



Wasserstoffbasierte Industrie in Deutschland und Europa.

Foliensatz

Inhalt

Key-findings

Ausgangssituation und Zielsetzung

Modul 1 - Status Quo Industriestrompreise und Branchenkenzahlen EU 28

Modul 2 - Marktmodellierung und Preisprognose

Key-findings

Key-findings

Hoher Strombedarf & signifikanter Ausbau EE-Stromerzeugungskapazitäten

- Aufgrund der Szenarienausrichtungen ist es zwangsläufig, dass in beiden Szenarien in 2050 ein Wasserstoffbedarf verbleibt (46% Szenario A bzw. 22% Szenario B des Gesamtbedarfs), der nicht durch Wasserstoffelektrolyse am Strommarkt gedeckt wird und demzufolge aus anderen Quellen (emissionsfreier grüner Wasserstoff; dekarbonisierter blauer, türkiser oder blauer Wasserstoff; Wasserstoff-Importe) bedient werden muss.
- In beiden Szenarien zeigt sich ein spürbarer Anstieg des Strombedarfs (Verdopplung bis 2050 im Vergleich zum heutigen Strombedarf) infolge der Elektrifizierung großer Teile des Wärm- und Verkehrsmarktes, der Industriestromnachfrage und der Stromnachfrage zur Wasserstoffherstellung. Der Strombedarf der Wasserstoffelektrolyse in der EU beträgt dabei etwa 30% (Szenario A) bzw. 40% (Szenario B) der Gesamtstromnachfrage.
- Zur Deckung des Wasserstoffbedarfs durch Elektrolyse am Strommarkt mit CO₂-freiem Strom, ist ein weiterhin signifikanter und kontinuierlicher Zubau der EE-Erzeugungskapazitäten notwendig. Dieser Zubau ist erforderlich, um eine kostengünstige, sichere und emissionsfreie Wasserstoffherstellung per Elektrolyse am Strommarkt zu ermöglichen.

Key-findings

Deckung Wasserstoffbedarf

- Das Elektrolysepotenzial bzw. die Wasserstoffherstellung im Strommarkt liegt in der EU und in Deutschland in beiden Szenarien in 2030 unter dem Wasserstoffbedarf der Industrie, in Szenario A sogar noch in 2040. Es ist absehbar, dass es unter diesen Umständen in beiden Szenarien einen intensiven Wettbewerb um den Zugang zu Elektrolysepotenzialen Wasserstoffs zwischen dem Gebäudesektor, dem Verkehrssektor und der Industrie bzw. auch branchenintern geben kann.
- Entsprechende Wasserstoffeinfuhren in die EU bzw. in die einzelnen nationalen Märkte sind demzufolge wahrscheinlich, um den Bedarf auch über Wasserstoffimporte decken zu können. Infolge hoher Transportkosten ist das möglicherweise jedoch nicht die wirtschaftlichste Alternative.
- Vor diesem Hintergrund ist es nachvollziehbar, dass sich einige europäische Regionen heute bereits als künftige zentrale Wasserstoffhandelshubs positionieren, um über die vorhandene Infrastruktur und die exponierte geografische Lage eine führende Position einzunehmen.
- In beiden Szenarien liegen die benötigten Elektrolyseurkapazitäten in 2030 und in 2040 in Deutschland deutlich über den politischen Zielwerten der Nationalen Wasserstoffstrategie. Diese Zielwerte können im Rahmen der berechneten Szenarien dieser Studie als deutlich zu unterambitioniert betrachtet werden.

Key-findings

Preisentwicklungen

- Im langfristigen Trend sinken sowohl die Gestehungskosten für grünen als auch für bunten Wasserstoff (ohne Berücksichtigung von Abgaben, Umlagen, Steuern etc.).
- In beiden Szenarien ist der Preis bunten Wasserstoffs deutlich geringer als grünen Wasserstoffs. Vor diesem Hintergrund lässt sich durchaus argumentieren, dass aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten, die Elektrolyse zur Wasserstoffherstellung mit der Strombeschaffung über den Strommarkt günstiger ist, als der Einsatz eines Elektrolyseurs direkt an einer EE-Stromerzeugungsanlage.
- Infolge des enormen EE-Zubaus, ist der Strommix am Strommarkt in beiden Szenarien langfristig weitestgehend grün (EE-Anteil am Strommix 2050 87% (Szenario A) bzw. 91% (Szenario B)). Daher kann der dargestellte bunte Wasserstoff auch größtenteils als grüner Wasserstoff angesehen werden, auch wenn die Elektrolyse nicht direkt an der EE-Anlage erfolgt, sondern der Strom am Strommarkt beschafft wird.
- Die Prognosen für das Strompreisniveau am Großhandelsmarkt und für die Industriestrompreise (ohne Steuern, Abgaben, Netzentgelte, Umlagen) sind - ausgehend von 2030 - in beiden Szenarien tendenziell fallend. Die niedrigsten Strompreise weisen in der Regel Strommärkte mit einem besonders hohen EE-Anteil an der Stromerzeugung bzw. einer geringen CO₂-Intensität des Kraftwerksparks auf.

Ausgangssituation und Zielsetzung

Treibhausgasneutraler Industriestandort Europa / Potenziale und Rahmenbedingungen für eine wettbewerbsfähige, EE-basierte Industrie in Deutschland und Europa bis 2050 / Fokus: EE-Ausbau, Wasserstoffbedarf und Wasserstoffproduktion, Strompreisentwicklungen, Strombedarf und Wettbewerbseffekte

- Die klimapolitischen Vorgaben der EU und sowie die damit einhergehenden Emissionsminderungsziele führen zu einer tiefgreifenden Transformation der Energie- und Stromversorgungssysteme. In den kommenden Jahrzehnten werden die Mitgliedsstaaten massiv Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien ausbauen. Parallel dazu werden fossile und nukleare Energiequellen sukzessiv abgeschaltet. Unabhängig davon forciert die EU-Kommission eine immer stärkere Integration der europäischen Stromnetze und -märkte.
- In der deutschen und europäischen Industrie - einschließlich die energieintensiven Grundstoffindustrien wie Chemie, Metall und Baustoffe - sind erste Entwicklungsansätze und Erprobungen von neuen, treibhausgasarmen Technologien und Verfahren, insbesondere die Nutzung von Wasserstoff, bereits zu beobachten. Viele dieser Technologien basieren auf der Erzeugung und Nutzung von aus erneuerbaren Energien erzeugtem („grünem“) Wasserstoff. Diese Technologien sind allerdings mit einem deutlich höheren Stromverbrauch verbunden.
- Eine erfolgreiche Dekarbonisierung der Industrie ist daher im Wesentlichen von preisgünstigem sowie stabilem Strom und dessen Verfügbarkeit abhängig.
- Der Erfolg der Energiewende hängt damit ganz wesentlich vom Ausbau eines preisgünstigen und versorgungssicheren EE-Stromsystems ab. Steigende oder volatile Strompreise sowie eine unsichere Versorgungssituation könnten sich negativ auf Investitions- und Standortentscheidungen auswirken bzw. Investition in fossilärmere Technologien verzögern. Diese Ungewissheit stellt insbesondere die Dekarbonisierungsanstrengungen der energieintensiven Industrien vor große Herausforderungen.
- Vor diesem Hintergrund ergeben sich eine Reihe von Fragen, die insbesondere die künftige Entwicklung der europäischen Strommärkte betreffen. Hierzu zählen u.a. Strompreisentwicklungen (Industrie- und Großhandelsstrompreise), Stabilität der Versorgungssicherheit (hier in Sinne die Bereitstellung und Verfügbarkeit von „grünem Strom“), EE-Ausbau in Europa oder die Entwicklung des Strombedarfs. Auf diese Fragen konsistente und integrierte Antworten zu geben, soll in diesem Projekt untersucht werden.

Modul 1 - Status Quo

Status Quo Industriestrompreise und Branchenkennzahlen EU 28

Modul 1 - Status Quo

Status Quo Industriestrompreise und Branchenkennzahlen EU 28

[Branchenauswahl](#)

[Länder Fact Sheets](#)

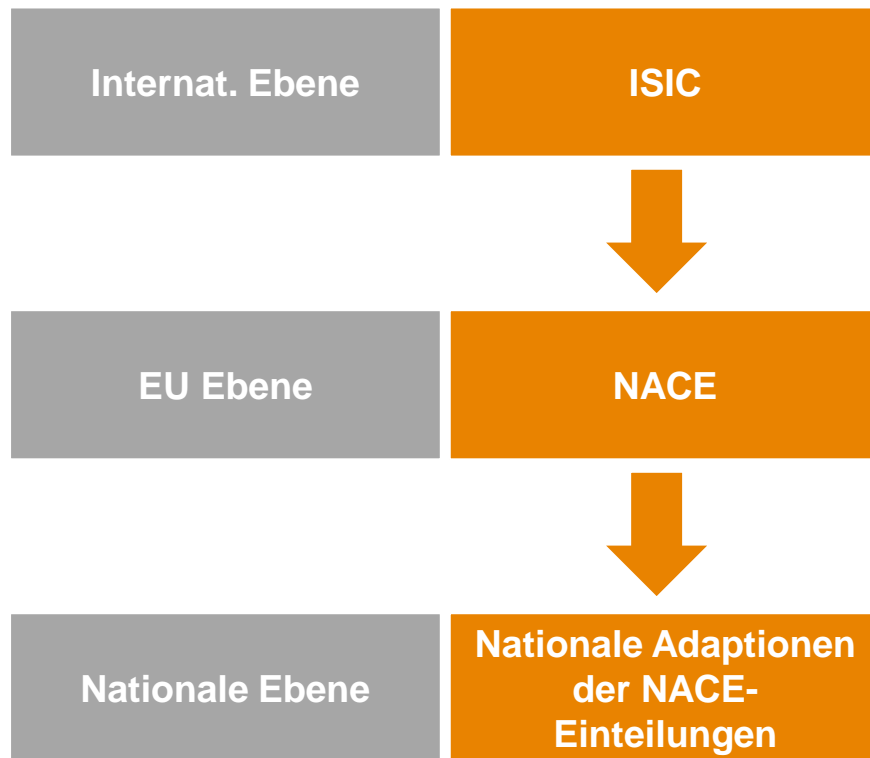
[EU Übersicht](#)

Branchenauswahl

NACE – Das intern. System der Wirtschaftsklassifikation

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1893/2006 zur Aufstellung der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige NACE Revision 2 sind statistische Erhebungen innerhalb der EU nach eben dieser Einteilung verpflichtend und somit international vergleichbar

Integriertes System der statistischen Wirtschaftsklassifikation



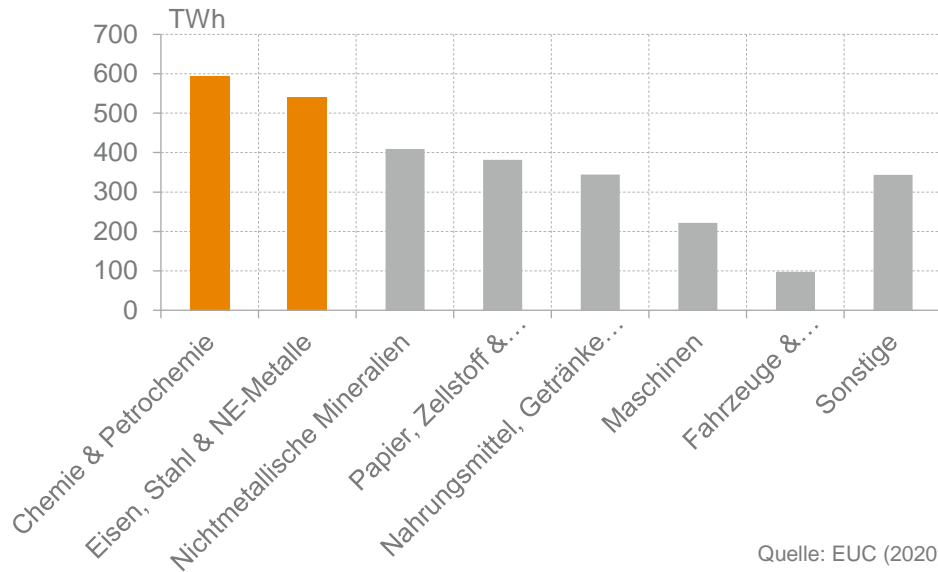
NACE REV. 2 – Wirtschaftszweig-Abschnitte (A-U) und Abteilungen (01-99)

Abschnitt A	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
Abschnitt B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
Abschnitt C	Verarbeitendes Gewerbe/ Herstellung von Waren
NACE C-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
NACE C-21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
NACE C-24	Metallerzeugung und -bearbeitung
Abschnitt D	Energieversorgung
Abschnitt E	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallsentsorgung ...
Abschnitt F	Baugewerbe/ Bau Hochbau

Quelle: Verordnung (EG) Nr. 1893/2006; Eurostat (2008)

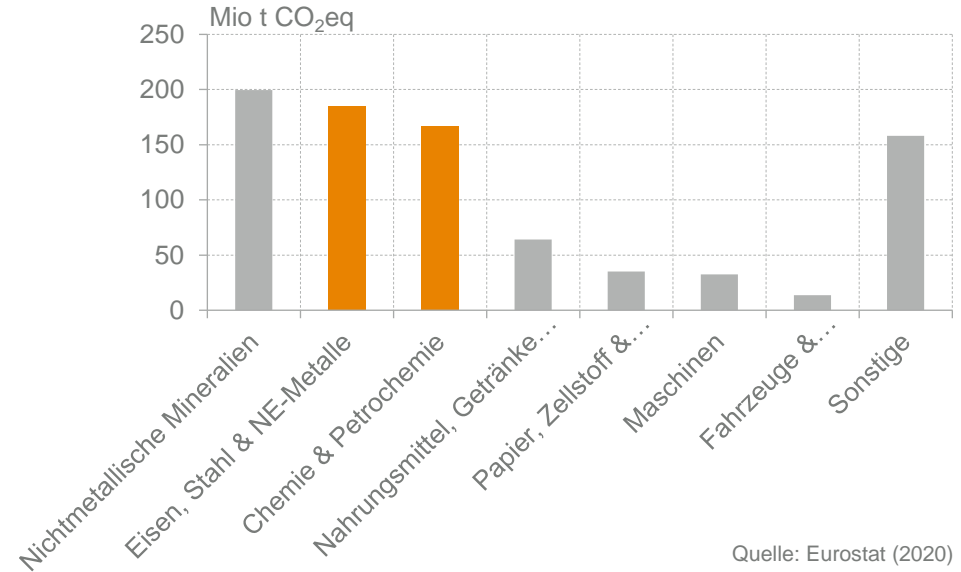
Auswahl des Studien-Scopes – Einfluss der Industriesektoren auf Energieverbrauch und Emissionen

Endenergieverbrauch (EEV) -
ausgewählter Industriektoren EU-28 (2018)



Quelle: EUC (2020)

Treibhausgasemissionen (GHG) -
ausgewählter Industriektoren EU-28 (2018)



Quelle: Eurostat (2020)

- Sektoren „Chemie & Petrochemie“ sowie „Eisen, Stahl & NE-Metalle“ mit größtem EEV und hohen GHG-Emissionen
- GHG-Emissionen im Sektor „Nichtmetallische Mineralien“ vornehmlich durch nicht-energetische Prozesse bei der Stoffumwandlung (Zement)



Auswahl folgender Sektoren als Studien-Scope:

- „Chemie & Petrochemie“
→ „Chemie“ (NACE 20 & 21)
- „Eisen, Stahl & NE-Metalle“
→ „Metalle“ (NACE 24)

Länder Fact Sheets

Erläuterungen

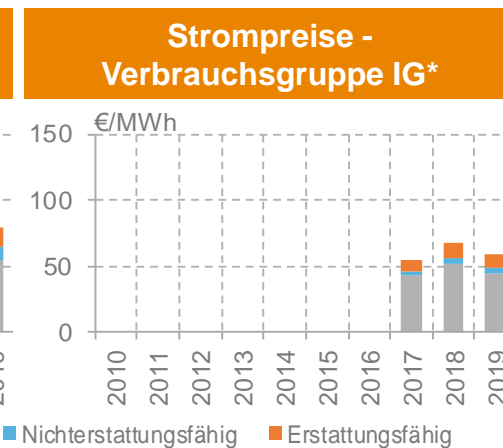
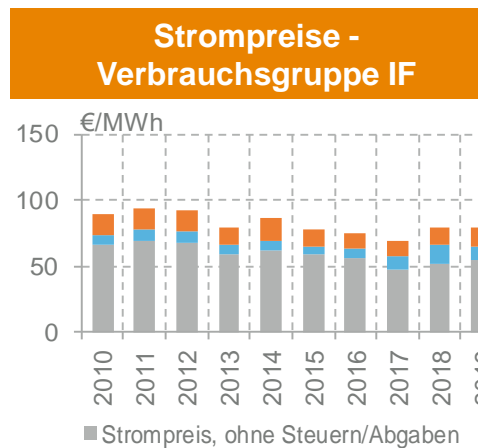
Glossar - Länder Fact Sheets

Bezeichnung	Erläuterung		Quelle	Stand
Beschäftigte	Anzahl Erwerbstätige in Wirtschaftszweig	Anteil an der Gesamtbeschäftigung	Eurostat	2017
		Anteil an der Industriebeschäftigung		
Wertschöpfung	Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten	Anteil am Industriesektor	Eurostat	2017
Anteil Extra-EU Exporte	Anteil der Produkte des jeweiligen Wirtschaftszweiges an den Gesamtexporten in Länder außerhalb der EU		Eurostat	2017
Anteil EU Export	Anteil der Produkte des jeweiligen Wirtschaftszweiges an den Gesamtexporten in Länder innerhalb der EU		Eurostat	2017
Stromanteil des Endenergieverbrauchs (EEV)	Anteil des elektrischen Endenergieverbrauchs des jeweiligen Wirtschaftszweiges am Gesamt-EEV der Industrie		Eurostat	2017
Stromkostenintensität	Verhältnis von anfallenden Stromkosten zur Bruttowertschöpfung		Eurostat	2017
Anteil der Landes-Emissionen von GHG	Prozentualer Anteil des Wirtschaftszweiges an den Gesamtemissionen des Landes (alle Sektoren ohne LULUCF)		EEA	2017
Anteil der Industrie-Emissionen von GHG	Prozentualer Anteil des Wirtschaftszweiges an den Gesamtemissionen der Industrie		EEA	2017
Strompreis IF-Band	Industriestrompreise bei einem jährlichen Verbrauch zwischen 70 und 150 GWh		Eurostat	2017
Strompreis IG-Band	Industriestrompreise bei einem jährlichen Verbrauch von über 150 GWh		Eurostat	2017

Länder Fact Sheet - Belgien 2017

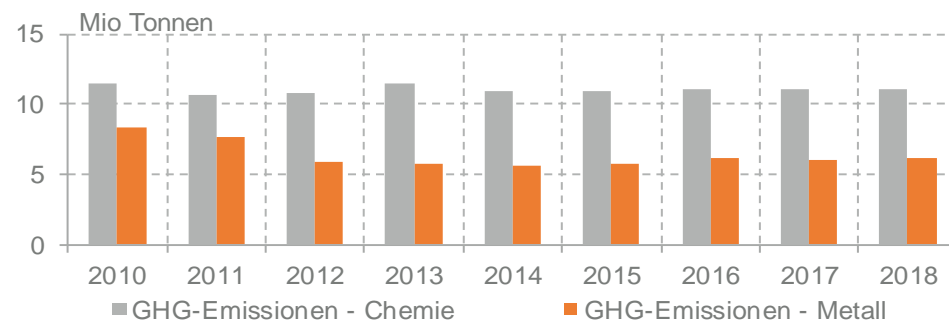
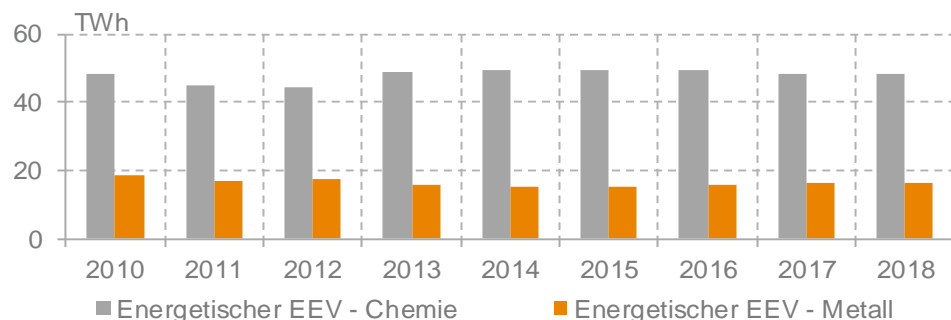


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	68.300	1,4%	25.100	0,5%
	Anteil Industrie		12,3%		4,5%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		16.423	29,3%	3.295	5,9%
Anteil an EU-Exporten		27,4%		7,6%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		34,4%		5,2%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	3,9%	8,3%
Stromanteil des EEV	12,2%	5,3%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	31,2%	17,0%
Anteil Landesemissionen	12,4%	6,8%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

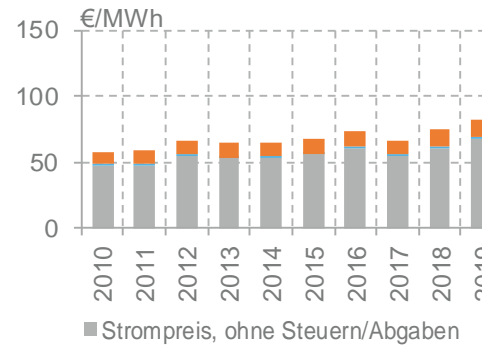
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Bulgarien 2017

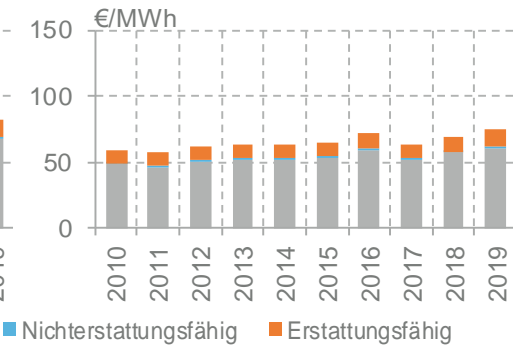


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	23.310	0,7%	12.560	0,5%
	Anteil Industrie		3,3%		1,8%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		441	5,7%	560	7,2%
Anteil an EU-Exporten		5,4%		15,0%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		9,8%		15,7%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



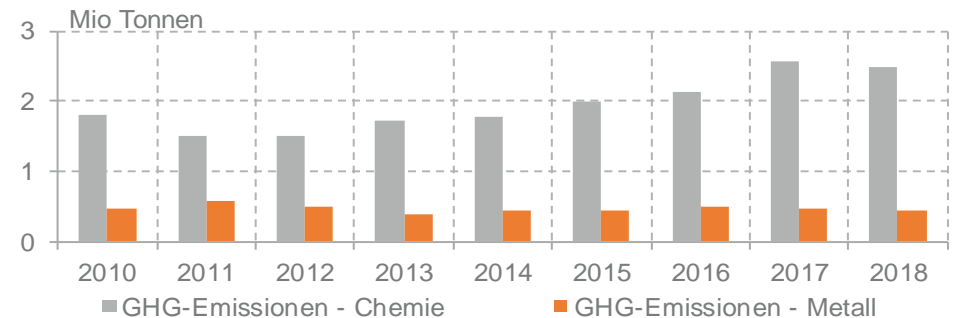
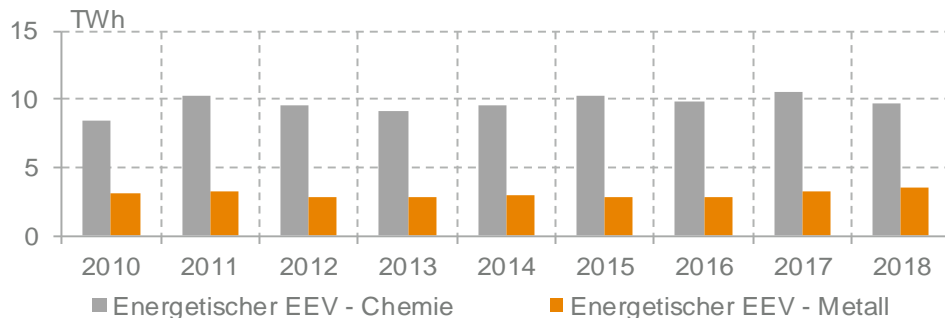
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	17,3%	16,9%
Stromanteil des EEV	4,7%	5,7%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	32,9%	5,9%
Anteil Landesemissionen	5,0%	0,9%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

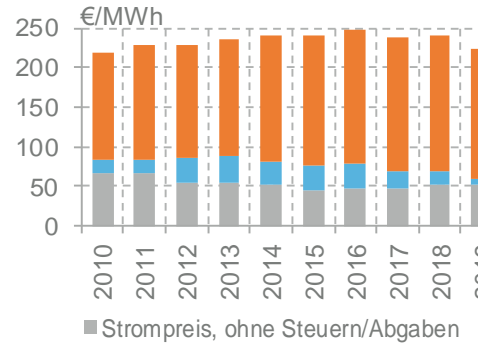
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Dänemark 2017

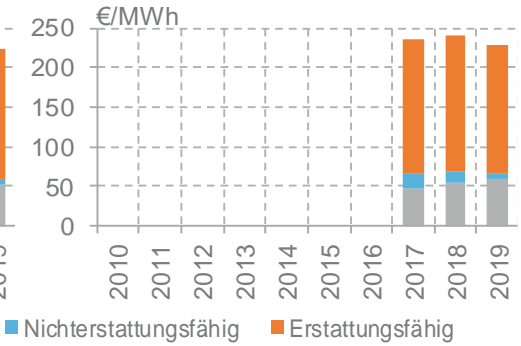


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	35.000	1,2%	5.000	0,2%
	Anteil Industrie		11,1%		1,6%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		9.593	26,9%	392	1,1%
Anteil an EU-Exporten		11,1%		1,8%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		24,3%		1,4%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



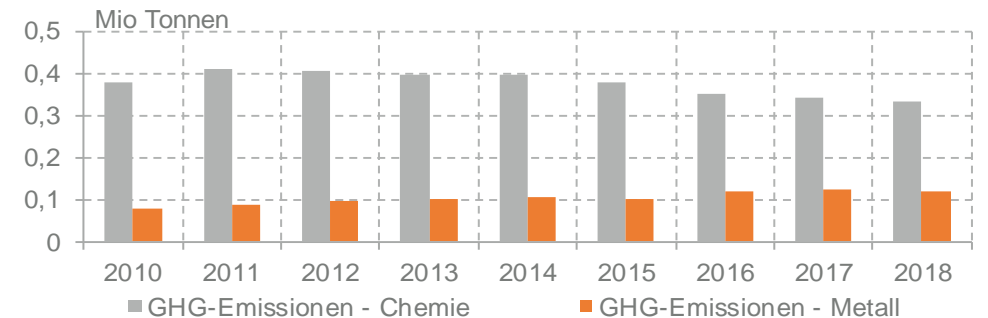
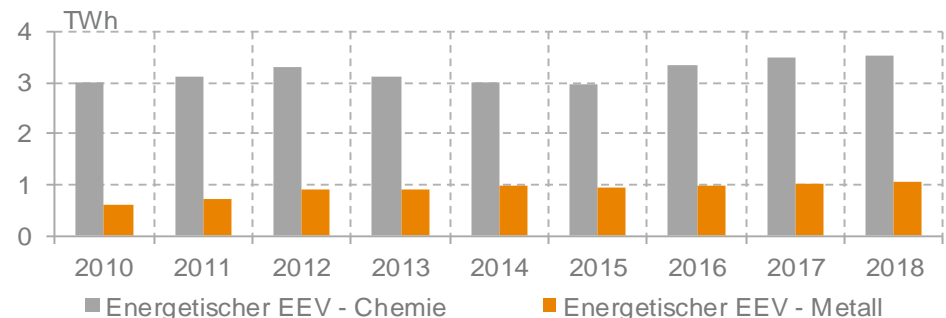
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	0,7%	5,0%
Stromanteil des EEV	5,6%	1,5%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	5,6%	2,0%
Anteil Landesemissionen	0,4%	0,2%



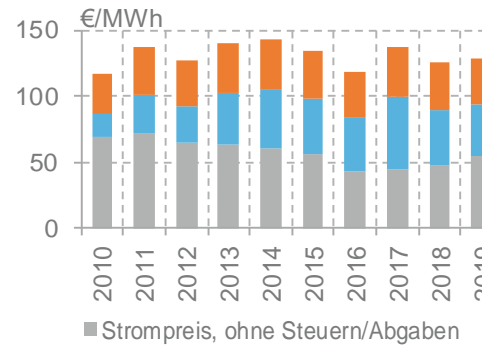
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020) * Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Deutschland 2017

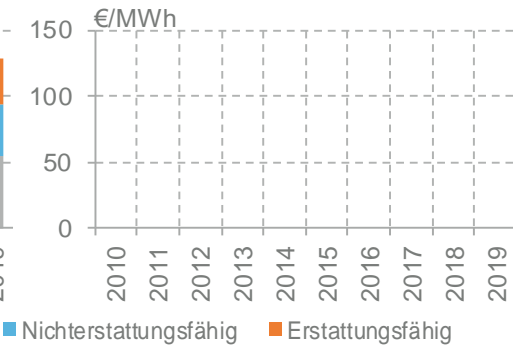


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	486.000	1,1%	267.000	0,6%
	Anteil Industrie		5,9%		3,3%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		60.911	10,3%	21.063	3,6%
Anteil an EU-Exporten		10,6%		5,5%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		12,7%		4,5%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



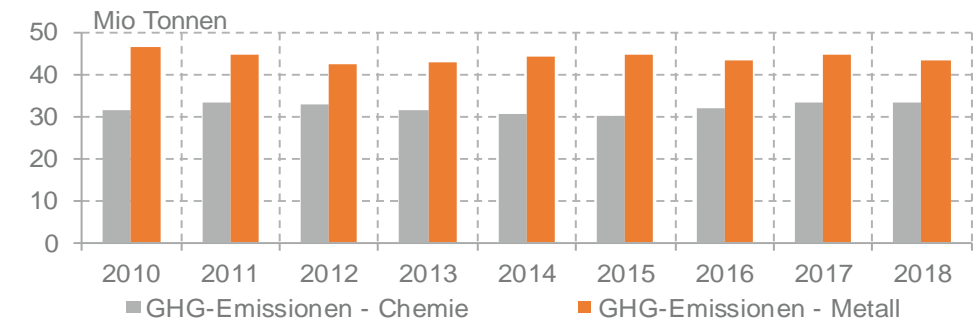
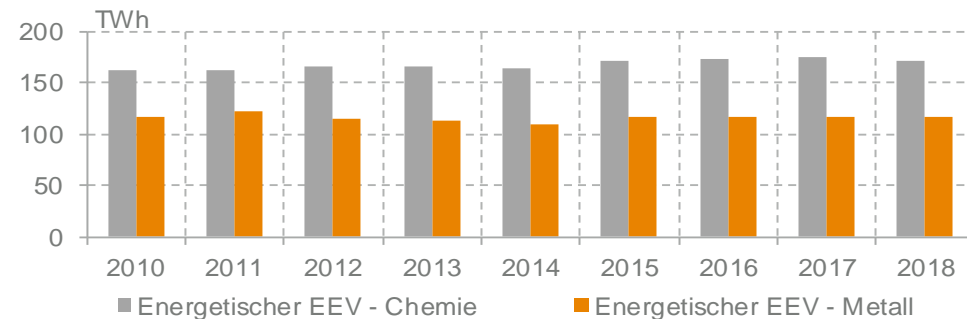
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	4,0%	9,1%
Stromanteil des EEV	8,2%	6,5%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	18,3%	24,8%
Anteil Landesemissionen	4,3%	5,8%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

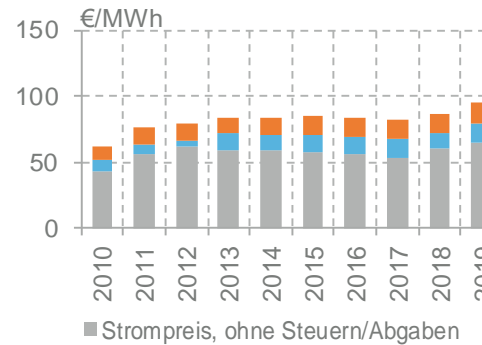
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Estland 2017

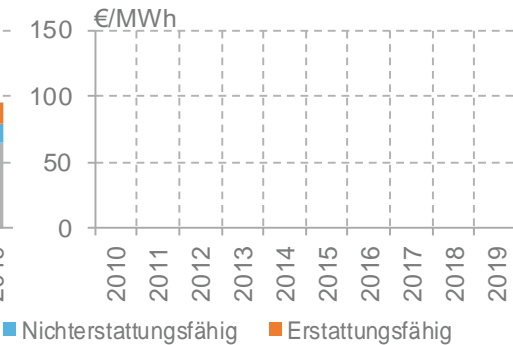


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	4.080	0,6%	260	0,0%
	Anteil Industrie		3,0%		0,2%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		107	3,6%	25	0,8%
Anteil an EU-Exporten		3,6%		3,8%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		9,3%		1,7%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



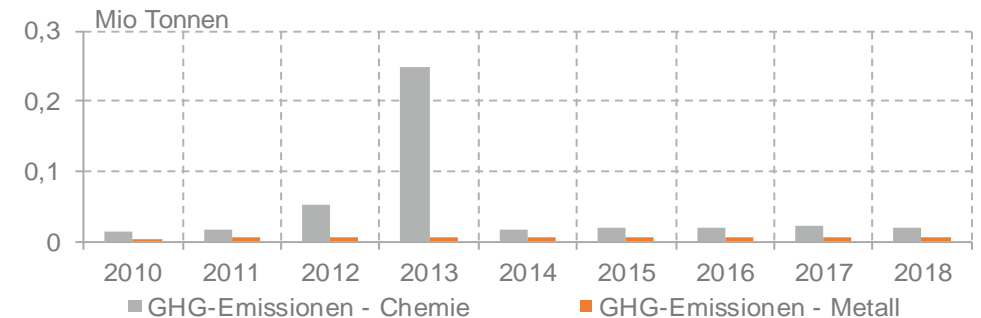
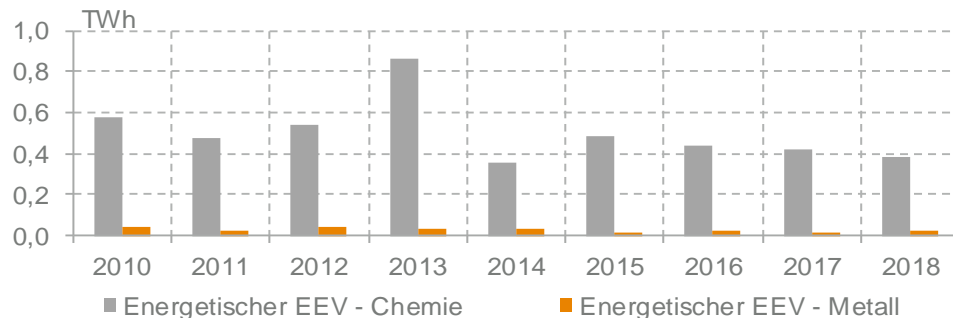
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	5,7%	0,4%
Stromanteil des EEV	2,1%	0,0%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	1,1%	0,3%
Anteil Landesemissionen	0,1%	0,0%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

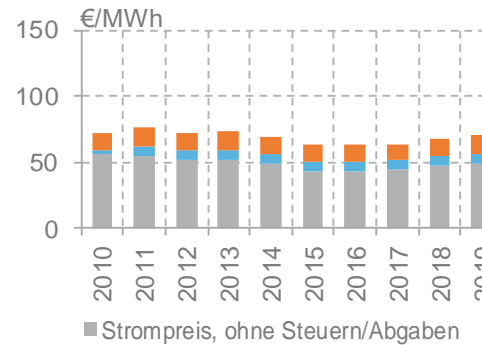
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Finnland 2017

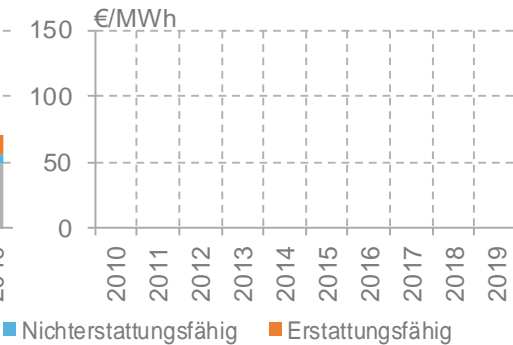


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	17.400	0,7%	13.700	0,5%
	Anteil Industrie		4,7%		3,7%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		3.459	11,6%	1.850	6,2%
Anteil an EU-Exporten		5,9%		15,8%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		7,8%		7,6%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



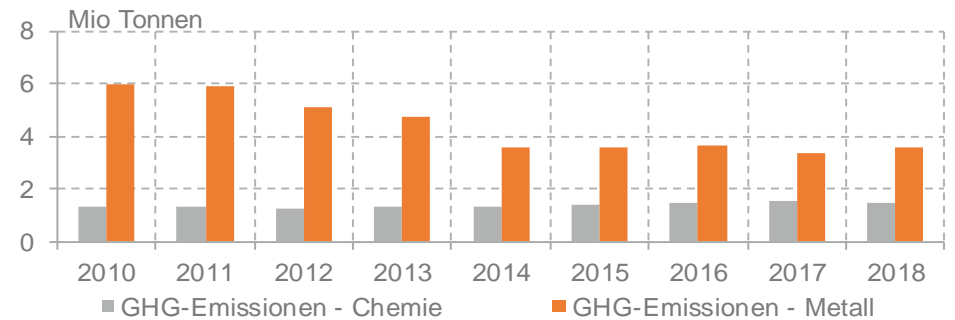
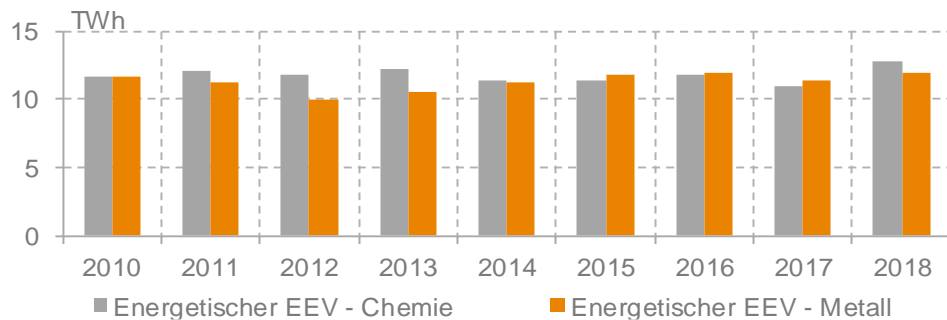
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	5,9%	14,5%
Stromanteil des EEV	3,7%	4,9%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	12,9%	27,7%
Anteil Landesemissionen	3,0%	6,5%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

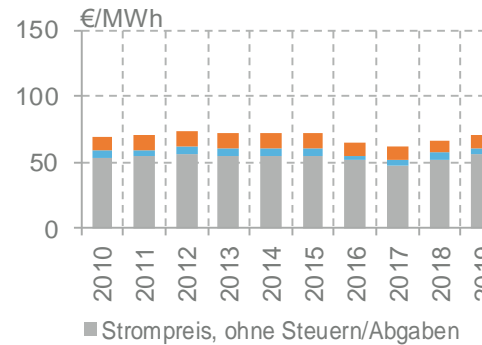
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Frankreich 2017

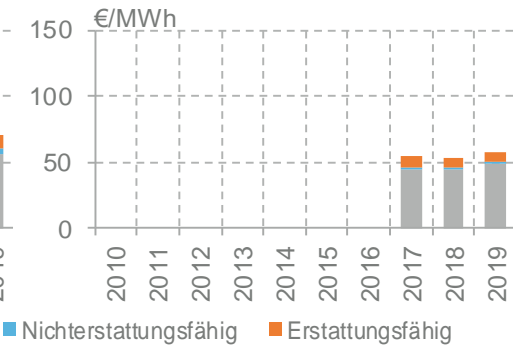


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	156.000	0,6%	77.000	0,3%
	Anteil Industrie		5,4%		2,7%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		31.353	13,0%	5.585	2,3%
Anteil an EU-Exporten		12,7%		5,8%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		15,2%		3,0%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



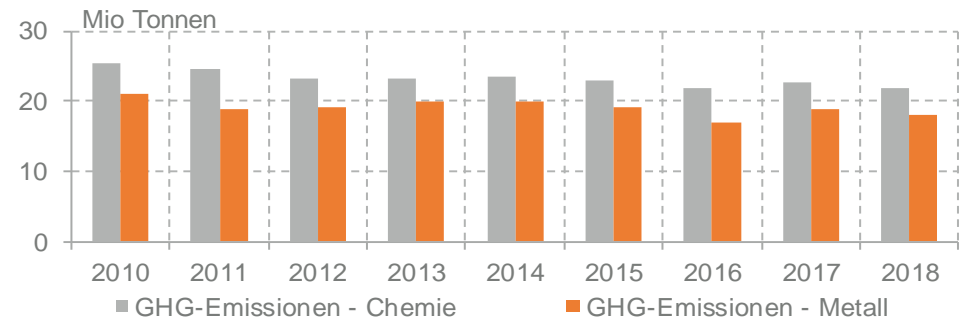
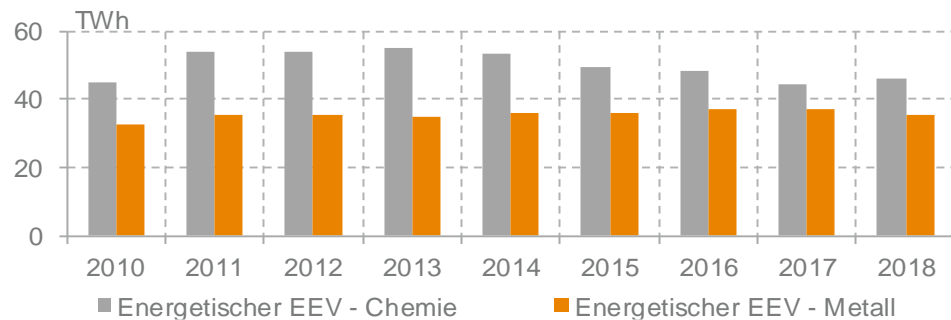
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	2,9%	16,8%
Stromanteil des EEV	6,5%	6,7%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	23,6%	19,6%
Anteil Landesemissionen	6,5%	5,4%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

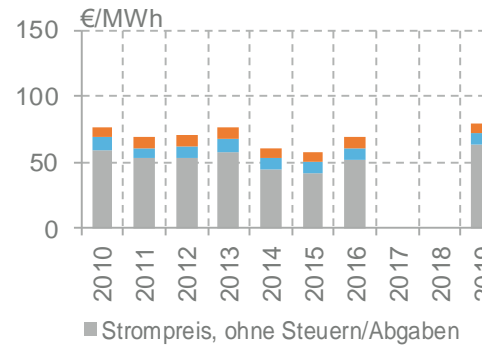
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Griechenland 2017

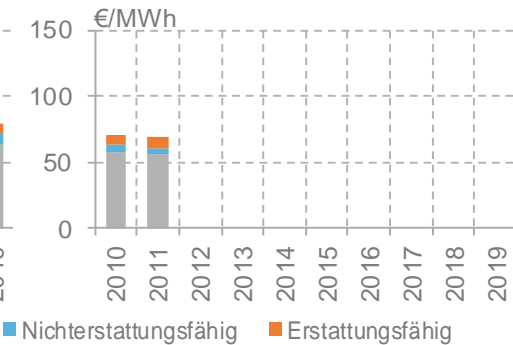


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	23.110	0,6%	14.420	0,3%
	Anteil Industrie		5,9%		3,7%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		1.141	9,9%	683	5,9%
Anteil an EU-Exporten		12,9%		12,1%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		3,9%		6,2%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



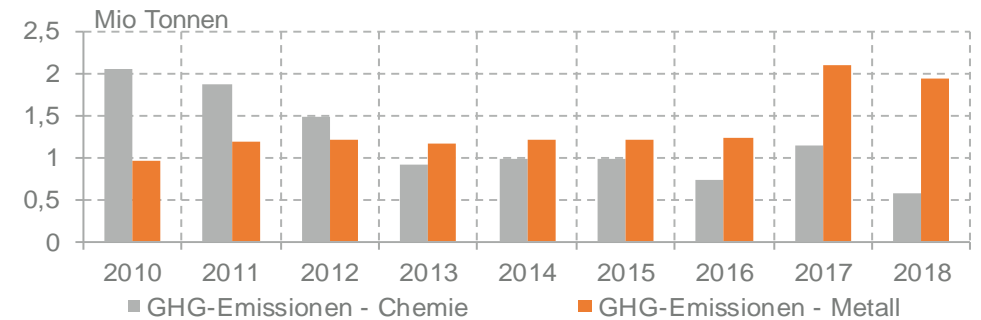
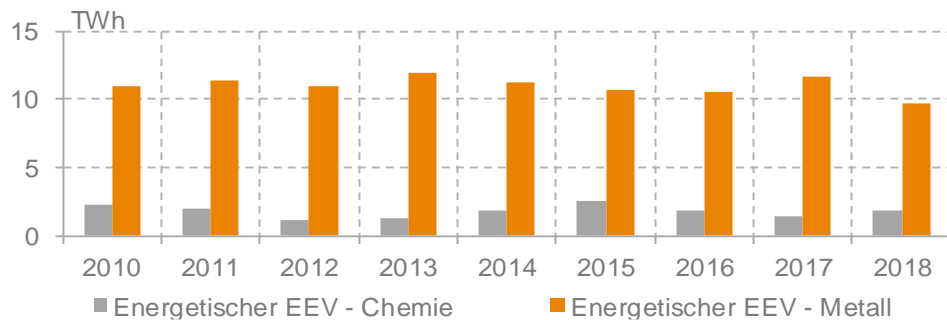
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität**	0,8%	39,5%
Stromanteil des EEV	1,9%	15,5%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	5,7%	10,5%
Anteil Landesemissionen	1,4%	2,6%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

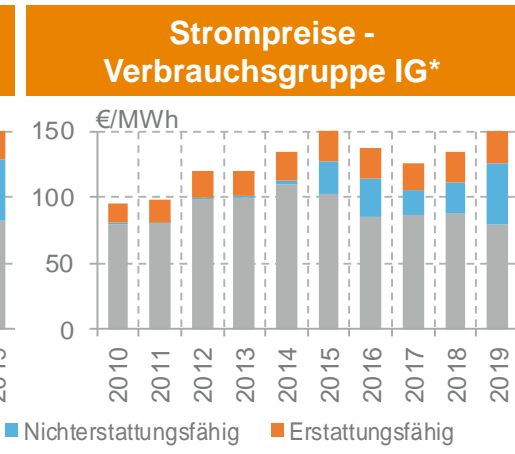
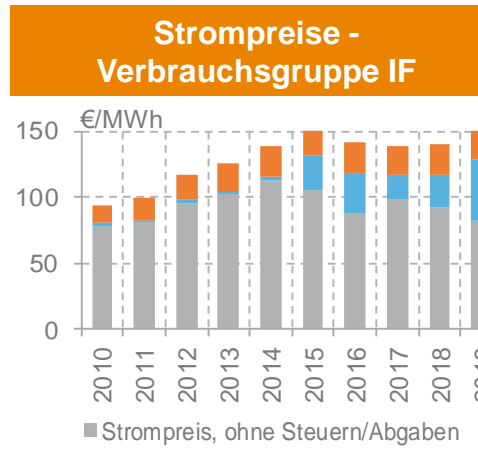
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

** hier bezogen auf das Jahr 2016

Länder Fact Sheet - Großbritannien 2017

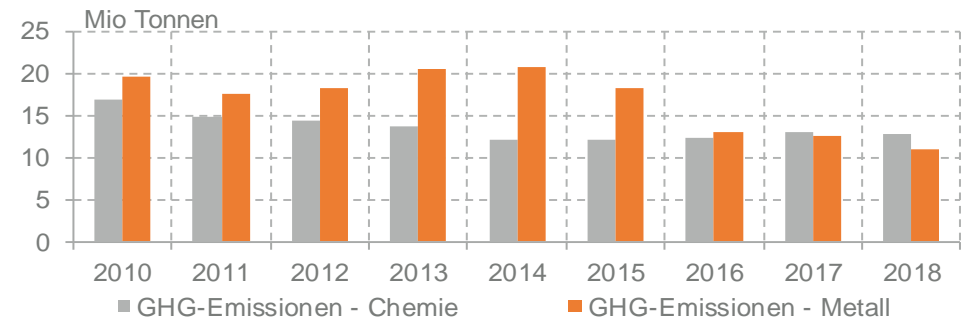
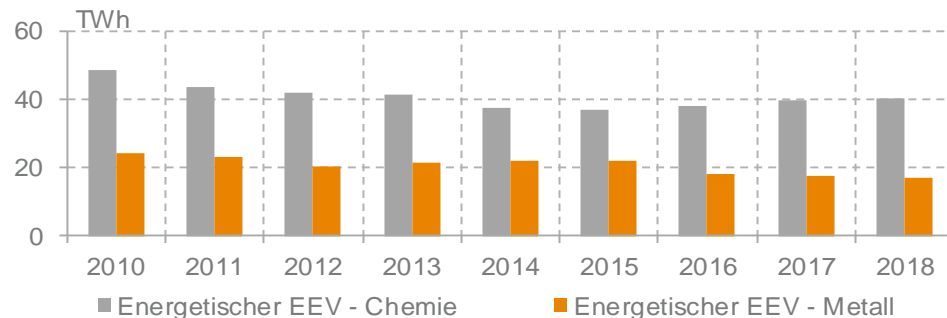


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	14.900	0,4%	66.350	0,2%
	Anteil Industrie		n.a.		n.a.
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		14.830	7,6%	4.836	2,5%
Anteil an EU-Exporten		18,5%		4,3%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		12,5%		7,2%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	8,9%	12,5%
Stromanteil des EEV	6,1%	2,8%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	16,9%	16,3%
Anteil Landesemissionen	3,4%	3,2%



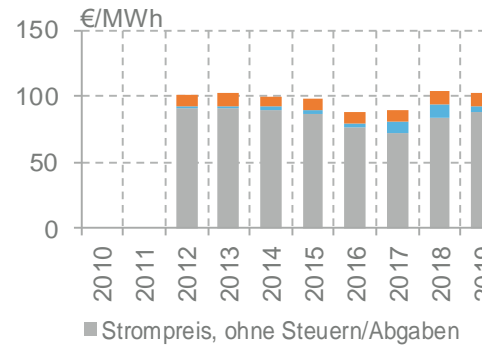
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020) * Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Irland 2017

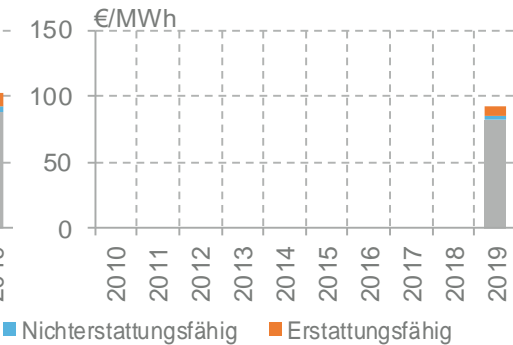


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	28.480	1,3%	5.800	0,3%
	Anteil Industrie		11,4%		2,3%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS**		15.744	42,7%	221	0,6%
Anteil an EU-Exporten**		48,8%		1,1%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten**		59,3%		0,3%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



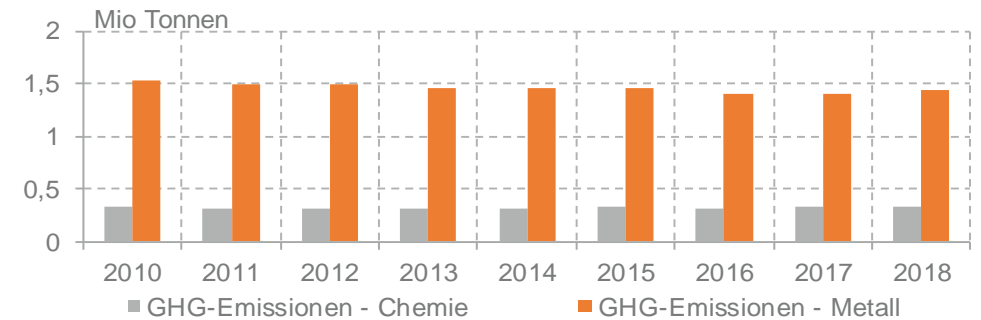
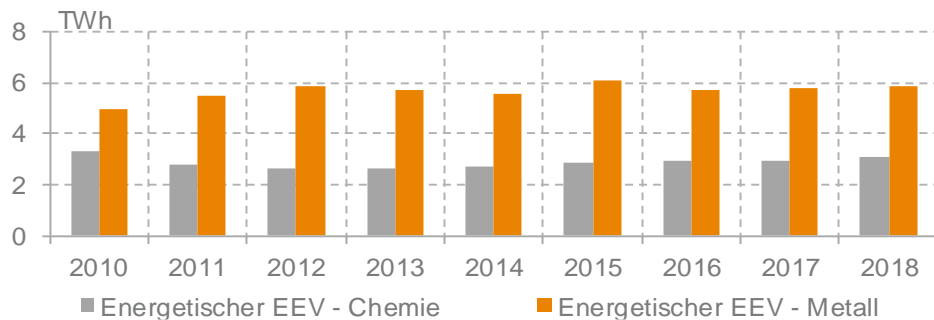
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität**	1,0%	30,0%
Stromanteil des EEV	6,5%	2,8%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	4,3%	18,7%
Anteil Landesemissionen	0,5%	2,4%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

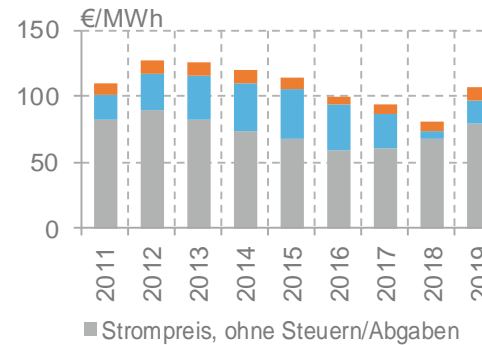
** bezogen auf das Jahr 2014

Länder Fact Sheet - Italien 2017

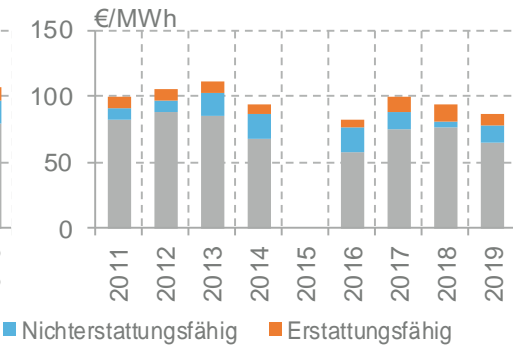


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	176.000	0,7%	129.200	0,5%
	Anteil Industrie		4,2%		3,1%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		22.127	9,2%	9.338	3,9%
Anteil an EU-Exporten**		13,2%		7,3%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten**		8,3%		5,3%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



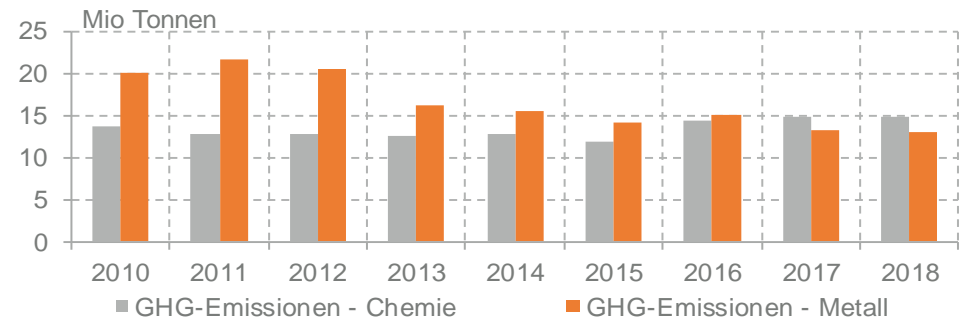
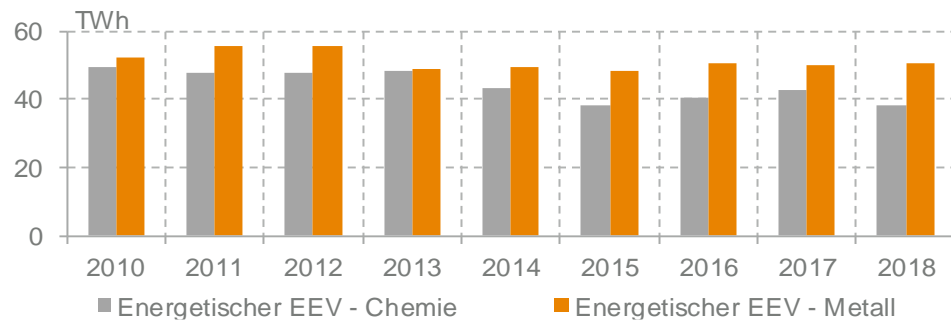
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	4,9%	17,2%
Stromanteil des EEV	5,0%	7,0%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	16,5%	14,7%
Anteil Landesemissionen	4,5%	4,0%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

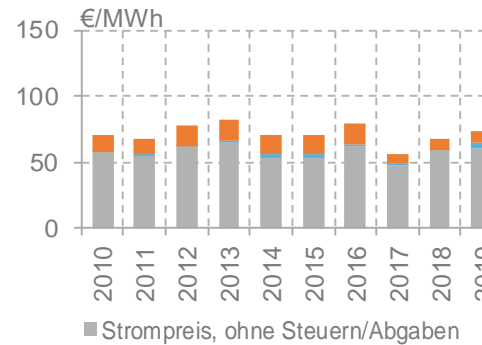
** bezogen auf das Jahr 2015

Länder Fact Sheet - Kroatien 2017

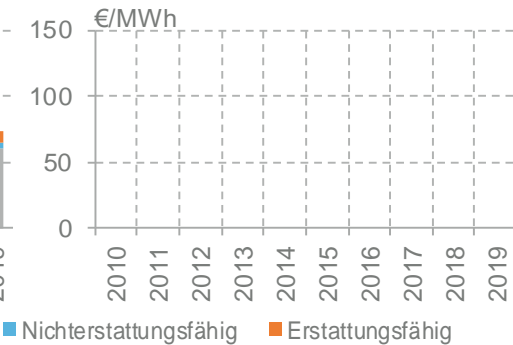


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	12.500	0,8%	2.290	0,1%
	Anteil Industrie		3,9%		0,7%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		436	7,1%	106	1,7%
Anteil an EU-Exporten		7,2%		6,7%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		15,4%		1,2%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



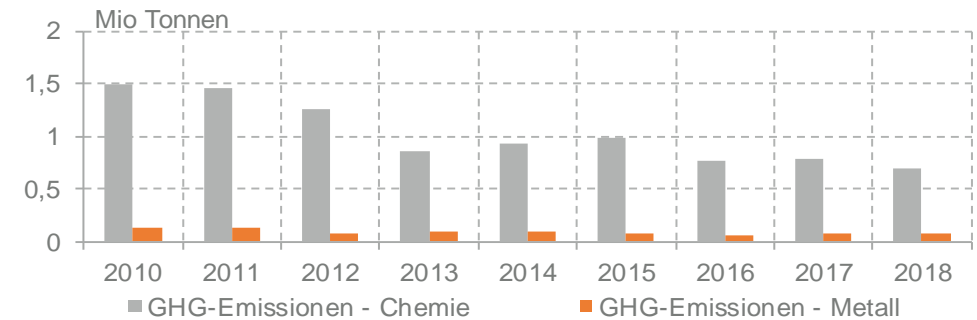
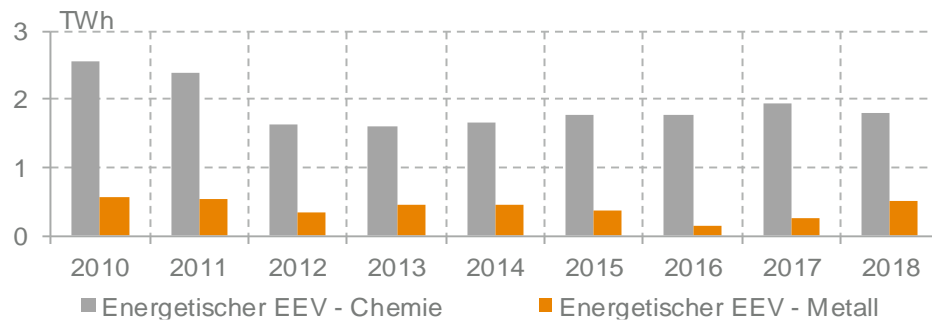
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	3,3%	6,2%
Stromanteil des EEV	2,2%	1,0%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	17,3%	1,5%
Anteil Landesemissionen	4,1%	0,4%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

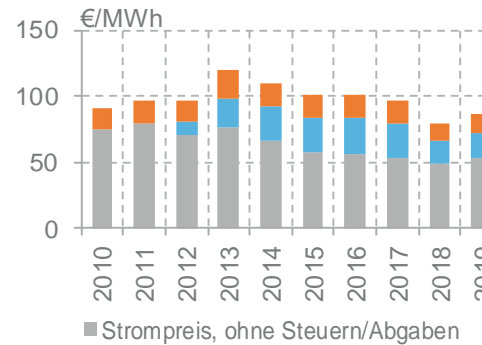
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Lettland 2017

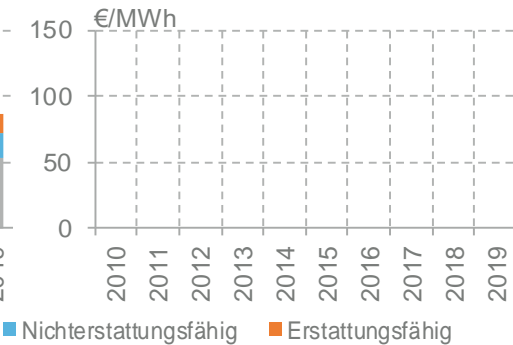


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	5.610	0,6%	840	0,1%
	Anteil Industrie		4,0%		0,6%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		138	5,9%	7	0,3%
Anteil an EU-Exporten		5,4%		9,5%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		6,8%		5,9%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



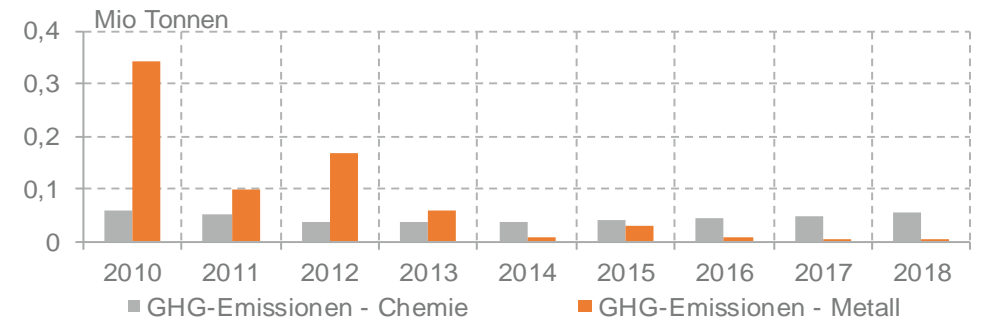
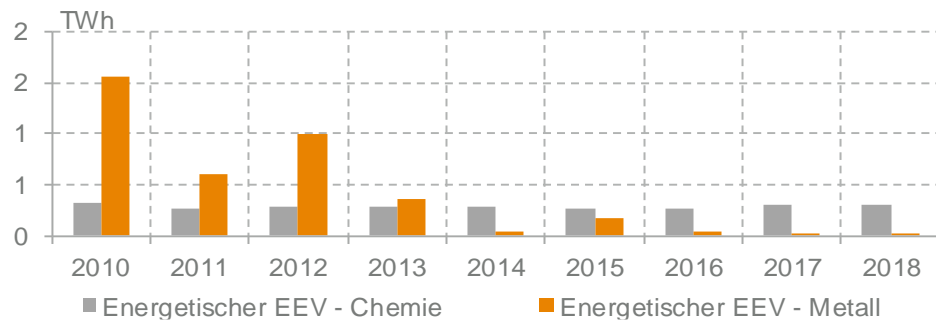
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	2,5%	14,1%
Stromanteil des EEV	0,7%	0,2%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	3,9%	0,3%
Anteil Landesemissionen	0,4%	0,0%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

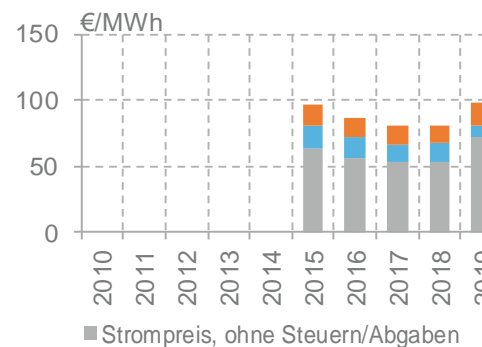
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Litauen 2017

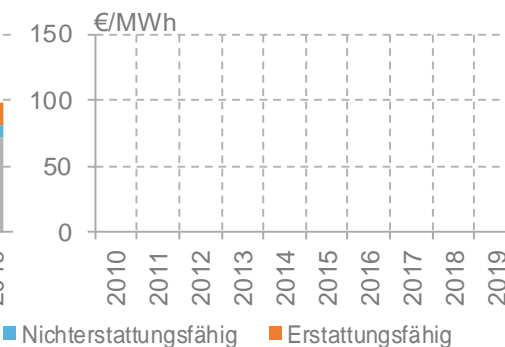


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	6.250	0,5%	860	0,1%
	Anteil Industrie		2,6%		0,4%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		370	8,1%	11	0,2%
Anteil an EU-Exporten		13,1%		1,5%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		6,4%		0,5%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



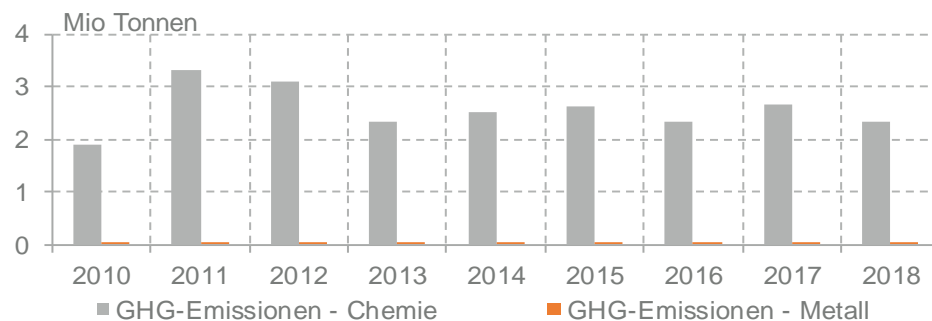
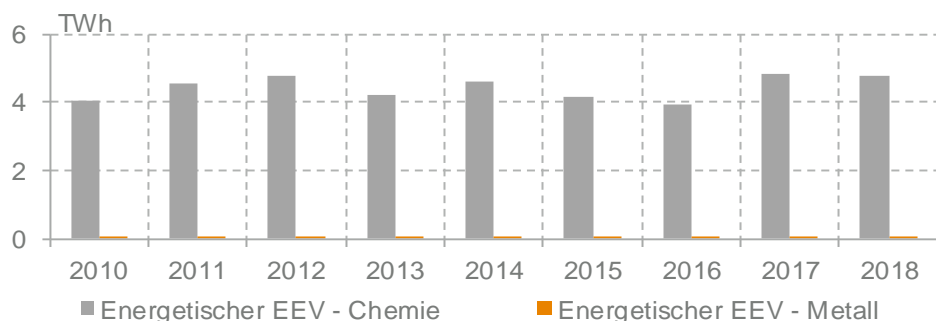
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	11,9%	9,6%
Stromanteil des EEV	6,7%	0,2%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	47,2%	0,0%
Anteil Landesemissionen	10,6%	0,0%



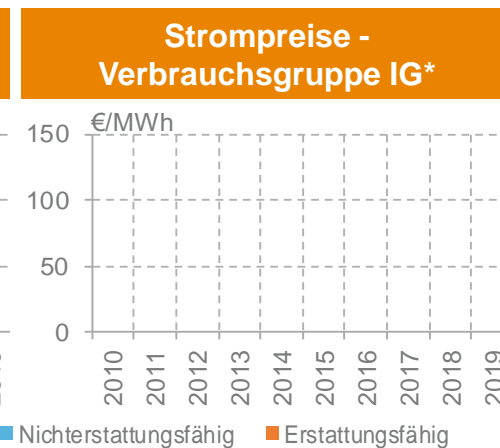
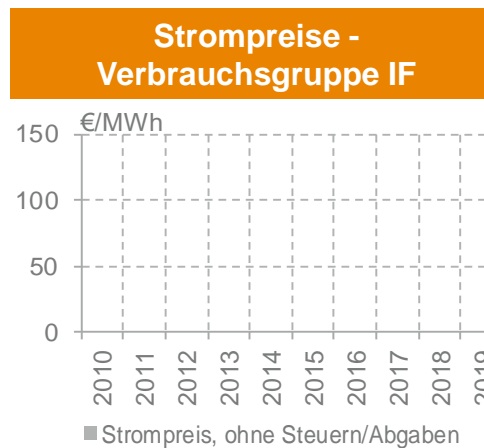
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Luxemburg 2017

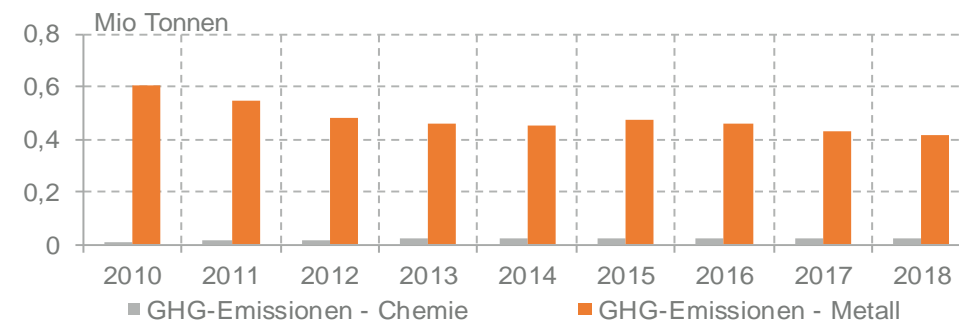
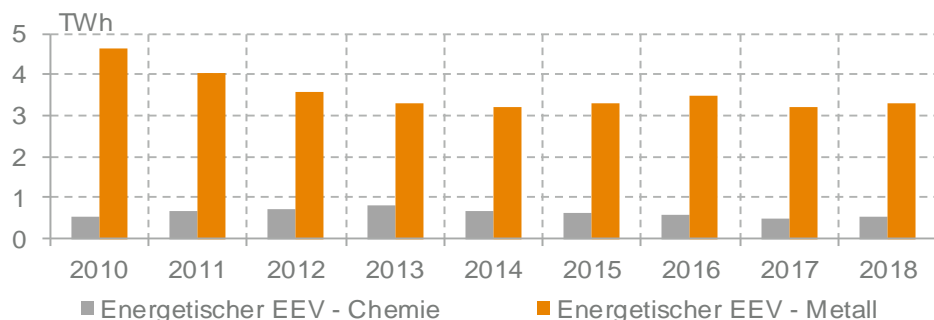


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	1.240	1,1%	n.a.	n.a.
	Anteil Industrie		3,4%		n.a.
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		81	2,6%	n.a.	n.a.
Anteil an EU-Exporten		4,1%		16,3%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		1,2%		26,5%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	n.a.	n.a.
Stromanteil des EEV	4,6%	22,3%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	1,7%	29,6%
Anteil Landesemissionen	0,3%	5,2%



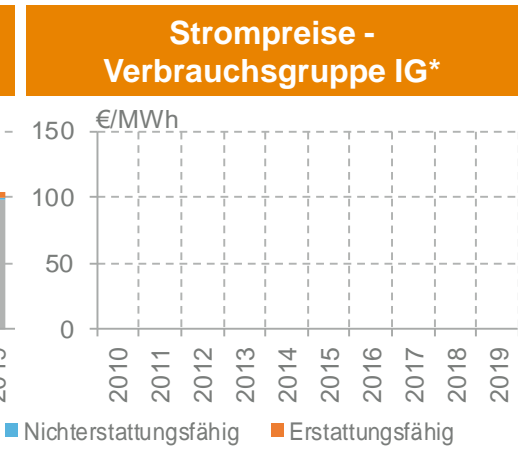
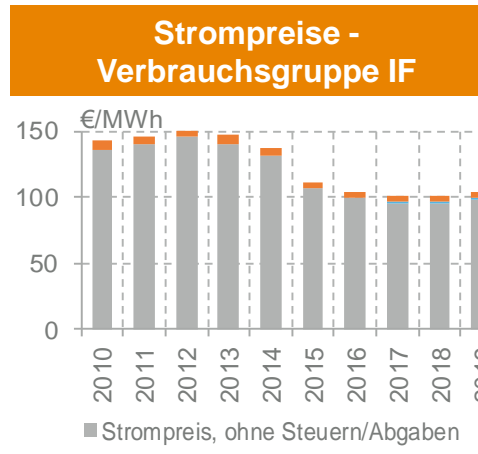
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Malta 2017

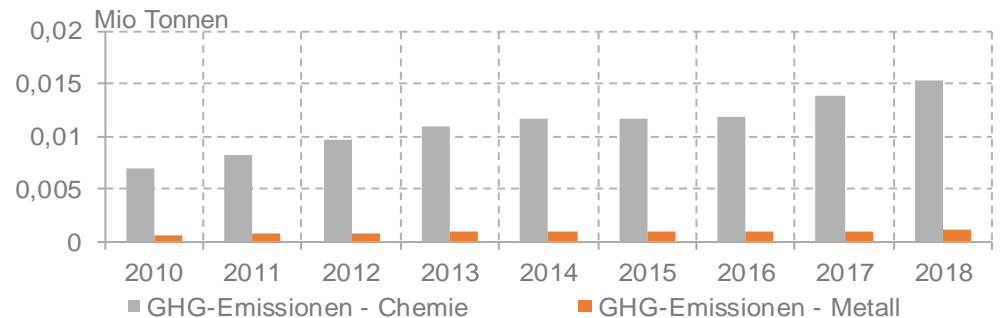
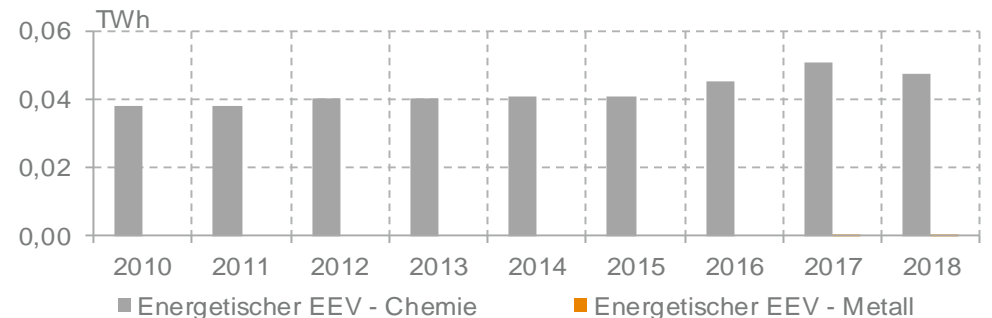


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	290	0,1%	30	0,0%
	Anteil Industrie		1,1%		0,1%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS**		13	1,8%	0	0,1%
Anteil an EU-Exporten**		16,4%		0,9%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten**		4,7%		0,0%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	39,8%	0,1%
Stromanteil des EEV	7,6%	0,0%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	21,2%	1,5%
Anteil Landesemissionen	0,4%	0,2%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

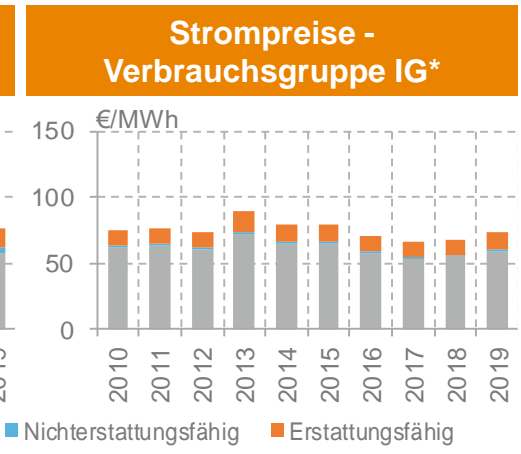
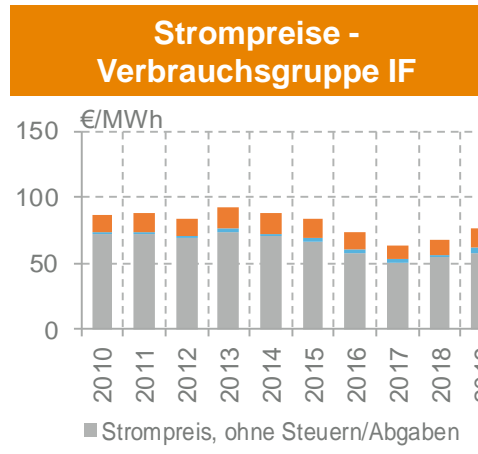
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

**bezogen auf das Jahr 2016

Länder Fact Sheet - Niederlande 2017

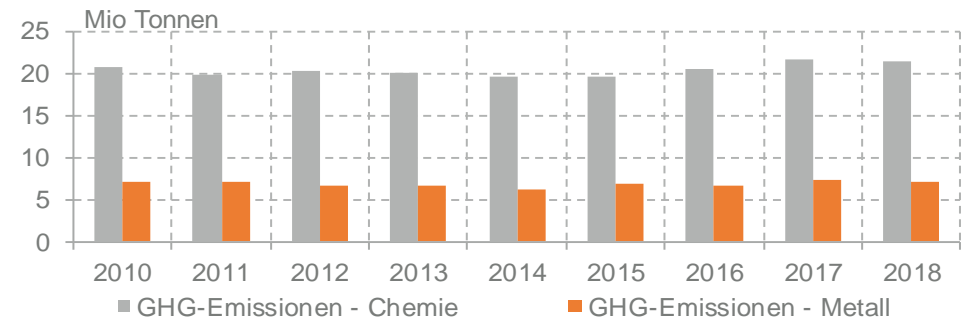
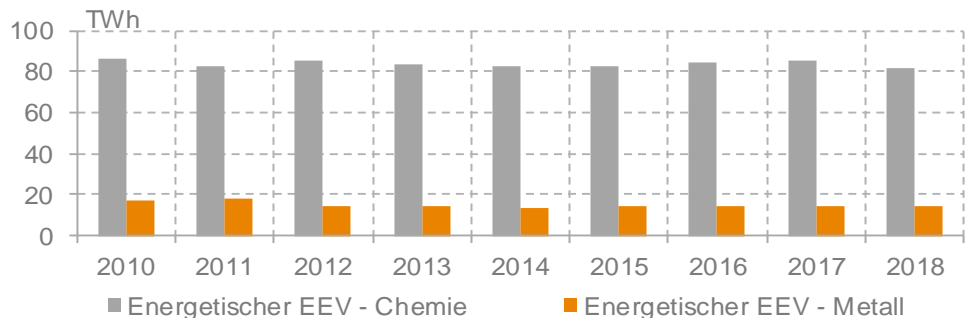


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	57.000	0,6%	20.000	0,2%
	Anteil Industrie		6,8%		2,4%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		11.826	16,7%	2.100	3,0%
Anteil an EU-Exporten		10,6%		3,7%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		12,8%		1,4%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	5,8%	11,6%
Stromanteil des EEV	8,0%	2,8%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	44,1%	14,9%
Anteil Landesemissionen	12,1%	4,1%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

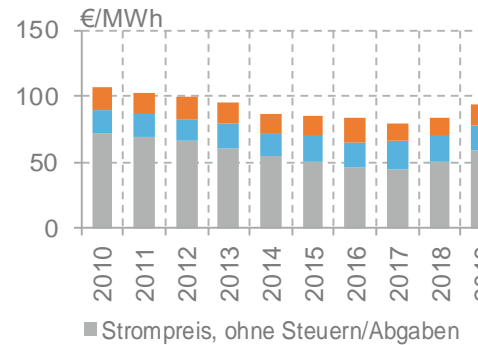
** bezogen auf das Jahr 2016

Länder Fact Sheet - Österreich 2017

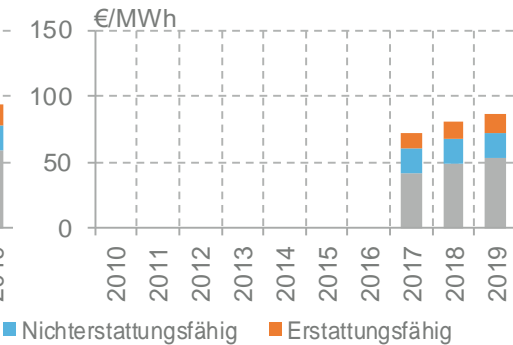


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	33.360	0,8%	36.790	0,8%
	Anteil Industrie		4,8%		5,3%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		4.939	8,8%	4.017	7,1%
Anteil an EU-Exporten		10,1%		10,4%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		14,8%		6,4%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



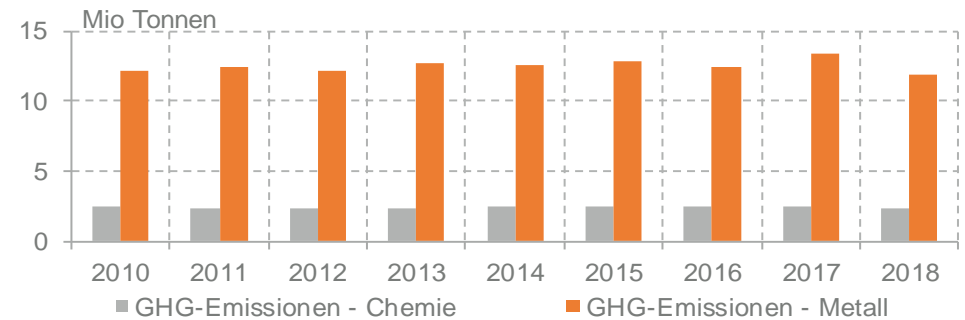
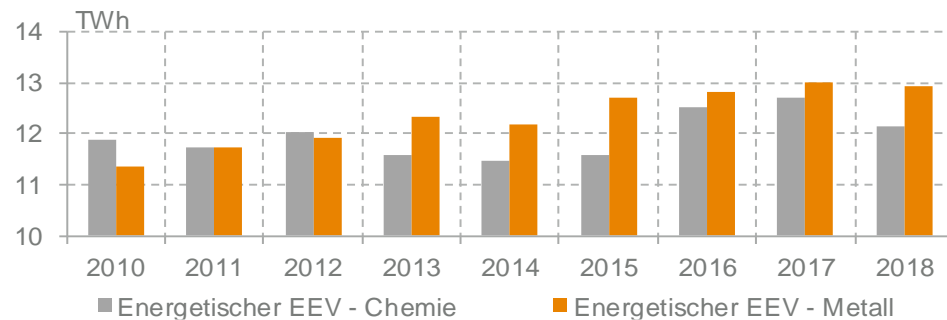
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	4,0%	3,7%
Stromanteil des EEV	5,3%	4,1%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	9,1%	48,4%
Anteil Landesemissionen	4,2%	22,2%



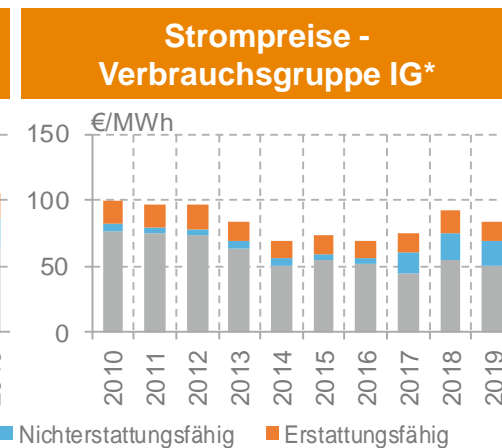
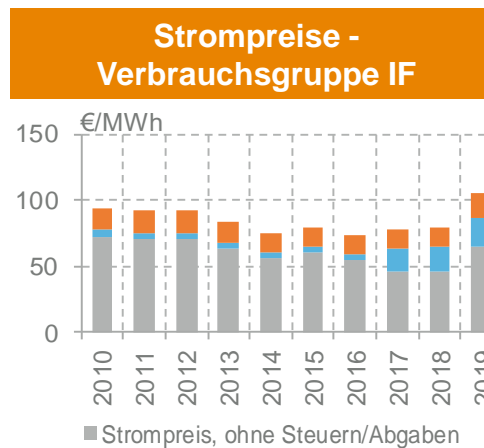
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Polen 2017

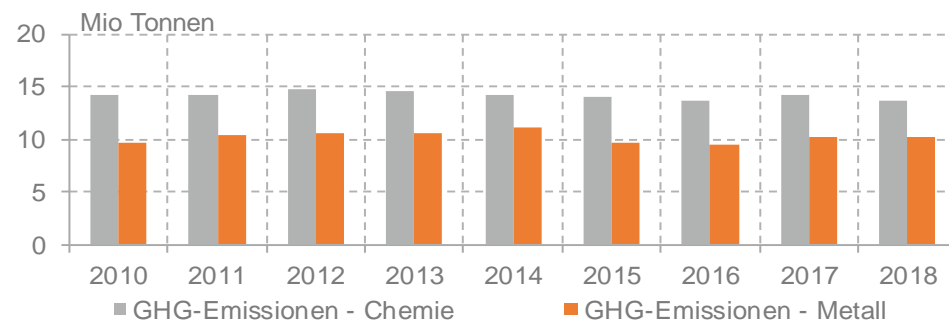
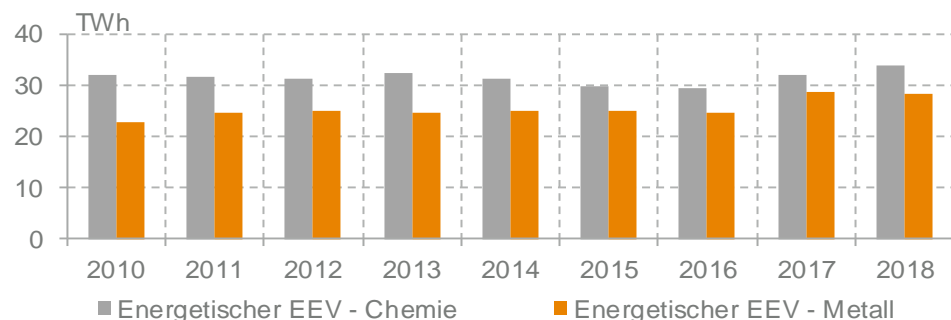


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	154.800	0,9%	112.400	0,7%
	Anteil Industrie		3,9%		2,9%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		4.713	6,7%	2.333	3,3%
Anteil an EU-Exporten		6,3%		7,7%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		8,4%		4,4%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	8,2%	17,4%
Stromanteil des EEV	4,7%	5,0%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	20,9%	15,0%
Anteil Landesemissionen	3,8%	2,7%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

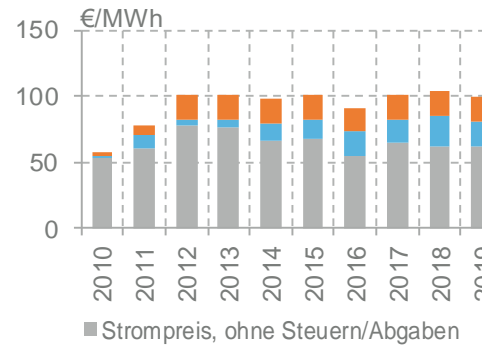
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Portugal 2017

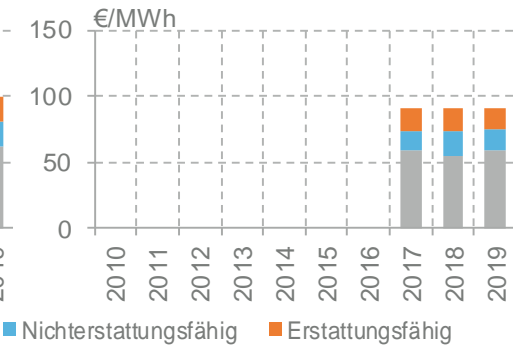


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	20.350	0,4%	8.170	0,2%
	Anteil Industrie		2,5%		1,5%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		1.353	6,2%	487	2,2%
Anteil an EU-Exporten		7,9%		4,9%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		7,4%		5,2%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



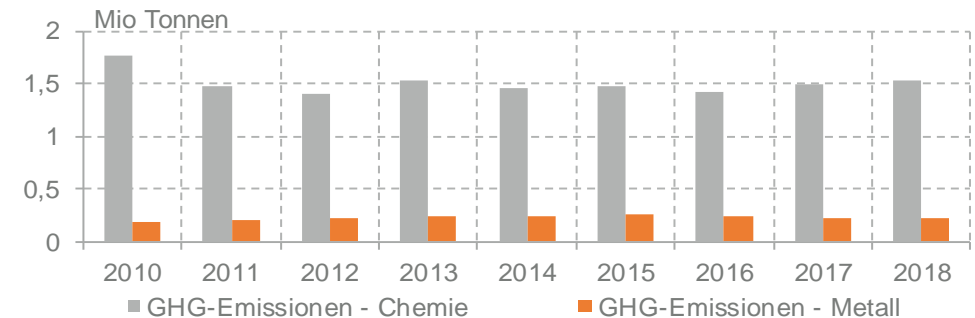
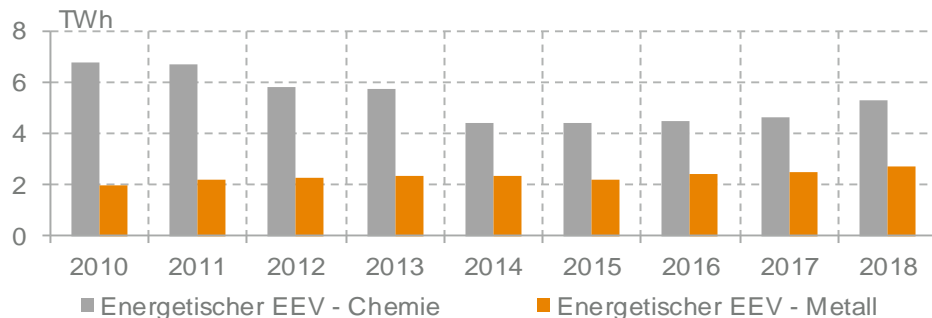
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	10,4%	20,2%
Stromanteil des EEV	4,5%	3,2%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	9,5%	1,3%
Anteil Landesemissionen	2,4%	0,3%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

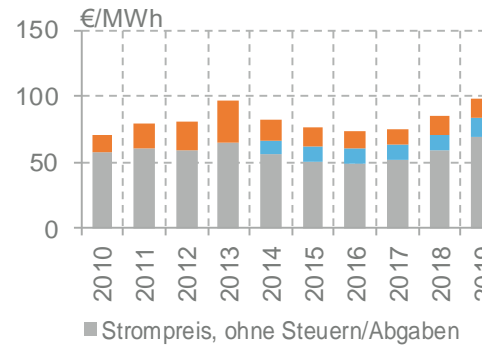
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Rumänien 2017

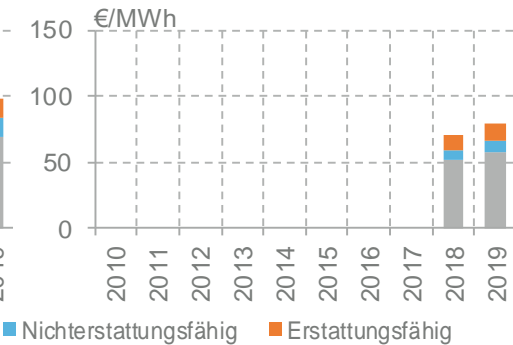


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	40.300	0,5%	53.100	0,6%
	Anteil Industrie		2,1%		2,8%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		852	4,5%	734	3,9%
Anteil an EU-Exporten		4,8%		5,1%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		7,6%		9,0%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



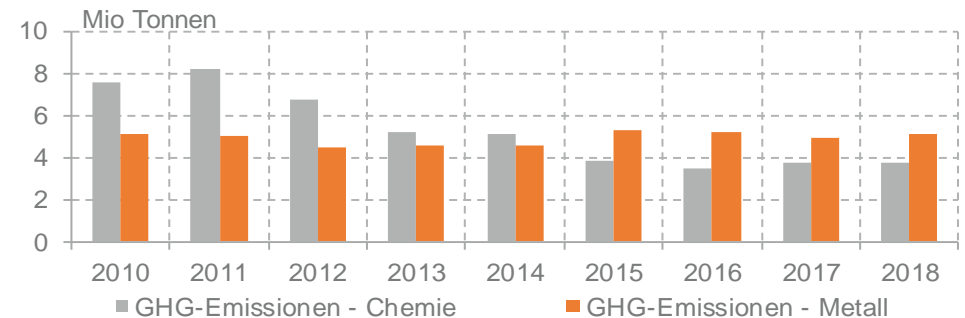
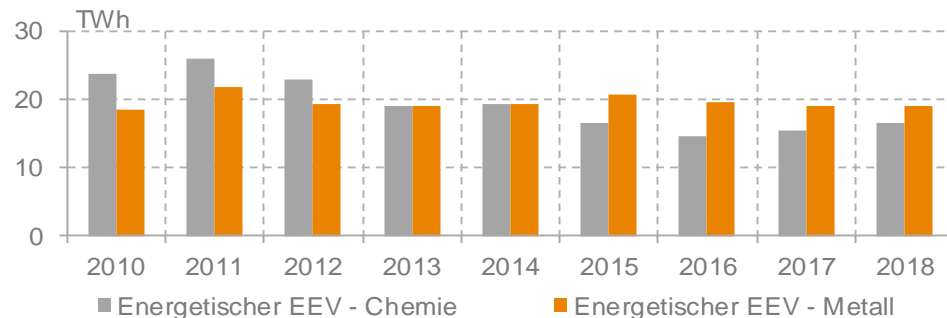
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	18,8%	41,5%
Stromanteil des EEV	4,2%	7,9%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	15,3%	20,3%
Anteil Landesemissionen	3,7%	4,9%



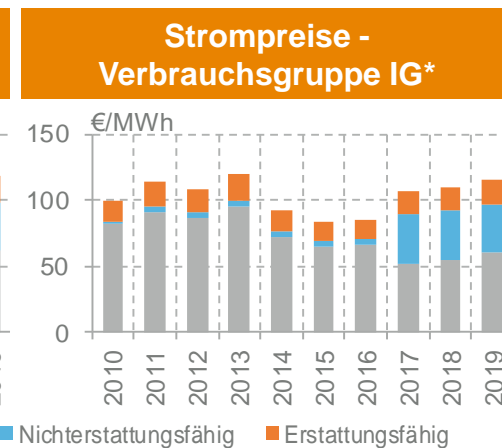
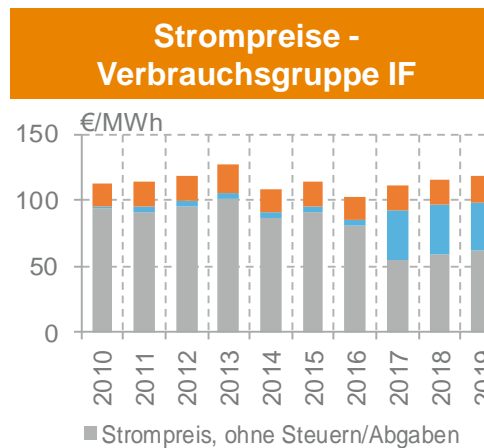
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Slowakei 2017

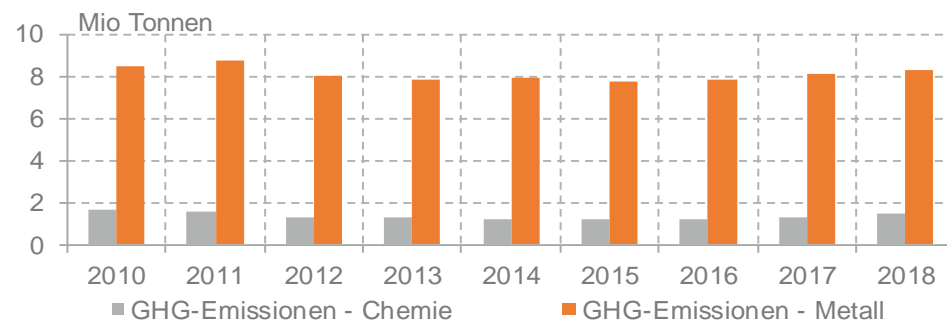
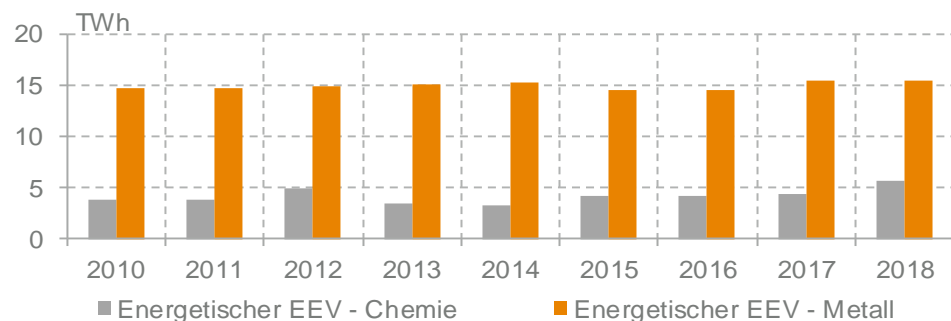


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	11.030	0,5%	23.900	1,0%
	Anteil Industrie		1,9%		4,1%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		407	2,9%	1.084	7,7%
Anteil an EU-Exporten**		4,0%		7,0%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten**		1,7%		3,8%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	14,0%	24,8%
Stromanteil des EEV	2,8%	13,0%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	7,1%	46,4%
Anteil Landesemissionen	3,4%	21,9%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

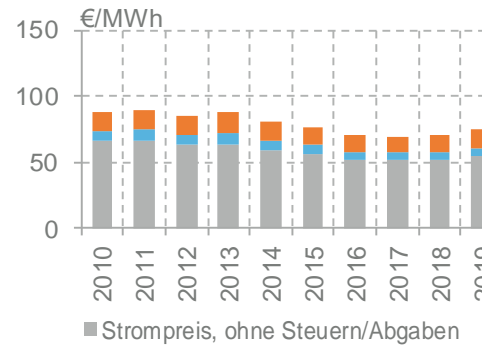
** bezogen auf das Jahr 2016

Länder Fact Sheet - Slowenien 2017

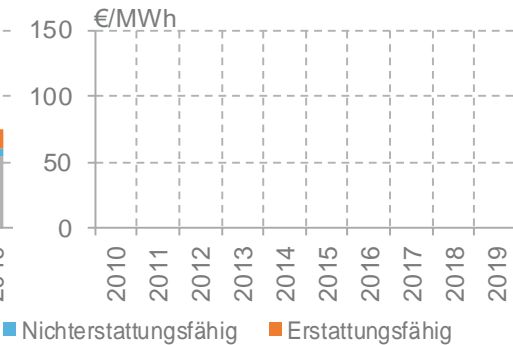


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	15.190	1,5%	10.110	1,0%
	Anteil Industrie		6,7%		4,5%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		391	4,7%	521	6,2%
Anteil an EU-Exporten		5,3%		6,9%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		7,5%		3,6%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



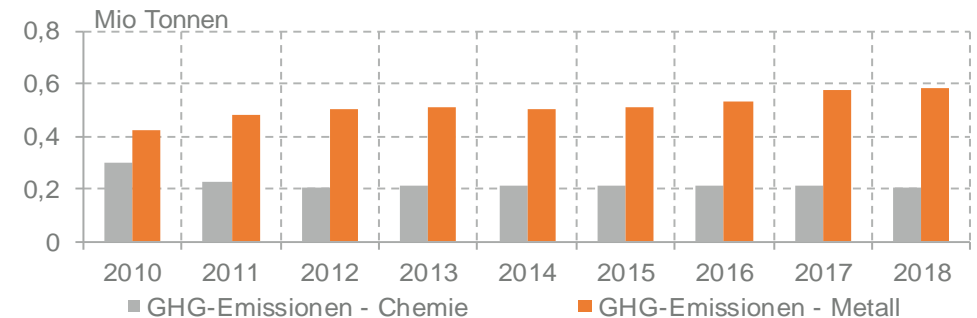
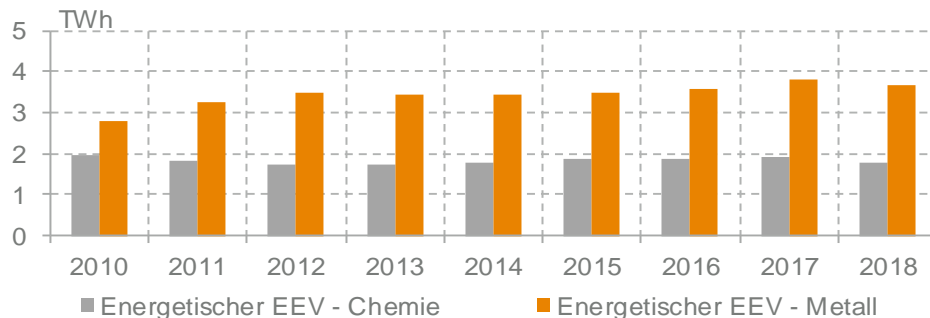
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	9,1%	21,4%
Stromanteil des EEV	4,6%	14,4%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	6,9%	18,6%
Anteil Landesemissionen	1,4%	3,8%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

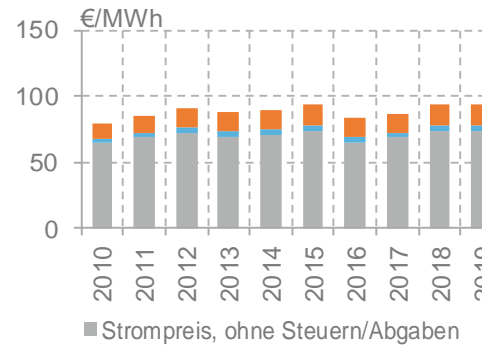
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Spanien 2017

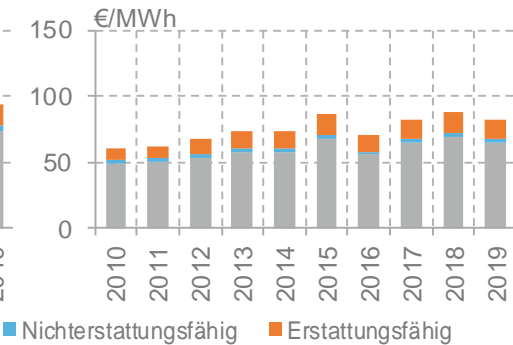


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	133.200	0,7%	59.600	0,3%
	Anteil Industrie		6,0%		2,7%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		13.596	12,3%	4.979	4,5%
Anteil an EU-Exporten		10,2%		6,8%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		12,6%		6,5%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



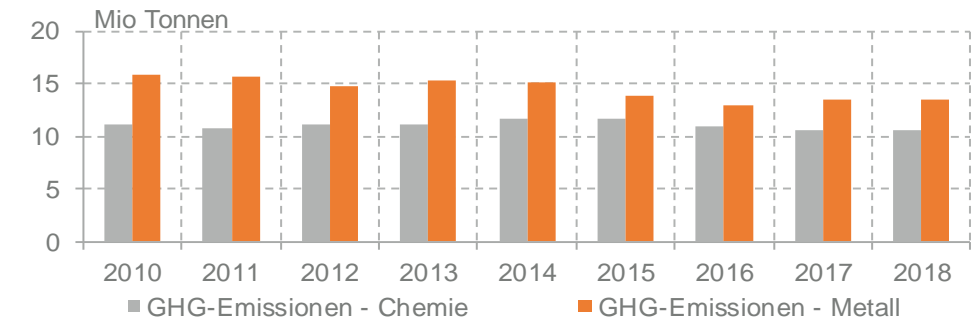
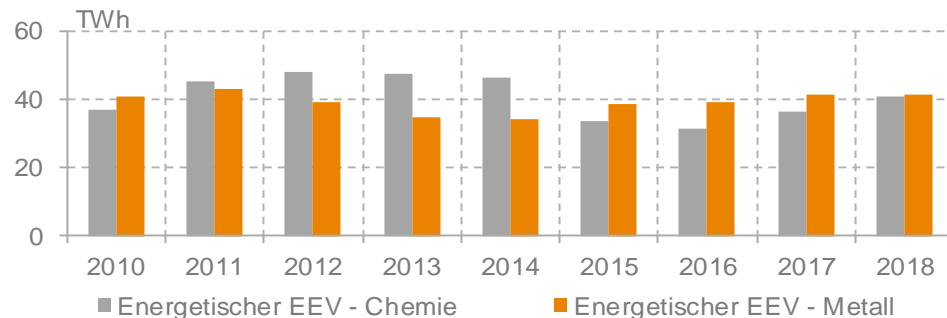
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	4,6%	31,9%
Stromanteil des EEV	4,2%	10,8%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	12,7%	16,2%
Anteil Landesemissionen	3,7%	4,7%



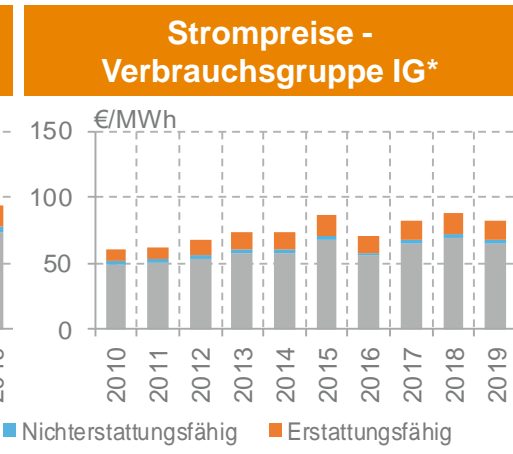
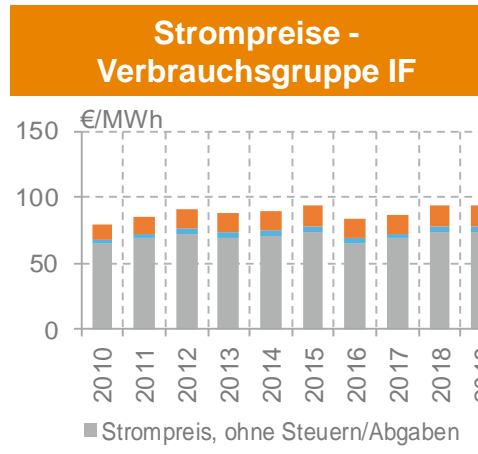
Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Schweden 2017

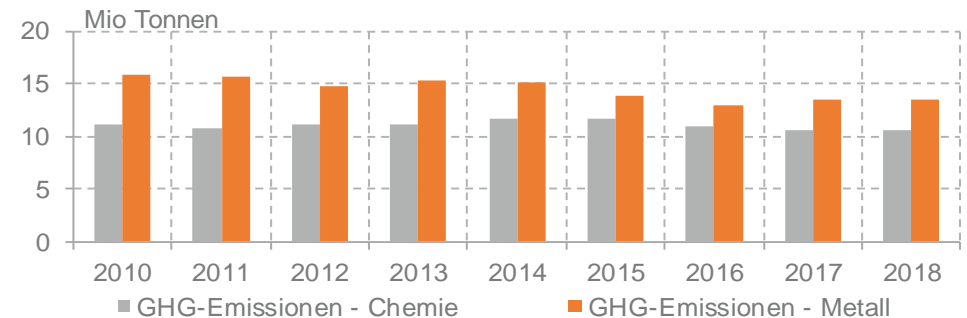
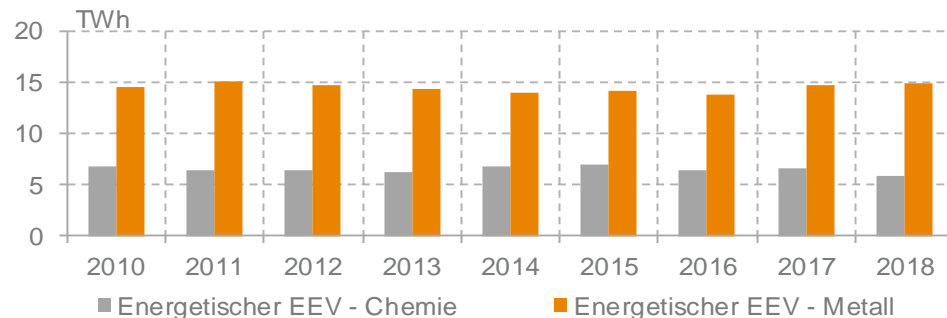


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	n.a.	n.a.	29.000	0,6%
	Anteil Industrie		n.a.		4,6%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		5.949	10,8%	3.321	6,0%
Anteil an EU-Exporten		11,0%		8,3%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		10,3%		6,9%	



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	3,0%	8,6%
Stromanteil des EEV	3,6%	5,9%

Emissionen (GHG)	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	8,9%	31,8%
Anteil Landesemissionen	2,5%	9,0%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

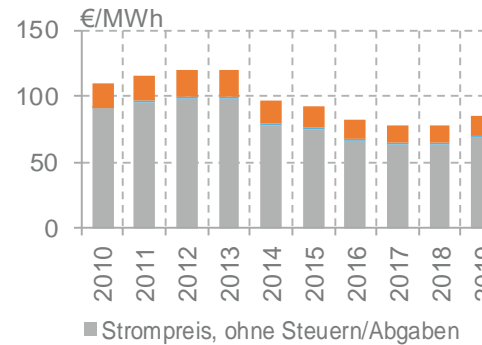
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Tschechische Republik 2017

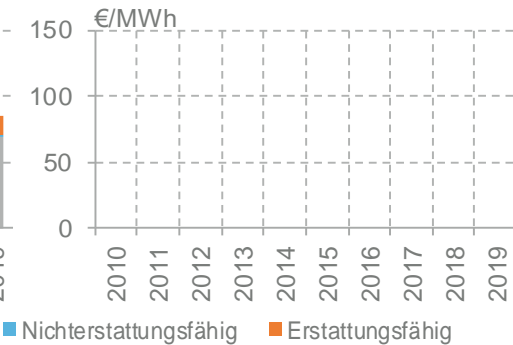


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	44.500	0,8%	48.730	0,9%
	Anteil Industrie		2,9%		3,1%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		2.323	5,8%	1.250	3,1%
Anteil an EU-Exporten		4,1%		4,6%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		5,3%		3,8%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



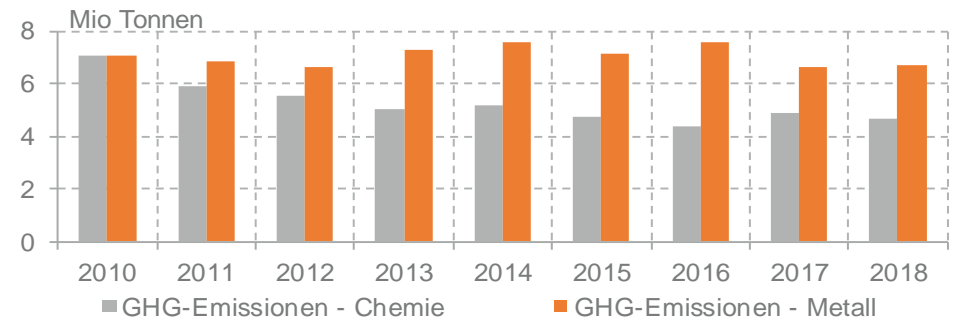
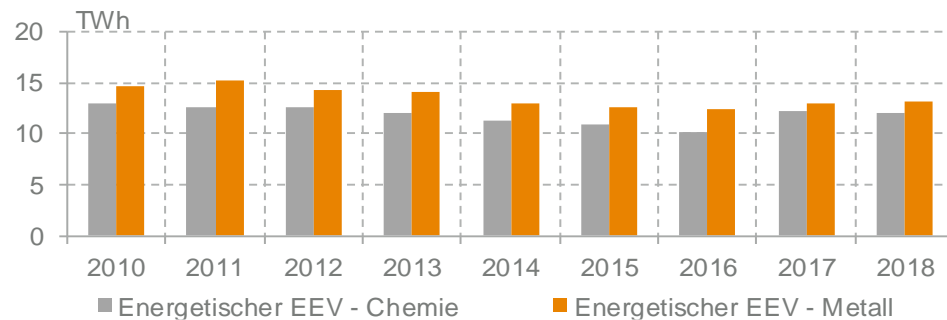
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	9,3%	13,9%
Stromanteil des EEV	4,3%	3,5%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	24,6%	33,6%
Anteil Landesemissionen	4,7%	6,4%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

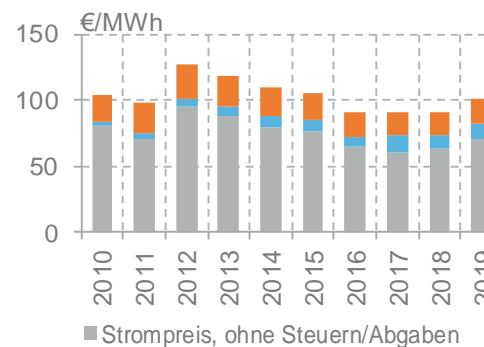
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Ungarn 2017

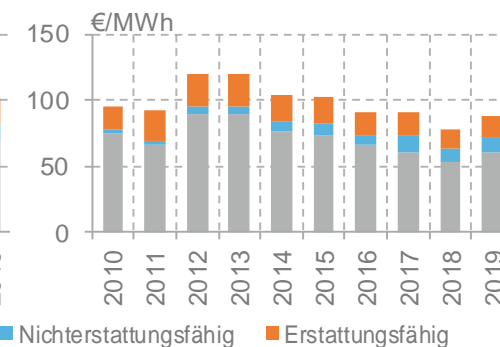


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	40.220	0,9%	18.290	0,4%
	Anteil Industrie		4,2%		1,9%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		3.172	13,1%	765	3,2%
Anteil an EU-Exporten		8,8%		2,9%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		13,0%		1,1%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



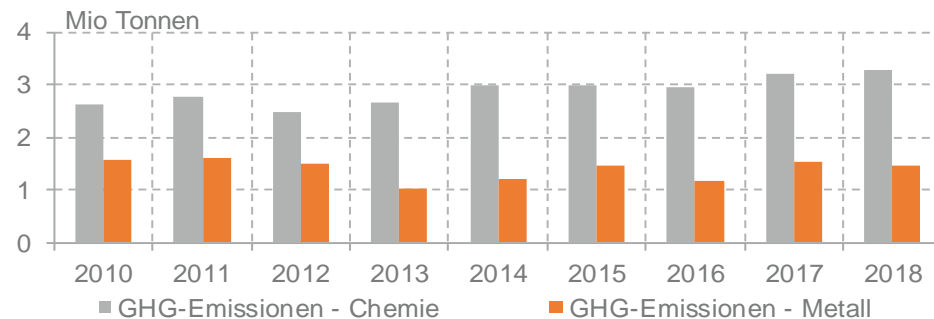
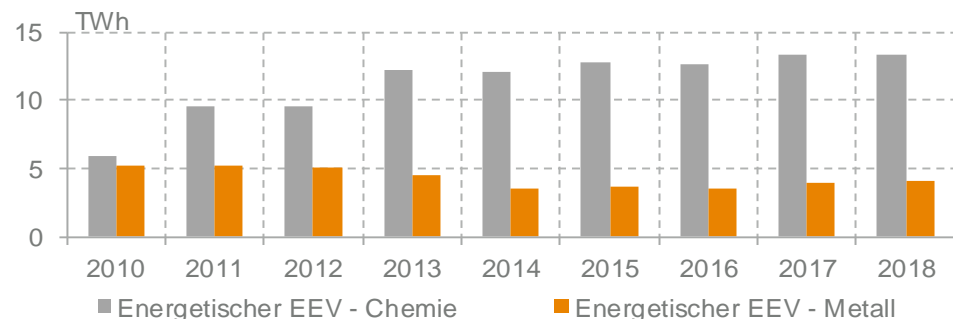
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	6,4%	8,9%
Stromanteil des EEV	6,8%	2,3%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	27,8%	13,3%
Anteil Landesemissionen	6,4%	3,1%



Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

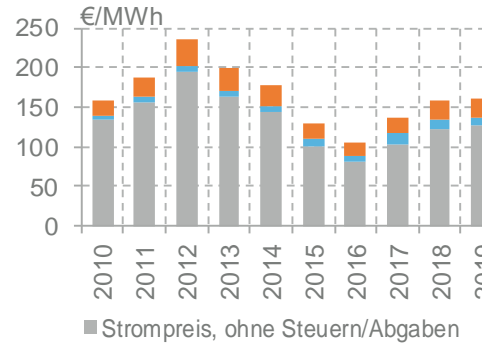
* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

Länder Fact Sheet - Zypern 2017

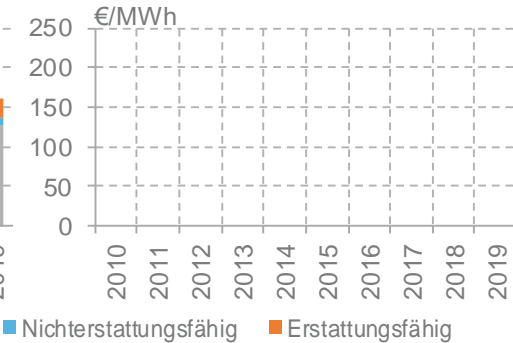


Ökonomische Faktoren		Chemie		Metall	
Anzahl Beschäftigte	Anteil Gesamt	2.210	0,5%	330	0,1%
	Anteil Industrie		5,9%		0,9%
Wertschöpfung [Mio. €], Anteil an Gesamt-WS		143	13,3%	20	1,8%
Anteil an EU-Exporten		25,3%		8,1%	
Anteil an Nicht-EU-Exporten		26,4%		2,8%	

Strompreise - Verbrauchsgruppe IF



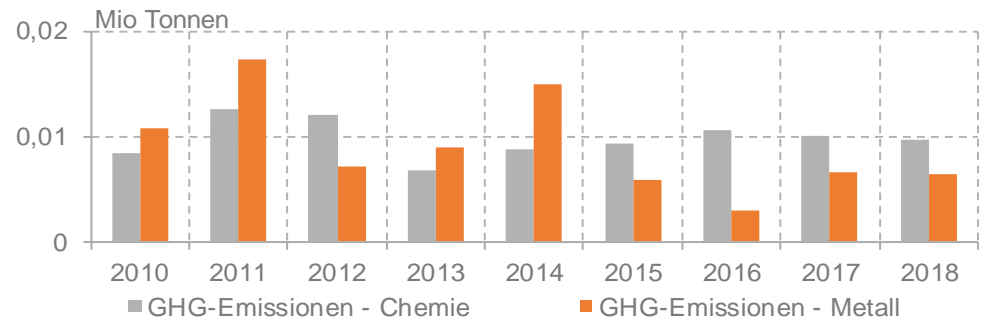
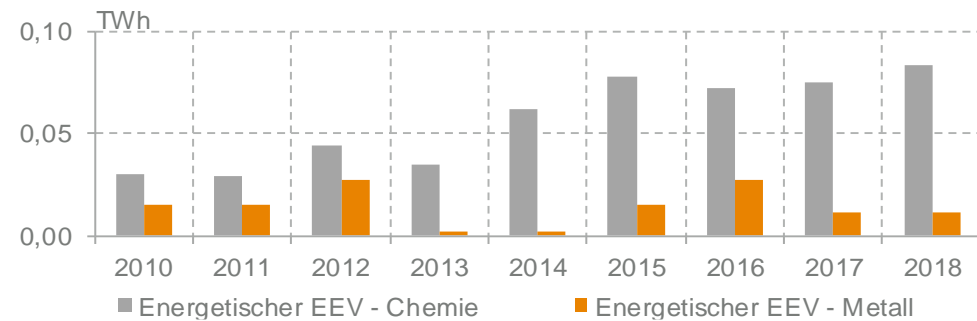
Strompreise - Verbrauchsgruppe IG*



Energie	Chemie	Metall
Stromkostenintensität	3,2%	1,1%
Stromanteil des EEV	1,6%	0,1%

Emissionen (GHG)

	Chemie	Metall
Anteil Industrieemissionen	0,6%	0,4%
Anteil Landesemissionen	0,1%	0,1%

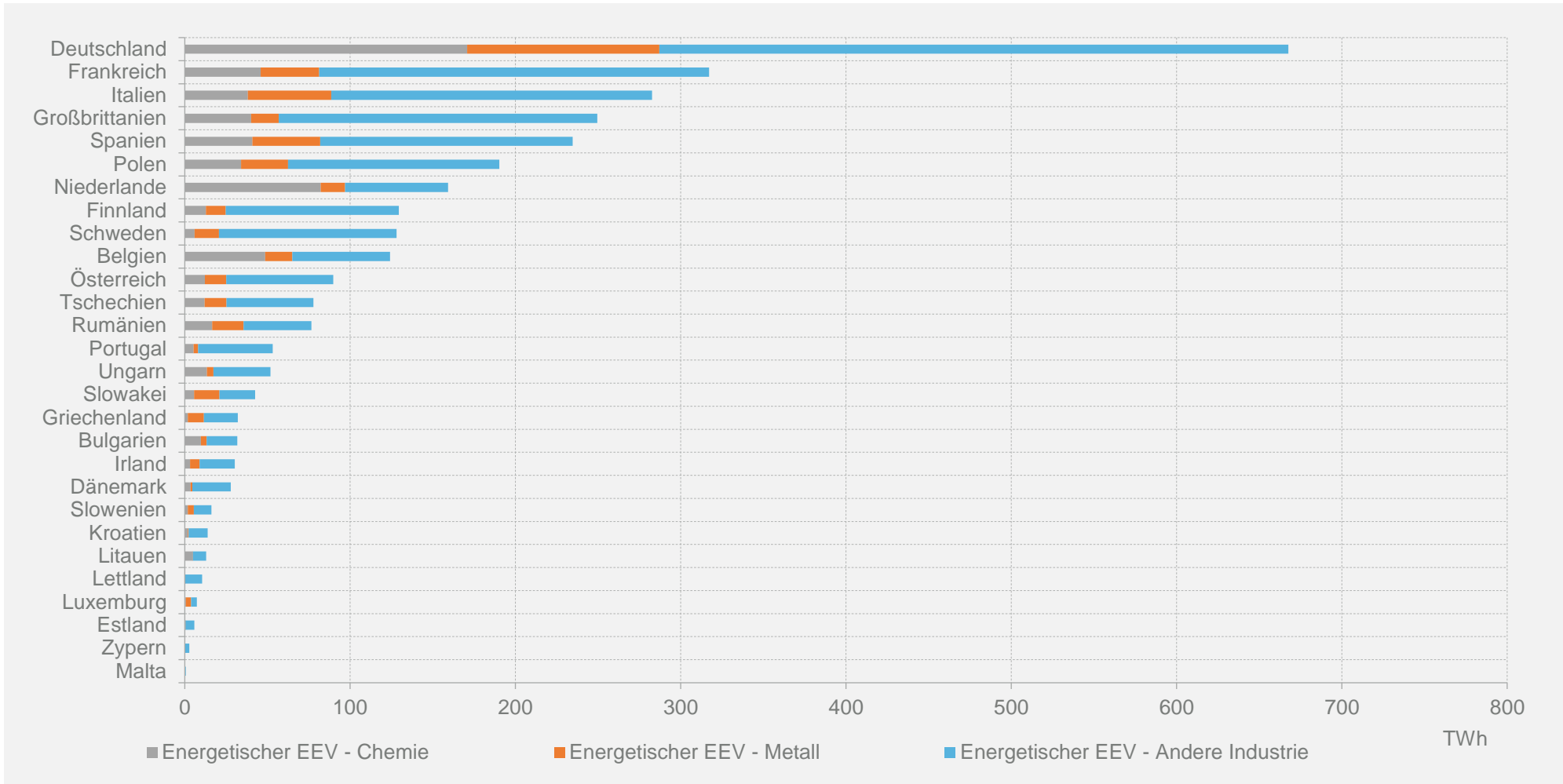


Quelle Eurostat (2020), EEA (2020)

* Gegebenenfalls unvollständig, da Datenerhebung in energieintensiven Sektoren auf freiwilliger Basis

EU Übersicht

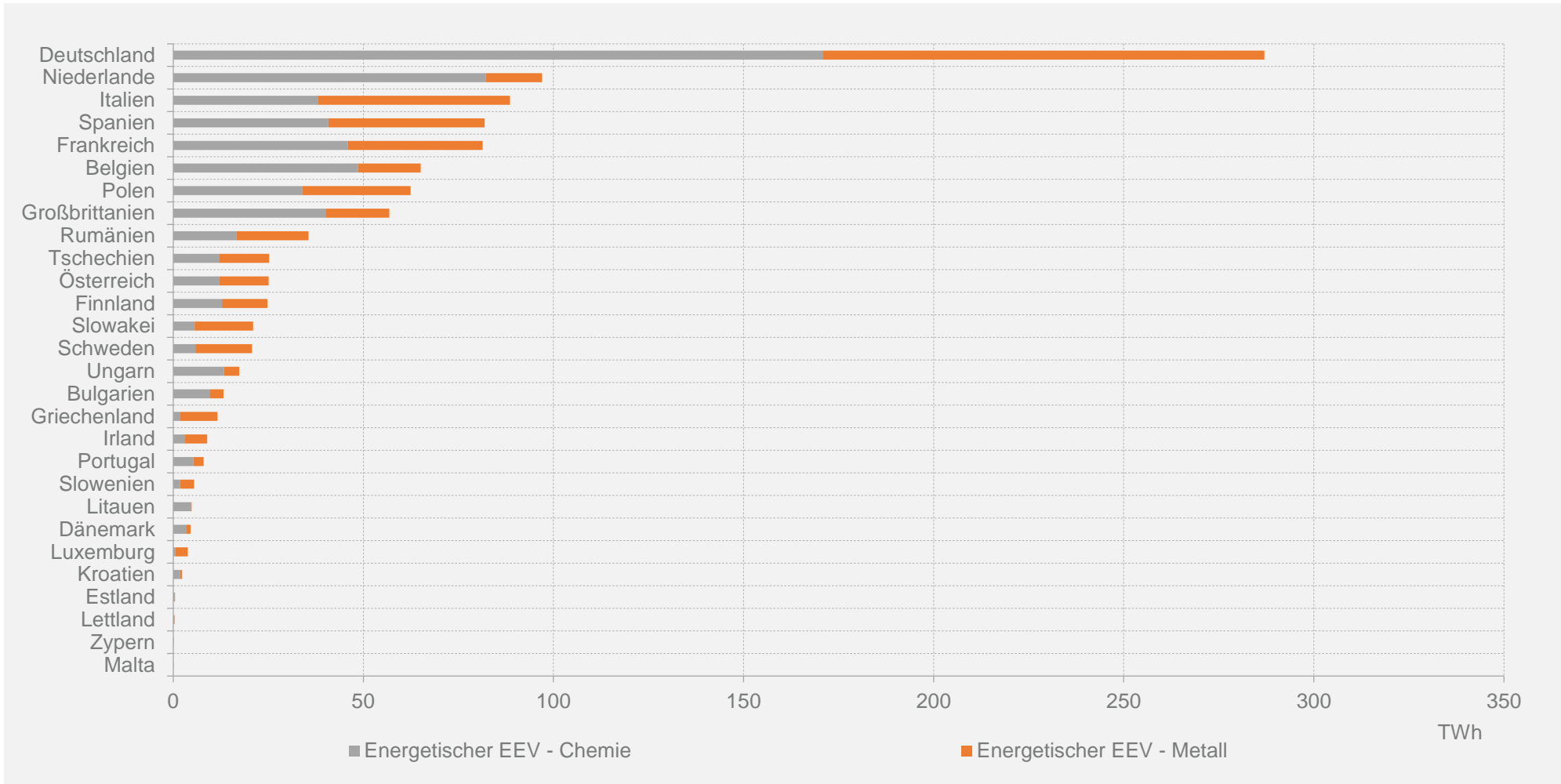
EU-28 Übersicht – Endenergieverbrauch Gesamtindustrie



Quelle: Eurostat (2020)

Referenzjahr: 2017

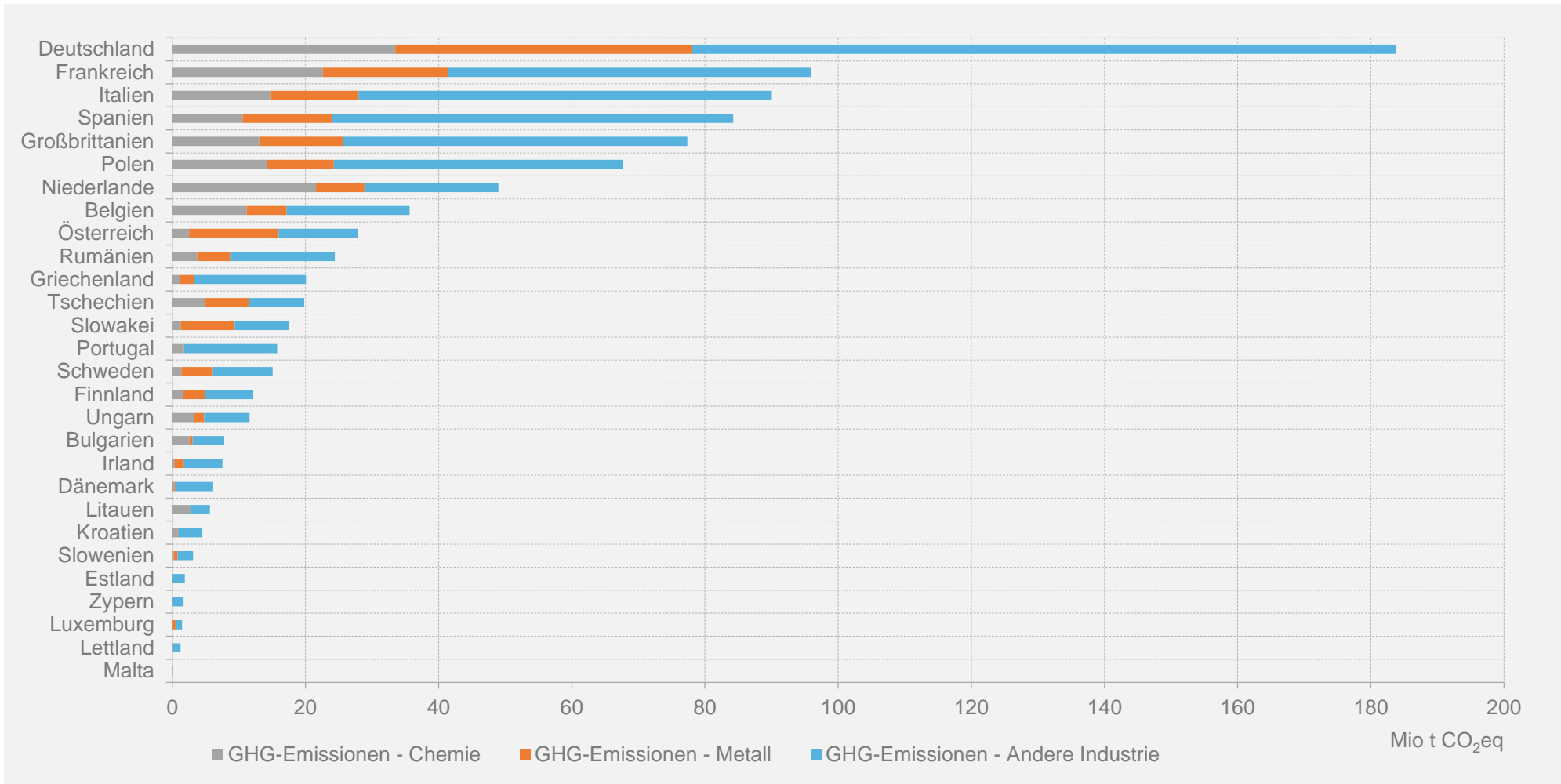
EU-28 Übersicht – Endenergieverbrauch Chemie/Metall



Quelle: Eurostat (2020)

Referenzjahr: 2017

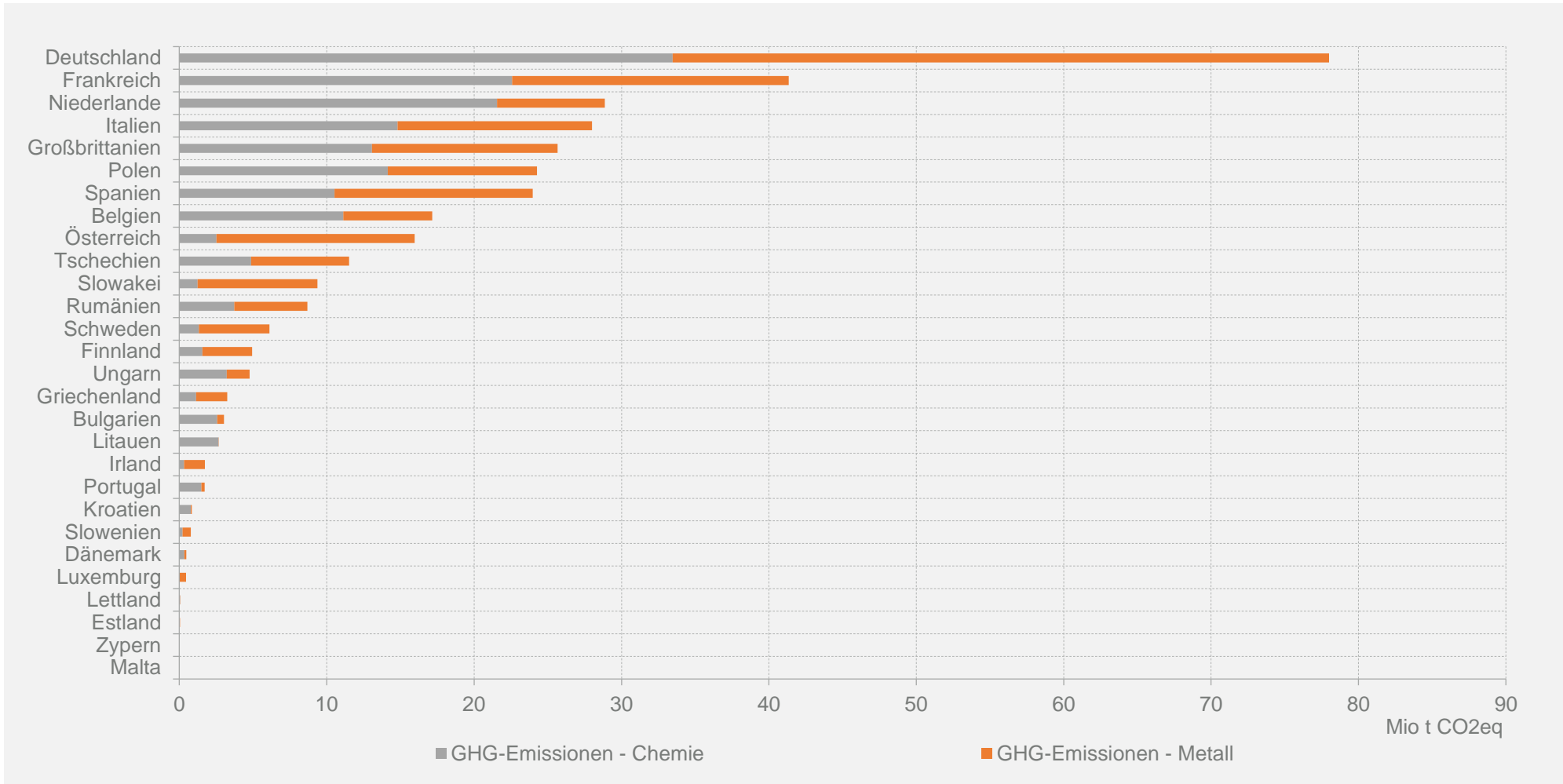
EU-28 Übersicht – GHG Emissionen Gesamtindustrie



Quelle: Eurostat (2020)

Referenzjahr: 2017

EU-28 Übersicht – GHG Emissionen Chemie/Metall

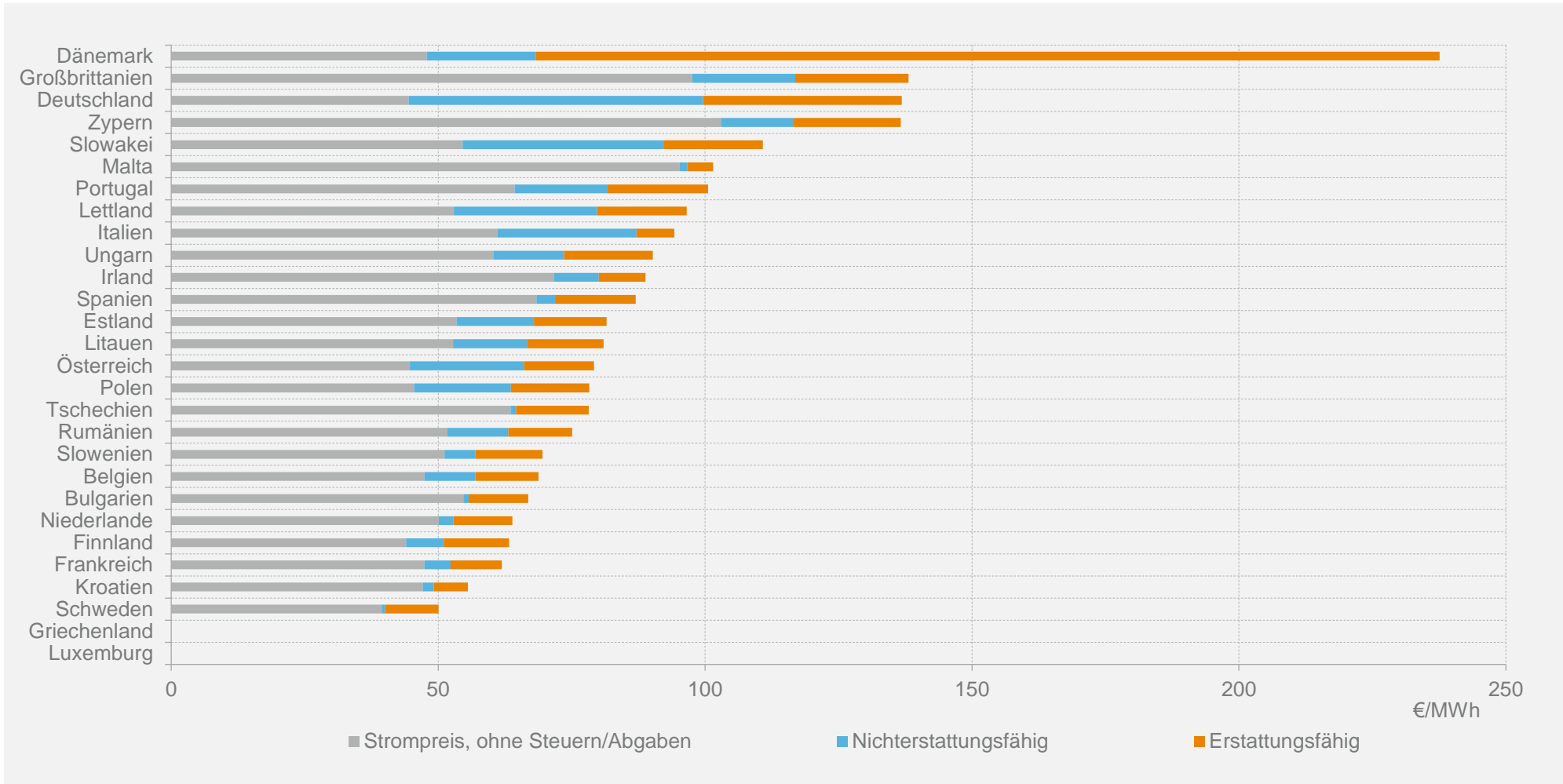


Quelle: Eurostat (2020)

Referenzjahr: 2017

EU-28 Übersicht – Industriestrompreise

Verbrauchsband IF



Quelle: Eurostat (2020)

Referenzjahr: 2017

Modul 2 - Marktmodellierung und Preisprognose

Szenariobasierte Entwicklung europäische Strommärkte und Strompreisentwicklung bis 2050

Modul 2 - Marktmodellierung und Preisprognose

Szenariobasierte Entwicklung europäische Strommärkte und Strompreisentwicklung bis 2050

Wasserstoffeinsatz im Gesamtsystem und in der Industrie

Marktmodellierung und Energiemarktszenarien - Prämissen und Eingangsparameter

Zentrale Szenarienausrichtung

Marktanteil Wasserstoffelektrolyse

Wasserstoffstrategien – EU und Deutschland

Wasserstoffbedarf 2050 EU 28

Erzeugungs- und Transportkosten von Wasserstoff

Strombedarf 2050 EU 28

EE-Ausbaupfade im Strommarkt 2030 EU 28

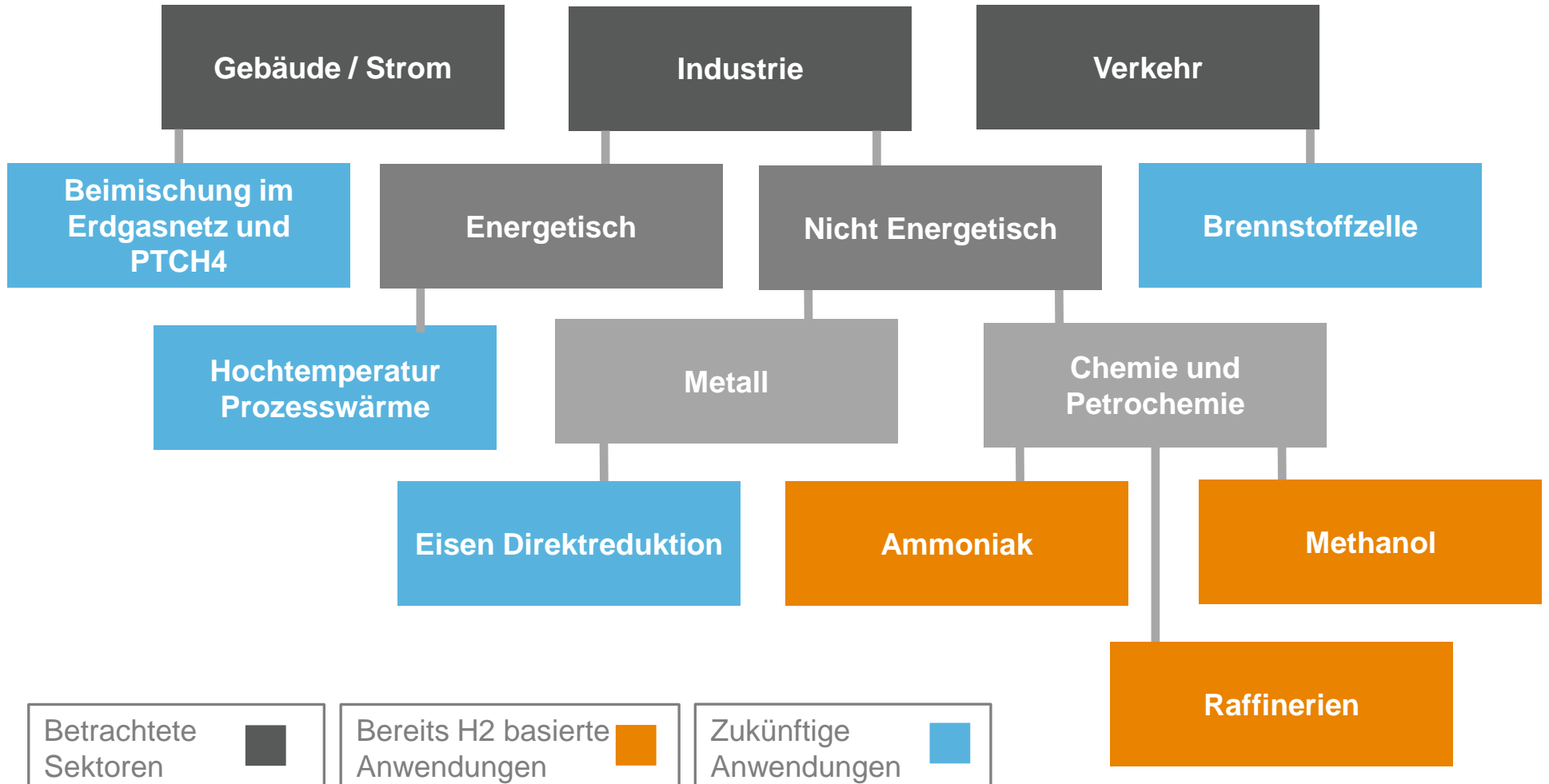
Brennstoff- und CO₂-Preisprämissen Strommarkt

Energiemarktszenarien - „Stromlandkarte Europa“

Wasserstoffeinsatz im Gesamtsystem und in der Industrie

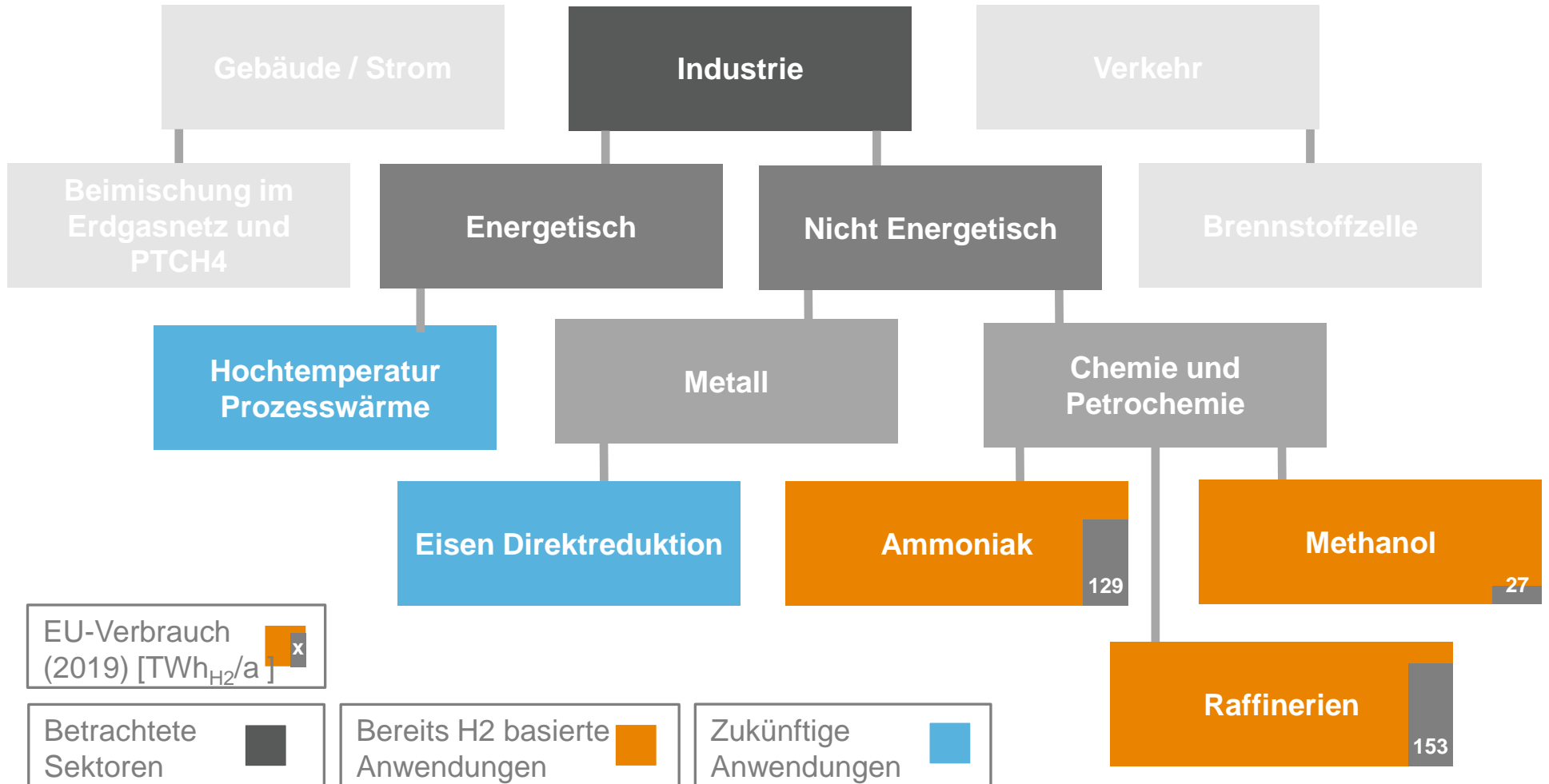
Anwendungsbereiche von Wasserstoff

Wasserstoff ermöglicht die Dekarbonisierung von Primärenergie die nur schwer oder gar nicht durch Stromdirektanwendungen erschlossen werden kann



Anwendungsbereiche von Wasserstoff in der Industrie

Der zukünftige Bedarf an Wasserstoff in der Industrie wird durch die Entwicklung bestehender Anwendungen im Feedstock sowie der Erschließung von neuen Anwendungen getrieben

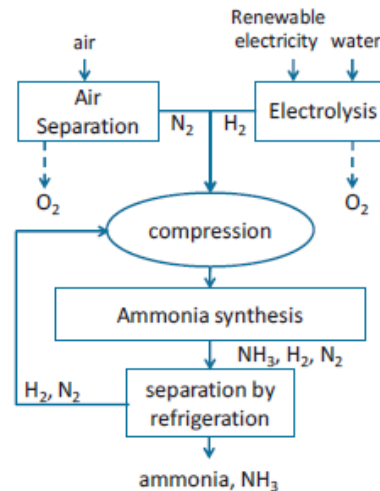


Existierende H2 Anwendung Ammoniak

Key facts

- Produktionsmenge von 17 mil.t/a. in der EU
- 80% wird für die Düngerherstellung genutzt
- Ammoniak Synthese:
 $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$
- Erdgas ist der relevanteste Rohstoff für NH₃ in der EU

Low-carbon Ammoniak Produktion (TRL 7)



Vergleich von Low-carbon und fossiler Ammoniakproduktion

pro t NH ₃	Fossil (SMR)	Power to NH ₃
Energetischer Rohstoff [GJ]	21	0
Brennstoffbedarf[GJ]	10,9	0
Strom [GJ]	0,7	38,9
Gesamt Energiebedarf [GJ]	35,0	45,1
Rohstoff Emissionen [t CO ₂]	1,3	0
Prozessemissionen [t CO ₂]	0,5	0,12

Ausblick: Die Produktion von kohlenstoffarmem Ammoniak kann fossile Rohstoffe gänzlich vermeiden, steht aber vor Problemen wie CO₂-Mangel für die Harnstoffproduktion, die Notwendigkeit einer Luftzerlegungsanlage (höhere CAPEX) und die Gewährleistung eines kontinuierlichen Betriebs. Eine Hybridlösung stellt einen flexibleren Ansatz dar.

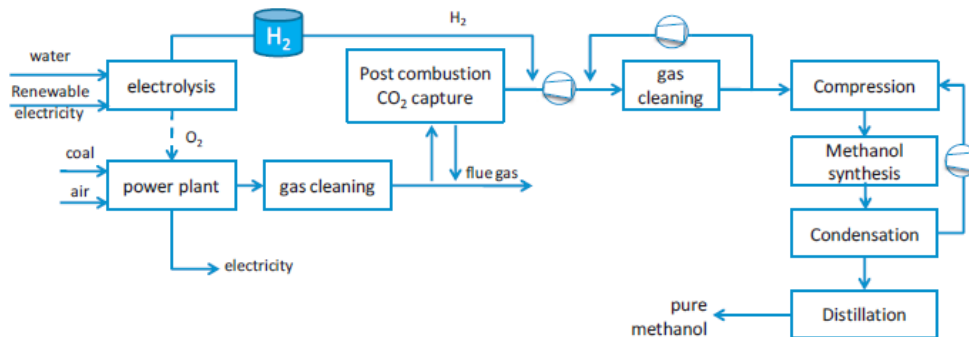
Quelle. Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry, DECHEMA (2017)

Existierende H2 Anwendung Methanol

Key facts

- Produktionsmenge von 1,5 mil. t in der EU
- Erdgas ist der wichtigste Rohstoff für Methanol

Low-carbon Methanolproduktion



Vergleich von Low-carbon und fossiler Methanolproduktion

pro t Methanol	Fossil (SMR)	power to Methanol
Energetischer Rohstoff [GJ]	25	0
Brennstoffbedarf[GJ]	13,9	0
Strom [GJ]	0,6	34,3
Gesamt Energiebedarf [GJ]	37,5	39,7
Rohstoff Emissionen [t CO2]	0,97	-0,79
Prozessemissionen [t CO2]	0,52	0,123

Ausblick: Der Bedarf an CO₂ als Grundstoff bei der Methanolproduktion erschwert den Umstieg auf grünen Wasserstoff. Jedoch gewinnt Methanol als Grundstoff zur Herstellung von Synthetischen Kraftstoffen und direkter Kraftstoff an Popularität

Quelle. Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry, DECHEMA (2017)

Existierende H2 Anwendung Raffinerien

- Raffinerien stellen einen großen Teil des Wasserstoffbedarfs dar, jedoch ist zu erwarten, dass durch verringerten Einsatz von Mineralölprodukten der Bedarf abnimmt
- Strengere Regulierungen des Schwefelgehaltes von Kraftstoffen (gerade im Schiffsverkehr) wirken jedoch diesem Trend entgegen
- Beim katalytischem Reforming wird H2 produziert
- Der Bedarf an Wasserstoff ist abhängig von dem eingesetzten Rohöl und den hergestellten Produkten
- Der Nettobedarf an Wasserstoff aus Raffinerien in Deutschland liegt bei 0,39% des eingesetzten Rohöls (jeweils unterer Heizwert)

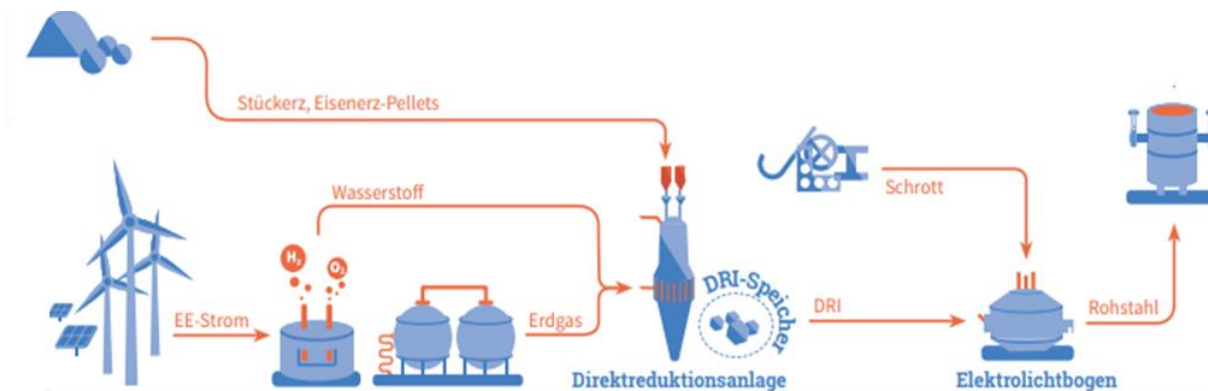
Wasserstoffverbrauch und Nachfrage deutscher Rohöl Raffinerien [kt/Jahr]

Raffinerie Prozess	H2-Bedarf	H2-Produktion	Netto H2-Bedarf
Hydrocracking	327,2	0	
Entschwefelungsprozesse	124,2	0	
Katalytisches Reforming	0	327,7	
Summe	452,1	327,7	144,4

Quelle: Fondation Tuck (2016)

Zukünftige Anwendung Stahlproduktion

- Durch die Direktreduktion mit grünem Wasserstoff lassen sich 95% der CO₂-Emissionen gegen über Stahlerzeugung über die Hochofenroute einsparen
- Bei diesem Verfahren wird Koks mit Wasserstoff als Reduktionsagent ersetzt
- Der spezifische Energieverbrauch des H₂-direktreduzierten Stahl wird auf 3,48 MWh/t geschätzt (gegen über 3,68 MWh/t bei der Hochofenroute)
- Da jedoch ein sinkender Kohlenstoffanteil negativ auf den Stahl auswirkt , muss ca. 30% des Reduktionsgases aus Methan bestehen
- Direkt Reduzierter Stahl wird im industriellen Maßstab hergestellt, jedoch ohne Verwendung von grünem Wasserstoff

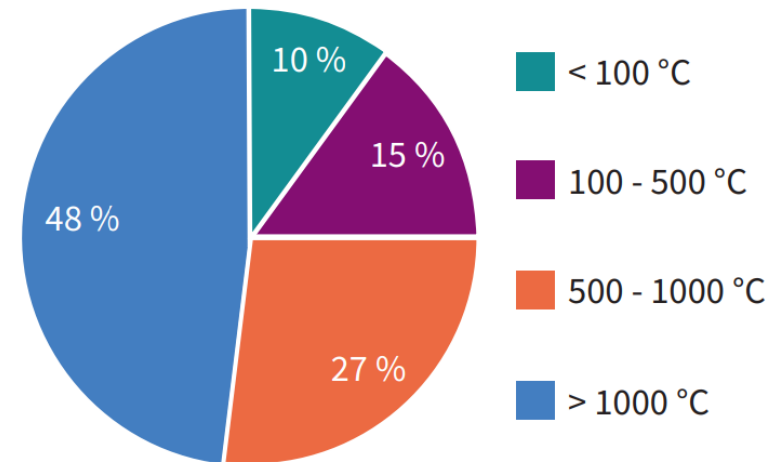


Quellen: Factsheet Powerfuels Stahlproduktion, dena (2019), Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking, V. Vogt (2018)

Zukünftige Anwendung Prozesswärme

- Wasserstoff kann eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung von Prozesswärmebereitstellung von hohem Temperaturniveau darstellen
- Hohe Temperaturniveaus von über 500 °C werden hauptsächlich den Bereichen der Grundstoffchemie, Glas und Keramik sowie Metallerzeugung und -bearbeitung benötigt
- Grundsätzlich ist eine direkte elektrische Prozesswärmebereitstellung aus Sicht der Effizienz zu bevorzugen, jedoch bei bestimmten Produktionsprozessen nicht realisierbar (z.B. Oberflächenbehandlung von Keramiken oder Weiterverarbeitung von Stahl)

Prozesswärmebedarf in Deutschland



Quelle: Factsheet Powerfuels Industrielle Prozesswärme, dena (2019)

Marktmodellierung und Energiemarktszenarien

Prämissen und Eingangsparameter

enervis-Strommarktmodell

INPUT

(Voranalysen und Datenbanken)



Politik/Rahmen



Wetterdaten



Lastentwicklung



Netze/Regionen



Commodities

Brennstoffe, CO₂, Transportkosten, Wechselkurse



Europäische Erzeugungskapazitäten



MARKTMODELL

(Fundamental/Stochastisch/Simulation)



Fundamentales Strommarktmodell: eMP

- Europaweite Betrachtung - auch regional
- Stunden- und kraftwerksscharf
- Energiemarktdesigns
- Individualanalysen: Regionen, Technologien
- Eingang eigener Planungsprämissen
- eingebettet in enervis-Modelllandschaft

ERGEBNISSE

(Auswahl)



Marktpreise

- Großhandel: Spot, Intraday
- Regelenergie: SRL, MR
- Marktdesign: Leistungspreise
- CO₂-Zertifikatspreise/Bepreisung Interkonnektoren

Standardauswertungen

- Kapazitäts-/Erzeugungsentwicklung
- Stromaustausch (Import/Export)
- Emissionsentwicklung
- Spreadentwicklung

Individuelle Auswertungen (Beispiele)

- Systemkosten der Erzeugung (VWL)
- EEG-Förderung / Marktwert
- Kraftwerkseinsatz / Wirtschaftlichkeit

Zentrale Szenarienausrichtung

Strommarktmodellierung Europa

Simulation unterschiedlicher Elektrolysepfade in 2 Szenarien

	SZENARIO A	SZENARIO B
STORYLINE	Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse wird langfristig fester Bestandteil der Wasserstoffbedarfsdeckung	Wasserstoffbedarfsdeckung erfolgt langfristig nahezu ausschließlich aus Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse
MARKTANTEIL WASSERSTOFF-ELEKTROLYSE	<u>54%</u> des Wasserstoffbedarfs wird in 2050 durch <u>Elektrolyse</u> gedeckt / Elektrolyseurkapazitäten 2030 entsprechen Zielen EU Hydrogen Strategy	<u>78%</u> des Wasserstoffbedarfs wird in 2050 durch <u>Elektrolyse</u> gedeckt / <u>Höherer Strombedarf</u>
ENTWICKLUNG ERNEUERBARE ENERGIEN	Basierend auf den Nationalen Allokationsplänen und politischen Zielpfaden / langfristige Entwicklung in Abhängigkeit des Elektrolysebedarfs	<u>Höherer EE-Ausbau</u> als Szenario A um eine weitestgehend CO ₂ -arme Wasserstoffherstellung zu gewährleisten
WASSERSTOFF-BEDARF	Deutliche Zunahme des Wasserstoffbedarfs in der EU und der Industrie abgeleitet aus relevanten aktuellen Studien und Marktszenarien	
BRENNSTOFF-UND CO ₂ -PREISANNAHMEN	Basierend auf den Projektionen des World Energy Outlook 2020 - Stated Policies Scenario	

Sektorale Szenarienausrichtung: Industrie

ENERGETISCH

METHANOL

AMMONIAK

RAFFINERIEN

NEUE
ANWENDUNGEN

ANNAHMEN

Signifikant steigender H₂ Bedarf zur Bereitstellung von Prozesswärme und infolgedessen hoher (grüner) Strombedarf.

Konstante Entwicklung des Endenergieverbrauchs H₂ auf Basis der aktuellen Produktionsmengen auf Länder- und EU-Ebene.

Konstante Entwicklung des Endenergieverbrauchs H₂ auf Basis von Ammoniak der aktuellen Produktionsmengen.

Kontante Entwicklung von 2015 bis 2030, auf Basis von Verarbeitungsmengen von Rohölprodukten auf Länder- und EU-Ebene. Danach linearer Rückgang um 10% alle 10 Jahre.

Umfangreiche Erschließung auf Basis der FCH H₂-Roadmap Ambitious Scenario „New Feedstock Uses“. Dies beinhaltet die Direktreduktion zur Herstellung von Eisen sowie die Synthese von H₂ mit Kohlenstoffen zu beispielsweise Methanol, aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzol oder die Herstellung von Olefinen

Sektorale Szenarienausrichtung: Verkehrssektor

**ELEKTRIFI-
ZIERUNGS-
ANTEIL**

**KILOMETER-
LEISTUNG**

PKW-FLOTTE

**STROM-
VERBRAUCH**

PTX

HYBRID/BEV

ANNAHMEN

75% Elektrifizierung von PKW und leichten Nutzfahrzeugen bis 2050

Konstante Entwicklung der durchschnittlichen Fahrleistung auf Länderebene im Jahr 2014 (EU Durchschnitt ca. 11.600 km/a pro Fahrzeug)

Steigerung um rund 10% ggü. 2016 von durchschnittlich 580 PKW/Einwohner auf 640 PKW/Einwohner bis 2050

Effizienzsteigerung von 0,22 kWh/km auf 0,16 kWh/km bis zum Jahr 2050

Wasserstoffnutzung im Raffineriebereich vollständig dekarbonisiert. Import von Rohbenzin aus dem nicht-europäischen Ausland

Hybridanteil im Jahr 2030 bei 50% und 10% im Jahr 2050 der elektrifizierten Flotte

Quelle: enervis Verkehrsmarktmodell Europa

Sektorale Szenarienausrichtung: Gebäudesektor

**WÄRME
BEDARF**

**WÄRME
PUMPEN**

**STROM-
BEDARF - WP**

GRÜNES GAS

**STROM-
BEDARF -
GRÜNES GAS**

ANNAHMEN

Sanierungsrate: 1,4 % p.a.
Effizienzsteigerung: 40 bis 70 % bezogen auf den Endenergieverbrauch der sanierten Gebäude.

44 % der Nutzenergie wird bis zum Jahr 2050 durch Wärmepumpen erschlossen.

Es wird eine mittlere Leistungszahl (COP) für Wärmepumpen-Technologien in Höhe von 2,5 unterstellt.

Ab Beginn der 2030er Jahre zunehmende Dekarbonisierung der Gasbedarfe durch grünes Gas (PtCH₄ & PtH₂) auf bis zu 40% der Nutzenergie im Jahr 2050. 95 % der PtX-Bedarfe im Gebäudesektor werden durch PtCH₄ gedeckt und 5 % durch PtH₂.

Wirkungsgrad Wasserstoffelektrolyse langfristig zwischen 84 und 88 % und nachgeschaltete Methanisierung zw. 83 und 90 %. Der gesamte H₂/CH₄-Bedarf wird durch grünen Wasserstoff bereit gestellt.

Quelle: enervis Analysen basierend auf Stratego – Heat Roadmap Europe 2050 und dena (2018) - Leitstudie

Marktanteil Wasserstoffelektrolyse

Marktanteil Wasserstoffelektrolyse

Zur Erreichung der Treibhausgasneutralität 2050 ist der Einsatz von Wasserstoff aus heutiger Sicht unumgänglich / Dazu ist ein möglichst hoher Anteil an grünem CO₂-armen Wasserstoff notwendig / Die zentrale Herausforderung wird sein, das entsprechende Elektrolysekapazitäten zur Verfügung stehen und ein Großteil des Wasserstoffbedarfs daraus gedeckt wird / Vor diesem Hintergrund werden in vorliegender Studie **Sensitivitäten über die unterschiedliche Marktdurchdringung der Wasserstoffelektrolyse** durchgeführt, um einen Effekt auf (Industrie)Strompreise, EE-Zubau und Wasserstoffpreise bzw. Wasserstoffgestehungskosten zu analysieren / Die Annahmen in dieser Studie orientieren sich an den Projektionen in der Studie **Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking “Hydrogen Roadmap Europe”** (2019)

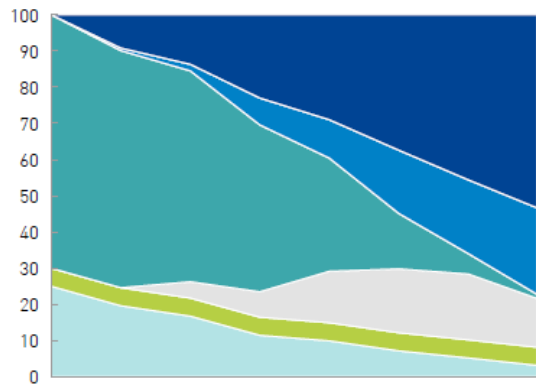


Water electrolysis dominant

What you need to believe

- Significant drop in cost of electrolysis and cost of renewable electricity
- Sufficient renewable capacity to power electrolyzers/imports of liquid hydrogen from regions with renewable capacity
- There are benefits to regional production and providing services to the grid
- Little political acceptance of CCS

Resulting supply mix, percent by method

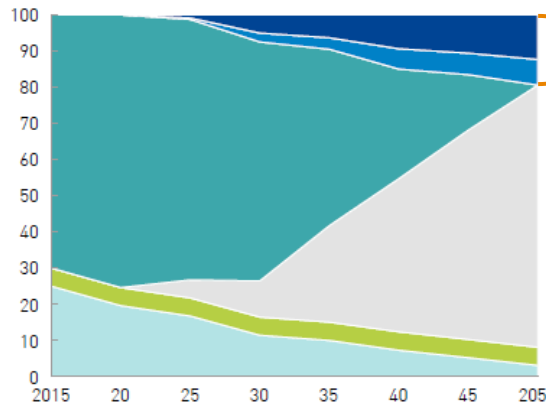


Marktanteil Elektrolyse 2050: 78%

Szenario B

SMR/TR dominant

- SMR/TR with CCS is most (cost-)efficient hydrogen production method
- CCS feasible and politically accepted
- Electrolysis mainly for regional production (e.g., refueling stations in residential hours) and powered directly from renewables



Ableitung eines mittleren Szenarios mit einem Marktanteil Elektrolyse 2050: 54%

Szenario A

Wasserstoffstrategien – EU und Deutschland

Die Vier Säulen der Nationalen Wasserstoffstrategie

Der Aktionsplan liefert notwendige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Etablierung der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland / Hierbei soll grüner Wasserstoff im Heimatmarkt die Hauptrolle spielen

Produktion und Infrastruktur/Versorgung

- Fokus auf **grünen Wasserstoff**
- **5 Gigawatt** Elektrolyseur-Leistung bis **2030**; weitere **5 Gigawatt bis 2035/2040**
- **Verbesserte Rahmenbedingungen** für EE-Strom
- Ziel: **EEG-Umlagen-Befreiung** für Produktion (in EEG 2021 Novelle umgesetzt)
- Neue **Geschäfts- und Kooperationsmodelle** von Betreibern von Elektrolyseuren mit Strom- und Gasnetzbetreibern
- **Förderung** für Elektrolyseure (z.B. Ausschreibungsmodelle)
- Rahmenbedingungen für **Offshore-Produktion** (z. B. Ausweisung von Flächen)
- Vorantreiben **der Verzahnung von Strom-, Wärme- und Gasinfrastrukturen**
- Ausbau des **Wasserstoff-tankstellennetzes**

Forschung, Bildung und Innovation

- **Wasserstoff-Roadmap** mit internationaler Leitwirkung
- **Demonstrationsprojekte** zu „grünem“ Wasserstoff
- Fachübergreifende **Forschungsoffensive** „Wasserstofftechnologien 2030“
- **Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen** mit Leitprojekt zur wissenschaftlichen Politikberatung
- Unterstützung des Flightpath 2050 durch das **Luftfahrtforschungsprogramm**
- Fortsetzung der **Fördermaßnahmen im Maritimen Forschungsprogramm**
- Berufliche und wissenschaftliche **Aus- und Weiterbildungen**

Anwendungsbereiche

Verkehr:

- Umsetzung der **EU-Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED II)**
- Fortsetzung **Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstofftechnologie (NIP)**
- Einsatz **synth. Kraftstoffe** im **Luftverkehr** (Quote von min. 2% in 2030)

Industrie:

- Fördermaßnahmen im Rahmen des **Innovationspakts Klimaschutz**
- Pilotprogramm für **Carbon Contracts for Difference** in der Stahl- und Chemieindustrie

Wärme:

- Fortsetzung **Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)**
- Prüfung der **Förderung von „Wasserstoff-readiness“-Anlagen (KWKG)**

Internationaler Wasserstoffmarkt

- **Standards** für **CO₂-freien Wasserstoff** und PtX-Produkte
- **Gründung** einer **europäischen Wasserstoff-gesellschaft** zur Förderung und Erschließung
- Schaffung eines neuen „**Important Project of Common European Interest**“
- Beschleunigte **Umsetzung** der **EU-Wasserstoff-Initiativen** sowie Unterstützung der **Ausarbeitung** eines **Grünbuchs** zur inhaltlichen Vorschattierung einer EU-Wasserstoffstrategie
- **Integration** von Wasserstoff in bestehende und auch neue **Energiepartnerschaften**
- Erstellung von **Potentialatlanten**
- **Pilotvorhaben** auch in **Partnerländern** der deutschen **Entwicklungs-zusammenarbeit**

Europäische Wasserstoffstrategie

Die EU-Kommission möchte Europa als Wasserstoff-Vorreiter positionieren und damit auch eine erfolgreiche Dekarbonisierung Europas bis 2050 ermöglichen.

Inhalte der Strategie

- Phase 1 (2020 – 2024)
 - **6 GW** Elektrolyseur-Kapazität (1 Mio. t. H₂)
 - „Scale Up“ für Elektrolyse mit bis zu 100 MW Kapazität
 - Aufrüstung der bestehenden Anlagen zur Dampfreformierung mit CCS
- Phase 2 (2025 – 2030)
 - **Min. 40 GW** Elektrolyseur-Kapazität (10 Mio. t. H₂)
 - Wasserstoff soll langsam wettbewerbsfähig gegenüber fossilen H₂-Alternativen werden
 - Bildung von „Hydrogen Valleys“ bzw. „H₂-Ökosystemen“
- Phase 3 (2030 – 2050)
 - **Marktreife** von grünem Wasserstoff
 - Einsatz in Sektoren welche schwer oder gar nicht via Elektrifizierung dekarbonisiert werden können
- **Europaweite Zertifikate** für erneuerbaren und CO₂-armen Wasserstoff
- **European Clean Hydrogen Alliance** als Branchennetzwerk für Identifikation von Investmentmöglichkeiten und aktive Begleitung der Wasserstoffwirtschaft

Gegenüberstellung

Europäische Wasserstoffstrategie

Fokus auf grünen Wasserstoff ABER:

- Aufrüsten der Anlagen zur Dampfreformierung von Erdgas mit CCS (Produktion von blauem Wasserstoff)
- Dies kann für Hemmung des grünen Wasserstoffes sorgen

Industrie spielt große Rolle

Offener Umgang mit Technologieeinsatz bei Kraftstoffen

40 GW bis 2030

Nationale Wasserstoffstrategie

Fokus auf grünen Wasserstoff (Abkehr von blauem Wasserstoff)

- Entwicklung von Märkten und Angebot ungewiss bei Konkurrenz von grünem und blauem Wasserstoff

Verkehr spielt große Rolle

Große Förderung von synthetischen Kraftstoffen

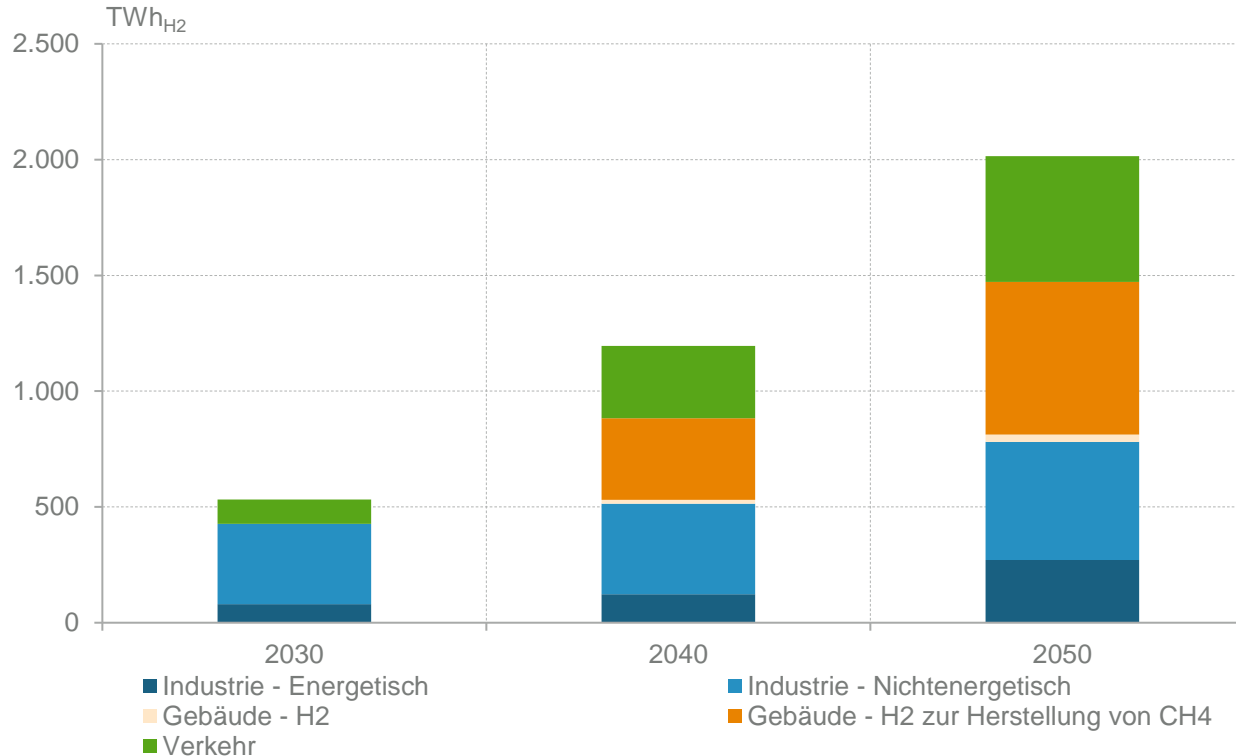
5 GW bis 2030

Wasserstoffbedarf 2050 EU 28

Szenario A & Szenario B H₂-Bedarf – EU



Dargestellt sind die Wasserstoff-Bedarfe sämtlicher H₂-Anwendungen in der EU / Dazu zählen die Bereiche Industrie (energetisch & nichtenergetisch), Verkehr und Gebäude



- Der energetische Bedarf der Industrie wird vornehmlich durch Prozesswärmeanwendungen getrieben und steigt bis 2050 auf 270 TWh
- Die nichtenergetischen H₂-Bedarfe steigen auf bis zu 511 TWh in 2050 und sind hauptsächlich durch die Erschließung neuer Anwendungen, wie die Direktreduktion bei der Eisenherstellung in der Stahlindustrie getrieben
- Der H₂-Bedarf im Verkehr steigt bis 2030 auf 106 TWh und bis 2050 bis auf 543 TWh und erhöht sich somit zwischen 2030 und 2050 um mehr als das 5-fache
- Die energetischen Anwendungspotenziale von strombasierten grünen Gasen werden ab 2040 erschlossen
- Der Anteil von strombasiertem CH₄ beträgt 95 % und der von H₂ 5 % gemessen am gesamten dekarbonisierbaren Wärmebedarf in der EU

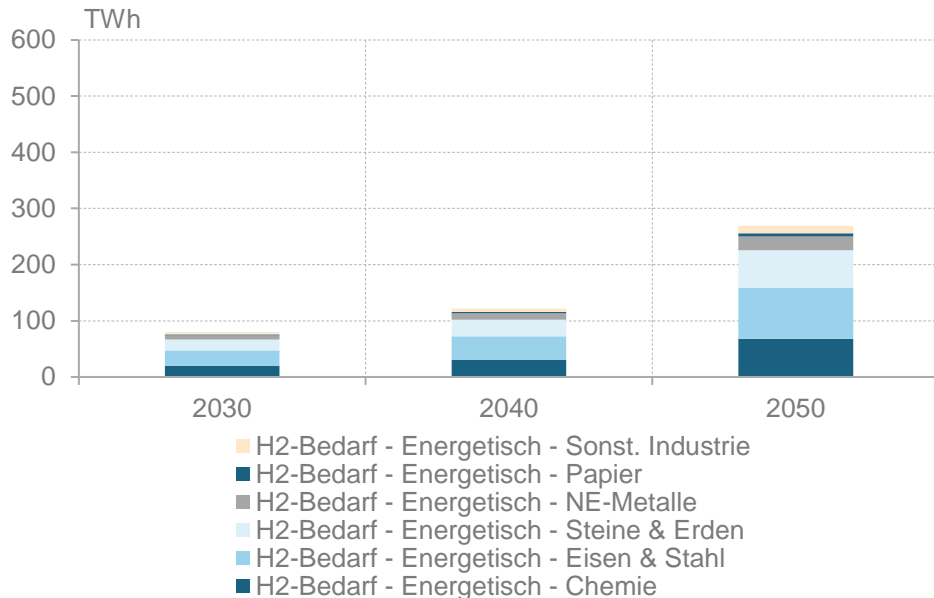
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario A & Szenario B H₂-Bedarf Industrie – EU-28



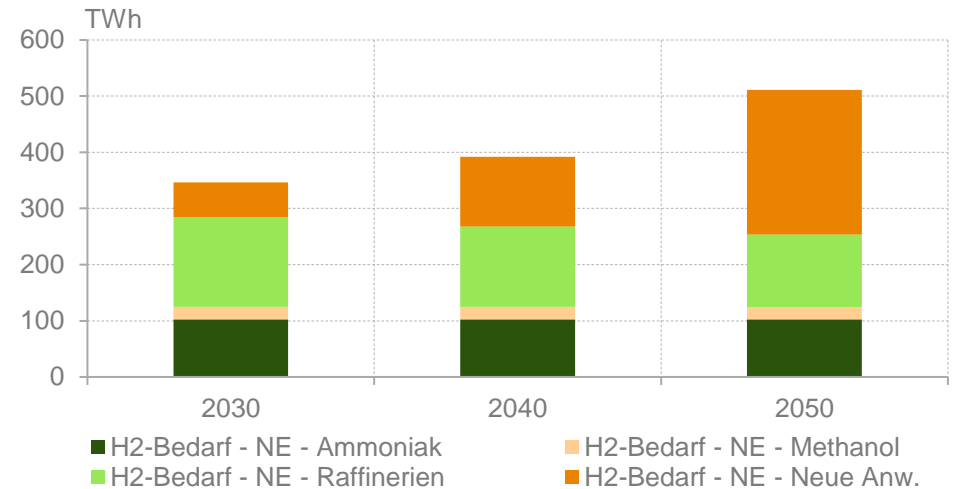
Dargestellt ist die Gesamtentwicklung des H₂-Energiebedarfs in der Industrie / Dieser wird getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

H₂-Bedarf – Energetisch Industrie



- Nachfrage von Wasserstoff zur energetischen Anwendung steigt auf 120 TWh in 2030 und 270 TWh in 2050
- Hauptsächliches Anwendungsfeld der energetischen Nutzung von Wasserstoff ist zur Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme

H₂-Bedarf – Nichtenergetisch Industrie



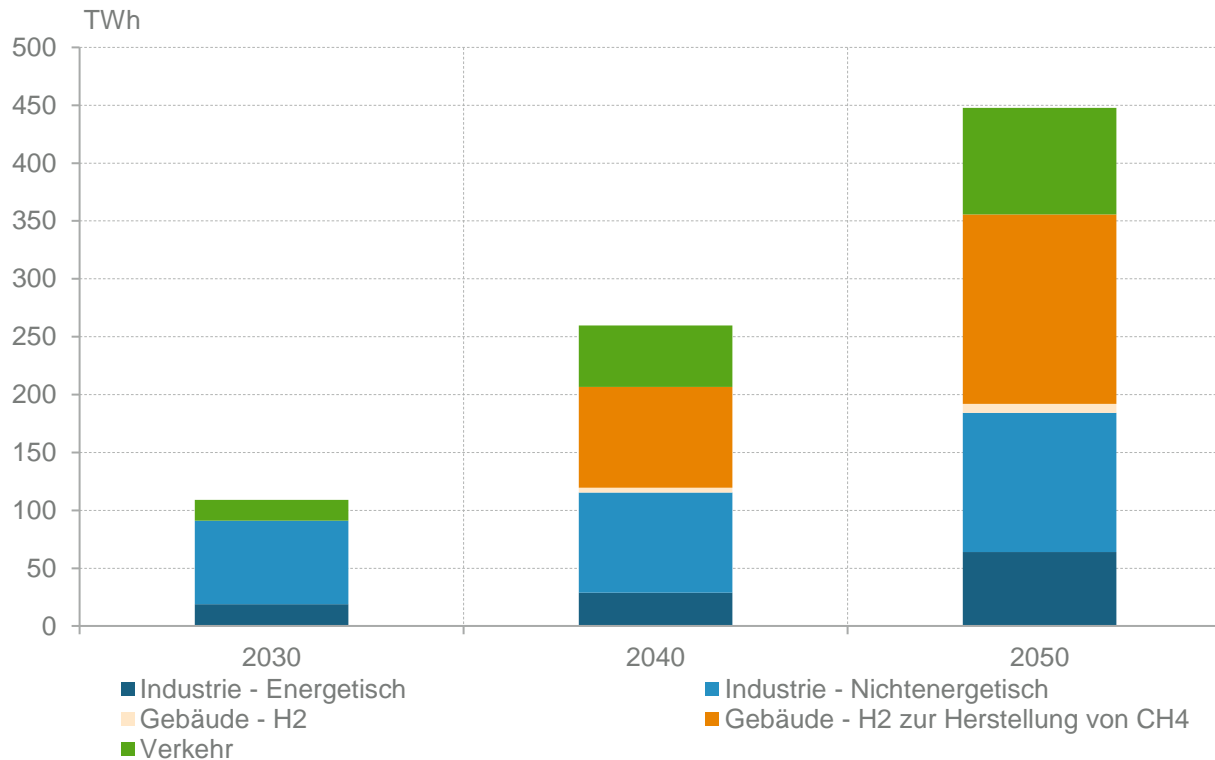
- Rückläufiger H₂-Bedarf in Raffinerien im Zuge sinkender Mineralölverarbeitung
- Konstanter H₂-Bedarf in den Feedstock-Bereichen Ammoniak und Methanol
- Erschließung von H₂-Potenzialen zur Dekarbonisierung der Stahlherstellung

Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario A & Szenario B H₂-Bedarf – Deutschland



Dargestellt sind die Wasserstoff-Bedarfe sämtlicher H₂-Anwendungen in Deutschland/ Dazu zählen die Bereiche Industrie (energetisch & nichtenergetisch), Verkehr und Gebäude



- Der energetische Bedarf der Industrie wird vornehmlich durch Prozesswärmeanwendungen getrieben und steigt bis 2050 auf 64 TWh
- Die nichtenergetischen H₂-Bedarfe steigen auf bis zu 70 TWh in 2050 und sind hauptsächlich durch die Erschließung neuer Anwendungen, wie die Direktreduktion bei der Eisenherstellung in der Stahlindustrie getrieben
- Der H₂-Bedarf im Verkehr steigt bis 2030 auf 18 TWh und bis 2050 bis auf 92 TWh und erhöht sich somit zwischen 2030 und 2050 um mehr als das 5-fache
- Die energetischen Anwendungspotenziale von strombasierten grünen Gasen werden ab 2040 erschlossen
- Der Anteil von strombasiertem CH₄ beträgt 95 % und der von H₂ 5 % gemessen am gesamten dekarbonisierbaren Wärmebedarf in der EU

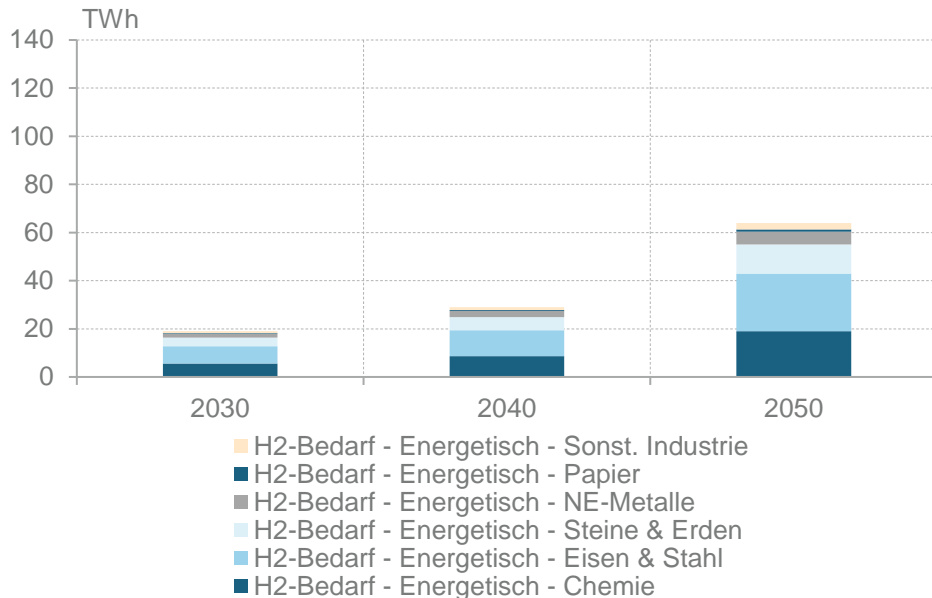
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario A & Szenario B H₂-Bedarf Industrie – DE



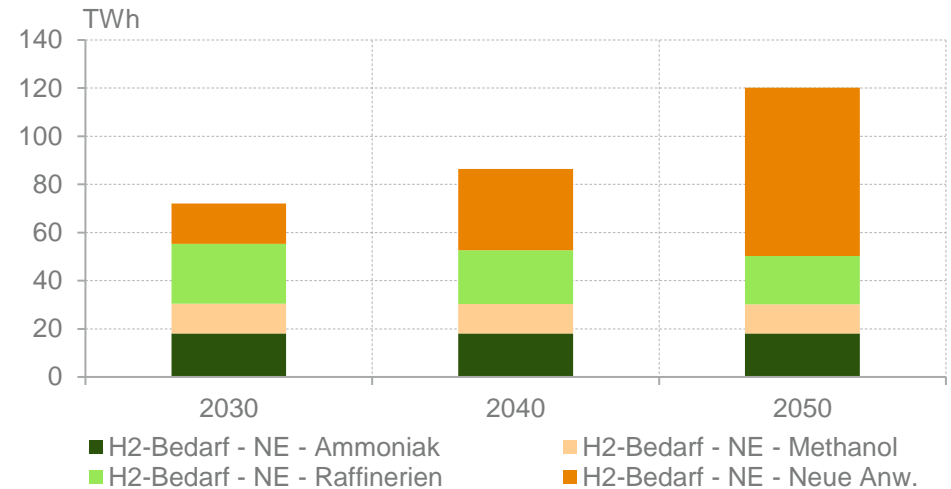
Dargestellt ist die Gesamtentwicklung des H₂-Energiebedarfs in der Industrie / Dieser wird getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

H₂-Bedarf – Energetisch Industrie



- Nachfrage von Wasserstoff zur energetischen Anwendung steigt auf 19 TWh in 2030 und 64 TWh in 2050
- Hauptsächliches Anwendungsfeld der energetischen Nutzung von Wasserstoff ist zur Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme

H₂-Bedarf – Nichtenergetisch Industrie



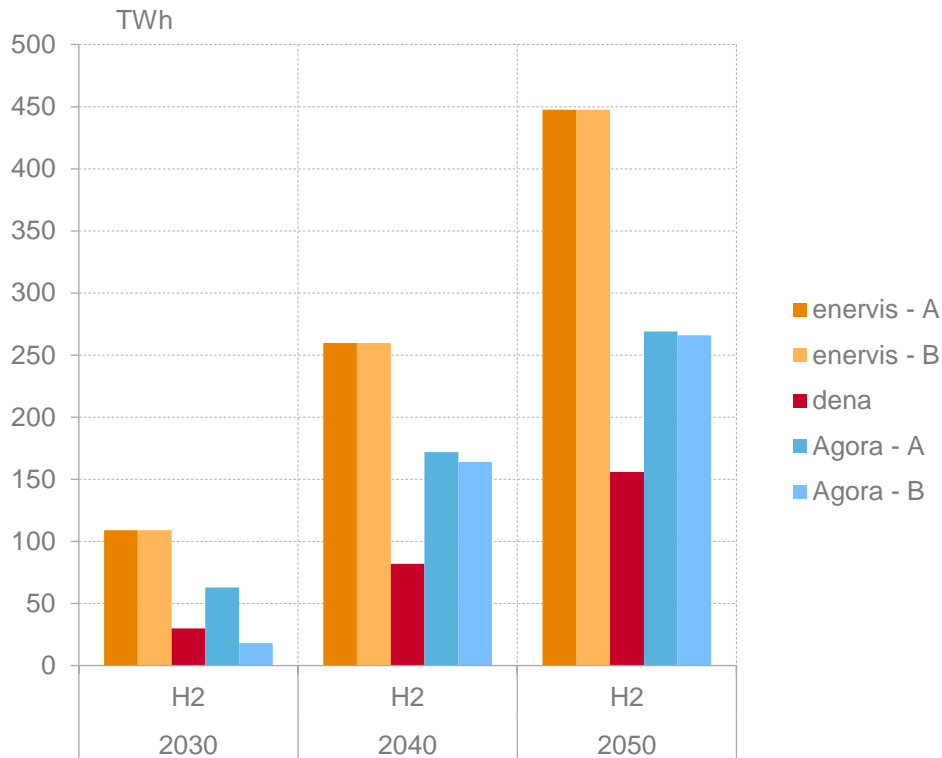
- Rückläufiger H₂-Bedarf in Raffinerien im Zuge sinkender Mineralölverarbeitung
- Konstanter H₂-Bedarf in den Feedstock-Bereichen Ammoniak und Methanol
- Erschließung von H₂-Potenzialen zur Dekarbonisierung der Stahlherstellung

Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

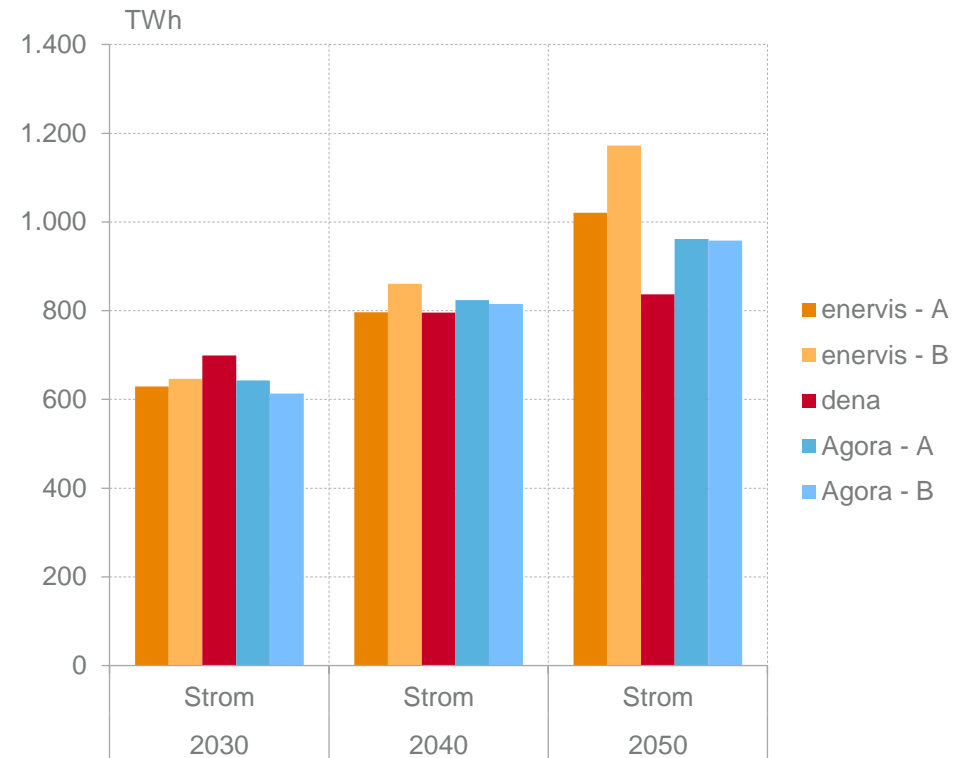
Studienvergleich – Annahmen zu Wasserstoff- & Strombedarf

Anmerkungen: In Agora-Studie nur Elektrolysewasserstoff / In dena-Studie kein H2 für CH4

H2-Studienvergleich



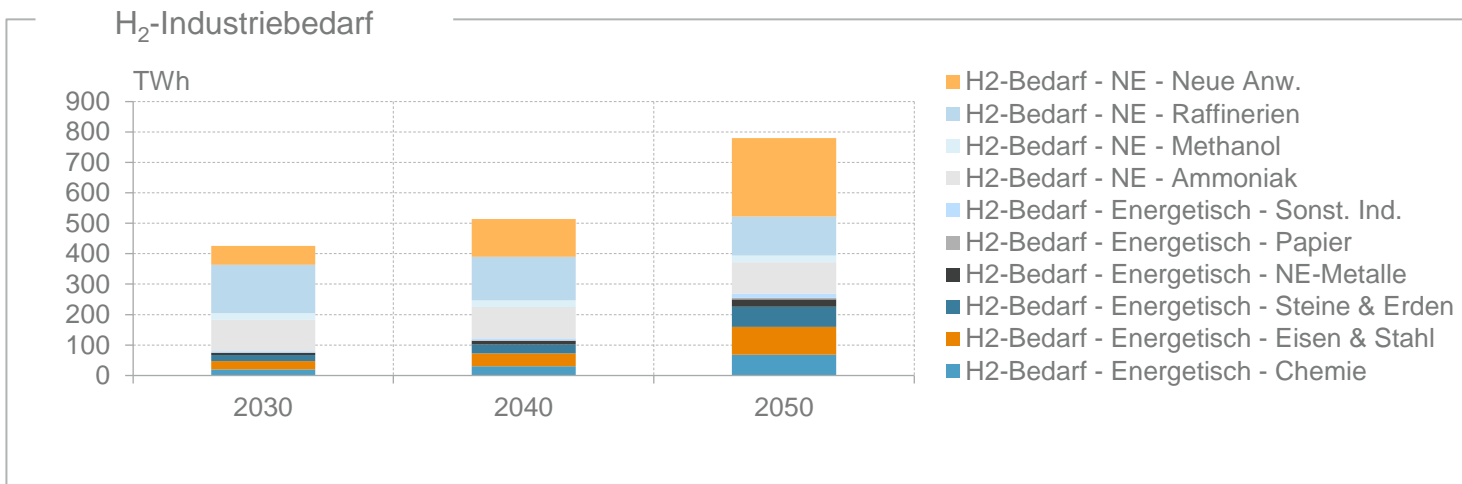
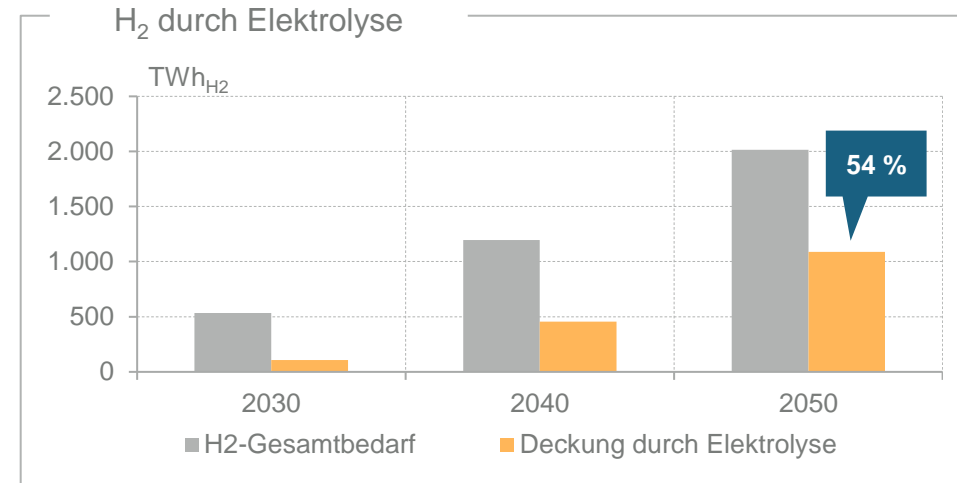
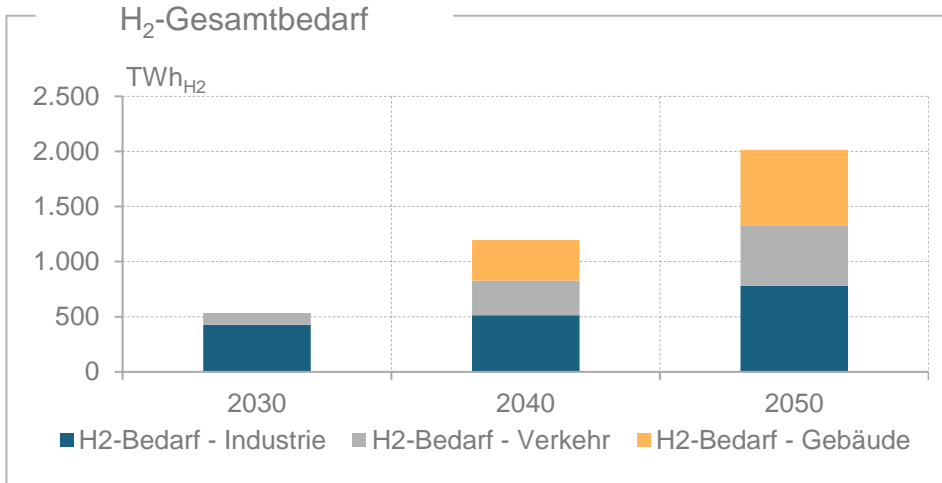
Strom-Studienvergleich



Szenario A H₂-Bedarf – EU-28



H₂-Energiebedarf getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

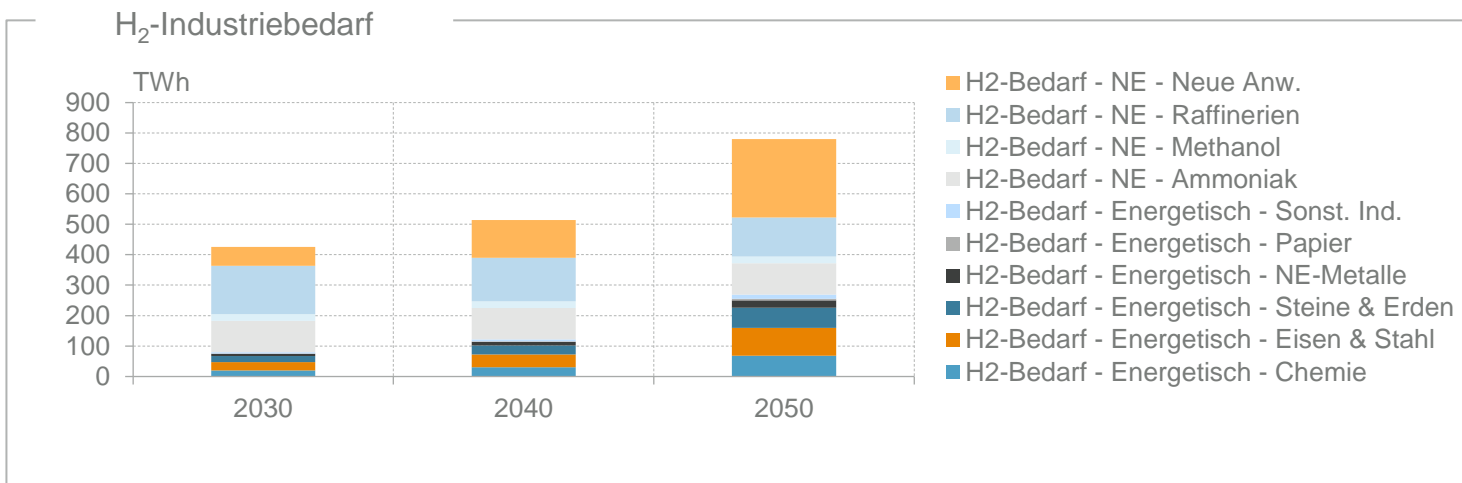
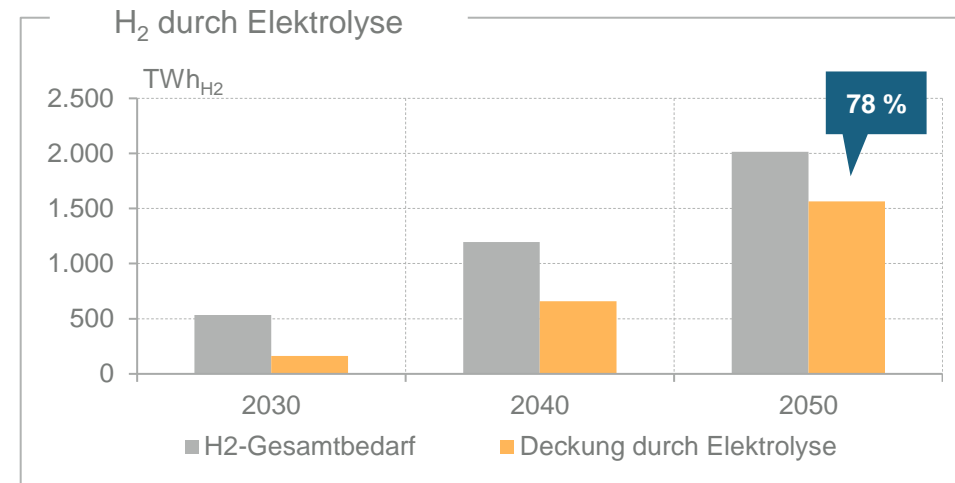
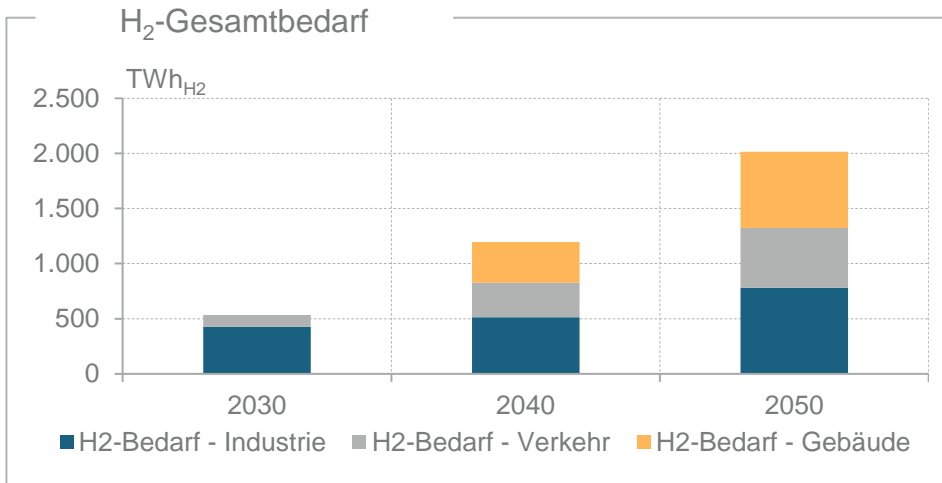


Quellen: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario B H₂-Bedarf – EU-28



H₂-Energiebedarf getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

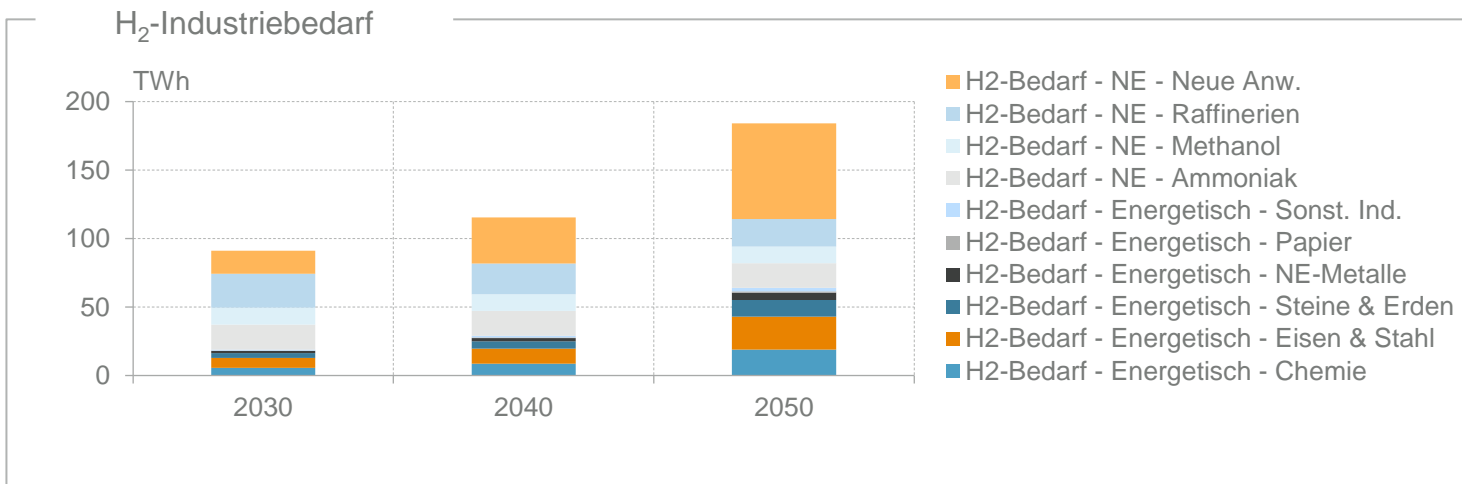
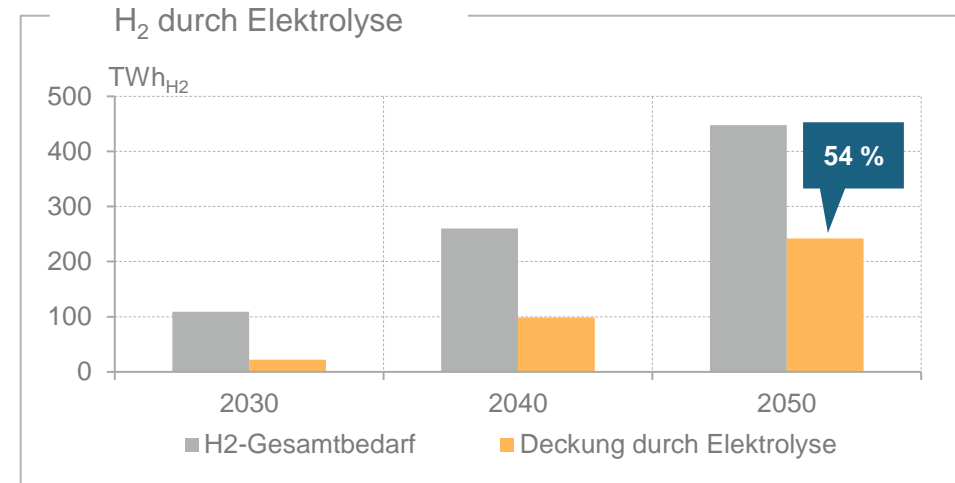
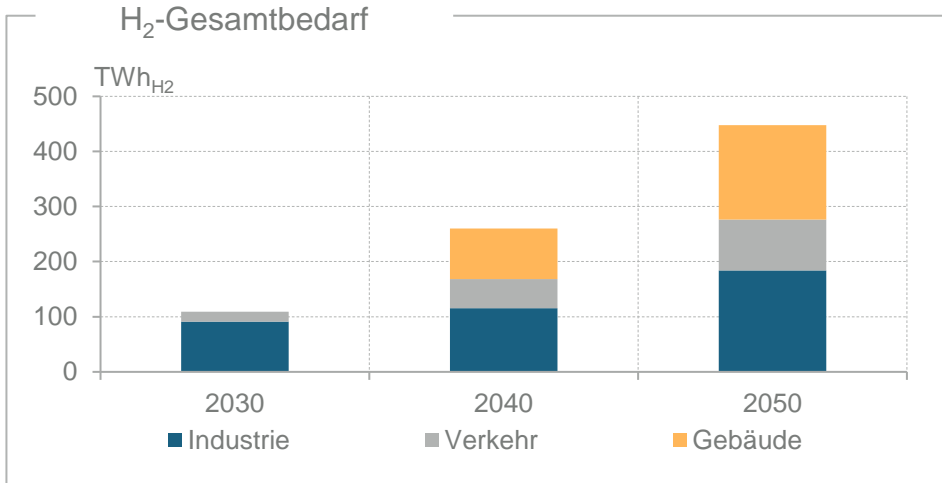


Quellen: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario A H₂-Bedarf – Deutschland



H₂-Energiebedarf getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

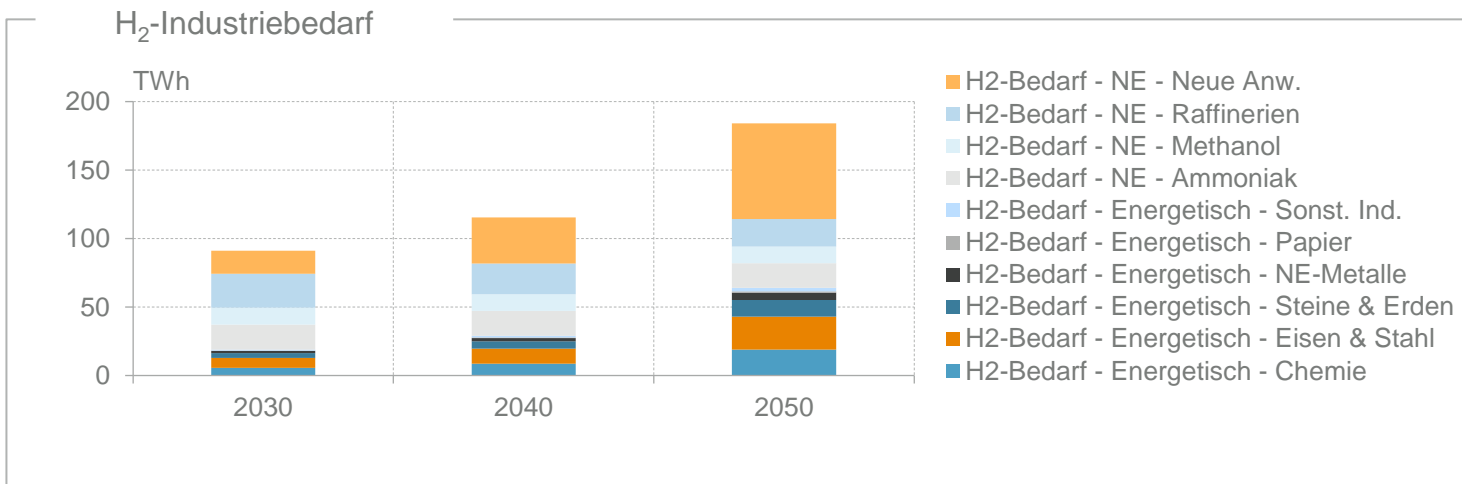
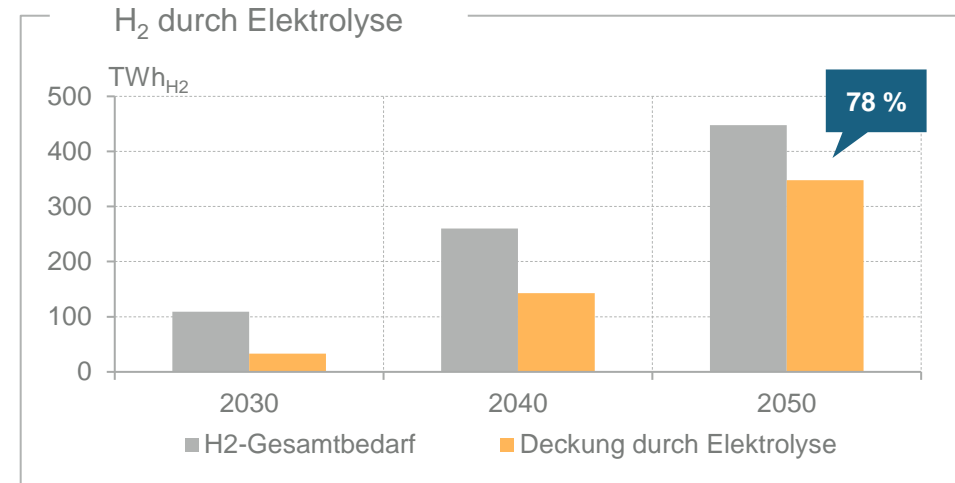
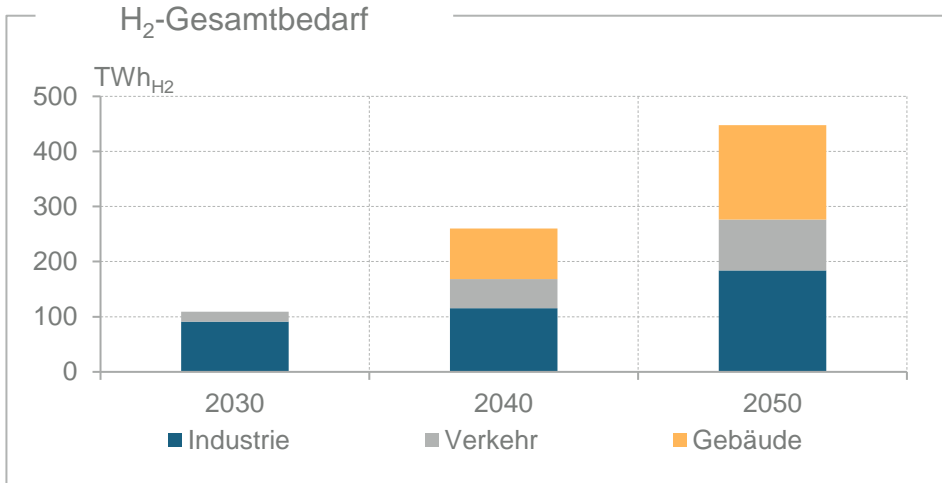


Quellen: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario B H₂-Bedarf – Deutschland



H₂-Energiebedarf getrieben durch die Entwicklung von bereits existierenden Anwendungen im nichtenergetischen Bereich sowie neuen Anwendungen für Hochtemperatur Prozesswärme und Stahl

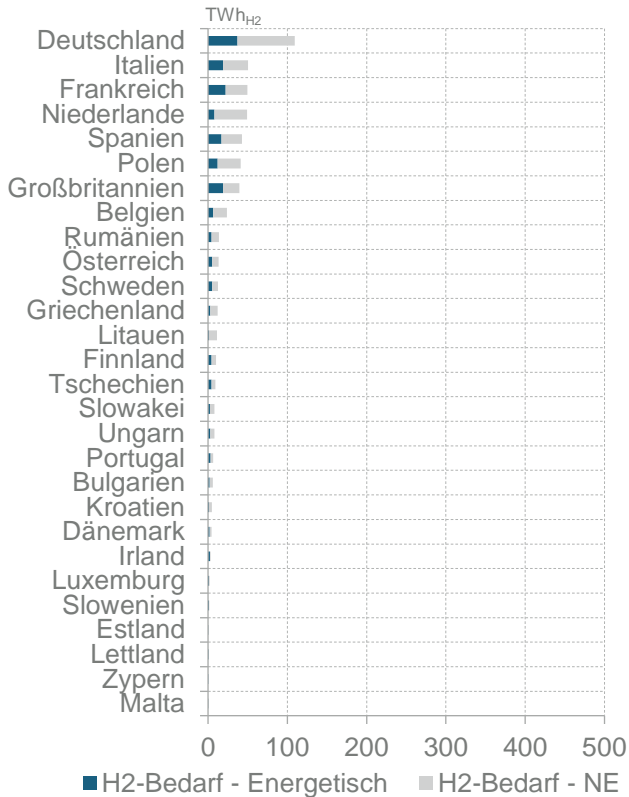


Quellen: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

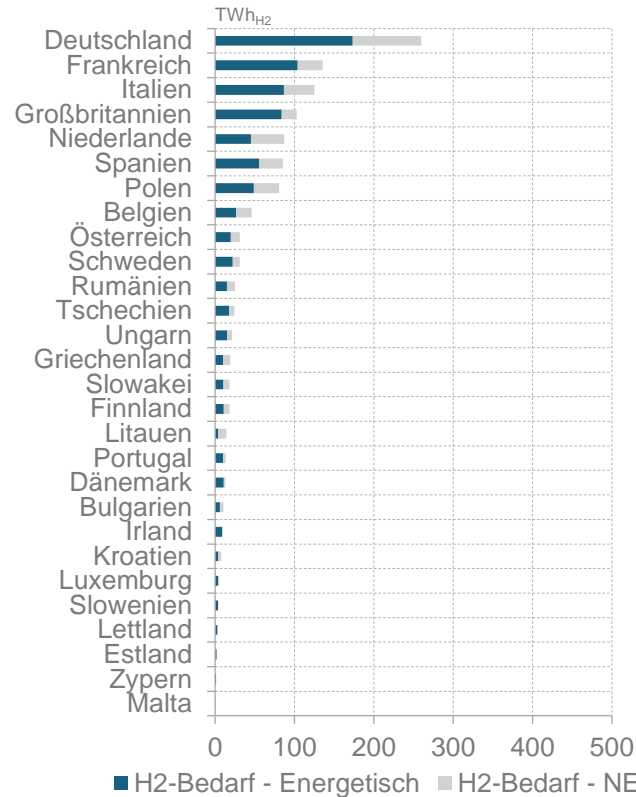
Szenario A & Szenario B H₂-Bedarf – EU-28 je Land

Der Anstieg des Wasserstoffbedarfs in Europa wird vor allem durch die **Erschließung energetischer Hochtemperaturanwendungen in der Prozesswärme im Industrie-segment** sowie durch **neue Anwendungen im Gebäude und Verkehrssegment** getrieben

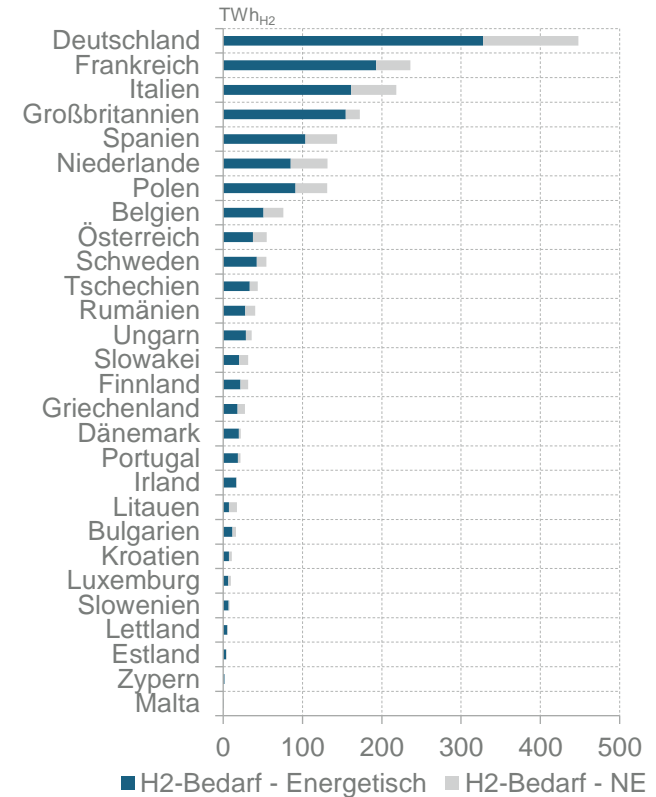
H₂ - Bedarf 2030



H₂ - Bedarf 2040



H₂ - Bedarf 2050



Quellen: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Prämissen Wasserstoffbedarf in der Studie

Quellen

Sektor	Quelle
Industrie	
Energetische Anwendungen	u.a. dena Leitstudie (2018): Integrierte Energiewende
Nichtenergetische Anwendungen - Ammoniak	u. a. USGS (2020): Minerals Yearbook 2017, Öko-Institut (2014): Prüfung der klimapolitischen Konsistenz und der Kosten von Methanisierungsstrategien
Nichtenergetische Anwendungen - Methanol	u. a. JRC (2016): Techno-economic and environmental evaluation of CO2 utilisation for fuel production, Öko-Institut (2014): Prüfung der klimapolitischen Konsistenz und der Kosten von Methanisierungsstrategien
Nichtenergetische Anwendungen - Raffinerien	u. a. Öko-Institut (2014): Prüfung der klimapolitischen Konsistenz und der Kosten von Methanisierungsstrategien
Nichtenergetische Anwendungen - Neue Anwendungen	Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH) (2019): Hydrogen Roadmap Europe / „Ambitious Scenario“ Szenarios
Verkehr	u. a. dena Leitstudie (2018): Integrierte Energiewende
Gebäude	STRATEGO (2015): Heat Roadmap 2050

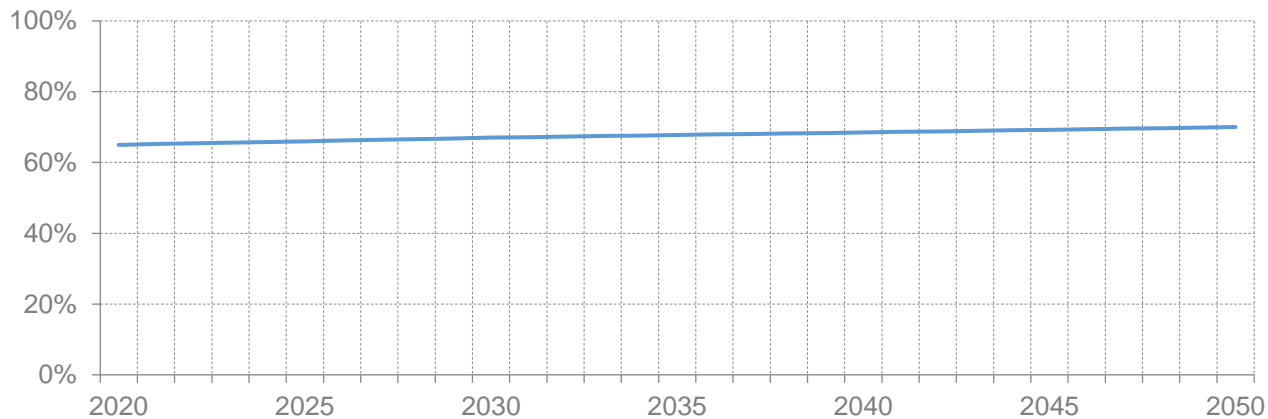
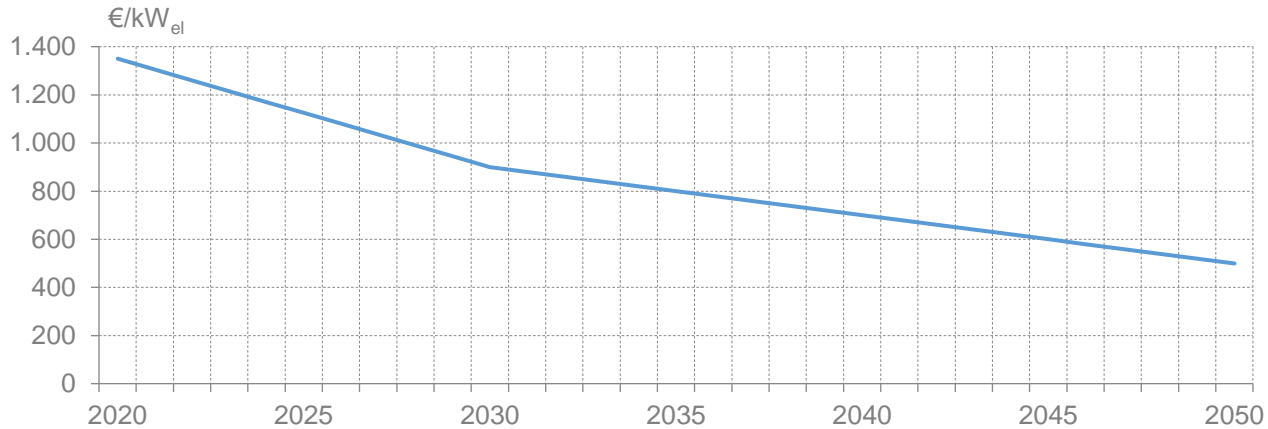
Erzeugungs- und Transportkosten von Wasserstoff

Erzeugungskosten von Wasserstoff

Parameter Elektrolyseur

Prämissen zur H₂-Elektrolyse

Die PEM-Elektrolyse wird direkt am Strommarkt eingesetzt oder entlang der Vollbenutzungsstunden der EE-Anlagen.



- Infolge weiterer Marktdurchdringung, zunehmenden Anwendungen und technologischen Fortschritts wird perspektivisch mit sinkenden spezifischen Investitionskosten (2020 1.350 €/kW; 2030 900 €/kW; 2040 700 €/kW; 2050 500 €/kW) für Elektrolyseure gerechnet. Zudem wird unterstellt, dass sich der Wirkungsgrad der Anlagen verbessert (2020 65%; 2030 67%; 2040 69%, 2050 70%).
- Betriebskosten: 3 % CAPEX
- Betriebsdauer: 20 Jahre
- Wirkungsgrad: Steigerung von 65 % (2020) auf 70 % (2050)
- Investitionskosten: eigene Annahmen/Berechnungen

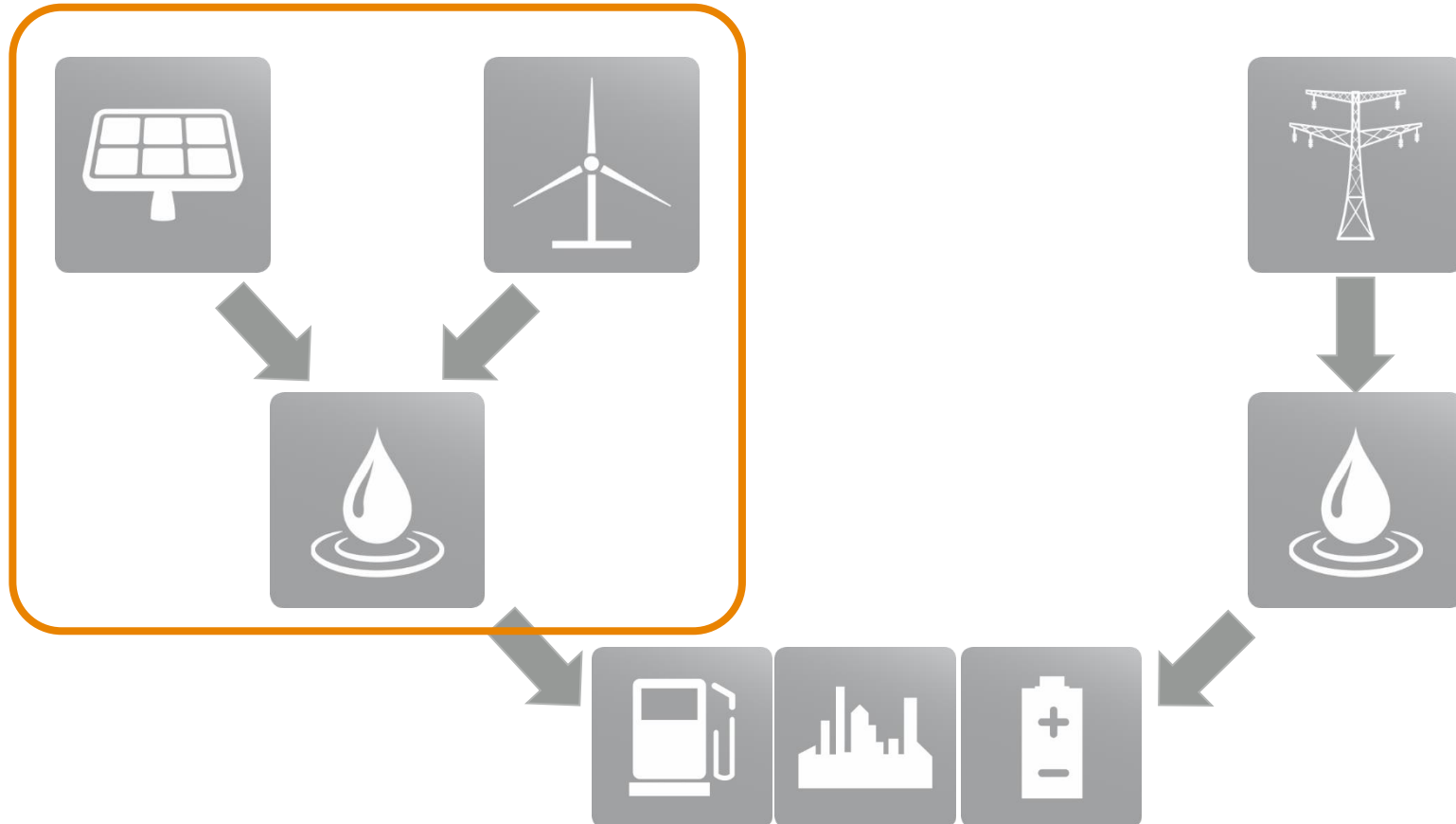
Beschaffungs- bzw. Gestehungskosten

Wasserstoffgestehungskosten

Grundsätzlich existieren zwei Wege zur Wasserstoffproduktion via Elektrolyse

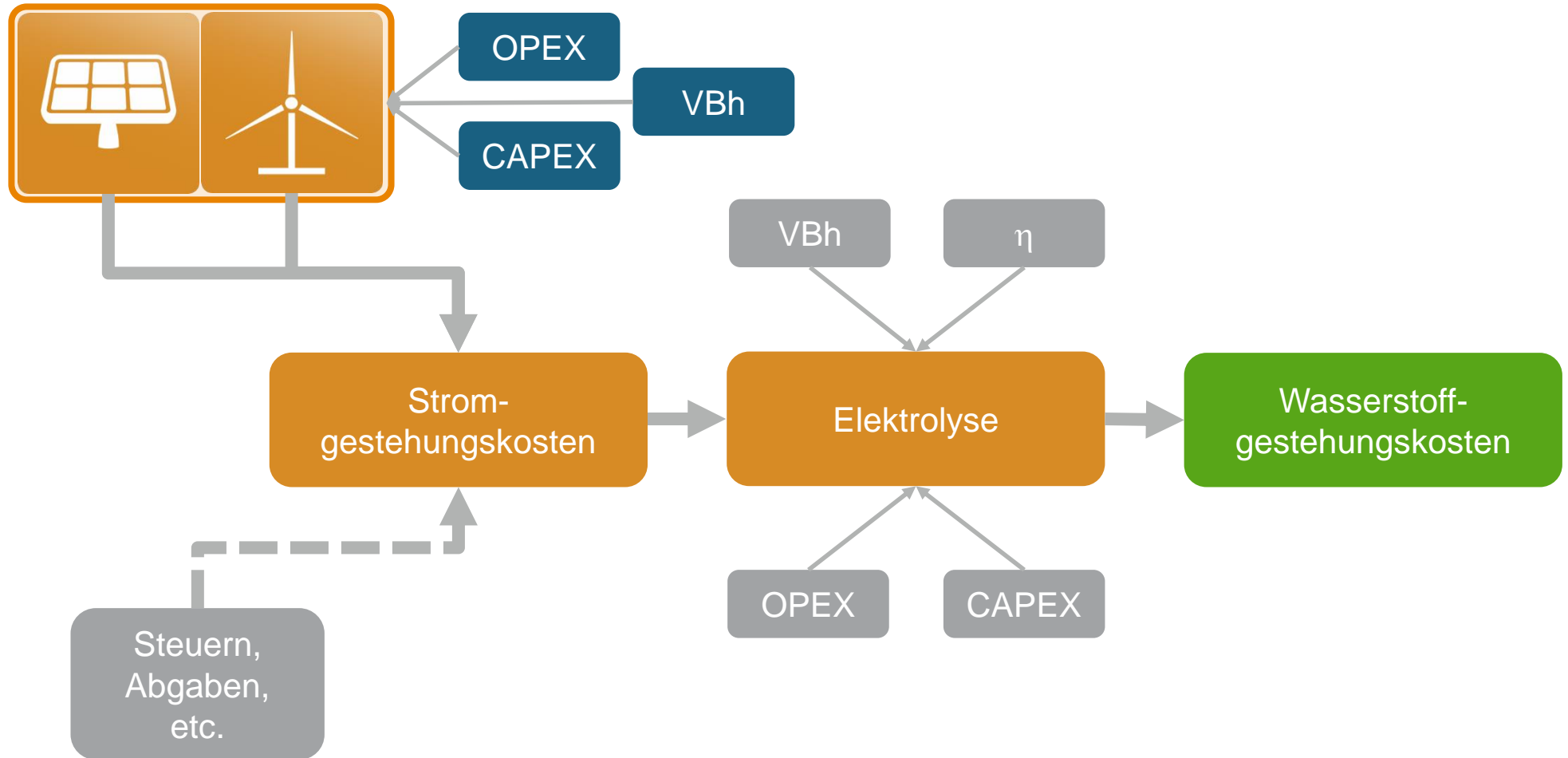
EE-Bezugsstrom

Strommarkt



Schematische Darstellung der Gesteungskosten

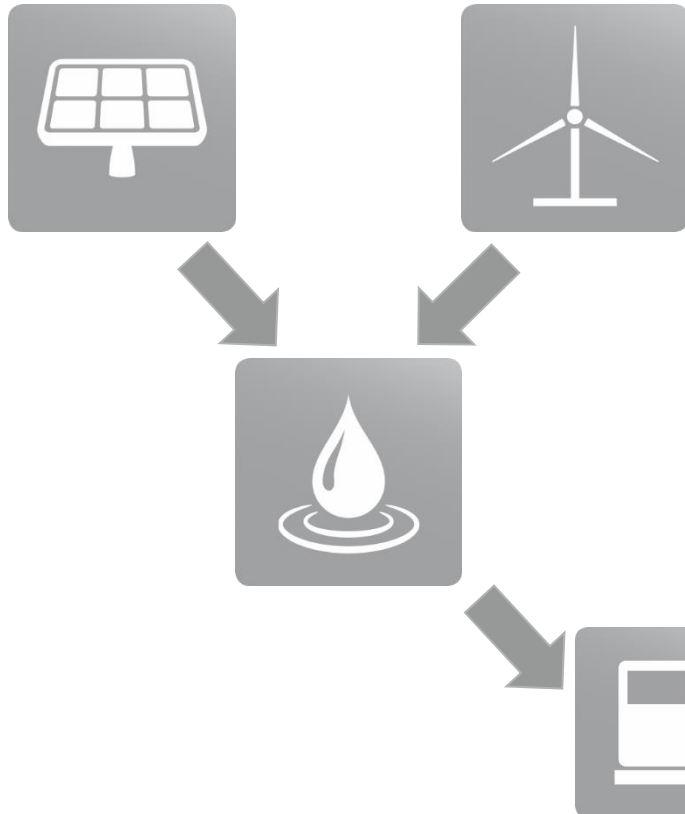
Direkter Einsatz des Elektrolyseurs an der EE-Erzeugungsanlage / „grüner“ Wasserstoff



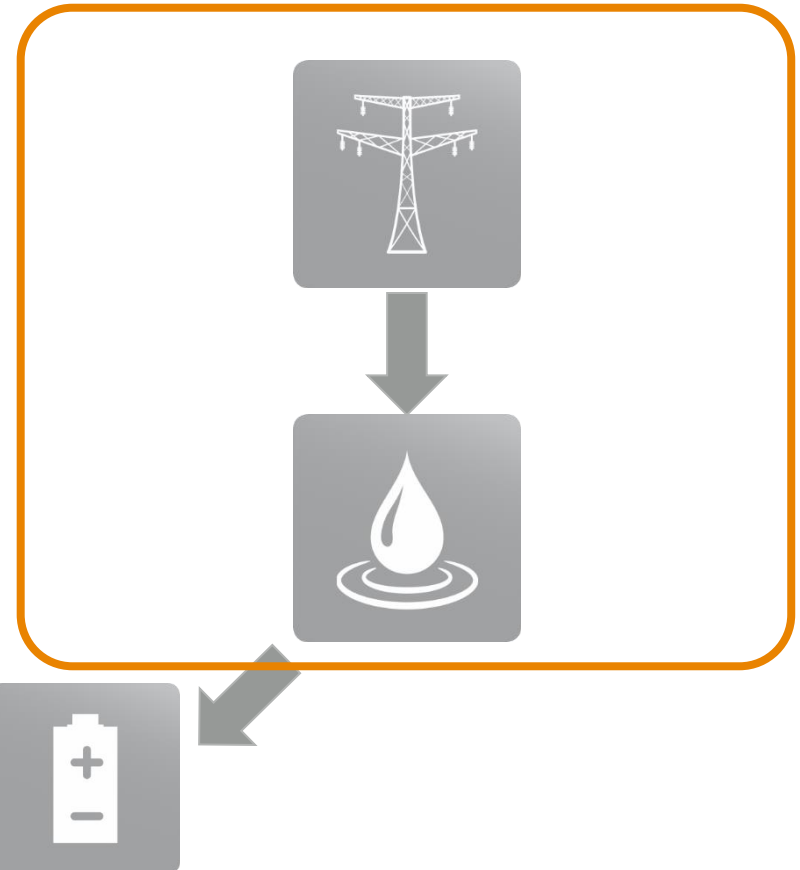
Wasserstoffgestehungskosten

Grundsätzlich existieren zwei Wege zur Wasserstoffproduktion via Elektrolyse

EE-Bezugsstrom

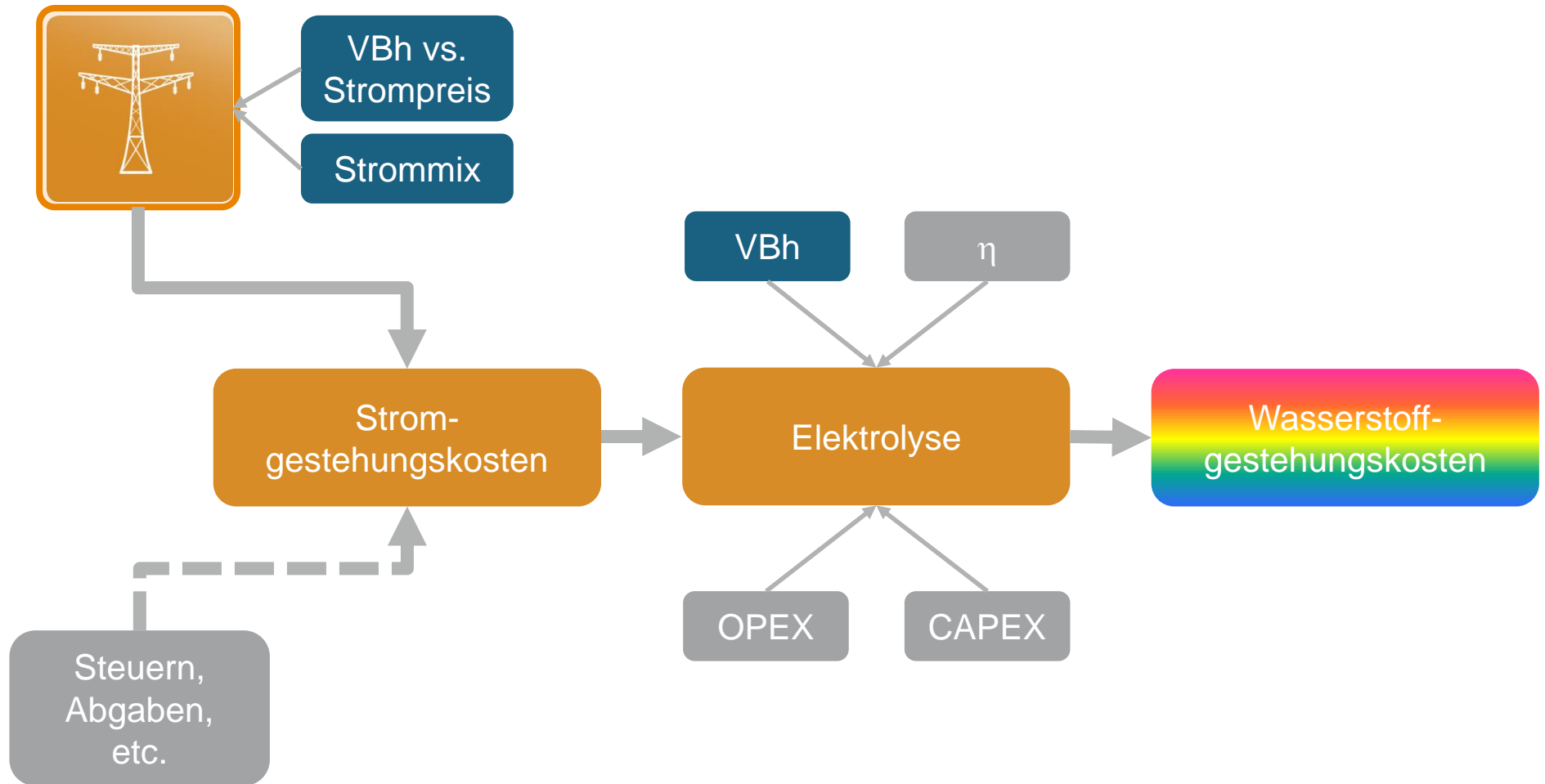


Strommarkt



Schematische Darstellung der Gestehungskosten

Direkter Einsatz des Elektrolyseurs am Strommarkt / „bunter“ Wasserstoff



Wasserstoffgestehungskosten

Zusammenfassung der Ergebnisse

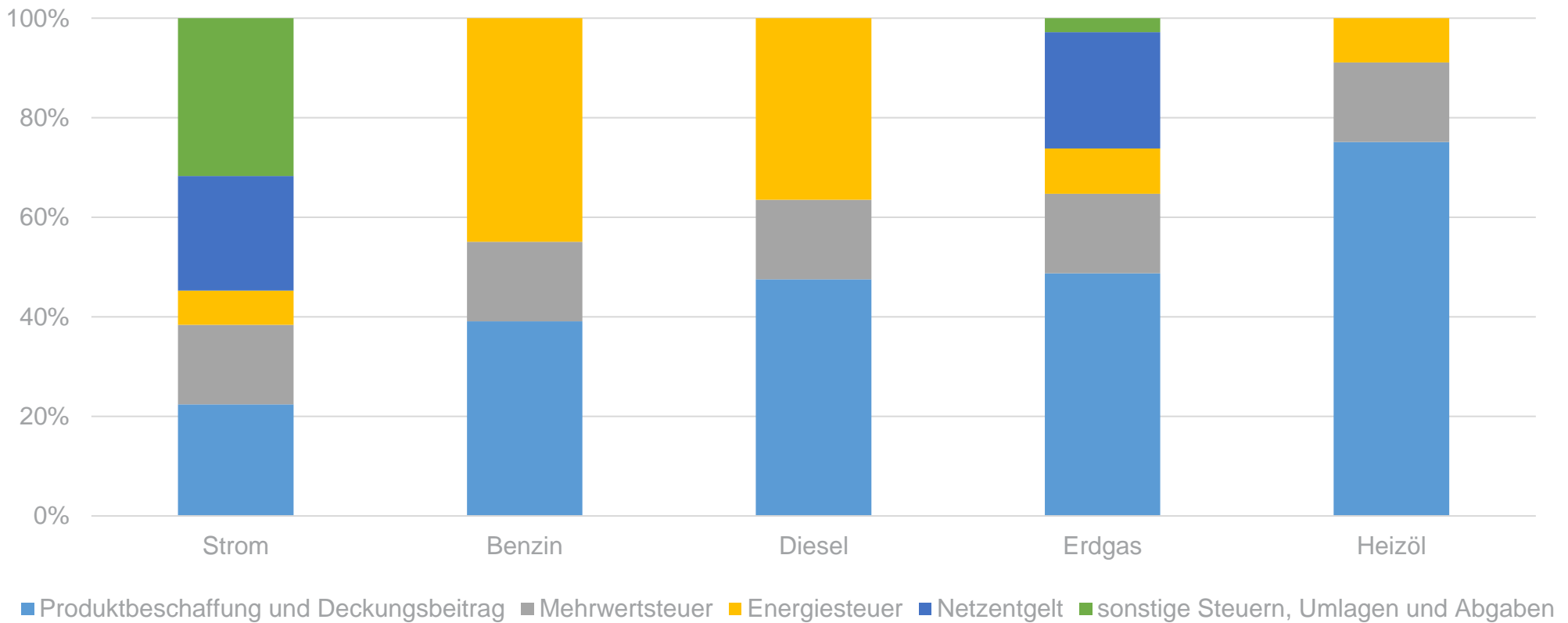
	EE-Anlagen	Großhandel
	<ul style="list-style-type: none">• 100 % erneuerbarer Bezugsstrom und somit grüner Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none">• Flexibler Einsatz und somit passgenaue Erzeugung• Möglichkeit von hohen Benutzungsstunden• Produktion vor Ort
	<ul style="list-style-type: none">• Kein flexibler Einsatz• Geringere Vollbenutzungsstunden• Zusätzliche Transportwege• Begrenztes Flächenpotenzial	<ul style="list-style-type: none">• Kein grüner Wasserstoff bei aktuellem Strommix

Steuern, Entgelte, Umlagen, etc.

Wasserstoffgestehungskosten

Deutschland Stand 2019 - Steuern, Entgelte, Umlagen, etc.

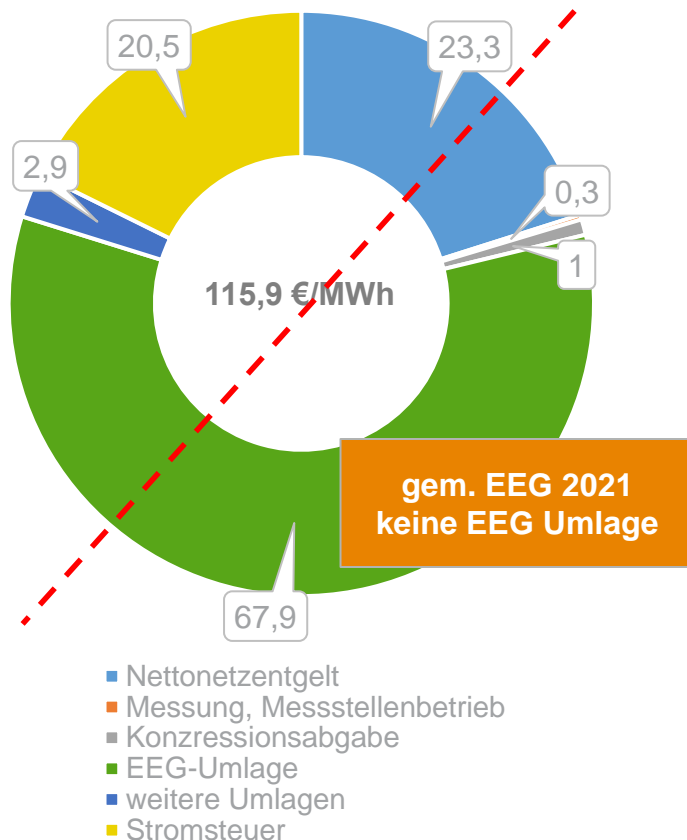
Staatliche Abgabenbelastung



Rahmenbedingungen für PtG

Steuern, Entgelte, Umlagen, etc.

Industriekundenpreis



Erläuterung

- Wasserstoffproduktion per Elektrolyse gilt als „Letztverbrauch“
- Netznutzungsentgelte entfallen für PtX (§ 118 Abs. 6 EnWG).
- EEG-Umlage entfällt nur bei anschließender Rückverstromung (§ 61l EEG 2017); Reduzierung bei Eigenverbrauch auf 40% möglich (§ 61b EEG 2017).
- Stromsteuer kann für ‚Produzierendes Gewerbe‘ auf Antrag erlassen werden (§ 9a Abs. 1 StromStG).
- Bei Direktlieferungen oder Eigenversorgung entfallen KWK-Umlage, Konzessionsabgaben, Offshore-Haftungsumlage, Umlage nach StromNEV sowie der Umlage für abschaltbare Lasten
- **Geplant: EEG-Novellierung soll für EEG-Umlagen-Befreiung des Bezugsstroms zur Produktion von grünem Wasserstoff sorgen**
 - Aktuell: Ausweitung der **Besonderen Ausgleichsregel** für stromintensive Unternehmen

Transportkosten von Wasserstoff

Wasserstofftransport (I)

Nordafrika: Transport per Pipeline (≈2.900 km) oder per Schiff vom Morocco Agadir Port im Westen von Marokko zum Hamburger Hafen (≈3.400 km) | Island: Transport per Schiff vom Hafnarfjordur Port zum Hamburger Hafen (≈2.200 km).

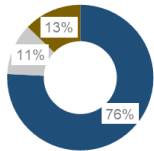
Nordafrika nach Deutschland

Schiff

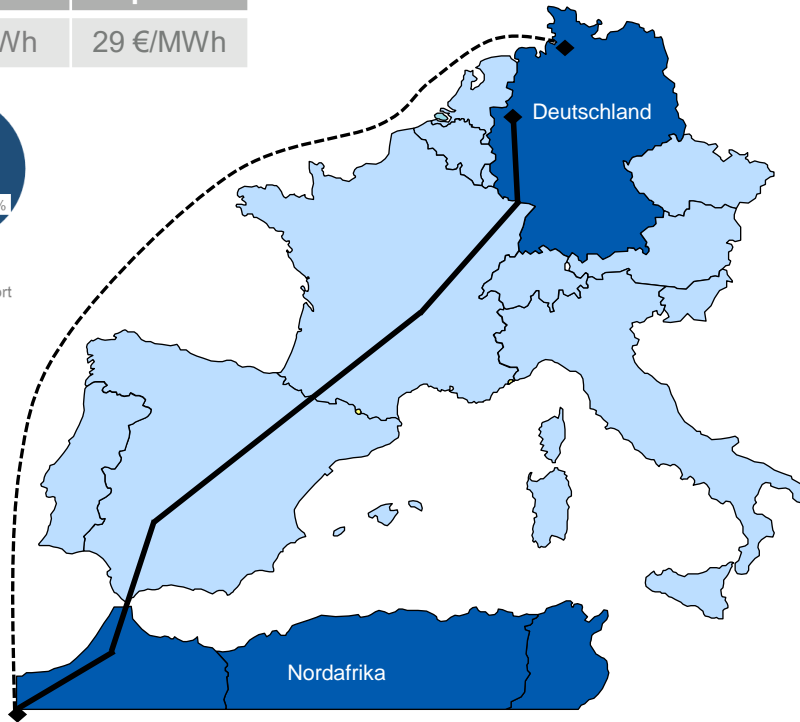
Pipeline

35 €/MWh

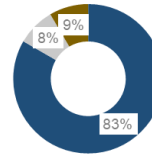
29 €/MWh



■ Verflüssigung
■ Speicherung
■ Schiffstransport



Island nach Deutschland



■ Verflüssigung
■ Speicherung
■ Schiffstransport



Schiff

Pipeline

27 €/MWh

-

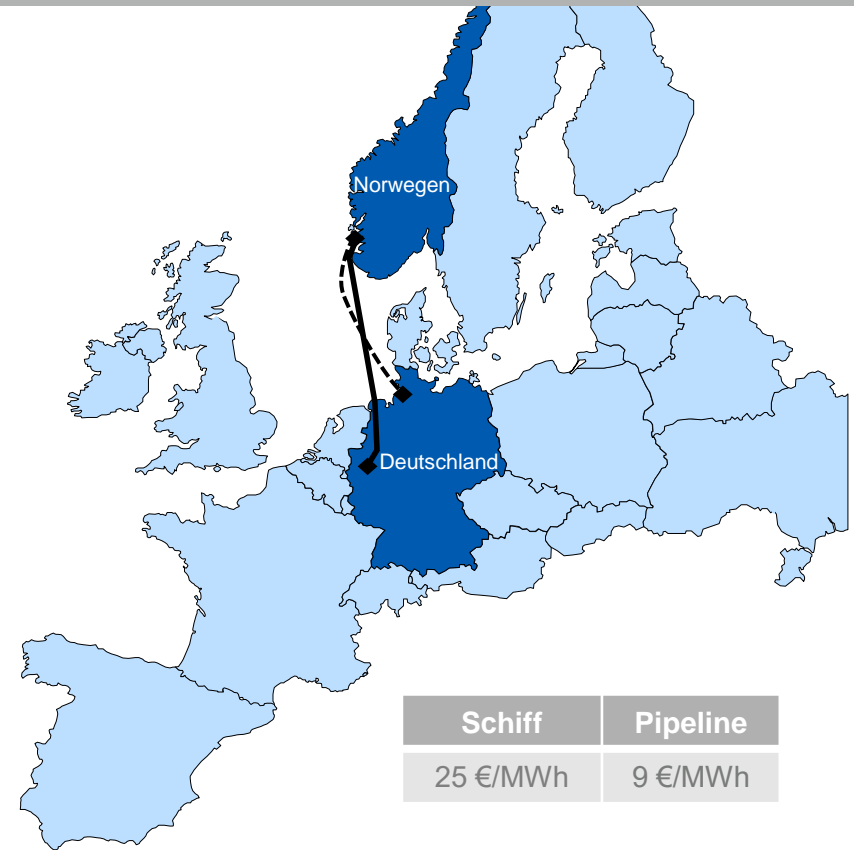
Wasserstofftransport (II)

Großbritannien: Transport per Pipeline (≈1.000 km) oder per Schiff vom Leith Port im Norden von Großbritannien zum Hamburger Hafen (≈900 km) | Norwegen: Transport per Pipeline (≈950 km) oder per Schiff vom Kårstø Port im Süden von Norwegen zum Hamburger Hafen (≈750 km).

Großbritannien nach Deutschland



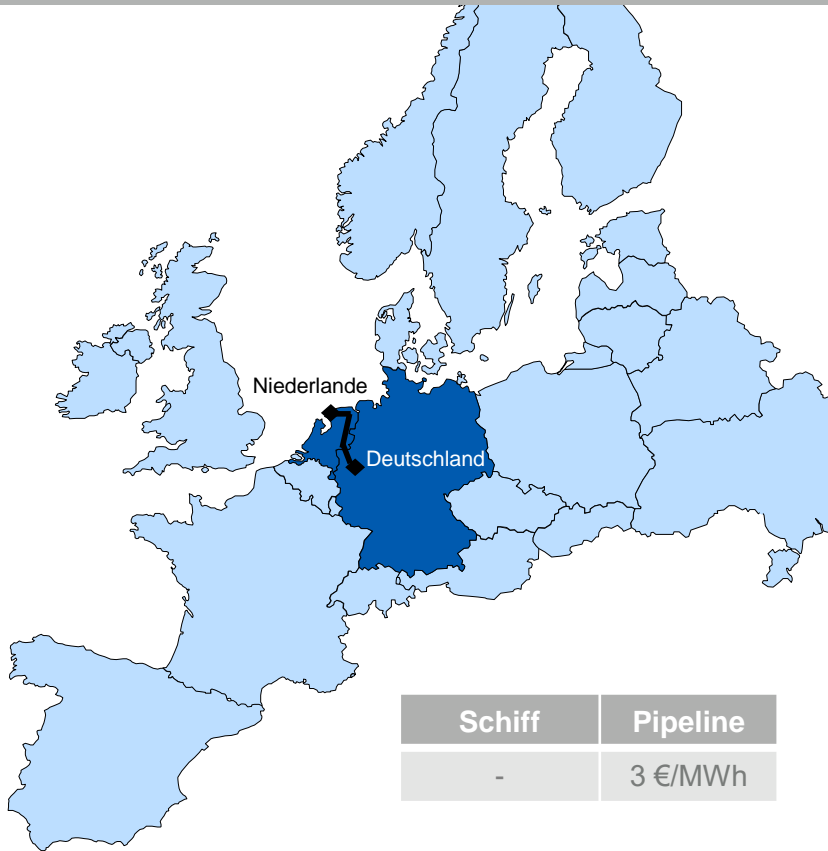
Norwegen nach Deutschland



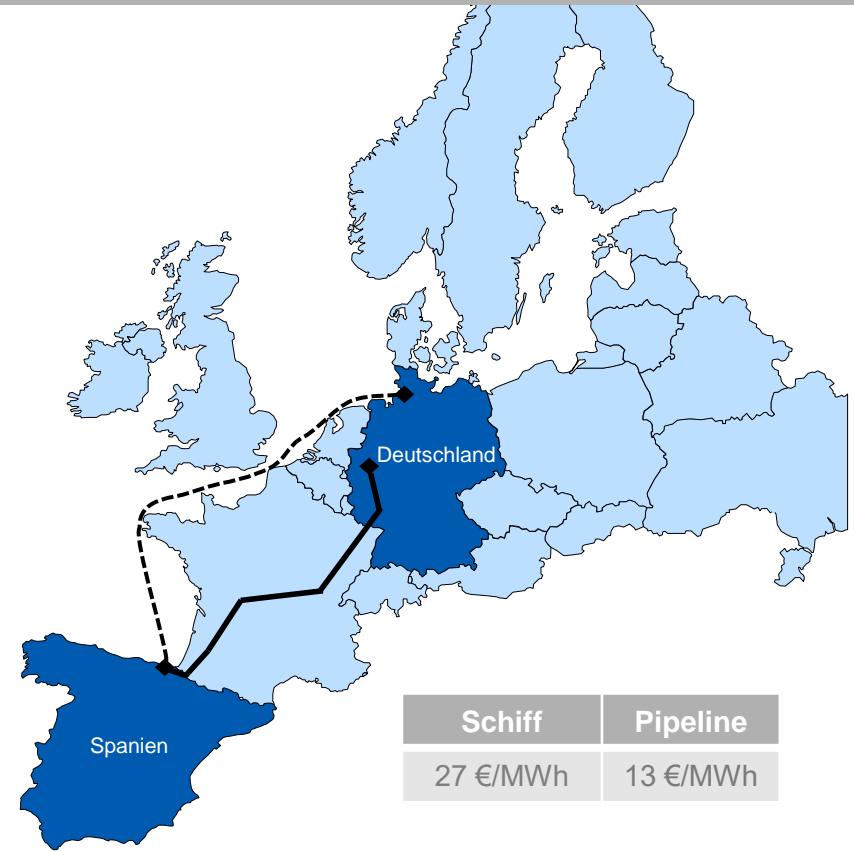
Wasserstofftransport (III)

Niederlande: Transport per Pipeline (≈ 300 km) | Spanien: Transport per Pipeline (≈ 1.450 km) oder per Schiff vom Bilbao Port zum Hamburger Hafen (≈ 1.900 km).

Niederlande nach Deutschland



Spanien nach Deutschland



Transportkosten – Wasserstoff

Hohe Kosten für die energieintensive Verflüssigung bevorteilen den gasförmigen Transport per Pipeline.

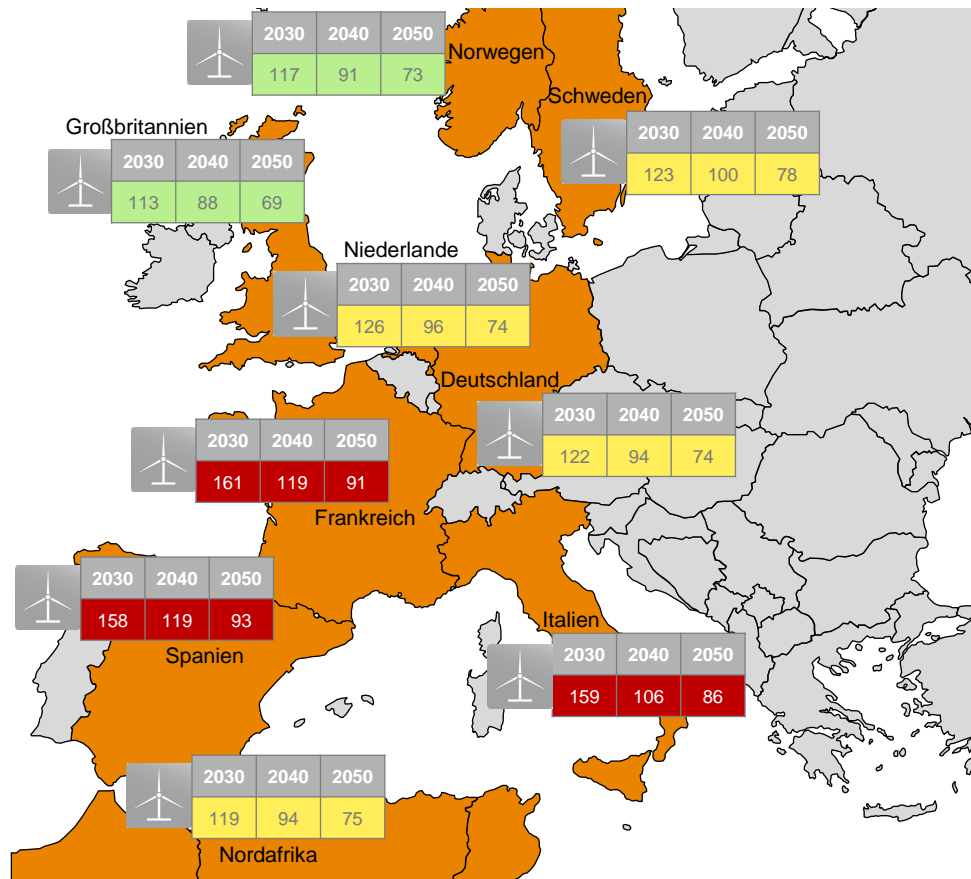
Wasserstofftransport		
Transportmittel	Schiff (flüssig)	Pipeline (gasförmig)
Nordafrika	35 €/MWh	29 €/MWh
Island	27 €/MWh	-
Großbritannien	26 €/MWh	9 €/MWh
Norwegen	25 €/MWh	9 €/MWh
Niederlande	-	3 €/MWh
Spanien	27 €/MWh	13 €/MWh

Gesamtkosten grüner Wasserstoff inkl. Transport

Grüner Wasserstoff – Import oder heimische Produktion?

Kein Einsatz der Elektrolyseure im Strommarkt | Versorgung der Elektrolyseure direkt durch eigens errichtete EE-Anlagen | Keine Entgelte, Umlagen, Steuern und Abgaben auf die Produktion | Ohne Transportkosten

Wasserstoffgestehungskosten* in €/MWh_{H2}



Erläuterung

- Die günstigste Wasserstoffproduktion erfolgt via Onshore Windenergie in UK
- Die teuerste Wasserstoffproduktion erfolgt via Windenergie in Spanien
- **Kostenstruktur wird maßgeblich beeinflusst von:**
 - Benutzungsstunden
 - Wirkungsgrad
 - Kapitalkosten (WACC)

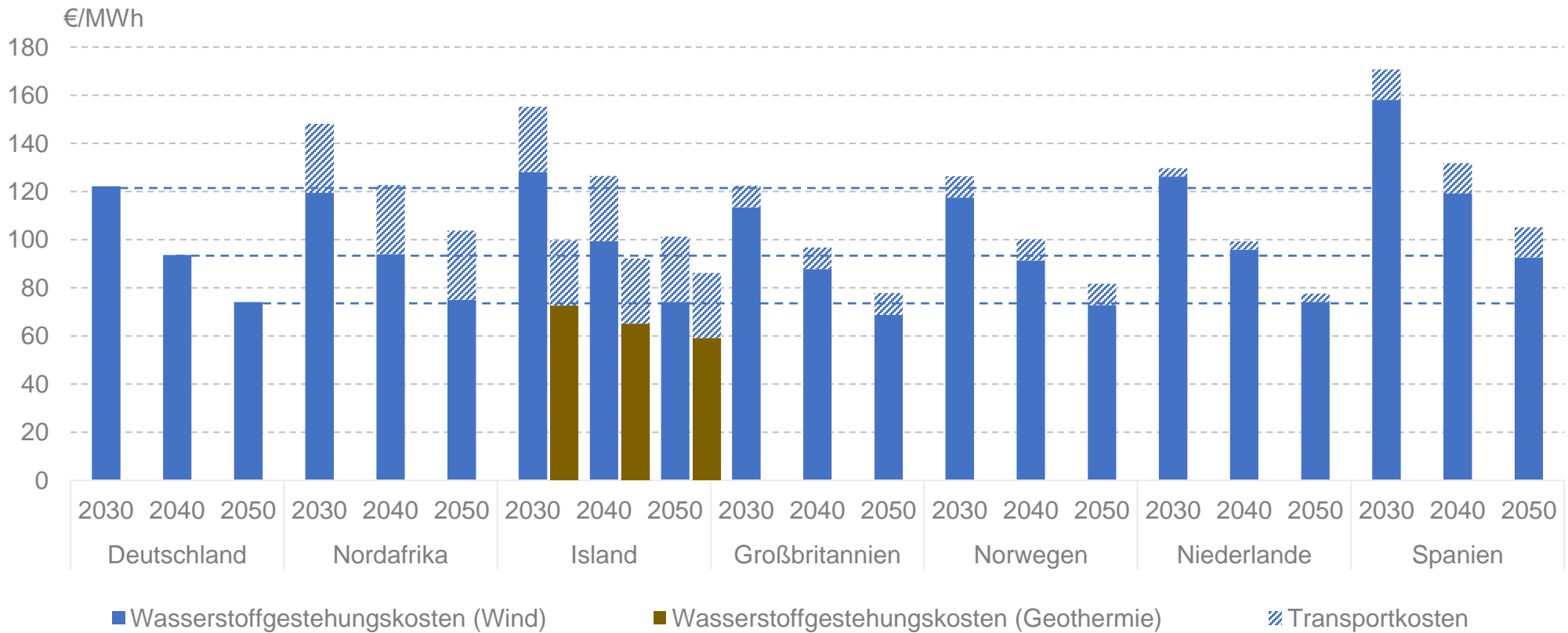
*1:1-Beziehung zwischen EE-Anlage und Elektrolyse

Quelle: eigene Berechnungen enervis

Wasserstoffgestehungskosten

Die Produktion von grünem Wasserstoff erfolgt in allen Regionen auf Basis von Windenergie (plus Geothermie in Island). Der Transport erfolgt aus Kostengründen per Pipeline (Ausnahme: Schiffstransport von Island). Hierfür werden neue Pipelines errichtet (entlang der bestehenden Gaspipelines). Die Betrachtung erfolgt ohne Steuern, Umlagen oder Abgaben.

Wasserstoffgestehungskosten* inkl. Transport



*1:1-Beziehung zwischen EE-Anlage und Elektrolyse

Eckdaten zu möglichen Lieferländern

Kurzanalyse möglicher Lieferländer



DE

- Entwicklung eines heimischen Marktes für blauen und grünen Wasserstoff sinnvoll und notwendig (Absatz- und Produktion)
- Sicherung des Standortes zur Produktion der notwendigen Technologien



NL

- Rückgang der Produktion fossiler Gase
- Hohes Potenzial erneuerbarer Energien
- Mglw. Exportpotenzial grünen Wasserstoffs



NO

- Rückgang in fossiler Gasproduktion und Erschließung neuer Felder notwendig
- Grüne Strategie der norwegischen Regierung
- Export blauen Wasserstoffs als mögliche Lösung (Erdgasdampfreformierung + CCS)



RU

- Abhängigkeit von Rohstoffexporten
- Anpassung an Bedarfe der derzeitigen Abnahmeländer
- Weg zur Dekarbonisierung per türkischem Wasserstoff (Pyrolyse)

Kurzanalyse möglicher Lieferländer

Mögliche Entwicklungen

- Hinsichtlich der künftigen Lieferstrukturen innerhalb, Europas könnten sich einige interessante Konstellationen ergeben.
- So positionieren sich die **Niederlande** heute bereits als künftiger zentraler Wasserstoff-Handels-Hub in Nordwesteuropa. Die Niederlande sind eine etablierte, stabile und wichtige Handelsdrehscheibe für Gas in Europa und streben nun auch eine führende Position beim Übergang zu einer Wasserstoffwirtschaft an. Die exponierte geografische Lage an der Nordsee mit einem hohen Wind Offshore Stromerzeugungspotential, die Häfen als logistische Drehkreuze, die industriellen Cluster zur Wasserstoffproduktion und ein geeignetes Transportnetz sind wesentliche Gründe für die Ambitionen. Insbesondere die bereits bestehende Erdgasinfrastruktur ist ein Wettbewerbsvorteil und eignet sich für die Speicherung und den großflächigen Transport von Wasserstoff aus den nördlichen Niederlanden nach Nordwesteuropa.
- Auch in **Südwesteuropa** könnte ein interessanter Wasserstoffhandelshub entstehen, da **Spanien** ähnlich ambitionierte Pläne wie die Niederlande hat. Spanien hat genügend Fläche, für die Herstellung von grünem Wasserstoff mit heimischen Solar- und Windenergieanlagen. Zudem könnte in Zusammenarbeit mit Marokko dieses Potenzial noch vervielfacht werden. Transportpotenziale von verflüssigtem Wasserstoff auf dem Seeweg nach Nordwesteuropa sind dann zumindest günstiger als der Wasserstofftransport aus **Marokko**.

Bestimmung des Exportpotenzials

Zur Bestimmung des Exportpotenzials von möglichen Partnerregionen sind einige Fragestellungen zu beantworten:



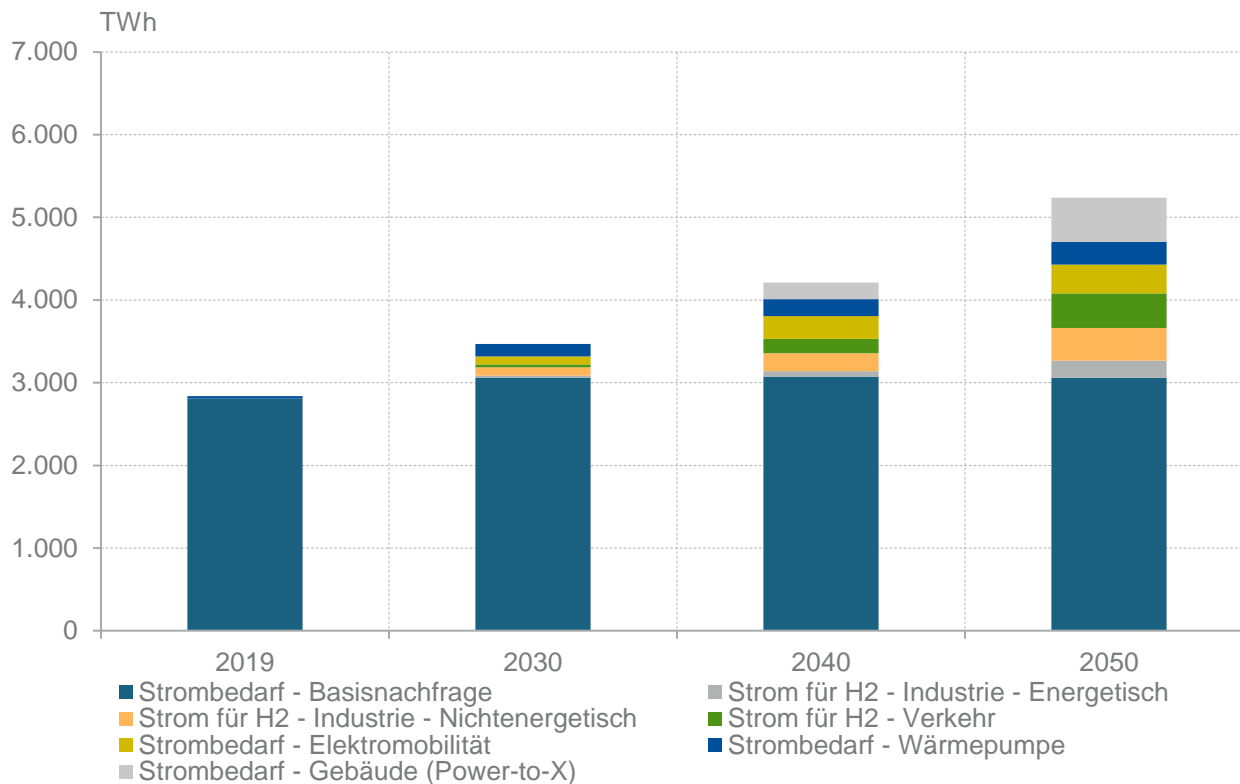
Strombedarf 2050 EU

Szenario A Strombedarf – EU



Gesamtstrombedarf der EU / Dazu zählen neben der Basisstromnachfrage der einzelnen Sektoren, Bedarfe neuer Anwendungen wie z. B. Strombedarfe im Verkehr (Elektrifizierung von Autos), Strombedarfe zur Herstellung von H2 und sonst. PtX sowie Strombedarfe für Wärmepumpen

Strombedarf – EU



Quelle: Analysen enervis

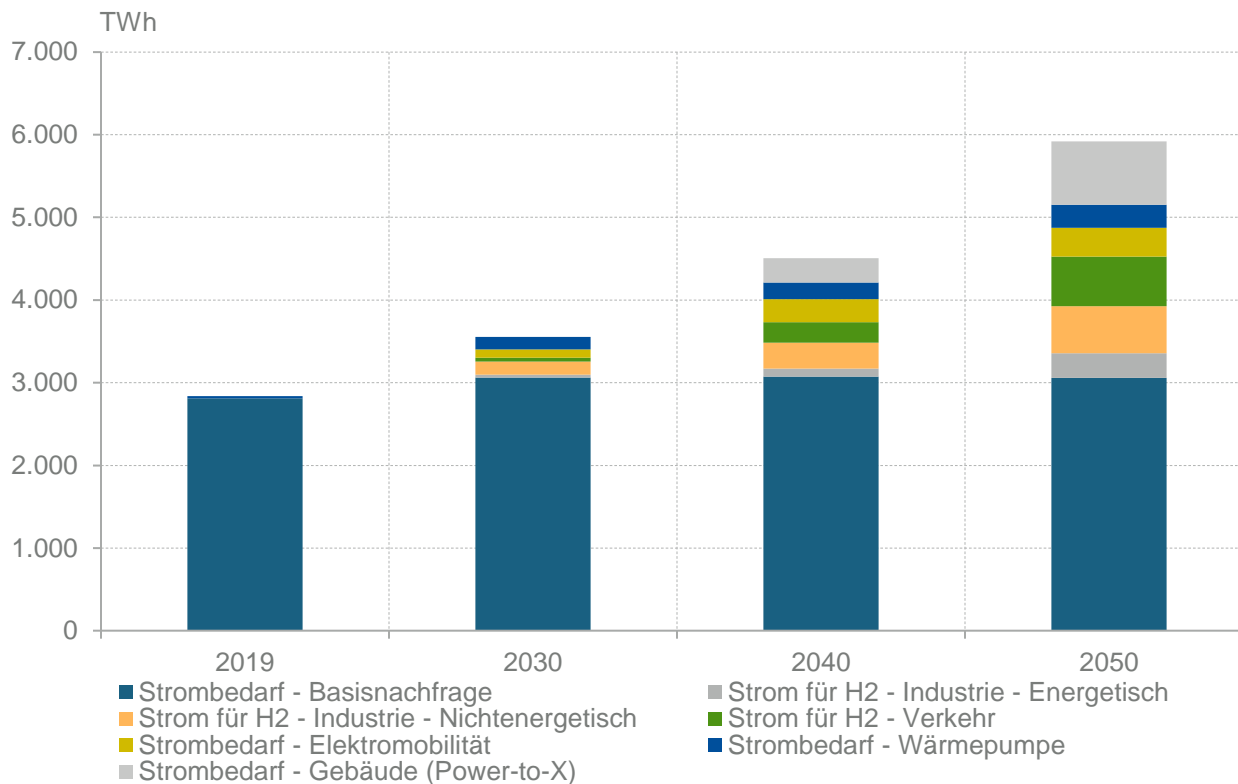
- Die Basisstromnachfrage ist in einem ersten Schritt konstant gehalten
- Der Strombedarf zur Herstellung von H2 ist maßgeblich durch den Elektrolyseanteil in den jeweiligen Jahren abhängig
- Im Basisjahr ist der Anteil von Wasserstoff gleich null; steigt jedoch bis 2050 auf 54% des Gesamtwasserstoffbedarfs
- Der Strombedarf zu Elektrolyse liegt damit in der EU in 2050 bei etwa 1.555 TWh (30% der Gesamtstromnachfrage)
- Der Strombedarf aus der Elektrifizierung des Verkehr steigt bis 2030 auf 100 TWh und in 2050 auf fast 350 TWh
- Im Gebäudesektor ist der Strombedarf durch Wärmepumpenanwendungen und durch grüne Gase (PtX) getrieben und steigt bis 2050 auf circa 810 TWh

Szenario B Strombedarf – EU



Gesamtstrombedarf der EU / Dazu zählen neben der Basisstromnachfrage der einzelnen Sektoren auch die Bedarfe neuer Anwendungen wie z. B. Strombedarfe im Verkehr (Elektrifizierung von Autos), Strombedarfe zur Herstellung von H2 und sonst. PtX sowie Strombedarfe für Wärmepumpen

Strombedarf – EU



Quelle: Analysen enervis

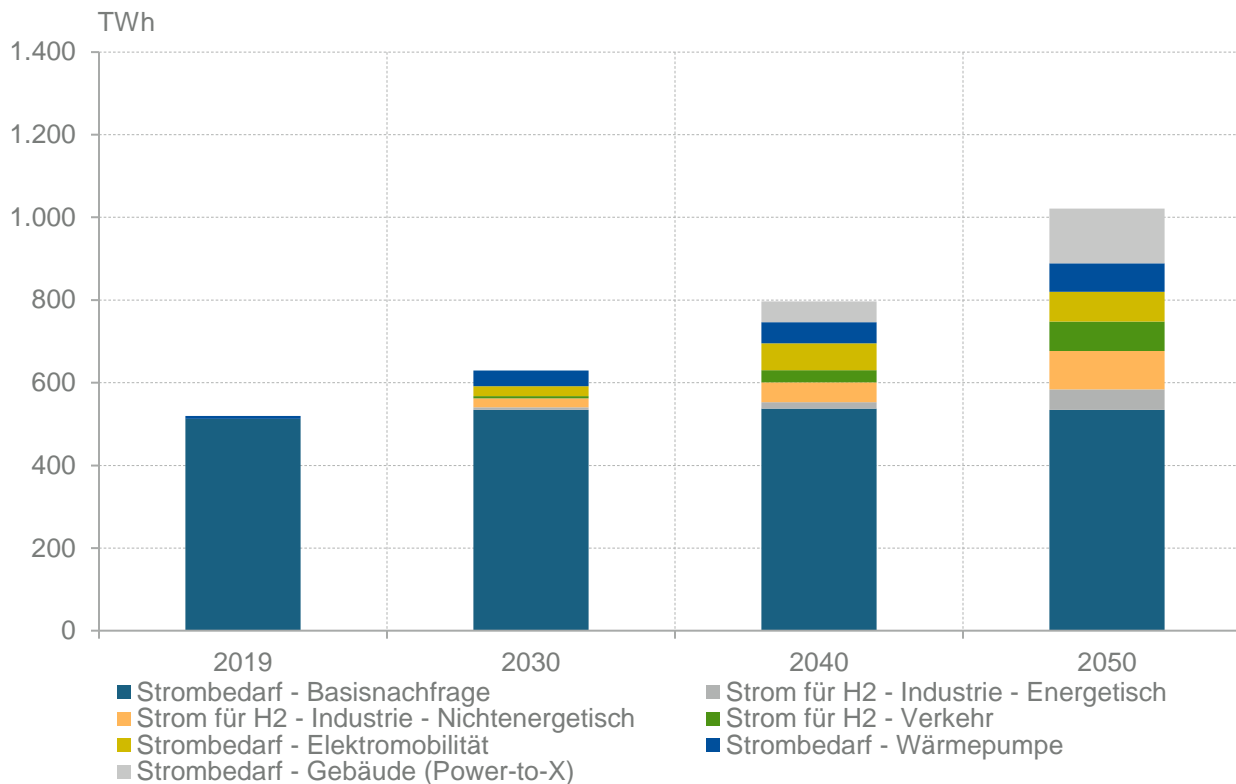
- Die Basisstromnachfrage ist in einem ersten Schritt konstant gehalten
- Der Strombedarf zur Herstellung von H2 ist maßgeblich durch den Elektrolyseanteil in den jeweiligen Jahren abhängig
- Im Basisjahr ist der Anteil von Wasserstoff gleich null; steigt jedoch bis 2050 auf 78 % des Gesamtwasserstoffbedarfs
- Der Strombedarf zu Elektrolyse liegt damit in der EU in 2050 bei etwa 2.236 TWh (knapp 40% der Gesamtstromnachfrage)
- Der Strombedarf aus der Elektrifizierung des Verkehr steigt bis 2030 auf 100 TWh und in 2050 auf fast 350 TWh
- Im Gebäudesektor ist der Strombedarf durch Wärmepumpenanwendungen und durch grüne Gase (PtX) getrieben und steigt bis 2050 auf circa 1.100 TWh

Szenario A Strombedarf – Deutschland



Gesamtstrombedarf Deutschland / Dazu zählen neben der Basisstromnachfrage der einzelnen Sektoren, Bedarfe neuer Anwendungen wie z. B. Strombedarfe im Verkehr (Elektrifizierung von Autos), Strombedarfe zur Herstellung von H2 und sonst. PtX sowie Strombedarfe für Wärmepumpen

Strombedarf – Deutschland



- Die Basisstromnachfrage ist in einem ersten Schritt konstant gehalten
- Der Strombedarf zur Herstellung von H2 ist maßgeblich durch den Elektrolyseanteil in den jeweiligen Jahren abhängig
- Im Basisjahr ist der Anteil von Wasserstoff gleich null; steigt jedoch bis 2050 auf 54% des Gesamtwasserstoffbedarfs
- Der Strombedarf zu Elektrolyse liegt damit in der EU in 2050 bei etwa 345 TWh (34% der Gesamtstromnachfrage)
- Der Strombedarf aus der Elektrifizierung des Verkehr steigt bis 2030 auf 24 TWh und in 2050 auf fast 72 TWh
- Im Gebäudesektor ist der Strombedarf durch Wärmepumpenanwendungen und durch grüne Gase (PtX) getrieben und steigt bis 2050 auf circa 200 TWh

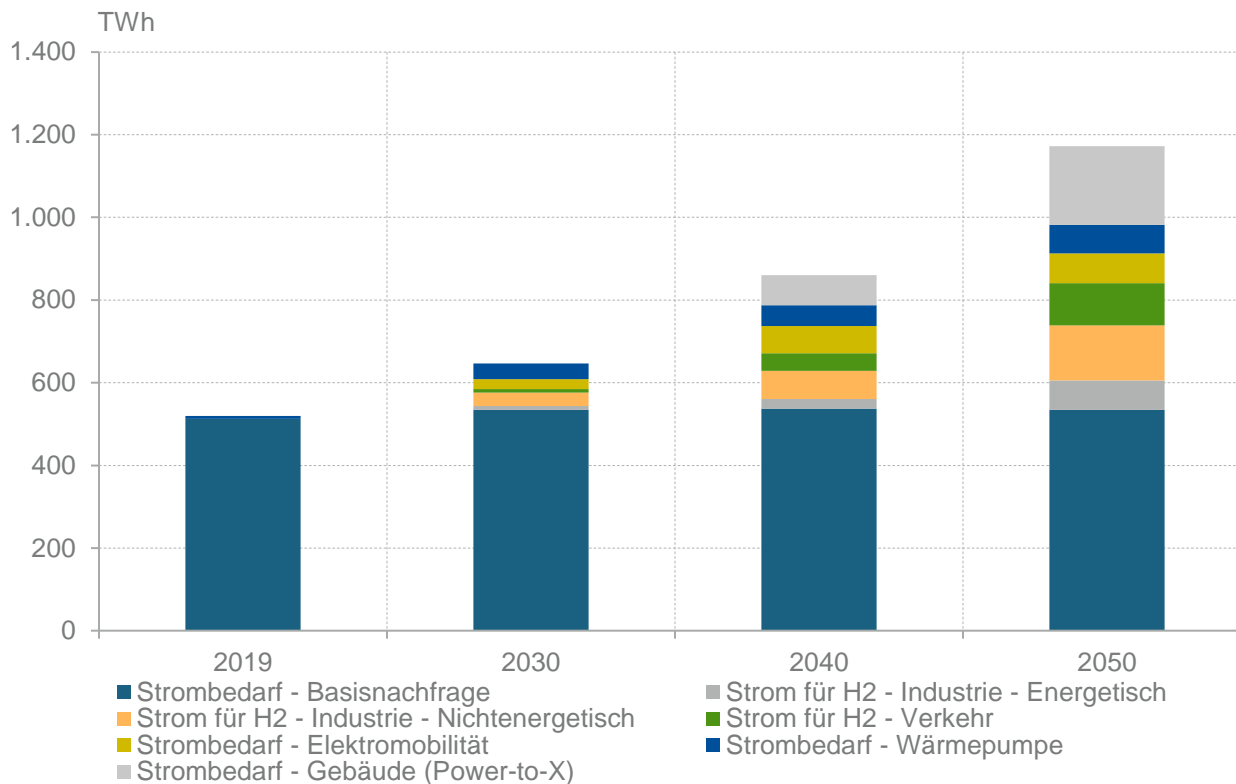
Quelle: Analysen enervis

Szenario B Strombedarf – Deutschland



Gesamtstrombedarf Deutschland / Dazu zählen neben der Basisstromnachfrage der einzelnen Sektoren, Bedarfe neuer Anwendungen wie z. B. Strombedarfe im Verkehr (Elektrifizierung von Autos), Strombedarfe zur Herstellung von H2 und sonst. PtX sowie Strombedarfe für Wärmepumpen

Strombedarf – Deutschland



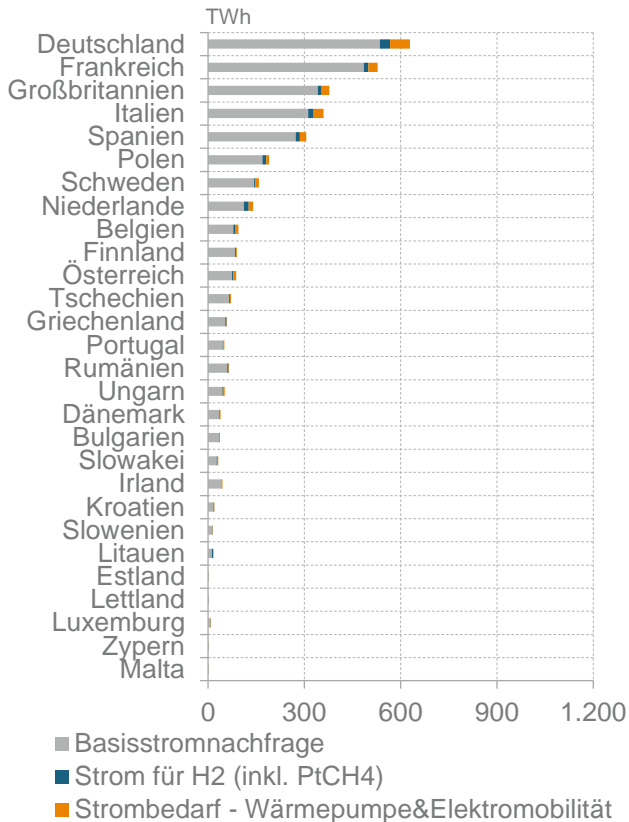
- Die Basisstromnachfrage ist in einem ersten Schritt konstant gehalten
- Der Strombedarf zur Herstellung von H2 ist maßgeblich durch den Elektrolyseanteil in den jeweiligen Jahren abhängig
- Im Basisjahr ist der Anteil von Wasserstoff gleich null; steigt jedoch bis 2050 auf 78 % des Gesamtwasserstoffbedarfs
- Der Strombedarf zu Elektrolyse liegt damit in der EU in 2050 bei etwa 497 TWh (43% der Gesamtstromnachfrage)
- Der Strombedarf aus der Elektrifizierung des Verkehr steigt bis 2030 auf 24 TWh und in 2050 auf fast 72 TWh
- Im Gebäudesektor ist der Strombedarf durch Wärmepumpenanwendungen und durch grüne Gase (PtX) getrieben und steigt bis 2050 auf circa 260 TWh

Quelle: Analysen enervis

Szenario A Strombedarf – EU-28 je Land

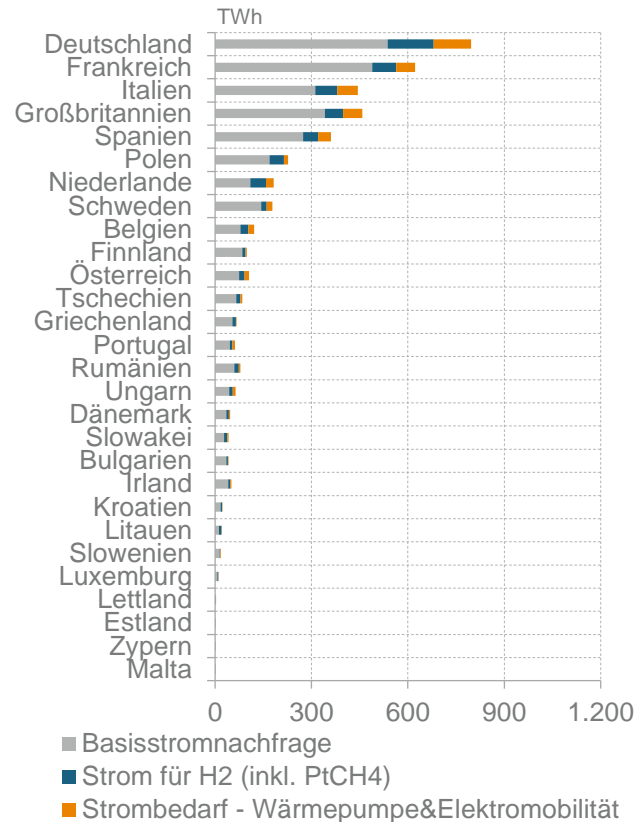
Bis zum Jahr 2050 steigt der Strombedarf in Europa um ca. 60 % im Vergleich zu 2030 und um ca. 80 % im Vergleich zum derzeitigen Verbrauch / Der Anstieg wird zu einem großen Anteil aus PtX-Anwendungen getrieben

Strombedarf 2030



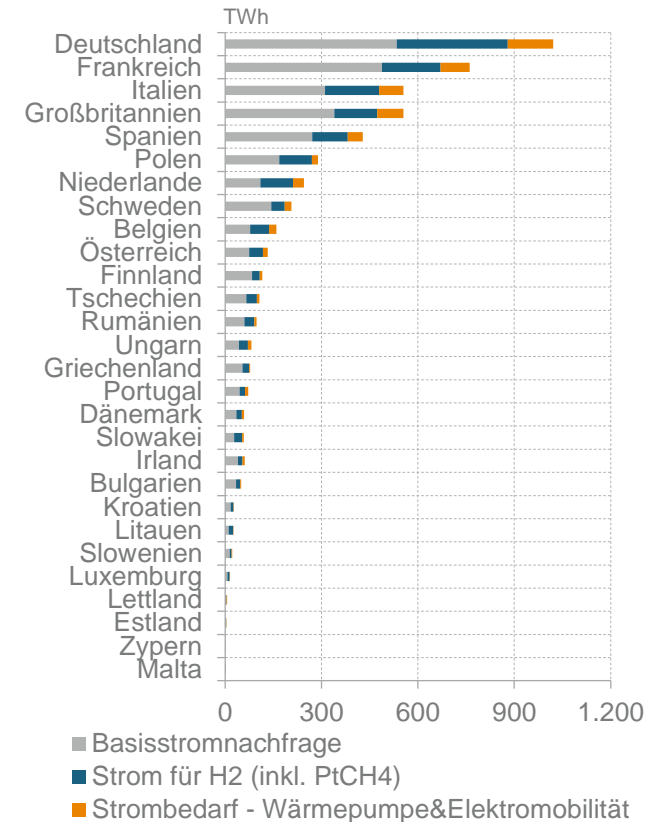
Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2040



Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2050

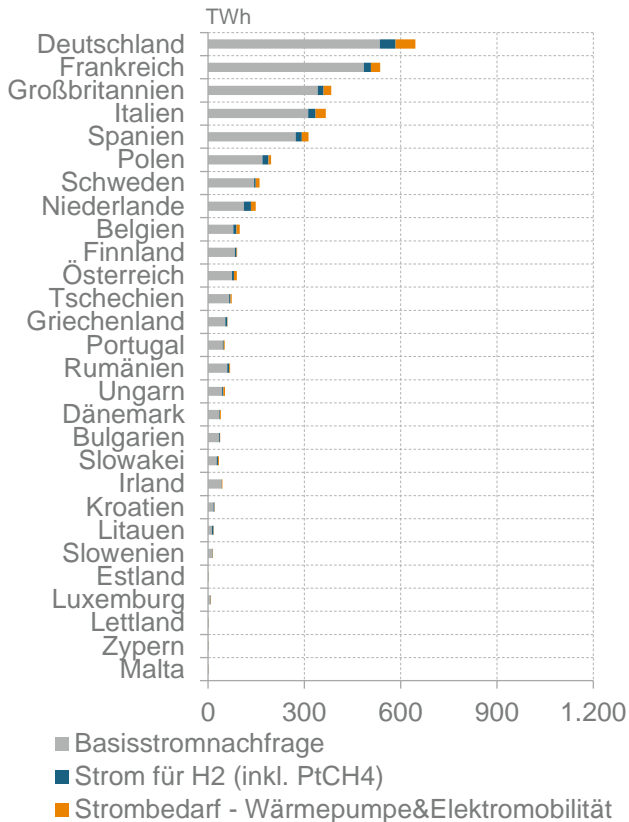


Quelle: Analysen enervis

Szenario B Strom – EU-28 je Land

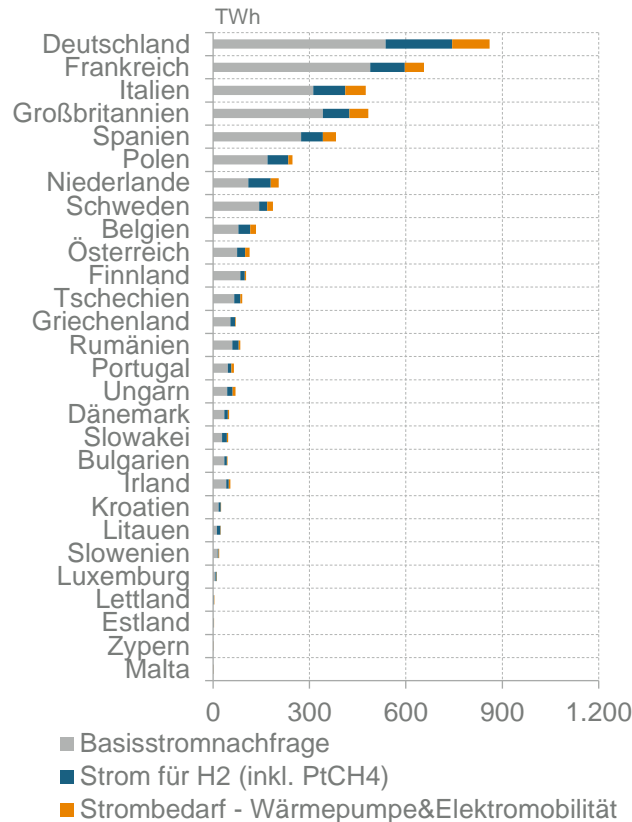
Bis zum Jahr 2050 steigt der Strombedarf in Europa um ca. 75 % im Vergleich zu 2030 und um ca. 105 % im Vergleich zum derzeitigen Verbrauch / Der Anstieg wird zu einem großen Anteil aus PtX-Anwendungen getrieben

Strombedarf 2030



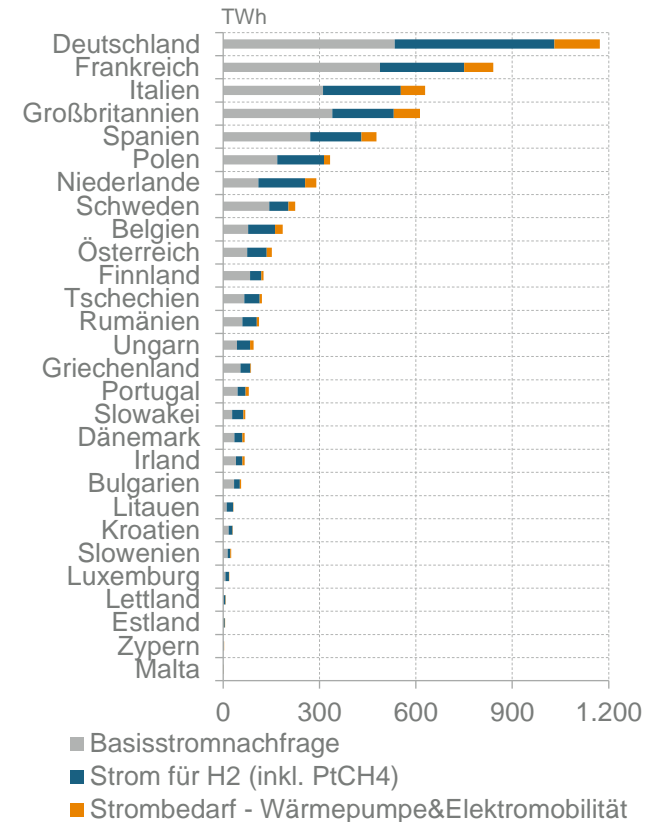
Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2040



Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2050

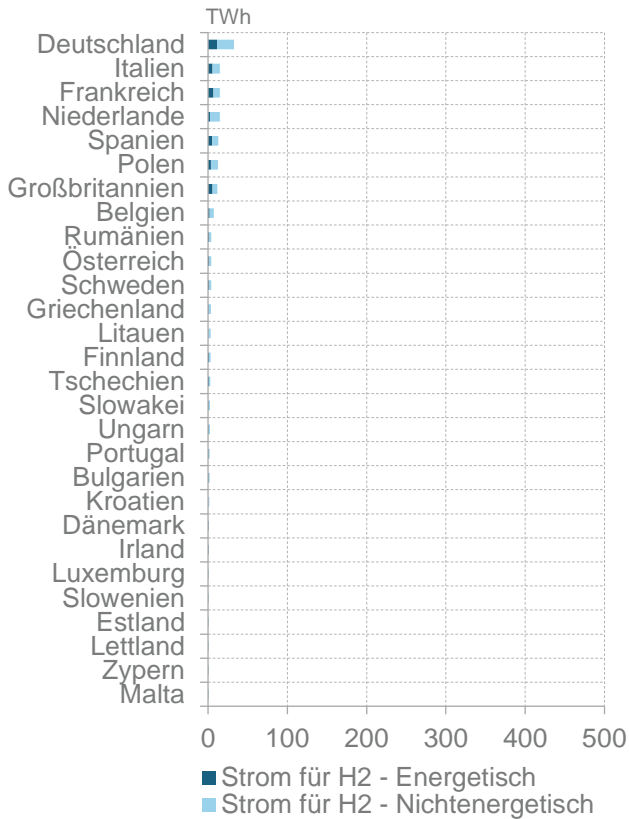


Quelle: Analysen enervis

Szenario A Elektrolysestrombedarf – EU-28 je Land

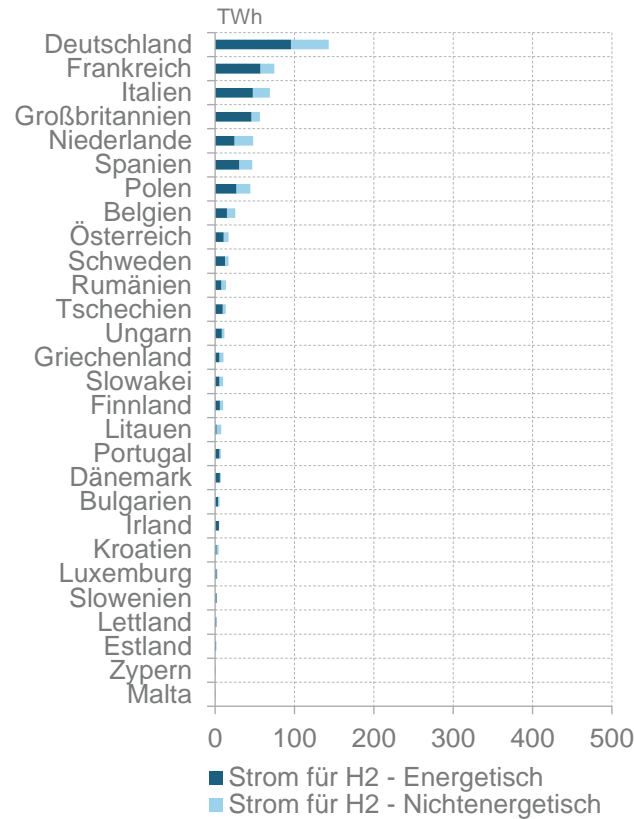
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von H2 ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil von H2 und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 54 % H2

Strombedarf 2030



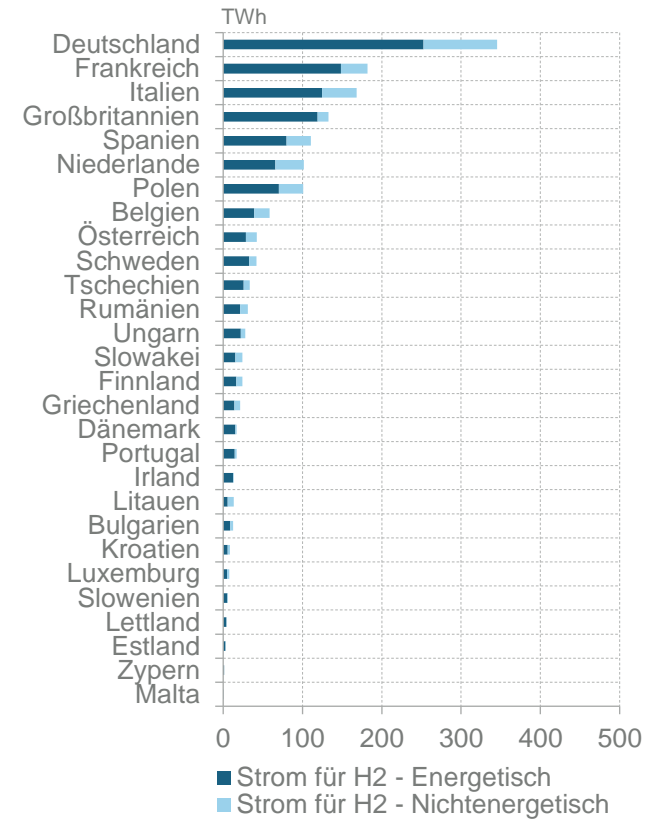
Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2040



Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2050

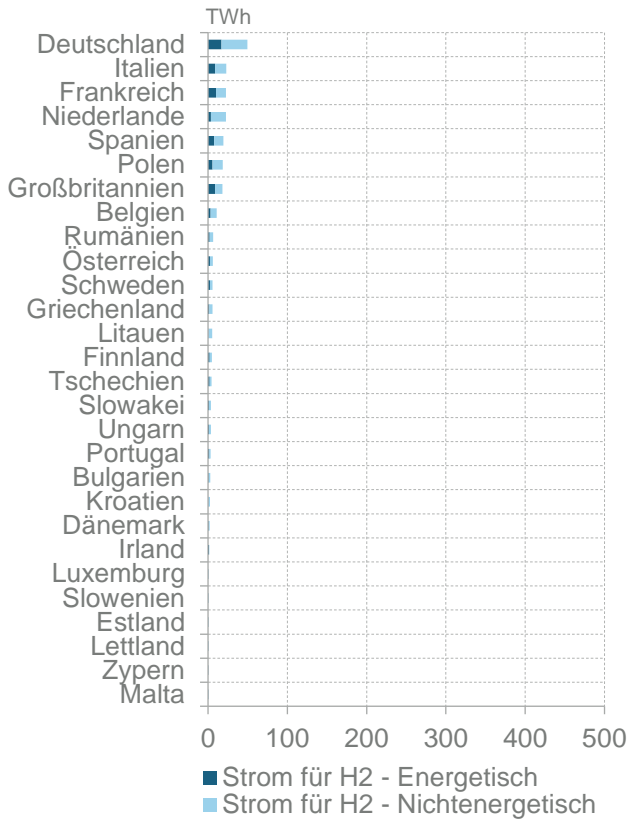


Quelle: Analysen enervis

Szenario B Elektrolysestrombedarf – EU-28 je Land

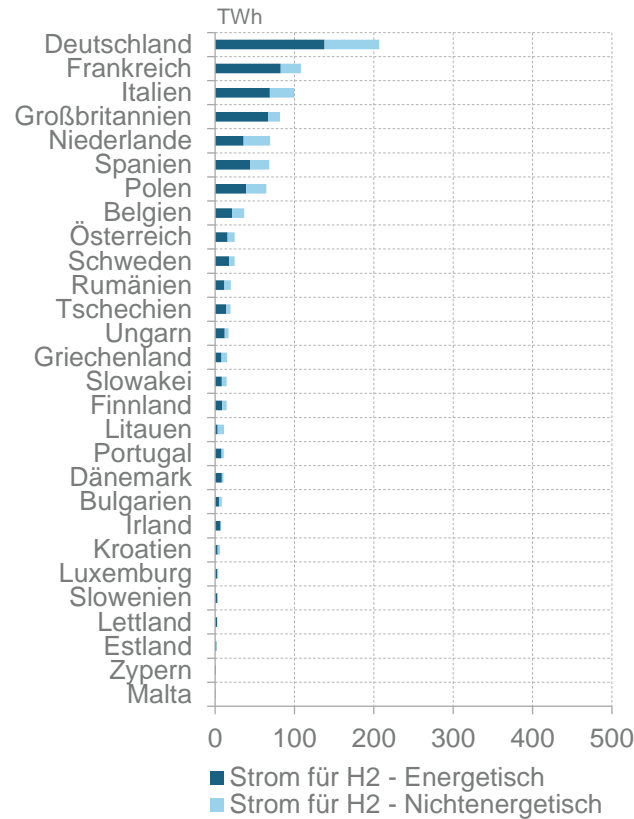
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von H2 ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil von H2 und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 78 % H2

Strombedarf 2030



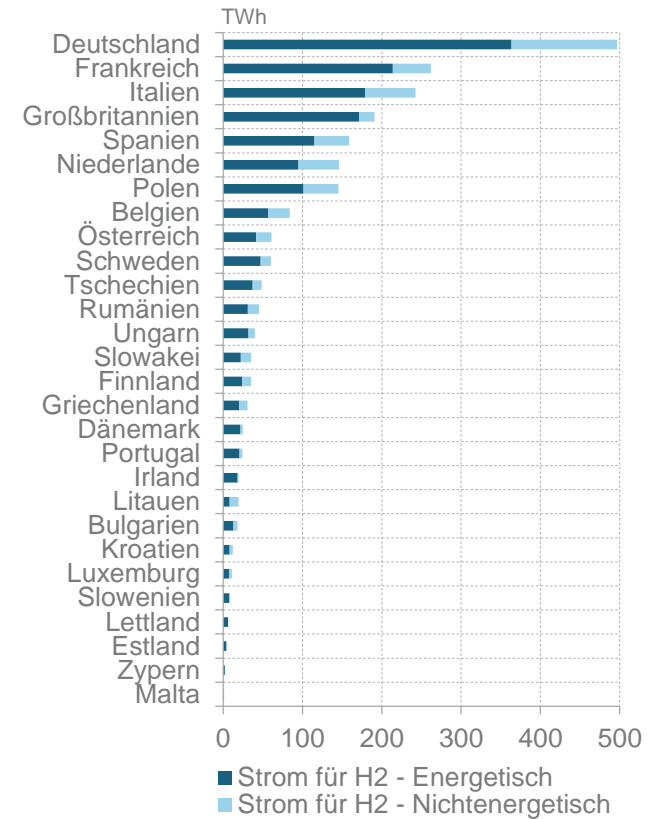
Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2040



Quelle: Analysen enervis

Strombedarf 2050



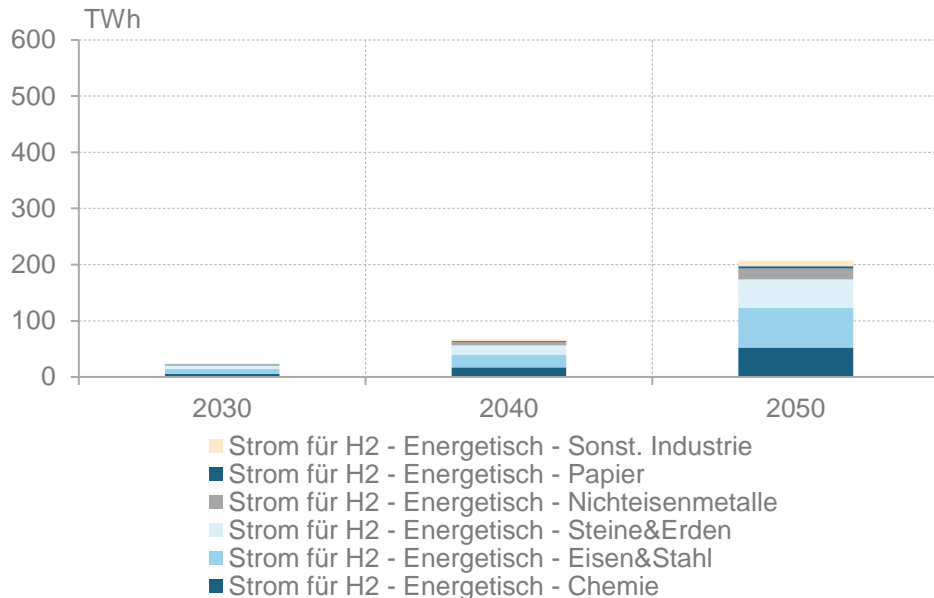
Quelle: Analysen enervis

Szenario A Strombedarf Industrie – EU-28



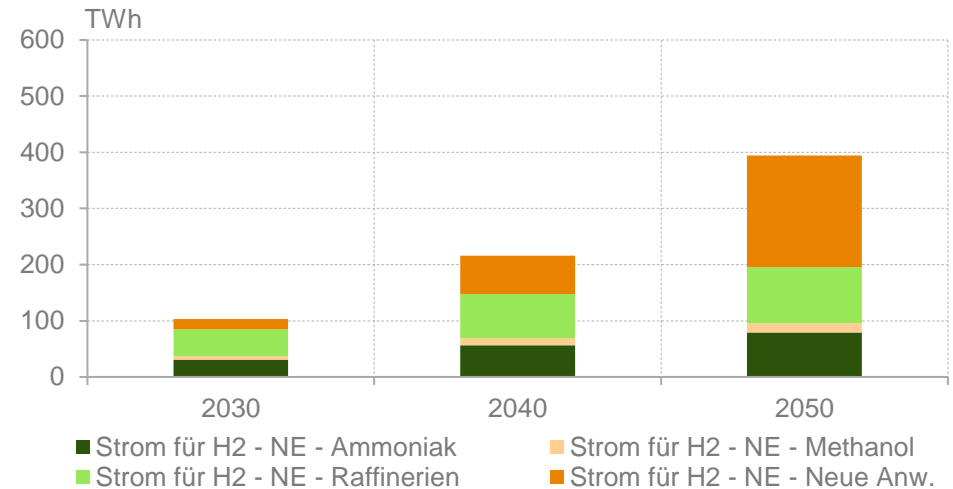
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von Wasserstoff ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil Wasserstoffelektrolyse und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 54% Wasserstoffelektrolyse die über den Strommarkt gedeckt werden

Strombedarf für H2 – Energetisch Industrie



- Beginnende energetische Wasserstoffnutzung in den 2020er Jahren
- Strombedarf zur Bereitstellung von H2 24 TWh in 2030 und steigt bis auf 208 TWh in 2050

Strombedarf für H2 – Nichtenergetisch Industrie



- Der Wasserstoff-Bedarf für nichtenergetische Anwendungen im Basisjahr wird komplett durch konventionell hergestellten Wasserstoff bereit gestellt
- Bis 2050 steigt die elektrolysebasierte H2-Herstellung auf 54% des H2-Bedarfs und resultiert in einen Strombedarf von 103 TWh in 2030 und 394 TWh in 2050

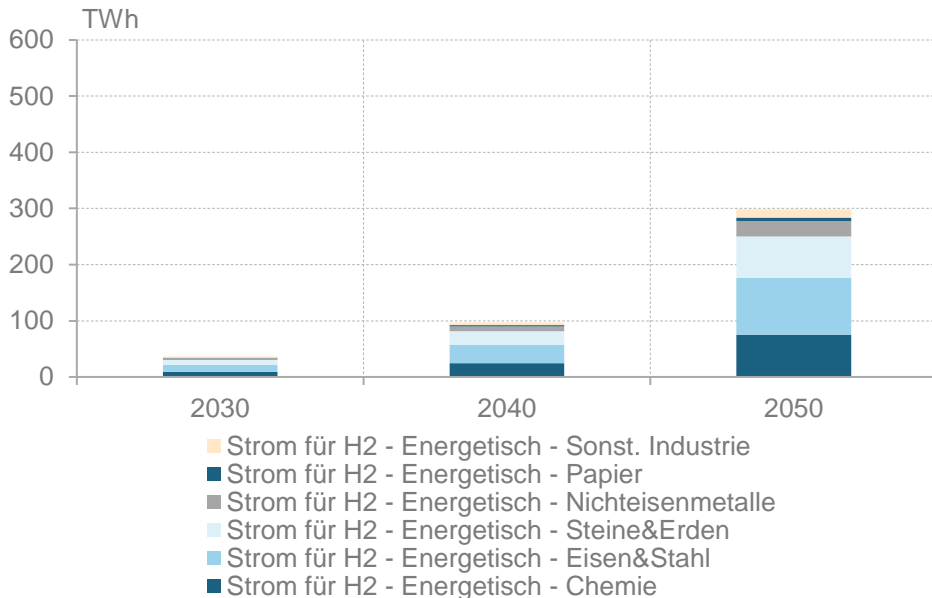
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario B Strombedarf Industrie – EU-28



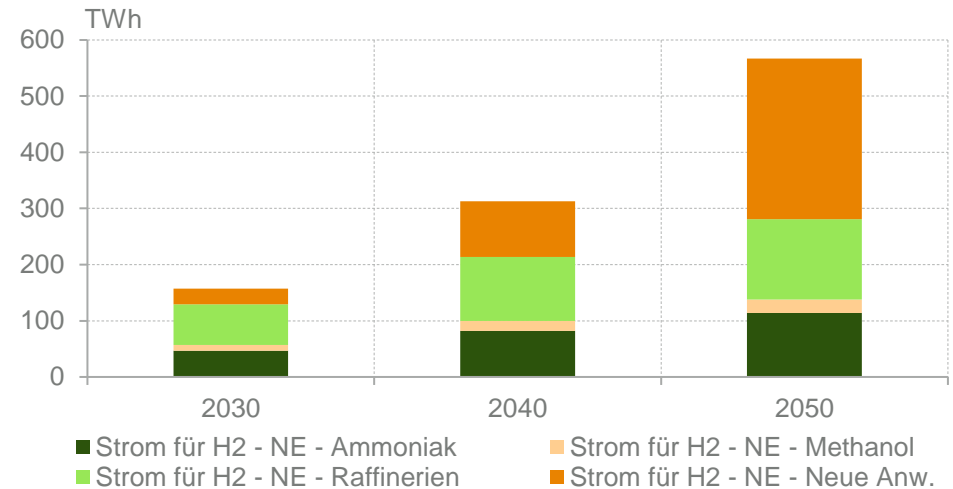
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von Wasserstoff ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil Wasserstoffelektrolyse und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 78% Wasserstoffelektrolyse die über den Strommarkt gedeckt werden

Strombedarf für H2 – Energetisch Industrie



- Beginnende energetische Wasserstoffnutzung in den 2020er Jahren
- Strombedarf zur Bereitstellung von H2 37 TWh in 2030 und steigt bis auf 299 TWh in 2050

Strombedarf für H2 – Nichtenergetisch Industrie



- Der Wasserstoff-Bedarf für nichtenergetische Anwendungen im Basisjahr wird komplett durch konventionell hergestellten Wasserstoff bereit gestellt
- Bis 2050 steigt die elektrolysebasierte H2-Herstellung auf 78% des H2-Bedarfs und resultiert in einen Strombedarf von 157 TWh in 2030 und 566 TWh in 2050

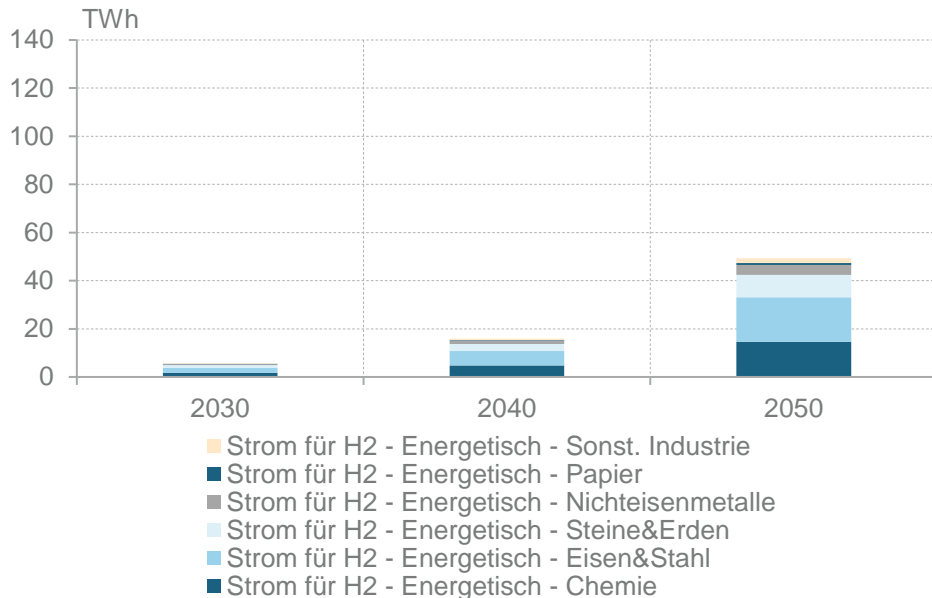
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario A Strombedarf Industrie – Deutschland



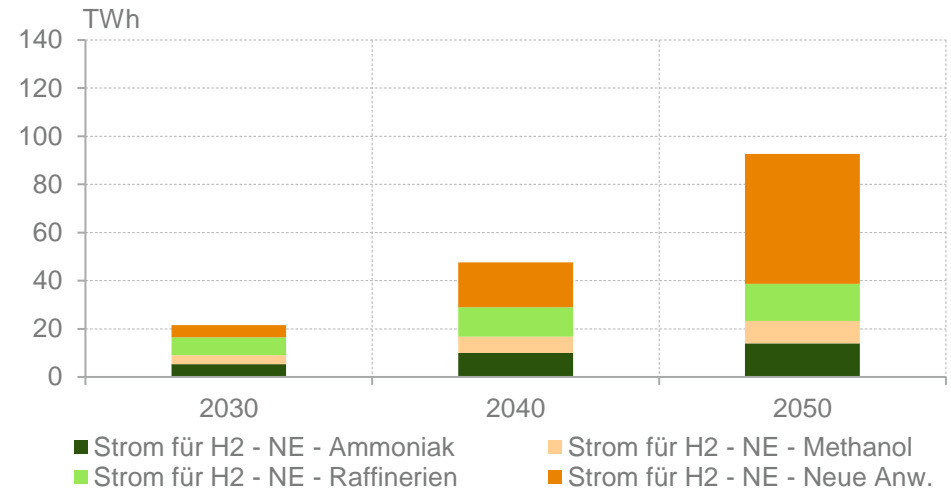
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von Wasserstoff ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil Wasserstoffelektrolyse und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 54% Wasserstoffelektrolyse die über den Strommarkt gedeckt werden

Strombedarf für H2 – Energetisch Industrie



- Beginnende energetische Wasserstoffnutzung in den 2020er Jahren
- Strombedarf zur Bereitstellung von H2 6 TWh in 2030 und steigt bis auf 50 TWh in 2050

Strombedarf für H2 – Nichtenergetisch Industrie



- Der Wasserstoff-Bedarf für nichtenergetische Anwendungen im Basisjahr wird komplett durch konventionell hergestellten Wasserstoff bereit gestellt
- Bis 2050 steigt die elektrolysebasierte H2-Herstellung auf 54% des H2-Bedarfs und resultiert in einen Strombedarf von 22 TWh in 2030 und 92 TWh in 2050

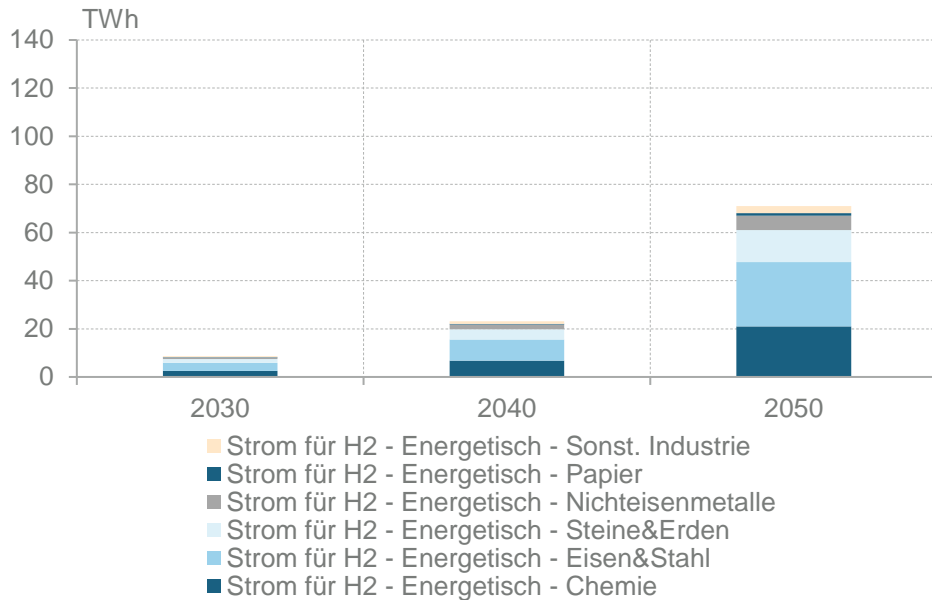
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

Szenario B Strombedarf Industrie – Deutschland



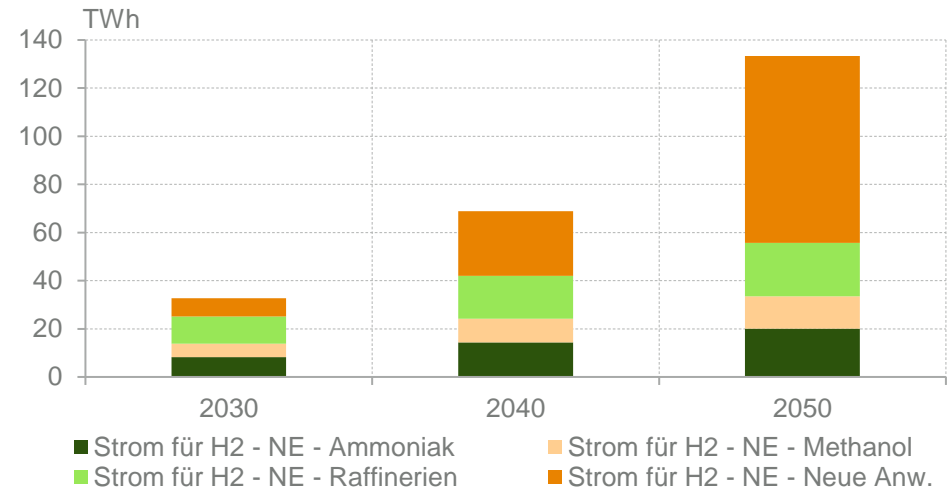
Dargestellt sind die Strombedarfe, die sich durch Elektrolyseanwendungen zur Herstellung von Wasserstoff ergeben / Je nach Szenario unterscheidet sich der Anteil Wasserstoffelektrolyse und somit der korrespondierende Strombedarf / Im Szenario A sind es ca. 78% Wasserstoffelektrolyse die über den Strommarkt gedeckt werden

Strombedarf für H2 – Energetisch Industrie



- Beginnende energetische Wasserstoffnutzung in den 2020er Jahren
- Strombedarf zur Bereitstellung von H2 9 TWh in 2030 und steigt bis auf 71 TWh in 2050

Strombedarf für H2 – Nichtenergetisch Industrie



- Der Wasserstoff-Bedarf für nichtenergetische Anwendungen im Basisjahr wird komplett durch konventionell hergestellten Wasserstoff bereit gestellt
- Bis 2050 steigt die elektrolysebasierte H2-Herstellung auf 78% des H2-Bedarfs und resultiert in einen Strombedarf von 33 TWh in 2030 und 133 TWh in 2050

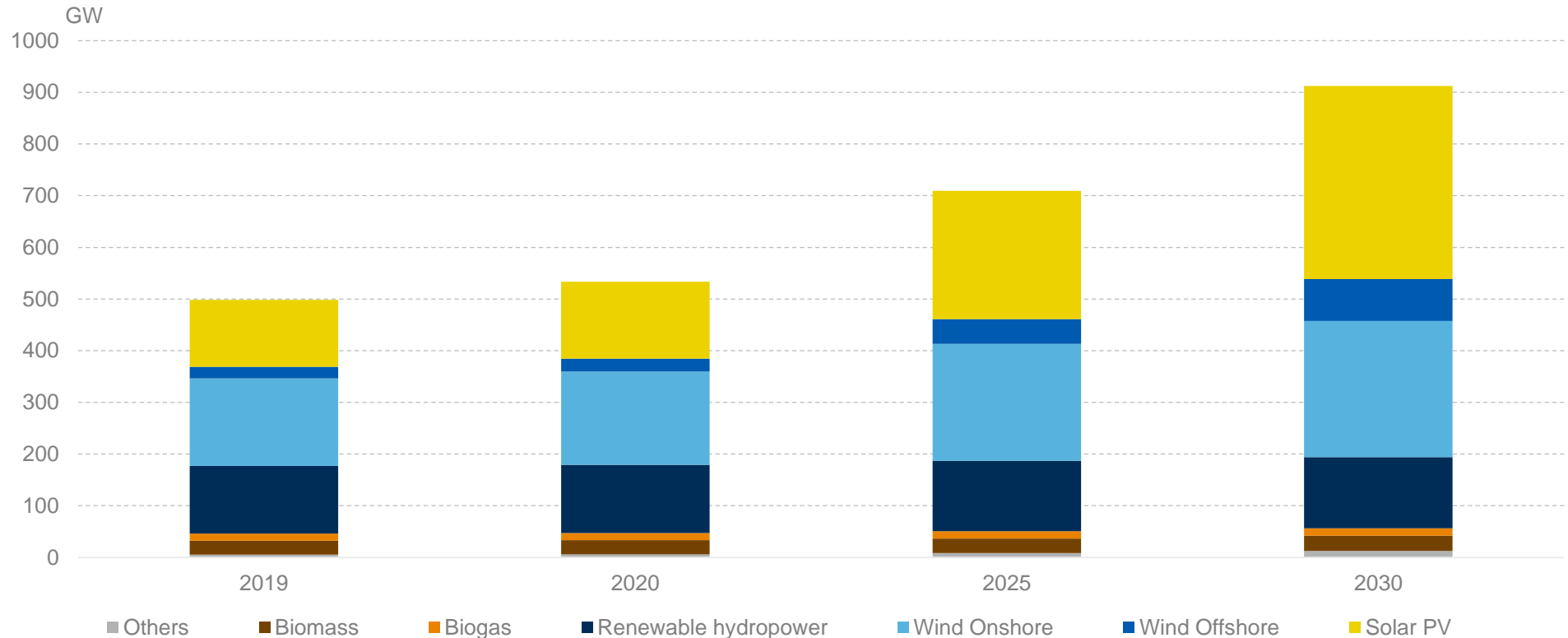
Quelle: enervis Analysen u.a. auf Basis von dena, Eurostat, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Öko-Institut

EE-Ausbaupfade im Strommarkt 2050 EU 28

Mittelfristige Ausbaumengen erneuerbarer Energien

Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020

NECPs müssen im Zuge des Green-Deals sehr wahrscheinlich noch einmal überarbeitet werden.

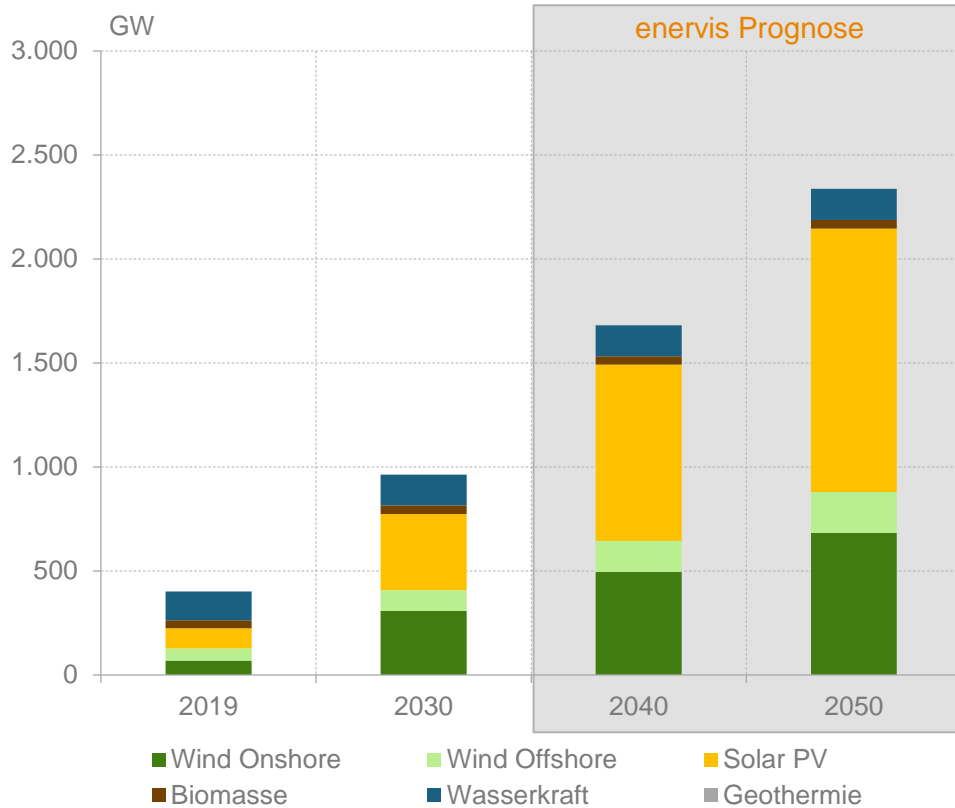


Quelle: NECPs der EU-27 plus UK

Mittel- und langfristige Ausbaumengen EE

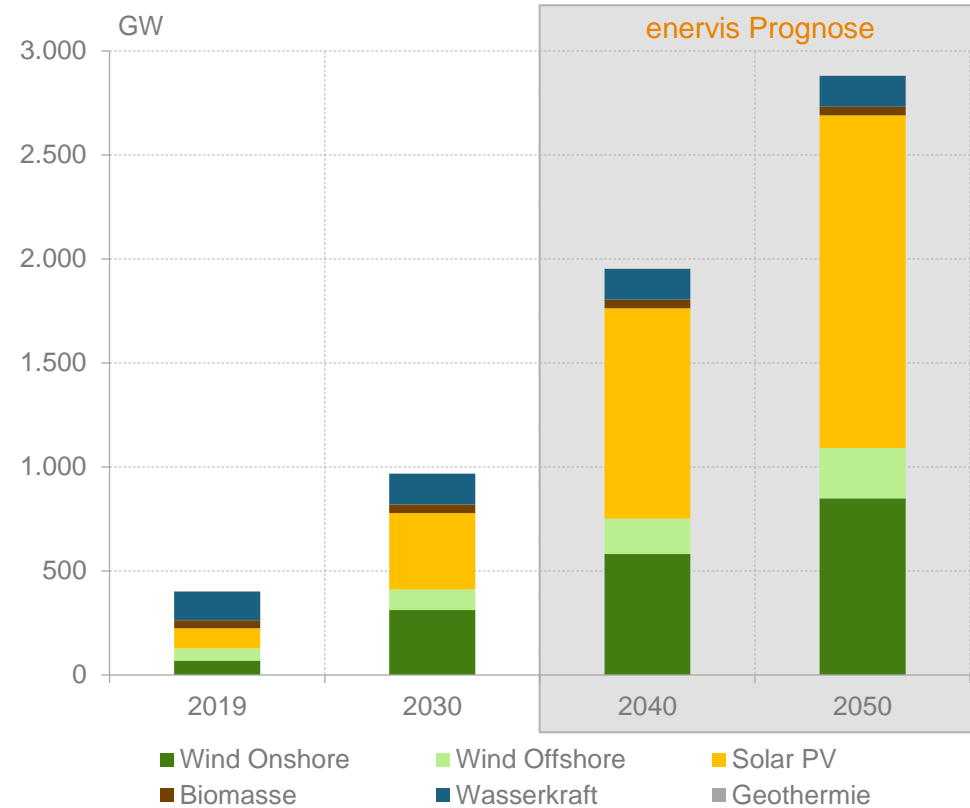
Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A



Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B

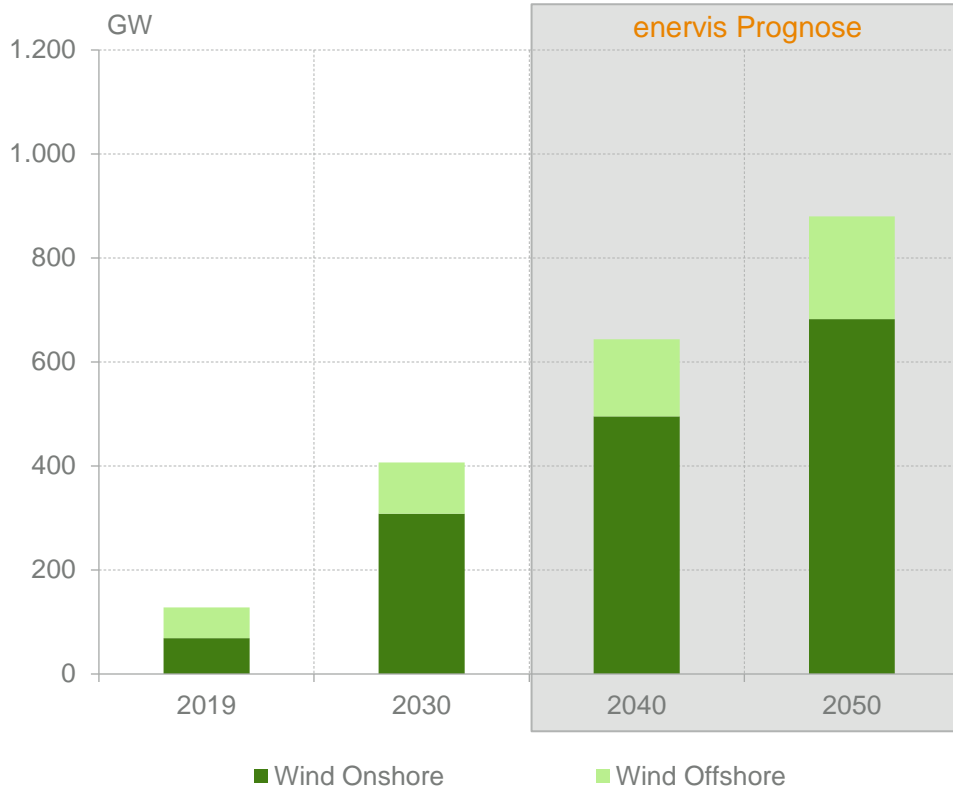


Quelle: NECPs, Analysen enervis

Mittel- und langfristige Ausbaumengen - Wind

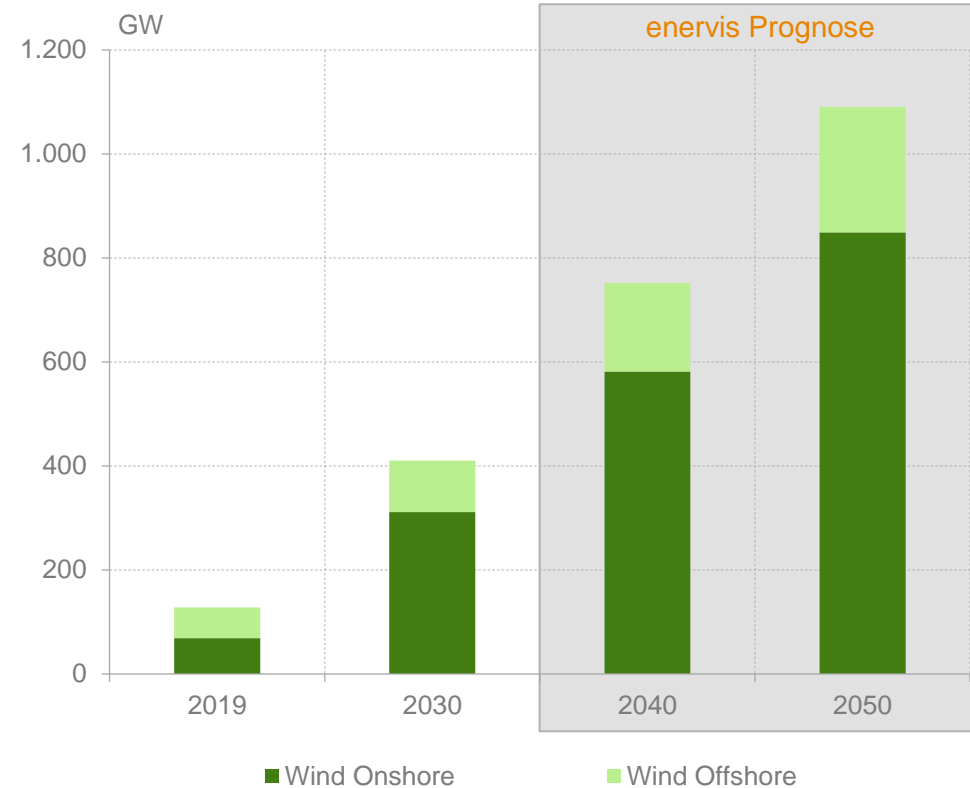
Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A



Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B

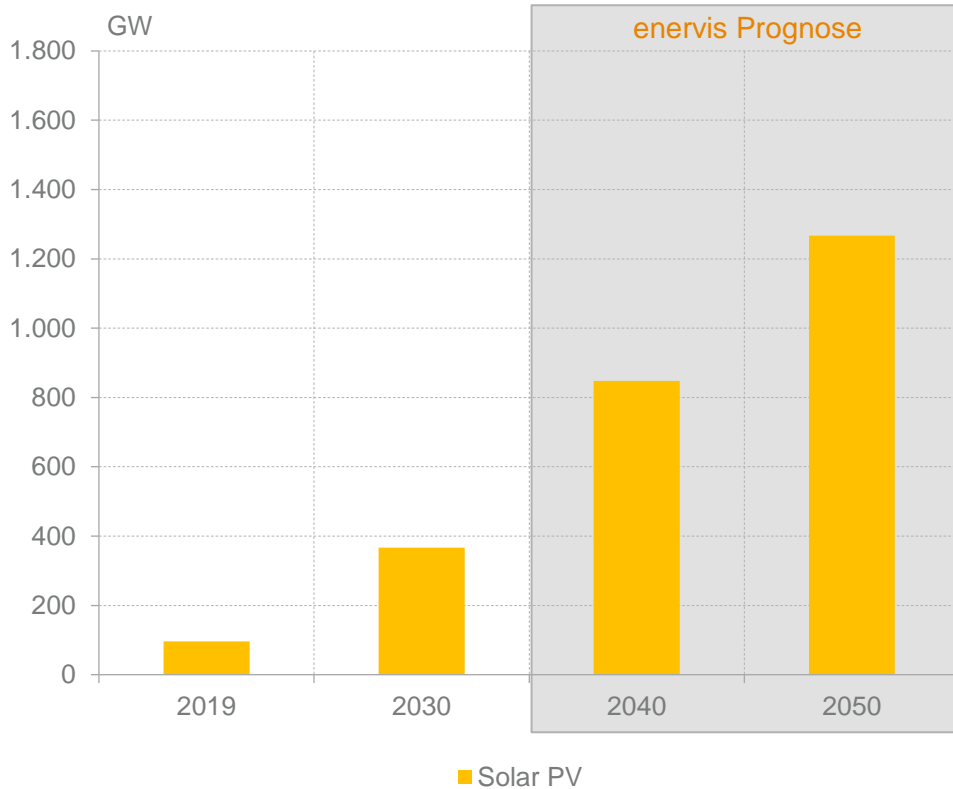


Quelle: NECPs, Analysen enervis

Mittel- und langfristige Ausbaumengen - Solar

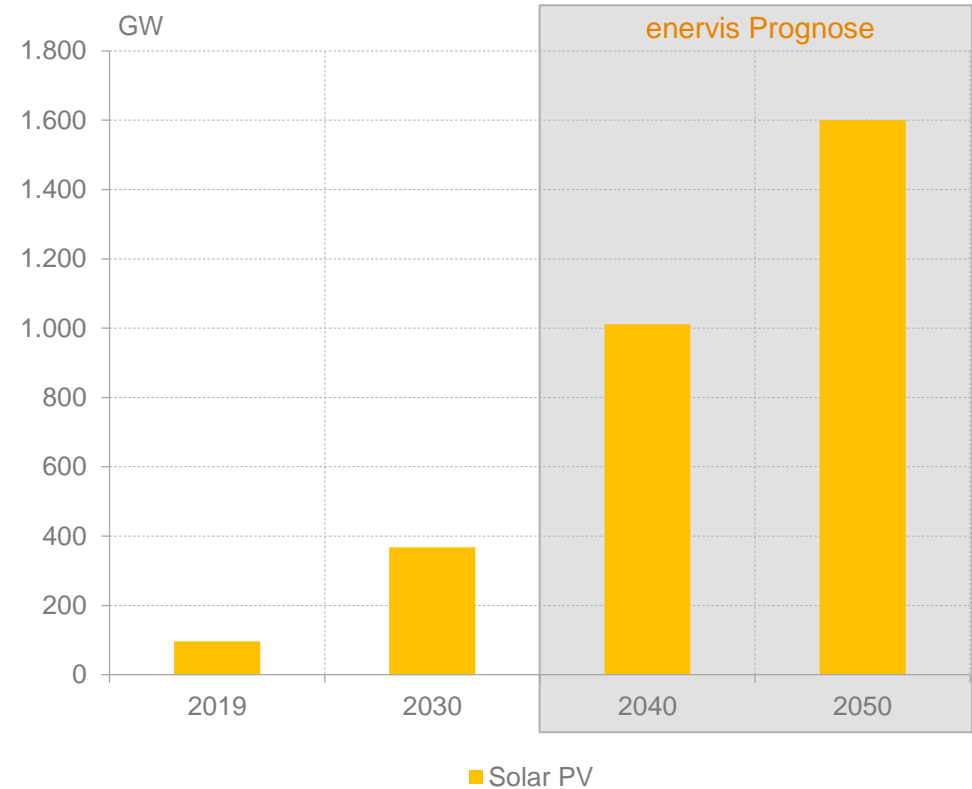
Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A



Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B

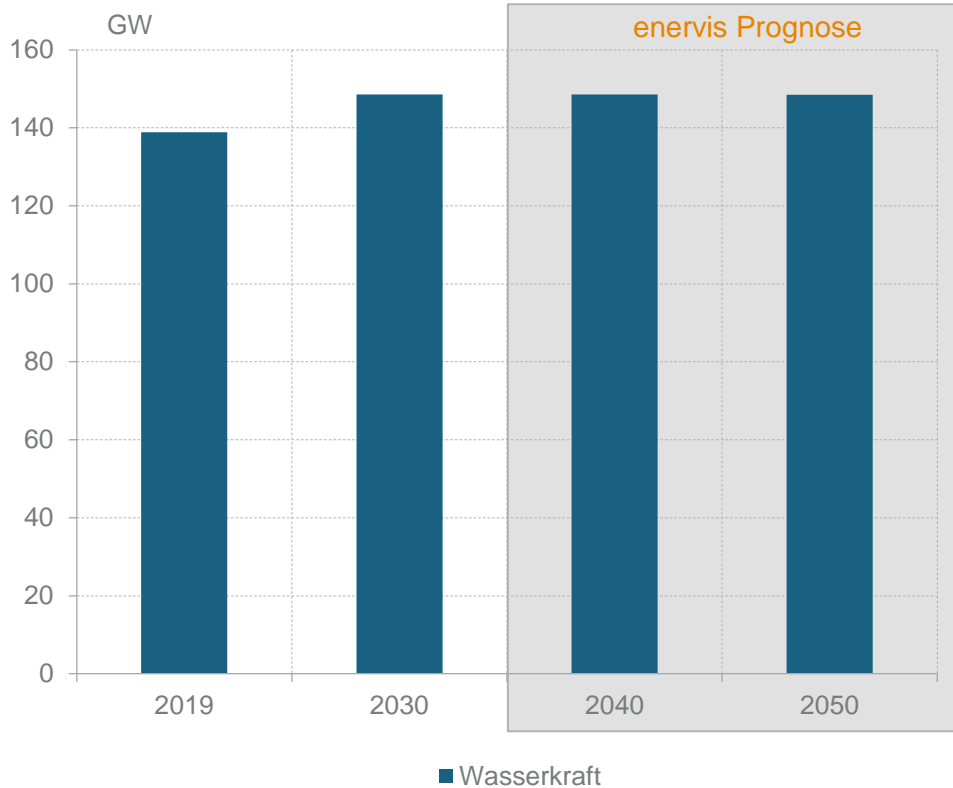


Quelle: NECPs, Analysen enervis

Mittel- und langfristige Ausbaumengen - Wasserkraft

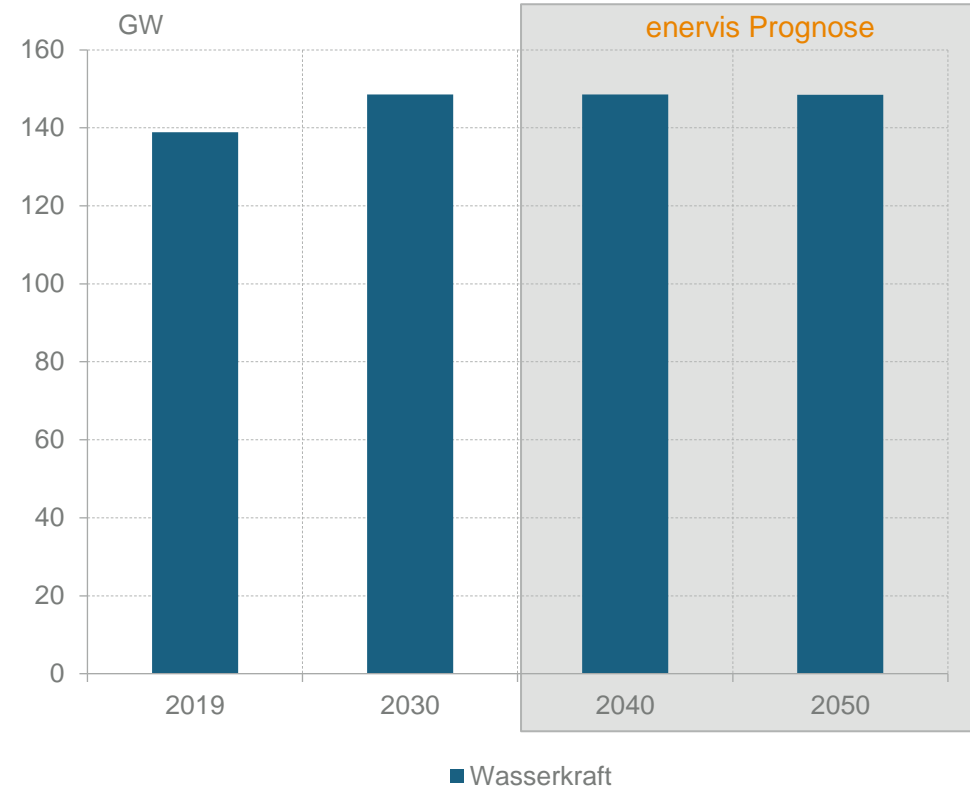
Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A



Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B

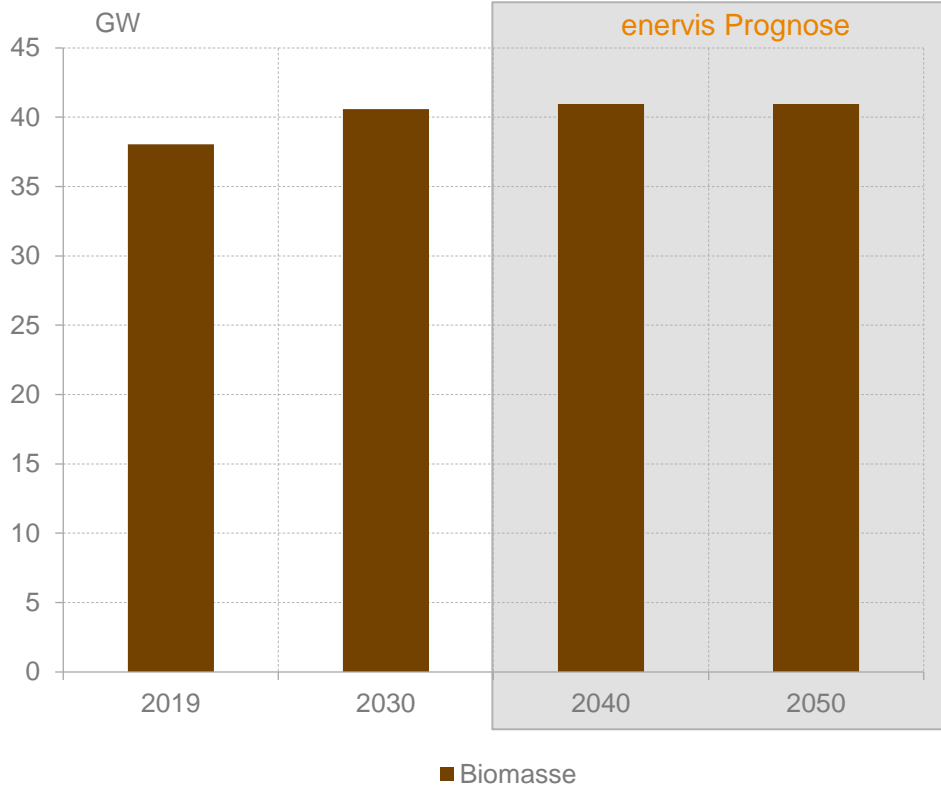


Quelle: NECPs, Analysen enervis

Mittel- und langfristige Ausbaumengen - Biomasse

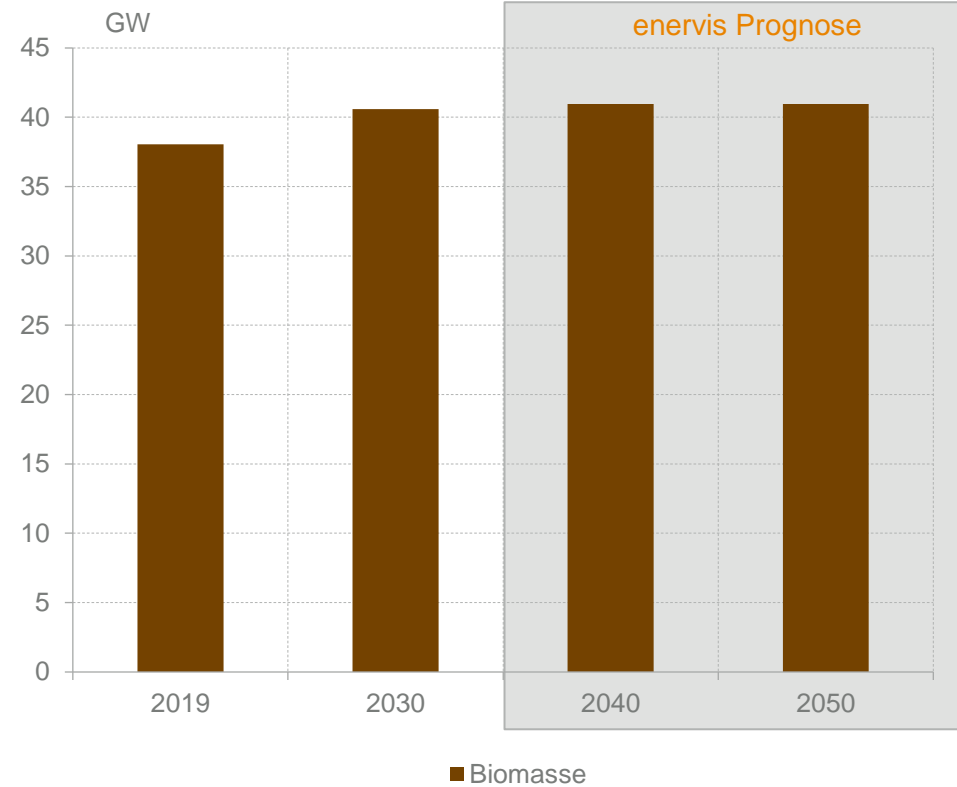
Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A



Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B



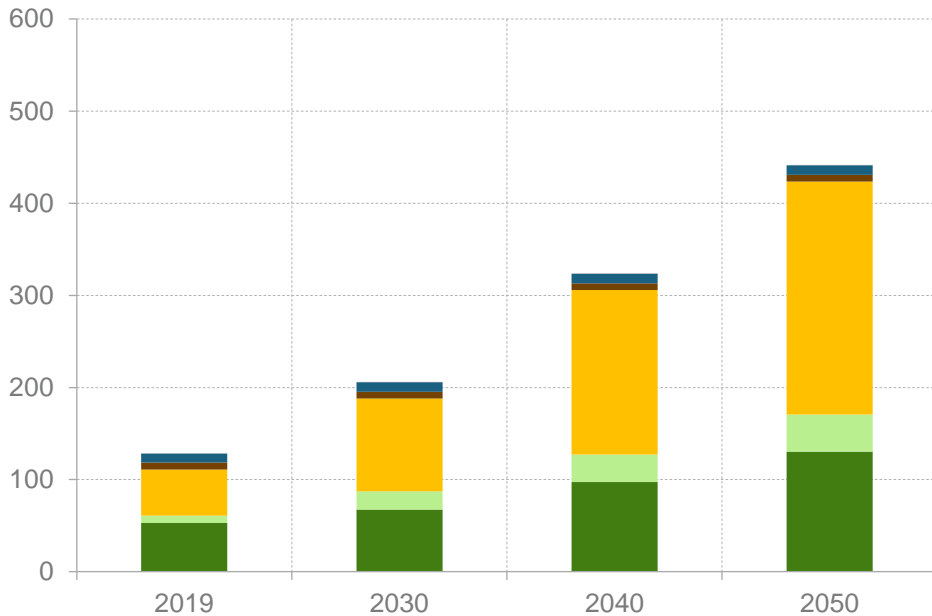
Quelle: NECPs, Analysen enervis

Zubau Erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten DE

Basierend auf nationalen Energie- und Klimaschutzplänen der Mitgliedsländer (NECPs) Stand: 03/2020 sowie auf Analysen durch enervis

Szenario A

GW

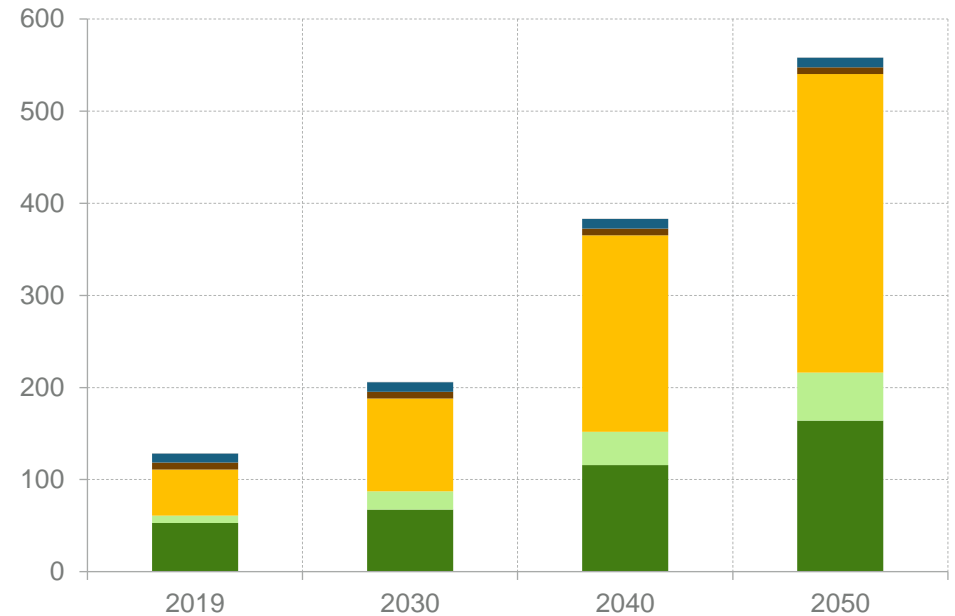


■ Wind Onshore ■ Wind Offshore ■ Solar PV
■ Biomasse ■ Wasserkraft ■ Geothermie

Quelle: NECPs, Analysen enervis

Szenario B

GW

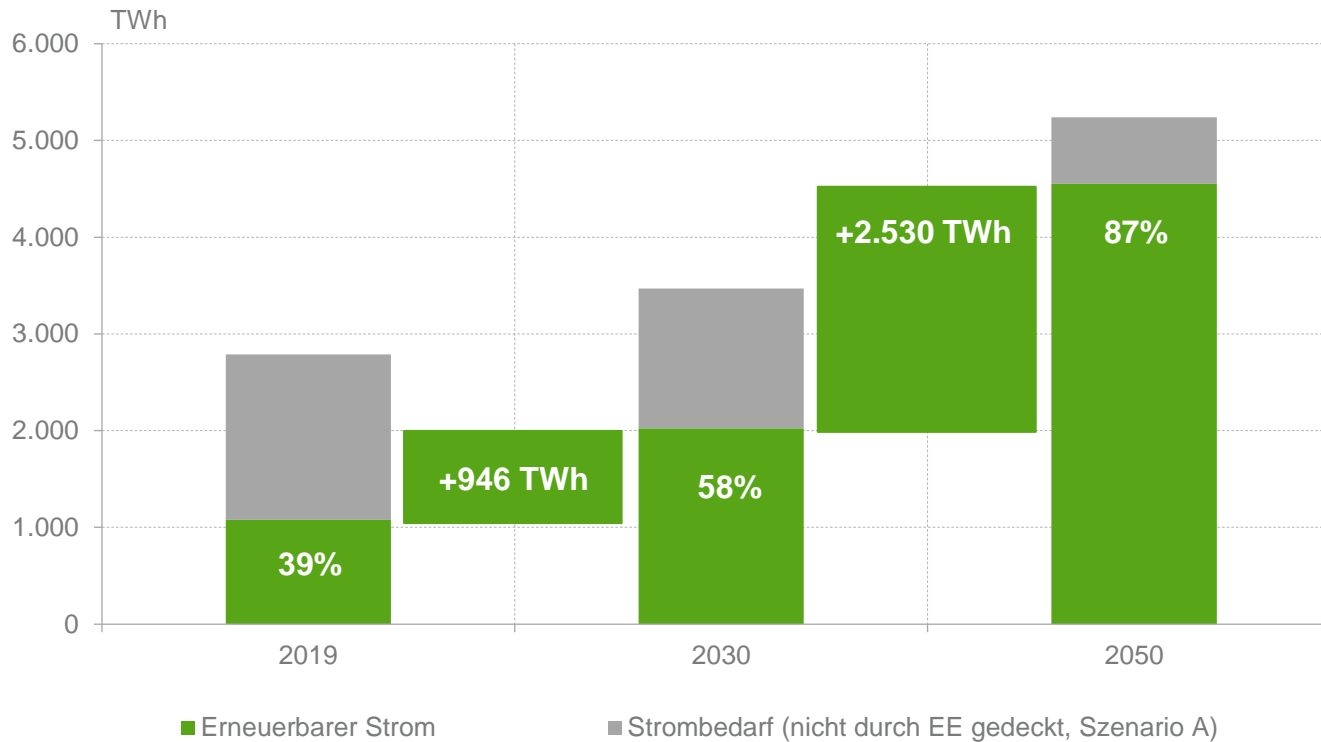


■ Wind Onshore ■ Wind Offshore ■ Solar PV
■ Biomasse ■ Wasserkraft ■ Geothermie

Quelle: NECPs, Analysen enervis

Deckung des Strombedarfs in der EU

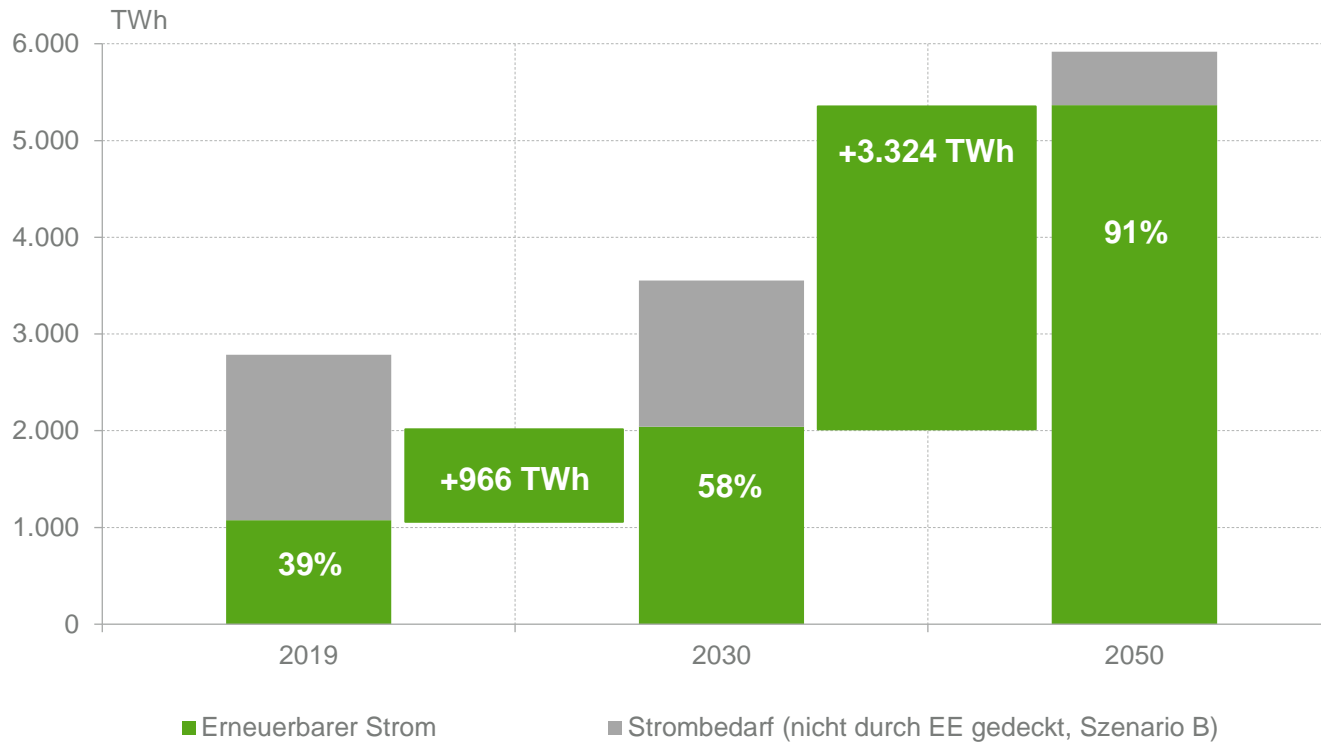
Szenario A



- Quelle: NECPs EU-27 plus UK, Analysen enervis

Deckung des Strombedarfs in der EU

Szenario B

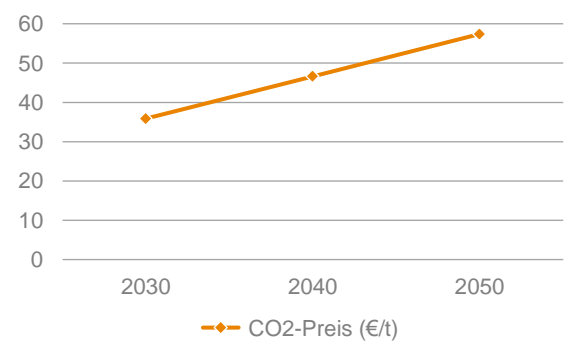
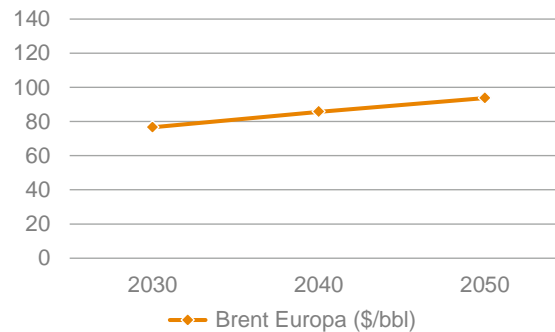
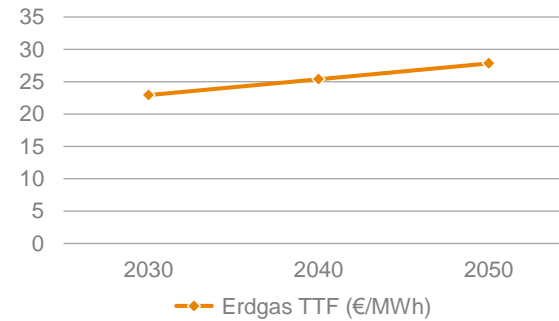
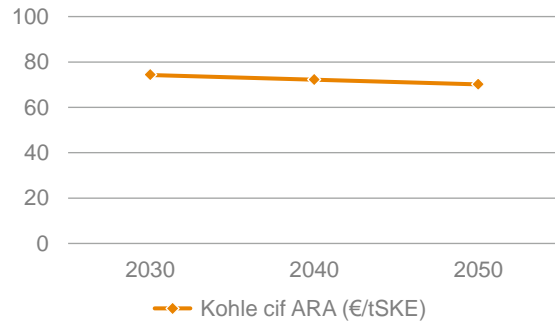


- Quelle: NECPs EU-27 plus UK, Analysen enervis

Brennstoff- und CO₂-Preisprämien Strommarkt

Prämissen Brennstoff-/CO₂-Preisentwicklung

World Energy Outlook 2020 - Referenz der Brennstoff- und CO₂-Preisprämissen in vorliegender Studie (real 2020)



Stated Policies Scenario (Zentrales WEO Szenario)

- **Beschlossene und angekündigte Klimaschutzmaßnahmen** werden implementiert
- **Klimaschutz- und CO₂-Minderungsziele** werden weiterverfolgt und **konsequent umgesetzt**
- **Nationale Minderungsverpflichtungen** werden in allen großen Industrienationen implementiert
- **Weltweite sektorenübergreifende Vereinbarungen** zur Minderung der Treibhausgase

Strommarktszenarien - „Stromlandkarte Europa“

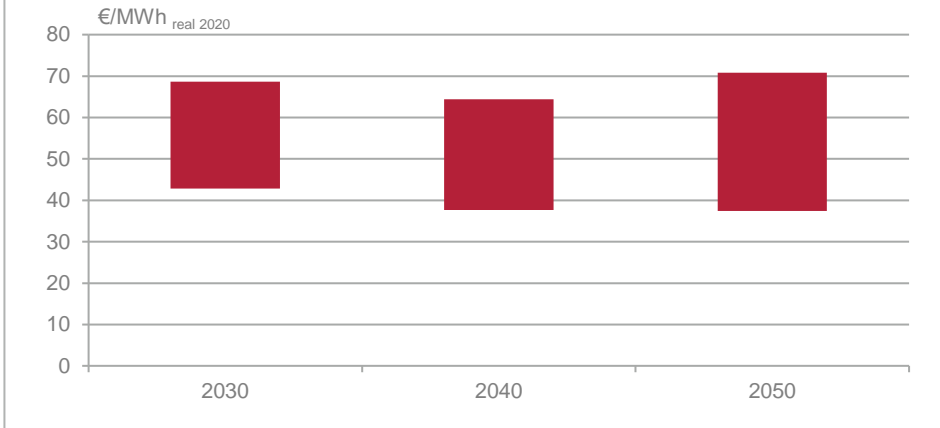
Ergebnisse - Ländersheets

Länder Fact Sheet - EU

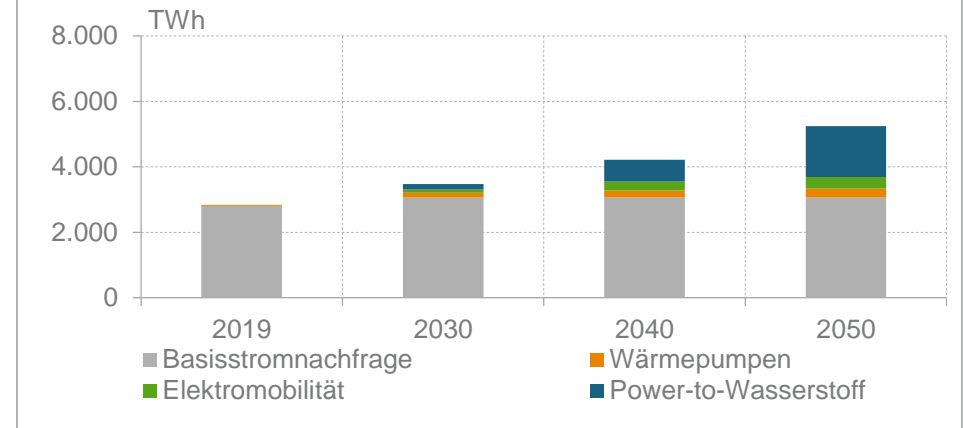
Szenario A



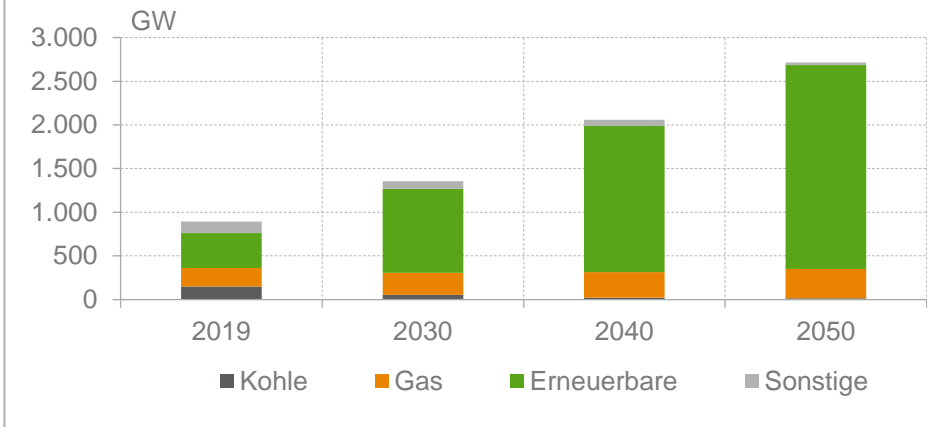
Bandbreite Großhandelsstrompreis



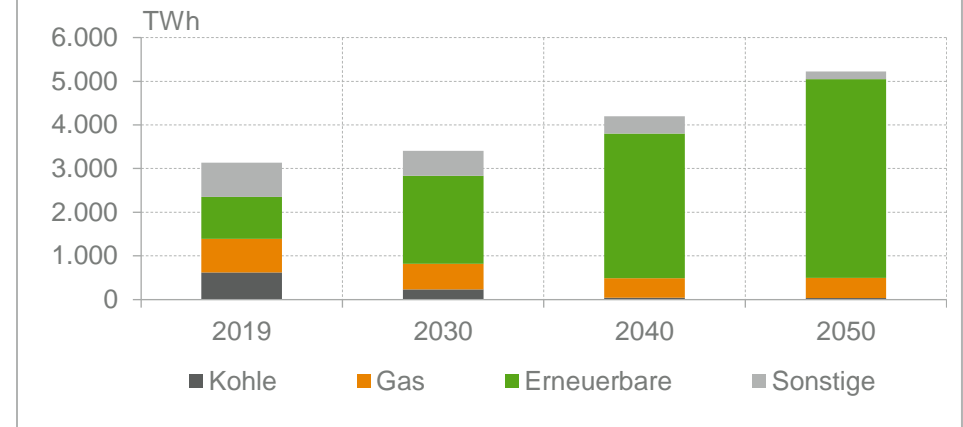
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

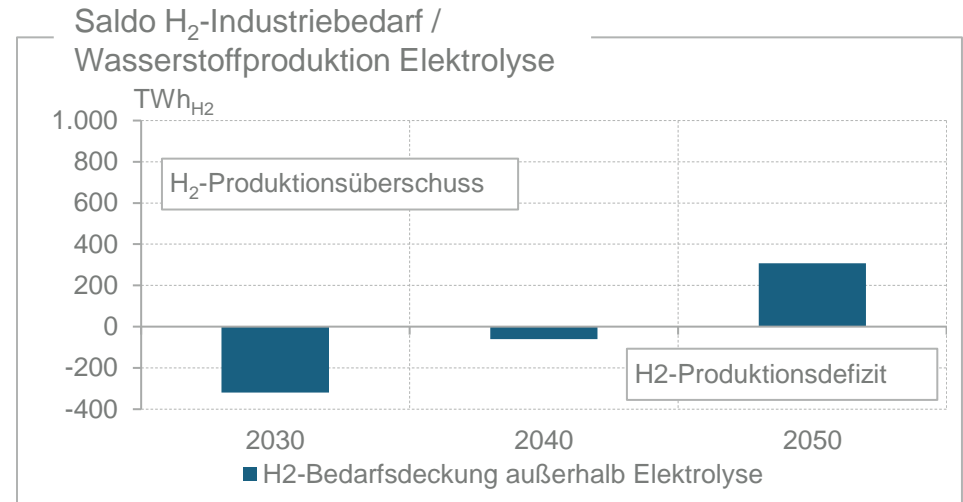
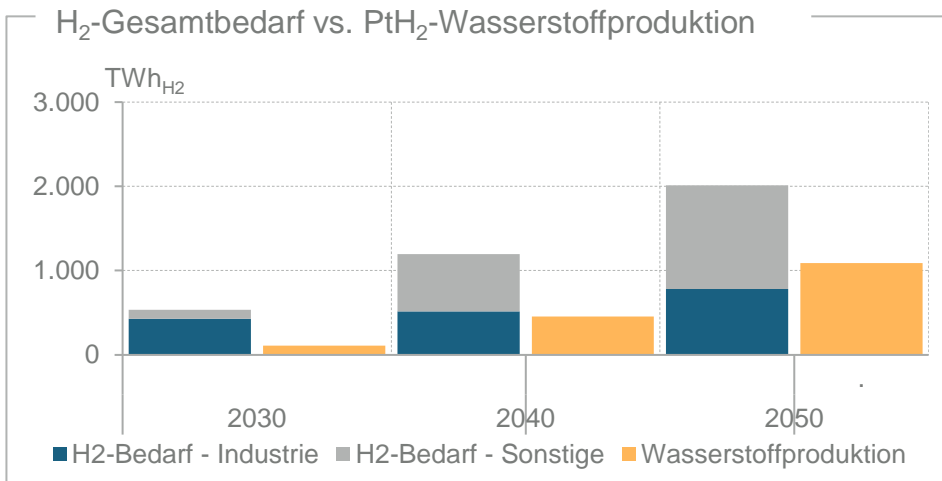
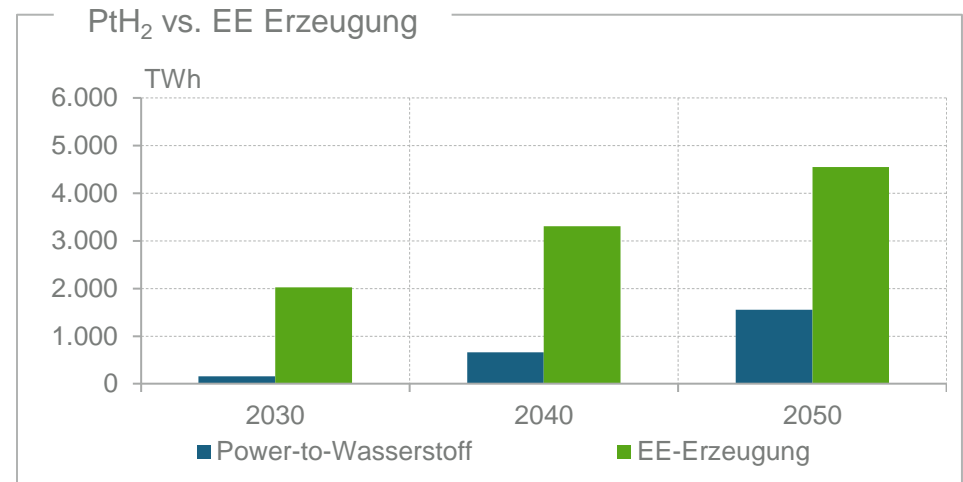
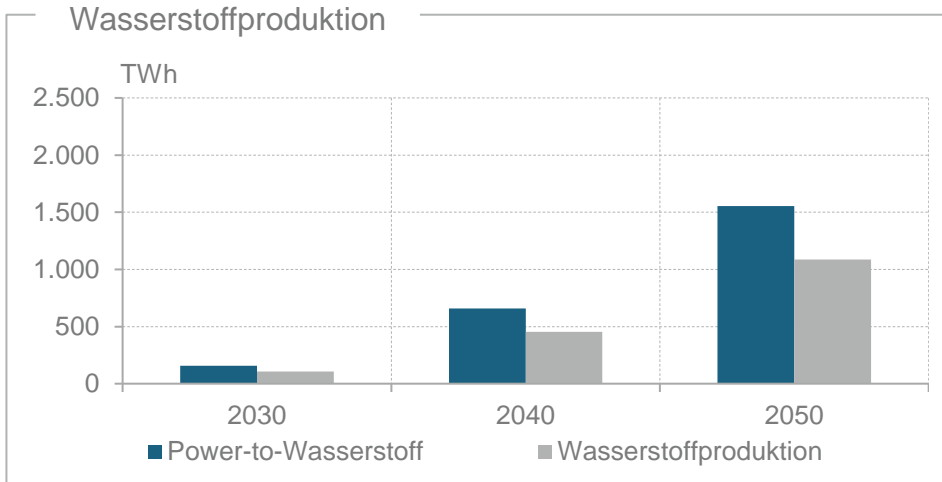


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - EU

Szenario A

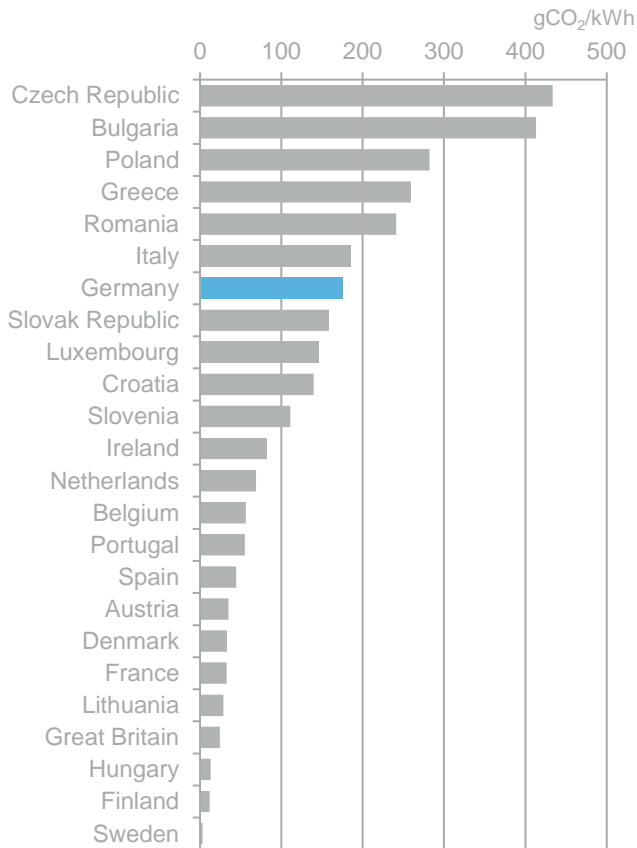


CO₂-Intensität Kraftwerkspark Szenario A

Spezifische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung

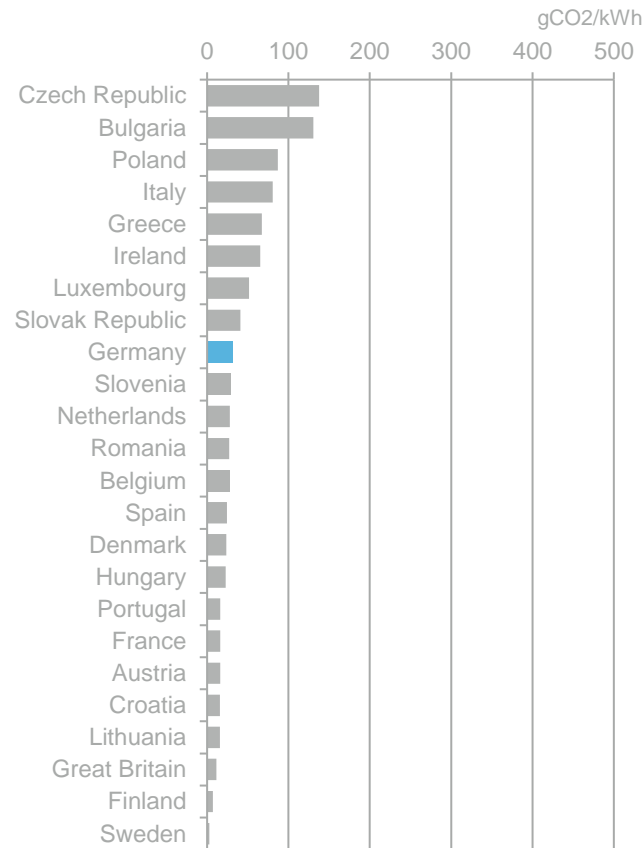


2030



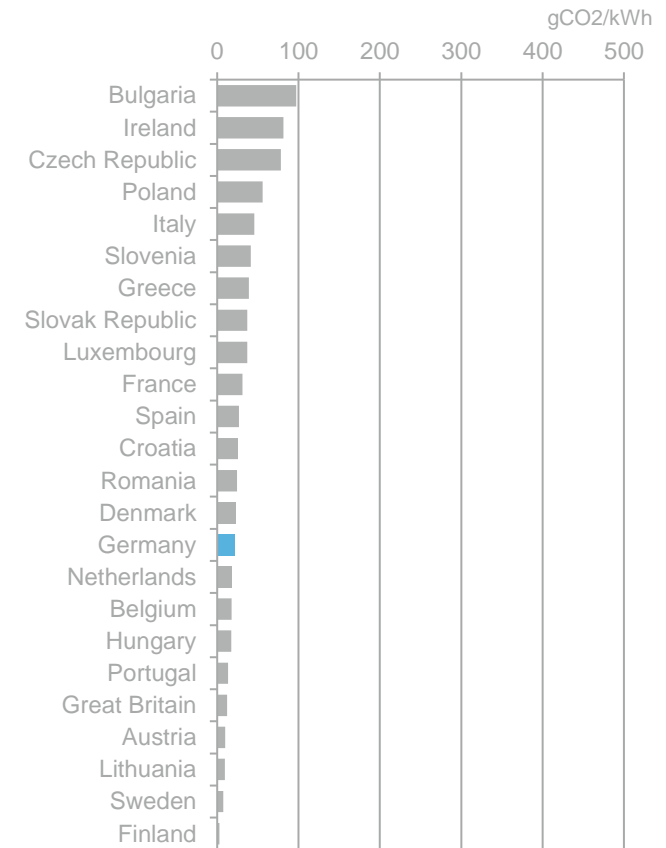
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050



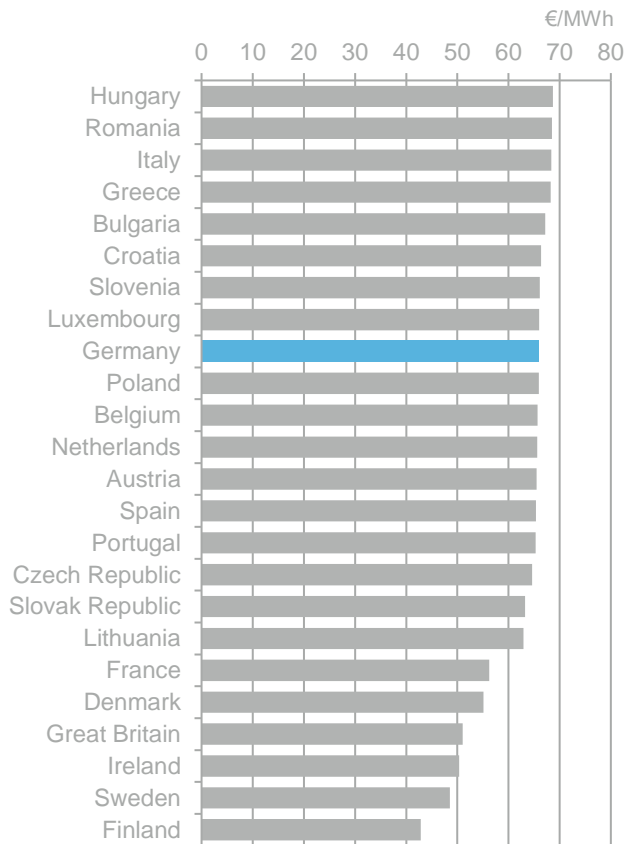
Quelle: enervis Modellierung

Großhandelsstrompreise Szenario A

Jahresdurchschnittspreis am Spotmarkt (real 2020)

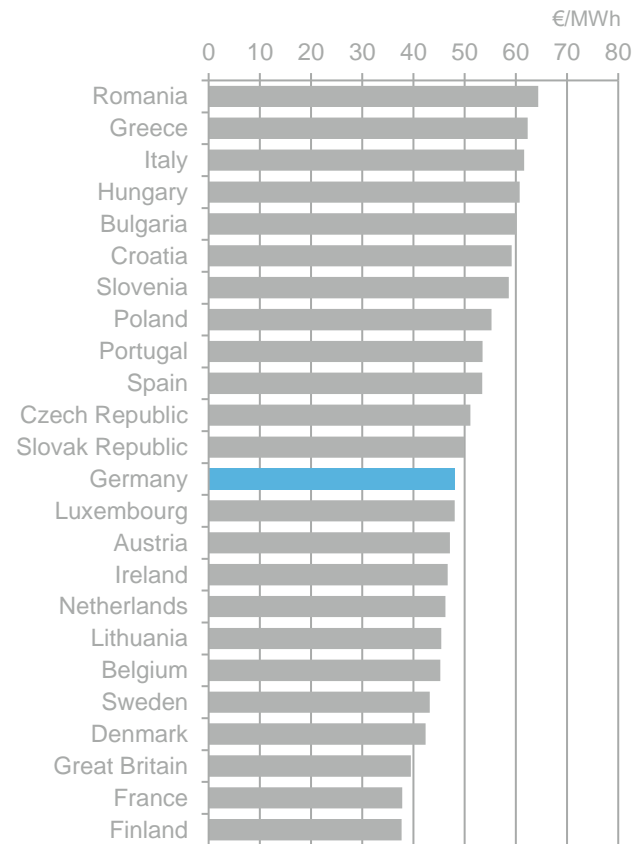


2030



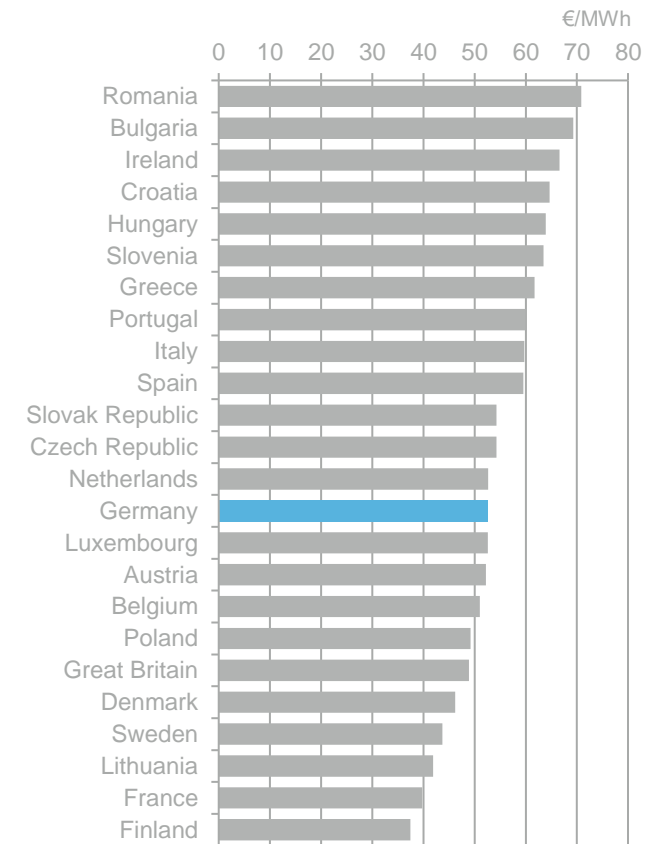
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050



Quelle: enervis Modellierung

Wasserstoffpreis Szenario A

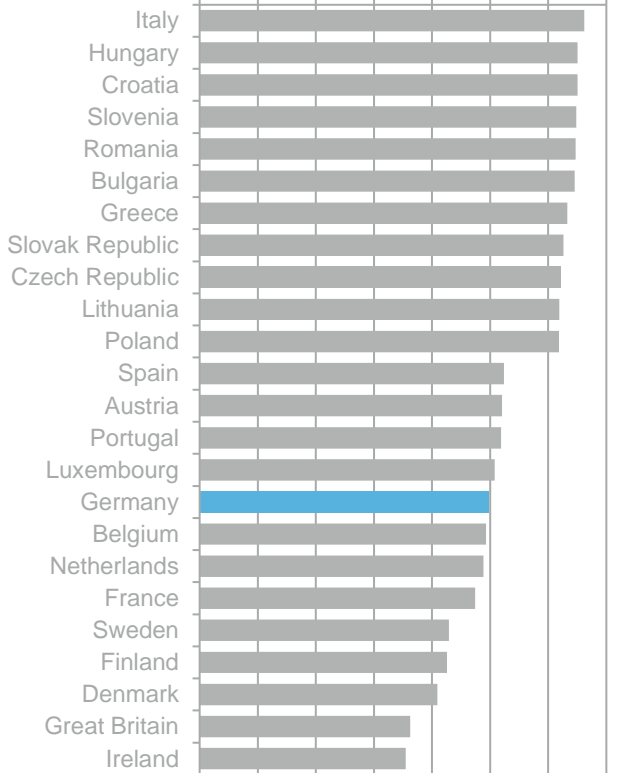
Einsatz des Elektrolyseurs am Strommarkt (real 2020)



2030

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140

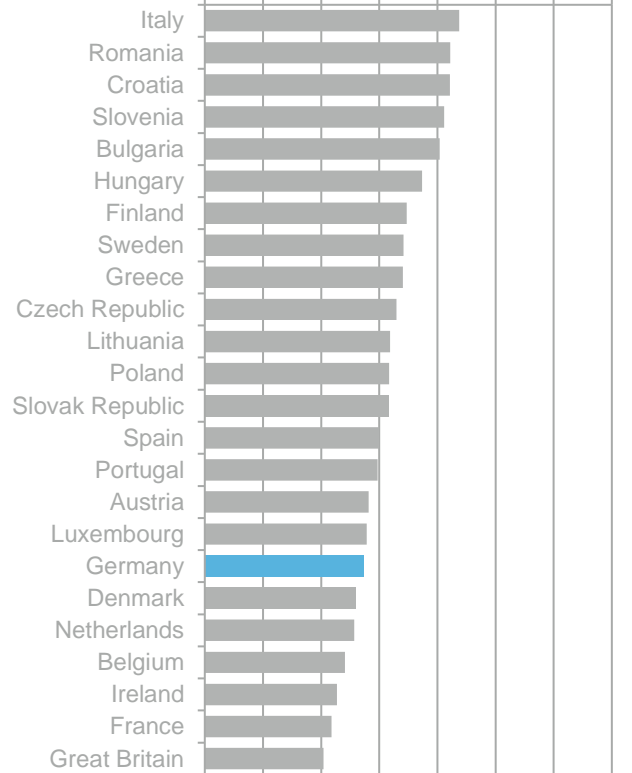


Quelle: enervis Modellierung

2040

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140

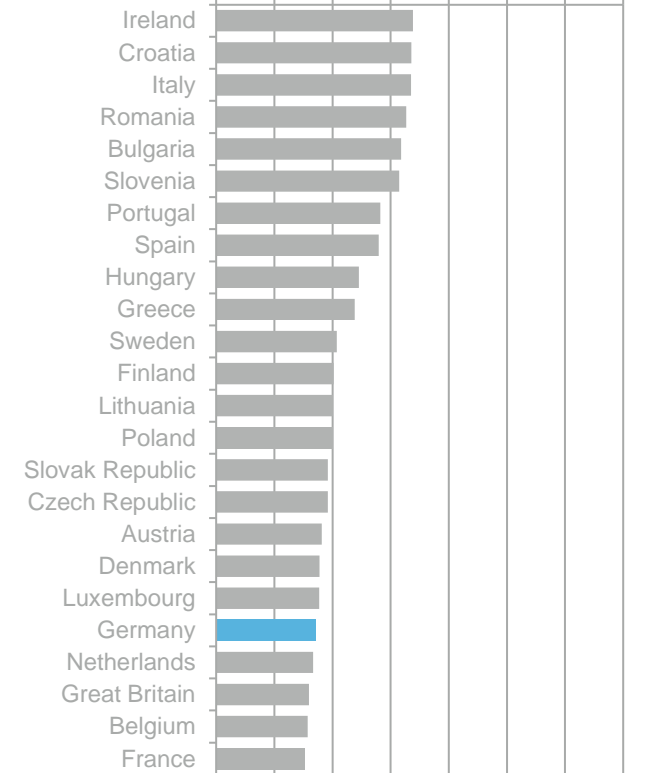


Quelle: enervis Modellierung

2050

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140



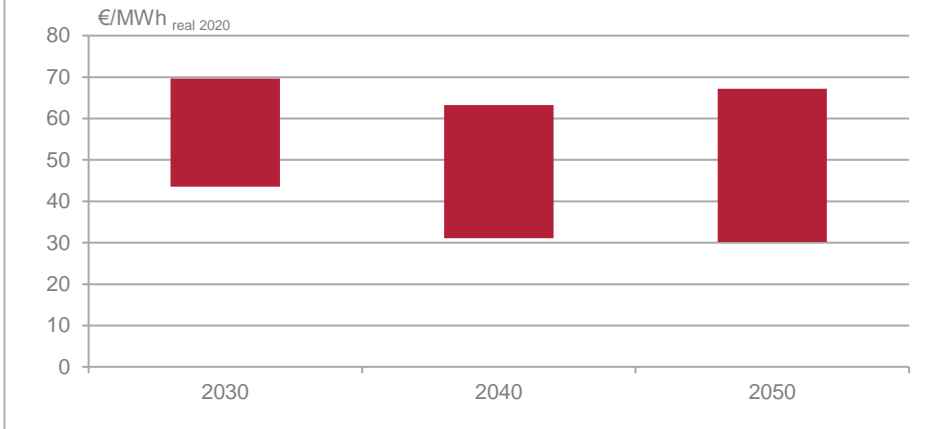
Quelle: enervis Modellierung

Länder Fact Sheet - EU

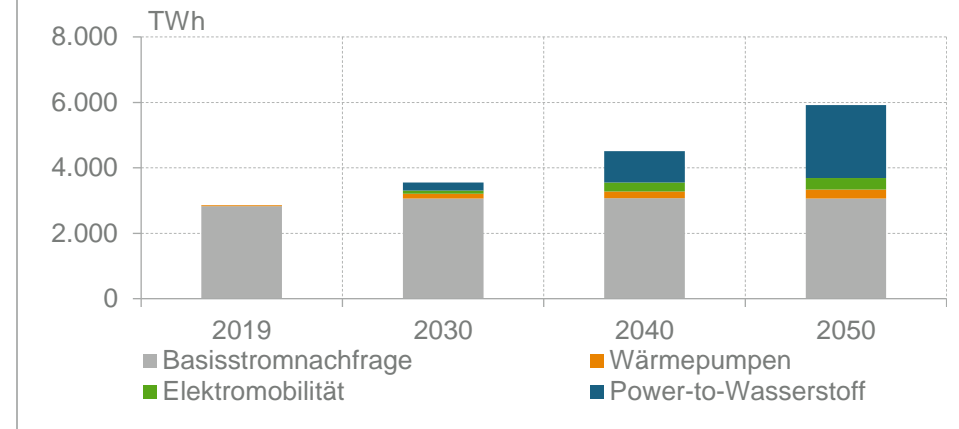
Szenario B



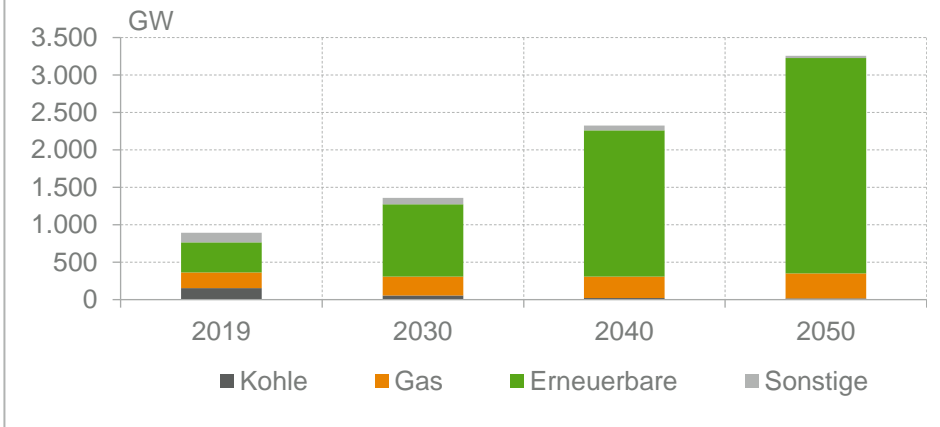
Bandbreite Großhandelsstrompreis



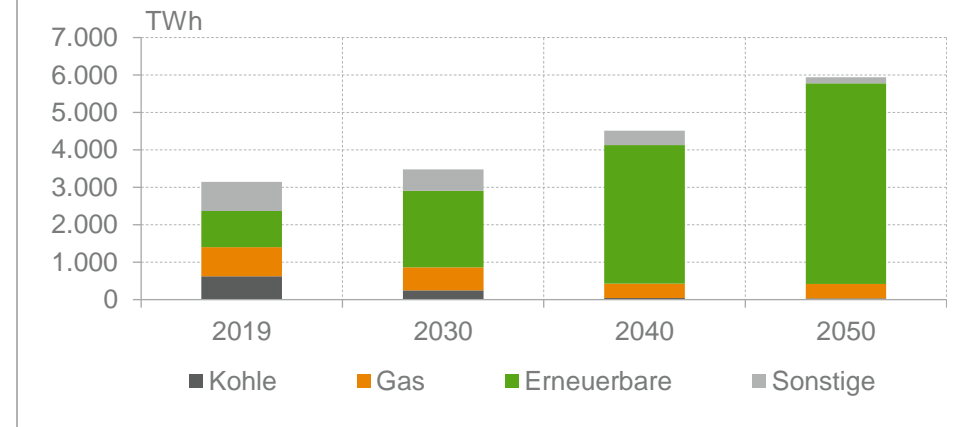
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

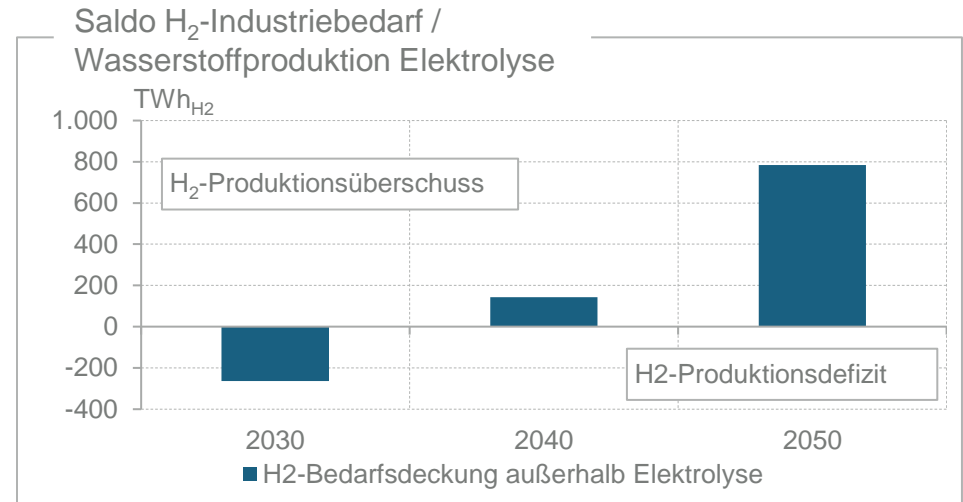
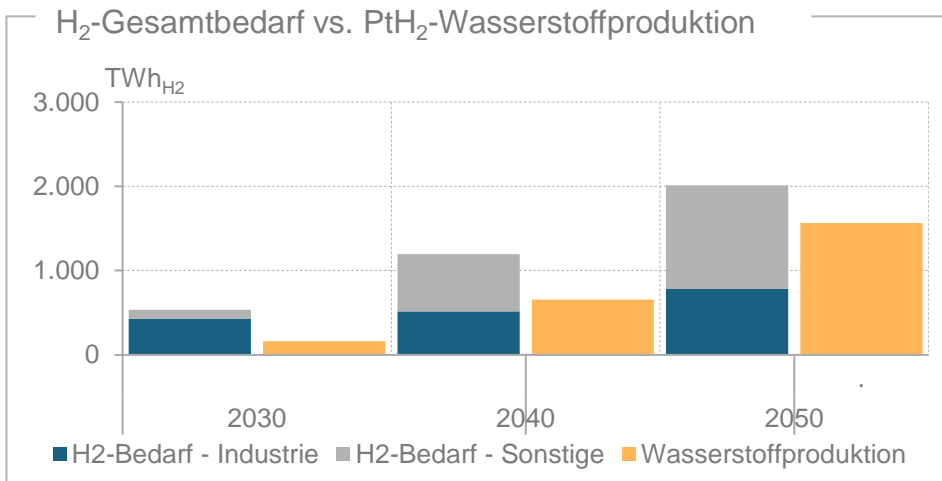
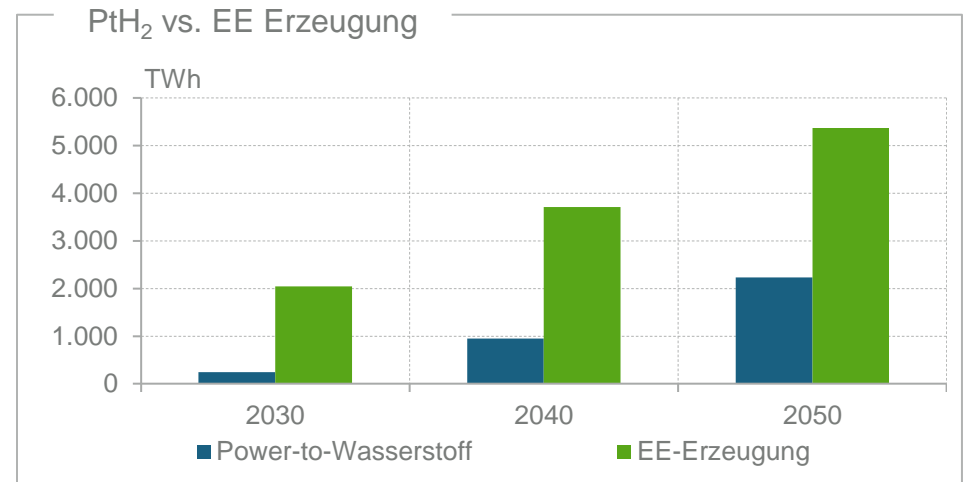
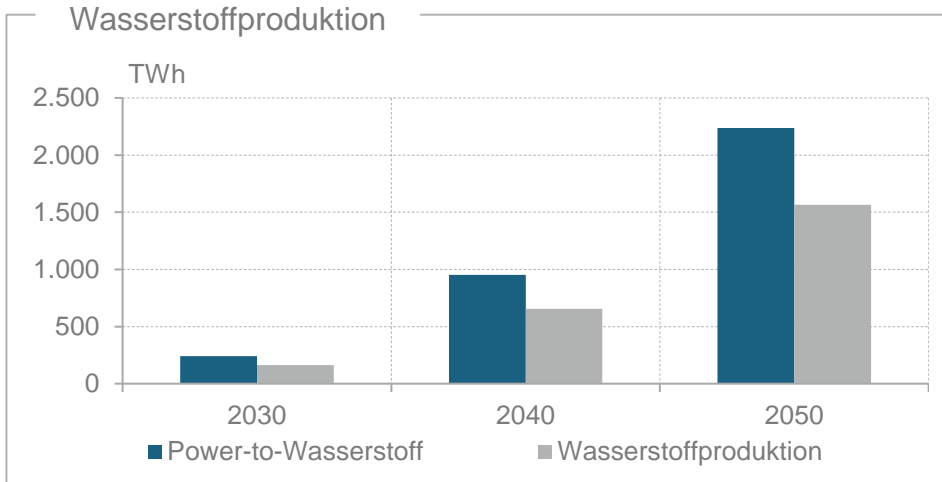


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - EU

Szenario B

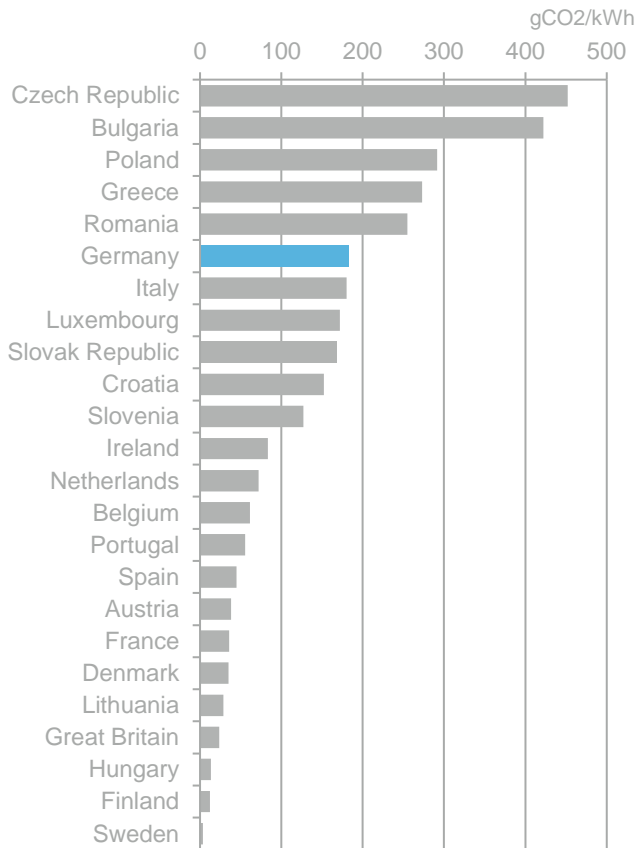


CO₂-Intensität Kraftwerkspark Szenario B

Spezifische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung

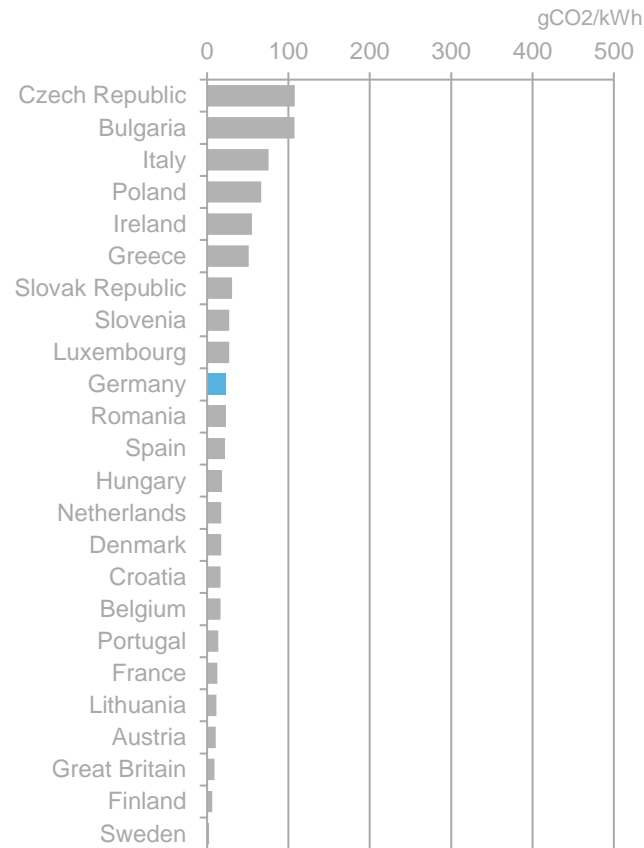


2030



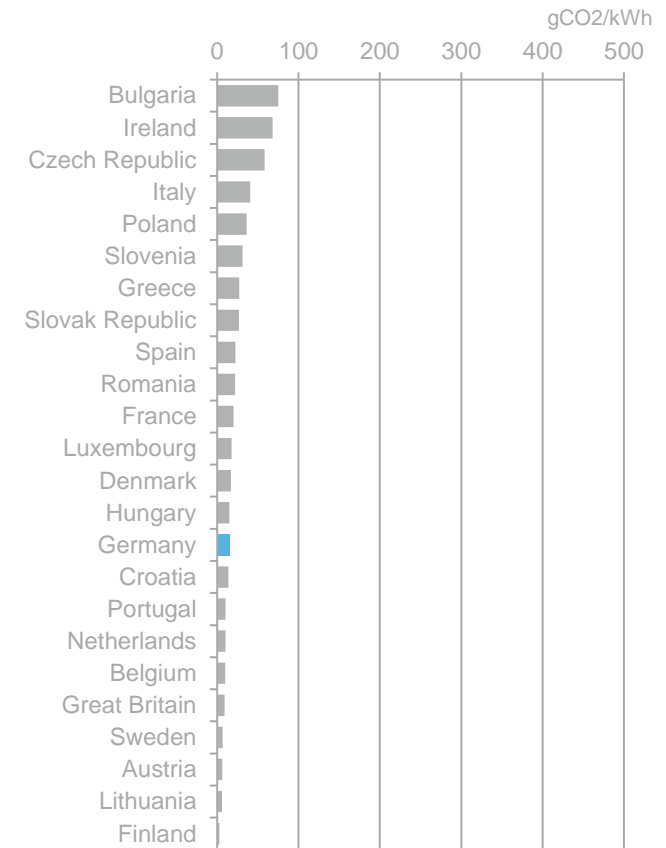
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050



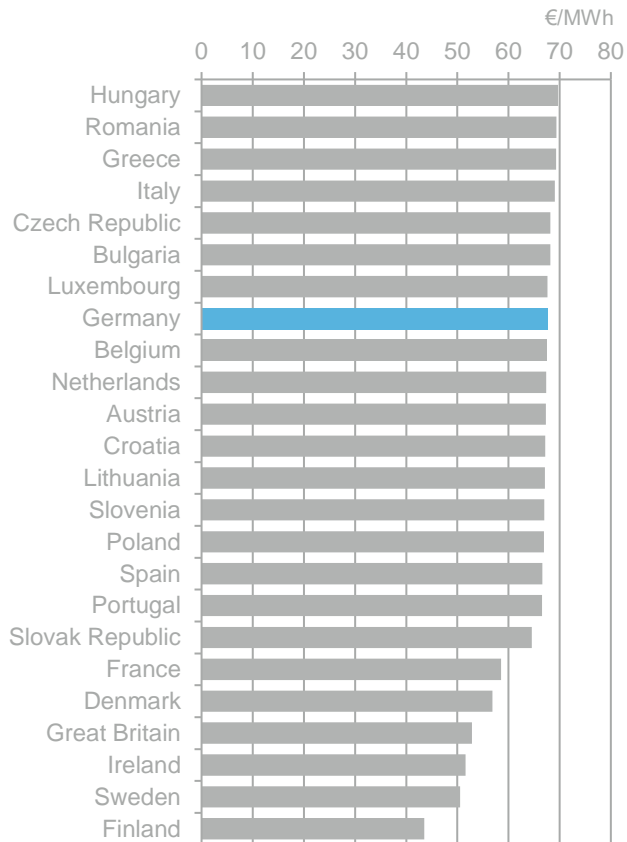
Quelle: enervis Modellierung

Großhandelsstrompreise Szenario B

Jahresdurchschnittspreis am Spotmarkt (real 2020)

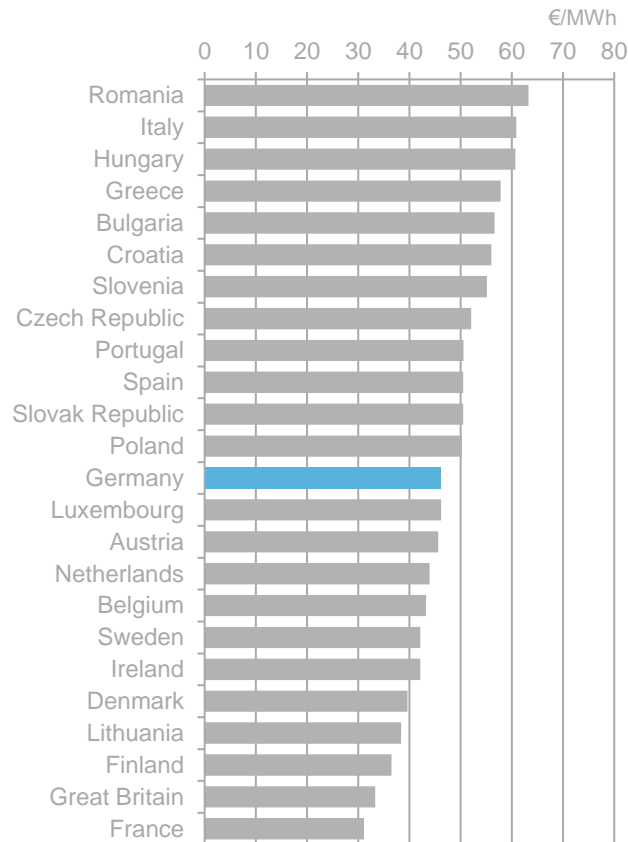


2030



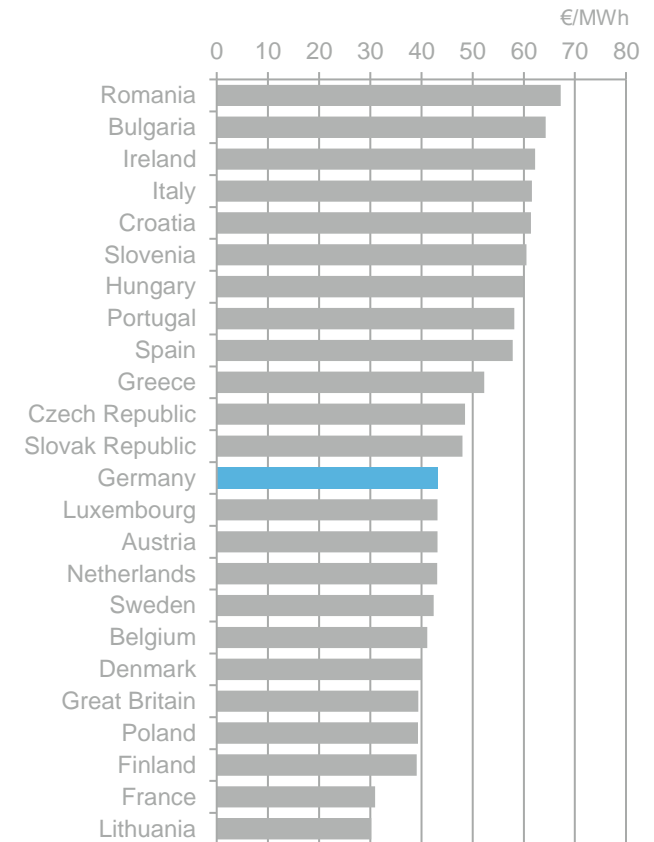
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050



Quelle: enervis Modellierung

Wasserstoffpreis Szenario B

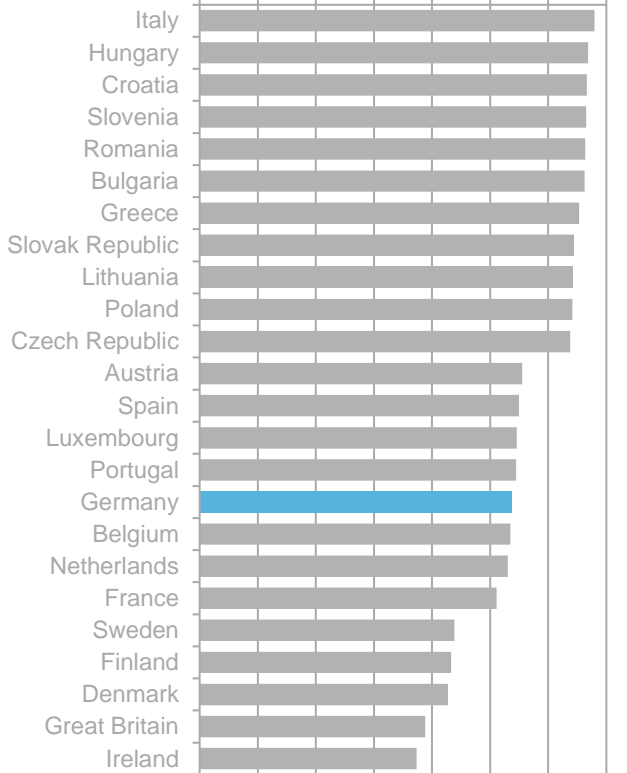
Einsatz des Elektrolyseurs am Strommarkt (real 2020)



2030

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140

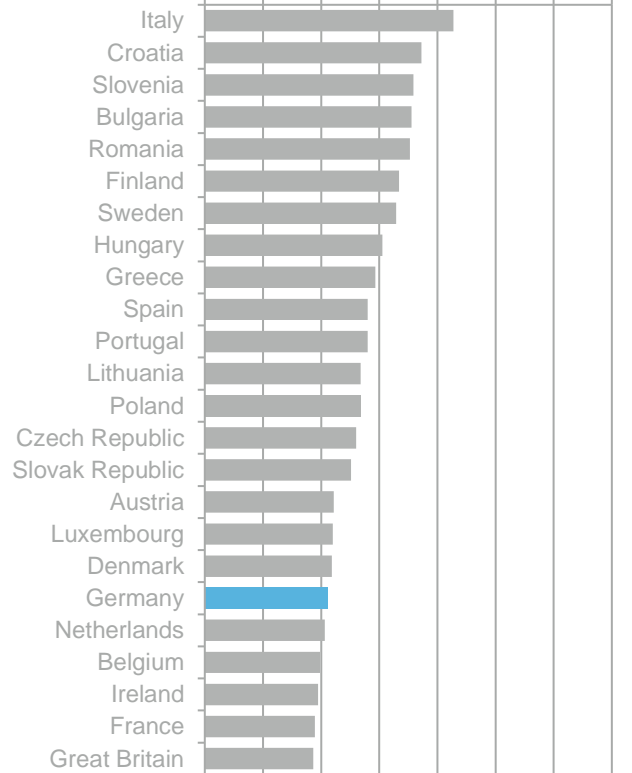


Quelle: enervis Modellierung

2040

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140

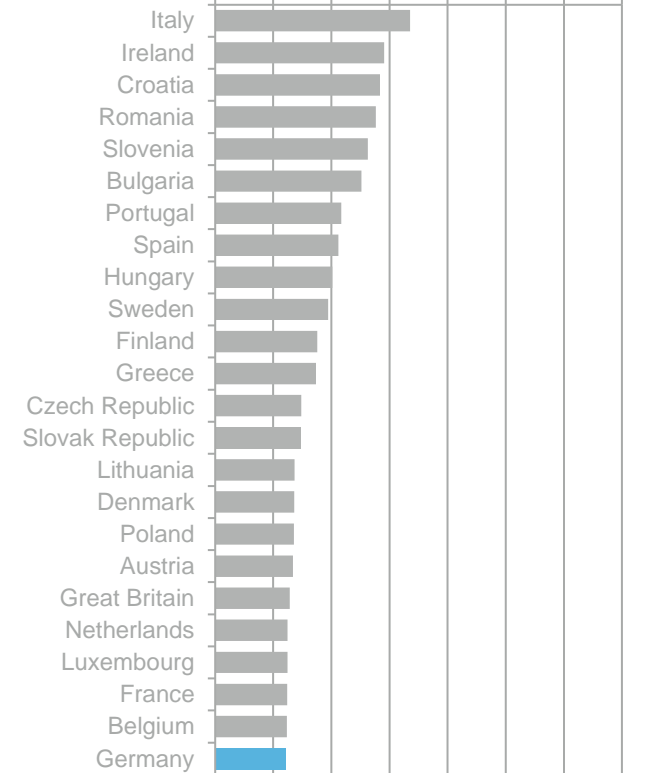


Quelle: enervis Modellierung

2050

€/MWh

0 20 40 60 80 100 120 140



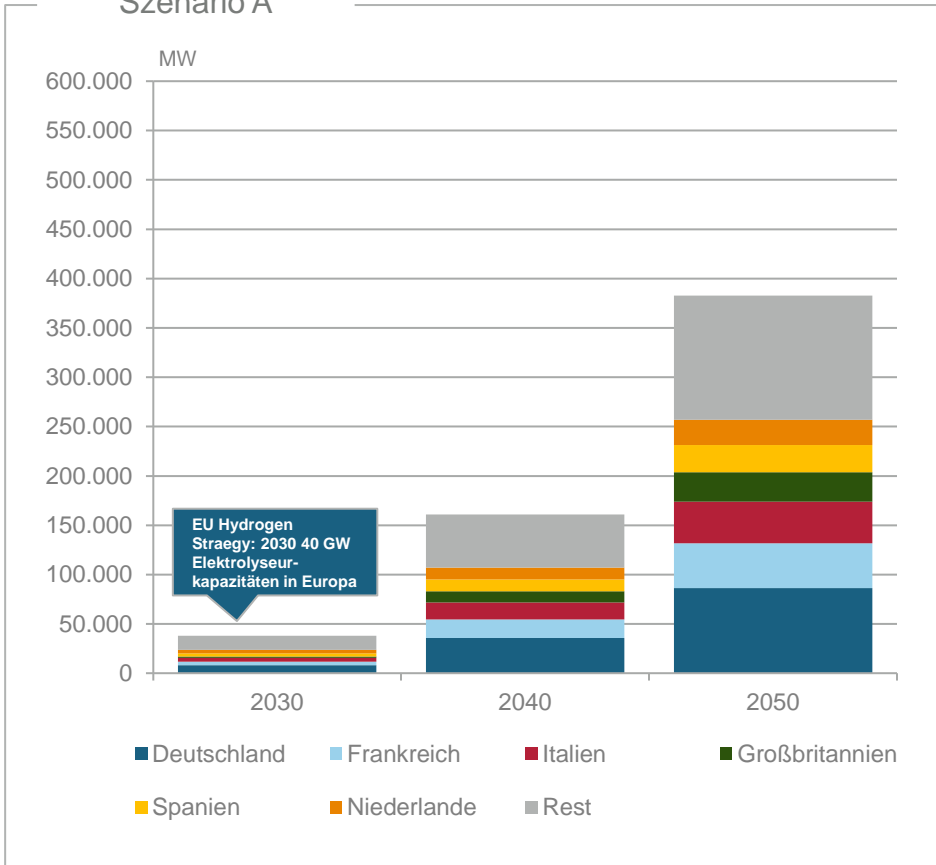
Quelle: enervis Modellierung

Elektrolyseurkapazitäten

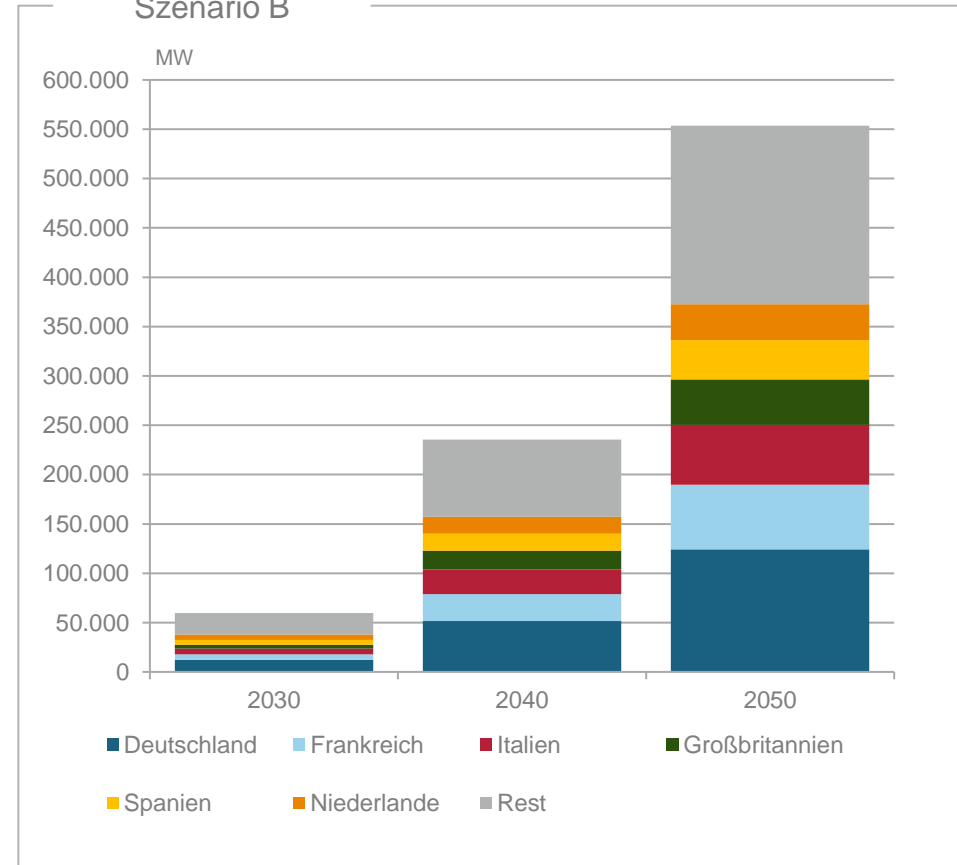
Installierte Kapazitäten zur H2-Bedarfsdeckung aus Elektrolyse



Szenario A



Szenario B

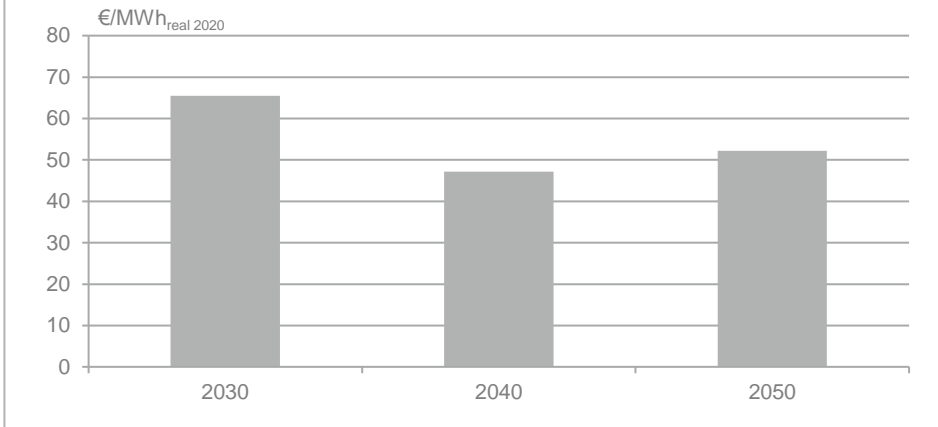


Länder Fact Sheet - Österreich

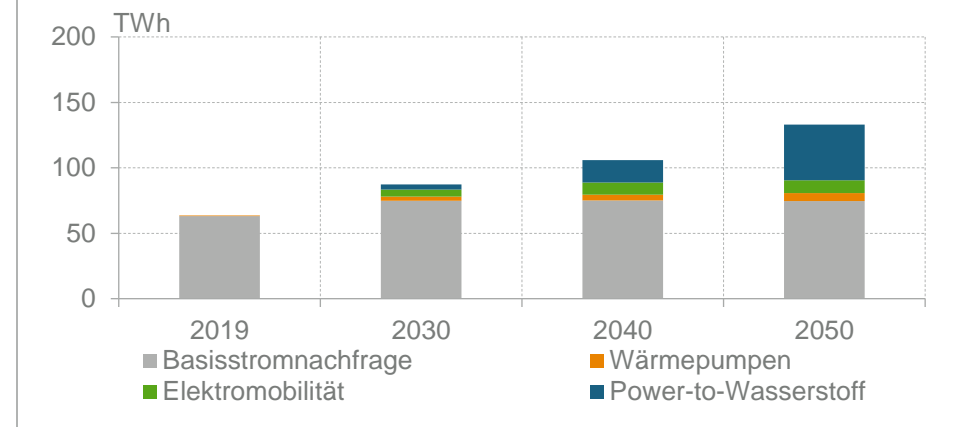
Szenario A



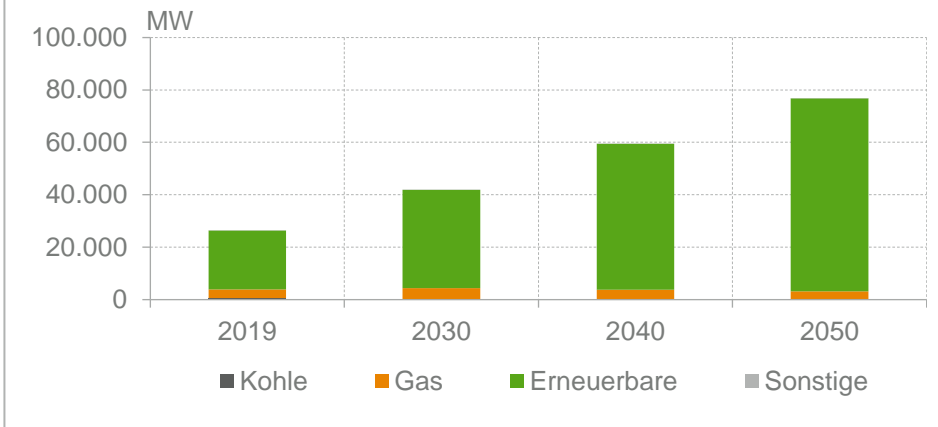
Großhandelsstrompreis



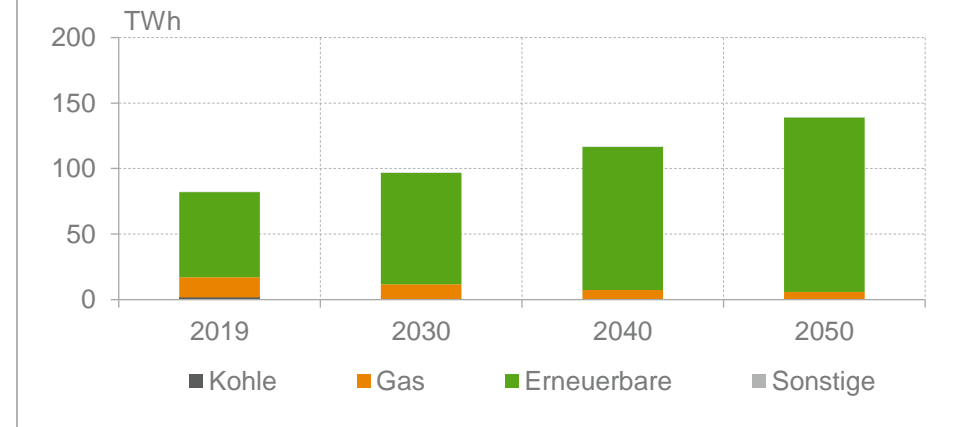
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

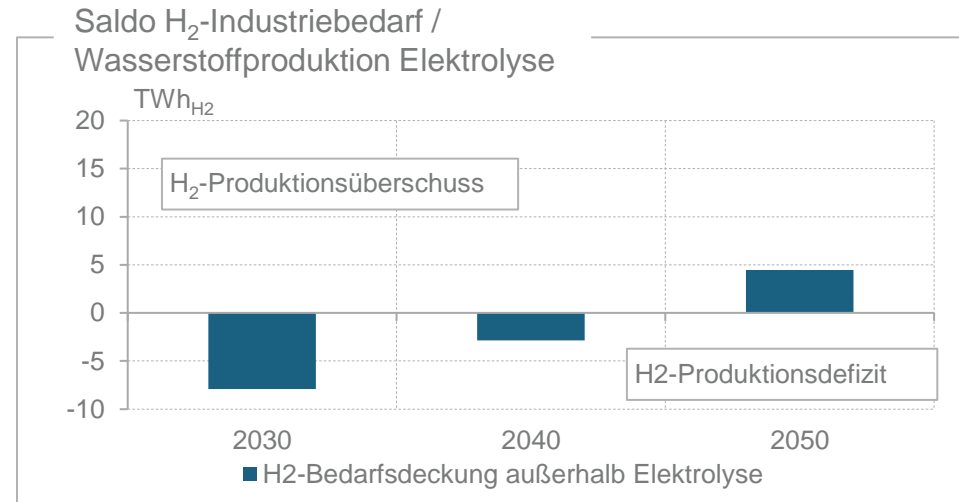
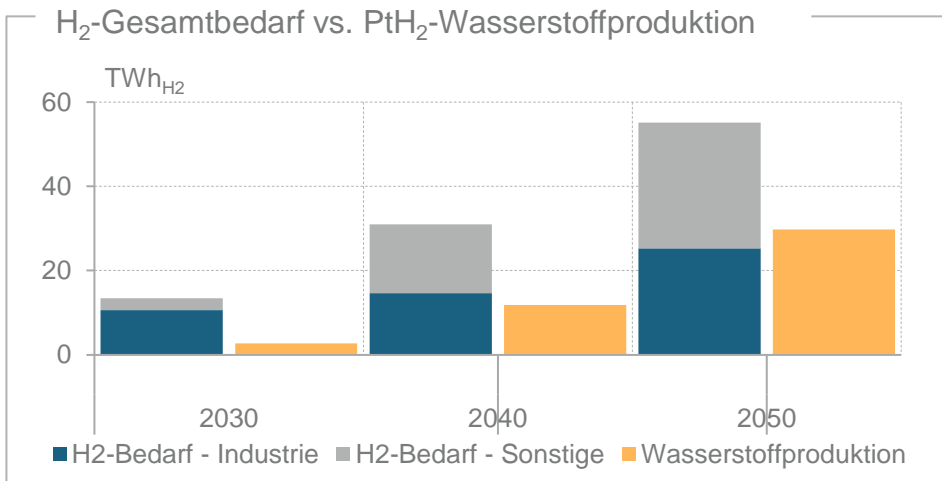
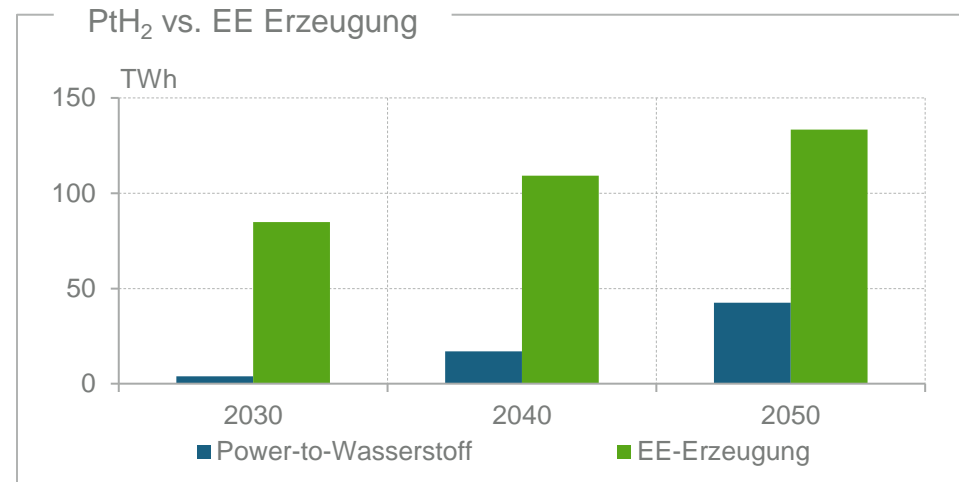
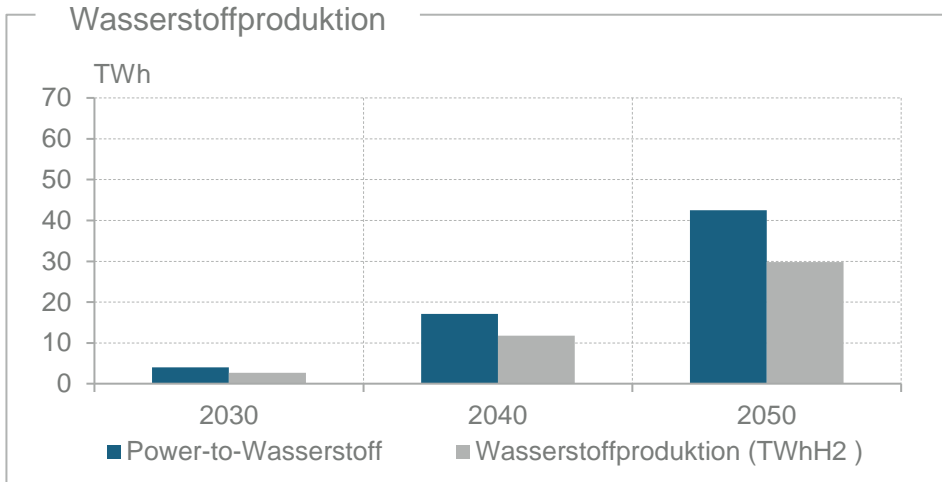


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Österreich

Szenario A

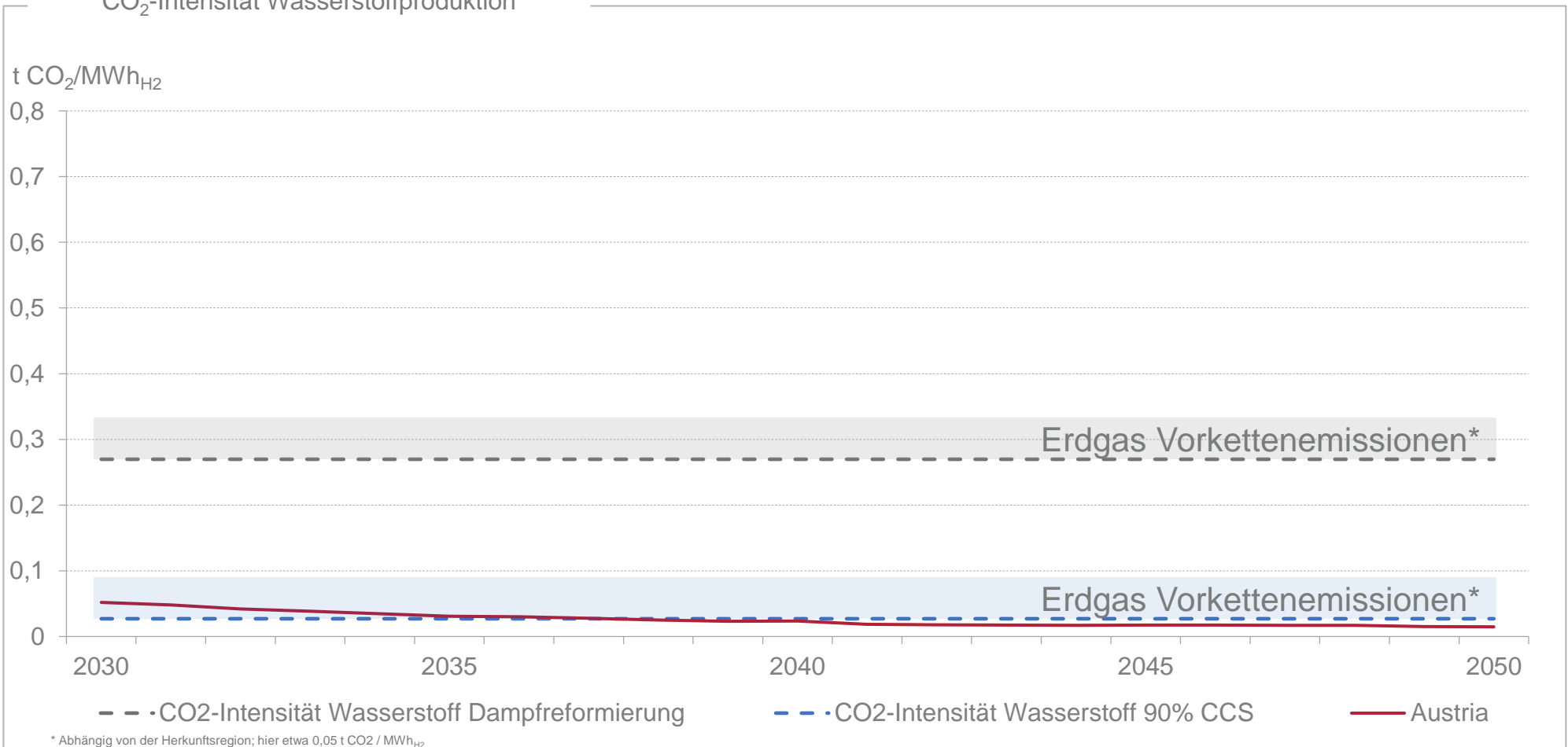


Länder Fact Sheet - Österreich

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

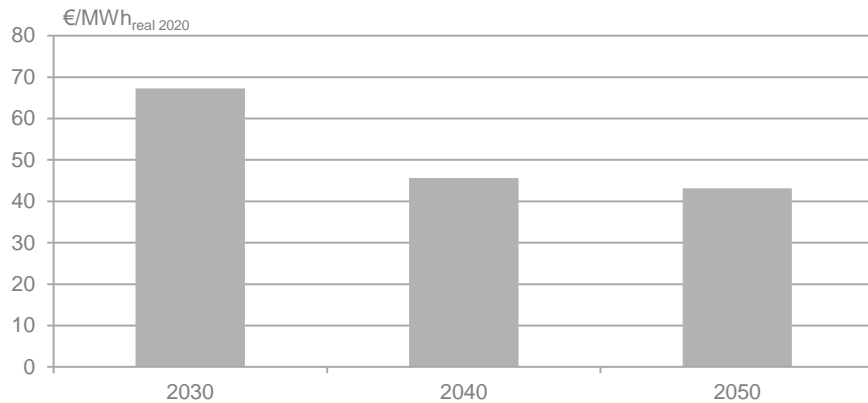


Länder Fact Sheet - Österreich

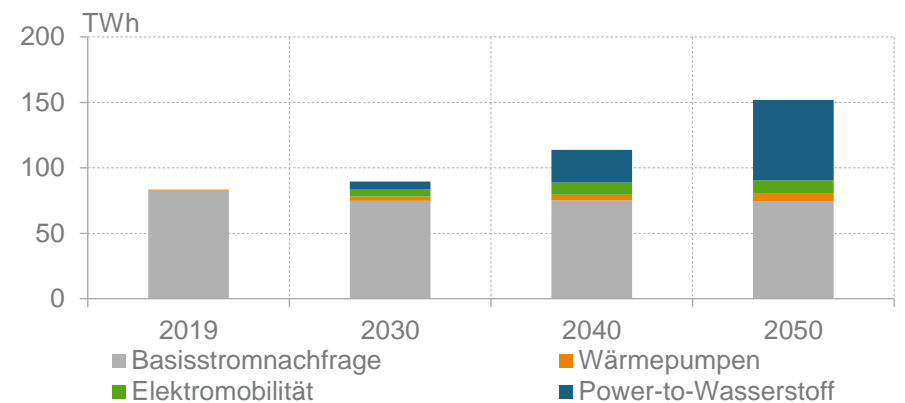
Szenario B



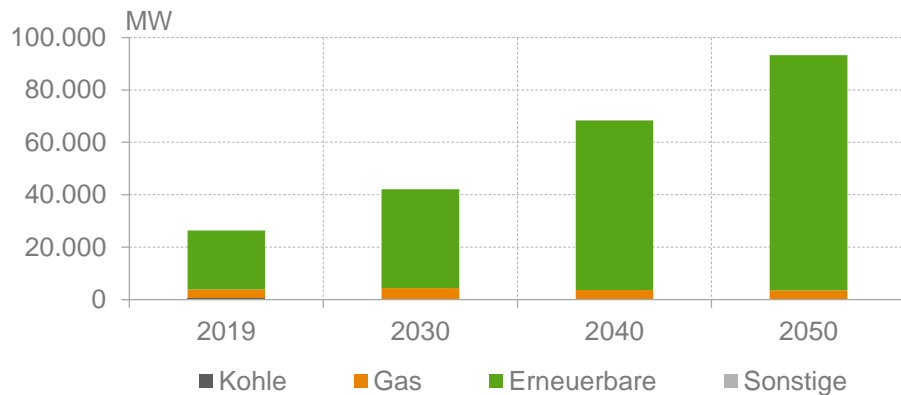
Großhandelsstrompreis



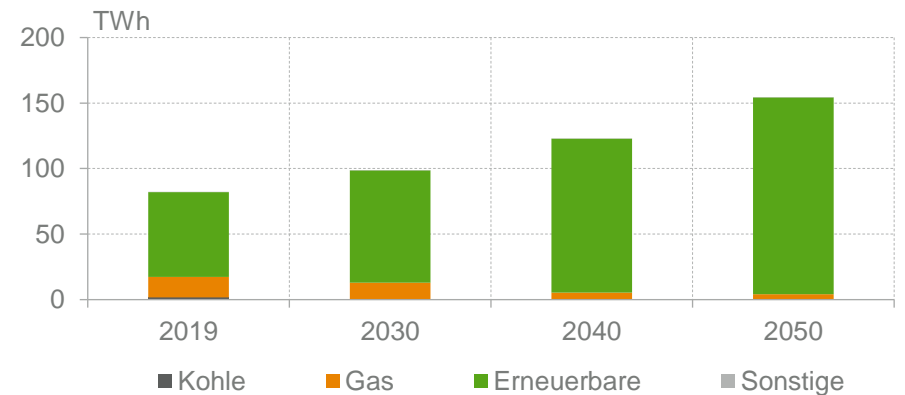
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

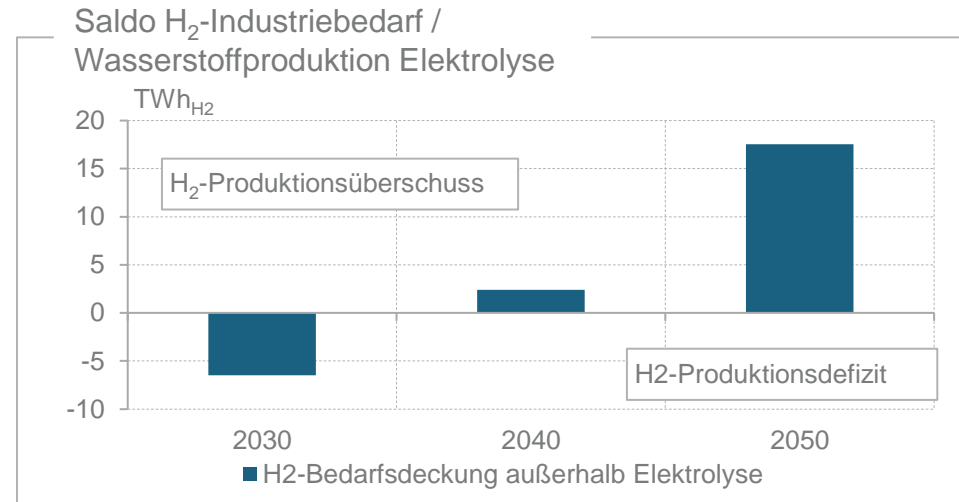
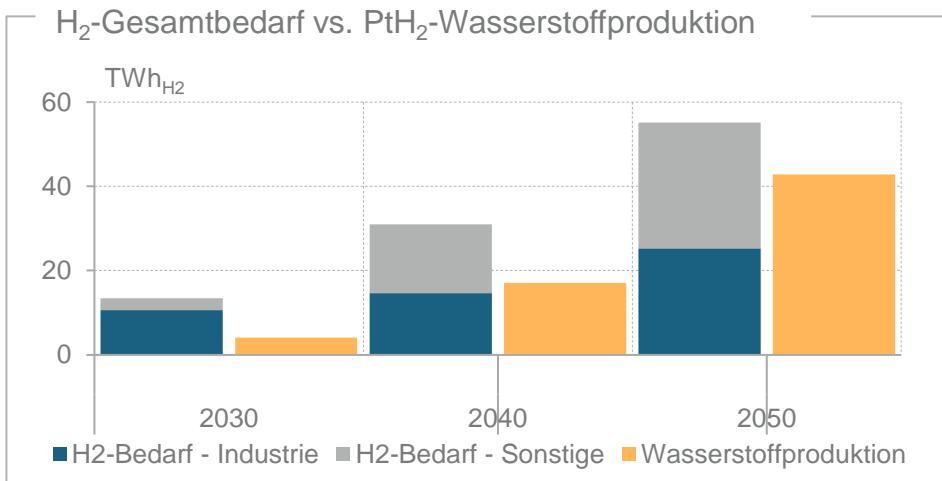
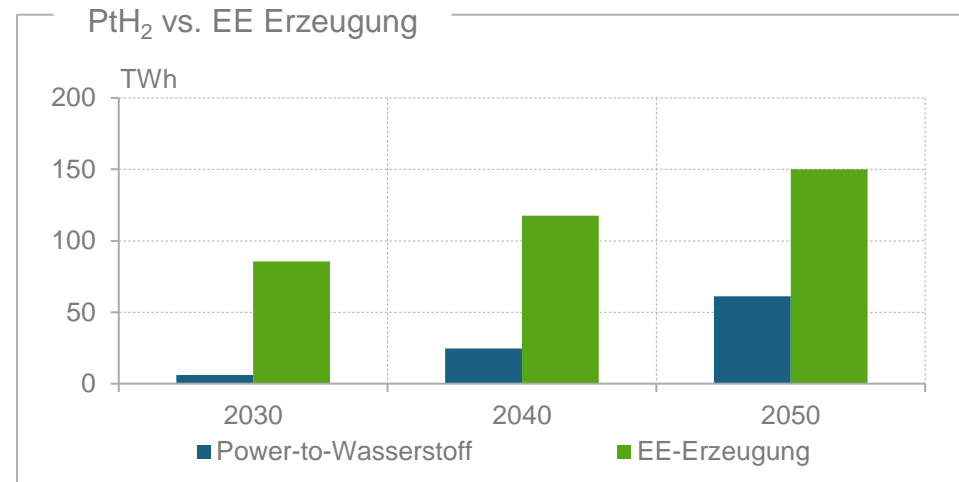
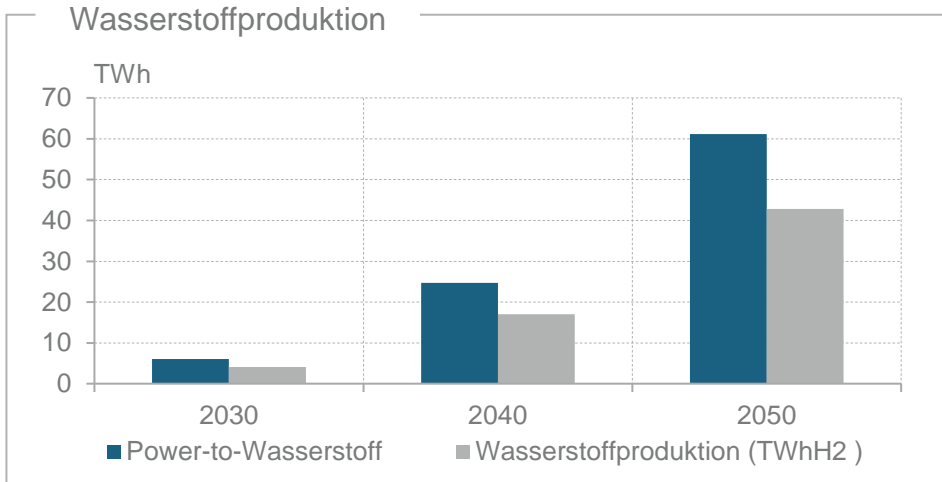


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Österreich

Szenario B

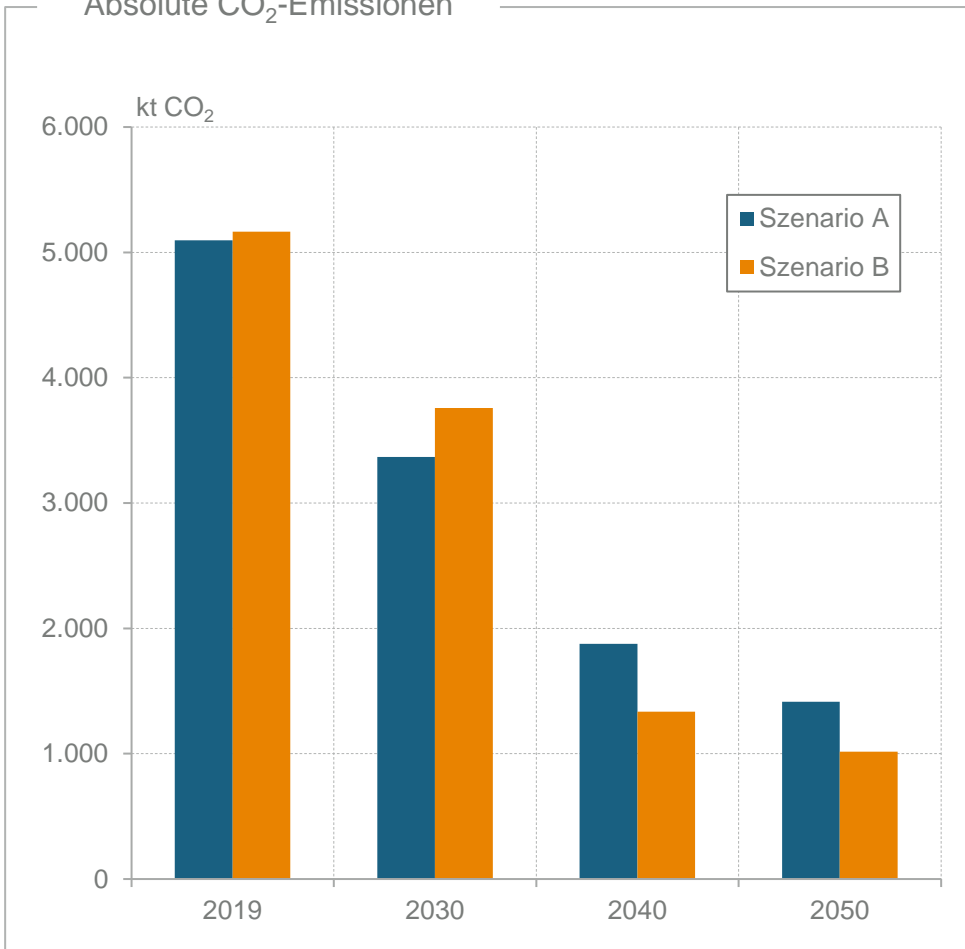


Länder Fact Sheet - Österreich

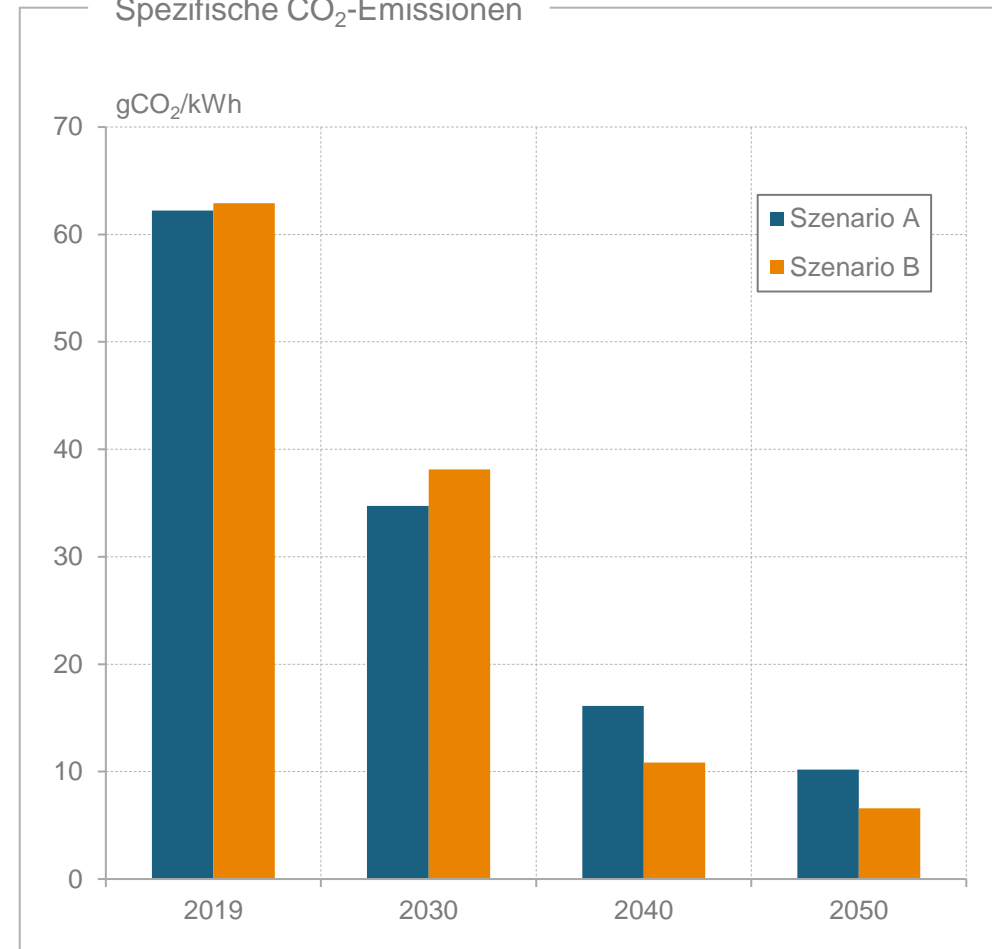
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

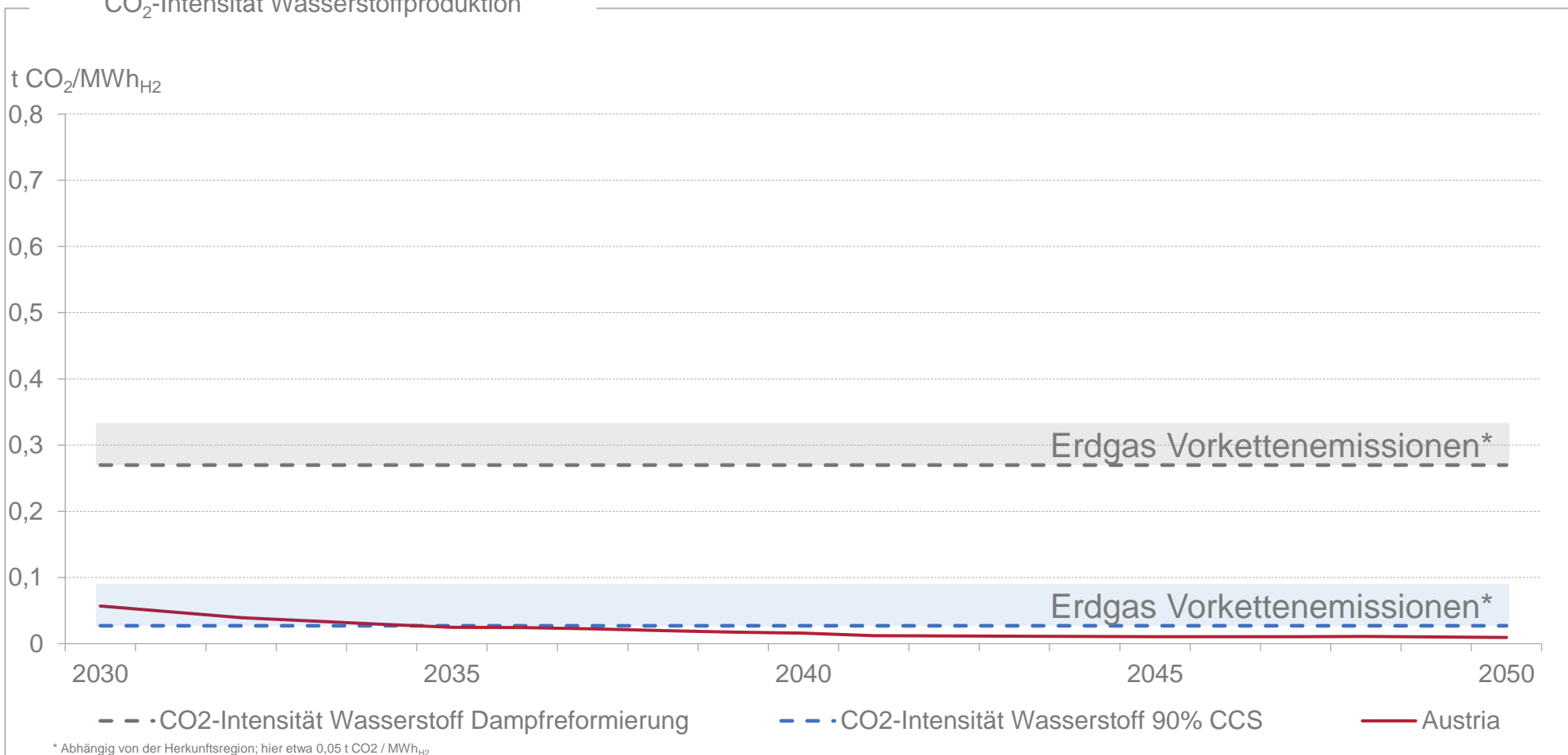


Länder Fact Sheet - Österreich

Szenario B

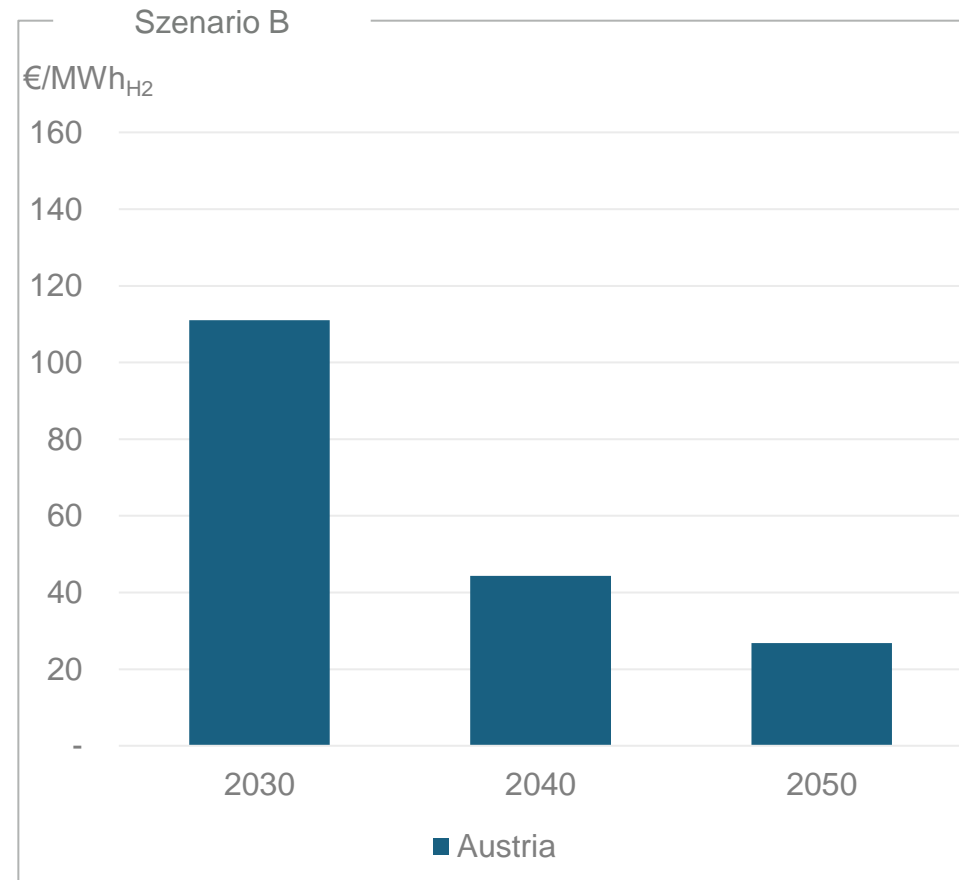
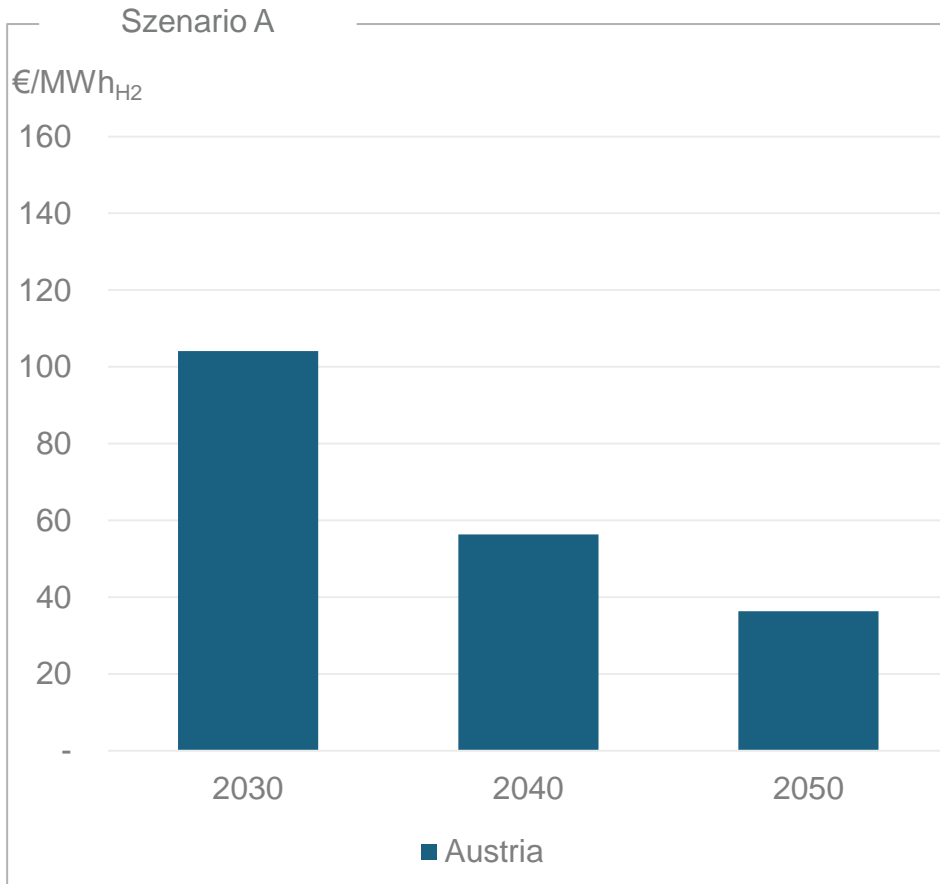


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Österreich

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasiertem Einsatz des Elektrolyseurs

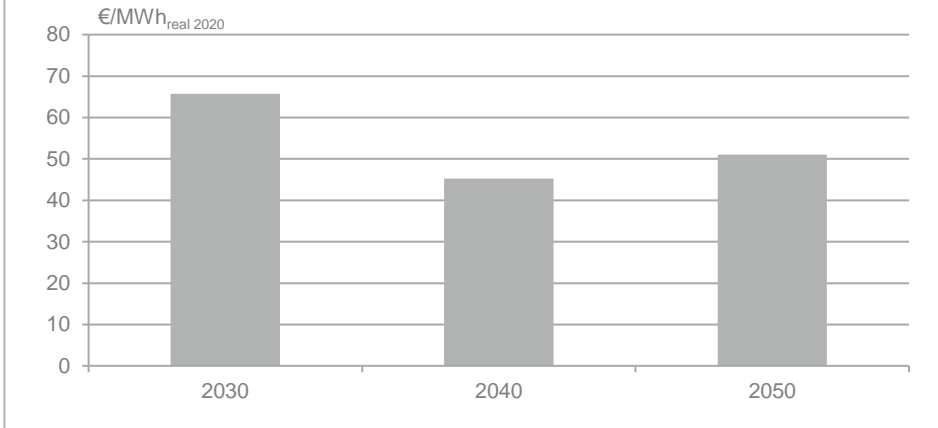


Länder Fact Sheet - Belgien

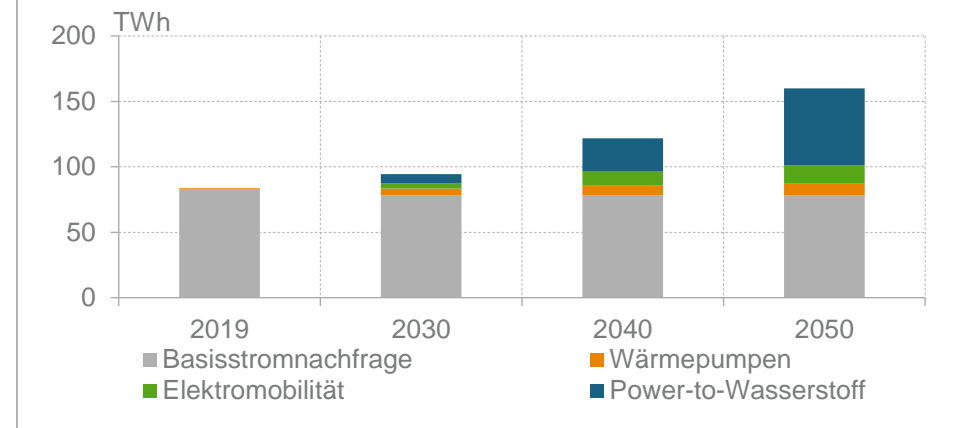
Szenario A



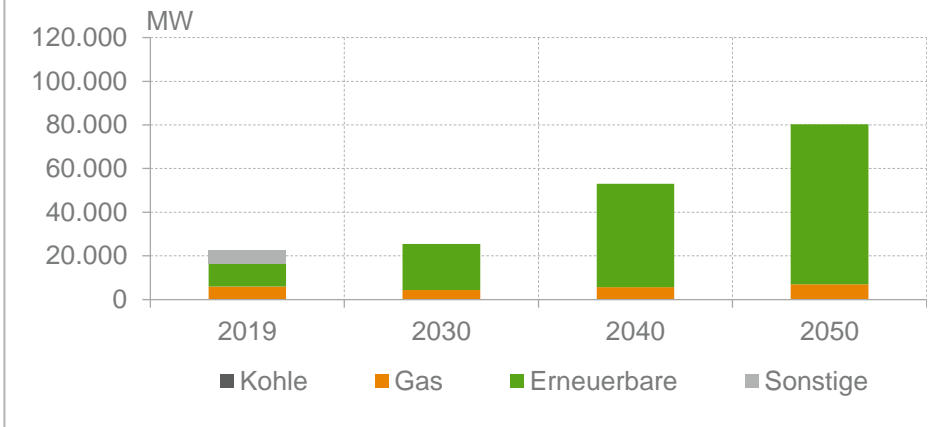
Großhandelsstrompreis



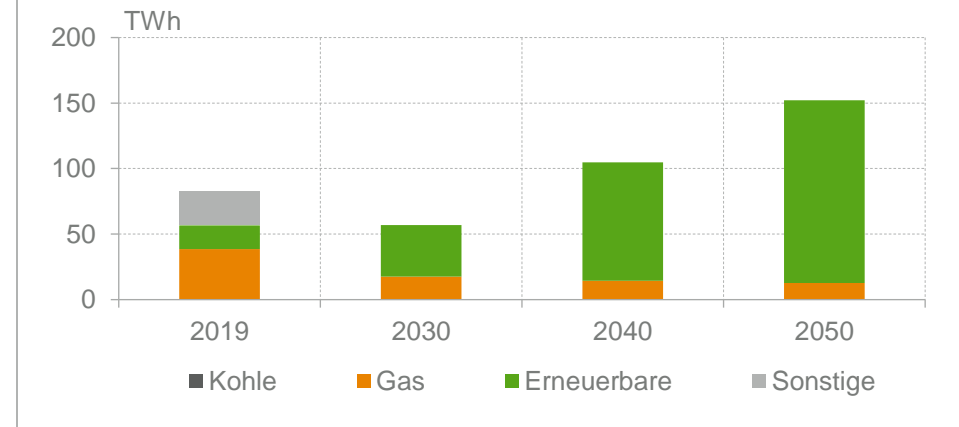
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

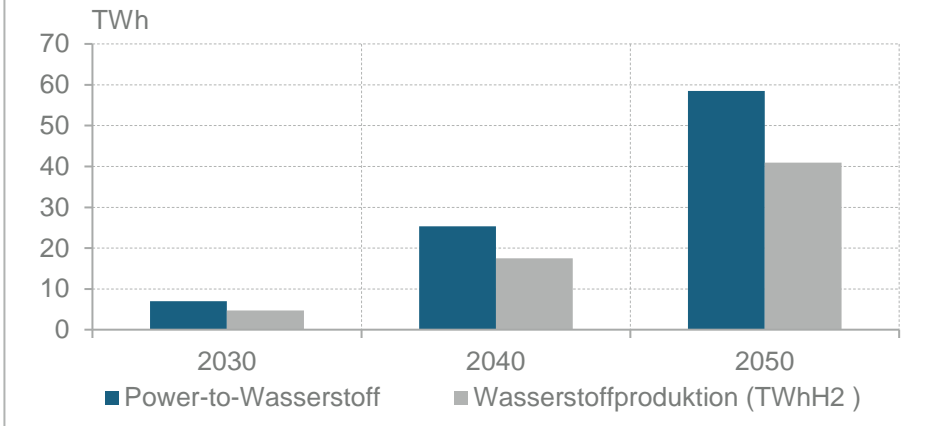


Länder Fact Sheet - Belgien

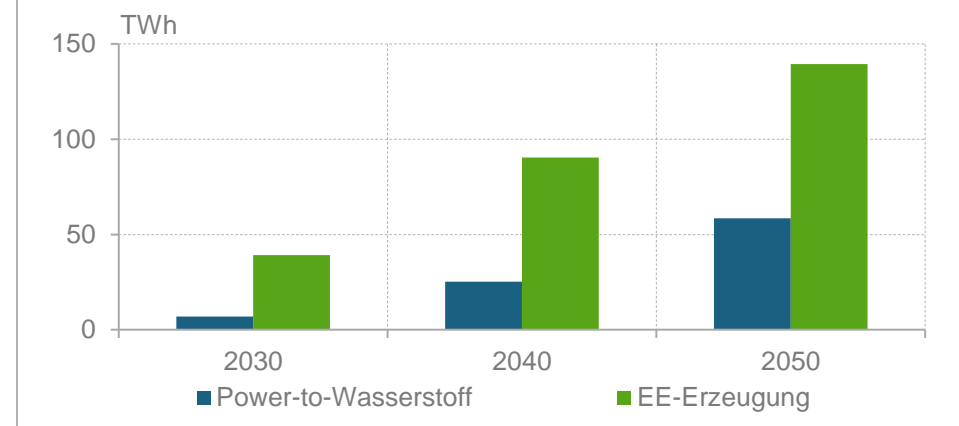
Szenario A



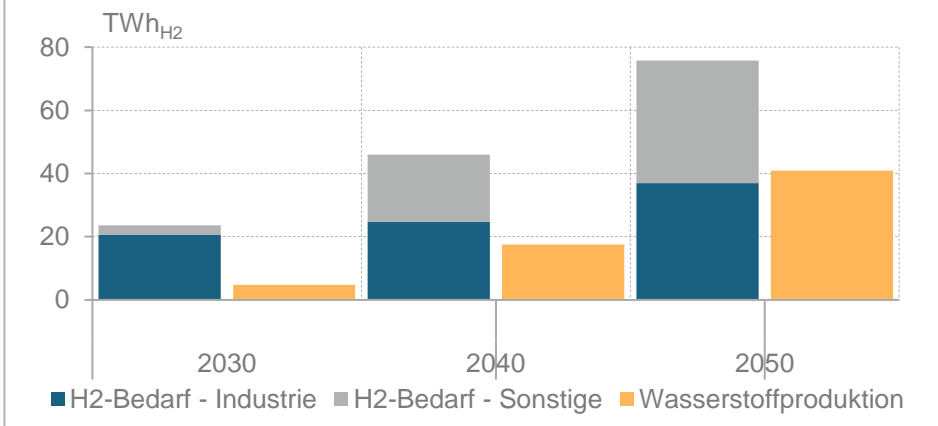
Wasserstoffproduktion



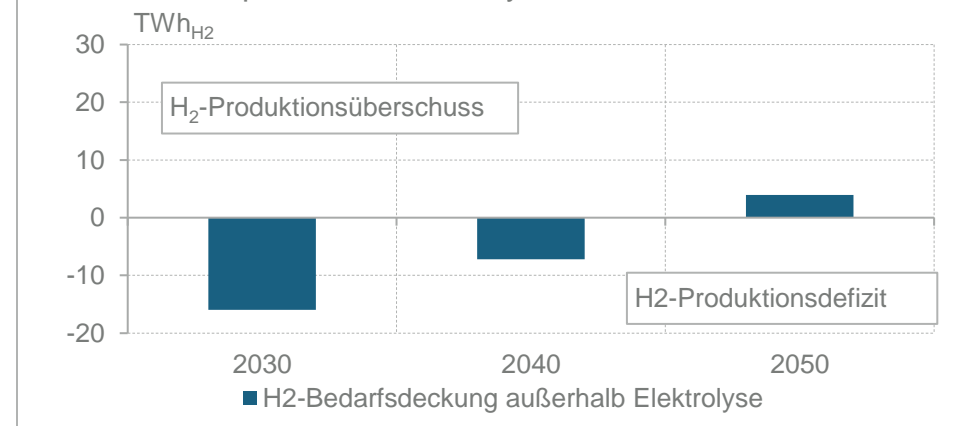
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

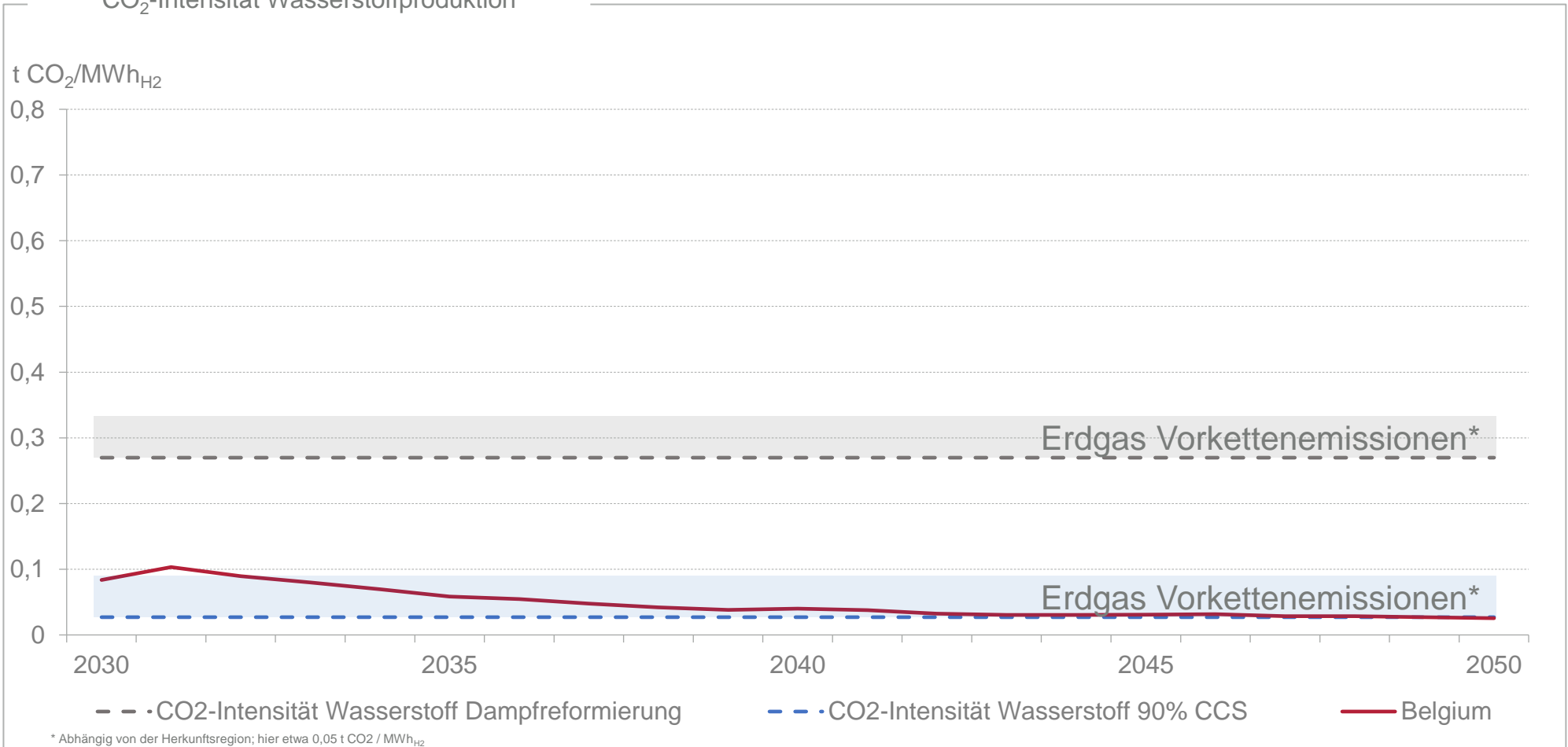


Länder Fact Sheet - Belgien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



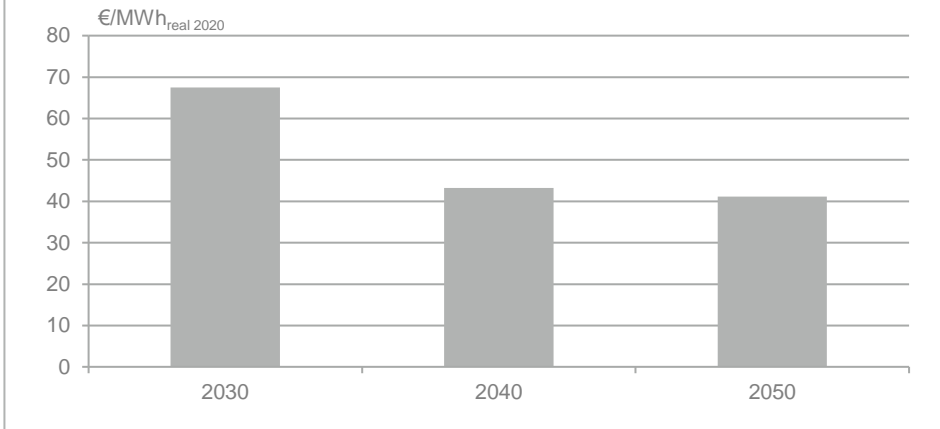
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Belgien

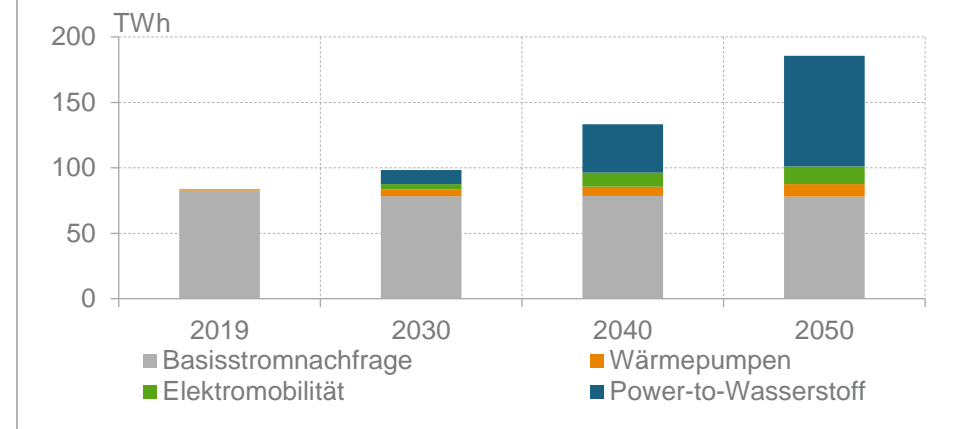
Szenario B



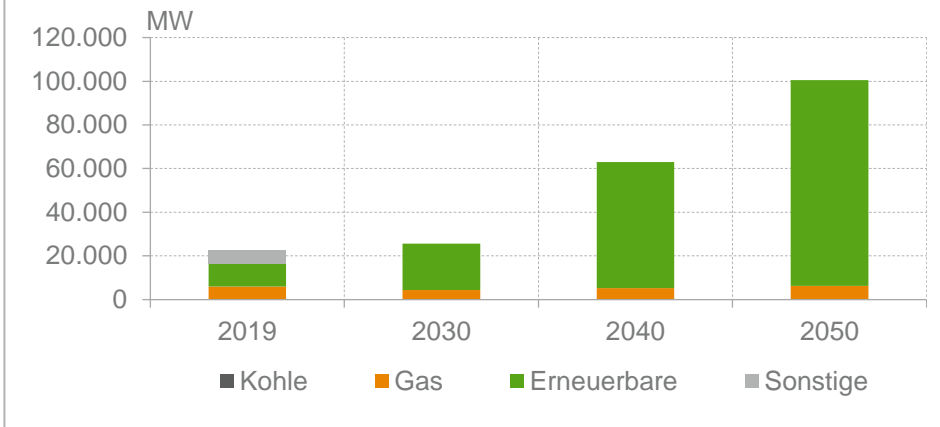
Großhandelsstrompreis



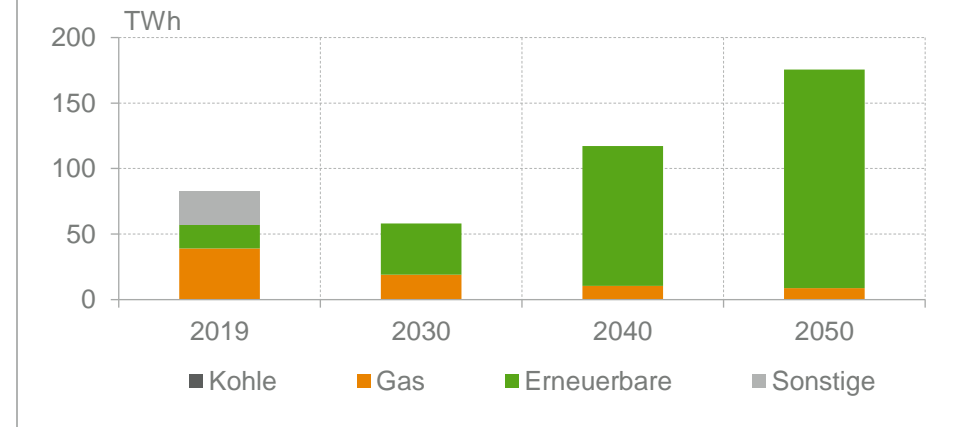
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

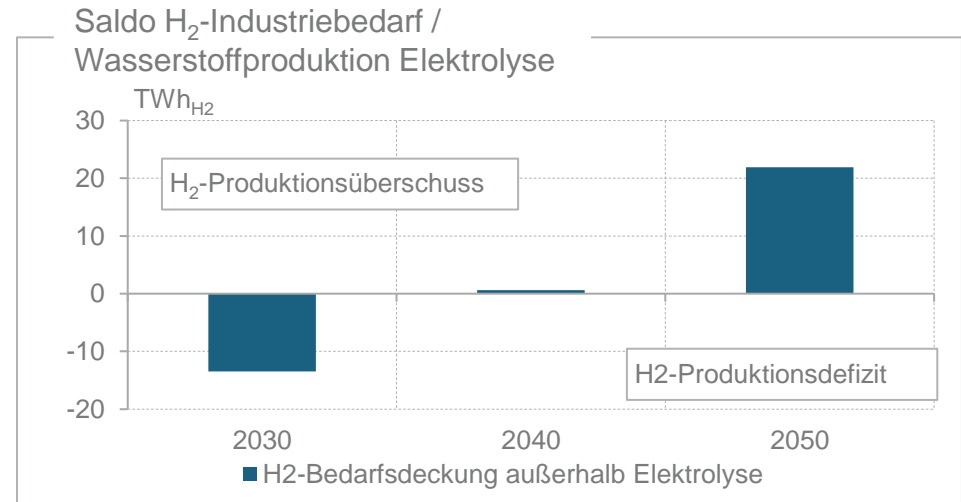
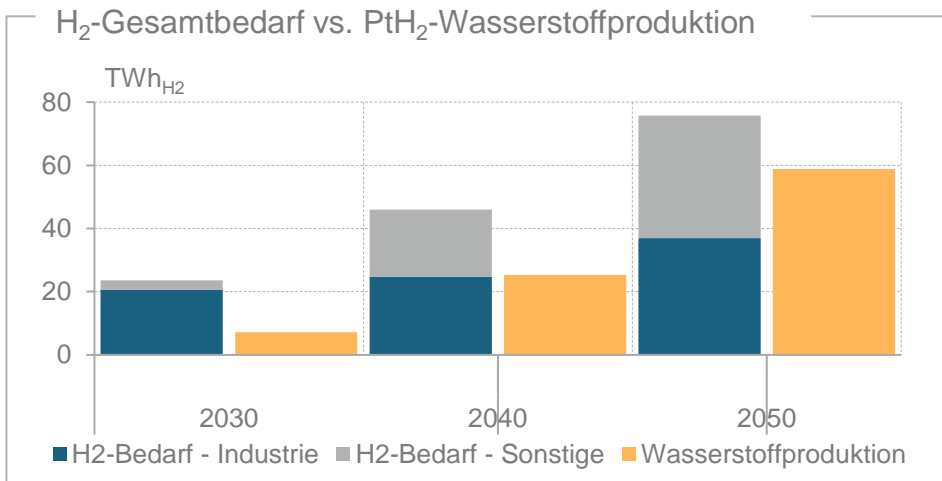
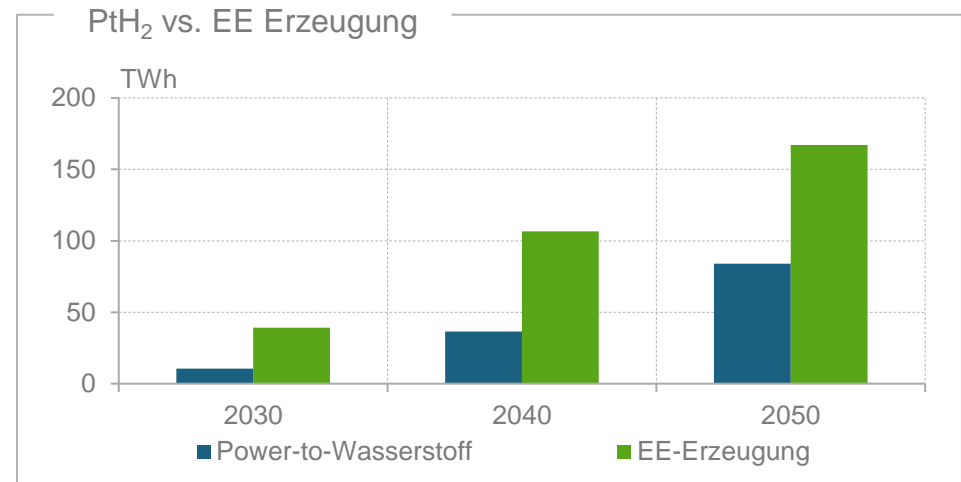
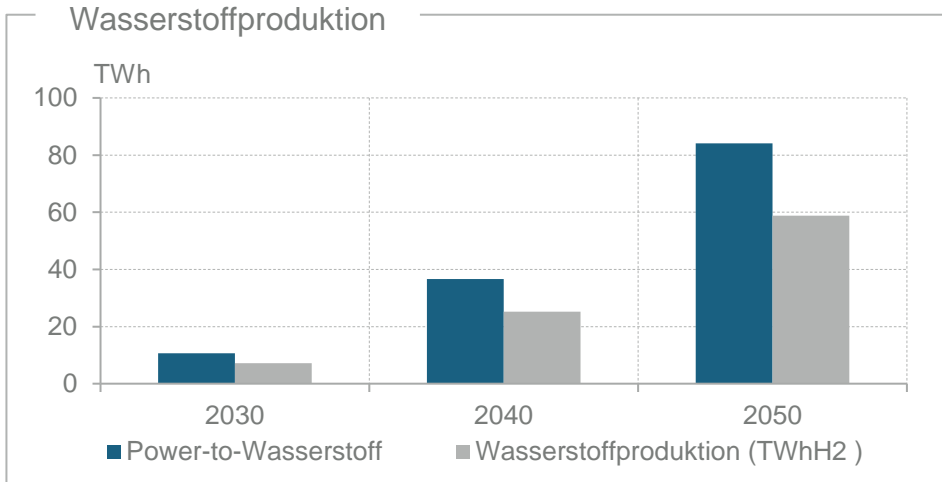


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Belgien

Szenario B

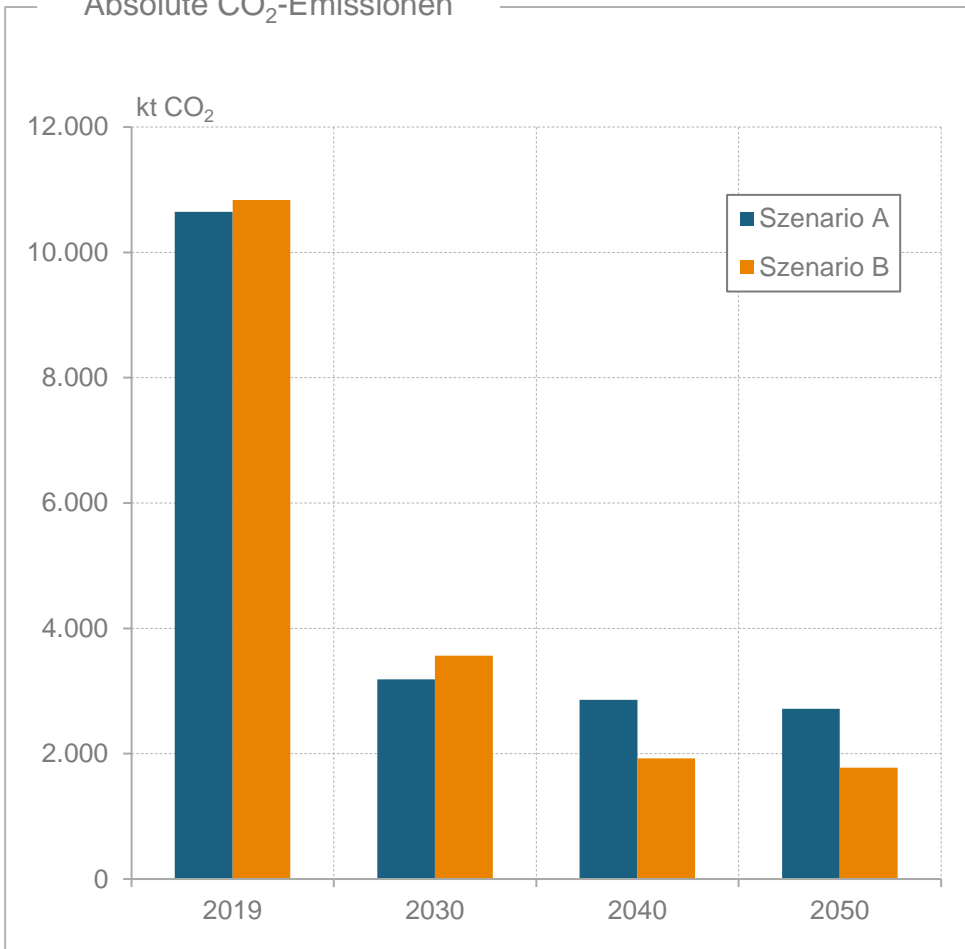


Länder Fact Sheet - Belgien

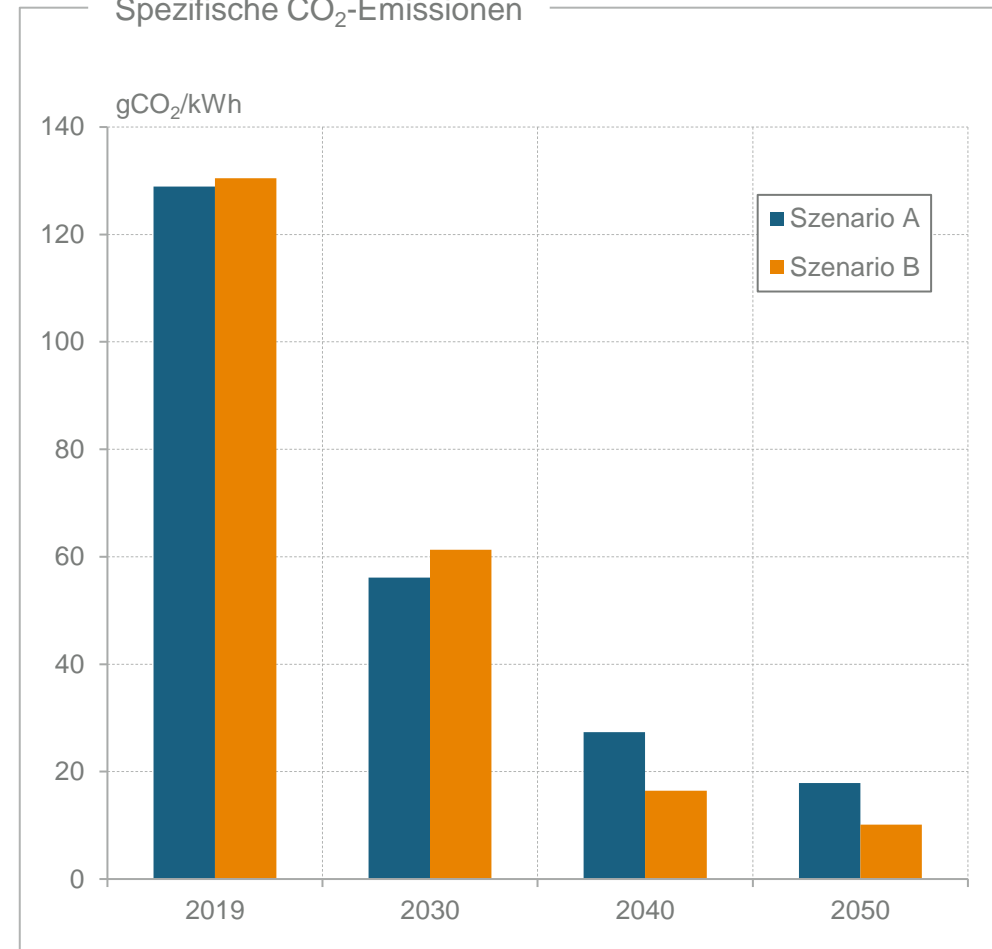
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

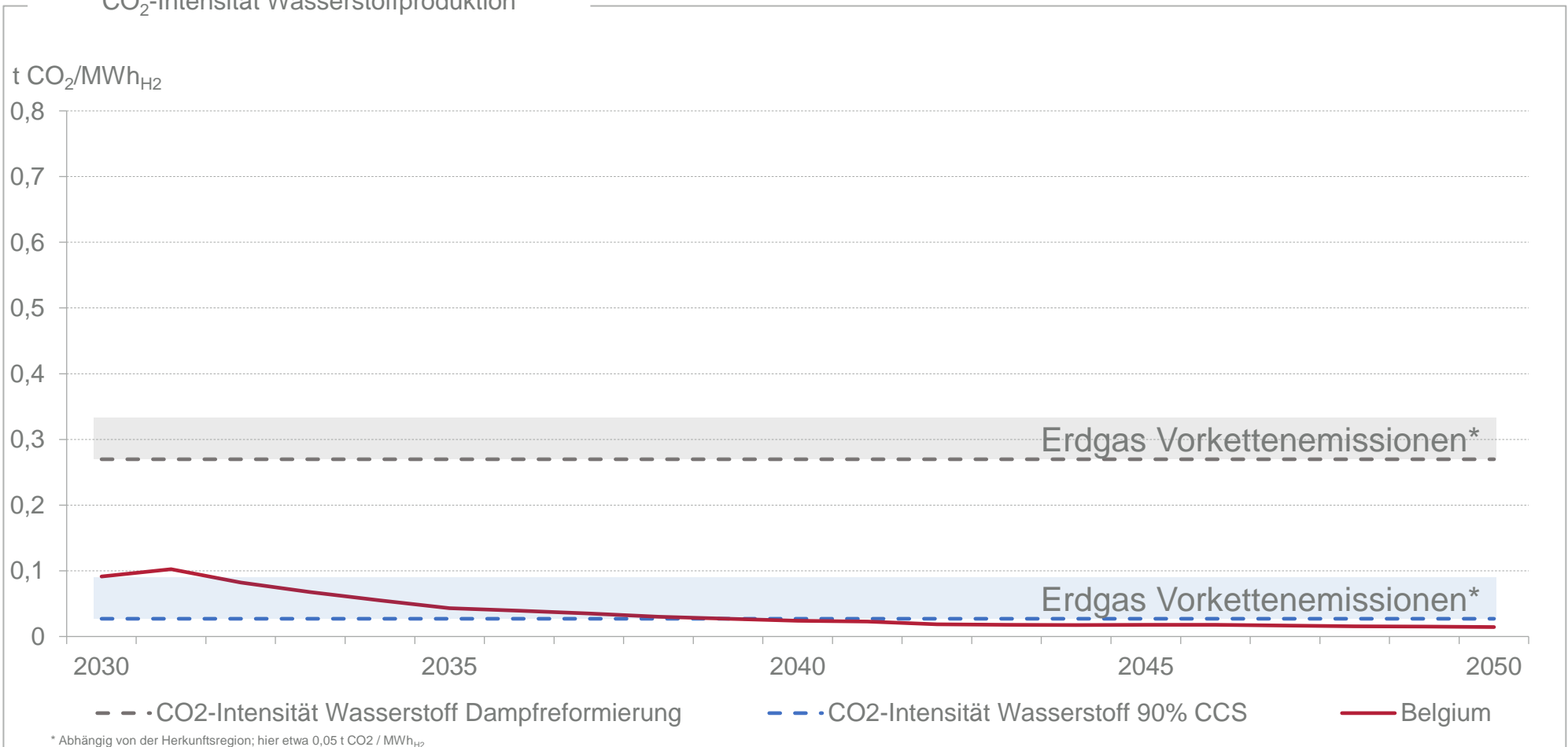


Länder Fact Sheet - Belgien

Szenario B



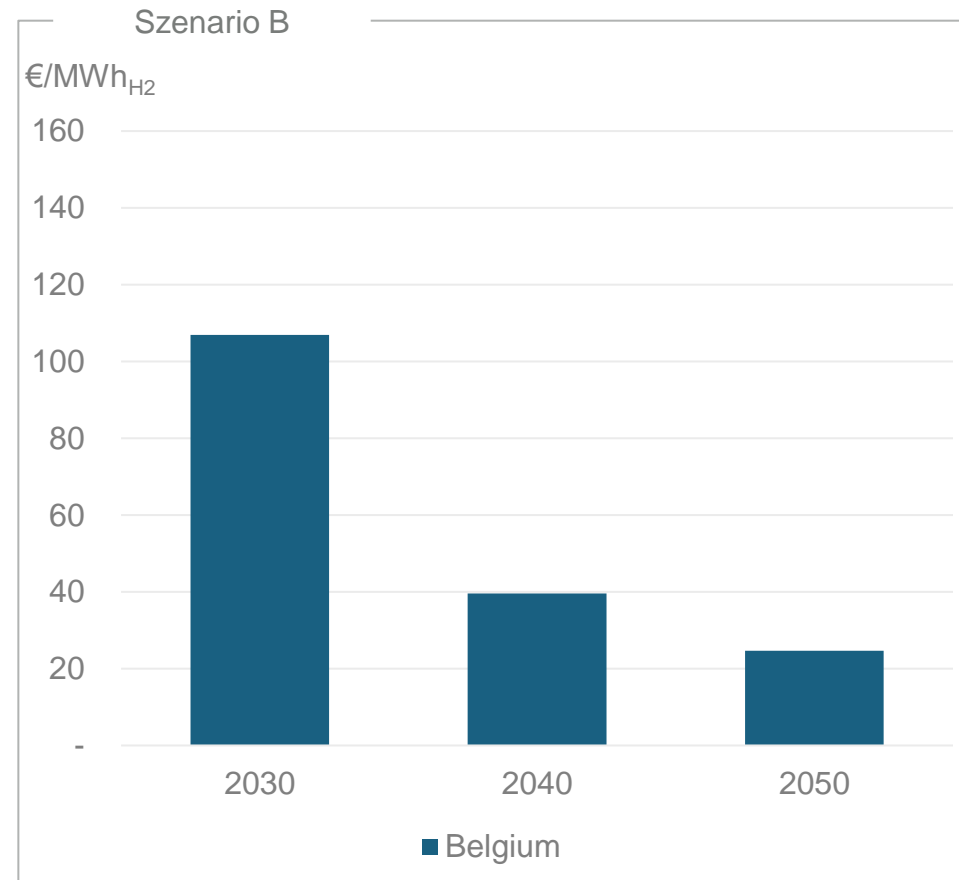
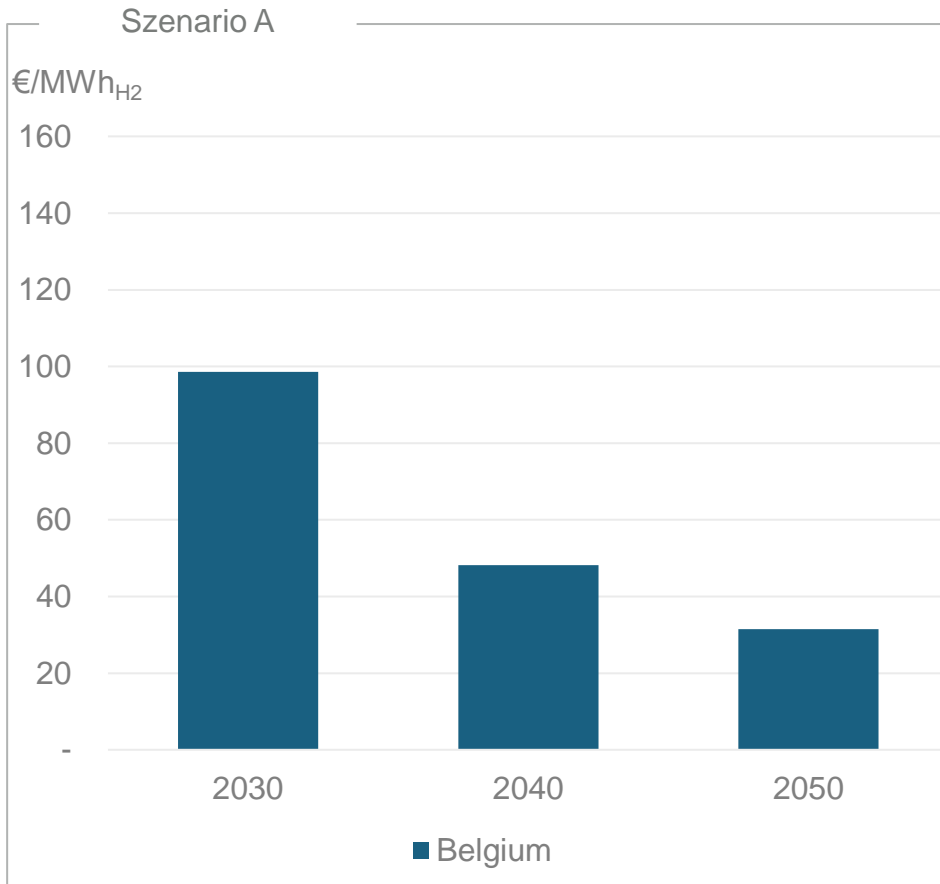
CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Belgien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

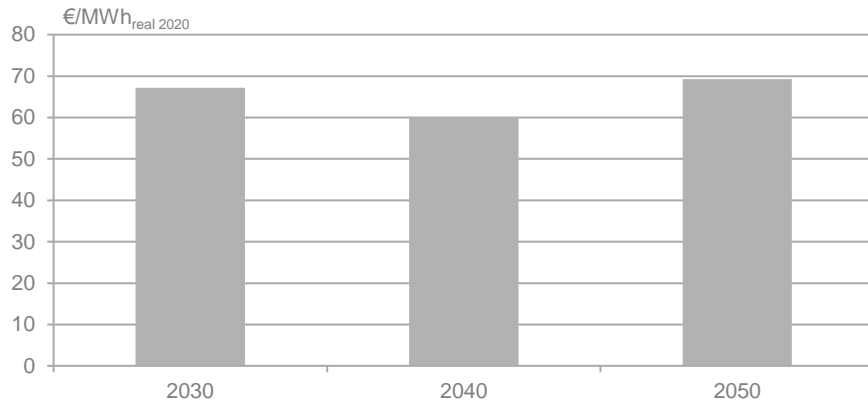


Länder Fact Sheet - Bulgarien

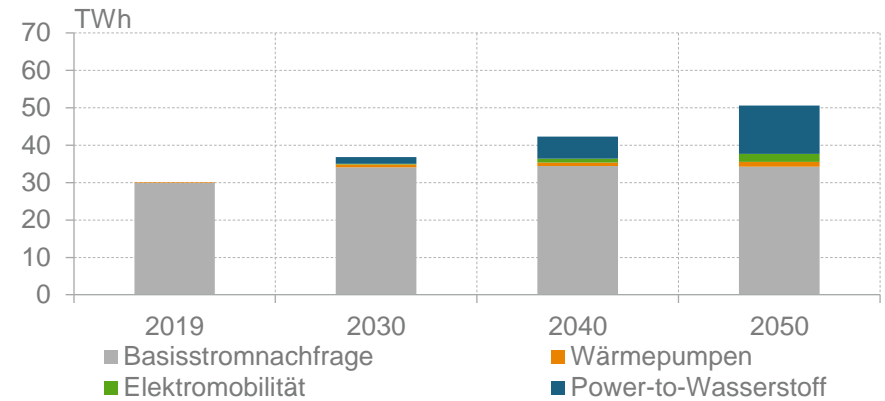
Szenario A



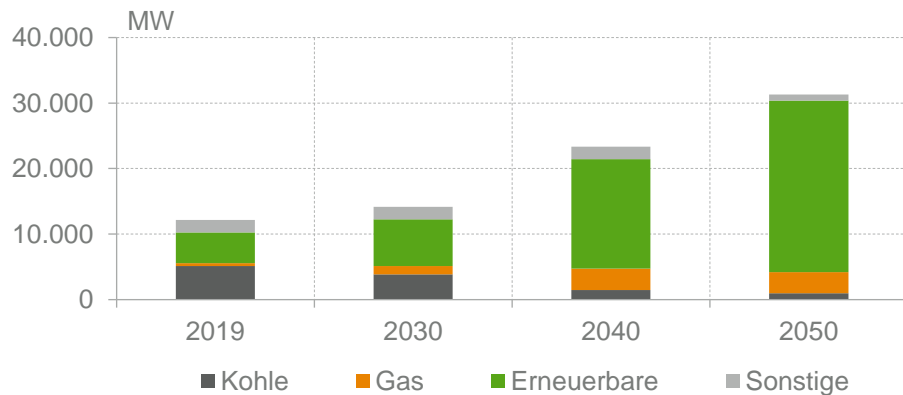
Großhandelsstrompreis



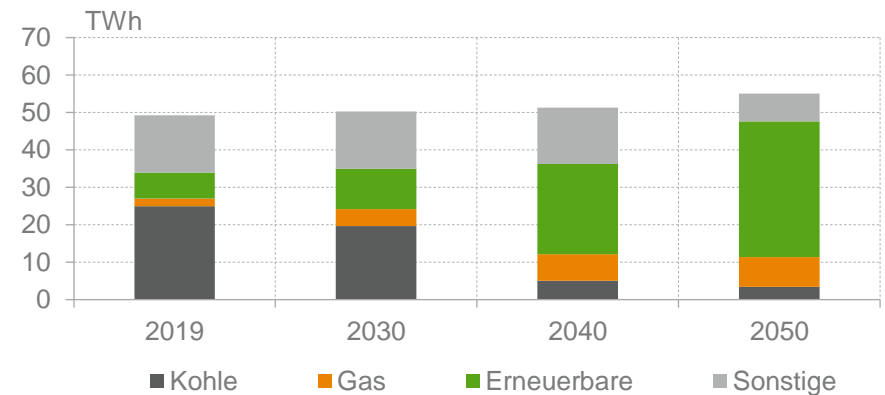
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

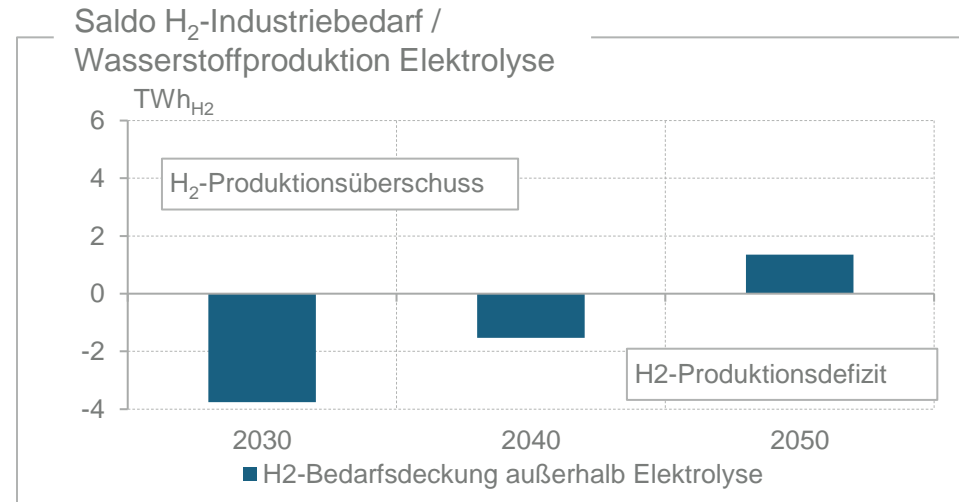
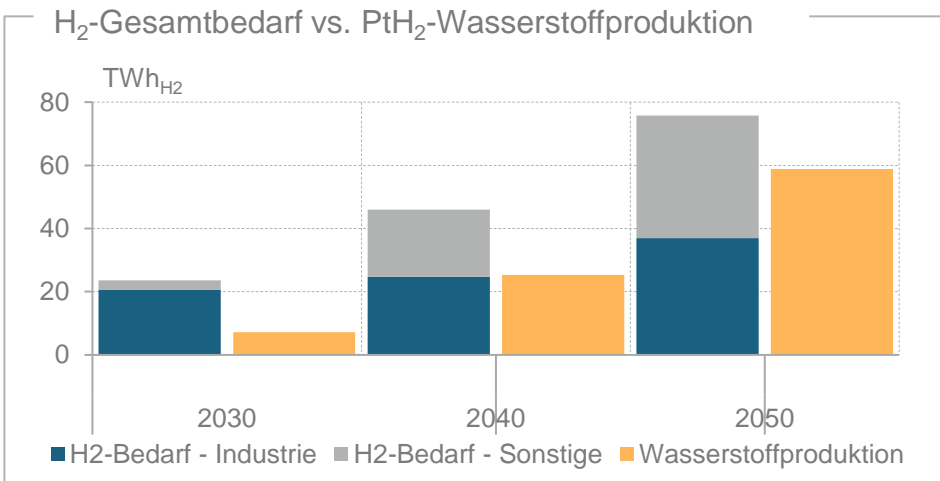
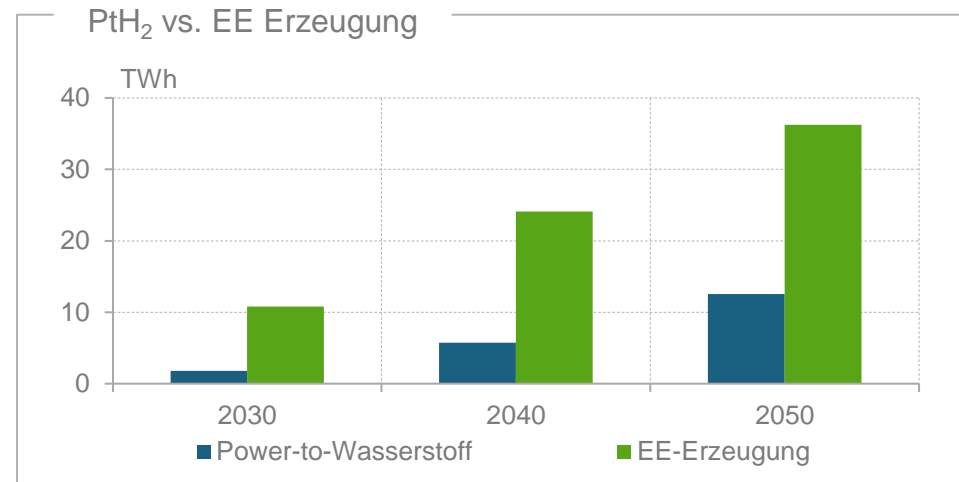
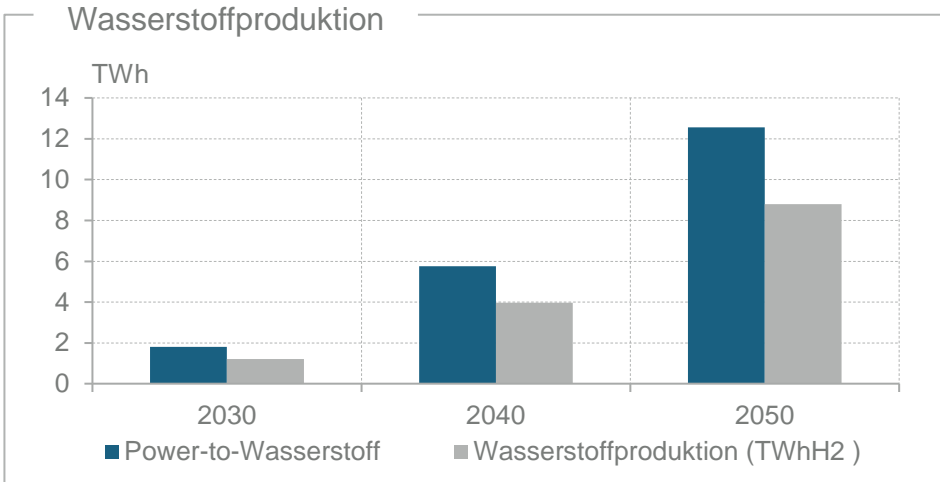


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Bulgarien

Szenario A

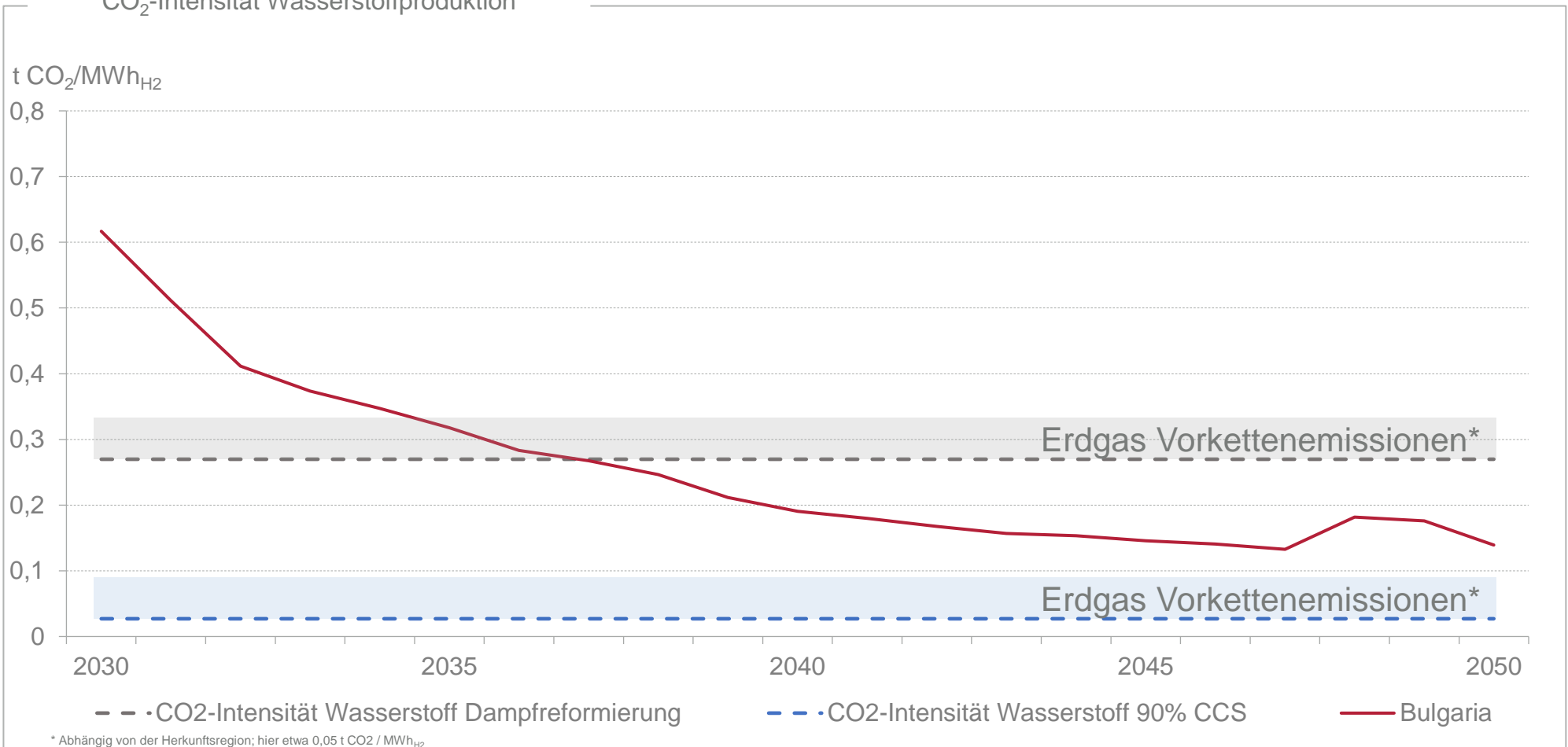


Länder Fact Sheet - Bulgarien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

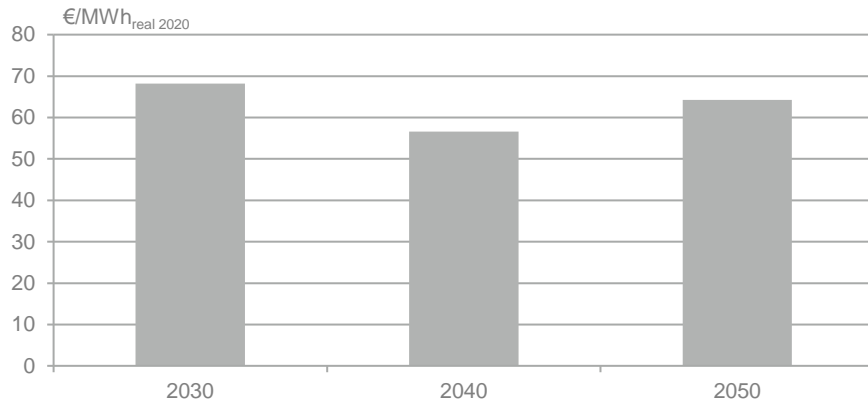


Länder Fact Sheet - Bulgarien

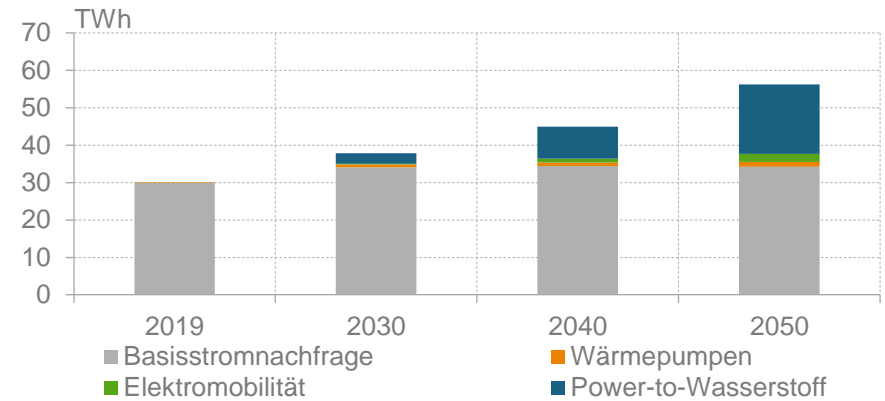
Szenario B



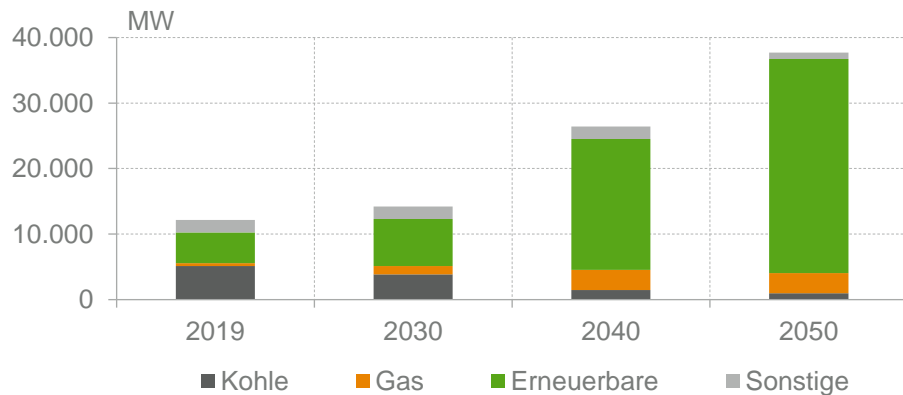
Großhandelsstrompreis



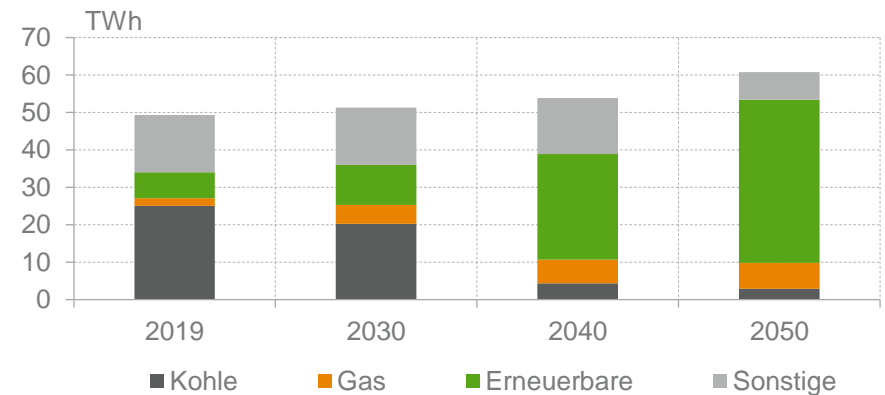
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

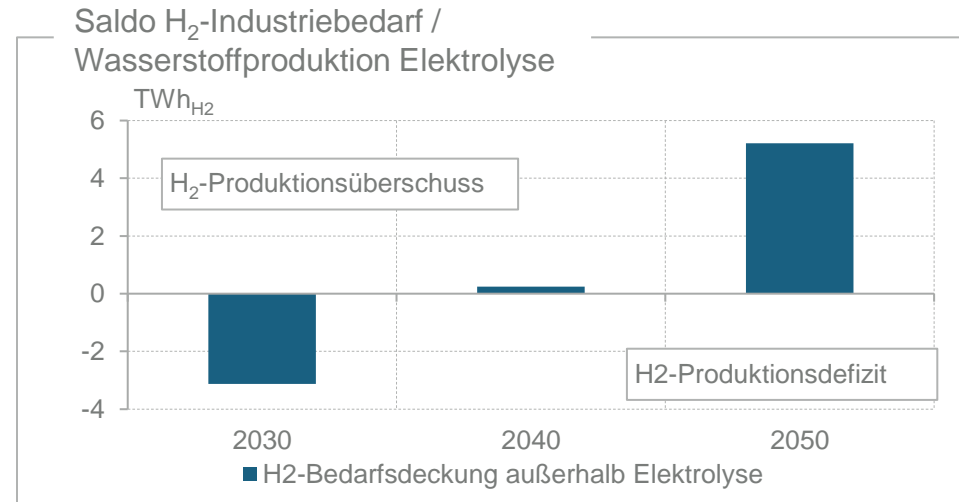
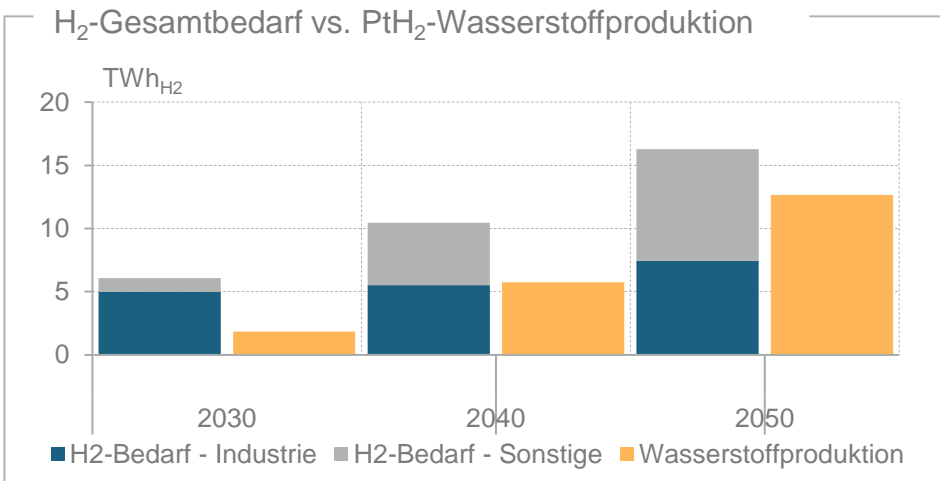
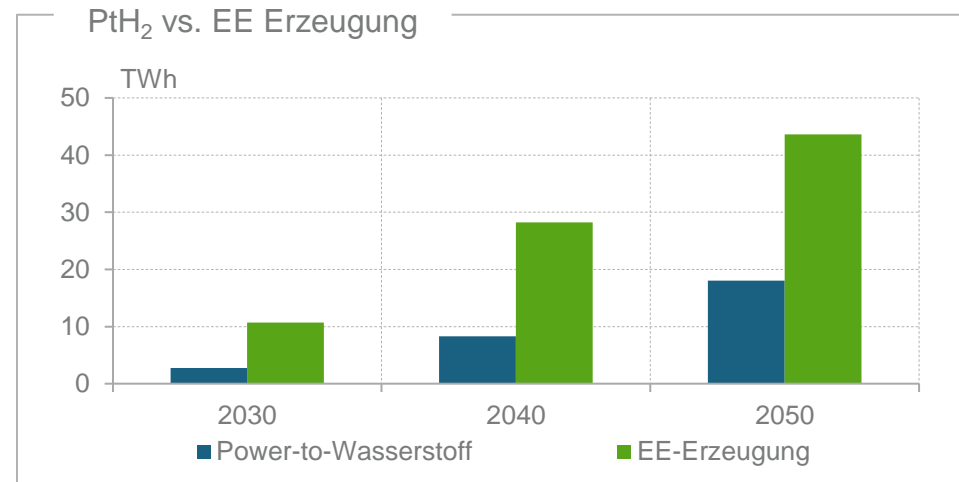
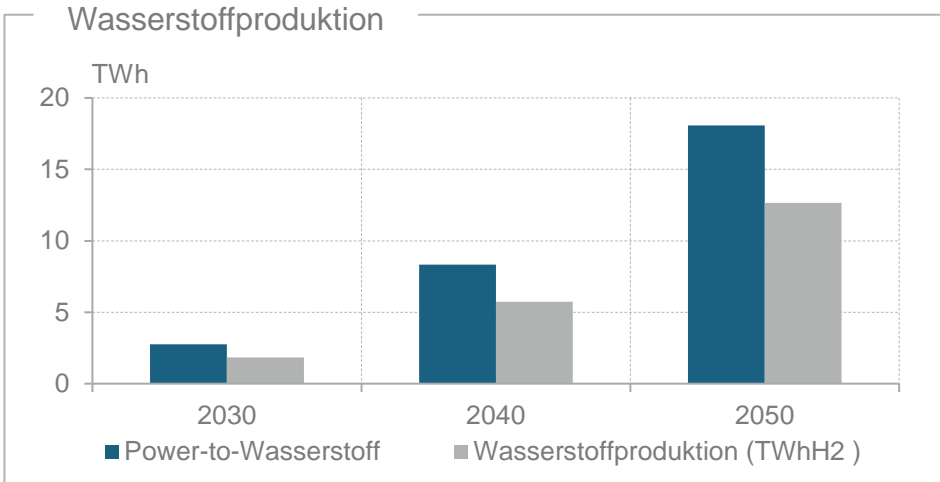


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Bulgarien

Szenario B

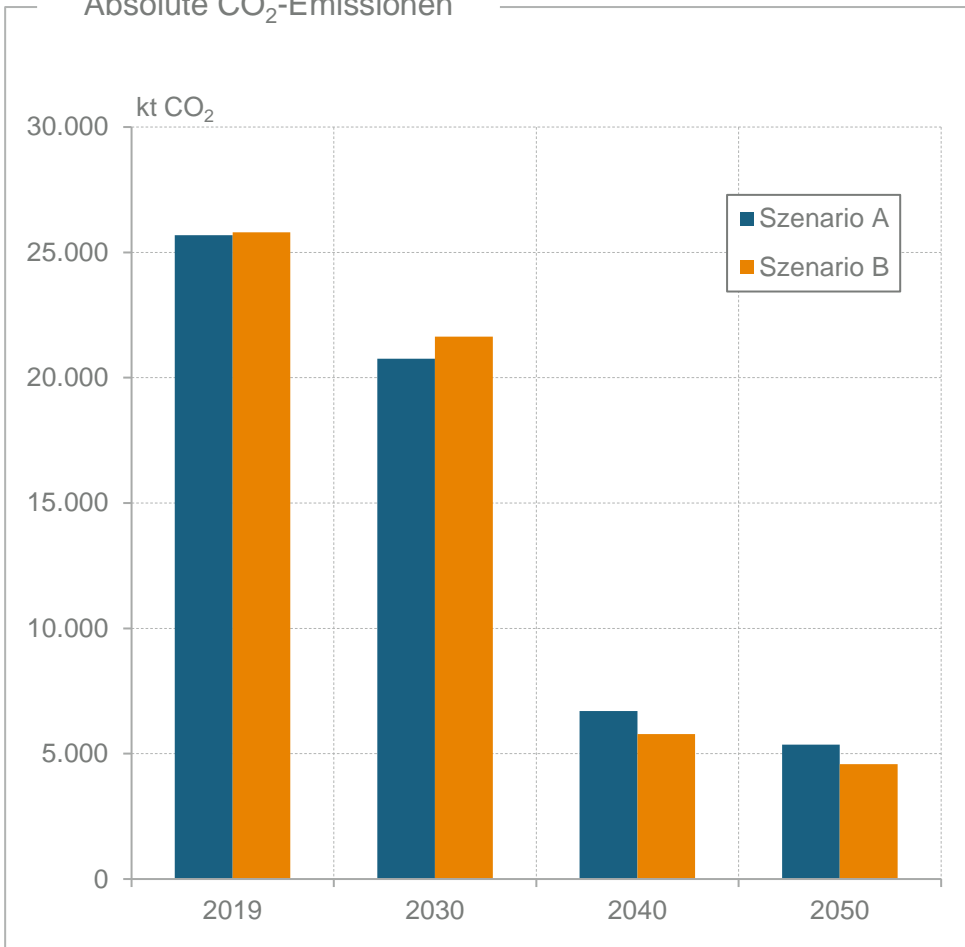


Länder Fact Sheet - Bulgarien

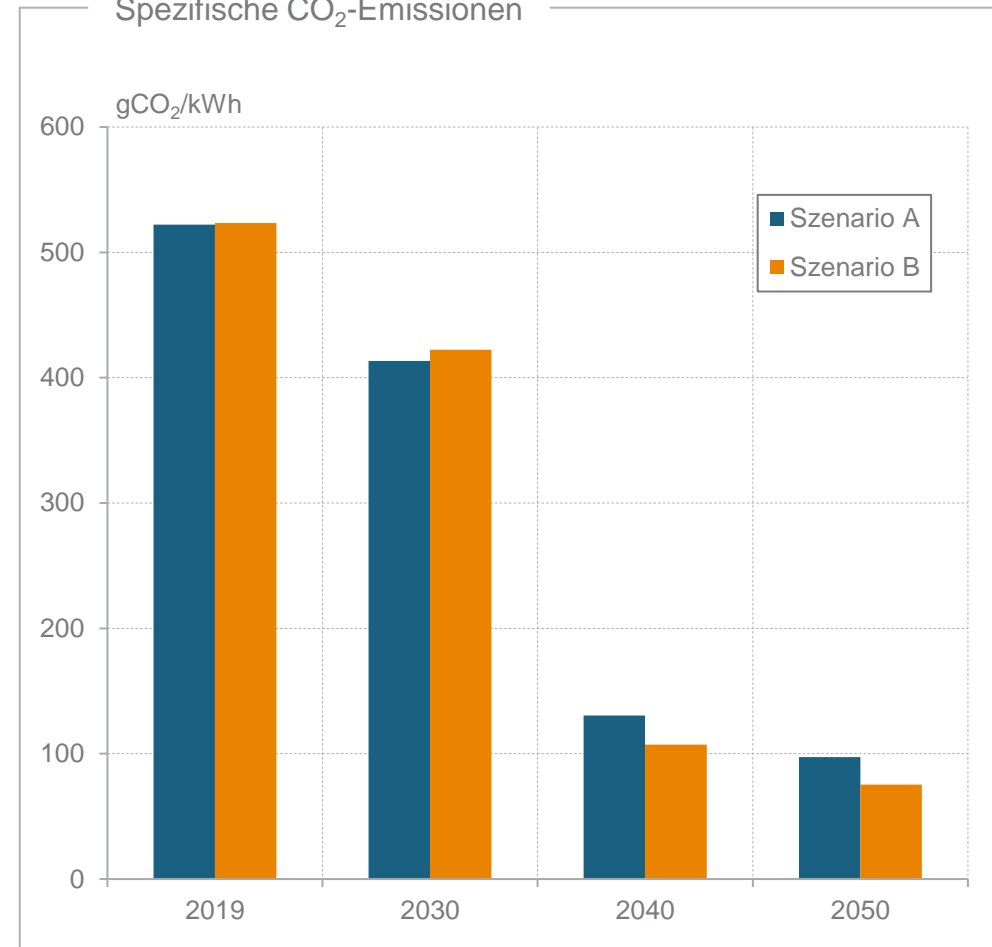
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

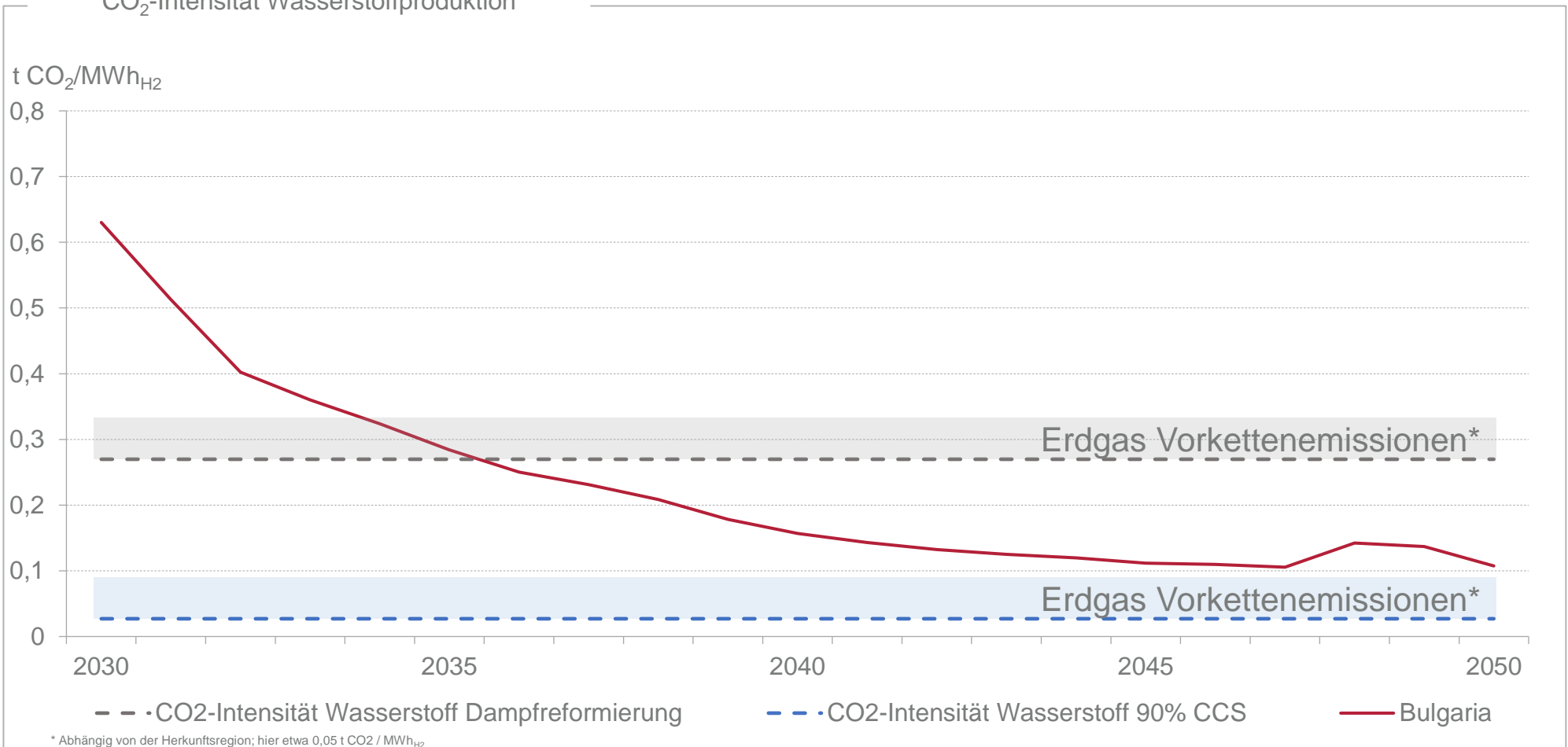


Länder Fact Sheet - Bulgarien

Szenario B

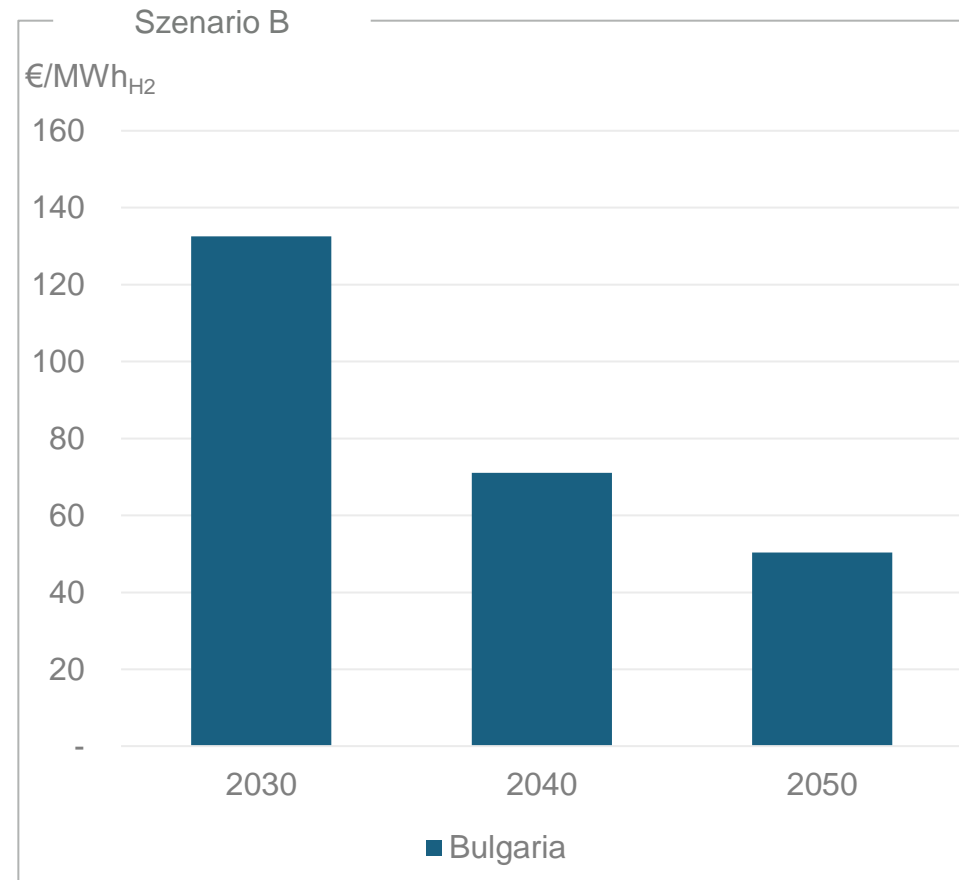
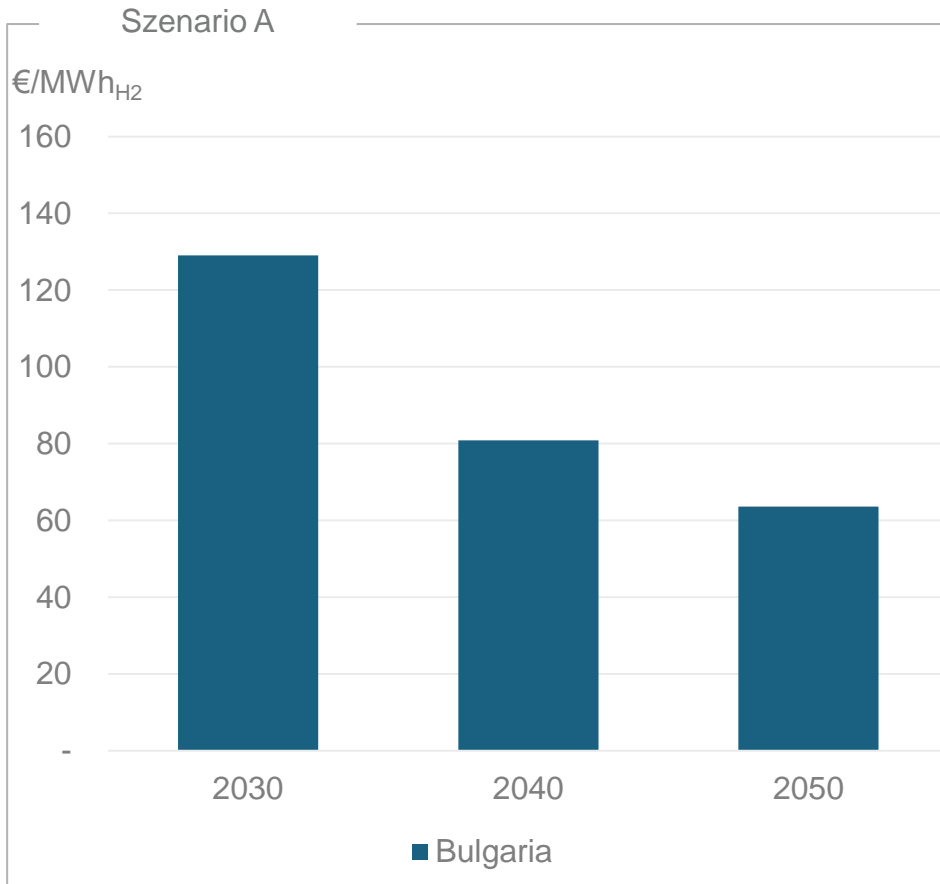


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Bulgarien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

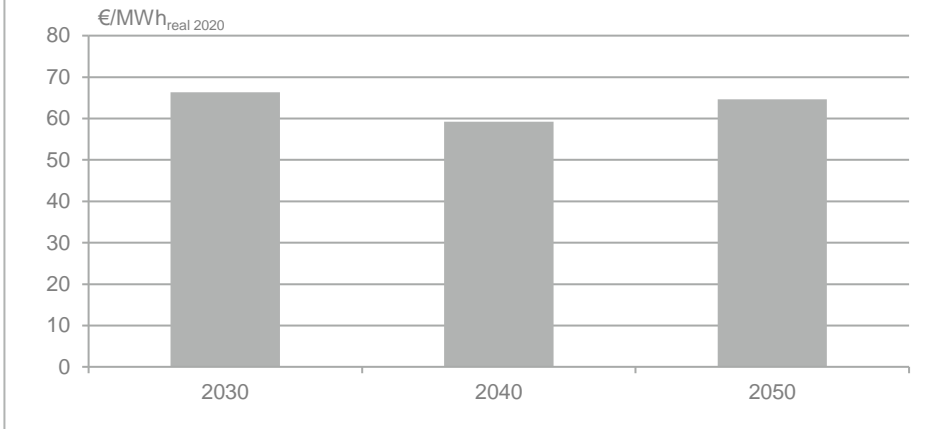


Länder Fact Sheet - Kroatien

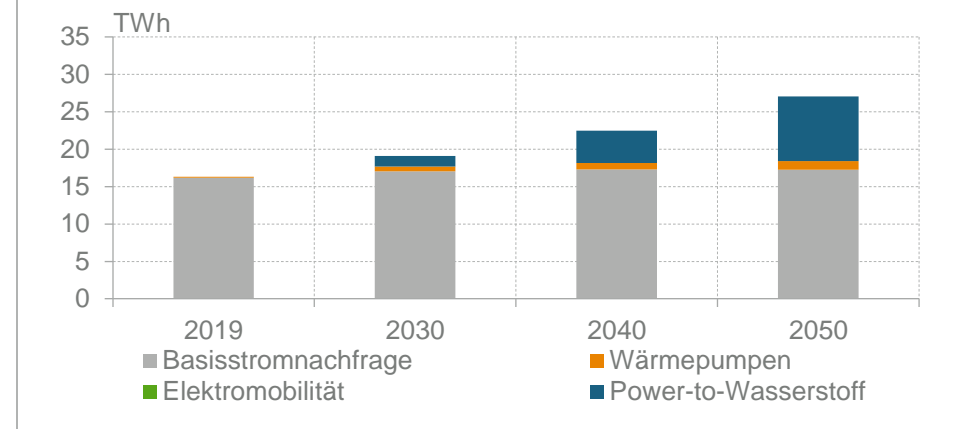
Szenario A



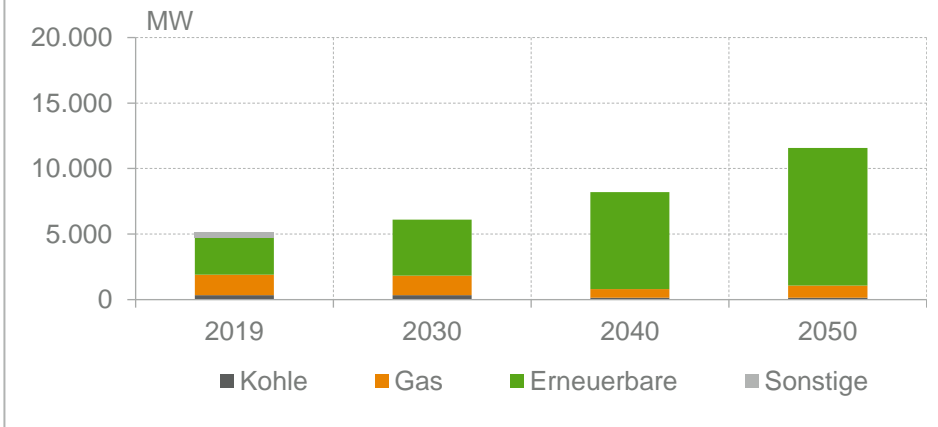
Großhandelsstrompreis



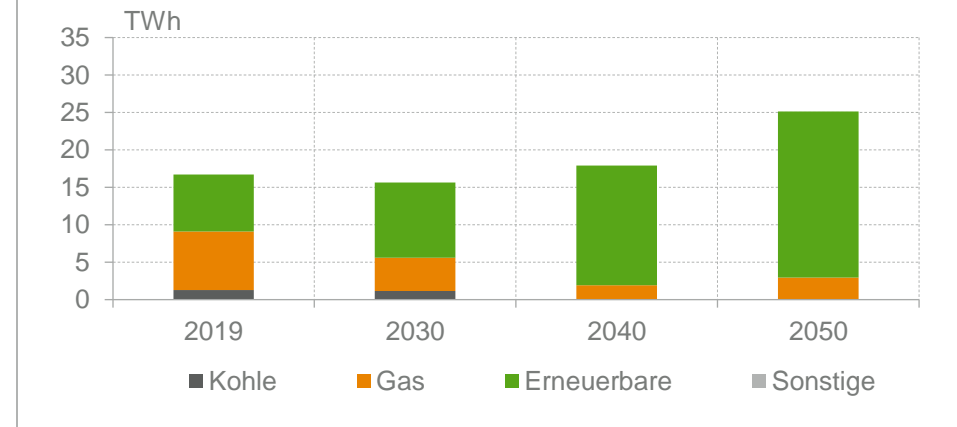
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

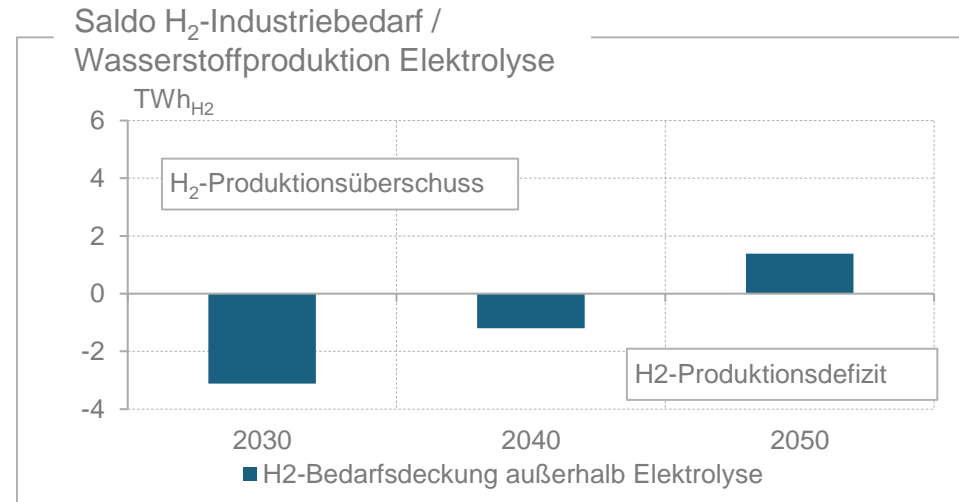
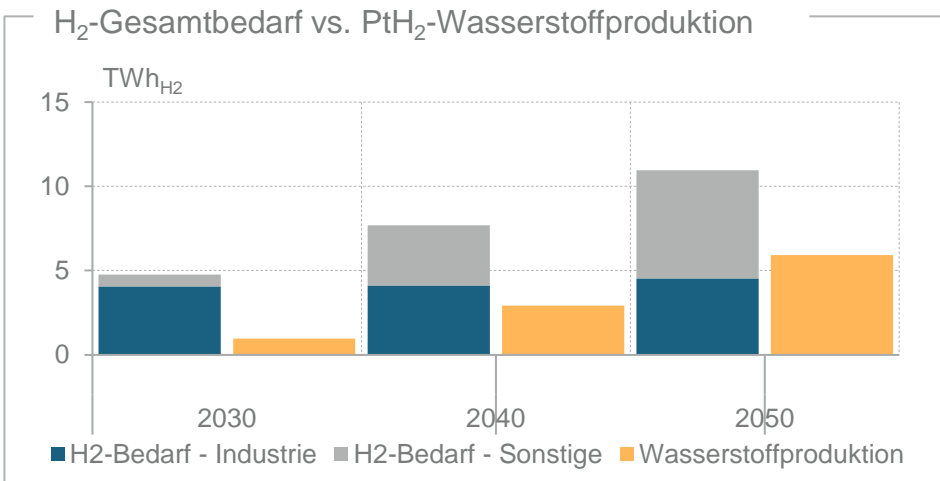
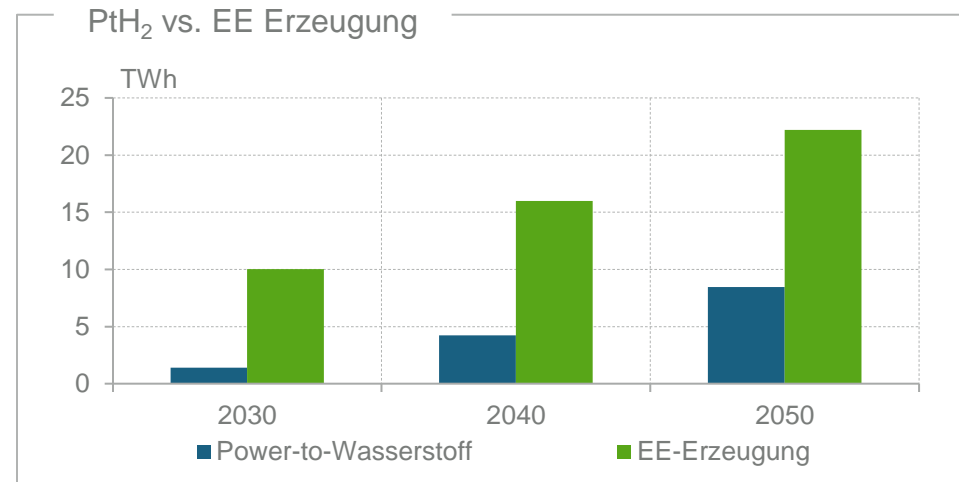
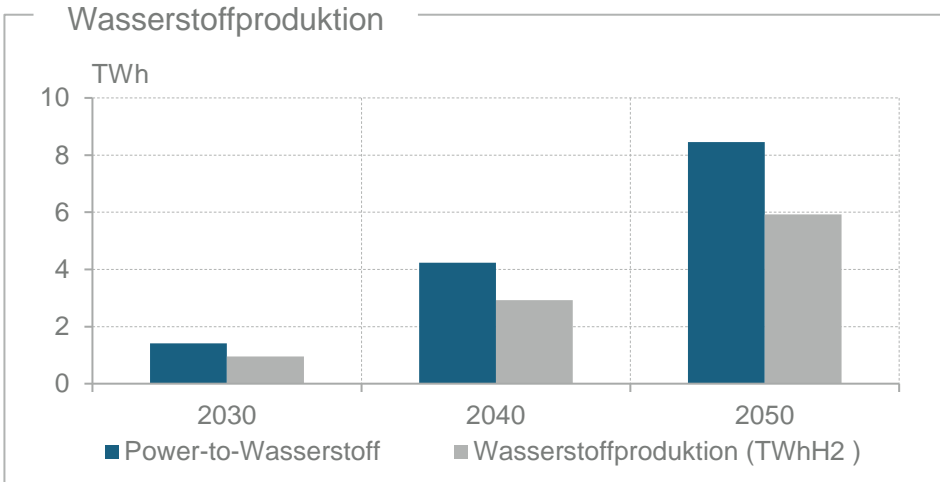


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Kroatien

Szenario A

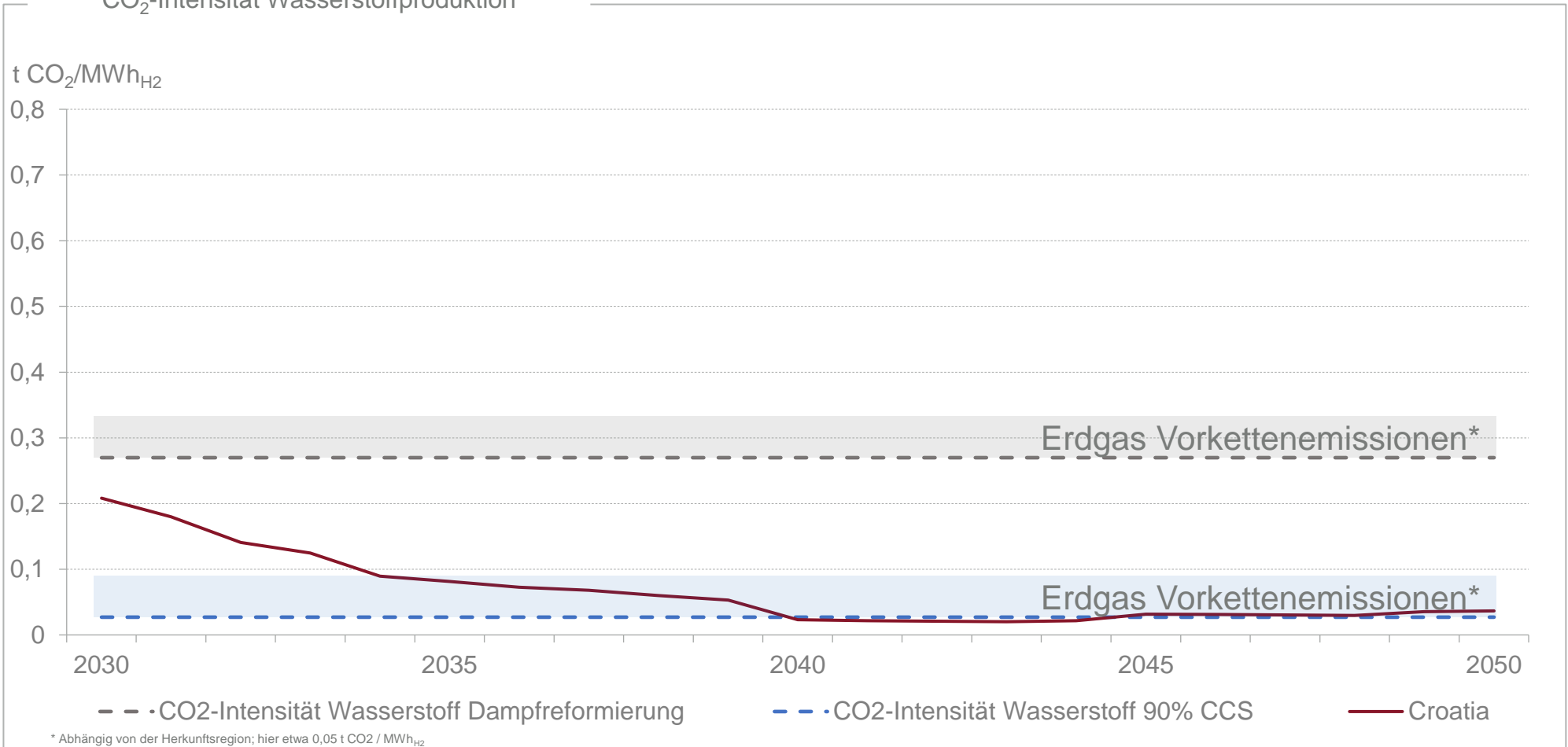


Länder Fact Sheet - Kroatien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

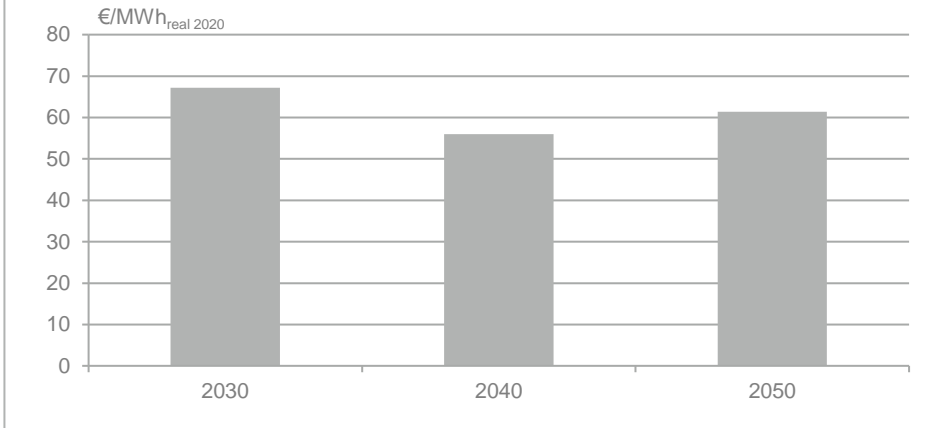


Länder Fact Sheet - Kroatien

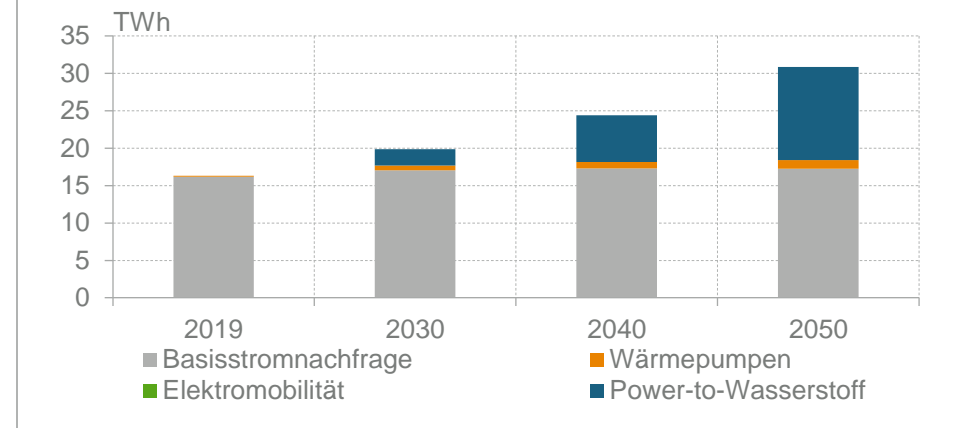
Szenario B



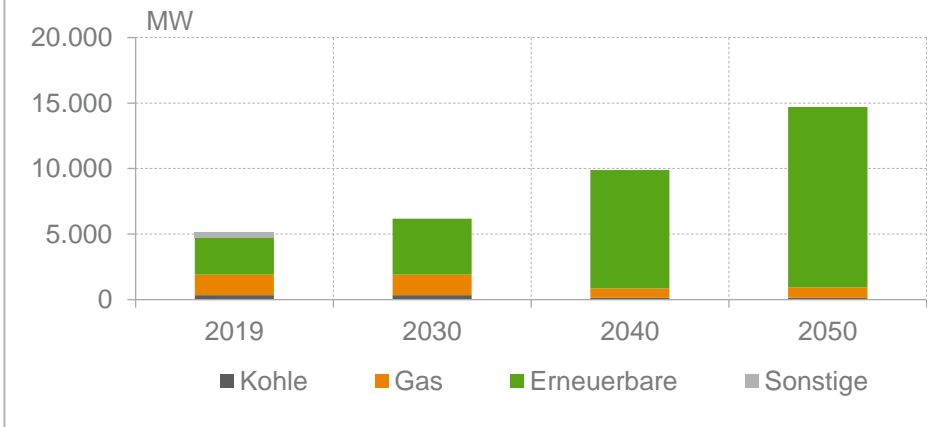
Großhandelsstrompreis



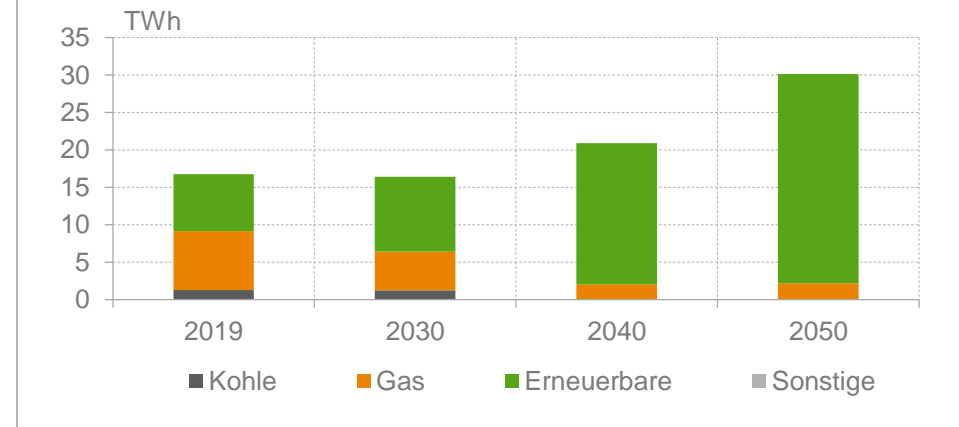
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

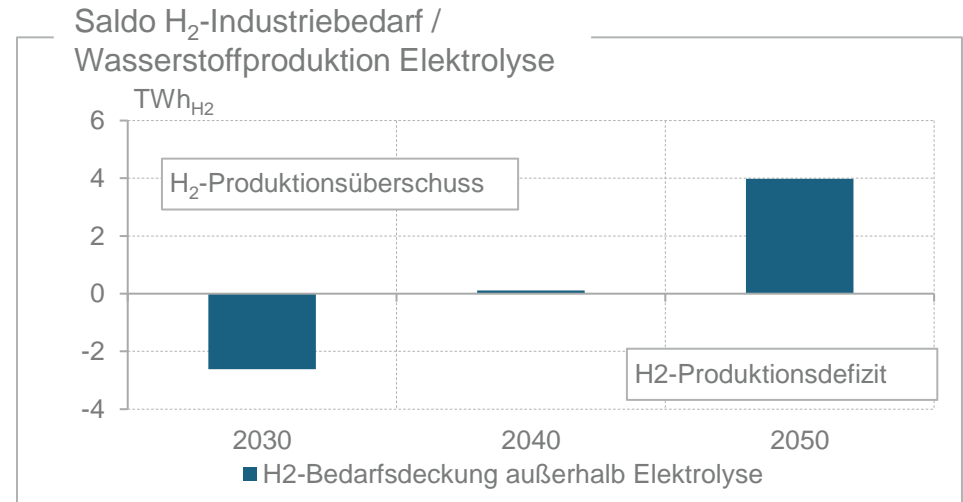
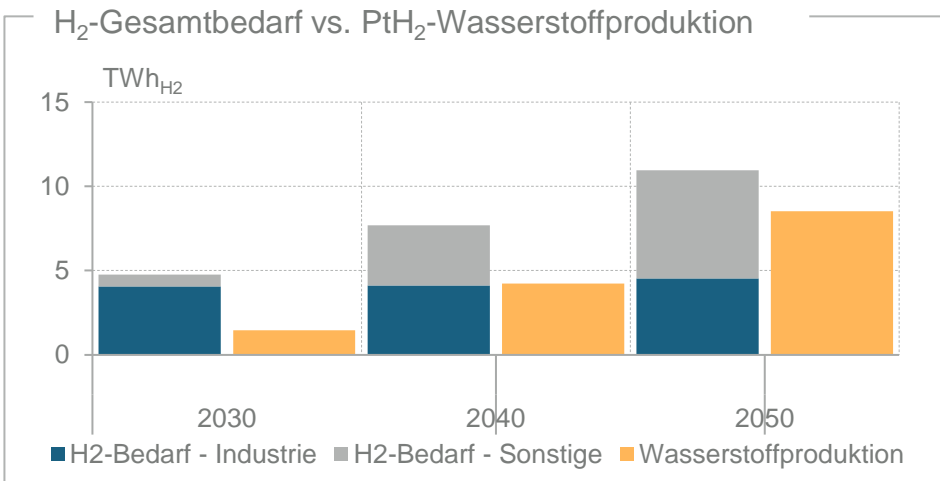
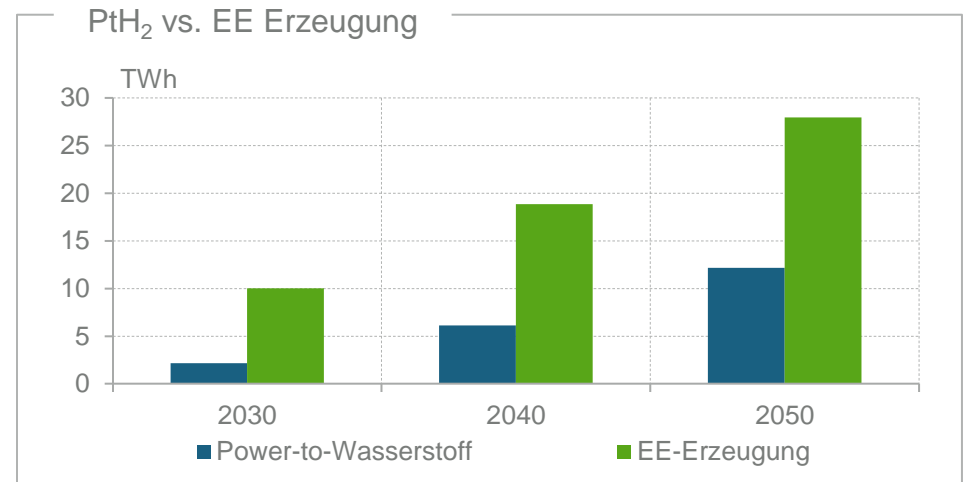
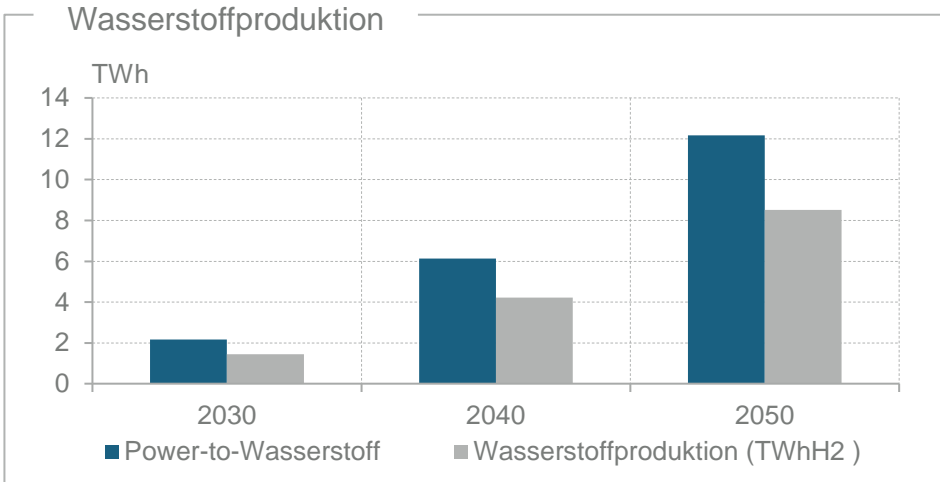


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Kroatien

Szenario B

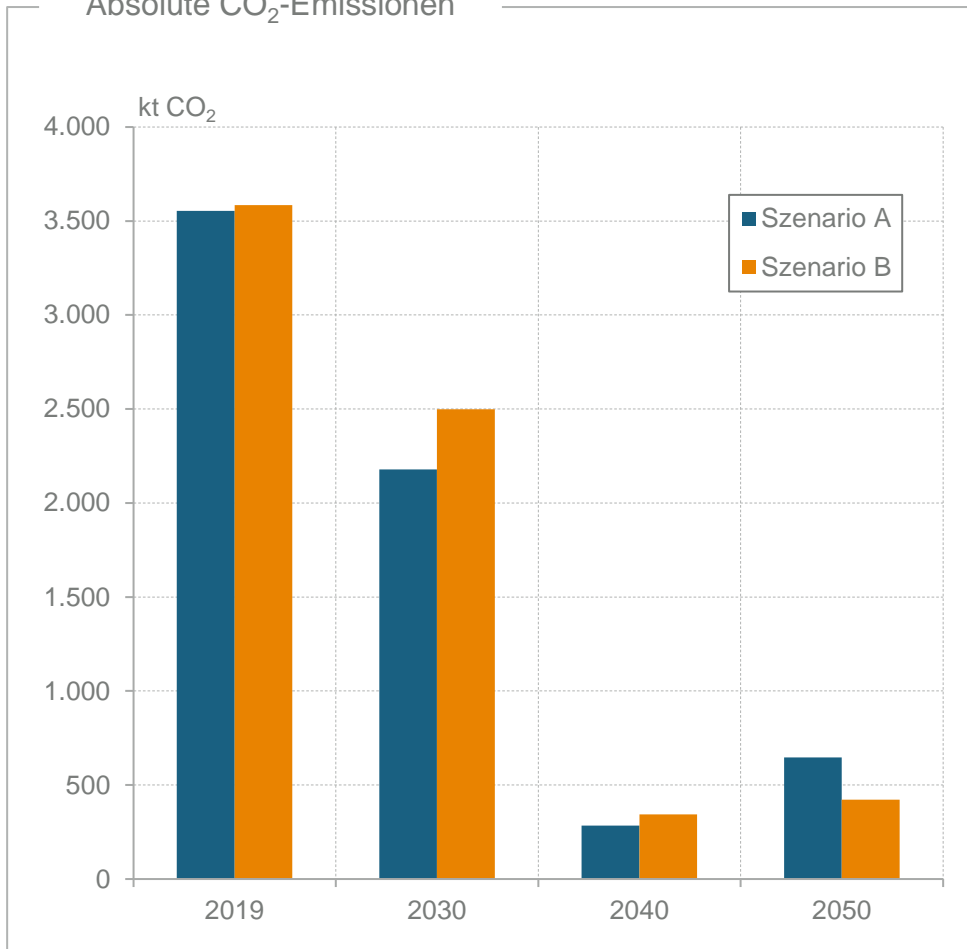


Länder Fact Sheet - Kroatien

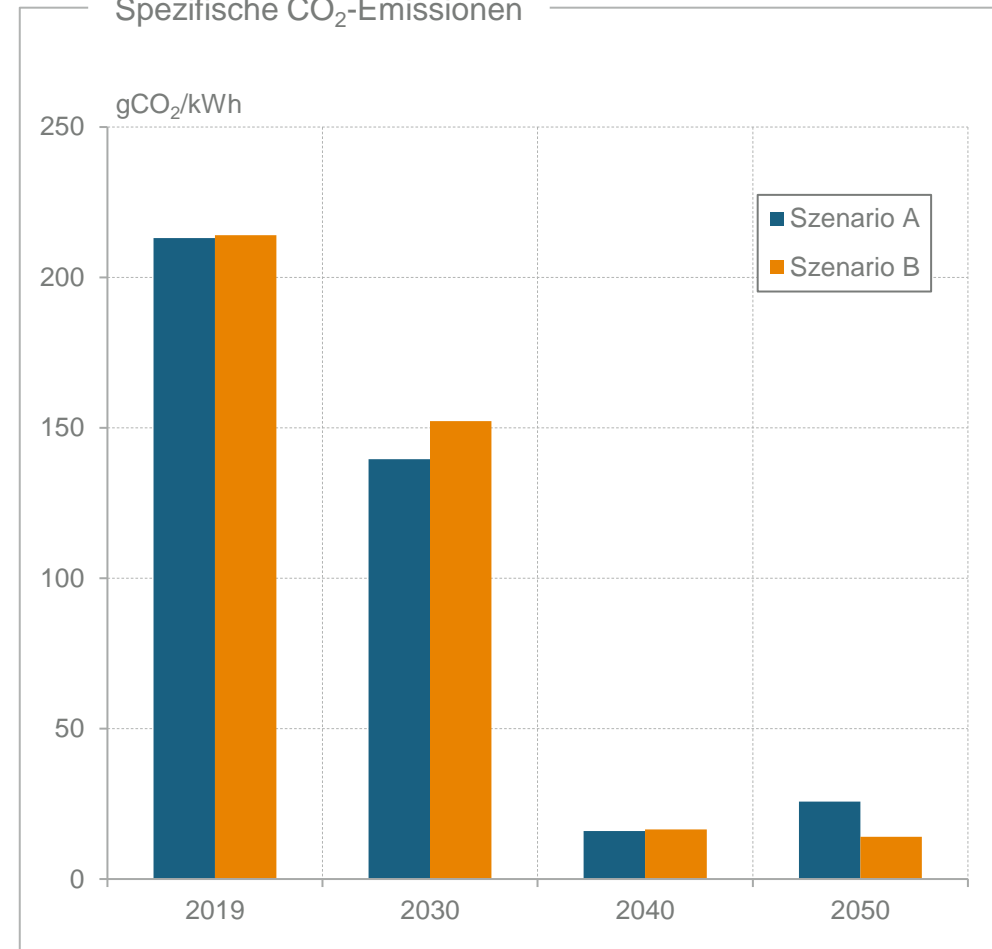
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

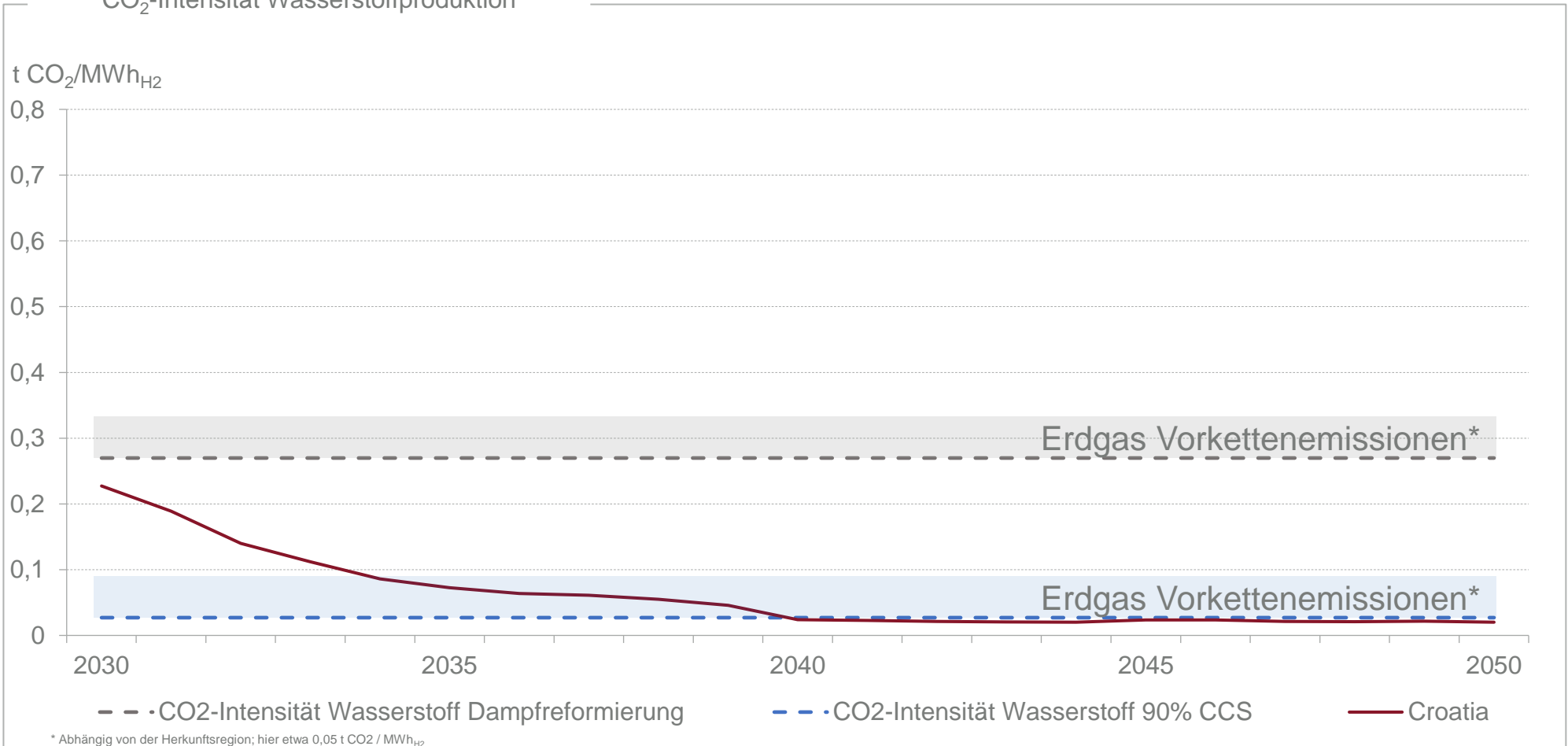


Länder Fact Sheet - Kroatien

Szenario B

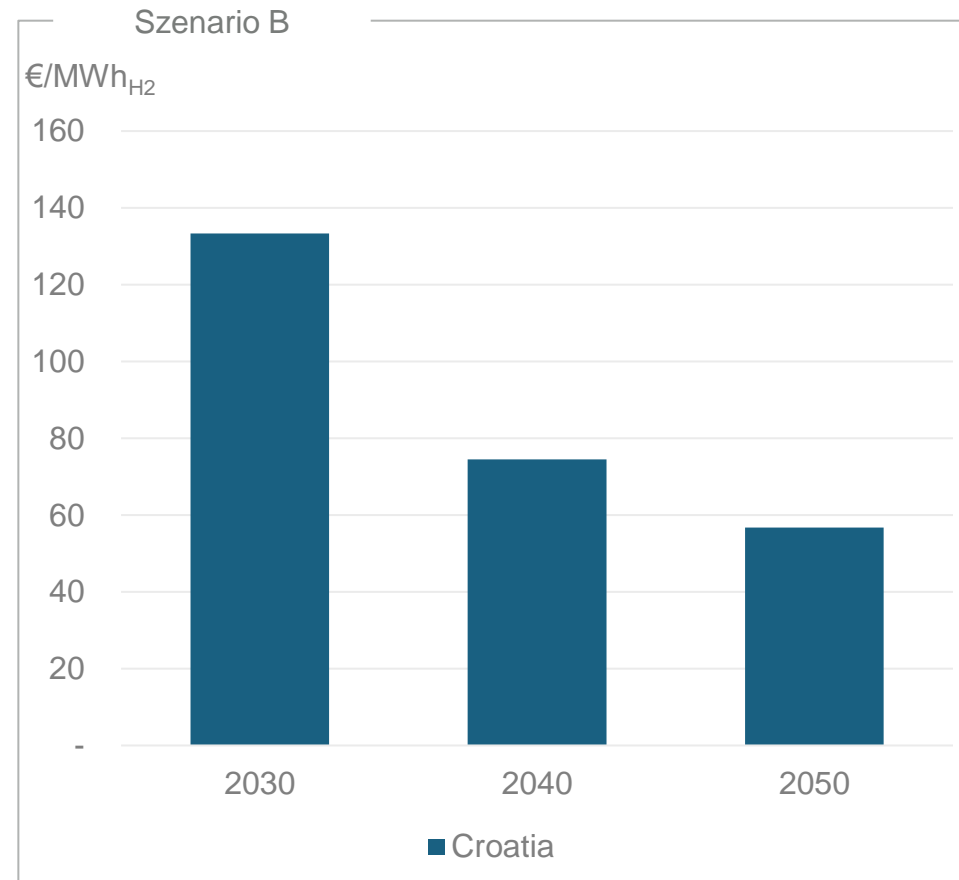
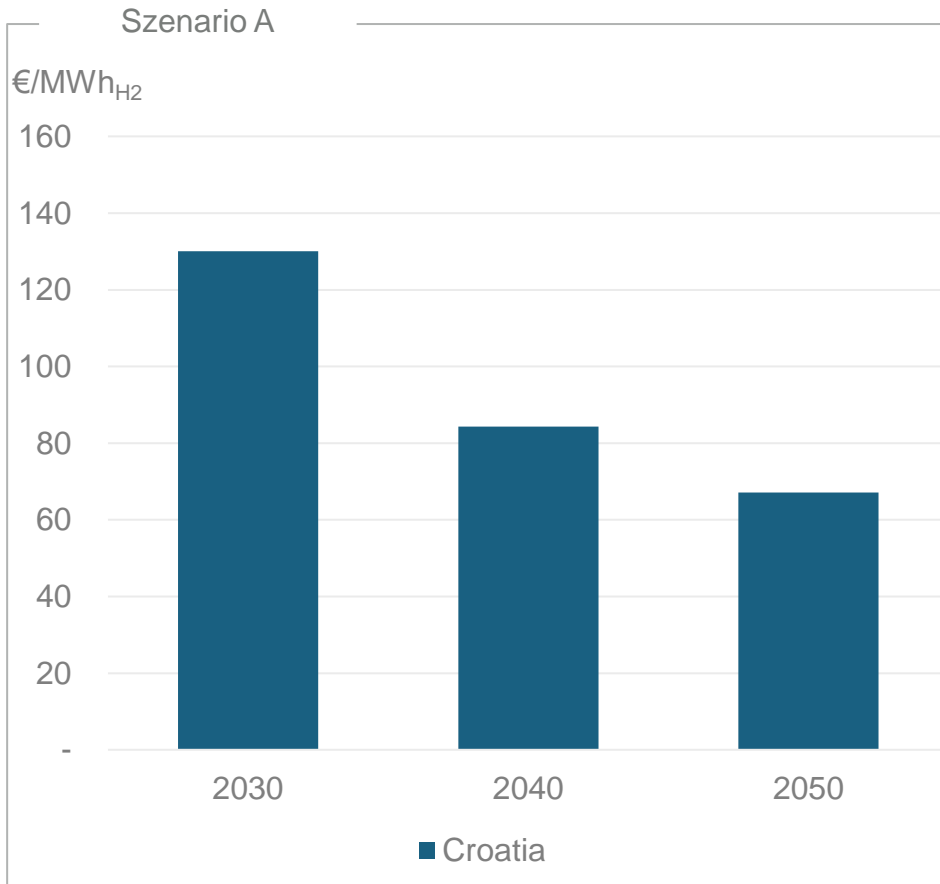


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Kroatien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

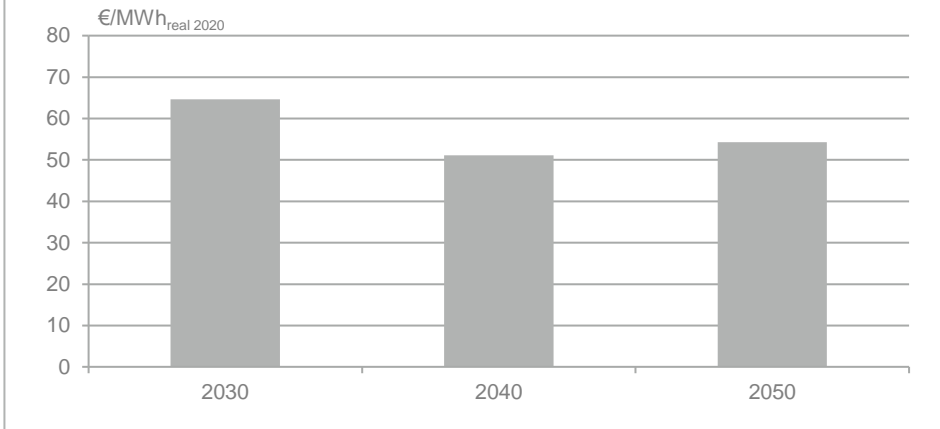


Länder Fact Sheet - Tschechien

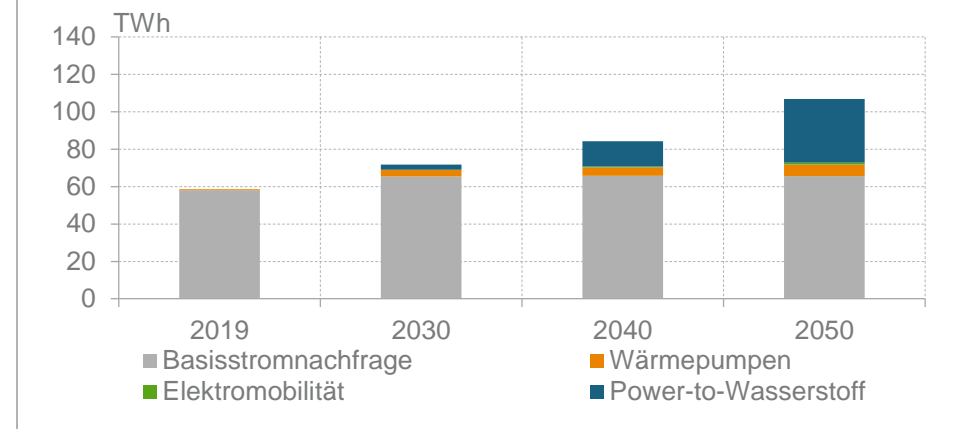
Szenario A



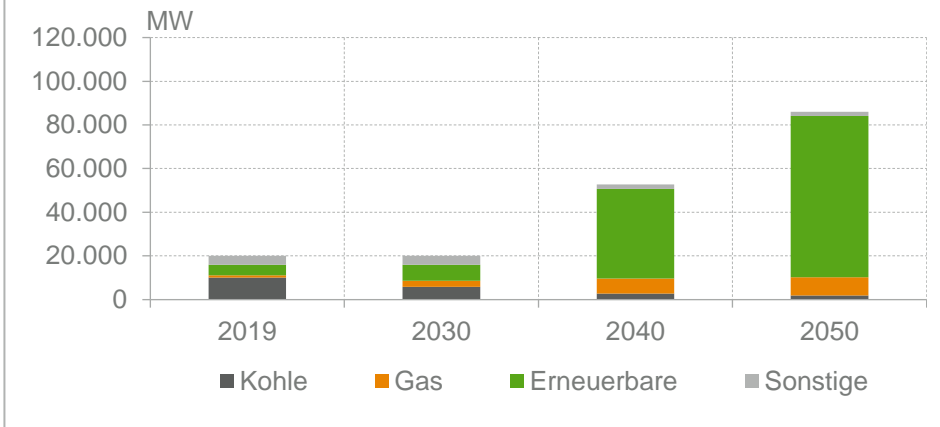
Großhandelsstrompreis



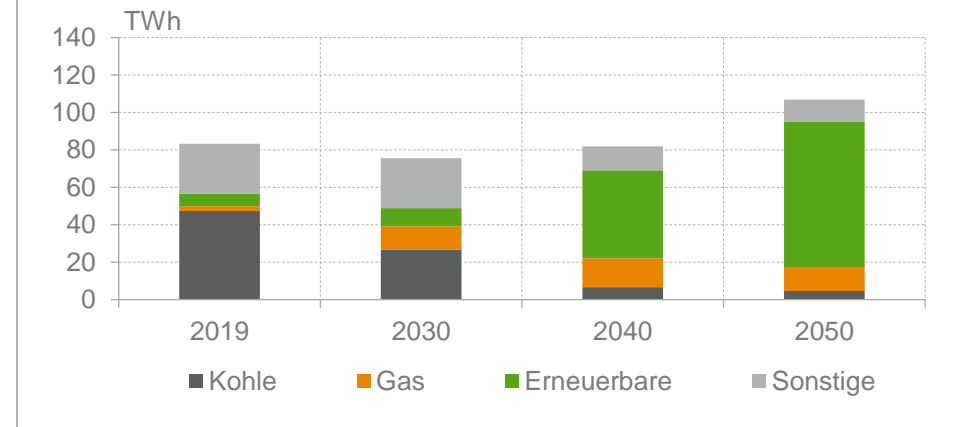
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

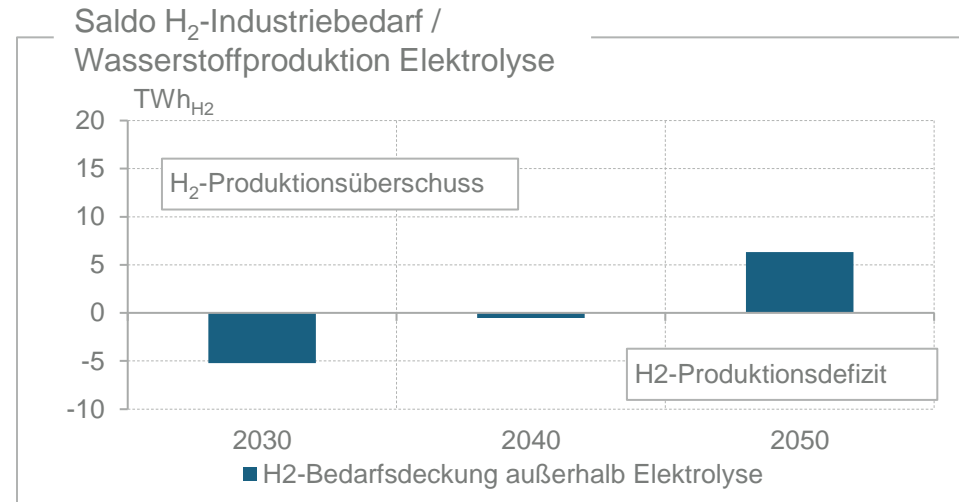
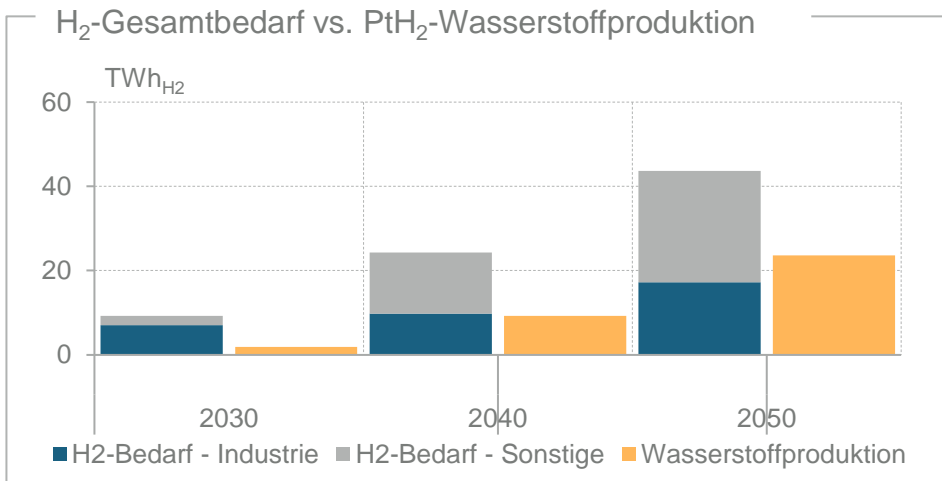
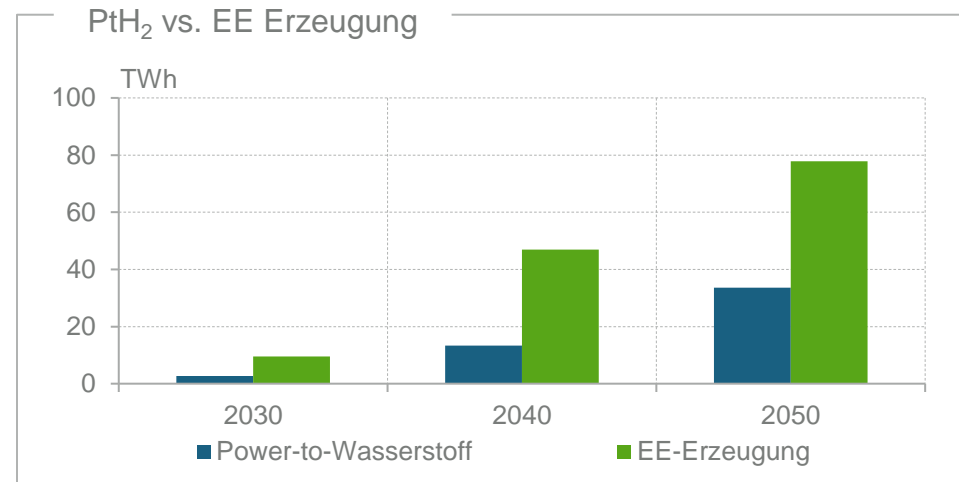
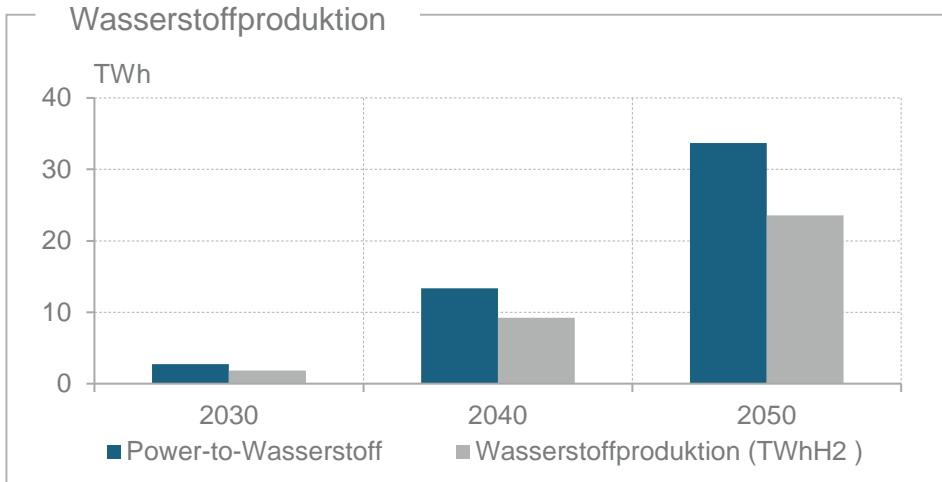


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Tschechien

Szenario A

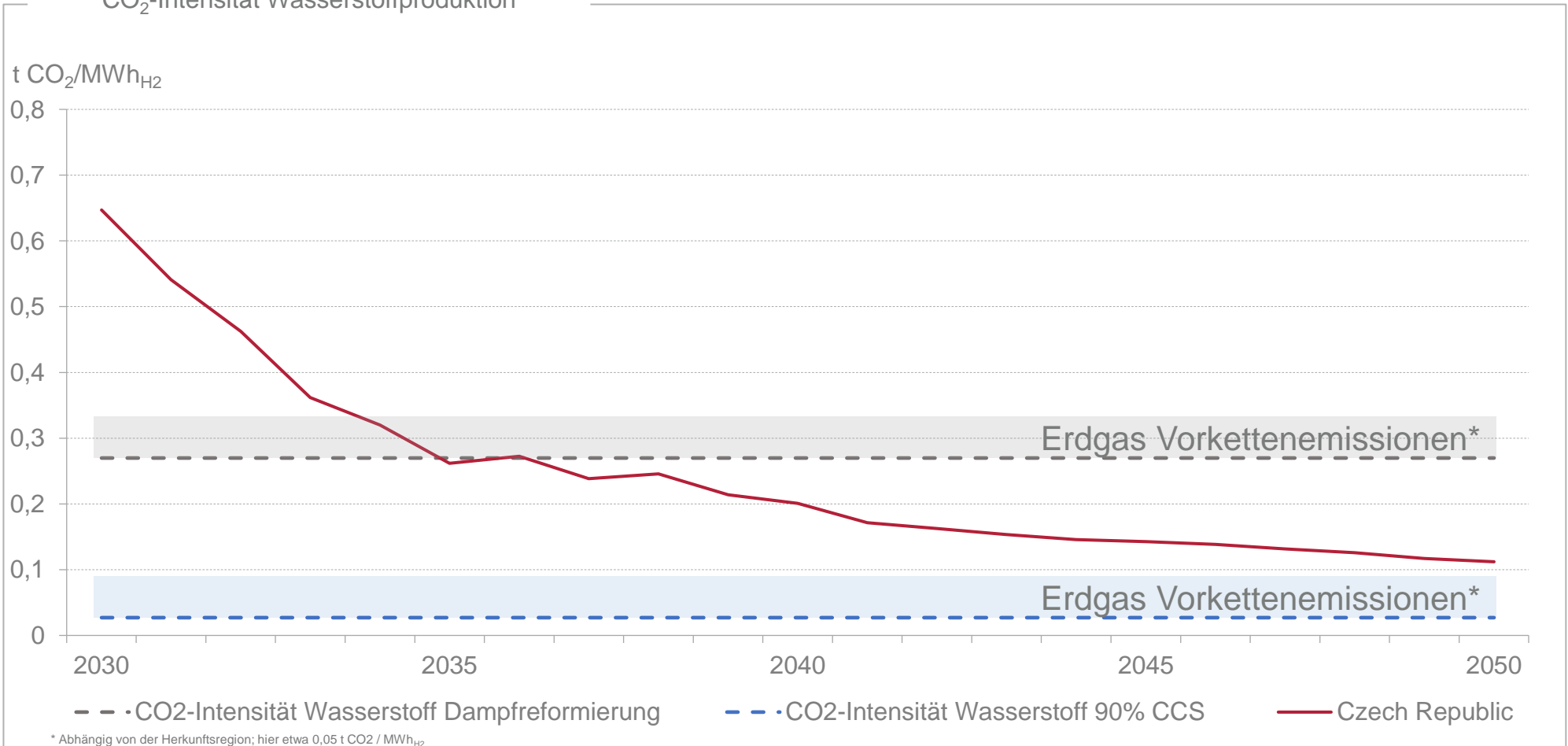


Länder Fact Sheet - Tschechien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

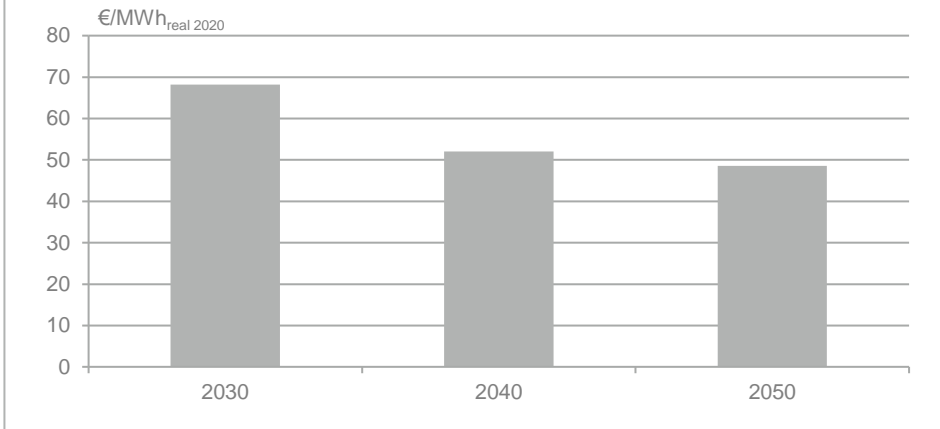


Länder Fact Sheet - Tschechien

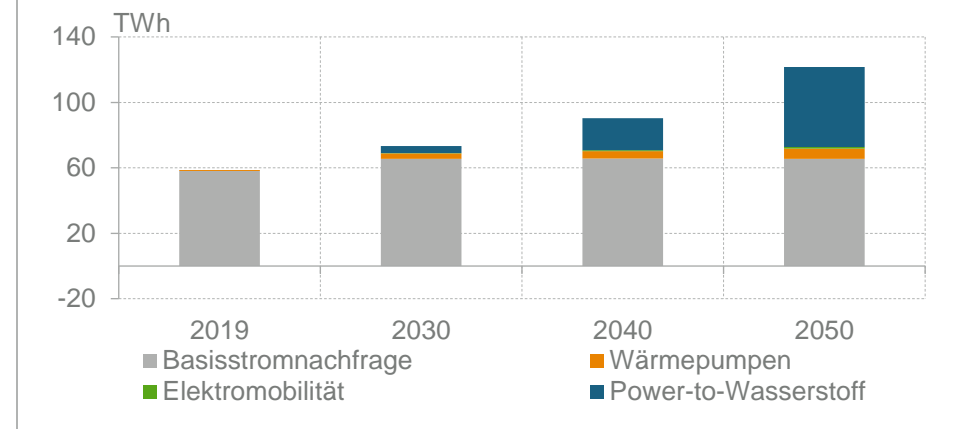
Szenario B



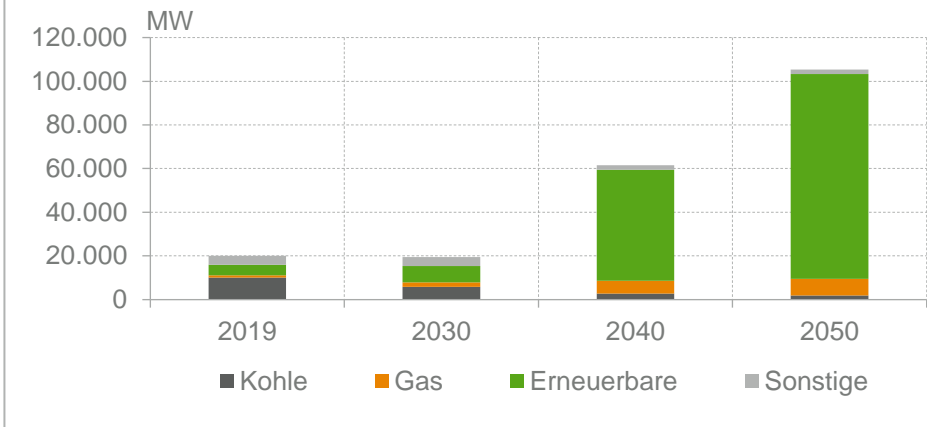
Großhandelsstrompreis



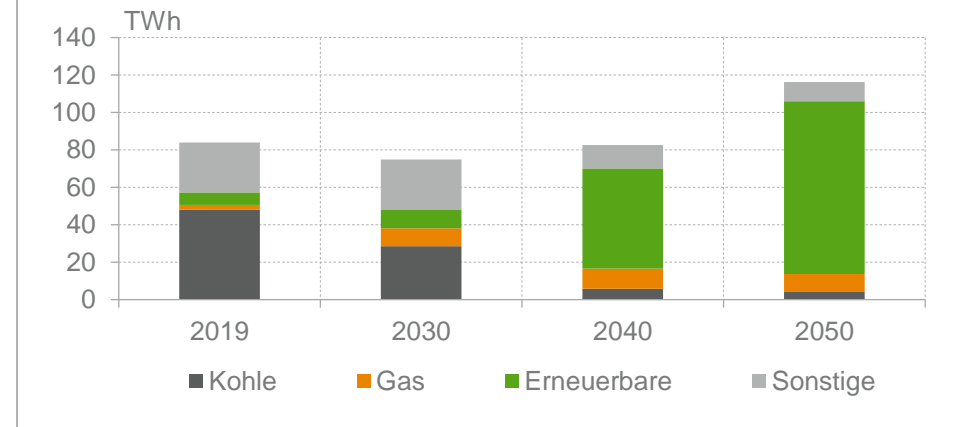
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

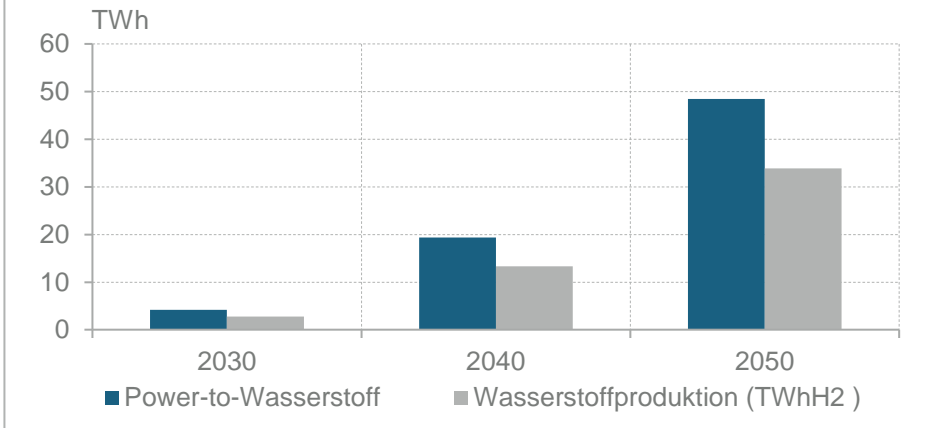


Länder Fact Sheet - Tschechien

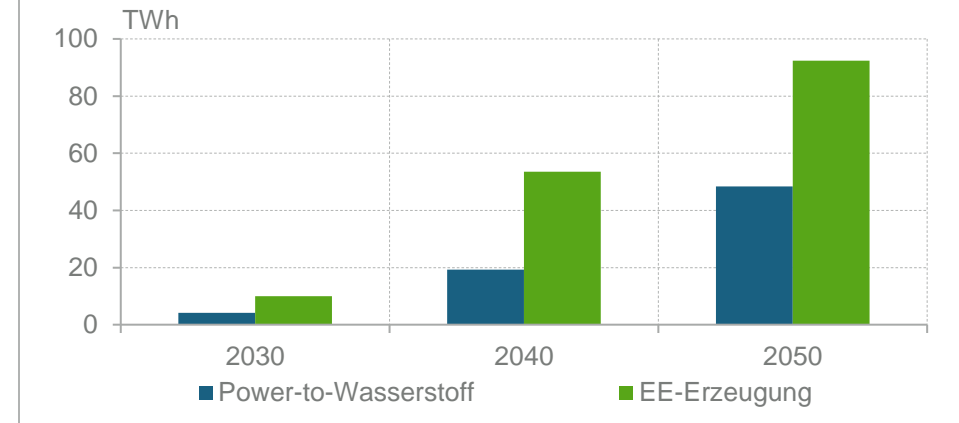
Szenario B



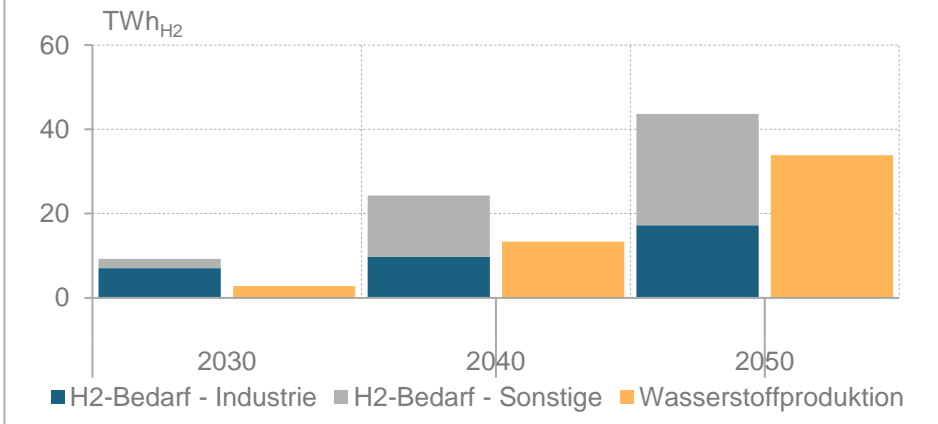
Wasserstoffproduktion



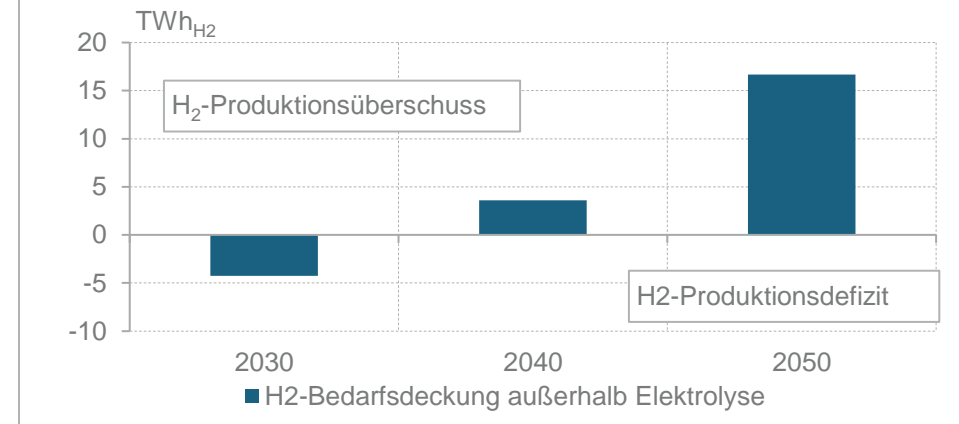
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

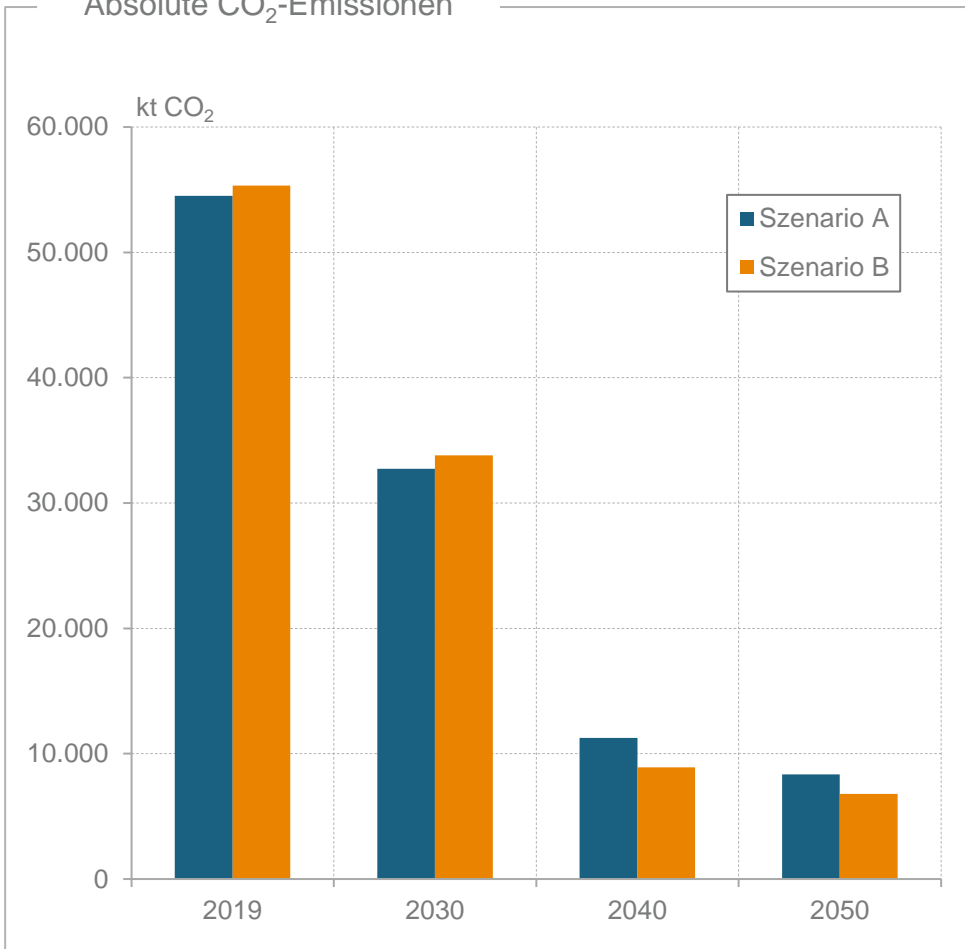


Länder Fact Sheet - Tschechien

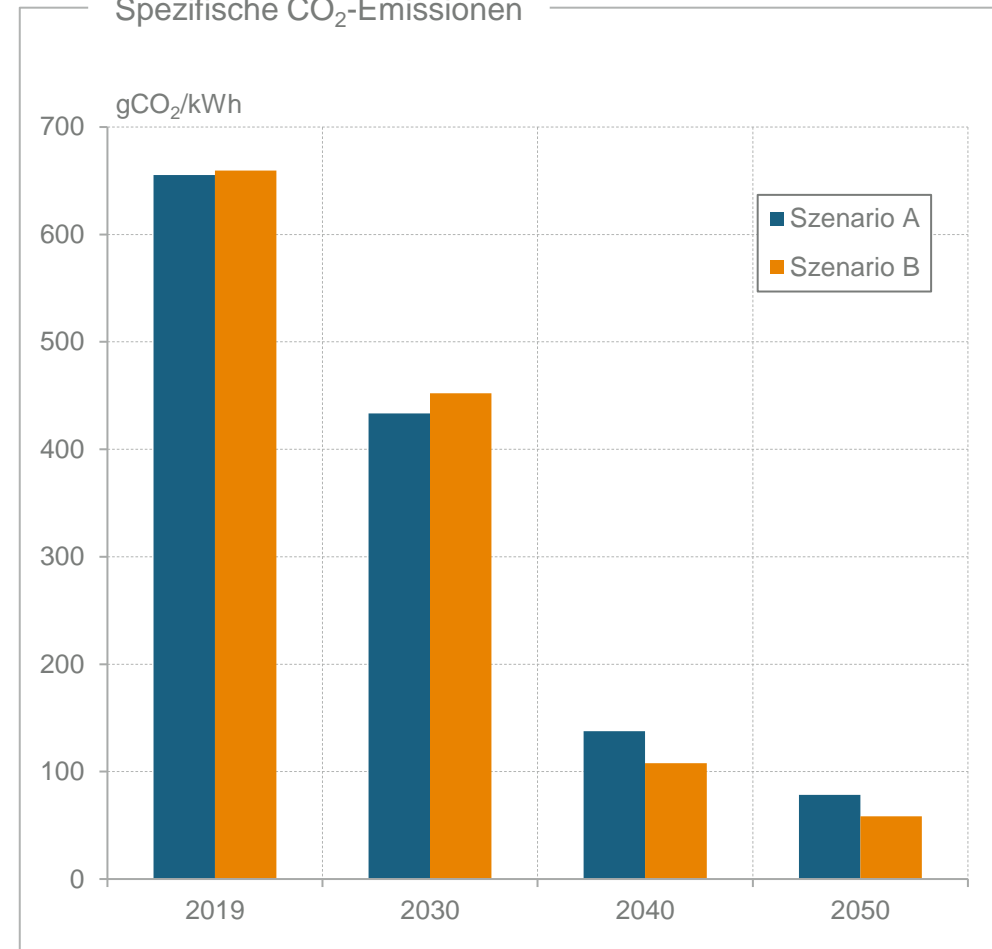
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

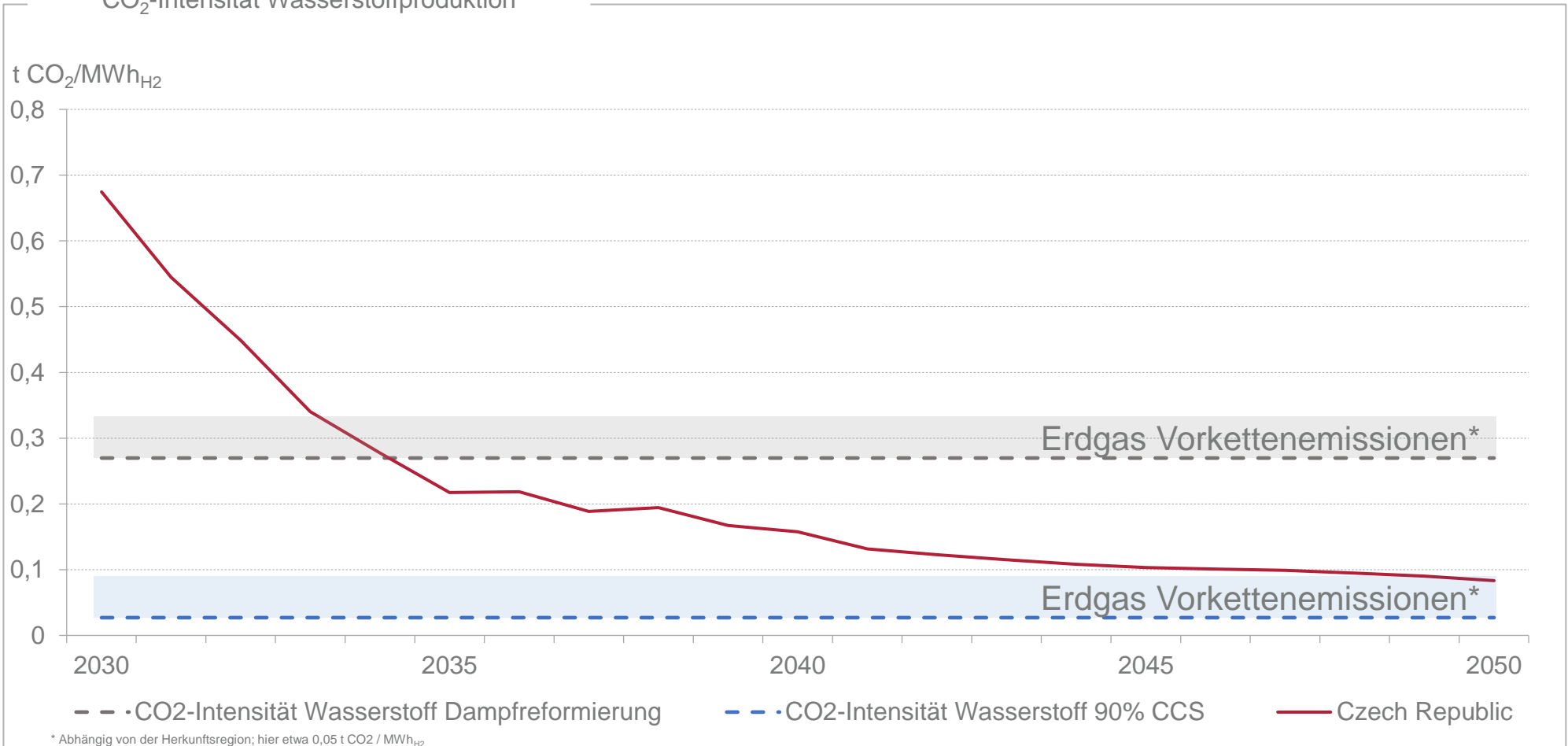


Länder Fact Sheet - Tschechien

Szenario B



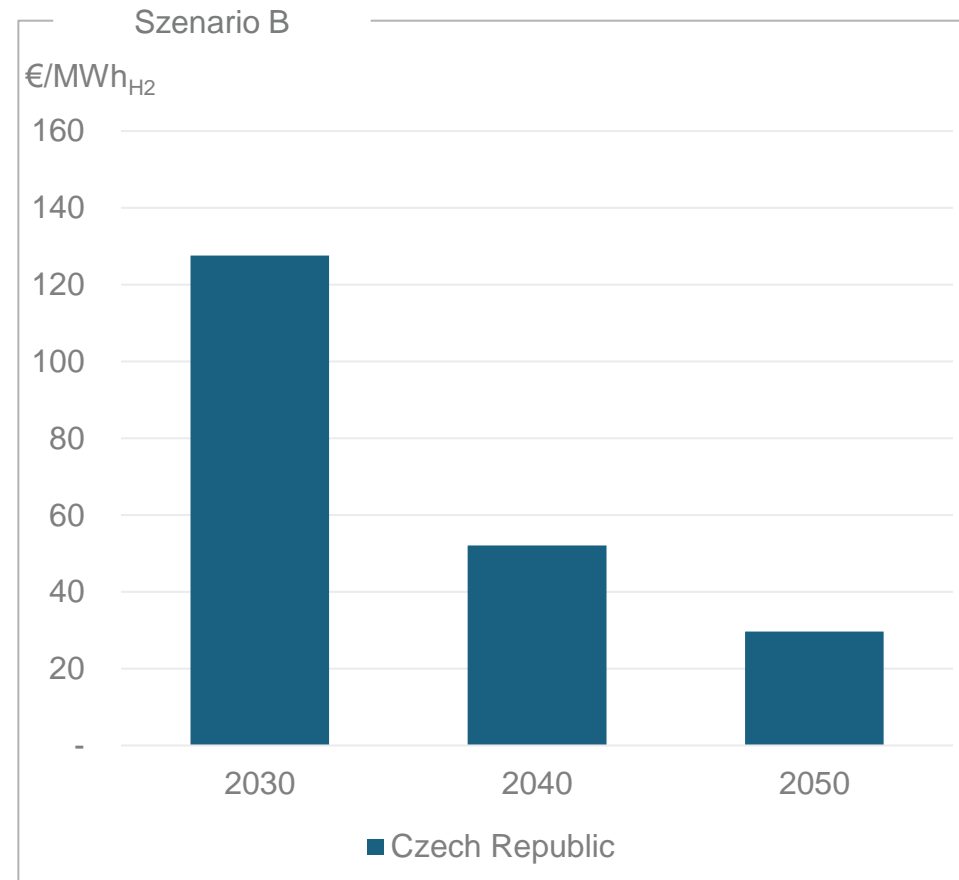
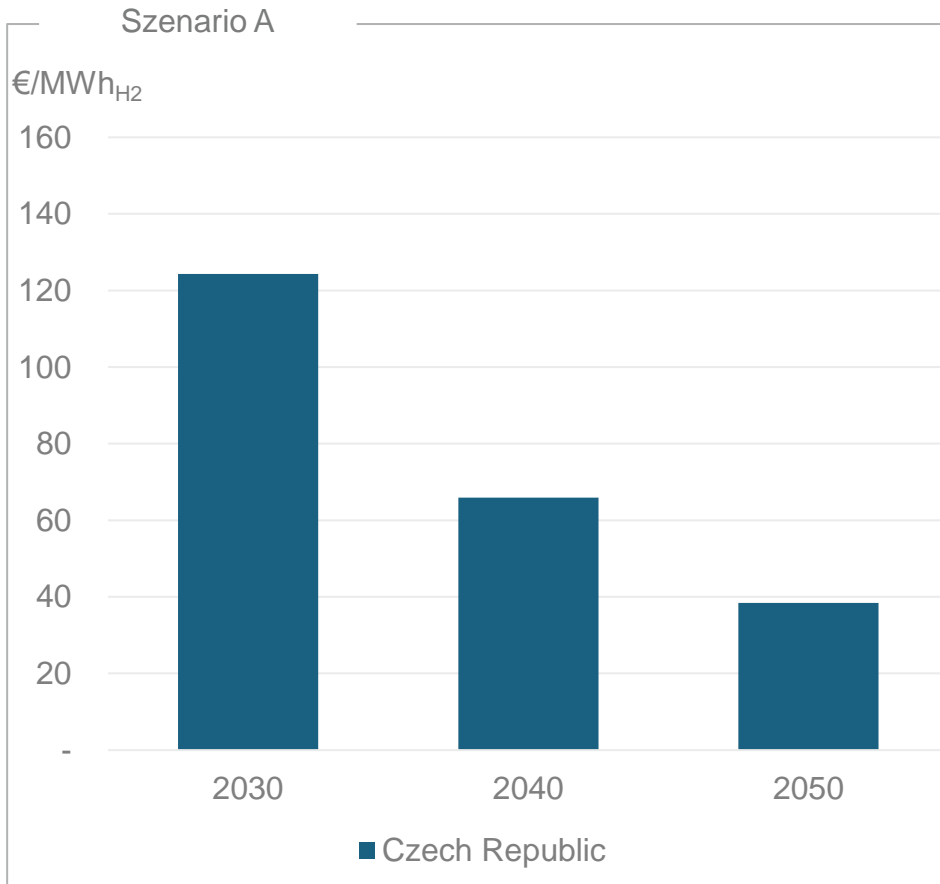
CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Tschechien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

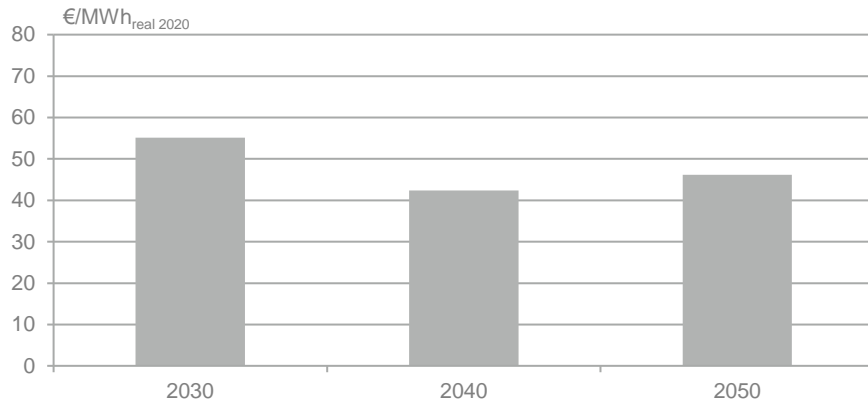


Länder Fact Sheet - Dänemark

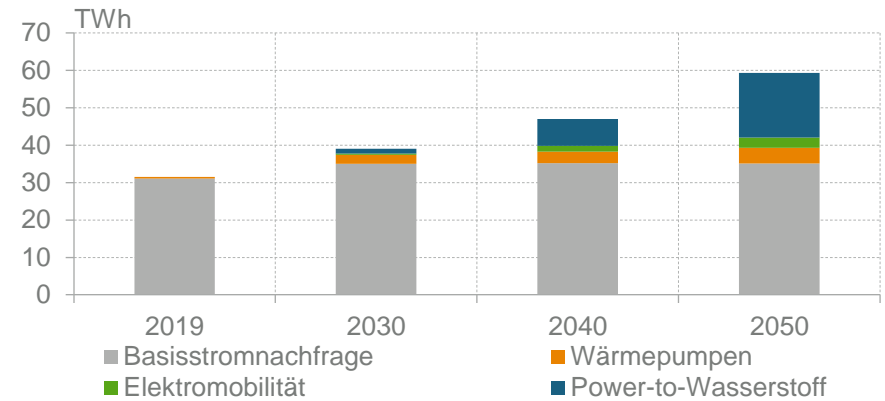
Szenario A



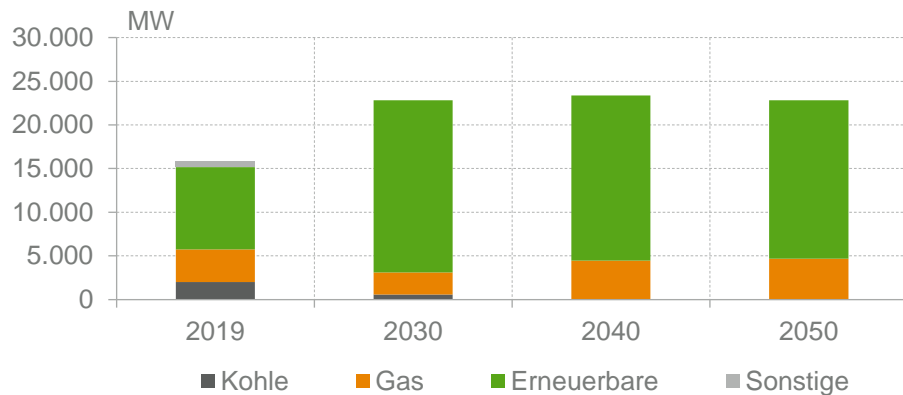
Großhandelsstrompreis



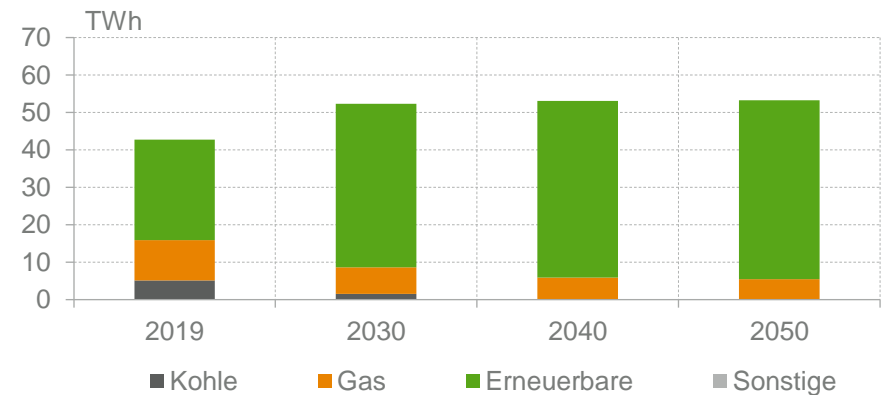
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

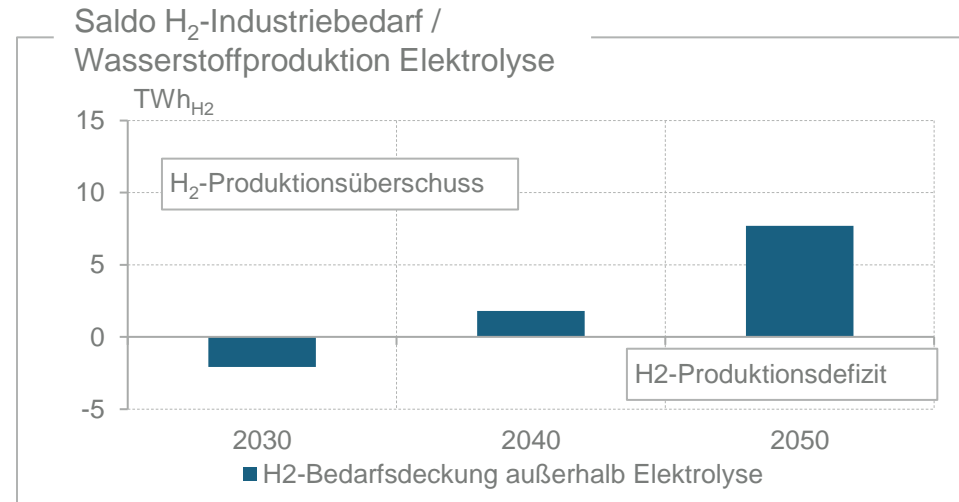
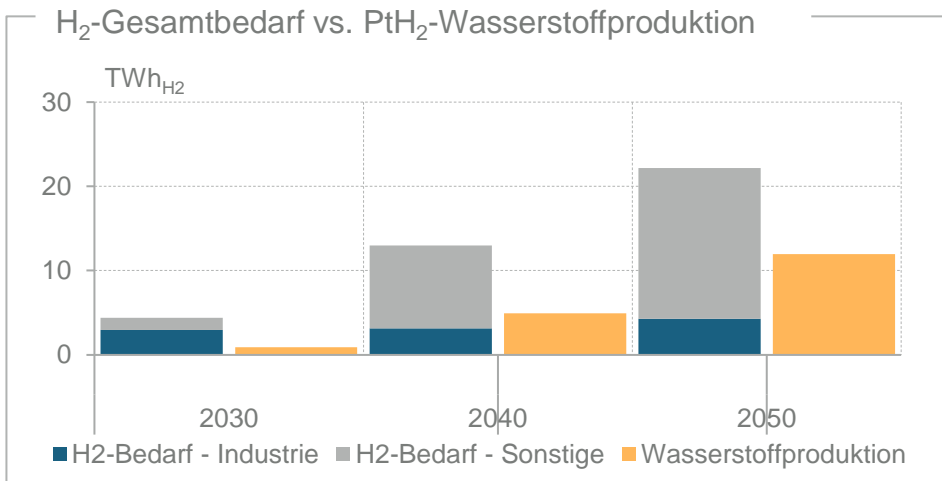
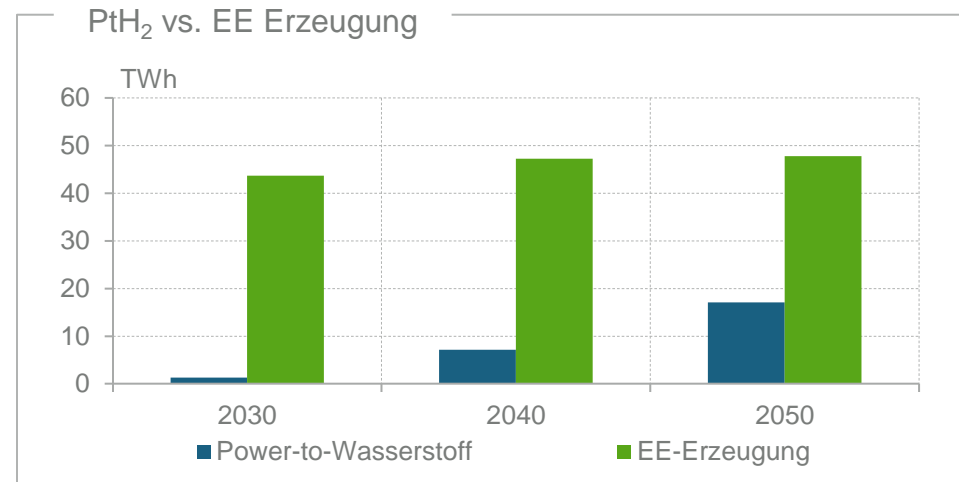
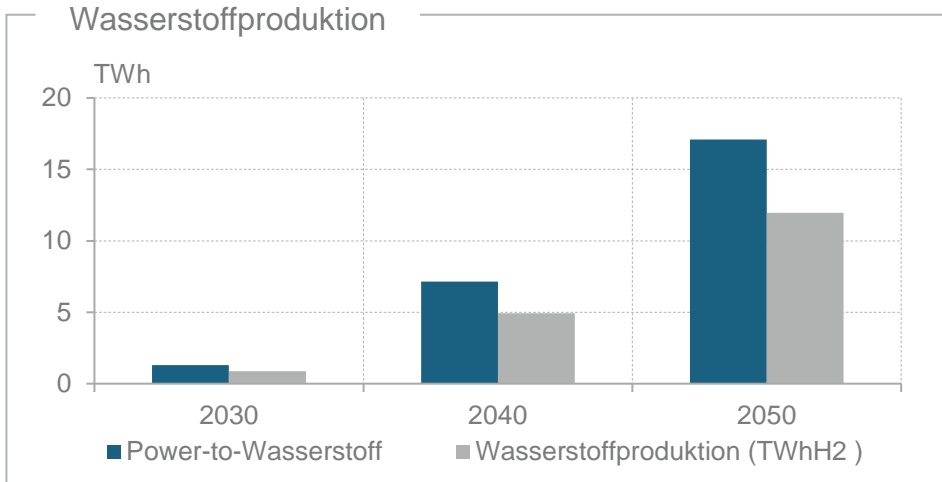


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Dänemark

Szenario A

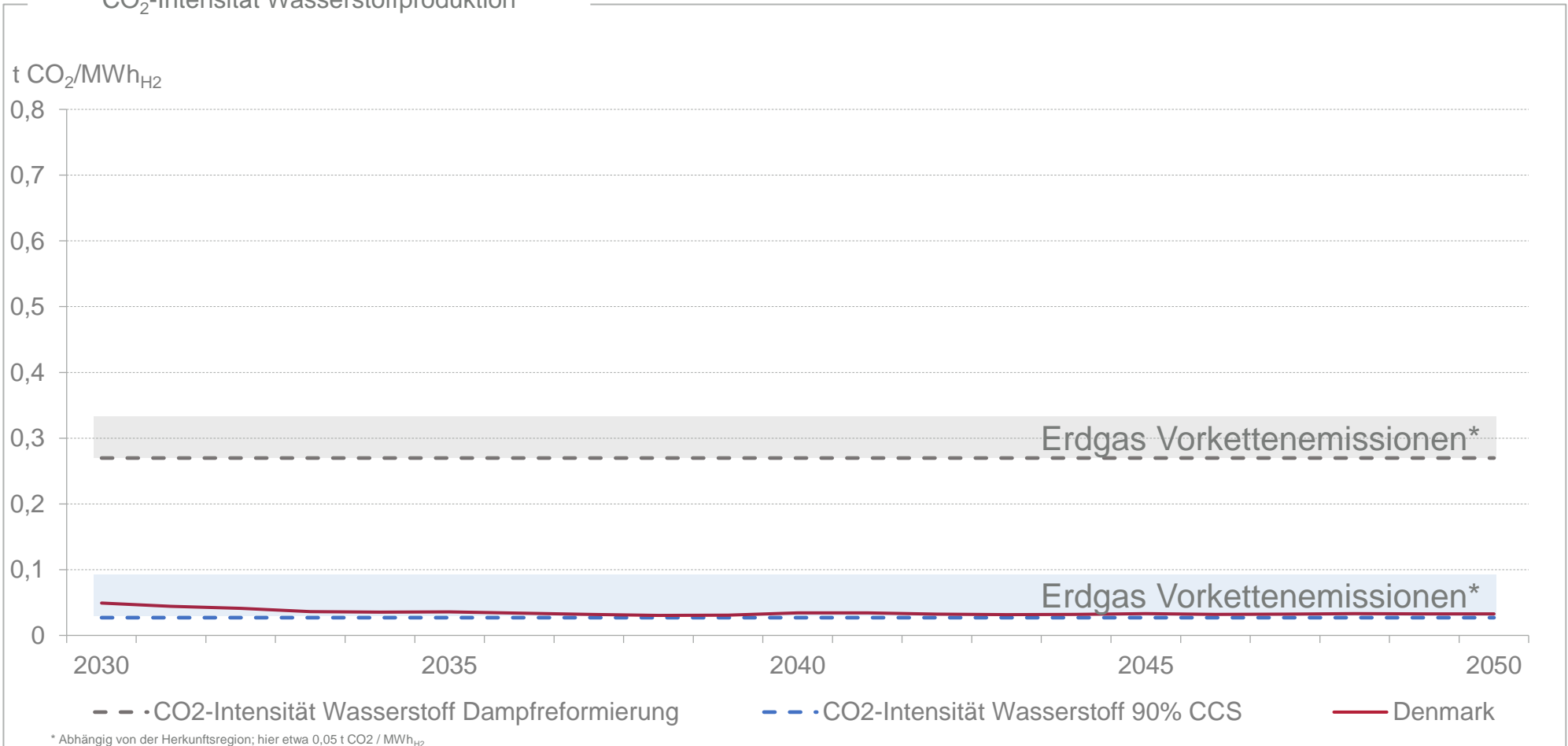


Länder Fact Sheet - Dänemark

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

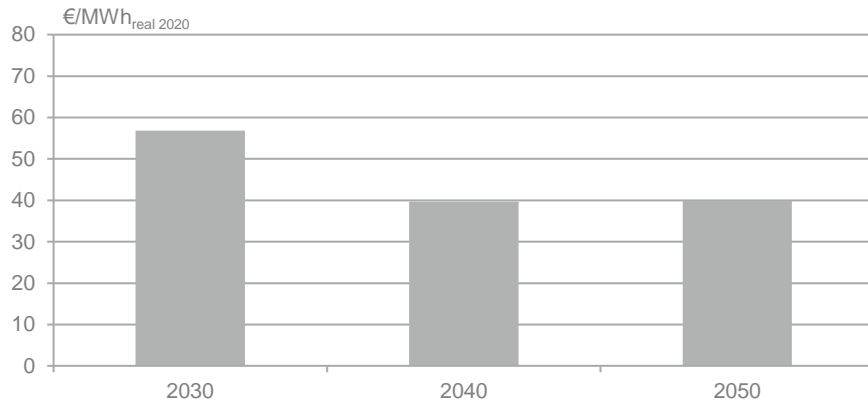


Länder Fact Sheet - Dänemark

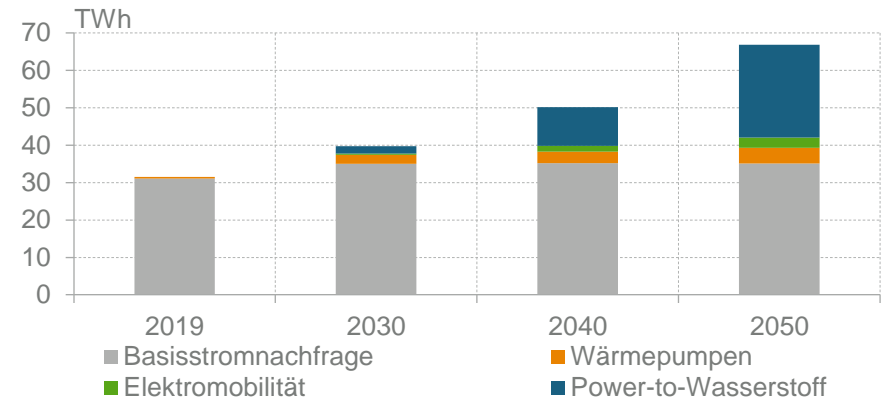
Szenario B



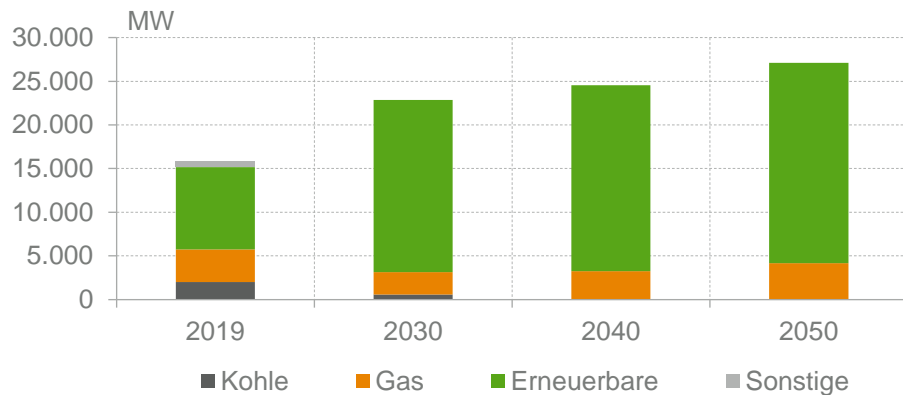
Großhandelsstrompreis



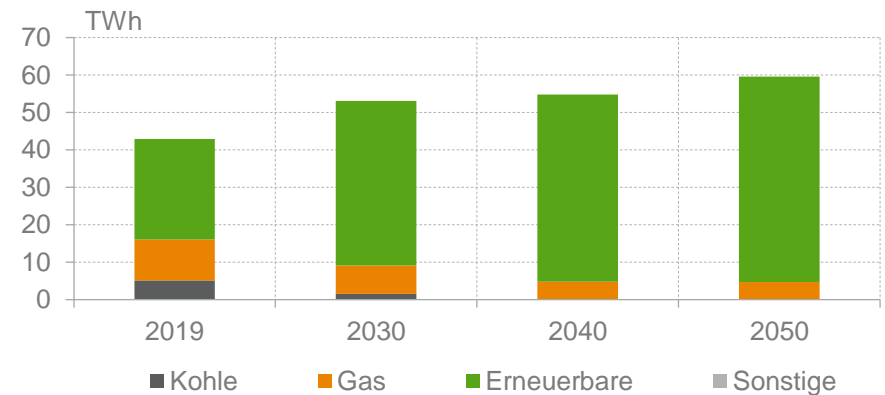
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

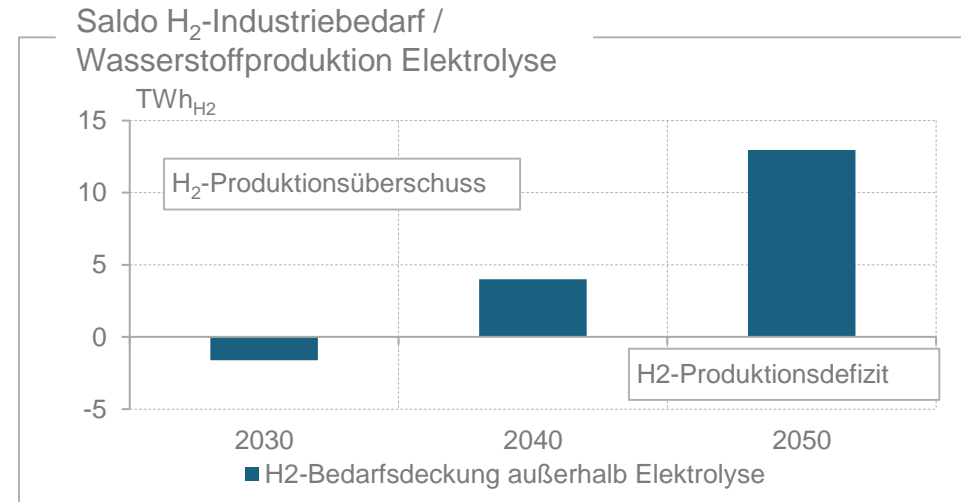
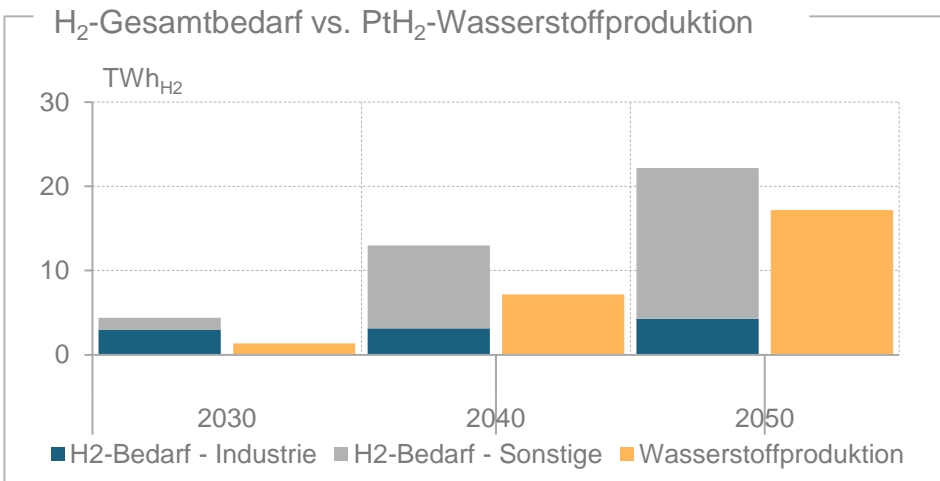
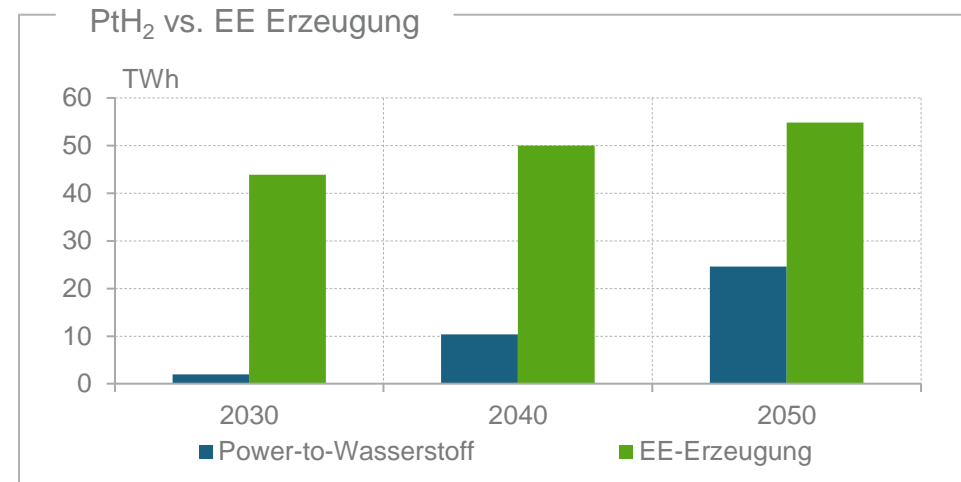
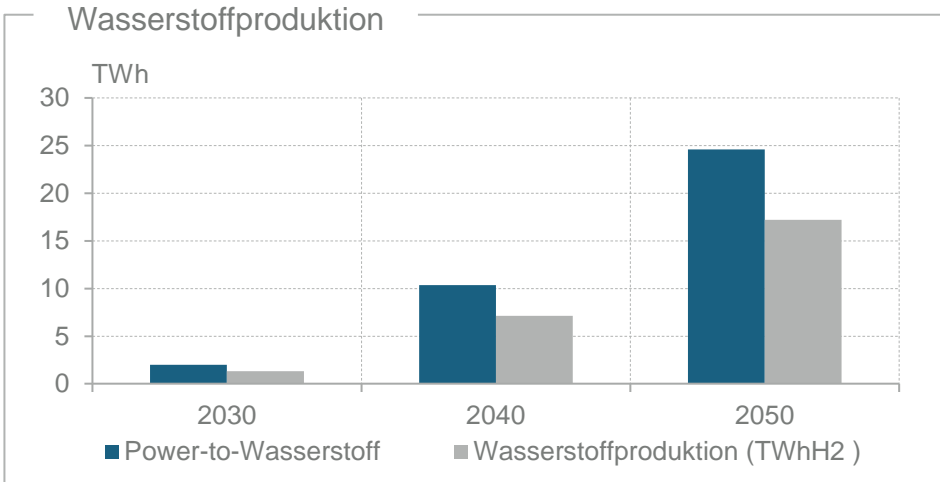


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Dänemark

Szenario B

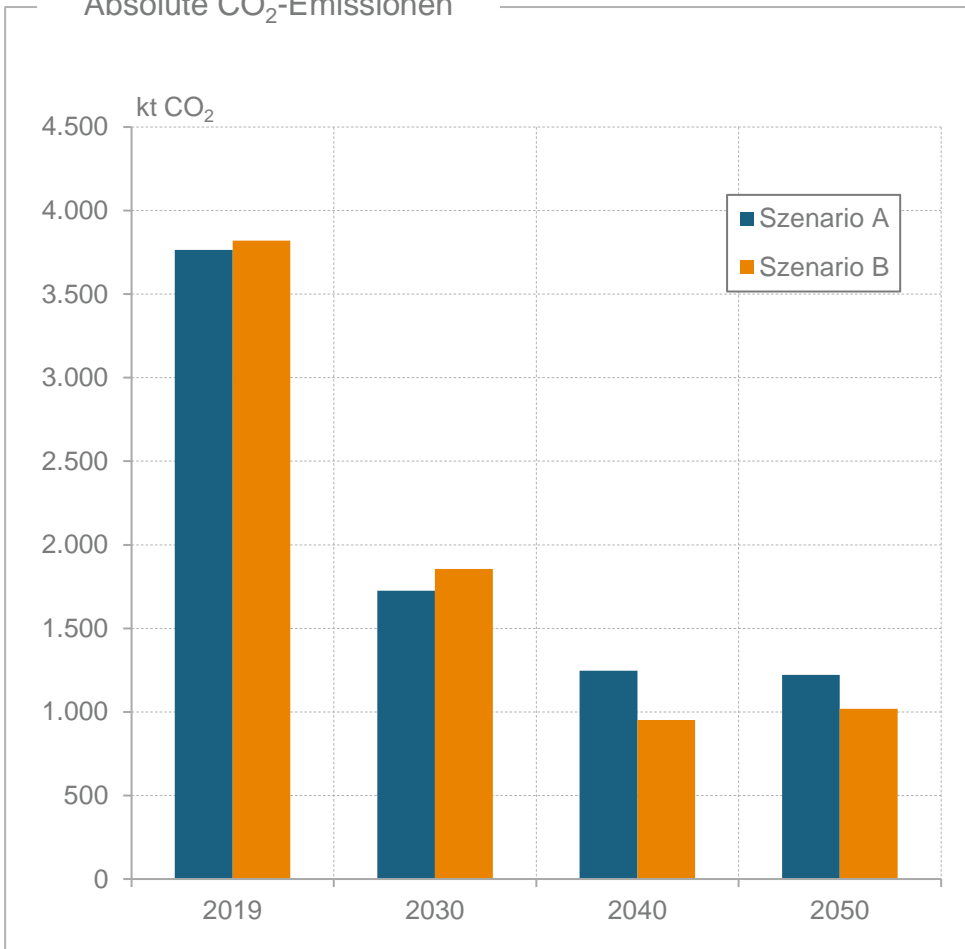


Länder Fact Sheet - Dänemark

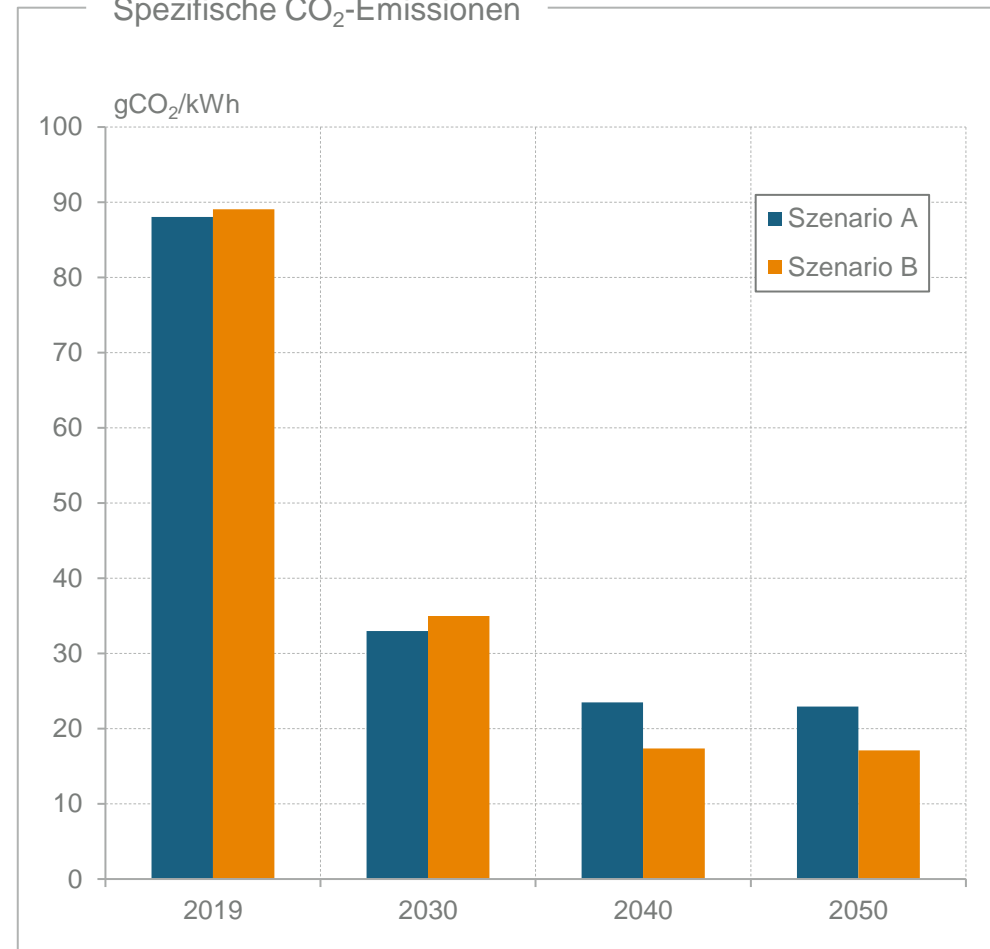
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

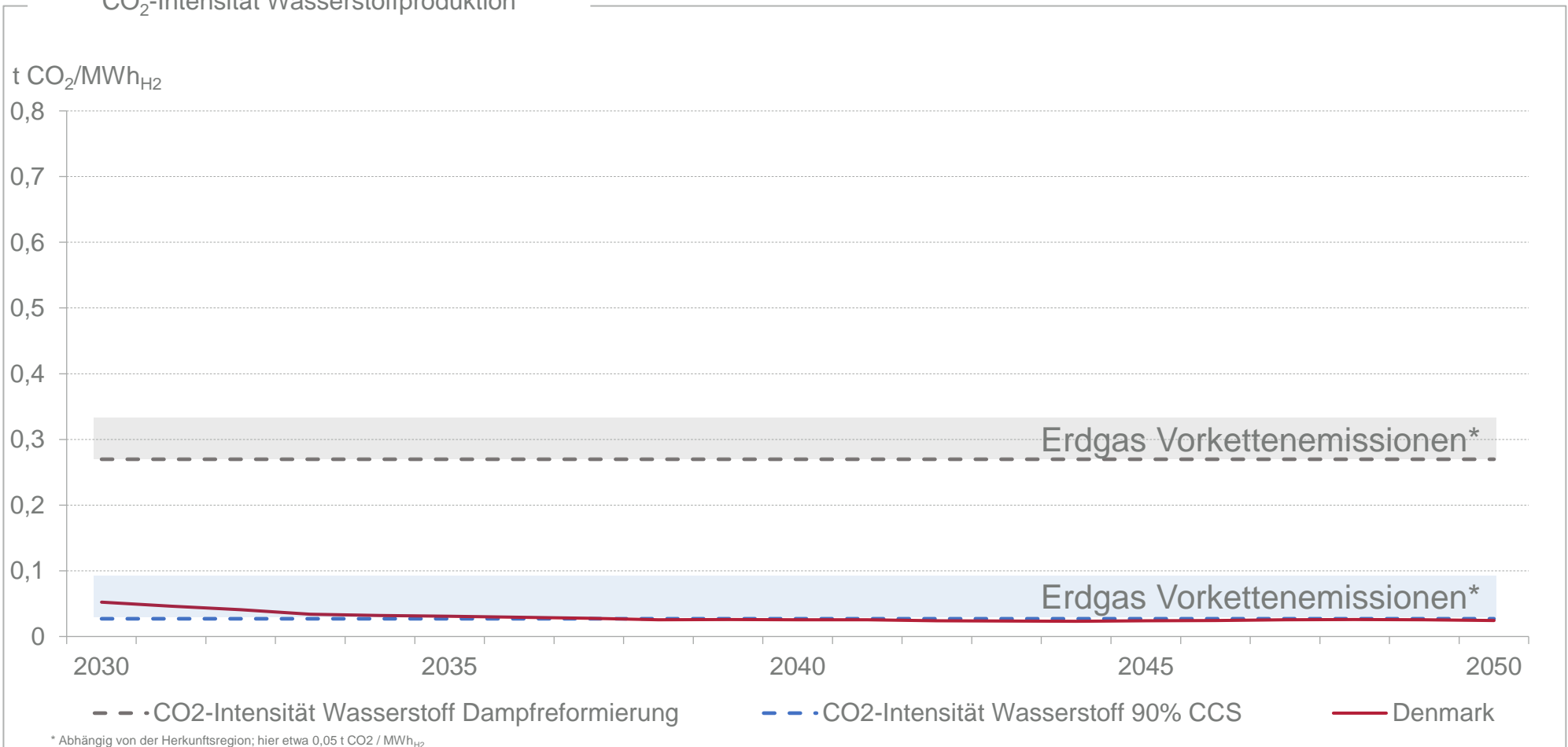


Länder Fact Sheet - Dänemark

Szenario B



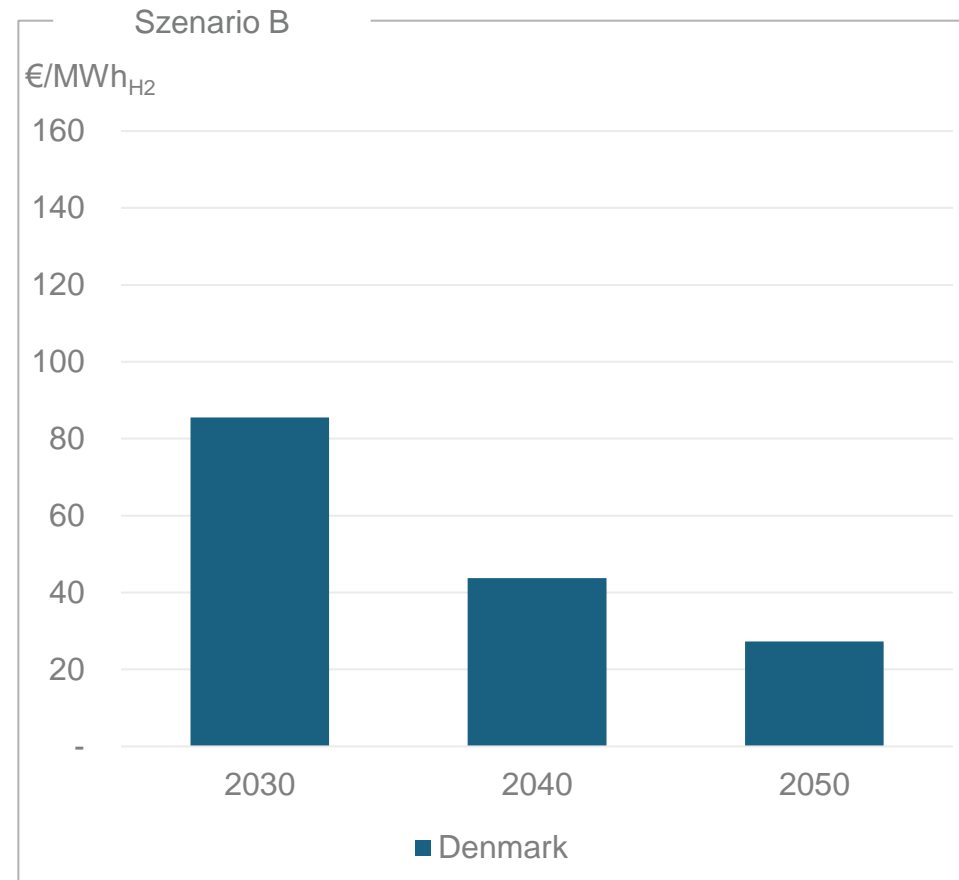
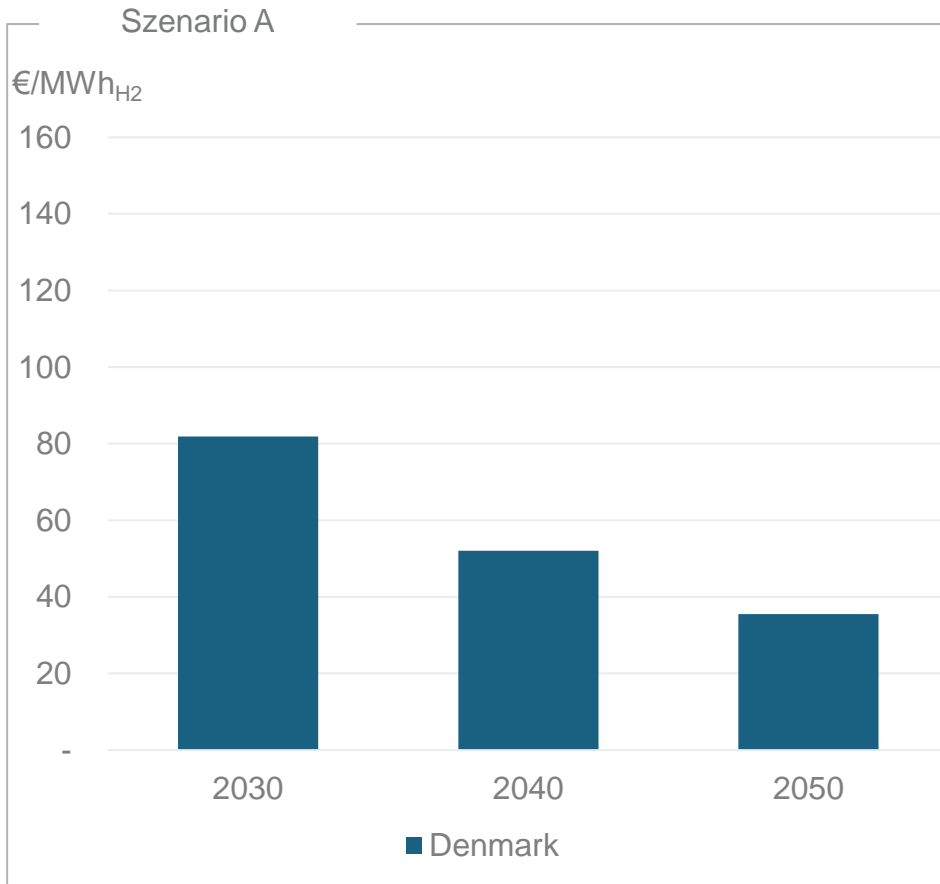
CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Dänemark

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

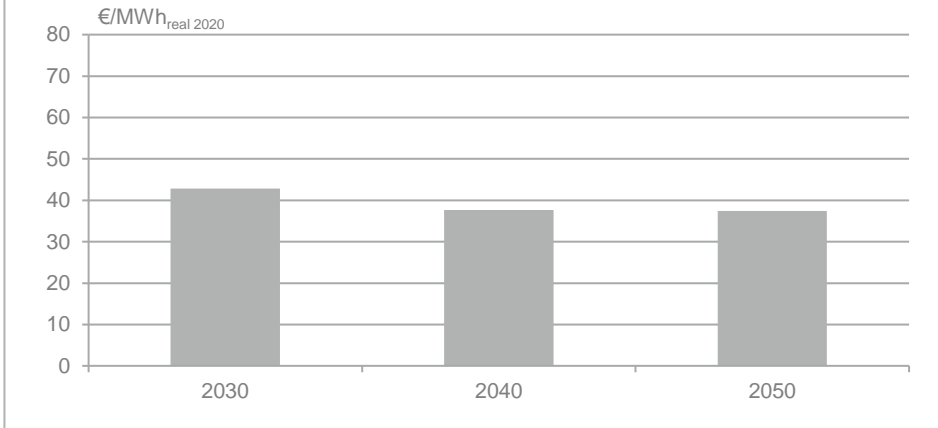


Länder Fact Sheet - Finnland

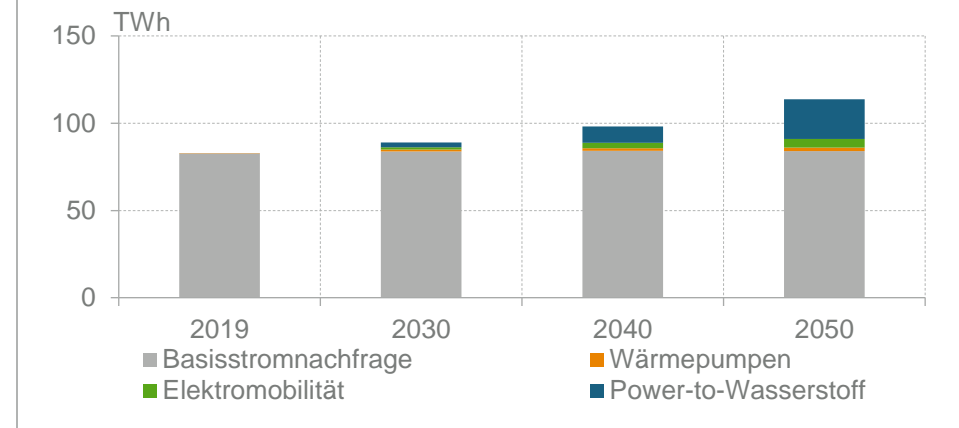
Szenario A



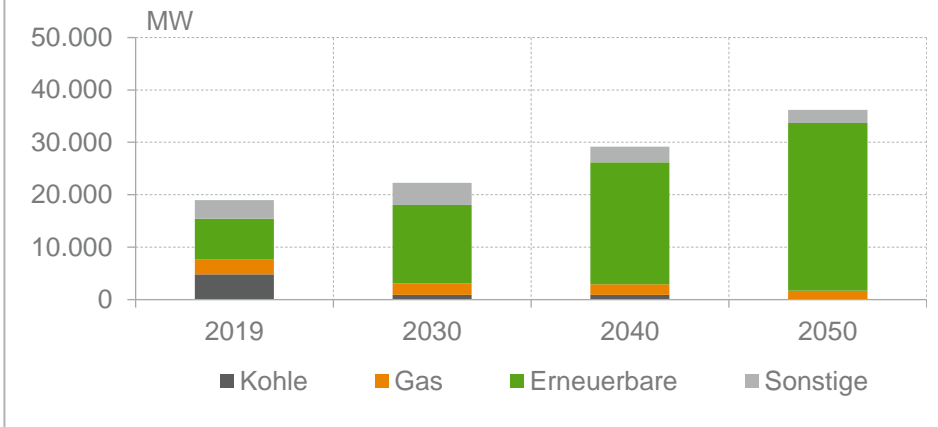
Großhandelsstrompreis



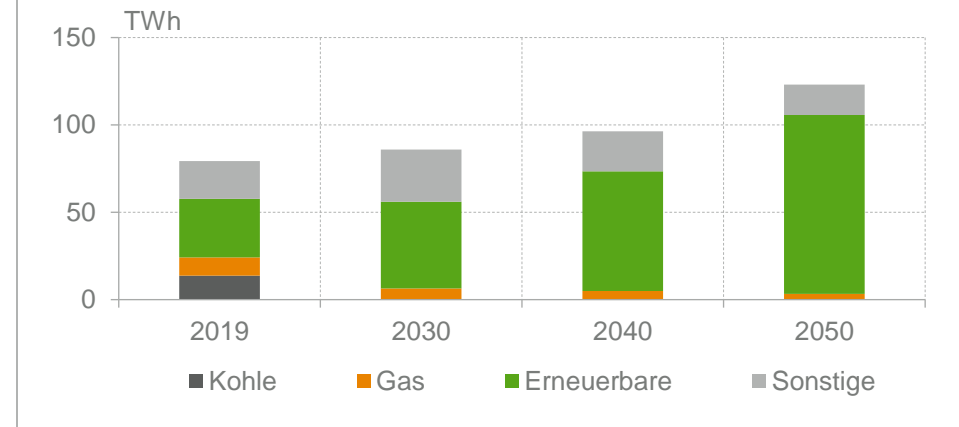
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

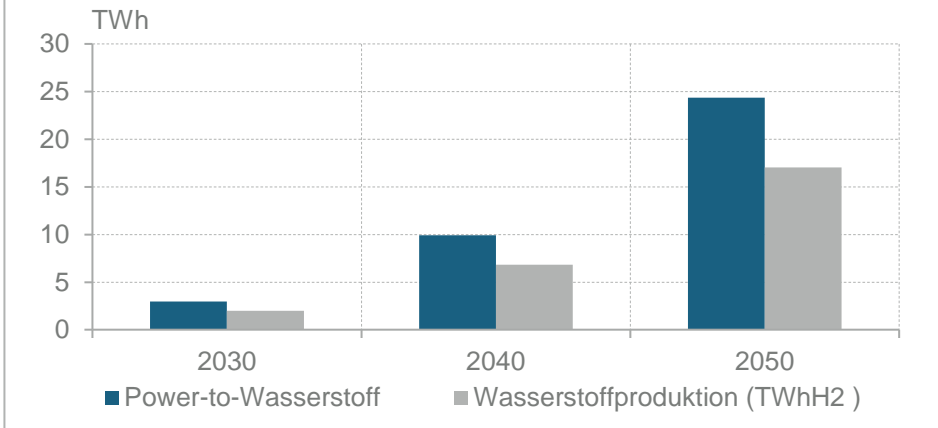


Länder Fact Sheet - Finnland

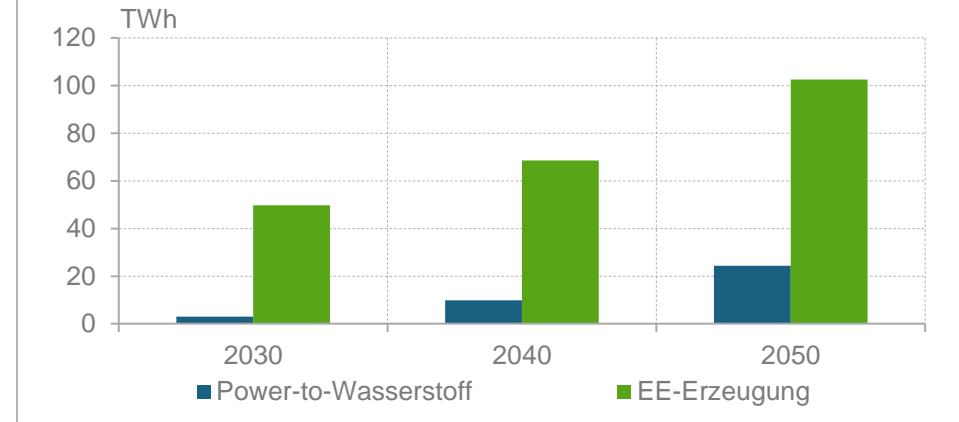
Szenario A



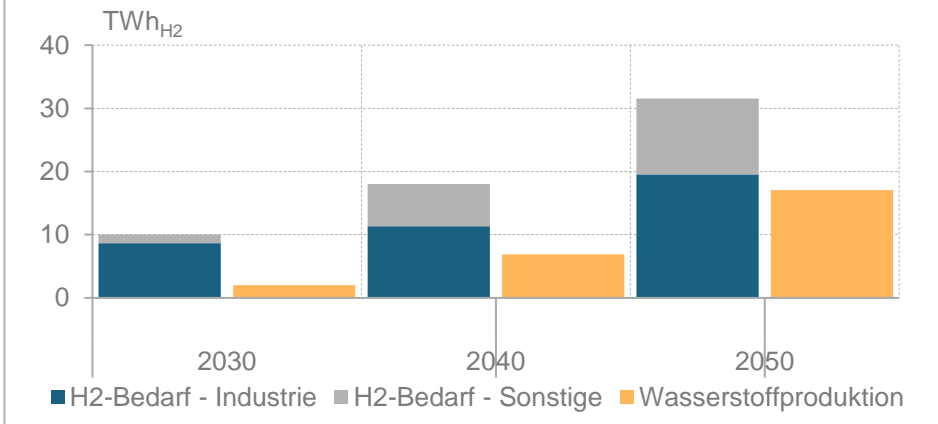
Wasserstoffproduktion



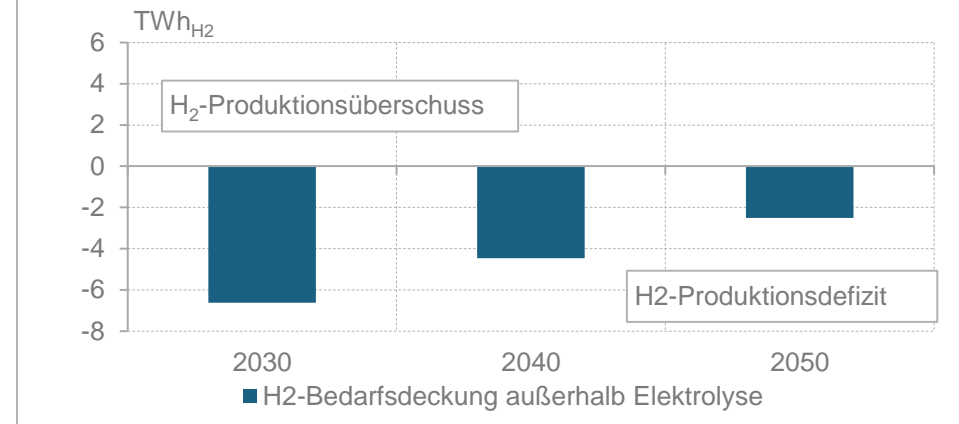
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

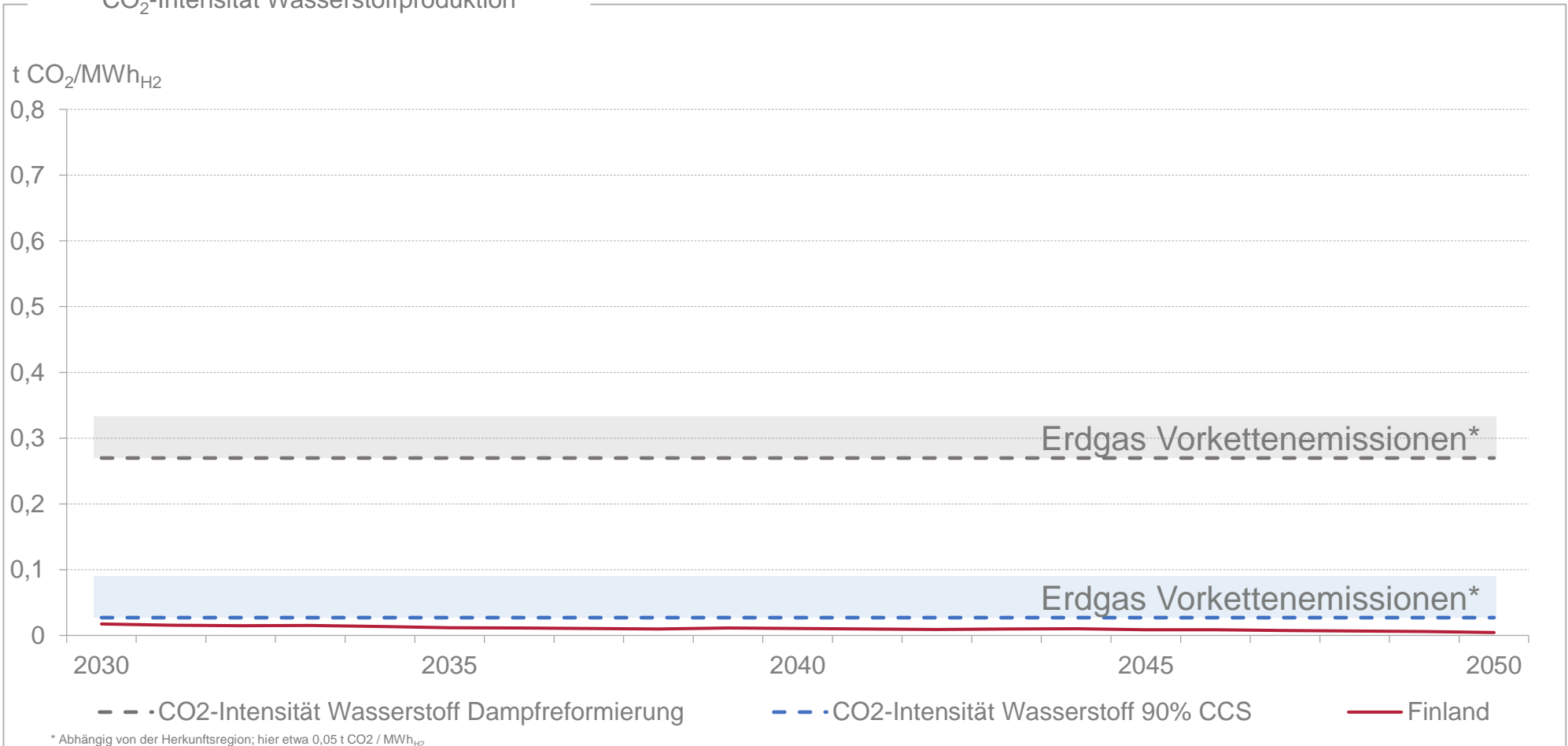


Länder Fact Sheet - Finnland

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

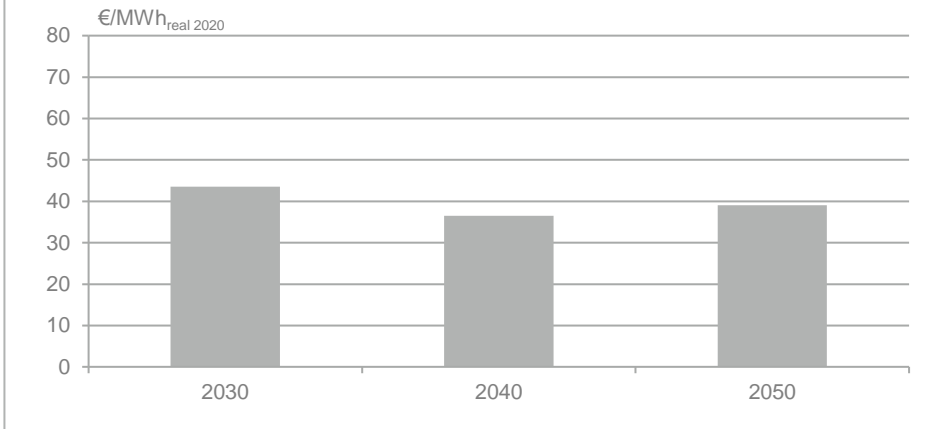


Länder Fact Sheet - Finnland

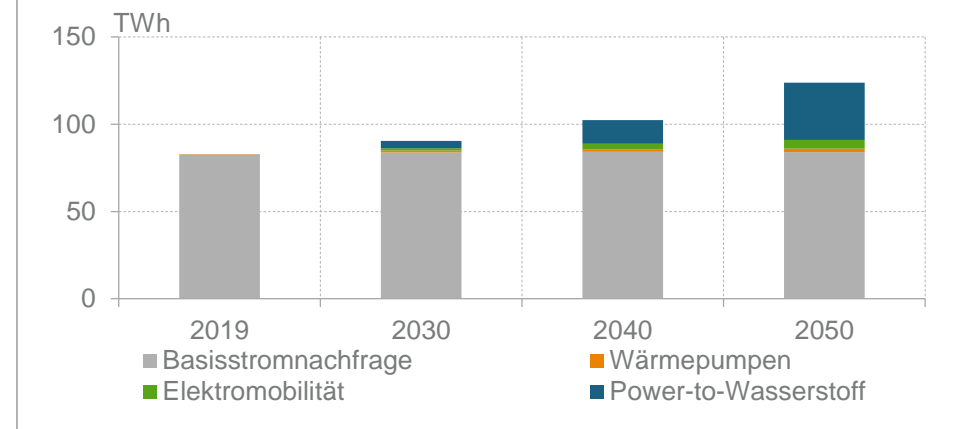
Szenario B



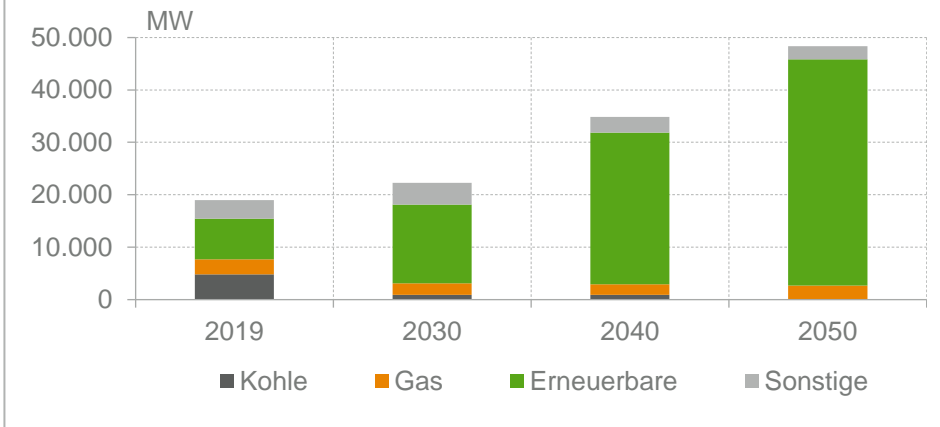
Großhandelsstrompreis



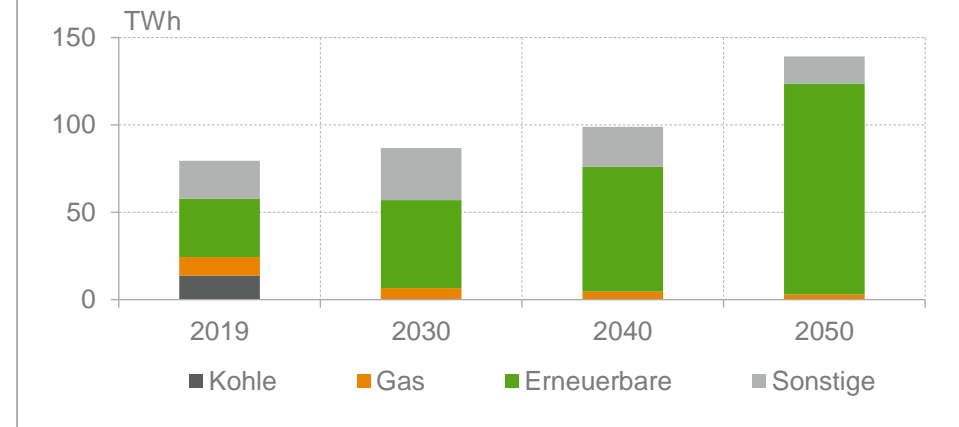
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

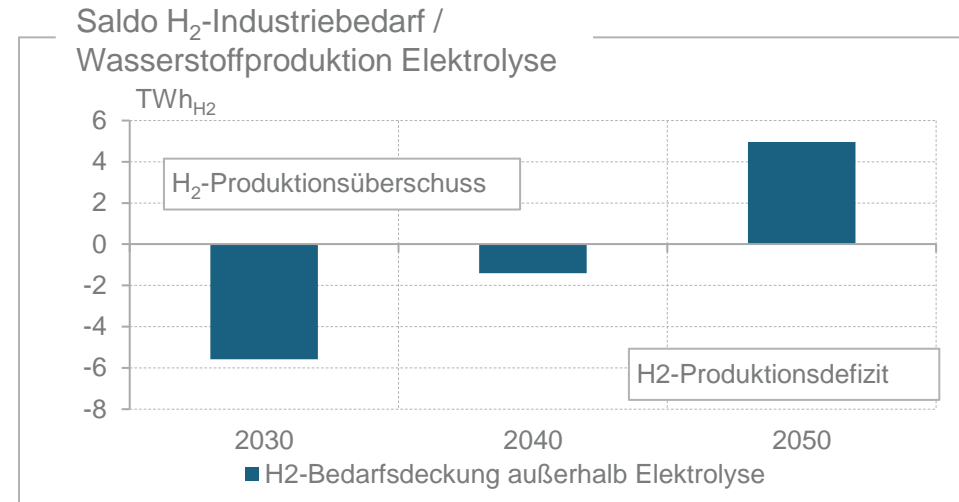
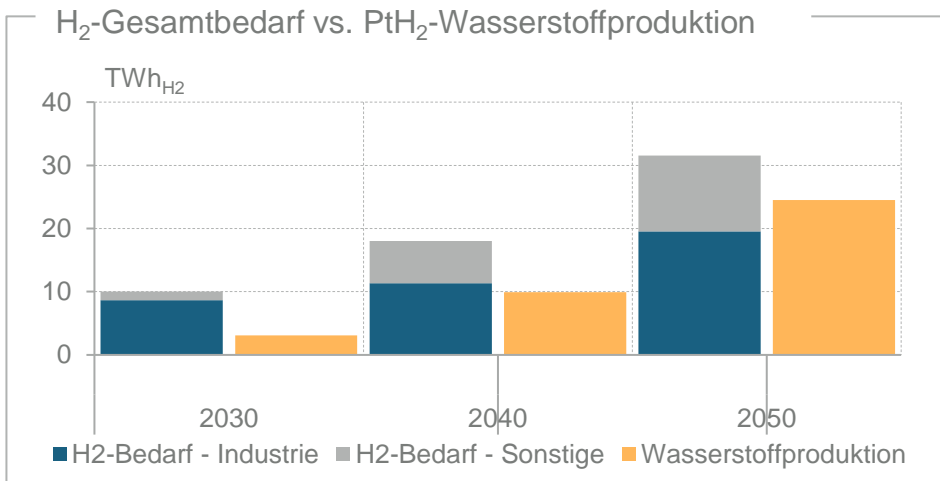
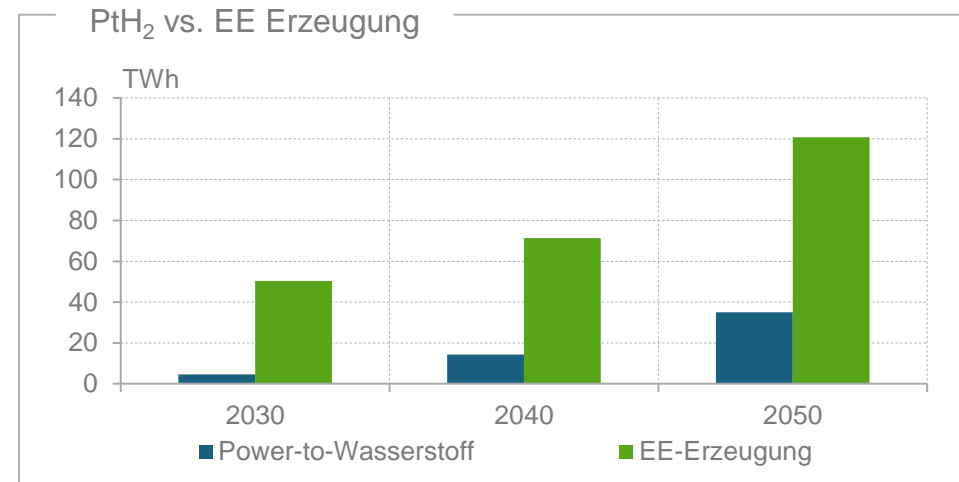
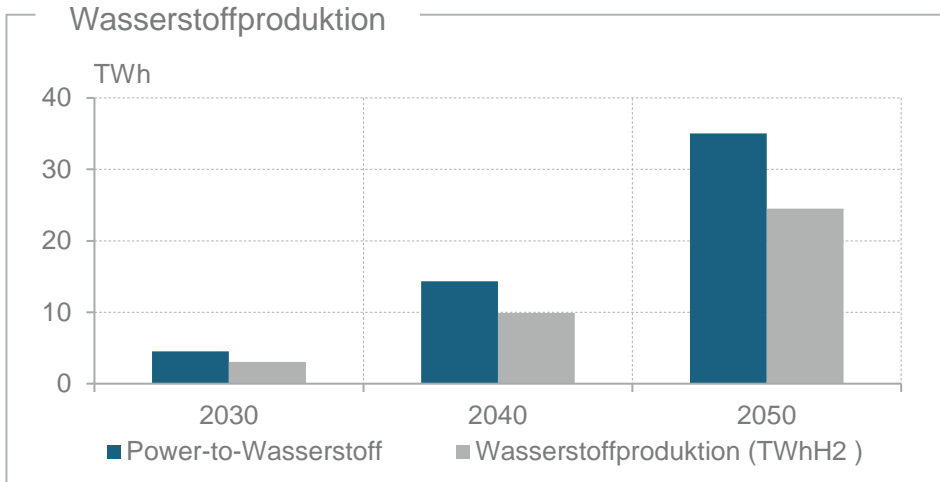


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Finnland

Szenario B

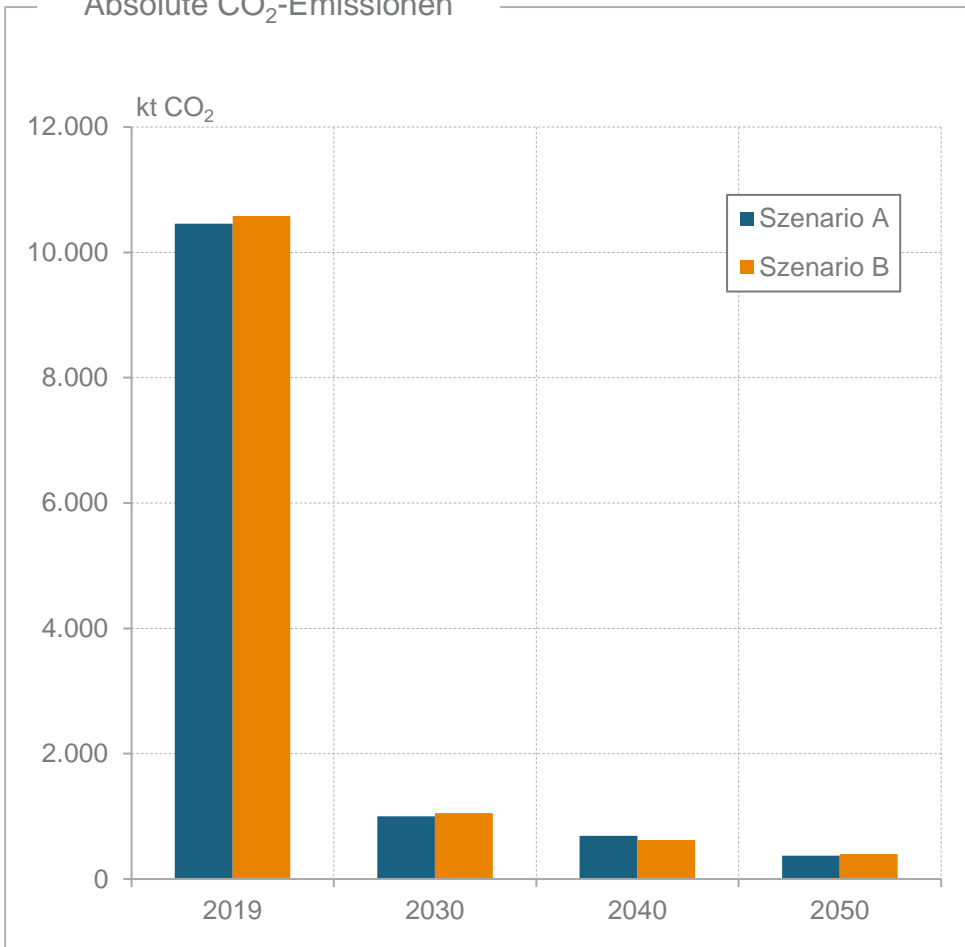


Länder Fact Sheet - Finnland

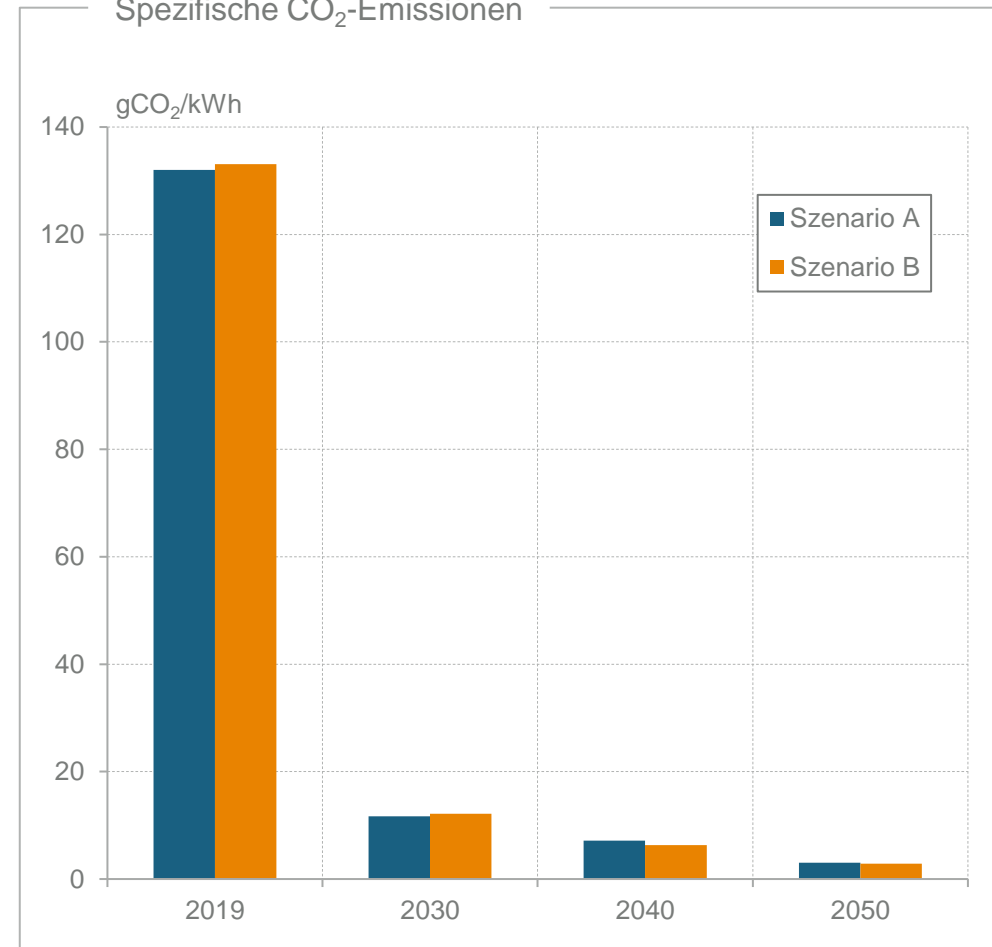
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



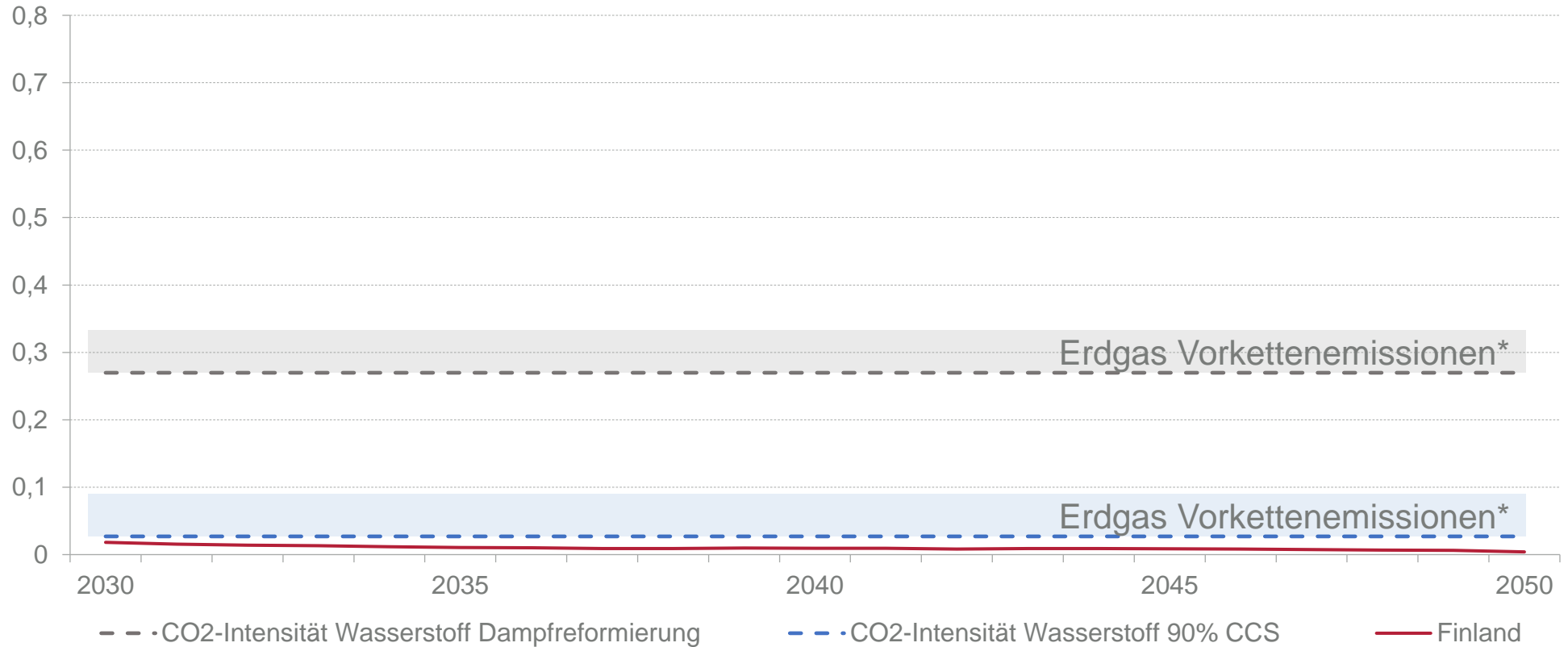
Länder Fact Sheet - Finnland

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

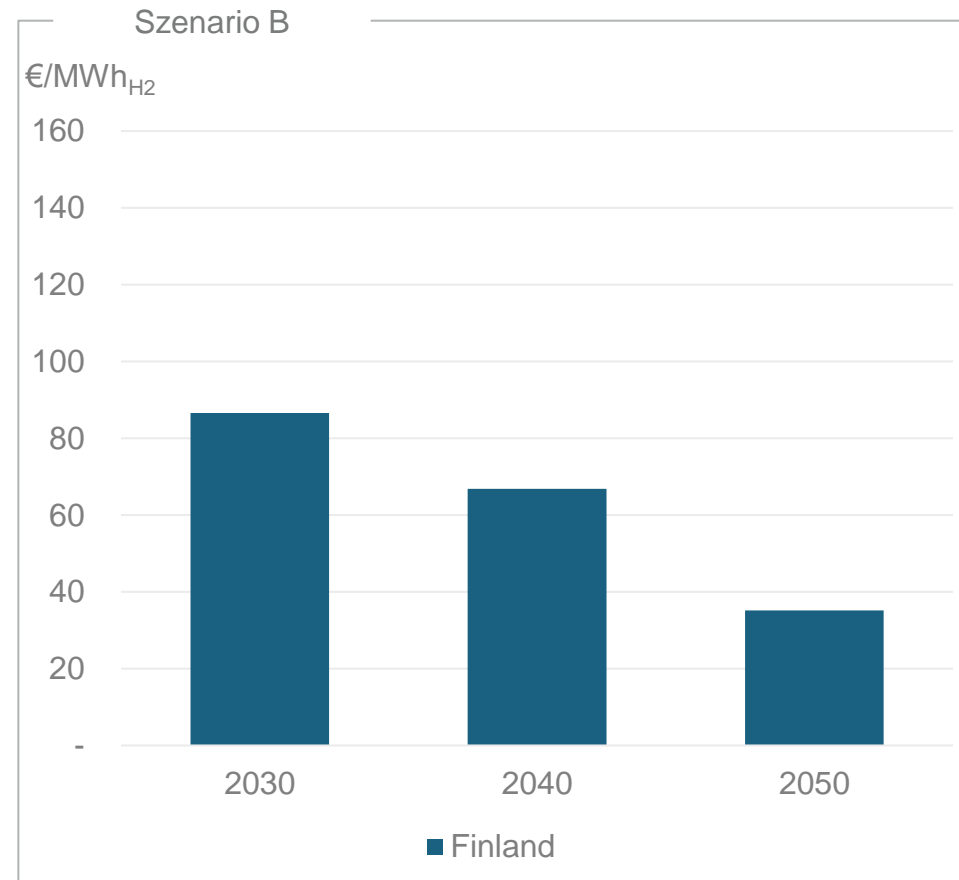
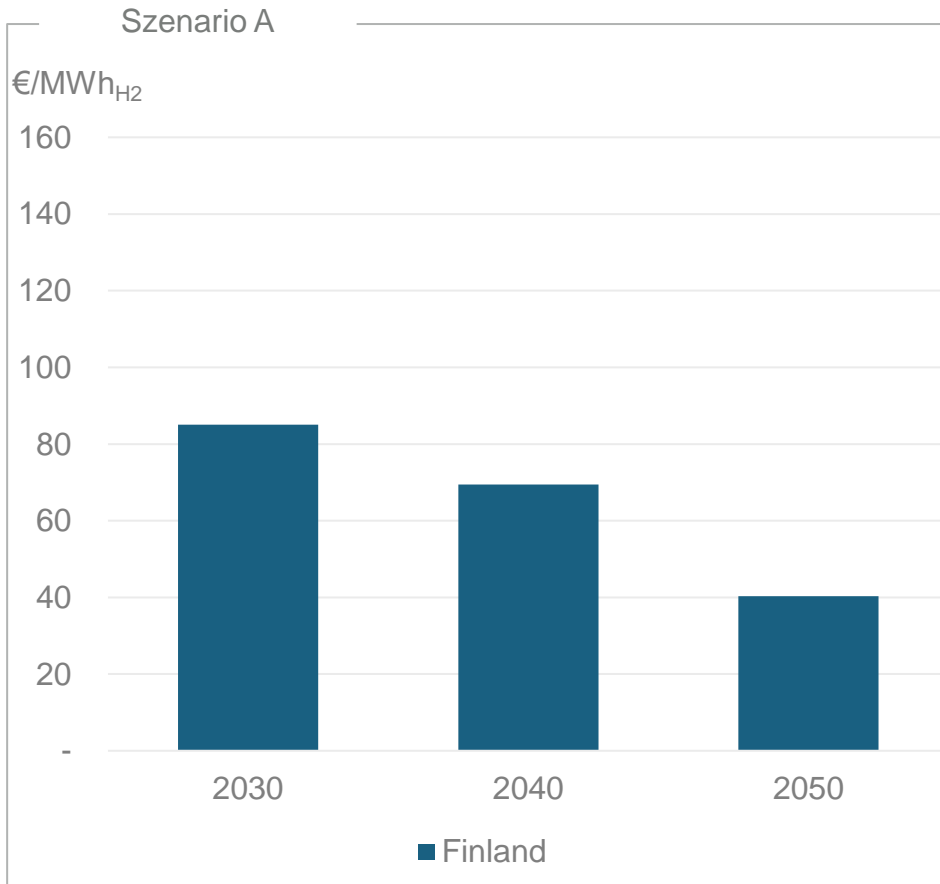
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Finnland

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

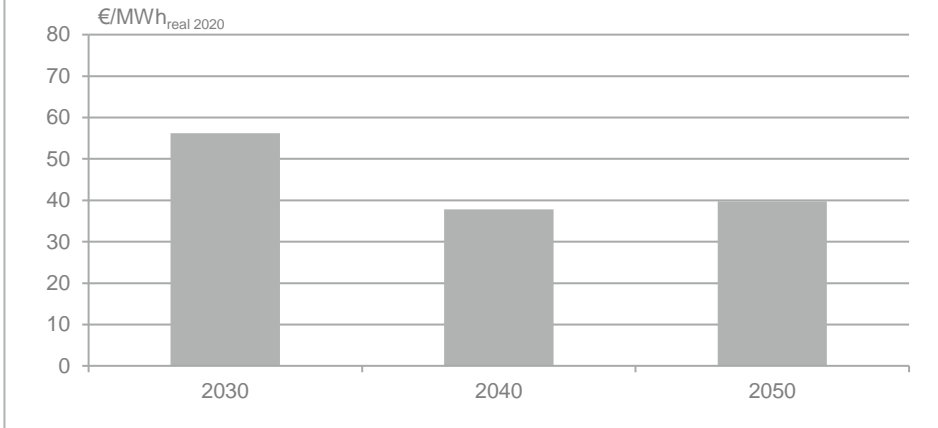


Länder Fact Sheet - Frankreich

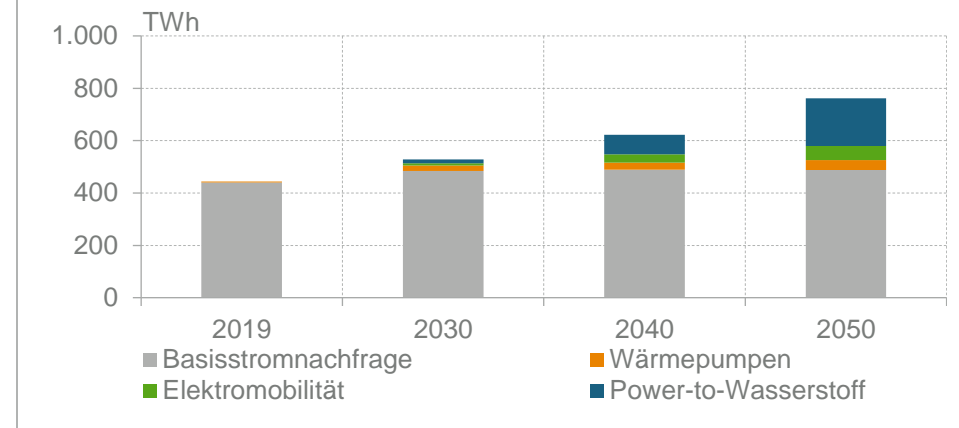
Szenario A



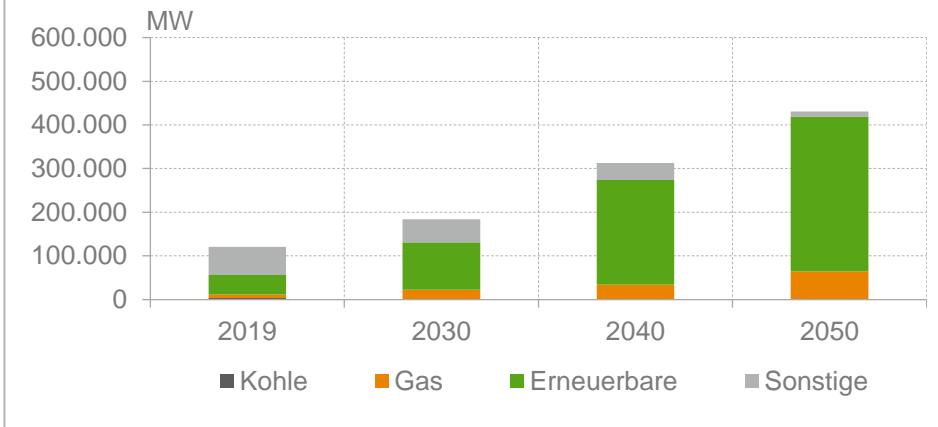
Großhandelsstrompreis



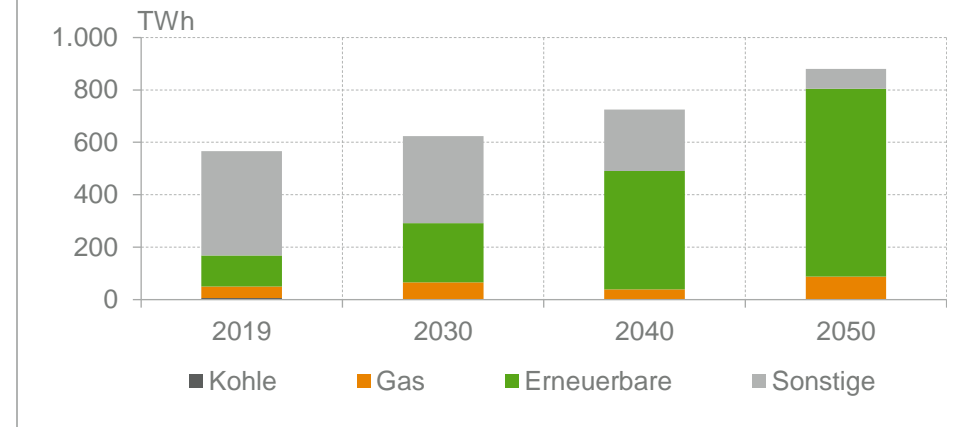
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

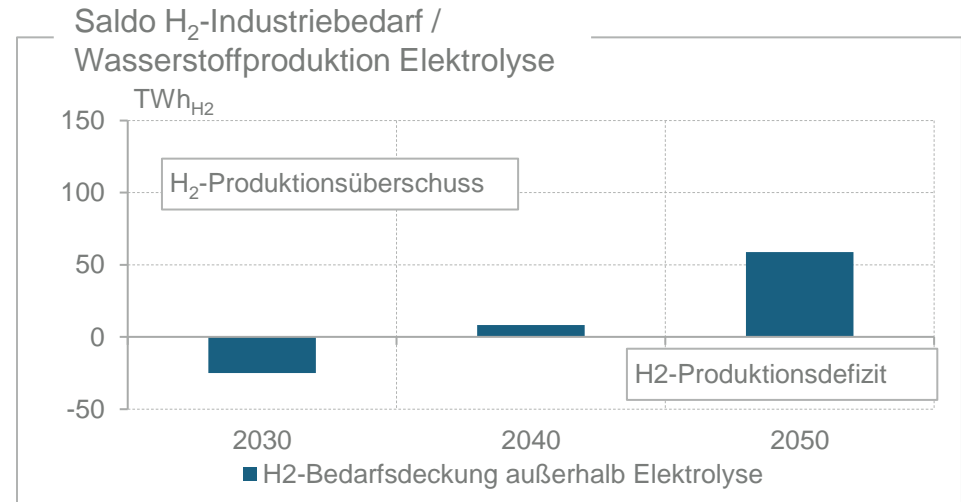
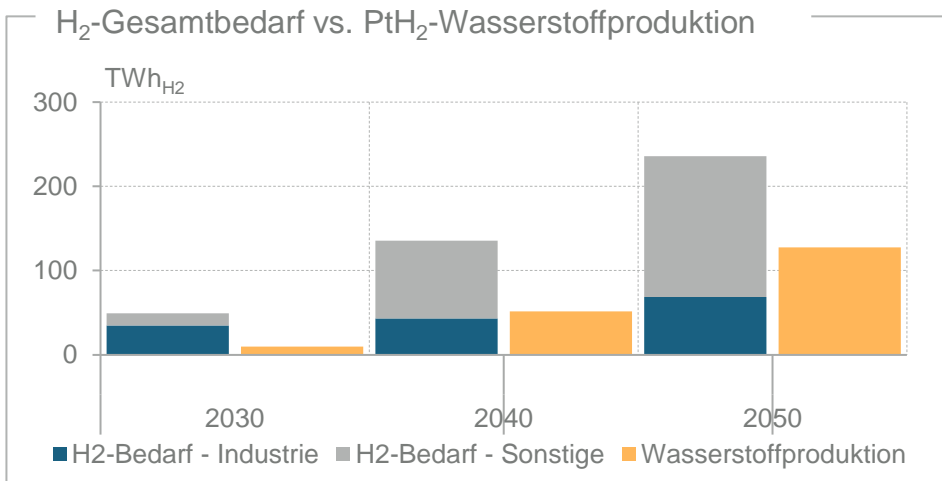
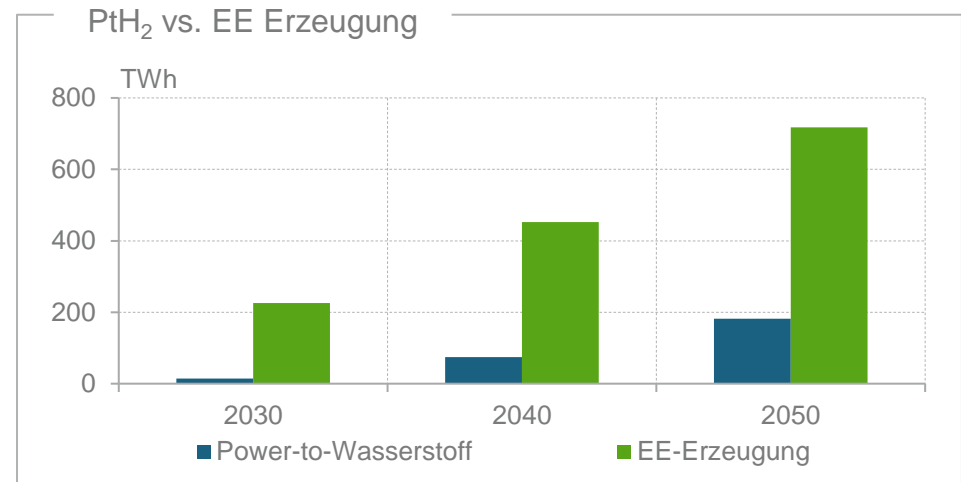
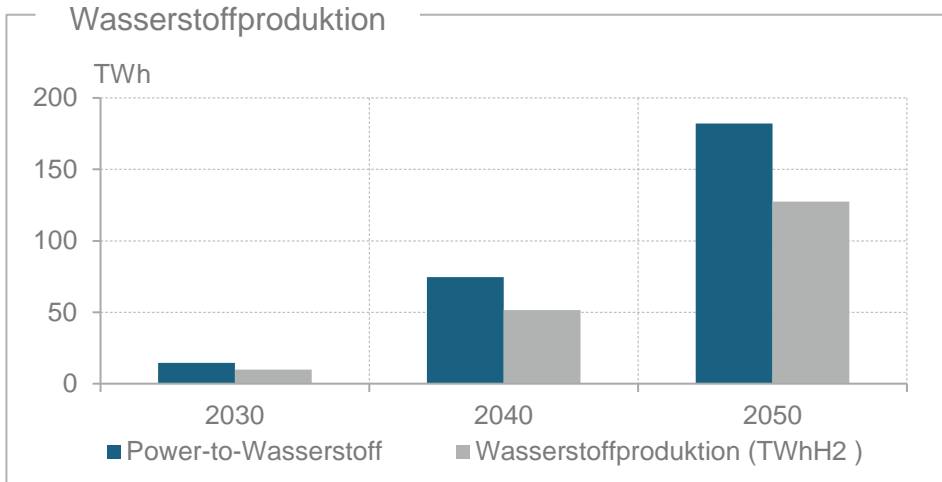


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Frankreich

Szenario A

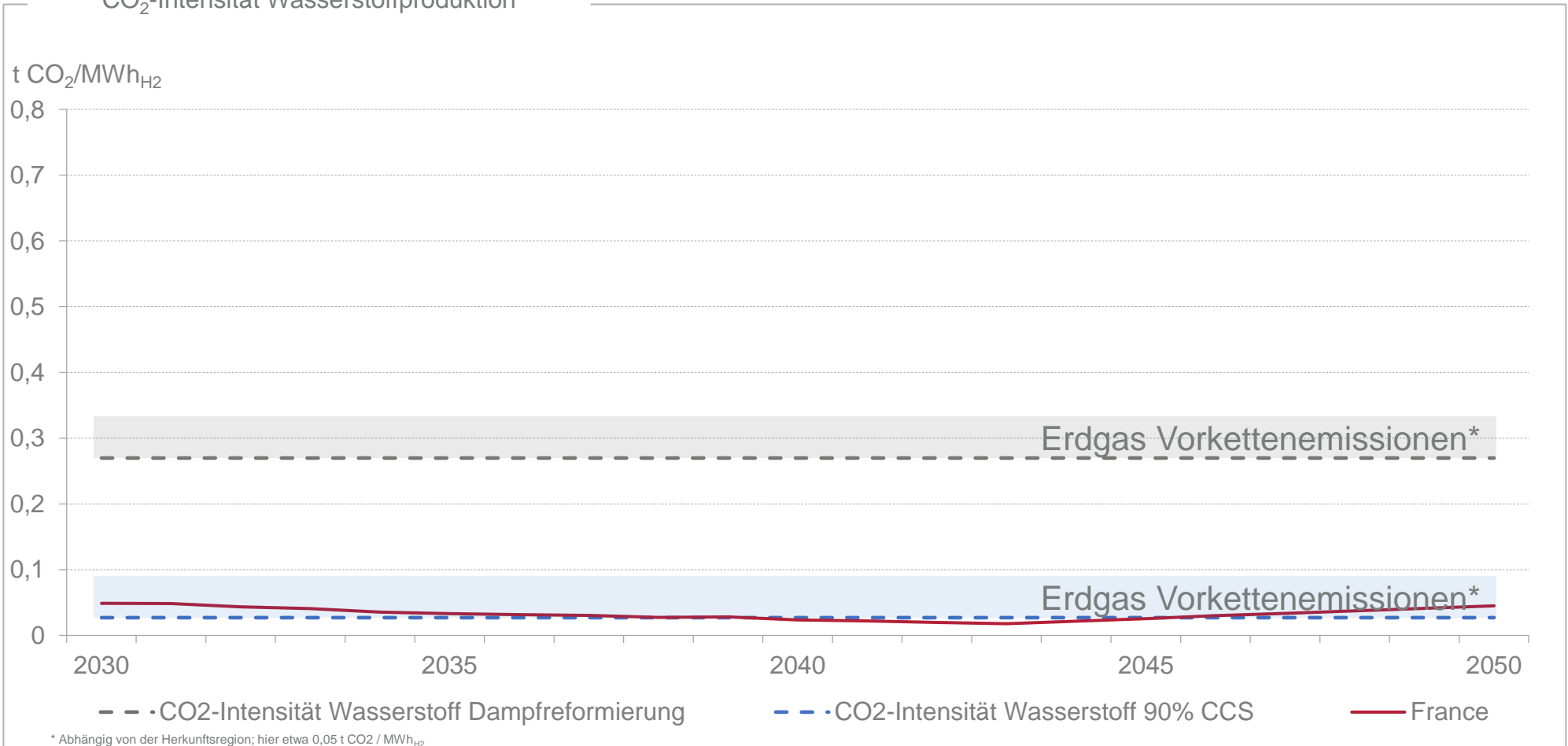


Länder Fact Sheet - Frankreich

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

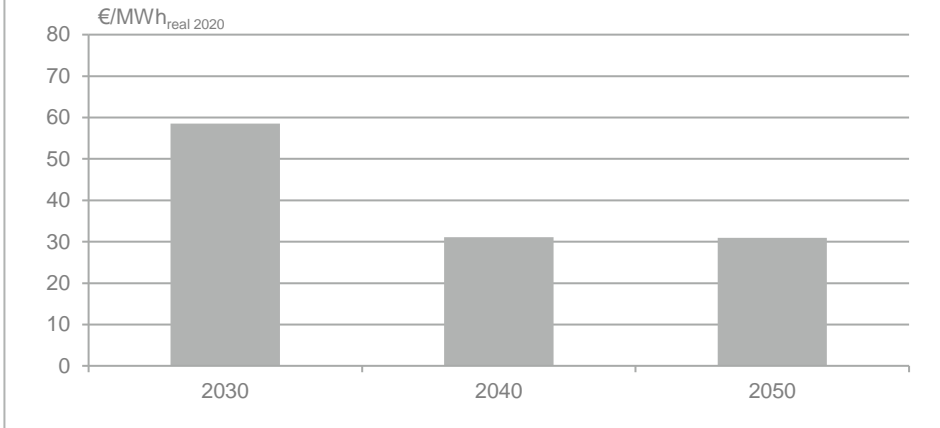


Länder Fact Sheet - Frankreich

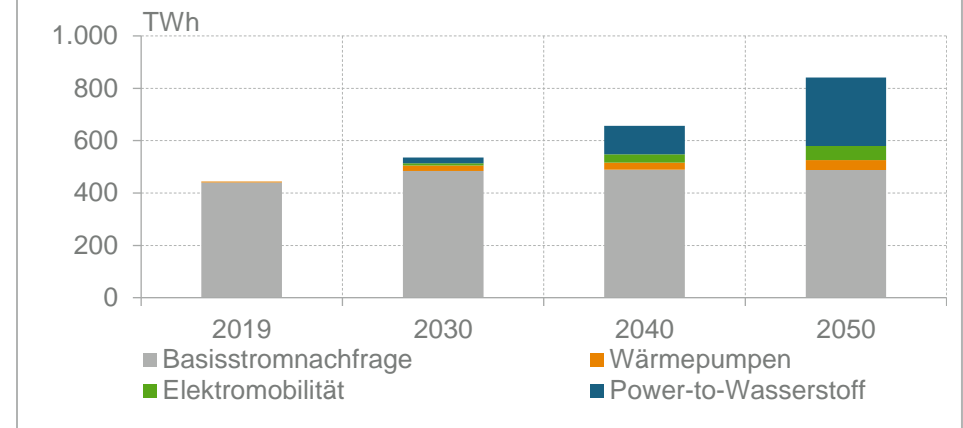
Szenario B



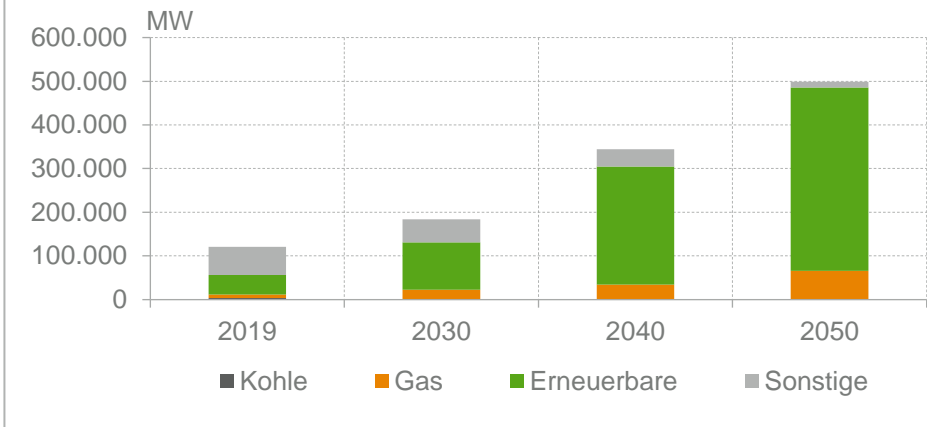
Großhandelsstrompreis



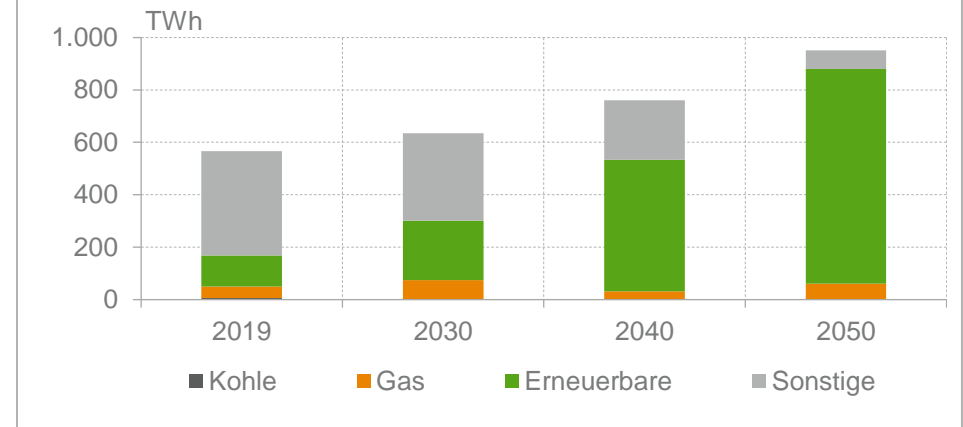
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

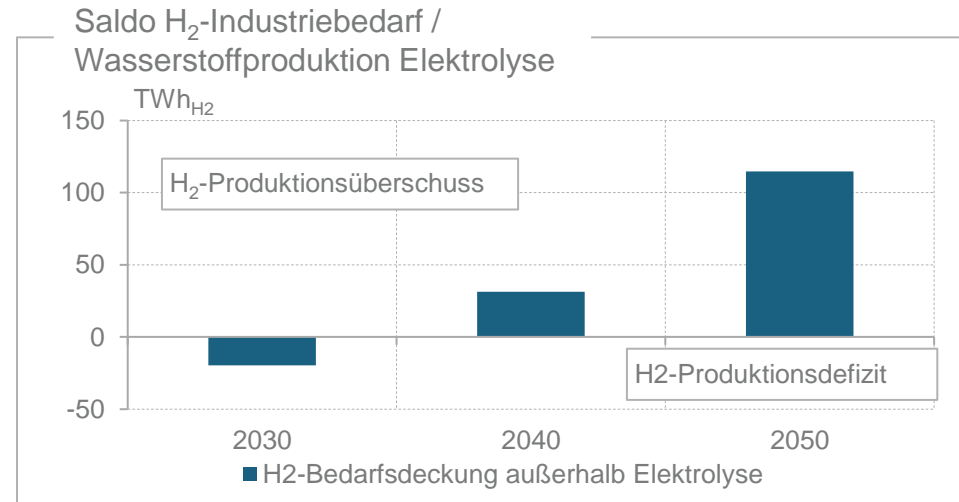
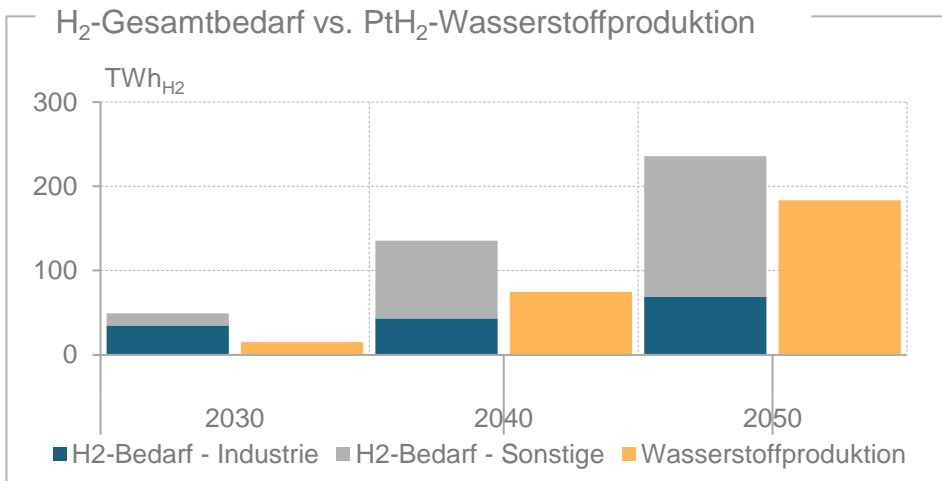
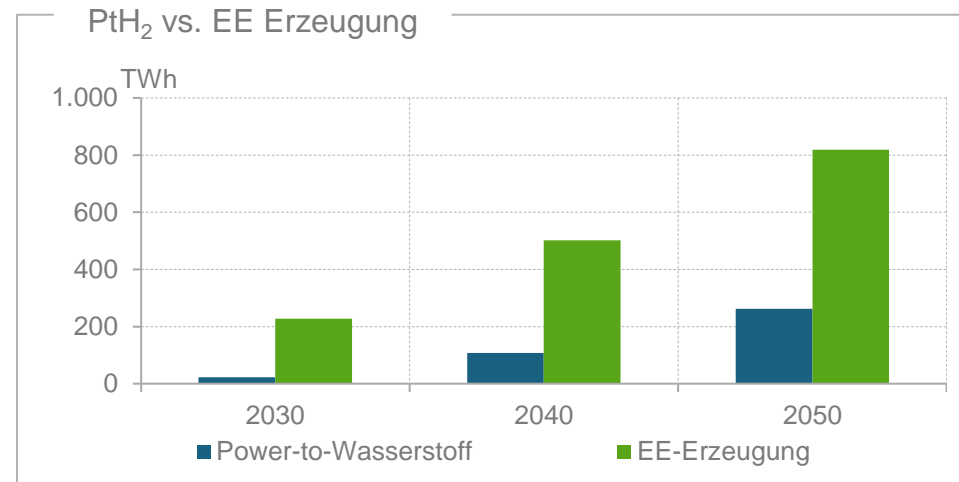
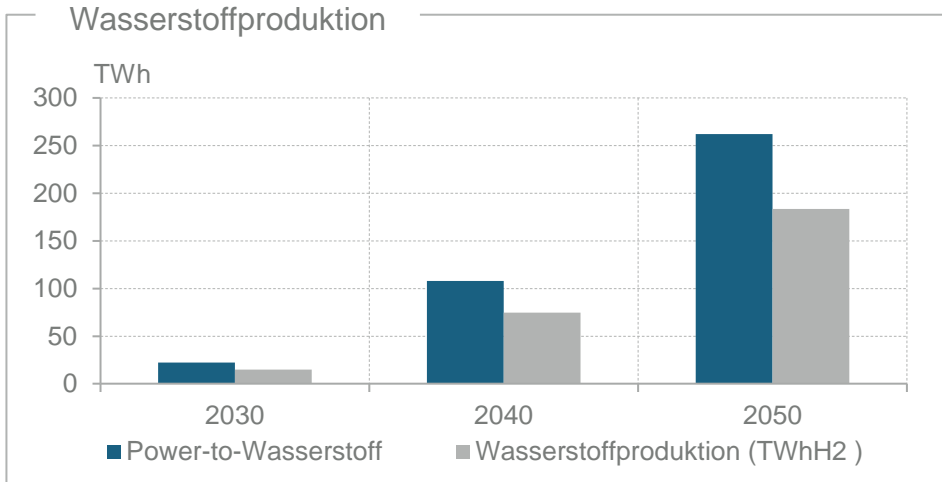


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Frankreich

Szenario B

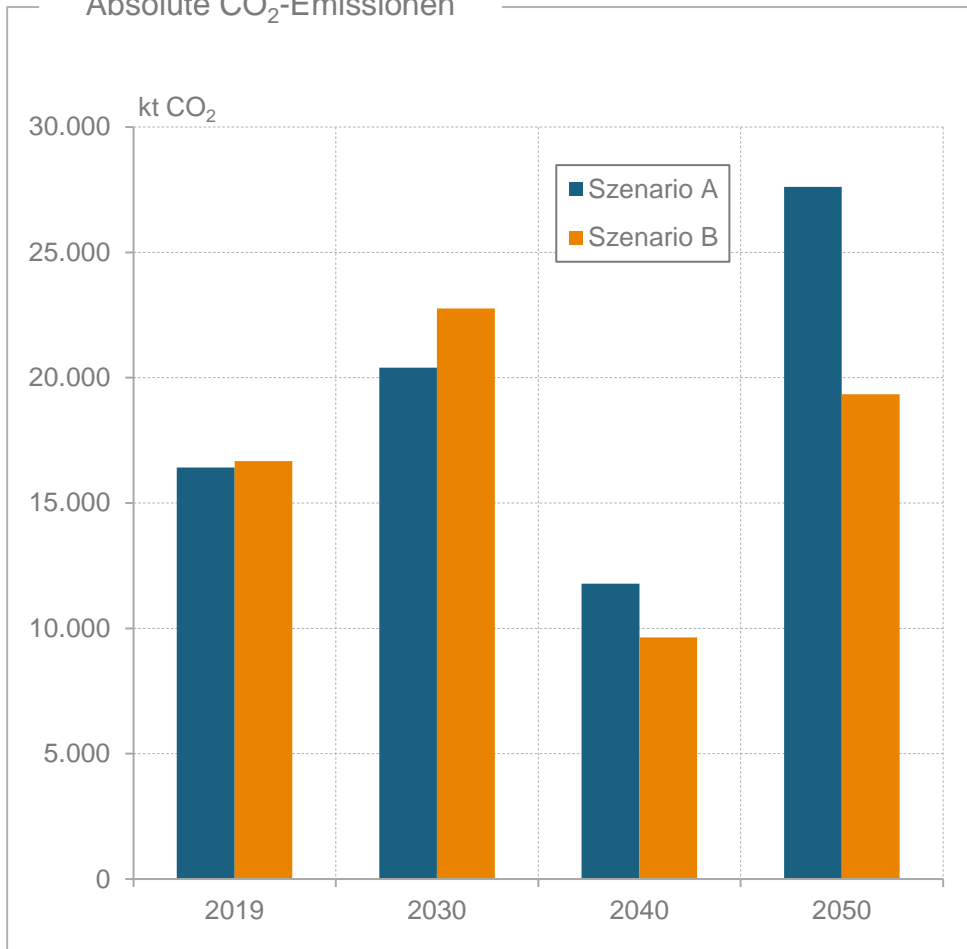


Länder Fact Sheet - Frankreich

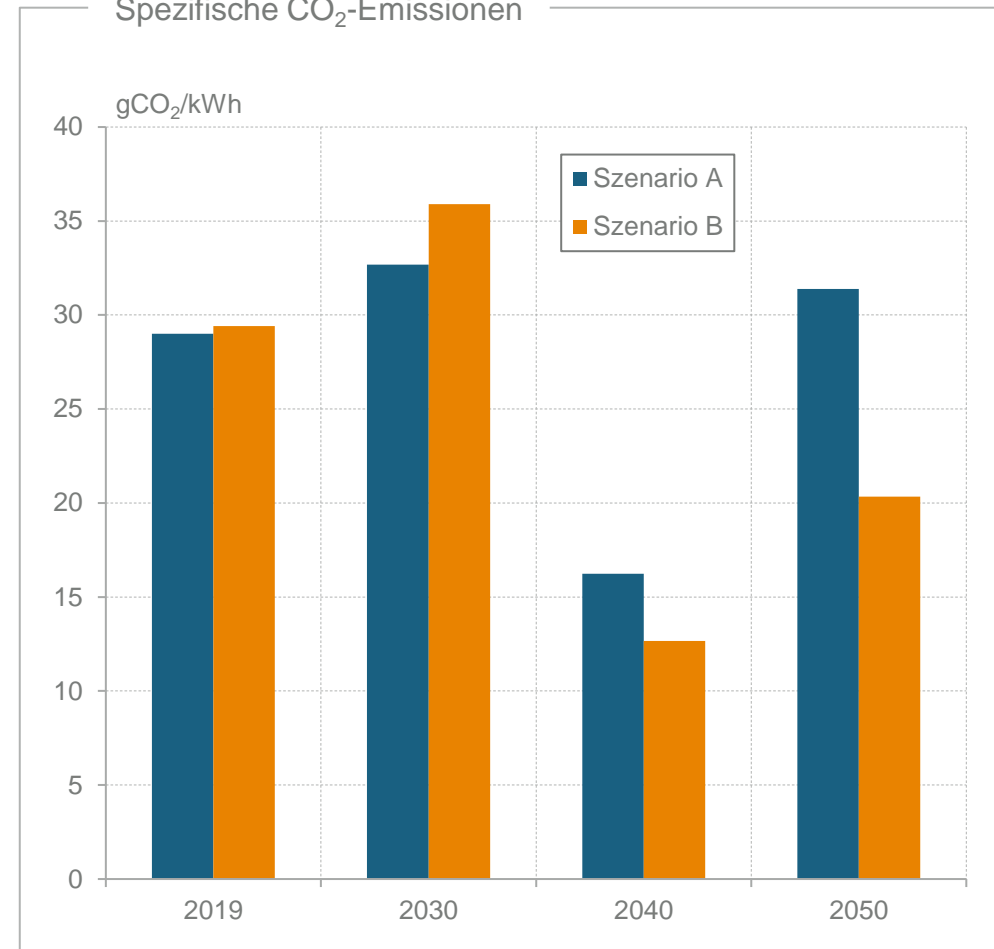
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

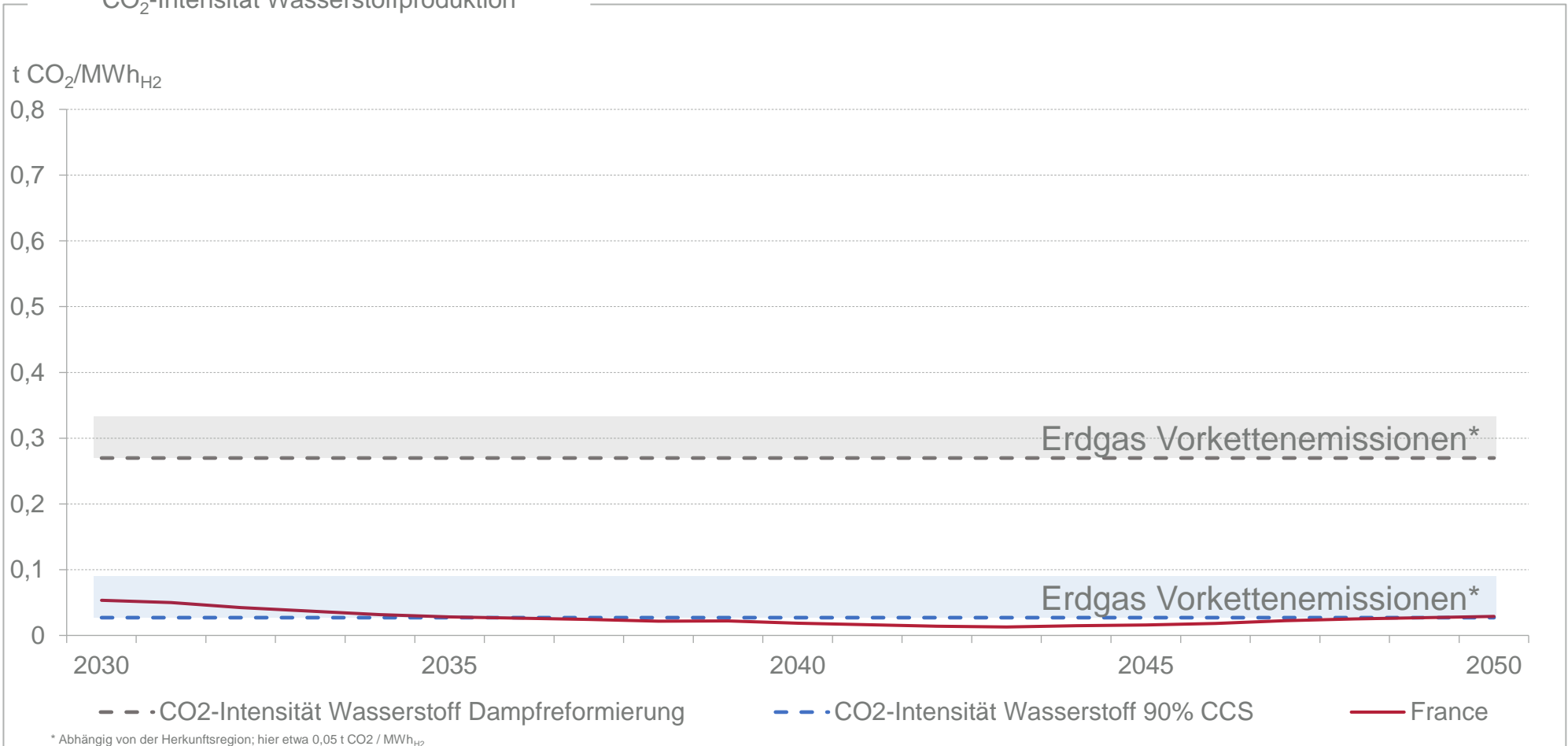


Länder Fact Sheet - Frankreich

Szenario B

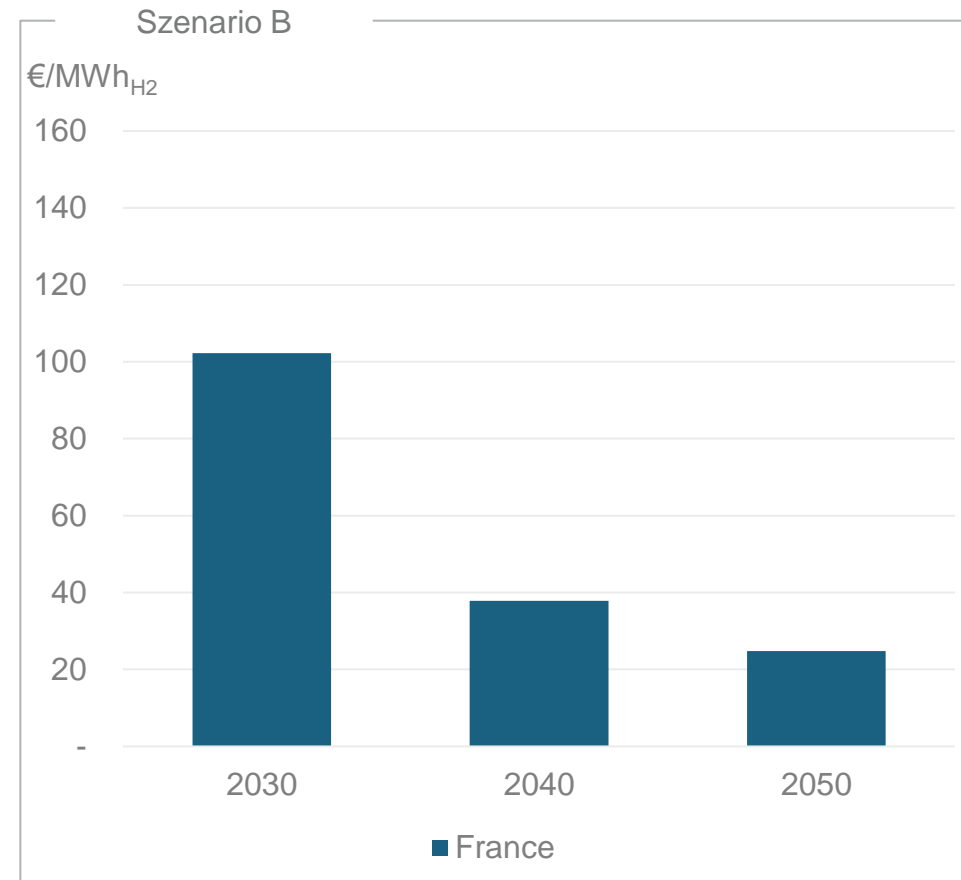
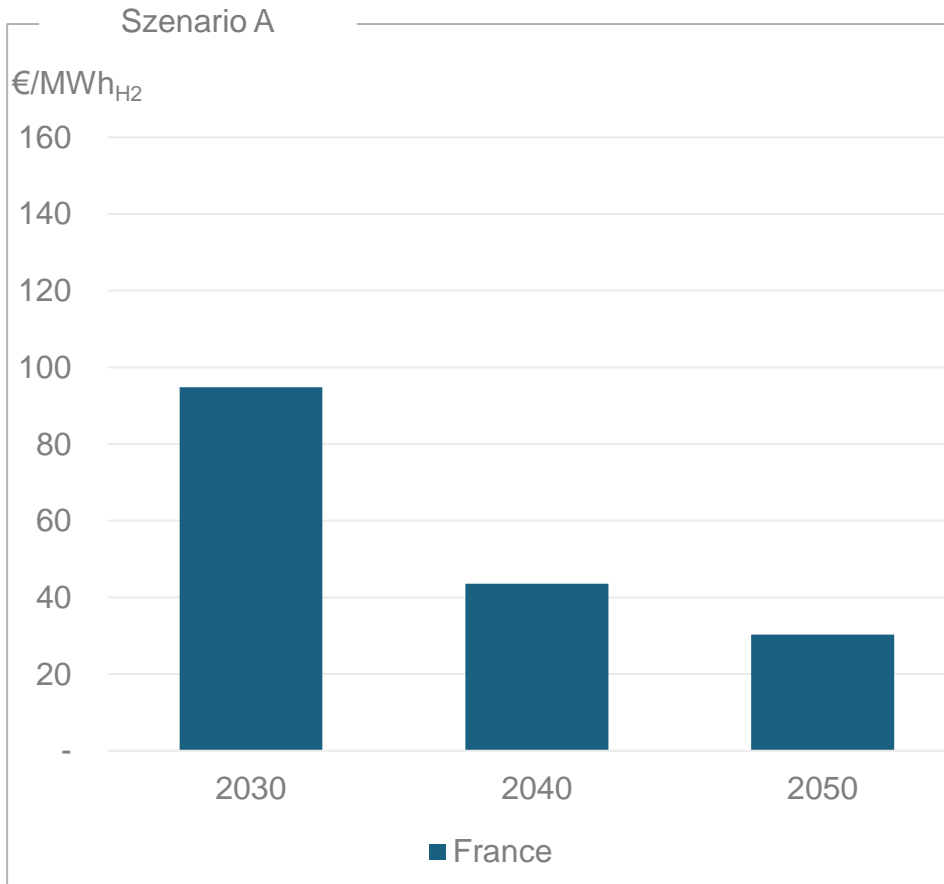


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Frankreich

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

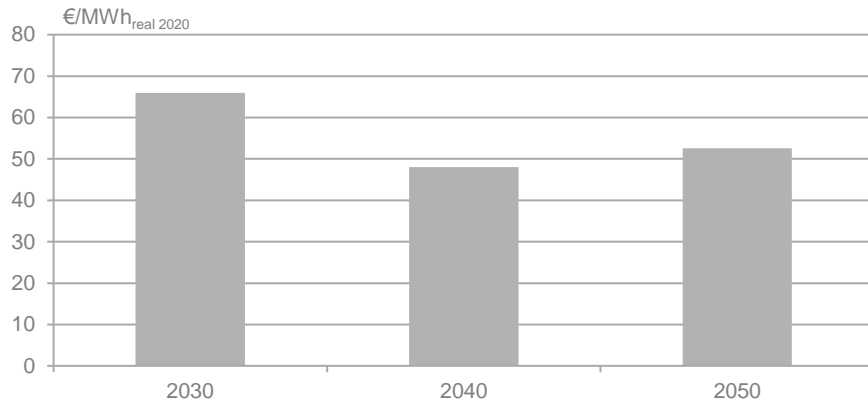


Länder Fact Sheet - Deutschland

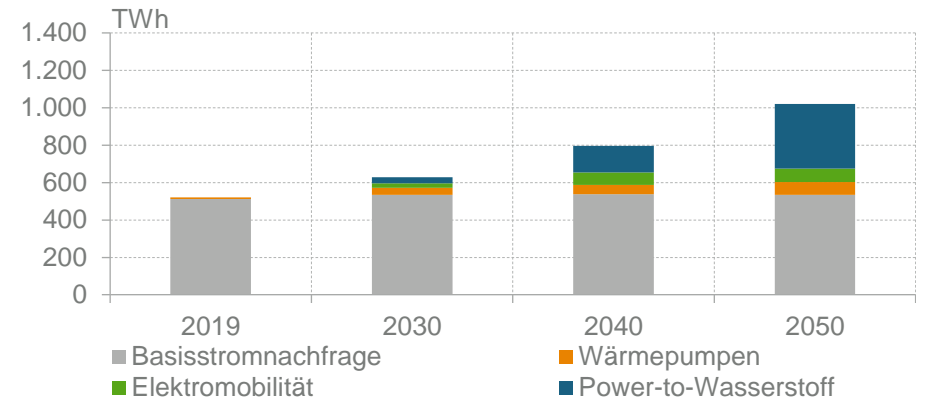
Szenario A



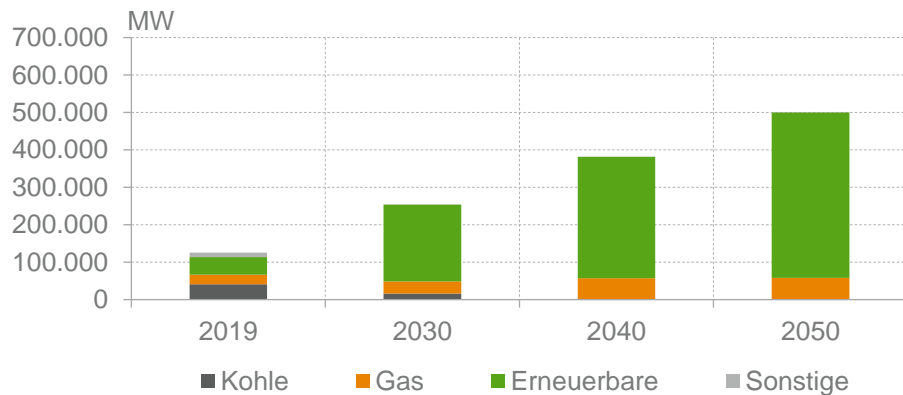
Großhandelsstrompreis



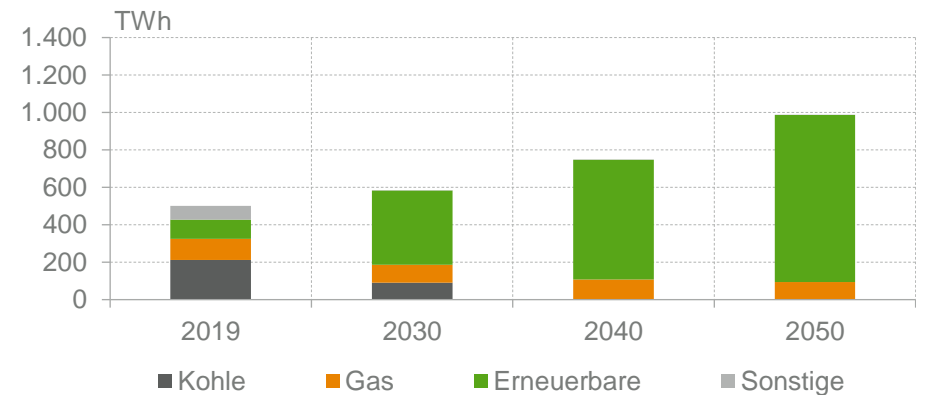
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

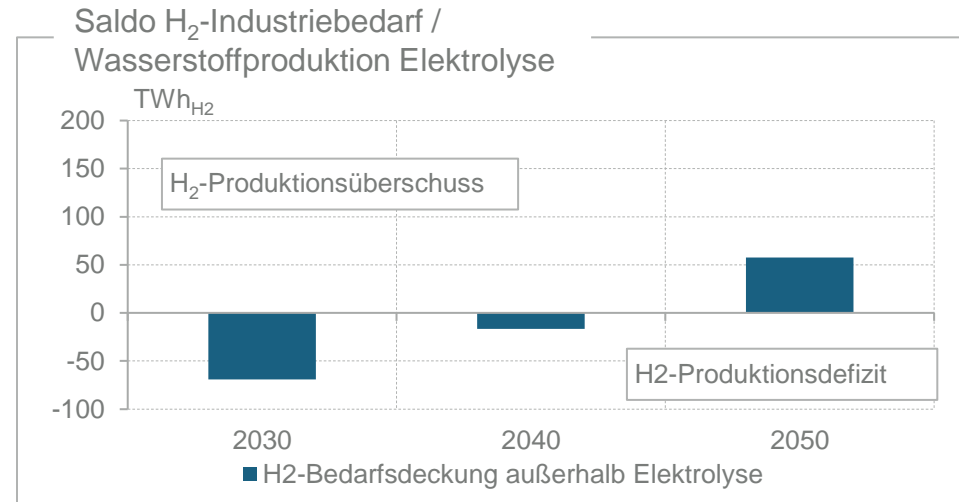
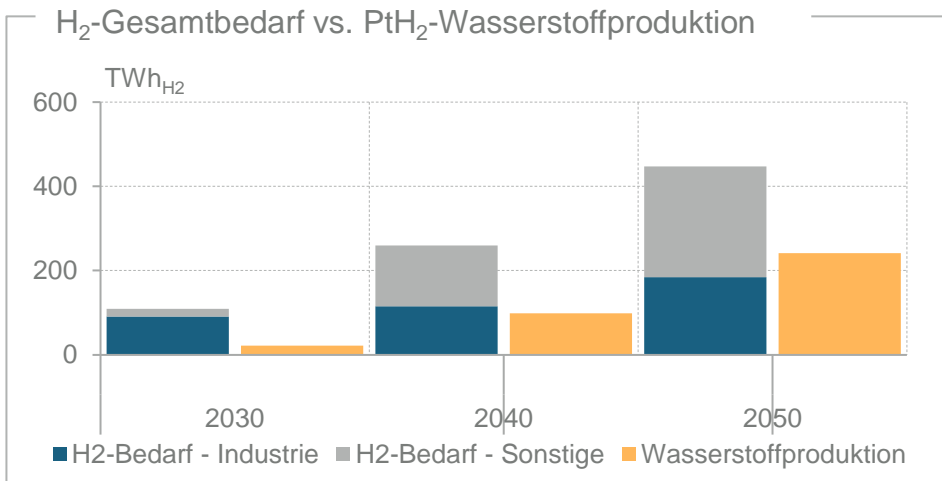
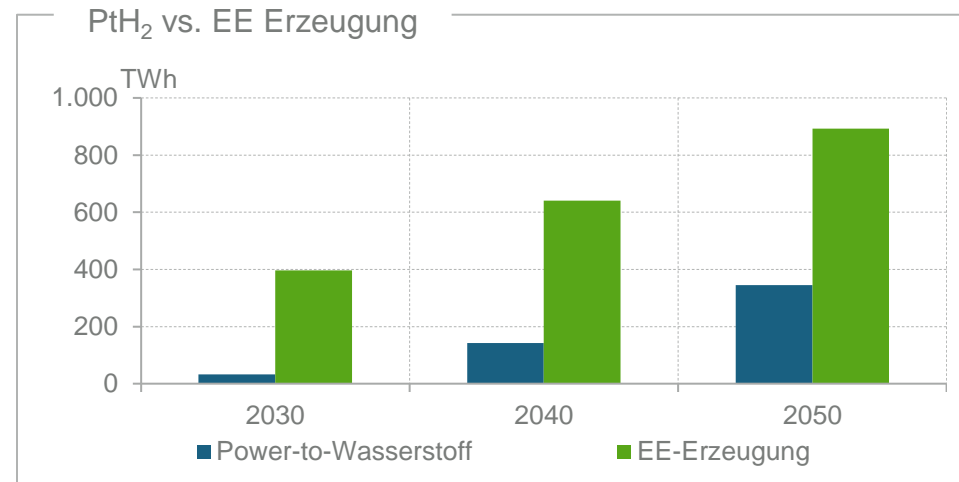
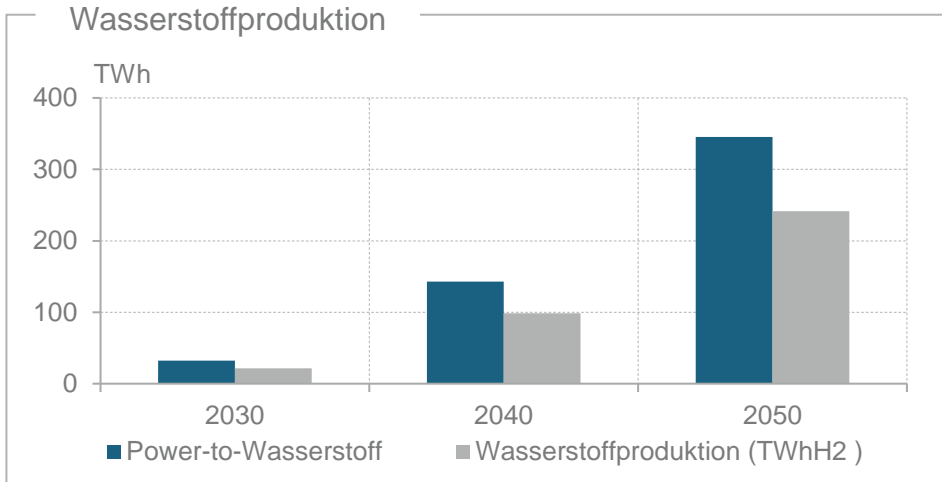


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Deutschland

Szenario A

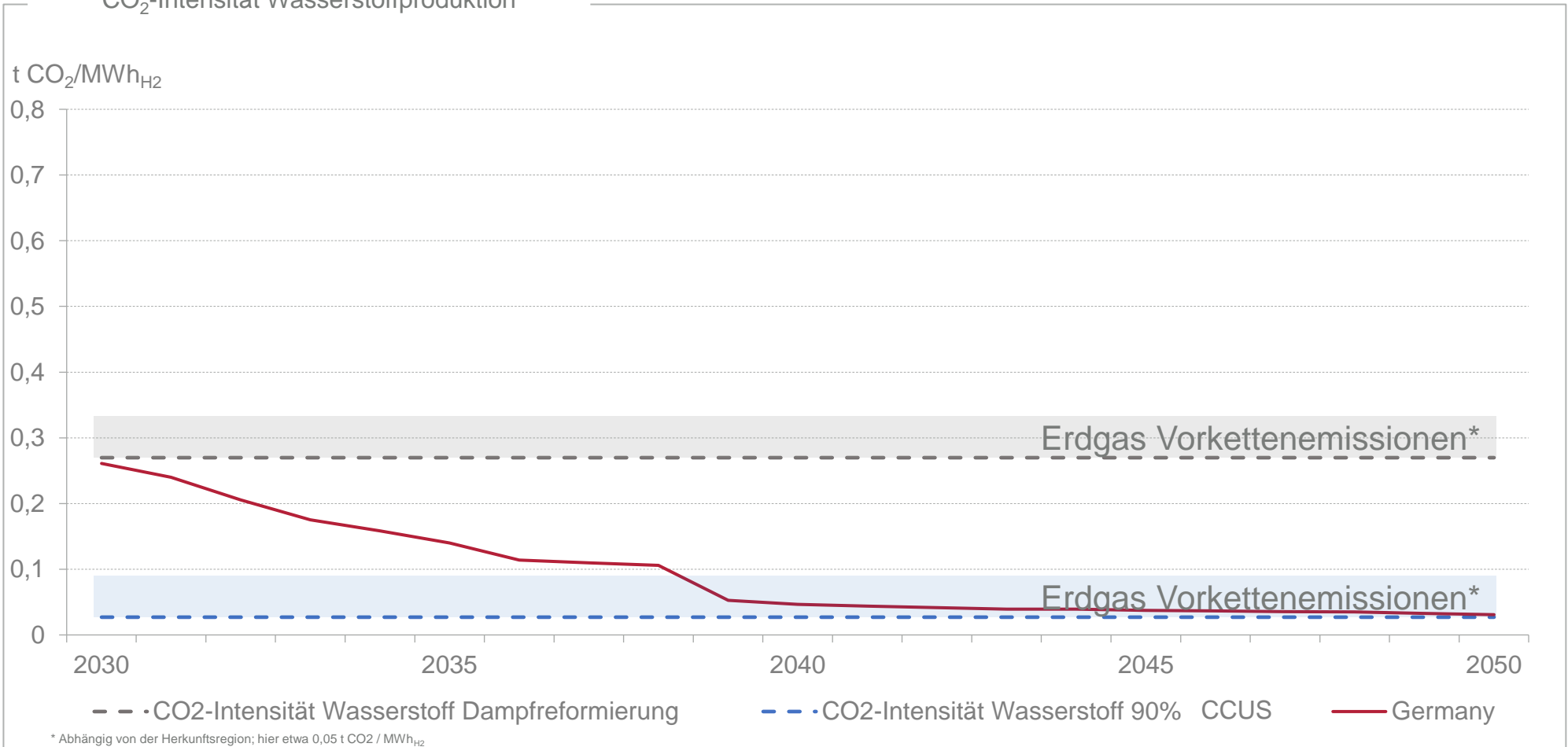


Länder Fact Sheet - Deutschland

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

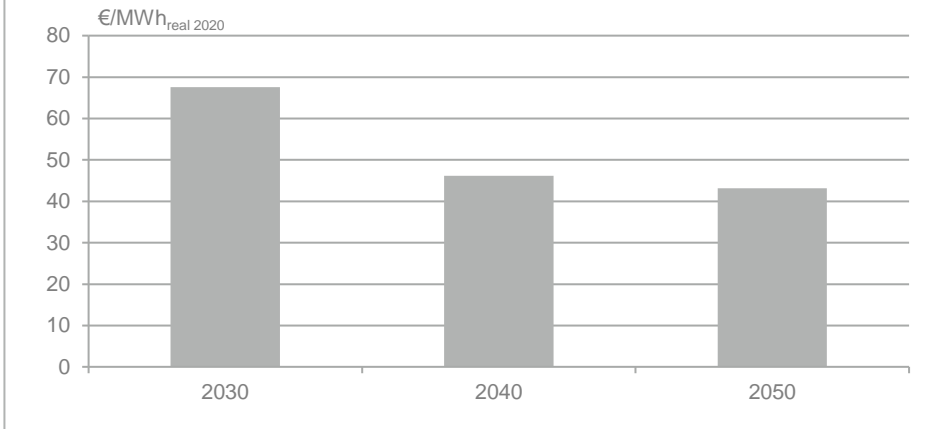


Länder Fact Sheet - Deutschland

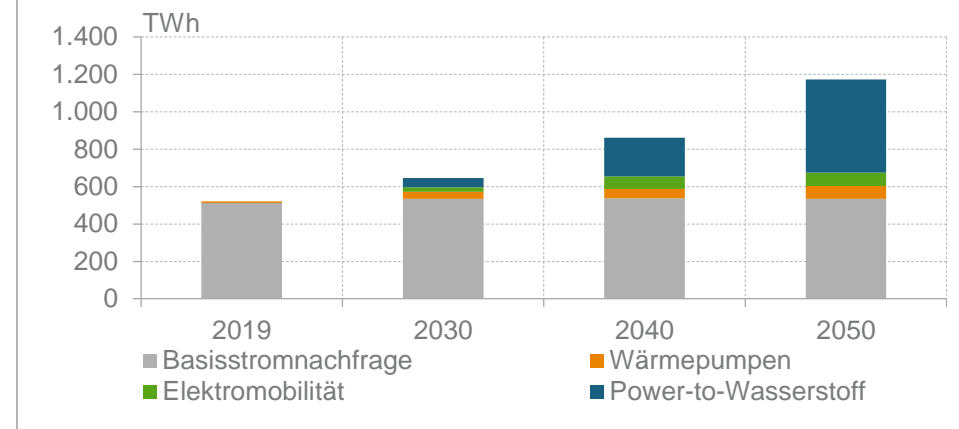
Szenario B



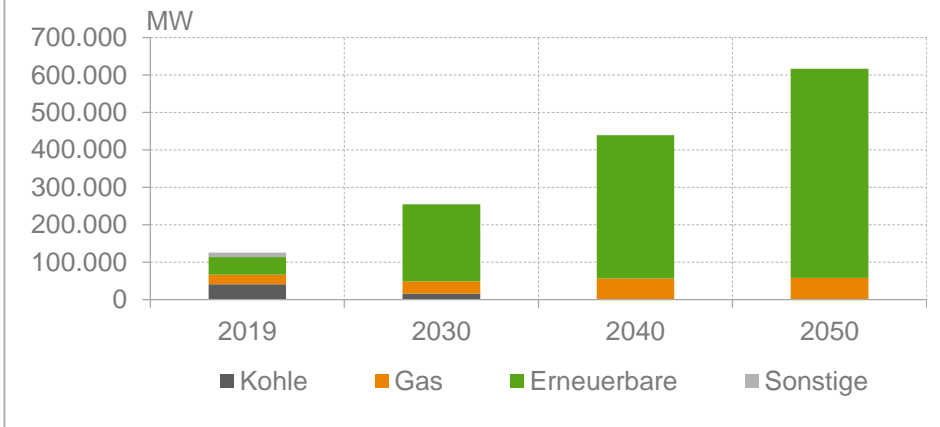
Großhandelsstrompreis



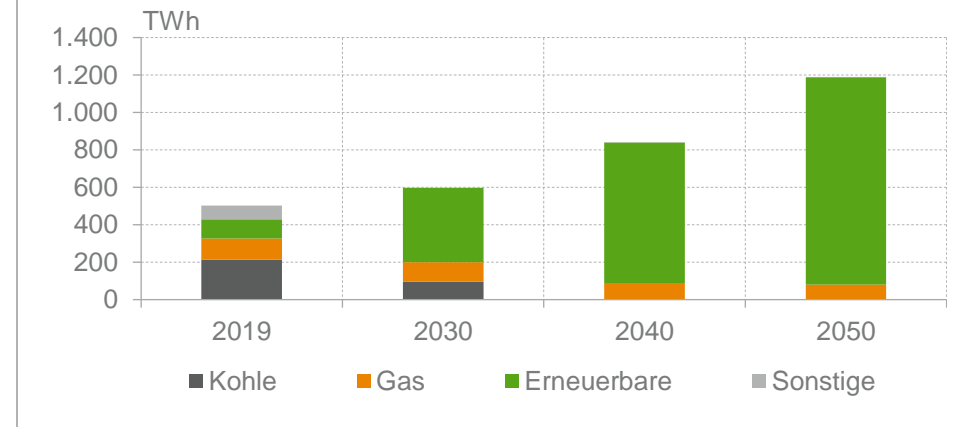
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

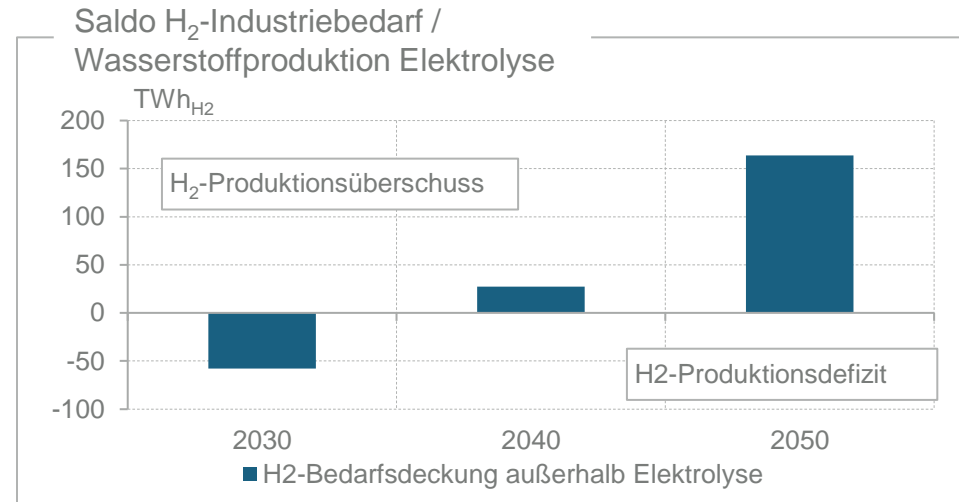
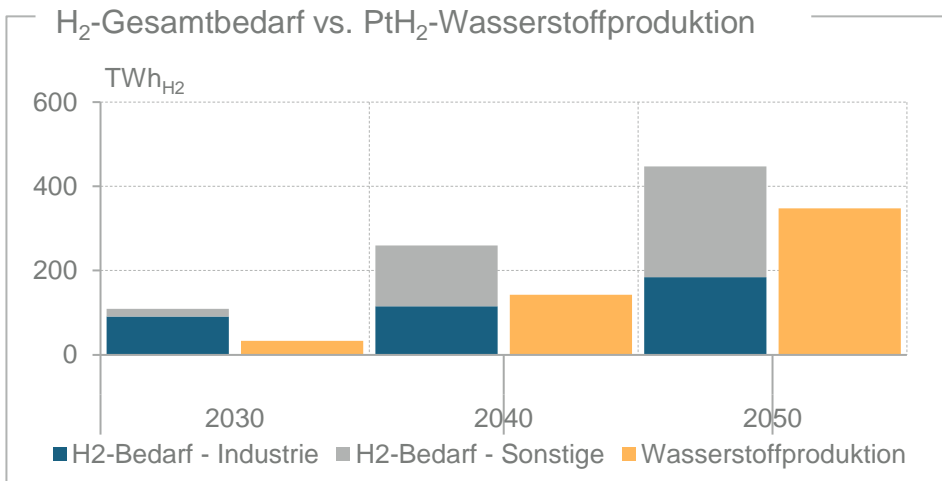
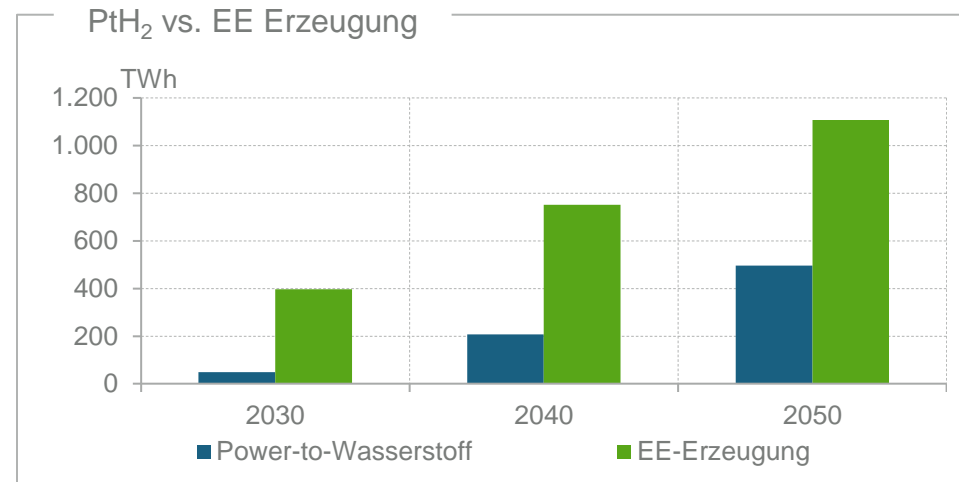
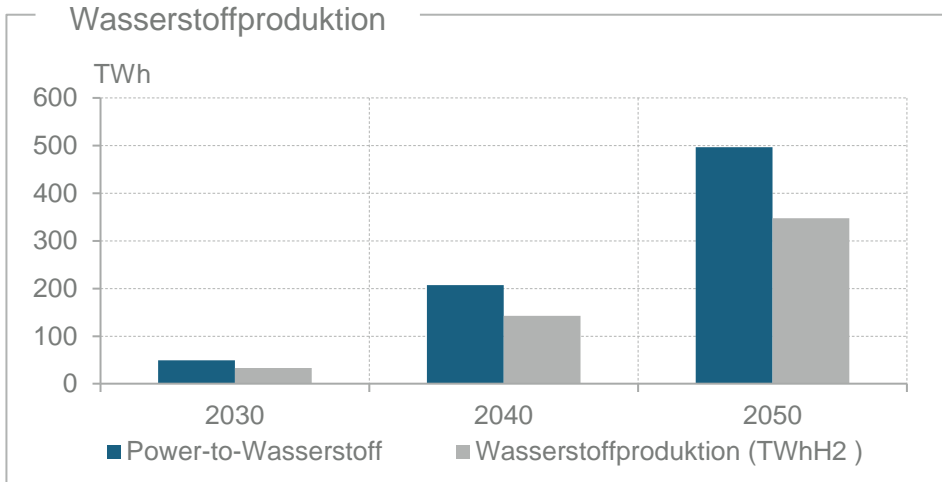


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Deutschland

Szenario B

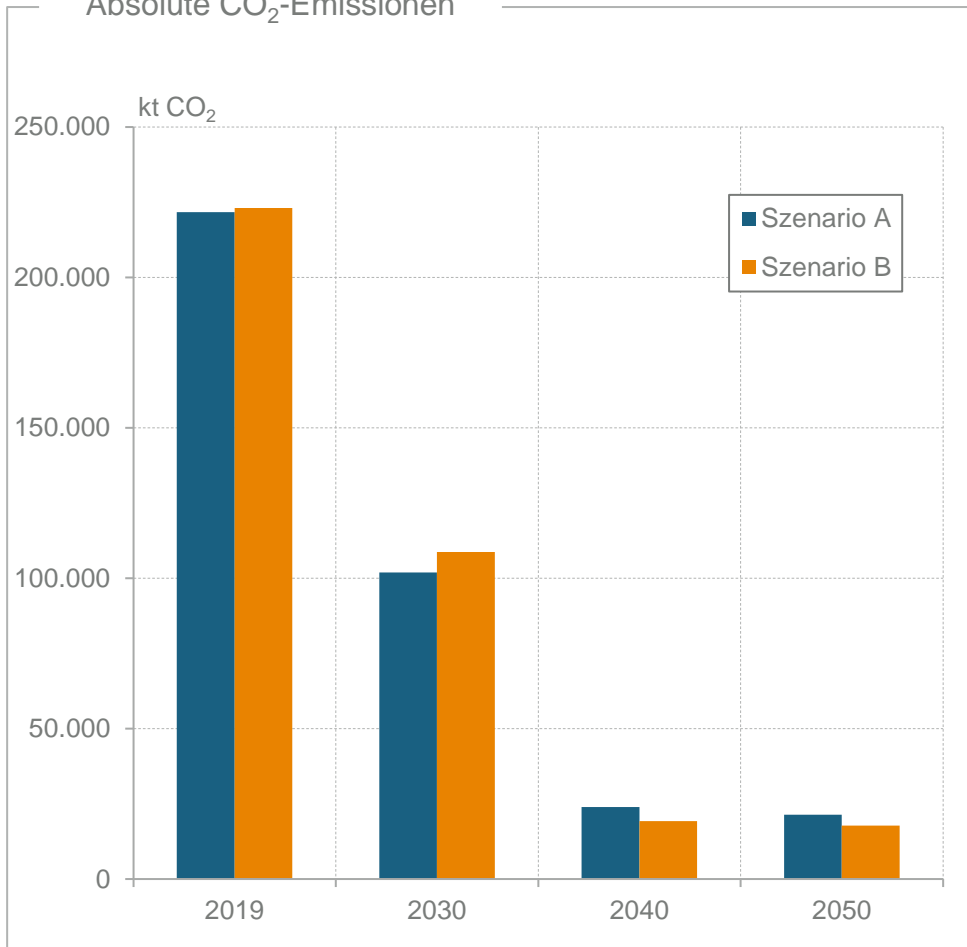


Länder Fact Sheet - Deutschland

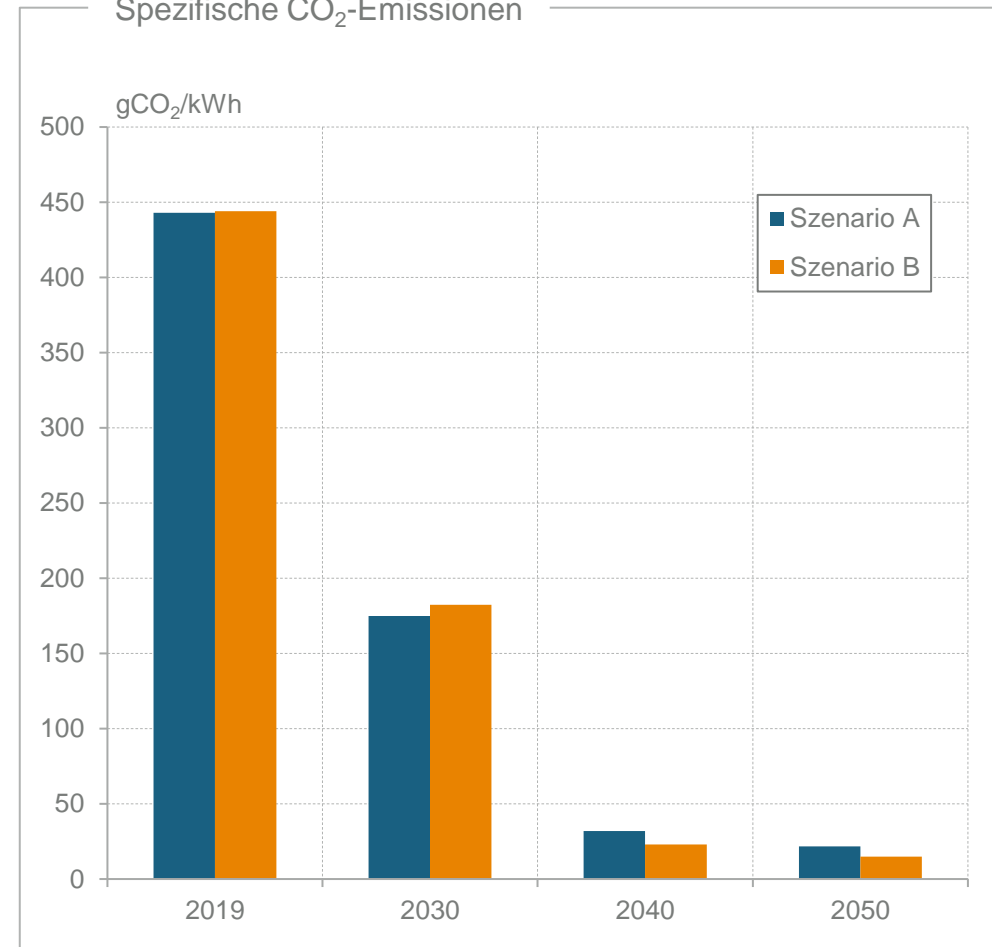
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

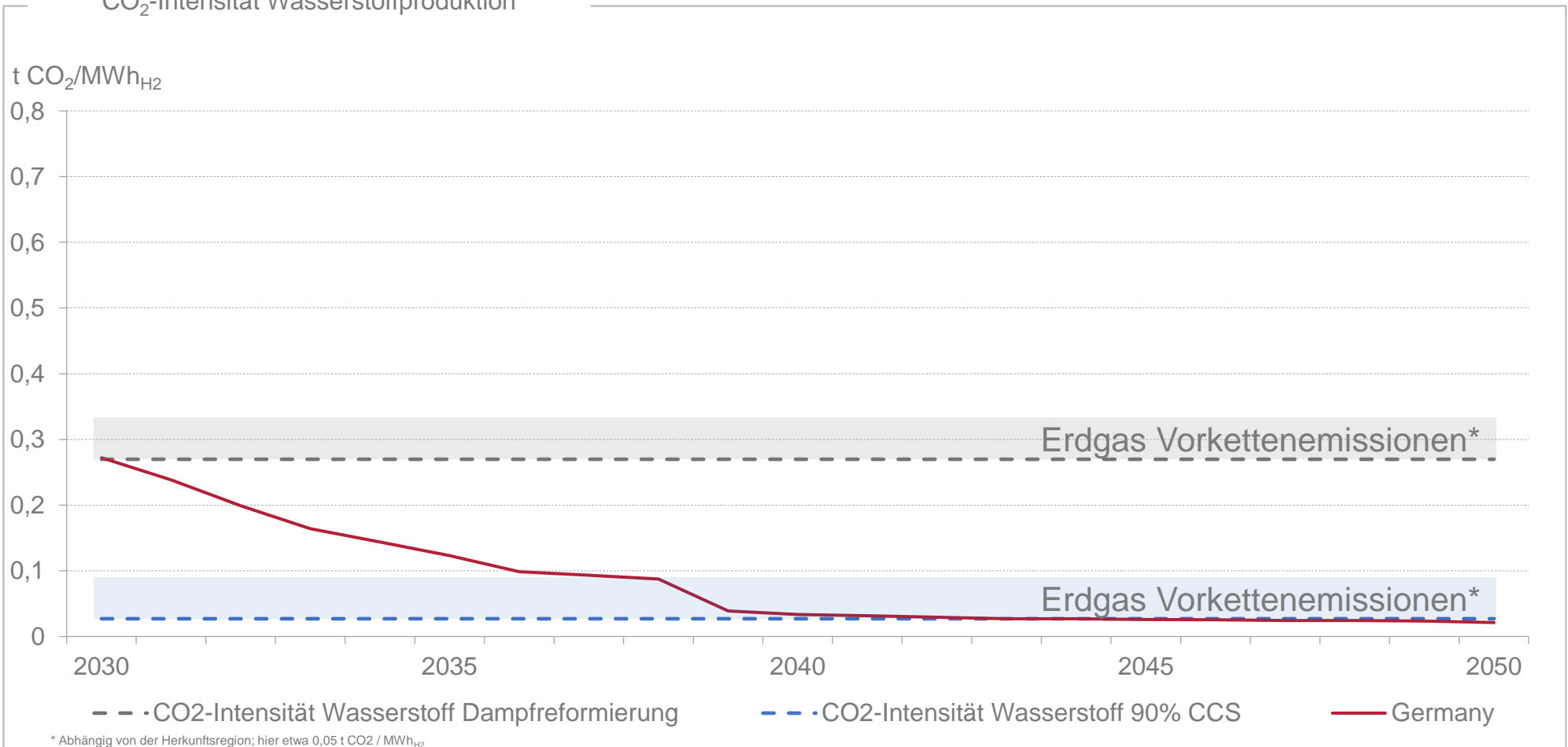


Länder Fact Sheet - Deutschland

Szenario B

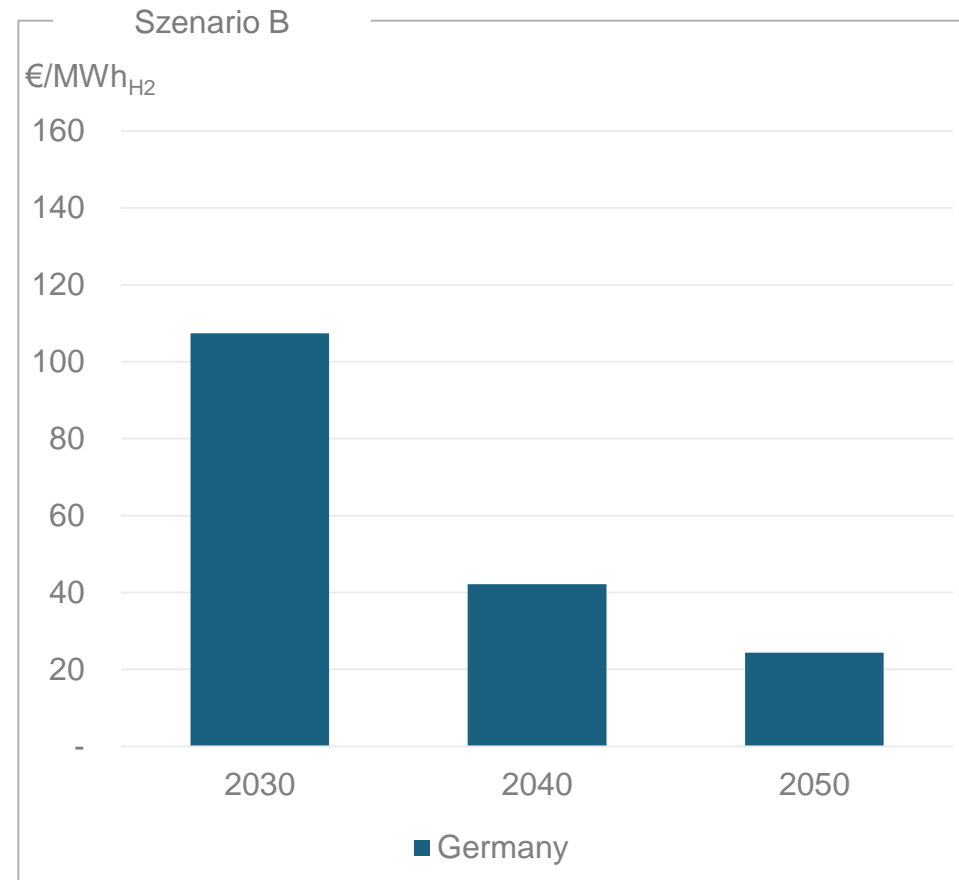
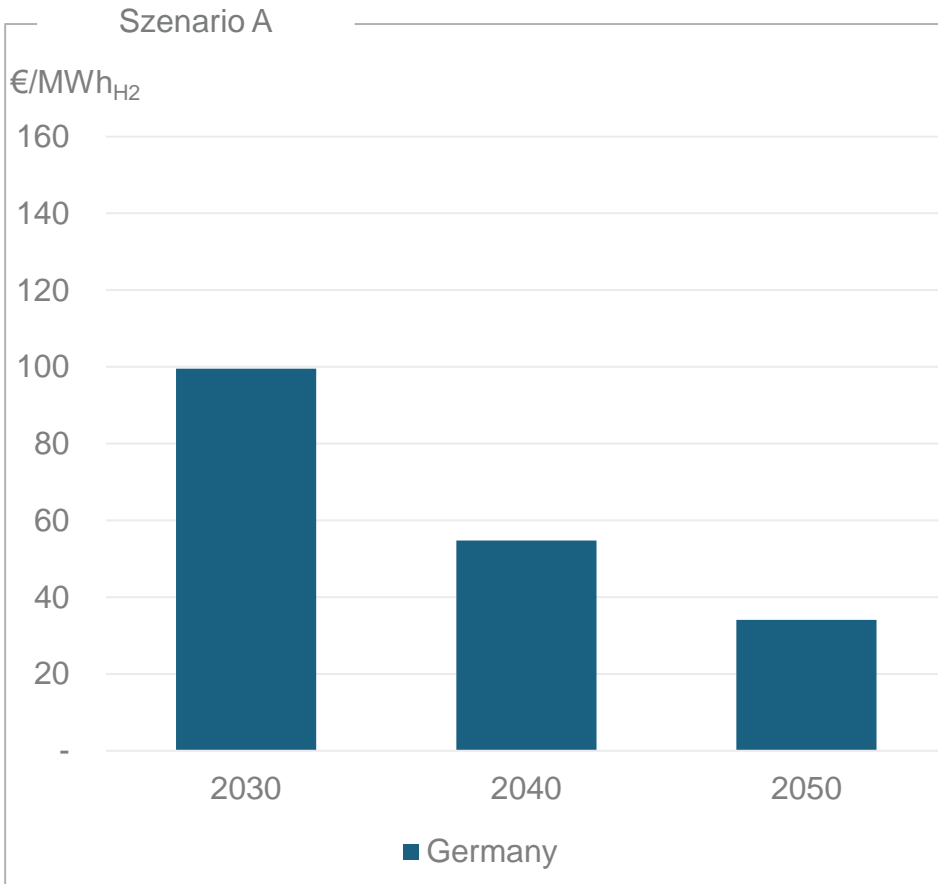


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Deutschland

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs (real 2020)



Länder Fact Sheet - Deutschland

Preis grüner Wasserstoff vs. bunter Wasserstoff / Szenario A



Länder Fact Sheet - Deutschland

Preis grüner Wasserstoff vs. bunter Wasserstoff / Szenario B



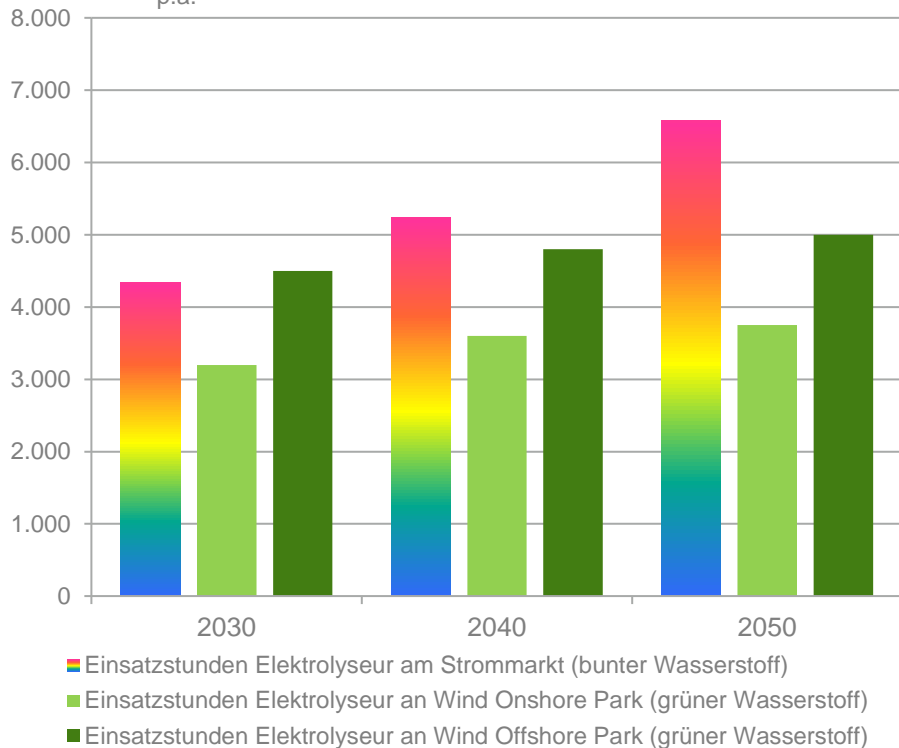
Länder Fact Sheet - Deutschland

Einsatz Elektrolyseurs am Strommarkt (bunter Wasserstoff) und im Windpark (grüner Wasserstoff)



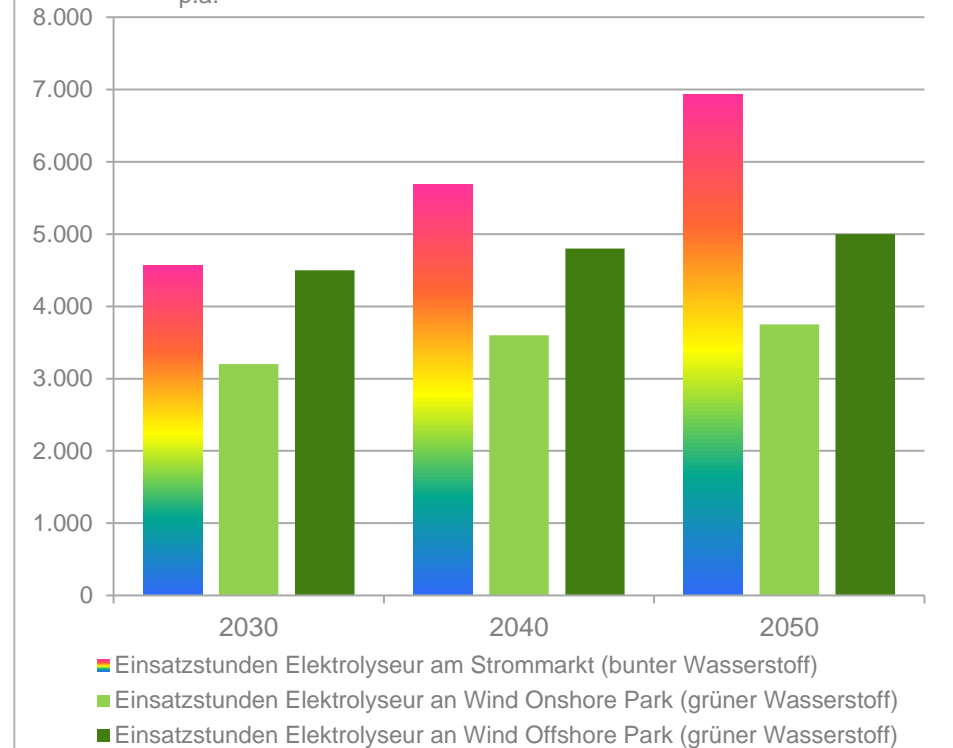
Szenario A

Einsatzstunden
p.a.



Szenario B

Einsatzstunden
p.a.

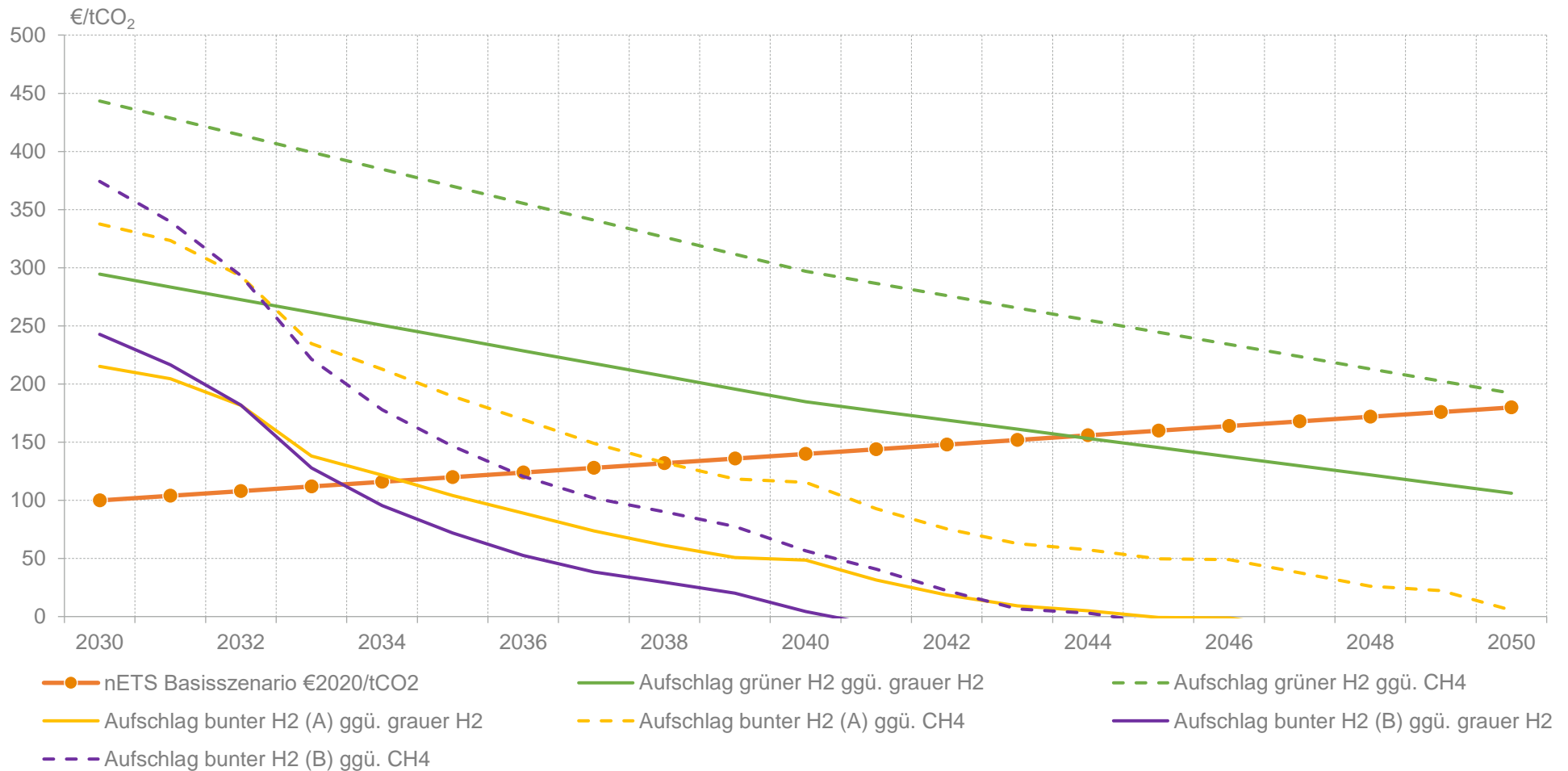


Wirtschaftlichkeit von PtH₂



Die Kurven geben an, ab wann welche Technologie etwa wirtschaftlich betrieben werden kann (approximativ!).

Hierfür wird der jeweils notwendige CO₂-Preis bestimmt, durch welche die fossile Alternative den Break-Even mit dem entsprechenden Gegenprodukt erreicht. Die synthetischen Produkte werden nicht mit Steuern, Umlagen oder Abgaben belastet.

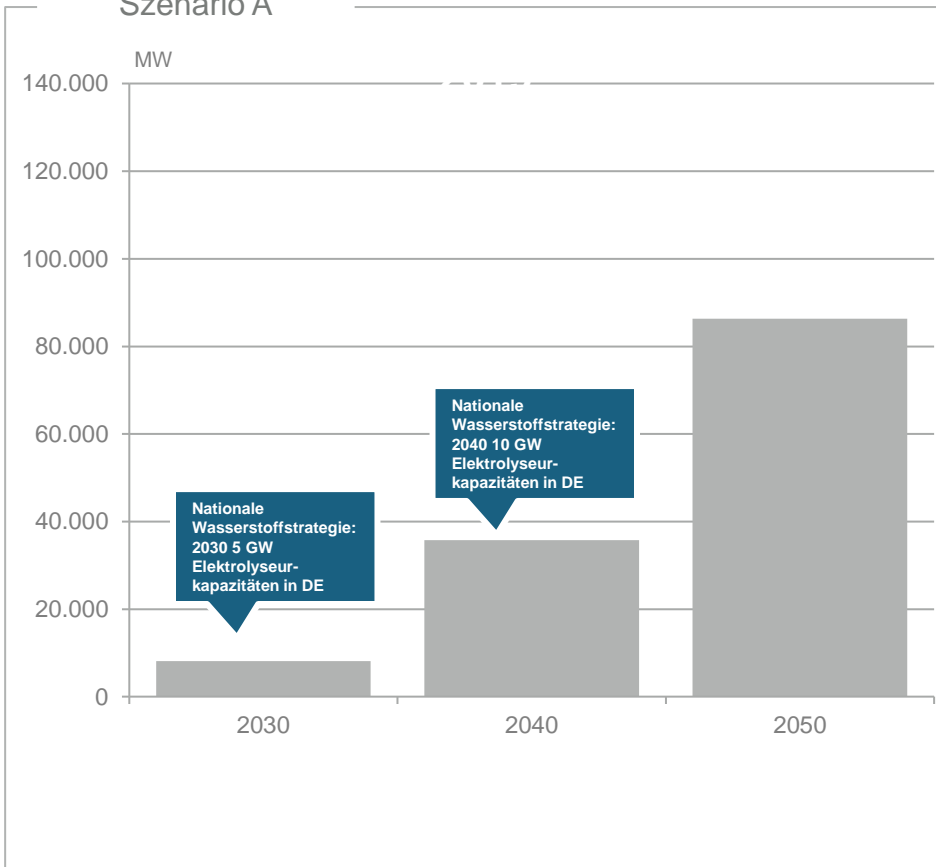


Elektrolyseurkapazitäten

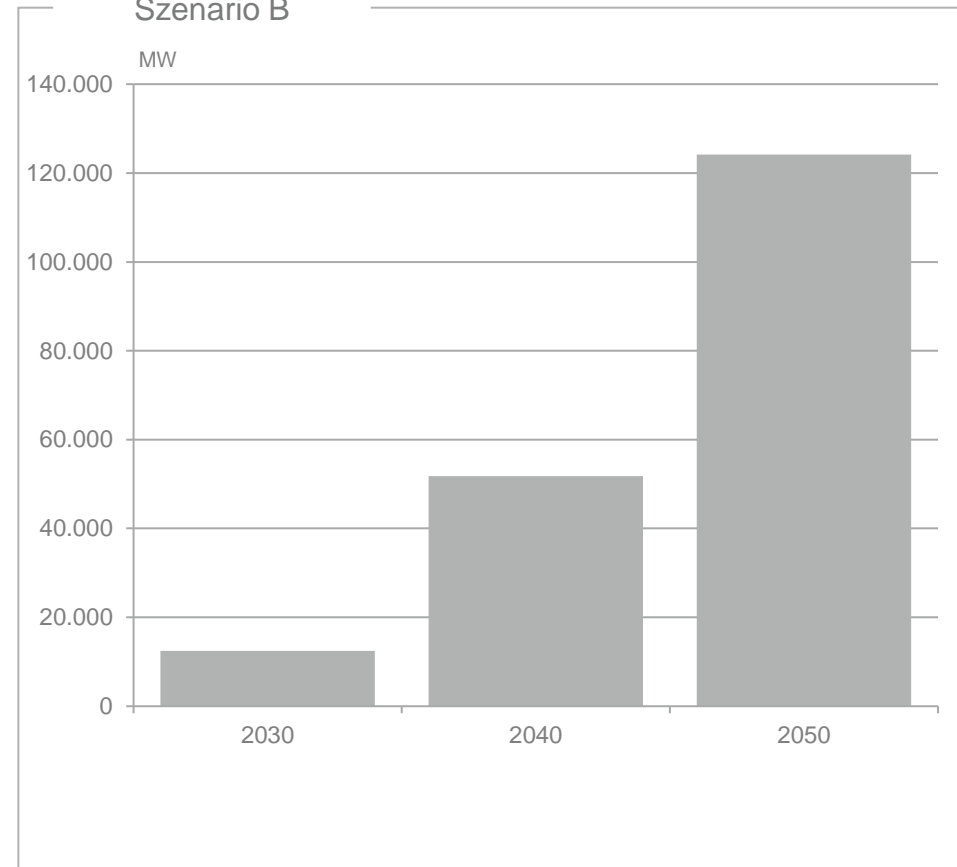
Installierte Kapazitäten zur H₂-Bedarfsdeckung aus Elektrolyse



Szenario A



Szenario B

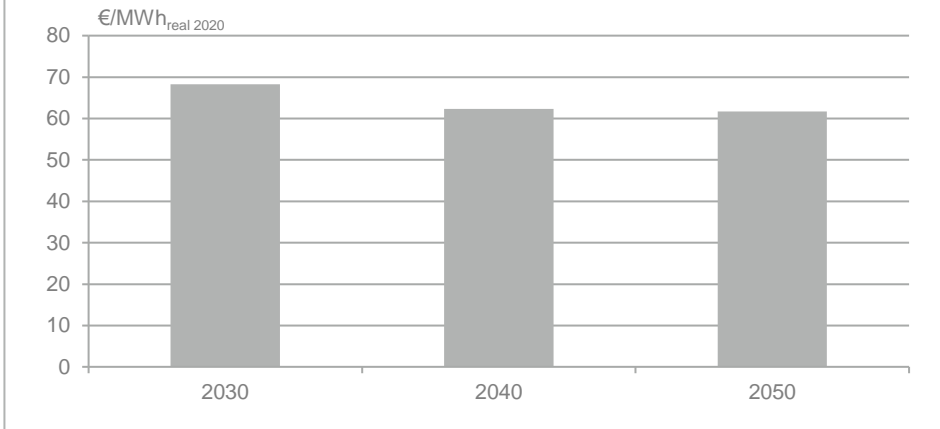


Länder Fact Sheet - Griechenland

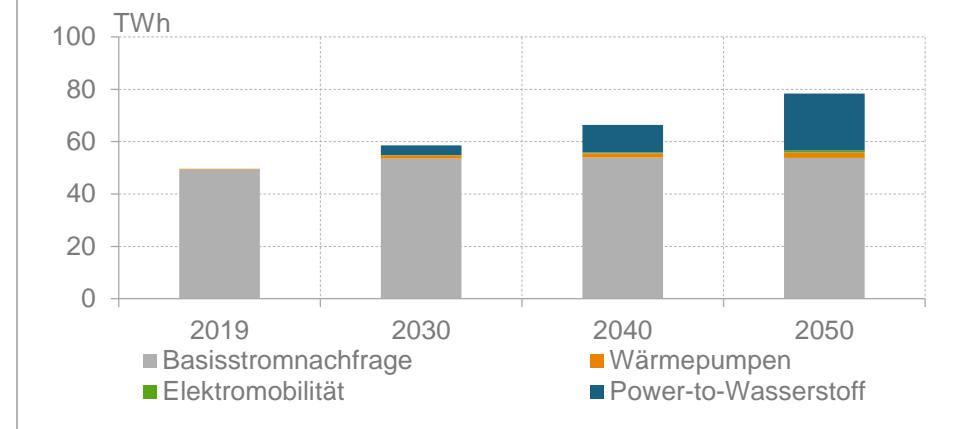
Szenario A



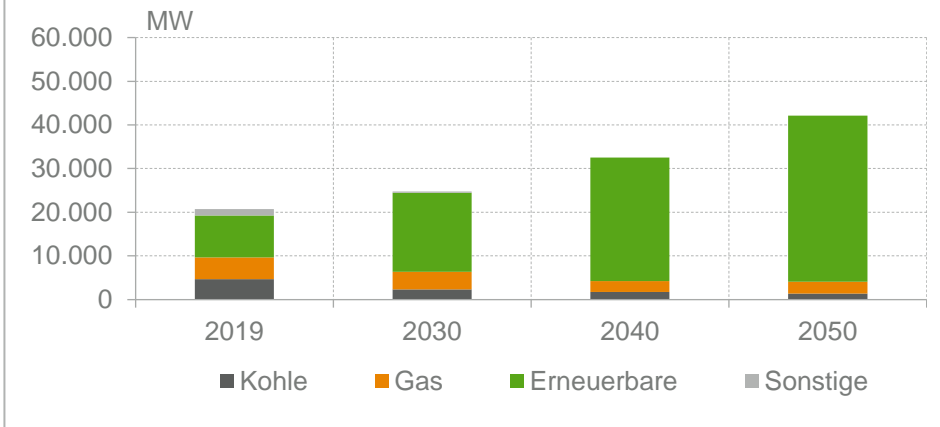
Großhandelsstrompreis



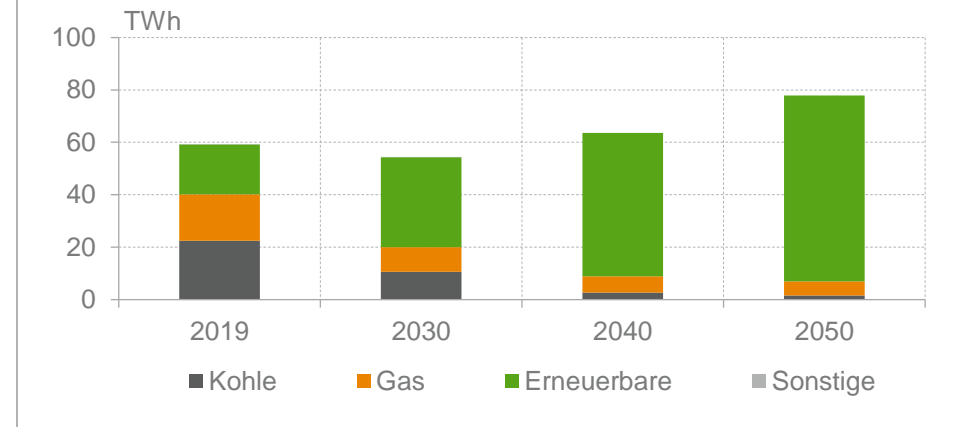
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

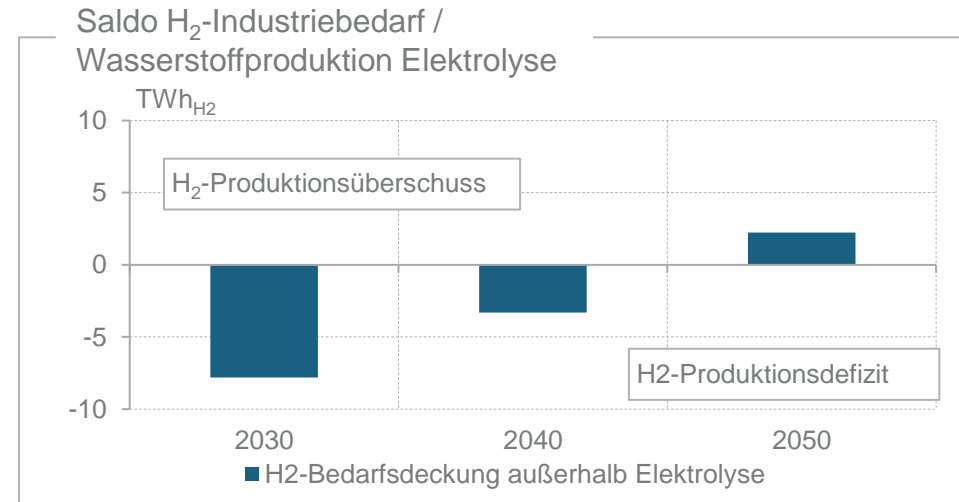
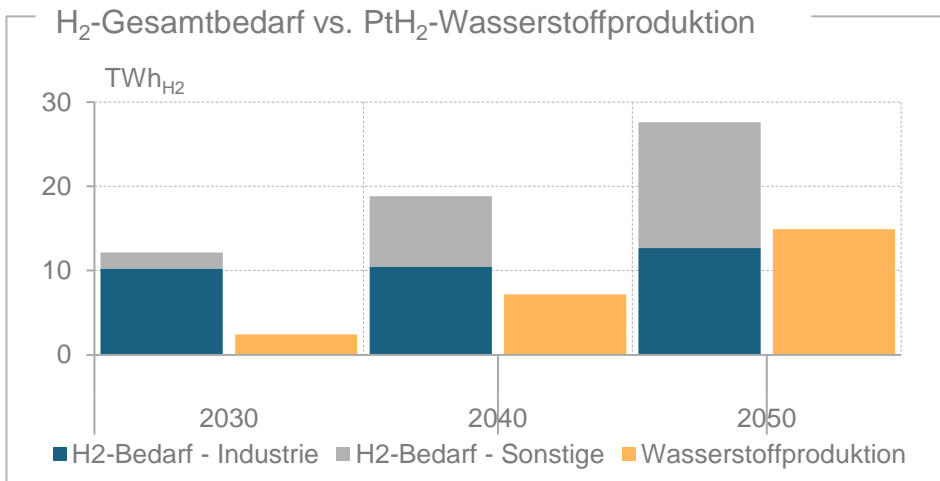
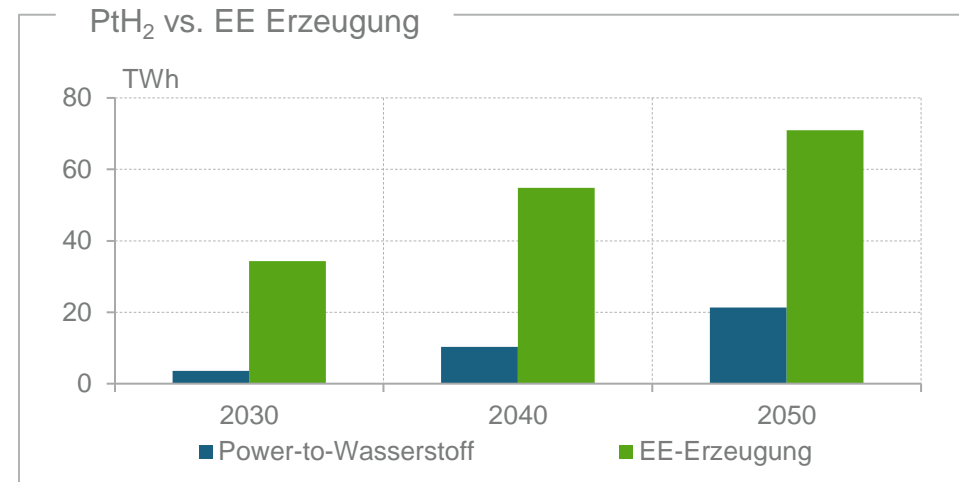
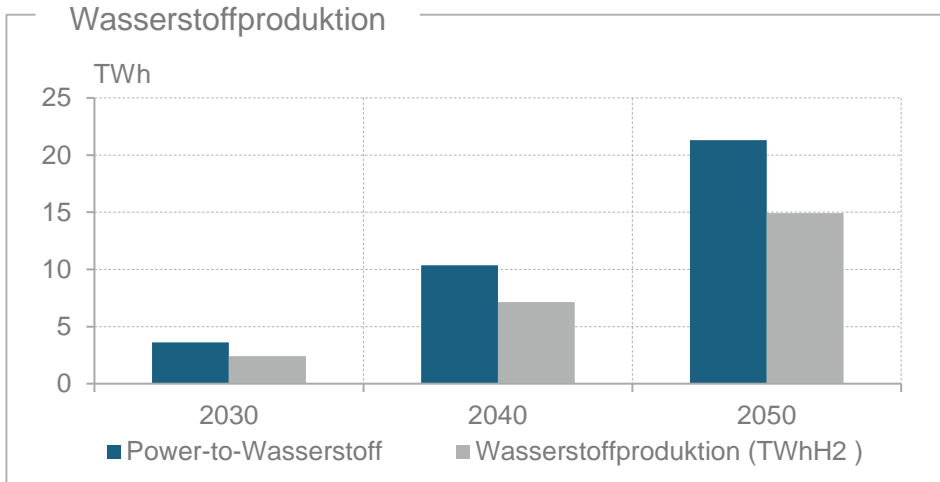


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Griechenland

Szenario A

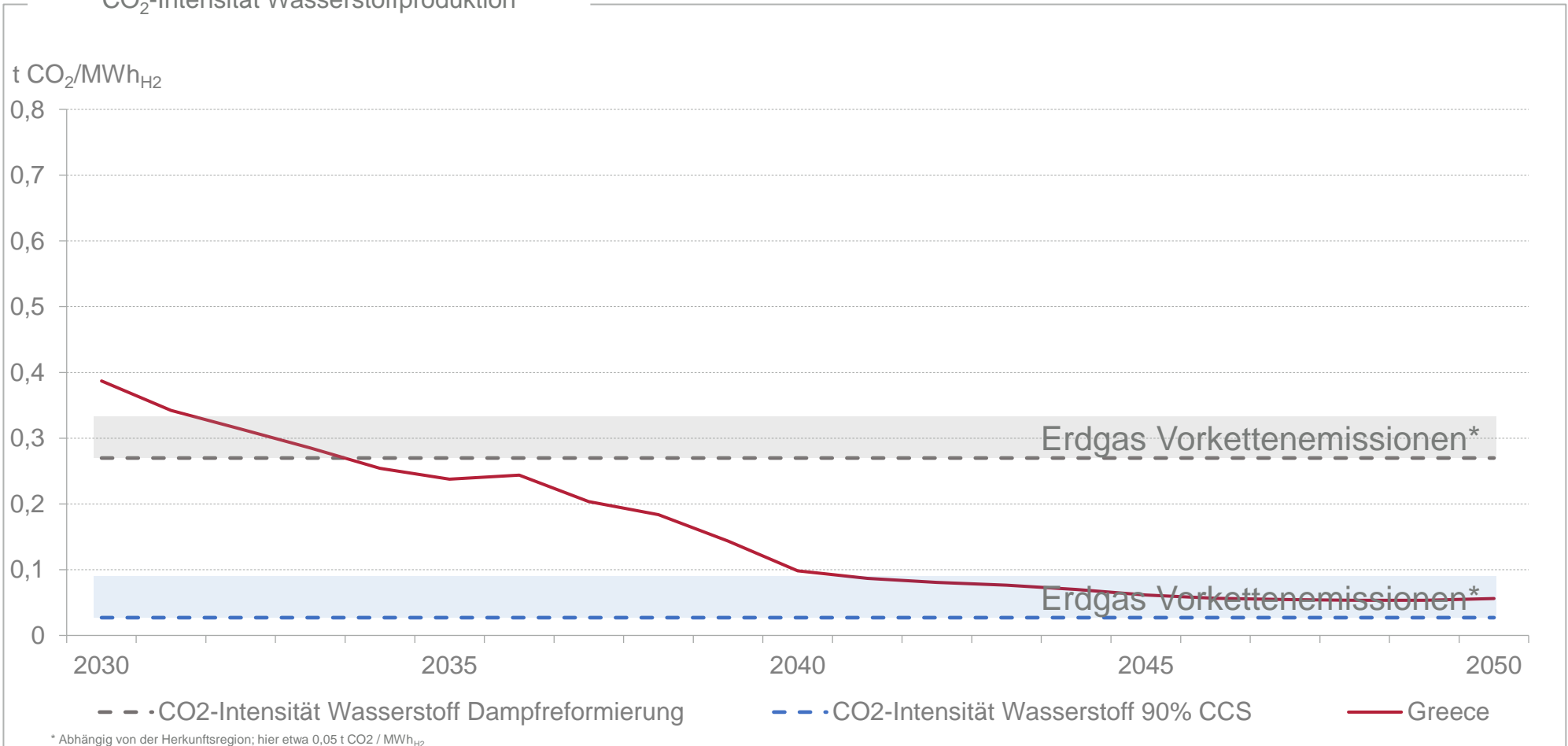


Länder Fact Sheet - Griechenland

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

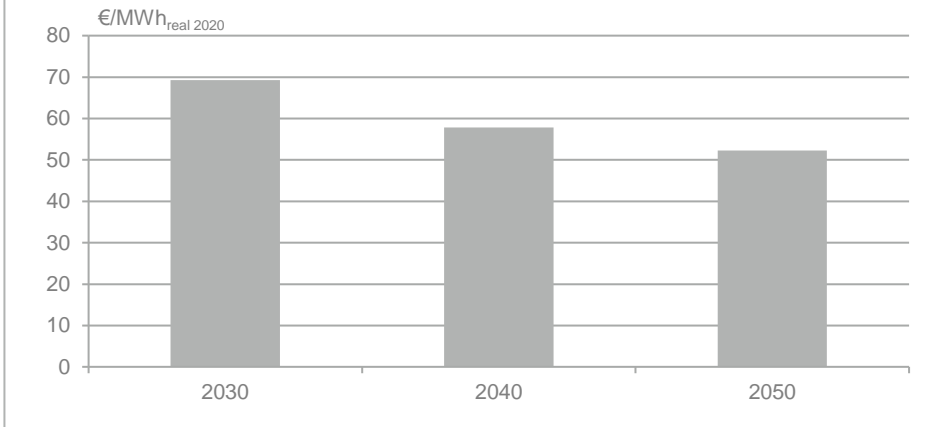


Länder Fact Sheet - Griechenland

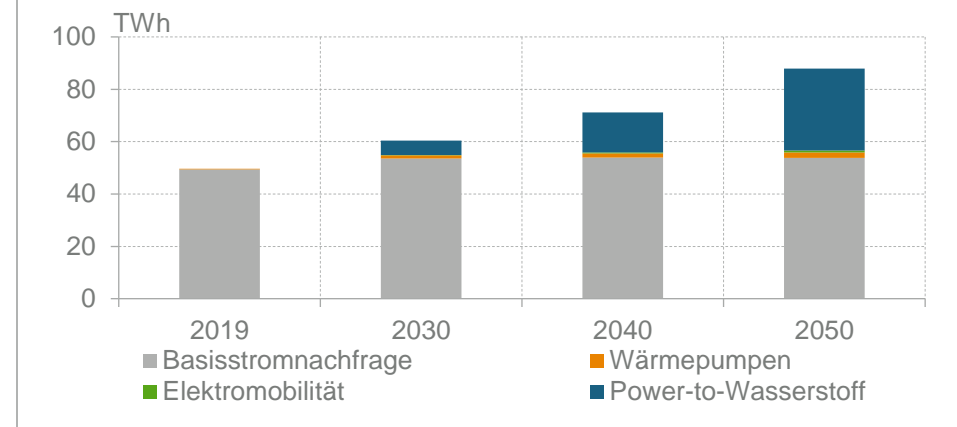
Szenario B



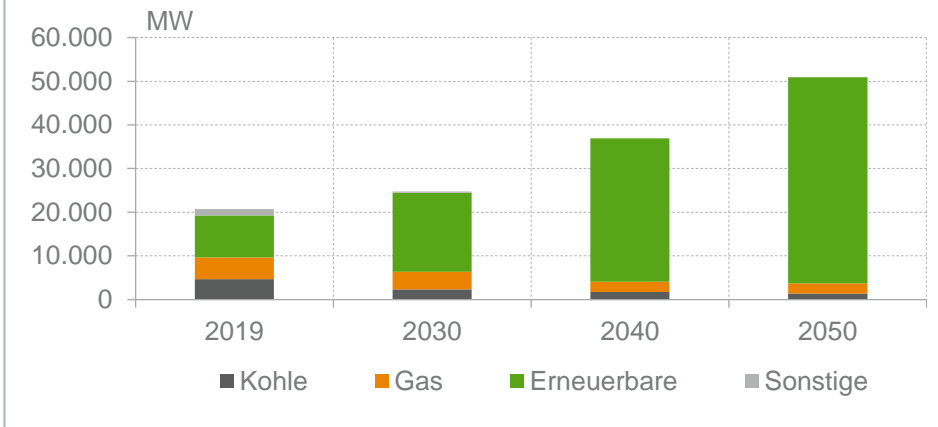
Großhandelsstrompreis



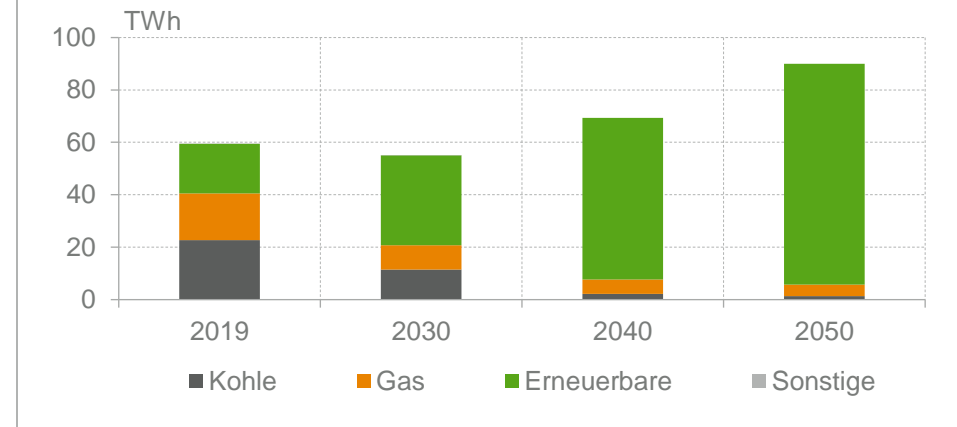
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

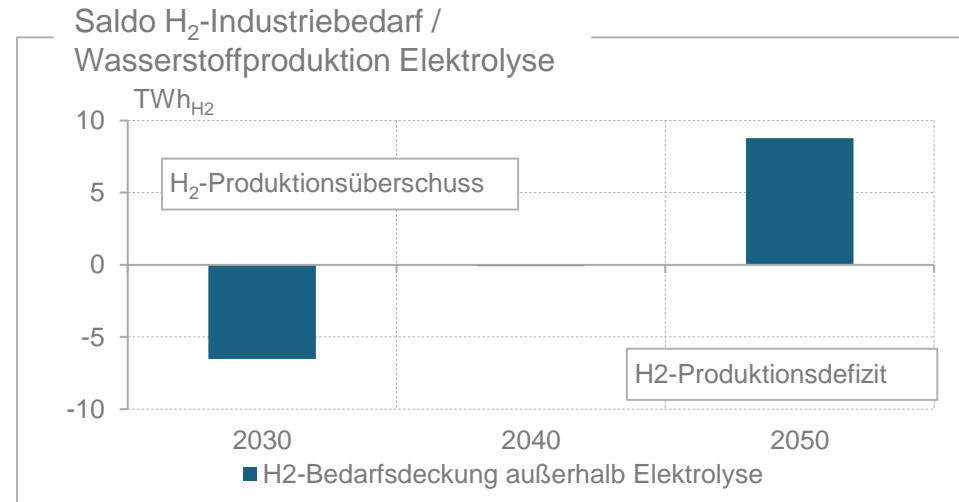
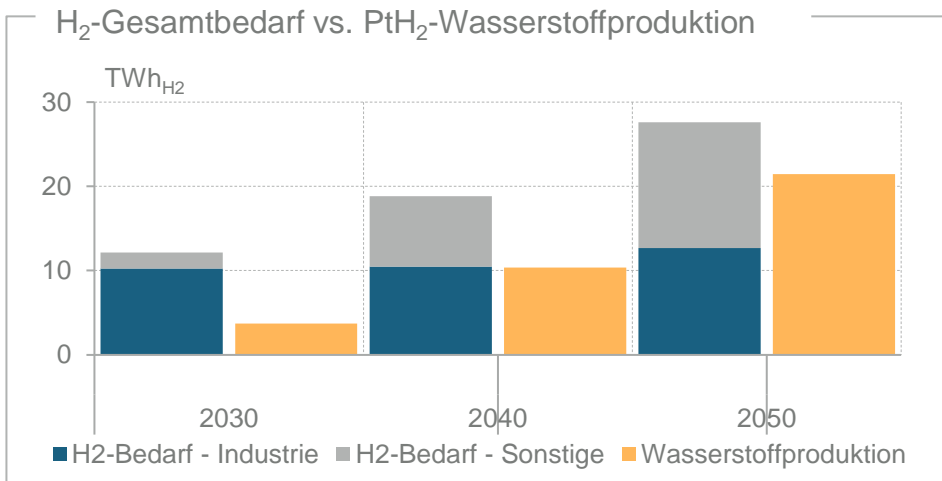
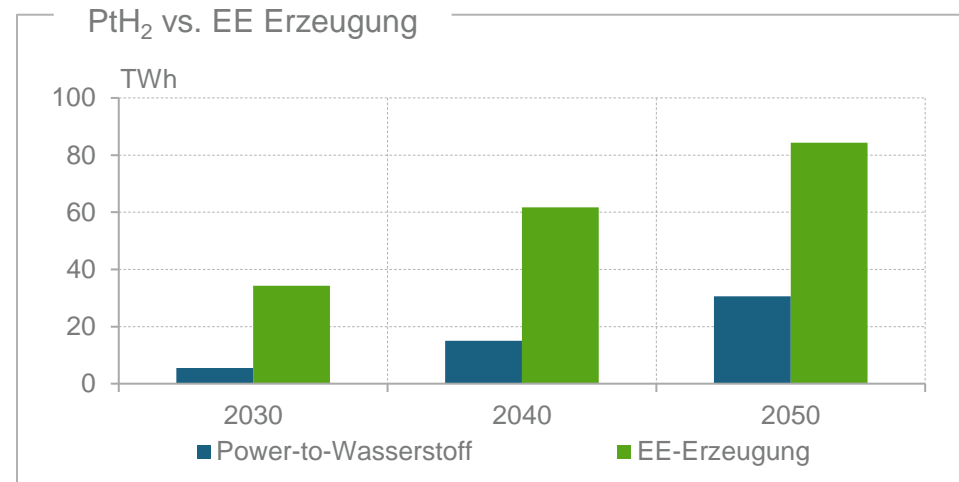
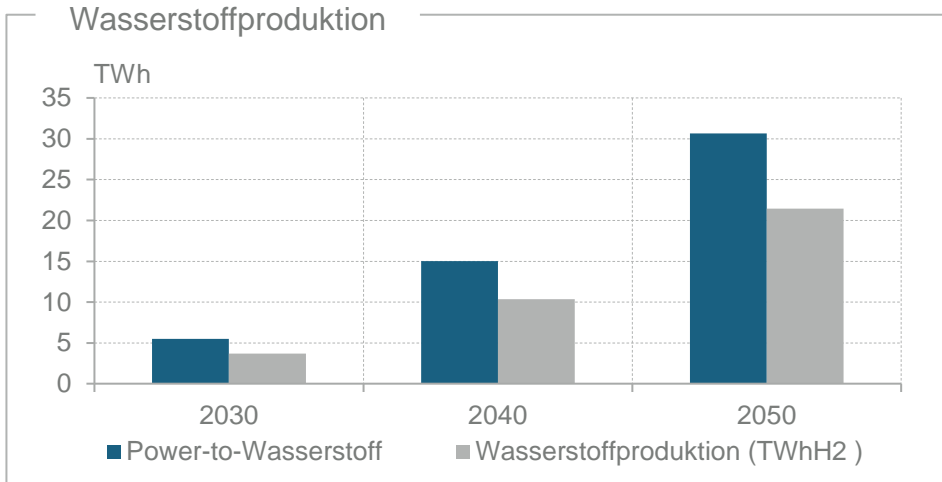


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Griechenland

Szenario B

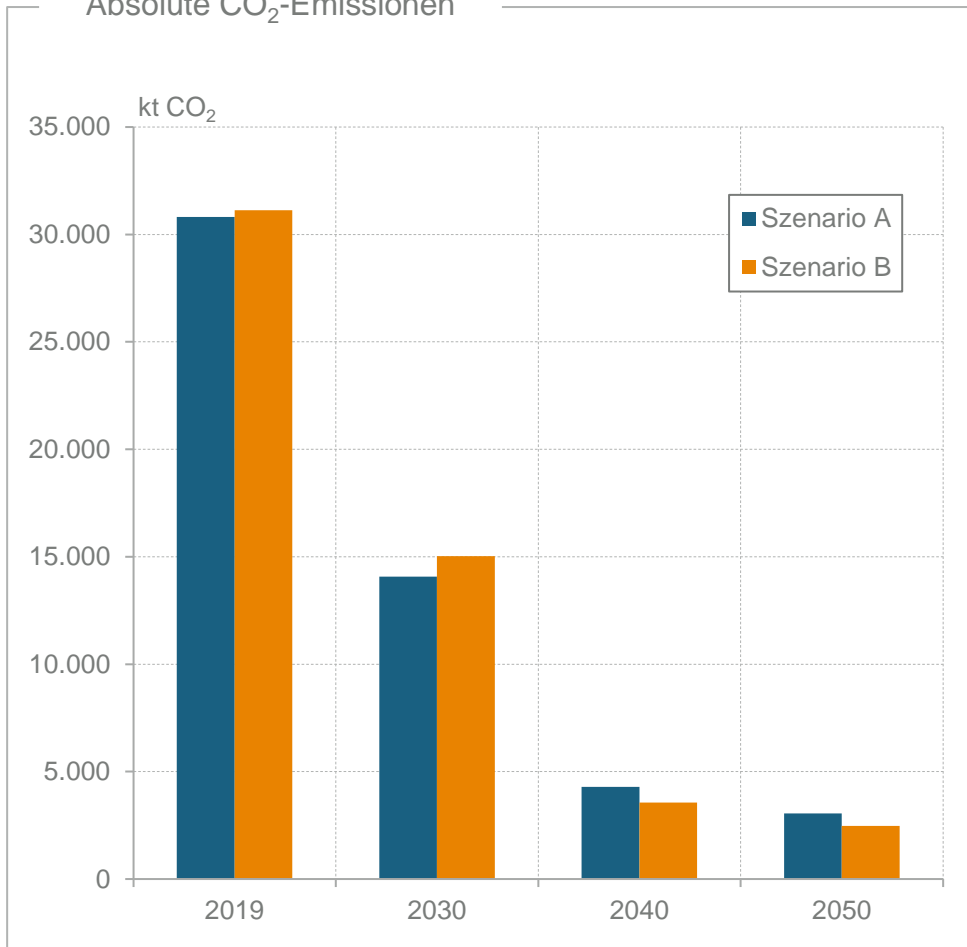


Länder Fact Sheet - Griechenland

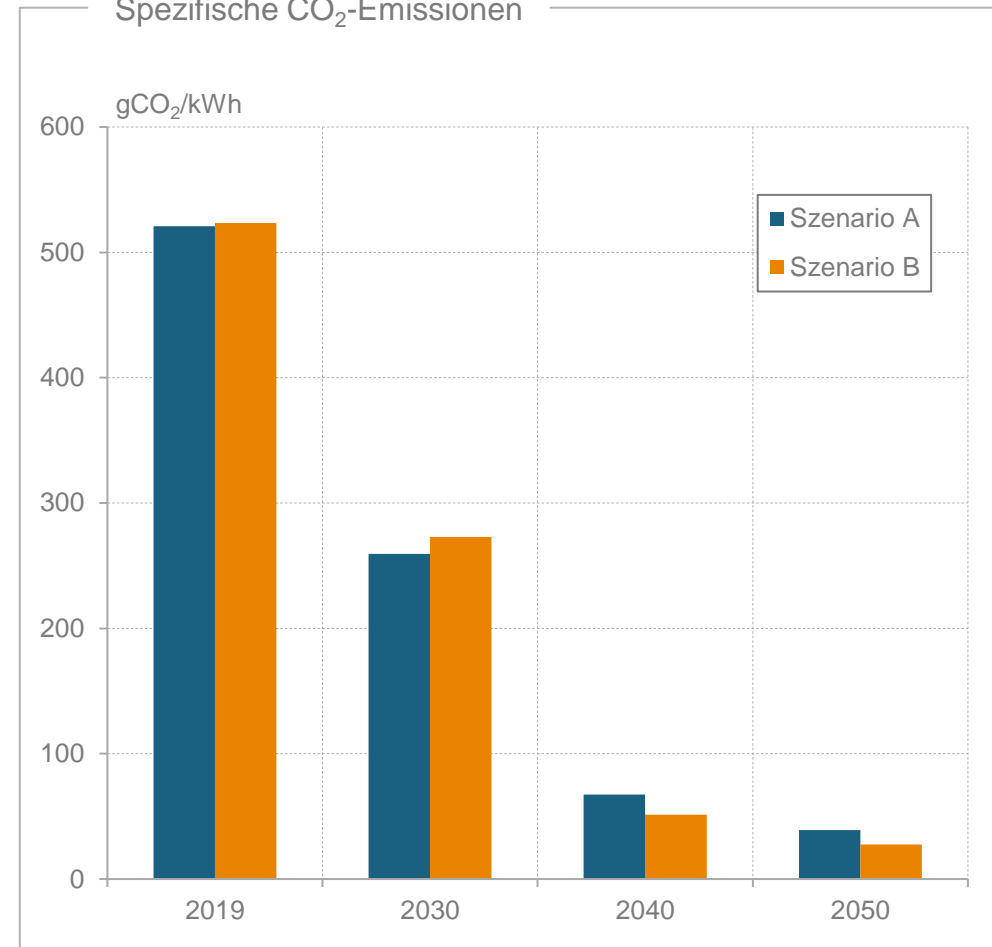
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

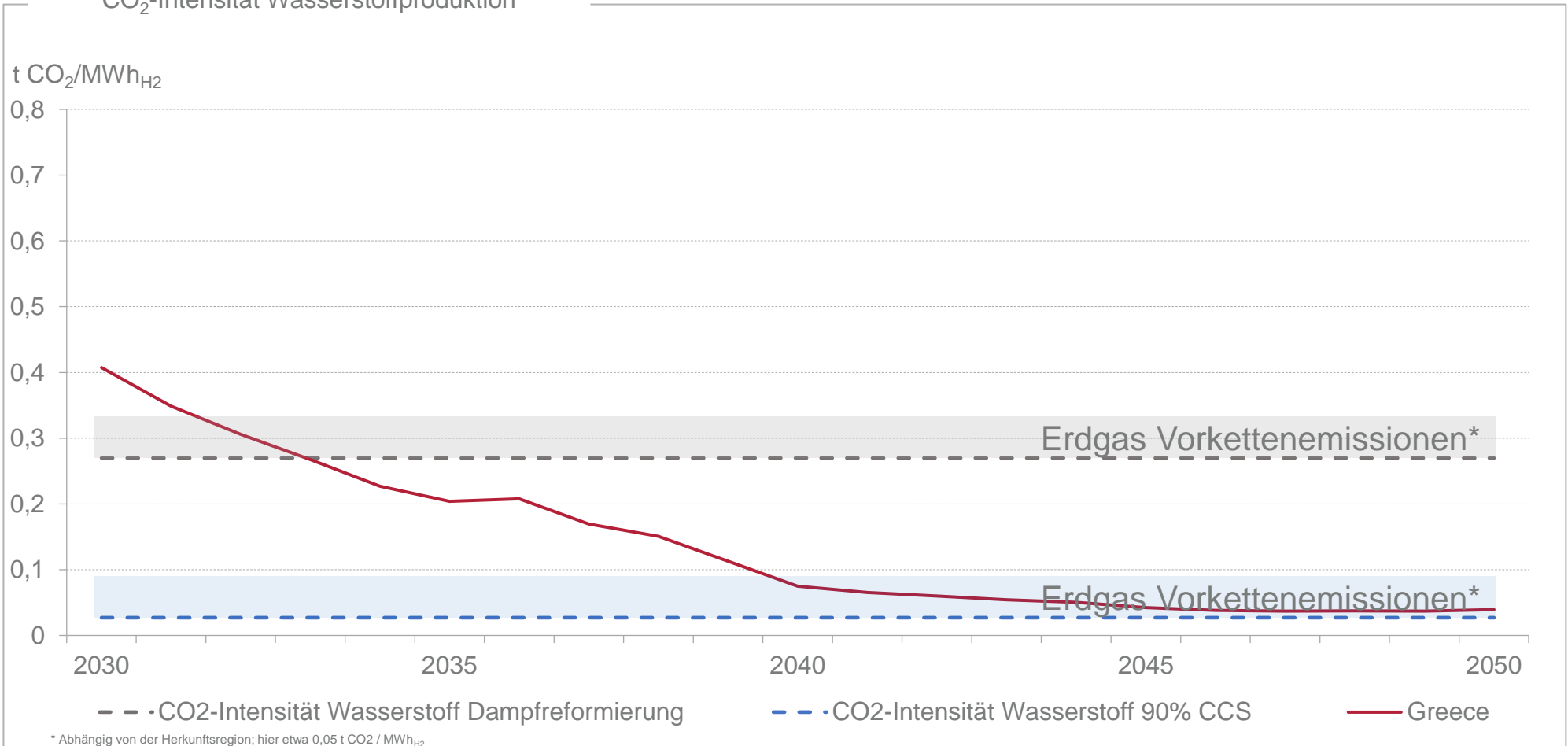


Länder Fact Sheet - Griechenland

Szenario B

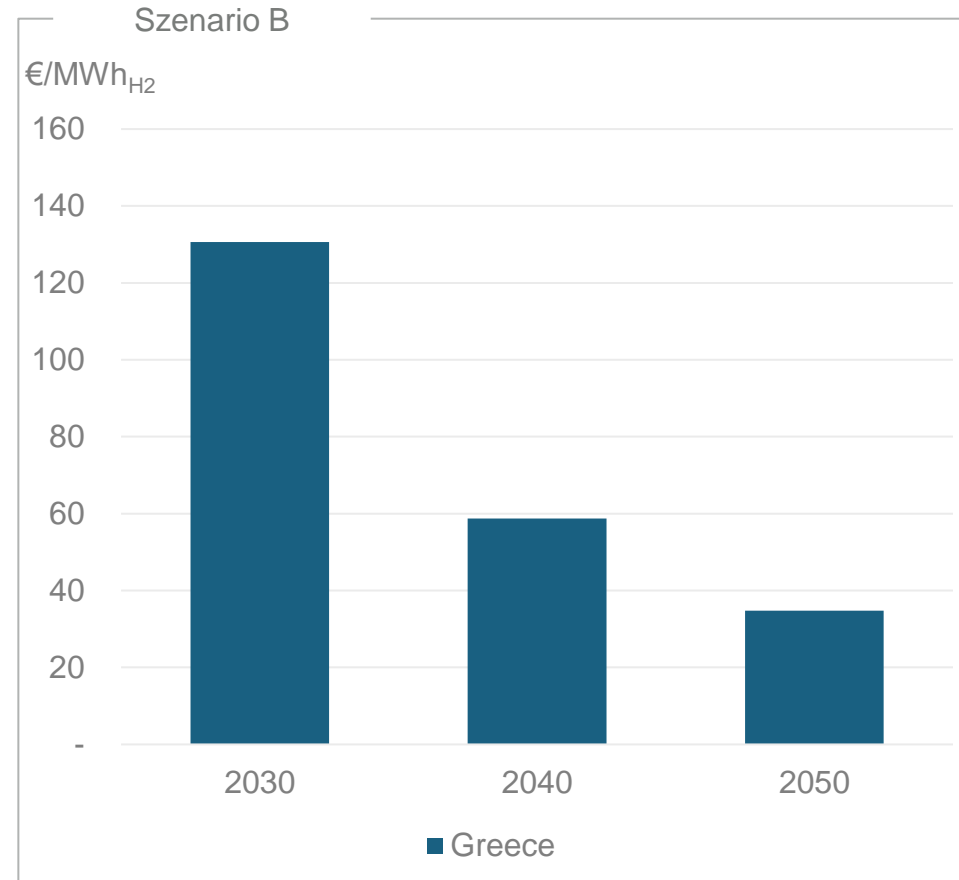
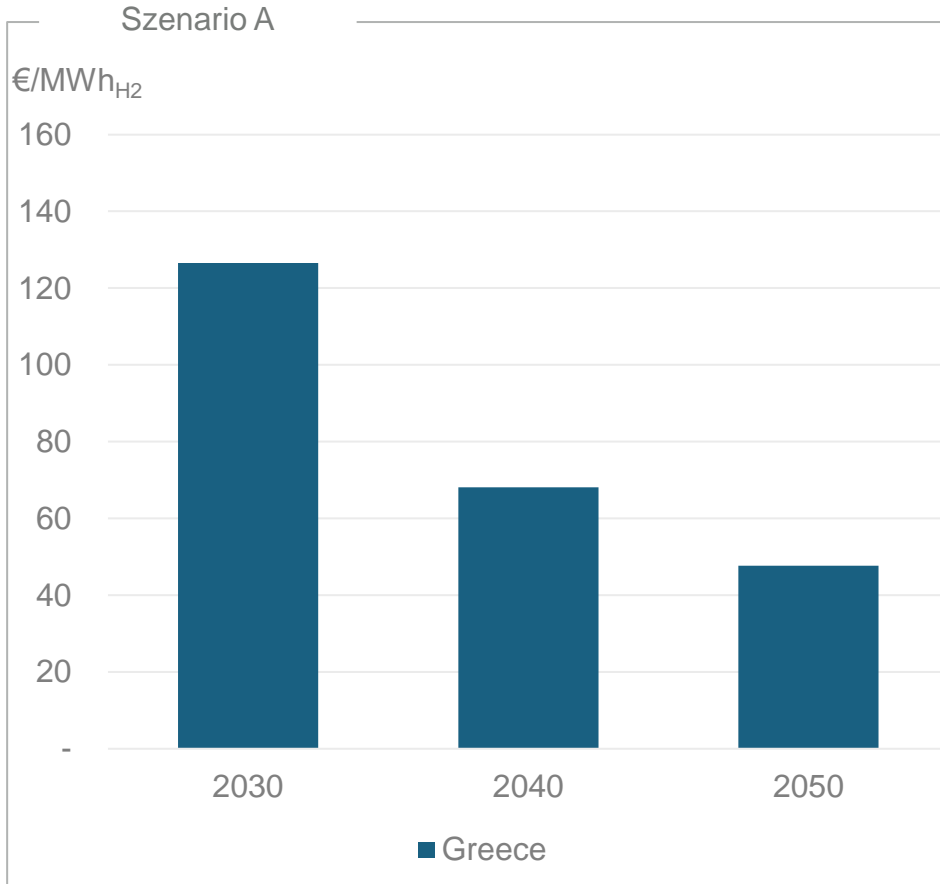


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Griechenland

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

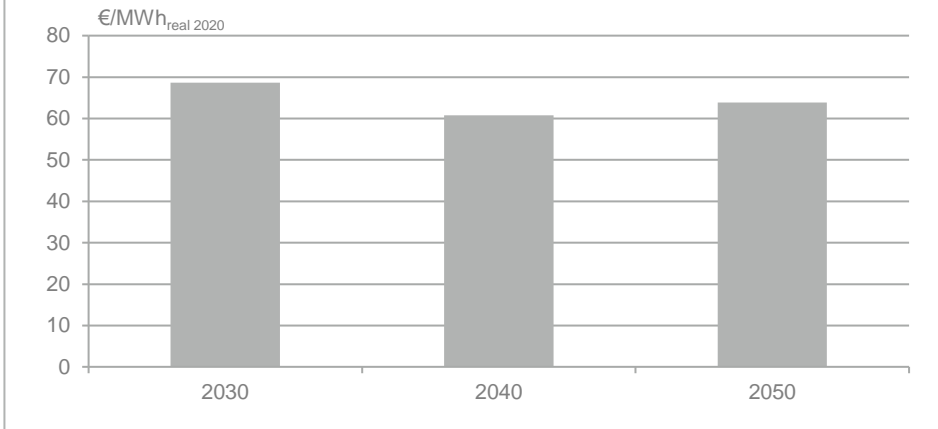


Länder Fact Sheet - Ungarn

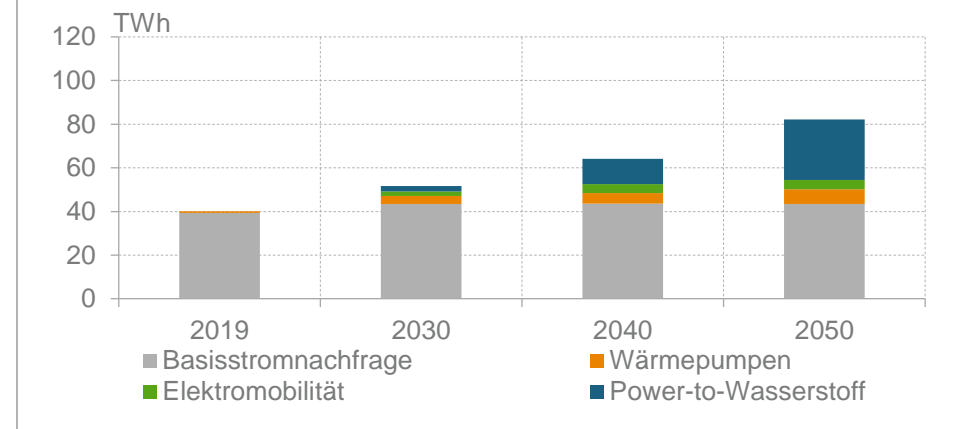
Szenario A



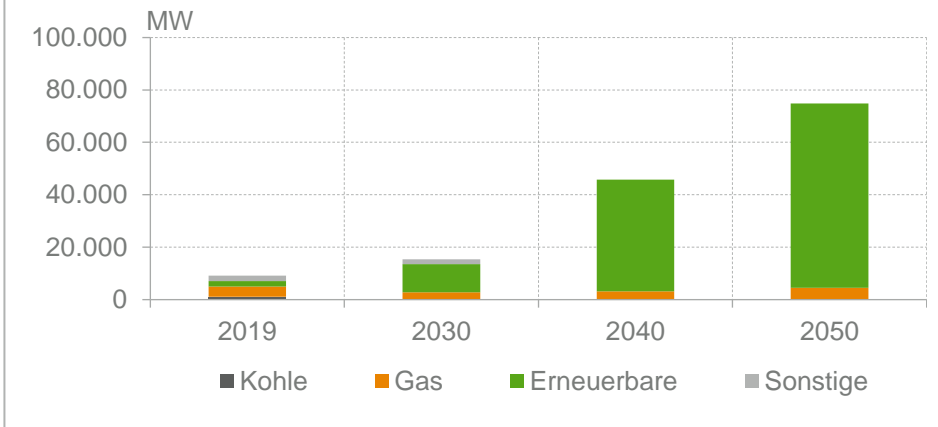
Großhandelsstrompreis



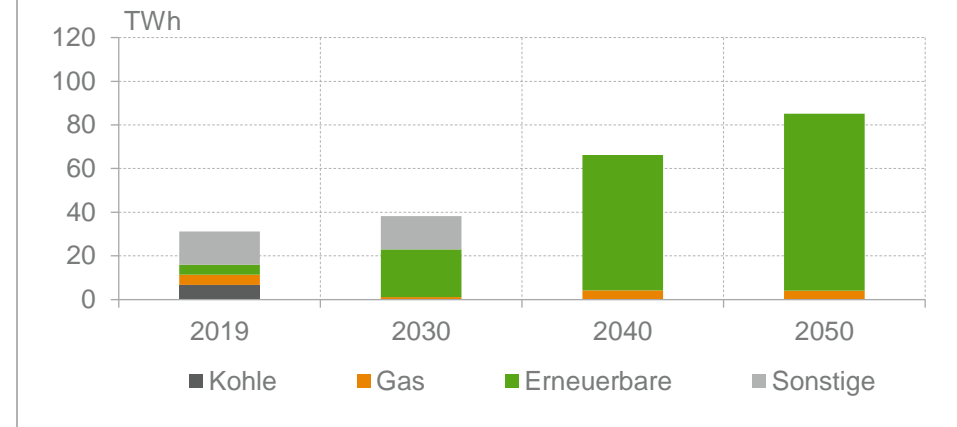
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

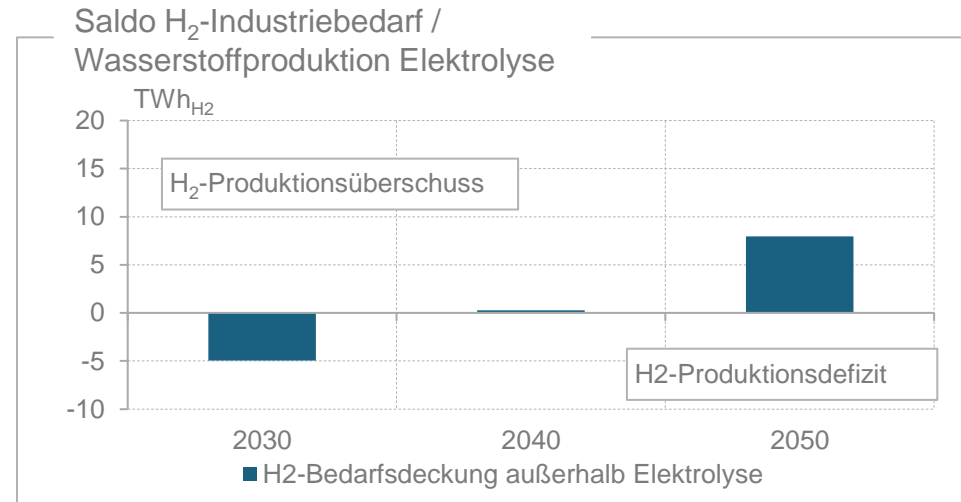
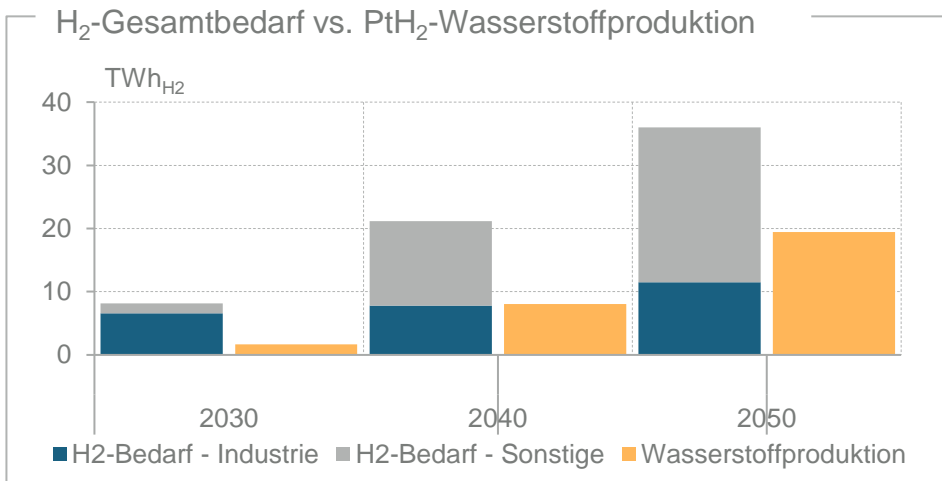
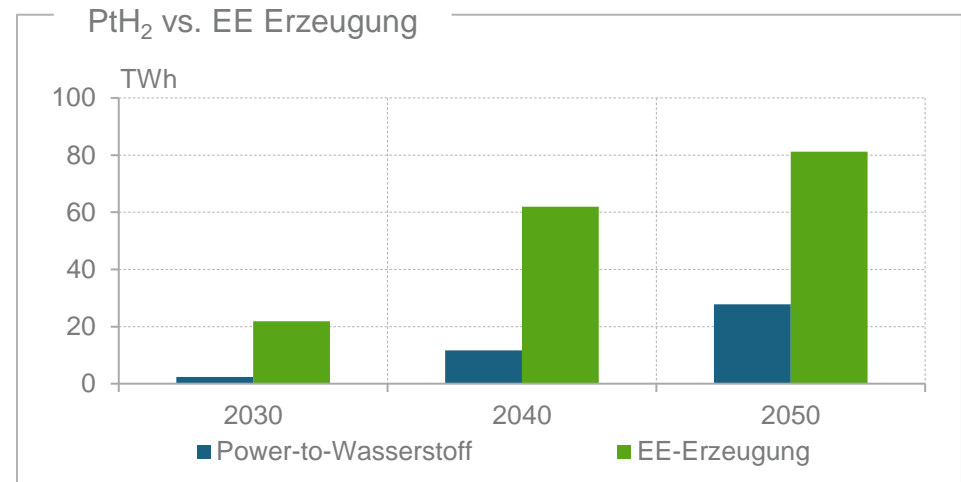
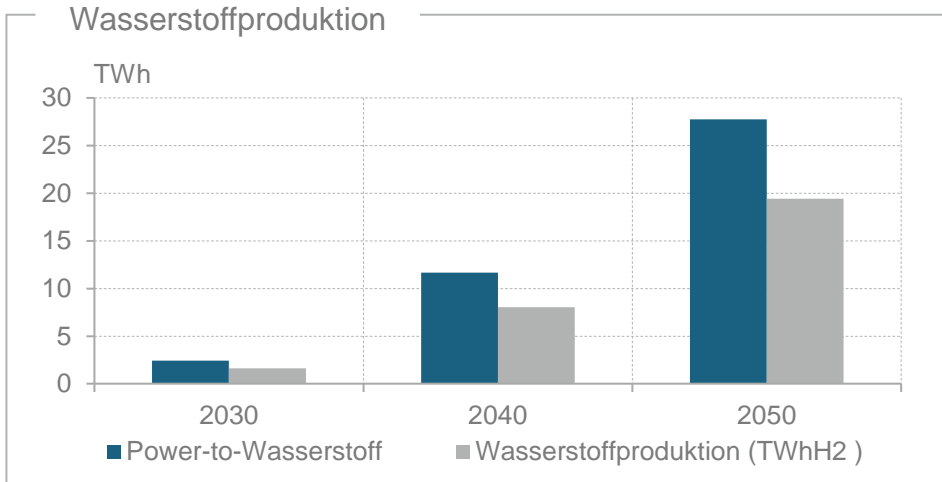


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Ungarn

Szenario A



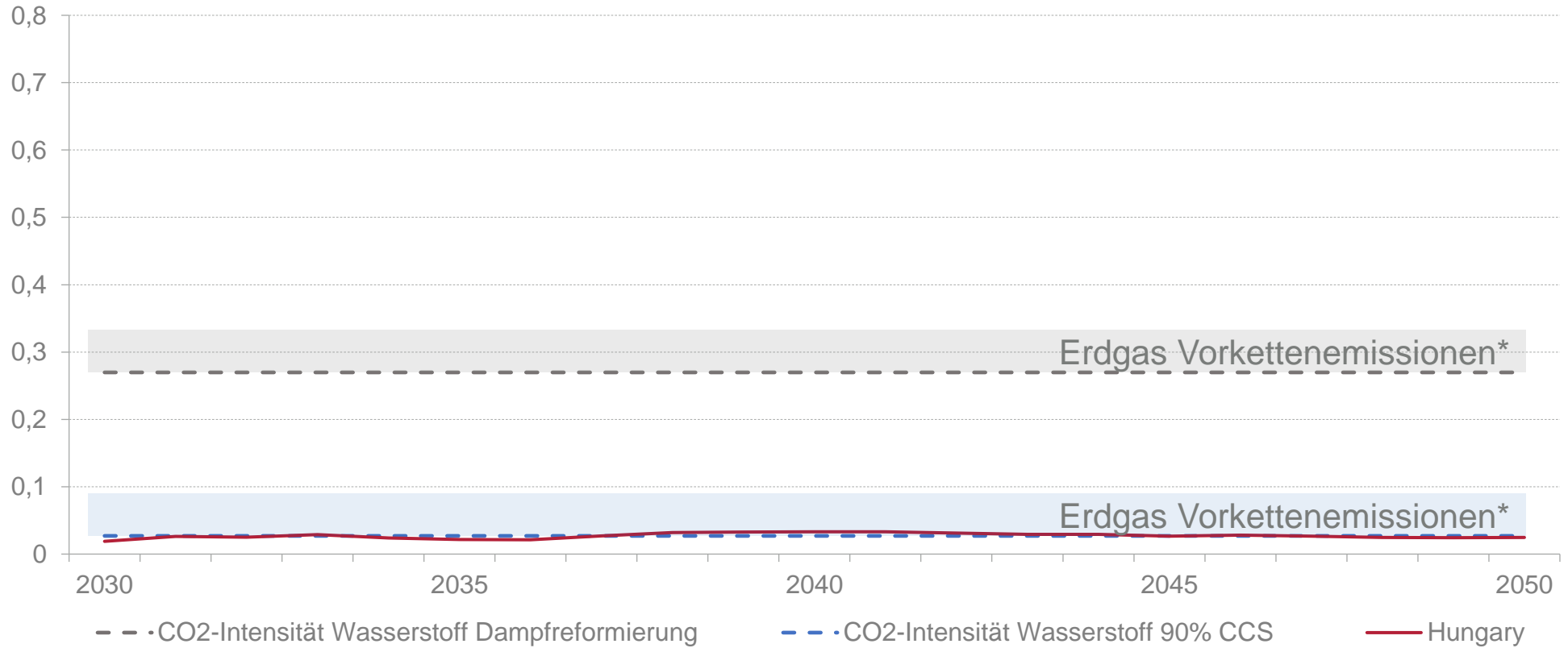
Länder Fact Sheet - Ungarn

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



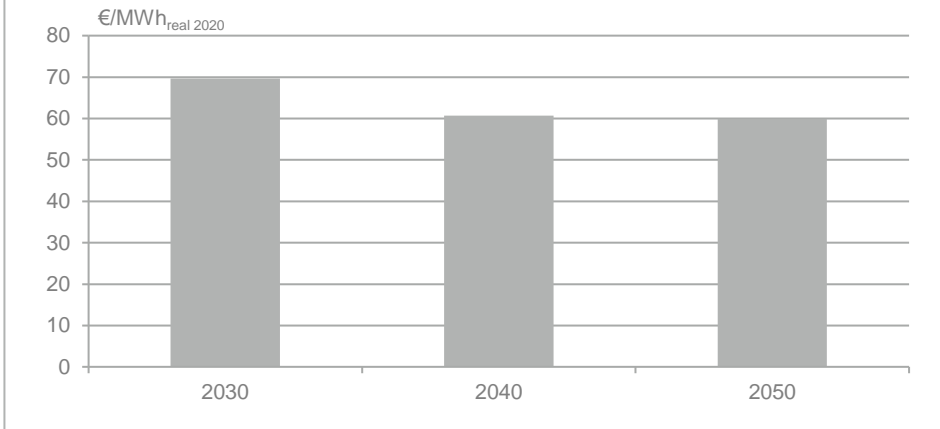
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Ungarn

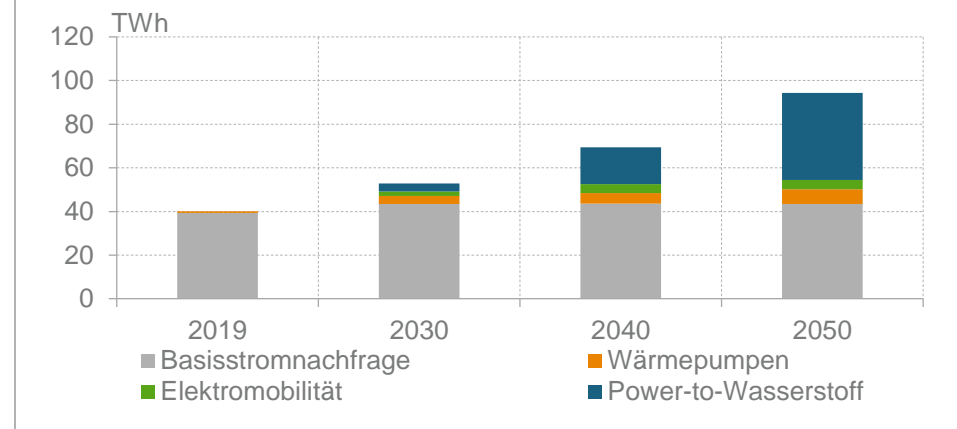
Szenario B



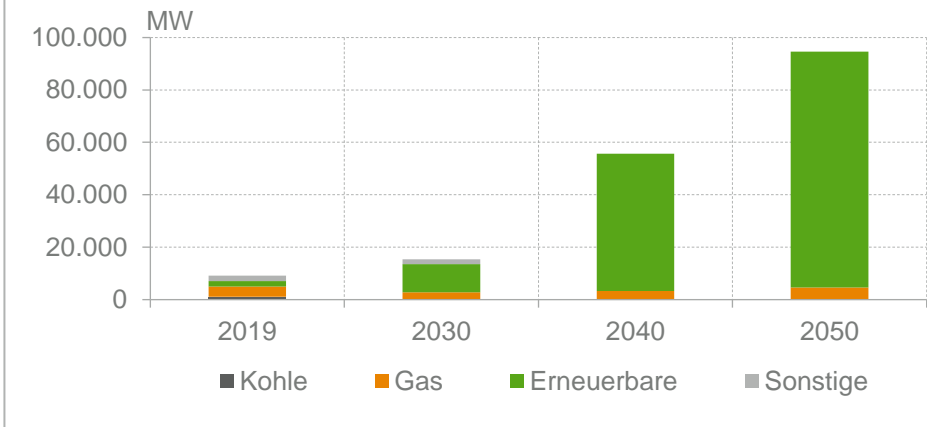
Großhandelsstrompreis



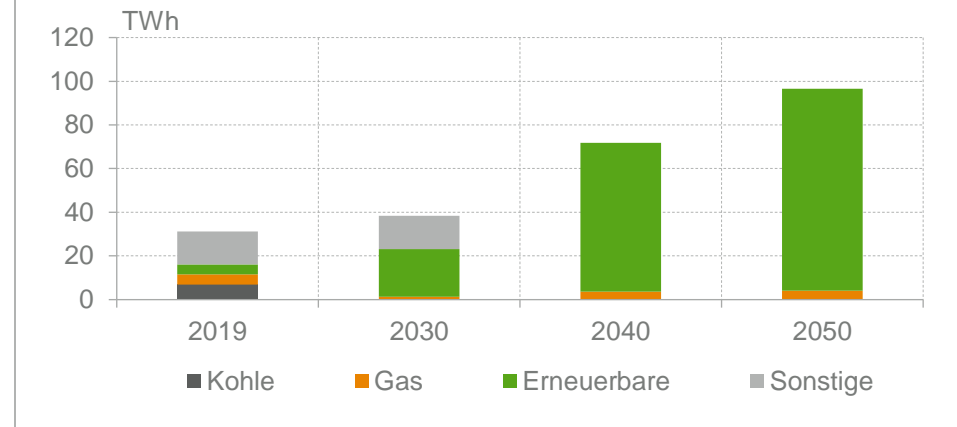
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

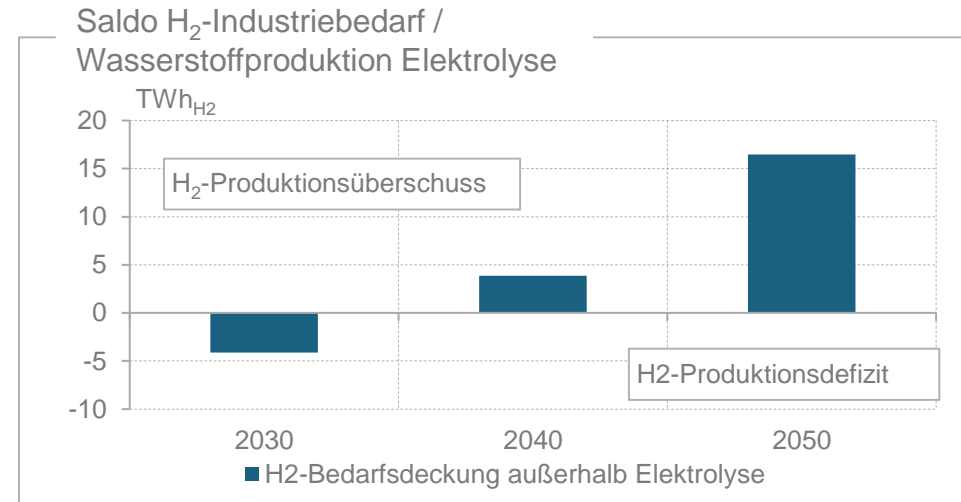
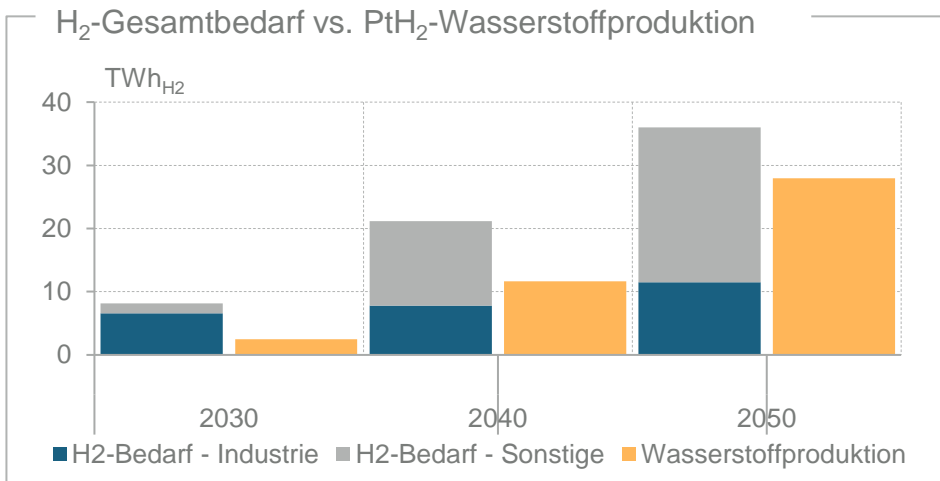
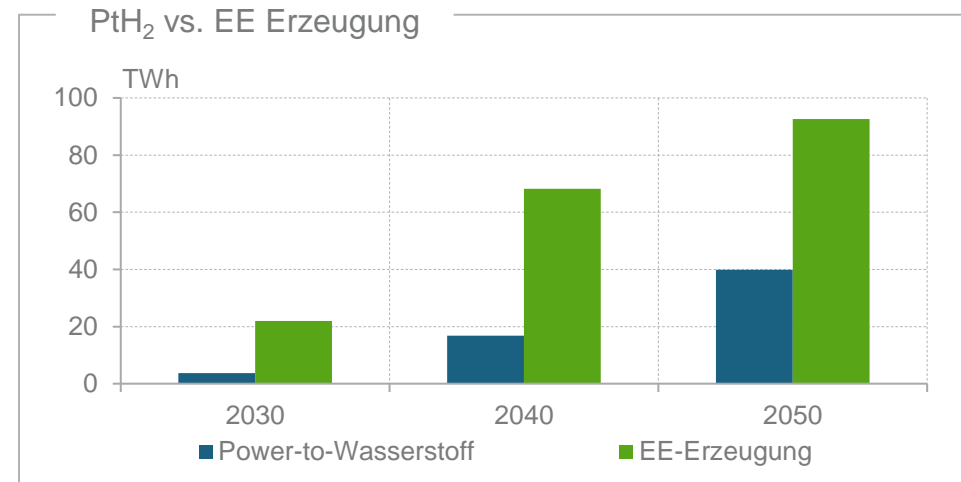
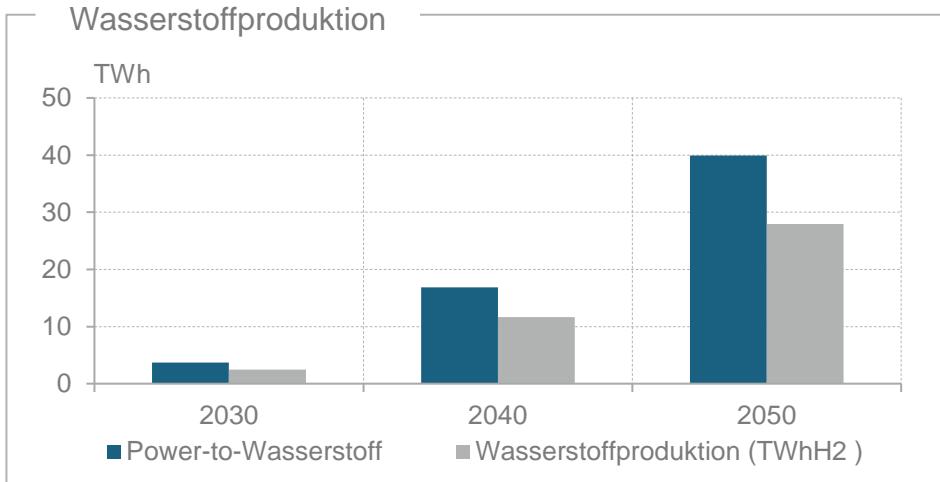


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Ungarn

Szenario B

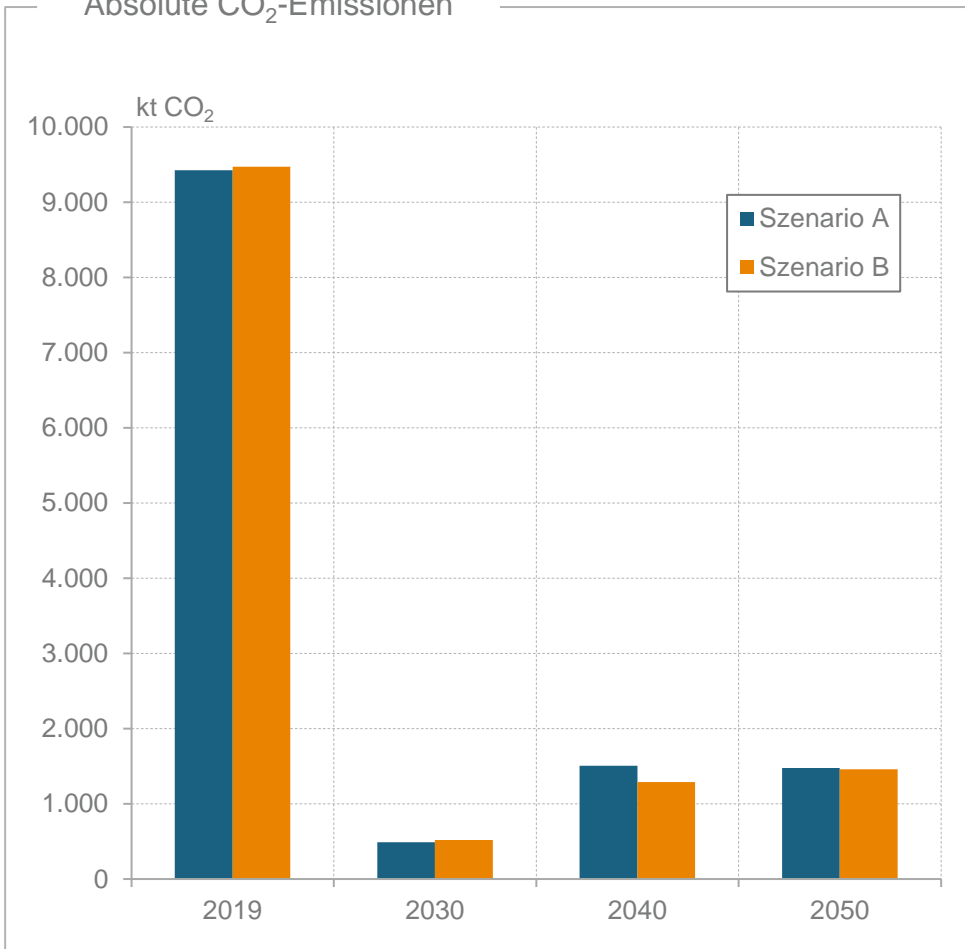


Länder Fact Sheet - Ungarn

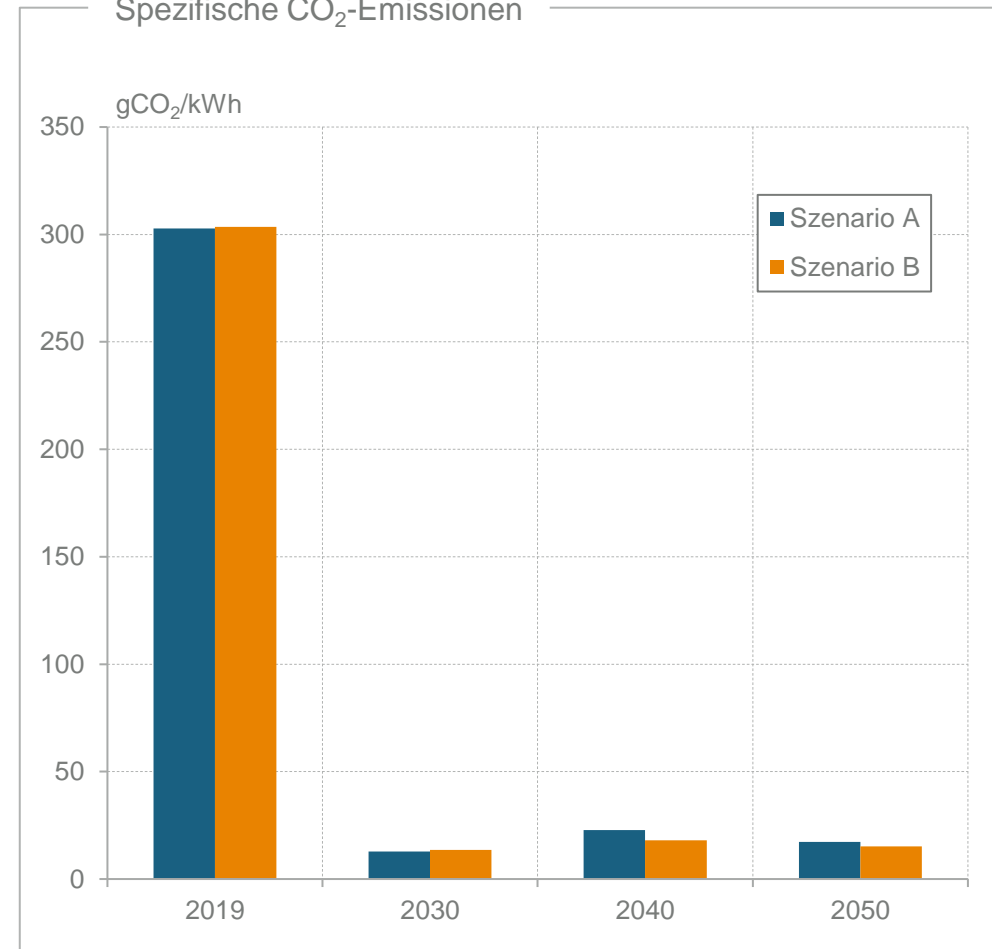
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



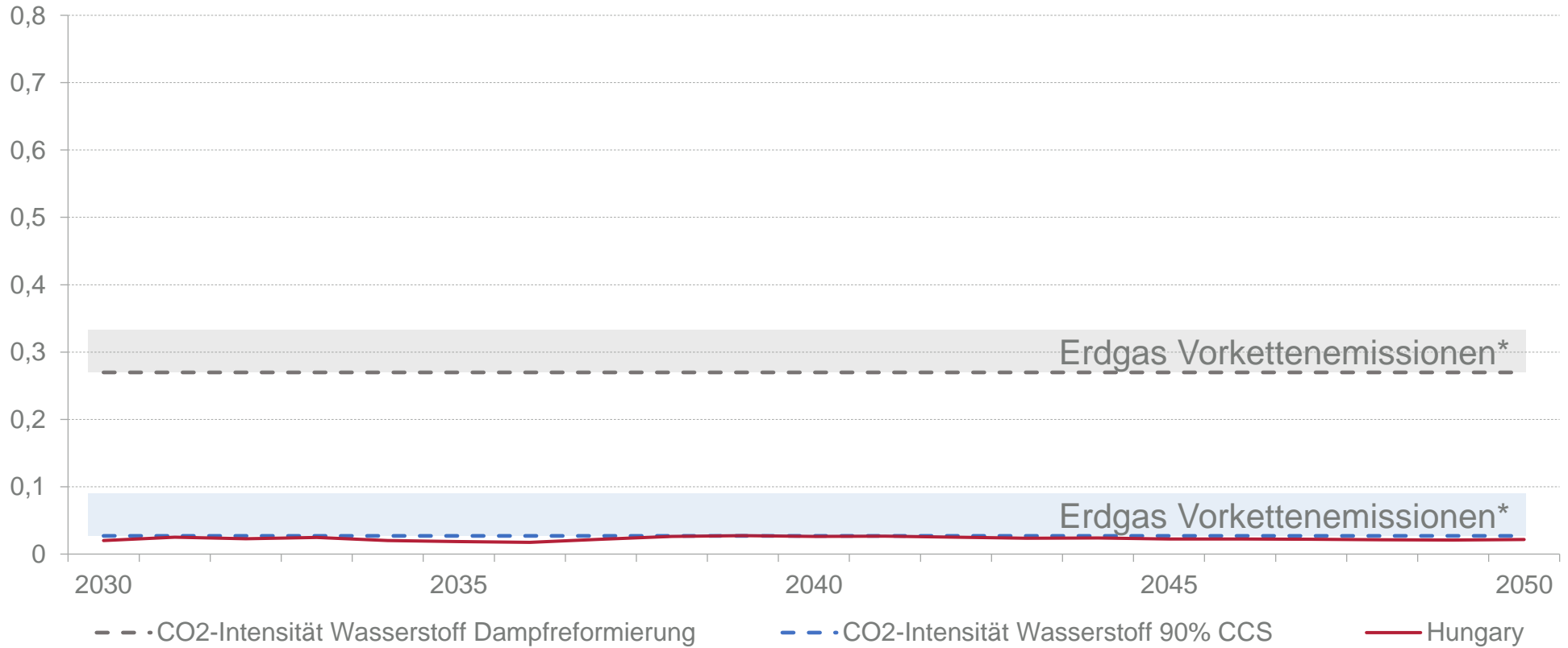
Länder Fact Sheet - Ungarn

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

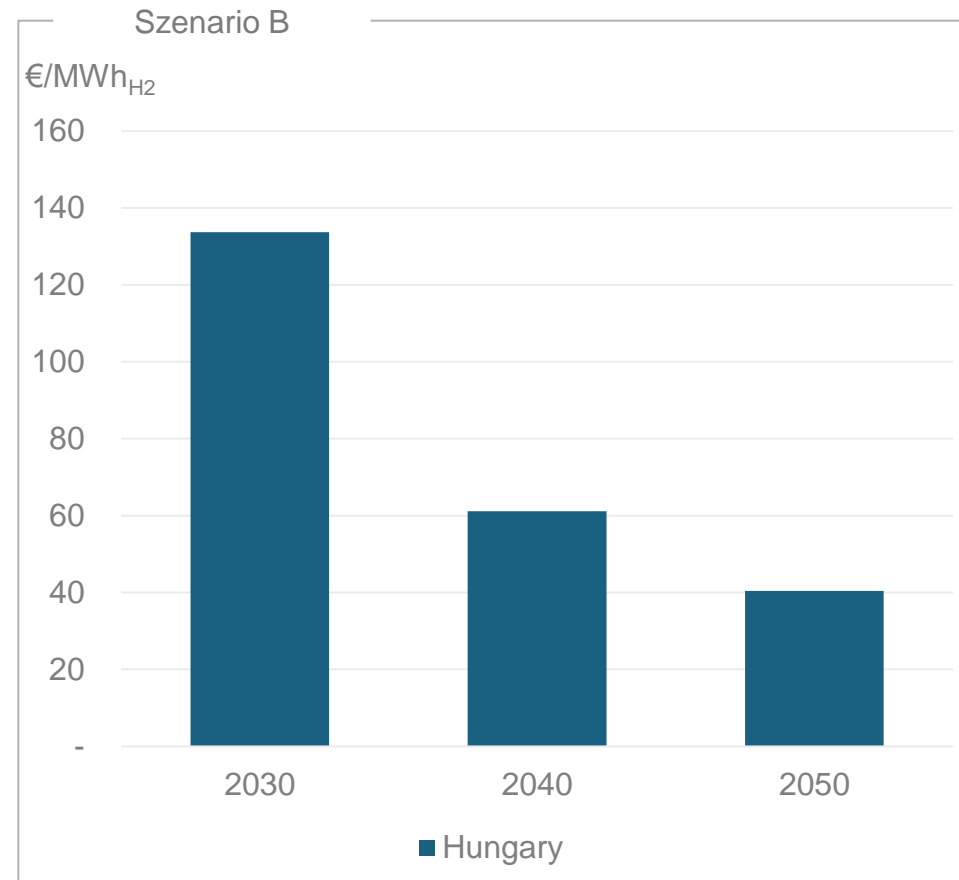
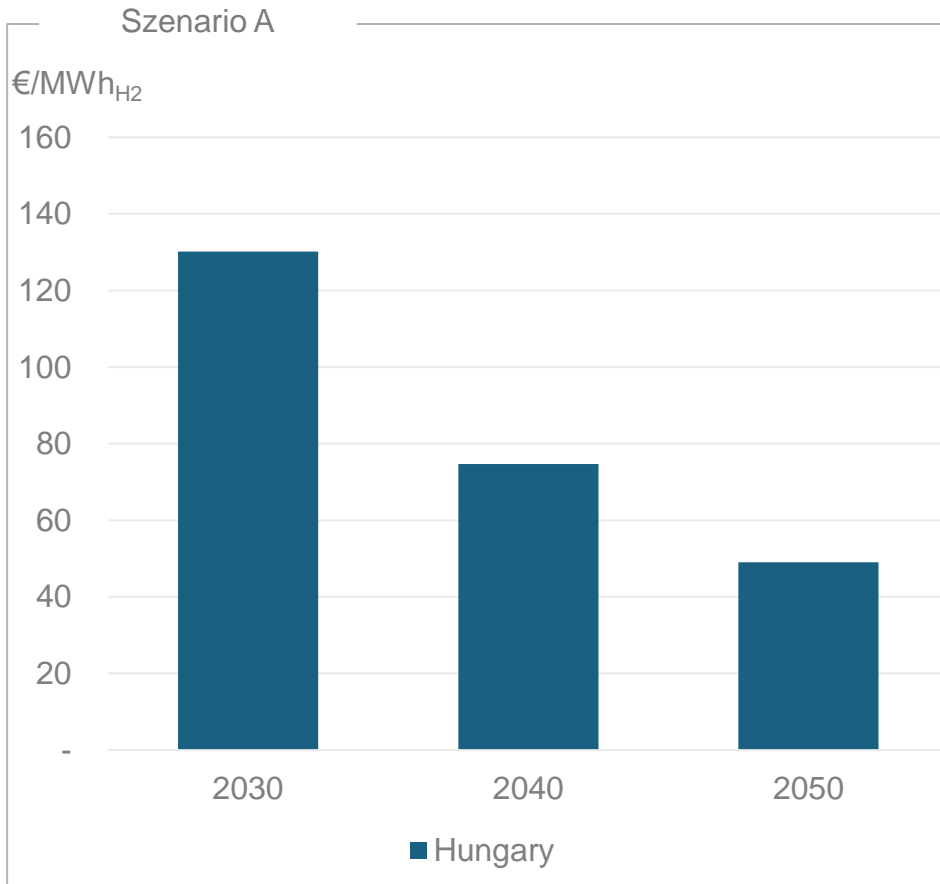
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Ungarn

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

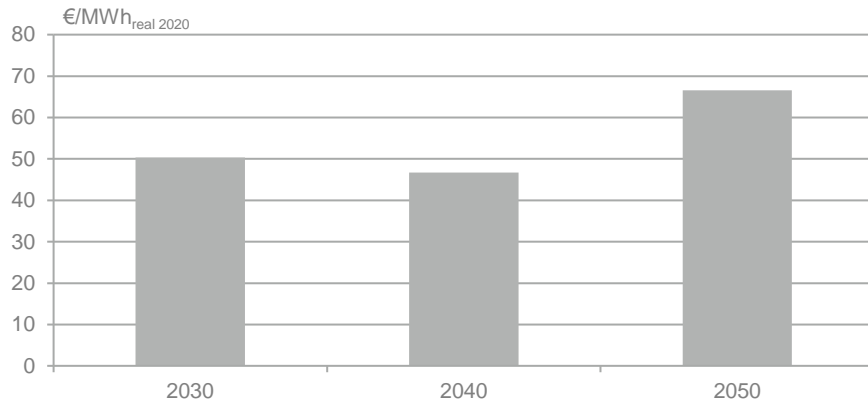


Länder Fact Sheet - Irland

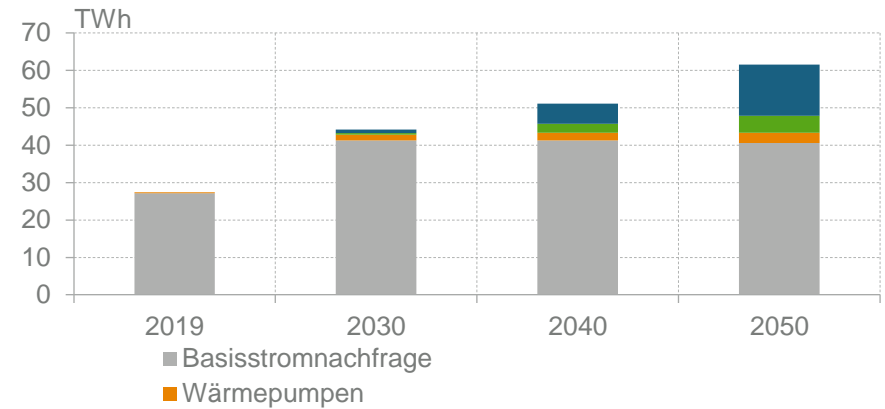
Szenario A



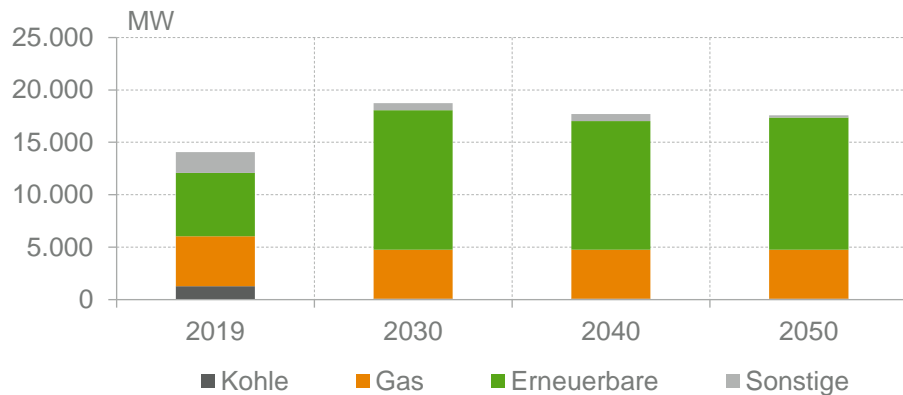
Großhandelsstrompreis



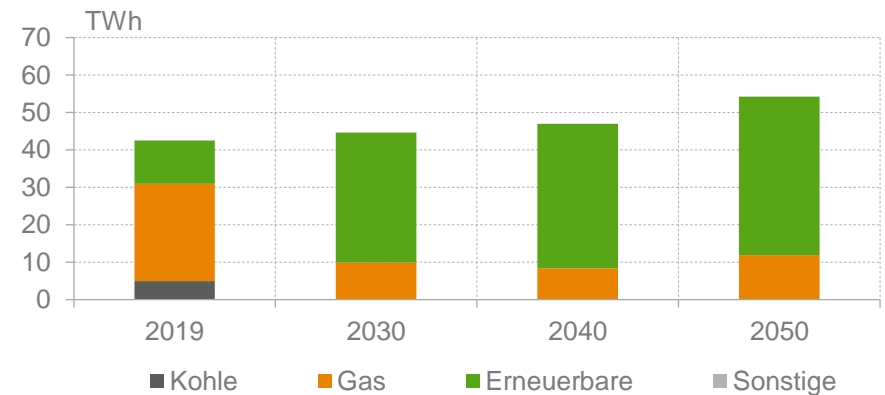
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

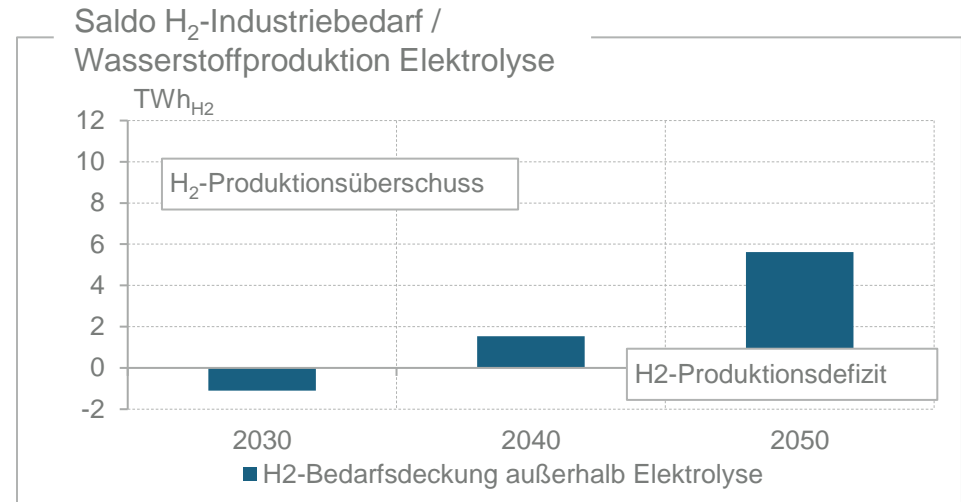
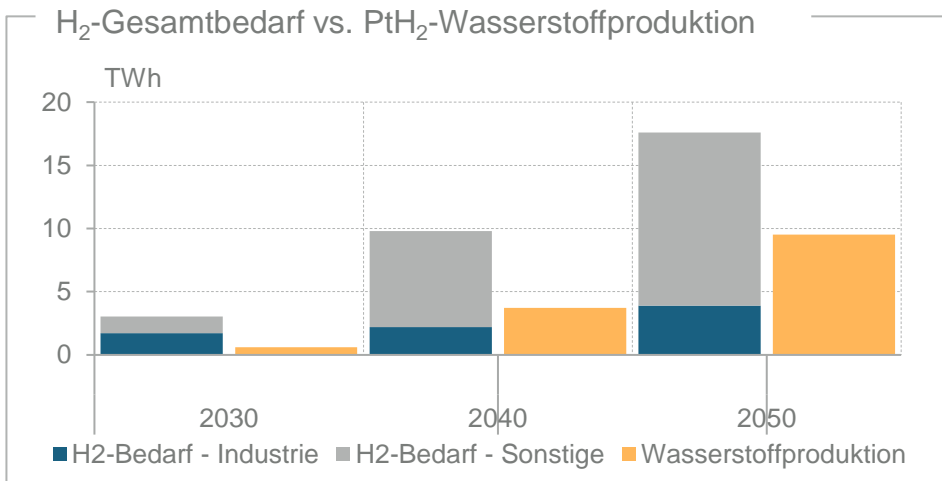
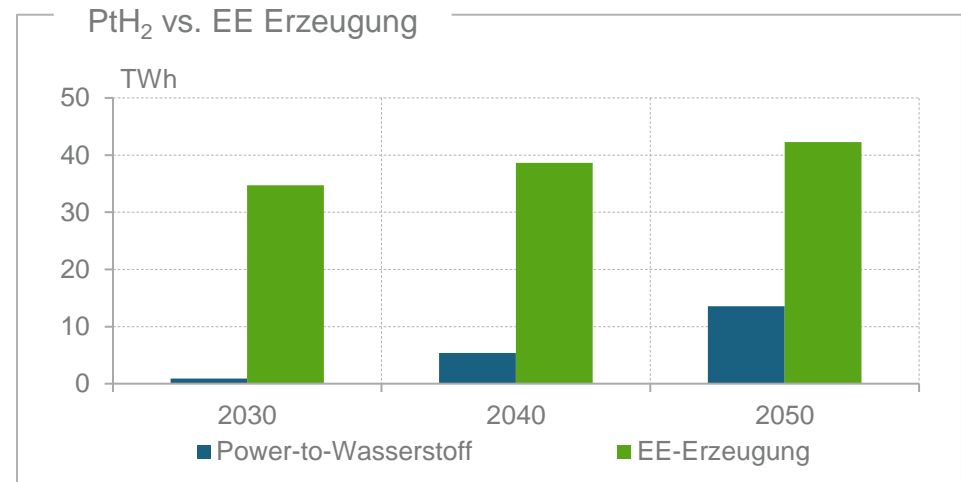
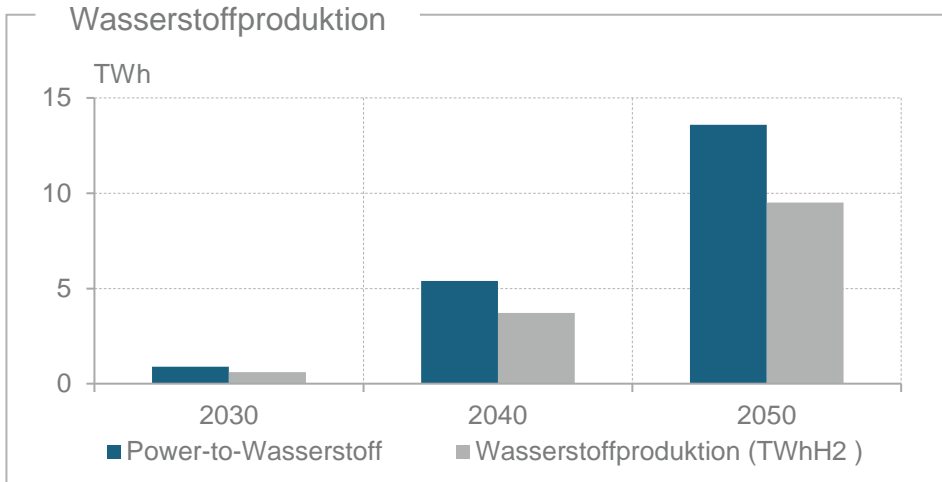


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Irland

Szenario A



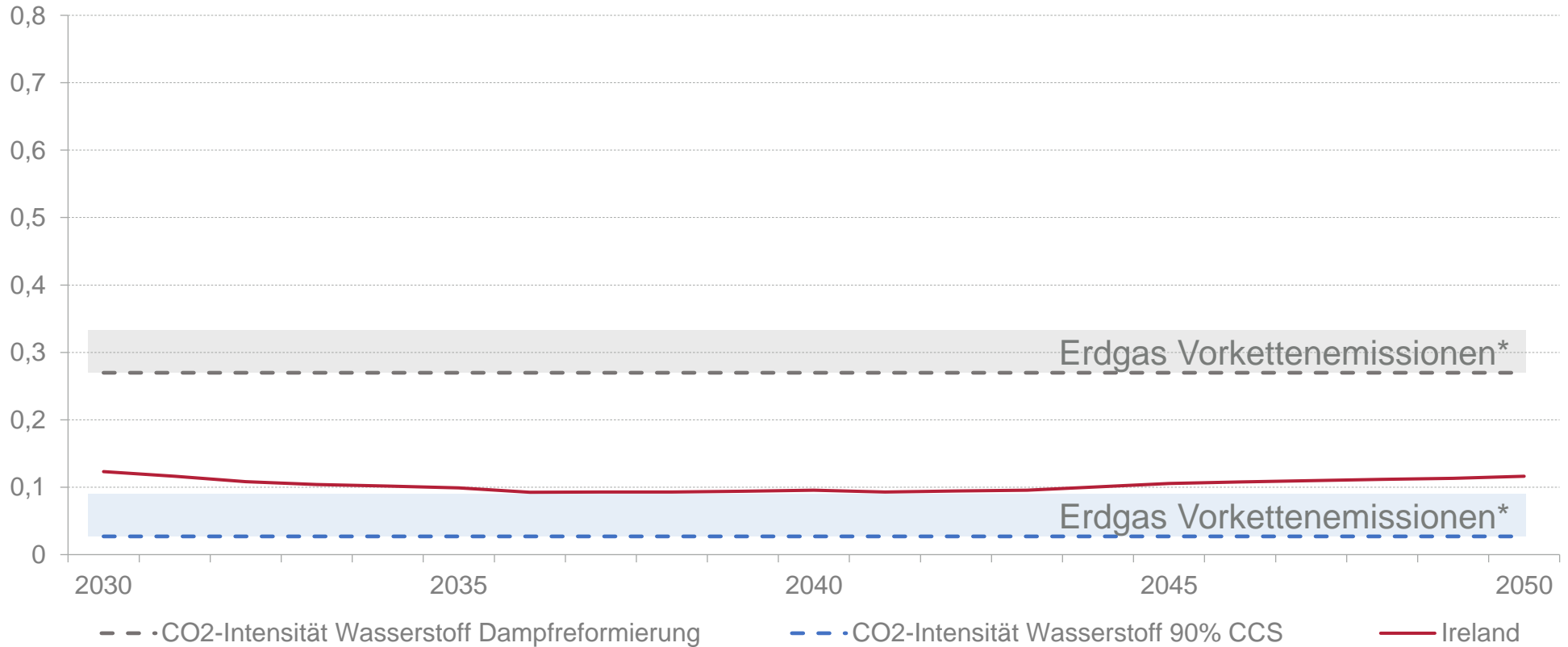
Länder Fact Sheet - Irland

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



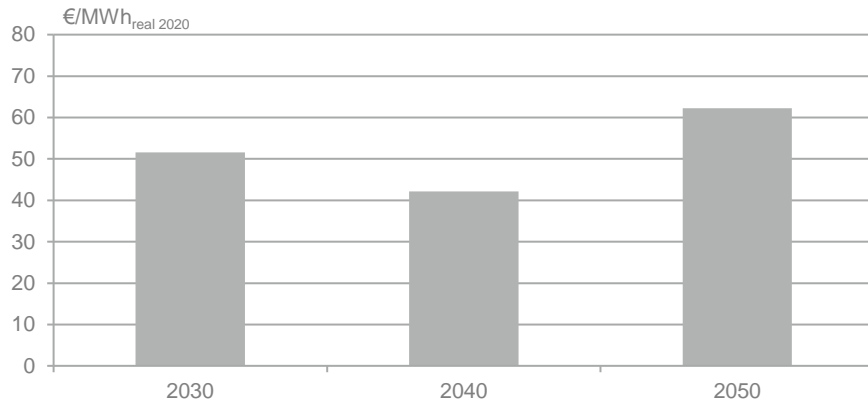
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Irland

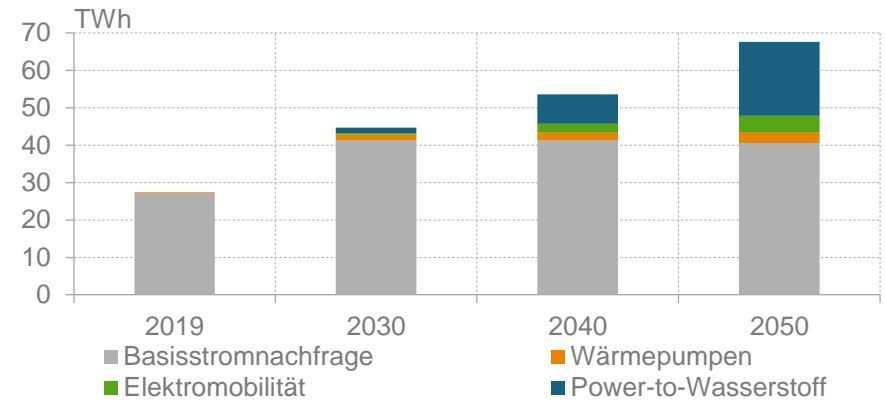
Szenario B



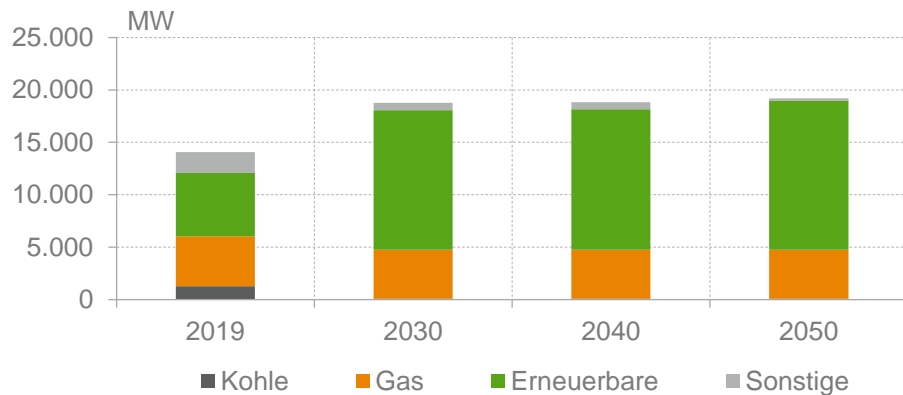
Großhandelsstrompreis



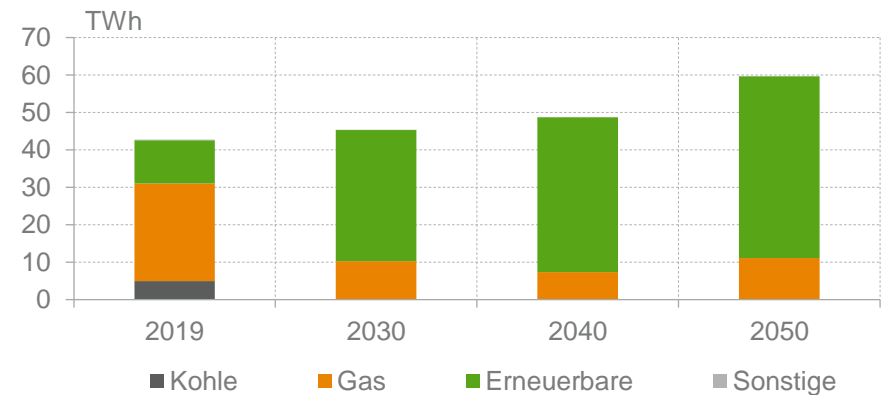
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

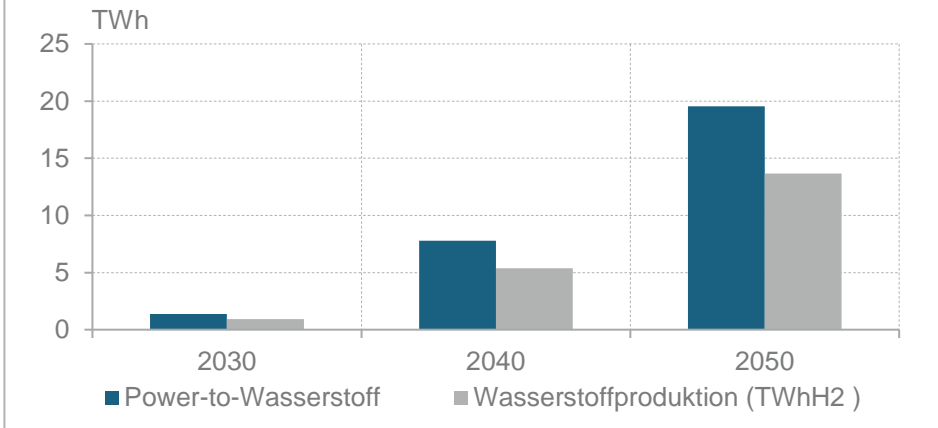


Länder Fact Sheet - Irland

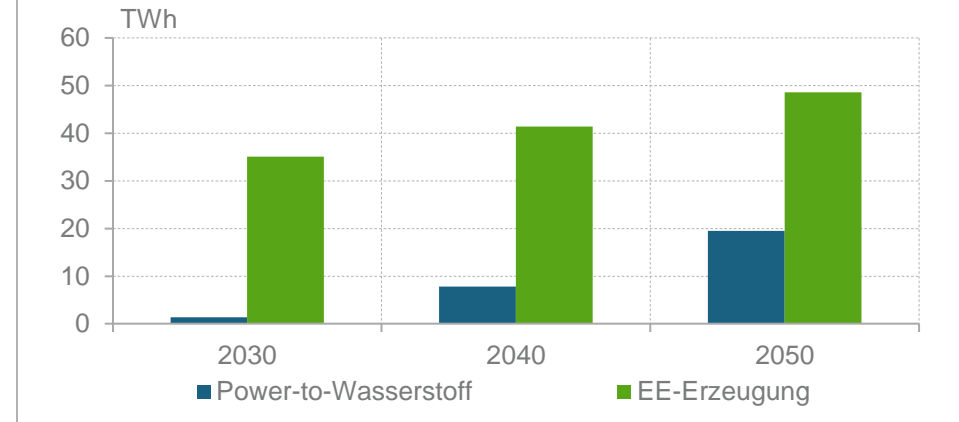
Szenario B



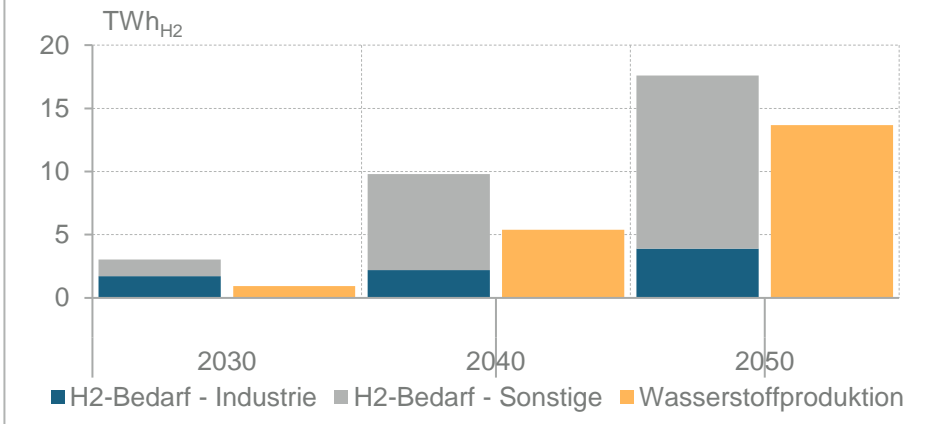
Wasserstoffproduktion



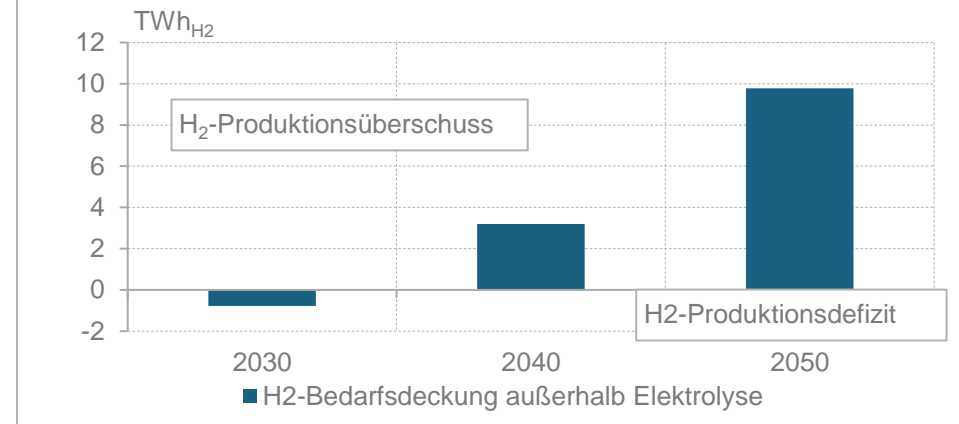
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

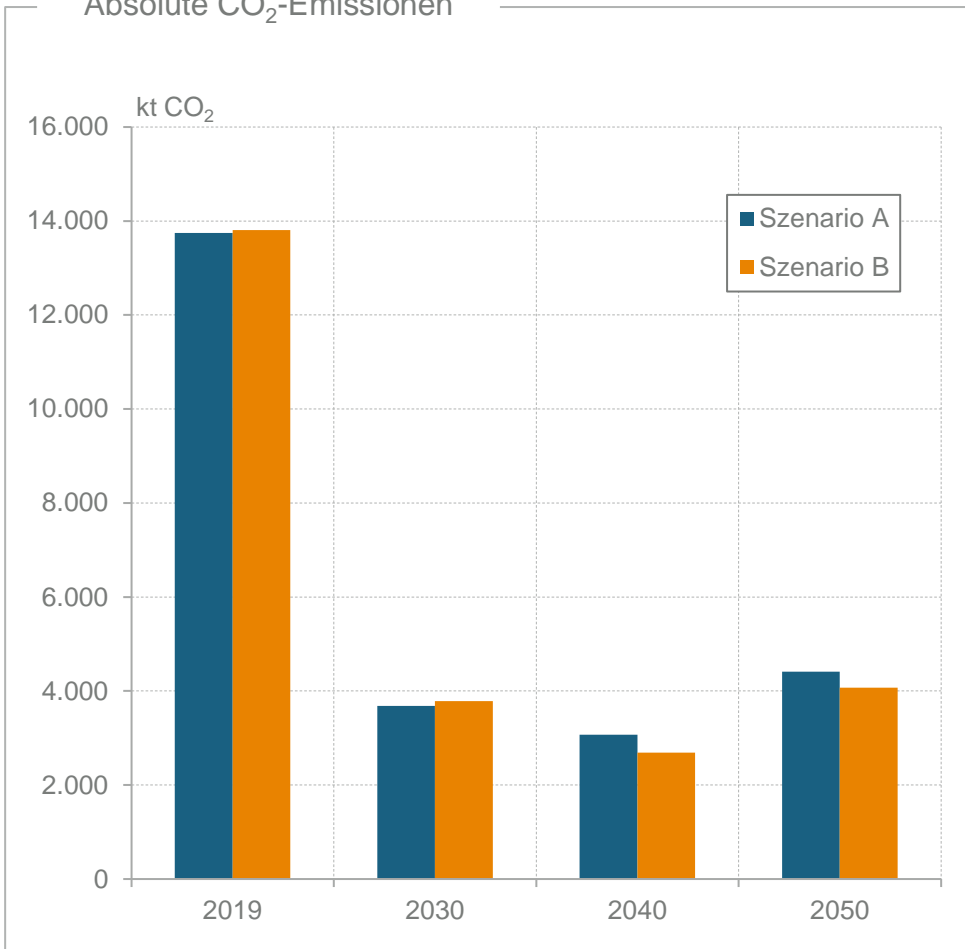


Länder Fact Sheet - Irland

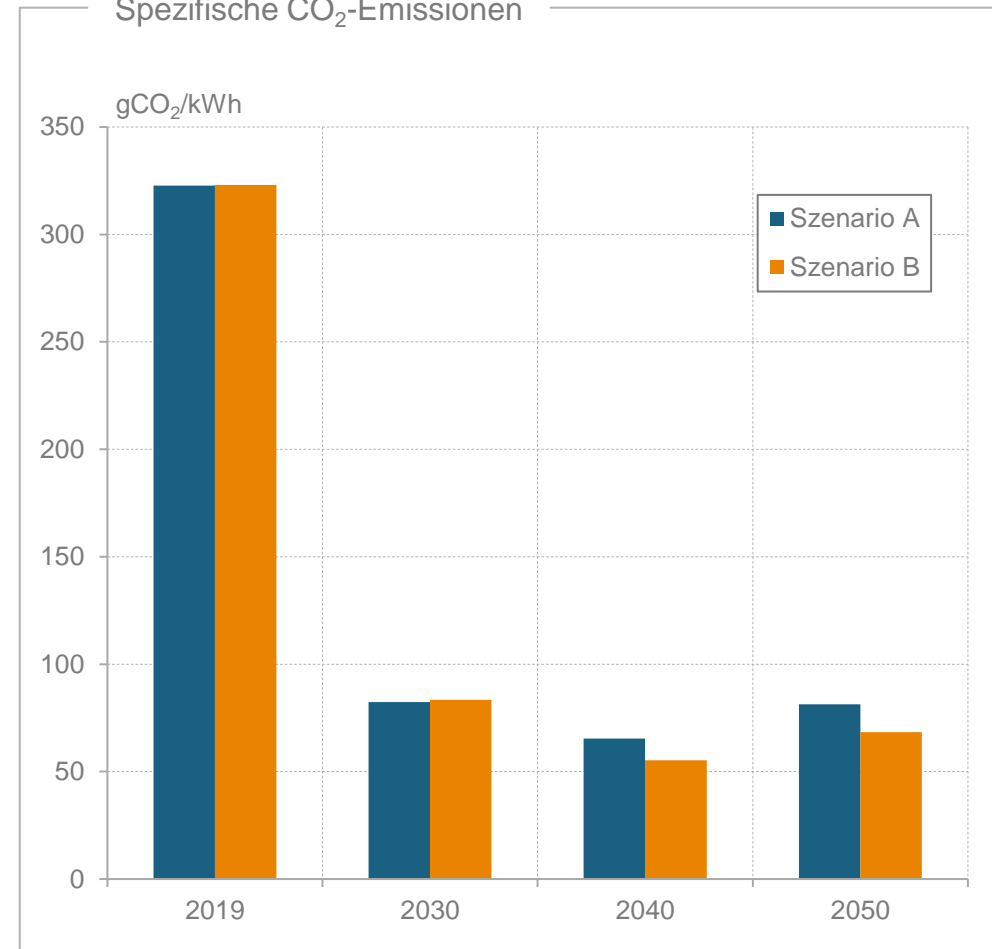
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



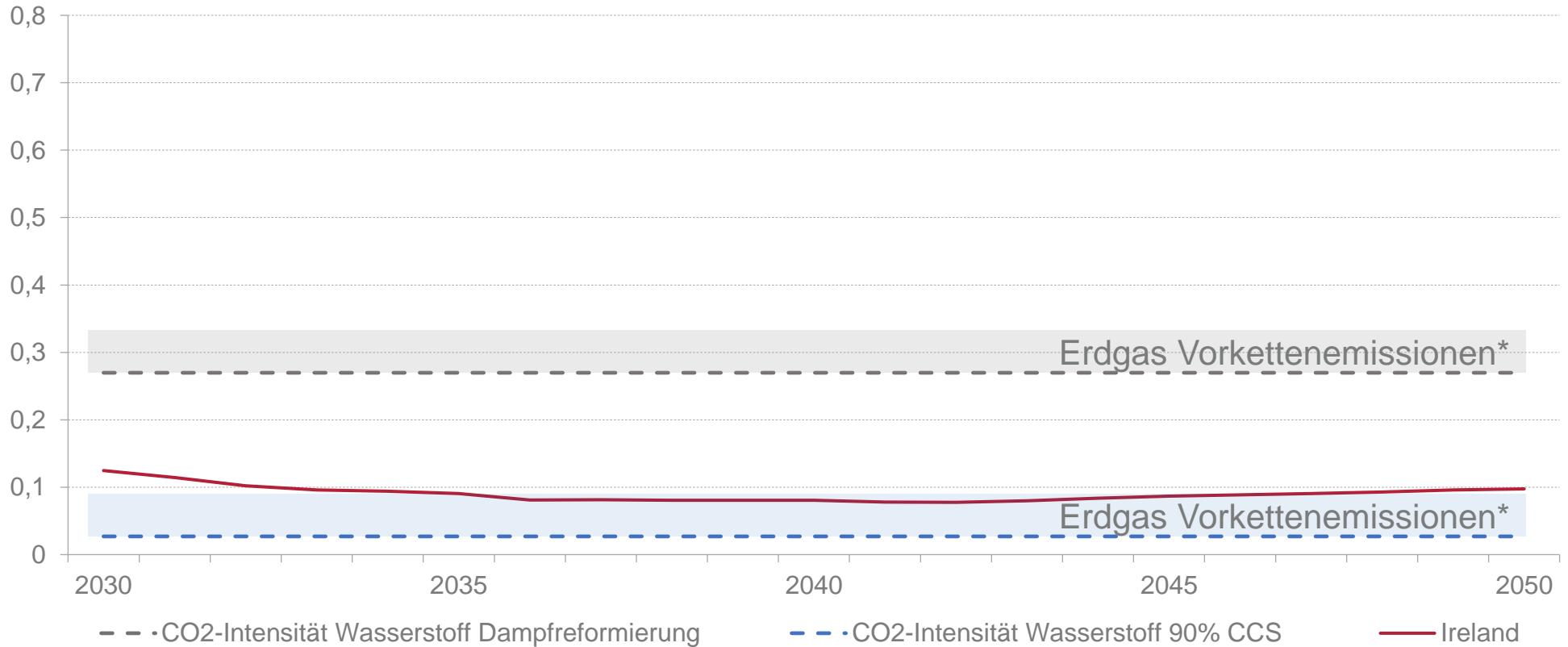
Länder Fact Sheet - Irland

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

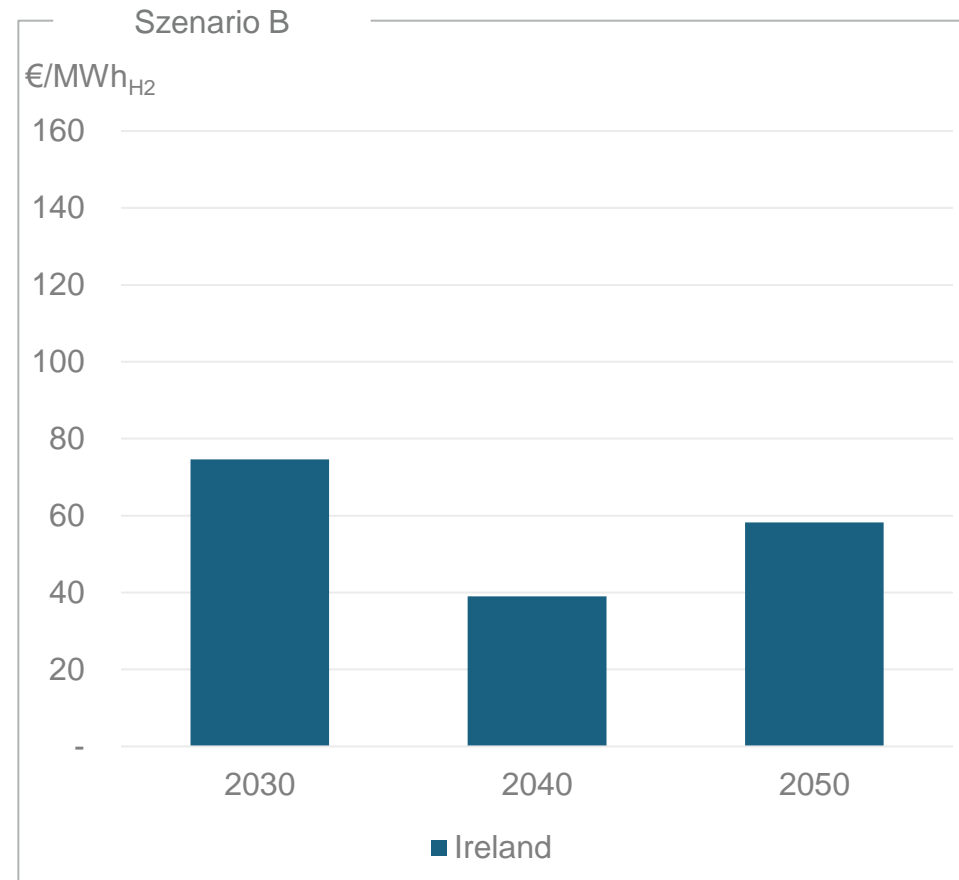
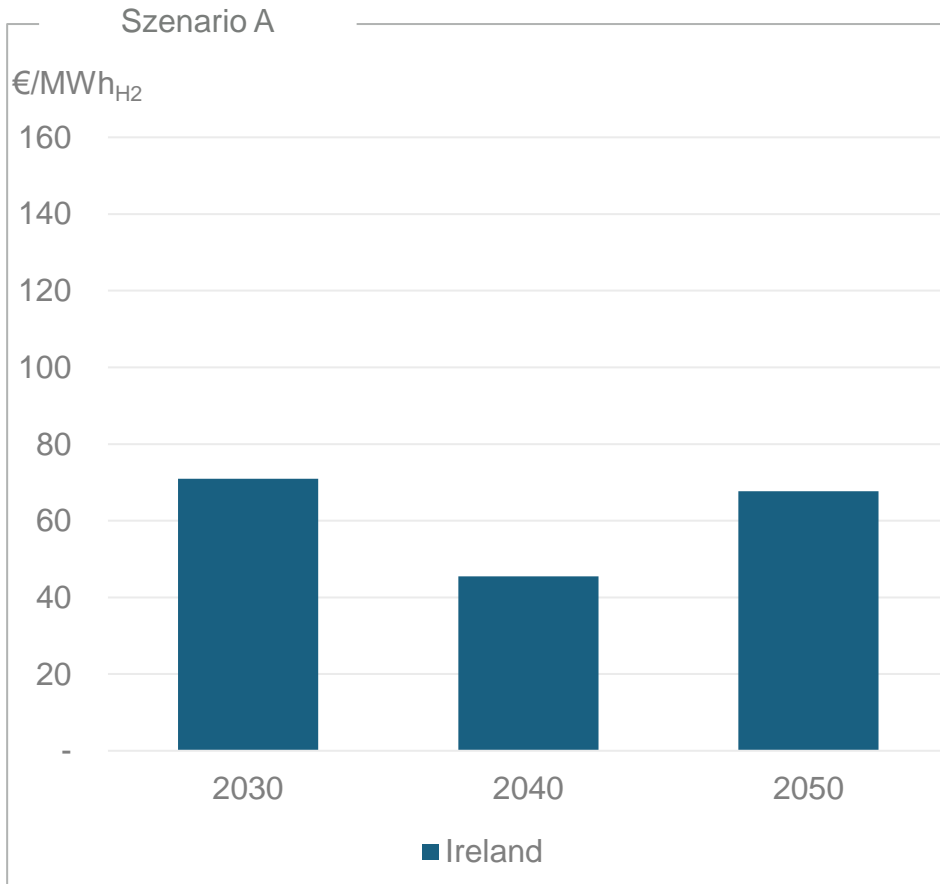
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Irland

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

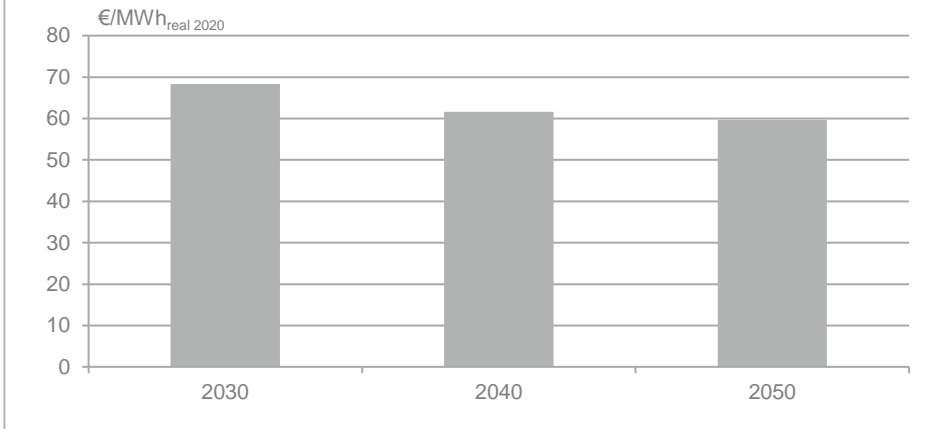


Länder Fact Sheet - Italien

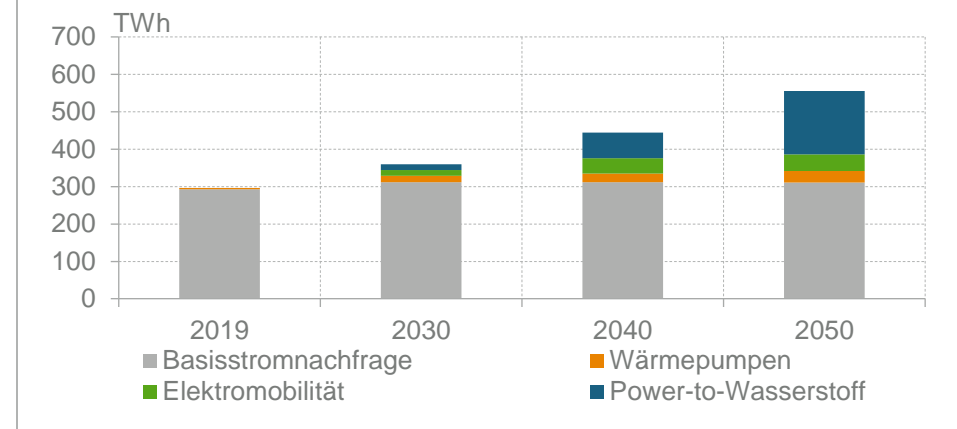
Szenario A



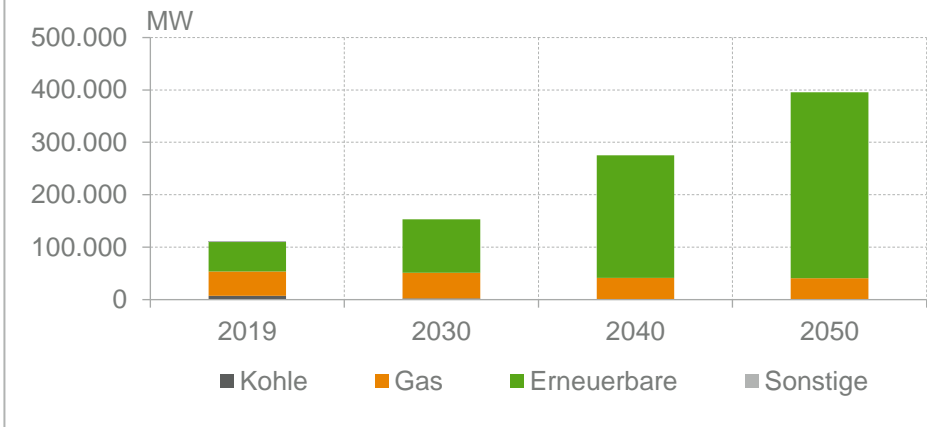
Großhandelsstrompreis



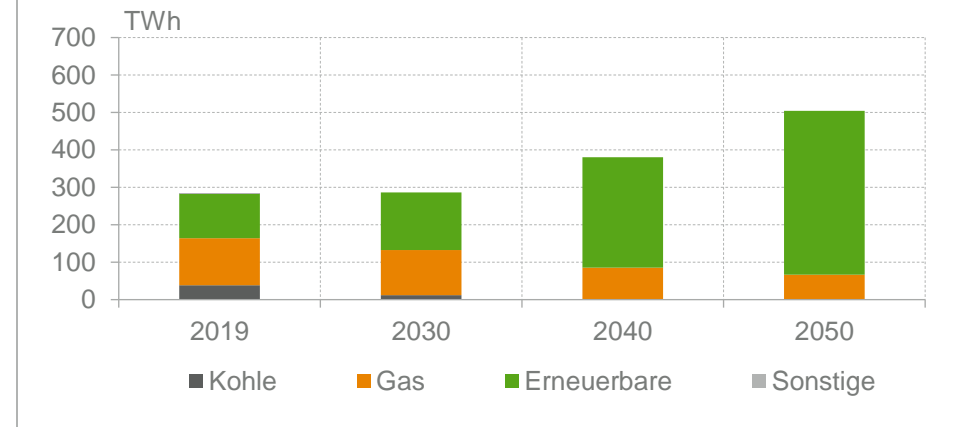
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

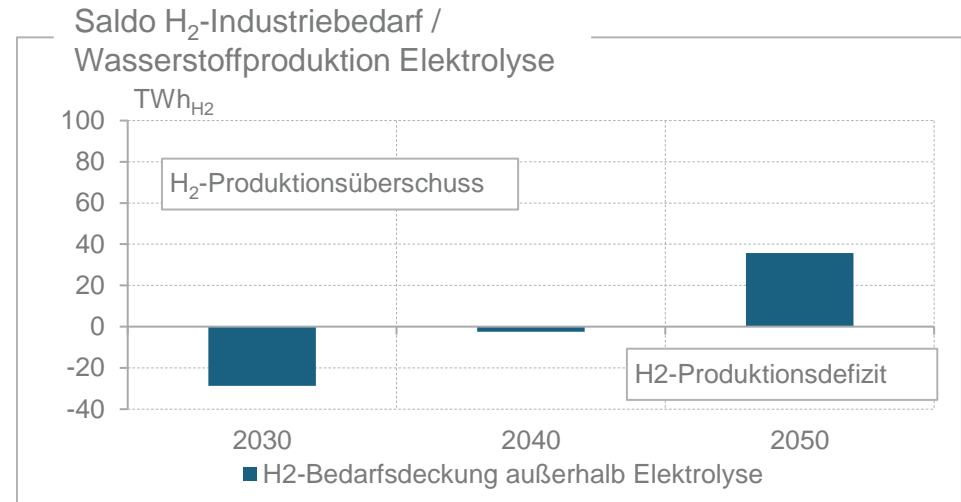
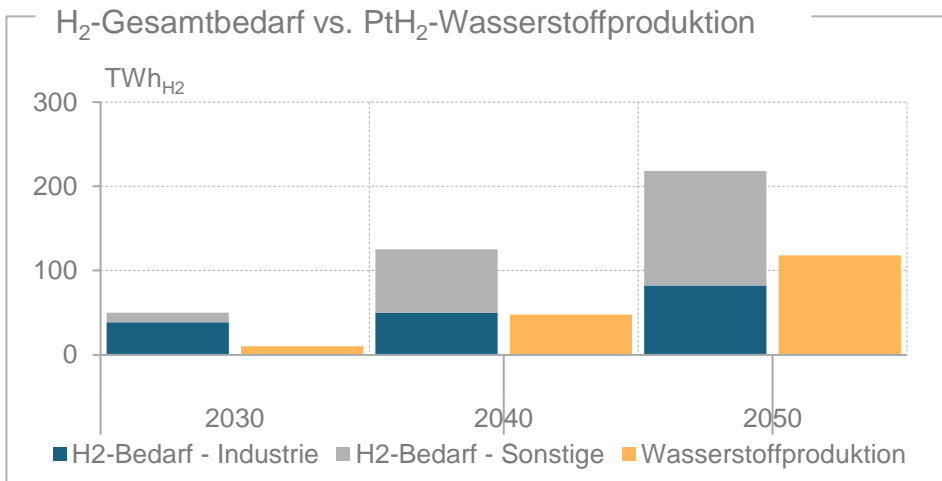
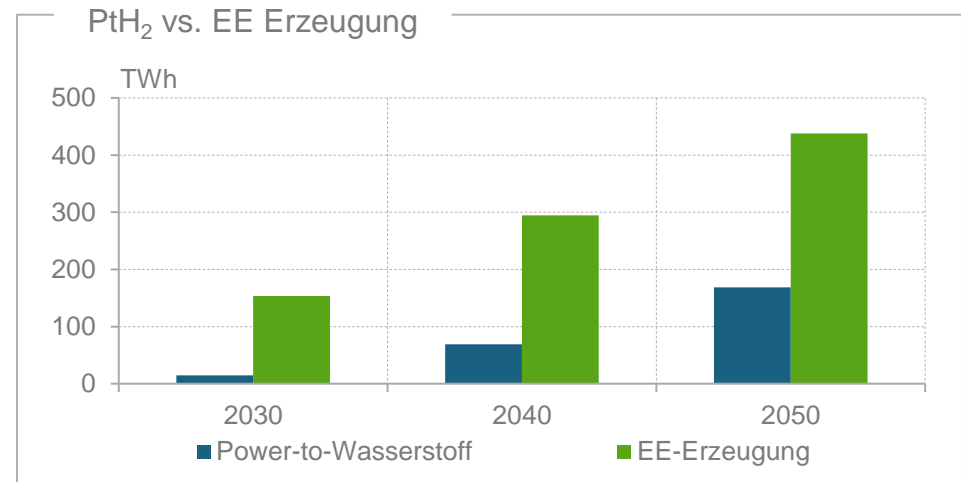
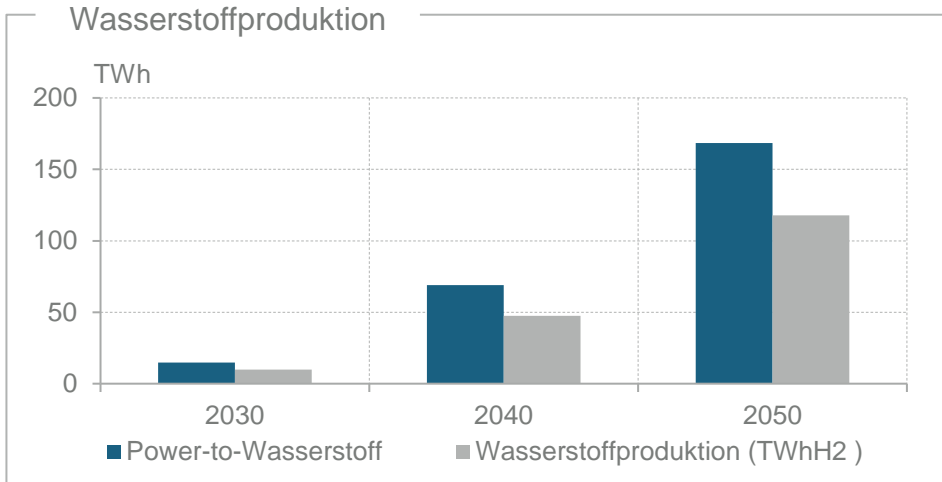


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Italien

Szenario A

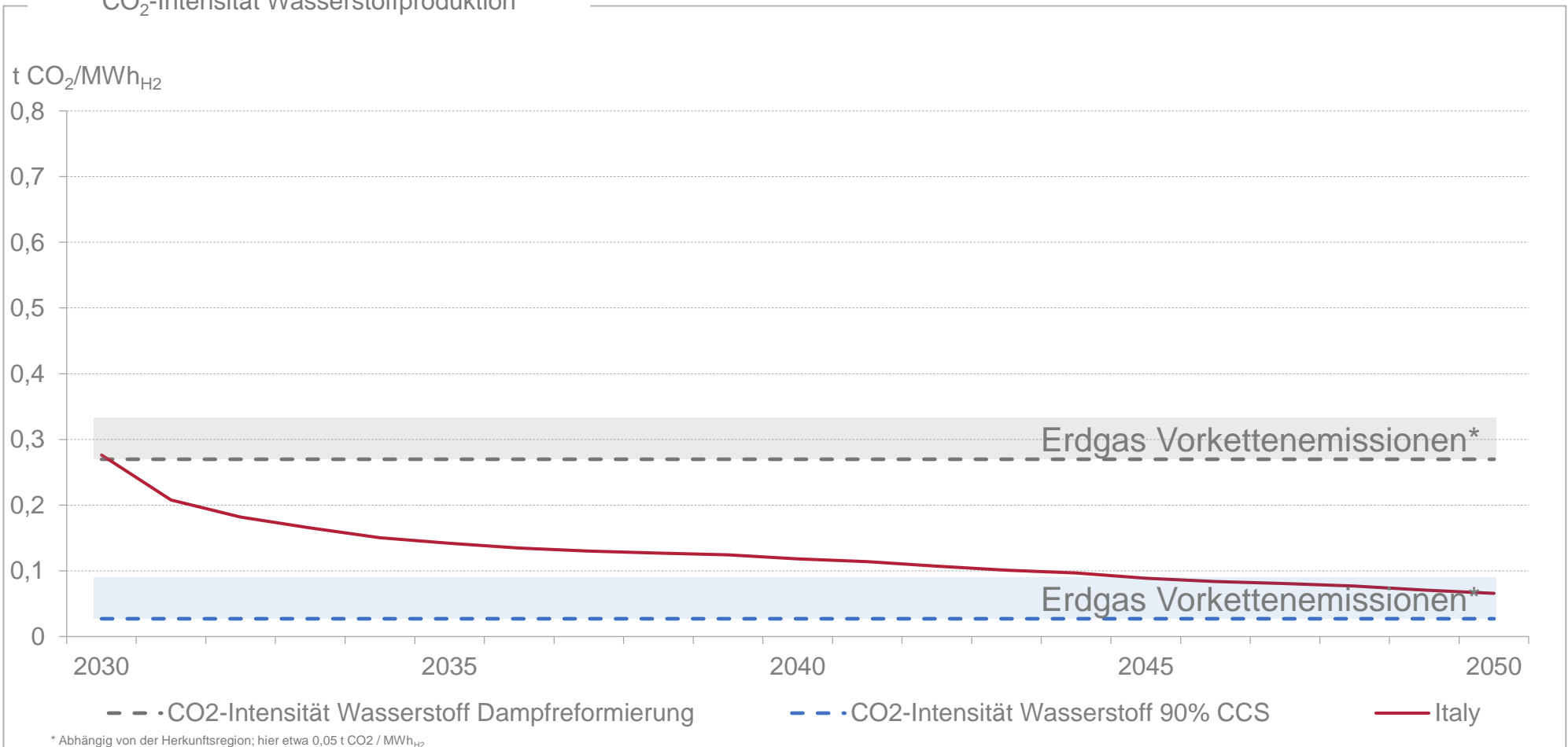


Länder Fact Sheet - Italien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

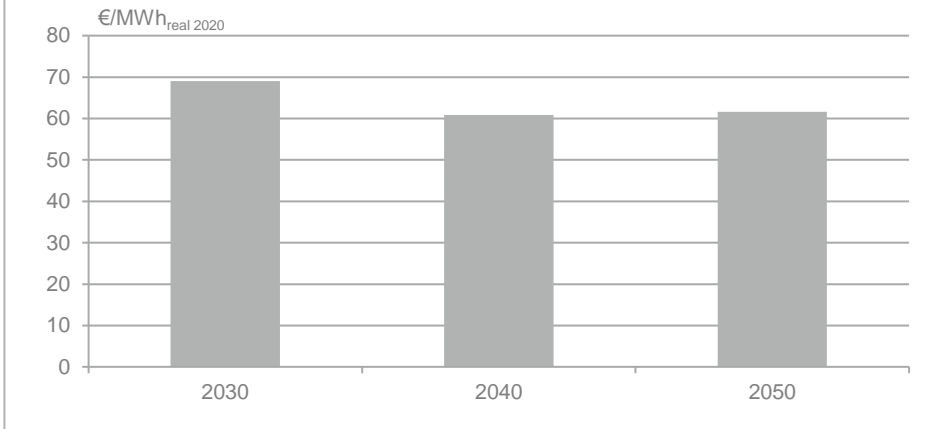


Länder Fact Sheet - Italien

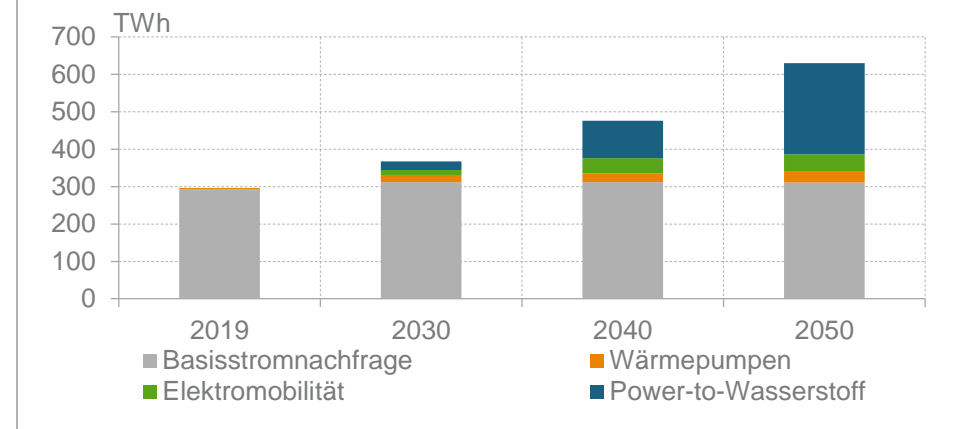
Szenario B



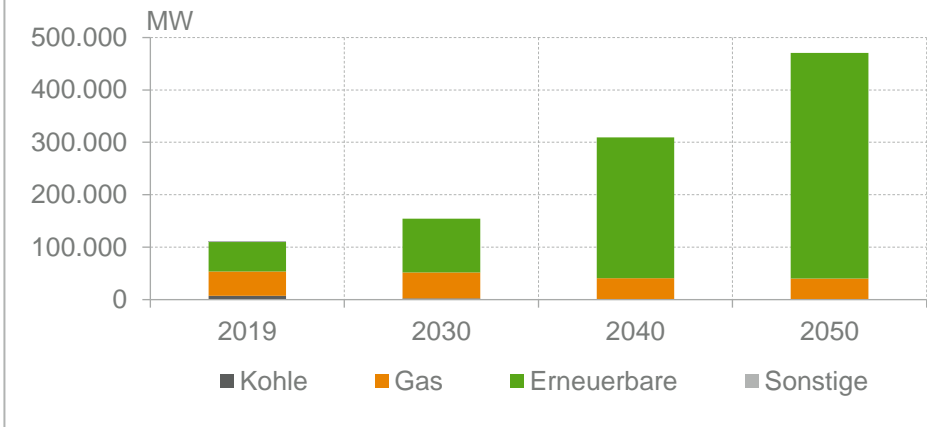
Großhandelsstrompreis



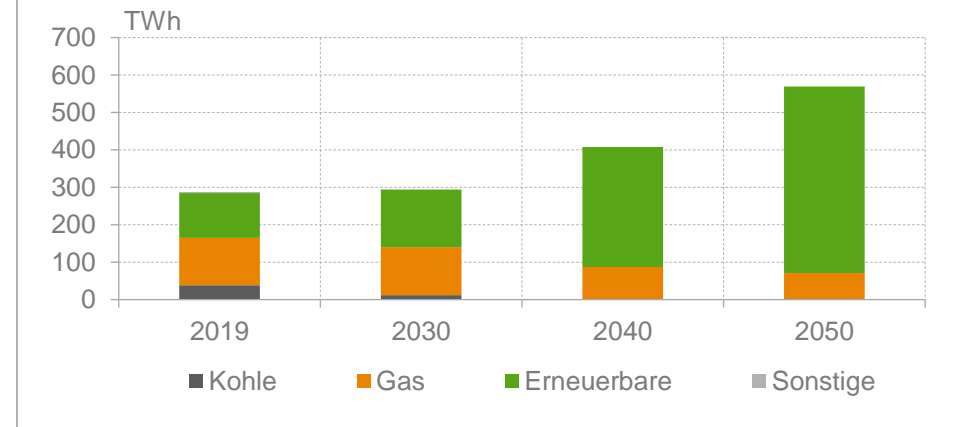
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

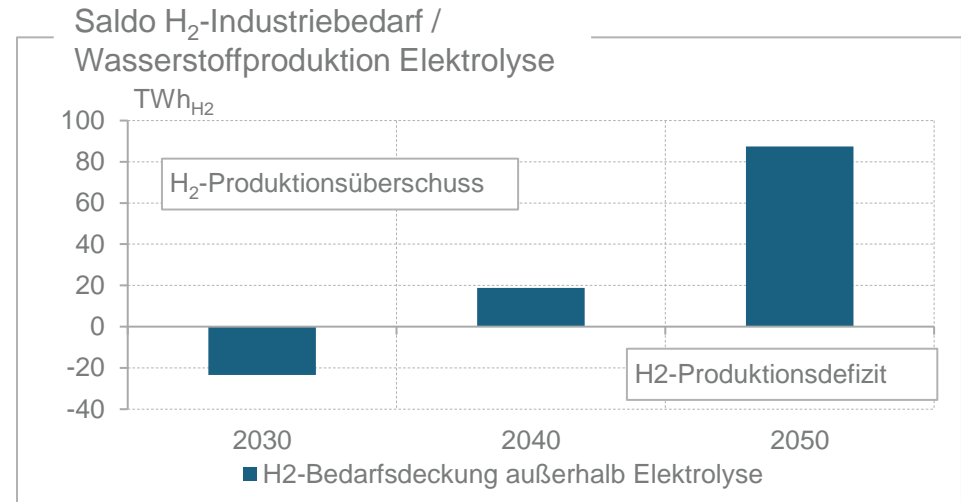
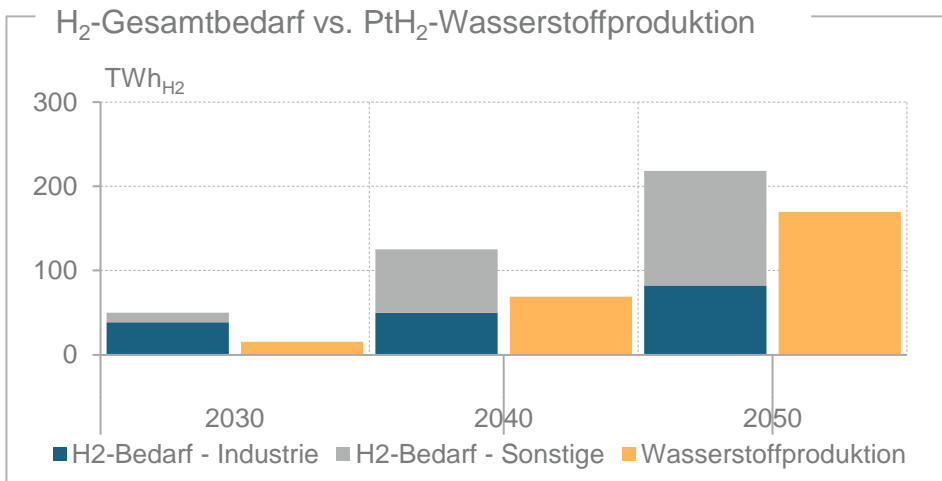
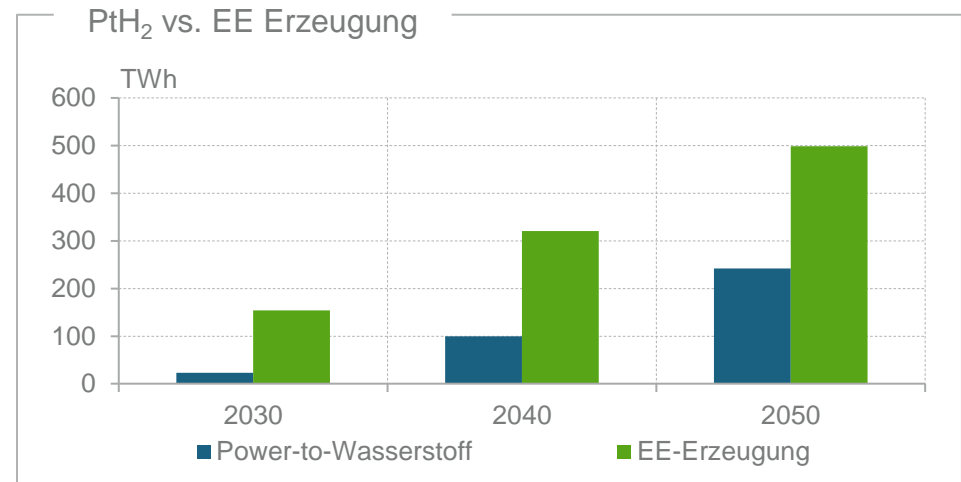
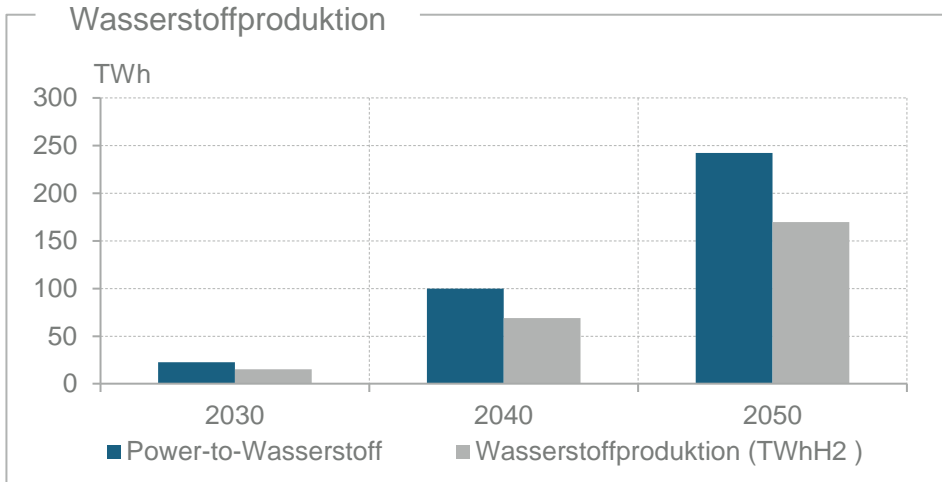


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Italien

Szenario B

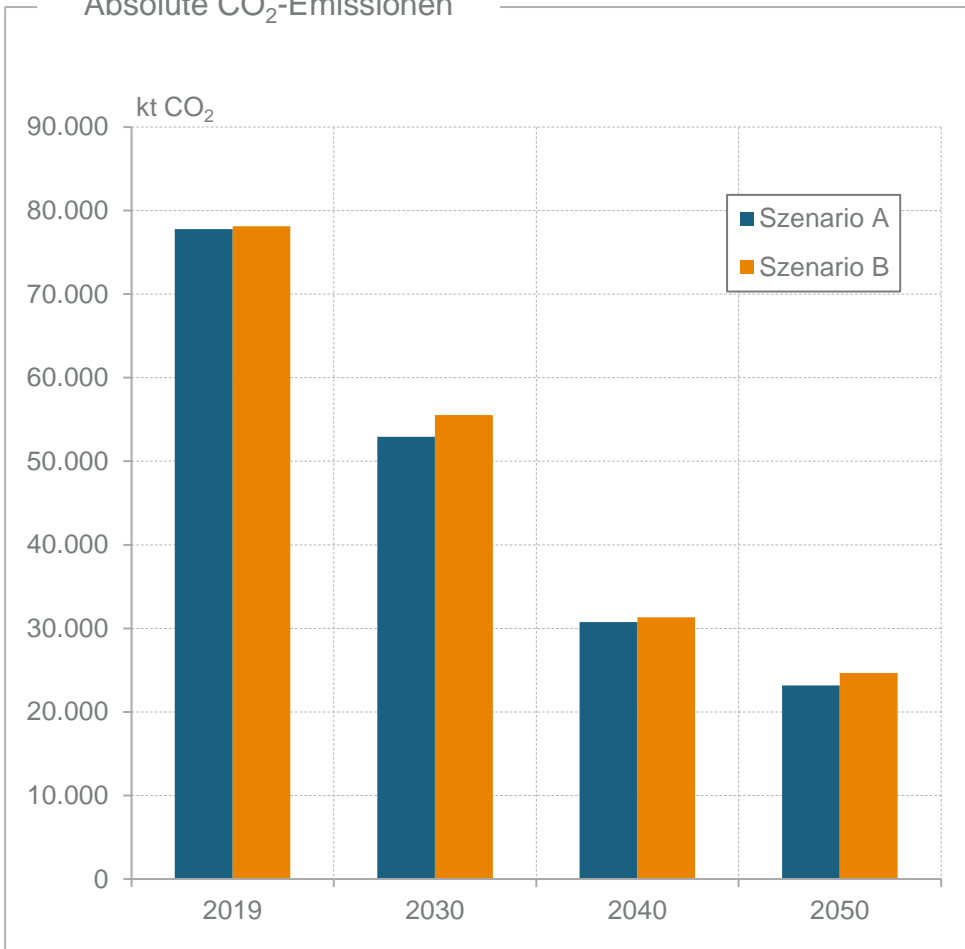


Länder Fact Sheet - Italien

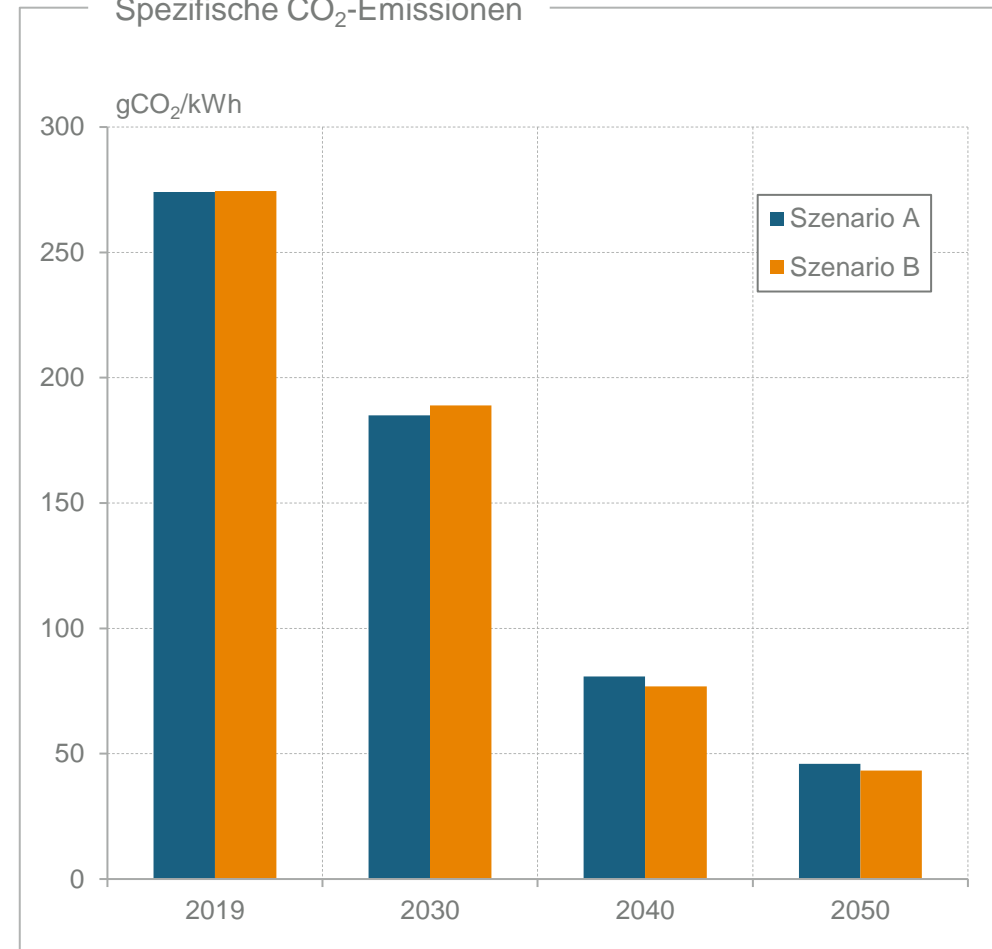
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



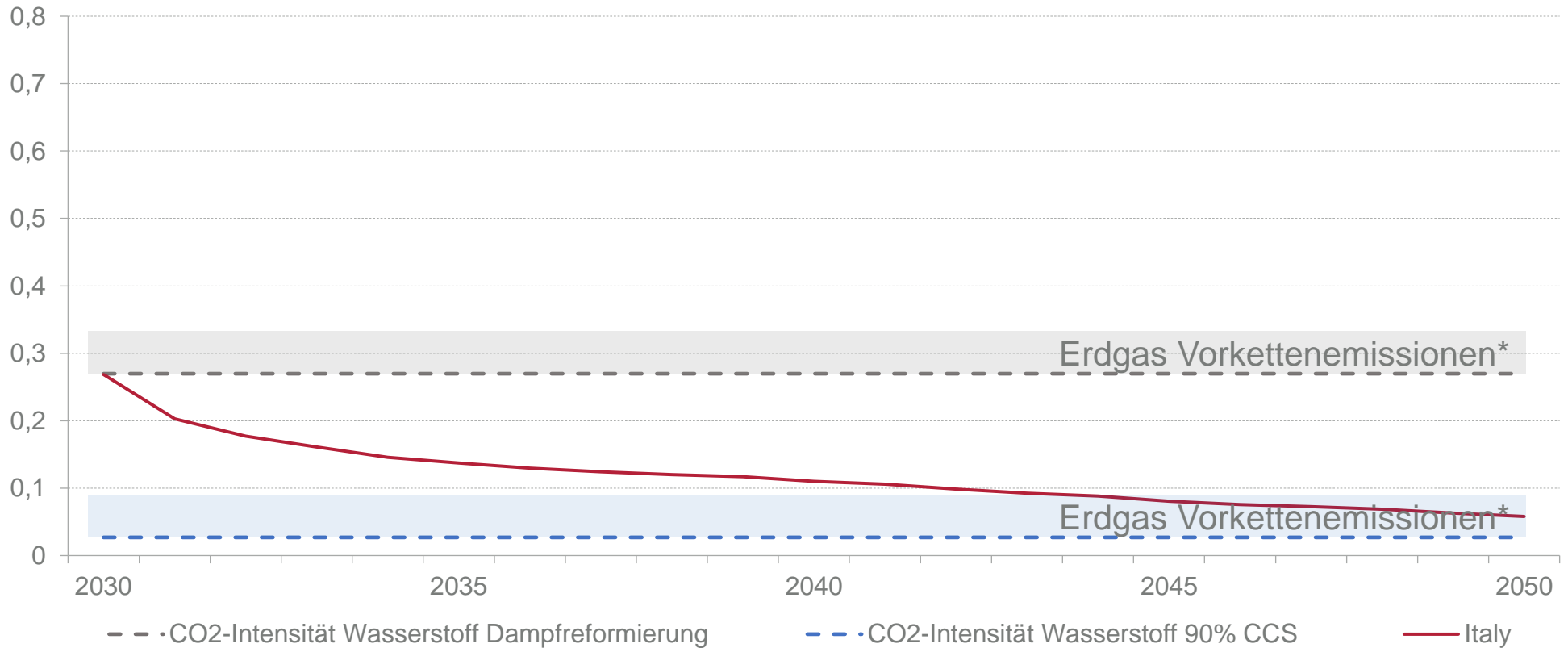
Länder Fact Sheet - Italien

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

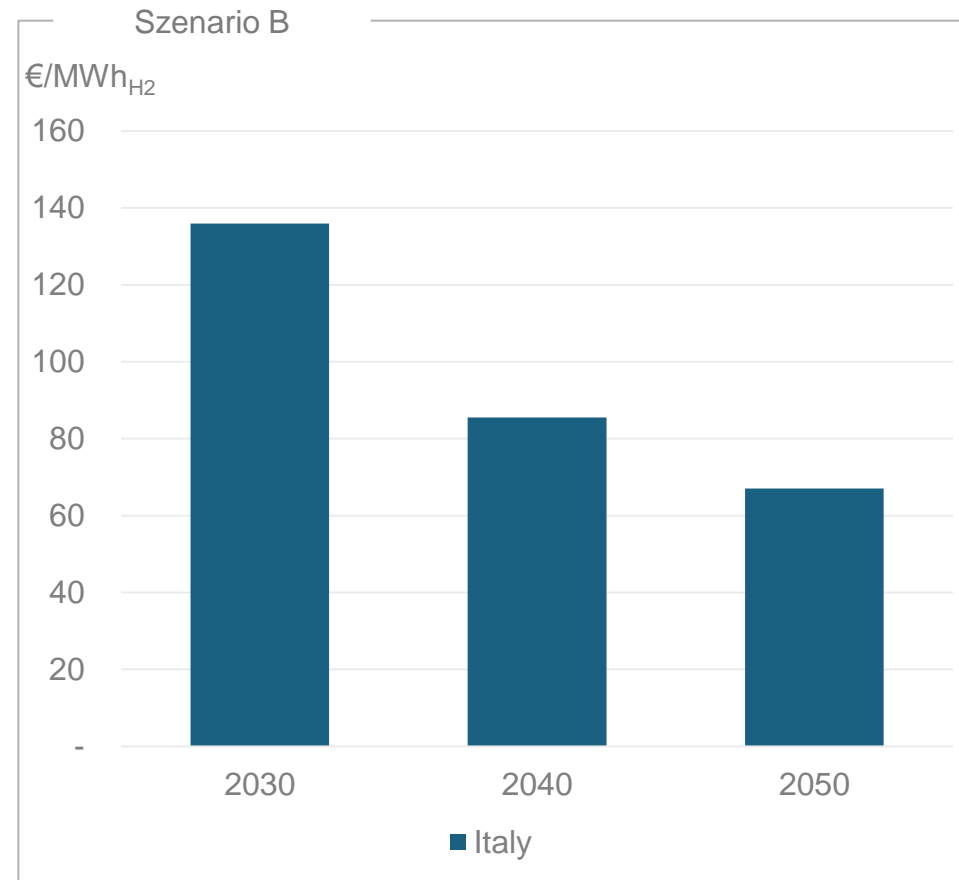
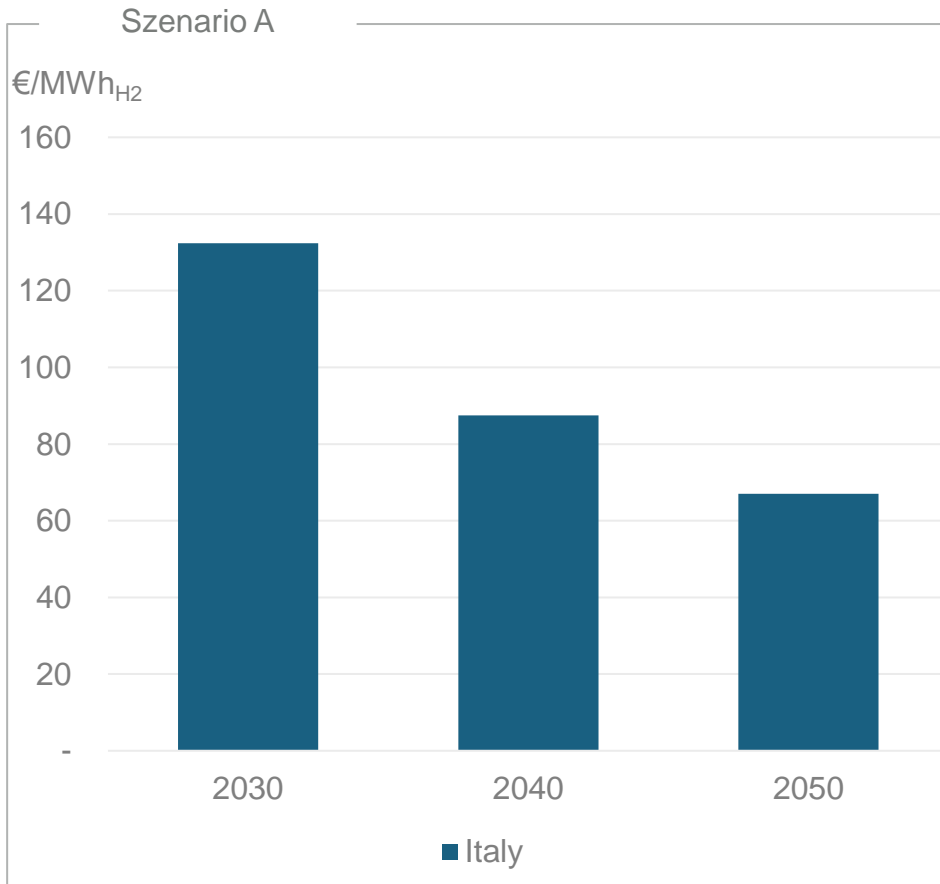
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Italien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasiertem Einsatz des Elektrolyseurs

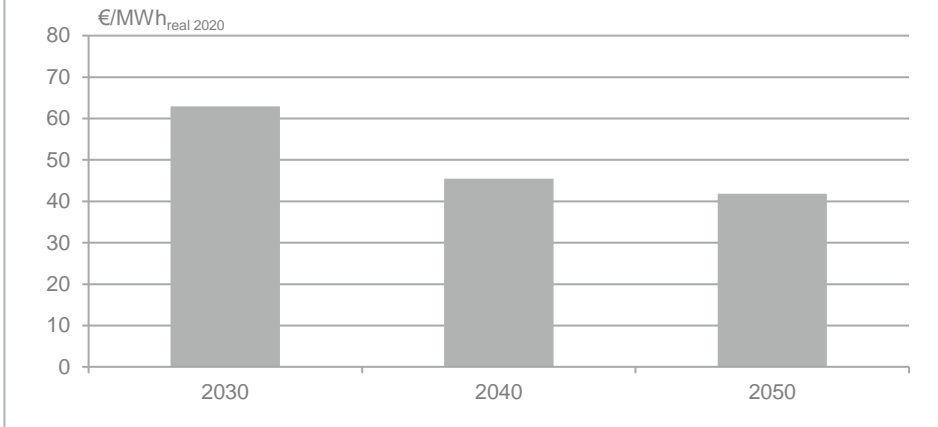


Länder Fact Sheet - Litauen

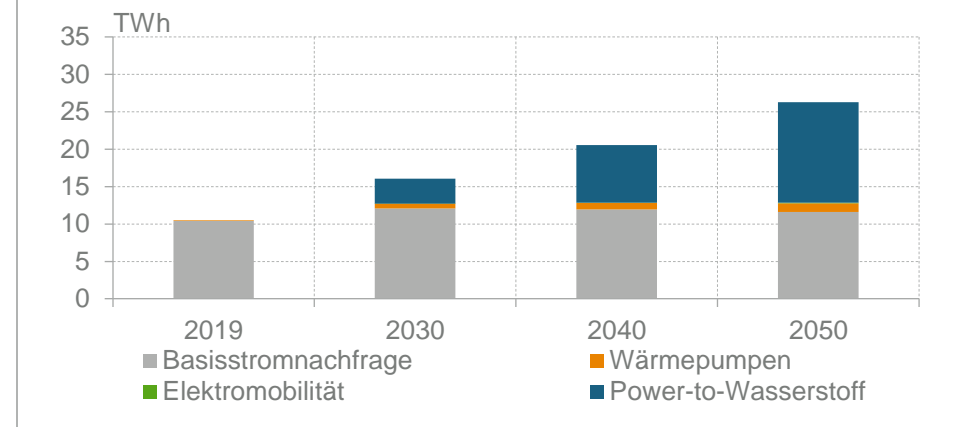
Szenario A



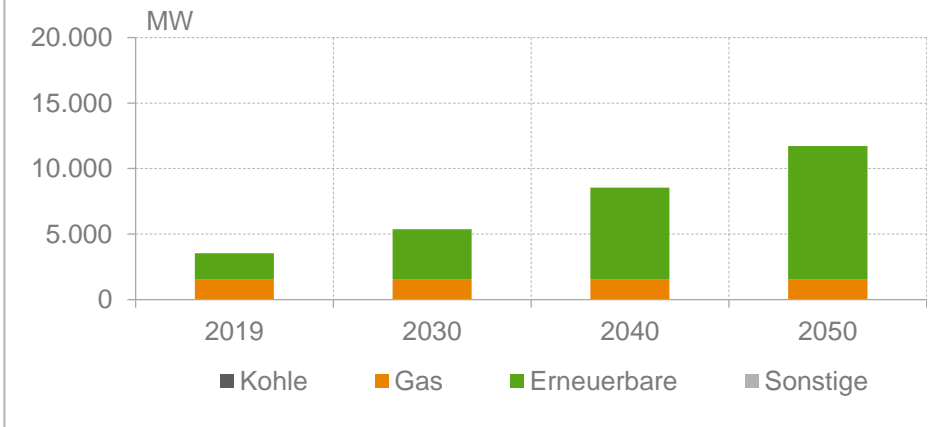
Großhandelsstrompreis



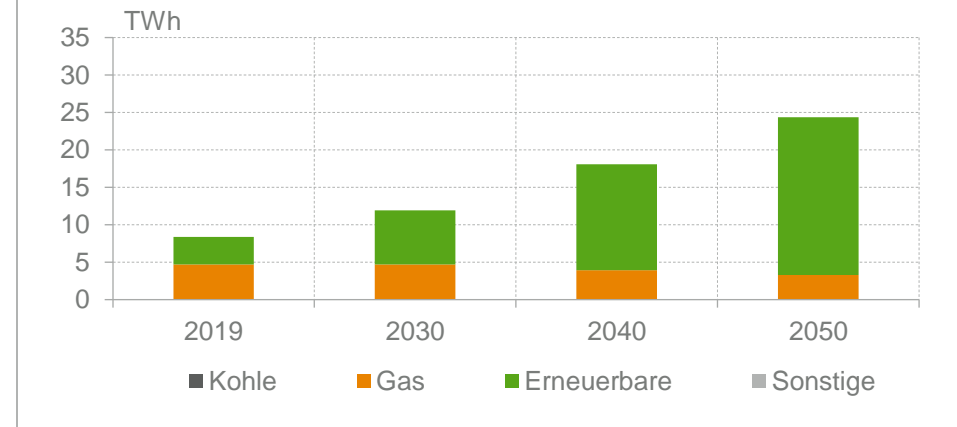
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

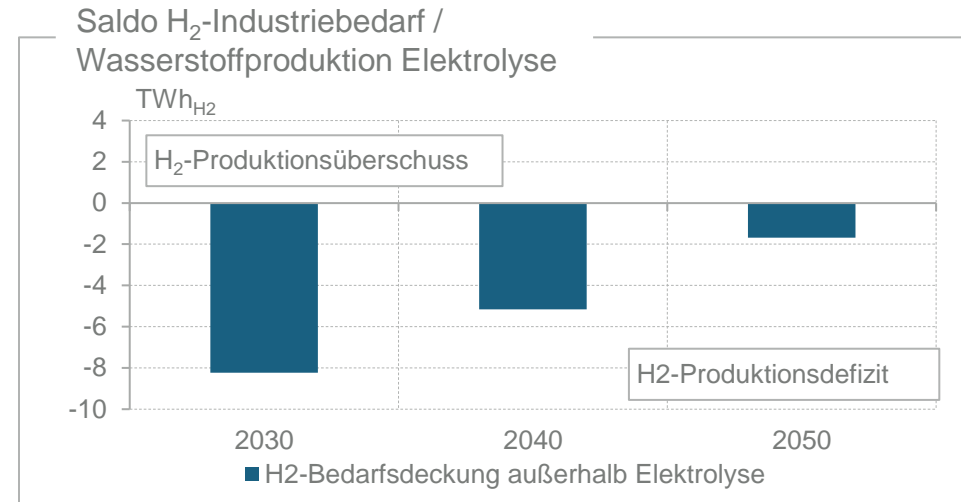
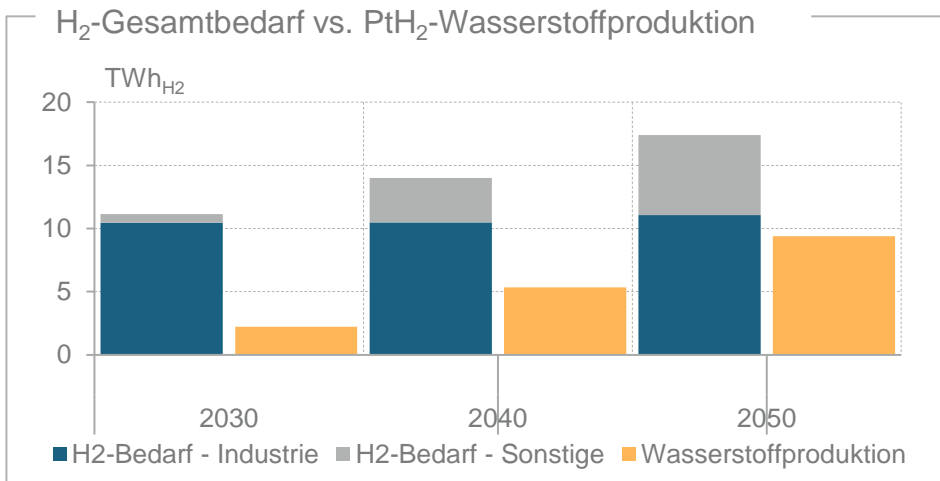
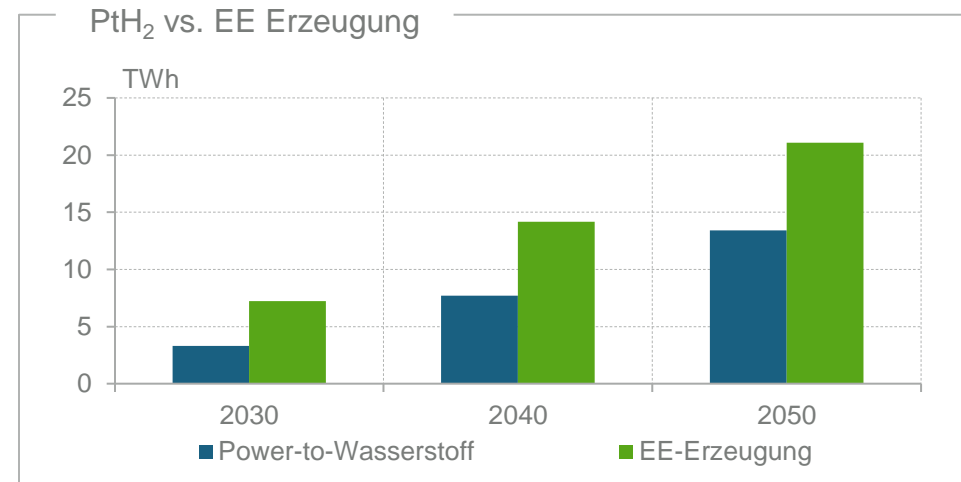
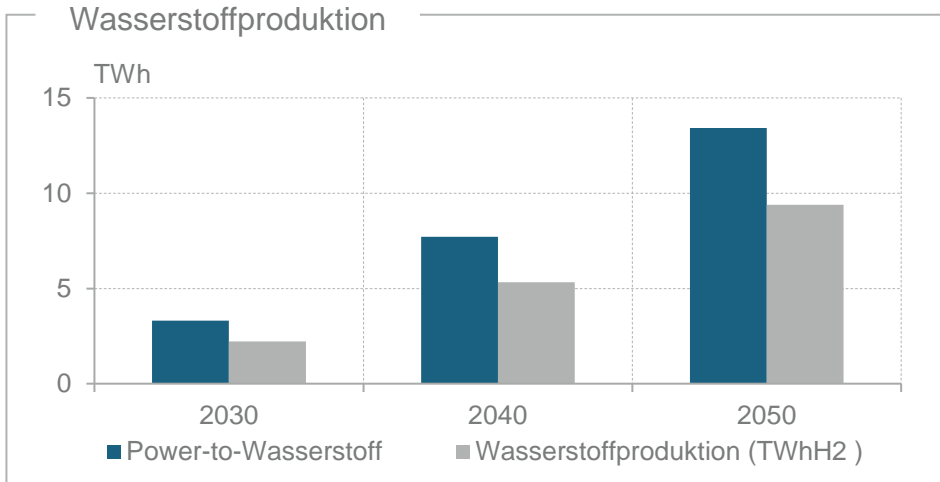


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Litauen

Szenario A



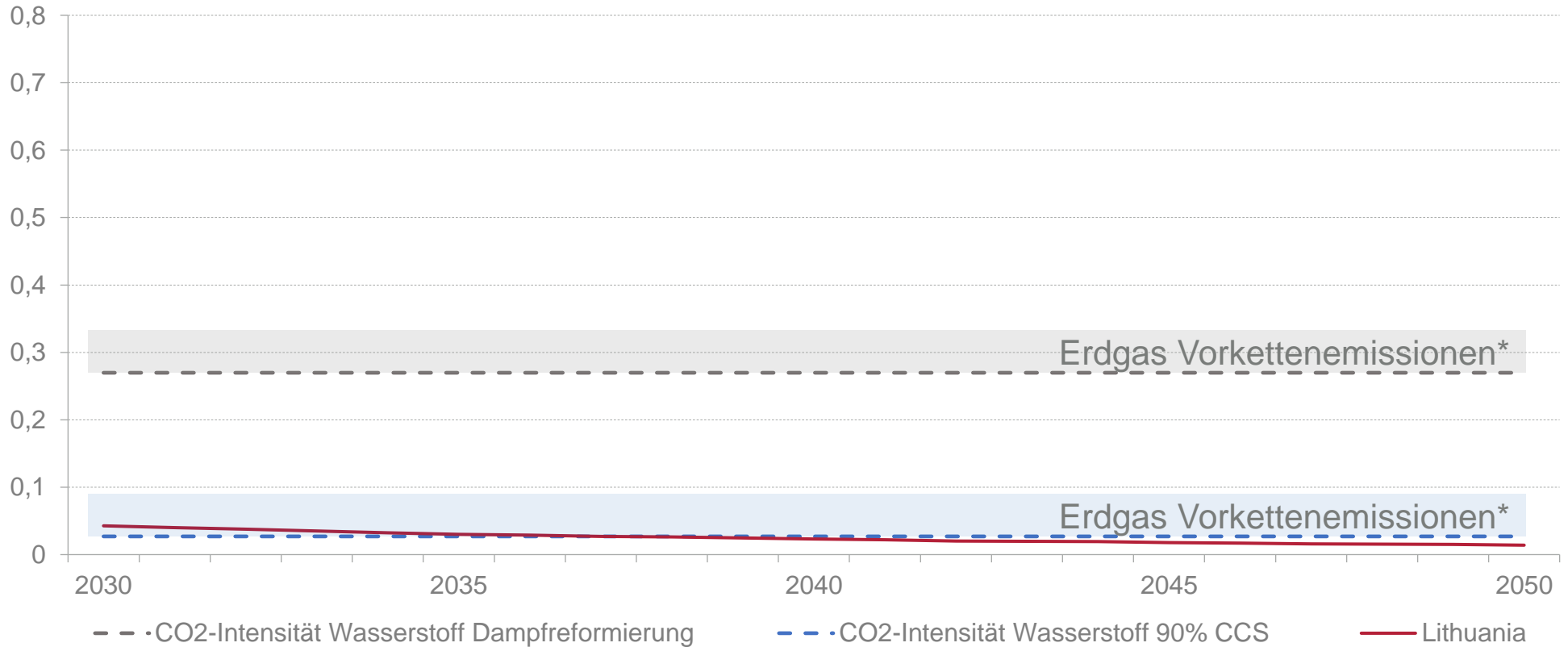
Länder Fact Sheet - Litauen

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



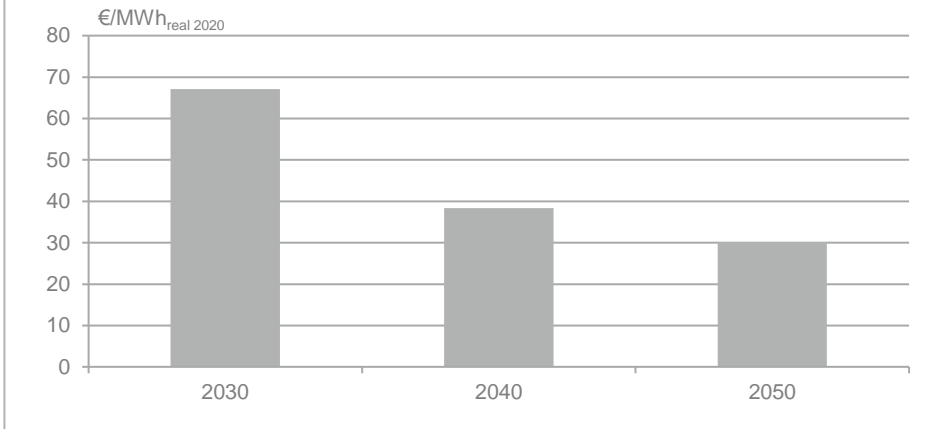
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Litauen

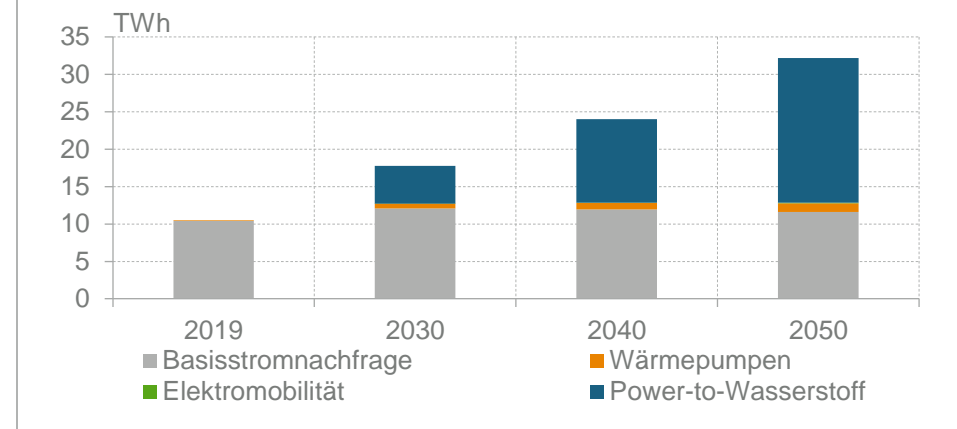
Szenario B



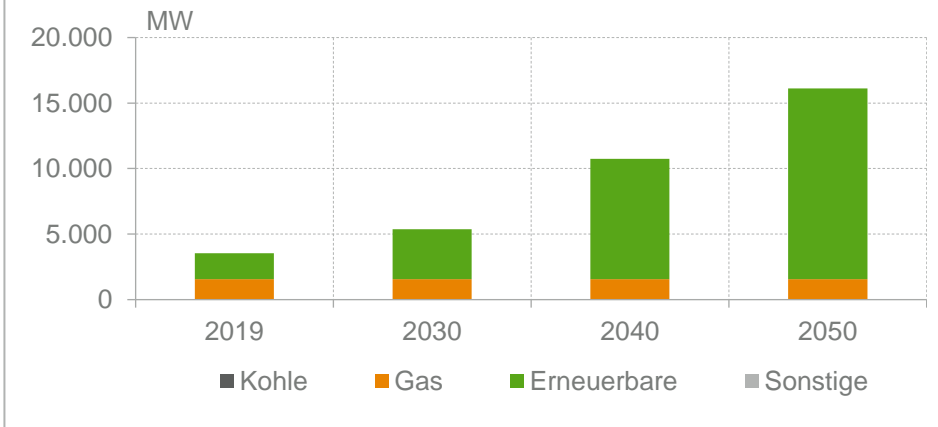
Großhandelsstrompreis



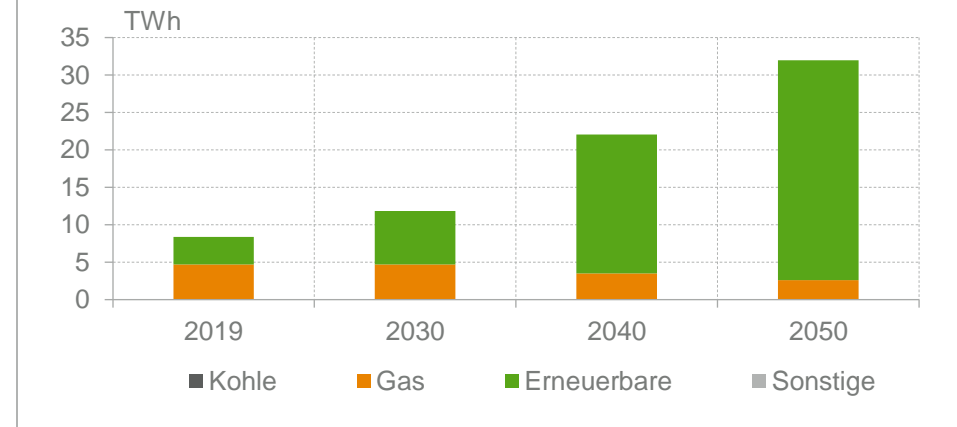
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

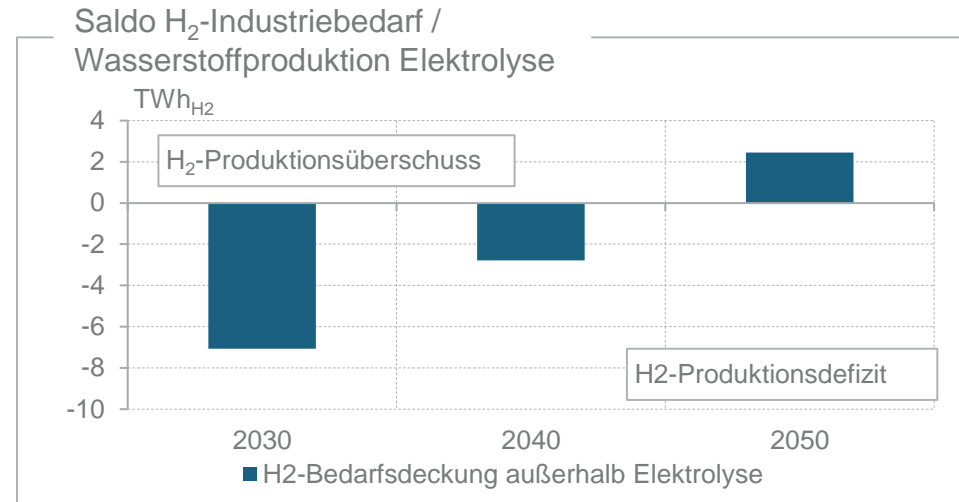
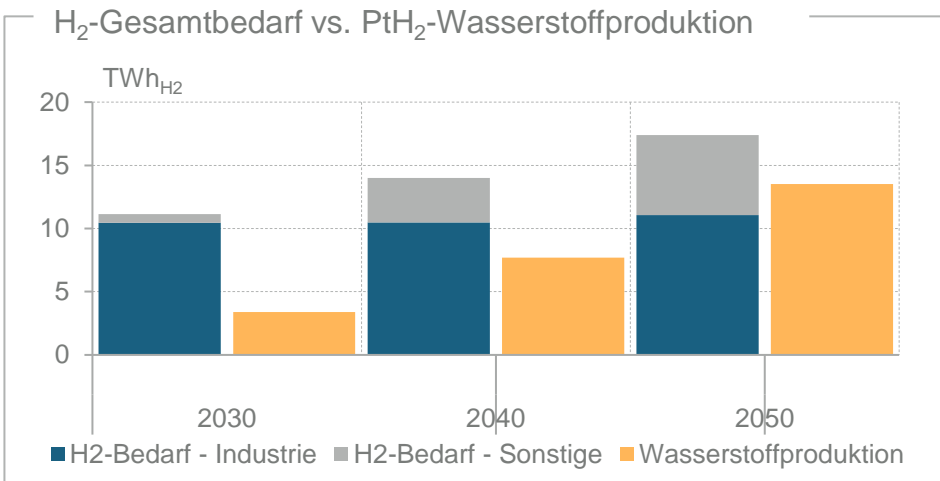
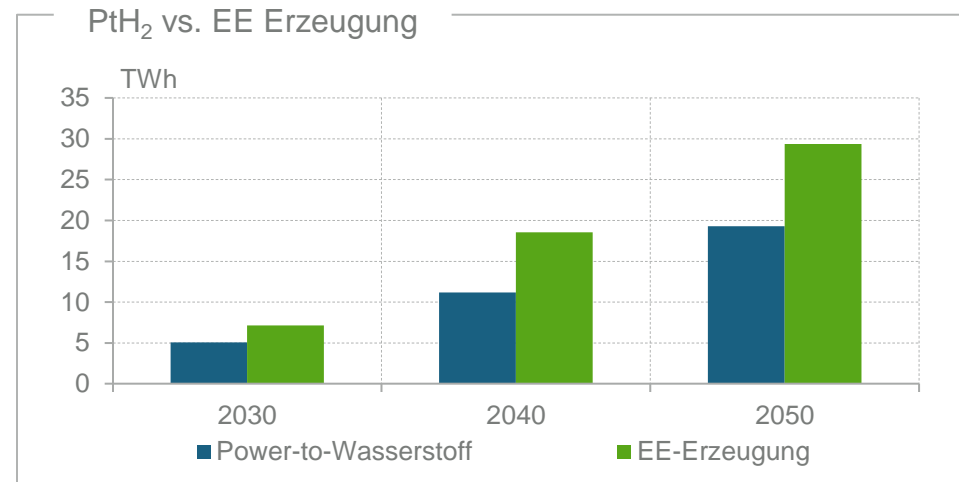
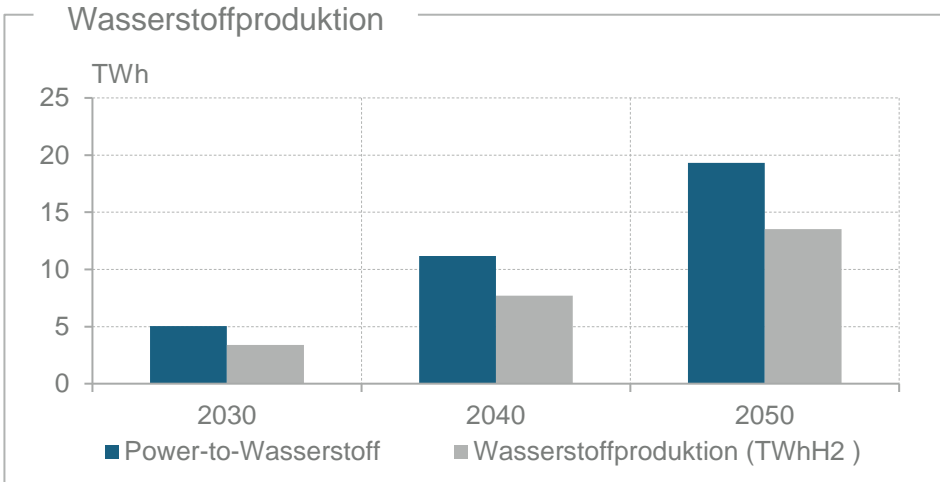


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Litauen

Szenario B

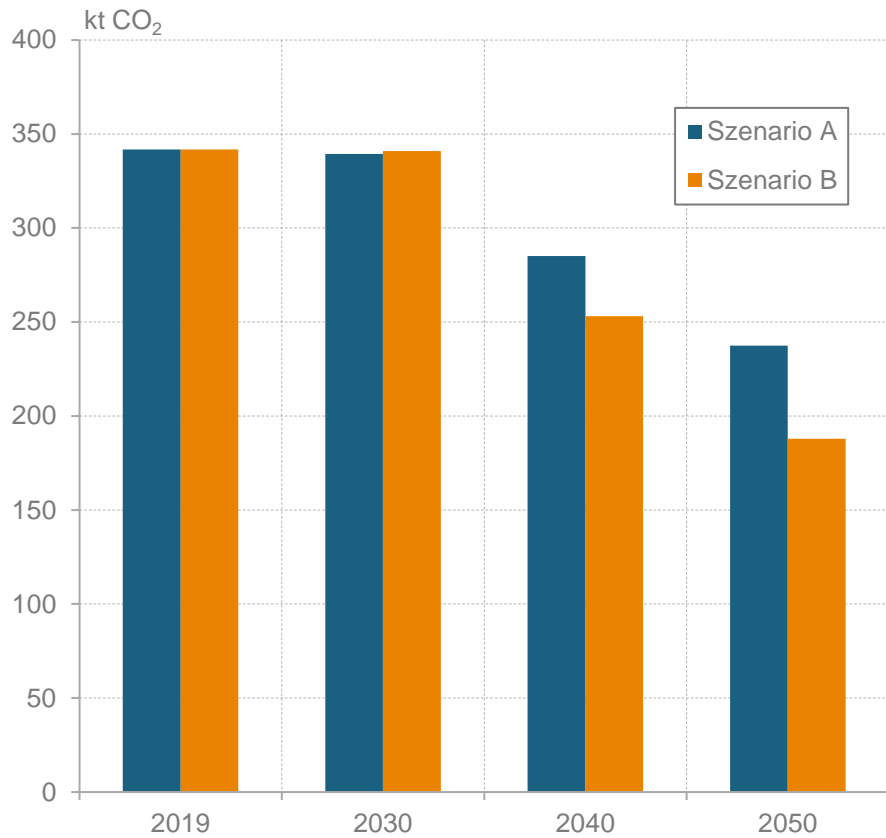


Länder Fact Sheet - Litauen

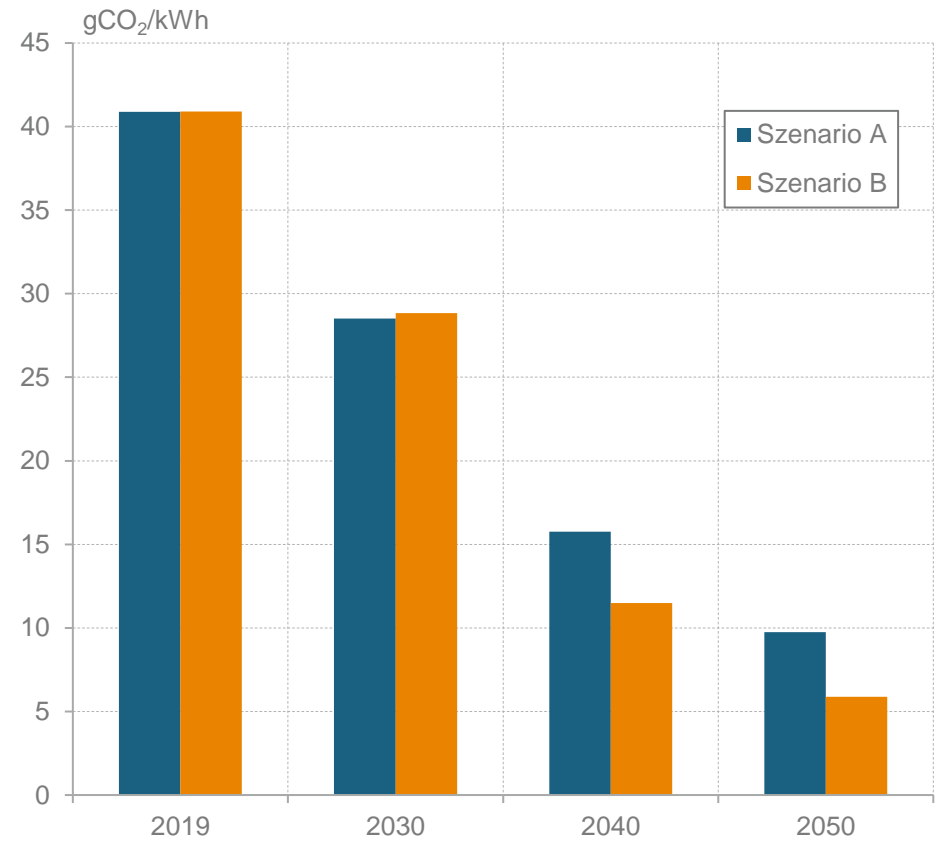
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



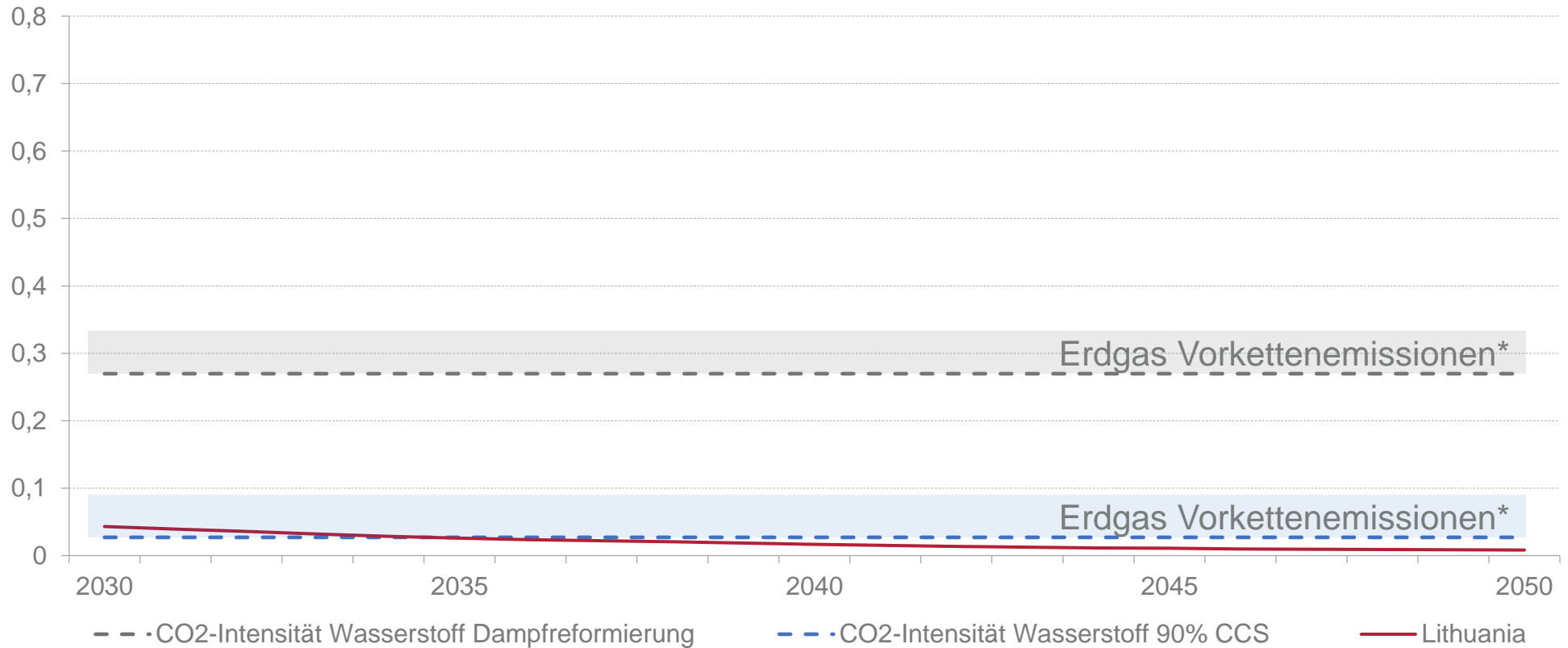
Länder Fact Sheet - Litauen

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

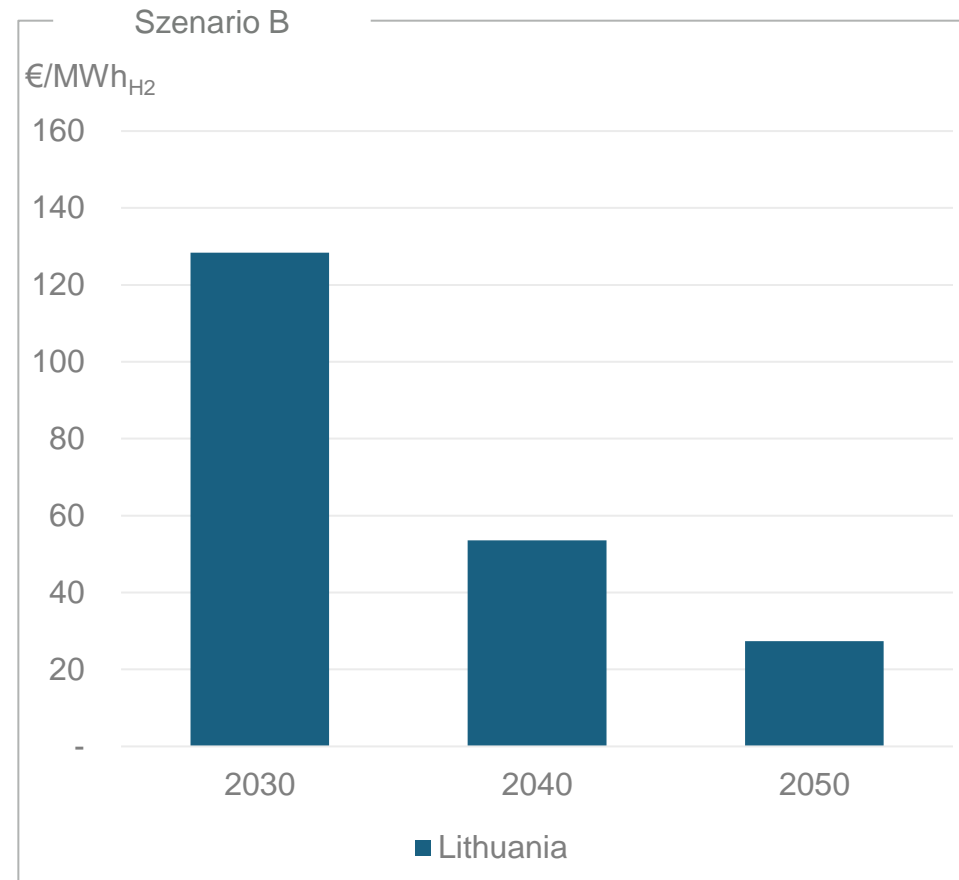
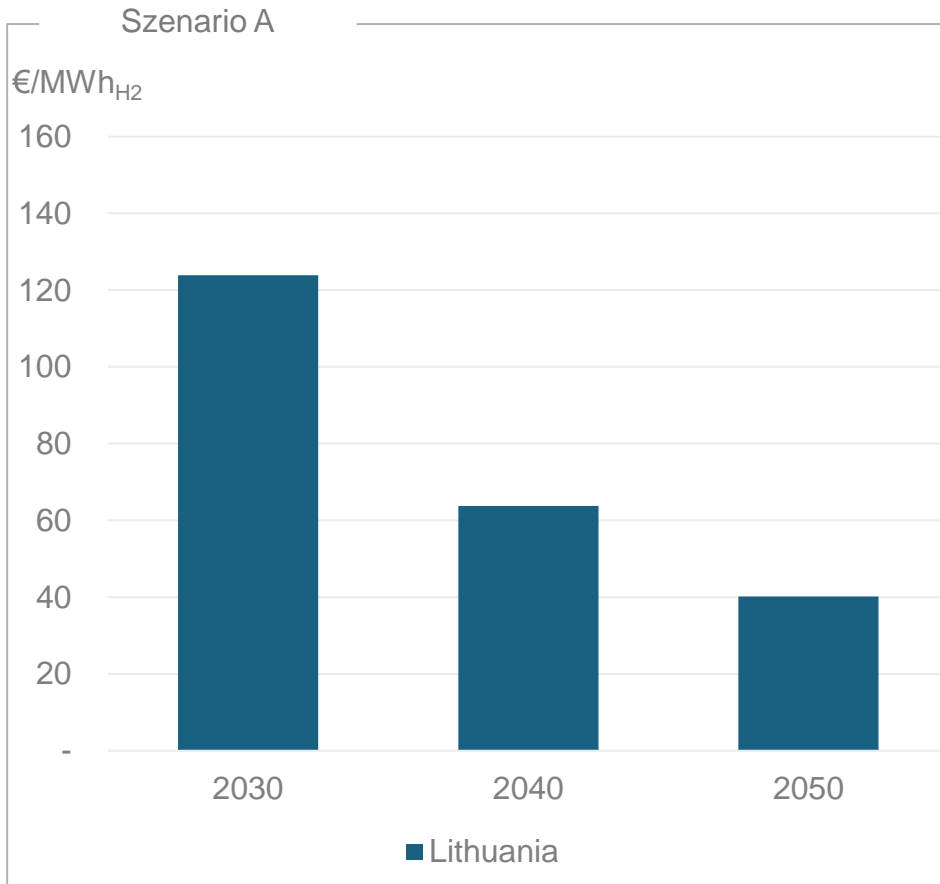
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Litauen

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasiertem Einsatz des Elektrolyseurs

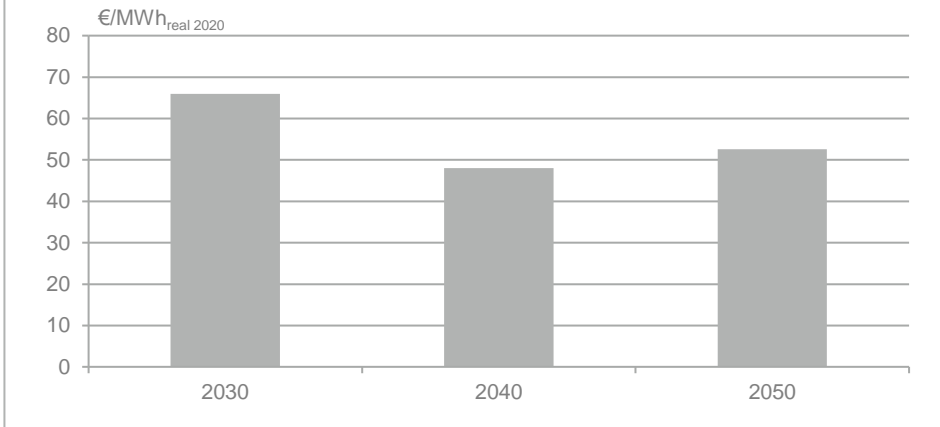


Länder Fact Sheet - Luxemburg

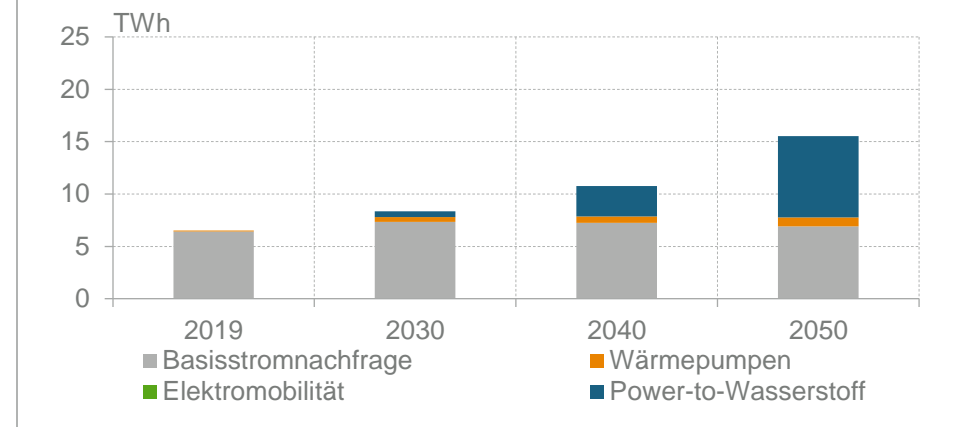
Szenario A



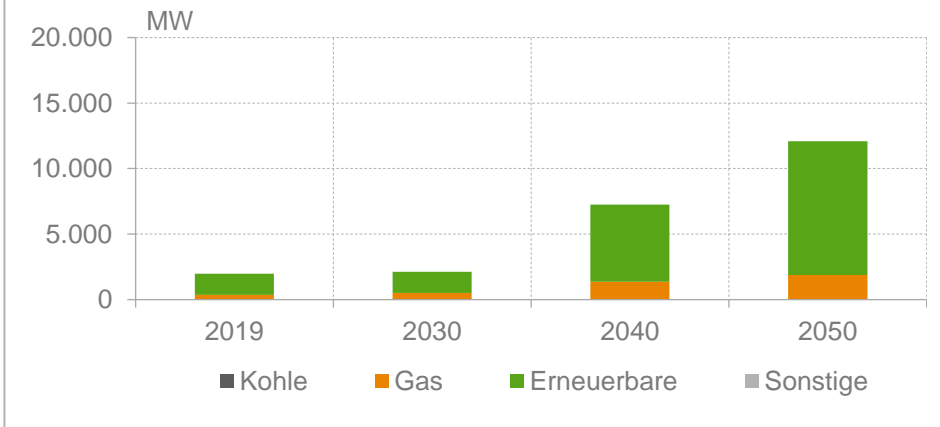
Großhandelsstrompreis



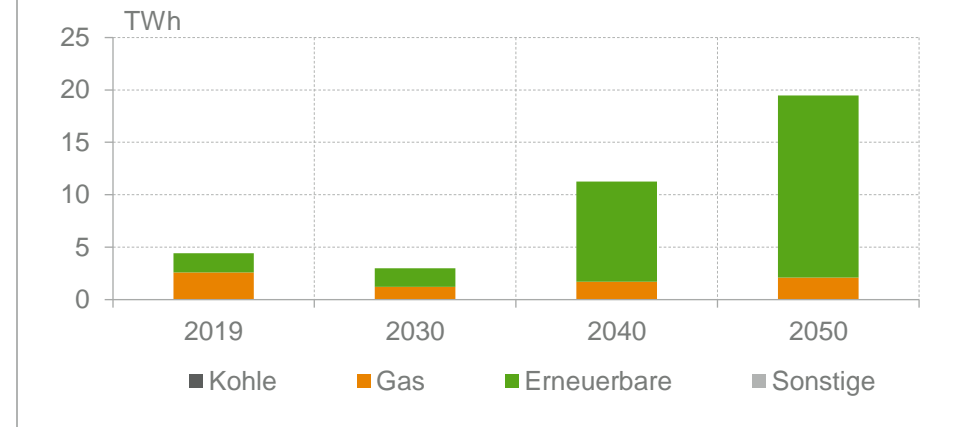
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

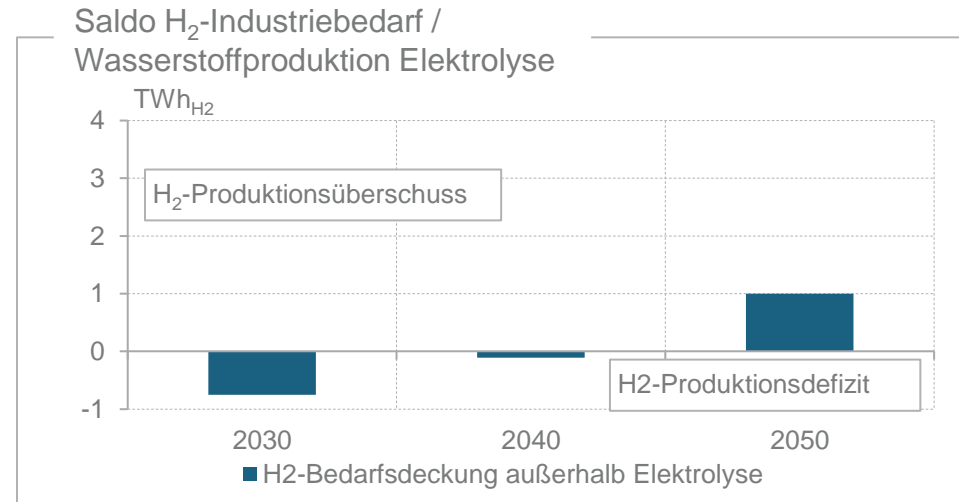
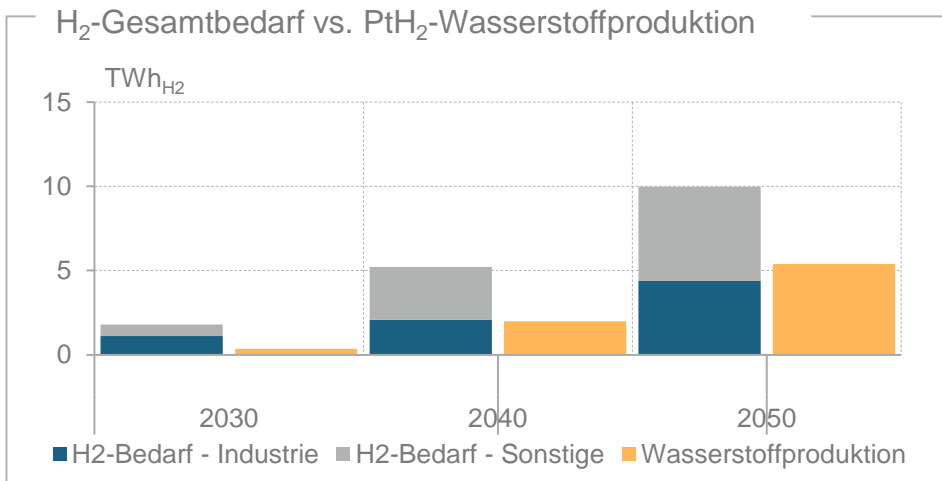
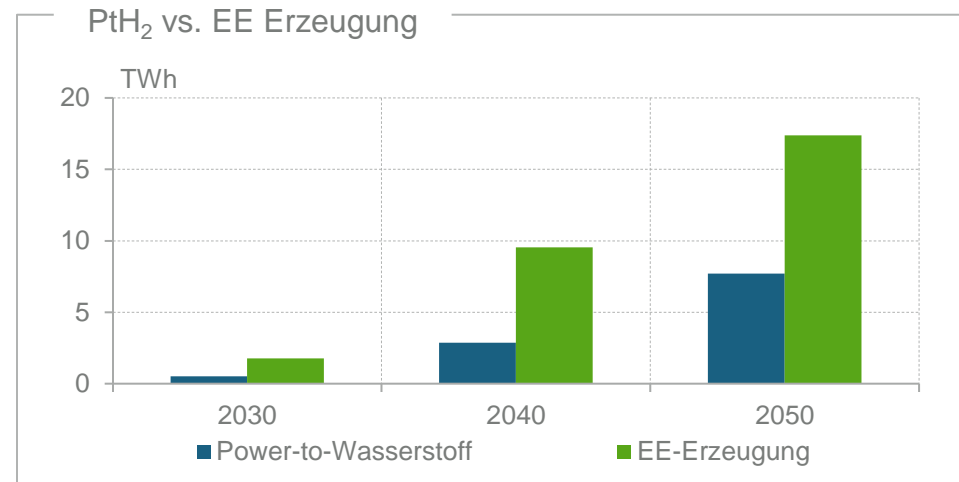
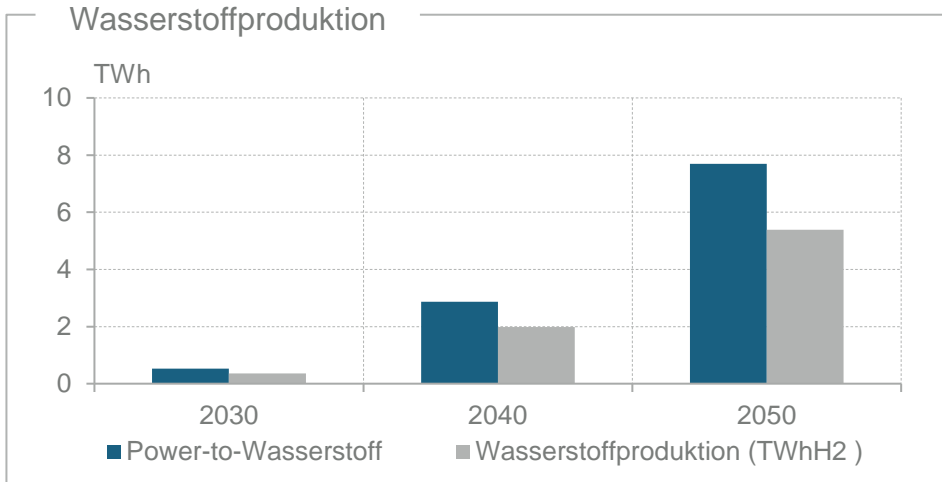


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Luxemburg

Szenario A

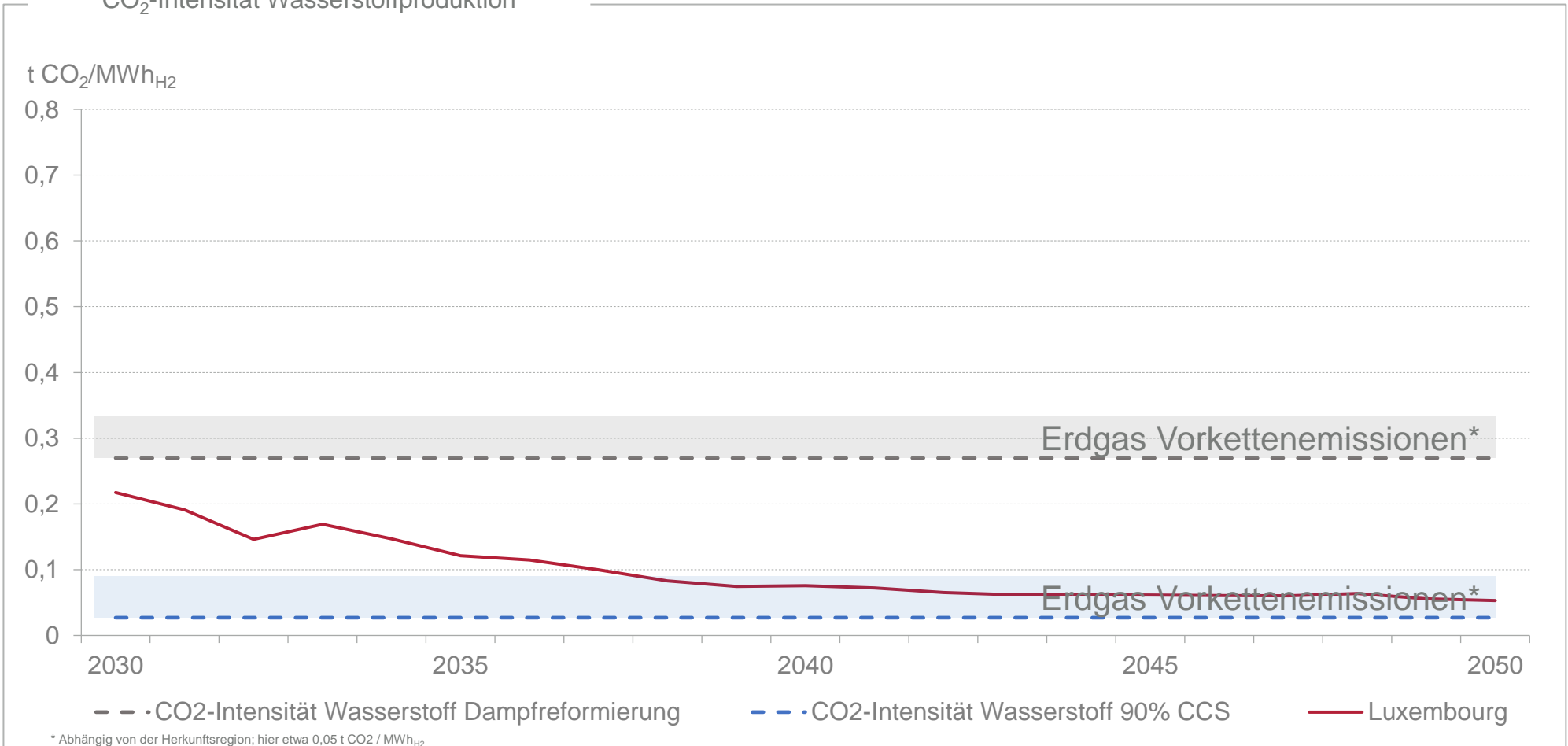


Länder Fact Sheet - Luxemburg

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



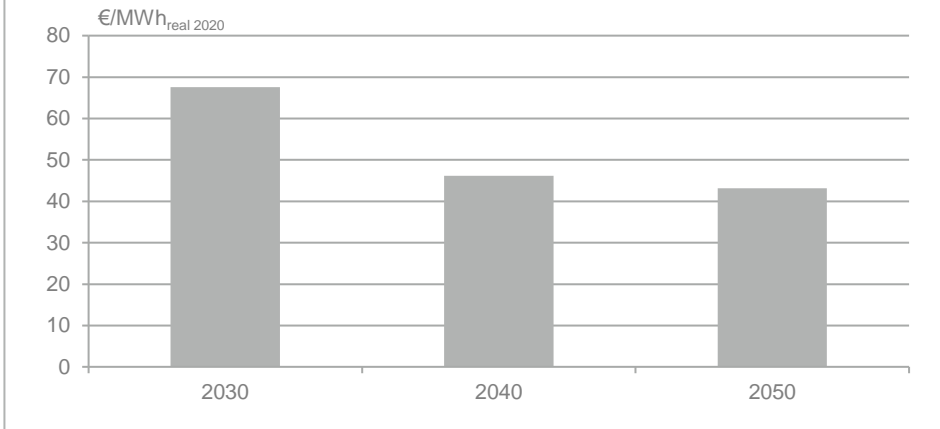
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Luxemburg

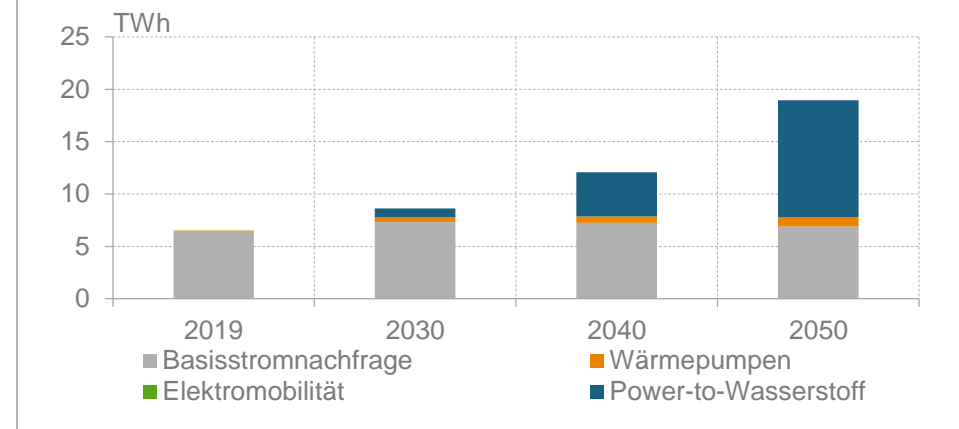
Szenario B



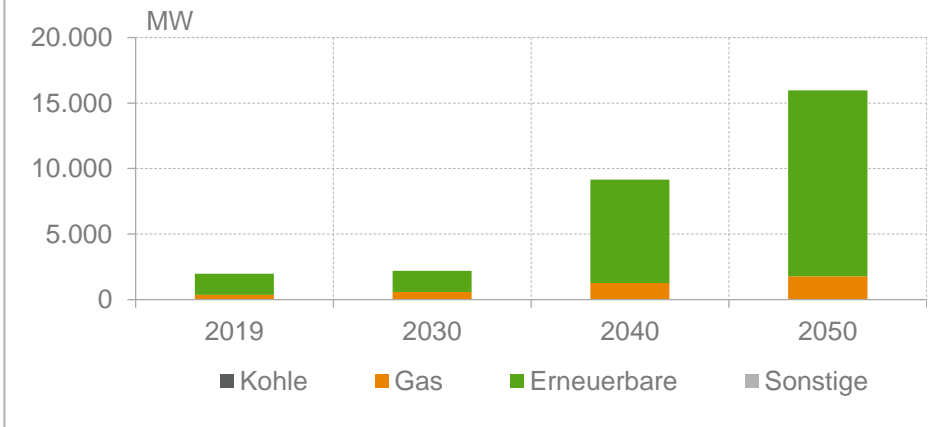
Großhandelsstrompreis



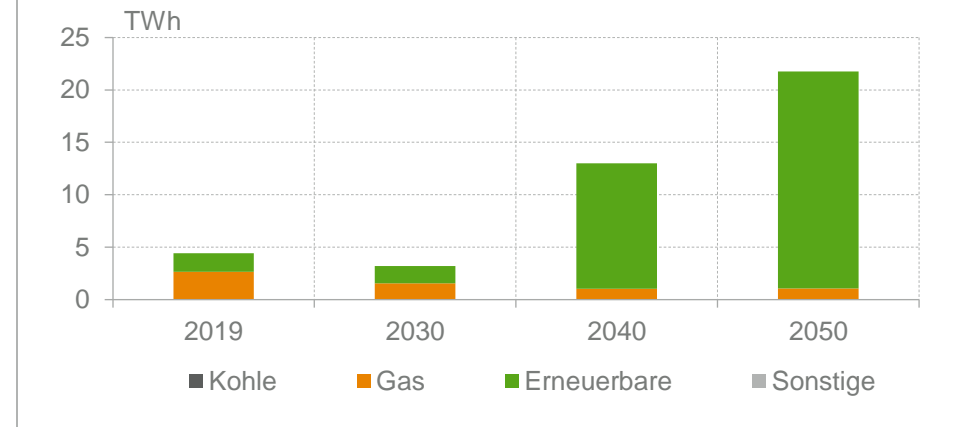
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

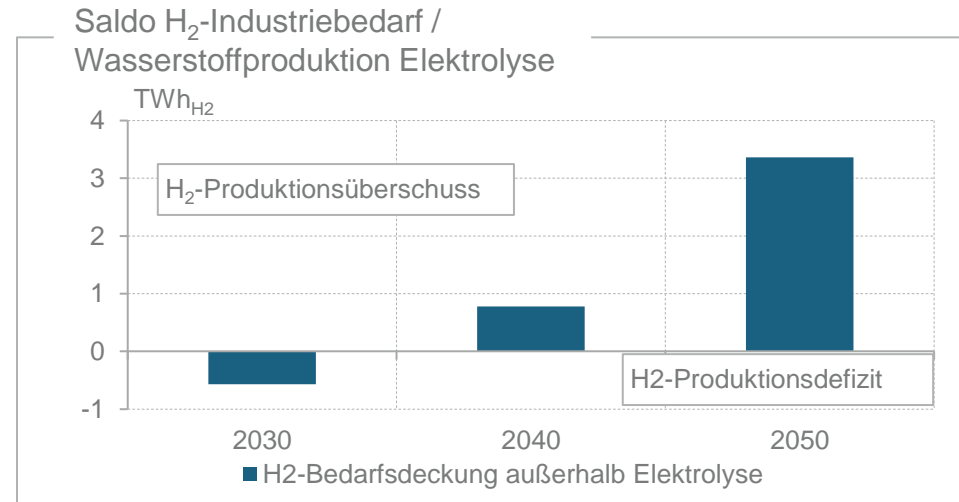
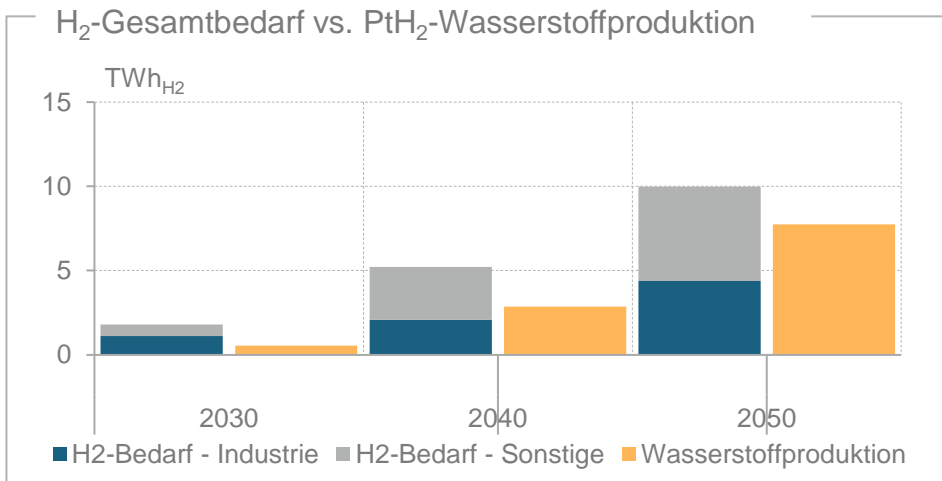
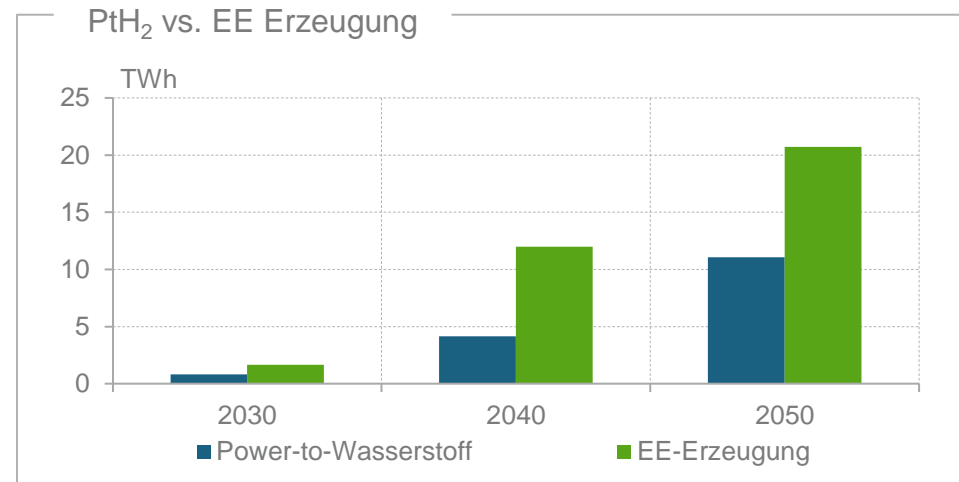
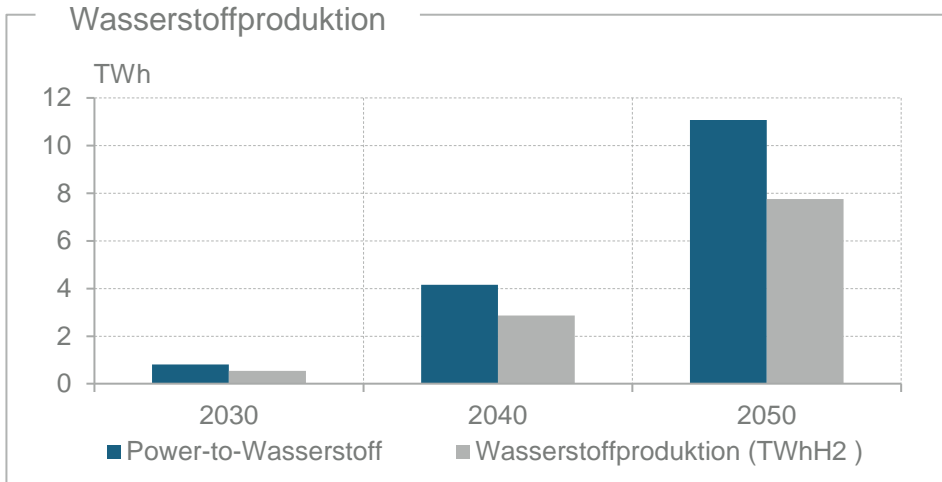


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Luxemburg

Szenario B

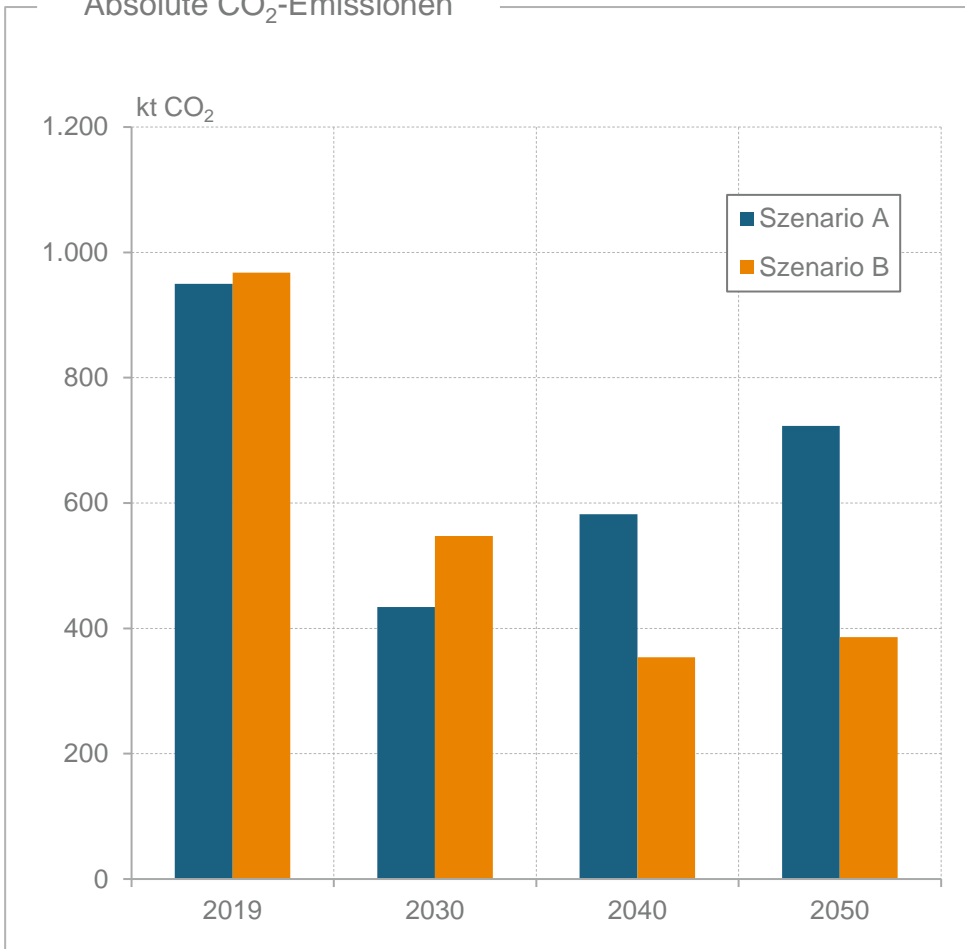


Länder Fact Sheet - Luxemburg

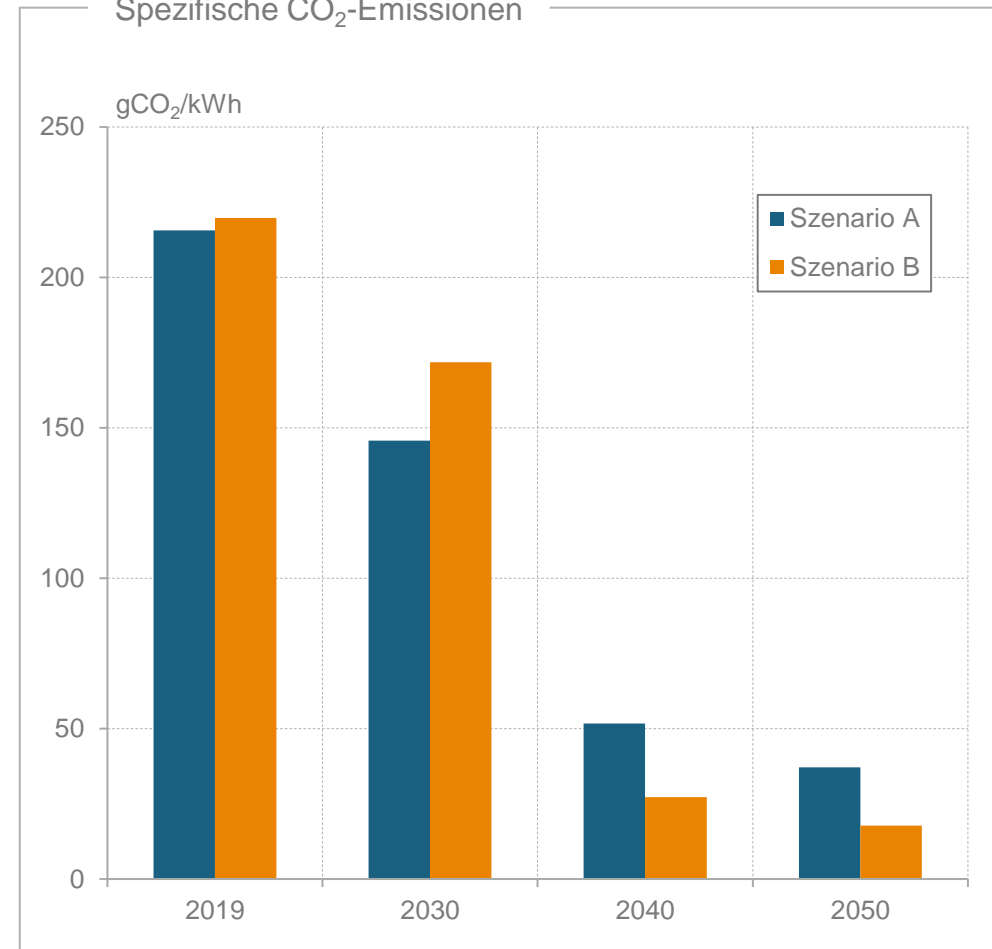
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

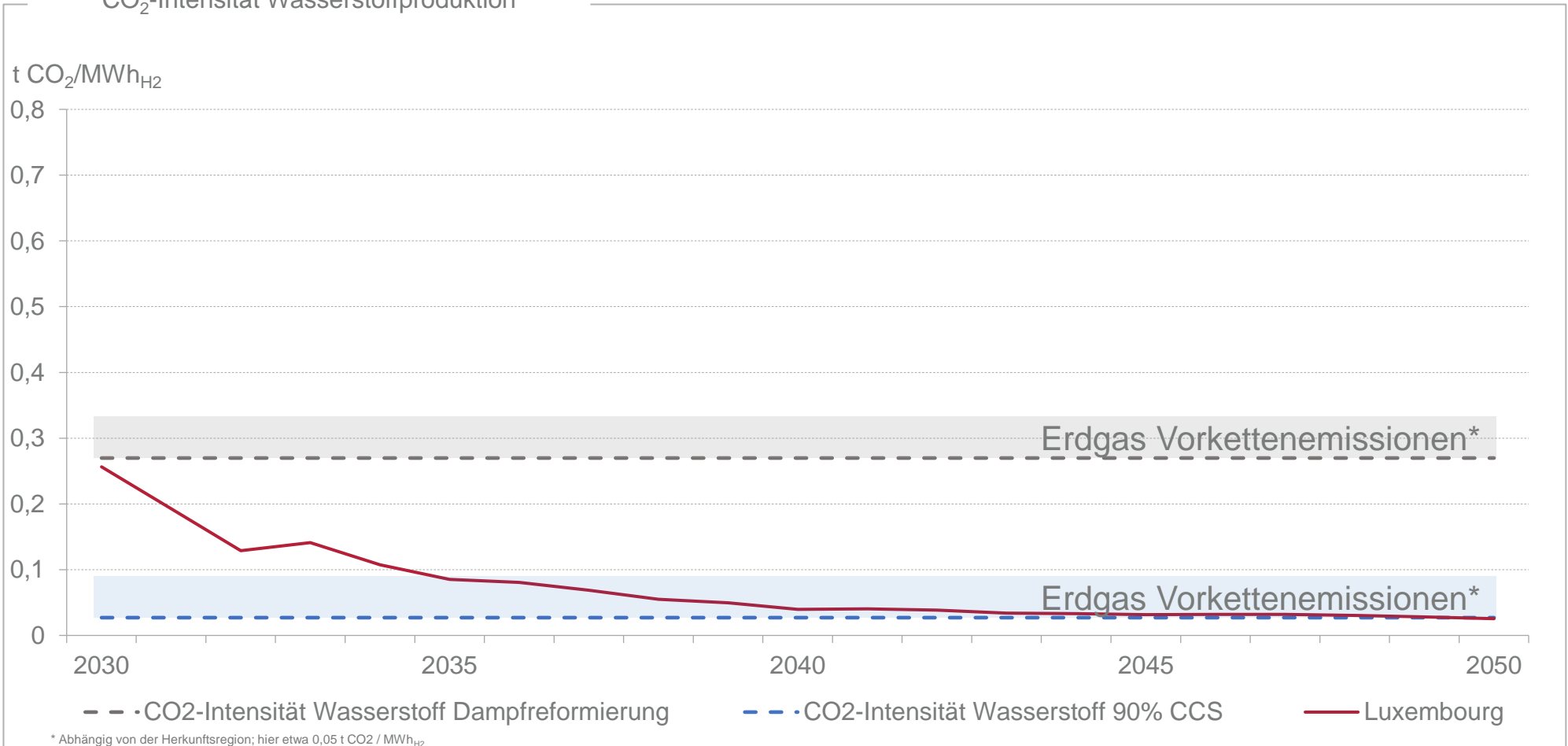


Länder Fact Sheet - Luxemburg

Szenario B



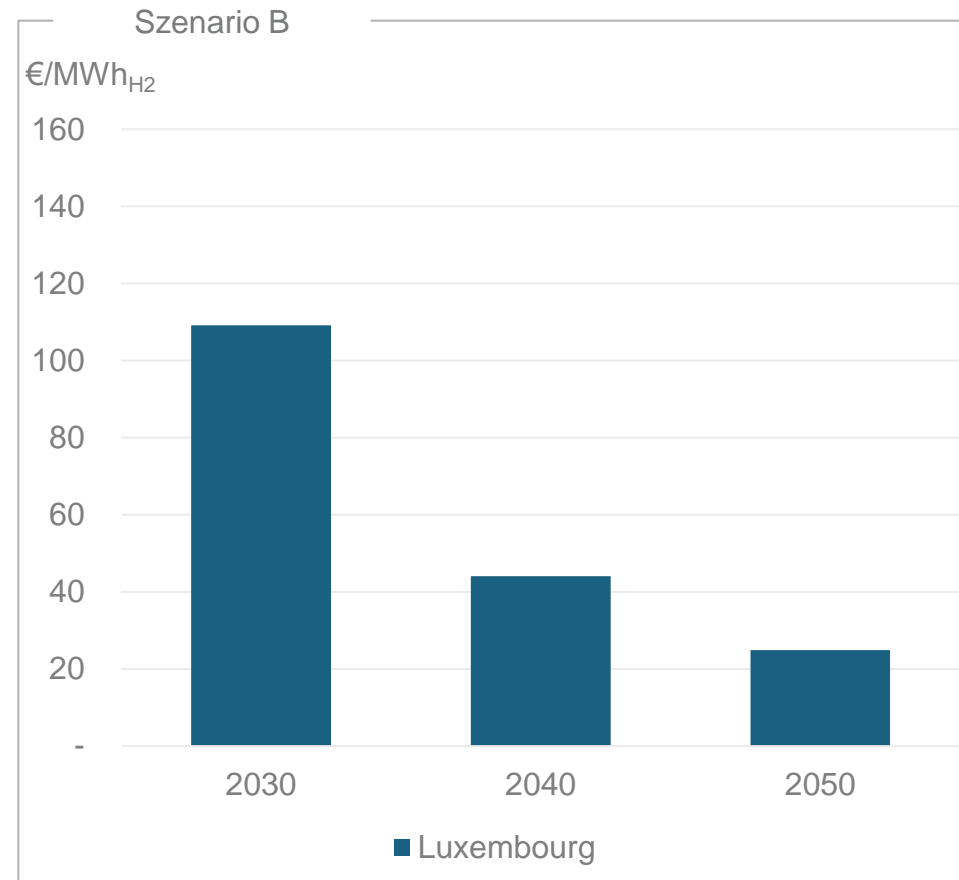
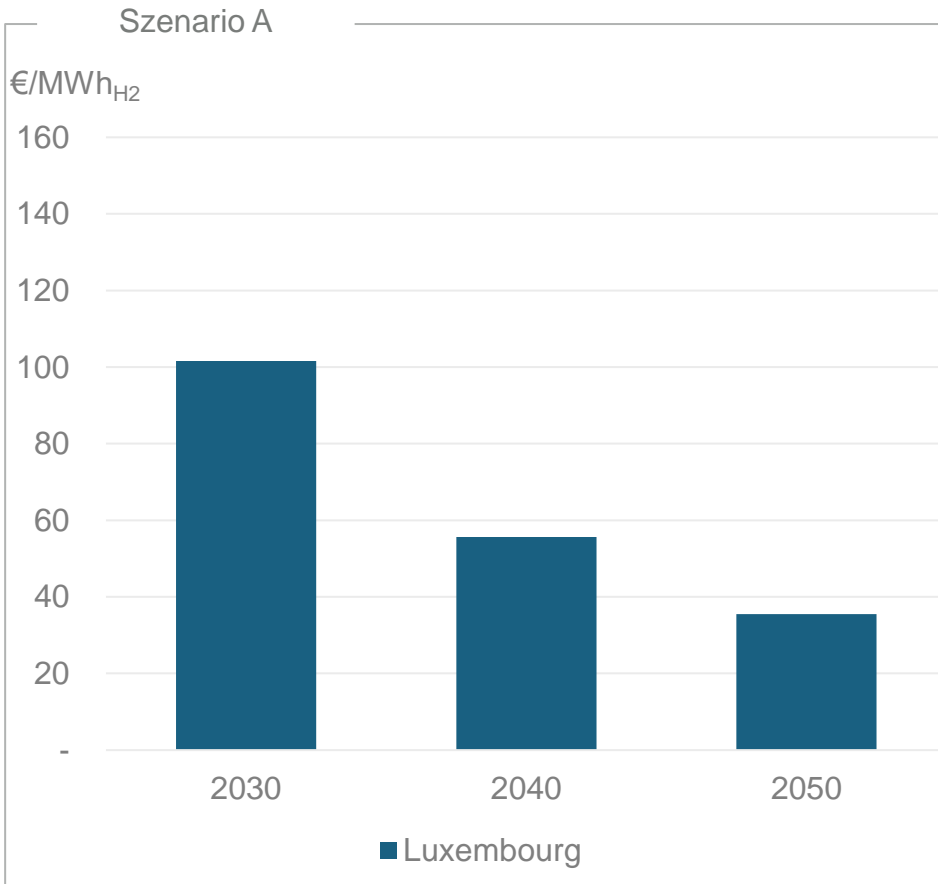
CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H₂}

Länder Fact Sheet - Luxemburg

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

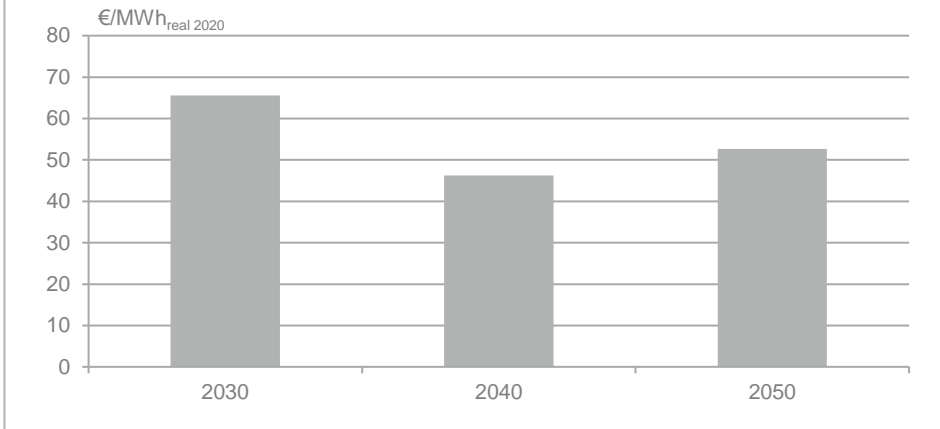


Länder Fact Sheet - Niederlande

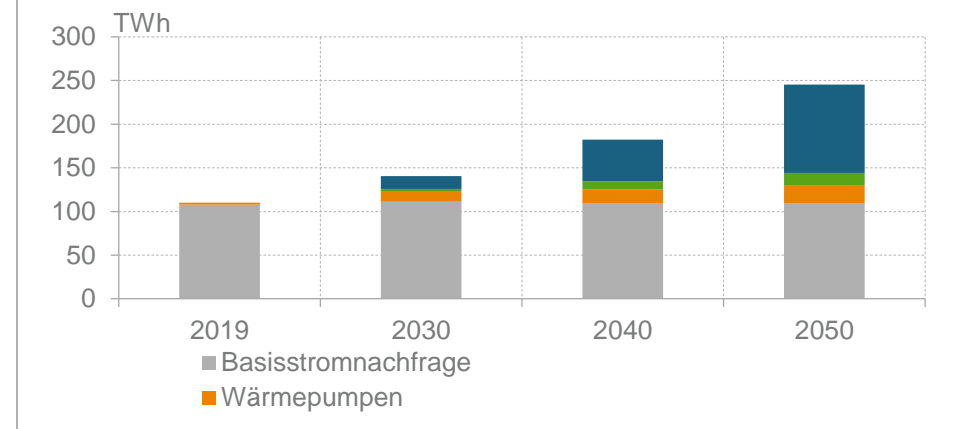
Szenario A



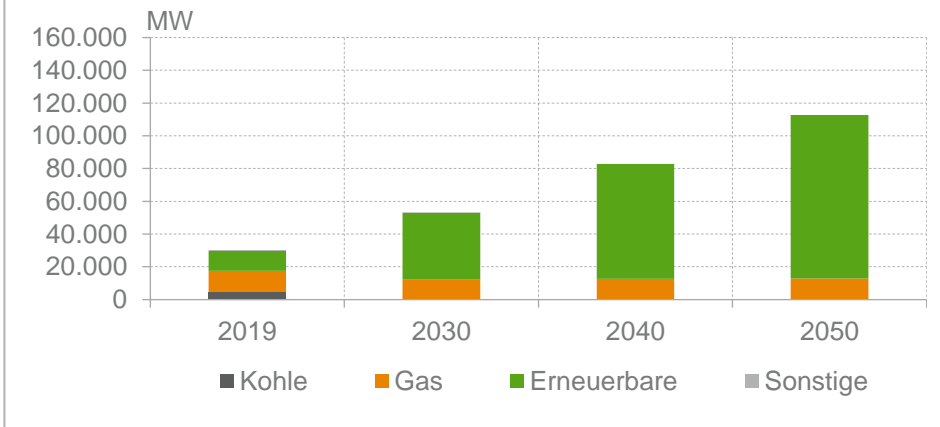
Großhandelsstrompreis



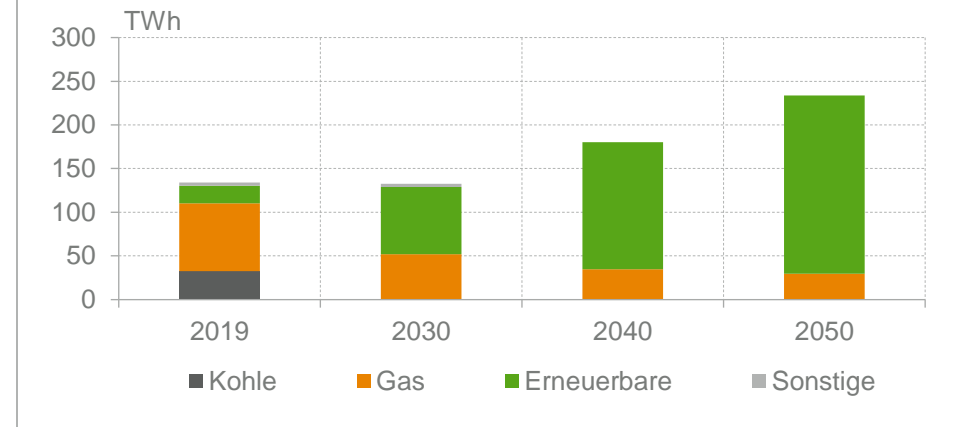
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

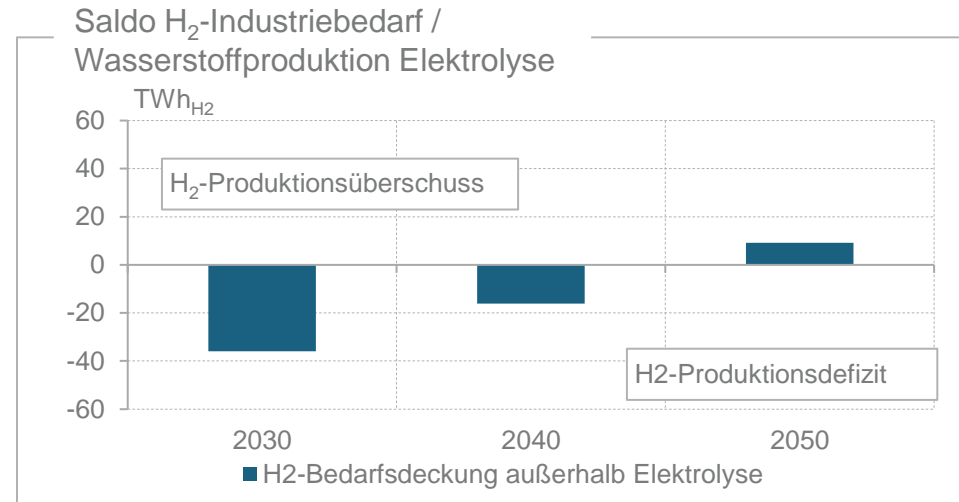
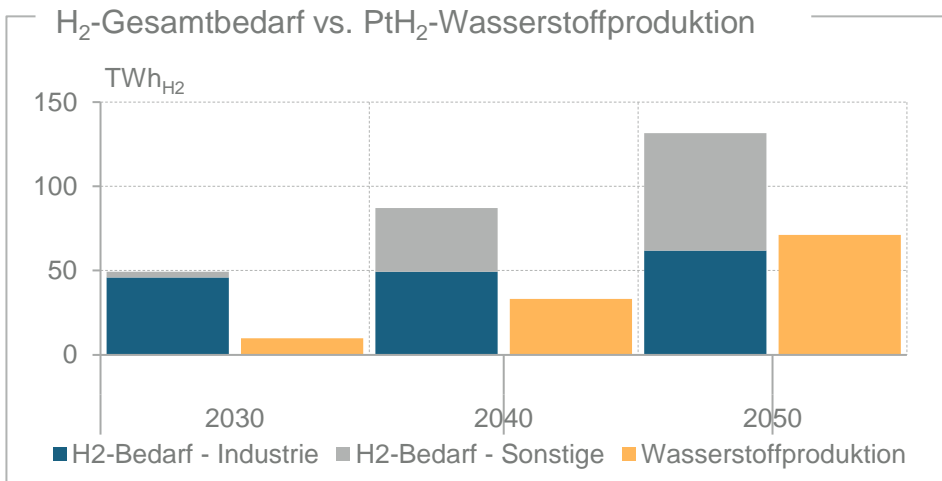
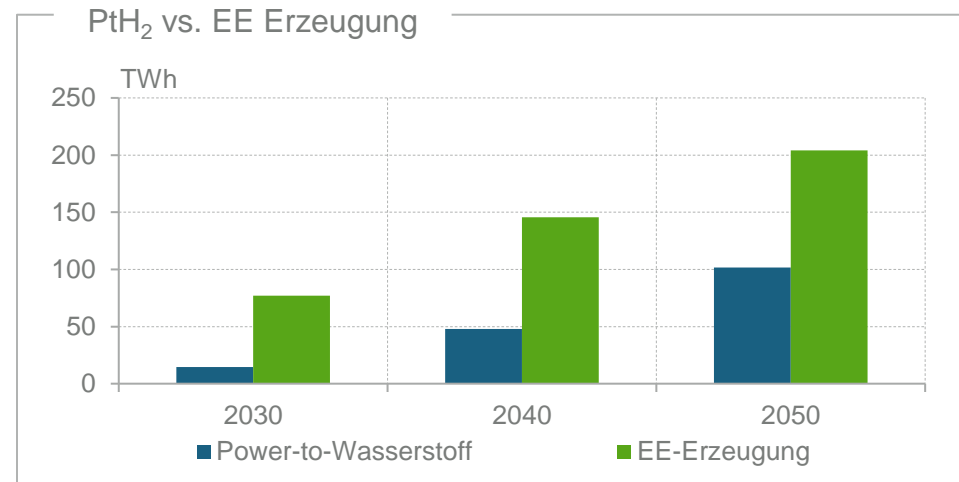
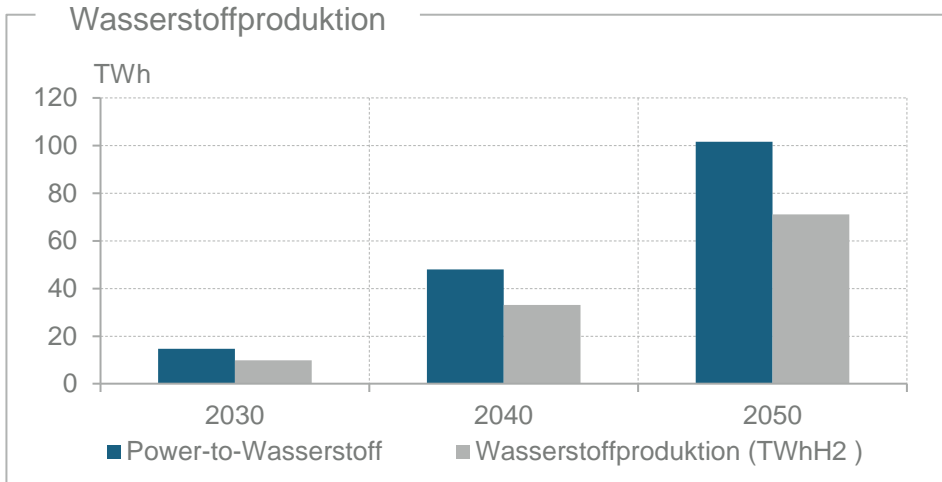


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Niederlande

Szenario A

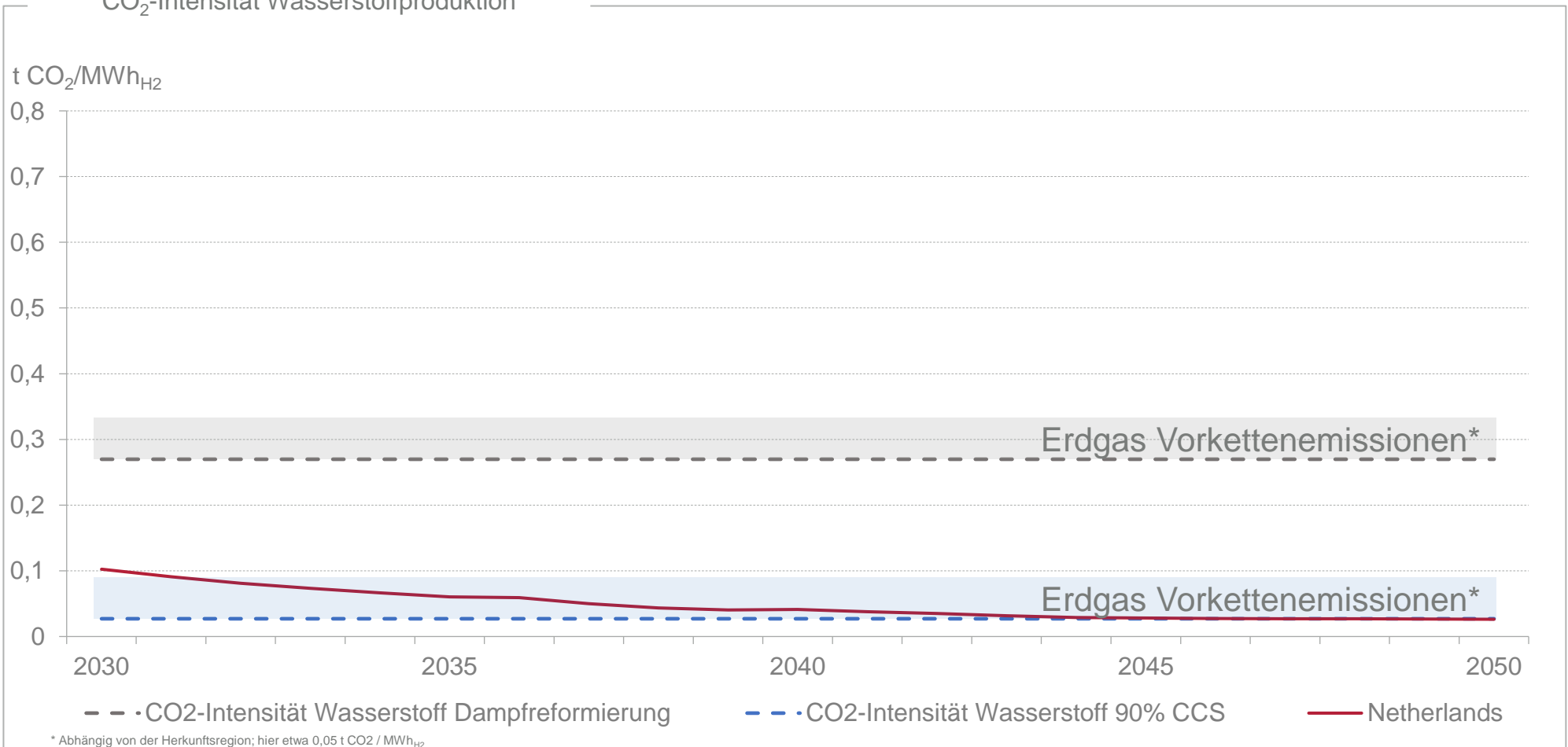


Länder Fact Sheet - Niederlande

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

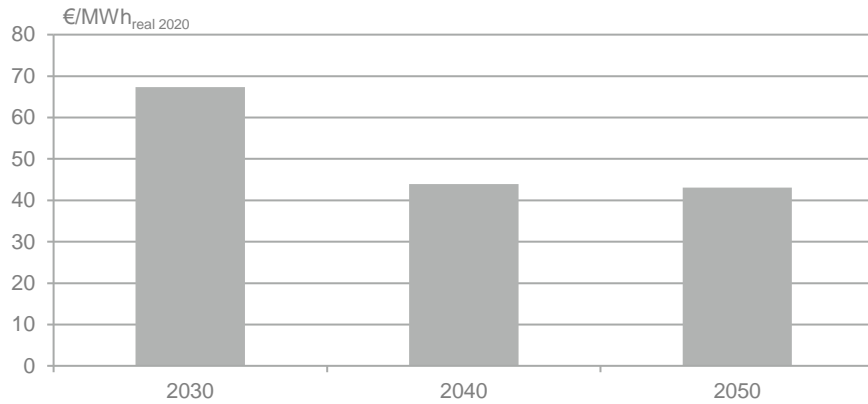


Länder Fact Sheet - Niederlande

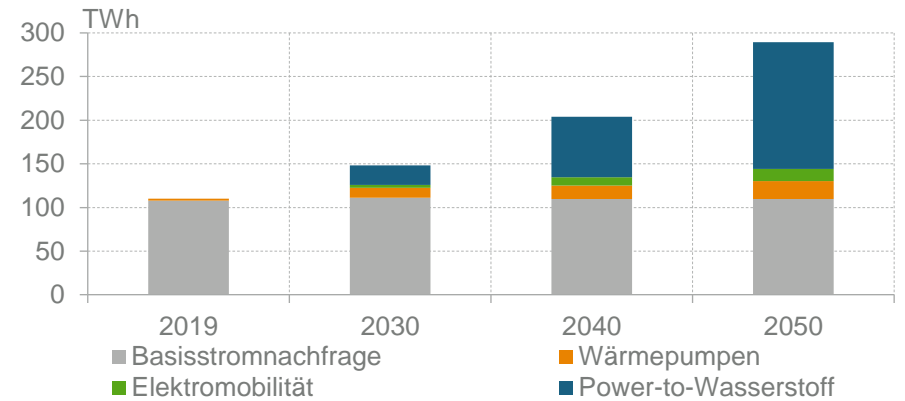
Szenario B



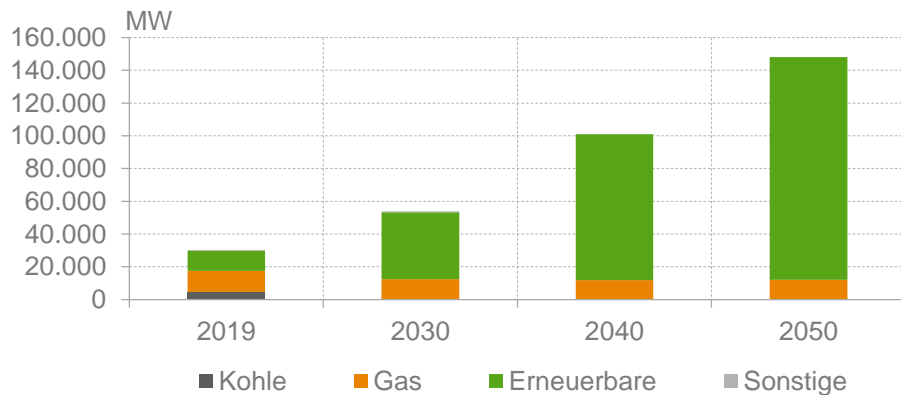
Großhandelsstrompreis



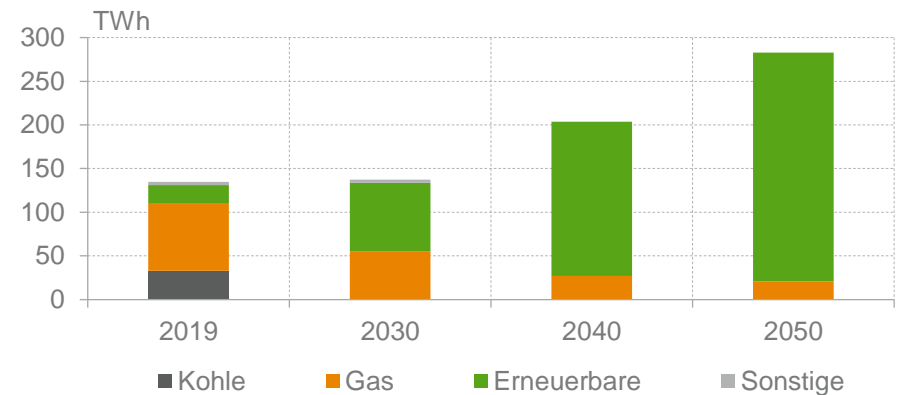
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

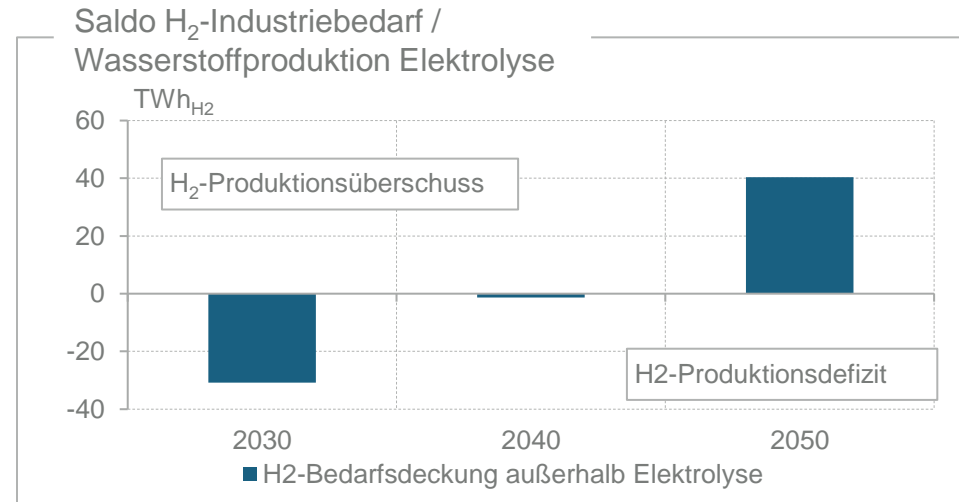
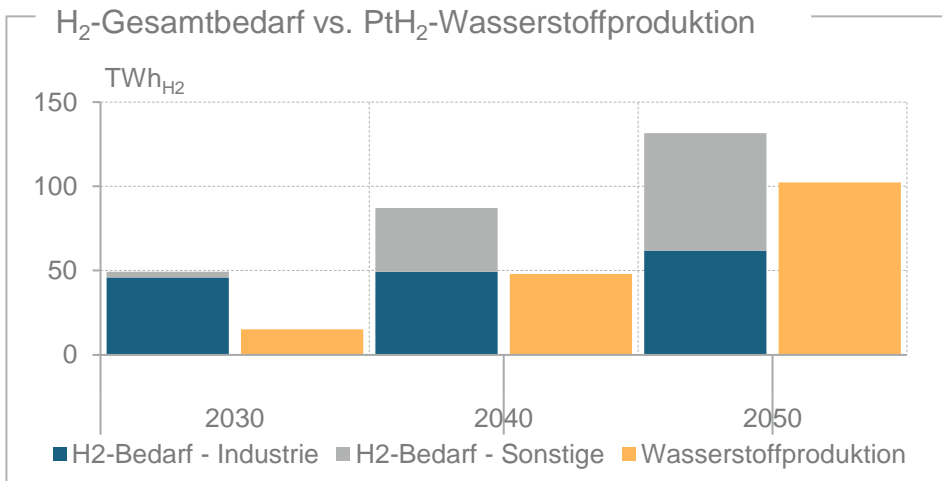
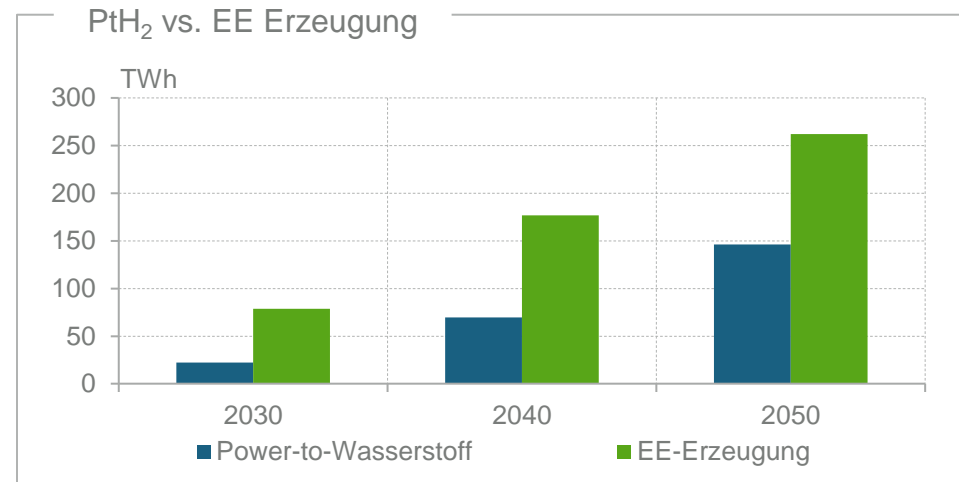
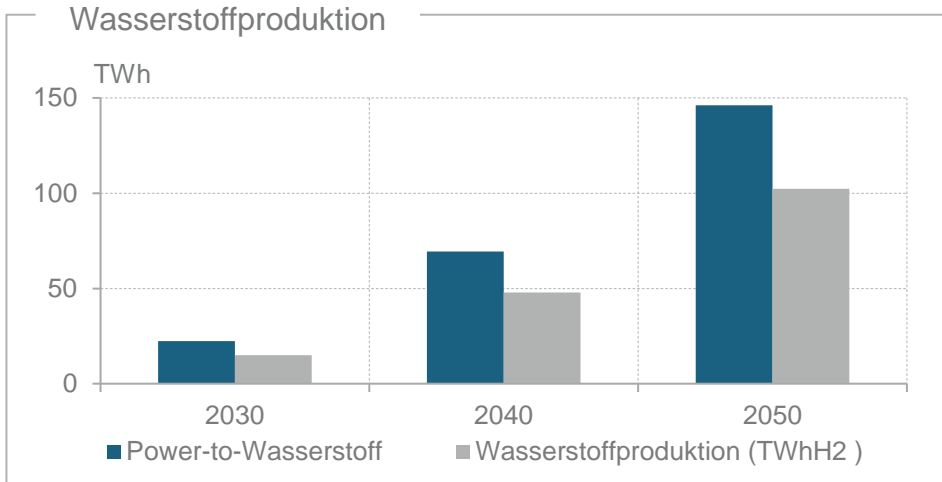


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Niederlande

Szenario B

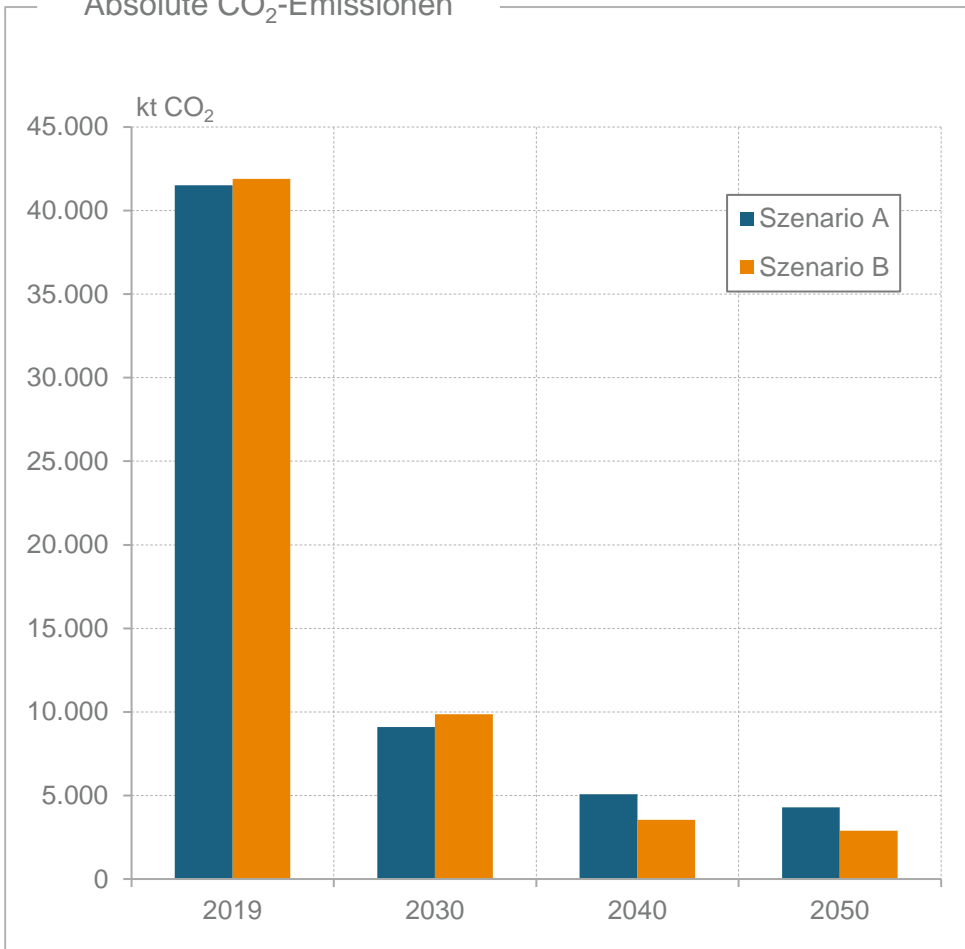


Länder Fact Sheet - Niederlande

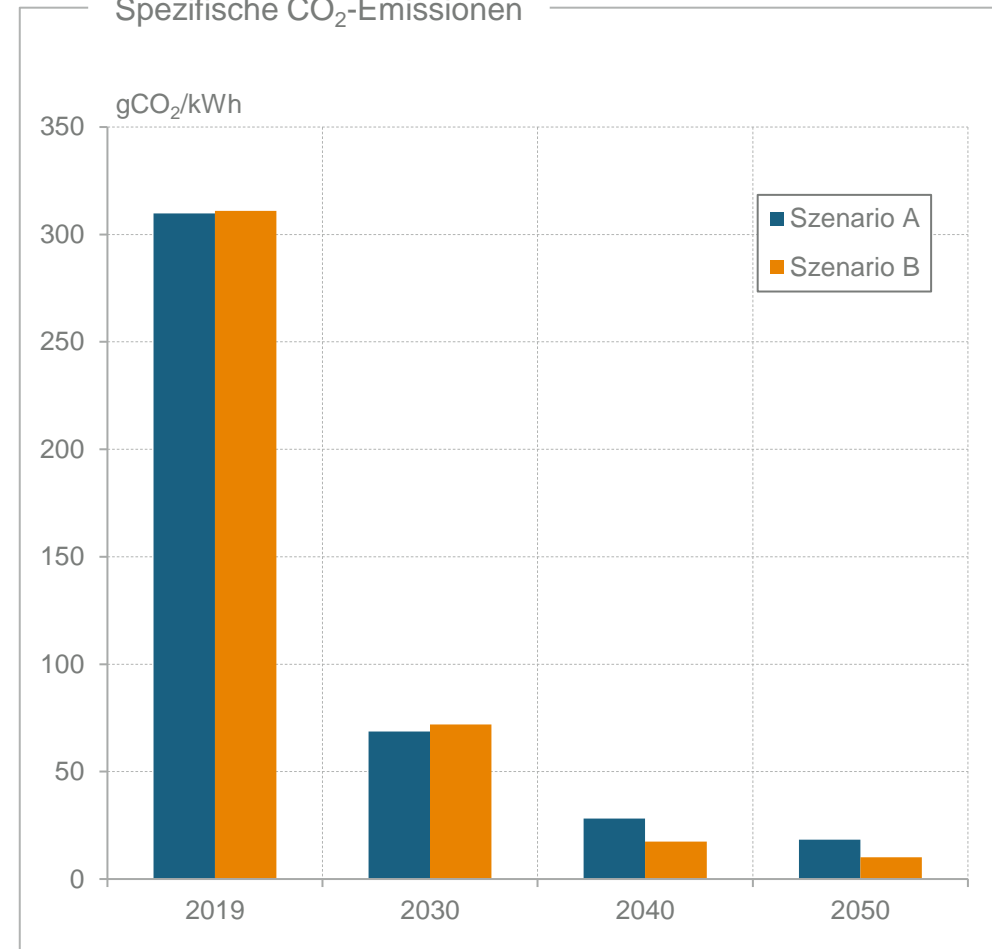
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



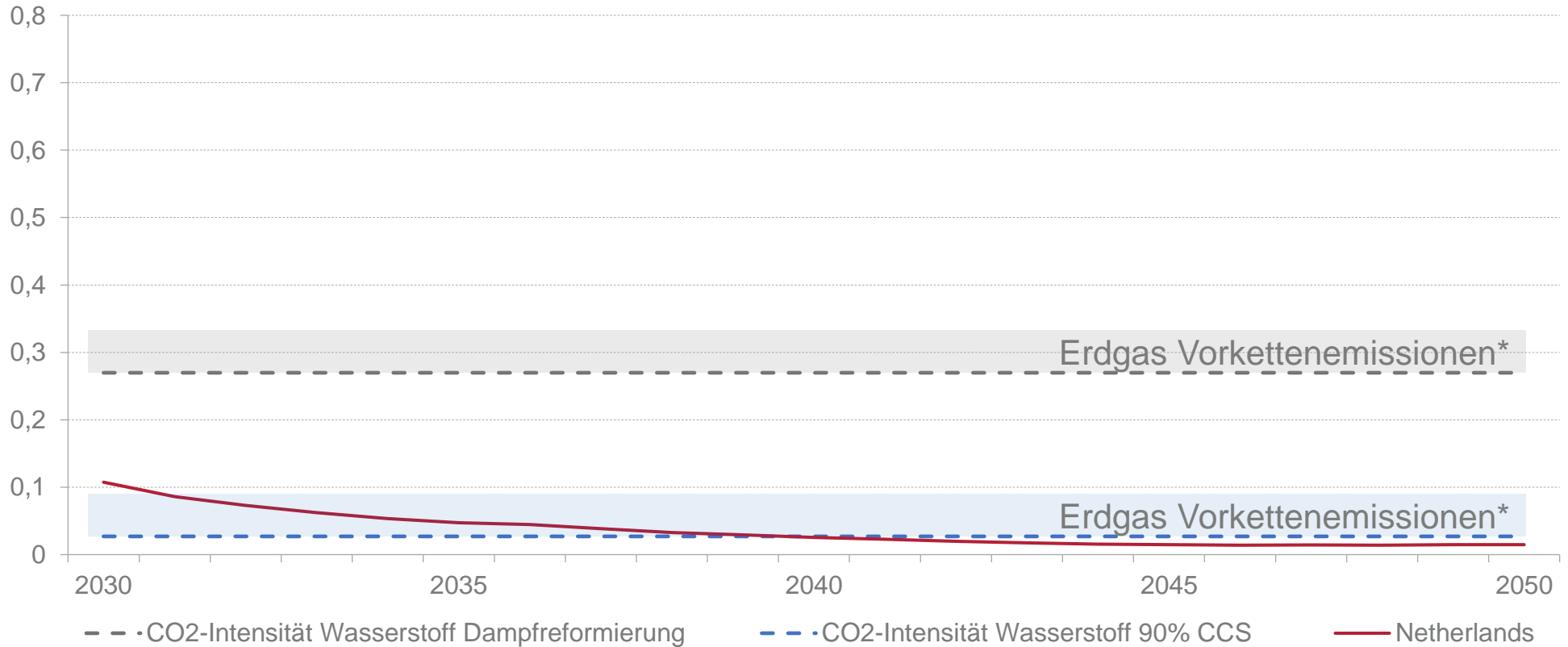
Länder Fact Sheet - Niederlande

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

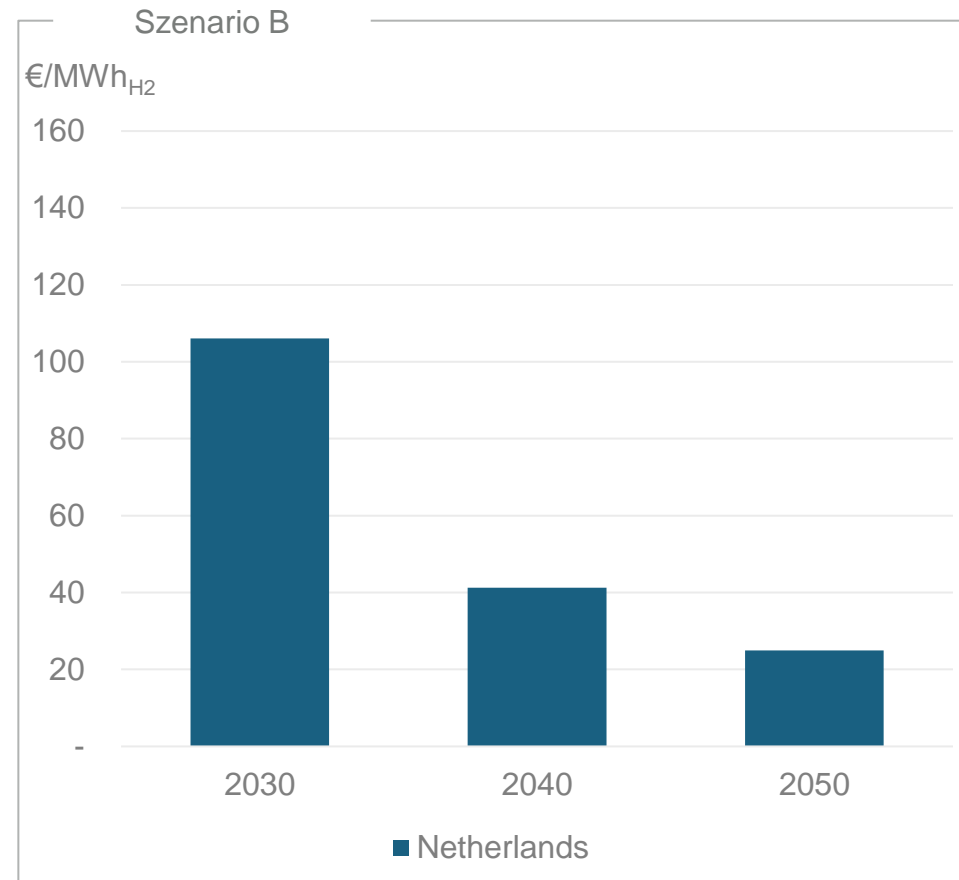
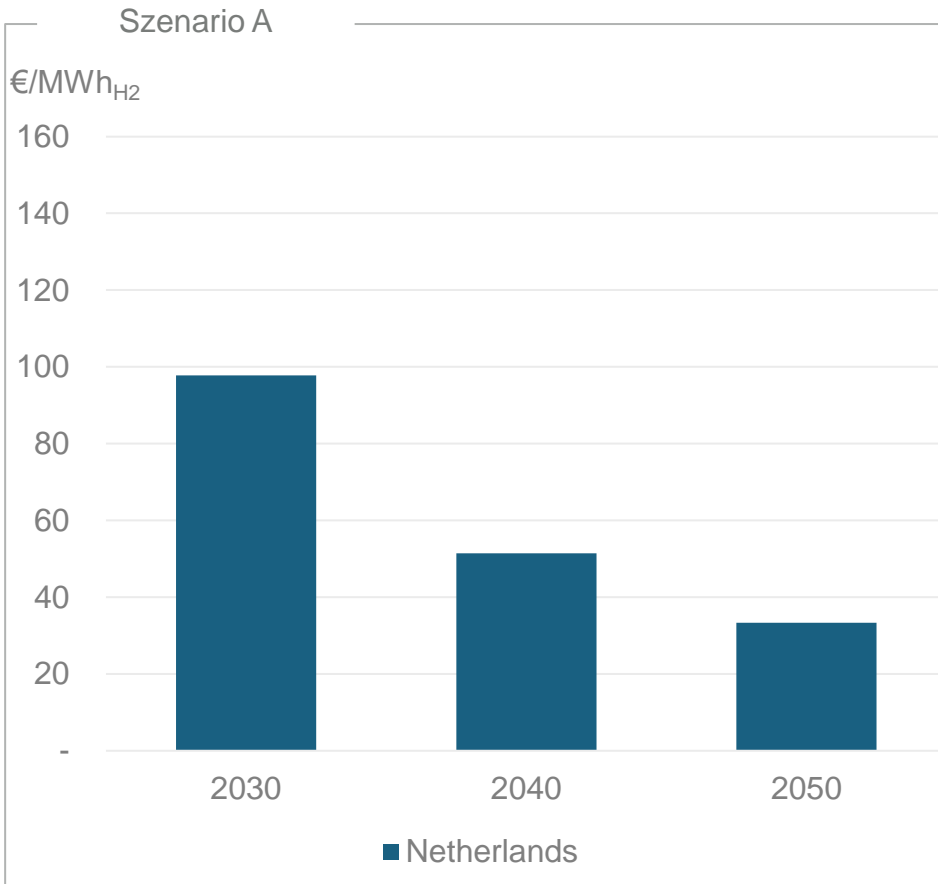
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Niederlande

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

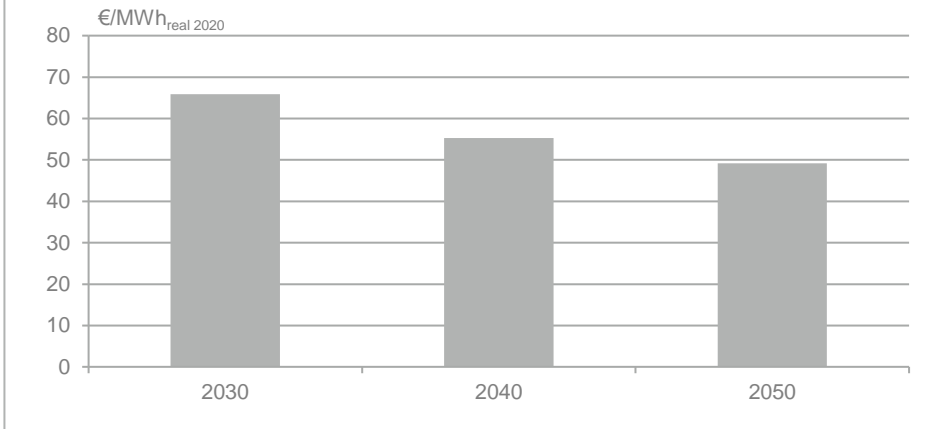


Länder Fact Sheet - Polen

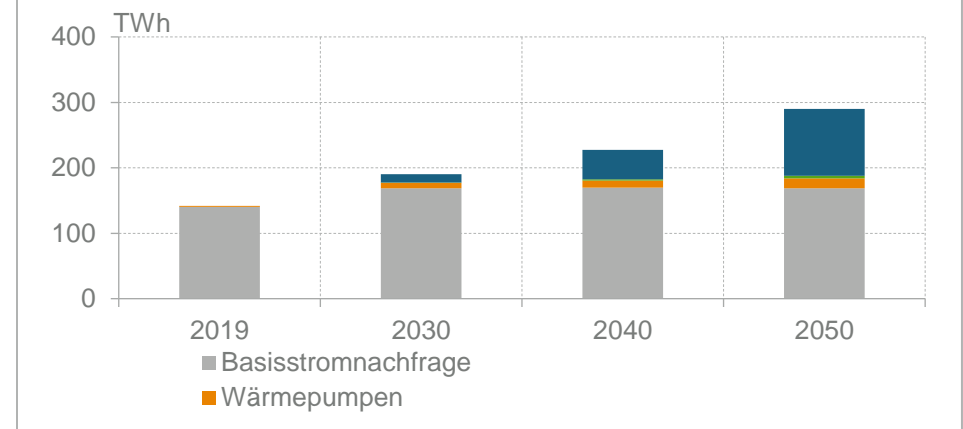
Szenario A



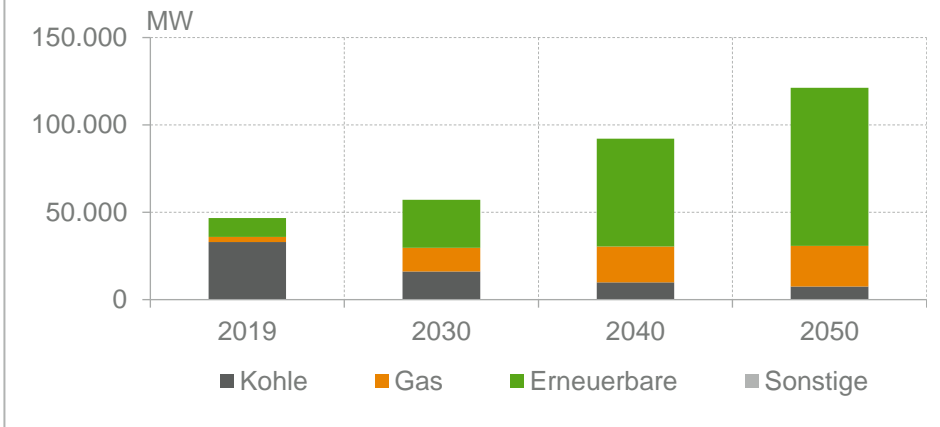
Großhandelsstrompreis



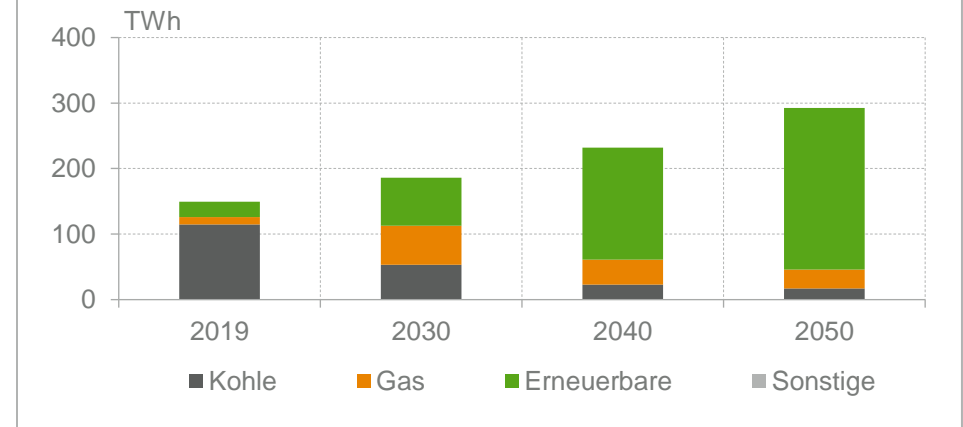
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

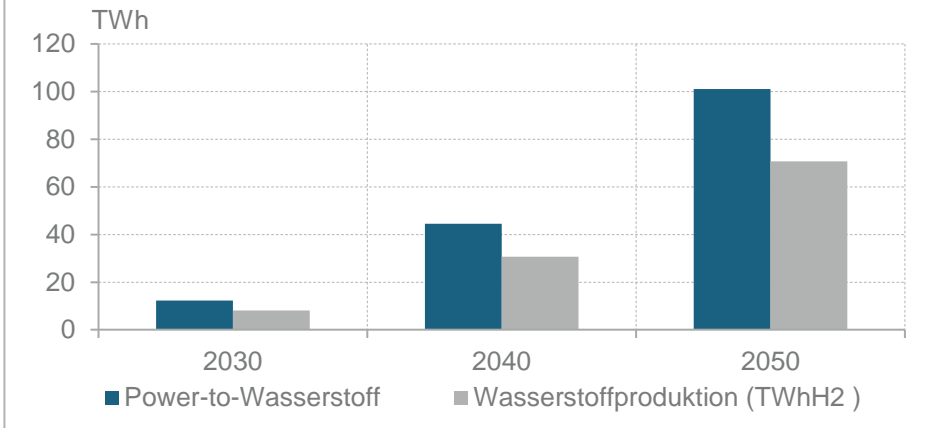


Länder Fact Sheet - Polen

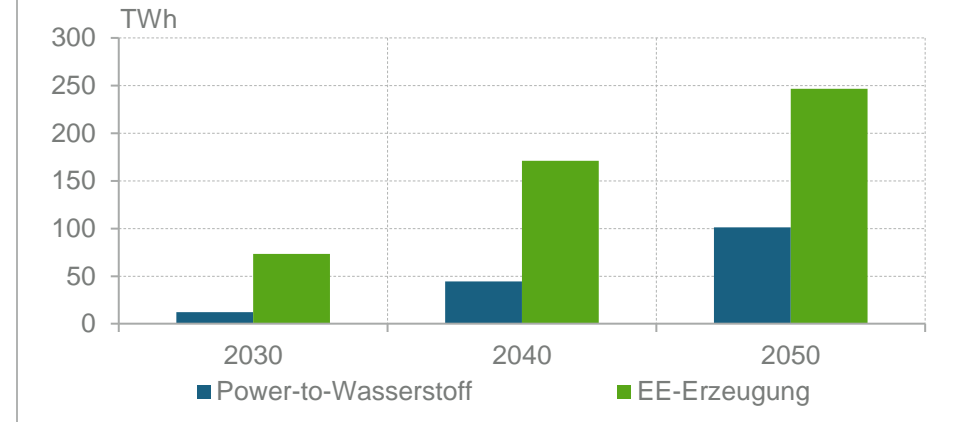
Szenario A



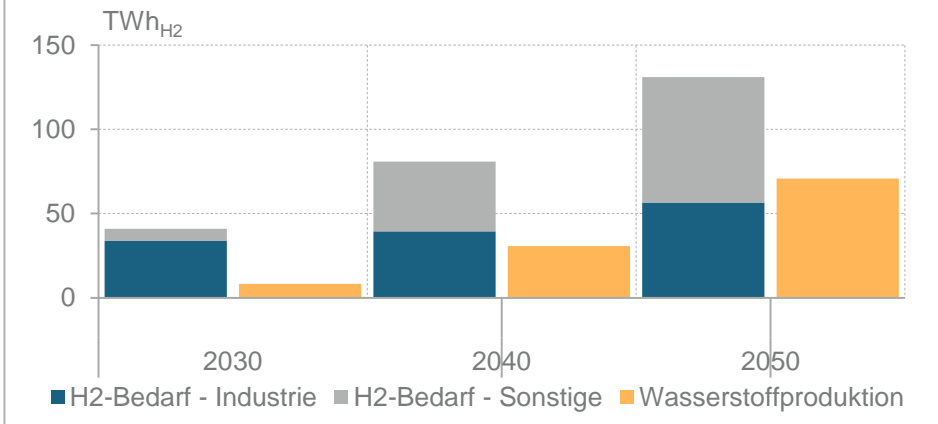
Wasserstoffproduktion



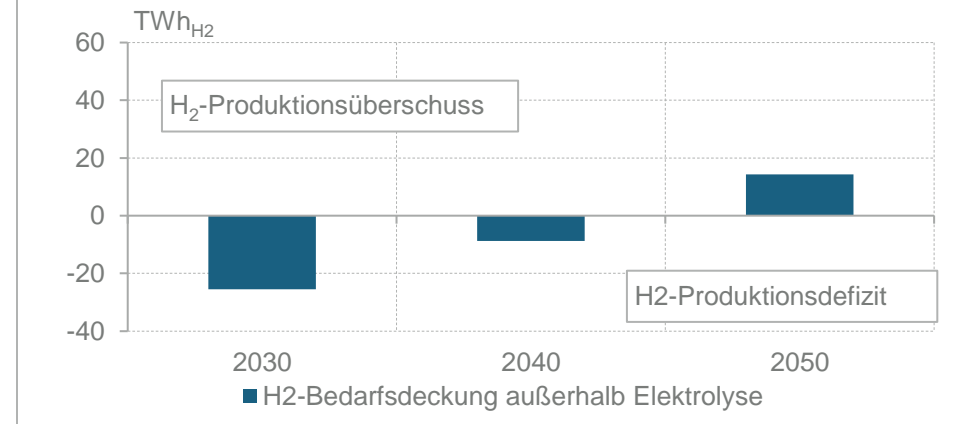
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse



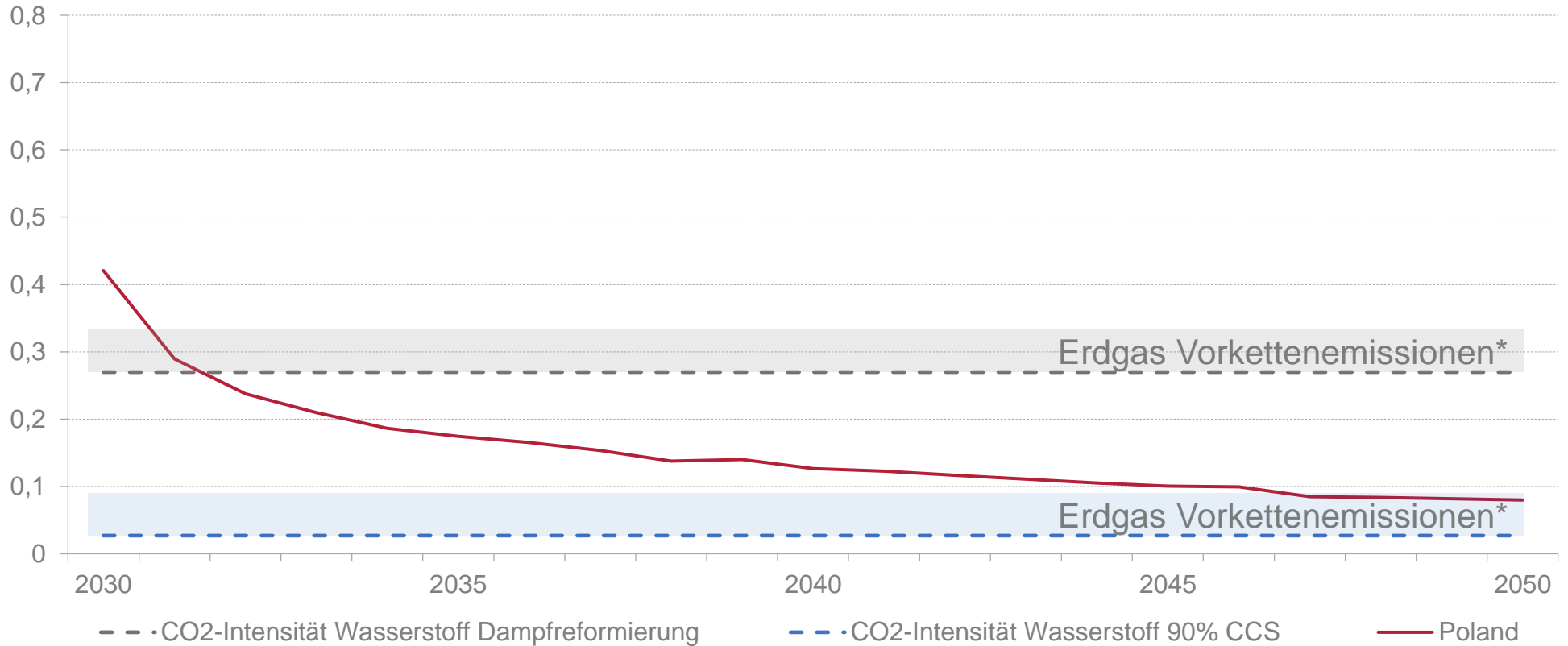
Länder Fact Sheet - Polen

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



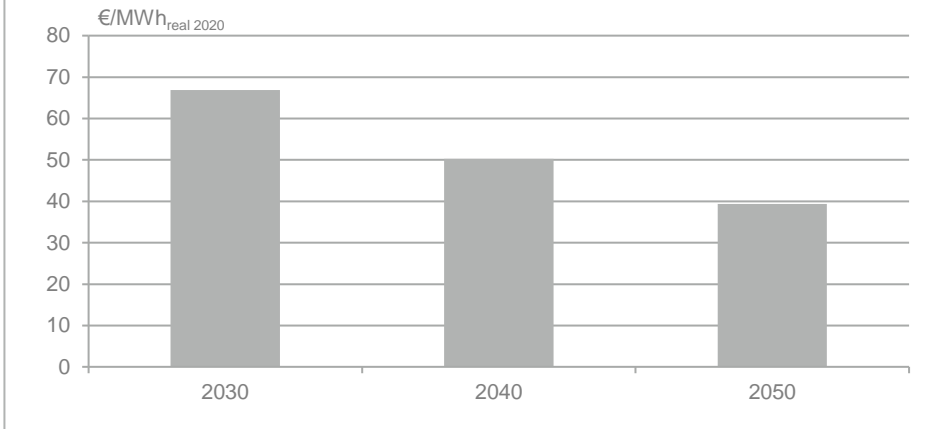
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Polen

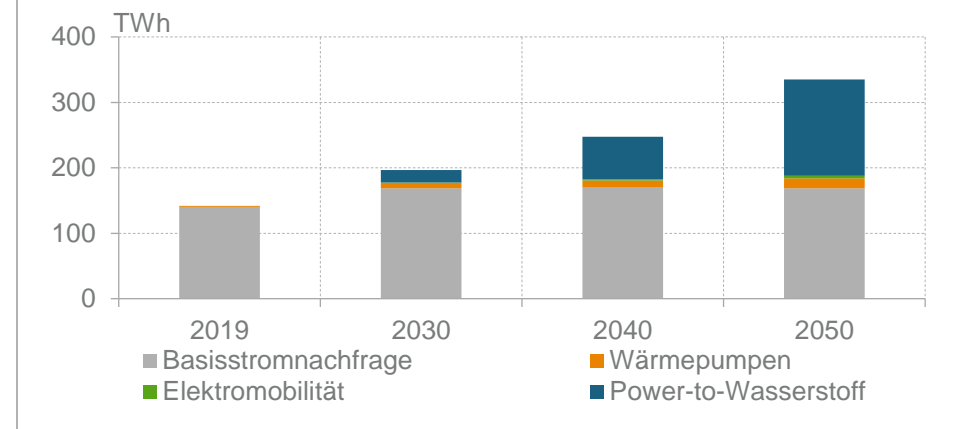
Szenario B



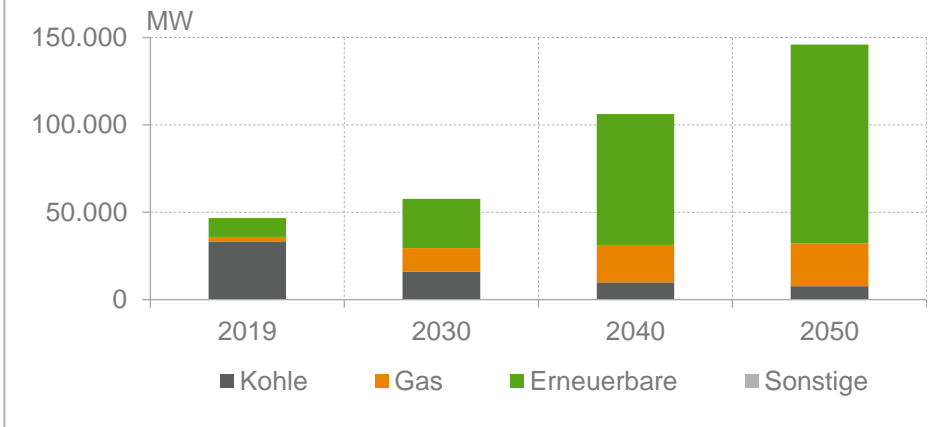
Großhandelsstrompreis



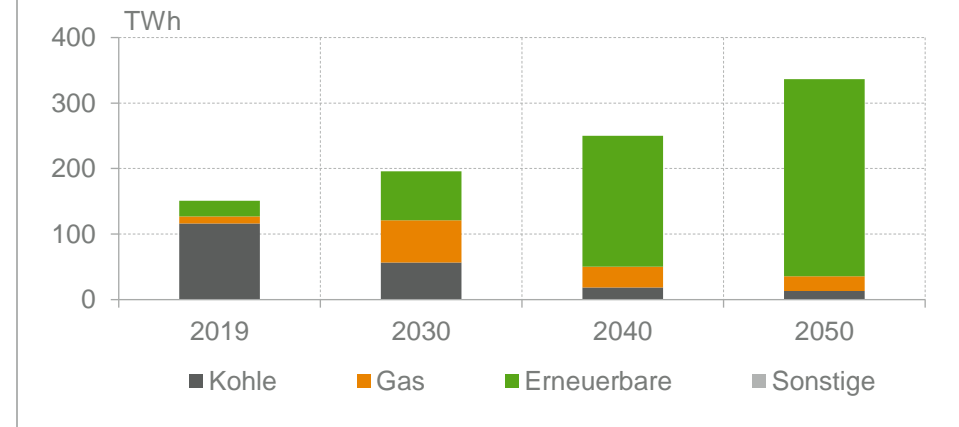
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

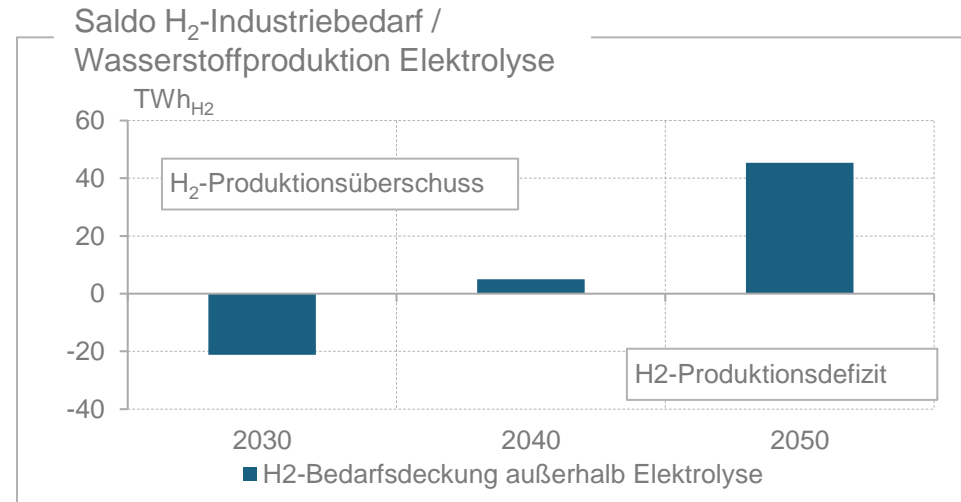
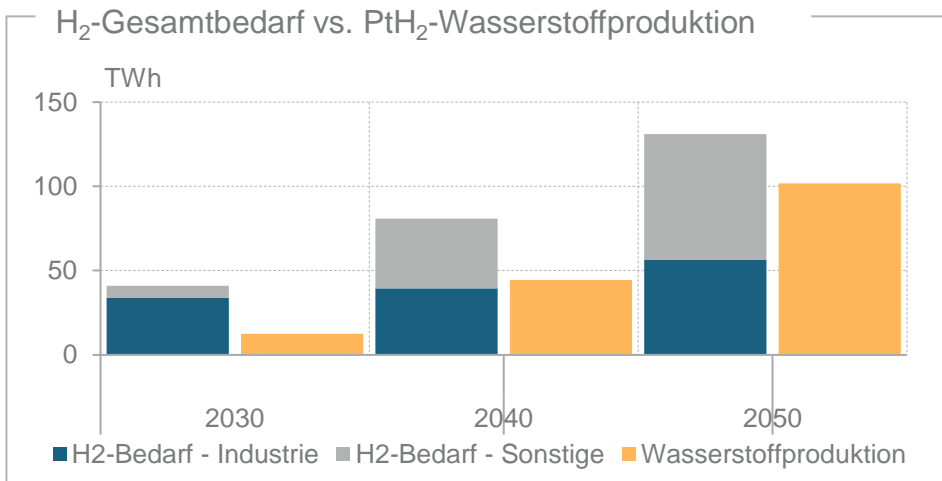
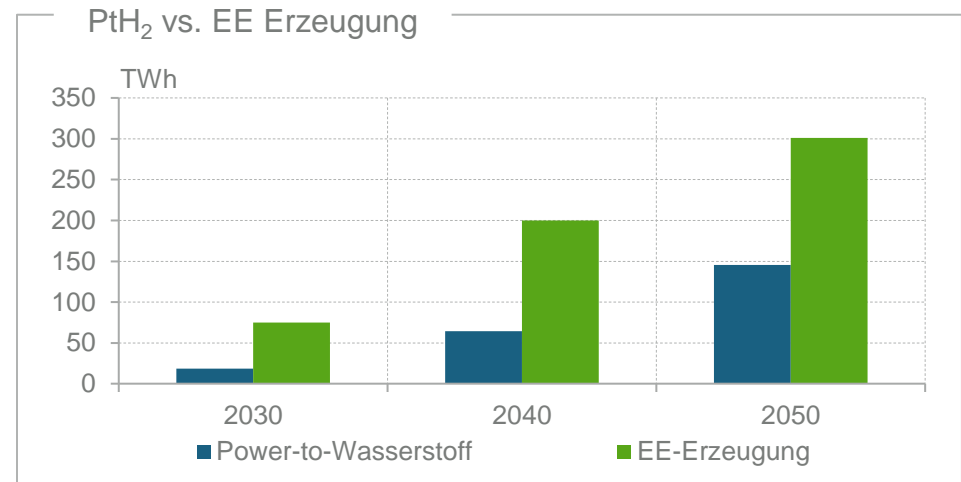
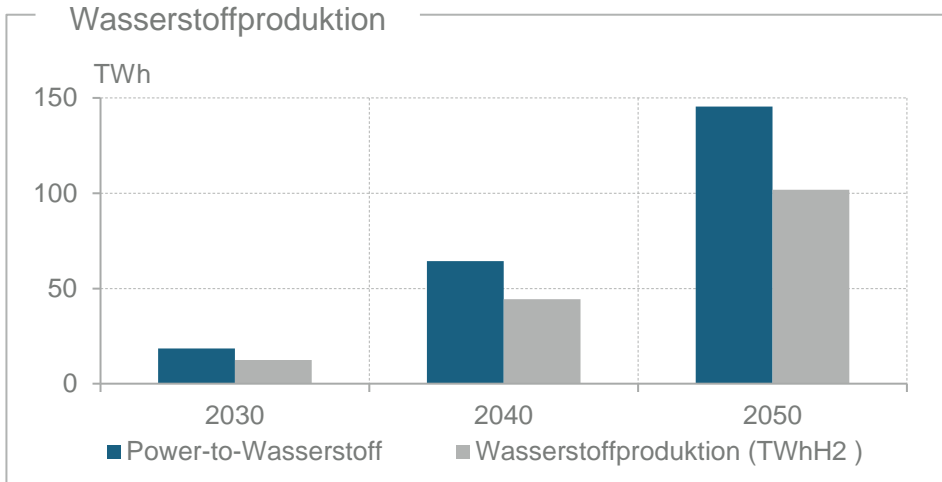


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Polen

Szenario B

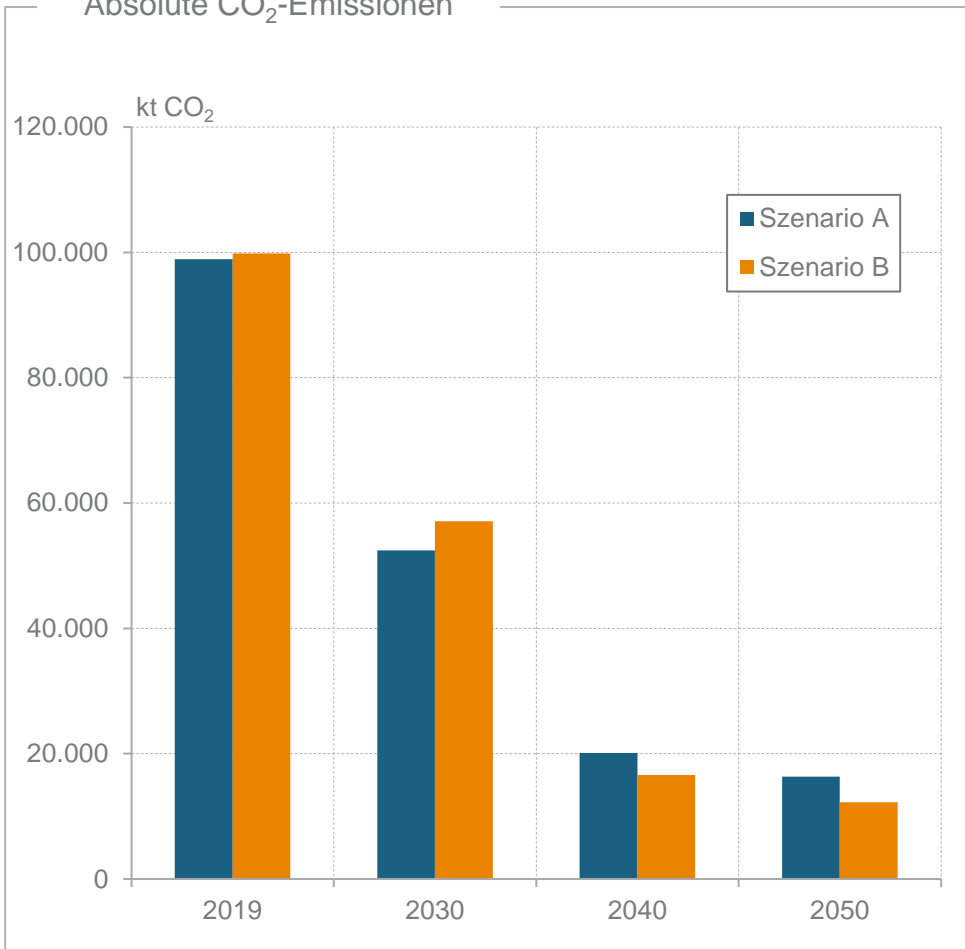


Länder Fact Sheet - Polen

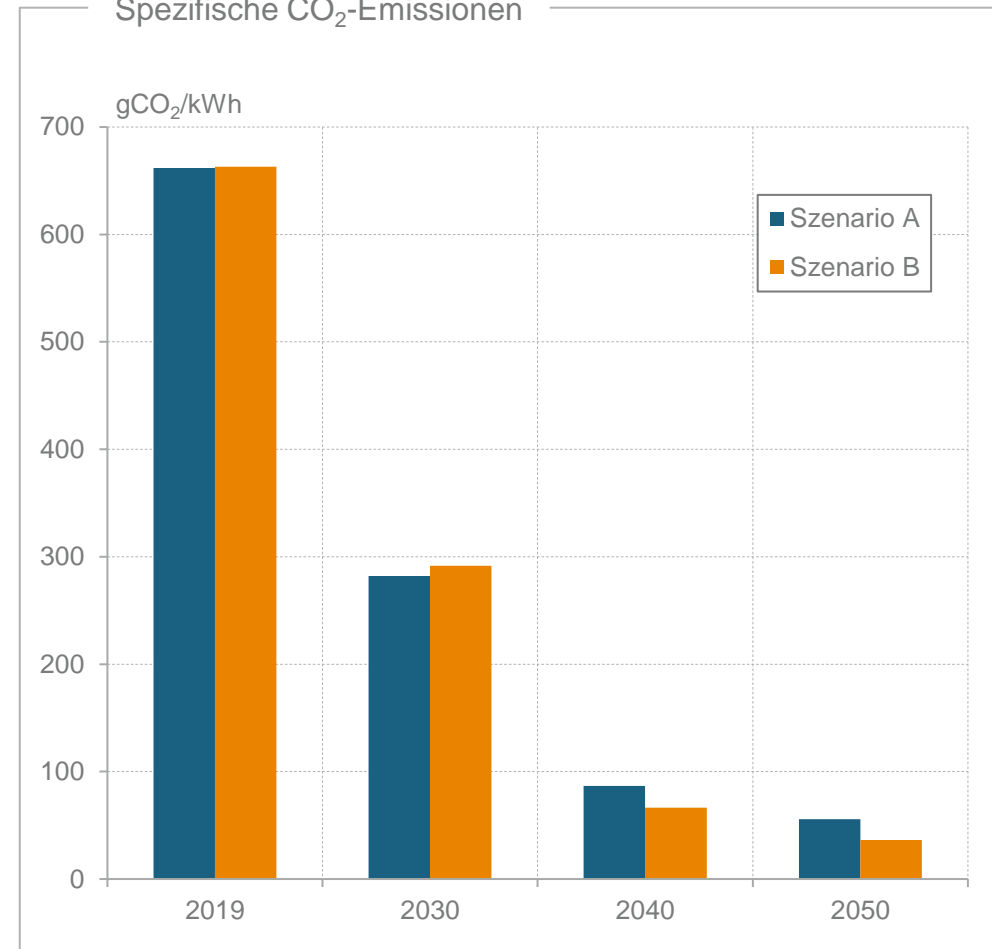
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



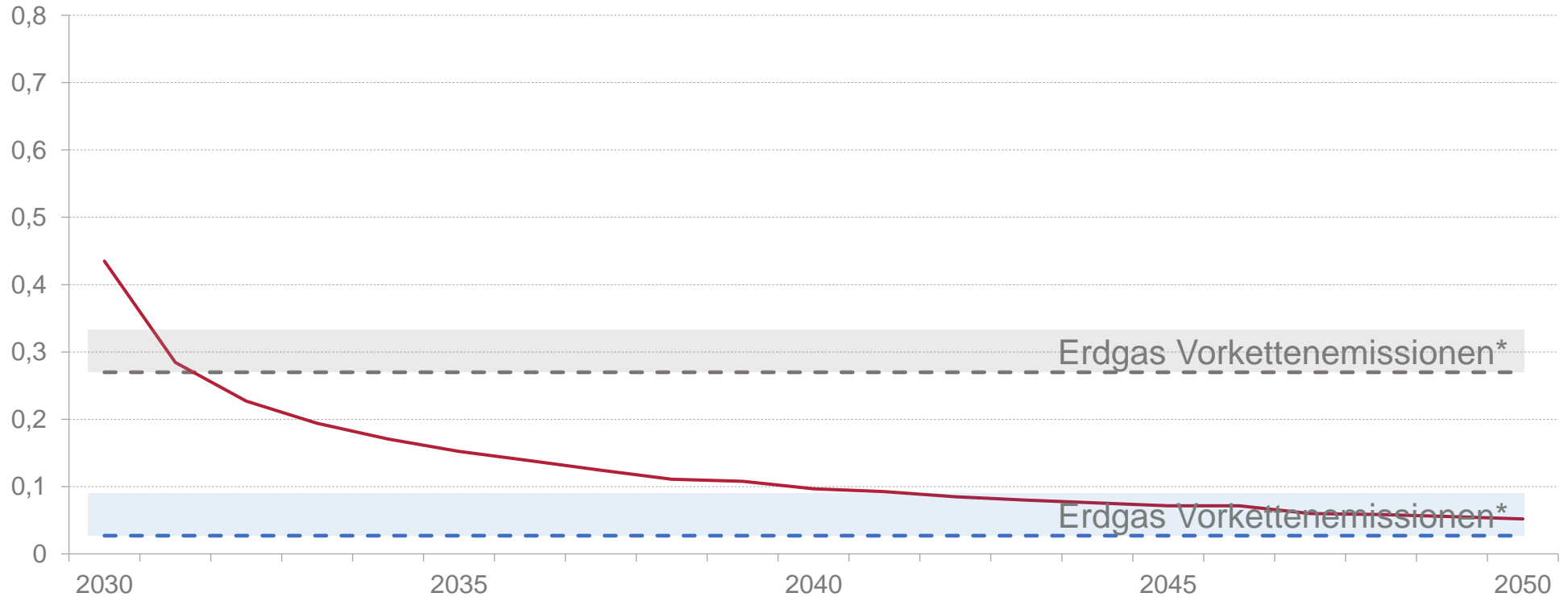
Länder Fact Sheet - Polen

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



- - - CO₂-Intensität Wasserstoff Dampfpreformierung

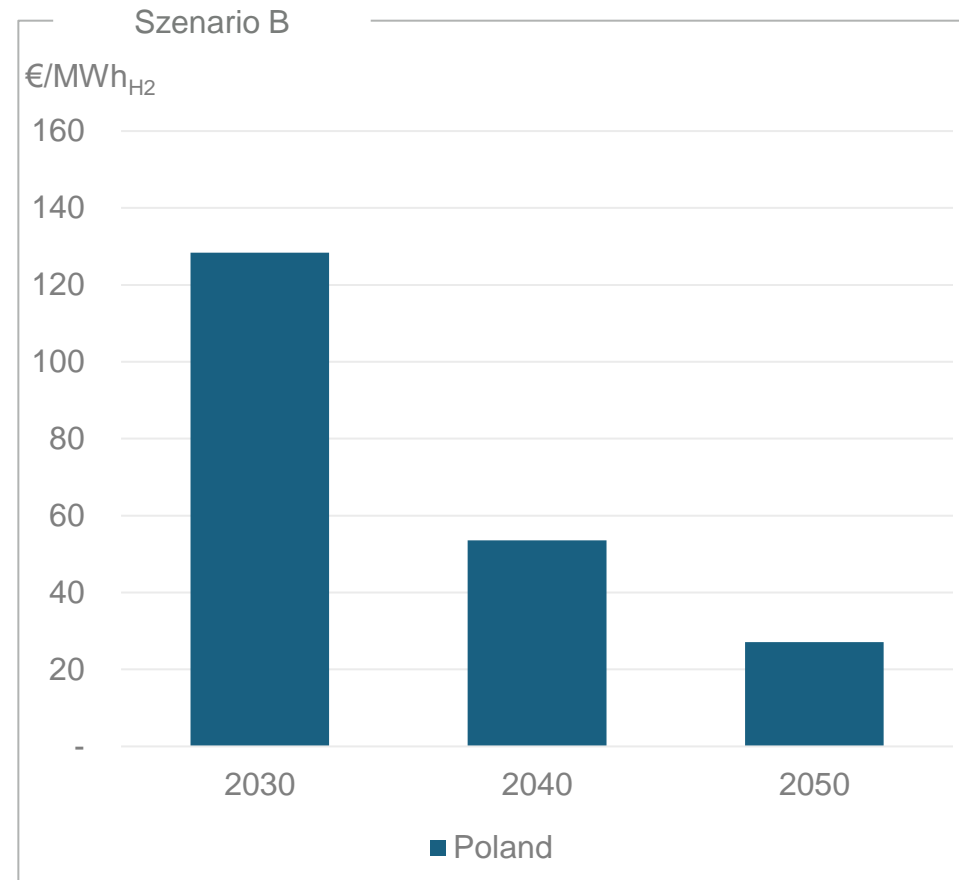
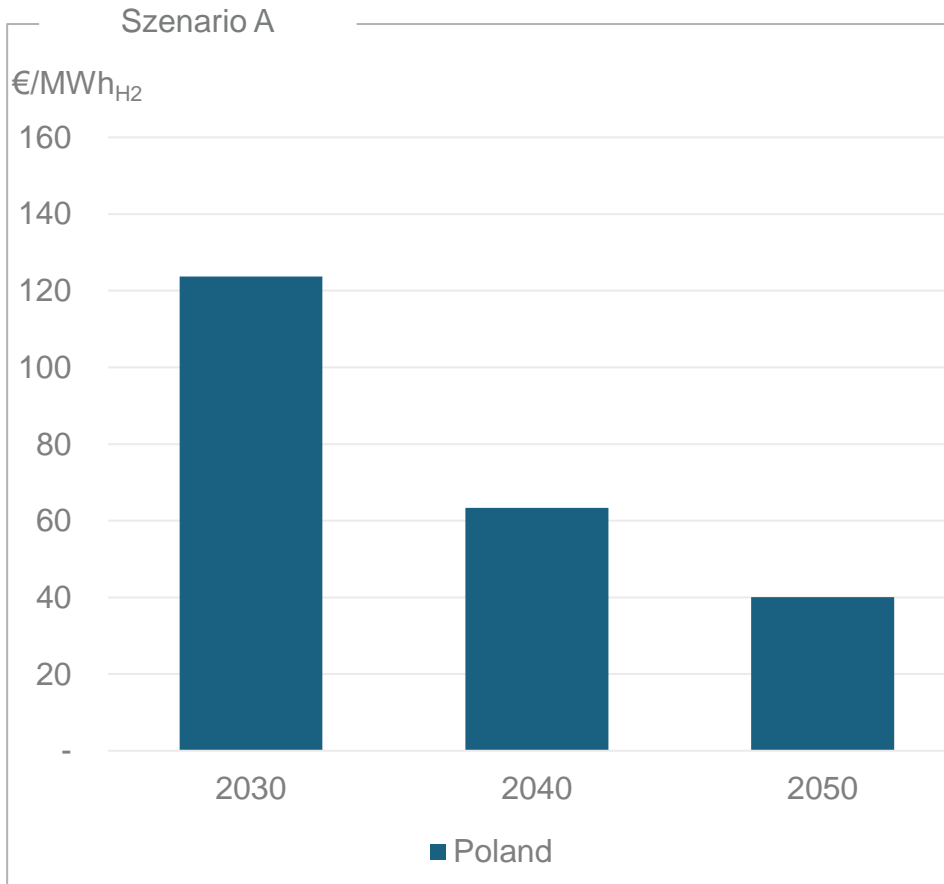
- - - CO₂-Intensität Wasserstoff 90% CCS

— Polen

* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Polen

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

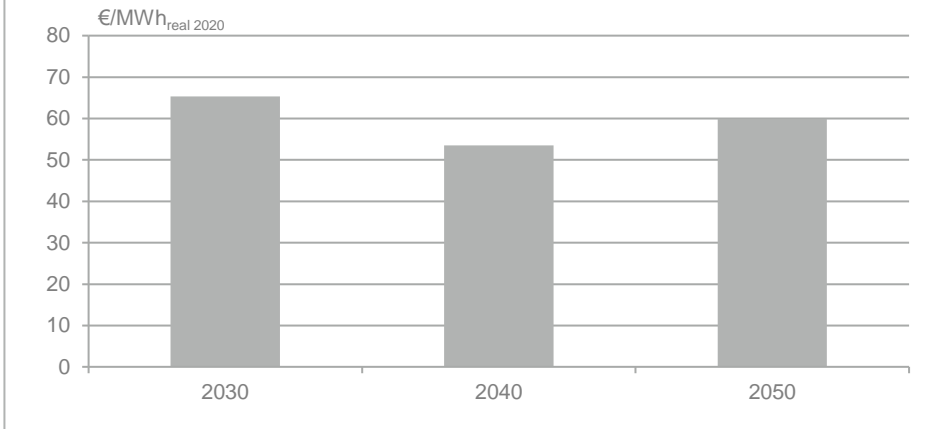


Länder Fact Sheet - Portugal

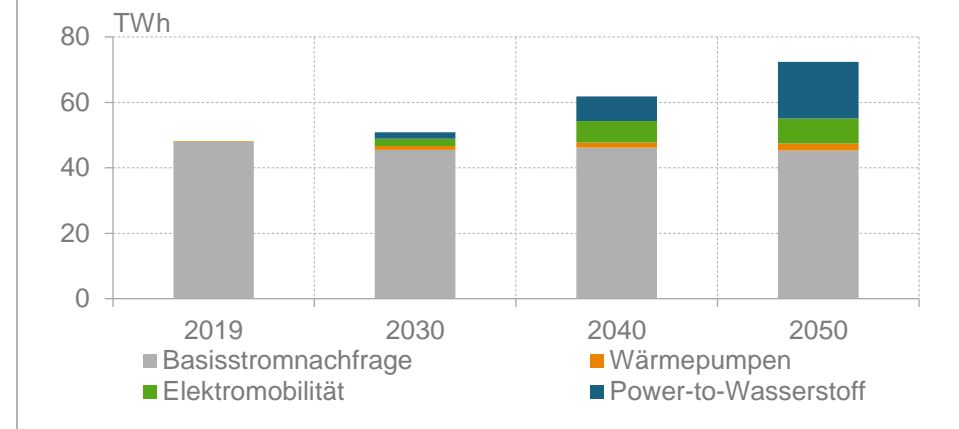
Szenario A



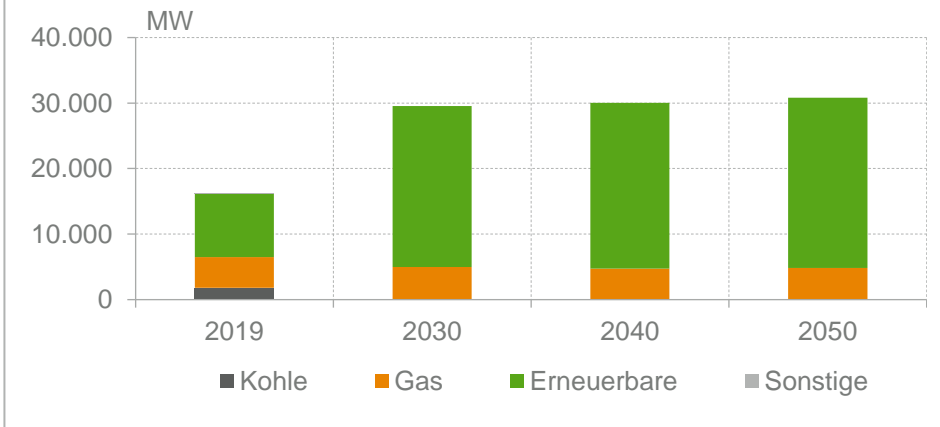
Großhandelsstrompreis



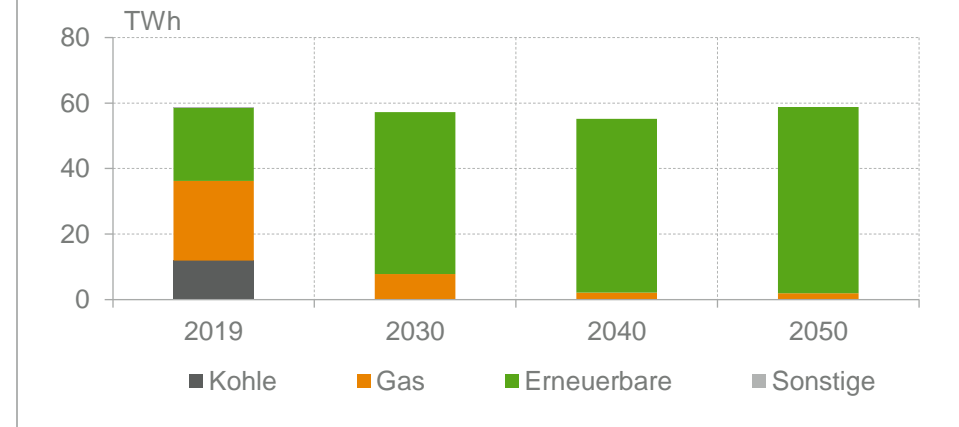
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

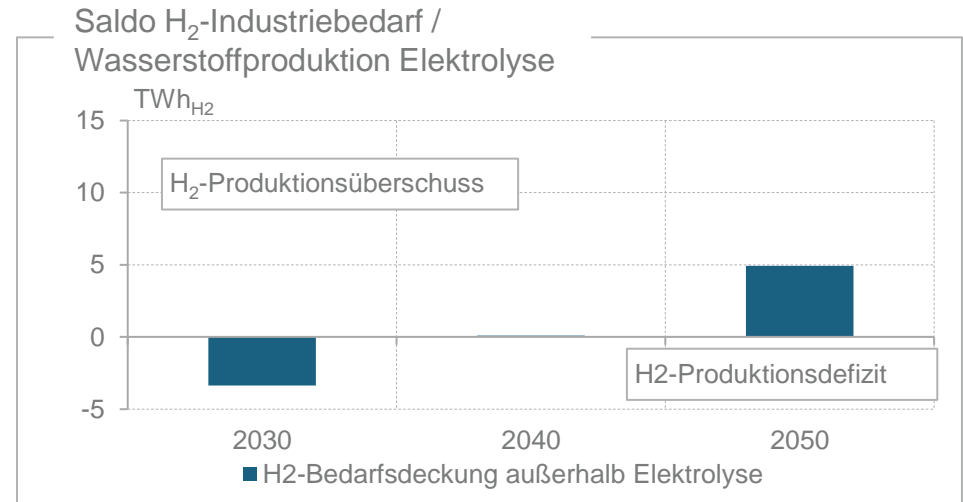
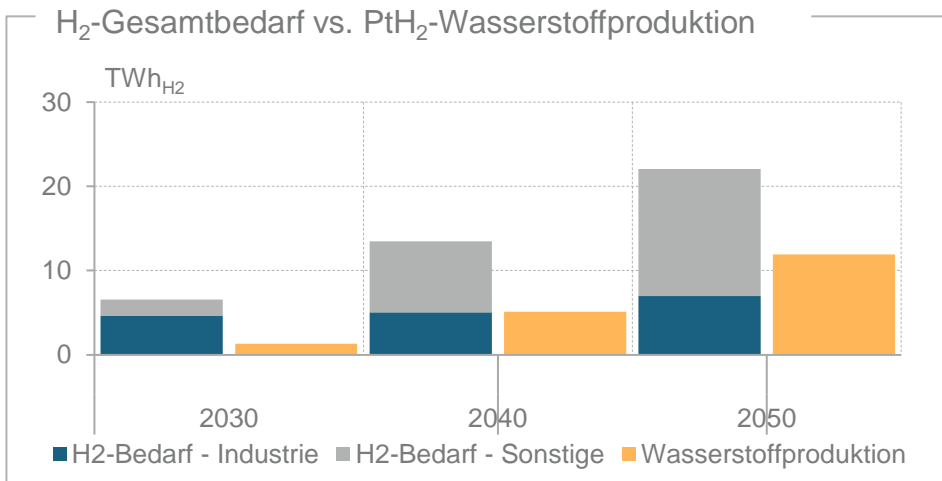
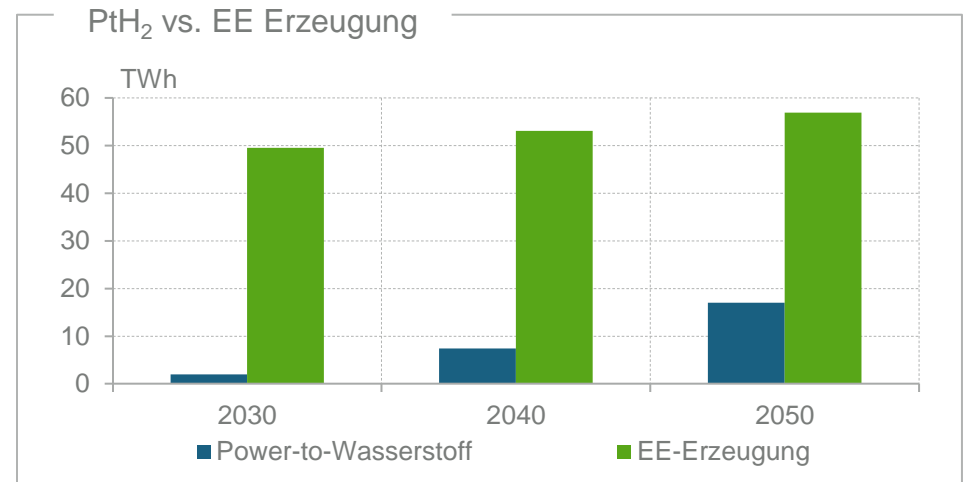
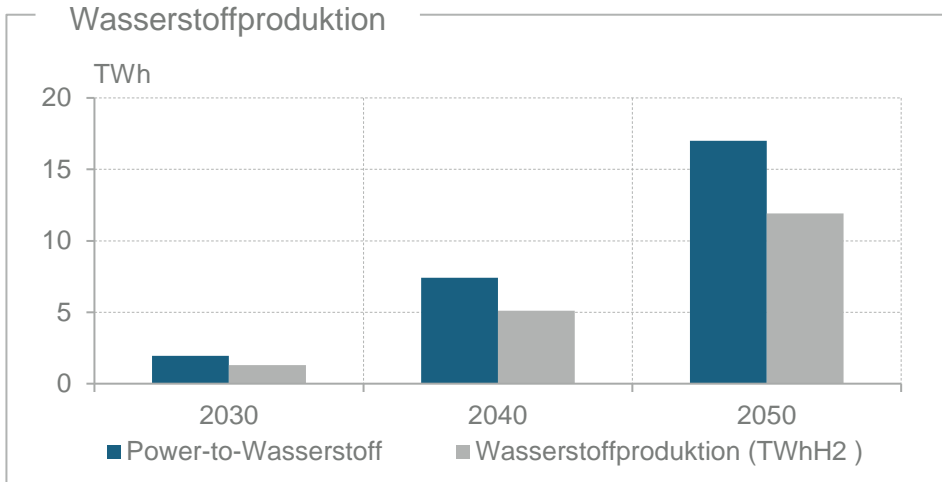


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Portugal

Szenario A

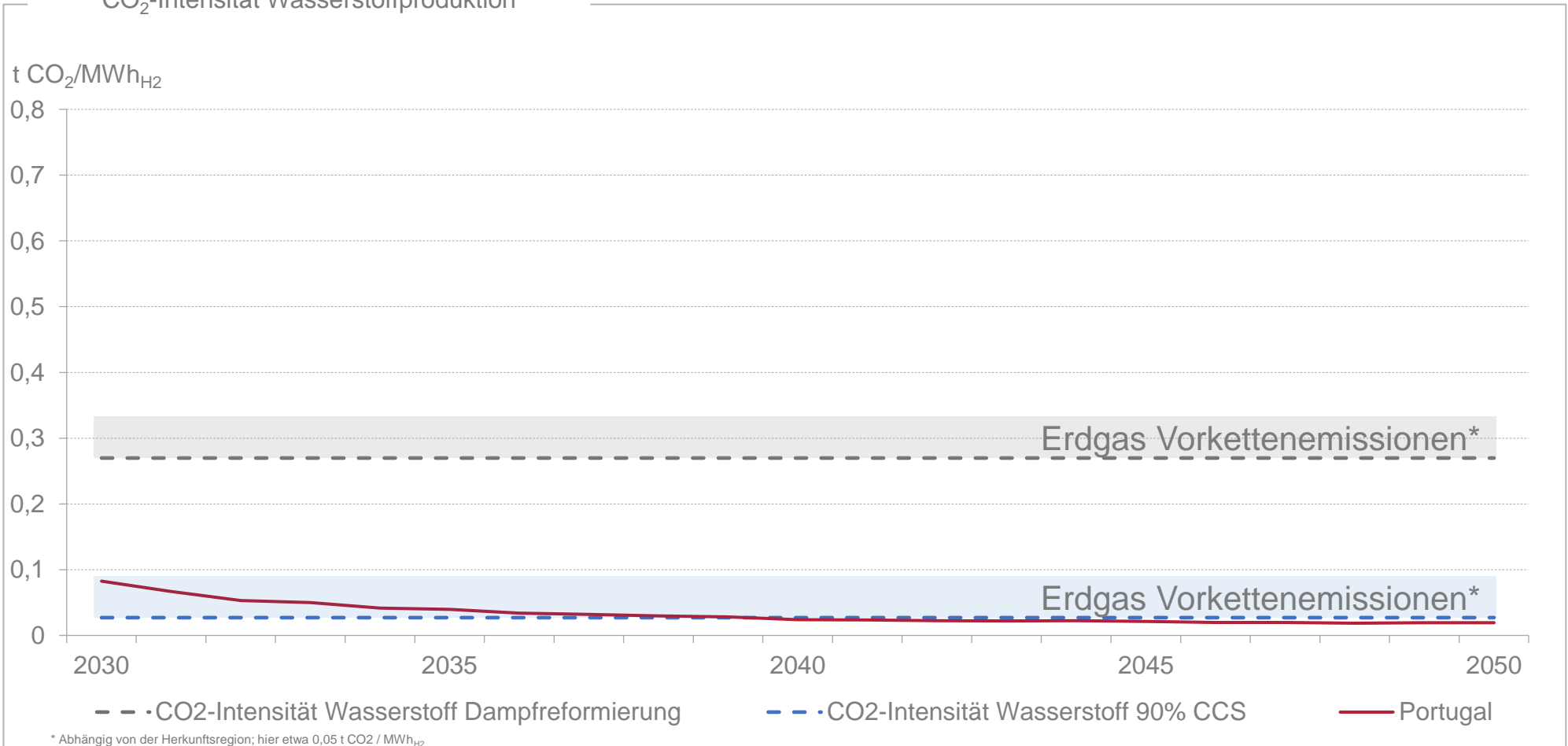


Länder Fact Sheet - Portugal

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

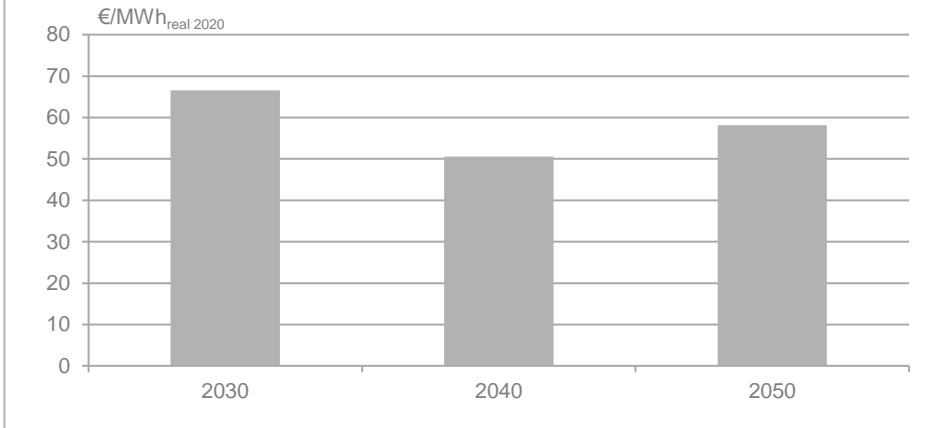


Länder Fact Sheet - Portugal

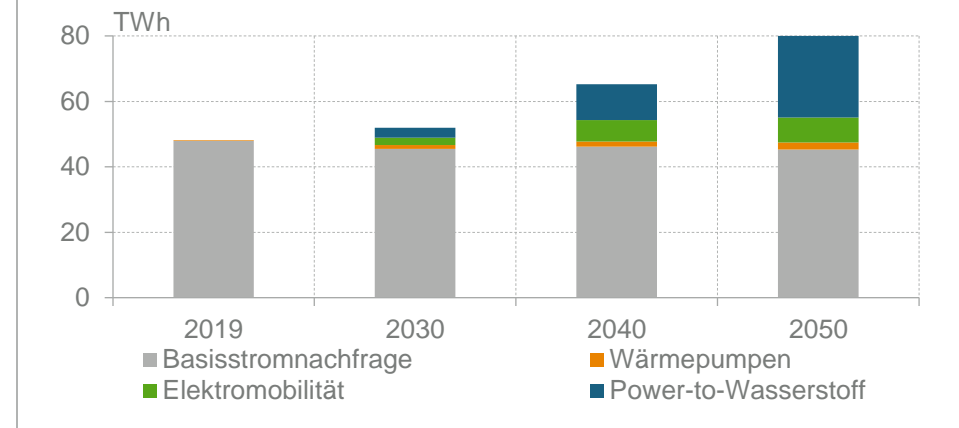
Szenario B



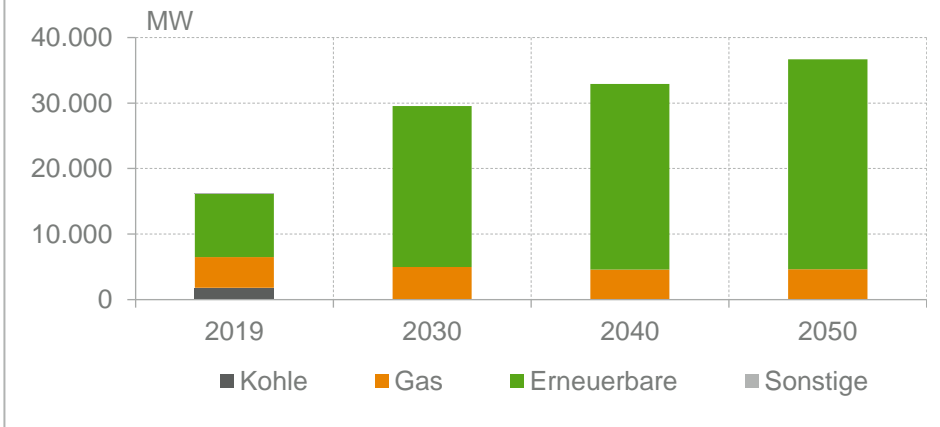
Großhandelsstrompreis



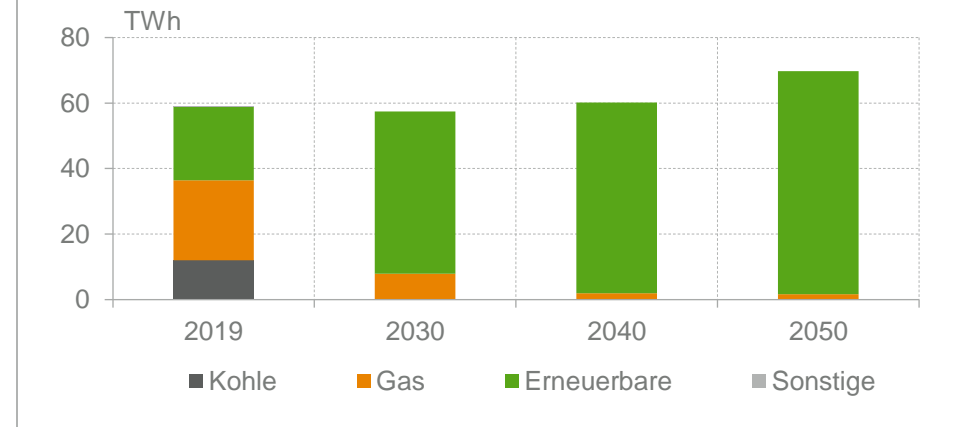
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

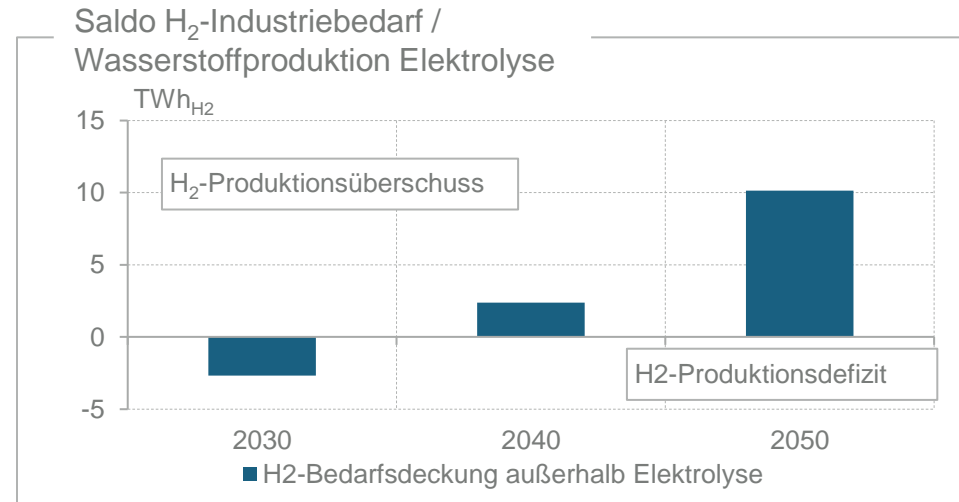
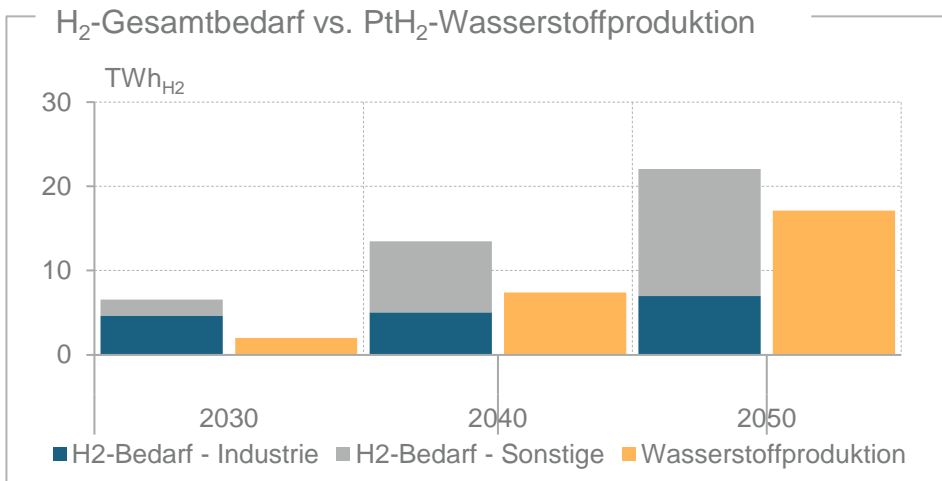
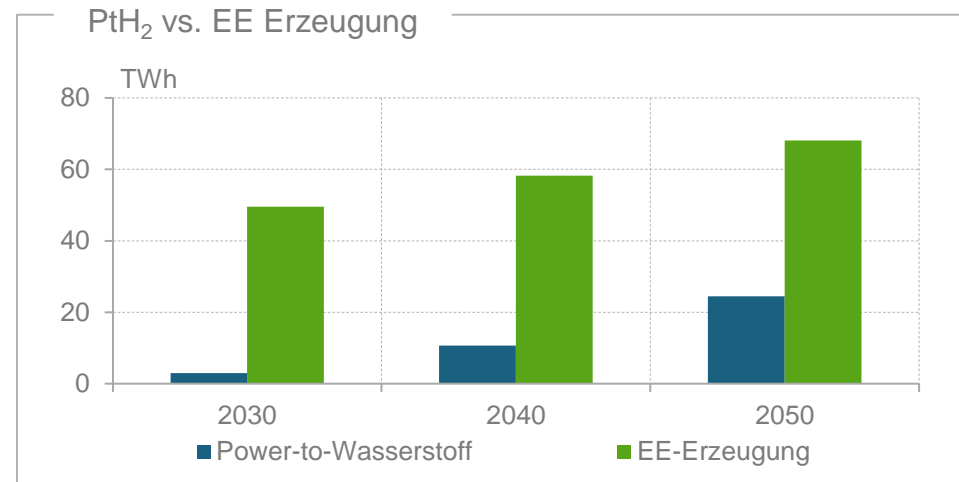
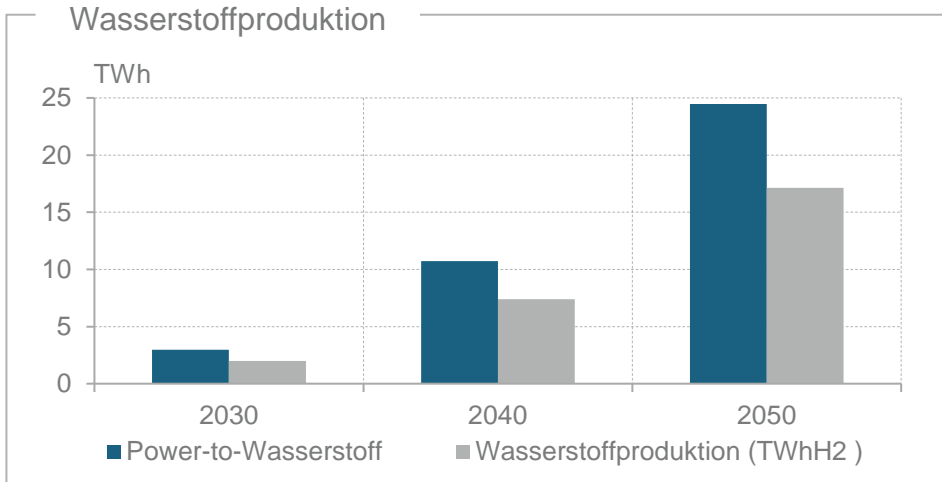


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Portugal

Szenario B

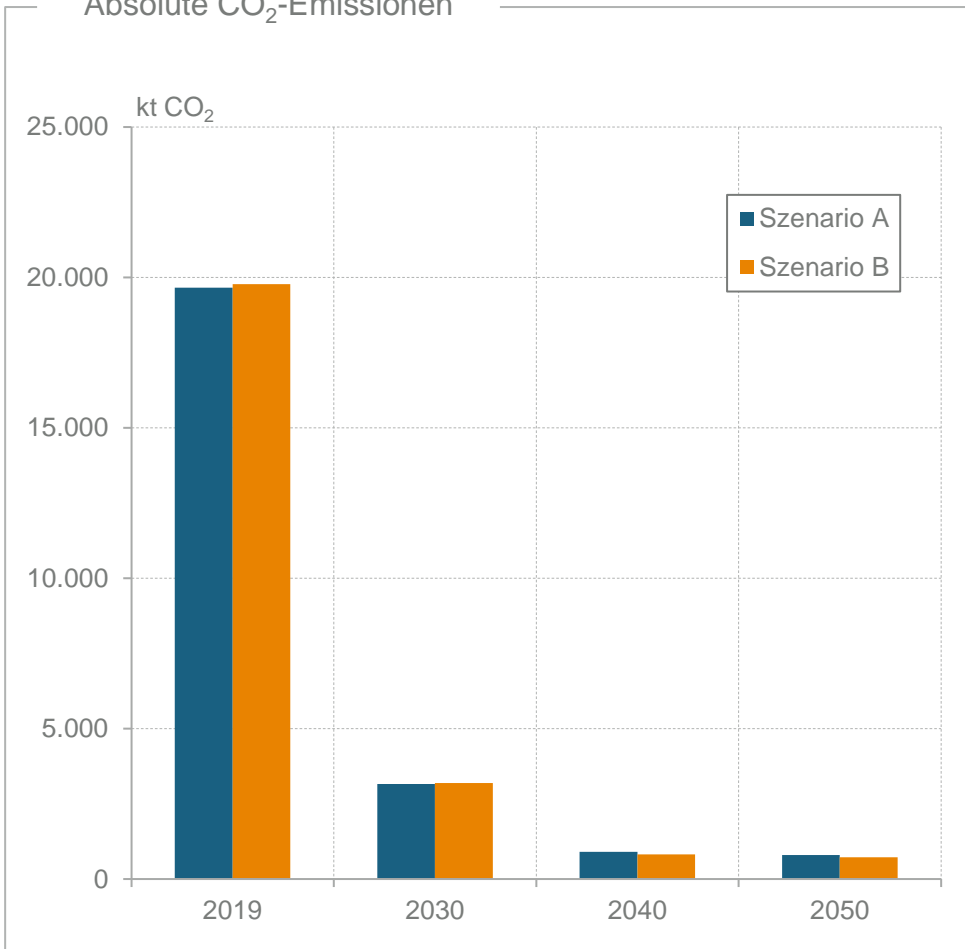


Länder Fact Sheet - Portugal

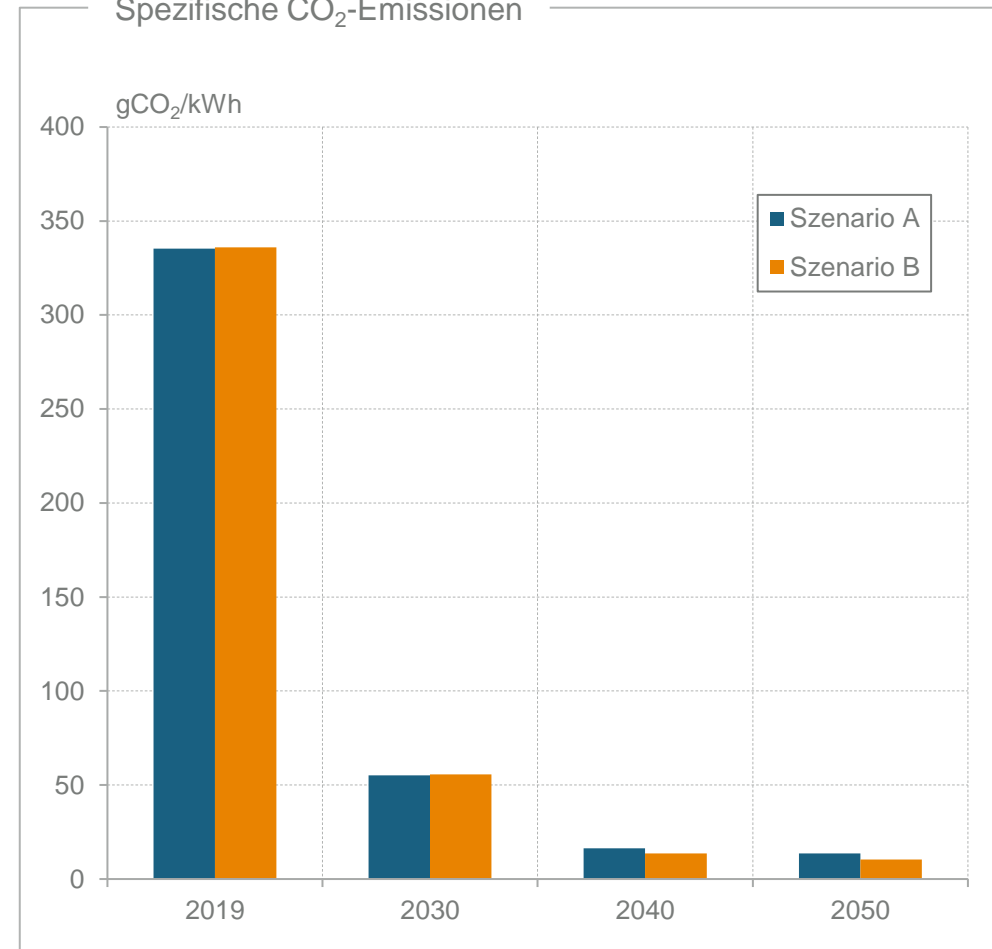
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

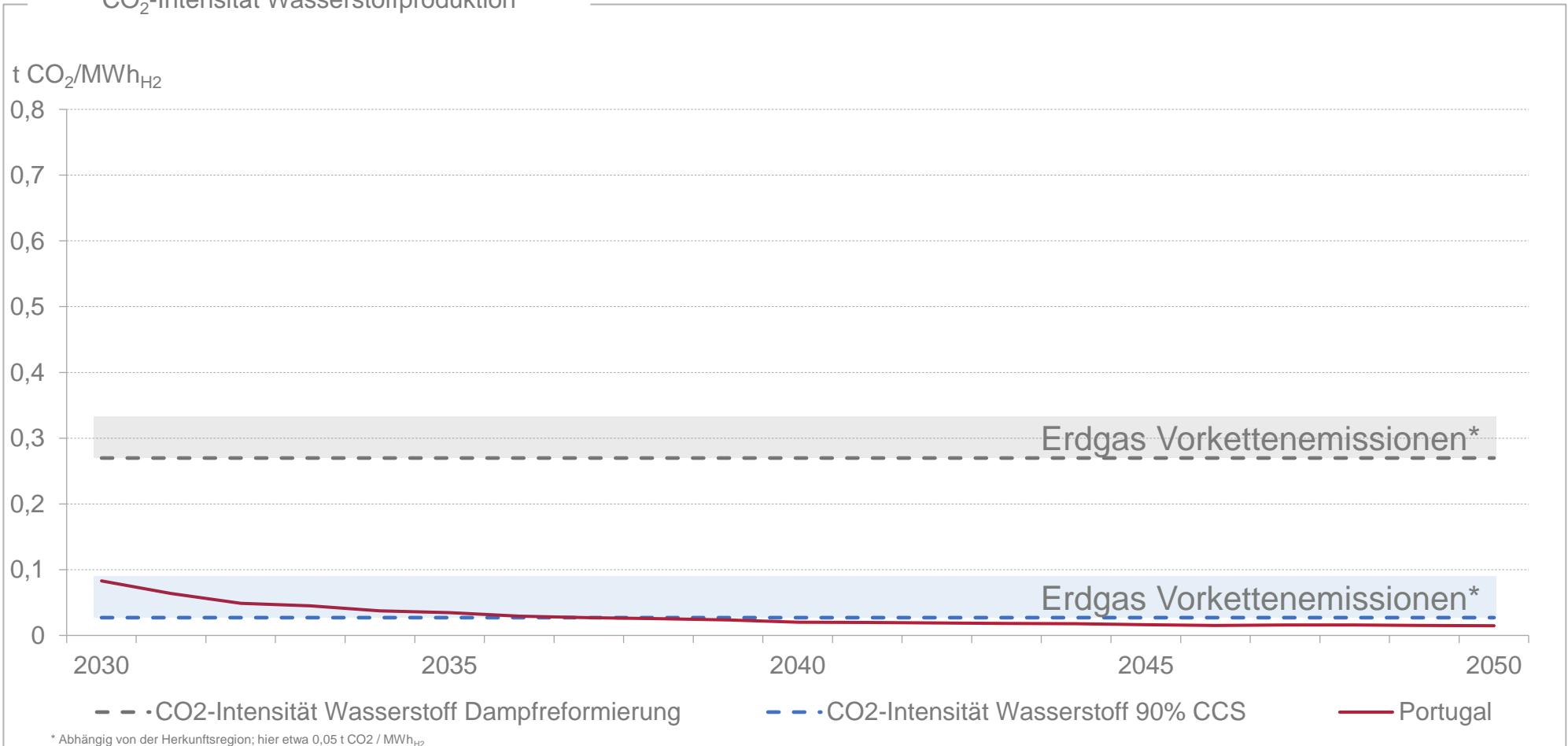


Länder Fact Sheet - Portugal

Szenario B

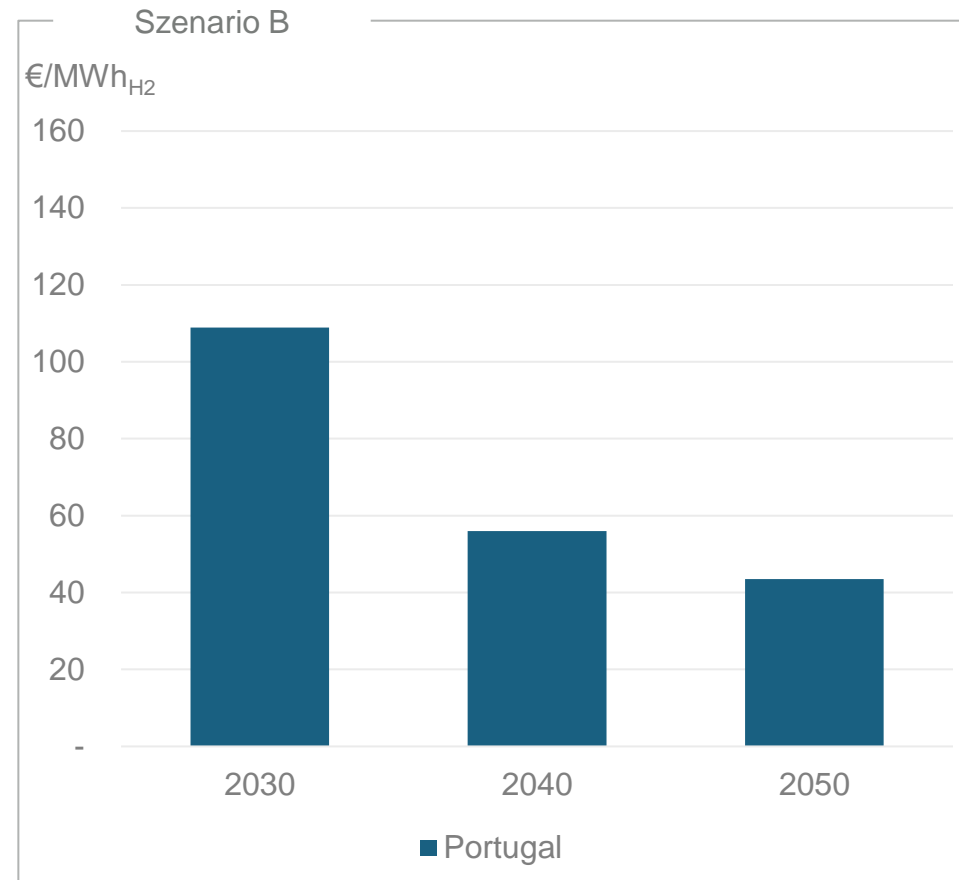
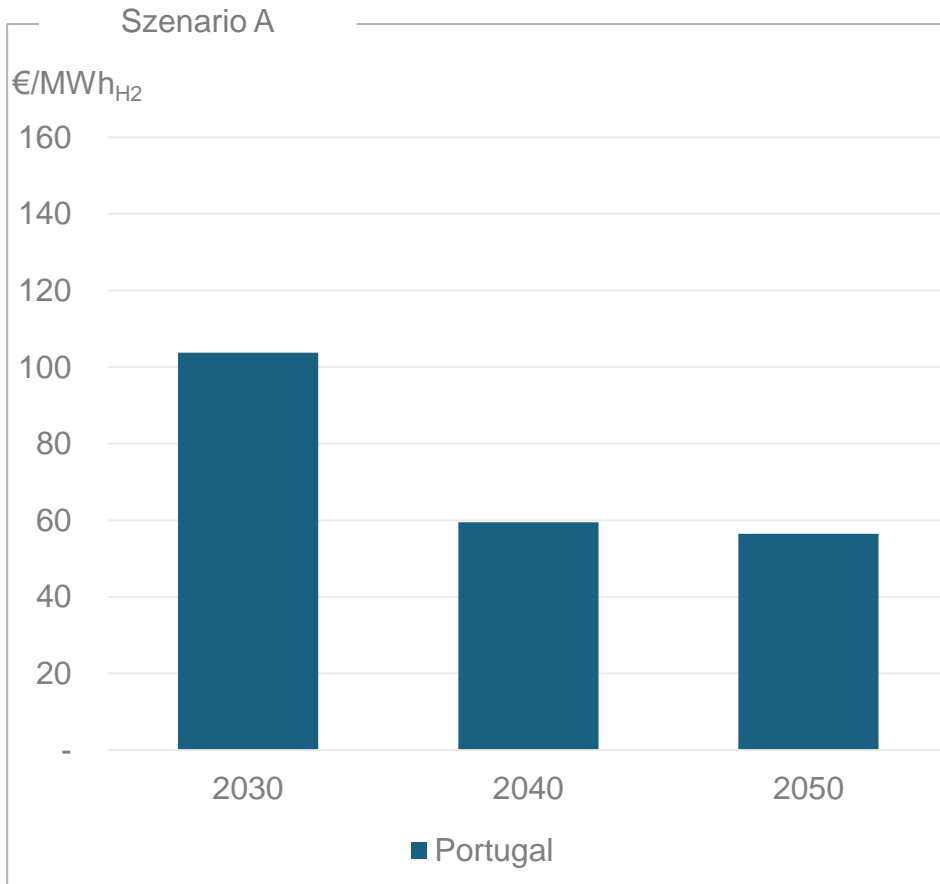


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Portugal

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

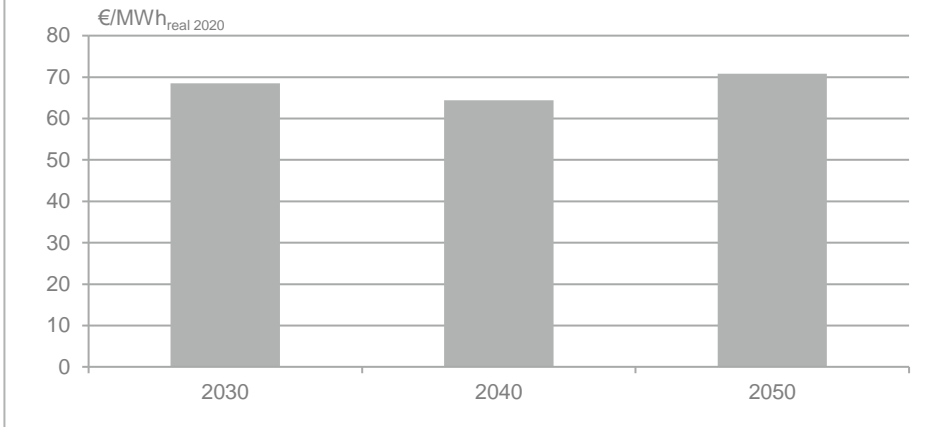


Länder Fact Sheet - Rumänien

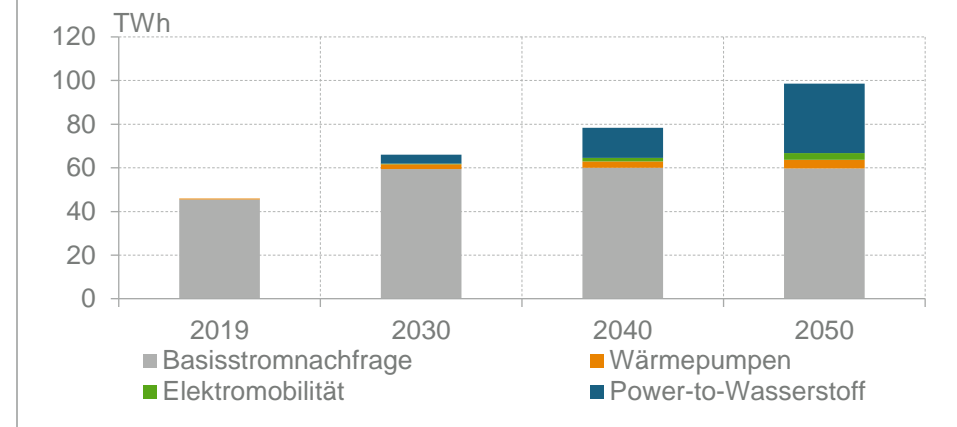
Szenario A



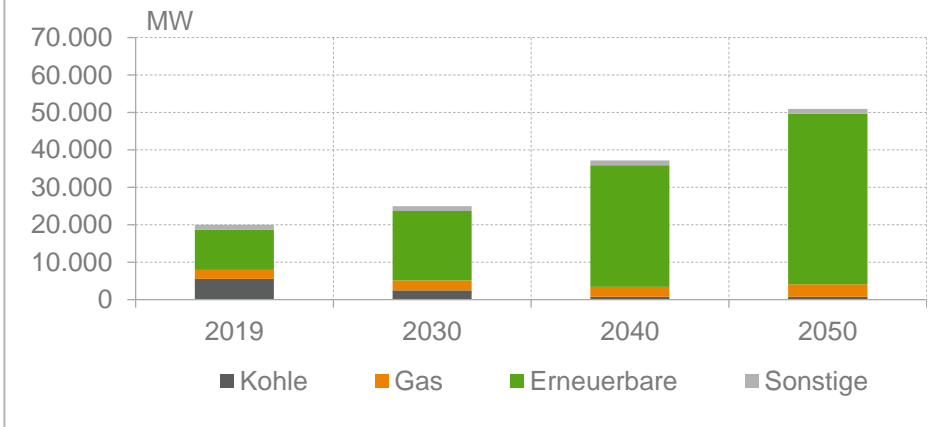
Großhandelsstrompreis



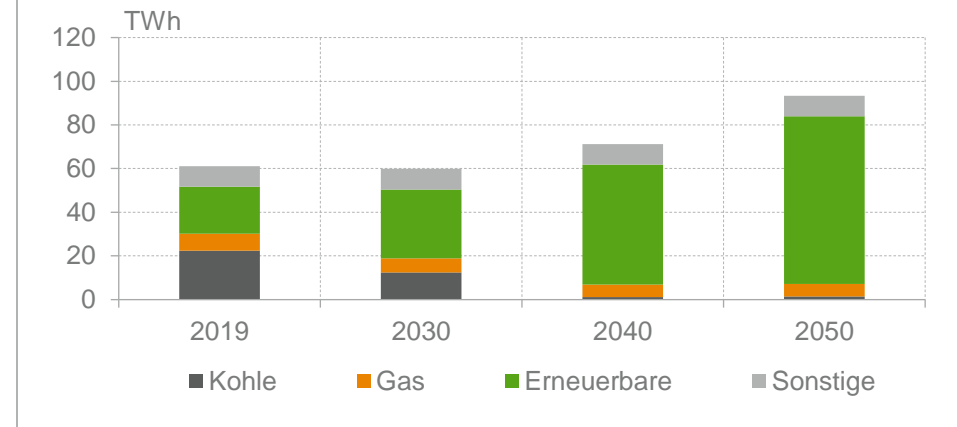
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

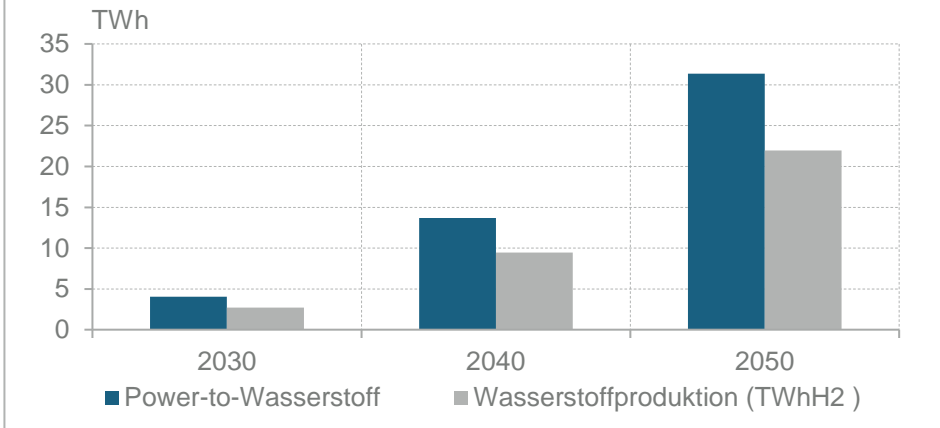


Länder Fact Sheet - Rumänien

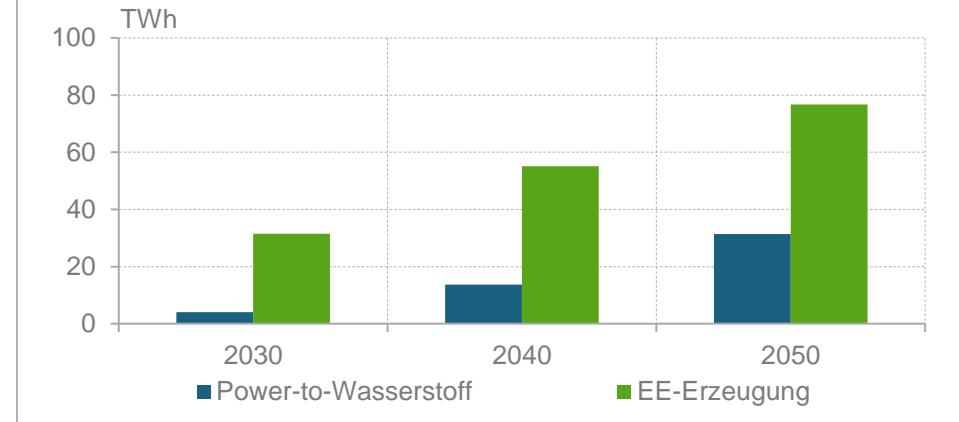
Szenario A



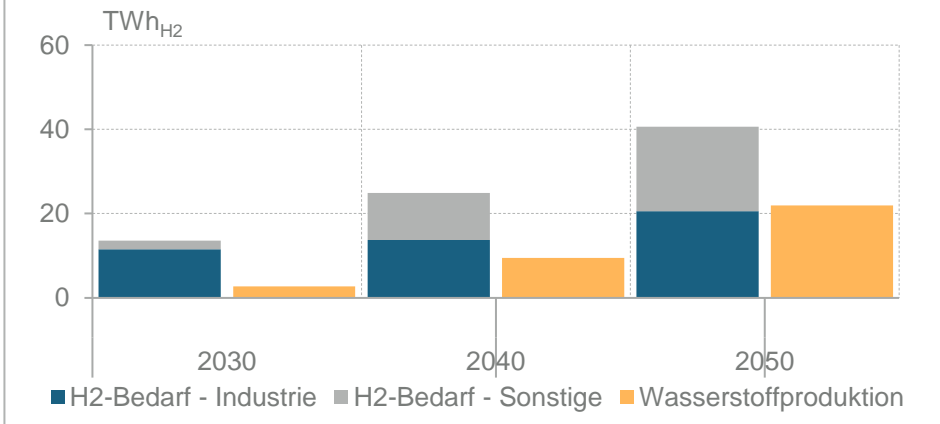
Wasserstoffproduktion



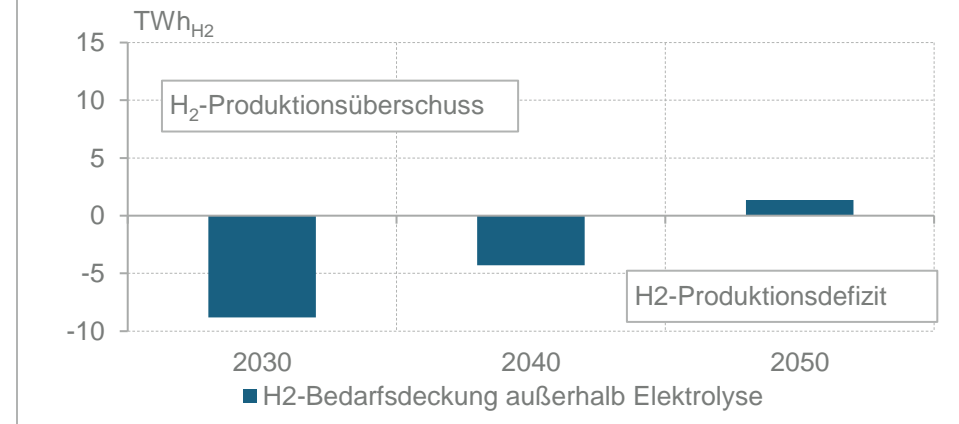
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse



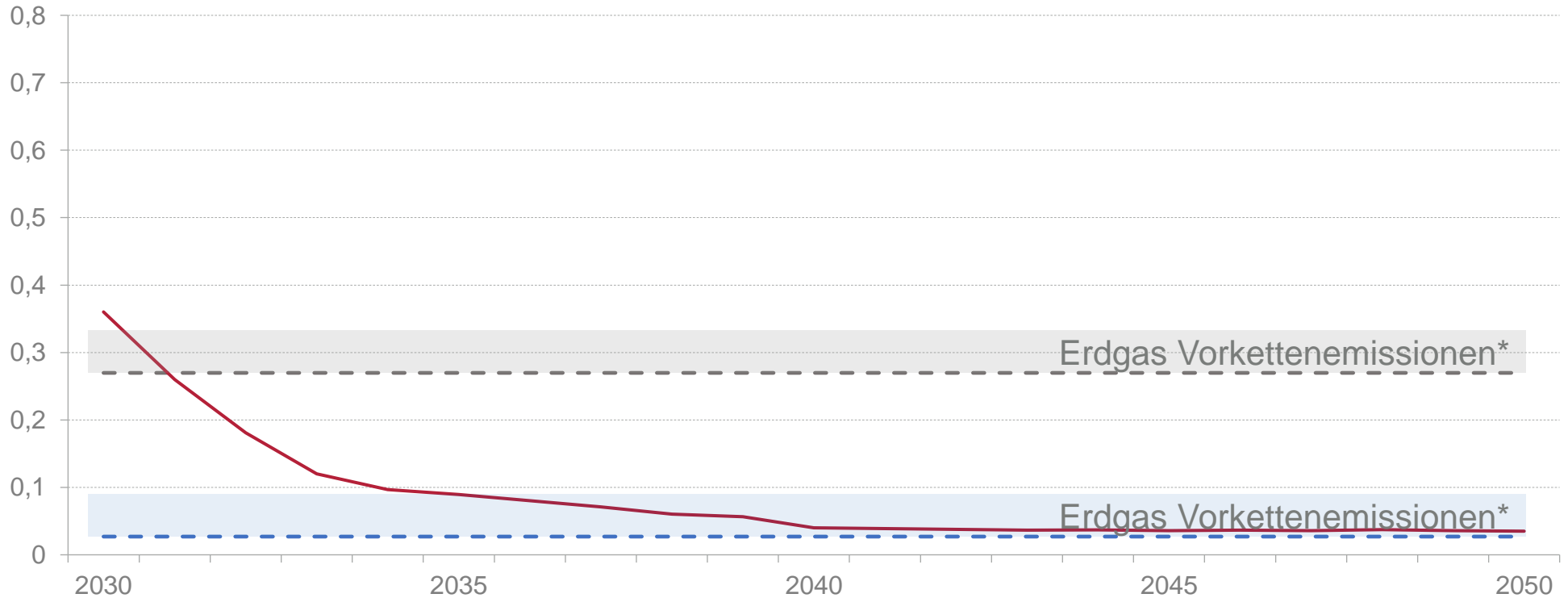
Länder Fact Sheet - Rumänien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



- - - CO₂-Intensität Wasserstoff Dampfreformierung

- - - CO₂-Intensität Wasserstoff 90% CCS

— Romania

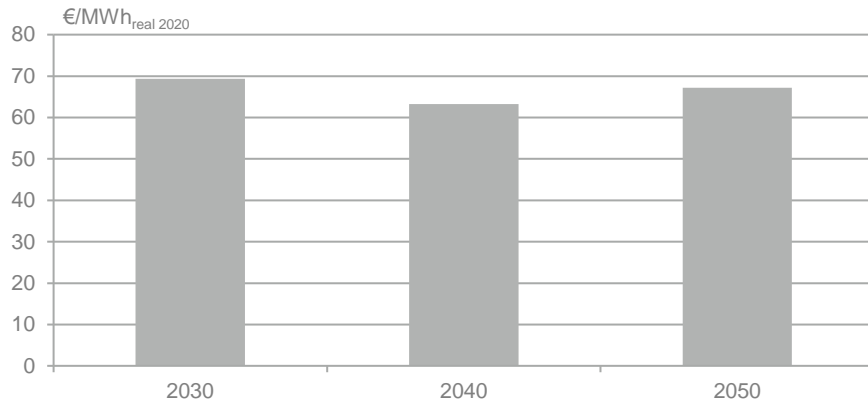
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Rumänien

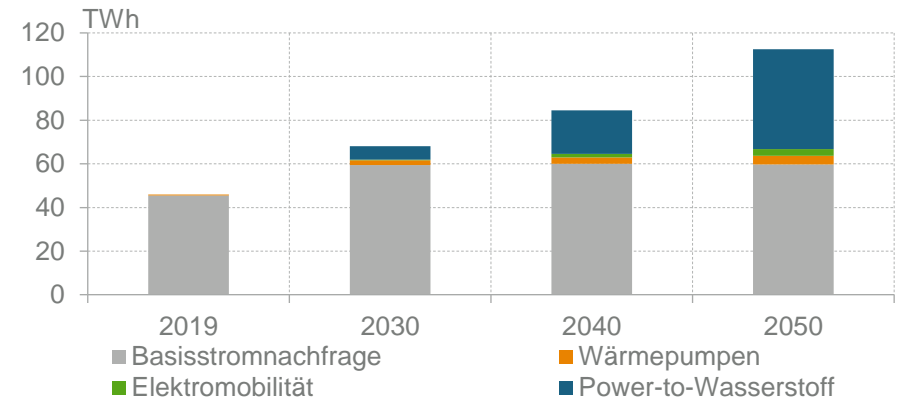
Szenario B



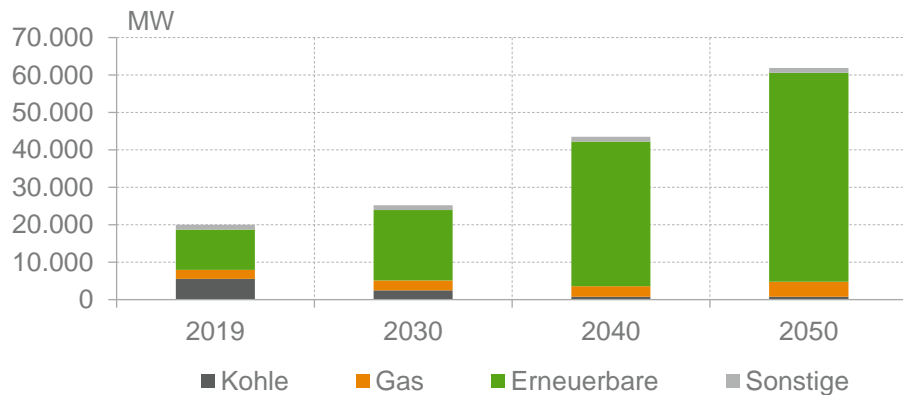
Großhandelsstrompreis



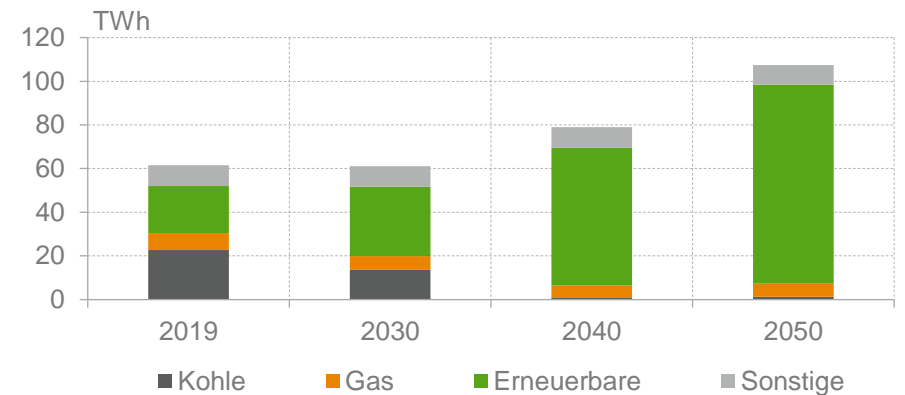
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

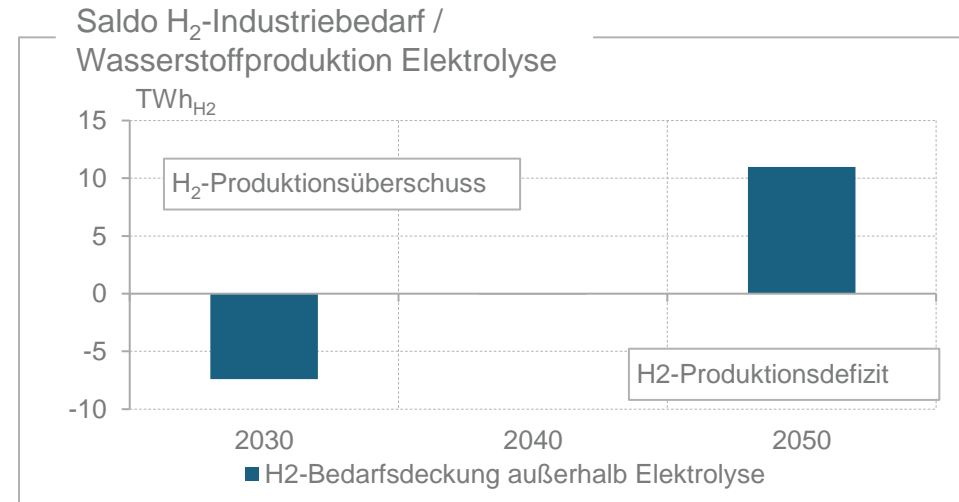
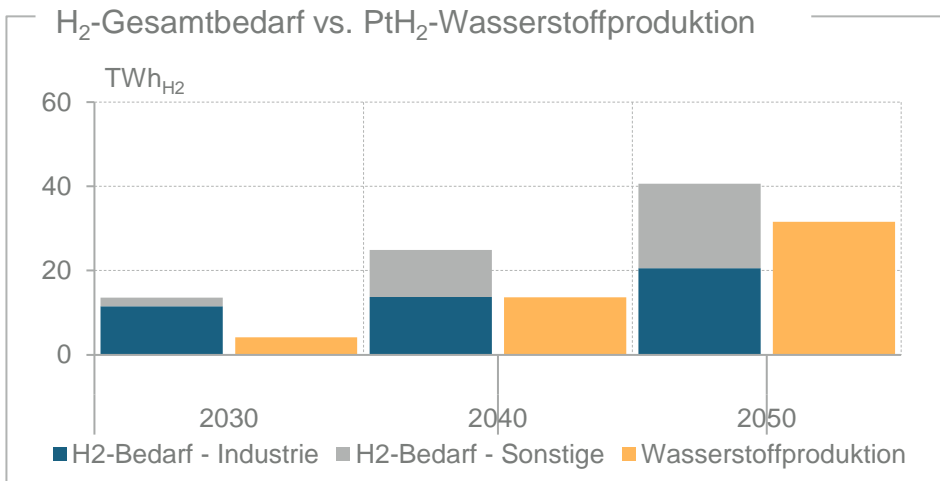
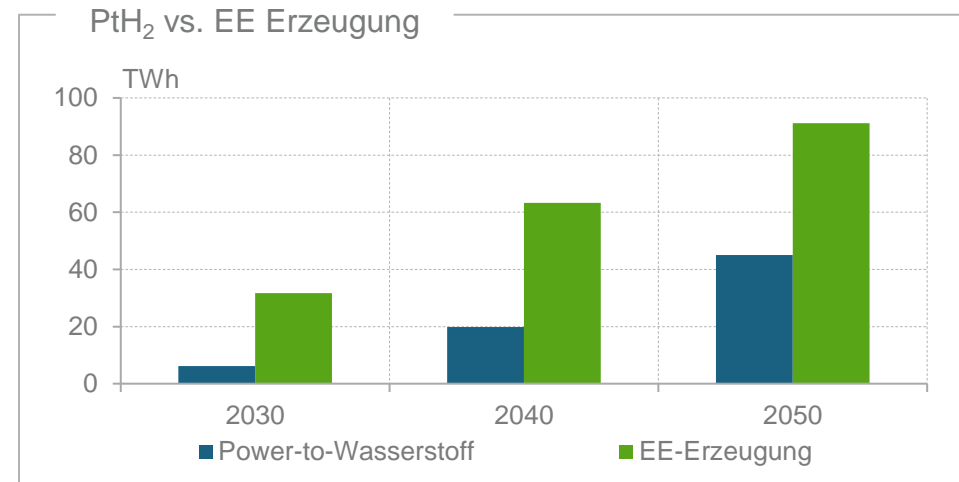
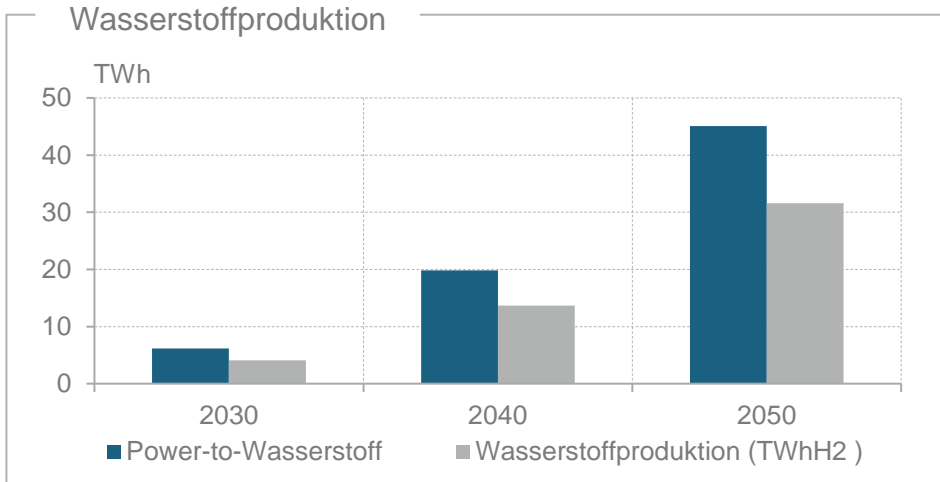


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Rumänien

Szenario B

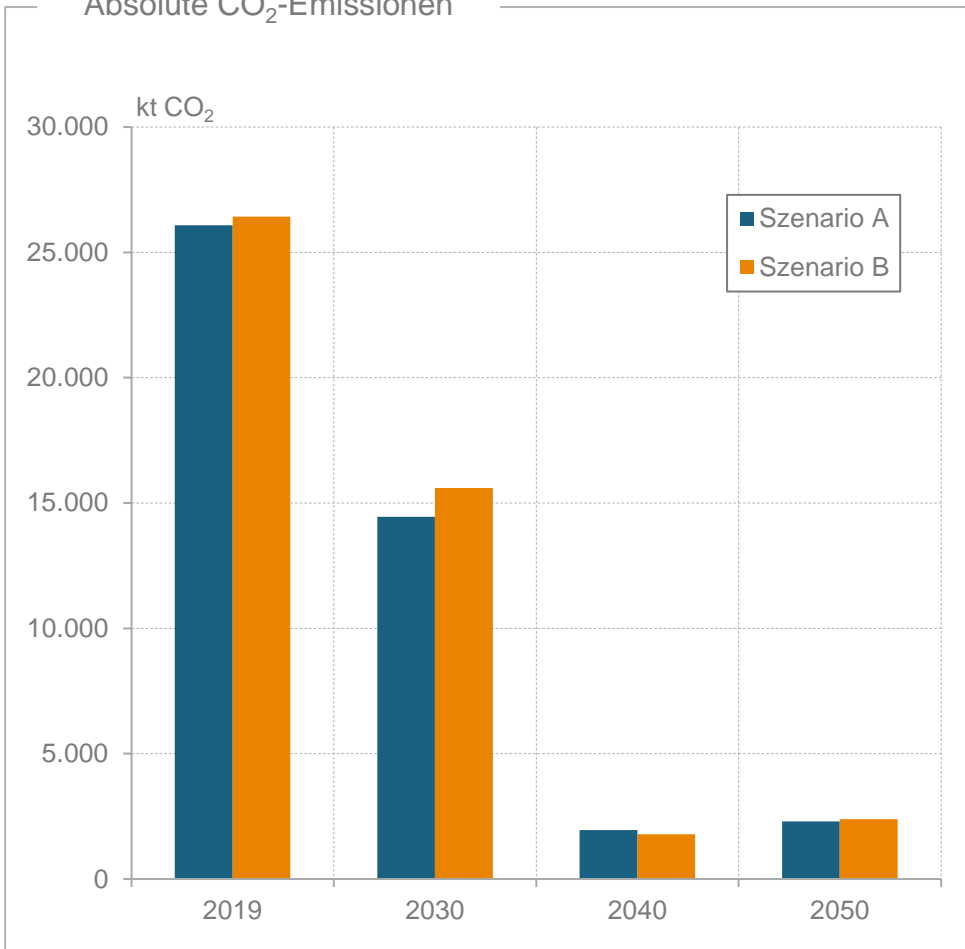


Länder Fact Sheet - Rumänien

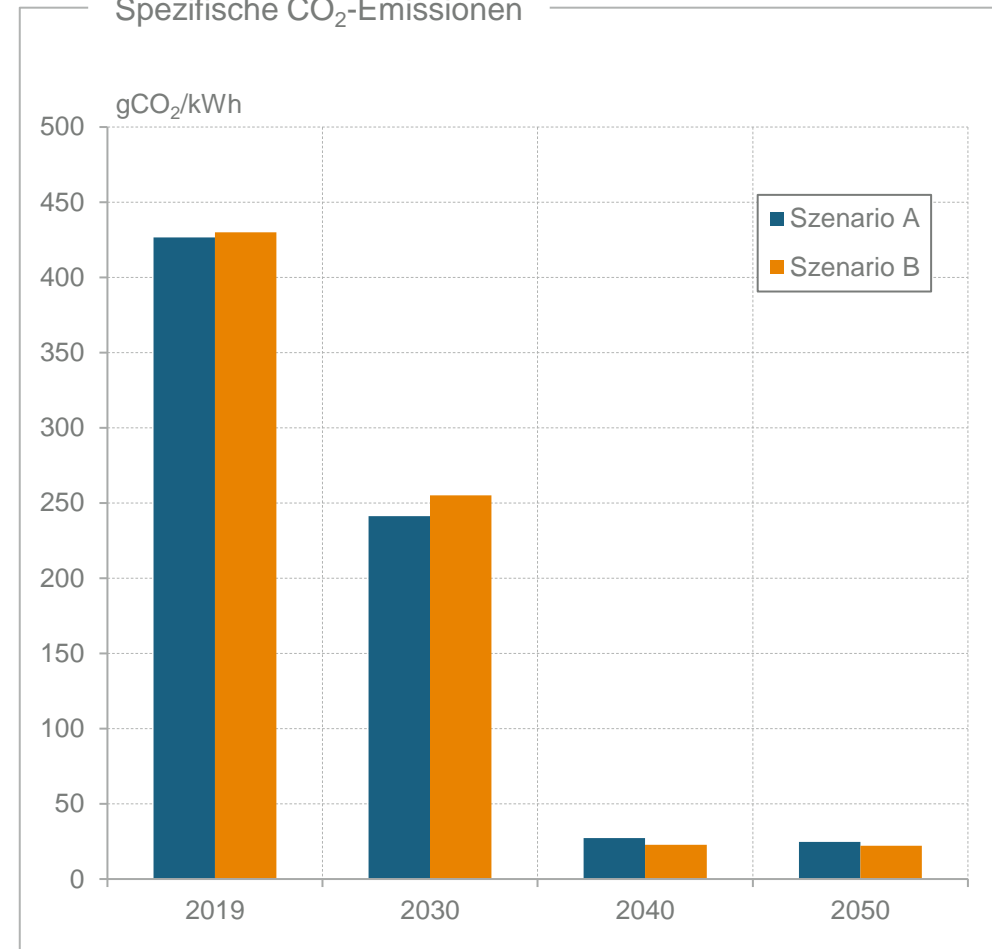
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

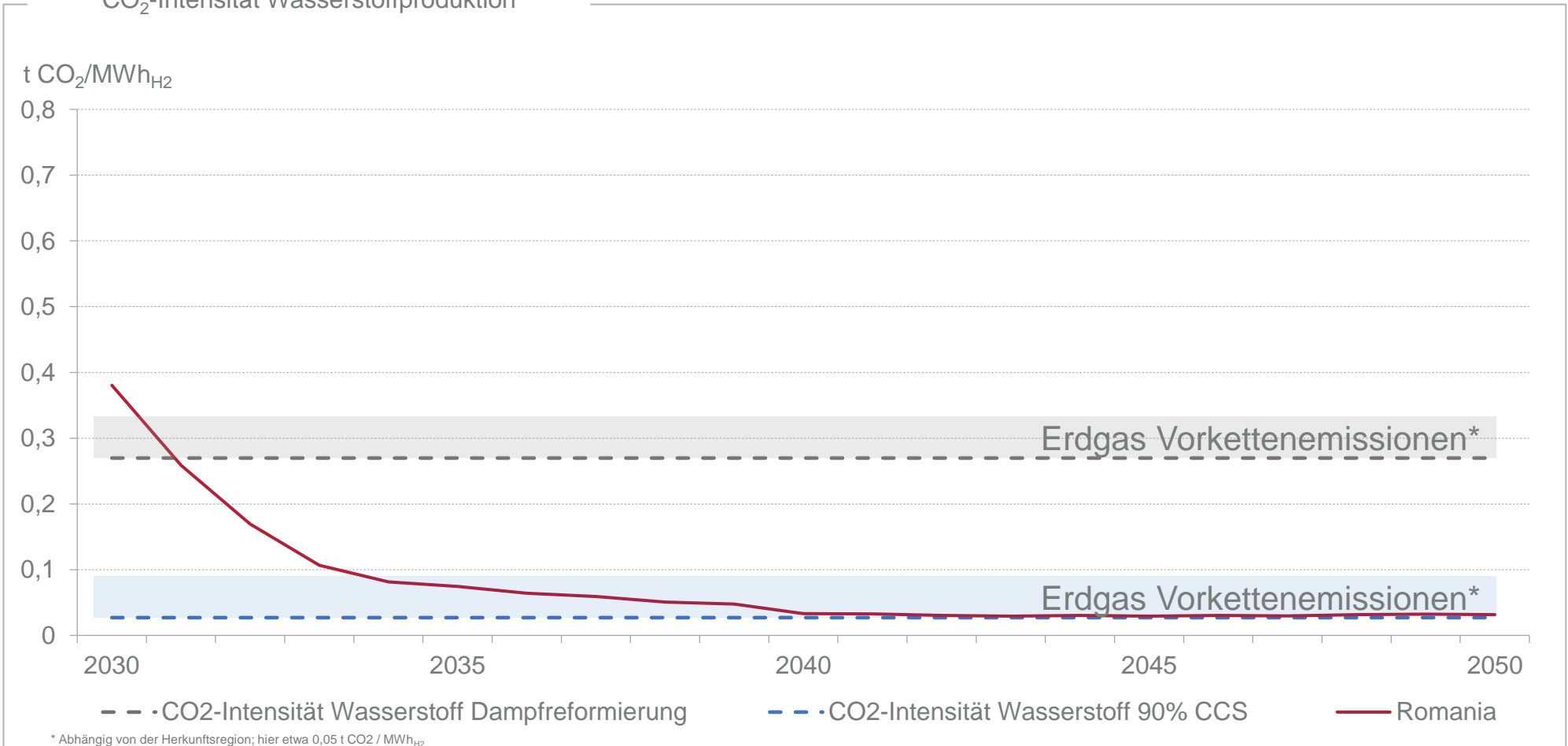


Länder Fact Sheet - Rumänien

Szenario B

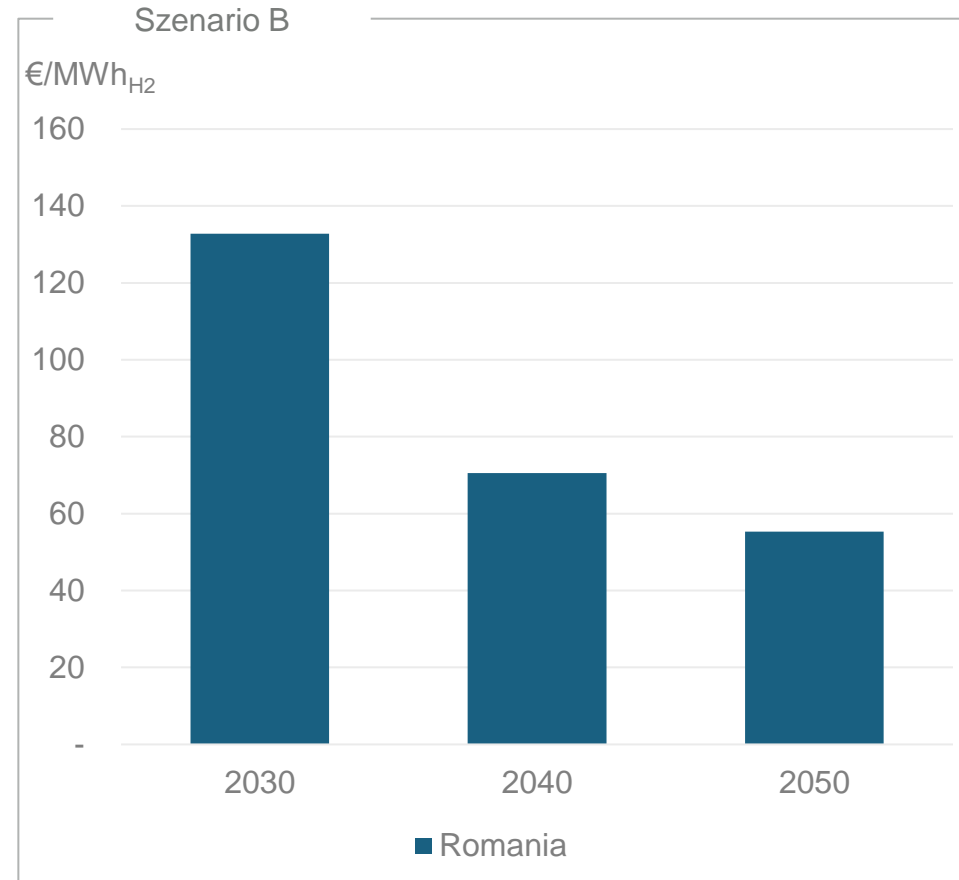
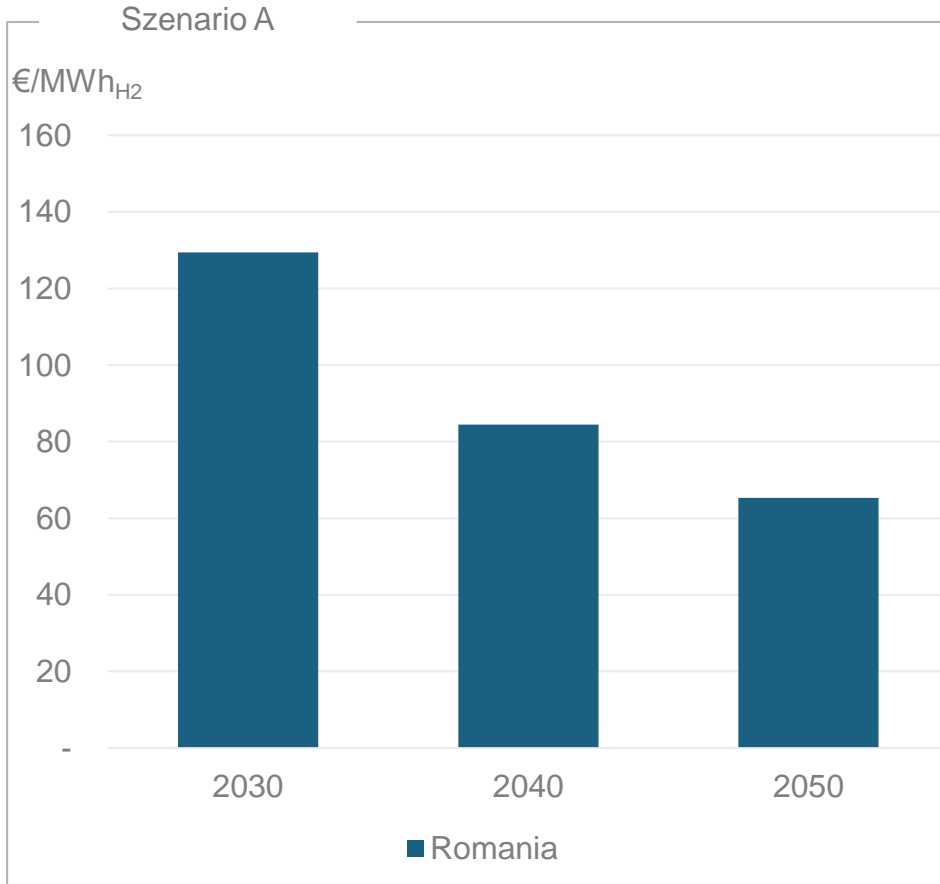


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Rumänien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

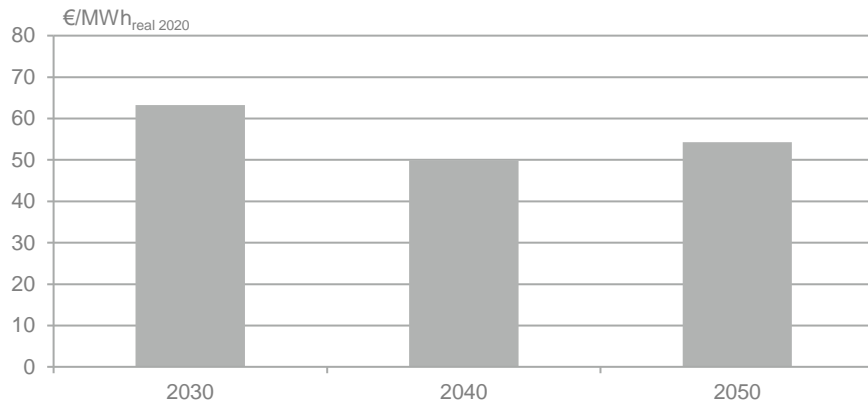


Länder Fact Sheet - Slowakei

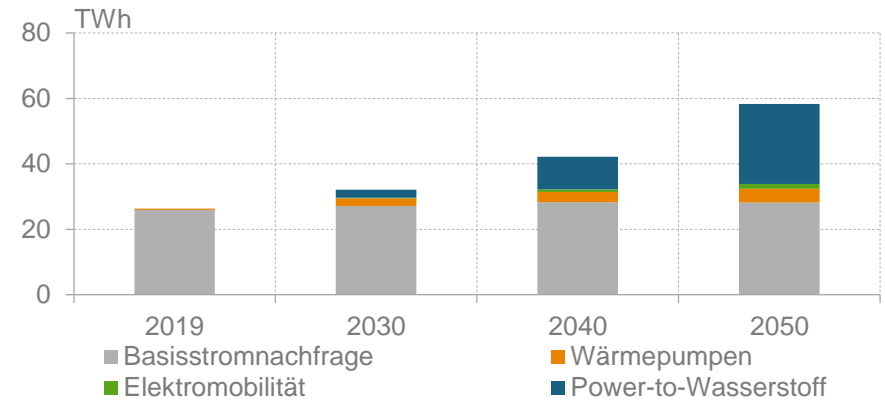
Szenario A



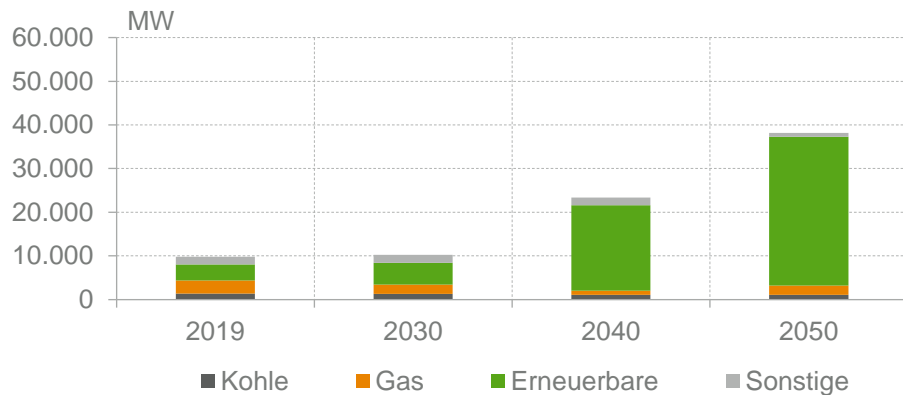
Großhandelsstrompreis



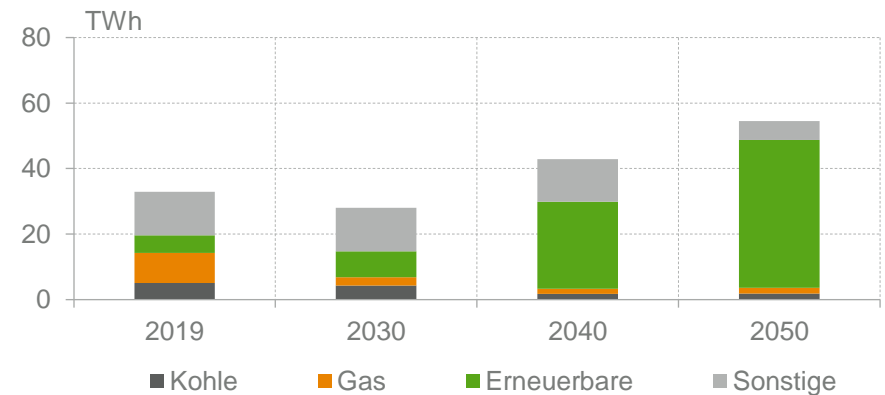
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

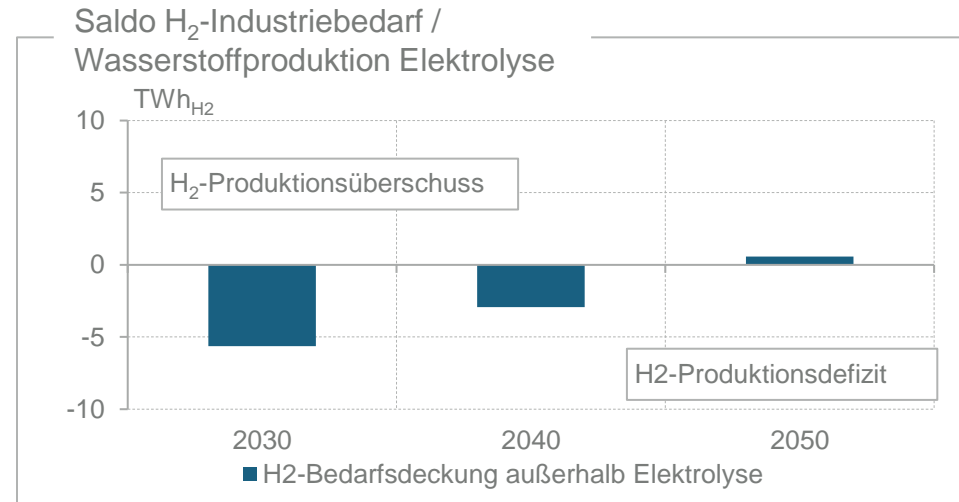
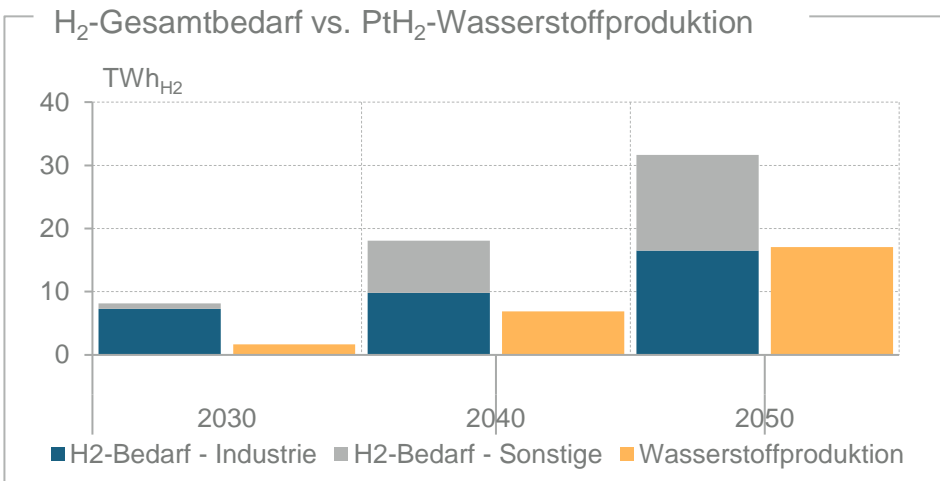
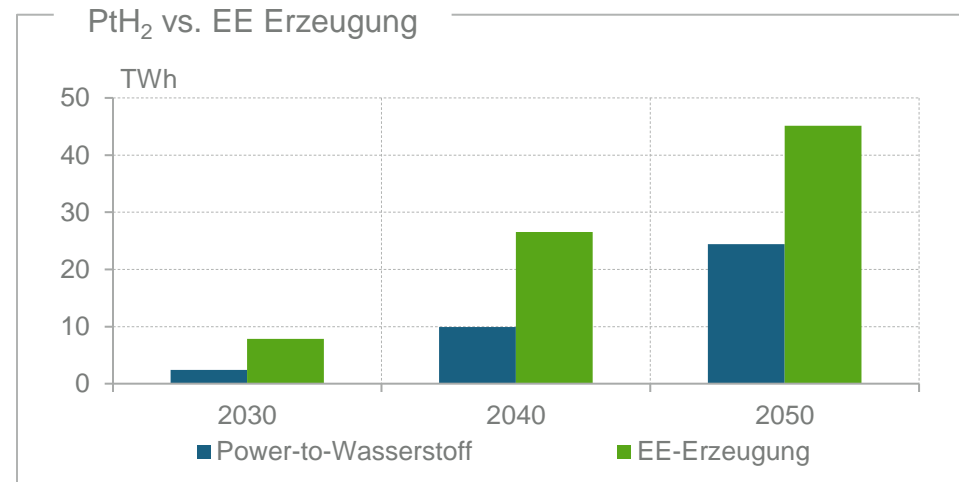
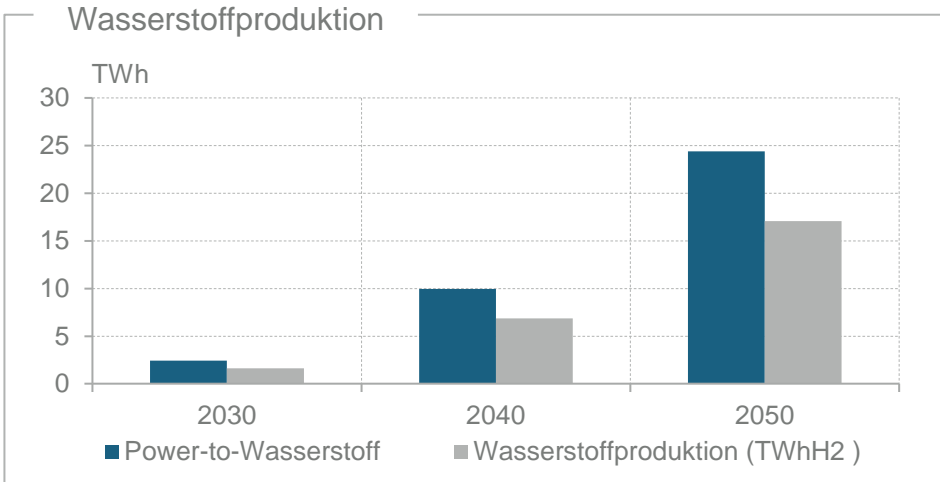


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Slowakei

Szenario A

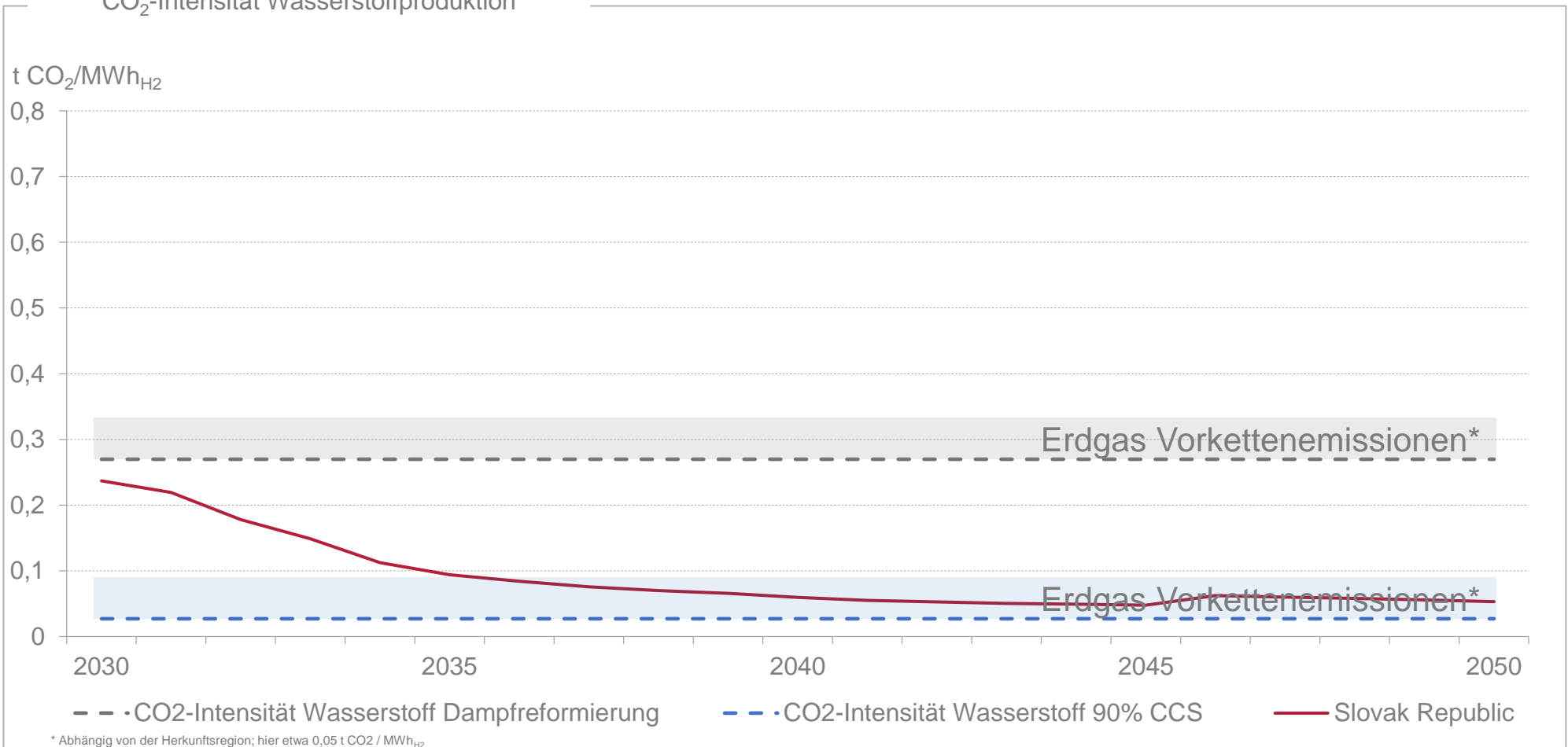


Länder Fact Sheet - Slowakei

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

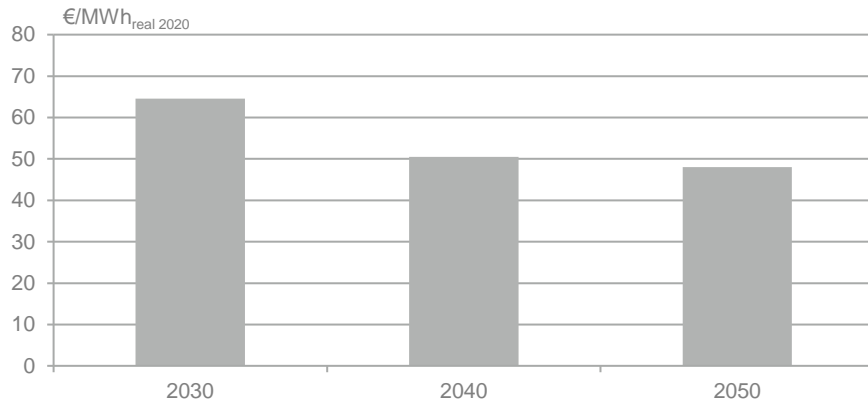


Länder Fact Sheet - Slowakei

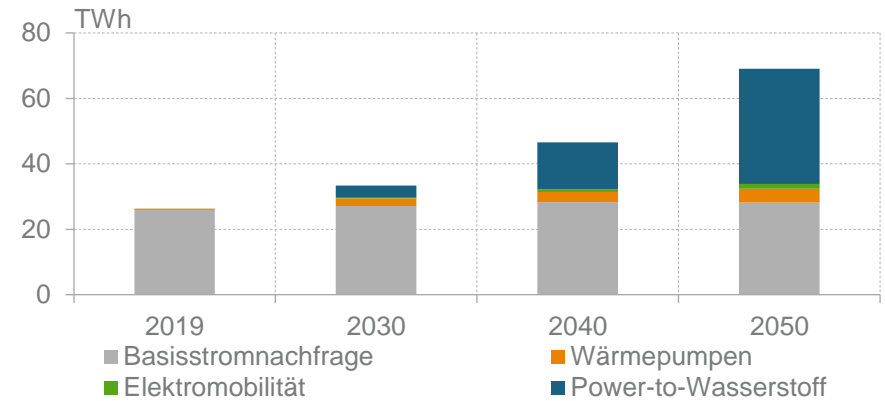
Szenario B



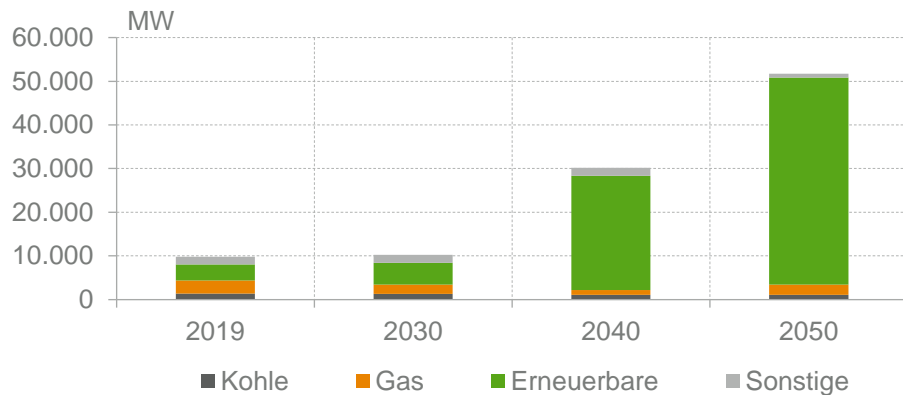
Großhandelsstrompreis



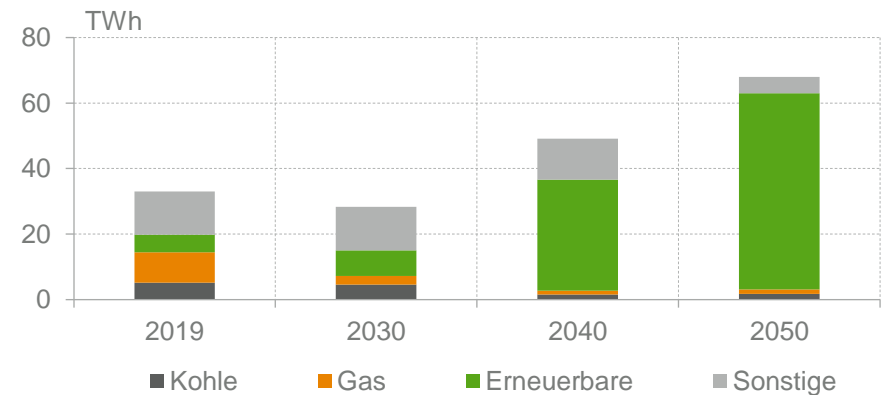
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

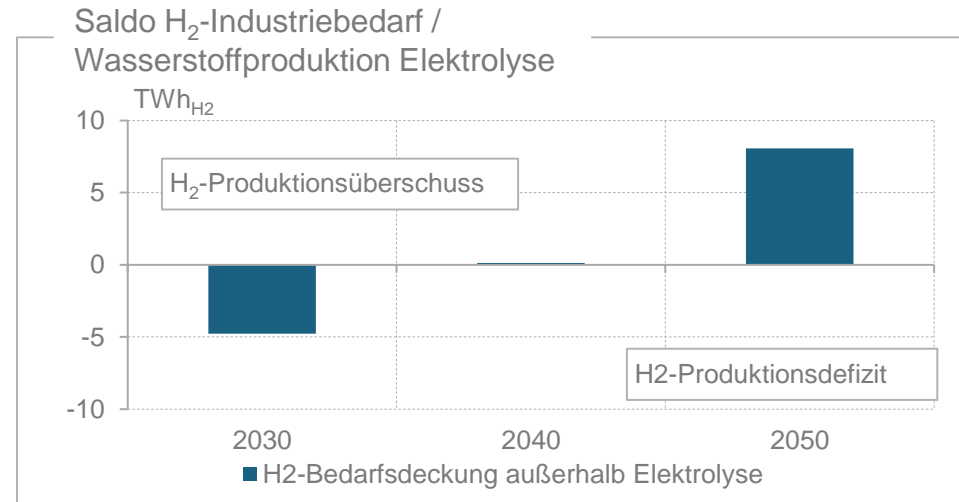
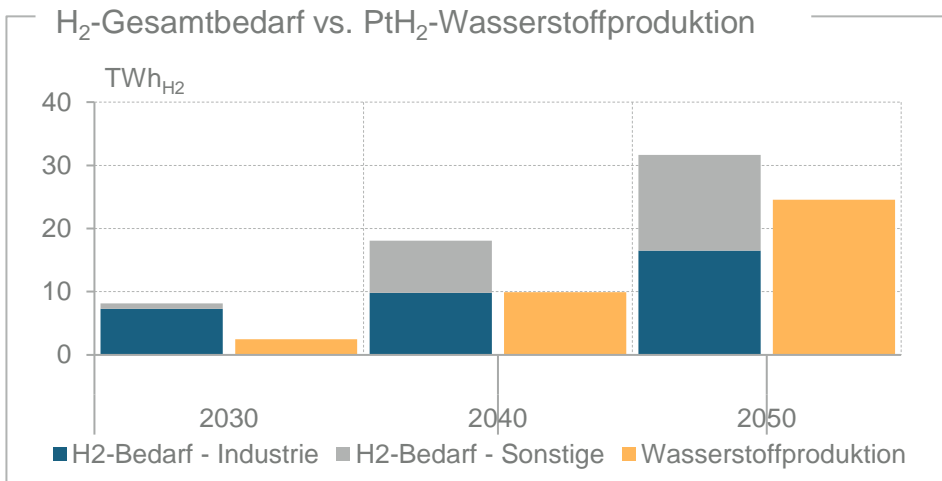
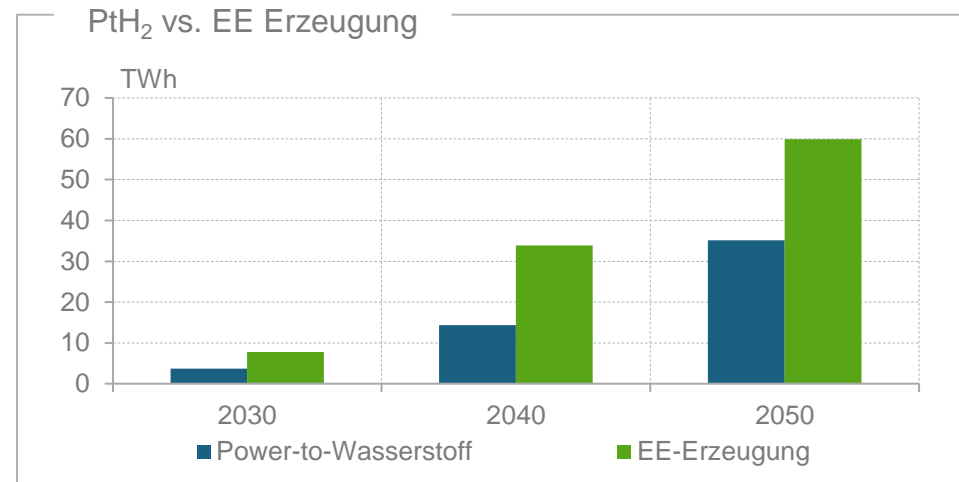
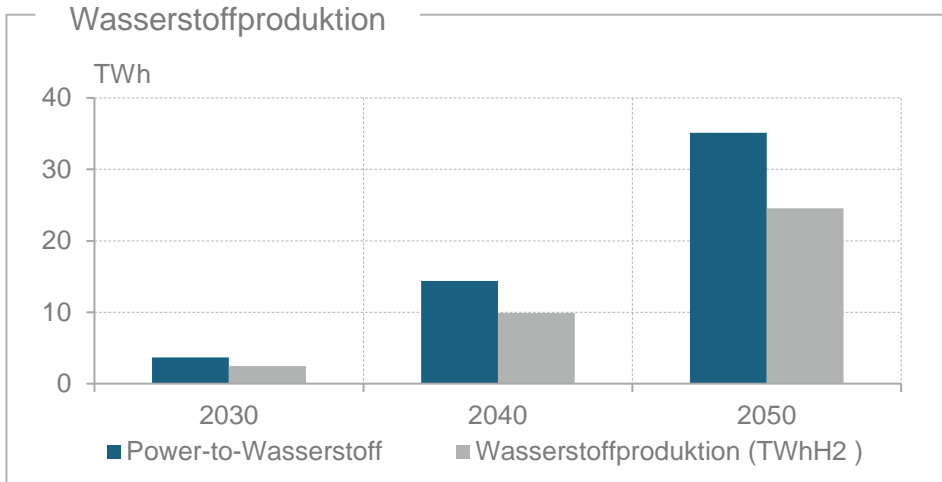


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Slowakei

Szenario B

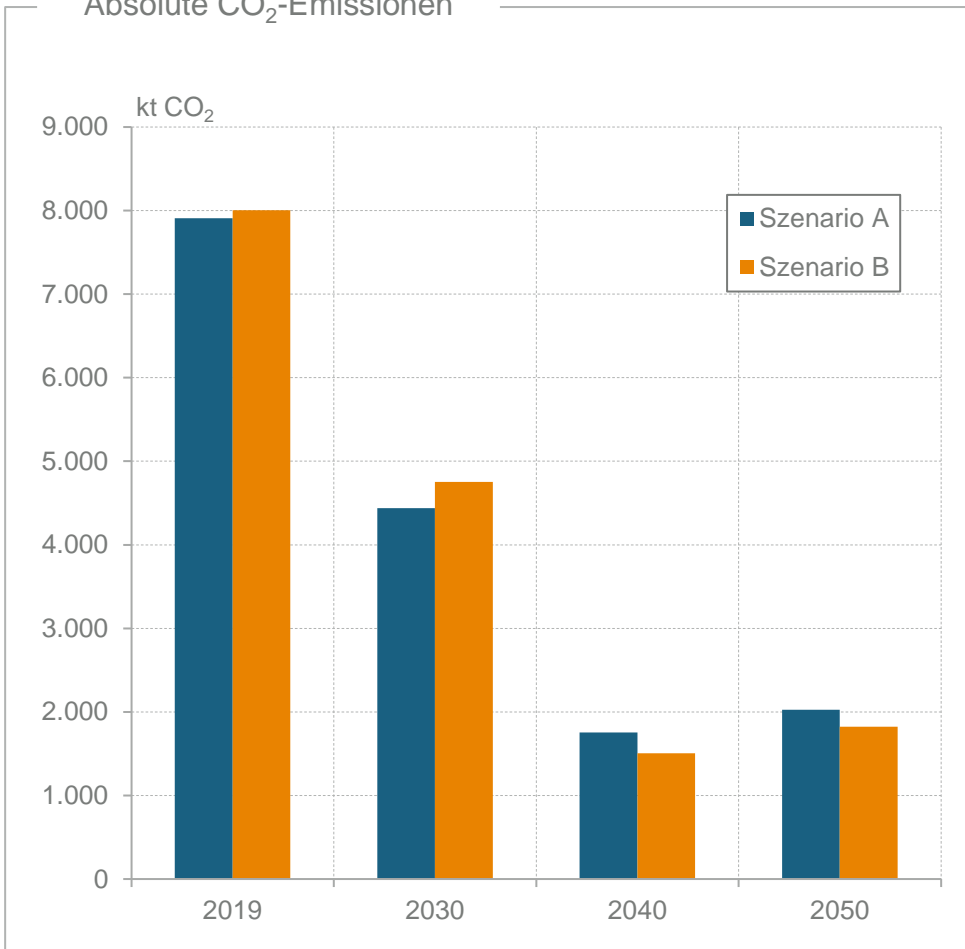


Länder Fact Sheet - Slowakei

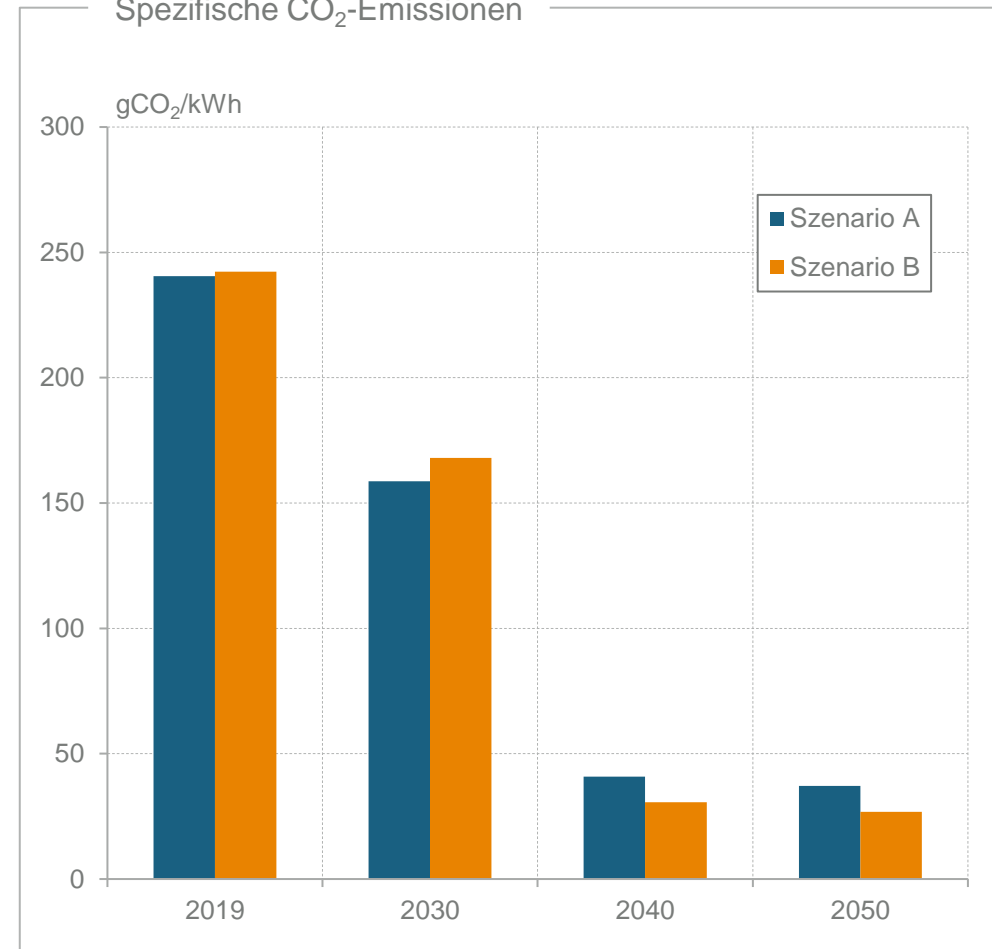
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



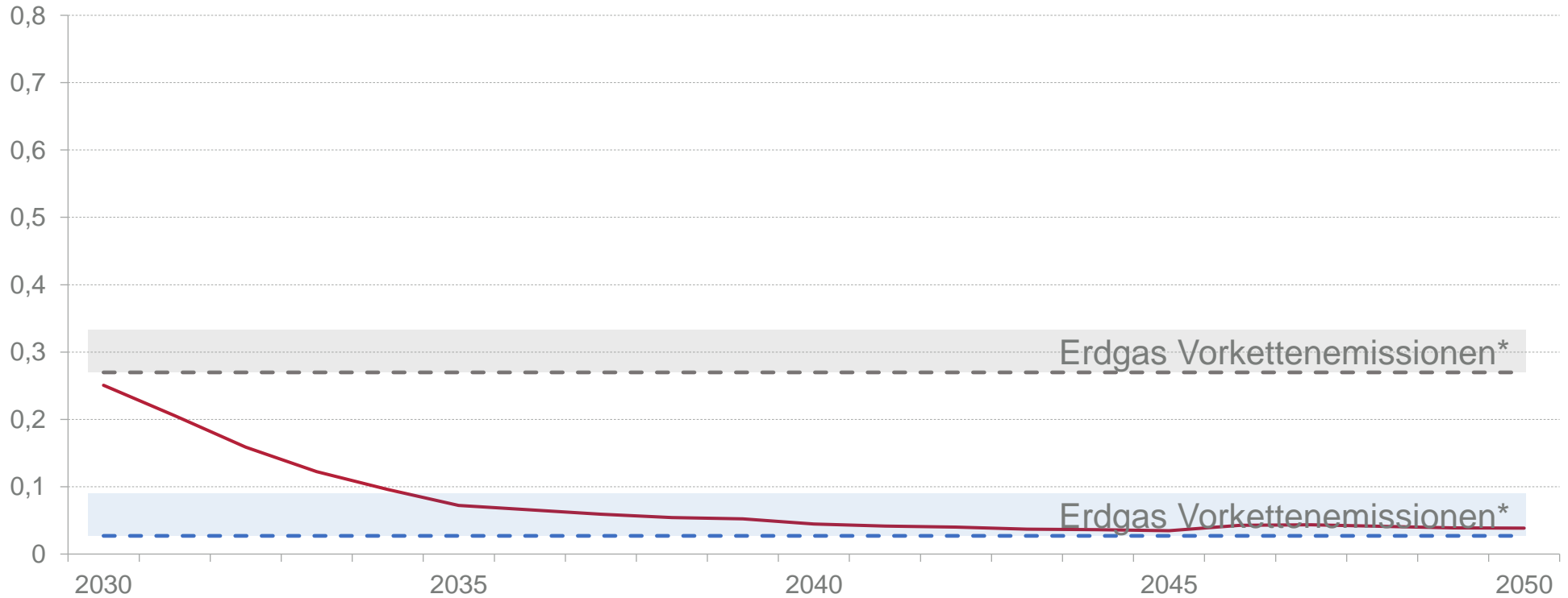
Länder Fact Sheet - Slowakei

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



— — · CO₂-Intensität Wasserstoff Dampfreformierung

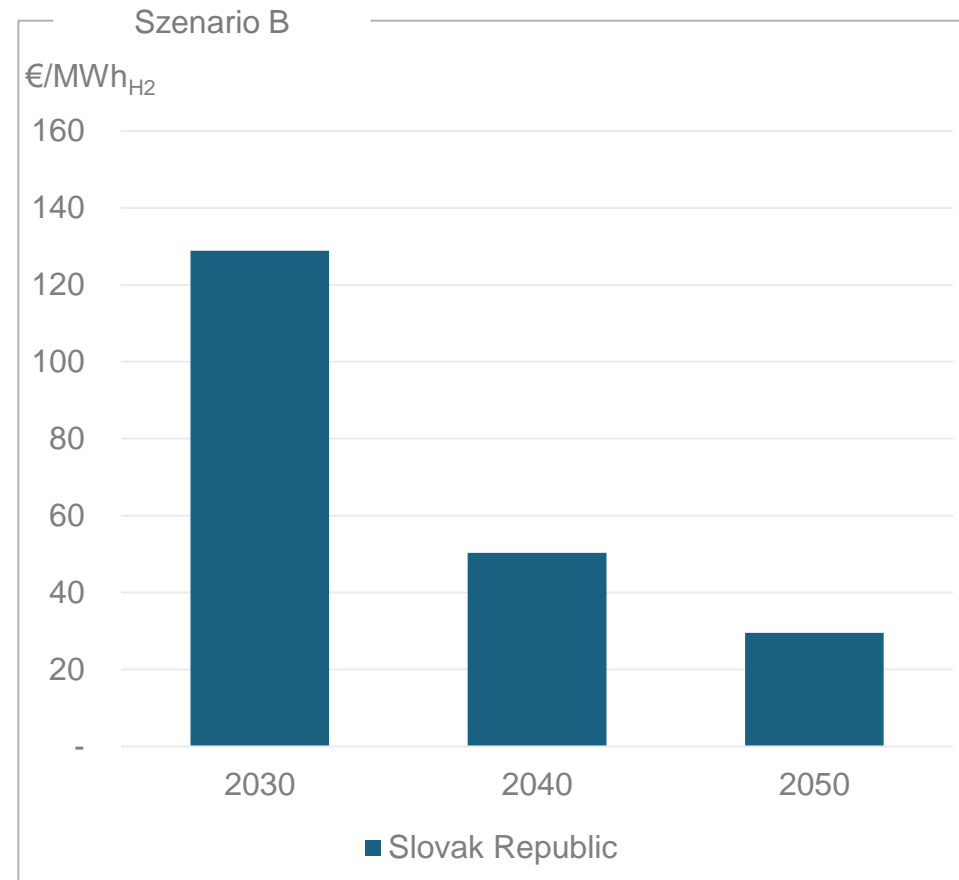
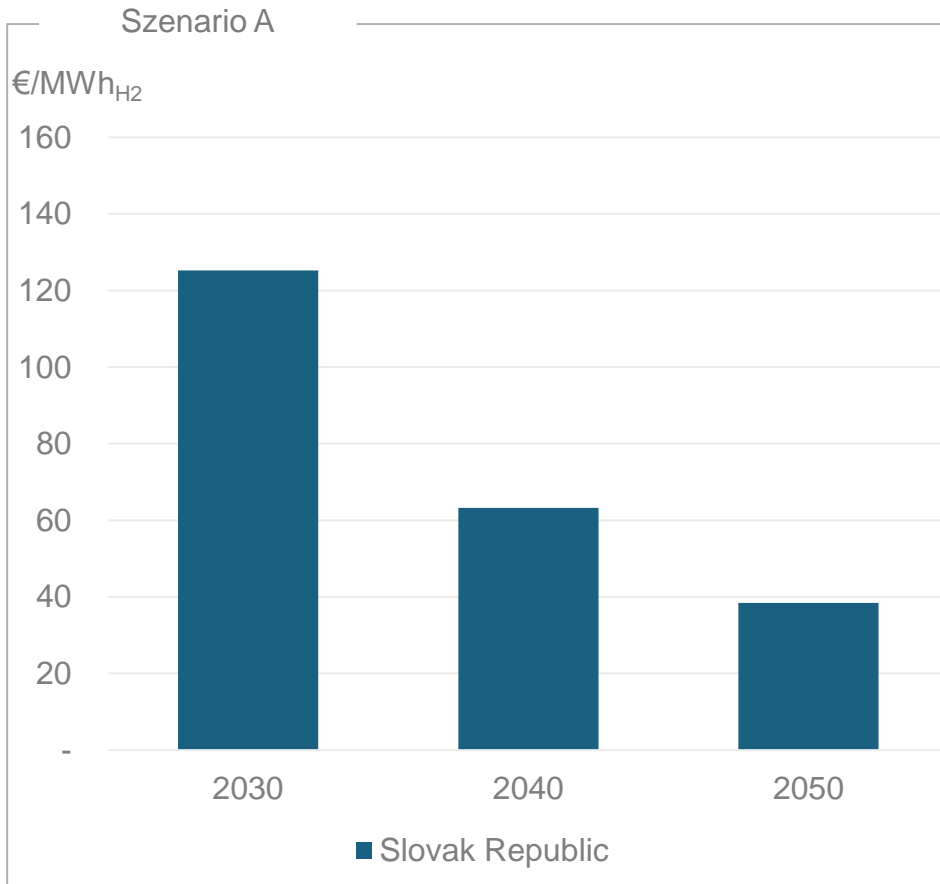
- - - · CO₂-Intensität Wasserstoff 90% CCS

— · Slovak Republic

* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Slowakei

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

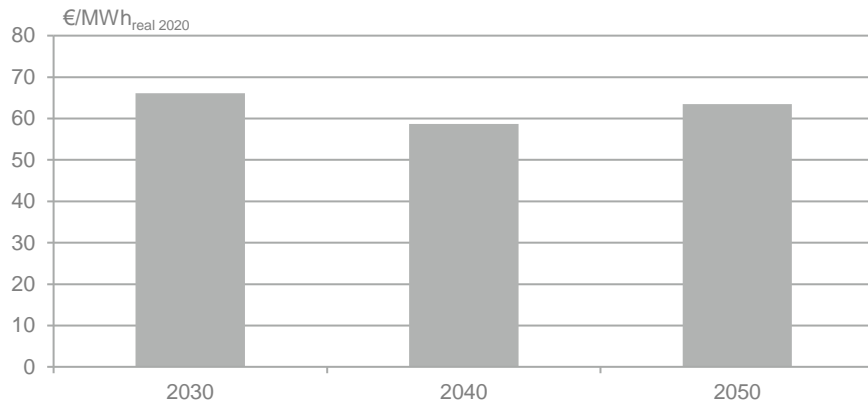


Länder Fact Sheet - Slowenien

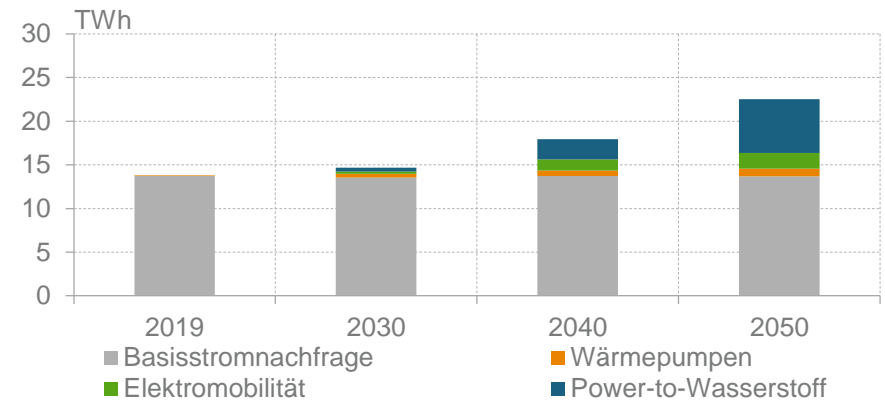
Szenario A



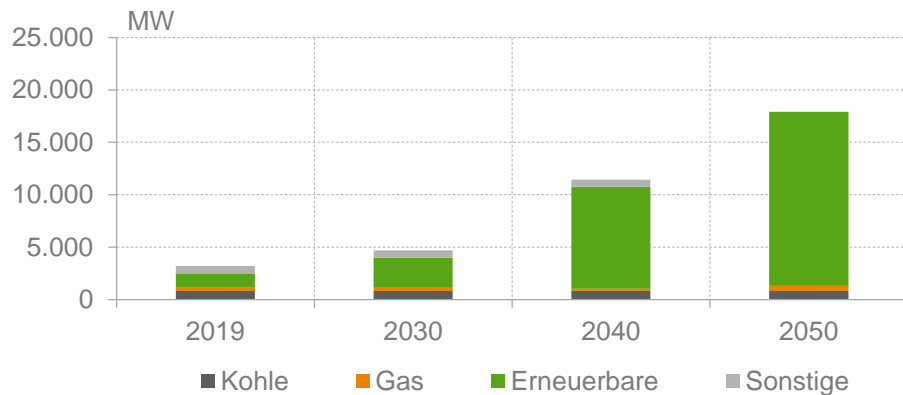
Großhandelsstrompreis



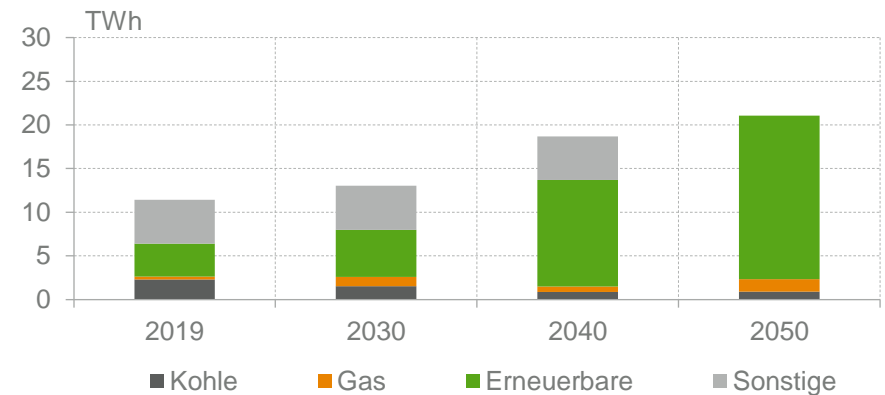
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

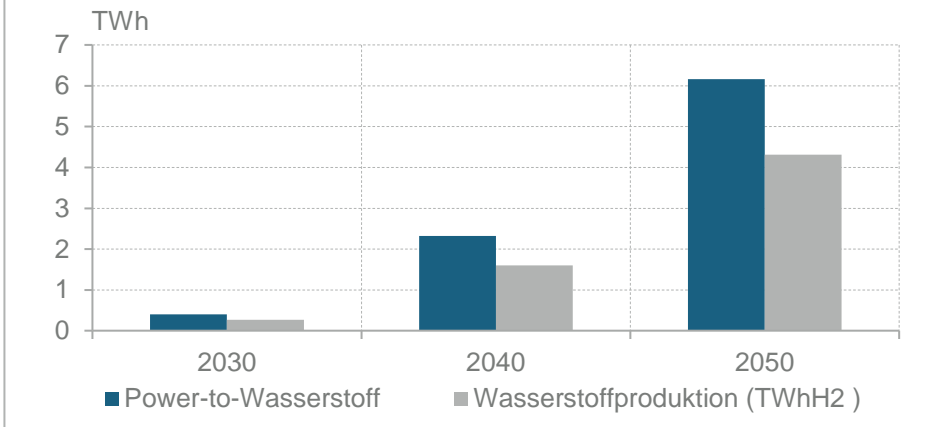


Länder Fact Sheet - Slowenien

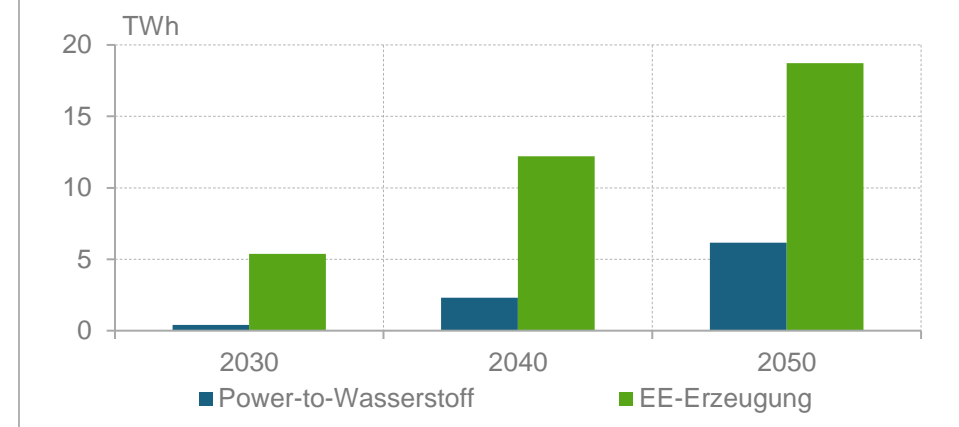
Szenario A



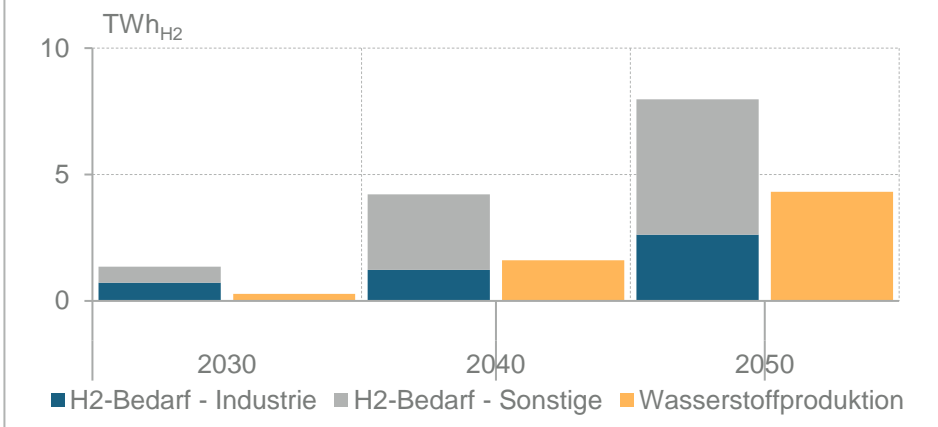
Wasserstoffproduktion



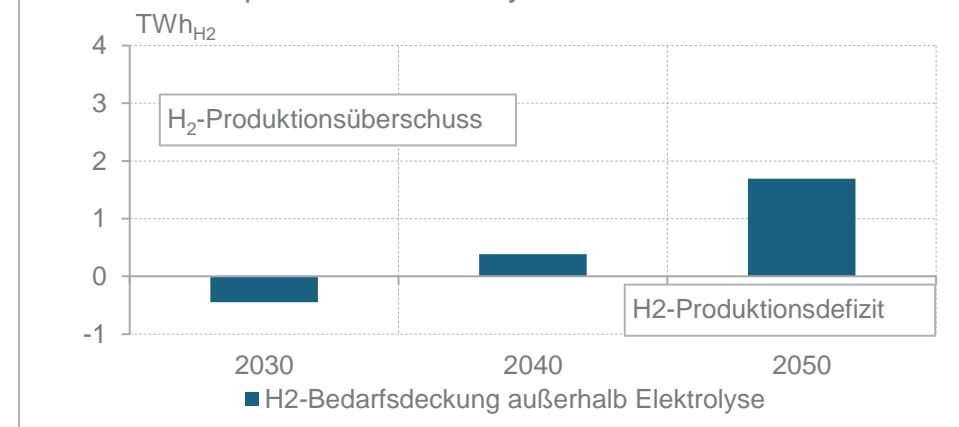
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

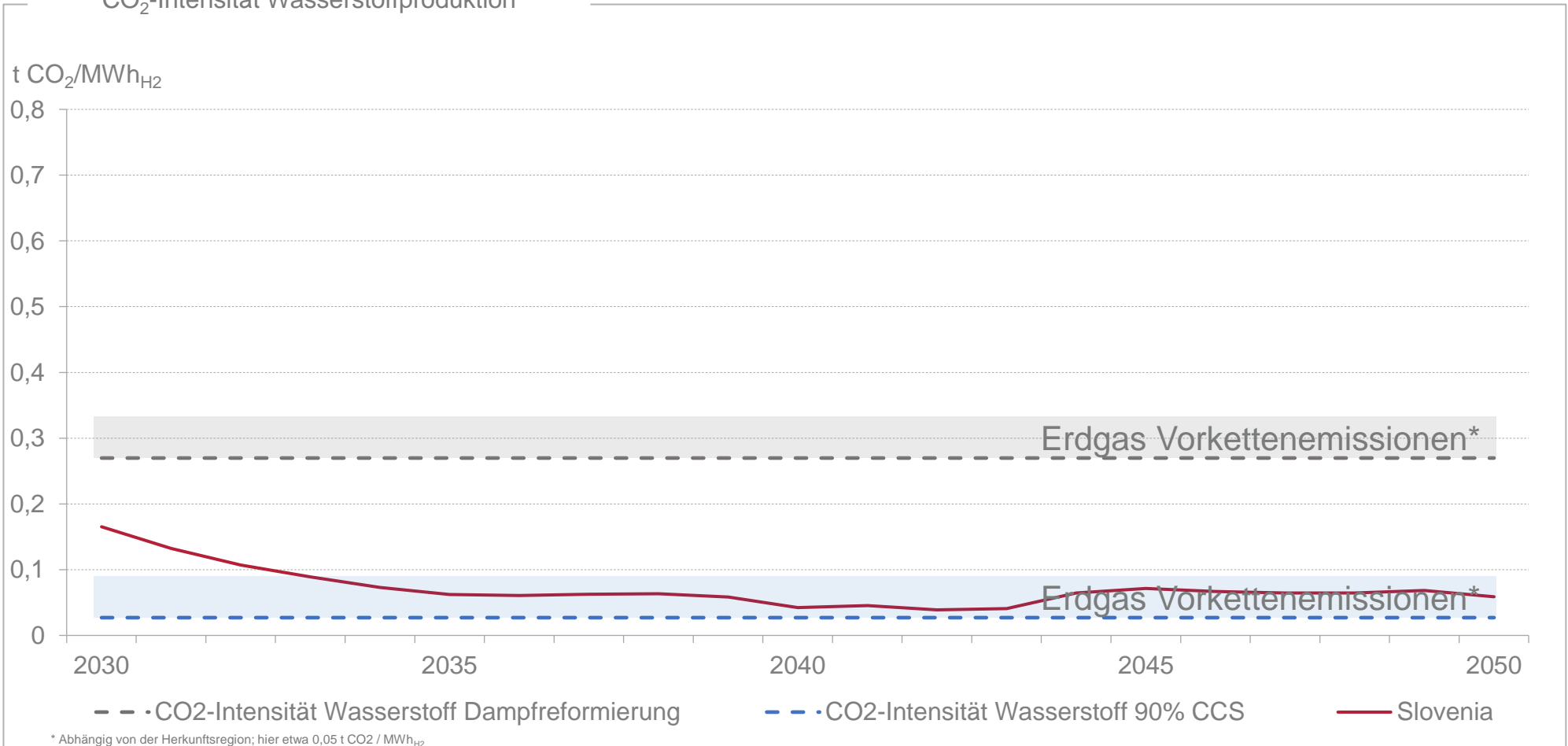


Länder Fact Sheet - Slowenien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

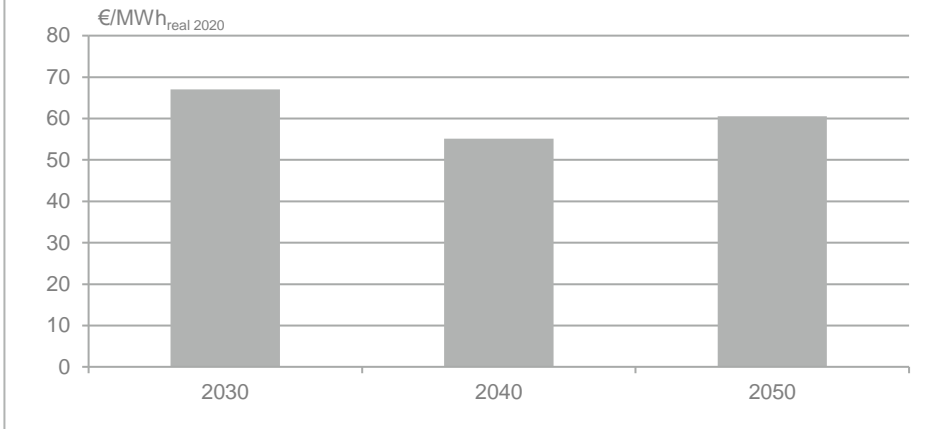


Länder Fact Sheet - Slowenien

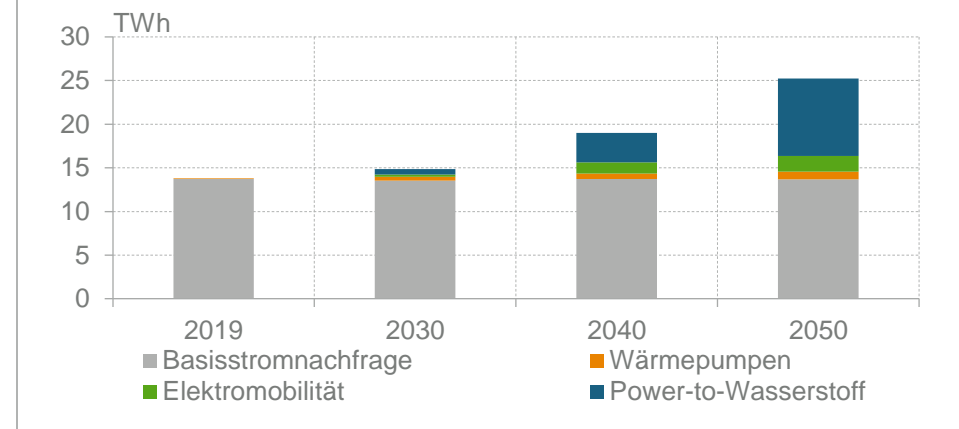
Szenario B



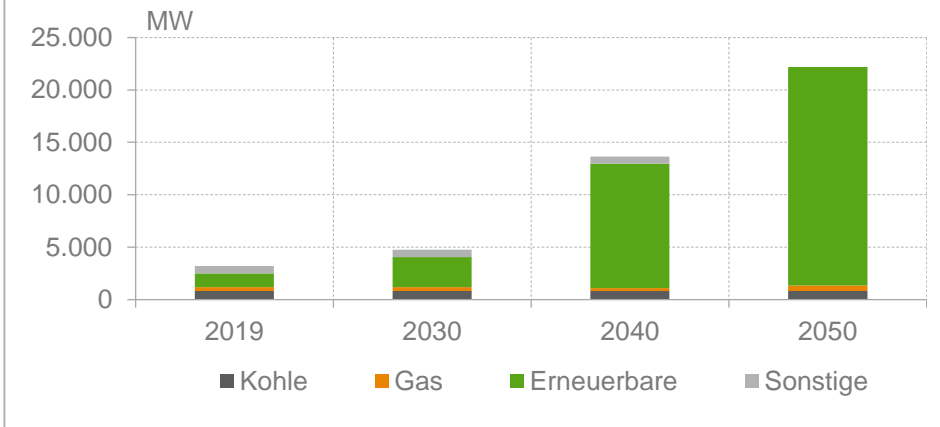
Großhandelsstrompreis



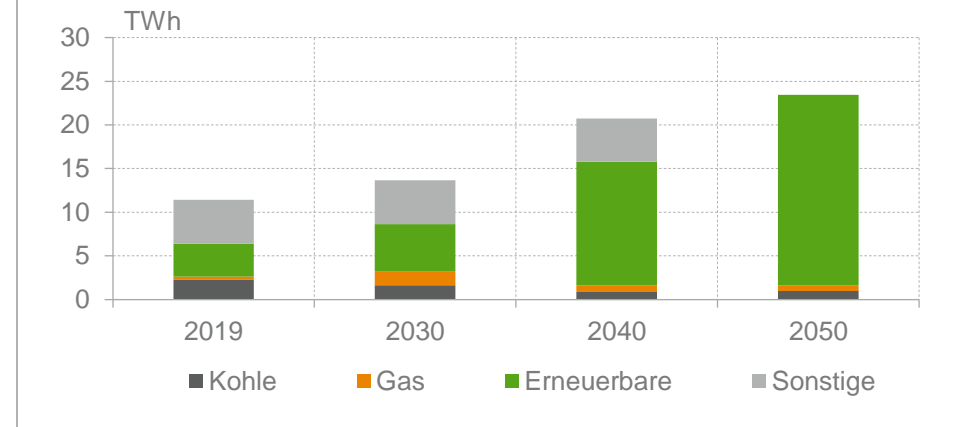
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

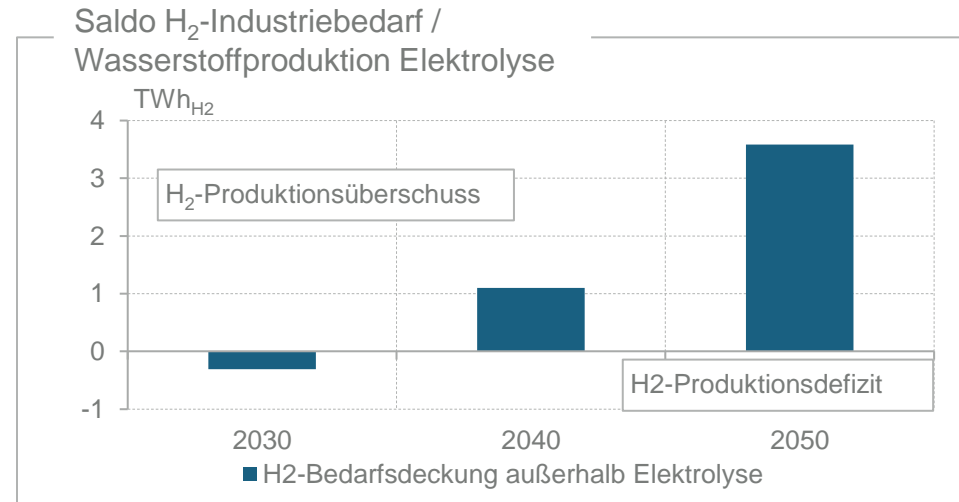
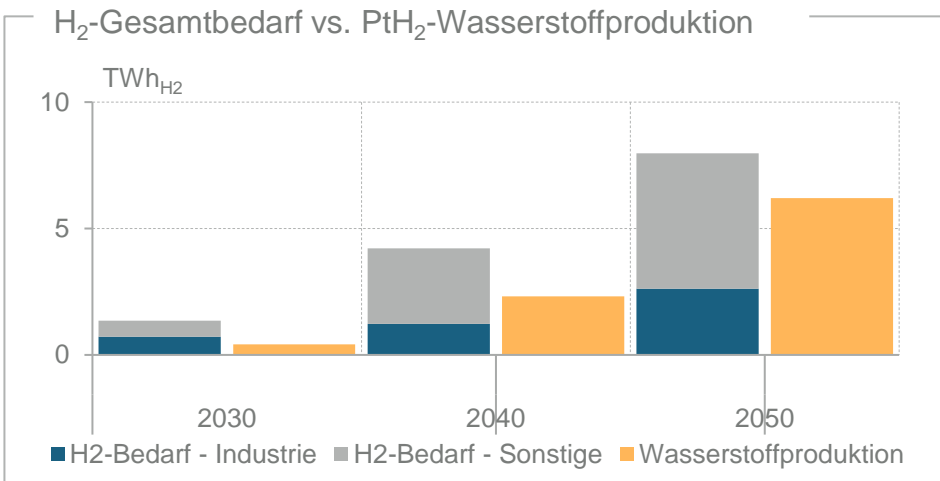
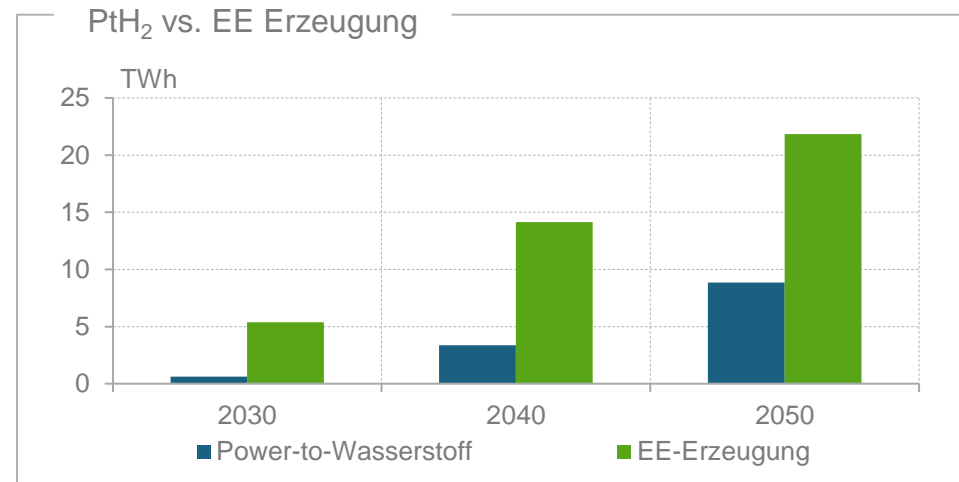
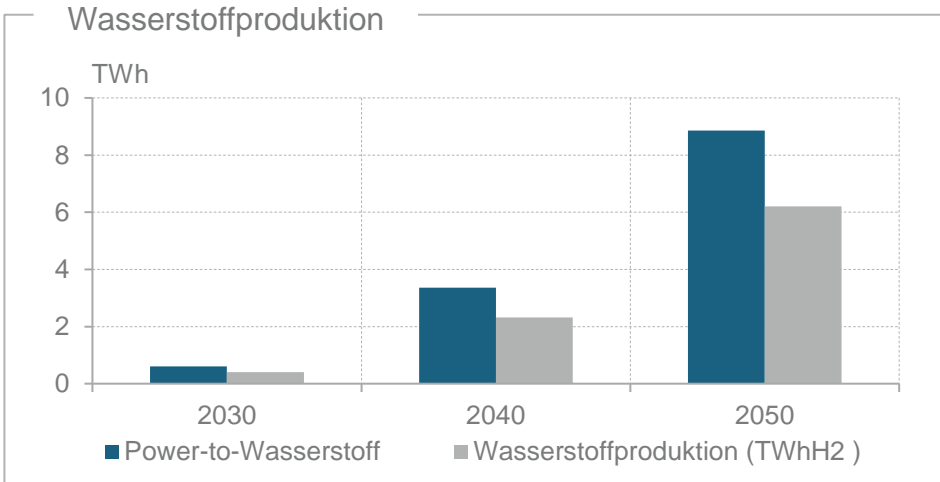


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Slowenien

Szenario B

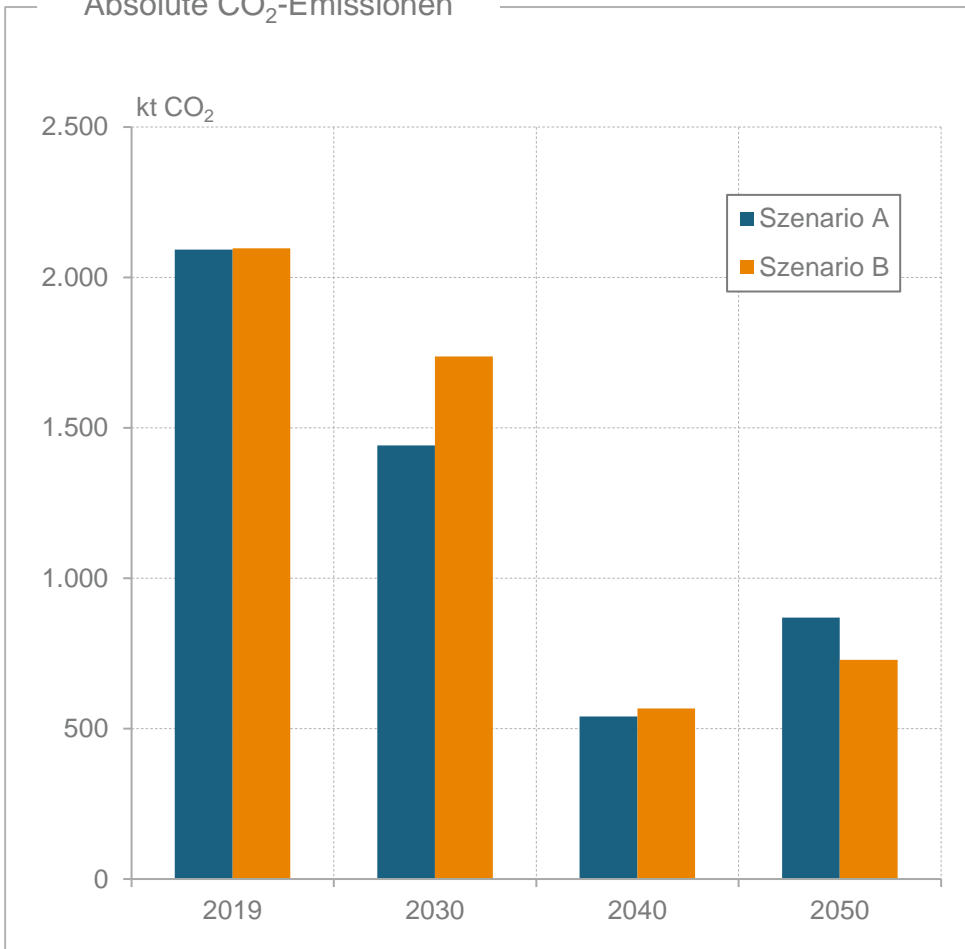


Länder Fact Sheet - Slowenien

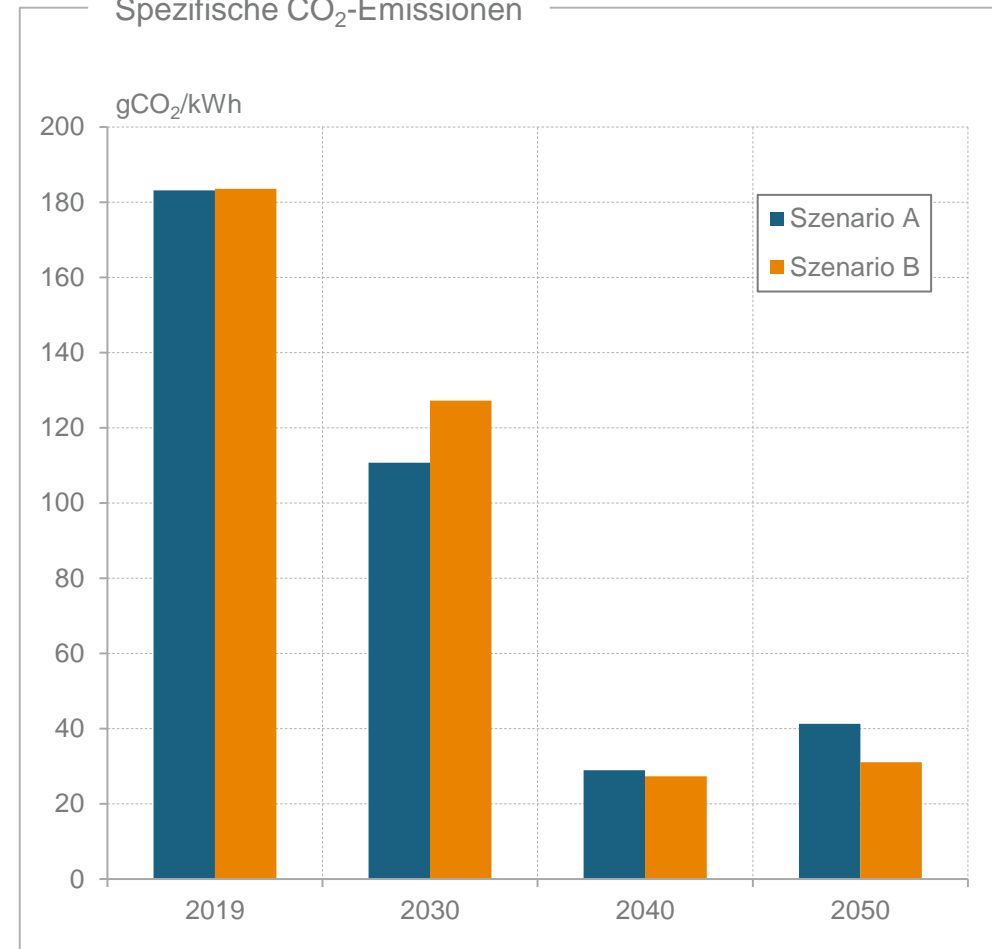
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



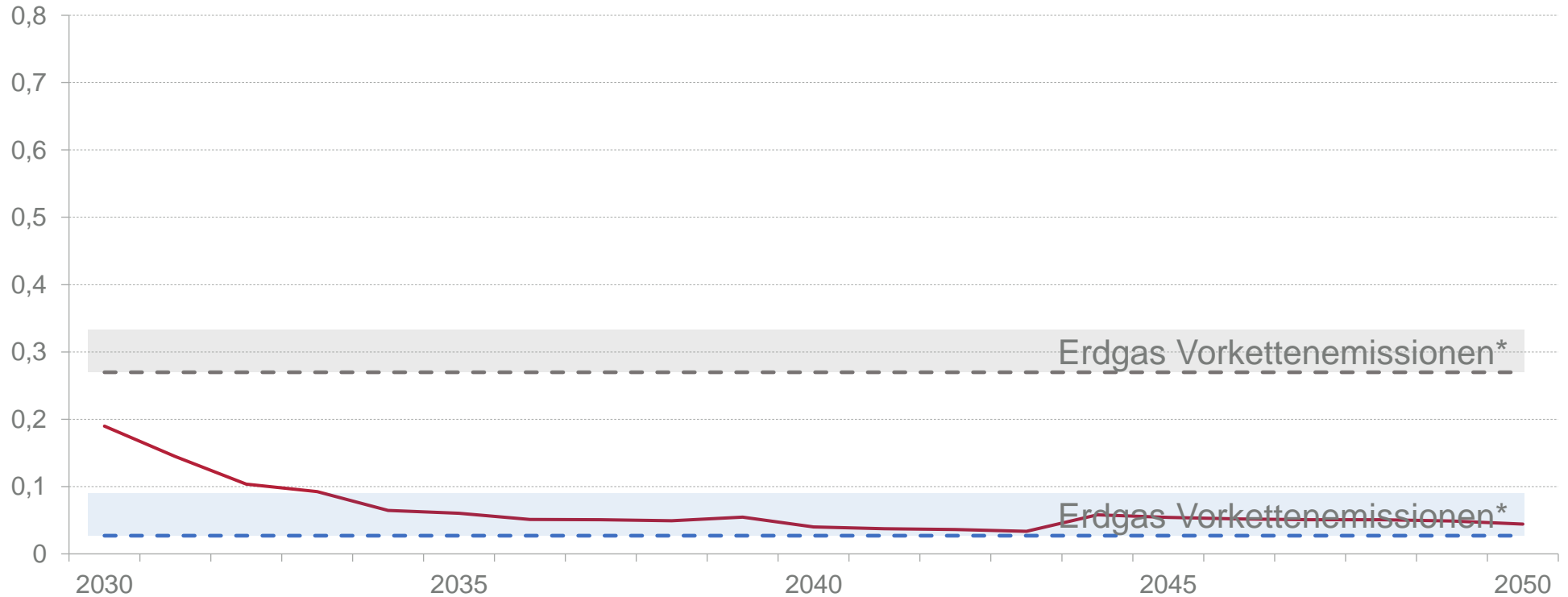
Länder Fact Sheet - Slowenien

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



Erdgas Vorkettenemissionen*

Erdgas Vorkettenemissionen*

- - - CO₂-Intensität Wasserstoff Dampfreformierung

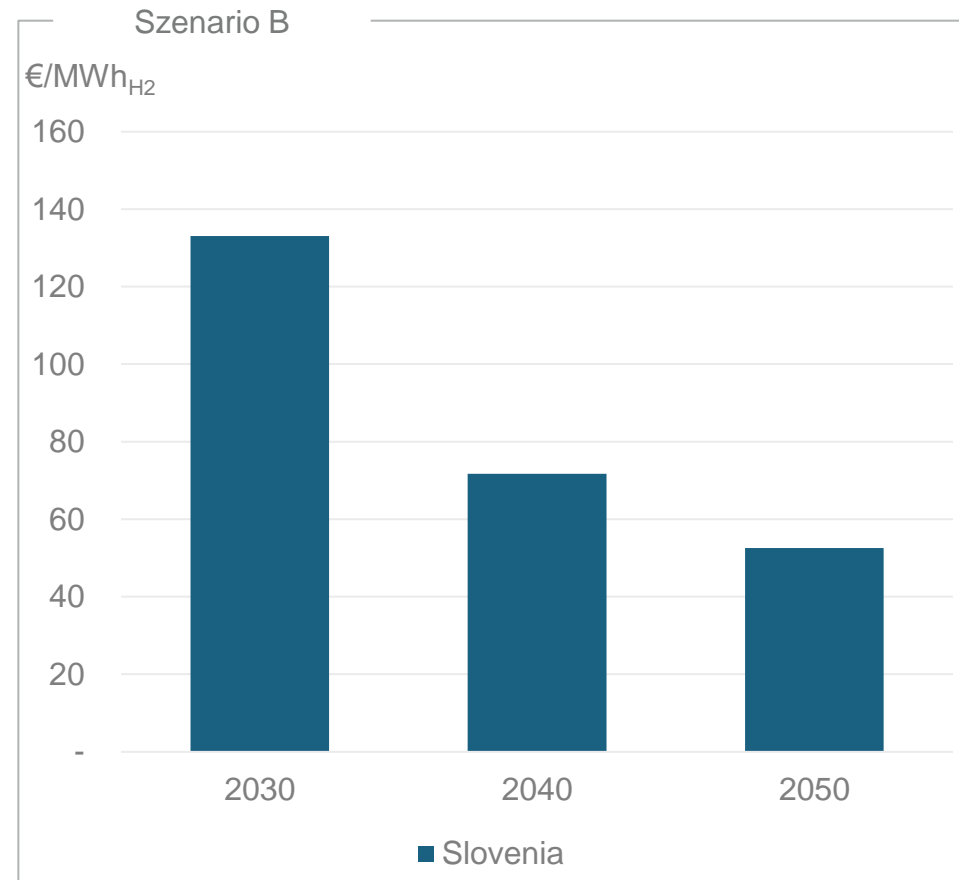
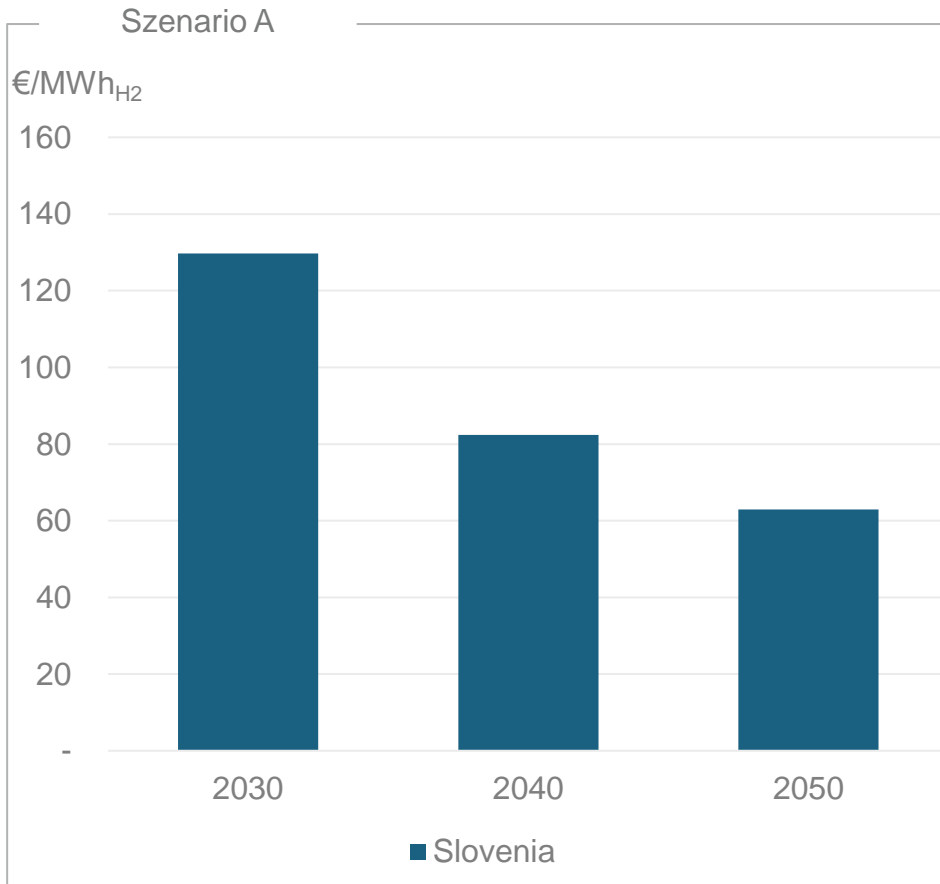
- - - CO₂-Intensität Wasserstoff 90% CCS

— Slovenia

* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Slowenien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

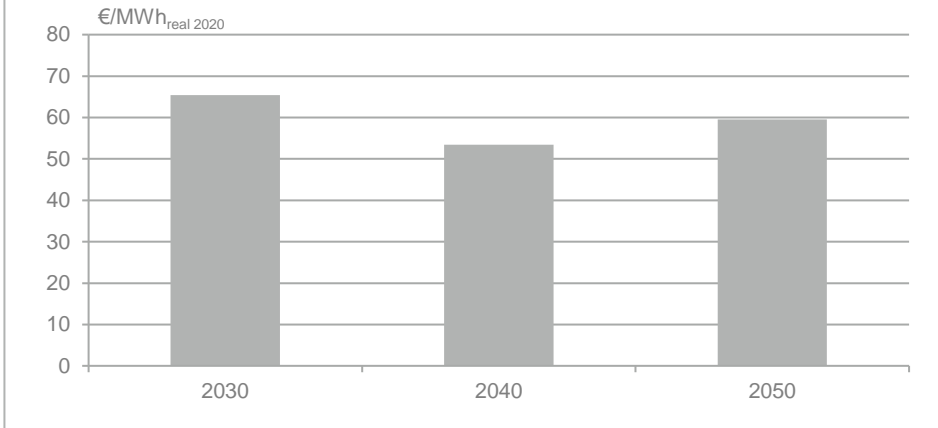


Länder Fact Sheet - Spanien

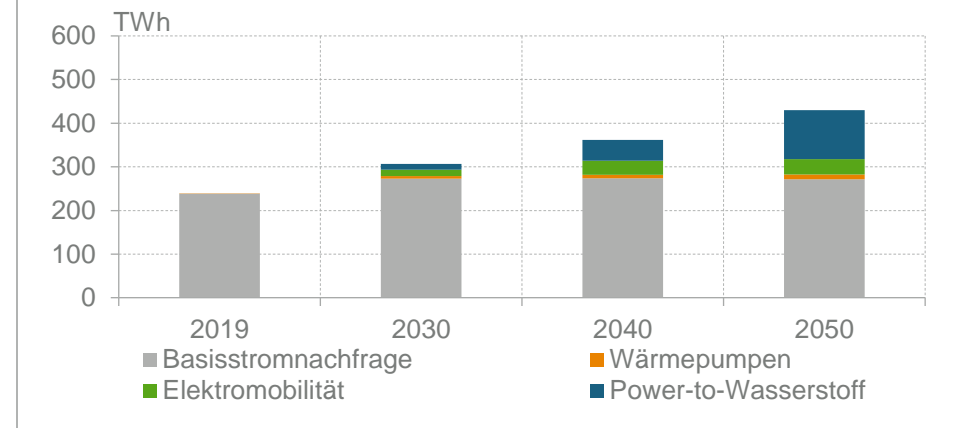
Szenario A



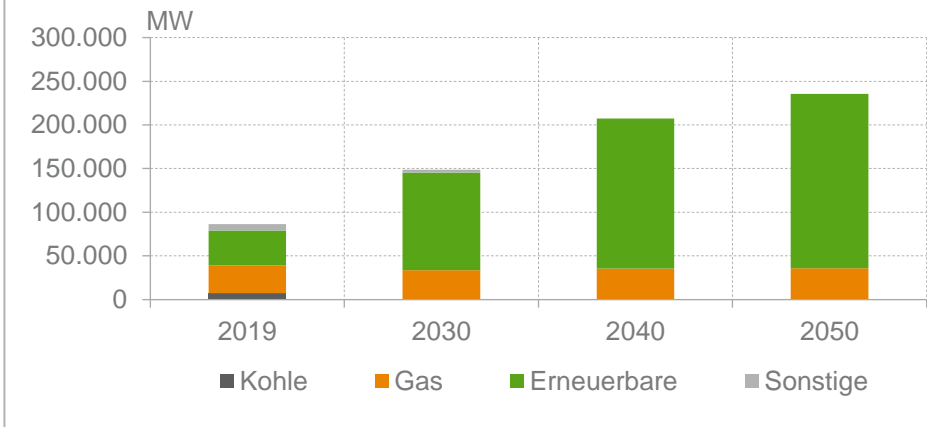
Großhandelsstrompreis



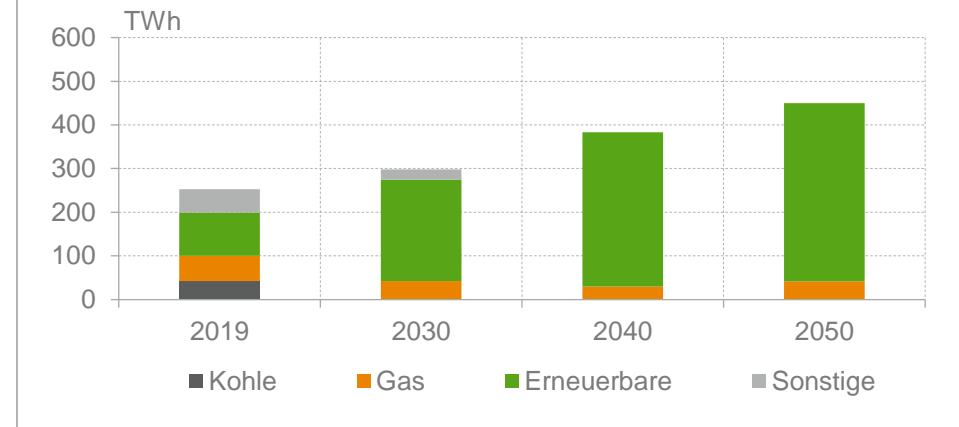
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

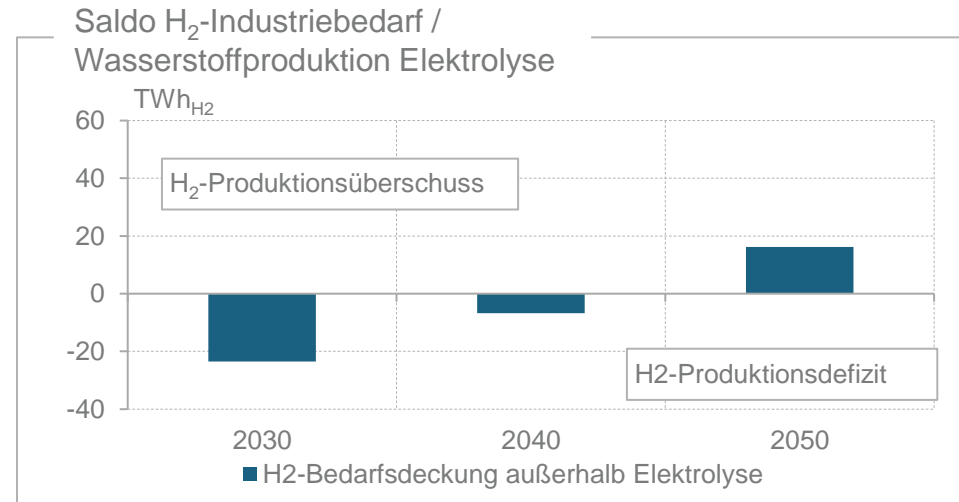
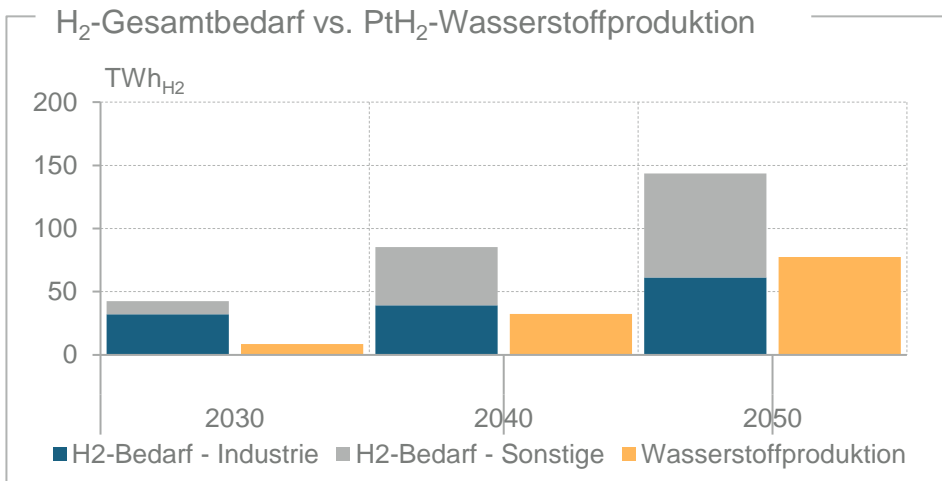
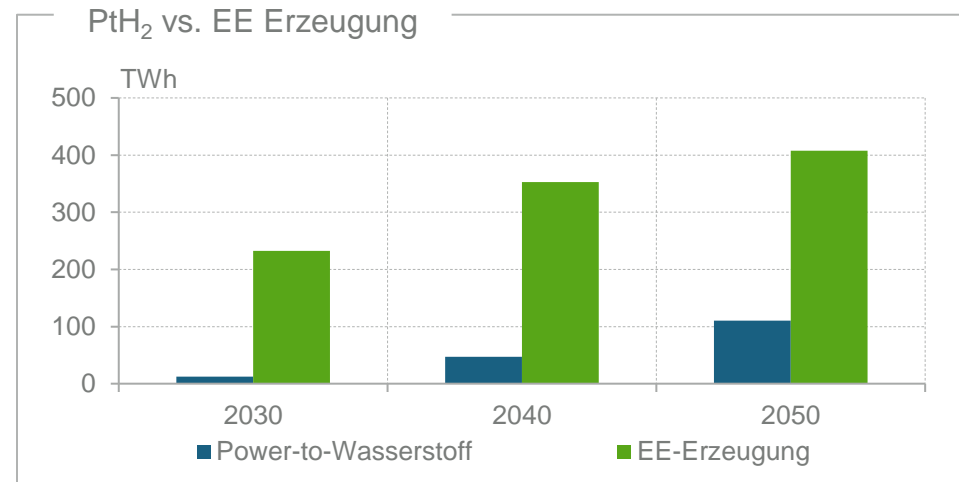
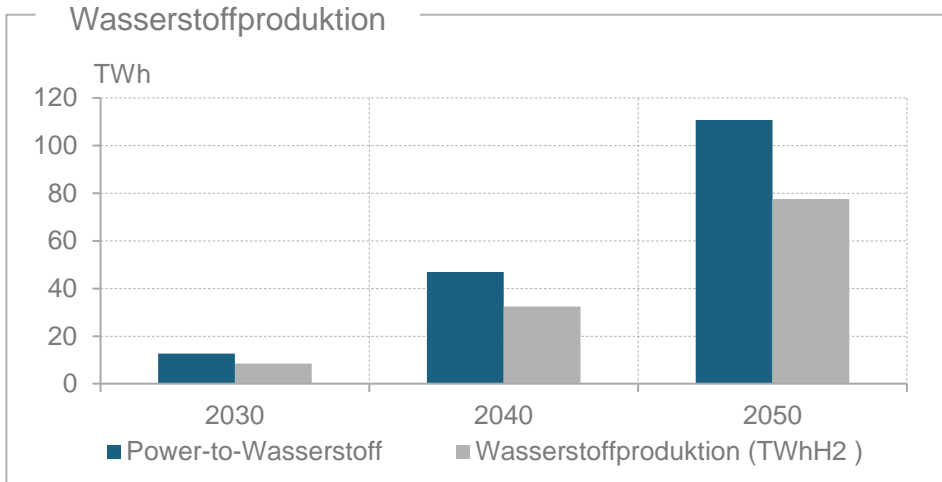


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Spanien

Szenario A



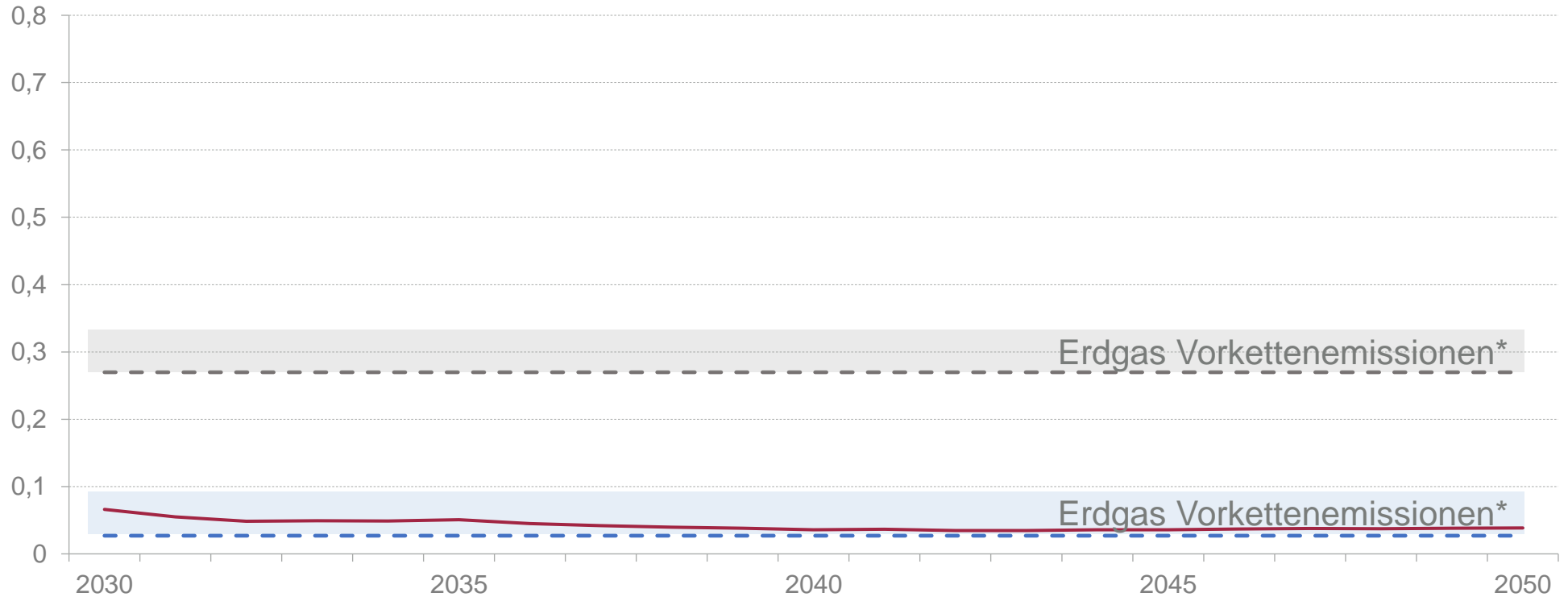
Länder Fact Sheet - Spanien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

t CO₂/MWh_{H2}



Erdgas Vorkettenemissionen*

Erdgas Vorkettenemissionen*

-- CO₂-Intensität Wasserstoff Dampfreformierung

- - - CO₂-Intensität Wasserstoff 90% CCS

— Spain

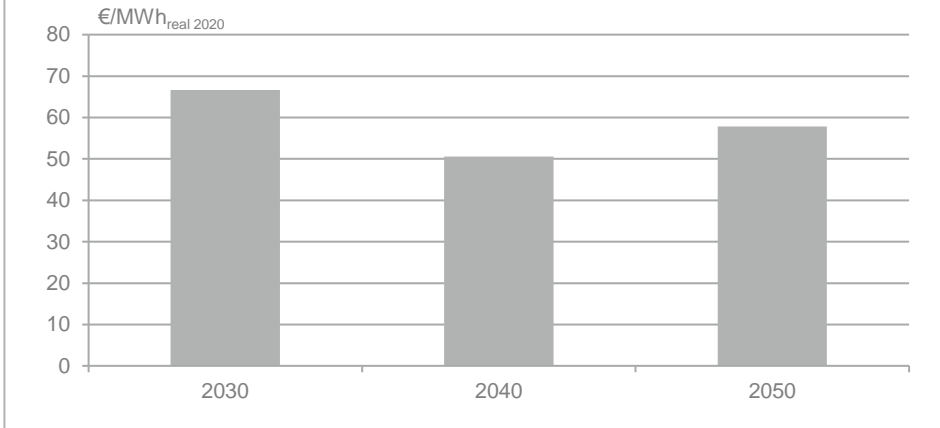
* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Spanien

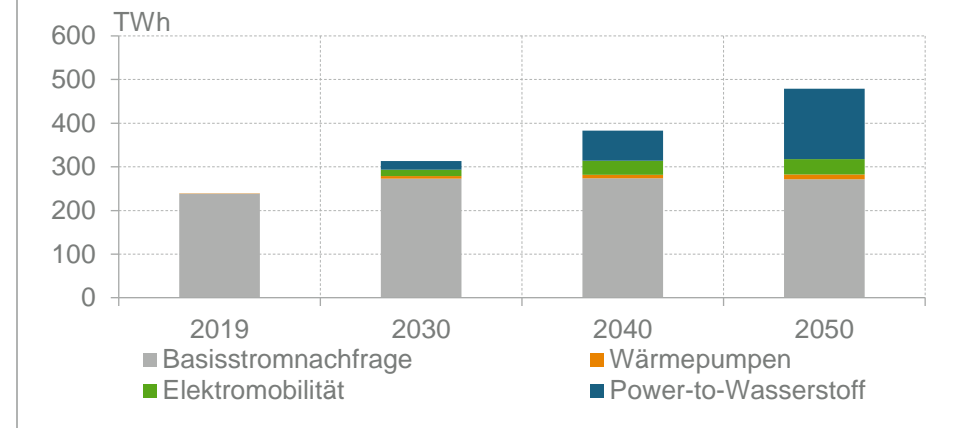
Szenario B



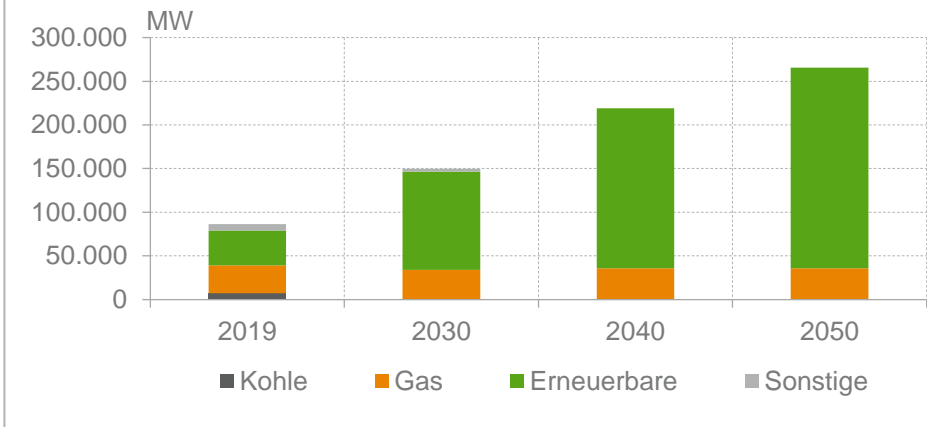
Großhandelsstrompreis



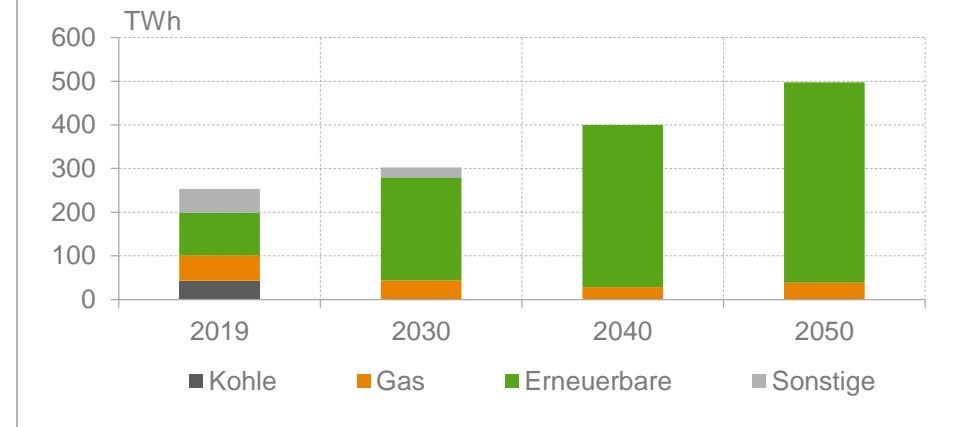
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

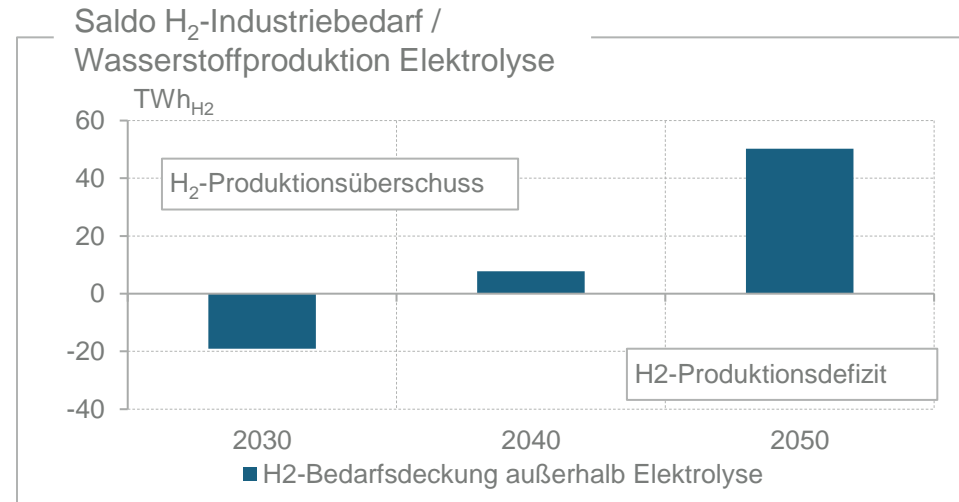
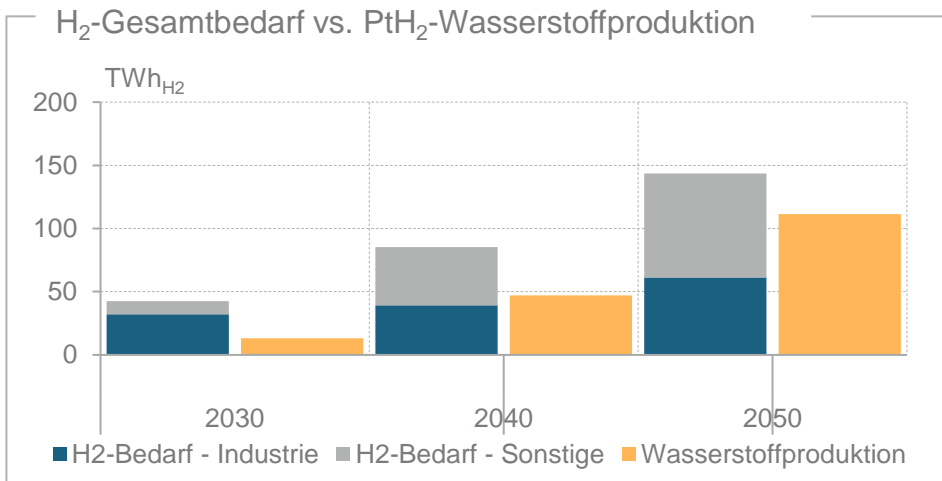
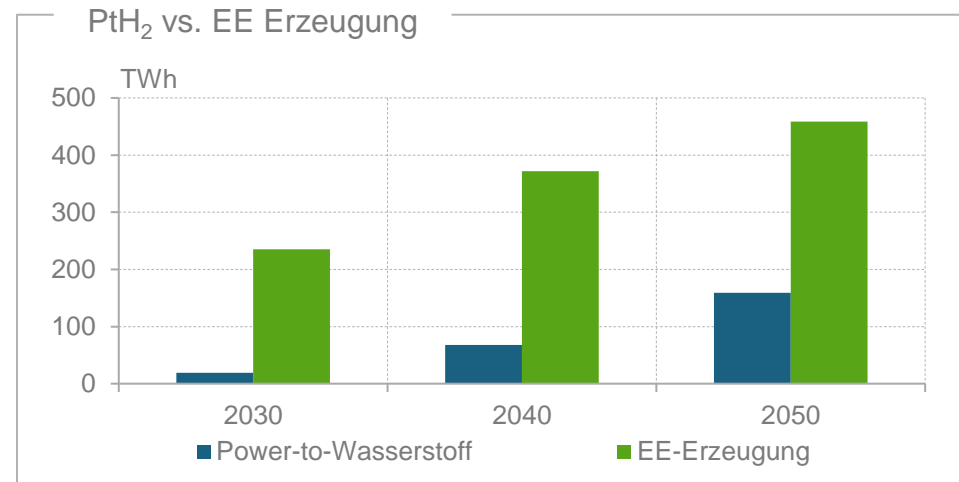
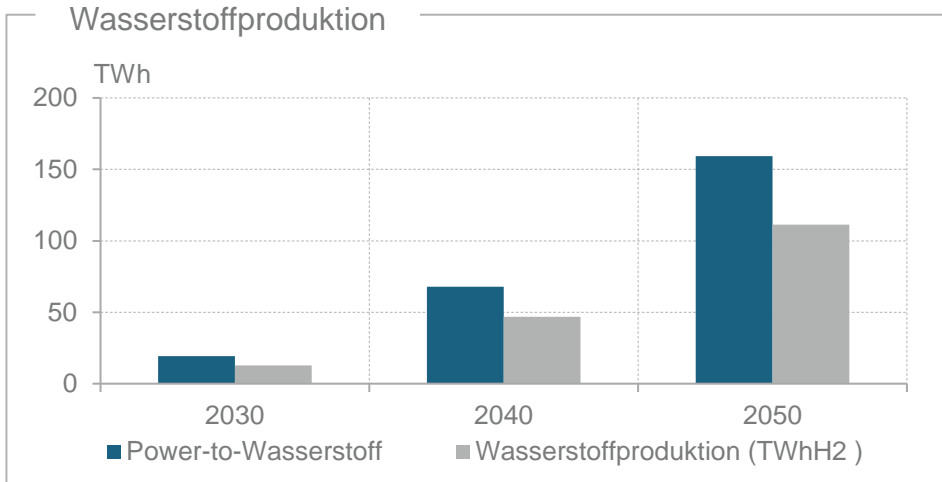


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Spanien

Szenario B

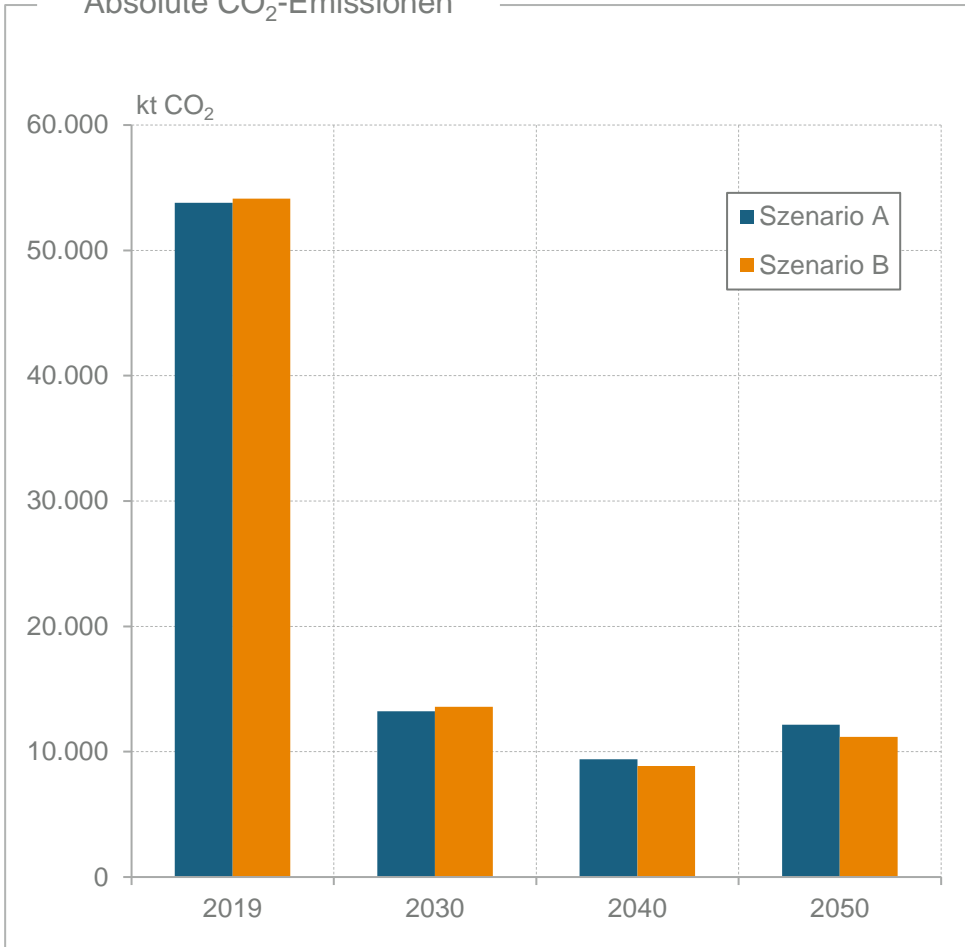


Länder Fact Sheet - Spanien

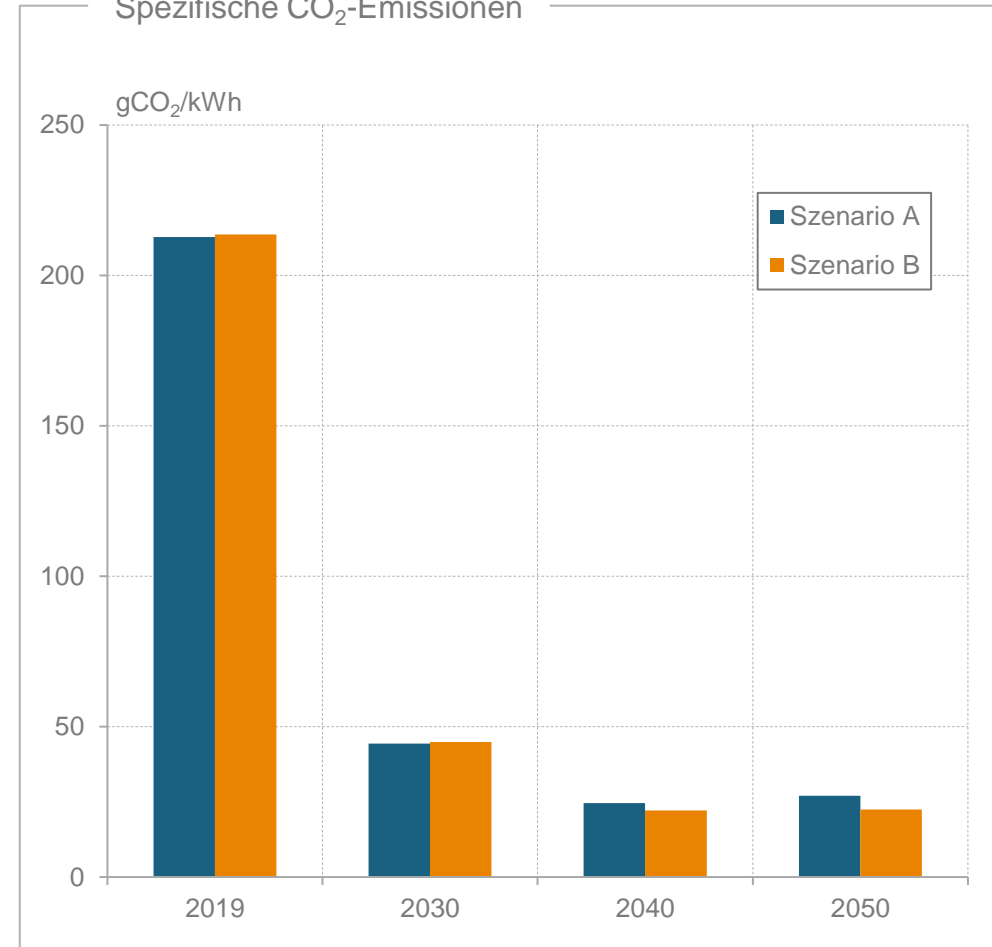
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

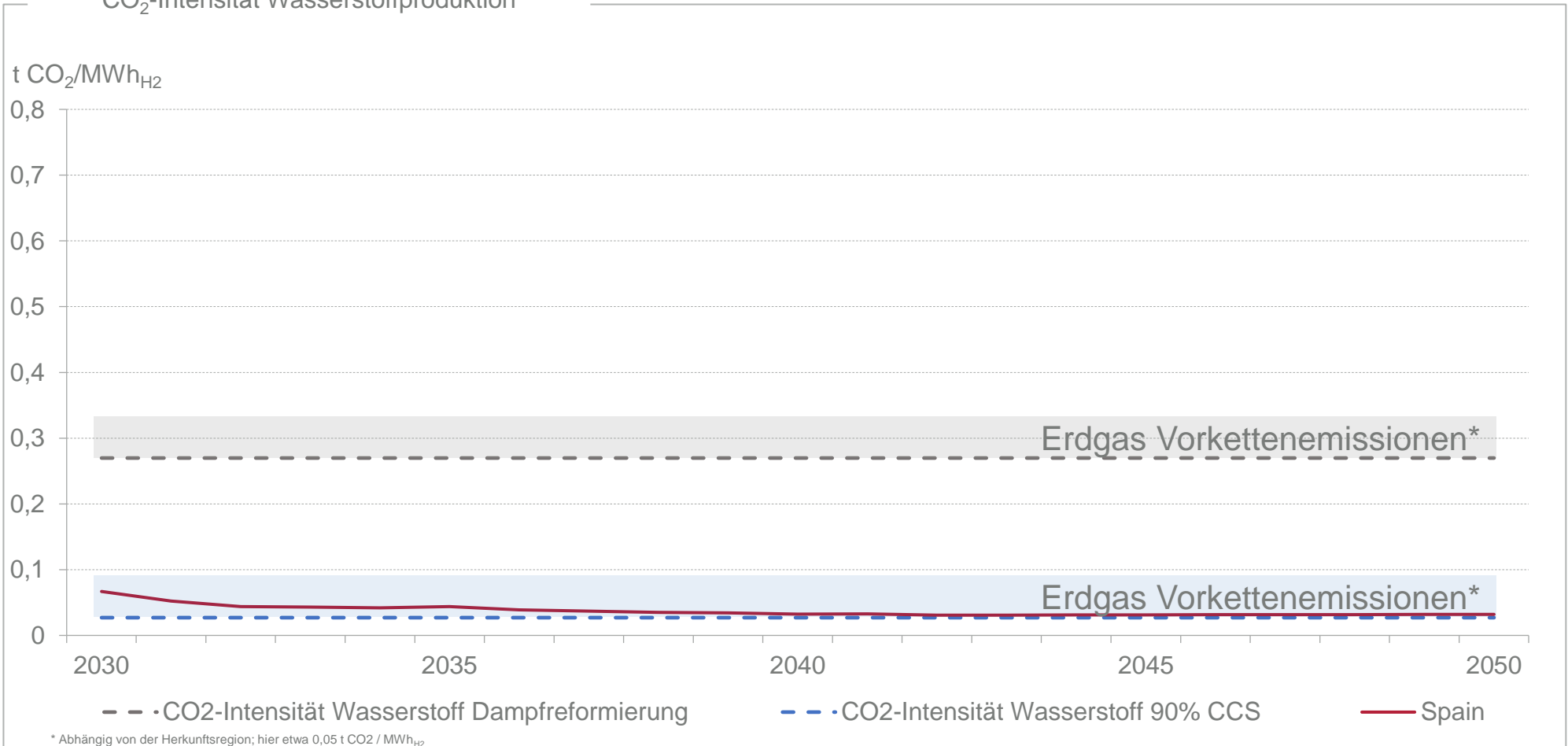


Länder Fact Sheet - Spanien

Szenario B

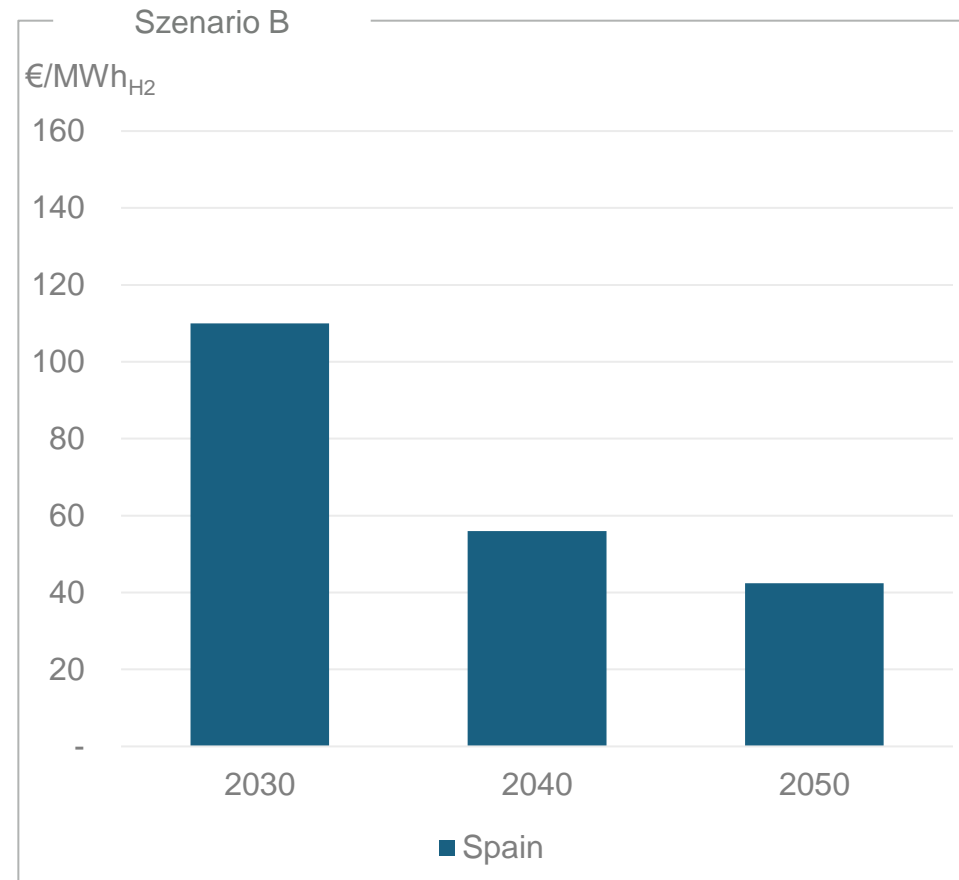
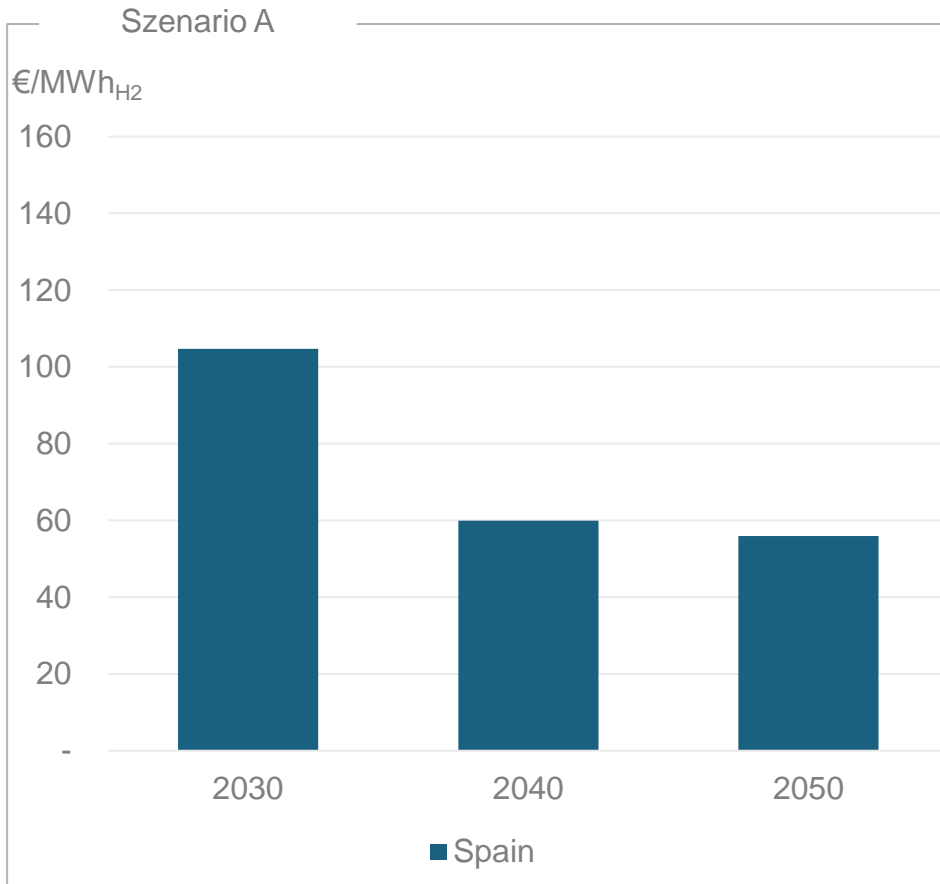


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Spanien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

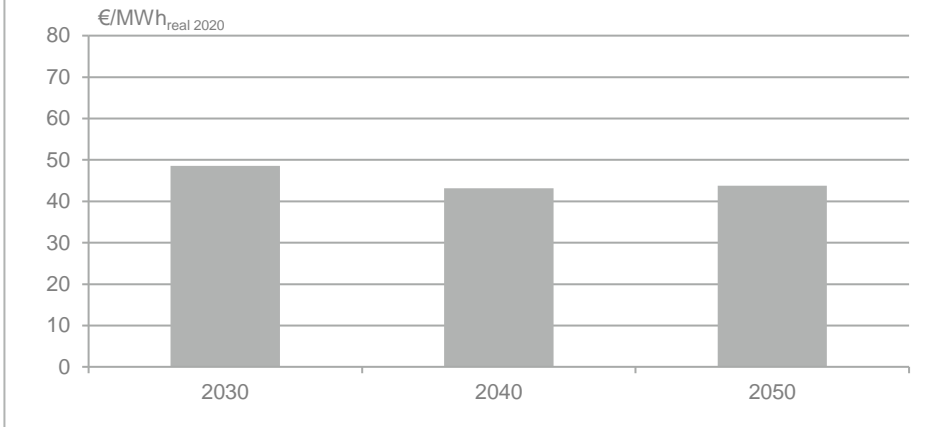


Länder Fact Sheet - Schweden

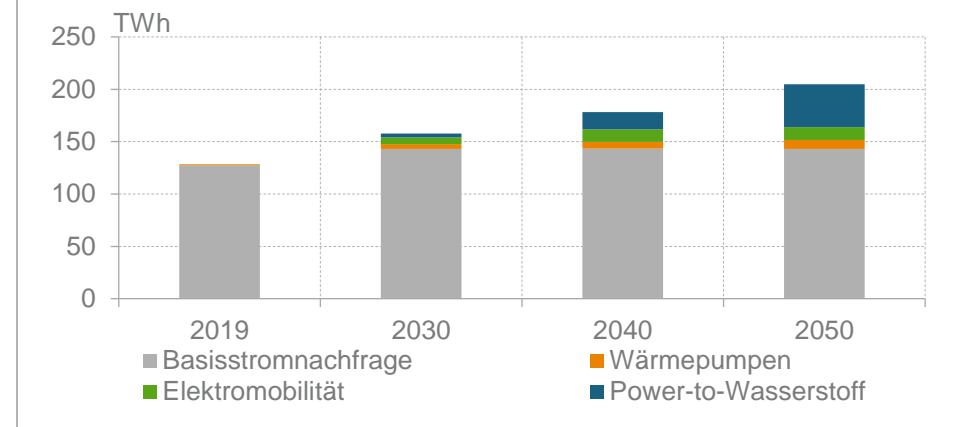
Szenario A



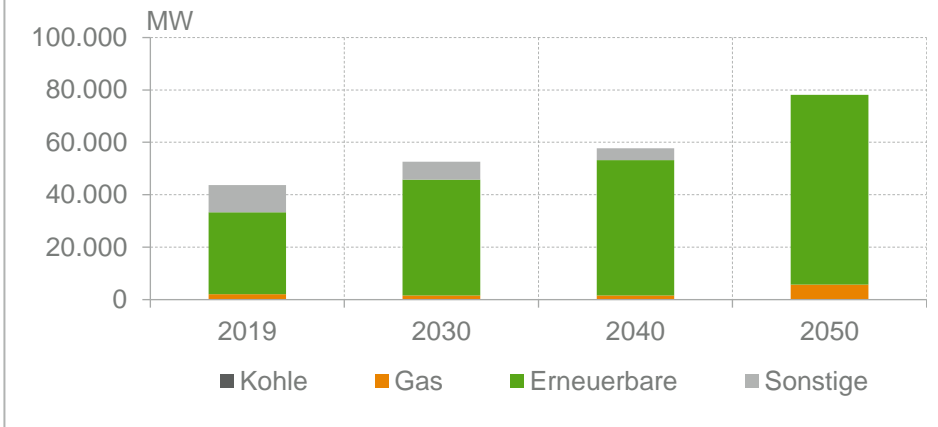
Großhandelsstrompreis



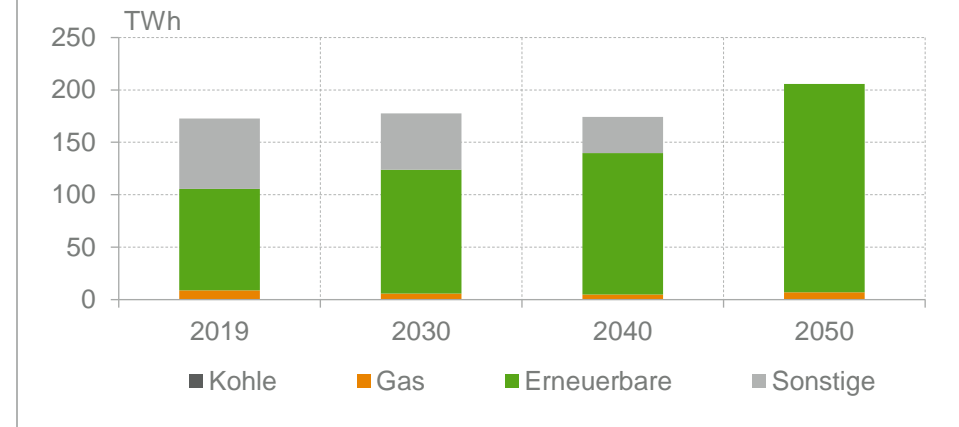
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

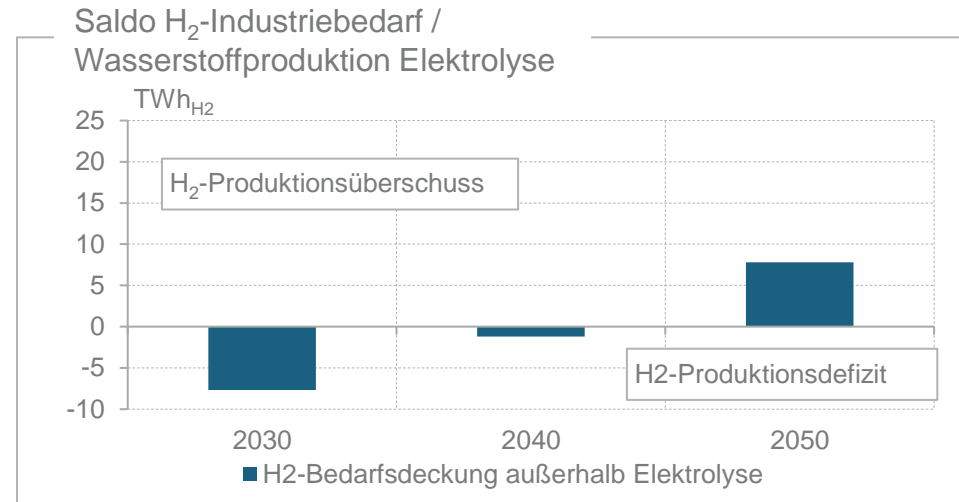
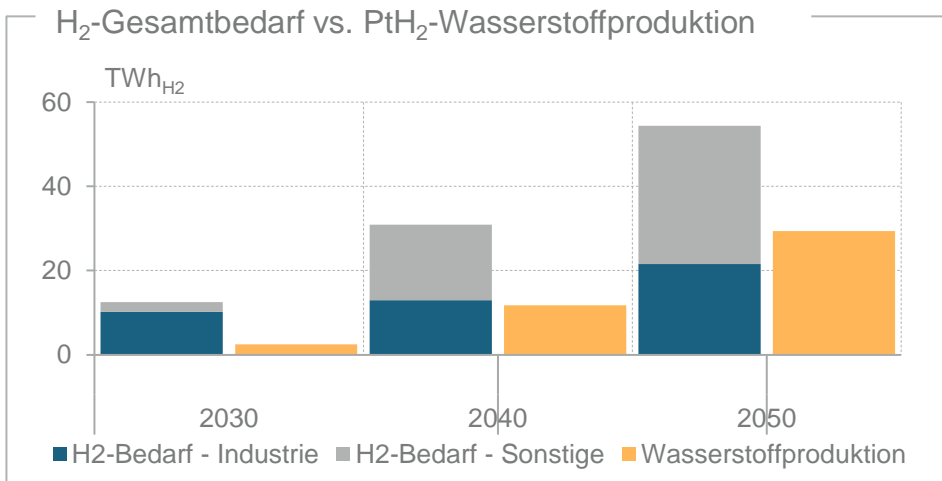
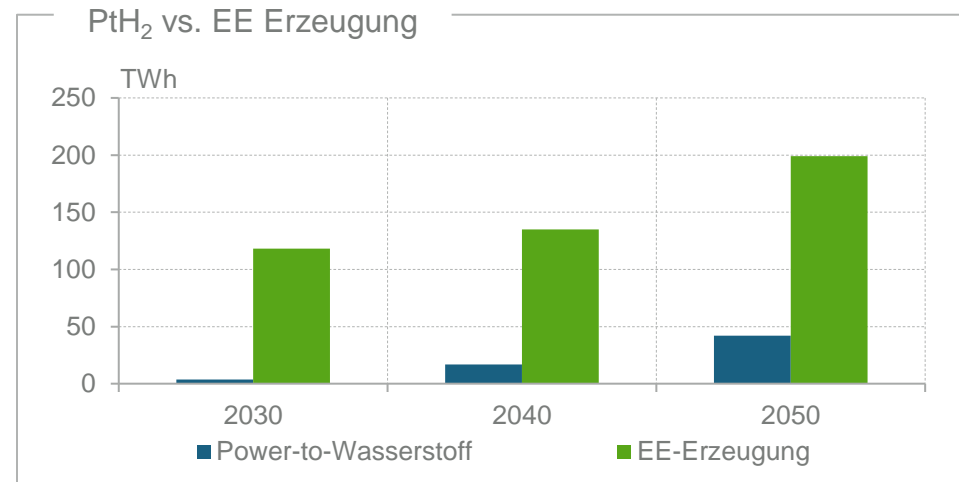
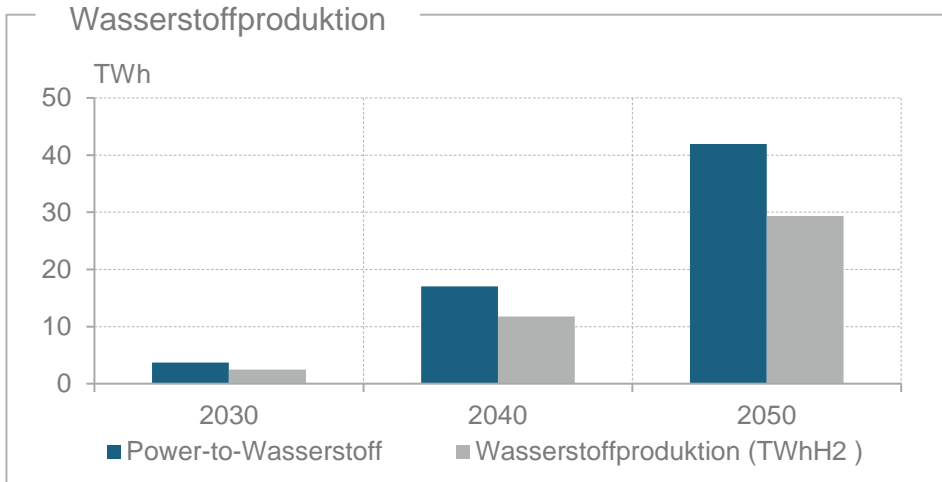


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Schweden

Szenario A

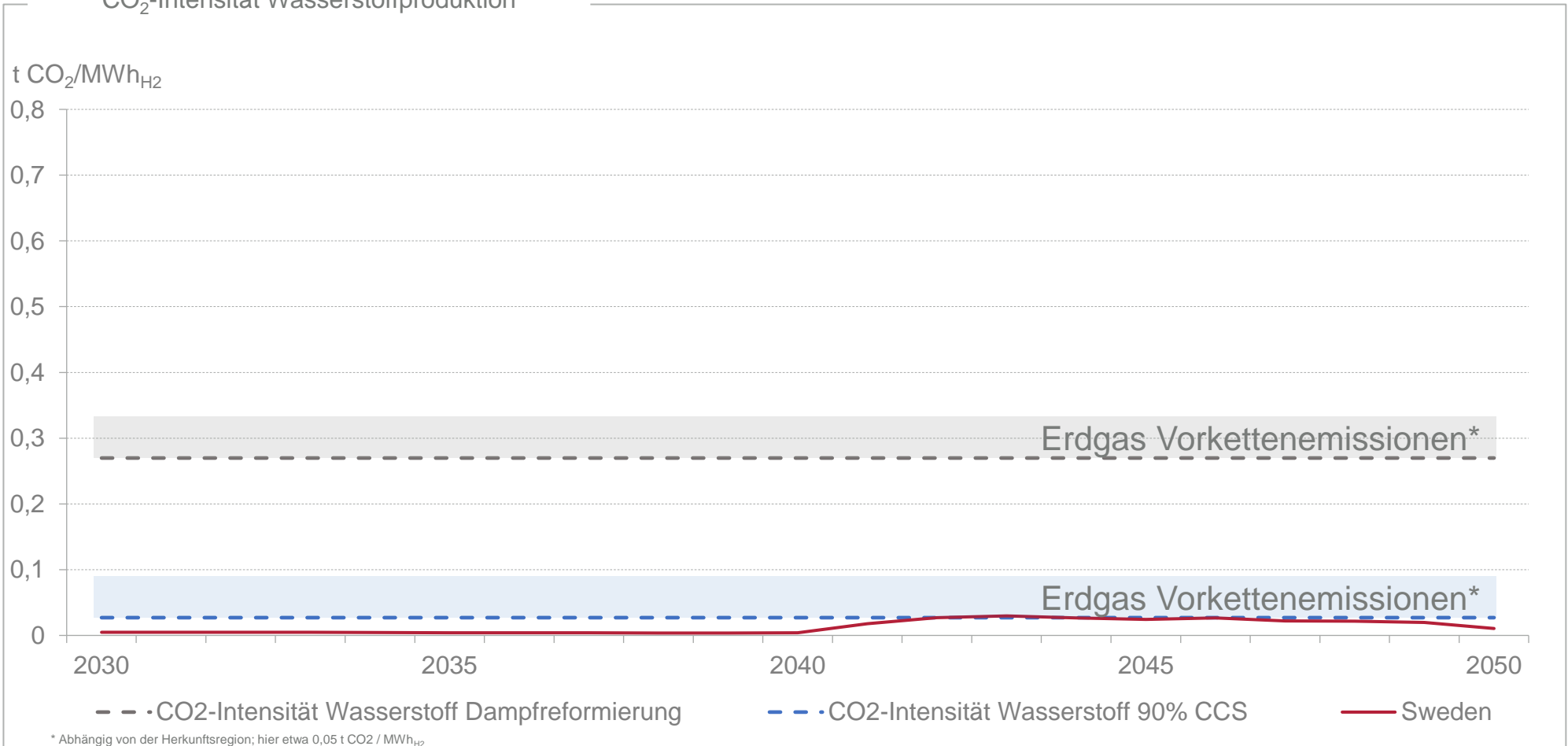


Länder Fact Sheet - Schweden

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

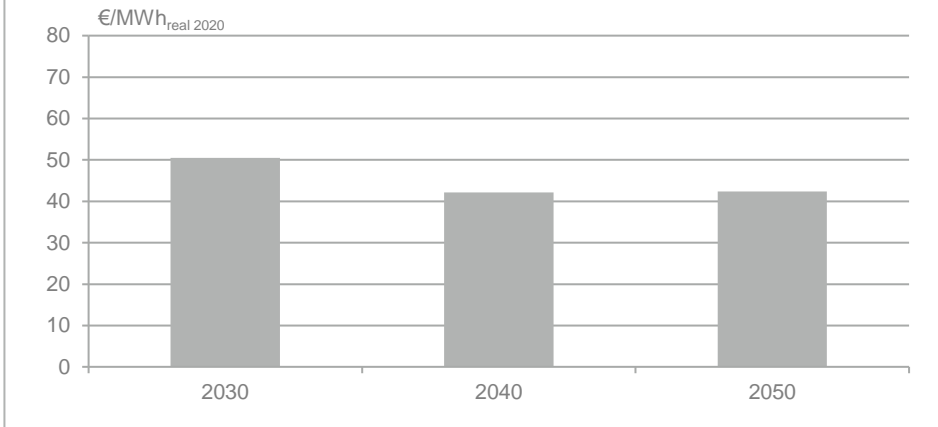


Länder Fact Sheet - Schweden

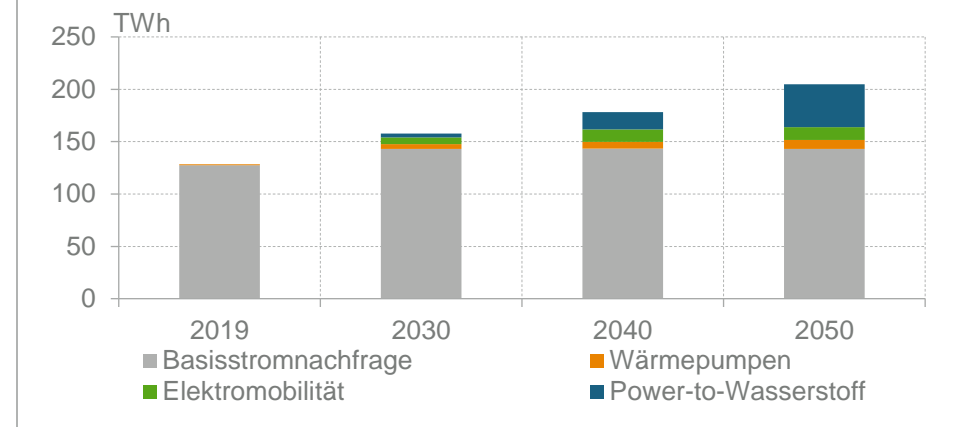
Szenario B



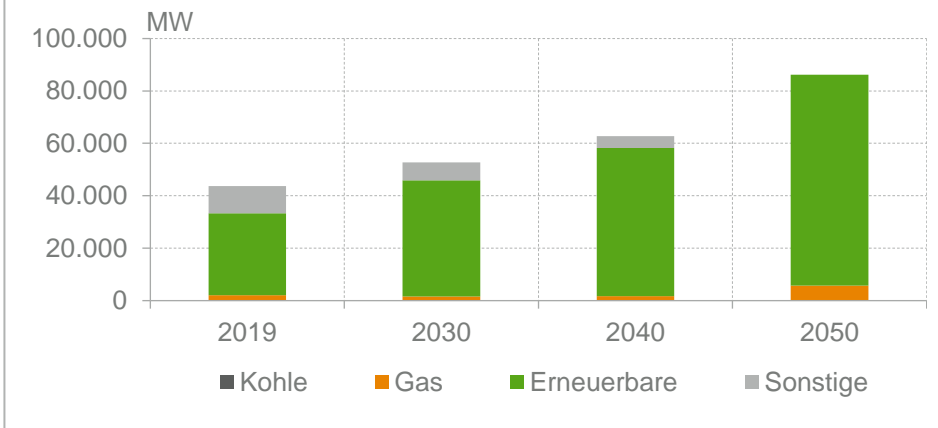
Großhandelsstrompreis



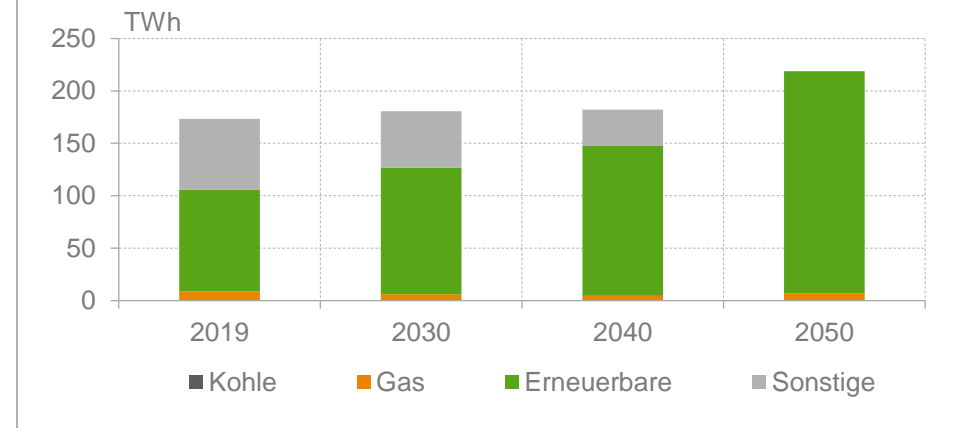
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

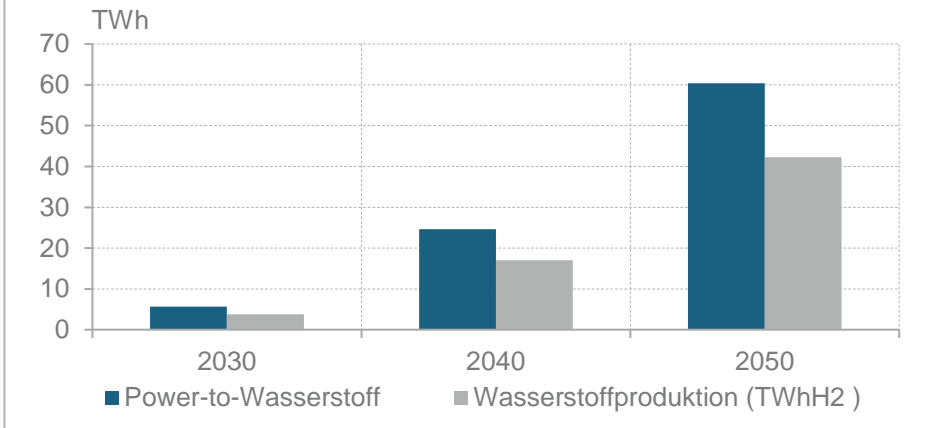


Länder Fact Sheet - Schweden

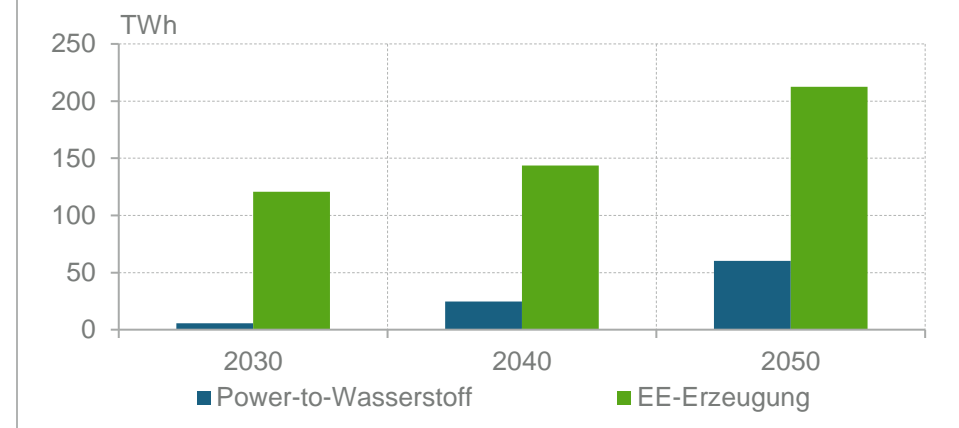
Szenario B



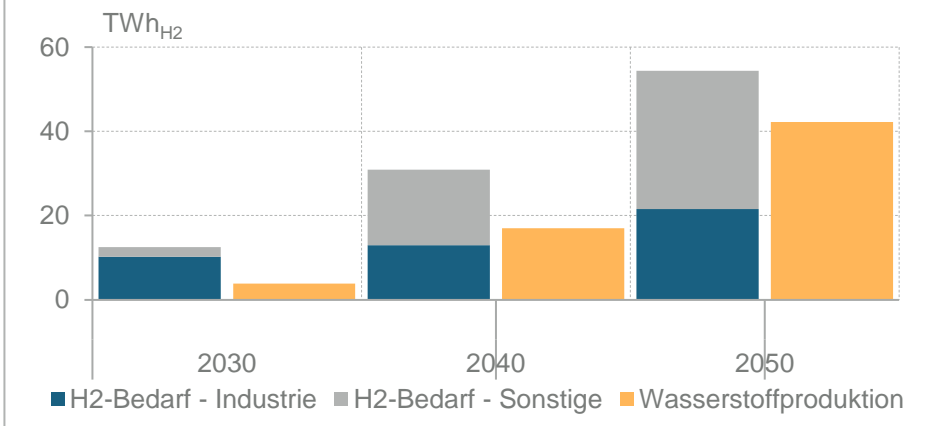
Wasserstoffproduktion



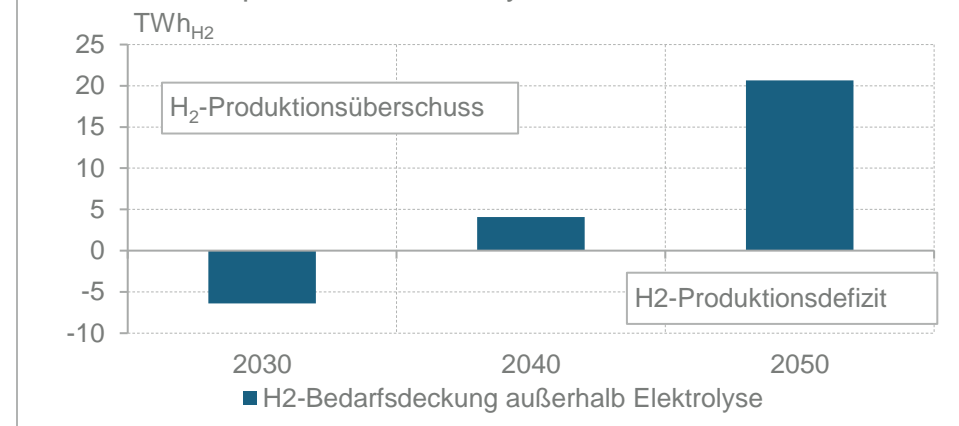
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

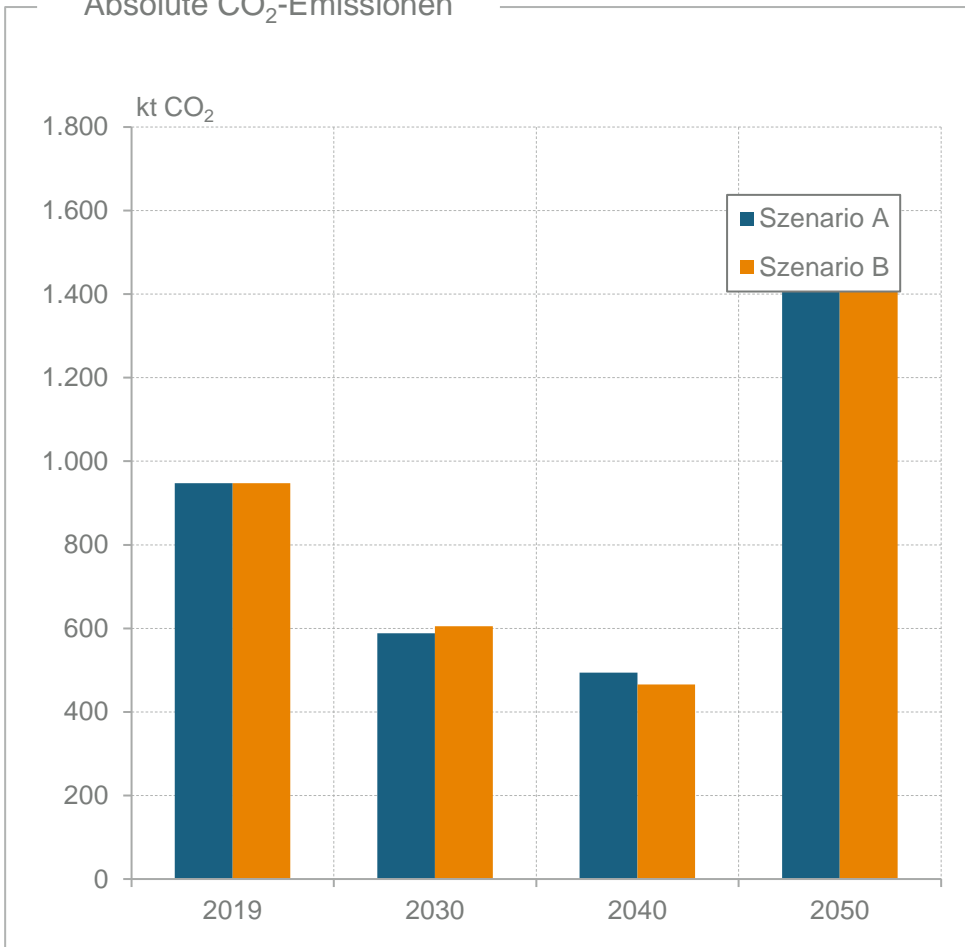


Länder Fact Sheet - Schweden

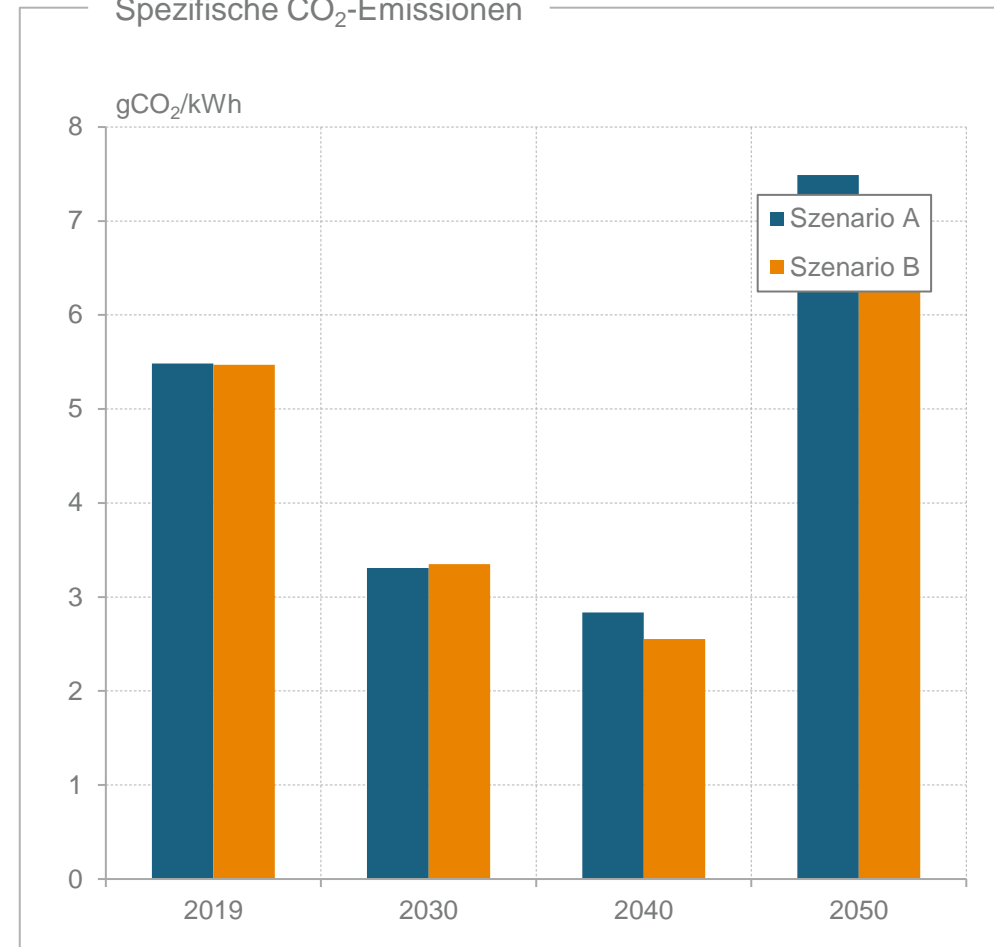
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen

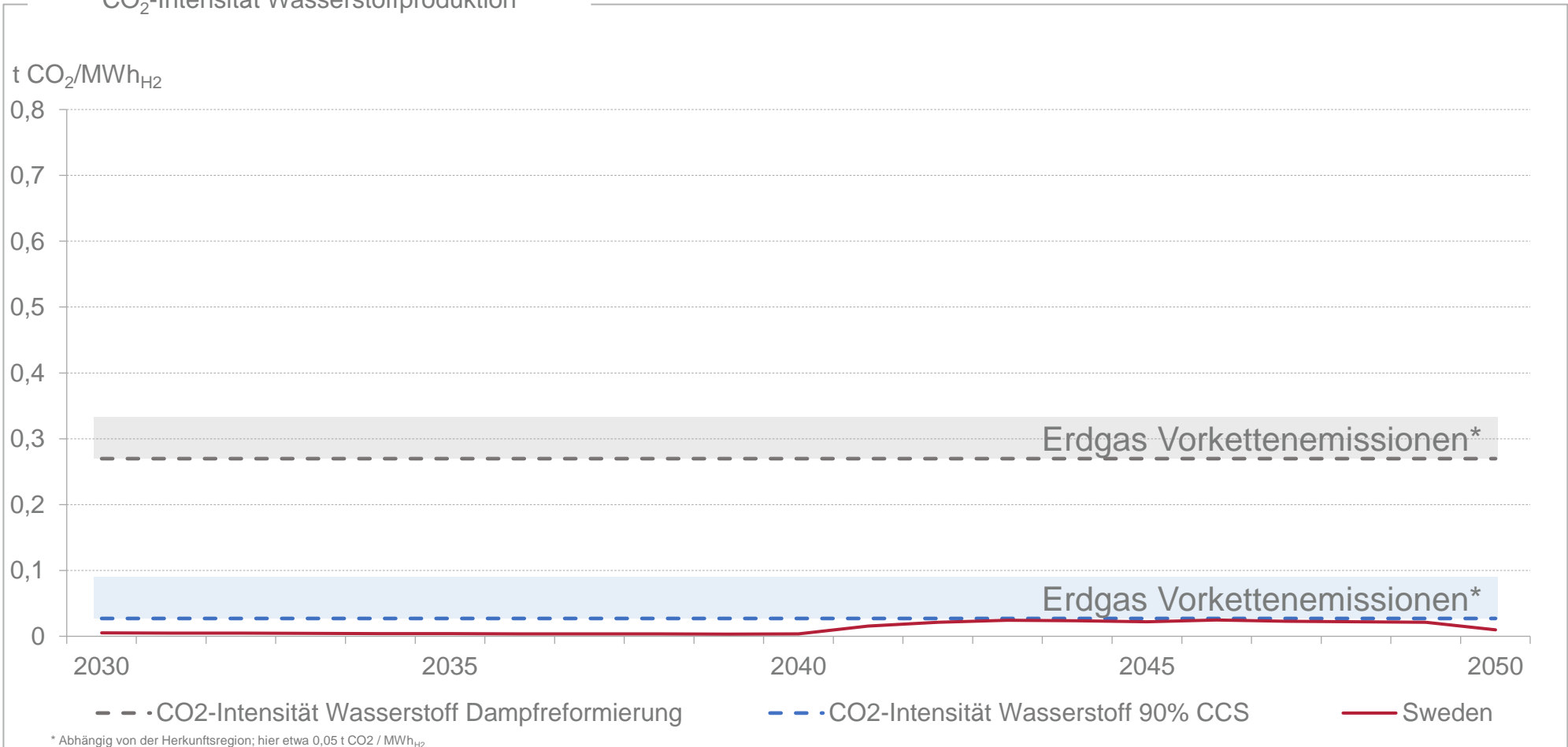


Länder Fact Sheet - Schweden

Szenario B

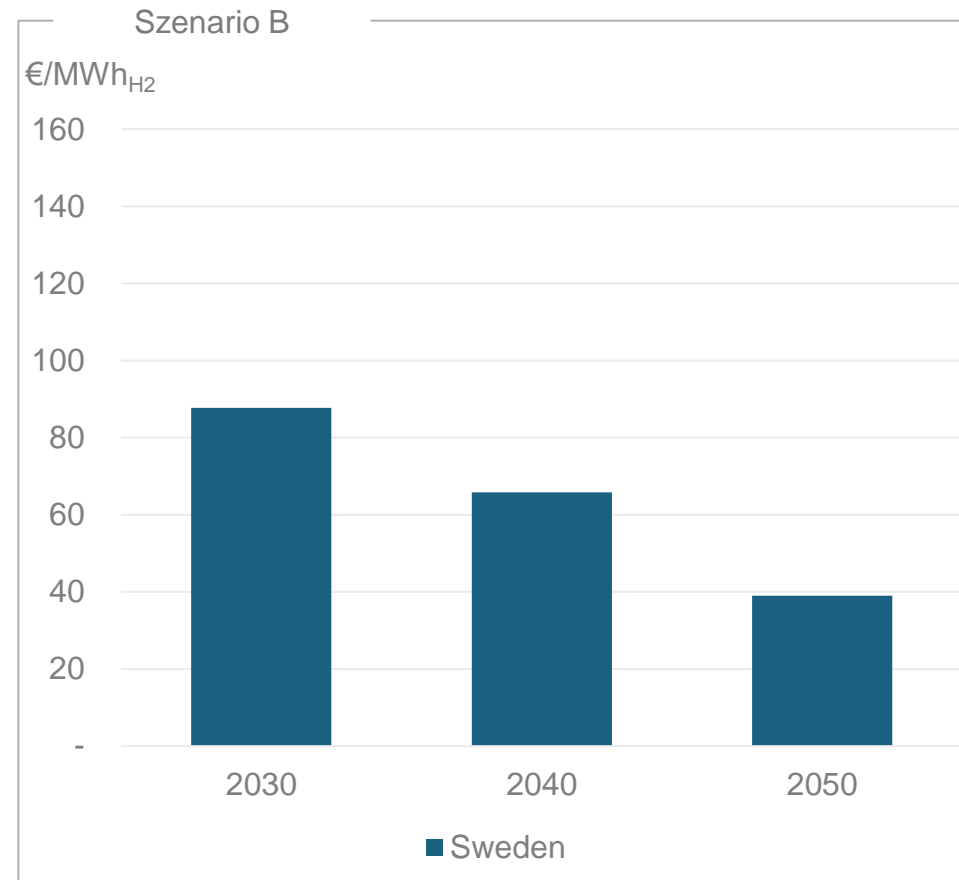
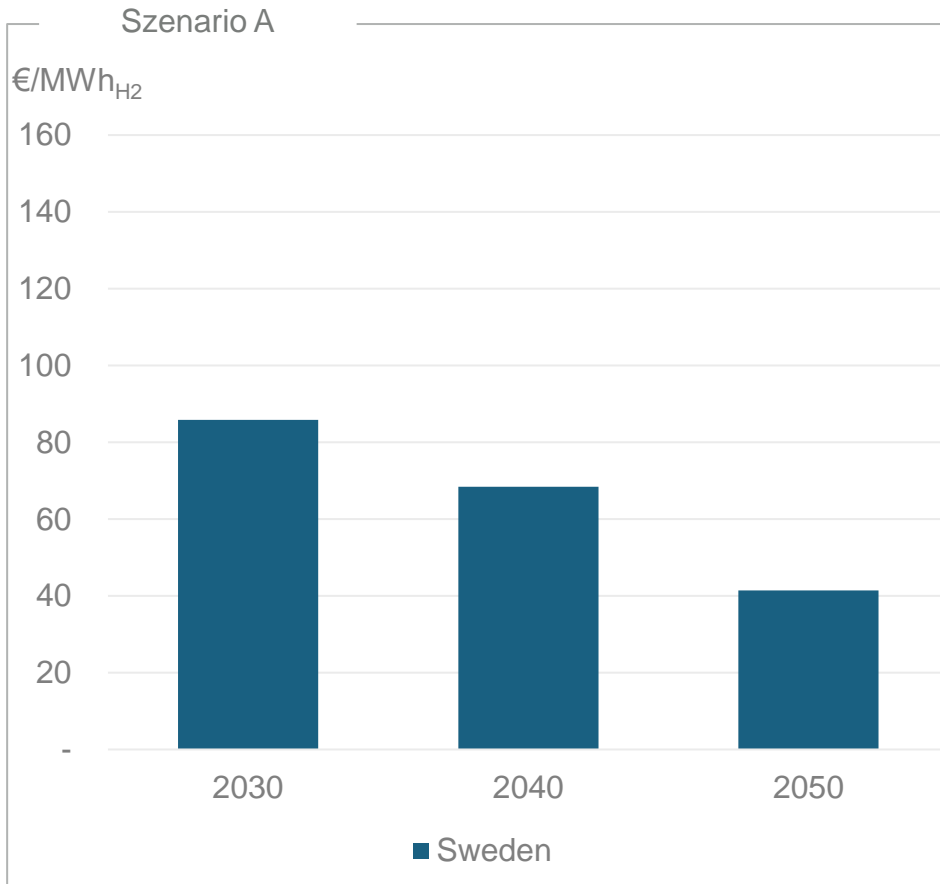


CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion



Länder Fact Sheet - Schweden

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasierem Einsatz des Elektrolyseurs

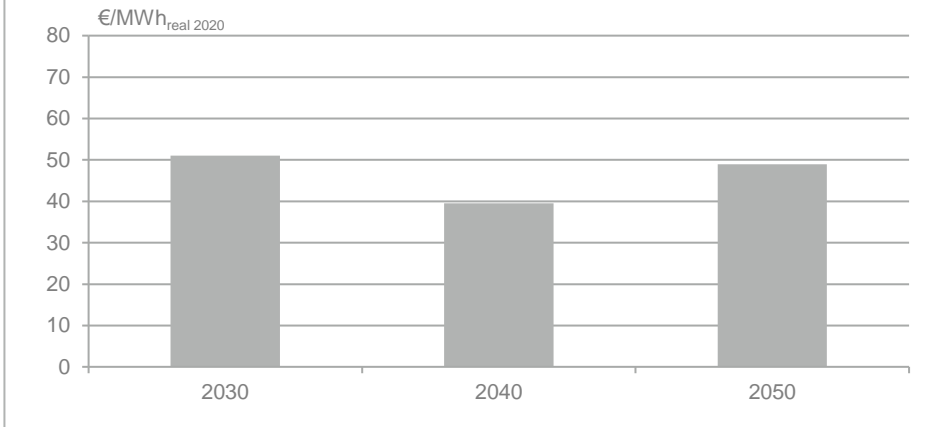


Länder Fact Sheet - Großbritannien

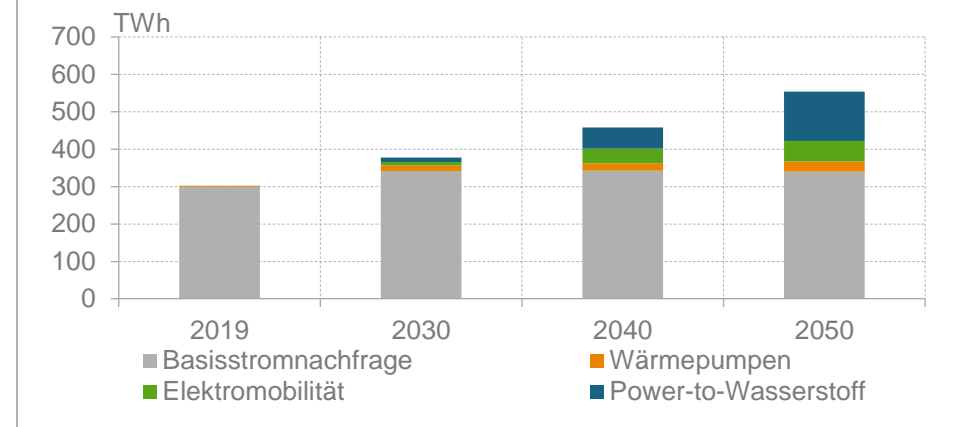
Szenario A



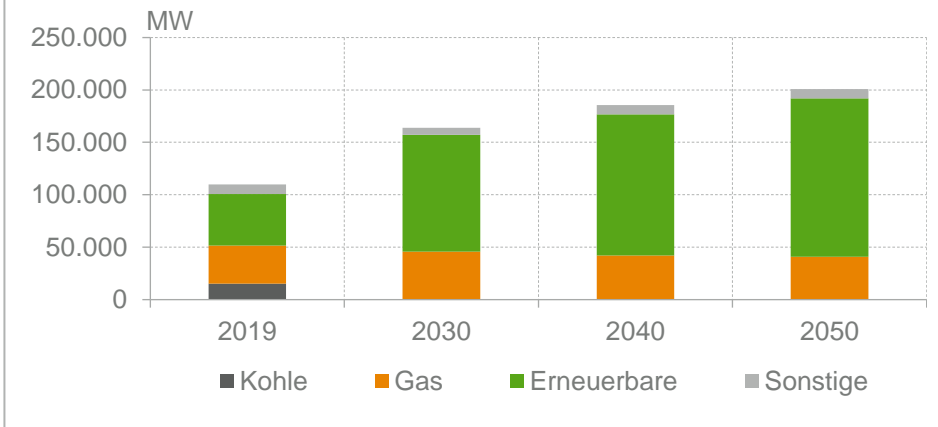
Großhandelsstrompreis



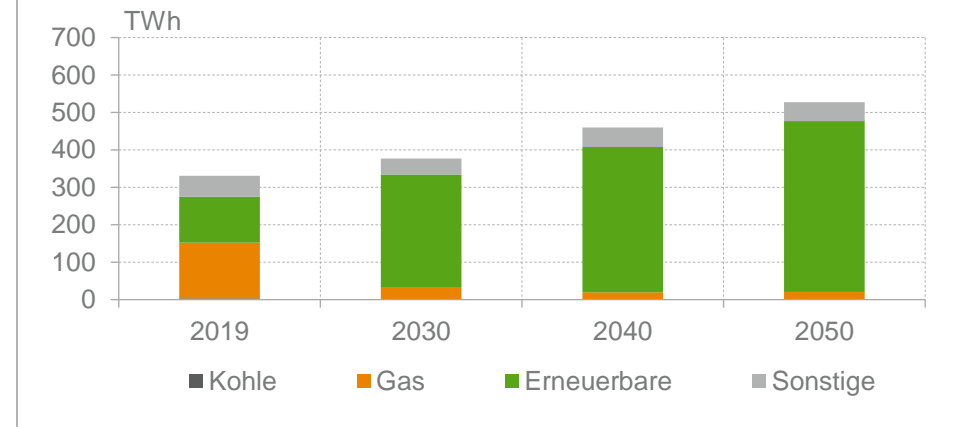
Stromnachfrage



Kraftwerkspark



Stromerzeugung

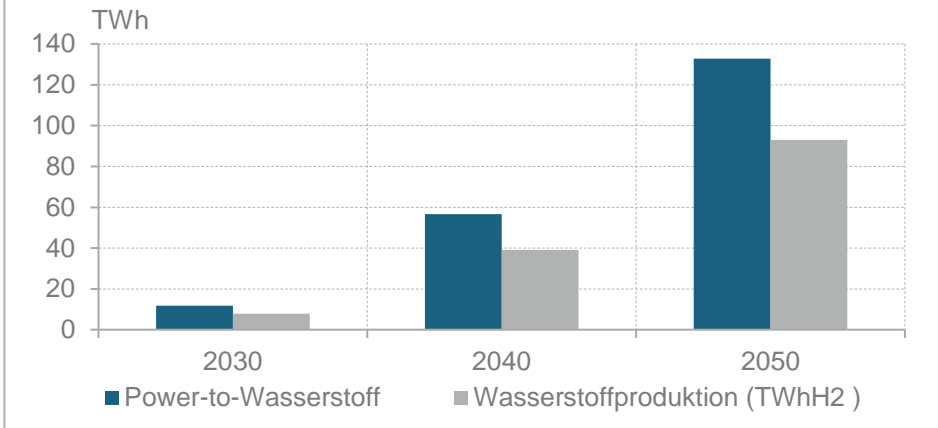


Länder Fact Sheet - Großbritannien

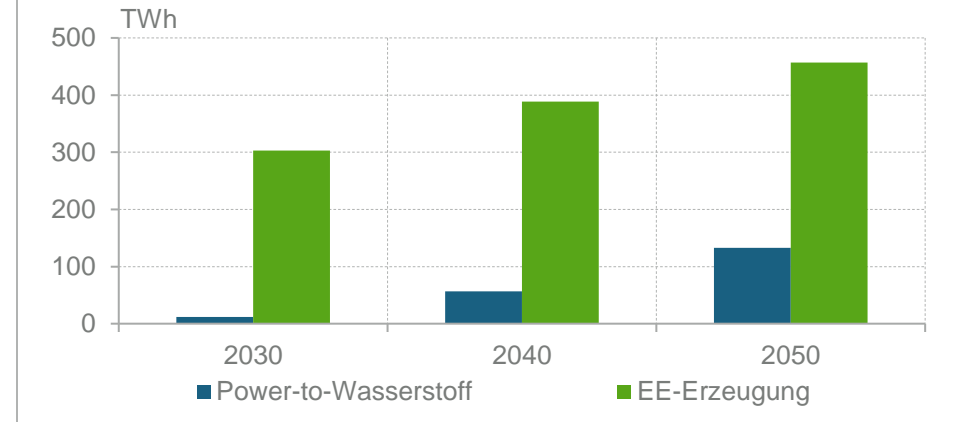
Szenario A



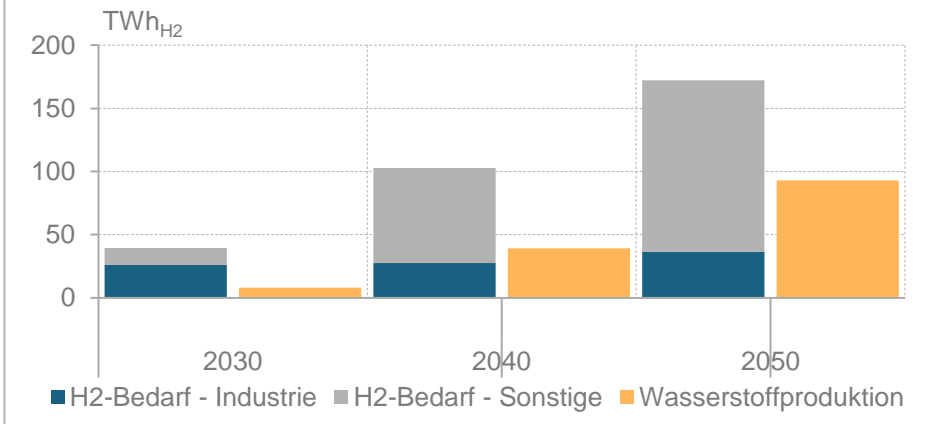
Wasserstoffproduktion



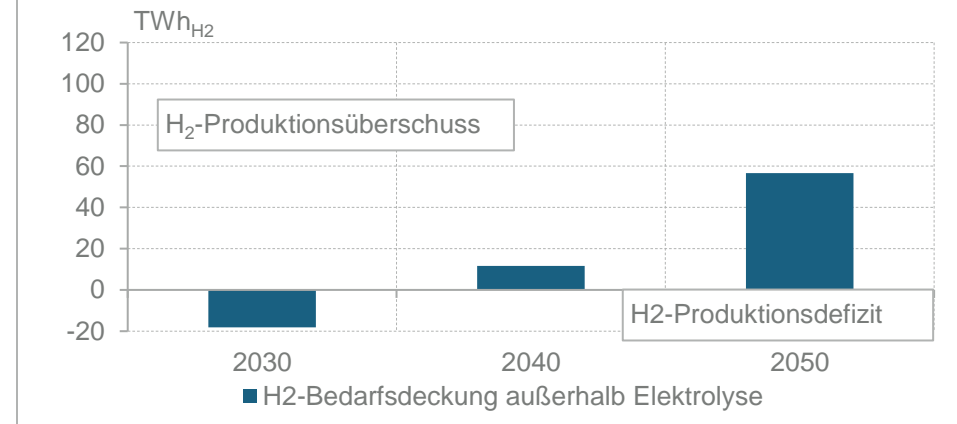
PtH₂ vs. EE Erzeugung



H₂-Gesamtbedarf vs. PtH₂-Wasserstoffproduktion



Saldo H₂-Industriebedarf / Wasserstoffproduktion Elektrolyse

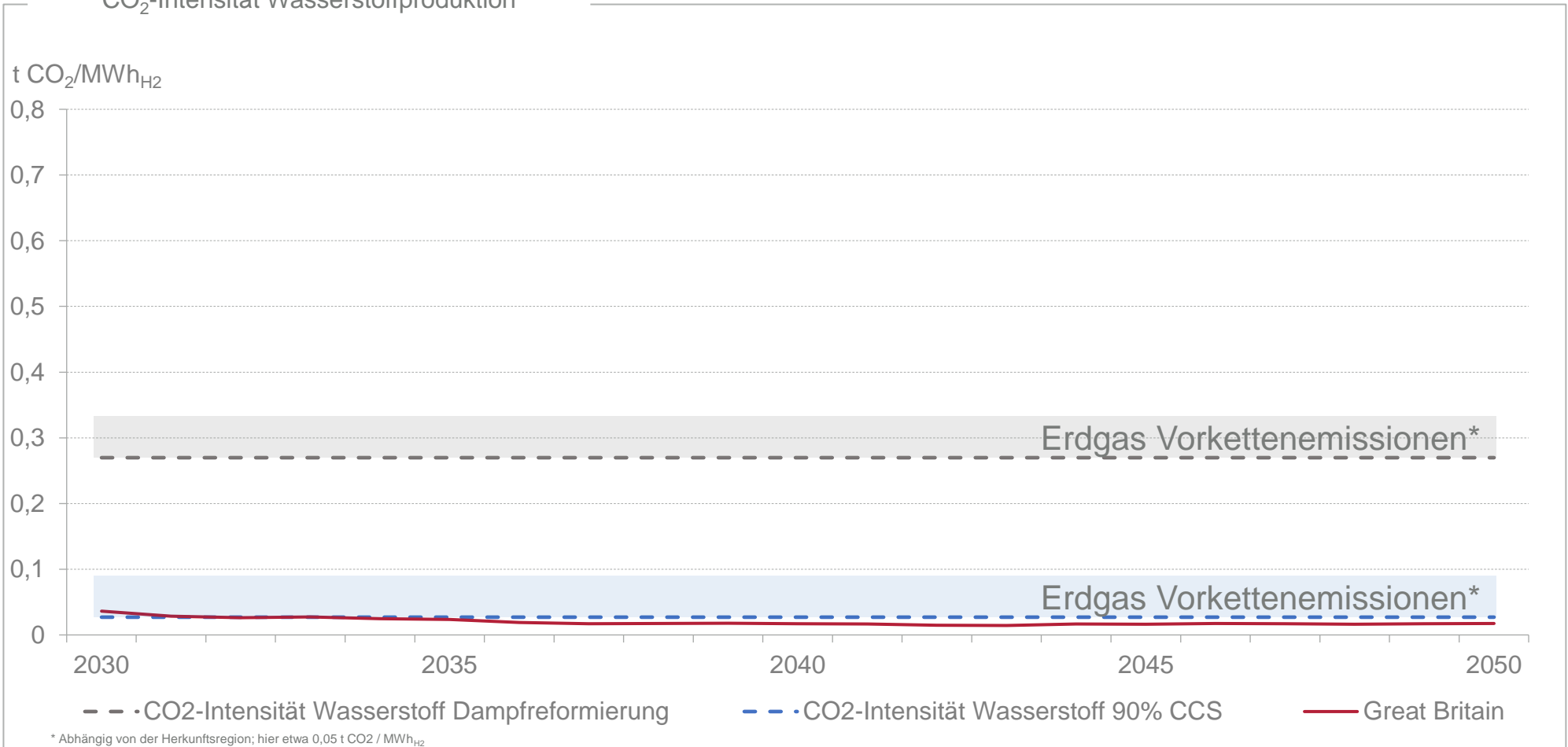


Länder Fact Sheet - Großbritannien

Szenario A



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

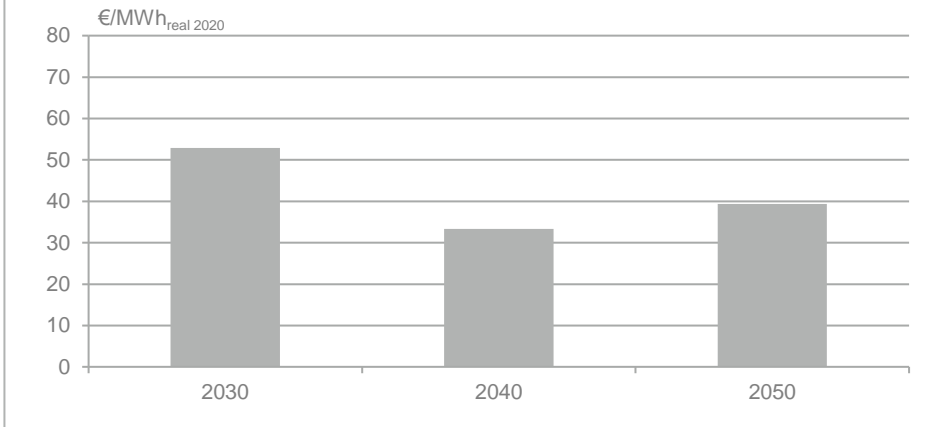


Länder Fact Sheet - Großbritannien

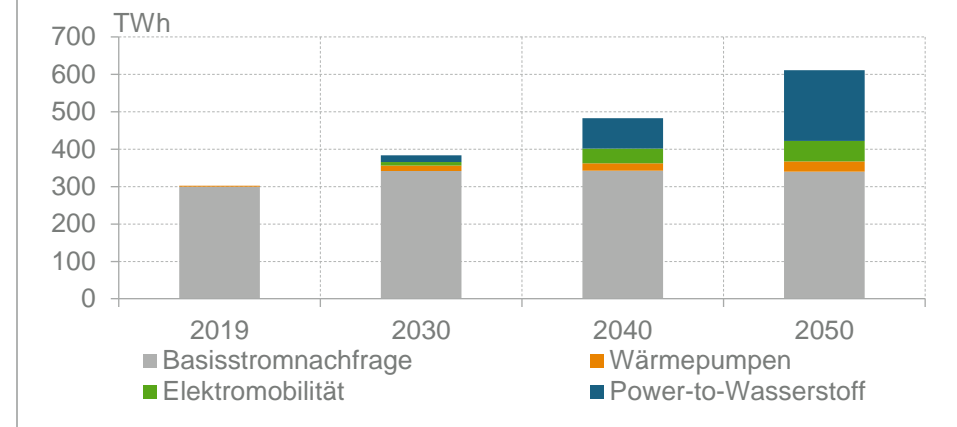
Szenario B



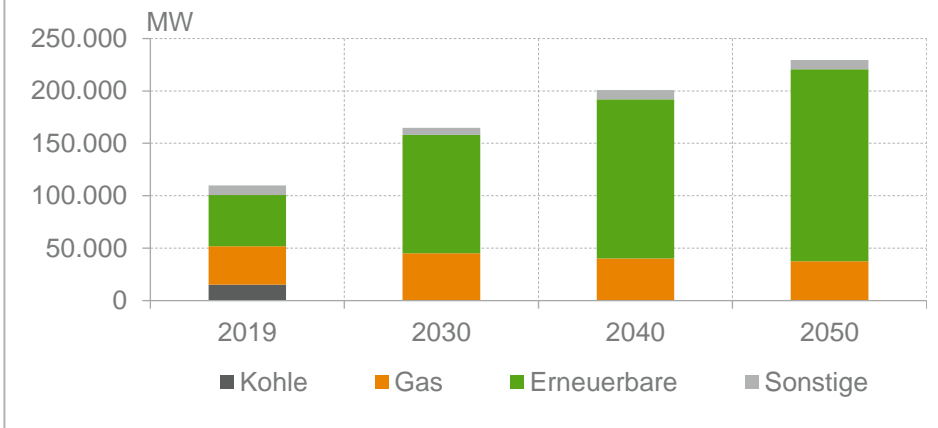
Großhandelsstrompreis



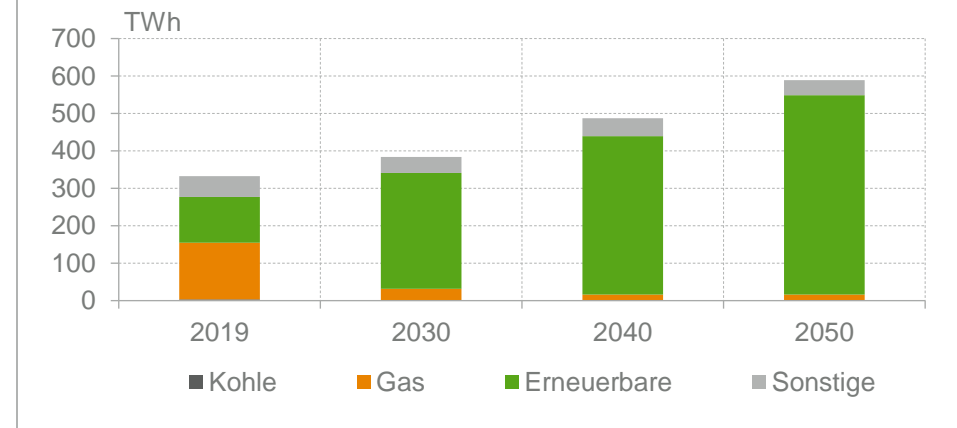
Stromnachfrage



Kraftwerkspark

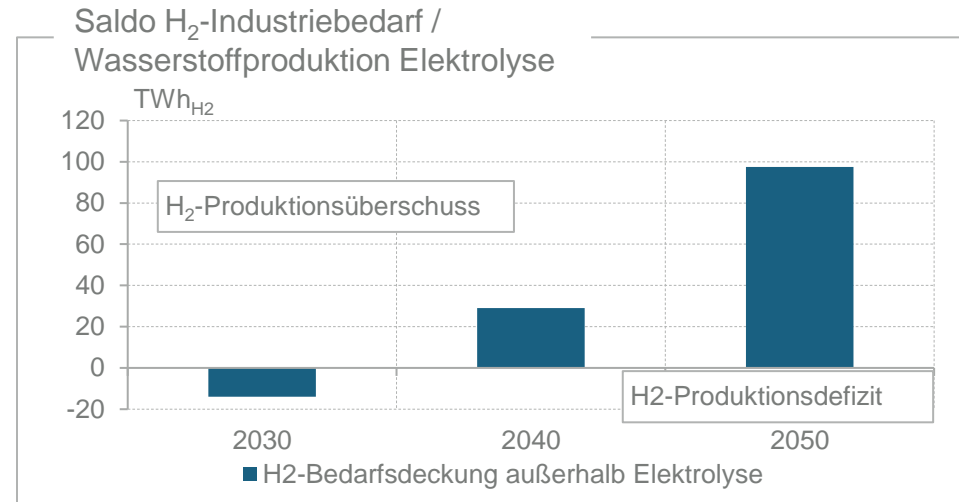
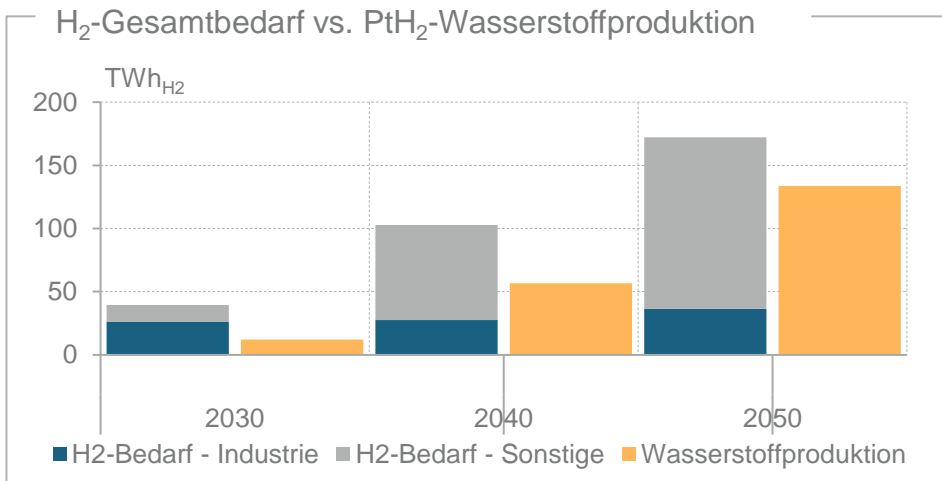
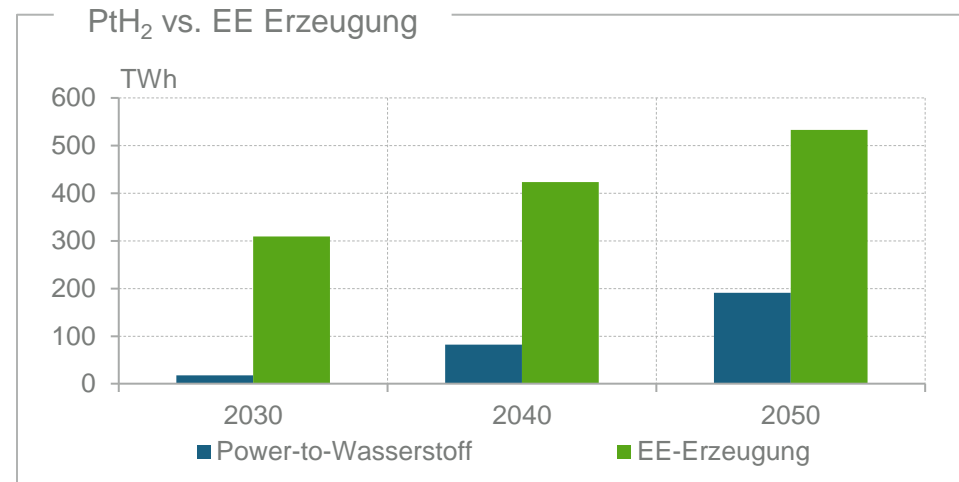
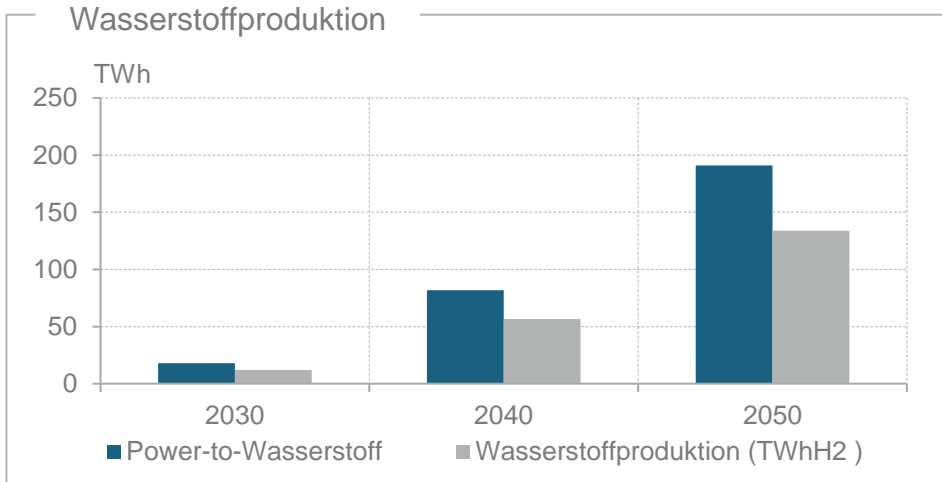


Stromerzeugung



Länder Fact Sheet - Großbritannien

Szenario B

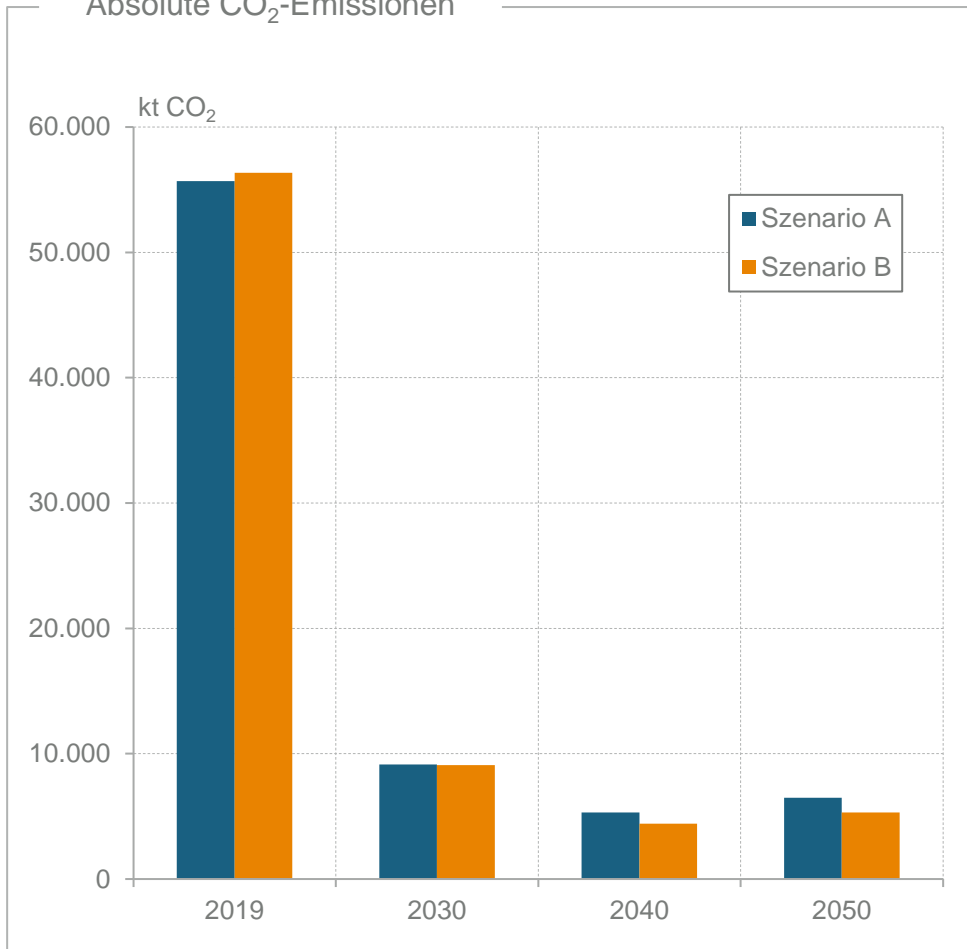


Länder Fact Sheet - Großbritannien

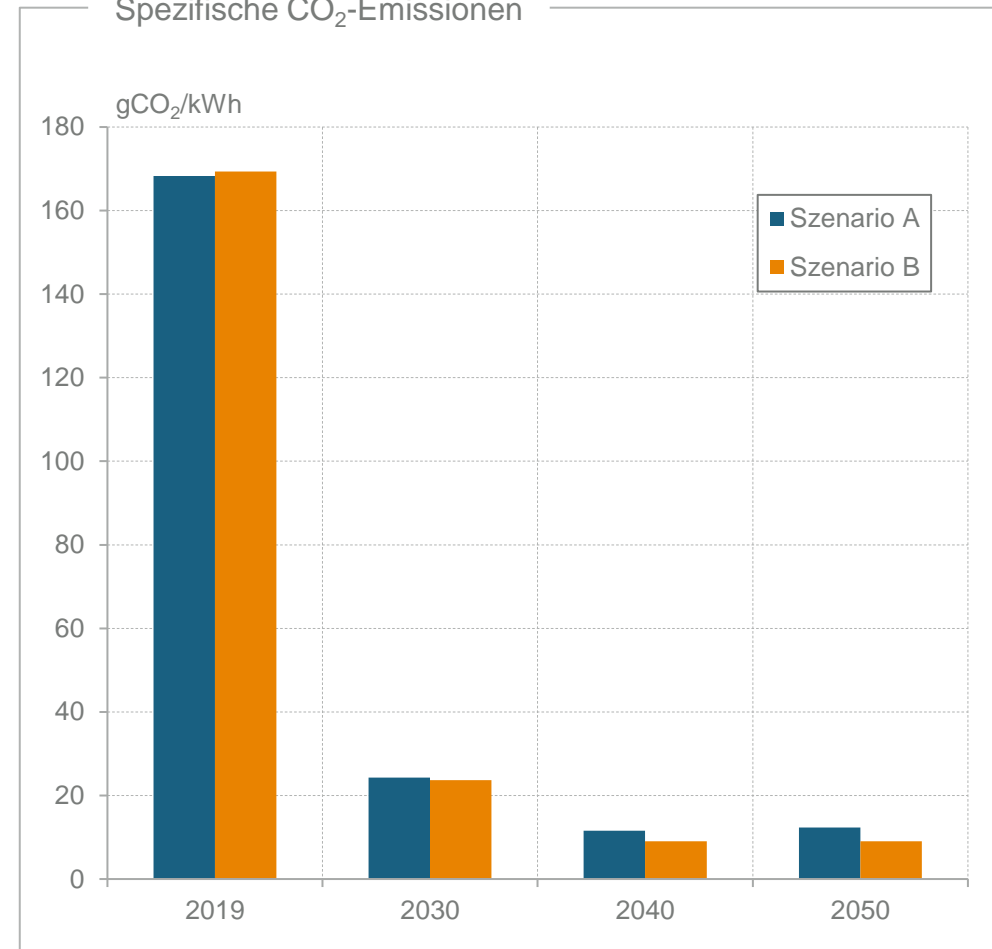
Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks im Szenario A und Szenario B



Absolute CO₂-Emissionen



Spezifische CO₂-Emissionen



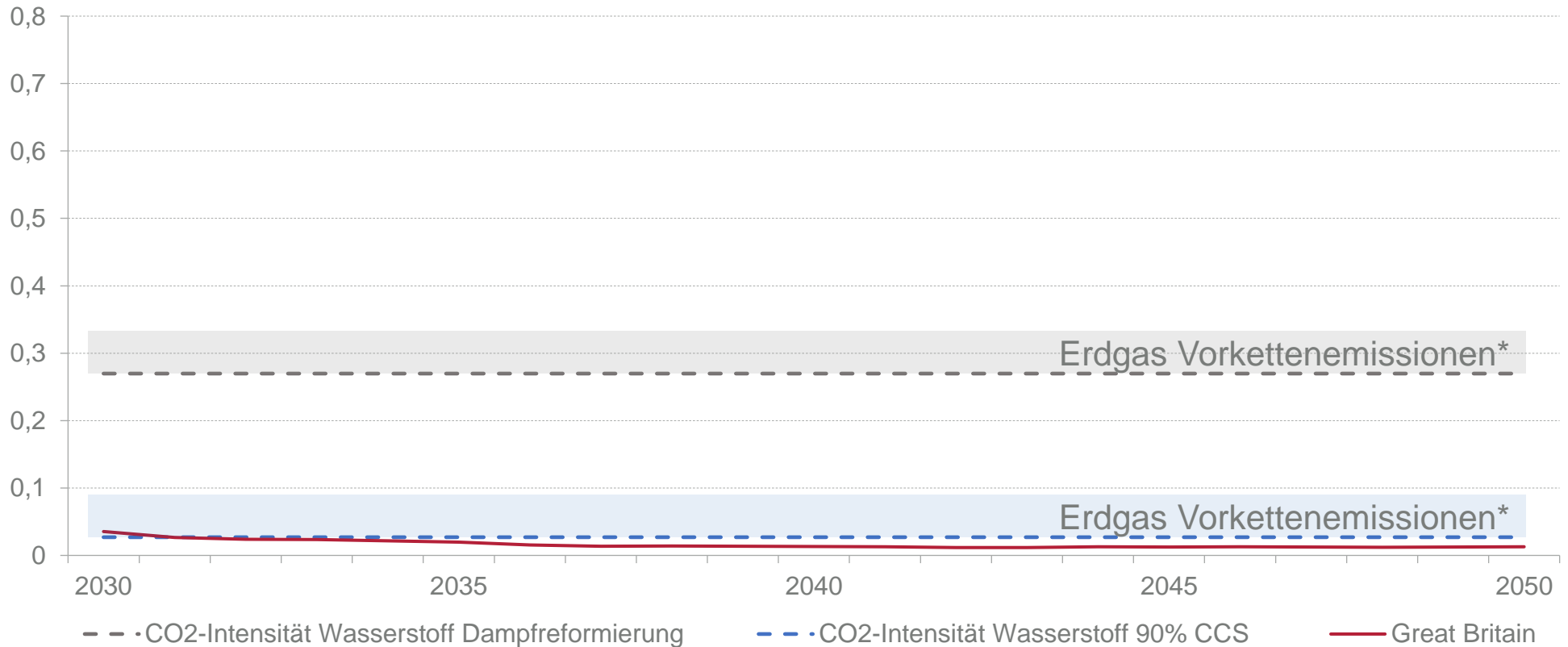
Länder Fact Sheet - Großbritannien

Szenario B



CO₂-Intensität Wasserstoffproduktion

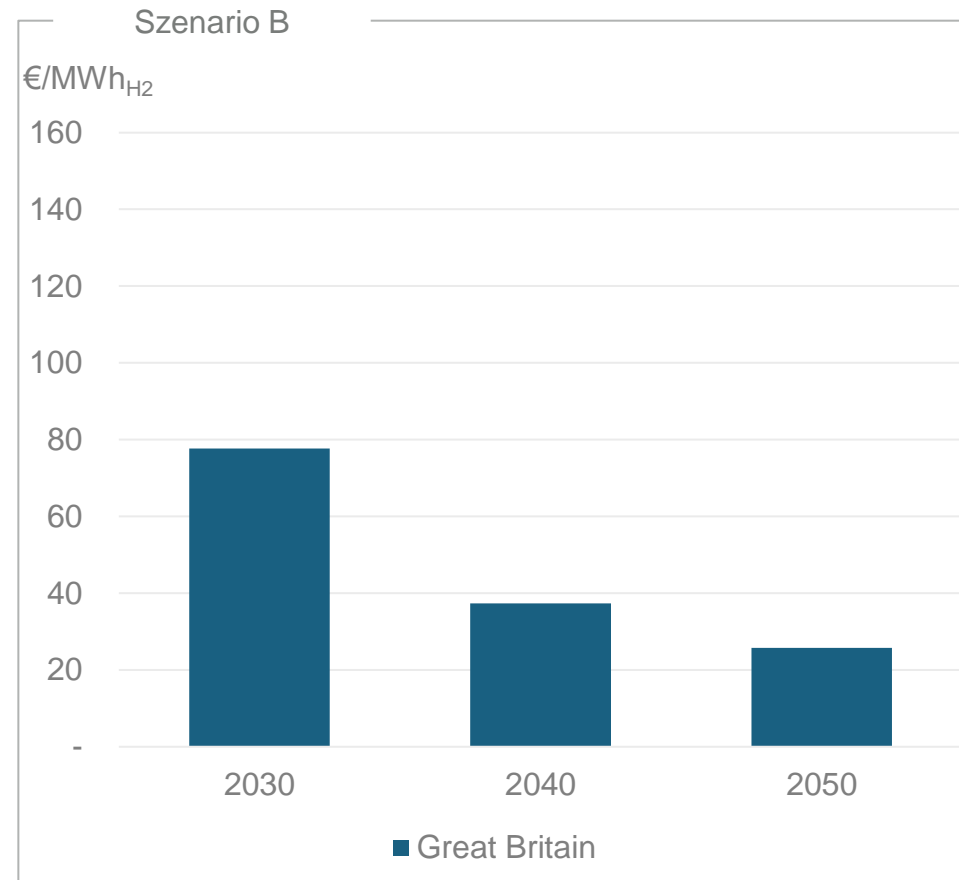
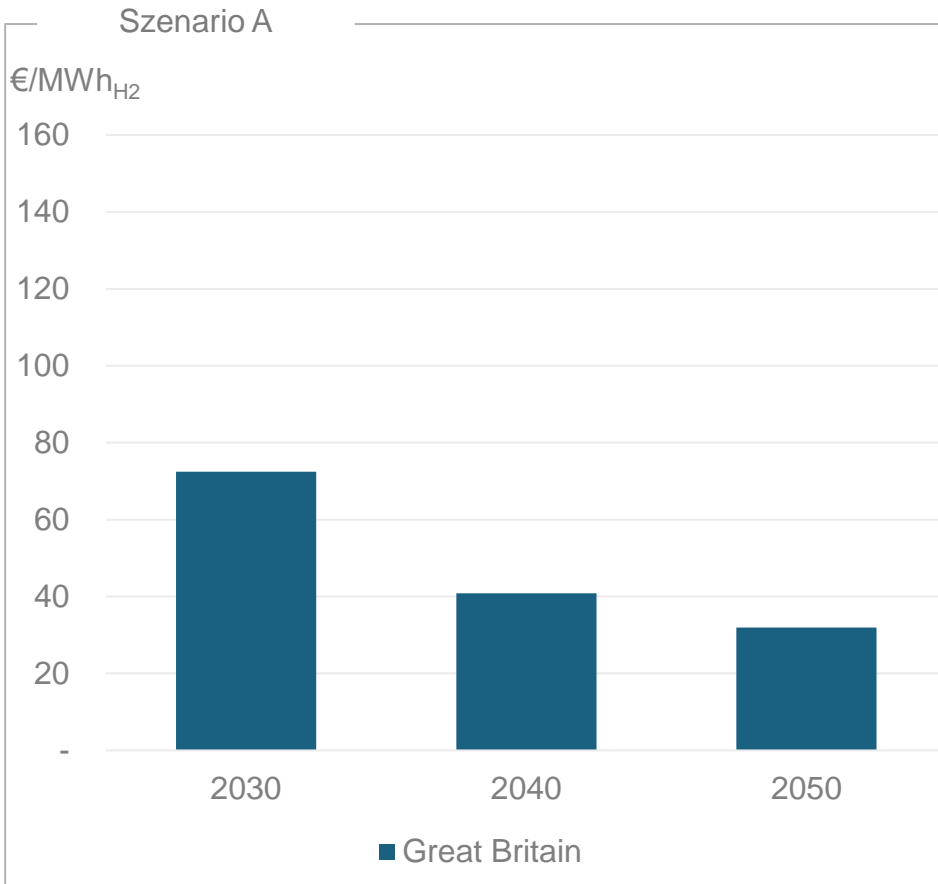
t CO₂/MWh_{H2}



* Abhängig von der Herkunftsregion; hier etwa 0,05 t CO₂ / MWh_{H2}

Länder Fact Sheet - Großbritannien

Wasserstoffpreis (real 2020) bei strommarktbasiertem Einsatz des Elektrolyseurs



Industriestrompreise

Ableitung von Industriestrompreisen

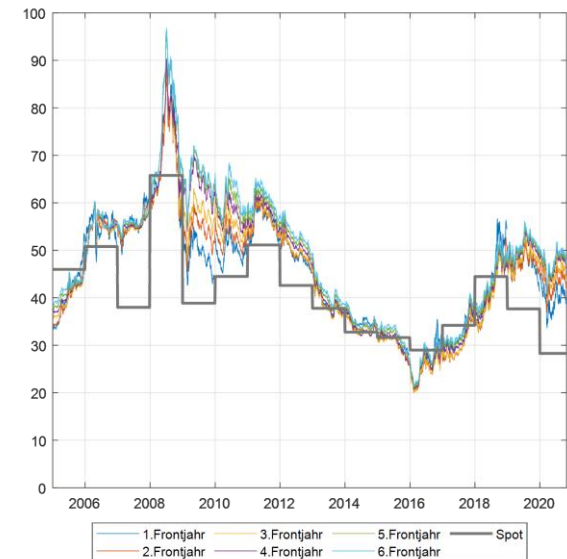
Ansatz und Herleitung auf Basis der modellierten Großhandelspreise

- Ein Ziel der vorliegenden Studie ist es, im Kontext des künftigen Transformationsprozesses der europäischen Kraftwerksparks und der Sektorenkopplung die Wirkung von Strompreisen auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen energieintensiven Industrie abzuschätzen
- Ein maßgebliches Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist die Ermittlung eines industriellen Beschaffungspreises für Strom im Großhandel
- Um die Strompreise ohne Steuern, Netzentgelte und Umlagen für Industrieunternehmen abzuschätzen, müssen zunächst Annahmen über die Beschaffungsstrategie getroffen werden
- Gemäß der Studie „Strommärkte im internationalen Vergleich“ von Fraunhofer ISI/Ecofys (2015) agieren große, energieintensive Industrieunternehmen häufig direkt oder über Zwischenhändler an der Strombörse. Die Einkaufspreise setzen sich in der Regel aus etwa 80% langfristigen Verträgen und 20% Spotmarkteinkauf zusammen. Als Planungshorizont wird eine Periode von etwa 2 Jahren genannt. Für eine Abschätzung von Industriestrompreisen kann gem. dieser Studie unterstellt werden, dass die langfristigen Verträge jeweils zu einem Drittel mit zwei Jahren Vorlaufzeit, zu einem Drittel mit einem Jahr Vorlaufzeit und zu einem Drittel unterjährlich abgeschlossen werden.
- In der Folge wird auf die ermittelten Gewichtungsfaktoren eingegangen, mit deren Hilfe dann - auf Basis der modellierten Großhandelspreise - Industriestrompreise für energieintensive Großverbraucher abgeleitet werden

Ableitung von Industriestrompreisen

Ansatz und Herleitung auf Basis der modellierten Großhandelspreise

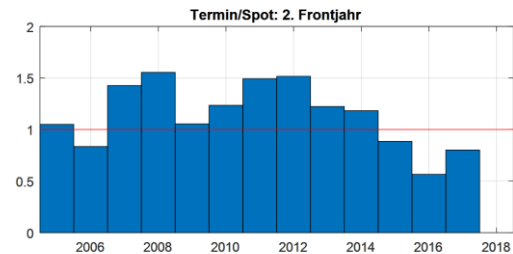
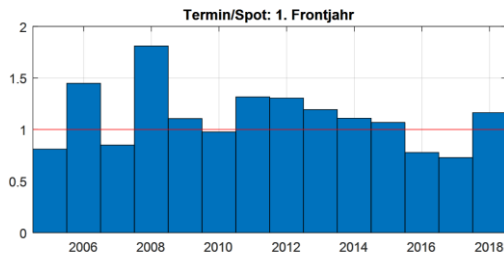
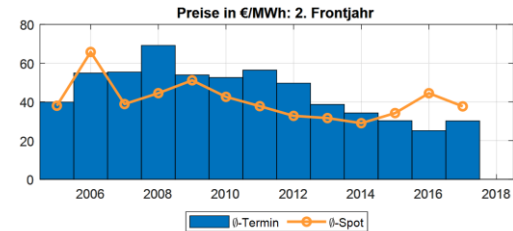
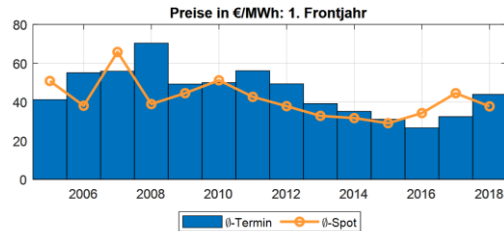
- Auf Basis historischer Terminpreisnotierungen sowie den dann tatsächlichen day-ahead-Spotpreisen für ein Handelsjahr werden die anzusetzenden Gewichtungsfaktoren zur Bestimmung von industriellen Beschaffungspreise abgeschätzt
- Maßgeblich ist jeweils die Beschaffungsstrategie von 80% langfristigen Verträgen (2-jährige Vorlaufzeit) und 20% Spotmarkteinkauf
- In der Historie war es in der Regel der Fall, dass die Futurenotierungen für einen Handelszeitpunkt über den dann auftretenden day-ahead-Preisen lagen. Nebenstehende Abbildung illustriert dies.
- Je nach Betrachtungszeitpunkt bzw. Betrachtungsintervall lassen sich anhand dessen die Preisgewichtungsfaktoren ableiten.
- Um ein möglichst marktnahes und robustes Ergebnis zu erhalten, welches nicht durch temporäre Ausschläge verfälscht wird, wurde der Betrachtungszeitraum 2005 bis 2018 gewählt.



Quelle: EPEX Spot / EEX

Ableitung von Industriestrompreisen

Ansatz und Herleitung auf Basis der modellierten Großhandelspreise



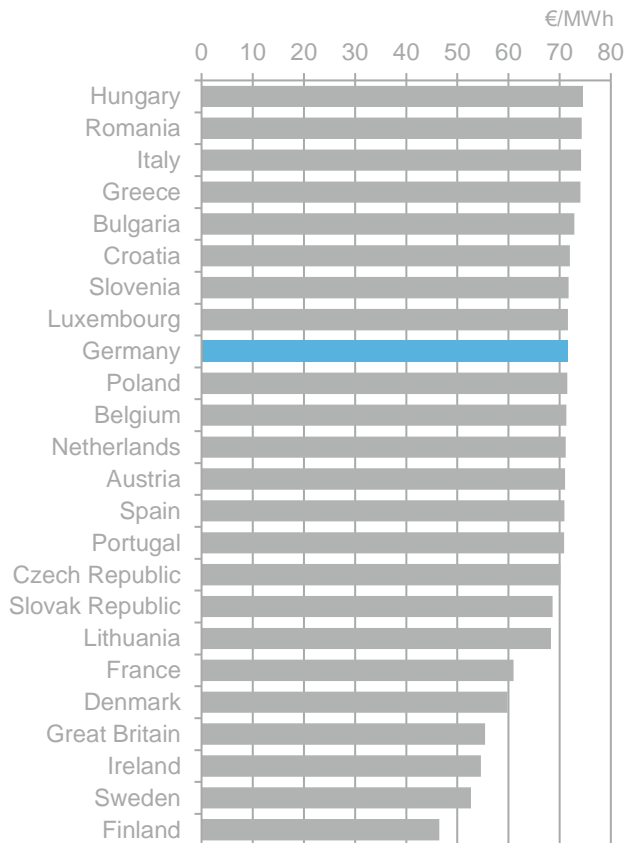
Quelle: EPEX Spot / EEX

- **Mittleres Verhältnis von Termin- zu eingetretenem Spotpreis 2005 bis 2018:**
 - 1. Frontjahr 109,6% / 2. Frontjahr 111,7%
- **Weitere Berechnung**
 - Mengen 40% T(J+2) + 40% T(J+1) + 20% Spot
 - $40\% \times 111,7\% + 40\% \times 109,6\% + 20\% \times 100\% = 108,5\%$
 - $\text{Industriepreis}(J) = 108,5\% \text{ Spot}(J)$

Industriestrompreise Szenario A

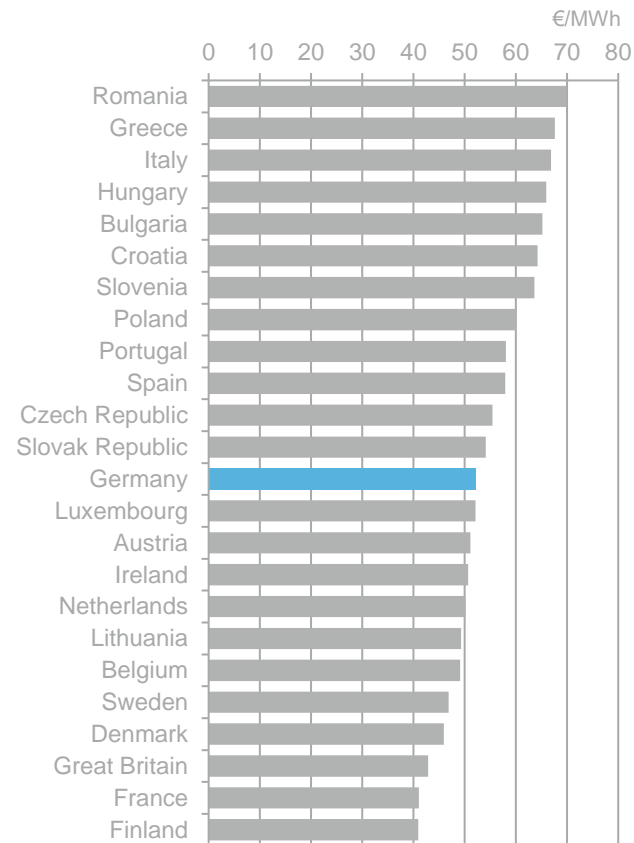
Beschaffungspreis ohne Steuern, Abgaben, Umlagen (real 2020)

2030



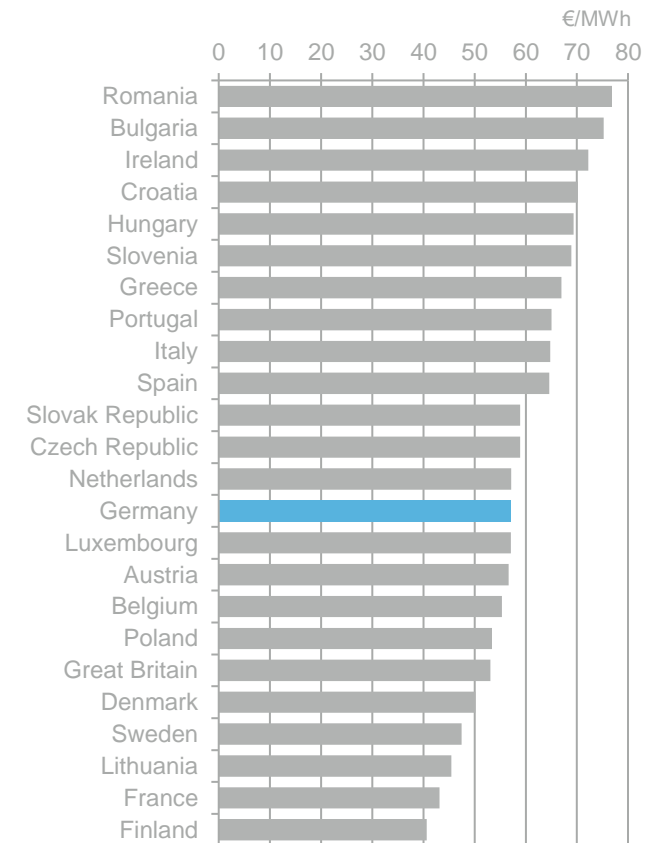
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050

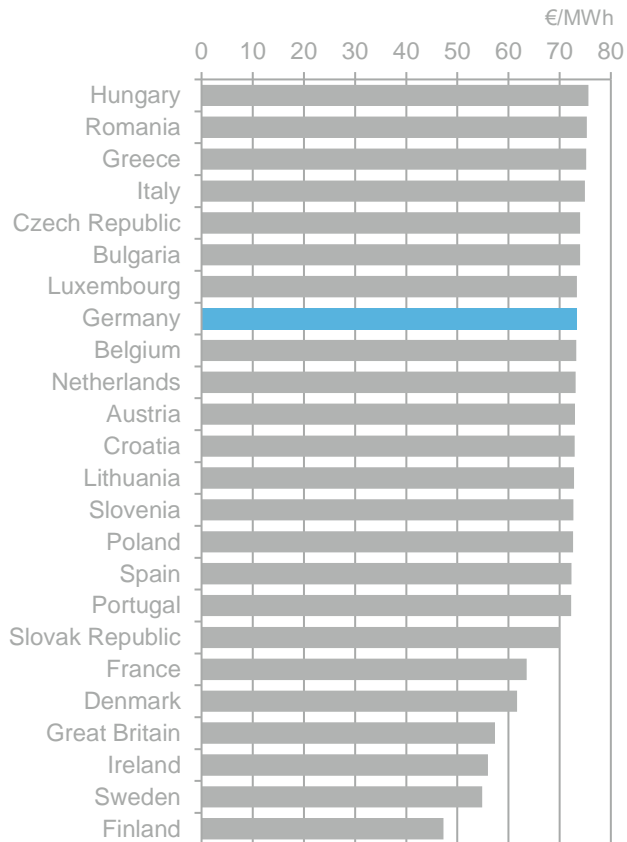


Quelle: enervis Modellierung

Industriestrompreise Szenario B

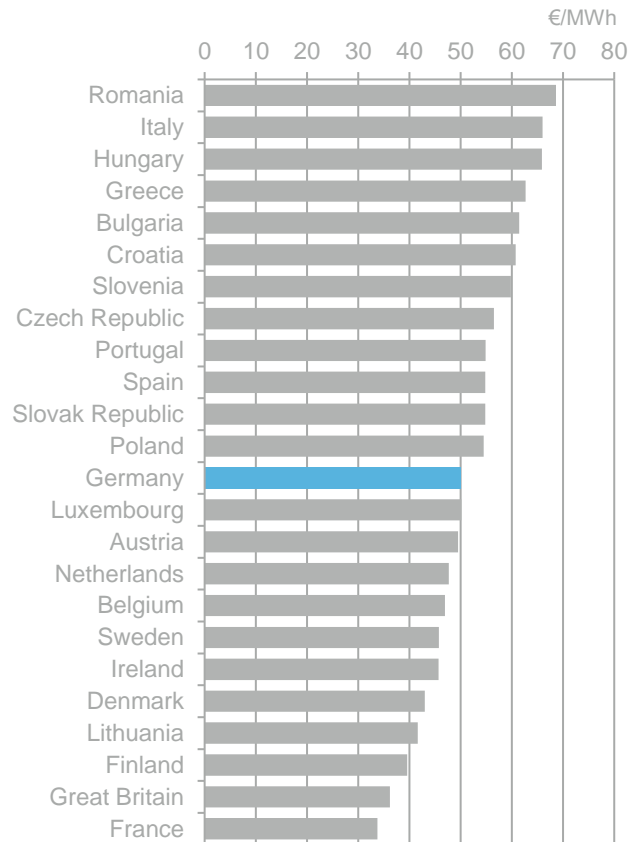
Beschaffungspreis ohne Steuern, Abgaben, Entgelten, Umlagen (real 2020)

2030



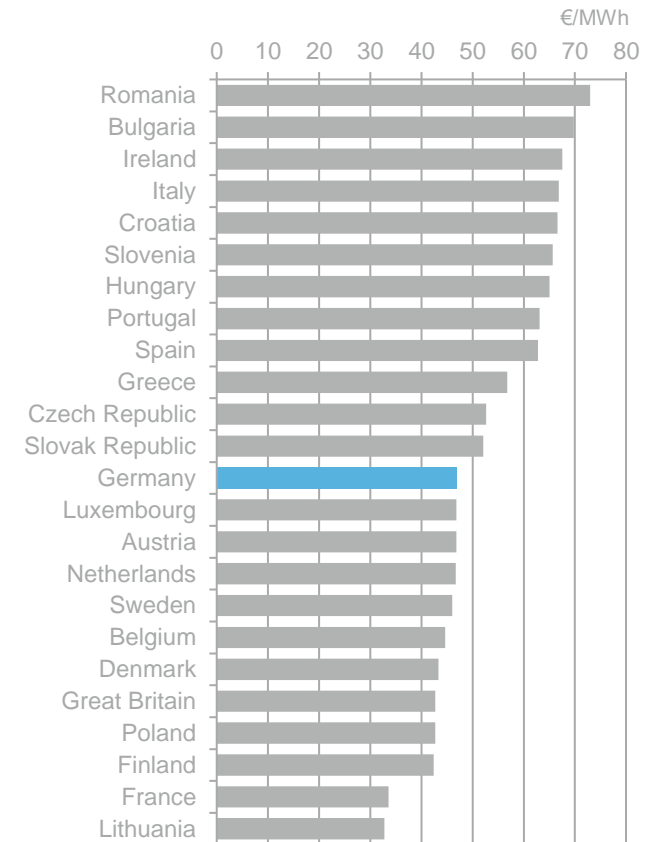
Quelle: enervis Modellierung

2040



Quelle: enervis Modellierung

2050



Quelle: enervis Modellierung

www.enervis.de

www.arbeit-umwelt.de



Schlesische Str. 29-30
10997 Berlin
Germany
Fon +49 (0)30 695175-0
Fax +49 (0)30 695175-20
E-Mail kontakt@enervis.de



Stiftung Arbeit und Umwelt
der Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie
10179 Berlin
Germany
Fon +49 (0)30 2787 1325
Fax +49 (0)30 2787 1320

E-Mail arbeit-umwelt@igbce.de