

BERICHT UND ANTRAG
DER REGIERUNG
AN DEN
LANDTAG DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN
BETREFFEND DEN
4. MONITORINGBERICHT ZUR ENERGIESTRATEGIE 2030

(Berichtsjahr 2023)

<i>Behandlung im Landtag</i>	
	<i>Datum</i>
Schlussabstimmung	

Nr. 146/2024

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung	5
Ziel 1: 20% Reduktion des Energiebedarfs.....	7
Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030	8
Ziel 3: 55% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030	9
Zuständige Ministerien	13
Betroffene Stellen	13
I. BERICHT DER REGIERUNG	15
1. Ausgangslage und Aufträge	15
2. Begründung der Vorlage.....	17
3. Energieperspektiven 2050	19
3.1 Aktualisierung der Potenziale per 2024.....	19
3.1.1 Energieeffizienz	19
3.1.2 Erneuerbare Energien	24
3.2 Entwicklungsperspektiven 2050	28
3.3 Erkenntnisse und Empfehlungen	29
4. Entwicklung und Zielpfad der Energiestrategie 2030.....	32
4.1 Rahmenbedingungen: Wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung	33
4.2 Ziel 1: 20% Reduktion des Energiebedarfs.....	39
4.3 Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030	40
4.4 Ziel 3: 55% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030	44
5. Erläuterungen zur Umsetzung der Massnahmen.....	46
5.1 Überblick	46
5.2 Bereich Gebäude	48
5.2.1 Massnahmenliste	48
5.2.2 Indikatoren.....	50
5.3 Bereich Verkehr.....	59
5.3.1 Massnahmenliste	59

5.3.2	Indikatoren.....	61
5.4	Bereich Erzeugung und Beschaffung.....	65
5.4.1	Massnahmenliste	65
5.4.2	Indikatoren.....	67
6.	Modellrechnungen zu den Entwicklungsstudien 2050	83
6.1	Wirkung der PV-Ausbaurate auf Eigenversorgungsgrad und Überschüsse	85
6.2	Ergänzung des Erzeugermix mit Alpin-PV und Windkraft.....	86
6.3	Zeitliche Zunahme der Überschüsse im Sommer	88
6.4	Die Rolle von Batteriespeichern im erneuerbaren Energiesystem von 2050.....	90
6.5	Szenarien für einen Saisonspeicher im Jahr 2050.....	93
7.	Aktualisierte Massnahmenliste (Beilage)	98
8.	Schlussfolgerung und Ausblick	98
II.	ANTRAG DER REGIERUNG	100

Beilage:

- Massnahmenliste zum 4. Monitoringbericht

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende vierte Monitoringbericht bildet mit dem Datenstand per Ende 2023 (Treibhausgase 2022) das dritte Jahr der zehnjährigen Periode der Energiestrategie 2030 ab. Anhand von verschiedenen Indikatoren wird die Umsetzung jährlich gemessen. Der Bericht zeigt auf, welche Entwicklungen im Einklang mit den Zielsetzungen der Energiestrategie 2030 verlaufen und wo Handlungsbedarf besteht. Für den 4. Monitoringbericht wurden zudem die Effizienzsteigerungs- und Produktionspotenziale erneuerbarer Energien gemäss neusten Erkenntnissen und Studien aktualisiert und im Hinblick auf die Kompatibilität mit den Zielsetzungen der Energievision 2050 («Netto Null») überprüft. Die Erkenntnisse daraus sind im Abschnitt I.3 dieses Berichts aufgeführt und weitere Details im Abschnitt I.6.

Nach der im Jahr 2022 deutlichen und vor allem durch milde Witterung und durch Energiepreiserhöhungen bedingten Reduktion des Endenergieverbrauchs um -6.8%¹ konnte im Jahr 2023 mit -0.2% eine Stabilisierung beobachtet werden. Der Anteil erneuerbarer Energien befindet sich dank starkem PV-Ausbau und ertragreichem Jahr bei der Wasserkraft leicht über dem Zielpfad. Die Treibhausgasemissionen liegen 2022 dank der oben erwähnten Effekte sogar unter dem -55% Zielpfad gemäss revidiertem Emissionshandelsgesetz² (BuA Nr. 119/2022).

Im Jahr 2023 ist der Bedarf an im Inland beschafften Treibstoffen um 5.5% angestiegen (+38% beim Benzin, -15% beim Diesel) und der Heizölabsatz um +10.1%. Beim Erdgas dagegen, welches keine Lagereffekte aufweist, resultierte eine Senkung des Verbrauchs um 7.4%, wodurch insgesamt bei den fossilen Brennstoffen eine Reduktion um 1.4% resultierte. Diese Effekte lassen sich wie bereits 2022 zu einem grossen Anteil mit der erneut milden Witterung erklären.

Besonders positiv aufgefallen sind im Jahr 2023 wiederum die zunehmende Umsetzung von erneuerbaren Heizsystemen (insbesondere Wärmepumpen) und der Netzausbau bei der Nah- und Fernwärme. Diese Entwicklungen entfalten ihr volles Potenzial teils erst in den kommenden Jahren, weil der Netzausbau eine

¹ Auf Basis des ab 2023 angewendeten, neuen Berechnungsmodells der Stromproduktion mit Photovoltaikanlagen (Eigenverbrauch). Der Wert für 2022 wurde nach dem neuen Modell nachberechnet.

² Emissionshandelsgesetz (EHG) vom 19. September 2012, LGBl. 2012 Nr. 346.

Vorinvestition in künftige Anschlüsse ist. Dem gegenüber wurden gemäss Feuerungskontrollen auch 2023 noch 133 fossile Feuerungen (Heizungen) neu eingebaut oder ersetzt (218 im Jahr 2022). Der Trend geht zwar in die richtige Richtung, aber es bleibt offen, ob auf freiwilliger Basis eine genügend rasche und umfassende Substitution aller fossilen Systeme in der Wärmeversorgung von Gebäuden möglich ist.

Der Photovoltaik- bzw. PV-Zubau hat sich im Jahr 2023 erneut stark beschleunigt. Die installierte PV-Leistung konnte um +15 MWp auf insgesamt 60 MWp gesteigert werden. Damit deckt PV-Strom (inkl. Eigenverbrauch) mittlerweile 11.4% des jährlichen Landes-Stromverbrauchs ab (Vorjahr 9.5%³). Bei anhaltend hohem Zubau kann das Zubauziel der Periode 2021-2030 von ca. +50 MWp bereits Ende 2025 erreicht werden. Eine beschleunigte Entwicklung ist auch jenseits der Landesgrenzen zu beobachten und zeigt, dass hier die Weichen erfolgreich gestellt wurden.

³ Siehe Fussnote 1 auf Seite 6.

Ziel 1: 20% Reduktion des Energiebedarfs

Der Endenergiebedarf im Jahr 2023 gemäss Energiestatistik⁴ sinkt um 0.2% gegenüber dem Vorjahr. Der Zielindikator zur Effizienz wird damit knapp eingehalten. Die Reduktion ist zu einem relevanten Teil einem weiteren Jahr mit milder Witterung zuzuschreiben. Damit bleibt die Aussicht für die Folgejahre anspruchsvoll. Speziell zu erwähnen ist die Senkung des Absatzes beim Strom um 2.6% trotz zunehmendem Einsatz von E-Autos und Wärmepumpen. Dieser Effekt kann zumindest teils über den wachsenden Eigenverbrauch an PV-Strom erklärt werden, welcher durch hohe Strompreise begünstigt wird. Voraussetzung für die Zielerreichung in Zukunft sind die Elektrifizierung mittels Wärmepumpen und durch Elektromobilität sowie weitere Effizienzsteigerungen bei Geräten, Antrieben und Prozessen und im Gebäudemark, um den Mehrbedarf durch Wachstum zu kompensieren.

⁴ Energiestatistik 2023, Amt für Statistik und Link auf das Statistikportal <https://www.statistikportal.li/de/themen/raum-umwelt-und-energie/energie>

Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030

Der Anteil erneuerbarer Energien inkl. Fernwärme und Dampf ab Kehrrechtverbrennungsanlage (KVA) Buchs gemäss Energiestatistik konnte um fast 2 Prozentpunkte erhöht werden und liegt im Jahr 2023 bei knapp 28% und damit über dem Sollwert von 25%.⁵ Die Nutzung von Fernwärme ab KVA erhöhte sich 2023 um 50%, der Dampfabsatz sank um 0.8%. Die Stromproduktion aus Wasserkraft (ohne Pumpenergie) stieg aufgrund des niederschlagreichen Jahres 2023 im Vergleich zum relativ trockenen Vorjahr stark (+24.1%). Die PV-Produktion verzeichnete durch den grossen Zubau ebenfalls einen grösseren Anstieg um 16.9%.⁶ Im Gegensatz dazu sanken die Holznutzung (-4.6%), die Solarthermie (-3.9%) sowie die Produktion von Biogas und Nutzung von Biomasse in BHKW. Der Aufwärtstrend beim Anteil der erneuerbaren Energien wurde in den letzten Jahren durch die relativ milden Temperaturen und den dadurch reduzierten Gesamtenergieverbrauch unterstützt. Die weitere Steigerung dieses Indikators auf 30% bis im Jahr 2030 bleibt anspruchsvoll und hängt massgeblich davon ab, dass die PV-Produktion weiter erhöht, Fernwärme ausgebaut und gleichzeitig der Endenergiebedarf des Landes gesenkt werden kann.

⁵ Fernwärme und Dampf ab KVA Buchs werden als Abwärmenutzung betrachtet und ebenfalls hier bilanziert

⁶ 50% des Ertrages der 2023 neu installierten PV-Leistung wird erst im Jahr 2024 angerechnet.

Ziel 3: 55% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030

Mit Beschluss der Klimastrategie 2050 im Dezember 2022 (BuA Nr. 120/2022) sowie der Abänderung des Emissionshandelsgesetzes im März 2023 (BuA 119/2022) wurde das Klimaziel 2030 im Vergleich zu 1990 von -40% auf -55% erhöht. Dabei soll eine Reduktion von mindestens 40% mit Inlandmassnahmen erreicht werden. Laut Treibhausgasinventar 2022 wurden die Emissionsziele für 2022 nach dem linearen -40%-Absenkpfad übertroffen. Der Pro-Kopf-Ausstoss von Treibhausgasen in Liechtenstein sank 2022 auf 4.14 Tonnen CO₂-Äquivalente (2021: 4.68 Tonnen) und auch die Emissionen pro BIP sind weiter deutlich rückläufig. Unter Einbezug der LULUCF-Kategorien⁷, der sogenannten CO₂-Quellen oder -senken, welche auf Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft zurückgehen, sanken die Gesamtemissionen 2022 im Vergleich zum Vorjahr um 8.8% (-11.7% energiebedingte Emissionen). Gegenüber 1990 wurde eine Gesamtreduktion von 30.7% erreicht. Damit bleibt der Indikator noch einige Prozentpunkte vom verschärften Inlandziel (-40% bis 2030) entfernt, aber für 2022 sogar leicht unter dem -55%-Zielpfad.

Im Jahr 2023 haben allerdings die energiebedingten CO₂-Emissionen gemäss Energiestatistik und Emissionsfaktoren des Schweizer Bundesamts für Umwelt (BAFU) um 2.3% zugenommen. Dies ist auf den gesteigerten Absatz an Heizöl und Benzin zurückzuführen und könnte auf gesunkene Erdölpreise und darauffolgende Bevorratungseffekte sowie eine erhöhte Reisetätigkeit zurückzuführen sein. Bei Annahme von 20% Anteil Emissionen aus LULUCF-Kategorien (Mittelwert der Jahre 2020-2022) würde damit das -40% Ziel auch 2023 noch erfüllt, das -55% Ziel aber knapp nicht mehr. Somit ist für 2023 der Bedarf für Zertifikatkäufe absehbar, wenn keine ausserordentlichen Reduktionen bei den nicht energiebedingten Emissionen auftreten.

Im Bereich «**Gebäude**» wurden im Jahr 2023 wieder leicht mehr Flächen energetisch saniert. Der Einbau erneuerbarer Heizsysteme läuft weiterhin erfolgreich und es konnten rund 110'000 m² Energiebezugsfläche mit Wärmepumpen, Nah- und

⁷ LULUCF (von engl. «Land Use, Land Use Change and Forestry»): Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) sind Teil der nicht-energetischen Treibhausgasemissionen und machen zusammen mit Emissionen aus industriellen Prozessen, Landwirtschaft und Abfall rund 20% der gesamten Treibhausgasemissionen aus.

Fernwärme, Hackschnitzelfeuerungen und einzelnen Holzfeuerungen ausgerüstet werden sowie 68 neue Kunden an die Nah- und Fernwärmenetze der Liechtenstein Wärme (mehrheitlich ab KVA Buchs) angeschlossen werden. Gemäss Daten zur Förderung der Energiefachstelle wurden 2023 zwar deutlich mehr erneuerbare Heizungen gefördert (374 Stück), aber es wurden gemäss Feuerungskontrollen auch noch 133 fossile Feuerungen ersetzt oder neu in Betrieb genommen. Der Anteil fossiler Feuerungen muss für Netto-Null zeitnah eliminiert und auf erneuerbare Systeme umgestellt werden.

Im September 2023 hat der Landtag die Umsetzung der kantonalen Mustervorschriften im Energiebereich (MuKE 2014) beschlossen. Dies stellte eine der zentralen Massnahmen der Energiestrategie 2030 dar; allerdings wurde dagegen das Referendum ergriffen und die Vorlage wurde am 21. Januar 2024 vom Volk abgelehnt. Mit der Ablehnung der beiden Vorlagen zur MuKE 2014 (BuA Nr. 61/2023) und PV- Pflicht (BuA Nr. 60/2023) muss die Politik eine neue, von der Bevölkerung getragene Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie finden.

Der Energiebedarf der Betriebe mit Zielvereinbarung beläuft sich weiterhin auf rund 26% des Landesenergiebedarfs und nahm 2023 um 2.5% ab, wobei sich der Energiemix langsam in die gewünschte Richtung entwickelt (mehr Fernwärme ab KVA, Dampf und erneuerbare Energien).

*Im Bereich «**Verkehr**» konnte 2023 keine weitere Zunahme des Anteils (hybrid-) elektrischer Personenwagen bei den Neuwagenverkäufen ausgemacht werden. Im Fahrzeugbestand sind mittlerweile 5.8% der Personenwagen (hybrid-) elektrisch⁸ (4.3% im Vorjahr). Bei den Neuzulassungen waren 2023 rund 21% vollelektrisch und 34% hybridelektrisch. Während der Dieselsabsatz um 15% rückläufig war, stieg der Benzinabsatz im Jahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr um 38%. Der Absatz fossiler Treibstoffe insgesamt nahm damit um 5.5% zu. Der Anstieg beim Benzinabsatz kann nicht durch das Preisgefälle im nahen Ausland erklärt werden. Es könnte sein, dass eine erhöhte private Reisetätigkeit und der fortschreitende Umstieg von Diesel auf Benzin dazu geführt haben. Die Treibstoffeffizienz des öffentlichen Busverkehrs (1.1% Anteil am Treibstoffbedarf des Landes) hat durch steigende Auslastung*

⁸ Neu ab 2023 (und auch rückwirkend) werden Hybridfahrzeuge nur noch zu 20% als elektrisch gezählt.

weiter an Effizienz zugelegt. Erste Elektrobusse konnten im Frühling 2023 in Betrieb genommen werden und erbringen nun rund 10% der Fahrleistung. Es bleibt gegenwärtig offen, warum der gemeldete Treibstoffbedarf trotz geringerer Flottenkilometer nicht gesenkt werden konnte. Liemobil will die Datenbasis künftig prüfen und verbessern.

*Im Bereich **«Erzeugung und Beschaffung»** konnte der Absatz an Dampf und Fernwärme ab KVA Buchs um 2.8% gesteigert werden, was auch den zeitlich verzögerten Effekt des massiven Ausbaus der Netzinfrastuktur widerspiegelt. Das Nah- und Fernwärmenetz wurde 2023 um 9.6 km (+23%) erweitert. Alle Wärmenetze des Landes (ohne Dampf ab KVA) wurden insgesamt zu 22% mit fossilen Energien bedient (Vorjahr: 25%). Der fossile Anteil ist zu einem bedeutenden Teil durch noch gasbetriebene KWK-Anlagen begründet. Die Verringerung des fossilen Anteils ist Ergebnis der zunehmenden Nutzung von Fernwärme ab KVA in den Nahwärmenetzen (+50% im Jahr 2023). Durch ein wasserkraftreiches Jahr und den Ausbau der Photovoltaik konnte die inländische, erneuerbare Stromproduktion auf den höchsten Wert seit Beginn der Aufzeichnungen gesteigert werden. Nun geht es darum, weitere und bestenfalls komplementäre erneuerbare Energiequellen wie die Windkraft zu erschliessen und aufgrund der steigenden erneuerbaren Produktion zunehmend auch systematische Lastverschiebungen, netzdienliche (Speicher-) Bewirtschaftung und den künftigen Saisonspeicherbedarf zu adressieren. Dies sind grosser Herausforderungen und es bieten sich auch Chancen und neue Geschäftsfelder.*

Neben weiterhin sehr positiven Entwicklungen wie dem PV-Zubau, dem vermehrten Einsatz von Wärmepumpen und dem Ausbau der Nah- und Fernwärme ist festzustellen, dass andere wichtige Indikatoren für die energetische Transformation stagnieren: Die energetische Gebäudesanierungsrate bleibt tief, die Elektrifizierung des Verkehrs hat sich vorerst nicht wie erhofft weiter beschleunigt und der Anteil der fossilen Brennstoffe am Gesamtenergiebedarf nimmt nur zögerlich ab.

Die Stossrichtung der Energiestrategie 2030 und der Energievision 2050 bleibt weiterhin gültig. Die aktuelle Überprüfung der Effizienz- und Erzeugerpotenziale hat ergeben, dass die Zielsetzungen weiterhin durch umsetzbare, heute verfügbare Massnahmen erreichbar sind. Die Hauptansatzpunkte sind:

- *Steigerung der energetischen Sanierungsrate des Gebäudebestandes zur Reduktion des Energiebedarfs. Dazu hat die Regierung die Förderungen für Wärmedämmung per 24.09.2024 um rund 43% deutlich erhöht.*
- *Starke Reduktion fossil betriebener Heizsysteme durch Umrüstung auf elektrische Wärmepumpen, erneuerbare Energien, Nah- und Fernwärme sowie Dampf ab KVA zur Wärmeversorgung von Gebäuden und zur Prozesswärmeerzeugung. Dazu hatte die Regierung die Förderung für Haustechnikanlagen bereits per 01.01.2023 stark angehoben. Zudem sind die Planungen für einen beschleunigten Ausbau des Fernwärmenetzes im Gang.*
- *Elektrifizierung des Verkehrs, Verlagerung auf öffentlichen Verkehr und Langsamverkehr. Dazu wird die Regierung prüfen, ob mit einer Gesetzesanpassung die Grundlage für eine finanzielle Förderung von Basisladeinfrastrukturen für batterieelektrische Fahrzeuge geschaffen werden soll.*
- *Weiterer, rascher Zubau der Produktionskapazität erneuerbarer Energien im Inland, namentlich PV und Windenergie. Mit der neuen Generation von Leichtwindanlagen werden bislang uninteressante Potenziale nutzbar. Dazu überprüft die Regierung laufend die Förderbedingungen für die PV-Anlagen und forciert zusammen mit den LKW weitere Schritte im Bereich Windenergie.*

ZUSTÄNDIGE MINISTERIEN

Ministerium für Inneres, Wirtschaft und Umwelt

Ministerium für Infrastruktur und Justiz

BETROFFENE STELLEN

Amt für Volkswirtschaft

Amt für Hochbau und Raumplanung

Stabsstelle für staatliche Liegenschaften

Amt für Umwelt

Gemeinden Liechtensteins

Liechtenstein Wärme

Liechtensteinische Kraftwerke

Vaduz, 5. November 2024

LNR 2024-1685

P

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,
Sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete

Die Regierung gestattet sich, dem Hohen Landtag nachstehenden Bericht und Antrag betreffend den vierten Monitoringbericht zur Energiestrategie 2030 zu unterbreiten.

I. BERICHT DER REGIERUNG

1. AUSGANGSLAGE UND AUFTRÄGE

Der Landtag hat am 6. November 2020 die Energiestrategie 2030 mit der Massnahmenliste für verbindlich erklärt.⁹ Die Regierung wurde mit der Umsetzung beauftragt. Dazu hat der Landtag auch einzelne konkrete Aufträge formuliert und beschlossen. Die Regierung wurde mit der Umsetzung der Energiestrategie 2030 wie folgt beauftragt, wobei die **fett gedruckten** Textpassagen vom Landtag in der Sitzung ergänzend zum Bericht und Antrag Nr. 118/2020 beschlossen wurden:

Zur Anpassung der Gebäudevorschriften und der Förderbedingungen wird:

⁹ Siehe Bericht und Antrag Nr. 118/2020.

- a) die Regierung beauftragt, die Gebäudevorschriften auf die Mindeststandards der MuKE 2014 im Gebäudebereich anzupassen, um einerseits ein Regelungsgefälle zur Schweiz zu vermeiden und andererseits den Einbau von fossil betriebenen Feuerungen bei Neu- und Umbauten zu erschweren;
- b) die Regierung beauftragt, für die Massnahme 4.1 «Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen» die Rahmenbedingungen per Gesetzes- oder Verordnungsänderung so weiterzuentwickeln und zu optimieren, damit **mindestens** das Ausbauziel von 5 MWp/Jahr erreicht wird. Dabei sollen auch die Bedingungen für den Weiterbetrieb und die Erneuerung von bereits gebauten Anlagen analysiert und gegebenenfalls soweit verbessert werden, dass die Stromproduktion aus gebauten Anlagen möglichst hoch bleibt;
- c) die Regierung beauftragt, die Massnahme 2.8 «Elektrofahrzeuge» in Kombination mit 3.5 «Smart Energy» prioritär weiter zu verfolgen, damit die vorhersehbaren grossen Produktionsspitzen der Photovoltaik lokal und möglichst im Inland geglättet werden können;
- d) **die Regierung beauftragt, dem Landtag im Dezember 2020 eine Gesetzesvorlage vorzulegen, mit welcher die geltenden Photovoltaik-Einspeisevergütungen um ein Jahr verlängert werden;**
- e) **die Regierung beauftragt zu prüfen, ob Energiespeicher gefördert werden sollen.**

Um die Vorbildwirkung des Landes zu stärken, wird:

- a) die Regierung beauftragt zu prüfen, wo das Land mit seinen Gebäuden als Schlüsselkunde Fernwärmeprojekte anstossen kann, welche erneuerbare Energie oder Abwärme nutzen und Liegenschaften, welche sich in

Landesbesitz befinden oder vom Land gemietet werden, an Fernwärmeprojekte anzuschliessen, welche erneuerbare Energie oder Abwärme nutzen;

- b) die Regierung beauftragt, den Energiebezug der Verwaltung und der staatsnahen Betriebe, auf welche die Regierung Einfluss hat, auf 100% erneuerbare Energie umzustellen und mit laufendem Monitoring aufzuzeigen, wie der Energieverbrauch pro Mitarbeiter oder ähnlichen Kennzahlen reduziert wird. Soweit möglich und sinnvoll soll die Energieversorgung mit Anlagen in, an und auf den eigenen Gebäuden bereitgestellt werden. Mehrbedarf soll durch erneuerbare Energieprodukte gedeckt werden.

Um die Sensibilisierung im Energiebereich zu forcieren, wird:

- a) die Regierung beauftragt, die Kommunikation und Information über die Notwendigkeit und Art des anstehenden Wandels im Energiebereich zu forcieren;
- b) die Regierung beauftragt, dem Landtag jährlich mit einem Monitoringbericht den Stand der Umsetzung der Energiestrategie 2030 zur Kenntnis zu bringen. **Zeigt dieser Bericht, dass mit den enthaltenen Massnahmen die Ziele der Energiestrategie 2030 nicht erreichbar werden, dann wird die Regierung aufzeigen, wie die Ziele mit zusätzlichen oder angepassten Massnahmen dennoch erreicht werden können.**

2. BEGRÜNDUNG DER VORLAGE

Der vorliegende Monitoringbericht bildet den aktuellen Stand der Umsetzung der Energiestrategie 2030 ab und führt verschiedene aussagekräftige, grundlegende Indikatoren, anhand derer die Umsetzung im Verlauf und auch zukünftig jährlich gemessen werden kann. Der Bericht zeigt auf, welche Entwicklungen sich im Einklang mit den Zielsetzungen der Energiestrategie 2030 befinden und wo verstärkt Handlungsbedarf besteht.

Bei den vorliegenden aktualisierten Daten ist zu berücksichtigen, dass bei der Analyse mit dem Datenstand 2023 (Treibhausgase 2022) das dritte Jahr der zehnjährigen Periode der Energiestrategie 2030 abgebildet wird. Die Energiestrategie 2030 und ihre Szenarien basierten auf dem Datenstand von 2017 (resp. 2015 bei den Treibhausgasen), wobei im Rahmen dieser Monitoringperiode eine Neubeurteilung der Potenziale zur Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien durchgeführt wurde (Abschnitt 3.1). Ebenso wurden unterschiedliche Energieszenarien für das Jahr 2050 erstellt, in zeitlich hoher Auflösung simuliert (Abschnitt 3.2) und so Fragestellungen betreffend Erzeugermix und Speicherbedarf beantwortet (Abschnitt 3.3).

3. ENERGIEPERSPEKTIVEN 2050

3.1 Aktualisierung der Potenziale per 2024

In der Energiestrategie 2020 wurden die erschliessbaren Effizienz- und Produktionspotenziale erstmals umfassend bilanziert und in einer Liste in Form von einzelnen Massnahmen auch quantitativ eingeordnet. Diese Liste wurde über die gesamte Laufzeit der Energiestrategie 2020 jeweils mit der effektiven Umsetzung abgeglichen. Im Rahmen der Erarbeitung der Energiestrategie 2030 wurden die Potenziale auf bis zum Jahr 2030 realistischerweise erschliessbare Grössenordnungen heruntergebrochen («Ziel 2030») und die Zielerreichung seither weiterhin im Rahmen der jährlichen Monitoringberichte überwacht. Die Überarbeitung der Potenziale für die Energiestrategie 2030 hat unter anderem dazu geführt, dass grosse, theoretische Potenziale wie die Rheinwasserkraftnutzung oder die Nutzung von Tiefengeothermie keine im betrachteten Zeitrahmen erschliessbaren Potenziale mehr darstellen, weil neuere Potenzialstudien zum Schluss kamen, dass die Potenziale entweder im Kontext einer Interessenabwägung nicht erschlossen werden können oder nicht im Zeitraum bis 2030.

Für den hier vorliegenden 4. Monitoringbericht wurden die Potenziale im Hinblick auf die Kompatibilität mit den Zielsetzungen der Energievision 2050 («Netto Null») und den Annahmen für die aktualisierten Entwicklungsszenarien (Abschnitt 3.2) sowie den aktuellen Entwicklungen und Erkenntnissen aus Potenzialstudien erneut aktualisiert. Dies betrifft die Bereiche «Energieeffizienz» (Abschnitt 3.1.1) und «Erneuerbare Energien» (Abschnitt 3.1.2). Die Arbeiten wurden im Frühjahr 2024 durchgeführt.

3.1.1 Energieeffizienz

Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine Notwendigkeit, um dem durch die Elektrifizierung des Verkehrs und des Wärmesektors (Wärmepumpen)

zunehmenden Strombedarf entgegenzuwirken. Jede neue Wärmepumpe und jedes E-Auto ist auf Ebene der Endenergiebilanz des Landes eine grosse Effizienzsteigerung um rund Faktor drei gegenüber dem fossilen System, das es ersetzt, aber gleichzeitig auch eine Verlagerung auf Elektrizität als Energieträger. Die erwartete, künftige Zunahme des Stromverbrauchs ist somit durch die notwendige Substitution der heute noch fossilen Verbräuche auf elektrische Anwendungen im Rahmen der Energievision 2050 und Energiestrategie 2030 bedingt. Eine Effizienzverbesserung macht aber insbesondere im Strombereich Sinn, weil dadurch der Bedarf an zusätzlicher, erneuerbarer und investitionsintensiver Erzeuger- und Speicherkapazität reduziert werden kann.

Interessanterweise konnte im Stromnetz des Landes keine absolute Zunahme des Absatzes ausgemacht werden. Seit ca. dem Jahr 2010 stabilisierte sich der Stromabsatz, trotz Einbau einer grossen Zahl an Wärmepumpen und der zuletzt zunehmenden Elektromobilität (Abbildung 1). Auch die bis ca. 2010 starke Zunahme der Spitzenlast im Landesnetz konnte stabilisiert werden. Dies deutet darauf hin, dass der zunehmende PV-Eigenverbrauch und die gleichzeitig laufenden Effizienzbemühungen das Wachstum durch die Elektrifizierung bislang kompensiert haben. Der PV-Eigenverbrauch für 2023 wird auf 16.8 GWh geschätzt und erklärt nur einen kleinen Teil (weniger als 20%) der Reduktion im Vergleich zu einem Szenario «linearer Anstieg seit 2010).

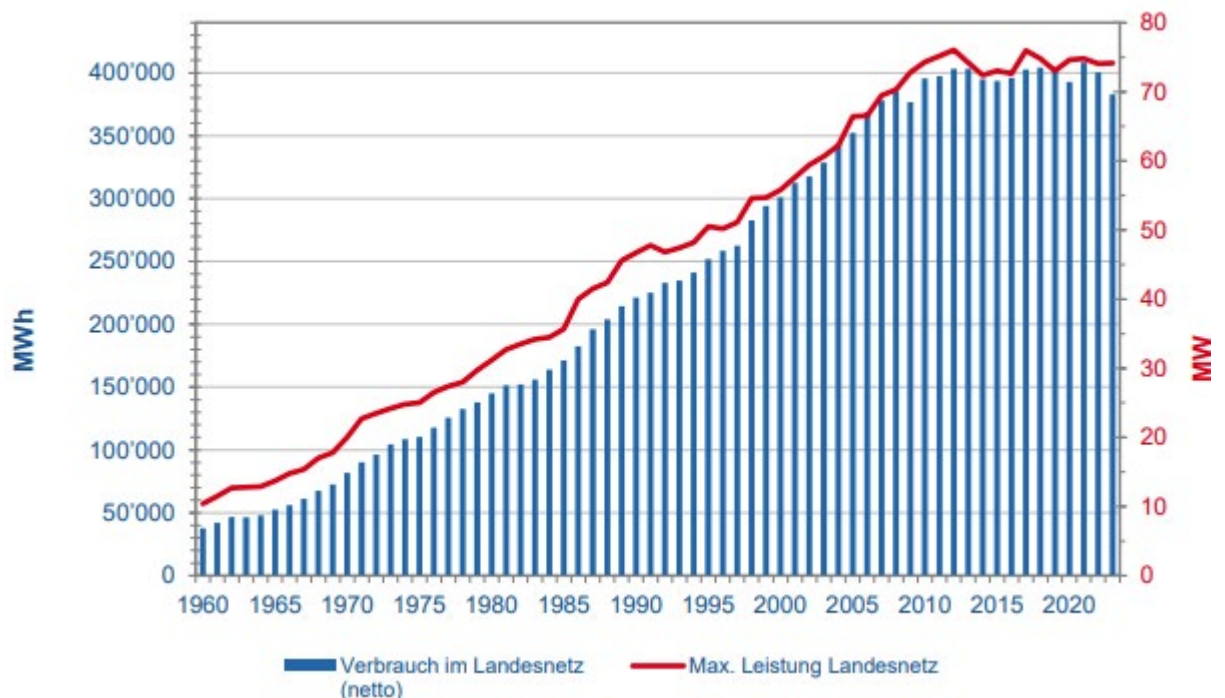


Abbildung 1: Landesstromverbrauch und Spitzenlast von 1960 bis 2023. Der Absatz im Landesnetz umfasst keinen PV-Eigenverbrauch. Quelle: Siehe Fussnote¹⁰.

Die Tabelle 1 fasst alle Massnahmen aus der Massnahmenliste¹¹ zusammen, welche eine Wirkung auf die Energieeffizienz haben. Unter «Theoretisches Potenzial» sind die im Jahr 2008 erhobenen, maximal möglichen Einsparpotenziale erfasst. Dies entspricht noch nicht der Zielsetzung, da nicht alle Potenziale technisch, ökologisch und ökonomisch sinnvoll umsetzbar sind. Unter «Erschliessbares Potenzial» sind die bis 2050 realistisch umsetzbaren Potenziale aufgeführt, welche weitgehend dem Szenario «Aktiv» der Energievision 2050 entsprechen. Unter «Stand Ende 2023» schliesslich sind die bis zum Jahr 2023 durch Energieeffizienz bereits erzielten Reduktionen aufgeführt. Diese Werte leiten sich aus der jährlichen Nachführung der Umsetzung gemäss Massnahmenliste in den Monitoringberichten ab.

¹⁰ Quelle: Energiedaten 2023, Jahresbericht Energiewirtschaft, LKW Netzbetriebsführung & Kraftwerke, Stand 15.02.2024. Verfügbar unter <https://www.lkw.li/unternehmen/zahlen-und-fakten.html>.

¹¹ Vgl. Anhang der jährlichen Monitoringberichte, siehe Anhang I.6.

Tabelle 1: Aktualisierte Potenziale für die Effizienzsteigerung bis zum Jahr 2050

	Theoretisches Potenzial	Erschliess- bares Potenzial bis 2050	Erschliess- bares Potenzial 2021-2030	Erschlosse- nes Potenzial 2021-2023
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Wärmedämmung	300	72	21	2
Wärmepumpen	122	115	72	17
Stromeffizienz	107	87	44	4
Elektromobilität + Treibstoffeffi- zienz	227	164	41	10
Verkehrsverlagerung	163	-	12	8
Total	919	439	189	42

Das «theoretische Potenzial» bei den Wärmepumpen besteht aus Überlegungen zum Anteil des Gebäudewärmebedarfs, welcher einerseits durch Wärmedämmungen reduziert werden kann, und andererseits mittels Wärmepumpen auf erneuerbare Energie umgestellt werden kann (Massnahmen 1.4, 1.6, und 1.5.2 der Massnahmenliste). Das bis 2050 erschliessbare Potenzial ergibt sich aus der Notwendigkeit, mittelfristig den gesamten fossilen Brennstoffverbrauch durch erneuerbare Alternativen zu decken, wobei ein grosser Teil davon die Wärmebereitstellung im Gebäudebereich betrifft, und über Wärmepumpen abgedeckt werden soll. Grundsätzlich besteht ein gewisser Handlungsspielraum zwischen der Reduktion des Wärmebedarf mittels Wärmedämmung und der Substitution der fossilen durch erneuerbare Energien mittels Wärmepumpen und anderen erneuerbaren Systemen.

Gleiches gilt für die Elektromobilität – das dortige Potenzial orientiert sich am fossilen Treibstoffverbrauch, welcher gemäss Szenario «Aktiv» der Energievision 2050 vollständig substituiert werden muss. Dies geschieht über Fahrzeuge mit Elektroantrieb (Massnahme 2.8) sowie (übergangsweise) durch erhöhte Treibstoffeffizienz (Massnahme 2.7). Die Elektrifizierung befindet sich im Wachstum.

Das theoretische Potenzial bei der Verkehrsverlagerung leitete sich in der Energievision 2050 gemäss den Massnahmen 2.2 (öffentlicher Verkehr) und 2.5 (Mobilitätsmanagement in Betrieben) aus einer Verlagerung des Berufspendel- und MIV-Verkehrs auf den öffentlichen Verkehr ab. Eine solche Verlagerung ist aktuell nicht erkennbar und insbesondere das S-Bahn-Projekt vorerst gescheitert, weshalb in der Energiestrategie 2030 kein erschliessbares Potenzial angenommen wurde. Im Bereich der Treibstoffeffizienz pro Personenkilometer sind Verbesserungen durch wieder steigende Auslastung erkennbar.

Bei der Stromeffizienz gehen die erschliessbaren Potenziale von einer Reduktion um 22% bis 2050 aus (-0.67% pro Jahr). Dies entspricht dem Szenario «Aktiv» der Energievision und umfasst Elemente wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie (Massnahme 3.2), Stromeffizienz in grossen Gebäuden (Massnahme 1.7), steigende Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung (Massnahme 3.1) und komplementär wirkende Effekte durch Wachstum. Das theoretische Potenzial beruhte auf der Summe diverser Massnahmen mit Stromeinspareffekt aus der Massnahmenliste. Die Differenz ist durch unterschiedliche Bewertungsansätze bedingt.

Für die Wärmedämmung erfolgt eine grosse Korrektur der erschliessbaren Einsparpotenziale. Das theoretische Potenzial basiert auf optimistischen Annahmen zur Erhöhung der Sanierungszyklen im Gebäudebereich. Das erschliessbare Potenzial geht von einer Reduktion des Heizwärmebedarfs um 19% bis 2050 durch Wärmedämmungen aus, berechnet auf Basis des Heizöl- und Erdgasverbrauchs von 2020.

Die erschliessbaren Potenziale für die Periode 2021 bis 2030 stellen knapp die Hälfte der Potenziale bis 2050 dar. Dazu müssen aber noch folgende Überlegungen gemacht werden: Die effektive Ziellücke 2023 bis 2030 für das Effizienzziel gemäss Energiestatistik beträgt gemäss den Zahlen in der Abbildung 7 auf Seite 40 lediglich

74 GWh. Über diese Periode muss aber weiterhin auch das erwartete Wachstum über zusätzliche Effizienzgewinne kompensiert werden, damit in der Summe eine Abnahme des Energieverbrauchs in der Energiestatistik gemessen werden kann. Nimmt man an, dass der Verbrauch durch Wachstum jährlich um 1% oder 12 GWh¹² steigt, muss im Zeitraum 2023-2030 zusätzlich zur aktuellen Ziellücke von 74 GWh auch noch 84 GWh Wachstumseffekt mit den Effizienzmassnahmen kompensiert werden. In Summe sind damit also rund 158 GWh an Effizienzgewinnen nötig. Die Prüfungen ergeben, dass die erschliessbaren Potenziale gemäss der Massnahmenliste ausreichend sind, um dieses Ziel erreichen zu können. Dafür sind aber weiterhin grosse Anstrengungen nötig.

3.1.2 Erneuerbare Energien

In den letzten Jahren konnten weitere Potenzialanalysen zur Erzeugung erneuerbarer Energie im Inland durchgeführt werden, insbesondere zu Windkraft und Photovoltaik (Gebäude, Fassaden, Doppelnutzungen, Alpin-PV). Diese wurden ausgewertet und sind in die Aktualisierung der Produktionspotenziale eingeflossen (Tabelle 2).

¹² Zwischen 2010 und 2020 wuchs die Bevölkerung im Schnitt um 0.8% pro Jahr, die Arbeitsplätze um 1.6% pro Jahr und die Wirtschaft (BIP) um 1.4% pro Jahr. Basiswert Endenergiebedarf 2020 gemäss Energiestatistik: 1'195 GWh/a.

Tabelle 2: Aktualisierte Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2050

	Theoreti- sches Potenzial GWh/a	Erschliessbares Potenzial bis 2050 GWh/a	Erschlossenes Potenzial bis 2020 GWh/a	Erschliessbares Potenzial 2021-2030 GWh/a	Erschlosse- nes Potenzial 2021-2023 GWh/a
PV-Anlagen	>571	571 ¹³	26	42	24
Solarthermie	36	0	10	-7.7	-2
Windkraft	114	114	0	0	0
Wasserkraft	216	68	68	0	1
Fernwärme (Dampf)	120	120	120	0	0
Fernwärme (Wärme ¹⁴)	120	80	8	40	6
Holz (inkl. Heizwerke)	104	96	46	35	4
Biogas	20	13	7	13	0
Tiefengeothermie	75	0	0	0	0
Total	1376	1062	284	122	32

Das bis ins Jahr 2050 erschliessbare Potenzial der Photovoltaik wurde das auf Basis der GIS-Datenbank von solardach.ch für Dächer und Fassaden ermittelt. Dabei wurde zusätzlich ein Reduktionsfaktor von -25% für nicht sinnvoll belegbare Dächer und -50% für nicht sinnvoll belegbare Fassaden berücksichtigt, was zu einem Gesamt-Solarpotenzial von 328 GWh/a auf Dächern und Fassaden führt.¹⁵ Zusätzlich wurden 22.5 GWh/a angesetzt für Doppelnutzungen an Mauern und Böschungen sowie Parkplatzüberdachungen basierend auf einer Schätzung. Für Solarfaltdächer wurde das Erwartungspotenzial von 10 GWh/a verwendet.¹⁶ Das

¹³ Ob das so ermittelte Potenzial tatsächlich erschlossen werden kann und soll, ist massgebend von der Netzinfrastuktur, den Speichertechnologien sowie den damit verbundenen Kosten abhängig.

¹⁴ Fernwärme max. 120 °C bei -12 °C und min. 80 °C, Nahwärme max. 80 °C bei -12 °C und min. 65 °C.

¹⁵ Quelle: https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/ECH_SolarpotGemeinden/pdf/7001.pdf

¹⁶ Quelle: "Potenzialanalyse Solarstromproduktion mit dem Solarfaltdach in Liechtenstein", Erfahrungsaustausch für Energiestädte Liechtenstein, Gamprin 3.9.2020

Potenzial für Agrar-Solar wurde bis 2050 mit 40 GWh/a veranschlagt¹⁷ und für Alpin-Solaranlagen mit 170 GWh/a.¹⁸ In Summe entspricht dies einer deutlichen Steigerung des Potenzials gegenüber den Annahmen der Energievision 2050, welche von einer Zubaurate von +5 MWp/Jahr ausging. Das nun eingesetzte Potenzial entspricht einer jährlichen Zubaurate von rund +22 MWp/a über alle PV-Technologien, was sehr ambitioniert ist und die heutigen Zubauraten von bis zu +15 MWp/Jahr noch deutlich überschreiten würde. Ob das so ermittelte Potenzial von 571 GWh/a erschlossen werden kann, ist massgebend von der Netzinfrastruktur, den Speichertechnologien sowie den damit verbundenen Kosten abhängig.

Bei der Windkraft wurde eine neue Potenzialstudie der LKW für bis zu elf Standorte im Land berücksichtigt, welche mit neuen Leichtwindanlagen ein inländisches Potenzial von mehr als 110 GWh/a ausweist.¹⁹ Dies ist deutlich mehr, als noch vor ein paar Jahren möglich erschien.

Die Wasserkraft ist im Land bereits heute weitgehend ausgebaut. Das aktualisierte Potenzial entspricht daher der heute bereits realisierten rund 68 GWh/a (stark abhängig von der Niederschlagsmenge des jeweiligen Jahres). Weiteres Potenzial läge in der Realisierung eines Rheinkraftwerks, welches aber auf längere Sicht nicht realistisch erscheint und nicht mehr berücksichtigt wird.

Bei der Tiefengeothermie ist nach Durchführung umfangreicher Untersuchungen in den Jahren 2008 bis 2011 ebenfalls mittelfristig kein realisierbares Potenzial in

¹⁷ Quelle: "FL-Solarpotenzial - Abschätzung des gesamten Solarstrompotenzials in Liechtenstein", 7Gen, 5.9.2023, Version 1.2

¹⁸ Fünf Vertiefungsstandorte der Potenzialstudie von Lenum AG vom Juni 2023 für Unterhalb Alpspitz, Schönberg, Bärgli, Sareis, Kolme

¹⁹ Quelle: «Windenergie Liechtenstein», Grundlagenanalyse. Liechtensteinische Kraftwerke, 19.2.2024 (internes Dokument).

Sicht.²⁰ Grund dafür ist massgeblich, dass das zur Verteilung der Wärme nötige Netz im betreffenden Bereich nicht vorhanden war. Durch den nun stattfindenden Ausbau der Wärmenetze und deren Speisung mit Abwärme aus der KVA ergibt sich längerfristig das Potenzial, Netzteile mit Geothermie zu speisen. Hier gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass vorgängig weitergehende Untersuchungen des Untergrunds notwendig sind.

Das Potenzial für Fernwärme und Dampf ab KVA Buchs sowie weitere Abwärmennutzungen ergibt sich gemäss Kapazität der Dampfleitung aktuell mit 120 GWh/a sowie zusätzlich rund 120 GWh/a aus Abwärmennutzung der KVA auf tieferem Temperaturniveau. Der Ausbau der Nah- und Fernwärmenetze ab KVA Buchs verläuft aktuell sehr dynamisch, sodass die Potenziale künftig noch nach oben korrigiert werden dürften. Für die Nah- und Fernwärmennutzung werden derzeit konkrete Ausbaupläne erarbeitet, welche im Verlauf von 2025 veröffentlicht werden dürften.

Das Holznutzungspotenzial setzt sich unverändert zusammen aus rund 63 GWh/a Hackschnitzel und 33 GWh/a Pellets, gemäss Angaben zum Holzpotential vom Amt für Umwelt für die Energiestrategie 2030. Der Energieträger Holz ist gespeicherte Energie (Saisonspeicher) und soll deshalb künftig zur Deckung von Winterbedarf im Zusammenhang mit der Nah- und Fernwärmeinfrastruktur eingesetzt werden. Durch den derzeitigen Ausbau der Fernwärme werden Holzpotenziale frei, weil Holzschnitzelanlagen stillgelegt werden können.

Eine grössere Unsicherheit stellt weiterhin das Potenzial für Biogas aus Grüngut dar, welches mit bis zu 20 GWh/a einfließt. Diese Menge setzt sich zusammen aus

²⁰ Quelle: Bericht und Antrag der Regierung an den Landtag des Fürstentums Liechtenstein betreffend dem Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein, BuA Nr. 129/2012, verfügbar unter <https://bua.regierung.li/BuA/pdfshow.aspx?nr=129&year=2012>.

rund 13 GWh/a Jahresproduktion zur Verwertung nicht landwirtschaftlicher Grüngutabfälle aus der Region Liechtenstein, Rheintal und Sargans-Werdenberg²¹) sowie den bereits realisierten rund 7 GWh an Biogas aus der ARA Bendern.

Bei den Potenzialen der erneuerbaren Energien zeichnet sich somit vor allem eine deutliche Steigerung des Potenzials von Photovoltaik und Windkraft im Inland sowie Nah- und Fernwärme aus Abwärme der KVA Buchs ab. Die Entwicklungsstudien im Abschnitt 3.2 zeigen, wie die Zielsetzung aus Sicht des Gesamtsystems erreicht werden könnte.

Die erschliessbaren Potenziale für die Periode 2021 bis 2030 stellen mit 122 GWh einen kleinen Teil der Potenziale bis 2050 dar, wobei die Wasserkraft und die Nutzung von Dampf für die Industrie ab KVA Buchs bereits ausgereizt sind. Die Prüfungen ergeben, dass die erschliessbaren Potenziale gemäss der Massnahmenliste noch ausreichend sind, um das Erneuerbarenziel erreichen und übertreffen zu können.

3.2 Entwicklungsperspektiven 2050

Die Netto-Null-Zielsetzung des Pariser Abkommens setzt bis spätestens 2050 eine vollständige Eliminierung der Treibhausgasemissionen aus fossilen Energieträgern im Energiesektor voraus. Da somit zentrale Substitutionsprozesse im Strombereich stattfinden, ist der Fokus auf den Stromsektor hilfreich, weil dieser zusätzliche Aufgaben übernehmen wird.

²¹ Quelle: «Machbarkeitsanalyse für eine Biogasanlage im Gebiet Liechtenstein, Rheintal, Sargans-Werdenberg», Kurzfassung des Schlussberichts, Amt für Volkswirtschaft Fürstentum Liechtenstein und Energieagentur St. Gallen, verfügbar unter <https://www.regierung.li/files/attachments/20230323-schlussbericht-kurzfassung.pdf?t=638336568852579752> (abgerufen am 30.8.2024). In der Energiestrategie sind gegenwärtig nur 7.5 GWh für Liechtenstein angerechnet.

Auf Basis der aktualisierten Potenziale gemäss Abschnitt 3.1 wurden erweiterte Modellrechnungen des Stromsektors in Abhängigkeit von verschiedenen Verbrauchs- und Erzeugungsszenarien erstellt und ausgewertet. Diese helfen zu verstehen, welche Effekte durch Substitutionsprozesse hin zu Wärmepumpen und Elektromobilität, durch veränderte Erzeugeranteile bei den Erneuerbaren (Wind- und Wasserkraft, Photovoltaik), die Einbindung von Speichertechnologien (Batterien, Pumpspeicher, Power to Gas) sowie einige netzdienliche Lösungen wie zentrale Wärmepumpen in Wärmenetzen und KWK-Anlagen zu erwarten sind.

Die Szenarien und Modellrechnungen wurden im Frühling 2024 erstellt und die Ergebnisse sind im Abschnitt 6 verfügbar. Im folgenden Abschnitt werden die daraus gezogenen Schlüsse zusammengefasst.

3.3 Erkenntnisse und Empfehlungen

- Der heutige Eigenversorgungsgrad beim Strom von unter 30% lässt sich unter Inkaufnahme von nicht nutzbaren Stromüberschüssen mit einem reinen PV-Zubau auf Infrastruktur um +15 MWp/Jahr²² und ohne weitere Speicher (neben dem Pumpspeicherwerk) bis 2050 auf rund 56% steigern.
- Durch eine Optimierung des Erzeugermix mit Alpin-PV und/oder Windkraft im Inland lassen sich höhere Eigenversorgungsgrade erzielen. Insbesondere im Winter kann durch den Ausbau der Windkraft ein höherer Eigenversorgungsgrad erreicht werden, da die Wintermonate für Windkraftanlagen die ertragreichste Saison darstellen. Insgesamt führt die Optimierung des Erzeugermixes jedoch zu einer leichten Entschärfung der PV-Überschüsse im

²² Dies entspricht dem im Jahr 2023 effektiv realisierten PV-Zubau. Quelle: Energiedaten 2023, Jahresbericht Energiewirtschaft, LKW Netzbetriebsführung & Kraftwerke, Stand 15.02.2024. Verfügbar unter <https://www.lkw.li/unternehmen/zahlen-und-fakten.html>.

Sommer. Der optimierte Inland-Mix kann die Überschussthematik zeitlich leicht verzögern.

- Bei einem forcierten, realistischen Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland (PV und Windkraft) werden die Überschüsse selbst in Kombination mit bidirektional eingebundenen E-Autos²³ ab den 2030er Jahren relevant. Im Szenario +5 MWp pro Jahr ist bis 2050 nicht mit grossen Überschüssen, im Szenario +15 MWp ca. ab dem Jahr 2035 mit signifikanten Überschüssen zu rechnen.
- Bis zu welchem Grad Überschüsse verwertet werden können, ist vor allem eine ökonomische Frage und hängt von der technischen Entwicklung, den Marktpreisen und den Speicherkosten ab. Durch koordinierte Lastverschiebungen und Optimierungen beim Produktionsmix können Speichermengen verringert und die Notwendigkeit der Speicherung kann auf der Zeitachse verzögert werden.
- Weder Batterien noch die Pumpspeicherung (gemäss heutigem Ausbau, aber für die maximierte Nutzung erneuerbarer Energien optimiertem Betrieb) ersetzen zukünftig einen saisonalen Ausgleich. Der über den Saisonspeicher zu deckende Strombedarf liegt je nach Ausbauszenario zwischen 120 GWh und 250 GWh. Die Speicherkapazität des Reservoirs Samina ist aufgrund der Reservoirgrösse am Berg auf 0.3 GWh und der Reservoirgrösse im Tal auf 0.09 GWh pro Zyklus begrenzt. 10'000 V2G-Elektroautos könnten ebenfalls bis zu rund 0.3 GWh kurzfristige Speicherkapazität bereitstellen, welche die Kapazität des Pumpspeicherwerks ergänzen. Ob die im Winter fehlende Strommenge effizienter am Markt beschafft oder durch eigene Anlagen bereitgestellt werden soll, oder ob eine mögliche, langfristige

²³ V2G: Vehicle to Grid. Siehe Fussnote 75 auf Seite 12.

vertragliche Vereinbarung mit Speicherwasserkraftwerken in der Schweiz vorteilhafter ausfällt, gilt es zu prüfen.

- Gegenüber Hausbatterien sind V2G-Batterien von E-Autos zu bevorzugen. Sie erlauben einen schonenden Doppelnutzen der ressourcenaufwändigen und durch den Fahrbetrieb schlecht ausgenutzten E-Auto-Batterien. Die sogenannte V2G-Technologie scheint in den nächsten Jahren bei Neufahrzeugen zum Standard zu werden. Voraussetzung ist, dass entsprechende Netzsignale zum Verbraucher gelangen und Vergütungsmodelle etabliert werden, um den netzdienlichen V2G-Betrieb zu ermöglichen.
- Ein Saisonspeicher mit Power-to-Gas (mit oder ohne Methanisierung) zur Erreichung einer (fast) vollständigen Autarkie auf Landesebene wäre mit sehr grossen Verlusten und Raumbedarf verbunden. Ob und ab wann sich ein lokaler Saisonspeicher wirtschaftlich betreiben lässt, ist von verschiedenen ökonomischen Faktoren abhängig, unter anderem der Entwicklung der Speicherkosten, der Dynamik der Strompreise (Sommer/Winter und Tag/Nacht), dem effektiv realisierten Ausbau der erneuerbaren Energien und der damit verbundenen Überschusssituation, welche sich nicht alle direkt beeinflussen lassen.

Weitere Ausführungen zu den Entwicklungsperspektiven 2050 finden sich im Abschnitt 6 weiter hinten.

4. ENTWICKLUNG UND ZIELPFAD DER ENERGIESTRATEGIE 2030

Im Rahmen der Energiestrategie 2030²⁴ und Energievision 2050 wurden drei Ziele betreffend Energieeffizienz, erneuerbarer Energien und Reduktion der Treibhausgasemissionen gesetzt:

1. Energieeffizienz: Reduktion des Endenergiebedarfs gemäss Energiestatistik um 20% gegenüber dem Wert von 2008
2. Erneuerbare Energien: Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien auf 30% des Bedarfs von 2030
3. Treibhausgasemissionen: Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40% gegenüber dem Wert²⁵ von 1990

Das dritte Ziel der Treibhausgasemissionen wurde im Rahmen der Klimastrategie 2050 zusammen mit den Beschlüssen des Emissionshandelsgesetzes zu einer Reduktion der Treibhausgase um 55% bis 2030 verschärft, davon mindestens 40% im Inland. Die Differenz zwischen dem Reduktionsziel 2030 von 55% zum Inlandziel von 40% soll mit Auslandkompensationsprojekten erreicht werden.

Im Folgenden wird die Zielerreichung zu diesen drei Kernzielen der Energiestrategie 2030 anhand der aktuellen statistischen Daten und Entwicklungen analysiert und bewertet. Dieser Monitoringbericht umfasst auch das Monitoring der energiebedingten Massnahmen der Klimastrategie 2050.

²⁴ Quelle: <https://www.llv.li/inhalt/11471/amtsstellen/energiestrategie-liechtenstein>.

²⁵ Da das nationale Treibhausgasinventar (vgl. <https://www.statistikportal.li/de/themen/raum-umwelt-und-energie/luft-klima>) jährlich auch rückwirkend angepasst wird, ändert sich auch der Basiswert für 1990 fast jährlich leicht. In der Berichterstattung werden die prozentualen Reduktionen als fix betrachtet, wodurch die absoluten Reduktionsleistungen schwanken können.

4.1 Rahmenbedingungen: Wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung

Der Landtag hat mit dem Emissionshandelsgesetz (Art. 4) in Bezug auf den Treibhausgasausstoss das «Netto-Null-Ziel» bis 2050 vorgeschrieben, d.h. bis dahin sollen in Liechtenstein sämtliche energetisch bedingten Treibhausgasemissionen vollständig eliminiert werden. Für die Zielerreichung spielt die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung eine entscheidende Rolle. In diesem Abschnitt werden dazu verschiedene Indikatoren präsentiert. Viele davon wurden bereits in der Energiestrategie 2020 und Energiestrategie 2030 verwendet und sind somit auch rückwirkend vergleichbar.

Die Wohnbevölkerung Liechtensteins ist seit dem Jahr 2000 im Schnitt um fast 1% pro Jahr gewachsen. Dies entspricht einer Zunahme von 7'160 Personen zwischen den Jahren 2000 und 2023 (+346 Personen im Jahr 2023 gemäss vorläufigen Ergebnissen). Bei den Beschäftigten gibt es im Jahr 2023 gemäss vorläufigen Ergebnissen wieder eine Zunahme von +546 Voll- und Teilzeitstellen (+1.3%). Die Wirtschaftsleistung in Form des Bruttoinlandprodukts (BIP zu laufenden Preisen) blieb 2022 nahezu auf Vorjahresniveau (-0.2% gemäss Schätzrechnung), nachdem sie im Jahr 2021 bereits um 17.2% gewachsen war. Damit übertrifft das BIP 2022 zwei Jahre in Folge das Niveau von 2018, vor dem Einbruch im Jahr 2020 (Abbildung 2).

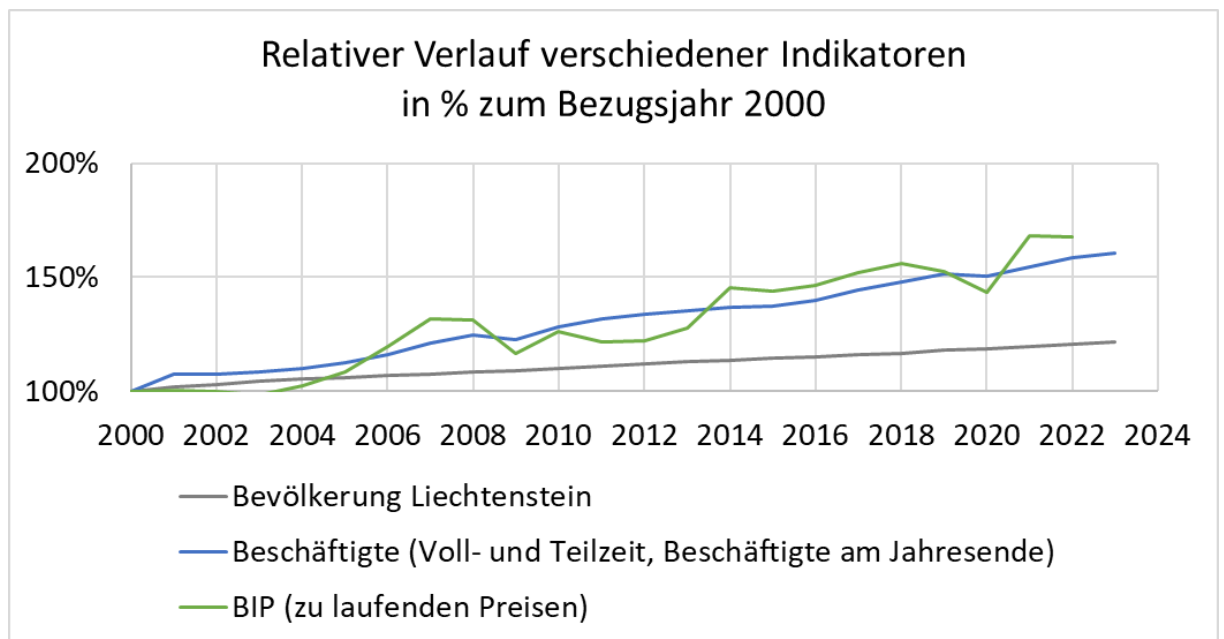


Abbildung 2: Verlauf verschiedener Indikatoren zu Bevölkerung, Arbeitsplätzen und Wirtschaftsleistung zwischen 2000 und 2023. Basis: 100% im Jahr 2000. Quelle: Amt für Statistik

Sowohl der Energiebedarf pro Einwohnerin und Einwohner als auch der Energiebedarf pro erwirtschafteten Franken sind tendenziell und auch im betrachteten Auswertungsjahr abnehmend (Abbildung 3). Diese Tendenz ist essenziell für alle Teilziele der Energiestrategie und sollte sich über die kommenden Jahre noch deutlicher akzentuieren.

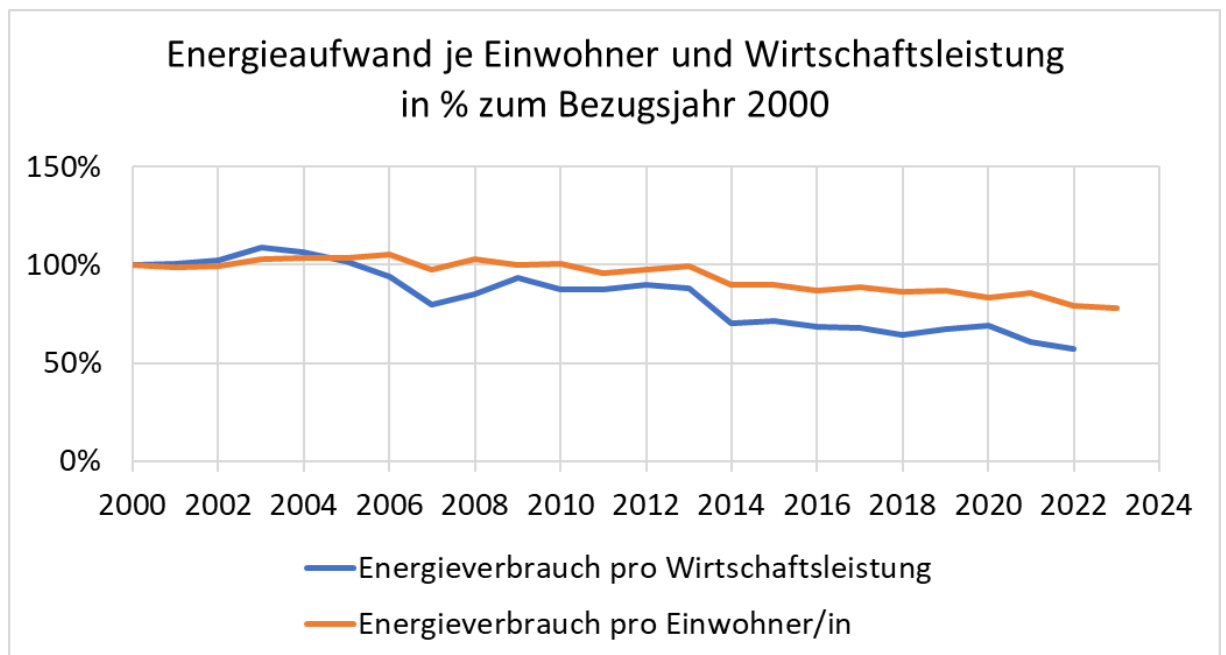


Abbildung 3: Energieaufwand je Einwohner/in und pro Wirtschaftsleistung (BIP) in Bezug zum Basisjahr 2000. Quelle: Amt für Statistik

Entscheidend für die Zielerreichung der Energiestrategie 2030 sind die absoluten Entwicklungen gemäss den drei einleitend formulierten Zielen. Der Landesenergiebedarf steht dabei für das Effizienzziel. Der Energieverbrauch im Jahr 2023 verzeichnete einen leichten Rückgang von -0.2%. Dieser steht im Gegensatz zur deutlichen Reduktion von -6.8% im Vorjahr (Abbildung 4). Die signifikante Abnahme im Jahr 2022 war grösstenteils auf die warme Witterung zurückzuführen. Im Auswertungsjahr 2023 herrschten in Vaduz mit 2'651 Heizgradtage wieder ähnlich milde Bedingungen wie im Vorjahr 2022. Der Rückgang folgt dem seit etwa 2008 bestehenden, langfristigen Trend eines sinkenden absoluten Energiebedarfs. Im Jahr 2008 wurde das Energieeffizienzgesetz (EEG) in Kraft gesetzt.

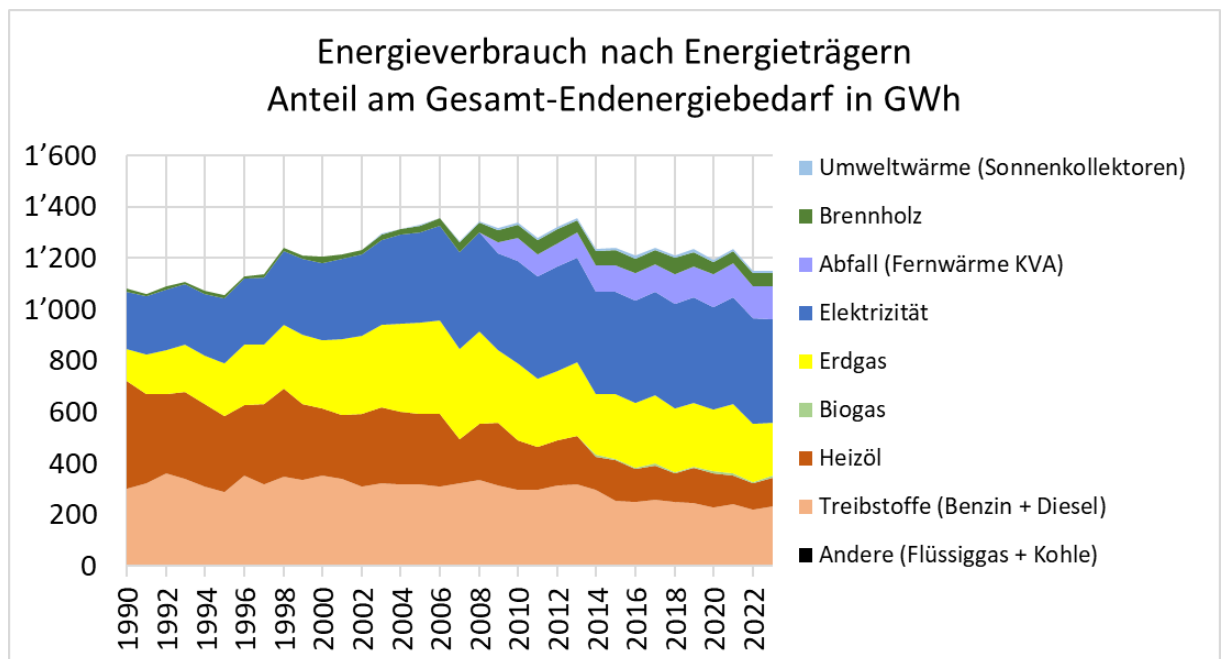


Abbildung 4: Absolute Entwicklung des Energiebedarfs des Landes gemäss Energiestatistik nach Energieträgern in GWh. Quelle: Amt für Statistik

Der vor allem für Heizzwecke eingesetzte Brennstoffbedarf an Heizöl und Erdgas sank im Jahr 2023 um 2%, obwohl im Vergleich zum Vorjahr 1.8% mehr Heizgradtage²⁶ gemessen wurden. Dies kann darauf hindeuten, dass vermehrt mit Umweltwärme, Fernwärme und Wärmepumpen geheizt wurde.

Die Abnahme bei den fossilen Brennstoffen ist vom sinkenden Erdgasabsatz getrieben, welcher mit -7.4% von allen Energieträgern absolut den grössten Rückgang verzeichnete. Im Gegensatz dazu, stieg der Heizölabsatz um 10.1%. Es ist anzunehmen, dass dieser mit den sinkenden Heizölpreisen im Jahr 2023 in Zusammenhang steht, was einen Bevorratungseffekt ausgelöst haben könnte. Sollte dies zutreffen, müsste der Heizölabsatz im nächsten Jahr wieder geringer ausfallen. Trotz der Reduktion liegt der Erdgasverbrauch weiterhin deutlich über dem Niveau

²⁶ Heizgradtage, Grenze 12 °C Tagesmitteltemperatur, Zieltemperatur 20 °C, Station «Vaduz». Quelle: Hauseigentümerverband (HEV) Schweiz unter <https://www.hev-schweiz.ch/vermieten/nebenkostenabrechnungen/heizgradtage>.

von 1990, weshalb hier weitere Anstrengungen nötig sind. Ebenfalls rückläufig waren Holz (-4.6%), Sonnenkollektoren (-3.9%) und Elektrizität (-2.6%)

Der Treibstoffverbrauch ist im Jahr 2023 um 5.5% gestiegen, nachdem im Vorjahr 2022 eine Reduktion von 8.7% verzeichnet werden konnte. Die Interpretation bleibt allerdings bei einem Fokus auf einzelne Jahre schwierig, weil Preiseffekte und allfälliger «Tanktourismus» ebenfalls eine Rolle spielen können und kaum quantifizierbar sind. Für 2023 bleibt der starke Anstieg beim Benzinabsatz um 38.1% gegenüber der Reduktion des Dieselsabsatzes um 14.8% unklar. Mögliche Erklärungen könnten in einer stark erhöhten Reisetätigkeit bei den Privatfahrzeugen liegen, sowie beim anteilmässigen Wachstum der Hybridfahrzeuge (welche fast ausschliesslich mit Benzin betrieben werden) gegenüber den Dieselfahrzeugen.

Unter Berücksichtigung von Emissionsfaktoren für Heizöl und Erdgas²⁷ ergab sich im Jahr 2023 eine leichte Abnahme der CO₂-Emissionen dieser beiden Brennstoffe um -1%.²⁸ Pro Heizgradtag hat der fossile Brennstoffbedarf gegenüber dem Vorjahr um -4% abgenommen (Abbildung 5). Diese Kurve muss gegen Null zeigen, um die Netto-Null-Zielsetzung umsetzen zu können. Es braucht somit einen raschen Umbau der Heizungsinfrastruktur.

²⁷ Emissionsfaktor für Heizöl: 73.7 t/TJ, für Erdgas 55.9 t/TJ. Quelle: CO₂-Emissionsfaktoren des schweizerischen Treibhausgasinventars, online unter https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/CO2_Emissionsfaktoren_THG_Inventar.pdf.download.pdf/Faktenblatt_CO2-Emissionsfaktoren_04-2024_DE.pdf

²⁸ Diese berechneten Emissionen entsprechen nicht den offiziellen Treibhausgasinventardaten. Diese sind für das Jahr 2023 noch nicht verfügbar. Die berechneten Werte geben aber eine gute Annäherung an die zu erwartenden Emissionen ab.

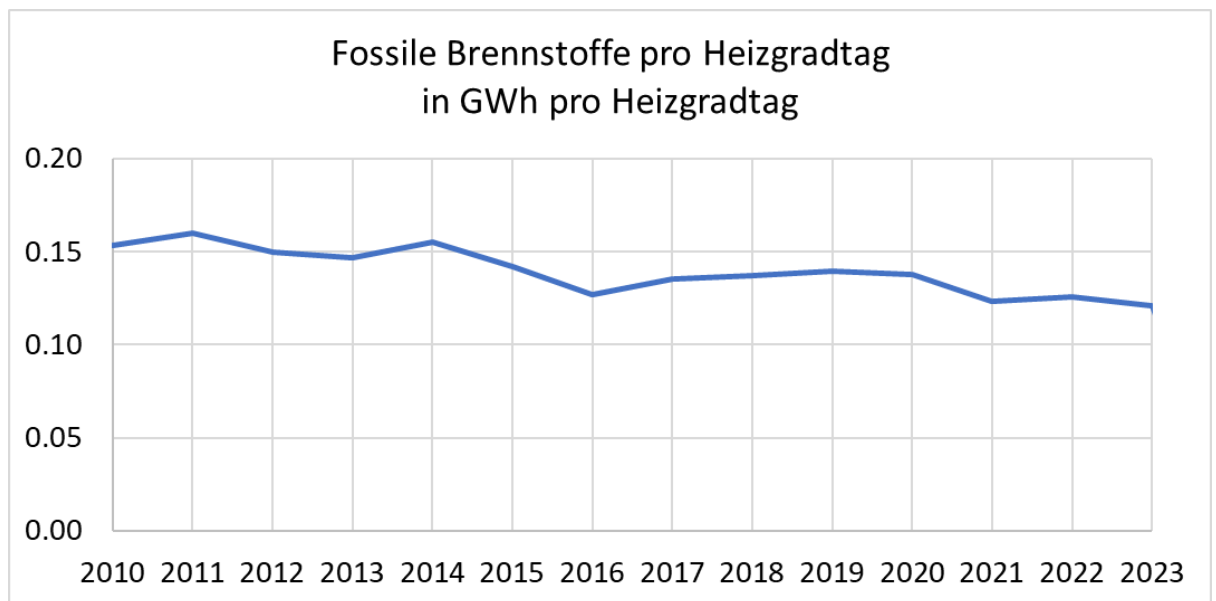


Abbildung 5: Verlauf des Heizöl- und Erdgasbedarfs in GWh pro Heizgradtag zwischen 2010 und 2023. Quellen: Amt für Statistik (Energiebedarf) und HEV Schweiz/MeteoSchweiz (Heizgradtage Vaduz)

Die Treibhausgasintensität der Wirtschaftsleistung hat 2022 (neuere Daten zum BIP sind noch nicht verfügbar) bei einem stabilem BIP leicht abgenommen (Abbildung 6). Auch dieser Indikator muss künftig gegen Null zeigen, um aufwändige und teure Massnahmen zur Rückgewinnung und Speicherung von CO₂-Emissionen aus der Atmosphäre zu vermeiden.

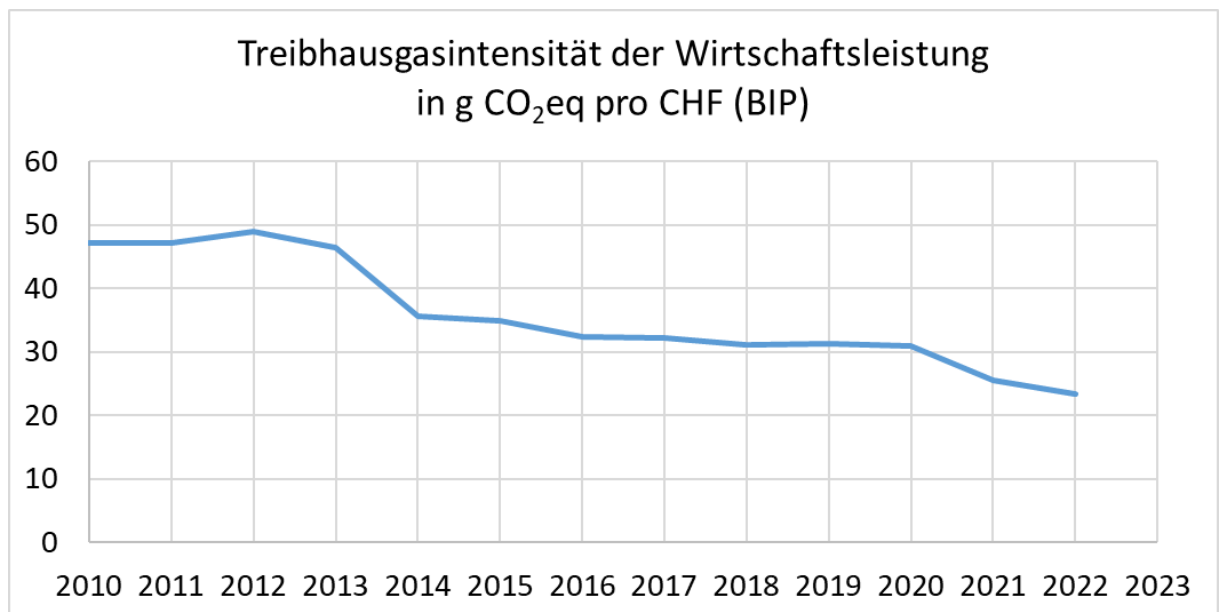


Abbildung 6: Entwicklung der Treibhausgasintensität der Wirtschaftsleistung in Gramm CO₂-Äquivalent pro CHF (BIP zu laufenden Preisen). Quelle: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung 2022 und Amt für Umwelt

Insgesamt zeigen die übergeordneten Indikatoren bei langfristig starkem Wachstum von Bevölkerung, Arbeitsplätzen und Wirtschaftsleistung noch keine belastbare und genügend robuste Abwärtstendenz. Der absolute Endenergieverbrauch sank 2023 um nur -0.2%.

In den folgenden Abschnitten wird aufgezeigt, wie die aktuelle Entwicklung im Hinblick auf die drei Hauptziele der Energiestrategie 2030 zu interpretieren ist.

4.2 Ziel 1: 20% Reduktion des Energiebedarfs

Der Endenergiebedarf im Jahr 2023 gemäss Energiestatistik liegt um 15% unter dem Basiswert von 2008. Gegenüber dem Vorjahr hat der Energiebedarf im 2023 um -0.2% abgenommen. Der Zielindikator kann im Jahr 2023 eingehalten werden (Abbildung 7).

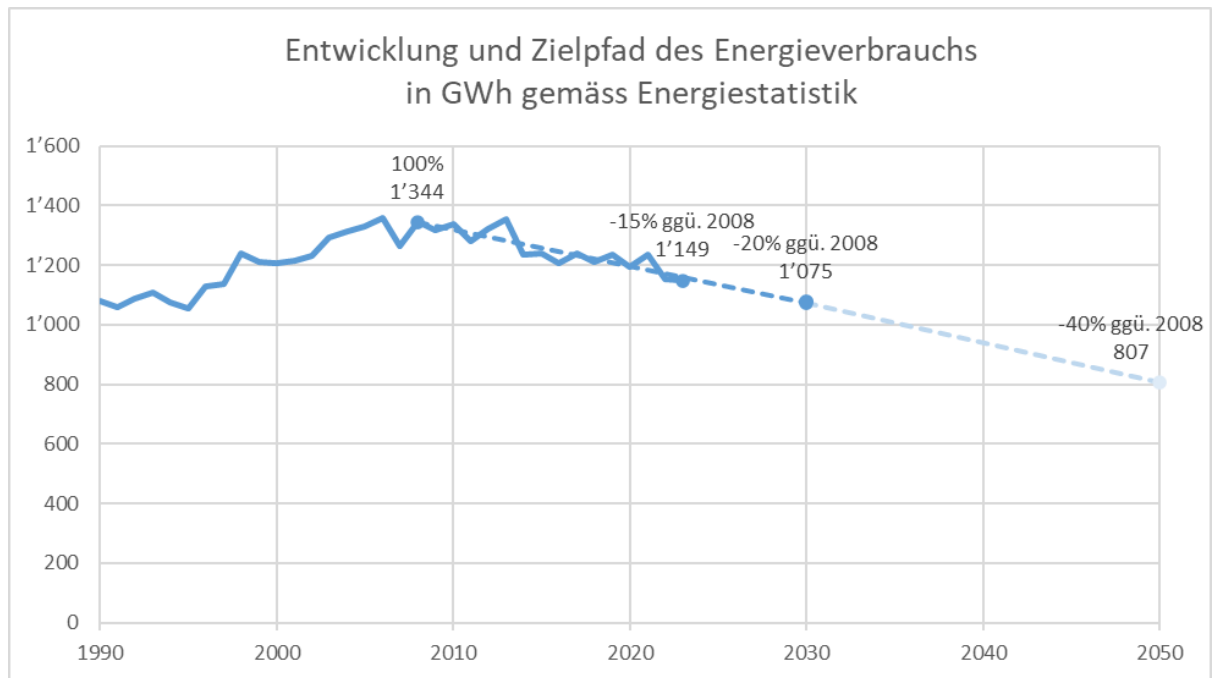


Abbildung 7: Zielerreichung beim Ziel 1: 20% Reduktion des Endenergiebedarfs gegenüber 2008 bis 2030. Quelle: Amt für Statistik

Diese Entwicklung ist zwar positiv, ist aber zu grossen Teilen durch die milde Witterung in den Jahren 2022 und 2023 bedingt. Die Tendenz kann demnach nicht als stabil bezeichnet werden. Es gibt jährliche Schwankungen aufgrund der Wirtschaftsentwicklung und der Witterung. Die Reserve gegenüber dem Zielpfad ist knapp und die Zielerreichung von -20% bis 2030 bleibt nur mit anhaltend grossen Anstrengungen beim Umstieg von fossilen Feuerungen auf Wärmepumpen und der Elektrifizierung des Verkehrs realistisch. Beide Technologien bringen betreffend Endenergie eine Einsparung von einem Faktor drei.

4.3 Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030

Der Anteil erneuerbarer Energien gemäss Energiestatistik liegt im Jahr 2023 bei 28% und damit über dem Sollwert gemäss Energiestrategie 2030 (Abbildung 8).

Fernwärme und Dampf ab KVA Buchs werden als CO₂-freie Abwärme ebenfalls hier bilanziert.²⁹

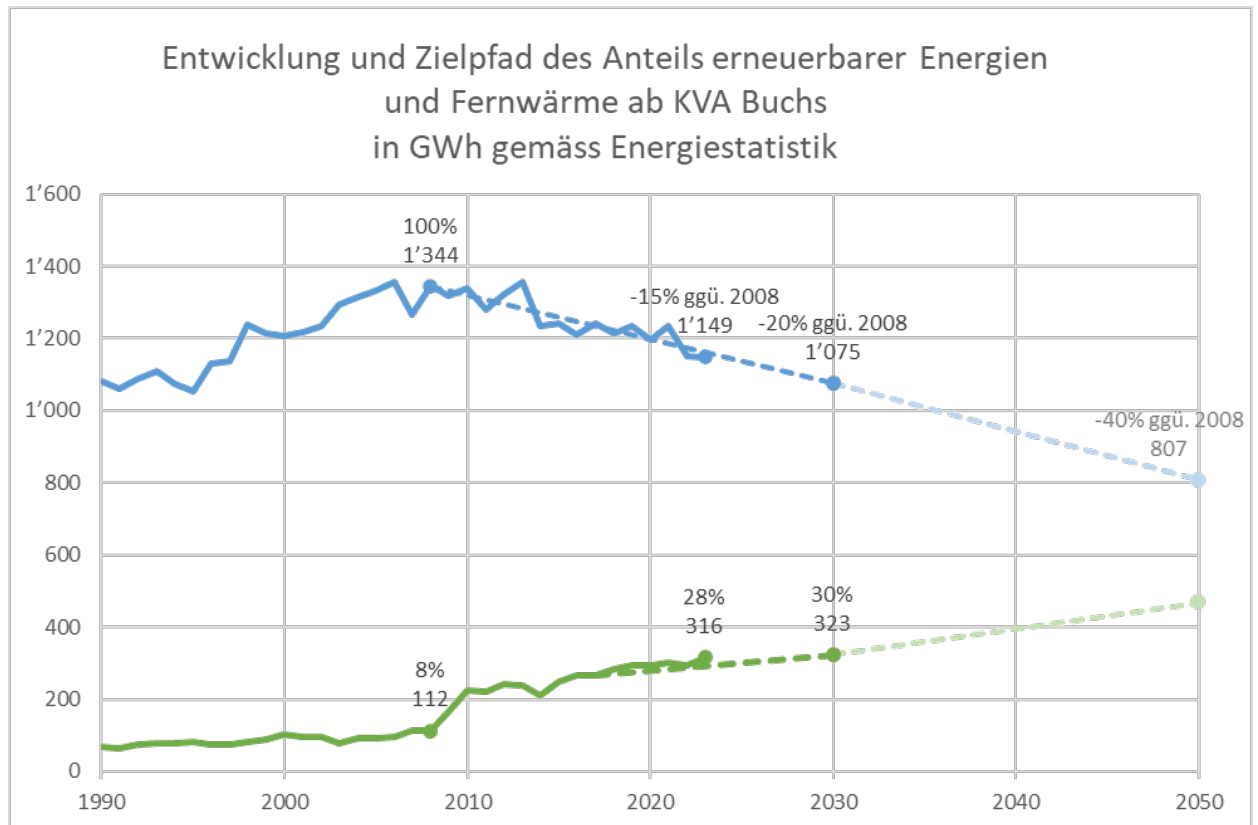


Abbildung 8: Zielerreichung beim Ziel 2: 30% erneuerbare Energie bis 2030. Quelle: Amt für Statistik

Bei praktisch gleichbleibendem Gesamtenergieverbrauch hat der Anteil an Erneuerbaren Energien um knapp 3% zugenommen. Dieser Anstieg ist getrieben durch die Produktionssteigerung bei der einheimischen Wasserkraft um 24.1% (+14.8 GWh) zu Vorjahr und einer Erhöhung bei der PV-Produktion um 16.9% (+6.6 GWh). Ebenfalls verzeichnete die Fernwärme ab KVA Buchs einen Anstieg von 2.8%. Die starke Erhöhung bei der Wasserkraft ist auf ein trockenes Jahr 2022

²⁹ Siehe Bericht und Antrag Nr. 55/2023 sowie auch Abschnitt I.5.4.2

zurückzuführen, auf das ein niederschlagsreiches Jahr 2023 folgte. Der Energieträger Biomasse ist im Jahr 2023 rückläufig.

Die Anteile der einzelnen Energieträger am Gesamtverbrauch blieben relativ stabil im Vergleich zum Vorjahr. Treibstoffe verzeichneten einen Anstieg um 1.1% und Heizöl um 0.9%, während Erdgas um 1.4% und Elektrizität um 0.8% zurückgingen.

Das in der Energiestrategie 2030 formulierte Ziel von 17% erneuerbarer, einheimischer Energien der Kategorie 1 (Holz³⁰, Biogas, Solarthermie, Strom aus PV und Wasserkraft) wird im Jahr 2023 mit knapp 15% noch nicht erreicht (+2% Veränderung gegenüber 2022). Der Zielwert für die Kategorie 2 (physisch importierte, erneuerbare Energieträger wie Holz sowie Fernwärme und Dampf ab KVA Buchs) von 13% wird im Jahr 2023 mit 12.7% fast erreicht.

³⁰ In der in KWK genutzten Biomasse kann ein Anteil importiertes Holz enthalten sein. Der Anteil ist aktuell nicht abgrenzbar und wird unter Kategorie 1 mitgezählt.

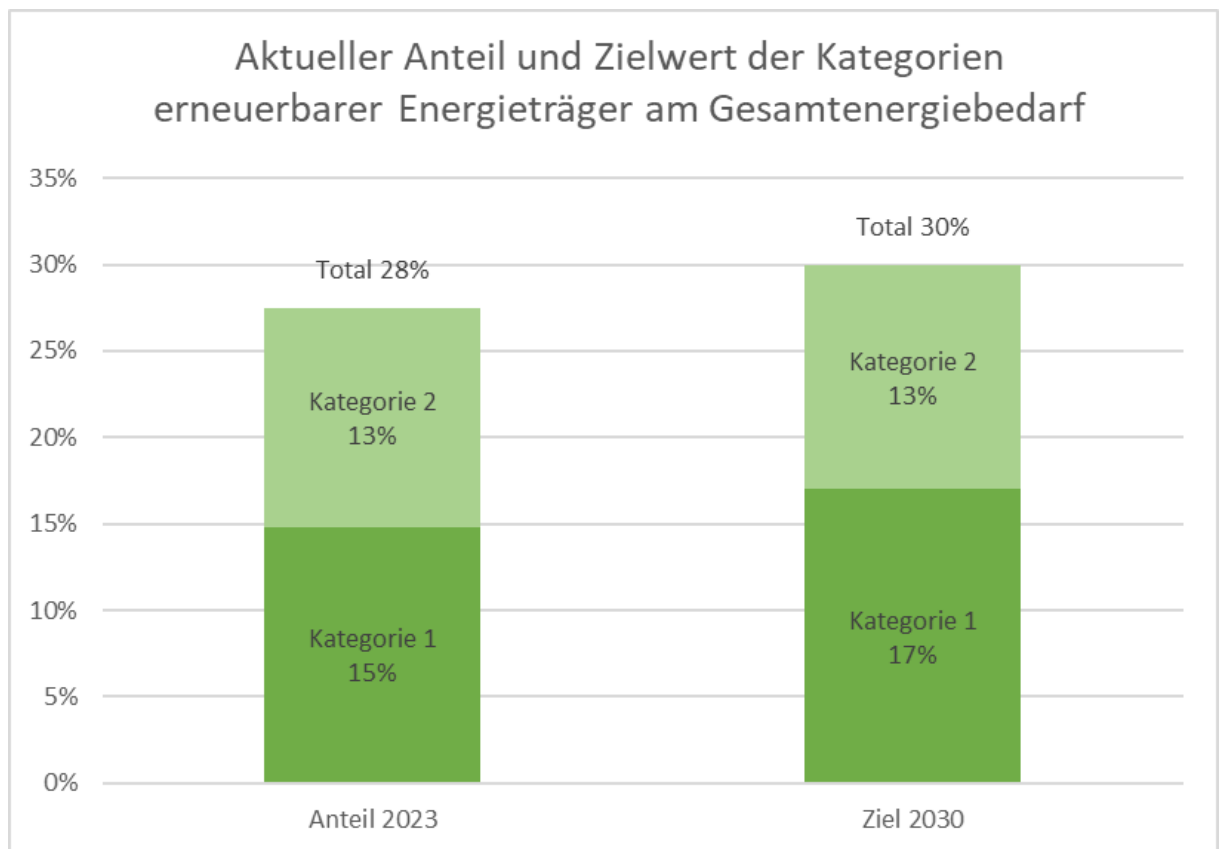


Abbildung 9: Stand der Zielerreichung der Anteile der erneuerbaren Energieträger der Kategorie 1 (einheimische, erneuerbare Energien) und der Kategorie 2 (importierte, erneuerbare Energien). Quelle: Amt für Statistik

Der Anstieg des Anteils einheimischer, erneuerbarer Energien am Energiemix zeichnet sich mit einer Erhöhung der Kategorie 1 um 2% im Jahr 2023 deutlich in der Statistik ab. Im Jahr 2023 wurde die höchste Stromproduktion aus einheimischer Wasserkraft seit 2001 erzielt (76 GWh), weshalb diese Steigerung nicht nur dem hohen PV-Zubau zugeschrieben werden kann. Die Zubaustrategie muss deshalb konsequent weiterverfolgt und gegebenenfalls noch durch weitere Quellen diversifiziert werden, um das Ziel von 30% erneuerbarer Energie der Kategorien 1 und 2 (inkl. Fernwärme und Dampf ab KVA) bis im Jahr 2030 zu erreichen. Gleichzeitig muss der Endenergiebedarf gemäss Projektion gesenkt werden, damit der produzierte Anteil erneuerbarer Energien weiter ansteigt.

4.4 Ziel 3: 55% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030

Mit Beschluss der Klimastrategie 2050 im Dezember 2022 (BuA Nr. 120/2022) sowie der Abänderung des Emissionshandelsgesetzes im März 2023 (BuA 119/2022) wurde das Klimaziel 2030 im Vergleich zu 1990 von -40% auf -55% erhöht. Dabei soll eine Reduktion von mindestens -40% mit Inlandmassnahmen erreicht werden. Die Treibhausgasemissionen gemäss Treibhausgasinventar von 2022 liegen leicht unter dem linearen Absenkpfad für die Zielerreichung im Inland und übertreffen damit die Ziele für das Jahr 2022 (Abbildung 10). Der lineare Zielwert für das Jahr 2022 liegt bei 178.8 kt CO₂-Äquivalenten (-24.6% gegenüber NDC³¹ 1990). Erreicht wurden gemäss Inventar 164.4 kt CO₂-Äquivalente (-30.7% gegenüber NDC 1990). Damit kann der Zielpfad ohne Anrechnung von Reduktionszertifikaten im Ausland eingehalten werden.

Der Rückgang der Treibhausgasemissionen 2022 um -9.6% zum Vorjahr ist grösstenteils auf den Energiesektor zurückzuführen. Im Jahr 2022 sank der Energiebedarf um -6.8%, was zu einem grossen Teil dem milden Klima zuzuschreiben ist. Im Vergleich zum Jahr 2021 verringerte sich damit auch der Bedarf an fossilen Brennstoffen.

³¹ NDC (Nationally Determined Contributions) sind unter dem Pariser Abkommen zugesicherte Emissionsminderungsverpflichtungen der teilnehmenden Staaten. Quelle: <https://unfccc.int/ndc-information/nationally-determined-contributions-ndcs>. Bedingt durch die Systematik der Treibhausgasinventare ändern die absoluten Emissionen jährlich auch rückwirkend und damit auch der Basiswert für 1990. In der Berichterstattung werden die prozentualen Reduktionsziele als fix betrachtet, wodurch die absoluten Reduktionsleistungen jährlich schwanken.

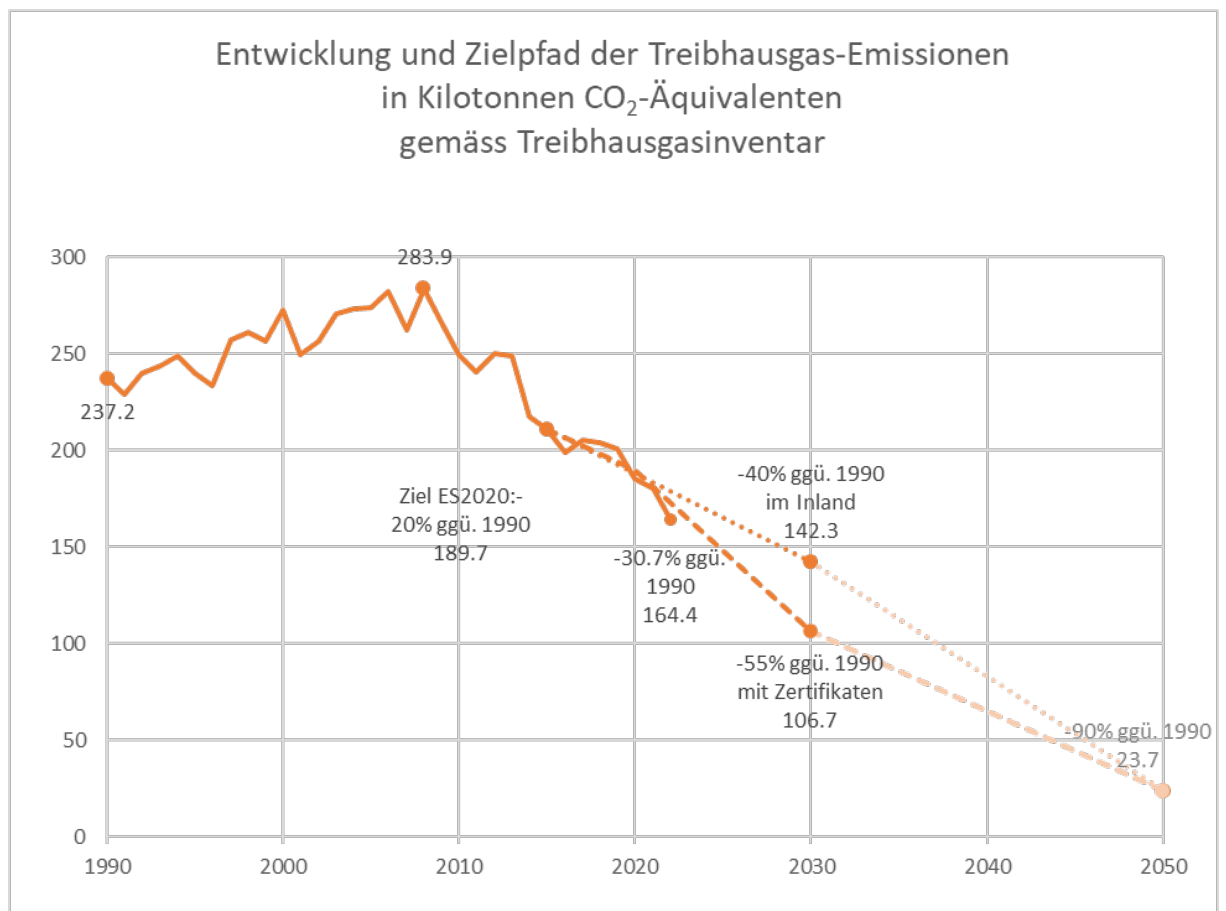


Abbildung 10: Zielerreichung beim Ziel 3: 55% Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber dem NDC 1990 von 237.2 kt. Quelle: Amt für Umwelt

Das offizielle Treibhausgasinventar für das Jahr 2023 wird erst im April 2025 publiziert. Dennoch lässt sich anhand der fossilen Endenergieverbräuche aus der Energiestatistik 2023 und Emissionsfaktoren eine Prognose für die energetischen Treibhausgasemissionen von 2023 berechnen. Da im Jahr 2023 der fossile Endenergiebedarf (Erdgas, Heizöl, Flüssiggas, Benzin, Diesel) um 1.4% gestiegen ist, werden für das Jahr 2023 um rund 2.3% erhöhte, energetische CO₂-Emissionen erwartet. Die übertroffene Zielerreichung im 2022 führt trotzdem zu einem eher positiven Ausblick für die Zielerreichung im Jahr 2023.

5. ERLÄUTERUNGEN ZUR UMSETZUNG DER MASSNAHMEN

In diesem Teil des Monitoringberichts werden die Erkenntnisse zur Zielerreichung bei den drei Teilzielen (siehe Abschnitt 4) im Kontext der Massnahmenliste der Energiestrategie 2030³² analysiert. Die einzelnen Massnahmenblätter in der Massnahmenliste (siehe Anhang gemäss Abschnitt 7) wurden zu diesem Zweck aktualisiert. Die unter «Ziel 2030» aufgeführten Potenziale können mit der aktuellen Zielerreichung unter «Stand 2023» verglichen werden.

Die Entwicklungen werden gemäss der Struktur der Energiestrategie 2030 in die zentralen Wirkungsbereiche «Gebäude» (Abschnitt 5.2), «Verkehr» (Abschnitt 5.3) und «Erzeugung und Beschaffung» (Abschnitt 5.4) gegliedert. Zusätzlich zur Massnahmenliste werden pro Bereich spezifische Indikatoren aufgeführt, welche wichtige Entwicklungen aufzeigen.

Die detaillierten Hintergründe der einzelnen Massnahmen sind dem Anhang der Energiestrategie 2030 zu entnehmen.

5.1 Überblick

Die Wirkungsabschätzung der Massnahmenliste in diesem Abschnitt (resp. detailliert gemäss Anhang im Abschnitt 7) und die Bilanzierung der Zielerreichung der drei Teilziele im Abschnitt 4 basieren auf unterschiedlichen Betrachtungsperspektiven³³ und Datenquellen. Dennoch sollten beide Perspektiven in ihren Kernaussagen konsistent sein. Um dies sicherzustellen, wird hier eine Vergleichsrechnung

³² Siehe Abschnitt 5 der Energiestrategie 2030 unter https://www.llv.li/files/avw/energiestrategie2030_nur_anhang_6okt.pdf

³³ Top Down bei den Klimainventaren, da dort die gesamten, absoluten Emissionen nach Territorialprinzip erfasst werden, und Bottom Up in der Massnahmenliste, weil dort einzelne Wirkungen nach physikalischen Prinzipien (vereinfacht) berechnet werden.

zwischen den Klimazielen gemäss Klimainventaren und der Treibhausgaswirkung der Massnahmenwirkung gemäss Massnahmenliste durchgeführt.

Solange die ausgewiesenen Potenziale in der Massnahmenliste höher sind als die zur Einhaltung des Pariser Klimaabkommens nötigen, absoluten Emissionsreduktionen, sind die Ziele der Energiestrategie 2030 erreichbar, vorausgesetzt, dass nicht in anderen Bereichen ausserhalb der Energie oder durch wirtschaftliches Wachstum eine Zunahme der Emissionen erfolgt. Dies würde zusätzliche Massnahmen erfordern. Es ist selbstverständlich anzustreben, dass Wachstum nicht auf Basis fossiler Energien oder zulasten der Effizienz stattfindet.

- Zielwert an Emissionen des Klimainventars 2030 bei -40% Reduktionswirkung im Inland gegenüber NDC 1990 gemäss Pariser Klimaabkommen: 142.3 Gg. Emissionen gemäss Klimainventar 2020: 189.7 Gg. Damit beträgt die benötigte Reduktionwirkung im Inland im Klimainventar zwischen 2021 und 2030: -43.4 Gg.
- Erwartetes Klimainventar 2023: 167.1 Gg³⁴. Treibhausgasreduktion 2021-2023: -18.6 Gg. Dies entspricht rund 43% der nötigen Reduktion von -43.4 Gg, wobei 30% der Periode bis 2030 verstrichen sind.
- Umgesetztes Massnahmenpotenzial 2021-2023 im Inland gemäss Massnahmenliste: -3.8 Gg. Dies entspricht 32% der nötigen Reduktion von -43.4 Gg, wobei 30% der Periode verstrichen sind.

³⁴ Das Klimainventar 2023 liegt noch nicht vor. Die vorliegende Prognose basiert auf den Energieverbräuchen gemäss Energiestatistik 2023 sowie den Emissionsfaktoren 2023 des BAFU, zzgl. rund 20% für die nicht-energetischen Emissionen.

- Identifiziertes und realisierbares Massnahmenpotenzial 2021-2030 im Inland gemäss Massnahmenliste: -66.4 Gg. Dies entspricht 153% der nötigen Reduktionswirkung von -43.4 Gg gemäss Klimainventar und nur einem Bruchteil des theoretischen Potenzials von -339 Gg.

Die Prüfungen ergeben, dass die Massnahmenbilanzierung in der Massnahmenliste genügend konservativ erfolgt und dass für die CO₂-Zielsetzung von -40% im Inland genügend realisierbares Potenzial erkannt ist.

5.2 Bereich Gebäude

5.2.1 Massnahmenliste

Der Bereich «Gebäude» umfasst gemäss der Massnahmenliste der Energiestrategie 2030 Massnahmen in den Bereichen «Vorschriften», «Förderungen», «Technologie» und «Bewusstseinsbildung» (Abbildung 11).

	Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen		
	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global) Theor. Potenzial (kt CO ₂ /a)	Ziel 2030 (kt CO ₂ /a)	Stand 2023 (kt CO ₂ /a)
1 Massnahmen Gebäude									
Vorschriften									
1.6 Vorschriften Neubauten							1.6	4.4	
	7.2	13.5					(*) 1.6	1.5	
5.9 Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen									
	5.8						(*) 2.6		
3.2 Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe							1.1	0.1	0.1
	8.0	1.0	0.9				(*) 2.4	0.3	0.3
Förderungen									
1.1 Energetische Gebäudesanierung (Wärmedämmung bestehender Bauten, Art 3.1.a EEG)	250.0	20.0	2.1				54.8	4.4	0.5
							(*) 54.8		
1.2 Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)	50.0	1.0	0.2				11.0	0.2	0.0
							(*) 11.0		
1.3 Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz (Raumbeheizung und BWW durch energieeffiziente Haustechnik, Art. 3.1.c EEG)				41.0	25.0	3.9	9.0	5.5	0.8
							(*) 9.0		
1.4 Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und BWW durch energieeffiziente Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)	115.0	55.6	16.3				37.9	18.3	5.4
							(*) 13.0	6.3	1.8
1.5.2 Wärmepumpenboiler (BWV durch WP-Boiler, Art. 3.1.d EEG)		3.0	1.0					0.7	0.2
							(*)	1.1	0.4
1.7 Stromeffizienz in grossen Gebäuden	17.0	10.0	2.7				(*) 7.3	4.3	1.1
6.2 Potenzialstudien Energieeffizienz									
Technologie									
3.5 Smart Energy									
Bewusstseinsbildung									
5.2 Aus- und Weiterbildung									
5.3 Bewusstseinsbildung									
5.4 Publizierung von Best-Practice-Beispielen									
5.5 Energiefachstelle als Anlaufstelle									
Teilsumme Massnahmenbündel 1	453.0	104.1	23.2	41.0	25.0	3.9	115.2	33.6	7.1
							(*) 101.6	13.5	3.6

Abbildung 11: Massnahmen im Bereich «Gebäude» aus der Massnahmenliste. Die Bilanzierung der theoretischen Potenziale, Zielsetzungen und Zielerreichungen erfolgt gemäss den Angaben in der Massnahmenliste im Abschnitt 7.³⁵

Eine besonders grosse Abweichung vom Zielwert weisen weiterhin die Massnahmen 1.6 (Vorschriften Neubauten) und 1.7 (Stromeffizienz in grossen Gebäuden) auf. Die mit der Massnahme 1.6 verbundenen MuKEN 2014 konnten 2024 nicht in Kraft gesetzt werden, da die Vorlage in der Volksabstimmung vom Januar 2024

³⁵ Die theoretischen Potenziale entsprechen dem identifizierten Stand gemäss der Energiestrategie 2030 und wurden nicht an neue Projekte, Studien oder Erkenntnisse angepasst.

abgelehnt wurde. Mit der Ablehnung der Vorlage zur MuKE 2014 (BuA Nr. 61/2023) muss die Politik eine von der Bevölkerung getragene Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie finden. Auch die wichtige Massnahme 1.1 (Energetische Gebäudesanierung) hinkt dem Ziel stark hinterher. Durch die starke Umsetzung 2023 aufgeholt hat insbesondere die Massnahme 1.4 (Haustechnikanlagen: Wärmepumpen).

5.2.2 Indikatoren

Indikator 3: Energetische Sanierung Energetische Sanierungen werden über das Energieeffizienzgesetz (EEG)³⁶ gefördert und unter der Massnahme 1.1 «Wärmedämmung» jährlich rapportiert. Im Jahr 2023 wurden gegenüber 2022 mehr Flächen energetisch saniert und über das EEG gefördert³⁷. Dies entspricht gemäss der Berechnungsmethodik von Massnahme 1.1 einer Endenergieeinsparung von 0.6 GWh für das Jahr 2023 (Abbildung 12) und einer seit 2008 kumulierten jährlichen Einsparung von 24.8 GWh.

³⁶ Gesetz vom 24. April 2008 über die Förderung der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien (Energieeffizienzgesetz, EEG), LGBl. 2008 Nr. 116.

³⁷ In diesen Daten sind keine öffentlichen Gebäude enthalten, da diese nicht förderberechtigt sind. Im 2023 wurden allerdings keine energetischen Sanierungen bei Gebäuden des Landes umgesetzt. Ebenfalls können einzelne Sanierungsvorhaben mit energetischer Wirkung fehlen, wenn die Bauherrschaft keine Förderung beansprucht oder wenn es sich um Ersatzneubauten handelt.

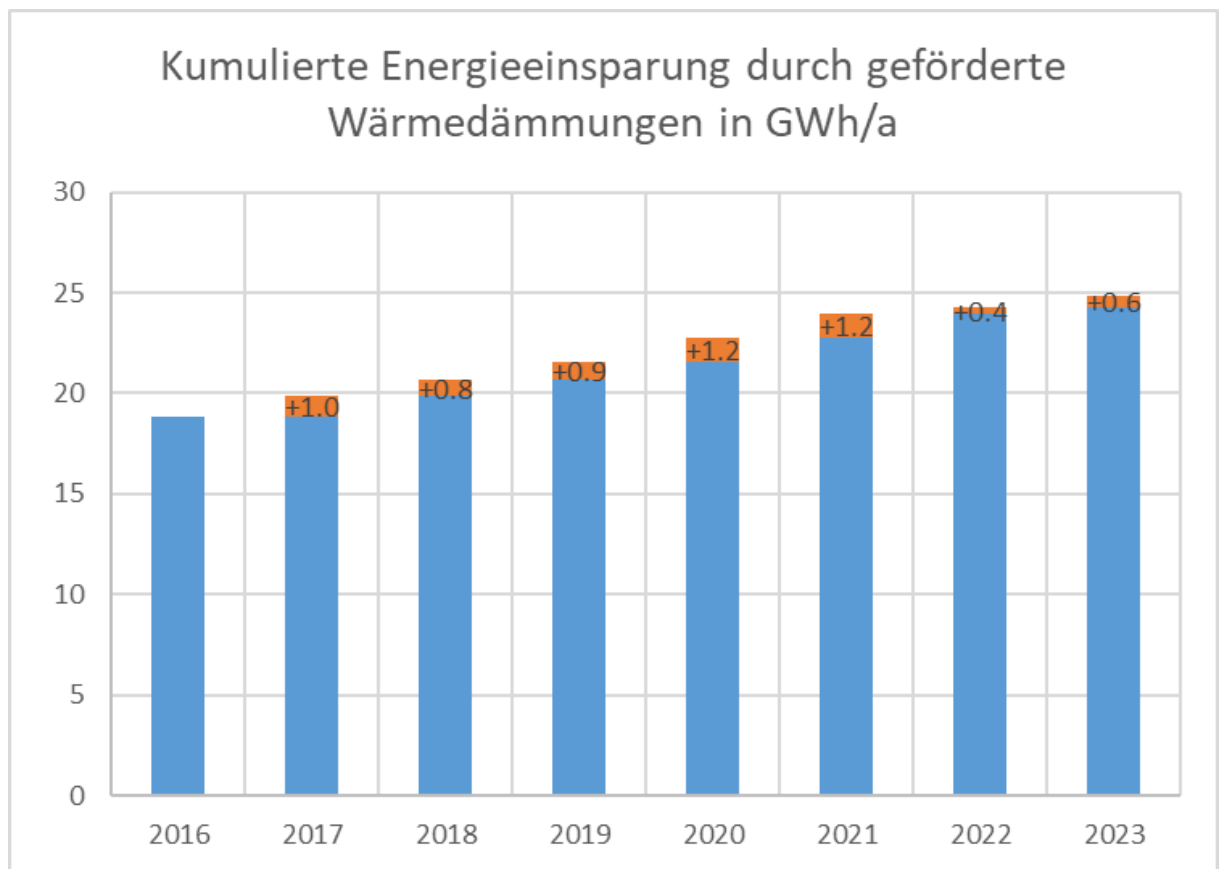


Abbildung 12: Umfang der seit 2008 kumulierten Energieeinsparungen durch über das EEG geförderte, energetische Sanierungen gemäss der Berechnungsmethodik von Massnahme 1.1.
Quelle: Energiefachstelle

Mit der Einführung der MuKE 2014 (Massnahme 1.6) sollte der Mindeststandard für Sanierungen angehoben werden. Am 21. Januar 2024 hat das liechtensteinische Stimmvolk die Vorlage zu den strengeren Gebäudevorschriften jedoch abgelehnt. Zentraler als die Anhebung des Sanierungsstandards bleibt aber die Herausforderung, die Sanierungsrate anzuheben, d.h. Bauherrschaften von Altbauten genügend Anreiz zu geben, eine energetische Verbesserung anzugehen.

Indikator 1: Minergie-A und Minergie-P Der Umfang der nach Minergie-A sowie Minergie-P und damit energetisch besonders vorbildlichen Gebäuden ist in der

Abbildung 13 dargestellt und in der Massnahme 1.2 beschrieben.³⁸ Im gesamten Land sind rund 5.1 Mio. m² Energiebezugsfläche vorhanden (Wert von 2018).

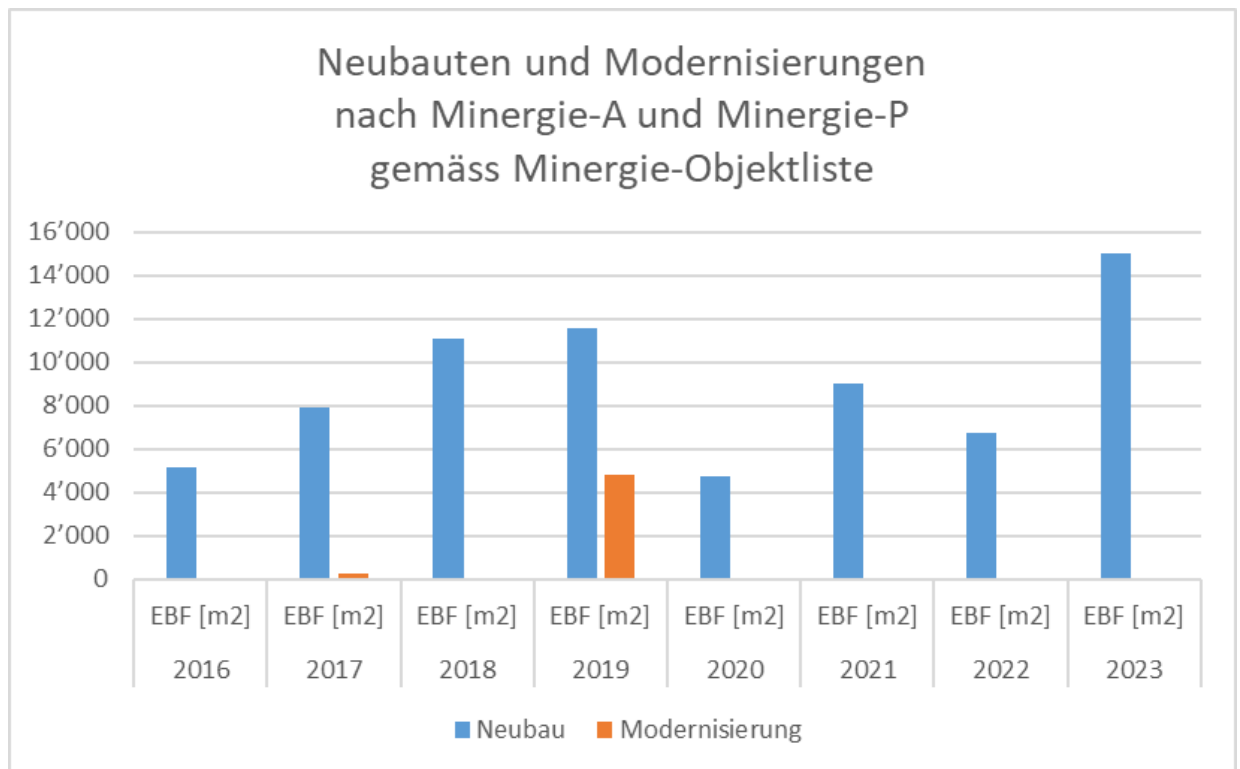


Abbildung 13: Energiebezugsfläche (EBF) der nach Minergie-A und Minergie-P erstellten Neubauten und Modernisierungen gemäss der offiziellen Minergie-Gebäudeliste³⁹.

Die umgesetzten Minergie-Projekte erreichen im Jahr 2023 einen Höchststand seit 2016. Trotzdem ist aufgrund der starken Schwankungen kein klarer Aufwärtstrend erkennbar. Dies mag damit zusammenhängen, dass viele Objekte nicht saniert, sondern durch Ersatzneubauten ersetzt werden. Die Beobachtung korreliert auch mit der geringen geförderten Fläche im Indikator in Abbildung 12.

³⁸ Dieser Indikator basiert auf der offiziellen Gebäudeliste von Minergie und umfasst somit im Gegensatz zur Statistik der Massnahme 1.2 (Abschnitt I.6) auch öffentliche und nicht geförderte Gebäude. Objekte können zudem auf Wunsch der Bauherrschaften nicht veröffentlicht werden. Die Daten für 2023 wurden rückwirkend korrigiert, weil in der Gebäudeliste von Minergie Objekte doppelt gezählt waren (als provisorisch und definitiv zertifiziert).

³⁹ Quelle: <https://www.minergie.ch/de/gebaeude/gebaeudeliste>.

Auch wenn Objekte ohne Zertifizierung wärmetechnisch hervorragend ertüchtigt werden können und die heutigen Sanierungsgrenzwerte hohe Anforderungen an die Wärmedämmung stellen, ist dies doch ein Hinweis, dass die Sanierungsrate im Bestand relativ tief sein dürfte und die energetisch hochwertigen Labels wenig Bedeutung haben. Dies ist weiterhin als kritisch zu bewerten, denn die grosse Herausforderung liegt in der wärmetechnischen Ertüchtigung des Bestands und nicht primär bei den Neubauten.

Indikator 4: Fossile und erneuerbare Heizsysteme Die pro Jahr eingebauten Heizsysteme gemäss Feuerungskontrolle und Haustechnikförderung (vgl. mit Haustechnikanlagen Massnahmen 1.3 und 1.4) sind in der Abbildung 14 dargestellt. Insbesondere der Einsatz von Wärmepumpen hat gegenüber 2022 nochmals deutlich zugenommen, wohingegen weniger fossile Feuerungen neu eingebaut (12 Stück) oder ersetzt (121 Stück) wurden. Bei den Holzfeuerungen wurde 2023 weniger Fläche ausgerüstet. Insgesamt wurden 2023 gemäss Feuerungskontrollen 133 fossile Feuerungen (Heizöl/Erdgas) neu eingebaut oder ersetzt, bei 374 erneuerbaren Systemen gemäss Daten der Förderung über die Energiefachstelle. Das bedeutet, dass trotz aller Erfolge bei rund 25% der eingebauten Heizungen immer noch ein fossiles System zum Einsatz kam.

Für die mittel- bis langfristige Zukunft ist es wesentlich, dass der begrenzte Brennstoff Holz primär für Hochtemperaturwärme (Prozesswärme) und Kraft-Wärme-Koppelung oder allenfalls für die Winterbandlast eingesetzt wird. Ein Teil der heute noch mit Hackschnitzel betriebenen Netze wird mittelfristig von der Fernwärme ab KVA Buchs bedient, was dann entsprechendes Holzpotenzial freigeben wird. Dies konnte 2023 beim Schulzentrum Mühleholz durch den Anschluss an die Fernwärme ab KVA umgesetzt werden, wodurch eine beträchtliche Holzmenge substituiert wird.

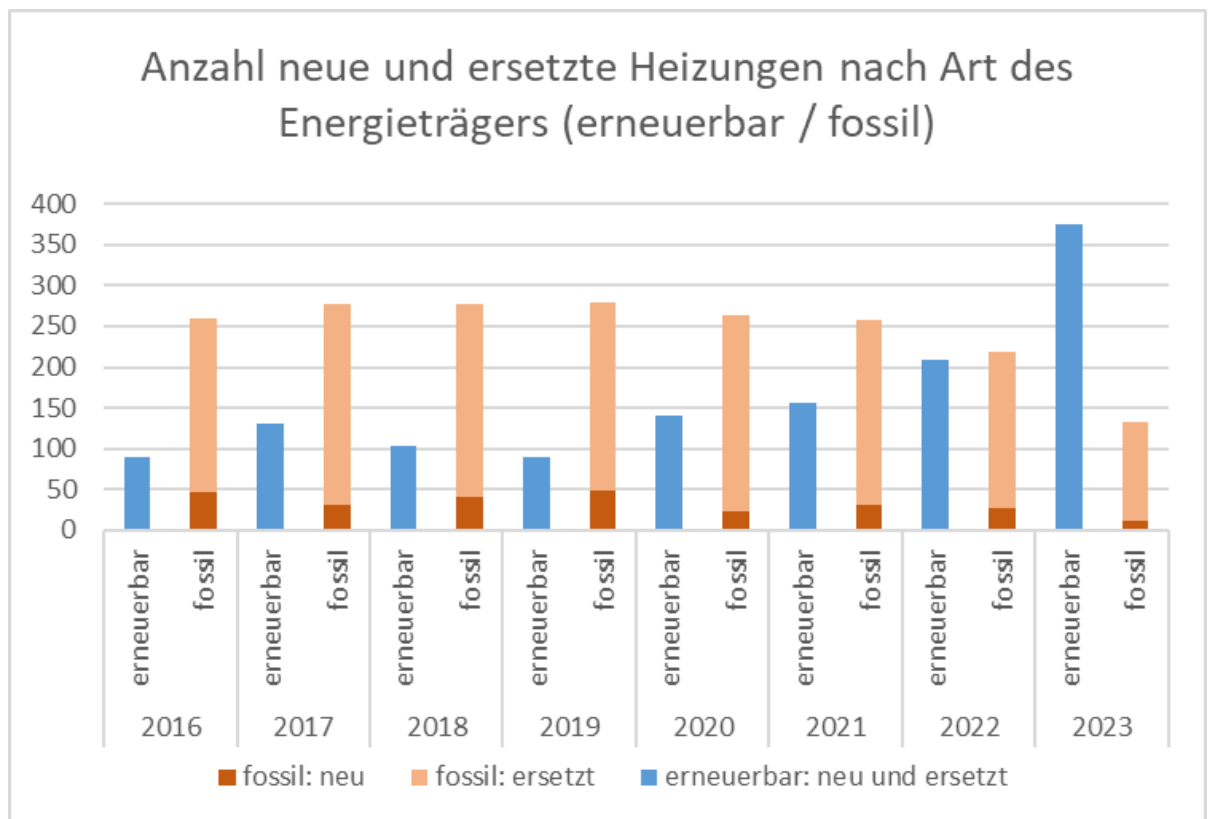


Abbildung 14: Anzahl neue und ersetzte Heizungen nach Art des Energieträgers (erneuerbar oder fossil) zwischen 2016 und 2023. Quellen: Feuerungskataster (fossile Feuerungen) und Energiefachstelle (erneuerbare Heizungen)

Indikator 5: Zielvereinbarungen Im Jahr 2023 verfügten weiterhin 16 Standorte im Fürstentum Liechtenstein über eine laufende Zielvereinbarung mit der Energieagentur der Wirtschaft (EnAW)⁴⁰ zur Ausschöpfung des wirtschaftlichen Reduktionspotenzials bei Energie und Treibhausgasemissionen (davon sind neun Grossverbraucher⁴¹). Damit bleibt die Anzahl Zielvereinbarungen gegenüber 2022 konstant und die Zeitreihe über die Jahre vergleichbar (Abbildung 15).

⁴⁰ Im Jahr 2023 wurden für das Fürstentum Liechtenstein keine Zielvereinbarungen mit der ACT – Cleantech Agentur Schweiz gemeldet.

⁴¹ Grossverbraucher sind in den MuKE definiert als Energiebezüger mit einem Strombedarf von mehr als 500'000 kWh/a oder einem Wärmebedarf von mehr als 5'000'000 kWh/a.

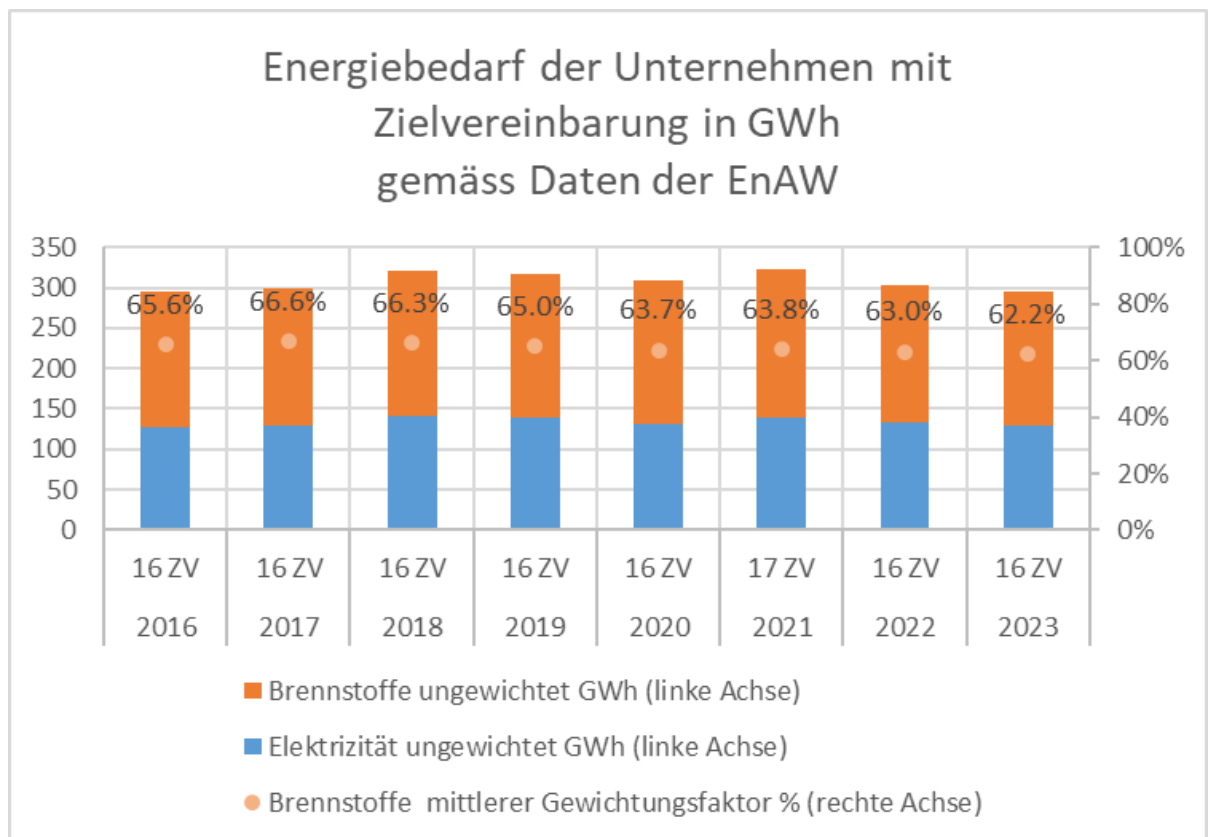


Abbildung 15: Energiebedarf der Unternehmen mit Zielvereinbarung zwischen 2016 und 2023 (Strom und Brennstoffe, ungewichtet) in GWh (linke Achse) sowie mittlerer Gewichtungsfaktor der Brennstoffe (rechte Achse). In der x-Achse ist die Anzahl abgedeckter Zielvereinbarungen ersichtlich. Quelle: Daten der EnAW

Der Energiebedarf der Unternehmen mit Zielvereinbarung beträgt nach wie vor knapp 26% des Landesenergiebedarfs. Der «mittlere Gewichtungsfaktor Brennstoffe» als Indikator für den fossilen Anteil im Energiemix dieser Unternehmen liegt bei 62%.⁴² Dies unterstreicht die wichtige Rolle, welche die Transformation dieser grossen Verbraucher einnimmt. Eine Verlagerung von fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien in der Industrie verläuft noch relativ verhalten.

⁴² Bei einer Substitution von fossilen Energieträgern durch Fernwärme und Dampf ab KVA oder durch Holzheizwerke nimmt der Indikator ab. Fossile Brennstoffe werden im Reporting der Unternehmen mit Zielvereinbarung mit 100% gewichtet, Fernwärme ab KVA mit 50% und Holz sowie Klär-/Biogas mit Faktor 10%. Dies sind die offiziellen Gewichtungsfaktoren, welche die Energieagentur der Wirtschaft (EnAW) gegenüber den Kantonen für die Berichterstattung verwenden muss. Der genaue Mix der Brennstoffe ist nicht bekannt. Bei einer vollständigen Substitution aller Brennstoffe in den Unternehmen mit Zielvereinbarung durch Fernwärme ab KVA würde der Index somit auf 50% sinken.

Indikator 7: Fossile Brennstoffe Der Anteil fossiler Brennstoffe am Landesenergiebedarf gemäss Energiestatistik liegt im Jahr 2023 bei 28% und damit auf dem gleichen Niveau wie im Jahr 2022 (Abbildung 16). Im Auswertungsjahr 2023 wurden vergleichbar viele Heizgradtage gemessen wie im Jahr 2022. Die Brennstoffe werden zu einem wesentlichen Teil für die Bereitstellung von Raumwärme verwendet.

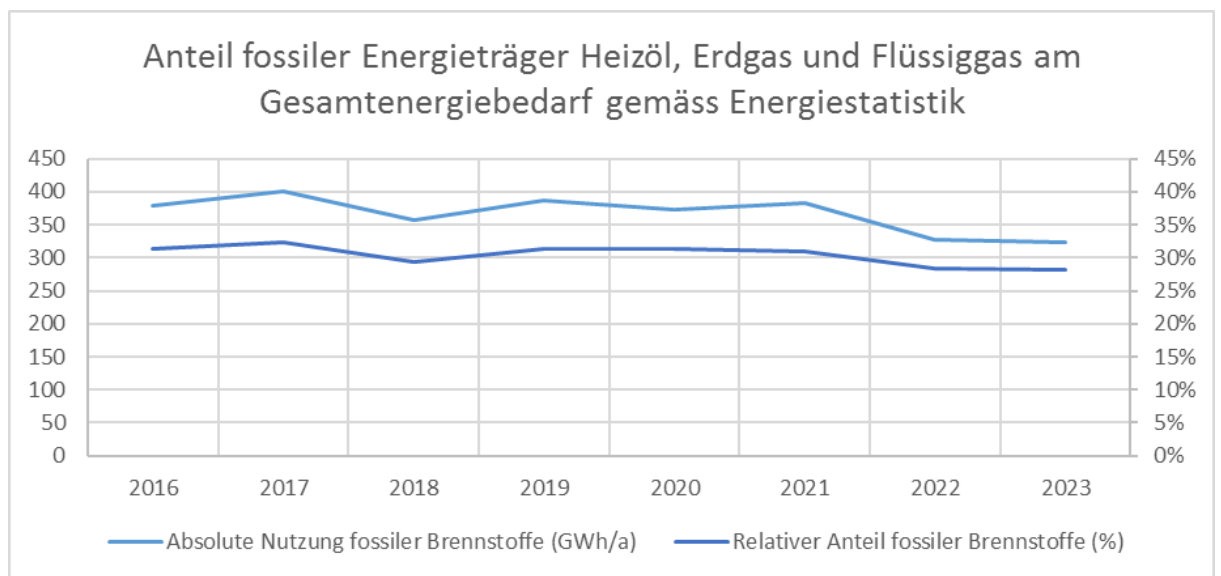


Abbildung 16: Anteil fossiler Energieträger am Gesamtenergiebedarf gemäss Energiestatistik von 2016 bis 2023. Quelle: Amt für Statistik

Dieser Indikator sollte künftig zur Zielerreichung beim Ziel 3 (Treibhausgasemissionen) durch fortschreitende Umsetzung der Massnahmen im Gebäudebereich und bei der Energieversorgung der Gebäude (Massnahmen 1.3, 1.4, 1.5.2 sowie 3.3 und 4.4) sinken. Um eine Trendwende herbeizuführen, muss die Anzahl der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Feuerungen deutlich rascher reduziert und der Wärmebedarf des Gebäudebestandes verringert werden.

Indikator 14: Vorbildfunktion der Landesverwaltung Im Rahmen der Postulatsbeantwortung im Bericht und Antrag Nr. 58 von 2022 (BuA Nr. 58/2022)⁴³ wurde für

⁴³ Quelle: <https://bua.regierung.li/BuA/default.aspx?modus=stw&filter1=A&filter2=1030073723>

40 der öffentlichen Gebäude der Landesverwaltung eine Mittel- und Langfriststrategie zur Verringerung des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen erstellt. Ausgangslage ist das Jahr 2020 mit 38 teilweise oder ganz fossil beheizten Gebäuden mit rund 1'113 Tonnen Treibhausgasemissionen pro Jahr bei rund 7'912 MWh Wärmebedarf. Rund ein Fünftel der Liegenschaften besass bereits im Jahr 2020 eine weitgehend CO₂-freie Wärmebereitstellung.

Gemäss der im BuA Nr. 58/2022 dargelegten Strategie für die staatlichen Liegenschaften sollen alle bisher mit Gas⁴⁴ beheizten Gebäude bis 1. Januar 2023 auf 100% Biogas umgestellt werden. Bis 2030 sollen alle fossil beheizten Gebäude auf erneuerbare Systeme und Fernwärme ab KVA umgerüstet werden, was die Treibhausgasemissionen im Betrieb eliminiert.⁴⁵ Durch Gebäudesanierungen, Verkäufe und weitere Umrüstungen auf Biomasse und Wärmepumpen können die Emissionen schliesslich bis auf rund 76 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr reduziert werden.

Die Massnahme soll in diesem Bericht einem regelmässigen Monitoring unterzogen werden. Die erhobenen Verbrauchswerte werden nur dann angepasst, wenn Änderungen durch Sanierungen oder Veräusserungen sowie Umrüstungen auf nicht-fossile Energieträger erfolgen. Ohne Massnahmen werden die Verbrauchs- und Emissionskennwerte von 2020 belassen, da dieses Jahr betreffend Witterung ein relativ durchschnittliches Jahr war. Die Treibhausgasbilanz wird auf denselben Emissionsfaktoren wie in der Basis von 2020 für die Jahre zwischen 2021 und 2030 ermittelt.

Im Jahr 2023 wurden alle mit Gas beheizten Gebäude von 20% auf 30% Biogasan- teil umgestellt. Zudem wurden das Schulgebäude Giessen & Pavillon, das

⁴⁴ Erdgas mit 20% Biogasan- teil.

⁴⁵ Die verbleibenden Emissionen von 287 t CO₂ gemäss BuA Nr. 58/2022 ergeben sich durch die Berücksichtigung der Bereitstellungskette der erneuerbaren Energieträger (graue Emissionen).

Schulzentrum Mühleholz I, sowie das Schulzentrum Mühleholz II auf Fernwärme ab KVA umgerüstet. Dadurch konnten rund 265 t CO₂-Emissionen bei gleichbleibendem Wärmebedarf eingespart werden und der Zielpfad beim CO₂ gemäss BuA Nr. 058/2022 erstmals erreicht werden (Abbildung 17). Für die kommenden Jahre sind weitere, umfangreiche Anstrengungen im staatlichen Gebäudepark nötig, um die Ziele weiterhin zu erreichen.

Bis jetzt wurde die vorgesehene Umstellung auf 100% Biogas nicht vollständig umgesetzt. Die Zertifikate können bis zu einem gewissen Zeitpunkt grundsätzlich auch rückwirkend beschafft werden. Der Kauf von Biogaszertifikaten reicht alleine aber nicht aus, um die Emissionen auf den Zielwert zu senken.⁴⁶ Es ist zudem zu hinterfragen, ob die Beschaffung von Biogaszertifikaten ökologisch und ökonomisch mehr Wirkung entfalten kann als eine Investition des entsprechenden Betrages in Massnahmen wie weitere Nah- und Fernwärmeanschlüsse oder Wärmedämmungen.

Drei Gebäude werden noch vollständig mit Heizöl beheizt. Es gab im Jahr 2023 keine energetische Sanierung von Gebäudehüllen bei der Landesverwaltung.

⁴⁶ Biogas ist gemäss den verwendeten KBOB-Ökobilanzkennwerten mit 0.13 kg CO₂/kWh versehen, fossiles Erdgas mit 0.228 kg CO₂/kWh.

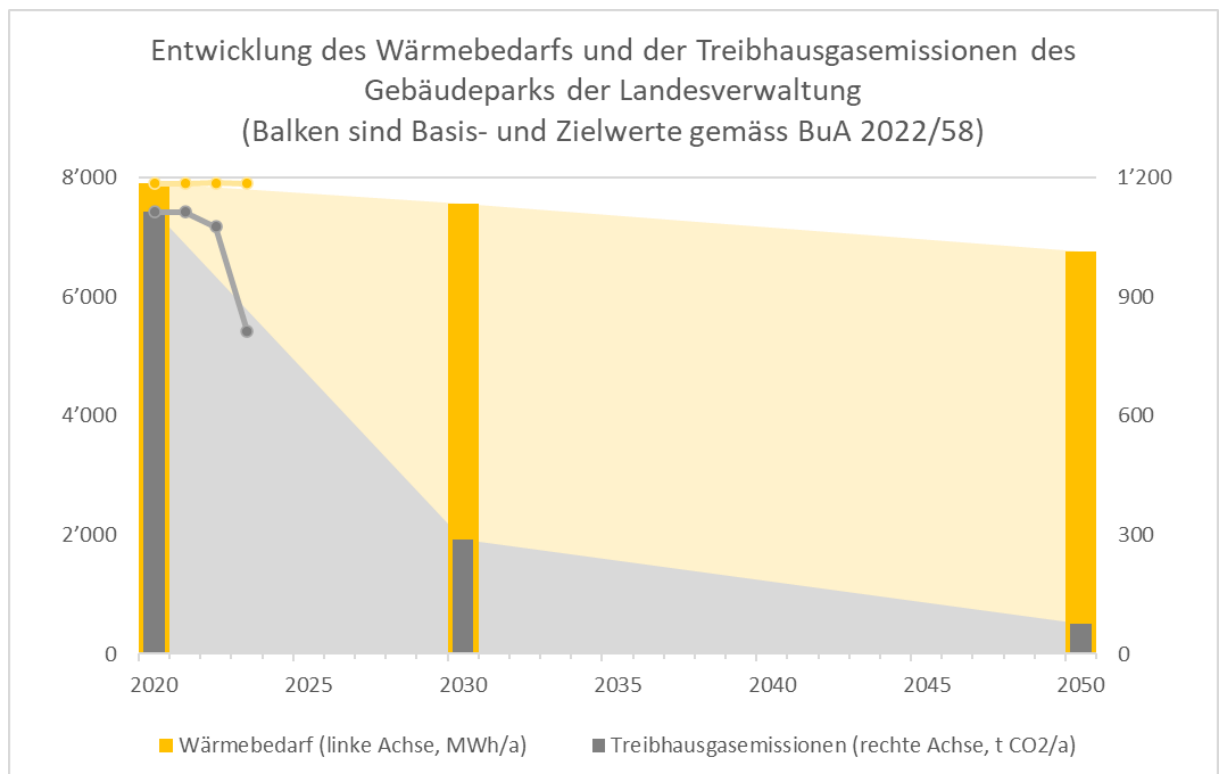


Abbildung 17: Entwicklung des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen relevanter Gebäude der Landesverwaltung mit Basiswert 2020 und Zielen (Balken) sowie aktueller Zielerreichung (Punkte). Quelle: BuA Nr. 58/2022, Stabsstelle für staatliche Liegenschaften (SSL)

5.3 Bereich Verkehr

5.3.1 Massnahmenliste

Der Bereich «Verkehr» umfasst gemäss der Massnahmenliste der Energiestrategie 2030 Massnahmen in den Bereichen «Vorschriften», «Reduktion und Verlagerung», «Technologie» und «Bewusstseinsbildung» (Abbildung 18).

	Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)		
	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (kt CO ₂ /a)	Ziel 2030 (kt CO ₂ /a)	Stand 2023 (GWh/a)
2 Massnahmen Mobilität/Verkehr									
Vorschriften									
2.7 Absenkung Treibstoffverbrauch und CO ₂ -Emissionen		5.0	4.5					1.3	1.2
2.9 Gesetzesgrundlagen für autonomes Fahren schaffen									
Reduktion und Verlagerung des Verkehrs									
2.1 Mobilität und Raumplanung									
2.2 Öffentlicher Verkehr	112.0	10.0	7.3				(*) 29.8	3.3	1.9
2.3 S-Bahn							(*) 29.8		
2.4 Langsam- resp. Aktivverkehr						0.2			0.1
2.5 Mobilitätsmanagement in Betrieben	51.0	1.8	0.3				(*) 13.6	0.5	0.1
Technologie									
2.8 Elektrofahrzeuge	227.0	35.8	5.4				(*) 81.9	13.0	2.0
Bewusstseinsbildung							(*) 29.0	4.4	0.7
2.12 Sharing Economy in der Mobilität									
Teilsumme Massnahmenbündel 2	390.0	52.6	17.6				(*) 125.3	18.1	5.3
							(*) 72.4	4.4	0.7

Abbildung 18: Massnahmen im Bereich «Verkehr» aus der Massnahmenliste. Die Bilanzierung der theoretischen Potenziale, Zielsetzungen und Zielerreichungen erfolgt gemäss den Angaben in der Massnahmenliste im Abschnitt 7.⁴⁷

Bislang schlägt sich die Reduktion der fossil betriebenen Personenwagen im Bestand noch nicht im Treibstoffverbrauch in der Energiestatistik nieder – im Gegenteil, dieser steigt um 5.5%, was gegenwärtig durch erhöhte Reisetätigkeit und allfällige Preiseffekte gegenüber dem Ausland erklärt werden muss. Die Massnahme 2.8 (Elektromobilität) ist für die Effizienz und die Treibhausgase zentral, wobei der Marktanteil der elektrischen Neuwagen im Jahr 2023 stagnierte. Diese Massnahme liegt damit hinter dem ambitionierten Ziel. Der öffentliche Verkehr (Massnahme 2.2) konnte seine Auslastung wieder leicht verbessern und mittlerweile wird ein Teil der Flottenkilometer durch Elektrobusse erbracht. Die Erhebungen zum Modalsplit bei der Landesverwaltung ergab 2023 eine leichte Verlagerung hin

⁴⁷ Die theoretischen Potenziale entsprechen dem identifizierten Stand gemäss der Energiestrategie 2030 und wurden nicht an neue Projekte, Studien oder Erkenntnisse angepasst.

zum Fuss- und Radverkehr zulasten des motorisierten Individualverkehrs (Massnahme 2.5). Da ab 2022 mit dem Wechsel auf den WLTP-Standard⁴⁸ zur Deklaration der CO₂-Emissionen von Personenwagen keine mittleren Emissionen des gesamten Fahrzeugbestands mehr zur Verfügung stehen, musste die Massnahme 2.7 neu auf die Neuzulassungen bezogen werden. Dies reduziert die ausgewiesene Wirkung vermutlich, obschon die angegebenen Emissionen der Neuwagen deutlich rückläufig waren.

5.3.2 Indikatoren

Indikator 6: Alternative Antriebe Elektrische Antriebe weisen im Betrieb einen Wirkungsgradvorteil von Faktor drei gegenüber Verbrennern auf. Damit sind batterieelektrische Fahrzeuge zentraler Bestandteil zur Erreichung des Effizienzziels (Ziel 1) sowie der Reduktion der Treibhausgasemissionen (Ziel 3).

Im Jahr 2023 stieg der Anteil vollelektrischer und hybridelektrischer Personenwagen bei den Neuzulassungen nur noch leicht auf 28% an (Abbildung 19).⁴⁹ Gegenüber 2022 kann eine deutliche Zunahme des Wachstums bei hybridelektrischen Neuzulassungen festgestellt werden.

⁴⁸ Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP) bzw. weltweit einheitliches Testverfahren für Leichtfahrzeuge: Aufgrund eines Wechsels der statistischen Erfassungsmethodik auf WLTP-Werte bei den Neuzulassungen musste die Methodik angepasst werden. Neu werden die CO₂-Emissionen des Fahrzeugbestands (nach NEFZ) und der fossil angetriebene Fahrzeugbestand jährlich verglichen. Über eine Fahrleistung von 10'000 km pro Personenwagen und Jahr wird die Veränderung der Emissionen des Fahrzeugbestands berechnet.

⁴⁹ Seit 2023 (auch rückwirkend) werden hybridelektrische Fahrzeuge nur noch mit 20% als elektrische Fahrzeuge angerechnet.

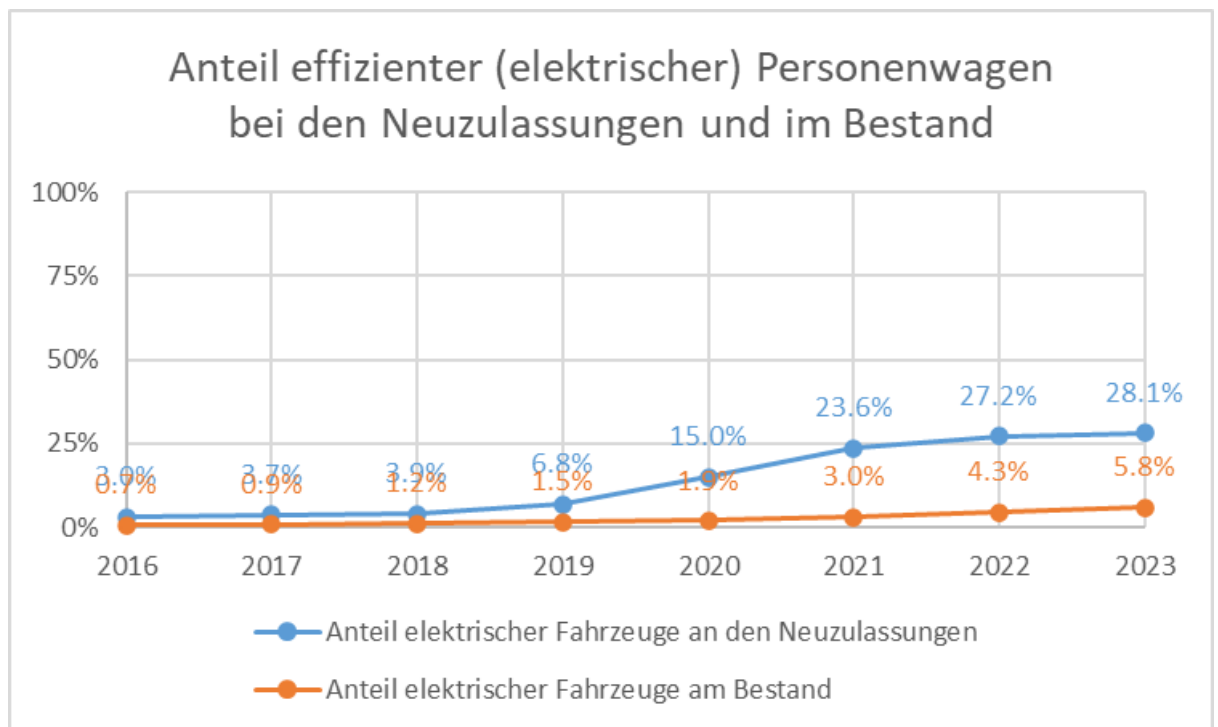


Abbildung 19: Anteil effizienter (elektrischer) Antriebskonzepte an den Neuzulassungen und im Bestand der Personenwagen. Quelle: Amt für Statistik

Im Bestand machen die effizienten Personenwagen nun rund 5.8% aus (Abbildung 19), d.h. die hohen Zulassungsanteile wirken verzögert in Form eines reduzierten Bedarfs an fossilen Treibstoffen, wenn man davon ausgeht, dass die elektrischen Fahrzeuge ähnliche Fahrleistungen erbringen wie der gesamte Bestand. Der Absatz an fossilen Treibstoffen ist im Jahr 2023 durch das Wachstum beim Benzinabsatz um 38% allerdings wieder gestiegen (Abbildung 20). Der Treibstoffabsatz im Inland ist aber neben preislichen Effekten auch stark durch die allgemeine Wirtschaftslage sowie die Reisetätigkeit beeinflusst.

Der Absatz rein elektrischer und damit besonders effizienter Fahrzeuge verbleibt fast auf Vorjahresniveau und die erhoffte, rasche Verdrängung fossiler Fahrzeuge schreitet nur langsam voran. Es wird sich zeigen, ob mit weiteren Verbesserungen bei der Ladeinfrastruktur und der Modellpalette hin zu günstigeren Fahrzeugen eine raschere, deutliche Steigerung möglich ist. Es ist davon auszugehen, dass der Beschluss des EU-Rats, dass ab 2035 nur noch Fahrzeuge neu zugelassen werden

dürfen, die im Betrieb CO₂-neutral sind, in den kommenden Jahren einen Einfluss auf die auf dem Markt verfügbaren Fahrzeuge und damit auch auf die Neuzulassungen und den Bestand an batterieelektrischen Fahrzeugen in Liechtenstein haben wird. Die Regierung wird zudem prüfen, ob eine gesetzliche Grundlage zur finanziellen Förderung von Basisinfrastrukturen für Ladestationen für E-Fahrzeuge geschaffen werden soll. Mit einer entsprechenden Förderung von Zuleitungen, Verteil- und Lastmanagementsystemen würden Anreize dafür geschaffen, dass insbesondere in Mehrfamilienhäusern und bei Unternehmen Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge installiert und dadurch eine Hürde für den Kauf eines E-Fahrzeugs abgebaut wird.

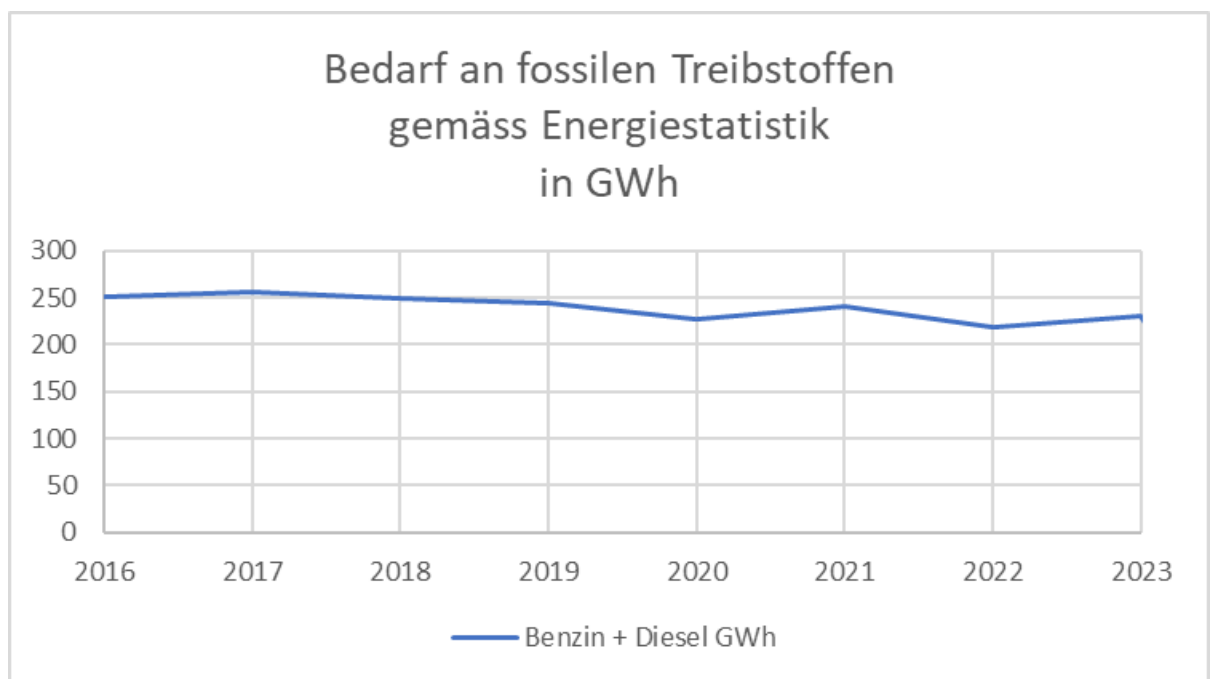


Abbildung 20: Bedarf fossiler Treibstoffe zwischen 2016 und 2023 gemäss Energiestatistik in GWh. Quelle: Amt für Statistik

Indikator 8: Treibstoffverbrauch öffentlicher Verkehr Der Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge der LIEmobil im fahrplanmässigen Betrieb machte im Jahr 2023 rund 1.1% des Treibstoffbedarfs des Landes aus. Seit Ende Januar 2023 fahren vier batterieelektrische Busse im Linienbetrieb, welche rund 10% der Fahrleistung

ausmachen. Die Wirkung dieser Busse ist im Auswertungsjahr nicht deutlich erkennbar. Der gesamte Treibstoffverbrauch blieb bei gleichbleibenden Flottenkilometern trotz Elektrobussen auf dem Vorjahresniveau, was gegenwärtig nicht erklärt werden kann. Liemobil will künftig die Datenbasis zum Treibstoffverbrauch verbessern. Die Auslastung der Busse im fahrplanmässigen Verkehr stieg gegenüber dem Vorjahr weiter an, was den Verbrauch pro 100 Personenkilometer reduziert hat (Abbildung 21). Die Fahrleistungen und Auslastung erreichen aber noch immer nicht das Niveau von vor der Corona-Pandemie. Der Treibstoffverbrauch pro Personenkilometer ist mit der besseren Auslastung gesunken.⁵⁰ Im Jahr 2026 sollen ein Drittel, 2028 die Hälfte und ab 2032 die gesamte Flotte fossilfrei betrieben werden.⁵¹

⁵⁰ Der Wert von 47.9 kWh/100 Pkm entspricht rund 4.8 Liter Diesel pro 100 km und Person und liegt damit im Bereich eines mit einer Person besetzten, sehr sparsamen Verbrenners. Elektroautos verbrauchen im Schnitt rund 20-25 kWh/100 km.

⁵¹ Klimastrategie Liechtenstein 2050, Version vom 15. März 2023, verfügbar unter https://archiv.llv.li/files/au/klimastrategie-2050_55.pdf

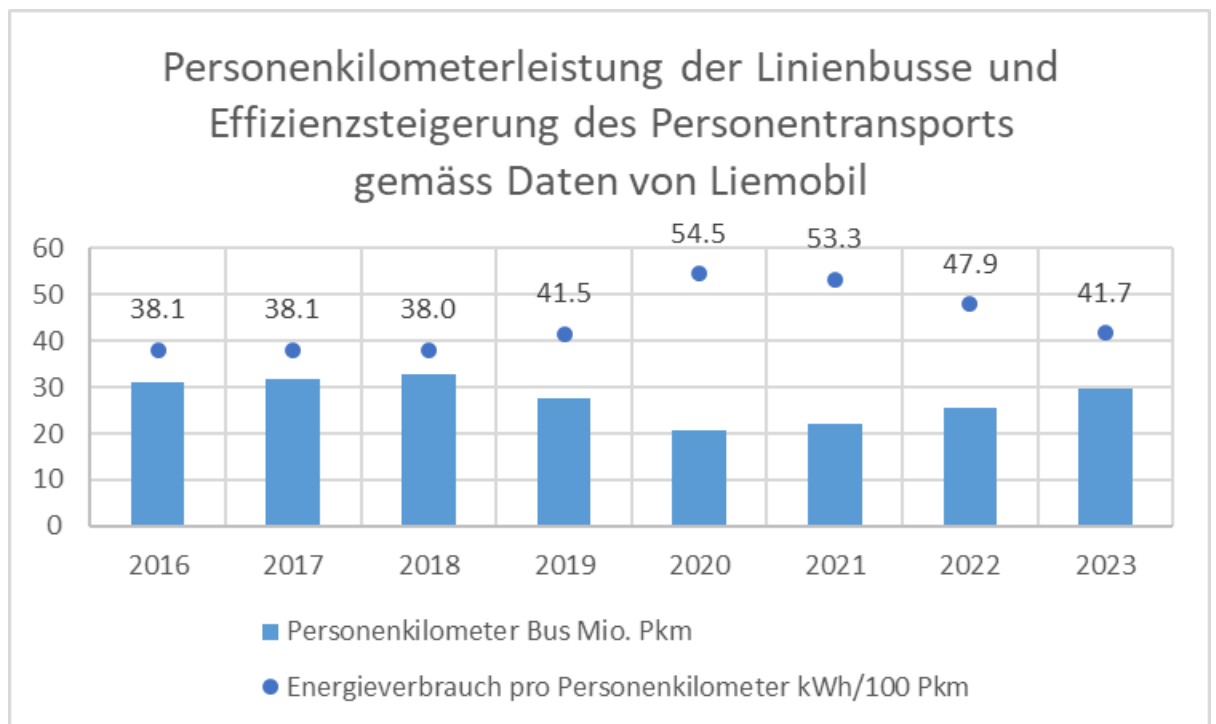


Abbildung 21: Fahrleistung der Linienbusse bei fahrplanmässigen Kursfahrten in Mio. Personenkilometern und Entwicklung der Effizienz des Personentransports in kWh/100 Pkm. Quelle: Liemobil

5.4 Bereich Erzeugung und Beschaffung

5.4.1 Massnahmenliste

Der Bereich «Erzeugung und Beschaffung» umfasst gemäss der Massnahmenliste der Energiestrategie 2030 Massnahmen in den Bereichen «Vorschriften», «Erzeugung», «Beschaffung» sowie «Technologie» und «Bewusstseinsbildung» (Abbildung 22).

		Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen		
		Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global) Theor. Potenzial (kt CO ₂ /a)	Ziel 2030 (kt CO ₂ /a)	Stand 2023 (GWh/a)
3	Massnahmen Energieerzeugung und Beschaffung									
	Vorschriften									
3.1	Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung	64.0	32.2					5.4 (*) 22.7	2.7 8.5	
6.3	Energiekataster und Planungsgrundlagen für Liechtenstein									
	Erzeugung									
4.1	Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung el. Energie aus ern. Energien oder KWK, Art 3.1.e EEG) (bezogen auf kWh _{el})				571.0	41.5	23.8	(*) 246.7	17.9	10.3
4.2	Stromgewinnung aus KWK-Anlagen	12.5	0.5	0.1				-2.5 (*) 2.9	-0.1 0.1	0.0 0.0
4.3	Wasserkraftwerke				215.9		0.8	(*) 93.3		0.3
4.5	Windkraftwerke				114.0			(*) 49.2		
4.6	Biogasnutzung und erneuerbares Gas (Power-to-Gas)				20.0	13.0		4.4 (*) 4.4	2.8	
4.7	Tiefengeothermie Strom und Wärme				75.0			15.3 (*) 17.5		
3.3	Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze bei sinnvoller Konstellation			0.5	240.0	40.0	5.5	53.9 (*) 53.9	8.8	1.2
4.4	Holzheizwerke				63.0	10.0		13.8 (*) 13.8	2.2	
1.5.1	Solkollektoren (Erwärmung von BWW durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)				36.0	-7.7	-2.4	7.9 (*) 7.9	-1.7	-0.5
	Beschaffung									
4.8	Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie									
3.6	Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung -und Abwasserreinigung			0.5				(*)		0.0 0.2
	Bewusstseinsbildung									
5.7	Vorbildfunktion der öffentlichen Hand									
6.4	Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes									
5.1	Energiestädte									
6.1	Energiestatistik									
Teilsumme Massnahmenbündel 3		76.5	32.7	1.0	1334.9	96.8	27.7	98.2 (*) 512.3	14.7 26.6	0.7 10.8

Abbildung 22: Massnahmen im Bereich «Energieerzeugung und Beschaffung» aus der Massnahmenliste. Die Bilanzierung der theoretischen Potenziale, Zielsetzungen und Zielerreichungen erfolgt gemäss den Angaben in der Massnahmenliste im Abschnitt 7.⁵²

Die Massnahme 3.1 (Mindestvorschriften für Geräte) ist wichtig und hat das grösste Effizienzpotenzial dieses Bereichs. Eine Bilanzierung ist jedoch schwierig und kann aufgrund Anpassungen bei den entsprechenden Verordnungen nicht

⁵² Die theoretischen Potenziale entsprechen dem identifizierten Stand gemäss der Energiestrategie 2030 und wurden nicht an neue Projekte, Studien oder Erkenntnisse angepasst.

jährlich vorgenommen werden. Die erneuerbaren Potenziale ergeben sich vor allem durch den PV-Zubau (Massnahme 4.1), die Nutzung von Abwärme inkl. Fernwärme ab KVA Buchs (Massnahme 3.3) und allenfalls durch eine überregionale Biogasanlage (Massnahme 4.6). Die Abwärmenutzung ab KVA Buchs wird weiter über den Netzausbau vorangetrieben, wobei der Netzausbau an sich eine Vorinvestition darstellt und der Fernwärmeabsatz erst verzögert ansteigt. Die Potenziale für Windkraftnutzung, eine grosse Biogasanlage und zusätzliche Holzheizwerke sind noch nicht realisiert, aber weiterhin möglich.

5.4.2 Indikatoren

Indikator 9: Anteil erneuerbarer Energieträger und Abwärme ab KVA In der Energiestrategie 2030 wurden unter dem Ziel 2 verschiedene Kategorien erneuerbarer und primärenergiefreier Energieträger definiert, nämlich einerseits einheimische, erneuerbare Energieträger (Kategorie 1), aber auch importierte, erneuerbare und primärenergiefreie Energieträger (Kategorie 2) sowie erneuerbare Strom- und Gasimporte (Kategorie 3).

Fernwärme und Dampf ab KVA Buchs wurde in der Energiestrategie 2030 der Kategorie 2 zugeordnet. Fest steht, dass in der Schweiz nicht rezyklierte, brennbare Abfälle in einer KVA thermisch verwertet werden müssen und dass dabei Abwärme entsteht, welche (bestmöglich) für die Stromproduktion, die Dampfkopplung und die Fernwärmeversorgung genutzt werden soll. Die Treibhausgasemissionen der Abfallverbrennung werden dem nationalen Treibhausgasinventar des Standorts der KVA angelastet, die resultierende Abwärme ist mit Ausnahme geringer Beiträge für Erstellung und Betrieb der benötigten Verteilnetze CO₂- und primärenergiefrei. Verschiedene Fragen zur Nutzung von Fernwärme

und Dampf ab KVA Buchs wurden in einer Interpellationsbeantwortung der Regierung umfassend geprüft und beantwortet.⁵³

Das Ziel für Kategorie 1 liegt im Jahr 2030 bei 17%, das Ziel für Kategorie 2 bei 13% (total 30%). Wie aus der Darstellung des Indikators in der Abbildung 23 ersichtlich wird, konnte in den letzten Jahren der Anteil der Kategorie 2 durch den Fernwärme- und Dampfausbau im Verhältnis zum Gesamtverbrauch gesteigert werden. Ebenfalls konnte der Indikator der Kategorie 1, Anteil einheimische erneuerbare Energien erstmals seit 2017 erhöht werden. Diese Erhöhung ist vor allem auf den gestiegenen Anteil Strom aus Wasserkraft und PV zurückzuführen.⁵⁴

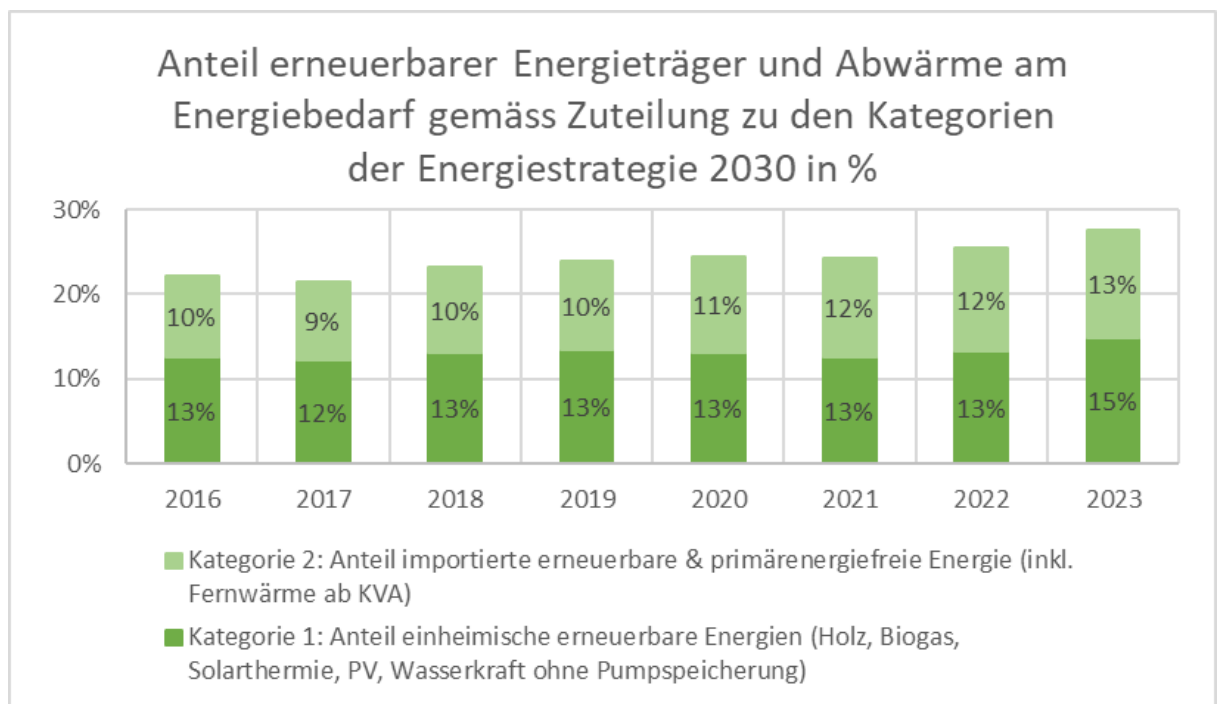


Abbildung 23: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergiebedarf gemäss Energiestatistik. Quelle: Amt für Statistik

⁵³ Bericht und Antrag 2023/55

⁵⁴ Hinweis: In der in KWK genutzten Biomasse unter Kategorie 1 kann ein Anteil importiertes Holz (Kategorie 2) enthalten sein. Der Anteil ist aktuell nicht abgrenzbar und wird unter Kategorie 1 mitgezählt.

Nicht berücksichtigt werden Stromimporte, welche mit erneuerbaren Herkunftsnachweisen belegt sind, denn die Herkunftsnachweise sind heute gemäss geltenden EU-Richtlinien (noch) nicht im Bezügerland anrechenbar.

Indikator 13: Inländische Stromproduktion vs. Beteiligungen im Ausland der LKW

Die Liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) sind allerdings an verschiedenen Kraftwerken mit erneuerbarer Erzeugung im In- und Ausland beteiligt, welche hier zur Vervollständigung des Bildes dargestellt werden (Abbildung 24).

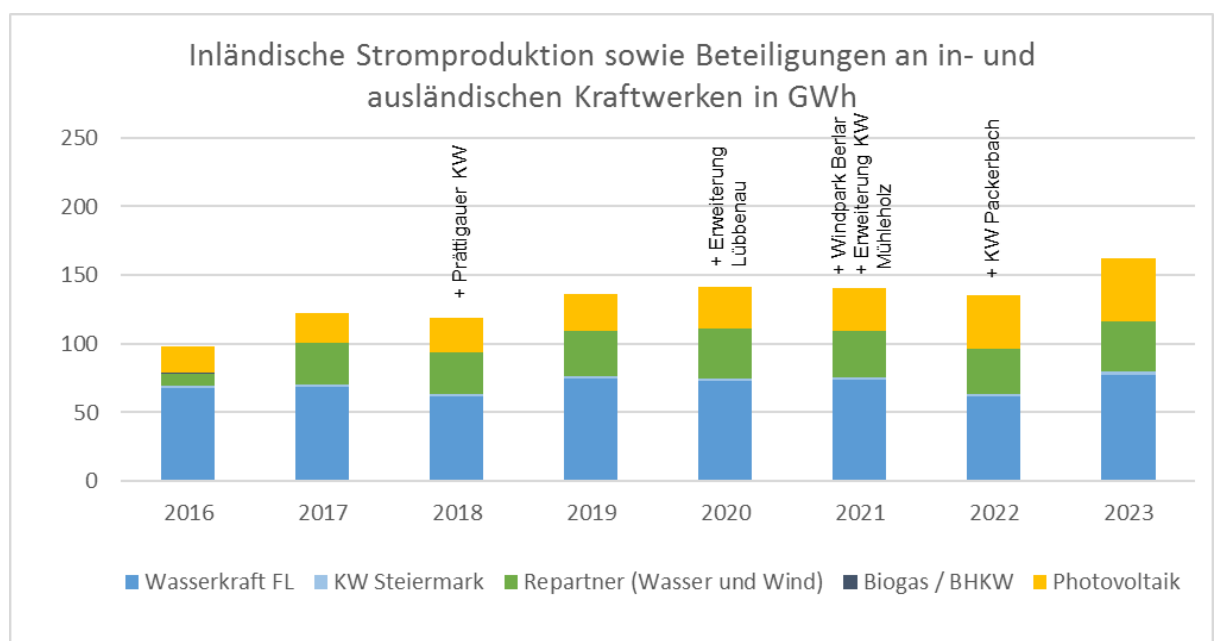


Abbildung 24: Entwicklung der inländischen Stromproduktion (ohne PV-Eigenverbrauch) mit Wasserkraft sowie der inländischen Produktion durch Dritte und der ausländischen Stromproduktion durch Beteiligungen der LKW von 2016-2023. Quelle: Amt für Statistik, Energiedatenbericht LKW⁵⁵

Der Anteil der durch Beteiligungen an Kraftwerken im Ausland (Wind- und Wasserkraft) sowie durch die Erzeugung im Inland durch Dritte ins Netz gespiesene Strom beträgt im Jahr 2023 rund 52% der gesamten Stromeinspeisung aus

⁵⁵ Hinweis zur Grafik: Aufgrund der geringen Mengen sind die Anteile KW Steiermark und Biogas / BHKW in der Grafik nicht sichtbar.

Eigenerzeugung im In- und Ausland. Der Anteil durch Beteiligungen ist gegenüber dem Vorjahr um 2% gesunken, weil die einheimische Wasserkraft sehr stark war. Dass die Produktion insgesamt deutlich gestiegen ist, ist vor allem einem niederschlagsreichen Jahr 2023 und dem starken PV-Zubau zuzuschreiben.

In Kombination mit dem laufenden Ausbau der Photovoltaik bieten Windkraftwerke eine ideale Ergänzung, da sie auch in der Nacht und im Winter Strom produzieren. Damit Windkraftwerke realisiert werden können, wird das Land die Windeignungsgebiete in den Landesrichtplan aufnehmen und die Gemeinden entsprechende «Energiezonen» in den Richtplanungen vornehmen. Über Bürgerbeteiligungsmodelle und mit Unterstützung der LKW sollen Projekte realisiert werden.

Indikator 12: Netzgebundene Energieträger Das Rückgrat der CO₂-freien Versorgung grosser Industriebetriebe ist die Dampfleitung der KVA Buchs zu den Unternehmen Hilcona AG, Herbert Ospelt Anstalt und Kronen Käserei AG (ehemals Milchhof AG). Die Dampfleitung liefert jährlich rund 10% des Gesamtenergiebedarfs des Landes über den Rhein. Im Jahr 2023 war die Dampflieferung um 0.8% rückläufig (114.5 GWh), der Absatz von Fernwärme ab KVA hat sich hingegen um 50% erhöht (13.2 GWh) (Abbildung 25).

Im Jahr 2023 wurde der Ausbau der durch Liechtenstein Wärme (LW) betriebenen Nah- und Fernwärmenetze weiter stark vorangetrieben. Die Netzlänge nahm von 31.6 km auf 41.2 km zu, die Anzahl thermische Energie nutzender Kunden von 233 auf 301. Bedient wurden die Nahwärmeverbünde im Land⁵⁶ 2023 zu 54% mit Holz, 22% mit fossilen Energieträgern (Heizöl und Erdgas sowie Erdgas KWK), 21% mit Abwärme der KVA Buchs, 4% mit Wärmepumpen (inkl. Umweltwärme) und 1%

⁵⁶ Inkl. Holzheizwerke Malbun und Balzers, ohne Dampf ab KVA Buchs.

mit Biogas. Gegenüber 2022 hat vor allem die Nutzung von Fernwärme ab KVA um 50% zugenommen.

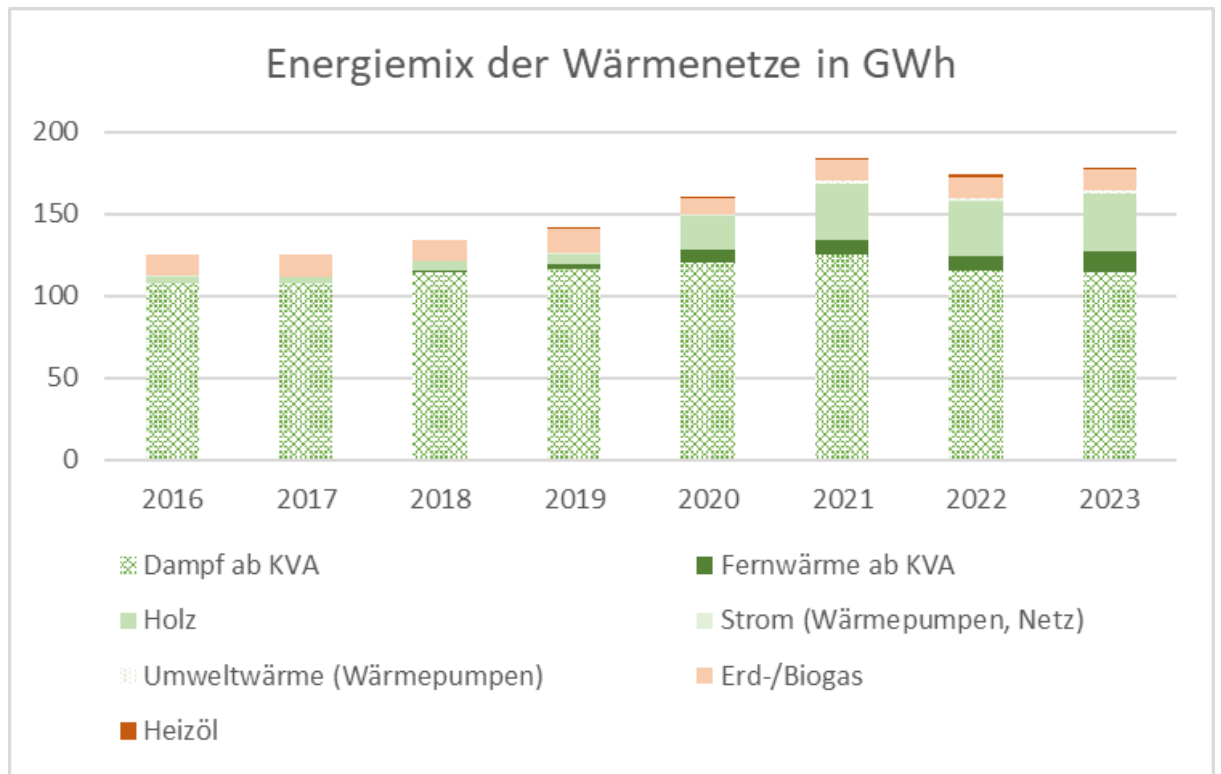


Abbildung 25: Entwicklung der Zusammensetzung der Energieträger der Wärmenetze sowie der Dampfleitung ab KVA Buchs. Quelle: Geschäftsbericht von LW 2023, ab 2021 inkl. Angaben der Holzheizwerke Malbun und Balzers⁵⁷, Amt für Statistik

Die sich abzeichnende Entwicklung und Mixverschiebung bei den Wärmenetzen ist im Sinne der Energiestrategie 2030 wichtig, denn die Wärmenetze bieten mit ihren Anlagegrößen eine realistische Möglichkeit, im Winterhalbjahr gut verfügbare Energieträger (Abwärme KVA, Holz) einzusetzen und im Sommer und in der Übergangszeit mit Wärmepumpen oder direktelektrischer Nutzung Abnehmer für PV-Strom zu schaffen. Wärmenetze wirken so der Winterstromlücke entgegen und reduzieren allfälligen Saisonspeicherbedarf deutlich. Die Nah- und Fernwärme kann deshalb die Versorgungssicherheit für Liechtenstein deutlich erhöhen.

⁵⁷ Vor 2021 fehlen die Daten der Holzheizwerke Malbun und Balzers.

Grosse, zentrale CO₂-Emittenten wie eine KVA stellen künftig auch eine Möglichkeit dar, CO₂ abzuscheiden und einzulagern und damit netto sogar CO₂-negativ zu werden (durch den biogenen Anteil in den Abfällen). In der Schweiz haben die 29 KVA im März 2022 eine Vereinbarung mit dem Bund abgeschlossen, welche vorsieht, dass die KVA-Betreiber bis 2030 mindestens eine Anlage zur CO₂-Abscheidung im Umfang von 100'000 Tonnen CO₂ in Betrieb nehmen.⁵⁸ Aktuell läuft ein übergeordnetes Forschungsprogramm, welches die künftige Rolle von KVAs als sogenannte «Green Energy Hubs» untersucht.⁵⁹

Um den Nah- und Fernwärmeausbau nochmals zu beschleunigen und eine wirtschaftlich vorteilhafte Entwicklung der Netzgebiete zu ermöglichen, wurde LW im Sommer 2023 mit der Erstellung einer vertieften Zielnetzplanung beauftragt. Die Ergebnisse dieser Zielnetzplanung sollen aufzeigen, wo und wieviel Investitionsbedarf für einen noch rascheren Ausbau mit möglichst grosser Wirkung notwendig ist.

LW verfolgt die Zielsetzung, die Wärmeverbünde bis 2030 zu 90% und bis 2050 vollständig CO₂-neutral zu betreiben.⁶⁰ Der Anteil fossiler Energien wird mit jeder Substitution durch KVA-Abwärme, Holz und Umweltwärme stetig gesenkt.

Bereits realisierte, geplante sowie in Evaluation befindliche Nah- und Fernwärmegebiete sind in der Abbildung 26 dargestellt. Derzeit sind folgende Nah- und Fernwärmenetze in Betrieb und befinden sich im Erweiterungsausbau:

- Balzers (Holzhackschnitzel)

⁵⁸ Quelle: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/branchenvereinbarungen/vereinbarung-kehrichtverwertungsanlagen.html>

⁵⁹ Innosuisse Flagship Greenhub, Quelle <https://www.ost.ch/de/projekt/innosuisse-flagship-greenhub-1905>

⁶⁰ Quelle: Geschäftsbericht von LW 2023, online unter <https://www.waerme.li/downloads>

- Balzers Brüel (Grundwasser-Wärmepumpe bzw. Grundwasser-WP und Gas aus Kraft-Wärme-Kopplung bzw. KWK-Gas (im Rückbau))
- Triesen (Holzhackschnitzel und KWK-Gas)
- Triesenberg (Holzhackschnitzel und Luft-Wasser-WP (im Bau))
- Malbun (Holzhackschnitzel und KWK-Holz)
- Schaan Industrie 1 (Dampf Industrie, Wärme von KVA)
- Schaan Zentrum (Holzhackschnitzel und KWK-Gas (im Rückbau), Wärme von KVA Buchs (im Bau))
- Schaan Industrie 2 (Wärme von KVA Buchs)
- Bendern 1 (Dampf Industrie, Wärme von KVA Buchs)
- Bendern 2 (Kondensatabkühlung, Wärme von KVA Buchs)
- Eschen (Holzhackschnitzel und Pellets)
- Vaduz Zentrum (Wärme von KVA Buchs)
- Ruggell (Grundwasser-WP und KWK-Gas)
- Mauren (Holzhackschnitzel und Luft-Wasser-WP)

Die drei grössten Projekte sind derzeit die «Nahwärmeversorgung Ruggell», die «Fernwärmeversorgung Schaan» sowie die «Fernwärme-/Kälteversorgung Vaduz». In Ruggell wird über die Grundwassernutzung ein Nahwärmenetz versorgt, dessen Energiezentrale beim kommunalen Schulareal angesiedelt ist. Einerseits führt ein Leitungsstrang entlang der Landstrasse nach Süden und versorgt zukünftig auch das Schulzentrum Unterland II mit thermischer Energie. Andererseits führt ein zweiter Leitungsstrang nach Norden und soll bis zur Industriezone verlängert werden. Die Fernwärmeversorgung in Schaan und in Vaduz wird von der Abwärme der KVA Buchs gespeisen. Einerseits sollen im Laufe des Jahres 2024 die Nahwärmeversorgungen Schaan mittels Zusammenschlusses mit der

Fernwärme verbunden bzw. durch diese substituiert werden, andererseits konnten bis Ende 2023 erste Liegenschaften im Zentrum von Vaduz, inklusive das Dienstleistungszentrum Giessen, mit thermischer Energie versorgt werden.

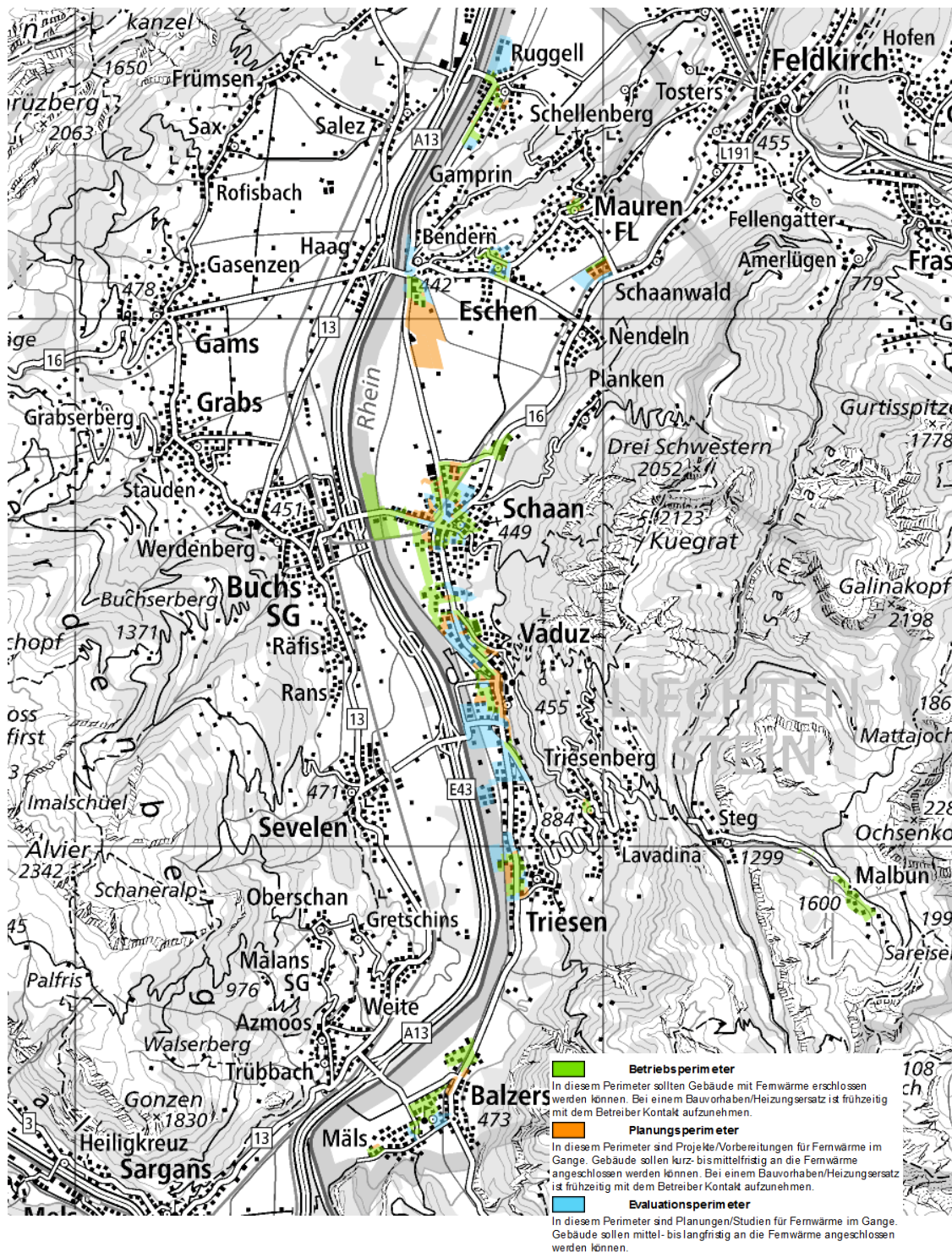


Abbildung 26: Aktuelle (grün), geplante (orange) und in Evaluation befindliche (hellblau) Netzgebiete für die Versorgung mit Nah- und Fernwärme. Quelle: Geodatenportal Liechtenstein, Karte «Gebiete mit Fernwärmepotenzial»

Indikator 10: Photovoltaik Im Jahr 2023 wurde ein Leistungszubau von 15.2 MWp an PV-Anlagen realisiert (Abbildung 27). Dies liegt deutlich über der Zielsetzung von mindestens 5 MWp/Jahr gemäss der Energiestrategie 2030 und im Rahmen der aktualisierten Potenzialabschätzungen, welche einen Zubau von 15 MWp pro Jahr für möglich halten (vgl. Massnahme 4.1). Die Entwicklung des PV-Ausbaus ist insgesamt ein grosser Erfolg und weiterhin die zentrale Säule des Ausbaus der erneuerbaren Energien des Landes.

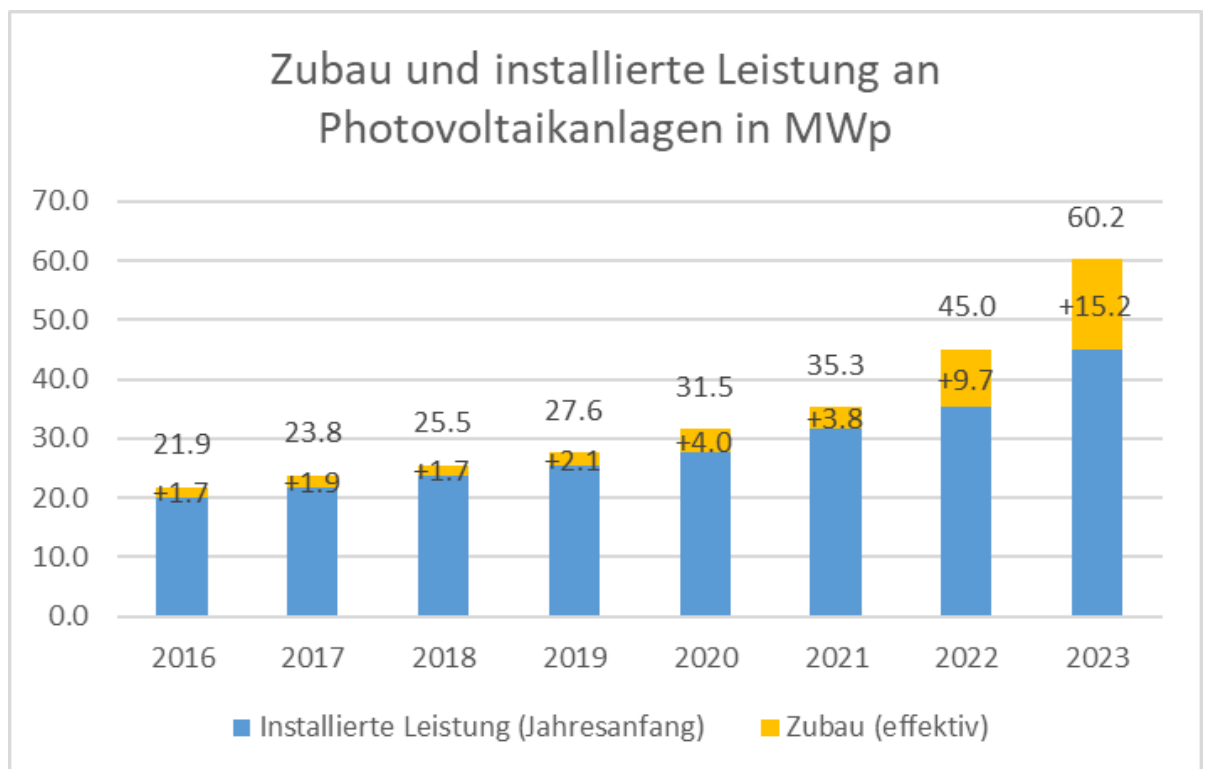


Abbildung 27: Effektiver Ausbau der PV-Leistung zwischen 2016 und 2023. Quelle: «Energiedaten 2023» der LKW

In der Energievision 2050 ist beschrieben, dass mittelfristig und je nach Ausbauszenario der PV im Sommer Überschüsse auftreten werden. Der Indikator in der Abbildung 28 gibt einen (groben) Überblick über die Entwicklung des Überschusspotenzials. Gegenwärtig hat die maximale Einspeiseleistung aller PV-

Anlagen im Land (27.1 MW⁶¹) die minimale Bandlast des Landes (25.2 MW⁶²) in der Bilanz erstmals überschritten, allerdings trat die höchste PV-Einspeiseleistung zeitlich eher zur Zeit der höchsten Landeslast (mittags) auf. Es treten nun vermehrt auch werktags (tagsüber) kurzzeitig Situationen auf, in denen die Landeserzeugung den Landesbedarf übersteigt, vor allem bei hoher PV-Einspeiseleistung. Begleitend gibt es auch Situationen mit Negativpreisen am Spotmarkt für Strom.⁶³ Die Liechtensteinischen Kraftwerke (LKW) als Teil der Regelzone Schweiz der Swissgrid sind stark gefordert, sowohl bei der frühzeitigen Beschaffung von Energie als auch dem Aufbau von zusätzlichen Regelkapazitäten diesem zunehmenden Trend Rechnung zu tragen.

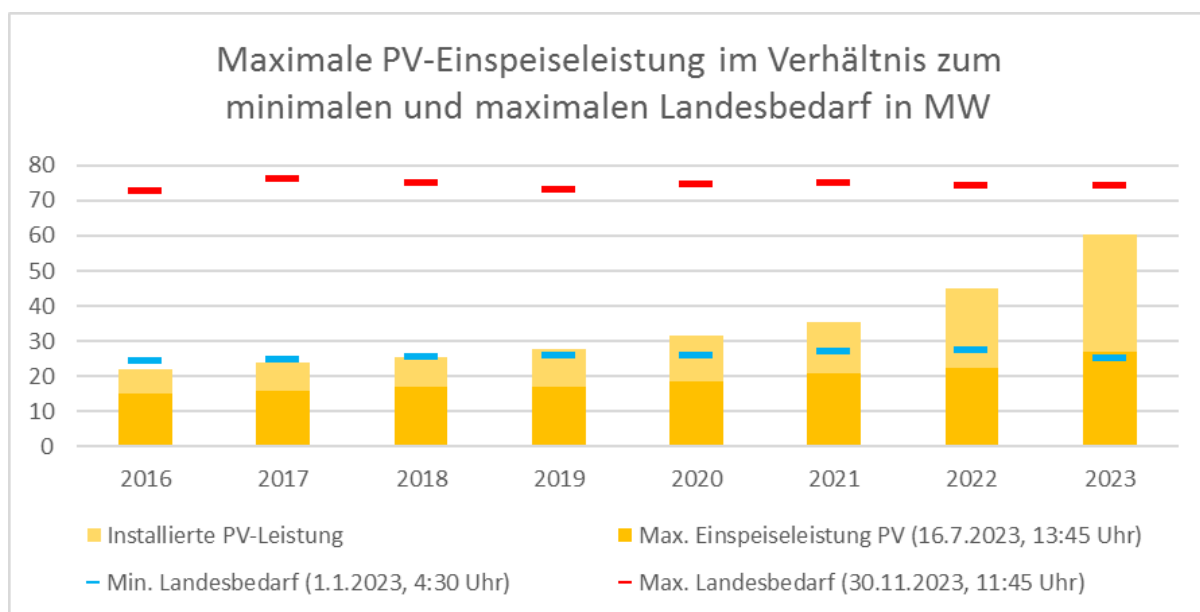


Abbildung 28: Maximale Einspeiseleistung aus PV-Anlagen (16. Juli, 13:45 Uhr) im Verhältnis zum minimalen (1. Januar, 4:30 Uhr) und maximalen Landesbedarf (30. November, 11:45 Uhr).
 Quelle: «Energiedaten 2023» der LKW

⁶¹ Gemäss Energiedatenbericht 2023 der LKW am 16.07.2023 um 13:45 Uhr. Quelle: <https://www.lkw.li/unternehmen/zahlen-und-fakten.html>

⁶² Erreicht am 01.01.2023 um 4:30 Uhr.

⁶³ Das bedeutet, dass man für Strombezug entschädigt wird und für Einspeisung bezahlen muss.

Die relativ grosse Differenz zwischen maximaler PV-Einspeiseleistung und installierter PV-Leistung ergibt sich daraus, dass nicht alle PV-Anlagen gleich ausgerichtet sind, dass sie nur bei relativ kühlen Temperaturen ihre Maximalleistung erzeugen und dass ein Teil der Produktion als Eigenverbrauch vor der Einspeisemessung nicht erfasst wird. Bezüglich des Eigenverbrauchsanteils stellte sich mit dem Wechsel vieler Anlagen vom EEG-Modell ins Eigenverbrauchsmodell die Problematik, dass immer weniger Anlagen mit 100% Einspeisung als Referenz zur Bestimmung der durchschnittlichen Ertragsmenge pro kWp zur Verfügung standen. Mit Berichtsjahr 2023 wurde daher die Grundlage geändert.⁶⁴ Der gemäss diesem Modell ermittelte Anteil an Eigenverbrauch liegt gegenwärtig bei 37%, Tendenz steigend (Abbildung 29).

⁶⁴ Neu werden 14 Anlagen der LKW mit 100% Einspeisung hinzugezogen, um den spezifischen Ertrag zu ermitteln. Dieser lag bei 919 kWh/kWp, wobei ein Abzug von 5% zur Sicherstellung der Datenvergleichbarkeit mit der vorherigen Methodik berücksichtigt wurde (effektiv 874 kWh/kWp). Für die Berechnung des Ertrags aller PV-Anlagen inkl. Eigenverbrauch wird der spezifische Ertrag aller vor dem analysierten Jahr erstellten Anlagen mit 100% berücksichtigt (45 MWp x 874 kWh/kWp bis und mit 2022) und der Zubau im aktuellen Jahr mit 50% (15 MWp x 874 kWh/kWp, da die neuen Anlagen nur einen Teil des Jahres produzierten).

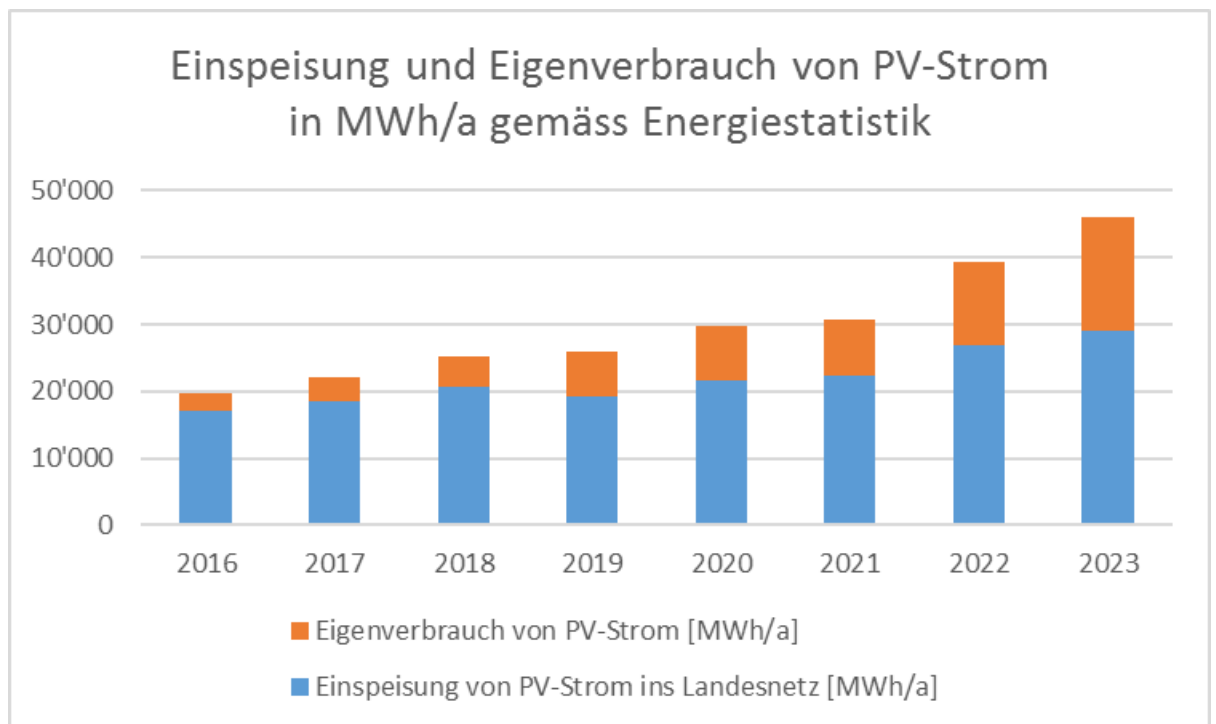


Abbildung 29: Einspeisung ins Landesnetz und Eigenverbrauch an PV-Strom zwischen 2016 und 2023. Quelle: Energiestatistik

Heute sind die Überschüsse im Verhältnis zum Landesbedarf noch gering und erlauben wohl noch keinen wirtschaftlichen Betrieb einer Produktion von speicherbaren Energieformen (z.B. Power-to-Gas)⁶⁵. Gegenwärtig wird vor allem das Pumpspeicherwerk des Kraftwerks Samina verstärkt genutzt (siehe nachfolgender Indikator). Dessen Kapazität ist aber insbesondere im Sommer begrenzt⁶⁶ und weitere Möglichkeiten zur Lastverschiebung wären willkommen.

In den nächsten Jahren dürften systematische⁶⁷ Lastverschiebungen bei grossen Stromverbrauchern um einige (Viertel-) Stunden wichtig werden, und zwar primär

⁶⁵ D.h. wirtschaftlich, bei hohen jährlichen Volllaststunden der Anlage. Die ins Landesnetz rückgelieferte Menge an PV-Strom wird von den LKW gemessen (29'136 MWh im 2023) und lässt somit den Rückschluss auf den Eigenverbrauch (16'813 MWh) zu.

⁶⁶ Die Pumpspeicherleistung steht nur bei wenig Wasserzufluss von September bis März voll zur Verfügung.

⁶⁷ Systematisch meint hier auf Basis von automatischen Preis- und Regelsignalen ohne manuellen Eingriff der einzelnen Netzteilnehmer.

die kurzzeitige Steigerung des Bedarfs bei sich abzeichnenden Überschüssen und günstigen Preisen. Folgende Elemente könnten eine Rolle spielen:

- Laden von Warmwasserspeichern in Spitzenzeiten
- Umschaltung von fossilen oder biogenen auf elektrische Verbraucher (z.B. Wärmepumpen oder Elektroheizeinsätze in Wärmenetzen ohne Abwärmequelle)
- Zeitliche Optimierung der Ladung von Elektroautos sowie (künftig) bidirektional eingebundenen Elektroautos und Batteriespeicher über Preissignale

Für die automatisierte Ansteuerung der genannten Anlagen zum netzdienlichen Betrieb ist einiges an Steuerungs- und Regeltechnik sowie die Kommunikation von Preissignalen nötig. Mit dem Energieportal ist dazu ein erster Schritt erfolgt, denn seit dem 01.01.2023 werden PV-Anlagen nach dem Direktvermarktungsmodell vergütet. Das bedeutet, dass die PV-Produktion entsprechend den aktuellen Börsenpreisen in 15-min Schritten zum Stunden-Marktpreis vergütet wird. Damit wichtige Anlagen automatisch netzdienlich geregelt werden können, müssen die Preissignale vor Ort in Regelalgorithmen umgewandelt werden. Ob die PV-Produzenten durch die Preissignale genügend stark motiviert sind für netzdienliches Verhalten, muss sich noch weisen. Dynamische Preise könnten aber auch Nicht-PV-Produzenten zu netzdienlichem Verhalten motivieren. Für die Verbraucher sind neuerdings entsprechende dynamische Preismodelle verfügbar.

In letzter Instanz bleibt auch die (teilweise) Abregelung einzelner Produktionsanlagen für kurze Zeit, wobei der Ertragsausfall hier typischerweise gering bleibt.

Indikator 11: Energiespeicher Neben der Kapazität des Pumpspeicherwerks Samina (seit 2015) mit 2 x 5.4 MW Pumpleistung und ca. 90 MWh Speicherkapazität

pro Zyklus⁶⁸ stehen im Land mittlerweile auch 1 MW Batteriespeicher mit total 1.9 MWh Speicherkapazität zur Verfügung (Abbildung 30). Der Anteil der Batteriespeicher nimmt damit laufend zu.

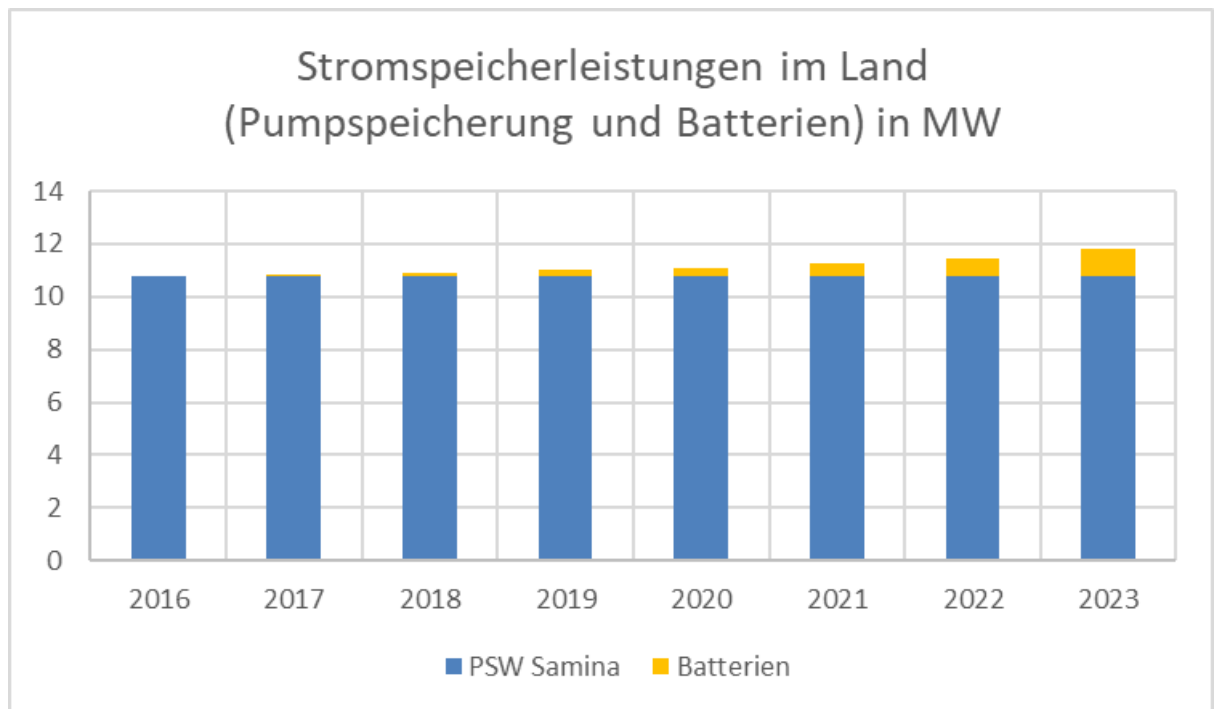


Abbildung 30: Maximal verfügbare Speicherleistung durch Pumpspeicherung und Batterien in MW zwischen 2016 und 2023. Quelle: «Energiedaten 2023» der LKW

Im 2023 war der Pumpenergiebedarf mit 887 MWh gegenüber 2022 (131 MWh) oder 2021 (173 MWh) deutlich höher. Dies deutet darauf hin, dass sich im aktuellen Marktumfeld vermehrt Preisdifferenzen ausnutzen lassen, auch aufgrund der Zunahme von PV-Erträgen im Landesnetz. Bei hohem Wasserzulauf (Schneeschmelze) in den Sommermonaten ist die Speicherkapazität des Pumpspeicherwerks nicht nutzbar, aber eine hohe Produktion aufgrund des Wasserangebots

⁶⁸ Ohne Verluste, Bruttofallhöhe 835 m, Kavernengrösse im Unterbecken 40'000 m³. Im Oberbecken können ca. 0.3 GWh Energie gespeichert werden, aber durch das kleinere Becken im Tal ist der Zyklus limitiert.

abrufbar. Das Pumpspeicherwerk ist somit kein Saisonspeicher, sondern lässt sich hauptsächlich als Tag-/Nachtspeicher und für den Leistungsausgleich nutzen.⁶⁹

⁶⁹ Die Kaverne wäre in rund 8 h leer bei voller Pumpleistung von 10.8 MW.

6. MODELLRECHNUNGEN ZU DEN ENTWICKLUNGSSTUDIEN 2050

Die Modellrechnungen in diesem Abschnitt dienen der Herleitung der Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Abschnitt 3. Aufgrund ihres Umfangs werden sie als separater Anhang geführt.

Die Modellrechnungen basieren auf einem Simulationsmodell des Stromsektors mit Zeitschrittlänge 15 min, was eine detaillierte Auswertung des Leistungs- und Energiebedarfs auf Landesebene ermöglicht (Abbildung 31). Das Modell wurde am beobachteten Zustand im Jahr 2022 kalibriert und wesentliche Faktoren wie die minimale und maximale Landeslast und deren Zeitpunkte, sowie der resultierende Eigenversorgungsgrad reproduzieren die effektiv beobachteten Grössen sehr gut.

Bei sämtlichen Prozessen wird ein netzdienliches Verhalten vorausgesetzt. Das bedeutet, dass diese Elemente wie insb. (bidirektional nutzbare) Batterien, Pumpspeicherung und Saisonspeicher einer optimalen Gesamtstrategie zur Nutzung erneuerbarer Energie untergeordnet werden und entsprechend auch mit den nötigen Preissignalen versorgt werden müssen.

Da mit diesem Modell keine Aussagen über die zeitabhängige, lokale Netzauslastung gemacht werden sollen, wird nicht jeder Verbraucher individuell modelliert, sondern es sind sowohl die wichtigen Erzeugertypen als auch Verbrauchergruppen mit ihren spezifischen Lastprofilen abgebildet. Aus Sicht der Landesenergie- und Leistungsbilanz pro Zeitschritt sind die Ergebnisse aussagekräftig, lokale Netzengpässe durch den Ausbau der Erneuerbaren sind dadurch aber nicht abbildbar.

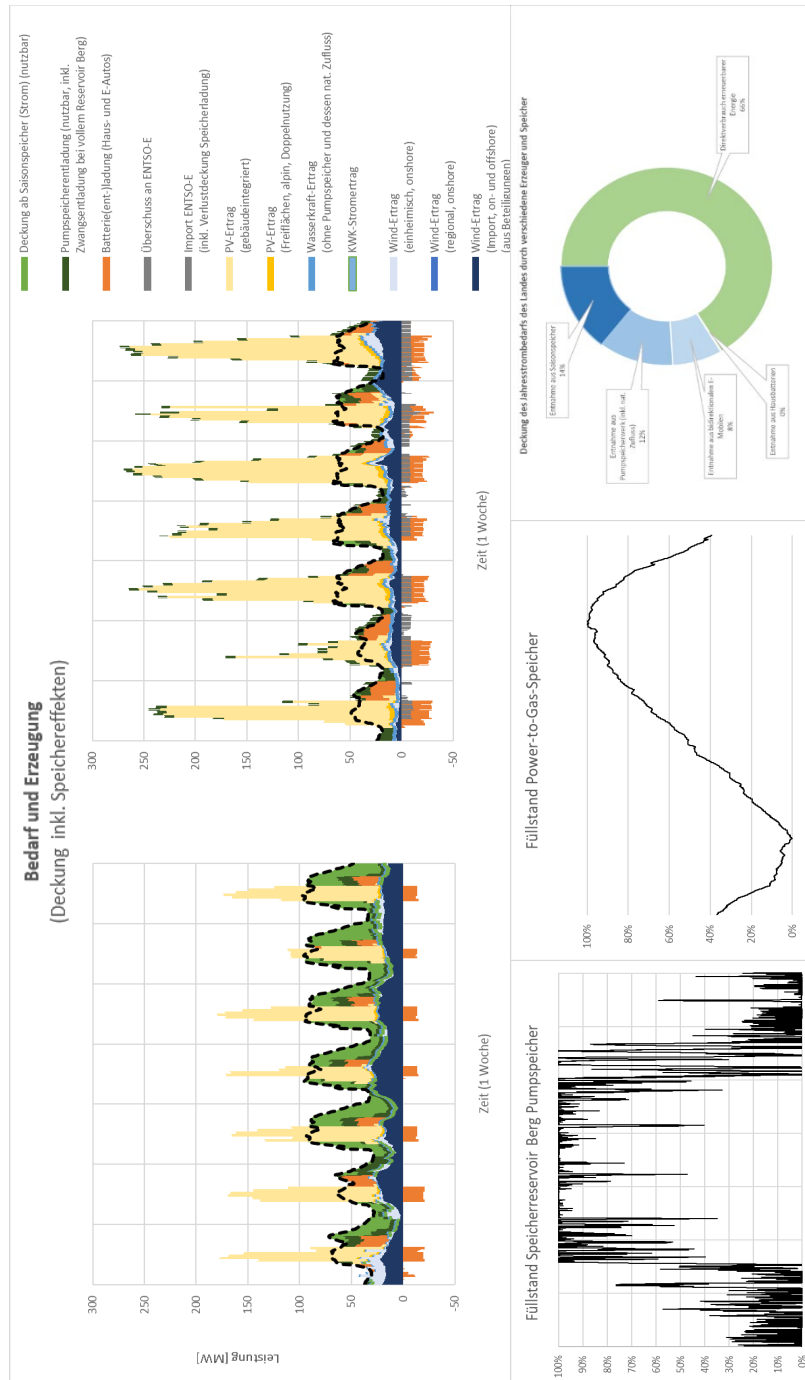


Abbildung 31: Landesverbrauch und Erzeugung eines ambitionierten Ausbauszenarios mit Saisonspeicher im Jahr 2050 in einer Winterwoche (oben links) und einer Sommerwoche (oben rechts), Jahresdiagramm des Füllstands des Berg-Reservoirs des Pumpspeicherwerks (unten links), des Power-to-Gas-Saisonspeichers (unten Mitte) sowie der Deckung des Bedarfs ab verschiedenen Quellen.

6.1 Wirkung der PV-Ausbaurate auf Eigenversorgungsgrad und Überschüsse

Es wurde anhand mehrerer Szenarien zum PV-Ausbau untersucht, welcher Eigenversorgungsgrad sich ohne zusätzliche Speicher⁷⁰ realisieren lässt und bei welchen Szenarien die Überschüsse besonders stark zunehmen. Die Wasserkraft wird gemäss dem heutigen Ausbaustand modelliert. Zum Vergleich ist der Zustand (Jahr 2022) ebenfalls dargestellt (Abbildung 32).

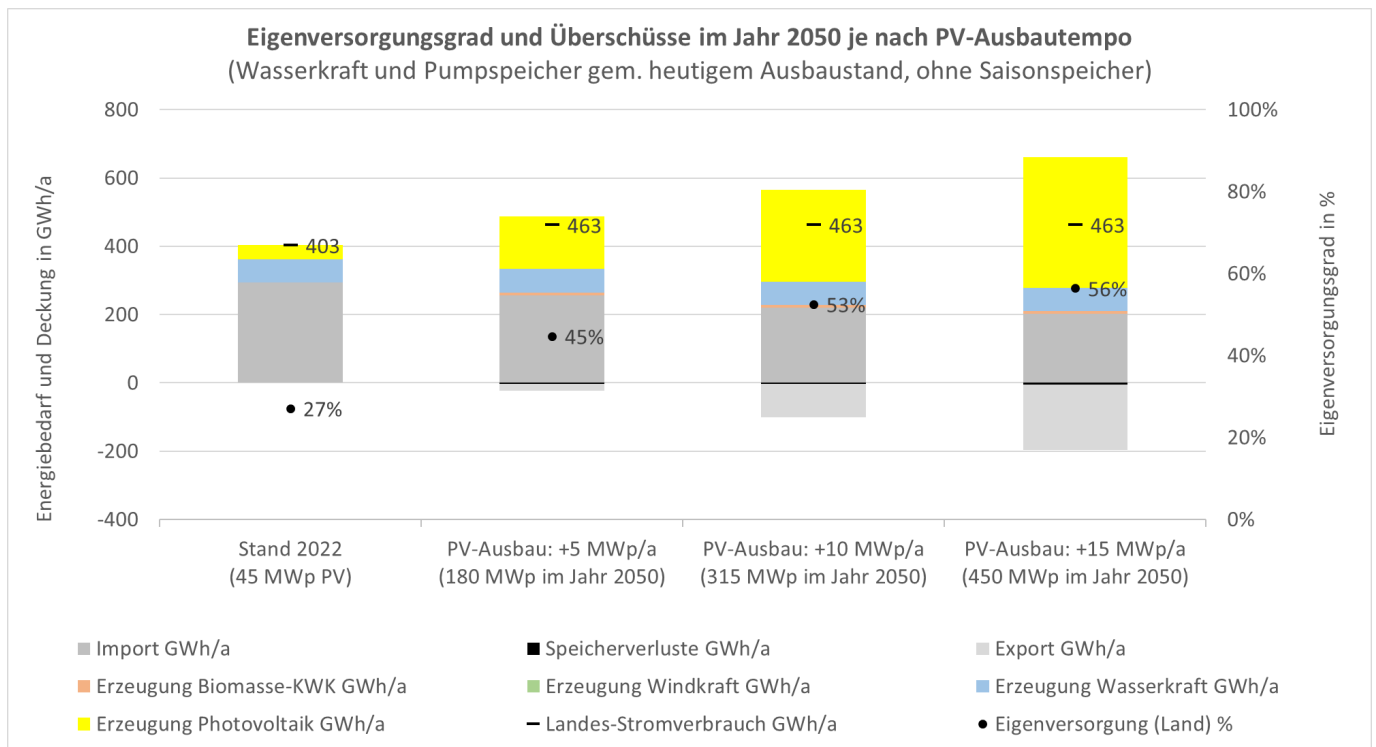


Abbildung 32: Erzeugung, Import und Überschüsse sowie Eigenversorgungsgrad auf Landesebene im Jahr 2050 in Abhängigkeit des Tempos beim PV-Ausbau.

⁷⁰ Bereits bestehende Batteriespeicher im Umfang von 1.2 MWh (Stand 2022, vgl. Quelle gemäss Fussnote 71) sowie der systemdienliche Betrieb des Pumpspeicherwerks Samina sind berücksichtigt.

Die Abbildung 32 zeigt, dass sich mit einem langfristigen PV-Ausbau um +15 MWp/Jahr, wie er 2023 bereits erstmalig realisiert wurde (+9.7 MWp im 2022, +15.2 MWp im 2023⁷¹), der Eigenversorgungsgrad beim Strom von heute unter 30%⁷² ohne zusätzliche Speicher bis 2050 auf bis zu 56% erhöhen liesse. Allerdings wird auch ersichtlich, dass die Überschüsse im Jahr 2050 in den Szenarien mit einem PV-Zubau um +10 MWp/Jahr und +15 MWp/Jahr Ausmasse annehmen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern. Andererseits ist klar, dass die hohen Ausbauraten zur Erreichung der Ziele der Energievision 2050 nötig sind, wenn ein relevanter Teil des erneuerbaren Strombedarfs durch einheimische Energie gedeckt werden soll. Spielraum besteht beim Erzeugermix (Abschnitt 6.2) und bei der Art und Zubaumenge von Speichern (Abschnitt 6.4).

Mit den sommerlichen Stromüberschüssen aus PV können in Zukunft wohl regelmässig keine relevanten Vergütungen mehr erwirtschaftet werden, weil die meisten europäischen Netzpartner ähnliche Ausbaustrategien verfolgen und die PV-Produktion im Netzgebiet weitgehend gleichgeschaltet erfolgt. Es dürften daher in Zukunft neue Geschäftsfelder entstehen, um mit günstiger Überschussenergie Speicherlösungen zu betreiben, welche unter normalen Bezugspreisen nicht wirtschaftlich wären.

6.2 Ergänzung des Erzeugermix mit Alpin-PV und Windkraft

Eine rasche und deutliche Steigerung des Eigenversorgungsgrads beim Strom von heute unter 30% auf rund 56% im Jahr 2030 lässt sich über die Ergänzung des Erzeugermixes von PV auf Infrastruktur im Talgebiet durch zusätzliche Alpin-PV und Windkraft erzielen (Abbildung 33).

⁷¹ Quelle: Energiedaten 2023, Jahresbericht Energiewirtschaft, LKW Netzbetriebsführung & Kraftwerke, Stand 15.02.2024. Verfügbar unter <https://www.lkw.li/unternehmen/zahlen-und-fakten.html>.

⁷² Stand gemäss Energiekenndaten der LKW: 22.6% im 2022, 27.9% im 2023. Quelle: Siehe Fussnote 71.

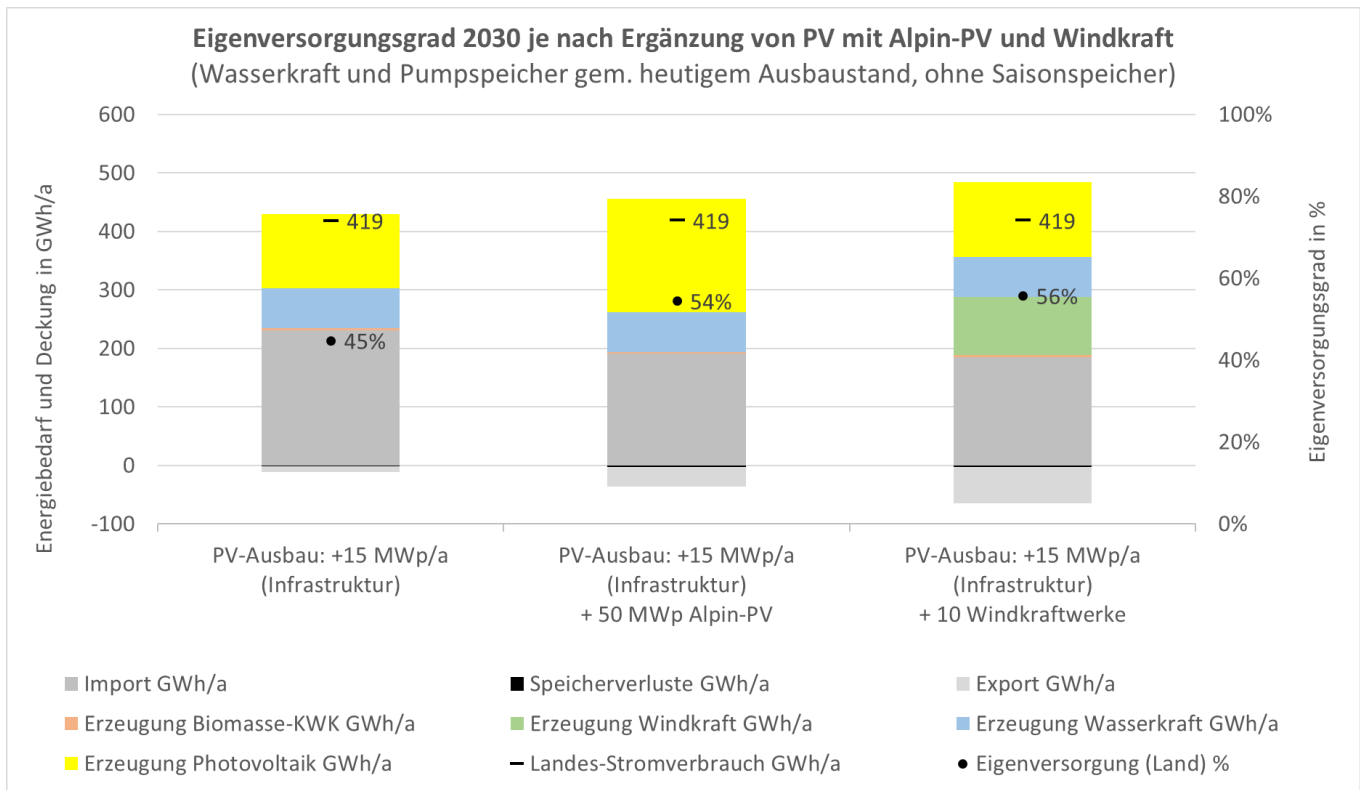


Abbildung 33: Ergänzung des PV-Erzeugermix auf Infrastruktur im Talgebiet durch Alpin-PV oder einheimische Windkraft.

Bei zusätzlichen 50 MWp Alpin-PV im Erzeugermix⁷³, welcher bessere Wintererträge verspricht als PV im Talgebiet, kann die Landes-Eigenversorgung im Jahr 2050 um 9% und im Winterhalbjahr um 12% gegenüber einem reinen PV-Ausbau im Talgebiet verbessert werden. Werden dem reinen PV-Ausbau auf Infrastruktur 10 Windkraftanlagen (Leichtwindanlagen mit 162 m Nabenhöhe) mit total 68 MWp hinzugefügt, kann der Eigenversorgungsgrad gegenüber dem reinen PV-Zubau auf Infrastruktur um 11% pro Jahr und um 14% im Winterhalbjahr erhöht werden. Da sowohl Alpin-PV als auch Windkraft auch im Sommer viel Ertrag generieren, steigen die sommerlichen Exportmengen an.

⁷³ Dies entspricht ca. 0.25 km² reine Modulfläche oder rund 40% des ausgewiesenen Potenzials der Studie gemäss Quelle in Fussnote 18.

6.3 Zeitliche Zunahme der Überschüsse im Sommer

Im Hinblick auf den Zubau der erneuerbaren Energieträger ist es hilfreich, künftig die Nachfrage besser an das Stromangebot anpassen zu können. Dazu gibt es zusammen mit entsprechenden Preissignalen verschiedene technische Ansätze, wie Stromverbräuche zeitlich verschoben werden können, ohne dass dem Verbraucher ein merklicher Nachteil entsteht. Dadurch soll der Zeitpunkt für notwendige Abregelungen und/oder der Speicherungen auf der Zeitachse nach hinten geschoben werden.

In der Zeitreihe in der Abbildung 34 ist ein forcierter, realistischer Ausbau der erneuerbaren Erzeugerkapazität im Inland mit gleichzeitigem Ausbau von Batteriespeichern für den Tag/Nacht-Ausgleich (bidirektionale E-Autos) modelliert. Zusätzlich sind die Wärmenetze mit Wärmepumpen und KWK-Anlagen ausgestattet, so dass Überschüsse verwertet und bei Mangel Strom aus Biomasse (mit Nutzung der Abwärme) produziert werden kann.

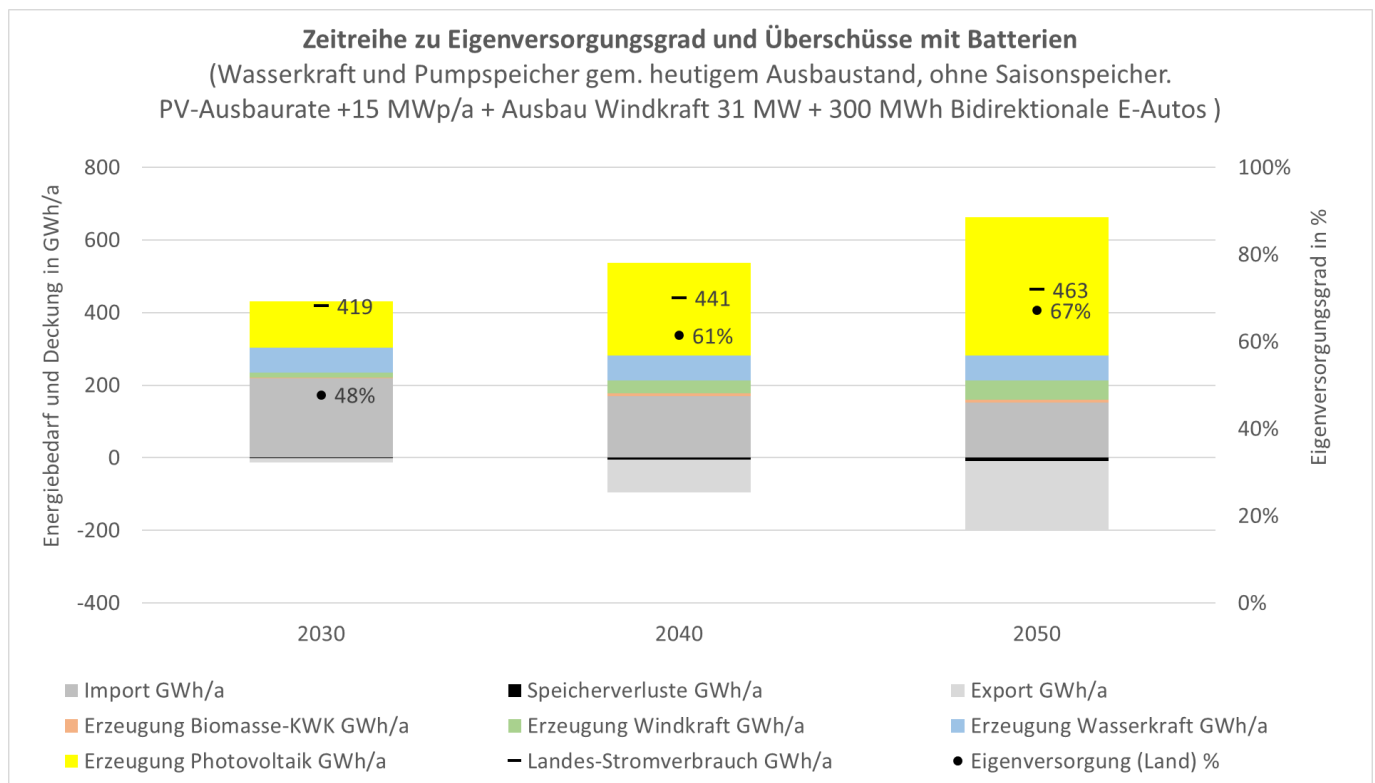


Abbildung 34: Zeitreihe mit hohem Ausbau der erneuerbaren Energien (PV, Windkraft) sowie Einbindung von bidirektionalen E-Auto-Batterien (V2G) zur Analyse des Zeitpunkts für Saisonspeicherbedarf.

Die Ergebnisse zeigen, dass in diesem Ausbauszenario die sommerlichen Überschüsse zwischen 2030 und 2040 ein Ausmass annehmen, welches Überlegungen zu einem Saisonspeicher nötig macht. In dieser Grössenordnung können Lastverschiebungen (um Stunden oder von Nacht zu Tag) die Überschüsse nicht mehr auffangen. Gemäss diesem Szenario treten im Jahr 2050 rund 37% der potenziell erzeugbaren erneuerbaren Energiemenge als Überschüsse auf.

In der Abbildung 35 ist die Überschusssituation, aggregiert auf Monatswerte im Jahr 2040, dargestellt. Wie erwartet wird die starke Konzentration der Überschüsse in den Sommermonaten erkennbar, während in den Wintermonaten trotz erhöhtem Winterertrag der Windkraft noch grosse Stromimporte nötig bleiben werden.

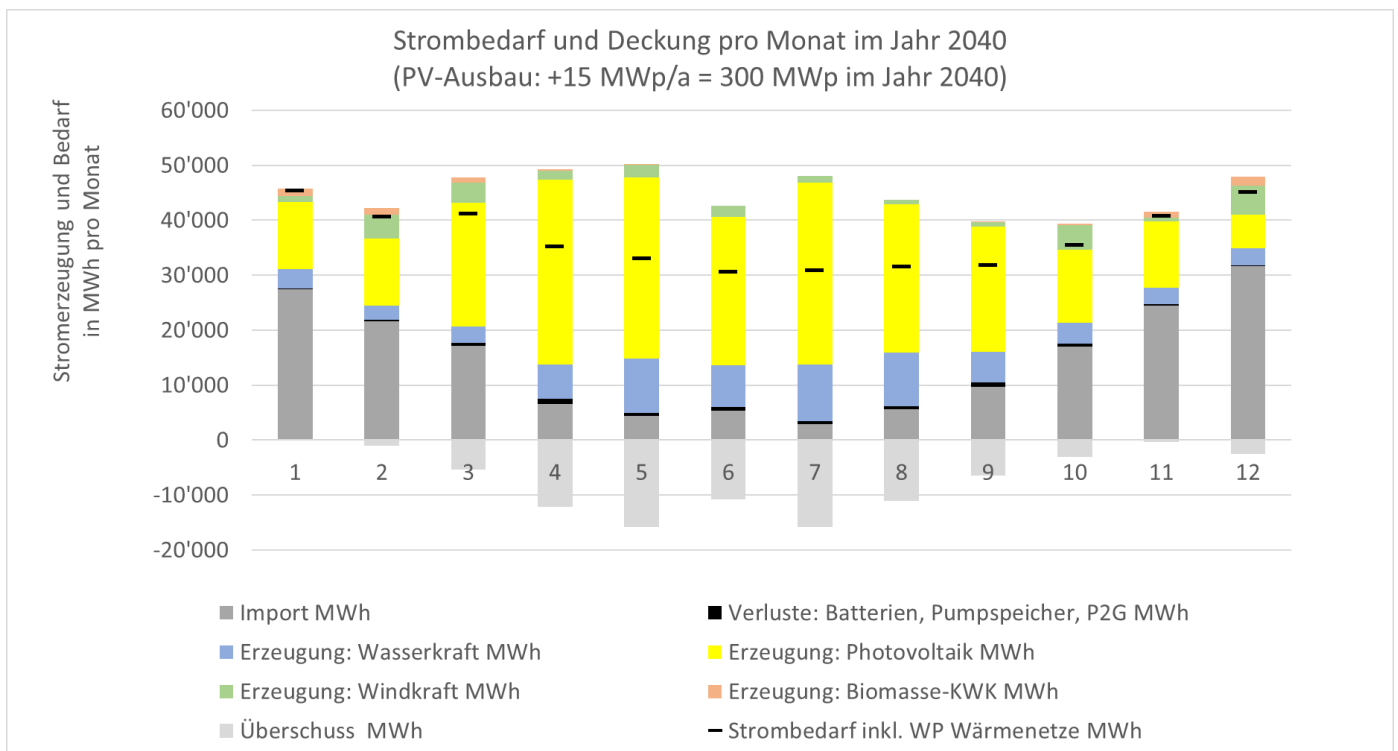


Abbildung 35: Monatlicher Bedarf und Erzeugung im Jahr 2040 mit hohem Ausbau der erneuerbaren Energien (PV, Windkraft) sowie Einbindung von bidirektionalen E-Auto-Batterien (V2G).

Dieses Verhältnis lässt sich durch Pumpspeicherung oder noch mehr Batteriespeicher nicht wesentlich verändern, sondern nur durch einen stärker auf Windkraft fokussierten Zubau der erneuerbaren Energien oder Saisonspeicher.

Wie mögliche Lösungen mit (Saison-) Speicherung aussehen könnten, zeigen die Szenarien der Abschnitte 6.4 und 6.5. Sie zeigen auf, welche Aufwände für eine vollständige Eigenversorgung des Landes mittels Saisonspeicherung nötig wären und wie weit der Ausbau anderer Speicherlösungen einen Beitrag leisten kann.

6.4 Die Rolle von Batteriespeichern im erneuerbaren Energiesystem von 2050

Durch die fluktuierenden und saisonal auf den Sommer konzentrierten Erträge der erneuerbaren Erzeugung mittels PV auf Infrastruktur im Talgebiet werden Speicher zukünftig wichtig, wenn die Abhängigkeit von Importen und die Höhe der nicht verwendbaren Überschüsse reduziert werden sollen. Neben der

Pumpspeicherung⁷⁴ stehen dazu im Inland vor allem Batterien für die kurzzeitige Speicherung und ein Power-to-Gas-Saisonspeicher für die langfristige Speicherung zur Debatte. Nun gilt es abzuschätzen, welche Speichertechnik beim PV-lastigen Ausbau der erneuerbaren Energien wie viel leisten kann.

Dazu wurden verschiedene Szenarien mit unterschiedlichem Ausbau der Speicherarten und -grössen modelliert. Bei den Batterien sollte der Fokus nicht auf Hausbatterien zur Maximierung des Eigenverbrauchsanteils des einzelnen Netzteilnehmers liegen, sondern auf bidirektional eingebundenen E-Auto-Batterien, wie sie sich heute absehbar vermutlich in einigen Jahren bei neuen Elektroautos durchsetzen dürften. Dabei handelt es sich um die Vehicle-to-Grid-Technologie (V2G)⁷⁵. Dies ist ressourcentechnisch eine sinnvolle Sache, weil damit die an sich schlecht ausgenutzte Traktionsbatterie der E-Autos schonend zusätzlich genutzt werden kann. Selbst wenn die Autos nicht alle immer an der Ladestation angeschlossen sind, liefert die grosse Masse an Batterien eine relevante Speicherleistung.

Der Vergleich von Speicherszenarien mit einem PV-Zubau von +15 MWp/Jahr und einem Ausbau der Windkraft mit fünf Anlagen sowie Nutzung der Pumpspeicherung gemäss heutigem Ausbau⁷⁶ zeigt, dass die Überschüsse durch die zusätzlichen Batterien abnehmen, sodass noch kein unmittelbarer Bedarf für einen Saisonspeicher besteht (Abbildung 36).

⁷⁴ Gegenwärtig wird die Pumpspeicherung noch nicht primär zur Erhöhung des Eigenversorgungsgrads eingesetzt – dafür sind die erneuerbaren Erträge im Inland noch zu gering. Entsprechend schwankt der Pumpeneinsatz gegenwärtig je nach ökonomischen Randbedingungen und Jahr sehr stark (131 MWh im 2022, 887 MWh im 2023). Quelle: Siehe Fussnote 71.

⁷⁵ Unter V2G versteht man ein Konzept zur Abgabe von elektrischem Strom aus den Traktionsbatterien von Elektro- und Hybridautos zurück ins öffentliche Stromnetz. Bidirektional ladefähige Fahrzeuge können nicht nur elektrische Energie aus dem Netz entnehmen, sondern als Teil eines intelligenten Energiesystems in Zeiten grosser Netzlast auch wieder über spezielle Ladestationen ins Netz oder ins Haus einspeisen.

⁷⁶ Aber neu primär zur Maximierung der Nutzung erneuerbarer Energien geregelter Betrieb.

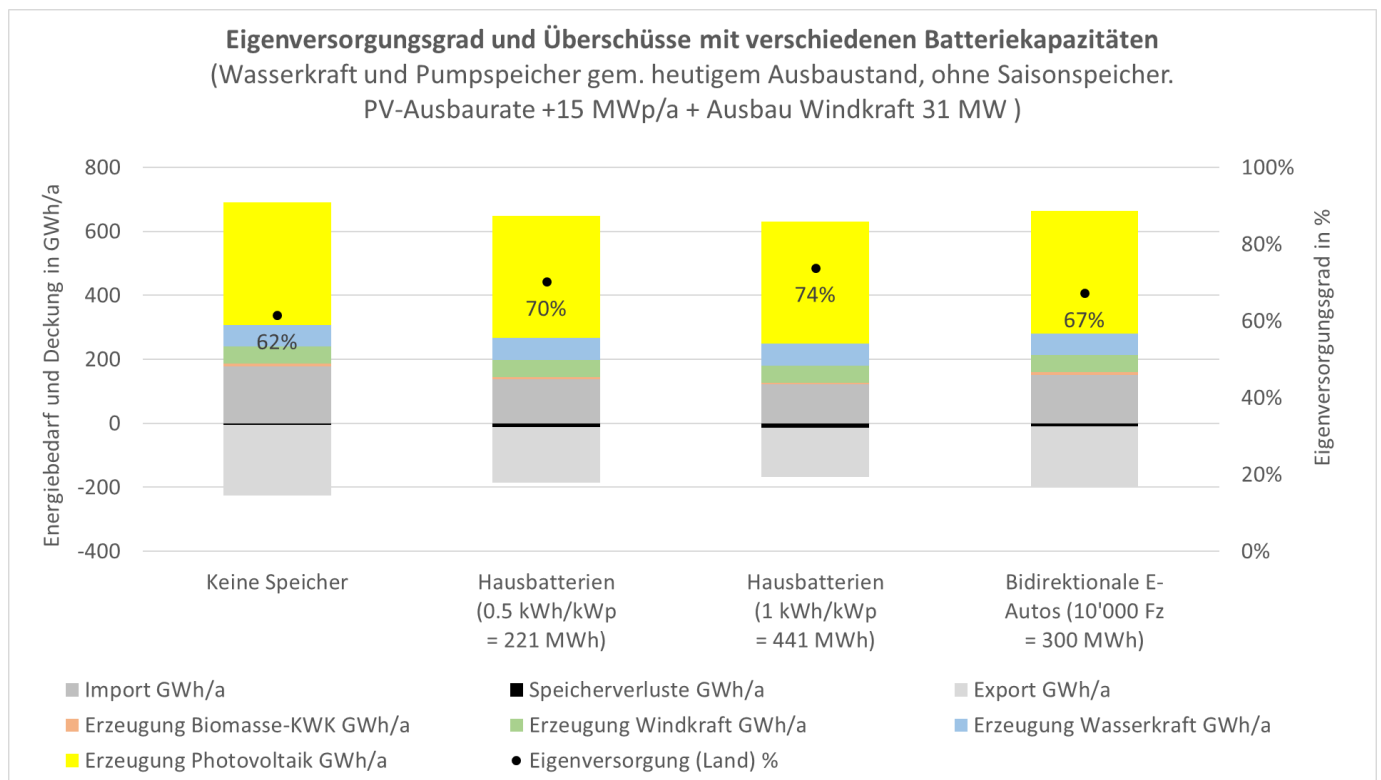


Abbildung 36: Eigenversorgungsgrad und Überschüsse im Jahr 2050 in Abhängigkeit der installierten Batteriekapazität und -art (Hausbatterien vs. bidirektional eingebundene E-Autos)

Sowohl die bidirektionalen Batterien der Elektroautos als auch der Pumpspeicher können keine entscheidende Rolle bei der Verschiebung der sommerlichen Überschüsse in den Winter übernehmen. Dazu weisen beide mit je 0.3-0.4 GWh Speicherkapazität im Vergleich zum künftigen Importbedarf im Winter⁷⁷ (>120 GWh) und den sommerlichen Überschüssen (>130 GWh) zu wenig Speicherkapazität auf.

Bei ähnlichen Kapazitäten erreichen Hausbatterien und bidirektionale Autobatterien im V2G-Betrieb ähnliche Wirkung. Aus Sicht der Kosten- und Ressourceneffizienz und aus Sicht des Netzbilanz des Landes sind daher die bidirektional eingebundenen Fahrzeugbatterien (V2G) vor Hausbatterien (für individuelle Eigenverbrauchsoptimierung) zu bevorzugen.

⁷⁷ Winter: Oktober bis März, Sommer: April bis September

Das Pumpspeicherwerk würde bei einem hohen Zubau an Batteriespeicherkapazität künftig durch diese Kurzfristspeicher- und Regelkapazität ergänzt. Beide Systeme können künftig über Preissignale helfen, Zeiten mit hoher Produktion und schwacher Landeslast sowie Zeiten mit geringer Produktion, aber hoher Landeslast auszugleichen.

6.5 Szenarien für einen Saisonspeicher im Jahr 2050

Wie im Abschnitt 6.3 aufgezeigt wurde, treten bei den betrachteten Ausbauszenarien für die erneuerbaren Energien im Inland ab den frühen 2030er Jahren grosse Überschüsse auf. Ob und in welchem Masse diese verwertet werden können, ist vor allem eine ökonomische Frage und hängt auch massgeblich von der Entwicklung der saisonalen und tageszeitlichen Preisstruktur auf dem Strommarkt ab. Soll zusätzlich auch der Eigenversorgungsgrad beim Strom deutlich über 70% erhöht werden, ist ein Saisonspeicher nötig. Dieser muss aber nicht zwingend im Inland erfolgen und könnte auch im Netzverbund mit Partnern realisiert werden. Für die Lösung im Netzverbund spricht, dass weitere Gleichzeitigkeitseffekte genutzt werden können und gegebenenfalls grössere, effizientere und kostengünstiger betreibbare Infrastruktur erstellt und genutzt werden kann.

Beim Saisonspeicher wird es sich nach heutigem technologischem Kenntnisstand neben den raren Mengen an Speicherwasserkraft im Ausland (die man sich sichern müsste) um einen chemischen Speicher handeln: Überschüssiger erneuerbarer Strom wird im Sommer via Elektrolyse in eine langfristig speicherbare Energieform wie Wasserstoff umgewandelt. Der Wasserstoff wird im vorliegenden Modell anschliessend komprimiert und in unterirdischen Kavernen oder Drucktanks

gelagert.⁷⁸ Bei Bedarf kann der Wasserstoff z.B. über eine Brennstoffzelle rückverstromt werden. Für eine wasserstoffbasierte Saisonspeicherung dürfte die Sicherung eines Zugangs in die aktuell in Planung befindliche Wasserstoffinfrastruktur Europas wichtig sein. Da jeder dieser Schritte mit grossen Verlusten (in Form von Wärme) verbunden ist, resultiert ein Strom-zu-Strom-Wirkungsgrad dieser Saisonspeicherung von nur 33%. Dies führt dazu, dass Faktor 3-mal mehr erneuerbare Überschüsse nötig sind, um eine kWh Überschussstrom aus dem Sommer über den Saisonspeicher im Winter verfügbar zu machen. Dies stellt wirtschaftlich eine Herausforderung dar, um solchen Winterstrom vermarkten zu können, solange (nicht erneuerbare) Importe nicht stark verteuert sind.

Je nach strategischem Ziel kann der Wasserstoff auch in Methan überführt werden und ins Gasnetz eingespiessen werden, sollte eine genügend gut erschliessbare CO₂-Quelle wie eine KVA, eine ARA oder ein Zementwerk verfügbar sein. Das bei diesem Prozess gebundene CO₂ wird jedoch bei der anschliessenden Verbrennung des Methans wieder freigesetzt, es sei denn, man scheidet das CO₂ abermals mit grossem Zusatzaufwand ab und speichert es wiederum bis in den kommenden Sommer.

Umso wichtiger ist es, durch einen optimierten Erzeugermix mit hohem Winterstromanteil möglichst viel Strombedarf zeitglich oder mit Kurzzeitspeichern wie Batterien und Pumpspeicherung decken zu können und nicht über einen Saisonspeicher führen zu müssen. Jede im Winter direkt erzeugte kWh Strom erspart den Aufwand, dass im Sommer rund 3 kWh Überschuss erwirtschaftet werden muss, um eine gleichwertige Speicherkapazität zu erzielen. Die Reduktion des

⁷⁸ Es gibt weitere Möglichkeiten, aus dem gewonnenen Wasserstoff durch Weiterverarbeitung andere chemische Energieträger herzustellen, wie z.B. Methan oder Ammoniak. Jeder Energieträger hat seine Vor- und Nachteile in Bezug auf Energiedichte, Lagerfähigkeit, Transporteigenschaften, Komplexität der Herstellung etc.

Speicherbedarfes (= Reduktion Winterbedarf oder Steigerung der direkten Winterproduktion) ist sehr wichtig, weil sonst die Saisonspeicherverluste enorme Ausmasse annehmen. Diese Verluste müssten dann abermals mit noch mehr Erzeugungskapazität abgedeckt werden.

Die Effizienzbetrachtung führt zur Feststellung, dass Szenarien mit Saisonspeicher in Kombination mit einem Ausbau der Windkraftwerke effizienter funktionieren als reine PV-Szenarien, weil ein Teil des Winterstrombedarfs zeitgleich direkt gedeckt werden kann, ohne die Energie über den ineffizienten Saisonspeicher zu führen. Im folgenden Vergleich wurden zwei Saisonspeicherszenarien mit 100% Eigenversorgungsgrad simuliert. Beim ersten erfolgt die Deckung ausschliesslich durch einheimische, erneuerbare Energie. Beim zweiten wird ein Anteil Windkraft aus dem Ausland zugekauft und dafür vor allem die PV-Erzeugerkapazität im Inland etwas reduziert (Abbildung 37).

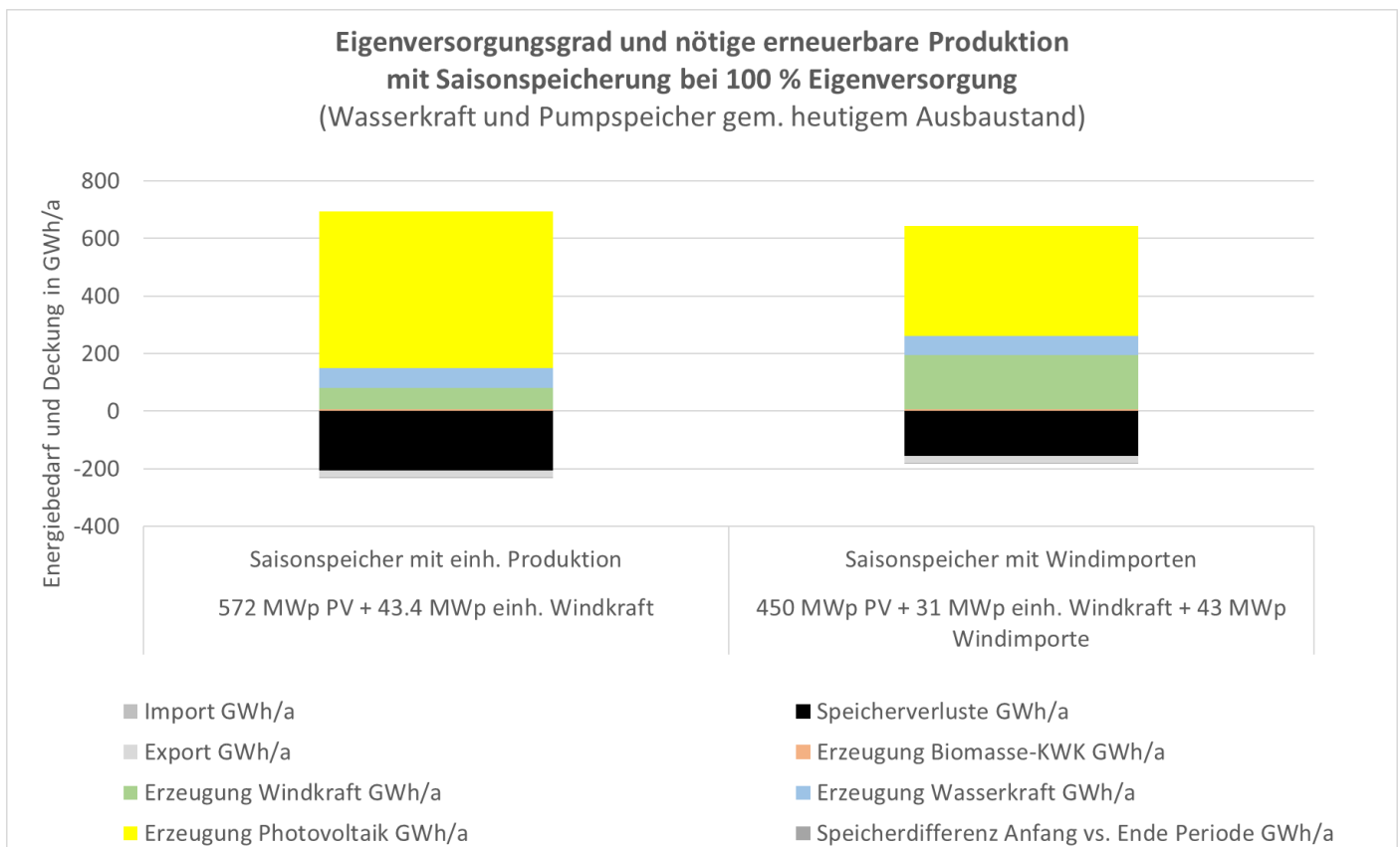


Abbildung 37: Szenarien mit Einsatz eines Power-to-Gas-Saisonspeichers und Erreichung von 100% Eigenversorgungsgrad. Das erste Szenario umfasst ausschliesslich einheimische Produktion, das zweite Szenario umfasst Wind-Importe aus dem Ausland.

Das Inlandszenario stellt sehr hohe Anforderungen und umfasst neben der Ausschöpfung des vollen Alpin-PV-Potenzials von 122 MWp auch die Realisierung von sieben grossen, inländischen Leichtwindanlagen. Dem gegenüber kann durch den Import von 43 MWp Windkraft (Mix on- und offshore) mit nur fünf Windkraftanlagen im Inland und reduziertem PV-Ausbau das Ziel mit insgesamt geringeren Verlusten und geringerer Zubauleistung erreicht werden.

Durch die Einbindung der Saisonspeicherung fallen zwar die Importe und Exporte weitestgehend weg, aber die Verluste durch die Prozesse des Saisonspeichers steigen stark an. Sie liegen bei 30% der erzeugten Energie beim Inlandszenario resp. 24% beim Szenario mit Windimporten. Bei der Deckung mit ausländischer Windkraft liegen die Verluste durch die bessere Gleichzeitigkeit von Bedarf und Ertrag

tiefer. Auch die Speichergrosse und die nötige Rückverstromungsleistung werden durch den Erzeugermix beeinflusst: Beim Inlandszenario sind es 90 MWel und 114 GWh Speicherbedarf, beim Importszenario 80 MWel und 92 GWh. Diese Fakten sprechen vordergründig zumindest aus technischer Sicht relativ klar für ein Szenario mit einem Anteil an Windkraft von ertragreichen on- und offshore-Standorten im Ausland, um die Kosten für die Saisonspeicherung zu senken und die Effizienz des Gesamtsystems zu erhöhen.

Bei diesen Überlegungen ist zu bedenken, dass das europäische Stromnetz bei Überschusssituationen vermutlich rasch an seine Kapazitätsgrenzen kommt und die erwarteten Erträge dann nicht jederzeit zu günstigen Preisen durchgeleitet werden können.

7. AKTUALISIERTE MASSNAHMENLISTE (BEILAGE)

Die aktualisierte Massnahmenliste wird als separates Dokument geführt (siehe Beilage). Darin wurden die verfügbaren Daten nachgeführt.

8. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Dies ist der vierte Monitoringbericht der Energiestrategie 2030 auf der Basis der Zahlen von 2023 (Treibhausgase 2022). Das Zahlenmaterial markiert somit das dritte Jahr der zehnjährigen Periode von 2021 bis 2030.

Die Bilanz der drei Hauptziele zeigt eine gute Zielerreichung, die neben erfreulichen Tendenzen beim PV-Zubau, Wärmepumpeneinsatz, Netzausbau der Nah- und Fernwärme und der Effizienz wiederum teils auch auf nicht planbaren Effekten wie der warmen und niederschlagsreichen Witterung beruhen.

Um die Effizienz des Gesamtsystems auch mit Blick auf den künftigen Saisonspeicherbedarf zu verbessern, ist es notwendig, bei der Effizienz von Gebäuden weitere Fortschritte zu erzielen. Der Fokus muss dabei auf die Wärmedämmung und die Heizanlagen bei Neu- und Altbauten gelegt werden. Dazu hat die Regierung die Förderungen für Wärmedämmung per 24.09.2024 um rund 43% deutlich erhöht. Die Förderungen für die Haustechnik waren bereits per 01.01.2023 stark angehoben worden. Im Verkehrsbereich soll die laufende Transformation hin zu Elektroantrieben dazu genutzt werden, um die Elektrobatterien der Fahrzeuge noch besser ins Stromsystem zu integrieren und auch hier die Effizienz massgeblich zu erhöhen. Auch dazu sollen die EU-Energiebinnenmarktvorgaben möglichst rasch umgesetzt werden.

Neben der umfangreichen Überprüfung der Potenziale und Ausarbeitung von Szenarien im Rahmen dieser Monitoringperiode hat die Energiekommission der Regierung Ende 2023 die Projektstudie "Marktautarke Energieversorgung

Liechtenstein" des Vereins LIGEN (Liechtensteinische Initiativegruppe für Energienachhaltigkeit) mit einem Förderbetrag von rund 100'000.- Franken unterstützt. Ziel der Studie war es, konkrete Handlungsoptionen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung Liechtensteins aufzuzeigen. Das analysierte Szenario basiert auf der Grundannahme einer noch rascheren Elektrifizierung durch Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge als gemäss Energiestrategie 2030 und Energievision 2050. Das Szenario umfasste neben einer verstärkten Produktion im Inland auch Beteiligungen an Windkraftkapazitäten im Ausland sowie Konzepte für die Integration von Saisonspeicherlösungen. Die Erkenntnisse der LIGEN-Gruppe decken sich in weiten Teilen mit dem Wissensstand aus der Energiestrategie und werden nun in der strategischen Planung und Weiterentwicklung der Energiestrategie berücksichtigt.

Schliesslich soll im Bereich der Nah- und Fernwärme mit der von der Regierung in Auftrag gegebenen nationalen Wärmeplanung bzw. Zielnetzplanung die Planungssicherheit für die Hauseigentümer verbessert und der effektive Finanzbedarf von Seiten der öffentlichen Hand für einen beschleunigten Ausbau der Netze eruiert werden. Sie soll darüber Auskunft geben, bis wann in einem bestimmten Quartier mit einem Nah- bzw. Fernwärmeanschluss gerechnet werden kann. Diese Arbeiten sind im Gange und dürften im Laufe des Jahres 2025 vorliegen.

Auch bei der Windkraft sind aktuell Abklärungen über Eignungsgebiete im Inland im Gang. Es bietet sich technisch und ökonomisch nutzbares Windkraftpotenzial, welches sowohl die Deckung im Winterhalbjahr verbessern und auch einen grossen Beitrag zur erneuerbaren Stromversorgung des Landes leisten könnte. In einem nächsten Schritt wird geprüft, welche Gebiete auch unter Einbezug des Umwelt- und Naturschutzes geeignet sind.

II. ANTRAG DER REGIERUNG

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen unterbreitet die Regierung dem Landtag den

Antrag,

der Hohe Landtag wolle diesen Bericht und Antrag zur Kenntnis nehmen.

Genehmigen Sie, sehr geehrter Herr Landtagspräsident, sehr geehrte Frauen und Herren Abgeordnete, den Ausdruck der vorzüglichen Hochachtung.

**REGIERUNG DES
FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN**

gez. Dr. Daniel Risch

Aktualisierte Massnahmenliste zum 4. Monitoringbericht zur Energiestrategie 2030
(Berichtsjahr 2023)

		Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen		
		CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)								
		Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (kt CO2/a)	Ziel 2030 (kt CO2/a)	Stand 2023 (kt CO2/a)
1	Massnahmen Gebäude									
	Vorschriften									
1.6	Vorschriften Neubauten							1.6	4.4	
		7.2	13.5					(*)	1.6	1.5
5.9	Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen									
		5.8						(*)	2.6	
3.2	Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienz-massnahmen in der Industrie und im Gewerbe							1.1	0.1	0.1
		8.0	1.0	0.9				(*)	2.4	0.3
	Förderungen									
1.1	Energetische Gebäudesanierung (Wärme-dämmung bestehender Bauten, Art 3.1.a EEG)							54.8	4.4	0.5
		250.0	20.0	2.1				(*)	54.8	
1.2	Förderung des Minergie-Standards (Erstellung von Minergie-Bauten, Art. 3.1.b EEG)							11.0	0.2	0.0
		50.0	1.0	0.2				(*)	11.0	
1.3	Haustechnikanlagen: Wärmeerzeugung mit Holz (Raumbeheizung und BWV durch energie-effiziente Haustechnik, Art. 3.1.c EEG)							9.0	5.5	0.8
					41.0	25.0	3.9	(*)	9.0	
1.4	Haustechnikanlagen: Wärmepumpen (Raumbeheizung und BWV durch energie-effiziente Haustechnikanlagen, Art. 3.1.c EEG)							37.9	18.3	5.4
		115.0	55.6	16.3				(*)	13.0	6.3
1.5.2	Wärmepumpenboiler (BWV durch WP-Boiler, Art. 3.1.d EEG)								0.7	0.2
			3.0	1.0				(*)	1.1	0.4
1.7	Stromeffizienz in grossen Gebäuden									
		17.0	10.0	2.7				(*)	7.3	4.3
6.2	Potenzialstudien Energieeffizienz									
	Technologie									
3.5	Smart Energy									
	Bewusstseinsbildung									
5.2	Aus- und Weiterbildung									
5.3	Bewusstseinsbildung									
5.4	Publizierung von Best-Practice-Beispielen									
5.5	Energiefachstelle als Anlaufstelle									
	Teilsumme Massnahmenbündel 1	453.0	104.1	23.2	41.0	25.0	3.9	115.2	33.6	7.1
								(*)	101.6	13.5
										3.6

		Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)		
		Theor.	Ziel	Stand	Theor.	Ziel	Stand	Theor.	Ziel	Stand
		Potenzial (GWh/a)	2030 (GWh/a)	2023 (GWh/a)	Potenzial (GWh/a)	2030 (GWh/a)	2023 (GWh/a)	Potenzial (kt CO2/a)	2030 (kt CO2/a)	2023 (GWh/a)
2	Massnahmen Mobilität/Verkehr									
	Vorschriften									
2.7	Absenkung Treibstoffverbrauch und CO ₂ -Emissionen		5.0	4.5					1.3	1.2
2.9	Gesetzesgrundlagen für autonomes Fahren schaffen									
	Reduktion und Verlagerung des Verkehrs									
2.1	Mobilität und Raumplanung									
2.2	Öffentlicher Verkehr	112.0	10.0	7.3				29.8	3.3	1.9
2.3	S-Bahn							(*) 29.8		
2.4	Langsam- resp. Aktivverkehr						0.2			0.1
2.5	Mobilitätsmanagement in Betrieben							13.6	0.5	0.1
	Technologie	51.0	1.8	0.3				(*) 13.6		
2.8	Elektrofahrzeuge							81.9	13.0	2.0
		227.0	35.8	5.4				(*) 29.0	4.4	0.7
	Bewusstseinsbildung									
2.12	Sharing Economy in der Mobilität									
Teilsumme Massnahmenbündel 2		390.0	52.6	17.6				125.3	18.1	5.3
								(*) 72.4	4.4	0.7

		Energieeffizienz			Erneuerbare Energien			Treibhausgasemissionen CO ₂ (Inland) und CO ₂ (*Global)		
		Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (GWh/a)	Ziel 2030 (GWh/a)	Stand 2023 (GWh/a)	Theor. Potenzial (kt CO ₂ /a)	Ziel 2030 (kt CO ₂ /a)	Stand 2023 (GWh/a)
3	Massnahmen Energieerzeugung und Beschaffung									
	Vorschriften									
3.1	Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung	64.0	32.2					(*) 5.4 22.7	2.7 8.5	
6.3	Energiekataster und Planungsgrundlagen für Liechtenstein									
	Erzeugung									
4.1	Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung el. Energie aus ern. Energien oder KWK, Art 3.1.e EEG) (bezogen auf kWh _{el})				571.0	41.5	23.8	(*) 246.7	17.9	10.3
4.2	Stromgewinnung aus KWK-Anlagen	12.5	0.5	0.1				(*) -2.5 2.9	-0.1 0.1	0.0 0.0
4.3	Wasserkraftwerke				215.9		0.8	(*) 93.3		0.3
4.5	Windkraftwerke				114.0			(*) 49.2		
4.6	Biogasnutzung und erneuerbares Gas (Power-to-Gas)				20.0	13.0		(*) 4.4 4.4	2.8	
4.7	Tiefengeothermie Strom und Wärme				75.0			(*) 15.3 17.5		
3.3	Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze bei sinnvoller Konstellation			0.5	240.0	40.0	5.5	(*) 53.9 53.9	8.8	1.2
4.4	Holzheizwerke				63.0	10.0		(*) 13.8 13.8	2.2	
1.5.1	Solarkollektoren (Erwärmung von BWW durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)				36.0	-7.7	-2.4	(*) 7.9 7.9	-1.7	-0.5
	Beschaffung									
4.8	Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie									
3.6	Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung -und Abwasserreinigung			0.5				(*)		0.0 0.2
	Bewusstseinsbildung									
5.7	Vorbildfunktion der öffentlichen Hand									
6.4	Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes									
5.1	Energiestädte									
6.1	Energiestatistik									
Teilsumme Massnahmenbündel 3		76.5	32.7	1.0	1334.9	96.8	27.7	(*) 98.2 512.3	14.7 26.6	0.7 10.8
Gesamtsumme		919.5	189.3	41.8	1375.9	121.8	31.5	(*) 338.6 686.2	66.4 44.5	13.0 15.1

(*) CO₂ (Global)

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

Hintergrund: Wärmedämmungen bei bestehenden Bauten werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Förderbeiträge berechnen sich in Abhängigkeit der Einzelbauteile sowie deren Fläche. **Potenzial:** Das theoretische Potenzial liegt bei 50% der heute für Heizenergie eingesetzten Energie. Theoretisches Potenzial: 250 GWh/a

Ziel: Steigerung der Sanierungsrate. Erreichung einer Heizwärmeeinsparung von 20 GWh/a bis ins Jahr 2030. **Umsetzung:** Fortführung der EEG Fördermassnahmen. Förderungen für Energieberatung (andere Massnahmen).

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

Kosten: Die Förderzusagen/Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich 2020 auf rund 0.95 Mio. CHF.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	1.18	0.35	0.55								2.1
		Ziel	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	20.0
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	258	77	120								456
		Ziel	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	4'380
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		250 GWh/a		GWh/a	54'750 tCO ₂ /a	54'750 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		20 GWh/a		- GWh/a	4'380 tCO ₂ /a	4'380 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2020	0.950 Mio	2.3 Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	105 CHF/tCO ₂	105 CHF/tCO ₂

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

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

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

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials bei Wärmedämmung von bestehenden Bauten

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

50 % der Heizenergie können durch bessere Wärmedämmung eingespart werden.
Die im FL verbrauchten Brennstoffe werden zu grossen Teilen für Heizzwecke im Niedertemperaturbereich eingesetzt

Verbrauch FL 2008:	Erdgas	361 GWh/a	abz. Industrieprozesse	300 GWh/a	für Heizzwecke
	Heizöl	215 GWh/a	abz. Industrieprozesse	200 GWh/a	für Heizzwecke
				500 GWh/a	für Heizzwecke

500 GWh entsprechen 37% des Gesamtenergieverbrauches FL 2008

50% von 500 GWh/a sei das theoretische Potenzial

→ 250 GWh/a x 0,219 tCO₂/MWh* → **54'750 tCO₂/a**

Kostenberechnung					
	Effizienz		erneuerbare Energie	CO ₂ *	
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar	X	
Kosten 2020 Staatshaushalt	950'595	CHF		950'595	CHF
Wirkung pro Jahr	1'184	MWh/a		259	tCO ₂
Erwartete Lebensdauer **	35	Jahre		35	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	41'440	MWh		9'075	tCO ₂
Kosten 2020 Förderung Staatshaushalt	2.3	Rp/kWh		105	CHF/tCO ₂

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

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

Hintergrund: Der Minergie-A/P-Standard wird gemäss EEG gefördert. Minergie ist ein freiwilliger Baustandard. Gefördert werden sollen Bauten, welche weit über das gesetzliche Mass hinaus gehen.

Ziel: Erhöhung des Anteils an Minergie-A/P-Bauten bei Sanierungen und Neubauten.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich im Jahr 2020 für 4'632 m² auf rund 0.159 Mio. CHF

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

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der EEG Fördermassnahmen. Sensibilisierung für Minergie und Plusenergiebauten.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG ab. Gemäss angepasstem EEG wird noch Minergie-A/P gefördert.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m ² EBF	Effektiv	+7'977	+6'782	+3'636								+18'395
		Ziel	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+10'000	+100'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	0.08	0.07	0.04								0.2
		Ziel	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.0
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	17	15	8								40
		Ziel	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	219
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potenzial		50 GWh/a		GWh/a	10'950 tCO ₂ /a		10'950 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		1 GWh/a		- GWh/a	219 tCO ₂ /a		219 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2020	0.159 Mio	8.7 Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	396 CHF/tCO ₂		396 CHF/tCO ₂

Aufgrund der Förderzusagen sind ab 2014 sowohl Minergie- als auch Minergie-P/A-Objekte enthalten.

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

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

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

Annahmen und Berechnungen

Theoretisches Potenzial

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

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

Das theoretische Potenzial entspricht der gesamten beheizten Fläche, welches theoretisch auf Minergie-Standard umgerüstet werden könnte.

Beheizte Energiebezugsfläche im FL: ca. 5 Mio. m² (2010) *

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

50 GWh/a

10'950 tCO₂/a

Kostenberechnung

	Effizienz	erneuerbare Energie	CO ₂ **
Zielzuordnung	X		X
Kosten Staatshaushalt 2020 Minergie und Minergie-A/P	159'540 CHF		159'540 CHF
Geförderte Minergie Energiebezugsfläche 2020	4'632 m ²		
Wirkung im Jahr 2020	46 MWh/a		10 tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer	40 Jahre		40 Jahre
Wirkung über Lebensdauer	1'840 MWh		403 tCO ₂
Kosten 2020 Förderung Staatshaushalt	8.7 Rp/kWh		396 CHF/tCO ₂

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

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

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

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

Ziel: Den Anteil der Holzheizungen im Rahmen des nachhaltigen Potenzials zu erhöhen und das noch nutzbare Holzpotenzial (inkl. Importe) in grossen Anlagen ausgeschöpft werden.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich 2023 für 6'622 m² auf rund 0.410 Mio. CHF.

Potenzial: Das noch zusätzlich nachhaltig nutzbare Holzpotenzial (Zahlen 2019 ES2030 S40) beträgt rund 41 GWh/a. Die Nutzung kann durch Import von Holzpellets erhöht werden. Siehe auch Massnahme 4.4 Holzheizwerke.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der Fördermassnahmen unter dem EEG. Ab 2024 Einführung der MuKE 2014, weshalb Neubauten nicht mehr gefördert würden.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Umsetzbarkeit der Massnahme hängt von der Art der Weiterführung des EEG sowie der Sanierungsrate ab. Holzheizwerke werden unter Massnahme 4.4 geführt.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m ² EBF	Effektiv	+10'753	+21'206	+6'622								+38'581
		Ziel	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+25'000	+250'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv	1.08	2.12	0.66								3.9
		Ziel	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	25.0
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	235	464	145								845
		Ziel	548	548	548	548	548	548	548	548	548	548	5'475
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		41 GWh/a		8'979 tCO ₂ /a	8'979 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		GWh/a		25 GWh/a		5'475 tCO ₂ /a	5'475 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2023	Mio	Rp/kWh	0.41 Mio	3.1 Rp/kWh		141 CHF/tCO ₂	141 CHF/tCO ₂

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

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

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

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

Ziel: Einsatz von Wärmepumpenheizungen bei Neubauten und bei Sanierungen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich 2023 für 104'075 m² auf rund 2.274 Mio. CHF

Potenzial: Durch den Einsatz von Wärmepumpen lassen sich rund 173 GWh/a fossile Energieträger substituieren, wovon 115 GWh (2/3) der Effizienzverbesserung zugewiesen wird.

Umsetzung: Fortführung und Optimierung der Fördermassnahmen unter dem EEG. Um die Anlageneffizienz im Betrieb hoch zu halten, soll eine Überwachung der Jahresarbeitszahl (Strom- und Wärmemessung) eingeführt werden. Ab 2024 Einführung der MuKE 2014, weshalb Neubauten nicht mehr gefördert würden.

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

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m ² EBF	Effektiv	+58'844	+81'732	+104'075								+244'651
		Ziel	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+83'333	+833'333
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	3.92	5.45	6.94								16.3
		Ziel	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	55.6
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	1'289	1'790	2'279								5'358
		Ziel	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	1'825	18'250
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	441	613	781								1'835
		Ziel	625	625	625	625	625	625	625	625	625	625	6'250

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		115 GWh/a	GWh/a	37'887 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		56 GWh/a	- GWh/a	18'250 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2023	2.274 Mio	1.6 Rp/kWh	Mio Rp/kWh	35 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
 ** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

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

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials durch Ersatz von Wärmepumpen				
Das theoretische Potenzial kann den Betrag der für Heizwärme verbrauchten Energie nicht übersteigen. Es dient der groben Orientierung und ist nicht als absoluter Wert zu sehen. Bei der Sanierung aller älteren Gebäude kann davon ausgegangen werden, dass sich die Hälfte des Heizenergieverbrauchs durch bessere Wärmedämmung einsparen liesse. Das max. Potenzial sei erreicht, wenn alle sanierten Gebäude mit Wärmepumpen oder Holzheizungen beheizt würden. Da die Holzheizungen einen gewissen Anteil übernehmen können, wird das Potenzial Holz vorgängig von der Wärme abgezogen. Weitere Einflüsse wie mehr beheizte Fläche in der Zukunft etc. werden in dieser vereinfachten Betrachtung nicht berücksichtigt.				
Die im FL verbrauchten Brennstoffe werden zu grossen Teilen für Heizzwecke eingesetzt				
Verbrauch FL 2008:	Erdgas	361 GWh/a	abz. Industrieprozesse	300 GWh/a für Heizzwecke
	Heizöl	215 GWh/a	abz. Industrieprozesse	200 GWh/a für Heizzwecke
500 GWh/a entsprechen 36% des Gesamtenergieverbrauches FL 2008				
Abschätzung des Heizenergieverbrauchs: 5 Mio. m ² Energiebezugsfläche mit einem spezifischen Verbrauch (H + WW) von 100 kWh/m ² ergeben ebenfalls 500 GWh. Der Wert scheint plausibel.				
Weitere Annahmen:	50% der Heizenergie kann durch bessere Wärmedämmung eingespart werden. Restverbrauch gedämmte Gebäude: 250 GWh Abzug Holzpotenzial: 77 GWh Restverbrauch nach Abzügen: 173 GWh Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen im Durchschnitt: 3,0			
Potenzial Effizienz:	Einsparung 2/3 → 115 GWh von 173 GWh Restverbrauch 1/3 in Strom → 58 GWh			
Potenzial CO ₂ :	Um die CO ₂ -Emissionen durch die Stromerzeugung im Ausland besser berücksichtigen zu können, wird die Einsparung auf der Grundlage des importierten Stroms (UCTE-Strommix) ausgewiesen.			
CO ₂ -Einsparung (Inland):	173 GWh x 0,219* = 37'887 *tCO₂			
CO ₂ -Einsparung (UCTE):	173 GWh x (0,219* - 1/3 x 0,432**) = 173 GWh x (0,075 tCO ₂ /MWh**) = 12'975 **tCO₂/a			

Kostenberechnung						
	Effizienz		erneuerbare Energie		CO ₂ * (Inland)	
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar		X	
Kosten Staatshaushalt 2023 (davon Wärmepumpen)	2'274'258	CHF			2'274'258	CHF
Wirkung pro Jahr (2/3 des Verbrauches, da 1/3 Strom)	6'934	MWh/a			2'278	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer **	20	Jahre			20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer	138'680	MWh			45'556	tCO ₂
Kosten 2023 Förderung Staatshaushalt	1.6	Rp/kWh			50	CHF/tCO ₂

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

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

Massnahme 1.5.1: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)

Hintergrund: Sonnenkollektoren werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Als Ergänzung zu Feuerungen (Öl/Gas/Holz) können diese die Warmwasserproduktion zu rund 60% übernehmen. Bei Wärmepumpenanlagen können thermische Sonnenkollektoren kontraproduktiv sein, da die Jahresarbeitszahl bei ungünstigen Systemeinbindungen negativ beeinflusst wird.

Ziel: Hier ein hohes Ziel anzuführen ist aufgrund der technischen Entwicklung überholt. Viele thermische Sonnenkollektoranlagen werden heute bei Erreichen der Lebensdauer durch Photovoltaik und Wärmepumpen ersetzt.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich für 2015 auf rund 0.075 Mio. CHF. Es sind keine wesentlichen Senkungen bei den Anlagenkosten zu erwarten.

Potenzial: Das theoretische Potenzial wird durch die benötigte Warmwassermenge und die damit vermiedenen, teils beträchtlichen Verluste der Heizanlagen im Sommer definiert. Heute werden jedoch die verfügbaren Dachflächen meist mit Photovoltaik belegt und das Warmwasser dann mit der Wärmepumpe erwärmt.

Umsetzung: Förderung bei sinnvollen Konstellationen.

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

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m²	Effektiv	+50	+29	+17								+96
		Ziel	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+1'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv	-0.79	-0.80	-0.81								-2.4
		Ziel	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-0.77	-7.7
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv	-173	-175	-176								-525
		Ziel	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-1'683
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *		CO2 (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a	84'544 m²	36 GWh/a		7'893 tCO2/a	7'893 tCO2/a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		-8 GWh/a		-1'683 tCO2/a	-1'683 tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2015	Mio	Rp/kWh	0.075 Mio	3.4 Rp/kWh		157 CHF/tCO2	157 CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 1.5.1: Solarkollektoren (Erwärmung von Brauchwasser durch thermische Sonnenkollektoren, Art. 3.1.d EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials von thermischen Sonnenkollektoren für die Brauchwarmwassererwärmung					
Das theoretische Potenzial ist abhängig von der Energie, welche im Warmwasserbereich benötigt wird. Betrachtet wird der Haushalts- und Arbeitsbereich, wobei eine Wassermenge pro Person und Tag angenommen wird. Die industrielle Verwendung von Brauchwarmwasser wird bei dieser Betrachtung ausgeklammert.					
	Haushaltsbereich		Arbeitsbereich		Total
Warmwasserbedarf pro Person und Jahr	1'516	kWh/P a *	183	kWh/P a **	
Personen 2008	35'589	Personen	33'415	Personen	
Verbrauch Total Warmwasser	53'953	MWh/a	6'115	MWh/a	60'068 MWh/a
m ² pro Person	71'178	m ² bei 2 m ² /P	13'366	m ² bei 0.4 m ² /P	84'544 m ²
Solarer Anteil ca. 60%	32'372	MWh/a	3'669	MWh/a	36'041 MWh/a
					7'893 tCO ₂ /a

Kostenberechnung					
	Effizienz	erneuerbare Energie		CO ₂ ***	
Zielzuordnung		X		X	
Kosten Staatshaushalt 2015		75'075	CHF	75'075	CHF
Wirkung Jahr 2015		109	MWh/a	24	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		20	Jahre	20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer		2'187	MWh	477	tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung		3.4	Rp/kWh	157	CHF/tCO ₂

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

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

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

Massnahme 1.5.2: Wärmepumpenboiler (Erwärmung von Brauchwasser durch Wärmepumpenboiler, Art. 3.1.d EEG)

Hintergrund: Wärmepumpenboiler werden in Liechtenstein gemäss EEG seit 1.2.2015 gefördert. Als Ersatz von Elektroboilern kann das Warmwasser so mit einem Drittel des Stromaufwandes bereitgestellt werden. Als Ergänzung zu Feuerungen (Öl/Gas/Holz) oder auch Wärmepumpen können diese die Warmwassererwärmung ebenfalls übernehmen und so zusätzlich die Bereitschaftsverluste der Heizungen im Sommer vermeiden.

Ziel: Ersatz von heute noch bestehenden Elektroboilern. Erhöhung des Anteils an Wärmepumpenboilern als Ersatz für BWW-Aufbereitung über Öl-/Gasfeuerungen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt belaufen sich 2020 auf rund 0.074 Mio. CHF. Es sind keine wesentlichen Senkungen bei den Anlagenkosten zu erwarten.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	Stck.	Effektiv	+96	+124	+120								+340
		Ziel	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+1'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.09	0.11	0.11	-	-	-	-	-	-	-	0.3
		Ziel	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.9
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	0.20	0.26	0.25								0.7
		Ziel	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	2.1
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	66	86	83	-	-	-	-	-	-	-	235
		Ziel	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	690
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	104	134	129								367
		Ziel	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	1'079

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial	GWh/a		m ²		tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	3 GWh/a		-		690 tCO ₂ /a	1'079 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2020	0.07 Mio	1.7 Rp/kWh	Mio		36 CHF/tCO ₂	23 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
 ** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 1.5: Wärmepumpenboiler (Erwärmung von Brauchwasser durch Wärmepumpenboiler, Art. 3.1.d EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials von Wärmepumpenboilern für die Brauchwarmwassererwärmung						
Das theoretische Potenzial ist abhängig von der Energie, welche im Warmwasserbereich benötigt wird. Betrachtet wird der Haushalts- und Arbeitsbereich, wobei eine Wassermenge pro Person und Tag angenommen wird. Die industrielle Verwendung von Brauchwarmwasser wird bei dieser Betrachtung ausgeklammert.						
	Haushaltsbereich			Arbeitsbereich		Total
Warmwasserbedarf pro Person und Jahr	1'516	kWh/P a	*	183	kWh/P a	**
Personen 2008	35'589	Personen		33'415	Personen	
Verbrauch Total Warmwasser	53'953	MWh/a		6'115	MWh/a	60'068 MWh/a
Warmwasseraufbereitungen	11'989	Stk bei 0.33 Stk/P		1'358	Stk bei 0.04 Stk/P	13'347 Stk
Einsparung 2/3 von 4500 kWh/Stk	35'967	MWh/a		4'074	MWh/a	40'041 MWh/a
70% Ersatz Öl-/Gasboiler						4'092 tCO ₂ /a Inland
30% Ersatz Elektroboiler						5'189 tCO ₂ /a Global
100% Ersatz Boiler						9'282 tCO ₂ /a Global

Kostenberechnung			
	Effizienz	erneuerbare Energie	CO ₂ ***
Zielzuordnung	X		X
Kosten Staatshaushalt 2020	74'250		74'250 CHF
Wirkung Jahr 2020	300 MWh/a		138 tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer	15 Jahre		15 Jahre
Wirkung über Lebensdauer	4'500 MWh		2'070 tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung	1.65 Rp/kWh		36 CHF/tCO ₂

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

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

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

Massnahme 1.6: Vorschriften Neubauten

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

Ziel: Die Beheizung von Neubauten trägt nicht mehr zur Erhöhung des CO₂-Ausstosses bei (Nullenergie- und Plusenergiehäuser, erneuerbare Energien). Ab 2024 Einführung der MuKEn 2014.

Verantwortlichkeit: Regierung, Amt für Hochbau und Raumplanung (AHR)

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

Potenzial: Wenn Neubauten ihren Heizenergiebedarf zu 100% aus erneuerbaren Quellen decken, kann ein Zuwachs des CO₂-Ausstosses für das Heizen vermieden werden. Die EU Gebäuderichtlinie (Nearly Zero-Energy Buildings) bietet Ansatzpunkte mit Zeithorizont 2020, für Neubauten zumindest auf rechtlicher Seite Anpassungen vorzunehmen.

Umsetzung: Anpassung der gesetzlichen Anforderungen an den Stand der Technik einer energiesparenden Bauweise. Die Wärmeerzeugung erfolgt primär mit erneuerbaren Energiequellen. Umsetzung der Gebäuderichtlinie EU 2010/31 mittels MuKEn 2014.

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

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m ² EBF	Effektiv	-	-	-								-
		Ziel	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+90'000	+900'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	-	-	-								-
		Ziel	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	13.5
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Ziel	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	4'435
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	-	-	-								-
		Ziel	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	1'519

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		7.2 GWh/a		GWh/a		1'577 tCO ₂ /a		1'577 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		13.5 GWh/a		- GWh/a		4'435 tCO ₂ /a		1'519 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio/a	Rp/kWh	Mio/a	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 1.6: Vorschriften Neubauten

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials für Vorschriften bei Neubauten

Annahme: Pro Jahr werden geschätzte 100'000 m² EBF an Neubauten erstellt mit einem Heizwärmebedarf von rund 45 kWh/m². In der Massnahme 1.2 wird davon ausgegangen, dass rund 10'000 m² EBF des Bauvolumens in Minergie-A/P-Bauweise ausgeführt wird. Die restlichen 90'000 m² können wohl erst durch eine gesetzliche Pflicht auf dieses Verbrauchsniveau gebracht werden. Deshalb wird ab 2024 die 90'000 m² EBF mit einer Wirkung von 30 kWh/m² EBF als Wirkung angerechnet. Zur Begründung siehe auch Massnahme 1.2.

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

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

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

Massnahme 1.7: Stromeffizienz in grossen Gebäuden

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

Ziel: Verringerung des Stromverbrauchs in grossen Gebäuden um 20% bis 2030. Ausschöpfen weiterer Stromsparerpotenziale in Industrie und Gewerbe.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Die Kosten für den Staatshaushalt beliefen sich im Jahr 2015 für "andere Massnahmen" auf rund 0.277 Mio. CHF.

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

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

Abhängigkeiten und Risiken: Siehe auch Massnahmen zur Bewusstseinsbildung und Beratung. Überschneidung mit anderen Massnahmen (M3.2,M3.3) möglich. Deshalb werden hier in Zukunft die geförderten "anderen Massnahmen" ohne Wärme bilanziert. Wärme wird in 3.3 dargestellt.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.22	0.49	1.94								2.7
		Ziel	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.0
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	95	212	838								1'145
		Ziel	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	4'320

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		17.0 GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a	7'344 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		10 GWh/a		- GWh/a		- tCO ₂ /a	4'320 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2015	0.28 Mio	2.8 Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	64 CHF/tCO ₂

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

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

Massnahme 1.7: Stromeffizienz in grossen Gebäuden

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials für Stromeffizienz in grossen Gebäuden

Annahmen:

Sektor 3 (Dienstleistungen) 2010: 20'000 Beschäftigte. Nettofläche Büro 14 m2/Beschäftigten = 280'000 m2 x 39 kWh/m2/a (SIA Merkblatt 2040 mittlerer Strombedarf für Einzel/Gruppenbüro = 10'920 MWh/a.

Sparpotenzial: 20%, entsprechend 2'184 MWh/a (2.18 GWh/a). Jährlich werden 10% der Büroflächen in Bezug auf die Stromeffizienz verbessert (entsprechend 0.2 GWh/a). Weitere Potenziale in Industrie und Gewerbe von schätzungsweise 15 GWh/a.

17 GWh/a sei das theoretische Potenzial für die Steigerung Energieeffizienz im Vergleich zum Referenzszenario.

→ 17 GWh/a x 432 tCO₂/GWh * → **Reduktion Wachstum um 86 tCO₂/a**

Kostenberechnung				
	Effizienz		erneuerbare Energie	CO ₂ ** (UCTE)
Zielzuordnung	X		Einsparung ≠ erneuerbar	X
Kosten 2015 Staatshaushalt	277'887	CHF		277'887 CHF
Wirkung pro Jahr	1000	MWh/a		432 tCO ₂
Erwartete Lebensdauer	10	Jahre		10 Jahre
Wirkung über Lebensdauer	10'000	MWh		4'320 tCO ₂
Kosten 2015 Förderung Staatshaushalt	2.8	Rp/kWh		64 CHF/tCO ₂

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

Massnahme 2.1: Mobilität und Raumplanung

Hintergrund: Das Mobilitätsverhalten wird wesentlich durch vorhandene Raumstrukturen beeinflusst. Dazu gehören Themen wie Konzentration der Bebauungsdichte entlang von gut mit ÖV erschlossenen Verkehrsachsen, insbesondere im Bereich von Verkehrsknoten, Bereitstellung von Fuss- und Radwegen, überregionale Koordination des Themas Verkehr.

Ziel: Schaffung der Rahmenbedingungen, welche eine verbesserte Berücksichtigung von Raumstrukturen zugunsten einer nachhaltigen Mobilität erlauben.

Verantwortlichkeit: Regierung, Amt für Bau und Infrastruktur, Amt für Tiefbau und Geoinformation

Kosten: Kurzfristig sind abgesehen von Aufwendungen für Koordination und Planung keine Kosten zu erwarten. Langfristig ergeben sich gesamtheitlich betrachtet Einsparungen.

Potenzial: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Energieverbrauch und Mobilität sind eng verknüpft, allerdings wirken sich die Erfolge einer gezielten Raumplanung erst langfristig aus. Das über die Mobilität hinausgehende Effizienzpotenzial einer optimierten Raumplanung in Liechtenstein sollte geprüft werden.

Umsetzung: Einbezug der Mobilität in die Raumplanung durch

- Fortlaufende Überprüfung raumplanerischer Aktivitäten des Landes
- Prüfung des Potenzials eines verstärkten Einbezugs von Mobilität in die Raumplanung in Liechtenstein
- Koordination und Kommunikation mit den Gemeinden
- überregionale Koordination

Abhängigkeiten und Risiken: Das Thema Raumplanung unterliegt vielen Randbedingungen, Ansprüchen und Entscheidungsträgern. Raumplanung für eine nachhaltige Mobilität braucht eine langfristige Sichtweise, die über den Zeithorizont der vorliegenden Energiestrategie hinaus reicht.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *		CO2 (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO2/a		tCO2/a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO2/a	-	tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO2		CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 2.2: Öffentlicher Verkehr

Hintergrund: Mobilität hat einen grossen Anteil am Energieverbrauch (ca. 25%) des Landes. Es werden dabei fast nur fossile Energieträger (Dieselöl, Benzin, Erdgas) verbraucht, dies betrifft vor allem den motorisierten Individualverkehr sowie im Bereich öffentlicher Verkehr die Busse.

Ziel: Beibehalt bzw. Ausbau der aktuell guten ÖV-Versorgung. Weiterer Umstieg von motorisiertem Individualverkehr auf öffentlichen Verkehr, Effizienzsteigerung beim öffentlichen Verkehr. Wechsel bei der Busflotte auf 100% Elektroantrieb.

Verantwortlichkeit: Regierung, Verkehrsbetriebe LiechtensteinMobil, Amt für Tiefbau und Geoinformation, Amt für Hochbau und Raumplanung

Kosten: Kosten für Bewusstseinsbildung (Werbung öffentlicher Verkehr), sowie Kosten für die Umsetzung

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	PKm	Effektiv	+1'375	+3'517	+4'080								8'972.0
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	0.84	2.86	3.58								7.3
		Ziel	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.0
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	222	760	953								1'935
		Ziel	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	3'285
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		112 GWh/a		GWh/a		29'800 tCO ₂ /a		29'800 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		10 GWh/a		- GWh/a		3'285 tCO ₂ /a		3'285 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 2.2: Öffentlicher Verkehr

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials

Im Referenzjahr 2008 verbrauchte der Verkehrssektor ca. 350 GWh Energie. Gemäss Verkehrserhebung 2007 in Liechtenstein** betrug der Anteil des Einkaufs- und Freizeitverkehrs 57% des gesamten Verkehrsaufkommens (der Berufsverkehr ist über die Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" abgedeckt). Von diesen Fahrten fanden 70% der Wege mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) statt, ca. 8% mit öffentlichem Verkehr (ÖV), und rund 12% zu Fuss oder mit dem Fahrrad (Aktivverkehr). Bei einer Umlagerung einer zusätzlichen Person vom MIV auf einen öffentlichen Bus resultiert ein Effizienzgewinn von 100%, wenn man davon ausgeht, dass der Bus ohnehin fährt und der zusätzliche Fahrgast energetisch kaum ins Gewicht fällt.

Als theoretisches Potenzial wird eine vollständige Umlagerung des MIV-Verkehrs (Freizeit und Einkauf) auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus) angenommen. $350 \text{ GWh} \times 57\% \times 70\% \times 80\% = 112 \text{ GWh/a}$. CO_2 -Einsparpotenzial: $112 \text{ GWh} \times 266 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 29'800 \text{ tCO}_2/\text{a}$. Pro eingesparte kWh Treibstoff (Benzin/Diesel) werden 266 g CO₂ reduziert. Diesel und Benzin weisen pro kWh Heizwert fast identische spez. CO₂-Emissionen auf.

Der VCL hält eine Reduktion der Verkehrsleistung durch MIV an allen Wegen um ca. 0.5% pro Jahr für realistisch. $350 \text{ GWh} \times 57\% \times 70\% \times 80\% \times 0.5\% = 0.56 \text{ GWh/Jahr}$. CO_2 -Einsparung: $0.56 \text{ GWh} \times 266 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 149 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

Abschätzung der Umsetzung

In Ermangelung absoluter Statistiken zu den Personenkilometern der verschiedenen Verkehrsmittel basiert diese vereinfachte Wirkungsabschätzung auf Daten der Verkehrsbetriebe LiEmobil zu den geleisteten Personenkilometern (Pkm) der Autobusse. Als Basis werden die Pkm der Busse im Jahr 2008 (resp. 2009 aufgrund fehlender Daten für 2008) genommen und die Veränderungen in den Folgejahren betrachtet. Es wurde angenommen, dass jeder zusätzliche Pkm im Bus 100% eines Pkm im Auto (PW, 7 lt/100 km, 1.5 Personen, 0.42 kWh/Pkm****) ersetzt. Zusätzlich wird die Verbesserung der Energieeffizienz pro geleisteten Pkm der Busse addiert.

Steigerung der Energieeffizienz = Differenz der Personenkilometer Bus x 0.42 kWh/Pkm + (Differenz Verbrauch Busse [kWh/Pkm] x absolute Personenkilometer [Pkm])
 CO_2 -Einsparung = Steigerung der Energieeffizienz [GWh] x 266 tCO₂/GWh

Als weitere Indikatoren sind die geleisteten Flottenkilometer der Busse und deren Treibstoffverbrauch aufgeführt.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019°	2020	2021	2022	2023
Personenkilometer Bus [Pkm]	28'073'259	29'192'755	29'451'867	32'227'425	32'404'200	32'661'504	29'793'395	31'005'049	31'917'807	32'796'715	27'586'403	20'740'367	22'115'191	25'631'903	29'712'372
Flottenkilometer [km]	2'991'134	3'025'342	3'036'069	3'024'424	3'036'735	2'898'475	2'773'834	2'935'440	2'994'917	3'099'301	3'088'824	3'051'835	3'137'014	3'397'857	3'391'797
Treibstoffverbrauch Busflotte [Liter Diesel-äqu.]	1'729'145	1'850'050	1'792'462	1'511'223	1'510'897	1'463'787	1'338'421	1'205'400	1'240'726	1'273'620	1'170'015	1'154'069	1'204'263	1'254'841	1'263'726
Durchschnittliche Besetzung Bus [P]	9.4	9.6	9.7	10.7	10.7	11.3	10.7	10.6	10.7	10.6	8.9	6.8	7.0	7.5	8.8
Durchschnittlicher Verbrauch Bus [Liter Diesel-äqu./100 km]	57.8	61.2	59.0	50.0	49.8	50.5	48.3	41.1	41.4	41.1	37.9	37.8	38.4	36.9	37.3
Durchschnittlicher Verbrauch Bus [kWh/Pkm]****	0.60	0.62	0.60	0.46	0.46	0.44	0.44	0.38	0.38	0.38	0.42	0.54	0.53	0.48	0.42
Zu-/Abnahme Personenkilometer Bus [Pkm]	0	1'119'496	259'112	2'775'558	176'775	257'304	-2'868'109	1'211'654	912'758	878'908	-5'210'312	-6'846'036	1'374'824	3'516'712	4'080'469
Effizienzsteigerung ggü. Vorjahr (Substitution MIV-Bus) [GWh]	0	0.5	0.1	1.2	0.1	0.1	-1.2	0.5	0.4	0.4	-2.2	-2.9	0.6	1.5	1.7
Effizienzsteigerung ggü. Vorjahr (Effizienz Busse) [GWh]	0	-0.5	0.7	4.4	0.1	0.6	0.0	1.8	0.0	0.0	-1.0	-2.7	0.3	1.4	1.9
CO ₂ -Einsparung ggü. Vorjahr [tCO ₂]	0.0	-10.3	221.8	1482.8	42.2	182.7	-328.7	623.7	102.4	101.5	-839.3	-1479.7	222.1	760.0	953.1

* Umrechnung Energiemix 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).
** Mobilitätskonzept Mobiles Liechtenstein 2008, http://www.llv.li/pdf-llv-tba-verkehr-mobilitaetskonzept_2008.pdf.
*** Benzin/Diesel-Verhältnis von 2008: 41% Diesel, 59% Benzin.
**** Umrechnungsfaktor 1 Liter Diesel = 9.8 kWh.
° Ab 2019 geänderte Ermittlung der Pkm durch Liemobil.

Massnahme 2.3: S-Bahn

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist heute mit einem Anteil von 67% das dominierende Verkehrsmittel. 16% der Wege erfolgen mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV), 17% zu Fuss oder dem Fahrrad (LV). Vor allem Dienst- und Einkaufsfahrten werden mit dem MIV zurückgelegt. Beim Arbeitsverkehr ist der Anteil des öffentlichen Verkehrs mit 17% im Vergleich zu den anderen Verkehrszwecken relativ hoch.

Ziel: S-Bahn-Angebot mit der erforderlichen Schieneninfrastruktur schaffen und Haltepunkte auf die bestehenden Aufkommensgebiete und Entwicklungsschwerpunkte ausrichten.

Verantwortlichkeit: Regierung, Amt für Hochbau und Raumplanung, Amt für Tiefbau und Geoinformation

Kosten: Kostenschätzung von ca. 72 Mio. CHF.

Potenzial: Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Das Verkehrsaufkommen in Liechtenstein wird vor allem durch Fahrten mit Ziel- oder Ausgangspunkt in Liechtenstein (50.4 %) und den Binnenverkehr (45.9%) verursacht. Der Anteil des Durchgangsverkehrs beträgt nur 3.7%.

Im Jahr 2006 pendelten knapp 16'000 Grenzgänger jeden Tag nach Liechtenstein. Um den Anteil ÖV an diesen Verkehrsbewegungen zu erhöhen, muss die Attraktivität und Effizienz des ÖV stetig verbessert werden. Mit der Umsetzung des Projektes S-Bahn FL.A.CH kann die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs massgeblich verbessert und dabei insbesondere im Bereich der grenzüberschreitenden Arbeitswege ein grosses Potenzial generiert werden.

Umsetzung: Umsetzung des Projekts S-Bahn FL.A.CH.

Abhängigkeiten und Risiken: Politische Realisierbarkeit. Eng mit den Massnahmen 2.2 "Öffentlicher Verkehr" und 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben" verknüpft. Die S-Bahn Liechtenstein wurde am 30. August 2020 vom Volk abgelehnt.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		- GWh/a		- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).

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

Massnahme 2.3: S-Bahn

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des Potenzials

Bei einer Realisierung der S-Bahn wird angenommen, dass von den Zu- und Wegpendlern aufgrund der Angebotsverbesserung im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme 5% auf die neue S-Bahn umsteigen und im zweiten Jahr weitere 10 %. Laut der Beschäftigungsstatistik des Amts für Statistik gab es im Jahr 2018 rund 22'000 Zupendler und 2'000 Wegpendler. Mit einer angenommenen Inbetriebnahme der S-Bahn im Jahre 2026 würden also in 2026 5% der Zu- und Wegpendler umsteigen und im Folgejahr 10%. Zusätzlich wird angenommen, dass diese Pendler 5 km ihres Arbeitsweges in Liechtenstein absolvieren. Ein Vollzeitarbeitender kommt auf ca. 218 Arbeitstage (25 Arbeitstage Ferien plus 17 Arbeitstage Feiertage und dienstfreie Tage).

Rechnung Umsetzung:

$22'000 \times 5\% = 1'100$ umgestiegene Pendler (2026)

$22'000 \times 5\% + 22'000 \times 95\% \times 10\% = 3'190$ umgestiegene Pendler (2027)

Anzahl umgestiegene Pendler $\times$ 5 km $\times$ 218 Arbeitstage = Substituierte Auto-Pkm durch S-Bahn-Pkm

Gemäss dem Mobilitätskonzept 2030 wird mit rund 5'000 umsteigenden Berufspendlern gerechnet, welche die S-Bahn nutzen.

Für die Abschätzung der Steigerung der Energieeffizienz wurde angenommen, dass die umgestiegenen Pendler ihren Arbeitsweg andernfalls alleine in einem Auto mit einem Verbrauch von 7 Liter/100 km (= 0.63 kWh/Pkm) bewältigen würden. Die Energieeinsparung von ca. 80% pro substituierten Pkm im Auto wurde aus einer Schweizer Studie der SBB abgeleitet. **

Steigerung Energieeffizienz = Substituierte Auto-Pkm $\times$ 0.63 kWh/Pkm $\times$ 80%

Zur Berechnung der CO₂-Einsparungen wurde von einem Emissionsfaktor von 266 gCO₂/kWh beim Auto und dem UCTE-Strommix (0.432 gCO₂/kWh) bei der S-Bahn ausgegangen. Dies ergibt pro substituierten Auto-Pkm eine Reduktion der CO₂-Intensität um ca. 70%*.

* Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel); UCTE-Elektrizitätsmix 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

** Hintergrundbericht zum Umweltfahrplan der SBB, 2011, https://www.sbb.ch/content/dam/sbb/de/pdf/sbb-konzern/verantwortung-fuer-gesellschaft/Hintergrundbericht_d.pdf.

Massnahme 2.4: Langsam- resp. Aktivverkehr

Hintergrund: Ein Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf Aktivverkehr (zu Fuss oder mit dem Fahrrad) reduziert den Energieverbrauch, reduziert die verkehrsbedingte Belastung von Mensch und Umwelt und fördert die Gesundheit. Ein Umstieg kann durch die Bereitstellung der entsprechenden Infrastrukturen (Fuss- und Radwege) gefördert werden.

Ziel: Steigerung der Attraktivität des Langsamverkehrs durch Bereitstellung der entsprechenden Infrastrukturen.

Verantwortlichkeit: Regierung, Gemeinden, Amt für Tiefbau und Geoinformation

Kosten: Die meisten der gewünschten Ausbauten erfolgen auf Gemeindeebene und fallen damit in die Gemeindebudgets.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	10 ³ km	Effektiv	-	-27	+268								241.4
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	-	-0.02	0.22								0.2
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	-	-10	96								87
		Ziel											-

Potenzial: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Erfolgt eine Umlagerung von jährlich zusätzlich 0.5% der Verkehrsleistung vom motorisierten Individualverkehr auf Aktivverkehr, so entspricht dies einer zusätzlichen jährlichen Einsparung von 1.75 GWh.

Umsetzung: Die Förderung des Langsamverkehrs und insbesondere des Radverkehrs ist Bestandteil des Mobilitätskonzepts (Statusbericht mit Ausblick 2020, Mobilitätskonzept 2030). Das Land und die Gemeinden arbeiten mit der grenzüberschreitenden Regionen zusammen um den Langsamverkehr zu fördern. Das Hauptradroutennetz wurde am 8. Juli 2014 durch die Regierung genehmigt und wird mit den Gemeinden zusammen Schritt für Schritt umgesetzt.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Hoheit zur Bereitstellung der Infrastruktur für den Aktivverkehr liegt primär bei den Gemeinden. Der Berufsverkehr ist Teil der Massnahme 2.5 "Mobilitätsmanagement in Betrieben".

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		- GWh/a		- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 2.4: Langsam- resp. Aktivverkehr

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung der Umsetzung						
In Ermangelung absoluter Statistiken zu den Personenkilometern der verschiedenen Verkehrsmittel basiert die Wirkungsabschätzung auf Zählungen bei automatisierten Fahrradzählstellen. Die Fachstelle Verkehr, Mobilitätsmanagement & Langsamverkehr (FVML) geht davon aus, dass rund 70% der erfassten Fahrradkilometer eine Autoersatzwirkung haben. Für Doppelzählungen bei mehreren Zählstellen wurde ein Faktor von 70% berücksichtigt. Die substituierte Autofahrt wurde mit einer Distanz von 5 km und einem Verbrauch von 7 Liter/100 km angenommen (0.42 kWh/Pkm). Der Langsam- und Aktivverkehr wurde als Energie- und CO ₂ -frei angenommen.						
Steigerung Energieeffizienz = Fahrradzählung (DTV) x 10 km x 70% x 0.42 kWh/Pkm						
Für die CO ₂ -Einsparung wurde die eingesparte Energie mit dem Wert 266 g CO ₂ /kWh multipliziert.*						
CO ₂ -Einsparung = Steigerung Energieeffizienz x 266 tCO ₂ /GWh						
Die Fahrradzählstellen wurden 2023 deutlich erweitert. Die Statistik wird ab 2024 entsprechend an die grössere Zahl an Stellen angepasst. DTV = Mittlere, tägliche Fahrradzählung.						
Fahrrad-Zählstellen						
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Gezählte Fahrräder (DTV)						
Schellenberg - Nofels			120			
Ruggell Rheinbrücke Nord			170			
Bendern - Ruggell			140			
Bendern Rheindamm Nord			340			
Bendern Rheinbrücke Unterführung			140			
Bendern Rheinbrücke Rampe Nord			120			
Bendern Rheinbrücke Rampe Süd			50			
Bendern Eschner Strasse			240			
Eschen - Presta			260			
Eschen Sportpark Eschen - Nendeln			300			
Eschen Sportpark Mauren - Schaan			160			
Mauren Egelsee	230	360	390			
Mauren - Fallsgass			70			
Eschen Schwarze Strasse	270	330	290			
Eschen Schaanerstrasse			80			
Schaan Rheindamm Nord	320	280	330			
Schaan Energiebrücke	340	330	400			
Schaan Rheindamm Süd	320	270	200			
Vaduz Habelfeld	340	260	280			
Vaduz LV-Brücke Nord	290	290	310			
LV-Brücke Buchs - Vaduz	260	270	270			
Vaduz LV-Brücke Süd	400	430	450			
Vaduz Holzbrücke	250	220	230			
Vaduz Rheindamm	270	230	280			
Vaduz Auweg	150	140	130			
Triesen Gartnetschhof			60			
Triesen Rheindamm Sportplatz			270			
Balzers LV-Brücke Nord			150			
Balzers LV-Brücke			290			
Balzers LV-Brücke Süd			20			
Total Zählungen pro Jahr	878'920	871'255	947'905	0	0	0
Zu-/Abnahme ersetzte Autokilometer [1000 km]	0.0	-26.8	268.3	0.0	0.0	0.0
Effizienzsteigerung ggü. Vorjahr [GWh]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂ -Einsparung ggü. Vorjahr [tCO ₂]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
https://www.llv.li/de/landesverwaltung/amt-fuer-hochbau-und-raumplanung/verkehrsplanung/grundlagen-und-daten						

* Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).

Massnahme 2.5: Mobilitätsmanagement in Betrieben

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist im Jahr 2015 mit einem Anteil von 75% das dominierende Verkehrsmittel, 13% der Wege erfolgen mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV), 12% zu Fuss oder mit dem Fahrrad (LV) (Quelle Volkszählung 2015, nur Binnenpendler). Ein erheblicher Anteil des MIV ist auf den Verkehr zum und vom Arbeitsort zurückzuführen. Ein Umstieg auf ÖV oder Langsamverkehr sowie die Bildung von Fahrgemeinschaften reduziert den vom Arbeitsweg bedingten Energieverbrauch.

Ziel: Steigerung des Anteils von Arbeitsstätten mit Mobilitätsmanagement.

Verantwortlichkeit: Regierung, Amt für Hochbau und Raumplanung (AHR)

Kosten: Die Kosten für die öffentliche Hand beschränken sich auf die begleitenden Massnahmen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv	-168	+756	+27								615.6
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	-0.09	0.41	0.01								0.3
		Ziel	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	1.8
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	-24	109	4								89
		Ziel	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	476
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		51 GWh/a		GWh/a	13'566 tCO ₂ /a	13'566 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		2 GWh/a		- GWh/a	476 tCO ₂ /a	476 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Potenzial: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 ca. 350 GWh/a, was ca. 25% des gesamten Energieverbrauchs entspricht. Mit über 34'000 Beschäftigten ist das Potenzial für Einsparungen beim Pendlerverkehr vom und zum Arbeitsplatz sehr gross. Zwischen 2003 und 2010 ist der Anteil des MIV an den Arbeitswegen bereits um 10% gesunken. Weitere Senkungen scheinen durch betriebliches Mobilitätsmanagement und eine Förderung des öffentlichen und aktiven Verkehrs möglich.

Umsetzung: Weiterführung der laufenden Aktivitäten zur Verbreitung zum Ausbau des betrieblichen Mobilitätsmanagements. Es existiert eine Gruppe für den Austausch zwischen der Landesverwaltung und der Industrie. Wirkungsvolle Ansatzpunkte für BMM sind eine umfassende Integration des BMM in die Unternehmen, die Verknappung/Bepreisung der Parkplätze und eine Verbesserung des ÖV-Angebots mit Anreizen (Postulatsbeantwortung der Regierung an den Landtag betreffend BMM, Nr. 12/2018).

Abhängigkeiten und Risiken: Eine Verlagerung des Verkehrs vom und zum Arbeitsort auf den Aktivverkehr und den öffentlichen Verkehr hängt von einer guten ÖV-Infrastruktur ab (Massnahme 2.3 "S-Bahn", Massnahme 2.2 "Öffentlicher Verkehr")

Massnahme 2.5: Mobilitätsmanagement in Betrieben

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials

Im Referenzjahr 2008 verbrauchte der Verkehrssektor ca. 350 GWh Energie. Gemäss Verkehrserhebung 2007 in Liechtenstein** betrug der Anteil des Verkehrs für Arbeit/Ausbildung 27% (der Freizeit- und Einkaufsverkehr ist über die Massnahme 2.2 "Öffentlicher Verkehr" abgedeckt). Im Jahr 2015 fanden 75% der Pendlerwege (Binnenverkehr) mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) statt, 13% mit öffentlichem Verkehr (ÖV) und 12% zu Fuss oder mit dem Fahrrad (Aktivverkehr). Die Binnenpendler nutzen vermehrt wieder den MIV, gleichzeitig kommen mehr Zupendler ins Land. Dies führt dazu, dass der Anteil des MIV sich seit 2015 (Zählung LIHK) nicht weiter gesenkt hat.

Bei einer Umlagerung vom MIV (PW, 7 lt/100 km, 1.5 Personen, 0.42 kWh/Pkm***) auf einen gut besetzten Bus (50 Personen, 45 lt Diesel/100 km, 0.09 kWh/Pkm) resultiert ein Effizienzgewinn von ca. 80% bezogen auf den Personenkilometer.

Als theoretisches Potenzial wird eine vollständige Umlagerung des MIV-Berufs-Pendlerverkehrs auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus) angenommen (Einsparung 80%). $350 \text{ GWh} \times 27\% \times 67\% \times 80\% = 51 \text{ GWh/a}$. $\text{CO}_2\text{-Einsparung: } 51 \text{ GWh} \times 266 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 13'566 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

Der VCL hält eine Reduktion des MIV-Anteils an Arbeitswegen um ca. 2% pro Jahr für realistisch (45% im Jahr 2020). Für die Energiebetrachtung ist die Reduktion der Verkehrsleistung des MIV für Arbeitswege massgeblich. Hier schätzt der VCL eine Reduktion von 1% pro Jahr als realistisch ein. $350 \text{ GWh} \times 27\% \times 67\% \times 80\% \times 1\% = 0.5 \text{ GWh/Jahr}$. $\text{CO}_2\text{-Einsparung: } 0.5 \text{ GWh} \times 266 \text{ tCO}_2/\text{GWh} = 133 \text{ tCO}_2/\text{a}$.

Abschätzung der Umsetzung

Energiestrategie 2030

Wirkungsabschätzung gemäss Szenario 1 der Postulatsbeantwortung der Regierung an den Landtag betreffend BMM in Unternehmen mit 50 Mitarbeitenden (Nr. 12/2018).

* Umrechnung Energiemix 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).

** Mobilitätskonzept Mobiles Liechtenstein 2008, http://www.llv.li/pdf-llv-tba-verkehr-mobilitaetskonzept_2008.pdf.

*** Benzin/Diesel-Verhältnis von 2008: 41% Diesel, 59% Benzin.

Massnahme 2.5: Mobilitätsmanagement in Betrieben

Annahmen und Berechnungen

Befragung Modalsplit LIHK																	
	2010							2015			2018			2022			
Fuss- und Radverkehr (FRV)	10.8%							11.1%			11%			14%			
Kollektivverkehr (KV)	32.5%							26.8%			27%			25%			
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	56.8%							61.1%			62%			60%			
Befragte: Durchschnittlich 9'500																	
Befragung Modalsplit LLV																	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Fuss- und Radverkehr (FRV)	8.3%	10.0%	9.1%	11.6%	7.1%	10.0%	6.0%	14.0%	16%	16%	21%	23%	25%	24%	24%	26%	
Kollektivverkehr (KV)	19.2%	23.5%	32.7%	24.8%	26.8%	25.1%	28.1%	30.0%	31%	31%	26%	28%	24%	22%	25%	23%	
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	72.5%	66.5%	58.3%	63.5%	66.1%	64.9%	65.9%	56.0%	53%	53%	53%	49%	51%	54%	52%	51%	
Befragte: Durchschnittlich ca. 1'400																	
Beschäftigte																	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Vollzeitäquivalente	29'996	29'466	29'896	30'591	30'985	31'236	31'574	31'599	32'122	33'092	33'846	34'576	34'292				
Beschäftigte am Jahresende														40'328	41'352	42'514	43'060
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Umsteiger LIHK								-1478			29				621		
Umsteiger LLV	0	229	316	-210	-99	48	-40	402	123	0	0	180	-84	-168	135	27	
Total Umsteiger (bezogen auf VZÄ)	0	229	316	-210	-99	48	-40	-1076	123	0	29	180	-84	-168	756	27	

Massnahme 2.7: Absenkung Treibstoffverbrauch und CO₂-Emissionen

Hintergrund: Der motorisierte Individualverkehr ist einer der wesentlichen Energieverbraucher in Liechtenstein. Der durchschnittliche CO₂-Ausstoss pro km von verkauften Neuwagen ist seit dem Jahr 2002 zwar gesunken, betrug im Jahr 2018 in Liechtenstein aber immer noch 146 g CO₂/km. Der Zielwert der EU von 130 g CO₂/km wurde somit verfehlt. Ab 2021 gilt bereits der Zielwert von 95 g/km. Absolut stagnierten die CO₂-Emissionen der neu zugelassenen, konventionell angetriebenen Fahrzeuge in den letzten Jahren.

Ziel: Absenkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs der neu in Verkehr gesetzten Personenwagen.

Verantwortlichkeit: Regierung, MFK

Kosten: Kostenneutrale Ausgestaltung durch Vorschriften unter Nutzung von Marktmechanismen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	g/km	Effektiv	+158	+155	-								313.0
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	4.28	-0.00	0.27								4.5
		Ziel	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.0
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	1'138	-1	73								1'210
		Ziel	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	1'330
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		5 GWh/a		- GWh/a		1'330 tCO ₂ /a	1'330 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).

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

Potenzial: Eine Absenkung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs hätte eine bedeutende Energieeinsparung zur Folge. Zu beachten ist dabei, dass der Treibstoffverbrauch in Liechtenstein auch wesentlich von Fahrzeugen beeinflusst wird, welche nicht in Liechtenstein zugelassen sind bzw. der Tanktourismus eine Rolle spielt. Durch den Ersatz von älteren, noch weniger effizienten Fahrzeugen aus dem Bestand durch Neuwagen ergibt sich ein gewisser zeitlich limitierter Effizienzeffekt. Potenzial bieten aber im Wesentlichen alternative Antriebe (siehe Massnahme 2.8). Das für 2021-2030 ermittelte Potenzial beruht auf der Annahme, dass erst ab 2029 der 95 g/km-Zielwert bei den Neuzulassungen erreicht wird.

Umsetzung: Das in Ansätzen bereits vorhandene Bonus-Malus-System (Befreiung von der Motorfahrzeugsteuer) sollte beibehalten oder allenfalls ausgebaut werden. Ein Ansatzpunkt können sein: Stärkeres Bonus-Malus-System in Abhängigkeit der Antriebstechnologie (Diesel, Gas, Hybrid, Elektro). Zum Thema Besteuerung gibt es eine Postulatsbeantwortung.*

Abhängigkeiten und Risiken: Eine zusätzliche finanzielle Belastung an der Tankstelle ist aufgrund der Zollverträge problematisch und würde lediglich zu einem Tanktourismus ins nahe Ausland führen. Nicht in Liechtenstein zugelassene Fahrzeuge können mit dieser Massnahmen somit nicht erfasst werden.

* Postulatsbeantwortung der Regierung an den Landtag betreffend Abänderung des Gesetzes vom 14. September 1994 über die Motorfahrzeugsteuer, Berichte und Anträge Nr. 31/2014.

Massnahme 2.7: Absenkung Treibstoffverbrauch und CO₂-Emissionen

Annahmen und Berechnungen

Aus der Fahrzeugstatistik zu den Neuzulassungen des Amts für Statistik kann die Anzahl jährlicher Neuzulassungen von Personenwagen sowie deren durchschnittliche CO₂-Emissionen nach WLTP entnommen werden. Seit 2022 wird wegen des Wechsels von NEFZ zu WLTP keine Statistik zu den mittleren Emissionen des Fahrzeugbestands mehr publiziert, deshalb musste hier auf eine Annäherung unter Verwendung der Daten der Neuzulassungen ausgewichen werden. Die ausgewiesene Einsparung eines Jahres besteht aus der Anzahl Neuzulassungen in diesem Jahr, einer angenommenen mittleren Fahrleistung von 10'000 km pro PKW und der Differenz der mittleren Emissionen der Neuzulassungen vom aktuellen Jahr gegenüber diejenigen des Vorjahrs.

Für die Berechnung der jährlichen Energieeinsparung wurde die Differenz der durchschnittlichen CO₂-Emissionen in einen Energieverbrauch umgerechnet** und von einer Fahrleistung von 10'000 km pro neuzugelassenem Fahrzeug und Jahr ausgegangen. Um Doppelzählungen mit der Massnahme 2.8 "Elektrofahrzeuge" auszuschliessen, werden hier nur die ausschliesslich fossil betriebenen Fahrzeuge (Benzin und Diesel) berücksichtigt.

Steigerung Energieeffizienz = Anzahl neuzugelassene Fahrzeuge x 10'000 km x (CO₂-Durchschnitt Neuzulassungen Vorjahr - CO₂-Durchschnitt Neuzulassungen aktuelles Jahr) / 266 gCO₂/kWh

Neuzulassungen und CO ₂ Emissionen (Personenwagen)	Erhebung nach NEFZ (bis 2021)																
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen der PW-Flotte nach NEFZ [g/km]*	214	209	205	200	196	191	187	182	177	172	168	165	162	158	155		
Anzahl PW im Bestand (nur Benzin/Diesel)*														28'455	27'715		
Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen der PW-Neuzulassungen nach WLTP [g/km]*														189.91	190.08	179.76	
Anzahl PW Neuzulassungen (nur Benzin/Diesel)*														834	714	707	
Effizienzsteigerung ggü. Vorjahr [GWh]	1.8	1.7	2.0	2.8	3.0	2.6	2.2	2.6	2.3	1.7	0.9	0.3	-0.1	4.3	0.0	0.3	
CO ₂ -Einsparung ggü. Vorjahr [tCO ₂]	471	454	544	751	791	687	592	702	618	451	252	67	-21	1'138	-1	73	

* Personenwagenbestand, Tabelle 11.07, Amt für Statistik.
** Umrechnung Energiemix: 0,266 tCO₂/MWh (Basis: Benzin/Diesel).

Massnahme 2.8: Elektrofahrzeuge

Hintergrund: In der Mobilität werden heute fast nur fossile Energieträger (Dieselöl, Benzin, Erdgas) eingesetzt. Das Thema Elektromobilität bietet insbesondere in einem kleinräumigen Gebiet wie Liechtenstein eine besondere Chance: Die derzeitige Technologie erlaubt eine Reichweite bis 500 km pro Aufladung. Diese Reichweite deckt praktisch alle Anforderungen ab, insbesondere mit verfügbarer Schnellladeinfrastruktur an den Autobahndn. Verbunden mit der Möglichkeit, in Zukunft überschüssige Energie aus Photovoltaik zu speichern und wieder rückzuspeisen (bidirektionales Laden), ergeben sich interessante Chancen.

Ziel: Steigerung des Anteils an Elektrofahrzeugen bis im Jahr 2030 auf rund 25% des Gesamtfahrzeugbestands (rund 9000 Fahrzeuge).

Verantwortlichkeit: Regierung. Die LKW wurden 2014 durch die Regierung mit der Umsetzung der Massnahme betraut.

Kosten: Abhängig von den konkreten, notwendigen Massnahmen.

Potenzial: Die Mobilität verbrauchte im Jahr 2008 rund 350 GWh (ohne Tanktourismus). Dies entspricht rund 25% des gesamten Energieverbrauchs. Durch Substitution von fossilen Treibstoffen mit Elektroantrieben kann rund die Hälfte der Energiemenge eingespart werden. Entscheidend ist, wie der Strom dafür bereitgestellt wird. Bei Berücksichtigung des gewählten europäischen Strommix wird der Effizienzvorteil bezogen auf die eingesetzte Primärenergie kompensiert. Im Inland wird durch die Substitution der fossilen Treibstoffe die CO2-Bilanz verbessert, und global ergibt sich eine Verbesserung bei einem Ausbau des Anteils erneuerbarer Energie. Der Anteil an Elektrofahrzeugen betrug 2020 rund 200 Fahrzeuge bei 35'000 Fahrzeugen Gesamtbestand. Hybridfahrzeuge werden aufgrund neuer Erkenntnisse zum Verbrauch in der Praxis nur mit 20% Wirkung berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass bei entsprechender Technologie ein Umstieg auf Elektromobilität marktgetrieben stattfinden wird.

Umsetzung: Von staatlicher Seite sollten die Rahmenbedingungen für die Entwicklung vorausschauend geklärt und wenn nötig angepasst werden. Um den Anteil erneuerbarer Energien im Bereich der Mobilität zu erhöhen, sind Netzinfrastrukturfragen (Spitzen/Speicher) genauer zu beleuchten. Eine Arbeitsgruppe und der Netzbetreiber sollten sich mit der Thematik eingehend befassen, um notwendige Infrastrukturentscheide zu fällen. Die Befreiung von der Motorfahrzeugsteuer für emissionsarme Fahrzeuge sollte beibehalten werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	Fz	Effektiv	+318	+428	+463								1'209.8
		Ziel	+250	+313	+391	+488	+610	+763	+954	+1'192	+1'490	+1'500	7'950.6
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	1.43	1.93	2.08								5.4
		Ziel	1.13	1.41	1.76	2.20	2.75	3.43	4.29	5.36	6.71	6.75	35.8
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	522	702	758								1'982
		Ziel	410	512	640	800	1'000	1'250	1'562	1'953	2'441	2'457	13'023
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	178	239	258								675
		Ziel	140	174	218	272	341	426	532	665	831	837	4'436

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		227 GWh/a		GWh/a		81'900 tCO ₂ /a		29'000 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		36 GWh/a		- GWh/a		13'023 tCO ₂ /a		4'436 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 2.8: Elektrofahrzeuge

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials bei Erhöhung des Anteils an Elektrofahrzeugen

Die Umweltbilanz von mit Strom betriebenen Fahrzeugen (10'000 km/a Fz) hängt entscheidend von der Stromherkunft ab. Das Pilotprojekt „Vlotte“ erreiche einen Durchschnittsverbrauch von 25 kWh/100 km* (18 kWh Fahrt, 7 kWh Ladeverluste). Bei einem Dieselmotor/Benzinmotor sind es 2018 im Durchschnitt der Flotte mehr als 7 Liter, das entspricht einem Verbrauch von 70 kWh/100 km. Das theoretische Effizienzpotenzial liegt bei 100% Elektromobilität somit entsprechend bei 65% des Verbrauchs von Benzin, Diesel oder Erdgas. Der Ersatz von Diesel für grosse Transportfahrzeuge und Baumaschinen ist anspruchsvoller und wird für das theoretische Potenzial (noch) nicht berücksichtigt.

Im Referenzjahr 2008: Der Effizienzgewinn durch die Einsparung von Treibstoffen wird dem Bereich Wärme zugeteilt: 203 GWh + 137 GWh + ca. 10 GWh = 350 GWh/a)*65% = 227 GWh. Daraus ergibt sich die inländische CO₂-Einsparung von 350 GWh x 0.234**tCO₂/MWh = 81'900 tCO₂/a. Beim Strom entsteht ein Mehrverbrauch von 35% der Einsparung resp. 123 GWh x 0.432***tCO₂/MWh = 52'900 tCO₂/a. Zieht man die Inlandreduktion davon ab, entsteht ein Einspareffekt von 29'000 tCO₂/a. Bei Reduktion der Ladeverluste und dem Einsatz von erneuerbarer Energie wird die Bilanz entsprechend verbessert.

Gemäss einer Untersuchung anhand von 9'000 plug-in-Fahrzeugen im Jahr 2022 durch das Fraunhofer ISI° weisen private plug-in-Hybride einen fossilen Verbrauch von 4.0-4.4 Liter/100 km und Dienstwagen 7.6-8.4 Liter/100 km auf. Damit überschreiten sie die Herstellerangaben nach WLTP um Faktor fünf und damit deutlich stärker als rein fossile Antriebe. Dies zeigt, dass die elektrische Fahrweise in der Praxis kaum genutzt wird und die Einsparung gering ist. Hybridfahrzeuge werden daher nur mit 20% Wirkung angerechnet.

* Gemäss Ergebnissen des Projektes Vlotte der illwerke-vkw, Vorarlberg, www.vlotte.at.

** Umrechnung Energiemix 0,234 tCO₂/MWh (Basis: Benzin).

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

° Quelle: <https://theicct.org/publication/real-world-phev-use-jun22/>

Massnahme 2.8: Elektrofahrzeuge

Annahmen und Berechnungen

Statistik	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fahrzeugbestand Elektrofahrzeuge	4	9	17	41	62	117	164	237	308	403	630	950	1307
Fahrzeugbestand Hybrid-elektrisch	176	202	256	286	343	380	466	549	681	906	1363	1905	2435
Massnahmenwirkung*		49	68	98	131	193	257	347	444	584	903	1331	1794

* Hybrid-elektrische Fahrzeuge werden mit 20% berücksichtigt.

Quelle: Personenwagenbestand nach Treibstoffart per 30. Juni, Amt für Statistik, <https://www.statistikportal.li/de/themen/mobilitaet-und-verkehr/fahrzeugbestand>

Massnahme 2.9: Gesetzesgrundlagen für autonomes Fahren schaffen

Hintergrund:

Potenzial:

Ziel: Abklärung zur Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der Schaffung von gesetzlichen Grundlagen für autonomes Fahren.

Umsetzung:

Verantwortlichkeit:

Abhängigkeiten und Risiken:

Kosten:

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien			CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a			GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-		GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio		Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 2.12: Sharing Economy in der Mobilität

Hintergrund: Viele Wege im motorisierten Individualverkehr (MIV) finden heute in schlecht besetzten (1 Person) Fahrzeugen statt. Durch die Mitnahme eines weiteren Fahrgasts auf einer Teilstrecke steigt die Effizienz des Transports insgesamt massiv an, selbst wenn kleinere Umwege in Kauf genommen werden müssen. Dazu gibt es bereits diverse private Initiativen, aber grosses Potenzial wäre vor allem für den Berufs-Pendelverkehr denkbar.

Ziel: Potenzial von Sharing-Modellen in der Mobilität (Pendlerverkehr zum und vom Arbeitsplatz) prüfen (Anreize, Erfolgsfaktoren).

Verantwortlichkeit: Regierung

Kosten:

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 3.1: Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung

Hintergrund: Laufender Ersatz von defekten und veralteten Geräten, Motoren und Beleuchtungen durch energieeffizientere Produkte. Nur noch solche Produkte sind zum Verkauf zugelassen. Die Vorschriften folgen dabei dem EU-Fahrplan mit klaren Effizienzkriterien.

Ziel: Mindestens ebenso gute Standards wie in der EU

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle zusammen mit Stabstelle EWR

Kosten: Vorschriften, keine Förderung durch Staatshaushalt

Potenzial: Durch die Umsetzung von EU-Verordnungen für Mindestvorschriften für Geräte kann erheblich Elektrizität und Wärme eingespart werden. Die Effizienzverbesserungsmassnahmen sind wissenschaftlich breit abgestützt und volkswirtschaftlich positiv.

Umsetzung: Rasche Übernahme der relevanten EU-Verordnungen im Rahmen des EWR-Übernahmeprozesses. Sensibilisierungskampagnen. Die Umsetzung der Vorgaben aus der EU verläuft positiv und führt zu höheren Einsparungen als ursprünglich budgetiert.

Abhängigkeiten und Risiken: Fortschritte der EU-Verordnungen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	19.7
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	12.5
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	2'730
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel	852	852	852	852	852	852	852	852	852	852	8'518

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		64 GWh/a		GWh/a	5'376 tCO ₂ /a	22'735 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		32 GWh/a		- GWh/a	2'730 tCO ₂ /a	8'518 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 3.1: Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtung

Annahmen und Berechnungen

Theoretisches Potenzial (Die nachfolgenden Potenziale sind eine erste grobe Expertenschätzung, da verifizierte Zahlen für FL fehlen)											
Berechnungsgrundlage: Ausgangspunkt der Abschätzung sind die in den jeweiligen EcoDesign-Verordnungen angegebenen Prognosen für Verbrauch, Verbrauchszuwachs bis 2020 und mutmassliche Reduktion durch die Massnahmen der Verordnungen im Jahr 2020. Die Werte wurden für Liechtenstein proportional zur Bevölkerung umgerechnet und daraus das für Liechtenstein zu erwartende Potenzial ermittelt. Bei drei Verordnungen sind keine genaueren Angaben zu finden. Deshalb wurden hier eigene Schätzungen verwendet. Es ist davon auszugehen, dass weitere Vorschriften mittels Verordnungen erlassen werden.											
Delegierte Rechtsakte VO-Nr. Bezeichnung		Europäische Union (501 Mio. Einwohner)				Fürstentum Liechtenstein (35'000 Einwohner)					
		Verbrauch in TWh ca. 2008 (*)	Verbr. o. Massn. in TWh * 2020	2030	Sparpot. m. Massn. in TWh** 2020	2030	Verbrauch in MWh ca. 2008 (*)	Verbr. o. Massn. in TWh * 2020	2030	Sparpotenzial Prozentual***	Sparpot. m. Massn. in MWh 2020 2021-2030
107/2009	Set-Top-Boxen	6	14		9		419	978			629 314
1275/2008	Bereitschafts- und Auszustand	47	49		35		3'283	3'423			2'445 1223
244/2009	Haushaltslampen	112	135		39		7'824	9'431			2'725 1362
245/2009	Leuchtstofflampen	200	260		38		13'972	18'164			2'655 1327
278/2009	Netzteile	17	31		9		1'188	2'166			0 0
640/2009	Elektromotoren	1'067	1'252		135		74'541	87'465			9'431 4716
641/2009	Nassläufer-Umwälzpumpen	50	55		23		3'493	3'842			1'607 803
642/2009	Fernsehergeräte	60	132		28		4'192	9'222			1'956 852
643/2009	Haushaltkühlgeräte	122	Rückgang		erheblich		8'523			20	1'705 852
1016/2010	Haushaltsgeschirrspüler	25	35		erheblich		1'747	2'445		20	349 175
1015/2010	Haushaltswaschmaschinen	35	38		erheblich		2'445	2'655		20	489 245
327/2011	Ventilatoren 125W-500kW	344	560		34		24'032	39'122			2'375 1188
206/2012	Raumklimageräte	30	74		11		2'096	5'170			768 384
547/2012	Wasserpumpen	109	136		3.3		7'615	9'501			231 115
932/2012	Haushaltswäschetrockner	21	31		erheblich		1'467	2'166		20	293 147
801/2013	Stand By ersetzt 642/2009	54	90	49	36		3'772	6'287			2'515 1257
666/2013	Staubsauger	18	34		erheblich		1'257	2'375		20	251 126
617/2013	Computer und Computerserver				14.4		?	?			1'006 503
814/2013	Warmwasserbereiter **	598	623		125		41'776	43'523			4'366 2183
813/2013	Raumheizgeräte **	3'358	2'969		528		234'595	207'407			18'435 9218
66/2014	Haushaltsbacköfen	84	86		3	7	5'868	6'008			210 279
548/2014	Leistungstransformatoren	93	?		11	16	6'525				768 384
1253/2014	Lüftungsanlagen	78			96	144	5'449				6'707 3353
2015/1189	Festbrennstoffkessel **			147	2	5		0	10'283		70 105
2015/1185	Festbrennstoff- Einzelraumheizgeräte **	174		225	5	11	12'156		15'719		175 210
2015/1188	Einzelraumheizgeräte **	464	452		43		32'415	31'577			1'502 751
2015/1095	Kühllagerschränke	117	135	155	6	16	8'139	9'396	10'793		440 650
1222/2009	Reifen** (keine Werte)										
		7'283	7'190		1'234		508'790	502'323	36'795		64'103 31'870

* Verbrauchswerte wie auch Einsparpotenziale entsprechend den jeweiligen Verordnungen. Bei Angabe als Primärenergieeinsparung: Division durch EU-Primärenergiefaktor von 2.5.

** Wird zu Wärme gerechnet (weil schon hoher Standard in FL, nur 50% des EU-Potenzials eingesetzt).

*** Schätzung, da in der Verordnung keine Daten verfügbar sind.

**** Eigene Schätzung 50% des Wertes 2008-2020, wenn in der Verordnung keine Daten verfügbar sind.

° Farbcodes

2025	2010	interpolierte Werte
2014	2007	
2012	2005	

Massnahme 3.1: Mindestvorschriften für Geräte, Motoren und Beleuchtungen

Zusammenzug	Effizienz 2008-2020		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **		Effizienz 2021-2030		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Zielzuordnung	X						X					
Theoretisches Potenzial	64'732	MWh	5'376	tCO ₂ /a	22'735	tCO ₂ /a	32'184	MWh	2'730	tCO ₂ /a	11'248	tCO ₂ /a
Strom	40'184	MWh		tCO ₂ /a	17'359	tCO ₂ /a	19'718	MWh		tCO ₂ /a	8'518	tCO ₂ /a
Wärme	24'548	MWh	5'376	tCO ₂ /a	5'376	tCO ₂ /a	12'466	MWh	2'730	tCO ₂ /a	2'730	tCO ₂ /a

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

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

Massnahme 3.2: Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe

Hintergrund: Effizienzprogramme wie z.B. das EnAW-Modell (Energie Agentur der Wirtschaft) haben Systematiken entwickelt, welche mit Analysen wirtschaftliche EinsparPotenziale aufspüren und einer Umsetzung zuführen.

Ziel: Einbindung möglichst vieler Betriebe in solche Programme. Unterstützung einer Effizienzkultur, welche von der Spitze bis zur Basis (Unterhaltungspersonal) gelebt wird.

Verantwortlichkeit: Amt für Hochbau und Raumplanung (AHR)

Kosten: Es wird sich in Bezug auf Rp/kWh um eine der günstigsten Massnahmen handeln, da nicht die Massnahme, sondern die Beratung für die Massnahme gefördert werden soll.

Potenzial: Ökonomie und Ökologie lassen sich dann verbinden, wenn die Entscheidungsträger Zugang zu problembezogenem Expertenwissen zum Zeitpunkt der Entscheidung haben. So können die Potenziale schnell ausgeschöpft werden. Um Doppelzählung mit anderen Massnahmen (z.B. Haustechnik, Abwärmenutzungen, etc.) zu vermeiden, werden lediglich 10% der Effizienzverbesserung hier angerechnet.

Umsetzung: Beratung und Umsetzung von Massnahmen werden über das EEG gefördert. Für eine gesetzliche Verpflichtung ist der Grossverbraucherartikels anlog zu diversen Schweizer Kantonen notwendig.

Abhängigkeiten und Risiken: Spitze-Basisproblematik in Unternehmen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	GWh/a	Effektiv	+323	+303	+295								920.5
		Ziel	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1'000.0
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.13	0.12	0.12								0.4
		Ziel	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.4
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	0.19	0.18	0.18								0.6
		Ziel	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.6
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	42	40	39								121
		Ziel	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	131
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	98	92	90								280
		Ziel	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	304

Typische 10-jährige Zielvereinbarung: Ca. 1% Effizienzsteigerung pro Jahr (40% Strom und 60% Wärme)

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		8 GWh/a		GWh/a	1'060	tCO ₂ /a	2'435 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		1 GWh/a		- GWh/a	131	tCO ₂ /a	304 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

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

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

Massnahme 3.2: Ausschöpfen wirtschaftlicher Effizienzmassnahmen in der Industrie und im Gewerbe

Annahmen und Berechnungen (Die nachfolgenden Potenziale sind eine erste grobe Expertenschätzung, da verifizierte Zahlen für Liechtenstein fehlen.)

Abschätzung des theoretischen Potenzials bei Annahme von 15% Effizienzverbesserung

Wie gross das wirtschaftliche Potenzial ist, hängt massgebend vom Energiepreis und ebenfalls wesentlich von guten Beratern ab.

Deshalb wird lediglich eine grobe Schätzung des theoretischen Potenzials vorgenommen, wobei davon auszugehen ist, dass dieses nie ganz ausgeschöpft werden kann.

Schätzung des wirtschaftlichen Effizienzpotenzials in der Wirtschaft (Annahme): 55% vom Strom und 56% der Wärme wird in der Wirtschaft verbraucht.

Davon sind durch die EnAW-Teilnahme im Mittel 15% Effizienzverbesserungen möglich.

Um eine Doppelzählung mit anderen Massnahmen (z.B. Haustechnik, Abwärmenutzungen, etc.) zu vermeiden, werden lediglich 10% der Effizienzverbesserung hier angerechnet.

Verbrauch FL 2008:	Elektrizität	386 GWh/a	15% von 55%	31.8 GWh/a	davon 10%	3.2 GWh/a	1'375 **	tCO ₂ /a
	Wärme	576 GWh/a	15% von 56%	48.4 GWh/a	davon 10%	4.8 GWh/a	1'060 *	tCO ₂ /a
		962 GWh/a		79.4 GWh/a		8.0 GWh/a	2'435	

Studien und eigene Nachrechnungen der Energiefachstelle zeigen, dass es mit geeigneten Massnahmen oft günstiger ist, Energie einzusparen als sogenannte "grüne Energie" zu erzeugen. Voraussetzung: Die Potenziale müssen mit wenig Aufwand einigermaßen sicher identifiziert und abgeschätzt werden können.

Ermittlung des realisierten Potenzials

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Endenergieverbrauch EnAW-Unternehmen (GWh/a)	152.4	155.5	198.7	243.4	281.0	272.3	264.9	291.1	295.3	300.0	321.0	316.7	309.0	322.8	302.7	295.0

Ab 2013 (2. Verpflichtungsperiode) Datenstand gemäss offiziellem Reporting der EnAW zuhanden der Kantone, Auswertung der ungewichteten Endenergie für FL ohne Treibstoffe.

Eine typische 10-jährige Zielvereinbarung umfasst langfristig rund 1% Effizienzsteigerung pro Jahr. Es gilt die Annahme, dass die Effizienzsteigerungen zu 40% im Strom- und 60% im Wärmebereich stattfinden.

* Umrechnung Energiemix 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
**Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix 0,43181 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 3.3: Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze

Hintergrund: Primär soll Abwärme möglichst vermieden werden. Überschüssige Wärme soll in erster Priorität via Wärmerückgewinnung dem ursächlichen Prozess zugeführt werden. Nutzung von Abwärme (z.B. in Abwasser enthaltener Wärme) für die Gebäudeheizung.

Ziel: Nutzung von Abwärme. Es sollen weitere Fernwärmezonen evaluiert und erschlossen werden. Beispielsweise Industriezone Schaan und Bendern sowie das Zentrum von Vaduz / Vaduz Süd soll mit Wärme von der KVA Buchs erschlossen werden.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Je nach Projekt als "andere Massnahmen" förderbar.

Potenzial: Limitierender Faktor für die Ausnutzung des grossen Potenzials sind die Kosten für die Verteilung und Aufbereitung und ev. der fluktuierende Wärmeanfall durch Produktionsprozesse. Z.B. Prüfung der erweiterten Abwärmenutzung ab KVA-Dampfleitung bzw. der Fernwärmenutzung ab KVA für Schaan. Betriebsinterne Abwärmenutzungen aus der Industrie bieten noch Potenzial.

Umsetzung: Seit 1.2.2015 ist für ausgewählte Projekte eine Förderung unter "andere Massnahmen" möglich. Das Fernwärmenetz Schaan soll weiter ausgebaut und von der KVA Buchs gespiesen werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Abhängigkeit vom Wärmeanfall. Industrieproduktion kann verlagert werden.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	0.25	-	0.24								0.5
		Ziel	-	-	-								-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv	1.30	-0.20	4.40								5.5
		Ziel	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	40.0
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	285	-44	964								1'205
		Ziel	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	8'760
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Bilanziert wird im Jahr der Förderzusicherung "andere Massnahmen"

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		240	GWh/a	53'874 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		40	GWh/a	8'760 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

° Nicht wirtschaftliche, finanziell geförderte Abwärmenutzungen (vgl. Massnahme 3.2 für wirtschaftliche Abwärmenutzungen).

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

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

Massnahme 3.3: Nutzung Abwärme in Industrie und Ausbau Wärmenetze

Annahmen und Berechnungen

Neben Projekten zur direkten Nutzung von Abwärme im Gebäude kann auch Abwärme aus externen Quellen genutzt werden. Eine Möglichkeit ist die Abwärmenutzung aus der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA). 2019 wurde eine neue Erschliessung mit Fernwärmeleitungen ab der KVA unter der Autobahn und über den Rhein realisiert. Diesbezüglich sind zwei Projekte in Umsetzung: Eines ist die Fernwärmeversorgung nach Schaan inkl. Erschliessung der Industriezone und das zweite ist die Wärmenutzung des Kondensats aus der Dampfleitung in Bendorf. Beide Projekte werden von der Liechtenstein Wärme bearbeitet. Die Wirkung wurde durch den Anschluss eines Milchverarbeiters in Schaan und eines Industriebetriebes weiter gesteigert. In Abklärung resp. Realisierung ist die Ausdehnung des Fernwärmegebietes nach Vaduz. Dies erschliesst ein erhebliches, zusätzliches Potenzial. Fernwärme ab der KVA gilt gemäss Energiestatistik und gemäss Definition in der Energiestrategie 2020 nicht als einheimische Energie, da es sich genau genommen um einen importierten Energieträger handelt. Die Dampfleitung, welche seit 2009 in Betrieb ist, und die Fernwärme, die seit 2019 in Betrieb ist, haben 2020 bereits 128 GWh/a fossile Energieträger ersetzt. Die CO₂-Einsparung durch diese Energieträgersubstitution wird vollständig gezählt.

Fernwärmeversorgung ab Kehrichtverbrennungsanlage Buchs

Die aktuellen Erschliessungsprojekte weisen auf ein Potenzial von Abwärme ab KVA für Heizzwecke von rund 40 GWh/a in der Periode 2021-2030 hin.

8'760 * tCO₂/a

Das theoretische Potenzial für Abwärmenutzung innerhalb Gebäuden (interne WRG) wird auf >40 GWh geschätzt.

8'760 * tCO₂/a

Das theoretische Potenzial** für Abwärmenutzung ohne Dampf (Fernwärme) aus der KVA wird auf 80 GWh geschätzt.

17'520 * tCO₂/a

Das theoretische Potenzial für die Dampfleitung beträgt 120 GWh, hängt aber stark vom Verbrauchsprofil ab.

26'280 * tCO₂/a

52'560 * tCO₂/a

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

Massnahme 3.5: Smart Energy

Hintergrund: Durch intelligentes Management der Energienachfrageseite können Leistungsspitzen gebrochen werden (Demand-Side-Management und Smart Energy). Viele Geräte könnten ohne Funktionseinbusse zeitweise vom Netz genommen werden oder je nach Versorgungssituation aktiviert und als Energiespeicher genutzt werden. Dazu bedarf es insbesondere einer Kommunikationsschnittstelle zwischen Gerät und Energieversorger sowie Marktanreizen, welche die Lastverschiebung für die Verbraucher interessant machen.

Ziel: Die Entwicklungen und Möglichkeiten im Bereich Smart Energy sollten durch Energieversorger laufend evaluiert und im Hinblick auf zukünftige Investitionen in Netzinfrastruktur und Kraftwerke berücksichtigt werden.

Verantwortlichkeit: Regierung und Versorger (LKW, LW, Wasserversorger)

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potenzial: Das Potenzial der intelligenten Nachfragesteuerung liegt weniger in einer Einsparung an Energie, sondern in der Chance, Spitzen im Leistungsbedarf zu brechen und damit den Kraftwerkpark und die Versorgungsinfrastruktur besser auszunützen. Zudem stellt dies eine Chance zur vermehrten Einbindung von dezentral produzierten und unregelmässig anfallenden, erneuerbaren Energien dar. Besonderes Potenzial bieten auch Ladestationen für Elektrofahrzeuge und elektrische Warmwassersysteme (Wärmepumpen), welche eine gewisse zeitliche Flexibilität des Bedarfs aufweisen.

Umsetzung: Liechtenstein hat seit 2015 eine flächendeckende Smart-Meter-Infrastruktur für Strom und grösstenteils auch für Gas und Wasser. Die LKW arbeiten an einer Energiehandelsplattform, welche neben dynamischen Preismodellen auch sogenanntes "Demand Management" ermöglichen könnte.

Abhängigkeiten und Risiken: Da die Kapazitäten beim Strom zukünftig zu einem limitierenden Faktor werden könnten, sollte die Möglichkeit der intelligenten Angebots- und Bedarfssteuerung angegangen werden.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 3.6: Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserreinigung

Hintergrund: Wasserversorgung und Abwasserreinigung benötigen viel Strom. Die Gemeinden könnten ihre Wasserversorgung und Abwasserreinigungsanlagen auf vorhandene Effizienzpotenziale und die Nutzung von Abwärme / Energie aus Biomasse untersuchen.

Ziel: Erhöhung der Eigenversorgung, Verbesserung des spezifischen Verbrauchs pro m³ Trink- und Abwasser.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle in Zusammenarbeit mit den Gemeinden

Kosten: Die Umsetzungskosten wirtschaftlicher Massnahmen fallen aufseiten der Anlageneigentümer an. Die Kosten für das Land beschränken sich auf allfällige Beteiligungen für Studien zu Einsparmöglichkeiten.

Potenzial: Wasserversorgung und Abwasserreinigung benötigen viel Strom.

Umsetzung: Abklärung möglicher Potenziale zur Betriebsoptimierung, Anlagenoptimierung und Nutzung von Abwärme durch Spezialisten. Potenzialstudie "Wärme aus Abwasser" vom 23.1.2013 wurde durch das Land finanziert und zeigt vorhandene Abwärmepotenziale auf.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.16	0.00	0.25								0.4
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv	-0.18	-0.11	0.35								0.1
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	-38	-23	77								16
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	29	-22	184								190
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas).

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

Massnahme 3.6: Energieeffizienz der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserreinigung

Annahmen und Berechnungen

Abwasserreinigung in ARA Bendern¹

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Abwassermenge in Mio. m ³	9.9	10.5	8.6	11.1							
Energie Wärme (Biogas) in MWh/a	135	230	478	139							
Energie Wärme (Erdgas) in MWh/a	3'375	3'232	3'223	3'181							
Wärmebezug von BGA in MWh/a	508	731	598	625							
Strombezug total für ARA in MWh/a	4'658	4'626	4'349	4'323							
Rücklieferung ans Netz in MWh/a	-25	-36	-94	-24							
Total Energieumsatz in MWh/a	8'651	8'783	8'554	8'269	-	-	-	-	-	-	-

Trinkwasseraufbereitung²

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Quell- & Grundwasser in 1000 m ³	7'233	7'979	7'074	7'053							
Energieaufwand in MWh	1'425	1'302	1'576	1'355							
Energieaufwand in kWh/1000 m³	197	163	223	192							

Veränderung der Energieeffizienz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Abwasserreinigung Wärme (MWh/a)	4'018	4'193	4'299	3'946	0	0	0	0	0	0	0
Abwasserreinigung Strom (MWh/a)	4'658	4'626	4'349	4'323	0	0	0	0	0	0	0
Trinkwasseraufbereitung Strom (MWh/a)	1'425	1'302	1'576	1'355	0	0	0	0	0	0	0
Total Wärme (MWh/a)	4'018	4'193	4'299	3'946	0	0	0	0	0	0	0
Total Strom (MWh/a)	6'083	5'928	5'925	5'679	0	0	0	0	0	0	0
Abnahme Wärmebedarf (MWh/a)	265	-175	-106	353	0	0	0	0	0	0	0
Abnahme Strombedarf (MWh/a)	-171	156	2	246	0	0	0	0	0	0	0

¹ Daten vom Abwasser-Zweckverband der Gemeinden Liechtensteins (AZV).

² Daten aus Geschäftsberichten der Wasserversorgung Liechtensteiner Unterland (WLU), Wasserwerk Planken, Gruppenwasserversorgung Liechtensteiner Oberland

² Daten von den Wasserwerken Schaan, Planken, Vaduz, Triesen, Triesenberg und Balzers, WLU und

Massnahme 4.1: Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG)

Hintergrund: Photovoltaikanlagen werden in Liechtenstein gemäss EEG gefördert. Die Photovoltaik gilt als eine der grossen Zukunftstechnologien. Die Anlagenkosten sind über die letzten Jahre stark gesunken und eine weitere Senkung erscheint möglich.

Ziel: Steigerung der PV-Produktion auf mindetens +5'000 kWp/a zwischen 2021 und 2030. Dies ergibt im Jahr 2030 eine installierte PV-Leistung von mindestens 80'000 kWp (Stand Ende 2020*: 31'538 kWp).

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Eine Ausbauleistung von +5'000 kWp/a (650 CHF/kWp) benötigt Fördermittel von 3.25 Mio. CHF/a. Die Förderung sowie der Ausgleich bei tiefen Marktpreisen laufen über einen Fonds. Die Förderung kann bei weiteren Kostensenkungen weiter reduziert werden.

Potenzial: Das realisierbare Potenzial auf bestehenden Gebäuden und Fassaden wird nach neusten Erkenntnissen auf rund 328 GWh/a geschätzt. Mit doppelt nutzbaren Flächen (Parkplätze etc.) sowie ggf. Alpin-PV und Agrar-PV ergeben sich bis zu 570 GWh/a (ca. 687 MWp). Das realisierbare Potenzial ist damit deutlich grösser als das vorgegebene Ziel für 2030.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahmen mit Übergang zu Marktmodellen und Eigenversorgungslösungen. Abbau von administrativen Kosten und Umtrieben.

Abhängigkeiten und Risiken: Strategien zur optimalen Netzbewirtschaftung sind zu entwickeln. Beim Fonds für Einspeisevergütung trägt das Land Liechtenstein den Endsaldo (siehe auch Massnahme 3.5 Smart Energy).

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	+kWp/a	Effektiv°	+3'776	+9'708	+15'151								+28'635
		Ziel	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+5'000	+50'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	3.13	8.06	12.58								23.8
		Ziel	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	41.5
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	1'354	3'481	5'433								10'267
		Ziel	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	1'793	17'928

° Quelle: Energiekennzahlen LKW, Kennzahlen Photovoltaikanlagen, installierte Leistung (<https://www.lkw.li/unternehmen/zahlen-und-fakten.html>)

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a	687 MWp	571 GWh/a		tCO ₂ /a	246'672 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a	50 MWp	42 GWh/a		- tCO ₂ /a	17'928 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2020***	Mio	Rp/kWh	3.3 Mio	2.6 Rp/kWh		CHF/tCO ₂	60 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).
*** Die Anlage- und Förderkosten sanken sehr stark. Ende 2019 sind die Förderkosten auf 2.6 Rp/kWh gesunken (siehe Beiblatt).

Massnahme 4.1: Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art 3.1.e EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials für die Stromgewinnung aus Photovoltaikanlagen	
Das theoretische Potenzial ist abhängig von der belegbaren Fläche und dem Umwandlungswirkungsgrad. Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Abschätzungen des Solarpotenzials mit teils grossen Differenzen, welche sich mit unterschiedlichen Annahmen begründen lassen. Eine Diplomarbeit* an der Universität Liechtenstein rechnete mit einem technisch realisierbaren Potenzial durch Überbauung geeigneter Freiflächen und Dächer von 54 GWh/a. Dies entspricht rund 14 % des Stromverbrauchs des Jahres 2010. Eine Abschätzung über die Energiebezugsfläche der beheizten Gebäude ergibt je nach Annahmen höhere Werte. Ausgehend von 5 Mio m2 Energiebezugsfläche und der Annahme, dass 15 % dieser Fläche als belegbare Dach- oder Fassadenfläche zur Verfügung steht, ergibt sich 104 GWh/a. Durch neue Technologien und Kostensenkungen könnte die belegbare Fläche in Zukunft auch grösser sein (bessere günstigere Fassadensysteme). Freiflächenanlagen werden bei dieser Betrachtung noch nicht einbezogen. Weit interessanter als das theoretische Potenzial ist die Frage zu welchen Kosten und mit welcher Netzeinbindung die Ausschöpfung gelingen kann. Die Auswertung 2018 über sonnendach.ch ergab ein theoretisches Potenzial von 260 GWh/ davon ein praktisch realisierbares Potenzial von 150 GWh/a auf Gebäuden abgeschätzt wurde. Eine aktualisierte Auswertung anhand verschiedener Potenzialstudien zu PV auf Infrastruktur, alpin-PV, Agrar-PV und Fassaden ergab ein Potenzial von rund 570 GWh/a.	
Energiebezugsfläche aller beheizten Gebäude ca.	5'000'000 m ²
Belegbare Dachfläche in % der beheizten Energiebezugsfläche	15 %
Belegbare Fläche für Photovoltaikanlagen	750'000 m ²
Flächeneffizienz	6 m ² /kWp
Max. Photovoltaikleistung	125'000 kWp
Theoretisches Potenzial Photovoltaik bei 830 kWh/a**kWp	103'750 MWh/a

Kostenberechnung		Effizienz					erneuerbare Energie					***CO ₂ (UCTE)				
Zielzuordnung							X									
							2010	2011/1	2011/2	2013/1	2020	2010	2011/1	2011/2	2013/2	2020
									mit ESV	mit ESV				mit ESV	mit ESV	
Fonds für Einspeisevergütung	CHF/kWh		0.45	0.45	0.25	0.15						0.45	0.45	0.25	0	0
Abz. Fondsertrag für Energie	CHF/kWh		0.15	0.15	0.15	0.04										
Nettobelastung Fonds für ESV	CHF/kWh		0.30	0.30	0.10	0.11										
Vergütete Energie während 10a	kWh/kWp		8300	8300	8300	8300	8300									
Kosten für Fonds	CHF/kWp		2490	2490	830	913										
Direktförderung Staat	CHF/kWp		2500	1000	1000	650	650									
Kosten Fonds + Staat	CHF		4990	3490	1830	1563	650	4990	3490	1830	1563	650	4990	3490	1830	650
Wirkung	kWh/a kWp tCO ₂ /a kWp		830	830	830	830	830	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Erwartete Lebensdauer	Jahre (a)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Wirkung über Lebensdauer	MWh/kWp tCO ₂ /kWp		24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75
Kosten pro kWh oder tCO ₂ Wirkung	Rp/kWh CHF/tCO ₂		20.0	14.0	7.3	6.3	2.6	464	325	170	145	60				

*Executive Master Thesis: „Strategieentwicklung für den Bereich Photovoltaik der Liechtensteinischen Kraftwerke“, Jürgen Glauser, 12.1.2010.

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

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

Massnahme 4.2: Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG)

Hintergrund: Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen produzieren neben Wärme auch Strom. Die zugeführte fossile Energie kann so weit effizienter genutzt werden. Für einen sinnvollen wirtschaftlichen Betrieb sind meist Wärmenetze notwendig.

Ziel: Ausbau und Verdichtung der bestehenden KWK-Netze und Neubau bei sinnvoller Konstellation. Wenn möglich mit erneuerbaren Brenn- und Treibstoffen wie z.B. Biogas und fester Biomasse.

Potenzial: Überall, wo Heizwärme benötigt wird. Der limitierende Faktor für die Anwendung ist eine genügend grosse Verbrauchsmenge mit langen Betriebszeiten. Diese wird bei guten Neubauten meist nicht erreicht.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahme bei Verwendung von erneuerbaren Brenn- bzw. Treibstoffen.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Abhängigkeiten und Risiken: Anschluss der Wärmenetze an das Netz der KVA Buchs, wo sinnvoll.

Kosten: Bei einem Ausbau von 2'000 m² EBF betragen die Kosten über 10 Jahre 0.18 Mio. CHF/a.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	m ² EBF	Effektiv	+1'355	+3'198	-2'961								1'592
		Ziel	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	+1'000	10'000
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.07	0.16	-0.15								0.1
		Ziel	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv	-13	-32	29								-16
		Ziel	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-99
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	16	37	-35								19
		Ziel	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	117

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		12.5 GWh/a		GWh/a		-2'475 tCO ₂ /a		2'923 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		1 GWh/a		- GWh/a		-99 tCO ₂ /a		117 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt	Mio	8.7 Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		-438 CHF/tCO ₂		371 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,198 tCO₂/MWh (Basis: Erdgas) (Bei Negativwerten Mehrausstoss!).

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

Massnahme 4.2: Stromgewinnung aus KWK-Anlagen (Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien oder nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, Art. 3.1.e EEG)

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials			
Das theoretische Potenzial kann den Betrag der für Heizwärme verbrauchten Energie nicht übersteigen. Der Einsatz von KWK-Anlagen verbessert die Energieeffizienz im Vergleich zur Stromerzeugung von Erdgas- oder Dieselerbrennung ohne Abwärmenutzung erheblich. Angerechnet wird in dieser Abschätzung die produzierte Elektrizität im Vergleich zur importierten Elektrizität. Dabei wird eine beheizte Gebäudefläche angenommen, welche mit KWK-Anlagen beheizt werden kann. Besser als die nachfolgende Berechnung abschneiden würden KWK-Anlagen, welche mit Biogas oder fester Biomasse betrieben werden. Eine mit Hackschnitzel betriebene KWK-Anlage mit rund 150 kWel ging Ende 2020 im Malbun in Betrieb. Zukünftig sollte die KWK-Kapazität auf die Bereitstellung von Winterstrom ausgerichtet und mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden.			
Heizwärmeverbrauch (Altbauten) pro m ² EBF	100 kWh/m ² a		
El. Wirkungsgrad der KWK-Anlage:	33 %		
Zur Beheizung desselben Gebäudes wird zusätzlich die Erdgasmenge im Umfang der erzeugten Elektrizität bezogen. Für die Betrachtung Inland resultiert deshalb ein erhöhter CO ₂ -Ausstoss von 50%, da mehr Brennstoff verbraucht wird. Bei Hackschnitzeln erhöht sich der Verbrauch und der CO ₂ -Ausstoss jedoch nicht.			
Wird Strom aus KWK-Anlagen in einer Wärmepumpenanlage verwendet, resultiert wiederum eine sehr grosse CO ₂ -Einsparung. Der Mehrverbrauch an Brennstoff wird dabei um etwa den Faktor 3 überkompensiert. Diese Einsparung wird bei der Massnahme Wärmepumpen berücksichtigt, da diese ursächlich auf die Wärmepumpe zurückzuführen ist.			
Für die Betrachtung (ENTSO-E) resultiert eine CO ₂ -Einsparung von 0.43181**-0.198* = 0.23381 tCO ₂ /MWh el. Energie.			
Jeder mit KWK-Anlagen beheizte m ² Energiebezugsfläche benötigt eine zusätzliche Erdgasmenge von rund 50%.			
Angenommene mögliche beheizbare Fläche mit KWK	250'000 m ² EBF	(die gesamte EBF im FL beträgt rund 5 Mio. m ²)	
Zusätzliche Erdgasmenge	50 kWh/m ² EBF*a		
Erzeugte Strommenge = Zusätzlicher Brennstoffbedarf	12'500 MWh/a		
CO ₂ -Einsparung (Inland)	12'500 MWh	-0.198	-2'475 tCO₂/a
CO ₂ -Einsparung ENTSO-E (Global):	12'500 MWh	0.23381	2'923 tCO₂/a

Kostenberechnung		Effizienz	erneuerbare Energie	**CO ₂ (Inland)	**CO ₂ (UCTE)
Zielzuordnung		X		X	X
Kosten		2015		2015	2015
Nettobelastung Fonds für ESV	CHF/kWh	0.12		0.12	0.12
Vergütete Energie während 10a	kWh/kW _{el}	40'000		40'000	40'000
Kosten für Fonds	CHF/kW _{el}	4'800		4'800	4'800
Direktförderung Staat	CHF/kW _{el}	400		400	400
Kosten Fonds + Staat	CHF/kW _{el}	5'200		5'200	5'200
Wirkung	kWh/a kW _{el} tCO ₂ /a kW _{el}	4'000		-0.79	0.94
Erwartete Lebensdauer	Jahre (a)	15		15	15
Wirkung über Lebensdauer	MWh/kW _{el} tCO ₂ /kW _{el}	60		-11.88	14.03
Kosten pro kWh oder tCO ₂ Wirkung	Rp/kWh CHF/tCO ₂	8.7		-438	371

* Umrechnung Erdgas als Brennstoff 0,198 tCO₂/MWh.

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

Massnahme 4.3: Wasserkraftwerke

Hintergrund: Die Wasserkraft ist in Liechtenstein schon stark genutzt. Neben Kleinkraftwerken stellt der Rhein das grösste erneuerbare Potenzial dar. Die Nutzung des Rheins könnte sinnvoll sein, wenn auch aus ökologischer Sicht eine Aufwertung resultiert. Aus einer globalen Optik ist die Wasserkraftnutzung in Bezug auf das CO₂ interessant.

Ziel: Weiterverfolgung einer ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung. Bis 2030 wird kein Potenzial aus Rheinkraftwerken eingerechnet, aber die Option für eine spätere Rheinkraftnutzung soll nicht verbaut werden.

Verantwortlichkeit: Liechtensteinische Kraftwerke

Kosten: Für eine Staustufe (RKW) mit einem durchschnittlichen Jahresertrag von 80 GWh muss mit Erstellungskosten von rund 150 - 180 Millionen Franken gerechnet werden.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung	kWp	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv	0.80										0.8
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv	346										346
		Ziel											-

Potenzial: Das theoretische Potenzial der Kleinwasserkraftwerke wird auf 5.6 GWh geschätzt. Das Potenzial des Rheins wird auf 420 GWh (5 Stufen) geschätzt, wovon 50% dem Fürstentum Liechtenstein anrechenbar wären. In einer reduzierten Variante mit zwei Staustufen beträgt es 160 GWh, wovon 50% (80 GWh) Liechtenstein anrechenbar wären.

Umsetzung: Verschiedene Abklärungen wurden zu RKW seit 2008 getroffen. Technisch scheinen 2 bis 3 Stufen im Rhein realisierbar und die ökologischen Fragen aus Sicht der LKW lösbar, wobei von Seiten der Projekt- und der Koordinationsgruppe der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) dies aktuell anders bewertet wird. Die hohen Kosten lassen bei aktuellen und zukünftig absehbaren Marktpreisen für Strom eine wirtschaftliche Umsetzung nicht zu. Für eine Realisierung braucht es einen klaren politischen Willen. Das wirtschaftlich nutzbare Potenzial für Klein- und Trinkwasserkraftwerke ist aus ähnlichen Gründen ebenfalls ausgenutzt. Das Kleinwasserkraftwerk Mühleholzquellen wurde erneuert und nahm 2021 die Produktion auf.

Abhängigkeiten und Risiken: Vorbehalte gegenüber einer genaueren Prüfung. Negative Beurteilung der Umweltbilanz.

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		216 GWh/a	tCO ₂ /a	93'269 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		- GWh/a	- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 4.4: Holzheizwerke

Hintergrund: Holzheizwerke ermöglichen eine effiziente und emissionsarme Holznutzung. Zudem können auch schwer verwertbare Holzsortimente wie Kronen- und Astmaterial genutzt werden. In Liechtenstein sind derzeit rund 30 Hackschnitzelf Feuerungen in Betrieb. 2012 wurde das Holzheizwerk Malbun, welches 2020 mit einer Stromerzeugung ergänzt wurde, und 2014 das Holzheizwerk Balzers in Betrieb genommen.

Ziel: Ausschöpfung des inländischen Holzpotenzials vornehmlich schlechter Holzsortimente mit Heizwerken. Wenn wirtschaftlich möglich in KWK-Anwendung, Prüfung der Potenziale regionaler Holznutzung und zentraler Restholzfeuerung.

Verantwortlichkeit: Amt für Umwelt

Kosten: Abhängig von Fördermöglichkeiten

Potenzial: Siehe auch Potenzial Massnahme 1.3 „Förderung von Holzheizungen“. Dieses ist grundsätzlich durch den Zuwachs von Holz limitiert. Bei regionaler Betrachtung könnte mehr Holzpotenzial vorliegen. Die energetische Nutzung von Restholz in einer zentralen Anlage könnte geprüft werden. Mittelfristig könnten solche Netze in der Übergangszeit mit Überschussstrom aus Sonne oder Wind gespeisen werden. Holz erhält so eine wichtige Regelfunktion.

Umsetzung: Anreize über Fördermassnahme und Umsetzung mit Trägerschaftsstrukturen. Zur Optimierung der Anlagen sind weiterhin Neuanschlüsse und Zusammenschlüsse von einzelnen Wärmeverbünden zu prüfen und sofern möglich umzusetzen. Zudem sollen Möglichkeiten für neue Anlagen geprüft werden (z.B. auch bei Industriebetrieben).

Abhängigkeiten und Risiken: Begrenzt es Holzpotenzial, Kosten Fernwärmeleitungen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel									10.00		10.0
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv									2'190		2'190
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *	CO2 (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		63 GWh/a	13'797 tCO2/a	13'797 tCO2/a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		10 GWh/a	2'190 tCO2/a	2'190 tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	25 CHF/tCO2	25 CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 4.4: Holzheizwerke

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials			
Die Holznutzung kann im Fürstentum Liechtenstein weiter erhöht werden. Insbesondere können schlecht verwertbare Holzsortimente wie auch Astmaterial aus Gärten und Rüfeabgängen in grösseren Holzheizwerken mit wesentlich weniger Feinstaubbelastung verwertet werden.			
Weiteres Holzheizwerk			
Potenzial 2021-2030	10 GWh/a	2'190 tCO ₂ /a	
Kosten		CHF/tCO ₂	

Das theoretische Potenzial für Hackschnitzel beträgt gemäss Holzpotenzialanalyse von 2019 rund 63 GWh/a. Gemäss Energiestatistik 2020 wurde dieses mit 37 GWh/a noch nicht ausgeschöpft.

Kostenberechnung			
	Effizienz	Erneuerbare Energie	CO₂
Zielzuordnung			
Förderung		CHF	CHF
Wirkung pro Jahr		GWh/a	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		Jahre	Jahre
Wirkung über Lebensdauer		GWh	tCO ₂
Kosten pro kWh Wirkung bez. Investition		Rp/kWh	CHF/tCO ₂

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

Massnahme 4.5: Windkraftwerke

Hintergrund: Windkraftwerke könnten einen Beitrag zur Energieversorgung leisten und sollen deshalb in die Überlegungen miteinbezogen werden. Insbesondere ergänzt Windkraft die Erzeugung aus Photovoltaik saisonal sehr gut.

Ziel: Weiterverfolgung der technischen Entwicklung und der Möglichkeiten der Nutzung von Windkraft.

Verantwortlichkeit: Liechtensteinische Kraftwerke

Kosten: Noch nicht quantifizierbar. Hängt von der gewählten technischen Lösung und dem Standort ab.

Potenzial: Aktuelle Potenzialstudien der LKW ergeben rund 10 technisch und wirtschaftlich attraktive Standorte mit einem Stromerzeugungspotenzial von rund 114 GWh/a. Es handelt sich um zwei Anlagen in Balzers, fünf in Schaan-Vaduz und drei in Ruggell. Zum Einsatz kämen moderne Schwachwindanlagen.

Umsetzung: Eingabe und Bau von Anlagen, wenn geeignete Standorte gefunden werden, die Bewilligung geklärt ist und die Akzeptanz in Liechtenstein und der Schweiz erreicht werden kann.

Abhängigkeiten und Risiken: Je nach Standort kann es Interessenkonflikte mit Landschafts- und Naturschutz geben.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		114 GWh/a		tCO ₂ /a	49'248 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 4.5: Windkraftwerke

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials		
Gemäss aktuellen Abklärungen der LKW von 2023/24 sind im Land mit modernen Schwachwindanlagen elf Standorte mit einem Jahresertrag von 114 GWh technisch erschliessbar. Es handelt sich um drei Anlagen in Ruggell, fünf in Schaan/Vaduz und drei in Balzers, jeweils nahe des Rheins.		
Theoretisches Potenzial	114 GWh	49'248 tCO ₂ /a

Kostenberechnung					
	Effizienz	erneuerbare Energie		CO ₂ (UCTE*)	
Zielzuordnung		X		X	
Wirkung pro Jahr		114.4	GWh/a	49'399	tCO ₂ /a
Erwartete Lebensdauer		20	Jahre	20	Jahre
Wirkung über Lebensdauer		2288	GWh	987'981	tCO ₂

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

Massnahme 4.6: Biogasnutzung und erneuerbares Gas (Power-to-Gas)

Hintergrund: In Liechtenstein besteht ein Potenzial von ungenutzten Grün- und Gartenabfällen sowie von Gülle aus der Landwirtschaft, welches sich zur Nutzung für die Biogasgewinnung verwenden liesse. Ebenfalls ist es denkbar, mit erneuerbarer Elektrizität mittels Elektrolyse ein speicherbares Gas herzustellen (Power-to-Gas).

Ziel: Nutzung der Grünabfälle in einer Biogasanlage, Nutzung von Gülle in der Landwirtschaft zur Produktion von Biogas und/oder Produktion von erneuerbarem Gas mittels Power-to-Gas.

Verantwortlichkeit: Liechtenstein Wärme

Kosten: Noch nicht quantifizierbar. Hängt von der gewählten technischen Lösung und dem Standort ab.

Potenzial: Das Potenzial für Biogasanlagen aus biogenen Abfällen nicht landwirtschaftlichen Ursprungs aus der Region Liechtenstein, Sargans-Werdenberg und Rheintal wurde durch das Amt für Volkswirtschaft und die Energieagentur St. Gallen 2023 vertieft geprüft. Das regionale Potenzial für Biogas aus Kompost wird mit rund 13 GWh/a angegeben (dieser Betrag kommt zusätzlich zum bereits bei der ARA aufbereiteten Klärgas hinzu). Das Potenzial für inländisches erneuerbares Gas ist begrenzt durch allfällige erneuerbare Stromüberschüsse für die Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff oder durch nachhaltige CO₂-Quellen (KVA, Zementherstellung, Biogasanlagen) für die Methanisierung. Power to Gas wird erst dann wirtschaftlich und nachhaltig, wenn ansonsten nicht nutzbare Überschüsse an erneuerbarem Strom zur Elektrolyse verwendet werden können.

Umsetzung: Es sollten regionale Kooperationen und die Beheizung des Fermenters mit z.B. Abwärme aus der KVA in die Betrachtung einbezogen werden. Es könnte eine zentrale Anlage zur Verwertung von Kompost erstellt werden. Erneuerbares Gas könnte auch importiert oder mittel- bis langfristig im Land hergestellt werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Standortfrage, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit (Power to Gas).

Hinweis: Die ARA speist das aufbereitete Biogas seit 2013 ins Erdgasnetz ein (Potenzial Nutzung erneuerbare Energien). Der zusätzliche Erdgasbezug der ARA wird deshalb mit negativem Vorzeichen berücksichtigt (Potenzial Steigerung Energieeffizienz). Die reduzierte Stromproduktion ist unter Massnahme 4.2 erfasst.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Ziel									13.00		13.0
Potenzial Einsparung CO ₂ (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
Potenzial Einsparung CO ₂ (global) **	tCO ₂ /a	Ziel									2'847		2'847
													-
													-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		20.0 GWh/a		4'380 tCO ₂ /a		4'380 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a		13.0 GWh/a		2'847 tCO ₂ /a		2'847 tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 4.7: Tiefengeothermie

Hintergrund: Die in den Jahren 2008 bis 2011 durchgeführten Abklärungen und Untersuchungen zum Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie in Liechtenstein haben ergeben, dass im Bereich zwischen dem Schellenberg und Schaan geothermisch nutzbare Gesteinsschichten bis in einer Tiefe von rund 4500 Metern unter Terrain erwartet werden können.

Ziel: Auf Basis der vorliegenden Ressourcenanalyse ist die Machbarkeit der Tiefengeothermie aus geologischer, nutzungstechnischer und wirtschaftlicher Sicht sowohl national wie auch in grenzüberschreitender Zusammenarbeit zu prüfen (RA 2011/524-8613). Die Entwicklungen im näheren und weiteren Umfeld sind mitzuverfolgen und gegebenenfalls miteinzubeziehen.

Verantwortlichkeit: Amt für Umwelt

Kosten: Für gezielte geologische Abklärungen ist mit Kosten im Bereich zwischen CHF 10 und 20 Mio. zu rechnen. Für die Realisierung einer Anlage inklusive Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur in Liechtenstein ist mit Kosten in der Grössenordnung von CHF 100 Mio. zu rechnen.

Potenzial: Aufgrund der bisherigen Untersuchungen wird von einem mittleren technisch nutzbaren Potenzial von 12 MW thermisch ausgegangen. Damit liessen sich netto rund 5 GWh Strom pro Jahr produzieren, was einem Bedarf von 1000 bis 1500 Haushalten entspricht. Zusätzlich stünde Wärmeenergie für Heizzwecke und weitere Anwendungen in der Grössenordnung von bis zu 70 GWh zur Verfügung.

Umsetzung: Prüfauftrag der Regierung (RA 2011/524-8613). Verfolgen der Entwicklungen im näheren und weiteren Umfeld.

Abhängigkeiten und Risiken: Ein erfolgreiches Projekt ist zum einen abhängig von den geologischen Voraussetzungen im Untergrund, insbesondere der Fündigkeit. Entsprechende geologische Erkundungen sind kostenintensiv. Das Fündigkeitsrisiko kann reduziert, aber nie vollständig ausgeräumt werden. Zum anderen bedarf es einer effizienten und möglichst vollständigen Fernwärmeverteilung an der Oberfläche, was entsprechende strategische Entscheidungen voraussetzt.

Energiestrategie 2030

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz	Erneuerbare Energien	CO2 (Inland) *	CO2 (global) **
Theoretisches Potenzial		75 GWh/a	15'330 tCO2/a	17'490 tCO2/a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a	- tCO2/a	- tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO2	CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 4.7: Tiefengeothermie

Annahmen und Berechnungen

Abschätzung des theoretischen Potenzials

Potenzial Stromproduktion
Potenzial Wärmeproduktion
Potenzial erneuerbare Energien

5 GWh/a
70 GWh/a
75 GWh/a

Potenzial CO₂-Einsparung

CO₂-Einsparung (Inland)
CO₂-Einsparung (Global, UCTE)

Im Inland können fossile Brennstoffe für die Wärmegewinnung in der Grössenordnung von 70 GWh ersetzt werden. In der globalen Perspektive können zusätzlich zum Inlandeffekt 5 GWh Stromimport (UCTE-Mix) substituiert werden.

$70 \text{ GWh} \times 0,219^* = 15'330 \text{ tCO}_2/\text{a}$

$\text{Inlandeffekt} + 5 \text{ GWh} \times 0,432^{**} = 15'330 + 2'160 = 17'490 \text{ tCO}_2/\text{a}$

Massnahme sistiert
Begründung in der
Energlestrategie 2030

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

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

Massnahme 4.8: Importe, Strommix und Beschaffungsstrategie

Hintergrund: Die technische Entwicklung in Richtung erhöhter Energieeffizienz und ein Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft sowie Substitutionen durch Elektrifizierung (Wärmepumpen, Elektromobilität) lassen einen zunehmenden Stromverbrauch erwarten. Die zusätzlichen inländischen Ressourcen zur Stromproduktion sind beschränkt und der Eigenversorgungsgrad beim Strom liegt heute bei rund 20%. Die Menge des importierten Stroms wird steigen, wenn nicht deutliche Effizienzverbesserungen den Mehrbedarf kompensieren.

Ziel: Import von Strom mit geringer Umweltbelastung, Ziel einer Anrechenbarkeit von im Ausland generierten Herkunftsnachweisen bis 2050

Verantwortlichkeit: Bearbeitung durch LKW und Liechtenstein Wärme

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potenzial: Der Import von umweltfreundlichem Strom ist eine einflussreiche Massnahme, um Liechtensteins Gesamtbilanz von Primärenergiebedarf und CO2-Emissionen bei globaler Betrachtung zu optimieren.

Umsetzung: Über gesetzliche Regeln können Vorgaben über den Anteil erneuerbarer Energieträger festgelegt werden, welche für alle Anbieter am Markt gelten.

Abhängigkeiten und Risiken: Bei einer Priorisierung von erneuerbaren Energien sind die Anforderungen an die wirtschaftliche Verträglichkeit zu beachten. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Stromkunden auf günstigere Stromprodukte mit schlechter Umweltbilanz umsteigen.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.1: Energiestädte

Hintergrund: Seit dem Jahr 2012 haben alle Gemeinden das Energiestadt-Label, dadurch wurde Liechtenstein das erste „Energiestadt-Land“ der Welt. Seitdem gibt es zweimal pro Jahr ein Treffen der Gemeinden, bei dem über Energiestadt-Themen diskutiert wird und Erfahrungen ausgetauscht werden können. Bewertet wird nach sechs Kriterien: Entwicklung und Raumplanung, kommunale Gebäude und Anlagen, Versorgung und Entsorgung, Mobilität, interne Organisation sowie Kommunikation und Kooperation. Jede Gemeinde wird individuell nach ihren Möglichkeiten bewertet. Dies gilt dann als Basis für die 100%-Marke. Gemeinden welche 50% der Punkte erreichen, erhalten das Energiestadt-Label, bei 75% das Energiestadt-Gold Label.

Ziel: Energiestadt-Gold Zertifikate für alle Gemeinden bis 2020.

Verantwortlichkeit: Gemeinden unterstützt durch Energiefachstelle

Kosten: Geringe Kosten für das Land bei hoher (indirekter) Wirkung auf Energieverbrauch und Kosteneinsparung aufseiten der Gemeinden durch Nutzung von Synergien.

Potenzial: Die Einbindung der Gemeinden in die Bestrebungen der vorliegenden Energiestrategie erleichtert den Prozess zur Zielerreichung. Die Ziele von „Energiestadt“ sind kompatibel mit der Energiestrategie 2020. Durch die Koordination von Land und Gemeinden ergeben sich gegenseitig Synergien, welche dazu beitragen, die vorhandenen Potenziale zu erschliessen.

Es besteht ein Synergiepotenzial bei einer vermehrten Zusammenarbeit auf organisatorischer Ebene wie auch auf der Kostenseite für die Gemeinden. Einerseits betreffen mehrere Bereiche alle Gemeinden gleichermassen (z.B. Energieversorgung), da sie in Landeshoheit organisiert sind. Andererseits gibt es Themen, von denen die Gemeinden untereinander lernen können oder Instrumente, die sinnvollerweise auf Landesebene angesiedelt werden.

Umsetzung: ERFA-Treffen der Energiestadtverantwortlichen und Energiestadtberater zweimal pro Jahr. Initiierung von gemeindeübergreifenden Projekten nach Bedarf. Kommunikation "Energiestadt-Land" nach aussen (und innen). Alle Gemeinden sind Energiestädte.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv	73%	73%	73%								
		Ziel	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *		CO2 (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO2/a		tCO2/a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO2/a	-	tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO2		CHF/tCO2

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

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

Massnahme 5.1: Energiestädte

Annahmen und Berechnungen

Entwicklung der Zielerreichung		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Balzers	%	66.3%	71.1%	71.1%	71.1%							
Eschen	%	73.0%	73.0%	73.0%	73.0%							
Gamprin	%	75.2%	75.2%	75.2%	75.2%							
Mauren	%	65.1%	65.1%	65.1%	65.1%							
Planken	%	79.5%	79.5%	80.0%	80.0%							
Ruggell	%	77.9%	77.9%	82.5%	82.5%							
Schaan	%	70.1%	70.1%	70.1%	70.1%							
Schellenberg	%	70.2%	70.2%	70.2%	70.2%							
Triesen	%	75.2%	75.2%	77.7%	77.7%							
Triesenberg	%	63.0%	63.0%	63.0%	63.0%							
Vaduz	%	71.1%	78.6%	78.6%	78.6%							
Gesamt	%	71.5%	72.6%	73.3%	73.3%							

Massnahme 5.2: Aus- und Weiterbildung

Hintergrund: Die effiziente Nutzung von Energie scheitert oft am Mangel an entsprechendem Fachwissen auf verschiedenen Stufen von der Planung bis zur Umsetzung und zum Betrieb von Anlagen und Gebäuden. Die Universität Liechtenstein und die FH-Ost in Buchs bieten Fachrichtungen mit vertieftem Wissen im Bereich Energie an. Weitere Schulen im regionalen Umfeld bauen ihr Angebot in diesem Bereich ebenfalls aus. Der Verein ecowerkstatt hat sich zum Ziel gesetzt, die Ausbildung zum Thema Energie im gesamten Bausektor zu verbessern.

Ziel: Steigerung des Fachwissens im Bereich Energie mit Schwerpunkt Bausektor. Prüfung eines zusätzlichen Schwerpunkts im Bereich der Prozesstechnik.

Verantwortlichkeit: Regierung, Energiefachstelle

Kosten: Verschiedene Ausbildungsprogramme werden im Rahmen des regulären Budgets unterstützt (Universität und NTB). Weitere Kosten je nach Ausbildungsprogrammen.

Potenzial: Insbesondere im Umfeld des Bausektors und der Prozesstechnik besteht ein grosses Potenzial zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Aus- und Weiterbildung aller Beteiligten (Planung/Design, Ausführung/Produktion, Betrieb).

Umsetzung: Unterstützung von Initiativen, welche den Zielen der Massnahme entsprechen.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Abstützung auf Initiativen von Dritten verbessert die Akzeptanz der Ausbildungsprogramme. Gleichzeitig birgt dies aber das Risiko, dass nur bedingt auf die Programme und deren Umsetzung Einfluss genommen werden kann.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *	CO2 (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a	tCO2/a	tCO2/a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	tCO2/a	tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO2	CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.3: Bewusstseinsbildung

Hintergrund: Nicht verbrauchte Energie ist automatisch die sauberste Energie. Es ist daher ein zentrales Anliegen, das Bewusstsein zu fördern, was Energie ist, was dahinter steckt und wie viel für welche Anwendung verbraucht wird. Dieses Grundverständnis sollte ins Grundwissen der Bevölkerung eingebracht werden.

Ziel: Wissensvermehrung in der Bevölkerung über das Thema Energieeffizienz und Verbrauch.

Verantwortlichkeit: Regierung, Energiefachstelle

Kosten: Interne Personalressourcen oder externe Auftragnehmer.

Potenzial: Das Potenzial ist schwer messbar. Diese Massnahme muss aber auch als Begleitung von weiteren Massnahmen in den anderen Bereichen verstanden werden und kann so als wichtiger Verstärker wirken.

Umsetzung: Sensibilisierungskampagne

Abhängigkeiten und Risiken: Es werden meist nur Personengruppe angesprochen, welche sich schon für Energie- und Umweltthemen interessieren.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.4: Publizierung von Best-Practice-Beispielen

Hintergrund: Das Thema Energie ist schwierig zu vermitteln und für viele auch schwer verständlich. Am besten funktioniert die Kommunikation über konkrete positive Beispiele, die zum Nachahmen animieren.

Ziel: Publikation von guten Beispielen zur Animierung, es gleich zu tun.

Verantwortlichkeit: Energiefachstelle

Kosten: Im Rahmen des bestehenden Budgets der Energiefachstelle.

Potenzial: Über eine gute Kommunikation zum Thema Energie können Denkanstösse initiiert und die Vorteile von energetischen Massnahmen vermittelt werden.

Umsetzung: Die Publikation soll über verschiedene Kanäle erfolgen: Webseite der Energiefachstelle, Presse und insbesondere auch Begehungen und Anlässe direkt beim Objekt. Wichtig sind das direkte Ansprechen der Zielgruppen und die Möglichkeit, Antworten auf die eigenen Fragen zu erhalten.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *	CO2 (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a	tCO2/a	tCO2/a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	tCO2/a	tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO2	CHF/tCO2

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO2/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO2/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.5: Energiefachstelle als Anlaufstelle

Hintergrund: Die Energiefachstelle des Landes Liechtenstein tritt heute unter der Marke "energiebündel" auf. Sie informiert über fachliche Themen rund um Energie und gibt Auskünfte über Fördermassnahmen. Interessierte können sich in persönlichen Beratungs- und Informationsgesprächen z.B. über Themen rund um Sanierungen von Gebäuden oder über Neubauten informieren. Diese Aktivitäten könnten mit einem oder zwei zusätzlichen Energieberatern noch besser wahrgenommen werden. Aufwendigere Beratungen für Kleinbetriebe und KMU wären dann möglich.

Ziel: Verstärkte Beratung von Kleinbetrieben und Unternehmen.

Verantwortlichkeit: Regierung, Energiefachstelle

Kosten: 300'000 CHF/a.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.7: Vorbildfunktion der öffentlichen Hand

Hintergrund: Die öffentliche Hand sollte im Energiebereich mit gutem Beispiel vorangehen, um in der Thematik mit der nötigen Glaubwürdigkeit auftreten zu können. Wichtige Einsatzbereich zeigen sich im Beschaffungswesen, bei der Mobilität und bei den öffentlichen Bauten und Anlagen.

Potenzial: In der Regel sind Bestgeräte über die gesamte Lebensdauer betrachtet deutlich günstiger, da die Unterhalts- und Betriebskosten tiefer ausfallen. Langfristig ergibt sich so nicht nur eine Energieeinsparung, sondern auch eine Kosteneinsparung für den Staatshaushalt.

Ziel: In der Beschaffung nur noch energetische Bestgeräte und energetische Beststandards zulassen.

Umsetzung: Weisung an die betroffenen Amtsstellen. Bei Beschaffungen die Weisung erlassen, dass nur Bestgeräte und Beststandards in Bezug auf Energie eingesetzt werden.

Verantwortlichkeit: Regierung, Verkehrsplanung (AHR)

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Kosten: Langfristige und teilweise auch kurzfristige Kosteneinsparungen

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 5.9: Qualitätssicherung Wärmepumpen und Kälteanlagen

Hintergrund: Wärmepumpen sind in Kombination mit umweltfreundlich erzeugtem Strom ein sehr wirksames Mittel zur Verbesserung der Energie- und CO₂-Bilanz. Im Gegensatz zu Öl- oder Gasheizungen, bei denen der Jahresnutzungsgrad normalerweise lediglich in gewissen Grenzen schwankt, wirken sich ungünstige Einstellungen der Steuerung/Regelung oder ungünstige hydraulischen Einbindungen bei Wärmepumpen- und Kälteanlagen weit mehr auf die sogenannte Jahresarbeitszahl aus. Solche ungünstigen Bedingungen können zu einem Mehrverbrauch von bis zu 50% oder mehr führen. Leider fehlt bei den heute gebauten Wärmepumpen- und Kälteanlagen meist eine direkte Kontrolle der Jahresarbeitszahl. Es ist anzunehmen, dass bei einer für den Kunden sichtbaren Anzeige der Jahresarbeitszahl weitere Effizienzgewinne möglich sind.

Ziel: Steigerung der Effizienz von Wärmepumpen und Kälteanlagen im Betrieb

Verantwortlichkeit: Amt für Hochbau und Raumplanung (AHR)

Kosten: Kosten des Förderbonus bei 500 CHF/a pro Anlage und 200 Anlagen pro Jahr 0.1 Mio. CHF/a. Bei Kälteanlagen keine Kosten, da mit Auflage und Gesetz vorschreibbar.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (Global) **
Theoretisches Potenzial		5.8 GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a	2'592 tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030		- GWh/a		- GWh/a	- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	2.2 Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	6.43 CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 6.1: Energiestatistik

Hintergrund: Eine aussagekräftige Energiestatistik ist die Grundlage einer gezielten Energiepolitik. Sie dient sowohl der Festlegung von Aktivitätsschwerpunkten als auch als Controllinginstrument. Die aktuelle Energiestatistik beschränkt sich im Wesentlichen auf die Erfassung der Energieträger. Sowohl die Beschaffungsseite als auch die Vewendungsseite werden damit nicht abgebildet.

Ziel: Die Grundlagen für eine aussagekräftige und bedürfnisorientierte Energiestatistik schaffen.

Verantwortlichkeit: Regierung, Amt für Statistik

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potenzial: Strategische Entscheidungen lassen sich nur auf einer entsprechend soliden Datenbasis fällen. Durch eine verbesserte Sichtbarmachung der Vorgänge vor und nach dem Verkauf von Energieträgern in Liechtenstein können energiepolitische Massnahmen abgeleitet und begründet werden.

Umsetzung: Erarbeitung eines Konzeptes für eine erweiterte Energiestatistik, Umsetzung des Konzeptes, Datenerhebung. Diese Massnahme könnte vom Energiekataster profitieren. Synergie

Abhängigkeiten und Risiken: Die erhobenen Daten müssen mit den offiziellen Statistiken vereinbar sein.

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 6.2: Potenzialstudien Energieeffizienz

Hintergrund: Auf der Basis der vorhandenen Datengrundlagen lassen sich nur beschränkt Aussagen zum Einsparpotenzial und zu den Ansatzpunkten für eine gezielte Energieeffizienzpolitik machen. Ein Teil der Einsparpotenziale wird daher nur ungenügend erkannt und aktiv erschlossen.

Ziel: Erarbeitung der Energieeffizienzpotenziale für alle Verbrauchsbereiche unter Berücksichtigung der zukünftigen technischen Entwicklungen und einem zeitlichen Verlauf.

Verantwortlichkeit: Regierung, Energiefachstelle

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potenzial: Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine der wesentlichsten Massnahmen zur Verbesserung der Energie- und CO2-Bilanz Liechtensteins. Gesamthaft strebt die Energiestrategie 2020 eine Steigerung der Energieeffizienz um 20% an, um den durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum verursachten Mehrverbrauch zwischen 2008 und 2020 zu kompensieren.

Umsetzung: Festlegung von Handlungsbereichen für Energieeffizienz in Abstimmung mit den Anforderungen der entsprechenden EU-Richtlinien. Erhebung der Effizienzpotenziale auf der Basis von statistischen Daten Liechtensteins und Vergleichsstudien aus dem Ausland. Abbildung in einem Energieflussmodell. Diese Massnahme soll im Rahmen des Energiekatasters umgesetzt werden.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO2/a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO2 (Inland) *		CO2 (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO2/a		tCO2/a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO2/a	-	tCO2/a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO2		CHF/tCO2

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

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

Massnahme 6.3: Energiekataster und Planungsgrundlagen für Liechtenstein

Hintergrund: Alle Gemeinden verfügen über Energiekataster. Der Aktualisierungsrhythmus beträgt ca. 2 Jahre. Im Jahr 2020 wurde die Gesetzesgrundlage für einen Landesenergiekataster geschaffen.

Ziel: Einheitlicher Energiekataster in Liechtenstein ab 2020 mit jährlicher Aktualisierung. Solar-, Wind- und Fernwärmekataster, Potenzialstudie Wärme aus Abwasser.

Verantwortlichkeit: Gegenstand der Abklärungen, Kooperation Gemeinden und Land

Kosten: Gegenstand der Abklärungen

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Potenzial: Ein landesweiter Energiekataster mit periodischen Aktualisierungsintervallen zeigt die Entwicklungen im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz des Gebäudeparks anhand des Verlaufs definierter Indikatoren genauer und einheitlicher als die bisherigen dezentralen Kataster. Diese Aussagen sind Grundlage für Energieprognosen, Energiekonzepte und die Erstellung von Planungsinstrumenten. Die Wirkung von Massnahmen kann ebenso überprüft werden. Eine Datenbasis, die die automatische Weiterverarbeitung ermöglicht, reduziert den Aufwand für Erstellung und Pflege eines Energiekatasters erheblich.

Umsetzung: Erarbeitung einer Gesetzesgrundlage für einen landesweiten Kataster abgeschlossen. Der Landesenergiekataster ist im Aufbau. Potenzialstudie Wärme aus Abwasser vom 23.1.2013 liegt vor, Aufnahme von FL im Solarkataster www.sonnendach.li ist fertig und auf dem Geodatenportal abrufbar, Windkataster ist fertig und auf dem Geodatenportal abrufbar, Fernwärmekataster ist fertig und auf dem Geodatenportal abrufbar.

Abhängigkeiten und Risiken: Die Massnahme ist abhängig von der Zustimmung/ vom Beschluss zur Erstellung und der Zusammenarbeit mit den verschiedenen Datenlieferanten (z.B. LKW, LW) und erfordert die Kooperation der Gemeinden.

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *	CO ₂ (global) **
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a	tCO ₂ /a	tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	- tCO ₂ /a	- tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh	CHF/tCO ₂	CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).

Massnahme 6.4: Folgenabschätzung von Aktivitäten der Regierung und des Landes

Hintergrund: Vor dem Hintergrund der grossen Relevanz und Aktualität der Energiefragen sollen energierelevante Beschlüsse und Entscheidungen vorgängig auf ihre Auswirkungen hin überprüft werden.

Ziel: Die Ämter von Land und Gemeinden sollen bei neuen Aktivitäten und Gesetzen deren Energie- und Klimarelevanz und Auswirkungen vorgängig grob abschätzen.

Verantwortlichkeit: Regierung, Verkehrsplanung (AHR)

Kosten: Im Rahmen der Projektierung abzuklären.

Potenzial: Der Staat hat vielfältigen Einfluss auf die Energiesituation: Er setzt verschiedene Rahmenbedingungen (Rechtsgrundlagen, administrative Verfahren etc.) und ist selbst ein grosser Auftraggeber für energierelevante Aktivitäten.

Umsetzung: Erarbeitung eines Leitfadens zur Festlegung energierelevanter Aktivitäten. Fortlaufende Beurteilung von energierelevanten Aktivitäten.

Beispiele für LLV: Fahrzeugbeschaffung, Beschaffung Geräte, staatsnahe Betriebe, Vermögensanlagen, Liegenschaften etc.

Abhängigkeiten und Risiken: Keine

Zielsetzung und Zielerreichung

			2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Umsetzung		Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Steigerung Energieeffizienz (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Elektrizität)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Nutzung erneuerbare Energien (Wärme)	GWh/a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (Inland) *	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-
Potenzial Einsparung CO2 (global) **	tCO ₂ /a	Effektiv											-
		Ziel											-

Zuordnung zur Zielkategorie	Energieeffizienz		Erneuerbare Energien		CO ₂ (Inland) *		CO ₂ (global) **	
Theoretisches Potenzial		GWh/a		GWh/a		tCO ₂ /a		tCO ₂ /a
Potenzial 2021-2030	-	GWh/a	-	GWh/a	-	tCO ₂ /a	-	tCO ₂ /a
Kosten Förderung Staatshaushalt 2010	Mio	Rp/kWh	Mio	Rp/kWh		CHF/tCO ₂		CHF/tCO ₂

* Im Inland reduzierte Treibhausgasemissionen. Umrechnung Energiemix: 0,219 tCO₂/MWh (Basis: Öl/Gas-Verhältnis 2007).
** Unter Berücksichtigung von im Ausland anfallenden Emissionen. Umrechnung UCTE-Elektrizitätsmix: 0,432 tCO₂/MWh (UCTE/ENTSO_E 2009).