

## Zusammenfassung

### Bestimmung der Potenziale und Ausarbeitung von Strategien zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien in Luxemburg

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fh-ISI)

Energy Economics Group, TU Wien (EEG)

BSR-Sustainability

**Autoren:**

Mario Ragwitz

Peter Biermayr

Gustav Resch

Clemens Cremer

Lukas Kranzl

Felipe Toro

Anselm Brakhage



Karlsruhe, 26. März 2007

**Ansprechpartner:**

Dr. rer. nat. Mario Ragwitz  
Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe, Tel. +49 721 / 6809-157, Fax -272  
e-mail: [Mario.Ragwitz@isi.fhg.de](mailto:Mario.Ragwitz@isi.fhg.de)

Dr. sc. techn. Clemens Cremer  
Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe, Tel. +49 721 / 6809-256, Fax -272  
e-mail: [Clemens.Cremer@isi.fhg.de](mailto:Clemens.Cremer@isi.fhg.de)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Politikkontext und Ziele der Studie.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Überblick über die Methoden .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Status Quo &amp; historische Entwicklung .....</b>	<b>7</b>
<b>4 Überblick über derzeitige Politiken.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Potenziale .....</b>	<b>11</b>
<b>6 Ausbauszenarien .....</b>	<b>17</b>
6.1    Rahmenannahmen .....	17
6.1.1    Energiebedarf .....	17
6.1.2    Referenzenergiepreise .....	17
6.2    Szenariendefinition.....	19
6.3    Ergebnisse .....	20
6.3.1    Szenarienvergleich .....	20
6.3.2    Technologievergleich .....	28
<b>7 Strategien zur Umsetzung der Ausbauziele und Politikempfehlungen.....</b>	<b>31</b>

[freie Rückseite]

# 1 Politikkontext und Ziele der Studie

Die Nutzung erneuerbarer, lokal und regional verfügbarer Energiequellen fördert die Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung. Emissionen von Schadstoffen und Kohlendioxid können eingespart werden. Die Entwicklung und Nutzung von erneuerbaren Energien stärkt die lokale und regionale Wirtschaft und trägt positiv zu sozialen Netzwerken bei. Die Niederlassung von Betrieben, die im Bereich der erneuerbaren Energien tätig sind, kann einen bedeutenden Beitrag zur Diversifizierung der luxemburgischen Wirtschaft leisten. Die Sicherheit der Energieversorgung wird erhöht.

Derzeit müssen ca. 99% der in Luxemburg benötigten Energie importiert werden. Erneuerbare Energiequellen stellen – neben der Verbesserung der Energieeffizienz - die einzige heimische Energieressource dar. Es ist folglich nur durch einen Ausbau dieser Energiequellen möglich den extrem hohen Abhängigkeitsgrad Luxemburgs von Energieimporten zu mindern.

Die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien ist auch im weiteren Zusammenhang mit Strategien, Gesetzen und Richtlinien zu sehen, die auf nationaler und europäischer Ebene verabschiedet wurden und die den Umweltschutz oder die Ressourcensicherheit zum Gegenstand haben. Die wichtigsten darunter sind:

- das Kyoto Protokoll und das Burden Sharing Agreement der EU und die daraus abgeleiteten Minderungsverpflichtungen für Treibhausgasemissionen,
- die Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit dem Ziel von 5,7% Strom aus erneuerbaren Energiequellen in 2010 gemessen am Bruttostromverbrauch,
- der CO<sub>2</sub>-Minderungsplan "Changement climatique: Agir pour un défi majeur"
- der Biomasseaktionsplan der europäischen Kommission
- die Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung von Biokraftstoffen im Verkehrssektor,
- das Weißbuch KOM(97)599 zu erneuerbaren Energien,
- die Roadmap der Europäischen Kommission (KOM(2006) 848) zu erneuerbaren Energien
- das Gesetz zur rationellen Energienutzung von 1993.

Ziel der Studie war es Strategien und Handlungsempfehlungen zu entwickeln, die dazu beitragen können, dass die erneuerbaren Energieressourcen in Luxemburg künftig noch effektiver und effizienter ausgenutzt werden. Hierzu wurde zunächst die aktuelle Situation hinsichtlich der bereits bestehenden Nutzung von erneuerbaren Energien und hinsichtlich der bestehenden Förderpolitiken analysiert. Darüber hinaus wurden die Potenziale der erneuerbaren Energien in Luxemburg abgeschätzt. Auf dieser Grundlage wurden angemessene Ziele für die zukünftige Nutzung der identifizierten Potenziale entwickelt sowie Ausbauszenarien zur Erreichung dieser Ziele erstellt. Diese Arbeiten münden in einen Vorschlag für eine Strategie zur Umsetzung für die Zeithorizonte 2010 und 2020.

Auftraggeber für diese Studie sind das Ministerium für Umwelt<sup>1</sup> und das Ministerium für Wirtschaft und Außenhandel<sup>2</sup> Luxemburgs, als nationaler Koordinator agiert die luxemburgische Energieagentur (Agence de l'Energie).

---

<sup>1</sup> Ministère de l'Environnement

<sup>2</sup> Ministère de l'Économie et du Commerce extérieur

## 2 Überblick über die Methoden

Das Kernelement der vorliegenden Studie ist die Bestimmung dynamischer Potentiale für erneuerbare Energieträger in den Sektoren Elektrizität, Wärme und Biotreibstoffe. Es wurden sowohl das theoretische und technische Potential als auch das realisierbare Potential für die Jahre 2010 und 2020 bestimmt. Das *theoretische Potential* beschreibt das in einer Region innerhalb eines bestimmten Zeitraumes theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot unter der Berücksichtigung einzelner wesentlicher struktureller Restriktionen wie der geographischen Flächenstrukturen. Das *technische Potential* beschreibt jenen Anteil des theoretischen Potentials, der unter Berücksichtigung gegebener technischer und ökologischer Randbedingungen nutzbar ist. Zusätzlich werden dabei detaillierte strukturelle Restriktionen berücksichtigt. Unter dem *realisierbaren Potential* erneuerbarer Energie wird der Anteil des technischen Potentials verstanden, der unter Berücksichtigung von weiteren Hemmnissen und fördernden Faktoren genutzt werden kann. Diese Faktoren sind struktureller (tatsächliche Eignung von Flächen), legaler (Gesetze, Verordnungen), soziologischer (Technologiediffusion) und psychologischer (wahrgenommene Vorteile bzw. Nachteile) Natur. Abbildung 1 illustriert die Bestimmung des Potentials grafisch.

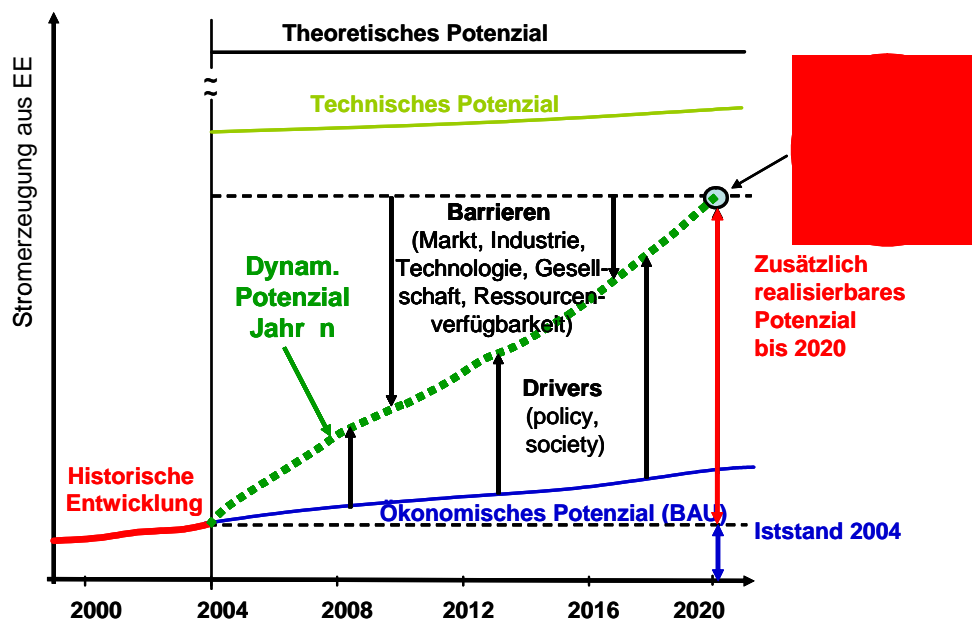


Abbildung 1: Illustration der verschiedenen Potenzialdefinitionen

Basierend der klaren Differenzierung zwischen nicht-ökonomischen und ökonomischen Restriktionen finden erste im Rahmen der Potenzialdefinition Berücksichtigung während letztere auf der Basis techno-ökonomischer Modelle behandelt werden. Genauer: Ökonomische Schranken, die die Erzeugungskosten und nicht das verfügbare Potential beeinflussen, werden durch die Wahl der Förderinstrumente und deren Ausgestaltung mitbestimmt und somit auf der Grundlage der Modelle *Green-X* und *Invert* detailliert untersucht.

Die Anwendung von *Green-X* erlaubt einerseits eine umfangreiche vergleichende Analyse der Interaktionen zwischen den einzelnen Fördersystemen für erneuerbare Energien und andererseits eine Bewertung der Interaktionen zwischen unterschiedlichen energiepolitisch relevanten Strategien wie Förderung Erneuerbarer Energien in den Sektoren Strom, Wärme und

Biotreibstoffe, Kraft-Wärme-Kopplung und nachfrageseitigen Maßnahmen im Stromsektor (DSM).

Dynamische Kostenpotenzialkurven für alle Erzeugungstechnologien, welche im Rahmen des Projektes für Luxemburg im Detail generiert wurden, bilden den Kern des Modells **Green-X**. Um realistische Szenarien simulieren zu können, lässt sich im Model **Green-X** ein Portfolio unterschiedlicher Fördersysteme (z.B. Einspeisetarife, Quotensysteme, Ausschreibungsverfahren, Investitionsförderungen, etc.) und deren Ausgestaltungsvarianten (z.B. gestufter Einspeisetarif, nationale, internationale Zertifikatssystem) auswählen.

Mit Hilfe des Modells lassen sich u.a. folgende Ergebnisse ermitteln:

- Strom-, Wärme und Biotreibstoffherzeugung aus erneuerbaren Energieträgern auf Technologieebene
- Anteil EE am Gesamtverbrauch
- Durchschnittliche Erzeugungskosten EE auf Technologieebene
- Einfluss der Förderstrategie auf die Erzeugungskosten auf Technologieebene
- Transferkosten der gewählten Förderstrategie für die Konsumenten auf Technologieebene

Ein weiterer methodischer Schwerpunkt der Arbeiten basiert auf der Anwendung des Simulations-Tools **Invert** auf den Luxemburger Raumwärmemarkt im Bereich der Wohnbauten. Mit Hilfe des Tools **Invert** lassen sich die Auswirkungen verschiedener Förderinstrumente in den Bereichen Raumwärme, Warmwasser, Kühlen, Biotreibstoffe und erneuerbare Stromerzeugung abbilden und Szenarien zur Entwicklung des Raumwärmemarktes entwickeln. Im Rahmen dieses Projekts wird vor allem auch die Kopplung zwischen steigenden Wärmeschutzstandards und Erneuerbaren im Gebäudebereich abgebildet.

Der Gebäudebestand ist im Modell **Invert** nach Gebäudekategorien (also z.B. Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Nichtwohngebäude) und Bauperioden beschrieben. Jede dieser Gebäudeklassen ist durch bestimmte Eigenschaften (z.B. U-Werte, Baujahr, etc.) charakterisiert. Die Simulation der Energieeffizienz-Maßnahmen sowie der eingesetzten Energieträger im Heizungsbereich erfolgt über die dynamische Überprüfung der ökonomischen Effizienz bestimmte Wärmeschutzmaßnahme und Angebotstechnologien. Unter zusätzlicher Berücksichtigung nicht-monetärer fördernder oder hemmender Faktoren ergibt sich für jeden Gebäudetyp, ob entsprechende Wärmeschutzmaßnahmen und Heizungserneuerungen durchgeführt werden. Dabei wird angenommen, dass jährlich maximal ein bestimmter Anteil der Gebäude saniert werden kann. Energiepreise sowie Förderungen für Wärmeschutzmaßnahmen sind dabei entscheidende Einflussgrößen in Bezug auf die ökonomische Effizienz und damit die Simulationsergebnisse.

### 3 Status Quo & historische Entwicklung

#### Erneuerbare Stromproduktion

Deutliche Zuwächse konnten innerhalb der vergangenen Jahre im Bereich der erneuerbaren Stromproduktion verzeichnet werden - in absoluten Zahlen hat sich der Beitrag verdoppelt. Wie in Tabelle 1 dargestellt, haben insbesondere Windenergie und Biogas zu diesem Wachstum beigetragen. Für Luxemburg spezifisch ist die Tatsache, dass auch die Photovoltaik maßgeblich zu dem Zubau erneuerbarer Stromproduktion beigetragen hat. Der Strom aus Biogas basiert zu über 80% auf landwirtschaftlichem Biogas, der verbleibende Anteil entfällt auf Klärgas. Das landwirtschaftliche Biogas wird zu etwa je einem Drittel auf der Basis von Gülle, Energiepflanzen und Grünschnitt erzeugt. Im Bereich der Bioabfälle gab es keine nennenswerte Entwicklung während der vergangenen acht Jahre - die Verstromung basiert auf einer Anlage in Luxemburg-Stadt, welche derzeit für die reine Stromproduktion ausgelegt ist. Der Zuwachs der Kleinwasserkraft beruht zum Großteil auf statistischen Fluktuationen der Niederschläge, es gab in den vergangenen Jahren lediglich etwa 30 Modernisierungen und Reaktivierungen von Kleinwasserkraftanlagen. Die Kumulierbarkeit von Investitionszuschüssen und mit der Vergütung aus dem Einspeisetarif für PV-Anlagen hat in den Jahren 2002 bis 2004 einen großen Boom dieser Branche ausgelöst. Der starke Zuwachs an installierter Leistung von PV-Anlagen hat dazu geführt, dass in Luxemburg heute die weltweit höchste spezifische installierte Leistung an PV-Anlagen hat, sowohl in Bezug auf die Bevölkerung als auch in Bezug auf die Landesfläche. Bis Dezember 2005 waren insgesamt 36 Windkraftanlagen mit einer Gesamtkapazität von 35,3 MW ans Netz angeschlossen. Insgesamt kann der Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion in Luxemburg bis zum Jahr 2005 als erfolgreich betrachtet werden, auch im Hinblick auf den Fortschritt zur Erreichung des Zieles der EU Direktive EC/2001/77, in welcher sich Luxemburg verpflichtet 5.7 % seines Strombedarfs aus erneuerbaren Quellen zu decken.

Tabelle 1: Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien 1997 und 2005 in GWh

Technologie	1997 [GWh]	2005 [GWh]	Durchschnittliches Wachstum [%/a]
Biogas	0	27	
Feste Biomasse	0	0	
Bioabfall	17	18	0,6
kleine Wasserkraft	82	102	2,2
Photovoltaik	0	19	
Wind on-shore	3	53	33,3
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>219</b>	<b>7,7</b>
Anteil am Gesamtverbrauch	2,0%	3,45%	

#### Erneuerbare Wärmeproduktion

Im Bereich der erneuerbaren Wärmeproduktion war die Gesamtentwicklung weniger dynamisch als im Stromsektor wie in Tabelle 2 dargestellt. Die stärksten Zuwächse konnten auf der Basis innovativer Biomassetechnologien wie Holzhackschnitzel und Pellets sowie solar-

thermischen Kollektoren erreicht werden. Der starke Anstieg bei Holzhackschnitzeln beruht wesentlich auf mittelgroßen Anlagen in kommunalen Einrichtungen. Im Bereich Pellets, Wärmepumpen und Solarthermie überwiegen Anwendungen in Wohnhäusern. Das Wachstum im Bereich Solarthermie und Pellets war in den vergangenen Jahren nur moderat. Die ausgewiesene Wärme aus Alt- und Restholz beruht zum Grossteil auf einem Standort der Holzverarbeitenden Industrie.

Tabelle 2: Produktion von Wärme aus erneuerbaren Energien 2000 und 2005 in GWh

	2000 [GWh]	2005 [GWh]	durchschnittliches Wachstum pro Jahr [%]
Biogas	0	4,6	
Biomasse (dezentral) - Wärme aus Energieholz	47,3	64,5	6,4, %
hiervon Scheitholz	44	48,2	1,8%
Hackschnitzel	1,3	14,8	63%
Pellets	0	1,5	
industrielle Prozesswärme - Wärme aus Alt und Restholz	200	200	
Wärme aus Solarthermie	0,5	3	43%
Erdwärmepumpen	0	1	
Gesamt	247,8	273,1	2%
Anteil am Wärmeverbrauch	1,75%	1,88%	

### Biotreibstoffe

Der Biotreibstoffsektor in Luxemburg existiert nur in Ansätzen. Der in Luxemburg auf einer Fläche von etwa 1300 ha zur Biotreibstoffproduktion angebaute Raps wird nach Frankreich transportiert, dort in Biodiesel transformiert und nach dem Reimport nach Luxemburg größtenteils zum Betreiben der Busse in Luxemburg Stadt eingesetzt. Anlagen zur Umwandlung von Energiepflanzen in Biotreibstoff bestehen in Luxemburg derzeit nicht. Des Weiteren wurde in Luxemburg im Jahr 2005 eine Menge von etwa 3 GWh an Altspeiseölen und -fetten gesammelt.

Tabelle 3: Produktion von Biotreibstoffen 2004 und 2005 in GWh

	2004 [GWh]	2005 [GWh]
Biodiesel Verbrauch Luxemburg Stadt	6.8	6.6
Altspeiseöle und -fette	3	3
Anteil Gesamtverbrauch	0.029%	0.029%

## 4 Überblick über derzeitige Politiken

Bereits seit Mitte der neunziger Jahre wurden erneuerbare Energien durch eine Reihe von Einzelmaßnahmen gefördert. Bis heute wurde eine komplexe Förderlandschaft entwickelt, die aus einer vergleichsweise großen Anzahl an unterschiedlichen Einzelmaßnahmen besteht und sowohl nach Energieträgern als auch nach Zielgruppen deutlich differenziert ist. Für derzeit errichtete Anlagen bestehen folgende Fördermaßnahmen.

**PV-Anlagen** werden mit einer Einspeisevergütung in Höhe von 0,56 €/kWh - anwendbar nur für natürliche Personen - gefördert. Voraussetzung ist auch die Inanspruchnahme und Erfüllung der Bedingungen der Investitionsförderung in Höhe von 15% der Investitionssumme. Mit der Neufassung der Förderbedingungen wirksam ab dem Jahr 2005 gelang es die als überhitzt eingeschätzte Konjunktur bei der Errichtung von PV-Anlagen zu dämpfen. Kommunale Anlagen werden mit einem deutlich niedrigeren Fördersatz von 0,28 €/kWh und ebenfalls einem Investitionszuschuss von 15% gefördert, so dass sich hier letztlich eine Mischfinanzierung aus kommunalem Verlustabschreibungen und staatlicher Förderung ergeben könnte.

Die Förderung der Stromerzeugung aus **Biomasse** in Anlagen unter 500kW, verstanden sowohl als direkte Verstromung von Biomasse als auch von Klärgas und von Biogas, setzt sich aus drei Elementen zusammen, dem Einspeisetarif von 0,0776 €/kWh, der Zusatzvergütung aus der Einspeiseverordnung von 0,025 €/kWh und der Ökoprämie in Höhe von 0,025 €/kWh. Anlagen mit einer Kapazität von 501 kW bis 10 MW werden mit einem stark degressiven Grundeinspeisetarif zwischen 0,0776 €/kWh und rund 0,0541 €/kWh gefördert.

Die Nutzung der **Windenergie** und der **Wasserkraft** wird ebenfalls mit der Einspeisevergütung nach dem gleichen Tarif wie auch die Biomasseanlagen gefördert. Hinzu kommt auch hier die Ökoprämie in Höhe von 0,025 €/kWh, die allerdings Windenergie-Anlagen unterhalb einer Größe von 5 MW vorbehalten ist. Bei Wasserkraftanlagen liegt die Größenbeschränkung bei 3 MW. Die Größenbeschränkung bleibt angesichts der verfügbaren Technologien bei Windenergieanlagen mittelfristig bedeutungslos.

Die **Wärmeerzeugung** mittels erneuerbarer Energien wird insbesondere mit Investitionszuschüssen an natürliche Personen einerseits und an Kommunen, kommunale Verbände und öffentliche Einrichtungen sowie auch an Unternehmen andererseits gefördert.

**Solarthermische Anlagen** auf Wohngebäuden werden bezuschusst, wobei Anlagen auf Ein- und Zweifamilienhäusern mit 50% der Investitionssumme bis maximal €3 000 gefördert werden (€5 000 bei Anlagen mit Heizungsunterstützung). Bei Mehrfamilienhäusern liegt das Maximum bei €38 000.

Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis von **Biomasse** im Wohnraumbereich werden mit einem Zuschuss in Höhe von 30 % der Investitionssumme gefördert, wobei die Höchstsummen bei €4 000 je Einheit liegen (€2 500 für dezentrale Holzpelletöfen). Eine Ausnahme bilden Holzvergaserheizungen, die mit 25 % und maximal €2 500 bezuschusst werden.

Gemeinden und Gemeindeverbände können einen Zuschuss von 35 % der Investitionssumme

erhalten, wenn sie solarthermische Anlagen, Biomasseanlagen oder PV-Anlagen (Zuschuss dort 15 %) errichten. Unternehmen erhalten einen Zuschuss von bis zu 40 % für Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien. Diese Regelung umfasst auch die Erzeugung erneuerbarer Wärme.

Die Erzeugung von **Biokraftstoffen** wird seit dem Jahr 2006 durch eine Steuerbefreiung für die Beimischung von Biokraftstoffen und seit Januar 2007 durch eine Beimischungspflicht gefördert.

Eine Reihe von Punkten sind bei der Entwicklung der Förderpolitiken und bei Ihrem aktuellen Stand als möglicherweise kritisch anzusehen oder könnten zumindest Verbesserungspotenzial bieten:

- Die Anwendung einheitlicher Fördersätze für unterschiedliche erneuerbare Energien und Umwandlungstechnologien wie für Wind, Biomasetechnologien und Wasserkraft erlaubt es nicht vorhandene Potenziale wirtschaftlich effizient auszuschöpfen.
- Die Förderungsbedingungen vermissen z. T. Kontinuität; so wurde z.B. für PV innerhalb kurzer Zeiträume erst deutliche Anreize und dann stark erschwerte Bedingungen geschaffen.
- Der Verzicht darauf, eine Förderdauer festzulegen, schafft insbesondere bei privaten Investoren nicht das nötige Vertrauen für die Errichtung einer Anlage.
- Die obligatorische Kumulierung verschiedener Fördermaßnahmen vermindert die Transparenz der Förderpolitik. Darüber hinaus könnte sich dies auch nachteilig auf die Akzeptanz insgesamt auswirken.
- Die Anwendung einer starken Größendegression bevorzugt kleine Anlagen, was insbesondere bei der Windenergie nicht auf eine optimale Ausnutzung der wenigen verfügbaren Standorte hinwirkt.
- Die Beschränkung bestimmter Fördermaßnahmen auf natürliche Personen beschränkt die Kapitalverfügbarkeit auf Investorensseite und könnte zu einer ökonomisch nicht optimalen Ausschöpfung der Potenziale führen.

Positiv herauszustellen ist bei der Fördergesetzgebung insbesondere:

- Die grundsätzliche Zielsetzung alle relevanten erneuerbaren Energien zu fördern.
- Der Ansatz zielgruppenspezifischer Fördersätze und Förderbedingungen, der es ermöglicht den jeweiligen Anforderungen der Investorengruppen besser gerecht zu werden und gleichzeitig wirtschaftliche Effizienz zu wahren.
- Die in der Vergangenheit erfolgreiche Förderung erneuerbarer Energien wie PV, Wind und Biogas.

## 5 Potenziale

Die Kenntnis der Potenziale Erneuerbarer Energie in Luxemburg ist als Grundlage für energiepolitische Entscheidungen und für die Strategieentwicklung des Landes von großer Bedeutung. Der gegenständliche Abschnitt der vorliegenden Arbeit untersucht vor diesem Hintergrund unterschiedliche Kategorien von Potenzialen Erneuerbarer Energie in Luxemburg. Die über die jeweiligen Erscheinungsformen der Endenergie bzw. über die Bereitstellungstechnologien definierten 9 Potenzialgruppen sind hierbei:

- Feste biogene Energieträger
- Flüssige biogene Energieträger
- Gasförmige biogene Energieträger
- Geothermie
- Kleinwasserkraft
- Photovoltaik
- Solarthermie
- Wärmepumpen
- Windkraft

Für die einzelnen Potenzialgruppen, welche je nach Zusammensetzung der jeweiligen Potenziale weitere dokumentierte Untergruppen aufweisen können, werden 5 Potenzialtypen untersucht und dokumentiert:

- Status quo des Jahres 2005
- Realisierbares Potenzial im Jahr 2010
- Realisierbares Potenzial im Jahr 2020
- Technisches Potenzial
- Theoretisches Potenzial

Für die Berechnung aller Potenzialtypen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die grobe Gliederung der Landesfläche von Luxemburg (Waldflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen und sonstige Flächen) bleibt für alle Potenzialtypen unverändert.
- Die Nutzung der erneuerbaren Ressourcen geschieht nachhaltig, d.h. in den Potenzialzahlen wird das jeweilige „Kapital“, welches manchen Ressourcen zu Grunde liegt, nicht abgebildet (z.B. wird nur das nachwachsende Energieholz einkalkuliert, nicht jedoch der Waldbestand).
- Flächenkonkurrenzen der Potenzialgruppen untereinander werden für alle Potenzialtypen berücksichtigt (z.B. Anbau von Energiepflanzen zur Bereitstellung unterschiedlicher Endenergieträger; Gebäudeflächen für Photovoltaik und Solarthermie). Die Werte der Potenziale sind somit für jeden Potenzialtyp über die jeweils 9 Potenzialgruppen summierbar.

Der Status quo des Jahres 2005 repräsentiert das in diesem Jahr tatsächlich bereits umgesetzte Potenzial. Das realisierbare Potenzial im Jahr 2010 bzw. 2020 gibt jenes Potenzial an, welches unter realistischen technischen, strukturellen, legalen und energiepolitischen Rahmenbe-

dingungen bis zum Jahr 2010 bzw. 2020 umgesetzt werden kann. Das technische Potenzial ergibt sich unter Berücksichtigung von technischen und strukturellen Gesichtspunkten. Das theoretische Potenzial berücksichtigt schlussendlich ausschließlich grobe strukturelle Aspekte.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die Art der jeweiligen Endenergie ist in den Fußnoten spezifiziert. Prinzipiell kann zwischen 2 Potenzialgruppen unterschieden werden: a) die Endenergieträger werden in der Folge der Nutzungskette typischer Weise einem thermischen Prozess zugeführt (z.B. feste biogene Energieträger, gasförmige biogene Energieträger,...) – es erfolgt die Angabe des Heizwertes des jeweiligen Endenergieträgers; b) bei der bereitgestellten Endenergie handelt es sich aus prozesstechnischen Gründen immer um elektrischen Strom (z.B. Wasserkraft, Photovoltaik,...) – es erfolgt die Angabe des in das Netz eingespeisten elektrischen Stromes. Unter diesem Aspekt muss die Summenbildung über alle Potenzialgruppen zur Angabe eines Gesamtpotenzials kritisch betrachtet werden. Generell sollte betont werden, dass die angegebenen Potenziale keine Biomasseimporte enthalten. Unter der Annahme von Biomasseimporten wäre das Gesamtpotenzial deutlich höher.

Abbildung 2 veranschaulicht den Status quo des Ausbaus der Erneuerbaren Energie Potenziale in Luxemburg im Jahr 2005 sowie die realisierbaren Potenziale in den Jahren 2010 und 2020. Die realisierbaren Potenziale steigen hierbei von einem Ausgangswert von 651 GWh im Jahr 2005 um 74% auf 1134 GWh im Jahr 2010. Daraufhin ist eine weitere Steigerung um 164% (bezogen auf den Wert 2010) auf 2996 GWh im Jahr 2020 möglich. Der Potenzialschwerpunkt ist und bleibt dabei im Bereich der biogenen Energieträger, welche im Jahr 2005 in Summe 73% des Gesamtpotenzials stellen, im Jahr 2010 ebenfalls 73% und im Jahr 2020 72% ausmachen. Bei den Potenzialwerten, die als Bandbreiten vorliegen (Solarthermie und Photovoltaik) wurde dabei jeweils der ambitioniertere Wert herangezogen.

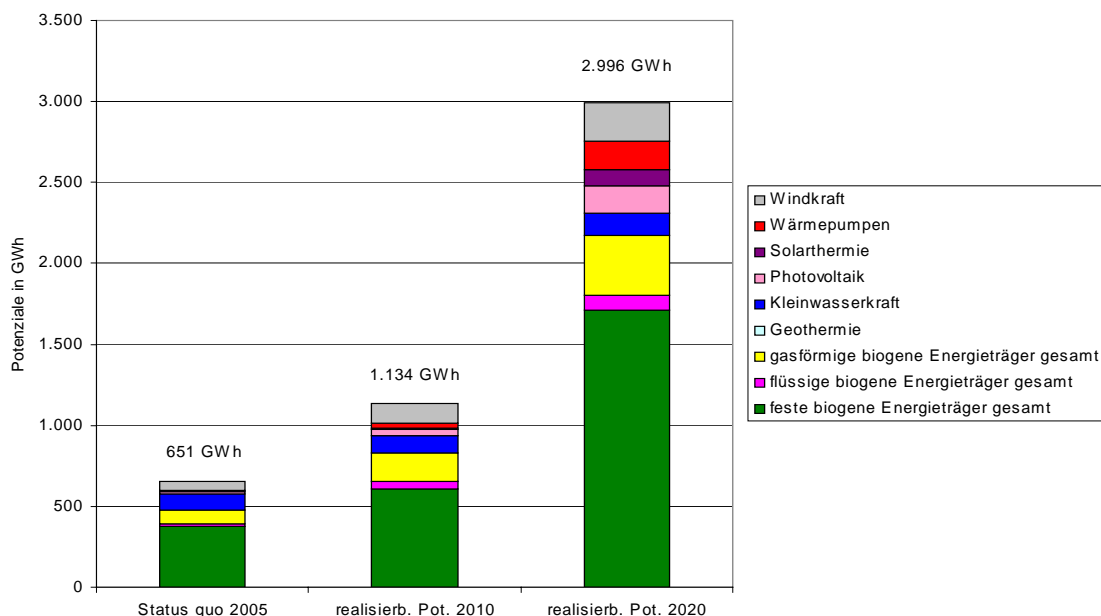


Abbildung 2: Status quo Erneuerbare Energie und realisierbare Potenziale 2010/2020 in Luxemburg; (Quelle: eigene Berechnungen)

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Potentialberechnung; Quelle: eigene Berechnungen;

Alle Angaben in GWh	Angaben in Energieform	Verstromung möglich ?	Status quo 2005	realisierbares Potenzial 2010	realisierbares Potenzial 2020	technisches Potenzial	theoretisches Potenzial
<b>festе biogene Energieträger gesamt</b>	<b>Heizwert<sup>3</sup></b>	<b>ja</b>	<b>379</b>	<b>610</b>	<b>1.713</b>	<b>4.872</b>	<b>7.027</b>
Energieholz	Heizwert	ja	64	117	517	2.137	2.536
Alt- und Restholz	Heizwert	ja	200	270	481	481	604
Energiepflanzen	Heizwert	ja	0	71	284	1.422	2.891
biogener Müllanteil	Heizwert	ja	115	138	151	174	174
festе landwirtschaftliche Reststoffe	Heizwert	ja	0	14	280	658	822
<b>flüssige biogene Energieträger gesamt</b>	<b>Heizwert<sup>4</sup></b>	<b>ja</b>	<b>15</b>	<b>41</b>	<b>88</b>	<b>326</b>	<b>660</b>
Energiepflanzen	Heizwert	ja	12	27	60	298	628
Altspeiseöle und -fette	Heizwert	ja	3	14	28	28	32
<b>gasförmige biogene Energieträger gesamt</b>	<b>Heizwert<sup>5</sup></b>	<b>ja</b>	<b>79</b>	<b>176</b>	<b>369</b>	<b>1.281</b>	<b>2.351</b>
Gülle	Heizwert	ja	26	52	117	152	168
Grünschnitt und Landschaftspflege	Heizwert	ja	18	36	81	120	133
Bioabfälle	Heizwert	ja	1	16	36	36	40
Schlachtabfälle	Heizwert	ja	0	0	2	2	2
Energiepflanzen	Heizwert	ja	21	42	95	930	1.963
Klärgas	Heizwert	ja	13	29	37	39	43
Deponiegas	Heizwert	ja	0	1	1	2	2
Geothermie	-	-	0	0	0	0	0
Kleinwasserkraft	Strom	-	102	106	137	140	175
Photovoltaik	Strom	-	19	26 - 43	59 - 176	7.607	33.167
Solarthermie	Heizwert <sup>6</sup>	nein <sup>7</sup>	3	7 - 10	31 - 96	9.738	74.200
Wärmepumpen	Heizwert <sup>8</sup>	nein	1	30	180	1.516	61.743
Windkraft	Strom	-	53	118	237	5.146	20.584
<b>Summe total</b>	<b>Str./Heizw.</b>	<b>-</b>	<b>651</b>	<b>1.114 - 1.134</b>	<b>2.814 - 2.996</b>	<b>30.626</b>	<b>199.907</b>

<sup>3</sup> Die Angaben betreffen den unteren Heizwert des einsatzbereiten Brennstoffs.

<sup>4</sup> Die Angaben betreffen den unteren Heizwert der flüssigen biogenen Energieträger (also RME, Bioethanol und AME).

<sup>5</sup> Die Angaben betreffen stets den unteren Heizwert des gewonnenen Gases.

<sup>6</sup> Die Angaben betreffen die in den Puffer/Boiler eingebrachte Wärme

<sup>7</sup> Die Verstromung von Solarthermie ist prinzipiell möglich, wird für den Standort Luxemburg aus Energieeffizienzgründen jedoch nicht in Betracht gezogen.

<sup>8</sup> Die Angaben betreffen den Anteil an gewonnener Umweltwärme; die Antriebsenergie der Aggregate ist in den Angaben nicht enthalten.

Die anteilmäßige Struktur der Potenzialtypen nach Potenzialgruppen ist in Abbildung 3 dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die strukturellen Unterschiede zwischen der Gruppe der realisierbaren Potenziale (Status quo 2005, 2010, 2020) und dem technischen bzw. theoretischen Potenzial. Die realisierbaren Potenziale weisen einen starken Schwerpunkt im Bereich biogener Energieträger auf, das technische bzw. das theoretische Potenzial weist einen hohen Anteil an direkter Nutzung der Solarstrahlung (Photovoltaik und Solarthermie) sowie hohe Anteile von Wärmepumpen und Windkraftnutzung auf. Es können diese strukturellen Unterschiede als Hinweis auf einen möglichen langfristigen zukünftigen Pfad gewertet werden, welcher deutlich über den betrachteten Zeithorizont von 2020 hinausgeht.

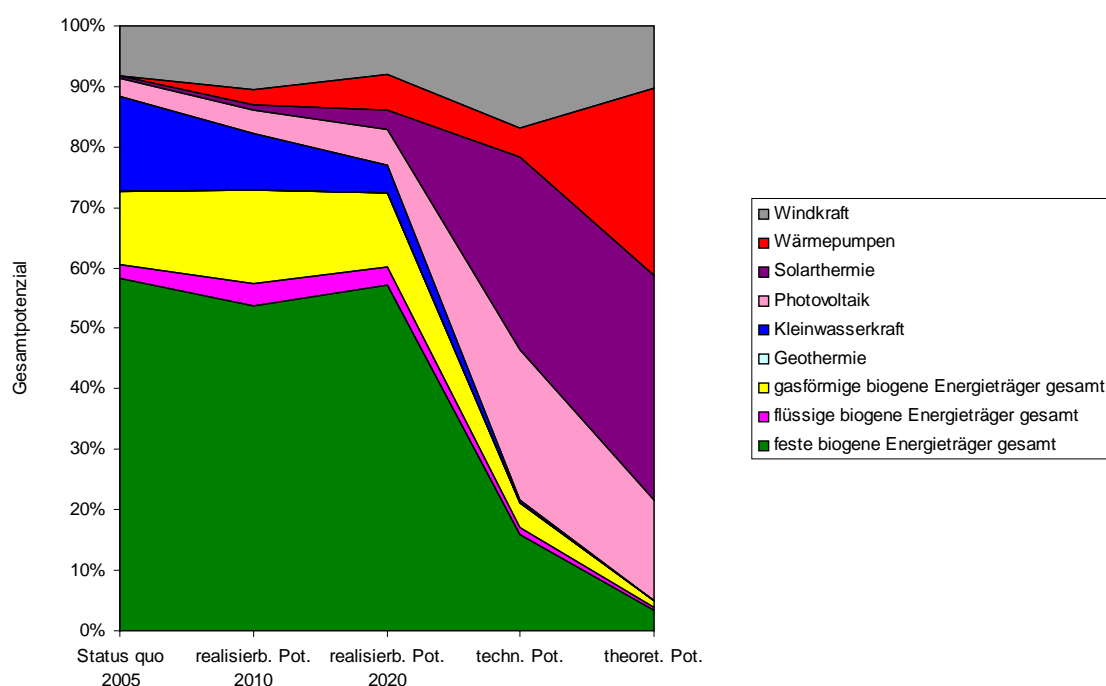


Abbildung 3: Anteilsmäßige Struktur der Potenzialtypen nach Potenzialgruppen;  
(Quelle: eigene Berechnungen)

Wie oben bereits angemerkt, repräsentieren die Angaben über das energetische Potenzial der einzelnen Potenzialgruppen unterschiedliche Endenergieträger. Die Potenzialgruppen Kleinwasserkraft, Photovoltaik und Windkraft repräsentieren dabei elektrischen Strom, alle anderen Potenzialgruppen sind als Heizwert des jeweiligen Energieträgers erfasst. Natürlich können jene Energieträger, welche in der Regel einem thermischen Prozess zugeführt werden prinzipiell auch verstromt werden (z.B. in einer Kraft-Wärme-Kopplung), wie dies zurzeit im Bereich gasförmiger biogener Energieträger obligat ist. Die Effizienz des Einsatzes einer Kraft-Wärme-Kopplung ist jedoch von der Nachfrage nach den einzelnen Koppelprodukten abhängig. Steht z.B. der Wärmeproduktion einer Kraft-Wärme-Kopplung kein entsprechender Wärmebedarf gegenüber, so sinkt der Gesamtwirkungsgrad der Anlage auf den (relativ geringen)

Verstromungswirkungsgrad.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, zeigt Abbildung 4 die Potenziale der „Stromtechnologien“ Kleinwasserkraft, Photovoltaik und Windkraft. Deutlich ist hier die strukturelle Änderung vom Schwerpunkt Wasserkraft beim Status quo 2005 zum Schwerpunkt Windkraft, aber auch Photovoltaik im Jahr 2020 zu sehen. Der Bereich der Photovoltaik ist in der Darstellung durch das ambitionierte Wachstumsszenario dieser Technologie repräsentiert. Das Potenzial an Kleinwasserkraft kann im Jahr 2020 als vollständig ausgebaut im technischen Sinne betrachtet werden.

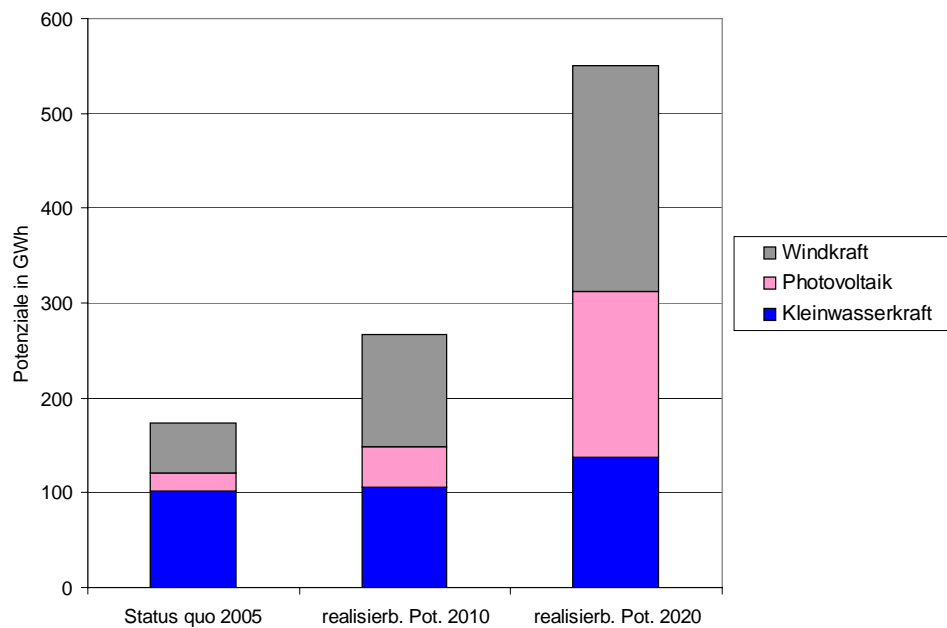


Abbildung 4: Die Potenziale der „Stromtechnologien“ Kleinwasserkraft, Photovoltaik und Windkraft; (Quelle: eigene Berechnungen)

Die Potenziale der „Wärmetechnologien“ sind in Abbildung 5 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist das mögliche Wachstum im Bereich der biogenen Energieträger, wobei in diesen Potenzialgruppen wiederum die festen biogenen Energieträger die tragende Rolle spielen. Ein weiterer Bereich mit einem gewissen Wachstumspotenzial im betrachteten Zeitraum ist die Wärmepumpentechnologie.

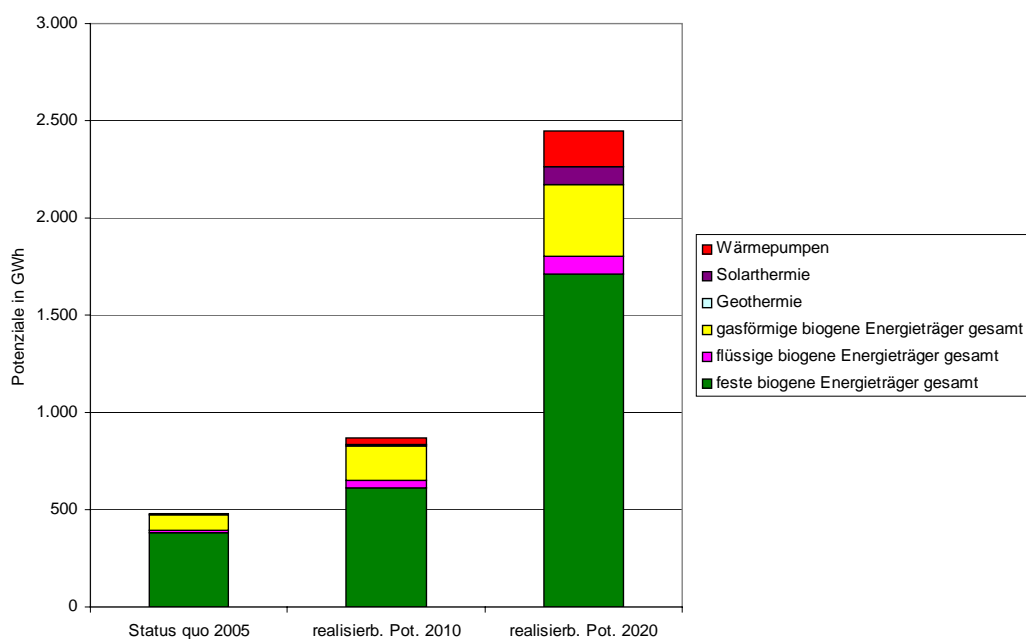


Abbildung 5: Die Potenziale der „Wärmetechnologien“  
(Quelle: eigene Berechnungen)

Die Analyse der Potenziale Erneuerbarer Energieträger in Luxemburg zeigt bis zum Jahr 2020 die Möglichkeit einer Steigerung der Nutzung Erneuerbarer Energie um den Faktor 4,6 mit Bezug auf den Status quo von 2005. Dies führt einerseits die großen Chancen der zukünftigen Nutzung Erneuerbarer Energie vor Augen, zeigt andererseits aber auch die Systemträgheit auf, mit welcher bei der Marktdiffusion der entsprechenden Technologien gerechnet werden muss. Natürlich sind all jene realisierbaren Potenziale, welche im Jahr 2020 noch deutlich unter den technischen Potenzialen liegen auch weiter ausbaubar. Die hier dokumentierten Potenziale wurden auf Basis einer nationalen und internationalen Kontinuität der Wirtschaft und der Energiepreise fossiler Energie berechnet. Sollte z.B. der Energiepreis fossiler Energieträger in der betrachteten Zeitperiode deutlich über die historische Entwicklung hinaus ansteigen, so können dort, wo dies technisch möglich ist, auch wesentlich größere Potenziale als die hier ausgewiesenen umgesetzt werden, da sich die betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Nutzung Erneuerbarer Energie drastisch ändern und auch der gesellschaftliche Aufwand z.B. zur Förderung der Technologien sinkt.

## 6 Ausbauszenarien

### 6.1 Rahmenannahmen

Die wesentlichen Eingangsdaten für die Modellierung sind neben den in Abschnitt 5 dargestellten Potenzialen und Kosten erneuerbarer Energieträger die Entwicklung der Energienachfrage, der fossilen Energiepreise sowie der CO<sub>2</sub> Zertifikatspreise. Diese Annahmen sollen in diesem Abschnitt knapp dargestellt werden.

#### 6.1.1 Energiebedarf

Der Energiebedarf im Referenzszenario basiert auf unterschiedlichen Annahmen. Für den Strombereich wurde das Referenzszenario der EU unterstellt ("European Energy and Transport Trends to 2030"). Für den Wärmebedarf des Gebäudesektors wurden eigene Projektionen auf Basis der Simulationssoftware INVERT vorgenommen. Für die industrielle Prozesswärme, den Dienstleistungs- und Landwirtschaftssektor sowie den Fernwärmeverbrauch wurde das Referenzszenario der EU unterstellt. Der Energiebedarf im Verkehr wurde auf der Basis nationaler Projektionen behandelt, wobei an dieser Stelle insbesondere die Fälle mit und ohne Treibstoffexport unterschieden wurden.

Tabelle 5: Wesentliche Kenngrößen des Endenergieverbrauchs

Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2020	Referenzszenario (BAU)			Verstärkte Energieeffizienz	
	2005	2010	2020	2010	2020
<b>Stromverbrauch, brutto (inkl. Verluste) in GWh</b>	<b>6597</b>	<b>7247</b>	<b>8924</b>	<b>7073</b>	<b>7989</b>
<b>Wärmeverbrauch, gesamt in GWh</b>	<b>14133</b>	<b>15307</b>	<b>18909</b>	<b>14991</b>	<b>18064</b>
Gebäudesektor in GWh	4277	4036	3577	3906	3346
Industrielle Prozesswärme in GWh	7746	9062	12553	8982	12247
Dienstleistungs- u. Landwirtsch.sektor in GWh	1526	1589	2077	1525	1897
Fernwärmebedarf in GWh	584	620	702	578	574
<b>Kraftstoffverbrauch Inland in GWh</b>	<b>6456</b>	<b>7395</b>	<b>8231</b>	<b>6075</b>	<b>5388</b>
<b>Kraftstoffverbrauch inkl. Treibstoffexport in GWh</b>	<b>26900</b>	<b>32153</b>	<b>45914</b>	<b>29349</b>	<b>38881</b>

Anmerkung: Die Daten für den gesamten Primärenergieverbrauch wurden auf Basis der Endenergieaufbringung und der Umwandlungseffizienz der einzelnen Sektoren endogen im Modell *Green-X* für die unterschiedlichen Fälle in Abhängigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien endogen bestimmt und sind folglich in obiger Darstellung nicht enthalten.

#### 6.1.2 Referenzenergiepreise

Die Referenz-Primärenergiepreise, welche für das Hoch- und Niedrigpreisszenario in Abbildung 6 dargestellt sind, entsprechen den Szenarien der EU (DG TREN). Basie-

rend auf diesen Primärenergiepreisen wurden die Preise für Strom, Wärme (netzgekoppelte und dezentral) sowie für Treibstoffe im Verkehr bestimmt, siehe Abbildung 7. Für den Stromsektor wurden diese Preise endogen in *Green-X* bestimmt. Für den Wärmesektor wurden die Referenzpreise basierend auf ausgewählten Umwandlungstechnologien und dem luxemburgischen Split verschiedener Energiequellen im Wärmesektor bestimmt. Die Endenergiepreise im Transportsektor wurden auf Basis realistischer Korrelationen zwischen internationalem Ölpreis und Benzin und Dieselpreis in Luxemburg bestimmt. Sämtliche Endenergiepreise wurden entsprechend der Sensitivitäten bezüglich der Primärenergiepreise variiert. Weiterhin wurde für die durchgeführten Analysen ein CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis von 20 €/t zugrunde gelegt.

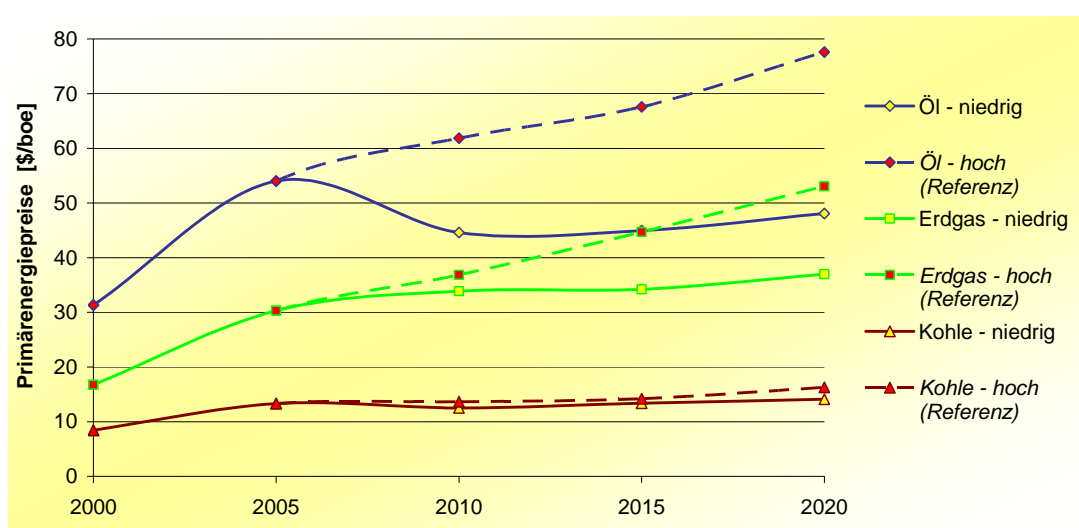


Abbildung 6: Primärenergiepreise für Öl, Erdgas und Kohle (Quelle: EU DG TREN)

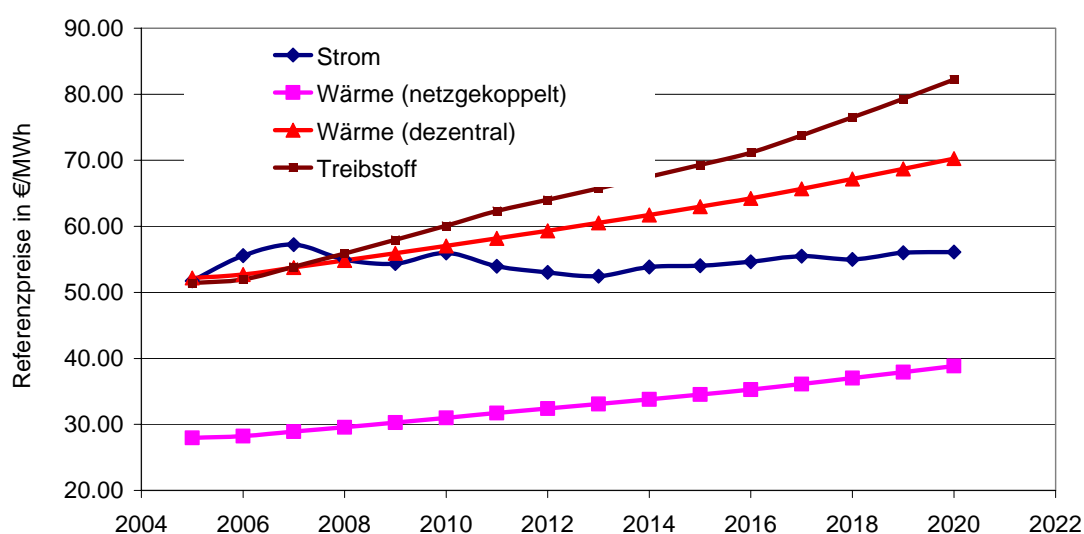


Abbildung 7: Endenergiepreise ohne Steuern für das Referenzszenario (Quelle: Eigene Berechnungen)

## 6.2 Szenariendefinition

Es stehen **drei unterschiedliche Pfade des zukünftigen Ausbaus erneuerbarer Energien** im Fokus der modellhaften Betrachtung:

- Ein (hypothetisches) Szenario „*keine Förderanreize*“, das das **wirtschaftliche Realisierungspotenzial** skizziert. Hier wird gezeigt, welcher (geringe) Ausbau ohne jegliche Förderanreize resultieren würde – d.h. keine Weiterführung der bestehenden Maßnahmen, aber auch keine Alternativansätze diesbezüglich.
- Ein **Business-as-usual Szenario**, das die Entwicklung auf Basis der derzeit implementierten Förderanreize darstellt. Im Hinblick auf zu untersuchende energiepolitische Instrumente impliziert dies eine Diskussion der bestehenden sektorspezifischen Instrumente (BAU-Politiken).
- Ein Szenario "**verstärkte Anstrengungen**": Im Hinblick auf zu untersuchende energiepolitische Instrumente impliziert dies die Erarbeitung von Alternativvorschlägen<sup>9</sup> zu den bestehenden sektorspezifischen Instrumente (BAU-Politiken) im Einklang mit der Abschaffung bestehender nicht-ökonomischer Hemmnisse sowie. Dabei werden zwei Alternativvarianten untersucht:
  - *Verstärkte Anstrengungen (Kyoto)*: Diese Variante verfolgt das Ziel eines möglichst hohen Beitrags EE zur Erreichung der Kyoto-Verpflichtung.
    - *Gebäudesektor*: Forcierung von Wärmeschutzmaßnahmen (zur Verringerung des Heizenergiebedarfs); Forcierung einzelner RES-H Technologien, insbes. der Biomasse.
    - *Stromsektor*: geringeres Gewicht auf Verstromung von Biomasse
    - *Verkehrssektor*: identisch mit Szenario „Verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)“
  - *Verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)*: Diese Variante verfolgt das Ziel einer möglichst starken Nutzung Erneuerbarer Energieträger.
    - *Gebäudesektor*: keine Anreizänderung für Wärmeschutzmaßnahmen, einzelne RES-H Technologien forcieren
    - *Stromsektor*: höheres Gewicht auf Verstromung von Biomasse
    - *Verkehrssektor*: identisch mit Szenario „Verstärkte Anstrengungen (Kyoto)“

Sensitivitätsuntersuchungen werden für zwei Szenarien – d.h. den Business-as-usual Fall sowie eine passende Szenarienvariante des Pfades „verstärkte Anstrengungen“ – durchgeführt und beinhalten die Variation der folgenden Parameter: Zinssatz (bzw. die entsprechende Risikobewertung), Referenzenergiepreise, Nachfrageentwicklung (Referenz vs. Energieeffizienzscenario), technologisches Lernen (moderates vs. beschleunigtes Lernen durch moderaten bzw. erhöhten Referenzausbau auf globaler

---

<sup>9</sup> Es sei angemerkt, dass weitere Alternativvorschläge auf Basis einer realitätsnahen Politikdiskussion gesondert in Kapitel 8 (Politikempfehlungen) dieser Studie vorgestellt werden.

Ebene). Im Hinblick auf den Stromsektor wird weiters die Möglichkeit der Biogasdirekteinspeisung (in Kopplung mit Gaskraftwerk) untersucht sowie die Fortführung bzw. Abschaffung der Photovoltaikförderung entsprechend diskutiert.

Ebenso werden Varianten bez. möglicher Biomasseimporte diskutiert – dies beinhaltet vor allem Pellets (im Wärmebereich) sowie Biotreibstoffimporte. In diesem Zusammenhang wird ein Produkt, das auf Basis eines Rohstoffs, der in Luxemburg wuchs oder anfiel, im Ausland verarbeitet und dann (re)importiert wurde, nicht als Importprodukt definiert. Die Ergebnisse werden jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Treibstoffexporten dargestellt.

## 6.3 Ergebnisse

### 6.3.1 Szenarienvergleich

Die Kernergebnisse der modellhaften Betrachtung werden in Folge einer vergleichenden Analyse unterzogen. Der Szenarienvergleich beschränkt sich hierbei auf die drei im Detail diskutierten Ausbauszenarien:

- das *Business-as-usual (BAU)* Szenario
- das Szenario „*verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)*“
- die Alternativvariante „*verstärkte Anstrengungen (Kyoto)*“

Die **resultierende Energieerzeugung** steht im Mittelpunkt der einführenden Betrachtung. Abbildung 8 bietet einen Vergleich der sich auf sektoraler Ebene ergebenden Energieerzeugung im finalen Betrachtungsjahr (2020) gemäß den drei Szenarien. Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf im Betrachtungszeitraum 2006 bis 2020 neu errichtete Anlagen. Der massive Mehrausbau EE im Falle verstärkter Anstrengungen wird offensichtlich. Im Falle der Variante „*Kyoto*“ übersteigt die EE-Erzeugung den Referenzfall (BAU) um 186%, wobei der Wärmesektor den größten Anteil beisteuert. Die Variante „*Erneuerbare*“ weist eine etwas geringere Gesamterzeugung auf, da hier die Verstromung von Biomasse im Vordergrund steht, was aufgrund der geringeren Umwandlungseffizienz eine etwas geringere Endenergieausbeute zur Folge hat. Im Vergleich zu BAU wird aber rund 156% mehr EE-Erzeugung antizipiert.

Den Beitrag EE auf sektoraler Ebene veranschaulicht in deutlicher Weise Abbildung 9. Hier wird sowohl für die einzelnen Sektoren als auch primärenergetisch die jeweilig gesamte EE-Erzeugung in Relation zur korrespondierenden Nachfrage gesetzt. Die Angaben beziehen sich auf die im Jahr 2020 erreichte Penetration. Es sei angemerkt, dass das BAU-Szenario auf eine im Vergleich zu den Alternativvarianten andere Nachfrageentwicklung Bezug nimmt. Im BAU-Fall wird ein stärkeres Nachfragewachstum vorausgesetzt, was in einem um etwa 13% höheren Primärbedarf resultiert.

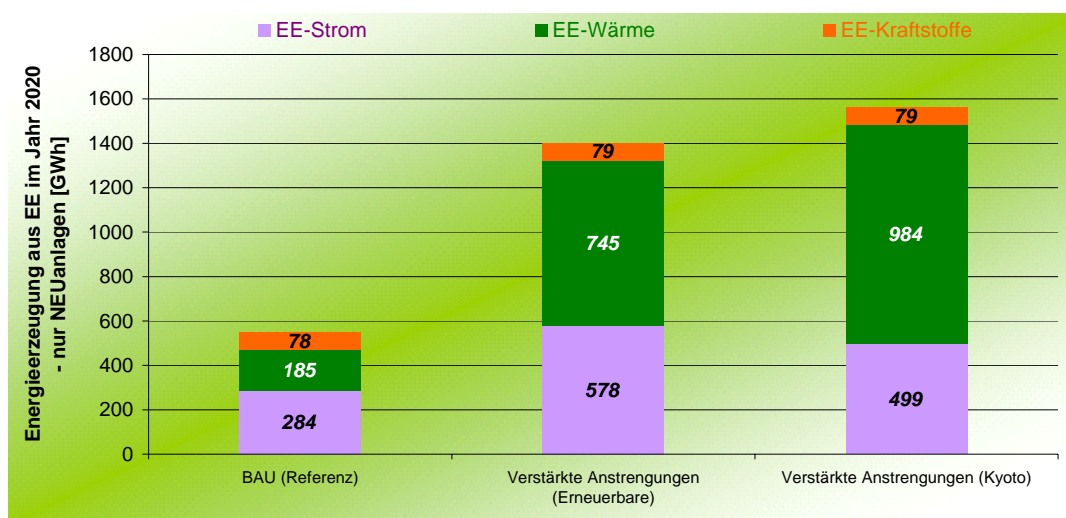


Abbildung 8: Szenarienvergleich: Resultierende Energieerzeugung im Jahr 2020 aus im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichteten EE-Anlagen

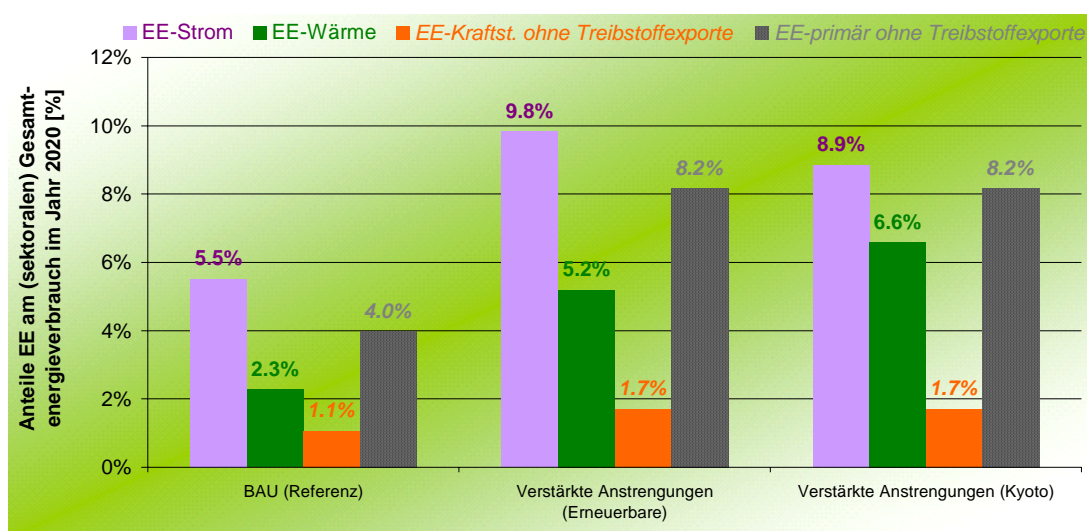


Abbildung 9: Szenarienvergleich: Prozentuale Anteile EE am sektoralen bzw. primärenergetischen Energieverbrauch im Jahr 2020

Der Szenarienvergleich zeigt, dass Unterschiede im Bereich der Biokraftstoffe insbesondere aus einer geänderten Nachfrage in den Szenarien *Verstärkte Anstrengungen* resultieren. Erzeugungsseitig wird hier in allen Fällen das verfügbare Potenzial nahezu vollständig ausgeschöpft. Der BAU-Fall weist im Vergleich zu den anderen Szenarien beinahe nur halb so große EE-Anteile im Strombereich auf. So resultiert im Jahr 2020 ein Ausbau der unter dem 2010er-Ziel der RES-E Richtlinie liegt. Auch der Wärmebereich bleibt vergleichsweise verhalten. *Verstärkte Anstrengungen*, also ambitionierte und effektive Förderpolitiken bedingen eine weitaus höhere Ausschöpfung der Ressourcen erneuerbarer Energien. Unterschiede sind entsprechend der Szenarien

riendefinition zwischen den beiden Alternativvarianten zu erkennen. So liegt bei „*verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)*“ ein Hauptaugenmerk auf der Biomasse-Verstromung, um somit etwa auch kurzfristig gesehen einen hohen Beitrag zur Erreichung des 2010er Ziels für EE-Strom in Höhe von 5,7% zu leisten. Im Jahr 2020 liegt der Anteil EE an der Stromnachfrage bei 9,8% („*Erneuerbare*“) bzw. 8,9% („*Kyoto*“). EE-Wärme erlebt in beiden Alternativszenarien einen massiven Ausbau, vor allem bedingt durch vermehrte Nutzung netzgekoppelter Wärme wie etwa auch mittels Kraft-Wärme-Kopplung oder vermehrten Nah- und Fernwärmeausbau.

Im Folgenden soll der dynamische Ausbau erneuerbarer Energien für jedes der drei Szenarien kurz dargestellt werden. Bei *Beibehaltung der derzeitigen Fördersysteme (BAU)* ist von einer Erhöhung des Anteils EE am Inlandsenergieverbrauch von derzeit 1,4% auf etwa 2,2% bis 2020 auszugehen.<sup>10</sup> Der Anteil als auch der Anstieg mögen marginal erscheinen, es ist jedoch zu beachten, dass dieses Bild seitens der Treibstoffexporte wesentlich beeinflusst wird. Bereinigt man die Primärenergiebilanz um diesen Einflussfaktor, so resultieren wesentlich höhere Beiträge seitens der Erneuerbaren – 2,4% als Status Quo sowie 4,0% im Jahr 2020. Eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs des relativen Beitrags EE primärenergetisch als auch auf sektoraler Ebene ist nachfolgender Abbildung 10 zu entnehmen.

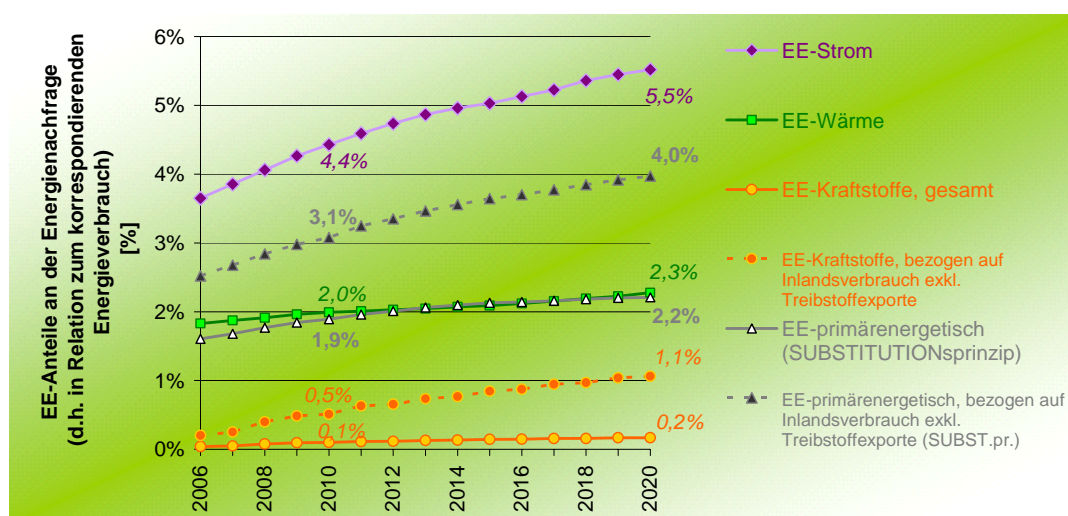


Abbildung 10 Prozentuale Anteile EE an der Gesamtnachfrage primärenergetisch sowie auf sektoraler Ebene für das *BAU*-Szenario

Durch *verstärkte Anstrengungen* kann eine Erhöhung des Anteils EE am Inlandsenergieverbrauch von derzeit 1,4% auf bis zu 4,5% im Jahr 2020 erreicht werden.<sup>11</sup> Bereinigt man die Primärenergiebilanz um die vergleichsweise hohen Treibstoffexporte, ergibt sich ein beinahe doppelt so hoher Beitrag seitens der Erneuerbaren – 2,4% als Status Quo sowie 8,2% im Jahr 2020.

<sup>10</sup> Die Angaben bez. Primärenergie beruhen auf Anwendung des Substitutionsprinzips.

<sup>11</sup> Die Angaben bez. Primärenergie beruhen auf Anwendung des Substitutionsprinzips.

Abbildung 11 stellt den zeitlichen Verlauf des relativen Beitrags EE sowohl primärenergetisch als auch auf sektoraler Ebene für die Szenarienvariante „*verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)*“ dar. Gemäß der in dieser Alternativvariante antizipierten Fokussierung auf die Biomasse-Verstromung, ist im Jahr 2010 ein Ausbau von EE-Strom auf 5,5% möglich, was mit einer nahezu vollständigen Erfüllung des Ziels gemäß RES-E Richtlinie gleichzusetzen ist. Im Jahr 2020 kann in Folge ein Ausbau auf bis zu 9,8% erreicht werden. Auch im Wärmesektor ist ein hoher Ausbau EE zu erkennen – auf 2,4% im Jahr 2010 und schließlich 5,2% 2020. Der Ausbau von Biokraftstoffen ist im Vergleich zu BAU unverändert, da ja bereits bei Beibehaltung der bestehenden Politiken das realisierbare Potenzial nahezu vollständig umgesetzt werden würde. Durch die unterstellten begleitenden nachfrageseitigen Maßnahmen resultiert aber ein weitaus höherer Beitrag in relativen Zahlen. 1,7% (BAU: 1,1%) des inländischen Kraftstoffbedarfs können bis 2020 durch EE abgedeckt werden.

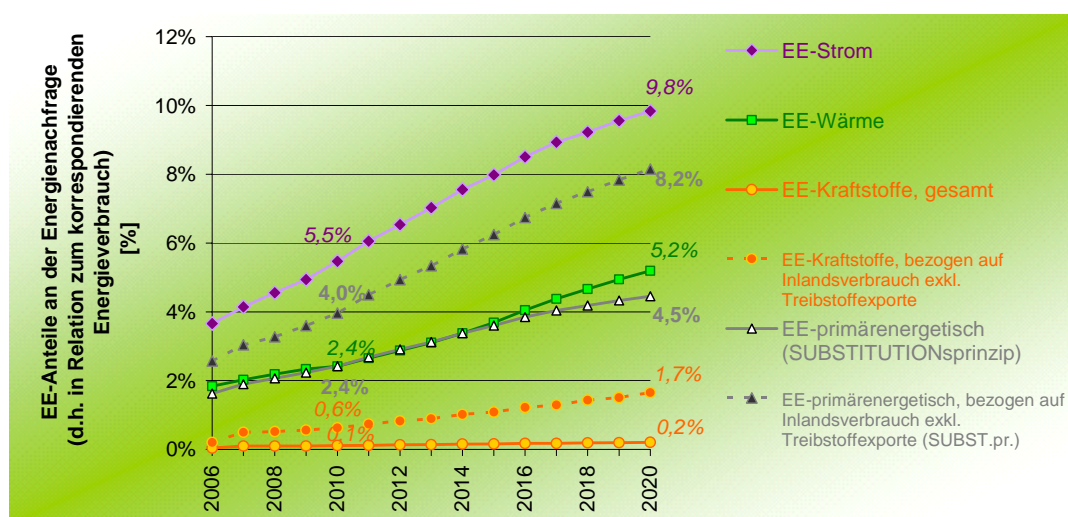


Abbildung 11: Prozentuale Anteile EE an der Gesamtnachfrage primärenergetisch sowie auf sektoraler Ebene für das Szenario „*verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)*“

Betrachtet man die resultierenden Verbrauchsanteile für die alternative Ausgestaltungsvariante „*verstärkte Anstrengungen (Kyoto)*“, so ist zu erkennen, dass der Schwerpunkt auf (gesicherter) Maximierung des Beitrags EE zur Erreichung nationaler Klimaschutzziele insbesondere für die Biomasse eine Verschiebung von der Verstromung hin zur Wärmenutzung bedingt. Wie in Abbildung 12 veranschaulicht, resultiert für EE-Strom ein Verbrauchsanteil von 8,9% im Jahr 2020, während EE-Wärme (von 5,2% gemäß obiger Variante) auf bis zu 6,6% ansteigt. Der Biokraftstoffausbau bleibt unverändert.

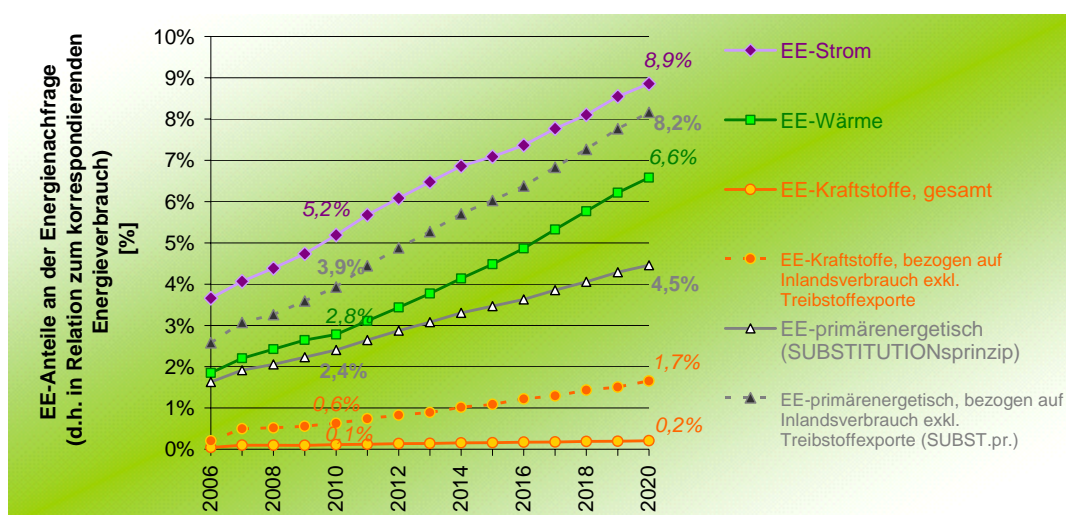


Abbildung 12: Prozentuale Anteile EE an der Gesamtnachfrage primärenergetisch sowie auf sektoraler Ebene für das Szenario „verstärkte Anstrengungen (Kyoto)“

Der Ausbau EE ist aber auch mit Kosten verbunden. Im Konkreten stehen nachfolgend die **direkten Förderkosten** im Mittelpunkt der vergleichenden Analyse. Die direkten Förderkosten umfassen hierbei jene finanziellen Aufwendungen, die im direkten Zusammenhang mit einer gewährten Förderung der Errichtung bzw. des Betriebs einer Anlage auf Basis erneuerbarer Energien anfallen. *Direkte Förderkosten* bedeutet, dass eventuell anfallende zusätzliche administrative Aufwendungen nicht in Betracht gezogen werden, ebenso wie auch externe Kosten der erneuerbaren Energien bzw. der vermiedenen fossilen Erzeugung keine Berücksichtigung finden.

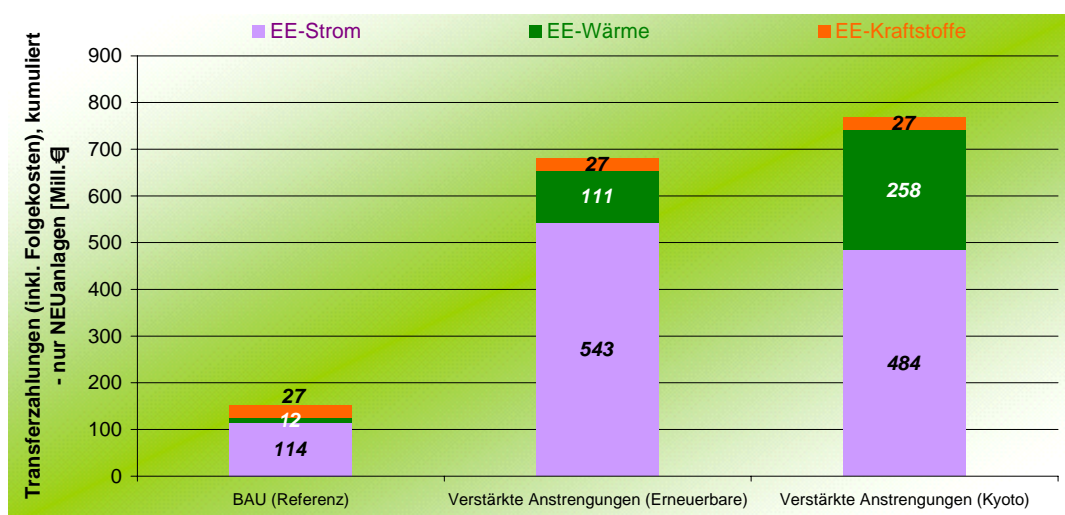


Abbildung 13: Szenarienvergleich: Kumulierte (diskontierte) Förderkosten für im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichtete EE-Anlagen

Abbildung 13 zeigt die kumulierten Förderaufwendungen für im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichtete EE-Anlagen für alle drei betrachteten Fälle. Die Angaben beinhalten nicht nur Kosten, die im Betrachtungszeitraum 2006 bis 2020 anfallen, sondern umfassen auch wie im Falle von Einspeisevergütungen die Folgekosten für den Zeitraum danach. Es zeigen sich deutliche Mehrkosten im Falle verstärkter Anstrengungen, welche aber vor allem der Photovoltaik sowie der nahezu vollständigen Biomasseausnutzung anzulasten sind. So entfallen beispielsweise von den für den Stromsektor ausgewiesenen 543 Mill. € kumulierter Fördervolumina gemäß Variante „Erneuerbare“ 154 Mill. € (29%) auf die PV, der aber nur 7% der zusätzlichen Erzeugung entsprechen. Die Biomasse-Verstromung zeichnet sich für 255 Mill. € (47%) verantwortlich, der Vergleich zu der resultierenden Erzeugung zeigt aber ein ausgewogenes Bild – es entfallen 43% der zusätzlichen EE-Erzeugung auf die Biomasse.

Als Beispiele für **positive Aspekte im Einklang mit dem Ausbau EE** werden der Beitrag zum Klimaschutz sowie zur Versorgungssicherheit diskutiert. Natürlich ist hier auch die Schaffung von Arbeitsplätzen zu benennen, was insbesondere für den Bereich der Biomasse verbunden mit der intensiven Wertschöpfung oftmals erwähnt wird.

Im Rahmen des hier durchgeführten Szenarienvergleichs wird einleitend auf den Aspekt der **Treibhausgasemissionsreduktion** eingegangen. Die zusätzlich vermiedenen CO<sub>2</sub> Emissionen durch den weiteren Ausbau EE im Zeitraum 2006 bis 2020 sind für die untersuchten Fälle in Abbildung 14 dargestellt. Abgesehen von den in Summe vermiedenen Emissionen, wird hierbei der gesonderten Situation Luxemburgs speziell Rechnung getragen: Die durch EE-Strom resultierende Emissionsvermeidung wird gesondert ausgewiesen, da es als wahrscheinlich zu erachten ist, dass hierdurch nicht heimische Erzeugung sondern vielmehr Stromimporte vermindert werden. Die damit verbundene CO<sub>2</sub> Vermeidung kann somit nicht gesichert in Luxemburg bilanziert werden und erscheint somit als nicht gesichert im Hinblick auf ihren Beitrag zur Erreichung Luxemburgs Klimaschutzverpflichtungen.<sup>12</sup> Die in der Abbildung ausgewiesene gesicherte Emissionseinsparung umfasst folglich alle verbleibenden Sektoren – von Biokraftstoffen über dezentrale EE-Wärme bis hin zu dem wärmerlevanten Teil der Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis biogener Energieträger.

---

<sup>12</sup> Im Falle von KWK-Anlagen erfolgt die Bilanzierung für Strom und Wärme getrennt. Für den Stromteil wird wie bei anderen EE-Stromerzeugungstechnologien die CO<sub>2</sub>-Intensität (im Mittel auf europäischer Ebene) zur Abschätzung der vermiedenen Emissionen herangezogen, während für die produzierte Wärme die CO<sub>2</sub>-Intensität gemäß der nationalen Wärmeerzeugung als Ausgangsbasis dient.

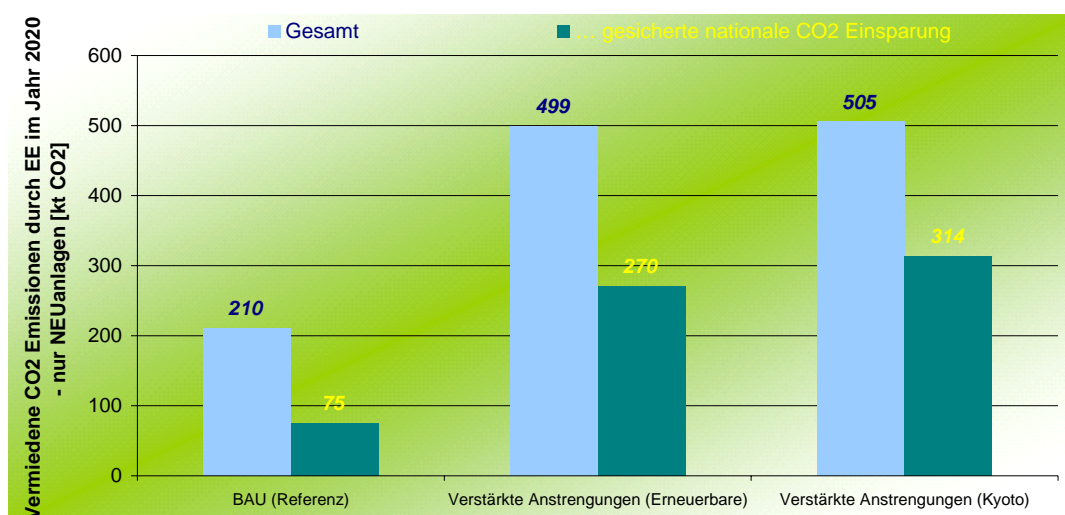


Abbildung 14: Szenarienvergleich: Vermiedene CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahr 2020 – durch im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichtete EE-Anlagen

Der Szenarienvergleich zeigt wie zu erwarten den höchsten gesicherten Beitrag im Falle der Variante „*verstärkte Anstrengungen (Kyoto)*“, da hierbei gezielt die Nutzung der Biomasse im Wärmebereich favorisiert wurde. Aber selbst bei massiver Biomasse-Verstromung fällt die Bilanz nicht wesentlich schlechter aus. Lediglich im BAU-Fall ist der Beitrag neuer EE-Anlagen zur nationalen Klimazielerreichung als marginal zu erachten.

Emissionsvermeidung und *Verminderung des Bedarfs an fossiler Energie* gehen Hand in Hand. Der zusätzlich verminderte Bedarf an fossiler Energie durch den weiteren Ausbau EE im Zeitraum 2006 bis 2020 wird für die betrachteten Fälle in Abbildung 15 skizziert. Hierbei wird in energetischen Größen sowohl die Summe an vermiedener fossiler Energie dargestellt, als auch jener Anteil ausgewiesen, der hiervon gesichert in Luxemburg anfallen würde. Die Differenz ist dadurch zu erklären, dass durch den Ausbau von EE-Strom wahrscheinlich nicht die heimische Stromerzeugung, sondern vielmehr Stromimporte vermindert werden. Die damit verbundene Primärenergievermeidung kann somit nicht gesichert in Luxemburg bilanziert werden. Im Gegensatz zur Emissionsvermeidung ist aber anzumerken, dass der monetäre volkswirtschaftliche Nutzen hiervon nahezu unverändert bliebe, da Energieimporte so oder so verringert werden, sei dies nun fossile Primärenergie oder elektrische Energie. In beiden Fällen resultiert eine positive Auswirkung auf die Handelsbilanz Luxemburgs. Der Szenarienvergleich zeigt eine deutliche Steigerung der Primärenergieverminderung für beide Varianten „*verstärkter Anstrengungen*“ im Vergleich zum BAU-Szenario. Es wird offensichtlich, dass erneuerbare Energien einen wichtigen Beitrag zur Verminderung der Abhängigkeit Luxemburgs von Energieimporten und somit zur nationalen Versorgungssicherheit leisten können.

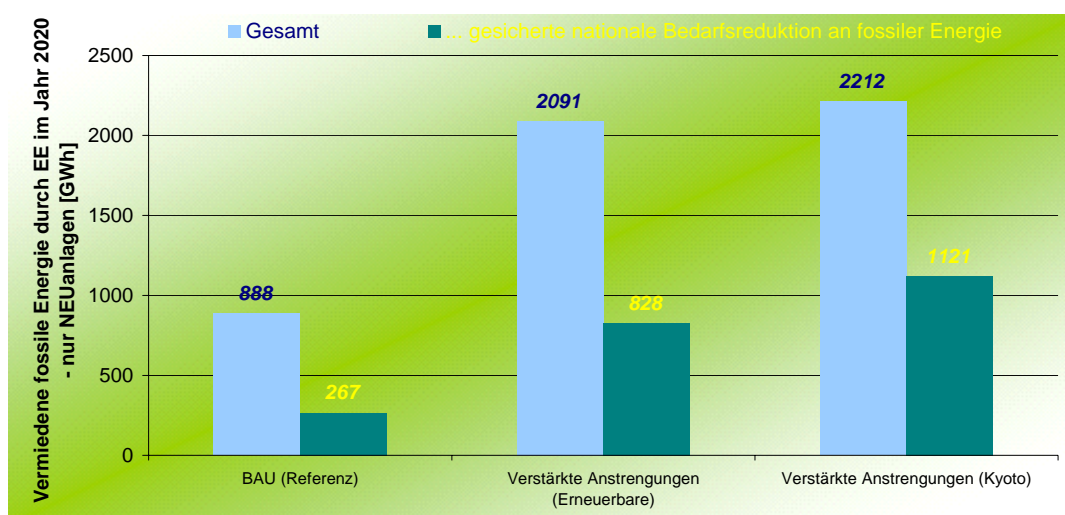


Abbildung 15: Szenarienvergleich: Vermiedene fossile Energie im Jahr 2020 – durch im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichtete EE-Anlagen

Abschließend zeigt Tabelle 6 einen simplifizierten Vergleich der anfallenden Kosten und des Nutzens verbunden mit dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien. Im Detail listet die nachfolgende Tabelle die für Neuinstallationen im Zeitraum 2006 bis 2020 anfallenden Förderkosten und die vermiedenen Ausgaben sowohl für fossile Energie als auch für Treibhausgasemissionen am Beispiel CO<sub>2</sub>. Für alle drei Indikatoren werden sowohl die im untersuchten Zeitraum 2006 bis 2020 anfallenden Kosten bzw. Ersparnisse als auch die Folgekosten bzw. Folgeersparnisse gesondert ausgewiesen. Ebenso wird auf der Nutzenseite der gesicherte auf nationaler Ebene anfallende direkte Nutzen separat bilanziert.<sup>13</sup> Es zeigt sich bei allen drei Fällen eine positive Bilanz seitens des Ausbaus erneuerbarer Energien. Den in den Jahren bis 2020 vermehrt anfallenden Kosten steht stets ein monetär betrachtet hoher Nutzen gegenüber, welcher vor allem in den Folgejahren nach 2020 sich zu Buche schlägt.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Im Hinblick auf die Verminderung von Importen an fossiler Energie sei aber angemerkt, dass auch bei nicht gesicherter nationaler Bilanzierung – im Gegensatz zur Emissionsvermeidung – der monetäre volkswirtschaftliche Nutzen nahezu unverändert erhalten bliebe, da Energieimporte ohnehin vermindert werden, sei dies nun fossile Primärenergie oder elektrische Energie.

<sup>14</sup> Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien sind natürlich auch noch weitere hier nicht näher betrachtete positive Aspekte verbunden – wie etwa vermehrte Beschäftigung verbunden mit der Ausschöpfung biogener Ressourcen oder etwa eine Verminderung der alternativ vermehrt anfallenden externen Kosten der Energiebereitstellung.

Tabelle 6: Szenarienvergleich: Kosten versus Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien (Neuinstallationen 2006 bis 2020)  
(vereinfachte monetäre Betrachtung)

<b>Kosten-Nutzen-Vergleich</b>  <i>EE-Gesamt (Neuanlagen (2006 bis 2020))</i>	<i>[Alle Angaben in Mill. €]</i>		
	<b>BAU</b>	<b>Verstärkte Anstrengungen (Erneuerbare)</b>	<b>Verstärkte Anstrengungen (Kyoto)</b>
<b>Förderkosten</b>			
Kum. (disk.) Kosten (inkl. Folgekosten)	<b>153</b>	<b>681</b>	<b>743</b>
(Disk.) Kosten im Zeitraum 2006 bis 2020	131	474	516
(Disk.) Kosten nach 2020	22	207	227
<b>Vermiedene Ausgaben für fossile Energien, gesamt</b>			
Kum. (disk.) Ersparnis (inkl. Folgeersparnis)	<b>266</b>	<b>629</b>	<b>690</b>
(Disk.) Ersparnis im Zeitraum 2006 bis 2020	118	260	273
(Disk.) Ersparnis nach 2020	148	369	417
<b>Vermiedene Ausgaben für fossile Energien, gesichert national</b>			
Kum. (disk.) Ersparnis (inkl. Folgeersparnis)	<b>108</b>	<b>311</b>	<b>416</b>
(Disk.) Ersparnis im Zeitraum 2006 bis 2020	48	122	157
(Disk.) Ersparnis nach 2020	60	189	260
<b>CO<sub>2</sub>-Vermeidung, gesamt</b>			
Kum. (disk.) Ersparnis (inkl. Folgeersparnis)	<b>63</b>	<b>136</b>	<b>138</b>
(Disk.) Ersparnis im Zeitraum 2006 bis 2020	30	63	61
(Disk.) Ersparnis nach 2020	32	74	77
<b>CO<sub>2</sub>-Vermeidung, gesichert national</b>			
Kum. (disk.) Ersparnis (inkl. Folgeersparnis)	<b>15</b>	<b>38</b>	<b>54</b>
(Disk.) Ersparnis im Zeitraum 2006 bis 2020	7	16	22
(Disk.) Ersparnis nach 2020	8	22	32

### 6.3.2 Technologievergleich

Abschließend wird ein Vergleich der einzelnen EE-Technologien überblicksweise vorgenommen. Wie zuvor wird hierbei nur auf die drei Hauptszenarien eingegangen. Nachfolgende Abbildung 16 veranschaulicht den Beitrag der einzelnen EE-Technologien hinsichtlich der im Jahr 2020 erreichten zusätzlichen Energieerzeugung auf Basis EE. Es umfasst somit lediglich jene Erzeugung, die im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichteten EE-Anlagen zuzurechnen ist.

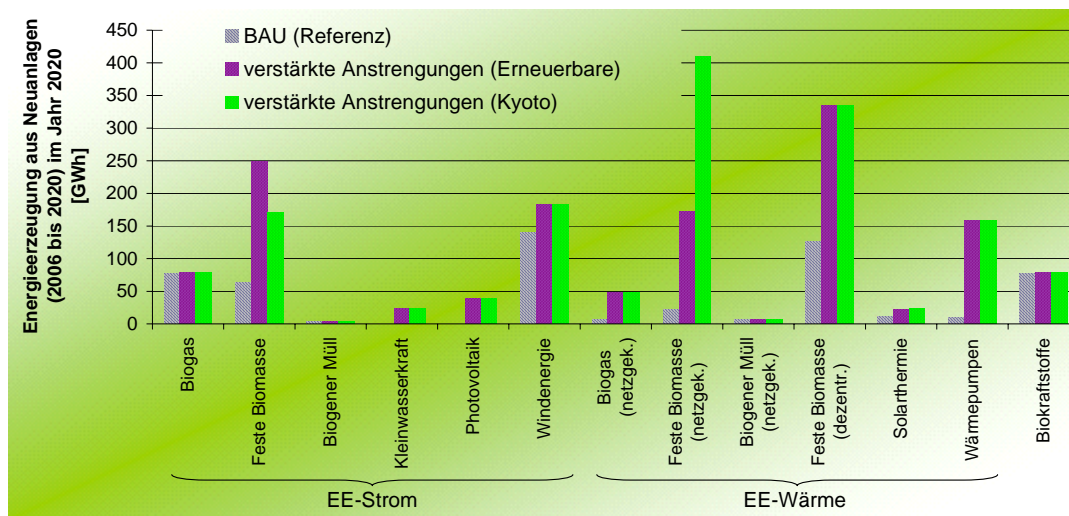


Abbildung 16: Szenarienvergleich: Resultierende Energieerzeugung im Jahr 2020 im Zeitraum 2006 bis 2020 neu errichteter EE-Anlagen, aufgeschlüsselt nach EE-Technologie

Der Szenarienvergleich zeigt, dass einige Schlüsseltechnologien wie etwa die Biogasnutzung<sup>15</sup>, die feste Biomasse (im BAU-Fall vor allem im Bereich der Wärme), aber auch die Windenergie oder die Biokraftstoffe in allen untersuchten Fällen einen wesentlichen Ausbau erfahren. Die Ausschöpfung der in Summe beachtlichen biogenen Ressourcen hängt aber stark von den unterstellten Förderanreizen ab. So ist im Falle *verstärkter Anstrengungen* ein massiv höherer Ausbau als im Vergleich zu den derzeitigen Rahmenbedingungen (BAU) zu erwarten. Selbiges trifft auch etwa auf den Bereich der Wärmepumpen oder der Kleinwasserkraft bzw. der Photovoltaik und Solarthermie zu.

Auf Basis der im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Analysen können sowohl der potenzielle Beitrag einzelner Technologien als auch die mit einem entsprechenden Ausbau verbundenen Kosten folgendermaßen zusammengefasst werden:

- *Biogas* stellt zwar eine vergleichsweise teure Option dar, die aber unter den gegebenen (Förder)Rahmenbedingungen nahezu vollständig erschlossen werden würde. Es sei hier insbesondere auf die Ausführungen in Abschnitt 6.3.3.5 des Hauptberichtes verwiesen, wo die Möglichkeit der Biogasdirekteinspeisung im Rahmen der Sensitivitätsbetrachtung als durchaus auch aus einem ökonomischen Gesichtspunkt interessante Alternative dargestellt wird.
- Die *feste Biomasse* nimmt eine zentrale Rolle in Luxemburgs erneuerbaren Ener-

<sup>15</sup> Im Hinblick auf Biogas sei angemerkt, dass bei entsprechender Ausgestaltung der (finanziellen) Anreize eine energetisch betrachtet wesentlich effizientere Nutzung erfolgen kann als dies unter den gegebenen Rahmenbedingungen zu erwarten wäre. Man vergleiche hierzu die entsprechende Wärmeerzeugung der Szenarien „*verstärkter Anstrengungen*“ mit dem BAU-Fall.

giekorb ein. Sie stellt eine Schlüsseloption dar, strebt man etwa einen massiven Ausbau im Bereich der Strom- oder aber auch der Wärmeproduktion an. Sie umfasst sowohl mengenmäßig begrenzt verfügbare günstige Ressourcen als auch teure Fraktionen (wie etwa die Energiepflanzen), welche nur mittels hoher Förderanreize erschlossen werden können.

- Der *biogene Müll* stellt eine sehr kostengünstige Option dar, welche aber nur in sehr begrenztem Maß verfügbar ist.
- Die *Kleinwasserkraft* ist eine interessante Alternative im Bereich der Stromerzeugung mit vergleichsweise moderat bis hohen Kosten.
- Die *Photovoltaik* verfügt langfristig gesehen über ein nahezu unbegrenztes Potenzial, das aber aus heutiger Sicht nur zu vergleichsweise sehr hohen Kosten erschlossen werden kann.
- Die *Windenergie* kennzeichnet eine Schlüsseloption, die zu günstigen Kosten erschlossen werden kann und deren Beitrag im Vergleich zu anderen mittelfristig realisierbaren Potenzialen als hoch zu erachten ist.
- Die *Solarthermie* repräsentiert eine Alternative im Bereich der Wärmeerzeugung, die ebenso wie die Photovoltaik langfristig betrachtet eine Schlüsseltechnologie darstellt. Die derzeitigen Kosten liegen aber vergleichsweise auf einem hohen Niveau.
- *Wärmepumpen* zeichnen sich durch ein hohes mittelfristig erschließbares Potenzial aus, das zu moderaten Kosten Nutzung findet. Es ist aber zu beachten, dass ein massiver Ausbau auch den Strombedarf erhöht, da die Erschließung der bodennahen Erdwärme durch elektrische Energie ergänzend erreicht wird.
- *Biokraftstoffe* leisten ihren Beitrag zur Deckung des massiven Energiebedarfs im Verkehrssektor. Aufgrund der Begrenztheit landwirtschaftlicher Flächen ist ihr Beitrag aber vergleichsweise gering.

## **7 Strategien zur Umsetzung der Ausbauziele und Politikempfehlungen**

Auf Basis der Untersuchungen zum Status Quo der Nutzung der erneuerbaren Energien in Luxemburg, der Analyse der bestehenden Politiken, der Potenzialanalysen und der modellgestützten Szenarien zum Ausbau der erneuerbaren Energien wurden Empfehlungen für konkrete Förderpolitiken entwickelt. Diese können wie folgt zusammengefasst werden.

1. Aufgrund der in der Vergangenheit in Luxemburg wahrgenommenen vergleichsweise moderaten Resonanz auf Fördermaßnahmen erscheint es sinnvoll, veränderte und zum Teil auch attraktivere Förderbedingungen zu schaffen, um ein dynamischeres Wachstum bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger zu erreichen. Im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung ist es insbesondere ratsam die einheitlichen Fördersätze für verschiedene Technologien durch eine stärkere technologische Spezifizierung der Förderung zu ersetzen.
2. Zur Erhöhung der Investitionssicherheit und Vermeidung überhöhter Transferzahlungen wird die Einführung einer garantierten (klar festgelegten) Förderdauer und einer langfristigen Laufzeit (mit Revisionsmechanismen) empfohlen.
3. Eine Vereinfachung der derzeitigen Förderstruktur sollte angestrebt werden, um die Übersichtlichkeit und die Transparenz der Förderung zu erhöhen. Weiterhin sollte ein Nebeneinander unterschiedlicher Anlaufstellen für ähnliche Technologien und Förderzusammenhänge vermieden werden.
4. Eine weiterentwickelte Förderpolitik sollte so ausgestaltet werden, dass Regierung und Verwaltung schnell wirksame Stellglieder zur Verfügung haben, um eventuell doch auftretende Überförderungen und Marktüberhitzungen, wie in der jüngeren Vergangenheit bei der PV beobachtet, abstellen zu können.
5. Die Förderung der Stromerzeugung sollte so ausgestaltet werden, dass die Ziele der erneuerbare Stromrichtlinie erreicht werden können.
6. Die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sollte schwerpunktmäßig über reine Einspeisetarife ohne Bonuskomponente geschehen. Quotenmodelle auf der Ebene von Luxemburg sind auf Grund fehlender Marktgröße und damit fehlender Liquidität nicht als effizient einzuschätzen.
7. Die weiteren Anstrengungen sollten auf die Förderung effizienter erneuerbarer Wärmeerzeugung ausgerichtet werden, da dort der spezifisch höchste Beitrag zur Verbesserung der Versorgungssicherheit geleistet werden kann und die Nutzung erneuerbarer Wärme einen relativ großen Nutzen in Bezug auf die nationale CO<sub>2</sub> Bilanz bedingt.

8. Zur Optimierung der Förderung und Verknüpfung der beiden strategischen Elemente sollte die Nutzung von erneuerbaren KWK-Technologien ausdrücklich gefördert werden. Hierbei sollte unter anderem die optimierte energetische Nutzung von Biogas ein zentrales Ziel sein. Insbesondere die Direkteinspeisung von Biogas und anschließende Nutzung in effizienten KWK-Prozessen sollte gefördert werden.
9. Anlagen zur dezentralen Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien sollten weiterhin mit einem Investitionszuschuss gefördert werden. Aufgrund tendenziell niedriger Energiesteuern sind in Luxemburg tendenziell hohe Investitionszuschüsse nötig. Darüber hinaus sollte nach Möglichkeit über die Einführung eines niedrigeren Mehrwertsteuer-Satzes für feste biogene Energieträger nachgedacht werden.
10. Über die Förderung dezentraler Technologien hinaus sollte ein zusätzlicher Impuls im Bereich erneuerbare Nahwärme gegeben werden.
11. Basierend auf den realisierten Fördermechanismen sollten Informationskampagnen für die Wärmetechnologien (Holzenergie, Wärmepumpen, Solarthermie) durchgeführt werden. Damit würde das Bewusstsein sowohl für das Vorhandensein der Technologien und deren vorteilhaften Eigenschaften als auch für die Fördermaßnahmen gestärkt werden. Darüber hinaus sollten die Beratungs- und Weiterbildungsangebote ausgebaut werden.
12. Sollte mittelfristig kein zufrieden stellender Ausbauerfolg bei den Wärmetechnologien erreicht werden, könnte eine Einsatzpflicht für die Nutzung der erneuerbaren Energien in der Wärmeerzeugung oder ein Bonusmodell<sup>16</sup> eingeführt werden.
13. Für Biotreibstoffe sollte durch eine Beimischungspflicht ein linearer Anstieg der Beimischungsmenge entsprechend der EU-Ziele vorgesehen werden. Die EU-Ziele sind für Luxemburg nur durch Importe erreichbar. Importierte Biokraftstoffe sollten ökologischen und sozialen Mindestkriterien entsprechen, sobald diese auf europäischer Ebene definiert sind (Zertifizierung).
14. Die Planbarkeit von Vorhaben sollte verbessert werden. Bei Commodopflichtigen Anlagen sollten die Genehmigungsvoraussetzungen klar festgelegt werden (gegebenenfalls durch Anlehnung an Regelungen in anderen Ländern). Weiterhin ist darauf zu achten Nachweisvorschriften bei Genehmigungsanforderungen möglichst praktikabel festzulegen ohne die materiellen Anforderungen zu

---

<sup>16</sup> Ein Bonusmodell für erneuerbare Wärme sieht einen technologiespezifischen Bonus für erneuerbare Wärmetechnologien vor, welcher entweder erzeugungsbasiert oder investitionsbasiert an Erzeuger erneuerbarer Wärme gezahlt wird.

verändern (z.B. Schallemissionsprüfung bei Windenergie oder Emissionsnachweise bei Holzheizungen im Gewerbe). Bezüglich der Genehmigungspraxis bei Biogasanlagen könnten Genehmigungen nach Stoffklassen anstatt für einzelne Stoffe größere Flexibilität bewirken.