

The background is a composite image with a blue color palette. It features a close-up of solar panels in the upper left, a hand holding a two-prong electrical plug in the upper right, and a landscape with wind turbines and power line towers in the lower half.

# Studienvergleich Sektorenkopplung

dena-Leitstudie Integrierte Energiewende & Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung

Max Gierkink & Dominic Lencz | ewi Energy Research & Scenarios gGmbH | 20.07.2018

## Inhalte

---

1. Konzeptionelle Gemeinsamkeiten & Unterschiede der Studien
2. Vergleich Endenergieverbrauchssektoren
3. Vergleich Energiesektor
4. Vergleich synthetische Brennstoffe
5. Vergleich Treibhausgasemissionen
6. Vergleich Gesamtkosten Energiesystem
7. Literaturverzeichnis

# 1

## Konzeptionelle Gemeinsamkeiten & Unterschiede

## dena-Leitstudie Integrierte Energiewende (dena-LS)

## Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung (NRW-KUS)

### Definition der Basisszenarien

In beiden Studien werden zwei Zielszenarien und ein Referenzszenario untersucht. In diesen Zielszenarien werden die nationalen Klimaziele erreicht, dies entspricht im Jahr 2050 einer Reduktion der Treibhausgase von 80% gegenüber 1990.\* Die Zielszenarien werden jeweils mit einer Referenzentwicklung verglichen, die einen Transformationspfad für das Energiesystem beschreibt, mit dem die Treibhausgas-Minderungsziele verfehlt werden.

Beide Studien gehen in einem Basisszenario von einer über alle Sektoren hinweg weitreichenden Elektrifizierung aus. Konkret werden Quoten für die Nutzung von elektrischen Wärmepumpen, Elektromobilität und Power-to-Heat Anwendungen vorgegeben. Die Quotenvorgaben und eingesetzten Technologien sind im Detail abweichend, grundsätzlich sind die Szenarien Elektrifizierung 80 (EL80) der dena-LS sowie Elektrifizierung Endenergieverbrauch (EEV) aus NRW-KUS jedoch vergleichbar.

Beide Studien gehen in einem weiteren Basisszenario von einer über alle Sektoren hinweg breiten Variation der eingesetzten Technologien und Energieträger aus. Bei NRW-KUS werden nur geringfügige Vorgaben zu technologischen Entwicklungen gemacht. Basierend auf aktuellen Annahmen für die Kostenentwicklung der Technologien in den Sektoren, werden volkswirtschaftlich optimierte Pfade berechnet. dena-LS ermittelt den Technologiemitmix in den Sektoren exogen, analog zu NRW-KUS resultiert eine breite Variation der eingesetzten Technologien und Energieträger. Die eingesetzten Technologien sind im Detail abweichend, grundsätzlich sind die Szenarien Technologiemitmix 80 (TM80) der dena-LS sowie Technologieoffen (TO) aus NRW-KUS jedoch vergleichbar.

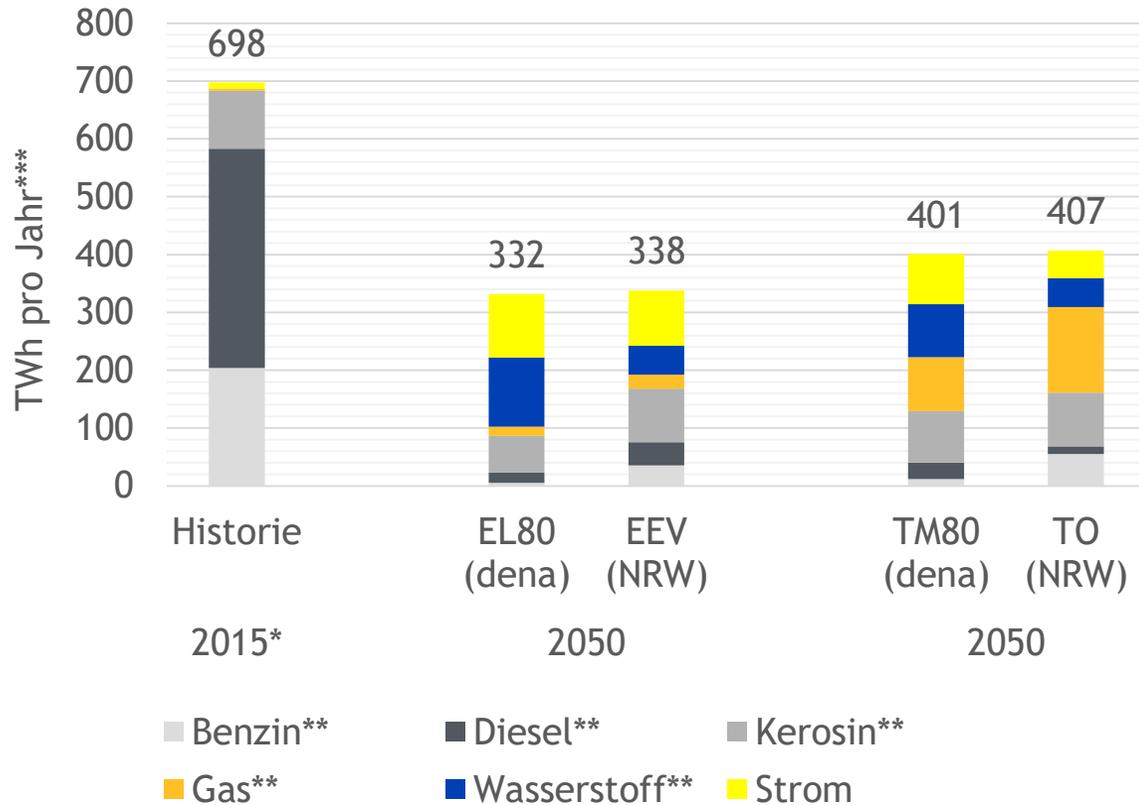
\*Die dena-LS beinhaltet zwei zusätzliche Basisszenarien mit einer Reduktion der Treibhausgase von 95% gegenüber 1990.

	dena-Leitstudie Integrierte Energiewende (dena-LS)	Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung (NRW-KUS)
Modellierung Endenergieverbrauchssektoren	<p>Die Basis der Modellierung des integrierten Energiesystems liegt in der Definition realistischer Entwicklungen von Technologien, Prozessen und Materialien in den Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr. Die Entwicklung der exogenen Transformationspfade erfolgte explorativ und ohne Berücksichtigung der Kosten.</p> <p><b>Industrie und Verkehr:</b> Entwicklung der exogenen Transformationspfade durch dena und ewi ER&amp;S in engem Austausch mit den Experten der beteiligten Partner.</p> <p><b>Gebäude:</b> Entwicklung exogener Transformationspfade des Endenergieverbrauchssektors durch Fachgutachter FIW und ITG in engem Austausch mit der dena und den Experten der beteiligten Partner.</p>	<p>Die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr werden im Vergleich zur dena-LS weniger detailliert abgebildet, beispielsweise ist der Bilanzrahmen der berücksichtigten Kosten im Verkehrs- und Gebäudesektor kleiner.</p> <p>Während die dena-LS den Fokus auf möglichst realistische exogene Transformationspfade legt, liegt der Fokus bei NRW-KUS auf der Ermittlung kostenoptimaler Entwicklungspfade. Explizit nicht berücksichtigt werden Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung wie bspw. beim Ausbau der Stromnetze, Gasmobilität oder Onshore Windkraft. Es wird davon ausgegangen, dass kosteneffiziente Maßnahmen auch umgesetzt werden können.</p>
Optimierungskalkül	<p>Die exogenen Endenergiebedarfe der Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr gehen in das Gesamtenergiesystemmodell DIMENSION+ ein. Dieses minimiert sektorenübergreifend die Bereitstellungskosten aller Energieträger im europäischen Gesamtsystem.</p>	<p>Das ewi ER&amp;S Gesamtenergiesystemmodell DIMENSION+ optimiert das integrierte Energiesystem sektorenübergreifend. Die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr werden endogen abgebildet und somit in die Kostenoptimierung einbezogen.</p>

	dena-Leitstudie Integrierte Energiewende (dena-LS)	Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung (NRW-KUS)
Quotenvorgaben für die Elektrifizierung in den Szenarien EL80 und EEV	<p>Der Anteil der Neuzulassungen von reinen Elektrofahrzeugen - Battery Electric Vehicle (BEV) - liegt bei PKWs im Jahr 2050 bei 71%.</p> <p>Der Anteil von elektrischen Wärmepumpen (WP) im Gebäudesektor liegt bei 16 Millionen.</p>	<p>Der Anteil der Neuzulassungen von reinen Elektrofahrzeugen liegt bei PKWs im Jahr 2050 bei 65%.</p> <p>Der Anteil von elektrischen Wärmepumpen (WP) im Gebäudesektor liegt bei 16 Millionen.</p>
	Der Anteil der von reinen Elektrofahrzeugen bei Neuzulassungen leichter Nutzfahrzeuge und LKWs ist in beiden Studien ebenfalls abweichend.	
	Leicht abweichende Kostenannahmen bei Power-to-X-Technologien.	
Synthetische Brennstoffe	<p>Methodik: Bei dena-LS nur elektrolysebasierter Wasserstoff zugelassen, keine zusätzliche Dampfreformierung zur Deckung von Bedarfen in Industrie und Verkehr möglich.</p>	<p>Methodik: Dampfreformierung zur Deckung von Bedarfen in Industrie und Verkehr möglich.</p>

# 2

## Vergleich Endenergieverbrauchssektoren



\*Quelle: AGEB (2017)

\*\*Konventionell, synthetisch und biogen

\*\*\*Abweichende Darstellung bei dena-LS, bei der Betrachtung von Gas wird zwischen Gas und Liquefied Natural Gas (LNG) differenziert.

## Elektrifizierungsszenarien:

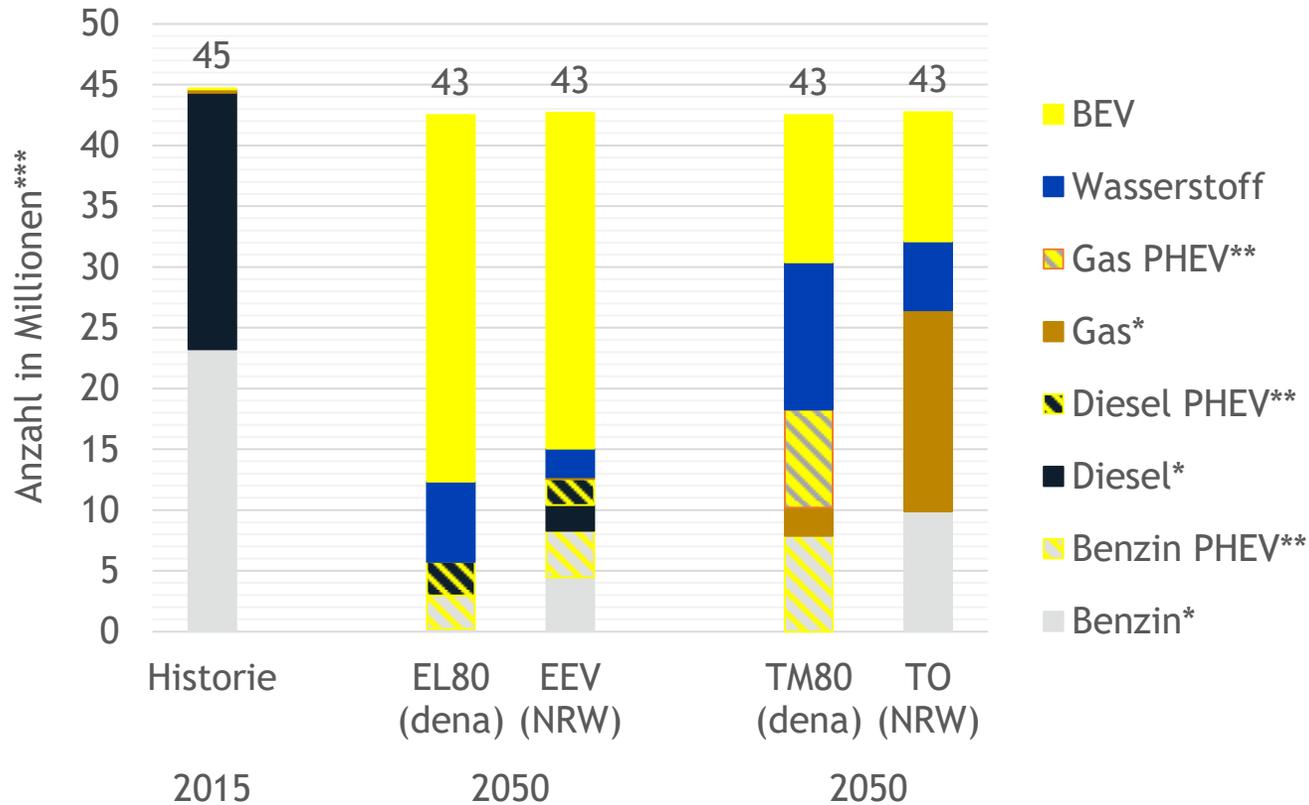
- Der Gesamtendenergiebedarf ist vergleichbar
- dena-LS zeichnet sich durch einen höheren Strom- und Wasserstoffanteil aus. In NRW-KUS höhere Anteile von Kerosin, Diesel und Benzin

## Technologieoffene Szenarien:

- Der Gesamtenergiebedarf ist vergleichbar
- dena-LS zeichnet sich durch einen höheren Strom- und Wasserstoffanteil aus. In NRW-KUS höhere Anteile von Gas und Benzin

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
  - Signifikanter Einsatz von gasbetriebenen Fahrzeugen langfristig kostenoptimal bei NRW-KUS; entsprechende Entwicklung wird dagegen von Experten der dena-LS nicht vorhergesehen, hingegen zunehmender Einsatz von wasserstoffbasierten Antrieben
- Vergleichbare Annahmen zur Entwicklung des Güter- und Personenverkehrs sowie Energieeffizienzentwicklungen
- Abweichende Quotenvorgaben in Elektrifizierungsszenarien
- Zusätzlicher Einsatz von Wasserstoff durch Nebenaggregate im Flugverkehr in dena-LS



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die PKW-Flotte bei dena-LS ist durch höhere Anteile von BEV und Wasserstoff gekennzeichnet. In NRW-KUS mehr Diesel- und Benzinfahrzeuge

## Technologieoffene Szenarien:

- Die PKW-Flotte bei dena-LS ist durch höhere Anteile von BEV und Wasserstoff gekennzeichnet. Bei NRW-KUS höhere Anteile von Gasfahrzeugen
- Ein Großteil der Gas- und Benzinfahrzeuge bei dena-LS sind Plug-In-Hybride - im Gegensatz zu NRW-KUS

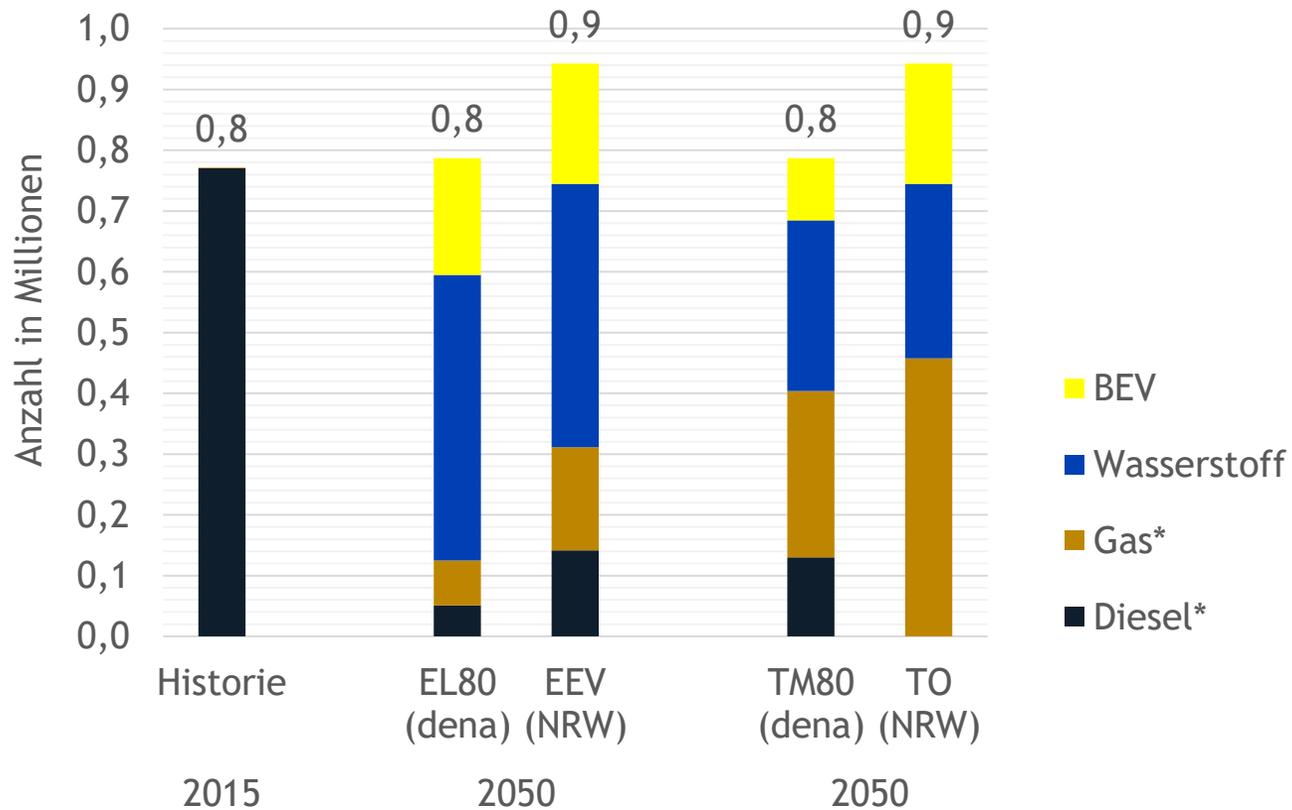
## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
- Vergleichbare Annahmen zur Entwicklung des Personenverkehr
- Abweichende Quotenvorgaben in den Elektrifizierungsszenarien

\*Beinhaltet einfache Hybridfahrzeuge (HEV)

\*\*Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV)

\*\*\*Abweichende Darstellung bei NRW-KUS, einfache Hybridfahrzeuge werden als eigene Kategorie je Fahrzeugtyp dargestellt



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die LKW-Flotte bei dena-LS ist insgesamt kleiner und durch höhere Anteile von BEV und Wasserstoff gekennzeichnet. In NRW-KUS mehr Gas- und Diesel LKWs

## Technologieoffene Szenarien:

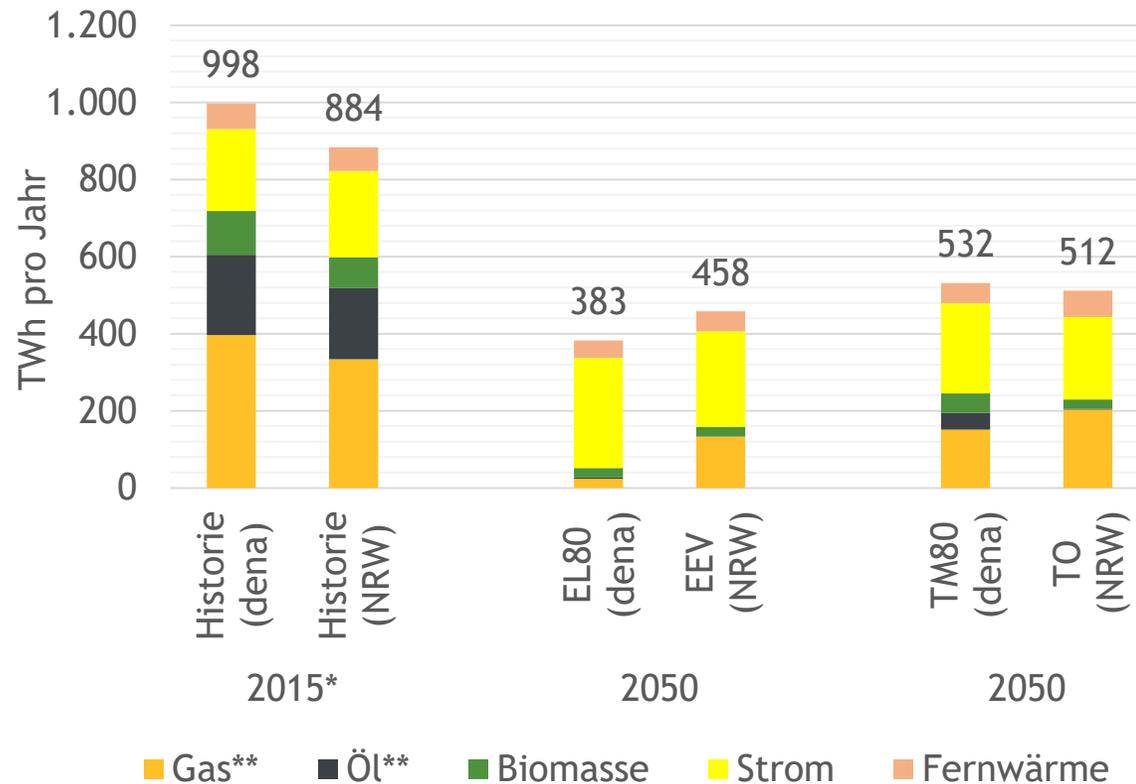
- Die LKW-Flotte bei dena-LS ist insgesamt kleiner und enthält auch langfristig Dieselfahrzeuge. Bei NRW-KUS spielen BEV und gasbetriebene LKWs langfristig eine größere Rolle

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
- Abweichende Annahmen zur Entwicklung der LKW-Flotte. Aggregierte Betrachtung aller LKW >3,5t (NRW-KUS) vs. Betrachtung zweier LKW Klassen 3,5-12t & >12t bei dena-LS
- Abweichende Quotenvorgaben in den Elektrifizierungsszenarien

\*Beinhaltet einfache Hybridfahrzeuge (HEV)

\*\*Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV)



\*Quelle: AGEB (2017)

\*\*Konventionell, synthetisch und biogen

## Elektrifizierungsszenarien:

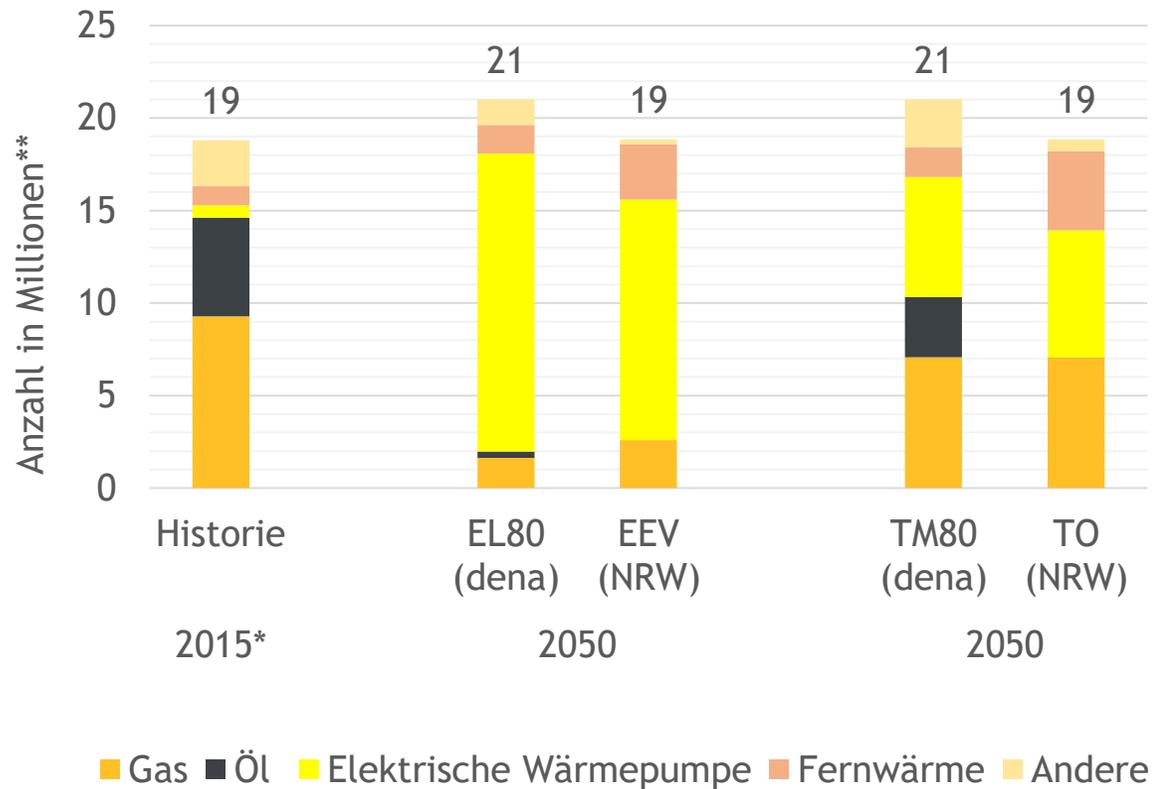
- Der Gesamtenergiebedarf bei NRW-KUS ist um 20% höher im Vergleich zur dena-LS
- Insbesondere der Gasbedarf bei NRW-KUS liegt deutlich höher im Vergleich zur dena-LS, während der Stromanteil (und absolute Bedarf) in der dena-LS höher ist

## Technologieoffene Szenarien:

- Der Gesamtenergiebedarf bei dena-LS ist um 4% höher im Vergleich zur NRW-KUS
- Der Endenergiebedarf bei NRW-KUS zeichnet sich durch einen höheren Gasanteil aus. In dena-LS mehr Strom, Öl und Biomasse

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
- Abweichende Quotenvorgaben in Elektrifizierungsszenarien
- Abweichende Bilanzierung, Raumwärme- und Warmwasserbedarf von Industriegebäuden wird in dena-LS dem Gebäudesektor zugeordnet, in NRW-KUS werden diese Energiemengen im Industriesektor bilanziert
- Abweichende Bilanzierung für Raffinerieprozesse
- Abweichende Sanierungsraten und generell höherer Effizienzzuwachs bei vergleichbaren Maßnahmen in dena-LS



## Elektrifizierungsszenarien:

- Anstieg der Wohngebäude auf 21 Millionen bei dena-LS, während die Anzahl bei NRW-KUS annähernd konstant bleibt
- Die Heizungstechnologien bei dena-LS sind durch höhere Anteile von elektrischen Wärmepumpen gekennzeichnet. In NRW-KUS mehr Gas- und Fernwärmeheizungen

## Technologieoffene Szenarien:

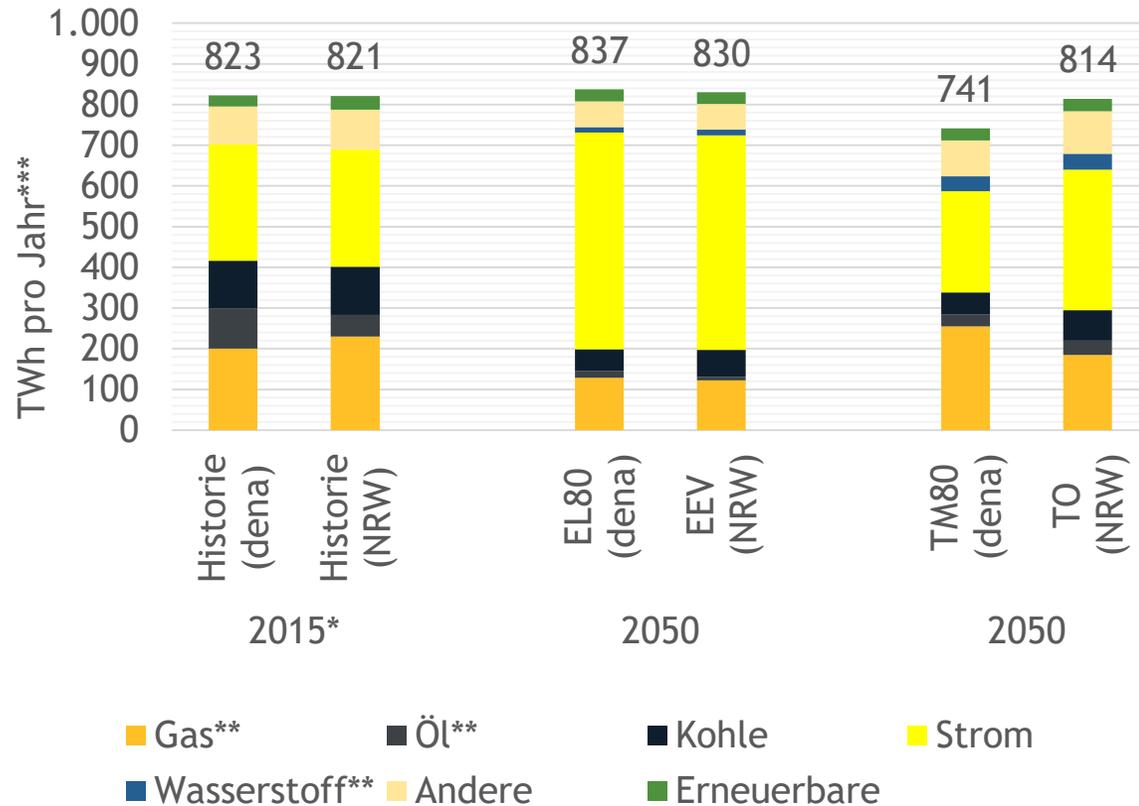
- Anstieg der Wohngebäude auf 21 Millionen bei dena-LS, während die Anzahl bei NRW-KUS annähernd konstant bleibt
- Die Heizungstechnologien bei dena-LS sind durch höhere Anteile von Ölheizungen und anderer Technologien (v. a. Pelletheizungen) gekennzeichnet. In NRW-KUS mehr elektrische Wärmepumpen, Gas- und Fernwärmeheizungen

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. exogene Transformationspfade (dena-LS)
- Abweichende Quotenvorgaben in Elektrifizierungsszenarien
- Abweichende Annahmen zur Entwicklung des Wohnungsbestandes und Infrastrukturanbindung

\*Quelle: dena (2016) & BDEW (2014)

\*\*Abweichende Darstellung bei dena-LS, Einzelbetrachtung von Pelletheizungen



\*Quelle: AGEB (2017)

\*\*Konventionell, synthetisch und biogen

\*\*\*Abweichende Darstellung bei NRW-KUS, Differenzierung erneuerbarer Energien in Solarthermie und Biomasse sowie Einzelbetrachtung von Fernwärme

## Elektrifizierungsszenarien:

- Der Gesamtenergiebedarf und der Stromanteil am Endenergiebedarf ist in beiden Studien vergleichbar

## Technologieoffene Szenarien:

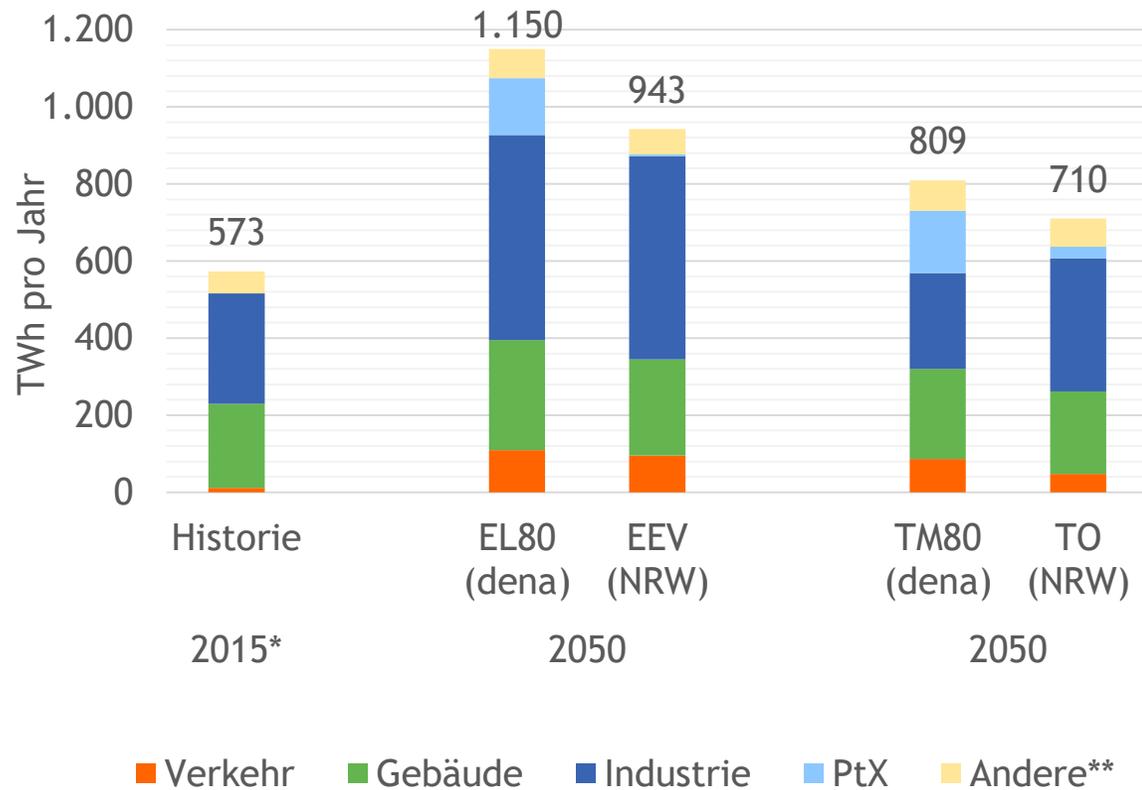
- Der Gesamtenergiebedarf bei NRW-KUS ist um 10% höher im Vergleich zur dena-LS
- Insbesondere der Strom- und Kohlebedarf bei NRW-KUS ist signifikant höher. Bei dena-LS hingegen spielt Gas langfristig eine größere Rolle

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Teilendogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
  - Endogene Teilsubstitution von gasbetriebenen durch strombasierte Anwendungen langfristig kostenoptimal bei NRW-KUS
- Abweichende Bilanzierung, Raumwärme- und Warmwasserbedarf von Industriegebäuden wird in dena-LS dem Gebäudesektor zugeordnet, in NRW-KUS werden diese Energiemengen im Industriesektor bilanziert
- Abweichende Bilanzierung für Raffinerieprozesse
- Abweichende Annahmen zu Wirtschaftswachstum und Effizienzzuwächsen

# 3

## Vergleich Energiesektor



\*Quelle: AGEB (2017)

\*\*Land- und Abfallwirtschaft werden nicht betrachtet. Annahmen gemäß Klimaschutzplan und Fortschreibung bis 2050

## Elektrifizierungsszenarien:

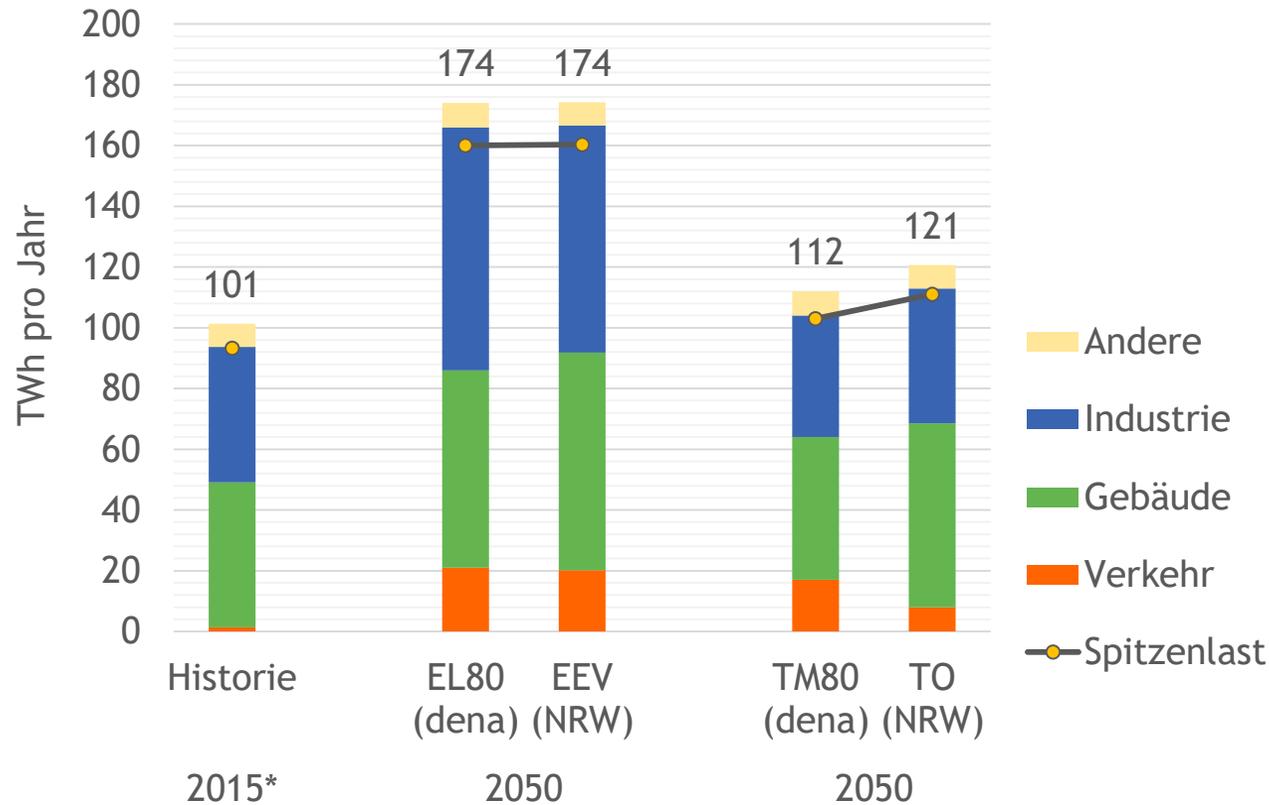
- Die Stromnachfrage in der dena-LS ist um 22% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- Leicht erhöhte Nachfrage in allen Sektoren der dena-LS, zusätzlich höherer Bedarf durch inländische Herstellung synthetischer Brennstoffe durch Power-to-X (PtX)

## Technologieoffene Szenarien:

- Die Stromnachfrage in der dena-LS ist um 14% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- Die erhöhte Nachfrage geht in erster Linie auf den deutlich höheren Bedarf im Verkehrs- und PtX-Sektor zurück. Der Strombedarf im Industriesektor hingegen ist bei NRW-KUS deutlich höher im Vergleich zur dena-LS

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Endogene Kostenoptimierung (NRW-KUS) vs. Exogene Transformationspfade (dena-LS)
- Höhere Quotenvorgaben für Stromanwendungen in Elektrifizierungsszenarien der dena-LS
- Deckung der Wasserstoffnachfrage durch Elektrolyse-H<sub>2</sub> in dena-LS vorgegeben vs. erdgasbasierter Wasserstoff in NRW-KUS



## Elektrifizierungsszenarien:

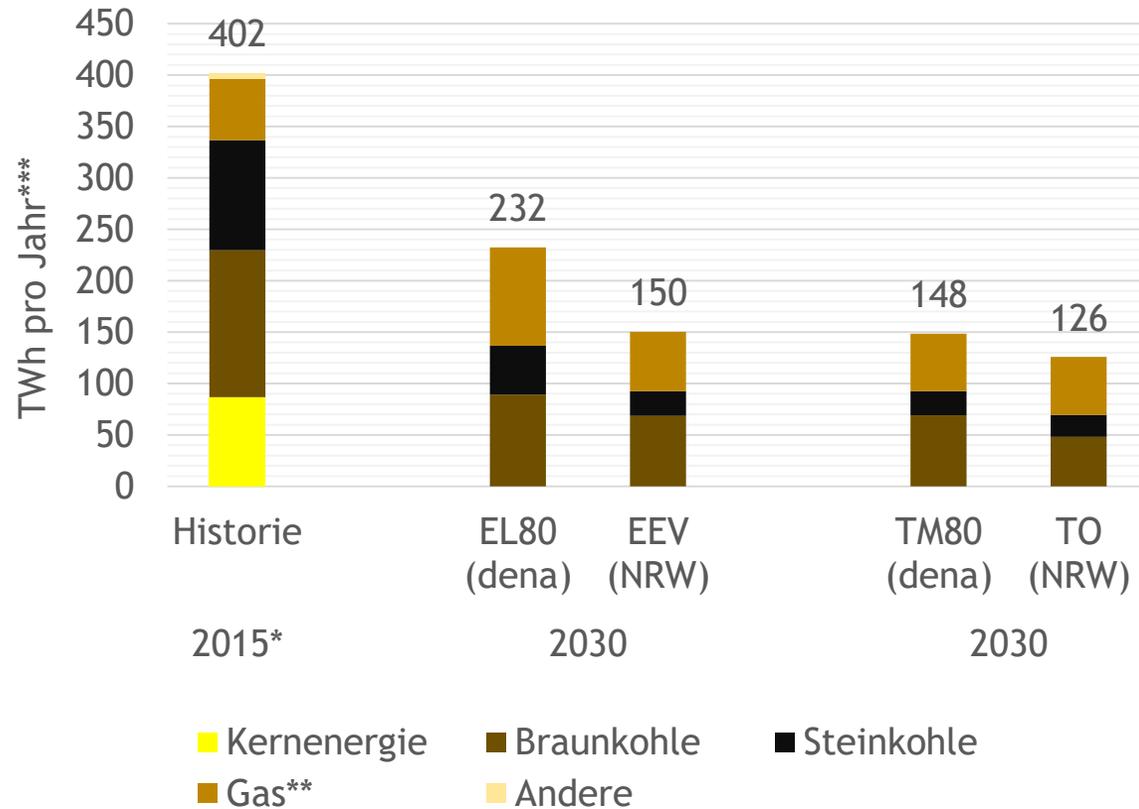
- Spitzenlast ist vergleichbar in beiden Studien, aber abweichende sektorale Entwicklungen
- Gebäudesektor: Die höhere Anzahl elektrischer Wärmepumpen bei dena-LS wird durch eine stärkere Senkung des Endenergiebedarfs überkompensiert

## Technologieoffene Szenarien:

- Die Spitzenlast ist bei NRW-KUS um 8% höher und korreliert stark mit der Anzahl strombetriebener Verbraucher in den Sektoren
- Analog zu den Elektrifizierungsszenarien sind erhöhte Sanierungsstandards bei Einsatz elektrischer Wärmepumpen bei der dena-LS der treibende Faktor

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Verwendung von Überschussstrom für die inländische Herstellung von synthetischen PtX-Brennstoffen, daher kein Beitrag zur Spitzenlast
- Geringere Gleichzeitigkeit und höhere Ausgleichseffekte bei Wärmepumpennutzung im Gebäudesektor in dena-LS angenommen



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die Gesamterzeugung aus Braunkohle, Steinkohle und Gas ist in der dena-LS um 55% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- In der dena-LS ist die erzeugte Strommenge aus Braunkohle, Steinkohle und Gas signifikant höher als bei NRW-KUS

## Technologieoffene Szenarien:

- Die Gesamterzeugung aus Braunkohle, Steinkohle und Gas ist in der dena-LS um 17% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- dena-LS ist durch einen höheren Anteil emissionsintensiverer Braunkohleverstromung gekennzeichnet

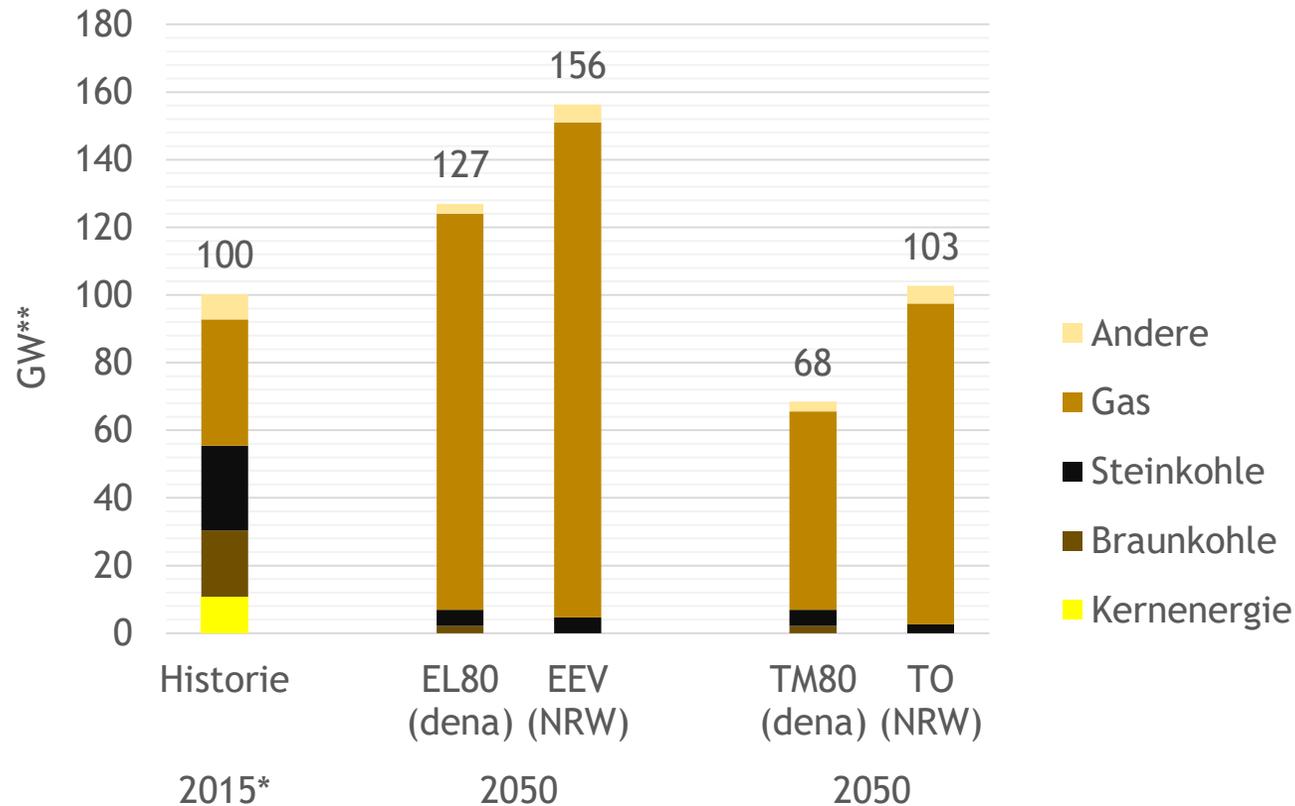
## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Höheres Emissionsbudget im Energiesektor bei der dena-LS durch stärkeren Emissionsrückgang in den übrigen Sektoren
- Höhere Stromnachfrage und geringere Stromimporte in der dena-LS
- Abweichende Annahmen zu Brennstoffpreisen für Gas- und Steinkohle

\*Quelle: BDEW (2016)

\*\*Konventionell, synthetisch und biogen

\*\*\*Abweichende Darstellung bei dena-LS, Einzelbetrachtung von Öl



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die installierte Leistung ist bei NRW-KUS um 23% höher im Vergleich zu dena-LS trotz vergleichbarer Spitzenlast
- Insgesamt hoher Bedarf an installierter Leistung in beiden Studien aufgrund der hohen Spitzenlast
- In beiden Studien sind gasbefeuerte Anlagen die dominierenden Technologien

## Technologieoffene Szenarien:

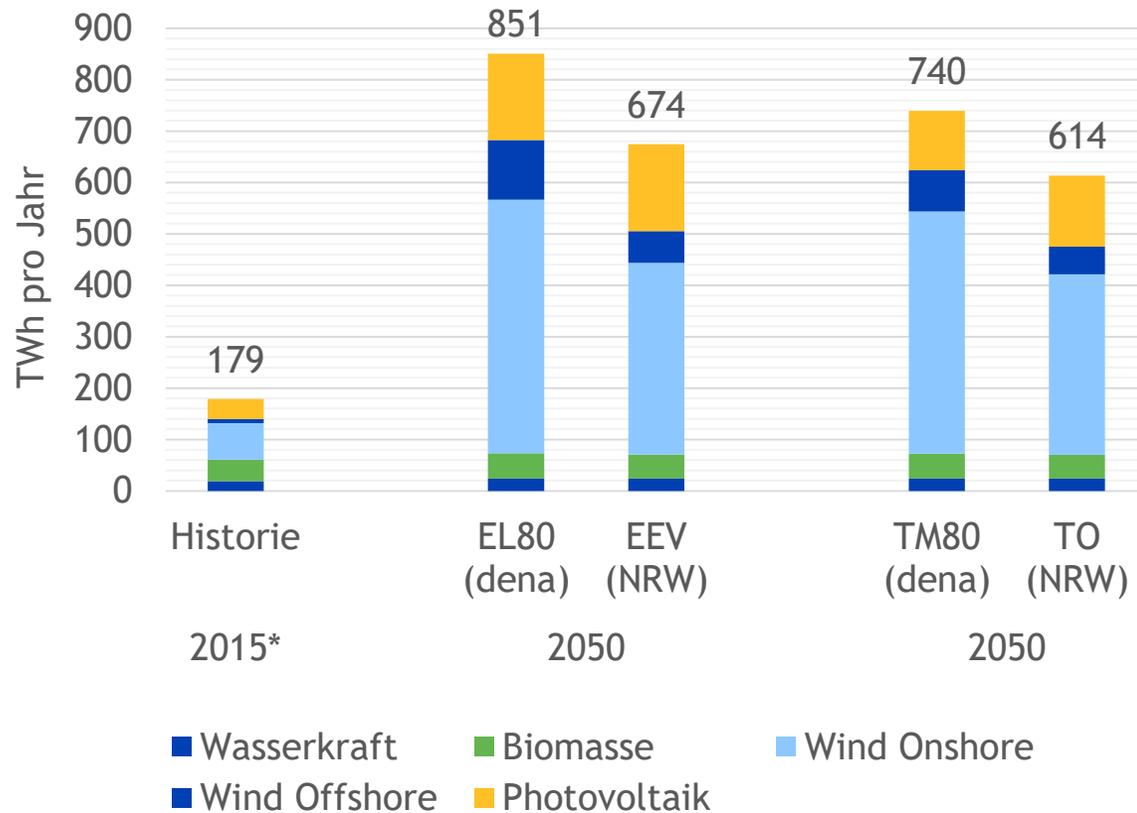
- Die installierte Leistung ist bei NRW-KUS um 50% höher im Vergleich zu dena-LS.
- Analog zu den Elektrifizierungsszenarien sind gasbefeuerte Anlagen die dominierenden Technologien

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Abweichende Annahmen für die maximale Verfügbarkeit von Kraftwerken (dena-LS = 100%) und (NRW-KUS= 86%)
- Abweichende Annahmen zu Deckung der Spitzenlast durch Stromimporte, Speicher und Lastverschiebung

\*Quelle: BDEW (2016)

\*\*Abweichende Darstellung bei dena-LS, Öl extra ausgewiesen; bei NRW-KUS, Back-up und Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (Gas-GUD) extra ausgewiesen



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die Gesamterzeugung in der dena-LS ist um 26% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- Die Erzeugung aus Wind Onshore (bei vergleichbarer installierter Leistung) und Wind Offshore (bei höherer installierter Leistung) liegt in der dena-LS deutlich über dem Wert aus NRW-KUS

## Technologieoffene Szenarien:

- Die Gesamterzeugung in der dena-LS ist um 21% höher im Vergleich zu NRW-KUS
- Die Stromerzeugung aus Wind Onshore und Wind Offshore ist analog zu den Elektrifizierungsszenarien der wesentliche Unterschied

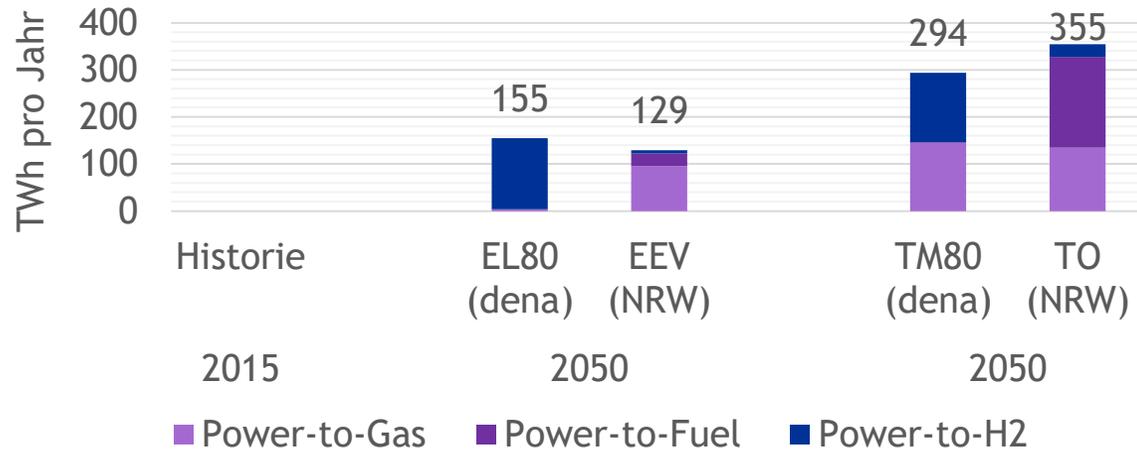
## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Höhere Volllaststunden und geringere Investitionskosten für EE in dena-LS
- Höhere Stromnachfrage und geringere Stromimporte in der dena-LS im Vergleich zu NRW-KUS

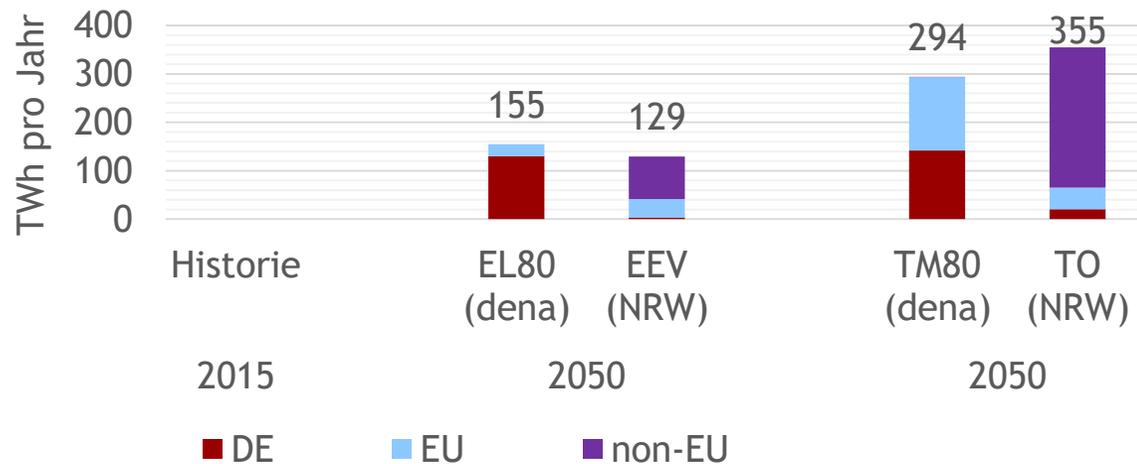
# 4

## Vergleich synthetische Brennstoffe

## PtX-Bedarf nach Energieträger



## PtX-Bedarf nach Herkunftsland



## Elektrifizierungsszenarien:

- Der Bedarf an synthetischen Brennstoffen ist um 20% höher bei dena-LS
- Bei dena-LS wird fast ausschließlich (inländisch hergestellter) elektrolysebasierter Wasserstoff verwendet. Bei NRW-KUS wird vor allem (importiertes) Gas eingesetzt

## Technologieoffene Szenarien:

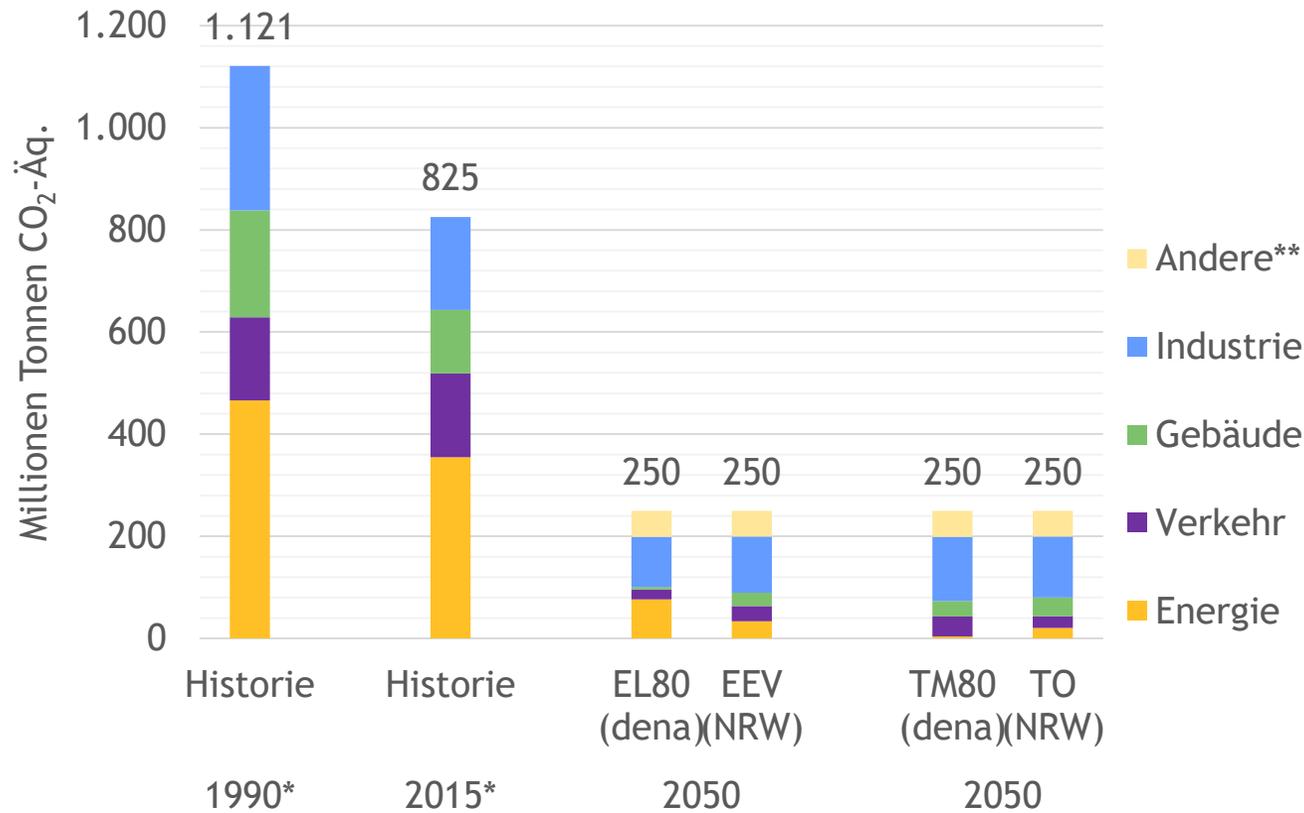
- Der Bedarf an synthetischen Brennstoffen ist um 21% höher bei NRW-KUS
- Bei dena-LS wird (inländisch hergestellter) elektrolysebasierter Wasserstoff und (importiertes) synthetisches Gas verwendet. Bei NRW-KUS wird vor allem (importiertes) Gas und Fuel eingesetzt

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Abweichende Preise für synthetische und konventionelle Brennstoffe und deren Importe
- Abweichende Transportkosten für synthetische Brennstoffe
- Deckung der Wasserstoffnachfrage durch Elektrolyse-H2 in dena-LS vorgegeben vs. erdgasbasierter Wasserstoff in NRW-KUS

# 5

## Treibhausgasemissionen



## Elektrifizierungsszenarien:

- Die Emissionen in den Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr sinken bei dena-LS stärker im Vergleich zu NRW-KUS
- Stärkere Elektrifizierung entspricht - aufgrund der Bilanzierung gemäß Quellprinzip - einer Verlagerung der Emissionen in den Energiesektor

## Technologieoffene Szenarien:

- Lediglich geringfügige Abweichungen zwischen den Sektoren
- Wesentlicher Treiber für die Unterschiede ist der Elektrifizierungsgrad und die Aufteilung der PtX-Brennstoffe auf die Sektoren

## Gründe für Unterschiede / Gemeinsamkeiten:

- Aufteilung der PtX-Brennstoffe auf die Sektoren
- Höhere Quotenvorgaben für Stromanwendungen in Elektrifizierungsszenarien der dena-LS
- Höhere Stromnachfrage und geringere Stromimporte in der dena-LS

\*Quelle: BMUB (2016)

\*\*Land- und Abfallwirtschaft werden nicht betrachtet. Annahmen gemäß Klimaschutzplan und Fortschreibung bis 2050

# 6

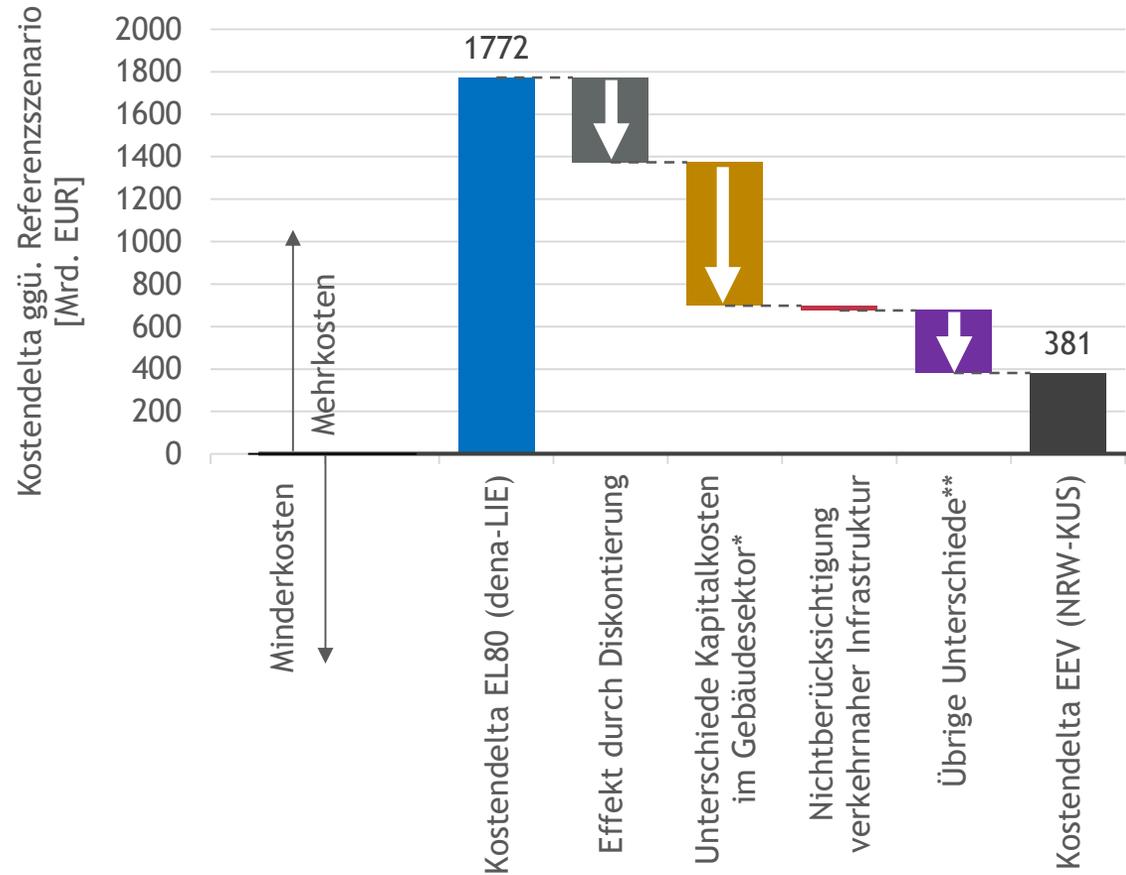
## Vergleich Gesamtkosten des Energiesystems

## Konzeptionelle Unterschiede sowie unterschiedliche Bilanzgrenzen für Kosten führen zu abweichenden Kostendeltas

		Unterschied zwischen Studien	Auswirkung auf Kostendeltas
Konzept	Diskontierung	Während die Kostengrafiken in NRW-KUS mit jährlich 2,75% diskontiert dargestellt werden, zeigen die Kostengrafiken in der dena-LS nicht diskontierte Werte.	Mehrkosten, der zielerreichenden Szenarien werden in NRW-KUS mit fernerer Zukunft weniger stark berücksichtigt. In diesen Jahren ist aber das Kostendelta der Szenarien am größten.
Bilanzgrenzen	Kosten im Gebäudesektor	NRW-KUS berücksichtigt Kosten für Dämmung und Heizsysteme; die dena-Leitstudie integriert weitere und detaillierter Kostenkomponenten der Gebäudehülle sowie Anlagentechnik (z. B. Verlegung von Fußbodenheizung um Einbau von WP zu ermöglichen).	Der Bilanzrahmen der Kosten in NRW-KUS insb. für WP und Maßnahmen an der Gebäudehülle ist kleiner als in dena-LS. Insbesondere WP erfordern häufig weitere Investitionen am Gebäude. Da in zielerreichenden Szenarien mehr WP installiert werden als im Referenzszenario, liegen Mehrkosten der EL/TM-Szenarien in dena-LS hierdurch höher als in NRW-KUS.
		In NRW-KUS werden Nicht-Wohngebäude (NWG) energetisch berücksichtigt, in dena-LS werden NWG zusätzlich kostenseitig erfasst.	Da NWG in NRW-KUS nicht in den Bilanzrahmen fallen und diese zu Mehrkosten in dena-LS führen, ergeben sich zusätzliche Mehrkosten der EL/TM Szenarien in dena-LS ggü. NRW-KUS.
	Verkehrsnaher Infrastruktur	Kosten für verkehrsnaher Infrastruktur werden in dena-Leitstudie berücksichtigt, in NRW-KUS fließen diese Kosten nicht in Gesamtkosten ein.	In dena-LS entstehen für verkehrsnaher Infrastruktur in beiden zielerreichenden Szenarien Mehrkosten ggü. dem Referenzszenario. Ursache: Zubau von E-Ladesäulen bzw. Wasserstoff-tankstellen. In NRW-KUS werden diese Kosten nicht berücksichtigt. Durch den unterschiedlichen Bilanzrahmen fallen die Mehrkosten für Infrastruktur in dena-LS höher aus.

Verschiedene Annahmen sowie unterschiedliche Szenariendefinitionen führen zu abweichenden Kostendeltas

		Unterschied zwischen Studien	Auswirkung auf Kostendeltas
Annahmen	Ölpreise	Während die Ölpreise in NRW-KUS bis 2050 auf rund 60€/MWh ansteigen, wird in der dena-Leitstudie von kaum steigenden Ölpreisen (34€/MWh in 2050) ausgegangen.	Bedarf an Mineralöl in Referenz-Szenarien am stärksten. Die Gesamtkosten für Ölverbrauch fallen in der dena-LS während sie in NRW-KUS steigen. Kosteneinsparungen für Brennstoffe der zielerreichenden Szenarien in dena-LS sind daher geringer als in NRW-KUS.
Szenariendefinition	Referenzszenarien	THG-Emissionen in der NRW-KUS Studie in RF-Szenario niedriger als in der dena-LS.	Notwendige zusätzliche Anstrengungen in NRW-KUS in den zielerreichenden Szenarien also geringer als in der dena-Leitstudie. Daher Mehrkosten der zielerreichenden Szenarien in NRW-KUS geringer als in dena-LS.
	Elektrifizierungsszenarien	16 Mio. WP in dena-LS; aber nur 13 Mio. WP in NRW-KUS.	WP stellen relativ teure Option zur CO <sub>2</sub> -Vermeidung dar, sodass dies zu höheren Mehrkosten in dena-LS als in NRW-KUS führt.
	Technologieoffene Szenarien	Eine Vielzahl von weiteren Unterschieden, welche sich durch den konzeptionellen Unterschied „Exogene Transformationspfade (dena-LS) vs. Endogene Optimierung (NRW-KUS)“ ergeben.	In NRW-KUS entsprechen Transformationspfade im technologieoffenen Szenario dem unter den gewählten Annahmen günstigsten Pfad zur Erreichung der 80%-THG Reduktion. In dena-LS basiert der Pfad auf Einschätzungen der Experten der Studienpartner. Hierdurch sind Mehrkosten der zielerreichenden Szenarien in NRW-KUS geringer als in dena-LS.



\* Unterschiede bezüglich der Berücksichtigung von Nebenkosten, unterschiede in Heizungsstruktur, sowie Investitionskostenannahmen für Heizungen und Dämmung.

\*\* Unterschiede bezüglich Szenariendefinition sowie der Inputparameter, mit Ausnahme der Investitionskosten im Gebäudesektor.

## Kostenunterschiede gesamt

- Die Mehrkosten des Elektrifizierungsszenarios ggü. dem Referenzszenario liegen in dena-LS bei 1772 Mrd. EUR während sie in NRW-KUS nur bei 381 Mrd. EUR liegen. Dies kann wie folgt erklärt werden:

## Ausweisung der Kosten als diskontierte bzw. nicht-diskontierte Zahl

- Die Darstellung der Kosten als diskontierte Größe in NRW-KUS erklärt mit 400 Mrd. EUR fast 30% der Differenz des Kostendeltas zwischen dena-LS und NRW-KUS.

## Kapitalkosten im Gebäudesektor

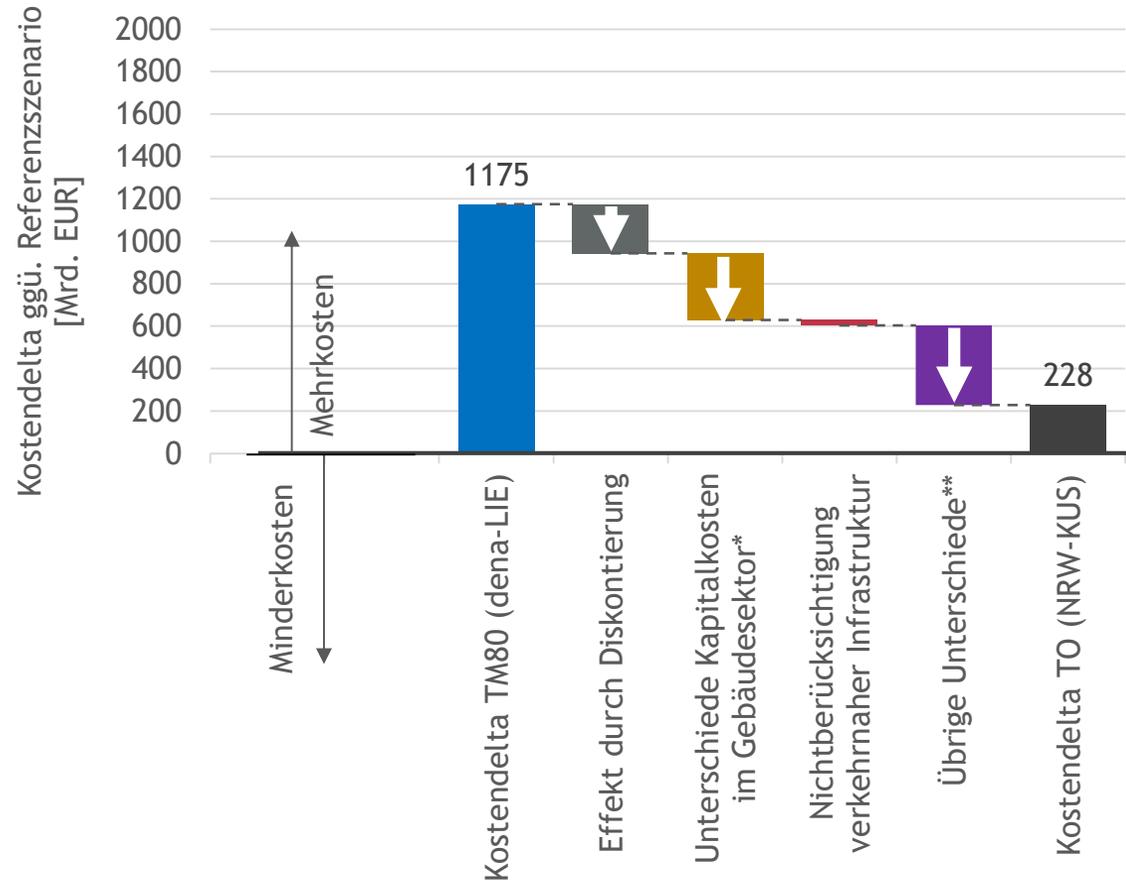
- Der größte Unterschied des Kostendeltas basiert auf den Unterschieden bezüglich der Investitionskosten im Gebäudesektor. Sie erklären mit rund 650 Mrd. EUR knapp die Hälfte der Differenz der Kostendeltas. Grund hierfür sind die niedrigere Anzahl von WP in NRW-KUS ggü. dena-LS, der kleinere Bilanzrahmen bzgl. der Erfassung von Investitionskosten in NRW-KUS, die kostenseitige Nicht-Berücksichtigung von NWG in NRW-KUS sowie abweichende Kostenannahmen für Heizungen und Dämmung.

## Verkehrsnaher Infrastruktur

- Die Nichtberücksichtigung der Kosten für verkehrsnaher Infrastruktur in NRW-KUS erklärt nur einen sehr kleinen Unterschied im Kostendelta.

## Übrige Unterschiede

- Die Unterschiede bezüglich der Szenariendefinition, wie z. B. die strikteren THG-Ziele im Referenzszenario (NRW-KUS) sowie Abweichungen der Inputparameter (ohne Investitionskosten Gebäudesektor) erklären die übrigen 20% der Differenz der Kostendeltas.



\* Unterschiede bezüglich der Berücksichtigung von Nebenkosten, unterschiede in Heizungsstruktur, sowie Investitionskostenannahmen für Heizungen und Dämmung.

\*\* Unterschiede bezüglich Szenariendefinition sowie der Inputparameter, mit Ausnahme der Investitionskosten im Gebäudesektor.

## Kostenunterschiede gesamt

- Die Mehrkosten des technologieoffenen Szenarios ggü. dem Referenzszenario liegen in dena-LS bei 1175 Mrd. EUR während sie in NRW-KUS nur bei 228 Mrd. EUR liegen. Dies kann wie folgt erklärt werden:

## Ausweisung der Kosten als diskontierte bzw. nicht-diskontierte Zahl

- Die Darstellung der Kosten als diskontierte Größe in NRW-KUS erklärt mit 230 Mrd. EUR rund 25% der Differenz des Kostendeltas zwischen dena-LS und NRW-KUS.

## Kapitalkosten im Gebäudesektor

- Der größte Unterschied des Kostendeltas basiert auf den unterschieden bezüglich der Investitionskosten im Gebäudesektor. Sie erklären mit 315 Mrd. EUR rund ein Drittel der Differenz der Kostendeltas. Grund hierfür sind der kleinere Bilanzrahmen bzgl. der Erfassung von Investitionskosten in NRW-KUS, die kostenseitige Nicht-Berücksichtigung von NWG in NRW-KUS sowie abweichende Kostenannahmen für Heizungen und Dämmung.
- Aufgrund des geringeren WP Einsatzes und des geringen Unterschiedes der Szenarien bezüglich der Anzahl von WP, ist das Kostendelta hier deutlich geringer als zwischen Elektrifizierungs- und Referenzszenario.

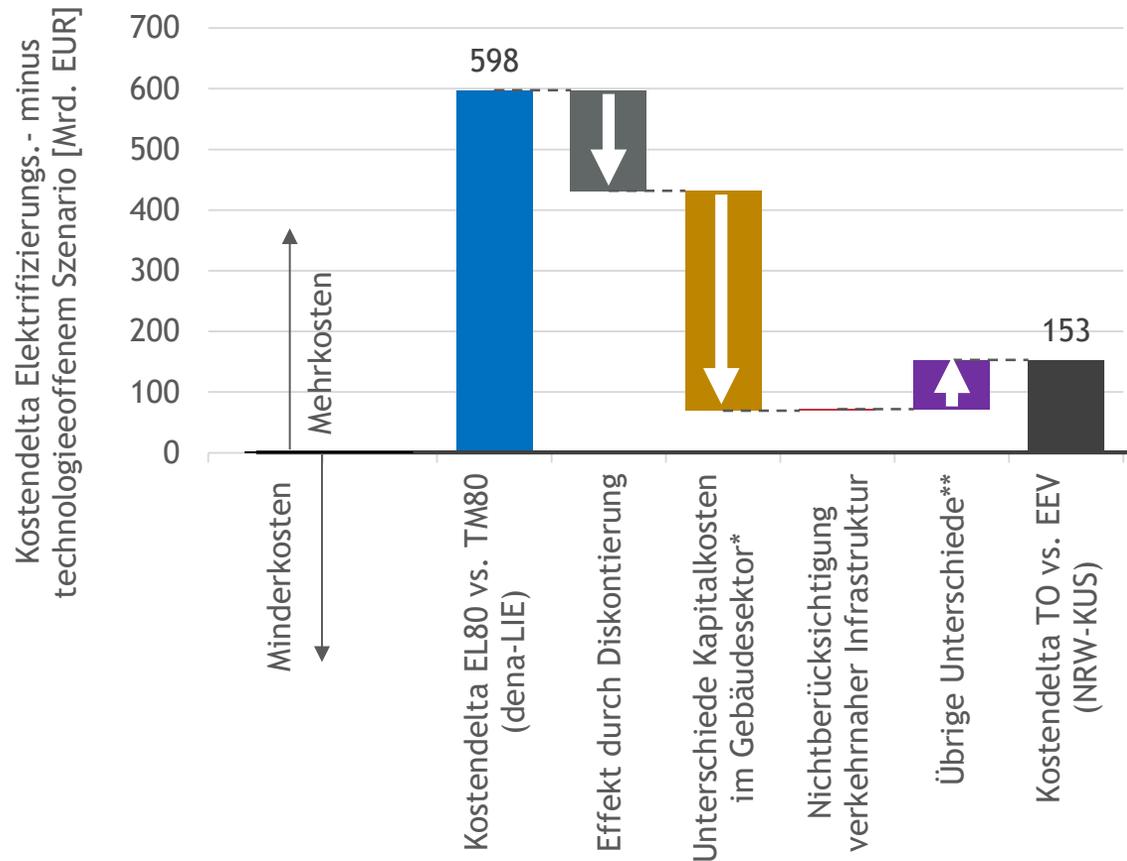
## Verkehrsnaher Infrastruktur

- Wie in den Elektrifizierungsszenarien erklärt die Nichtberücksichtigung der Kosten für verkehrsnaher Infrastruktur in NRW-KUS nur einen kleinen Teil des Unterschieds im Kostendelta.

## Übrige Unterschiede

- Die Unterschiede bezüglich der Szenariendefinition sowie Abweichungen der Inputparameter (ohne Investitionskosten Gebäudesektor) erklären die übrigen 40% der Differenz der Kostendeltas.

# Kostendeltas der Elektrifizierungsszenarien ggü. den technologieoffenen Szenarien



\* Unterschiede bezüglich der Berücksichtigung von Nebenkosten, unterschiede in Heizungsstruktur, sowie Investitionskostenannahmen für Heizungen und Dämmung.

\*\* Unterschiede bezüglich Szenariendefinition sowie der Inputparameter, mit Ausnahme der Investitionskosten im Gebäudesektor.

## Kostenunterschiede gesamt

- Die Mehrkosten des Elektrifizierungsszenarios ggü. dem Technologiemitxzenarios liegen in dena-LS bei 598 Mrd. EUR während sie in NRW-KUS (TO vs. EEV) nur bei 153 Mrd. EUR liegen. Dies kann wie folgt erklärt werden:

## Ausweisung der Kosten als diskontierte bzw. nicht-diskontierte Zahl

- Die Darstellung der Kosten als diskontierte Größe in NRW-KUS erklärt mit 170 Mrd. EUR rund 40% der Differenz des Kostendeltas zwischen dena-LS und NRW-KUS.

## Kapitalkosten im Gebäudesektor

- Der größte Unterschied des Kostendeltas (360 Mrd. EUR) zwischen den Elektrifizierungs- und technologieoffenen Szenarien basiert auf den Unterschieden bezüglich der Investitionskosten im Gebäudesektor. Grund hierfür sind die kleinere Bilanzrahmen bzgl. der Erfassung von Investitionskosten in NRW-KUS, die kostenseitige Nicht-Berücksichtigung von NWG in NRW-KUS sowie abweichende Kostenannahmen für Heizungen und Dämmung. Ein weiterer Treiber des Kostendeltas sind die 3 Mio. zusätzlichen WP im EL80 (dena-LS) ggü. EEV (NRW-KUS).

## Verkehrsnaher Infrastruktur

- Die Nichtberücksichtigung der Kosten für verkehrsnaher Infrastruktur in NRW-KUS führt zu nahezu keinem Kostendeltaunterschied zwischen den Elektrifizierungs- und technologieoffenen Szenarien, da die Kosten hierfür in beiden dena-LS Szenarien ähnlich hoch sind.

## Übrige Unterschiede

- Die übrigen Unterschiede hinsichtlich der Szenariendefinition sowie bezüglich von Inputparametern wirken in die entgegengesetzte Richtung: So verringern diese den Unterschied an Mehrkosten des Szenarios EEV (vs. TO in NRW-KUS) ggü. EL80 (vs. TM80 in dena-LS) um 80 Mrd. EUR. Ein Treiber hierbei sind die geringere Anzahl an WP in EEV (NRW-KUS) ggü. EL80 (dena-LS). Sie führen zu höherem Endenergiebedarf und -kosten in EEV ggü. EL80 und somit zu Mehrkosten von EEV (vs. TO in NRW\_KUS) ggü. EL80 (vs. TM80 in dena-LS).

# 7 Literaturverzeichnis

- AGEB e.V. (2017). Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2015.
- Agora Energiewende. (2017). Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2016.
- BDEW e.V. (2014). Wie heizt Deutschland - BDEW-Studie zum Heizungsmarkt.
- BDEW e.V. (2016). Fakten und Argumente - Entwicklung der Energieversorgung 2015.
- BMUB. (2016). Klimaschutzplan 2050.
- dena. (2017). Alternativen zur Finanzierung des EEG.
- dena (2018). dena-Leitstudie Integrierte Energiewende.
- ewi ER&S (2018). Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung.

## Studienvergleich Sektorenkopplung

dena-Leitstudie Integrierte Energiewende & Kosteneffiziente Umsetzung der Sektorenkopplung

ewi Energy Research & Scenarios gGmbH | 20. Juli 2018

max.gierkink@ewi.research-scenarios.de | +49 (0) 221 277 29 306

dominic.lencz@ewi.research-scenarios.de | +49 (0) 221 277 29 324