



INDUSTRIELLES FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL ZUR BEREITSTELLUNG VON REDISPATCH

**INTERNATIONALE ENERGIEWIRTSCHAFTSTAGUNG
TU WIEN**

MITTWOCH, 15.02.2023

Matthias Traninger, Sophie Knöttner
matthias.traninger@ait.ac.at
AIT Austrian Institute of Technology



**Motivation &
Grundlagen**



**Erkenntnisse &
Vorarbeiten**



Methode
Ermittlung industrieller
Flexibilitäten

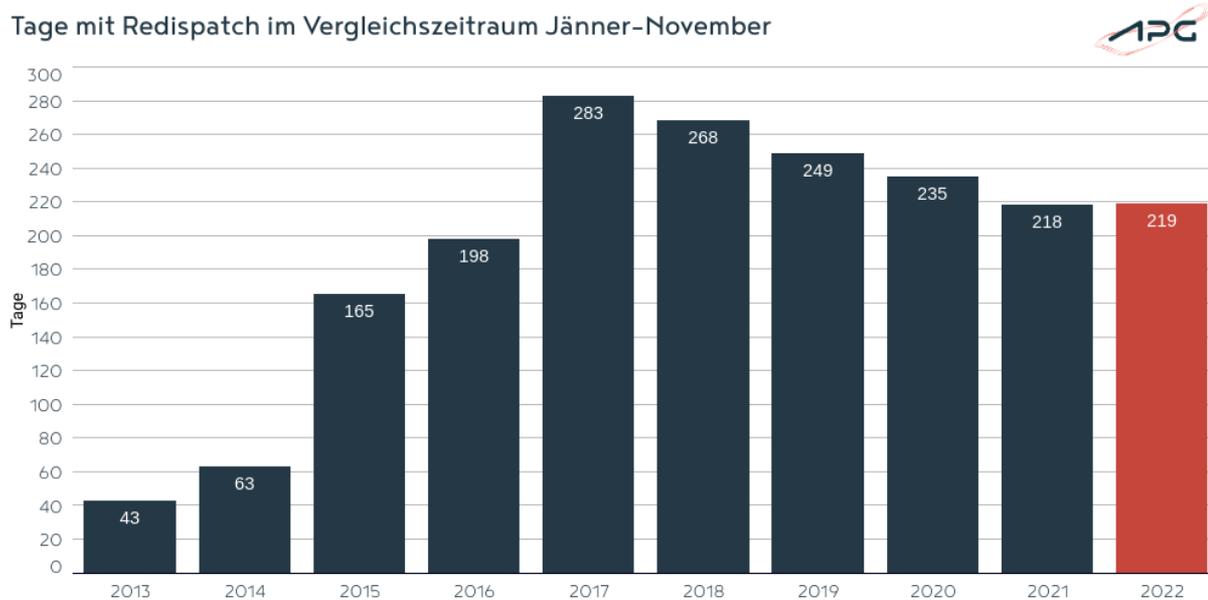


Ergebnisse
Technisches
Flexibilitätspotenzial in
der Industrie

STATUS QUO 1/2

Anhaltend hoher Redispatch-Bedarf in Österreich

Tage mit Redispatch im Vergleichszeitraum Jänner–November



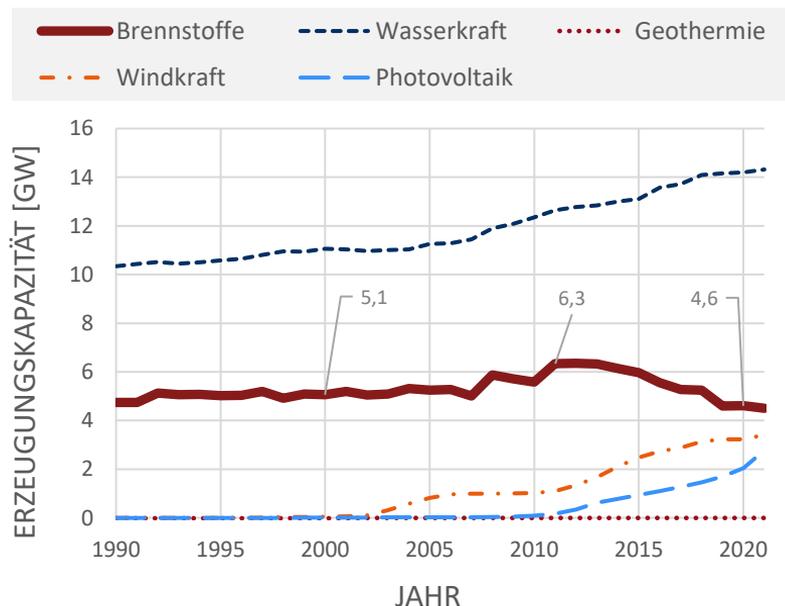
Quelle: APG [1]

REDISPATCH-KOSTEN [1]

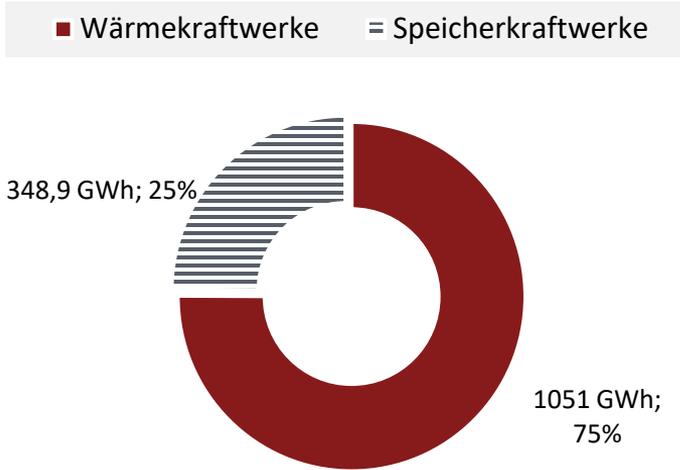
- 2017: € 142,2 MIO.
- 2022: € 84,1 MIO.

STATUS QUO 2/2

Installierte Leistung thermischer Kraftwerke in Österreich sinkt



Installierte Erzeugungskapazität in Österreich ab 1990 (exklusive Eigenerzeugungsanlagen in der Industrie).
Quelle: Eurostat [2]



Struktur der Redispatch Maßnahmen im November 2022.
Quelle: APG [3]

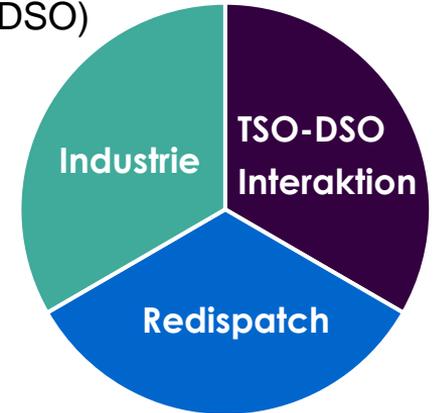
INDUSTRY 4 REDISPATCH

Vision

Automatisierte Nutzung industrieller Flexibilitäten (aus kleinen, mittleren und großen Unternehmen) für Redispatch unter Berücksichtigung der Interaktion zwischen Netzbetreibern (TSO, DSO)

3 Tätigkeitsbereiche zur Zielerreichung

- Realisieren automatisierte Identifikation & Abruf **industrieller** Flexibilität
- Definition Anforderungen, Anreize und Rahmenwerk für **Redispatch**
- Interaktion von *Transmission & Distribution System Operator* (**TSO & DSO**)



Wie groß ist die in der **Industrie vorhandene Flexibilität**



**Motivation &
Grundlagen**



**Erkenntnisse &
Vorarbeiten**



Methode
Ermittlung industrieller
Flexibilitäten



Ergebnisse
Technisches
Flexibilitätspotenzial in
der Industrie

BASIS

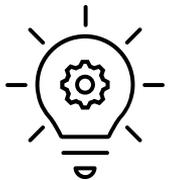
STUDIE:

„FLEXIBILITÄTSANGEBOT UND -NACHFRAGE IM ELEKTRIZITÄTSSYSTEM ÖSTERREICHS 2020/2030“ [5]

Bottom-Up-Analyse energieintensiver Industrieprozesse & Top-Down-Analyse verschiedener Querschnittstechnologien

Sektor	Papier & Zellstoff	Chemie & Petrochemie	Eisen & Stahl	Steine, Erden & Glas	Querschnittstechnologien
Installierte Leistung der flexibilisierbaren Prozesse	≈ 665 MW	≈ 100 MW	≈ 100 MW	≈ 105 MW	≈ 2.730 MW
Max. positive flexible Leistung für 15 min	150 MW	60 MW	< 10 MW	90 MW	222 MW

Quelle:
Auszug aus [5]



Erkenntnisse:

- Integrierte Betrachtung **aller 13 Sektoren** nötig
- **Geografische Verteilung** nicht analysiert
- Zuordnung der **Querschnittstechnologien** zu Sektoren nicht analysiert



**Motivation &
Grundlagen**



**Erkenntnisse &
Vorarbeiten**



Methode
Ermittlung industrieller
Flexibilitäten



Ergebnisse
Technisches
Flexibilitätspotenzial in
der Industrie

Installierte
elektrische
Leistung

Technisches
Flexibilitäts-
potenzial

BEGRIFFSDEFINITION 1/2

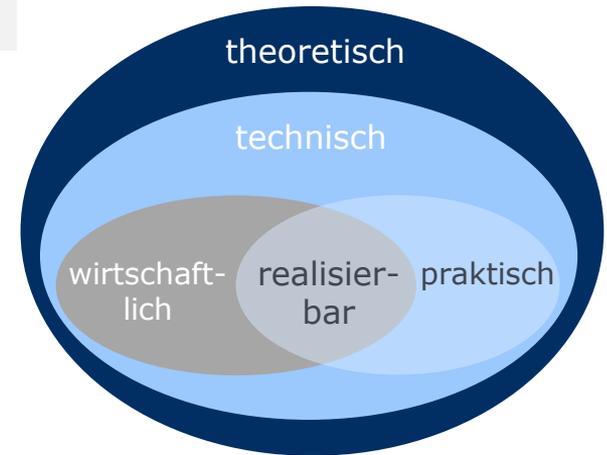
GEMÄß VDI-RICHTLINIE ZUR “ENERGIEFLEXIBLEN FABRIK” [4]

Flexibilität

“(...) ability of a production system to adapt quickly and in a process-efficient way to changes in the energy market (...)”

Potenziale

- ... theoretisch: **rechnerische Größe**, aus Endenergie ermittelt
- ... technisch: “im Rahmen der **technischen Rahmenbedingungen**” variierbarer Anteil des theoretischen Potenzials
- ... praktisch: Berücksichtigt “weiche Faktoren”, wie **administrative und regulatorische** Hemmnisse

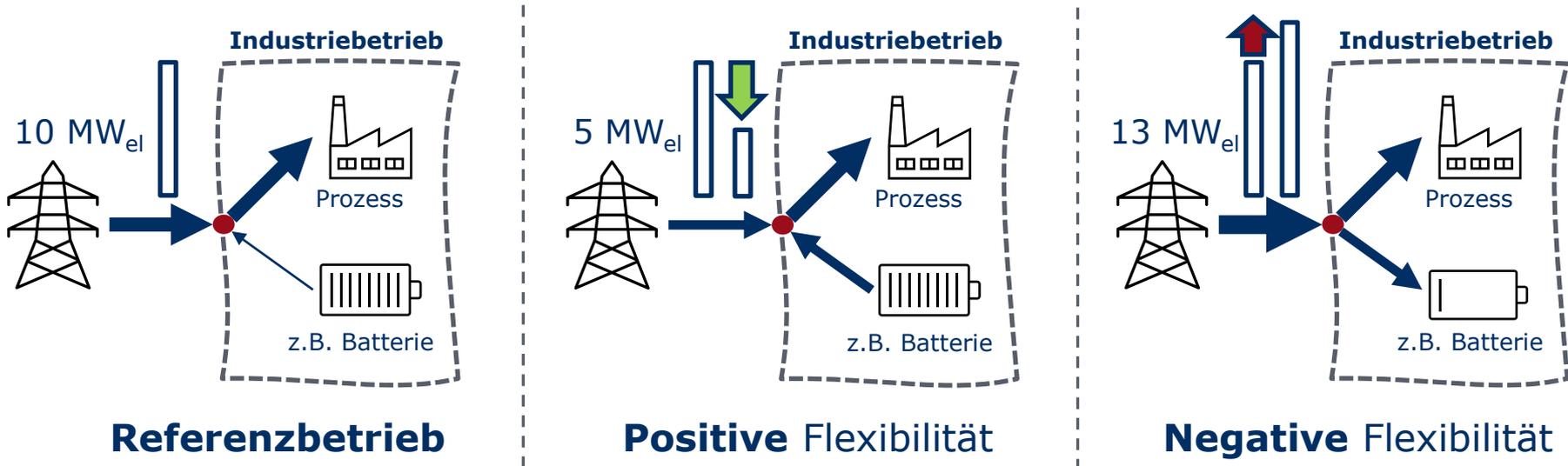


Potenzialbegriffe - Eigene Darstellung nach [4]

BEGRIFFSDEFINITION 2/2

Positive und negative Flexibilität

Positiv **verringertes** Strombezug aus Netz
 Negativ **erhöhter** Strombezug aus Netz

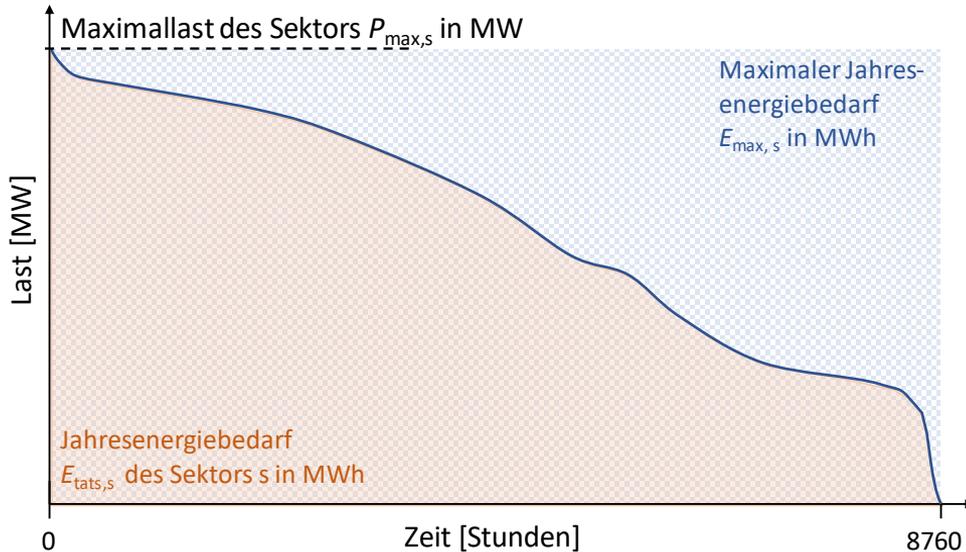


Installierte elektrische Leistung

Technisches Flexibilitäts-potenzial

1 2 3

1. Sektorspezifische **Volllastäquivalente**



Quellen

Seim et al. [6] leiten aus 1100 Messreihen repräsentative Lastgänge für 32 Wirtschaftszweige ab.



Weiters: Berichte, Studien, Interviews

Kapazitätsfaktor a_s des Sektors s :

$$a_s = \frac{E_{\text{tats},s}}{E_{\max,s}} [-]$$

Volllastäquivalente $T_{\text{vläq},s}$:

$$T_{\text{vläq},s} = a_s * 8760 \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$



2. Berechnung der **installierten elektrischen Leistungen** $P_{s,p,c}$

Quelle: Nutzenergieanalyse 2020 [7]

Elektrischer Endenergiebedarf $E_{el,s,p,c}$ je

- Industriesektor s (13)
- Bundesland p (9)
- Nutzenergiekategorie c (5)



$$\frac{E_{el,s,p,c}}{T_{vl\ddot{a}q,s}} = P_{s,p,c} [GW]$$

Volllastäquivalente des Sektors s aus Schritt 1.



3. **Kombination** der Ergebnisse mit **Bottom-Up-Analyse** mittels Integration der Leistung von energieintensiven Einzelprozessen in den entsprechenden Nutzenergiekategorien

Installierte elektrische Leistung

Technisches Flexibilitäts-potenzial

1 2 3

Beispiel

Sektor Nahrungs- und Genussmittel (NM) im Burgenland (B)

Nutzenergiekategorie _c	Elektrische Endenergie E_{el} [MWh]	Installierte el. Leistung $P_{NM,B}$ [MW]
Raumklima & Warmwasser	4984	1,1
Standmotoren	57430	12,2
Beleuchtung & EDV	5554	1,2
Prozesswärme >200 °C	6348	1,4
Prozesswärme <200 °C	2976	0,6

$$T_{vl\ddot{a}q,NM} = 4700 \text{ h/a}$$

$$\frac{E_{el,NM,B,c}}{T_{vl\ddot{a}q,NM}} = P_{NM,B,c}$$

Installierte
elektrische
Leistung

Technisches
Flexibilitäts-
potenzial

Bestimmung **Technischen Flexibilitätspotenzials** als **flexibilisierbarer Anteil x_{flex} *** der installierten Leistung je

- Sektor,
- Nutzenergiekategorie **,
- Art der Flexibilität: positiv vs. negativ,
- Abrufdauer: 15 min, 1h und 4h

* *Basierend auf Studien und Befragungen abgeschätzt*

** *Für energieintensive Einzelprozesse werden gesondert
Flexibilitätsfaktoren x_{flex} angegeben*

Beispiel

Sektor Nahrungs- und Genussmittel

Flexibilisierung der Prozesskältebereitstellung

$x_{flex} = 5 \%$ (pos. Flexibilität, 15 min, Standmotoren)

$$P_{el,flex} = P_{el,installiert} * x_{flex}$$

$$P_{el,flex} = 12,2 \text{ MW} * 5 \% = \mathbf{0,61 \text{ MW}}$$



**Motivation &
Grundlagen**



**Erkenntnisse &
Vorarbeiten**



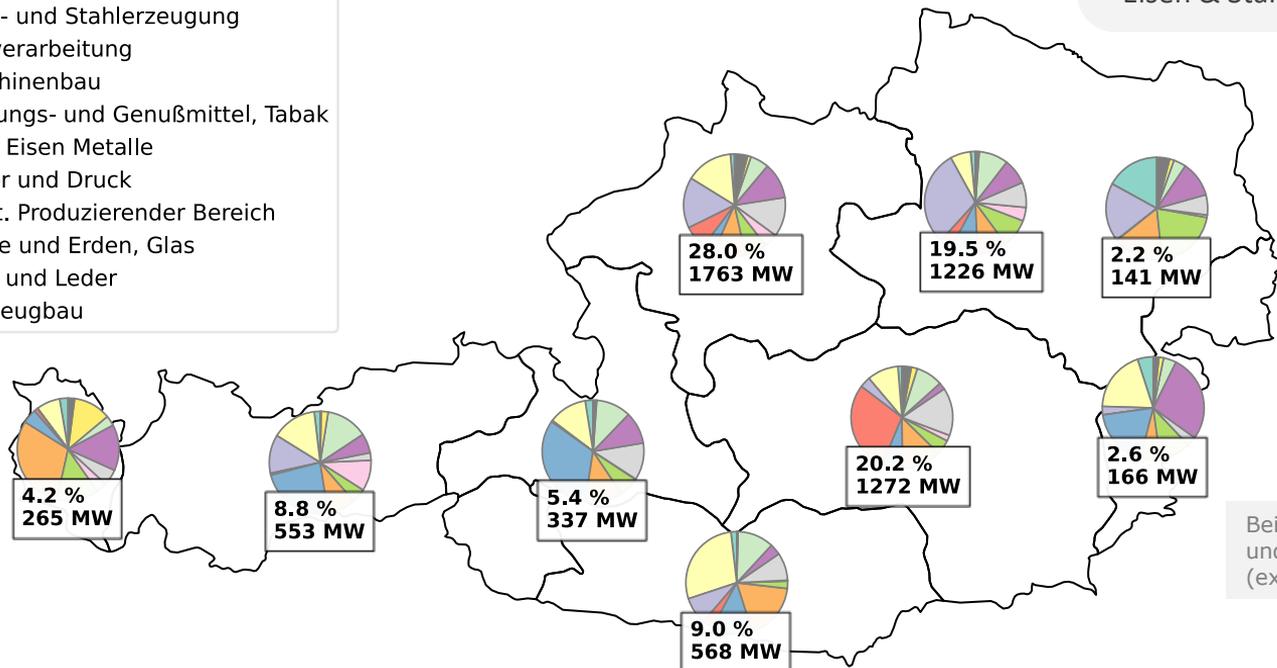
Methode
Ermittlung industrieller
Flexibilitäten



Ergebnisse
Technisches
Flexibilitätspotenzial in
der Industrie

INSTALLIERTE LEISTUNG

GEOGRAFISCHE VERTEILUNG



Summe El. Leistung	≈ 6,3 GW
Chemie & Petrochemie	845 MW
Papier & Druck	640 MW
Eisen & Stahl	570 MW

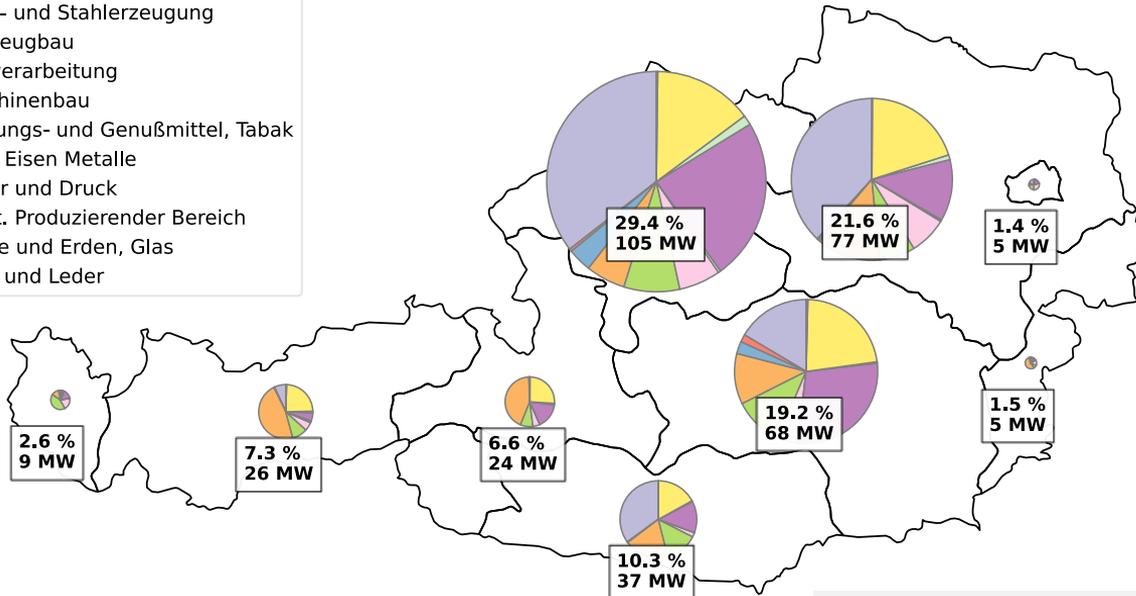
Beinhaltet industrielle Prozesse und Querschnittstechnologien (exkl. Eigenerzeugungsanlagen)

FLEXIBILITÄT

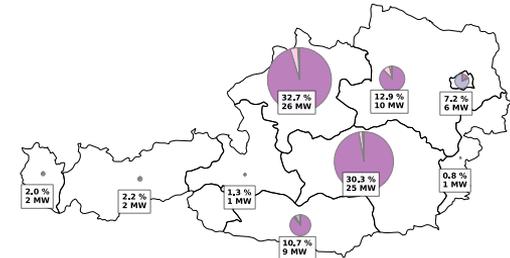
TECHNISCHES POTENZIAL – GEOGRAFISCHE VERTEILUNG



Positive Flexibilität für $\Delta t=1h$



Negative Flexibilität



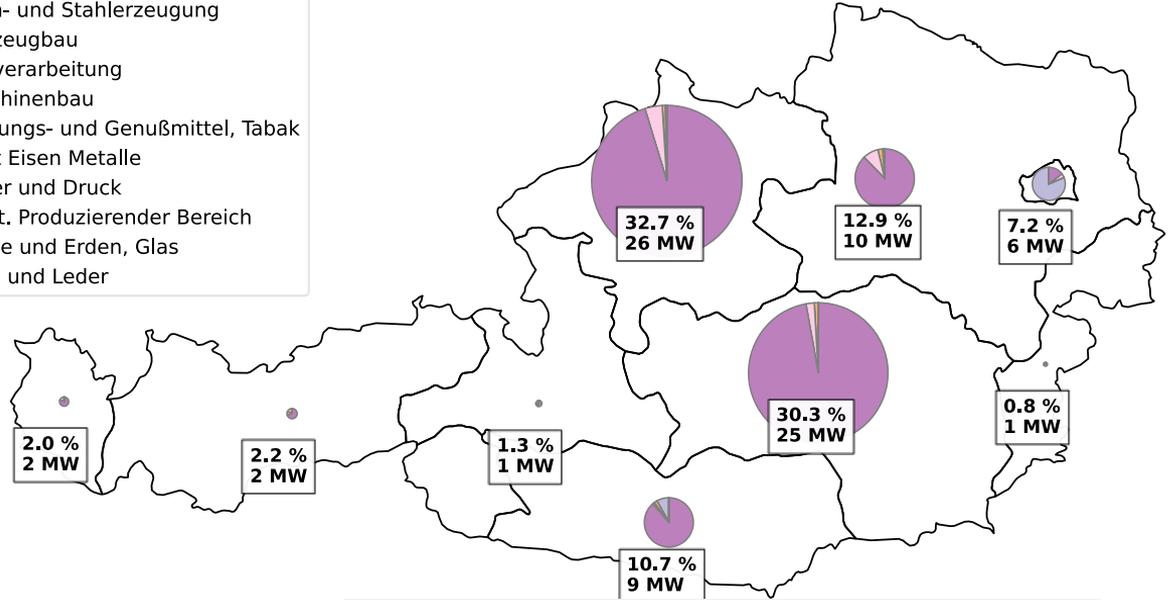
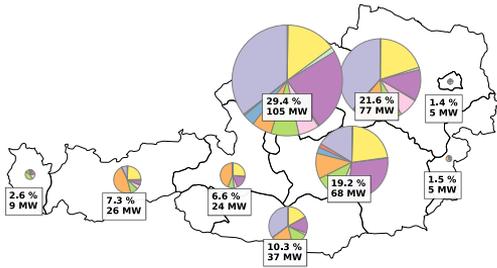
Positiv
Laastreduktion / Gesteigerte Eigenproduktion
Negativ
Lastzunahme/ Verringerung Eigenproduktion

FLEXIBILITÄT

TECHNISCHES POTENZIAL – GEOGRAFISCHE VERTEILUNG

Negative Flexibilität für $\Delta t=1h$

Positive Flexibilität

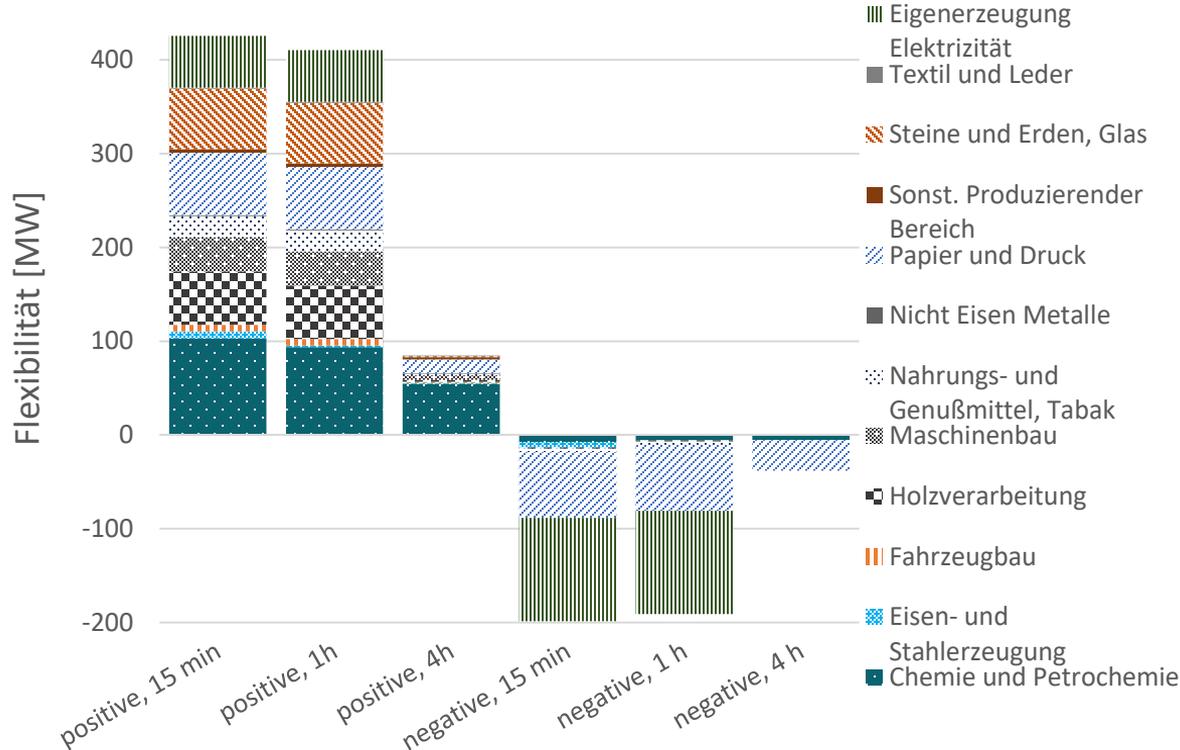


■ Positiv
■ Negativ

■ Lastreduktion / Gesteigerte Eigenproduktion
■ Lastzunahme/ Verringerung Eigenproduktion

FLEXIBILITÄT

TECHNISCHES POTENZIAL GESAMT



	Installierte Leistung [MW]	Technisches Potenzial für 1 h [MW]	
		positiv	negativ
Eigen-erzeugung	1100	55	110
Prozesse & QST	6290	356	82
Gesamt	7390	411	192

CONCLUSIO

Integrierte
Betrachtung **aller**
13 Sektoren



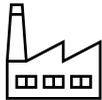
Geografische
Verteilung der
Flexibilität ermitteln



Zuordnung der
Potenziale in
Querschnittstech-
nologien zu Sektoren



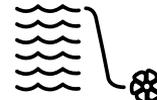
Technisches Flexibilitätspotenzial in der Industrie im Vergleich



411 MW (pos.)
192 MW (neg.)

Produzierende Industrie

vs.



8844 MW (pos.)
4200 MW (neg.)

(Pump-)Speicherkraftwerke
2020 gemäß [5]

Ausblick & Trends

- Potentialzunahme durch **Elektrifizierung** für Wärmebereitstellung & Prozesse
- **Automatisierung** = Schlüsselkriterium zur Realisierung v.a. von kleinen Potenzialen



Industry 4 Redispatch

Matthias Traninger

Junior Research Engineer
Sustainable Thermal Energy Systems

+43 664 88964925

matthias.traninger@ait.ac.at

Tara Esterl

Project Manager I4RD
Head of Competence Unit
Integrated Energy Systems

tara.esterl@ait.ac.at

INDUSTRIELLES FLEXIBILITÄTSPOTENZIAL ZUR BEREITSTELLUNG VON REDISPATCH

Matthias Traninger
AIT Austrian Institute of Technology

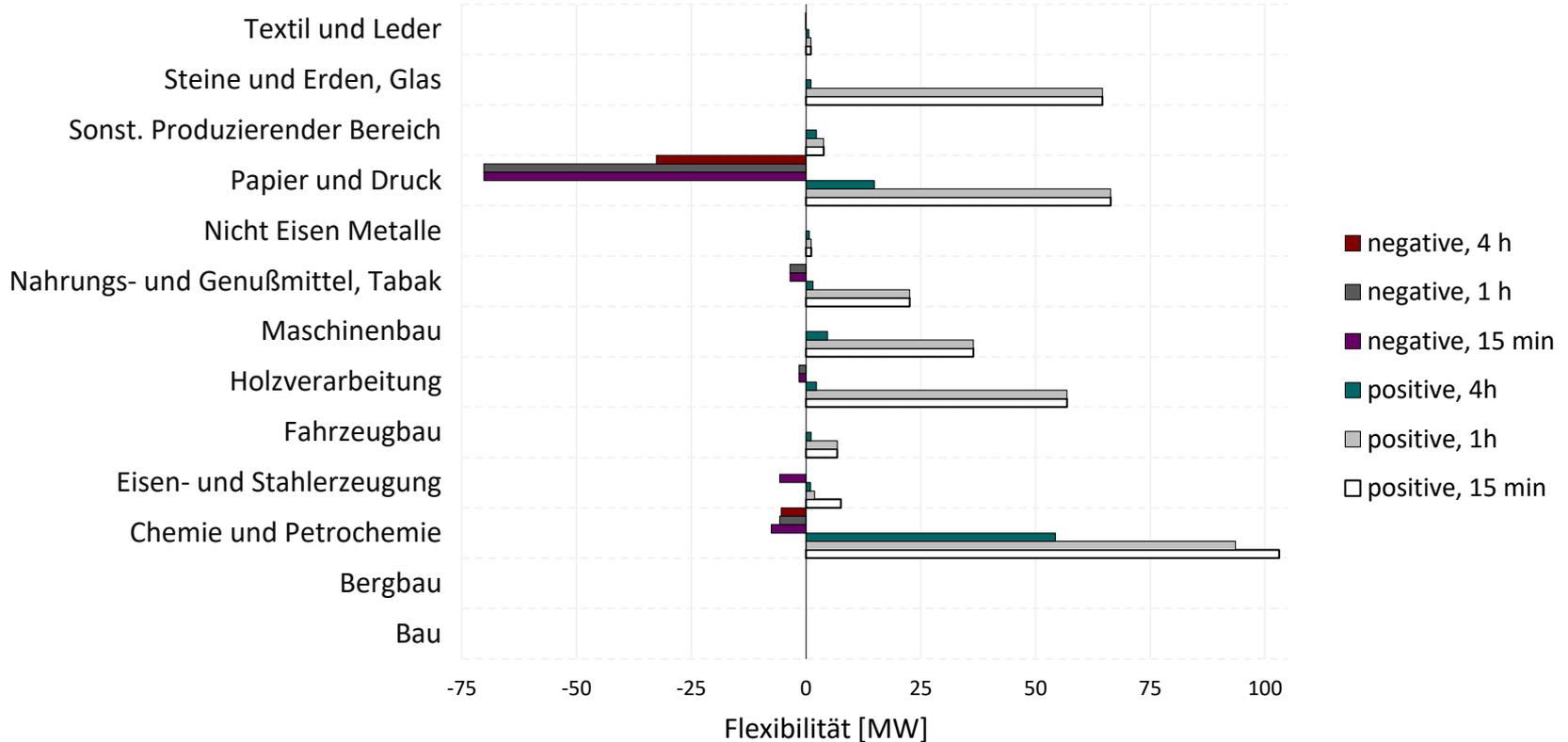
QUELLENVERWEISE

- [1] APG (Hg.) (2022): Tage mit Redispatch im Vergleichszeitraum Jänner-November. Online verfügbar unter <https://www.apg.at/infografiken/>, zuletzt aktualisiert am Oktober 2022, zuletzt geprüft am 07.02.2023.
- [2] Eurostat (Hg.): Umwelt- und Energiestatistik. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/envir>, zuletzt geprüft am 08.02.2023.
- [3] APG (Hg.) (2022): Struktur bisheriger Redispatch Maßnahmen. Online verfügbar unter <https://app.23degrees.eu/view/fIIeFVpjHLzhT2y9-donut-struktur-bisheriger-redispatch>, zuletzt aktualisiert am Oktober 2022, zuletzt geprüft am 07.02.2023.
- [4] VDI Richtlinie 5207:2020-07, Juli 2020: Energieflexible Fabrik - Blatt 1.
- [5] Esterl, Tara; Zegers, Antony; Spreitzhofer, Johanna; Totschnig, Gerhard; Knöttner, Sophie; Strömer, Stefan et al. (2022): Flexibilitätsangebot und -nachfrage im Elektrizitätssystem Österreichs 2020/2030. Hg. v. E-Control. Wien. Online verfügbar unter https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/20220207_Flexibilitaetsstudie_Bericht_FINAL.pdf/244c4f3c-c8a2-1114-c287-6d6b81d07817?t=1650436768857, zuletzt geprüft am 02.11.2022.
- [6] Seim, Stephan; Ruedt, Daniel; Wu, Qi; Held, Maike; Verwiebe, Paul; Mueller-Kirchenbauer, Joachim (2021): Regression-based electricity load profiles of 32 industrial and commercial subsectors in Germany.
- [7] Statistik Austria (Hg.): Nutzenergieanalyse für Österreich 2020. Online verfügbar unter <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/nutzenergieanalyse>, zuletzt geprüft am 08.02.2023.

Backup

FLEXIBILITÄT

TECHNISCHES POTENZIAL – VERTEILUNG AUF SEKTOREN (EXKL. EIGENERZEUGUNG)

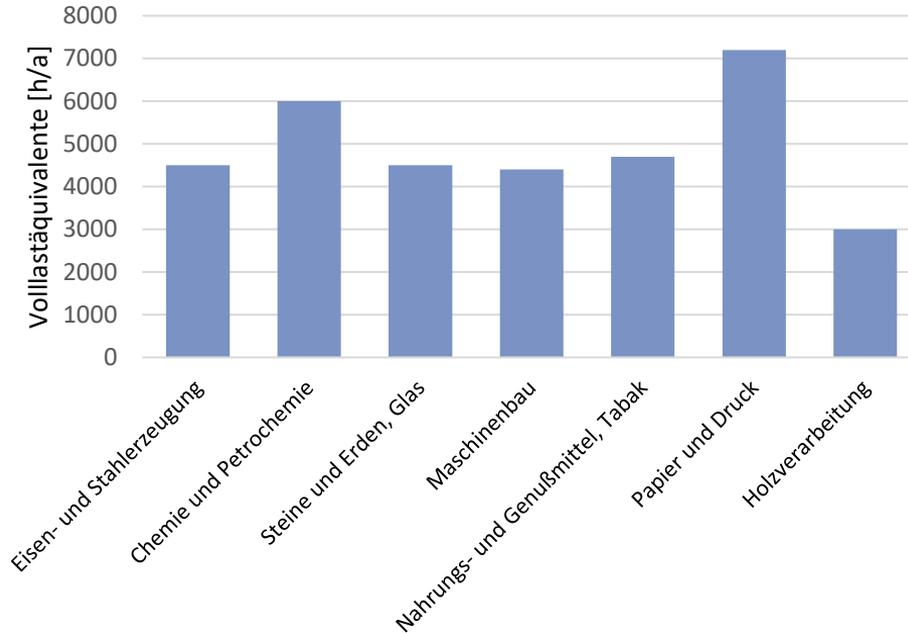


Installierte elektrische Leistung

Technisches Flexibilitäts-potenzial

Top-Down-Eingrenzung des Potenzials

VOLLSTÄÄQUIVALENTE (AUSZUG)



Quellen:

- **Subsektor Lastprofile [6]**
- Literatur
- Statistik
- Berichte (Behörden, Branchenvertretung, Unternehmen)
- Branchenvertreter

Installierte elektrische Leistung

Technisches Flexibilitäts-potenzial

Top-Down-Eingrenzung des Potenzials

Kategorisierung der flexiblen Leistungen nach Verfügbarkeit:

- Untertägig (Tag vs. Nacht vs. ganztägig),
- Täglich (Werktags vs. Wochenende vs. ganze Woche)
- Saisonal (ganzes Jahr vs. einzelne Jahreszeiten)

Beispiel

Sektor Nahrungsmittel

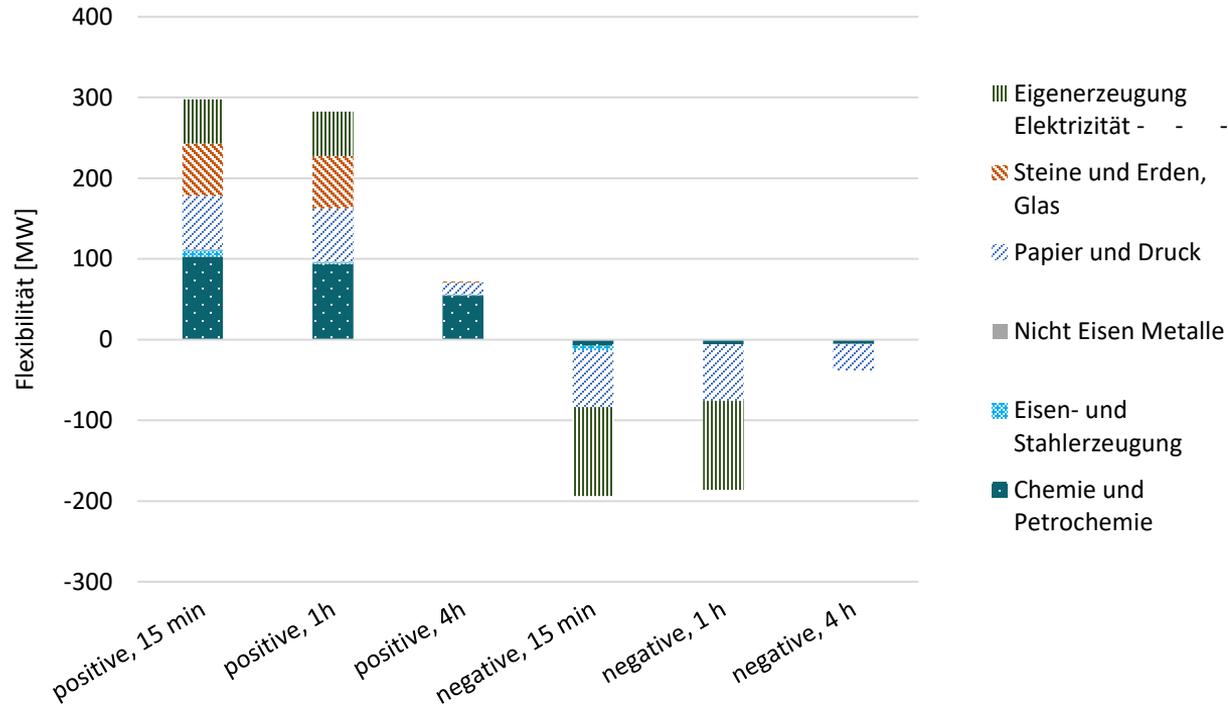
Flexibilitätspotenzial [MW]	Tagsüber	Nachts
positiv, 15 min	23	0
positiv, 1h	23	0
positiv, 4h	2	0
negativ, 15 min	3	0
negativ, 1 h	3	0
negativ, 4 h	0	0

Quelle
Analyse der
Sektorlastprofile
aus [6]



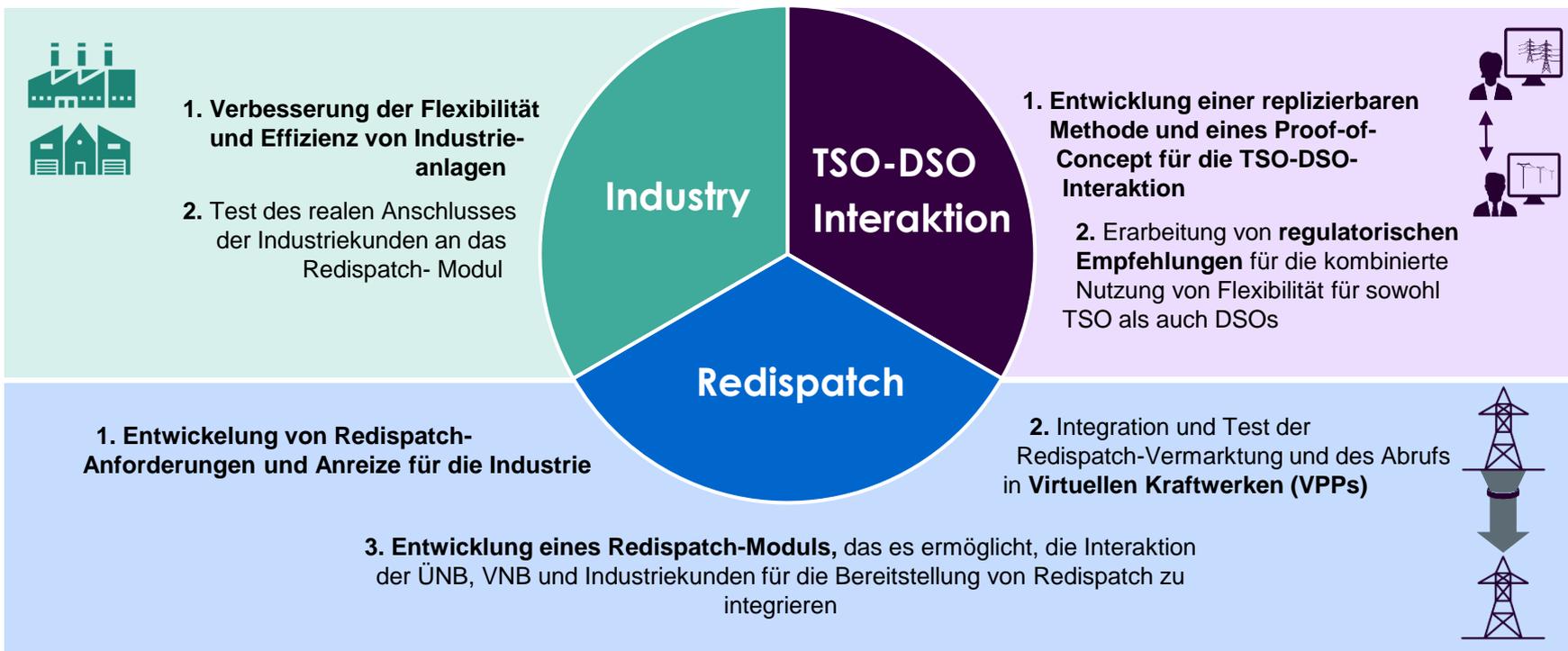
VERFÜGBARKEIT

TECHNISCHES POTENZIAL AM WOCHENENDE



GEPLANTE ERGEBNISSE

I4RD beabsichtigt, die Bereitstellung von Redispatch von Industrie- und großen Gewerbekunden für Systemdienstleistungen unter enger Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen dem ÜNB und den VNB zu ermöglichen.

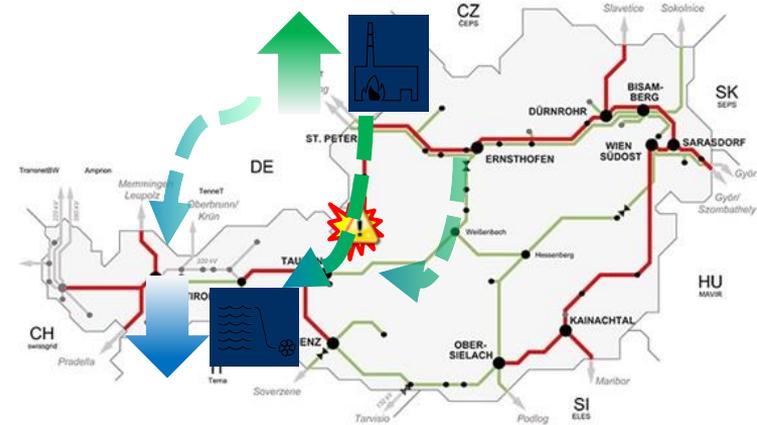


REDISPATCH

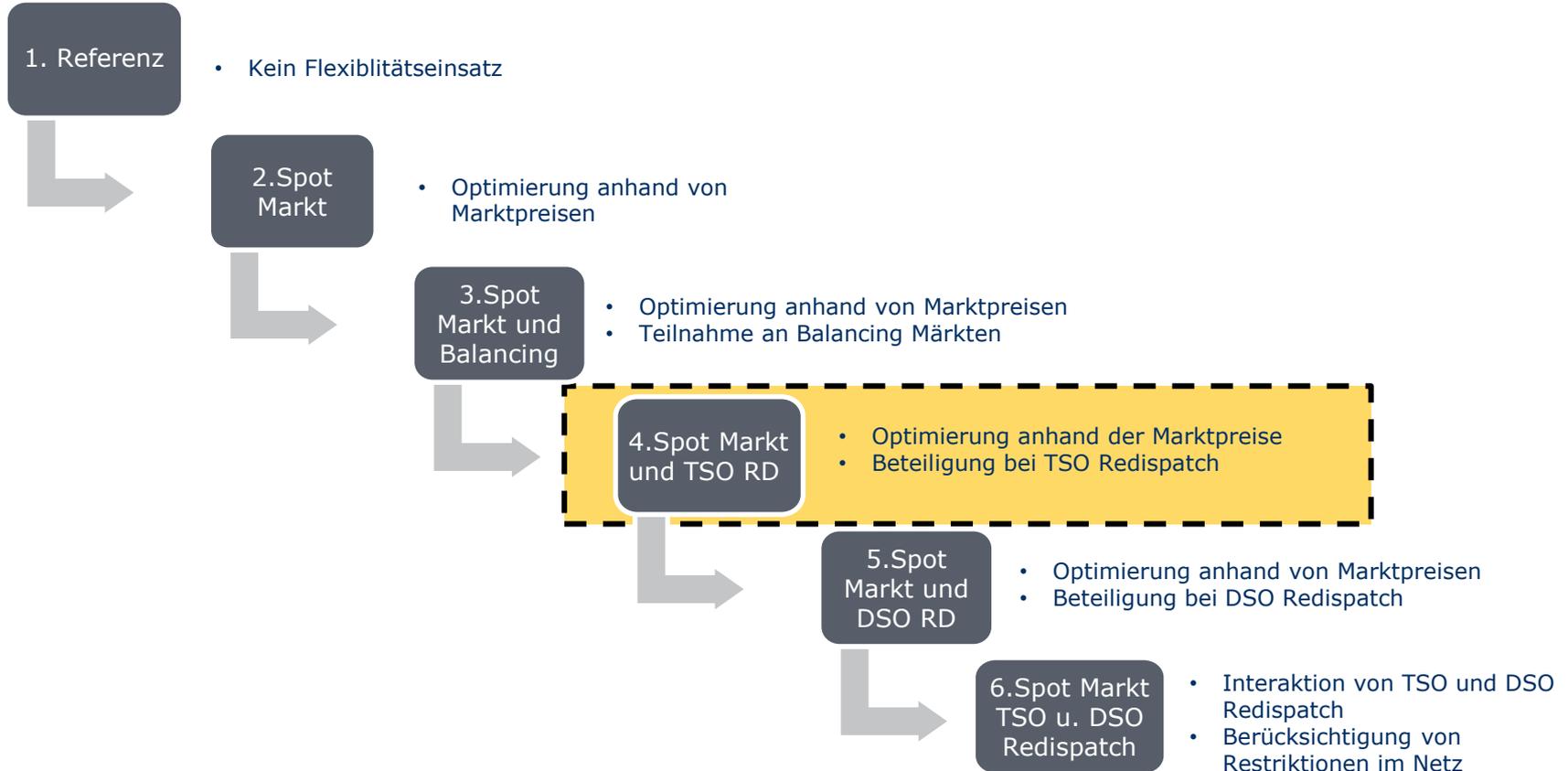
ÄNDERUNG VON LAST- UND EINSPEISEFAHRPLÄNEN ZUR BEEINFLUSSUNG DES LASTFLUSSES

Redispatch bezeichnet die **kurzfristige Änderung** von **Erzeugungs- und Verbrauchsfahrplänen** auf Anforderung eines Netzbetreibers zur **Vermeidung von Netzengpässen** und um die Stabilität des Netzes zu wahren. Es handelt sich dabei um eine Maßnahme des Engpassmanagements.

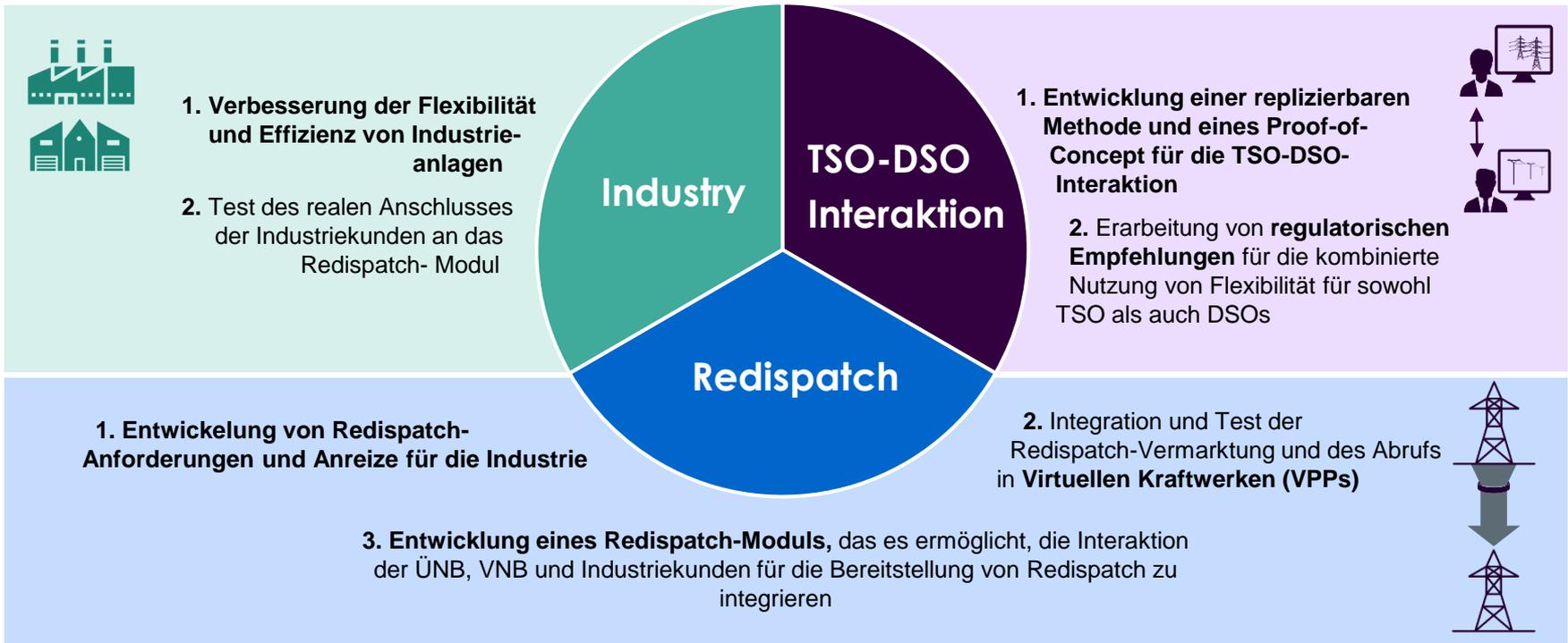
Auf der einen Seite des Engpasses wird die Leistungseinspeisung erhöht und auf der anderen abgesenkt. Dadurch wird ein dem Engpass entgegen gerichteter Stromfluss erzeugt und der Engpass wird entlastet.



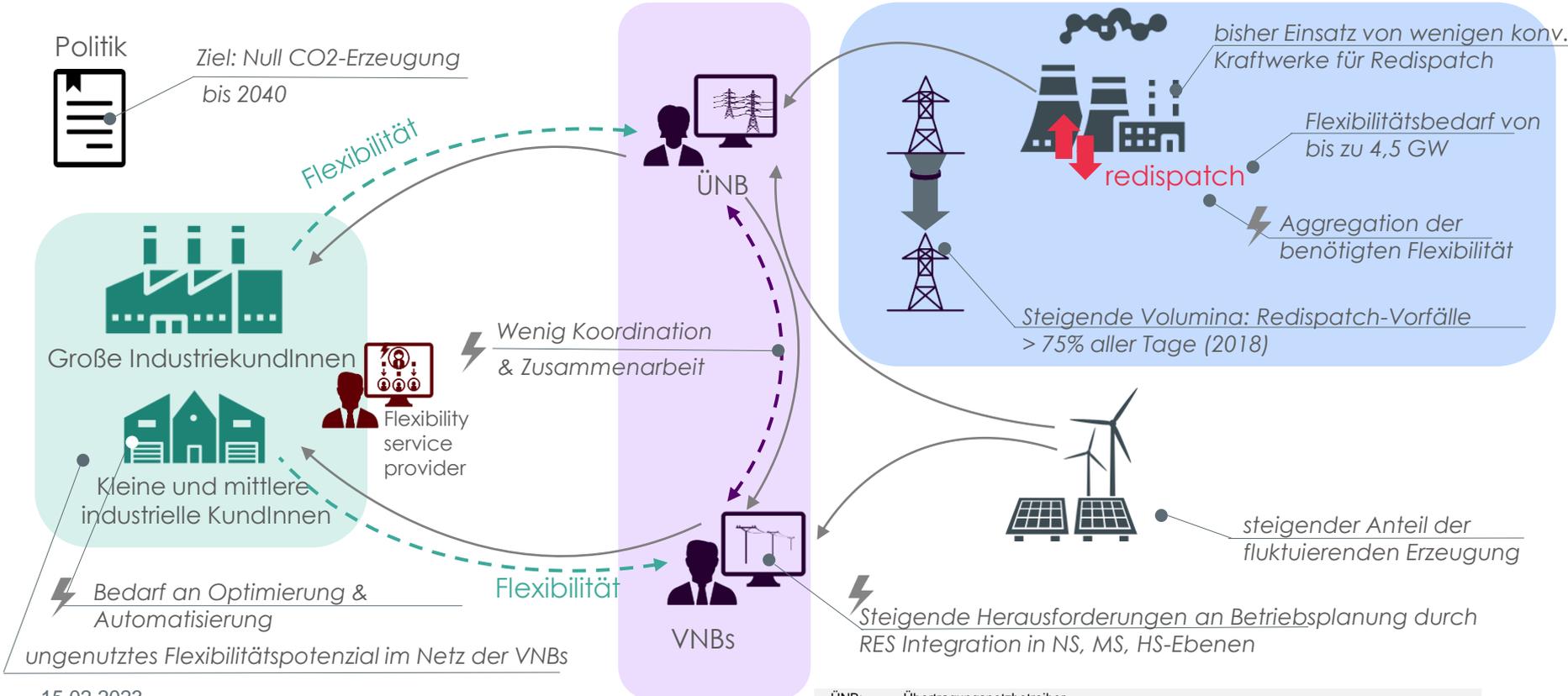
USE CASES



I4RD beabsichtigt, die Bereitstellung von Redispatch von Industrie- und großen Gewerbekunden für Systemdienstleistungen unter enger Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen dem ÜNB und den VNB zu ermöglichen.



I4RD - MOTIVATION

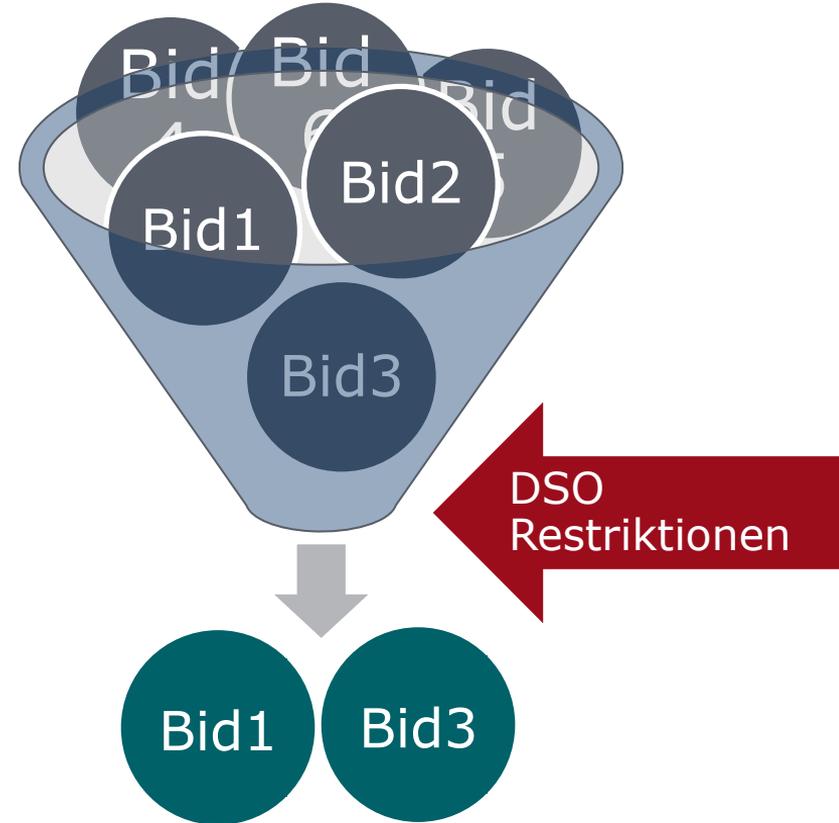


15.02.2023

ÜNB: Übertragungsnetzbetreiber
 VNB: Verteilnetzbetreiber
 Redispatch: Anpassungen der aktiven Einspeisung durch den TSO mit dem Ziel Engpässe zu vermeiden

DSO-TSO INTERAKTION

1. Die Aktivierung von Geboten darf keine Einschränkungen im Verteilnetz verursachen
2. Berechnung der verfügbaren Verteilnetzkapazitäten/Restriktionen um die Aktivierung von Geboten (transparent) zu beschränken →
Kapazitätsberechnungsmethode derzeit in Entwicklung
3. Basierend auf DSO Netzkapazitäten werden die kosteneffizientesten und netzverträglichsten Gebote transparent ausgewählt und aktiviert
→ **Mechanismus ist in Entwicklung**



INDUSTRIELLE FLEXIBILITÄT

BEISPIELE

BETRIEBSMASSNAHMEN (UNTERSTÜTZT DURCH PLANUNGSTOOLS)

- ✓ **Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen** mit weiten Betriebsbereichen und schneller Leistungsänderungsfähigkeit, z.B. Turbinen
- ✓ **Substitutionspotentiale**, z.B. power-to-heat Anlagen wie Boiler oder Wärmepumpen
- ✓ **Zeitliche Verschiebung von Produktionsprozessen**, z.B. Verschiebung von Wartungsarbeiten, Materialtausch in der Papiermaschine usw.
- ✓ **Zeitliche Verschiebung der Energiebereitstellung** & des Bezugs, z.B. Batterien, Dampfturbinen oder Dampfspeicher

DESIGNMASSNAHMEN

- ✓ Investments in neue Anlagen