

## ENERGIEWENDE IM KANTON WAADT BIS 2050

Die laufende Energiewende erfordert einen grundlegenden Wandel des derzeitigen Energiesystems – einen Übergang von einem auf fossilen und nuklearen Ressourcen basierendem Modell hin zu einem System, das auf lokal erzeugten, erneuerbaren Ressourcen beruht. Die hier zusammengefasste Studie<sup>1</sup> beleuchtet die Herausforderungen im Zusammenhang mit dieser Energiewende sowie das Ausmass der Veränderungen, die umgesetzt werden müssen, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Aus dieser Studie geht hervor, dass der Weg zu diesem Ziel noch weit ist, obschon der Übergang bereits begonnen hat. Wenn der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Energieeinsparungen (Effizienz und Suffizienz) nicht rasch vorangetrieben werden, kann die Klimaneutralität erst mit einer Verspätung von Jahrzehnten erreicht werden.

### EINLEITUNG

Energie ist ein grundlegendes Element unserer modernen Gesellschaften. Die menschlichen Aktivitäten sind untrennbar mit den verfügbaren Energieressourcen verbunden, sei es zum Heizen, zur Fortbewegung oder zum Betrieb unserer Ökonomie. Diese zentrale Rolle, die uns durch die drohende Energieknappheit aufgrund der russischen Invasion in die Ukraine einmal mehr eindringlich vor Augen geführt wurde, ist nicht neu.

Die Entwicklung der Menschheit und ihrer Lebensweisen wurde seit jeher von Veränderungen des Energiesystems beeinflusst. Wie in den meisten entwickelten Ländern wurde auch in der Schweiz der Anstieg des Endenergieverbrauchs durch die grossen gesellschaftlichen Veränderungen und die Entstehung unserer Konsumgesellschaft in den Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg massgeblich geprägt. In den Jahren des starken Wirtschaftswachstums und der Verbesserung der Lebensbedingungen zwischen 1945 und 1973 erhöhte sich der Endverbrauch von hauptsächlich aus fossilen Quellen stammender Energie um das Sechsfache (vgl. F2).

Das aktuelle Energiesystem steht aber vor drei grossen Einschränkungen, die mit seiner Funktionsweise verbunden sind. Problematisch sind:

1. die Auswirkungen dieses Systems auf die Umwelt und die Gesundheit, insbesondere aufgrund der Folgen für das Klima,
2. Versorgungsrisiken, die mit der geografisch begrenzten Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Ressourcen zusammenhängen, und
3. die Endlichkeit der fossilen und nuklearen Ressourcen.

In den letzten Jahrzehnten haben sich die Auswirkungen des Klimawandels auf

die Natur und die Menschen beschleunigt, und den Warnungen der Wissenschaft vor den zukünftigen Folgen der Erderwärmung wird mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Zur Bekräftigung ihres Willens, sich den weltweiten Bemühungen zur Bekämpfung des Klimawandels anzuschliessen, haben das Schweizer und das Waadtländer Stimmvolk das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 am 18. Juni 2023 im Klima- und Innovationsgesetz des Bundes (KIG) sowie in der Verfassung des Kantons Waadt verankert.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen einerseits Emissionen von Treibhausgasen (THG) drastisch reduziert und andererseits Treibhausgase, die nur (sehr) schwer zu vermeiden sind, aktiv aus der Atmosphäre abgeschieden werden. Von Interesse sind hier beispielsweise natürliche oder technologische Lösungen zur Kohlenstoffabscheidung und -speicherung. Ihr Potenzial ist aber derzeit noch ungewiss.

Vor diesem Kontext hat der Kanton Waadt beschlossen, seine Energiewende zu beschleunigen, **um von fossilen Energieträgern unabhängig zu werden, die für 67% der Treibhausgasemissionen im Kantonsgebiet verantwortlich sind.**

Diese Emissionen stammen unseren Einschätzungen zufolge mehrheitlich aus der Verbrennung von Heizöl, Erdgas oder nicht erneuerbaren Abfällen für die Beheizung von Gebäuden sowie aus Treibstoffen für Autos oder LKW<sup>2</sup> [F1].

#### Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 3 Wichtigste Ergebnisse der Studie
- 6 Lehren und Hebel in Bezug auf die Energiewende

**Ziel und Methode der Studie**

Das Ziel der prospektiven Studie «Transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050» ist es, die Herausforderungen, Hebel und Hindernisse im Zusammenhang mit dieser Wende zu beleuchten und die Veränderungen zu erfassen, die notwendig sind, um bis 2050 klimaneutral zu werden. Wir haben dazu verschiedene Entwicklungspfade skizziert, die die Energiewende bis 2050 im Kanton Waadt einschlagen könnte. Unter einem Entwicklungspfad der Energiewende verstehen wir die kombinierte Entwicklung der beiden Seiten des Waadtländer Energiesystems: der Energienachfrage und des Einsatzes von Produktionstechniken zur Deckung dieser Nachfrage.

Die erwähnte Studie verwendet verschiedene Methoden, um diese beiden Seiten zu erfassen – sowohl Werkzeuge zur Projektion des Energiebedarfs als auch den Energierechner Energyscope, mit dem das System der Energieerzeugung des Kantons Waadt modelliert werden kann. Das so ermittelte Energieszenario kombiniert mehrere hundert Variablen (Renovierungsrate von Gebäuden, Autokilometer pro Person usw.).

Um die Entwicklungen des Energiesystems bis 2050 zu quantifizieren, haben wir drei Zukunftsszenarien erstellt, die ebenso viele unterschiedliche Realitäten abbilden. Jedes Szenario beruht auf unterschiedlichen Hypothesen und damit auf unterschiedlichen Schlüsselparametern, die mit der Erzeugung und Verbrauchskette von Energie verbunden sind. Diese Hypothesen wurden auf der Grundlage der wissenschaftlichen Literatur und der Konsultation von Fachpersonen erarbeitet.

Konkret geht es bei der Energiewende darum:

1. den Energiebedarf des Kantons zu senken, indem bestehende Geräte durch effizientere oder mit erneuerbaren Energien betriebene Alternativen ersetzt und sparsamere Verhaltensweisen übernommen werden.
2. Anlagen zur Erzeugung und Verteilung von erneuerbaren Energien im Kantonsgebiet breit einzusetzen, um den Energiebedarf des Kantons zu decken.

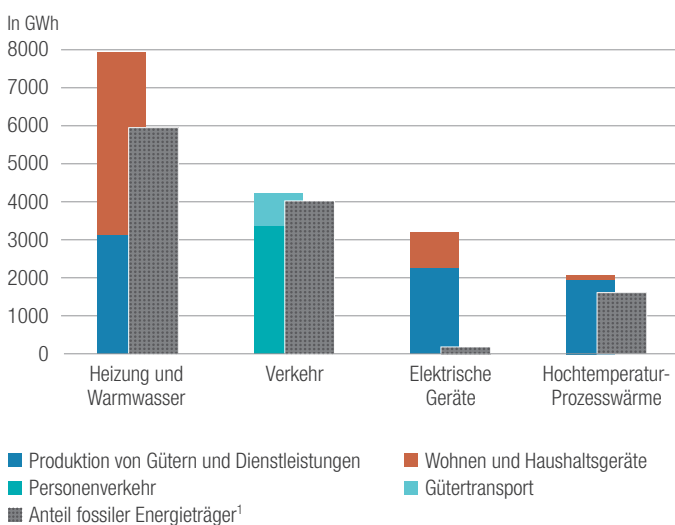
Durch die Umsetzung dieser Wende kann der Kanton Waadt seine Unabhängigkeit im Energiebereich ausbauen und seine Versorgung sichern. Aktuell stammen **84% der im Kanton Waadt verbrauchten Energie aus Ressourcen ausserhalb des Kantons, vor allem aus dem Ausland.**

Dies macht den Kanton zweifellos anfällig für Preisschwankungen und setzt ihn der Gefahr einer Energierationierung aus.

Die Energiewende hat im Kanton Waadt bereits begonnen, insbesondere mit dem markanten Ausbau der Solarenergie und der Wärmepumpen seit Mitte der 2000er Jahre. Allerdings ist der Weg noch weit [F2]: Auf Schweizer Ebene, der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch lag 2021 bei 28% (gegenüber 17% im Jahr 2005).

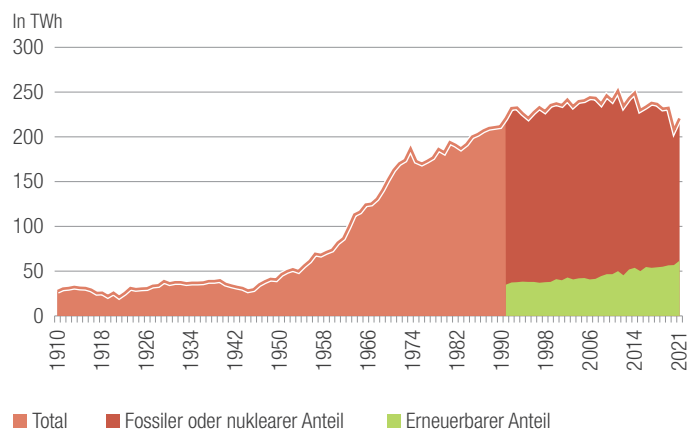
“ Die Energieversorgung des Kantons Waadt ist stark vom Ausland abhängig, was ihn anfällig für Preisschwankungen macht und das Risiko einer Energierationierung birgt. ”

**[F1] ENDEENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIEDIENSTLEISTUNG, WAADT, 2017**



<sup>1</sup> Der Wert fossiler Energieträger berücksichtigt den nicht erneuerbaren Anteil des Abfalls sowie den nicht erneuerbaren Anteil des im Kanton Waadt erzeugten Stroms. Der Anteil des Stroms, der auf nicht erneuerbare Weise (nuklear, fossil usw.) in der Schweiz und im Ausland erzeugt wird, wird in dieser Kategorie nicht berücksichtigt.

**[F2] ENDEENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGER, SCHWEIZ, 1910–2021<sup>1</sup>**

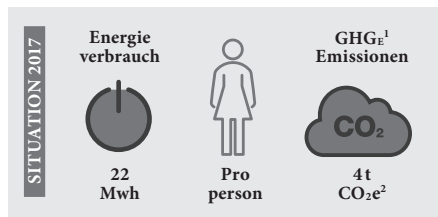


<sup>1</sup> Der Anteil erneuerbarer Energien ist vor 1990 in der Energiestatistik nicht verfügbar. Seit den 1950er Jahren und bis Mitte der 2000er Jahre handelte es sich dabei hauptsächlich um Wasserkraft.

## HAUPTERGEBNISSE DER STUDIE MIT BLICK AUF DAS JAHR 2017 UND DEN ZEITHORIZONT 2050

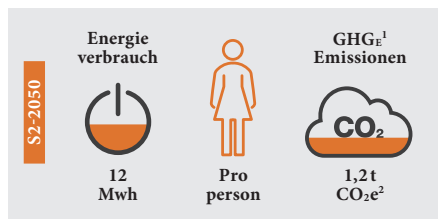
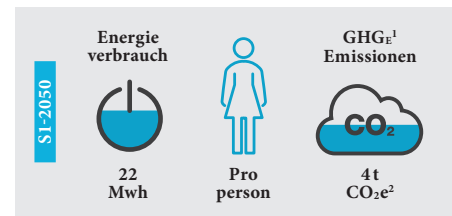
Es gibt ganz unterschiedliche Wege, die die Energiewende einschlagen kann. Um die Vielfalt der möglichen Entwicklungen des Energiesystems bis 2050 zu veranschaulichen, haben wir drei Zukunftsszenarien erstellt. Sie bilden unterschiedliche Realitäten in Bezug auf Energie und Klima ab, mit denen die Waadtländer Gesellschaft zukünftig konfrontiert sein könnte, und unterscheiden sich vor allem durch die Intensität der Investitionen in Ausrüstung und Technologien sowie durch das Ausmass der Veränderungen von Praktiken und Verhaltensweisen. Daraus ergeben sich mehrere mögliche Entwicklungspfade der Energiewende bis 2050.

### Szenarien und Hauptergebnisse pro Person



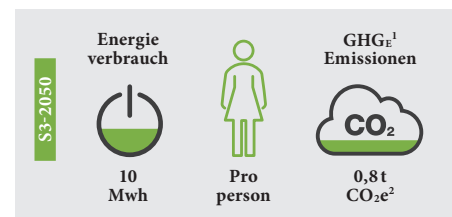
Im Jahr 2017, dem Referenzjahr der Studie, verbrauchten die Einwohnerinnen und Einwohner des Kantons durchschnittlich 22 MWh Energie pro Person. **Die mit diesem Energieverbrauch verbundenen Treibhausgasemissionen – THG<sub>E</sub><sup>3</sup> – entsprechen 4 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>e) pro Person<sup>4</sup> und machen insgesamt zwei Drittel der gesamten territorialen Emissionen des Kantons aus.** Das restliche Drittel stammte vor allem aus der Haltung von Wiederkäuern, der Zementherstellung sowie der Abfallbeseitigung.

Im Szenario Nr. 1 **Kontinuität** (S1) setzen sich die aktuellen Trends fort und werden sogar noch verstärkt, was zu einer leichten Beschleunigung der Energiewende führt, während die Gesellschaft energieintensiv bleibt. So würde der Endenergieverbrauch pro Kopf im Vergleich zu 2017 um 32% sinken und die energiesystembedingten Treibhausgasemissionen pro Kopf würden um die Hälfte zurückgehen.



Im Szenario 2 **Intensivierung** (S2) werden alle Massnahmen und Investitionen, die die Energiewende fördern, massiv verstärkt. Das Tempo der Gebäuderenovierung und die Entwicklung erneuerbarer Energien werden stark angekurbelt, während sich die Lebensweise und der Lebensstil anpassen, wobei sie konsumorientiert bleiben. Der Endenergieverbrauch würde in diesem Szenario um 45% pro Kopf sinken, während die energiesystembedingten Treibhausgasemissionen um 70% pro Kopf zurückgehen würden.

Im Szenario Nr. 3 **Paradigmenwechsel** (S3) werden deutlich schneller Massnahmen ergriffen und Investitionen getätigt als im Szenario 2. Zudem wendet sich die Waadtländer Gesellschaft allmählich einem sparsameren Konsumverhalten zu. Die Massnahmen zur Verwirklichung der Energiewende werden somit vervielfacht, was einen Wendepunkt sowohl in Bezug auf die Intensität der bereits bestehenden Ansätze als auch auf die Erweiterung der Palette der umgesetzten Veränderungen darstellt. Der Endenergieverbrauch würde um 54% pro Kopf und die energiesystembedingten Treibhausgasemissionen würden um 80% pro Kopf vermindert.



### ENDENERGIEVERBRAUCH

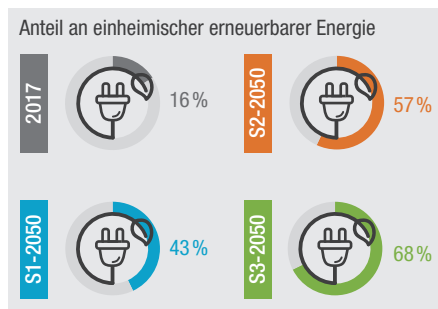
Auf kantonaler Ebene fallen die Verminderungen des Endenergieverbrauchs im Vergleich zur individuellen Ebene geringer aus [F3]. Sie werden durch das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum (+0,8% bzw. +1,9% pro Jahr zwischen 2017 und 2050) beeinflusst, wodurch die Zahl der Energieverbrauchenden Personen und Unternehmen und damit de facto auch der Energiebedarf steigt.

Ohne klare neue Impulse (Szenario 1) würde sich die Reduzierung des Endenergieverbrauchs auf kantonaler Ebene auf lediglich 11% beschränken. In den beiden anderen Szenarien wäre die Verminderung ausgeprägter und könnte je nach Szenario zwischen 28% und 39% betragen, sofern die Klimaschutzmassnahmen weiter verstärkt oder gar vervielfacht würden.

Die Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs zeigt, dass der Verbrauch in den Sektoren Wohnen und Haushaltsgeräte, Verkehr und Dienstleistungen in allen unseren Szenarien

sinkt, allerdings unterschiedlich stark und abhängig davon, wie gross die Veränderungen in den Verhaltensweisen, der Einsatz von Energieeffizienzmassnahmen und die inländische Produktion von erneuerbaren Energien sind [F4].

So werden die Sektoren Wohnen und Haushaltsgeräte sowie Dienstleistungen 2017 durch den Energieverbrauch der Heizanlagen dominiert. Durch den Ersatz von Heizanlagen durch Alternativen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, und Effizienzsteigerungen bei der energeti-



schon Sanierung von Gebäuden (vor allem durch Renovierungen) könnte die Energiemenge, die zur Beheizung von Wohn- und Geschäftsräumen benötigt wird, bis zum Jahr 2050 erheblich gesenkt werden. Dasselbe gilt für den Sektor Verkehr, der einen massiven Rückgang verzeichnen könnte. Grund dafür wäre hauptsächlich die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte, die damit energieeffizienter würde, wodurch ein Grossteil der THGE vermieden werden könnte.

Ein anderes Bild ergibt sich für den Sektor der Güterproduktion, in dem der Energieverbrauch im Zeitraum bis 2050 in all unseren Szenarien steigt. Der Verbrauch in diesem Sektor wurde 2017 von Herstellungsverfahren dominiert, die die Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme (HT oder gar VHT) erfordern (Zementherstellung, Pharmazie usw.). Bei diesen Verfahren ist es oft schwierig, erneuerbare Energien im industriellen Massstab zu nutzen, was eine langfristige Dominanz der fossilen Energieträger mit sich bringt.

### EINHEIMISCHE PRODUKTION VON ERNEUERBARER ENERGIE

Die Nutzung fossiler Energieträger würde im Szenario 1 um -42% sinken. Dieser Rückgang wäre im Szenario 2 mit -68% und im Szenario 3 mit bis zu -83% deutlich ausgeprägter. Dieser Trend, gekoppelt mit der Entwicklung erneuerbarer Energien, würde die Energieunabhängigkeit des Kantons stärken, was sich in einem steigenden Anteil einheimischer erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Kantons Waadt zeigt.

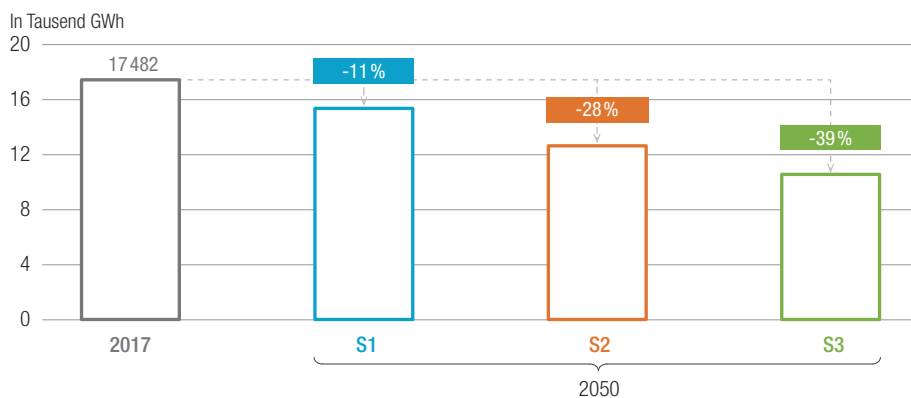
Der Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien würde zu einem deutlichen Anstieg des Stromverbrauchs führen (z. B. aufgrund der Elektrifizierung des Fahrzeugbestands). Diese Erhöhung wäre keineswegs unbedeutend, sondern würde einen starken Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten im Kanton erfordern, und das zu einem Zeitpunkt, in dem die Möglichkeit der Versorgung aus den Nachbarländern nicht mehr gewährleistet ist.

Konkret würde die lokale Produktion von sogenannten «konventionellen» erneuerbaren Energien (Wasserkraft, Holz und erneuerbarer Anteil von Abfällen), die in der Waadt bereits gut etabliert sind, bis 2050 je nach Szenario um 11% bis 26% zunehmen. Die sogenannten «neuen» erneuerbaren Energien wie Solarenergie, Biomasse, Windkraft oder auch Umweltwärme und Geothermie würden viel kräftiger zulegen. Ihre Produktion wäre im Jahr 2050 neun- bis elfmal höher als 2017, wobei Solarpanels die Speerspitze dieser Umlagerung der Energieerzeugung bilden würden.

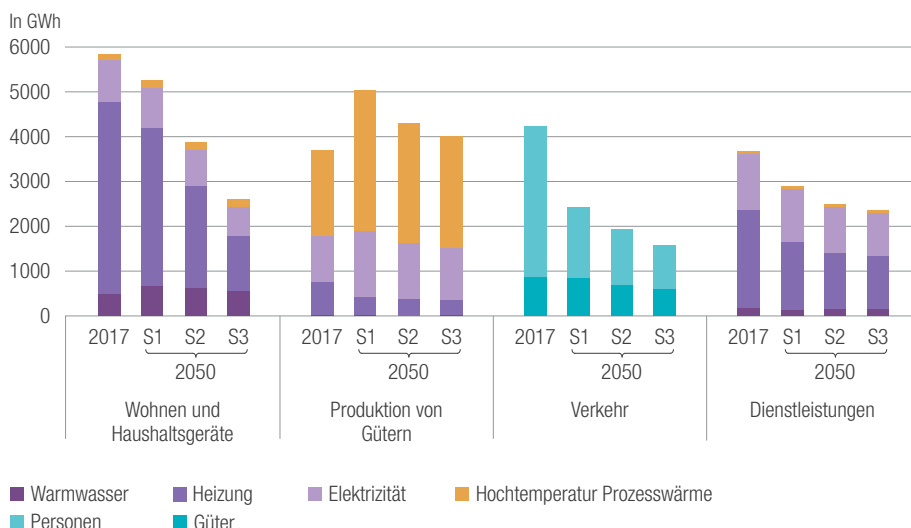
erzeit sind etwa 1,5 km<sup>2</sup> der Dächer mit Sonnenkollektoren (PV) bedeckt und pro Jahr werden 0,15 km<sup>2</sup> neu installiert. Um die 18,5 km<sup>2</sup> zu erreichen, die gemäss Szenario 3 bis 2050 eine fast vollständige Abkehr von fossilen Brennstoffen ermöglichen würden, wäre ein starker Impuls erforderlich. In diesem sparsamsten Szenario könnten die Stromimporte bis 2050 um mehr als die Hälfte sinken, was die Unabhängigkeit des Kantons im Energiebereich erhöhen würde.

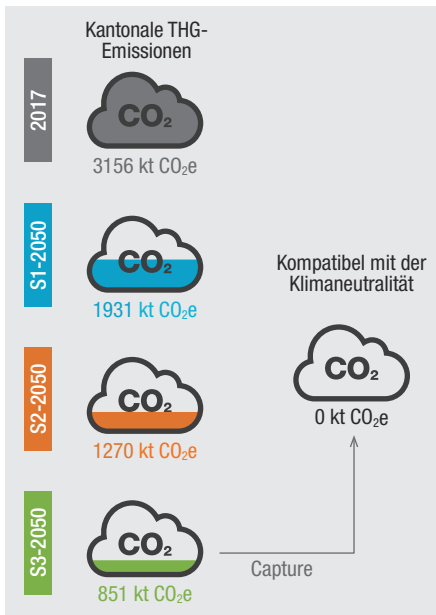
“ Der Ersatz von fossilen Energien durch erneuerbare Energien wird über eine massive Elektrifizierung des Energiesystems erfolgen. ”

### [F3] ENDENERGIEVERBRAUCH, WAADT, 2017 UND PROJEKTIONEN 2050



### [F4] ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIEDIENSTLEISTUNG WAADT 2017 UND PROJEKTIONEN 2050





### Treibhausgasemissionen: mehrere Indikatoren möglich

Treibhausgasemissionen können aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. In dieser Studie wurde der territoriale Ansatz gewählt. Grund dafür ist zum einen, dass die Klimaziele in der Regel auf dieser Ebene festgelegt und überwacht werden: Regierungen können auf ihrem eigenen Territorium direkter handeln. Zum anderen ist es so auch einfacher, sie zu verbuchen. Wenn ausserdem jedes Land die Klimaneutralität auf nationaler Ebene erreicht, dann wird sie auch auf globaler Ebene erreicht. Abgesehen davon gibt es Verhandlungen über die Verteilung der Kosten für die Bemühungen zwischen den Ländern<sup>1</sup>.

Wie dem auch sei: Man darf nicht vergessen, dass die Lebensgewohnheiten im Kanton wie auch in der Schweiz im Ausland fast doppelt so viele Treibhausgasemissionen verursachen wie im eigenen Land. Diese Emissionen entstehen vor allem bei der Einfuhr von Fertigwaren, Nahrungsmitteln und Getränken. Es gibt viele Möglichkeiten, sie zu reduzieren – vom Einkauf bei lokalen oder zumindest kontinentalen Anbietern bis hin zur Mässigung des Konsums.

<sup>1</sup> Die wichtigsten diskutierten Alternativen bestehen darin, die in der Atmosphäre akkumulierten Treibhausgase aus einer globalen Sicht und nach historischer Verantwortung sowie nach finanziellen Möglichkeiten zu verteilen

## TREIBHAUSGASEMISSIONEN UND KLIMANEUTRALITÄT

Mehr Energieeffizienz und weniger energieintensive Verhaltensweisen, kombiniert mit dem Ersatz von fossilen durch erneuerbare Ressourcen, würden die THG-Emissionen auf kantonaler Ebene reduzieren. Sie wären aber nicht ausreichend, um in den drei Szenarien bis 2050 klimaneutral zu werden.

Im Szenario 1 würde der Kanton Waadt im Jahr 2050 39% weniger THG ausstossen als im Jahr 2017. Die Emissionen würden im Szenario 2 um 60% und im Szenario 3 um 73% sinken<sup>5</sup>. Selbst in diesem sparsamsten Szenario sind es immer noch 850 kt CO<sub>2</sub>e, die im Jahr 2050 auf waadtländischem Boden ausgestossen werden. Daher wird die Energiewende wahrscheinlich nur durch eine Änderung der Praktiken und mehr Sparsamkeit möglich sein, da technische Lösungen allein nicht ausreichen dürften.

Im Jahr 2050 müsste das Waadtländer Energiesystem also den Energiebedarf decken, der zur Abscheidung des dann noch im Kanton emittierten CO<sub>2</sub> erforderlich ist, um die Klimaneutralität zu erreichen. Diese Herausforderung stellt zusammen mit den Kosten und den technischen und politischen Unwägbarkeiten eine erhebliche Einschränkung für einen umfangreichen Einsatz von Techniken zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung in der Schweiz und im Kanton dar.

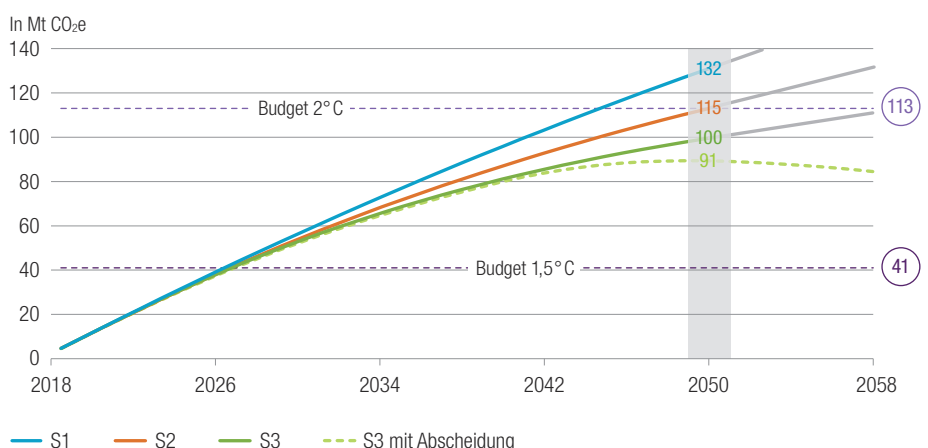
Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch einen geringeren Verbrauch und den Ersatz von fossilen durch erneuerbare Energien sollte daher weiterhin Priorität haben, während die Abscheidung nur als Ergänzung in Betracht gezogen werden kann.

## ANREICHERUNG VON TREIBHAUSGASEN

Das Erreichen der territorialen Klimaneutralität bis 2050 ist ein zwingend notwendiger Schritt, um die globale Erwärmung entsprechend den Verpflichtungen, die die Schweiz im Pariser Abkommen eingegangen ist, unter 1,5 °C zu halten. Die emittierten Treibhausgase reichern sich jedoch dauerhaft in der Atmosphäre an, und es wurde belegt, dass zwischen dieser Anreicherung und der globalen Erwärmung ein nahezu linearer Zusammenhang besteht. Es genügt also nicht, bis 2050 keine Treibhausgase mehr auszustossen. Die Emissio-

“ Die Energiewende wird wahrscheinlich nur durch eine Änderung der Praktiken und mehr Sparsamkeit möglich sein, da technische Lösungen allein nicht ausreichen dürften. ”

## [F5] KUMULIERTE TERRITORIALE TREIBHAUSGASEMISSIONEN, VAADT, 2018 BIS 2058



“ Der Zeitplan für die Umsetzung von Massnahmen zur Eindämmung der globalen Erwärmung ist ein zentrales Thema, denn je schneller diese umgesetzt werden, desto geringer ist die übermässige Konzentration von Treibhausgasen, die abgebaut werden muss ”

nen müssen auch rechtzeitig reduziert werden, damit die kumulierte Menge an Emissionen unterhalb des verbleibenden globalen CO<sub>2</sub>-Budgets bleibt.

Die kumulierten Treibhausgasemissionen im Kantonsgebiet der Waadt liegen in allen unserer Szenarien im Zeitraum 2018 bis 2050 deutlich über dem Schwellenwert, der mit einer Erwärmung von 1,5 °C vereinbar ist [F4]. Nur Szenario 3 würde die Einhaltung des CO<sub>2</sub>-Budgets ermöglichen, das mit einer Erwärmung von 2 °C kompatibel ist. Diese Überschreitung ist vor allem auf die Zeitspanne zurückzuführen, die für den Wandel des Energiesystems (Einsatz von erneuerbaren Energien und Energieeffizienzmassnahmen) und die Änderung unserer Gewohnheiten benötigt wird. Mit anderen Worten: Der Kanton Waadt wird nur dann einen Entwicklungspfad erreichen, der mit einer Erwärmung um 1,5 °C vereinbar ist, wenn seine Netto-Treibhausgasemissionen bis 2050 auf null sinken und danach auch langfristig, d. h. bis weit nach 2050, negativ bleiben. Mittel dazu werden bislang noch nicht voll ausgeschöpfte Massnahmen zur Energieeffizienz und zum sparsamen Umgang mit Energie sein, sowie potenzielle Abscheidelösungen, die noch entwickelt werden müssen.

Generell bestätigen diese Ergebnisse, dass der Zeitpunkt der Umsetzung von Massnahmen zur Eindämmung der globalen Erwärmung (Nutzung erneuerbarer Energien, Energieeffizienz, Suffizienz und Abscheidung) eine der zentralen Herausforderungen ist, denn je schneller die geschieht, desto geringer ist die übermässige Anreicherung von Treibhausgasen, die abgebaut werden muss. In Übereinstimmung mit der Arbeit des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) zeigen unsere Projektionen, dass nur ein sofortiger und tiefgreifender Wandel der Lebensweisen es ermöglichen würde, die Treibhausgase schnell genug zu reduzieren, damit ihre Summe bis 2050 das Budget nicht übersteigt, das der Schwelle von 1,5 °C entspricht.

## LEHREN UND HEBEL IN BEZUG AUF DAS ENERGIESYSTEM

Ein so komplexes Thema in einem so weit entfernten Zeithorizont zu behandeln, bedeutet unweigerlich, Vereinfachungen vorzunehmen und auf Vollständigkeit zu verzichten. Die Ergebnisse der hier zusammengefassten Studie zeigen aber dennoch eine Reihe von Erkenntnissen und Handlungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Energiewende auf.

### DAS ENERGIESYSTEM NEU AUFBAUEN

Die Energiewende des Kantons bedingt eine grundlegende Änderung des derzeitigen Energiesystems. Sie erfordert den Aufbau von neuen Bestandteilen dieses Systems, insbesondere um erneuerbare Energie zu erzeugen und zu verteilen, aber auch um das weiterhin emittierte CO<sub>2</sub> abzuscheiden. Zudem bedeutet die Verwirklichung dieses Übergangs, dass die derzeitigen Einrichtungen im Energiebereich angepasst werden müssen: Ein grosser Teil der verwendeten Geräte müsste durch effizientere und/oder mit erneuerbaren Energien betriebene Geräte ersetzt werden. All diese Anstrengungen werden bis 2050 Investitionen in Milliardenhöhe erfordern, die jedoch vor allem durch erhebliche Senkungen der Energiekosten aufgrund geringerer Importe fossiler Brennstoffe ausgeglichen werden.

Das Tempo und das Ausmass dieser Veränderungen werden von mehreren Faktoren beeinflusst. Als Beispiele seien hier die Lebensdauer der Anlagen, die Rahmenbedingungen, die Akzeptanz der verschiedenen gesellschaftlichen Akteure, die Finanzierungsmodalitäten, die Gewohnheiten und die Verfügbarkeit von Arbeitskräften genannt.



### SANIEREN

Die Verminderung des Energiebedarfs hängt stark von der Renovierung der Bausubstanz ab, mit der Wohn- und Geschäftsgebäude energetisch saniert werden sollen. Die wichtigsten Massnahmen sind Wärmedämmung und der Ersatz fossiler Heizanlagen durch erneuerbare Systeme.



### ELEKTRIFIZIEREN

Der Strombedarf im Kanton wird rasch ansteigen. Dieser Anstieg wird vor allem auf die Elektrifizierung von Fahrzeugen und den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen zurückzuführen sein. Mit der Installation von Photovoltaik-Solarpanels kann angemessen auf diese Herausforderung reagiert werden.

## SPARSAMERE LEBENSWEISEN

Strukturelle Veränderungen des Energiesystems werden alleine nicht ausreichen, um bis 2050 klimaneutral zu werden. Nur in Verbindung mit einem sparsameren Lebens- und Arbeitsstil wird der Energieverbrauch so weit sinken, dass die Produktion von erneuerbaren Energien bis 2050 ausreicht, um diesen Bedarf zu decken. Individuelle und kollektive Verhaltensänderungen sind deshalb starke Hebel.

**Verhaltensänderungen begleiten.** Die Last der Gewohnheiten wiegt schwer, wenn es um die Änderung von Routinen und Automatismen geht. Damit ein einzelner Mensch sein Verhalten in Bezug auf den Energieverbrauch ändern kann, muss er zunächst wissen, welche Auswirkungen sein Verbrauch hat. Dann muss er den Willen haben, sich zu ändern, und nicht zuletzt muss er auch über die Gelegenheit sowie die Fähigkeit dazu verfügen. Soziale Normen und Praktiken sind die wichtigsten Determinanten für individuelles Handeln, da sie den Rahmen dessen abstecken, was als wünschenswert betrachtet wird.

Die derzeitigen Praktiken könnten zu mehr Suffizienz tendieren, wenn die gegenwärtigen Trends gefördert und unterstützt werden. Individuelle Veränderungen können durch Anreize, Verpflichtungen und Verbote (Vorschriften), aber auch durch Informationen, Veränderungen in der Wahrnehmung der Gesellschaft oder durch die Erziehung und Sensibilisierung der jüngsten Mitglieder der Bevölkerung verstärkt werden.

**Gemeinsam nutzen.** Im Hinblick auf einen geringeren Verbrauch von Energieressourcen bei gleichbleibendem Lebenskomfort ist die Mutualisierung ein interessanter Ansatz. Dabei geht es darum, Eigentum nicht mehr privat, sondern gemeinsam zu nutzen. Die gemeinsame Nutzung und in einem weiteren Sinne die Suffizienz führen dazu, dass man über die tatsächlichen Bedürfnisse nachdenkt – beispielsweise darüber, wie man heizt, wie viel Wohnfläche man benötigt oder wie man sich fortbewegt und welche Distanzen man zurücklegt. Danach geht es darum, das Verhalten anzupassen, auf nicht unbedingt Notwendiges zu verzichten und trotzdem den gewählten Lebenskomfort beizubehalten. So wird unter anderem die Amortisationszeit von Ausrüstungen und Anlagen durch die gemeinsame Nutzung verkürzt.

## NACHHALTIG PRODUZIEREN, UM VON IMPORTEN WEGZUKOMMEN

Um von fossilen Brennstoffen und Atomkraft wegzukommen und gleichzeitig unsere Energieabhängigkeit zu verringern, ist die Produktion einheimischer erneuerbarer Energien unerlässlich.

Bis 2050 wird der Kanton mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht vollständig auf Energieimporte verzichten können. Die kantonalen Aktivitäten wären auch im Szenario 3, das erhebliche Investitionen und Verhaltensänderungen vorsieht, nicht vollumfänglich von fossilen Energieträgern befreit. Zudem müsste Strom importiert werden, um die saisonalen Schwankungen der einheimischen Produktion abzufedern, die bis 2050 noch nicht ihr volles Potenzial erreicht haben wird. Die Ungewissheit bezüglich der für den Import verfügbaren Energiemengen aus dem Ausland birgt das Risiko von Engpässen in den Wintern, in denen die Produktion von erneuerbaren Energien niedrig ist und ein hoher Energiebedarf, insbesondere für Heizzwecke, besteht.

**Sich von fossilen Brennstoffen verabschieden.** Der Verzicht auf fossile Brennstoffe ist nicht nur in Bezug auf die Treibhausgasemissionen positiv, sondern bietet auch andere Vorteile für die Energieversorgung. So sind seit Beginn des Krieges in der Ukraine Fragen in Bezug auf die Versorgungssicherheit ins Rampenlicht gerückt. Drohende Engpässe sowie steigende Energiepreise machen die Risiken eines Systems, das stark auf importierten Energieressourcen basiert, greifbar. A priori sollte die Produktion von erneuerbaren Energien im Kanton im Vergleich zu weiteren Importen rentabel sein, da die Strompreise steigen dürften.

Doch selbst wenn dies nicht der Fall sein sollte, wären die allfälligen zusätzlichen Kosten akzeptabel, da die Produktion von erneuerbaren Energien dazu beiträgt, sich gegen Preishocks und das Risiko eines Energie-Blackouts mit möglicherweise grösseren menschlichen und wirtschaftlichen Folgen zu wappnen.



### PRODUZIEREN

Die Energieerzeugung soll erneuerbar und lokal sein. **Wie rasch sie eingeführt wird und wie schnell sie sich verbreitet, wird darüber entscheiden, wie stark man von Importen und der Abscheidung von Treibhausgasen abhängig ist, um eine territoriale Klimaneutralität zu erreichen.** Allerdings bleiben die Möglichkeiten betreffend Import und Implementierung von Abscheidetechniken höchst ungewiss.



### BEGLEITEN

Der Entwicklungspfad der Energiewende hängt stark von den Regelungen ab, die eingeführt werden, um seine Konturen abzustecken. Die Koordination der zahlreichen Akteure auf internationaler, föderaler, kantonaler und kommunaler Ebene sowie die Dynamik des Systems stellen eine Herausforderung dar.



### SENSIBILISIEREN

Das Erreichen der Klimaneutralität erfordert die Unterstützung aller Teile der Gesellschaft. Information sowie Bildung sind somit zentral. Die Berücksichtigung der verschiedenen Akteure, die mit dem Energiebereich zu tun haben, aber auch der Bevölkerung und ihrer Wünsche ist unverzichtbar.



### FINANZIEREN

Die Finanzierung und Aufteilung der Investitionen für die Energiewende ist eine entscheidende Frage. Es muss ein Gleichgewicht gefunden werden, um das Budget der Haushalte nicht übermässig zu belasten und zugleich den wirtschaftlichen Wohlstand des Kantons zu bewahren.

**Strom importieren.** Neben dem Ersatz fossiler Energieträger hat die rasche Entwicklung von erneuerbaren Energien den Vorteil, dass sie die Abhängigkeit des Kantons von Stromimporten verringert, die unseren Schätzungen zufolge im Jahr 2023 immer noch 17% des Energieverbrauchs des Kantons ausmachen werden. Eine Verringerung dieser Abhängigkeit könnte jedoch notwendig sein, da die Energiemengen, die in den Kanton importiert werden können, abnehmen dürften.

**Einfuhr von erneuerbaren Gasen und Biotreibstoffen.** Einige Energieträger wie Wasserstoff, flüssige Biokraftstoffe oder Biogas könnten bei der Dekarbonisierung des Güterverkehrs oder bestimmter Industrieprozesse von grossem Nutzen sein. Da das Produktionspotenzial dieser Alternativen zu fossilen Energieträgern auf Schweizer Boden jedoch begrenzt ist, wird ihre Nutzung stark von den Importkapazitäten abhängen. Die Schweiz ist nicht das einzige Land, das sich für diese Lösungen zur Dekarbonisierung ihres Energiesektors interessiert.

**Lokal und nachhaltig produzieren.** Erneuerbare Energien sind unbestritten weniger umweltschädlich als fossile Brennstoffe. Ihre Produktion ist aber nicht neutral und kann die natürlichen und menschlichen Umgebungen beeinträchtigen. Um erneuerbare Energien zu erzeugen, werden zudem natürliche Ressourcen und Platz benötigt. Dies schadet den Ökosystemen, die «Dienstleistungen» für uns Menschen erbringen. Solche Ökosystemleistungen bilden die Grundlage unseres heutigen Lebensstils (Nahrung, Schutz usw.) und spielen eine wichtige Rolle bei der Eindämmung des fortschreitenden Klimawandels (Kohlenstoffsinken, Wasserkreislauf usw.).

Die Berücksichtigung der Ökosysteme bedeutet, bezüglich der Energie systemisch und in Kreisläufen zu denken. Deshalb sollten die erforderlichen Abwägungen im Zusammenhang mit einem Ausstieg aus den fossilen Energieträgern auch Überlegungen zur Höhe des Energiebedarfs umfassen, der gedeckt werden muss. Anders ausgedrückt geht es darum, unseren Energieverbrauch zu priorisieren und zu versuchen, nicht unbedingt Notwendiges zu vermeiden: Eine zusätzliche Einheit nicht verbrauchte Energie ist grundsätzlich besser als eine zusätzlich zu produzierende Einheit, auch wenn diese erneuerbar ist (DGE, 2021)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Buri A. & Martin M.-J. (2023). Transition énergétique dans le canton de Vaud à l'horizon 2050. Lausanne: Statistique Vaud. Diese Studie wurde im Juni 2023 veröffentlicht. Ihre Projektionen wurden somit vor der Einführung des Waadtländer Klimaplan der nächsten Generation durchgeführt.

<sup>2</sup> Die Abbildungen stammen aus Schätzungen, die für diese Studie durchgeführt wurden (Quelle: eigene Berechnungen), mit Ausnahme von Abbildung 2, deren Quelle das Bundesamt für Energie (BFE) ist.

<sup>3</sup> Im Folgenden wird der Indikator THGE verwendet, wenn es um Treibhausgase geht, die mit dem Energiesystem verbunden sind.

<sup>4</sup> CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) sind eine Masseinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung verschiedener Treibhausgase (THG).

<sup>5</sup> Die prozentualen Reduktionen werden hier im Vergleich zu 2017 angegeben. Die Ziele des Waadtländer Staatsrats, die im Klimaplan validiert wurden, haben demgegenüber wie das Pariser Abkommen das Referenzjahr 1990.

<sup>6</sup> DGE - Direction générale de l'environnement (2021). Conception cantonale de l'énergie - CoCEn. [Vom Staatsrat am 19. Juni 2019 verabschiedet.] Vaud. Lausanne: Canton de Vaud.

**Datenquelle:** StatVD. OFS. OFEN.

## Weitere Informationen

Die vollständige Studie und ihre verschiedenen Formate (Infografik, Videoclip) finden Sie auf unserer Webseite: <https://www.vd.ch/stat-prosp-energie>



### VERBINDEN

Das Profil der Akteure, die mit dem Energiesystem verbunden sind, wird sich in Zukunft verändern, insbesondere durch die Dezentralisierung der Energieerzeugung aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Energien. Diese veränderten Nutzungen führen zu einem höheren Bedarf an Verbindungen. Die Netze müssen flexibler werden, um sich insbesondere den Produktionsschwankungen bestimmter Energieträger anzupassen.



### REKRUTIEREN

Die tiefgreifenden Veränderungen des Energiesystems erfordern Know-how und qualifizierte Arbeitskräfte. Angesichts des bereits bestehenden Fachkräftemangels sind die Ausbildung und Rekrutierung ebenso wie die Aufwertung von Arbeitsplätzen in diesem Bereich von grösster Bedeutung.



### ERHALTEN

Die Anpassungsfähigkeit des Kantons und jeder anderen Region an den Klimawandel hängt von der Qualität der natürlichen Ökosysteme ab, die wichtige Kohlenstoffsinken darstellen. Die Erhaltung der natürlichen Lebensräume muss bei den Abwägungen im Zusammenhang mit der Energiewende weiterhin mit ihrem vollen Gewicht berücksichtigt werden.



Diese Zusammenfassung sowie die vollständige Studie werden unter der redaktionellen Verantwortung von Statistique Vaud veröffentlicht. Die geäußerten Meinungen sind die der Autorinnen und Autoren und widerspiegeln nicht die Position des Kantons Waadt.