

# Wieviel Energieeffizienz steckt in der EU Energy Roadmap 2050?

**Tobias Boßmann, Rainer Elsland, Wolfgang Eichhammer**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, Deutschland, +49-721-6809257, [tobias.bossmann@isi.fraunhofer.de](mailto:tobias.bossmann@isi.fraunhofer.de), [www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

**Kurzfassung:** Basierend auf den Ergebnissen einer aktuellen Untersuchung zu den Energieeinsparpotentialen in der Europäischen Union bis zum Jahr 2050 wird eine Analyse der Ende 2011 von der Europäischen Kommission veröffentlichten EU Energy Roadmap 2050 durchgeführt. Es wird untersucht, welche Bedeutung der Energieeffizienz in den unterschiedlichen Szenarien zukommt und inwieweit das 20%-Energieeffizienzziel bis zum Jahr 2020 eingehalten wird.

**Keywords:** Energieeffizienz, Energieeinsparpotentiale, EU Energy Roadmap 2050, Energiepolitik

## 1 Einleitung

Die Europäische Kommission hat am 15. Dezember 2011 ihren Fahrplan hin zu einem nachhaltigen, wettbewerbsfähigen und durch Versorgungssicherheit geprägten Energiesystem vorgestellt: die EU Energy Roadmap 2050 (im Folgenden nur als „Roadmap“ bezeichnet) [European Commission, 2011a]. Ziel der Roadmap ist die Untersuchung verschiedener Dekarbonisierungsszenarien, die mögliche Entwicklungspfade hin zu einer Reduktion der energiebedingten europäischen<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen um 85% gegenüber dem Niveau aus dem Jahr 1990 gewährleisten und somit zur Erreichung des 2°C-Ziels beitragen.

## 2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die EU Energy Roadmap daraufhin zu untersuchen, welche Bedeutung der Energieeffizienz im Hinblick auf die Minderung der Treibhausgasemissionen zukommt.

Zu diesem Zweck wird in einem ersten Schritt, nach einer kurzen Vorstellung der Methodik (Kapitel 3), ein Überblick über die Ausgestaltung der Szenarien sowie die wesentlichen Annahmen und Ergebnisse der EU Energy Roadmap erstellt (Kapitel 4). In einem zweiten

---

<sup>1</sup> Die EU Energy Roadmap 2050 bezieht sich auf die 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU-27).

Schritt werden die Ergebnisse einer gegenwärtig noch andauernden Studie<sup>2</sup> zu den technischen und ökonomischen Energieeinsparpotentialen in der EU-27 bis zum Jahr 2050 (im Folgenden als „Potentialstudie“ bezeichnet) vorgestellt. Diese Studie untersucht den möglichen Beitrag von Energieeinsparmaßnahmen zur Minderung des Primärenergiebedarfs und der Absenkung von Treibhausgasemissionen und identifiziert die bedeutendsten Einsparpotentiale (Kapitel 5.1). Anschließend werden die Szenarien der Roadmap insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der Energienachfrage und die Auswirkungen von Effizienzmaßnahmen analysiert (Kapitel 5.2). Dies beinhaltet auch die Gegenüberstellung der Ergebnisse der EU Energy Roadmap 2050 mit den vorläufigen Resultaten der Potentialstudie. Ein besonderer Fokus wird auf die Untersuchung der Einhaltung des bisher unverbindlichen 20%-Energieeffizienzziels bis zum Jahr 2020 gelegt [Europäische Kommission, 2010a].

### **3 Methodik**

Die zu Vergleichszwecken herangezogene Potentialstudie zur Bestimmung technischer Energieeinsparpotentiale<sup>3</sup> beruht hauptsächlich auf zwei bereits bestehenden Studien, welche am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI angefertigt wurden. Dies ist zum einen die 2009 veröffentlichte „Study on the Energy Saving Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries“ [Fraunhofer ISI, 2009a], welche basierend auf einer technologiescharfen Bottom-up-Simulation die Quantifizierung der Energieeinsparpotentiale bis zum Jahr 2030 im Vergleich zur Baseline-Energienachfrageentwicklung der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2008 [Europäische Kommission, 2008b] unter Berücksichtigung der daraus entnommenen makroökonomischen Rahmenparameter beinhaltet. Für den Zeithorizont von 2030 bis 2050 wird auf Grund zunehmender Langfrist-Unsicherheiten eine Bestimmung der Einsparpotentiale auf einem höheren Aggregationsniveau auf Grundlage der Ergebnisse der ADAM-Studie [Fraunhofer ISI, 2009b] vorgenommen. Um eine Vergleichbarkeit der ermittelten Einsparpotentiale mit den in 2010 veröffentlichten Nachfrageprojektionen der Europäischen Kommission [Europäische Kommission, 2010b] zu gewährleisten und die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise aus den Jahren 2007/2008 zu berücksichtigen, wurden die Potentiale mittels der Energienachfragedaten der Baseline-Entwicklung aus [Europäische Kommission, 2010b] an die veränderten Rahmenbedingungen angepasst. Darüber hinaus wurden die dazugehörigen Energiepreisprojektionen verwendet, um eine Aktualisierung der spezifischen Differenzinvestitionen für die jeweiligen Effizienztechnologien und der daraus resultierenden vermiedenen spezifischen Brennstoffkosten durchzuführen. Zwecks Ermittlung der Primärenergieeinsparpotentiale wurde eine brennstoffspezifische Umrechnung aus den Endenergieeinsparpotentialen unter der Annahme eines vorgegebenen ambitionierten

---

<sup>2</sup> Diese Studie wird vom deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert und voraussichtlich im Frühjahr 2012 veröffentlicht werden.

<sup>3</sup> „Technische Einsparpotentiale“ sind im vorliegenden Fall als realistisch machbar zu verstehen, welche zudem vollständig oder annähernd kosteneffizient sind und folglich unter den getroffenen Annahmen eine hohe Umsetzungswahrscheinlichkeit aufweisen.

Stromerzeugungsmixes<sup>4</sup> vorgenommen. Das nach Primärenergieträgern aufgeschlüsselte Einsparpotential diente als Grundlage zur Berechnung des Potentials zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

## **4 Zusammenfassung der EU Energy Roadmap 2050**

Um eine Analyse der EU Energy Roadmap 2050 zu ermöglichen, erfolgt im vorliegenden Abschnitt eine Beschreibung des allgemeinen Aufbaus der Roadmap sowie eine knappe Zusammenfassung der relevanten Annahmen und Ergebnisse.

### **4.1 Struktur und Annahmen**

Der strukturelle Aufbau der Roadmap gliedert sich in zwei Teile. Während im ersten Teil die Vergleichsszenarien hergeleitet werden, widmet sich der zweite Teil der Analyse von fünf Dekarbonisierungsszenarien [Europäische Kommission, 2011b]. Die Vergleichsszenarien bilden die Auswirkungen gegenwärtig bestehender politischer Maßnahmen ab und dienen als Grundlage für die Evaluation der Dekarbonisierungsszenarien. Letztere unterscheiden sich darin von den Vergleichsszenarien, dass sie als Zielszenarien ausgelegt sind, welche die Restriktion einer 85%igen Minderung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>5</sup> im Vergleich zum Jahr 1990 einhalten müssen.

Alle Szenarien basieren auf denselben sozio-ökonomischen Annahmen zu Bevölkerungsentwicklung und Wirtschaftswachstum. Ein mittleres jährliches Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) um 1,7% kombiniert mit einem weiteren Bevölkerungsanstieg bis zum Jahr 2035 auf 520 Millionen Einwohnern führt zu einem durchschnittlichen jährlichen Anstieg des Pro-Kopf-BIP von 1,6%. In den Dekarbonisierungsszenarien wird darüber hinaus von einem globalen Klimaschutzabkommen ausgegangen, welches zu einer reduzierten Nachfrage nach fossilen Energieträgern und folglich zu niedrigeren Energieimportpreisen als in den Vergleichsszenarien führt. Die Modellierungsgrundlage bildet das von der Universität Athen entwickelte partielle Gleichgewichtsmodell PRIMES<sup>6</sup> [NTUA, 2011].

Es werden zwei Vergleichsszenarien unterschieden:

---

<sup>4</sup> Der Strommix stammt aus einer internen Studie, welche von einem Anteil der erneuerbaren Energieträger am Strommix von 94% in 2050 ausgeht. Die Nettostromnachfrage beträgt 3246 TWh, die mittlere Stromerzeugungseffizienz 80%. Die Szenarienkonfiguration der Studie lehnt sich an die Trans-CSP-Studie des DLR an (vgl. [DLR, 2006]).

<sup>5</sup> Im Hinblick auf die Gesamtheit der relevanten Treibhausgasemissionen wird in allen Dekarbonisierungsszenarien eine Reduktion um 80% realisiert.

<sup>6</sup> PRIMES ist ein Optimierungsmodell, in welchem für einzelne sektorale Agenten die zu optimierenden Zielfunktionen formuliert werden. Das Entscheidungsverhalten der Agenten wird durch exogen vorgegebene Zinssätze beeinflusst, welche die agentenspezifische Risikoaversion widerspiegeln (z.B. 12% für die Industrie, 17,5% für Haushalte). Es wird in allen Szenarien von einer vollständigen Vorausschau (perfect foresight) bezüglich der politischen Zielrichtungen, der Energieträgerpreise und der technologischen Entwicklungen ausgegangen, welche es den Marktakteuren ermöglicht, Investitionen ohne die Gefahr von „stranded investments“ vorzunehmen.

- Das Referenzszenario<sup>7</sup> basiert auf den zuletzt veröffentlichten PRIMES-Projektionen aus dem Jahr 2009 [Europäische Kommission, 2010b] und schreibt diese bis zum Jahr 2050 fort. Dabei finden alle nationalen und europäischen energiepolitischen Maßnahmen Berücksichtigung, welche bis März 2010 umgesetzt wurden (z.B. das 20%-Ausbauziel für Erneuerbare Energieträger und das 20%-Emissionsminderungsziel des EU-Energie- und Klimapakets [Europäische Kommission, 2008a]). Es wird davon ausgegangen, dass anschließend keine weiteren energiepolitischen Beschlüsse oder verabschiedet werden.
- Das „Current Policy Initiatives“-Szenario (kurz: CPI-Szenario) berücksichtigt zusätzlich zu den im Referenzszenario erwähnten Politiken auch Maßnahmen welche nach März 2010 im Rahmen der „Energie 2020-Strategie“ [Europäische Kommission, 2010c] vorgeschlagen und beschlossen wurden (u.a. Energieeffizienzplan, neue Energiebesteuerungsrichtlinie).

Zur Erreichung der Emissionsminderungsvorgabe wurden fünf Dekarbonisierungsszenarien unterschieden:

- Im „high energy efficiency“-Szenario (kurz: High EE-Szenario) stellen Energiesparmaßnahmen (z.B. ambitioniertere Mindesteffizienzstandards für Geräte und Neubauten, höhere Renovierungsraten, Einsparverpflichtungen für Energieversorgungsunternehmen) die wichtigste Maßnahme zur Emissionsminderung dar. Während strukturelle Änderungen zu einer Steigerung der Effizienz beitragen können, wird ein Rückgang des Wirtschaftswachstum ausgeschlossen (gleiches Bruttoinlandsprodukt für alle Szenarien).
- Das „diversified supply technologies“-Szenario (kurz: DST-Szenario) legt die Annahme zugrunde, dass weder eine bestimmte Technologiepräferenz noch Akzeptanzprobleme bestimmter Technologien bestehen. Folglich findet ein relativ ausgeglichener Einsatz der verschiedenen CO<sub>2</sub>-neutralen Versorgungstechnologien (CCS, Kernkraft, Erneuerbare Energieträger) statt. Die Dekarbonisierung wird hauptsächlich durch die CO<sub>2</sub>-Preise des Emissionshandels ausgelöst.
- Im „high RES“-Szenario spielt die Versorgungssicherheit eine wichtige Rolle, weshalb es zu einem forcierten Ausbau der heimischen erneuerbaren Energieträger, einem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und Mikro-KWK-Anlagen sowie einer weiteren Aufstockung der Kapazitäten von Speichern und solarthermischen Kraftwerken kommt.
- Das „delayed CCS“-Szenario ist vergleichbar mit dem DST-Szenario. Es wird allerdings eine verspätete Verfügbarkeit der CCS-Technologie (erst ab 2040) auf Grund mangelnder Akzeptanz unterstellt. Die daraus entstehende Versorgungslücke wird hauptsächlich durch den verstärkten Einsatz von Kernkraftwerken abgedeckt.
- Im „low nuclear“-Szenario liegt eine zum CCS-Szenario umgekehrte Situation vor. Die mangelnde Akzeptanz für Atomenergie führt dazu, dass keine weitere

---

<sup>7</sup> Das Referenzszenario wird ergänzt um vier Sensitivitätsrechnungen, welche unter der Annahme ceteris paribus die Auswirkungen von überdurchschnittlich hohen bzw. niedrigen Energieimportpreisen sowie von überdurchschnittlich starkem bzw. schwachem Wirtschaftswachstum abbilden. Diese Sensitivitäten finden in der vorliegenden Analyse keine weitere Berücksichtigung.

Kernkraftwerke gebaut werden (abgesehen von den gegenwärtig im Bau befindlichen), wodurch der Einsatz der CCS-Technologie an Bedeutung gewinnt.

## 4.2 Ergebnisse

An dieser Stelle werden die wesentlichen Ergebnisse der EU Energy Roadmap 2050 zusammengefasst (vgl. Tabelle 1). Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt in Abschnitt 5.2.

Die Entwicklung der Endenergienachfrage (näherungsweise Stagnation in den Vergleichsszenarien, Rückgang um 31% bis 37% in den Dekarbonisierungsszenarien) lässt sich, korrigiert um die wachsende/sinkende Umwandlungseffizienz innerhalb der einzelnen Szenarien, auch in der Primärenergienachfrage wiederfinden (leichter Rückgang in den Vergleichsszenarien, verstärkter Rückgang in den Dekarbonisierungsszenarien, außer im „Delayed CCS-Szenario auf Grund höherer Stromnachfrage und des verstärkten Einsatzes von Kernkraftwerken mit niedrigem Umwandlungswirkungsgrad). Die Stromnachfrage erfährt in allen Szenarien einen deutlichen Anstieg (+43% im Referenzszenario gegenüber 2010), ausgelöst durch einen verstärkten Einsatz von Wärmepumpen und Elektromobilität, welcher nur in begrenztem Maße in den Dekarbonisierungsszenarien mittels Effizienzmaßnahmen kompensiert werden kann (+11% bis +25% gegenüber 2010). Während das High RES-Szenario die höchsten Stromkosten aufweist (hauptsächlich verursacht durch den massiven Zubau von Speichern und Stromnetzen), befinden sich die mittleren jährlichen Systemkosten aller Szenarien auf einem vergleichbaren Level von ca. 2600 Mrd. €'08.

**Tabelle 1: Überblick über die wesentlichen Ergebnisse der EU Energy Roadmap 2050 für das Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 2010 (die grau hinterlegten Zellen signalisieren, welches Dekarbonisierungsszenario die jeweils signifikanteste Abweichung im Vergleich zum Basisjahr erreicht); Quelle: Eigene Zusammenstellung basierend auf [Europäische Kommission, 2011b]**

	2010	Vergleichs-szenarien 2050		Dekarbonisierungsszenarien 2050				
		REF	CPI	High EE	DST	High RES	Del. CCS	Low nucl.
Primärenergienachfrage	1775 Mtoe	-1%	-9%	-39%	-31%	-36%	-30%	-36%
Endenergienachfrage	1166 Mtoe	+5%	-1%	-37%	-31%	-31%	-32%	-32%
↘ Anteil RES	11%	26%	29%	57%	55%	75%	56%	58%
Stromnachfrage	2889 TWh	+43%	+37%	+11%	+25%	+17%	+24%	+23%
↘ Anteil RES am Strom	14%	40%	49%	64%	59%	86%	61%	65%
↘ Anteil Atom am Strom	32%	26%	21%	14%	16%	4%	19%	3%
↘ Anteil CCS am Strom	0%	18%	8%	21%	24%	7%	19%	32%
Stromkosten (inkl. Steuern) [€'08/MWh]	109,3	151,1	156,9	146,7	146,2	198,9	151,9	157,2
Mittlere jährliche Systemkosten [Mrd. €'08]	-	2582	2619	2615	2535	2590	2525	2552

## 5 Analyseergebnisse

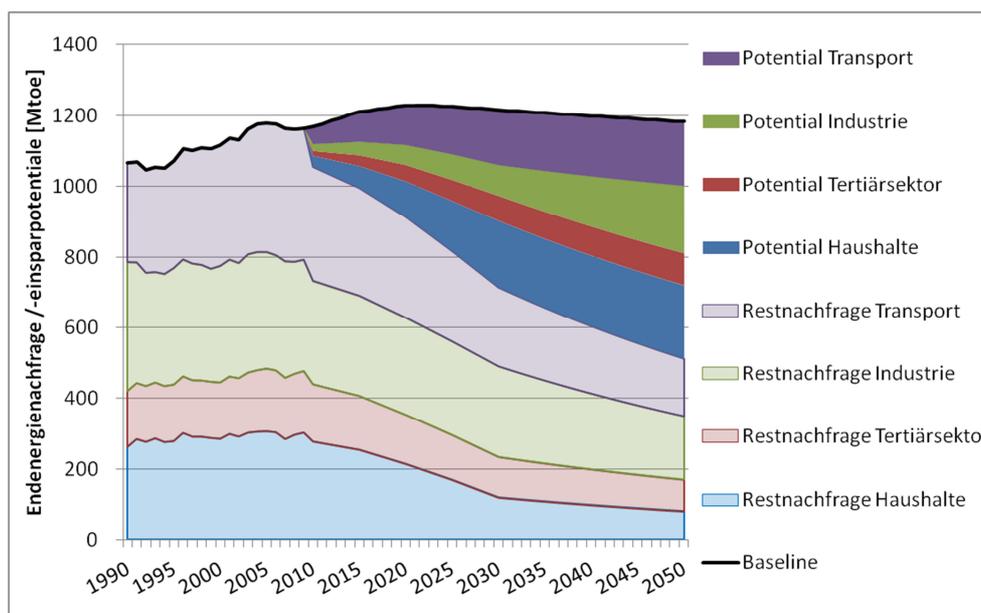
Die Darstellung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden die wesentlichen Ergebnisse der Potentialstudie präsentiert und anschließend findet eine Analyse der Ergebnisse der EU Energy Roadmap 2050 statt, welche eine Gegenüberstellung der Roadmap-Ergebnisse mit den in der Potentialstudie ermittelten Energieeinsparpotentialen umfasst.

### 5.1 Überblick über errechnete Energieeinsparpotentiale

Im Hinblick auf die vorläufigen Ergebnisse aus der Potentialstudie lassen sich fünf wesentliche Erkenntnisse ableiten:

Das technische Endenergieeinsparpotential beläuft sich im Vergleich zur Baseline von PRIMES 2009 auf 26% (2020) und 57% (2050). Daraus lässt sich ableiten, dass die Umsetzung des 20%-Effizienzziels bereits endenergieseitig technisch realisierbar ist. Den bedeutendsten Beitrag liefert der Haushaltssektor, insbesondere durch die Einsparpotentiale im Gebäudebereich (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 1: Sektorale Endenergieeinsparpotentiale; Quelle: eigene Darstellung



Eine Beschränkung auf die alleinige Umsetzung kosteneffizienter Effizienzmaßnahmen hätte immer noch eine Absenkung der Endenergienachfrage von 21% (2020) bzw. 52% (2050) zur Folge. Die Darstellung der konkreten Maßnahmen erfolgt mittels Vermeidungskostenkurven, die die spezifischen Vermeidungskosten über dem kumulierten Energieeinsparpotential auftragen. Die bedeutendsten monetären Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen lassen sich im Transportsektor generieren.

Im Hinblick auf die Primärenergienachfrage wurde im Vergleich zur PRIMES 2009 Baseline ein technisches Einsparpotential von 33% (2020) und 67% (2050) ermittelt, welches zu ca. zwei Dritteln auf der Umsetzung von endenergiebezogenen Einsparmaßnahmen und zu einem Drittel aus dem Wechsel hin zu einer effizienteren Strombereitstellung resultiert.

Die Minderung von Treibhausgasemissionen mittels Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor als auch durch Einsparmaßnahmen auf der Nachfrageseite erreichen technische Potentiale von 33% (2020) und 67% (2050) gegenüber der Baseline-Entwicklung. Setzt man die Potentiale in Vergleich zum Emissionslevel von 1990 (4248 Mt CO<sub>2eq</sub> laut UNFCCC[2011]) können Minderungen von bis zu 41% (2020) bzw. 80% (2050) erreicht werden.

Die Analyse zeigt, dass es signifikante Interaktionen zwischen der Anwendung von Effizienzmaßnahmen und dem Ausbau der Erneuerbaren Energien hin zu einem hocheffizienten Umwandlungssektor gibt. Während die verstärkte Durchführung von Effizienzmaßnahmen zur Nachfrageminderung beiträgt und folglich einen Beitrag zum Anstieg des Anteils der Erneuerbaren Energien an der Energienachfrage leistet, trägt der Ausbau der Erneuerbaren Energien zu einer effizienteren Umwandlung von Primärenergie in die Energieträger Strom und Wärme bei und hat daher eine starke Auswirkung auf die Reduktion der Primärenergienachfrage<sup>8</sup> und der Treibhausgasemissionen.

## 5.2 Analyse der EU Energy Roadmap 2050

Im Vorfeld der Analyse der Roadmap-Ergebnisse muss zunächst festgehalten werden, dass die Roadmap explizit einen Fokus auf die Energieangebotsseite legt. Die Mehrheit der Dekarbonisierungsszenarien unterscheidet sich in einer Variation der unterschiedlichen Strombereitstellungstechnologien, wohingegen der Einsatz von Effizienztechnologien in allen Szenarien annähernd gleichbedeutend ist. Dies lässt sich auch am Grad des Rückgangs der Endenergienachfrage feststellen, welcher in allen Szenarien im Jahr 2050 zwischen 31% und 37% gegenüber dem Jahr 2010 liegt.

Der niedrige Detaillierungsgrad bei der Darlegung der Eingangsparameter wie auch der Ergebnisse gestattet darüber hinaus keine Detailanalyse der einzelnen Szenarien im Hinblick auf die zum Einsatz kommenden Effizienztechnologien. Folglich kann ausschließlich auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen zu den aggregierten Energienachfragen eine Aussage über das Maß an eingesetzter Energieeffizienz getroffen werden.

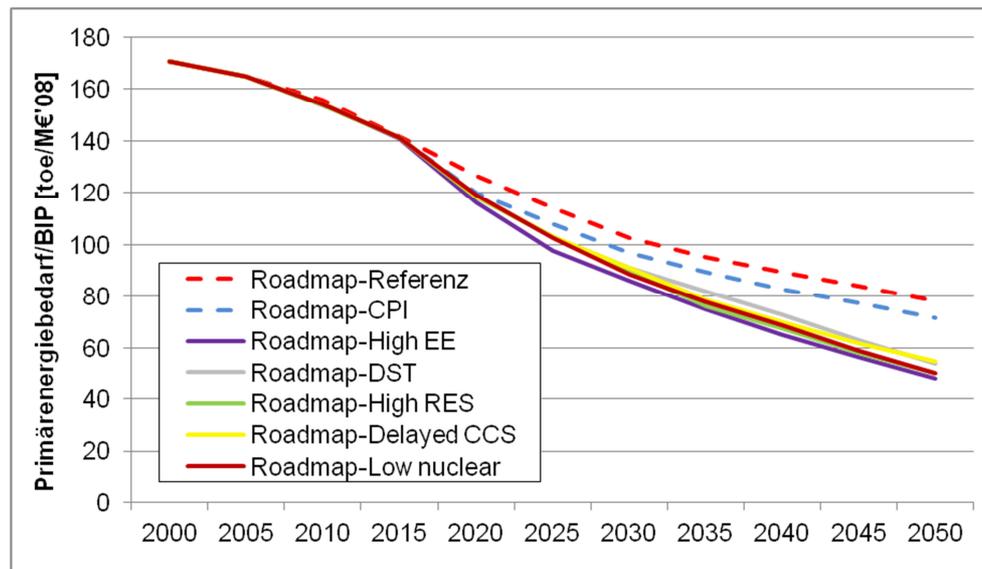
Unter den zugrundegelegten Annahmen ist in allen Szenarien eine Steigerung der Energieeffizienz erkennbar. Abbildung 2 zeigt, dass allein im Referenzszenario bis zum Jahr 2050 die Energieintensität<sup>9</sup> um 50% gegenüber dem Jahr 2010 zurückgeht. Das CPI-Szenario weist unter Berücksichtigung der zusätzlichen energiepolitischen Maßnahmen einen Rückgang von 53% auf. In den Dekarbonisierungsszenarien liegt die Energieintensität um 64% bis 79% unter dem Wert des Vergleichsjahres. Dennoch lässt sich anhand dieses Indikators keine eindeutige Aussage darüber treffen, wie ambitioniert die in den unterschiedlichen Szenarien unterstellten Effizienzmaßnahmen wirklich sind. Dieser Frage soll im Folgenden nachgegangen werden.

---

<sup>8</sup> Der Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Minderung der Primärenergienachfrage ist insbesondere auf die Bilanzierungsmethodik zurückzuführen, welche erneuerbaren Energieträgern (abgesehen von biogenen Energieträgern) eine Umwandlungseffizienz von 100% unterstellt.

<sup>9</sup> Quotient aus Primärenergienachfrage und Bruttoinlandsprodukt

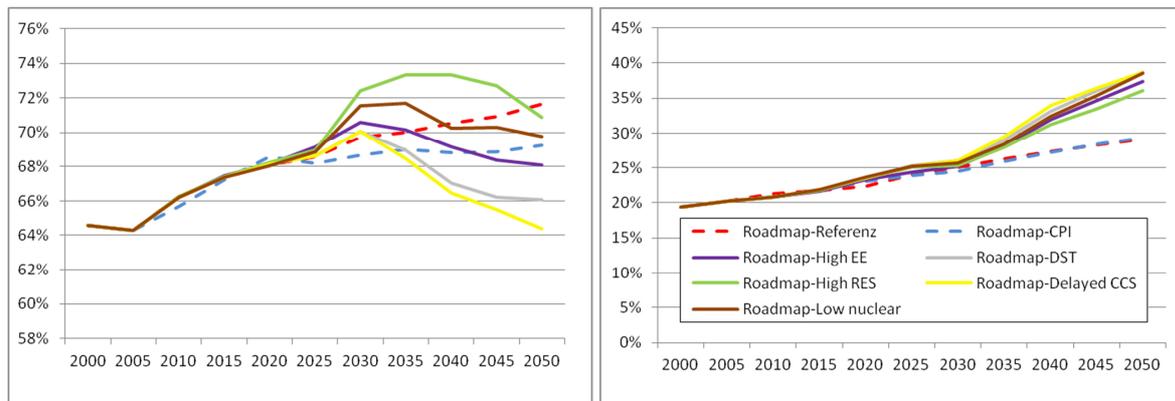
Abbildung 2: Entwicklung der Energieintensität; Quelle: basierend auf [Europäische Kommission, 2011b]



Der Rückgang der Primärenergienachfrage lässt sich durch den Einsatz von zweierlei Arten von Energieeffizienzmaßnahmen begründen. Betrachtet man die Energieumwandlungskette von der Primär- bis zur Nutzenergie, so treten einerseits Verluste in den Umwandlungsprozessen von Primär- zur Endenergie auf (z.B. in Raffinerien und Kraftwerken) und zum anderen beim Einsatz der Endenergie zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen (z.B. bei Heizungen, Kühlschränken, Beleuchtung). Eine entkoppelte Betrachtung der beiden Umwandlungskettenabschnitte gestattet eine genauere Plausibilisierung der zu beobachtenden Effizienzsteigerung.

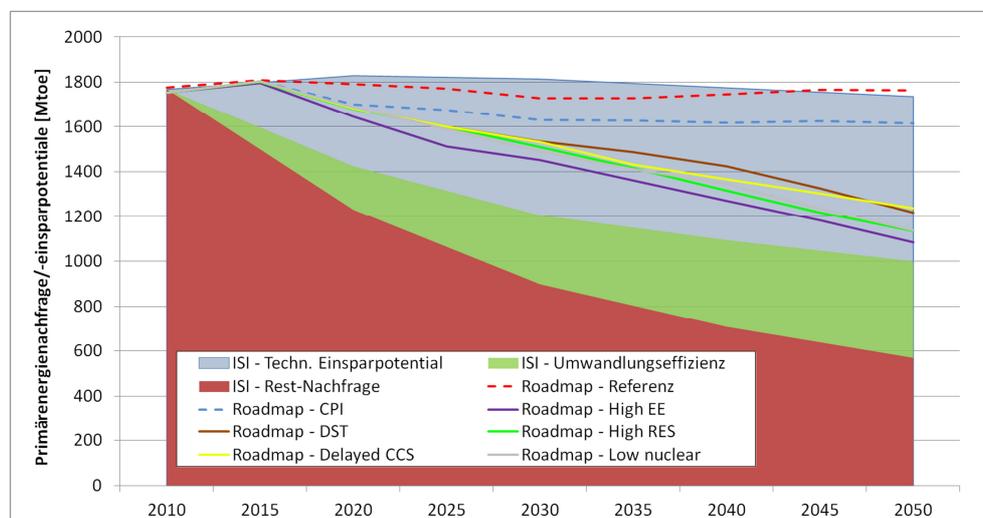
Die linke Grafik der Abbildung 3 zeigt die mittlere Effizienz der Umwandlung von Primär- in Endenergie. Es wird deutlich, dass alle Dekarbonisierungsszenarien zunächst einen deutlichen Anstieg aufweisen. Dieser ist auf den Ausbau der Erneuerbaren Energieträger sowie eine gesteigerte Effizienz von Energieumwandlungstechnologien zurückzuführen. Dieser Effekt kehrt sich je nach Szenario spätestens ab 2030 um in einen gegenläufigen Trend, welcher sich durch einen zunehmenden Grad an Elektrifizierung (vgl. rechte Hälfte von Abbildung 3), Effizienzverluste wegen des vermehrten Einsatzes von CCS- und Kernkraftwerken sowie niedrigere Volllaststunden konventioneller Kraftwerke und Umwandlungsverluste in Speichern erklären lässt.

Abbildung 3: Mittlere Wirkungsgrad der Umwandlung von Primär- in Endenergie (links); Anteil der Elektrizität an der Gesamtendenergie nachfrage (rechts); Quelle: basierend auf [Europäische Kommission, 2011b]



Die im Rahmen der Potentialstudie ermittelten Primärenergieeinsparpotentiale nehmen eine explizite Unterscheidung nach Energieeinsparungen durch vermiedene Verluste bei der Umwandlung von Primär- zu Endenergie gegenüber dem effizienteren Einsatz von Endenergie vor (vgl. Abbildung 4). Es wird deutlich, dass die im Rahmen der Roadmap untersuchten Szenarien einen Rückgang der Primärenergienachfrage erreichen, der selbst unter konservativen Abschätzungen<sup>10</sup> bereits durch den alleinigen Einsatz effizienter Endenergieanwendungen realisierbar wäre.

Abbildung 4: Primärenergienachfrageentwicklungen im Vergleich zu den errechneten Energieeinsparpotentialen; Quelle: eigene Darstellung



Aus einem Vergleich der Primärenergieeinsparungen in den Dekarbonisierungsszenarien geht hervor, dass das High EE-Szenario und das High RES-Szenario den stärksten Rückgang erreichen. Dieser ist im High EE-Szenario vorrangig auf den gesteigerten Einsatz

<sup>10</sup> Konservativ meint in diesem Fall, dass der in der Potentialstudie unterstellte Erneuerbaren-Anteil an der Stromerzeugung von 94% zu einer Stromerzeugungseffizienz von 80% führt, welche im Hinblick auf die Einsparung von Primärenergie durch endenergiebezogene Anwendungen eine dämpfende Wirkung ausübt. Folglich läge das Potential unter Berücksichtigung der in den Roadmap-Szenarien hinterlegten niedrigeren Umwandlungseffizienzen noch über dem in der Potentialstudie ausgewiesenen Potential.

von endenergiebezogenen Effizienzmaßnahmen zurückzuführen. Im RES-Szenario überwiegt der Effekt des höheren Anteils an erneuerbaren Energieträgern an der Endenergiebereitstellung. Folglich resultiert die Primärenergieeinsparung aus der Bilanzierung der erneuerbaren Energieträger, welchen (abgesehen vom Einsatz biogener Energieträger) ein Umwandlungswirkungsgrad von 100% unterstellt wird. Daraus lässt sich ableiten, dass es zweckmäßig wäre, die beiden beobachteten Einspareffekte in einem zusätzlichen Szenario zu koppeln, welches sowohl auf einen massiven Ausbau der erneuerbaren Energieträger als auch einen ambitionierten Einsatz von Effizienzmaßnahmen zurückgreift<sup>11</sup> (siehe auch [Harmsen et al., 2011]).

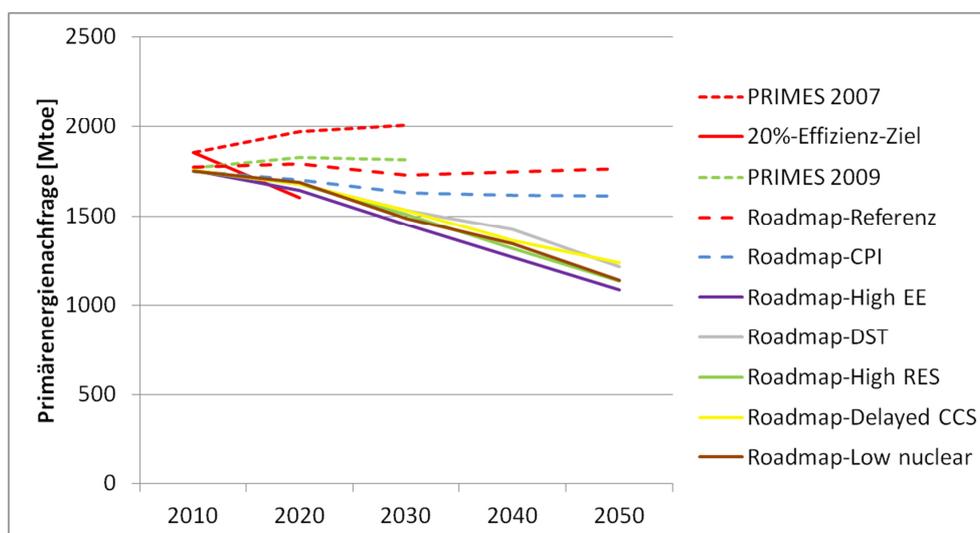
Abbildung 5 illustriert die Entwicklung der Primärenergienachfrage der Roadmap-Szenarien (gestrichelte Linien zeigen die Vergleichsszenarien und durchgängige Linien die Dekarbonisierungsszenarien) und stellt diese den zuletzt veröffentlichten Projektionen der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2010 (PRIMES 2009, vgl. [Europäische Kommission, 2010b]) und 2008 (PRIMES 2007, vgl. [Europäische Kommission, 2008b]) gegenüber. Darüber hinaus enthält die Abbildung die Zielvorgabe des 20%-Effizienzziels der Europäischen Union [Europäische Kommission 2010a], welche eine um 20% niedrigere Primärenergienachfrage<sup>12</sup> für das Jahr 2020 gegenüber der Referenzentwicklung aus dem Jahr 2008 vorsieht (vgl. rote durchgängige Linie). Dieser Zielwert von 1602 Mtoe im Jahr 2020 wird von keinem der Dekarbonisierungsszenarien erreicht. Selbst das ambitionierte EE-Szenario erzielt nur eine Reduktion um ca. 18% gegenüber dem Referenzwert und verfehlt damit die Zielvorgabe.

---

<sup>11</sup> Das RES-Szenario weist trotz vergleichsweise niedriger Stromnachfrage (nur im EE-Szenario wird diese noch unterboten) die mit Abstand höchste Stromerzeugungsmenge in 2050 auf. Dieses Phänomen wird mit Umwandlungsverlusten in Pumpspeicherkraftwerken und Wasserstoffspeichern sowie der Restriktion, dass keine Abschaltung von erneuerbaren Anlagen zugelassen ist, erklärt. Ein zusätzliches Szenario würde die Gelegenheit bieten, die besagte Restriktion fallen zu lassen und die Speicherung von Strom mittels eines verstärkten Infrastrukturausbaus zu reduzieren.

<sup>12</sup> Die 20%ige Reduktion der Primärenergienachfrage bezieht sich ausschließlich auf den energetischen Teil der Nachfrage, während der nicht-energetische Anteil als konstant angenommen wird (siehe auch [Harmsen et al., 2011]). Folglich entsprechen die 20% Nachfragerückgang einer absoluten Reduktion von 368 Mtoe im Vergleich zu den für das Jahr 2020 prognostizierten 1971 Mtoe im Referenzszenario [Europäische Kommission, 2008b].

Abbildung 5: Primärenergienachfrage 2010-2050; Quelle: eigene Darstellung



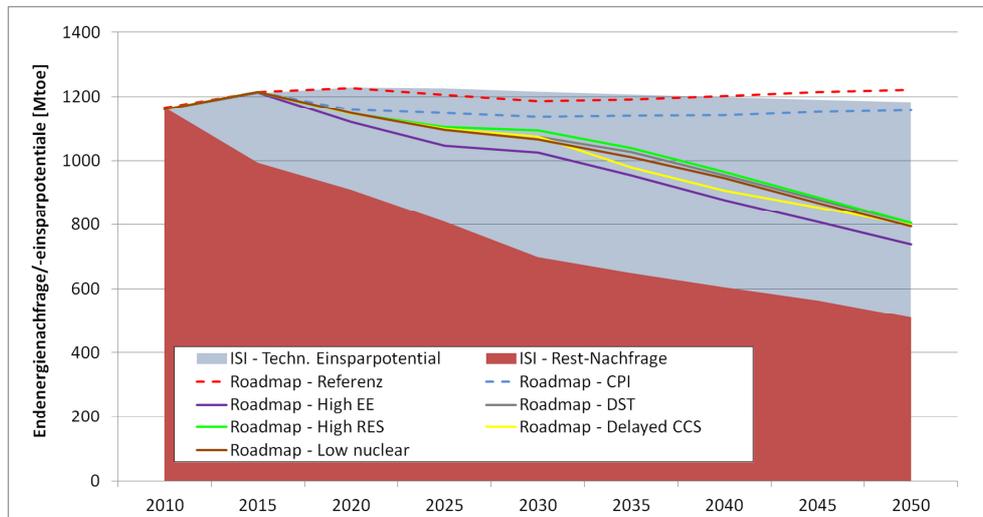
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 6 zeigt die Endenergienachfrageentwicklung der Roadmap-Szenarien und stellt diese dem in der Potentialstudie ermittelten Energieeinsparpotential gegenüber (der blaue Bereich repräsentiert das Einsparpotential, der rote Bereich die verbleibende Nachfrage). Zunächst muss festgehalten werden, dass die Referenzentwicklungen der Roadmap und der Potentialstudie annähernd deckungsgleich<sup>13</sup> sind (maximale Abweichung 3%). Folglich ist ein Vergleich der Roadmap-Szenarien mit den Einsparpotentialen zulässig. Es ist deutlich erkennbar, dass die ermittelten Energieeinsparpotentiale in den Dekarbonisierungsszenarien nicht vollständig ausgeschöpft werden. Im High EE-Szenario werden ca. 72% des errechneten technischen Energieeffizienz-Potentials umgesetzt, in den restlichen Szenarien nur ca. 63%. Verglichen mit den wirtschaftlichen Einsparpotentialen ergibt sich eine Potentialausschöpfung von 78% bzw. 68%. Diese Erkenntnis lässt den Schluss zu, dass zusätzliche Effizienzmaßnahmen realisierbar wären. Eine mögliche Erklärung für den limitierten Einsatz von Effizienzmaßnahmen im Rahmen der Modellierung durch die Roadmap sind einerseits die verhältnismäßig hohen unterstellten Zinsraten für Industrie/GHD und private Individuen von 12% bzw. 17,5% (vgl. [Fraunhofer ISI, 2009a]). Diese Zinssätze sollen nicht-ökonomische Hürden (z.B. Risikoaversion) abbilden, gleichzeitig führen sie aber zu theoretischen Kosten für Effizienztechnologien, die einen Einsatz trotz ausgewiesener Kosteneffizienz unwirtschaftlich machen. Eine zweite denkbare Ursache sind die stagnierenden bzw. sogar rückläufigen Energieimportpreise<sup>14</sup>. Diese optimistische Annahme führt zu dem Ergebnis, dass sich Effizienzmaßnahmen mit höheren Investitionskosten auf Grund der geringeren vermiedenen Brennstoffkosten nicht rentieren.

<sup>13</sup> Die bestehenden Abweichungen sind darauf zurückzuführen, dass die Potentialstudie auf den makroökonomischen Daten aus [Europäische Kommission, 2010b] aufbaut, während die Roadmap eine Aktualisierung dieser Daten vorgenommen und die Effekte der Wirtschaftskrise neu bewertet hat.

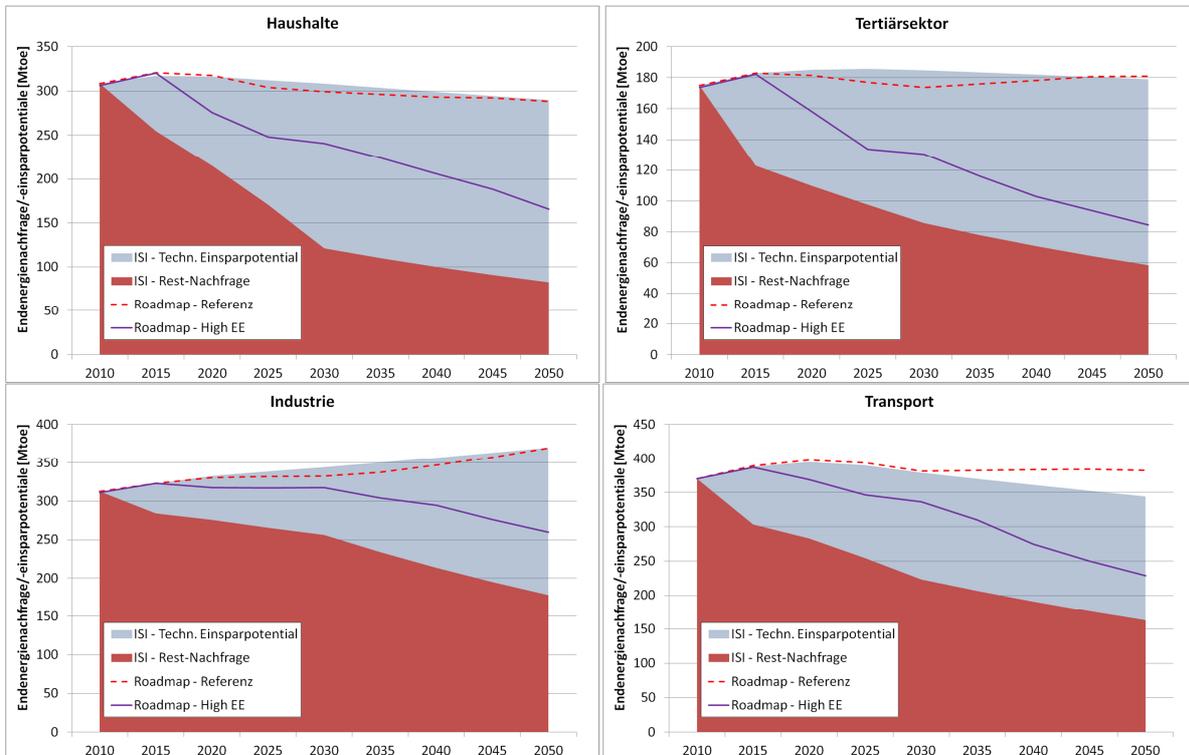
<sup>14</sup> Die Roadmap-Dekarbonisierungsszenarien basieren auf der Annahme, dass ein globales Klimaschutzabkommen zustande kommt, welches zu einem Rückgang der Nachfrage nach fossilen Energieträgern und folglich auch der Energieimportpreise führt (z.B. Rückgang des Ölpreises von 85 \$/08/bbl in 2010 auf 70 \$/08/bbl in 2050).

Abbildung 6: Gesamtendenergienachfrage im Vergleich zum Energieeinsparpotential; Quelle: eigene Darstellung



Betrachtet man die Endenergienachfrageentwicklungen auf sektoraler Ebene (vgl. Abbildung 7), so lässt sich feststellen, dass im ambitioniertesten Szenario (EE-Szenario) im Tertiär- sowie im Transportsektor in 2050 über 80% des ermittelten Einsparpotentials ausgeschöpft werden. In der Industrie und bei den Haushalten bleiben hingegen mehr als 40% der ermittelten Potentiale unberührt, was die zuvor geäußerte These zu den möglichen Gründen zusätzlich untermauert.

Abbildung 7: Sektorale Endenergienachfrageprojektionen im Vergleich zu den Einsparpotentialen; Quelle: eigene Darstellung



## 6 Zusammenfassung und Fazit

Der vorliegende Beitrag hat neben einer Zusammenfassung der Annahmen und Ergebnisse der EU Energy Roadmap 2050 die vorläufigen Resultate einer gegenwärtig noch andauernden Studie zu Energieeinsparpotentialen in der EU-27 bis zum Jahr 2050 aufgezeigt. Darauf aufbauend wurde eine Auswertung der Roadmap-Szenarien hinsichtlich ihrer Ambitioniertheit zur Energienachfrageminderung vorgenommen. Die wesentlichen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Ein geringer Detaillierungsgrad und mangelnde Transparenz hinsichtlich der Annahmen und Ergebnisse auf der Energienachfrageseite verhindern eine tiefgreifende Analyse und belegen gleichzeitig die Präferenz angebotsseitiger Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen (CCS, Kernenergie, erneuerbare Energieträger).
- Die in der Roadmap unterstellten Effizienzmaßnahmen schöpfen die verfügbaren technischen Einsparpotentiale nicht aus. Die Primärenergienachfrage im Jahr 2050 liegt im ambitioniertesten Szenario 38% unter jener des Referenzszenarios. Dieser Wert könnte allein mittels endenergieseitiger Effizienzmaßnahmen realisiert werden. Berücksichtigt man eine Umsetzung aller technisch umsetzbaren Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, sowohl bei der Strom- und Wärmebereitstellungen als auch bei der Umwandlung von End- in Nutzenergie, wäre ein Rückgang der Primärenergienachfrage um 67% realisierbar.
- Hinsichtlich der Endenergienachfrage in 2050 wird das gesamte im Rahmen der Potentialstudie identifizierte Einsparpotential von 57% nur zu zwei Dritteln ausgeschöpft. Die größten Umsetzungsdefizite weisen der Haushaltssektor (-43% statt -72%) und die Industrie auf (-30% vs. -52%), wohingegen die Potentiale im Tertiär- und Transportsektor (-67% bzw. -47%) zu mehr als 80% ausgeschöpft werden.
- Das von der EU formulierte 20%-Energieeinsparziel bis zum Jahr 2020 wird in allen Szenarien der Roadmap klar verfehlt. Selbst das ambitionierteste Szenario erreicht lediglich eine Minderung um 18%.
- Die gesteigerte Umwandlungseffizienz durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und hocheffizienten Kraftwerken wird durch die (je nach Szenario unterschiedlich stark ausgeprägte) fortschreitende Diffusion von Kern- und CCS-Kraftwerken, den häufigeren Betrieb konventioneller Kraftwerke im nicht-optimalen Teillastbetrieb sowie einer zunehmenden Elektrifizierung reduziert oder gar kompensiert.
- Daraus resultierend ergibt sich die Schlussfolgerung, dass ein zusätzliches Szenario, welches einen maximalen Einsatz von endenergiebezogenen Effizienzmaßnahmen (analog zum EE-Szenario) kombiniert mit einem massiven Ausbau der erneuerbaren Energieträger (analog zum RES-Szenario) die Szenarienauswahl der Roadmap komplettieren sollte.

Es sollte festgehalten werden, dass die vorgenommene Analyse nur innerhalb der Grenzen der Datenverfügbarkeit vorgenommen werden konnte. Sollten weitere Informationen auf nationaler Ebene oder zum konkreten Einsatz von Effizienztechnologien verfügbar werden, ließe sich der Detaillierungsgrad der vorgenommenen Analyse ebenfalls steigern.

## Literatur

[DLR, 2006]. TRANS-CSP. *Trans-Mediterranean interconnection for Concentrating Solar Power*. Verfügbar unter: [http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422\\_read-6588/](http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-6588/).

[Europäische Kommission, 2008a]. *The EU climate and energy package*. Verfügbar unter [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm)

[Europäische Kommission, 2008b]. *EU energy trends to 2030*. Brüssel.

[Europäische Kommission, 2010a]. *Energy 2020 - A strategy for competitive, sustainable and secure energy*. COM(2010) 639 final. Brüssel.

[Europäische Kommission, 2010b]. *EU energy trends to 2030 - Update 2009*. Brüssel.

[Europäische Kommission, 2010c]. *Energy 2020 - A strategy for competitive, sustainable and secure energy*. COM(2010) 639 final. Brüssel.

[Europäische Kommission, 2011a]. *Energy Roadmap 2050*. COM(2011) 885/2. Brüssel.

[Europäische Kommission, 2011b]. *Impact Assessment of the Energy Roadmap 2050*. SEC(2011)1565/2. Brüssel.

[Fraunhofer ISI, 2009a]. *Study on the Energy Saving Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries*. Karlsruhe.

[Fraunhofer ISI, 2009b]. *ADAM report, M1, D2: Report of the Reference and 2°C Scenario for Europe*. Karlsruhe.

[Harmsen et al., 2011]. Harmsen, R., Wesselink, B., Eichhammer, W. *The unrecognized contribution of renewable energy to Europe's energy savings target*. Energy Policy, 39, 3425-3433.

[NTUA, 2011], *PRIMES Model*, E3Mlab of ICSS/NTUA, National Technical University of Athens, Athen

[UNFCCC, 2011]. *GHG Data – Global Map - Annex 1*. Verfügbar unter <http://maps.unfccc.int/di/map/>. Zuletzt aufgerufen am 02.12.2011.