



REGIERUNG
DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN



ENERGIE

STRATEGIE 2030
VISION 2050

Sonnenenergie
Erdwärme



Wasserkraft
Windenergie



Bioenergie
Natur, Erde



Nachhaltigkeit
Naturkreislauf



ENERGIE
STRATEGIE 2030
VISION 2050

0	Vorwort	4
1	Zusammenfassung	7
2	Einleitung	15
2.1	Hintergrund und Herangehensweise	16
2.2	Generelle Ziele und Anforderungen	17
2.3	Rückblick Energiestrategie 2020	18
3	Energievision 2050	21
3.1	Zielbild 2050 – Eine Geschichte aus der Zukunft	22
3.2	Ziele der Energievision 2050	26
3.2.1	Ziel 1: 40 % Reduktion des Energiebedarfs bis 2050 durch Effizienzverbesserung	26
3.2.2	Ziel 2: 100 % erneuerbare Energie bis 2050	28
3.2.3	Ziel 3: 100 % Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen bis 2050	29
4	Energiestrategie 2030	33
4.1	Basis für die Zielsetzung	34
4.2	Ziele der Energiestrategie 2030	34
4.2.1	Ziel 1: 20 % Reduktion des Energiebedarfs bis 2030 durch Effizienzverbesserung	35
4.2.2	Ziel 2: 30 % erneuerbare Energie bis 2030	36
4.2.3	Ziel 3: 40 % Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030	37
4.3	Massnahmen und Handlungsempfehlungen	38
4.3.1	Potenziale	38
4.3.2	Massnahmen im Bereich Gebäude	42
4.3.3	Massnahmen im Bereich Verkehr	43
4.3.4	Massnahmen im Bereich Erzeugung und Beschaffung	44
4.3.5	Massnahmen im Bereich Sensibilisierung und Vorbildwirkung	46
4.3.6	Massnahmenliste	47
4.4	Steuerung und Controlling	47
5	Anhänge	51
A1.	Methoden und Annahmen der Strategieerarbeitung	52
A1.1.	Entwicklung der Rahmenbedingungen	52
A1.2.	Internationales Umfeld und Einflussfaktoren	57
A1.3.	Szenarien und Denkmodelle	61
A2.	Aktualisierte Massnahmenliste	78

0 Vorwort

Stellen Sie sich Liechtenstein in 30 Jahren vor – als Kleinstaat, der es geschafft hat, weitgehend auf erneuerbare Energiequellen umzusteigen. Als florierenden Wirtschaftsstandort, dessen Treibhausgasemissionen bei null liegen. Das ist die Vision 2050, die Vision für die Energie-Zukunft unseres Landes. Den Weg dorthin weist die Energiestrategie 2030 mit den dazugehörigen Massnahmen.

Ob wir Auto fahren, unsere Wohnung heizen oder einen Computer an das Stromnetz anhängen – ein Leben ohne die tägliche Nutzung von Energie ist kaum mehr vorstellbar. Der Einsatz fossiler Energieträger machte das weltweite Wirtschaftswachstum in den letzten 150 Jahren und den damit einhergehenden Wohlstand überhaupt erst möglich. Allerdings haben die Menschen viel zu lange die Verfügbarkeit dieser Energie als selbstverständlich betrachtet. Fossile Energieträger sind aber nicht nur endlich, ihr Einsatz schadet auch der Umwelt und hat Einfluss auf unser Klima. Immer deutlicher bringt die zunehmende Abhängigkeit von diesen Energieressourcen die Kehrseite der Medaille zum Vorschein. Ein Umdenken ist dringend notwendig. Alle Staaten sind gefordert, alternative Lösungen für die Zukunft zu erarbeiten. Eine Zukunft, in der eine gerechte, nachhaltige, erschwingliche und sichere Energiegewinnung und -nutzung von zentraler Bedeutung ist.

Mit der Energiestrategie 2030 nimmt die Regierung ihre Verantwortung wahr und schreibt die konkreten Ziele und Massnahmen für die nächste Dekade fest. Die Strategie baut dabei auf der Energiestrategie 2020 auf, die wiederum auf dem Energiekonzept 2013 basiert. Das Ziel ist das gleiche geblieben: Liechtenstein soll in Sachen nachhaltiger Energie eine Vorbildrolle einnehmen. Gleichzeitig muss aber auch dafür gesorgt werden, dass die Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt. Ressourcen werden knapper, die Verfügbarkeit schwieriger. Wir brauchen bezahlbare und gut verfügbare Alternativen als Grundlage für unsere Wirtschaft und für den Erhalt unserer Lebensqualität. Es gilt, Lösungen für die nachhaltige Produktion, eine möglichst optimale Speicherung sowie Effizienzsteigerungen und eine Reduktion im Verbrauch zu erarbeiten.

Da zehn Jahre eine relativ kurze Zeitspanne sind, um ein Energiesystem zu transformieren, hat die Regierung in der Energiestrategie 2030 die Energievision 2050 integriert. Das Erreichen von Teiletappen fällt leichter, wenn wir das grosse Ganze visualisieren können. Die Energievision 2050 gibt die Stossrichtung für die Ausrichtung der strategischen Ziele und operativen Massnahmen vor. Sie skizziert eine Zukunft, in welcher der Energiebedarf in Liechtenstein gegenüber 2008 um 40 Prozent reduziert ist – bei gleichzeitig gesteigerter Wirtschaftsleistung. Die wichtigste Herausforderung wird darin bestehen, die energiebedingten Treibhausgasemissionen auf null zu reduzieren und in der Folge dazu beizutragen, den globalen Temperaturanstieg auf 1.5 Grad Celsius zu begrenzen. Das ist nur möglich, wenn die fossilen Energieträger an Wichtigkeit verlieren und noch stärker auf Nachhaltigkeit gesetzt wird. Wir benötigen erneuerbare Energien, die wir im eigenen Land beziehungsweise in der Region produzieren können. Aktuell ist unsere Versorgungssicherheit wesentlich durch das internationale Umfeld geprägt, denn Liechtenstein bezieht rund 90 Prozent der Energie aus dem Ausland. Jeder Zubau im Bereich der erneuerbaren Energien trägt somit zur lokalen Wertschöpfung und zur Stärkung unserer Selbstständigkeit bei.

Um diese Vision für das Jahr 2050 Realität werden zu lassen, ist ein fokussiertes Vorgehen notwendig – so wie es die Energiestrategie 2030 vorsieht. Das darin enthaltene Massnahmenpaket wurde unter Beachtung der Entwicklung in den umliegenden Ländern sowie in Übereinstimmung mit den UNO-Nachhaltigkeitszielen erarbeitet. Deren Umsetzung stellt ein wichtiges Zwischenziel im Hinblick auf den Umbau unserer Energielandschaft dar.

Dabei bleibt die Effizienzsteigerung auch in den kommenden zehn Jahren Kernaufgabe. Noch ungenutztes Potenzial liegt in Gebäudesanierungen und in effizienten Neubauten sowie in der Optimierung von Beleuchtungen, Antrieben und Geräten. Des Weiteren gilt es, im Verkehrsbereich gute Rahmenbedingungen für elektrische oder erneuerbare Antriebe zu schaffen und sowohl den öffentlichen wie auch den Langsamverkehr zu stärken. Und nicht zuletzt müssen Industrie und Gewerbe für die Erreichung der Ziele mitarbeiten, denn sie stehen für rund die Hälfte des Energieverbrauchs in Liechtenstein.

Wollen wir in eine nachhaltige Zukunft investieren, sind zwingend Ökologie und Ökonomie in Einklang zu bringen. Denn einerseits muss ein Grossteil der Energieeffizienzmassnahmen von den Unternehmen selbst umgesetzt werden, andererseits trägt ein gutes Energiesystem wiederum zur Standortattraktivität Liechtensteins und damit zum Wirtschaftswachstum bei. Energiepolitik ist folglich immer auch Wirtschaftspolitik. Streben wir eine erfolgreiche Energiewende an, brauchen wir eine integrierte Sichtweise, die Wirtschaft, Klima, Energie und Raumplanung miteinander vernetzt.

Gerade als kleines Land kann Liechtenstein hier eine Vorbildfunktion einnehmen. Bereits heute ist unser Land Solarweltmeister. Wäre es nicht erstrebenswert, wenn Liechtenstein dereinst Energieweltmeister wäre? Als Land, das in die europäischen Energiemärkte voll integriert ist und gleichzeitig mehr eigene Energieproduktion zur Versorgungssicherheit aufgebaut hat. Für die Realisierung dieser Vision müssen wir mutig in die Zukunft schreiten, Chancen nutzen und Potenziale ausschöpfen – für unser Land, unsere Wirtschaft, unsere Umwelt und die kommenden Generationen.

Dr. Daniel Risch

Regierungschef-Stellvertreter und Wirtschaftsminister

1 ZUSAMMEN- FASSUNG

Mit dem Auslaufen der Energiestrategie 2020 legt die Regierung die Ziele und Massnahmen für die nächste Dekade fest. Die Energiestrategie 2030 zeigt auf, welche konkreten Ziele zwischen 2021 und 2030 erreicht werden müssen und mit welchen Massnahmen die Energieeffizienz und der Ausbau erneuerbarer Energien voranzutreiben sind, um einen wesentlichen Beitrag für den Klimaschutz zu leisten. Die Regierung hat im Regierungsprogramm 2017 – 2021 festgeschrieben, dass unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit der Energiestrategie 2020 sowie unter Beachtung der Entwicklung den umliegenden Ländern die Energiestrategie 2030 erarbeitet werden soll. Die Bestrebungen im Bereich der Energie decken sich auch mit den Anforderungen zur Erfüllung der diesbezüglich relevanten UNO-Nachhaltigkeitsziele.

Ein bedeutender Teil des heutigen Wohlstands basiert auf fossiler und damit auf nicht erneuerbarer Energie. In den anstehenden Dekaden gilt es in Anbetracht der endlichen Ressourcen, des Klimawandels und weiterer Entwicklungen die Weichen so zu stellen, dass eine global gerechtere, nachhaltigere Energieverwendung möglich wird.

Der Rückblick auf die Energiestrategie 2020 zeigt, dass verstärkte Effizienzsteigerungen und der Fernwärmeausbau einen Teil der Zielverfehlungen beim Zubau erneuerbarer Energien kompensiert haben. Der Rückgang fossiler Brennstoffe (Heizöl und Erdgas) ist hauptsächlich der verbesserten Wärmedämmung, Wärmepumpen und Fernwärme ab Dampfleitung der Kehrriechverbrennungsanlage (KVA) Buchs zuzuschreiben. Es sind noch grosse Effizienzpotenziale erschliessbar, aber für eine zukünftig deutlich ambitioniertere Zielsetzung beim CO₂-Ausstoss ist ein bedeutender Zubau bei den erneuerbaren Energien notwendig.

Das Ziel für das Jahr 2050

Die wichtigste Herausforderung besteht darin, die energiebedingten Treibhausgasemissionen bis 2050 auf null zu reduzieren¹. Gleichzeitig muss Energie auch zukünftig zuverlässig verfügbar und bezahlbar bleiben, und die sich ergebenden, neuen Abhängigkeiten in der Versorgung sind zu berücksichtigen. Die vorliegende Energiestrategie dient auch dazu, die über das Jahr 2030 hinausgehende Stossrichtung in einer Energievision 2050 zu skizzieren. Letzteres erfolgt in der Form einer «Geschichte aus der Zukunft». Das Bild der Energievision 2050 zeigt, dass es ein abgestimmtes und fokussiertes Vorgehen braucht, um die zukünftigen Energieziele zu erreichen. Die Vision 2050 zeigt aber auch, dass die Ziele (Abbildung 1) grundsätzlich mit dem Einsatz heute bekannter Technologien erreicht werden können.

Energievision 2050 für Liechtenstein

40% Reduktion des Energiebedarfs

gegenüber 2008, Fokus auf die Reduktion bei Verschwendung und Verlusten

100% erneuerbare Energie

davon möglichst viel im Inland produziert

100% CO₂-Reduktion

Minus 100% CO₂-Emissionen im Energiebereich (internationales 1.5°C-Ziel)

Abbildung 1 Die drei Teilziele der Energievision 2050

¹ Spezialbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zum 1.5°C-Ziel vom Oktober 2018, Quelle: report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf.

Die Reduktion des Energiebedarfs bis 2050 um rund 40%² geht Hand in Hand mit dem Ziel, mehr einheimische, erneuerbare Energien zu nutzen und die Treibhausgasemissionen aus dem Energieeinsatz³ auf null zu senken. Das Ziel bedeutet damit unter anderem eine vollständige Abkehr von fossilen Energieträgern im Verkehr und im Gebäudebereich bis 2050.

Das Zwischenziel für das Jahr 2030

Die Energiestrategie 2030 sieht für die Periode 2021–2030 ein Bündel an konkreten Massnahmen vor. Die zugrundeliegenden Zielsetzungen wurden anhand verschiedener Modellansätze erarbeitet und überprüft.

Die Energieeffizienz ist aufgrund der positiven Erfahrungen aus der Energiestrategie 2020 sowie der Einschätzung zum weiteren Potenzial auch in der Energiestrategie 2030 zentral. Gegenüber dem Energiebedarf von 2008 von rund 1'344 GWh/a⁴ wird bis 2030 eine absolute Reduktion um 20 % angestrebt (Abbildung 2)⁵. Zentrale Elemente der Effizienzsteigerung sind neben Gebäudesanierungen und effizienten Neubauten auch Effizienzverbesserungen bei Beleuchtung, Antrieben, Geräten und industriellen Anlagen. Durch Substitutionen fossiler Energieträger sollen sowohl elektrische Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung als auch die Elektrifizierung des Verkehrs wichtige Beiträge zum Effizienzziel leisten.

Energiestrategie 2030 für Liechtenstein

20% Reduktion des Energiebedarfs

gegenüber 2008⁶

30% erneuerbare Energie

17% im Inland produziert

40% CO₂-Reduktion

Minus 30% CO₂-Emissionen im Inland gegenüber 1990

Abbildung 2 Die drei Teilziele der Energiestrategie 2030

Auf der Produktionsseite sind 30% erneuerbare Energie im Jahr 2030 das Ziel, wovon rund 17% im Inland⁷ produziert werden sollen. Die Erfüllung der beiden Teilziele zur Effizienz und den Erneuerbaren erlaubt es, in der Summe die energiebedingten Treibhausgasemissionen um mindestens 30% im Inland zu senken. Eine Senkung um weitere 10% auf total 40% ist durch die Anwendung internationaler Marktmechanismen vorgesehen.⁸ Auch bei den Sockelemissionen sind Reduktionen nötig, um das 1.5°C-Ziel einzuhalten.

2 Energiebedarf gemäss Energiestatistik, Basisjahr 2008. Details sind im Abschnitt 3.2 zu finden.

3 Basis für diesen Zielwert sind die Treibhausgasemissionen des Sektors «Energy» gemäss offiziellem Treibhausgasinventar. Die nicht-energetischen «Sockelemissionen» aus Industrieprozessen und Produktverwendungen (IPPU), Landwirtschaft, Abfallverwertung sowie Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldwirtschaft (LULUCF) sind nicht im Fokus dieser Energiestrategie.

4 Energiebedarf gemäss Energiestatistik 2008. Details sind im Abschnitt 4.2 zu finden. Eine GWh entspricht dem Energieinhalt von rund 100'000 Litern Heizöl.

5 In der Energiestrategie 2020 umfasste das Effizienzziel eine Stabilisierung des absoluten Energiebedarfs auf dem Niveau von 2008. Das Absenkenziel von 20% der Energiestrategie 2020 bezog sich auf ein erwartetes Wachstum. Das 20%-Ziel der Energiestrategie 2030 bezeichnet eine absolute Senkung um 20% gegenüber dem Wert von 2008.

6 Als Basis für die Zielsetzung wurde das Jahr 2008 verwendet, um die Zeitreihen und das Monitoring aus der Energiestrategie 2020 weiterführen zu können.

7 D.h. ohne Fernwärme ab KVA Buchs und ohne Stromimporte oder Herkunftsnachweise aus dem Ausland.

8 Unter dem Übereinkommen von Paris haben erstmals alle Staaten Reduktionsziele formuliert. Gemäss Artikel 6 des Abkommens können Emissionsreduktionen zwischen Staaten gehandelt und an die Reduktionsziele angerechnet werden. Die Regeln dazu werden zurzeit international verhandelt. BuA-Nummer 2017/29 (Übereinkommen von Paris): bua.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=29&year=2017&erweitert=true

Wo liegen die grossen Potenziale?

Die Effizienzsteigerung bleibt Kernelement der Energiestrategie 2030. Wesentliche Effizienzpotenziale liegen weiterhin im Gebäudepark, bei Geräten und Antrieben und in der Vermeidung von Verbrauch ohne konkreten Nutzen⁹. Die Schätzungen zeigen, dass bis 2030 und darüber hinaus noch viel Einsparpotenzial vorhanden ist (Tabelle 1).

	Theoretisches Potenzial ¹⁰ GWh/a	Ausgeschöpftes Potenzial 2017 GWh/a	Zusätzlich nutzbar bis 2030 ¹¹ GWh/a	Ziel genutztes Potenzial 2030 GWh/a
Effizienzpotenziale¹²	>500	154 ¹³	115	269
Ziel 1: Effizienz			-20 % von 1'344 GWh/a	269

Tabelle 1 Die Effizienzpotenziale bis 2030

Im Gebäudebereich sollen gesetzliche Massnahmen für strengere energetische Mindeststandards und die Förderung von darüber hinausgehenden Anstrengungen kombiniert werden. Die Umsetzung der Schweizer Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n 2014) bietet ein Werkzeug, um die Gebäudeeffizienzrichtlinie der EU (2010/31/EU) umzusetzen. Die Fördermassnahmen gemäss Energieeffizienzgesetz (EEG) sollen weitergeführt werden. Insbesondere der Einsatz von Wärmepumpen, Fernwärme ab KVA und Holz zum Ersatz fossiler Systeme trägt zum Effizienz- und zum erneuerbaren Teilziel bei. Die Regierung setzt sich zum Ziel, dass sich mit den vorgeschlagenen Massnahmen und allenfalls weiteren Anreizen oder Vorschriften bis 2030 mindestens 75 % der bestehenden Ölheizungen durch erneuerbare Alternativen ersetzen lassen.

Beim Verkehr zeichnet sich der Beginn einer fortschreitenden Elektrifizierung ab. Bis 2030 wird mit rund 8'000 zusätzlichen Elektrofahrzeugen oder Fahrzeugen mit erneuerbaren Treibstoffen gerechnet. Neben der Verbesserung der Ladeinfrastruktur ist die Produktion des zusätzlichen Stroms oder des erneuerbaren Treibstoffs wichtig: Nur wenn diese erneuerbar erzeugt werden, resultiert ein ökologischer Gewinn.

Auch wenn in Zukunft mit einer Effizienzverbesserung durch elektrische Antriebe und einer Reduktion des CO₂-Ausstosses im Verkehrsbereich zu rechnen ist, sind die Kapazitäten der Verkehrsinfrastruktur beschränkt. Daher liegt sowohl im Mobilitätskonzept 2030¹⁴ als auch in der vorliegenden Energiestrategie ein Fokus auf der Stärkung des Angebots im öffentlichen Verkehr und beim Langsamverkehr.

Industrie und Gewerbe verbrauchen rund die Hälfte der Energie. Entsprechend sind die Rahmenbedingungen verstärkt so zu gestalten, dass eine zunehmende Anzahl an Betrieben langjährigen Energiesparmodellen wie demjenigen der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) oder der Cleantech Agentur Schweiz (act) beitrifft und so wirtschaftliche Energieeffizienzmassnahmen umsetzt. Die Umsetzung eines Grossverbraucherartikels schafft in Kombination mit Förder- und Rückerstattungsmöglichkeiten wesentliche Anreize für die Unternehmen. Daneben soll die Versorgung der Industrie mit erneuerbarer Wärme oder Abwärme (Kraft-Wärme-Kopplung oder ab KVA) vorangetrieben werden.

⁹ Z.B. unnötige Beleuchtung, voll beheizte Gebäude ohne Personenanwesenheit etc.

¹⁰ Gemäss Abschätzungen in der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6.

¹¹ Summe der abgeschätzten Massnahmenwirkung aus der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6 für die Jahre 2018 – 2030.

¹² Reduktion des Energieverbrauchs gemäss Ausweisung in der Energiestatistik (Basisjahr 2008).

¹³ Summe der Massnahmenwirkungen bis 2017 aus dem Monitoring der Energiestrategie 2020 (Basisjahr 2008).

¹⁴ Das Mobilitätskonzept 2030 wird parallel zur vorliegenden Energiestrategie 2030 entwickelt.

Auf der Produktionsseite sind die Photovoltaik (PV), Biomasse und die Abwärmenutzung aus der KVA Buchs die grössten zusätzlich nutzbaren Potenziale (Tabelle 2). Liechtenstein ist heute Solarweltmeister¹⁵ und PV hat ein relativ schnell und günstig realisierbares Potenzial im Strombereich. Der Ausbau erfolgt dezentral, d.h. auf und an den Gebäuden und allenfalls auf Doppelnutzungsflächen (Parkplätze o.ä.). Damit erfolgt die Produktion weitgehend am Ort des Verbrauchs. Dazu sind Ansätze zur Erhöhung der Deckungsgleichheit von lokalem Ertrag und lokalem Bedarf zu fördern (intelligente Lastverschiebung). In der Energiestrategie 2030 ist ein Zubau von rund 5 MWp PV-Leistung pro Jahr vorgesehen – dies entspricht in etwa einer Verdoppelung des Zubaus pro Jahr gegenüber heute¹⁶.

	Theoretisches Potenzial GWh/a	Ausgeschöpftes Potenzial 2017 ¹⁷ GWh/a	Zusätzlich nutzbar bis 2030 ¹⁸ GWh/a	Ziel genutztes Potenzial 2030 GWh/a
Strom				
Wasserkraft	210 ¹⁹	68	0	68
Photovoltaik (auf Gebäuden)	150–260	22	48	70
Wind	14 ²⁰	0	0	0
Wärme				
Fernwärme ab KVA Buchs	150	107	21	128
Holz (inkl. Pelletimport)	96 (33)	53 (7)	43 (26)	96 (33)
Solarthermie	0 ²¹	10	-3	7
Biogas (inkl. 7.5 aus Gülle)	14 im Inland	6	8	14
Tiefengeothermie	0 ²²	0	0	0
Summe Strom und Wärme	>600	266	119	383
Ziel 2: Erneuerbare Energie	30% des erwarteten Energiebedarfs von 2030 (100% im 2030 = 1'075 GWh)			323

Tabelle 2 Die grössten Strom- und Wärmepotenziale

¹⁵ Höchste installierte Pro-Kopf-Spitzenleistung an Photovoltaik: 620 Watt/Person Ende 2017. Quelle: www.solarsuperstate.org/webroot/index.php/pages/2018-prize-21

¹⁶ Modellrechnungen des Lastverhaltens auf Landesebene zeigen, dass dieser Zubau bis 2030 im Netz noch ohne massive Überschüsse oder die Notwendigkeit von Saisonspeicherung verkraftbar ist.

¹⁷ Quelle: Energiestatistik 2017

¹⁸ Summe der abgeschätzten Massnahmenwirkung aus der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6 für die Jahre 2018–2030.

¹⁹ Inkl. Rheinkraft Anteil FL. Quelle: Potenzialstudie im Auftrag der LKW

²⁰ Eine landesweite Potenzialstudie ist den Autoren nicht bekannt. Hier wurde der Wert aus der Massnahme 4.5 übernommen (vgl. Abschnitt A2), welcher in etwa dem prognostizierten Ertrag des Windkraftwerks And entspricht. Dieser Ertrag entspricht aber nur einem Standort und nicht dem landesweiten Potenzial. Das heute wirtschaftlich und unter Berücksichtigung weiterer Interessen nutzbare Potenzial im Inland ist aber gering, wie eine Analyse für verschiedene Standorte in Buchs zeigt. Quelle: Resultate der Windmessungen in Buchs, Sunergy, abrufbar unter www.sunergy.li/images/stories/wind/schlussauswertung_buchs_pw.pdf

²¹ Flächennutzung konkurrenziert mit Photovoltaik auf Gebäuden, daher kein weiteres Potenzial ausgewiesen.

²² Quelle: www.llv.li/files/au/pdf-llv-aubericht_und_antrag_november_2012_final_landtag.pdf

Der Ausbau der Fernwärme ab KVA Buchs hat bereits wesentlich zur Substitution von fossilen Energieträgern beigetragen und verspricht noch rund 21 GWh/a weiteres Potenzial bis 2030. Zukünftige Ausbauten betreffen vor allem den Zusammenschluss und die Erweiterung bestehender Netze und die Erschliessung einzelner industrieller Grossverbraucher ab Dampfleitung.

Andere erneuerbare Potenziale (Wasserkraft, Wind, Tiefengeothermie) versprechen innerhalb mittelbarer Frist keinen nennenswerten Zubau, sollten aber nicht gänzlich abgeschrieben werden. Windkraft weist insbesondere saisonal einen zu PV komplementären Ertragsverlauf auf, was zunehmend wertvoll sein dürfte. Weiteres Holzpotenzial ist nachhaltig nutzbar und im Gegensatz zur Sonnen- und zur Windenergie gut auch saisonal speicherbar. Es kann im Hinblick auf die zukünftige Saisonspeichertematik eine neue Bedeutung bekommen. Für eine verstärkte Biogasnutzung ist der regionale Zusammenzug von Gülle und Grüngutabfällen notwendig.

Die Zielsetzung von 30 % erneuerbarer Energie bis 2030 (vgl. Abbildung 2) liegt bewusst etwas unter den realisierbaren Potenzialen gemäss der Tabelle 2, um Spielraum bei der Umsetzung der Massnahmen beizubehalten. Werden im Jahr 2030 30 % erneuerbare Energien bei 20 % Effizienzsteigerung erreicht, resultiert eine Treibhausgasreduktion um rund 30 %. Somit müssten zur Erreichung des 1.5 °C-Ziels weitere 10 % an Emissionsreduktionen durch die Anwendung internationaler Marktmechanismen beschafft werden.

Ein viel diskutiertes Thema, das einen direkten und wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben könnte, ist die Stabilisierung oder Reduktion des Flächenbedarfs pro Person im Gebäudebereich oder andere Ökosuffizienzeffekte²³. Wie sich international zeigt, hat sich die Bereitschaft zu einem suffizienten Lebensstil bislang jedoch auf kleine Nischen beschränkt, und es erscheint nicht realistisch, mit flächendeckenden und nennenswerten Beiträgen zur Erreichung der Ziele der Energiestrategie im Zeitraum bis 2030 zu rechnen.

Liechtenstein bezieht aktuell rund 90 % der Energie aus dem Ausland. Die Versorgungssicherheit ist damit wesentlich durch das internationale Umfeld geprägt. Jede Effizienzsteigerung und jeder Zubau an erneuerbaren Energien im Inland oder in der Region trägt zur lokalen Wertschöpfung und Reduktion der Auslandabhängigkeit bei. Mit der vorliegenden Energiestrategie 2030 sind die Grundlagen geschaffen, um den anstehenden Umbau der Energielandschaft fortzuführen und entsprechend dem Fernziel 2050 laufend zu überprüfen.

²³ Suffizienz meint im Gegensatz zur Effizienz (gleiche Leistung mit weniger Ressourceneinsatz) den Verzicht auf Leistungen bis zu einem «genügenden Mass» (lat. *sufficere* = ausreichen, genügen).

Die wichtigsten Massnahmen und Ziele der Energiestrategie 2030

- Die Bevölkerung und die Akteure für die anstehenden Herausforderungen sensibilisieren, mit einbeziehen und für den Wandel begeistern.
- Die heute installierte Leistung bei der Photovoltaik (+5 MWp/Jahr) verdreifachen.
- Das nachhaltige Biomassepotenzial (Holz, Gülle, Grüngut) nutzen.
- Die Fernwärmenutzung ab KVA um rund 21 GWh/a steigern.
- Drei Viertel der Ölheizungen durch erneuerbare Energien, Wärmepumpen oder Fernwärme ersetzen.
- Strengere Energiestandards für Gebäude (z.B. MuKEn 2014) zur Umsetzung der EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie 2010/31/EU einführen.
- Grossverbraucherartikel (MuKEn 2014 Teil L) und freiwillige Zielvereinbarungen in der Industrie umsetzen.
- Gute Rahmenbedingungen für elektrische oder erneuerbare Antriebe im Verkehrsbereich schaffen und den öffentlichen Verkehr auf erneuerbare Antriebssysteme umstellen.
- Die Bedingungen für den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr verbessern.
- Innovationsprojekte unterstützen, welche der Erreichung der Ziele der Energiestrategie 2030 dienen (z.B. Importstrategie für erneuerbaren Strom und erneuerbares Gas, Technologiebewertungen, Pilotanlagen, etc.).

2 EINLEITUNG

2.1 Hintergrund und Herangehensweise

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 führte diese Anstrengungen ab 2012 fort und orientierte sich dabei an den sogenannten 20-20-20-Zielen der EU bis zum Jahr 2020²⁴. Der Stand der Zielerreichung wurde jährlich überprüft und anhand eines Rück- und Ausblicks zur Halbzeit im Frühling 2017 detailliert dokumentiert²⁵.

Mit dem Auslaufen der Energiestrategie 2020 steht nun die Planung der Ziele und Massnahmen für die nächste Dekade bis 2030 an. Der anstehende Übergang durch das Auslaufen der Energiestrategie 2020 soll auch für einen weiterreichenden Ausblick genutzt werden, um sich über die Stossrichtung bis 2050 Gedanken zu machen. Dies erfolgt in Form der in diesem Dokument integrierten Energievision 2050. Die Vision soll, losgelöst von ganz konkreten Massnahmen, ein Bild der Zukunft skizzieren, welches als Zielbild dienen soll.

Im August 2018 wurde als Auftakt eine öffentliche Veranstaltung mit Fokus 2050 organisiert, deren Ergebnisse in die Energievision 2050 eingeflossen sind. Um auch bei der Erarbeitung der mittelfristigen Ziele und Massnahmen für die Energiestrategie 2030 die Bevölkerung Liechtensteins miteinzubeziehen, wurde im Dezember 2018 eine Veranstaltung mit Workshops organisiert.

Die Energiestrategie 2030 zeigt auf, welche konkreten Ziele bis im Jahr 2030 erreicht werden sollen und wie damit ein Zwischenschritt der Energievision 2050 erreicht werden kann. Sie setzt also den Rahmen für das politische und gesellschaftliche Handeln in Bezug auf Energie, Effizienz und Klimawandel der kommenden Jahre und Jahrzehnte.

²⁴ Die 20-20-20-Ziele umfassen eine Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber 1990, eine Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen auf 20 % des Gesamt-Endenergiebedarfs sowie eine Senkung des Energiebedarfs um 20 % des voraussichtlichen Niveaus von 2020 durch Verbesserungen bei der Energieeffizienz.

²⁵ Energiestrategie Liechtenstein 2020: Rück- und Ausblick zur Halbzeit. Amt für Volkswirtschaft, Frühjahr 2017. Download unter www.llv.li/files/avw/zwischenstand.pdf

2.2 Generelle Ziele und Anforderungen

Die Gewinnung, Umwandlung und der Einsatz von Energie prägen das tägliche Leben oft fast unbemerkt und im Hintergrund. Die Schattenseiten dieser Durchdringung sämtlicher Aktivitäten mit Energie liegen in der steigenden Abhängigkeit von erschwinglicher, allzeit verfügbarer Energie und von kritischen Infrastrukturen sowie in den Auswirkungen, welche der Einsatz der Ressource «Energie» nach sich zieht.

Ein bedeutender Teil des weltweiten Wirtschaftswachstums über die letzten 150 Jahre und damit des Wohlstands wurde durch den verbreiteten Einsatz fossiler Energieträger erkaufte. Nun gilt es, in Anbetracht des Klimawandels sowie der Tragbarkeit menschlicher Aktivitäten auf dem Planeten im Allgemeinen die Weichen für die Zukunft so zu stellen, dass eine global gerechtere, nachhaltigere Energieverwendung²⁶ möglich wird. Die zentrale Herausforderung für den Energiesektor stellt sich damit in den mittelfristig gemäss übereinstimmender wissenschaftlicher Erkenntnis auf «Netto Null» zu reduzierenden Treibhausgasemissionen²⁷ und in der Reduktion der negativen Einflüsse der Energieverwendung (Lärm, Schadstoffemissionen, Landverbrauch, etc.).

Neben den bereits aus der Energiestrategie 2020 bekannten Kriterien einer umweltverträglichen, bezahlbaren und sicheren Energieversorgung sind im Hinblick auf das Jahr 2030 weitere Anforderungen zu stellen und gegeneinander abzuwägen.

Liechtenstein bezieht aktuell rund 90 % der Energie aus dem Ausland. Die Versorgungssicherheit ist damit wesentlich durch das internationale Umfeld geprägt, welches im Allgemeinen nicht direkt beeinflusst werden kann. Die Abhängigkeit von Energie in allen Belangen des Lebens verlangt eine unterbrechungsfreie, ganzjährige und in der Menge genügende Verfügbarkeit von Energie. Deshalb ist die Versorgungssicherheit²⁸ als primäres Ziel jeglicher Aktivitäten bei der Erreichung eines zukunftsfähigen Energiesystems zugrunde zu legen. Selbstverständlich soll aber auch diskutiert werden dürfen, wie viel Energie «nötig» oder «genug» ist oder welche Suffizienzansätze zielführend sein könnten. Die geopolitischen Abhängigkeiten in der Energieversorgung werden im Rahmen der anstehenden Umwälzungen bis 2050 neu zu beurteilen sein.

Neben der Verfügbarkeit war bezahlbare Energie eine zentrale Grundlage für Wirtschaftswachstum und Wohlstand. Dies bleibt auch ein Kernziel der Ausrichtung bis 2050. Die gute Verfügbarkeit und die Bezahlbarkeit der Energie beruhen aber bisher unter anderem auf den hervorragenden Eigenschaften fossiler Energieträger im Hinblick auf deren Lager- und Transportfähigkeit, spezifische Energiedichte und günstige Abbaumethoden. Hinzu kamen jedoch ein eigentlicher Raubbau dieser nicht regenerativen Ressourcen, teils ein verschwenderischer Umgang und die Externalisierung der damit zusammenhängenden Folgekosten auf die Gesellschaft. Zukünftigen Generationen stehen nicht mehr dieselben Ressourcen und Möglichkeiten zur Verfügung wie der unseren. Die Kernenergie wird aktuell aufgrund der ungelösten Endlagerproblematik von der Regierung ebenfalls nicht als zukunftsfähige Technologie angesehen.

Energie muss auch zukünftig bezahlbar bleiben. Anzusetzen sind aber die gesamtgesellschaftlichen und langfristigen Kosten, welche positive und negative Auswirkungen der Energienutzung berücksichtigen. Im Kontext der Bezahlbarkeit der Energie gilt es zudem zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen wirtschaftlicher Effekte der Energiewende auf besonders betroffene Gruppen gedämpft und die mit der Energiebereitstellung verbundenen Geldflüsse gesteuert werden können. Diese und weitere Aspekte müssen bei Entscheidungen zur Gestaltung der zukünftigen Energiebeschaffung, -bereitstellung und -nutzung laufend mitberücksichtigt werden.

²⁶ Vgl. auch die Sustainable Development Goals (SDG) der UNO (Abschnitt A1.2.4 auf Seite 56) oder die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft (Anhang A1.3.5 auf Seite 75).

²⁷ Spezialbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zum 1.5°C-Ziel vom Oktober 2018, Quelle: report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

²⁸ In Bezug auf den wichtigen Energieträger Elektrizität kann auf Überlegungen des Bevölkerungsschutzes und der LKW zur Stromversorgung in ausserordentlichen Lagen verwiesen werden.

2.3 Rückblick Energiestrategie 2020

Die Erhebung des Zwischenstands zur Zielerreichung der Energiestrategie 2020 im Frühling 2017 mit statistischen Zahlen bis und mit 2015 hat gezeigt, dass die Zielsetzungen im Bereich des Effizienzziels erreicht werden. Das Ziel zur Gewinnung einheimischer, erneuerbarer Energien wird hingegen deutlich verfehlt und die angestrebte Senkung bei den Treibhausgasemissionen bleibt kritisch, aber erreichbar (Tabelle 3).

	Ziel 1 Energieeffizienz	Ziel 2 Erneuerbare, einheimische Energieträger	Ziel 3 Treibhausgas- emissionen
Zielwert 2020	1'344 GWh	269 GWh	187 Gg
Erreichter Stand 2015	1'237 GWh ²⁹	134 GWh ³⁰	217 Gg ²⁹
Zielerreichung 2015	Ziel 2020 bereits erreicht, zusätzliches Potenzial vorhanden	Ziel 2020 im Inland nicht erreichbar, zu wenig Potenzial im Inland verfügbar	Ziel 2020 gefährdet, Potenzial vorhanden, aber knapp

Tabelle 3 Erreichter Stand der Ziele gemäss Zwischenstandsbericht vom Frühling 2017³¹

Die Stagnation des statistisch erfassten Energiebedarfs ist vor dem Hintergrund einer gemäss dem Trendszenario zunehmenden Wohnbevölkerung und überproportional zunehmenden Zahl an Beschäftigten (Abbildung 3) erfreulich, allerdings reagiert die Bilanz sensitiv auf den sogenannten «Tanktourismus»³², welcher zuletzt für diesen Indikator eher begünstigend ausfiel. Beim Stromverbrauch ist eine Kursänderung von konstantem Wachstum zu einer Stabilisierung zu beobachten, obwohl immer mehr Stromanwendungen hinzugekommen sind (insbesondere Wärmepumpen). Der zunehmende Anteil von Fernwärme ab der Kehrlichtverbrennungsanlage (KVA) Buchs verdrängte fossile Energieträger. Weitere Informationen zum Verlauf wichtiger Indikatoren sind im Abschnitt A1.1 auf Seite 52 zu finden.

Im Bereich des Zubaus neuer erneuerbarer Energien im Inland mussten mehrere wirkungsvolle Massnahmen zumindest mittelfristig zurückgestellt werden (Rheinkraftwerk, Windkraft, Tiefengeothermie). Das anvisierte Potenzial bei den erneuerbaren Energien konnte so nicht erreicht werden. Indirekt kompensiert wurde die Zielverfehlung allerdings durch den verstärkten Ausbau der Abwärmenutzung von der KVA Buchs, welche jedoch im Rahmen der Energiestrategie 2020 nicht als «einheimisch» bilanziert wurde. Über die Verknüpfung des Effizienz- und des erneuerbaren Ziels mit den Treibhausgasemissionen ergibt sich indirekt auch eine Gefährdung des Emissionsziels.

²⁹ Weniger ist besser

³⁰ Mehr ist besser

³¹ Quelle: www.llv.li/files/avw/zwischenstand.pdf

³² «Tanktourismus» bezeichnet den Effekt, wenn Personen aus dem Ausland in Liechtenstein, oder umgekehrt Liechtensteiner im umliegenden Ausland, aufgrund vorteilhafter Preiseffekte Treibstoffe tanken. Aufgrund des Absatzprinzips werden diese Treibstoffbezüge der Energie- und Klimabilanz desjenigen Land angelastet, in dem die Tankstelle genutzt wurde.

Relativer Verlauf verschiedener Indikatoren in % zum Bezugsjahr 1998

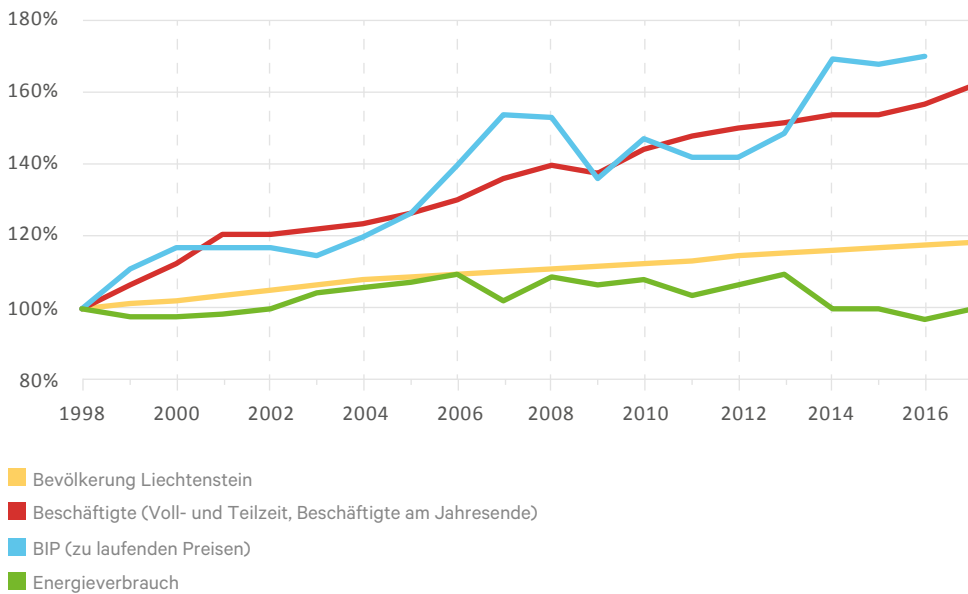


Abbildung 3 Zeitlicher Verlauf verschiedener Indikatoren der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung sowie des statistisch erfassten Energiebedarfs, in % zum Bezugsjahr 1998³³.

Es wurde deutlich, dass weitere Bereiche weiterhin nur schwierig quantifizierbar sind oder ihre Umsetzung einen über das Jahr 2020 hinausgehenden Betrachtungshorizont (z.B. Mobilität) erfordert. Die Einbettung einer Folgenabschätzung bei Regierungsentscheiden und die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand entfalten im Betrachtungszeitraum bis 2020 noch zu wenig Wirkung.

Rückblickend lässt sich feststellen, dass über die gesetzten Ziele hinausgehende Effizienzsteigerungen und der Fernwärmeausbau einen Teil der Zielverfehlungen beim Zubau erneuerbarer Energien kompensiert haben. Es sind mit Sicherheit noch grosse Effizienzpotenziale erschliessbar, aber eine deutlich ambitioniertere CO₂-Zielsetzung ist ohne bedeutenden Zubau erneuerbarer Energien (neben der weitgehenden Substitution der fossilen Energien) unrealistisch.

3 ENERGIE- VISION 2050

3.1 Zielbild 2050 – eine Geschichte aus der Zukunft

Bereits bei der Erarbeitung der Energiestrategie 2020 war klar, dass diese mit einem Zeithorizont von rund acht Jahren nicht die Rolle einer umfassenden Vision einnehmen kann. Dafür war die Zeitspanne zu kurz. Dies gilt auch für die Energiestrategie 2030, welche im Abschnitt 4 ab Seite 32 abgeleitet werden soll. Der Zweck der Energiestrategie liegt vielmehr darin, für die betrachtete Zeitspanne und Zielsetzung konkrete Massnahmenpotenziale aufzuzeigen und deren Wirkung abzuschätzen.

Im Rahmen der Energievision 2050 wird das Bild eines möglichen Zukunftszustands gezeichnet. Dies im Bewusstsein, dass die Prognose der Zukunft nie exakt gelingen kann. Die Visualisierung und Beschreibung eines möglichen Zielzustandes ist für die Verfolgung und Erreichung von langfristigen Zielen aber essenziell. Das beschriebene Bild der Vision 2050 soll weder utopisch noch zu stark an Bekanntem fixiert sein. Dies ist das Ziel der «Geschichte aus der Zukunft» im Abschnitt 3.1. Daraus kann festgestellt werden, dass mit dem Einsatz von heute bereits bekannten Technologien die langfristigen Ziele erreicht werden können – Technologiesprünge und gänzlich neue Ansätze dürften in Zukunft einen weiteren Beitrag leisten und sind wünschenswert, aber nicht unabdingbar.

Wir schreiben das Jahr 2050 und befinden uns im Fürstentum Liechtenstein. Das Land hat es geschafft, bei der Energiebereitstellung weitgehend auf erneuerbare Energiequellen umzusteigen.

Wirtschaftlich nutzbare Effizienzpotenziale wurden aufgrund der finanziellen Anreize und der Effizienzgewinne durch die Elektrifizierung sowie der Ertüchtigung des Gebäudebestands konsequent ausgeschöpft und führten zu einer Reduktion des Endenergiebedarfs um 40%, dies bei steigender Bevölkerung und zunehmender Wirtschaftsleistung. Die Photovoltaik und die Windkraft erwiesen sich in den letzten Jahren als die günstigsten Technologien für den Umstieg. So basiert die Versorgung nun auf den Energieträgern Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft, Umweltwärme, Holz, Biogas und erneuerbaren, synthetischen Speichergasen sowie der Abwärme aus der Kehrrichtverbrennungsanlage in Buchs. Die Strombereitstellung und -verteilung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem europäischen Umfeld, um eine hohe Versorgungssicherheit und günstige Preise zu garantieren.

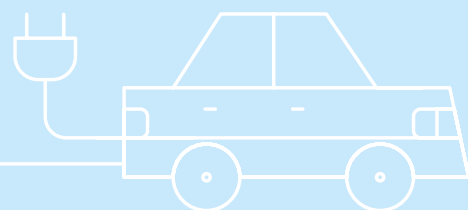
Niedertemperatur-Wärme: Wärmepumpe dominiert

Die Niedertemperaturwärme zur Gebäudebeheizung sowie Prozesswärme werden zu grossen Teilen mittels Wärmepumpen bereitgestellt. Weiter wurden viele Bauten energetisch ertüchtigt und die Mehrheit der Neubauten sind in der Jahresbilanz Kraftwerke. Hausbesitzer nutzen Sonnenenergie für die Stromerzeugung, für Warmwasser und soweit möglich auch für die Heizung. Anfallendes Holz aus den Wäldern wird in den Nahwärmezentralen energetisch genutzt, und es bestehen zwei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Biomasse, welche auch zusätzlich Winterstrom produzieren. Zusätzliches Holz wird nach Liechtenstein importiert, da die eigenen Ressourcen nicht ausreichen. Schaan und die Industriezone in Bendern werden zu grossen Teilen mittels Abwärme aus der Kehrrichtverbrennungsanlage Buchs versorgt. Wir stellen fest: Abfall gibt es trotz verbesserter Kreislaufwirtschaft immer noch, der Anteil an Kunststoffabfällen konnte jedoch deutlich reduziert werden. Fossiles Heizöl und Erdgas sind für die Gebäudebeheizung sind praktisch völlig verschwunden.

Elektrische Mobilität setzt sich durch

Insbesondere Elektrofahrzeuge, aber auch andere erneuerbare Antriebsarten, haben sich auf der ganzen Breite durchgesetzt. Benzin und Diesel werden nur noch für Spezialanwendungen benötigt, Nischen werden durch Biotreibstoffe abgedeckt. Nur einige Oldtimer werden noch mit flüssigen Biotreibstoffen betankt.

Nach einer ersten Euphorie stellte sich heraus, dass neue Batterietechnologien nötig waren, um absehbare Engpässe bei den Rohstoffen für die Batterieherstellung zu beseitigen. Treiber dieser Entwicklung war auch die zunehmende internationale



Abhängigkeit. Die Energiedichte von Batterien reicht nun auch aus, um die meisten Baumaschinen, Traktoren und Lastwagen den ganzen Tag betreiben zu können. Die Reichweitenproblematik hat sich durch Verbesserungen bei der Batterietechnik und die Verfügbarkeit von Schnellademöglichkeiten innerhalb weniger Jahre aufgelöst.

Die anfängliche Idee, dass sich durch das autonome Fahren und die Sharing Economy die Anzahl Fahrzeuge reduzieren liesse, entwickelte sich nicht wie erhofft. Autonome Kleinbusse ermöglichten jedoch die effiziente Erschliessung von Ortsteilen, die früher nicht direkt ans öffentliche Busnetz angebunden waren, und haben damit die Akzeptanz des öffentlichen Bussystems als echte Alternative erheblich erhöht. Das zusätzliche Angebot von autonomen abrufbaren Fahrzeugen wurde von Senioren sehr positiv aufgenommen und wird intensiv genutzt. Auch verzichtet ein wachsender Teil der jungen Generation auf ein eigenes Fahrzeug. Diese Entwicklungen wirken sich allerdings erst mittelfristig auf eine reduzierte Fahrzeugflotte in Liechtenstein aus. Aufgrund des hohen Wohlstands ist es den meisten Einwohnern Liechtensteins möglich, sich ein eigenes Fahrzeug zu leisten.

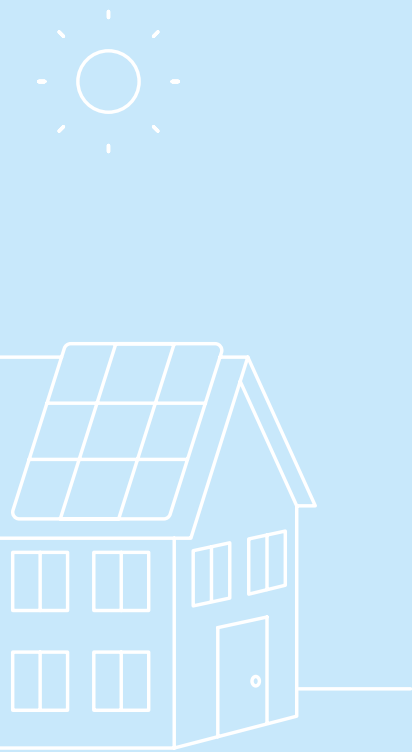
Herausforderung: genug erneuerbarer Strom im Winter

Die grosse Herausforderung für eine ganzjährig erneuerbare Stromversorgung mit möglichst hohem Inlandanteil war die saisonale Speicherung von Strom. Während zunehmend mehr Liegenschaften mit PV-Anlagen und Wärmepumpen ausgerüstet wurden und die elektrische Mobilität hinzukam, nahm der Bedarf an Winterstrom im Verhältnis laufend zu. Zudem stellte sich bald heraus, dass eine Saisonspeicherung über Power-to-Gas im Sinne einer landesautarken Versorgung wirtschaftlich sehr aufwendig wäre.

Nicht direkt nutzbare Erträge der fluktuierenden, erneuerbaren Energieträger und günstige sommerliche Überschüsse aus europäischem Sonnen- und Windstrom mussten für eine Nutzung im Winter in eine speicherbare Form gebracht werden. Rückblickend hat sich hierbei auf dem europäischen Energiemarkt ein Mix an Technologien durchgesetzt. Einerseits die intelligente Kombination von sich ergänzenden Erzeugerquellen wie Wind, Wasser und PV, andererseits die systemdienliche Bewirtschaftung von Speichern wie Batterien, Speicherseen, Pumpspeicherwerken, Druckluftkavernen und Power-to-Gas-Anlagen. Import und Export von Energie und insbesondere Strom bleiben Kernelemente einer wirtschaftlichen und zuverlässigen Stromversorgung des Landes. Die zwei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, welche mit Biomasse betrieben werden, leisten einen wichtigen Beitrag für die Saisonspeicherung: Die gut ausgebauten Wärmenetze werden vom Frühjahr bis zum Herbst mittels Wärmepumpen und Überschussstromverwertung betrieben. Die limitiert verfügbare Menge an Biomasse (Hackschnitzel) wird jeweils erst im Winter in Strom und Wärme umgewandelt.

Nachdem man davon ausgegangen ist, dass das fossile Erdgas durch synthetisches, erneuerbares Gas und Biogas ersetzt werden kann, wurden zahlreiche Gebäude an das Erdgasnetz angeschlossen. Der Bedarf an Erdgas stieg kurzzeitig noch an, dies auch, weil man damit Ölheizungen durch Gasheizungen auf in Zukunft erneuerbarer Basis ersetzen wollte. Bald stellte sich heraus, dass die neuen erneuerbaren Gase zu Beginn einen weit höheren Preis hatten und die Kunden, insbesondere das Gewerbe und die Industrie, nicht bereit waren, diesen Aufpreis zu bezahlen. Aus diesem Grund wurde auf starken Druck der Gaskunden eine staatliche Förderung eingeführt. Daraufhin konnte der Gasversorger das erneuerbare Gas, welches als Massnahme zur Erreichung der Klimaziele eingeplant wurde, als Standardprodukt anbieten.

Es zeigte sich, dass Gaskunden, welche über eigene Photovoltaikanlagen verfügen, zunehmend auf Gas-Hybridwärmepumpen oder reine Wärmepumpen wechseln wollten. Dies reduzierte den Gasabsatz auf etwa die Hälfte. Die Anzahl aktiver Gaskunden blieb hingegen in etwa konstant, was den wirtschaftlichen Betrieb der Gasinfrastruktur



sicherte. Dabei bekam das erneuerbare Gas eine wichtige Rolle als Saisonspeicher, was beim Abdecken von Versorgungsspitzen während der kalten Jahreszeit vorteilhaft ist. Der Klimastrategie der EU ist es zu verdanken, dass mittlerweile auf dem europäischen Gasmarkt nur noch synthetisches und erneuerbares Gas zu erschwinglichen Preisen erhältlich ist.

Wer liefert den Strom?

Im Strombereich war über die letzten Jahrzehnte ein grosser Zubau an Photovoltaik zu verzeichnen. So sind praktisch sämtliche geeigneten Gebäudedächer und bei Neubauten auch viele Fassaden mit Photovoltaikanlagen bestückt. Neuartige Leichtbausysteme überspannen Parkplätze und andere bereits bebaute Flächen zur Stromproduktion als Doppelnutzung. Der Stromversorger, private Investoren und die Bauern haben hunderte MWp an PV-Anlagen in Liechtenstein erstellt. Auch wurden einige ehemalige Erdgasfeuerungen durch Mikro-Blockheizkraftwerke ersetzt, welche gleichzeitig Strom und Wärme liefern. Dies ergänzt die im Winter fehlenden Erträge aus der Photovoltaik.

Der im Sommerhalbjahr vermehrt anfallende, überschüssige Ertrag erneuerbarer Energieträger könnte zwar mittlerweile mittels Power-to-Storage-Technik saisongespeichert und im Winter wieder rückverstromt werden, aber die Effizienz dieses Prozesses ist immer noch tief und die Kosten dafür hoch. Um annehmbare Energiepreise für Liechtenstein sicherzustellen, engagierte sich der Energieversorger mit Beteiligungen an on- und offshore-Windkraftanlagen, die den im Inland erzeugten PV-Strom gut komplementieren. Zusätzlich werden Kontingente an erneuerbarem Gas aus überschüssiger Windkraft aus dem Ausland importiert.

Der Netzbetreiber ist mit stark volatilen Produktionskapazitäten und Bezugspreisen konfrontiert. Da sich die Energiemärkte weiter geöffnet haben, engagieren sich die liechtensteinischen Energieversorger weit mehr als Systemdienstleister für Speicherung und Ausgleichsregelung als bisher. Intelligente Vorhersagemodelle und die Steuerung von Verbrauchern über die Smart-Meter-Infrastruktur wurden das zentrale Element der wirtschaftlich agierenden Energieversorger. Das reine Energiegeschäft verliert an Bedeutung. Das Speicherkraftwerk Samina wird als Tagesspeicher in Kombination mit intelligenten Fahrzeugladestrategien genutzt, hinzu kommen systemdienlich bewirtschaftete, dezentrale Batteriespeicher.

Rückblickend liess sich feststellen, dass die nötigen Technologien, Methoden und das Wissen zur Erreichung der Energievision 2050 bereits im Jahr 2019 weitestgehend vorhanden waren. Technische Entwicklungen in der Speichertechnologie und Smart Grids haben diese auch wirtschaftlich gemacht.

Von den ursprünglichen, jährlichen Energieausgaben Liechtensteins im Umfang von rund CHF 100 Millionen floss früher der überwiegende Teil für die Beschaffung von fossilen Energieträgern ins Ausland. Mit dem Umbau auf erneuerbare Energien bleibt mehr im Inland und in der Region, was zu einem positiven Faktor für die lokale Wirtschaft geworden ist.



3.2 Ziele der Energievision 2050

Die im Folgenden aufgeführten Grundziele tragen gemeinsam zur Erreichung der Energievision 2050 bei. Eine klare Trennung der Zielbereiche ist in vielen Fällen nicht möglich, da einzelne Massnahmen oft in verschiedenen Teilzielen Wirkung entfalten. Dennoch lässt sich daran die grundlegende Stossrichtung ablesen: Der Energieverbrauch muss durch Effizienzsteigerungen gesenkt werden, fossile Energieträger sind durch erneuerbare Energien zu ersetzen und die Treibhausgasemissionen sind zu senken. Diese Hauptziele decken sich im Kern auch mit den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft (vgl. Anhang A1.3.5) sowie den Vorgaben des internationalen Klimaschutzes (vgl. Anhang A1.2.5). Die Abbildung 4 fasst die Teilziele der Energievision 2050 übersichtlich zusammen. In den Abschnitten 3.2.1 bis 3.2.3 sind die zugrunde liegenden Teilziele genauer erklärt.

Energievision 2050 für Liechtenstein

40 % Reduktion des Energiebedarfs

gegenüber 2008, Reduktion bei Verschwendung und Verlusten

100 % erneuerbare Energie

davon möglichst viel im Inland produziert

100 % CO₂-Reduktion

Minus 100 % CO₂-Emissionen im Energiebereich³⁴ (internationales 1.5 °C-Ziel)

Abbildung 4 Die drei Teilziele der Energievision 2050

3.2.1 Ziel 1: 40 % Reduktion des Energiebedarfs bis 2050 durch Effizienzverbesserung

Durch die Steigerung der Energieeffizienz soll der Energieverbrauch bis 2050 absolut gesenkt werden. Vor dem Hintergrund der Umstellung auf eine erneuerbare Energieversorgung (Ziel 2) und die Senkung der Treibhausgasemissionen (Ziel 3) nimmt die Effizienzsteigerung eine wichtige Rolle ein, da jede eingesparte Kilowattstunde Energie implizit auch eine Verbesserung bei den anderen zwei Zielen bewirkt. Oft sind zudem eingesparte Kilowattstunden günstiger als zusätzliche erneuerbare Erzeugung.

Die Effizienzsteigerung soll nicht nur das zukünftige Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum (vgl. Abschnitt A1.1.1 auf Seite 50) kompensieren, sondern überdies zu einer absoluten Senkung des Energiebedarfs des Landes gegenüber dem Jahr 2008 um rund 40 % führen (Abbildung 5).

Zentrale Elemente der Effizienzsteigerung sind neben Gebäudesanierungen und effizienten Neubauten³⁵ auch Effizienzverbesserungen bei Beleuchtung, Antrieben und Geräten³⁶. Durch Substitutionen werden sowohl elektrische Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung als auch die Elektrifizierung des Verkehrs wichtige Beiträge zur Effizienzsteigerung leisten und die Voraussetzungen zur Nutzung erneuerbarer Energien schaffen.

³⁴ Basis für diesen Zielwert sind die Treibhausgasemissionen des Sektors «Energy» gemäss offiziellem Treibhausgasinventar. Die nicht-energetischen «Sockelemissionen» aus Industrieprozessen und Produktverwendungen (IPPU), Landwirtschaft, Abfallverwertung sowie Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldwirtschaft (LULUCF) sind nicht im Fokus dieser Energiestrategie.

³⁵ Für die Abschätzung des Effizienzpotenzials im Gebäudebestand wurden statistische Daten zum Wachstum der Gebäudezahl sowie Annahmen zur Effizienzverbesserung von Neubauten und zum Anteil fossil beheizter Gebäude einbezogen. Der Effekt der Sanierungsrate und von Ersatzneubauten auf den Bedarf fossiler Energien wurde aus einer Erhebung aus der Schweiz übernommen. Quelle: «Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich, Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizanlagen», Schlussbericht 28. Februar 2014, Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern. Dieser Effekt umfasst keine Substitutionen von Energieträgern (z.B. Heizöl durch elektrische Wärmepumpen).

³⁶ Zur Abschätzung des Effizienzpotenzials beim Strom wurde das mittlere Bevölkerungswachstum und Beschäftigtenwachstum mit einer abgeschwächten Energiebedarfszunahme korreliert und einer Abschätzung des Reduktionspotenzials durch Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung sowie weiteren Effizienzpotenzialen in der Wirtschaft gegenübergestellt.

Entwicklung und Zielfad des Energieverbrauchs in MWh gemäss Energiestatistik

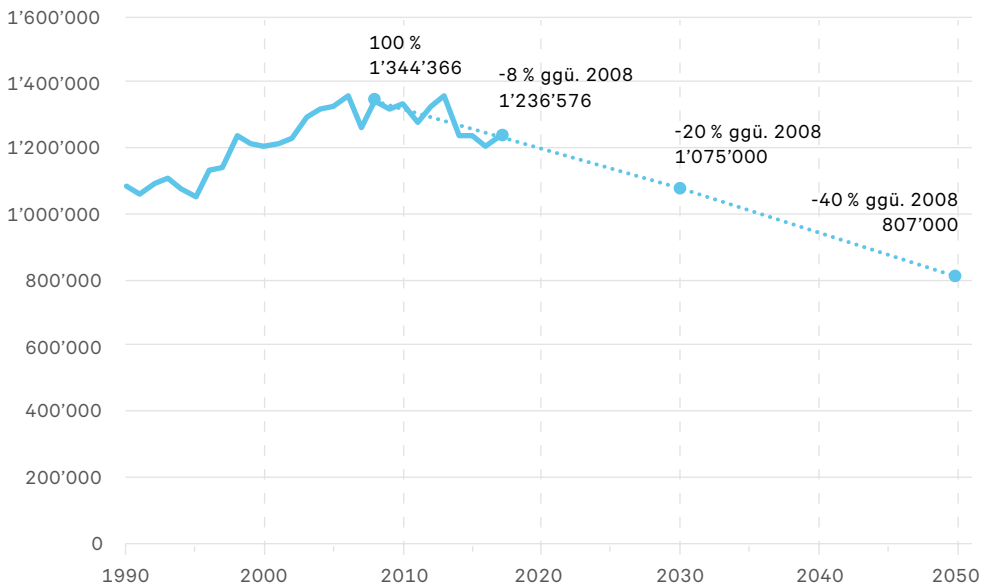


Abbildung 5 Zielszenario für die Steigerung der Energieeffizienz bis 2050 mit Zwischenziel für 2030.

Es erfolgt eine vollständige Abkehr von fossilen Energieträgern im Verkehr und im Gebäudereich bis 2050. Für den Verkehr bedeutet dies, dass eine Umlagerung auf Elektromobilität oder erneuerbare Treibstoffe stattfindet. Bei der Substitution im Wärmebereich kommen neben Fernwärme ab KVA und Biomasse primär Wärmepumpen (Umweltwärme oder Abwärme als Wärmequelle) und erneuerbares Gas im Rahmen des verfügbaren Potenzials zum Einsatz. Die Substitutionen durch Elektromobilität im Verkehrs- und durch Wärmepumpen im Wärmebereich führen zu Wirkungsgradsteigerungen, wodurch die Effizienz zu- und der Energiebedarf insgesamt abnimmt.

— **Ziel 1:** 40 % Reduktion des Gesamtenergiebedarfs (Strom, Wärme und Mobilität) bis 2050 gegenüber 2008.

Das Ziel wird gemessen in der prozentualen Reduktion des Energiebedarfs (gemäss Energiestatistik) gegenüber dem Basisjahr 2008. Nicht erfasst sind damit andere Faktoren wie z.B. die graue Energie in importierten Produkten und Dienstleistungen.³⁷

³⁷ In der Energiestatistik des Landes werden die innerhalb der Landesgrenzen verbrauchten Energieeinheiten ausgewiesen. Diese Bilanzgrenze entspricht nicht dem durch die Aktivitäten der Bewohnerinnen und Bewohner eines Landes verursachten Energieverbrauch, weil in Form von importierten Produkten und Dienstleistungen viel Energiebedarf im Ausland verursacht wird und weil einige Dienstleistungen wie der Flugverkehr im Inland nicht zur Verfügung stehen und demnach im Ausland bezogen werden. Eine umfassende, faire, primärenergetische Betrachtungsweise müsste alle direkten und indirekt verursachten Verbräuche und Emissionen umfassen, welche durch die Zielgruppe verantwortet werden.

3.2.2 Ziel 2: 100% erneuerbare Energie bis 2050

Um die absehbare Elektrifizierung im Gebäudeheizungs- (Wärmepumpen) und im Verkehrsbereich abzudecken, müssen trotz verstärkten Effizienzbemühungen (vgl. Ziel 1) zusätzliche erneuerbare Energieträger erschlossen werden. Je nach Stellenwert einer Versorgung durch einheimische Energien sind unterschiedliche Anteile an Zubauten im Inland, Beteiligungen an ausländischen Anlagen oder die Beschaffung auf dem Markt möglich.

Die erneuerbaren Energieträger werden für die Bilanzierung in drei Kategorien aufgeteilt:

- **Kategorie 1:** Als einheimische, erneuerbare Energie zählt nur die aus im Inland verfügbaren Ressourcen gewonnene Energie.
- **Kategorie 2:** Als importierte, erneuerbare Energieträger werden erneuerbares Gas (z.B. Biogas, nur physisch importierte Produkte, keine Zertifikate oder Herkunftsnachweise), importierte Biomasse oder Fernwärme ab KVA Buchs eingerechnet.
- **Kategorie 3:** Erneuerbare Strom- und Gasimporte mit Herkunftsnachweisen zählen derzeit nicht zu den erneuerbaren Energien des Bezügerlandes. Der Grund liegt in der Handhabung der nationalen Anrechnung erneuerbarer Energien gemäss EU-Richtlinien. Deshalb werden diese (willkommenen) Beiträge für das Ziel 2030 nicht angerechnet. Hingegen wird für 2050 davon ausgegangen, dass bis dahin ein System mit Herkunftsnachweisen existiert, welches die Anrechenbarkeit für das Bezügerland ermöglicht.

Entwicklung und Zielpfad des Anteils erneuerbarer Energien inkl. Fernwärme ab KVA Buchs in MWh gemäss Energiestatistik

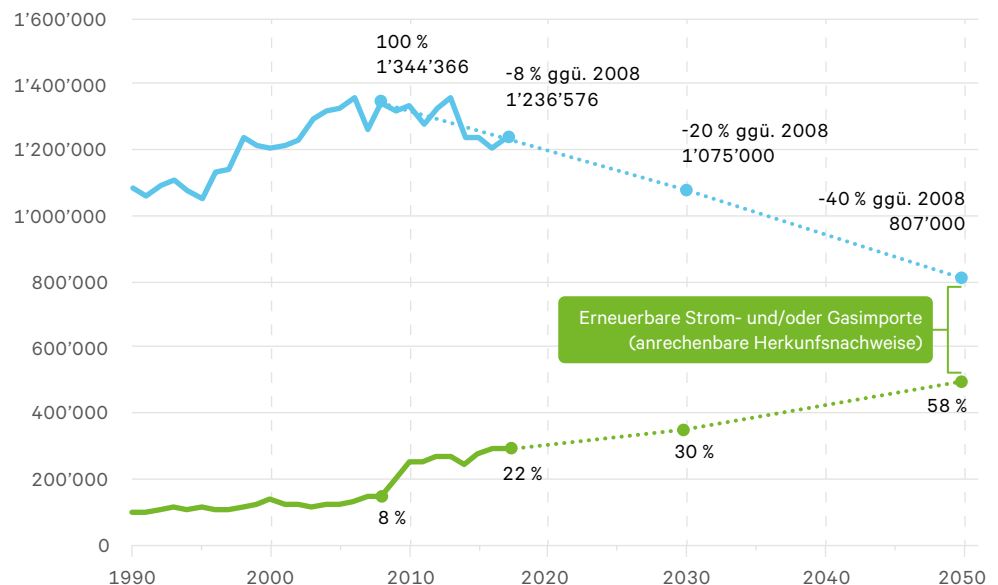


Abbildung 4 Zielszenario für den Anteil der erneuerbaren Energien (grün) am Energiebedarf (blau) gemäss Energiestatistik im Jahr 2050 mit Zwischenziel 2030.

Das Zielszenario umfasst einen bedeutenden Zubau an Photovoltaik sowie eine deutliche Steigerung der importierten erneuerbaren Energien (Fernwärme ab KVA Buchs sowie Biomasse und erneuerbare Gase). Der Einsatz fossiler Energieträger (Benzin, Diesel, Erdgas, Heizöl, Flüssiggas) wird bis 2050 vollständig substituiert, um das 1.5 °C-Ziel zu verfolgen (Abbildung 6).

- **Ziel 2:** 100 % des Jahresenergiebedarfs im Jahr 2050 soll erneuerbare Energie sein. 36 % davon sollen aus einheimischen, erneuerbaren Energieträgern gemäss Kategorie 1 stammen, 22 % aus importierten, erneuerbaren Energieträgern gemäss Kategorie 2 und 42 % in Form von importiertem, erneuerbarem Strom und erneuerbarem Gas der Kategorie 3 gedeckt werden³⁸.

Das Ziel wird gemessen am prozentualen Anteil der erneuerbaren Energieträger am Jahresenergiebedarf gemäss Energiestatistik. Durch die Jahresbilanzbetrachtung ist die Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Bedarf nicht gegeben und der Stromhandel mit dem Netzverbund wird implizit vorausgesetzt.

3.2.3 Ziel 3: 100 % Reduktion der energiebedingten Treibhausgasemissionen bis 2050

Der Einsatz fossiler Energieträger für energetische Zwecke muss sowohl zur Erreichung des 2 °C-Ziels als auch für das 1.5 °C-Ziel auf null gebracht werden, der Unterschied liegt nur im Zeitpunkt. Um das 1.5 °C-Ziel gemäss IPCC mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erreichen, sind die absoluten Emissionen aus allen Bereichen (inkl. Sockelemissionen³⁹) bis 2050 vollständig zu reduzieren bzw. es ist eine «Netto-Null»-Bilanz zu erreichen⁴⁰. Zur Erreichung des 2 °C-Ziels bleiben die minus 100 % bestehen, sie müssen allerdings erst etwa um 2070 erreicht werden.

Liechtenstein ist Vertragspartei der Klimakonvention und hat unter dem Übereinkommen von Paris bis 2030 eine sogenannte National Determined Contribution (NDC) von minus 40 % gegenüber dem Wert von 1990 zugesichert⁴¹. Bis 2050 ist von weiteren Reduktionen resp. Reduktionsverpflichtungen auszugehen, deren Umfang heute allerdings noch nicht feststeht. Eine Verpflichtung des Übereinkommens von Paris ist, dass alle fünf Jahre ein neues Reduktionsangebot eingereicht werden muss, welches nicht schlechter als das bisherige sein darf.

Die nicht-energetischen Sockelemissionen aus Industrie, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft und Landnutzung entsprechen heute rund 20 % der Treibhausgasemissionen (49 kt⁴² in Abbildung 7⁴³). Diese Emissionen sind nicht im Fokus der Energiestrategie. Die Einhaltung des 1.5 °C-Ziel setzt aber voraus, dass auch bei den Sockelemissionen Reduktionen erreicht werden.

³⁸ Es gilt die Annahme, dass diese Energieträger im Jahr 2050 dem Bezügerland angerechnet werden können.

³⁹ Sockelemissionen sind nicht-energetische Emissionen aus Industrieprozessen und Produktverwendungen (IPPU), Landwirtschaft, Abfallverwertung sowie Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldwirtschaft (LULUCF).

⁴⁰ Quelle: IPCC Sonderbericht zum 1.5 °C-Ziel unter www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/SR1.5-SPM_de_barriere_frei-2.pdf

⁴¹ Quelle: BuA-Nummer 2017/29: bua.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=29&year=2017&erweitert=true

⁴² kT = Kilotonnen resp. 1000 Tonnen

⁴³ Die NDC-Bilanzierung weicht leicht von der Landesstatistik der Treibhausgasemissionen ab. In der Abbildung 7 wurden die NDC-Werte dennoch neben den statistischen Werten abgebildet, um ein Monitoring zu ermöglichen.

Entwicklung und Zielpfad der Treibhausgasemissionen in Kilotonnen CO₂-Äquivalenten

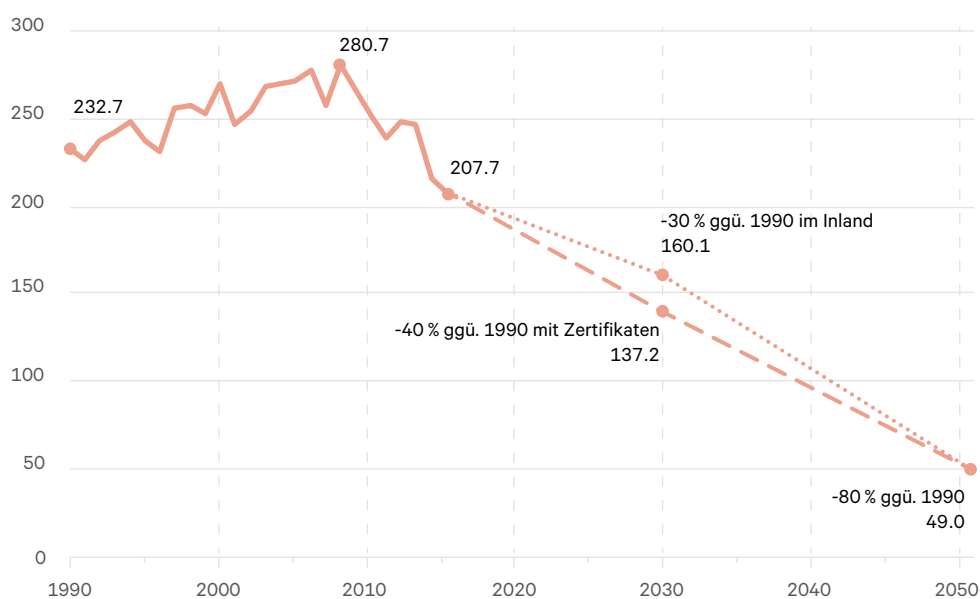


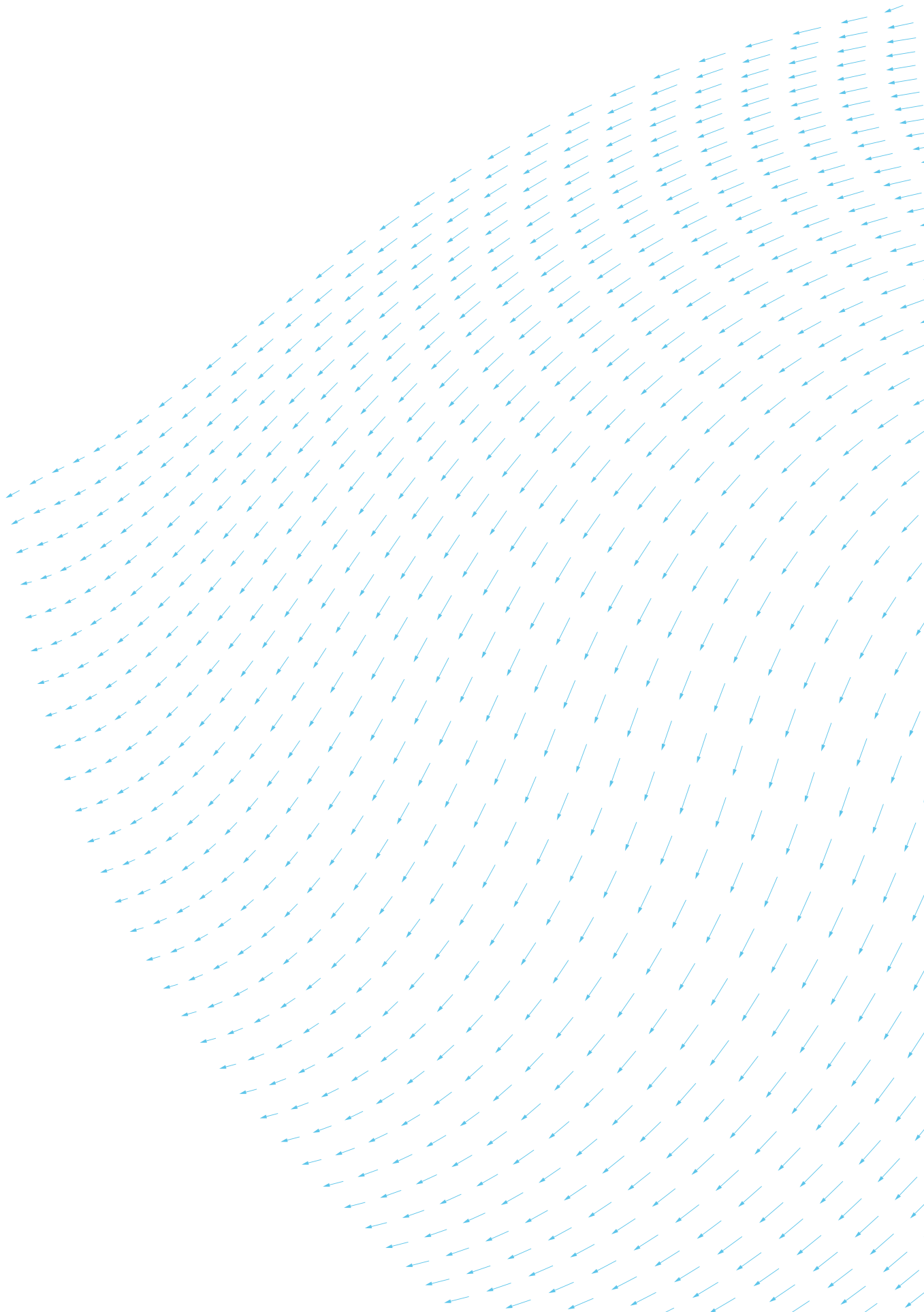
Abbildung 7 Zielszenario für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2050 mit Zwischenziel für 2030 (mit reduziertem Inlandanteil auf der gepunkteten Linie, inkl. internationaler Marktmechanismen auf der gestrichelten Zielinie). Minus 80 % bis 2050 entspricht der Reduktion durch den Energiebereich, bezogen auf die gesamten Emissionen (inkl. Sockelemissionen).

Im Zielszenario wird neben den anderen fossilen Energieträgern (Heizöl, Benzin, Diesel, Flüssiggas) bis 2050 insbesondere auch der Einsatz an fossilem Erdgas vollständig substituiert, dies als Basis für die Erreichung des 1.5 °C-Ziels. Fernwärme ab KVA, Biomassennutzung und der Import an erneuerbarem Gas müssen dazu stark gesteigert werden. Das Teilziel der Effizienzverbesserung trägt unter anderem durch Gebäudesanierungen, effiziente Neubauten, Wärmepumpen und die Elektrifizierung des Verkehrs massgeblich zur Reduktion bei.

— **Ziel 3:** Reduktion der durch die Energienutzung bedingten⁴⁴ Treibhausgasemissionen bis 2050 um 100 % (1.5 °C-Ziel)

Das Ziel wird gemessen an der prozentualen Reduktion der Treibhausgasemissionen, Sektor «Energy», gemäss offiziellem Treibhausgasinventar und gegenüber dem Basisjahr 1990. Entsprechend dem Bilanzrahmen des Treibhausgasinventars werden Stromimporte sowie Fernwärme ab KVA nicht der Bilanz des Fürstentums Liechtenstein angerechnet.

⁴⁴ Die nicht-energetischen Sockelemissionen aus Industrieprozessen und Produktverwendungen (IPPU), Landwirtschaft, Abfallverwertung sowie Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Waldwirtschaft (LULUCF) sind nicht im Fokus dieser Energiestrategie.



4 ENERGIE- STRATEGIE 2030

4.1 Basis für die Zielsetzung

Die im Abschnitt 3 formulierte Energievision 2050 umfasst im Kern eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 100 % mit dem Ziel, den globalen Temperaturanstieg auf 1.5 °C zu begrenzen. Um dies zu erreichen, muss neben einer absoluten Senkung des Energiebedarfs auch eine starke Abkehr von fossilen Energieträgern stattfinden. Fossile, importierte Energieträger sollen durch erneuerbare Energien ersetzt werden.

Die im Abschnitt 3 genannten Ziele der Energievision 2050 skizzieren den Zielzustand für die in Anbetracht der Herausforderungen nur bedingt ferne Zukunft. Um die Ziele im täglichen Leben und bei heutigen Entscheidungen im Blickfeld zu behalten, sind konkrete Teilziele und Massnahmen nötig. Dies ist die Rolle der Energiestrategie 2030 und der dazugehörigen Massnahmen im nachfolgenden Abschnitt 4.3. Sie ist Wegbereiterin für die Energievision 2050.

Die Massnahmen der Energiestrategie 2030 orientieren sich an den Zielsetzungen der Energievision 2050. Die Zielzustände für 2050 werden für die Energiestrategie 2030 mit einigen Anpassungen ins Jahr 2030 interpoliert.

4.2 Ziele der Energiestrategie 2030

Die Abbildung 8 fasst die Teilziele der Energiestrategie 2030 übersichtlich zusammen. In den Abschnitten 3.2.1 bis 3.2.3 sind die zugrunde liegenden Werte genauer erklärt.

Energiestrategie 2030 für Liechtenstein

20% Reduktion des Energiebedarfs
gegenüber 2008

30% erneuerbare Energie
17% im Inland produziert

40% CO₂-Reduktion
Minus 30% CO₂-Emissionen im Inland gegenüber 1990

Abbildung 8 Die drei Teilziele der Energiestrategie 2030

4.2.1 Ziel 1: 20 % Reduktion des Energiebedarfs bis 2030 durch Effizienzverbesserung

In den letzten Jahren konnte der im Rahmen der Energiestatistik des Landes bilanzierte Energiebedarf stabilisiert und sogar gesenkt werden. Dies vor dem Hintergrund einer steigenden Wohnbevölkerung und steigender Wirtschaftsleistung (vgl. Abschnitt A1.1.1 auf Seite 52).

Zentrale Elemente der Effizienzsteigerung waren und sind auch in der kommenden Periode bis 2030 Gebäudesanierungen, effiziente Neubauten und Effizienzverbesserungen bei Beleuchtung, Antrieben und Geräten. Im Rahmen einer verstärkten Substitution fossiler Energieträger werden sowohl elektrische Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung als auch die Elektrifizierung des Verkehrs zukünftig weitere wichtige Beiträge zur Effizienzsteigerung und damit zur absoluten Senkung des Energiebedarfs des Landes leisten. Einen direkten Einfluss könnten auch eine Stabilisierung oder Reduktion des Flächenbedarfs pro Person und weitere Suffizienzanstrengungen haben, wobei diese im Hinblick auf 2030 als kaum in der Breite umsetzbar angesehen werden.

Entwicklung und Zielpfad des Energieverbrauchs in MWh gemäss Energiestatistik

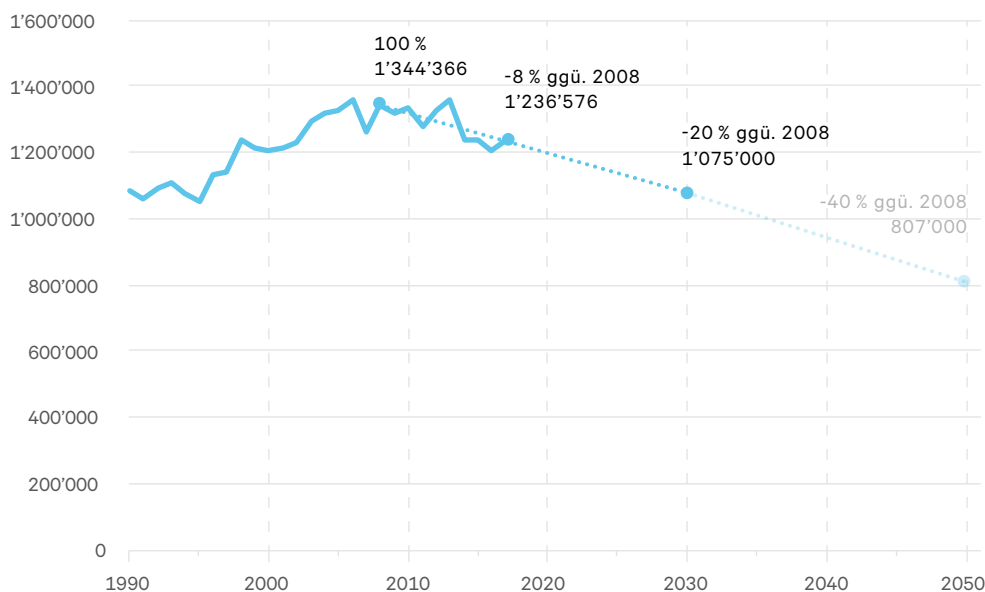


Abbildung 9 Zielszenario für die Steigerung der Energieeffizienz bis 2030.

Wie Abbildung 9 veranschaulicht, soll die Effizienzsteigerung nicht nur das zukünftig erwartete Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum kompensieren, sondern überdies zu einer absoluten Senkung des Energiebedarfs des Landes führen.

— **Ziel 1:** Senkung des Energiebedarfs um ca. 20 % gegenüber dem Jahr 2008.

Das Ziel wird gemessen in der prozentualen, relativen Reduktion des Energiebedarfs (gemäss Energiestatistik) gegenüber dem Basisjahr 2008.

Nicht erfasst ist damit die graue Energie in importierten Produkten und Dienstleistungen, wobei die Systemgrenze gemäss dem Absatzprinzip gezogen wird. Effekte wie der «Tank-

tourismus» oder ausserhalb der Landesgrenzen bezogene Leistungen (z.B. Flugreisen) verfälschen die Bilanz, müssen aber im Rahmen eines pragmatischen Ansatzes auf der Basis verfügbarer Daten in Kauf genommen werden.

4.2.2 Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030

Der Einsatz fossiler Energieträger im Energiesektor muss bis 2050 aufgrund des Ziels 3 (Treibhausgasemissionen) vollständig reduziert werden. Um die fortschreitende Elektrifizierung im Gebäudeheizungs- (Wärmepumpen) und im Verkehrssektor unter Einbezug der Auslandsabhängigkeit beim Strombezug abzudecken, müssen trotz Effizienzbemühungen (vgl. Ziel 1) zusätzliche erneuerbare Energieträger erschlossen werden (Abbildung 10).

Die erneuerbaren Energieträger werden für die Bilanzierung in drei Kategorien eingeteilt:

- **Kategorie 1:** Als einheimische, erneuerbare Energie zählt nur die aus im Inland verfügbaren Ressourcen gewonnene Energie.
- **Kategorie 2:** Als importierte, erneuerbare Energie werden erneuerbares Gas (nur physisch importierte Produkte, keine Zertifikate oder Herkunftsnachweise), importiertes Holz oder Fernwärme ab KVA Buchs gerechnet.
- **Kategorie 3:** Strom- und Gasimporte mit Herkunftsnachweisen zählen derzeit nicht zu den erneuerbaren Energien des Bezügerlandes. Der Grund liegt in der Handhabung der nationalen Anrechnung erneuerbarer Energien gemäss EU-Richtlinien. Deshalb werden diese (zwar willkommenen) Beiträge für das Ziel 2030 im Gegensatz zum Ziel 2050 nicht angerechnet.

Entwicklung und Zielpfad des Anteils erneuerbarer Energien inkl. Fernwärme ab KVA Buchs in MWh gemäss Energiestatistik

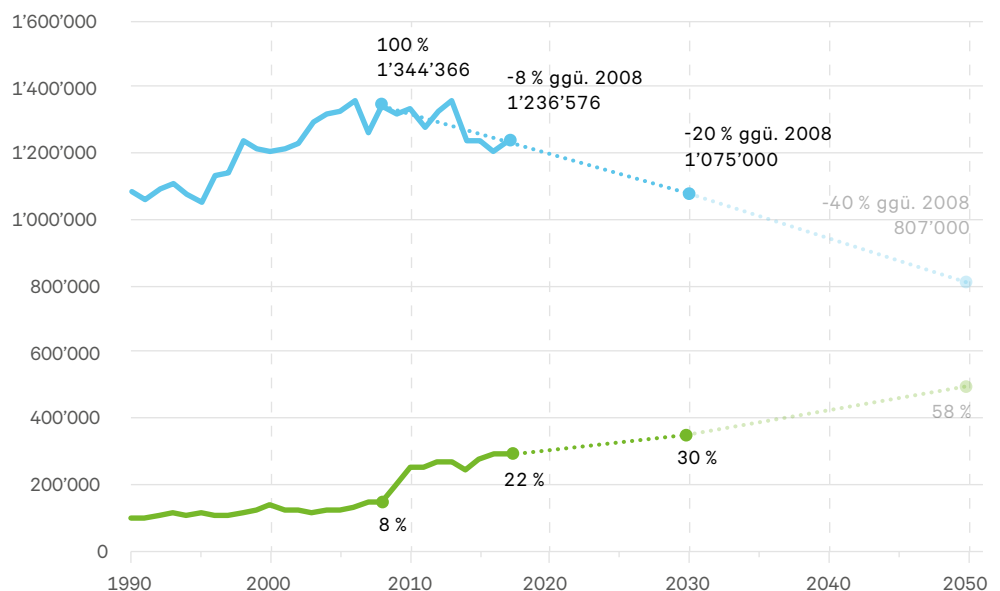


Abbildung 10 Zielszenario für den Anteil der erneuerbaren Energien (grün) am Energiebedarf (blau) gemäss Energiestatistik im Jahr 2030.

Wesentliche, bis dahin realistisch im Inland erschliessbare Potenziale sind die Photovoltaik sowie eine weitere Biomassenutzung. Andere erneuerbare Quellen und Technologien werden für Liechtenstein zum heutigen Zeitpunkt und im Hinblick auf den Zeithorizont der Energiestrategie 2030 kritisch bewertet (Windkraft, Rheinkraftwerke, Tiefengeothermie). Diese sollen damit nicht gänzlich aufgegeben werden, sondern bei sich ändernden Rahmenbedingungen oder auf längere Frist wieder geprüft werden.

- **Ziel 2:** 30% des Jahresenergiebedarfs im Jahr 2030 soll erneuerbare Energie sein, davon ca. 17% aus einheimischen, erneuerbaren Energieträgern gemäss Kategorie 1 und ca. 13% aus importierten, erneuerbaren Energieträgern gemäss Kategorie 2.

Das Ziel wird gemessen am prozentualen Anteil der erneuerbaren Energieträger am Jahresenergiebedarf gemäss Energiestatistik. Durch die Jahresbilanzbetrachtung sind Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Bedarf nicht gegeben und der Stromhandel im Netzverbund wird implizit vorausgesetzt.

4.2.3 Ziel 3: 40% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030

Liechtenstein ist Vertragspartei der Klimakonvention und hat unter dem Übereinkommen von Paris bis 2030 seine sogenannte National Determined Contribution (NDC) von minus 40% gegenüber 1990 zugesichert. Der Referenzwert von 1990 liegt bei 228.7 kT⁴⁵ CO₂, der Zielwert für 2030 demnach absolut bei 137.2 kT CO₂ pro Jahr (Abbildung 11)⁴⁶. Dieser Zielwert umfasst alle Sektoren, also energiebedingte Emissionen und Sockelemissionen. Die Zielsetzung der Energiestrategie 2030 orientiert sich am 1.5 °C-Ziel der IPCC (vgl. Abschnitt A1.2.5 auf Seite 58).

- **Ziel 3:** 40% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990. Eine Reduktion um 30% soll mit Inlandmassnahmen und weitere 10% unter Verwendung internationaler Marktmechanismen erreicht werden⁴⁷.

Entwicklung und Zielpfad der Treibhausgasemissionen in Kilotonnen CO₂-Äquivalenten

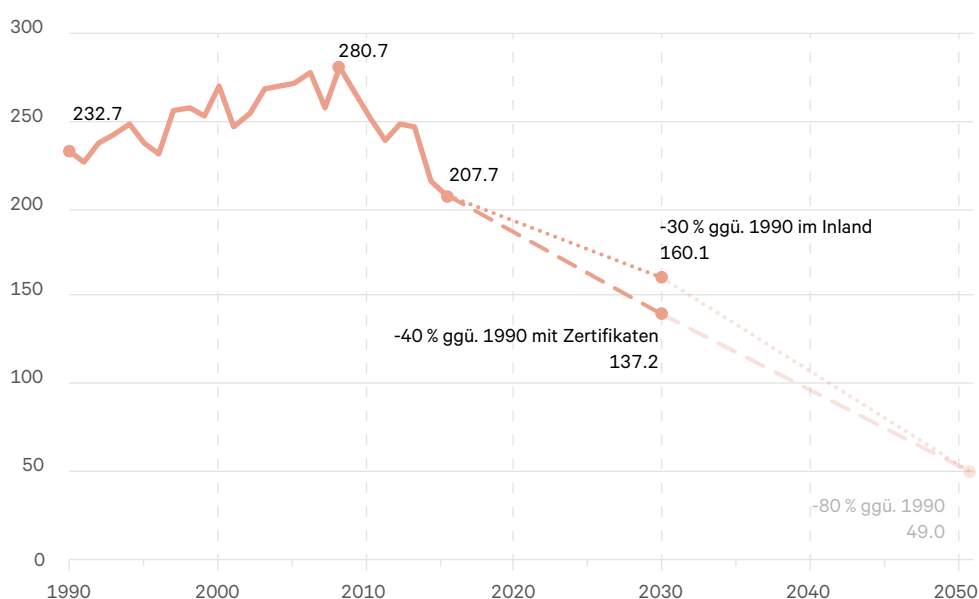


Abbildung 10 Zielszenario für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2030 (mit reduziertem Inlandanteil auf der gepunkteten Linie, inkl. der Anwendung internationaler Marktmechanismen auf der gestrichelten Ziellinie). Minus 80% bis 2050 entspricht der Reduktion durch den Energiebereich bezogen auf die gesamten Emissionen (inkl. Sockelemissionen).

⁴⁵ kT = Kilotonnen resp. 1000 Tonnen

⁴⁶ Die NDC-Bilanzierung weicht leicht von der Landesstatistik der Treibhausgasemissionen ab. In der Abbildung 11 wurden die NDC-Werte dennoch neben den statistischen Werten abgebildet, um ein Monitoring zu ermöglichen.

⁴⁷ bu.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=29&year=2017&erweitert=true

Das Ziel wird gemessen an der prozentualen Reduktion der Treibhausgasemissionen gemäss Treibhausgasinventar gegenüber dem Basisjahr 1990. Gemäss dem Bilanzrahmen des Treibhausgasinventars werden Stromimporte sowie Fernwärme ab KVA nicht der Bilanz Liechtensteins angerechnet.

Die nicht-energetischen Sockelemissionen aus Industrie, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft und Landnutzung entsprechen heute rund 20 % der Treibhausgasemissionen (49 kt in Abbildung 11). Diese Emissionen sind nicht im Fokus der Energiestrategie. Die Einhaltung des 1.5 °C-Ziel setzt aber voraus, dass auch bei den Sockelemissionen Reduktionen erreicht werden.

4.3 Massnahmen und Handlungsempfehlungen

4.3.1 Potenziale

In der Energieeffizienz liegt auch aufgrund der positiven Erfahrungen bei der Umsetzung der Energiestrategie 2020 das grösste Potenzial. Die Bedeutung ist besonders gross, weil Liechtenstein nur über wenige natürliche, nutzbare Energieressourcen verfügt. Die Abschätzungen des bereits ausgeschöpften und des noch realisierbaren Potenzials (Tabelle 4) bekräftigen die wichtige Rolle von Effizienzsteigerungen für die Zielerreichung bei allen drei Teilzielen.

	Theoretisches Potenzial ⁴⁸ GWh/a	Ausgeschöpftes Potenzial 2017 GWh/a	Zusätzlich nutzbar bis 2030 ⁴⁹ GWh/a	Ziel genutztes Potenzial 2030 GWh/a
Effizienzpotenziale⁵⁰	>500	154 ⁵¹	115	269
Ziel 1: Effizienz			-20 % von 1'344 GWh/a	269

Tabelle 4 Die Effizienzpotenziale bis 2030

Direkten und wesentlichen Einfluss hätten zum Beispiel auch eine Stabilisierung oder Reduktion des Flächenbedarfs pro Person im Gebäudebereich oder andere Ökosuffizienzeffekte⁵². Die Bereitschaft zu einem suffizienten Lebensstil hat sich bislang jedoch auf kleine Nischen beschränkt, und es erscheint nicht realistisch, auf freiwilliger Basis mit flächendeckenden und nennenswerten Beiträgen zu den Zielen der Energiestrategie 2030 zu rechnen.

Eine weitere Nutzung von herkömmlichen, erneuerbaren Potenzialen (Wasserkraft, Holz) und auch von neuen erneuerbaren Potenzialen (Wind und Photovoltaik) müssen gegenüber anderen Interessen (vor allem Umwelteinflüssen) abgewogen werden. Dabei zeigen sich neben viel Potenzial (Tabelle 5) aber auch Grenzen für eine nachhaltige Nutzung und es steigt die Gefahr einer Übernutzung der natürlichen Vorkommen.

⁴⁸ Gemäss Abschätzungen in der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6.

⁴⁹ Summe der abgeschätzten Massnahmenwirkung aus der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6 für die Jahre 2018-2030.

⁵⁰ Reduktion des Energieverbrauchs gemäss Ausweisung in der Energiestatistik (Basisjahr 2008).

⁵¹ Summe der Massnahmenwirkungen bis 2017 aus dem Monitoring der Energiestrategie 2020 (Basisjahr 2008).

⁵² Suffizienz meint im Gegensatz zur Effizienz (gleiche Leistung mit weniger Ressourceneinsatz) den Verzicht auf Leistungen bis zu einem «genügenden Mass» (lat. *sufficere* = ausreichen, genügen).

Wasserkraft ist bis auf kleinere Modernisierungen und das Potenzial am Rhein nahezu ausgeschöpft. Das Potenzial des Rheins wird derzeit aus wirtschaftlichen, aber auch aus umweltpolitischen Gründen nicht weiterverfolgt. Diese Option soll für spätere Überlegungen jedoch offengehalten werden. Weil auch unter Berücksichtigung der anstehenden Rheindammsanierung keine konkreten Projekte geplant sind, wird mit Zeithorizont 2030 kein Potenzial eingerechnet.

Sonneneenergienutzung mittels Photovoltaik (Strom) und thermischen Sonnenkollektoren (Wärme) ist weitgehend unbestritten. Liechtenstein ist per Ende 2017 «Solarweltmeister» in Bezug auf die pro Kopf installierte elektrische Spitzenleistung von rund 620 Watt⁵³. Die Akzeptanz für Solarenergie gilt wohl solange, wie die Anlagen auf Gebäuden oder bereits anders genutzten Flächen gebaut werden. Dabei konkurrenziert sich die Flächennutzung für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen auf Gebäuden gegenseitig. Sobald aber grosse Photovoltaikanlagen auf z.B. heute durch die Landwirtschaft genutzten Flächen diskutiert werden, kommt das Argument, man solle zuerst die vielen Dachflächen nutzen, bevor man die Landwirtschaftsflächen verbaut. Dieses Argument ist nicht von der Hand zu weisen. Es ist aber auch bekannt, dass mit Freiflächenanlagen die günstigsten Produktionskosten für Photovoltaik möglich sind und in kurzer Zeit grosse Mengen ausgebaut werden könnten. Berechnungen zeigen, dass eine Fläche von etwa 1 bis 4 km² ausreichen würde, um den zukünftig erwarteten Stromverbrauch von Liechtenstein zu decken – je nachdem, ob nur die Jahresbilanz oder zusätzlich noch eine Saisonspeichertechnologie (Power-to-Gas, vgl. auch Abschnitt 4.3.4) berücksichtigt wird, um sommerliche Überschüsse in den Winter zu verlagern. Es stellt sich daher die Frage, ob sich zukünftig auch sogenannte Doppelnutzungen (Agrosolar) in der Landwirtschaft realisieren liessen. So wären die Flächen gleichzeitig weiter für die Landwirtschaft nutzbar. Thermische Solaranlagen haben für Hochtemperaturanwendungen in Industrie und Gewerbe in Kombination mit weiteren Erzeugerquellen ein gewisses Potenzial. Für Komfortkühlzwecke bieten sich ebenfalls PV-Anlagen an, da zwischen Kältebedarf und Solarstromanfall eine gute zeitliche Übereinstimmung gegeben ist. Während bei der Photovoltaik in Zukunft ein starker Ausbau erwartet werden kann, wird bei der Solarthermie netto gar ein Rückgang der installierten Kapazität erwartet, weil viele Anlagen die erwartete Lebensdauer erreichen und vermutlich nicht oder durch Photovoltaik ersetzt werden.

Windenergie ist gegenwärtig aufgrund der wirtschaftlichen Gegebenheiten auf wenige, ertragreiche Standorte beschränkt. Wie ein Beispiel in Balzers gezeigt hat, wurde ein Projekt von der Bevölkerung aus verschiedenen Gründen abgelehnt. Vor allem waren die Abstandsthematik zum Wohngebiet und der Eingriff in das Landschaftsbild Argumente gegen die Windenergienutzung. Die Siedlungsdichte und die wenigen ertragreichen Standorte bieten für die Windenergienutzung in Liechtenstein aus heutiger Sicht deshalb nur wenige Chancen. Vermutlich werden technische Fortschritte bei den Windenergieanlagen zukünftig auch an weiteren Standorten einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Im Gegensatz zur Photovoltaik hat die Windenergie den Vorteil, dass der Strom verstärkt im Winterhalbjahr produziert wird. Weil aber kein konkretes Projekt geplant ist, wird mit Zeithorizont 2030 kein konkretes Potenzial eingerechnet.

Abwärme aus der Kehrrichtverbrennungsanlage kann noch weit mehr zur Versorgung Liechtensteins beitragen. Industriebetriebe in Schaan und Bendern liegen in einer erschliessbaren Reichweite und sind bereits durch eine Dampfleitung erschlossen. Weiter soll mit einer separaten Fernwärmeleitung und dem Ausbau der Verteilungen das Zentrum von Schaan erschlossen werden. In der Industriezone Schaan sind Projekte in Ausführung und es besteht weiteres Potenzial.

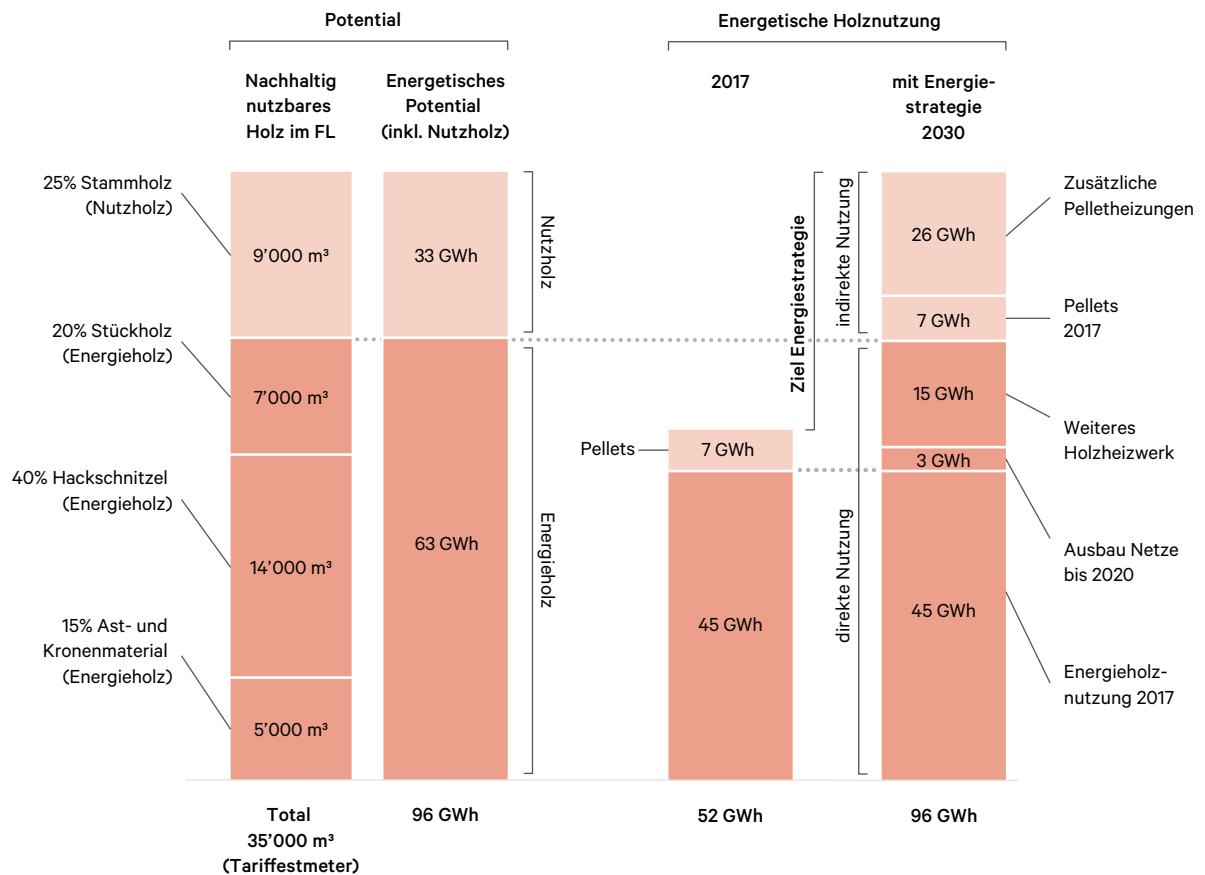
Abwärme aus Gebäuden und Prozessen kann auch mittels sogenannten Anergienetzen genutzt werden. Dabei wird ein Wärmenetz auf tiefem Temperaturniveau (5-30 °C) so betrieben, dass Abwärme zum Beispiel aus der Kühlung abgegeben und an anderer Stelle Wärme mittels Wärmepumpen wieder entnommen werden kann. Der Vorteil solcher Wärmenetze sind die geringeren Leitungsverluste und damit die einfachere Bauart. Anergienetze lassen sich gut mit der Wärmenutzung aus Erdwärmesonden oder aus dem

⁵³ Quelle: www.solarsuperstate.org/webroot/index.php/pages/2018-prize-21

Grundwasser verbinden. Ob sich ein Energie- oder ein klassisches Fernwärmenetz für ein bestimmtes Versorgungsgebiet besser eignet, ist je nach Situation abzuklären.

Holz ist ein natürlich nachwachsender Rohstoff, der nachhaltig nur in begrenzter Menge genutzt werden kann. Holz ist im Gegensatz zur Sonnen- und zur Windenergie gut saisonal speicherbar und kann im Hinblick auf die zukünftige Speicherthematik eine neue Bedeutung bekommen. Das nachwachsende Holzpotential wurde ermittelt und ist in der Abbildung 12 dargestellt.

Mit Holzimport Pellets: Potenziale für die jährliche Energieholznutzung im Fürstentum Liechtenstein (Stand: 2019)



Umrechnung m³ Holz (Tariffestmeter) in Energie:

$m^3 \times \text{Dichte } 0.657t/m^3 \times \text{Energieinhalt } 4.167MWh/t$ analog Energiestatistik

Abbildung 12 Abschätzung des nachhaltig nutzbaren Holzpotenzials⁵⁴.

Ausgehend vom theoretisch nachhaltig nutzbaren Holz in Liechtenstein kann festgestellt werden, dass noch etwas Potenzial bei der Holznutzung besteht. Dabei ist die Verbrennung (oder allenfalls Vergasung) in grossen Anlagen aufgrund der Feinstaubproblematik zu favorisieren. Mittelfristig (2030) könnte über den Import von Energieholz aus der Region eine höhere Nutzung angestrebt werden. Dies hätte den Vorteil, dass weiter fossile Energieträger ersetzt werden könnten. Langfristig (2050) ist es denkbar, dass gut ausgebaute und verdichtete Netze im Sommer mittels Wärmepumpen und Überschussstrom beheizt werden und das Holz als speicherbarer Energieträger für die Winterzeit zurückbehalten wird. Holz lässt sich in einer solchen Infrastruktur bedarfsgerecht als Speicher einsetzen und allenfalls im Winter auch mittels Holzvergasung zur kombinierten Strom- und Wärmegewinnung nutzen.

⁵⁴ Quelle: Angaben zum Holzpotential vom Amt für Umwelt, Angaben zur energetischen Holznutzung aus der Energiestatistik, Grafik Energiefachstelle

Biogas wird derzeit aus der Abwasserreinigungsanlage ins Gasnetz eingespeist. Weiteres Potenzial wäre aus biogenen Abfällen oder auch Gülle denkbar. Um die notwendigen Mengen für den wirtschaftlichen Betrieb einer solchen Anlage zu erhalten, wäre der regionale Zusammenzug von Abfällen notwendig. Aufgrund des Eigenverbrauchs an Wärme (Fermenterbeheizung) sollte ein Standort gewählt werden, an dem auf günstige Abwärme (z.B. Kehrlichtverbrennungsanlage) zurückgegriffen werden kann.

Das Potenzial der Tiefengeothermie wurde in den Jahren bis 2012 intensiv abgeklärt. Die Untersuchungen ergaben ein Potenzial für den Raum Schaan. Die technischen Herausforderungen bzw. Risiken sowie die derzeitigen Kosten für eine Nutzung sind hoch. Voraussetzung für eine Nutzung ist zudem ein ausgebautes Fernwärmenetz. Aus diesen Überlegungen wird in Verbindung mit der KVA auf den Ausbau des Fernwärmenetzes in Schaan fokussiert. Weil kein konkretes Projekt geplant ist, wird mit Zeithorizont 2030 kein konkretes Potenzial eingerechnet.

	Theoretisches Potenzial GWh/a	Ausgeschöpftes Potenzial 2017 ⁵⁵ GWh/a	Zusätzlich nutzbar bis 2030 ⁵⁶ GWh/a	Ziel genutztes Potenzial 2030 GWh/a
Strom				
Wasserkraft	210 ⁵⁷	68	0	68
Photovoltaik (auf Gebäuden)	150–260	22	48	70
Wind	14 ⁵⁸	0	0	0
Wärme				
Fernwärme ab KVA Buchs	150	107	21	128
Holz (inkl. Pelletimport)	96 (33)	53 (7)	43 (26)	96 (33)
Solarthermie	0 ⁵⁹	10	-3	7
Biogas	14 im Inland (inkl. 7,5 aus Gülle)	6	8	14
Tiefengeothermie	0 ⁶⁰	0	0	0
Summe Strom und Wärme	>600	266	119	383
Ziel 2:	30% des erwarteten Energiebedarfs von 2030			323
Erneuerbare Energie	(100% im 2030 = 1'075 GWh)			

Tabelle 5 Die grössten Strom- und Wärmepotenziale

⁵⁵ Quelle: Energiestatistik 2017

⁵⁶ Summe der abgeschätzten Massnahmenwirkung aus der Massnahmenliste im Anhang 4.3.6 für die Jahre 2018–2030.

⁵⁷ Inkl. Rheinkraft Anteil FL. Quelle: Potenzialstudie im Auftrag der LKW

⁵⁸ Eine landesweite Potenzialstudie ist den Autoren nicht bekannt. Hier wurde der Wert aus der Massnahme 4.5 übernommen (vgl. Abschnitt A2), welcher in etwa dem prognostizierten Ertrag des Windkraftwerks And entspricht. Dieser Ertrag entspricht aber nur einem Standort und nicht dem landesweiten Potenzial. Das heute wirtschaftlich und unter Berücksichtigung weiterer Interessen nutzbare Potenzial im Inland ist aber gering, wie eine Analyse für verschiedene Standorte in Buchs zeigt. Quelle: Resultate der Windmessungen in Buchs, Sunergy, abrufbar unter www.sunergy.li/images/stories/wind/schlussauswertung_buchs_pw.pdf

⁵⁹ Flächennutzung konkurrenziert mit Photovoltaik auf Gebäuden, daher kein weiteres Potenzial ausgewiesen.

⁶⁰ Quelle: www.llv.li/files/au/pdf-llv-au-bericht_und_antrag_november_2012_final_landtag.pdf

Die Zielsetzung von 30 % erneuerbarer Energie bis 2030 (vgl. Abbildung 2 auf Seite 7) liegt bewusst etwas unter den realisierbaren Potenzialen gemäss der Tabelle 5, um Spielraum bei der Umsetzung der Massnahmen beizubehalten. Werden im Jahr 2030 die angepeilten 30 % erneuerbare Energien bei 20 % Effizienzsteigerung erreicht, resultiert eine Treibhausgasreduktion um rund 30 %. Somit müssten zur Erreichung des 1.5 °C-Ziels weitere 10 % an Emissionsreduktionen durch die Anwendung internationaler Marktmechanismen beschafft werden.

4.3.2 Massnahmen im Bereich Gebäude

Bewusstsein schaffen für Bedarf nach Wohnfläche. Neben Effizienzbemühungen gilt es insbesondere im Gebäudebereich, dem zunehmenden Bedarf an Wohnfläche pro Person Beachtung zu schenken. Diese zunehmenden Flächen müssen beheizt, beleuchtet und anderweitig mit Energie versorgt werden, was grosse Teile der Effizienzanstrengungen kompensiert.

Gesetzliche Massnahmen für Mindeststandards und Förderung. Die Energiestrategie 2030 folgt dem «Push-&-Pull»-Ansatz. Sie setzt auf gesetzliche Massnahmen zur Festlegung von Mindestanforderungen (Push) sowie auf Förderbeiträge (Pull). Letztere sollen Anreiz bieten, weit über das gesetzliche Minimum hinaus Anstrengungen im Sinne der Energiestrategie zu unternehmen. Ziel dieses Vorgehens ist es, dass technische Neuerungen schneller im Markt breite Anwendung finden. Die Mindestvorgaben müssen dazu möglichst im Einklang mit den Nachbarländern vorgegeben werden. Die Förderung soll daneben auch dazu dienen, neue Technologien auszuprobieren. Folgende Grafik veranschaulicht die Systematik im Gebäudebereich.

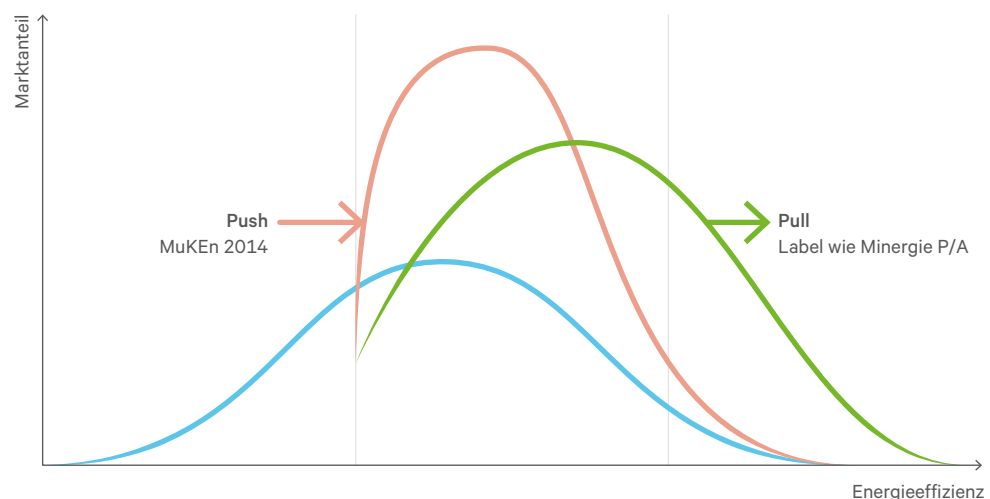


Abbildung 13 «Push-&-Pull»-Ansatz von Mindeststandards («Push») und Förderbeiträgen («Pull») am Beispiel von Energiestandards (Energieeffizienz) im Gebäudepark⁶¹. Blau: Verteilung der Energieeffizienz des heutigen Gebäudebestands. Orange: Verteilung der Energieeffizienz mit neuer Energiegesetzgebung nach MuKE 2014. Grün: Verteilung mit neuer Energiegesetzgebung kombiniert mit Förderung.

⁶¹ L. Brischke, M. Pehnt: «Top-Runner für Deutschland», ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg.

Mindeststandard mit MuKE 2014 definieren. Bei Neubauten und Sanierungen bestimmen gesetzliche Grenzwerte die Mindestanforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle (Effizienz). Um die ambitionierten Zielsetzungen der Energiestrategie in der Praxis zu erreichen, sind auch Kennwerte in Form gewichteter Endenergie sinnvoll, um den Anteil der Anwendung fossiler Brennstoffe im Gebäudebereich zu reduzieren. Eine Anlehnung an oder eine Umsetzung der Schweizer Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2014) würde ein entsprechendes Werkzeug bieten, um auch die Gebäude Richtlinie 2010/31/EU umzusetzen. Dies hätte zudem die Vorteile, dass kein Regelungsgefälle zur Schweiz entsteht und das Baugewerbe wettbewerbsfähig bleibt. Darüber hinaus ist zu prüfen, wie Vorschriften in Kombination mit Fördermassnahmen im Bereich der Substitution von fossilen Energien wirksam sein können.

Förderung für weitergehende Anstrengungen bei Neubauten und Sanierungen sowie Unterstützung von Pilotprojekten. Mit Förderungen können über die Mindeststandards hinausgehende Anstrengungen (Minergie P/A) oder Pilotprojekte finanziell belohnt werden. Diese sollen bei Neubauten zum Bau von sogenannten Nullenergiegebäuden anregen. Bei Altbauten ist das Ziel, nicht nur einen neuen Farbanstrich anzubringen, sondern die Bauten in Bezug auf den Energieverbrauch auf einen guten Stand zu bringen. Um den Technologietransfer vom Laborkonzept bis ins Gebäude zu erreichen, sollen in einem gewissen Rahmen weiterhin Demonstrationsprojekte gefördert werden. Auch Erzeugeranlagen, welche die Ziele der Energiestrategie in besonderem Masse oder proaktiv unterstützen, können so finanziell attraktiver gemacht werden.

4.3.3 Massnahmen im Bereich Verkehr

Trends in der Mobilität. In der Mobilität zeichnet sich in den kommenden Jahren der Beginn einer starken Elektrifizierung ab. Im Bereich der PKW wird dies in den nächsten Jahren vorwiegend mit batterieelektrischen Fahrzeugen geschehen, wobei mittlerweile fast alle namhaften Hersteller auch in Europa breite Modellpaletten mit grosser Reichweite und zu erschwinglichen Kosten entwickeln. Fahrzeuge mit Strom ab einer Batterie anzutreiben ist effizienter als über Verbrennungsmotoren oder den Umweg von erneuerbarem Strom über Wasserstoff oder Methan. Herausforderungen bestehen heute noch darin, eine genügende Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum bereitzustellen und die Nachrüstung von Mietliegenschaften mit Ladeinfrastruktur voranzutreiben.⁶²

Im Flugverkehr, im Schwerlastverkehr, im Fernverkehr und bei weiteren speziellen Anwendungen, in denen batterieelektrische Anwendungen (zumindest heute noch) wenig praktikabel sind, sind (biogene, synthetische) erneuerbare Treibstoffe denkbar. Kernpunkt bleibt die Produktionsart dieser Treibstoffe. Nur wenn diese mit erneuerbarem (Überschuss-)Strom oder aus Biomasse erzeugt werden, ist der resultierende Treibstoff ökologisch ein Gewinn.

Stärkung des öffentlichen Verkehrs und des Langsamverkehrs. Auch wenn in Zukunft mit einer Effizienzverbesserung durch elektrische Antriebe zu rechnen ist, sind die Kapazitäten der Strassen beschränkt und es gilt, die bestehenden Kapazitäten bestmöglich zu nutzen. Dies spricht für einen Ausbau des Angebots an öffentlichem Verkehr. Eine Steigerung der Attraktivität dieser Verkehrsträger könnte durch eigene Fahrspuren sowie dichtere und direkte Verbindungen beim öffentlichen Verkehr und Massnahmen für ein attraktives Radwegnetz erreicht werden. Solche Massnahmen werden im Rahmen der Umsetzung des Mobilitätskonzepts 2030 zu erarbeiten sein. Zusätzlich soll auch der öffentliche Verkehr vermehrt auf elektrische oder andere alternative Antriebsarten umgestellt werden.

Betriebliches Mobilitätsmanagement anwenden. Ein grosser Teil der Fahrten vom und zum Arbeitsplatz erfolgt in Spitzenzeiten in einzeln besetzten Autos, was zunehmend zu Stau führt. In der Zeit des PEMO-Projekts zur Pendlermobilität im Raum Liechtenstein, St. Gallen, Vorarlberg (2016 bis 2018) wurde mit der PendlerInnen-Box ein Werkzeugkoffer

⁶² Quelle: Richtlinie 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 unter eurlex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844

für betriebliches Mobilitätsmanagement erarbeitet. Dieser Werkzeugkoffer beinhaltet rund 30 Massnahmen in den Bereichen Analysen & Schaffung von Grundlagen, organisatorische Massnahmen und Anreizsysteme, Infrastruktur sowie Informationen, Aktionen und Kampagnen. Der Koffer wird kostenlos an interessierte Betriebe abgegeben und stellt eine gute Basis für ein betriebliches Mobilitätsmanagement dar.

Infrastruktur Ladestationen. Der Durchbruch der batterieelektrischen Mobilität hängt neben den heute noch höheren Fahrzeugbeschaffungspreisen teilweise von der verfügbaren Ladeinfrastruktur ab. Arbeitsplätze, Mietliegenschaften und einige zentrale Infrastrukturen sollten im Idealfall Lademöglichkeiten bieten, zumindest solange batterieelektrische Fahrzeuge in ihrer Reichweite noch eingeschränkt bleiben. Hierzu sind Fördermodelle zu prüfen, welche einen beschleunigten Ausbau dieser Ladeinfrastruktur ermöglichen. Mit intelligenten Ladestationen könnte unter Umständen ein Beitrag an die zukünftig notwendige Stromspeicherung resp. Lastspitzenverlagerung und die Entschärfung von Limitierungen der Netzkapazitäten und so ein Doppelnutzen für die Prosumer⁶³ erreicht werden.

4.3.4 Massnahmen im Bereich Erzeugung und Beschaffung

Bewusstsein für Energiebedarf und Eigenproduktion schaffen. In Zukunft wird die Bedeutung der Zeitgleichheit von erneuerbarer Erzeugung und Bedarf im Stromnetz zunehmen, wenn der Anteil erneuerbarer Energie erhöht werden soll. Die Stromkonsumenten sind für diese Herausforderung zu sensibilisieren, indem unnötige Lastspitzen durch Verhaltensanpassungen vermieden werden und zeitlich flexible Verbraucher in die Zeiten mit viel erneuerbarer Energie im Netz verschoben werden. Neben der Sensibilisierung wird es dazu aber auch Marktmechanismen (flexible Stromtarife) und technische Elemente (intelligente Regelung von Verbrauchergruppen, siehe weiter unten) brauchen.

Ausbau Photovoltaik (PV) und «Prosumer». Die Sonnenenergie scheint mit Blick auf das Jahr 2030 das grösste sowie ein relativ schnell und günstig realisierbares Potenzial zum Zubau der erneuerbaren Energien im Strombereich zu besitzen. Der Ausbau erfolgt weitestgehend dezentral, d.h. auf/an den einzelnen Gebäuden und allenfalls auf Doppelnutzungsflächen (über Parkplätzen o.ä.). Damit erfolgt die Produktion am Ort des Verbrauchs, und Ansätze zur Erhöhung der Deckungsgleichheit von lokalem Ertrag und lokalem Bedarf sind zu fördern, weil sie den Anteil an erneuerbarer Energie am Gesamtbedarf erhöhen und die Netzbelastung senken können. Heute gilt es, den Aufbau von für den zunehmenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien im Netz nötigen Regelkapazitäten anzugehen. Derartige Regelkapazitäten können zum Beispiel eine zeitliche Verschiebung oder eine Leistungserhöhung bzw. -verringerung der Ladung von elektrischen Fahrzeugen, bei Wäschetrocknern oder Brauchwarmwasserspeichern oder in der Kälteerzeugung sein. Dazu müssen die betreffenden Verbraucher in Gruppen systemdienlich angesteuert werden können (Netzinfrastruktur), es müssen Algorithmen zur Flexibilisierung des Strombezugs vorhanden sein⁶⁴, und die Regelleistung des Strombezügers sollte (sofern sie mit einer Einschränkung des Endkunden verbunden ist) abgegolten werden können (marktgerechte Tarifmodelle sind nötig). Daneben sind auch lokale Stromspeicher (Batterien, später ev. Power-to-Gas-Anlagen) eine Option, um die Deckung von erneuerbarem Ertrag und Strombedarf zu verbessern.

Ausbau der Nutzung von Holz als Energiequelle. Holz besitzt ein grosses, zusätzliches erneuerbares Potenzial in gut speicherbarer Form. Zukünftig ist denkbar, dass Energieholz (neben der Verwendung in kleineren Einzelfeuerungen) vermehrt auch im Tandem mit Grosswärmepumpen und mittels Wärme-Kraft-Kopplung die Versorgung von Wärmenetzen im Winter übernimmt. Dies hätte den Vorteil, dass die Schadstoffemissionen der Feuerung bei grossen Anlagen besser gelöst werden können und das Holz gezielt zu dem

⁶³ Prosumer sind gleichzeitig Produzenten und Konsumenten von Strom – also z.B. Strombezüger, welche eine PV-Anlage besitzen und damit Eigenbedarf decken.

⁶⁴ Der Besitzer des Elektrofahrzeugs muss eine gewisse Flexibilität zur Ladung seines Fahrzeugs gewähren, z.B. indem er es dem Netzbetreiber ermöglicht, die Ladung über längere Zeit mit geringerer Leistung durchzuführen oder verzögert zu starten. Dies kann z.B. über die Vorgabe eines Zeitpunkts geschehen, zu dem das Fahrzeug vollgeladen sein muss.

Zeitpunkt zum Einsatz kommt, wenn erneuerbarer Strom zum Betrieb der Wärmepumpen knapp ist. Neben dem einheimischen, nachhaltig nutzbaren Potenzial an Hackschnitzeln können auch Pellets aus der Region importiert werden. Auch die Substitution fossiler Energien bei grossen industriellen Feuerungen durch Biomasse oder Solarthermie ist ein relevanter Ansatzpunkt.

Ausbau der Fernwärmenutzung ab KVA. Der Ausbau der Fernwärme ab KVA Buchs hat bereits wesentlich zur Substitution von fossilen Energieträgern beigetragen und verspricht noch weiteres Potenzial. Zukünftige Erweiterungen betreffen vor allem den Zusammenschluss und die Erweiterung bestehender Netze und die Erschliessung einzelner industrieller Grossverbraucher ab Dampfleitung.

De-Fossilisierung oder De-Karbonisierung. Im Wesentlichen geht es bei der Energiestrategie 2030 um den Einstieg in eine verstärkte und beschleunigte «De-Fossilisierung» des Energiesystems. Aufgrund der heute noch sehr starken Durchdringung fast aller relevanten Sektoren und Lebensbereiche mit Technologien auf fossiler Basis bedingt der Umstieg langfristig angelegte, tiefgreifende und umfassende Umstrukturierungen. Die nötigen Schritte sind heute mit Blick auf das Ziel 2050 einzuleiten.

Die De-Fossilisierung (d.h. die Vermeidung fossiler Energieträger) bedeutet nicht, dass zwingend eine vollständige De-Karbonisierung (d.h. die Vermeidung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern) nötig ist, weil auch zukünftig kohlenstoffhaltige flüssige oder gasförmige Energieträger (wie z.B. Flüssiggas oder Methan) eine wichtige Rolle spielen können. Dies allerdings nur dann, wenn deren Gewinnung mit erneuerbarer Energie – idealerweise mit sogenanntem «Überschussstrom» – oder nicht anders nutzbarer Abwärme geschieht und der dazu nötige Kohlenstoff nicht direkt aus fossilen Quellen stammt. Als langfristig verfügbare, nachhaltige Kohlenstoffquellen kommen grundsätzlich Biogasprozesse (auch aus der Abwasserreinigung), Zementwerke und die KVA in Frage. Als weitere Kohlenstoffquelle kommt auch die Atmosphäre in Frage, wobei hier die Konzentration des Kohlenstoffs so gering ist, dass eine Abscheidung technisch und energetisch aufwendig ist.

Die Abscheidung und allenfalls Einlagerung von Treibhausgasen aus der Atmosphäre kann besonders dann infrage kommen, wenn es darum geht, für eine «Netto-Null-Bilanz» im Energiesektor schwer substituierbare Prozesse auf Basis fossilen Kohlenstoffs weiterhin betreiben zu können (z.B. Flugverkehr, Zementindustrie).

Power to Gas und Saisonspeicherung von Strom. Die Saisonspeicherung von elektrischem Strom ist energetisch resp. exergetisch verlustbehaftet, weil der Strom nicht direkt gespeichert werden kann, sondern in eine (chemisch) speicherbare Form umgewandelt werden muss. Die Verluste eines Zyklus von Strom im Sommer bis zurück zum Strom im Winter⁶⁵ liegen heute bei rund 2/3 der eingesetzten Exergiemenge. Die Saisonspeicherung bedarf zudem aufwendiger technischer Infrastruktur und ist damit pro eingespeicherter und rückverstromter Kilowattstunde Strom heute vergleichsweise teuer.

Saisonspeicherung wird aus verschiedenen Gründen erst bei beträchtlichen, nicht anders verwertbaren, erneuerbaren Stromüberschüssen interessant. Es sind dies einerseits ökologische Gründe, weil mit anteilig fossil erzeugtem Strom im Netzverbund erzeugtes synthetisches Methan kaum eine genügend bessere Treibhausbilanz aufweist als der direkte Einsatz von fossilem Erdgas⁶⁶, aber auch wirtschaftliche Gründe. Günstige, weil nicht sinnvoll anders nutzbare, erneuerbare Stromüberschüsse und eine von der Netzabgabe befreite Belieferung der Saisonspeicherungsanlagen sowie ausreichend lange Anlagelaufzeiten im Jahresverlauf sind notwendige Voraussetzungen für tiefere Kosten von saisongespeichertem Strom.

Aus Effizienzgründen sollte nur so viel Strom in eine saisonal speicherfähige Form umgewandelt werden (Methan, Wasserstoff) wie nötig. Es macht aus Effizienzüberlegungen zudem Sinn, die verschiedenen Speicherarten und erneuerbaren Energiequellen aufeinander abzustimmen. Das heisst, für den Tages- und allenfalls Wochenausgleich auf Batterie- und Pumpspeicher zu setzen und nur für die Saisonspeicherdifferenzen den Weg

⁶⁵ Elektrolyse von Wasser, Aufbereitung und Druckspeicherung von Wasserstoffgas, Rückverstromung mittels Brennstoffzelle.

⁶⁶ Quelle: «Wie umweltfreundlich ist synthetisches Methan?» M. Stucki, René Itten, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, in: AQUA & GAS No 9 2018.

über Power-to-Gas mit anschliessender Rückverstromung zu gehen. Einen wesentlichen Einfluss auf die notwendige Menge des saisongespeicherten Stroms hat auch der Mix der erneuerbaren Energieträger. Je besser die saisonale Verteilung der Erträge gelingt, z.B. über einen Mix aus Windkraft, Wasserkraft, PV und flexiblen Lieferanten, desto kleiner und damit wirtschaftlicher wird der Saisonspeicher ausfallen. Weitere Informationen dazu sind in den Modellierungsrechnungen zu finden (Abschnitt A1.3.4).

Die quantitativen Analysen im Rahmen der Erarbeitung der Energiestrategie für das Zwischenziel im Jahr 2030 (vgl. Abschnitt A1.3.4) zeigen, dass die Saisonspeicherung dann noch keine bedeutende Rolle in der Praxis der Energieversorgung spielen dürfte. Durch den mehrheitlich auf PV fokussierten Ausbau der erneuerbaren Energien in der Energiestrategie 2030 treten nur sehr kurzzeitig überhaupt effektive Überschussituationen auf, welche zudem in diesem Ausmass wohl durch aktive Regelung von Verbrauchergruppen reduziert und verlagert werden können. Somit stellt die Saisonspeicherung von erneuerbarem Strom ein langfristiges Infrastrukturziel dar, welches in der Planung berücksichtigt werden sollte, aber noch nicht innerhalb der Energiestrategie 2030 in grossem Stil umgesetzt werden dürfte. Denkbar wäre eine Pilotanlage zur Sammlung von Erfahrungen. Damit würden die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, Saisonspeicher aufzubauen, wenn diese wirtschaftlich attraktiv sind.

Nationale Autarkie oder Handel im liberalisierten Strommarkt. Die in der Energievision 2050 formulierten Energieziele sind für Liechtenstein bei intensiver Zusammenarbeit mit dem europäischen Netzverbund (zunehmender Stromhandel) oder durch eine forcierte Inlandstrategie mit saisonaler Speicherung von elektrischer Energie in Form von Power-to-Gas-Technik technisch machbar. Eine autarke, auf erneuerbare Inlandproduktion fokussierte Strategie ist ohne Saisonspeicherung gegenwärtig kaum denkbar und volkswirtschaftlich unvorteilhaft. Weitere Informationen dazu finden sich im Abschnitt A1.3.4 in Form von Modellrechnungen.

Die Energievision 2050 und die Energiestrategie 2030 setzen beide auf ein Zukunftsmodell, welches auf den Stromhandel im Netzverbund setzt und erst langfristig den Einsatz erneuerbarer synthetischer Gase (Importe und Eigenproduktion) vorsieht. Es ist aber bereits heute durchaus zu hinterfragen, ob Strategien zielführend sind, welche sich zeitlich immer dann auf eine zunehmende Versorgung mit Strom ab ENTSO-E-Netz stützen, wenn die fluktuierenden Erneuerbaren im Land ungenügende Erträge liefern. Es darf davon ausgegangen werden, dass viele Netzteilnehmer des Netzverbunds unter ähnlichen Rahmenbedingungen darum kämpfen werden, winterliche Unterdeckung und sommerliche Überschüsse zu vermeiden. Diese Länder werden dabei vermutlich ähnliche Strategien zum Ausbau der erneuerbaren Energien vorantreiben, welche letztlich zu einem tendenziell gleichgeschalteten Bedarfs- und Ertragsprofil im Netzverbund führen dürften. Es ist also nicht davon auszugehen, dass sommerliche Überschüsse zukünftig und bevor die Saisonspeicherung grossflächig zum Einsatz kommt, im Netz einen guten Preis abwerfen werden. Es ist unter diesen Rahmenbedingungen gleichzeitig nicht damit zu rechnen, dass in Zeiten schwacher Erträge aus neuen Erneuerbaren (Wind, PV) günstige erneuerbare Strombezüge ab ENTSO-E-Netz möglich sein werden. In der Konsequenz sind die lokal verfügbaren und speicherfähigen Energieträger zukünftig verstärkt für den Einsatz in Zeiten mit schwachem Ertrag erneuerbarer Energien vorzuzulassen.

4.3.5 Massnahmen im Bereich Sensibilisierung und Vorbildwirkung

Die Ziele der Energievision 2050 und der Energiestrategie 2030 sind nur dann erreichbar, wenn die Bevölkerung, die Wirtschaft und die öffentliche Hand in den Prozess einbezogen werden können und diese ihren Beitrag zur Zielerreichung leisten. Neben der Aufgabe, die verschiedenen Akteure von der Notwendigkeit der anstehenden Transformationen

zu überzeugen, ist das Wecken einer gewissen Begeisterung für den Wandel und die Veränderung ein weitreichenderes Ziel.

- Bekenntnis zu den Zielen durch die politischen Gremien
- Kommunikation und Information über die Notwendigkeit und Art des anstehenden Wandels und der damit verbundenen Anstrengungen, Einbezug aller Akteure (Bevölkerung, Hausbesitzer, Immobiliengesellschaften, Industrie und Gewerbe etc.)
- Bewusstseinsbildung und Schaffung einer positiven Stimmung zum Wandel
- Vorbildfunktion der öffentlichen Hand (konsequente Anwendung der Lebenszyklusperspektive bei energierelevanten Entscheidungen, Rechenschaft ablegen)

4.3.6 Massnahmenliste

Die Ziele der Energiestrategie werden in der Massnahmenliste in Form umsetzbarer Massnahmen und messbarer Wirkungen konkretisiert.

Die Massnahmen der Energiestrategie 2020 wurden für die Energiestrategie 2030 überarbeitet, neu gruppiert, mit aktuellen Zahlen ergänzt, und es wurden verschiedene Massnahmen entfernt bzw. hinzugefügt. Die Wirkungsberechnung sowie das Monitoring wurden um die neue 10-Jahres-Periode bis ins Jahr 2030 erweitert.

Die Massnahmenliste befindet sich im Anhang «Aktualisierte Massnahmenliste».

4.4 Steuerung und Controlling

Die Umsetzung, Anpassung und Ausrichtung der Aktivitäten zur Zielerreichung sollen 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 Massnahmenmixes soll jährlich überprüft 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 sind,
- die bestehenden Massnahmen angemessene – weder zu hohe noch zu tiefe – Förderbeiträge umfassen oder ob aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung der geförderten Technologien eine Anpassung der Förderbeiträge angebracht ist und
- die bestehenden Massnahmen anzupassen sind oder ob neue Massnahmen nötig werden.

Alle vier Jahre soll zudem die Zielerreichung detailliert abgebildet werden und gegebenenfalls sollen tiefgreifende Steuerungsmassnahmen ergriffen werden. Im Unterschied zum jährlichen Review, welcher vorrangig eine Anpassung des vorliegenden Massnahmenmixes 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. Die Messung der Zielerreichung erfolgt gemäss den Vorgaben in den Abschnitten 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3.
2. Zeitliche Entwicklung der Zielerreichung entlang einer sinnvollen Ziellinie zwischen dem Jahr 2008 und den Zielwerten des gewählten Zielszenarios für das Jahr 2030 (gleiche Indikatoren wie unter Punkt 1).
3. Wirkung der laufenden Massnahmen in «CHF Fördermittel aus dem Staatshaushalt pro Kilowattstunde eingesparter Energie» für Effizienzmassnahmen, in «CHF Fördermittel 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 öffentlich und zielgruppengerecht publiziert.

Die in der Energiestrategie 2030 vorgeschlagenen Massnahmen stellen eine konkrete Möglichkeit zur Zielerreichung dar. Werden Massnahmen aus der Massnahmenliste der Energiestrategie 2030 nicht umgesetzt, dann sind entsprechende Ersatzmassnahmen mit gleichem oder höherem Zielerreichungsbeitrag aufzuzeigen und umzusetzen.

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 und gegebenenfalls nach Beschluss der entsprechenden politischen Gremien.

5 ANHÄNGE

A1. Methoden und Annahmen der Strategieerarbeitung

Die folgenden Abschnitte führen Grundlagen auf, welche bei der Erarbeitung der Energiestrategie 2030 sowie in der Energievision 2050 berücksichtigt wurden. Es sind dies einerseits Statistiken und Szenarien zur Entwicklung relevanter, den Energiebedarf beeinflussender Faktoren (Abschnitt A1.1), andererseits auch Inhalte aus den rahmengebenden, internationalen Anstrengungen im Rahmen der UNO und des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sowie zugehöriger Verträge (Pariser Abkommen) (Abschnitt A1.2). Weiterhin sind hier die im Rahmen der Strategieerarbeitung durchgeführten, quantitativen und qualitativen Szenariorechnungen kurz dargelegt und deren Ergebnisse zusammengefasst (Abschnitt A1.3).

A1.1. Entwicklung der Rahmenbedingungen

Das Bevölkerungswachstum, die Wirtschaftsleistung und der Energiebedarf waren bis vor Kurzem stark gekoppelte Grössen. In den folgenden Abschnitten werden diese Grössen statistisch analysiert und mit den verfügbaren Szenarien für die zukünftige Entwicklung verglichen.

A1.1.1. Bevölkerung und Wirtschaft

Die ständige Bevölkerung in Liechtenstein hat in den letzten Jahren gemäss Trendszenario des Amts für Statistik zugenommen (Abbildung 14). Das Trendszenario entspricht in etwa dem Mittelwert zwischen dem Szenario «Trend» und dem «gemässigten Wachstum» gemäss der Strittmatter-Studie (Strittmatter Partner AG, 2003) und rechnet mit rund 0.5% Zunahme pro Jahr zwischen 2017 und 2050. Gegenüber dem effektiven Wachstum in den Jahren zwischen 2000 und 2015 (+320 Personen oder +0.9% pro Jahr) hat sich 2016 und 2017 eine reduzierte Zuwachsrate von ca. +200 Personen resp. +0.5% pro Jahr eingestellt. Für die nähere Zukunft gibt es kaum Gründe zur Annahme, dass die Zuwachsrate ohne Massnahmen deutlich vom Trendszenario abweichen sollte.

Bevölkerungsszenarien 1995 – 2050

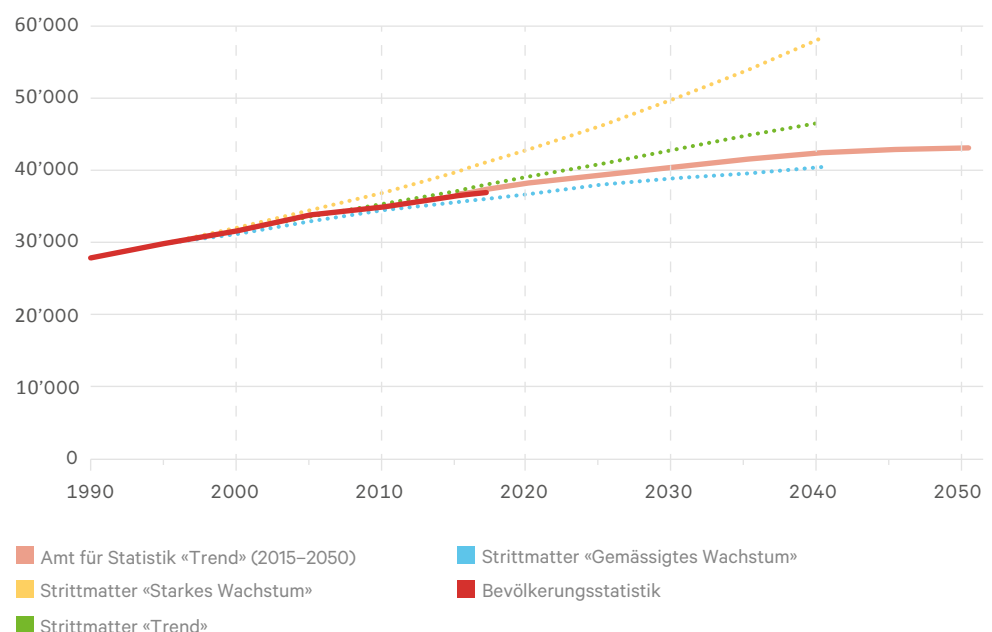


Abbildung 14 Bevölkerungsszenarien und Bevölkerungsstatistik von 1990 bis 2040 resp. 2050 ⁶⁷.

Die Zahl der Beschäftigten (Voll- und Teilzeit⁶⁸) wuchs zwischen 2000 und 2017 um +2.4 % pro Jahr gemäss dem Szenario «starkes Wachstum» der Strittmatter-Studie (Abbildung 15). Die jährliche Zunahme hat sich in den letzten Jahren kaum abgeschwächt.

Beschäftigungsszenarien 1995 – 2040

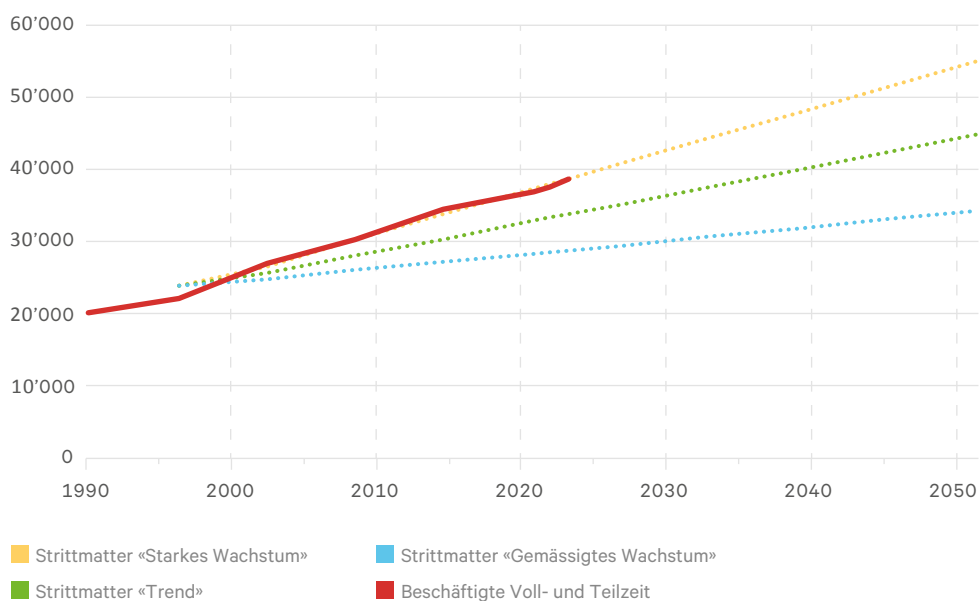


Abbildung 15 Beschäftigungsszenarien und Beschäftigtenstatistik von 1990 bis 2040⁶⁹.

Die künftige Entwicklung der Beschäftigtenzahl ist primär von der wirtschaftlichen Gesamtsituation abhängig und damit kaum zuverlässig vorherzusagen. Bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, dass selbst während und nach Jahren mit sinkendem BIP (2009 und 2011) die Anzahl der Beschäftigten rasch wieder anstieg (Abbildung 16).

Relativer Verlauf verschiedener Indikatoren in % zum Bezugsjahr 1998

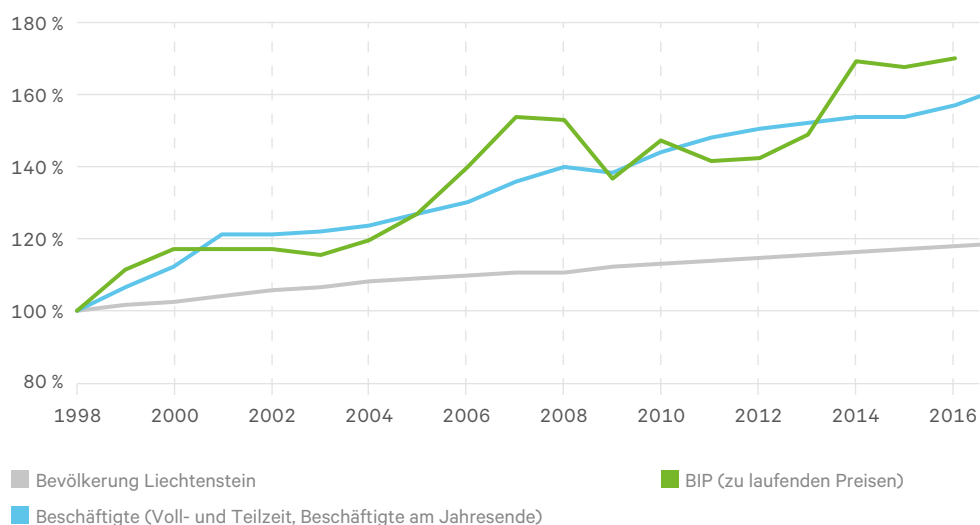


Abbildung 16 Relative Entwicklung der Beschäftigtenzahl, der Einwohnerzahl und des Bruttoinlandsprodukts (BIP) im Vergleich zum Basisjahr 1998⁷⁰.

⁶⁸ Bis 2009: Beschäftigte mit einem Beschäftigungsgrad von 15 % und mehr, ab 2010 von 2 % und mehr.

⁶⁹ Quelle: Amt für Statistik, Strittmatter Partner AG

⁷⁰ Quelle: Amt für Statistik, Datenstand September 2018

A1.1.2. Energiebedarf und Energieintensität

Mit den steigenden Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahlen könnte ein zunehmender Energiebedarf erwartet werden. Dieser Trend wird in den letzten Jahren aber immer klarer durchbrochen (Abbildung 17), indem der absolute Energiebedarf⁷¹ tendenziell stagniert oder sinkt. Dies kann ein Zeichen für Effizienzgewinne, klimatische Veränderungen (weniger Heizwärmebedarf), Substitutionen (Wärmepumpen) und/oder eine sektorielle Umschichtung (Industrie zu Dienstleistung) sein. Deutlich wird ebenfalls, dass sich der Energiemix zunehmend vom Heizöl hin zum Strom und zur Fernwärme verschiebt.

Energieverbrauch nach Energieträgern Anteil am Gesamt-Endenergiebedarf in GWh

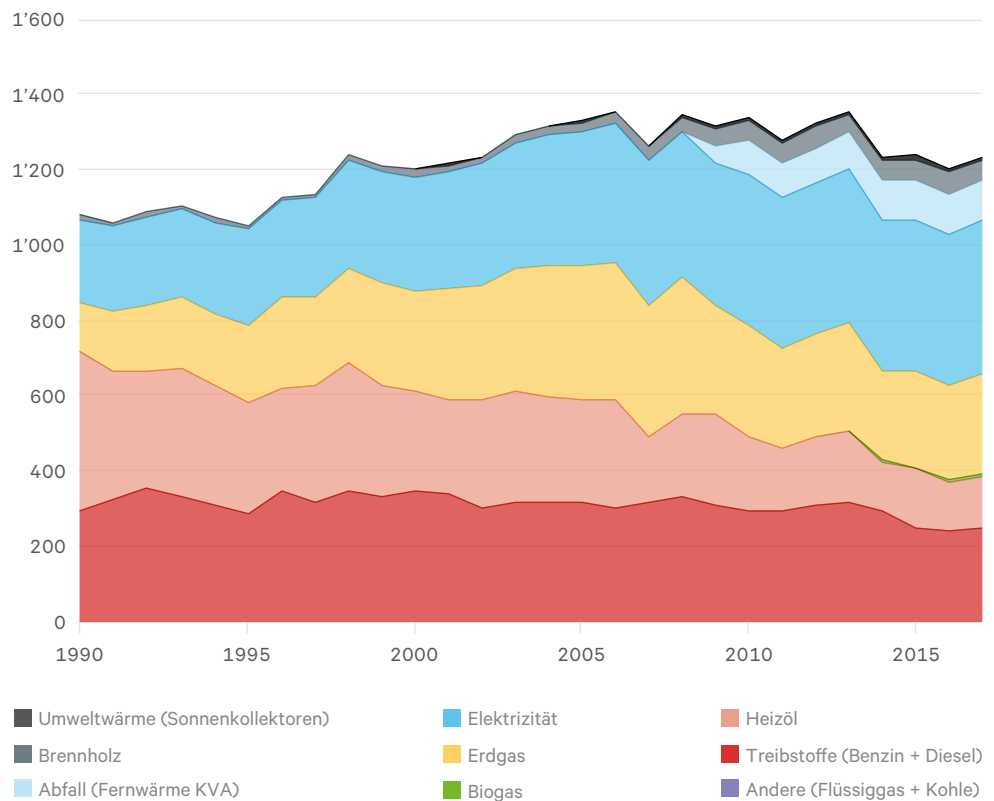


Abbildung 17 Entwicklung des Energiebedarfs des Landes von 1990 bis 2017 gemäss Energiestatistik⁷².

Der Einsatz der fossilen Brennstoffe Heizöl und Erdgas nimmt tendenziell ab. Beim Heizöl ist der Rückgang deutlich (-37% zwischen 2008 und 2017), beim Erdgas etwas weniger ausgeprägt (-27% seit 2008). Aktuell dürfte eine gewisse Substitution von Heizöl durch Erdgas stattfinden. Die absolute Reduktion beim Erdgasverbrauch ist grösstenteils der Dampfleitung ab KVA Buchs zuzuschreiben. Auch unter Berücksichtigung einer Klimakorrektur mittels Heizgradtagen zeigt sich die Abnahme der fossilen Brennstoffe in der Tendenz (Abbildung 18, «Erdgas- und Heizölverbrauch pro HGT»).

Die Entwicklung beim Stromverbrauch zeigt seit 2008 eine absolute Steigerung um 5%, wobei in den letzten Jahren eine Stabilisierung zu beobachten war. Der Strom nimmt eine immer wichtigere Rolle ein, was sich am zunehmenden Anteil des Stroms an der Bilanzsumme der Energiestatistik zeigt (30% im Jahr 2008, 33% im Jahr 2017). Der Anteil des importierten Stroms ist seit langer Zeit stabil und liegt bei rund 80%.

⁷¹ Energiebedarf gemäss Energiestatistik des Amtes für Statistik. Der erfasste Energiebedarf entspricht weitgehend, aber nicht vollständig der Kategorie «Endenergie».

⁷² Quelle: Amt für Statistik, Datenstand September 2018

Verschiedene Indikatoren zum Energiebedarf in % zum jeweiligen Bezugsjahr

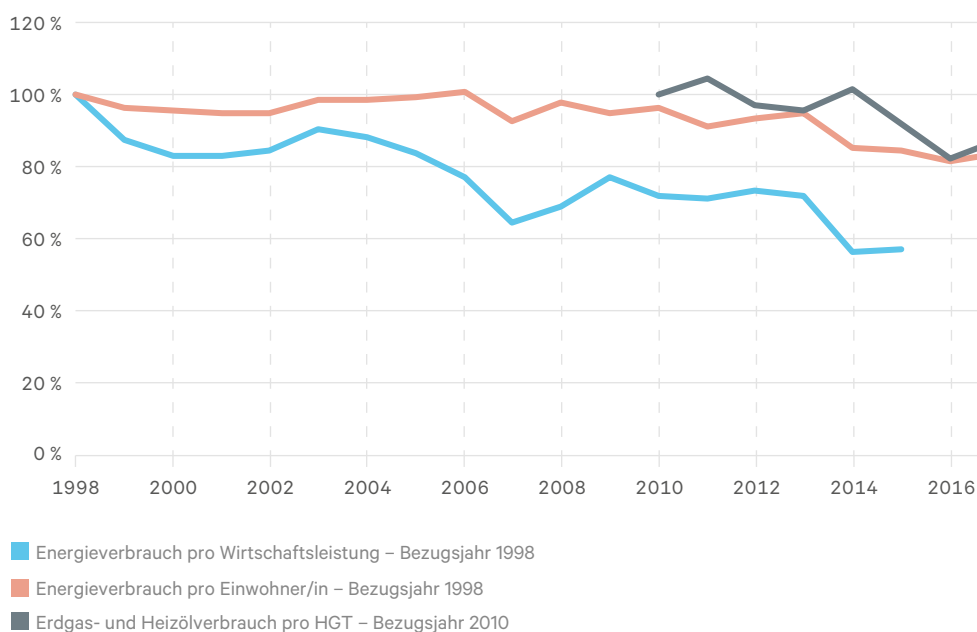


Abbildung 18 Relativer Verlauf verschiedener Indikatoren zum Energiebedarf im Verhältnis zum jeweiligen Basisjahr von 1998 bis 2017⁷³.

Die Kopplung zwischen Energiebedarf und Wirtschaftsleistung zeigt seit Jahren einen sinkenden Trend (Abbildung 18, «Energieverbrauch pro Wirtschaftsleistung»). Diese Entwicklung ist positiv, kann allerdings auch durch die aktuell stattfindende Umschichtung von der energieintensiven Industrie zu mehr Dienstleistungsbetrieben mitverursacht sein.

Der Energiebedarf pro Einwohnerin und Einwohner des Landes als weiterer Indikator ist ebenfalls sinkend. Zwischen 1998 und 2017 betrug die Reduktion 16 %, wobei das absolute Niveau im Jahr 2017 bei 32'650 kWh pro Person lag.

⁷³ Quellen: Amt für Statistik, Meteodaten von MeteoSchweiz für Vaduz

A1.1.3. Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen sind seit dem Höchstwert im Jahr 2008 (280.7 kT) deutlich rückläufig (minus 11% gegenüber 1990 resp. minus 26% gegenüber 2008, Abbildung 19). Der bisher im Rahmen des Pariser Abkommens zugesicherte Zielwert für Liechtenstein liegt bei minus 40% gegenüber 1990⁷⁴, was absoluten Emissionen von 137.2 kT im Jahr 2030 entspricht. Der beobachtete Rückgang der Treibhausgasemissionen seit 2008 (minus 26%) korreliert mit den Entwicklungen beim Verbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe (minus 27% seit 2008).

Entwicklung und Zielpfad der Treibhausgasemissionen in Kilotonnen CO₂-Äquivalenten

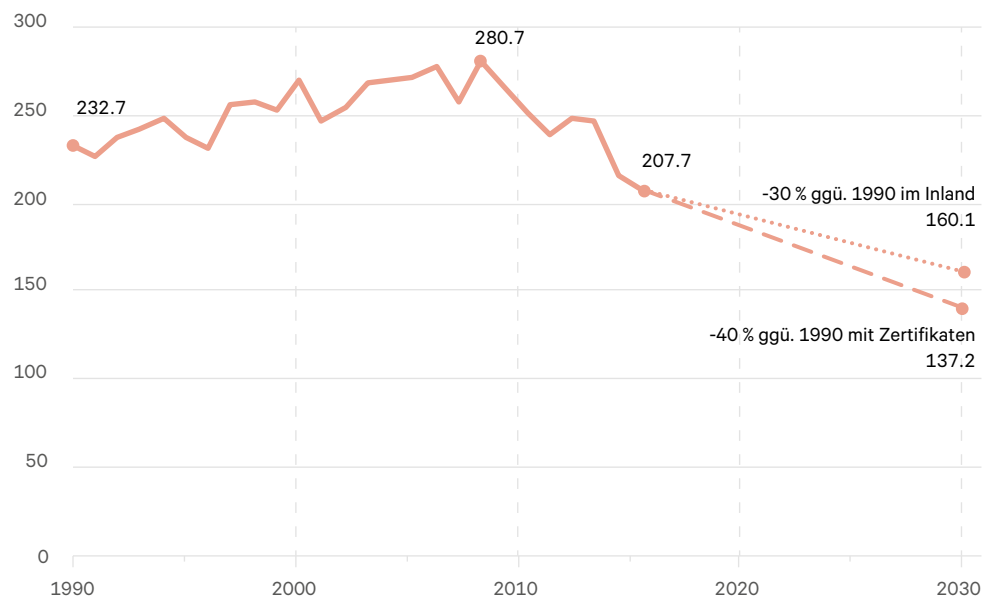


Abbildung 19 Entwicklung und Zielpfad der Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2015 (Daten gemäss Treibhausgasinventar) sowie lineare Extrapolation auf den aktuellen Zielwert für 2030 gemäss Pariser Klimaabkommen.

⁷⁴ Quelle: BuA-Nummer 2017/29: bua.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=29&year=2017&erweitert=true

A1.2. Internationales Umfeld und Einflussfaktoren

Liechtenstein ist in ein wirtschaftlich und gesellschaftlich eng vernetztes internationales Umfeld eingebettet. Aus diesem Grund muss sich die Energiestrategie 2030 am internationalen Umfeld und den Einflussfaktoren orientieren, beispielsweise haben der Zollvertrag mit der Schweiz und die Mitgliedschaft im EWR grossen Einfluss auf die Gesetzgebung. Weiter zählen zum internationalen Umfeld auch die UNO-Nachhaltigkeitsziele und das Pariser Klimaabkommen. Einige wichtige Einflussgrössen mit Wirkung auf den Energiebereich sind deshalb durch Liechtenstein nicht allein beeinflussbar.

A1.2.1. Energiepreise und Währungseinflüsse

Hohe Energiepreise sind im Prinzip für die Steigerung der Energieeffizienz förderlich. Die erwartete verknappungsbedingte Verteuerung von Energie ist bisher nicht erkennbar. Die Ursachen sind vielfältig und liegen unter anderem im technischen Fortschritt zur günstigen Gewinnung von Öl und Gas mit Fracking und dem durch Förderung stimulierten Wachstum erneuerbarer Energie. Zudem hat der Schweizer Franken als Landeswährung in der Vergangenheit auch dazu beigetragen, dass Energieimporte günstig geblieben sind.

Die Strompreise am europäischen Grosshandelsmarkt lagen Anfang 2016 auf einem Tiefstand, ziehen aber nun wieder deutlich an. Lenkungsabgaben könnten die Rolle des Preises als Steuerungsinstrument in Richtung Energieeffizienz und erneuerbare Energien verstärken. Eine Beeinflussung des Energiepreises mittels Lenkungsabgaben kann wettbewerbsverzerrend wirken und sollte deshalb möglichst koordiniert für ein grosses Marktgebiet angewendet werden.

A1.2.2. Zollvertrag mit der Schweiz

Aufgrund des Zollvertrags mit der Schweiz hat Liechtenstein bei den Abgaben im Bereich der flüssigen Brenn- und Treibstoffe keinen direkten Handlungsspielraum. Es gibt Abgaben, welche für das Zollgebiet einheitlich festgelegt sind. Dazu gehört unter anderem auch die Höhe der CO₂-Abgabe, welche auf Brennstoffe erhoben wird und für ein Zollgebiet einheitlich geregelt sein muss.

Im Bereich der Abgaben auf leitungsgebundene Energie wie Gas und Strom hat Liechtenstein grundsätzlich die Möglichkeit, autonom zu handeln, wobei die Interessen der industriellen Grossverbraucher angemessen zu berücksichtigen sind. In der Schweiz liegt die Abgabe auf Strom für die Förderung erneuerbarer Energien seit 1.1.2018 bei 2.3 Rp./kWh. Liechtenstein hat mit der Erhöhung der Abgabe auf 1.5 Rp/kWh per 1.1.2017 einen Abgabesatz unter dem Niveau der Schweiz.

Beim Erdgas gibt es in Liechtenstein nur die vorher erwähnte CO₂-Abgabe. Auf eine zusätzliche Abgabe auf Erdgas wurde in Liechtenstein bisher verzichtet, da Erdgas im Wärmemarkt in direkter Konkurrenz zum Heizöl steht.

A1.2.3. Einfluss des EWR

Aufgrund der Mitgliedschaft im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) hat Liechtenstein direkten Zugang zum EU-Binnenmarkt und muss deshalb, anders als die Schweiz, bis auf

ein paar Ausnahmen auch die entsprechenden EU-Rechtsvorschriften umsetzen. Eine direkte Auswirkung hatte dies auf den Strom- und den Gasmarkt, welche in Liechtenstein nach den Vorgaben des EU-Binnenmarktes vollständig liberalisiert sind.

Ein weiteres Beispiel sind Effizienzvorschriften (EcoDesign) für alltägliche, verbreitete Haushaltsgeräte wie Lampen, Fernseher, Kühlgeräte etc. mit in Summe hohem Stromverbrauch. Sinnvollerweise sollten solche Vorschriften nur für ein grosses Marktgebiet und einheitlich erlassen werden. Diese über den EWR eingeführten und in der Regel auch von der Schweiz übernommenen Vorschriften wurden so auch in Liechtenstein wirksam. Dabei konnte die Energieeffizienz von Geräten und Fahrzeugen auf wirtschaftlich effiziente Weise stark gesteigert werden. Weitere Eco-Design-Richtlinien und die Verschärfung bestehender Grenzwerte sind für die nächsten Jahre zu erwarten.

Im Bereich der Energieeffizienzvorschriften für Gebäude stellt sich für Liechtenstein nach Jahren in einer Vorreiterrolle die Frage der Neuausrichtung. Sowohl in der Gebäuderichtlinie der EU als auch in den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2014) sind «nahezu Nullenergie»-Neubauten in den entsprechenden Vorschriften verankert. In Liechtenstein ist für die Umsetzung der Vorschriften in Richtung Gesamtsystembetrachtung und Nullenergiegebäude zu prüfen, wie sich eine Verschärfung auf die Wirtschaftstätigkeit auswirkt. Eine fortschrittliche Strategie hin zu Plusenergiegebäuden kann eine Chance für das Baugewerbe darstellen. Eine Orientierung an den SIA-Normen der Schweiz bei gleichzeitiger Einhaltung der EU-Richtlinie ist eine Herausforderung. Bei diesen Überlegungen sollte aus wirtschaftlichen Gründen ein Regelungsgefälle zu den Nachbarländern, insbesondere zur Schweiz, vermieden bzw. abgebaut werden.

Beim EU-Emissionshandel zeigte sich mehr als zehn Jahre nach der Inkraftsetzung, dass dieser nicht die erwünschte Lenkungswirkung aufwies. Das Problem lag bei den tiefen Kosten für die CO₂-Zertifikate als Folge der zu grossen Mengen, die in Umlauf gebracht worden sind. Nach der Reform des Systems haben sich die CO₂-Preise kürzlich zwar massiv verteuert, die Dauerhaftigkeit dieser Entwicklung muss sich aber erst noch weisen.

A1.2.4. Nachhaltigkeitsziele der UNO (Sustainable Development Goals)

Die Nachhaltigkeitsziele der UNO (Sustainable Development Goals, SDGs) umfassen 17 politische Ziele in verschiedenen Bereichen einer nachhaltigen Entwicklung, unter anderem zur Reduktion von Armut, Klimawandel und Umweltzerstörung sowie zur Förderung von Frieden und Gerechtigkeit⁷⁵. Die Ziele traten am 1. Januar 2016 mit einer Laufzeit von 15 Jahren (bis 2030) in Kraft. Die 17 Ziele sind je auch mit einem Indikatorenset zur statistischen Überprüfung der Zielerreichung verbunden.

Die Regierung hat im Juni 2019 einen Bericht über die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung veröffentlicht. Im Bericht werden Bereiche identifiziert in denen die Regierung ein verstärktes Engagement anstrebt. Dazu gehören die für die Energiepolitik relevanten Ziele 7, 9, 12 und 13.

Im Folgenden wird eine Auswahl aufgeführt aus den Zielen und ihren Unterzielen, welche einen direkten inhaltlichen Zusammenhang mit der vorliegenden Energiestrategie 2030 aufweisen. Weitere Ziele und Unterziele weisen einen indirekten Zusammenhang auf (z.B. über die Entwicklungszusammenarbeit) und werden hier der Übersichtlichkeit halber nicht explizit aufgeführt.

Ziel 7: Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle

- Unterziel 7.1: Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu bezahlbaren, verlässlichen und modernen Energiedienstleistungen sichern. Indikator 7.1.2: «Proportion of population with primary reliance on clean fuels and technology».

⁷⁵ Quelle: www.un.org/sustainable-development/sustainable-development-goals/

- Unterziel 7.2: Bis 2030 den Anteil erneuerbarer Energie am globalen Energiemix deutlich erhöhen. Indikator 7.2.1: «Renewable energy share in the total final energy consumption».
- Unterziel 7.3: Bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz verdoppeln. Indikator 7.3.1: «Energy intensity measured in terms of primary energy and gross domestic product (GDP)».

Ziel 9. Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen

- Unterziel 9.4 Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Massnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen. Indikator 9.4.1: «CO₂ emission per unit of value added».

Ziel 12. Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen

- Unterziel 12.2: Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen.
- Unterziel 12.c: Die ineffiziente Subventionierung fossiler Brennstoffe, die zu verschwenderischem Verbrauch verleitet, durch Beseitigung von Marktverzerrungen entsprechend den nationalen Gegebenheiten rationalisieren, unter anderem durch eine Umstrukturierung der Besteuerung und die allmähliche Abschaffung dieser schädlichen Subventionen, um ihren Umweltauswirkungen Rechnung zu tragen, wobei die besonderen Bedürfnisse und Gegebenheiten der Entwicklungsländer in vollem Umfang berücksichtigt und die möglichen nachteiligen Auswirkungen auf ihre Entwicklung in einer die Armen und die betroffenen Gemeinwesen schützenden Weise so gering wie möglich gehalten werden. Indikator 12.c.1: «Amount of fossil-fuel subsidies per unit of GDP (production and consumption) and as a proportion of total national expenditure on fossil fuels».

Ziel 13. Umgehend Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen

- Unterziel 13.2: Klimaschutzmassnahmen in die nationalen Politiken, Strategien und Planungen einbeziehen. Indikator 13.2.1: «Number of countries that have formally communicated the establishment of integrated lowcarbon, climate-resilient, disaster risk reduction development strategies (e.g. a national adaptation plan process, national policies and measures to promote the transition to environmentally friendly substances and technologies)».
- Unterziel 13.3: Die Aufklärung und Sensibilisierung sowie die personellen und institutionellen Kapazitäten im Bereich der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung, der Reduzierung der Klimaauswirkungen sowie der Frühwarnung verbessern. Indikator 13.3.1: «Number of countries that have integrated mitigation, adaptation, impact reduction and early warning into primary, secondary and tertiary curricula».

Liechtenstein kann im Alleingang weder die globale Ressourcennutzung nachhaltig machen noch den Klimawandel stoppen. Hierzu sind globale, zielgerichtete Anstrengungen der Staatengemeinschaft nötig, wie sie in den UNO-Nachhaltigkeitszielen (SDG) festgeschrieben worden sind. Einige Ziele aus den SDGs decken sich direkt mit den Zielen der vorliegenden Energiestrategie (z.B. 7.2, 13.2), andere gehen geografisch und inhaltlich deutlich über den Fokus einer nationalen Energiestrategie hinaus (z.B. 12.2). Es zeigt sich aber, dass die Energiestrategie die Grundziele der UNO im Energiebereich aufnimmt und, adaptiert auf die nationalen Gegebenheiten, darauf aufbauende nationale Ziele und Massnahmen setzt.

A1.2.5. Klimaschutzziele im internationalen Kontext

Im Pariser Klimaabkommen hatte die Staatengemeinschaft im Jahr 2015 beschlossen, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C zu beschränken und wenn möglich sogar unter 1,5 °C zu bleiben. Das Abkommen wurde von Liechtenstein ratifiziert⁷⁶. Der Zielwert von minus 40 % für das Jahr 2030 ist von Liechtenstein bereits festgelegt worden⁷⁷.

Die IPCC Zielvorgaben für max. 2 °C Temperaturerhöhung sind ein wissenschaftlich erhärtetes und global anerkanntes Ziel. Sie bezwecken, desaströse klimatische Veränderungen zu verhindern. Der neuste Sonderbericht des IPCC geht sogar so weit, dass unberechenbare Klimaeffekte nur durch Einhaltung des 1,5 °C-Ziels vermieden werden können⁷⁸.

Die Klimaziele für 2050 sind noch nicht definiert. Es ist für Liechtenstein naheliegend, sich an den Nachbarstaaten zu orientieren. Die bekannten und aktuell diskutierten Zielbereiche für 2050 liegen allesamt im Bereich von Netto-Null, was sich am 1,5 °C-Ziel des Weltklimarats orientiert (Tabelle 6).

	Ziel 2030	Ziel 2050 *	Basis 100 %
EU	-40 %	«klimaneutral» ⁷⁹	1990
D	-55 %	«weitgehend treibhausgasneutral» ⁸⁰	1990
CH	-50 % (teils im Inland)	«Netto-Null» ⁸¹	1990
AT	-36 %		2005
FL	-40 % (Inland -30 %)		1990

Tabelle 6 Zielvorgaben zur Reduktion der CO₂-Emissionen des umliegenden Auslands im Rahmen des Pariser Klimaabkommens. Werte mit * sind noch nicht verbindlich zugesichert.

⁷⁶ Quelle: www.gesetze.li/konso/2017286000

⁷⁷ Quelle: BuA-Nummer 2017/29: bua.regierung.li/BuA/default.aspx?nr=29&year=2017&erweitert=true

⁷⁸ Quelle: report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

⁷⁹ Quelle: ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de

⁸⁰ Quelle: www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/

⁸¹ Quelle: www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen/bundesrat.msg-id-76206.html

A1.3. Szenarien und Denkmodelle

A1.3.1. Übersicht über die Zielszenarien

Die folgenden Grafiken fassen die Datentabellen der Abschnitte A1.3.2 und A1.3.3 zusammen. Abgebildet sind jeweils die Jahresbilanzen.

Energieträgermix

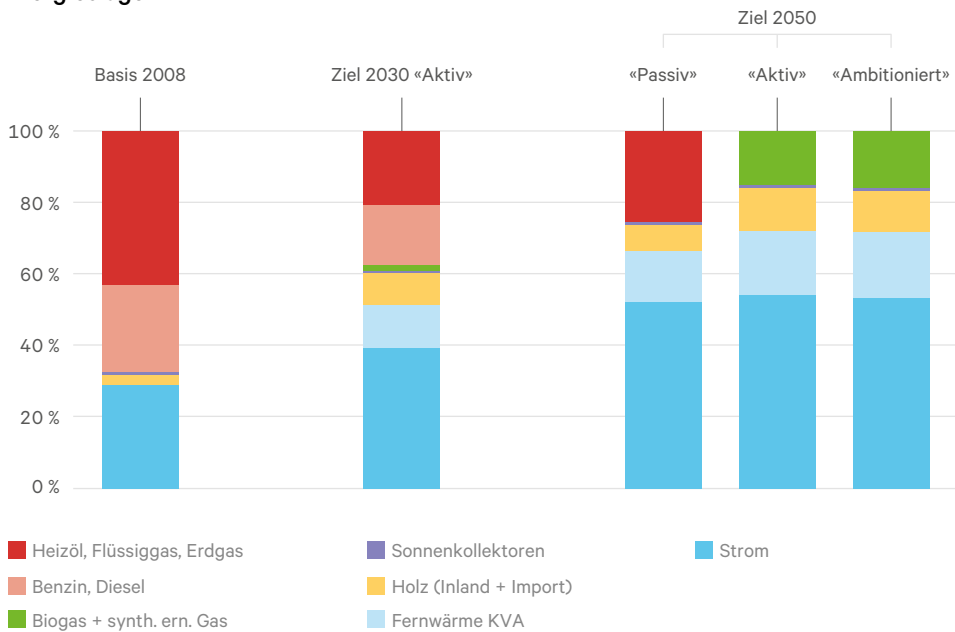


Tabelle 20 Energieträgermix im Basisjahr 2008 sowie in den verschiedenen Zielszenarien 2030 und 2050. Anteile in Prozent des Gesamtenergiebedarfs des Basis- resp. Zieljahres. Datengrundlagen in den Abschnitten A1.3.2 und A1.3.3.

Importe und Eigenproduktion

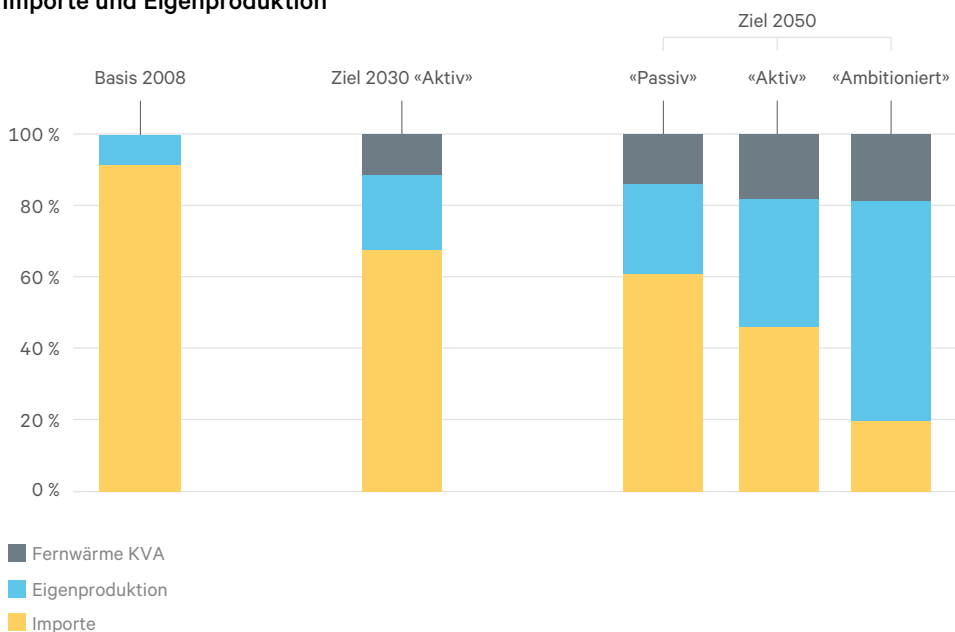


Tabelle 21 Anteil der Importe und Eigenproduktion am Energieträgermix in den verschiedenen Zielszenarien 2030 und 2050. Anteile in Prozent des Gesamtenergiebedarfs des Basis- resp. Zieljahres. Datengrundlagen in den Abschnitten A1.3.2 und A1.3.3.

Stromimporte, Exporte und Eigenproduktion

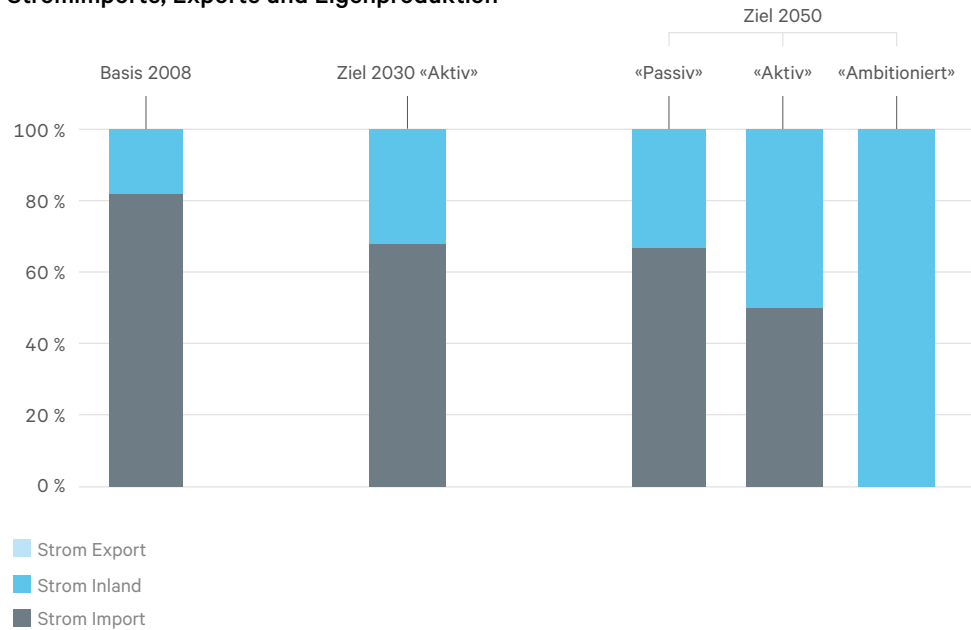


Tabelle 22 Stromimporte, -exporte und Eigenproduktion in den verschiedenen Zielszenarien 2030 und 2050. Anteile in Prozent des Strombedarfs des Basis- resp. Zieljahres, Jahresbilanzwerte. Datengrundlagen und Details in den Abschnitten A1.3.2 und A1.3.3.

Erneuerbare und nicht erneuerbare Energien

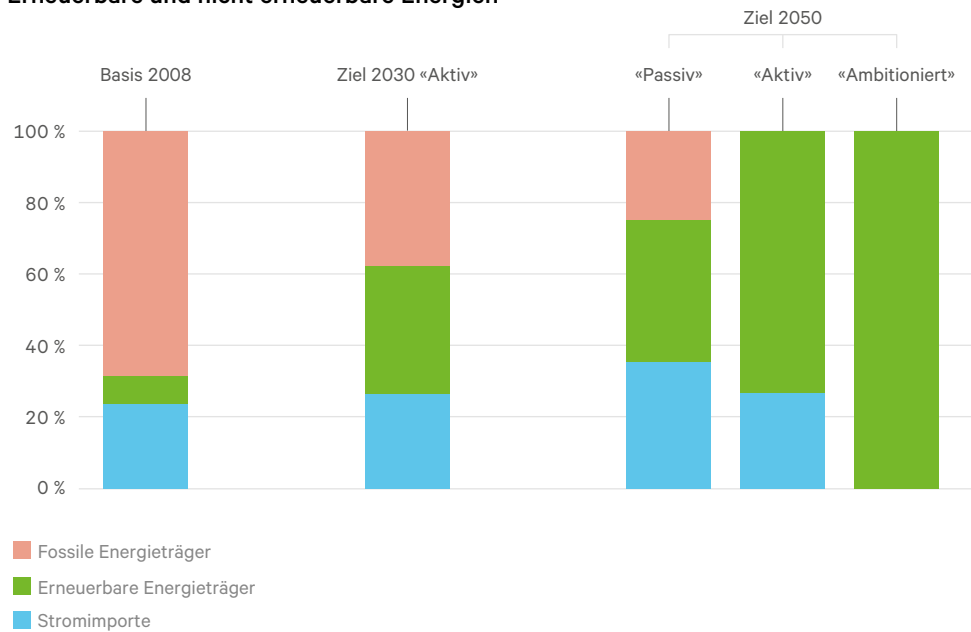


Tabelle 23 Anteile erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieträger in den verschiedenen Zielszenarien 2030 und 2050. Anteile in Prozent des Gesamtenergiebedarfs des Basis- resp. Zieljahres. Datengrundlagen in den Abschnitten A1.3.2 und A1.3.3

A1.3.2. Energievision 2050: drei Zielszenarien

Bei der Erarbeitung der Energievision wurden verschiedene Szenarien geprüft. Im Abschnitt 3.2 werden nur die Ziele des sogenannt «aktiven» Szenarios dargestellt, im Gegensatz zu einer «passiven» (weniger Eingriffstiefe, reduzierte Zielerreichung im Klimaschutz) und einer «ambitionierten» Strategie (mehr Eingriffstiefe, raschere Zielerreichung im Klimaschutz). An dieser Stelle sind der Vollständigkeit halber die drei betrachteten Szenarien «Passiv», «Aktiv» und «Ambitioniert» dargestellt (Tabelle 7).

Die Erarbeitung der Zielszenarien erfolgte auf der Basis bekannter Referenzjahre (2008 und 2016⁸²), diverser Annahmen zu Effizienzsteigerungen im Gebäude- und Verkehrsbereich sowie von Substitutionsprozessen fossiler durch erneuerbare Energieträger. Die klimapolitischen Randbedingungen des 2 °C- und des 1.5 °C-Ziels des UNO-Klimarats und der damit verbundenen Vertragswerke (Pariser Abkommen) flossen als Randbedingungen mit ein. Somit wurden der Energiebedarf und dessen Deckung im Jahr 2050 mit einem top-down-Ansatz modelliert. Die CO₂-Reduktion bildet hier die Wirkung von Massnahmen im Energiebereich ab mit Bezug zu den gesamten Emissionen aller Bereiche (inkl. Sockelemissionen).

Szenario 2050		Passiv	Aktiv	Ambitioniert	
Klimaziel		2 °C	1.5 °C	1.5 °C	
CO ₂ -Ziel		-59%	-79%	-79%	gegenüber 1990
Effizienzziel		-33%	-39%	-40%	gegenüber 2008
Erneuerbar Inland	Kategorie 1	25%	36%	62%	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Import	Kategorie 2	15%	22%	23%	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Import	Kategorie 3	35%	42%	15%	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Total		75%	100%	100%	Jahresbilanzbetrachtung
Energieträgermix					
Strom		52%	54%	53%	des Gesamtenergiebedarfs 2050
– Strom Inland	Kategorie 1	17%	27%	53%	Jahresbilanzbetrachtung
– Strom Import	Kategorie 3	35%	27%	0%	
– Strom Export		0%	0%	0%	
Fernwärme KVA	Kategorie 2	14%	18%	19%	
Holz (Inland + Import)		8%	12%	12%	
– Holz Inland	Kategorie 1	7%	8%	8%	
– Holz Import	Kategorie 2	1%	4%	4%	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	0.3%	0.4%	0.4%	
Biogas + synth. ern. Gas	Kategorie 1 oder 3	1%	16%	16%	
Benzin, Diesel		0%	0%	0%	
Heizöl, Flüssiggas, Erdgas		25%	0%	0%	
Total		100%	100%	100%	

82 Für 2017 waren zum Zeitpunkt der Erstellung noch keine Treibhausgasbilanzen verfügbar.

Szenario 2050

Passiv Aktiv Ambitioniert

Szenario 2050		Passiv	Aktiv	Ambitioniert	
Importe					
Strom Import	Kategorie 3	35 %	27 %	0 %	des Gesamtenergiebedarfs 2050
Synthetisches, ern. Gas	Kategorie 3	0 %	15 %	15 %	Jahresbilanzbetrachtung
Holz	Kategorie 2	1 %	4 %	4 %	
Benzin, Diesel		0 %	0 %	0 %	
Heizöl, Flüssiggas		0 %	0 %	0 %	
Erdgas (fossil)		25 %	0 %	0 %	
		61 %	46 %	19 %	
Eigenproduktion					
Strom Inland	Kategorie 1	17 %	27 %	53 %	des Gesamtenergiebedarfs 2050
Holz	Kategorie 1	7 %	8 %	8 %	Jahresbilanzbetrachtung
Biogas	Kategorie 1	1 %	1 %	1 %	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	0.3 %	0.4 %	0.4 %	
Strom Export		0 %	0 %	0 %	
		25 %	36 %	62 %	
Fernwärme KVA	Kategorie 2	14 %	18 %	19 %	des Gesamtenergiebedarfs 2050
Total		100 %	100 %	100 %	Jahresbilanzbetrachtung

Stromzusammensetzung

Strom Inland	Kategorie 1	33 %	50 %	100 %	des Strombedarfs 2050
- Wasserkraft	Kategorie 1	14 %	15 %	16 %	Jahresbilanzbetrachtung
- Photovoltaik	Kategorie 1	19 %	35 %	84 %	
- Biogas BHKW	Kategorie 1	0 %	0 %	0 %	
Strom Import	Kategorie 3	67 %	50 %	0 %	
Strom Export		0 %	0 %	0 %	
Total		100 %	100 %	100 %	

Szenario 2050		Passiv	Aktiv	Ambitioniert	
Erneuerbare Energieträger					
Strom Inland	Kategorie 1	17%	27%	53%	des Gesamtenergiebedarfs 2050
Fernwärme KVA	Kategorie 2	14%	18%	19%	Jahresbilanzbetrachtung
Synthetisches ern. Gas	Kategorie 3	0%	15%	15%	
Holz	Kategorie 1	8%	12%	12%	
Biogas	und 2	1%	1%	1%	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	0,3%	0,4%	0,4%	
Strom Export	Kategorie 1	0%	0%	0%	
		40%	73%	100%	
Fossile Energieträger					
Erdgas		25%	0%	0%	
Heizöl		0%	0%	0%	
Flüssiggas		0,1%	0,0%	0,0%	
Benzin		0%	0%	0%	
Diesel		0%	0%	0%	
		25%	0%	0%	
Stromimporte					
Strom Import		35%	27%	0%	
Total	Kategorie 3	100%	100%	100%	

Tabelle 7 Randbedingungen und Teilziele der drei Energieszenarien für das Jahr 2050. Die Kategorien entsprechen der Definition im Abschnitt 3.2.2.⁸³

Nur im Szenario «Passiv» verbleibt noch ein Teil fossiles Erdgas im Jahr 2050, wodurch das 1,5 °C-Ziel verfehlt wird und das 2 °C-Ziel angestrebt wird. Die vollständige Substitution aller fossilen Energieträger muss beim 2 °C-Ziel ebenfalls erfolgen, aber erst später als 2050.

Die Zielberechnungen finden auf Jahresbilanzbasis statt. Dies bedeutet insbesondere beim Strom, dass diese Werte nicht auf strikter Gleichzeitigkeit von Ertrag und Bedarf beruhen. Das Speicherproblem wird demnach in dieser Betrachtungsweise ignoriert. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, wurden im Abschnitt A1.3.4 verschiedene Modellszenarien auf der Basis von 15-Minuten-Werten erarbeitet. Diese ermöglichen deutlich realitätsnähere Einschätzungen von Über- und Unterdeckungen und dem sogenannten Saisonspeicherbedarf.

⁸³ Quellen: Amt für Statistik, eigene Berechnungen

A1.3.3. Energiestrategie 2030: Zielszenario «Aktiv»

Die Erarbeitung der Zielszenarien für das Jahr 2030 erfolgte gemäss demselben top-down-Ansatz wie die Vision 2050. Zusätzlich wurden für 2030 das konkret ausgewiesene Massnahmenpotenzial (Anhang A2, bottom-up-Ansatz) mit den Zielwerten des Modells verglichen und die beiden Ansätze in Einklang gebracht. Die in den Teilzielen der Energiestrategie 2030 aufgeführten Zielwerte (Abschnitt 4.2) entsprechen jedoch nicht in jedem Punkt dem Potenzial gemäss der Massnahmenliste im Abschnitt A2, sondern einem erwartet realisierbaren Teil. Allfällige Ziellücken bei der Umsetzung müssten durch Emissionsreduktionen mittels Anwendung internationaler Marktmechanismen kompensiert werden. Die CO₂-Reduktion bildet hier die Wirkung von Massnahmen im Energiebereich ab mit Bezug zu den gesamten Emissionen aller Bereiche (inkl. Sockelemissionen).

Szenario 2030		Aktiv		
Klimaziel		1.5 °C	MWh/a	
CO₂-Ziel*		-36 %	gegenüber 1990	
Effizienzziel		-20 %	-263'443	gegenüber 2008
Erneuerbar Inland	Kategorie 1	20 %	220'994	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Import	Kategorie 2	15 %	160'931	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Import	Kategorie 3	27 %	287'670	Jahresbilanzbetrachtung
Erneuerbar Total		62 %	669'595	Jahresbilanzbetrachtung
Energieträgermix				
Strom		39 %	425'046	des Gesamtenergiebedarfs 2030
- Strom Inland	Kategorie 1	13 %	137'376	Jahresbilanzbetrachtung
- Strom Import	Kategorie 3	27 %	287'670	
- Strom Export		0 %	0	
Fernwärme KVA	Kategorie 2	12 %	127'961	
Holz (Inland + Import)		9 %	95'980	
- Holz Inland	Kategorie 1	6 %	63'010	
- Holz Import	Kategorie 2	3 %	32'970	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	1 %	7'471	
Biogas + synth. ern. Gas	Kategorie 1 oder 3	1 %	13'136	
Benzin, Diesel		17 %	186'384	
Heizöl, Flüssiggas, Erdgas		21 %	222'079	
Total		100 %	1'078'058	

* Die Differenz zu minus 40 % muss durch Emissionsverminderungen im Ausland (Zertifikate) erreicht werden

Szenario 2030
Klimaziel

Aktiv
1.5 °C MWh/a

Importe				
Strom Import	Kategorie 3	27%	287'670	des Gesamtenergiebedarfs 2030
Synthetisches, ern. Gas	Kategorie 3	0%	0	Jahresbilanzbetrachtung
Holz	Kategorie 2	3%	32'970	
Benzin, Diesel		17%	186'384	
Heizöl, Flüssiggas		3%	33'814	
Erdgas (fossil)		17%	188'265	
		68%	729'103	
Einheimisch				
Strom Inland	Kategorie 1	13%	137'376	
Holz	Kategorie 1	6%	63'010	
Biogas	Kategorie 1	1%	13'136	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	1%	7'471	
Strom Export		0%	0	
		20%	220'994	
Fernwärme KVA	Kategorie 2	12%	127'961	
Total		100%	1'078'058	

Stromzusammensetzung				
Strom Inland	Kategorie 1	32%	137'376	des Strombedarfs 2030
– Wasserkraft	Kategorie 1	16%	67'793	Jahresbilanzbetrachtung
– Photovoltaik	Kategorie 1	16%	69'503	
– Biogas BHKW	Kategorie 1	0%	80	
Strom Import	Kategorie 3	68%	287'670	
Strom Export		0%	0	
Total		100%	425'046	

Szenario 2030 Klimaziel		Aktiv 1.5 °C	MWh/a	
Erneuerbare Energieträger				
Strom Inland	Kategorie 1	13%	137'376	des Gesamtenergiebedarfs 2030
Fernwärme KVA	Kategorie 2	12%	127'961	Jahresbilanzbetrachtung
Synthetisches, ern. Gas	Kategorie 3	0%	0	
Holz	Kategorie 1 und 2	9%	95'980	
Biogas	Kategorie 1	1%	13'136	
Sonnenkollektoren	Kategorie 1	1%	7'471	
Strom Export		0%	0	
		35%	381'925	
Fossile Energieträger				
Erdgas		17%	188'265	
Heizöl		3%	32'804	
Flüssiggas		0%	1'010	
Benzin		7%	80'636	
Diesel		10%	105'749	
		38%	408'463	
Stromimporte				
Strom Import	Kategorie 3	27%	287'670	
Total		100%	1'078'058	

Tabelle 8 Randbedingungen und Teilziele der drei Energieszenarien für das Jahr 2050. Die Kategorien entsprechen der Definition im Abschnitt 4.2.2.⁸⁴

A1.3.4. Modellierungen für «Energievision 2050» und «Energiestrategie 2030»

Zusätzlich zu den auf Jahresbilanzen basierenden Modellen der Zielszenarien (Abschnitt A1.3.2 und A1.3.3) und den konkreten Massnahmenpotenzialen (Anhang A2) wurden zeitlich hoch aufgelöste Modellierungen des Strombedarfs und dessen Deckung in den Zieljahren 2030 und 2050 erstellt. Diese Modelle erlauben eine grobe Beurteilung der Effekte der zunehmenden Elektrifizierung, der veränderten Stromerzeugung und der Effizienzsteigerungen im Gebäude- und Verkehrsbereich. In die Summe der Bedarfsprofile an Strom in den Zieljahren 2030 und 2050 flossen weitgehend übereinstimmende Annahmen wie diejenigen, welche den Zielszenarien «Aktiv» in den Abschnitten 0 und A1.3.3 zugrunde gelegt wurden.

Fragestellungen

1. Welche Auswirkungen haben die im Rahmen der Energievision 2050 und der Energiestrategie 2030 vorgesehenen Massnahmen auf das «Energiesystem Liechtenstein»?
2. Welcher PV-Ausbau im Land ist in Bezug auf das Gesamtsystem tragbar?
3. Analyse des Lastverhaltens des Gesamtsystems inkl. Speicherbedarf Tag/Nacht sowie Bedarf für saisonalen Ausgleich (inkl. vorgelagertes Netz) beim Strom.

⁸⁴ Quellen: Amt für Statistik, eigene Berechnungen.

Ansatz

- Modellierung des Landes-Strombedarfs und seiner Deckung im Jahr 2050 auf Basis von 15-Minuten-Werten der Last- und Erzeugerprofile, Annahmen zur Substitutionen von fossilen Energieträgern, zur E-Mobilität sowie zu Wärmepumpen
- Modellierung von Erzeugerquellen (Photovoltaik, Windstrom on- und offshore, Netzbezug und Überschusseinspeisung) sowie Speichersystemen (Batteriespeicher, Saisonspeicheranlage auf Basis Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff, Speicherung der Wasserstoffs in Drucktanks, Rückverstromung über Brennstoffzelle)
- Grobe Wirtschaftlichkeitsbewertung zum Vergleich von Varianten anhand von Jahres- und Gestehungskosten
- Auswertung diverser Grössen zur Beurteilung des Systems: Energieautarkie, Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad der Prosumer (Haushalte, PV und Batterien), Deckungsgrad und allfällige Überschusssituationen einheimischer, erneuerbarer Energien, Effekt der Elektrifizierung (Wärmepumpen und Elektromobilität), Wirkungsgrad der Strombereitstellung über das ganze Jahr (inkl. allfälliger Saisonspeicherung), Round-trip-Effizienz des Saisonspeichers
- Visualisierung der zeitlichen Verläufe von Erzeugung, Verbrauch, Deckung und Speichern

Weitere Annahmen

- Strombedarf: 377 GWh/a (ohne Wasserkraft⁸⁵, mit Annahmen zu Effizienzsteigerungen im Gebäudepark und bei Geräten sowie Annahmen zur Substitution von fossilen Energieträgern durch Elektrifizierung im Verkehr und mittels Wärmepumpen)
- Bedarfsprofile für Haushalte und Gewerbe aus Standardlastprofilen (ohne PV und WP)⁸⁶, Wärmepumpen gemäss Klimadaten (Heizwärme) und Laderegulierung tagsüber (BWW), Elektromobilität gemäss Annahmen zur Tagesverteilung der Ladeleistung
- Ertragsdaten Wind von 2016 für Deutschland (on- und offshore separat)⁸⁷, PV gemäss PVGIS⁸⁹ am Standort Vaduz und variabler Verteilung von Anlagentypen (Fassade/Dach, Anstellwinkel, Ausrichtung)
- Grobe Investitionskostenschätzung 2035+ gemäss ISE Fraunhofer⁹⁰, 5 % Kapitalzins, Auswertung der Jahreskosten (Gestehungskosten)
- Bezug ab ENTSO-E Netz 84 CHF/MWh
- Wirkungsgrad Batteriespeicher: 93 % (Zyklus), Elektrolyse von Wasser: 63 %, Kompression H₂: 93 %, Brennstoffzelle: 56 %

⁸⁵ Basis sind die Wasserkraft (67.8 GWh/a) wird der Einfachheit vorgängig vom Bedarf abgezogen (Annahme zeitlich 100 % regelbar, auch saisonal)

⁸⁶ Quelle: Standardlastprofile des BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) für Haushalte H0 und Gewerbe G0 (beide ohne Elektro-speicher/WP und ohne PV) unter www.bdew.de/energie/standardlastprofile-strom/

⁸⁷ Quelle: Stundenwerte für den Standort Zürich Meteo Schweiz (mittleres Jahr) aus Meteonorm

⁸⁸ Quelle: Deutsche Bundesnetzagentur unter www.smard.de/home/download/loadcenter/download_marktdaten

⁸⁹ Quelle: re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

⁹⁰ Quellen: www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf und www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/What-will-the-energy-formation-cost.pdf

Szenario 1 «Starker PV-Zubau mit Netzausgleich» (Jahr 2050)

Mix: 450 MWp PV, 200 MWh Batterien

Bedarf und Erzeugung (Deckung inkl. Speichereffekten)

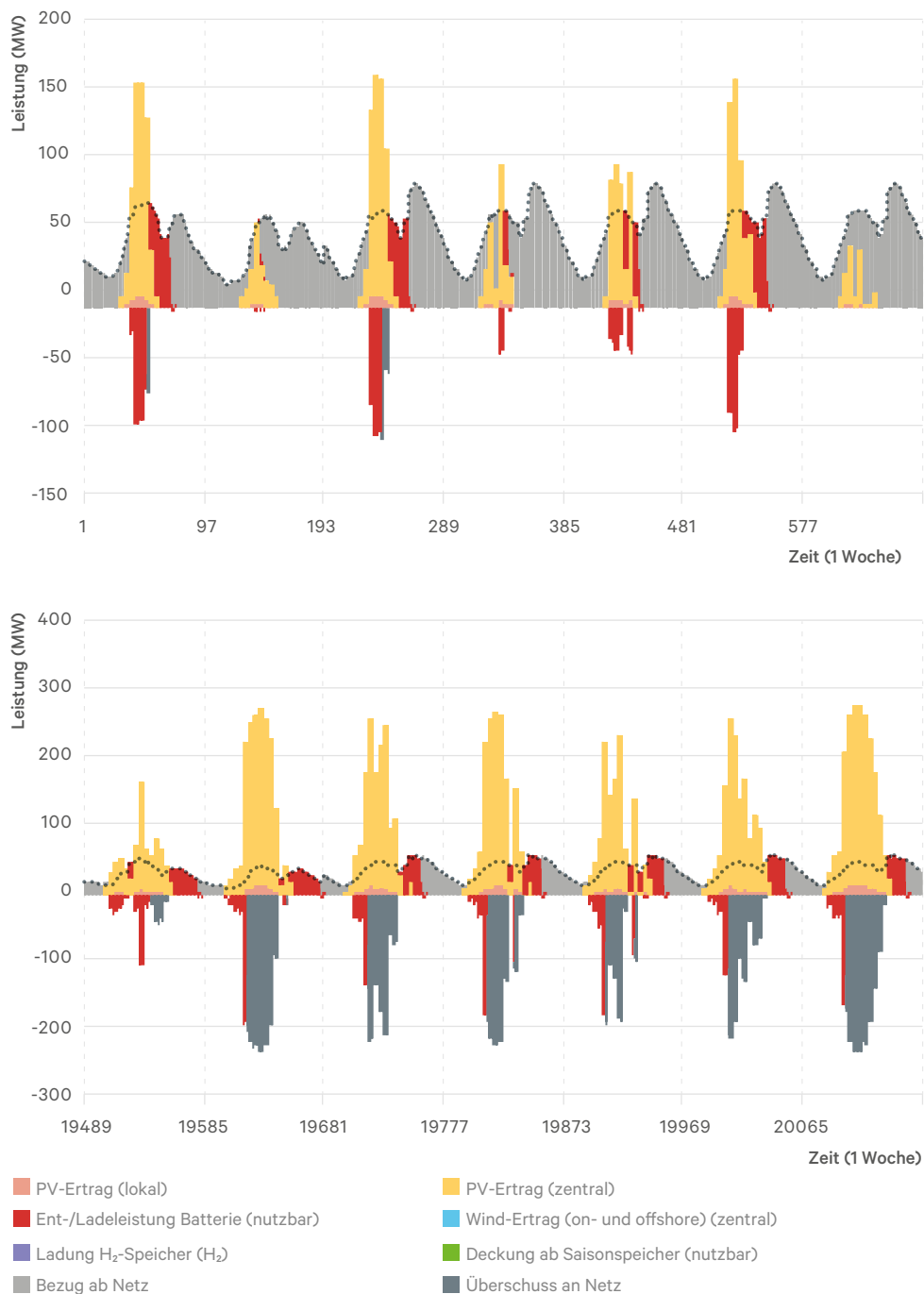


Abbildung 24 Modellergebnisse des Szenario 1 einer Winter- (oben) und einer Sommerwoche (unten) des Strombedarfs und dessen Deckung im Jahr 2050

In der Jahresbilanz sind im Jahr 2050 100% Erneuerbare im Inland möglich, auf 15-Minuten-Basis resultieren aber rund 50% Importe aus dem Ausland.

Die extreme PV-Ausbaustrategie (+14 MWp/Jahr, heute zwischen +2.5 und +4.5 MWp/Jahr) führt ohne Saisonspeicherung zu sehr grosser Abhängigkeit vom Ausland für die Abgabe von PV-Überschüssen und den Bezug von Strom ab Netz im Winter und in der Nacht.

Szenario 2 «Intelligenter Mix mit Netzausgleich» (Jahr 2050)

Mix: 187 MWp PV, 110 MWp Windkraft, 100 MWh Batterien

Bedarf und Erzeugung (Deckung inkl. Speichereffekte)

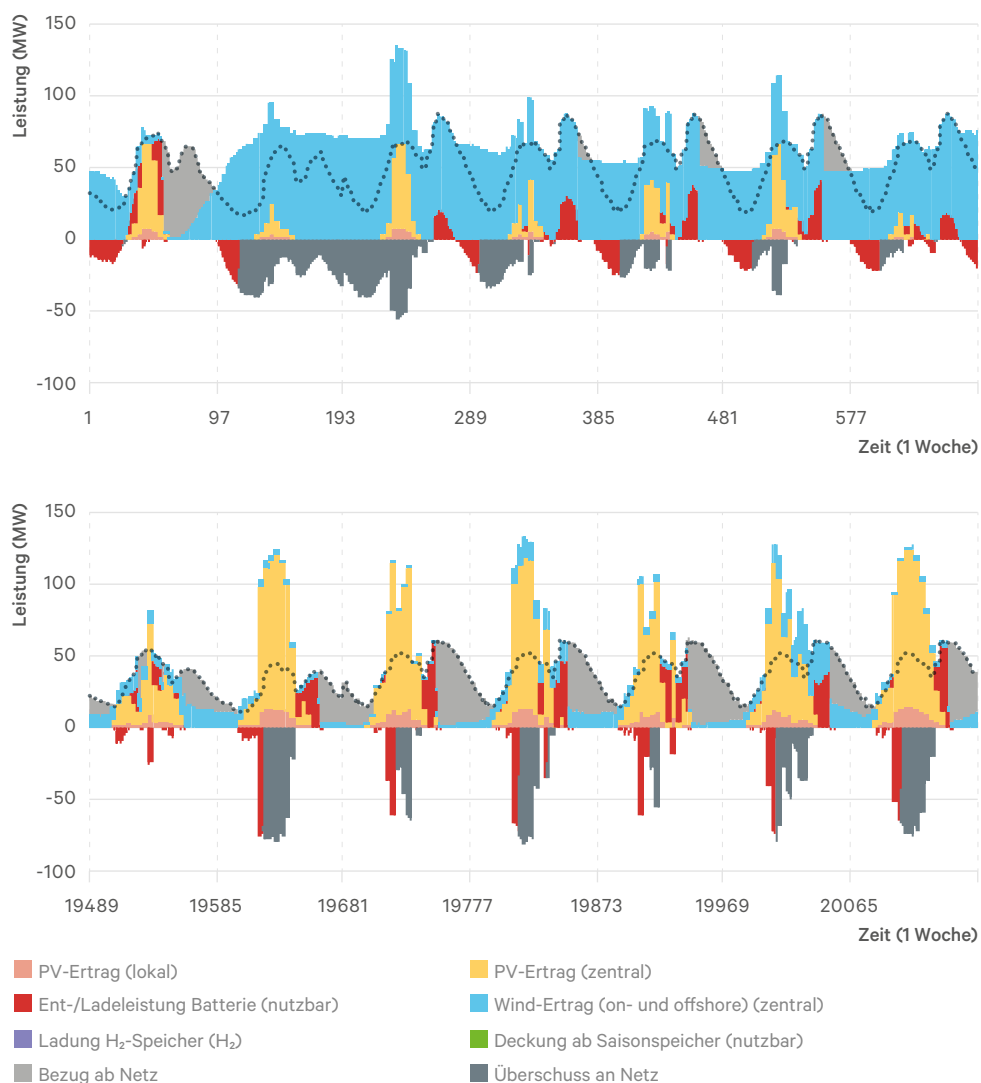


Abbildung 25 Modellergebnisse des Szenario 2 einer Winter- (oben) und einer Sommerwoche (unten) des Strombedarfs und dessen Deckung im Jahr 2050

Ein durchdachter Erzeugermix hat grosse Vorteile. Insbesondere Windkraft und PV ergänzen sich saisonal gut.

Der abgebildete Zubau an PV entspricht etwa +5 MWp/Jahr bis 2050 (Szenario «Aktiv»),

die Batterien rund 10'000 heutigen Kleinspeichern oder 2'000 Elektrofahrzeugen mit bidirektionaler Ladung.

Das Szenario führt in der Jahresbilanz zu 100 % erneuerbarer Energie, im Detail resultieren noch 22% Importe ab Netz.

Szenario 3 «100 % PV mit Saisonspeicherung» (Jahr 2050)

Mix: 790 MWp PV, 250 MWh Batterien, 136 GWh P2G-Speicher

Bedarf und Erzeugung (Deckung inkl. Speichereffekte)

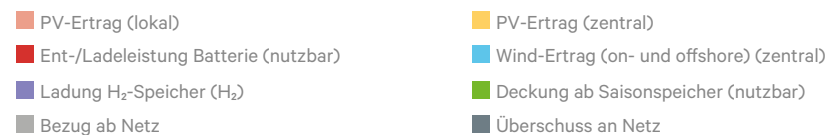
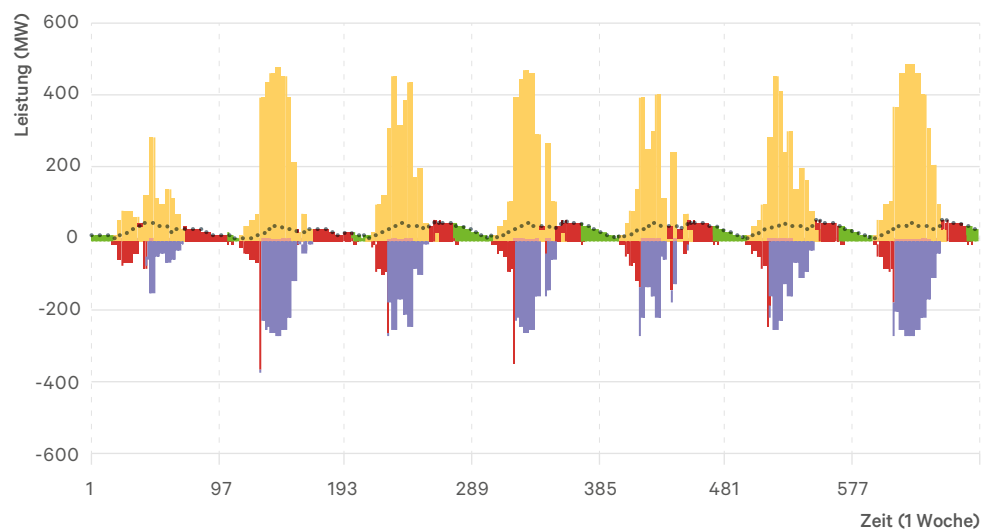
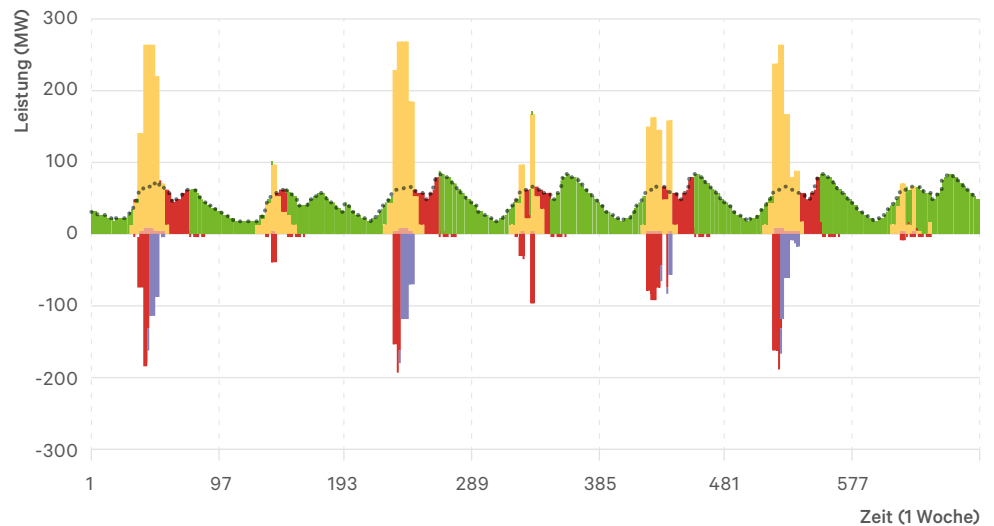


Abbildung 26 Modellergebnisse des Szenario 3 einer Winter- (oben) und einer Sommerwoche (unten) des Strombedarfs und dessen Deckung im Jahr 2050

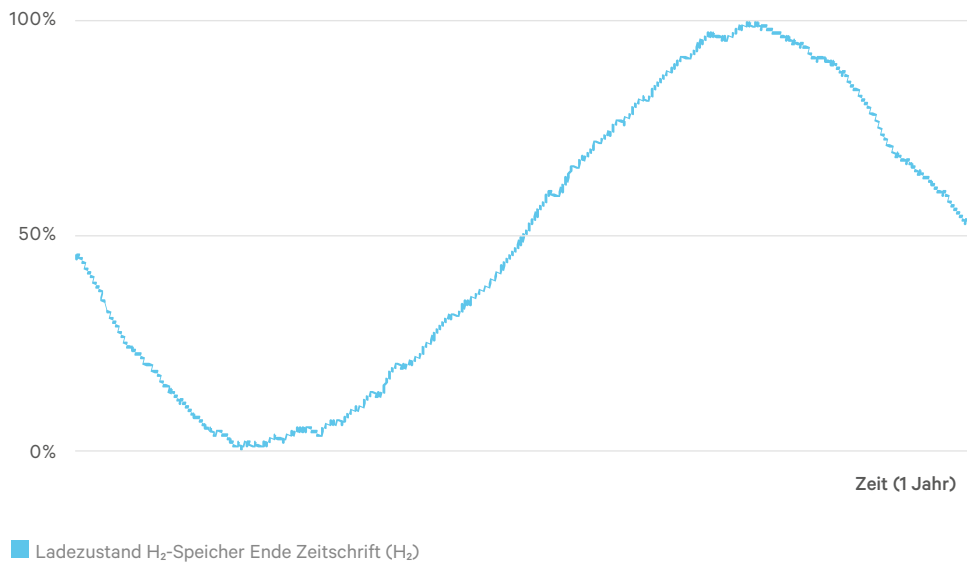


Abbildung 27 Ladezustand des Saisonspeichers im Szenario 3 während einem Jahr

Der Wirkungsgrad des Gesamtsystems «Strom» sinkt mit der Saisonspeicherung, die Eigenversorgung nimmt zu. Der Gesamtwirkungsgrad «Strom-Strom» liegt bei rund 54 %.

Eine reine PV-Strategie führt zu einem sehr hohen Saisonspeicherbedarf, weil grosse Mengen PV-Strom mit grossen Verlusten über den Speicher geführt werden müssen. Der nötige PV-Zubau ist kaum machbar.

Szenario 4 «100% erneuerbar mit Saisonspeicherung» (Jahr 2050)

Mix: 187 MWp PV, 140 MWp Windkraft, 28 GWh P2G-Speicher

Bedarf und Erzeugung (Deckung inkl. Speichereffekte)

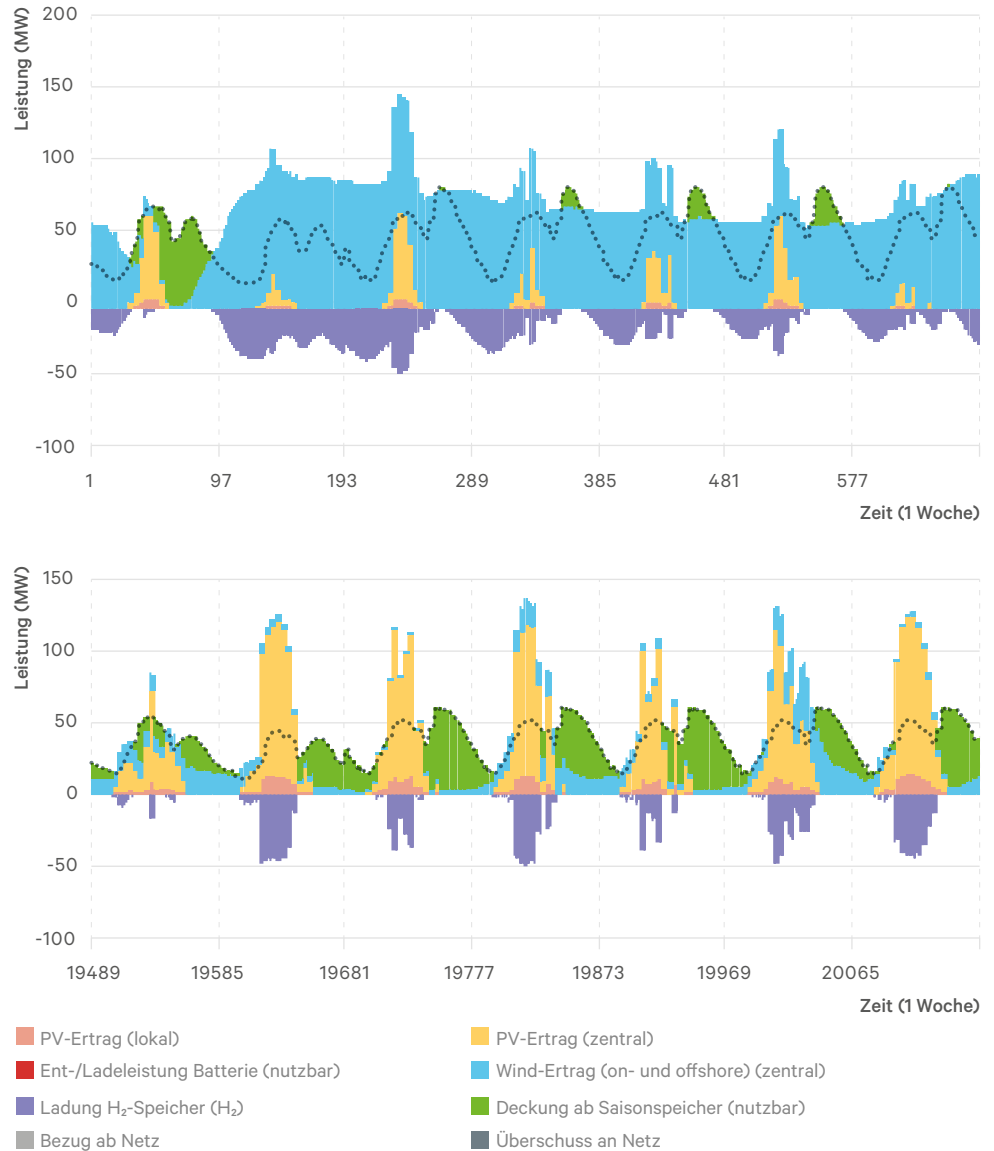


Abbildung 28 Modellergebnisse des Szenario 4 einer Winter- (oben) und einer Sommerwoche (unten) des Strombedarfs und dessen Deckung im Jahr 2050

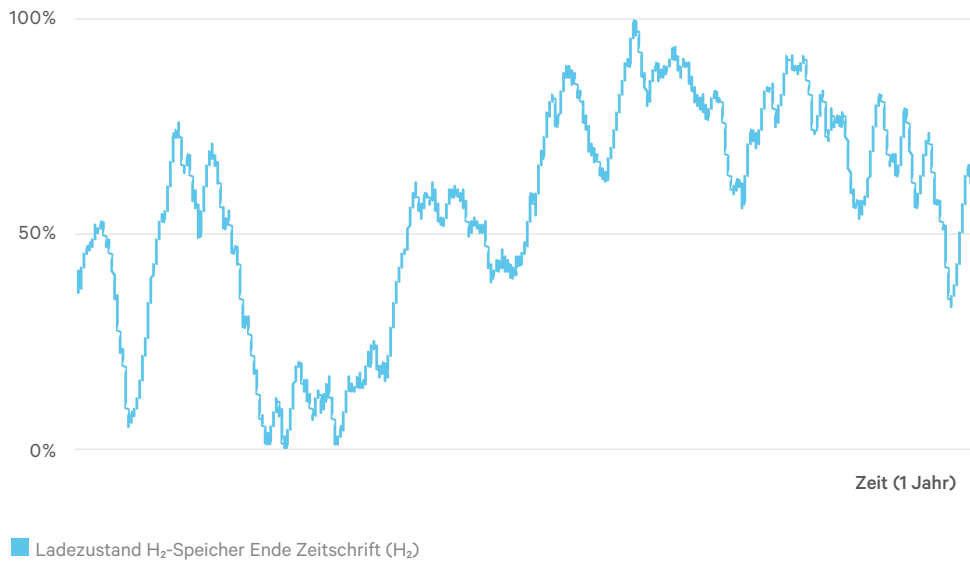


Abbildung 29 Ladezustand des Saisonspeichers im Szenario 4 während einem Jahr

Ein Mix mit relativ viel Windkraft ist optimal für die Saisonspeicherung. Der Saisonspeicher wird so ganzjährig in beide Richtungen genutzt und fällt deutlich kleiner aus (vgl. Szenario 3). Der Wirkungsgrad «Strom-Strom» liegt bei rund 70 %.

Die Windkraftleistung von 140 MWp entspricht ca. 28 grossen Windrädern.

Szenario 5 «Aktives Szenario» (Jahr 2030)

Mix: 87 MWp PV

Bedarf und Erzeugung (Deckung inkl. Speichereffekte)

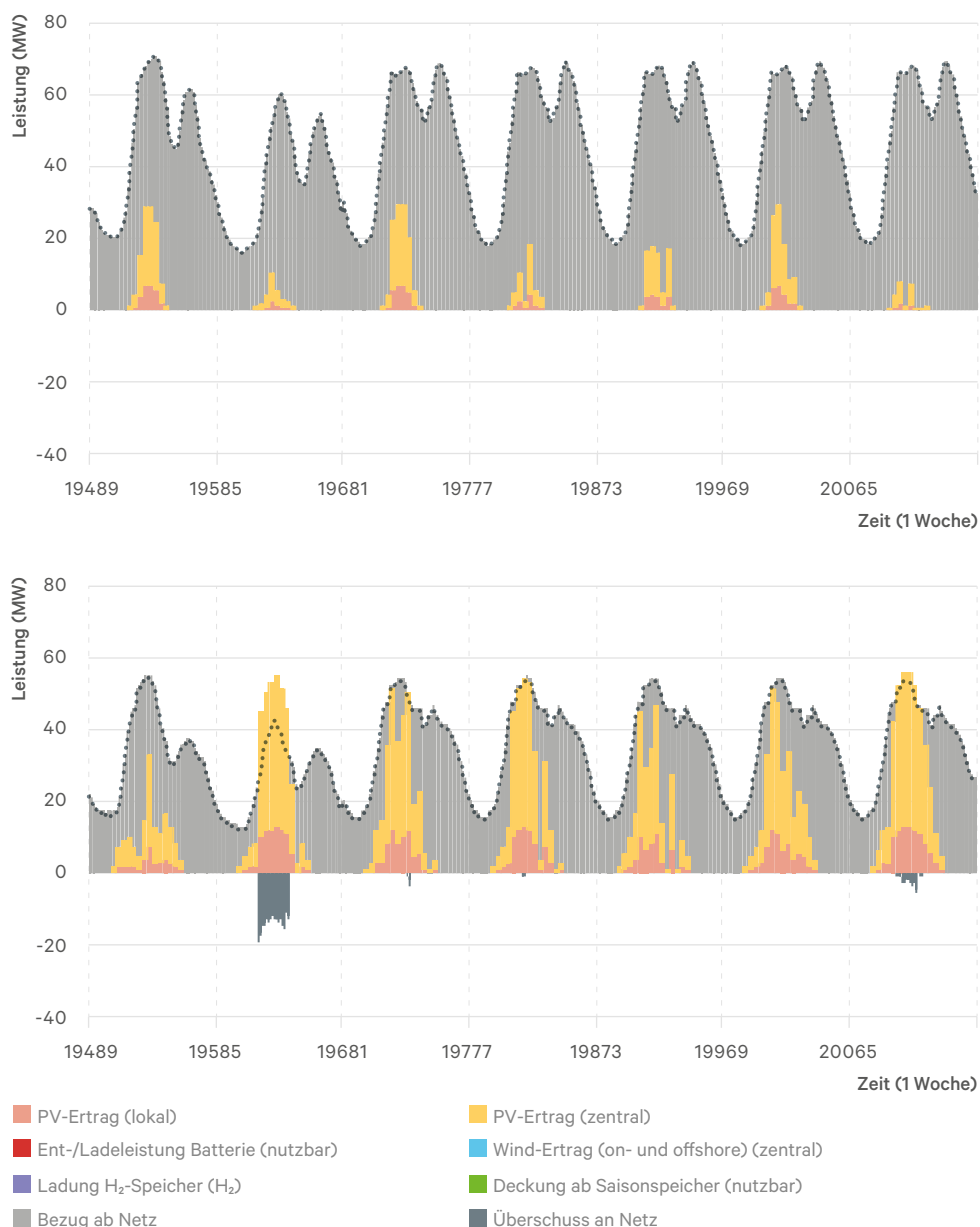


Abbildung 30 Modellergebnisse des Szenario 5 einer Winter- (oben) und einer Sommerwoche (unten) des Strombedarfs und dessen Deckung im Jahr 2030

Der Ausbau der PV-Leistung gemäss dem Szenario «Aktiv» mit 5 MWp/Jahr bis 2030 ist noch problemlos ohne Saisonspeicherung zu meistern, wenn parallel die Elektrifizierung des Wärmesektors, die Elektromobilität und intelligente Verbrauchssteuerungen vorangetrieben werden.

A1.3.5. 2000-Watt-Gesellschaft

Auf der Basis des globalen +2 °C-Klimaziels definiert sind die Vorgaben der 2000-Watt-Gesellschaft. Auch dabei geht es primär darum, die Treibhausgasemissionen mittels eines langfristigen Absenkpfeils bis ins Jahr 2100 (resp. 2150) auf ein nachhaltig verkräftbares Niveau zu reduzieren. Dies umfasst ein Ziel zur Senkung des Primärenergiebedarfs sowie ein Ziel zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Wesentliche Elemente der zur Erreichung der Ziele nötigen Verbrauchssenkungen sieht die 2000-Watt-Gesellschaft nicht nur in technischen Massnahmen (Effizienzsteigerungen, Substitutionen), sondern auch in Suffizienzmassnahmen im Sinne von Selbstbeschränkung, Konsumverzicht und «Abwerfen von Ballast bei besserer Lebensqualität»⁹¹. Dieser Bereich umfasst unter anderem eine Stabilisierung der Wohnfläche pro Person und der täglich mit Personenwagen zurückgelegten Distanzen sowie eine Reduktion der Nachfrage nach energierelevanten Gütern mittels lenkender Massnahmen. Daneben spielen aber auch technische Massnahmen eine wichtige Rolle (Sanierung des Gebäudeparks, spezifischer Verbrauch der Fahrzeugflotte etc.).

Der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie muss gemäss der 2000-Watt-Gesellschaft bis im Jahr 2100 auf 500 Watt pro Person sowie 1 Tonne CO₂-Emissionen pro Person und Jahr gesenkt werden. Das Zwischenziel im Jahr 2050 liegt bei 2000 Watt nicht erneuerbarer Primärenergie sowie 2 t CO₂-Emissionen pro Person und Jahr. Diese Zielwerte gelten bei einer Bilanzierung auf Landesebene gemäss dem Absatzprinzip für alle im Land konsumierten energetischen Ressourcen und deren Emissionen, aber ohne Berücksichtigung der grauen Energie von importierten Produkten und Dienstleistungen sowie ohne Bereinigung von Effekten an der Bilanzgrenze (z.B. Tanktourismus)⁹². Gemäss einer Berechnung von Jungbluth et al. für die Schweiz lagen allein die grauen Importe bei rund 2000 Watt im Jahr 2005⁹³.

Zum Bilanzierungsrahmen gilt es anzumerken, dass sich die 2000-Watt-Gesellschaft grundsätzlich am bewerteten Gesamtkonsum orientieren möchte, d.h. dass auch die graue Energie in importierten Produkten und Dienstleistungen sowie Verbräuche und Emissionen aus nicht energetischen Anwendungen (wie der Landwirtschaft) zu bilanzieren sind⁹⁴. Unter diesem umfassenderen Bilanzierungsrahmen schiebt das Konzept den Zeitpunkt für die Erreichung der Zielwerte auf das Jahr 2150 und die Erhebung dieser Bilanz ist aufwendig.

⁹¹ Quelle: Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft, verfügbar unter www.local-energy.swiss/dam/jcr:ed3bdc58-4f2a-415c-a794-e19b87f058d4/Bilanzierungskonzept_2000-Watt-Gesellschaft.pdf

⁹² Quelle: www.2000watt.swiss/dam/jcr:dcdcfbcf-c9e2-46dd-894a-2fe66087fbd8/Bilanzierungskonzept_2000-Watt-Gesellschaft.pdf

⁹³ Quelle: Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz (Jungbluth et al. 2012)

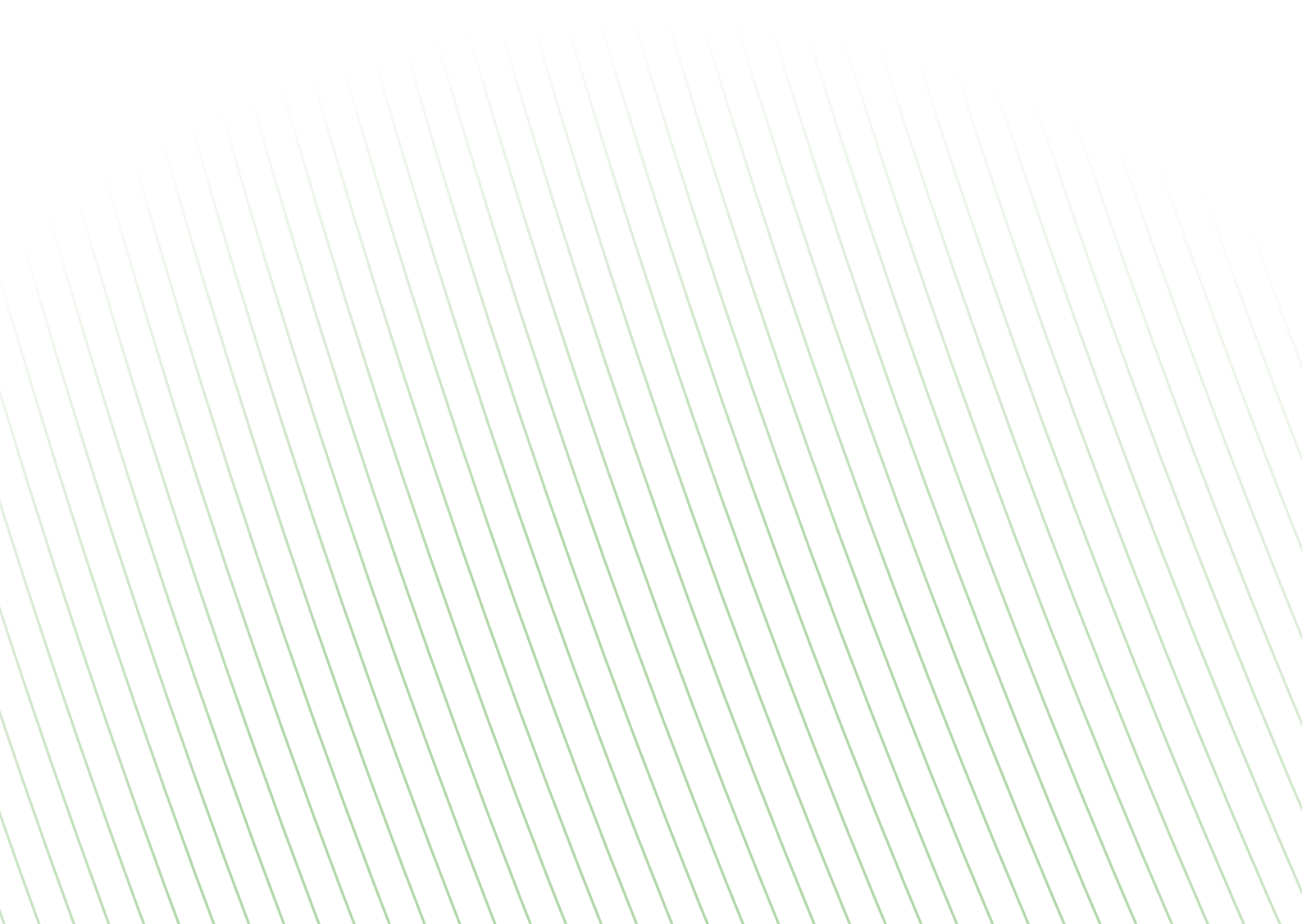
⁹⁴ Quelle: Siehe Fussnote 84.

A2. Aktualisierte Massnahmenliste

Da die Zahlen laufend aktualisiert werden, können Sie den aktuellen Stand unter folgendem Link bzw. QR-Code jederzeit abrufen.



<http://www.energiestrategie2030.li/>



Impressum

Auftraggeber

Regierung des Fürstentums Liechtenstein
Ministerium für Infrastruktur, Wirtschaft und Sport

Autoren

Arthur Büchel, iWorks AG Management Consulting, Ruggell
Jürg Senn, Leiter der Energiefachstelle, Amt für Volkswirtschaft (AVW)
Dr. Heike Summer, Internationales / Klima / Recht, Amt für Umwelt (AU)
Markus Widmer, EK Energiekonzepte AG, Zürich

Beratendes Gremium der Regierung ist die Energiekommission

Dr. Daniel Risch (Vorsitz), Anja Meier-Eberle, Christoph Ospelt,
Prof. Matthias Sulzer, Daniel Vogt

Gestaltungskonzept und Umsetzung

Neuland visuelle Gestaltung, Schaan

Bearbeitungsstand: September 2020

