



**energie
strategie**
2020



Impressum

Auftraggeber	Regierung des Fürstentums Liechtenstein Ressort Wirtschaft
Autoren	Sandro D'Elia – Ressort Wirtschaft der Regierung des Fürstentums Liechtenstein Jürg Senn – Energiefachstelle beim Amt für Volkswirtschaft des Fürstentums Liechtenstein Christoph Ospelt, Markus Widmer – Lenium AG
Beiträge	Andreas Gstöhl – Amt für Umweltschutz des Fürstentums Liechtenstein (Tiefengeothermie) Armand Jehle – Liechtensteinische Kraftwerke (Eignerstrategie LKW)

Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	6
2	EINLEITUNG	12
2.1	AUFTRAG UND PROJEKTORGANISATION	12
2.2	ZIELE	12
2.2.1	Versorgungssicherheit	13
2.2.2	Wirtschaftlichkeit	13
2.2.3	Umweltverträglichkeit	14
2.2.4	Soziale Verträglichkeit	14
2.3	DENKMODELLE UND VISIONEN	15
2.3.1	Erneuerbares Liechtenstein	15
2.3.2	Die 2000-Watt-Gesellschaft	16
2.3.3	Energiezukunft Schweiz	17
2.4	ABGRENZUNG	18
2.5	AUFBAU DER ENERGIESTRATEGIE	19
3	AUSGANGSLAGE	21
3.1	AKTUELLE SITUATION IN LIECHTENSTEIN	21
3.1.1	Das Energieflussdiagramm des Jahres 2010	21
3.1.2	Das Energieflussmodell als Diskussionsgrundlage	24
3.1.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Liechtenstein	32
3.1.4	Entwicklung der Rahmenparameter Wirtschaft und Bevölkerung	34
3.1.5	Marktverhalten des Endkunden	36
3.1.6	Energieunternehmen und Energiewirtschaft	37
3.2	ERREICHUNG DER ZIELE DES ENERGIEKONZEPTS 2013	38
3.3	INTERNATIONALE ENERGIEPOLITIK IM UMBRUCH	47
3.3.1	Europäische Union (EU) und Europäischer Wirtschaftsraum (EWR)	47
3.3.2	Klimakonvention, Kyoto-Protokoll und Kyoto-Nachfolgeabkommen	48
4	ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN	51
4.1	RAHMENENTWICKLUNGEN: WIRTSCHAFT UND BEVÖLKERUNG	51
4.2	TRENDS UND POTENTIALE	53
4.2.1	Energieeffizienz	54
4.2.2	Erneuerbare Energien	64
4.2.3	Suffizienz	78
4.2.4	Kraftwerke und internationale Einbindung	79
4.2.5	Verknappung energetischer Ressourcen, Peak Oil	83
5	ENERGIE-GESAMTSTRATEGIE 2020	85
5.1	ZIELSZENARIEN FÜR DAS JAHR 2020	85
5.1.1	Szenario 1: ‚Business as Usual‘	85
5.1.2	Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	87
5.1.3	Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	88
5.1.4	Bewertung der Zielszenarien	89
5.2	AKTIONSPLAN ENERGIE: DREI KONKRETE ZIELSETZUNGEN BIS 2020	94
5.2.1	Ziel 1: Erhöhung der Energieeffizienz um 20% zur Verbrauchsstabilisierung	95
5.2.2	Ziel 2: Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger auf 20%	96
5.2.3	Ziel 3: Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber dem Jahr 1990	97

6	MASSNAHMEN	99
6.1	STRATEGISCHE HANDLUNGSFELDER	99
6.2	MASSNAHMENKATALOG	103
6.3	DISKUSSION	109
6.3.1	Ziele	109
6.3.2	Zielerreichung mit Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)	109
6.3.3	Kosteneffizienz der Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)	112
6.3.4	CO ₂ -Vermeidungskosten mit Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)	113
6.3.5	Potentialübersicht unter Berücksichtigung aller Massnahmen	115
6.3.6	Fazit	119
7	STEUERUNG UND CONTROLLING	122
8	ANHÄNGE	124
8.1	DETAILLIERTE MASSNAHMENBESCHREIBUNGEN	124

1 Zusammenfassung

Die Nutzung von Energie muss konkurrierenden Ansprüchen gerecht werden. Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit waren schon immer prägende Faktoren, während nun zunehmend Fragen der Nachhaltigkeit in den Vordergrund treten. Die Herausforderung liegt darin, die vorhandenen Potentiale in nachhaltiger Weise zu nutzen.

Mit dem Energiekonzept Liechtenstein 2013 verabschiedete die Regierung im Jahr 2004 eine energiepolitische Zehnjahresplanung und setzte sich zum Ziel, dass Liechtenstein eine Vorbildfunktion einnehmen soll. Die Energiestrategie Liechtenstein 2020 führt diese Anstrengungen fort, analysiert die Zielerreichung des Energiekonzepts 2013, und es identifiziert zentrale Entwicklungen und Potentiale. Mit einem Zeithorizont bis 2020 zeigt die Energiestrategie konkrete Massnahmen auf dem Weg zu einer sicheren, nachhaltigeren und bezahlbaren Energieversorgung im Fürstentum Liechtenstein auf und schätzt deren Wirkung ab.

In einer international vernetzten Energiewirtschaft ist eine auf die Landesgrenzen beschränkte Betrachtungsweise der Energieflüsse nur bedingt sinnvoll. Dies bestätigen im Fall des Fürstentums Liechtenstein die grossen Energiemengen, welche das Land aus dem Ausland importiert. Die Energiestrategie differenziert an verschiedenen Stellen zwischen den Systemgrenzen einer globalen und einer Inland-Perspektive. Die unterschiedlichen Systemgrenzen haben Unterschiede zur Folge bei der Bilanzierung der Anteile verschiedener Energieträger und den im In- resp. Ausland anfallenden Treibhausgasemissionen. Diese Effekte sind insbesondere von Relevanz im Hinblick auf die Erfüllung der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls.

Ausgangslage: Energieflüsse in Liechtenstein

Der gesamte Endenergiebedarf des Fürstentums Liechtenstein unterliegt seit 1990 mit jährlich 1.55% einem stetigen und raschen Wachstum. Die Zunahme des Energiebedarfs war grösser als die verbrauchsmindernden Massnahmen in derselben Zeitspanne. Das Ziel des Energiekonzepts 2013, eine Stabilisierung des Energiebedarfs durch Massnahmen im Gebäudesektor zu bewirken, ist damit nicht mehr erreichbar.¹ Die Verbrauchszunahme geht allerdings mit einer überdurchschnittlichen Zunahme der Bevölkerung (+13% seit 1998) und der Wirtschaftsleistung (+25% seit 1998) einher.

Lediglich gut 9% der in Liechtenstein verbrauchten Endenergie stammten im Jahr 2010 aus einheimischen Energieträgern (Eigenversorgung). Da Liechtenstein über keine fossilen oder nuklearen Rohstoffe verfügt, sind diese einheimischen Energieträger durchgehend erneuerbar. Liechtenstein ist damit aber auch massgeblich von Energieimporten aus dem Ausland abhängig – in Form von Brenn- und Treibstoffen sowie Strom. Wie viel Abhängigkeit letztlich noch verträglich ist, muss gegenüber den weiteren Bewertungskriterien abgewogen und über die Eignerstrategien der Kraftwerke und Energieversorger umgesetzt werden. Im Kontext einer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger kann diese Abhängigkeit gleichzeitig reduziert werden. Da der Mehrverbrauch zwischen 2001 und

¹ Teilziele im Gebäudesektor konnten allerdings erreicht werden (thermische Sanierung des Gebäudebestandes, Steigerung der Realisierung von nach Minergie zertifizierten Neubauten).

2010 das zusätzlich erschlossene Potential an erneuerbaren, einheimischen Energieträgern um den Faktor drei übertroffen hatte, ist die Abhängigkeit vom Ausland trotz intensiver Förderung der erneuerbaren Energien gestiegen.

Aktuell stammen rund 20% des Endenergiebedarfs von Liechtenstein aus erneuerbaren Energieträgern.² Damit wurde ein Ziel des Energiekonzepts 2013 bereits erfüllt. Den grössten Anteil macht der Strom aus Wasserkraft aus, wobei das Potential mit Ausnahme der Nutzung des Rheins bereits grossenteils ausgeschöpft wird. In den letzten Jahren ist zudem die Bedeutung von Brennholz stetig gewachsen, und es besteht noch Potential für eine gesteigerte Nutzung von Biomasse. Die Dampfleitung der KVA Buchs liefert ebenfalls zur Hälfte erneuerbare Fernwärme.

Die neuen erneuerbaren Energieträger (Umweltwärme, Biomasse, Sonne und Wind) spielen dagegen in der Gesamtbilanz noch eine untergeordnete Rolle, obschon das Ziel des Energiekonzepts 2013 zur Erhöhung der Sonnenenergienutzung um die Faktoren drei (Solarthermie) beziehungsweise 2.5 (Photovoltaik) bereits deutlich übertroffen werden konnte. Da beim Wind das Potential im Inland stark beschränkt ist, bleibt die Sonnenenergie als grösstes Potential.

Bei den Treibhausgasen liegen die jährlichen Emissionsmengen gegenwärtig 11% über dem Wert von 1990, welcher der Verpflichtung gemäss Kyoto-Protokoll zugrunde liegt.³ Obschon man in der Verpflichtungsperiode 2008 bis 2010 einen Rückgang der Emissionen feststellen kann, muss sich noch zeigen, ob es sich dabei um einen beständigen Trend handelt. Die Erreichung des Ziels des Energiekonzepts 2013 ist nach wie vor weit entfernt, und die Bilanz ist sensitiv im Hinblick auf die Entwicklung der externen Rahmenbedingungen (Wirtschaftswachstum, Bevölkerungswachstum).

In Bezug auf die Ziele des Energiekonzepts 2013 wurden zwar verschiedene Fortschritte erzielt, aber nicht alle Ziele wurden erfüllt. Eine zentrale Herausforderung liegt künftig darin, wirtschaftliches Wachstum, Wohlstand und auch eine zunehmende Bevölkerungszahl von einem steigenden Energiebedarf zu entkoppeln und damit sicherzustellen, dass Effizienzgewinne und Einsparungen nicht durch Wachstum (über-) kompensiert werden.

Zielsetzung der Energiestrategie 2020

Die Energiestrategie 2020 schliesst an die Erfolge und Ideen des auslaufenden Energiekonzepts 2013 an und orientiert sich dabei auch an den Rahmenbedingungen des europäischen Umfelds. Das europäische Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie (die sogenannten 20-20-20-Ziele) setzt ambitionierte Zielvorgaben bis im Jahr 2020. Diese umfassen eine Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20% gegenüber 1990, eine Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen auf 20% des Ge-

² Dies, sofern der importierte Strom als europäischer Mix bilanziert wird. Bei Berücksichtigung der Herkunftsnachweise des importierten Stroms beträgt der erneuerbare Anteil 13%, da die LKW 98% des importierten Stroms aus Schweizer Kernkraftwerken beziehen (Stromkennzeichnung des 2010 gelieferten Stroms gemäss LKW).

³ Liechtenstein hat sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, die landesweiten Treibhausgasemissionen in der Periode 2008 bis 2012 um 8% unter den Wert von 1990 zu senken.

samt-Endenergiebedarfs, sowie eine Senkung des Energiebedarfs um 20% des voraussichtlichen Niveaus von 2020 durch Verbesserungen bei der Energieeffizienz.

Im Bereich des Klimaschutzes hat das Fürstentum Liechtenstein im Jahr 2004 das Kyoto-Protokoll ratifiziert und sich im Jahr 2009 für eine Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 20% unter das Niveau von 1990 verpflichtet. Sollten andere Staaten im Rahmen eines verbindlichen Klimaabkommens vergleichbare Zugeständnisse machen, so soll das Ziel auf 30% erhöht werden.

Die entsprechenden Richtlinien, Verpflichtungen und Ziele bilden wesentliche Orientierungspunkte für die vorliegende Energiestrategie. Auf deren Basis wurden drei unterschiedlich ambitionierte Zielszenarien für das Jahr 2020 aufgestellt und im Hinblick auf die Kriterien ‚Versorgungssicherheit‘, ‚Wirtschaftlichkeit‘, ‚Umweltverträglichkeit‘ und ‚soziale Verträglichkeit‘ bewertet. Das aus der Evaluation am besten hervorgehende Zielszenario umfasst eine Stabilisierung des Gesamtenergiebedarfs, eine Erhöhung des Anteils einheimischer, erneuerbarer Energieträger auf 20% sowie eine Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber 1990 (Tabelle 1). Dieses Zielszenario bildet die Grundlage für den Aktionsplan Energie, welcher konkrete und überprüfbare Reduktionsbeträge festlegt, an denen sich die vorgeschlagenen Massnahmen messen lassen.

Tabelle 1: Übersicht über die notwendigen Beträge zur Erreichung des Zielszenarios ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO₂-Emissionen‘ und der damit verbundenen Kernziele des Aktionsplans Energie

	Energieeffizienz	Erneuerbare, einheimische Energieträger	Treibhausgasemissionen
Kernziel Aktionsplan Energie	Ziel 1: Erhöhung der Energieeffizienz um 20% zur Verbrauchsstabilisierung	Ziel 2: Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger auf 20%	Ziel 3: Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber dem Jahr 1990
Zielwerte für das Jahr 2020	1390 GWh/Jahr (+/-0%) ⁴	278 GWh/Jahr (20%) ⁵	184 Gg ⁶ CO ₂ eq/Jahr (-20%) ⁷
Veränderung für das Jahr 2020	-282 GWh/Jahr ⁸	+164 GWh/Jahr ⁹	-78 Gg CO ₂ eq/Jahr ¹⁰

⁴ Gegenüber dem Niveau des Jahres 2008.

⁵ Anteil am Gesamt-Endenergiebedarf im Jahr 2020.

⁶ 1 Gg (Gigagramm) entspricht 10⁹ Gramm oder 1000 Tonnen

⁷ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gigagramm (Gg) betrug.

⁸ Gegenüber dem erwarteten Verbrauch ohne Effizienzmassnahmen. Eine Verbrauchsreduktion ist trotz identischem Zielwert im Jahr 2020 im Vergleich zum Wert im Jahr 2008 nötig, weil Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu einer erwarteten jährlichen Steigerung des Gesamtenergiebedarfs von 1.55% führen.

⁹ Gegenüber dem Wert im Jahr 2008. Dieser Wert gilt nur bei Erfüllung des Stabilisierungsziels durch Effizienzmassnahmen. Andernfalls gilt das 20%-Ziel.

¹⁰ Gegenüber den Emissionen ohne Massnahmen im Jahr 2020 (262 Gg), vgl. Abschnitt 5.2.3.

Massnahmenkatalog: Ein möglicher Weg zum Ziel

Eine Potentialanalyse hat aufgezeigt, dass im Fürstentum Liechtenstein bedeutende Potentiale bei der Energieeffizienz, bei den erneuerbaren Energien und bei der Reduktion der Emission von Treibhausgasen vorhanden sind. Die vorgeschlagenen Massnahmen der Energiestrategie 2020 gruppieren sich um die Kernbereiche ‚Energieeffizienz‘ und ‚erneuerbare Energien‘. Zudem werden jeweils die Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen betrachtet.

Bei einer unveränderten Weiterführung der bereits seit 2008 unter dem Energieeffizienzgesetz (EEG) laufenden Massnahmen kann in allen Bereichen nur ein Teil des Gesamtziels für das Jahr 2020 erreicht werden. Bei einer gleichbleibenden Steigerung des Energiebedarfs wie in den letzten Jahren würde bis 2020 ein Mehrverbrauch von 185 GWh/a resultieren – mehr als die zusätzlich erschliessbaren erneuerbaren Energien. Das Stabilisierungsziel wäre damit verfehlt. Der wachsende Energiebedarf müsste durch zusätzliche Energieimporte und fossile Energieträger gedeckt werden, was sich wiederum negativ auf das Klimaziel auswirken würde. Als Konsequenz sind neben der Fortführung der bestehenden Fördermassnahmen gemäss EEG eine Ausweitung oder weitere Anstrengungen notwendig, um die drei Zielsetzungen der Energiestrategie im Jahr 2020 vollständig zu erreichen oder zu übertreffen. Mit der Energiestrategie 2020 steht ein Katalog an möglichen Massnahmen im Inland zur Verfügung, welche diese Lücke schliessen können.

Einen Hauptbereich der Massnahmen bildet der Gebäudesektor. Heute wird ein Grossteil der für die Raumwärme und Warmwasser nötigen Energie, welche über ein Drittel des Gesamt-Endenergiebedarfs ausmacht, durch fossile Energieträger bereitgestellt. Stattdessen sollte für diesen Anwendungsbereich verstärkt lokal verfügbare Umweltwärme auf tiefem Temperaturniveau genutzt werden und nötigenfalls mittels Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau gebracht werden. Dies bedingt eine gute Wärmedämmung der Gebäudehülle. Wo (fossile) Hochtemperatur-Prozesse unumgänglich sind, sollen diese nach Möglichkeit durch die Nutzung von Biomasse (Biogas, Holz) ersetzt werden und die anfallende Abwärme vermehrt lokal genutzt oder verteilt werden (Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmenetze). Da die auf Liechtenstein jährlich einfallende Sonnenenergie rund 100 Mal so hoch ist wie der gesamte Landes-Energieverbrauch, liegt die Herausforderung in der Nutzung der geeigneten Flächen und Technologien zur Gewinnung, dem Transport und der Speicherung der Sonnenenergie (Photovoltaik und Solarthermie).

Durch die Mobilität bedingter Konsum von fossilen Treibstoffen macht gegenwärtig rund einen Fünftel des Gesamtenergiebedarfs aus. Der absehbare Wandel zu einer auf Strom basierten Mobilität wird aus technischen und ökonomischen Gründen noch viele Jahre in Anspruch nehmen. Der im Rahmen von Elektromobilität eingesetzte Strom müsste nachhaltig bereitgestellt werden. Bis zu diesem Zeitpunkt besteht im Rahmen der Energiestrategie 2020 das grösste Potential durch eine Umlagerung von den individuellen, motorisierten Verkehrsmitteln auf öffentliche Verkehrsmittel und den Aktivverkehr (zu Fuss und mit dem Fahrrad) sowie durch die Senkung des Treibstoffverbrauchs der Fahrzeugflotte. Mit einem etwas weiteren Zeithorizont spielt insbesondere die Raumplanung eine zent-

rale Rolle, da Energieverbrauch und Mobilität eng verknüpft sind. Die Folgen einer energie- und mobilitätsoptimierten Raumplanung wirken sich allerdings erst längerfristig aus.

Zwei Aspekte stehen bei der Verbrauchsminimierung von Geräten im Vordergrund: Der Einsatz energieeffizienter Geräte (gleiche oder bessere Leistung bei weniger Verbrauch) sowie die Vermeidung unnötiger Verbräuche in der Bereitschaftsphase oder bei Inaktivität (Standby). Beleuchtung, Haushaltgeräte, sowie Informations- und Kommunikationstechnologien weisen alle insgesamt grosse Sparpotentiale auf. Die nötigen Technologien zur Ausschöpfung des Potentials sind bereits vorhanden und ihr Einsatz oft sogar ohne Förderung wirtschaftlich. Einen wesentlichen Beitrag in diesem Bereich bilden die internationalen Vorschriften und Grenzwerte, welche kontinuierlich angepasst werden. Auf lokaler beziehungsweise nationaler Ebene können Massnahmen wie der Ersatz alter, ineffizienter Geräte die Wirkung beschleunigen und den Einsatz von effizienten Geräten fördern.

Bei den Massnahmen im Bereich der Energieerzeugung und Beschaffung spielt insbesondere das Ausschöpfen der einheimischen Potentiale an erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle. Es zeigt sich im Gegensatz zu den Effizienzmassnahmen, dass einzelne Massnahmen mit bedeutendem Potential (wie z.B. das Rheinkraftwerk oder die Tiefengeothermie) für die Zielerreichung im Bereich der erneuerbaren Energien matchentscheidend sein dürften. Die Nicht-Realisierung dieser grossen Potentiale, aus Gründen der Abwägung mit anderen, nicht-energetischen Kriterien, würde die Chancen zur Zielerreichung drastisch einschränken beziehungsweise eine grosse Herausforderung bei der Kompensation in anderen Bereichen darstellen. Hinzu kommt, dass aufgrund des Zeithorizonts dieser Energiestrategie bis 2020 die Planung und Umsetzung der Massnahmen auch bei den Grossprojekten sehr rasch in Angriff genommen werden muss.

Bei einer Betrachtungsweise innerhalb der Landesgrenzen kann auch die Beschaffungs- und Erzeugungsstrategie der Energieversorger bedeutenden Einfluss auf den Gesamtanteil der erneuerbaren Energie im liechtensteinischen Energiemix haben. Dies insbesondere da der Stromverbrauch seit Jahren fast linear zunimmt und dies vermutlich auch in Zukunft weiter tun wird. Über den Beschaffungsmix beim Import von Elektrizität können der Primärenergiebedarf sowie der Anteil erneuerbarer Energien beeinflusst werden.

Insgesamt sind die im Rahmen der Energiestrategie gesetzten Ziele äusserst ambitioniert. Nur eine konsequente und vollständige Ausschöpfung möglichst aller als technisch und ökonomisch umsetzbar eingestuften Potentiale verspricht die Chance, die Ziele des Aktionsplans Energie mit dem präsentierten Massnahmenkatalog bis im Jahr 2020 zu erreichen. Dennoch sind jetzt ambitionierte Zielsetzungen notwendig und sinnvoll, um die Abhängigkeit zwischen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, steigenden Komfortansprüchen und dem Energiebedarf bei gleichbleibender Lebensqualität zu durchbrechen. Vor diesem Hintergrund ist bereits das Stabilisierungsziel eine grosse, aber enorm wichtige Herausforderung für das Land.

Werden Potentiale aus der Energiestrategie 2020 nicht realisiert, sind andere oder weitergehende Massnahmen notwendig, um die Zielsetzungen zu erreichen. Nicht zuletzt zeigen aber auch die Entwicklungen seit der Lancierung des Energiekonzepts 2013 am Beispiel der Photovoltaik, dass sich auch relativ kurzfristig zusätzliche Potentiale und

Trends ergeben können, welche es dann durch kluge Förderstrategien flexibel auszu-schöpfen gilt. Entsprechend sind auch während der Laufzeit dieser Energiestrategie durch Veränderungen in der Preisstruktur der Energieträger und bei einzelnen Technologien durchaus Szenarien denkbar, in denen eine deutlich stärkere Fördereffizienz oder ein ‚Boom‘ eintreten könnte.

Drängt sich aufgrund von Budgetrestriktionen oder zusätzlichen Fördermitteln eine Fokussierung oder Erweiterung der Förderaktivitäten auf, liefert die Energiestrategie wichtige Anhaltspunkte, wo aus Sicht des Staates am effizientesten gehandelt werden kann. Besonders effizient sind bei gegenwärtigen Preisverhältnissen Wärmepumpen, Holz- und Pelletfeuerungen sowie verbesserte Wärmedämmungen. Unter Berücksichtigung weiterer Kostensenkungen und neuen Modellen (Eigenverbrauchsmodell ohne Einspeisevergütung) sind bei der Photovoltaik in naher Zukunft deutlich reduzierte Förderkosten pro Kilowattstunde Solarstrom zu erwarten. Unter diesen Gesichtspunkten stellt die Photovoltaik eine attraktive Technologie dar, die sich insbesondere auch gut mit der Wärmepumpentechnologie ergänzt.

Grosse Unterschiede zeigen sich auch im Hinblick auf die CO₂-Vermeidungskosten für den Staatshaushalt. Die geringsten Kosten, vergleichbar mit dem Kauf von Emissionszertifikaten im Ausland, ergeben sich heute bei der Förderung von Wärmepumpen. Unter der Annahme von weiterhin sinkenden Kosten ergeben sich aus der Kombination von Wärmepumpen mit Photovoltaik neue Chancen zur kostengünstigen CO₂-Reduktion im Inland. Die Wärmeerzeugung mit Holz und Pellets bleibt weiterhin wichtig für denjenigen Teil der Bestandsbauten, bei denen eine energetische Sanierung der Gebäudehülle nicht sinnvoll ist. Bei den Massnahmen zur Verminderung von Treibhausgasemissionen muss sorgfältig zwischen den Kosten und Folgen von Massnahmen im Inland sowie dem Zukauf von Emissionszertifikaten im Ausland abgewogen werden. Massnahmen im Inland versprechen direkte positive Auswirkungen auf die lokale Wirtschaft.

Alles in Allem ist entschiedenes, fokussiertes und rasches Handeln unabdingbar, sollen die ambitionierten Zielsetzungen der Energiestrategie 2020 erreicht werden. Liechtenstein könnte seine Vorreiterrolle, welches es bereits bei der installierten Leistung an Photovoltaikanlagen einnimmt, in weiteren Bereichen einer nachhaltigen Energiebereitstellung und -nutzung ausbauen und dabei die Trümpfe eines flexiblen Kleinstaates ausspielen.

2 Einleitung

2.1 Auftrag und Projektorganisation

Mit dem Energiekonzept Liechtenstein 2013 verabschiedete die Regierung im Jahr 2004 eine Zehnjahresplanung im Bereich der Energiepolitik und machte sich zum Ziel, dass Liechtenstein energiepolitisch eine Vorbildfunktion einnehmen soll. Im Rahmen des Energiekonzeptes 2013 wurden diverse Ziele mit Zeithorizont 2013 sowie die dazugehörigen Massnahmen festgelegt. Im Abschnitt 3.2 dieses Dokuments wird auf die umgesetzten Massnahmen näher eingegangen.

Im Sinne einer rollenden Planung wird nun das ‚bisherige‘ Energiekonzept durch eine neue Strategie ersetzt. Dafür wurde eine Energie-Gesamtstrategie mit Zeithorizont 2020 für das Fürstentum Liechtenstein erarbeitet. Darin werden, ausgehend von einer Analyse des Ist-Zustandes, die strategischen Zielsetzungen und Umsetzungsmassnahmen für verschiedene Themen definiert. Insbesondere die Bereiche Energieträger und Energie-Mix, erneuerbare und nicht erneuerbare Energien, Versorgungssicherheit und Eigenversorgungsgrad, die Rolle der Energieversorgungsunternehmen, Energieeffizienz, Steuerung des Energiebedarfs, Energieberatung sowie Mobilität mussten dabei in eine Gesamtstrategie eingebunden werden.

Die Energiekommission, welche die Regierung in energiepolitischen Belangen berät, hat den Projektauftrag sowie die Projektorganisation verabschiedet. Es wurde eine Projektorganisation eingerichtet, welche folgendermassen aufgebaut ist:

- **Energiekommission:** Die Energiekommission gibt die Vorgaben für die Erarbeitung der Energiestrategie, berät die Ergebnisse und Vorschläge des Projektteams und hinterfragt diese kritisch.
- **Projektleitung:** Die Projektleitung koordiniert die Arbeiten um die Energiestrategie und bildet die Schnittstelle zwischen der Energiekommission und dem Projektteam.
- **Projektteam:** Das Projektteam setzt sich aus verschiedenen Experten im Energiebereich zusammen und ist mit der operativen Umsetzung beziehungsweise Erarbeitung der Strategie betraut. Im Projektteam werden einzelne Themenbereiche intensiv bearbeitet, welche dann als Themenblöcke in die Energiestrategie einfließen.

2.2 Ziele

Die zukünftige Nutzung von Energie muss verschiedenen Ansprüchen gerecht werden. Während Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit schon immer prägende Faktoren der energiepolitischen Entwicklung waren, tritt in letzter Zeit zusätzlich der Anspruch an eine umfassendere Nachhaltigkeit der Energiebereitstellung in den Vordergrund. Diese Perspektive umfasst neben der ökonomischen Komponente auch die Ökologie sowie die Gesellschaft.

Grundsätzlich sind die Potentiale für eine sichere und erneuerbare Energieversorgung und das technische Wissen um deren Nutzung vorhanden. Die Herausforderung liegt darin, diese Potentiale in Liechtenstein unter wirtschaftlich, sozial und ökologisch tragbaren Rahmenbedingungen optimal zu nutzen. Findet die zukünftige Nutzung von Energie das Gleichgewicht innerhalb dieser Anforderungen, so ist sie nachhaltig.

2.2.1 Versorgungssicherheit

Liechtenstein profitierte seit Jahrzehnten bei allen Energieträgern von einer lückenlosen Versorgung. Diese ist Teil der Grundlage des hohen Wohlstandes und der Standortvorteile für die Wirtschaft Liechtensteins. Die Entwicklung des internationalen Umfeldes, die zunehmend spürbaren, natürlichen Grenzen bei der Nutzung von nicht erneuerbaren Ressourcen sowie die Grenzen der Umwelt zur Aufnahme der resultierenden Emissionen und Abfälle stellen für die bisher gewohnte Versorgungssicherheit eine zunehmende Herausforderung dar.

Die Energiestrategie 2020 hat zum Ziel, auch zukünftig eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Angesichts des dynamischen Umfeldes bedeutet dies aber nicht nur vorhandene Versorgungsstrukturen zu festigen, sondern vor allem auch Bereiche zu erschliessen, die der Versorgungssicherheit im neuen Umfeld förderlich sind. Dies sind beispielsweise die Einsparung von Energie, die Nutzung lokal verfügbarer (einheimischer), erneuerbarer Energieträger sowie die Vorbereitung der Elektrizitätsnetze auf die künftigen Anforderungen.

Da Liechtenstein heute rund 90% der Energie aus dem Ausland importiert und die Versorgungssicherheit damit wesentlich durch das internationale Umfeld geprägt ist, ist der Gewährleistung einer angemessenen Eigenversorgung ein hoher Stellenwert beizumessen. Auch die langfristige vertragliche Einbindung in das internationale Energieumfeld hat sich primär an der Versorgungssicherheit zu orientieren. Vor diesem Hintergrund ist der strategischen Koordination langfristiger Versorgungsverträge grosses Gewicht beizumessen.

2.2.2 Wirtschaftlichkeit

Langfristig kann eine umweltfreundliche Energiebereitstellung nur gewährleistet werden, wenn diese zu wirtschaftlich tragbaren Bedingungen erfolgt. Die Akzeptanz der in dieser Energiestrategie vorgeschlagenen Konzepte und Massnahmen wird wesentlich davon abhängen, inwiefern sie einzelne Einwohner, Firmen und den Staatshaushalt finanziell belasten.

Die Sichtweise bei energierelevanten Entscheiden in Bezug auf deren Wirtschaftlichkeit greift heute oft zu kurz. Einerseits werden externe Kosten der Energiebereitstellung und des Verbrauchs kaum berücksichtigt, obschon es aus Sicht des Staates, aber auch aus Sichtweise der Bevölkerung angebracht wäre. Andererseits wird bei Investitionsentscheidungen häufig eine kurzfristige zeitliche Perspektive zugrunde gelegt, welche den über den gesamten Lebenszyklus einer Massnahme anfallenden Kosten nicht gerecht wird. Dies führt zu Entscheidungen, welche sowohl für die Umwelt als auch unter Zugrundelegung wirtschaftlicher Kriterien nicht optimal ausfallen. Das Denken in Lebens-

zykluskosten soll bei der Beurteilung der Massnahmen berücksichtigt werden und generell vermehrt Anwendung finden. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass die Energiepreise aufgrund der Rahmenbedingungen künftig tendenziell steigen werden.

Ein sorgsamer Umgang mit Energie ist aus wirtschaftlicher Sicht eine Chance. Liechtenstein und die Region sind in einer guten Ausgangslage mit gut positionierten Firmen und Bildungsinstitutionen, welche vom allgemeinen Trend zu mehr Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in vielfältiger Weise profitieren können.

2.2.3 Umweltverträglichkeit

Die verschiedenen Möglichkeiten der Energiegewinnung und Energiebereitstellung haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt. Während einige Auswirkungen lokal und kurzfristig als negativ wahrgenommen werden, wie beispielsweise die Emission von Schadstoffen bei Verbrennungsprozessen oder der Einfluss auf die Landschaft von Windturbinen, zeigen andere global und langfristig negative Folgen (z.B. Klimawandel).

Die Schwerpunkte der aktuellen Diskussion liegen insbesondere bei der Verknappung fossiler Ressourcen wie dem Erdöl, und den negativen Auswirkungen des CO₂-Ausstosses auf das Klima. Die Entscheidung, ob der Energieverbrauch durch Energieimporte aus dem Ausland gedeckt werden soll oder durch lokale Gewinnung und Bereitstellung, bestimmt auch wesentlich mit, wo allfällige Emissionen in der Bilanz auftreten und ob darauf direkt Einfluss genommen werden kann.

Eine nachhaltige Energiestrategie hat sich an den Anforderungen der Umweltverträglichkeit an verschiedenen räumlichen und zeitlichen Dimensionen zu orientieren. Der Rahmen dazu ist durch rechtliche Vorgaben (z.B. Umweltschutzgesetze) und Abkommen (z.B. Kyoto-Protokoll und Nachfolgeabkommen) gegeben. Die Massnahmen zur Energiestrategie sollen dazu beitragen, diese Vorgaben zu erfüllen und den Weg für gegenwärtige und in Zukunft gesetzte Umweltziele zu bereiten.

2.2.4 Soziale Verträglichkeit

Energiesysteme und Energiepolitik können sich auf verschiedene Bevölkerungsgruppen unterschiedlich auswirken. Technische und gesellschaftliche Aspekte können dabei losgelöst von einander zu unterschiedlichen Akzeptanzproblemen (z.B. Kernenergie) und politischer Konsensfähigkeit führen. Unter einer sozialverträglichen Entwicklung wird an dieser Stelle eine Entwicklung des Energiesystems verstanden, welche mit den gesellschaftlichen Wertvorstellungen einer breiten Basis übereinstimmt und damit weitgehend akzeptiert werden kann.

Besonderes Gewicht soll auch die wirtschaftliche Komponente der Sozialverträglichkeit erhalten. Je nach Ausgestaltung von Massnahmen, seien dies nun Fördermassnahmen oder Beschränkungen, können bestimmte Gruppen finanziell nur wenig davon profitieren oder werden besonders belastet. Durch den Markt oder durch Abgaben erhöhte Energiepreise werden bei einem Grossteil der Bevölkerung kaum zu Problemen führen, bei einzelnen finanziell Schwächeren kann die zusätzliche Belastung aber durchaus ein Problem darstellen. Auch rechtliche Rahmenbedingungen können unter Umständen bei Einzelnen zu finanziellen Belastungen führen, welche die persönlichen Möglichkeiten über-

steigen. Bei der Ausgestaltung der Energiepolitik ist daher die soziale Verträglichkeit insbesondere auch aus ökonomischer Sicht, zu berücksichtigen.

2.3 Denkmodelle und Visionen

Mit einem Zeithorizont von rund acht Jahren kann diese Energiestrategie nicht die Rolle einer umfassenden Energievision einnehmen. Der Zweck dieser Energiestrategie liegt vielmehr darin, für die betrachtete Zeitspanne konkrete, realisierbare Massnahmen aufzuzeigen und deren Wirkung abzuschätzen.

Dennoch sollten entsprechende langfristige Visionen und Zielvorgaben einbezogen werden, um den Diskussionen und den zukünftigen energiepolitischen Entscheidungen in Liechtenstein einen Orientierungsmöglichkeit zu bieten.

In diesem Abschnitt werden drei energiepolitisch relevante Konzepte kurz beleuchtet. Es sind dies einerseits die Studie Erneuerbares Liechtenstein,¹¹ die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, und die Studie ‚Energiezukunft Schweiz‘ der ETH Zürich.¹²

Ob solche (oder andere) Ziele schlussendlich gefasst und verankert werden, liegt im Handlungsspielraum von Politik und Gesellschaft.

2.3.1 Erneuerbares Liechtenstein

Anhand eines Forschungsprojekts¹¹ mit Unterstützung des Forschungsförderungsfonds der Universität Liechtenstein und der Regierung wurde die Fähigkeit des Fürstentums abgeschätzt, seinen direkten Energiebedarf bis im Jahr 2050 mit im Lande bereitgestellten (einheimischen) erneuerbaren Energieträgern abzudecken. Die damit verbundene Reduktion an Treibhausgasemissionen wurde ebenfalls ermittelt. Es wurden nur einheimische, erneuerbare Energien in Betracht gezogen.

Die Studie kommt zum Ergebnis, dass bei einer Entwicklung gemäss einem ‚Innovations-szenario‘ der Pro-Kopf-Energiebedarf auf rund die Hälfte gesenkt werden könnte, die Treibhausgasemissionen um 65% sinken würden und die Eigenversorgungsquote mit erneuerbaren, einheimischen Energieträgern im Wärmebereich 62%, im Strombereich 78% erreichen würde. Erneuerbare Treibstoffe lassen sich im Fürstentum Liechtenstein bis 2050 gemäss den Ergebnissen der Studie zwar nicht erzeugen, aber durch eine Umstellung des Kraftverkehrs auf Elektromobilität liesse sich eine regenerative Selbstversorgung über die Flächenressourcen des Verkehrs erreichen.

Die Autoren der Studie schliessen, dass sich mit der Fortschreitung des aktuellen Trends das Ziel der vollständigen Selbstversorgung nicht erreichen lässt. Demgegenüber ist unter der Voraussetzung von verstärkten Anstrengungen bei der Erhöhung der Energieeffizienz und der Einführung regenerativer Energien im Innovationsszenario eine Eigenversorgung mit Energie bis etwa 2070 möglich.

¹¹ Droege, P., Genske, D., Jödecke, T., Roos, M., & Ruff, A. (2012). *Erneuerbares Liechtenstein*. Vaduz: Universität Liechtenstein.

¹² Andersson, G., Boulouchos, K., Bretschger, L. (2011). *Energiezukunft Schweiz*. ETH Zürich.
http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/111114_energiestudie_rok/energiestudie_def

2.3.2 Die 2000-Watt-Gesellschaft

Das Ziel eines nachhaltigen Energiesystems erfordert eine langfristige Perspektive sowie klare Zielsetzungen. Eine solche Vision liefert das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft, welches Zielzustände für das Jahr 2011 bis 2015 formuliert.

Die 2000-Watt-Gesellschaft wurde an der ETH Zürich entwickelt und ist die Vision einer nachhaltigen Zukunft: Klimaverträglich, energieeffizient und global gerecht. Sie umfasst drei langfristige Ziele:

- Reduktion des Energiebedarfs auf 2000 Watt Dauerleistung pro Kopf. Dies entspricht einem Primärenergiebedarf von 17'520 kWh pro Person und Jahr.
- Reduktion des Treibhausgasausstosses auf 1 Tonne CO₂ eq¹³ pro Kopf
- Globale Gerechtigkeit beim Energieverbrauch

Mit diesem Ansatz strebt die Vision nicht nur eine langfristig nachhaltige Energienutzung an, sondern gleichzeitig auch eine gerechte Verteilung der verfügbaren Ressourcen auf alle Regionen und Bewohner der Erde. Zentral ist die Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger durch eine Steigerung der Energieeffizienz in allen Verbrauchsbereichen sowie durch die Substitution der fossilen Energieträger durch CO₂-neutrale, erneuerbare Energien. Diese beiden Ziele gehen dabei Hand in Hand und ergänzen sich. In einer Übergangszeit (Zeithorizont 2050) kann der Primärenergieverbrauch aber noch höher ausfallen, wenn dabei verstärkt erneuerbare Energien zur Deckung eingesetzt werden.

Inzwischen verfolgen verschiedene Pilotregionen und Energiestädte das langfristige Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft, unter anderem die Stadt Zürich,¹⁴ Basel, Buchs (SG) und die Gemeinde Planken. Als Orientierungshilfe für die energiepolitische Zielsetzung von Energiestädten, Städten, Gemeinden und Regionen liefert die 2000-Watt-Gesellschaft Zielwerte. Im Methodikpapier¹⁵ für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft am Beispiel der Stadt Zürich sind die Grundlagen für eine Umsetzung beschrieben. Die beteiligten Experten gehen davon aus, dass die Zielwerte bis im Jahr 2150 erreichbar sein dürften.

Die folgenden Berechnungen in Tabelle 2 geben auf der Basis von schweizerischen Referenzwerten einen Anhaltspunkt über einen möglichen Absenkpfad zur 2000-Watt-Gesellschaft für das Fürstentum Liechtenstein.¹⁶ Die Werte für die Jahre 2020, 2035 und 2050 sind linear interpoliert zwischen dem Bezugsjahr 2005 und dem Ziel im Jahr 2150.

¹³ Die Einheit CO₂ eq (CO₂-Äquivalent) beschreibt, wie stark eine bestimmte Emissionsmenge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt im Vergleich zur Referenz Kohlendioxid (CO₂).

¹⁴ Die Zürcher Bevölkerung stimmte am 30. November 2008 mit 76 Prozent einer Verankerung der 2000-Watt-Ziele in der Gemeindeordnung zu.

¹⁵ Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft am Beispiel der Stadt Zürich. Stadt Zürich, Bundesamt für Energie und EnergieSchweiz, 28. Mai 2009:
http://www.novatlantis.ch/fileadmin/downloads/2000watt/PRZH_2kW_Methodikpapier_20090528.pdf

¹⁶ Bei einer Anwendung des Konzepts der 2000-Watt-Gesellschaften auf regionaler/lokaler Ebene sind gemäss Methodikpapier (siehe Fussnote 15) in der Regel die gesamtschweizerischen Ziele zu übernehmen, da eine Anpassung des Konzepts auf regionale Gegebenheiten zu aufwändig und mit Fehlern behaftet wäre. Dies umfasst eine Reduktion des Primärenergiebedarfs pro Kopf zwischen 2005 und 2050 um 45% sowie eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 77%. Zur Berechnung wurden die auf dem unteren Heizwert basierenden Verbrauchsdaten der Energiesta-

Tabelle 2: Orientierungshilfe zu einem möglichen Absenkpfad für das Fürstentum Liechtenstein zur 2000-Watt-Gesellschaft. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf der Energiestatistik 2010

	2005	2010	2020	2035	2050	2000-Watt-Gesellschaft	Reduktionsfaktor ¹⁷
Primärenergiebedarf (Watt pro Einwohner)	7954	7845	6200	5000	3800	2000	4
Primärenergiebedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern (Watt pro Einwohner)	7631	7389	5000	3500	2000	500	15
Treibhausgasemissionen (t CO₂ eq. pro Einwohner und Jahr)	7.6	6.3	5.6	3.7	1.7	1.0	8

2.3.3 Energiezukunft Schweiz

Die Studie ‚Energiezukunft Schweiz‘ der ETH Zürich¹⁸ untersucht Optionen für die Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems für die Schweiz bis im Jahr 2050. Relevante Rahmenbedingungen der Studie sind die Bestrebungen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen, der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Sicherstellung der Versorgungssicherheit der Schweiz mit Energie.

Die Forscher kommen zum Schluss, dass ein schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie, so wie von Bundesrat und Parlament beschlossen, technologisch grundsätzlich machbar und volkswirtschaftlich verkräftbar ist.¹⁹ Die Studie macht aber auch klar, dass noch grosse Anstrengungen in allen Sektoren und auf allen Ebenen der Gesellschaft nötig sind, damit die angestrebte Energiewende unter Einhaltung der gesteckten Klimaziele und ohne Wohlstandsverlust möglich wird. Damit die Schweiz ihren Beitrag zur Erreichung der globalen Klimaziele leisten kann, sehen die Autoren der Studie für die Raumbeheizung und für das Autofahren auf kurzen Strecken in Zukunft weniger fossile Brennstoffe, dafür verstärkt den Einsatz von Strom.

tistik des Fürstentums Liechtenstein auf die Brennwerte umgerechnet. Die Treibhausgasemissionen wurden ohne Umrechnungen aus dem Klimainventar übernommen. Für die Elektrizität wurden die von den LKW für das Jahr 2010 deklarierten Herkunftsnachweise des im Inland verkauften Stroms verwendet (im Gegensatz zur globalen Betrachtung, siehe Abschnitt 2.4).

¹⁷ Gegenüber dem Bezugsjahr 2005.

¹⁸ Andersson, G., Boulouchos, K., Bretschger, L. (2011). Energiezukunft Schweiz. ETH Zürich. http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/111114_energiestudie_rok/energiestudie_def

¹⁹ ETH-Studie zur Energiezukunft Schweiz auf ETH-Life: http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/111114_energiestudie_rok

Am Beispiel des ehrgeizigen, aber als realistisch eingeschätzten Szenarios wird sich der Strommix in der Schweiz im Jahr 2050 aus knapp 50% Wasserkraft, 15–20% Photovoltaik, 6–10% Biomasse, 0–10% Geothermie, 3–5% Windkraft sowie 0–20% Gaskraftwerken (mit CO₂-Abtrennung oder Kompensation) und/oder Strom-Importen zusammensetzen. Insbesondere der Ausbau der Photovoltaik startet zu Beginn langsam und beschleunigt sich nach 2020, um ab etwa 2030, wenn die Stromgestehungs- und Speicherkosten markant gesunken sind, einen wesentlichen Beitrag zu leisten.

Der Transformationspfad ergibt von 2010 bis 2050 eine Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen der Schweiz um etwa 65% und eine Erhöhung des Elektrizitätsanteils an der Gesamtenergie von heute 24% auf 38–46%. Die Substitution fossiler Brenn- und Treibstoffe durch eine überwiegend auf erneuerbaren Energieträgern basierende Strombereitstellung führt zusätzlich zu einer deutlichen Senkung der Energieimporte um rund 65%.

Ein erfolgreicher Umbau des Energiesystems setzt technische Verbesserungen voraus, aber auch energiepolitische, marktwirtschaftlich orientierte Massnahmen, welche Kostenvorhersagen unter Einbezug aller externen Kosten herstellen.

2.4 Abgrenzung

In einer vernetzten Energiewirtschaft mit grenzüberschreitendem Energiehandel ist eine vom internationalen Umfeld losgelöste Betrachtung der Energieverbräuche und Energieflüsse eines Landes nur bedingt sinnvoll. Dies bestätigen im Fall des Fürstentums Liechtenstein die beträchtlichen Energiemengen, welche das Land in der Form von Brenn- und Treibstoffen sowie als Strom aus dem Ausland importiert.

Vor diesem Hintergrund stellt sich besonders beim aus dem Netzverbund importierten Strom die Frage, wie dieser bilanziert werden soll. Je nachdem, ob der importierte Strom als Schweizer Mix, als europäischer Mix oder als Strom spezifischer Herkunft (Herkunftsnachweis) betrachtet wird, ergeben sich unterschiedliche Effekte auf den Primärenergieverbrauch, den Anteil erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energien, sowie auf die im Ausland anfallenden Treibhausgasemissionen.

In der vorliegenden Energiestrategie wurde im Allgemeinen sämtlicher importierter Strom als europäischer Mix²⁰ betrachtet. Diese Betrachtungsweise trägt der vollständigen Vernetzung des europäischen Stromverbands Rechnung, reduziert die kurzfristigen Einflüsse bei Veränderungen der Energiebeschaffungen im Ausland und ermöglicht damit eine bessere Nachverfolgung der Wirksamkeit von energiepolitischen Massnahmen im Inland. Andererseits muss aufgrund der gewählten Strombilanzierung die Rolle der Beschaffungsstrategie durch die Liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) gesondert betrachtet werden. Diese stellt ein potentiell wichtiges Instrument auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung dar. Diesem Aspekt wird im Abschnitt 4.2.4 separat Rech-

²⁰ Gemäss den Angaben des *European Network of Transmission Systems Operators Continental Europe* (ENTSO-E), vormals *Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity* (UCTE).
<https://www.entsoe.eu/the-association/members/>

nung getragen, indem auch die Auswirkungen einer Bilanzierung des importierten Stroms gemäss Herkunftsnachweisen der LKW betrachtet werden. Auf die Treibhausgas-Bilanzierung gemäss Kyoto-Protokoll hat die Beschaffungsstrategie beim Strom keine Auswirkungen, da hierzu die Daten des nationalen Klimainventars hinzugezogen werden und diese nur die im Inland anfallenden Emissionen bilanzieren.

Bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen von möglichen Massnahmen im Abschnitt 6 sowie auf den detaillierten Massnahmenblättern im Anhang 8.1 wird unterschieden zwischen einer Inland-Perspektive und einer globalen Perspektive. Werden durch die Substitution oder Einsparung von fossilen Brenn- und Treibstoffen im Inland Treibhausgasemissionen im Inland reduziert, so wirken diese Einsparungen sowohl im Inland als auch global. Werden dagegen durch Massnahmen, welche im Inland einen erhöhten oder verminderten Strombedarf zur Folge haben, die Stromimporte aus dem Ausland verändert, dann werden die entsprechenden Treibhausgasemissionen aus der Stromproduktion im Ausland ausschliesslich unter ‚global‘ bilanziert.

2.5 Aufbau der Energiestrategie

Die vorliegende Energiestrategie soll ein möglichst vollständiges Bild des Energiebereichs in Liechtenstein wiedergeben. Aus diesem Grund wird im Abschnitt 3 die Ausgangslage für die Energiestrategie dargestellt. Das Energieflussdiagramm, welches für die vorliegende Energiestrategie erstmals erarbeitet wurde, stellt die Zusammenhänge und Grössenverhältnisse als ‚Gesamtenergiesystem Liechtenstein‘ dar und ermöglicht ein vertieftes Verständnis der Sachlage sowie eine intuitive Identifikation von Schlüsselstellen und Ansatzpunkten für Massnahmen.

Die Abschnitte 3.1.4 ‚Entwicklung der Rahmenparameter Wirtschaft und Bevölkerung‘ und 3.1.5 ‚Marktverhalten des Endkunden‘ erweitern die Aussagen aus dem Energieflussdiagramm um weitere Grundlagen bezüglich der Rolle verschiedener Akteure und der bisherigen Entwicklung der Rahmenparameter.

Im Abschnitt 3.2 wird die Zielerreichung unter dem bisher gültigen Energiekonzept 2013 abgebildet. Mit dem Energiekonzept 2013 wurde von der Regierung im Jahr 2004 eine umfassende Massnahmenplanung verabschiedet, deren Auswirkungen heute deutlich spürbar sind. Im Rahmen einer Retrospektive werden die Ziele, die Massnahmen und dessen Auswirkungen des Energiekonzeptes 2013 überprüft und bewertet. Das Unterkapitel 3.3 ‚Internationale Energiepolitik im Umbruch‘ widmet sich den externen Faktoren, auf die Liechtenstein wenig beziehungsweise keinen Einfluss hat. Hier werden die Entwicklungen im internationalen, insbesondere im EU-/EWR-Bereich abgebildet, welche für eine allfällige Massnahmenplanung einen massgeblichen Einfluss haben.

Im Abschnitt 4 ‚Entwicklungsperspektiven‘ werden die Aussichten, Trends und Potentiale in Bezug auf die Entwicklung der Rahmenbedingungen, aber auch im Hinblick auf Energieeffizienz, erneuerbare Energien und weitere Aspekte für das Land Liechtenstein abgebildet.

Im Abschnitt 5 ‚Energie-Gesamtstrategie‘ werden drei vereinfachte Zielszenarien für das Jahr 2020 diskutiert, auf der Basis einer qualitativen Bewertung konkrete Zielsetzungen

für die Energiestrategie 2020 aufgestellt und in eine Massnahmenplanung überführt, welche im Abschnitt 6 beschrieben ist.

Der Abschnitt 7 beschreibt den Bereich ‚Steuerung und Controlling‘. Mit einer wiederkehrenden Standortbestimmung zum Erreichten und einer allfälligen Ergänzung der Massnahmen wird ein kontinuierlicher Prozess in der Umsetzung gewährleistet, der sich den aktuellen Erfahrungen und Möglichkeiten anpasst.

3 Ausgangslage

3.1 Aktuelle Situation in Liechtenstein

3.1.1 Das Energieflussdiagramm des Jahres 2010

Das Energieflussmodell beziehungsweise die Energieflussgrafik für das Jahr 2010 verdeutlicht, wie die Energieflüsse im Fürstentum Liechtenstein verlaufen. Die Darstellung gliedert den Energieverbrauch mit der Hilfe von Balkengrafiken in unterschiedliche Kategorisierungen der Energie auf (Abbildung 1). Die verschiedenen Balken sind durch die Energieflüsse verbunden.

Die Themenbereiche sind wie folgt benannt (von links nach rechts): Primärenergie, Energieart, Herkunft, Erzeugung, Energieträger, Energieverbrauch nach Sektor und Anwendung. Links von der Darstellung des Energieverbrauchs nach Energieträgern ist die Beschaffungsseite dargestellt, welche die Gewinnung, Umwandlung und Beschaffung der Energie abgedeckt. In der zentralen Spalte mit der Bezeichnung ‚Energieträger‘ sind die von den Verbrauchern genutzten Endenergieträger erfasst. Die beiden Spalten mit dem Titel ‚Energiebedarf‘ stellen die Nutzenergie dar, welche von den verschiedenen Verbrauchergruppen und Sektoren vor Allem in Form von Wärme und mechanischer Energie eingesetzt wird. Die schmaleren, vertikalen Balken an der Seite der Hauptbalken projizieren zusätzliche Informationen auf die einzelnen Kategorien der Hauptbalken.

Der grösste Teil des Energiebedarfs wird durch nicht erneuerbare Energieträger gedeckt (Heizöl, Erdgas, Treibstoffe, nicht erneuerbarer Anteil an importiertem Strom). Entsprechend den Anteilen dieser Energieträger ist Liechtenstein zu einem grossen Teil von Energieimporten aus dem Ausland abhängig. Der Strom, welcher aus einer Vielzahl von einheimischen und nicht-einheimischen Energieträgern stammt, spielt in Liechtenstein sowohl für Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie als auch für die Haushalte eine wichtige Rolle. Die einzelnen Bereiche der Abbildung 1 werden im Abschnitt 3.1.2 weiter unten im Detail analysiert.

Es gilt zu beachten, dass insbesondere auf der Seite der Aufschlüsselung des Energieverbrauchs nach Verbrauchergruppen (Sektoren) und Anwendungen kaum spezifische statistische Daten für Liechtenstein vorhanden sind. Für die Aufschlüsselung des Brennstoffverbrauchs (Heizöl und Erdgas) auf die Sektoren Haushalte und Industrie, Gewerbe und Dienstleistung (IG&D) konnten unter leichter Anpassung die Ergebnisse eines technischen Berichts im Auftrag des Amtes für Umweltschutz eingesetzt werden.²¹ Für die restlichen Energieträger wurden Angaben von Experten aus der jeweiligen Branche, Schätzungen oder Werte auf der Basis von statistischen Erhebungen aus der Schweiz verwendet.²²

²¹ Fossile Brennstoffe in FL, Technischer Bericht über die Berechnung der Aufteilung zwischen Haushalten, Industrie, Gewerbe und Dienstleistungssektor. Amt für Umweltschutz, 2010.

²² Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2009 nach Verwendungszwecken (BFE, 2010): http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/02167/index.html?lang=de&dossier_id=02169

Die Kategorie ‚Umweltwärme‘, welche als schmaler Streifen über den Balken erscheint, umfasst in dieser Darstellung nur diejenigen Beträge, welche mittels Sonnenkollektoren gewonnen werden und in der Energiestatistik ausgewiesen sind. Die mittels Wärmepumpen gewonnene Umweltwärme ist darin explizit nicht enthalten.

Für die Primärenergiefaktoren wurden die Werte der aktuellen Studie von ESU-Services auf der Grundlage der Datensätze des Ecoinvent v2.2-Datenbestandes²³ hinzugezogen. Beim Energiefluss für den Strom (hellblaues Band) wird nicht differenziert zwischen den unterschiedlichen Erzeugungsarten (Wasserkraft, nuklear, etc.). Zu beachten ist bei der Interpretation der Primärenergien insbesondere die Abgrenzung des Energiemodells gegenüber Energieflüssen aus dem Ausland (insbesondere dem importierten Strom, vgl. dazu Abschnitt 2.4). In der Darstellung in Abbildung 1 wurden die Stromimporte als europäischer Mix bilanziert. Eine Darstellung der Energieflüsse unter Berücksichtigung der Stromimporte gemäss Herkunftsnachweisen der Liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) erfolgt im Abschnitt 4.2.4 auf Seite 79.

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Aussagen, welche sich aus der Abbildung 1 ablesen lassen, Schritt für Schritt erläutert.

²³ R. Frischknecht, M. Tuchschnid, R. Itten: Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, Version 2.2, April 2011. Verfügbar unter http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/Energiesysteme_v2.2_2011.pdf.

ENERGIEMODELL LIECHTENSTEIN – ENERGIESTRATEGIE 2020

Jahr 2010

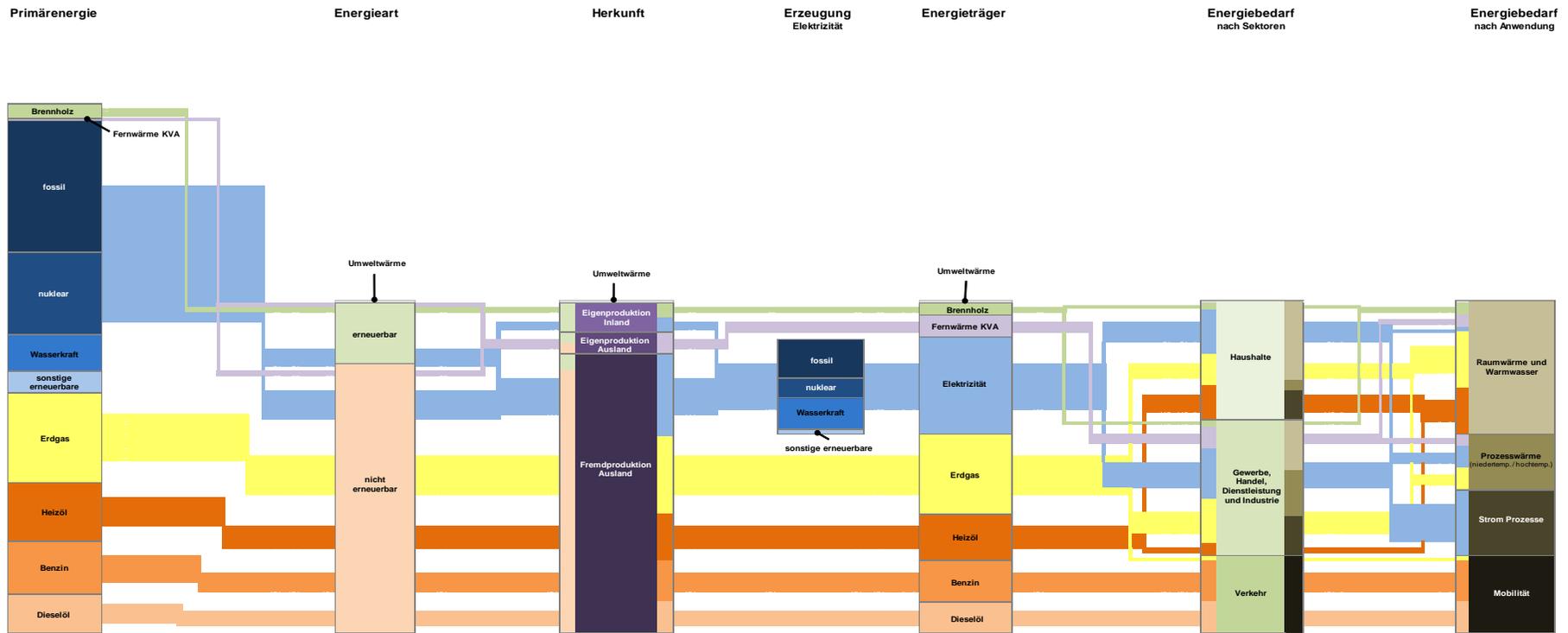


Abbildung 1: Darstellung der Energieflüsse im Fürstentum Liechtenstein im Jahr 2010 nach verschiedenen Gliederungskriterien. Zur Berechnung der Primärenergie wurde der importierte Strom als europäischer Mix bilanziert. Quellen: Energiestatistik 2010, eigene Berechnungen und Annahmen

3.1.2 Das Energieflussmodell als Diskussionsgrundlage

Der Wert des Energieflussmodells liegt in der übersichtlichen Darstellung der energetischen Gesamtsituation Liechtensteins. Es liefert eine gute Grundlage zur Diskussion von möglichen Strategien, Schwerpunkten und Massnahmen. An dieser Stelle sollen nun die einzelnen Bereiche der Energieflussdarstellung detaillierter analysiert werden, indem für einzelne Themen zusätzlich eine zeitliche Entwicklung anhand statistischer Daten von 1990 bis 2010 hinzugezogen wird.

Von der Primärenergie zur Endenergie

Stellt man den ‚Balken‘ der ‚Primärenergie‘ dem tatsächlichen Endenergiebedarf gegenüber wird ersichtlich, dass der Primärenergiebedarf rund zwei Drittel höher ist als der Endenergiebedarf, welcher letztlich beim Verbraucher anfällt (Abbildung 1). Die grossen Verluste zwischen der Stufe der Primärenergiestufe und der Endenergie fallen bei der Umwandlung (z.B. vom Nuklearbrennstoff zum Strom), beim Transport und der Verteilung der Energieträger (z.B. Strom über weite Strecken) an. Verbesserungspotential besteht, indem der Wirkungsgrad der eingesetzten Primärenergie erhöht wird. Gleichzeitig kann auch die Zusammensetzung der Primärenergie in Richtung nachhaltiger Energieträger wie Wasserkraft, Sonnenenergie und Wind verschoben werden, um so die Umweltauswirkungen des Energieverbrauchs zu vermindern.

Durch die Stromerzeugung mit thermischen Kraftwerken auf der Basis von fossilen oder nuklearen Brennstoffen erhöht sich der Primärenergiebedarf aufgrund der schlechten Wirkungsgrade der Erzeugungsprozesse. Da Liechtenstein einen grossen Teil der Elektrizität importiert, fallen grosse Teile der Umwandlungsverluste im Ausland an – für eine Gesamtbetrachtung müssen aber auch diese Energieverbräuche berücksichtigt werden. Unter der Annahme, dass Liechtenstein den zugekauften Strom im europäischen Energiebeschaffungsmarkt beschafft (vgl. Abschnitt 2.4), stützt sich diese Energiestrategie auf die Zusammensetzung des importierten Stroms gemäss den Angaben der europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ehemals UCTE, neu ENTSO-E). Die Rolle der Beschaffung des Stroms im Ausland wird im Abschnitt 4.2.4 thematisiert.

Im Vergleich mit der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft (siehe Abschnitt 2.3.1), welche als langfristig nachhaltige Zielgrösse einen Primärenergiebedarf in der Form einer Dauerleistung von 2000 Watt pro Person postuliert, liegt der Primärenergiebedarf pro Einwohner in Liechtenstein im Jahr 2010 bei rund 7800 Watt. Da sich die Berechnung auf die ständige Wohnbevölkerung bezieht und Liechtenstein eine hohe Arbeitsplatzdichte aufweist, ergibt sich ein vergleichsweise grosser Leistungsbedarf pro Person.

Energieart: Erneuerbar und nicht-erneuerbar

Im Bereich der ‚Energieart‘ in Abbildung 1 wird zwischen erneuerbarer und nicht-erneuerbarer Energie unterschieden. Hier zeigt sich, dass aktuell fast 20% des Endenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Den grössten Anteil an den erneuerbaren Energien nimmt seit langem der Strom aus ‚konventioneller‘ erneuerbarer Produktion ein, also aus Wasserkraft. In den letzten Jahren ist zudem die Bedeutung von Brennholz als Energieträger stetig gewachsen. Die sogenannten ‚neuen‘ erneuerbaren Energie-

träger (Biogas, Sonne) spielen unter quantitativen Kriterien in der Gesamtbilanz erst eine untergeordnete Rolle (beziehungsweise sind noch inexistent im Fall der Windkraft).

Mit einem Anteil von 6.6% am Gesamt-Endenergiebedarf liefert die 2009 in Betrieb genommene Dampfleitung aus der Kehrichtverbrennungsanlage Buchs einen wesentlichen Beitrag der in Liechtenstein verbrauchten erneuerbaren Energie. Da im Kehricht rund 50% erneuerbare Bestandteile enthalten sind (organische Reste, Papier, Holz), wird die Wärmeproduktion der KVA Buchs mit 50% als erneuerbare Energie angerechnet.²⁴

Im Hinblick auf die erneuerbaren Energien gilt es zu beachten, dass bei der aktuellen Eigenversorgungsquote von rund 9.4% (siehe Abschnitt weiter unten) auch nur rund die Hälfte der gesamten erneuerbaren Energien im Inland produziert werden. Der Rest der erneuerbaren Energie entfällt auf Fremdproduktion im Ausland²⁵ (erneuerbarer Anteil am importierten Strom) oder Eigenproduktion im Ausland (erneuerbarer Anteil der KVA-Fernwärme). Die Beschaffungsstrategie von Strom aus dem Ausland hat damit einen wesentlichen Einfluss auf den gesamten Anteil der erneuerbaren Energie im liechtensteinischen Energiemix (vgl. dazu Abschnitt 4.2.4). Die Strombeschaffung dürfte vermehrt auf Kraftwerken im Ausland in liechtensteinischem Besitz, mit Beteiligung oder mit langfristigen Abnahmeverträgen beruhen. Künftig sollte diese Kategorie daher in die Energiestatistik Eingang finden. Im vorliegenden Energieflussmodell ist diese Kategorie als ‚Eigenproduktion im Ausland‘ bereits enthalten.

Im Vergleich mit der Studie ‚Erneuerbares Liechtenstein‘ (Abschnitt 2.3.1), welche bei der Wärme 62% und beim Strom 78% Anteil an erneuerbaren, einheimischen Energieträger bis im Jahr 2050 für möglich hält, liegen die Werte im Fürstentum Liechtenstein aktuell bei 4% Anteil der erneuerbaren, einheimischen Energieträger an der Wärme und 5.5% am Strom. In Bezug auf die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, welche als langfristig nachhaltiges Ziel einen maximalen Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern von 500 Watt pro Person fordert, steht Liechtenstein aktuell bei rund 7400 Watt. Rund 450 Watt pro Person werden aktuell durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

Energieherkunft: Energieimporte und Versorgungssicherheit

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Versorgungssicherheit und die Unabhängigkeit von Energieimporten aus dem Ausland. Bei dieser Betrachtungsweise wird in der Abbildung 1 (Seite 23) deutlich, dass die überwiegende Mehrheit der in Liechtenstein verbrauchten Energie von nicht-einheimischen und im Ausland aufbereiteten Energieträgern stammt.

Um die Abhängigkeit detaillierter darzustellen, wurde die in Liechtenstein verbrauchte Energie in drei verschiedene Kategorien aufgeteilt, welche der Herkunft des (Primär-) Energieträgers (einheimisch oder nicht einheimisch), dem Standort der Energieerzeugung

²⁴ Auf der Basis einer Studie des Schweizer Bundesamts für Umwelt zur Kehrichtzusammensetzung im Jahr 2001/02 in der Schweiz. Studie verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00520/index.html?lang=de>

²⁵ Zur Unterscheidung der verschiedenen Eigentumsverhältnisse vgl. Abschnitt ‚Energieherkunft: Energieimporte und Versorgungssicherheit‘ weiter unten.

resp. -umwandlung (Inland oder Ausland) sowie den Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der Endenergieerzeugung Rechnung tragen:

1. Eigenproduktion im Inland mit einheimischer Energiequelle (z.B. Stromgewinnung aus Biogas aus einer lokalen Kläranlage). Diese Kategorie wird als ‚Eigenversorgung‘ definiert.
2. Eigenproduktion im Ausland aus einheimischer oder nicht-einheimischer Energiequelle (z.B. Fernwärmeleitung von der KVA Buchs mit Abfällen u.a. aus Liechtenstein, Beteiligung an Windkraftanlagen im Ausland)
3. Fremdproduktion im Ausland (z.B. sämtliche Stromimporte aus dem Verbundnetz)

Bei der Kategorie ‚Eigenproduktion im Ausland‘ ist massgeblich, welche Besitz- oder Vertragsverhältnisse bestehen. Langfristige Abnahmeverträge und Beteiligungen an einer Erzeugungsanlage im Ausland sprechen zugunsten einer Kategorisierung der Energie als Eigenproduktion im Ausland.

Über 90% der in Liechtenstein verbrauchten Endenergie war im Jahr 2010 in irgendeiner Form vom Ausland abhängig, sei es über den Import der Energieträger oder über den Standort der Energieumwandlung bzw. -bereitstellung (Abbildung 2). Die grösste Abhängigkeit stellen der Import fossiler Brenn- und Treibstoffe sowie der Import von Strom dar (83.9%). Über die Dampfleitung von der KVA in Buchs werden seit Mitte 2009 grössere Wärmemengen quasi im Auftragsverhältnis in der Schweiz produziert und dann importiert (6.6%).

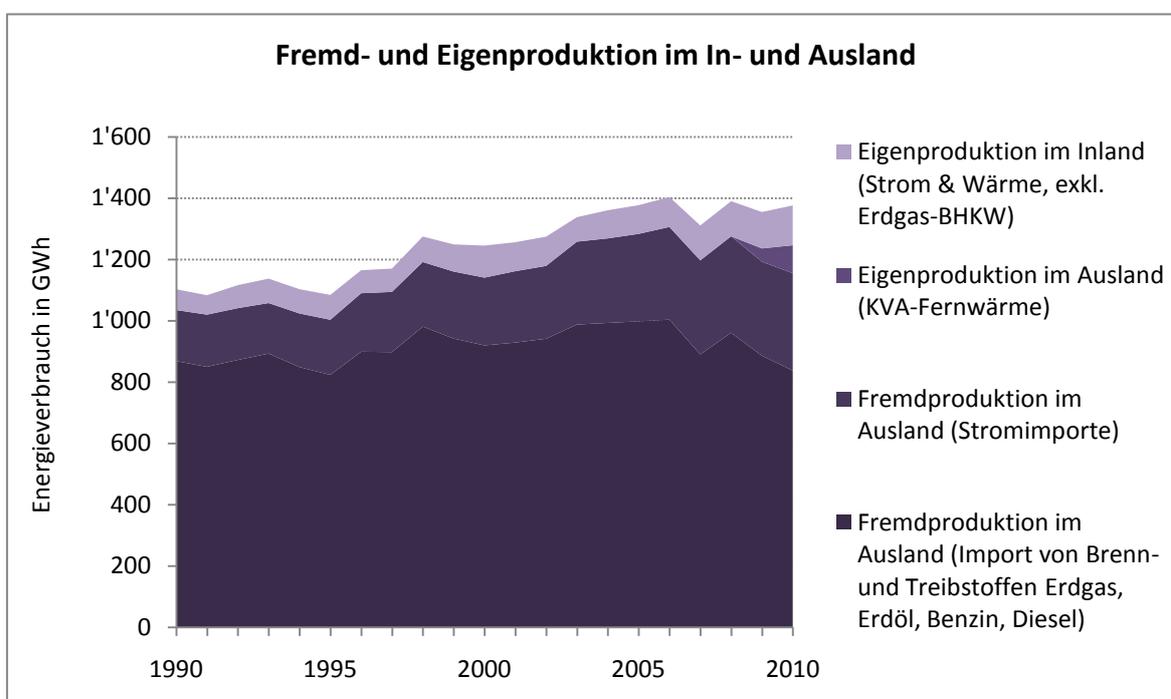


Abbildung 2: Endenergieverbrauch nach Herkunft (Importe und Eigenproduktion im Inland)

Die verbleibenden 9.4% entsprechen dem Anteil der in Liechtenstein erzeugten Energie aus einheimischen Energieträgern und damit der Eigenversorgungsquote (Abbildung 3). Die Eigenversorgungsquote konnte trotz wachsendem Gesamtverbrauch von 6.2% im Jahr 1990 auf 9.4% im Jahr 2010 erhöht werden. Da der Mehrverbrauch zwischen 2001 und 2010 das zusätzlich erschlossene Potential an erneuerbaren, einheimischen Energieträgern jedoch um den Faktor drei übertroffen hatte, ist die Abhängigkeit von ausländischen Energieträgern in absoluten Zahlen trotz intensiver Förderung der erneuerbaren Energien gestiegen.

Strom und Wärme aus Blockheizkraftwerken (BHKW) auf der Basis erneuerbarer, einheimischer Energieträger (Holz, Biogas) werden als Eigenproduktion im Inland mit einheimischer Energiequelle ausgewiesen, während Strom und Wärme aus Erdgas-BHKW (trotz Standort des BHKW in Liechtenstein) unter die Kategorie ‚Import von Brenn- und Treibstoffen‘ in Abbildung 2 fallen, da Erdgas kein einheimischer Energieträger ist und aus dem Ausland importiert werden muss.

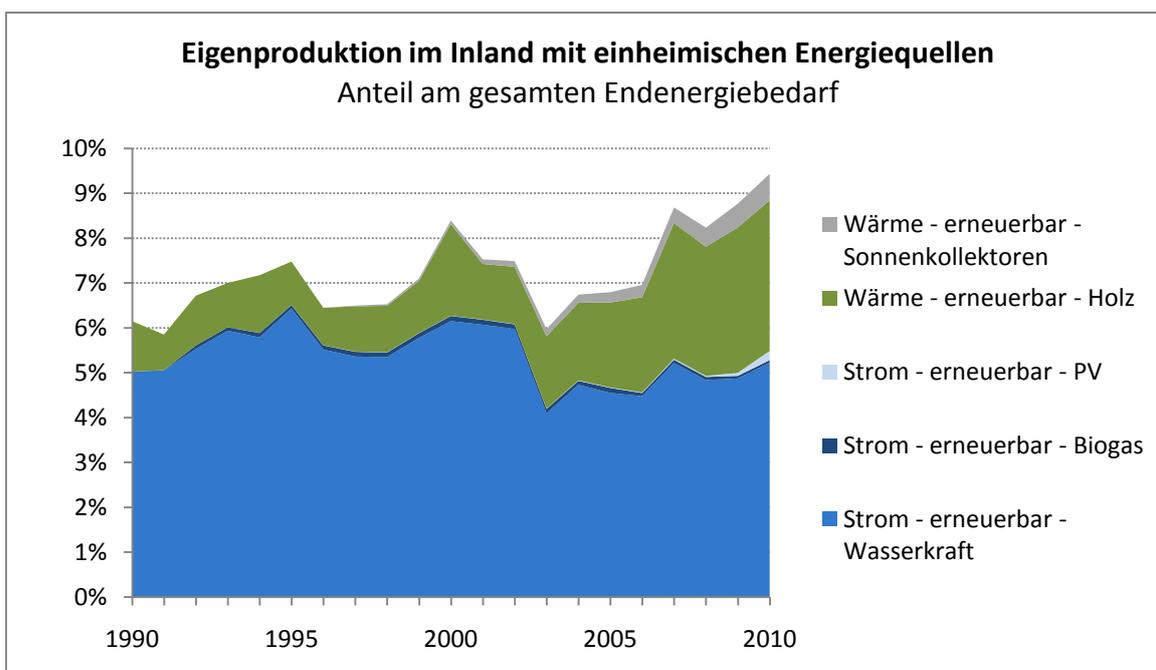


Abbildung 3: Anteile der verschiedenen einheimischen und im Inland umgesetzten Energieträger (Wasser, Holz, Sonne, Biogas) am Gesamt-Endenergiebedarf (Strom und Wärme). Die Summe entspricht der Eigenversorgungsquote (9.4% im Jahr 2010)

Abbildung 3 veranschaulicht, welche Energieträger zur Eigenproduktion im Inland mit einheimischen Energieträgern (Eigenversorgung) beitragen. Der überwiegende Anteil basiert demnach auf Strom aus Wasserkraft. Während bei der Wasserkraft der Zubau in den letzten 20 Jahren nur beschränkt möglich war, konnte insbesondere beim Brennholz ein beträchtlicher Zuwachs realisiert werden. Auch die Gewinnung von Strom aus Photovoltaikanlagen und die Nutzung von Umweltwärme mittels Sonnenkollektoren verzeich-

neten seit 2000 ein starkes Wachstum, während beim Biogas aufgrund der Standortfrage keine wesentliche Produktionssteigerung realisiert werden konnte.

Die Autoren der Studie ‚Erneuerbares Liechtenstein‘ (Abschnitt 2.3.1) gehen davon aus, dass für Liechtenstein unter der Voraussetzung von verstärkten Anstrengungen bei der Erhöhung der Energieeffizienz und der Einführung regenerativer Energien (gemäss Innovationsszenario) eine Eigenversorgung mit Energie bis etwa 2070 möglich wäre.

Endenergiebedarf: Energieträger und Energiemix

Die Spalte ‚Energieträger‘ im Energiemodell in der Abbildung 1 stellt einen Jahresauschnitt aus der Energiestatistik ‚Gesamtverbrauch nach Energieträgern‘ dar. Mit einem Anteil von knapp 29% am Gesamt-Endenergiebedarf stellt Strom im Jahr 2010 den wichtigsten Energieträger dar, dicht gefolgt von Erdgas mit einem Anteil von 24%. Weitere wesentliche Anteile bilden die flüssigen, fossilen Brenn- und Treibstoffe Benzin, Heizöl und Dieselöl mit je zwischen 10% und 14% Anteil am Gesamt-Endenergiebedarf.

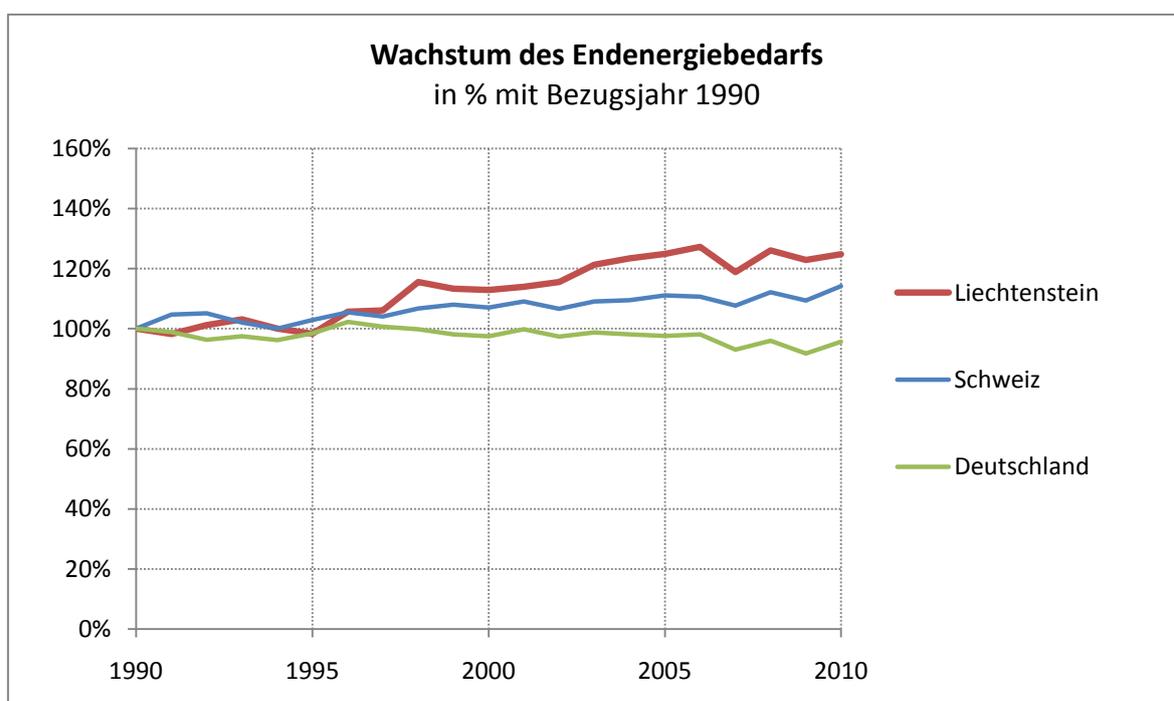


Abbildung 4: Wachstum des Endenergiebedarfs von 1990 bis 2010 in Prozent zum Bezugsjahr 1990. Quellen: Amt für Statistik (Liechtenstein), Bundesamt für Statistik (Schweiz), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Deutschland)

Der gesamte Endenergiebedarf Liechtensteins unterliegt einem stetigen und vergleichsweise raschen Wachstum (Abbildung 4). Die Steigerungsrate des Endenergiebedarfs liegt im Durchschnitt seit dem Jahr 1990 bei jährlich 1.55%. Die Verbrauchszunahme geht allerdings mit einer überdurchschnittlichen Entwicklung der Rahmenparameter des Bevölkerungswachstums und der Wirtschaftsleistung einher, welche bei der Interpretation der Daten nicht ausser Acht gelassen werden dürfen (siehe Abschnitt 3.1.4). Die temporären

Rückgänge im Gesamtverbrauch in den Jahren 2007 und 2009 sind primär durch das Klima und wirtschaftliche Faktoren bedingt. Da in warmen Wintern weniger geheizt werden muss, schwankt der Heizenergiebedarf. Zudem wird bei hohen Ölpreisen ein Heizölkauf oft auf das Folgejahr verschoben. Da die Energiestatistik auf verkauften Mengen und nicht auf effektivem Verbrauch basiert, kann es innerhalb zusammenliegender Jahre zu Lagerveränderungen kommen. Der deutliche Einbruch des Energieverbrauchs im Jahr 2009 stellt ein auch in der Schweiz und anderswo beobachtbares Ereignis dar und dürfte mit der Finanz- und Wirtschaftskrise in Zusammenhang stehen.

Die Zusammensetzung der verbrauchten Endenergie (der Energiemix) ist allerdings einem laufenden Veränderungsprozess über die Zeit unterworfen. Während über die Zeit einzelne Energieträger an Bedeutung gewinnen, werden andere zunehmend verdrängt (Abbildung 5 und Abbildung 6).²⁶ Besonders starkes Wachstum verzeichneten im Jahr 2010 neben dem Strom (+5.0%) auch das Brennholz (+7.6%), die Fernwärme (+110.1%) und die Wärmegegewinnung aus Sonnenkollektoren²⁷ (+13.3%). Wesentlich eingebüsst haben dagegen die Energieträger Heizöl (-20.4%), Benzin (-9.8%) und Flüssiggas / Kohle (-16.9%).

Die Trends beim Benzin, Heizöl und Erdgas haben sich über die letzten 10 Jahre als relativ stabil erwiesen. Bei den Treibstoffen führte die zunehmende Akzeptanz der Dieselsechnologie zu einer Substitution von Benzin durch Diesel. Eine ähnlich konstante und auch in absoluten Zahlen bedeutende Abnahme ist auch beim Heizöl zu beobachten, welches im Jahr 1990 noch der wichtigste Energieträger war. Der Rückgang beim Heizöl geht einher mit einer Zunahme des Erdgasverbrauchs. Im Jahr 1999 hat Erdgas Heizöl als Energieträger überholt. Der Mehrverbrauch an Erdgas kompensiert den Rückgang beim Heizöl aber nur teilweise. Die Stufe in der Kurve des Erdgases im Jahr 2009 erklärt sich durch die Substitution von rund einem Drittel des Erdgaskonsums durch Fernwärme von der KVA Buchs. Brennholz konnte vor allem aufgrund von mehreren neuen, grossen Hackschnitzelfeuerungen zulegen, ist allerdings auf einem vergleichsweise tiefen Niveau gestartet.

Seit Jahren ist die Zunahme des Stromverbrauchs fast linear. Diese Zunahme ist einerseits verursacht durch den Zuwachs der Rahmenparameter (Wirtschaftswachstum und Bevölkerungswachstum, siehe Abschnitt 4.1), andererseits durch die stetig zunehmende Bedeutung der Elektrizität als Energieträger. Eine Verlagerung von fossilen Energieträgern hin zur Elektrizität gilt auch gemäss der Studie ‚Energiezukunft Schweiz‘ (Abschnitt 2.3.3) als wahrscheinliches Entwicklungsszenario. Der Transformationspfad ergibt für die Schweiz von 2010 bis 2050 eine Erhöhung des Elektrizitätsanteils an der Gesamtenergie von heute 24% auf 38–46%.

²⁶ Die Umweltwärme, welche in der Abbildung 5 ebenfalls erfasst ist, fehlt in der Abbildung 6, weil Referenzwerte für das Jahr 1990 fehlen.

²⁷ Die Umweltwärme enthält nicht die Wärme, welche mittels Wärmepumpen aus dem Erdreich oder aus Grundwasser gewonnen wird.

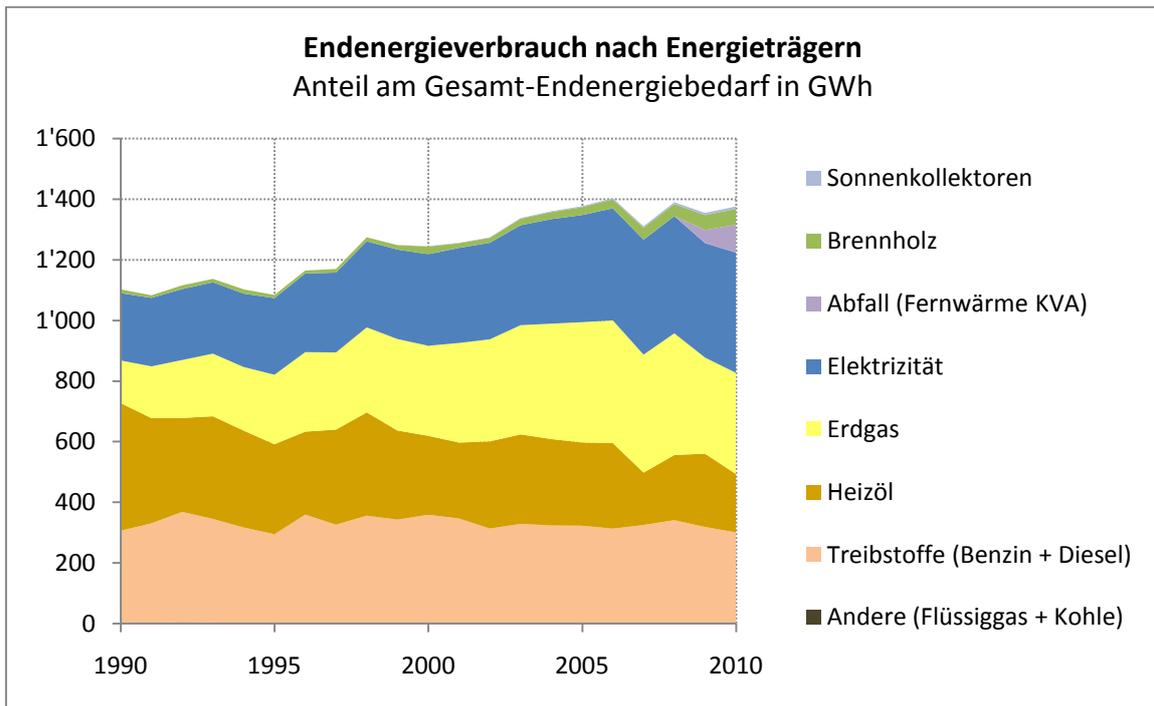


Abbildung 5: Anteil der verschiedenen Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf von 1990 bis 2010 in GWh/a. Quelle: Amt für Statistik

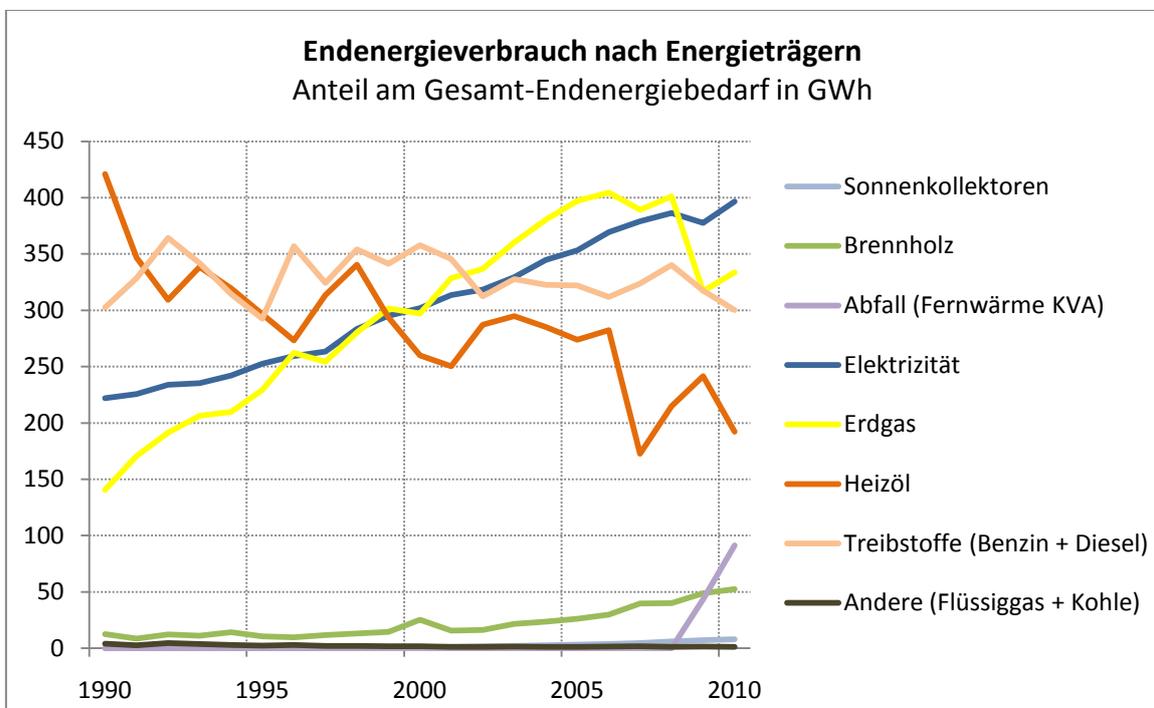


Abbildung 6: Wachstumsrate des Endenergiebedarfs in Abhängigkeit des Endenergieträgers in Bezug auf das Jahr 1990. Quelle: Amt für Statistik

Anwendung der Energie: Sektoren und Anwendungen

Die Aufschlüsselung des Endenergiebedarfs in die Sektoren Haushalte (HH), Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI) sowie in Mobilität und verschiedene Anwendungen liefert Anhaltspunkte darüber, welche Endenergieträger von wem und für was genutzt werden. Dies unterstützt die Definition spezifischer Handlungsfelder, bei welchen gezielte Massnahmen aufgestellt werden können. So kann beispielsweise beantwortet werden, ob bei den Haushalten im Bereich der Raumwärme eine weitere Senkung der Treibhausgasemissionen durch verstärkten Ersatz von fossilen Brennstoffen überhaupt Potential aufweist oder welche Sektoren mit Förderprogrammen am effektivsten anzusprechen sind.

Es ist zu berücksichtigen, dass die offizielle Energiestatistik²⁸ keinerlei Hinweise zur effektiven Aufschlüsselung des Endenergiebedarfs in die Sektoren und Anwendungen gibt. Die Aufschlüsselung beruht daher auf Expertenschätzungen, eigenen Schätzungen für das Fürstentum Liechtenstein sowie teilweise auch auf übernommenen Verteilschlüsseln von einer Schweizer Studie.²⁹ Zudem wurden die Verteilungsfaktoren als konstant über die Zeit angenommen.

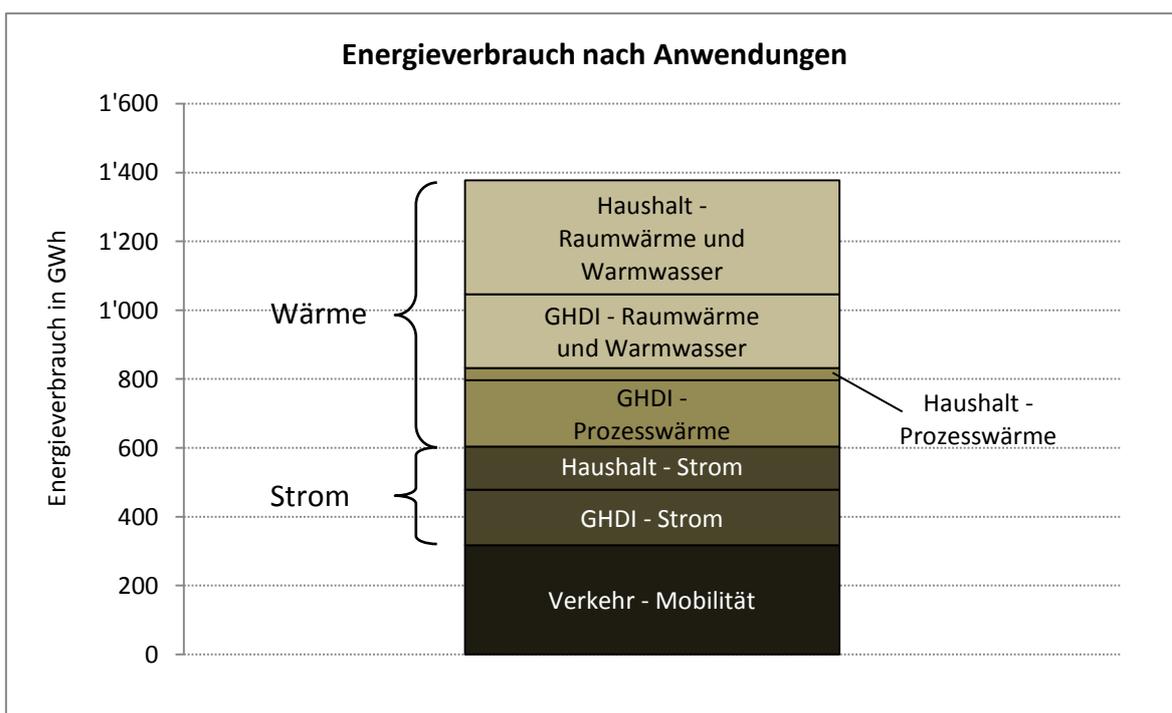


Abbildung 7: Aufschlüsselung des Energiebedarfs nach Sektoren und Anwendungskategorien für das Jahr 2010. Quelle: Energiestatistik 2010, eigene Berechnungen

²⁸ Energiestatistik 2010, Amt für Statistik: http://www.llv.li/pdf-llv-as-energiestatistik_2010

²⁹ Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2009 nach Verwendungszwecken (BFE, 2010): http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/02167/index.html?lang=de&dossier_id=02169

Trotz dieser Vereinfachung wird in Abbildung 7 deutlich, dass in Liechtenstein bedeutende Teile der Endenergie in die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, in Transportaufgaben und in den Strom für weitere Prozesse fließen (darin sind auch die Beleuchtung, Klimatisierung, Lüftung, Kühlen, Informatik und Kommunikation enthalten). Eine detailliertere Darstellung der Energieverbräuche nach Sektoren und Anwendungen liefert die Darstellung des Energiemodells, rechter Teil (Abbildung 1 auf Seite 23).

Diejenigen Bereiche, in denen grosse Energiemengen in bestimmte Verbrauchergruppen oder Sektoren fließen, bieten sich für Schwerpunktmassnahmen besonders an. Dort kann über eine einzelne Massnahme eine grosse Zielgruppe angesprochen werden, und es sollte in der Regel möglich sein, die Effizienz einer (Förder-) Massnahme zu steigern.

3.1.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Liechtenstein

Etwas losgelöst von der rein energetischen Betrachtung der Energieflussgrafik (Abbildung 1 auf Seite 23) und der vorhergehenden Abschnitte spielen die Treibhausgasemissionen eine wichtige und in naher Zukunft zunehmend zentrale Rolle im Energiesektor. Liechtenstein hat sich im Anhang B des Kyoto-Protokolls verpflichtet, innerhalb der Periode 2008 bis 2012 die landesweiten Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 8% zu senken.³⁰

Die Treibhausgasemissionen Liechtensteins betragen im Basisjahr 1990 knapp 230'000 Tonnen CO₂ eq.³¹ Daraus ergibt sich bei einem Reduktionsziel von 8% ein jährliches Emissionsbudget von 211'000 Tonnen. Vor diesem Hintergrund wurden Liechtenstein vom UN Klimasekretariat für den Zeitraum zwischen 2008 und 2012 insgesamt Emissionsrechte in Höhe von 1'055'000 Tonnen CO₂ eq. zugeteilt. Diesen Zielvorgaben gegenüber standen tatsächliche Emissionen in Höhe von zwischen 230'000 Tonnen und 270'000 Tonnen CO₂ eq. pro Jahr (Abbildung 8).³²

Mit Blick auf die Kyoto-Verpflichtung zeigt sich bislang, dass die jährlichen Treibhausgasemissionen beständig über dem Wert des Basisjahrs 1990 lagen (Abbildung 9). Die Daten weisen aber auch darauf hin, dass seit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls durch Liechtenstein im Jahr 2004 keine weitere Steigerung des Ausstosses von Treibhausgasen mehr eingetreten ist. Allerdings sind solche Trends auf der Basis von wenigen Werten mit Vorsicht zu interpretieren, da die beobachteten Rückgänge zumindest zum Teil auch auf warme Winter, gestiegene Energiepreise und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zurückzuführen sind.

³⁰ Nationale Klimaschutzstrategie für das Fürstentum Liechtenstein, September 2007: http://www.llv.li/pdf-llv-aus-nationale_klimaschutzstrategie_07.pdf

³¹ Ohne Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) (Aufforstung, Abholzung). Weitere Informationen zum Kyoto-Protokoll und zur internationalen Energiepolitik befinden sich im Abschnitt 3.3.2.

³² Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2010, National Inventory Report 2012, Submission of 13 April 2012. Amt für Umweltschutz des Fürstentums Liechtenstein.

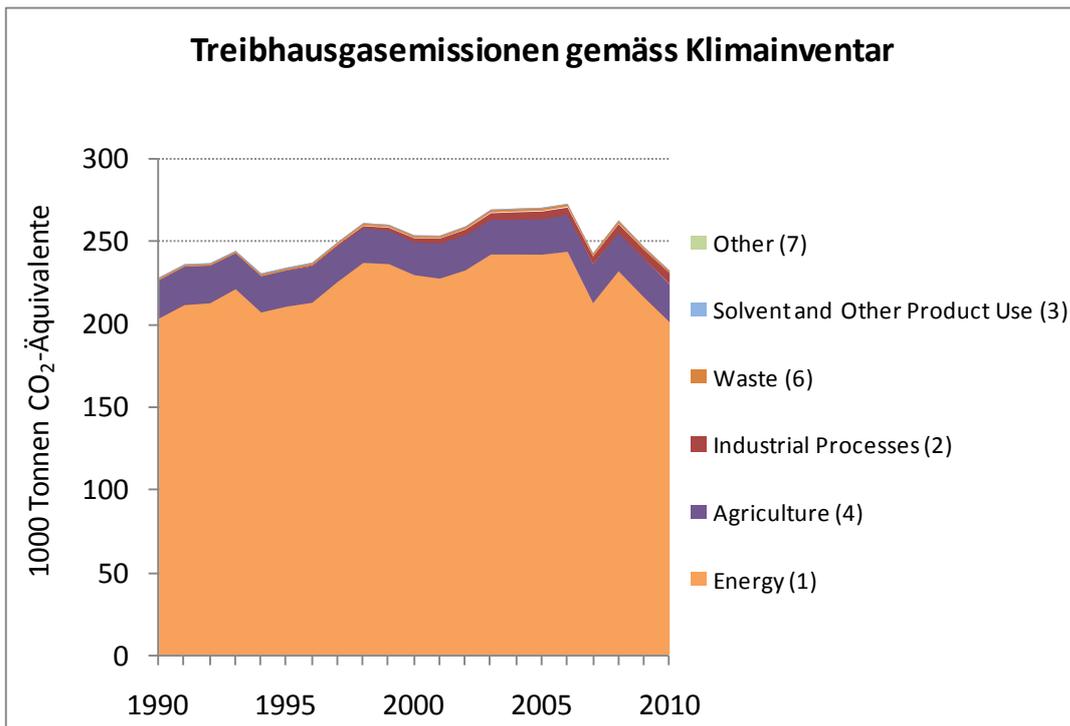


Abbildung 8: Treibhausgasemissionen Liechtensteins (exkl. LULUCF³¹). Quelle: Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2010, National Inventory Report 2012

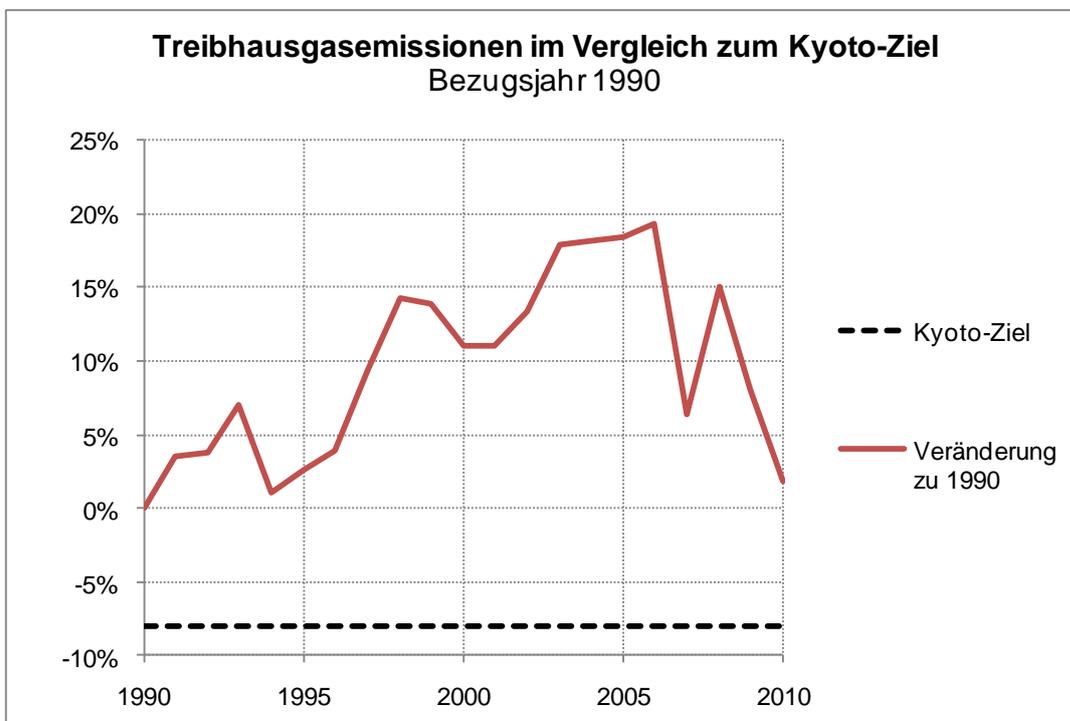


Abbildung 9: Abweichung des Treibhausgasausstosses im Vergleich zum Kyoto-Reduktionsziel für die Periode 2008 bis 2012

Für das Jahr 2010 wurden 233'200 Tonnen CO₂ eq. bilanziert. Rund 86% der landesweiten Treibhausgasemissionen im Jahre 2010 stammten aus dem Bereich Energie, d.h. vor allem aus der Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe (Erdgas, Erdöl, Benzin und Diesel). Dies entspricht noch einer leichten Überschreitung der Emissionsmenge des Basisjahrs 1990, sowie einer rund 11%igen Überschreitung des Kyoto-Reduktionsziels.

Auch hier kann die aktuelle Ausgangslage in Relation zu den Zielwerten der Visionen im Abschnitt 2.3 gesetzt werden. Die Forschungsarbeit ‚Erneuerbares Liechtenstein‘ zeichnet im Innovationsszenario eine Senkung der Treibhausgasemissionen bis im Jahr 2050 um 65% in Betracht. Auch der Transformationspfad der Studie ‚Energiezukunft Schweiz‘ ergibt von 2010 bis 2050 eine Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen der Schweiz um rund 65%. Die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft legt als Zielwert für das Jahr 2150 1 t CO₂ eq. pro Person und Jahr fest, wobei die Emissionen in Liechtenstein im Jahr 2010 ca. 6.3 t CO₂ eq. pro Person betragen.

3.1.4 Entwicklung der Rahmenparameter Wirtschaft und Bevölkerung

Die Zahlen und Erkenntnisse der vorangehenden Abschnitte aus den Energiestatistiken müssen immer unter Berücksichtigung der parallelen Entwicklungen bei den wichtigen Rahmenparametern Wirtschaftsleistung und Bevölkerung interpretiert werden. Diesbezüglich zeigt sich seit dem Bezugsjahr 1998 in Liechtenstein sowohl ein bedeutendes Wachstum bei der Bevölkerung (+13%) als auch bei der wirtschaftlichen Entwicklung (+25% Beschäftigte in Vollzeitäquivalenten; +45% Bruttoinlandprodukt, Abbildung 10).

Klar ist, dass unter den gegenwärtigen Bedingungen und vermutlich noch bis weit in die Zukunft jeder zusätzliche Einwohner und jeder zusätzlich erwirtschaftete Franken zu einem wachsenden Bedarf an Energie führt. Im Rückblick auf die letzten Jahre und Jahrzehnte war die durch Wirtschaftswachstum, Wohlstand und Bevölkerungswachstum bedingte Zunahme des Energiebedarfs grösser als die Erfolge, die in der selben Zeit durch Effizienzsteigerungen oder sonstige verbrauchsvermindernde Massnahmen erreicht werden konnten (siehe z.B. Abbildung 4 auf Seite 28). Daher liegt eine zentrale Herausforderung für die Zukunft darin, wirtschaftliches Wachstum, Wohlstand und auch eine zunehmende Bevölkerungszahl von einem steigenden Energiebedarf zu entkoppeln und damit sicherzustellen, dass die realisierten Effizienzgewinne und Einsparungen nicht nur durch Wachstum (über-)kompensiert werden.

Bereits heute gibt es schwache Anzeichen, welche auf eine tendenzielle Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch hinweisen (Abbildung 11). Seit dem Jahr 1998 hat der Endenergieaufwand pro erwirtschafteten Franken Bruttoinlandprodukt in Liechtenstein um rund 25% abgenommen (Werte für 2010 noch nicht verfügbar). Ähnliche Trends sind in den Nachbarländern Schweiz und Deutschland zu beobachten. Zu den Trends und Prognosen der Rahmenparameter in Zukunft siehe Abschnitt 4.1.

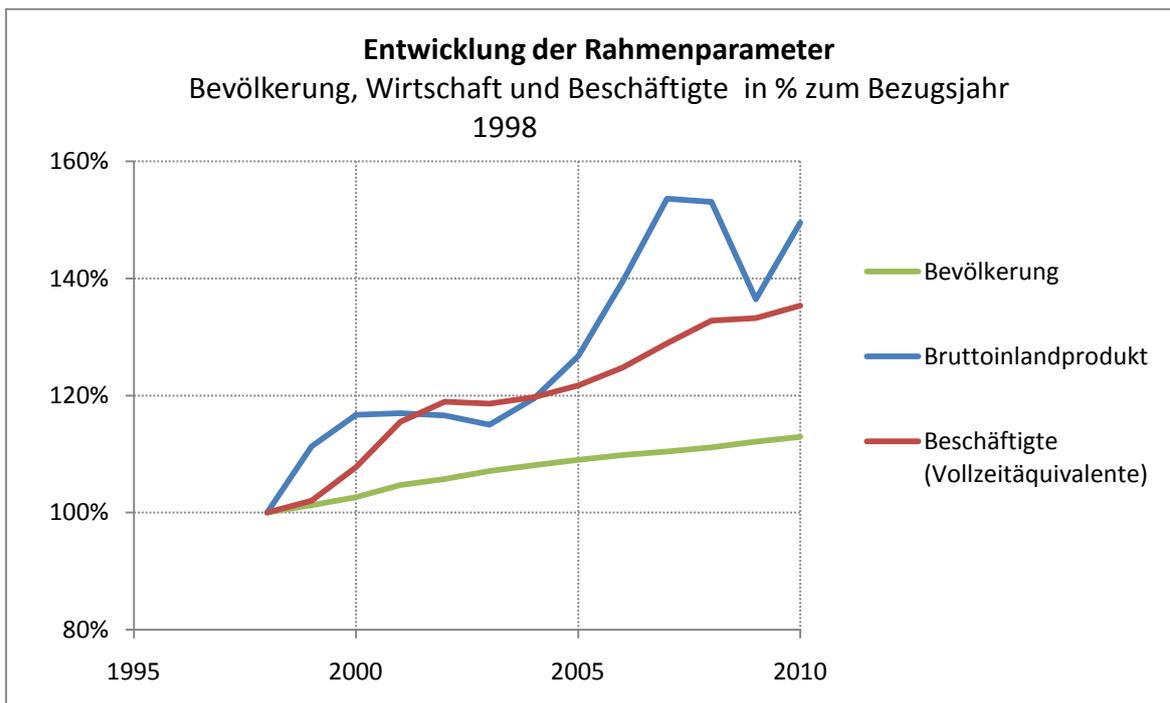


Abbildung 10: Bevölkerungswachstum, BIP-Wachstum und Beschäftigte (Vollzeitäquivalente) in Liechtenstein in Bezug auf das Jahr 1998. Quellen: Amt für Statistik, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung und Beschäftigungsstatistik

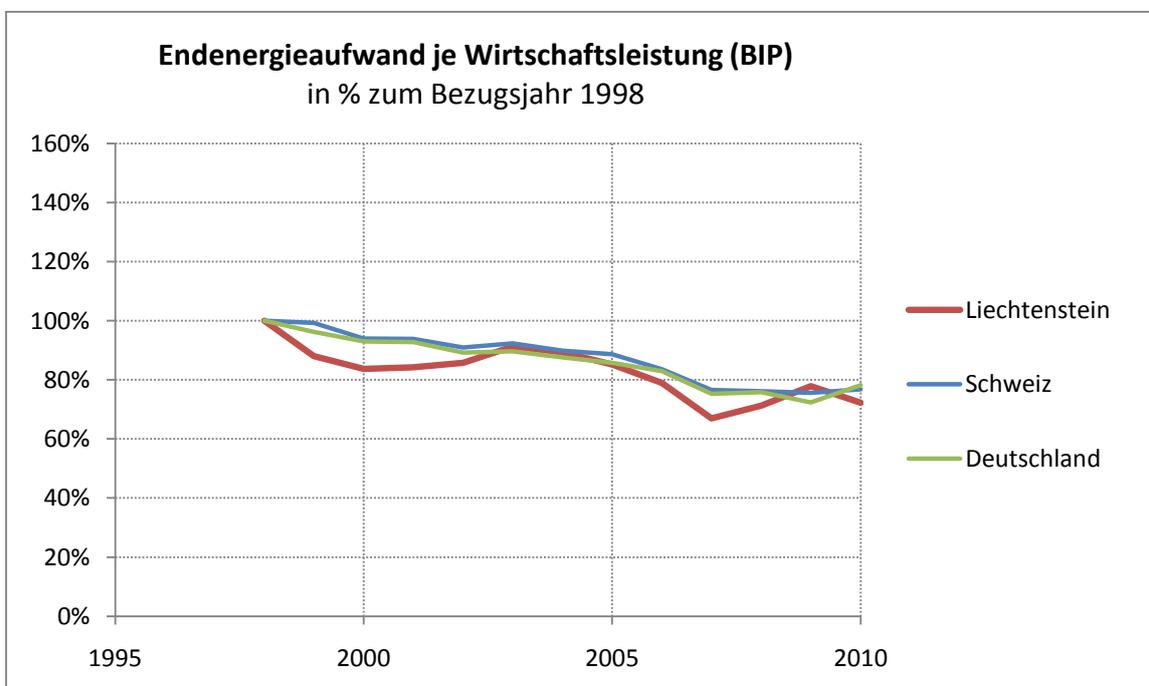


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Endenergiebedarf und Wirtschaftsleistung. Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Quelle gemäss Abbildung 10, Werte für 2010 provisorisch

3.1.5 Marktverhalten des Endkunden

In einer freien Marktwirtschaft ist zu erwarten, dass die Endkunden ihre Investitionsentscheidungen anhand einer Kostenoptimierung treffen und dabei sowohl die Investitions- als auch die Gesamtbetriebskosten (inkl. Energiekosten) berücksichtigen. Erfahrungen zeigen jedoch, dass die Kostenoptimierung oft nur auf der Ebene der Investitionskosten erfolgt, während die Betriebskosten oder Lebenszykluskosten häufig ausser Acht gelassen werden. Diese ‚kurzfristige Denkweise‘ führt zu nicht optimalen Entscheidungen und Endresultaten.

Endkunden sind sich oft der Auswirkungen ihrer vermeintlich ‚günstigeren‘ Investition nicht bewusst und verursachen so sowohl einen erhöhten Energiebedarf als auch höhere Gesamtkosten. Würde dagegen das wirtschaftliche Optimum realisiert, so entstünden insgesamt tiefere Kosten für den Konsumenten. Tabelle 3 zeigt exemplarisch einige ausgewählte Massnahmen und die Einsparkosten am Beispiel eines Haushaltes mit einem Verbrauch von 5000 kWh/Jahr. Massnahmen bis zu Einsparkosten in der Höhe des aktuellen Strompreises sind wirtschaftlich.

Tabelle 3: Beispiele zur Wirtschaftlichkeit von Energiesparmassnahmen im Haushalt.
Quelle: Eigene Abschätzungen und Berechnungen

Beispiel Massnahmen Strom (Haushalt mit einem Verbrauch von 5000 kWh/Jahr)	Einsparung kWh/Jahr	Einsparkosten Rp./kWh
Abschalthilfen (Vermeidung Standby)	300 (6%)	7.5
TV-Abschalthilfen	100 (2%)	6.1
Leuchtensersatz (Sparlampen)	400 (8%)	6.2
Leuchtensersatz (LED-Spots)	400 (8%)	17.5
Ersatz Tiefkühler	250 (5%)	12.6
Ersatz Kühlschranks	200 (4%)	15.7
Total Einsparungen	1'650 (33%)	

Aus der Aufstellung in Tabelle 3 wird sichtbar, dass sich in diesem Beispiel 33% des Strombedarfs des Haushaltes wirtschaftlich einsparen lassen. Die Einsparkosten liegen unter dem zu zahlenden Strompreis von rund 20 Rp./kWh. Die Schwierigkeit liegt darin, dass die Endkunden erkennen, wann es sinnvoll ist, ein Gerät vorzeitig zu ersetzen. Das Kostenoptimum in Bezug auf die Lebenszykluskosten und der damit mögliche geringere Verbrauch werden durch die heutige Marktstruktur oft nicht realisiert.

Für komplexere Investitionen im öffentlichen oder industriellen Bereich liegen die Verhältnisse oft ähnlich. In der Regel wird in diesem Bereich mit Amortisationszeiten von ca.

fünf Jahren gerechnet, welche oft weit unter der effektiven Einsatzdauer von bis zu 15 Jahren liegen. Dies beeinflusst die Entscheidung für Energieeffizienz ungünstig. Optimierungen können dort in der Regel nur durch Spezialisten erfolgen, welche über weit mehr Kenntnisse verfügen müssen als gängige Verkaufsprofis.

3.1.6 Energieunternehmen und Energiewirtschaft

Energie ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Die zuverlässige und stetige Verfügbarkeit von Energie zu im internationalen Umfeld konkurrenzfähigen Preisen stellt einen gewichtigen Einflussfaktor auf die Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft dar. Eine besondere Rolle kommt vor diesem Hintergrund den Energiebeschaffern und Energieanbietern zu. In diesem Zusammenhang nehmen die Liechtensteinischen Staatsunternehmen wie die Liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) sowie die Liechtensteinische Gasversorgung (LGV) eine zentrale Rolle ein, wenn es darum geht, optimale Rahmenbedingungen für eine zukunftsfähige und nachhaltige Energieversorgung zu schaffen. Diese beiden Versorgungsunternehmen prägen mit ihrem Verhalten wesentliche Parameter der Liechtensteinischen Energiepolitik.

In einem Umfeld, welches immer stärker auf Elektrizität setzt, nimmt insbesondere die Herkunft und die Erzeugungsort des Stroms eine immer wichtigere Rolle ein. Die LKW haben im Rahmen der Bereitstellung von Strom einen massgeblichen Einfluss auf die Energiepolitik. Dies zum einen durch die Wahl des Strommixes, den sie beziehen, sowie durch ihre Aktivitäten im Bereich der Stromerzeugung im In- und Ausland.

Im Rahmen der Umsetzung der Corporate Governance werden durch die Regierung Eignerstrategien an die Staatsunternehmen vorgegeben. Insbesondere im Rahmen der Eignerstrategien der Energieunternehmen LKW sowie LGV können für die zukünftige energiepolitische Entwicklung massgebliche strategische Rahmenbedingungen vorgegeben werden. Die Erkenntnisse, die im Rahmen der vorliegenden Energiestrategie und des anschliessenden politischen Prozesses gewonnen werden, sollen in die Eignerstrategien der Energieunternehmen einfließen beziehungsweise mit diesen koordiniert werden.

Zunehmend gewinnt die ‚Energiewirtschaft‘ in Liechtenstein an Bedeutung. Insbesondere der Bereich der erneuerbaren Energien, die Beratungsbranche für Energieoptimierungen sowie Zulieferer im Energiebereich verzeichnen ein reges Wachstum. Die Aussagen und Empfehlungen, welche in der vorliegenden Energiestrategie ausgeführt werden, haben einen massgeblichen Einfluss auf diese Energiewirtschaft. Es ist deshalb zweckdienlich, die Implikationen der vorliegenden Strategie auf die Energiewirtschaft zu überprüfen und deren Auswirkungen zu koordinieren.

3.2 Erreichung der Ziele des Energiekonzepts 2013

Bereits im Energiekonzept 2013 wurde festgestellt, dass es in Liechtenstein viele herausragende Einzel- und Teilleistungen gibt. Mit den damals aufgeführten Zielen und effizienzsteigernden Massnahmen wurde ein neues Energiebewusstsein bei den Einwohnerinnen und Einwohnern, bei den Unternehmen, Gemeinden und dem Land erzeugt. Damals wie heute gilt es, eine grösstmögliche Breitenwirkung im Energiebewusstsein anzustreben.

Eine der primären Zielsetzungen war es schon damals, dass die erneuerbare Energien, die uns zur Verfügung stehen, vermehrt genutzt und gefördert werden sollen. Das Konzept präsentierte Anregungen und Massnahmen, welche einen sinnvollen Einsatz von Energie gemäss dem Stand der Technik fördern. Auch das damalige Konzept hat auf den behutsamen Umgang mit Energie hingewiesen und aufgezeigt, dass Energiesparen nicht gleich heisst, auf etwas zu verzichten oder sich einschränken zu müssen. Auf Grund dieses Energiekonzeptes wurden im Sinne der energiepolitischen Zielsetzungen des Fürstentums Liechtenstein etliche Massnahmen bereits im Jahr 2004 initiiert.

Um mit der Energiestrategie 2020 an das bestehende Konzept anschliessen zu können, werden im Folgenden die Zielsetzungen und die in diesem Zusammenhang durchgeführten Massnahmen des Energiekonzepts 2013 dargestellt und den tatsächlich erreichten Werten gegenübergestellt. Dies vermittelt einen Eindruck zur Erreichung der mit dem Energiekonzept 2013 gesteckten Ziele und der vorgeschlagenen Massnahmen.

Die im Folgenden vorgenommene Bezeichnung und Nummerierung der Massnahmen nimmt Bezug auf die Ziele im *Energiekonzept Liechtenstein 2013 (Gesamtbericht)*³³ sowie auf die einzelnen Massnahmen in der Broschüre *Energiekonzept Liechtenstein 2013 (Kurzfassung)*³⁴.

1. Übertreffen des Kyoto-Zieles durch eine Senkung der Treibhausgasemissionen um mehr als 8% gegenüber dem Stand von 1990 (Ziel 1)

Das übergeordnete Klimaziel für eine Reduktion der Treibhausgasemissionen unter die Kyoto-Vorgaben bis im Jahr 2013 wurde noch nicht erreicht, obwohl verschiedene Massnahmen des Energiekonzepts 2013 implizit auch auf eine Reduktion der CO₂-Emissionen abzielten (z.B. Massnahmen 1 bis 8 sowie 10). Der Zielwert für den CO₂-Ausstoss³⁵ gemäss den Kyoto-Verpflichtungen liegt bei 211 Gg³⁶ für Liechtenstein. Der Treibhausgasausstoss lag gemäss Klimainventar im Jahr 2010 bei rund 233 Gg und damit noch rund +11% über dem Ziel.

³³ Erhältlich auf http://www.llv.li/pdf-llv-avw-energie-gesamtdoku_energiekonzept_fl_2013.pdf

³⁴ Erhältlich auf www.energiebündel.li

³⁵ Der Zielwert verweist auf eine 8%ige Reduktion der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu den Emissionen im Jahr 1990. Der Zielwert beinhaltet nicht nur CO₂-Emissionen, sondern auch Methan, Lachgas und drei FKWs. Der Zielwert ist daher als Gg CO₂-Äquivalent (Gg CO₂ eq) formuliert.

³⁶ 1 Gg (Gigagramm) entspricht 10⁹ Gramm oder 1000 Tonnen.

Tabelle 4: Bilanz der Treibhausgase des Fürstentum Liechtenstein und Vergleich zur Kyoto-Zielvorgabe.
 Quelle: Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990–2010, National Inventory Report 2012

Jahr	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Treibhausgas-ausstoss (Gg)	229	235	255	271	273	244	264	247	233
Vergleich zum Kyoto-Ziel von 211 (Gg)	+9%	+12%	+21%	+29%	+30%	+16%	+25%	+17%	+11%

Die grossen Schwankungen in der Treibhausgasbilanz beziehungsweise der Zielerreichung der Kyoto-Verpflichtung fallen weitgehend mit Schwankungen im Gesamtenergieverbrauch des Landes zusammen und sind damit zumindest zu grossen Teilen durch klimatische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen bestimmt.

Die Massnahmen gemäss EEG wirken sich seit dessen Inkrafttreten im Jahr 2008 aus. Die Reduktionswirkung des EEG wird für das Jahr 2010 auf rund 7.3 Gg geschätzt.³⁷

Die neue Dampfleitung von der Kehrlichtverbrennungsanlage Buchs nach Schaan, welche im Sommer 2009 in Betrieb ging, wirkte sich im Jahr 2010 erstmals voll aus. Die Dampfleitung hat in der Energiestatistik 2010 mit 91 GWh einen Anteil von 6.6% am Gesamtenergieverbrauch. Obwohl diese Massnahme im Energiekonzept 2013 nicht vorgesehen war, stellt sie sich als kurzfristig wirksamste Massnahme zur Emissionsreduktion heraus: Die daraus resultierende CO₂-Reduktion beträgt für 2010 schätzungsweise 20 Gg, weil dadurch grössere Mengen Erdgas substituiert werden konnten.³⁸

In der Verpflichtungsperiode 2008 bis 2010 stellt man einen Rückgang der Emissionen fest. Ob es sich dabei um einen beständigen Trend handelt, lässt sich aus den Daten nicht schliessen. Auch mit den Massnahmen, welche bereits in das Klimainventar des Jahres 2010 eingeflossen sind, ist die Erreichung des Ziels nach wie vor weit entfernt, wobei die eingeschlagene Richtung aber stimmt. Zusätzlich bleibt die Bilanz sensitiv im Hinblick auf die Entwicklung der externen Rahmenbedingungen (Wirtschaftswachstum, Bevölkerungswachstum).

2. Energieeinsparung bei der Raumwärmeversorgung durch gezielte thermische Sanierung des Gebäudebestandes (Ziel 2, Massnahme 1)

Das Energiekonzept 2013 bezifferte das realisierbare Potential durch thermische Sanierungen des Gebäudebestandes mit 6% der insgesamt 150'000 MWh/Jahr, was 9000 MWh/Jahr entspricht. Bis Ende 2010 sind durch die Energiefachstelle Förderungen für thermische Gebäudesanierungen im Umfang von 7445 MWh/Jahr zugesichert worden. Dies bedeutet, dass die entsprechenden Gebäudebesitzer durch Einsparung beim Heizwärmebedarf zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen von jährlich 1629 Tonnen beitra-

³⁷ Aus Abschätzung 'CO₂-Bilanzverbesserung durch Einsparung und Substitution mit EEG' – Stand 31.12.2010 der Energiefachstelle des Fürstentum Liechtenstein.

³⁸ Abschätzung unter der Annahme, dass die KVA-Fernwärme fossil erzeugte Wärme mit einer CO₂-Intensität von 219 t CO₂/GWh ersetzt.

gen.³⁷ Die Erreichung dieses Zieles ist aufgrund der laufenden Anstrengungen realistisch und kann voraussichtlich sogar übertroffen werden.

3. Reduktion des Energiezuwachses, insbesondere in der Raumwärmeversorgung, durch Realisierung modernster Standards bei Neubauten (z.B. Minergie) (Ziel 3, Massnahme 2)

Neben den Erfolgen durch die thermische Sanierung des Gebäudebestandes (siehe oben) ist die Anzahl der nach Minergie zertifizierten Gebäude in Liechtenstein, ausgehend von 4 Gebäuden im Jahr 2004, stark angestiegen. Diese Steigerung an Gebäuden mit minimalem Energieverbrauch ist sehr erfreulich, da deren Isolations- und Wärmetechnik eine lang anhaltende und somit nachhaltige Massnahme ist, die über Jahrzehnte einen gleich bleibenden Nutzen bringt.

Damit konnte zwar keine Reduktion des Zuwachses beim gesamten Energiebedarf erreicht werden. Der Mehrverbrauch zwischen 2001 und 2010 betrug +9.5%. Das Erreichen eines Stabilisierungszieles bis 2013 ist damit kaum mehr möglich.

Tabelle 5: Gesamtenergiebedarf und nach dem Minergie-Standard zertifizierte Gebäude. Quelle: Energiestatistik 2010, Energiefachstelle

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gesamtenergiebedarf in GWh	1256	1274	1238	1360	1377	1403	1311	1390	1355	1376
Im jeweiligen Jahr nach Minergie zertifizierte Gebäude	0	0	0	4	8	10	20	32	60	52

Zudem wurde die Energieverordnung des Baugesetzes im Bereich der Wärmedämmung angepasst. Die Zielvorgabe, dass sich die Wärmedämmvorschriften für Neubauten bis 2013 auf das Niveau der Minergie-Anforderungen (von 2004) bewegen sollen, wurde in Bezug auf die Dämmwerte für die Gebäudehülle erfüllt.³⁹

4. Anhebung des Anteils der erneuerbaren Energieträger am Gesamtenergieverbrauch auf über 10% bis 2013 (Ziel 4)

Die übergeordnete Zielsetzung sollte insbesondere durch erweiterte Nutzung der einheimischen Biomasse (Massnahme 4), Biogas sowie einer erweiterten Nutzung der Sonnenenergie erreicht werden (Massnahmen 3, 7 und 8).

³⁹ Der Minergie-Standard geht mit der kontrollierten Lüfterneuerung, welche Schadstoffe und Feuchtigkeit aus dem Wohnbereich kontrolliert abführt, noch einen Schritt weiter.

Tabelle 6: Anteil der erneuerbaren Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf. Quelle: Energiestatistik 2010

Jahr	2001 ⁴⁰	2010	Zuwachs
Gesamt-Endenergiebedarf in MWh	1'255'967	1'375'874	119'907 (+9.5%)
Erneuerbare, einheimische Energie in MWh	94'550	129'814	35'264 (+37%)
Erneuerbare Energie⁴¹ in MWh	129'128	258'584	129'456 (+100%)
Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtverbrauch			
erneuerbare, einheimische Energieträger	7.5%	9.4%	+1.9%
erneuerbare Energieträger	10.3%	18.8%	+8.5%

Die übergeordnete Zielsetzung ist bereits heute erfüllt, wenn ‚nur‘ der Masstab der Erneuerbarkeit der Energieträger angelegt wird und deren Herkunft nicht einbezogen wird. Hier wirken sich insbesondere die Fernwärme von der KVA Buchs, welche zu 50% als erneuerbar gewertet wird, sowie und der zunehmende erneuerbare Anteil am importierten Strom aus dem europäischen Netzverbund positiv aus. Werden hingegen nur einheimische erneuerbare Energieträger einbezogen, dann ist die übergeordnete Zielsetzung knapp noch nicht erreicht.

Die Zahlen zeigen aber auch, dass der Mehrverbrauch in den Jahren 2001 bis 2010 das zusätzlich erschlossene Potential an erneuerbaren, einheimischen Energieträgern um den Faktor drei überstieg. Damit ist die Abhängigkeit von ausländischen Energieträgern trotz intensiver Förderung der erneuerbaren Energien in der Vergleichsperiode deutlich gestiegen. Gleichzeitig ist in der Gesamtbilanz die Bedeutung der erneuerbaren, einheimischen Energieträger nur wenig gestiegen.

5. Verdreifachung der Sonnenenergienutzung durch thermische Solaranlagen in den Jahren 2003–2013 (Ziel 5)

Das Ziel, die Sonnenenergienutzung mittels thermischen Solaranlagen zwischen 2003 und 2013 auf das 3-fache zu erhöhen (6400 MWh, Massnahme 3), wurde bereits im Jahr 2010 mit 8135 MWh deutlich übertroffen. Diese erfreuliche Entwicklung entspricht einer Reduktion von rund 813'000 Litern Heizöläquivalent und somit einer Emissionsreduktion von 1781 Tonnen CO₂ pro Jahr.⁴²

⁴⁰ Auf der Basis von revidierten statistischen Daten. Die aktuellen Werte stimmen daher nicht genau mit den Werten im Energiekonzept 2013 überein.

⁴¹ Inkl. 50% erneuerbarem Anteil der Fernwärme aus der KVA Buchs und erneuerbarem Anteil des importierten Stroms aus dem europäischen Netzverbund.

⁴² Unter Annahme der Substitution von Energieträgern mit einer CO₂-Intensität von 0.219 t CO₂ pro MWh.

Tabelle 7: Wärmegewinnung durch thermische Solaranlagen. Quelle: Energiestatistik 2010

Jahr	2001	2003	2010
Wärmegewinnung durch thermische Solaranlagen in MWh	1268	2132	8135

6. Erhöhung der Gewinnung von elektrischer Energie aus Sonnenenergie mittels Photovoltaik um den Faktor 2,5 in den Jahren 2003 bis 2013 (Ziel 6)

Das Ziel der Gewinnung von 303 MWh elektrischer Energie mittels Photovoltaik im Jahr 2013 (entspricht der 2,5-fachen Menge des Jahres 2003, Massnahme 8) wurde bereits im Jahr 2010 um ein Vielfaches übertroffen.

Tabelle 8: Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen. Quelle: Energiestatistik 2010

Jahr	2001	2003	2010
Stromproduktion durch Photovoltaik in MWh	69	121	2825

7. Weitere Investition in Blockheizkraftwerke (BHKW) bei sinnvollen Konstellationen (z.B. bei Grossprojekten, primär Wärme- und sekundär Stromerzeugung) (Ziel 7)

Die Stromproduktion mit BHKW konnte zwischen 2001 und 2010 insgesamt gehalten werden. Zur Wärmeerzeugung durch BHKW sind keine statistischen Daten verfügbar – aufgrund der Angaben beim Strom kann auch hier von einer ungefähr konstanten Produktion ausgegangen werden.⁴³ Da die Stromproduktion in Biogas-BHKW gemäss der Energiestatistik 2010 seit 2001 um rund 43% zurückging, fand eine Verschiebung vom Energieträger Biogas zum Erdgas statt. In den letzten Jahren wurden neue Versorgungsgebiete ans Erdgas-BHKW-Wärmenetz angeschlossen, andererseits wurden bereits angeschlossene Gebäude besser gedämmt.

Tabelle 9: Energie aus Blockheizkraftwerken. Quelle: Energiestatistik 2010 (Strom), eigene Abschätzung (Wärme)

Jahr	2001	2010
Strom aus BHKW (Biogas) in MWh	1392	797
Strom aus BHKW (Erdgas) in MWh	2874	3469
Total Strom aus BHKW (Erdgas & Biogas) in MWh	4266	4266
Wärme aus BHKW (Biogas) in MWh ⁴³	2784	1594
Wärme aus BHKW (Erdgas) in MWh ⁴³	5748	6938
Total Wärme aus BHKW (Erdgas & Biogas) in MWh⁴³	8532	8532

8. Offensive Informations- und Motivationspolitik über Internet, Medien und Energiefachstelle (Ziel 8)

Mit der Marke ‚Energiebündel‘ wurde unter www.energiebündel.li ein Webauftritt (Massnahme 16) realisiert und somit eine Visitenkarte für die liechtensteinischen Anstrengungen im Energiebereich geschaffen. Ziel dieses Webauftrittes ist es, alle verfügbaren Informationen über Förderungen, Beratungen, Informationsplattformen etc. zu bündeln und so für den Bürger und Firmen in einfacher und verständlicher Form zur Verfügung zu stellen. Dieses Ziel konnte erfolgreich umgesetzt werden. Ausserdem findet man auf der Onlineplattform neben den aktuellen staatlichen Fördermodalitäten und Antragsformularen auch viele andere Informationen, die zu einem bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit Energie sensibilisieren. Damit unterstützt die Plattform die individuelle Beratung der Energiefachstelle. Im Januar 2011 wurde unter derselben Webadresse eine Vergleichsplattform installiert, welche den Nutzern als Vergleichsmöglichkeit dienen und gleichzeitig zu einer energieeffizienteren Bauweise oder Gebäudeerneuerungen motivieren soll. Der Webauftritt wird von der Energiefachstelle Liechtenstein betreut und regelmässig auf den aktuellen Stand gebracht.

9. Weitere Massnahmen

Verstärkte Holznutzung: Die genutzte Menge an Energieholz zur Wärmegewinnung konnte markant gesteigert werden (Massnahme 4). Dies ist insbesondere das Resultat des verstärkten Einsatzes von Hackschnitzel- und Holzpelletfeuerungen in Gebäuden von Gemeinden und Land.

⁴³ Annahme: Stromproduktion entspricht der Hälfte der Wärmeproduktion der BHKW.

Tabelle 10: Energetische Nutzung von Holz. Quelle: Energiestatistik 2010

Jahr	2001	2010
Energieholz (Wärme ⁴⁴) in MWh	15'553	52'626
Anteil am Gesamt-Endenergiebedarf	1.2%	3.8%

Förderung der Haustechnikanlagen (Massnahme 5): Energieeffiziente, umweltfreundliche und mit erneuerbarer Energie arbeitende Haustechnikanlagen werden seit 2008 über das EEG gefördert. Damit wurde das Fördermodell wie gefordert beibehalten und die Anwendung geförderter Anlagen verstärkt. Zur Verbesserung der Informations- und Motivationsarbeit erarbeitete das Amt für Umweltschutz Eignungskarten für Erdwärmesonden und Grundwassernutzungen und schaltete diese auf der Internetseite der Landesverwaltung für die Öffentlichkeit auf.

Tabelle 11: Zugesicherte Förderungen für Haustechnikanlagen. Quelle: Energiefachstelle

Jahr	2008	2009	2010
Zugesicherte Förderung (Holzfeuerungen) in m ² EBF ⁴⁵	18'374	42'507	15'423
Zugesicherte Förderung (Wärmepumpen) in m ² EBF	30'644	56'569	59'332

Erdgas als Treibstoff (Massnahme 6): Das Ziel der Massnahme war die Förderung der Verwendung von Erdgas als Treibstoff und die Schaffung einer genügend grossen Menge an Gasabnehmern, um eine allfällige spätere Einspeisung von Biogas zu ermöglichen. Der Einsatz von Erdgas als Treibstoff hat laufend zugenommen. Im Jahr 2010 wurden 4.9% des Erdgases als Treibstoff eingesetzt⁴⁶ und 31 von insgesamt 48 Fahrzeugen der Liechtenstein Bus Anstalt (LBA) waren erdgasbetrieben.

Allerdings steht der Umsetzung einer Biogas-Einspeisung entgegen, dass für eine solche Anlage noch kein Standort gefunden werden konnte. Ebenso ist die Biogasproduktion in den letzten Jahren zurückgegangen.

Erweiterung der Liechtensteiner Biogasproduktion (Massnahme 7): Aufgrund der bis jetzt nicht gelösten Standortfrage konnte keine weitere Anlage realisiert werden.

Energiefachstelle für Service und Koordination (Massnahme 9): Die Energiefachstelle erfüllt heute verschiedene Aufgaben im Bereich Service und Koordination. Ihr obliegen

⁴⁴ In der Energiestatistik wird die Wärmegewinnung aus Holzpellets seit 2009 unter Brennholz ausgewiesen.

⁴⁵ EBF = Energiebezugsfläche

⁴⁶ Geschäftsbericht der LGV 2010, <http://europa.gmgnet.li/lgv/pluginContent/dokumente/Geschaeftsbericht%202010.pdf>

die Vorbereitung und Durchführung von Beschlüssen der Energiekommission sowie die Zusicherung und Ausrichtung von Förderbeiträgen. Ausserdem dient sie durch individuelle und kompetente Beratungsgespräche als Anlaufstelle für Private, Gemeinden und Institutionen in allen Fragen der effizienten und umweltfreundlichen Energieverwendung und des Einsatzes erneuerbarer Energien. Als Kontaktstelle für Energiefragen über die Landesgrenzen hinaus sorgt die Energiefachstelle für einen Wissensaustausch und die Umsetzung des international anerkannten Wissensstandes in Liechtenstein. Ihr obliegt ausserdem die Leitung der einschlägigen PR- und Öffentlichkeitsarbeit. Diesem Auftrag kommt die Energiefachstelle beispielsweise durch den erfolgreichen Web-Auftritt www.energiebündel.li sowie durch zahlreiche Presseberichte und Veranstaltungen nach.

Energetische Grundwassernutzung (Massnahme 10): Ziel der Massnahme war eine Überprüfung der Bewilligungspraxis für die energetische Grundwassernutzung,⁴⁷ um damit eine vermehrte Nutzung dieses Potentials zu fördern. Seit 2009 gibt es im Rahmen der öffentlich zugänglichen Geodateninfrastruktur (GDI) eine Karte über die Zulässigkeit der thermischen Nutzung des Grundwassers in Liechtenstein.⁴⁸ Die Karte bezeichnet die Gebiete, in denen eine Wärmenutzung des Grundwassers grundsätzlich möglich ist und legt die Mindestgrössen der Anlagen im jeweiligen Gebiet fest. Im Bericht zur Zulässigkeit⁴⁹ sind die Zulässigkeitsgebiete und Anforderungen an Anlagen zur Grundwasserwärmenutzung beschrieben. Für die Nutzung von Erdwärme durch Erdwärmesonden besteht ebenfalls eine Eignungskarte.⁵⁰ Die Forderung des Energiekonzeptes 2013 nach einer Überprüfung der Bewilligungspraxis für die Grundwassernutzung konnte mit diesen Vereinfachungen erfüllt werden.

Energie-Controlling für Landesgebäude (Massnahme 11): Das Ziel, bis 2005 alle öffentlichen Gebäude mit dem Energie-Controlling zu erfassen, wurde erreicht. Sämtliche eigenen und gemieteten Gebäude der öffentlichen Hand werden im Energie-Controlling-System des Hochbauamtes erfasst, ausgewertet und entsprechend optimiert. Der Verbrauch wird pro Gebäude mit Kennzahlen (Energieausweis) dargestellt.

Kooperationsangebot an das Gewerbe ‚Traumhaus - Althaus‘ (Massnahme 12): ‚Traumhaus – Althaus‘ sollte als Plattform für ökologische und energieoptimierte Sanierungen von alten Bestandsbauten dienen. Bisher erfolgte keine Umsetzung in dieser Form.

Lernen von den Besten – Energieforschung und Entwicklung (Massnahme 13): Die beim Amt für Volkswirtschaft eingerichtete nationale Kontaktstelle für Forschung und technologische Entwicklung (NKS) kann dabei helfen, die Zusammenarbeit auf nationalem oder internationalem Level zu koordinieren und beratend zur Seite zu stehen. Die NKS hält die hiesigen Unternehmen, die die Voraussetzungen und das Interesse für eine Forschungs-

⁴⁷ Die Nutzung der Grundwasserwärme erfordert eine Konzession der Regierung. Der Verfahrensablauf ergibt sich aus den Bestimmungen des Wasserrechtgesetzes. Die Konzession wird erteilt, wenn die geplante Anlage die Standort- und Grössenkriterien erfüllt, im hydrogeologischen Fachgutachten nachgewiesen wird, dass die beabsichtigte Nutzung bei den örtlichen Gegebenheiten machbar ist, keine negativen Auswirkungen auf Grundwasser, Boden und Oberflächengewässer hat und keine bestehenden Nutzungen stört.

⁴⁸ Karte zur Grundwasser-Nutzung: <http://geodaten.llv.li/geoshop/grundwasserwaermenutzung.html>

⁴⁹ Bericht zur Zulässigkeit: http://www.llv.li/pdf-llv-aus-bericht_zur_zulaessigkeitskarte.pdf

⁵⁰ Erdsonden-Karte: <http://geodaten.llv.li/geoshop/erdsonden.html>

und Entwicklungszusammenarbeit mitbringen, ihren Bedürfnissen entsprechend gezielt über die aktuelle Entwicklungen in ihren F&E Bereichen auf dem Laufenden. Sie arbeitet eng mit den relevanten Anspruchsgruppen (Forschungszentren, Unternehmen, Staaten, Verbänden, etc.) zusammen. Bietet sich eine Möglichkeit der Zusammenarbeit, so wird die NKS das Unternehmen darauf aufmerksam machen und bei Bedarf das Unternehmen in der Zusammenarbeit begleiten.

Kooperationsangebot an alle Unternehmen (Massnahme 14): Vorgesehen war die Schaffung von Impulsen und Rahmenbedingungen für die Effizienzsteigerung und den Einsatz erneuerbarer Energien in den Unternehmen. Bisher erfolgte keine Umsetzung der Massnahme in dieser Form.

Kooperationsangebot an Gemeinden ‚Energistadt für alle‘ (Massnahme 15): Durch das Schaffen der erforderlichen Rahmenbedingungen und das breite Angebot an Unterstützung konnten alle Gemeinden zu einem eigenständigen Weg in eine vorbildliche Energiepolitik motiviert werden. Somit kann das Energistadt-Label in Liechtenstein als Erfolgsgeschichte betrachtet werden. Bis Ende Januar 2011 waren bereits Balzers, Mauren-Schaanwald, Planken, Schaan, Triesen, Vaduz und Ruggell Energistädte. Dies bedeutet, dass bereits etwa 75% der Einwohner in einer Gemeinde mit dem Label ‚Energistadt‘ leben. Die Gemeinden Eschen-Nendeln, Schellenberg, Triesenberg und Gamprin-Bendern sind im Zertifizierungsprozess oder in den Vorbereitungen dazu. Dadurch konnte ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Wohn- und Lebensqualität in Liechtenstein geleistet und zusätzlich ein Standortvorteil geschaffen werden. Triesen befindet sich mit über 70% realisierten Massnahmen als Spitzenreiter der liechtensteinischen Energistädte auf Platz 31 des schweizerischen Energistädtevergleichs.

Web-Auftritt (Massnahme 16): Es sollte ein Webauftritt zu Informationsmöglichkeiten, Instruktionen und Bilddokumentationen über Energie mit all ihren Facetten lanciert werden. Dieser Aspekt ist unter Punkt 8 abgehandelt.

Energetische Nutzung des Rheins (Massnahme 17): Die Massnahme sah die Sicherung und Erhaltung der Möglichkeit einer energetischen Nutzung des Rheins für spätere Jahre vor.

3.3 Internationale Energiepolitik im Umbruch

3.3.1 Europäische Union (EU) und Europäischer Wirtschaftsraum (EWR)

Eingebettet in verschiedene Wirtschaftsräume und als global vernetzter Wirtschaftsstandort werden die Strategien des Fürstentums Liechtenstein auch in der Energie- und Klimapolitik durch externe Rahmenbedingungen beeinflusst. Insbesondere im EU-Raum werden aktuell verschiedene Massnahmen und Strategien im Bereich der Energiepolitik angedacht und umgesetzt.

Im Dezember 2008 hat sich die Europäische Union auf ein Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie geeinigt, welches ambitionierte Zielvorgaben bis ins Jahr 2020 enthält (häufig als ‚20-20-20-Ziele‘ bezeichnet).⁵¹ Demnach gelten bis zum Jahr 2020 die folgenden europaweiten Vorgaben:

- **Senkung der Treibhausgasemissionen** um mindestens 20% gegenüber dem Stand von 1990 (30%, wenn sich andere Industrieländer zu vergleichbaren Senkungen verpflichten).
- **Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen** (Wind, Sonne, Biomasse usw.) **auf 20% des Gesamtenergiebedarfs.**
- **Senkung des Energiebedarfs** um 20% des voraussichtlichen Niveaus von 2020 durch Verbesserung der Energieeffizienz.

Die einzelnen Ziele werden durch verschiedene Massnahmen und gesetzliche Vorgaben umgesetzt. Neben dem System zum Handel von Treibhausgasemissions-Zertifikaten sind insbesondere folgende Richtlinien relevant:

- **Endenergieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG**

Zielsetzung der Endenergieeffizienz-Richtlinie 2006/32/EG ist die Förderung der Energieeffizienz und des Energiesparens. Hauptschwerpunkt bildet dabei das Ziel eines Energiesparrichtwertes von 9% in 9 Jahren (zwischen 2008 und 2016) sowie die Förderung von Energiedienstleistungen. Die Richtlinie wird für Liechtenstein als EWR-relevant beurteilt. Liechtenstein prüft derzeit, wie eine Umsetzung erfolgen kann.

- **Erneuerbare Energien-Richtlinie 2009/28/EG**

Mit der Richtlinie vom 23. April 2009 verpflichten sich die Mitgliedstaaten der Europäischen Union auf Zielvorgaben bezüglich des Anteils erneuerbarer Energien an der gesamten verbrauchten Energie, die bis zum Jahr 2020 zu erreichen sind. Unter Berücksichtigung von länderspezifischen Vorgaben ergibt sich über die gesamte EU ein Anteil der erneuerbaren Energien von 20%. Für den Verkehrsbereich schreibt die Richtlinie zudem mindestens 10% erneuerbare Energien vor.

⁵¹ Quelle: http://ec.europa.eu/climateaction/docs/climate-energy_summary_de.pdf

Liechtenstein prüft derzeit die Anwendbarkeit und die Umsetzung der Richtlinien oder die allfällige Erreichung einer Ausnahmeregelung. Diese Richtlinien bilden einen wesentlichen Einflussfaktor für die vorliegende Energiestrategie. Zur Umsetzung der Erneuerbare Energien-Richtlinie hat die EU im Jahr 2009 mit dem Aktionsplan 2009/548/EG diverse Muster verabschiedet.

3.3.2 Klimakonvention, Kyoto-Protokoll und Kyoto-Nachfolgeabkommen

Im Jahr 2004 hat das Fürstentum Liechtenstein das Kyoto-Protokoll ratifiziert und sich verpflichtet, innerhalb der Periode 2008 bis 2012 die landesweiten Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 8% zu senken. Beim Kyoto-Protokoll handelt es sich um ein 1997 ausgehandeltes Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). Das Kyoto-Protokoll, welches für Liechtenstein am 3. März 2005 in Kraft getreten ist, bildet zurzeit das zentrale völkerrechtliche Instrument zur globalen Bekämpfung des Klimawandels und legt erstmals völkerrechtlich verbindliche Ziele für den Ausstoss von Treibhausgasen in den Industrieländern fest. Das Kyoto-Protokoll weist bis heute 192 Vertragsstaaten auf.

Instrumente zur Kontrolle der Erfüllung der Kyoto-Verpflichtungen

Um zu gewährleisten, dass die Vertragsstaaten ihre eingegangenen Verpflichtungen erfüllen, wurden Berichtspflichten, Überwachungsinstrumente sowie flexible Marktmechanismen zur effizienten Reduktionserfüllung etabliert. Die Überwachung der Verpflichtungen sowie die Abwicklung der flexiblen Mechanismen erfolgt durch die Zuteilung von Emissionsrechten (Assigned Amount Units, AAUs) an die Staaten mit einer Reduktionsverpflichtung.⁵² Eine Tonne emittierter CO₂-Äquivalente (CO₂ eq)⁵³ entspricht einer AAU. Jährlich müssen die Staaten ihre Emissionen ermitteln und dem Klimasekretariat die entsprechenden AAUs am Ende der Verpflichtungsperiode abgeben. Emittiert ein Staat mehr Treibhausgase als ihm AAUs zur Verfügung stehen, muss er seine Emissionen im eigenen Staatsgebiet weiter reduzieren. Supplementär kann er durch die Anwendung flexibler Marktmechanismen überschüssige AAUs anderer Staaten oder Emissionsgutschriften aus konkreten Klimaschutzprojekten ausserhalb seines Staatsgebietes erwerben und anrechnen lassen.

Massnahmen im Inland und Ausland

Gemäss Art. 4 Abs. 1 des 2008 in Kraft getretenen Emissionshandelsgesetzes des Fürstentums Liechtenstein sollen die Reduktionsverpflichtungen in erster Linie durch nationale Minderungsmaßnahmen erfüllt werden. Die im Jahr 2007 von der Regierung verabschiedete Nationale Klimaschutzstrategie zielt darauf ab, dass im Rahmen zukünftiger Regierungspolitik eine koordinierte Massnahmenplanung von Beginn an und sektorüber-

⁵² Liechtenstein wurden für die Periode 2008 bis 2012 Emissionsrechte in der Höhe von 1'055'000 Tonnen CO₂ eq. zugeteilt (vgl. dazu auch Abschnitt 3.1.3).

⁵³ Die verschiedenen Treibhausgase weisen ein unterschiedliches Potential hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Treibhausgaseffekt auf. Zur direkten Vergleichbarkeit wird das jeweilige Potential auf jenes von CO₂ bezogen. Eine Tonne des Treibhausgases Methan entspricht beispielsweise dem Wert von 21 Tonnen CO₂, jenes von SF₆ dem Wert von rund 23'000 Tonnen CO₂.

greifend gewährleistet ist. Seit 2008 hat somit die Bedeutung klimarelevanter Aspekte im Rahmen der liechtensteinischen Gesetzgebung zugenommen. Insbesondere für die nach 2008 folgenden Jahre ist daher davon auszugehen, dass die eingeleiteten Massnahmen erkennbare Emissionsminderungen erbringen werden. Dies sind insbesondere: Verabschiedung des Massnahmenplans Luft (2007), Verabschiedung des Energieeffizienzgesetzes (2008), Einführung einer CO₂-Abgabe auf Brennstoffe (2008) und die Inbetriebnahme der Dampfleitung (KVA Buchs) zum Bezug von Prozessdampf durch liechtensteinische Industrieunternehmen (2009).

Die Wirkungen der aufgezählten Massnahmen sind bereits jetzt zu beobachten und haben dazu geführt, dass die Prognosen hinsichtlich ihrer Reduktionswirkung etwas optimistischer ausfallen. Während die Regierung im Jahr 2007 (Nationale Klimaschutzstrategie⁵⁴) noch von einer durchschnittlichen inländischen Reduktionsleistung von 19'000 t CO₂ eq. pro Jahr zwischen 2008 und 2012 ausging, wird im 5. Klimabericht⁵⁵ für 2010 eine Reduktionsleistung von 25'000 t CO₂ eq. pro Jahr prognostiziert. Die Übereinstimmung dieser Prognosen mit der Realität kann im Abschnitt 3.1.3 auf Seite 32 zumindest ansatzweise überprüft werden.

Reduktionsziele für die Zeit nach 2012

Die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls endet am 31. Dezember 2012. Bis dahin muss von der Staatengemeinschaft eine Nachfolgeregelung getroffen werden. Mit Veröffentlichung des vierten Sachstandberichtes des Weltklimarates im Jahr 2007 wurde der Rahmen vorgezeichnet, in welchem – aus wissenschaftlicher Erkenntnis – die zukünftigen Reduktionsleistungen liegen müssen, um einen gefährlichen anthropogenen Klimawandel zu verhindern.

An der 13. Vertragsstaatenkonferenz im Dezember 2007 auf Bali (Indonesien) beschloss die Staatengemeinschaft einen entsprechenden Zeitplan, der zum Abschluss eines Nachfolgeabkommens zum Kyoto-Protokoll führen soll (sogenannte Bali Road Map). Im Laufe des Jahres 2008 gab die EU ihr Reduktionsziel bekannt. Demnach will die EU bis 2020 Reduktionsminderungen von 20% gegenüber den Emissionen des Jahres 1990 erreichen. Sollten sich andere Industrieländer zu vergleichbaren Emissionsreduktionen und wirtschaftlich weiter fortgeschrittene Entwicklungsländer zu einem ihrer Verantwortlichkeiten und jeweiligen Fähigkeiten angemessenen Beitrag verpflichten, so sollen die Treibhausgasemissionen der EU gegenüber 1990 um 30% reduziert werden. Dem Ansatz der EU schlossen sich im weiteren Verlauf Norwegen und die Schweiz an.

Im Oktober 2008 beschloss die Regierung Liechtensteins im Hinblick auf die 14. Vertragsstaatenkonferenz vom Dezember 2008 in Poznan (Polen), sich an den Reduktionszielen der EU und der Schweiz zu orientieren.⁵⁶ Im Juni 2009 wurden diese Reduktionsziele Liechtensteins zudem offiziell beim Klimasekretariat eingereicht. Im Anschluss an die 15.

⁵⁴ Nationale Klimaschutzstrategie für das Fürstentum Liechtenstein, September 2007: http://www.llv.li/pdf-llv-aus-nationale_klimaschutzstrategie_07.pdf

⁵⁵ Liechtenstein's Fifth National Communication under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, Januar 2010: http://www.llv.li/pdf-llv-aus_bericht_klima_2010e.pdf

⁵⁶ RA 2008/2902-9785.1/14

Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2009 in Kopenhagen (Dänemark) hat die Regierung des Fürstentums Liechtenstein beschlossen, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 20% unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. Sollten andere Staaten im Rahmen eines verbindlichen Klimaabkommens vergleichbare Zugeständnisse machen, soll auch das Ziel für das Fürstentum Liechtenstein auf 30% erhöht werden. Auch wenn in den nächsten Jahren aufgrund der ergriffenen Massnahmen mit einem deutlichen Rückgang der Emissionen in Liechtenstein zu rechnen ist, ging die Regierung bis anhin davon aus, dass ein Teil der Reduktionsverpflichtung durch die Anrechnung von im Ausland erzielten Emissionsreduktionen erfüllt werden muss.⁵⁷ Dies entspricht auch den Erkenntnissen dieser Energiestrategie (vgl. dazu Abschnitt 6.3.5).

Gemäss den Ergebnissen der 17. Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2011 in Durban (Südafrika) soll Ende 2012 in Katar eine zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls beschlossen werden und bis zum Jahr 2015 ein neues, umfassendes Klimaschutzabkommen ausgehandelt werden, das 2020 in Kraft treten soll.⁵⁸

⁵⁷ Interpellationsbeantwortung der Regierung an den Landtag des Fürstentums Liechtenstein betreffend die Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen, BuA Nr. 42/2010.

⁵⁸ Paket von Durban, Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/17_klimakonferenz/doc/48152.php

4 Entwicklungsperspektiven

4.1 Rahmenentwicklungen: Wirtschaft und Bevölkerung

Um eine Energieverbrauchsprognose zu erstellen bedarf es der Beachtung einiger externer Rahmenentwicklungen, welche einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung des Energiebedarfs haben können und welche zumindest bis heute einen Grossteil der erreichten Effizienzgewinne kompensieren. Hierzu zählen insbesondere die beiden Parameter der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung.

Als Grundlage für die Abschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung des Fürstentums Liechtenstein können die Studien von Strittmatter⁵⁹ und vom Amt für Statistik⁶⁰ hinzugezogen werden. Abgesehen vom Szenario ‚Pessimistisch‘ in der Studie des Amtes für Statistik gehen alle Szenarien im Betrachtungshorizont bis 2030 von einem Wachstum der Bevölkerung aus (Abbildung 12).

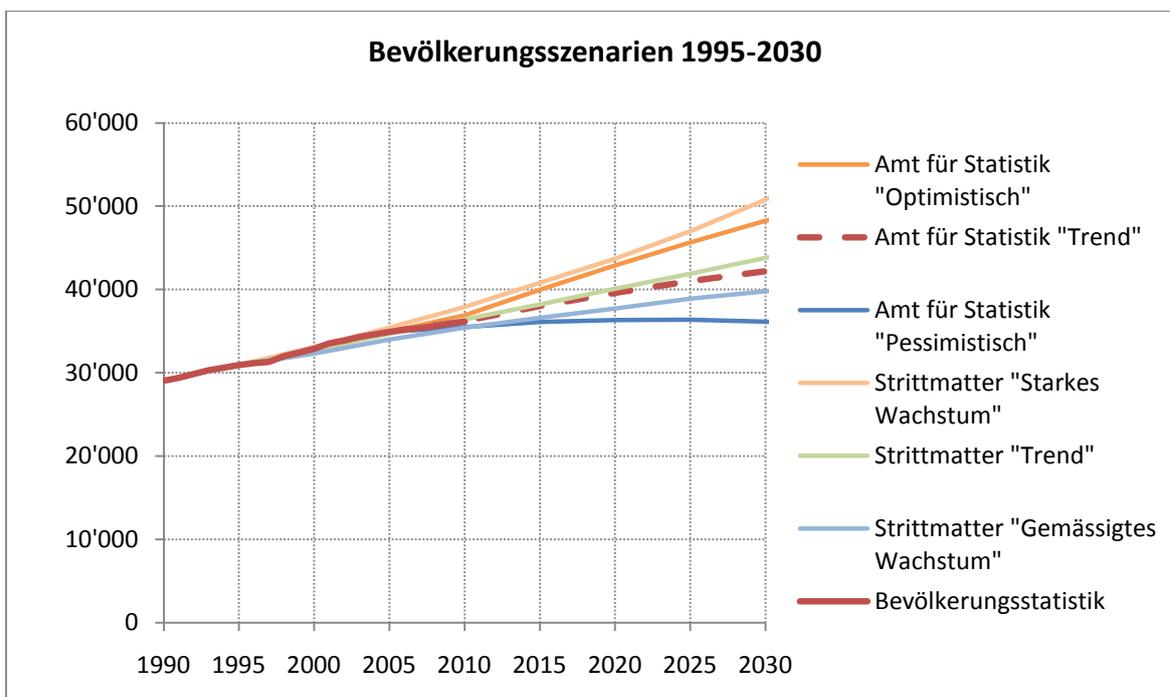


Abbildung 12: Bevölkerungsszenarien 1995–2030 und Ist-Wachstum 1990–2005 in Einwohnern. Quellen: Amt für Statistik, Strittmatter Partner AG

Ein Vergleich der prognostizierten Entwicklungen mit statistischen Daten der Jahre 1990 bis 2010 legt nahe, dass die Entwicklung bei der Bevölkerungszunahme gegenwärtig im Rahmen der mit ‚Trend‘ bezeichneten Abschätzungen verläuft.

⁵⁹ Einwohner und Arbeitsplätze, Grundlagenanalyse und Prognose, Strittmatter Partner AG, Januar 2003.

⁶⁰ Bevölkerungsszenarien für Liechtenstein für den Zeitraum 2005 bis 2050, Amt für Statistik:
<http://www.llv.li/amtsstellen/llv-as-bevoelkerung/llv-as-bevoelkerung-bevoelkerungsszenarien.htm>

Wirtschaftsentwicklung, Arbeitsplätze und Bevölkerungsentwicklung sind stark aneinander gekoppelt. Die Wirtschaftsentwicklung wird von der Studie von Strittmatter Partner AG anhand der Entwicklung der Arbeitsplätze prognostiziert (Abbildung 13). Die Szenarien unterscheiden sich nur in der Ausprägung des Wachstums - gemeinsam ist ihnen die Annahme einer weiterhin prosperierenden Wirtschaft und einem entsprechenden Wachstum der Arbeitsplätze in Liechtenstein. Zum Vergleich der Prognose mit der laufenden Entwicklung wurden die statistischen Werte des Amtes für Statistik der Jahre 1990 bis 2010, welche auf Beschäftigte in Voll- und Teilzeitstellen basieren, hinzugezogen. Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung der gemessenen (statistischen) Werte mit dem Szenario ‚Starkes Wachstum‘.

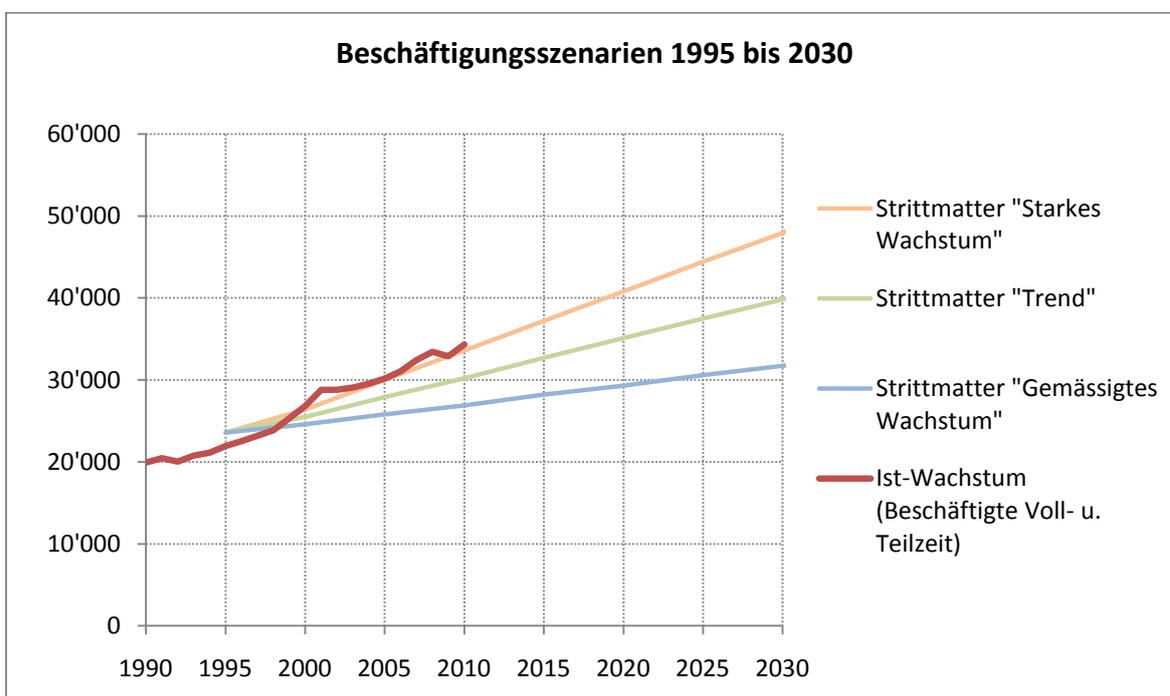


Abbildung 13: Szenarien zur Entwicklung der Beschäftigung von 1995–2030 und Ist-Wachstum von 1990–2005 in Arbeitsplätzen. Quelle: Amt für Statistik, Strittmatter Partner AG

Verlaufen die Entwicklungen des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums weiterhin entlang den Prognosen, dann kann in einer ersten Annäherung davon ausgegangen werden, dass auch der Energieverbrauch proportional mit der Bevölkerung und der Wirtschaftsleistung ansteigen wird. Um diese Koppelung von Wachstum und Energieverbrauch zu durchbrechen, sind ausserordentliche Anstrengungen nötig (siehe auch Abschnitt 3.1.4). Diese komplexe Aufgabe zu lösen ist eine der zentralen Herausforderungen an die künftige Energiepolitik des Fürstentums Liechtenstein und seine Bewohnerinnen und Bewohner.

4.2 Trends und Potentiale

Global sind ein stark steigender Energiebedarf und die rasch zunehmende Nutzung von nicht erneuerbaren, fossilen Energieträgern zu beobachten. Die heutige Versorgung basiert hauptsächlich auf dem Verbrauch nicht erneuerbarer, kohlenstoffhaltiger oder nuklearer Energieträger (Öl, Gas, Kohle, Kernkraft) und ist meist wenig nachhaltig. Diesen globalen Trend zu durchbrechen und das etablierte, kohlenstoffbasierte Energiesystem auf eine neue, nachhaltige und erneuerbare Basis zu bringen stellt eine zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts dar. Eine nachhaltige Energieversorgung zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich in die natürlichen Kreisläufe einbinden lässt, zu keiner Erschöpfung der vorhandenen Ressourcen führt und langfristig zu einer gerechten und bezahlbaren Versorgung mit Energie führt.

Es bestehen drei grundlegende Ansatzpunkte um den Energieverbrauch und die damit verbundenen Effekte wie die Verknappung der vorhandenen Ressourcen, die Emission klimaschädigender Gase oder eine ungewollte Abhängigkeit von lokal nicht verfügbaren Energieträgern zu beeinflussen. Dies sind Effizienzsteigerungen, eine vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien sowie Massnahmen, welche den Konsum der mit der Energie verbundenen Produkte und Dienstleistungen reduzieren (Suffizienz). Die ersten beiden Ansätze sind etabliert und gemeinhin als Kernelemente zur Lösung der Herausforderungen anerkannt. Dies besonders, weil Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien grundsätzlich nicht mit einer Reduktion des Komforts verbunden werden.

Wird als Zielzustand die Vision einer nachhaltigen Energieversorgung zugrunde gelegt, dann können beide Ansätze wesentlich zur Zielerreichung beitragen. In der Praxis wird in beiden Bereichen entschiedenes Handeln und eine sorgfältige Abwägung der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und technischen Erschliessbarkeit der Potentiale nötig sein, um möglichst effizient und rasch Verbesserungen zu erreichen.

In allen Bereichen ist in Liechtenstein erhebliches Potential vorhanden, das sich auch unter der Beachtung der Zielsetzungen der Wirtschaftlichkeit und der sozialen Verträglichkeit erschliessen lässt. Dies zeigt unter anderem die Studie ‚Erneuerbares Liechtenstein‘, welche davon ausgeht, dass mit fokussierten Anstrengungen eine weitestgehend erneuerbare Selbstversorgung des Landes bei gleichzeitiger Minimierung der Treibhausgasemissionen bis im Jahr 2070 möglich ist.⁶¹ Auch die Energiestrategie 2050 des Schweizer Bundesrats,⁶² welche im Rahmen der neuen Energiepolitik auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft vor allem auf verstärkte Effizienzmassnahmen, erneuerbare Energien und Begleitmassnahmen setzt, sowie die Studie der ETH Zürich ‚Energiezukunft Schweiz‘⁶³ weisen durch ihre ambitionierten Ziele auf die grossen Potentiale hin.

⁶¹ Droege, P., Genske, D., Jödecke, T., Roos, M., & Ruff, A. (2012). *Erneuerbares Liechtenstein*. Vaduz: Universität Liechtenstein.

⁶² Energiestrategie 2050, Bundesamt für Energie:
http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024

⁶³ Andersson, G., Boulouchos, K., Bretschger, L. (2011). *Energiezukunft Schweiz*. ETH Zürich.
http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/111114_energiestudie_rok/energiestudie_def

4.2.1 Energieeffizienz

Eine Steigerung der Energieeffizienz bedeutet, dass die gleiche Arbeit mit weniger Energieeinsatz verrichtet wird – dies umfasst auch die Elimination unnötiger Verbraucher, welche nicht zur gewünschten Arbeit beitragen (Stand-By-Verluste) oder die sinnvolle Nutzung unvermeidbarer Energieverluste eines Prozesses (z.B. Abwärme).

Im Bereich der Energieeffizienz liegt unbestritten sowohl bei den privaten Haushalten als auch bei kommerziellen Anwendungen ein erhebliches Potential. Im Folgenden werden einige zentrale Bereiche näher analysiert und vorhandene Effizienzpotentiale beleuchtet.

Wärmeproduktion und Strom aus fossilen Brennstoffen

Bei der Bereitstellung von Niedertemperatur-Wärme vor Ort machen die fossilen, nicht erneuerbaren Brennstoffe (Heizöl und Erdgas) heute in Liechtenstein annäherungsweise 75% aus (vgl. Abbildung 1 auf Seite 23⁶⁴). Daneben bestehen aber verschiedene Technologien, welche in Konkurrenz zu dieser herkömmlichen und als ausgereizt zu betrachtenden Technologie stehen. Als vielversprechend gilt dabei insbesondere die Kopplung der Strom- und Wärmeproduktion, indem die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme genutzt wird (Kraft-Wärme-Kopplung). Die Strom- und Wärmeproduktion kann dabei sowohl dezentral (d.h. am Ort des Verbrauchers mittels Blockheizkraftwerken) als auch zentral (Grosskraftwerke mit Wärmeverteilnetzen) erfolgen.

Auch im europäischen Strommix wird heute noch fast die Hälfte des Stroms fossil erzeugt.⁶⁵ In Europa und auch in Liechtenstein gewinnt insbesondere der Energieträger Erdgas an Bedeutung, weil im Gegensatz zur konventionellen Verbrennung von Gas heute verschiedene technologische Verbesserungen zur Verfügung stehen, welche eine bessere Ausbeute des Energiegehalts des Erdgases ermöglichen. Damit stehen Erdgas-Kraftwerke (insbesondere Erdgas-Kombikraftwerke) wieder verstärkt im Fokus. Diese können relativ gut regelbare Energie liefern und kommen damit als Ergänzung zu unregelmässig anfallendem Wind- und Solarstrom sowie als mögliche Ersatztechnologie für die bestehenden Kernkraftwerke in Frage. Zudem erfolgt die Versorgung mit Erdgas teilweise aus anderen Regionen als beim Erdöl.

Insgesamt lassen sich vier unterschiedliche Strategien identifizieren, welche sich in der Frage der Zentralisierung, der Verteilung und der Optimierung der Produktion auf Strom oder Wärme unterscheiden.

1. **Dezentrale Wärmeproduktion mittels konventioneller Feuerung:** Der fossile Brennstoff (Erdgas oder Heizöl) wird vor Ort direkt verbrannt. Es wird kein Strom produziert. Abbildung 14 zeigt eine herkömmliche Öl- oder Erdgasheizung für Gebäude. Dabei sind gute Anlagen mit Brennwerttechnologie in der Lage, 90% der

⁶⁴ Balken 'Energiebedarf nach Anwendung', Kategorie 'Raumwärme und Warmwasser' durch Heizöl und Erdgas.

⁶⁵ Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft: http://www.energie-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/stromnachweisdatenbank/HOMEPAGE_20060101/CT/C_ENTSOE_2010.HTML

im Brennstoff enthaltenen Energie⁶⁶ in Nutzwärme umzuwandeln. Beim Einsatz fossiler Brennstoffe für die Wärmeproduktion auf tiefem Temperaturniveau wird allerdings hochwertige Exergie⁶⁷ verschwendet.

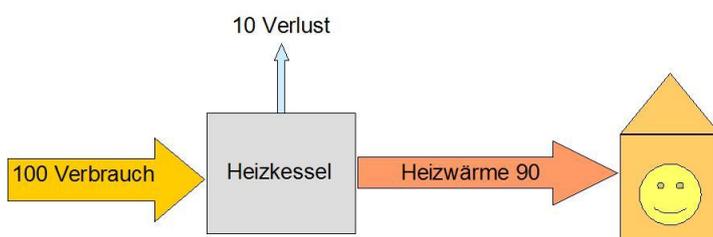


Abbildung 14: Konventionelle Erzeugung von Raumwärme über fossile Brennstoffe

2. **Zentrale Produktion von Strom mittels Gas-und-Dampfturbinen (GuD):** In einem zentralen GuD-Kraftwerk wird Strom produziert. Die Abwärme der Gasturbine wird lokal in einer nachgeschalteten Dampfturbine genutzt und damit ebenfalls Strom produziert. Damit ist der Wirkungsgrad von GuD-Kraftwerken mit bis zu 60% deutlich besser als bei herkömmlichen Gasturbinen ohne nachgeschalteten Dampfprozess. Der produzierte Strom kann z.B. dezentral in Wärmepumpen eingesetzt und damit ein Vielfaches an lokaler Umweltwärme genutzt werden.

Abbildung 15 zeigt die Kombination eines zentralen GuD-Kraftwerks mit Nutzung der produzierten elektrischen Energie in lokalen Wärmepumpenheizungen. Bei einem Anlagenwirkungsgrad des GuD-Prozesses von 60% und einer Jahresarbeitszahl (JAZ⁶⁸) von 3.0 lassen sich mit diesem Vorgehen im Vergleich zur Wärmeproduktion vor Ort zwei statt ein Haus beheizen und eine maximale Nutzwärme von 180% des eingesetzten fossilen Brennstoffs erreichen. Dabei ist die Wärmepumpentechnologie noch nicht ausgereizt. Hohe elektrische Wirkungsgrade von 60% im GuD-Prozess können zurzeit in Grosskraftwerken von mehreren 100 MW realisiert werden.

⁶⁶ Gemessen am Brennwert oder oberen Heizwert, d.h. der Energie, die durch Verbrennung und anschliessende Abkühlung und Kondensation der Abgase freigesetzt wird.

⁶⁷ Exergie ist der Anteil der Gesamtenergie eines Systems, welcher Arbeit verrichten kann, wenn das System ins Gleichgewicht mit seiner Umgebung gebracht wird. Im Gegensatz dazu ist die Energie der nicht mehr arbeitsfähige Anteil an der Gesamtenergie.

⁶⁸ Die JAZ ist ein Mass für die Effizienz einer Wärmepumpenanlage. Die JAZ sagt aus, wie viel Wärmeenergie im Verhältnis zum eingesetzten Strom von der Wärmepumpe im Laufe eines ganzen Jahres erzeugt wurde.

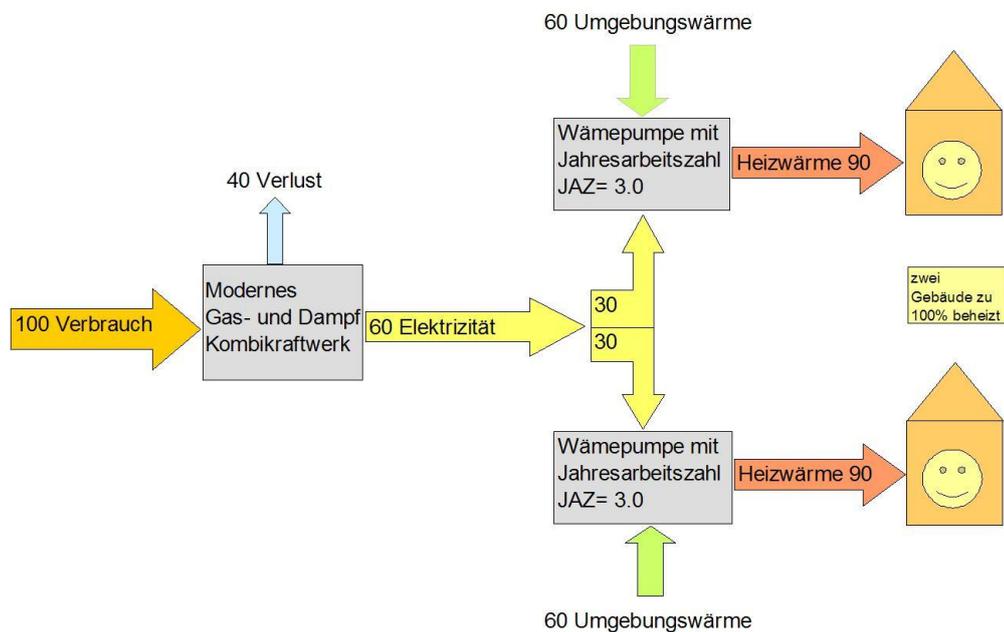


Abbildung 15: Funktionsweise und Effizienzgewinn einer Wärmepumpe in Kombination mit der vorgeschalteten Stromerzeugung im GuD-Kraftwerk

3. **Produktion von Wärme und Strom mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):** Strom und Wärme werden durch ein Blockheizkraftwerk produziert. Dies ermöglicht, die Abwärme der Stromproduktion zu nutzen. Der Gesamtwirkungsgrad für Strom und Wärme liegt bei 80 bis 90%, wobei kleinere Anlagen tendenziell einen höheren thermischen Wirkungsgrad und weniger Stromausbeute aufweisen. Das Blockheizkraftwerk kann sowohl zentral als auch dezentral erstellt werden – im ersten Fall muss die Wärme über Fernwärmenetze verteilt werden. Der zentrale Ansatz macht wirtschaftlich dann Sinn, wenn in der Nähe genügend Abnehmer für die Wärme vorhanden sind. Der produzierte Strom kann zudem in Wärmepumpen genutzt werden, um lokale Umweltwärme für die Raumheizung zu nutzen. Bei einem Stromwirkungsgrad in der KWK-Anlage von 30% und 50% nutzbarer Abwärme kann insgesamt über Wärmepumpen eine maximale Nutzwärme von 140% des eingesetzten fossilen Brennstoffs erreicht werden. Diese Kombination eignet sich aber nicht nur für fossile Brennstoffe, sondern auch im Rahmen von Biomassefeuerungen (siehe Abschnitt 4.2.2 ‚Biomasse‘).
4. **Dezentrale Produktion von Wärme mit Gas-Wärmepumpen:** Ähnlich wie bei einer Elektro-Wärmepumpe kann mit gasbefeuerten Wärmepumpen Umweltwärme von einem tiefen Temperaturniveau auf ein höheres gebracht werden und zum Heizen genutzt werden. Durch die Einbindung von Umweltwärme kann der Nutzungsgrad des Systems bezogen auf den Brennwert des Erd- oder Biogases gegenüber einer ausschliesslich thermischen Verwertung des Brennstoffs nochmals deutlich gesteigert werden. Bis heute haben sich solche Systeme jedoch aus technischen und wirtschaftlichen Gründen noch nicht durchgesetzt.

Zusammenfassend stehen mit den verschiedenen Technologien des GuD-Prozesses (Stufe Grosskraftwerk, zentral), der Kraft-Wärme-Kopplung (zentral und dezentral) und der Wärmepumpe (elektrisch oder gasbefeuert, dezentral) im Vergleich zur herkömmlichen Wärmeproduktion erhebliche Effizienzpotentiale vor Ort zur Verfügung. Dazu müssen allerdings die Rahmenbedingungen für die Nutzung der anfallenden oder produzierten (Ab-) Wärme und der Umweltwärme gegeben sein. Allen technologischen Verbesserungen zum Trotz basieren diese Verfahren in den meisten Fällen auf nicht erneuerbaren Energieträgern und resultieren daher in beträchtlichen Treibhausgasemissionen. Bis heute können nicht alle KWK-Anlagen mit festen erneuerbaren Energieträgern wie Holz oder sonstiger Biomasse oder mit Biogas betrieben werden.

Die Erstellung einer hocheffizienten GuD-Grossanlage von 400 MW Leistung in Liechtenstein würde ein Vielfaches des heutigen Landeselektrizitätsverbrauchs abdecken. Ein bedeutender Gewinn in der Klima- und Energiebilanz könnte sich aber nur dann ergeben, wenn konventionell-thermische Stromgewinnung oder konventionell-thermische Feuerungen (Heizöl und Erdgas) ersetzt würden und/oder der produzierte Strom über Wärmepumpen zur Bereitstellung von Nutzwärme eingesetzt würde. Diese Annahmen scheinen unrealistisch, insbesondere in Bezug auf die nötige Grösse einer solchen Anlage.

Als sinnvolle Alternativen stehen im Hinblick auf den Zeithorizont dieser Energiestrategie die weitere Verbreitung erneuerbar betriebener KWK-Anlagen (siehe Abschnitt 4.2.2 ‚Biomasse‘ auf Seite 73), die verstärkte Nutzung der Wärmepumpen-Technologie sowie der Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion im Zentrum. Beim Einsatz von elektrischen Wärmepumpen muss die Bereitstellung des Stroms mit einbezogen werden.

Mobilität

Aktuell machen die Treibstoffe Benzin, Diesel und Erdgas rund einen Drittel des Gesamtenergieverbrauchs in Liechtenstein aus (siehe Abbildung 1 auf Seite 23). Bei einem insgesamt ungefähr stagnierenden Gesamttreibstoffverbrauch lässt sich beim Diesel eine Zunahme zu Lasten des Benzinverbrauchs beobachten (siehe Abbildung 6 auf Seite 30). Aufgrund des hohen Energiegehaltes und der vergleichsweise einfachen Transport- und Lagerfähigkeit von Benzin, Diesel und Flugtreibstoffen lassen sich fossile Treibstoffe momentan technisch nur schwer ersetzen. Dies wird sich auch bis ins Jahr 2020 kaum grundlegend ändern. Der Verkehrssektor ist damit einer der herausforderndsten Bereiche beim Umbau des fossilen Energiesystems für eine erneuerbare und klimaverträgliche Zukunft. Es muss festgehalten werden, dass ein solcher Umbau ohne Einbezug des Verkehrssektors nicht möglich ist, wie ein Vergleich mit den Reduktionsfaktoren für fossilen Energiebedarf pro Kopf und Treibhausgasemissionen gemäss der 2000-Watt-Gesellschaft deutlich macht (Abschnitt 2.3.1).

Dieselmotoren weisen einen etwas höheren Wirkungsgrad auf als mit Benzin betriebene Ottomotoren, was sich günstig auf die Effizienz auswirkt. Auch der Einsatz von Gas als Treibstoff ist technisch möglich und führt im Vergleich mit Benzin und Diesel zu reduzier-

ten Treibhausgasemissionen.⁶⁹ Es besteht ein Netz aus Gastankstellen sowie ein relativ breites Angebot an Fahrzeugen mit reinem Gasantrieb oder bivalentem Antrieb. In Liechtenstein werden gegenwärtig rund 4% des importierten Erdgases für den Fahrzeugsektor eingesetzt, wobei ein Grossteil davon vermutlich von der Gasfahrzeugflotte des öffentlichen Busverkehrs der Liechtenstein Bus Anstalt (LBA) verbraucht wird. Die Neuanschaffungen der LBA wurden im Ausschreibungsverfahren wieder durch Diesel- und teils Hybridfahrzeuge gedeckt, wodurch kein grösserer Anstieg des Erdgasverbrauchs im Verkehrssektor zu erwarten ist.

Der Einsatz von Gas als Treibstoff führt nicht aus der Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen heraus und führt ebenfalls zu erheblichen Treibhausgasemissionen, sofern nicht ein erneuerbarer Energieträger wie Biogas verwendet wird. Die einzige Biogasanlage in Liechtenstein wird aktuell gebaut und wird ab 2013 das aus der Abwasserreinigung anfallende Biogas nach erfolgter Aufbereitung direkt ins Erdgasnetz einspeisen. Dadurch ist in Liechtenstein allerdings keine Betankung von Fahrzeugen ausschliesslich mit Biogas möglich.⁷⁰

Auch das Konzept ‚leichte und sparsame Fahrzeuge‘ ist längst bekannt und aus energetischer Sicht wünschenswert. Dennoch zeigten die Verkaufszahlen der vergangenen Jahrzehnte in der Schweiz, dass die Konsumenten tendenziell mit zusätzlichen Komfort- und Sicherheitsfunktionen ausgerüstete und damit schwerere Fahrzeugmodelle bevorzugten. Erst in den letzten Jahren deutet sich bezüglich Hubraum und Leergewicht eine vorsichtige Trendwende an.⁷¹ Durch technische Verbesserungen konnten zudem der spezifische Treibstoffverbrauch der verkauften Neuwagen und damit deren Treibhausgasemissionen laufend gesenkt werden, sodass im Jahr 2010 das durchschnittliche, neu verkaufte Fahrzeug 6.62 Liter Treibstoff pro 100 km verbrauchte und 161 g CO₂/km aussties. Für Liechtenstein liegen ähnliche Daten vor, welche allerdings einen höheren Durchschnittsverbrauch zeigen⁷². Trotz rückläufigen Trends liegen diese Werte noch weit entfernt vom EU-Zielwert von durchschnittlich 120 g CO₂/km für das Jahr 2015. Ebenso führten steigende Kilometerleistungen und die wachsende Fahrzeugflotte bisher insgesamt zu keiner deutlichen Abnahme der CO₂-Emissionen aus dem Verkehrssektor (Tabelle 12).

⁶⁹ Ergebnisse der Studie ‘Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten’, Empa und Novatlantis, November 2007. http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/65540/---/l=1

⁷⁰ Gemäss Angaben der Liechtensteinischen Gasversorgung (LGV) auf <http://www.lgv.li/content.aspx?auswahl=5320&mid=5320>

⁷¹ 15. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoff-Normverbrauchs von Personenwagen 2010, auto-schweiz, 18. April 2011: <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/22844.pdf>

⁷² CO₂-Emissionen neuzugelassener PW im Fürstentum Liechtenstein, Bestand 2009. Amt für Umweltschutz, 10. August 2010: http://www.llv.li/pdf-llv-aus-bericht_co2_pw_2009.pdf

Tabelle 12: Treibhausgas-Emissionen in 1000 t CO₂ eq. aus dem Transportsektor (Kategorie 1A3) gemäss Klimainventar des Fürstentum Liechtenstein. Quelle: National Inventory Report 2012

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Transport (Sektor 1A3)	77	82	96	85	82	87	91	85	80

Einen grundsätzlichen Systemwechsel verspricht das Elektrofahrzeug. Da die eigentliche Bereitstellung der Antriebsleistung im Fahrzeug mit Elektromotor deutlich effizienter erreicht werden kann als bei Verbrennungsmotoren, liegen die gegenwärtigen Herausforderungen für einen breiten Einsatz bei der Verbesserung der Speicherkapazität von Batterien und der Frage nach der Herkunft beziehungsweise Erzeugungsart des eingesetzten Stroms. Die Umweltbilanz des Stroms ist entscheidend dafür, ob der Einsatz eines Elektrofahrzeugs klimatechnisch und in Bezug auf die Gesamteffizienz Sinn macht. Wird der eingesetzte Strom aus dem europäischen Netzverbund bezogen, dann steckt darin aktuell rund die Hälfte fossil erzeugter Strom und entsprechend grosse Treibhausgasemissionen sowie Umwandlungsverluste bei der Erzeugung und Verteilung des Stroms. Der Systemwechsel zu reiner Elektromobilität bedingt zudem einige Anpassungen bei der Infrastruktur, er wird ohne Gegenmassnahmen die Stromnetze zusätzlich belasten. Dies verhindert, dass sich auf Anhieb ein grosser Markt für derartige Fahrzeuge bildet.

Aufgrund der Hürden zur reinen Elektromobilität ist daher zu erwarten, dass die Entwicklung von den gegenwärtigen fossilen Antriebstechnologien in Richtung einer erneuerbaren und klimafreundlichen Mobilität über Zwischenstufen stattfinden wird. Hybridfahrzeuge stellen eine solche Stufe dar:

1. Hybridfahrzeuge mit Benzin als Treibstoff (Stand der Technik 2010)
2. Plug-in-Hybridfahrzeuge mit verbesserten Batterien und der Möglichkeit zum Aufladen am Stromnetz. Für längere Strecken steht neben dem Elektroantrieb ein herkömmliches Benzin-/Diesel- oder Gasaggregat zur Verfügung
3. Reine Elektrofahrzeuge zum Aufladen an der Steckdose

Effizienzverbesserungen am bestehenden Prinzip der fossilen Antriebstechnologien weisen nicht das Potenzial auf, um eine nachhaltige Mobilität zu ermöglichen, insbesondere vor dem Hintergrund der wachsenden Komfort- und Mobilitätsbedürfnisse. Die Hybridtechnologie als Übergang zur Elektromobilität scheint im Fahrzeugmarkt allmählich Fuss zu fassen, aber das realisierbare Potential dieser Technologie ist ebenfalls beschränkt. Das Potential dieser Technologie dient allenfalls dazu, sich für den grundsätzlichen Systemwechsel weitere Zeit zu verschaffen, sowie um Erfahrungen mit teilelektrischen Antriebssystemen zu gewinnen. Reine Elektrofahrzeuge werden aber trotz einiger Serienfahrzeuge auf dem Markt noch nicht als Alternative für den Massenmarkt wahrgenommen. Auch müsste die Bereitstellung von erneuerbarem Strom für den Betrieb dieser Fahrzeuge konsequenterweise gewährleistet werden.

Neben dem (technischen) Effizienzpotential bei den individuellen Verkehrsmitteln besteht jedoch insbesondere grosses Effizienzpotential durch eine Umlagerung vom motorisierten Individualverkehr auf öffentliche Verkehrsmittel, den aktiven Langsamverkehr (zu Fuss und mit dem Fahrrad) sowie bei der Raumplanung. Bei letzterem geht es insbe-

sondere darum, durch eine intelligente Planung und Zonierung wieder vermehrt verschiedene Nutzungen (Arbeit, Wohnen, Freizeit) zu mischen und damit unnötige Fahrten gänzlich zu vermeiden. Ebenfalls dazu beitragen kann verdichtetes Bauen in bestehenden Zentren, in dem die vorhandenen (gut erschlossenen) Flächen besser ausgenutzt werden.

In Anbetracht der Tatsache der schwierigen Ersetzbarkeit der fossilen Treibstoffe in der individuellen Mobilität (insb. bei Flugtreibstoffen) wird zur Erreichung ambitionierter Klima- und Verbrauchsziele eine (parallele) Suffizienzstrategie nicht zu vermeiden sein.

Strom für Geräte und Stand-By-Verbrauch

Der Energiebedarf der Haushalte gliedert sich grob in Raumwärme und Warmwasser, Prozesswärme und Strom auf. In Raumwärme und Warmwasser der Haushalte flossen in Liechtenstein im Jahr 2010 rund 83% der in diesem Sektor eingesetzten Endenergie. Prozesswärme umfasst hauptsächlich das Kochen und macht 4% aus, während die übrigen elektrischen Geräte unter der Kategorie ‚Strom‘ zusammengefasst werden und 14% ausmachen.⁷³ Während die Effizienzpotentiale für den anteilmässig wichtigsten Bereich der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser bereits im Abschnitt ‚Wärmeproduktion und Strom aus fossilen Brennstoffe‘ weiter oben abgedeckt sind, werden an dieser Stelle insbesondere die Effizienzpotentiale für elektrische Geräte behandelt. Viele wichtige Energieverbraucher im Haushalt fallen unter diese Kategorie: Waschmaschinen, Trockner, Kühl- und Gefriergeräte, elektrische Arbeitshilfen, Unterhaltungs- und Kommunikationsgeräte.

Zwei Aspekte stehen bei der Verbrauchsminimierung dieser Anwendungen im Vordergrund: Der Einsatz energieeffizienter Geräte (gleiche oder bessere Leistung bei weniger Verbrauch) sowie die Vermeidung unnötiger Verbräuche dieser Geräte in der Bereitschaftsphase oder bei Inaktivität (Standby).

Gemäss einer Auswertung des Stromverbrauchs von 13'000 Haushalten durch die Schweizerische Agentur für Energieeffizienz sind in jedem Haushalt zwischen 50 und 100 Elektrogeräte in Betrieb.⁷⁴ Die grössten Stromverbraucher sind die Beleuchtung (20%, siehe weiter unten), Wäsche trocknen (15%), Waschen (13%), Kühlschränke (11%) und Tiefkühler (7%). Bürogeräte und Unterhaltungselektronik verbrauchen zusammen 12% des Haushaltstroms. Die Auswertung ergab zudem, dass sich im typischen Haushalt die Hälfte des Stroms einsparen liesse, indem alte Geräte ersetzt und energieeffiziente Verhaltensweisen angewendet werden. Dass das technische Sparpotential im Bereich der Haushaltgeräte gross ist, zeigt die folgende Zusammenstellung in Tabelle 13 mit exemplarischen Produkten von Topten.ch.

Im Dienstleistungssektor gelten grundsätzlich ähnliche Rahmenbedingungen und Potentiale in Bezug auf Informations- und Kommunikationsgeräte. Es bleibt damit festzuhalten,

⁷³ Diese Angaben beruhen teils auf Schätzungen im Rahmen des detaillierten Energiemodells, teils basieren sie auf Werten aus der Schweiz (vgl. dazu Abschnitt 3.1.1 und Abschnitt 3.1.2 'Anwendung der Energie: Sektoren und Anwendungen').

⁷⁴ Auswertung des Stromverbrauchs von 13'000 Haushalten, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, 5. Mai 2007: http://www.energieeffizienz.ch/files/Auswertung_Energybox_050507.pdf

dass bei Neubeschaffungen der öffentlichen Hand im IT-Bereich ein grosser Einflussbereich auf den Energiebedarf der IT-Infrastruktur besteht.

Tabelle 13: Energieverbrauch von Elektro-Geräten, Vergleich zwischen Klassenbesten und schlechten Modellen. Quelle: Topten.ch

Art des Geräts	Einheit	Effizientes Modell	Ineffizientes Modell
Full-HD Fernseher, ca. 115 cm	Watt	46	150
PC-Monitor, 24 Zoll LCD	Watt	17	120
Drucker, Multifunktion, Laser, farbig	kWh/Woche	0.6	11
Settop-Box (Digital-TV-Empfänger)	Watt	8	18
Gefrierschrank ca. 160 Liter	kWh/Jahr	161	302
Wäschetumbler EFH 6 kg	kWh/kg Wäsche	0.26	0.56
Geschirrspüler Einbau	kWh/Spülgang	0.73	1.4
Waschmaschine EFH 7 kg	kWh/Wäscheingang	0.8	1.19

Mit der Elektrifizierung verschiedenster Haushaltgeräte sowie der zunehmenden Ausstattung von Gebäuden mit elektrischen Steuerungen und Sensoren hat der Energieverbrauch im und am Gebäude stark zugenommen. Ein beträchtlicher Teil dieser Energie entfällt allerdings auf den sogenannten Standby-Verbrauch. Standby ist der unnötige Energieverlust im Bereitschafts-, Warte- und im Aus-Zustand eines Geräts. Topten.ch schätzt, dass der Standby-Verbrauch in einem typischen Haushalt etwa zehn Prozent des Stromverbrauchs ausmacht. Bei den Bürogeräten entfällt gar bis zu 70% des Stroms auf den Standby-Modus⁷⁵. Tabelle 14 gibt anhand einer konkreten Konfiguration Aufschluss über das Energiesparpotential durch eine sinnvolle Steuerung und Konfiguration eines PC-Arbeitsplatzes mit Drucker. Indem die Geräte bei Nicht-Benutzung konsequent in den Standby- und in den Aus-Zustand versetzt werden, kann über 70% der Energie eingespart werden.

Tabelle 14: Auswirkung des Standby-Modus eines Einzelarbeitsplatzes (Büro) auf den Energieverbrauch. Daten der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz, ohne Energie für Drucken

Betriebsweise, Energiemanagement	kWh/Jahr	Einsparung
Sehr ineffizient: PC immer ein, Monitor während 240 Arbeitstagen je 10 h in Betrieb, Drucker durchgehend im Standby (23.5 h/Tag).	585	0%
Typisch (240 Arbeitstage / Standby am Wochenende und in den Ferien): Während 240 Tagen im Jahr ist der PC je 24 h ein und der Monitor 6 h in Betrieb (Rest Standby), Drucker durchgehend im Standby.	413	29%

⁷⁵ Energie + Umwelt der ETH Zürich, <http://www.sparlampe.ch/Buero%20ethz.pdf>

Energiebewusst (nachts Standby): Während 240 Tagen ist der PC je 10 h ein und der Monitor 6 h in Betrieb. Der Drucker ist werktags 23.5 h im Standby.	228	61%
Mit Netzwerk-Effizienzfunktionen: PC und Monitor sind täglich 6 h ein, der Drucker ist 10 h im Standby.	156	73%

Die kumulierten Standby- und Leerlaufverluste von elektrischen Geräten in Gewerbe, Dienstleistung, Industrie und Infrastrukturanlagen in der Schweiz entsprechen in der Summe schätzungsweise der jährlichen Stromproduktion von zwei der fünf Schweizer Kernkraftwerke. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verhältnisse in Liechtenstein denjenigen in der Schweiz anteilmässig entsprechen. Damit ist das Effizienz- bzw. Sparpotential enorm. Die typischen Massnahmen sind vergleichsweise einfach zu realisieren und über den gesamten Lebenszyklus der Geräte betrachtet sogar häufig mit einer wirtschaftlichen Einsparung verbunden. Häufig fehlt allerdings noch das Bewusstsein, bei Beschaffungen die resultierenden Folgekosten über den gesamten Lebenszyklus der Investition zu berücksichtigen. Effizienzvorgaben können auch über Vorschriften für die Gerätehersteller und Händler flächendeckend umgesetzt werden, allerdings dauert es dann teilweise lange, bis alle im Betrieb befindlichen Geräte durch neue, effizientere ersetzt sind.

Beleuchtung

Ein Fünftel des gesamten Stromverbrauchs eines typischen Schweizer Haushalts geht heute auf das Konto der Beleuchtung.⁷⁴ In den Haushalten hat sich in den letzten zehn Jahren der Stromverbrauch für die Beleuchtung fast verdoppelt. Die Anzahl der Lampen in einer typischen 4-Zimmerwohnung erhöhte sich gemäss Schweizerischer Energie-Stiftung von durchschnittlich 14 auf 23,⁷⁶ davon sind gemäss Erhebung der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz 2.5 Leuchtstoffröhren und zwei Sparlampen.⁷⁷ Glühlampen und Niedervolt-Halogenglühlampen sind damit immer noch am weitesten verbreitet.

Im Bereich der Beleuchtung bietet sich gemäss der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz rund 60% Einsparpotential, welches rasch und ohne grosse bauliche Massnahmen realisiert werden kann. Die dazu nötigen Technologien sind in Form von Leuchtstoffröhren und LED-Leuchten bereits verfügbar und in der Regel ist ein Austausch auch wirtschaftlich interessant.

Noch mehr Anteil am Energieverbrauch als bei den Haushalten hat die Beleuchtung im Dienstleistungssektor und im öffentlichen Raum. Knapp 10% des Gesamtstromverbrauchs in der Schweiz entfallen auf künstliche Beleuchtung in Büros, Verkaufsgeschäften, Industrie- und Gewerbebauten, öffentlichen Bauten oder auf Strassen und Plätze.⁷⁶ Dieser An-

⁷⁶ Schweizerische Energie-Stiftung:
<http://www.energiestiftung.ch/energiethemen/energieeffizienz/geraetebeleuchtung/beleuchtung/>

⁷⁷ Die Sparlampenzahl der Erhebung korrespondiert nicht mit der Verkaufstatistik, wonach in der Schweiz max. 2 Sparlampen pro Haushalt installiert sind. Grund dieser Diskrepanz dürfte der weit verbreitete Irrtum sein, Niedervolthalogenlampen seien sparsam. http://www.energieeffizienz.ch/files/Auswertung_Energybox_050507.pdf

teil dürfte in Liechtenstein trotz der etwas geringeren Bedeutung des Dienstleistungssektors im Verhältnis zur Industrie⁷⁸ ähnlich aussehen. Hier liegt das Einsparpotenzial gemäss Schweizerischer Energie-Stiftung bei rund 40%, welches durch effizientere Leuchtmittel, Lichtenanlagen und -steuerungen, Bewegungsmelder oder Tageslichtregelungen realisiert werden könnte. Zur Diskussion stehen neben Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz der Beleuchtung auch die Klärung des Nutzens einer bedarfsgerechten Abschaltung von Strassenbeleuchtungen, Leuchtreklamen, Schaufensterbeleuchtungen etc. während der Nachtzeit. Derartige Massnahmen können sich mit dem Ziel der Verminderung von Lichtverschmutzungen ergänzen.

Nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch die Wirtschaftlichkeit des Ersatzes einer 60-Watt-Glühbirne durch eine moderne LED-Leuchte mit der gleichen Fassung (E27) und gleichwertiger Lichtleistung unter Annahme eines Strompreises (inklusive aller Abgaben) von 23.5 Rp./kWh (Tabelle 15). Aus dieser Aufstellung ergibt sich, dass trotz des auf den ersten Blick hohen Anschaffungspreises der LED-Leuchte sich diese nach sechs Jahren wirtschaftlich lohnt.⁷⁹

Tabelle 15: Exemplarische Energiesparmassnahme im Beleuchtungsbereich mit auf den ersten Blick teurem Ersatzprodukt (LED-Leuchte)

	Kosten Leuchtmittel 15 Jahre	Leistungs- aufnahme	Stromkosten 15 Jahre	Totalkosten 15 Jahre
	CHF	Watt	CHF	CHF
Glühbirne (60 Watt)	20 (20 x 1)	60	186	206
LED-Leuchte (10 Watt)	65 (1 x 65)	10	31	96

Diese Effizienzmassnahme macht also auch wirtschaftlich Sinn, wenn die gesamten Lebenszykluskosten und nicht nur die anfänglichen Investitionskosten einbezogen werden. Daher müssten auch die Endkunden erkennen, wann es sinnvoll ist, ein Gerät (vorzeitig) durch ein teureres, aber effizienteres Produkt zu ersetzen. Ein besonderer Vermittlungsbedarf scheint auch im Hinblick auf die in letzter Zeit raschen Entwicklungen im Bereich der Beleuchtungstechnologien zu bestehen. Vielen ist es nicht bewusst, dass sich neben der ‚klassischen‘ Stromsparleuchte (Leuchtstoffröhre) mit den LED-Leuchten bereits die nächste Technologiegeneration anstelt. LED-Leuchten weisen einige der Nachteile,⁸⁰ welche der letzten Generation an Sparlampen nachgesagt werden, nicht mehr auf.

⁷⁸ Arbeit und Erwerb, Beschäftigte nach Wirtschaftssektor 2009 im Vergleich mit Nachbarstaaten: http://www.llv.li/pdf-llv-as-arbeit_und_erwerb_fliz2011

⁷⁹ Bei einer erwarteten Lebensdauer der Glühlampe von 1'000 Stunden und 20'000 Stunden bei der LED-Leuchte (gemäss Annahmen der Prüfung von Topten.ch für LED-Leuchten).

⁸⁰ Schwermetalle, elektromagnetische Strahlung, lange Hochfahrzeit, schmales Lichtspektrum und kalte Farben, mangelnde Dimmbarkeit

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass in Liechtenstein im Bereich der Haushaltgeräte, Informations- und Telekommunikationstechnologien sowie der Beleuchtung ein bedeutendes und vergleichsweise leicht zu erschliessendes Effizienzpotential brachliegt. Die Verhältnisse in der Schweiz, auf denen die obigen Aussagen grossenteils beruhen, dürften denjenigen in Liechtenstein relativ gut entsprechen, trotz leicht abweichenden Anteilen der Industrie- und Dienstleistungssektoren. Dieses Potential gilt es zu erschliessen. Die Wirtschaftlichkeit der entsprechenden Effizienzmassnahmen ist in vielen Fällen bereits heute gegeben und wird im Rahmen der erwarteten Energiepreissteigerungen weiter zunehmen. Dementsprechend liegt das Handlungspotential für die öffentliche Hand vorwiegend in der Bewusstseinsbildung, der Unterstützung von Rahmenbedingungen, welche entsprechendes Handeln fördern, sowie der Vorbildfunktion.

4.2.2 Erneuerbare Energien

Neben der oben beschriebenen Energieeffizienz, welche die Bereitstellung der gleichen Arbeit oder Dienstleistung mit weniger Energieeinsatz anstrebt, geht es im folgenden Abschnitt um die Art der Energiebereitstellung. Durch die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien sinkt nicht primär der Energieverbrauch, aber einige mit dem Energieverbrauch verbundene negative Effekte können minimiert werden (z.B. Emission klimaschädigender Gase, Abhängigkeit von lokal nicht verfügbaren, fossilen Brennstoffen). Die folgenden Abschnitte gehen näher auf die Potentiale der Solarthermie, Photovoltaik, Wasser- und Windkraft, der Biomassenutzung und der Geothermie ein.⁸¹

Direkte Sonnenenergienutzung

Bei der direkten Nutzung der Sonnenenergie sind technologisch primär die beiden Varianten der Photovoltaik zur Stromerzeugung und die thermische Nutzung der Sonneneinstrahlung mittels Sonnenkollektoren zu unterscheiden. Diese Technologien weisen eine hohe Flächeneffizienz auf. Im Fall der thermischen Sonnenkollektoren kann je nach Nutzungsniveau ein thermischer Jahreswirkungsgrad von ca. 40–50% erreicht werden. Bei der Photovoltaik lässt sich heute je nach Technologie ca. 10–20% der einfallenden Sonnenstrahlung in hochwertige elektrische Energie umwandeln.

Die auf Liechtenstein jährlich einfallende Sonnenenergie ist rund 100 Mal so hoch wie der gesamte Landes-Energieverbrauch. Aus dieser Perspektive gibt es also nicht primär einen Mangel an Energie, die Beschränkung liegt vielmehr in den geeigneten Flächen und Technologien zur Gewinnung, dem Transport und der Speicherung der Sonnenenergie.

Thermische Sonnenkollektoren: Die Nutzung der Sonnenenergie mittels thermischer Sonnenkollektoren ist heute auf einem sehr hohen Stand. Bei einem auf den Sommer konzentrierten Energieangebot liegt die Herausforderung bei der Nutzung im Winter. Für die Warmwasseraufbereitung und die Heizungsunterstützung sind diese Systeme sehr gut geeignet. Die meisten Systeme speichern die Wärme in Form von warmem Wasser, wodurch eine weitere Erhöhung der Effizienz immer schwieriger wird, da eine Speichermög-

⁸¹ Die Angaben in den Abschnitten zur Photovoltaik, zur Wasserkraft und zur Windkraft beruhen auf einer Mitteilung der LKW in Bezug auf eine Anfrage des Ressorts Wirtschaft der Regierung vom 4.2.2011

lichkeit für Wärme mit höherer Energiedichte fehlt. Zudem hat diese Technologie eine gewisse Material- und Arbeitsintensivität, welche relativ schwierig weiter zu reduzieren ist. Eine wesentliche Reduktion der Kosten ist nicht mehr zu erwarten – bei steigenden Energiepreisen kann diese Technik aber an Bedeutung gewinnen. Insbesondere in Kombination mit konventionellen Heizsystemen oder der Nutzung von Biomasse können grössere Brennstoffeinsparungen erzielt werden. Insgesamt ist bei dieser Technologie heute nicht das Angebot an theoretisch nutzbarer Solarwärme limitierend, sondern die wirtschaftlich erschliessbare Fläche.

Photovoltaik: Genau wie bei den thermischen Sonnenkollektoren ist auch bei der Photovoltaik das theoretische Potential praktisch unerschöpflich, gleichzeitig sind aber der Erschliessbarkeit der dazu nötigen Flächen Grenzen gesetzt. Die Herausforderungen bei der Photovoltaik ähneln denen der Windkraft (siehe weiter unten), mit einigen wichtigen Unterschieden. Die Photovoltaik kann sehr gut in kleinen Einheiten dezentral eingesetzt werden. Im Gegensatz zu Windanlagen besteht das Angebot nicht nur an exponierten Lagen. Das Transportproblem der Energie über grosse Distanzen verringert sich durch eine dezentrale Einspeisung. Im Netzverbund kann Überschussenergie auf andere Verbraucher verteilt werden. Bei zunehmendem Anteil an unregelmässig anfallendem Sonnen- und Windstrom werden zudem Speicher- und Regelprobleme wichtig. Die grössten Herausforderungen der Photovoltaik sind damit:

- Speicher- und Regelfragen für Elektrizität
- Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch
- Messkosten und Einspeisekonditionen gerade bei kleinen Anlagen. Zu welchen Konditionen können Überschüsse ins Netz eingespeist werden?
- Reduktion der Gesamtsystemkosten, z.B. durch günstige Trägersysteme und Montageverfahren für die Module

In Kombination mit Wärmepumpen kann der Endkunde auf teure Warmwasserspeicheranlagen verzichten, wie dies bei der thermischen Sonnenenergienutzung notwendig ist. Die geringeren Wirkungsgrade der Photovoltaik im Vergleich zur Solarthermie relativieren sich, wenn über den Umweg der Wärmepumpe wiederum Nutzwärme bereitgestellt wird.⁸² Wird der Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3.0 zu Grunde gelegt, so kann bezogen auf die Dachfläche mit Photovoltaik insgesamt gleichviel oder mehr Wärme bereitgestellt werden als mit thermischen Sonnenkollektoren (Abbildung 16). Diese Erkenntnis gilt für die Energie- und seit kurzem auch für die Kostenbetrachtung.

⁸² Vgl. dazu auch die Konzepte im Abschnitt 4.2.1 'Wärmeproduktion und Strom aus fossilen Brennstoffe'.

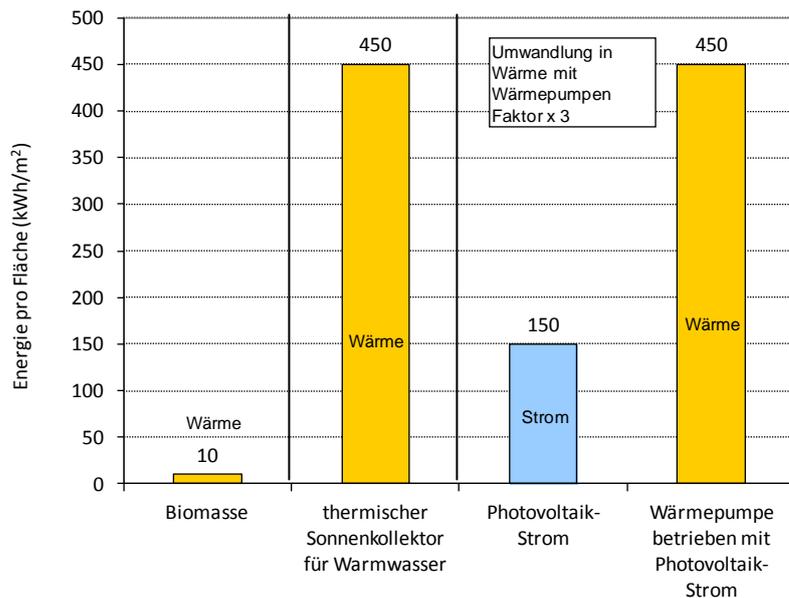


Abbildung 16: Flächeneffizienz bei der Bereitstellung von Wärme über Biomasse, thermische Sonnenkollektoren und eine Kombination aus Photovoltaik und Wärmepumpe

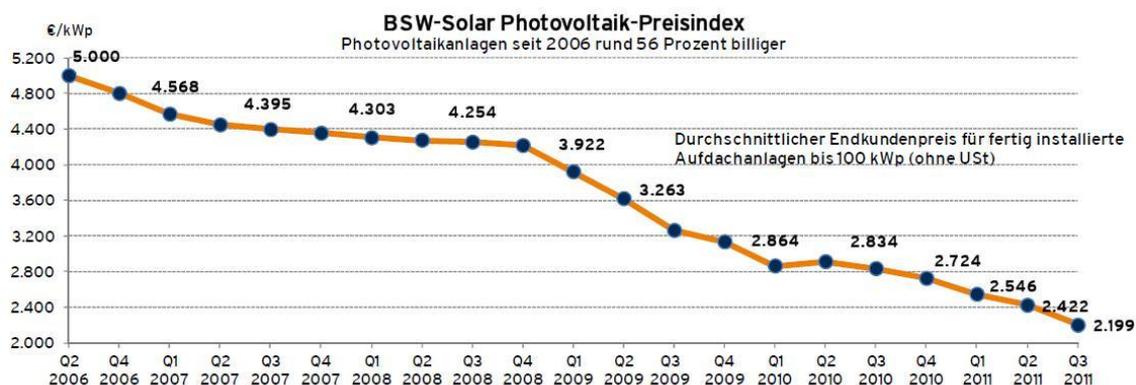


Abbildung 17: Entwicklung der Photovoltaik-Modulpreise in Deutschland von 2006 bis 2011. Dargestellt ist der durchschnittliche Endkundenpreis in Euro für fertig installierte Aufdachanlagen bis 100 kWp⁸³ ohne MwSt. Quelle: Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Oktober 2011

Die Photovoltaik hat in den letzten Jahren in wirtschaftlicher Hinsicht eine beeindruckende Entwicklung durchgemacht, indem die Preise für Photovoltaikmodule um über 50% gesunken sind (Abbildung 17). Eine weitere, deutliche Kostensenkung ist im Bereich der Erstellungskosten sowie durch sinkende Komponentenpreise (Module, Unterkonstruktion) zu erwarten. Aus Sicht der Endverbraucher ist die sogenannte Netzparität, bei welcher

⁸³ kWp = Kilowatt-Peak, Spitzenleistung.

die Gestehungskosten den Endverbraucherpreisen entsprechen, je nach Standort bereits erreicht oder in den nächsten Jahren in Reichweite.⁸⁴

Das technisch realisierbare Potential der Photovoltaik in Liechtenstein wurde und wird in verschiedenen Arbeiten untersucht und unterschiedlich beurteilt. Eine Diplomarbeit zur Abschätzung des Photovoltaik-Potentials im Fürstentum Liechtenstein⁸⁵ rechnet mit einem technisch realisierbaren Potential von 54 GWh/Jahr durch die Überbauung geeigneter Freiflächen und Dächer. Dies entspricht rund 14% des Stromverbrauchs im Jahr 2010 und würde den Anteil der Eigenversorgung und der erneuerbaren Energien deutlich erhöhen, vorausgesetzt, dass der Verbrauch auf heutigem Niveau stabilisiert werden kann. Eine Abschätzung der Energiefachstelle des Fürstentums Liechtenstein kommt auf ein technisch realisierbares Potential von rund 104 GWh/Jahr,⁸⁶ was bei aktuellem Stromverbrauch rund 26% abdecken könnte. Aufgrund der Stromnetz- und Speicherkapazitäten wird gegenwärtig ein Anteil von 10–20% am Gesamtbedarf als technisch machbar beurteilt, was bei heutigen Verhältnissen rund 80 GWh/Jahr entspricht.

Die Förderung der Photovoltaik durch das EEG in Kombination mit den Gemeindeförderungen hat seit 2008 eine sehr starke Zunahme bei den Photovoltaik-Anlagen bewirkt. Eine Jahresproduktion von 8–12 GWh (dies entspricht 2–3% des Landesabsatzes an Elektrizität im Jahr 2010) scheint bis 2013 durchaus realistisch. Damit erreicht Liechtenstein eine der weltweit höchsten installierten Leistungen pro Kopf. Mit einem klaren Bekenntnis zur Photovoltaik ist noch ein weiterer, rascher Anstieg der Jahresproduktion denkbar. Die Einbindung von dezentralen Energieproduktionsstätten (kleine, mittelgrosse und mehrere 100 kWp Leistung umfassende Anlagen) in das Verteilnetz der LKW ist problemlos und ohne signifikante Bauarbeiten möglich (ggf. lokale Verstärkungen). Erst wenn die Photovoltaik einen hohen Anteil an der Gesamtstromproduktion einnehmen würde, ergäben sich Probleme aufgrund der fehlenden Regelbarkeit von Produktion und Speicherung.

Für den bisherigen und weiteren Ausbau sind grössere Freiflächenanlagen kaum sinnvoll, da die Kosten für den Landerwerb oder die Pacht, bei einem sehr beschränkten Platzangebot, hoch sind und im Widerspruch mit z.B. landwirtschaftlicher Nutzung stehen. Eine intensivere, flächendeckende Nutzung von grossen Industriedächern scheint aus aktueller Perspektive die attraktivste Variante zu sein. Hier können auch günstige Dünnschichtmodule mit geringerem Wirkungsgrad zum Einsatz kommen.

Grundsätzlich beruht die Limitierung der Nutzung der Sonnenenergie zur Stromgewinnung gegenwärtig stark auf wirtschaftlichen Faktoren. Aktuell entwickelt sich die Photovoltaik aus wirtschaftlicher Sicht aber so, dass zunehmend grosse Wirkungen mit abnehmendem Fördermitteleinsatz ausgelöst werden können. Dieses Potential und diese

⁸⁴ Handelsblatt vom 13.7.2009:
<http://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/solarstrom-wird-konkurrenzfaehig/3218866.html>

⁸⁵ Executive Master Thesis: 'Strategieentwicklung für den Bereich Photovoltaik der Liechtensteinischen Kraftwerke', Jürgen Glauser, 12.1.2010

⁸⁶ Annahme: 15% der Energiebezugsfläche von ca. 5 Mio m² belegbar (6 m²/kW_p, 830 kWh/kW_p·a). Keine Freiflächen, später auch Fassaden nutzbar.

Entwicklung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gilt es in der Periode der Energiestrategie bis 2020 optimal auszuschöpfen (vgl. dazu auch Abbildung 27 auf Seite 113). Die Bedeutung der Regelkapazität und der Zwischenspeicherung von überschüssiger Solar- und Windenergie wird für Liechtenstein erst mit weit höherem Anteil der neuen erneuerbaren Energien an der Gesamtproduktion zentral werden. Für die gegenwärtige Betrachtungsperspektive bis 2020 werden derartige Effekte für die liechtensteinische Energiebereitstellung noch nicht entscheidend sein, sollten aber im Hinblick auf die langfristige und mit dem Umfeld zu koordinierende Strategie im Auge behalten werden.

Wasserkraft

Das Energiepotential der natürlichen Wasserläufe wird seit Jahrzehnten genutzt und die Wasserkraft ist eine etablierte Technologie. Bei der Speicherung von Elektrizität über Stunden oder Tage spielt die Wasserkraft heute schon eine grosse Rolle. Durch die Nutzung von erneuerbaren Energien, welche vom Sonnen- und Windangebot abhängen, kommt der Speicherung mittels Pumpspeicherkraftwerken eine Schlüsselrolle zu. Der Trend läuft klar in Richtung Speicherung und Veredelung von unregelmässig anfallender, erneuerbarer Energie. Die Pumpspeicherung wird damit zur Batterie der zukünftigen Stromwirtschaft.

Wasserkraft ist die wichtigste inländische und erneuerbare Energiequelle Liechtensteins. Die zwölf Wasserkraftwerke decken ca. 19% des gesamten elektrischen Energiebedarfs in Liechtenstein. Laufende Abklärungen der liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) haben zum Ziel, alle Potentiale auf technische, ökologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit zu untersuchen und einer Entscheidung zuzuführen. Der politische Wille für einen weiteren Ausbau der Wasserkraft ist mitunter massgeblich für den Erfolg. Aktuell präsentiert sich die Situation in Liechtenstein gemäss Tabelle 16 (genutzte Wasserkraft) und Tabelle 17 (ungenutzte Wasserkraft).

Tabelle 16: Genutzte Wasserkraft in Liechtenstein. Quellen: Potentialstudie im Auftrag der LKW und Jahresbericht 2010 der LKW⁸⁷

Kraftwerk	Baujahr	Ertrag kWh/Jahr	Kommentar
Oberflächengewässer			
KW Samina, Vaduz	1950/1955	47'600'000	Umbau zu einem Pumpspeicherkraftwerk 2012/2013
KW Lawena, Triesen	1946/1987	13'300'000	
KW Letzana, Triesen	2003	800'000	
KW Mühleholz, Vaduz	1955/2005	1'600'000	Erneuerung dringlich
Total Oberflächengewässer		63'300'000	

⁸⁷ Technischer Jahresbericht 2010, Energiedaten:
<http://www.ics.li/CFDOCS/cmsout/admin/content.cfm?GroupID=259&meID=376&SubCategory2ID=138>

Kraftwerk	Baujahr	Ertrag kWh/Jahr	Kommentar
Trinkwasserkraftwerke			
Schlosswald, Vaduz	1994	2'450'000	
Steia, Maurerberg	2000	170'000	
Stieg, Vaduz	2007	90'000	
Maree, Vaduz	2007	80'000	
Meierhof, Triesen	2012	65'000	
Schneeflucht, Malbun	2011	50'000	
Wissa Stä, Planken	2009	45'000	
Wisseler- Rudabach- und Efiplankenquellen, Schaan	2010	200'000	
Total Trinkwasser		3'150'000	
Total genutzte Wasserkraft		66'450'000	

Tabelle 17: Ungenutzte Wasserkraft im Fürstentum Liechtenstein. Quelle: Potentialstudie im Auftrag der LKW

Quelle / Potential	Ertrag kWh/Jahr	Kommentar / Stand
Oberflächengewässer		
Laufkraftwerke Alpenrhein	80'000'000	Theoretisches Potential 210 GWh/a (Liechtensteiner Anteil am Rhein)
Samina und Valorschbach bis Falleck	3'000'000	Die Unterlieger müssen schadlos gehalten werden.
Badtobelrufe, Triesen	1'500'000	Grobschätzung
KW Mühleholz, Vaduz / Umbau und Erweiterung	500'000	Projekt und Konzessionierung 2013, Bau 2014/2015
Quellwassernutzung Wild- schloss, Vaduz	250'000	Zusammen mit Ausbau KW Mühleholz 2014/2015
Mühlebach, Triesenberg	250'000	Grobschätzung
Tiefebach, Triesenberg	125'000	Grobschätzung
Total Oberflächengewässer	85'625'000	
Trinkwasser		
Felsenquellen, Balzers	30'000	Bau 2014, mit Neubau Trinkwasserreservoir Balzers 3
Badtobelquellen, Triesen	160'000	Abflussmessungen in 2011
Litzenquellen, Triesen	40'000	
Bergwaldquellen, Triesenberg	35'000	
Total Trinkwasser	265'000	
Total ungenutzte Wasserkraft	85'890'000	

Ein weiterer Ausbau der Wasserkraft könnte die Eigenversorgung an Strom und den Anteil erneuerbarer Energien erhöhen. Durch die bereits umfassende Nutzung des Wasserkraftpotentials stösst diese Technologie aber bereits heute zunehmend an ihre Grenzen. Die weitere Potentialnutzung, selbst wenn sie technisch möglich wäre, ist oft wegen Umweltauflagen und anderer, entgegengesetzter Interessen schwierig.

Die energetische Nutzung des Rheins stellt mit Abstand das grösste, noch freie Wasserkraftpotential in Liechtenstein dar. Der Energieinhalt des Rheins zwischen Balzers und Ruggell würde eine theoretische Jahresproduktion von rund 420 GWh/Jahr erlauben. Der Anteil Liechtensteins (210 GWh/Jahr) würde bei einem Vollausbau einer Erhöhung der Stromeigenversorgung um rund 54% auf insgesamt über 70% entsprechen;⁸⁸ Ein Vollausbau ist aber aufgrund anderer Ziele der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) nicht realistisch. Die LKW gehen davon aus, dass eine ökologisch vertretbare Lösung zu einer Eigenproduktion von rund 80 GWh führen kann. Die Abklärung erfolgt gegenwärtig im Rahmen einer Machbarkeitsstudie. Auch mit diesem Teilausbau würde der Stromeigenversorgungsgrad deutlich erhöht.

Beim Neubau von Rheinkraftwerken ist die gesellschaftliche, politische und ökologische Akzeptanz in Liechtenstein und der Schweiz vermutlich ein kritischer Faktor. Eine proaktive, offene Kommunikation mit allen involvierten Kreisen kann aus Sicht der LKW die Akzeptanz massgeblich fördern. Neben den technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten sind auch einige rechtliche Abklärungen nötig. Als Grenzkraftwerk stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit eines Staatsvertrags. Bei einer Realisierung einer Staustufe ist mit hohen Kosten zu rechnen. Erste Schätzungen gehen von >100 Millionen CHF pro Staustufe aus.⁸⁹

Der weitere Ausbau von Trinkwasserkraftwerken wird durch die LKW zusammen mit den Gemeinden und anderen zuständigen Organisationen laufend geprüft. In der Regel rechnete sich eine Realisierung nur zusammen mit Sanierungen oder Neubauten durch die Besitzer der Wasserversorgung. Eine staatliche Förderung ist aus Sicht der LKW nicht notwendig. Die LKW tragen auch Investitionskosten, welche Stromgestehungskosten deutlich über den Marktpreisen zur Folge haben (z.B. Schaaner-, Felsen-, Mühleholzquellen, etc.).

Die LKW erweitern aktuell das bestehende Kraftwerk Samina zu einem Pumpspeicherkraftwerk. Aufgrund von Auflagen zu Restwassermengen und da dem Gesamtsystem Samina nicht mehr Wasser als bis anhin entnommen werden soll, vergrössert sich die Jahresproduktion trotz grösserem Wirkungsgrad der neuen elektromechanischen Installationen und reduzierten Reibungsverlusten nicht. Der Pumpeinsatz dient damit primär der wirtschaftlichen Optimierung der Strombeschaffung und einem optimalen Einsatz aller Produktionsanlagen.

⁸⁸ Basis: Landesabsatz 2010.

⁸⁹ Stellungnahme der LKW zum Entwurf der Energiestrategie 2020 auf Anfrage des Ressorts Wirtschaft der Regierung vom 4.2.2011.

Windkraft

Aus internationaler Sicht konnte die Windkraft in den letzten Jahren enorme Zuwachsraten aufweisen, welche alle drei Jahre zu einer Verdoppelung der installierten Kapazitäten führte.⁹⁰ Neben der Wasserkraft wurde die Windkraft innert weniger Jahre zu einer bedeutenden Elektrizitätserzeugungsart im Megawattbereich und deckt mittlerweile rund 2.5% des globalen Strombedarfs ab. Allerdings hat die Zuwachsrate seit 2009 nicht mehr weiter zugenommen.

Die Flächeneffizienz von Windanlagen ist sehr gut. Insbesondere ist das Potential im Bereich von Offshore-Windparks noch enorm gross. Das weitere Ausbaupotential ist primär durch folgende Herausforderungen beschränkt:

- Speicher- und Regelfragen für Elektrizität
- Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch
- Transport über grosse Distanzen zu den Verbrauchern
- finanzielle Risiken beim Bau der teureren Offshore-Anlagen

Bei steigender Erfahrung mit Grosswindanlagen werden auch die Produktionskosten von Windstrom weiter sinken.

Demgegenüber fristet Windenergie aus Liechtensteiner Sicht ein bescheidenes Dasein. Nur ein Kleinstkraftwerk auf dem Dach der technischen Betriebe der LKW mit sehr kleiner Ausbeute ist in das Stromnetz eingebunden.

Das Windpotential in Liechtenstein ist gemäss aktuellen Abklärungen nur an wenigen Orten in Liechtenstein ausreichend für halbwegs wirtschaftliche Anlagen (Alp Lida, ev. Standorte in Balzers). Andere gute Standorte sind schlecht erschlossen und aus landschaftsschützerischen Gründen kaum realisierbar (Sareis, Bergkreten). Die meisten Gebiete im Rheintal sind aufgrund der topographischen Bedingungen, der Windverhältnisse und der technischen Einschränkungen als Standort für einzelne Windenergieanlagen und grosse Windparks ungeeignet. Dies hat unter anderem das Bundesamt für Energie in einer gesamtschweizerischen Untersuchung festgestellt.

Zusätzlich kommen eine Reihe von Gebieten beispielsweise auf Grund ihres Schutzstatus für die Stromproduktion aus Windkraft grundsätzlich nicht in Frage. Die dichte Überbauung Liechtensteins und die Lage in einem Talkessel machen solche Projekte schwieriger als in dünn besiedelten Gebieten in Küstennähe. Grössere Anlagen stellen einen massiven Eingriff ins Landschaftsbild dar (Abbildung 18), welcher entsprechend mit den weiteren Vor- und Nachteilen dieser Technologie am Standort Liechtenstein abgewogen werden muss.

⁹⁰ World Wind Energy Report 2010:
http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf



Abbildung 18: Fotomontage einer Windkraftanlage am Standort Oberes Hälos. Quelle: Stellungnahme der LKW zum Entwurf der Energiestrategie 2020 auf Anfrage des Ressorts Wirtschaft vom 4. Februar 2011

Messungen an einzelnen Standorten, wie beispielsweise im Triesner Hälos, zeigen ein vorhandenes Potential an Windkraft in Liechtenstein. Insgesamt sind aber im Talgebiet höchstens drei grosse Windturbinen möglich (v.a. aufgrund der Platzverhältnisse, Abstand zu Wohngebieten, Schattenwurf und Geräuschen). Bei einer installierten Leistung von 2 MW und den aktuell prognostizierten Volllaststunden (ca. 1600–1700 Stunden pro Jahr) ist pro Windenergieanlage eine maximale Jahresproduktion von ca. 3–3.3 GWh realisierbar. Dies entspricht ca. 0.8% des aktuellen Strombedarfs. Die Technologie für eine effiziente Nutzung der Windenergie in Kleinanlagen ist noch in Entwicklung. Aktuell sind diese Anlagen mit hohen Kosten und einem schlechteren Wirkungsgrad verbunden. Auch mittelgrosse und kleine Anlagen haben einen Einfluss auf das Ortsbild und können durch Geräuschentwicklung und Schattenwurf einen Einfluss auf die Bevölkerung, Flora und Fauna haben.

Die Einspeisung des Windstroms ins LKW-Netz ist in überbautem Gebiet in der Regel problemlos möglich; in nicht erschlossenem Gebiet und je nach Lage jedoch mit zum Teil erheblichen Kosten verbunden. Gegebenenfalls sind lokale Verstärkungen nötig.

Neben einer möglichen Eigenproduktion im Inland besteht zudem die Möglichkeit, sich an sogenannten Offshore-Windparks im Ausland zu beteiligen. Solche Windfarmen vor der Küste befinden sich in den besten Windregionen mit einem deutlich höheren Potenzial als Standorte an Land. Die LKW beteiligen sich als Gesellschafterin am Offshore-Windpark ‚Ocean Breeze 1‘ und besitzen eine der Windturbinen des Windparks rund 100 Kilometer nordwestlich der Insel Borkum in der Nordsee. Auf einer Fläche von rund 60 km² entstehen 80 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 400 Megawatt.

Die Beteiligung der LKW im Rahmen von rund 6.5 Mio. € entspricht einer Jahresproduktion von 20 GWh oder rund 5% des jährlichen Stromverbrauchs in Liechtenstein.⁹¹

Insgesamt muss momentan davon ausgegangen werden, dass die lokale Nutzung der Windkraft in Liechtenstein in Zukunft an der Stromproduktion keine grosse Rolle einnehmen kann. Einzelne attraktive Standorte im Inland sind im Rahmen einer zukünftigen, diversifizierten Eigenproduktion im Inland zu prüfen und umzusetzen. Als Eigenproduktion im Ausland bieten Beteiligungen an Offshore-Windparks wirtschaftlich deutlich attraktivere Bedingungen und grössere Produktionsleistungen, allerdings ist die Unabhängigkeit bei dieser Erzeugungsart nicht vollständig gegeben.

Biomasse

Die energetische Nutzung von Biomasse in Form von Holz oder Biogas ist technisch relativ einfach und im Fall von Holz zur Wärmeengewinnung seit Jahrhunderten bewährt. Das technologische Potential ist bei der Verbrennung von Holz oder Biogas durch den Brennwert gegeben und die Flächeneffizienz ist im Falle einer nachhaltigen Nutzung durch das Pflanzenwachstum begrenzt. Der Wald setzt nur rund 1% der eintreffenden Einstrahlungsenergie in Biomasse um. Zurzeit wird daher untersucht, wie die Flächeneffizienz durch den Einsatz anderer Pflanzen, sogenannten Energiepflanzen, erhöht werden kann. Biomasse lässt sich aufgrund der hohen Energiedichte gut speichern und transportieren.

Die Wälder des Fürstentums Liechtenstein werden seit Jahrzehnten unternutzt. Das heisst, es wächst mehr Holz nach, als geschlagen wird. Neben der Gefährdung der Stabilität des Waldes durch die fehlende Verjüngung bedeutet dies auch, dass ein grosses und ungenutztes Potential an Energieholz besteht. Die Holznutzung sollte daher dem effektiven Potential angepasst werden.

Der Holzzuwachs im Fürstentum Liechtenstein beträgt insgesamt rund 40'500 m³ pro Jahr, wovon rund 33'000 m³ nachhaltig nutzbar wären.⁹² Abzüglich der Verwendung für andere Zwecke (10'600 m³ Rundholz) und der bestehenden Feuerungen (6500 m³ Hackschnittel in 19 Feuerungen und ca. 4700 m³ Stückholz) bleibt ein frei verfügbares Energieholzpotential von ca. 11'000 m³. In einem grösseren Holzheizwerk könnten auch schlecht verwertbare Holzsortimente wie Gartenabschnitte und Astmaterial genutzt werden.

Neben reinen Holzheizwerken kommen auch grössere Biomasseheizkraftwerke gemäss dem Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung⁹³ in Frage, welche primär Strom produzieren und die anfallende Abwärme an die angeschlossenen Verbraucher verteilen. Hier spielen primär die Dichte der Wärmeabnehmer und die hohen Erstellungskosten für die Wärmenetze eine entscheidende Rolle bei der wirtschaftlichen Betrachtung. Höhere Baustandards führen zu einem abnehmenden Heizwärmebedarf pro Fläche. Aus Sicht der Luftreinhaltung sind grössere Anlagen im Allgemeinen zu bevorzugen.

⁹¹ Pressemitteilung der Regierung vom 27.8.2009: <http://www.llv.li/amtstellen/llv-ikr-pressemitteilungen/pressemitteilungen-alt.htm?pmid=130206&lpid=3789&imainpos=2165>

⁹² Angaben von Norman Nigsch, Amt für Wald, Natur und Landschaft, März 2010.

⁹³ Vgl. dazu Abschnitt 4.2.1 'Wärmeproduktion und Strom aus fossilen Brennstoffe' auf Seite 55.

Als Beispiel für die energetische Nutzung von Biogas kann das Blockheizkraftwerk auf der Basis von Klärgas aus der Abwasserreinigungsanlage Bendern dienen. Allerdings hatte die Stromproduktion im Jahr 2005 ihren Höchststand und bewegt sich aktuell auf tieferem Niveau. Statt der lokalen Verstromung wird das Biogas ab 2013 direkt ins Erdgasnetz eingespielen. Die entsprechende Aufbereitungsanlage ist im Bau.

In der Biomasse und insbesondere im erneuerbaren Rohstoff Holz steckt noch bedeutendes Potential für eine energetische Nutzung in Liechtenstein. Die im Inland und regional verfügbare und klimaneutrale Ressource Holz kann damit sowohl zum Ziel einer unabhängigen Energieversorgung als auch zur Erreichung der Klimaziele beitragen.

Umweltwärme

Umweltwärme bezeichnet die in der Luft, im Erdreich, im Grundwasser, im See- und Flusswasser gespeicherte Sonnenenergie sowie Wärmeenergie aus dem Erdinneren. An dieser Stelle wird zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie unterschieden.

Oberflächennahe Geothermie: Die oberflächennahe Geothermie wird in der Regel mit Erdwärmesonden erschlossen, welche in Tiefen von typischerweise 50 bis 200 m reichen. Da die oberflächennahe Geothermie in der Regel ein tiefes Temperaturniveau aufweist, ist zur Nutzung eine Wärmepumpen notwendig. Die Wärmepumpe entzieht einem Umweltmedium (Wasser, Sole oder Luft) Wärmeenergie und führt diese dem Heizkreislauf zu. Dazu benötigt die Wärmepumpe elektrischen Strom für den Kompressor und die Pumpen resp. Ventilatoren. Je niedriger die Temperatur des Heizkreislaufs gefahren werden kann und je höher die Temperatur des genutzten Umweltmediums ist, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Hocheffiziente Wärmepumpen-Systeme können pro kWh Strom im Jahresmittel bis zu 4.5 kWh Wärme bereitstellen, was mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4.5 ausgedrückt wird.

Bei Grundwasser-Wärmepumpen wird Grundwasser gefördert, welchem die Wärme entzogen wird. Stark zugenommen hat in letzter Zeit auch die Verbreitung von Wärmepumpen, welche die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen, sogenannte Luft-Wasser-Wärmepumpen. Neue Luft-Wasser-Wärmepumpen erreichen im Winter einen akzeptablen Wirkungsgrad und im Sommer ist der Wirkungsgrad zur Wärmebereitstellung für das Warmwasser sogar besser als bei Anlagen mit Erdwärmesonden. Im Jahresmittel wird eine Jahresarbeitszahl erreicht, die zwar etwas unter derjenigen von Anlagen mit Erdwärmesonden liegt – allerdings bei deutlich tieferen Investitionskosten der Luft-Wasser-Wärmepumpen. Grundwasser- und Erdwärmesondenanlagen können nicht nur zur Nutzung von Umweltwärme, sondern im Sommer auch für Kühlzwecke eingesetzt werden. So ermöglichen sie eine freie Kühlung ohne Kältemaschine für wenig anspruchsvolle Raumkühlung, was insbesondere bei Büro- und Dienstleistungsbauten einem steigenden Bedürfnis entspricht.

Die Anwendung von Umweltwärme für Heizzwecke ist in Liechtenstein sehr verbreitet. Aktuell bestehen über 300 Erdwärmesondenanlagen im Fürstentum Liechtenstein.

Grundwasser wird in der Grössenordnung von 2.3 Mio. m³ thermisch genutzt.⁹⁴ Die thermische Nutzung des Grundwassers und das Bohren von Erdwärmesonden werden durch den Schutz des Grundwassers eingeschränkt. Die thermische Nutzung des Grundwassers ist nur ausserhalb der Wasserschutzgebiete zulässig. In Liechtenstein besteht sowohl eine Erdsondenkarte, welche zeigt, wo Bohrungen zulässig oder beschränkt zulässig sind, als auch eine Karte über die Zulässigkeit der Grundwasserwärmenutzung. Auf dieser Basis beurteilt das Amt für Umweltschutz die Bohrgesuche in Bezug auf den Gewässerschutz.

Das grosse Potential der Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen liegt in der guten und kostenlosen Verfügbarkeit der Energieressource Umweltwärme und dem grossen Anteil der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser am Gesamtenergiebedarf (vgl. Abbildung 1 auf Seite 23). Da eine Wärmepumpe entsprechend ihrer JAZ ein Vielfaches an Wärme bereitstellt als sie Strom verbraucht, trägt eine Wärmepumpe zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen bei, wenn der benötigte Strom nachhaltig produziert wird. Ein weiterer Vorteil stellt die Kompaktheit der Anlage dar, da im Gebäude kein Energiespeicher (Öltank) mehr benötigt wird. Wirtschaftlich gesehen stehen geringen Mehrkosten bei der Erstellung der Wärmepumpenheizung reduzierte Betriebs- und Energiekosten gegenüber. Aus diesen Gründen hat im Neubaubereich die Wärmepumpe bei Einfamilienhäusern in der Schweiz heute einen Marktanteil von rund 60% erreicht.⁹⁵ Limitierend ist in diesem Fall nicht das theoretisch verfügbare Potential an Umweltwärme, sondern die zukünftig aufgrund besserer Gebäudestandards sinkende Nachfrage nach Heizwärme und die Bereitstellung des nötigen Stroms für die Wärmepumpen.

Tiefengeothermie: Bei der Tiefengeothermie wird im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie die Erdwärme aus grossen Tiefen genutzt, in der Regel im Bereich zwischen 1000 und 5000 Metern Tiefe. Die Temperaturen im Untergrund nehmen mit rund 30°C pro 1000 Meter Tiefe zu. So betragen die Temperaturen in 3500 Metern rund 100°C. Man unterscheidet bei der Tiefengeothermie zwischen zwei verschiedenen Nutzungsarten, der hydrothermalen und der petrothermalen Geothermie. Bei der hydrothermalen Geothermie wird natürlich vorkommendes, heisses Wasser genutzt. Voraussetzung dafür sind durchlässige Gesteinsschichten und das Vorhandensein von Wasser. Solche wasserführenden Gesteinsschichten werden Aquifere genannt. Das heisse Wasser wird über eine erste Bohrung an die Oberfläche gepumpt und nach dem Wärmeentzug über eine zweite Bohrung wieder in den gleichen Aquifer zurück gegeben. Bei der petrothermalen Geothermie wird die Wärme aus ursprünglich wasserfreien Gesteinsformationen gewonnen. Durch Einpressen von Wasser mit hohem Druck über eine Tiefbohrung wird das Gestein aufgebrochen und es entstehen künstliche Fliesswege für den Wasser- bzw. Wärmeaustausch im heissen Gestein.

Der Nutzung der Tiefengeothermie werden allgemein sehr grosse Potenziale zugerechnet. Während sich die petrothermale Geothermie noch im Bereich der Forschung und Entwicklung befindet, sind hydrothermale Geothermieanlagen weltweit seit Jahrzehnten in

⁹⁴ Angaben von Egon Hilbe, Amt für Umweltschutz, Abteilung Wasserwirtschaft.

⁹⁵ Bundesamt für Energie: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00502/index.html?lang=de>

Betrieb. Aktuell befindet sich die Tiefengeothermie in einem sehr dynamischen und aktiven Umfeld. Während in Europa, insbesondere in Deutschland, zahlreiche Anlagen in Betrieb sind und weitere Anlagen sich im Bau befinden, stehen in der Schweiz zwei Geothermieprojekte kurz vor der Realisierung. So beispielsweise in der Stadt St. Gallen, wo Mitte 2012 die Bohrarbeiten beginnen und bei positivem Projektverlauf mit der Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 2014 gerechnet wird. In weiteren Gebieten der Schweiz wurden und werden Vorstudien erarbeitet oder seismische Erkundungen durchgeführt. Des Weiteren plant der Geothermieverband Schweiz zusammen mit verschiedenen Akteuren ein Aktionsprogramm, welches vorsieht bis 2020 fokussiert in die weitere Erkundung des Untergrundes und die Entwicklung von Geothermieprojekten zu investieren. Ziel ist es, mittels der Tiefengeothermie in näherer Zukunft einen bedeutenden Beitrag an die Strom- und Wärmeversorgung der Schweiz liefern zu können. Auch in Vorarlberg wird das Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie vertieft abgeklärt. Diese für Liechtenstein interessanten Entwicklungen gilt es weiterhin mit zu verfolgen und gegebenenfalls in die weitere Vorgehensweise mit einzubeziehen.

Im Auftrag der Regierung wurden zwischen 2008 und 2011 verschiedene Abklärungen und Untersuchungen zum Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein durchgeführt. Konkret wurde abgeklärt, ob sich im tiefen Untergrund heisse wasserführende Gesteinsschichten befinden, die in Zukunft für die Wärmeversorgung und Stromproduktion genutzt werden könnten. Mitte März 2011 wurde ein zusammenfassender Schlussbericht von der Regierung verabschiedet. Dieser kommt zum Ergebnis, dass im Bereich zwischen Schellenberg und Schaan geothermisch nutzbare Gesteinsschichten bis in einer Tiefe von rund 4500 Metern erwartet werden können (Abbildung 19). Weitere Abklärungen haben ergeben, dass in den betreffenden Gesteinsschichten mit Klüften und somit auch mit Wasser gerechnet werden kann. Es wird von einer nutzbaren Wassermenge von 40 Litern pro Sekunde sowie einer mittleren Temperatur von 130°C ausgegangen. Dies ergibt ein technisch nutzbares Potenzial von rund 12 MW. Damit liessen sich netto rund 5 GWh Strom pro Jahr produzieren, was einem Bedarf von 1000 bis 1500 Haushalten oder rund 1.2% des jährlichen Strombedarfs des Landes entspricht. Zusätzlich stünde Wärmeenergie für Heizzwecke und weitere Anwendungen in der Grössenordnung von bis zu 70 GWh zur Verfügung. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von 7 Millionen Litern.

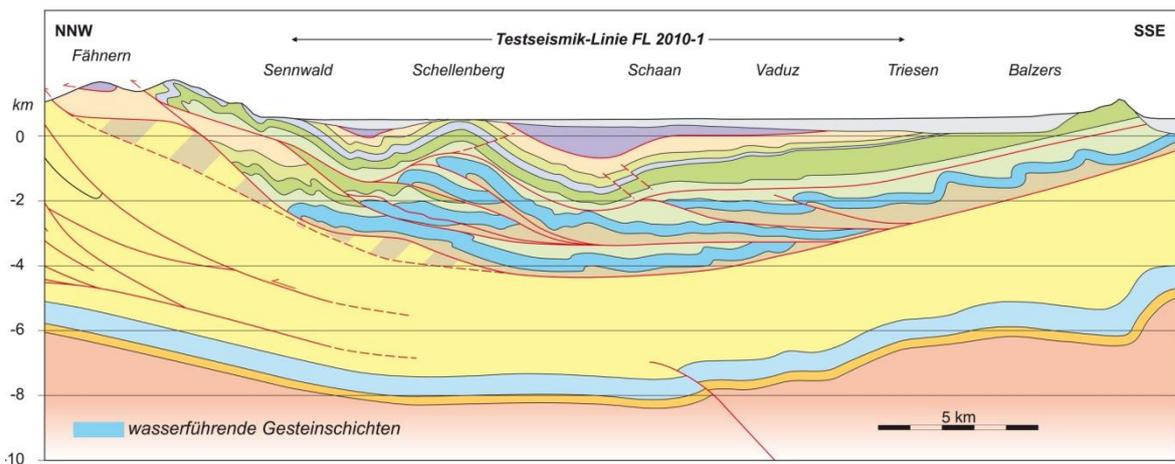


Abbildung 19: Geologisches Nord-Süd-Profil auf Basis der im Januar 2010 durchgeführten 2D-seismischen Untersuchungen. Quelle: Amt für Umweltschutz

Während die Einspeisung von Strom ins Netz keine Schwierigkeiten bereitet, besteht die Herausforderung insbesondere darin die Wärme möglichst effizient und vollständig an entsprechende Abnehmer zu verteilen. Dazu bedarf es einer entsprechenden kostenintensiven Fernwärmeinfrastruktur sowie gewichtiger Wärmeabnehmer. Die bisherigen nutzungstechnischen Abklärungen auf Liechtensteiner Seite haben ergeben, dass zum jetzigen Zeitpunkt diesbezüglich gewisse strukturelle Grenzen gesetzt sind, was sich entsprechend erschwerend auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Berechnungen für Liechtenstein haben ergeben, dass im Raum Schaan-Vaduz-Triesen von einem Abnehmerpotenzial im Bereich von 18 GWh ausgegangen werden kann.⁹⁶ Es müssten somit gezielte strategische Entscheidungen getroffen werden, die zu einer effizienten und möglichst vollständigen Verteilung der Wärme beitragen. Des Weiteren sind auch Zusammenarbeitsmöglichkeiten mit unseren Nachbarn zu prüfen.

Die Regierung hat das Amt für Umweltschutz im Frühjahr 2011 beauftragt, die Ergebnisse der Untersuchungen und Abklärungen den involvierten Akteuren vorzustellen und mit ihnen die Möglichkeiten, Einschränkungen und Herausforderungen der Geothermienutzung aus geologischer, nutzungstechnischer und nicht zuletzt wirtschaftlicher Sicht zu diskutieren und zu bewerten. Diese Arbeiten sind im Gange und sollen bis Mitte 2012 abgeschlossen werden. Es ist vorgesehen, der Regierung in der zweiten Jahreshälfte 2012 einen entsprechenden Bericht mit Empfehlungen zum konkreten weiteren Vorgehen vorzulegen.

Unter Berücksichtigung eines etwas grösseren Zeithorizonts ist es vorstellbar, dass in Liechtenstein ein Anteil der Stromproduktion beziehungsweise Wärme aus Geothermie stammen kann. Das Potential für die Stromproduktion ist mit 5 GWh pro Jahr relativ bescheiden bei vergleichsweise hohen Realisierungskosten in der Grössenordnung von 100 Mio. CHF. Die Herausforderungen bei der Nutzung dieser Technologie sind die vergleichsweise kostenintensiven Voruntersuchungen und Bohrungen, das Fündigkeitsrisiko

⁹⁶ Angaben vom Amt für Umweltschutz des Fürstentums Liechtenstein.

und die zur Wärmenutzung von Tiefengeothermie nötigen Netzinfrastrukturen für die Verteilung der zentral am Bohrloch anfallenden Wärme. Diese Netzinfrastrukturen wären im liechtensteinischen Umfeld aufgrund der geringen Abnehmerdichte kostenintensiv und bedürfen einer langfristigen Planung mit Anschlusszwang oder anders gearteten Massnahmen, um alle am Netz liegenden Verbraucher anzuschliessen.

4.2.3 Suffizienz

Die Suffizienz als dritte Stellschraube strebt eine Verringerung der Nachfrage nach Energie durch eine Änderung der Verhaltensmuster der Menschen an. Auch im Rahmen der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft spielen neben rein technologie- und effizienzbezogenen Aspekten auch Veränderungen des Lebensstils eine Rolle bei der Zielerreichung.

Suffizienz wird in der Gesellschaft, ganz im Gegensatz zu den effizienzsteigernden Massnahmen und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien, fälschlicherweise oft mit Einbussen bei der Lebensqualität gleichgestellt. Mehr Energieverbrauch, mehr Mobilität oder mehr Wohnfläche bedeuten aber nicht zwangsläufig auch mehr Lebensqualität. Oftmals sind die etablierten Verhaltensmuster das Resultat von gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen und Anreizstrukturen, welche es im Rahmen der Suffizienz zu überprüfen und zu hinterfragen gilt. Dennoch dreht sich die Debatte in der Politik, Wirtschaft Wissenschaft und Gesellschaft aktuell hauptsächlich um technologische Aspekte,⁹⁷ während die Suffizienz in der Regel wenig Beachtung findet. Diese technologiezentrierte Betrachtungsweise lässt den Menschen und seine Bedürfnisse als eigentliche Ursachen des Energie- und Ressourcenbedarfs weitgehend ausser Acht. Dies hat in der Praxis häufig zur Folge, dass erzielte Effizienzgewinne durch direkten oder indirekten Mehrverbrauch (sogenannte Rebound- oder Backfire-Effekte)⁹⁸ wieder zunichte gemacht werden.

Die vorliegende Energiestrategie beruht auf der Annahme, dass die Bereitschaft in der Gesellschaft grösser ist, in Energieeffizienz und erneuerbare Energien zu investieren, als den eigenen Konsum zu überdenken und den Lebensstil zu hinterfragen. Eine ‚staatlich verordnete‘ Suffizienz, also z.B. ein gesetzlicher verordneter Zwang zum Verzicht auf bestimmte Güter und Dienstleistungen, ist nicht im Fokus dieser Strategie. Massnahmen zur Reduktion des Konsums (z.B. in Form von gefahrenen Kilometern) werden vielmehr auf freiwilliger Basis vorgeschlagen. Die Rolle der öffentlichen Hand liegt demnach in der Informationsvermittlung und Bereitstellung von Rahmenbedingungen, welche ein solches freiwilliges Handeln fördert. In diesem Zusammenhang kommen Informations- und Sensibilisierungskampagnen, sowie die Überprüfung und Anpassung der Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen (z.B. Wohnbauförderung, Baugesetze, steuerliche Anreize für Pendler, Mengenrabatte für Energie) zum Zug.

⁹⁷ Siehe z.B. Faktenblatt Energieperspektiven 2050, Schweizer Bundesrat, 25.5.2011:
http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024

⁹⁸ Einen Überblick über die Thematik der Rebound-Effekte liefert ein Auszug aus dem Buch ‘Wir Schwätzer im Treibhaus. Warum die Klimapolitik versagt’ von Marcel Hänggi, Rotpunktverlag Zürich, online verfügbar unter:
<http://www.heise.de/tr/artikel/Das-Problem-mit-dem-Rebound-275858.html>

4.2.4 Kraftwerke und internationale Einbindung

Aus Sicht der LKW, die als Anstalt des öffentlichen Rechts die Stromversorgung in Liechtenstein sicherstellen sollen, hat sich der Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie in der Vergangenheit aufgrund des starken Verbrauchswachstums ungünstig entwickelt. Infolgedessen hat die Börsenabhängigkeit der LKW im Zuge der europäischen Strommarktliberalisierung stark zugenommen. Um die Beschaffungsrisiken langfristig zu glätten, haben die LKW im Jahr 2008 festgelegt, ihre Eigenproduktion von heute unter 20% bis ins Jahr 2020 schrittweise auf 50 bis 60% des prognostizierten Stromabsatzes zu erhöhen. Damit soll vor allem sichergestellt werden, dass sich die inländischen Strompreise in Zukunft weniger an den volatilen Börsenpreisen bemessen, sondern sich wie in der Vergangenheit wieder vermehrt an den Produktionskosten von etablierten Erzeugungstechnologien orientieren.

Im Zentrum steht dabei die Prüfung aller inländischen Möglichkeiten zur Stromproduktion (Wasser-, Windkraft, Geothermie, Photovoltaik, ...), die im Falle einer positiven wirtschaftlichen Beurteilung auch unmittelbar realisiert werden sollen. Weil das inländische Potenzial zur raschen Erhöhung der Stromproduktion jedoch nicht ausreicht, verfolgen die LKW auch das Ziel von Beteiligungen an Kraftwerken im Ausland. Mit der Beteiligung am Offshore-Windpark Ocean Breeze 1 (Deutschland) und dem Bau eines Kleinwasserkraftwerks in Seebach (Österreich) konnten die LKW bereits erste Projekte mit einer gesamt- haft erwarteten Jahresproduktion von knapp 30 GWh pro Jahr realisieren.

Des Weiteren konnten die LKW im Jahr 2011 mit der Firma Repower und anderen Partnern eine Produktionsbeteiligungsgesellschaft (Repartner AG) gründen, die den LKW den Zugang zu weiteren Produktionskapazitäten eröffnet. Diese Kapazitäten werden in den Ländern Schweiz, Italien, Deutschland und Frankreich realisiert und ermöglichen den LKW den langfristigen Zugang zu einer Jahresenergieproduktion von ca. 180 GWh. Bei den geplanten und zum Teil bereits realisierten Anlagen handelt es sich um unterschiedliche Erzeugungstechnologien, um den spezifischen Anforderungen einer Stromversorgung im Bereich der Grund- und Mittellast sowie der Spitzenlast zu genügen. Dabei sollen mindestens 12% der Energieproduktion aus neuen erneuerbaren Energien (Wind, Photovoltaik, Biomasse und Kleinwasserkraft) bereitgestellt werden. Neben Grosswasserkraft setzt die Beteiligung den Fokus auf GuD-Kraftwerke (vgl. dazu Abschnitt 4.2.1). Die Verstromung von Kohle und Kernenergie stellt für alle Beteiligungspartner der Repartner AG keine Option dar.

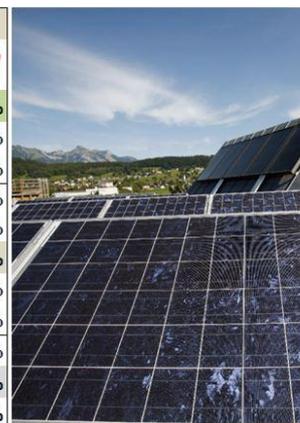
Das in Liechtenstein zur Debatte stehende Geothermie-Projekt wird von den LKW derzeit aus Kostenüberlegungen nicht in die aktuelle Betrachtung einbezogen, da sich die zu erwartende Stromproduktion lediglich in einem Umfang von 5 GWh pro Jahr bewegt. Weitere Beurteilungen zur inländischen Windkraft, zur Nutzung des unteren Saminatal oder auch zur Nutzung der Wasserabflüsse beim Bad Tobl in Triesen stehen noch aus. Eine abschliessende Quantifizierung der realen Stromerträge innerhalb eines wirtschaftlichen Kontexts ist derzeit für die LKW mangels Datengrundlagen noch nicht möglich. Die Nutzung der Rheinkraft (aktuell läuft eine Machbarkeitsstudie) wird für den Betrachtungszeitraum bis 2020 aus Sicht der LKW wohl kaum über die Evaluations- beziehungsweise abschliessende Projektierungsphase hinausgehen. Drei aktuelle und womöglich zeitnah um-

setzbare Schwerpunkte der LKW betreffen Projekte zu Geothermie im Ausland, zu Holzvergasung in der benachbarten Schweiz sowie weitere Kleinwasserkraftwerke in Österreich. Je nach Ergebnis aller obigen Initiativen werden die LKW ihren Eigenproduktionsgrad⁹⁹ beim Strom bis 2020 auf eine Bandbreite von 53% bis 72% erhöhen können.

Neben der Erhöhung des Eigenproduktionsgrads beschäftigen sich die LKW zudem auch mit vertraglichen Absicherungsgeschäften, d.h. mit der längerfristigen Strombeschaffung an den Energiemärkten, um die Spotmarktrisiken bei der laufenden Beschaffung an den Strombörsen zu mindern.

Stromkennzeichnung Der Strom, den die LKW 2010 an die Kunden lieferten, wurde aus folgenden Energieträgern erzeugt:

Herkunft der in Liechtenstein verteilten Elektrizität			Ihr Produktmix		
in %	Total	aus dem FL	1to1 energy	Lisstrom KRAFT	Lisstrom KRAFT PLUS
Erneuerbare Energien	16.72%	16.71%	15.54%	100.00%	100.00%
Wasserkraft	16.10%	16.10%	15.53%	95.40%	13.72%
Übrige erneuerbare Energien	0.62%	0.61%	0.01%	4.60%	86.28%
Sonnenenergie	0.42%	0.41%	0.01%	3.90%	58.20%
Biomasse	0.20%	0.20%	0.00%	0.70%	28.08%
Nicht erneuerbare Energien	80.76%	0.87%	81.92%	0.00%	0.00%
Kernenergie	79.89%	0.00%	81.03%	0.00%	0.00%
Fossile Energieträger	0.87%	0.87%	0.89%	0.00%	0.00%
Erdgas (BHKW)	0.87%	0.87%	0.89%	0.00%	0.00%
Nicht überprüfbare Energieträger *	2.52%	0.38%	2.54%	0.00%	0.00%
Energielieferung total	100.0%	17.6%	100.0%	100.0%	100.0%



* gemäss schweizerischer Gesetzgebung (Bundesamt für Energie BFE) fällt der Energieankauf an Strombörsen sowie Strommengen ohne Herkunftsnachweise unter die Rubrik "Nicht überprüfbare Energieträger".

Abbildung 20: Durch die LKW an die Kunden gelieferter Strom im Jahr 2010 nach Kennzeichnung. Quelle: LKW

In der aktuellen Situation mit bedeutenden Stromimporten aus dem Ausland kommt der Strombeschaffungsstrategie im Ausland folglich eine wichtige Rolle zu. Gemäss Stromkennzeichnung der LKW betrug im Jahr 2010 der Anteil des mit Kernenergie erzeugten Stroms am importierten Strom ca. 97% (Abbildung 20). Wie im Abschnitt 2.4 erläutert sind die Effekte durch die spezifische Strombeschaffung der LKW aufgrund der gewählten Abgrenzungsmethodik zum Ausland im Energieflussdiagramm (Abbildung 1 auf Seite 23) nicht abgebildet.

Um die Lage aus einer stärker national fokussierten Sicht darzustellen, muss beim importierten Strom statt dem europäischen Mix der effektiven Strombeschaffung Rechnung getragen werden. Dies bewirkt hauptsächlich Änderungen im Primärenergiebedarf des Landes sowie beim Anteil der erneuerbaren Energieträger am gesamten Energiebedarf

⁹⁹ Der genannte Eigenproduktionsgrad ist nicht deckungsgleich mit der Eigenversorgungsquote, wie sie anderswo in dieser Energiestrategie genannt wird. Im Eigenproduktionsgrad sind auch über Beteiligungen im Ausland produzierte Energien mitgezählt, während der Eigenversorgungsgrad nur im Inland mit einheimischen Energieträgern produzierte Energien umfasst.

(Abbildung 21 auf Seite 82). Die Primärenergie des importierten Stroms steigt dabei im Gegensatz zur Abbildung 1 um rund ein Drittel auf knapp 1300 GWh/a.¹⁰⁰ Der erneuerbare Anteil der Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf nimmt durch das grosse Gewicht der nicht erneuerbaren Kernenergie bei dieser Betrachtungsweise von rund 19% auf 13% ab. Die Emissionsbilanz der Treibhausgase profitiert aufgrund der Bilanzierungsmethodik des nationalen Klimainventars nicht, weil die Emissionen der Stromproduktion dem Erzeugerland angelastet werden und nicht dem Land, welches die importierte Energie verbraucht.

¹⁰⁰ Für die Primärenergiefaktoren wurden die Werte der Studie von ESU-Services hinzugezogen, siehe Fussnote 23 auf Seite 22.

ENERGIEMODELL LIECHTENSTEIN – ENERGIESTRATEGIE 2020

Jahr 2010

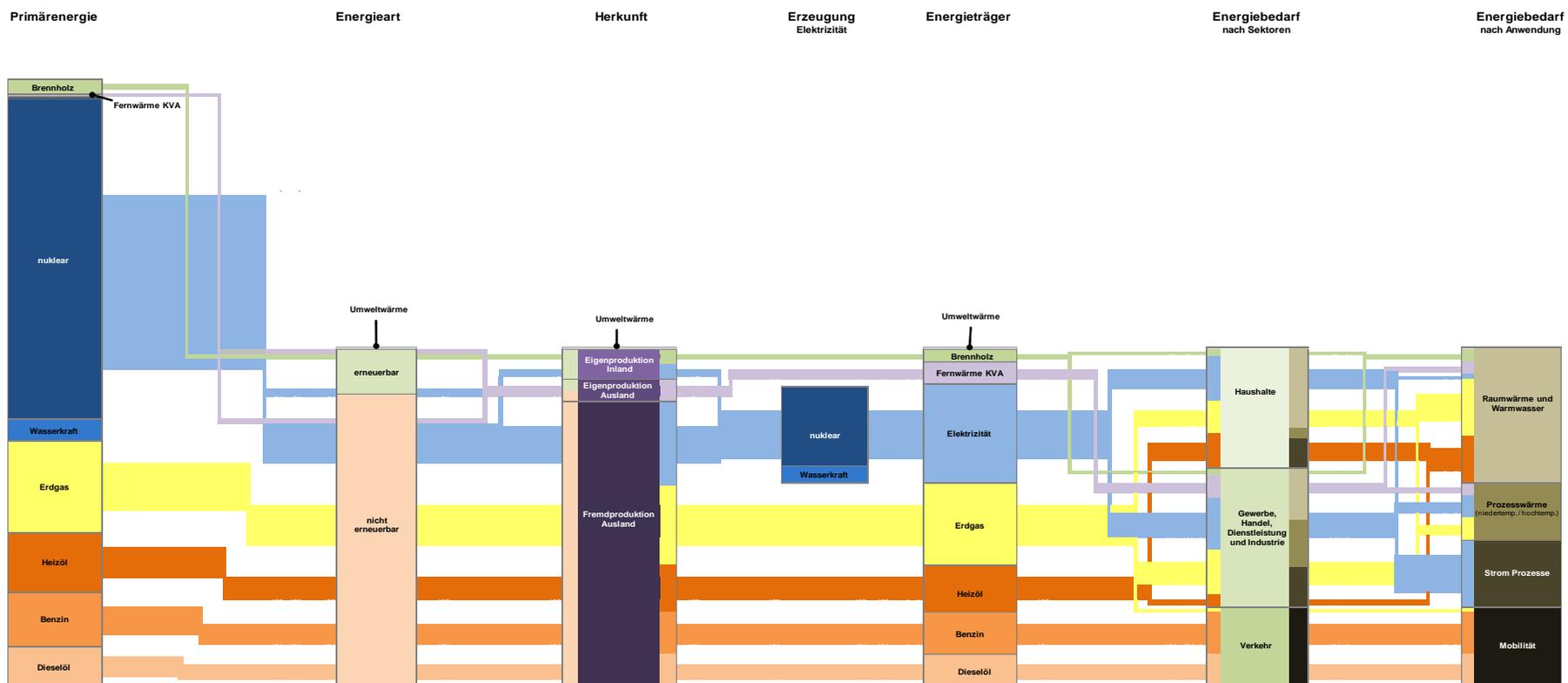


Abbildung 21: Darstellung der Energieflüsse im Fürstentum Liechtenstein im Jahr 2010 unter Berücksichtigung der spezifischen Beschaffungsstrategie der LKW beim Strom (Herkunftsnachweise). Quellen: Energiestatistik 2010, Stromkennzeichnung der LKW, eigene Berechnungen und Annahmen

4.2.5 Verknappung energetischer Ressourcen, Peak Oil

Die Gesamtmenge an Erdöl auf der Erde ist begrenzt. Aufgrund der sich öffnenden Schere zwischen einem globalen Produktionsmaximum von Erdöl (Peak Oil) und einer zunehmender Nachfrage wird davon ausgegangen, dass sich die Energiepreise entsprechend nach oben bewegen werden. Bei der gegenwärtig mehrheitlichen Abhängigkeit von fossilen Brenn- und Treibstoffen dürfte dies insgesamt hohe Energiepreise nach sich ziehen.

Aufgrund der geänderten Marktlage werden Alternativen gesucht und Substitutionsmechanismen werden einsetzen. Dennoch stellt sich die Frage, ob es vertretbar ist, sich auf die Wirkung dieses Mechanismus zu verlassen, oder ob vorzeitiges Handeln angebracht ist. Die Antwort auf diese Frage kann also verschieden aussehen:

- Keine Vorkehrungen. Der Markt wird es schon richten und die Innovationen dann bereitstellen, wenn dies notwendig und wirtschaftlich wird. Andere Länder wären ebenso betroffen.
- Frühzeitige Verminderung des Rohstoffverbrauches und der Abhängigkeit von nicht lokal verfügbaren Energieträgern (Effizienzverbesserungen, erneuerbare Energien), um von einer allfälligen Krise nicht so hart getroffen zu werden.

Die zweite Variante kann auch als Konzept mit Optionen verstanden werden, welche es erlauben werden, bei Bedarf innert nützlicher Frist einen Umstieg mit weniger wirtschaftlichen Nachteilen zu schaffen als die Konkurrenz das kann. Diese Variante erfordert allerdings frühzeitige, weitreichende und kontinuierliche Planung und Vorbereitung. Hier ist die Frage nach den Schlüsseltechnologien zu stellen. Welche Produkte werden in dieser Situation zum Exportschlager mit hoher Wertschöpfung im Inland (z.B. Wärmepumpenheizungen / Biomasse / Wärmedämmung / Effizienztechnologien)?

Die zweite Variante muss zudem teilweise aktiv herbeigeführt und finanziert werden. Dies bedeutet aber nicht, dass sie die Volkswirtschaft insgesamt teurer zu stehen kommt als die abwartende Haltung. Hier müsste eine Abwägung unter Berücksichtigung aller Kosten (inkl. Kosten für externe Effekte wie Auswirkungen auf die Gesundheit, Anpassung an den Klimawandel, etc.) vorgenommen werden.

Entsprechend der politischen Vielfalt und Überzeugungen, können sowohl international als auch in Liechtenstein alle Ausprägungen parallel beobachtet werden. Dementsprechend sollten die Konsequenzen eines raschen Preisanstieges bei den fossilen Energieträgern genauer untersucht werden. Es ergeben sich Fragen, welche im Sinne einer Risikostudie interessant sind:

- Setzt dieser Mechanismus früh genug ein, sodass die Folgen der Klimaerwärmung noch tragbar bleiben? Es sollte abgewogen werden, ob eine möglicherweise unerwartet rasch eintretende Preissteigerung durch knappe fossile Energieträger die nötige Handlungsfreiheit zum Systemwechsel bietet oder ob diese Situation die bestehenden Strukturen überfordert.
- Wie flexibel sind die Energieträger substituierbar? Wie stark würde z.B. der Stromverbrauch ansteigen? Elektrodirektheizungen sind überall schnell verfügbar

und würden bei leeren Heizöltanks und hohem Ölpreis wohl zahlreich eingesetzt. Kann dies zu Netzüberlastungen führen?

- Welches Sanierungsvolumen im Gebäudebereich würde damit ausgelöst? Welche Industrien würden davon profitieren und welche Einbussen verzeichnen? Welche Auswirkungen hat dies auf Investitionen in Gebäudedämmung beziehungsweise Energieeffizienz, und was bedeutet dies für den Kapitalbedarf?

5 Energie-Gesamtstrategie 2020

In den folgenden Ausführungen werden drei mögliche Zielsetzungen für das Jahr 2020 beschrieben und bewertet (Abschnitt 5.1). Dies führt zur Definition von konkreten, auf das Jahr 2020 bezogenen Zielsetzungen, welche im Rahmen des Aktionsplans Energie (Abschnitt 5.2) durch drei Teilziele konkretisiert werden und mittels der im Abschnitt 6 vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt werden sollen.

5.1 Zielszenarien für das Jahr 2020

Als erstes wird ein ‚Business as Usual‘ Szenario abgebildet. Dieses führt die derzeitige Entwicklung weiter, welche vorrangig durch die bereits laufenden Massnahmen und Förderungen im Rahmen des Energieeffizienzgesetzes (EEG) bestimmt ist. Im zweiten Szenario kommen neben den Wirkungen des EEG weitere Massnahmen im Bereich der Energieeffizienz sowie der Förderung von erneuerbaren Energien zum Zug. Das dritte und ambitionierteste Szenario umfasst massgebliche Veränderungen in der Energiepolitik.

Die unterschiedlichen Szenarien basieren nicht auf detaillierten oder berechneten Projektionen, sondern auf groben Abschätzungen und dem Vergleich mit anderen Szenarien aus der Literatur.¹⁰¹ Sie decken absichtlich eine relativ grosse Spannweite ab und sollen dadurch primär mittelfristige Zielzustände abbilden, welche Hinweise auf die grossen Herausforderungen und Auswirkungen energiepolitischer Massnahmen und Entscheidungen liefern.

Allen drei Szenarien liegt im Zeithorizont bis 2020 eine Zunahme der Rahmenparameter ‚Bevölkerung‘ und ‚Wirtschaft‘ für das Fürstentum Liechtenstein zugrunde, welche im Abschnitt 4.1 näher beschrieben sind. Als Basis für alle Betrachtungen wird das Jahr 2008 verwendet, weil dann die Massnahmen aus dem EEG für alle Szenarien eingeführt wurden.

5.1.1 Szenario 1: ‚Business as Usual‘

Das Szenario 1 formuliert weitgehend konservative und mit den bereits vorhandenen Massnahmen und Instrumenten erreichbare Ziele (Tabelle 18). Der mit dem Energiekonzept 2013 eingeschlagene Weg, der weitgehend mit dem EEG umgesetzt wurde, soll unverändert weiter verfolgt werden. Es werden keine wesentlichen Anpassungen und Ergänzungen der Massnahmen vorgenommen. Bestehende Förderungen werden beibehalten.

Eine Fortschreibung der Entwicklungen seit 1990 auf der Basis von weiterhin wachsender Bevölkerung und fortschreitendem Wirtschaftswachstum (Abschnitt 4.1) lassen einen weiteren Energieverbrauchsanstieg um 1.55% pro Jahr erwarten (vgl. Abbildung 4 auf Seite 28). Dies führt im Vergleich zum Referenzjahr 2008 bis im Jahr 2020 zu einem Mehrverbrauch von ca. 20%.

¹⁰¹ Z.B. Droege, P., Genske, D., Jödecke, T., Roos, M., & Ruff, A. (2012). *Erneuerbares Liechtenstein*. Vaduz: Universität Liechtenstein; G. Andersson, K. Boulochos, L. Bretschger (2011). *Energiezukunft Schweiz*. ETH Zürich, November 2011; Schweizer Bundesrat, Bundesamt für Energie. *Energiestrategie 2050*.

Die Massnahmen gemäss dem im Jahr 2008 eingeführten EEG bewirken einer Abschätzung der Energiefachstelle zufolge eine Effizienzverbesserung von rund 8% bis ins Jahr 2020.¹⁰² Ohne die Implementation von zusätzlichen Massnahmen, die über das EEG hinausgehen, wird der Energiebedarf bis 2020 somit voraussichtlich um ca. 12% ansteigen.

Tabelle 18: Zielwerte Energiedaten gemäss Zielszenario 1. Quelle für das Jahr 2008: Energiestatistik 2010 (Energiebedarf), Energiefachstelle (erneuerbare Energieträger), Interpellationsbeantwortung BuA Nr. 42/2010¹⁰³ (Treibhausgase)

	2008	2020
Energiebedarf	1390 GWh	1557 GWh (+12%)
Anteil einheimische, erneuerbare Energieträger	8.2%	12.5%
Treibhausgasausstoss	263 Gg ¹⁰⁴	184 Gg (-20%) ¹⁰⁵

Der Anteil erneuerbarer, einheimischer Energie am Gesamtbedarf wird beim Szenario 1 durch weitere Fördermassnahmen im Rahmen des EEG von 8.2% im Jahr 2008 auf rund 12.5% gesteigert.¹⁰²

Beim Treibhausgasausstoss orientiert sich das Zielszenario an den verbindlichen Kyoto-Verpflichtungen des Fürstentums Liechtenstein, welche eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 8% gegenüber dem Stand im Jahr 1990 vorsehen,¹⁰⁶ sowie der Verpflichtung der Regierung, die Emissionen bis ins Jahr 2020 auf 20% unter das Niveau von 1990 zu senken.¹⁰³ Durch den insgesamt steigenden Bedarf an Energieimporten in diesem Szenario¹⁰⁷ ist allerdings die Erreichung des Klimaziels ausschliesslich über Massnahmen im Inland sehr unwahrscheinlich. Entsprechende Mengen an Emissionszertifikaten müssten demzufolge aus dem Ausland zugekauft werden. Nach derzeitigem Erkenntnisstand ist bereits die Erfüllung der Kyoto-Verpflichtungen bis 2012 allein mit Massnahmen im Inland kaum mehr erreichbar.¹⁰³

¹⁰² CO₂-Bilanzverbesserung durch Einsparung und Substitution durch EEG, Energiefachstelle, Stand 31.12.2010. Internes Dokument.

¹⁰³ Interpellationsbeantwortung der Regierung an den Landtag des Fürstentums Liechtenstein betreffend die Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen, BuA Nr. 42/2010.

¹⁰⁴ 1 Gg (Gigagramm) entspricht 10⁹ Gramm oder 1000 Tonnen

¹⁰⁵ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gg betrug.

¹⁰⁶ Nationale Klimaschutzstrategie für das Fürstentum Liechtenstein, September 2007: http://www.llv.li/pdf-llv-aus-nationale_klimaschutzstrategie_07.pdf

¹⁰⁷ 87.5% an nicht-einheimischen und/oder nicht erneuerbaren Energieträgern bei 1557 GWh Gesamtbedarf im Jahr 2020 entsprechen 1362 GWh an Energieimporten. Dieser Betrag ist grösser als 1276 GWh Energieimporte (91.8% von 1390 GWh) im Jahr 2008.

5.1.2 Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO₂-Emissionen‘

Das Szenario 2 umfasst ambitioniertere Zielvorgaben als das Szenario 1. Das Grundziel liegt in einer Stabilisierung des Energieverbrauchs auf dem Niveau des Jahres 2008 (Tabelle 19). Die Herausforderung bei diesem Stabilisierungsziel ist beträchtlich, denn das erwartete Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum führt ohne Umsetzung effizienzsteigernder Massnahmen zu einer jährlichen Steigerung des Gesamtenergiebedarfs von rund 1.55% und damit zu einem Mehrverbrauch von 20% bis zum Jahr 2020. Die Massnahmen gemäss dem im Jahr 2008 eingeführten EEG bewirken gemäss einer Abschätzung der Energiefachstelle eine Effizienzverbesserung von rund 8% bis ins Jahr 2020.¹⁰⁸ Zur Kompensation der verbleibenden 12% sind daher zusätzliche, effizienzsteigernde Massnahmen notwendig.

Als Ziel für den Anteil erneuerbarer, einheimischer Energieträger wird in diesem Szenario eine Steigerung von 8.2% auf 20% bis ins Jahr 2020 gesetzt. Diese Zielvorgabe entspricht den EU-weiten 20-20-20-Zielen im Bereich der erneuerbaren Energien, welche 20% Anteil erneuerbarer Energien fordern (vgl. Abschnitt 3.3.1). Zusätzlich besteht das Ziel, die Abdeckung dieses Anteils mit einheimischen Energieträgern sicherzustellen.

Die Reduktionsverpflichtung der Treibhausgase um 20% gegenüber dem Stand von 1990 soll vorrangig mit Inlandmassnahmen erfüllt werden. Diese Zielvorgabe deckt sich mit den beschlossenen Klimazielen der Regierung, welche gelten, wenn nicht andere Staaten im Rahmen eines zukünftigen Klimaabkommens höhere Zugeständnisse machen und das Fürstentum Liechtenstein nachziehen würde.¹⁰³

Tabelle 19: Zielwerte Energiedaten gemäss Zielszenario 2. Quelle für das Jahr 2008: Energiestatistik 2010 (Energiebedarf), Interpellationsbeantwortung BuA Nr. 42/2010¹⁰³ (Treibhausgase)

	2008	2020
Energiebedarf	1390 GWh	1390 GWh (+/-0%)
Anteil einheimische, erneuerbare Energieträger	8.2%	20%
Treibhausgasausstoss	263 Gg	184 Gg (-20% ¹⁰⁹)

Die Ziele des Szenarios sollen durch den mit dem Energiekonzept 2013 eingeschlagenen Weg, welcher weitgehend mit dem EEG umgesetzt wurde, erreicht werden. Bestehende

¹⁰⁸ CO₂-Bilanzverbesserung durch Einsparung und Substitution durch EEG, Energiefachstelle, Stand 31.12.2010. Internes Dokument.

¹⁰⁹ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gg betrug.

Instrumente und Massnahmen werden optimiert, neue Instrumente und Massnahmen hinzugefügt und über einen Aktionsplan 2020 definiert.

Die Prioritäten zur Erreichung der Ziele des Szenarios werden bei kosteneffizienten und technologisch fortschrittlichen Massnahmen gesetzt. Der Aktionsplan 2020 wird laufend überprüft und die Massnahmen im Hinblick auf die Erfüllung des Aktionsplans angepasst.

5.1.3 Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘

Das Szenario 3 setzt ambitionierte Ziele in allen drei Bereichen. Primäre Zielsetzung des Szenarios ist eine möglichst hohe Unabhängigkeit von Energieimporten und das Erreichen einer eigenständigen Energieversorgung. Dazu sollen alle Möglichkeiten zur Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Quellen im Inland genutzt werden (Tabelle 20).

Beim Energiebedarf wird nicht nur eine Stabilisierung wie im Szenario 2, sondern eine Senkung um 20% bis ins Jahr 2020 angestrebt. Dies entspricht der Zielsetzung der EU (20-20-20-Ziele, vgl. Abschnitt 3.3.1) und unterstützt sowohl die Erhöhung der Deckung des Energiebedarfs mit einheimischen, erneuerbaren Energien als auch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Der Anteil erneuerbarer, einheimischer Energie wird in diesem Szenario von 8.2% auf 40% bis ins Jahr 2020 gesteigert. Dieses Ziel ist nochmals deutlich ambitionierter als die EU-Ziele und ist vermutlich nur dann realisierbar, wenn koordinierte Massnahmen sowohl eine Reduktion des Gesamtenergiebedarfs als auch eine Steigerung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger abdecken.

Tabelle 20: Zielwerte Energiedaten gemäss Zielszenario 3. Quelle für das Jahr 2008: Energiestatistik 2010 (Energiebedarf), Interpellationsbeantwortung BuA Nr. 42/2010¹⁰³ (Treibhausgase)

	2008	2020
Energiebedarf	1390 GWh	1112 GWh (-20%)
Anteil einheimische, erneuerbare Energieträger	8.2%	40%
Treibhausgasausstoss	263 Gg	161 Gg (-30% ¹¹⁰)

Die weit über die Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls hinausgehende Reduktion der Treibhausgasemissionen um -30% im Vergleich zum Ausstoss im Jahr 1990 bildet das dritte Kernziel, welches bis 2020 vorrangig durch Inlandmassnahmen erfüllt werden soll. Wie bereits beim Szenario 2 beschrieben stellt dies eine gewaltige Herausforderung dar, wenn man die Ausgangslage im Jahr 2010 betrachtet (Abschnitt 3.1.3). Dieses Ziel deckt

¹¹⁰ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gg betrug.

sich mit dem Beschluss der Regierung, die eigenen Treibhausgasemissionen um 30% gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken, wenn andere Industrie- und Schwellenländer im Rahmen eines verbindlichen Klimaabkommens vergleichbare Zugeständnisse machen.¹⁰³

Der mit dem Energiekonzept 2013 eingeschlagene Weg, welcher weitgehend mit dem EEG umgesetzt wurde, soll forciert weiterverfolgt werden. Der absolute Energieverbrauch wird durch gesetzliche und regulatorische Massnahmen gesenkt. Zusätzlich werden alle denkbaren Möglichkeiten der rationellen Energienutzung sowie sämtliche Potentiale an erneuerbarer, einheimischer Energie konsequent im Rahmen ihrer Nachhaltigkeit ausgeschöpft.

5.1.4 Bewertung der Zielszenarien

Bei der Formulierung der übergeordneten Zielkriterien beziehungsweise dem Wertekonstrukt, dem sich diese Energiestrategie unterordnen sollte, wurden in den allgemeinen Ausführungen die Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit sowie die soziale Gerechtigkeit ausgeführt (siehe Abschnitt 2.2). Die oben formulierten Zielszenarien gilt es nun an diesen Zielkriterien zu messen und zu bewerten. Dies soll dazu führen, dass am Schluss dasjenige Zielszenario mit der optimalen Bewertung identifiziert und als Grundlage für die Massnahmenplanung im nächsten Abschnitt ausgewählt werden kann.

Versorgungssicherheit

Die zunehmend spürbaren Grenzen bei der Nutzung von nicht erneuerbaren Ressourcen stellen für die bisher gewohnte hohe Versorgungssicherheit eine Herausforderung dar. Da Liechtenstein heute rund 90% der Energie aus dem Ausland importiert und die Versorgungssicherheit damit wesentlich durch das internationale Umfeld geprägt ist, ist der Gewährleistung einer angemessenen Eigenversorgung ein hoher Stellenwert beizumessen. Die kritische Abhängigkeit von ausländischen Energielieferungen und von Entwicklungen, welche von Liechtenstein nur marginal beeinflusst werden können, sind Teil des weltweiten Energiesystems. Diese Abhängigkeiten können über Einsparungen sowie eine Erhöhung des Anteils an lokal verfügbaren (und damit im Fall von Liechtenstein gleichzeitig erneuerbaren Energieträgern) reduziert werden. Dies ist auch der Versorgungssicherheit dienlich.

Kernelement des dritten Szenarios ist die Maximierung der Unabhängigkeit von Energieimporten. Aus diesem Grund ist das dritte Szenario bei der Versorgungssicherheit am höchsten zu bewerten. Die gleichzeitige Senkung des Gesamtenergiebedarfs um 20% sowie die massive Reduktion der Treibhausgasemissionen unterstützen die Erreichung dieses Ziels. Beim ersten und zweiten Szenario ist die Rolle der erneuerbaren, einheimischen Energieträger weniger ausgeprägt. Beim ersten Szenario, welches eine weitere Steigerung des Gesamtenergiebedarfs vorsieht, können trotz steigendem Anteil erneuerbarer, einheimischer Energieträger die absoluten Energieimporte nicht gesenkt werden.

Tabelle 21: Bewertung der Zielszenarien in Bezug auf das Zielkriterium ‚Versorgungssicherheit‘

	Energieimporte	Bewertung in Bezug auf Versorgungssicherheit
Szenario 1: ‚Business as Usual‘	+6%	-
Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	-12%	+
Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	-47%	++

Wirtschaftlichkeit

Eine nachhaltige Energiebereitstellung muss zu wirtschaftlich tragbaren Bedingungen erfolgen. Die Tragbarkeit und damit die Akzeptanz der in dieser Energiestrategie vorgeschlagenen Konzepte und Massnahmen wird wesentlich davon abhängen, inwiefern sie einzelne Einwohner, Firmen und den Staatshaushalt finanziell belasten.

Allerdings greift die Sichtweise bei energierelevanten Entscheiden in Bezug auf deren Wirtschaftlichkeit heute oft zu kurz. Bei der Bewertung der Zielszenarien soll daher die Wirtschaftlichkeit energiepolitischer Entscheidungen unter Berücksichtigung der gesamten Lebenszykluskosten einer Massnahme sowie unter Einbezug allfälliger externer Kosten erfolgen. Nur so kann das gesellschaftliche und langfristige Optimum in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ermittelt werden.

Besondere Beachtung ist im Rahmen der Wirtschaftlichkeit dem Umstand zu schenken, dass eine Energiepreiserhöhung insbesondere für fossile Energieträger in Zukunft erwartet wird. Die weitgehende Abhängigkeit von global gehandelten und den Weltmarktpreisen unterliegenden Energieimporten stellt damit ein bedeutendes Risiko dar, welches in langfristigen Entscheidungen berücksichtigt werden muss.

Die Bewertung der Zielszenarien wurde unter der Annahme vorgenommen, dass im derzeitigen Förder- und Anreizsystem noch Potential für weitere Energieeinsparungen und weitere Steigerungen bei der Produktion erneuerbarer Energien besteht. Aktuell können mit relativ kostengünstigen Massnahmen relativ grosse Wirkungen erreicht werden. Durch eine Optimierung des Förder- und Anreizregimes, auch aufgrund der sich wandelnden Preisstrukturen bei den neuen erneuerbaren Energien, könnte noch eine wesentliche Verbesserung der Wirkung erreicht werden. Dies spricht klar für das Szenario 2, welches nicht nur eine Fortführung der bereits bestehenden Massnahmen, sondern eine kontinuierliche Anpassung und Steigerung der Effektivität vorsieht.

Auf der anderen Seite ist klar, dass ein forcierter und rascher Umbau des Energiesystems mit zusätzlichen Kosten verbunden ist, da z.B. energetische Verbesserungen nicht im Rahmen der fälligen Bauteilerneuerungszyklen vorgenommen werden können, sondern separat durchgeführt werden müssen. Aus diesem Grund wird das Szenario 3 aus Sicht der ‚Wirtschaftlichkeit‘ am schlechtesten bewertet.

Tabelle 22: Bewertung der Zielszenarien in Bezug auf das Zielkriterium ‚Wirtschaftlichkeit‘

	Bewertung in Bezug auf Wirtschaftlichkeit
Szenario 1: ‚Business as Usual‘	+
Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	++
Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	-

Umweltverträglichkeit

Eine nachhaltige Energiestrategie hat sich an den Anforderungen der Umweltverträglichkeit auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Dimensionen zu orientieren. Der Rahmen dazu ist durch rechtliche Vorgaben (z.B. Umweltschutzgesetze) und Abkommen (z.B. Kyoto und Nachfolgeabkommen) gegeben.

Die Bewertung der Zielszenarien in Bezug auf ihre Umweltverträglichkeit sollte nicht nur anhand eines Kriteriums (wie z.B. der erwarteten Klimawirkung oder dem Einsatz nicht-erneuerbarer Ressourcen) erfolgen. Erweitert man den Begriff der Umweltverträglichkeit um die Dimensionen Ressourcenverbrauch, Natur und Landschaft, Heimatschutz, Gewässerschutz, Erhalt der Biodiversität etc., wird eine eindeutige Bewertung schwieriger und kann nur noch unter Abwägung der verschiedenen Dimensionen erfolgen. Wie verschiedene praktische Beispiele zeigen (Windkraft – Landschafts- und Lärmschutz, Wasserkraft – Gewässer- und Naturschutz, Holzfeuerungen – Luftreinhaltung), bewegen sich auch die Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energien in einem Spannungsfeld, welches zugunsten eines Gleichgewichtes aller Dimensionen der Umweltverträglichkeit abgewogen werden muss. Dies hat zur Folge, dass insbesondere im Zielszenario 3 eine stärkere Belastung anderer Umweltfaktoren durch die forcierte Zielerreichung im Bereich der Nutzung der erneuerbaren Energien erfolgen wird. Auf der anderen Seite sind die Umweltvorteile einer Reduktion der Treibhausgasemissionen und der Nutzung erneuerbarer, einheimischer Energieträger derart gewichtig, dass sowohl das Zielszenario 2 als auch 3 hier die beste Bewertung erhalten.

Bei dieser Abwägung gilt es auch zu beachten, dass ein Teil der Auswirkungen der Energiegewinnung, Energiebereitstellung und des Energieverbrauchs, wie beispielsweise die Emission von Schadstoffen bei Verbrennungsprozessen oder der Einfluss von Windturbinen auf die Landschaft, lokal und jetzt wahrgenommen wird, während sich andere Auswirkungen global und langfristig zeigen (z.B. beim Klimawandel). Insbesondere beim Klimawandel ist eine spezielle Gewichtung der jetzigen und lokal anfallenden Treibhausgasemissionen hauptsächlich für die Bilanzierung unter den Klimainventaren relevant, nicht aber für die Umweltverträglichkeitsbewertung einer Massnahme.

Die Schwerpunkte der aktuellen Diskussion liegen insbesondere bei der Verknappung fossiler Ressourcen wie dem Erdöl und den negativen Auswirkungen des CO₂-Ausstosses

auf das Klima. Die Entscheidung, ob der Energieverbrauch durch Energieimporte aus dem Ausland gedeckt werden soll oder durch lokale Gewinnung und Bereitstellung, wird auch massgeblich dadurch gesteuert, wo allfällige Emissionen in der Bilanz auftreten und ob darauf direkt Einfluss genommen werden kann.

Tabelle 23: Bewertung der Zielszenarien in Bezug auf das Zielkriterium ‚Umweltverträglichkeit‘

	Bewertung in Bezug auf Umweltverträglichkeit
Szenario 1: ‚Business as Usual‘	-
Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	+
Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	+

Soziale Verträglichkeit

Unter einer sozialverträglichen Entwicklung des Energiesystems wird eine Entwicklung verstanden, welche die gesellschaftlichen Wertvorstellungen einbezieht und damit weitgehend Akzeptanz findet. Besonders gewichtet soll auch die Komponente der sozialen Gerechtigkeit im wirtschaftlichen Kontext werden, da energiepolitische Massnahmen, seien dies nun Fördermassnahmen oder Beschränkungen, je nach Ausgestaltung bestimmte Gruppen stärker finanziell belasten während andere davon profitieren.

Mit einem Förder- und Anreizregime sollen die Entscheidungen von Individuen in dem Sinne gelenkt werden, dass diese zur gewünschten Gesamtwirkung beitragen. Es wird also in ein gegebenes Entscheidungssystem eingegriffen. Damit handelt es sich um Umlagerungen, die aus dem Staatshaushalt oder einem allgemeinen Zuschlag auf den Energiepreis generiert werden. Dies kann Ungleichheiten verursachen, da die Förderung jeweils auf einen beschränkten Personenkreis anwendbar ist und die Allgemeinheit die Finanzierung trägt.

Je mehr solcher Eingriffe in ein bestehendes System stattfinden, desto mehr Umlagerungen finden statt. Da die Umsetzung eines Szenarios wie das Szenario 3 derzeit nur mit einem sehr starken Anreizsystem mit grossen Umlagerungen sowie vielen Regulierungen möglich ist, wird das Szenario 3 in diesem Sinne am schlechtesten bewertet. Das erste Szenario, bei welchem am ‚wenigsten‘ umgelagert wird, wird aus dem Aspekt der sozialen Gerechtigkeit am besten bewertet.

Tabelle 24: Bewertung der Zielszenarien in Bezug auf das Zielkriterium ‚Soziale Verträglichkeit‘

	Bewertung in Bezug auf soziale Verträglichkeit
Szenario 1: ‚Business as Usual‘	++
Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	+
Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	-

Fazit

Bei der Gesamtbewertung der Zielszenarien auf der Basis der Bewertungen hinsichtlich der Zielkriterien liegt die Herausforderung in der Gewichtung der einzelnen Zielkriterien. Genau genommen handelt es sich dabei um eine Optimierung, da sich die einzelnen Zielkriterien oft konkurrenzieren.

Tabelle 25 fasst nochmals die qualitativen Bewertungen der drei Zielszenarien unter Berücksichtigung der Zielkriterien zusammen.

Tabelle 25: Gegenüberstellung und Bewertung der Zielsetzungen und Zielszenarien

	Versorgungssicherheit	Wirtschaftlichkeit	Umweltverträglichkeit	Soziale Verträglichkeit
Szenario 1: ‚Business as Usual‘	-	+	-	++
Szenario 2: ‚Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO ₂ -Emissionen‘	+	++	+	+
Szenario 3: ‚Forcierung von Effizienz und erneuerbarer Energie‘	++	-	+	-

Die Abgrenzung des Zielszenarios 2 zum weitaus ambitionierteren Szenario 3 erfolgt mitunter durch die erwartete bessere Wirtschaftlichkeit und soziale Akzeptanz. Im Vergleich zum Zielszenario 1 spricht die bessere Zielerreichung im Bereich der Versorgungssicherheit für das Zielszenario 2. Zudem erscheint die Umsetzung des bereits beschlossenen Reduktionsziels für die Treibhausgasemissionen im Zielszenario 1 bei gleichzeitiger deutlicher Steigerung des Gesamtverbrauchs und der absoluten Zunahme an Energieimporten kaum realistisch.

Unter Berücksichtigung des Ziels einer effektiven und effizienten Massnahmenplanung besticht das Zielszenario 2 mit einer insgesamt guten und ausgewogenen Gesamtleistung. Das Zielszenario 2 wird daher für die Betrachtungen im Kapitel 5.2 als Grundlage genommen. Aufgrund der relativ kurzen Zeitperiode, in der die Energiestrategie ihre Wirkung

entfalten kann, scheint die Verfolgung einer pragmatischen und auf bestehenden Ansätzen basierten Strategie sinnvoll.

5.2 Aktionsplan Energie: Drei konkrete Zielsetzungen bis 2020

Im Abschnitt 5.1 wurden verschiedene mögliche Zielszenarien für die strategische Massnahmenplanung im Fürstentum Liechtenstein beschrieben. Aufgrund einer qualitativen Bewertung wurde das Zielszenario 2 als Grundlage für die weitere Massnahmenplanung ausgewählt. In diesem Abschnitt werden die Zielvorgaben des Zielszenarios 2 (Tabelle 26) nun in drei konkreten Zielsetzungen für das Jahr 2020 formuliert.

Tabelle 26: Zielwerte Energiedaten gemäss Zielszenario 2

	2008	2020
Energiebedarf	1390 GWh	1390 GWh (+/-0%)
Anteil einheimische, erneuerbare Energieträger	8.2%	20%
Treibhausgasausstoss	263 Gg	184 Gg (-20% ¹¹¹)

Als wichtigste Eckpunkte umfasst das Zielszenario 2 eine Stabilisierung des Gesamt-Endenergiebedarfs auf dem Niveau von 2008, eine deutliche Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger auf 20% des Gesamtverbrauchs sowie eine signifikante Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20% gegenüber dem Niveau des Jahres 1990.

Da das Fürstentum Liechtenstein im Rahmen seiner EWR-Verpflichtungen mit der Umsetzung verschiedener Richtlinien betraut ist, liegt es nahe, sich bei der Zielsetzung auch an den übergeordneten Zielen der Europäischen Union zu orientieren. Diese umfasst wie im Kapitel 3.3.1 beschrieben drei Hauptziele (die sogenannten 20-20-20-Ziele), welche bis im Jahr 2020 umgesetzt werden sollen: Steigerung der Energieeffizienz um 20%, Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien um 20% und Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20% gegenüber dem Jahr 2005.

Diese drei Kernelemente decken sich bereits stark mit den Zielwerten des Zielszenarios 2. Die Stabilisierung des Energiebedarfs bei weiterhin steigender Wirtschaftsleistung und Bevölkerungszahl soll im Wesentlichen durch Effizienzsteigerungen erreicht werden. Die Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger stellt eine stärker auf die Eigenversorgung und damit auf die Versorgungssicherheit abgestützte Formulierung des zweiten Kernziels dar. Die Klimaziele decken sich ebenfalls, mit Ausnahme des Referenzjahrs, welches beim Zielszenario 2 im Jahr 1990 liegt und damit grössere Reduktionsbeiträge erfordert.

¹¹¹ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gg betrug.

Die Zielwerte sind stark voneinander abhängig, wodurch eine gesonderte Betrachtung wenig Sinn macht. Grundsätzlich konkurrieren sich die Ziele aber nicht, sondern unterstützen sich. Kann der Gesamt-Energiebedarf stabilisiert oder reduziert werden, wird die Zielerreichung beim Anteil erneuerbarer, einheimischer Energien leichter zu erreichen sein. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen geht Hand in Hand mit der vermehrten Verwendung erneuerbarer, einheimischer Energieträger und profitiert natürlich ebenso von einer Verbrauchsstabilisierung.

Die drei Zielsetzungen bilden die Grundlage des Aktionsplans Energie 2020, welcher auch konkrete Massnahmen vorschlägt, um diese drei Zielsetzungen mit möglichst effizientem Mitteleinsatz zu erreichen (Abschnitt 6). Die Zielsetzungen sollen den Willen Liechtensteins unterstreichen, die internationalen Verpflichtungen zu erfüllen und die Zielsetzungen der EU zu erreichen oder zu übertreffen. Die Berechnungen der Zielwerte orientieren sich an den Angaben zum Zielszenario 2 im Abschnitt 5.1.2 und beziehen sich alle auf das Jahr 2020.

5.2.1 Ziel 1: Erhöhung der Energieeffizienz um 20% zur Verbrauchsstabilisierung

Der jährliche Verbrauchszuwachs in den vergangenen 20 Jahren lag im Schnitt bei rund 1.55%. Dies führte gemäss Energiestatistik 2010 bis zum Jahr 2008 zu einem Gesamt-Endenergiebedarf von 1390 GWh/Jahr. Es wird erwartet, dass der Verbrauchszuwachs ohne Massnahmen aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung sowie aufgrund des fortschreitenden Bevölkerungswachstums auch in der Zukunft bei rund 1.55% pro Jahr liegen würde und so bis zum Jahr 2020 eine weitere Verbrauchszunahme um 20% oder 282 GWh/Jahr auf insgesamt 1672 GWh/Jahr resultieren würde.

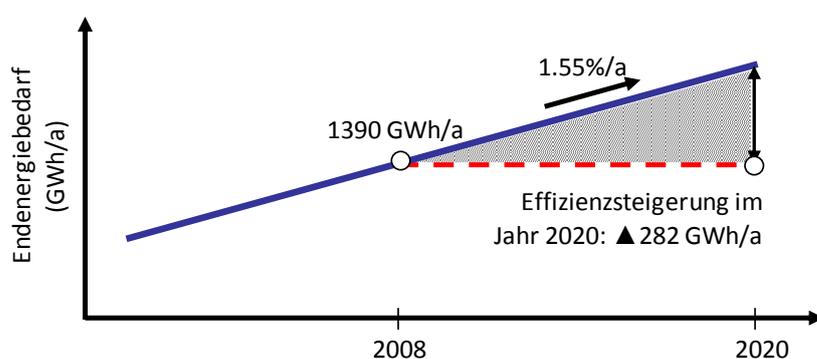


Abbildung 22: Erhöhung der Energieeffizienz um 20% bis 2020 zur Verbrauchsstabilisierung gegenüber einer weiteren Steigerung des Energiebedarfs um 1.55% pro Jahr

Das Effizienz-Ziel strebt die Durchbrechung dieses Trends durch die Steigerung der Energieeffizienz an und strebt nach einer Stabilisierung des Gesamt-Endenergiebedarfs bei 1390 GWh/Jahr. Durch einen effizienteren Einsatz der Energie soll der gesamte Verbrauchszuwachs zwischen den Jahren 2008 und 2020 vollständig kompensiert werden. Bis im Jahr 2020 müssen daher jährlich steigende Anstrengungen zur Effizienzverbesserung unternommen werden.

rung vorgenommen werden, welche im Jahr 2020 rund 282 GWh betragen werden. Die dazu nötige kumulierte Energieeinsparung über die Jahre entspricht der schraffierten Fläche in der Abbildung 22.

Gemäss der Energiestatistik 2010 liegt dieses Ziel mit 1376 GWh Endenergiebedarf im Jahr 2010 noch in Reichweite, wobei aber ein ausserordentlicher Verbrauchsrückgang um 2.5% im Jahr 2009 zur günstigen Ausgangslage beiträgt.

5.2.2 Ziel 2: Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger auf 20%

Im Jahr 2008 betrug gemäss der Energiestatistik 2010 der Anteil der erneuerbaren, einheimischen Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf 8.2% (114 GWh). Dieser Anteil soll bis im Jahr 2020 auf 20% gesteigert werden.

Je nach Erreichung des Stabilisierungsziels (Ziel 1) müssen dazu unterschiedlich grosse Potentiale an erneuerbaren Energiequellen im Inland erschlossen werden. Wird das Stabilisierungsziel bis 2020 vollständig erreicht, dann entspricht der Anteil an 20% erneuerbaren, einheimischen Energieträgern im Jahr 2020 dem Betrag von 278 GWh/Jahr. Dies bedeutet eine Steigerung um 143% oder um 164 GWh/Jahr gegenüber der absoluten Energiemenge im Jahr 2008 (Abbildung 23). Wird das Stabilisierungsziel verfehlt, steigt die zur Zielerreichung benötigte Energie aus erneuerbaren, einheimischen Energieträgern entsprechend an.

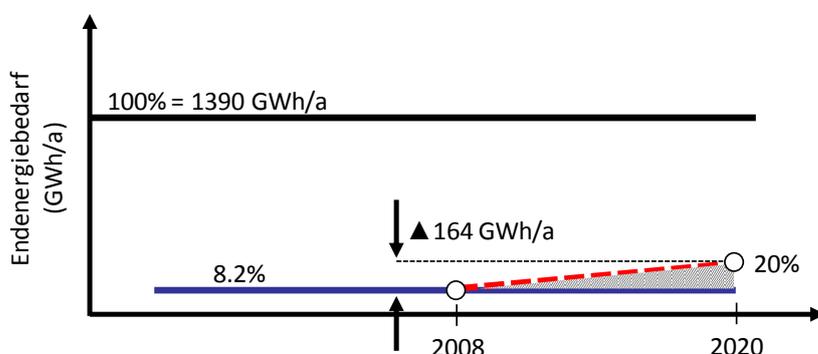


Abbildung 23: Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger auf 20% bis ins Jahr 2020

Im Jahr 2010 betrug der Anteil erneuerbarer, einheimischer Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf 9.4%. Dieser Anteil entspricht zugleich der aktuellen Eigenversorgungsquote.¹¹² Eine ausschliessliche Versorgung mit erneuerbarer Energie bis ins Jahr 2020 wäre auch bei sehr grossen Anstrengungen höchst unrealistisch.¹¹³

¹¹² Der Anteil der erneuerbaren, einheimischen Energie macht im Jahr 2010 nur rund die Hälfte der gesamten erneuerbaren Energie aus. Die erneuerbaren Energieträger als Ganzes konnten in den letzten Jahren insbesondere durch die Inbetriebnahme der Dampfleitung von der KVA Buchs signifikant gesteigert werden (50% erneuerbarer Anteil).

5.2.3 Ziel 3: Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber dem Jahr 1990

Das Klimaziel dieser Energiestrategie ist eng mit den Verpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Protokolls und allfälligen Nachfolge-Abkommen verknüpft. Da die Regierung des Fürstentums Liechtenstein bereits eine Reduktion des Treibhausgasausstosses bis ins Jahr 2020 um 20% gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 beschlossen hat,¹¹⁴ bildet diese Vorgabe die Basis für das Klimaziel.

Die Treibhausgasemissionen im Jahr 1990 lagen bei knapp 230 Gg CO₂ eq.¹¹⁵ Entsprechend müssen die Emissionen gemäss den folgenden Verpflichtungen gegenüber dem Niveau von 1990 gesenkt werden:

- Kyoto-Protokoll: Um 8% auf rund 211 Gg CO₂ eq pro Jahr bis ins Jahr 2012
- Copenhagen Accord und Beschluss der Regierung:¹¹⁴ Um 20% auf ca. 184 Gg CO₂ eq pro Jahr bis im Jahr 2020
- Eine weitergehende, bisher nicht verpflichtende Reduktion um 30%, welche bislang mit dem Nachziehen anderer Staaten verknüpft ist, würde eine Senkung auf rund 161 Gg CO₂ eq bis ins Jahr 2020 bedeuten.¹¹⁴

Diesen Zielwerten entgegengesetzt, betragen die effektiven Treibhausgasemissionen im Jahr 2008 rund 263 Gg CO₂ eq.¹¹⁵ Ohne Massnahmen wird der erwartete Treibhausgasausstoss für das Jahr 2020 gemäss dem 5. Klimabericht auf ca. 262 Gg CO₂ eq geschätzt.¹¹⁶ Damit betragen die zielrelevanten, jährlichen CO₂-Einsparungen 78 Gg CO₂ eq, um im Jahr 2020 184 Gg CO₂ eq zu erreichen.

Gemäss dem Zielszenario 2 (Abschnitt 5.1.2) sollen die Emissionsreduktionen vorrangig im Inland erfolgen. Die Wirkung von bereits laufenden Massnahmen gemäss dem Energieeffizienzgesetz (EEG) sowie weiteren inländischen Massnahmen wird für die Periode zwischen dem Jahr 2013 und 2020 auf 40 bis 54 Gg CO₂ eq geschätzt,¹¹⁴ was einer Senkung der CO₂-Emissionen auf 208 Gg CO₂ eq im Jahr 2020 entspricht.¹¹⁶ Dies bedeutet, dass mit bestehenden Massnahmen im Inland die Zielvorgabe von 184 Gg bis 2020 nicht erreicht wird und zusätzliche Massnahmen im Inland gemäss dieser Energiestrategie oder ein Zukauf von Zertifikaten aus dem Ausland notwendig sind. Eine weitergehende Zielsetzung auf -30% (Zielszenario 3 im Abschnitt 5.1.3) müsste ebenfalls durch zusätzliche Massnahmen oder den Zukauf von Zertifikaten im Ausland angestrebt werden.

Zudem fällt unter die erneuerbaren Energieträger auch der wachsende erneuerbare Anteil am importierten Strom aus dem europäischen Netz.

¹¹³ Droege, P., Genske, D., Jödecke, T., Roos, M., & Ruff, A. (2012). *Erneuerbares Liechtenstein*. Vaduz: Universität Liechtenstein.

¹¹⁴ Interpellationsbeantwortung der Regierung an den Landtag des Fürstentums Liechtenstein betreffend die Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen, BuA Nr. 42/2010.

¹¹⁵ Daten gemäss dem Klimainventar des Fürstentums Liechtenstein, National Inventory Report April 2012. Alle Angaben ohne Beiträge der Kategorie *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF).

¹¹⁶ Trends mit und ohne Massnahmen gemäss dem 5. Klimabericht (NC5), Amt für Umweltschutz: http://www.llv.li/pdf-llv-aus_bericht_klima_2010e.pdf

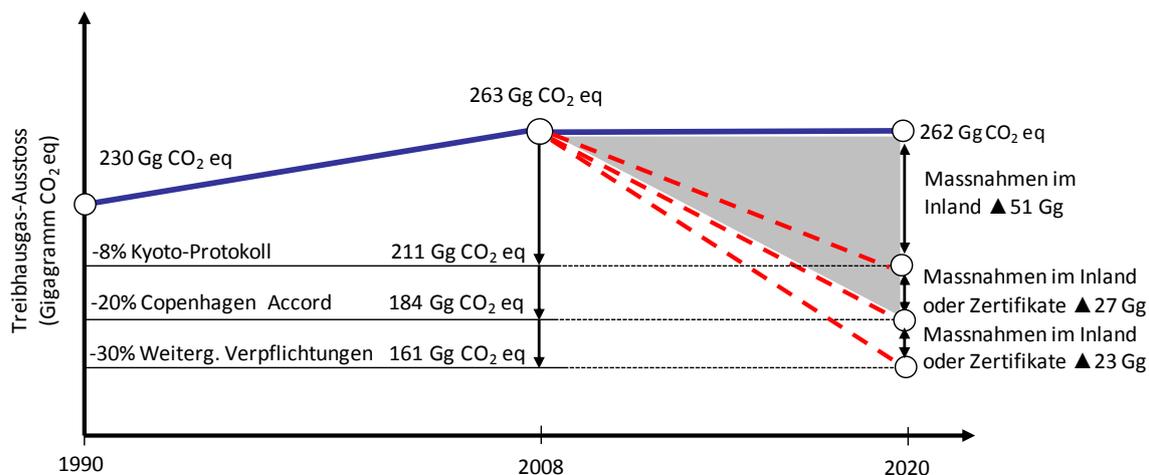


Abbildung 24: Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber dem Niveau von 1990 bis ins Jahr 2020

Die aktuellen Daten hinsichtlich der Treibhausgasemissionen gemäss Bericht zum nationalen Klimainventar¹¹⁵ machen deutlich, dass die Erreichung des Treibhausgas-Ziels eine grosse Herausforderung sein wird. Statt der geforderten Emissionsreduktion um 8% gegenüber 1990 lagen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2010 rund +11% über dem Zielwert. Daher werden ein entschiedenes Vorgehen sowie zusätzliche, effektive Massnahmen nötig sein, um das gesetzte Klimaziel zu erreichen. Die Zielerreichung der anderen Teilziele (Effizienz und erneuerbare Energien) wird entscheidend sein für den Erfolg bei diesem Ziel.

Ob zur Zielerreichung Massnahmen im Inland umgesetzt werden oder Zertifikate aus dem Ausland zugekauft werden, ist letztlich neben einer finanziellen auch eine politische Frage. Sie hängt entscheidend von den Potentialen und Kosten der CO₂-Vermeidung im Inland und den Zertifikatpreisen ab.

6 Massnahmen

Um die konkreten Zielsetzungen gemäss den Zielvorgaben der Energie-Gesamtstrategie (Abschnitt 4.2.5) umzusetzen, sind Ideen und Massnahmen nötig. In den folgenden Abschnitten wird ein Katalog an möglichen Massnahmen präsentiert, welche einen Beitrag zur Zielerreichung in den drei Teilzielen (Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Treibhausgasemissionen, vgl. Abschnitt 5.2) leisten können. Deren mögliche Beiträge zur Zielerreichung sollen abgeschätzt werden und in Bezug zu den Kosten für den Staatshaushalt gesetzt werden.

6.1 Strategische Handlungsfelder

Um die Massnahmenplanung zu strukturieren, wurden die Massnahmen in strategische Handlungsfelder eingeteilt. Jedem Handlungsfeld ist ein entsprechendes Massnahmenbündel untergeordnet (Tabelle 27). Die Massnahmen gliedern sich in die folgenden Handlungsfelder:

1. Gebäude
2. Verkehr
3. Prozesse und Geräte
4. Energieerzeugung und Beschaffung
5. Kampagne Energieland und Bewusstseinsbildung
6. Schaffung von Entscheidungsgrundlagen und Verbesserung der Datenbasis

Die einzelnen Massnahmen werden gemäss ihrem Wirkungsbereich eingeteilt in F: ‚Förderung‘, R: ‚Regulatorisch‘ und B: ‚Bewusstseinsbildung‘. Die Massnahmen weisen in unterschiedlicher Ausprägung Querbezüge zu den übergeordneten Themenbereichen ‚Energieeffizienz‘, ‚Erneuerbare Energien‘ und ‚Treibhausgasemissionen‘ auf. Die Querbezüge sind als Kreise in der Tabelle dargestellt. Ein hellgrauer Querbezug bedeutet eine schwache oder indirekte Beziehung. So wird deutlich, dass die übergeordneten Themenbereiche ‚Energieeffizienz‘ und ‚Erneuerbare Energien‘ relativ eigenständige Massnahmen aufweisen, während bei fast allen Massnahmen ein Bezug zu den Treibhausgasemissionen besteht.

Die Unterscheidung zwischen CO₂ (Inland) und CO₂ (Global) beschreibt, ob die entsprechende Massnahme vorwiegend im Inland klimawirksam ist oder ob ein externer Klimaeffekt im Ausland entsteht. Dies ist im Hinblick auf die Erfüllung des Kyoto-Protokolls relevant.

Auf die einzelnen Massnahmen wird im Abschnitt 6.2 sowie im Anhang 8.1 näher eingegangen.

Tabelle 27: Einteilung der Massnahmen in strategische Handlungsfelder und Querbezüge zu den übergeordneten Themen Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Treibhausgasemissionen. F: Förderung, R: Regulatorisch, und B: Bewusstseinsbildung. Hellgrauer Ring: Schwacher oder indirekter Bezug

Nummer	Bereich und Massnahme	Typ	Energie-Effizienz*	Erneuerbare Energien	Treibhausgasemissionen	
					CO ₂ (Inland)	CO ₂ (Global)
1	Gebäude					
1.1	Energetische Gebäudesanierung (Wärmedämmung bestehender Bauten, Art 3.1.a EEG)	F	o		o	o
1.2	Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)	F	o		o	o
1.3	Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz + Pellets (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)	F		o	o	o
1.4	Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)	F	o		o	o
1.5	Haustechnikanlagen: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)	F		o	o	o
1.6	Vorschriften Neubauten	R	o	o	o	o
1.7	Stromeffizienz in grossen Gebäuden	F	o			o
1.8	Ersatz von Umwälzpumpen	F	o			o
1.9	Vermehrte Anwendung Gebäudeenergieausweis	F	o		o	o
1.10	Zinsgünstige Darlehen für Energiesparmassnahmen und erneuerbare Energien	F	o	o	o	o
2	Verkehr					
2.1	Mobilität und Raumplanung	G	o		o	o
2.2	Öffentlicher Verkehr	F	o		o	o
2.3	S-Bahn	F	o		o	o
2.4	Langsam- resp. Aktivverkehr	F	o		o	o
2.5	Mobilitätsmanagement in Betrieben	F	o		o	o
2.6	Energieeffiziente Fahrweise	F	o		o	o
2.7	Absenkung Treibstoffverbrauch und CO ₂ -Emissionen	F	o		o	o

Nummer	Bereich und Massnahme	Typ	Energie-Effizienz*	Erneuerbare Energien	Treibhausgasemissionen	
					CO ₂ (Inland)	CO ₂ (Global)
2.8	Elektrofahrzeuge	F	o		o	o
3	Prozesse und Geräte					
3.1	Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung	R	o			o
3.2	Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe	F, R	o		o	o
3.3	Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze bei sinnvoller Konstellation	F	o		o	o
3.4	Anreizsystem für Energieversorger	F	o		o	o
3.5	Smart Energy	F, B	o		o	o
3.6	Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserreinigung	F, B	o	o	o	o
4	Energieerzeugung und Beschaffung					
4.1	Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG)	F		o		o
4.2	Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG)	F	o		o	o
4.3	Wasserkraftwerke			o		o
4.4	Holzheizwerke			o	o	o
4.5	Windkraftwerke			o		o
4.6	Biogasnutzung			o	o	o
4.7	Tiefengeothermie			o	o	o
4.8	Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie			o	o	o
5	Kampagne Energieland und Bewusstseinsbildung					
5.1	Energiestädte	B	o	o	o	o
5.2	Aus- und Weiterbildung	B			o	o
5.3	Bewusstseinsbildung	B			o	o

Nummer	Bereich und Massnahme	Typ	Energie-Effizienz *	Erneuerbare Energien	Treibhausgasemissionen	
					CO ₂ (Inland)	CO ₂ (Global)
5.4	Publizierung von Best-Practice-Beispielen	B			o	o
5.5	Energiefachstelle als Anlaufstelle	B			o	o
5.6	Energiecoaching	B			o	o
5.7	Vorbildfunktion der öffentlichen Hand	B			o	o
5.8	Unterstützung von privaten Initiativen	F	o	o	o	o
5.9	Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen	F	o			o
5.10	Ersatz alter Haushaltgeräte und Elektroboiler mit Vor-Ort-Beratung	F, B	o			o
5.11	Lampendoktor	F,B	o			o
6	Schaffung von Entscheidungsgrundlagen und Verbesserung der Datenbasis					
6.1	Energiestatistik		o	o	o	o
6.2	Potentialstudien Energieeffizienz		o		o	o
6.3	Energiekataster Gebäudepark Liechtenstein		o		o	o
6.4	Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes		o	o	o	o

* Bei etlichen der unter ‚Energieeffizienz‘ geführten Massnahmen besteht ein enger Zusammenhang zu Suffizienzmassnahmen.

6.2 Massnahmenkatalog

Der folgende Abschnitt fasst die geschätzten Beiträge der einzelnen Massnahmen zur Zielerreichung in den drei Bereichen ‚Energieeffizienz‘, ‚Erneuerbare Energien‘ und ‚Treibhausgasemissionen‘ zusammen. Die Werte in der Tabelle 28 sind den Berechnungen und Schätzungen der detaillierten Massnahmenblätter im Anhang 8.1 entnommen. Für das Verständnis der Tabelle 28 werden folgende Begriffsdefinitionen eingeführt:

Das **Theoretische Potential** bezeichnet das geschätzte, insgesamt vorhandene Potential einer Massnahme gegenüber dem Stand 2008 ohne Berücksichtigung der Machbarkeit (technische Faktoren, Kosten, Akzeptanz, etc.).

Ziel 2020 bezeichnet das bis 2020 technisch erschliessbare Potential.¹¹⁷ Die Werte der Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG) entsprechen einer unveränderten Fortführung der bereits seit 2008 laufenden Massnahmen.¹¹⁸

Kosten bezeichnet die Förderkosten, welche dem Staat im bezeichneten Jahr mutmasslich entstehen. Die Angabe erfolgt in Bezug auf die Menge der eingesparten oder zusätzlich produzierten Energie sowie in Bezug auf die vermiedene Tonne an CO₂-Emissionen.

Treibhausgasemissionen bezeichnet die eingesparte oder zusätzlich emittierte Menge an CO₂ pro Jahr. Einsparungen haben ein positives Vorzeichen. Bei der Berechnung der Klimawirksamkeit von Massnahmen wird unterschieden zwischen einer Inland-Perspektive und einer globalen Perspektive. Werden durch die Substitution oder Einsparung von fossilen Brenn- und Treibstoffen im Inland Treibhausgasemissionen im Inland reduziert, so werden diese Einsparungen sowohl unter ‚CO₂ (Inland)‘ als auch unter ‚CO₂ (Global)‘ bilanziert. Werden dagegen durch Massnahmen, welche im Inland Auswirkungen auf den Strombedarf haben, die Stromimporte aus dem Ausland verändert, dann werden die entsprechenden Treibhausgasemissionen aus der Stromproduktion im Ausland unter ‚CO₂ (Global)‘ berücksichtigt. Zur Berechnung des Treibhausgaspotentials bei der Substitution fossiler Brennstoffe im Inland wurde der Emissionsfaktor 0.219 t CO₂/MWh verwendet.¹¹⁹ Werte in Klammern mit Stern (*) in Tabelle 28 kennzeichnen die Werte für CO₂ (Global) und wurden durch den Emissionsfaktor 0.432 t CO₂/MWh_{el} unter Berücksichtigung des europäischen Elektrizitätsmix berechnet.¹²⁰

Für die Treibhausgas-Bilanz gemäss Kyoto-Protokoll sind nur die Werte unter CO₂ (Inland) relevant, da die Emissionen im Ausland nicht in der nationalen Klimabilanz des Fürsten-

¹¹⁷ Diese Grösse entspricht nicht der kumulierten Wirkung einer Massnahme über ihre gesamte Lebensdauer. Sie entspricht auch nicht den Zielwerten gemäss Zielszenario 2 (Abschnitt 5.1.2 auf Seite 87).

¹¹⁸ Inwieweit diese Massnahmen bereits zur Zielerreichung beitragen, wird im Abschnitt 6.3.2 diskutiert.

¹¹⁹ Basis: Öl/Gas-Verhältnis des Jahres 2007, Berechnung auf der Basis der Energiestatistik. Bei abweichendem Energieträger (z.B. Benzin) wurden angepasste Emissionsfaktoren benutzt und deklariert.

¹²⁰ Gemäss den Angaben für das Jahr 2009 des *European Network of Transmission Systems Operators Continental Europe* (ENTSO-E), vormals *Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity* (UCTE).
<https://www.entsoe.eu/the-association/members/>

tums Liechtenstein erscheinen.¹²¹ Die Treibhausgasemissionen des importierten Stroms werden dem exportierenden Land angelastet.

Für die Bilanzierung aller Massnahmen gilt das Referenzjahr 2008. Alle Zahlenwerte sind Abschätzungen und mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Zudem waren im Rahmen der Erarbeitung dieser Energiestrategie die erwarteten Beiträge und Potentiale nicht bei allen Massnahmen quantifizierbar.

¹²¹ Klimainventare des Fürstentum Liechtenstein, Amt für Umweltschutz:
<http://www.llv.li/amtsstellen/llv-aus-klimaschutz/llv-aus-klimainventare.htm>

Tabelle 28: Übersicht über die Massnahmen der Energiestrategie 2020 und deren abgeschätzte Beiträge zur Erreichung des Zielwerts des Zielszenarios 2. Definition der Kategorien im Text, detaillierte Beschreibungen und Berechnungen der Massnahmen im Anhang 8.1

	Energieeffizienz			Erneuerbare, einheimische Energieträger			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)			
	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	
	(GWh/a)	(GWh/a)	(Rp./kWh)	(GWh/a)	(GWh)	(Rp./kWh)	(Gg CO ₂ /a)	(Gg CO ₂ /a)	(CHF/tCO ₂)	
1 Massnahmen Gebäude										
1.1 Energetische Gebäudesanierung (Wärmedämmung bestehender Bauten, Art 3.1.a EEG)	250	37.5	2.7				(*)	54.8	8.2	122
1.2 Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)	50	4.4	3.6				(*)	11	1.0	164
1.3 Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz + Pellets (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)				77	37.6	1.3	(*)	16.8	8.2	59
1.4 Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)	115	49.8	0.9				(*)	37.8	16.3	27
1.5 Haustechnikanlagen: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)				36	16	3.6	(*)	7.9	3.5	165
1.6 Vorschriften Neubauten	7.2	7.2					(*)	1.6	1.6	
1.7 Stromeffizienz in grossen Gebäuden	1.6	1.6	1.0				(*)	0.7	0.7	23
1.8 Ersatz von Umwälzpumpen	1.4	1.4	5.6				(*)	0.6	0.6	130
1.9 Vermehrte Anwendung Gebäudeenergieausweis										
1.10 Zinsgünstige Darlehen für Energiesparmassnahmen										
Teilsomme Massnahmenbündel 1	425.2	101.9		113	53.6		(*)	129.9	38.8	
								106.4	29.4	

	Energieeffizienz			Erneuerbare, einheimische Energieträger			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)		
	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten
	(GWh/a)	(GWh/a)	(Rp./kWh)	(GWh/a)	(GWh)	(Rp./kWh)	(Gg CO ₂ /a)	(Gg CO ₂ /a)	(CHF/tCO ₂)
2 Massnahmen Verkehr									
2.1	Mobilität und Raumplanung								
2.2	Öffentlicher Verkehr	112	5				(*)	26.1	1.2
								26.1	1.2
2.3	S-Bahn								
2.4	Langsam- resp. Aktivverkehr								
2.5	Mobilitätsmanagement in Betrieben	51	4.5				(*)	11.9	1.1
								11.9	1.1
2.6	Energieeffiziente Fahrweise								
2.7	Absenkung Treibstoffverbrauch und CO ₂ -Emissionen								
2.8	Elektrofahrzeuge							81.9	8.2
		175	12.5				(*)	5.9	0.5
Teilsomme Massnahmenbündel 2		338	22				(*)	119.9	10.5
								43.9	2.8
3 Massnahmen Prozesse und Geräte									
3.1	Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung	52	27				(*)	22.4	11.6
3.2	Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe	84	37.5				(*)	11.4	4.5
								25.3	7.1
3.3	Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze bei sinnvoller Konstellation	40	9				(*)	8.8	2.0
								8.8	2.0
3.4	Anreizsystem für Energieversorger	79	47.2				(*)	7.9	4.8
								24.7	14.8
3.5	Smart Energy								
3.6	Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung -und Abwasserreinigung								
Teilsomme Massnahmenbündel 3		255	120.7				(*)	28.1	11.3
								81.2	35.5

	Energieeffizienz			Erneuerbare, einheimische Energieträger			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)			
	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	
	(GWh/a)	(GWh/a)	(Rp./kWh)	(GWh/a)	(GWh)	(Rp./kWh)	(Gg CO ₂ /a)	(Gg CO ₂ /a)	(CHF/tCO ₂)	
4 Massnahmen Energieerzeugung und Beschaffung										
4.1 Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen** (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG) (bezogen auf kWh _{el})				104	26.2	4 -20	(*)	44.9	11.3	93-464
4.2 Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG) (bezogen auf kWh _{el})	12.5	5.7	6.7				(*)	-2.5 2.9	-1.1 1.3	-337 285
4.3 Wasserkraftwerke Trinkwasser				0.3	0.3		(*)	0.1	0.1	
Wasserkraftwerke Kleinwasserkraft				5.6	2.7		(*)	12	1.1	
Wasserkraftwerke Rhein				210	80		(*)	90	35	
4.4 Holzheizwerke (Projekte Balzers und Malbun)				20	20	1.1	(*)	4.4 4.4	4.4 4.4	50 50
4.5 Windkraftwerke				10	3.3		(*)	4.3	1.4	
4.6 Biogasnutzung				5.5	5.5		(*)	1.2 1.2	1.2 1.2	
4.7 Tiefengeothermie Strom und Wärme				75	23		(*)	15.3 17.5	3.9 6.1	
4.8 Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie										
Teilsomme Massnahmenbündel 4	12.5	5.7		430.4	161.0		(*)	18.4 177.3	8.4 61.9	

	Energieeffizienz			Erneuerbare, einheimische Energieträger			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)		
	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten	Theor. Potential	Ziel 2020	Kosten
	(GWh/a)	(GWh/a)	(Rp./kWh)	(GWh/a)	(GWh)	(Rp./kWh)	(Gg CO ₂ /a)	(Gg CO ₂ /a)	(CHF/tCO ₂)
5 Massnahmen Kampagne Energieland und Bewusstseinsbildung									
5.1 Energiestädte									
5.2 Aus- und Weiterbildung									
5.3 Bewusstseinsbildung									
5.4 Publizierung von Best-Practice-Beispielen									
5.5 Energiefachstelle als Anlaufstelle									
5.6 Energiecoaching									
5.7 Vorbildfunktion der öffentlichen Hand									
5.8 Unterstützung von privaten Initiativen									
5.9 Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen	5.8	2.4	2.2				(*)	2.6	1.0
5.10 Ersatz alter Haushaltgeräte und Elektroboiler mit Vor-Ort-Beratung	9	9	1.5				(*)	3.9	3.9
5.11 Lampendoktor	9	9	1.5				(*)	3.9	3.9
Teilsomme Massnahmenbündel 5	23.8	20.4	5.2				(*)	10.4	8.8
6 Massnahmen Schaffung von Entscheidungsgrundlagen und Verbesserung der Datenbasis									
6.1 Energiestatistik									
6.2 Potentialstudien Energieeffizienz									
6.3 Energiekataster Gebäudepark Liechtenstein									
6.4 Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes									
Teilsomme Massnahmenbündel 6									
Gesamtsumme	1055	271		543	215		(*)	296	69
								419	138

** Bei der Photovoltaik wird eine deutliche Kostensenkung erwartet. 20 Rp./kWh entsprechen den effektiven Kosten für den Staatshaushalt im Jahr 2010. Für das Jahr 2011 wird mit 14 Rp./kWh, für 2012 mit 7.3 Rp./kWh, für 2013 mit 3.7 Rp./kWh und für 2014 mit 2 Rp./kWh gerechnet. Dies entspricht Förderkosten von 464 CHF/tCO₂ (2010), 325 CHF/tCO₂ (2011), 170 CHF/tCO₂ (2012), 85 CHF/tCO₂ (2013) und 47 CHF/tCO₂ (2014).

6.3 Diskussion

6.3.1 Ziele

Zum Vergleich der Massnahmen mit den Zielvorgaben wurden in Tabelle 29 nochmals die Zielvorgaben gemäss dem Aktionsplan Energie (Abschnitt 5.2) zusammengefasst.

Tabelle 29: Übersicht über die notwendigen Beträge zur Erreichung des Zielwertes des Zielszenarios 2 (Verbrauchsstabilisierung durch Effizienzmassnahmen und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitiger Reduktion der CO₂-Emissionen') und der damit verbundenen Kernziele des Aktionsplans Energie

	Energieeffizienz	Erneuerbare, einheimische Energieträger	Treibhausgasemissionen
Kernziel des Aktionsplan Energie für das Jahr 2020	Ziel 1: Erhöhung der Energieeffizienz um 20% zur Verbrauchsstabilisierung	Ziel 2: Erhöhung des Anteils erneuerbarer, einheimischer Energieträger auf 20%	Ziel 3: Reduktion des Treibhausgasausstosses um 20% gegenüber dem Jahr 1990
Zielwerte gemäss Zielszenario 2 für das Jahr 2020	1390 GWh/Jahr (+/-0%) ¹²²	278 GWh/Jahr (20%) ¹²³	184 Gg CO ₂ eq/Jahr (-20%) ¹²⁴
Notwendige Veränderung für das Jahr 2020	-282 GWh/Jahr ¹²⁵	+164 GWh/Jahr ¹²⁶	-78 Gg CO ₂ eq/Jahr ¹²⁷

6.3.2 Zielerreichung mit Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)

Das EEG trat im Fürstentum Liechtenstein am 1. Juni 2008 in Kraft und unterstützt Bemühungen für einen effizienten und sparsamen Umgang mit Energie durch vielfältige staatliche Förderbeiträge. Es deckt dabei eine Reihe an Massnahmen ab, welche im Abschnitt 6.2 ‚Massnahmenkatalog‘ entsprechend gekennzeichnet sind und deren Weiterführung im Grundsatz zurzeit nicht in Frage steht.

Im Speziellen sind aber auch bei den bestehenden Massnahmen durchaus Anpassungen oder Erweiterungen denkbar, um die Wirkung der eingesetzten staatlichen Fördermittel

¹²² Gegenüber dem Niveau des Jahres 2008.

¹²³ Anteil am Gesamt-Endenergiebedarf im Jahr 2020.

¹²⁴ Im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990, welches 230 Gg betrug.

¹²⁵ Die Notwendigkeit einer Verbrauchsreduktion trotz identischem Zielwert im Jahr 2020 im Vergleich zum Wert im Jahr 2008 ergibt sich aus dem erwarteten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Dieses führt ohne Umsetzung effizienzsteigernder Massnahmen zu einer erwarteten jährlichen Steigerung des Gesamtenergiebedarfs von 1.55%.

¹²⁶ Gegenüber dem Wert des Jahres 2008. Dieser Wert gilt nur bei Erfüllung des Stabilisierungsziels durch Effizienzmassnahmen. Andernfalls gilt das 20%-Ziel.

¹²⁷ Gegenüber den Emissionen ohne Massnahmen im Jahr 2020 (262 Gg), vgl. Abschnitt 5.2.3.

zu maximieren. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, den Beitrag dieser bereits laufenden Massnahmen zur Zielerreichung abzuschätzen, die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Massnahmen zu beurteilen und damit die Grundlage für die zukünftige Mittelallokation zu liefern.

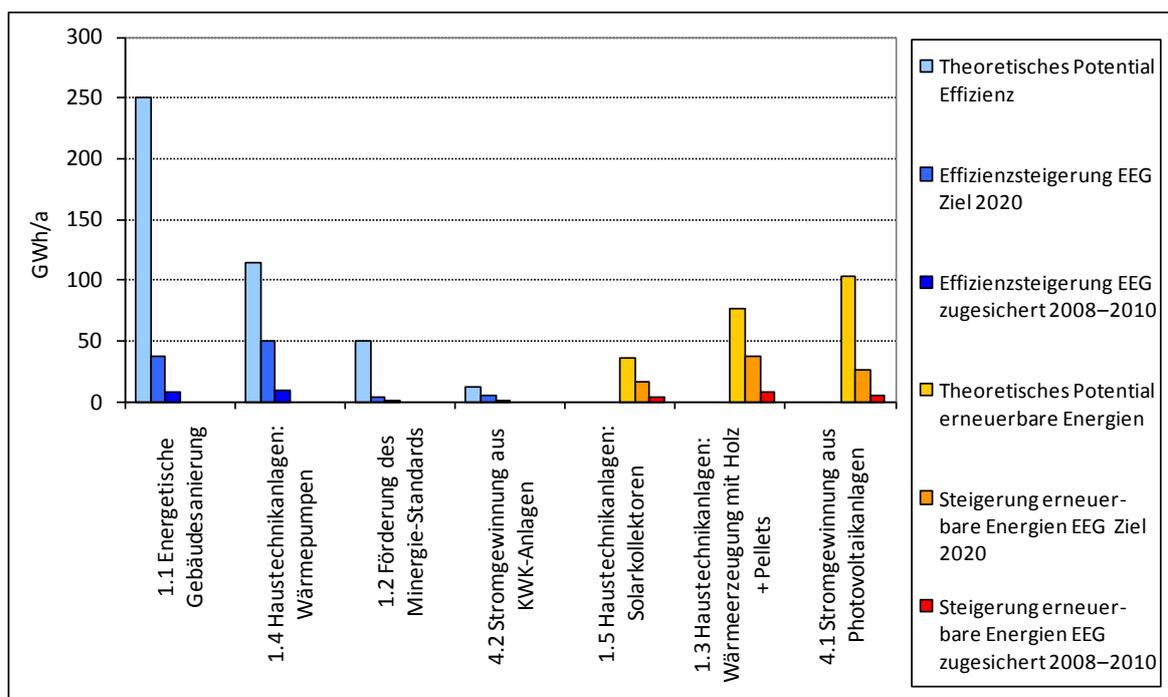


Abbildung 25: Theoretische Potentiale, bis im Jahr 2020 realisierbare und bereits zugesicherte Beiträge der Fördermassnahmen gemäss EEG bei unveränderter Fortführung

Abbildung 25 zeigt für die einzelnen Massnahmen des EEG die theoretisch erschliessbaren Potentiale¹²⁸ (hellblaue und gelbe Balken), die in der Betrachtungsperiode zwischen 2008 und 2020 technisch realisierbaren Potentiale (mittelblaue und orange Balken), sowie die bereits durch Fördermittel zugesicherten Potentiale (dunkelblau und rote Balken). Die theoretischen Potentiale übertreffen bei unveränderter Weiterführung des EEG die bis ins Jahr 2020 erreichbaren Einsparungen und zusätzlichen Nutzungen bei allen Massnahmen deutlich. Dies bedeutet, dass in allen Bereichen noch genügend Spielraum für eine effiziente Weiterführung oder Erweiterung der Aktivitäten vorhanden sein sollte. Die bereits zugesicherten Anteile sollten sich bis im Jahr 2020 den Werten der mittleren Balken annähern oder diese übertreffen.

Die Summe aller theoretischen Effizienzpotentiale der Massnahmen gemäss EEG in der Abbildung 25 liegt bei 428 GWh/a, die Steigerung erneuerbarer Energien bei 217 GWh/a. Zum Vergleich lag der gesamte Endenergieverbrauch des Fürstentums Liechtenstein gemäss Energiestatistik im Referenzjahr 2008 bei 1390 GWh/a.¹²⁹ Die Summe der theoretischen

¹²⁸ Definition der Begrifflichkeiten im Abschnitt 6.2 auf Seite 103.

¹²⁹ Für die Bilanzierung aller Massnahmen wird das Referenzjahr 2008 verwendet, vgl. dazu Abschnitt 4.2.5.

schen Potentiale der über das EEG abgedeckten Massnahmen liegt also bei rund 46% des Gesamt-Endenergiebedarfs des Landes. Die grosse Differenz zwischen den theoretischen Potentialen und den bis im Jahr 2020 zu realisierenden Zielwerten in der Abbildung 25 weist zudem darauf hin, dass im System des EEG und den entsprechenden Massnahmen gegenüber einer unveränderten Weiterführung noch viel Raum für zusätzliche Einsparungen und eine verstärkte Nutzung erneuerbarer, einheimischer Energieträger vorhanden sein dürfte.

Die unter ‚Ziel 2020‘ aufgeführten und bis 2020 aus technischer Sicht realisierbar erscheinenden Effizienzsteigerungen ergeben in der Summe 97 GWh/a, die zusätzlich zu produzierenden erneuerbaren Energien 80 GWh/a (Abbildung 26). Würden ausschliesslich die Massnahmen des EEG wie bisher fortgeführt, dann würde demnach bis 2020 ein Mehrverbrauch von 185 GWh/a resultieren und das Stabilisierungsziel wäre infrage gestellt. Der Mehrverbrauch wäre zudem deutlich grösser als die zusätzlich erschlossenen erneuerbaren Energien im Wert von 80 GWh/a. Daher müsste die Differenz durch zusätzliche Energieimporte und fossile Energien gedeckt werden, was sich wiederum negativ auf das Klimaziel auswirken würde. Damit ist klar, dass die drei Teilziele stark voneinander abhängig sind und eine Zielverfehlung bei einem Ziel die Erreichung der anderen Ziele ebenfalls gefährdet.

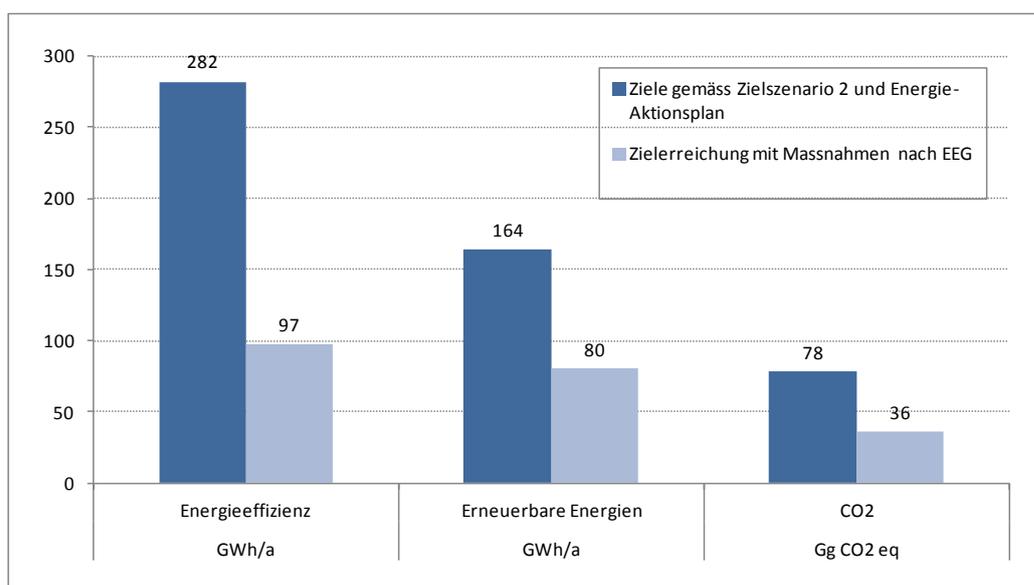


Abbildung 26: Anteil der Massnahmen nach EEG an der Zielerreichung gemäss Zielszenario 2 und Aktionsplan Energie im Jahr 2020

Mit den im EEG festgelegten Massnahmen kann bei erfolgreicher Weiterführung im gleichen Rahmen nur ein Teil des Gesamtziels für das Jahr 2020 erreicht werden. Es sind daher weitere Anstrengungen und Massnahmen nötig, um die drei Zielsetzungen des Aktionsplans Energie (Abschnitt 5.2) im Jahr 2020 vollständig zu erreichen oder zu übertreffen. Dazu stehen eine Reihe an weiteren Massnahmen zur Diskussion (Tabelle 28 auf Seite 105), welche zur Füllung dieser Lücke beitragen könnten.

6.3.3 Kosteneffizienz der Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)

Das Verhältnis von Kosten und Wirkung über die Lebensdauer der einzelnen Massnahmen gemäss EEG kann anhand der für die erzielte Einsparung respektive Mehrproduktion an erneuerbaren Energien ausgegebenen staatlichen Förderkosten bewertet werden.

In der Abbildung 27 sind die einzelnen Massnahmen gemäss EEG in Abhängigkeit der staatlichen Förderbeiträge pro kWh Energie dargestellt. Es zeigt sich, dass unter gegenwärtigen Preisverhältnissen die Förderung der Wärmepumpentechnologie, von Holz- und Pelletfeuerungen sowie von verbesserten Wärmedämmungen ein vergleichsweise vorteilhaftes Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweisen.

Die Photovoltaik stellt einen Sonderfall dar, weil bei dieser Technologie in den vergangenen Jahren die Modulpreise um mehr als 50% gesunken sind (vgl. Abbildung 17 auf Seite 66). Bei gemäss Erwartungen weiter sinkenden Preisen wirkt sich dies direkt positiv auf die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie in der Zukunft aus. Aufgrund der Kostensenkungen können die Förderkosten angepasst werden und weitere Modelle werden für die Investoren attraktiv (siehe ‚Eigenverbrauchsmodell‘ in der Grafik)¹³⁰. Dies trägt zu einer abnehmenden Belastung der Staatskasse durch die Förderbeiträge bei. In naher Zukunft kann für die Photovoltaik bei verminderter Direktförderung von 500 CHF/kWp und ohne Einspeisevergütung (Eigenverbrauchsmodell) mit Gestehungskosten von 2 Rp./kWh für den Staatshaushalt gerechnet werden. Unter diesen Gesichtspunkten stellt die Photovoltaik eine äusserst attraktive Technologie dar, die sich insbesondere auch gut mit der Wärmepumpentechnologie ergänzt, welche in Bezug auf die Förderung ebenfalls vorteilhafte Kosten für den Staatshaushalt aufweist.

Ein direkter Vergleich des Kosten/Nutzen-Verhältnisses von Massnahmen, welche der Wärmebereitstellung dienen (z.B. thermische Sonnenkollektoren) mit Massnahmen zur Stromproduktion (z.B. Photovoltaik) ist streng genommen nicht zulässig, da ein solcher Vergleich die höhere Wertigkeit des Stroms nicht berücksichtigt. Aus einer Kilowattstunde Strom lassen sich über den Wärmepumpenprozess mindestens drei Kilowattstunden Umweltwärme auf tiefem Temperaturniveau gewinnen. Diese Betrachtungsweise relativiert die vergleichsweise höheren Förderkosten für Solarstrom oder KWK-Strom, wenn damit über Wärmepumpen Heizwärme gewonnen wird (vgl. dazu Abbildung 16 auf Seite 66).

Ebenfalls ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bei Neubauten und bei der Sanierung von Bestandsbauten in der Förderstruktur zu berücksichtigen. Im Bestand ist es im Gegensatz zum Neubau teils schwierig, eine optimale Dämmung der Gebäudehülle nachträglich zu erreichen. Gewisse Vorgaben können durch die bestehende Gebäudetechnik bestehen (z.B. bestehende Hochtemperatur-Wärmeverteilung). Daher sollte neben der Wärmepumpentechnologie und der Photovoltaik auch eine Variante für den Einsatz unter erschwerten Sanierungsbedingungen gefördert werden. Hier weist ins-

¹³⁰ Beim Eigenverbrauchsmodell bezieht der Solarstromproduzent keine Einspeisevergütung, sondern benutzt den Strom zur Deckung des Eigenbedarfs. Dieses Modell wird dann interessant, wenn die Preise für Strombezug ab Netz die Eigenproduktionskosten übertreffen.

besondere die Wärmeerzeugung mit Holz und Pellets eine aus Sicht des Staates vorteilhafte Kostenstruktur auf.

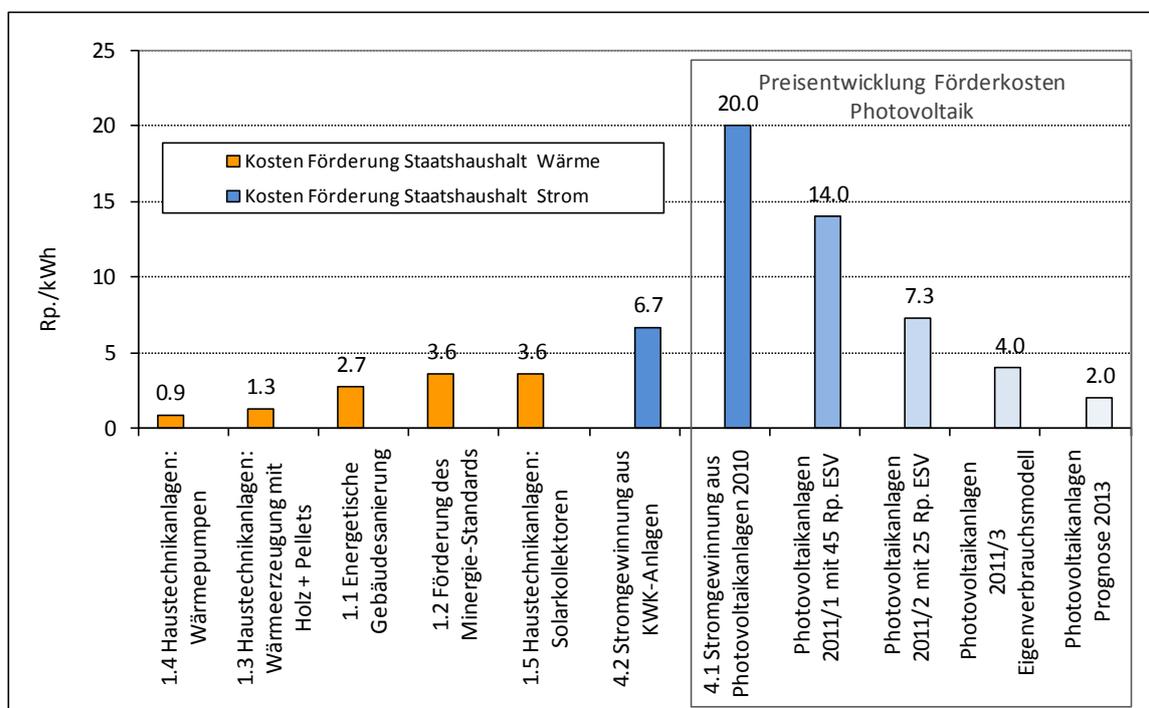


Abbildung 27: Förderkosten in Rp./kWh eingesparte oder zusätzlich bereitgestellte erneuerbare Energie in Abhängigkeit der Massnahme gemäss EEG. ESV: Einspeisevergütung

Die Rangierung der Massnahmen in der Abbildung 27 sollte bei der Priorisierung der zukünftigen Fördermassnahmen und der strategischen Planung der Mittelzuordnung berücksichtigt werden, um eine maximale Wirkung mit den eingesetzten staatlichen Fördermitteln zu erreichen.

6.3.4 CO₂-Vermeidungskosten mit Massnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG)

Die Massnahmen des EEG können auch anhand der Kosten für die Reduktion von CO₂-Emissionen beurteilt werden. Dabei werden diejenigen Kosten in CHF pro Tonne reduzierter CO₂-Emission verglichen, welche dem Staatshaushalt angelastet werden. Die CO₂-Reduktionseffizienz einer Massnahme ergibt sich aus den über die Lebenszeit kumulierten CO₂-Einsparungen im Verhältnis zu den Förderkosten im Erstellungsjahr.

Dabei wird zwischen den Betrachtungssystemgrenzen ‚Inland‘ (Kyoto-relevant) und einer globalen Sicht unterschieden (Abbildung 28). Die Kosten für die Vermeidung von Treibhausgasemissionen im Inland (orange Balken) stammen aus der Substitution fossiler Energieträger zur Wärmebereitstellung im Inland. Die Kosten für die Vermeidung von Emissionen bei einer globalen Sicht (blaue Balken) berechnen sich unter Berücksichtigung des Imports oder der Substitution von Strom aus dem europäischen Netzverbund. Durch die lokale Stromproduktion (Photovoltaik und KWK-Anlagen) kann ein Teil des Stromimports ersetzt, und die entsprechenden CO₂-Emissionen im Ausland reduziert werden. Für

den Betrieb der Wärmepumpe ist hingegen zusätzlicher Strom nötig, welcher aus dem Ausland importiert werden muss, dort Emissionen verursacht und damit die Reduktionseffizienz der Massnahme bei globaler Betrachtung verschlechtert. Wird dagegen erneuerbar erzeugter Strom für den Betrieb der Wärmepumpe eingesetzt, so gilt der Inlandwert. Im Fall der KWK-Anlage wird durch die zusätzliche Stromproduktion insgesamt mehr Brennstoff (Erdgas) benötigt als bei einer Wärmebereitstellung ohne KWK. Daher resultieren bei einer Inland-Betrachtung ein erhöhter Treibhausgasausstoss und entsprechend negative CO₂-Vermeidungskosten. Bei globaler Betrachtung dagegen kann insgesamt CO₂ eingespart werden, weil der Import von europäischem Strom verringert werden kann und die Synergie von Abwärmenutzung und Stromproduktion wirkt.

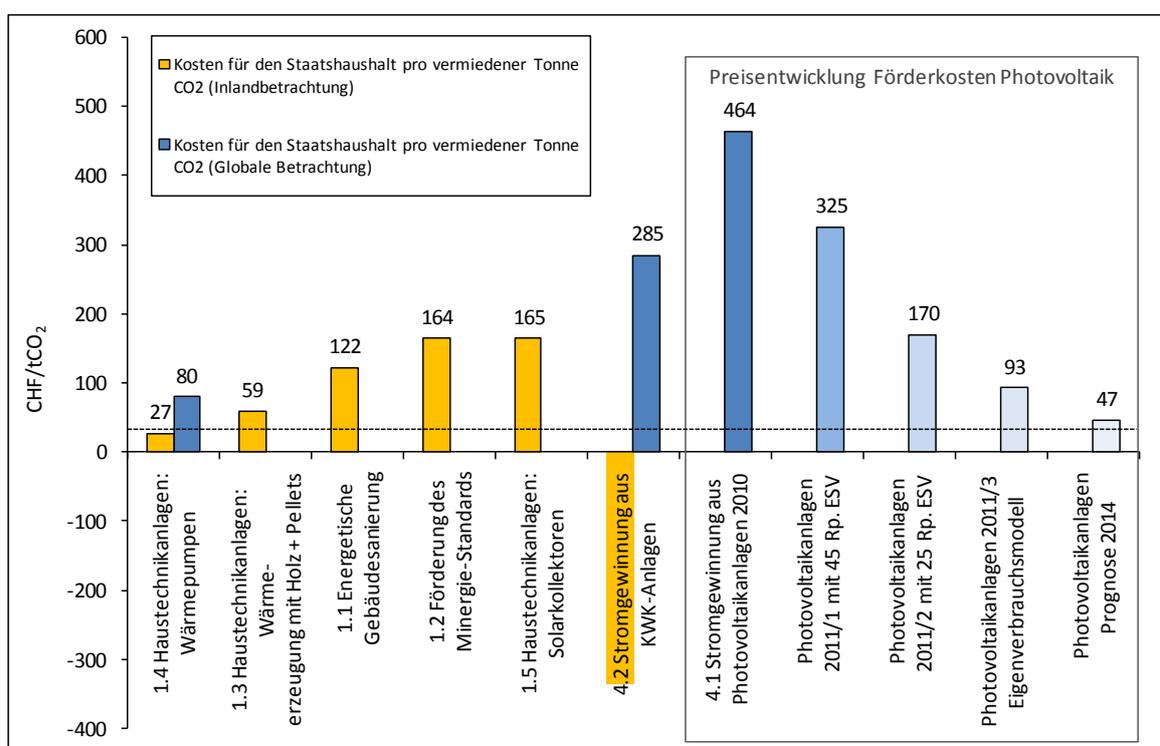


Abbildung 28: Förderkosten pro eingesparte Tonne CO₂ in CHF/t CO₂ für verschiedene Massnahmen gemäss EEG. Die Linie bei CHF 30/tCO₂ entspricht dem aktuellen Preis für Emissionszertifikate

Die Aufstellung der CO₂-Reduktionskosten für den Staatshaushalt ergibt insgesamt ein ähnliches Bild wie bei der Kosteneffizienz der Massnahmen in Bezug auf ihre energetische Wirkung. Die mit den geringsten Kosten für den Staatshaushalt von rund 27 CHF/tCO₂ verbundene Massnahme ist die Förderung von Wärmepumpen für Heizwärme. Die Kategorie der Haustechnikanlagen entspricht gleichzeitig einem der grössten Effizienzpotentiale. Unter Berücksichtigung von CO₂-Zertifikatskosten von gegenwärtig 30 CHF/tCO₂¹³¹ (gestrichelte Linie in der Grafik) ist diese Massnahme bei Inland-Betrachtung äussert wirk-

¹³¹ CO₂-Zertifikatskosten gemäss Interpellationsbeantwortung – Reduktionsziele BuA Nr.42/2010, Seite 23.

sam und kosteneffizient. Bei der Photovoltaik sind wie bei den Förderkosten für erneuerbare Energie stark sinkende CO₂-Vermeidungskosten zu beobachten. Unter der Annahme von weiterhin sinkenden Kosten ergeben sich aus der Kombination von elektrischen Wärmepumpen mit Photovoltaik neue Chancen zur kostengünstigen CO₂-Reduktion im Inland. Die Wärmeerzeugung mit Holz und Pellets sowie die energetische Gebäudesanierung bleiben weiterhin wichtig als Massnahme für denjenigen Teil der Bestandsbauten, bei denen Dämmmassnahmen und Niedertemperatur-Wärmeverteilungen nicht sinnvoll umsetzbar sind.

6.3.5 Potentialübersicht unter Berücksichtigung aller Massnahmen

Wie im Abschnitt 6.3.2 dargelegt reicht die unveränderte Weiterführung der bereits bestehenden Massnahmen im Rahmen des EEG nicht aus, um die Zielerreichung des Aktionsplans Energie sicherzustellen. Es sind weitergehende Massnahmen notwendig.

Aus diesem Grund wurde neben den Massnahmen gemäss EEG die Wirkung weiterer möglicher Massnahmen gemäss dem Massnahmenkatalog im Abschnitt 6.2 abgeschätzt. Dazu wurden sowohl die theoretisch und maximal nutzbaren energetischen Potentiale als auch die bis ins Jahr 2020 technisch umsetzbar erscheinenden Potentiale aufgearbeitet und soweit wie möglich mit geschätzten Zahlenwerten hinterlegt (Tabelle 28 auf Seite 105).

In Bezug auf die Zielerreichung gemäss dem Zielszenario 2 (Abschnitt 5.1.2), welches dem Aktionsplan Energie (Abschnitt 5.2) zugrunde liegt, zeigt sich in der Abbildung 29, dass die vollständige Realisierung der bis ins Jahr 2020 als technisch umsetzbar eingestuften Potentiale im Bereich der Energieeffizienz eine (fast) vollständige Zielerreichung erlaubt. Im Bereich der Nutzung erneuerbarer, einheimischer Energieträger scheint technisch eine deutliche Übertreffung der Zielvorgaben möglich. Die Summe aller erfassten theoretischen Potentiale beträgt 1055 GWh/a im Bereich der Energieeffizienz und 543 GWh/Jahr bei den erneuerbaren Energien. Davon wurden 271 GWh/a bei Effizienzmassnahmen und 215 GWh/a bei den erneuerbaren Energien bis im Jahr 2020 als umsetzbar eingeschätzt. Die Umsetzung aller in dieser Energiestrategie vorgeschlagenen und grob quantifizierten Massnahmen könnte demnach rund einen Drittel des Gesamt-Endenergiebedarfs¹³² reduzieren oder ersetzen.

Bei der Reduktion der Treibhausgasemissionen ist die Zielerreichung vermutlich am schwierigsten. Die Zielerreichung hängt stark von den anderen Teilzielen ab. Eine Zielverfehlung bei der Energieeffizienz bedeutet, dass das Stabilisierungsziel nicht erreicht wird und damit ein Mehrverbrauch resultiert. Dieser Mehrverbrauch müsste vollständig durch zusätzliche, über das Ziel hinausgehende erneuerbare, einheimische Energien gedeckt werden. Die Zielübertreffung bei den erneuerbaren Energien gemäss Abbildung 29 deutet darauf hin, dass dies durchaus möglich sein könnte. Eine deutliche Übererfüllung im Zielbereich der erneuerbaren Energien könnte durch die damit verbundene zusätzliche CO₂-Reduktion zur Erreichung des Klimaziels (respektive zu einer Kompensation bei Nicht-Erreichung) beitragen. Die Abhängigkeiten der Zielbereiche untereinander ergeben eine

¹³² Der Endenergiebedarf im Referenzjahr 2008 betrug im Fürstentum Liechtenstein 1390 GWh/a.

gewisse Flexibilität bei der Massnahmenplanung, stellen allerdings auch ein Risiko dar, indem Zielverfehlungen im einen Bereich auch negative Auswirkungen auf die anderen Bereiche haben können.

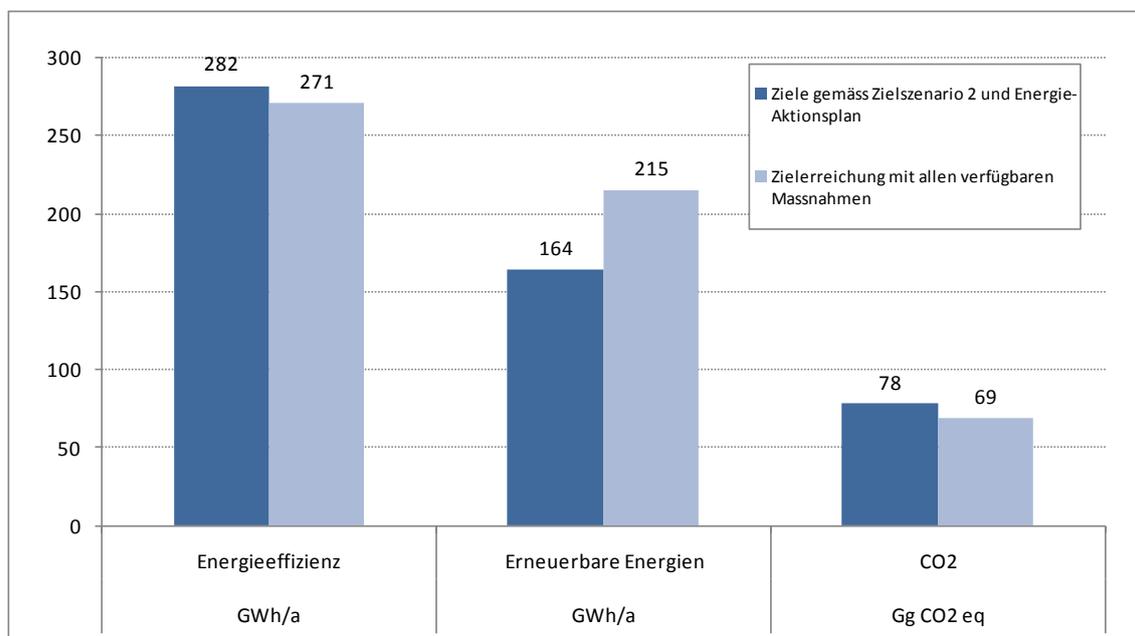


Abbildung 29: Anteil der Massnahmen an der Zielerreichung gemäss Zielszenario 2 und Aktionsplan Energie im Jahr 2020

Einen detaillierten Einblick in die Beiträge zur Zielerreichung aller quantifizierbaren Massnahmen gibt Abbildung 30. Im Bereich der Energieeffizienz (blaue Balken) liegen die grossen Potentiale bei den Haustechnikanlagen, insbesondere den Wärmepumpen, der energetischen Gebäudesanierung, bei wirtschaftlichen Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe sowie bei Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung. Insgesamt müssten zur Zielerreichung gemäss Abbildung 29 allerdings alle Massnahmen umgesetzt werden, auch diejenigen mit einem als geringer eingeschätzten Beitrag.

Investitionen in Effizienz statt neue Kraftwerke sind volkswirtschaftlich betrachtet meist günstiger, konnten aber bis anhin naturgemäss nicht im Interesse der Versorger liegen. Weiteres Potential liesse sich erschliessen, wenn ein wegweisendes Anreizsystem ausgearbeitet werden könnte, welches sowohl den Anforderungen eines liberalisierten Marktes gerecht wird, als auch Anreize bietet, sodass die Energieversorger ein Eigeninteresse erhalten, verbrauchssenkende Massnahmen zu implementieren.

Bei den erneuerbaren Energien bestehen die grössten Potentiale bei der Nutzung der Wasserkraft des Rheins, der Wärmezeugung mit Holz, der Photovoltaik und bei der Tiefengeothermie. Die energetische Nutzung des Rheins ist aufgrund von ökologischen Bedenken in der Vergangenheit nicht umgesetzt worden. Aufgrund des grossen Potentials ist für diese Massnahme eine eingehende Prüfung mit Berücksichtigung der ökologischen Parameter vorzunehmen. Beim realisierbaren Potential in Abbildung 30 wurde von maximal zwei ökologisch verträglich konzipierten Staustufen ausgegangen. Die Dominanz die-

ser Massnahme macht deutlich, dass eine Nicht-Realisierung dieses Potentials bedeutende, über die vorgeschlagenen Massnahmen hinausgehende Aktivitäten bedingen würde, um dennoch die Zielvorgaben des Aktionsplans zu erfüllen. Auch mit der Tiefengeothermie, welche unter entsprechenden Rahmenbedingungen bedeutendes Potential bietet, sind beträchtliche Kosten, Herausforderungen und letztlich Unsicherheiten bezüglich der Fündigkeit verbunden.

Damit wird klar, dass im Gegensatz zu den Effizienzmassnahmen, welche breit gefächert sind und deren Umsetzung aus unzähligen ‚Einzelfällen‘ besteht, bei zentralen Massnahmen im Bereich der erneuerbaren Energien eine ‚ganz oder gar nicht‘-Entscheidung erforderlich ist. Entweder wird das Potential durch die Realisierung der Massnahme ausgeschöpft, oder das gesamte Potential bleibt ungenutzt. Aus dieser Perspektive bestehen im Hinblick auf die Zielerreichung bei den Massnahmen für erneuerbare Energien grössere Risiken als bei den Effizienzmassnahmen. Die an sich erfreuliche Chance einer Zielübertreffung bei den erneuerbaren Energien (vgl. Abbildung 29) wird damit relativiert.

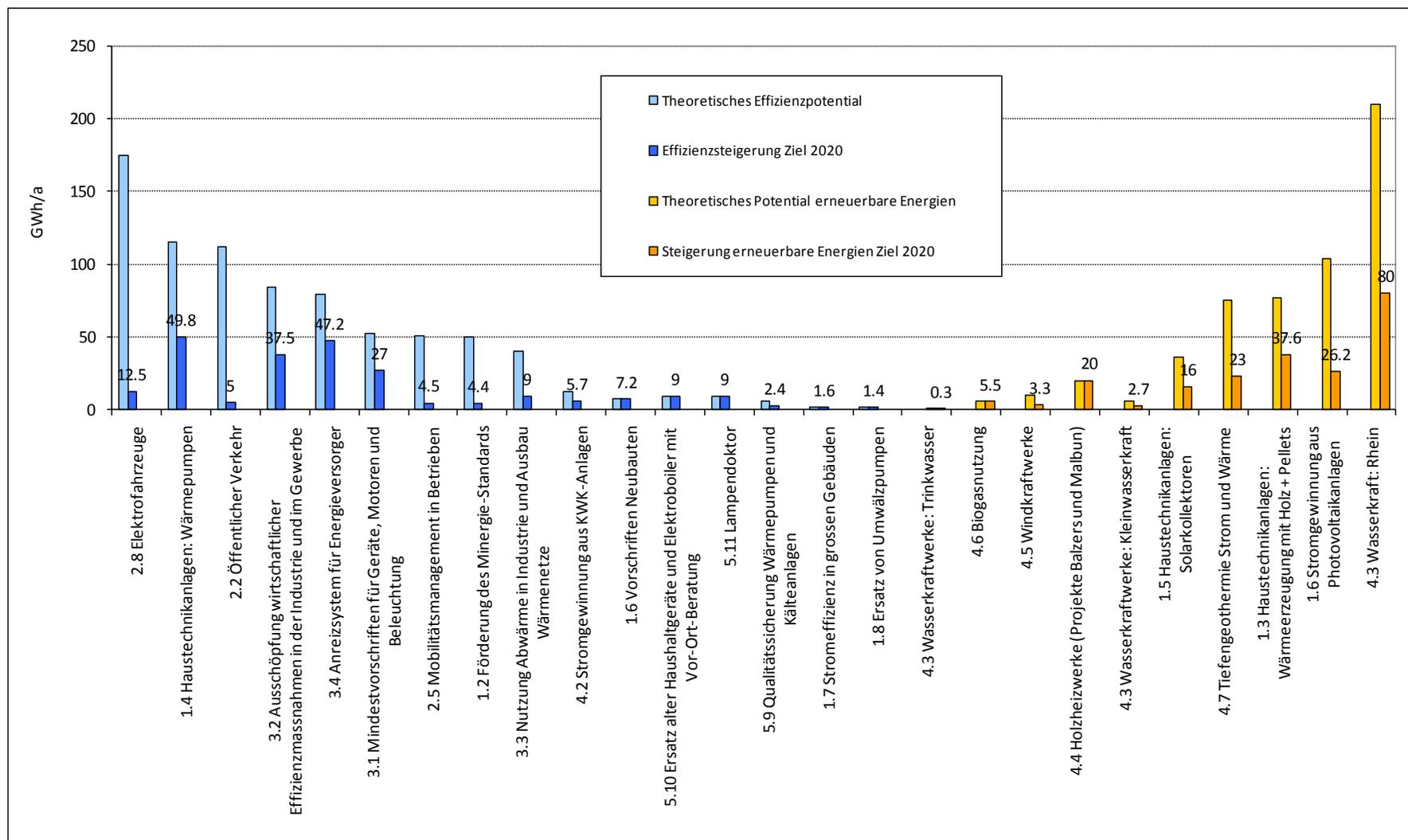


Abbildung 30: Abschätzung des theoretischen und bis 2020 realisierbaren Potentials. Vor der Bezeichnung ist die Nummer der Massnahme angegeben (vgl. dazu Anhang 8.1). Aufgeführt sind nur diejenigen Massnahmen, welche einen zum jetzigen Zeitpunkt quantifizierbaren Beitrag zur Zielerreichung leisten

6.3.6 Fazit

Insgesamt zeigt die Potentialanalyse auf, dass im Fürstentum Liechtenstein bedeutende Potentiale bei der Energieeffizienz, bei den erneuerbaren Energien und bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen vorhanden sind.

Die Massnahmen der Energiestrategie 2020 gruppieren sich um die Kernbereiche ‚Energieeffizienz‘ und ‚erneuerbare Energien‘, jeweils mit Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen. Sie sollen als Katalog möglicher Aktivitäten verstanden werden. Einen Hauptbereich der Massnahmen bildet der Gebäudesektor. Heute wird ein Grossteil der für die Raumwärme und Warmwasser nötigen Energie durch fossile Energieträger bereitgestellt. Dies macht über einen Drittel des Gesamt-Endenergiebedarfs aus. Hierbei wird hochwertige Exergie¹³³ verschwendet, welche für Aktivitäten auf höherem Temperaturniveau benötigt wird. Stattdessen sollte für diesen Anwendungsbereich verstärkt lokal verfügbare Umweltwärme auf tiefem Temperaturniveau genutzt werden und nötigenfalls mittels Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau gebracht werden. Dies bedingt gut wärmegeämmte Gebäudehüllen. Wo (fossile) Hochtemperatur-Prozesse unumgänglich sind, sollen diese durch die Nutzung von Biomasse (Biogas, Holz) ersetzt werden und die anfallende Abwärme vermehrt lokal genutzt oder verteilt werden (Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmenetze). Da die auf Liechtenstein jährlich einfallende Sonnenenergie rund 100 Mal so hoch wie der gesamte Landes-Energieverbrauch ist, liegt die Herausforderung in der Nutzung der geeigneten Flächen und Technologien zur Gewinnung, dem Transport und der Speicherung der Sonnenenergie (Photovoltaik und Solarthermie).

Durch die Mobilität machen die fossilen Treibstoffe gegenwärtig rund einen Fünftel des Energiebedarfs aus. Sie sind allerdings momentan technisch nur schwer zu ersetzen. Der im Rahmen von Elektromobilität eingesetzte Strom müsste nachhaltig bereitgestellt werden. Aus diesen Gründen besteht im Rahmen der Energiestrategie 2020 das grösste Potential durch eine Umlagerung von den individuellen, motorisierten Verkehrsmitteln auf öffentliche Verkehrsmittel. Die Erreichung ambitionierter Klima- und Verbrauchsziele wird zudem kaum ohne eine (parallele) Suffizienzstrategie möglich sein. Mit einem etwas weiteren Zeithorizont spielt insbesondere die Raumplanung eine zentrale Rolle, da Energieverbrauch und Mobilität eng verknüpft sind. Die Folgen einer energie- und mobilitäts-optimierten Raumplanung wirken sich allerdings erst längerfristig aus.

Zwei Aspekte stehen bei der Verbrauchsminimierung von Geräten im Vordergrund: Der Einsatz energieeffizienter Geräte (gleiche oder bessere Leistung bei weniger Verbrauch) sowie die Vermeidung unnötiger Verbräuche in der Bereitschaftsphase oder bei Inaktivität (Standby). Beleuchtung, Haushaltgeräte, Informations- und Kommunikationstechnologien weisen alle insgesamt grosse Sparpotentiale auf, die nötigen Technologien zur Ausschöpfung des Potentials sind bereits vorhanden und ihr Einsatz oft sogar ohne Förderung wirtschaftlich.

¹³³ Siehe Fussnote 67 auf Seite 56.

Bei den Massnahmen im Bereich der Energieerzeugung und Beschaffung spielt insbesondere das Ausschöpfen der einheimischen Potentiale an erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle. Es zeigt sich im Gegensatz zu den Effizienzmassnahmen, dass einzelne Massnahmen mit bedeutendem Potential (wie z.B. das Rheinkraftwerk oder die Tiefengeothermie) für die Zielerreichung im Bereich der erneuerbaren Energien Matchentscheidend sein dürften. Die Nicht-Realisierung dieser grossen Potentiale, möglicherweise aus Gründen der Abwägung mit anderen, nicht-energetischen Kriterien, würde die Chancen zur Zielerreichung drastisch einschränken beziehungsweise eine grosse Herausforderung bei der Kompensation in anderen Bereichen darstellen. Hinzu kommt, dass aufgrund des Zeithorizonts dieser Energiestrategie bis 2020 die Planung und Umsetzung der Massnahmen auch bei den Grossprojekten sehr rasch in Angriff genommen werden muss.

Obschon in der vorliegenden Energiestrategie die Wirkungen aller Massnahmen auf der Basis des europäischen Strommix bilanziert wurden,¹³⁴ kann auch die Beschaffungs- und Erzeugungsstrategie der Energieversorger bedeutenden Einfluss auf den gesamten Anteil der erneuerbaren Energie im liechtensteinischen Energiemix haben (vgl. Abbildung 21 auf Seite 82). Über den Beschaffungsmix beim Import von Elektrizität können der Primärenergiebedarf sowie der Anteil erneuerbarer Energien relativ kurzfristig gesteuert werden (allerdings nur im Rahmen der vertraglichen Möglichkeiten).

Insgesamt sind die im Rahmen des Aktionsplans gesetzten Ziele also äusserst ambitioniert. Nur eine konsequente und vollständige Ausschöpfung aller als technisch umsetzbar eingestuft Potentiale verspricht die realistische Chance, die Ziele des Aktionsplans Energie mit dem präsentierten Massnahmenkatalog bis im Jahr 2020 zu erreichen. Dennoch sind jetzt ambitionierte Zielsetzungen notwendig und sinnvoll, um die Abhängigkeit zwischen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, steigenden Komfortansprüchen und dem Energiebedarf bei gleichbleibender Lebensqualität durchbrechen zu können. Vor diesem Hintergrund ist bereits das Stabilisierungsziel eine grosse, aber enorm wichtige Herausforderung für das Land.

Werden Potentiale aus der Energiestrategie 2020 nicht realisiert, sind andere oder weitergehende Massnahmen notwendig, um die Zielsetzungen zu erreichen. Nicht zuletzt zeigen aber auch die Entwicklungen seit der Lancierung des Energiekonzepts 2013, dass sich durch (damals nicht in diesem Ausmass) vorhersehbare Kostensenkungen bei der Photovoltaik zusätzliche Potentiale und Trends ergeben können, welche es dann durch kluge Förderstrategien flexibel auszuschöpfen gilt. Entsprechend sind auch während der Laufzeit dieser Energiestrategie durch Veränderungen in der Preisstruktur der Energieträger und bei einzelnen Technologien durchaus Szenarien denkbar, in denen eine deutlich stärkere Fördereffizienz oder ein ‚Boom‘ eintreten könnte. Günstig wären insbesondere eine weitere deutliche Reduktion der Kosten bei der Photovoltaik und damit eine signifikante Verbesserung der Wirtschaftlichkeit dieser Massnahme. Damit könnte bei abnehmender staatlicher Förderung mit einer kombinierten Wärmepumpen-Photovoltaik-Strategie und geschickten Massnahmen zur Bewusstseinsförderung ein grosser Effekt erzielt werden. Drängt sich aufgrund von Budgetrestriktionen oder zusätzlichen Förder-

¹³⁴ Vgl. Abschnitt 2.4 auf Seite 18

mitteln eine Fokussierung oder Erweiterung der Förderaktivitäten auf, liefert die Energiestrategie wichtige Anhaltspunkte, wo aus Sicht des Staates am effizientesten gehandelt werden kann. Bei den Massnahmen zur Verminderung von Treibhausgasemissionen muss zusätzlich sorgfältig und ganzheitlich zwischen den Kosten und Folgen von Massnahmen im Inland sowie des Zukaufs von Emissionszertifikaten im Ausland abgewogen werden.

Alles in Allem ist also entschiedenes, fokussiertes und rasches Handeln unabdingbar, sollen die ambitionierten Zielsetzungen der Energiestrategie 2020 erreicht werden. Liechtenstein könnte seine Vorreiterrolle, welche es bereits bei der installierten Leistung an Photovoltaikanlagen einnimmt, auf weitere Bereiche einer nachhaltigen Energiebereitstellung und -nutzung ausbauen und dabei die Vorteile eines flexiblen Kleinstaates maximal ausnutzen.

7 Steuerung und Controlling

Die Umsetzung, Anpassung und Ausrichtung der Aktivitäten soll sich den aktuellen Erfahrungen, Möglichkeiten und Rahmenbedingungen anpassen.

Mittels einer wiederkehrenden Standortbestimmung und nötigenfalls Ergänzung der dargestellten Massnahmen soll ein kontinuierlicher Umsetzungs- und Verbesserungsprozess gewährleistet werden.

Die Zielerreichung des Massnahmen-Mix soll jährlich überprüft werden und die Ausrichtung beziehungsweise Wahl der Massnahmen den neuen Rahmenbedingungen angepasst werden. Im ersten Schritt erfolgt dazu eine

- jährliche Nachführung der Zielerreichung anhand der statistischen Daten.

Dafür werden hauptsächlich die Daten der aktuellen Energiestatistik sowie der Energiefachstelle vorliegende Daten zur Wirkung der Massnahmen und zu den gesprochenen Fördergeldern benötigt.

Die Überprüfung der Wirkung der laufenden Fördermassnahmen liefert die Grundlage zur Entscheidung, ob

- die laufenden Massnahmen diejenige Wirkung erzielen, welche zur Zielerreichung nötig ist
- die bestehenden Massnahmen angemessene (auch nicht zu hohe) Förderbeiträge umfassen oder ob aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung der geförderten Technologien eine Anpassung der Förderbeiträge angebracht ist
- die bestehenden Massnahmen anzupassen sind oder ob neue Massnahmen nötig sind

Alle vier Jahre soll zudem die Zielerreichung detailliert abgebildet werden und gegebenenfalls sollen tiefgreifende Steuerungsmassnahmen ergriffen werden. Im Unterschied zum jährlichen Review, welches vorrangig eine Anpassung des vorliegenden Massnahmenmix vorsieht, sollen im Rahmen der umfassenden Analyse alle vier Jahre nötigenfalls auch neue Massnahmen (-pakete) entwickelt und implementiert werden, wenn die Analyse der Wirkung dies nahelegt.

Die Auswertungen erfolgen im Minimum auf der Basis der folgenden Indikatoren:

1. Aktueller Stand der Zielerreichung im jeweiligen Jahr in Bezug auf das gewählte Zielszenario (Abschnitt 5.1). Die Zielerreichung erfolgt als Prozentwert des Zielwerts für den Gesamt-Endenergiebedarf des Jahres 2020, als Prozentwert des Zielwerts für den Anteil erneuerbarer, einheimischer Energieträger am Gesamt-Endenergiebedarf des Jahres 2020 sowie als Prozentwert des Zielwertes für die Treibhausgasemissionen im Jahr 2020.
2. Zeitliche Entwicklung der Zielerreichung entlang einer sinnvollen Trajektorie zwischen dem Jahr 2011 und den Zielwerten des gewählten Zielszenarios für das Jahr 2020 (gleiche Indikatoren wie unter 1.).
3. Wirkung der laufenden Massnahmen in ‚CHF Fördermittel aus dem Staatshaushalt pro Kilowattstunde eingesparter Energie‘ für Effizienzmassnahmen, in ‚CHF För-

dermittel aus dem Staatshaushalt pro zusätzlich produzierter Kilowattstunde erneuerbarer, einheimischer Energie' sowie in ‚CHF Fördermittel aus dem Staatshaushalt pro eingesparter Tonne CO₂ eq'.

Die Zuständigkeit für die Erfassung, Auswertung und Berichterstattung der Wirkung der Massnahmen liegt bei der Energiefachstelle.

Die jährlichen Auswertungen gehen an die Energiekommission. Die detaillierte Analyse alle vier Jahre erfolgt in Berichtform und geht an die Energiekommission sowie an die Regierung.

Die jährlichen Auswertungen sowie die detaillierte Auswertung alle vier Jahre werden auf der Webseite www.energiebündel.li in zielgruppengerechter Form veröffentlicht.

Die Anpassung und Optimierung der laufenden Massnahmen sowie die Entscheidung, ob und welche zusätzlichen Massnahmen nötig sind, erfolgt in Absprache mit der Energiekommission, der Energiefachstelle und den beteiligten Stellen der Regierung.

8 Anhänge

8.1 Detaillierte Massnahmenbeschreibungen

Zusätzlich zu den Definitionen im Abschnitt 6.2 gelten für die Massnahmenblätter folgende Definitionen:

- **Potential 2008–2020** beschreibt das zusätzliche Potential, welches in den Jahren 2008 bis 2020 schrittweise technisch erschliessbar erscheint. Das Potential 2008–2020 entspricht im Betrag dem Ziel 2020 und ist geringer als das theoretische Potential.

Massnahme 1.1: Energetische Gebäudesanierung (Wärmedämmung bestehender Bauten, Art. 3.1.a EEG)

Hintergrund: Wärmedämmungen bei bestehenden Bauten werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Förderbeiträge berechnen sich in Abhängigkeit der Einzelbauteile sowie deren Fläche.

Ziel: Beibehaltung oder Steigerung der hohen Sanierungsrate. Erreichung einer Heizwärmeeinsparung von 37 GWh/a bis ins Jahr 2020.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich 2010 auf rund 2.8 Mio. CHF/a. Bei gleichem Fördervolumen dürften die Kosten konstant bleiben.

Potential: Das theoretische Potential liegt bei 50% der heute für Heizenergie eingesetzten Energie. Theoretisches Potential: 250 GWh/a

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der EEG Fördermassnahmen. Ergänzung oder Kombination mit der Massnahme 5.7 Energiecoaching prüfen.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG sowie der Sanierungsrate ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	1.75	2.66	3.04	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	37.5
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	383	583	666	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	8'202
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Massnahmen vor 2008 können nicht quantifiziert werden. Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung.

 Realisiert

 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		250 GWh/a	GWh/a	54'750 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		37.5 GWh/a	GWh/a	8'202 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	2.843 Mio/a	2.7 Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			122 CHF/tCO ₂	122 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.1: Energetische Gebäudesanierung (Wärmedämmung bestehender Bauten, Art. 3.1.a EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials bei Wärmedämmung von bestehenden Bauten

Das theoretische Potential kann den Betrag der für Heizwärme verbrauchten Energie nicht übersteigen. Es dient der groben Orientierung und ist nicht als absoluter Wert zu sehen. Bei der Sanierung aller älteren Gebäude kann davon ausgegangen werden, dass sich die Hälfte des Heizenergieverbrauches einsparen liesse. Auch in der Industrie wird ein grosser Teil der Brennstoffe für Heizwärme eingesetzt, welcher sich durch geeignete Massnahmen reduzieren lässt. Hinweis: In der Praxis kann es bei Gebäuden mit mittelmässiger Dämmung kostengünstiger sein, eine effiziente Haustechnikanlage anstelle einer dicken Dämmung einzubauen.

50 % der Heizenergie kann durch bessere Wärmedämmung eingespart werden.

Die im FL verbrauchten Brennstoffe werden zu grossen Teilen für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich eingesetzt

Verbrauch FL 2008:	Erdgas	401 GWh/a	abz. Industrieprozesse	300 GWh/a	für Heizzwecke
	Heizöl	214 GWh/a	abz. Industrieprozesse	200 GWh/a	für Heizzwecke
				500 GWh/a	für Heizzwecke

500 GWh entsprechen 36% des Gesamtenergieverbrauches FL 2008

50% von 500 GWh/a sei das theoretische Potential

$$\rightarrow \underline{\underline{250 \text{ GWh/a}}} \times 0,219 \text{ tCO}_2/\text{MWh}^* \rightarrow \underline{\underline{54'750 \text{ tCO}_2/\text{a}}}$$

Kostenberechnung					
	Effizienz		Erneuerbar	CO ₂ *	
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar	X	
Kosten 2010 Staatshaushalt	2'843'800	CHF		2'843'800	CHF
Wirkung pro Jahr	3'040	MWh/a		666	tCO ₂
Erwartete Lebensdauer **	35	Jahre		35	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	106'400	MWh		23'302	tCO ₂
Kosten 2010 Förderung Staatshaushalt	2.7	Rp/kWh		122	CHF/tCO ₂

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Dach/Wand = 40 a + Fenster = 30 a → Durchschnitt ca. 35 a

Massnahme 1.2: Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)

Hintergrund: Neubauten im Minergie-Standard werden gemäss EEG gefördert. Minergie ist ein freiwilliger Baustandard. Gefördert werden sollen Bauten, welche weit über das gesetzliche Mass hinaus gehen.

Ziel: Starke Erhöhung des Anteils an Minergiebauten bei Sanierungen und Neubauten (ca. 40'000 m² EBF/a).

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich im Jahr 2010 für 29'050 m² auf rund 0.4 Mio. CHF/a. Für die vorgesehenen 40'000 m² entspricht dies 0.57 Mio. CHF/a.

Potential: Diverse Massnahmen zur Erfüllung von Minergie werden separat gefördert. Deshalb wird dieser Massnahme ausschliesslich die Wirkung der kontrollierten Lüftung und der Zusatzdämmung angerechnet. Theoretisches Potential: ca. 50 GWh/a.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der EEG Fördermassnahmen. Ergänzung EEG um die Minergie-A Gebäude. Gesetzesänderung Baugesetz prüfen, Kampagne für Plusenergiebauten. Verknüpfung mit Wohnbauförderung.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF	2'324	10'328	29'050	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	40'000	441'702
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	0.02	0.10	0.29	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	4.4
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	5	23	64	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	967
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Massnahmen vor 2008 können nicht quantifiziert werden. Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung.

 Realisiert

 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		50 GWh/a	GWh/a	10'950 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		4.4 GWh/a	GWh/a	967 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	0.416 Mio/a	3.6 Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			164 CHF/tCO ₂	164 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.2: Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)

Annahmen und Berechnungen

Theoretisches Potential

Diverse Massnahmen, welche zur Erfüllung von Minergie (Minergie/Minergie-P/Minergie-A) führen, sind schon in anderen Kategorien erfasst (z.B. Photovoltaik, Sonnenkollektoren usw.). Im Vergleich zum "normalen" Bauen nach Baugesetz kann dieser Massnahme die Energieeinsparung, welche durch die kontrollierte Lüftung und mehr Dämmung erreicht wird, angerechnet werden.

-> Anrechenbare Wirkung = 10 kWh pro m² EBF (Einsparung Lüftung und im Schnitt bessere Dämmung als das Baugesetz verlangt)

Das theoretische Potential entspricht dem gesamten gebauten Volumen, welches theoretisch auf Minergie-Standard umgerüstet werden könnte.

Beheizte Energiebezugsfläche im FL: ca. 5 Mio. m² *

Theoretisches Potential: 5 Mio. m² x 10 kWh pro m²:

50 GWh/a

10'950 tCO₂/a

Kostenberechnung

	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂ **
Zielzuordnung	X		X
Kosten Staatshaushalt 2010 Minergie und Minergie-P	416'710 CHF		416'710 CHF
Geförderte Minergie Energiebezugsfläche 2010	29'050 m ²		
Wirkung im Jahr 2010	291 MWh/a		64 tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer	40 Jahre		40 Jahre
Wirkung über Lebensdauer	11'620 MWh		2545 tCO ₂
Kosten 2010 Förderung Staatshaushalt	3.6 Rp/kWh		164 CHF/tCO ₂

* Gemäss eigenen Berechnungen auf der Basis des Energiekatasters sowie Literaturquellen.

** Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

Massnahme 1.3: Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz + Pellets (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)

Hintergrund: Heizungsanlagen werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Förderbeiträge berechnen sich in Abhängigkeit der Systeme und der beheizten Energiebezugsfläche.

Ziel: Den Anteil der Holzheizungen im Rahmen des nachhaltigen Potentials zu erhöhen und das noch nutzbare Holzpotential bis 2020 auszuschöpfen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich 2010 für 15'423 m² auf rund 0.3 Mio. CHF/a. Bei 30'000 m² werden die Kosten rund 0.6 Mio. CHF/a betragen.

Potential: Das nachhaltig nutzbare Holzpotential beträgt rund 37 GWh/a. Die Nutzung kann durch Import von Holzpellets erhöht werden. Siehe Massnahme 4.2 Holzheizwerke für schwer verwertbares Material.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der Fördermassnahmen unter dem EEG.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG sowie der Sanierungsrate ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF	18'374	42'507	15'423	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	30'000	376'304
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	1.84	4.25	1.54	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	37.6
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	403	931	337	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	8'241
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Gemäss Energiestatistik wurden im Jahre 2007 39'632MWh aus Energieholz gewonnen.

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	77 GWh/a	16'805 tCO ₂ /a	16'805 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	37.6 GWh/a	8'241 tCO ₂ /a	8'241 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	59 CHF/tCO ₂	59 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.3: Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz + Pellets (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)

Annahmen und Berechnungen

Theoretisches Potential*			
Basis Durchschnitt 2008/2009 AWNL	(Tariffestmeter)		
Holzzuwachs im FL gesamt	40'500 m ³ /a		
Holzverbrauch 2008/2009	25'410 m ³ /a		
Abzüglich Rundholz	- 10'640 m ³ /a		
Abzüglich Hackschnitzel für Gärten etc.	- 750 m ³ /a		
Abzüglich Industrieholz	- 920 m ³ /a		
Genutztes Energieholz 13'100 m ³ x 0.77 t/m ³ x 4.337 MWh/t =	13'100 m ³ /a	entspricht	43'747 MWh/a
Ungenutztes Potential Ast/Kronen und Schwemmholz	8'000 m ³ /a	entspricht	26'716 MWh/a
Total Holzpotential FL			70'463 MWh/a
Im genutzten Energieholz sind 3000 m ³ Exportholz enthalten	3'000 m ³ /a	entspricht	10'018 MWh/a
Das zusätzlich im Inland noch nutzbare Energieholz beträgt demnach 26'716 MWh + 10'018 MWh =			36'734 MWh/a
			8'045 tCO₂/a
Schätzung Pellets:			
Pellets werden in der Regel aus dem nahen Ausland eingekauft. Es ist wahrscheinlich, dass durch Pellets in Zukunft 40 GWh abgedeckt werden.			
Dies, weil Pelletsheizungen im Sanierungsmarkt sehr beliebt sind.			
Einsatz von Holz und Pellets vom nahen Ausland			76'734 MWh/a
			16'805 tCO₂/a

Kostenberechnung				
	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂ **	
Zielzuordnung		X	X	
Kosten Staatshaushalt 2010 (Haustechnikanlagen)		832'194 CHF		
Kosten Staatshaushalt 2010 (davon Holz und Pellets)		300'415 CHF	300'415 CHF	
Wirkung im Jahr 2010		1542 MWh/a	338 tCO ₂ /a	
Erwartete Lebensdauer		15 Jahre	15 Jahre	
Wirkung über Lebensdauer		23'130 MWh	5'065 tCO ₂	
Kosten 2010 Förderung Staatshaushalt		1.3 Rp/kWh	59 CHF/tCO ₂	

* Quelle AWNL "Energieholzpotenzial Liechtensteiner Wald" 2008/2009

** Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

Massnahme 1.4: Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)

Hintergrund: Heizungsanlagen werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Förderbeiträge berechnen sich in Abhängigkeit der Systeme und der beheizten Energiebezugsfläche.

Ziel: Einsatz von Wärmepumpenheizungen bei Neubauten und wo sinnvoll nach einer Wärmedämmung bei Sanierungen. Verpflichtende Überwachung der Leistungszahlen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt belaufen sich auf rund 0.5 Mio. CHF/a.

Potential: Durch den Einsatz von Wärmepumpen lassen sich bis 2020 mindestens rund 50 GWh/a fossile Energieträger substituieren.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der Fördermassnahmen unter dem EEG. Um die Anlageneffizienz im Betrieb hoch zu halten, wird eine Überwachung der Jahresarbeitszahl eingeführt (Strom- und Wärmemessung).

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG sowie der Sanierungsrate ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF	30'644	56'569	59'332	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	746'545
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	2.04	3.77	3.96	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	49.8
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	671	1'239	1'299	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	1'314	16'349
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a	230	424	445	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	5'599

Massnahmen vor 2008 können nicht quantifiziert werden. Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung.

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	115 GWh/a	GWh/a	37'887 tCO ₂ /a	12'975 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	49.8 GWh/a	GWh/a	16'349 tCO ₂ /a	5'599 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	0.531 Mio/a	0.9 Rp/kWh	27 CHF/tCO ₂	80 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.4: Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und Erwärmung von Brauchwasser durch besonders energieeffiziente und ökologische Haustechnikanlagen, Art.

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials durch Ersatz von Wärmepumpen				
Das theoretische Potential kann den Betrag der für Heizwärme verbrauchten Energie nicht übersteigen. Es dient der groben Orientierung und ist nicht als absoluter Wert zu sehen. Bei der Sanierung aller älteren Gebäude kann davon ausgegangen werden, dass sich die Hälfte des Heizenergieverbrauchs durch bessere Wärmedämmung einsparen liesse. Das max. Potential sei erreicht, wenn alle sanierten Gebäude mit Wärmepumpen oder Holzheizungen beheizt würden. Da die Holzheizungen einen gewissen Anteil übernehmen können, wird das Potential Holz vorgängig von der Wärme abgezogen. Weitere Einflüsse wie mehr beheizte Fläche in der Zukunft etc. werden in dieser vereinfachten Betrachtung nicht berücksichtigt.				
Die im FL verbrauchten Brennstoffe werden zu grossen Teilen für Heizzwecke eingesetzt				
Verbrauch FL 2008:	Erdgas	401 GWh/a	abz. Industrieprozesse	300 GWh/a für Heizzwecke
	Heizöl	214 GWh/a	abz. Industrieprozesse	200 GWh/a für Heizzwecke
500 GWh/a entsprechen 36% des Gesamtenergieverbrauches FL 2008				
Abschätzung des Heizenergieverbrauchs: 5 Mio. m ² Energiebezugsfläche mit einem spezifischen Verbrauch (H + WW) von 100 kWh/m ² ergeben ebenfalls 500 GWh. Der Wert scheint plausibel.				
Weitere Annahmen:	50% der Heizenergie kann durch bessere Wärmedämmung eingespart werden. Restverbrauch gedämmte Gebäude: 250 GWh Abzug Holzpotential: 77 GWh Restverbrauch nach Abzügen: 173 GWh Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen im Durchschnitt: 3,0			
Potential Effizienz:	Einsparung 2/3 → 115 GWh von 173 GWh Restverbrauch 1/3 in Strom → 58 GWh			
Potential CO ₂ :	Um die CO ₂ Emissionen durch die Stromerzeugung im Ausland besser berücksichtigen zu können, wird die Einsparung auf der Grundlage des importierten Stroms (UCTE-Strommix) ausgewiesen.			
CO ₂ -Einsparung (Inland)	173 GWh x 0,219* = 37'887 *tCO₂			
CO ₂ -Einsparung (UCTE):	173 GWh x (0,219* - 1/3 x 0,432**) = 173 GWh x (0,075 tCO ₂ /MWh**) = 12'975 **tCO₂/a			

Kostenberechnung						
	Effizienz		Erneuerbar		CO ₂ * (Inland)	CO ₂ ** (UCTE)
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar		X	X
Kosten Staatshaushalt 2010 (Haustechnikanlagen)	832'194	CHF				
Kosten Staatshaushalt 2010 (davon Wärmepumpen)	531'799	CHF			531'799	CHF/tCO ₂
Wirkung pro Jahr (2/3 des Verbrauches, da 1/3 Strom)	3'955	MWh/a			1'299	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer **	15	Jahre			15	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	59'330	MWh			19'490	tCO ₂
Kosten 2010 Förderung Staatshaushalt	0.9	Rp/kWh			27	CHF/tCO ₂

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.5: Haustechnikanlagen: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)

Hintergrund: Sonnenkollektoren werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Als Ergänzung zu Feuerungen (Öl/Gas/Holz) können diese die Warmwasserproduktion zu rund 75% übernehmen. Bei Wärmepumpenanlagen können thermische Sonnenkollektoren kontraproduktiv sein, da die Jahresarbeitszahl bei ungünstigen Systemeinbindungen negativ beeinflusst wird.

Ziel: Erhöhung des Anteils an Sonnenkollektoren um den Faktor 4.5 bis zum Jahr 2020 im Vergleich zum Bestand 2007.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt belaufen sich auf rund 0.69 Mio. CHF/a. Es sind keine wesentlichen Senkungen bei den Anlagenkosten zu erwarten.

Potential: Das theoretische Potential wird durch die benötigte Warmwassermenge und die damit vermiedenen teils beträchtlichen Verluste der Heizanlagen im Sommer definiert.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der Fördermassnahmen unter dem EEG. Es ist zu prüfen, ob der Anreiz für thermische Sonnenkollektoren auf die Kombination mit Feuerungen (Öl/Gas/ Holz) beschränkt werden soll.

Abhängigkeiten und Risiken: Es besteht eine technologische Konkurrenz zur Kombination von Wärmepumpen mit Photovoltaik.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ²	3'049	2'821	2'123	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	2'750	35'493
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	1.372	1.269	0.955	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	16.0
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	300	278	209	271	271	271	271	271	271	271	271	271	271	3'498
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Bestand Ende 2007: 10'085 m² mit einem Wärmeertrag von 4.5 GWh/a. Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung.

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	84544 m ² 36 GWh/a	7'893 tCO ₂ /a	7'893 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	35493 m ² 16.0 GWh/a	3'498 tCO ₂ /a	3'498 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	0.691 Mio/a 3.6 Rp/kWh	165 CHF/tCO ₂	165 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.5: Haustechnikanlagen: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials von thermischen Sonnenkollektoren für die Brauchwarmwassererwärmung					
Das theoretische Potential ist abhängig von der Energie, welche im Warmwasserbereich benötigt wird. Betrachtet wird der Haushalts- und Arbeitsbereich, wobei eine Wassermenge pro Person und Tag angenommen wird. Die industrielle Verwendung von Brauchwarmwasser wird bei dieser Betrachtung ausgeklammert.					
	Haushaltsbereich		Arbeitsbereich		Total
Warmwasserbedarf pro Person und Jahr	1'516	kWh/P a *	183	kWh/P a **	
Personen 2008	35'589	Personen	33'415	Personen	
Verbrauch Total Warmwasser	53'953	MWh/a	6'115	MWh/a	
m ² pro Person	71'178	m ² bei 2 m ² /P	13'366	m ² bei 0.4 m ² /P	84'544 m ²
Solarer Anteil ca. 60%	32'372	MWh/a	3'669	MWh/a	36'041 MWh/a
					7'893 tCO ₂ /a

Kostenberechnung					
	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂ ***		
Zielzuordnung		X		X	
Kosten Staatshaushalt 2010		691'107	CHF	691'107	CHF
Wirkung Jahr 2010		955	MWh/a	209	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		20	Jahre	20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer		19'100	MWh	4'183	tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung		3.6	Rp/kWh	165	CHF/tCO ₂

* $50 \text{ l} \times 1,163 \text{ Wh/l} \cdot \text{K} \times 50 \text{ K} \times 365 \text{ Tg} / (1000 \times 0.7) = 1516 \text{ kWh/P a}$

** $10 \text{ l} \times 1,163 \text{ Wh/l} \cdot \text{K} \times 50 \text{ K} \times 220 \text{ Tg} / (1000 \times 0.7) = 183 \text{ kWh/P a}$

*** Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

**** Aus Abschätzung "CO₂-Bilanzverbesserung durch Einsparung und Substitution durch EEG" - Stand 31.12.2010

Massnahme 1.6: Vorschriften Neubauten

Hintergrund: Die Energieverordnung EnV zum Baugesetz regelt Mindestanforderungen bezüglich energiesparender Bauweise und haustechnischer Anlagen. Im Energieeffizienzgesetz EEG wird energieeffiziente Wärmedämmung und Haustechnik gefördert.

Ziel: Die Beheizung von Neubauten trägt ab 2017 nicht mehr zur Erhöhung des CO₂-Ausstosses bei (Nullenergie- und Plusenergiehäuser, erneuerbare Energien).

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Keine Kosten für den Staatshaushalt, da es sich um eine Gesetzesänderung handelt.

Potential: Würden bei Neubauten die Zielwerte nach SIA 380/1 als Standard eingeführt, könnten 30% Heizenergie eingespart werden. Wenn Neubauten ihren Heizenergiebedarf zu 100% aus erneuerbaren Quellen decken, kann ein Zuwachs des CO₂-Ausstosses für Heizen vermieden werden.

Umsetzung: Anpassung der gesetzlichen Anforderungen an den Stand der Technik einer energiesparenden Bauweise. Die Wärmeerzeugung erfolgt primär mit erneuerbaren Energiequellen.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der politischen Akzeptanz/Konsensfindung ab und bedingt eine Gesetzesänderung. Die Wirkung ergibt sich aus den definierten Anforderungen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF						60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	480'000
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a						0.6	0.6	0.6	0.6	1.2	1.2	1.2	1.2	7.2
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a						131	131	131	131	263	263	263	263	1577
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	7.2 GWh/a	GWh/a	1'577 tCO ₂ /a	1'577 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	7.2 GWh/a	GWh/a	1'577 tCO ₂ /a	1'577 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.6: Vorschriften Neubauten

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials für Vorschriften bei Neubauten

Annahme: Pro Jahr werden geschätzte 100'000 m² EBF an Neubauten erstellt mit einem Heizwärmebedarf von rund 45 kWh/m². In der Massnahme 1.2 wird davon ausgegangen, dass 40'000 m² EBF des Bauvolumens in Minergiebauweise ausgeführt wird. Die restlichen 60'000 m² können wohl erst durch eine gesetzliche Pflicht auf dieses Verbrauchsniveau gebracht werden. Deshalb wird ab 2013 die 60'000 m² EBF mit einer Wirkung von 10 kWh/m² EBF und ab 2017 20 kWh/m² als Wirkung angerechnet. Zur Begründung siehe auch Massnahme 1.2.

Das theoretische Potential ist identisch mit dem neuen Bauvolumen (nur 60'000 m² angerechnet). Das bestehende Bauvolumen ist schon in Massnahme 1.2 erfasst. Eine nochmalige Erfassung würde eine Doppelzählung bedeuten.

Kostenberechnung			
	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂ *
Zielzuordnung	X	Einsparung ≠ erneuerbar	X
Kosten 2010 Staatshaushalt	CHF		CHF
Wirkung pro Jahr	MWh/a		tCO ₂
Erwartete Lebensdauer **	Jahre		Jahre
Wirkung über Lebensdauer	MWh		tCO ₂
Kosten 2010 Förderung Staatshaushalt	Rp/kWh		CHF/tCO ₂

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

Massnahme 1.7: Stromeffizienz in grossen Gebäuden

Hintergrund: Industrie und Gewerbe machen ca. 60% des Gesamtstromverbrauchs aus, ca. die Hälfte davon entfällt auf den Dienstleistungssektor. Stromsparpotenziale liegen in den Bereichen Beleuchtung, stromeffiziente Haustechnik und in der Nutzung von Gebäudeautomatisierung. Altbauten weisen aufgrund der teilweise veralteten Technik ein Einsparpotential auf. Bei Neubauten ist aufgrund der zunehmenden Technisierung ebenfalls ein besonderes Augenmerk auf eine effiziente Haustechnik zu legen.

Ziel: Verringerung des Stromverbrauchs in grossen Gebäuden um 20% bis 2020.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für die öffentliche Hand beschränken sich auf die begleitenden Massnahmen. Im Staatshaushalt 2013 sind 40'000 CHF drin.

Potential: Durch optimierten Betrieb und Einsatz energieeffizienter Haustechnik, Beleuchtung, Elektrogeräte sowie intelligenter Gebäudeautomatisierung könnten ca. 20% Strom in grossen Gebäuden eingespart werden. Diese Massnahme überschneidet sich teils mit anderen Massnahmen mit ähnlichem Fokus (z.B. Ersatz von Umwälzpumpen, Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzpotenziale in Industrie und Gewerbe). Bei Beleuchtung und Gebäudeautomation sowie der Betriebsoptimierung sind wesentliche Potentiale vorhanden.

Umsetzung: Anreize und Vorgaben für den Einsatz energieeffizienter elektrischer Geräte, Haustechnik und Beleuchtung. Anreize und Vorgaben zur Durchführung einer Energiebuchhaltung mit Auswertung von Indikatoren und Ableitung von Massnahmen zur Effizienzsteigerung. Sensibilisierungskampagnen durch Massnahmen, wie Energieeffizienzchecks, Energiesparwoche. Weitere Aktionen sind zu prüfen.

Abhängigkeiten und Risiken: Siehe auch Massnahmen zur Bewusstseinsbildung und Energiecoaching im Massnahmenbündel 5.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a						0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.6
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a						86	86	86	86	86	86	86	86	691

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	1.6 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	691 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	1.6 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	691 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	1.0 Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			CHF/tCO ₂	23 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.7: Stromeffizienz in grossen Gebäuden

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials für Stromeffizienz in grossen Gebäuden

Annahmen:

Sektor 3 (Dienstleistungen) 2010: 20'000 Beschäftigte. Nettofläche Büro 14 m²/Beschäftigten = 280'000 m² x 39 kWh/m²/a (SIA Merkblatt 2040

mittlerer Strombedarf für Einzel/Gruppenbüro = 10'920 MWh/a.

Sparpotenzial: 20%, entsprechend 2'184 MWh/a (2.18 GWh/a). Jährlich werden 10% der Büroflächen in Bezug auf die Stromeffizienz verbessert

0.2 GWh/a sei das theoretische Potential für die Steigerung Energieeffizienz im Vergleich zum Referenzszenario

→ 0.2 GWh/a x 432 tCO₂/GWh * → **Reduktion Wachstum um 86 tCO₂/a**

Kostenberechnung					
	Effizienz		Erneuerbar	CO ₂ *	
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar	X	
Kosten 2013 Staatshaushalt	40'000	CHF		40'000	CHF
Wirkung pro Jahr	200	MWh/a		86	tCO ₂
Erwartete Lebensdauer	20	Jahre		20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	4'000	MWh		1'728	tCO ₂
Kosten 2013 Förderung Staatshaushalt	1.0	Rp/kWh		23	CHF/tCO ₂

* Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.8: Ersatz von Umwälzpumpen

Hintergrund: Umwälzpumpen sind häufig überdimensioniert und von veralteter Technik. Diese Pumpen haben hohe Laufzeiten und sind in grossen Stückzahlen verbaut. Moderne Pumpen benötigen nur einen Bruchteil des Stroms konventioneller Pumpen.

Potential: Hocheffizienzpumpen verbrauchen bis zu 80% weniger Strom als konventionelle. Sparpotenzial durch Ersatz von 10'000 Pumpen in 10 Jahren: 356 MWh/a, wenn 500 Pumpen pro Jahr ersetzt: 178 MWh/a.

Ziel: Erreichung einer kumulierten Stromeinsparung von 1.4 GWh bis 2020 bei Ersatz von 500 Umwälzpumpen pro Jahr.

Umsetzung: Kampagne "Umwälzpumpencheck", Anreize/Vorschrift zum Ersatz ineffizienter Umwälzpumpen über Fördermassnahme, z.B. 200 CHF/ ersetzte Pumpe

Verantwortlichkeit: Regierung

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt belaufen sich auf rund 0.1 Mio. CHF/a bei einer Förderung mit 200 CHF pro ersetzte Pumpe.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)		GWh/a					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.4
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)		GWh/a													
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)		GWh/a													
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)		GWh/a													
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *		tCO ₂ /a													
Potential Einsparung CO₂ (Global) **		tCO ₂ /a					77	77	77	77	77	77	77	77	615

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	1.4 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	615 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	1.4 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	615 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a 5.6 Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	130 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.8: Ersatz von Umwälzpumpen

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials für Ersatz von Umwälzpumpen

Annahmen:

Potential: Hocheffizienzpumpen verbrauchen bis zu 80% weniger Strom als konventionelle. In Liechtenstein gibt es ca. 10'000 Gebäude (davon 1'000 grosse Gebäude), diese haben ca. 20'000 Pumpen. Davon sind ca. 50% veraltet. 10'000 Pumpen à 100 W à 4450 h (mittl. Laufzeit pro Jahr, alle Pumpentypen) = 4'450 MWh/a Stromverbrauch, Sparpotenzial 80% 3'560 MWh/a, auf 10 Jahre 356 MWh/a, wenn Hälfte realisiert (500 Pumpen pro Jahr ersetzt) 178 MWh/a Stromsarpotenzial

0.178 GWh/a sei das theoretische Potential für Steigerung Energieeffizienz im Vergleich zum Referenzszenario

→ 0.178 GWh/a x 432 tCO₂/GWh * → **Reduktion Wachstum um 77 tCO₂/a**

Kostenberechnung					
	Effizienz		Erneuerbar	CO ₂ *	
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar	X	
Kosten 2013 Staatshaushalt	100'000	CHF		100'000	CHF
Wirkung pro Jahr	178	MWh/a		77	tCO ₂
Erwartete Lebensdauer	10	Jahre		10	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	1'780	MWh		769	tCO ₂
Kosten 2013 Förderung Staatshaushalt	5.6	Rp/kWh		130	CHF/tCO ₂

* Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.9: Vermehrte Anwendung Gebäudeenergieausweis

Hintergrund: Nach EnAG besteht die Vorlagepflicht eines Gebäudeenergieausweises bei Verkauf, Vermietung oder Verpachtung eines Gebäudes. Für Neubauten ist nach Baugesetz im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens ein Gebäudeenergieausweis vorzulegen. Bisher findet der Gebäudeenergieausweis bei bestehenden Gebäuden wenig Anwendung.

Potential: Es ist davon auszugehen, dass eine Sichtbarmachung der energetischen Ineffizienz von Altbauten bei vielen Gebäudeeigentümern eine Sanierung auslöst - dies sowohl bei selbst bewohnten als auch bei vermieteten Gebäuden.

Ziel: Verbreitete Anwendung des Gebäudeenergieausweises bei bestehenden Gebäuden.

Umsetzung: Kampagne

Verantwortlichkeit: Regierung/Hochbauamt

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Kosten: Die Kosten beschränken sich auf die Sensibilisierungskampagnen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 1.10: Zinsgünstige Darlehen für Energiesparmassnahmen und erneuerbare Energien

Hintergrund: Obwohl über die gesamte Lebensdauer betrachtet bereits heute viele energetische Sanierungsmassnahmen wirtschaftlich wären, zögern viele Eigentümer. Es soll abgeschätzt werden, ob zinsgünstige und administrativ einfach abzuwickelnde Darlehen einen bedeutenden Anreiz für energetische Sanierungsmassnahmen darstellen würden. Mit der Vergabe eines vergünstigten Darlehens könnten verschiedene Kriterien verbunden werden: Zweckgebundenheit, fachliche Betreuung, Effizienz der Massnahme, etc. Als Kreditgeber sind das Land, Banken oder eine Kombination denkbar (z.B. Kredit durch Bank, Kreditausfallsgarantie durch Land).

Ziel: Erschliessung zusätzlicher Energiespar- und Erzeugungspotenziale durch Unterstützung in der Finanzierung.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Die Kosten werden im Rahmen der Studie zur Prüfung der Rahmenbedingungen erarbeitet.

Potential: Es gibt ein beachtliches Potential an Energiesparmassnahmen in bestehenden Gebäuden, auch in der Industrie und dem Gewerbe: Lüftungsanlagen ohne WRG, Wärme- und Kälteerzeugung und -verteilung, Wärmedämmungen, Steuerungen, etc. Weil ein Unternehmen jedoch laufend in seine Produktionsmittel investieren muss, sind für energetische Massnahmen oft nicht genügend Mittel vorhanden – dies, obwohl sich diese Kosten vernünftig amortisieren liessen. Die Beanspruchung von bereits verfügbaren Ökohypotheiken ist aus administrativer Sicht eher aufwändig.

Umsetzung: Studie zur Prüfung von Rahmenbedingungen, Nutzen, Potentialen und möglichen Varianten für die Vergabe von zinsgünstigen und administrativ einfachen Darlehen für Energiesparmassnahmen. Vorbild könnten Ansätze aus dem Bereich 'Microfinance' sein.

Abhängigkeiten und Risiken: Diese werden im Rahmen der Studie erarbeitet.

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh	GWh	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.1: Mobilität und Raumplanung

Hintergrund: Das Mobilitätsverhalten wird wesentlich durch vorhandene Raumstrukturen beeinflusst. Dazu gehören Themen wie Konzentration der Bebauungsdichte entlang von gut mit ÖV erschlossenen Verkehrsachsen, insbesondere im Bereich von Verkehrsknoten, Bereitstellung von Fuss- und Radwegen, überregionale Koordination des Themas Verkehr.

Ziel: Schaffung der Rahmenbedingungen, welche eine verbesserte Berücksichtigung von Raumstrukturen zugunsten einer nachhaltigen Mobilität erlauben.

Verantwortlichkeit: Regierung / Stabstelle Landesplanung und Ressort Verkehr

Kosten: Kurzfristig sind abgesehen von Aufwendungen für Koordination und Planung keine Kosten zu erwarten. Langfristig ergeben sich gesamtheitlich betrachtet Einsparungen.

Potential: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Energieverbrauch und Mobilität sind eng verknüpft, allerdings wirken sich die Erfolge einer gezielten Raumplanung erst langfristig aus. Das über die Mobilität hinausgehende Effizienzpotential einer optimierten Raumplanung in Liechtenstein sollte geprüft werden.

Umsetzung: Einbezug der Mobilität in die Raumplanung durch

- Fortlaufende Überprüfung raumplanerischer Aktivitäten des Landes
- Prüfung des Potentials eines verstärkten Einbezugs von Mobilität in die Raumplanung in Liechtenstein
- Koordination und Kommunikation mit den Gemeinden
- überregionale Koordination

Abhängigkeiten und Risiken: Das Thema Raumplanung unterliegt vielen Randbedingungen, Ansprüchen und Entscheidungsträgern. Raumplanung für eine nachhaltige Mobilität braucht eine langfristige Sichtweise, die über den Zeithorizont der vorliegenden Energiestrategie hinaus reicht.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.2: Öffentlicher Verkehr

Hintergrund: Mobilität hat einen grossen Anteil am Energieverbrauch (ca. 25%) des Landes. Es werden dabei fast nur fossile Energieträger (Dieselöl, Benzin, Erdgas) verbraucht, dies betrifft vor allem den motorisierten Individualverkehr sowie im Bereich öffentlicher Verkehr die Busse.

Ziel: Beibehalt bzw. Ausbau der aktuell guten ÖV-Versorgung. Weiterer Umstieg von motorisiertem Individualverkehr auf öffentlichen Verkehr.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Kosten für Bewusstseinsbildung (Werbung öffentlicher Verkehr), sowie Kosten für die Umsetzung (siehe bspw. Kosten S-Bahn FL.A.CH)

Potential: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Der Anteil des Einkaufs- und Freizeitverkehrs betrug ca. 57% am gesamten Verkehrsaufkommen. Von diesen Fahrten fanden 70% der Wege mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) statt. Der Teil der Fahrten für die Arbeit (Pendlerverkehr) ist unter der Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" erfasst.

Umsetzung:

- S-Bahn FL.A.CH (siehe auch Massnahme S-Bahn FL.A.CH)
- Mobilitätskonzept 2015 konsequent durchsetzen.

Abhängigkeiten und Risiken: Politische Umsetzbarkeit bspw. der S-Bahn FL.A.CH. Der Berufsverkehr (Pendlerverkehr) ist in der Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" abgedeckt.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a					0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	5.0
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a					131	131	131	131	131	131	131	131	131	1'179

Realisiert Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	112 GWh/a	GWh/a	26'100 tCO ₂ /a	26'100 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	5.0 GWh/a	GWh/a	1'179 tCO ₂ /a	1'179 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.2: Öffentlicher Verkehr

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials

Im Referenzjahr 2008 verbrauchte der Verkehrssektor ca. 350 GWh Energie. Gemäss Verkehrserhebung 2007 in Liechtenstein** betrug der Anteil des Einkaufs- und Freizeitverkehrs 57% des gesamten Verkehrsaufkommens (der Berufsverkehr ist über die Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" abgedeckt). Von diesen Fahrten fanden 70% der Wege mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) statt, ca. 8% mit öffentlichem Verkehr (ÖV), und rund 12% zu Fuss oder mit dem Fahrrad (Aktivverkehr). Bei einer Umlagerung vom MIV (PW, 7 lt/100 km, 1.5 Personen) auf einen gut besetzten Bus (50 Personen, 45 lt/100 km) resultiert ein Effizienzgewinn von ca. 80% bezogen auf den Treibstoffverbrauch.

Als theoretisches Potential wird eine vollständige Umlagerung des MIV-Verkehrs (Freizeit und Einkauf) auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus) angenommen. $350 \text{ GWh} \times 57\% \times 70\% \times 80\% = 112 \text{ GWh/a}$. CO_2 -Einsparpotential: $112 \text{ GWh} \times 234 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 26'100 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

Der VCL hält eine Reduktion der Verkehrsleistung durch MIV an allen Wegen um ca. 0.5% pro Jahr für realistisch. $350 \text{ GWh} \times 57\% \times 70\% \times 80\% \times 0.5\% = 0.56 \text{ GWh/Jahr}$. CO_2 -Einsparung: $0.56 \text{ GWh} \times 234 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 131 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

* Umrechnung Energiemix 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Mobilitätskonzept Mobiles Liechtenstein 2008, http://www.llv.li/pdf-llv-tba-verkehr-mobilitaetskonzept_2008.pdf

Massnahme 2.3: S-Bahn

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist heute mit einem Anteil von 67% das dominierende Verkehrsmittel. 16% der Wege erfolgen mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV), 17% zu Fuss oder dem Fahrrad (LV). Vor allem Dienst- und Einkaufsfahrten werden mit dem MIV zurückgelegt. Beim Arbeitsverkehr ist der Anteil des öffentlichen Verkehrs mit 17% im Vergleich zu den anderen Verkehrszwecken relativ hoch.

Ziel: S-Bahn-Angebot mit der erforderlichen Schieneninfrastruktur schaffen und Haltepunkte auf die bestehenden Aufkommensgebiete und Entwicklungsschwerpunkte ausrichten.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Grobe Kostenschätzung von ca. 99 Mio. CHF.

Potential: Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Das Verkehrsaufkommen in Liechtenstein wird vor allem durch Fahrten mit Ziel- oder Ausgangspunkt in Liechtenstein (50.4 %) und den Binnenverkehr (45.9%) verursacht. Der Anteil des Durchgangsverkehrs beträgt nur 3.7%.

Im Jahr 2006 pendelten knapp 16'000 Pendler jeden Tag nach Liechtenstein. Um den Anteil ÖV an diesen Verkehrsbewegungen zu erhöhen, muss die Attraktivität und Effizienz des ÖV stetig verbessert werden. Mit der Umsetzung des Projektes S-Bahn FL.A.CH kann die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs massgeblich verbessert und dabei insbesondere im Bereich der grenzüberschreitenden Arbeitswege ein grosses Potential generiert werden.

Umsetzung: Umsetzung des Projektes S-Bahn FL.A.CH.

Abhängigkeiten und Risiken: Politische Realisierbarkeit. Eng mit den Massnahmen 2.2 "Öffentlicher Verkehr" und 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" verknüpft.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.4: Langsam- resp. Aktivverkehr

Hintergrund: Ein Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf Aktivverkehr (zu Fuss oder Fahrrad) reduziert den Energieverbrauch auf Null, reduziert die verkehrsbedingte Belastung von Mensch und Umwelt und fördert die Gesundheit. Ein Umstieg kann durch die Bereitstellung der entsprechenden Infrastrukturen (Fuss- und Radwege) gefördert werden.

Ziel: Steigerung der Attraktivität des Langsamverkehrs durch Bereitstellung der entsprechenden Infrastrukturen.

Verantwortlichkeit: Regierung in Zusammenarbeit mit Gemeinden

Kosten: Die meisten der gewünschten Ausbauten erfolgen auf Gemeindeebene und fallen damit in die Gemeindebudgets.

Potential: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Erfolgt eine Umlagerung von jährlich zusätzlich 0.5% der Verkehrsleistung vom motorisierten Individualverkehr auf Aktivverkehr, so entspricht dies einer zusätzlichen jährlichen Einsparung von 1.75 GWh.

Umsetzung: Die Förderung des Langsamverkehrs und insbesondere des Radverkehrs ist Bestandteil des Mobilitätskonzepts „Mobiles Liechtenstein 2015“. Derzeit erarbeitet das Land Liechtenstein ein Radverkehrskonzept. Es soll dem Land in Zusammenarbeit mit den Gemeinden wie auch den grenzüberschreitenden Regionen Anreize bieten, den Langsamverkehr zu fördern.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Hoheit zur Bereitstellung der Infrastruktur für den Aktivverkehr liegt primär bei den Gemeinden. Der Berufsverkehr ist Teil der Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben".

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
				CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.5: Mobilitätsmanagement in Betrieben

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist heute mit einem Anteil von 67% das dominierende Verkehrsmittel, 16% der Wege erfolgen mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV), 17% zu Fuss oder dem Fahrrad (LV). Ein erheblicher Anteil des MIV ist auf den Verkehr zum und vom Arbeitsort zurückzuführen. Ein Umstieg auf ÖV oder Langsamverkehr sowie die Bildung von Fahrgemeinschaften reduziert den Arbeitsweg bedingten Energieverbrauch.

Ziel: Steigerung des Anteils von Arbeitsstätten mit Mobilitätsmanagement.

Verantwortlichkeit: Regierung Ressort Verkehr, Tiefbauamt / Mobilitätsmanagement

Kosten: Die Kosten für die öffentliche Hand beschränken sich auf die begleitenden Massnahmen.

Potential: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Mit über 34'000 Beschäftigten ist das Potenzial für Einsparungen beim Pendlerverkehr vom und zum Arbeitsplatz sehr gross. Zwischen 2003 und 2010 ist der Anteil des MIV an den Arbeitswegen bereits um 10% gesunken. Weitere Senkungen scheinen durch betriebliches Mobilitätsmanagement und eine Förderung des öffentlichen und aktiven Verkehrs möglich.

Umsetzung: Weiterführung der laufenden Aktivitäten zur Verbreitung und dem Ausbau des betrieblichen Mobilitätsmanagements.

Abhängigkeiten und Risiken: Eine Verlagerung des Verkehrs vom und zum Arbeitsort auf den Aktivverkehr und den öffentlichen Verkehr hängt von einer guten ÖV-Infrastruktur ab (Massnahme 2.3 "S-Bahn", Massnahme 2.2 "Öffentlicher Verkehr")

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a					0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a					118	118	118	118	118	118	118	118	118	1'062

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	51 GWh/a	GWh/a	11'900 tCO ₂ /a	11'900 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	4.5 GWh/a	GWh/a	1'062 tCO ₂ /a	1'062 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.5: Mobilitätsmanagement in Betrieben

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials

Im Referenzjahr 2008 verbrauchte der Verkehrssektor ca. 350 GWh Energie. Gemäss Verkehrserhebung 2007 in Liechtenstein** betrug der Anteil des Verkehrs für Arbeit/Ausbildung 27% (der Freizeit- und Einkaufsverkehr ist über die Massnahme 2.2 "Öffentlicher Verkehr" abgedeckt). Davon fanden 67% der Wege mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) statt, 16% mit öffentlichem Verkehr (ÖV) und 17% zu Fuss oder mit dem Fahrrad (Aktivverkehr).

Bei einer Umlagerung vom MIV (PW, 7 lt/100 km, 1.5 Personen) auf einen gut besetzten Bus (50 Personen, 45 lt/100 km) resultiert ein Effizienzgewinn von ca. 80% bezogen auf den Treibstoffverbrauch.

Als theoretisches Potential wird eine vollständige Umlagerung des MIV-Berufs-Pendlerverkehrs auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus) angenommen (Einsparung 80%). $350 \text{ GWh} \times 27\% \times 67\% \times 80\% = 51 \text{ GWh/a}$. CO_2 -Einsparpotential: $51 \text{ GWh} \times 234 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 11'900 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

Der VCL hält eine Reduktion des MIV-Anteils an Arbeitswegen um ca. 2% pro Jahr für realistisch (45% im Jahr 2020). Für die Energiebetrachtung ist die Reduktion der Verkehrsleistung des MIV für Arbeitswege massgeblich; hier schätzt der VCL eine Reduktion von 1% pro Jahr als realistisch ein. $350 \text{ GWh} \times 27\% \times 67\% \times 80\% \times 1\% = 0.5 \text{ GWh/Jahr}$. CO_2 -Einsparung: $0.5 \text{ GWh} \times 234 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 118 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

* Umrechnung Energiemix 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Mobilitätskonzept Mobiles Liechtenstein 2008, http://www.llv.li/pdf-llv-tba-verkehr-mobilitaetskonzept_2008.pdf

Massnahme 2.6: Energieeffiziente Fahrweise

Hintergrund: Durch eine energieeffiziente Fahrweise lassen sich ohne technische Massnahmen 10% des Treibstoffverbrauchs einsparen. Dies schont die Umwelt und das Portemonnaie.

Ziel: Personen- und Lastwagenlenker im sparsamen, umweltbewussten und sicheren Fahren unterstützen.

Verantwortlichkeit: Regierung Ressort Verkehr, Tiefbauamt / Mobilitätsmanagement

Kosten: Kosten für Organisation und Unterstützung der Kurse

Potential: Liechtenstein hat eine sehr hohe Dichte sowohl an Personen- als auch an Lastwagen. 2010 wurden in der Schweiz 68'000 Personen von den Partnern der Quality Alliance Eco-Drive (QAED) geschult. Umgerechnet auf Liechtenstein ergibt das jährlich ca. 300 Personen und eine Einsparung von 340 t CO₂.

Umsetzung: Organisation und Unterstützung von Kursen für eine energieeffiziente Fahrweise, denkbar ist eine Partnerschaft mit der Quality Alliance Eco-Drive (QAED). Denkbar ist auch eine verstärkte Integration des Themas in die Fahrausbildung und -prüfung.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.7: Absenkung Treibstoffverbrauch und CO₂-Emissionen

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr ist einer der wesentlichen Energieverbraucher in Liechtenstein. Der durchschnittliche CO₂-Ausstoss pro km von verkauften Neuwagen ist seit dem Jahr 2002 gesunken, betrug im Jahr 2009 in Liechtenstein aber immer noch 181 g CO₂/km. In Österreich lag dieser Wert beispielsweise bei 150 g CO₂/km. Die EU gibt als Zielwert für das Jahr 2015 einen Ausstoss von 120 g CO₂/km vor. In Liechtenstein wurde im Jahr 2008 ein steuerliches Bonus-Malus-System diskutiert, aber nach der Vernehmlassung nicht weiterverfolgt.

Ziel: Absenkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs der neu in Verkehr gesetzten Personenwagen.

Kosten: Kostenneutrale Ausgestaltung durch Vorschriften unter Nutzung von Marktmechanismen.

Potential: Eine Absenkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs hätte eine bedeutende Energieeinsparung zur Folge. Zu beachten ist dabei, dass der Treibstoffverbrauch in Liechtenstein auch wesentlich von Fahrzeugen beeinflusst wird, welche nicht in Liechtenstein zugelassen sind bzw. der Tanktourismus eine Rolle spielt.

Umsetzung: Das in Ansätzen bereits vorhandene Bonus-Malus-System kann ausgebaut werden. Ansatzpunkte können sein: Bonus-Malus-System in Abhängigkeit der Antriebstechnologie (Diesel, Gas, Hybrid, Elektro), Energie-Etikette.

Abhängigkeiten und Risiken: Eine zusätzliche finanzielle Belastung an der Tankstelle ist aufgrund der Zollverträge problematisch und würde lediglich zu einem Tanktourismus ins nahe Ausland führen. Nicht in Liechtenstein zugelassene Fahrzeuge können mit dieser Massnahmen somit nicht erfasst werden.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.8: Elektrofahrzeuge

Hintergrund: In der Mobilität werden heute fast nur fossile Energieträger (Dieselöl, Benzin, Erdgas) eingesetzt. Das Thema Elektromobilität bietet insbesondere bei einem kleinräumigen Gebiet wie Liechtenstein eine besondere Chance: Die derzeitige Technologie erlaubt eine Reichweite zwischen 100–200 km pro Aufladung. Diese Reichweite bietet sich insbesondere für den Arbeitsweg an, da der durchschnittliche Arbeitsweg deutlich unter dieser Reichweite liegt. Verbunden mit der Möglichkeit, allfällige überschüssige Energie aus Photovoltaik zu speichern, ergibt sich eine interessante Kombination.

Ziel: Steigerung des Anteils an Elektro- bzw. Hybridfahrzeugen bis im Jahr 2020 auf 14% des Gesamtfahrzeugbestands (rund 5000 Fahrzeuge (Fz)).

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Abhängig von den konkreten, notwendigen Massnahmen.

Potential: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 rund 350 GWh. Dies entspricht rund 25% des gesamten Energieverbrauchs. Durch Substitution von fossilen Treibstoffen mit Hybrid- oder Elektrotechnologie kann rund die Hälfte der Energiemenge eingespart werden. Entscheidend ist, wie der Strom dafür bereitgestellt wird. Bei Berücksichtigung des europäischen Strommix wird der Effizienzvorteil bezogen auf die eingesetzte Primärenergie faktisch kompensiert. Im Inland wird durch die Substitution der fossilen Treibstoffe die CO₂-Bilanz verbessert, global ergibt sich eine Verbesserung nur bei einem Ausbau des Anteils erneuerbarer Energie (z.B. Photovoltaik/Wasserkraft). Es ist zu erwarten, dass sich die Effizienz bezüglich der noch hohen Ladeverluste verbessern wird und sich so die Bilanz auch global positiv entwickeln kann. Der Anteil an Elektro- und Hybridfahrzeugen betrug 2010 0,45% (156 Fahrzeuge bei 35'000 Fahrzeugen Gesamtbestand). Es wird davon ausgegangen, dass bei entsprechender Technologie ein Umstieg auf Elektromobilität marktgetrieben stattfinden wird.

Umsetzung: Von staatlicher Seite sollten die Rahmenbedingungen für die Entwicklung vorausschauend geklärt und wenn nötig angepasst werden. Um den Anteil erneuerbarer Energien im Bereich der Mobilität zu erhöhen, sind Netzinfrastrukturfragen (Spitzen/Speicher) genauer zu beleuchten. Eine Arbeitsgruppe sollte sich mit der Thematik eingehend befassen, um notwendige Infrastrukturentscheide zu fällen.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	Fz						250	500	500	750	750	750	750	750	5'000
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a						0.6	1.3	1.3	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	12.5
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a						293	585	585	878	878	878	878	878	5'850
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a						23	45	45	68	68	68	68	68	450

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	175 GWh/a		81'900 tCO ₂ /a	6'300 tCO ₂ /a
Potential 2008 - 2020	12.5 GWh/a		5'850 tCO ₂ /a	450 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 2.8: Elektrofahrzeuge

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials bei Erhöhung des Anteils an Elektrofahrzeugen

Die Umweltbilanz von mit Strom betriebenen Fahrzeugen (10'000 km/a Fz) hängt entscheidend von der Stromherkunft ab. Das Pilotprojekt Vlotte, welches in Vorarlberg läuft, erreicht einen Durchschnittsverbrauch von 25 kWh/100 km*** (18 kWh Fahrt, 7 kWh Ladeverlust). Bei einem Dieselmotor/Benzinmotor sind es rund fünf Liter, das entspricht einem Verbrauch von 50 kWh. Das theoretische Effizienzpotenzial liegt bei 100% Elektromobilität somit entsprechend dem halben Verbrauch von Benzin, Diesel oder Erdgas. Der Ersatz von Diesel für grosse Transportfahrzeuge und Baumaschinen wäre ungleich schwieriger, dies wird aber für das theoretische Potential nicht berücksichtigt.

Im Referenzjahr 2008: $(203 \text{ GWh} + 137 \text{ GWh} + \text{ca. } 10 \text{ GWh} = 350 \text{ GWh/a})/2 = 175 \text{ GWh}$. Die Einsparung von Treibstoffen wird dem Bereich Wärme zugeteilt. Daraus ergibt sich die Einsparung von $350 \text{ GWh} \times 0,234 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 81'900 \text{ tCO}_2/\text{a}$. Beim Strom entsteht ein Mehrverbrauch von der Hälfte der Einsparung $175 \text{ GWh} \times 0,432 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 75'600 \text{ tCO}_2/\text{a}$. Zieht man die Inlandreduktion davon ab, entsteht ein Einspareffekt von 6'300 tCO₂/a. Bei Reduktion der Ladeverluste und dem Einsatz von erneuerbarer Energie wird die Bilanz entsprechend verbessert.

* Umrechnung Energiemix 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

*** Gemäss Ergebnissen des Projektes Vlotte der illwerke-vkw, Vorarlberg, www.vlotte.at

Massnahme 3.1: Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung

Hintergrund: Laufender Ersatz von defekten und veralteten durch energieeffizientere Produkte. Nur noch gute Produkte sind zum Verkauf zugelassen. Die Vorschriften folgen dabei dem EU-Fahrplan mit klaren Effizienzkriterien.

Potential: Durch die Umsetzung von EU-Verordnungen für Mindestvorschriften von Geräten kann erheblich Elektrizität eingespart werden. Die Effizienzverbesserungsmassnahmen sind wissenschaftlich breit abgestützt und volkswirtschaftlich positiv.

Ziel: Mindestens ebenso gute Standards wie die EU

Umsetzung: Rasche Übernahme der relevanten EU-Verordnungen im Rahmen des EWR-Übernahmeprozesses. Sensibilisierungskampagnen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle zusammen mit Stabstelle EWR

Abhängigkeiten und Risiken: Fortschritte der EU Verordnungen

Kosten: Vorschriften

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a					2	2	3	3	3	3	3	4	4	27.0
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a					864	864	1'296	1'296	1'296	1'296	1'296	1'728	1'728	11'664

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	52 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	22'464 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	27.0 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	11'664 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.1: Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung

Annahmen und Berechnungen

Theoretisches Potential (Die nachfolgenden Potentiale sind eine erste grobe Expertenschätzung, da verifizierte Zahlen für das FL fehlen)

Berechnungsgrundlage: Ausgangspunkt der Abschätzung sind die in den jeweiligen EcoDesign-Verordnungen angegebenen Prognosen für Verbrauch, Verbrauchszuwachs bis 2020 und mutmassliche Reduktion durch die Massnahmen der Verordnungen im Jahr 2020. Die Werte wurden für Liechtenstein proportional zur Bevölkerung umgerechnet und daraus das für Liechtenstein zu erwartende Potential ermittelt. Bei drei Verordnungen sind keine genaueren Angaben zu finden. Deshalb wurden hier eigene Schätzungen verwendet. Es ist davon auszugehen, dass weitere Vorschriften mittels Verordnungen erlassen werden.

Delegierte Rechtsakte		Europäische Union (501 Mio. Einwohner)		Mit Massnahmen bis 2020 Einsparpotential in TWh**	Fürstentum Liechtenstein (35'000 Einwohner)		
		Gesamtverbrauch in TWh** 2008	o. Massnahmen in TWh** 2020		Gesamtverbrauch in MWh 2008	2020	Potential in MWh Prozentual
107/2009	Set-Top-Boxen	6	14	9	419	978	629
1275/2008	Bereitschafts- und Auszustand	47	49	35	3283	3423	2445
244/2009	Haushaltslampen	112	135	39	7824	9431	2725
245/2009	Leuchtstofflampen	200	260	38	13972	18164	2655
278/2009	Netzteile	17	31	9	1188	2166	629
640/2009	Elektromotoren	1067	1252	135	74541	87465	9431
641/2009	Nassläufer-Umwälzpumpen	50	55	23	3493	3842	1607
642/2009	Fernsehgeräte	60	132	28	4192	9222	1956
643/2009	Haushaltskühlgeräte	122	Rückgang	erheblich	8523		20
1016/2010	Haushaltsgeschirrspüler	25	35	erheblich	1747	2445	20
1015/2010	Haushaltswaschmaschinen	35	38	erheblich	2445	2655	20
327/2011	Ventilatoren 125W-500kW	344	560	34	24032	39122	2375
		2085	2561	350	145659	178912	26994

Kostenberechnung	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂ (Inland)	CO ₂ (Global) *
Zielzuordnung	X			X
Theoretisches Potential	26'994 MWh			11'656 tCO ₂ /a
Potential 2008 - 2020	26'994 MWh			11'656 tCO ₂ /a
Kosten Staatshaushalt 2010				
erwartete Lebensdauer				
Wirkung über Lebensdauer				
Kosten pro kWh Wirkung				

*Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,43181 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

**Verbrauchs- wie auch Einsparpotentialwerte den jeweiligen Verordnungen entnommen.

Massnahme 3.2: Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe

Hintergrund: Effizienzprogramme wie z.B. das EnAW- Modell (Energie Agentur der Wirtschaft) haben Systematiken entwickelt, welche mit Analysen wirtschaftliche Einsparpotentiale aufspüren und einer Umsetzung zuführen.

Ziel: Einbindung möglichst vieler Betriebe in solche Programme. Unterstützung einer Effizienzkultur, welche von der Spitze bis zur Basis (Unterhaltspersonal) gelebt wird.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Es wird sich in Bezug auf Rp/kWh um eine der günstigsten Massnahmen handeln, da nicht die Massnahme, sondern die Beratung für die Massnahme gefördert werden soll.

Potential: Ökonomie und Ökologie lassen sich dann verbinden, wenn die Entscheidungsträger Zugang zu problembezogenem Expertenwissen zum Zeitpunkt der Entscheidung haben. So können die Potentiale schnell ausgeschöpft werden.

Umsetzung: Anreizmodell für Energieverbraucher, Förderung von Beratungsgutscheinen, unbürokratisches System zur schnellen Entscheidungsfindung in den Unternehmen. Prüfung Grossverbraucherartikel anlog diverser Schweizer Kantone.

Abhängigkeiten und Risiken: Spitze-Basisproblematik in Unternehmen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a					1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	16.5
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a					2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	21.0
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a					438	438	438	548	548	548	548	548	548	4'599
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a					432	648	864	864	864	864	864	864	864	7'128

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	84 GWh/a	GWh/a	11'388 tCO ₂ /a	25'260 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	37.5 GWh/a	GWh/a	4'599 tCO ₂ /a	7'128 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.2: Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe

Annahmen und Berechnungen (Die nachfolgenden Potentiale sind eine erste grobe Expertenschätzung, da verifizierte Zahlen für Liechtenstein fehlen)

Abschätzung des theoretischen Potentials bei Annahme von 15% Effizienzverbesserung						
Wie gross das wirtschaftliche Potential ist hängt massgebend vom Energiepreis und ebenfalls wesentlich von guten Beratern ab.						
Deshalb wird lediglich eine grobe Schätzung des theoretischen Potentials vorgenommen wobei davon auszugehen ist, dass dieses nie ganz ausgeschöpft werden kann.						
Um Doppelzählung mit anderen Massnahmen zu vermeiden, wurde lediglich 15% Effizienzverbesserung zu Grunde gelegt.						
Schätzung für wirtschaftliches Effizienzpotential in der Wirtschaft Annahme Strom 55%, Wärme 56% wird in der Wirtschaft verbraucht und davon sind 15% möglich						
Verbrauch FL 2008:	Elektrizität	386 GWh/a	davon 15% von 55%	32 GWh/a	13'818	** tCO ₂ /a
	Wärme	615 GWh/a	davon 15% von 56%	52 GWh/a	11'388	* tCO ₂ /a
		1001 GWh/a		84 GWh/a	25'206	
Studien und eigene Nachrechnungen der Energiefachstelle zeigen, dass es mit geeigneten Massnahmen günstiger ist, Energie einzusparen als zu erzeugen.						
Voraussetzung: Die Potentiale müssen mit wenig Aufwand einigermaßen sicher identifiziert und abgeschätzt werden können.						

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

**Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,43181 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.3: Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze

Hintergrund: Primär soll Abwärme möglichst vermieden werden. Überschüssige Wärme soll in erster Priorität via Wärmerückgewinnung dem ursächlichen Prozess zugeführt werden. Nutzung von Abwärme z.B. in Abwasser enthaltener Wärme für die Gebäudeheizung.

Ziel: Nutzung von Abwärme bei sinnvoller Konstellation für die Beheizung und für Warmwasser in umliegenden Gebäuden.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Stark abhängig von den Detailbedingungen.

Potential: Limitierender Faktor für die Ausnutzung des grossen Potentials sind die Kosten für die Verteilung und Aufbereitung und ev. der fluktuierende Wärmeeinfall durch Produktionsprozesse. Z.B. Prüfung der erweiterten Abwärmenutzung ab KVA-Dampfleitung bzw. der Fernwärmenutzung ab KVA für Schaan.

Umsetzung: Prüfung ob eine Verankerung von Wärmenetzen im EEG möglich ist.

Abhängigkeiten und Risiken: Abhängigkeit vom Wärmeeinfall. Industrieproduktion kann verlagert werden.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	9.0
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a					219	219	219	219	219	219	219	219	219	1'971
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Die Potentiale sind eine grobe erste Schätzung.

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	40 GWh/a	GWh/a	8'760 tCO ₂ /a	8'760 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	9.0 GWh/a	GWh/a	1'971 tCO ₂ /a	1'971 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.4: Anreizsystem für Energieversorger

Hintergrund: Die Energieeffizienz kann stark verbessert werden, wenn Versorger ein Eigeninteresse haben, verbrauchssenkende Informationen an Kunden weiterzugeben. Durch moderne Methoden wie Smart Meter werden neue Möglichkeiten in der Analyse von Verbrauchszahlen zur Verfügung stehen. Durch automatisierte Auswertungen könnten diese Daten inkl. Effizienzvorschlägen gezielt den Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden. Die Energieversorger haben dabei eine Schlüsselposition.

Ziel: Die Versorger sollen zu Energiedienstleistern werden, welche die politischen Zielsetzungen im Markt unterstützen.

Verantwortlichkeit: Regierung und Versorger

Kosten: Abhängig vom System der Umsetzung. Möglicherweise keine direkten Kosten für den Staat.

Potential: 1% Energieeffizienzverbesserung pro Jahr. Langfristig und volkswirtschaftlich sind viele Effizienzmassnahmen sinnvoller als der Energiezukauf. Volkswirtschaftlich kostenneutrale Massnahmen wählen.

Umsetzung: Über einen für das Fürstentum grössenverträglichen Ansatz. Verknüpfung der Leistungsaufträge mit den energiepolitischen Zielsetzungen. Arbeitsgruppe notwendig.

Abhängigkeiten und Risiken: Akzeptanz der Bevölkerung und der Wirtschaft. Gute Erklärung des volkswirtschaftlichen Nutzens notwendig. Ökonomie und Ökologie soll nicht im Widerspruch stehen.

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a								3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	23.2
Potential Steigerung Energieeffizienz Gas (Wärme)	GWh/a								4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	24.1
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a								794	794	794	794	794	794	4'764
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a								1'668	1'668	1'668	1'668	1'668	1'668	10'005

Realisiert Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	79 GWh/a	GWh/a	7'920 tCO ₂ /a	24'761 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	47.2 GWh/a	GWh/a	4'764 tCO ₂ /a	14'769 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.4: Anreizsystem für Energieversorger

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials (bei Annahme von 10% Effizienzverbesserung bei leitungsgebundenen Energieträgern)

Hintergrund: Studien und eigene Nachrechnungen der Energiefachstelle zeigen, dass mit geeigneten Massnahmen Energie oft mit weniger Kosten eingespart werden kann als für ihre Bereitstellung aufgewendet werden muss. Die Ausschöpfung des Potentials kann dann erreicht werden, wenn die Versorger darin einen Eigennutzen sehen können. Dies ist jedoch bei den derzeitigen Marktanreizen, welche mehr Gewinn bei grösseren Absätzen versprechen, nicht im Interesse der Versorger und kann demzufolge auch nicht erwartet werden. Erst bei entsprechenden Anreizen besteht die Möglichkeit, dass die Versorger als "echte" Energiedienstleister im Sinne und zum Nutzen des Kunden (tiefere Energiekosten) tätig werden. Die leitungsgebundenen Energieträger Elektrizität (27.8%) und Erdgas (28.9%) machten 2008 zusammen 56.8% des Energieverbrauches aus. Der Erdölanteil (15.5%), welcher vor allem von Erdgas konkurrenziert wird, nimmt laufend ab.

Um Doppelzählung mit anderen Massnahmen (z.B. 3.2) zu vermeiden, wurde lediglich 10% Effizienzverbesserung zu Grunde gelegt.

Die im FL verbrauchten leitungsgebundenen Energieträger betragen im 2008:

Verbrauch FL 2008:	Elektrizität	386 GWh/a	davon 10%	39 GWh/a	16'841	**	tCO ₂ /a
	Erdgas	401 GWh/a	davon 10%	40 GWh/a	7'920	*	tCO ₂ /a
		787 GWh/a	davon 10%	79 GWh/a	24'761		tCO ₂ /a

* Umrechnung Energiemix 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas)

**Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.5: Smart Energy

Hintergrund: Durch intelligentes Management der Stromnachfrageseite können Leistungsspitzen gebrochen werden (Demand-Side-Management und Smart Energy). Viele Geräte könnten ohne Funktionseinbusse zeitweise vom Netz genommen werden oder je nach Versorgungssituation aktiviert und als Energiespeicher genutzt werden. Dazu bedarf es insbesondere einer Kommunikationsschnittstelle zwischen Gerät und Energieversorger.

Ziel: Die Entwicklungen und Möglichkeiten im Bereich Smart Energy sollten durch Energieversorger laufend evaluiert werden und im Hinblick auf zukünftige Investitionen in Netzinfrastruktur und Kraftwerke berücksichtigt werden.

Verantwortlichkeit: Regierung und Energieversorger

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potential: Das Potential der intelligenten Nachfragesteuerung liegt weniger in einer Einsparung an Energie, sondern in der Chance, Spitzen im Leistungsbedarf zu brechen und damit den Kraftwerkpark und die Versorgungsinfrastruktur besser auszunützen. Zudem stellt dies eine Chance zur vermehrten Einbindung von dezentral produzierten und unregelmässig anfallenden, erneuerbaren Energien dar.

Umsetzung: Aktuell befindet sich das Thema noch weitgehend in der Erforschung, daher ist eine direkte Umsetzung noch nicht planbar.

Abhängigkeiten und Risiken: Da die Netzkapazität immer mehr zu einem limitierenden Faktor wird, sollte die Möglichkeit der intelligenten Angebots- und Bedarfssteuerung im Auge behalten werden.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz Gas (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 3.6: Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserreinigung

Hintergrund: Wasserversorgung und Abwasserreinigung benötigen viel Strom. Die Gemeinden könnten ihre Wasserversorgung und Abwasserreinigungsanlagen auf vorhandene Effizienzpotentiale und die Nutzung von Abwärme / Energie aus Biomasse untersuchen.

Potential: Wasserversorgung und Abwasserreinigung benötigen viel Strom.

Ziel: Potentiale in der Wasserversorgung und Abwasserreinigung auf Gemeindeebene klären. **Umsetzung:** Abklärung möglicher Potentiale zur Betriebsoptimierung, Anlagenoptimierung und Nutzung von Abwärme durch Spezialisten.

Verantwortlichkeit: Gemeinden

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Kosten: Die Umsetzungskosten wirtschaftlicher Massnahmen fallen auf Seite der Anlageneigentümer an. Die Kosten für das Land beschränken sich auf allfällige Beteiligungen für Studien zu Einsparmöglichkeiten.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz Gas (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.1: Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG)

Hintergrund: Photovoltaikanlagen werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Photovoltaik gilt als eine der grossen Zukunftstechnologien. Die Anlagenkosten sind über die letzten Jahre stark gesunken und eine weitere Senkung erscheint möglich.

Ziel: Erhöhung des Anteils Photovoltaikstrom auf 7% des Stromverbrauches. Eigenverbrauchsmodelle ausbauen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Eine Ausbauleistung von 2500 kWp/a benötigt zur Zeit 2.5 Mio. CHF/a. Die Einspeisevergütung läuft über einen Fonds. Die Förderung kann bei weiteren Kostensenkungen weiter reduziert werden.

Potential: Das Potential auf bestehenden Gebäuden kann auf verschiedene Arten geschätzt werden. Eine einfache Abschätzung ergibt 104 GWh/a. Die effektiv nutzbaren Potentiale werden durch Technologiefortschritt/Kosten und Netz/Speichereinbindung bestimmt.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahmen mit Übergang zu Marktmodellen. Abbau von administrativen Kosten und Umtrieben. Attraktives Eigenverbrauchsmodell.

Abhängigkeiten und Risiken: Strategien zur optimalen Netzbewirtschaftung sind zu entwickeln. Beim Fonds für Einspeisevergütung trägt das Land Liechtenstein den Endsaldo (siehe auch Massnahme 3.5 Smart Energy).

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	kWp	327	2'661	3'609	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	2'500	31'597
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	0.27	2.21	3.00	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	26.2
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a	117	954	1'294	896	896	896	896	896	896	896	896	896	896	11'329

Bestand Ende 2007: ca. 360 kWp mit einem Stromertrag von 0.301 GWh (Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung) Realisiert Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	125 MWp	104 GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	32 MWp	26.2 GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	8 Mio/a	20/4*** Rp/kWh
				CHF/tCO ₂
				464/93*** CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

*** Die Anlagenkosten und Förderkosten sinken sehr stark. Ende 2011 sind die Förderkosten von 20 Rp./kWh auf 4.0 bis 7.3 Rp/kWh gesunken (siehe Beiblatt)

Massnahme 4.1: Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials für die Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen

Das theoretische Potential ist abhängig von der belegbaren Fläche und dem Umwandlungswirkungsgrad. Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Abschätzungen des Solarpotentials, mit teils grossen Differenzen, welche sich mit unterschiedlichen Annahmen begründen lassen. Eine Diplomarbeit*** an der Universität Liechtenstein rechnet mit einem technisch realisierbaren Potential durch Überbauung geeigneter Freiflächen und Dächer von 54 GWh/a. Dies entspricht rund 14% des Stromverbrauches des Jahres 2010. Eine Abschätzung über die Energiebezugsfläche der beheizten Gebäude ergibt je nach Annahmen höhere Werte. Ausgehend von 5 Mio m² Energiebezugsfläche und der Annahme, dass 15% dieser Fläche als belegbare Dach- oder Fassadenfläche zur Verfügung steht, ergibt sich 104 GWh/a. Durch neue Technologien und Kostensenkungen könnte die belegbare Fläche in Zukunft auch grösser sein (bessere günstigere Fassadensysteme). Freiflächenanlagen werden nicht einbezogen. Weit interessanter als das theoretische Potential ist die Frage zu welchen Kosten und mit welcher Netzeinbindung die Ausschöpfung gelingen kann.

Energiebezugsfläche aller beheizten Gebäude ca.	5'000'000 m ²
Belegbare Dachfläche in % der beheizten Energiebezugsfläche	15 %
Belegbare Fläche für Photovoltaikanlagen	750'000 m ²
Flächeneffizienz	6 m ² /kWp
Max. Photovoltaikleistung	125'000 kWp
Theoretisches Potential Photovoltaik bei 830 kWh/a*kWp	103'750 MWh/a

Kostenberechnung

Zielzuordnung	Effizienz	Erneuerbar					**CO ₂ (UCTE)				
		X					X				
		2010	2011/1	2011/2	2011/2	Zukunft	2010	2011/1	2011/2	2011/2	Zukunft
			mit ESV	o. ESV				mit ESV	o. ESV		
Fonds für Einspeisevergütung	CHF/kWh	0.45	0.45	0.25	0	0	0.45	0.45	0.25	0	0
Abz. Fondsertrag für Energie	CHF/kWh	0.15	0.15	0.15	0	0					
Nettobelastung Fonds für ESV	CHF/kWh	0.30	0.30	0.10	0	0					
Vergütete Energie während 10a	kWh/kWp	8300	8300	8300	8300	0					
Kosten für Fonds	CHF/kWp	2490	2490	830	0	0					
Direktförderung Staat	CHF/kWp	2500	1000	1000	1000	500					
Kosten Fonds + Staat	CHF	4990	3490	1830	1000	500	4990	3490	1830	1000	500
Wirkung	kWh/a kWp tCO ₂ /a kWp	830	830	830	830	830	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Erwartete Lebensdauer	Jahre (a)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Wirkung über Lebensdauer	MWh/kWp tCO ₂ /kWp	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75
Kosten pro kWh oder tCO₂ Wirkung	Rp/kWh CHF/tCO ₂	20.0	14.0	7.3	4.0	2.0	464	325	170	93	47

*Aus Abschätzung "CO₂-Bilanzverbesserung durch Einsparung und Substitution mit EEG" - Stand 31.12.2010

**Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

***Executive Master Thesis: „Strategieentwicklung für den Bereich Photovoltaik der Liechtensteinischen Kraftwerke“, Jürgen Glauser, 12.1.2010

Massnahme 4.2: Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG)

Hintergrund: Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen produzieren neben Wärme auch Strom. Die zugeführte fossile Energie kann so weit effizienter genutzt werden. Für einen sinnvollen wirtschaftlichen Betrieb sind meist Wärmenetze notwendig.

Ziel: Ausbau und Verdichtung der bestehenden KWK-Netze und Neubau bei sinnvoller Konstellation. Wenn möglich mit erneuerbaren Brenn- und Treibstoffen wie z.B. Biogas und fester Biomasse.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Bei einem Ausbau von 10'000 m² EBF betragen die Kosten über 10 Jahre 0.9 Mio. CHF/a. Die bereits gebauten und bestehenden Anlagen beanspruchen zur Zeit ca. 0.45 Mio. CHF/a.

Potential: Überall wo Heizwärme benötigt wird. Der limitierende Faktor für die Anwendung ist eine genügend grosse Verbrauchsmenge mit langen Betriebszeiten. Diese wird bei guten Neubauten meist nicht erreicht.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahme. Ausbau im Altbestand, wo die Wärmedämmung schwer zu verbessern ist.

Abhängigkeiten und Risiken: Anpassung im EEG notwendig. EEG- Einspeisevergütung läuft 2013 aus. Abschlussrisiko Fonds für Einspeisevergütung.

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF				10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	10'000	100'000
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	0.236	0.215	0.203	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	5.7
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	-47	-43	-40	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-1119
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a	55	50	47	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	1322

Die Stromproduktion im Jahre 2007 mit KWK-Anlagen betrug 3.612 GWh/a

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	12.5 GWh/a	GWh/a	-2'475 tCO ₂ /a	2'923 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	5.7 GWh/a	GWh/a	-1'119 tCO ₂ /a	1'322 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	0.45 Mio/a	6.7 Rp/kWh	-337 CHF/tCO ₂	285 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas) (Bei Negativwerten Mehrausstoss!)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.2: Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials			
Das theoretische Potential kann den Betrag der für Heizwärme verbrauchten Energie nicht übersteigen. Der Einsatz von KWK-Anlagen verbessert die Energieeffizienz im Vergleich zur gewöhnlichen Erdgas- oder Dieselverbrennung erheblich. Angerechnet wird in dieser Abschätzung die produzierte Elektrizität im Vergleich zur importierten Elektrizität. Dabei wird eine beheizte Gebäudefläche angenommen, welche mit KWK-Anlagen beheizt werden kann. Besser als die nachfolgende Berechnung abschneiden würden KWK-Anlagen, welche mit Biogas oder fester Biomasse betrieben werden. Dazu müssten die Förderbeiträge oder zielgerichteter die Stromvergütung für derartige Anlagen stark erhöht werden.			
Heizwärmeverbrauch (Altbauten) pro m ² EBF	100 kWh/m ² a		
El. Wirkungsgrad der KWK-Anlage:	33 %		
Zur Beheizung des gleichen Gebäudes wird zusätzlich die Erdgasmenge im Umfang der erzeugten Elektrizität bezogen. Für die Betrachtung Inland resultiert deshalb ein erhöhter CO ₂ -Ausstoss von 50%, da mehr Brennstoff verbraucht wird.			
Wird Strom aus KWK-Anlagen in einer Wärmepumpenanlage verwendet, resultiert wiederum eine sehr grosse CO ₂ -Einsparung. Der Mehrverbrauch an Brennstoff wird dabei um etwa den Faktor 3 überkompensiert. Diese Einsparung wird bei der Massnahme Wärmepumpen berücksichtigt, da diese ursächlich auf die Wärmepumpe zurückzuführen ist.			
Für die Betrachtung (UCTE) resultiert eine CO ₂ -Einsparung von $0.43181 \cdot 0.198 = 0.23381$ tCO ₂ /MWh für den zusätzlich verbrauchten Brennstoff (Erdgas)			
Jeder mit KWK-Anlagen beheizte m ² Energiebezugsfläche benötigt eine zusätzliche Erdgasmenge von rund 50%.			
Angenommene mögliche beheizbare Fläche mit KWK	250'000 m ² EBF	(die gesamte EBF im FL beträgt rund 5 Mio. m ²)	
Zusätzliche Erdgasmenge	50 kWh/m ² EBF*a		
Erzeugte Strommenge = Zusätzlicher Brennstoffbedarf	12'500 MWh/a		
CO ₂ -Einsparung (Inland)	12'500 MWh	-0.198	-2475 tCO₂/a
CO ₂ -Einsparung (UCTE):	12'500 MWh	0.23381	2923 tCO₂/a

Kostenberechnung					
		Effizienz	Erneuerbar	**CO₂ (Inland)	**CO₂ (UCTE)
Zielzuordnung		X	Einsparung ≠ erneuerbar	X	X
Kosten		2010		2010	2010
Nettobelastung Fonds für ESV	CHF/kWh	0.09		0.09	0.09
Vergütete Energie während 10a	kWh/kW _{el}	40000		40000	40000
Kosten für Fonds	CHF/kW _{el}	3600		3600	3600
Direktförderung Staat	CHF/kW _{el}	400		400	400
Kosten Fonds + Staat	CHF/kW _{el}	4000		4000	4000
Wirkung	kWh/a kW _{el} tCO ₂ /a kW _{el}	4000		-0.79	0.94
Erwartete Lebensdauer	Jahre (a)	15		15	15
Wirkung über Lebensdauer	MWh/kW _{el} tCO ₂ /kW _{el}	60		-11.88	14.03
Kosten pro kWh oder tCO₂ Wirkung	Rp/kWh CHF/tCO ₂	6.7		-337	285

* Umrechnung Erdgas als Brennstoff 0,198 tCO₂/MWh
 **Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.3: Wasserkraftwerke

Hintergrund: Die Wasserkraft ist im Fürstentum Liechtenstein schon stark genutzt. Neben Kleinkraftwerken stellt der Rhein das grösste erneuerbare Potential dar. Die Nutzung des Rheins könnte sinnvoll sein, wenn auch aus ökologischer Sicht eine Aufwertung resultiert. Aus einer globalen Optik ist die Wasserkraftnutzung auch in Bezug auf das CO₂ interessant.

Potential: Das theoretische Potential der Kleinwasserkraftwerke wird auf 5.6 GWh geschätzt. Das Potential des Rheins wird auf 420 GWh (5 Stufen) geschätzt, wovon 50% dem Fürstentum Liechtenstein anrechenbar wären. In einer reduzierten Variante mit zwei Staustufen beträgt es 160 GWh, wovon 50% (80 GWh) Liechtenstein anrechenbar wären.

Ziel: Weiterverfolgung einer ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung.

Umsetzung: Prüfung möglicher Wasserkraftnutzungen in einer WIN-WIN Optik für Umwelt und Energie.

Verantwortlichkeit: Liechtensteinische Kraftwerke

Abhängigkeiten und Risiken: Vorurteile gegenüber einer genaueren Prüfung. Negative Beurteilung der Umweltbilanz.

Kosten: Noch nicht quantifizierbar. Hängt von der ökonomisch-ökologisch optimalen Lösung ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität) Trinkwasser	GWh/a							0.03			0.24				0.27
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität) Kleinwasserkraft	GWh/a						1.70	0.50	0.25	0.25					2.7
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität) Rhein	GWh/a											80			80.0
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a						734	229	108	108	104	34'560			35'843

Datenquelle nutzbare Potentiale: Sprenger &Steiner, LKW

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	237 GWh/a	tCO ₂ /a	102'254 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	83.0 GWh/a	tCO ₂ /a	35'843 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.4: Holzheizwerke

Hintergrund: Die Holznutzung mit schwer verwertbaren Sortimenten kann mit grösseren Holzheizwerken emissionsarm erfolgen. Es werden zur Zeit zwei Holzheizwerke, eines im Malbun und eines in Balzers diskutiert.

Potential: Siehe auch Potential Massnahme 1.4 'Förderung von Holzheizungen'. Dieses ist grundsätzlich durch den Zuwachs von Holz limitiert. Die diskutierten Projekte umfassen Malbun mit 5 GWh/a und Balzers mit 15 GWh/a. Bei regionaler Betrachtung könnte mehr Holzpotential vorliegen. Die energetische Nutzung von Restholz in einer zentralen Anlage könnte geprüft werden.

Ziel: Ausschöpfung des inländischen Holzpotentials vornehmlich schlechter Holzsortimente mit Heizwerken. Wenn wirtschaftlich möglich in KWK-Anwendung, Prüfung der Potentiale regionaler Holznutzung und zentraler Restholzfeuerung.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahme und Umsetzung mit Trägerschaftsstrukturen

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Abhängigkeiten und Risiken: Begrenztes Holzpotential, teure Fernwärmeleitungen.

Kosten: Abhängig von Fördermöglichkeiten

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a					5.0			15.0						20.0
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a					1'095			3'285						4'380
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	>20 GWh/a	>4'380 tCO ₂ /a	>4'380 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	20.0 GWh/a	4'380 tCO ₂ /a	4'380 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	50 CHF/tCO ₂	50 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.4: Holzheizwerke

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials

Die Holznutzung kann im Fürstentum Liechtenstein weiter erhöht werden. Insbesondere können schlecht verwertbare Holzsortimente wie auch Astmaterial aus Gärten und Rufeabgängen in grösseren Holzheizwerken mit wesentlich weniger Feinstaubbelastung verwertet werden.

Projekt Grossheizwerk				Daten aus Vorprojektstudien	
Theoretisches Potential	15	GWh/a	3285 tCO ₂ /a		
Potential 2008–2020	15	GWh/a	3285 tCO ₂ /a		
Kosten			50 CHF/tCO ₂		
Projekt Malbun				Gesamt	
Theoretisches Potential	5	GWh/a	1095 tCO ₂ /a	20 GWh/a	4380 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	5	GWh/a	1095 tCO ₂ /a	20 GWh/a	4380 tCO ₂ /a
Kosten			50 CHF/tCO ₂		50 CHF/tCO ₂

Kostenberechnung

Zielzuordnung	Effizienz	Erneuerbar	CO ₂
		X	X
Investitionskosten Projekt Malbun		4380000 CHF	4380000 CHF
Wirkung pro Jahr		20 GWh/a	4380 tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		20 Jahre	20 Jahre
Wirkung über Lebensdauer		400 GWh	87600 tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung bez. Investition		1.10 Rp/kWh	50 CHF/tCO ₂
Grössenordnung ohne Kapital und Unterhaltskosten			

** Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

Massnahme 4.5: Windkraftwerke

Hintergrund: Windkraftwerke könnten einen Beitrag zur Energieversorgung leisten und sollen deshalb in die Überlegungen mit einbezogen werden.

Potential: Erste Abschätzungen der LKW und der Solargenossenschaft lassen bei Annahme von 3 Windturbinen auf ein Potential von rund 10 GWh/a schliessen.

Ziel: Weiterverfolgung der technischen Entwicklung und der Möglichkeiten der Nutzung von Windkraft.

Umsetzung: Eingabe und Bau einer Anlage, wenn ein geeigneter Standort gefunden wird.

Verantwortlichkeit: Liechtensteinische Kraftwerke

Abhängigkeiten und Risiken: Je nach Standort kann es Interessenkonflikte mit Landschafts- und Naturschutz geben.

Kosten: Noch nicht quantifizierbar. Hängt von der gewählten technischen Lösung und dem Standort ab.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a								3.3						3.3
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a								1'425						1'425

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	10 GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008-2020		GWh/a	3.3 GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.5: Windkraftwerke

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials

Hintergrund: Die meisten Gebiete im Rheintal sind aufgrund der topografischen Bedingungen, der Windverhältnisse und der technischen Einschränkungen als Standort für einzelne Windenergieanlagen und grosse Windparks eher als ungeeignet einzustufen. Die Solargenossenschaft widmet sich seit längerem diesem Thema und kommt zum Schluss, dass trotzdem Standorte für die Nutzung der Windkraft gefunden werden können. Messungen der Solargenossenschaft an Standorten, wie beispielsweise im Triesner Hälos oder in Balzers zeigen ein nutzbares Potential an Windkraft auf. Die Windverhältnisse im Talbereich sind teilweise sehr komplex und von verschiedenen Faktoren abhängig, was die Standortwahl etwas erschwert. Gemäss diesen Abklärungen ist es denkbar, mindestens 3 Anlagen mit einer Grösse von je 2.3 MW zu bauen. Bei steigenden Strompreisen könnten diese unter Umständen auch wirtschaftlich betrieben werden.

3 Anlagen mit je 2.3 MW und einer Jahresproduktion von Total 10 GWh/a

Theoretisches Potential **10 GWh** **4'318 tCO₂/a**

Kostenberechnung

Zielzuordnung	Effizienz	Erneuerbar		CO ₂ (UCTE)	
		X		X	
Investitionskosten		4'500'000	CHF	4'500'000	CHF
Wirkung pro Jahr		3.33	GWh/a	1438	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		20	Jahre	20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer		67	GWh	28759	tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung bez. Investition		6.76	Rp/kWh		
(Grössenordnung ohne Kapital und Unterhaltskosten!)					

**Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.6: Biogasnutzung

Hintergrund: In Liechtenstein besteht ein Potential von ungenutzten Grün- und Gartenabfällen sowie von Gülle aus der Landwirtschaft, welches sich zur Nutzung für die Biogasgewinnung verwenden liesse.

Ziel: Nutzung der Grünabfälle in einer Biogasanlage. Nutzung von Gülle in der Landwirtschaft zur Produktion von Biogas.

Verantwortlichkeit: Liechtensteinische Gasversorgung

Kosten: Noch nicht quantifizierbar. Hängt von der gewählten technischen Lösung und dem Standort ab.

Potential: Das Potential für Biogasanlagen aus biogenen Abfällen wurde im Rahmen des Energiekonzeptes 2013 geprüft. Leider ist aus Standortgründen bisher keine Umsetzung erfolgt. Das Potential für Biogas aus Kompost wird mit 5.5 GWh/a angegeben (dieser Betrag kommt zusätzlich zum bereits von der ARA genutzten Klärgas hinzu).

Umsetzung: Es sollten regionale Kooperationen und die Beheizung des Fermenters mit z.B. Abwärme aus der KVA in die Betrachtung einbezogen werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Standortfrage, Widerstand in der Bevölkerung gegen solche Anlagen da noch unbekannt.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a								5.5						5.5
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a								1'205						1'205
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	>5.5 GWh/a	>1'205 tCO ₂ /a	>1'205 tCO ₂ /a
Potential 2008-2020	GWh/a	5.5 GWh/a	1'205 tCO ₂ /a	1'205 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.7: Tiefengeothermie

Hintergrund: Die in den Jahren 2008 bis 2011 durchgeführten Abklärungen und Untersuchungen zum Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein haben ergeben, dass im Bereich zwischen dem Schellenberg und Schaan geothermisch nutzbare Gesteinsschichten bis in einer Tiefe von rund 4500 Metern unter Terrain erwartet werden können.

Ziel: Auf Basis der vorliegenden Ressourcenanalyse ist die Machbarkeit der tiefen Geothermie aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht sowohl national wie auch in grenzüberschreitender Zusammenarbeit zu prüfen (RA 2011/524-8613). Die Entwicklungen im näheren und weiteren Umfeld sind mit zu verfolgen und gegebenenfalls mit einzubeziehen.

Verantwortlichkeit: Amt für Umweltschutz

Kosten: Für gezielte geologische Abklärungen ist mit Kosten im Bereich zwischen CHF 10 und 20 Mio. zu rechnen. Für die Realisierung einer Anlage inklusive Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur in Liechtenstein ist mit Kosten in der Grössenordnung von CHF 100 Mio. zu rechnen.

Potential: Aufgrund der bisherigen Untersuchungen wird von einem mittleren technisch nutzbaren Potenzial von 12 MW thermisch ausgegangen. Damit liessen sich netto rund 5 GWh Strom pro Jahr produzieren, was einem Bedarf von 1000 bis 1500 Haushalten entspricht. Zusätzlich stünde Wärmeenergie für Heizzwecke und weitere Anwendungen in der Grössenordnung von bis zu 70 GWh zur Verfügung.

Umsetzung: Prüfauftrag der Regierung (RA 2011/524-8613). Verfolgen der Entwicklungen im näheren und weiteren Umfeld.

Abhängigkeiten und Risiken: Ein erfolgreiches Projekt ist zum einen abhängig von den geologischen Voraussetzungen im Untergrund, insbesondere der Fündigkeit. Entsprechende geologische Erkundungen sind kostenintensiv. Das Fündigkeitsrisiko kann reduziert, aber nie vollständig ausgeräumt werden. Zum anderen bedarf es einer effizienten und möglichst vollständigen Fernwärmeverteilung an der Oberfläche, was entsprechende strategische Entscheidungen voraussetzt.

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2008-2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a													5.0	5.0
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a													18.0	18.0
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a													3'942	3'942
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a													6'101	6'101

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	75 GWh/a	15'330 tCO ₂ /a	17'490 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	23.0 GWh/a	3'942 tCO ₂ /a	6'101 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.7: Tiefengeothermie

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potentials

Potential Stromproduktion	5 GWh/a
Potential Wärmeproduktion	70 GWh/a
Potential erneuerbare Energien	75 GWh/a

Potential CO₂-Einsparung Im Inland können fossile Brennstoffe für die Wärmegewinnung in der Grössenordnung von 70 GWh ersetzt werden. In der globalen Perspektive können zusätzlich zum Inlandeffekt 5 GWh Stromimport (UCTE-Mix) substituiert werden.

CO₂-Einsparung (Inland) $70 \text{ GWh} \times 0.219^* = 15'330 \text{ tCO}_2/\text{a}$

CO₂-Einsparung (Global, UCTE) $\text{Inlandeffekt} + 5 \text{ GWh} \times 0.432^{**} = 15'330 + 2'160 = 17'490 \text{ tCO}_2/\text{a}$

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 4.8: Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie

Hintergrund: Die technische Entwicklung in Richtung erhöhter Energieeffizienz und ein Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft lassen einen zunehmenden Stromverbrauch erwarten. Die zusätzlichen inländischen Ressourcen zur Stromproduktion sind beschränkt und der Eigenversorgungsgrad beim Strom liegt heute unter 20%. Die Menge des importierten Stroms wird weiterhin steigen. Aktuell importieren die LKW fast ausschliesslich Strom aus Schweizer Kernenergie.

Ziel: Import von Strom mit geringer Umweltbelastung

Verantwortlichkeit: Regierung / LKW

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potential: Der Import von umweltfreundlichem Strom ist eine einflussreiche Massnahme, um Liechtensteins Gesamtbilanz von Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen bei globaler Betrachtung zu optimieren.

Umsetzung: Über die Eigentümerstrategie können Vorgaben über den Anteil erneuerbarer und/oder einheimischer Energieträger festgelegt werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Bei einer Priorisierung von erneuerbaren Energien sind die Anforderungen an die wirtschaftliche Verträglichkeit zu beachten. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Stromkunden auf günstigere Stromprodukte mit schlechter Umweltbilanz umsteigen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.1: Energiestädte

Hintergrund: Sieben Gemeinden des Landes Liechtenstein tragen bereits das Energiestadt-Label, die anderen vier Gemeinden befinden sich im Zertifizierungsprozess. Somit wird Liechtenstein voraussichtlich 2012/13 ein 100%iges "Energiestadt-Land" sein. Das Land Liechtenstein hat bis anhin Gemeinden mit 6'000 CHF für die Zertifizierung unterstützt. Ein erster gemeinde-übergreifender Koordinations- und Erfahrungsaustausch zu Energiestadt-Themen fand im November 2011 zum Thema Energiekataster statt.

Ziel: Nutzung des Synergiepotenzials der Gemeinden in Energiestadt-relevanten Themen und Projekten.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Geringe Kosten auf Seite Land bei hoher (indirekter) Wirkung auf Energieverbrauch und Kosteneinsparung auf Seite Gemeinden durch Nutzung von Synergien.

Potential: Die Einbindung der Gemeinden in die Bestrebungen der vorliegenden Energiestrategie erleichtert den Prozess zur Zielerreichung. Die Ziele von 'Energiestadt' sind kompatibel mit der Energiestrategie 2020. Durch die Koordination von Land und Gemeinden ergeben sich gegenseitig Synergien, welche dazu beitragen, die vorhandenen Potentiale zu erschliessen.

Es besteht ein Synergiepotenzial bei einer vermehrten Zusammenarbeit auf organisatorischer Ebene wie auch auf der Kostenseite für die Gemeinden. Einerseits betreffen mehrere Bereiche alle Gemeinden gleichermaßen (z.B. Energieversorgung), da sie in Landeshoheit organisiert sind. Andererseits gibt es Themen, von denen die Gemeinden untereinander lernen können oder Instrumente, die sinnvollerweise auf Landesebene angesiedelt werden.

Umsetzung: ERFA-Treffen der Energiestadtverantwortlichen und Energiestadtberater zweimal pro Jahr einrichten ab 2012. Initiierung von gemeindeübergreifenden Projekten nach Bedarf. Kommunikation "Energiestadt-Land" nach aussen (und innen).

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.2: Aus- und Weiterbildung

Hintergrund: Die effiziente Nutzung von Energie scheidert oft am Mangel von entsprechendem Fachwissen auf verschiedenen Stufen von der Planung bis zur Umsetzung und dem Betrieb von Anlagen und Gebäuden. Die Universität Liechtenstein und die Interstaatliche Ingenieurschule NTB bieten Fachrichtungen mit vertieftem Wissen im Bereich Energie an. Weitere Schulen im regionalen Umfeld bauen ihr Angebot in diesem Bereich ebenfalls aus. Der Verein ecowerk hat sich zum Ziel gesetzt, die Ausbildung zum Thema Energie im gesamten Bausektor zu verbessern.

Ziel: Steigerung des Fachwissens im Bereich Energie mit Schwerpunkt Bausektor. Prüfung eines zusätzlichen Schwerpunkts im Bereich der Prozesstechnik.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Verschiedene Ausbildungsprogramme werden im Rahmen des regulären Budgets unterstützt (Universität und NTB). Weitere Kosten je nach Ausbildungsprogrammen.

Potential: Insbesondere im Umfeld des Bausektors und der Prozesstechnik besteht ein grosses Potenzial zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Aus- und Weiterbildung aller Beteiligten (Planung/Design, Ausführung/Produktion, Betrieb).

Umsetzung: Unterstützung von Initiativen, welche den Zielen der Massnahme entsprechen.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Abstützung auf Initiativen von Dritten verbessert die Akzeptanz der Ausbildungsprogramme. Gleichzeitig birgt dies aber das Risiko, dass nur bedingt auf die Programme und deren Umsetzung Einfluss genommen werden kann.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.3: Bewusstseinsbildung

Hintergrund: Nicht verbrauchte Energie ist automatisch die sauberste Energie. Es ist daher ein zentrales Anliegen, das Bewusstsein zu fördern, was Energie ist, was dahinter steckt und wie viel für welche Anwendung verbraucht wird. Dieses Grundverständnis sollte ins Grundwissen der Bevölkerung eingebracht werden.

Potential: Das Potential ist schwierig messbar. Diese Massnahme muss aber auch als Begleitung von weiteren Massnahmen in den anderen Bereichen verstanden werden und kann so als wichtiger Verstärker wirken.

Ziel: Wissensvermehrung in der Bevölkerung über das Thema Energieeffizienz und Verbrauch. **Umsetzung:** Sensibilisierungskampagne

Verantwortlichkeit: Regierung/Energiefachstelle

Abhängigkeiten und Risiken: Es werden meist nur Personengruppe angesprochen, welche sich schon für Energie- und Umweltthemen interessieren.

Kosten: Interne Personalressourcen oder externe Auftragnehmer.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.4: Publizierung von Best-Practice-Beispielen

Hintergrund: Das Thema Energie ist schwierig zu vermitteln und für viele Leute auch schwer verständlich. Am besten funktioniert die Kommunikation über konkrete positive Beispiele, die zum Nachmachen animieren.

Ziel: Publikation von guten Beispielen zur Animierung, es gleich zu tun.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Im Rahmen des bestehenden Budgets der Energiefachstelle.

Potential: Über eine gute Kommunikation zum Thema Energie können Denkanstösse initiiert werden und die Vorteile von energetischen Massnahmen vermittelt werden.

Umsetzung: Die Publikation soll über verschiedene Kanäle erfolgen: Webseite der Energiefachstelle, Presse und insbesondere auch Begehungen und Anlässe direkt beim Objekt. Wichtig sind das direkte Ansprechen der Zielgruppen und die Möglichkeit, Antworten auf die eigenen Fragen zu erhalten.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.5: Energiefachstelle als Anlaufstelle

Hintergrund: Die Energiefachstelle des Landes Liechtenstein tritt heute unter der Marke "energiebündel" auf. Sie informiert über fachliche Themen rund um Energie und gibt Auskünfte über Fördermassnahmen. Interessierte können sich in persönlichen Beratungs- und Informationsgesprächen z.B. über Themen rund um Sanierungen von Gebäuden oder Neubau informieren. Diese Aktivitäten könnten mit einem oder zwei zusätzlichen Energieberatern noch besser wahrgenommen werden. Aufwändigere Beratungen für Kleinbetriebe und KMU wären dann möglich.

Ziel: Verstärkte Beratung von Kleinbetrieben und Unternehmen.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: 300'000 CHF/a.

Potential: Eine Anlaufstelle für Energieberatung hat wichtige Funktionen. Informationen können gebündelt und einheitlich weiter gegeben werden. Beratung findet bisher hauptsächlich im Baubereich statt. Der Bereich Energieeffizienz in der Wirtschaft wird aus Kapazitätsgründen noch nicht genügend abgedeckt. In Anbetracht dessen, dass mehr als ein Drittel des Energieverbrauchs auf Industrie und Dienstleistungen fällt (der andere Teil teilt sich auf Mobilität und Haushalte auf), steckt dort ein entsprechend grosses Einsparpotenzial. Mit einer erhöhter Personalkapazität könnten Kampagnen und Beratungen besser durchgeführt werden.

Umsetzung: Aufstockung der Personalressourcen für Beratung.

Abhängigkeiten und Risiken: Eine Konkurrenzierung der Privatwirtschaft muss vermieden werden. Beschränkung auf vorbereitende Leistungen, um dem Kunden beim Einstieg ins Thema zu helfen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.6: Energiecoaching

Hintergrund: Gebäudesanierungen laufen heute noch zu oft unprofessionell ab. Dies wohl auch, weil oft der Koordinationsaufwand unterschätzt wird. Bei Gebäudesanierungen soll ein Energiecoaching offeriert oder vorgeschrieben werden. So kann eine Qualitätssteigerung im Gebäudesanierungsbereich unterstützt werden. Damit wird die Qualität bei Gebäudesanierungen stark verbessert.

Ziel: Unterstützung von möglichst vielen Gesamtsanierungen im Gebäudebereich mit einem ausgewiesenen Energiecoach.

Verantwortlichkeit: Regierung/Energiefachstelle

Kosten: Qualifikationsverfahren

Potential: Mehr Gesamtsanierungen sollen dazu beitragen, dass mehr Potential aus dem Gebäudesanierungsbereich geschöpft werden kann. Die Quantifizierung der Wirkung ist schwierig, da diese Massnahme eher auf die Qualität als die Quantität abzielt.

Umsetzung: Prüfung der Institutionalisierung von Energiecoaches. Liste mit Energiecoaches erstellen, Festlegen des Qualifikationsverfahrens.

Abhängigkeiten und Risiken: Ein Qualifikationsverfahren kann schwierig und umständlich sein, daher sollte auf bestehende Ausbildungen abgestützt werden.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.7: Vorbildfunktion der öffentlichen Hand

Hintergrund: Die öffentliche Hand sollte im Energiebereich mit gutem Beispiel vorangehen, um in der Thematik mit der nötigen Glaubwürdigkeit auftreten zu können. Ein wichtiger Einsatzbereich zeigt sich im Beschaffungswesen, bei der Mobilität und bei den öffentlichen Bauten und Anlagen.

Ziel: In der Beschaffung nur noch energetische Bestgeräte und energetische Beststandards zulassen.

Verantwortlichkeit: Regierung

Potential: In der Regel sind Bestgeräte über die gesamte Lebensdauer betrachtet deutlich günstiger, da die Unterhalts- und Betriebskosten tiefer ausfallen. Langfristig ergibt sich so nicht nur eine Energieeinsparung, sondern auch eine Kosteneinsparung für den Staatshaushalt.

Umsetzung: Weisung an die betroffenen Amtsstellen. Bei Beschaffungen die Weisung erlassen, dass nur Bestgeräte und Beststandards in Bezug auf Energie eingesetzt werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008 - 2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.8: Unterstützung von privaten Initiativen

Hintergrund: Die Themen Energieeffizienz und erneuerbare Energie können sehr vielseitig angegangen werden. Die rechtlichen Rahmenbedingungen und Aktionspläne, wie die vorliegende Energiestrategie, können niemals alle Facetten und Chancen des Themas abdecken. Gleichzeitig gibt es manchmal gute private Initiativen, welche den übergeordneten Zielen der Energiestrategie entsprechen, die jedoch nicht konkret in eine der vorliegenden Massnahmen oder die bestehenden Förderrichtlinien eingeordnet werden können.

Ziel: Unterstützung von privaten Initiativen, welche den Zielen der Energiestrategie entsprechen, welche aber nicht in die bestehenden Massnahmen oder bestehende Förderrichtlinien eingeordnet werden können.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Je nach Anzahl eingereicherter Projekte und Kostenbeteiligung. Eine Zusage zur Förderung soll an die Forderung für ein gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis gekoppelt sein.

Potential: Vielversprechende private Initiativen, welche den Zielen der Energiestrategie entsprechen, könnten einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung leisten. Diese Massnahmen sollen dort unterstützt werden, wo sie bestehende Aktivitäten ergänzen oder Bereiche abdecken, wo bisher keine Aktivitäten möglich waren.

Umsetzung: Reservierung eines Geldbetrags, welcher bei Einreichung von geeigneten Projekten eingesetzt wird (z.B. über einen Fonds).

Abhängigkeiten und Risiken: Mitnahmeeffekte durch Projekte, welche sowieso durchgeführt worden wären, müssen verhindert werden.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.9: Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen

Hintergrund: Wärmepumpen sind in Kombination mit umweltfreundlich erzeugtem Strom ein sehr wirksames Mittel zur Verbesserung der Energie- und CO₂-Bilanz. Im Gegensatz zu Öl- oder Gasheizungen bei denen der Jahresnutzungsgrad normalerweise lediglich in gewissen Grenzen schwankt, wirken sich ungünstige Einstellungen der Steuerung/Regelung oder ungünstige hydraulischen Einbindungen bei Wärmepumpen- und Kälteanlagen weit mehr auf die sogenannte Jahresarbeitszahl aus. Solche ungünstigen Bedingungen können zu einem Mehrverbrauch von bis zu 50% oder mehr führen. Leider fehlt bei den heute gebauten Wärmepumpen- und Kälteanlagen meist eine direkte Kontrolle der Jahresarbeitszahl. Es ist anzunehmen, dass bei einer für den Kunden sichtbaren Anzeige der Jahresarbeitszahl weitere Effizienzgewinne möglich sind.

Ziel: Steigerung der Effizienz von Wärmepumpen und Kälteanlagen im Betrieb

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Kosten des Förderbonus bei 500 CHF/a pro Anlage und 200 Anlagen pro Jahr 0.1 Mio. CHF/a. Bei Kälteanlagen keine Kosten, da mit Auflage und Gesetz vorschreibbar.

Potential: Es ist anzunehmen, dass eine Qualitätssicherung bei Wärmepumpen zu einer Effizienzsteigerung von 15% führen wird. Als Grundlage wird die Massnahme Wärmepumpen genommen. Die Wärmepumpen benötigen danach jährlich 2 GWh Strom zusätzlich. Von diesen kann rund 15% angerechnet werden, wenn man davon ausgeht, dass dies ab 2013 bei allen angewendet wird.

Umsetzung: In Abstimmung mit Massnahme 1.4 bei Förderung der Wärmepumpenanlagen mit einem Anreizbonus. Bei Kältemaschinen und nicht geförderten Anlagen mit einer gesetzlichen Vorschrift z.B. via Energieverordnung zum Baugesetz.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Erfassung und Anzeige darf nicht zu teuer sein. Kosten/Nutzen Verhältnis muss auch für den Anlagenbetreiber stimmen.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung	m ² EBF						60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	60'000	480'000
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a						0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2.4
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a						130	130	130	130	130	130	130	130	1037

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		5.8 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		2.4 GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	2.2 Rp/kWh	Mio/a	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.10: Ersatz alter Haushaltgeräte und Elektroboiler mit Vor-Ort-Beratung

Hintergrund: Alte Haushaltsgeräte, vor allem Kühlgeräte, Wäschetrockner, Waschmaschinen und Geschirrspüler, verbrauchen ein mehrfaches an Energie im Vergleich zu modernen Geräten der Klassen A bzw. A++/+++. Selbst A-Neugeräte unterscheiden sich teilweise sehr stark in ihrem Energieverbrauch, so kann ein A- Gerät 15% mehr Strom benötigen als eines der Klasse A++. Elektroboiler können durch Wärmepumpenboiler ersetzt werden und sparen so 2/3 des Stroms. Die Massnahmen sind an sich schon wirtschaftlich. Es macht also keinen Sinn, diese zu fördern, jedoch macht es Sinn, den Verbrauchern eine Vor-Ort-Beratung, welche kostenlos sein sollte, zukommen zu lassen.

Potential: Eine Beratung vor Ort kann helfen, Stromeffizienzmassnahmen richtig einzuschätzen. Dazu gehören Haushaltsgeräte, Elektroboiler und angepasste Zeitsteuerung von Warmwasser-Elektroboilerheizbändern. Das Potential kann je nach Haushalt relativ gross sein. Die Kosten für eine Beratung sind für Privatpersonen jedoch meist zu hoch und eine separate Auftragserteilung für die meisten zu kompliziert. Eine unkomplizierte, gute Beratung kann helfen, rasch zu einer richtigen Entscheidung zu kommen (vgl. dazu auch die Massnahme "Lampendoktor"). Bei 4 Haushalten pro Tag mit einer durchschnittlichen Einsparung von je 1250 kWh/a ergibt sich pro Tag eine Einsparung von einem Haushaltsverbrauch. Bei 200 Tagen ergibt sich 1 GWh/a an Wirkung.

Ziel: Angebot einer Beratung vor Ort inkl. Einsparmessung/Kostenabschätzung und Kurzpfehlung, damit der Kunde rasch eine sinnvolle Entscheidung fällen kann.

Umsetzung: Beratungsleistung. 2–3 Vertragspartner im Gewerbe (Ausschreibungsverfahren) könnten vergünstigte Sonderaktionen offerieren, welche dann auf die Empfehlungsliste kommen. Bestellen soll der Kunde selber. Kombination mit Massnahme 5.11 bei der Umsetzung.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle zusammen mit LKW

Abhängigkeiten und Risiken: Zu viel Zeitbedarf für einzelne Kunden verschlechtert Kosten/Nutzen massiv.

Kosten: Personalkosten des Beraters plus Fahraufwand und Messkosten (Gerätekosten werden vom Kunden getragen): Ca. 150'000.-/a.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung															
Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	9.0
Potential Steigerung															
Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a					432	432	432	432	432	432	432	432	432	3888

Realisiert

Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	> 9 GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	9.0 GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	1.5 Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
				CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 5.11: Lampendoktor

Hintergrund: Grosses Effizienzpotential kann durch einfachen Austausch von Leuchtmitteln ausgeschöpft werden. Private und Firmen haben oft eine gewisse Trägheit dies zu tun und wissen oft nicht welche Lampentypen einen guten Ersatz bieten. Der Lampendoktor Service hilft vor Ort die besten Lösungen zu finden.

Ziel: Schnellerer Ersatz von Leuchtmitteln und vor Ort Beratung zur Ausschöpfung der Potentiale.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle zusammen mit LKW

Kosten: Personalkosten des Lampendoktors plus Fahraufwand und Kleinwerkzeug. Leuchtmittelkosten werden vom Kunden getragen. Ca. 150'000.-/a

Potential: Kann relativ gross sein, es hängt von der Initiative des Lampendoktors ab. Tagesleistung 50 Lampen x 100 W Einsparleistung x 1000 h/a = 5000 kWh = 1 Haushaltsverbrauch pro Tag. 200 Arbeitstage pro Jahr ergibt 1 GWh/a. Kann auch um Steckerleisten und andere Kleinmassnahmen erweitert werden.

Umsetzung: Der Kunde zahlt die Leuchtmittel. Der Serviceaufwand der Person wird gefördert. Aktionstage zusammen mit den Gemeinden. Kombination mit Massnahme 5.10 bei der Umsetzung.

Abhängigkeiten und Risiken: Zu viel Zeitbedarf für einzelne Kunden verschlechtert Kosten/Nutzen massiv.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	9.0
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a					432	432	432	432	432	432	432	432	432	3888

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	> 9 GWh/a		GWh/a	>3888 tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	9.0 GWh/a		GWh/a	3'888 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	1.5 Rp/kWh	Mio/a	35 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 6.1: Energiestatistik

Hintergrund: Eine aussagekräftige Energiestatistik ist die Grundlage einer gezielten Energiepolitik. Sie dient sowohl der Festlegung von Aktivitätsschwerpunkten als auch als Controllinginstrument. Die aktuelle Energiestatistik beschränkt sich im Wesentlichen auf die Erfassung der Energieträger. Sowohl die Beschaffungsseite als auch die Verwendungseite werden damit nicht abgebildet.

Ziel: Die Grundlagen für eine aussagekräftige und bedürfnisorientierte Energiestatistik schaffen.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potential: Strategische Entscheidungen lassen sich nur auf einer entsprechend soliden Datenbasis fällen. Durch eine verbesserte Sichtbarmachung der Vorgänge vor und nach dem Verkauf von Energieträgern in Liechtenstein können energiepolitische Massnahmen abgeleitet und begründet werden.

Umsetzung: Erarbeitung eines Konzeptes für eine erweiterte Energiestatistik, Umsetzung des Konzeptes, Datenerhebung.

Abhängigkeiten und Risiken: Die erhobenen Daten müssen mit den offiziellen Statistiken vereinbar sein.

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

Realisiert
 Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh
			CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 6.2: Potentialstudien Energieeffizienz

Hintergrund: Auf der Basis der vorhandenen Datengrundlagen lassen sich nur beschränkt Aussagen zum Einsparpotenzial und den Ansatzpunkten für eine gezielte Energieeffizienzpolitik machen. Ein Teil der Einsparpotenziale wird daher nur ungenügend erkannt und aktiv erschlossen.

Ziel: Erarbeitung der Energieeffizienzpotenziale für alle Verbrauchsbereiche unter Berücksichtigung der zukünftigen technischen Entwicklungen und einem zeitlichen Verlauf.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potential: Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine der wesentlichsten Massnahmen zur Verbesserung der Energie- und CO₂-Bilanz Liechtensteins. Gesamthaft strebt die Energiestrategie 2020 eine Steigerung der Energieeffizienz um 20% an, um den durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum verursachten Mehrverbrauch zwischen 2008 und 2020 zu kompensieren.

Umsetzung: Festlegung von Handlungsbereichen für Energieeffizienz in Abstimmung mit den Anforderungen der entsprechenden EU-Richtlinien. Erhebung der Effizienzpotenziale auf der Basis von statistischen Daten Liechtensteins und Vergleichsstudien aus dem Ausland. Abbildung in einem Energieflussmodell.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 6.3: Energiekataster Gebäudepark Liechtenstein

Hintergrund: Die Gemeinden Eschen (2007), Mauren (2009), Vaduz (2009), Balzers (2009), Schaan (2010), Schellenberg (in Arbeit), Triesen (2006), Planken (2009) verfügen über Energiekataster. Diese sind nur teilweise homogen. Der Aufwand für die Erstellung ist hoch aufgrund der aktuell aufwendigen Datenrecherche und Verarbeitung (Aufwand ca. 20'000 CHF pro Gemeinde). Der Aktualisierungsrhythmus beträgt ca. 4 Jahre und ist damit sehr lang in Anbetracht der schnellen Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien und der Sanierungs-/ Neubauaktivitäten.

Ziel: Einheitlicher Energiekataster in Liechtenstein ab 2013 mit jährlicher Aktualisierung.

Verantwortlichkeit: Kooperation Gemeinden und Land

Kosten: Die Initialkosten für Land und Gemeinden belaufen sich für eine einfache Lösung auf rund 60'000 CHF. Die Kosten für eine jährliche landesweite Datenauswertung bewegen sich in der selben Grössenordnung. Der Kostenteiler zwischen Gemeinden und Land ist zu definieren.

Potential: Ein landesweiter Energiekataster mit jährlichen Aktualisierungsintervallen zeigt die Entwicklungen im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz des Gebäudeparks an Hand des Verlaufs definierter Indikatoren genauer und einheitlicher als die bisherigen dezentralen Kataster. Diese Aussagen sind Grundlage für Energieprognosen, Energiekonzepte und die Erstellung von Planungsinstrumenten. Die Wirkung von Massnahmen kann ebenso überprüft werden. Eine Datenbasis, die die automatische Weiterverarbeitung ermöglicht, reduziert den Aufwand für Erstellung und Pflege eines Energiekatasters erheblich.

Umsetzung: Konzepterstellung für landesweiten Kataster läuft, Beschluss der Erstellung, Bewilligung Budget und Umsetzung.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Massnahme ist abhängig von der Zustimmung/Beschluss zur Erstellung und der Zusammenarbeit mit den verschiedenen Datenlieferanten (z.B. LKW, LGV) und erfordert die Kooperation der Gemeinden.

Zeitrahen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential		GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020		GWh		GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)

Massnahme 6.4: Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes

Hintergrund: Vor dem Hintergrund der grossen Relevanz und Aktualität der Energiefragen sollen energierelevante Beschlüsse und Entscheidungen vorgängig auf ihre Auswirkungen hin überprüft werden.

Ziel: Die Ämter von Land und Gemeinden sollen bei neuen Aktivitäten und Gesetzen deren Energierelevanz und Auswirkungen vorgängig grob abschätzen.

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potential: Der Staat hat vielfältigen Einfluss auf die Energiesituation: Er setzt verschiedene Rahmenbedingungen (Rechtsgrundlagen, administrative Verfahren etc.) und ist selbst ein grosser Auftraggeber für energierelevante Aktivitäten.

Umsetzung: Erarbeitung eines Leitfadens zur Festlegung energierelevanter Aktivitäten. Fortlaufende Beurteilung von energierelevanten Aktivitäten.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zeitraumen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ziel 2020
Umsetzung															
Potential Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a														
Potential Nutzung Erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a														
Potential Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a														
Potential Einsparung CO ₂ (Global) **	tCO ₂ /a														

 Realisiert  Prognose

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potential	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potential 2008–2020	GWh/a	GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a Rp/kWh	Mio/a Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007)

** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009)



REGIERUNG
DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN

