



# FLEXIBILITÄTSANGEBOT UND -NACHFRAGE IM ELEKTRIZITÄTSSYSTEM ÖSTERREICHS 2020/2030

17. Symposium Energieinnovation, 16.-18.02.2022, Graz/Austria

Gerhard Totschnig, Gustav Resch, Stefan Vögel, Tara Esterl, Franziska Schöniger, Serafin von Roon, Stefan Strömer, Johanna Spreitzhofer, Sophie Knöttner

AIT, TU Wien, FfE; Auftraggeber: E-Control



## FRAGESTELLUNG

100% RES Strom in Österreich 2030.

Wind, PV, Laufwasserkraft und Stromnachfrage sind schwankend/volatil.

**Was braucht dieses veränderte Stromsystem?**

**Wie ändert sich die Nachfrage nach und Angebot an Flexibilität 2030?**

Methode:

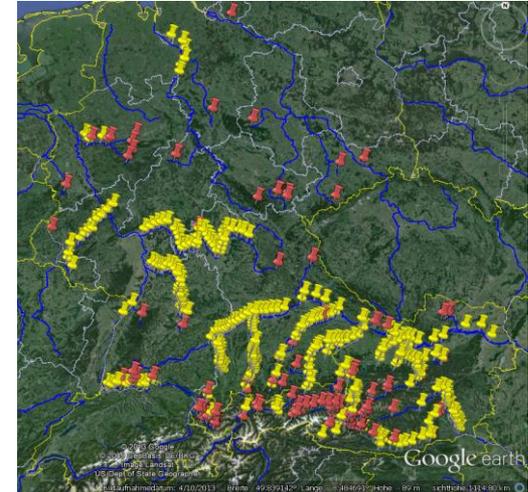
Es wurden die Flexibilitätspotentiale im Gewerbe, Industrie und Haushalte erhoben.

Das Flex-Angebot und die Flex-Nachfrage wurde mit einem Energiemarktmodel stündlich aufgelöst simuliert.

# ENERGIEMARKT IM MODELL

## HIREPS Modell - Simulation des Strommarktes mit Sektorkopplung

- Detailliertes Österreich + DE Modell gekoppelt mit EU Modell
- Optimierung: ganzes Jahr (8760 Stunden) mit perfekter Voraussicht
- Lastflussrechnung im europäischen Strommarkt mit ca. einem Knoten pro Land
- Detaillierte Abbildung aller Wasserkraftwerke >10 MW
- Thermische Kraftwerke, Wind und Photovoltaik
- Fernwärme (inkl. KWK, Großwärmepumpen und Stromkessel)
- Sektorkopplung (P2G, e-Mobility, P2H)
- DSM Industrie und Gewerbe



Modellierte Wasserkraftwerke in AT + DE (Rot: Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke, Gelb: Laufwasserkraftwerke)

# FLEX-OPTIONEN IN DER STROMMARKTMODELLIERUNG

Flex-Optionen	Im Strommarktmodell	Beschreibung
Erzeuger	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abregelung von variablen Erneuerbaren Erzeuger (vEE) (d.h. Wind, Photovoltaik und Laufwasser) möglich (bei Kosten)</li> <li>• Investitionen in zusätzliche Gaskapazitäten (CC und GT) möglich</li> </ul>
Import & Export	✓	Nutzung 80% (N-1 Sicherheit) der NTC Kapazitäten möglich
Wärmepumpen & Boiler	✓	Flexibilisierung der Nachfrage abhängig vom Strompreis
E-Mobilität	✓	Gesteuertes Laden abhängig vom Strompreis (25% der e-PKW steuerbar)
DSM Industrie & Gewerbe	✓	Flexibilisierung der Nachfrage (Papier/Holz, Zement, Chlor, Luftzerlegung & Gewerbe) abhängig vom Strompreis
Power-to-Gas (Wasserstoff)	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flex. Verbraucher: Energetischer Umwandlungseinsatz laut UBA-WAM/NEKP als flexible Stromnachfrage</li> <li>• Speicher: Investitionen in Elektrolyseure zusätzlich möglich zur Rückverstromung</li> </ul>
Pumpspeicher	✓	(Pump-)Speichererweiterung und -ausbau möglich
Batterien	✓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heimspeicher unflexibel (Eigenverbrauchsoptimierung unterstellt)</li> <li>• Großbatterien (Markt) Zubau möglich</li> </ul>

# SZENARIEN IM ÜBERBLICK

- 2 Szenarien (plus Sensitivitäten) wurden untersucht:

- **Durchschnittsszenario:** zur wirtschaftlichen Bewertung von Flex-Optionen (Ausbau: PSP, Batterien, Power-to-H2, Gas Kraftwerke)
- **Extremszenario** („Dunkelflaute“, Gesamtenergieinhalt der Speicher bei niedrigstem typischem Wert vor Dunkelflaute): als erste Indikation zur Bewertung der Versorgungssicherheit

Szenario:  
**Normaljahr 2030**

Szenario:  
**Extremjahr 2030**

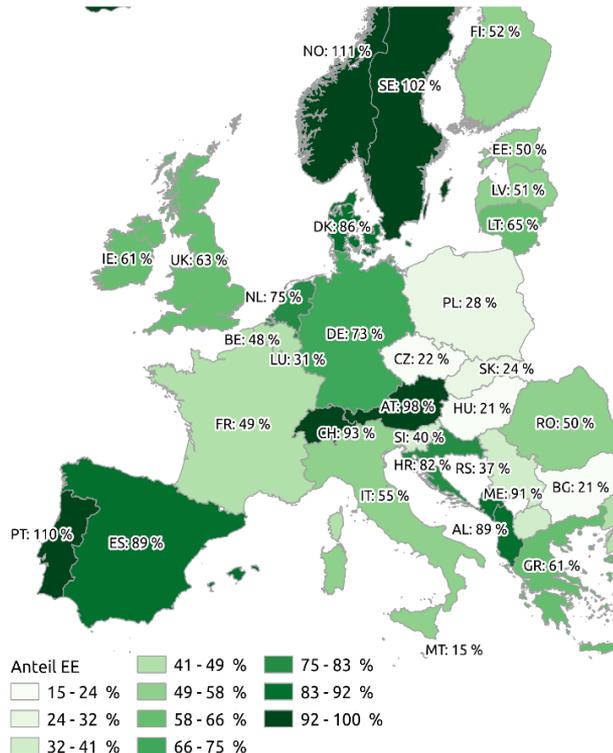
# DER AUSBAU ERNEUERBARER 2030 IM EUROPÄISCHEN KONTEXT (SZENARIO ANNAHMEN)

## Datenquellen:

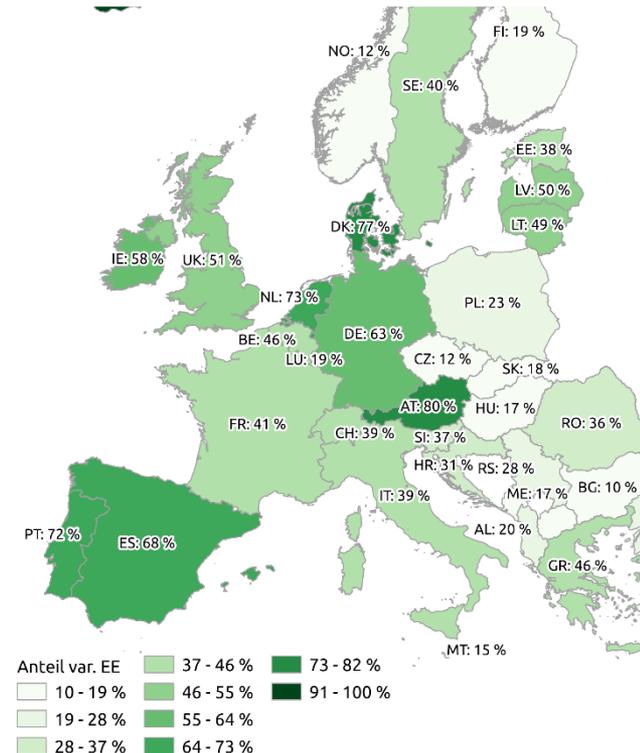
- Europa TYNDP 2020 National Trends
- Österreich: UBA-WAM/NEKP (98% RES)

→ **Stromnachfrage** in Österreich steigt um **15%** im Vergleich zu 2020.

Anteil EE am Stromverbrauch (öffentliches Netz)



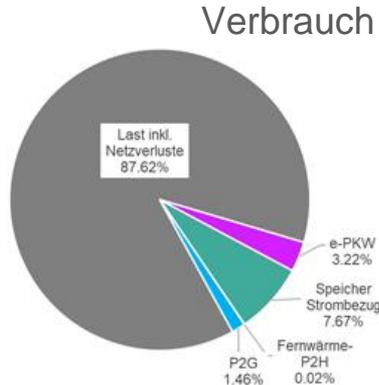
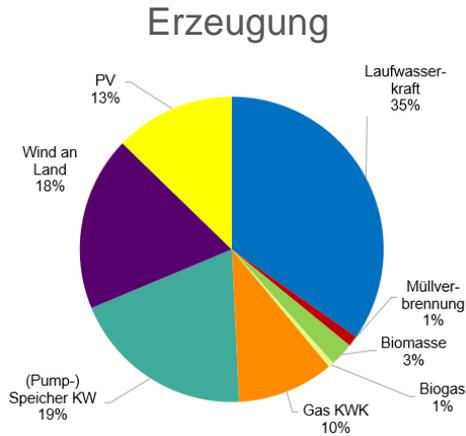
Anteil variabler EE am Stromverbrauch (öffentliches Netz)



# ERGEBNIS MARKTSIMULATION

## Gesamtbilanz des öffentlichen Stromnetzes im Jahr 2030

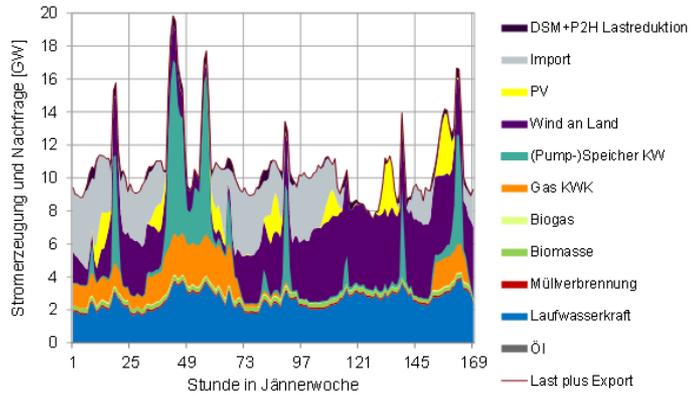
Szenario: **Normaljahr 2030**



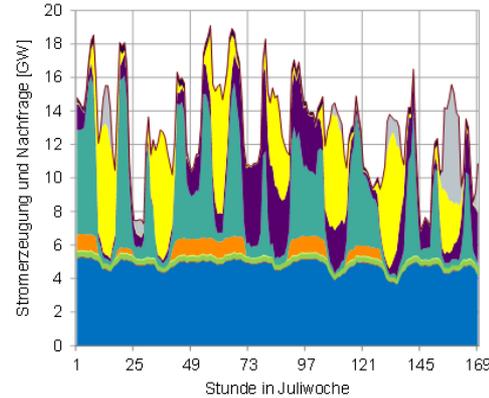
Erzeugung (TWh)	Inst. Leistung (MW)		VLS	Verbrauch (TWh)	
Laufwasserkraft	31,5	6282	5017	Last inkl. Netzverluste	70,8
Speicher KW inkl. Erzeugung aus Pump	17,7	11236	1574	e-PKW	2,6
Wind	16,8	6521	2573	Speicher Strombezug	6,2
PV	11,6	11663	994	Fernwärme-P2H	0,01
Sonstige EE	2,8	430	6536	P2G (Wasserstoff)	1,2
Gas KWK	9,3	2769	3370	Export	19,6
Gasturbine	0,0	579	0		
Müllverbrennung	1,0	125	7213		
Öl	0,0	15	0		
Import	9,7				
<b>Summe</b>	<b>100,4</b>				<b>100,4</b>

# ERGEBNIS MARKTSIMULATION

## Winter

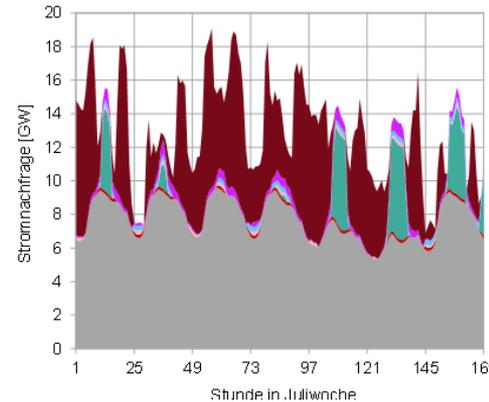
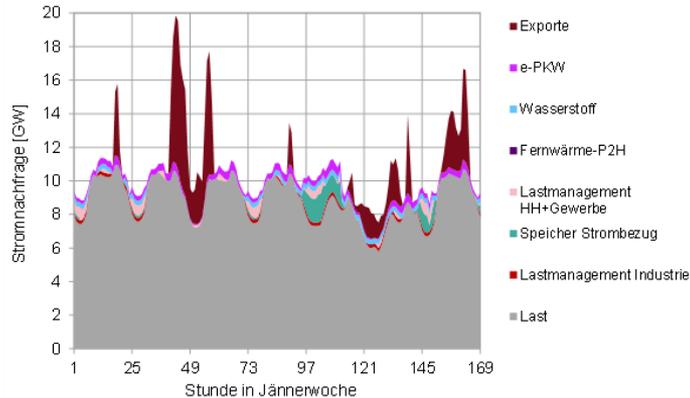


## Sommer



Szenario: Normaljahr 2030

Erzeugung



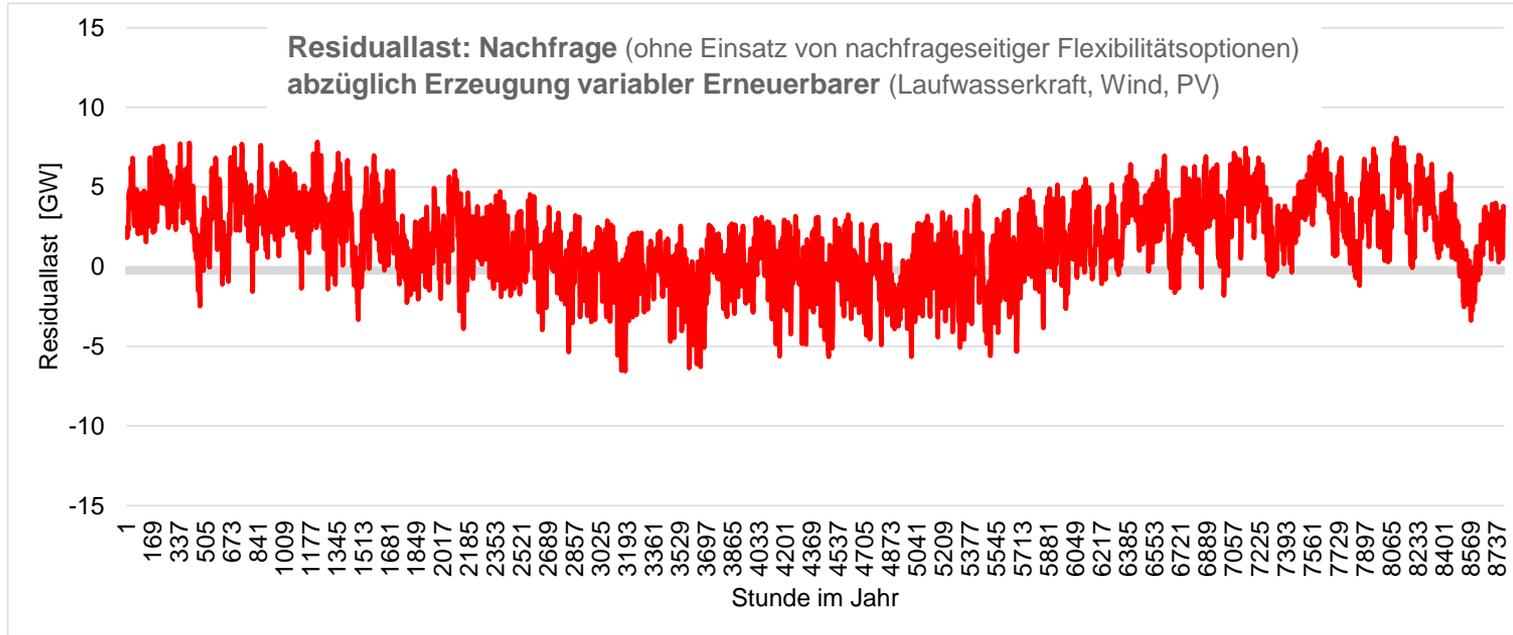
Nachfrage

# BEWERTUNG DER FLEXIBILITÄTSNACHFRAGE UND BEREITSTELLUNG IM STROMMARKT

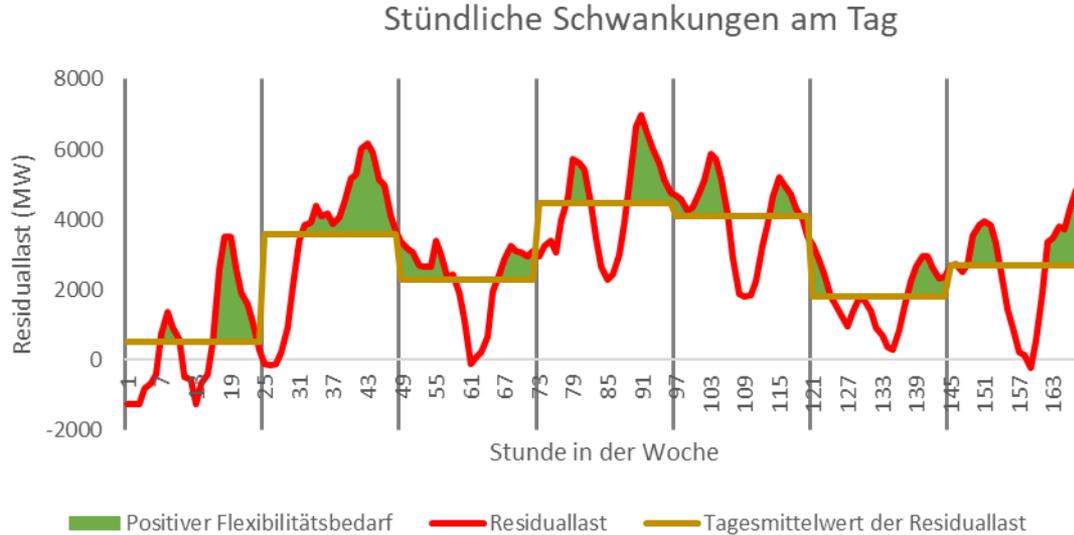
- Analyse der Flexnachfrage
  - **Analyse der Residuallast** (ungesteuerte Last abzüglich Wind, Photovoltaik und Laufwasserkraft)
    - Analyse der:
      - **Mittelwerte** (Jahr, Sommer, Winter)
      - **Zeitliche Schwankungen** (stündlich, täglich, wöchentlich, monatlich pro Jahr)
  - Analyse der Deckung der Flexnachfrage
  - Analyse der Flexvolumina pro Technologie (unabhängig von der zeitlichen Skala)
  
- **Modellierung zeigt**, wie die Flexibilitätsnachfrage kosteneffizient von den **Flexibilitätsoptionen gedeckt** werden kann

# Flexibilitätsnachfrage: Analyse der Residuallast

Szenario: **Normaljahr 2030**



Fragestellung in welchen Zeitskalen braucht man welche Flexibilität

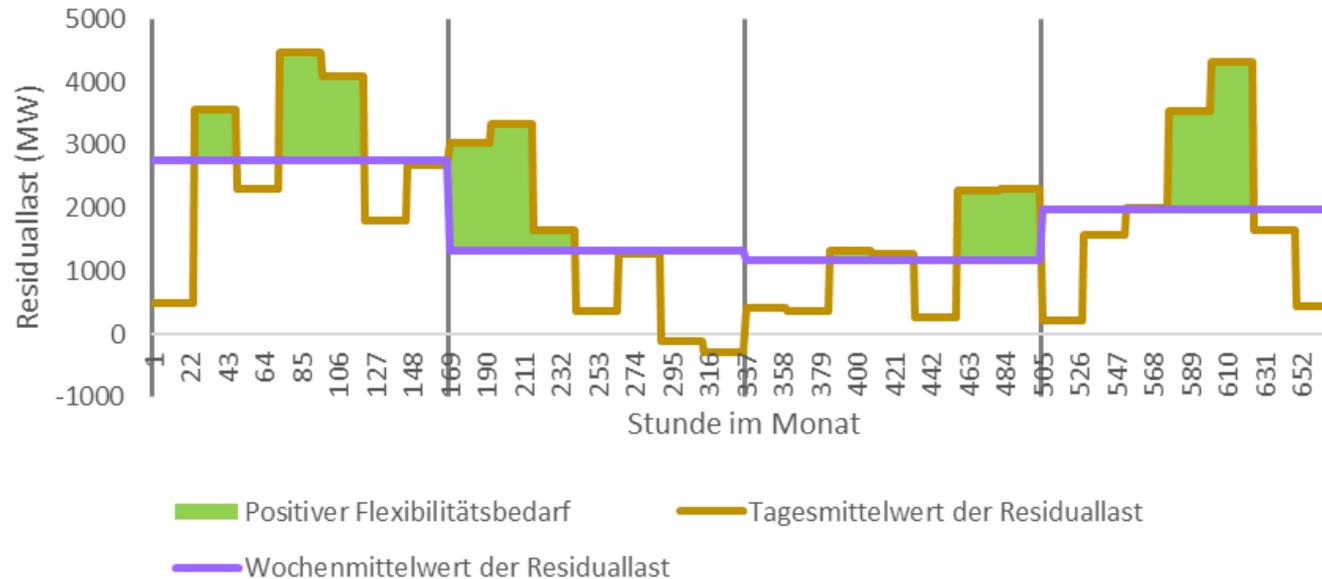


Technologien z.B.:

- Tagesspeicher
- Batterien
- Lastmanagement

Fragestellung in welchen Zeitskalen braucht man welche Flexibilität

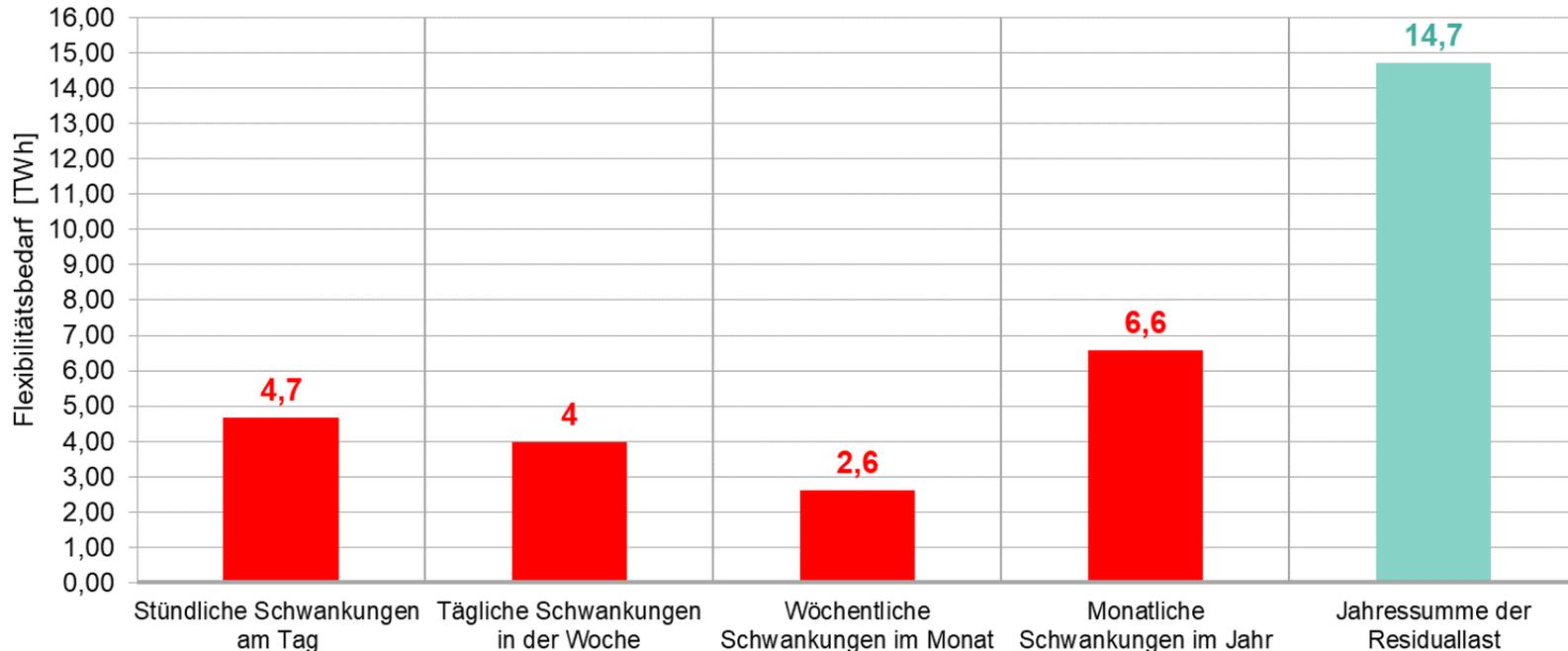
Schwankungen der Tagesmittelwerte in der Woche



# Flexibilitätsnachfrage: Analyse der Residuallast (RL)

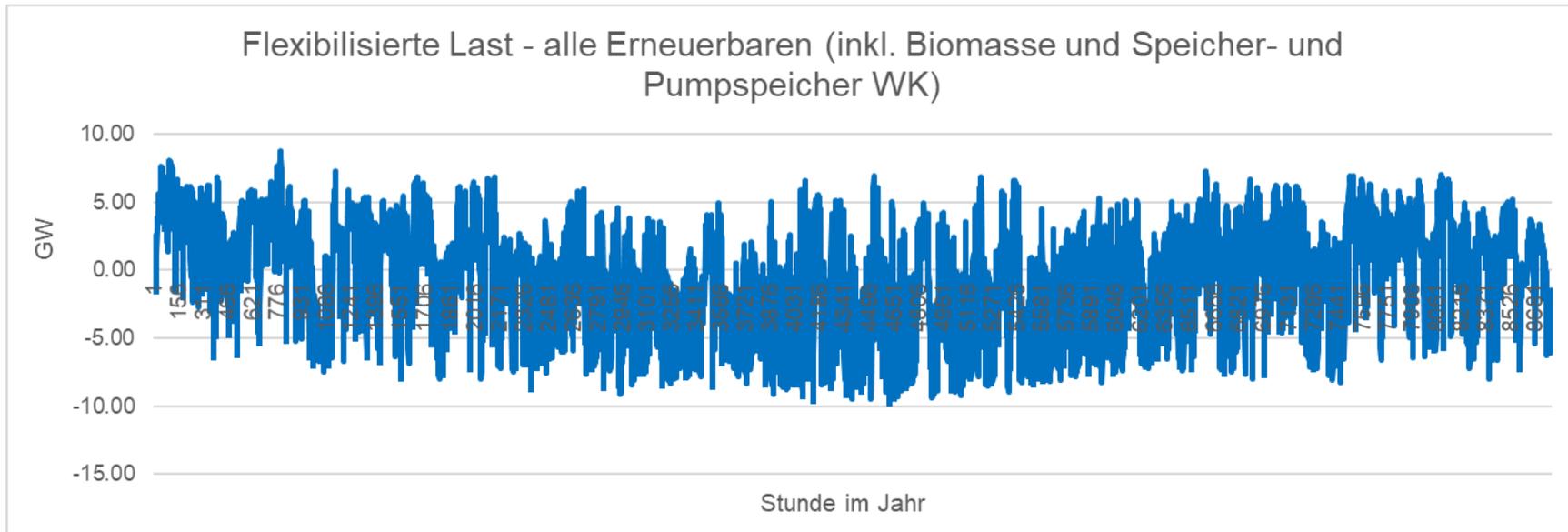
Szenario: **Normaljahr**

Betrachtung der Dynamiken ... zeitliche Schwankungen in der RL



Szenario: **Normaljahr 2030**

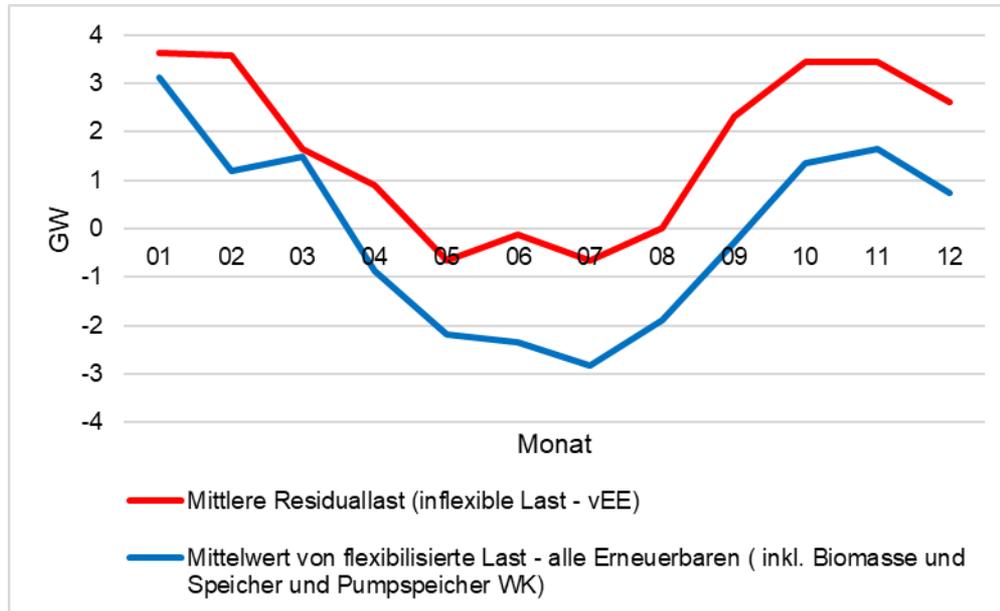
Stündliche Werte:



# Flexibilisierte Last – alle Erneuerbaren

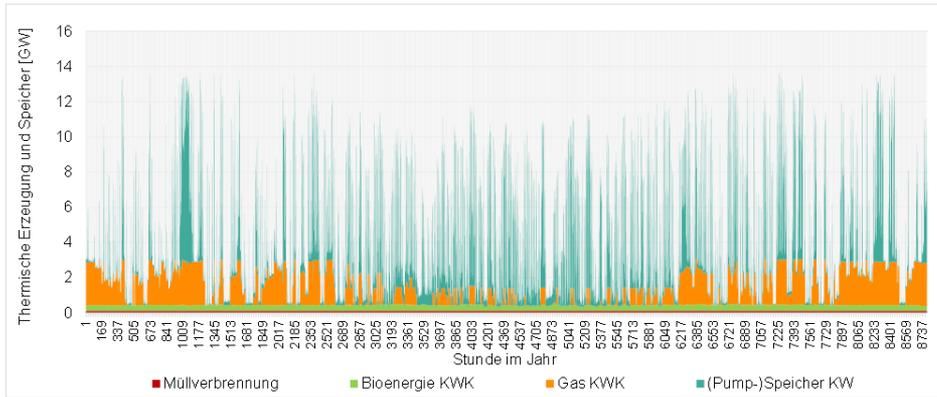
Szenario: **Normaljahr 2030**

Monatsmittelwerte:

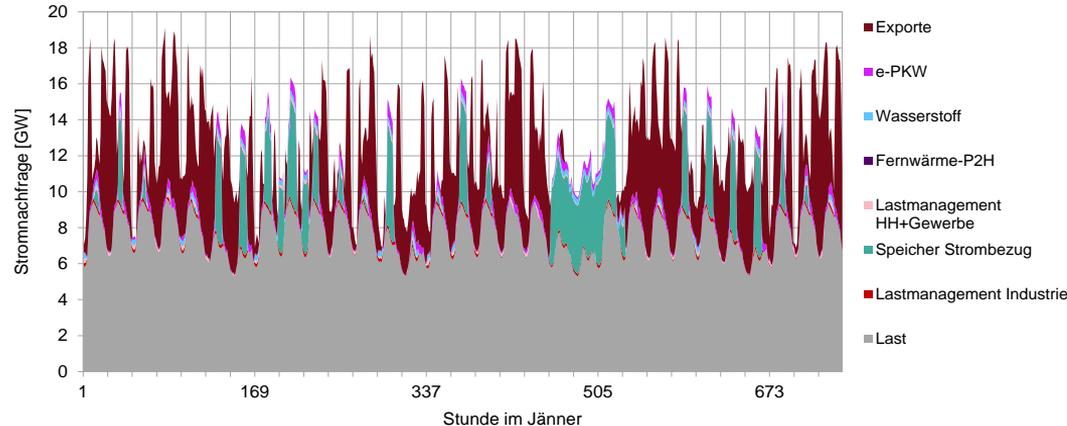


# Deckung der Nachfrage: Kosteneffizienter Ausbau/Einsatz der Flexibilitätsoptionen

Szenario: **Normaljahr 2030**



Erzeugungsflexibilitäten

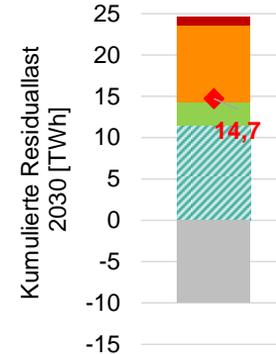
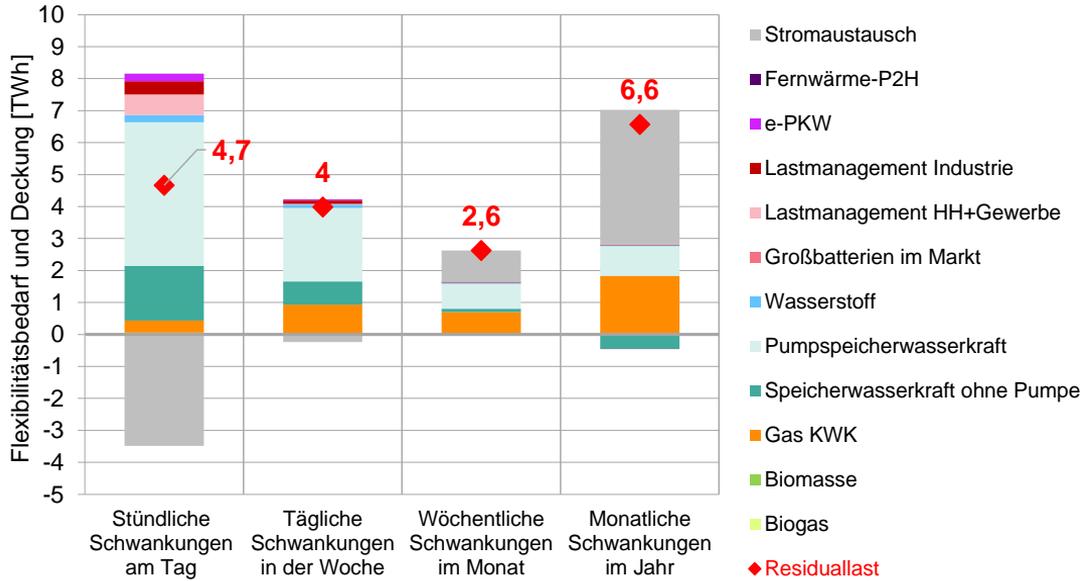


Nachfrageflexibilitäten

# Deckung der Nachfrage: Kosteneffizienter Ausbau/Einsatz der Flexibilitätsoptionen

Szenario: **Normaljahr 2030**

## Betrachtung der Dynamiken ... zeitliche Schwankungen in der RL

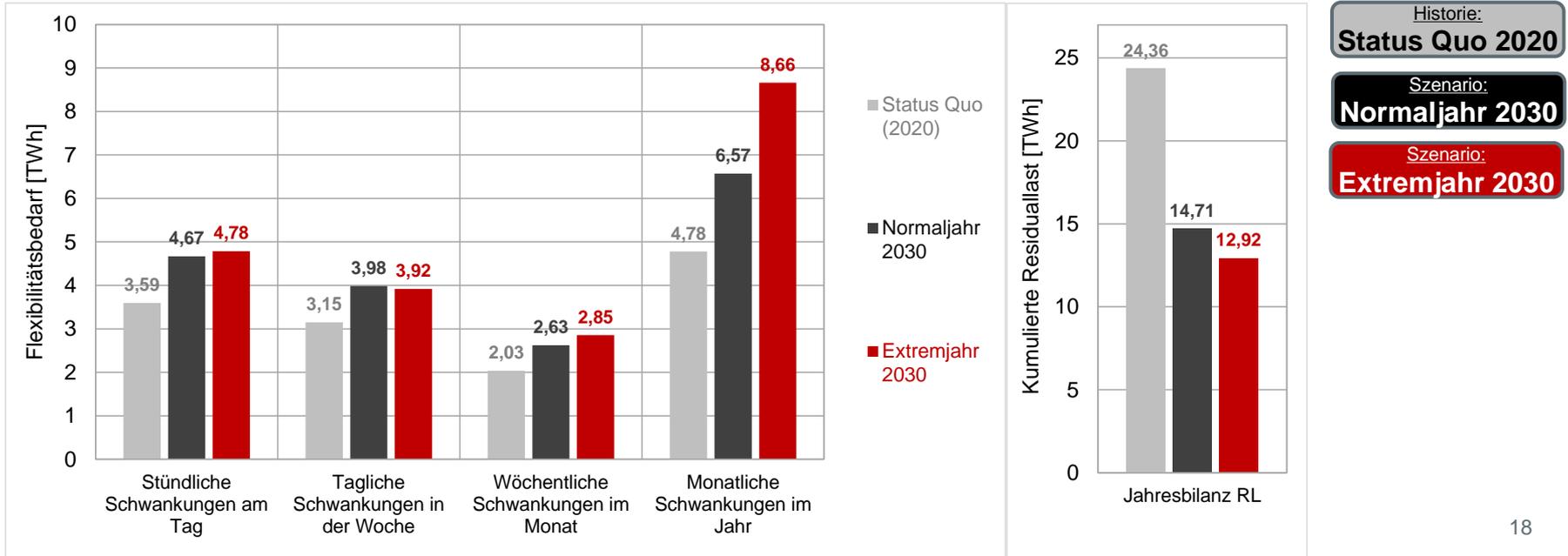


Deckung der RL bilanziell  
(pro Jahr)

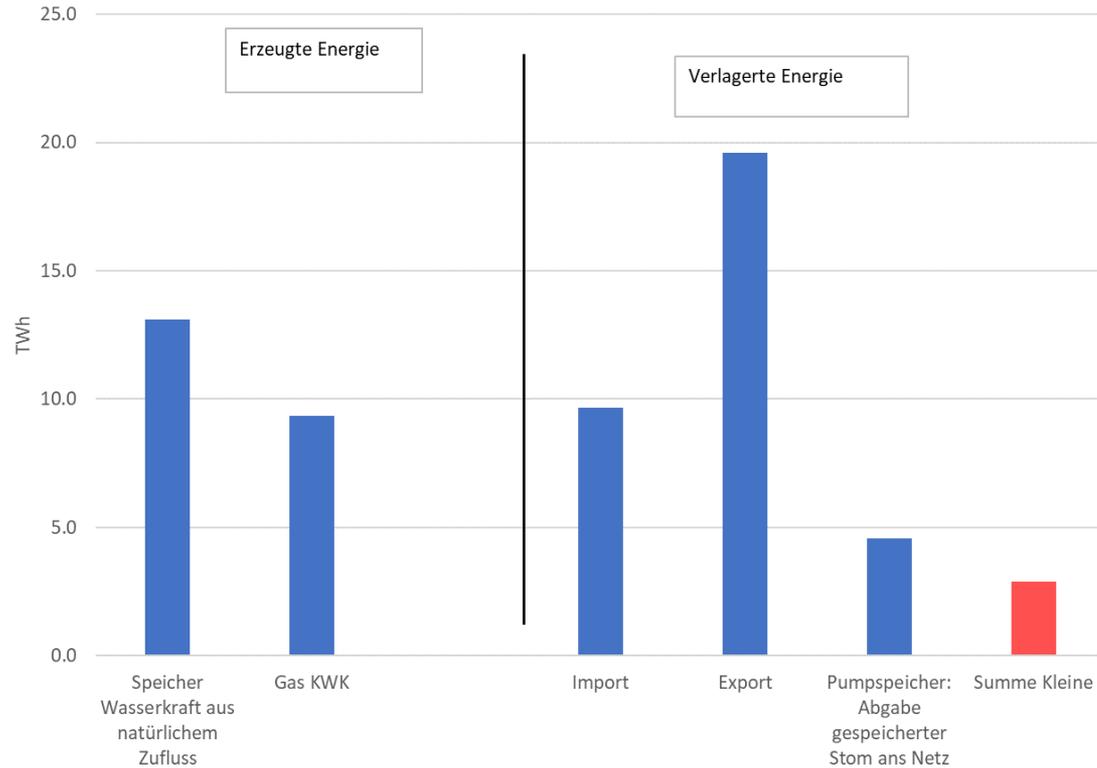
- Stromtausch
- Müllverbrennung
- Gas
- Sonstige EE
- (Pump-)Speicherkraftwerke
- Residuallast AT

# ERGEBNIS MARKTSIMULATION

- Extrem- vs. Durchschnittsjahr:  
**Residuallast im Vergleich**



# FLEX-VOLUMINA



## FAZIT MARKTSIMULATION (1 / 2)

- Vergleich der RL heute (2020) und morgen (2030 (modelliert)) zeigt **in Jahresbilanz einen deutlichen Rückgang der RL: von heute 24,4 TWh auf künftig 12,9-14,8 TWh**
  - Zuwachs an vEE verändert die Stromaußenhandelsbilanz (AT als Nettoexporteur)
  - RL Rückgang, positive RL Maxima unverändert (RL bei Flaute am Abend), negative RL Maxima steigen (Exporte).
- RL Gradienten sinken, da Residuallast absolut sinkt und PV Lastprofil mit Nachfrage korreliert.
- **Zeitliche Schwankungen der RL steigen:**
  - **in der kurzen und mittleren Frist moderat** – z.B. bei stündlichen Schwankungen pro Tag von heute 3,6 TWh an jährlicher Flexibilitätsbedarfssumme auf künftig 4,6 bis 4,8 TWh im Jahr 2030.
  - **in der langen Frist**, also bei Betrachtung der monatlichen Schwankungen im Jahr, **massiv**: von heute 4,8 TWh auf künftig 6,6 bis 8,7 TWh. → klare wetterbedingte Unterschiede zwischen Szenarien (z.B. „Extremjahr 2030“ am größten (8,7 TWh)).
- **Fazit: die Modellierung des Jahres 2030 zeigt einen Anstieg des Flexibilitätsbedarfs im Vergleich zu heute, konkret hinsichtlich der zeitlichen Schwankungen der RL, während der absolute Bedarf an RL als Folge des anvisierten vEE Ausbaus deutlich abnimmt.**

Zur **Deckung des Flexibilitätsbedarfs** stehen prinzipiell **unterschiedliche Flexibilitätsoptionen** zur Verfügung. Hierbei zeigt sich gemäß Modellierung folgendes **Einsatzmuster**:

- **Verbraucherseitige Optionen** (Lastverschiebung in Haushalt, Gewerbe und Industrie, e-PKW, Wasserstoffherzeugung etc.) zum **Ausgleich kurzfristiger Schwankungen der RL**,
- **Analoges Muster bei Großbatterien**, falls im Strommarkt 2030 verfügbar  
→ vermindern Einsatz thermischer Kraftwerke, insbesondere von Gaskraftwerken
- **Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke** erlauben einen flexiblen Einsatz in allen Zeitbereichen → von zentraler Bedeutung zur Deckung der Nachfrage an Systemflexibilität im heimischen Strommarkt heute und morgen.
  - **Beitrag in kurzer und mittlerer Frist, sowie zur RL Deckung über das Gesamtjahr am größten.**
  - Neben dem geplanten wäre ein **deutlicher zusätzlicher Ausbau** (1,5GW zusätzliche Turbinenleistung, 1,3GW zusätzliche Pumpleistung) **zweckdienlich**, sodass im „Krisenfall“ auch in vollem Ausmaß verfügbar.
- **Thermische Kraftwerke**, konkret erdgasbetriebene KWK-Anlagen, zeigen gegenläufiges Muster: Beitrag **am größten in der langen Frist** (saisonaler Ausgleich) und zur Bereitstellung der RL Jahressumme
- **Stromtausch ist eine zentrale Flexibilitätssäule** des heimischen Strommarkts, sowohl um Überschüsse zu nutzen, als auch um Defizite auszugleichen.
  - **Größter Beitrag zum saisonalen Ausgleich**, auch im Vergleich zu anderen Optionen.
  - **In der kurzen Frist ist es umgekehrt** (AT als Flexibilitätsexporteur).



# FLEXIBILITÄTSANGEBOT UND -NACHFRAGE IM ELEKTRIZITÄTSSYSTEM ÖSTERREICHS 2020/2030

17. Symposium Energieinnovation, 16.-18.02.2022, Graz/Austria

Gerhard Totschnig, Gustav Resch, Stefan Vögel, Tara Esterl, Franziska Schöniger, Serafin von Roon, Stefan Strömer, Johanna Spreitzhofer, Sophie Knöttner

AIT, TU Wien, FfE; Auftraggeber: E-Control



THANK YOU!

