



Metastudie
**Transformationspfade für die
chemische Industrie in Deutschland**

Ergebnispräsentation

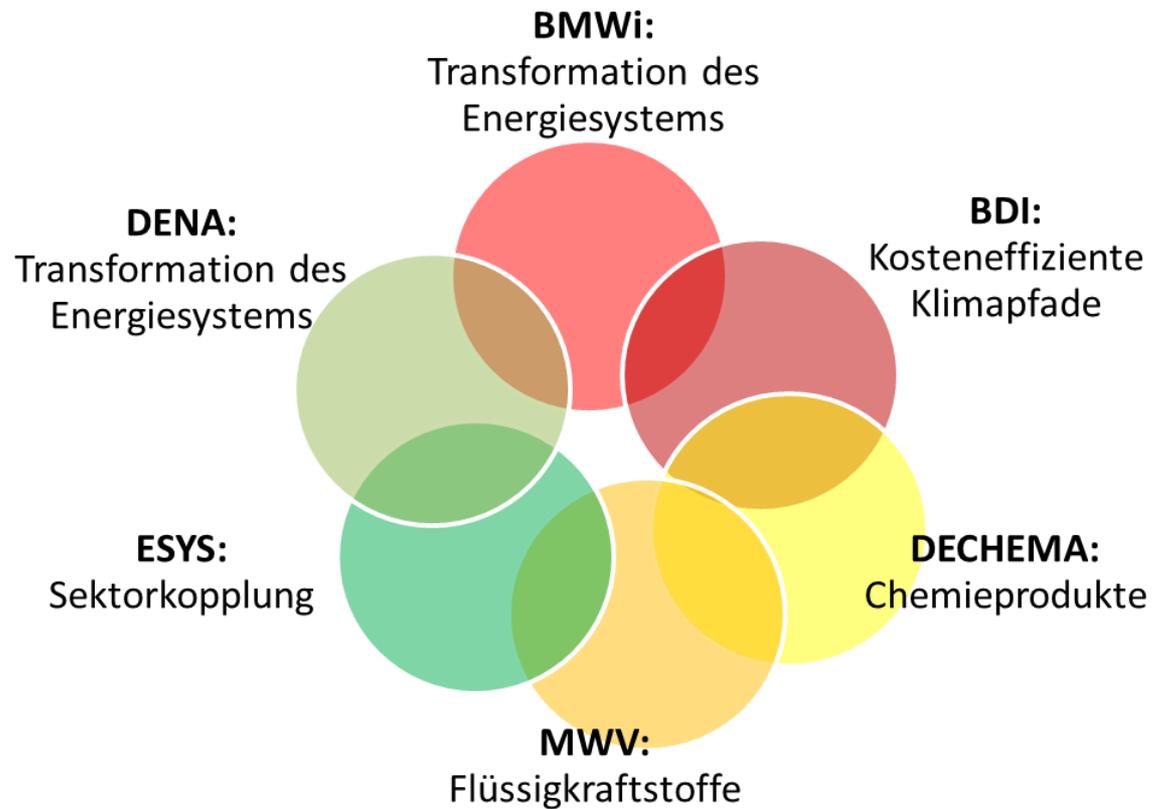
I. - Überblick über die Studien



Übersicht über die untersuchten Studien

- == BDI: **Klimapfade für Deutschland 2050** - BCG, Prognos 1/2018
- == DENA: **Integrierte Energiewende** - ewi, 6/2018
- == DECHEMA: **Low Carbon energy and feedstock for the European Chemical Industry** – Dechema, 6/2017
- == BMWi: **Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland** - Fraunhofer ISI, Consentec GmbH, ifeu, 9/2017
- == ESYS: **Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems** – ESYS, 2017
- == MWV: **Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende** – DBFZ, Fraunhofer Umsicht, Prognos, 5/2018

Inhaltliche Schwerpunkte der untersuchten Studien



Forschungsfragen der Studien

- = **BDI:** Welche Technologien müssen/können unter bestimmten Rahmenbedingungen wann, in welchem Umfang und zu welchen Kosten zum Einsatz kommen, um die Klimaziele zu erreichen?
- = **DENA:** Überprüfung und Ergänzung energiewirtschaftlicher Analysen durch Einschätzungen zu Umsetzungsherausforderungen und gesellschaftliche Fragestellungen
- = **Dechema:** Welche Optionen stehen für eine CO₂-neutrale europäische Chemie-Industrie bis 2050 zur Verfügung?
- = **BMW I:** Wie kann die Energiewende kosteneffizient gelingen?
- = **Acatech:** Analyse und Beleuchtung des gesamten Energiesystems für ein besseres Verständnis aller Zusammenhänge und Abhängigkeiten. Will verschiedene Alternativen zur Zielerreichung aufzeigen.
- = **MWV:** Bedeutung des Mineralöls in DE aktuell und zukünftig, Substituierbarkeit; Potenzial EE, flüssiger Energieträger aus Biomasse und für THG-neutrale Herstellung flüssiger Energieträger

1. BDI: „Klimapfade für Deutschland 2050“

- = Volkswirtschaftlich **kosteneffiziente Wege** zur Erreichung der deutschen Emissionsminderungsziele.
- = **Forschungsfrage: Welche Technologien** müssen/können unter bestimmten Rahmenbedingungen **wann, in welchem Umfang** und **zu welchen Kosten** zum Einsatz kommen, um die Klimaziele zu erreichen?
- = **Fünf Klimapfade**: Ein Referenzpfad, zwei THG-Minderungsziele (80% und 95% bis 2050 ggü. 1990) unter je zwei verschiedenen Szenarien zur globalen Klimapolitik.
- = **Annahmen**: CO₂-Preise, Carbon Leakage Schutz, weitgehend technologieoffene Entwicklung, keine starken ordnungsrechtlichen Eingriffe, Annahmen zu technologischer Reife und Kommerzialisierung.
- = **Befunde**: dekadeweise Quantifizierung von Anteilen bestimmter Technologien in Sektoren und resultierende Mehrkosten.

2. DENA: „Integrierte Energiewende“

== **Integrierte Energiewende** = verschiedene technische Anlagen, Infrastrukturen und Märkte aus den Sektoren Energie, Industrie, Gebäude und Verkehr sind aufeinander abgestimmt; optimiertes und intelligentes Energiesystem

== **Ziel:** Überprüfung und Ergänzung energiewirtschaftlicher Analysen durch Einschätzungen zu Umsetzungsherausforderungen und gesellschaftliche Fragestellungen

== **Fünf Szenarien:**

- Ein Referenzszenario,
- zwei THG-Reduktionsziele (80% bzw. 95% bis 2050 ggü. 1990)...
- mit je zwei Technologieszenarien (Elektrifizierung EL und Technologiemix TM) pro Ziel

== **Befunde:** Konkrete Angaben zu Mehrkosten. Über beide Technologiepfade können die Ziele erreicht werden. Kosten bei TM jedoch deutlich geringer.

3. DECHEMA: „Low Carbon energy and feedstock for the European Chemical Industry“

- = **Forschungsfrage:** Welche Optionen stehen für eine CO₂-neutrale europäische Chemie-Industrie bis 2050 zur Verfügung?
 - Betrachtet auch Rahmenbedingungen in anderen Sektoren, insb. Energie, welche dafür notwendig sind.
 - Betrachtet emissionsintensivste Prozesse und mögliche Synergien und Symbiosen mit anderen Industriesektoren
- = **Vier Szenarien** mit verschiedenen Ambitionsniveaus: „business-as-usual“, „intermediate“, „ambitious“ und „maximum“
- = **Technologieoptionen:** v.a. Energieeffizienz; Wasserstoff- und CO₂-basierte Produktion; Biomasse; Elektrifizierung; Sektorkopplung und Kreislaufwirtschaft
- = **Befunde:** u.a. „technology readiness levels“ (2 bis 9) zur Bewertung der Anwendungsreife der Technologien (basierend auf anderen Publikationen)

4. BMWi: „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“

= Fokus auf Stromsektor

= **Forschungsfrage:** „Wie kann die Energiewende kosteneffizient gelingen?“

= **Ansatz:**

- Techno-ökonomische Optimierung des Energiesystems mittels modellbasierter Szenarien auf Basis dynamischer Energiesystem- und Netzmodelle
- Ermittlung der günstigsten (technologischen) Lösung als Ausgangspunkt zur Abschätzung von Mehrkosten durch Abweichungen oder politische „Verzerrungen“

= Auch Betrachtung u.a. des Industriesektors, aber in geringerer Detailtiefe

= **Fünf Szenarien**, die verschiedene Beschränkungen oder beschleunigte Entwicklungen variieren; später Module mit weiteren Szenarien

5. ESYS: „Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems“

== **Ziel:** Analyse und Beleuchtung des gesamten Energiesystems für ein besseres Verständnis aller Zusammenhänge und Abhängigkeiten

== Will verschiedene Alternativen zur Zielerreichung aufzeigen, unter Berücksichtigung von Kosten und Versorgungssicherheit

== Kombiniert Metaanalyse anderer Studien mit eigenen Modellrechnungen

== **Befunde:**

- Modellergebnisse zu Stromerzeugung, Brenn-/Kraftstoffen, Gesamtsystemkosten bis 2050, Umfang und Ausprägung der Sektorkopplung, Import erneuerbarer Brennstoffe
- Diskussion der Konsistenz und Eignung aktueller Regulierungen zur Förderung der Sektorkopplung
- u.a. quantitative Einschätzung von Anwendungspotenzialen verschiedener Technologien in der Industrie

6. MWV: „Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende“

= **Fragestellungen:**

- Bedeutung des Mineralöls in DEU aktuell und zukünftig, Substituierbarkeit
- Potenzial erneuerbarer Energien und flüssiger Energieträger aus Biomasse
- Potenziale für treibhausgasneutrale Herstellung flüssiger Energieträger

= **Vorgehen:** Erarbeitung verschiedener Technologiepfade (u.a. PtX), dann Erstellung von Szenarien für zukünftige Energieversorgung Deutschlands

= **Drei Szenarien:**

- Referenz (kein PtX-Einsatz),
- PtX 80 und PtX95 (PtX-Einsatz, basierend auf 80% bzw 95% Zielen).

= Case Studies für deutsche Raffinerien

= **Befunde:** Potenziale und Kosten verschiedener Technologien, politische Handlungsempfehlungen, weiterer Forschungsbedarf

Grundannahmen der Studien

	BDI	DENA	DECHEMA	BMWi	ESYS	MWV
Klimaziele (2050)	-80% -95%	-80% -95%	CO ₂ - neutrale chem. Industrie	-80% -95%	-60% -75% -85% -90%	-80% -95%
CO ₂ -Preis (2050, je t)	45-124 €	60 €	196 €	modell- endogen	modell- endogen	55-150 \$
Carbon Leakage	umfassender Schutz	umfassender Schutz	nicht betrachtet	nicht betrachtet	nicht betrachtet	umfassender Schutz
Ölpreis (2050; \$/Barrel)	115-50	55	98	68	86 €	115-50
Wachstum DE (% p.a.)	1,2	1	-	0,8 - 0,7	-	1,3
Bruttowertschöpfung (2050, Mrd. €)	3.835	3.655	-	3.400	-	3.846
Beschäftigte (2050, Mio.)	39,1	-	-	-	-	37,952
Bevölkerung DE (2050, Mio.)	76,6	76,1	-	74	-	76,6
Diskontsätze (% p.a.)	2 (PtX: 7)	10,5	10	7	8	2 - 7

II. - Schlussfolgerungen

Übergreifende Schlussfolgerungen I

1

Die gegenwärtigen Klimaschutzmaßnahmen genügen nicht zur Erreichung der Klimaziele.

2

Die Akzeptanz von Maßnahmen und Belastungen und ihre effektive Implementierung sind zentrale Herausforderungen für ein Erreichen der Ziele.

3

Um die Emissionen um 80% zu senken, müssen in allen Sektoren bestehende Strukturen verändert werden.

4

Das 95%-Ziel kann erreicht werden, jedoch nur unter sehr anspruchsvollen zusätzlichen Annahmen.

5

Alle Szenarien erfordern zeitnahe Technologieentscheidungen ab den frühen 20er Jahren.

Übergreifende Schlussfolgerungen II

6

Fossile Kraftwerke, insbesondere Gas (auch KWK), behalten langfristig eine wichtige Rolle.

7

Die Studien lassen offen, wie der für die energieintensive Industrie zentrale Schutz vor Carbon Leakage nach 2030 aussehen könnte.

8

Auf den Rohstoffbedarf der Chemieindustrie finden die untersuchten Studien keine eindeutige Antwort.

9

Die politischen Handlungsempfehlungen der Studien sind aus Sicht der Chemieindustrie zu spezifizieren.

10

Die Entwicklung der Nachfrage nach Produkten der Chemieindustrie ist in den Studien zu wenig thematisiert.

Vergleich zentraler Annahmen und Ergebnisse der Studien

	BDI	DENA	DECHEMA	BMWi	ESYS	MWV
Klimaziele (1990-2050)	-80% -95%	-80% -95%	CO ₂ -neutrale chem. Industrie	-80% -95%	-60% -75% -85% -90%	-80% -95%
THG-Reduktion Chemie 2015-2050, Szenario in Klammer	57% (80%) 90-95% (95%)	31-46% (80%) 85% (95%) (Industrie)	59 / 84 / 176% (Potentiale, ohne PtL)	69% (80%) (Industrie, Basisjahr)	k. A.	75% (80%) 95% (95%) (Industrie)
Produktionsentwicklung Chemie (% p.a.)	Chemie 1,3 Ammoniak 0,3	Ammoniak 1,3 Chlor 1,5 Ethylen 0,2	1,0	0,7 (Industrie) Ammoniak 0,0 Ethylen -0,1 Chlor 0,2	k. A.	
Energieeffizienz p.a. und kumuliert 2015-2050	Industrie: Fortschreibung des Trends. Bis 2050: 90% Durchdringung heute bekannter Effizienztechnologien;	Industrie: 26-33% Effizienzgewinne bis 2050	0,2 - 1,0 % p.a. 7 - 4,2 % kum.	Umsetzung von 75% der Einsparoptionen	k. A.	Fortschreibung des Trends

Vergleich der Aussagen zur Treibhausgasrelevanz Scope 1+2

	BDI	DENA	DECHEMA	BMWi	ESYS	MWV
Energieverbrauch Chemie (2050)	k. A.	225-335 TWh/a in (Endenergiebedarf für das Jahr 2050, versch. Szenarien)	1.900 TWh/a (Strombedarf 2050 für das mittlere Szenario)	Insgesamt leichter Rückgang CCS 27 TWh/a (Basisszenario)	k. A.	k. A.
Minderung energiebed. Emissionen der Chemie	Strom: Erzeugung aus EE; Wärme: Biomasse; synthetische Brennstoffe	Strom und Dampf: Erzeugung aus EE	nicht betrachtet	Anstieg biogener Brennstoffe	k. A.	CCS bei Raffinerien
Entwicklung d. Rohstoffbasis der Chemie	Weiter Nutzung fossiler Rohstoffe	Weiter fossil, Verlagerung von Öl zu Gas; Rückgang des Bedarfs; tlw. PtG	Weitgehender Umstieg auf stoffliche CO ₂ -Nutzung (CCU) und in geringem Umfang auf Biomasse	Weiter Nutzung fossiler Rohstoffe	k. A.	Weiter fossil, PtL, BtL
Minderung prozessbed. Emissionen der Chemie	keine genannt (80%-Szenario); CCS (95%-Pfad)	Ethylen: Erdgas, Elektrolyse Ammoniak: Erdgas ab 2030, Elektrolyse	Elektrifizierung, H ₂ -basierte Verfahren, Biomasse, CCU	Nutzung CCS für Ethylen, Methanol Ammoniak ab 2035	k. A.	CCS

Vergleich der Aussagen zur Treibhausgasrelevanz Scope 3

	BDI	DENA	DECHEMA	BMWi	ESYS	MWV
Bezüge zur Kreislaufwirtschaft durch Kreislaufführung von Kohlenstoff	Lediglich Überlegungen Im Bezug zu CCS, Nutzung von CO ₂ aus Stahlproduktion für Ammoniak oder Methanol	Harnstoffherstellung als CO ₂ -Senke diskutiert	Kreislaufführung von Kohlenstoff durch CCU und Biomasse CO ₂ -Recycling zur Erreichung negativer Emissionen	Stoffliche Nutzung von CO ₂ diskutiert	Diskussion von Einsparungen bei der Herstellung von Ethylen, Propylen, Ammoniak und Chlor sowie Recycling	Nein

Technologien zur Emissionsreduktion

Minderungen erfolgen durch

- = Ausbau Erneuerbarer Energien und der Netze
- = Ausweitung der Nutzung Erneuerbarer in allen Verbrauchssektoren
- = Einsatz neuer sektorspezifischer Technologien
- = Steigerung der Energieeffizienz
- = Defossilisierung der Chemieindustrie und ihrer Vorkette

In den Studien

- = basieren Energieeffizienz-Steigerungen überwiegend auf Annahmen.
- = sind Power-to-X-Technologien mindestens bei den 95%-Szenarien eine unverzichtbare Vermeidungsoption.
- = sind CCS, CCU und geschlossene CO₂-Kreisläufe potenzielle „Gamechanger“.
- = wird auf einen hohen und dringenden FuE-Bedarf hin.

Keine der Studien behandelt die gesamte Chemieindustrie!

Rohstoffe

- = In den volkswirtschaftlich optimierten Studien arbeitet die Grundstoffchemie weiterhin mit fossilen Rohstoffen.
- = Alle Studien gehen davon aus, dass die Verfügbarkeit nachhaltig erzeugter Biomasse begrenzt ist.

Studie	Biomasse-Potential im Jahr 2050
BDI	1.200 PJ (DE)
DENA	1.116 PJ (DE; Strommenge umgerechnet)
DECHEMA	15.000 PJ (EU)
BMWi	1.434 PJ (DE)
ESYS	989 PJ (DE; nur Rest- und Abfallstoffe)
MWV	1.500 PJ (DE)

- = Die Verfügbarkeit von CO₂ als Rohstoff ist in den ambitionierten Szenarien begrenzt.

Energiesysteme

- == Die Defossilisierung des Energiesystems ist Kernbestandteil der Klimapolitik. Die Stromerzeugung wird fast vollständig CO₂-frei.
- == Erneuerbaren Energien haben 2050 einen Anteil von 50-60% am gesamten Primärenergiebedarf.
- == Heutige Maßnahmen führen zu ca. 60% THG-Reduktion bis 2050.
- == Thermische Kraftwerke bleiben systemrelevant und garantieren die Versorgungssicherheit.
- == Die Entwicklung der Stromnachfrage ist stark abhängig vom Grad der Sektorkopplung und dem Einsatz von PtL.
- == Die erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten steigen massiv.
- == Der Netzausbau muss bereits vor 2030 beschleunigt werden. Speicher müssen zugebaut werden, Abregelungen vermieden.
- == Die Gasinfrastruktur bleibt wichtig.
- == Strompreise spielen für die Wirtschaftlichkeit aller strombasierten Maßnahmen eine große Rolle.

Interdependenzen mit Schwerpunkt Circular Economy

- = Circular Economy wird in den Studien oft nur knapp untersucht, zumeist in der Ausprägung „geschlossene CO₂-Kreisläufe“.
- = Für die zumeist in den Studien betrachteten Szenarien zur Erreichung eines 80 %- bzw. 95 %-Reduktionsziels spielen geschlossene CO₂-Kreisläufe eine untergeordnete Rolle.
- = Die Nutzung von CO₂ (CCU) wird unter dem Aspekt der zukünftigen Energieversorgung sowie als Kohlenstoffsenke diskutiert.
- = In der chemischen Industrie gibt es neben Power-to-X zahlreiche weitere Einbindepotenziale, die allerdings größtenteils noch nicht entwickelt oder nur in kleinen Forschungsmaßstäben erprobt sind.
- = Die möglichen Reduktionspotenziale durch CCU lassen sich heute aber nicht genau bewerten.



Zentrale Empfehlungen für die Politik

- == Wirksamer Carbon-Leakage Schutz, langfristige Planungssicherheit und klare Rahmenbedingungen.
- == Bessere Integration und Abstimmung bestehender Politiken.
- == Überarbeitung der Energiebesteuerung.
- == Hohe FuE-Förderung.
- == Spezifische Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz.
- == International harmonisierte Klimapolitik und Kooperation.

Kosten

- 1 Die Gesamtkosten sind aufgrund der unterschiedlichen Szenarien und Annahmen nicht direkt vergleichbar.
- 2 Die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten liegen in einer Größenordnung vergleichbar mit der Deutschen Wiedervereinigung.
- 3 Insgesamt liefern die Studien eine gute Basis, um die Kosten zahlreicher verschiedener Optionen zu bewerten.
- 4 Die gesamtwirtschaftlichen Effekte sind nicht notwendigerweise negativ. Sie können auch neutral sein, Voraussetzung ist ein umfassender Carbon-Leakage-Schutz.
- 5 Die Mehrkosten für die chemische Industrie sind dann sehr hoch, wenn fossile Rohstoffe ersetzt werden sollen.



Kumulierte volkswirtschaftliche Mehrkosten in Deutschland bis 2050. Die DECHEMA-Studie weist keine Gesamtkosten aus und betrachtet die Chemieindustrie in der EU.

Kontakt



Dr. Roland Geres
Geschäftsführer

FutureCamp Climate GmbH
Aschauer Str. 30
81549 München

Tel. +49 (89) 45 22 67 -33
Fax +49 (89) 45 22 67 -11

roland.geres@future-camp.de
www.future-camp.de

Kontakt



Andreas Kohn
Research und Klimapolitik

FutureCamp Climate GmbH
Aschauer Str. 30
81549 München

Tel. +49 (89) 45 22 67 -63
Fax +49 (89) 45 22 67 -11

andreas.kohn@future-camp.de
www.future-camp.de