HAW HAMBURG | CC4E

Zukunftsfähige Energiesysteme – Wie geht Energiewende ?

Vortrag im Rahmen des Klimakongress 2022 am 22. September 2022

Prof. Dr.-Ing. Hans Schäfers, HAW Hamburg
Competence Center für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz an der HAW Hamburg

HAW HAMBURG | CC4E

Inhalt

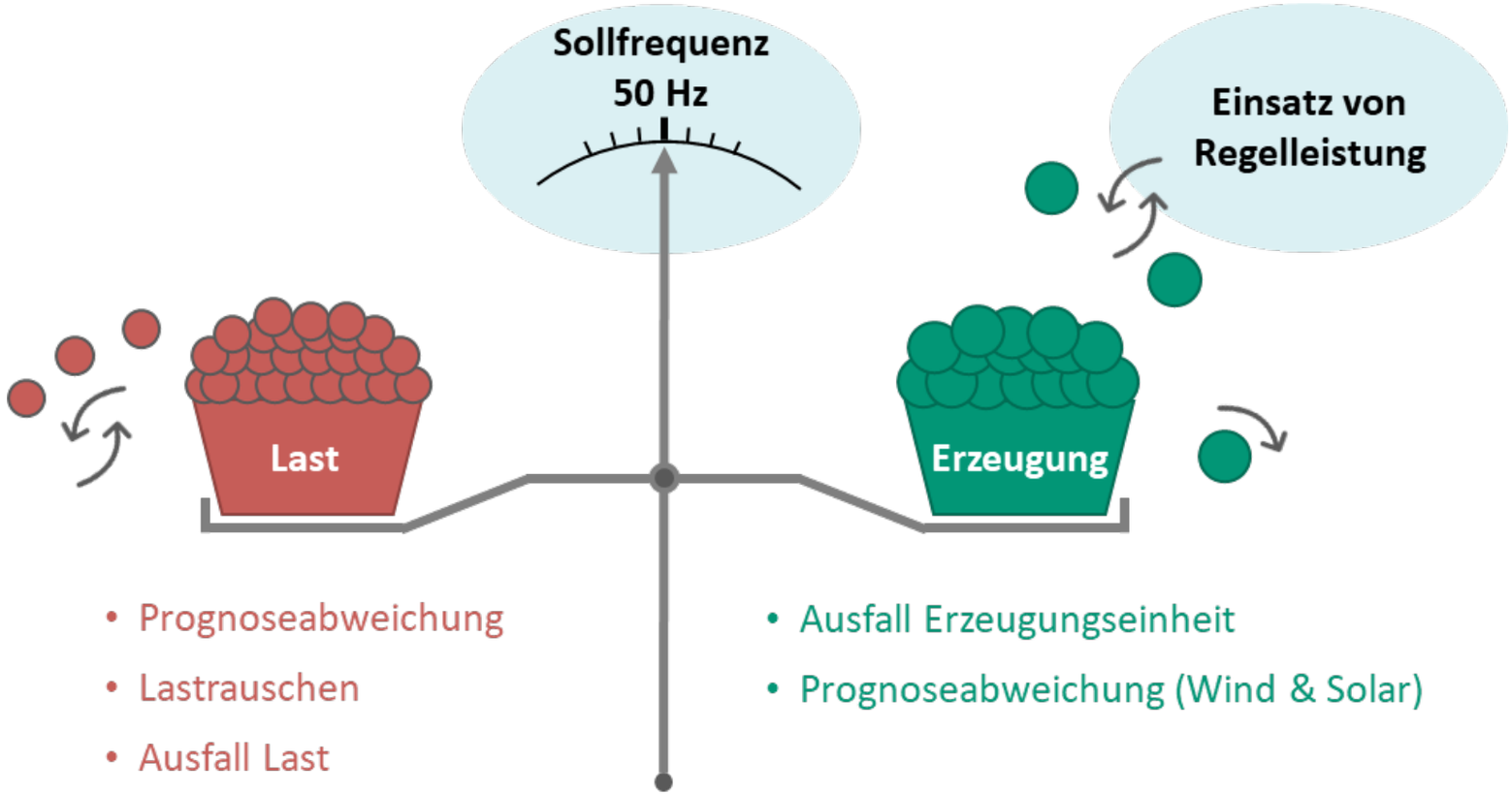
1) Das Problem
2) Die (bisher einzige) Lösung und ein (sehr ambitionierter) Masterplan für Klimaneutralität bis 2045

Inhalt

1) **Das Problem**
2) Die (bisher einzige) Lösung und ein (sehr ambitionierter) Masterplan für Klimaneutralität bis 2045

1 Das Problem

Strom ist keine speicherbare Energieform, sondern „Energie auf der Durchreise“

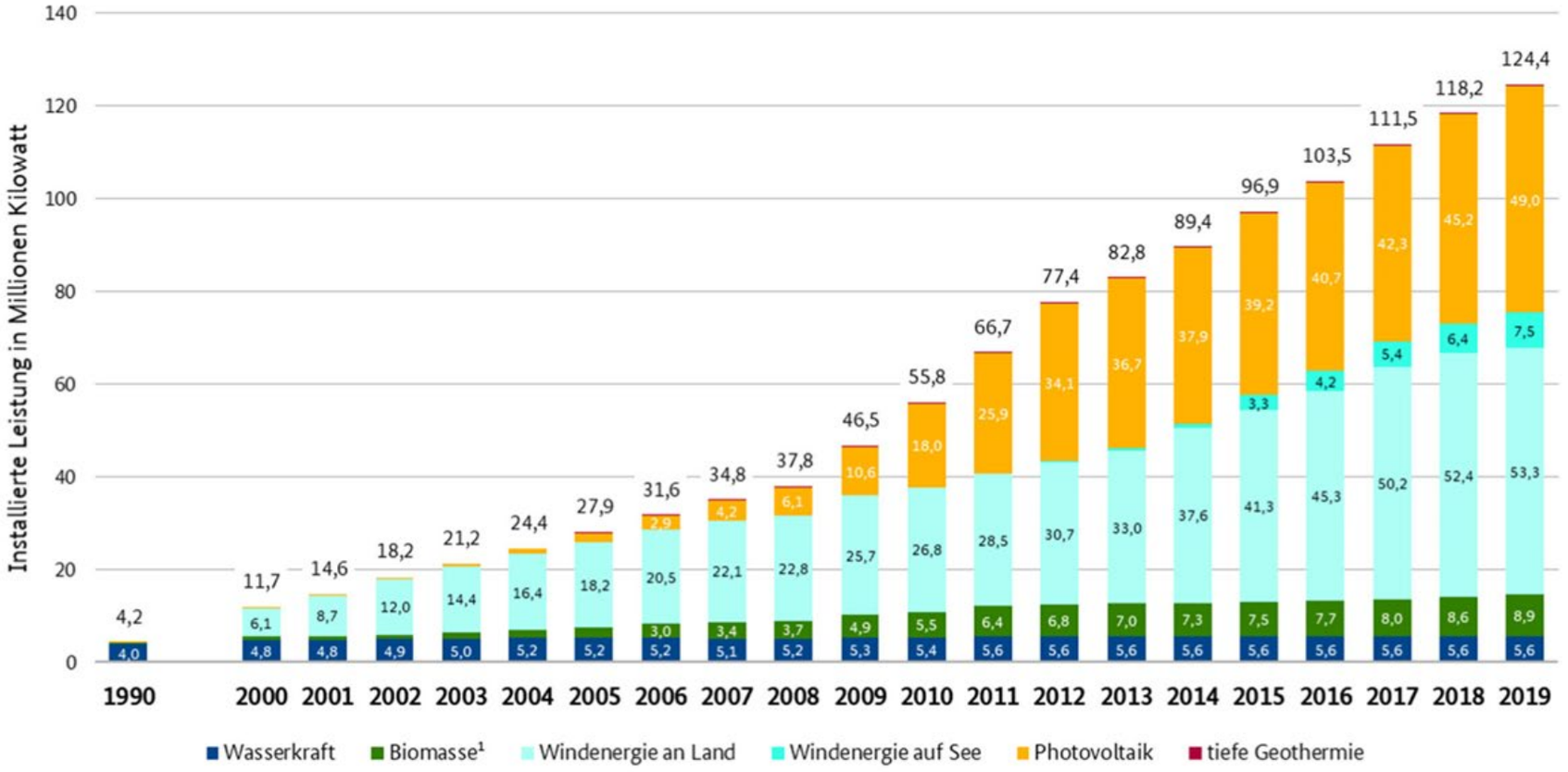


Quelle: Verstegge, J. F. (n.a.)

1 Das Problem

Lösung des Klimawandels nur möglich durch Umbau des Energiesystems auf EE Stromerzeugung

Entwicklung der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland



2020

- **Solar** : 54.07 GW
- **Wind offshore** : 7.74 GW
- **Wind onshore** : 54.84 GW
- **Biomasse** : 8.25 GW
- **Speicherwasser** : 0.98 GW
- **Laufwasser** : 3.87 GW

Summe: 129.76 GW

FHG ISE (2021)

BMWi (2020)

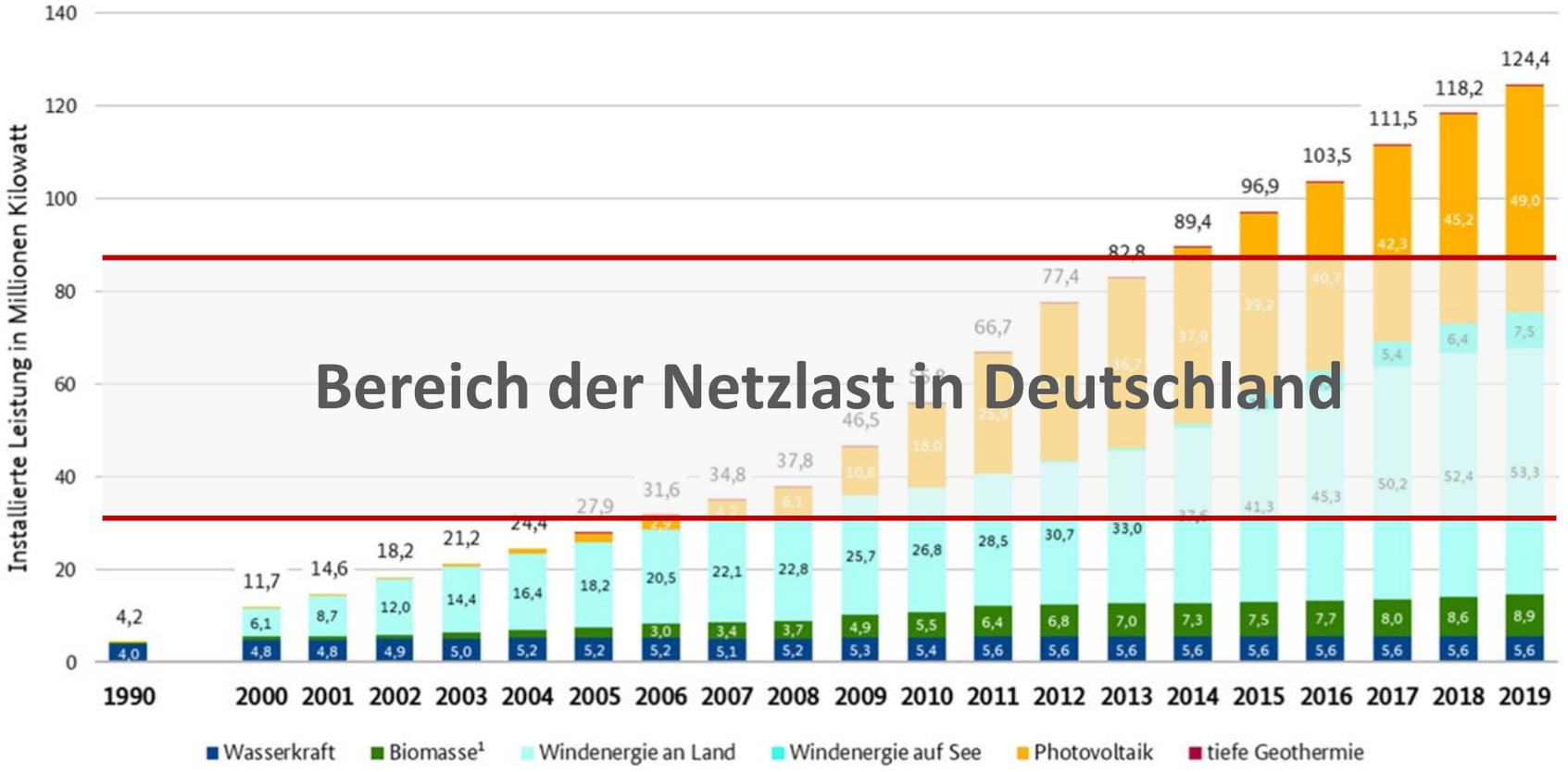
¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas, ohne biogenen Anteil des Abfalls

BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2020

1 Das Problem

Paradigmenwechsel vom Lastfolge- zum Erzeugungsfolgebetrieb im Stromsystem

Entwicklung der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland



2020

- **Solar** : 54.07 GW
- **Wind offshore** : 7.74 GW
- **Wind onshore** : 54.84 GW
- **Biomasse** : 8.25 GW
- **Speicherwasser** : 0.98 GW
- **Laufwasser** : 3.87 GW

Summe: 129.76 GW

FHG ISE (2021a)

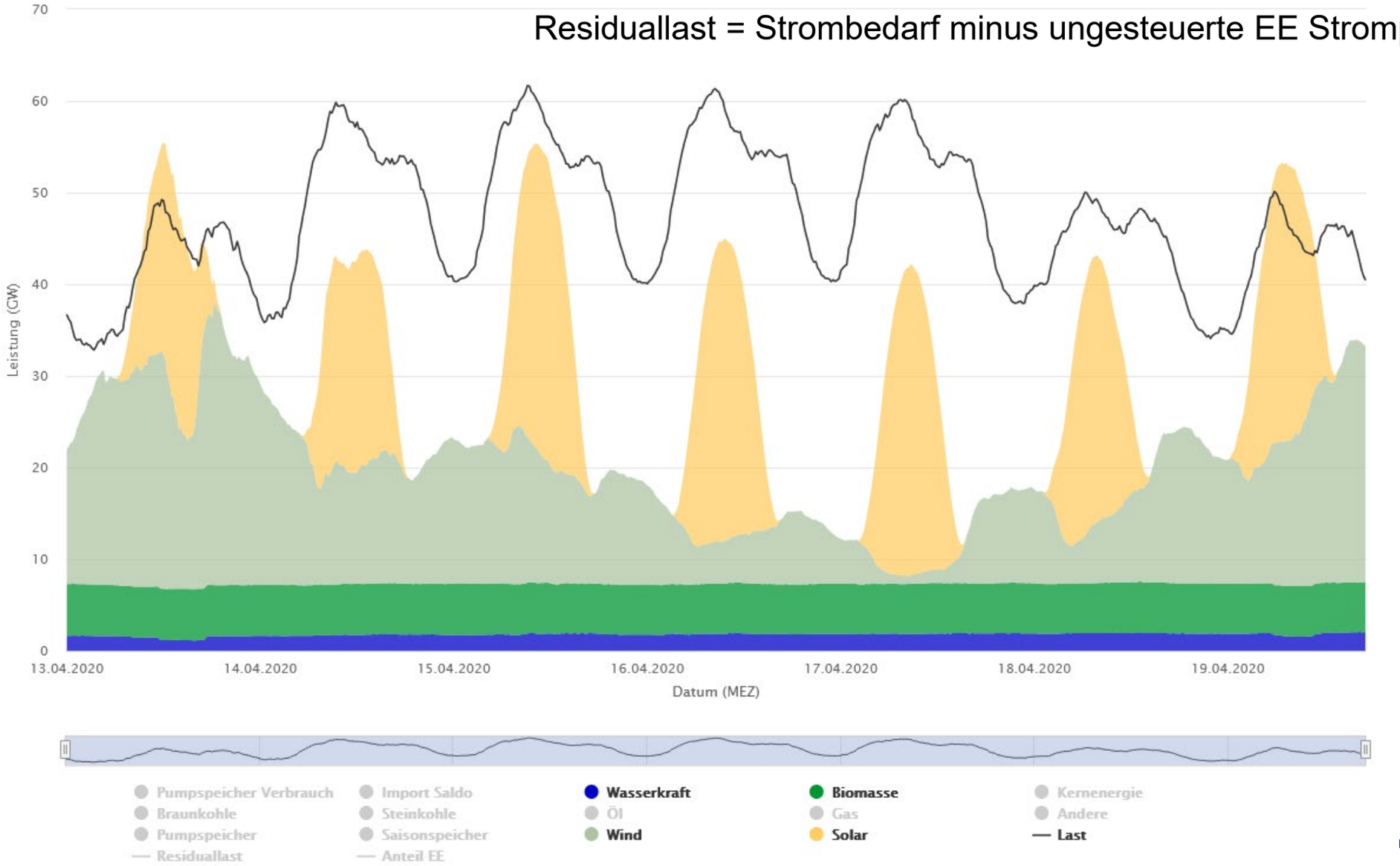
BMWi (2020)

¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas, ohne biogenen Anteil des Abfalls

BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2020

1 Das Problem

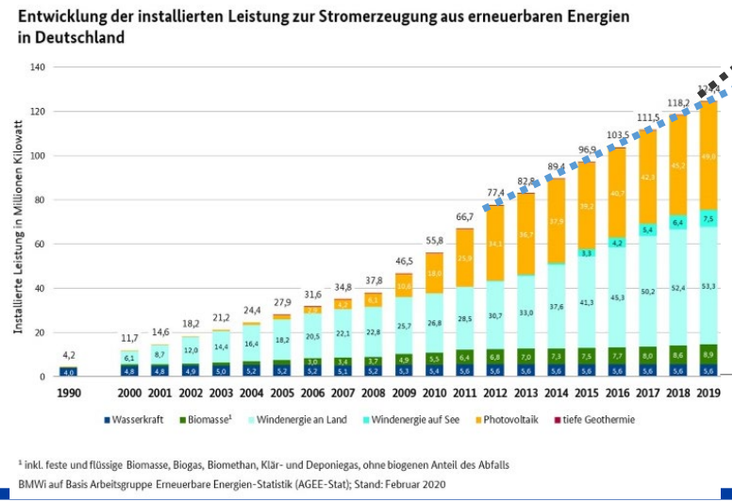
Stromerzeugung aus EE in D in der Woche 16 2020: Zum ersten Mal negative Residuallast

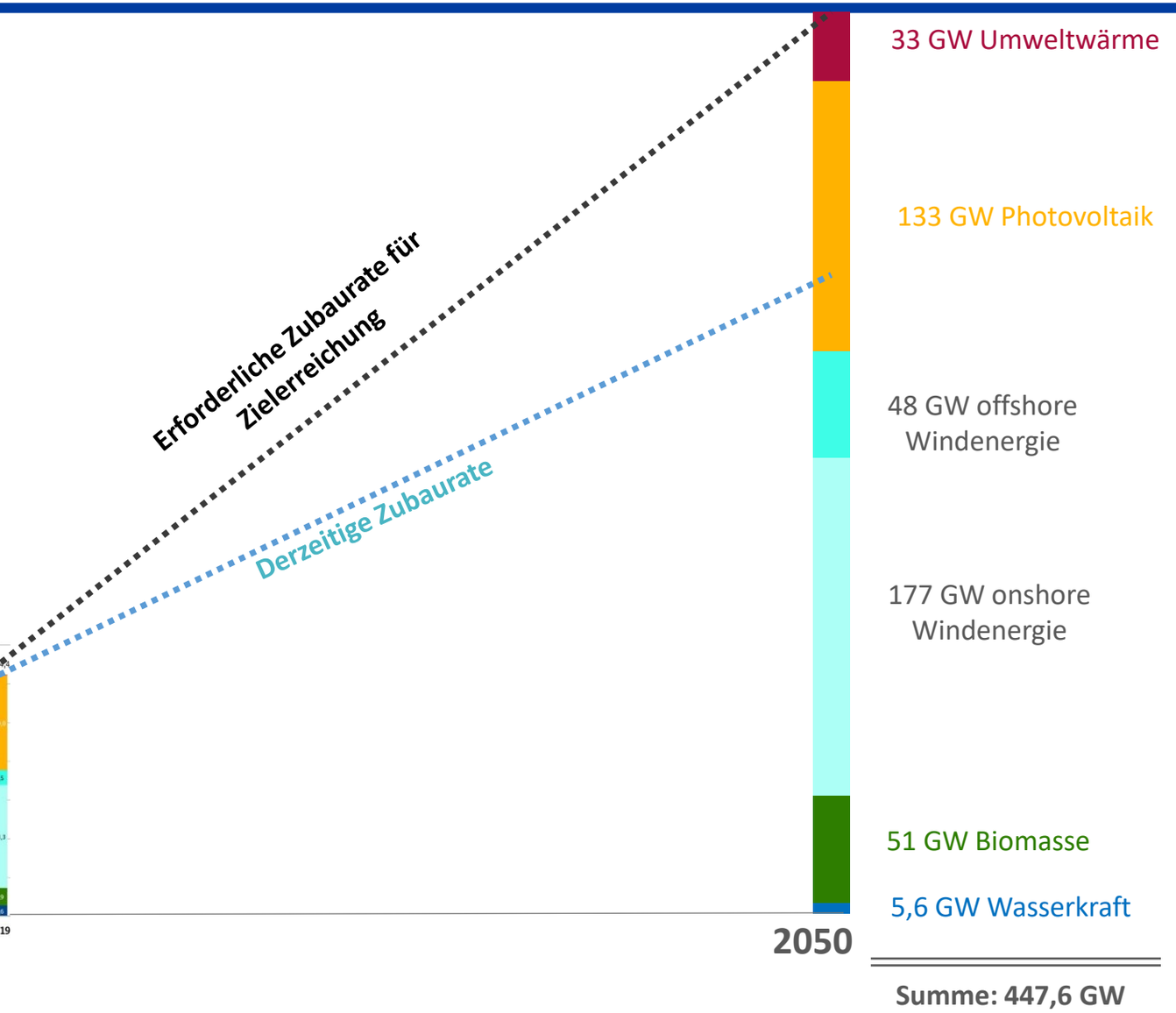


FHG ISE (2021b)

1 Das Problem

Für 95% CO_2-Reduktion benötigte Anschlussleistung bis 2050 (ACATECH 2017)



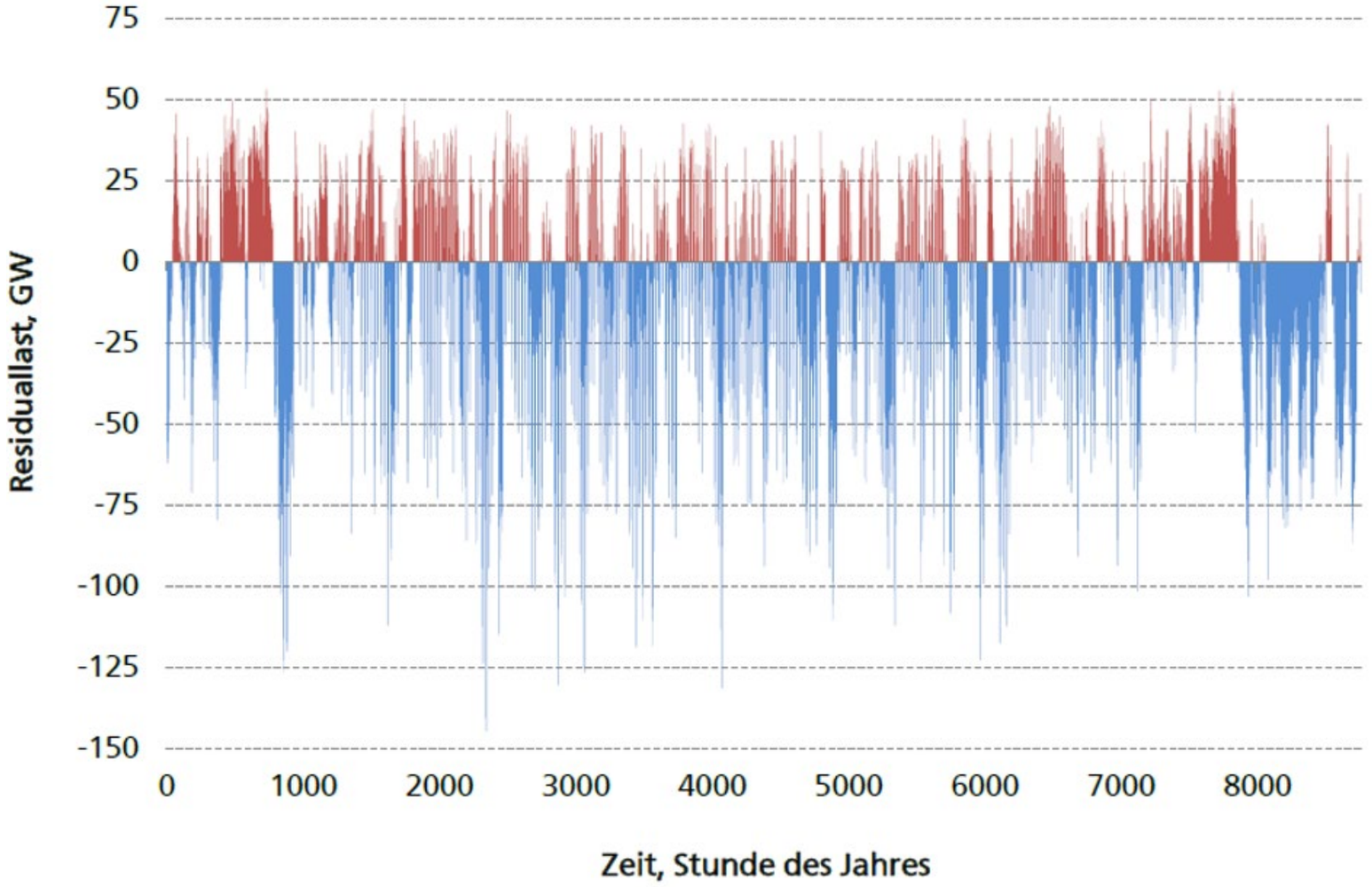


HAW HAMBURG | CC4E

1 Das Problem

Residuale Last bei 85% CO2 Reduktion

Residuallast = Strombedarf minus ungesteuerte EE Stromproduktion



	Min.	Max.
	GW	GW
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	2,7	201,5
Last	22,6	60,8
Residuallast	-144,8	52,9

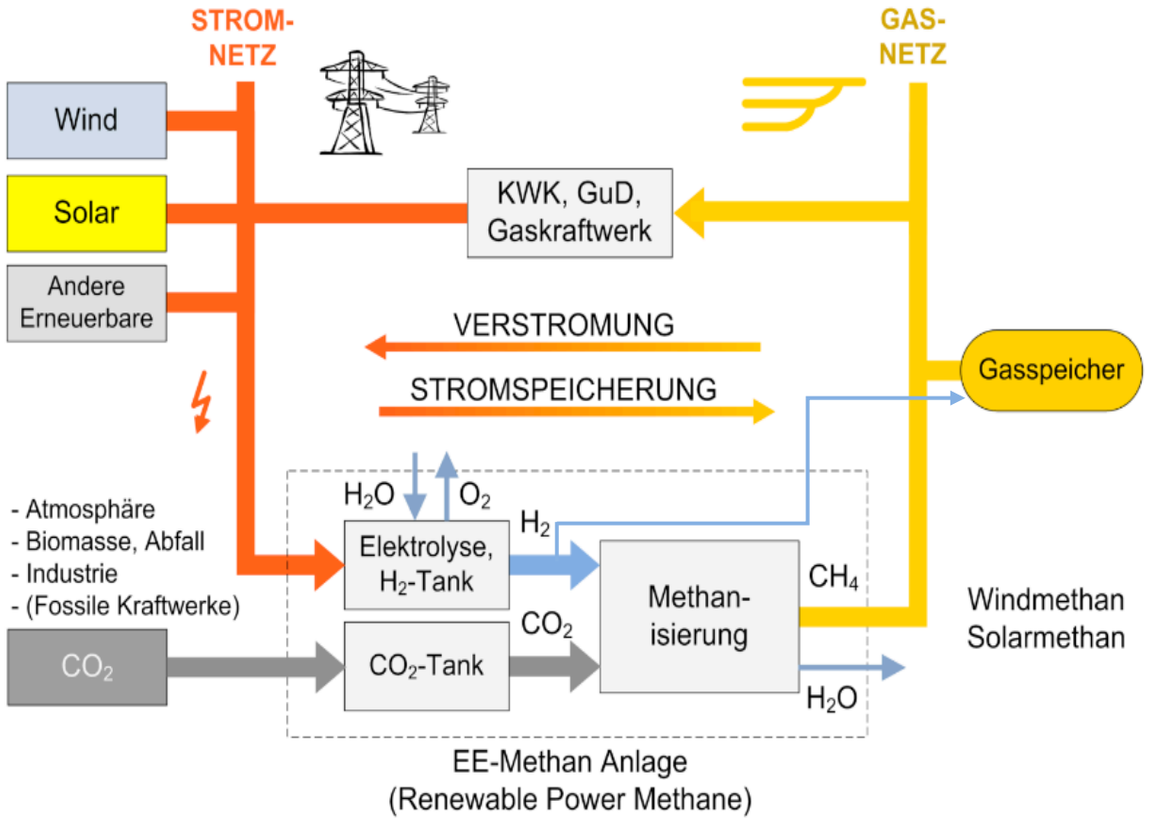
Fraunhofer ISE (2013, S.28)

Inhalt

1) Das Problem
2) **Die (bisher einzige) Lösung und ein (sehr ambitionierter) Masterplan für Klimaneutralität bis 2045**

Die Lösung

Power to Gas als Langzeitspeicher für 100% EE

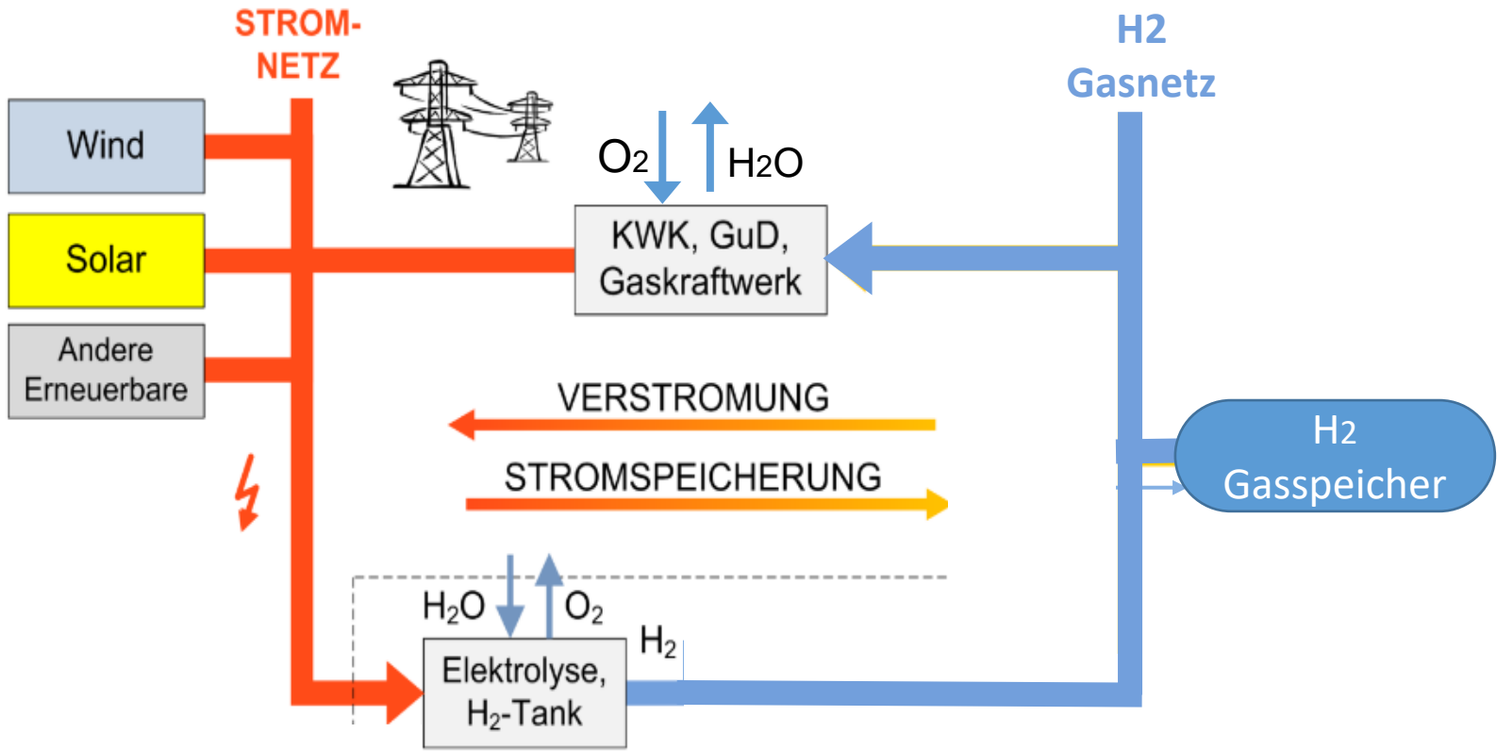


Sterner et al. (2009, S.54) - bearbeitet

Power to Gas ist im Kern eine Notwendigkeit für ein mit fluktuierendem EE Angebot funktionierendes Stromsystem.

Die Lösung

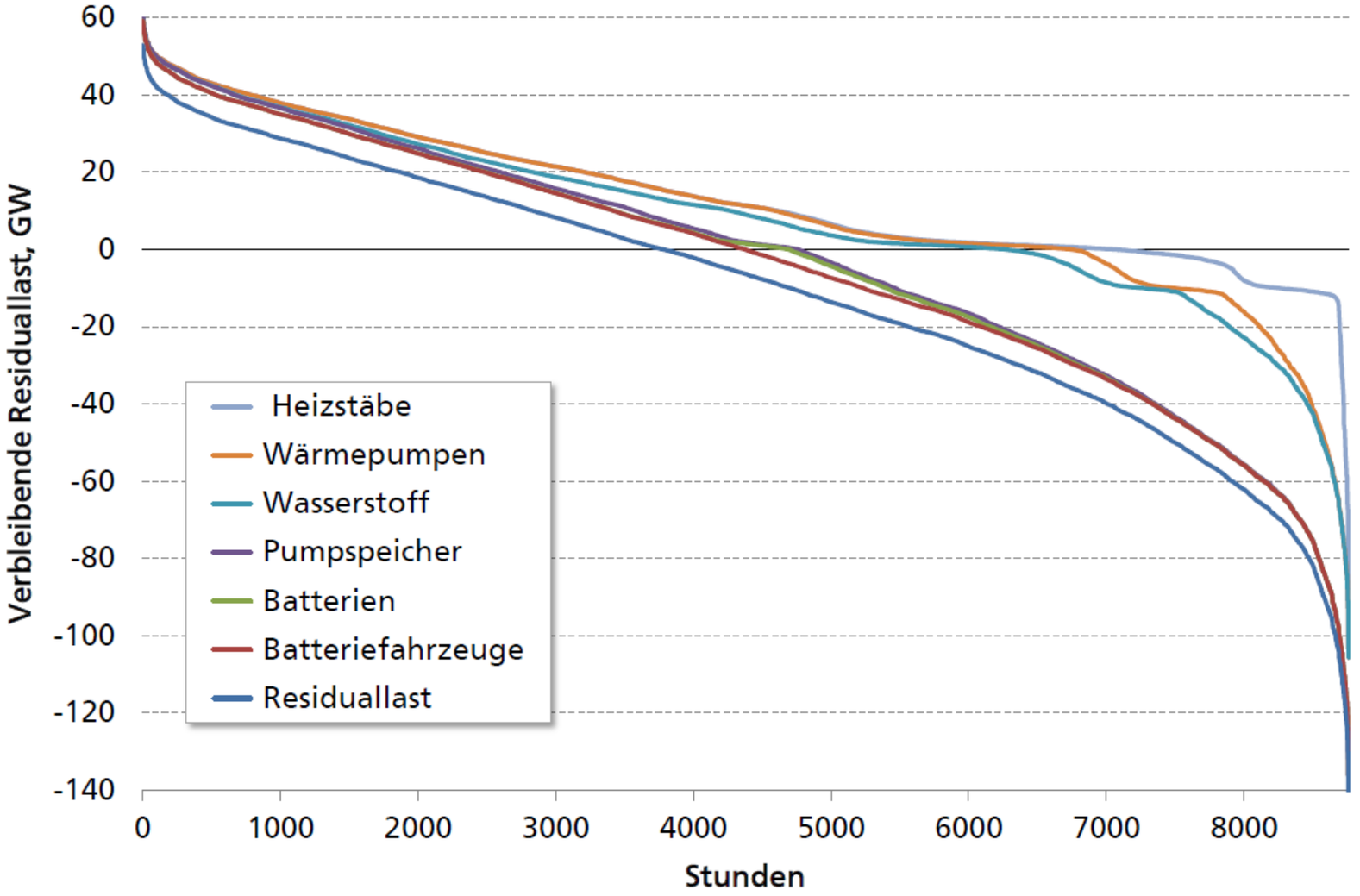
Power to Gas als Langzeitspeicher für 100% EE



Sterner et al. (2009, S.54) - bearbeitet

½ Das Problem ist auch die Lösung …

Nutzung der negativen Residuallast in den Sektoren Verkehr, Industrie und Wärme

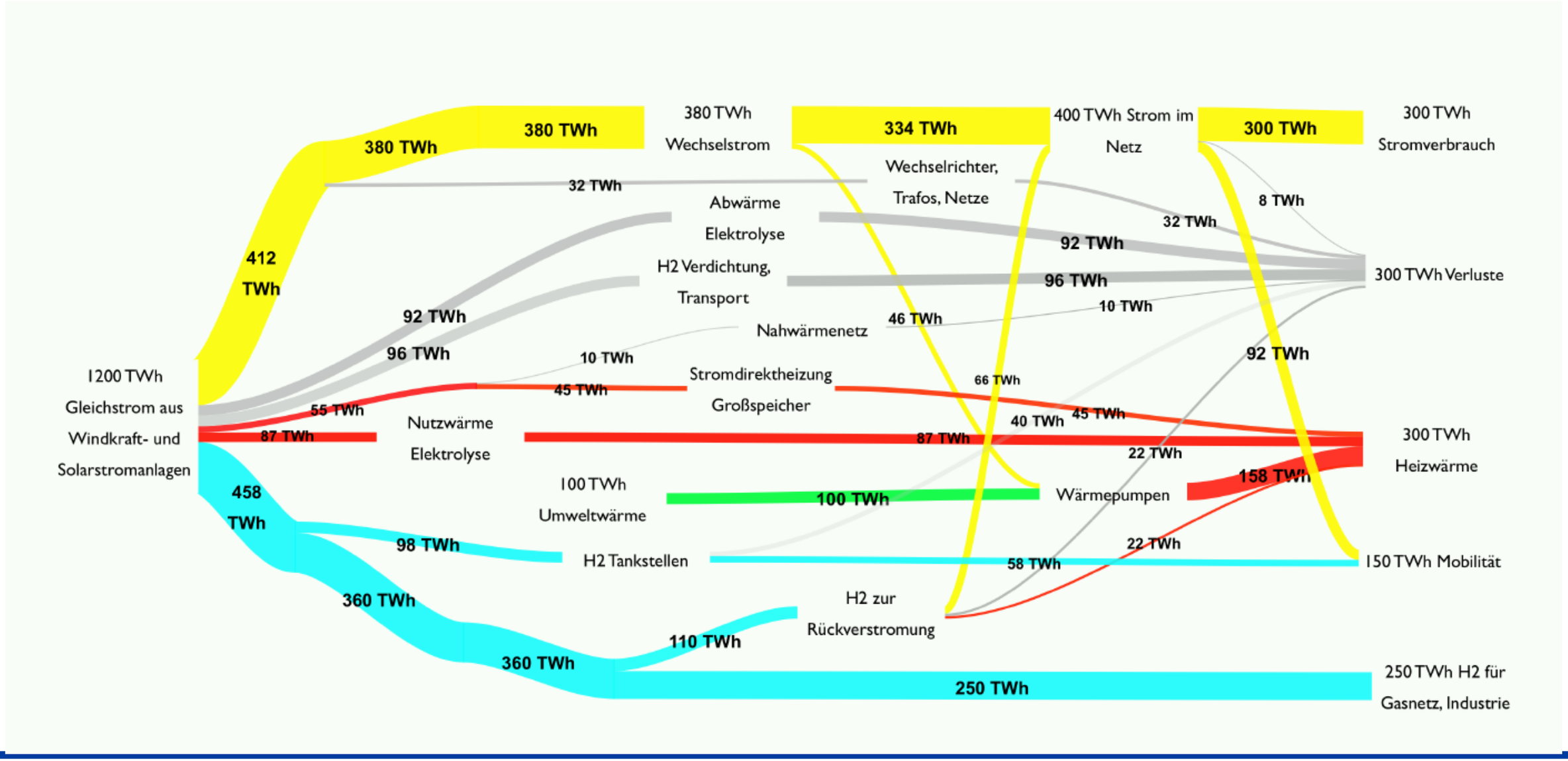


Ausgleich der residualen Lasten ist NUR möglich durch stärkere Kopplung des Stromsektors an die anderen Energiesektoren.

Wichtiges Bindeglied dabei ist der GASSEKTOR in dem der aus Elektrolyse (Basis EE Strom) gewonnene Wasserstoff aufgenommen und zwischengespeichert werden kann.

Fraunhofer ISE (2013, S.29)

2 Die Lösung



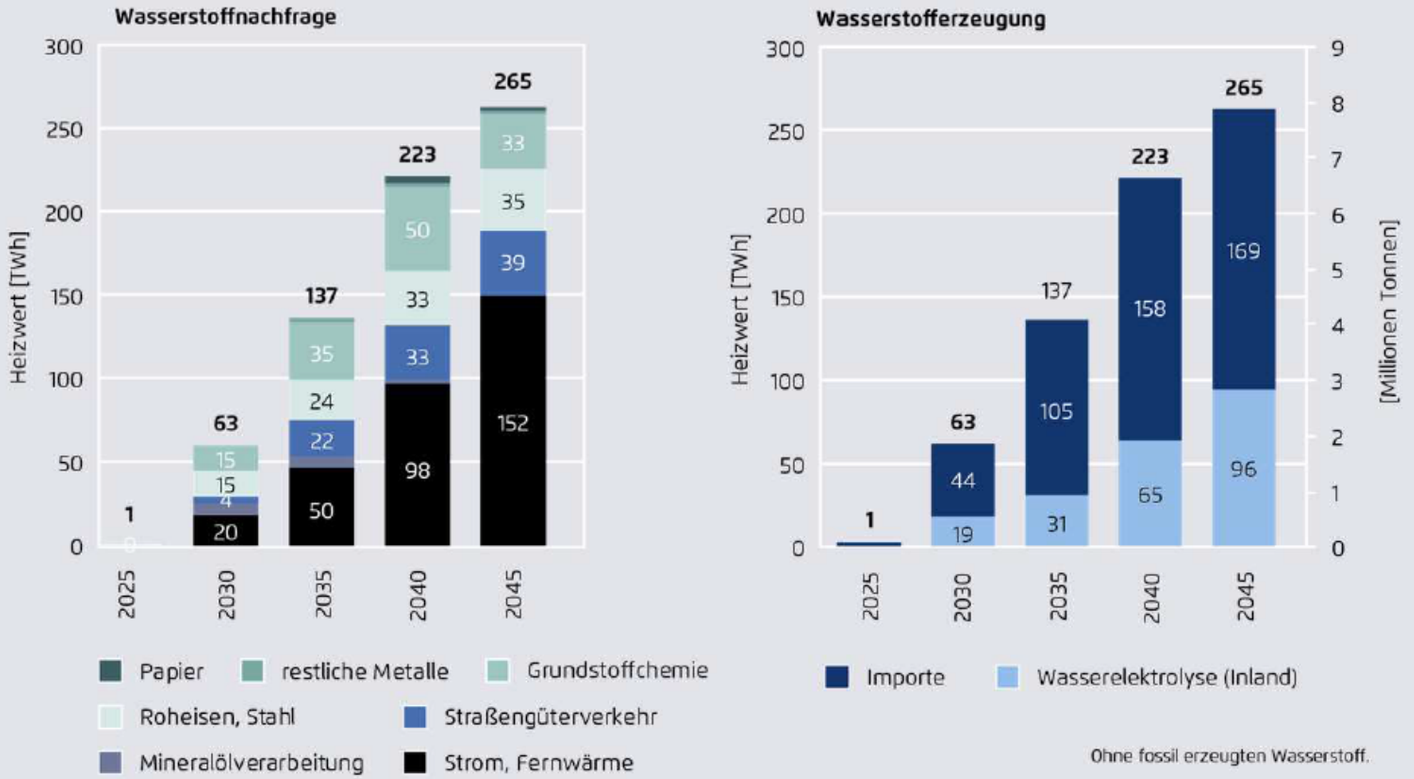
Quelle: https://enertrag.org/eta/wasserstoffenergiesystem/

2 Die Lösung

Ein aktuelles Szenario: KN45 – Studie im Auftrag der Agora Energiewende von 2021

In drei Schritten zur Klimaneutralität: Schritt 2: -95% THG bis 2045

CO_2-freie Wasserstofferzeugung und -nutzung in Deutschland



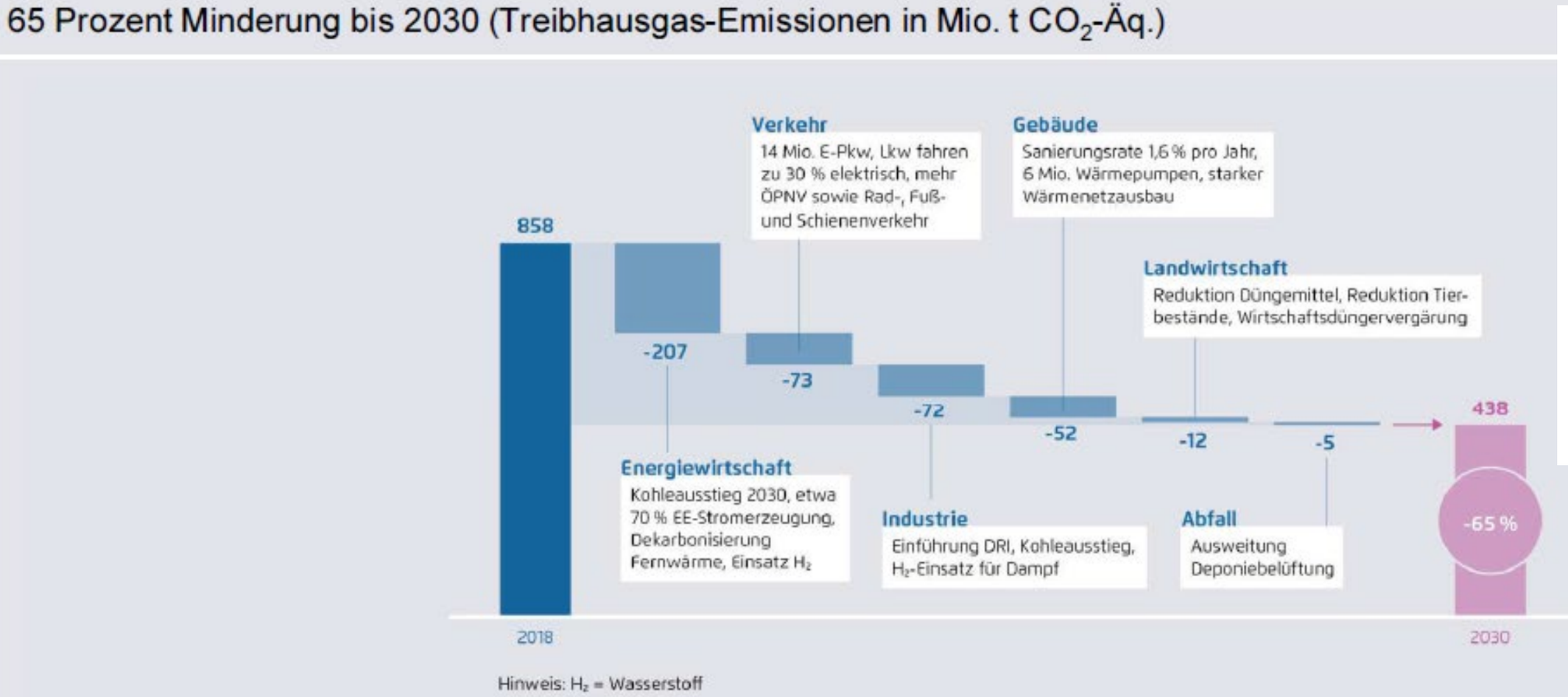
- Wasserstoffnachfrage 265 TWh in 2045, 40 TWh mehr als im selben Jahr der Vorgängerstudie
- 36% des Wasserstoffbedarfs werden importiert
- Kein Wasserstoff in der dezentralen Gebäudewärme
- Alle Bedarfe an PtL-Kraftstoffen werden importiert, insgesamt 158 TWh
- PtL Nutzung im int. Flugverkehr (103 TWh) und Industrie (35 TWh)
- Gesamtmenge an Wasserstoff und PtL ist 422 TWh in 2045

Quelle: Prognos 2021

2 Die Lösung

Ein aktuelles Szenario: KN45 – Studie im Auftrag der Agora Energiewende von 2021

In drei Schritten zur Klimaneutralität: Schritt 1: -65% THG bis 2030

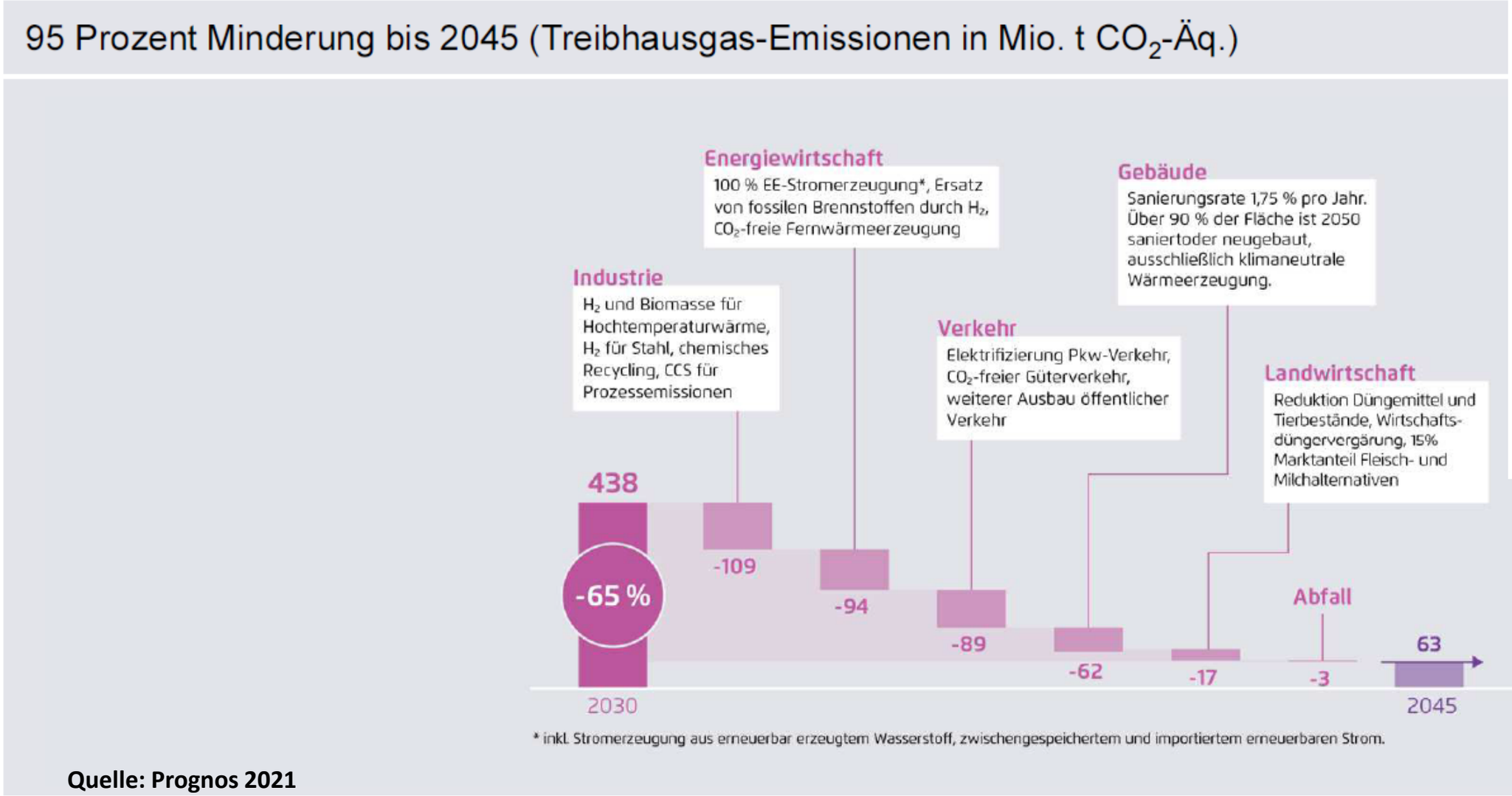


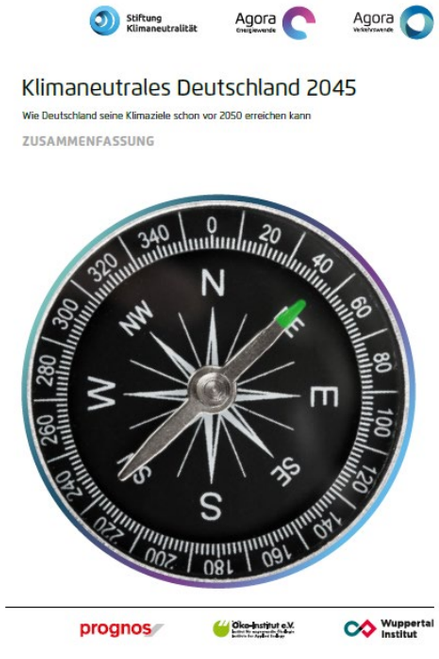
Quelle: Prognos 2021

2 Die Lösung

Ein aktuelles Szenario: KN45 – Studie im Auftrag der Agora Energiewende von 2021

In drei Schritten zur Klimaneutralität: Schritt 2: -95% THG bis 2045





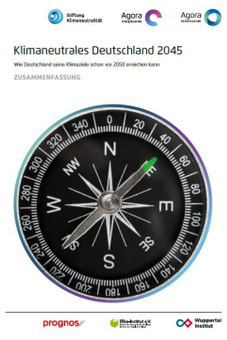
Quelle: Prognos 2021

HAW HAMBURG | CC4E

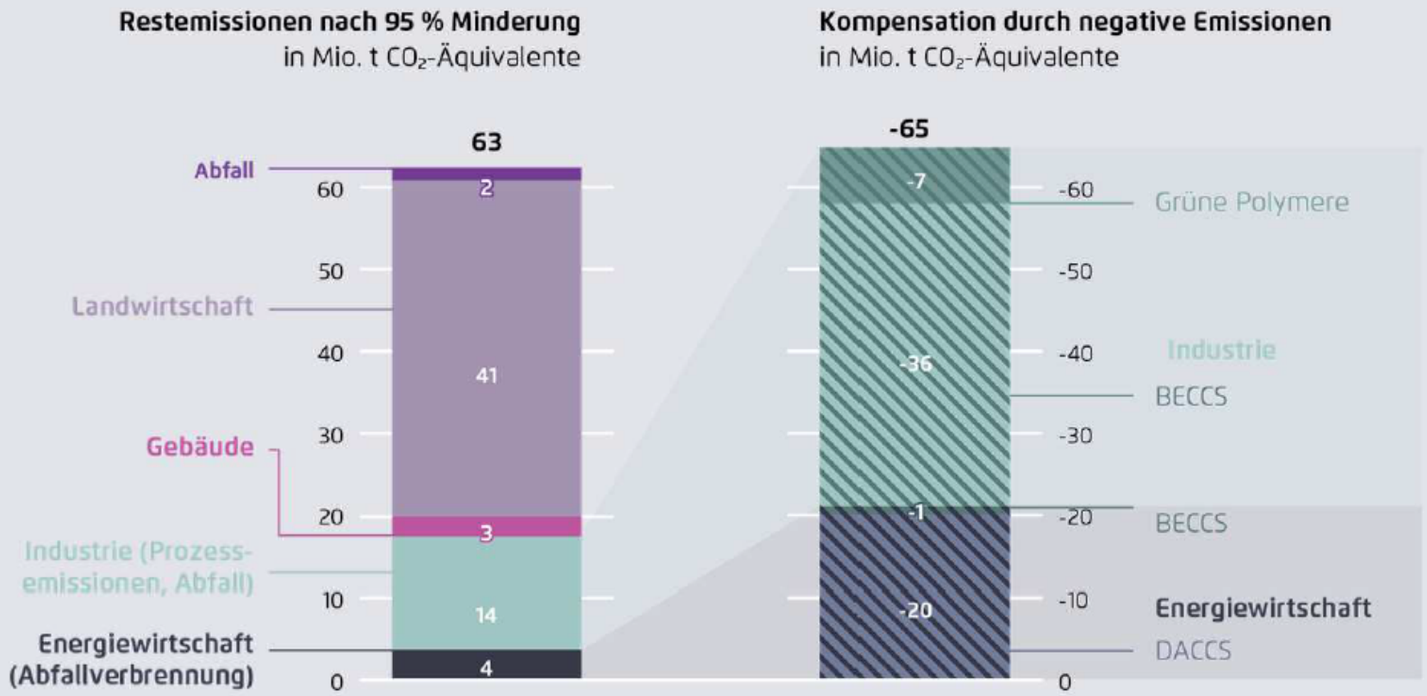
2 Die Lösung

Ein aktuelles Szenario: KN45 – Studie im Auftrag der Agora Energiewende von 2021

In drei Schritten zur Klimaneutralität: Schritt 2: -95% THG bis 2045



Schritt 3 im Detail – residuale THG-Emissionen & deren Kompensation in 2045



- *Bioenergy with Carbon Capture and Storage* (BECCS): Abscheidung und geologische Lagerung von CO_2 aus Biomasseverbrennung
- BECCS-Einsatz konzentriert in Hochtemperaturwärme für Industrie via fester Biomasse
- *Direct Air Carbon Capture and Storage* (DACCS): direkte CO_2-Abscheidung aus der Luft mit anschließender Einlagerung
- Grüne Polymere binden jährlich 7 Mio. t CO_2-Äq.
- Netto-Emissionsniveau von minus 30 Millionen Tonnen CO_2-Äq. 2050

Quelle: Prognos 2021

HAW HAMBURG | CC4E

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Hans Schäfers,
Professor für intelligente Energiesysteme und Energieeffizienz

Stellv. Leiter des
Competence Center für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (CC4E)
Energiecampus der HAW Hamburg
Am Schleusengraben 24, 21029 Hamburg
hans.schaefers[at]haw-hamburg.de

Herausgeber: Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz
www.cc4e.de

Die vorgestellten Projekte wurden zum Teil gefördert von

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
FORSCHUNG AN FACHHOCHSCHULEN

Europäische Union
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Investition in Ihre Zukunft

SCIENTISTS FOR FUTURE

FRIDAYS FOR FUTURE Hamburg

Quellen

- BMWi (2020). *Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2019 – Abbildung: Entwicklung der installierten Leistung.* Zuletzt abgerufen am 16.09.2020 unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland.html;view=renderPrint
- ACATECH (2017): Ausfelder et al.: »Sektorkopplung« – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München 2017. : Zuletzt abgerufen am 11.05.2021 unter: https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Analyse_Sektorkopplung.pdf
- Fraunhofer ISE (2013). *ENERGIESYSTEM DEUTSCHLAND 2050*. Zuletzt abgerufen am 02.03.2020 unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE_Energiesystem-Deutschland-2050.pdf
- Fraunhofer ISE (2015). Was kostet die Energiewende. Zuletzt abgerufen am 10.05.2021 unter: https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/was-kostet-die-energiewende.html
- Sterner et al. (2009). *Erneuerbares Methan.* Zuletzt aufgerufem am 17.03.2020 unter http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/SZA%201_2010_Sterner_farbig.pdf
- Prognos 2021: Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. Zuletzt abgerufen am 10.05.2021 unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf
- Wikipedia 2021: Kosten der deutschen Einheit. Zuletzt abgerufen am 10.05.2021 unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Kosten_der_deutschen_Einheit#cite_note-1
- Mc Kinsey & Company 2021: Net-Zero Deutschland: Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045. Zuletzt abgerufen am 23.09.2021 unter: https://www.mckinsey.com/de/news/presse/studie-net-zero-deutschland-klimaneutralitaet-chancen-herausforderungen