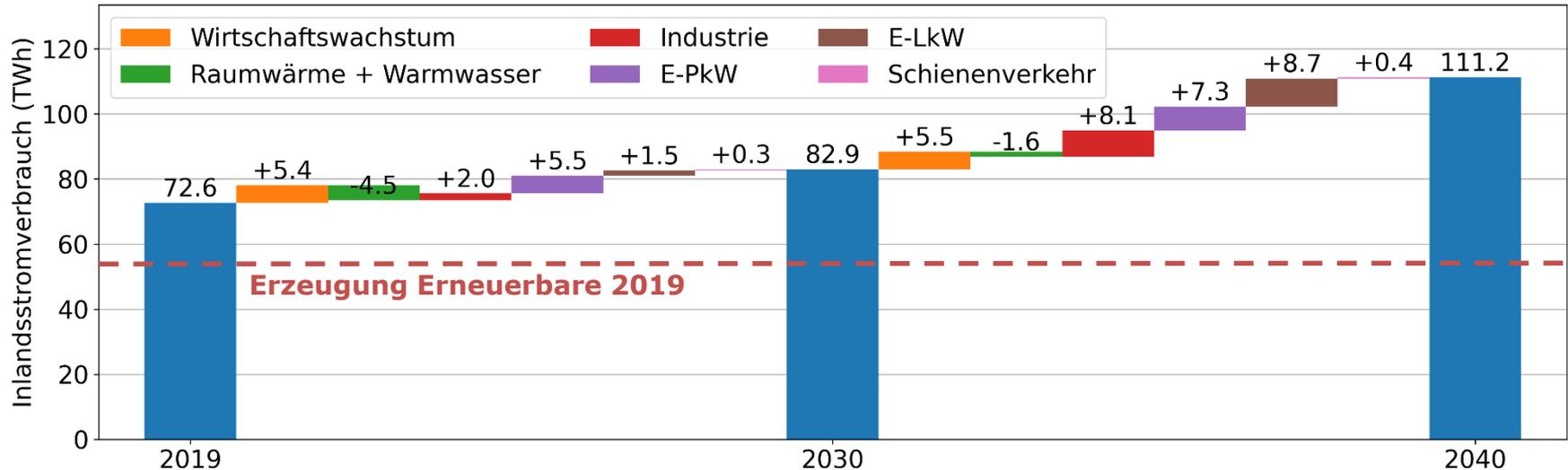
## Datenbasis

- Erneuerbare Erzeugungprofile (APG, stündlich)
- Aggregierte Kraftwerksleistungen
- Verbrauchsprofil (APG, stündlich) + Abschätzung **zukünftiger Verbrauch durch Sektorkopplung**
- Techno-ökonomische Kenndaten [1]  
(Wirkungsgrade, CAPEX, OPEX, ...)

## Abschätzung zukünftiger Stromverbrauch

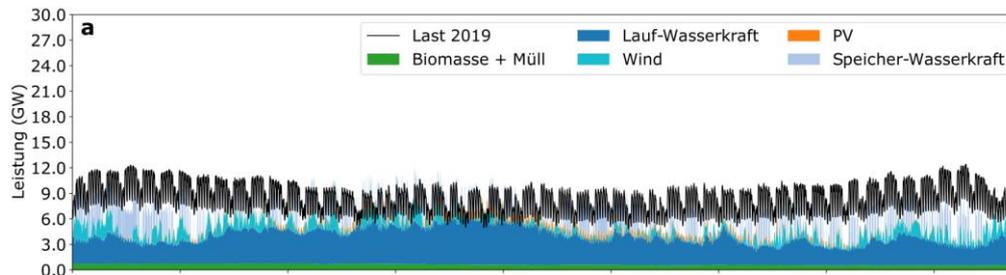
Sektor	Annahme	Quellen
<b>Wirtschaftswachstum</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fortsetzung der historischen Entkopplung von BIP und Endverbrauch (sinkende Energieintensität)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Statistik Austria: Volkswirtschaft. Gesamtrechnung</li><li>• E-Control Strom-Betriebsstatistik</li><li>• Wachstumsprognosen WIFO</li></ul>
<b>Wärmesektor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Umfassende Renovierung</li><li>• Ersatz Öl/Erdgas/Strom durch Wärmepumpen, Biomasse, Fernwärme</li><li>• Schneller Hochlauf</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• „Wärmезukunft Österreich“ – TU Wien</li><li>• Wärmelastprofile Stadtwerke München: Wärmepumpe, Strom direkt</li></ul>
<b>Mobilitätssektor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vollständige Elektrifizierung Pkw</li><li>• Fast vollständige Elektrifizierung Lkw / Bahn</li><li>• Schneller Hochlauf Pkw, langsamer Hochlauf Lkw</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eigene Szenarien E-Mobilität Pkw, Lkw</li><li>• „Erneuerbares Gas in Österreich 2040“ – AEA</li><li>• Umweltbundesamt Emissionsbericht</li><li>• Repräsentative Ladeprofile: KIT – Karlsruhe</li></ul>
<b>Industriesektor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elektrifizierung überall wo möglich (HT-Wärmepumpen)</li><li>• Langsamer Hochlauf</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• „Erneuerbares Gas in Österreich 2040“ – AEA</li></ul>
<b>Grüne Gase</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Industrie, Verkehr (Schiffe, Flugverkehr, Schwerlastverkehr)</li><li>• Nicht direkt berücksichtigt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eigene Szenarien</li><li>• „Erneuerbares Gas in Österreich 2040“ – AEA</li></ul>

## Abschätzung zukünftiger Inlandsstromverbrauch

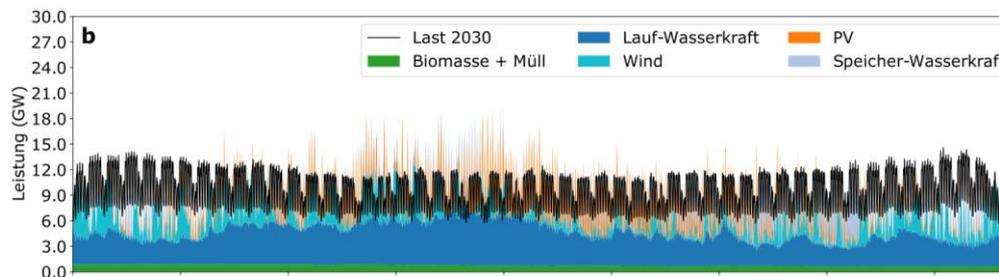


**=> Dynamisierung (Standardlastprofile bzw. statisch) und Aufaddieren zu Gesamtverbrauchs-Profil 2019**

# Szenarien Ergebnisse

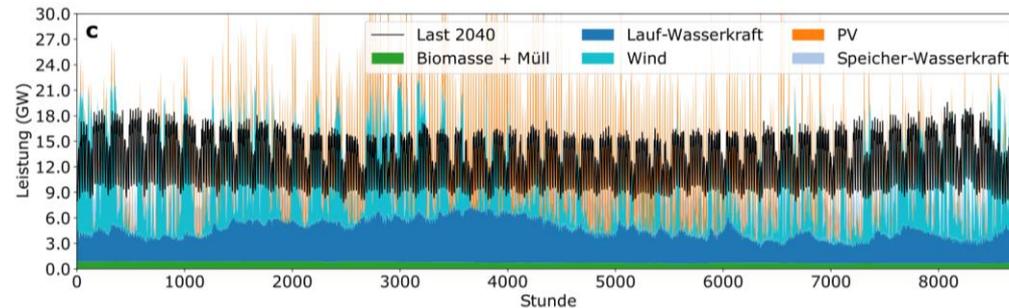


← Szenario 2019



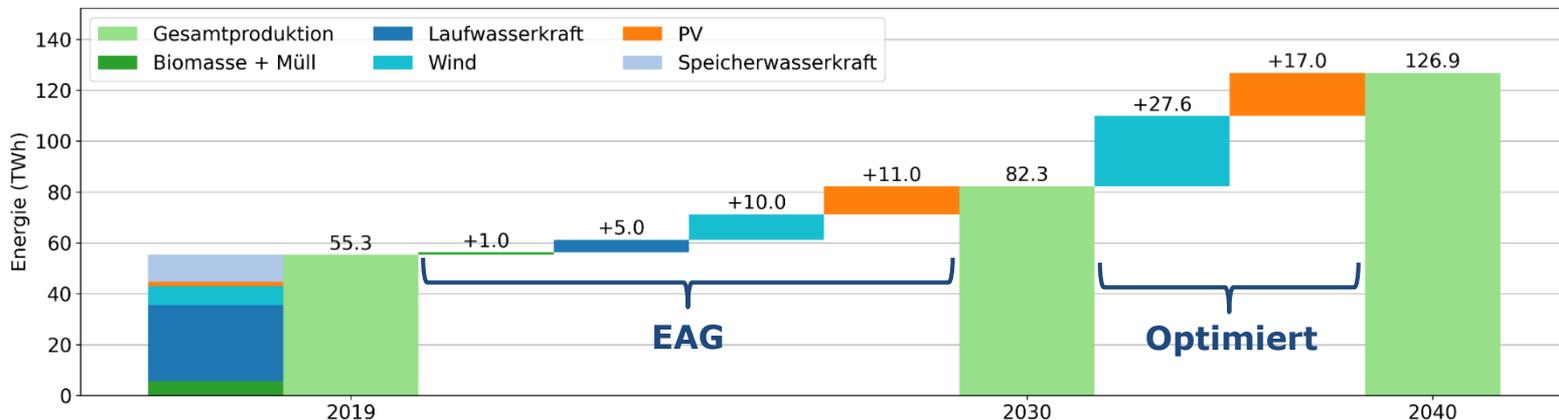
← Szenario 2030

Szenario 2040 →



# Szenarien: Analyse

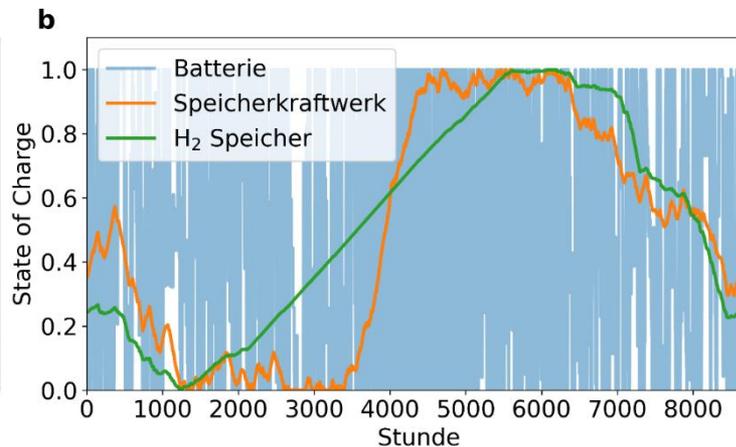
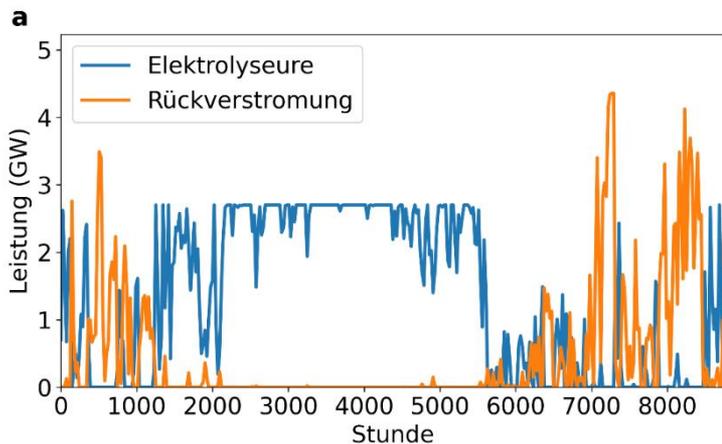
Szenario	Szenario 2019	Szenario 2030	Szenario 2040
<b>Inlandsstromverbrauch</b>	72.6 TWh	82.6 TWh	111.6 TWh
<b>Stromerzeugung Erneuerbare</b> (Anteil am Verbrauch)	55.3 TWh (76.1 %)	82.3 % (99.7 %)	126.9 TWh (113.8 %)
<b>Stromerzeugung Erdgas</b>	18.6 TWh	6.7 TWh	-
<b>Stromerzeugung Wasserstoff</b>	-	-	4.0 TWh



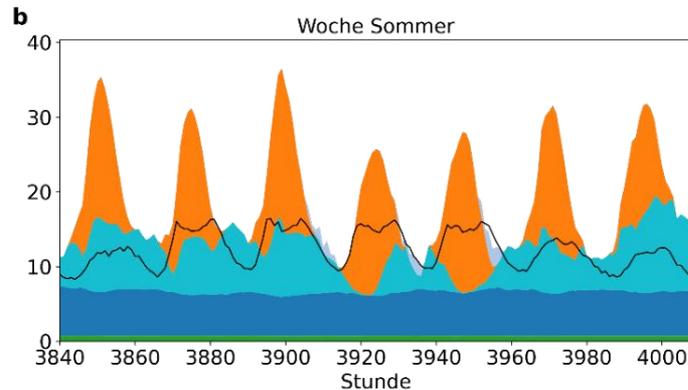
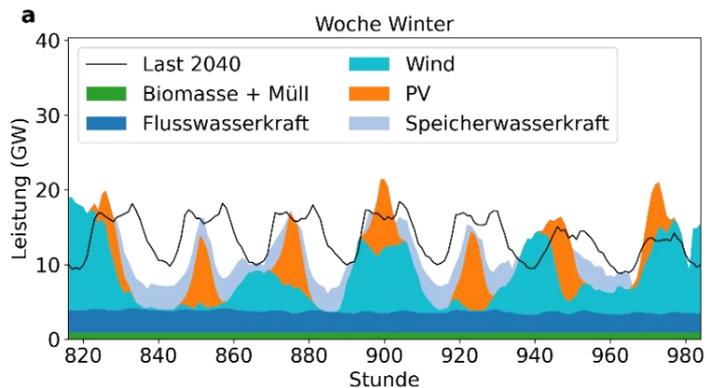
# Detailergebnisse

## Betrieb Elektrolyseure, Rückverstromung + Speicher im Szenario 2040

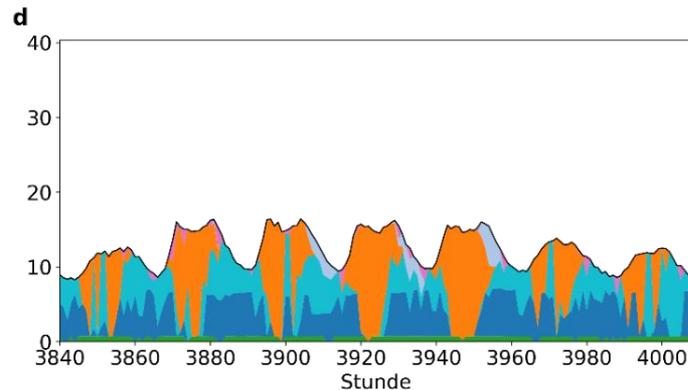
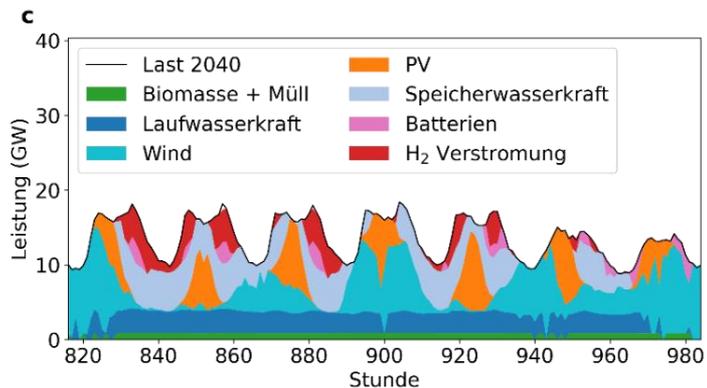
Komponente	Szenario 2040
Batterien	14.8 GWh
H <sub>2</sub> -Speicher	6.8 TWh
Elektrolyseure	2.7 GW
H <sub>2</sub> -Rückverstromung	4.4 GW



# Szenario 2040: Beispiel-Wochen



Erzeugungsprofile



Reale Lastabdeckung

# Zusammenfassung und Limitierungen



## Zusammenfassung

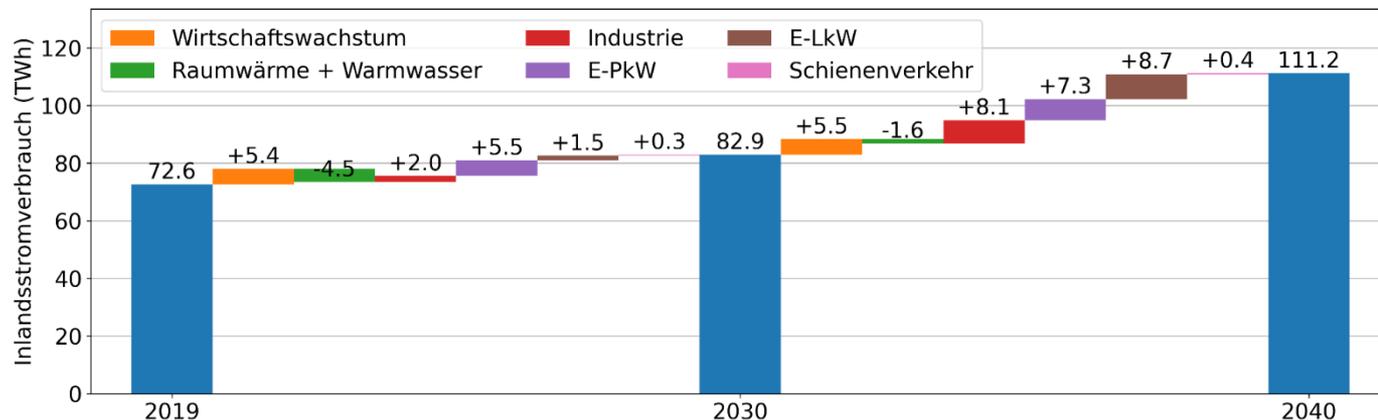
- Simulation und Optimierung des österreichischen Stromsystems mit LEC ENERsim
- Szenarien-Entwicklung unter Annahme starker Sektorkopplung (v.a. Industrie, Elektromobilität)
- EAG Ziel von 100% erneuerbarer Produktion gemessen am Stromverbrauch realistisch
- Starker Verbrauchsanstieg bis 2040 impliziert auch nach EAG stark zunehmende Ausmengen an PV und Wind
- Kurz- und langfristige Speicher (Batterien + H<sub>2</sub>) ermöglichen 100% Abdeckung des nationalen Stromverbrauchs

Sensitivitäten und Limitierungen	Verbrauch	Erneuerbare Erzeugung	Speicher
Herstellung grüner Gase im Inland	↗	↗	-
Import grüner Gase für Stromerzeugung	-	↘	↘
<b>Grenzüberschreitende Szenarien</b> (Europäisches Verbundnetz)	-	↘	↘
<b>Geographische Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch</b>	-	↗	↗
Systemdienstleistungen (Reserve, Regelenergie, ...)	↗	↗	↗
Weitere Sektorkopplung + Flexibilität (DSM, ...)	-	↘	↘

# Sensitivität: grüne Gase

## Bedarf an grünen Gasen Szenario 2040 [1]: 87 TWh

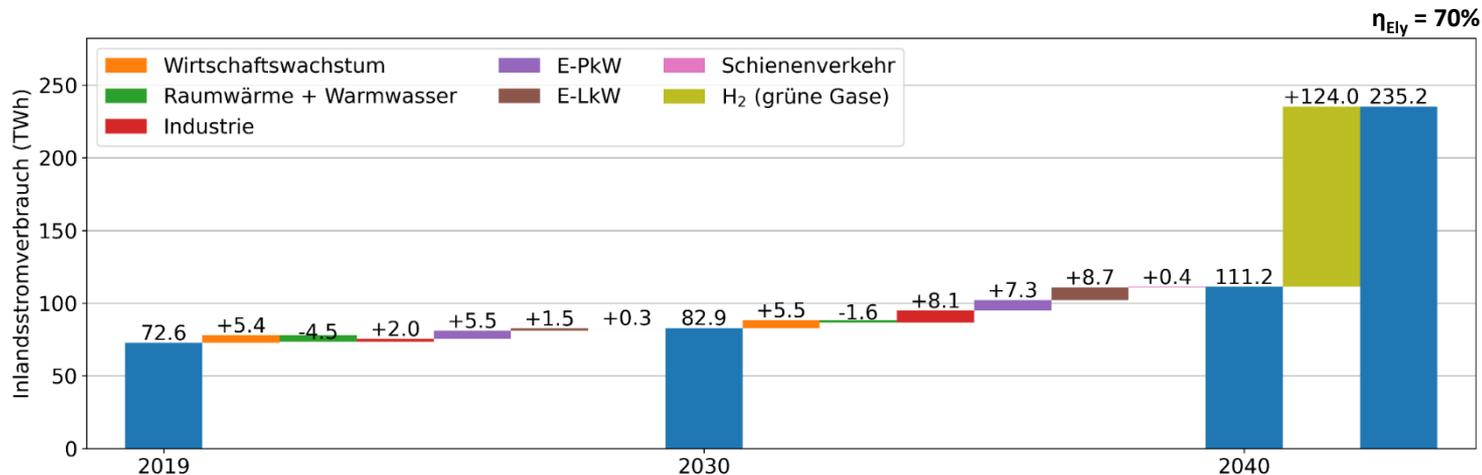
(Industrie, Schwerlastverkehr, Flugverkehr, E-Fuels, ...)



# Sensitivität: grüne Gase

## Bedarf an grünen Gasen Szenario 2040 [1]: 87 TWh

(Industrie, Schwerlastverkehr, Flugverkehr, E-Fuels, ...)



## CONTACT:

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Wimmer • CEO and Scientific Director • Email: [andreas.wimmer@lec.tugraz.at](mailto:andreas.wimmer@lec.tugraz.at)

LEC GmbH • Inffeldgasse 19 • A-8010 Graz, Austria • Phone: +43 (316) 873-30101 • Fax: +43 (316) 873-30102 • [www.lec.at](http://www.lec.at)

Thank you for  
your attention!



Federal Ministry  
Republic of Austria  
Climate Action, Environment  
Energy, Mobility,  
Innovation and Technology

Federal Ministry  
Republic of Austria  
Digital and  
Economic Affairs



LEC EvoLET is a COMET Centre within the "COMET - Competence Centres for Excellent Technologies Programme" and funded by the Austrian Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK), the Austrian Federal Ministry for Digital and Economic Affairs (BMDW) and the Provinces of Styria, Tyrol and Vienna. The COMET Programme is managed by the Austrian Research Promotion Agency (FFG). • All information contained in this document is the property of LEC GmbH.