Sachplan Energie

—

Juli 2017



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'énergie SdE
Amt für Energie AfE

—

Direction de l'économie et de l'emploi **DEE**
Volkswirtschaftsdirektion **VWD**

Sommaire

1. Einleitung 8

2. Energieversorgung 16
2.1 Erneuerbare Energie 16
2.1.1 Wasser 18
2.1.2 Wind 26
2.1.3 a Solarwärme 39
2.1.3 b Solarstrom 45
2.1.4 Geothermie und Umweltwärme 53
2.1.5 Holz 66
2.1.6 Biomasse/Biogas 73
2.2 Abwärme 79
2.2.1 ARA 79
2.2.2 Industrie 84
2.2.3 Kehrrichtverbrennungsanlagen 87
2.3 Nicht erneuerbare Energie 91
2.3.1 Fossile Energie 95
2.3.1a Kohle 95
2.3.1b Erdöl 97
2.3.1c Erdgas 101
2.3.2 Kernkraft 109

3. Energieverbrauch 116
3.1 Elektrizität 116
3.2 Wärme 124
3.3 Verkehr 129

4. Energieumwandlung 140
4.1 Heizkessel 142
4.2 Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) 144
4.3 Wärmepumpe (WP) 148
4.4 Brennstoffzelle 150
4.5 Turbine 151
4.6 Thermische Sonnenkollektoren 152
4.7 Solarzellen 156

5. Energietransport 162
5.1 Stromnetz 162
5.2 Gasnetz 171
5.3 Fernheizung 174

6. Energiespeicherung 184

7. Energieeffizienz 194
7.1 Gebäude 194
7.2 Industrie 199

8. Energiestrategie 206

9. Organisation 214



Vorwort



Olivier Curty, Conseiller d'Etat | Staatsrat
Directeur de l'Economie et de l'emploi (DEE)
Volkswirtschaftsdirektor (VWD)

Sie halten ein spannendes und aufschlussreiches Dokument in Händen. Seit einigen Jahren rückt die Energiefrage immer mehr ins Zentrum des öffentlichen Interesses. Angesichts der bereits spürbaren Auswirkungen der Klimaerwärmung ist es offensichtlich, dass wir uns von der Abhängigkeit von schädlichen fossilen Energiequellen befreien müssen.

Doch wie sieht die Lage im Kanton Freiburg aus? Wie will er seinen Teil zur laufenden Energiewende beitragen? Mit welchen Mitteln und auf welche Weise?

Der Sachplan in Ihren Händen beantwortet genau diese Fragen. Er bietet einen Überblick über die Art und Weise, wie der Staat seine Energiestrategie aus dem Jahr 2009 umsetzen und insbesondere wie er die einheimischen und erneuerbaren Energiequellen vermehrt nutzen will.

Im Vorfeld wurde eine Detailplanung aufgestellt, bei der die Interessen zwischen den verschiedenen Politikbereichen sorgfältig gegeneinander abgewogen wurden. Übrigens bestätigen die im Hinblick auf dieses Dokument durchgeführten Untersuchungen, dass die gesetzten Ziele durchaus erreichbar sind. Die Ergebnisse des Sachplans werden somit in den neuen kantonalen Richtplan aufgenommen.

Der bisherige Sachplan Energie datiert aus dem Jahr 2002. Die neue Ausgabe stellt einen grossen Entwicklungsschritt dar, dies insbesondere in Bezug auf die Technologien im Bereich der Windenergie, der Geothermie und der Sonnenenergie.

Die breite Zustimmung der Bevölkerung zur Energiestrategie 2050 des Bundes, die am 21. Mai 2017 mit 58,2 % Ja-Stimmen abgesegnet wurde, lässt den vorliegenden Sachplan in einem neuen Licht erscheinen. Das Abstimmungsresultat zeigt, dass die Schweizer – und besonders die Freiburger Bevölkerung mit einem Ja-Anteil von 63 % – die Energiewende voll und ganz unterstützen.

Der Sachplan Energie des Kantons Freiburg stellt somit die Roadmap dar, die auf die Anforderungen unserer Zeit, aber auch auf die Erwartungen unserer Bevölkerung eingeht. Es lohnt sich, darin zu schmökern. Denn das Dokument richtet sich nicht bloss an Spezialisten. Seine Verfasser haben es didaktisch ausgestaltet mit zahlreichen erläuternden Grafiken, die sich an ein breites Publikum richten. Und dies ist nicht seine einzige Tugend.

Der Sachplan lässt keine Zweifel offen: Der Kanton Freiburg weiss genau, welche Rolle er im Hinblick auf die Energiewende spielen will, die für die heutigen und künftigen Generationen von zentraler Bedeutung ist.

Ich wünsche Ihnen eine angenehme Lektüre.





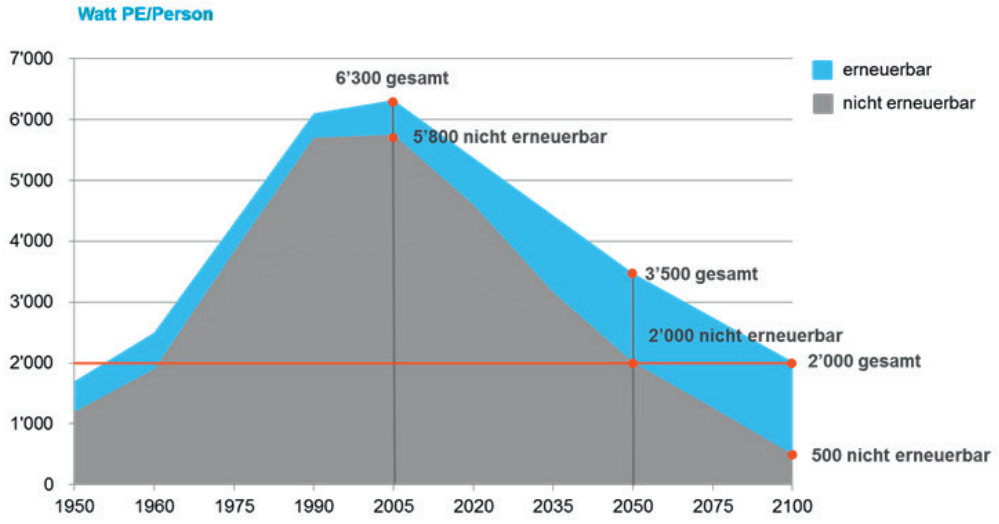
1. Einleitung

1. Einleitung

Der Sachplan Energie ist eines der wichtigsten Instrumente der kantonalen Energieplanung und entspricht einer Anforderung des kantonalen Energiegesetzes.[1] Er stellt ein Inventar der bestehenden Infrastrukturen auf, beurteilt das verfügbare Energiepotenzial, legt für jede Energiequelle fest, welches Gebiet sich am besten für sie eignet, und dient als Grundlage für das Thema «Energie» des kantonalen Richtplans, der für die öffentlichen Körperschaften verbindlich ist. In diesem Zusammenhang werden neben allgemeineren Themen namentlich die Wasserenergie, die Windenergie, die Geothermie, die Biomasse, die Holzenergie, die Solarwärme, die Photovoltaik, die Nutzung von Abwärme und die Energieverteilung behandelt.

Dieses Dokument ersetzt den Sachplan Energie aus dem Jahr 2002.

Seit 2002 hat sich die Lage im Energiebereich grundlegend verändert (vgl. Kasten 1). Die 2009 vom Staatsrat festgelegte Energiestrategie des Kantons Freiburg zielt darauf ab, die 4000 -Watt-Gesellschaft bis 2030 und die 2000 -Watt-Gesellschaft bis 2100 zu erreichen (zurzeit 6000 W). Die mit dieser Strategie verfolgte Vision ist immer noch aktuell. Was die Vorgehensweise betrifft, müssen die jüngsten Ereignisse und Entscheidungen zur Energiestrategie 2050 des Bundes berücksichtigt und diese neue Phase der Energiewende umgesetzt werden. Das Ziel des vorliegenden Sachplans ist es folglich, für das Gebiet des Kantons Freiburg die Grundlagen dazu zu legen.



Entwicklung des durchschnittlichen Verbrauchs pro Person gemäss dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft. Quelle: AfE, Bericht «Energiestrategie»

[1] **Art. 7** Sachplan
[1] Die Direktion erstellt einen Sachplan Energie.
[2] Der Sachplan führt unter anderem die Gebiete auf, die für die Nutzung bestimmter Energieträger besonders geeignet sind, und legt die Nutzungsprioritäten fest.
[3] Die Ergebnisse des Sachplans werden in den kantonalen Richtplan integriert.

Der Begriff der «Energiewende» bezieht sich in der Schweiz auf den Zeitraum von 2011 bis 2035 respektive 2050 (vgl. Kasten 2). In diesem Zeitraum wird sich unser Energiemodell grundlegend verändern. Das Schreckgespenst versiegender fossiler Energiequellen, die Risiken aufgrund der Klimaerwärmung, der Atomunfall von Fukushima und die geopolitischen Risiken haben die Energielandschaft stark verändert. Vor diesem Hintergrund gilt es, unsere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu senken und schrittweise aus der Kernenergie auszusteigen. Gleichzeitig nimmt unser Gesamtenergieverbrauch weiter zu, auch wenn sich diese Zunahme langsam stabilisiert.

Damit die Energiewende gelingt, ist innerhalb einer sehr kurzen Frist von 20 bis 30 Jahren Folgendes nötig:

- Die Anstrengungen müssen bei gleichbleibenden Leistungen sowohl die Energieeffizienz als auch die Genügsamkeit betreffen.
- Die Nutzung neuer und insbesondere erneuerbarer Energiequellen muss gefördert werden.
- Die Übertragung, die Verteilung und die Speicherung von Energie müssen überdacht werden.
- Die Rahmenbedingungen, die den Energiemarkt beherrschen, müssen angepasst werden.

Die Herausforderungen sind strategischer, sozioökonomischer, ökologischer und klimatischer Art. Im Einzelnen gilt es also:

- eine hohe Versorgungssicherheit zu wahren und zwar nicht nur hinsichtlich der Elektrizität nach Stilllegung der Kernkraftwerke, sondern auch hinsichtlich der Treib- und Brennstoffe;
- einen für alle erschwinglichen Energiepreis aufrechtzuerhalten;
- die Auswirkungen auf die Natur und die Landschaft zu minimieren und dabei auch die betroffene Bevölkerung zu berücksichtigen;
- unsere Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Wie der vorliegende Sachplan zeigt, gibt es Lösungen. Es wird jedoch sehr schwierig sein, alle Kriterien einzuhalten, die sich teils gegenseitig ausschliessen. Die verschiedenen Interessengruppen und politischen Parteien werden trotz ihrer unterschiedlichen Meinungen Kompromisse finden müssen, was die Prioritäten und die Gewichtung der verschiedenen Kriterien betrifft.

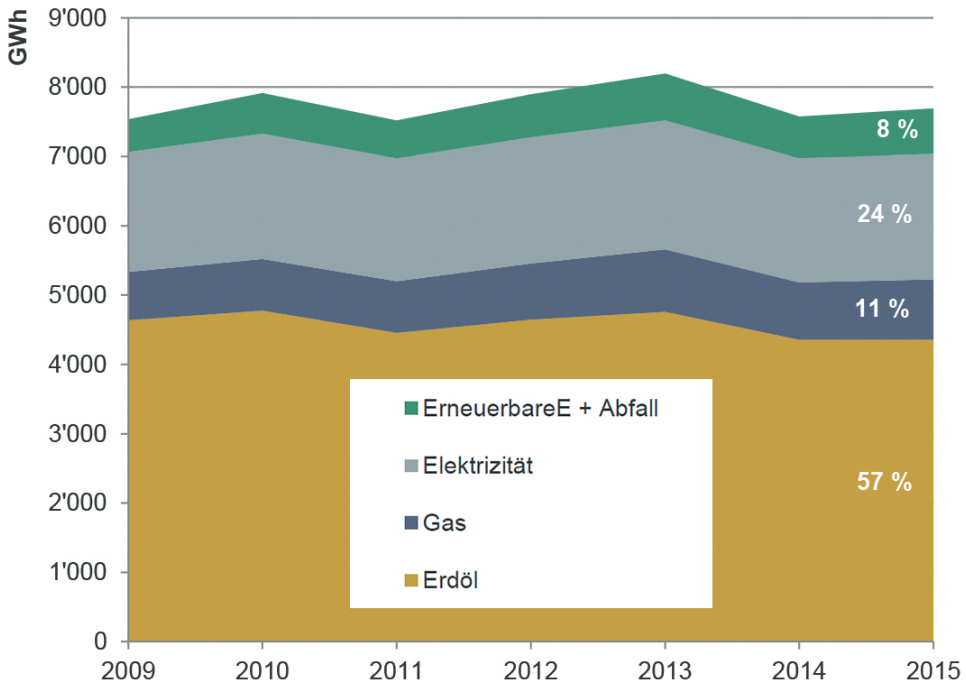
NB: Die Energiestrategie des Kantons Freiburg aus dem Jahr 2009 legt ihre Ziele für das Jahr 2030 fest, während die Energiestrategie 2050 des Bundes einen Meilenstein für 2035 festlegt. Im vorliegenden Sachplan wird der Zeitraum 2030-2035 als derselbe Zeithorizont mit den gleichen Zielen behandelt, die ohnehin approximativ sind.

Das Amt für Energie veröffentlicht regelmässig einen Bericht über die aktuelle Lage des Kantons im Energiebereich [1]. Mit diesem Dokument wird die Entwicklung verfolgt und die Wirkung der in der neuen Energiestrategie festgelegten Massnahmen überprüft. Somit zeigt es auf, wie weit die Entwicklung auf dem Zielpfad liegt.

1. Einleitung

–

Die untenstehende Grafik zeigt beispielsweise die Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Kanton:



Quellen: BFE, AfE

Die kantonalen Massnahmen sind in den nationalen und internationalen Kontext eingebettet. Die untenstehenden Kästen enthalten genauere Angaben dazu.

Kasten 1: Internationaler Kontext

Der Weltenergieverbrauch hat in den vergangenen Jahrzehnten ständig zugenommen (+40 % zwischen 1990 und 2010). Die Zunahme hat sich in den letzten zehn Jahren sogar noch verstärkt (durchschnittlich +2,5 % pro Jahr). Gemäss den jüngsten Prognosen könnte sich diese Entwicklung noch fortsetzen und die Zunahme könnte zwischen 2010 und 2040 über 50 % betragen, falls nichts unternommen wird, um den Trend umzukehren. Beim CO_2-Ausstoss sieht es nicht besser aus. Seit 1990 beträgt die Zunahme 49 %. Seit 2010 gibt es einige wichtige Ereignisse und Elemente, die hervortreten. Darunter ist insbesondere der Schiefergasboom in den Vereinigten Staaten zu erwähnen, der den Erdgaspreis fallen liess, der Entscheid der Organisation erdölexportierender Länder (OPEC), die Produktion nicht zu bremsen, was zur Folge hatte, dass der Erdölpreis unvermittelt einbrach, die Konjunkturflaute in Europa und China, die zu einer sinkenden Energienachfrage in diesen Regionen führte, das grosse Angebot an billiger Kohle, die tiefen Preise für CO_2-Zertifikate, die es ermöglichen, in Europa billigen Strom zu erzeugen, und ein umgekrempelter Strommarkt aufgrund des guten Wachstums der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (Sonnenenergie, Windkraft, Biomasse). In der Europäischen Union (EU) verfolgt die Energiepolitik drei grosse Leitlinien: die Versorgungssicherheit, die Wettbewerbsfähigkeit und die Nachhaltigkeit.

Die klima- und energiepolitischen Ziele der EU sind in der untenstehenden Grafik zusammengefasst.

Ziele	2020	2030	2050
Treibhausgasemissionen	-20 %	-40 %	-80 % bis -95 %
Energieanteil aus erneuerbaren Quellen	20 %	27 %	
Verbesserung der Energieeffizienz	20 %	27 % bis 30 %	

Der «Energiefahrplan 2050: ein sicherer, wettbewerbsfähiger und CO_2-armer Energiesektor ist möglich» beschreibt die Massnahmen, um diese Ziele zu erreichen. Zwei Aktionsbereiche für die Umsetzung der europäischen Energiepolitik sind vorrangig: einerseits die Förderung der Energieeffizienz und des Energiesparens und andererseits die Entwicklung der erneuerbaren Energien (Windkraft, Sonnenenergie, Wasserkraft, Meeresenergie, Geothermie, und Energie aus Biomasse sowie Biobrennstoffe). Im Bereich Energieeffizienz und Energiesparen wird das Gewicht besonders auf folgende Punkte gelegt:

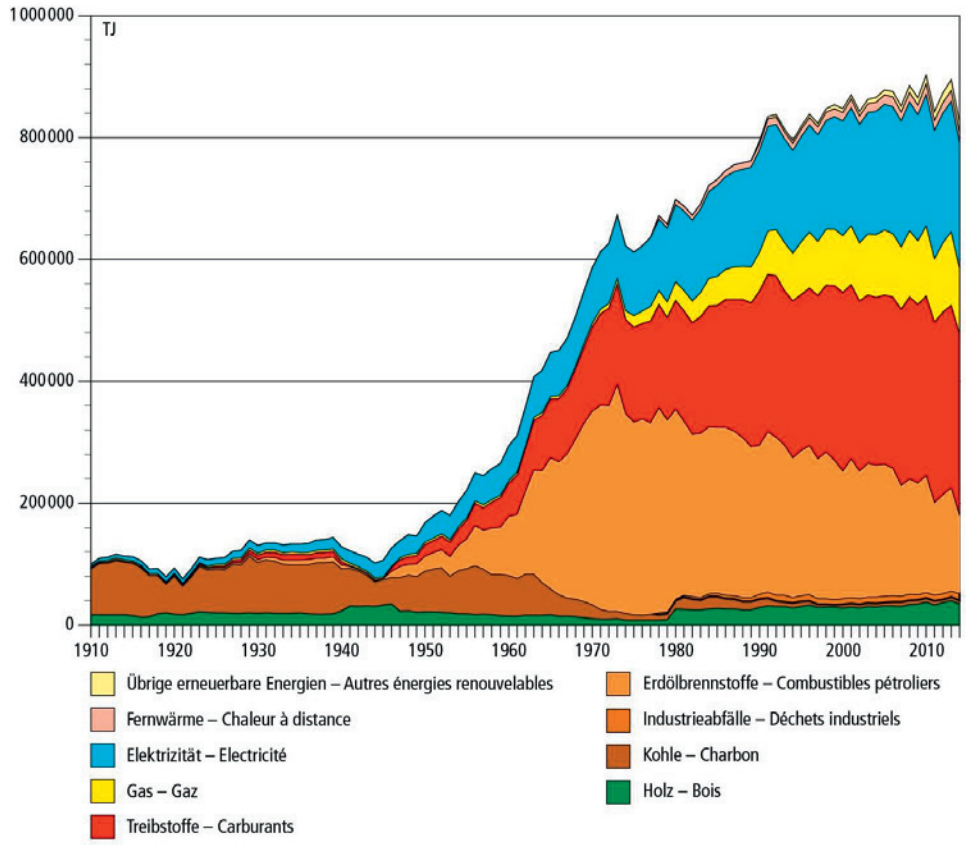
- energetische Gebäudesanierung;
- Wärme-Kraft-Kopplung und die effiziente Fernwärme und Fernkälte;
- Durchführung von Energieaudits bei Grossunternehmen;
- Einführung intelligenter Netze und Geräte zur Verbrauchsmessung sowie Bereitstellung genauer Informationen über Energieabrechnungen.

1. Einleitung

–

Kasten 2: Nationaler Kontext

Seit dem Ende des zweiten Weltkriegs nahm der Energieverbrauch in der Schweiz stark zu und zwar bis zur ersten Erdölkrise 1973. Danach nahm die Zuwachsrate im Laufe der Jahre langsam ab und tendiert seit etwa der Mitte der 2000er-Jahre zu einer Stabilisierung, wie die untenstehende Grafik zeigt.



Endenergieverbrauch in der Schweiz nach Energieträgern aufgeteilt. Quelle: BFE

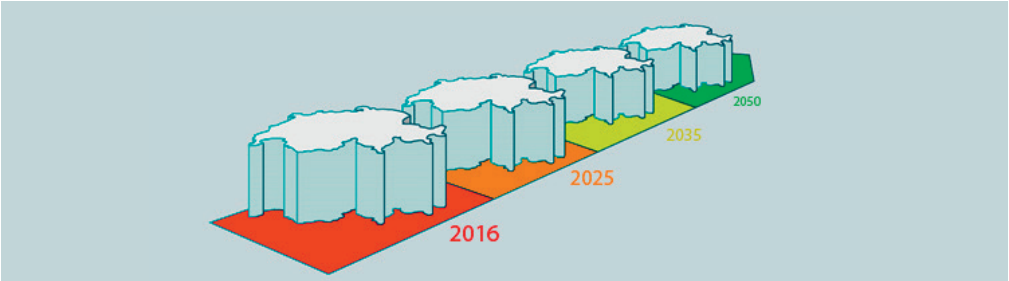
Im Anschluss an den Atomunfall von Fukushima vom 11. März 2011 haben der Bundesrat und das Bundesparlament den schrittweisen Atomausstieg beschlossen. Folglich müssen die fünf bestehenden Kernkraftwerke in der Schweiz am Ende ihrer Betriebszeit stillgelegt werden, ohne durch neue ersetzt zu werden. Dieser Entscheid setzt voraus, dass das Schweizer Energiemodell radikal geändert wird. Deshalb wurde die Energiestrategie des Bundes revidiert. Die ursprüngliche Strategie, die sich auf Energieperspektiven für das Jahr 2035 stützte, wurde geändert und mit einem Zeithorizont bis 2050 versehen. Die Ziele dieser neuen Energiestrategie 2050 wurden im Bewusstsein, dass sie die hohe Versorgungssicherheit, von der die Schweiz bis heute profitiert hat, nicht gefährden dürfen und dass sie eine weiterhin preisgünstige Energieversorgung gewährleisten müssen, wie folgt formuliert:

- Der durchschnittliche Endenergieverbrauch pro Person muss bis 2035 gegenüber dem Jahr 2000 um 43 % gesenkt werden.

- Der durchschnittliche Stromverbrauch pro Person muss bis 2035 gegenüber dem Jahr 2000 um 13 % gesenkt werden.

- Die durchschnittliche Stromproduktion aus neuen erneuerbaren Energiequellen (ohne Wasserkraft) muss 2035 mindestens 11,4 TWh betragen.

- Die theoretische durchschnittliche Stromproduktion aus Wasserkraft muss 2035 mindestens 37,4 TWh betragen.



Die wichtigsten Handlungsfelder der Energiestrategie 2050 lassen sich also wie folgt zusammenfassen:

- Reduktion des Energie- und Stromverbrauchs durch Anreize für ein sparsames Energie- und Strommanagement dank verstärkter Massnahmen zur Effizienzsteigerung;

- Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien durch eine Erhöhung der Produktion aus Wasserkraft und neuen erneuerbaren Energien;

- Entwicklung der Übertragungsnetze und Umbau hin zu intelligenten Netzen («Smart Grids») mit einer optimalen Anbindung an das europäische Übertragungsnetz;

- Entwicklung von Lösungen für die Energiespeicherung;

- Verstärkung der Forschung im Energiebereich;

- Vorbildfunktion des Bundes, der Kantone, Städte und Gemeinden;

- Verstärkte internationalen Zusammenarbeit im Energiebereich.

In diesem Zusammenhang hat das Bundesdepartement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) ein erstes Massnahmenpaket ausgearbeitet, das sich zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 auf die aktuellen Verfassungsgrundsätze abstützt. Am 30. September 2016 hat das Bundesparlament dieses erste Massnahmenpaket verabschiedet, das eine vollständige Revision des Energiegesetzes sowie den Erlass von elf weiteren Bundesgesetzen vorsieht. Gegen dieses Paket ist ein Referendum zustande gekommen, sodass am 21. Mai 2017 darüber abgestimmt wurde. Das Stimmvolk hat sich bei dieser Gelegenheit klar für die neue Strategie ausgesprochen, die mit 58,2 % und im Kanton Freiburg sogar mit 63,2 % Ja-Stimmen angenommen wurde. Die Gesetzesänderungen treten folglich auf den 1. Januar 2018 in Kraft.

- [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016





2. Energieversorgung

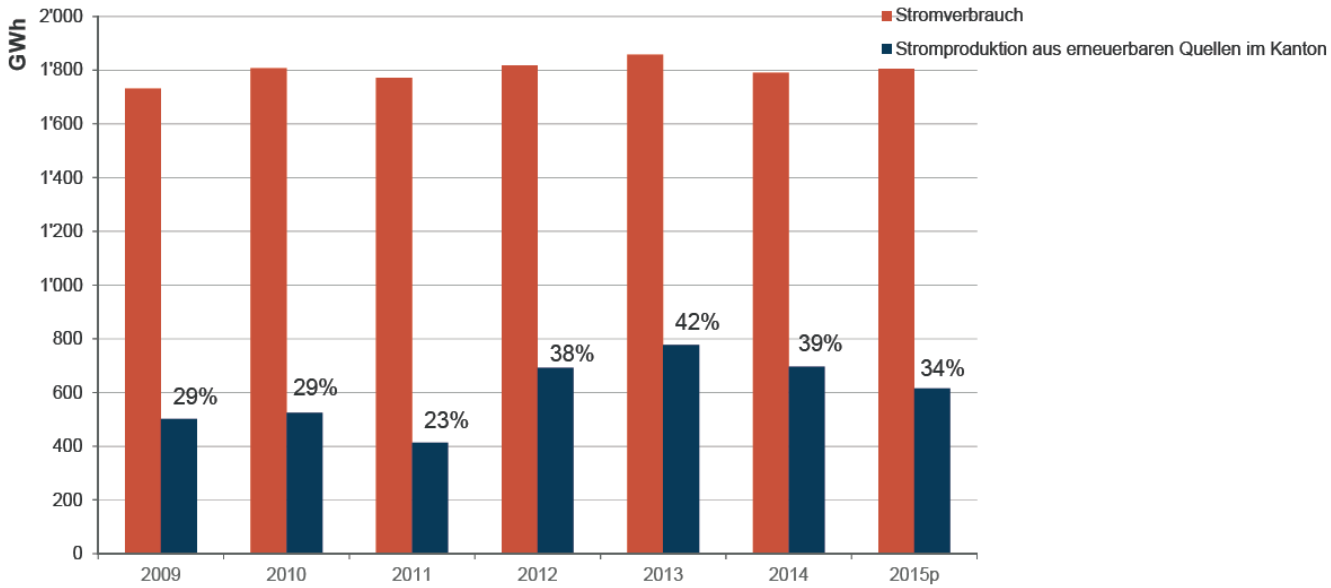
2. Energieversorgung

2.1 Erneuerbare Energie

Einleitung

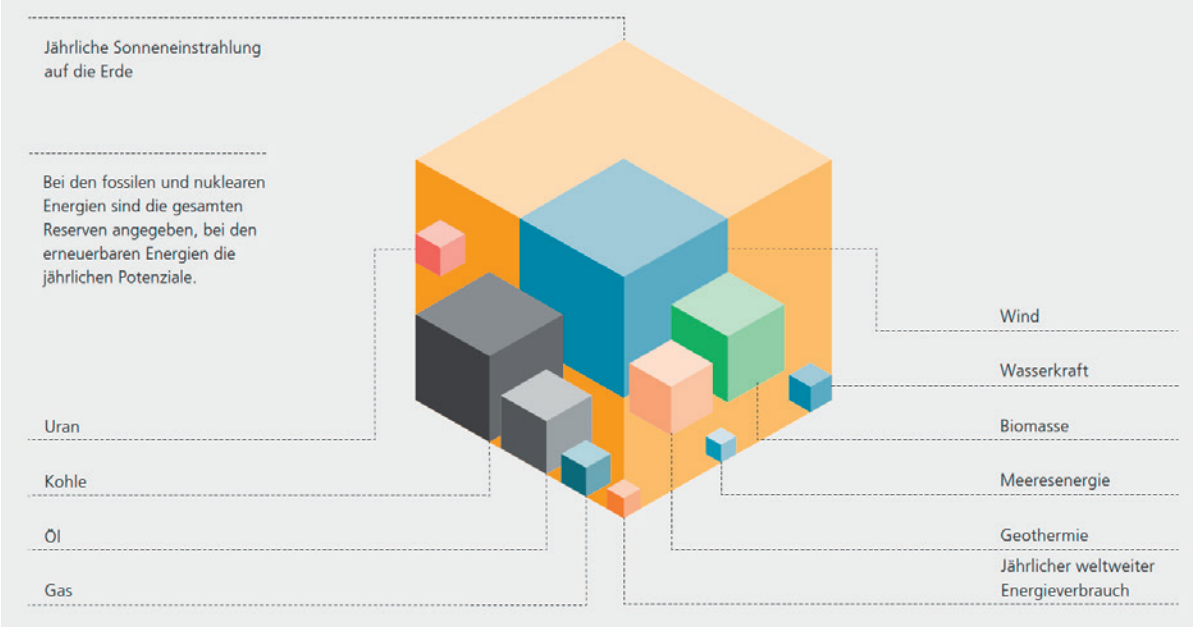
Per Definition bezeichnet erneuerbare Energie einen Energieträger, der sich natürlicherweise regeneriert bzw. erneuert und dessen Erneuerungsprozess (z. B. das Wachstum der Bäume für das Holz) so rasch erfolgt, dass der Rohstoff im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts als unerschöpflich eingestuft wird [1]. Die erneuerbaren Energien [3] umfassen im Wesentlichen die Sonnenstrahlung, die Windenergie (Windkraft), die Wasserkraft, die Biomasse (insbesondere Holz) und die natürlicherweise in der Umgebung (in der Luft, im Wasser und im Boden) vorhandene Wärme. Die erneuerbaren Energien werden es ermöglichen, vom aktuellen Energiemodell wegzukommen, das die fossilen Energiereserven (hauptsächlich Erdöl und Gas) stark beansprucht, was grosse Auswirkungen auf unsere Umwelt hat und uns vom Ausland abhängig macht. Sie ebnen den Weg für einen Übergang zu einem nachhaltigeren Energiemodell und bieten zudem Chancen für die schweizerische und regionale Wirtschaft [2, 5].

Im Jahr 2015 deckte die Produktion aus erneuerbaren Energien im Kanton etwa einen Drittel des Stromverbrauchs (34 %) und 20 % des Wärmeverbrauchs. Im Bereich der Mobilität ist ihr Anteil immer noch verschwindend klein. Der erneuerbare Anteil am Endenergieverbrauch im Kanton Freiburg beträgt insgesamt also nur 15 %.

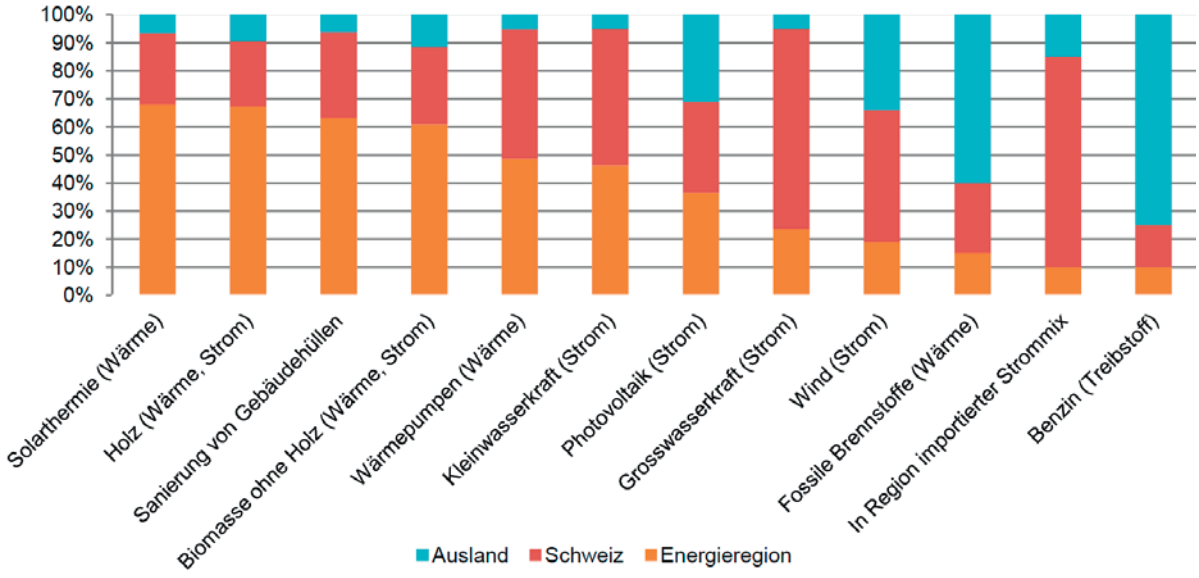


Entwicklung der Produktion und des Verbrauchs von 2009 bis 2015. Quelle: AfE/ StatA

Das Potenzial der erneuerbaren Energien ist jedoch deutlich grösser als das Potenzial der fossilen Energien. Darüber hinaus ermöglichen es die erneuerbaren Energien, insbesondere auf regionaler Ebene den Wertschöpfungsanteil zu steigern. Dies zeigt eine Studie [2], die die Erfolgsfaktoren und die regionalökonomischen Potenziale für die Entwicklung einheimischer Energien untersucht hat.



Das Potenzial der erneuerbaren Energien ist auf globaler wie auf regionaler Ebene bedeutend. Quelle: Swissolar (2015) [4]



Wertschöpfungsanteile in der Energieregion (in der Studie von RegioSuisse analysierte Regionen), in der Schweiz und im Ausland. Quelle: RegioSuisse et al. (2012) [2]

Die folgenden Kapitel behandeln die verschiedenen erneuerbaren Energiequellen, die im Kanton Freiburg von Bedeutung sind.

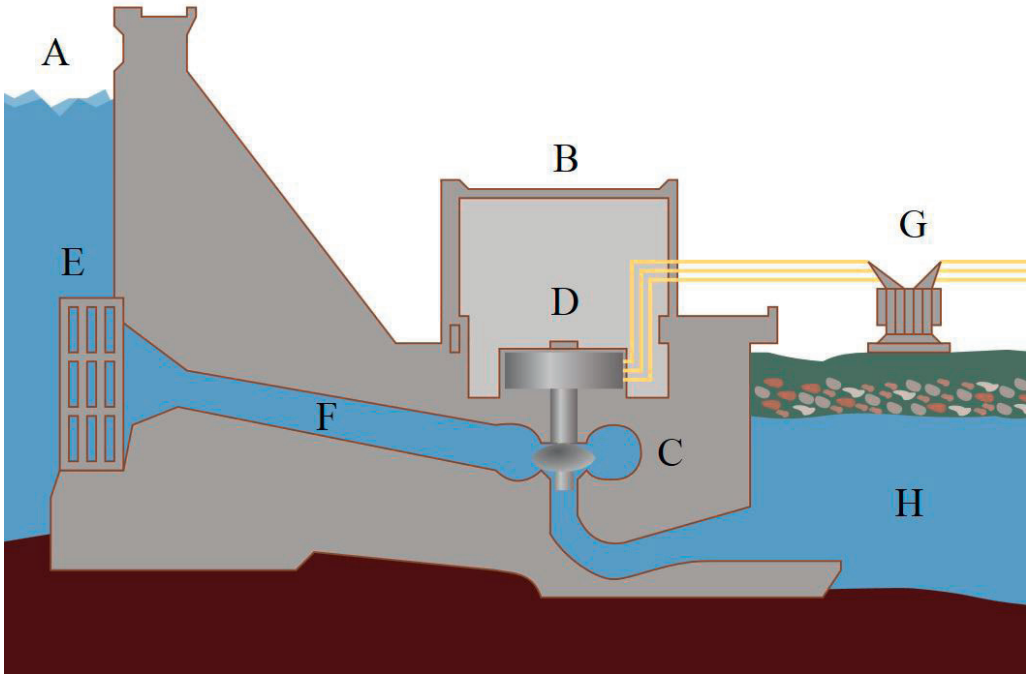
Bibliografie

- [1] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [2] ARE, BLW, BFE, SECO und RegioSuisse: Regionalökonomische Potenziale und Erfolgsfaktoren für den Aufbau und Betrieb von Energieregionen, September 2012
- [3] Energieverordnung (EnV) vom 7. Dezember 1998 (Stand am 1. Januar 2016)
- [4] Swissolar. Wärme und Strom mit der Kraft der Sonne, 2015
- [5] BFE, Volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz, Januar 2013

2.1.1 Wasser

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Der Mensch nutzt die Wasserkraft bereits seit Jahrtausenden, um sich die Arbeit zu erleichtern. Doch die eigentliche Blütezeit der Wasserkraft zur Stromerzeugung setzte erst zwischen 1945 und 1970 ein. In dieser Zeit wurden die grössten Speicheranlagen und im Unterland zahlreiche neue Laufkraftwerke erstellt. Bis zu Beginn der 1970er-Jahre stammten fast 90 % der inländischen Stromproduktion aus Wasserkraft. Die Zunahme des Verbrauchs hat zum Bau anderer Produktionsanlagen geführt (Kernkraftwerke), sodass die Wasserkraft im Jahr 2016 noch etwa 56 % des Strombedarfs deckt. Auch die Wasserkraft hat sich ständig weiterentwickelt und ist nach wie vor unsere wichtigste einheimische Quelle erneuerbarer Energie [1].



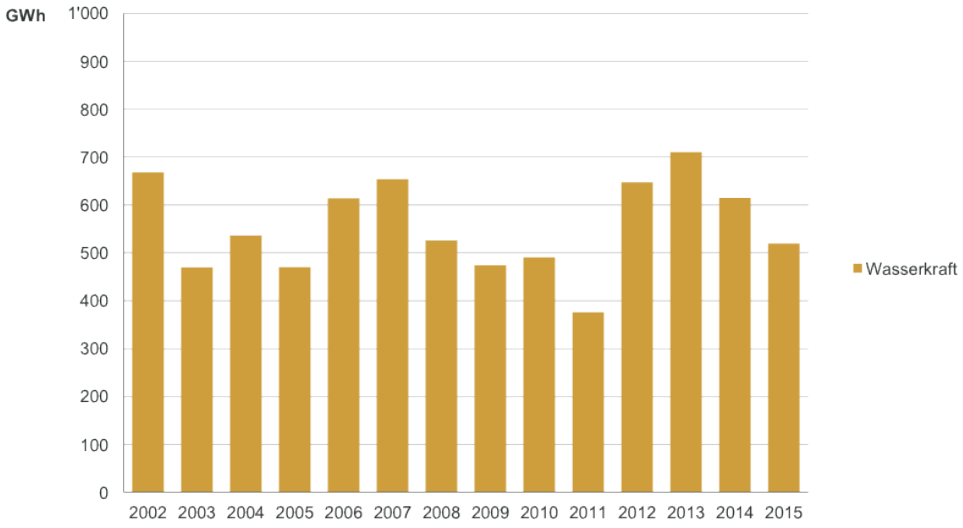
Schema eines Wasserkraftwerks.
> A: Speicherbecken > B: Maschinenhaus > C: Turbine > D: Generator > E: Schieber
> F: Druckleitung > G: Transformator und Hochspannungsleitungen > H: Fluss

«Hydroelectric dam-letters» von: Tomia — eigenes Werk. Lizenz: CC BY 2.5 via Wikimedia Commons

Eine Wasserdruckleitung führt vom Speicherbecken zum Maschinenhaus. Aufgrund der Höhendifferenz zwischen der Wasseroberfläche und dem Maschinenhaus steht das Wasser in der Leitung unter Druck. Dieser Druck wird genutzt, um die Turbine in Bewegung zu setzen. Aus der potentiellen Energie wird kinetische Energie. Und schliesslich wird die kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt.

Dank den visionären Ideen des Ingenieurs Guillaume Ritter vom Ende des 19. Jahrhunderts wurden im Kanton Freiburg ab 1910 die ersten Grossprojekte von Wasserkraftanlagen realisiert. Mehrere Wasserkraftwerke des Kantons werden über Druckleitungen gespiesen. Die erste Anlage des Kantons aus dem Jahr 1910 ist die Staumauer Magerau, in der Stadt Freiburg, die das Kraftwerk Ölberg mit Wasser aus dem Pérolles-See versorgt. Kleinwasserkraftwerke (Anlagen mit einer Leistung von unter 10 MW) haben in der Schweiz eine lange Tradition. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren bereits rund 7000 derartige Anlagen in Betrieb. Das erste Wasserkraftwerk von Charmey wurde beispielsweise 1893 gebaut. Mit der Verfügbarkeit von günstigem Strom aus Grosskraftwerken wurden jedoch viele Kleinwasserkraftwerke stillgelegt. Im Jahr 2008 waren nur noch 1000 übrig, die zusammen 10 % des Stroms aus Wasserkraft produzieren. Seither wurden neue Förderprogramme angestossen, dank denen über 1200 neue Projekte eingereicht wurden. Bis Ende 2015 sind daraus 466 neue Kleinwasserkraftwerke entstanden, die heute in Betrieb sind [2].

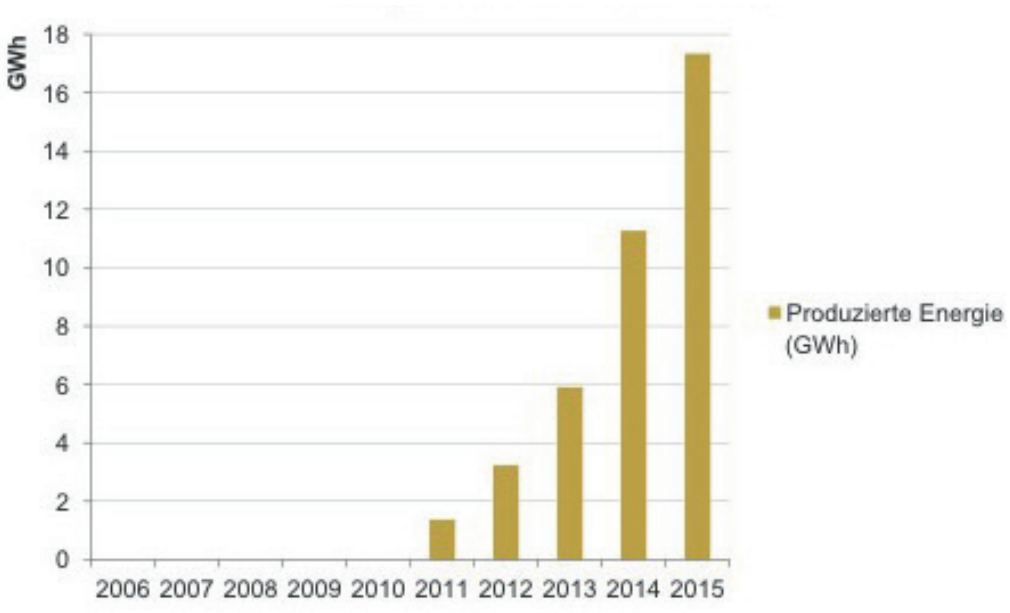
In den letzten Jahren haben die Wasserkraftwerke des Kantons im Schnitt jährlich etwa 600 GWh Strom produziert. Dies entspricht etwa 90 % der Stromproduktion im Kanton und einem Drittel des gesamten Stromverbrauchs [3].



Stromproduktion aus Wasserkraft im Kanton Freiburg. Quelle: AfE/StatA

Die jährliche Stromproduktion hängt direkt von der Niederschlagsmenge ab (z.B. war 2011 ein besonders trockenes Jahr und 2013 ein besonders feuchtes).

Dank der neuen Förderprogramme auf Bundesebene konnten auch Freiburger Projekte realisiert werden: Bis 2015 konnten 11 Projekte umgesetzt und in Betrieb genommen werden, die pro Jahr 17 GWh Strom erzeugen [3].



Neue Kleinwasserkraftwerke im Kanton Freiburg; Quelle: AfE

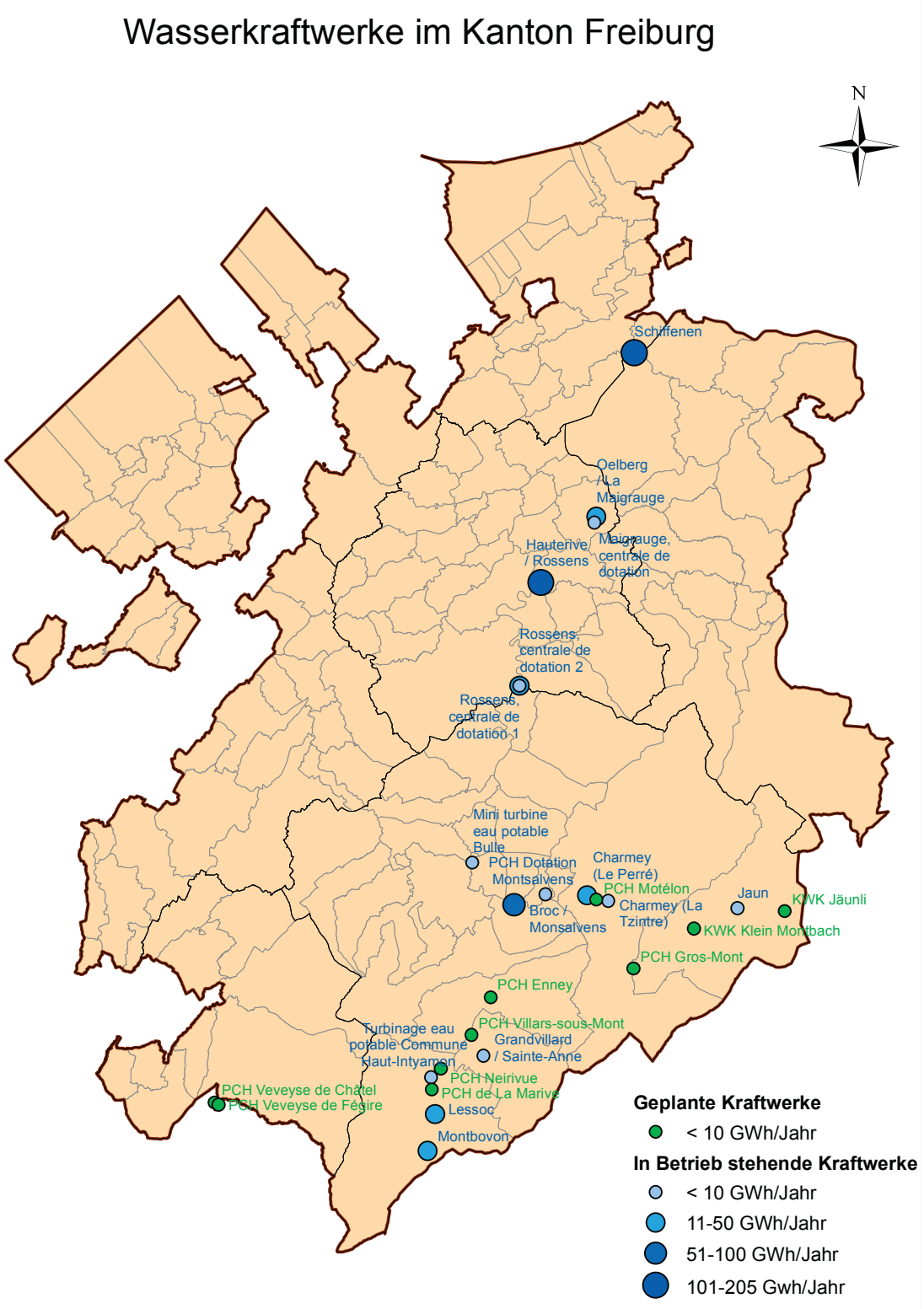
Die wichtigsten Wasserkraftanlagen des Kantons Freiburg:

Kraftwerk/Stauwerk	Inbetriebnahme und letzter Umbau	Leistung [MW]	Produzierte Energie [GWh/Jahr]
Hauterive/Rossens/Greyerzersee	1902/1948	57.50	205.00
Schiffenen/Schiffenensee	1964	49.92	133.40
Broc/Montsalvens/Montsalvens-See	1921/1988	23.50	70.00
Ölberg/Magerau/Pérolles-See	1910/1980	16.90	50.00
Lessoc-See	1973	8.00	22.00
Charmey (Le Perré)	1893/1982/2013	4.50	18.90
Montbovon / Rossinière / Vernex-See	1896/1972	6.36	17.60
Rossens, Dotierkraftwerk 2	2005	1.60	11.00
Grandvillard/Sainte-Anne	1999	2.90	6.50
Magerau, Dotierkraftwerk	1870/1952	0.55	4.00
Charmey (La Tzintre)	2012	0.86	3.50
Jaun	1982	0.36	2.32
Rossens, Dotierkraftwerk 1	1976	0.67	1.63
Dotierkraftwerk Montsalvens	2013	0.20	1.20
Trinkwasserturbinierung Gemeinde Haut-Intyamon	2007	0.16	1.20
Trinkwasserturbinierung Vaucens	2011	0.016	0.11

Ein Dutzend Kleinwasserkraftprojekte für eine geschätzte Stromproduktion von 30 GWh/Jahr wird zurzeit geprüft.



Standort der Wasserfassung für das Projekt Vivisbach von Châtel-St-Denis. Quelle: Greenwatt



Die Storymap des BFE zeigt, wo sich die Schweizer Wasserkraftanlagen mit einer Leistung über 300 kW befinden und durch welche Zuflüsse sie gespiesen werden (http://www.bfe-gis.admin.ch/storymaps/WK_WASTA)

Potenzial

Eine Produktionssteigerung kann insbesondere durch die Modernisierung einzelner bestehender Anlagen und den Bau neuer Kleinwasserkraftwerke erreicht werden. Im kleinen Rahmen kann eine Trink- oder Abwasserdruckleitung die gleiche Funktion wie eine Druckleitung eines Grosswasserkraftwerks haben. Durch den Einbau einer kleinen Turbine am Ende der Leitung kann Strom produziert werden.

Das Entwicklungspotenzial wird auf etwa 50 GWh/a geschätzt, dies entspricht etwa einem Zehntel der heutigen Gesamtproduktion [4]. Das Ausbaupotenzial berücksichtigt auch mehrere Anlagen im Trinkwassernetz und im Abwassernetz. Einer Studie des BFE aus dem Jahr 2012 zufolge verfügt der Kanton Freiburg abhängig von den Nutzungsbedingungen über ein Potenzial für Kleinwasserkraft von 40 GWh/a [5].



Staumauer von Schiffenen. Quelle: Groupe E

Ausserdem gibt es ein Projekt der Groupe E, das den Bau eines Stollens zwischen dem Schiffenensee und dem Murtensee sowie die Stromproduktion in einem unterirdischen Kraftwerk in der Nähe des Murtensees vorsieht und das etwa 158 GWh/Jahr im Kanton produzieren könnte. Davon müssten jedoch etwa 55 GWh pro Jahr abgegeben werden, da die Wasserkraftwerke an der Aare durch die Umleitung in den Murtensee weniger Wasser aus der Saane erhalten. Mit diesem Projekt könnte das aktuelle Produktionsvolumen des Schiffenenwerks beinahe verdoppelt werden [7]. Die Anlage würde ausserdem einen besseren Schutz der Umwelt unterhalb der Talsperre der Saane bieten. Es ist interessant zu wissen, dass ein ähnliches Projekt bereits im Bulletin Nr. 43 der Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles aus dem Jahre 1953 im Einzelnen beschrieben wurde. In diesem Artikel wird ausserdem das Kraftwerksprojekt Schiffenen-Murten erwähnt, das im Richtplan des Saanebeckens aufgeführt wird, der 1913 von Hans Maurer, dem damaligen Chefingenieur der industriellen Betriebe des Kantons Freiburg, aufgestellt wurde.

Gemäss der Energiestrategie 2050 beträgt das gesamtschweizerische Steigerungspotenzial bei der Wasserkraft je nach den Nutzungsbedingungen 1500 bis 3200 GWh/a [5]. Im neuen Energiegesetz des Bundes vom 30. September 2016 wurde das Produktionsziel für 2035 bei der Wasserkraft auf 37 400 GWh festgelegt, was dem Mindestwert der Potenzialspanne (Zunahme um 1500 GWh pro Jahr) entspricht. Alle oben erwähnten Potenziale zusammen ergeben unter Berücksichtigung ihrer gegenseitigen Einflüsse ein zusätzliches Potenzial von etwa 198 GWh/a für den Kanton Freiburg und 143 GWh/a für die Schweiz. Dies entspricht einem Beitrag von 9,5 % zum nationalen Produktionsziel.Wasser kann auch zum Wärmen genutzt werden, wie etwa für Raumwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe oder zum Kühlen von Prozessen oder Gebäuden {vgl. Kapitel 2.1.4 Geothermie und Umweltwärme}.

Strategie

Die Strategie des Staatsrats lautet wie folgt :

- Das Wasserkraftpotenzial des Kantons bestmöglich ausschöpfen.
- Projekten den Vorzug geben, die angesichts der Menge der produzierten Energie die Umwelt wenig beeinträchtigen.
- Bestehende Anlagen, die die Umwelt beeinträchtigen, gemäss der kantonalen Planung sanieren.

Hierfür müssen verschiedene Bedingungen beachtet werden und zwar:

- muss sichergestellt werden, dass das verbleibende hydroelektrische Potenzial, das den Fliessgewässern nicht schadet, effizient genutzt werden kann;
- müssen die nicht beeinträchtigten Gewässer und solche mit grossem ökologischem Potenzial geschützt werden.

Die Produktionssteigerung bei der Wasserkraft muss sich nach den folgenden Prioritäten richten:

- Bestmögliche Steigerung der Energieeffizienz der bestehenden Kraftwerke;
- Turbinierung des Trinkwassers;
- Bau von Kleinwasserkraftwerken an den Wasserläufen.

Die Verwaltung von grossen Wasserkraftwerken muss koordiniert werden und zwar insbesondere mit:

- der kantonalen Planung zur Revitalisierung der Wasserläufe;
- der kantonalen Planung der Sanierungsmassnahmen im Bereich Schwall, Sunk und Fischwanderung;
- der anderweitigen Nutzung des Wassers.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Ökologische Auswirkungen:

Der Bau von Kleinwasserkraftwerken und ihre Verbreitung auf dem Kantonsgebiet können für natürliche Fliessgewässer eine Bedrohung darstellen.

Der vom Staatsrat verabschiedete Bericht «Beurteilung und Bewirtschaftung der Wasserkraft im Kanton Freiburg» [4] liefert alle Informationen über die erforderlichen Verfahren und die Ausschluss- und Beurteilungskriterien für neue Kleinwasserkraftwerke. Der Bericht enthält auch eine Karte der von einer Nutzung ausgeschlossenen Gewässer. Jedes neue Projekt wird gestützt auf diese Kriterien geprüft.

Der Bericht betrifft ausschliesslich Gesuche für neue Konzessionen für Kleinwasserkraftwerke (< 10 MW) an Fliessgewässern. Der Bau von überirdischen Druckleitungen beeinträchtigt die Landschaft. Auch die Umleitung eines Flusses durch eine Leitung verändert die Ökologie des Fliessgewässers. Die Anträge für sehr kleine Kleinwasserkraftwerke ohne Anschluss ans Stromnetz (z. B. Alpwirtschaften) werden von Fall zu Fall beurteilt, Ausnahmen von den entwickelten Vorgehen sind möglich. Der Bericht behandelt keine Infrastrukturanlagen (Trinkwasser, Abwasser).

Drei verschiedene Verfahren laufen parallel ab und müssen koordiniert werden: das Konzessionsgesuch, das Baubewilligungsgesuch und das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen. Für Projekte mit einer installierten Leistung von über 3 MW wird eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVP) verlangt.

Die jüngsten Gesetzesänderungen auf Bundesebene verlangen neue Massnahmen im Bereich Schwall, Sunk und Fischwanderung. Zwischen 2013 und 2014 wurden mehrere Studien durchgeführt, die zum Schluss kamen, dass alle an der Saane befindlichen Anlagen zwischen 2020 und 2030 saniert werden müssen [6].

Wirtschaftlicher Nutzen:

Die Wasserkraftnutzung besitzt ein Marktvolumen von über 1,8 Milliarden Franken (bei 5 Rp./kWh ab Werk) und stellt somit einen wichtigen Zweig der schweizerischen Energiewirtschaft dar.

Dies bedeutet auf den Kanton Freiburg bezogen, dessen Wasserkraftwerke 600 GWh produzieren, dass das Marktvolumen auf etwa 30 Millionen Franken pro Jahr geschätzt werden kann. Bezüglich der Arbeitsplätze sind der Groupe E zufolge etwa 100 Personen direkt im Bereich der Stromproduktion aus Wasserkraft tätig.

Politische Auswirkungen:

Der Ausbau der Wasserkraft hat einen Einfluss auf andere Politikbereiche, namentlich die Umwelt sowie den Wasser-, Tier-, Natur- und Landschaftsschutz. Der gesetzliche Rahmen und die kantonale Strategie nehmen Rücksicht darauf.

Bibliografie

- [1] BFE. Themenseite «Wasserkraft» der Website. Bern, 2016
- [2] SSES. Zeitschrift «Erneuerbare Energien» Nr. 6, Dezember 2015
- [3] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016
- [4] Tiefbauamt. Beurteilung und Bewirtschaftung der Wasserkraft im Kanton Freiburg. Freiburg, 2010
- [5] BFE. Wasserkraftpotenzial der Schweiz: Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050. Bern, 2012
- [6] Tiefbauamt. Planification stratégique de l'assainissement des cours d'eau. Freiburg, 2014
- [7] Projektdaten Groupe E. Freiburg, 2014

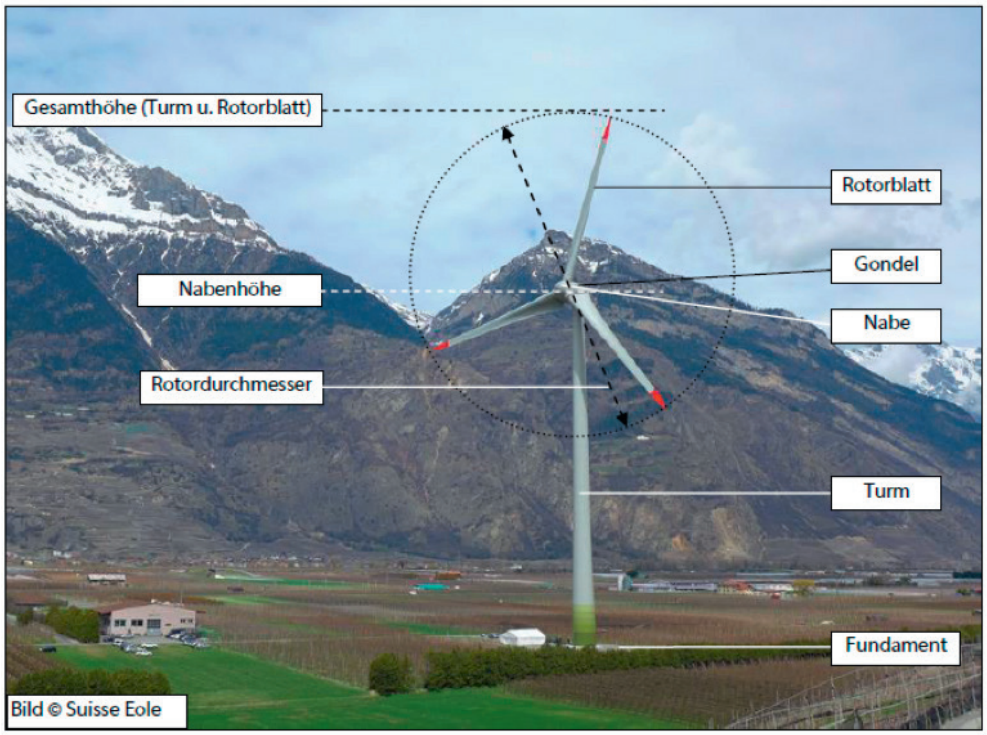
2.1.2 Wind

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Seit Jahrhunderten nutzt der Mensch die Windenergie. Der Wind half ihm, die Ozeane zu überqueren, Getreide zu mahlen und Maschinen anzutreiben. Nach der Kraft der Nutztiere ist die Windenergie die älteste vom Menschen genutzte Energieform: erst zur Fortbewegung (Segeln, später Ballonfahrt), dann zur Verrichtung von mechanischer Arbeit (Windmühlen, Sägereien, Pumpen) und heute vor allem zur Erzeugung von Elektrizität. Dies war nur dank dem technologischen Fortschritt und der damit verbundenen Forschung möglich.

Eine Windenergieanlage nutzt die im Wind enthaltene kinetische Energie und wandelt diese mit dem Rotor erst in mechanische und dann über einen Generator in elektrische Energie um. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Technik und damit auch die Grösse und Leistungsfähigkeit der Windenergieanlagen rasch entwickelt. Die heute in der Schweiz gängige Windenergieanlage hat einen Rotordurchmesser von rund 100 Metern, eine Nennleistung von 2 bis 3 MW und je nach Standort eine Turmhöhe zwischen 80 und 120 Metern. Vereinzelt sind Projekte in Entwicklung, die Anlagen mit einer Turmhöhe von 150 m vorsehen. Die Verwendung von hohen Türmen ermöglicht es, die starken und regelmässigen Winde zu erreichen, die über den bodennahen Schichten wehen und somit nicht vom Relief oder anderen Hindernissen gestört werden.

Im Übrigen ist die Windkraft eine von der Sonnenenergie abgeleitete Energieform, da Wind durch die unterschiedlich starke Sonnenbestrahlung der Erdoberfläche und die dadurch entstehenden Temperatur- und Druckunterschiede ausgelöst wird. Die Luft ist ausserdem auch ohne Wind eine Energiequelle, da sie von Wärmepumpen als Wärmequelle genutzt werden kann {vgl. Kapitel 4.3 Wärmepumpe}.



Bestandteile einer Windenergieanlage am Beispiel der Anlage von Charrat (VS).

Die erste an das Stromnetz angeschlossene Windenergieanlage der Schweiz wurde in Langenbruck am 28. April 1986, zwei Tage nach dem Atomunfall von Tschernobyl, in Betrieb genommen. Diese Anlage hatte Signalwirkung, denn sie veranschaulichte, wie eine nachhaltige Stromversorgung in Zukunft aussehen könnte. Trotz einer bescheidenen Leistung (0,028 MW) ist sie heute noch in Betrieb.

Von 2001 bis 2016 hat sich der Standort des Mont Crosin im Berner Jura entwickelt. Er ist heute der grösste Windpark der Schweiz mit 16 Anlagen, von denen bereits mehrere durch neue ersetzt wurden. Die Leistung des Windparks beträgt 37 MW bei einer Jahresproduktion von knapp 75 GWh.

Doch die Windenergienutzung entwickelt sich in der Schweiz nur sehr schleppend. Im Jahr 2015 waren 34 Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 60 MW in Betrieb, die 2015 Strom in der Höhe von 110 GWh produziert haben (dies entspricht dem Verbrauch von 31 430 Haushalten beziehungsweise der Städte Neuenburg und Freiburg zusammen) [1].

Die bestehenden Windenergieanlagen decken folglich nur 0,15 % des nationalen Strombedarfs, so dass die Schweiz bei der Stromproduktion aus Windenergie weit hinter seinen europäischen Nachbarn liegt (Österreich verfügt beispielsweise über eine 25-Mal höhere Leistung). Dieser Anteil ist angesichts des grossen Potenzials der Windenergie (vgl. weiter unten) sehr bescheiden. Die Website www.wind-data.ch bietet eine Karte aller Windenergieanlagen, die in Betrieb sind, sowie viele weitere Informationen wie etwa eine Windkarte der Schweiz.

Der Begriff Windpark ist ziemlich subjektiv und hängt vom Beobachter und von der Landschaft ab (Topografie, Vegetation, Infrastruktur). Als Windpark wird gewöhnlich eine Gruppe von Grosswindan-

lagen bezeichnet, die zusammen über 10 GWh Strom pro Jahr produzieren und nicht mehr als 1,5 km voneinander entfernt liegen.



Windpark Gütsch (UR). Quelle: Suisse Eole

Im Kanton wurde bisher noch keine bedeutende Windenergieanlage realisiert.

Im Jahr 1999 wurde das Entwicklungspotenzial für Windenergieanlagen analysiert. Diese Analyse ergab sieben Standorte, die sich für die Windenergienutzung eignen. Sie wurden im Jahr 2002 in den kantonalen Richtplan aufgenommen (Schwyberg, Salette, Corbettaz, Les Plannes, Euschelspass, Vounetz und Gros Plané). Aufgrund der technologischen Entwicklung im Bereich der Windenergie und der Neubewertung bestimmter Kriterien für Windenergieanlagen wurde 2008 ein neuer Kriterienkatalog aufgestellt und im Windenergiekonzept des Kantons Freiburg festgehalten. Der kantonale Richtplan wurde revidiert: Die vorgesehenen Standorte befinden sich vor allem in den Voralpen. Zwei Standorte werden als günstig bezeichnet (Schwyberg und Les Paccots) und für sechs weitere Standorte sind ergänzende Analysen nötig.

Die kantonale Energiestrategie aus dem Jahr 2009 [3] bezeichnet den Schwyberg als vorrangig und geht von einer Stromproduktion von 36 GWh ab 2012 aus. Das von der Groupe E Greenwatt SA getragene Projekt ist in der Tat das am weitesten fortgeschrittene Vorhaben, steckt aber weiterhin in langwierigen Rechtsverfahren aufgrund verschiedener Einsprachen.



Möglicher Windparkstandort Schwyberg. Quelle: AfE

Von 2012 bis 2014 wurde eine neue Evaluation des Windpotenzials des Kantons Freiburg durchgeführt [4], um sie der technologischen Entwicklung der Anlagen anzupassen, aber auch um die gesetzlichen Einschränkungen für die betroffenen Gebieten besser zu berücksichtigen (Raumplanung, Siedlung und Infrastrukturen, Kulturgüterschutz, Natur und Landschaft, Umwelt, Wald, Wild, Vögel, Gewässer, Militär und Luftfahrt). Die für die Windkraft potenziell interessanten Gebiete wurden nur berücksichtigt, wenn sie die Anforderungen der anderen Politikbereiche erfüllen. Im Rahmen dieser Studie wurde keine Interessenabwägung vorgenommen. Das bedeutet, dass die Energie systematisch einberechnet wurde, wenn die Voraussetzungen dafür gegeben waren

Von 2016 bis 2017 wurden die Untersuchungen gestützt auf die Evaluation des Windpotenzials aus dem Jahr 2014 fortgesetzt. Die neue Studie [5] hatte zum Ziel, die für die Entwicklung der Windkraft potenziell interessanten Gebiete auf dem Kantonsgebiet abzustecken. Mit Hilfe einer Negativplanung wurden zuerst alle Standorte eliminiert, die von Ausschlusskriterien betroffen waren. Über eine Positivplanung wurden danach die Gebiete gewählt, die die öffentlichen Interessen am besten miteinander vereinbaren. Das Vorgehen und die Resultate werden im Folgenden dargelegt.

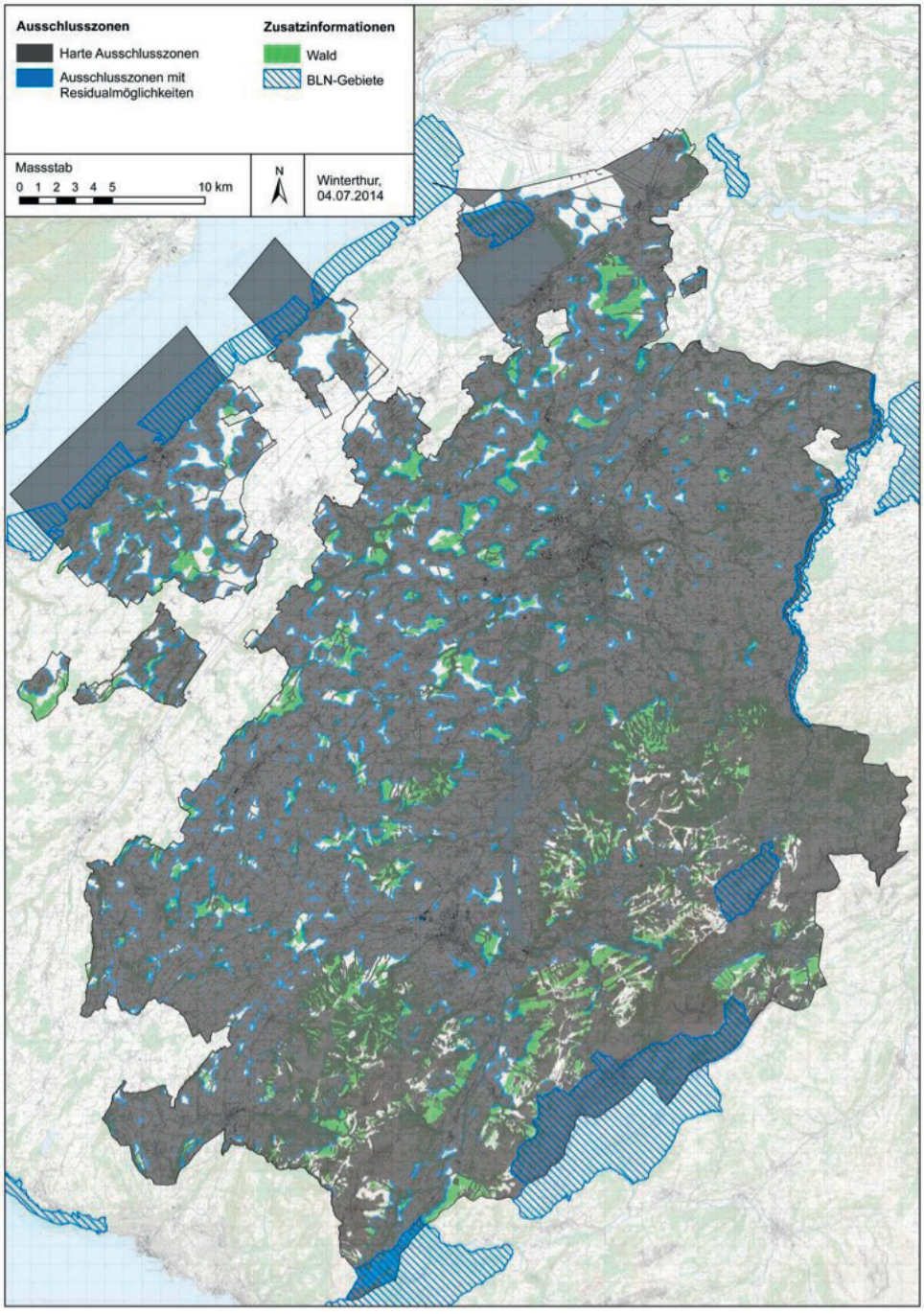
Potenzial

In der Schweiz würde das theoretische Windpotenzial 88 % des landesweiten Strombedarfs (2013) decken [2]. Dieses Potenzial wird jedoch durch zahlreiche, ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Kriterien beschränkt.

Anfang 2016 haben bereits vierzehn Kantone eine Windenergieplanung aufgestellt, die eine Gesamtproduktion von 3,1 TWh bis 2035 vorsieht. 557 Windenergieanlagen haben vom Bund eine Zusicherung über Förderbeiträge für eine Produktion von 2 TWh erhalten und 334 weitere Anlagen standen auf der Warteliste (+1,4 TWh).

Auf kantonaler Ebene ermöglichte es die Studie aus dem Jahr 2014 [4], die Gebiete zu definieren, die sich für Windparkprojekte eignen. Dabei kamen Ausschlusskriterien aufgrund gesetzlicher Einschränkungen in Verbindung mit anderen Politikbereichen sowie komplementäre Kriterien zur Anwendung. Entgegen dem Windkonzept aus dem Jahr 2008 sind Waldgebiete nicht mehr systematisch ausgeschlossen. Stattdessen ist vorgesehen, die nationalen Schutzgebiete im Wald und Waldreservate von Fall zu Fall zu prüfen. Folglich müssen Alternativen zu Waldstandorten geprüft werden, d.h. eine Interessenabwägung zwischen Varianten mit Standorten im Wald und Varianten mit Standorten ausserhalb des Walds muss stattfinden, um die Standortgebundenheit festzustellen. Falls Rodungen nötig sind, müssen die gesetzlichen Bedingungen für die Gewährung einer Bewilligung erfüllt werden.

Die folgende Karte zeigt das Resultat der Flächenanalyse: Ausschlussgebiete (dunkelgraue und blaue Flächen) und die theoretisch geeigneten Gebiete (weisse und grüne Flächen).



Gemäss der oben stehenden Karte wird die Windenergie, die im Kanton Freiburg theoretisch gewonnen werden könnte, wenn sämtliche Potenzialflächen mit Windenergieanlagen bebaut würden, auf 4,1 bis 4,7 TWh geschätzt. Dies ist mehr als doppelt so viel wie der jährliche Stromverbrauch im Kanton (1,8 TWh). Unter Berücksichtigung technischer Einschränkungen sowie aus Gründen betreffend Akzeptanz, Landschaftsbild, Politik, Raumplanung, Tourismus usw. kann und wird sich der abgeschätzte Energieertrag je nach Standort erheblich reduzieren. Dennoch steht fest, dass ein erhebliches Windenergiepotenzial sowohl im Freiburger Mittelland als auch in den Alpen/Voralpen vorhanden ist und zwar praktisch zu gleichen Teilen.

Die Windenergie könnte sich also zu einem wichtigen Träger der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen entwickeln. Sie könnte es nicht nur ermöglichen, Ersatzlösungen für die Kernkraftwerke zu bieten {vgl. Kapitel 2.3.2 Kernenergie}, sondern auch für den Verbrauch von fossilen Brennstoffen (dank der Nutzung von Wärmepumpen zum Heizen {vgl. Kapitel 4.3 Wärmepumpe}) und fossilen Treibstoffen (dank der Elektromobilität {vgl. Kapitel 3.3 Verkehr}). Voraussetzung dafür ist, dass Möglichkeiten zur Stromspeicherungen genutzt werden {vgl. Kapitel 6 Energiespeicherung}.

Kleinwindanlagen entsprechen einer IEC-Norm und weisen in der Regel eine Gesamthöhe von unter 30 m auf. Kleinwindanlagen müssen die gleichen ökologischen Kriterien wie Grosswindanlagen erfüllen. Darüber hinaus müssen sie ihre energetische Rentabilität nachweisen. Es gilt nämlich, sich zu vergewissern, dass die Anlage mehr Energie produziert als für ihren Bau verbraucht wurde. Während eine Grosswindanlage 6 Monate bis 2 Jahre braucht, um die gleiche Menge Energie zu produzieren wie für ihren Bau benötigt wurde, kann eine Kleinwindanlage an einem wenig windigen Standort die für ihre Herstellung und ihren Transport benötigte Energie (graue Energie) nicht einmal in 20 Jahren kompensieren. Die Website wind-data.ch bietet die Möglichkeit, den Energieertrag für alle Arten von Windenergieanlagen zu berechnen. In der Regel kommen Kleinwindanlagen nur unter besonderen Voraussetzungen in Frage (z. B. falls kein Anschluss an das Stromnetz vorhanden ist).

Mikrowindanlagen, die auf dem Dach montiert werden können, sind nach heutigem Stand der Technik nicht rentabel, da die Windbedingungen auf Gebäuden selten günstig sind. Die während der ganzen Lebensdauer der Anlage produzierte Energie reicht nicht aus, um die hohen Investitionskosten zu decken. In Einzelfällen, wie etwa bei Berghütten oder Sömmerungsbetrieben (Alphütten) ohne Anschluss an das Stromnetz, können sie dennoch in Betracht gezogen werden.



Mikrowindanlage.

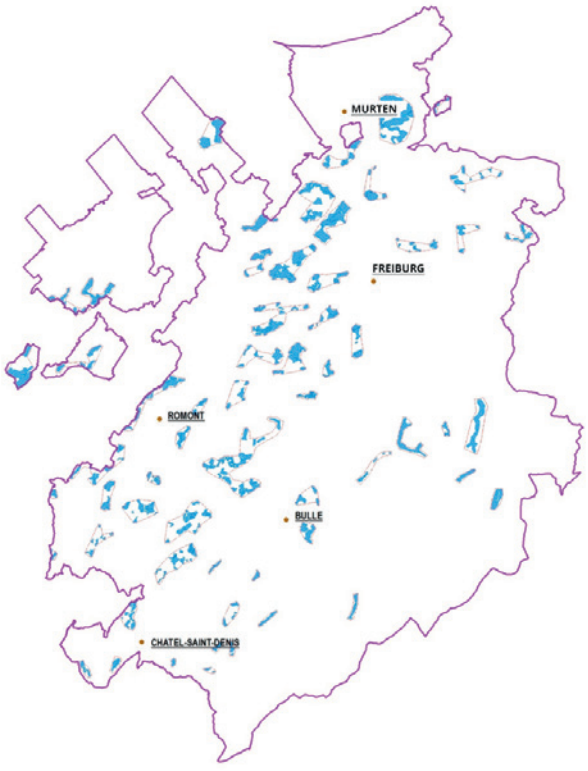
Strategie

Die Energiestrategie des Bundes sieht vor, dass die Windenergie bis 2050 etwa 7 % des Schweizer Stromverbrauchs decken wird, das heisst 4 TWh. Für 2035 wird eine Produktion von 1,5 TWh erwartet, die von etwa 375 Windenergieanlagen produziert werden. Bis 2050 erwartet der Bund, dass der Beitrag des Kantons Freiburg mindestens 250 GWh/a betragen wird.

Bezogen auf den Kanton (4 % der Landesfläche) wird eine jährliche Stromproduktion von 160 GWh angestrebt.

Die Studie aus den Jahren 2016 -2017 [5] führt die Bedingungen auf, nach denen die Gebiete bestimmt wurden, die sich für die Nutzung von Windenergie eignen. Dank einer präzisen Analyse des Kantonsgebiets und einem gewichteten Beurteilungsverfahren ermöglichte es die Studie, die Standorte zu bestimmen, die das beste Resultat bezüglich der Interessenabwägung bei tiefster Umweltwirkung aufweisen. Die Studie wurde in sieben Etappen durchgeführt:

1. Etappe: Eingrenzung der möglichen Windenergiegebiete (MWG)
Diese Eingrenzung stützt sich auf die 24 Ausschlusskriterien, die in der Studie über das Windpotenzial 2014 [4] aufgestellt und durch 9 weitere Ausschlusskriterien ergänzt wurden: BLN-Gebiete, bewohnte Gebäude und Bauzonen, radioelektrische Dienstbarkeiten, Anlagen für die zivile Luftfahrt, Anlagen für die militärische Luftfahrt, Flugplätze und Flugfelder, Important Bird Areas (IBA), Sektoren für den Materialabbau, Hochdruck-Erdgasnetz und Erdgasstationen. Diese Negativplanung ergab 59 mögliche Windenergiegebiete, die von keinen Ausschlusskriterien betroffen sind und in der 2. Etappe einer Gewichtung unterzogen wurden.

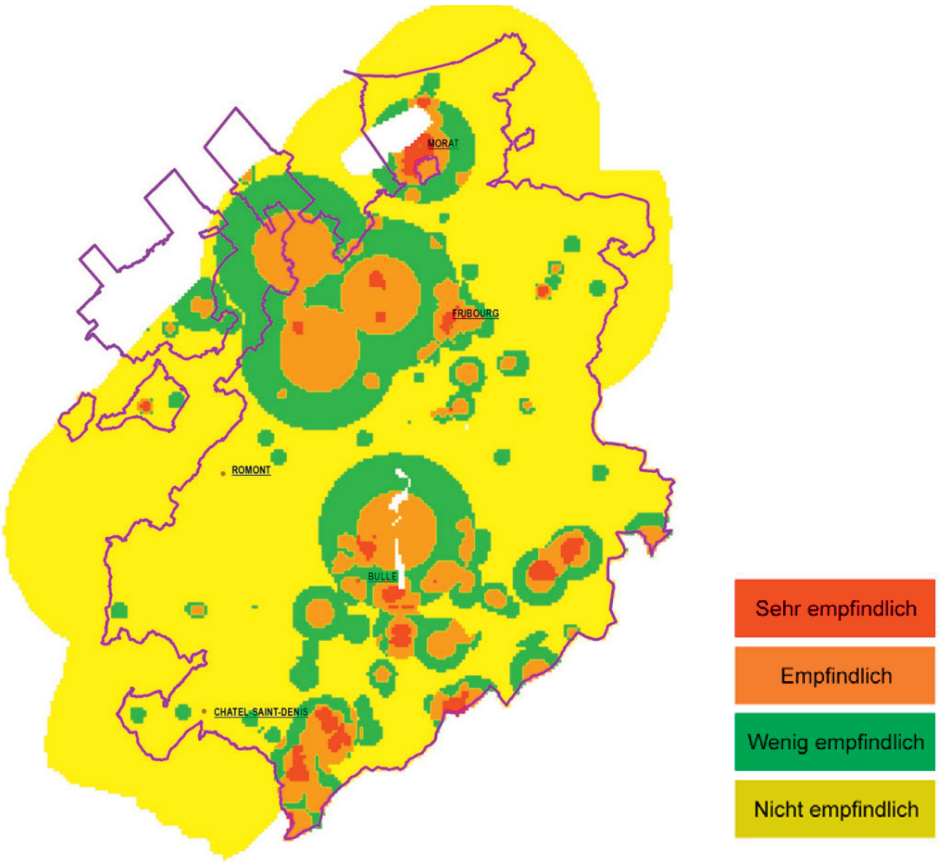


Potenzielle Zonen und mögliche Windenergiegebiete (in blau)

2. Etappe: Definition der Beurteilungskriterien für die möglichen Windenergiegebiete

Die Beurteilung der 59 möglichen Windenergiegebiete stützt sich auf ein Raster von 12 Kriterien, die in die folgenden vier Dimensionen eingeteilt sind:

- Gesellschaft (Distanz zu Bauzonen und bewohnten Gebieten)
- Technik (Distanz zu zivilen und militärischen Radaren und zu öffentlichen Infrastrukturen)
- Wirtschaft (Windgeschwindigkeit, Distanz zum Stromnetz, Qualität und Länge der Zufahrtsstrassen)
- Natur und Landschaft (Empfindlichkeit in Bezug auf die folgenden Aspekte: Lebensräume, Brutvögel, Zugvögel, Fledermäuse, Landschaft – menschlicher Eingriff, Landschaft – einzigartiger Charakter).



Beispiel eines Kriteriums: Empfindlichkeit hinsichtlich der Präsenz von Fledermäusen. Quelle: FRIbat – CCO Fribourg (Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris)

Die möglichen Windenergiegebiete wurden für jedes der 12 Kriterien mit 0 bis 3 Punkten bewertet, dies anhand einer dokumentierten Abstufung. Diese Etappe ermöglichte auch die Beurteilung der Anzahl Windenergieanlagen, die auf den einzelnen Standorten gebaut werden könnten.

3. Etappe: Information und Teilnahme der Akteure auf dem Kantonsgebiet an der Gewichtung
Die Gewichtung der einzelnen Kriterien und Dimensionen wurde von der kantonalen Arbeitsgruppe im Rahmen einer Information und einer Teilnahme der verschiedenen Freiburger und Schweizer Akteure an einer Umfrage validiert, bei der sie ihre Einschätzung aufgrund ihrer Interessen zur Windkraft abgeben konnten.

4. Etappe: Auswahl der machbaren Windenergiegebiete
Gestützt auf die Rückmeldung der 25 Akteure, die an der 3. Etappe teilgenommen haben, wurde jeder Standort benotet. Dies ergab eine Rangfolge auf die zusätzliche Auswahlkriterien angewendet wurden (Endnote > 1,5 und Anzahl Windenergieanlagen ≥ 6). Die gewählte Gewichtung entspricht dem arithmetischen Durchschnitt der Resultate der 25 Akteure.

Beurteilung durch die 25 Akteure
Einfacher Durchschnitt

Dimensionen	Gewichtung	
GESELLSCHAFT	23,2%	100%
TECHNIK	19,6%	
WIRTSCHAFT	20,8%	
NATUR UND LANDSCHAFT	36,4%	

Kriterien	Gewichtung	
Distanz zu bewohnten Gebieten	100%	100%
Militärische une zivile Radarstationen	46%	100%
Lebensräume	54%	
Windpotenzial	48%	100%
Anschluss ans Stromnetz	25%	
Zufahrtswege	27%	
Natürliche Umgebung	15%	100%
Brutvögel	24%	
Zugvögel	20%	
Fledermäuse	21%	
Landschaft - menschlicher Eingriff	11%	
Landschaft - einzigartiger Charakter	9%	

21 Standorte gingen aus dieser Analyse hervor und wurden nach ihrer Endnote eingereiht. An den Standorten sind 195 Windenergieanlagen technisch realisierbar.

5. Etappe: Beurteilung und Charakterisierung der 21 Standorte und Auswahl von 7 Projektstandorten (PS)
Jeder Standort wurde einer genauen Analyse unterzogen, um sein Gebiet genau zu definieren (Positivplanung) und das Produktionspotenzial in Bezug auf die Ziele der Energiestrategie zu bestimmen, die eine Stromproduktion aus Windkraft von 160 GWh/a bis 2030 vorsieht. So sieben sechs Standorte für Windparkprojekte gewählt.

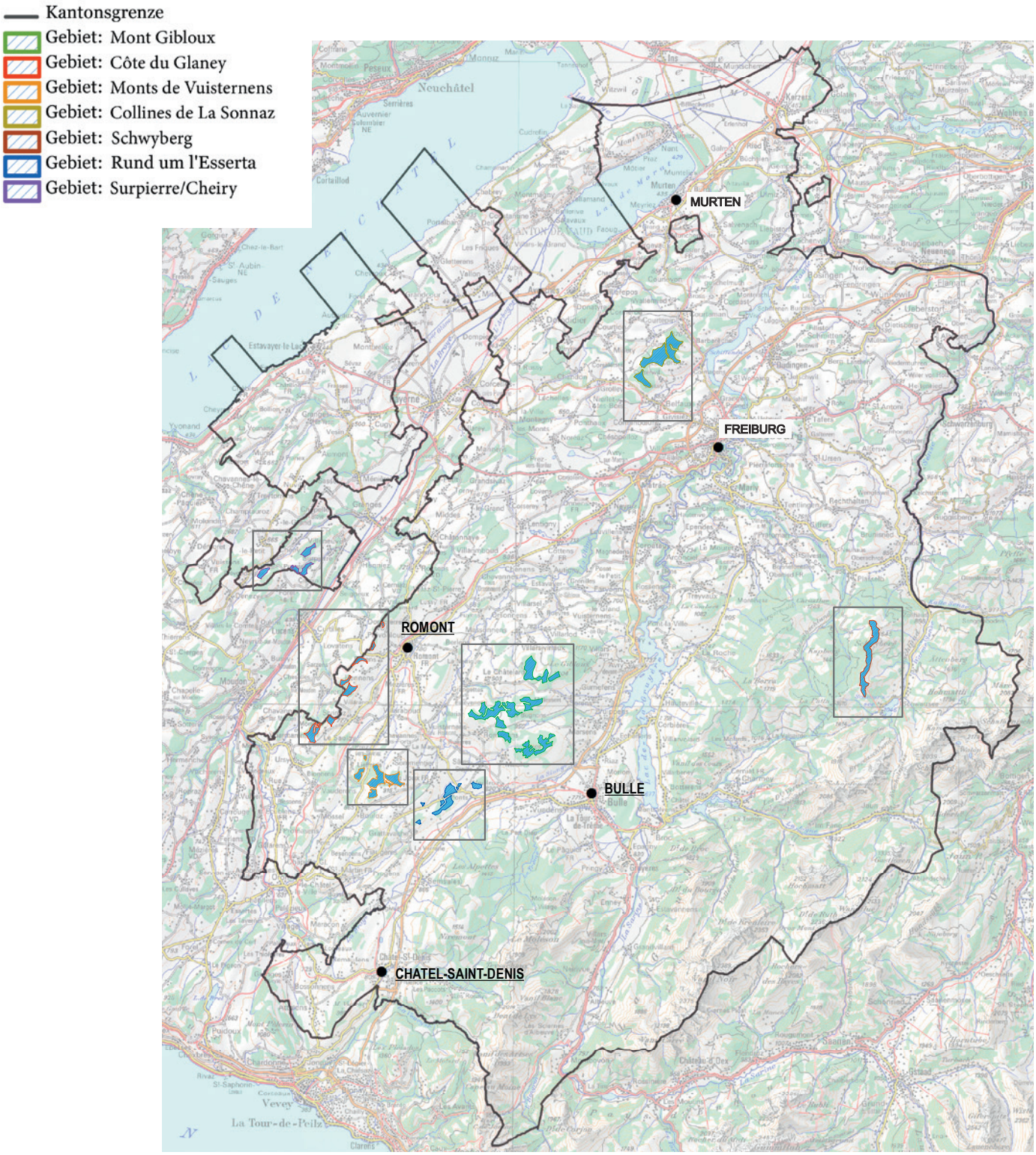
6. Etappe: Analyse der sieben Projektstandorte
Ergänzende Expertisen wurden für die sechs Projektstandorte durchgeführt (Artenvielfalt und Vereinbarkeit mit der Zivilluftfahrt), um ihre Machbarkeit zu bestätigen und ein Pflichtenheft für ihre Planung aufzustellen.

7. Etappe: nachträgliche Berücksichtigung neuer Bedingungen

Ende 2016, als die Arbeitsgruppe bereits ihre Überlegungen und Ihre Studie abgeschlossen hatte, mussten mehrere neue Elemente berücksichtigt werden. Dazu gehörten insbesondere der Bundesgerichtsentscheid über das Windparkprojekt auf dem Schwyberg und die Studie des VBS über die Entwicklung der Windenergie in der Umgebung des Militärflugplatzes von Payerne. Da diese Elemente eine Auswirkung auf die Festlegung der möglichen Standorte haben, mussten ergänzende Studien vorgenommen werden, die Gegenstand dieser siebten Etappe sind.

Daraus ergibt sich, dass in der Windenergieplanung 2016-2017 die folgenden sieben Standorte vorgemerkt wurden:

Bezeichnung des Standorts	Gemeinden des Standorts	Anzahl Windenergieanlagen	berechnete Nettoproduktion (GWh/a)
Massif du Gibloux	Sâles, Le Châtelard, Vuisternens-devant-Romont, Grangettes, Sorens, Pont-en-Ogoz, Vuisternens-en-Ogoz, Le Glèbe	14	82
Côte du Glaney	Siviriez, Ursy, Billens-Hennens, Romont	10	45
Monts de Vuisternens	Vuisternens-devant-Romont, Le Flon, Siviriez	9	47
Collines de la Sonnaz	Misery-Courtion, Belfaux, La Sonnaz, Courtepin, Barberêche	8	36
Le Schwyberg	Plaffeien, Plasselb	9	33
Surpierre-Cheiry	Surpierre, Cheiry, Prévondavaux	7	34
Autour de l'Esserta	Sâles, Vuisternens-devant-Romont, La Verrerie, Vaulruz	9	47



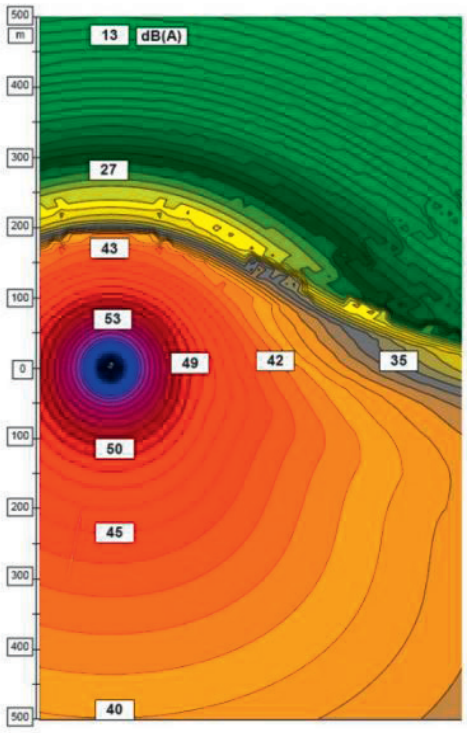
Die sieben möglichen Standorte, auf denen über sechzig Windenergieanlagen gebaut werden können

Diese werden einer Detailplanung unterzogen, für die die Projektträger und -entwickler alle erforderlichen und spezifischen Studien durchführen müssen.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Ökologische Auswirkungen:

Der Bau und Betrieb von Windparks hat Auswirkungen auf die Umwelt. Deshalb muss für jedes Projekt ab einer elektrischen Leistung von 3 MW eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden. Damit das Projekt voranschreiten kann, muss die UVP nachweisen, dass die gesetzlichen Anforderungen auf allen Gebieten, die beeinträchtigt werden könnten, eingehalten werden, auch hinsichtlich der Auswirkungen auf den Menschen, die Tiere, die Landschaft und das natürliche und kulturelle Erbe. Zusätzlich zur Prüfung der oben erwähnten Ausschlusskriterien müssen die Entwickler bei der Detailplanung der Projekte die folgenden Punkte analysieren: Naturschutzobjekte (Hecken, Feldgehölze), geschützte kulturelle Objekte, Altlasten, Lebensräume von empfindlichen Arten, Gebiete mit Konzentration von ziehenden, rastenden oder nächtigenden Vögeln, Geotope von regionaler Bedeutung, geschützte Ortsbilder und Kulturgüter von regionaler oder lokaler Bedeutung (ISOS, RBCI), historische Verkehrswege von regionaler oder lokaler Bedeutung (IVS), archäologische Fundstellen, Biotope von lokaler Bedeutung, Wildtierkorridore, touristische Aktivitäten (Wander- und Schneewanderwege, Seilbahnen), Distanz zu Wäldern. Insbesondere muss die Lärmbelästigung begrenzt werden, so dass sie die Grenzwerte der Lärmschutzverordnung einhält. Windenergieanlagen dürfen für die Anwohner kaum hörbar sein und im Freien deutlich leiser sein als der Verkehr. Sie müssen sogar leiser als ein blosses Gespräch sein.



Die Schallausbreitung einer Windenergieanlage hängt stark von der Topografie und der Windrichtung ab: Der blau-schwarze Punkt ist der Standort der Anlage. Die Gebiete mit ähnlichem Schallpegel sind mit gleicher Farbe gekennzeichnet. Quelle: Suisse Eole

Eine Ökobilanz-Methode erlaubt es, die Umweltbelastung von Produkten und Leistungen mit Hilfe von Umweltbelastungspunkten (UBP) zu beurteilen [1]. Diese Methode berücksichtigt ein breites Spektrum von Umweltbelastungen wie Treibhausgasemissionen und berechnet die Belastung von Luft, Böden und Gewässern sowie den produzierten Abfall. Angewandt auf verschiedene Stromproduktionstechniken zeigt sich, dass Windstrom zu den ökologischsten Arten der Stromgewinnung gehört.

Wirtschaftlicher Nutzen:
Die Investition in einen Windpark beläuft sich auf 5 bis 8 Millionen Franken pro Windenergieanlage je nach ihrer Grösse, ihrem Standort und der Komplexität des Verfahrens. In der Regel kommen 15 bis 20 % der in einen Windpark investierten Mittel den regionalen Unternehmen zugute (Planung, Bau, elektrische Anlage, Betrieb und Unterhalt). Auch die Gemeinden weisen mehr Einnahmen auf (Steuern, Pachtzinse). Der Windpark des Mont-Crosin (Saint-Imier, Berner Jura) zieht jährlich bis zu 50 000 Besucherinnen und Besucher an und generiert so indirekt etwa 1 Million Franken Einnahmen in Verbindung mit den touristischen Aktivitäten und bietet rund zwanzig Personen, die im Gastgewerbe, Verkehr, Handwerk oder in der Landwirtschaft tätig sind, ein zusätzliches Einkommen. Doch mit dem Bau neuer Windparks in der Schweiz kann für die neuen Standorte nicht mit der gleichen touristischen Attraktivität gerechnet werden. Die Windenergie schafft auch nachhaltig Arbeitsplätze in der Forschung und Planung sowie im Bau und Unterhalt. Einer Studie von McKinsey zufolge sollte die Branche einschliesslich der Industriebetriebe, die sich an der Herstellung von Bestandteilen für ausländische Windenergieanlagen beteiligen, bis 2020 etwa 10 000 Personen in der Schweiz beschäftigen. Die Existenz eines Binnenmarkts fördert zudem das lokale Know-how.

Wie die Photovoltaik weist die Windenergie eine unregelmässige Stromproduktion auf (abhängig vom Wind). Diese Unregelmässigkeit erschwert die Aufgabe der Netzbetreiber, die ständig die Stromproduktion und -nachfrage aufeinander abstimmen müssen. Sie werden sich ein neues Know-how auf dem Gebiet der Wetterfeinprognose aneignen müssen, um möglichst genau die bevorstehende Stromproduktion der Windparks vorhersagen zu können. Auch die Elektrizitätsnetze müssen angepasst {vgl. Kapitel 5.1 Elektrizitätsnetz} und die Speicherkapazitäten gesteigert werden {vgl. Kapitel 6. Speicherung}.

Politische Auswirkungen:
Das Baubewilligungsverfahren in der Schweiz zeichnet sich durch einen weltweit einzigartigen, historisch gewachsenen Kontext aus, der von einem hochentwickelten Föderalismus und einem ausgedehnten Beschwerderecht geprägt ist. Bei der Gesamtrevision oder der Änderung des Ortsplans, wird der Gemeinderichtplan, der für Dritte nicht bindend ist, öffentlich aufgelegt. Die betroffenen Anwohner sowie die Umweltverbände und anderen Interessengruppen, die über ein Beschwerderecht verfügen, können gegen den Zonennutzungsplan (öffentliche Auflage) Einsprache erheben. Dieses Recht ist auch auf das Baubewilligungsverfahren anwendbar. Dies bedeutet längere Verfahren und ein höheres Investitionsrisiko.

Rechtlicher Rahmen

Dem revidierten Raumplanungsgesetz (RPG) zufolge muss ein Projekt, das eine starke Auswirkung auf die Umwelt und den Raum hat, im kantonalen Richtplan behandelt werden, bevor eine Einzonierung auf lokaler Ebene geplant werden kann. Diese Vorgabe trifft für Windparks zu. Folglich behandelt der Kanton Freiburg die Frage der Windenergie im kantonalen Richtplan und definiert darin die Standorte, die sich für die Windenergienutzung eignen.

Zudem bedarf der Bau eines Windparks einer Änderung des Ortsplans. Weitere Verfahren wie etwa das Baubewilligungsverfahren für die Windenergieanlagen und die Zufahrtsstrassen, die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), das Gesuch für allfällige Abholzungen und die Gesuche um Bewilligung für allfällige Ausgleichsmassnahmen müssen gleichzeitig mit der Änderung der Ortsplanung öffentlich ausgeschrieben werden.

Wichtigste gesetzliche Grundlagen:

- Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG; SR 700)
- Raumplanungs- und Baugesetz vom 2. Dezember 2008 (RPBG, SGF 710.1)
- Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (USG; SG 814.01)

Bibliografie

- [1] Suisse Eole. Jahresbericht 2015 und Website. Liestal, 2016
- [2] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [3] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009
- [4] Amt für Energie. Evaluation Windpotential Kanton Freiburg. newenergyscout. Freiburg, 2014
- [5] Amt für Energie. Etude pour la définition des sites éoliens. Freiburg, 2017
- AGRIDEA. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie.

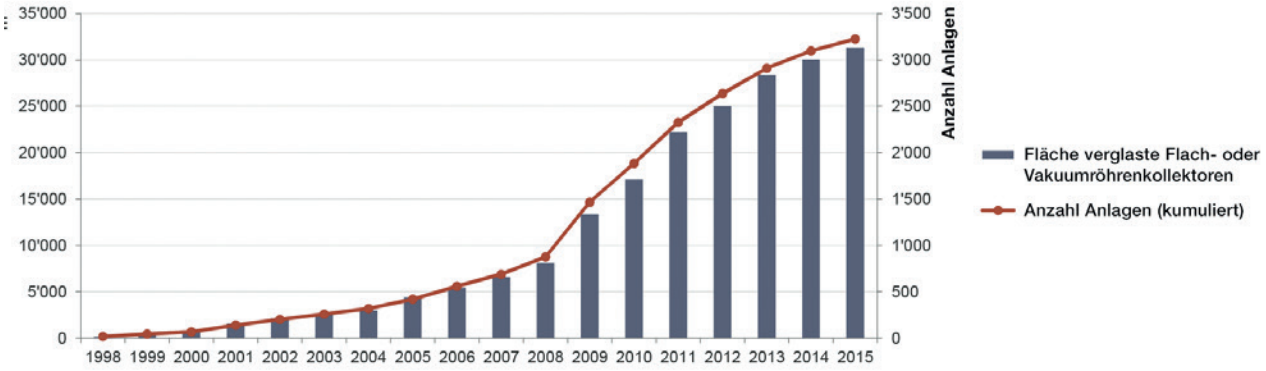
2.1.3 Sonnenenergie

2.1.3 a Solarwärme

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Die Nutzung der Solarwärme hat im Kanton Freiburg stetig zugenommen und zwar wurden jährlich mindestens 200 neue Anlagen gebaut. Ende 2015 waren über 3000 thermische Solaranlagen mit einer Kollektorfläche von insgesamt 30 000 m² in Betrieb, die etwa 16 GWh Wärme produzieren. Diese Wärme wird hauptsächlich zur Wassererwärmung und in etwas geringerem Ausmass für die Gebäudeheizung genutzt [1]. In der Schweiz gibt es etwa 150 000 thermische Solaranlagen [3]. Seit einigen Jahren wird die Solarwärme auch für industrielle Prozesse genutzt und ergänzt die bewährten Anwendungen zur Heutrocknung und zur Erwärmung von Schwimmbadwasser.

Fläche und Anzahl der im Kanton Freiburg eingebauten thermischen Solaranlagen



Quellen: AfE, StatA

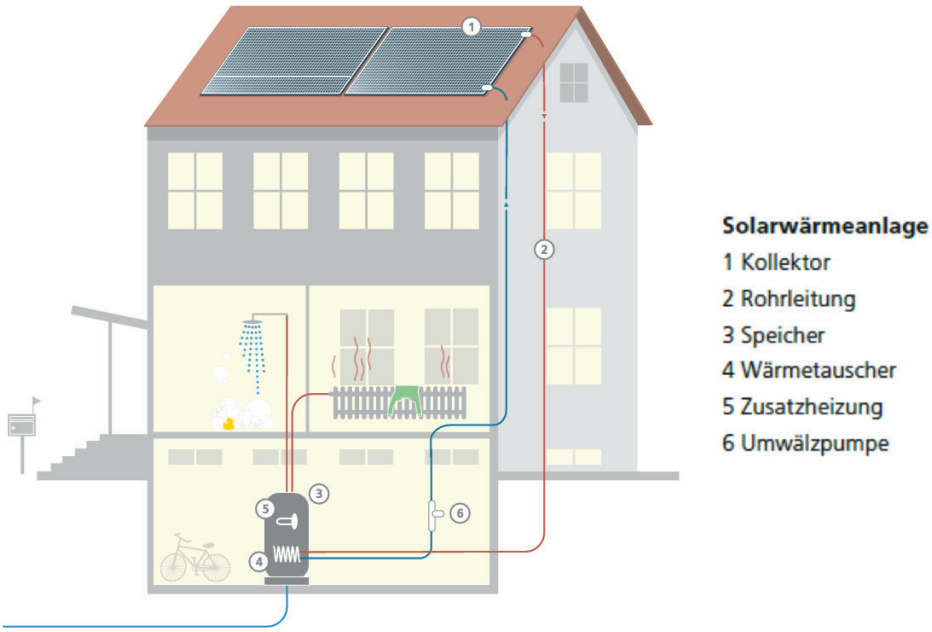
Die Dimensionierung von Solaranlagen hängt stark von ihrem Verwendungszweck (Warmwasser und/oder Heizung) und den Kosten ab [5]:

- Eine Kollektorfläche von etwa 4 bis 6m² und ein Speicher mit einem Fassungsvermögen von 400 bis 500l ermöglichen es, 60 bis 70 % des jährlichen Warmwasserbedarfs eines Einfamilienhauses zu decken.

- Durch Steigerung der Kollektorfläche (8 bis 15m² pro Einfamilienhaus) und des Fassungsvermögens des Speichers kann die Solaranlage einen Viertel des Energiebedarfs für die Wassererwärmung und Heizung decken. Solaranlagen können mit anderen bestehenden Heizsystemen kombiniert werden.

- In Mehrfamilienhäusern kann eine Solaranlage mit einer Fläche von etwa 1m² pro Person 30 bis 40 % des Warmwasserbedarfs decken und ist besonders rentabel. Es gibt auch Mehrfamilienhäuser, deren Wärmebedarf zu 100 % mit Sonnenenergie gedeckt wird.

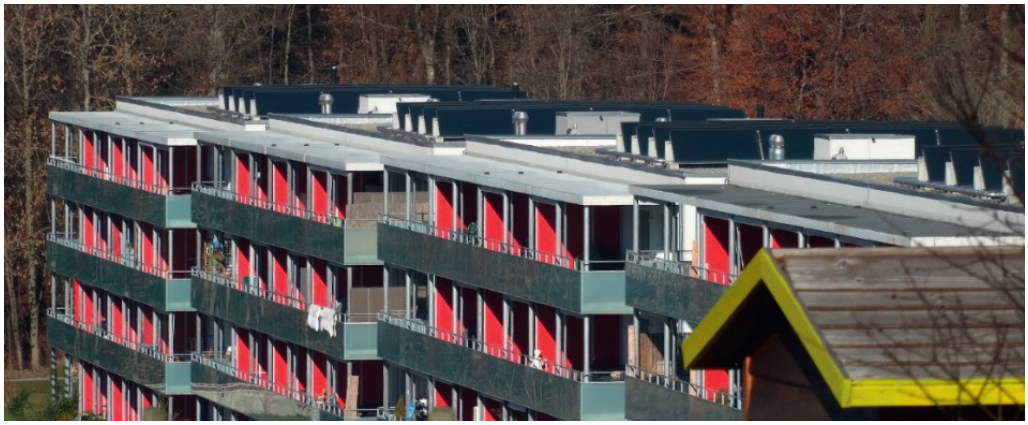
- Seit einigen Jahren sind derartige Systeme auch im Bereich der Prozesswärme und der solaren Kühlung (Kühlung von Räumen) in Betrieb. Die meisten dieser Systeme sind in der Nahrungsmittelindustrie, der chemischen Industrie und der Textilindustrie oder auch in Autowaschanlagen in Betrieb. Es werden Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren oder konzentrierende Kollektoren verwendet.



Schema einer thermischen Solaranlage für Warmwasser und Raumwärme. Quelle: Swissolar (2015) [4]



Energieautarke Solarhäuser sind nichts Neues. Eines der Schweizer Pioniergebäude befindet sich in Uttewil (Bösingen). Quelle: Marcel Gutschner



Mehrfamilienhäuser und thermische Solaranlagen – eine glückliche Kombination: hier eine Überbauung von vier Mehrfamilienhäuser in der Chännelmatte (Düdingen). Quelle: Marcel Gutschner



Dieses Milchverarbeitungsunternehmen in Villars-sur-Glâne verfügt über eine Anlage mit einer Kollektorfläche von 580 m² (konzentrierende Kollektoren). Die Anlage dient zur Erwärmung des Wassers auf 150 °C für die Sterilisierung von Rahm. Quelle: Marcel Gutschner



Solarwaschanlage in Neyruz. Quelle: Marcel Gutschner



Schulgebäude in Plasselb. Quelle: Marcel Gutschner

Die verbreitetste Anwendung der Solarwärme darf auch nicht vergessen werden: «die passive Solarwärme». Diese Verwendungsart erfordert keine technische Anlage: Die Glasflächen ermöglichen es, praktisch aufwandlos von der Sonnenergie zu profitieren. Eine gute Architektur hilft, den Energiebedarf zu reduzieren und diesen ganz oder teilweise durch passive und aktive Nutzung der Sonnenenergie (Wärme und Photovoltaik) zu decken, ohne die Räume zu überhitzen.

Potenzial

Eine Vergleichsstudie [2], die für Wohnbauten des Kantons Freiburg und der Stadt Zürich durchgeführt wurde, zeigt, dass die Solarwärme ein grosses Potenzial aufweist. Knapp die Hälfte aller Wohnbauten auf ländlichem Gebiet könnte drei Viertel ihres Wärmebedarfs (Komfortwärme und Warmwasser) mit Sonnenenergie decken. Auf städtischem Gebiet beläuft sich dieser Anteil auf einen Achtel aller Wohnbauten.

Unter der Annahme, dass die durchschnittliche Kollektorfläche auf 1 bis 2 m^2 pro Einwohner begrenzt ist und hauptsächlich zum Wassererwärmen und Vorheizen dient, könnten etwa 135 bis 270 GWh Wärme produziert werden. Die Energiestrategie 2050 sieht vor, die Wärmeproduktion dank Solaranlagen auf etwas mehr als 4 TWh zu verfünffachen, dies entspricht etwa 160 GWh für den Kanton Freiburg.

Auf dem Markt sind bereits auch hybride Systeme (photovoltaische und thermische Kollektoren) erhältlich. Die technischen und wirtschaftlichen Fortschritte sollten es der Solartechnik erlauben, die Sonneneinstrahlung und die Flächen noch effizienter zu nutzen. Die Entwicklung der Solarwärme hängt auch von den Speichermöglichkeiten (vgl. Kapitel 06 Speicherung) und von den Systemen ab, die Solarwärme mit Solarstrom kombinieren (vgl. Kapitel 02013b Solarstrom).

Strategie

Die Solarwärme entwickelt sich heute unter ihrem Potenzial, denn sie könnte in jedes neue Wohnhaus integriert werden und dies zu einem durchaus annehmbaren Preis. Die Vorschriften für den Bau und die Sanierung von Gebäuden sind für den Einbau von Solaranlagen vereinfacht wurden.

Die Energiestrategie 2050 und die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn [6]) sollten ab 2020 die Rahmenbedingungen für den Bau neuer Gebäude bieten, die hinsichtlich der Wärme autonom sind und eine angemessene Menge Strom produzieren. Bei der Energieversorgung dieser neuen Gebäude, aber auch bei der Gebäudesanierung sollte die Solarwärme eine wichtige Rolle spielen. Der Anteil an Solarwärme könnte so deutlich über dem erwähnten Produktionspotenzial von 160 GWh liegen.

Aufgrund der technologischen Weiterentwicklung eröffnen sich neue Anwendungsmöglichkeiten für die Industrie (z.B. in der Nahrungsmittelindustrie). Zudem könnte der Anteil an Solarwärme dank neuer Speichermöglichkeiten (z.B. Latentwärmespeicher, Boden als Wärmespeicher) aber auch dank einer architektonischen und energetischen Konzeption, die die Sonnenstrahlung und die Energieeffizienz berücksichtigt, gesteigert werden.

Wirtschaftliche, ökologische und politische Auswirkungen

Im Bereich der Solarwärme gibt es heute 850 Arbeitsplätze in der Schweiz [3]. Dies sollte etwa 30 Arbeitsplätzen im Kanton Freiburg entsprechen.

Der Betrieb von Solaranlagen verursacht keinen Schadstoffausstoss. Eine Solaranlage ist innerhalb von 1 bis 4 Jahren energetisch amortisiert [7]. Während ihrer gesamten Lebensdauer liefert eine Anlage zehn- bis dreissigmal mehr Energie als für ihre Produktion benötigt wurde. Am Ende ihrer Lebensdauer müssen Solaranlagen nach den Regeln für Baumaterialien und elektronische Geräte behandelt und wiederverwertet werden.

Das Bundesgesetz über die Raumplanung und seine Verordnung sowie das Raumplanungs- und Baugesetz und sein Ausführungsreglement definieren und erleichtern die Verfahren für Solaranlagen. Die Richtlinie [7] über die architektonische Integration von thermischen und photovoltaischen Solaranlagen präzisiert den rechtlichen Rahmen, beschreibt das Verfahren und legt die Massnahmen und Kriterien für die Integration von Solaranlagen fest. Vorhaben zum Einbau von Solaranlagen, die nach den Kriterien des Bundesrechts sorgfältig integriert sind, sind nicht mehr bewilligungspflichtig. Derartige Vorhaben müssen nur noch der Gemeinde gemeldet werden (Art.18 Abs.1 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG)). Für Solaranlagen, die auf einem geschützten Gebäude oder in einer Schutzzone geplant sind, muss hingegen bei der Gemeinde eine Baubewilligung eingeholt werden.

Bibliografie

- [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2014. Freiburg, 2015
- [2] Bundesamt für Energie / NET Nowak Energie & Technologie AG. Potenzialabschätzung zum solarthermischen Beitrag zur Wärmeversorgung im schweizerischen Wohngebäudepark, 2012
- [3] Swissolar. Faktenblatt: Wärme von der Sonne, September 2015
- [4] Swissolar. Wärme und Strom mit der Kraft der Sonne, 2015
- [5] AEE SUISSE, Dachorganisation der Wirtschaft für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Erneuerbare Wärme hat und braucht die Schweiz, Mai 2014

› [6] EnDK. Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn), Januar 2015

› [7] Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion (RUBD) des Kantons Freiburg. Richtlinie über die architektonische Integration von thermischen und photovoltaischen Solaranlagen, Oktober 2015

› AGRIDEA. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie.

2.1.3 b Solarstrom

Entwicklung und aktueller Verbrauch

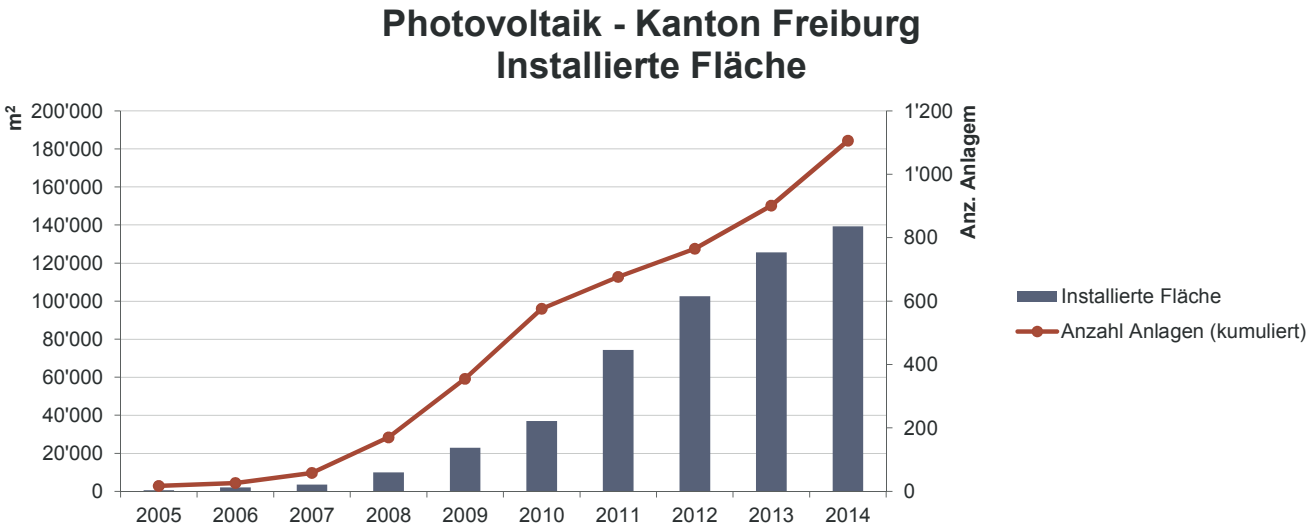
Die Nutzung der Sonnenenergie zur Stromerzeugung hat sich im Kanton Freiburg stark entwickelt: Die Produktion von Solarstrom hat seit dem Jahr 2000 dank dem technologischen Fortschritt und den gewährten Finanzhilfen um das 500-fache zugenommen. Im Jahr 2000 waren noch sehr wenige Photovoltaikanlagen ans Stromnetz angeschlossen und ihre Gesamtproduktion lag unter 0,1 GWh. Ende 2015 waren etwa 3 000 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtproduktion von etwa 47 GWh in Betrieb [1]. Diese Produktion entspricht knapp 3 % des heutigen Stromverbrauchs im Kanton. In der Schweiz gibt es etwa 60 000 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 1350 MW und einer jährlichen Stromproduktion von etwa 1280 GWh (Stand Ende 2015 [2]). Dies entspricht etwa 2,2 % des Stromverbrauchs.



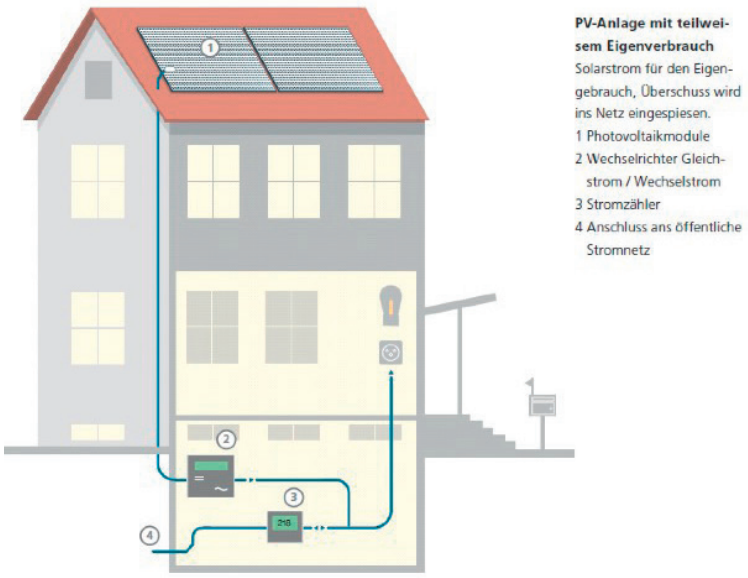
Freiburgerinnen und Freiburger setzen immer mehr auf Photovoltaik (Anlage in Giffers). Quelle: Marcel Gutschner

Die KEV-Anlagen und die Anlagen, für die Förderbeiträge gewährt wurden, können einem genauen Monitoring unterzogen werden. Ende 2015 waren 1232 Anlagen mit einer gesamten Kollektorfläche

von über 165 000 m² in Betrieb. Die unten stehende Grafik zeigt ihre Entwicklung, wobei das Jahr der Inbetriebnahme ausschlaggebend ist [1]. Daneben gibt es aber auch nicht subventionierte Anlagen. Die Grafik ist also unvollständig.



Entwicklung der Produktion von Solarstrom von 2005 bis 2015 durch Anlagen, die von der KEV und von Förderbeiträgen des Kantons Freiburg profitieren. Dies entspricht etwa der Hälfte der im Kanton gebauten Anlagen. Quelle: AfE 2016 [1]



Photovoltaikanlage mit teilweisem Eigenverbrauch. Quelle: Swissolar (2015) [4]

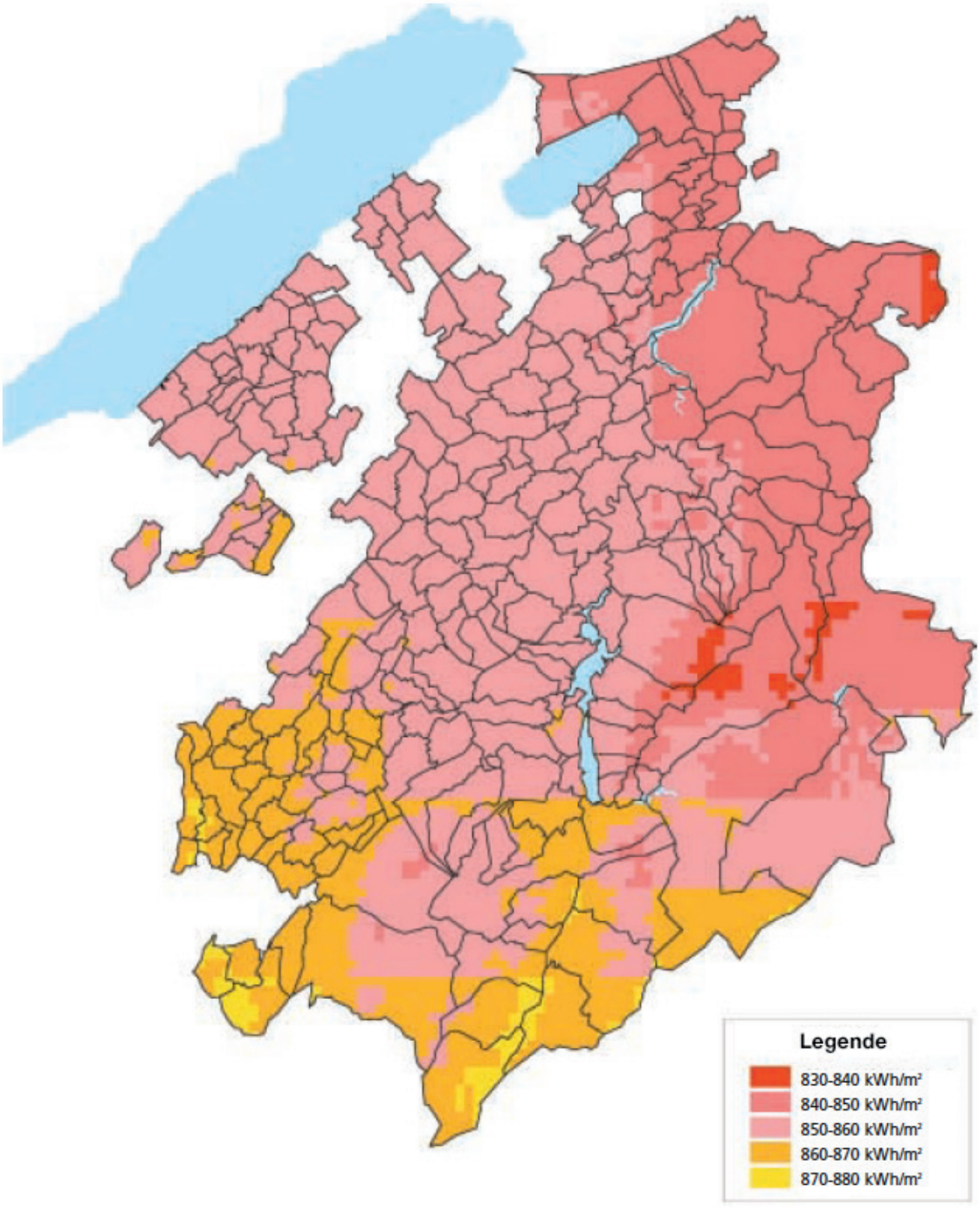
Der weitaus grösste Teil der Photovoltaikanlagen (in Bezug auf die Leistung und die Produktion) ist in Dächer von Wohn-, Landwirtschafts-, Industrie-, Gewerbe- und Verwaltungsgebäuden integriert und an das Stromnetz angeschlossen.

Da der Solarstrom in das Netz eingespiesen werden kann, ist die Grösse der Photovoltaikanlage grundsätzlich nicht begrenzt und kann die gesamte dafür geeignete Fläche decken. Eine Photovoltaik-Modulfläche von 30 m² mit einer Leistung von 5 kW ermöglicht es, den typischen Strombedarf eines Haushalts zu decken (3500 bis 4 kWh pro Jahr). Eine Fläche von 1 m² produziert ausreichend Strom, um mit einem Elektrovelo 15 000 km zurückzulegen (1 kWh auf 100 km [1]). Kleine Solaranlagen mit Akku können die Stromversorgung von Gebäuden gewährleisten, die über keinen Netzanschluss verfügen.

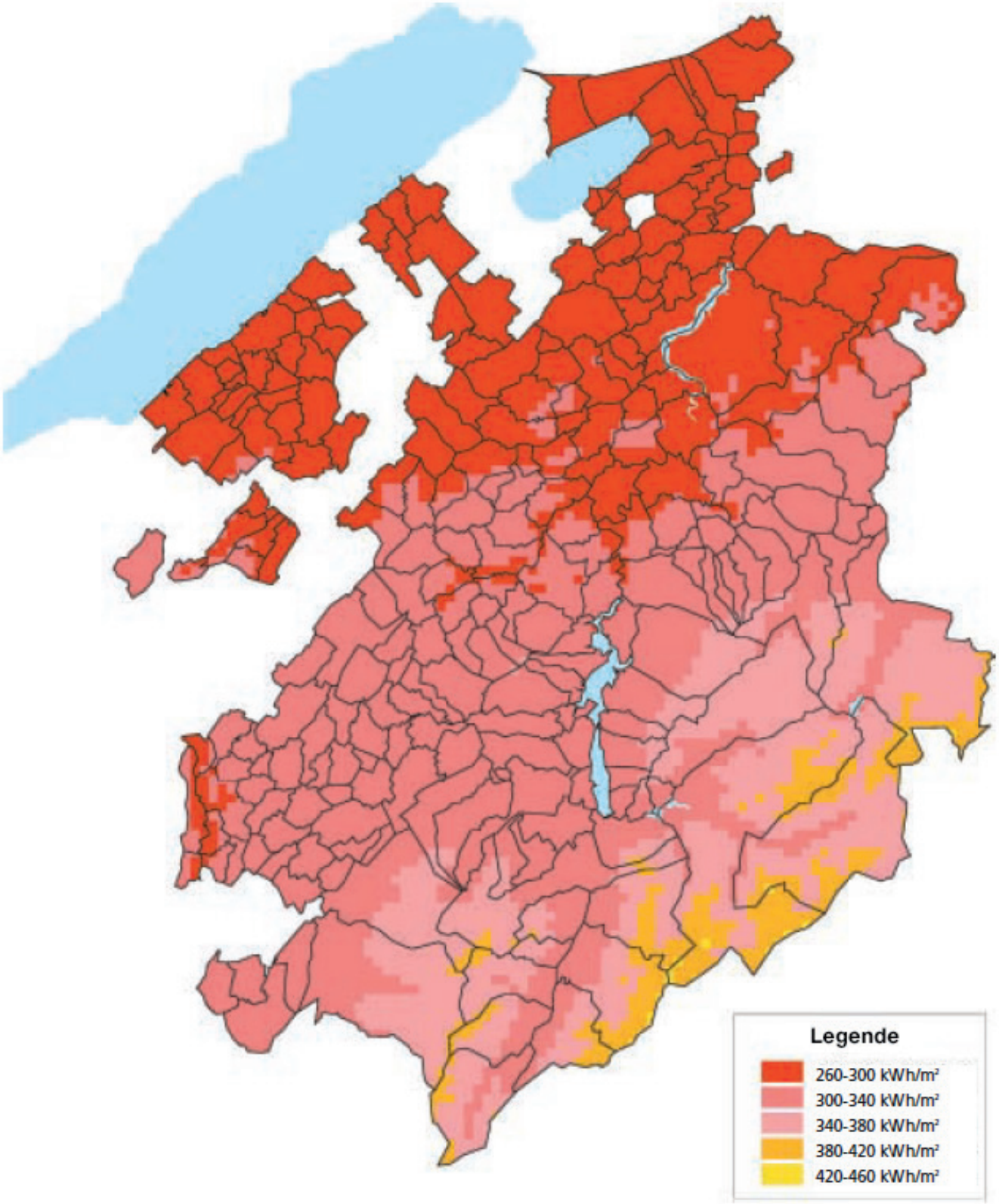


Diese Photovoltaikanlage versorgt das Chalet Hauta-Chia, das als Alphütte und Buvette genutzt wird, mit Strom. Quelle: Marcel Gutschner

Sonneneinstrahlung auf eine horizontale Fläche im Sommer (April-September)



Sonneneinstrahlung auf eine horizontale Fläche im Winter (Oktober-März)





Solarziegel auf einem Haus in St-Aubin. Quelle: Marcel Gutschner



Praktisch alle geeigneten Dachflächen dieser Schreinerei in Le Mouret wurden mit Photovoltaik-Modulen ausgestattet. Quelle: Marcel Gutschner



Landwirtschaftsgebäude bieten zahlreiche grosse Flächen für die Photovoltaik, hier ein Bauernhof in Echeseby (Noréaz). Quelle: Marcel Gutschner



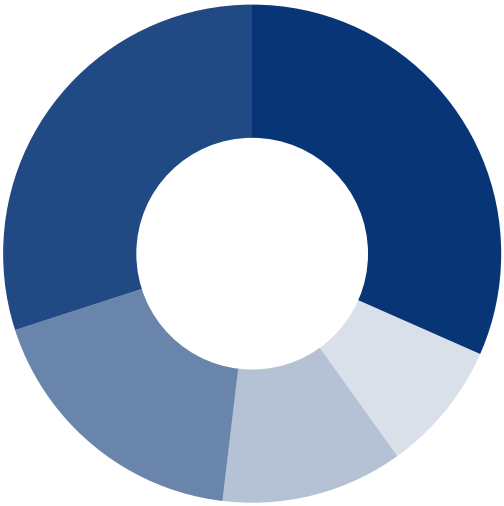
Photovoltaik-Module können auch in die Fassaden eingebaut werden wie hier bei der Kunsteisbahn in Romont. Quelle: Marcel Gutschner

Potenzial

Mehrere Studien und Solarkataster zeigen, dass das Solarpotenzial sehr gross ist. Die Studie über das photovoltaische Potenzial im Kanton Freiburg aus dem Jahr 1998 [4], die immer noch Gültigkeit hat, verweist auf ein Potenzial von 560 bis 860 GWh. Werden alle geeigneten, heute im Kanton Freiburg verfügbaren Flächen genutzt (etwa 10 km²), so kann das Solarstrompotenzial unter Berücksichtigung des zwischenzeitlichen technologischen Fortschritts auf etwa 1 TWh (1000 GWh) pro Jahr geschätzt werden. Die anderweitige Nutzung der Flächen durch thermische oder hybride Solaranlagen wird dabei nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.1.3a Solarwärme). Der Bund zielt in seiner Energiestrategie 2050 darauf ab, die Produktion von Solarstrom bis 2035 auf 7,03 TWh und bis 2050 auf 11,12 TWh zu steigern. Dies entspricht einer Solarstromproduktion von etwa 320 GWh resp. 500 GWh im Kanton Freiburg (Berechnung anhand der bebauten Fläche: Der Anteil des Kantons Freiburg an der gesamten bebauten Fläche der Schweiz beträgt etwa 4,5 %).

Auf lokaler Ebene kann je nach Überbauung das Solarstrompotenzial 25 % bis 100 % des Stromverbrauchs decken oder gar einen Überschuss aufweisen. Das heisst, der Solaranteil ist weniger gross in

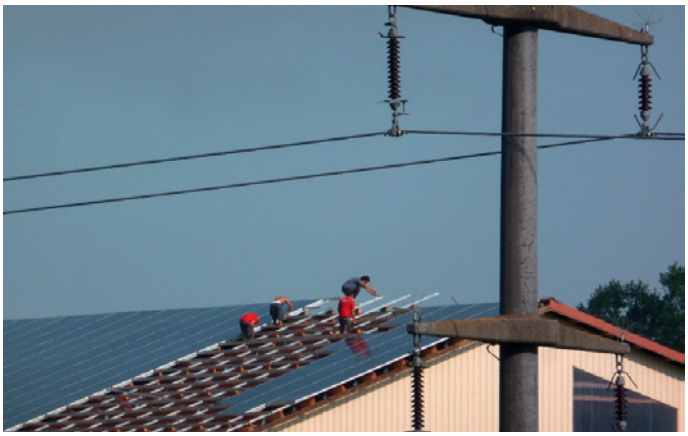
Aufteilung der geschätzten Flächen (etwa 10 km²), die sich für Photovoltaikanlagen eignen, nach Gebäudetyp (Grundlage 1998 [4], Schätzung für den Gebäudepark auf dem Stand 2015)



Wohngebäude	31 %
Landwirtschaftliche Gebäude	30 %
Geschäfts-, Industrie- und Gewerbegebäude	20 %
Nebengebäude	12 %
Öffentliche und Verwaltungsgebäude	7 %

Gebieten, die sich durch eine dichte Bebauung auszeichnen, denn die höheren Gebäude bieten weniger geeignete Flächen pro Bewohner und pro Arbeitsplatz. Dennoch bleibt die Photovoltaik oft die vielversprechendste Technologie, um erneuerbaren Strom am Ort, an dem der Stromverbrauch besonders gross ist, zu produzieren.

Die Grenzen des Solarstrompotenzials liegen vielmehr im Anteil an Solarstrom, den das Stromnetz aufnehmen kann, als in den verfügbaren Flächen. Die komplexe Frage der Speicherung des zu gewissen Stunden oder Jahreszeiten produzierten Stromüberschusses, das Lastmanagement sowie die Netzsteuerung sind heikle und wichtige Punkte, die bei einer breit angelegten Entwicklung derartiger Anlagen behandelt werden müssen (vgl. Kapitel 5.1 Stromnetz und 6 Energiespeicherung). **In Kombination mit der Produktion aus anderen neuen erneuerbaren Energien, die unabhängig von der Sonnenstrahlung sind, kann eine regelmässigere und sicherere Versorgung gewährleistet werden.**



Ländliche Gebiete verfügen über ein grosses Solarstrompotenzial. Damit der Solarstrom genutzt werden kann, muss manchmal das Stromnetz angepasst werden. Das Foto wurde anlässlich des Einbaus einer Photovoltaikanlage in Etiwil (St. Ursen) geschossen. Quelle: Marcel Gutschner

Hybride Systeme, die Wärme und Strom erzeugen, sind bereits auf dem Markt. Technische und wirtschaftliche Fortschritte sollten den Anlagen eine noch bessere Nutzung der Sonnenstrahlung und der Flächen ermöglichen (z.B. Ertragssteigerung, neue Ansätze für die Integration in Gebäude und Infrastrukturen, Lösungen für die Speicherung vor Ort, Steigerung des Eigenverbrauchs). Die Photovoltaik ist auch immer stärker und besser in thermische Anwendungen integriert (z.B. solare Wassererwärmung, Wärmepumpe), was eine lokale Nutzung der produzierten Energie ermöglicht, indem ergänzende oder konkurrierende Lösungen zur Solarwärme angeboten werden.

Strategie

Die Photovoltaik ermöglicht eine optimale und effiziente Nutzung von Bauten und eine wirtschaftliche, ökologische Stromproduktion vor Ort. Photovoltaikmodule können in Gebäude und Infrastrukturen integriert werden. Durch die Vereinbarung von Energieplanung, Städteplanung und Raumplanung kann die Photovoltaik eine wichtige und überall gegenwärtige Rolle bei der Energieversorgung und der nachhaltigen Entwicklung spielen.

Die Kantone unterstützen diese Entwicklung über die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn) [5], die verlangen, dass ein Teil des Strombedarfs von Neubauten durch eine Anlage im oder auf dem Gebäude selbst oder in unmittelbarer Nähe gedeckt wird. Das Bundesgesetz über die Raumplanung und seine Verordnung sowie das Raumplanungs- und Baugesetz und sein Ausführungsreglement definieren und erleichtern die Verfahren für Solaranlagen. Die Richtlinie über die architektonische Integration von thermischen und photovoltaischen Solaranlagen präzisiert den rechtlichen Rahmen, beschreibt das Verfahren und legt die Massnahmen und Kriterien für die Integration von Solaranlagen fest. Vorhaben zum Einbau von Solaranlagen, die nach den Kriterien des Bundesrechts sorgfältig integriert sind, sind nicht mehr bewilligungspflichtig. Derartige Vorhaben müssen nur noch der Gemeinde gemeldet werden (Art.18 Abs.1 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG)). Für Solaranlagen, die auf einem geschützten Gebäude oder in einer Schutzzone geplant sind, muss hingegen bei der Gemeinde eine Baubewilligung eingeholt werden.

Die Entwicklung der Photovoltaik in grossem Massstab hängt auch von der Struktur des künftigen Stromnetzes, aber auch von den neuen Entwicklungen bei den Batterien und Akkus und von anderen Bereichen wie der Mobilität (Elektroautos), der Produktion von Wasserstoff usw. ab (vgl. Kapitel 5 und 6).

Wirtschaftliche, ökologische und politische Auswirkungen

Im Bereich der Photovoltaik gibt es heute 5800 Arbeitsplätze in der Schweiz [2]. Dies sollte etwa 100 Arbeitsplätzen im Kanton Freiburg entsprechen.

Bibliografie

› [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016

› [2] Swissolar. Faktenblatt: Strom von der Sonne, März 2016

› [3] Swissolar. Wärme und Strom mit der Kraft der Sonne, 2015

› [4] NET Nowak Energie & Technologie AG. Photovoltaisches Potenzial im Kanton Freiburg, 1998

› [5] EnDK. Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn), Januar 2015

› AGRIDEA. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie.

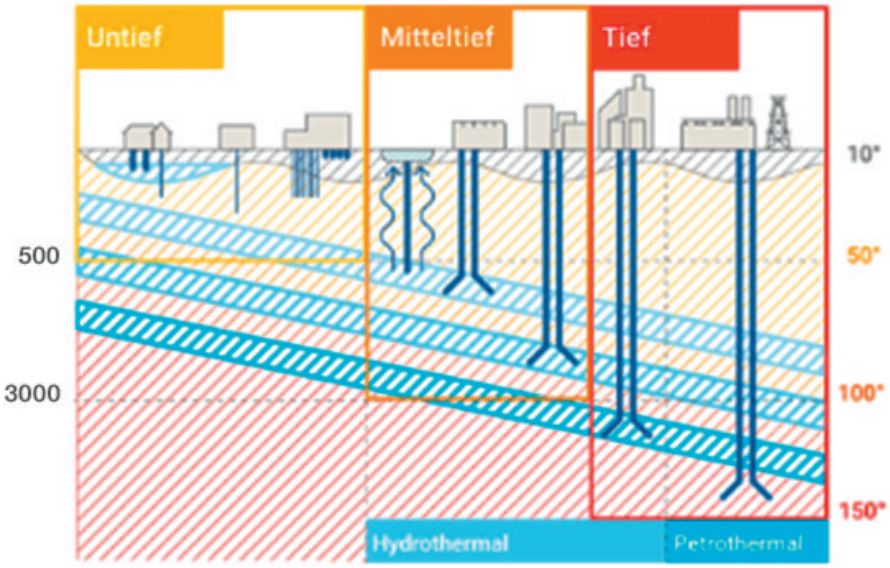
2.1.4 Geothermie und Umweltwärme

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Die Geothermie nutzt die Wärmeenergie, die aus dem Erdinneren strahlt oder durch den radioaktiven Zerfall von Bestandteilen der Erdkruste entsteht. Diese Wärme, die massenhaft produziert wird, kann genutzt werden, um Wärme oder – falls die Voraussetzungen dafür gegeben sind – Strom zu erzeugen. Die Geothermie ist eine lokale Energiequelle, die als erneuerbar gilt und keine Treibhausgasemissionen verursacht. Sie kann als Bandenergie genutzt werden, das heisst ohne Unterbruch und unabhängig von der Tages- und Jahreszeit und dies während mehreren Jahrzehnten.

Es wird zwischen verschiedenen Arten von Geothermie unterschieden, die von der Tiefe abhängen:

- Die untiefe oder Niedertemperatur-Geothermie (bis 500 m) basiert hauptsächlich auf Anlagen, die die thermische Energie des Untergrunds mit vertikalen Erdwärmesonden, Erdwärmesondenfeldern oder Geostrukturen (z.B. Energiepfähle) aufnehmen und über Wärmepumpen zum Heizen nutzen.



Quelle: GEOTHERMIE.CH

- Die mitteltiefe Geothermie (bis 3000 m) basiert auf der Nutzung des heissen Wassers, das im Untergrund vorhanden ist. Die wasserführenden Gesteinsschichten werden Aquifere genannt, weshalb auch von geothermischen Systemen im tiefen Aquifer oder von hydrothermaler Geothermie gesprochen wird.

- Die tiefe Geothermie (ab 3000 m) oder Hochenergie-Geothermie basiert auf zwei unterschiedlichen Technologien: die hydrothermale und die petrothermale Wärmegewinnung.

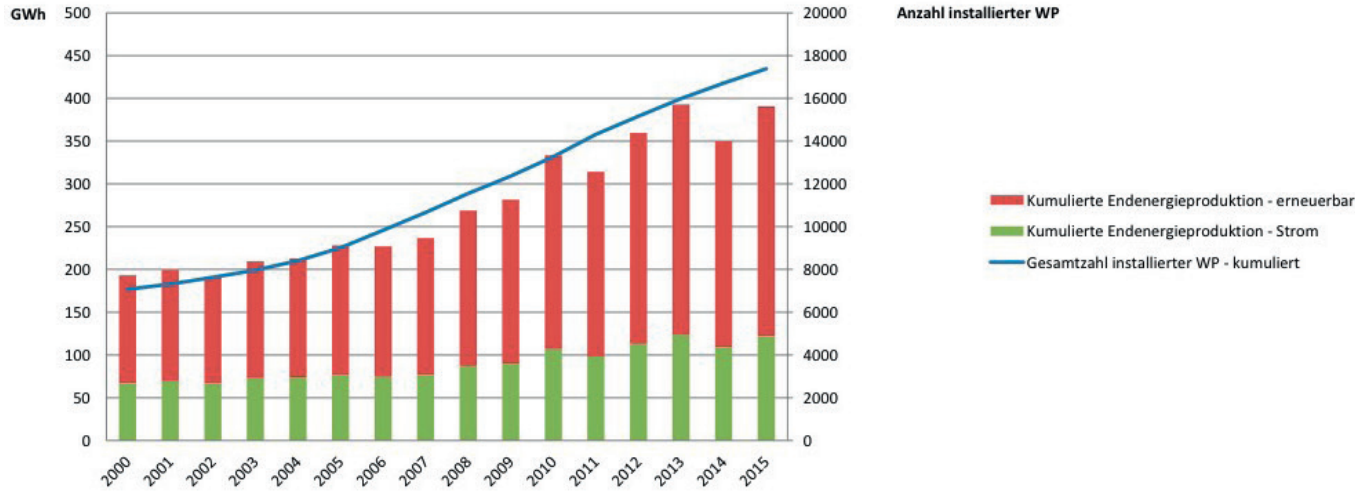
Bei petrothermalen Systemen wird über eine erste Bohrung Wasser von der Oberfläche in den Untergrund gepumpt, wo es sich erwärmt. Über eine zweite Bohrung wird das heisse Wasser wieder nach oben gepumpt. Derartige Systeme stossen in grössere Tiefen vor (4 bis 6 km). Weitere Bezeichnungen für diese Technologie sind stimulierte geothermische Systeme, Enhanced Geothermal Systems (EGS) oder petrothermale Geothermie.

Beide Systeme (hydrothermale und petrothermale Geothermie) können zur Stromerzeugung genutzt werden, sofern in der Schweiz eine Tiefe von mindestens 3 km erreicht wird. Die petrothermale Geothermie bietet gegenüber der hydrothermalen Geothermie den Vorteil, dass sie beinahe überall eingesetzt werden kann. Zurzeit gibt es in der Schweiz noch keine Anlage, die mit Erdwärme Strom erzeugt. Es gibt aber einige hydrothermale Systeme, die Fernwärmenetze versorgen. Keines davon befindet sich aber im Kanton Freiburg. Für die Stromproduktion sind sie nicht tief genug und das gewonnene Wasser nicht warm genug.

Die untiefe Geothermie ist in der Schweiz und besonders im Kanton Freiburg stark entwickelt, wo seit Ende der 1980er-Jahre knapp 11 000 Wärmepumpen mit etwa 16 000 Erdwärmesonden (EWS) installiert wurden, die zusammen etwa 200 GWh Wärme pro Jahr produzieren [10].

Die untenstehende Grafik illustriert die Entwicklung der Wärmepumpen (WP) im Kanton Freiburg. Der Anteil der WP mit Erdwärmesonden beträgt 70 % aller WP.

Entwicklung der Anzahl installierter WP und ihrer Wärmeproduktion



Quelle: AfE

Ende 2014 waren im Kanton 16'708 Wärmepumpen registriert, die etwa 350 GWh Wärme produzieren. Diese wird zu zwei Dritteln der Umwelt entzogen und zu einem Drittel elektrisch erzeugt [AfE].

Aufgrund der steigenden Zahl von Baubewilligungsgesuchen für Geothermiebohrungen (500 im Jahr 2014) wurde eine Karte veröffentlicht, auf der eingezeichnet ist, wo Erdwärmesonden aus Sicht des Grundwasserschutzes zulässig sind. Diese Karte, die über das Geoportal[1] zugänglich ist, bietet eine

[1] http://map.geo.fr.ch/default.htm?dataTheme=Environnement&theme=CARTES_NATIONALES&lang=fr

Entscheidungshilfe für Bauträger und Verfasser von Bauprojekten. Sie ermöglicht es auch, die Verwaltungsverfahren zu vereinfachen. Sie gilt nur für Erdwärmesonden und nicht für andere Systeme, die Erdwärme nutzen, wie Grundwasserwärmenutzung, Wärmekörbe, Erdregister, Energiepfähle oder Tiefengeothermie.



Bohrung für eine Erdwärmesonde. Quelle: GEOTHERMIE.CH

Ebenfalls im Bereich der untiefen Geothermie gibt es die energetischen Geostrukturen. Es handelt sich dabei um Fundationselemente eines Bauwerks, die mit Wärmetauschern ausgerüstet werden. Auf diese Weise können sie die Wärme des Bodens aufnehmen. Bei den Geostrukturen handelt es sich hauptsächlich um Betonpfähle, Betonwände und Bodenplatten, die mit der Erde in Berührung stehen. Bereits ab 15 bis 20 Meter unter der Erdoberfläche bleibt die Temperatur konstant und beträgt in unseren Breitengraden etwa 9-11 °C. Dieses Temperaturniveau kann im Sommer zum Kühlen und im Winter zum Heizen verwendet werden. Diese Technologie verbreitet sich im Ausland stark, ist bei uns aber noch wenig präsent. Der Einbau energetischer Geostrukturen ist an folgenden Standorten besonders angezeigt:

- Bauzone erfordert Geostrukturen für grössere Bauten;
- Geostrukturen werden zur Verbesserung der Tragfähigkeit eines schlechten Baugrundes benötigt;
- Bauvorhaben in einer Grundwasserschutzzone S3 (alle anderen Grundwasserschutzzonen sind ausgeschlossen) oder einem Grundwasserschutzareal.

Geeignete Flächen sind meist Schwemmebenen und ehemalige Moore.



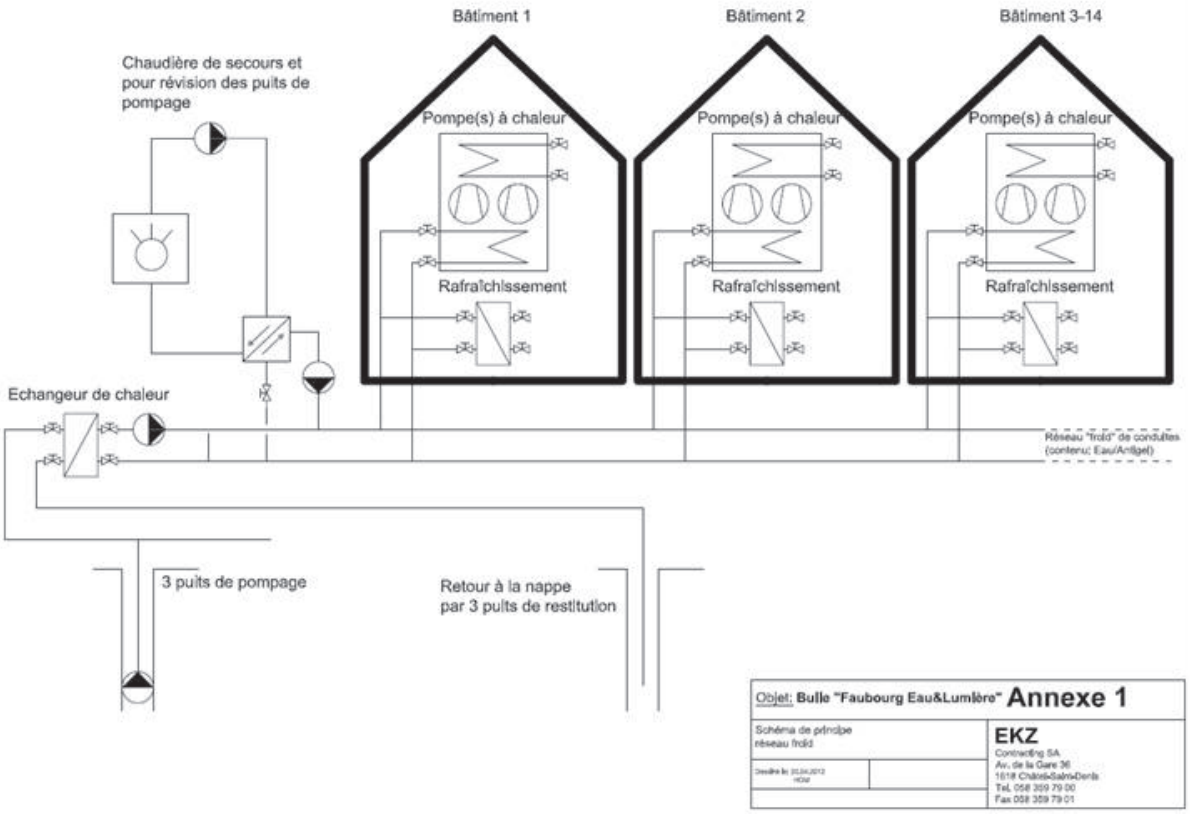
Rohrleitungen für die Zirkulation der Wärmeträgerflüssigkeit an einer Energiepfahl-Armierung. Quelle: [3]

Wärmepumpen nutzen nicht nur die Erdwärme, sondern können auch anderen Elementen unserer Umwelt wie der Luft und dem Wasser Wärme entziehen {vgl. Kapitel 4.3 Wärmepumpe}. Das Wasser kann mit oder ohne Wärmepumpe für die Raumheizung, aber auch für die Kühlung von Prozessen oder Gebäuden genutzt werden. Die Energiequelle kann ein See, ein Fluss oder ein unterirdisches Gewässer sein. Mehrere Anlagen sind bereits in Betrieb (Genf, Neuenburg, La Tour-de-Peilz, St. Moritz usw.) und die Technik wird sich voraussichtlich stark entwickeln. Auch im Kanton Freiburg sind derartige Anlagen etwa in Estavayer-le-Lac und Murten möglich.

Eine Studie der EAWAG (Wasserforschungsinstitut im ETH-Bereich) schätzt die thermische Leistung, die einem See entnommen werden kann, auf 1 W pro m² [8]. Der Murtensee, der eine Oberfläche von 22 km² aufweist, verfügt beispielsweise über ein Potenzial von 22 MW.

Beispiel der Industriebrache des ehemaligen Zeughauses von Bulle:

Die neuen Gebäude werden mit Grundwasser geheizt und gekühlt. Das Grundwasser wird mit einer recht konstanten Temperatur von 8 bis 12 °C hochgepumpt. Es speist über einen Wärmetauscher ein «kaltes» Netz, das die Energie in jedes angeschlossene Gebäude leitet, in dem eine Wärmepumpe die zum Heizen (35 bis 40 °C) und Wassererwärmen (60 °C) nötige Wärme produziert. Das kalte Netz kann im Sommer ohne Einsatz von Wärmepumpen und folglich ohne zusätzliche Kosten zur Raumkühlung genutzt werden.



Anlagenschema. Quelle: EKZ



Wärmetauscher und kaltes Netz. Quelle: EKZ



Dezentrale Wärmeerzeugung: Gebäude mit eigener Wärmepumpe. Quelle: EKZ

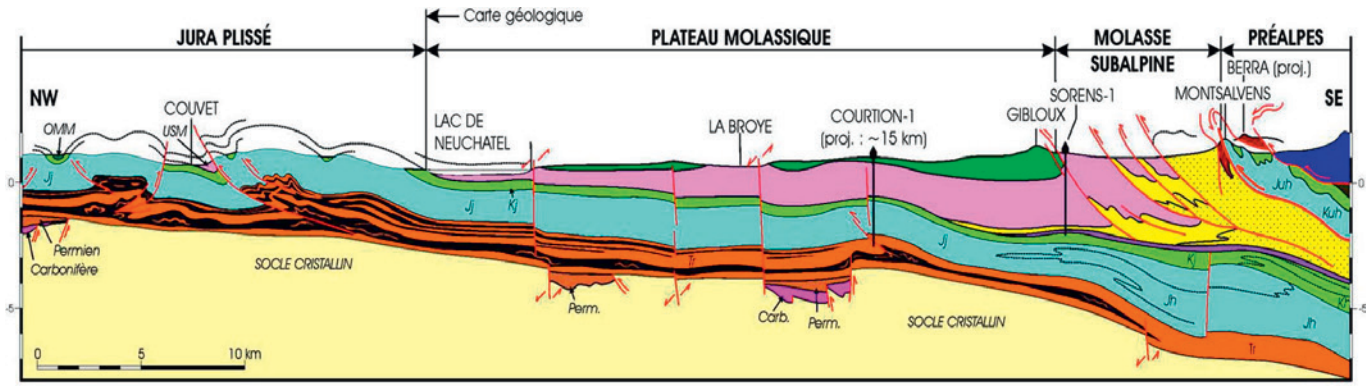
Potenzial

Da Erdwärme praktisch unbegrenzt vorkommt (sie könnte beispielsweise den gesamten Strombedarf der Schweiz decken), wird das Potenzial in erster Linie durch Einschränkungen auf der Ebene des Verbrauchs und der Bauvorschriften begrenzt. Während die elektrische Energie transportiert werden kann, sind für die Nutzung von Wärme eine gewisse Nähe zu den Verbrauchern und die Möglichkeit eines Anschlusses an ein Fernwärmenetz nötig (unerlässlich für die wirtschaftliche Tragbarkeit eines Tiefengeothermieprojekts). In diesem Bereich kann also das Potenzial mit dem strategischen Ziel gleichgesetzt werden.

Das vom Bundesamt für Energie festgesetzte Stromproduktionsziel sieht vor, dass die Tiefengeothermie ab 2050 einen Beitrag von 4400 GWh/a leisten wird. Dies entspricht etwa 7 % des Schweizer Stromverbrauchs. Dieses Ziel könnte beispielsweise mit etwa hundert stimulierten Geothermiesystemen erreicht werden (Quelle: geothermie.ch).

Bei der Ausarbeitung der Energiestrategie des Kantons Freiburg im Jahre 2009 [2] wurden die folgenden Energiezeile für 2030 berücksichtigt:

- Wärmepumpen: 520 GWh/a Wärme;
- Tiefengeothermie: 85 GWh/a Wärme und 42 GWh/a Strom. Dieses Ziel könnte mit einer petrothermalen Geothermieanlage erreicht werden.



Geologische Situation des Kantons Freiburg (Quelle: Universität Neuenburg – CHYN)

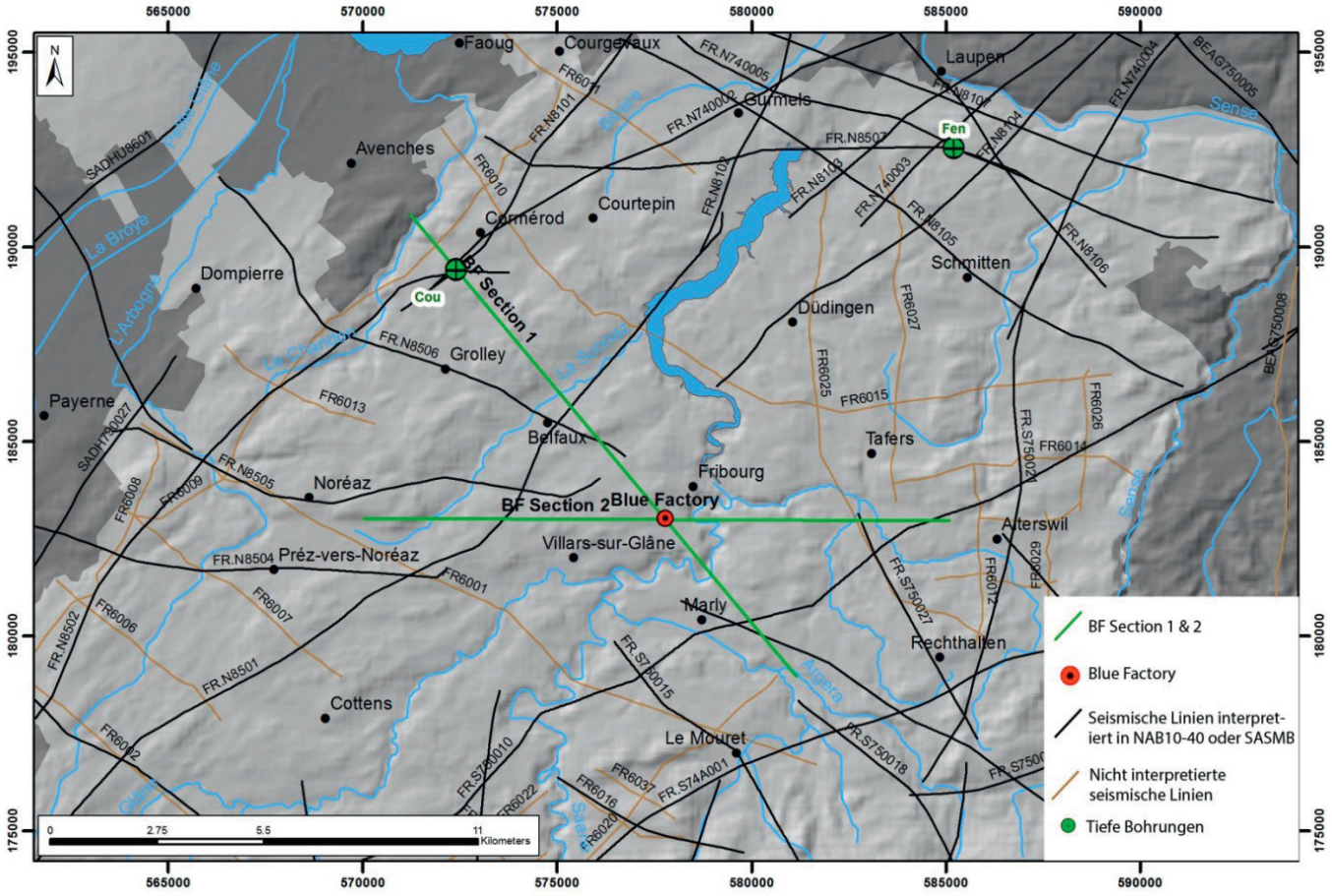
Die Studie [3] hat ergeben, dass sich die folgenden Gebiete für energetische Geostrukturen eignen: Murten-Kerzers, Courtepin, Schmitten, Tafers, die Agglomeration Freiburg, St. Aubin – Domdidier, die Region Romont und die Region Bulle. Berechnungen gestützt auf die Resultate einer Marktumfrage im Bereich des Geostrukturbaus ermöglichen eine Schätzung des Entwicklungspotenzials im Kanton Freiburg. Innerhalb von zehn Jahren könnten mit energetischen Geostrukturen jährlich 1 600 000 kWh Wärme und 120 000 kWh Kälte produziert werden, was eine Reduktion des CO_2-Ausstosses um jährlich 50 Tonnen ermöglichen würde.

Strategie

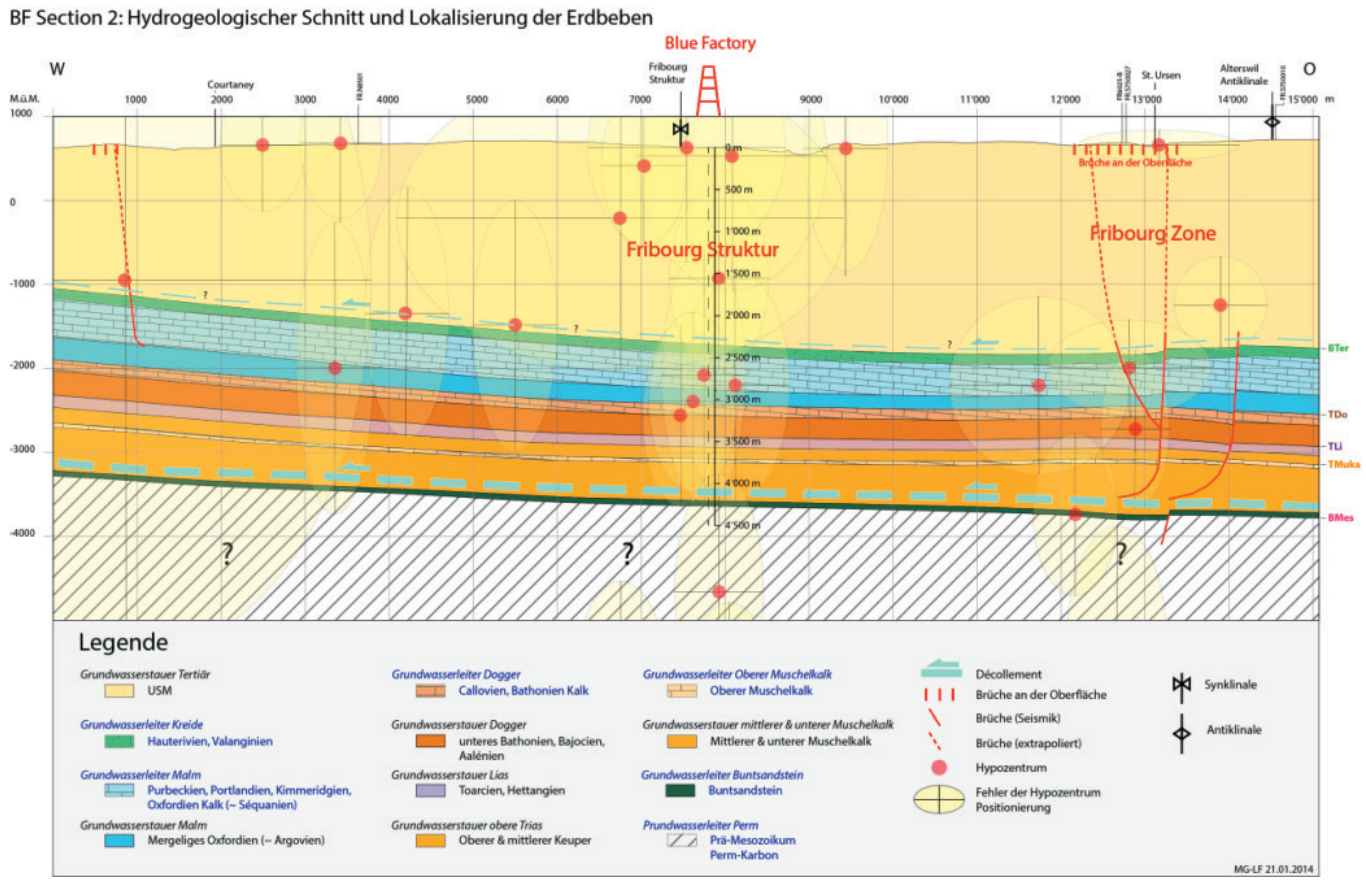
In den vergangenen Jahren wurden mehrere Studien durchgeführt, die es ermöglichten, die kantonale Strategie immer besser zu definieren:

- Studie über die Möglichkeiten verschiedener Technologien [3]: Die vier geprüften Technologien (energetische Geostrukturen, vertikale Erdwärmesonden, tiefe Aquifere, stimulierte geothermische Systeme) bieten interessante Nutzungsmöglichkeiten;
- Suche nach geeigneten Standorten für die Tiefengeothermie [4] [5]: Die Regionen Murten, Bulle und Freiburg wurden untersucht und haben zum Schluss geführt, dass die Umgebung von Freiburg am interessantesten ist;
- Modellierung des Untergrunds des Kantons Freiburg [11];
- Konzentration der Studien auf das Geothermiepotenzial der Agglomeration Freiburg [6] [7]: Die Studien lassen auf ein grosses Potenzial für die Versorgung von Fernwärmenetzen der Stadt und ihrer Umgebung schliessen. Die vorgesehene hydrothermale Technik, die ein Netzwerk von kleinen Rissen nutzt, entspricht einem vorsichtigen Ansatz, der vielerorts zur Anwendung kommt und kaum bemerkbare Erdbebenaktivitäten verursacht. Die Studien sind noch im Gange [9] und es ist noch nicht gewiss, ob eine Stromproduktion möglich ist. Die Arbeiten könnten 2019 für eine Anlage mit einer Betriebszeit von 35 Jahren beginnen.

Die kantonale Strategie im Bereich der Tiefengeothermie besteht in der Fortsetzung der Studien und Projekte, die die Entwicklung einer hydrothermalen Anlage bis 2020 und einer zweiten Anlage im darauffolgenden Jahrzehnt vorsehen. Diese Planung entspricht den Zielen für die Fernwärmenetze.



Beispiel von Studienresultaten [11]: Seismische Linien und Einzeichnung der Schnitte, die durch das blueFACTORY-Gelände führen

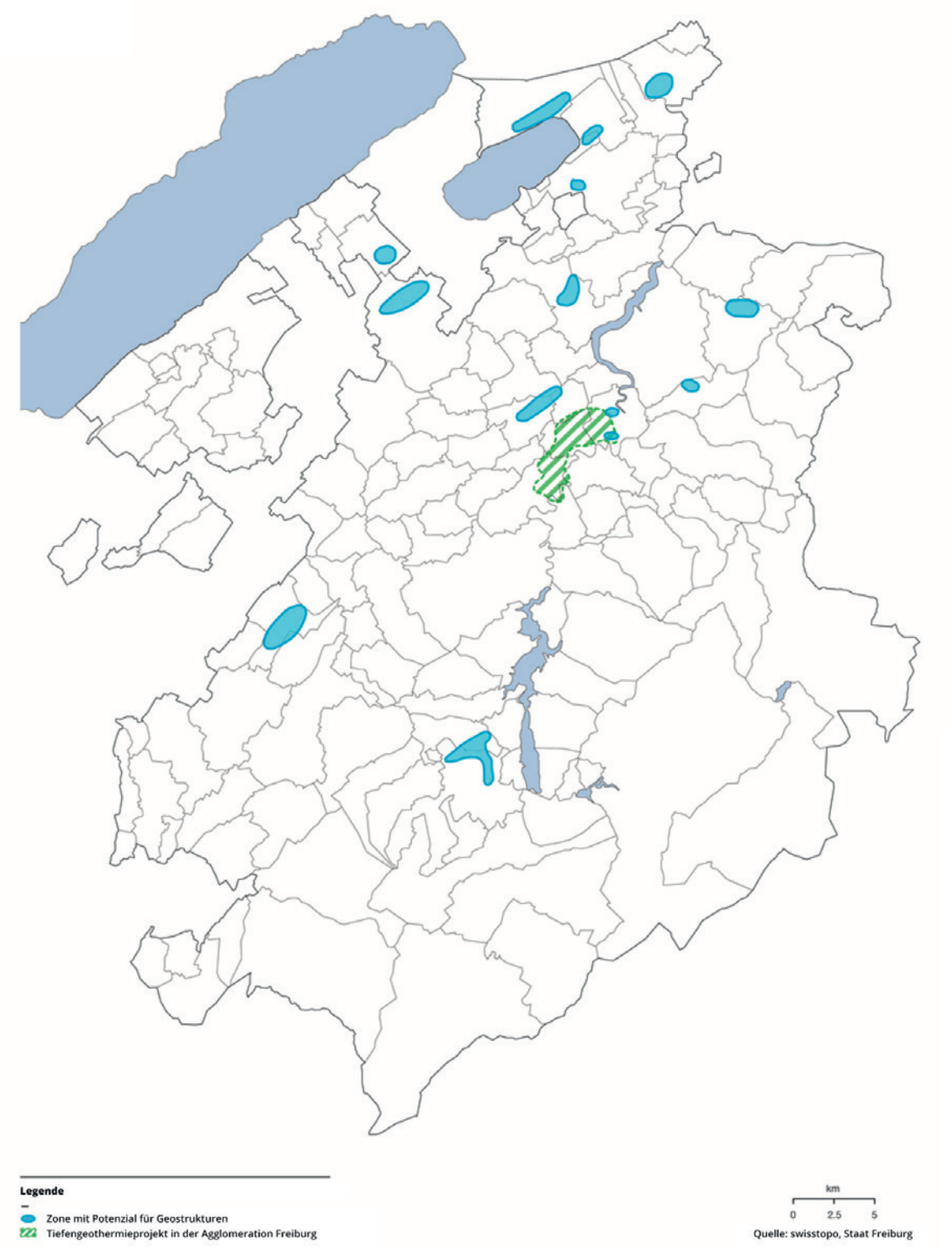


Beispiel von Studienresultaten [11]: Geologischer Schnitt am voraussichtlichen Bohrstandort auf dem blueFACTORY-Gelände

Bei der untiefen Geothermie zielt die kantonale Strategie darauf ab, geeignete Rahmenbedingungen festzulegen (Gesetzgebung, Förderung, Information, Schulung), um den Ersatz von Elektroheizungen und fossilen Heizungen durch Wärmepumpen anzukurbeln, die die Wärme über Erdwärmesonden, Geostrukturen und Wärmetauscher beziehen.

Ferner gilt es, den Einsatz dieser Techniken in Neubauten zu fördern.

Die gleiche Strategie gilt auch für die Nutzung von Oberflächen- und Grundwasser zum Heizen und Kühlen.

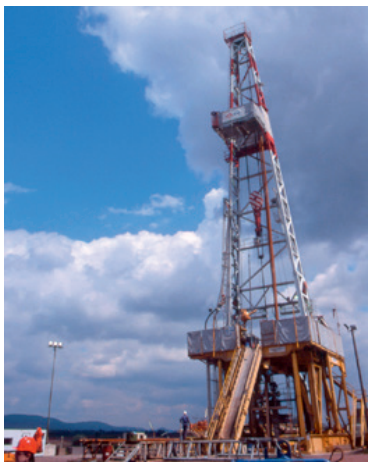

Legende
–
Zone mit Potenzial für Geostrukturen
Tiefengeothermieprojekt in der Agglomeration Freiburg
km
0
2.5
5
Quelle: swisstopo, Staat Freiburg

Quellen: [3], [6]

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Ökologische Auswirkungen:

Geothermieanlagen nutzen zwar eine erneuerbare Energiequelle, die es zu fördern gilt. Sie bergen aber auch Risiken für die Grundwasserversorgung und zwar insbesondere während der Bohrarbeiten und der Verfüllung (Verunreinigung des Grundwassers von der Oberfläche her, Verbindung von Grundwasserstockwerken), aber auch bei der Nutzung der Sonde (Beschädigung der Sonde und Austritt von Wärmeträgerflüssigkeit). Sind die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untergrund ungünstig, kann der Einbau einer Sonde auch für den Betreiber nachteilige Auswirkungen haben: Austritt von Erdgas, von Wasser, das unter Druck steht und abgeleitet werden muss, Perforation oder Verformung der Sonden (Rutschungen, geologische Hohlräume usw.). Bei stimulierten geothermischen Systemen in grosser Tiefe wird Wasser unter hohem Druck eingepresst, um die Gesteinsrisse zu erweitern. Dieser Vorgang kann Mikrobeben auslösen.



Bohrung für ein stimuliertes geothermisches System in Soultz-sous-Forêt, Elsass. Quelle: CREGE

Wirtschaftlicher Nutzen:

Fast alle neuen Wohnbauten des Kantons werden mit Wärmepumpen geheizt (etwa 700 pro Jahr). Bestehende Heizsysteme werden dagegen zu weniger als 10 % durch Wärmepumpen ersetzt (weniger als 200 von 2000 Heizungssanierungen pro Jahr) [1]. In diesen Zahlen werden auch die Luft/Wasser-Wärmepumpen mitgezählt, die keine Erdwärme nutzen. Die Wärmepumpen verfügen also bei Gebäudesanierungen noch über ein grosses ungenutztes Potenzial {vgl. 4.3 Wärmepumpe}. Die Kosten eines Tiefengeothermieprojekts von der Art eines stimulierten geothermischen Systems belaufen sich schätzungsweise auf 80-100 Millionen Franken, die teilweise der lokalen Wirtschaft zugutekommen (Quelle: geothermie.ch).

Politische Auswirkungen:

Für die Entwicklung von Tiefengeothermieprojekten müssen zwingend geophysische Messkampagnen und insbesondere reflexionsseismische Messungen durchgeführt werden, die wertvolle Informationen über den Aufbau des tiefen Untergrunds, aber auch über die Rohstoffvorkommen liefern. Ihr Nutzen reicht also weit über das Thema der Geothermie hinaus. Die von derartigen Projekten betroffenen Bereiche sind:

- die Raumplanung;
- die langfristige Versorgung mit Bodenschätzen und Kohlenwasserstoffen;

- das Umweltmanagement;
- die Beurteilung der Risiken und zwar insbesondere der geotechnischen Risiken sowie der Verunreinigungs- und Erdbebenrisiken;
- die Strassen- und Bahninfrastrukturen;
- die Siedlungspolitik;
- die Abwägung von Interessenskonflikten zwischen unterschiedlichen Nutzungen.

Ein wichtiger Vorteil der geophysischen Messungen liegt darin, dass sie in allen oben erwähnten Bereichen Entscheidungshilfen bieten und somit den Staat befähigen, bei Interessenskonflikten zu entscheiden und eine Planung aufzustellen [9].



Fahrzeuge für reflexionsseismische Messungen. Quelle: SwissTerraPower

Rechtlicher Rahmen

Die Karte der Zulässigkeit von Erdwärmesonden des Kantons Freiburg stellt eine Planungshilfe dar, die sich weiterentwickeln wird. Sie enthält hauptsächlich Angaben zum Schutz des Grundwasservorkommens. Dagegen macht sie keine Angaben zum Energiepotenzial oder zur Präsenz unterirdischer oder überirdischer Infrastrukturen. Der Projektverfasser muss folglich prüfen, ob der Standort und die Tiefe der Bohrungen keine allfälligen unterirdischen Anlagen tangieren.

Im Übrigen wird zurzeit ein Gesetz über die Nutzung des Untergrunds im Kanton Freiburg ausgearbeitet. Dieses wird auch die besonderen Bedingungen festlegen, die für mitteltiefe und tiefe Bohrungen beachtet werden müssen.

Bibliografie

- [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2014. Freiburg, 2015
- [2] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009
- [3] Amt für Energie. Evaluation du potentiel géothermique du canton de Fribourg. Universität Neuenburg und CREGE. Freiburg, 2005
- [4] Universität Neuenburg. Modélisation géologique et étude 3D de la distribution des températures pour la sélection de sites favorables au développement de la géothermie profonde dans le canton de Fribourg. 2012
- [5] Universität Freiburg. Modèle 3D de Géologie profonde Région Fribourg. 2012
- [6] Amt für Energie. GtP blueFACTORY Rapport final de phase A – Etude préliminaire. SwissTerraPower. Freiburg, 2014
- [7] Amt für Energie. Projet de géothermie profonde dans le périmètre de la Ville de Fribourg, Rapport de synthèse de l'étude préliminaire (Phase A). Freiburg, 2014
- [8] EAWAG (Wasserforschungsinstitut im ETH-Bereich). Large lakes as sources and sinks of anthropogenic heat: Capacities and limits. Dübendorf, 2014
- [9] SwissTerraPower. GtP blueFACTORY – Projet de géothermie profonde à Fribourg - Rapport «Préparation du cahier des charges et des éléments de décision en vue de la phase B du projet GtP blueFACTORY». Freiburg, 2016
- [10] Schreiben der RUBD an das BFE und das BAFU vom 13.07.2015 über die Karte der Zulässigkeit von Erdwärmesonden des Kantons Freiburg
- [11] Universität Freiburg. Synthèse des données géologiques utiles pour la construction d'un modèle du sous-sol du canton de Fribourg. In: GeoFocus, Band 39. 2016

2.1.5 Holz

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Energieholz [1,2] umfasst zerkleinertes Holz direkt aus dem Wald und Reste der Holzverarbeitung (z.B. aus Sägereien, Zimmereien, Schreinereien) in Form von Scheiten, Schnitzeln, Sägemehl, Rinden und Pellets.

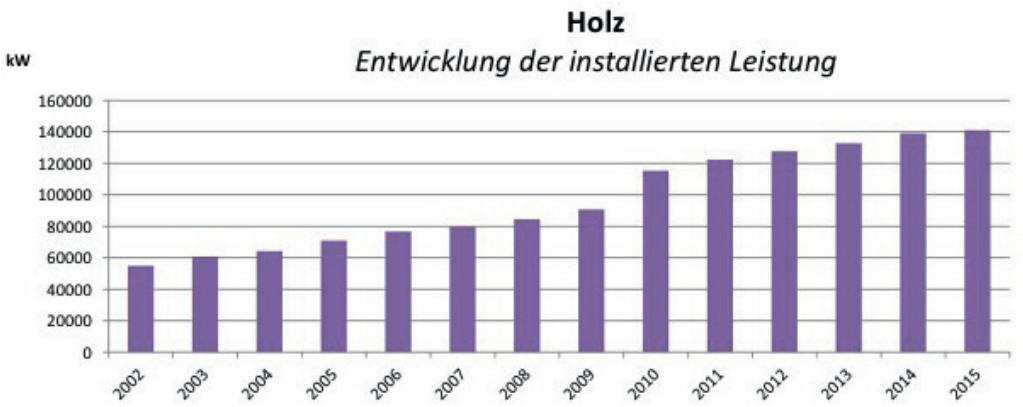
Holz wird schon lange genutzt. Schliesslich war es während Jahrtausenden der wichtigste Energieträger. Später wurde es vor allem durch Kohle und im Laufe des 20. Jahrhunderts durch Erdölprodukte ersetzt. Seit den 1980-er-Jahren nimmt die Nutzung von Energieholz wieder stetig zu – dank dem technologischen Fortschritt und der politischen Unterstützung auf Bundes- und Kantonsebene.

Die Zahl der subventionierten neuen Heizkessel mit einer Leistung von über 70 kW geben ein gutes Bild dieser Entwicklung: Im Jahr 1980 waren 11 Holzheizkessel in Betrieb, 1990 waren es bereits 55, im Jahr 2000 belief sich ihre Zahl auf 124, 2010 auf 208 und 2014 auf 237, die zusammen eine Nennleistung von über 100 MW aufweisen. Grosse Holzheizkessel sind oft an Fernheizungs- und Fernwärmenetze angeschlossen. 4 300 Gebäude verfügen über einen eigenen Holzheizkessel. Ihre Zahl ist seit 1990 weitgehend unverändert geblieben.



Die Freiburger Wälder verfügen über ein grosses Energieholzpotenzial, hier der Wald bei Fälgeschür (Tafers). Quelle: Marcel Gutschner

Die gesamte installierte Leistung beläuft sich im Kanton Freiburg auf etwa 140 MW. Die aus Holz gewonnene Endenergie hat sich zwischen 2002 und 2015 auf etwa 300 GWh verdoppelt. Dies entspricht etwa 8 % des Wärmeverbrauchs im Kanton Freiburg.



Entwicklung der gesamten Nennleistung der im Kanton betriebenen Holzheizungen. Quelle: AfE [10]

Grosse Heizanlagen eignen sich auch für die Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) (vgl. Kapitel 4.2 Wärme-Kraft-Kopplung), die Strom und Wärme erzeugt und so die Holzenergie noch besser nutzt. Eine Studie [2] hat 2010 in der Schweiz neun WKK-Anlagen gezählt, die 8 % des Schweizer Energieholzes nutzen und pro Jahr 84 GWh Strom erzeugen. Im Kanton Freiburg gibt es eine mit Holz betriebene WKK-Anlage. Sie wurde 2016 in Düdingen im Rahmen eines Fernwärmeprojekts in Betrieb genommen. Die Anlage hat eine Leistung von 80 – 95 kWe und 350 kWth bei einem Wirkungsgrad von 15 % bzw. 62 % (Gesamtwirkungsgrad 77 %). Die Anlage erzeugt pro Jahr 640 MWh Strom [11].



Die Fernheizung der Holzenergie OBL AG mit einer Leistung von über 2 MW beliefert seit 1995 die Gebäude in Plaffeien mit Wärme, die mit Holz aus den Wäldern der Umgebung erzeugt wird.
Quelle: Marcel Gutschner

Das Energieholz stammt direkt aus den Wäldern oder den Nebenerzeugnissen der Industrie. Etwas mehr als die Hälfte des Energieholzes kommt aus den Freiburger Wäldern. Es besteht zu ⅔ aus Laubholz und zu ⅓ aus Nadelholz [4]. Die Energieholzmenge nimmt ständig zu. Sie ist von 75 000 m³ im Jahr 2008 auf knapp 100 000 m³ im Jahr 2014 angestiegen. In diesem Zeitraum hat sich die Aufteilung zwischen Schnitzeln und Stückholz umgekehrt. Heute stellen die Schnitzel die verbreitetste Form von Energieholz dar mit einer Menge von über 57 000 m³ pro Jahr, während die Menge von Stückholz 42 000 m³ pro Jahr beträgt [3]. Der Anteil der Industrienebenprodukte, die als Brennholz verwertet werden, wird auf 50 % der gelieferten Derbholzmenge geschätzt. Diese Menge ist zwischen 2008 und 2014 deutlich gesunken und zwar von 171 000 m³ auf 123 000 m³ [3]. Landesweit kann der Anteil an Pellets auf 10 % geschätzt werden.[2]



Betriebsgebäude des 2. Forstkreises in Rechthalten, Holzbau nach Minergie-P-ECO-Standard. Quelle: Marcel Gutschner

Potenzial

Das Energieholzpotenzial entspricht der Holzmenge, die für die Energieproduktion nutzbar ist. Die Wälder des Kantons Freiburg mit einer Gesamtfläche von etwa 43 700 ha weisen einen jährlichen Zuwachs von etwa 522 000 m³ und ein Holznutzungspotenzial von 325 000 m³ Derbholz (Nutzholz, Industrieholz und Energieholz) auf. Heute werden knapp 100 000 m³ Holz als Energieholz in Form von Schnitzeln und Stückholz genutzt [4]. Aus wirtschaftlicher Sicht existiert ein ungenutztes Potenzial von 20 000 bis 60 000 m³ Derbholz (einschliesslich Schlagabraum) für die Energiegewinnung. Dieses Volumen stellt ein (kurzfristig verfügbares) Wärmeerzeugungspotenzial von 40 bis 120 GWh dar.

Die aktuellen Holzmengen stammen hauptsächlich aus den öffentlichen Wäldern. Das nutzbare Potenzial befindet sich hauptsächlich in den Privatwäldern und im Bereich der Laubwälder. Die Privatwälder mit einer Fläche von etwa 18 000 ha sind auf etwa 12 000 Eigentümer verteilt. 80 % der Fläche dieser Wälder gehören Landwirten [5]. Beim Energieholz aus der Industrie wird das Potenzial nur zunehmen,

[2] Es gibt keine genauen Zahlen zum Pelletverbrauch im Kanton Freiburg. Im Jahr 2014 wurden in der Schweiz 160 000 t Pellets produziert. Damit konnte etwa 70 % des Inlandbedarfs gedeckt werden [12]. Der Energieverbrauch in Form von Pellets kann also auf 1 TWh geschätzt werden und macht etwa 10 % des Schweizer Energieholzverbrauchs von ungefähr 10 TWh im Jahr 2014 aus [10].

wenn die Holzindustrie eine grössere Holzmenge verarbeitet.





«Berge» von Rundholz und Reste der Holzindustrie können zur Energiegewinnung genutzt werden wie hier in Bulle. Quelle: Marcel Gutschner

Eine Studie [1] zeigt, dass bei einem Energiepreis von 7,5 Rappen pro kWh das Potenzial des Energieholzes aus den Freiburger Wäldern auf 705 2015 GWh pro Jahr geschätzt werden kann. Dies würde es ermöglichen, die jährliche Produktion mittel und langfristig gegenüber dem Jahr 2015 mehr als zu verdoppeln. In der Tat hängt die Nutzung des wirtschaftlichen Potenzials einerseits von der Entwicklung der Industrie- und Energieholzpreise sowie der Preise für (fossile) Brennstoffe und andererseits von den Betriebskosten (Erschliessungsgrad der Holzreserven, starke Stückelung der Privatwälder) ab. Eine langfristige Erhöhung des Preises von fossilen Brennstoffen kann die Rentabilität der Waldnutzung steigern, die zurzeit unter ihrem Potenzial liegt (ein jährlicher Zuwachs von 200 000 m^3 Derbholz bleibt ungenutzt).

Die Nutzung des gesamten Holzpotenzials würde es ermöglichen, mindestens einen Viertel des für 2050 geschätzten Wärmebedarfs im Kanton Freiburg zu decken. Dies würde über dem Ziel der Energiestrategie 2050 liegen, die vorsieht, dass ein Zehntel des Wärmebedarfs der Schweiz mit Holz gedeckt wird.

Wärme-Kraft-Kopplungsanlangen (WKK) ermöglichen es, aus Holz und Biogas mit hohem Wirkungsgrad Strom und Wärme zu erzeugen. Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht vor, die Stromproduktion aus Holz mit grossen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen bis 2050 auf 1,24 TWh zu steigern. Dies entspricht einer Zunahme der landesweiten Produktion um das Neunfache gegenüber 2010. Für den Kanton Freiburg entspricht das Produktionsziel etwa 50 GWh.

Der Grossteil von Energieholz wird durch Verbrennung genutzt. Eine relativ neue Alternative liegt in der Vergasung: Die holzige Biomasse wird in brennbares Gas umgewandelt. Dieser Ansatz ist in der Schweiz nicht sehr verbreitet, da die Kosten zu hoch und folglich gegenüber konkurrierenden Technologien nicht wettbewerbsfähig sind.

Strategie

Das kantonale Gesetz vom 2. März 1999 über den Wald und den Schutz vor Naturereignissen zielt darauf ab, eine optimale Bewirtschaftung des Waldes zu begünstigen und die Verwendung von einheimischem Holz zu fördern. Es ist mit der Politik des Bundes zur Ressource Holz vereinbar [9]. Diese Politik zielt auf eine effiziente Nutzung von Holz ab und zwar durch Nutzungskaskaden. Dies bedeutet, dass Holz zuerst stofflich genutzt, bevor es energetisch verwertet wird. Bei der energetischen Nutzung soll

ferner ein hoher Gesamtwirkungsgrad bei der Umwandlung angestrebt werden. Das grösste Potenzial liegt in den öffentlichen und privaten Waldflächen, die zu 80 % im Besitz von Landwirten sind, sowie in den Nebenerzeugnissen der Holzindustrie. Diese Akteure müssen beigezogen werden, um eine Strategie aufzustellen, die es erlaubt, das Energieholzpotenzial der Wälder besser zu nutzen, indem ein nachhaltiges Waldmanagement, eine optimale Logistik und eine effiziente Holznutzung gewährleistet werden.



In Bulle und Umgebung wird der Wärmebedarf immer mehr durch Holzfernheizungen gedeckt – im Bild einer der Standorte zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen in Bulle. Ziel ist der Anschluss von 90 % des Gemeindegebiets an das Fernwärmenetz. Quelle: Marcel Gutschner

Langfristig (2035 bis 2050) könnte der Endenergieverbrauch zum Heizen zu einem Viertel oder noch mehr mit Holz gedeckt werden. Es gilt, Energieholz vorranging über Fernwärmenetze und grosse Anlagen oder Heizkessel zu nutzen, die einen hohen Wirkungsgrad aufweisen und über die nötige technische Ausrüstung verfügen, um die immer strengeren Anforderung an die Luftreinhaltung einzuhalten. Ein noch zu wenig eingesetzter, wenn auch in der Energiestrategie des Kantons [6] identifizierter Zweig, ist die Wärme-Kraft-Kopplung in sehr grossen Holzfeuerungsanlagen mit einer Leistung von über 1 MW.

Zur Ausschöpfung dieser Potenziale ist es wichtig, auf kommunaler und interkommunaler Ebene die Gebiete zu identifizieren, die sich besonders für die Fernheizung eignen und zwar aus Sicht der Siedlungsdichte mit entsprechender Energienachfrage und der verfügbaren Menge an Energieholz und anderen Energieträgern.



Gebäude nach Minergie-P-ECO-Standard in Romont: mit Holz gebaut und mit Holz geheizt. Quelle: Marcel Gutschner

Holz ist auch ein geeigneter Brennstoff für die Zentralheizung von Energiesparhäusern, wenn beim Bau oder bei der Sanierung auf moderne Konzeption und Technik geachtet und leistungsstarke Anlagen verwendet werden. Auf diese Weise kann Energie gespart und der Schadstoffausstoss gesenkt werden [7].

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Das Holz ist in der Schweiz und im Kanton Freiburg ein wichtiger natürlicher Rohstoff. Es handelt sich um einen erneuerbaren und klimaneutralen Rohstoff, der sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden kann.

Holzfeuerungen sind CO_2-neutral. Ein Baum nimmt im Laufe seines Wachstums durch Photosynthese ebenso viel CO_2 auf, wie bei der Verbrennung freigesetzt wird. Damit die Anlagen möglichst wenig Schadstoffe ausstossen, müssen moderne Technologien eingesetzt werden. Ausserdem sind eine gute Planung (Dimensionierung), eine fachmännische Installation und Regulierung sowie ein fachgerechter Betrieb (Holzqualität, Unterhalt) unabdingbar. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Nachbarn belästigt werden, gesundheitsschädlicher Feinstaub ausgestossen wird und das Image des Holzes als ökologische Energiequelle leidet [7]. Die Luftreinhalteverordnung legt Emissionsgrenzwerte für Holzfeuerungen fest. Die Anforderungen wurden in den letzten Jahren erhöht und die Technologie hat Fortschritte gemacht.

Die Holzwirtschaft spielt im Kanton Freiburg eine wichtige Rolle. Nicht weniger als 2 300 Personen sind in dieser Branche beschäftigt: 430 Personen arbeiten im waldbaulichen Bereich, 410 Personen in Sägereien, Hobel- und Furnierwerken, 1 220 Personen in 230 Zimmereien und Schreinereien und 240 Personen arbeiten in 45 Tischlereien und Möbelfabriken [8].

Die nachhaltige Holznutzung schafft Arbeitsplätze (etwa zwei Drittel der Wertschöpfung erfolgt in der Region [12]), gewährleistet die Waldpflege, verwertet das Restholz und verursacht wenig externe Kosten (vorausgesetzt, dass auf kurze Transportwege und die Einhaltung der Luftreinhalteverordnung geachtet wird). Die Nutzung der Holzressourcen betrifft aufgrund ihres Stellenwerts zahlreiche Politikbereiche [9].

Bibliografie

- [1] ILFD/VWD. Studie über das Potenzial Energieholz im Kanton Freiburg, 2007
- [2] Bundesamt für Energie, Standortevaluation Holz-WKK, Februar 2013
- [3] Amt für Statistik des Kantons Freiburg. Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg, Ausgaben 2002, 2015 und 2016
- [4] Amt für Wald, Wild und Fischerei. Evaluation du potentiel des forêts, Präsentation vom 27. November 2014
- [5] Agridea. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie, Mai 2016
- [6] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie), 29. September 2009
- [7] Amt für Umwelt des Kantons Freiburg. Informationsbulletin, Dezember 2008
- [8] Site https://www.fr.ch/sff/de/pub/wald/holzverwendung.htm(gesichtet am 14. März 2016)
- [9] Bundesamt für Umwelt / Bundesamt für Energie, Ressourcenpolitik Holz, Februar 2014
- [10] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2014. Freiburg, 2015
- [11] https://www.heissluftturbine.ch
- [12] ARE, BLW, BFE, SECO und RegioSuisse. Regionalökonomische Potenziale und Erfolgsfaktoren für den Aufbau und Betrieb von Energieregionen, September 2012

2.1.6 Biomasse/Biogas

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Als Biomasse werden alle organischen Stoffe pflanzlicher oder tierischer Herkunft bezeichnet. Zur Biomasse, die als Energiequelle genutzt werden kann, zählen Holz, landwirtschaftliche Biomasse und biogene Abfälle. Biomasse kann auf verschiedene Weise zur Energieerzeugung genutzt werden. Dieses Kapitel befasst sich mit den Aspekten der landwirtschaftlichen Biomasse und dem Anteil an biogenen Abfällen, die durch Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Das so produzierte Biogas wird in der Regel mit einer Wärme-Kraft-Kopplungsanlage zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt.

Die ARA von Freiburg ist die einzige Anlage im Kanton, die das produzierte Biogas aufbereitet und in das Erdgasnetz einspeist. Bei der Wärme-Kraft-Kopplung wird viel Wärme erzeugt, die unbedingt vor Ort oder durch Einspeisung in ein Fernwärmenetz genutzt werden muss. Genauere Angaben zur Holznutzung und zur energetischen Verwertung des Biomasseanteils in den Abfallverbrennungsanlagen sind in den entsprechenden Kapiteln zu finden (vgl. Kapitel 02015 Holz und 02023 Abfallverbrennung). Die erste Biogasanlage des Kantons Freiburg wurde Ende der 1970er-Jahre von einem Landwirt in Uttewil (Bösingen) gebaut. Heute sind zehn Anlagen in Betrieb, die landwirtschaftliche Biomasse und organische Abfälle verwerten (vgl. untenstehende Tabelle). Die acht Anlagen, die bereits seit einigen Jahren in Betrieb sind, produzieren durchschnittlich 13 GWh Strom (Bruttoproduktion von etwa 14 GWh) und 16 GWh Wärme im Jahr. In den ARA gibt es rund fünfzehn weitere Biogasanlagen, die im Durchschnitt etwa 8 GWh produzieren (vgl. untenstehende Tabelle).

Tabelle: Biogasanlagen für landwirtschaftliche Biomasse und organische Abfälle.

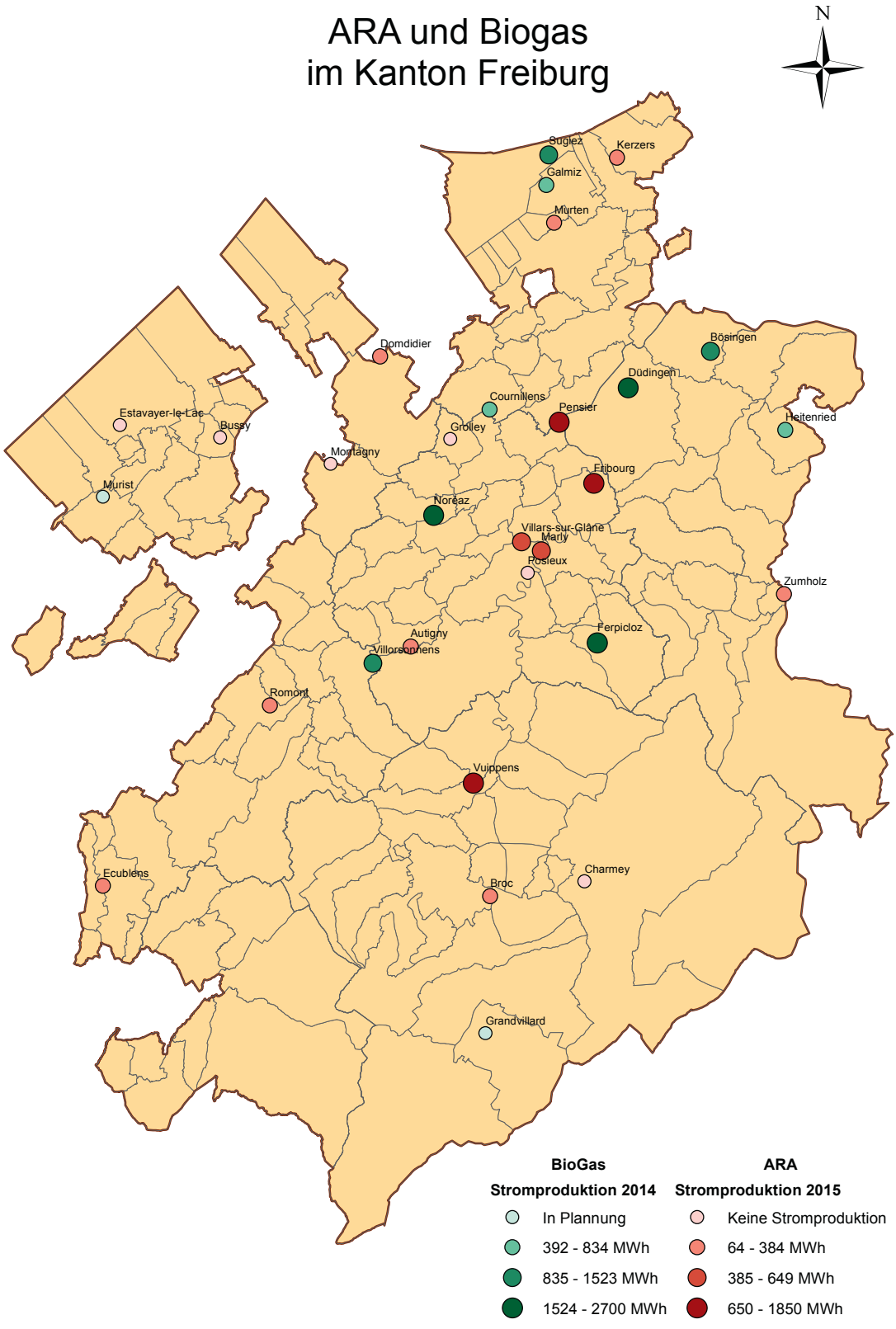
Ort	Elektrische Leistung in kW	Thermische Leistung in kW	Nettostromproduktion in GWh/a (Richtwert)*	Wärmeproduktion in GWh/a (Richtwert)*
Uttewil (Bösingen)	210	252	1.4	1.7
Düdingen	370	387	2.7	3.2
Heitenried	60	92	0.4	0.6
Villorsonnens	440	525	1.5	1.9
Le Mouret (Ferpicloz)	280	344	2.1	2.6
Seedorf (Noréaz)	295	410	2.1	3.2
Cournillens (Miséry-Courtion)	105	89	0.7	0.6
Bellechasse (Sugiez)	220	232	1.3	1.6
Galmiz**			0.8	0.7
Grandvillard**			n.a.	n.a.

* Durchschnitt der Jahre 2012 oder 2013 bis 2014 gemäss Swissgrid (Liste der KEV-Bezüger)
** neue Anlagen, die seit 2015/2016 in Betrieb sind

Quelle: Swissgrid – KEV und AfE

Tabelle: Energiewerte für die ARA im Kanton Freiburg (Jahr 2015)

Ort	Elektrische Leistung in kW	Thermische Leistung in kW	Stromproduktion durch Gasmotor [371] in MWh	Gesamtprodktion Faulgaz in 1000 m^3	Faulgazverbrauch zum Heizen in 1000 m^3	Faulgazverbrauch für den Gasmotor in 1000 m^3	Gasabfackelung in 1000 m^3	Gasverkauf in 1000 m^3
Autigny	40	68	297	197	3	159	35	0
Broc		110	98	0	0	0	0	0
Bussy			0	23	23	0	0	0
Charmey		41	0	43	43	0	0	0
Domdidier		29	65	42	0	36	7	0
Ecublens		96	346	290	4	269	17	0
Estavayer-le-Lac	330	405	0	774	155	442	176	0
Freiburg	173	308	1850	1878	46	278	10	1557
Grolley			0	33	0	0	2	0
Kerzers	35	54	133	85	0	85	0	0
Marly	80	138	384	292	7	284	1	0
Montagny			0	24	24	0	0	0
Murten	60	109	368	247	14	229	4	0
Pensier	180	345	1509	824	24	728	73	0
Posieux			0	38	27	0	11	0
Romont	40	72	280	178	1	175	2	0
Villars-sur-Glâne	120	202	650	407	7	401	0	0
Vuippens	80	140	1366	603	0	599	4	0
Zumholz	15	30	242	177	0	177	0	0
Total			**7588**	**6156**	**378**	**3861**	**341**	**1557**



Stromproduktion aus Biogas im Kanton Freiburg.



Biogasanlage in Seedorf (Noréaz) mit einer elektrischen Leistung von 295 kW. Quelle: Marcel Gutschner



Das landwirtschaftliche Biogas wird in der Anlage in Uttewil (Bösingen) seit 1979 verwertet. Quelle: Marcel Gutschner

Ein Unternehmen in Domdidier produziert Biodiesel aus Altspeiseöl.



Tankstelle und Biodiesel-Produktionsanlage zweiter Generation in Domdidier. Quelle: Marcel Gutschner

Potenzial

Eine Studie [1] schätzt das Produktionspotenzial für Biogas aus der berücksichtigten landwirtschaftlichen Biomasse (Hofdünger, Ernterückstände und Zwischenfrüchte) auf 290 GWh. Die Verwertung von Rindergülle stellt knapp 80 % des gesamten identifizierten Potenzials dar. Die übrigen 20 % entfallen auf Ernterückstände, Schweine- und Hühnergülle und auf einige weitere Quellen. Da die Produktion zurzeit etwa 40 GWh beträgt, beläuft sich das ungenutzte Potenzial auf etwa 250 GWh. Wird davon ausgegangen, dass diese Produktion hauptsächlich über eine Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 35 % erfolgt, beläuft sich das Potenzial auf 87 GWh Strom und 162 GWh Wärme.

Bei den nicht landwirtschaftlichen Substraten beläuft sich das Freiburger Biogaspotenzial auf 20 GWh. Zu diesem Schluss kommt die oben erwähnte Studie gestützt auf eine Schweizer Studie [2]. Das Potenzial der nicht landwirtschaftlichen Substrate stammt aus Abfällen und Nebenprodukten der Nahrungsmittelindustrie (etwa 16 GWh), wie etwa Molke, Müllereiabfälle, Früchte- und Gemüsereste, bestimmte Öle und Fette, unverkaufte Waren von Grossverteilern und Speiseabfälle aus der Gastronomie. Diese Kategorie wird durch die Nebenprodukte der Fleischindustrie (etwa 0,5 GWh) sowie durch den bioge-

nen Anteil der Siedlungsabfälle und die Grünabfälle von Gemeinden und Gärten ergänzt (etwa 3,5 GWh).

Die landwirtschaftlichen und nicht landwirtschaftlichen Substrate ergeben zusammen somit ein geschätztes Potenzial von 94 GWh Strom und 175 GWh Wärme. Die Energiestrategie 2050 des Bundes zielt darauf ab, die Stromproduktion von landwirtschaftlichen Biogasanlagen bis 2050 auf 1,58 TWh zu steigern. Dies entspricht einer Zunahme der landesweiten Produktion um das Zwanzigfache gegenüber 2010. Für den Kanton Freiburg entspricht das Produktionsziel etwa 60 GWh.

Für die ARA zielt die Strategie 2050 darauf ab, die Stromproduktion auf 0,3 TWh zu steigern, was einer Stromproduktion von etwa 12 GWh im Kanton Freiburg entspricht. Die Faulgasproduktion beträgt 6,16 Mio. m^3. Mit einem Kubikmeter Faulgas können etwa 2 kWh Strom und 3,5 kWh Wärme erzeugt werden. Insgesamt könnten also 12,3 GWh Strom und 21,6 GWh Wärme erzeugt werden. Da die ARA von Freiburg über 1,5 Mio. m^3 Biogas in das Erdgasnetz einspeist, sinkt das Potenzial um einen Viertel und beläuft sich auf etwa 9 GWh Strom und 16 GWh Wärme. Das verbleibende Potenzial kann durch die Optimierung der bestehenden Anlagen und eine mögliche künftige Zusammenlegung einzelner ARA genutzt werden.

Der Kanton Freiburg hat keine aktive Strategie zum Potenzial von Biotreibstoff ausgearbeitet [4]. Hauptsächlich aus ethischen Gründen will der Kanton Freiburg nicht die Nutzung von Landwirtschaftsflächen zur Herstellung von Brenn- und Treibstoffen auf Kosten der Nahrungsmittelproduktion fördern. Die Herstellung von Brenn- und Treibstoffen aus organischen Substanzen muss somit ausschliesslich auf der Abfallverwertung beruhen. Namentlich aufgrund des Vorrangs der Nahrungsmittelproduktion ist es einer Studie [5] zufolge unwahrscheinlich, dass in der Region flüssiger Biotreibstoff erster Generation[3] produziert wird, auch wenn die Westschweiz ein gewisses Potenzial dazu hätte. Für die Produktion von Biotreibstoff zweiter Generation gäbe es dagegen ein theoretisches Potenzial von etwa 300 bis 400 kt Bioethanol in der Westschweiz.

Strategie

Biomasse ist eine sehr vielseitige erneuerbare Energiequelle, denn sie ermöglicht die Produktion von Wärme, Strom und Biotreibstoff für den Verkehr. Zudem ersetzt sie in der chemischen Industrie das Erdöl als Rohstoff für die Produktion von Biokunststoffen und anderen synthetischen Produkten (Konzept der Bioraffinerie). Folglich muss bestimmt werden, welche Verwendungszwecke die sinnvollsten sind, damit die Prioritäten gesetzt werden können.

Eine Studie des Amts für Umwelt und Energie des Kantons Waadt [3] kommt zum Schluss, dass Biogas vorrangig für den Verkehr und an zweiter Stelle für die Wärme-Kraft-Kopplung genutzt werden soll, und unterstreicht schliesslich, dass die Nutzung auch die Erzeugung von Wärme ermöglicht. Die bei Weitem schlechteste Lösung ist die Verbrennung der Ressource in Heizkesseln.
Eine Studie des Bundesamts für Energie [6] zeigt, dass die Ökobilanz von Biodiesel aus Altspeiseöl und von Bioethanol aus Gülle oder Landwirtschaftsabfällen am besten ausfällt, das Potenzial aber sehr begrenzt ist. Die Energieprodukte aus Hofdünger, landwirtschaftlichen Abfällen und Nebenprodukten sowie aus nicht landwirtschaftlichen Substraten sind von wirtschaftlichem und ökologischem Interesse. Das Potenzial zeigt, dass die Erzeugung von Strom und Wärme gesteigert werden kann und soll, sofern

[3] Der Begriff der 1. bzw. 2. Generation von Biotreibstoffen ist nicht klar definiert. Die Treibstoffe erster Generation stammen in der Regel aus der Verwertung von Zucker oder Fetten während die Treibstoffe zweiter Generation aus der Verwertung von Zellulose stammen.

nach Nutzungskaskaden vorgegangen wird. Die Landwirtschaft soll also vorrangig auf die Produktion von Nahrungsmitteln ausgerichtet sein, an zweiter Stelle folgt die Futtermittelproduktion und erst danach kommt die Produktion von Biotreibstoffen und anderen Energieträgern.
Die Verwertung von Biomasse (Abfälle, Nebenprodukte usw.) aus Landwirtschaft und Industrie muss dort gefördert werden, wo sie sich am besten in die landwirtschaftlichen, natürlichen, industriellen und regionalen Kreisläufe einfügt. Gleichzeitig müssen die Standorte der Infrastrukturen zur Energieproduktion optimiert werden. Hierfür sind der Transport der Biomasse und allfällige Immissionen (Lärm, Geruch usw.), aber auch die Nutzung des Stroms und der erzeugten Wärme zu berücksichtigen.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Der Bau einer Biogasanlage ist technisch und juristisch relativ komplex. Er muss diverse gesetzliche Anforderungen und insbesondere die Raumplanungsverordnung des Bundes einhalten. Die verarbeiteten Substrate müssen zu mehr als der Hälfte ihrer Masse vom Standortbetrieb oder aus Landwirtschaftsbetrieben stammen, die innerhalb einer Fahrdistanz von in der Regel 15 km liegen. Dieser Teil muss mindestens 10 % des Energieinhalts der gesamten verarbeiteten Substrate ausmachen. Die Quellen der restlichen Substrate müssen in der Regel innerhalb einer Fahrdistanz von höchstens 50 km liegen. Die ganze Anlage muss sich dem Landwirtschaftsbetrieb unterordnen und einen Beitrag dazu leisten, dass die erneuerbaren Energien effizient genutzt werden. Die Raumplanungs-, Umwelt und Baudirektion (RUBD), die Direktion der Institutionen und der Land- und Forstwirtschaft (ILFD) sowie die Volkswirtschaftsdirektion (VWD) haben eine Weisung über den Bau von zonenkonformen Biogasanlagen in der Landwirtschaftszone herausgegeben, die die Kriterien der Unterordnung unter den Landwirtschaftsbetrieb festlegt.

Bibliografie

› [1] Agridea. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie, Mai 2016

› [2] Nova Energie GmbH. Vergärbare Abfälle in der Schweiz, August 2010

› [3] Service de l'Environnement et de l'Energie du Canton de Vaud, Perspectives de l'utilisation du biogaz distribué dans le réseau de gaz naturel, November 2011

› [4] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie), 2009

› [5] ENERS Energy Concept. Disponibilité et potentiel de production locale des biocarburants liquides en Suisse, November 2008

› [6] BFE, BLW, BAFU. Ökobilanz von Energieprodukten – ökologische Bewertung von Biotreibstoffen, Mai 2007

2.2 Abwärme

–

Einleitung

Als Abwärme [1] gelten Wärmeverluste, die aus Energieumwandlungs- oder chemischen Prozessen entstehen (u.a. Kehrichtverbrennungsanlagen) und nach dem Stand der Technik nicht vermeidbar sind. Davon ausgenommen ist Heizwärme aus Anlagen, deren primäres Ziel es ist, gleichzeitig elektrische und thermische Energie zu erzeugen (vgl. Kapitel 4.2 Wärme-Kraft-Kopplung). Aus Sicht des Bundesamts für Energie [2] gilt Abwärme als CO_2-neutral und enthält keine Primärenergie. Abwärme stellt eine eigene Kategorie dar. Es gibt keine fossile oder erneuerbare Abwärme.
An erster Stelle müssen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz getroffen werden, bevor die verbleibende Abwärme genutzt werden kann, indem sie zurückgewonnen und beispielsweise in ein Fernwärmenetz eingespiesen wird. Der Ersatz von fossilen Energien durch die Nutzung von Abwärme leistet einen wichtigen Beitrag an die Ziele der Energie- und Klimapolitik. Ihre Nutzung ermöglicht die Entwicklung von Fernheizungen in dicht besiedelten Gebieten, die in der Nähe der Abwärmequellen liegen.

Die wichtigsten Abwärmequellen im Kanton Freiburg sind die Kehrrichtverbrennungsanlage der SAIDEF, bestimmte Industriebetriebe und die Abwasserreinigungsanlagen. Sie werden in den folgenden Kapiteln behandelt, die ihre Entwicklung, ihre aktuelle Nutzung und ihr Potenzial im Kanton Freiburg beschreiben.

Bibliografie:

- [1] Energieverordnung (EnV) vom 7. Dezember 1998 (Stand am 1. Januar 2016)
- [2] Bundesamt für Energie. Faktenblatt Abwärme für den Umgang mit energie- und klimapolitischen Instrumenten, 1. Februar 2016

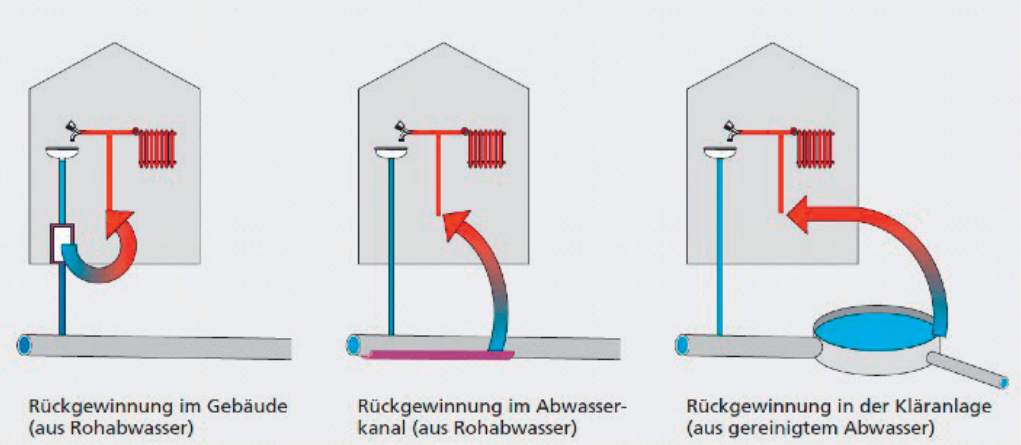
2.2.1 ARA

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Das Abwasser steckt voller Energie, denn es weist eine Temperatur von 10 bis 20 °C auf. Das Potenzial zur Energiegewinnung aus Abwasser ist somit landesweit sehr gross. Zahlreiche Projekte zur thermischen Nutzung von Rohabwasser und geklärtem Abwasser wurden besonders in der Schweiz, in Deutschland und Frankreich bereits realisiert. (Die Stromproduktion von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) wird in den Kapiteln 2.1.6 Biomasse (Biogas) und 4.2 Wärme-Kraft-Kopplung behandelt.)

Wärme aus Abwasser kann an drei unterschiedlichen Stellen zurückgewonnen werden:

- am Ausgang der Gebäude (bei Neubauten oder grossen Gebäuden);
- vor der Abwasserreinigungsanlage (auf der Höhe der Sammelkanäle oder der Rückhaltebecken);
- nach der Abwasserreinigungsanlage (aus dem gereinigten Wasser).



Die Wärme von Abwasser kann an vielen Stellen zurückgewonnen werden: in Gebäuden mit grossem Wasserverbrauch, in der Kanalisation und in Abwasserreinigungsanlagen. Quelle: EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen (2006) [1].

Die Technologie funktioniert sehr gut und wird bereits im Löwenbergzentrum in Murten eingesetzt. Die Wärmerückgewinnung erfolgt in der ARA von Murten. Die Wärme aus Abwasser deckt etwa die Hälfte des jährlichen Energiebedarfs von etwa 1,2 GWh (Wärme und Kälte).



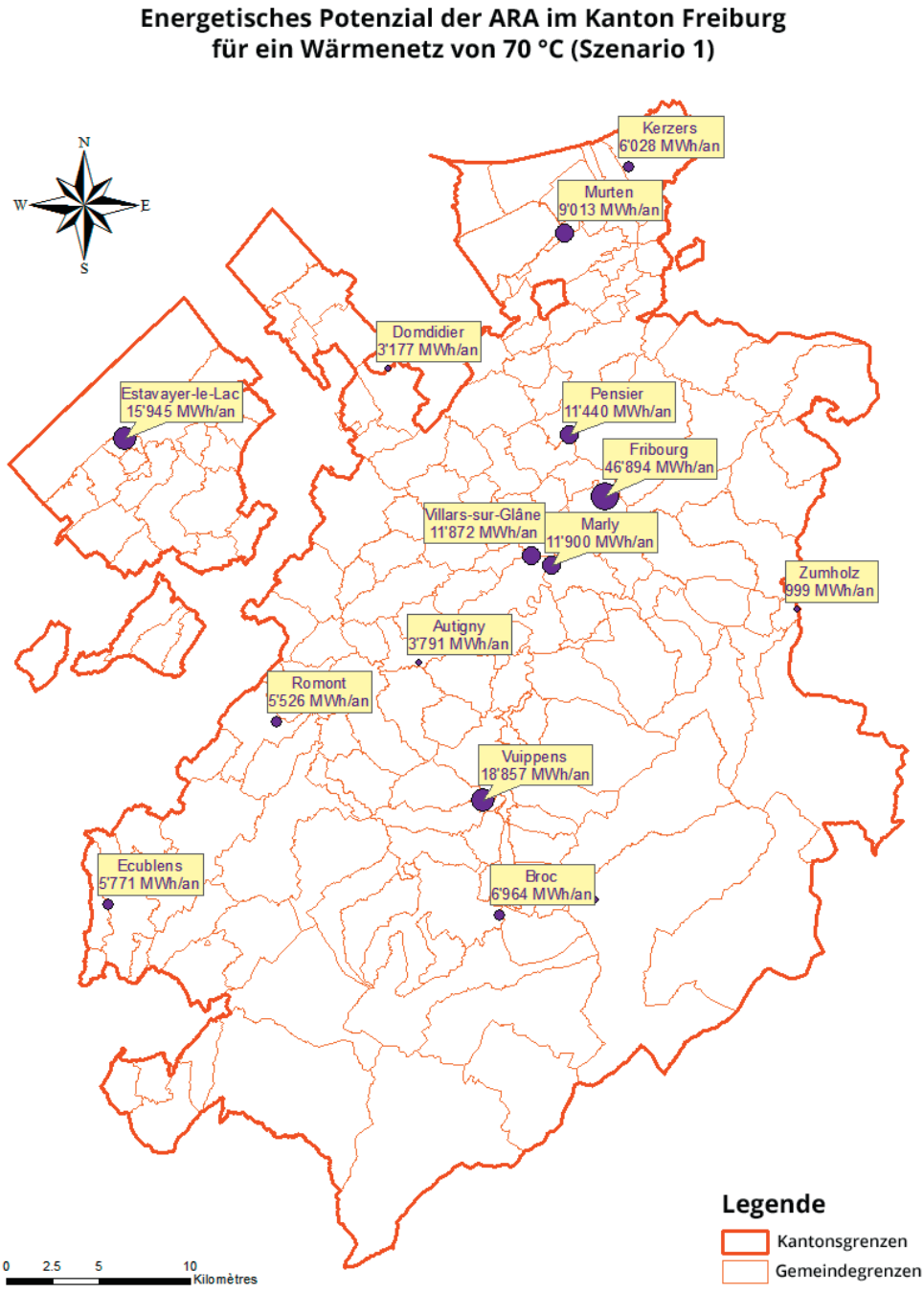


Das Löwenbergzentrum der SBB nutzt die thermische Energie aus dem Abwasser der ARA seit 1983 [1] zum Heizen, Wassererwärmen und sogar um alle Gebäude des Zentrums zu kühlen (Bildungszentrum, Restaurant, Wohnpavillons mit 192 Zimmern, Manoir mit Nebengebäuden). Das gereinigte und gefilterte Wasser wird danach zu einer Heizzentrale auf halbem Weg zwischen Abwasserreinigungsanlage und Zentrum geleitet, die mit einem Wärmetauscher und zwei Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 780 kW (Leistungskoeffizient: 4,1) die Wärme zurückgewinnt. Die Anlage ist mit einer Wärme-Kraft-Kopplung mit einer Leistung von 500 kW und zwei Gasheizkesseln verbunden, um bei Spitzenlast zusätzliche Energie zu liefern. Der Verbrauch beläuft sich auf 870 MWh Wärme und 320 MWh Kälte. Aus dem Abwasser stammen 48 % der Wärme. Quelle: Marcel Gutschner

Auf dem gesamten Kantonsgebiet gibt es zahlreiche kleine ARA (mit geringem Potenzial), für die Umstrukturierungsmassnahmen vorgesehen sind. In den meisten Fällen ist es das Ziel, die ARA zusammenzulegen und die kleinsten Anlagen zu schliessen. Unter den verbleibenden ARA rentiert sich eine Wärmerückgewinnung bei denjenigen mit einem Abwasseranfall, der 5000 hydraulischen Einwohnergleichwerten entspricht. Im Kanton Freiburg erfüllen 15 ARA dieses Kriterium [2]: Die Abwasserreinigungsanlagen von Autigny, Broc, Charmey, Kerzers, Domdidier, Ecublens, Estavayer-le-Lac, Freiburg, Marly, Murten, Pensier, Romont, Villars-sur-Glâne, Vuippens und Zumholz.

Potenzial

Eine Beurteilung der Abwärme aus Abwasser (ARA und Sammelkanäle) ist auf Kantonsebene durchgeführt worden [2]. Bei den ARA wurde das Wärmerückgewinnungspotenzial je nach Szenario auf bis zu 160 GWh pro Jahr geschätzt. Der Höchstwert entspricht dem Szenario 1, demzufolge die Wärme des Abwassers über eine Wärmepumpe in ein warmes Fernwärmenetz (70 °C) eingespiesen wird.

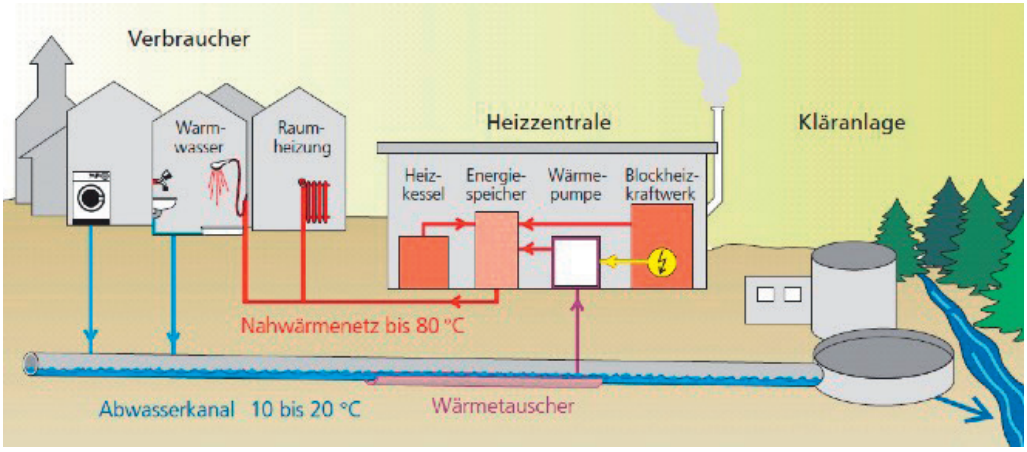


Energetisches Potenzial der Abwärme aus Abwasser im Kanton Freiburg (Szenario 1). Quelle: CREM (2013) [2]

Nach der Beurteilung des Potenzials musste geprüft werden, wo auf dem Kantonsgebiet die Abwärme eingesetzt werden kann, um den Wärmebedarf zu decken. Zu diesem Zweck wurden die Gebiete identifiziert, die sich am besten für den Bau oder die Erweiterung von Fernwärmenetzen eignen. Neun ARA eignen sich für eine Energieversorgung per Fernwärmenetz. Es handelt sich um die ARA von Broc, Kerzers, Estavayer-le-Lac, Freiburg, Marly, Murten, Pensier, Villars-sur-Glâne und Vuippens. Wird die Energie in Fernwärmenetze von 70 °C eingespiesen, können die neun ARA jährlich insgesamt über 139 GWh/a erzeugen, wobei allein die ARA von Freiburg ein Potenzial von 47 GWh/a aufweist. Demgegenüber beträgt der Wärmebedarf auf dem dicht besiedelten Gebiet der Stadt Freiburg (von etwa 200 ha) schätzungsweise 277 GWh/a [2].

Die vier Zonen, die sich am besten für diese Art der Abwärmenutzung eignen, sind Freiburg (mit den ARA von Freiburg, Villars-sur-Glâne und Marly), Bulle (mit der ARA von Vuippens), Estavayer-le-Lac und Murten (Vorhaben zur Fusion mit der ARA von Kerzers im Gange). Bei all diesen Regionen gibt es zahlreiche Möglichkeiten, eine Fernheizung zu bauen oder eine bestehende Fernheizung auszubauen. Diese Möglichkeiten müssen im Einzelfall noch vertieft geprüft werden.

Die übrigen fünf ARA liegen zu weit von möglichen Versorgungsgebieten entfernt, als dass sich eine klassische Fernheizung lohnen würde. Hier käme allenfalls eine Wärmerückgewinnung in den Abwasserkanälen in Frage. Darüber hinaus können vier Abwasserkanalsysteme ganzjährig genutzt werden: Jene, die mit den ARA von Freiburg, Estavayer-le-Lac, Murten und Villars-sur-Glâne verbunden sind. Die anderen könnten zur Wassererwärmung ausserhalb der Heizperiode genutzt werden. Die Abwärme in den Abwasserkanälen kann mit Wärmepumpen (WP) genutzt werden, die durch Zusatzheizungen unterstützt werden. Durch den Einbau von Wärmetauschern an den Abwasserkanälen oberhalb der WP können Gebäude auch gekühlt werden (Freecooling).



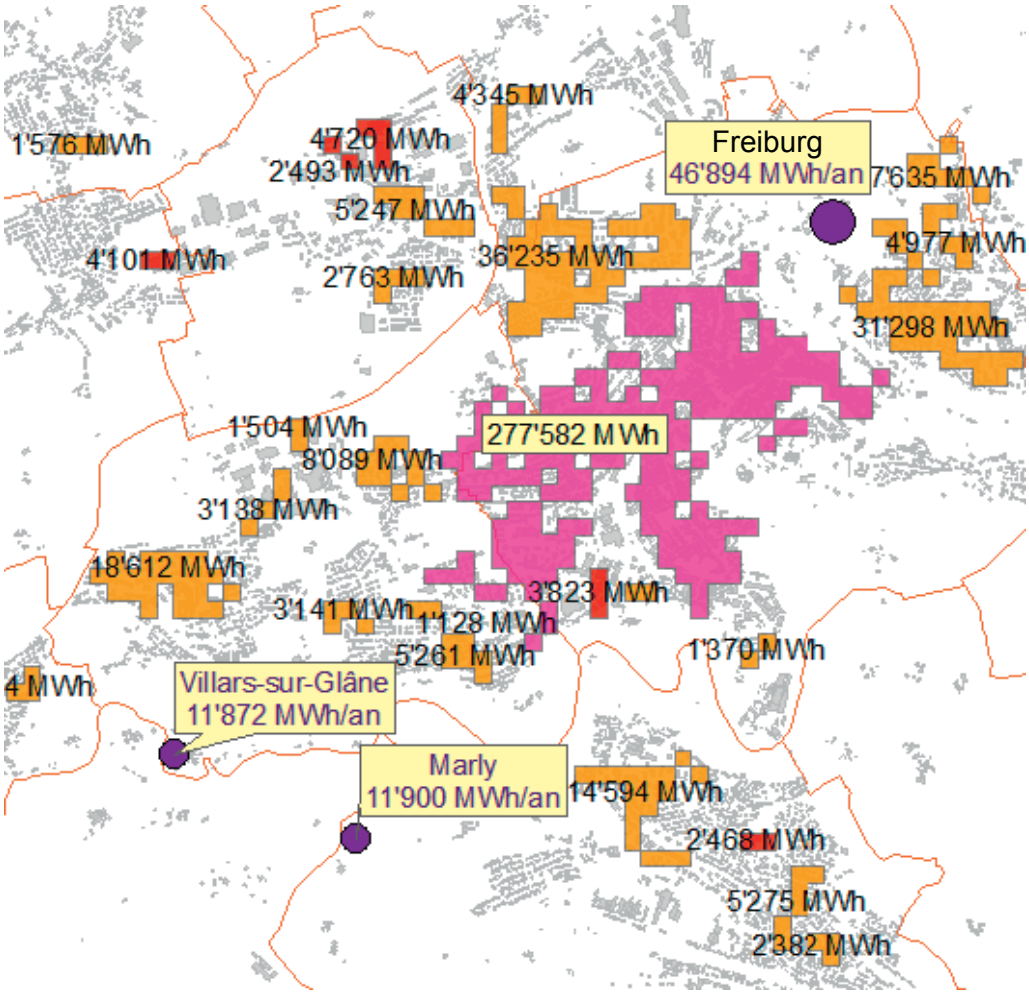
Das Herzstück zur Rückgewinnung von Abwärme aus Abwasser bildet der Wärmetauscher, der die Energie des Abwassers aufnimmt und einer Wärmepumpe zuführt, die die Gebäude wärmt oder kühlt. Quelle: EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen (2006) [1].

Es gibt keine Zahlen zum gesamten energetischen Potenzial der Abwasserkanäle, doch die Wärmerückgewinnung oberhalb der ARA beeinflusst die unterhalb der ARA verfügbare Energiemenge. Da das energetische Potenzial unterhalb der ARA deutlich höher und einfacher zu nutzen ist, sollte wenn immer möglich dieser Lösung den Vorrang vor der Wärmerückgewinnung an den Abwasserkanälen gegeben werden.

Strategie

Gestützt auf das Energiegesetz (Art. 17) müssen Unternehmen und damit auch die ARA ihre Abwärme zurückgewinnen und entweder direkt im Unternehmen etwa zum Heizen des Gebäudes oder als Prozesswärme nutzen oder damit den Wärmebedarf anderer Unternehmen in der Nähe decken oder in ein Fernwärmenetz einspeisen.

Die Wärmerückgewinnung der ARA von Estavayer-le-Lac, Freiburg, Marly, Murten, Villars-sur-Glâne und Vuippens wird vorrangig untersucht. Die aktuellen Rahmenbedingungen ermöglichen die Umsetzung dieser Strategie über die kommunalen Energiepläne und die Analysen für Grossverbraucher von Energie.



Energienachfrage, Dichte des Wärmebedarfs (orange: 500 – 1000 MWh/ha*a, rot / rosa: > 1000 MWh/ha*a) und Abwärmepotenziale der ARA in Freiburg und Umgebung. Quelle: CREM (2013) [3]

Bibliografie

› [1] EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen. Heizen und Kühlen mit Abwasser – Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden, Mai 2006

› [2] CREM. Valorisation des rejets de chaleur, partie 2: Evaluation des rejets thermiques issus des eaux usées : STEP et collecteurs. Amt für Energie. Freiburg, 2013

› [3] CREM. Potentiel des eaux usées, Präsentation vom 6. Dezember 2013

2.2.2 Industrie

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Leistung der Energiesysteme auf Gemeindeebene zu verbessern. An oberster Stelle steht die Nutzung der industriellen Abwärme, die auf unterschiedlichen Temperaturstufen anfällt. Diese Energie wurde bisher meist ungenutzt an die Umwelt abgegeben. Weder die Mengen noch die Orte, an denen Abwärme vorkommt, sind im Einzelnen untersucht worden.

Heute gibt es viele Industriebetriebe, die Abwärme erzeugen. Die Temperatur dieser festen, flüssigen oder gasförmigen Abwärme liegt oft unter dem Wert, der für eine betriebsinterne Rückgewinnung benötigt wird. Sie ist aber immer noch hoch genug, dass sie über Fernwärmenetze von anderen Verbrauchern in der Nähe genutzt werden kann. Diese Nutzung über Fernwärmenetze ist im Kanton Freiburg noch nicht sehr verbreitet. Die Firma Liebherr Machines Bulle kann als Beispiel angeführt werden. Die Firma speist (vor allem im Sommer) Abwärme aus ihren neuen Prüfständen für Diesel- und Gasmotoren in das Fernwärmenetz der GESA. Im Winter wird die Abwärme intern genutzt. Hier wie auch andernorts haben Optimierungsmassnahmen eine bessere Nutzung der Abwärme ermöglicht {vgl. Kapitel 7.2 Energieeffizienz, Industrie}.

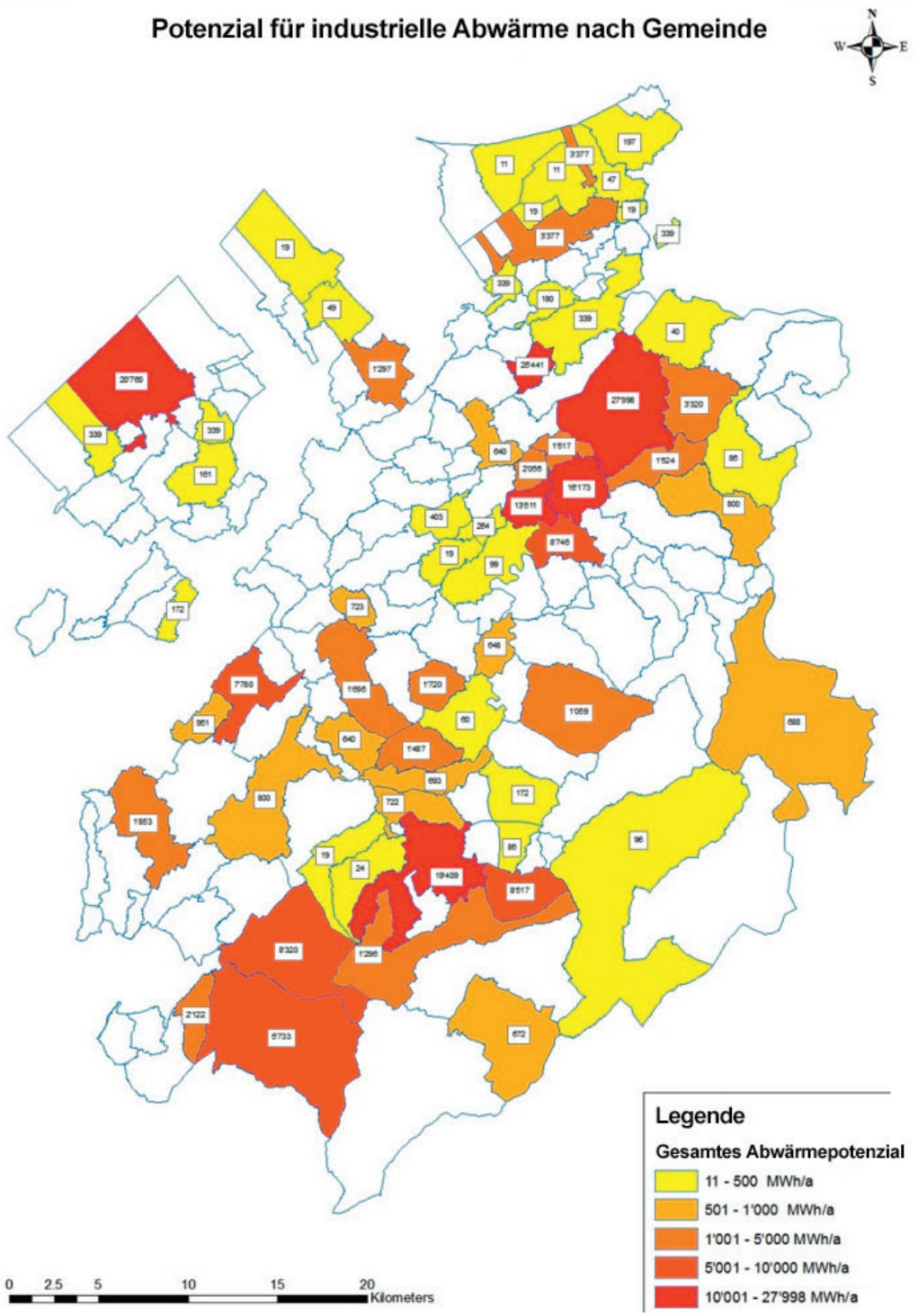


Der Produktionsbereich und die Verwaltungsräume dieses Gebäudes in Châtel-St-Denis werden durch Abwärme aus den Herstellungsprozessen geheizt. Quelle: Marcel Gutschner

Potenzial

Da Abwärme nicht immer über die gleichen physischen Eigenschaften verfügt (Temperatur, Druck, Form), kann ihr Energiegehalt je nach Ursprung stark variieren. So ist die Energie in bestimmten Fällen nur intern nutzbar und in anderen Fällen müssen Gebiete mit hohem Energiebedarf identifiziert werden, damit möglichst viel Abwärme zurückgewonnen und extern genutzt werden kann. Eine weitere Möglichkeit liegt in der direkten Nutzung der Abwärme durch einen Drittverbraucher.

Eine Vorstudie zum energetischen Potenzial der industriellen Abwärme [2] zeigt, dass der Kanton über ein theoretisches Wärmepotenzial von mindestens 200 GWh/a verfügt. Ein Grossteil dieses Potenzials, etwa 122 GWh/a Jahr, stammt von Warmwasser mittlerer und tiefer Temperatur und ist für die Entwicklung neuer Wärmenetze von Interesse. Die anderen Arten von Abwärme haben ein Potenzial von 48 GWh/a (Abgas), 21 GWh/a (Wasserdampf) und 7 GWh/a (Heissluft). Die Resultate zeigen ferner, dass sich über 60 % des Abwärmepotenzials auf sechs Gemeinden verteilt. Es handelt sich um die Gemeinden Düdingen, Bulle, Courtepin, Estavayer-le-Lac, Villars-sur-Glâne und Freiburg.



Potenzial der industriellen Abwärme nach Gemeinden. Quelle: CREM (2013) [2]

Strategie

Es ist wichtig, das Abwärmepotenzial zu beurteilen (Art, Durchschnittstemperatur, Menge) und zu prüfen, wo es auf dem Kantonsgebiet zur Deckung eines Wärmebedarfs eingesetzt werden kann. Zu diesem Zweck wurden die Gebiete identifiziert, die sich am besten für den Bau oder die Erweiterung von Fernwärmenetzen eignen. Ausserdem müssen künftige Entwicklungen des Wärmebedarfs berücksichtigt werden, die sich aus neuen Projekten und der Sanierung von Gebäuden ergeben.

Gestützt auf das Energiegesetz (Art. 17) müssen Unternehmen und damit auch die ARA ihre Abwärme zurückgewinnen und entweder direkt im Unternehmen etwa zum Heizen des Gebäudes oder als Prozesswärme nutzen oder damit den Wärmebedarf anderer Unternehmen in der Nähe decken oder in ein Fernwärmenetz einspeisen. Die Nutzung von Abwärme erlaubt es, den Verbrauch von Primärenergie zu senken, und ermöglicht den betroffenen Unternehmen grosse Einsparungen.

Die aktuellen Rahmenbedingungen [1] ermöglichen die Umsetzung dieser Strategie über die kommunalen Energiepläne und die Analysen für Grossverbraucher von Energie {vgl. Kapitel 7.2 Energieeffizienz, Industrie}.

Bibliografie

› [1] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009

› [2] CREM. Valorisation des rejets de chaleur, partie 1: pré-évaluation des rejets de chaleur industriels. Amt für Energie. Freiburg, 2013

2.2.3 Kehrrichtverbrennungsanlagen

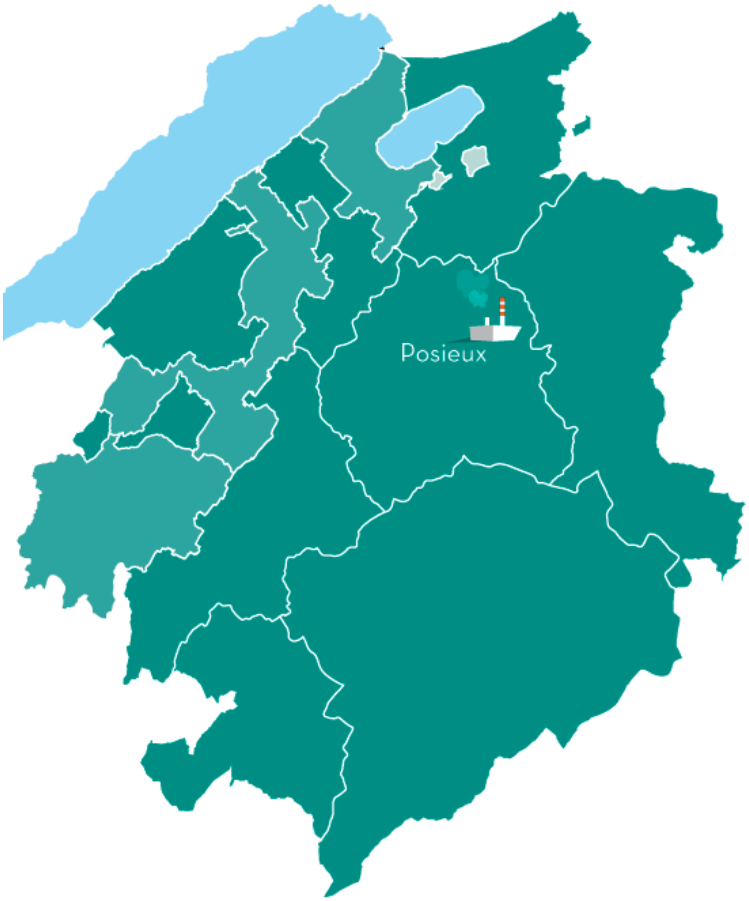
Entwicklung und aktueller Verbrauch

Alle nicht anderweitig verwerteten brennbaren Abfälle müssen verbrannt werden. Kehrichtverbrennungsanlagen für Haushaltabfälle (KVA) sind mit leistungsfähigen Filtern ausgestattet, die eine saubere Reduktion des Abfallvolumens und die Rückgewinnung ihres Energiegehalts ermöglichen (etwa 3,5 kWh/kg). Die bei der Verbrennung freigesetzte Energie kann zur Stromerzeugung (mit einer Turbine) und zur Speisung eines Fernwärmenetzes genutzt werden.

Seit 2001 werden die Abfälle der Freiburger Gemeinden in der Kehrichtverbrennungsanlage der SAIDEF in Posieux (Hauterive) behandelt und verwertet. Seit 2006 verwertet sie auch Klärschlamm. Der Betrieb setzt sich also aus zwei Ofenlinien zusammen: dem Werk für Thermische Verwertung der Abfälle (WTVA) und der Klärschlammverbrennungsanlage (SVA).

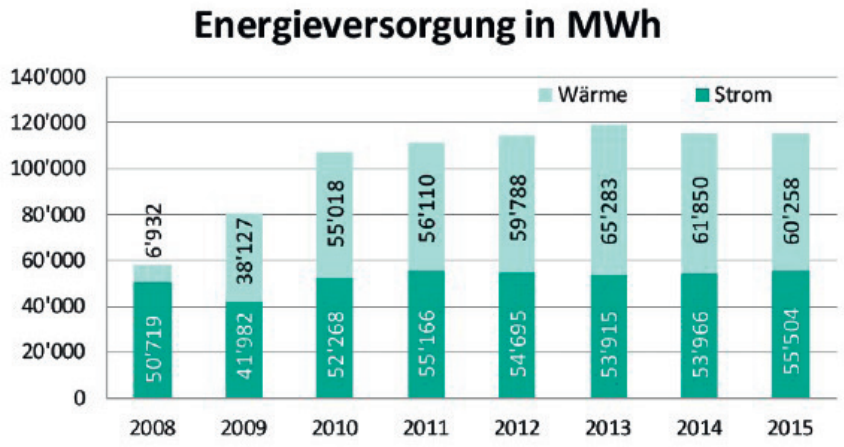


Kehrichtverbrennungsanlange der SAIDEF. Quelle: Marcel Gutschnerr



Das Einzugsgebiet der SAIDEF umfasst insgesamt 188 Gemeinden: die Freiburger Gemeinden, die Gemeinden der Waadtländer Broye und einige Berner Gemeinden (Stand am 1. Januar 2016). Quelle: SAIDEF (2016)

Die installierte elektrische und thermische Leistung beträgt 10 MW_e sowie 22 MW_{th}. Die Stromproduktion beträgt etwa 70 GWh/a. Davon werden etwa 54 GWh ins Netz eingespiesen. Ein Grossteil der produzierten Wärme (60 GWh/a) wird in das FRICAD-Netz eingespiesen (vgl. Kapitel 5.3 Fernheizung). Die Leitungen der Fernwärmenetze FRICAD I und II sind heute 23 Kilometer lang und verbinden die Kehrichtverbrennungsanlage der SAIDEF in Posieux mit mehreren industriellen und öffentlichen Gebäuden. Der erste Teil des Netzes, FRICAD I, der 2002 realisiert wurde, versorgt das Agroscope in Posieux sowie das Landwirtschaftliche Institut in Grangeneuve (LIG). Die Erweiterung Fricad II ist seit 2009 in Betrieb und deckt die Gebäude ab, die zwischen Posieux und Villars-sur-Glâne liegen, insbesondere das Freiburger Spital sowie die Cremo AG. Die von der SAIDEF in den vergangenen Jahren gelieferte Energie ist in der untenstehenden Grafik zusammengefasst.



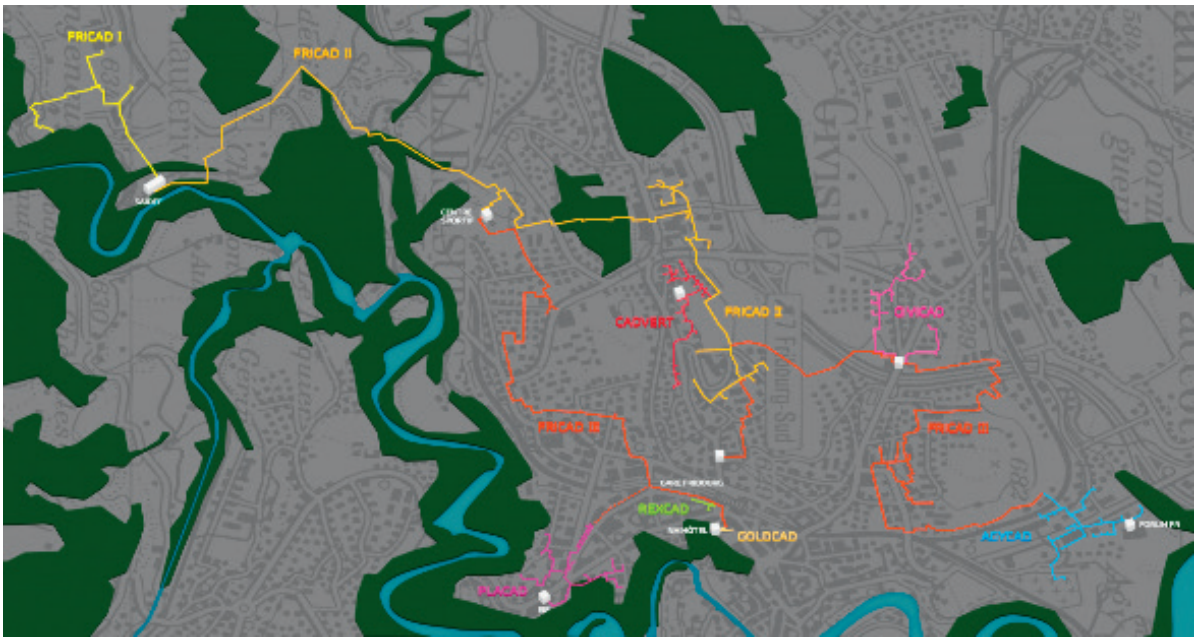
Die von der SAIDEF gelieferte Energie. Quelle: SAIDEF

Potenzial

Mit FRICAD III wird das Fernwärmenetz bis zum Forum Fribourg ausgeweitet. Sechs Heizzentralen in der Agglomeration Freiburg werden an FRICAD III, das grösste Fernwärmenetz des Kantons, angeschlossen.

Die an FRICAD I und II angeschlossenen Kunden verbrauchen zurzeit rund die Hälfte der thermischen Energie, die von der SAIDEF durch die Verbrennung von Kehricht und Klärschlamm produziert wird. Mit der Verbindung der verschiedenen Fernwärmenetze kann ein noch grösserer Teil der verfügbaren Wärme verwertet werden. Das Netz wird künftig etwa 100 GWh Wärme pro Jahr verteilen. Bei der Stromproduktion wird das Potenzial bereits zu 100 % ausgeschöpft. Dies bedeutet, dass die Erzeugung von etwa 70 GWh pro Jahr bereits dem maximalen Wirkungsgrad entspricht, der von den Anlagen des Werks erreicht werden kann.

Sachplan Energie
2. Energieversorgung
–



Strategie

Gestützt auf das Energiegesetz müssen Unternehmen und damit auch die Kehrichverbrennungsanlagen ihre Abwärme zurückgewinnen. Das vorrangige Ziel ist die maximale Energierückgewinnung und die vollständige Nutzung der von der SAIDEF produzierten Wärme. Die aktuellen Rahmenbedingungen ermöglichen die Umsetzung dieser Strategie hauptsächlich über die kommunalen Energiepläne und die Analysen für Grossverbraucher von Energie.

Bibliografie

› [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016

› [2] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009

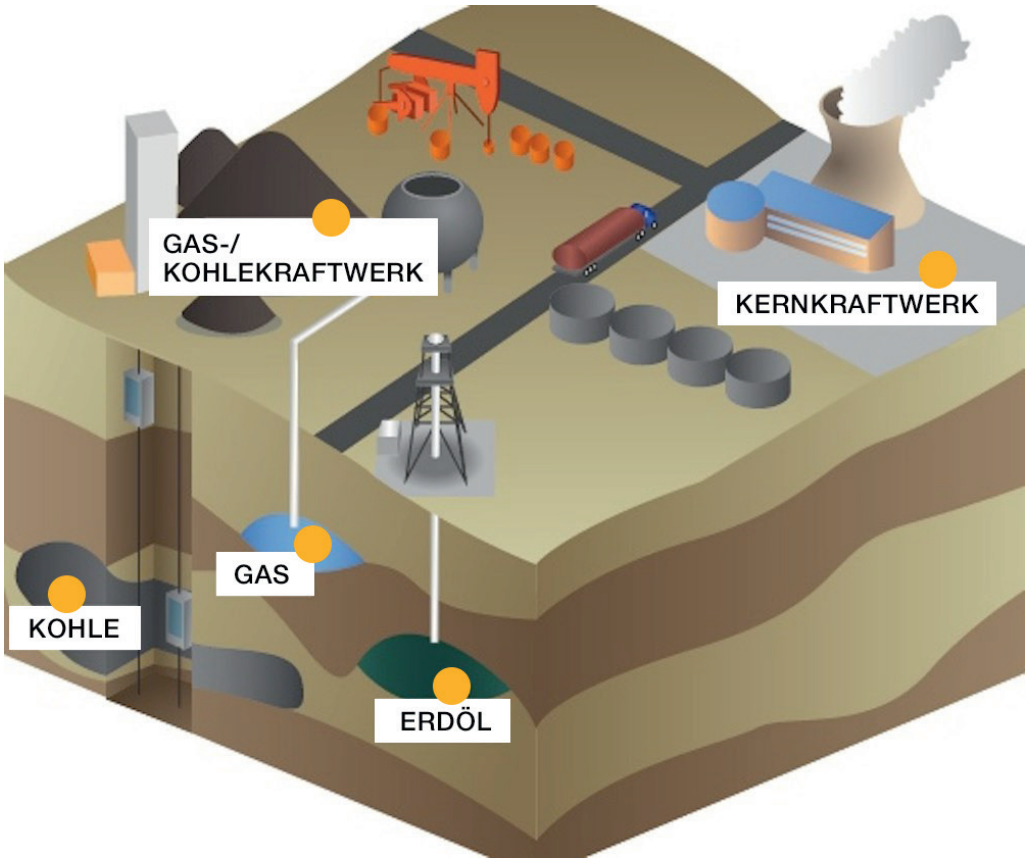
› [3] SAIDEF SA. Geschäftsbericht 2015. August 2016

2.3 Nicht erneuerbare Energie

Einleitung

Eine Energie gilt als nicht erneuerbar, wenn sie sich nicht oder, im Gegensatz zu den erneuerbaren Energien, weniger schnell erneuert, als sie verbraucht wird. Die fossilen Energien (sehr langsame Erneuerung) und die Kernenergie (keine Erneuerung des spaltbaren Kernmaterials) gehören also zu den nicht erneuerbaren Energien.

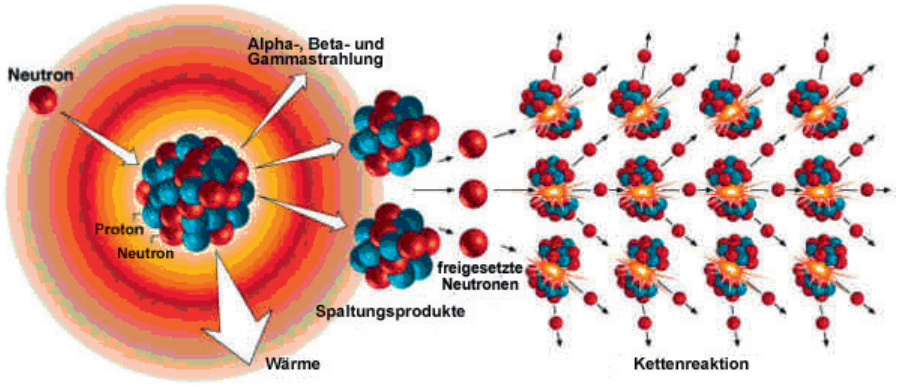
Als fossile Energie wird die Energie von fossilen Brennstoffen bezeichnet. Das sind kohlenstoffreiche Brennstoffe, die aus der Fossilisation (Umwandlung in anorganische Stoffe) toter Tiere oder Pflanzen entstehen, die seit Millionen von Jahren im Boden unter Sauerstoffausschluss stehen. Die fossilen Energieträger umfassen Erdöl, Erdgas und Kohle. Angesichts der für die Entstehung dieser Art von Brennstoffen notwendigen Zeit (bis zu 650 Millionen Jahre) werden die fossilen Energien auf den menschlichen Zeithorizont bezogen als nicht erneuerbar eingestuft.



Die Abhängigkeit von fossilen Energien bleibt hoch, denn ihr Anteil beträgt etwa 70 % des Gesamtenergieverbrauchs im Kanton. Dies entspricht 1,5 Millionen Liter Heizöläquivalent pro Tag.
Die Kernenergie ist in Kernbrennstoffen enthalten. Das sind Stoffe, deren Atome in Kernreaktoren gespalten werden und dabei Energie freisetzen. Die Kernspaltung ist das Phänomen, bei dem der Kern eines

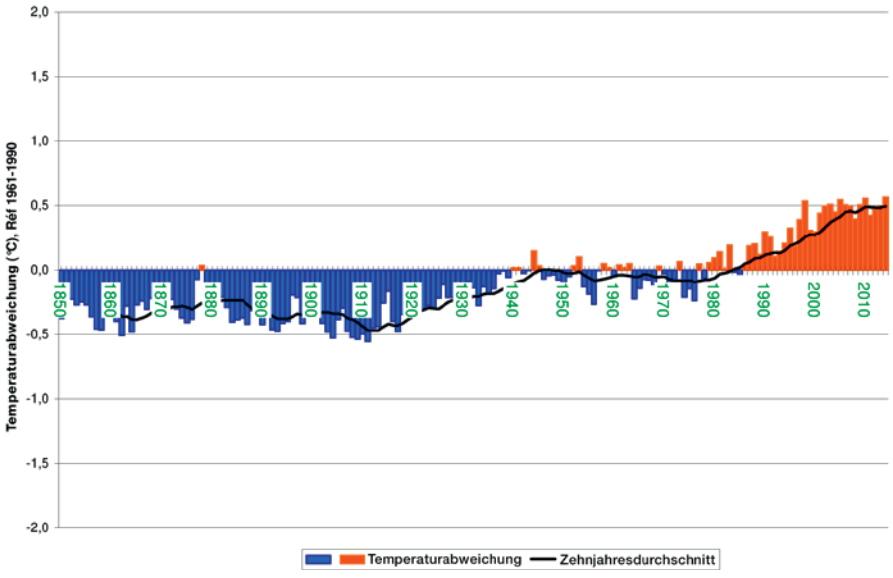
schweren Atoms (Uran, Plutonium) in zwei Kerne geteilt wird, die als «Spaltprodukte» bezeichnet werden.

Diese Teilung des ursprünglichen Kerns setzt eine bedeutende Menge Energie sowie zwei bis drei Neutronen frei, die eine kontrollierte Kettenreaktion aufrechterhalten, indem sie eine neuerliche Spaltung auslösen. Das Uran- und Plutoniumvorkommen auf der Erde ist begrenzt, weshalb die Kernenergie als nicht erneuerbar gilt. Mit Reaktoren der vierten Generation {vgl. Kapitel 2.3.2 Kernenergie} würden die bekannten Vorkommen jedoch nicht bloss für hundert Jahre, sondern für mehrere Tausend Jahre ausreichen.



Die Abhängigkeit von der Kernenergie bleibt hoch, denn ihr Anteil beträgt etwa 40 % an der gesamten Stromproduktion in der Schweiz.

Durch die Nutzung von fossilen Energien werden Treibhausgase freigesetzt, deren Zunahme die globale Erwärmung verursacht und so das Weltklima beeinflusst. Die globalen Durchschnittstemperaturen sind in den letzten 130 Jahren um 0.85 °C angestiegen:

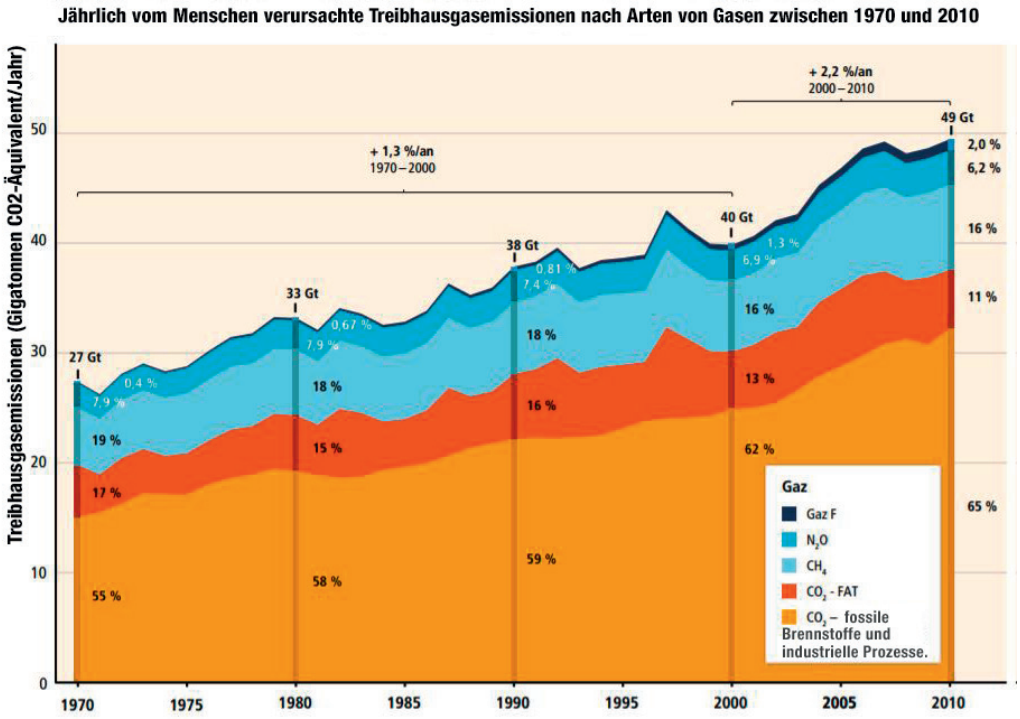


Jährliche Anomalien der globalen Lufttemperatur in Bodennähe von 1850 bis 2005 gegenüber dem Durchschnitt von 1961 bis 1990. Quelle: IPCC

Die Emissionsszenarien der zwischenstaatlichen Gruppe für Klimaveränderungen (IPCC) zeigen, dass der systematische und rasche Einsatz von umweltfreundlichen und ressourcenschonenden Technologien die globale Erwärmung im Gegensatz zum aktuellen Trend auf durchschnittlich 2 °C begrenzen könnte. Andernfalls könnten die Temperaturen um 4 °C oder mehr ansteigen. Bei einer globalen Erwärmung von über 2 °C erwarten die Wissenschaftler eine starke Störung des Klimas mit negativen Folgen für Umwelt und Wirtschaft.

In der Schweiz wurde in der Zeit zwischen 1864 (Beginn der Industrialisierung) und 2012 bereits eine Erwärmung von etwa 1,8 °C festgestellt. Dieser Anstieg wirkt sich nicht nur auf die Natur aus (Wasserkreislauf, Boden, Luft, Artenvielfalt und Landschaft), sondern auch auf die sozialen und wirtschaftlichen Bereiche (Gewässerbewirtschaftung, Waldwirtschaft, Landwirtschaft, Energie, Gesundheit, Tourismus, Agglomerationen, Gebäude, Verkehrswege und Infrastrukturen).

Die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre ist der Hauptindikator für das Vorkommen von Treibhausgasen.



Jährlich vom Menschen verursachte globale Treibhausgasemissionen (Gigatonnen CO_2-Äquivalent/Jahr) nach Arten von Gasen zwischen 1970 und 2010: CO_2 aus Verbrennung fossiler Brennstoffe und aus industriellen Prozessen; CO_2 aus Forstwirtschaft und Landnutzungsänderung (FAT); Methan (CH_4); Stickstoffdioxid (N_2O); Fluorierte Gase (Gas F). Quelle: IPCC [2]

Die fossilen Energien sind die Energien, deren Verbrauch am meisten CO_2 freisetzt. Die verschiedenen Energieproduktionsmethoden können in Bezug auf den Ausstoss an CO_2-Äquivalenten miteinander verglichen werden. Die gilt auch für die erneuerbaren Energien. In der Tat sind alle Energieproduktionsmethoden mit Treibhausgasemissionen verbunden: entweder direkt (Verbrennung von fossilen Energieträgern) oder indirekt (Gewinnung des Brennstoffs oder Herstellung und Transport der Anlage).

Elektrizitätserzeugung		Wärmeerzeugung	
Kohle	1000 g	Heizöl	330 g
Erdgas	400 g	Erdgas	270 g
Wärme-Kraft-Kopplung mit Erdgas	200 g	Direkt-elektrische Heizung	130 g
Photovoltaik	40-90 g	Wärmepumpe	40 g
Windkraft	15-25 g	Holz	20 g
Wasserkraft	10 g		
Kernkraft	10 g		

Emissionen in Gramm CO_2-Äquivalent pro erzeugte kWh. Quelle: [1]

Die angegebenen Spannen hängen bei der Photovoltaik von der verwendeten Technologie und bei der Windenergie vom Turbinentyp ab. Der bei der Kernkraft angegebene Wert bezieht sich auf die in der Schweiz verursachten Emissionen.

In der Schweiz wird auf den fossilen Energien seit 2008 eine CO_2-Abgabe erhoben, die bereits dreimal erhöht wurde (2010, 2014 und 2016), um den Verbrauch dieser Energien zu senken. Im Jahr 2016 betrug die Abgabe CHF 84.- pro Tonne CO_2-Emissionen, das sind etwa CHF 210.- pro Tonne Kohle, über 22 Rp. pro Liter Heizöl und über 1,5 Rp. pro kWh Gas (17 Rp./m^3).

Die folgenden Kapitel behandeln die verschiedenen nicht erneuerbaren Energiequellen und beschreiben ihre Entwicklung, ihre aktuelle Nutzung und ihr Potenzial im Kanton Freiburg.

Bibliografie

› [1] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015

› [2] IPCC. CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2014, L'atténuation du changement climatique, Résumé à l'intention des décideurs, 2015

2.3.1 Fossile Energie

2.3.1a Kohle

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Unter dem Begriff Kohle werden zahlreiche feste fossile Sedimenttypen zusammengefasst, deren Zusammensetzung recht unterschiedlich ist.

Kohle ist nach Erdöl weltweit die zweite Primärenergiequelle und wird für knapp 41 % der weltweiten Stromproduktion verwendet [1]. Heutzutage wird sie im Tagebau oder Untertagebau gefördert und hauptsächlich in Kraftwerken als Brennstoff verwendet.

Unter den nicht erneuerbaren Energieträgern ist Kohle weltweit derjenige mit den grössten Gesamtressourcen. Kohlevorkommen haben zudem den Vorteil, relativ gleichmässig über die Erdkugel verteilt zu sein. Die grössten Verbraucher von Kohle sind China, die USA und Indien. In Europa weist Deutschland den grössten Verbrauch auf. Das Land erzeugt Elektrizität immer noch grösstenteils aus Kohle.



Quelle: BP

Die Förderung von Kohle hat im 19. Jahrhundert die Abholzung des Waldes aufgehalten. In der Schweiz war Kohle bis Mitte des 20. Jahrhunderts der wichtigste Energieträger, wurde danach aber rasch vom Erdöl abgelöst. 1973 lag der Kohleanteil am Schweizer Bruttoenergieverbrauch unter 2 % und seit 1996 verharrt er bei 0.5 % [2]. Die Rolle dieses Brennstoffs für die Energieversorgung der Schweiz ist so unbedeutend geworden, dass der Bundesrat die obligatorische Kohlelagerhaltung zur Überbrückung von Versorgungskrisen und Mangellagen 1998 aufgehoben hat. Gegenwärtig werden mehr als vier Fünftel der in die Schweiz eingeführten Kohle von der Zementindustrie verbrannt. In dieser Branche werden aber immer mehr alternative Energiequellen wie Altreifen, Klärschlamm, Tiermehl und andere nichtrecycelbare Abfälle bevorzugt. Die Zementhersteller können auf diese Weise ihre CO_2-Bilanz verbessern und von der CO_2-Abgabe befreit werden.

Heute wird Kohle in der Energiebilanz des Kantons Freiburg nicht mehr erwähnt.

Potenzial

Sollte der Kohleverbrauch auf dem Niveau von 2014 verharren, wäre die Versorgung mit den heute nachgewiesenen Reserven für mehr als 100 Jahre gesichert [1]. Seit mehreren Jahren erlebt aber Kohle eine Renaissance, die vor allem auf den wirtschaftlichen Aufbruch Asiens zurückzuführen ist. Zwischen 2003 und 2013 hat der globale Kohleverbrauch gemäss BP-Statistik um 47 % zugenommen. Vier Fünftel dieses Mehrverbrauchs fallen in China an und ein Achtel in Indien. 2014 hat die chinesische Regierung jedoch der Luftverschmutzung den Kampf angesagt und ordnet jedes Jahr die Schliessung Hunderter von Minen an. Sie hat auch beschlossen, den Kohleverbrauch zu begrenzen und den Anteil dieses Brennstoffs in der nationalen Energiebilanz zu reduzieren. Folglich gehen die Prognosen über den künftigen Kohleverbrauch auseinander, tendieren aber eher nach unten [3].

Strategie

Angesichts der hohen Steuerbelastung und der heftigen Debatte über klassisch-thermische Kraftwerke (insbesondere Kohlekraftwerkprojekte im Ausland mit Schweizer Beteiligung) ist es höchst unwahrscheinlich, dass Kohle je wieder eine wichtige Rolle auf der schweizerischen Energieszene spielen wird.

Insbesondere auch im Kanton Freiburg haben der Staatsrat und die politischen Kreise ihre Bedenken zur Beteiligung der Groupe E am Kohlekraftwerk von Brunsbüttel in Deutschland deutlich gemacht.

Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht ihrerseits vor, dass im Inland künftig gar keine Kohle mehr verwendet wird.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Die Luftverunreinigung, die durch Kohleverbrennung entsteht (Stickoxide, Schwefeldioxid), kann heute in modernen Kraftwerken mit hohem Wirkungsgrad begrenzt werden. Der Kohleverbrauch ist dennoch schädlich für das Klima, denn er ist mit hohen CO_2-Emissionen verbunden.

Im Vergleich zu anderen Energieerzeugungsanlagen stossen Kohlekraftwerke die grösste Menge an Treibhausgasen aus {vgl. Kapitel 2.3 Einleitung zu den nicht erneuerbaren Energien}. Die Abscheidung und Einlagerung von CO_2 in undurchlässigen Gesteinsschichten sind Technologien, die existieren, aber noch lange nicht rentabel sind und in der Bevölkerung nicht unbedingt auf Akzeptanz stossen.

Bibliografie

› [1] BP. Statistical Review of Wold Energy. Juni 2015

› [2] BFE. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014. Bern, 2015

› [3] BFE. Marktentwicklung fossiler Energieträger 3/2015-2/2016. Bern, 2015

2.3.1b Erdöl

Entwicklung und aktueller Verbrauch

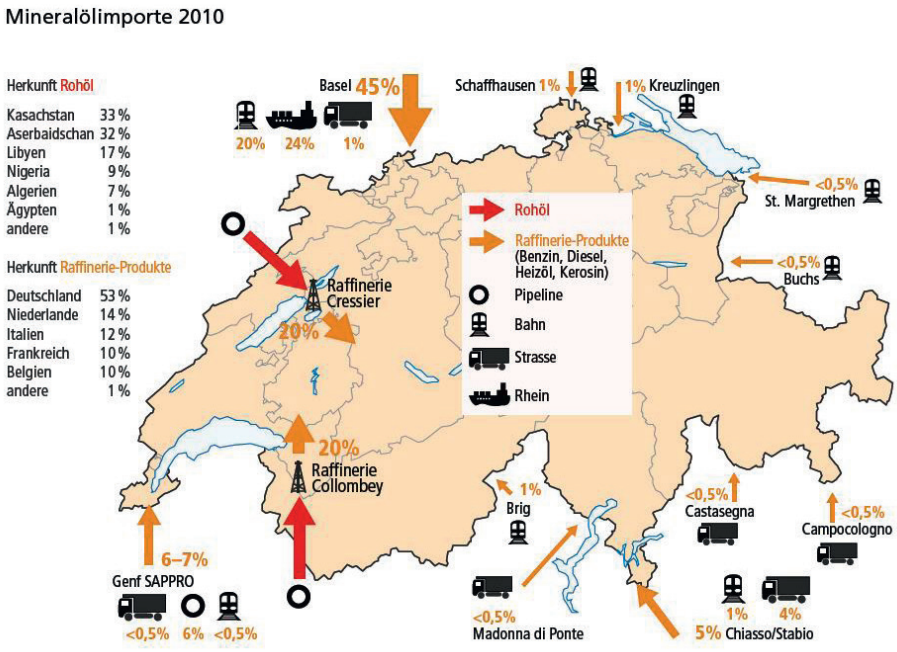
Erdöl besteht hauptsächlich aus einem Kohlenwasserstoffgemisch, das aus der Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Tiere entstanden ist. Diese organischen Abfälle haben sich auf dem Meeresgrund angesammelt, bevor sie von Sedimenten bedeckt wurden. Unter der vereinten Wirkung von Wärme und Druck und unter Ausschluss von Sauerstoff haben sich diese Organismen zersetzt und in Millionen von Jahren zu Erdgas und Erdöl umgewandelt.



Raffinerie in Cressier (NE)

Heute befinden sich die wichtigsten Förderländer in der Golfregion und in Nordamerika, weitere Länder sind Russland und China. Die Schweiz importiert zwei Drittel des Erdöls in Form von Endprodukten, die sie fast ausschliesslich aus der europäischen Union bezieht. Das verbleibende Drittel wird als Rohöl aus Afrika und verschiedenen Staaten der ehemaligen Sowjetunion importiert und in den Raffinerien von Cressier im Kanton Neuenburg und von Collombey im Kanton Wallis raffiniert. Letztere ist zurzeit ausser Betrieb.
Das Rohöl wird je zur Hälfte zu Treibstoffen und zu Heizöl verarbeitet. Die beiden Raffinerien werden über Pipelines beliefert.

Die Erdölprodukte werden über verschiedene Lieferwege in die Schweiz transportiert: per Bahn (42 % im Jahr 2010), über den Rhein (40 %), über die SAPPRO-Pipeline Marseille-Genf (9,5 %) und über die Strasse (8,5 %). Weder die Kapazität der SAPPRO-Pipeline noch jene der Rheinschifffahrt ist voll ausgelastet. Diese beiden Lieferwege sollten grundsätzlich in der Lage sein, eine Schliessung der beiden Raffinerien durch zusätzliche Importe von raffinierten Erdölprodukten zu kompensieren [4].



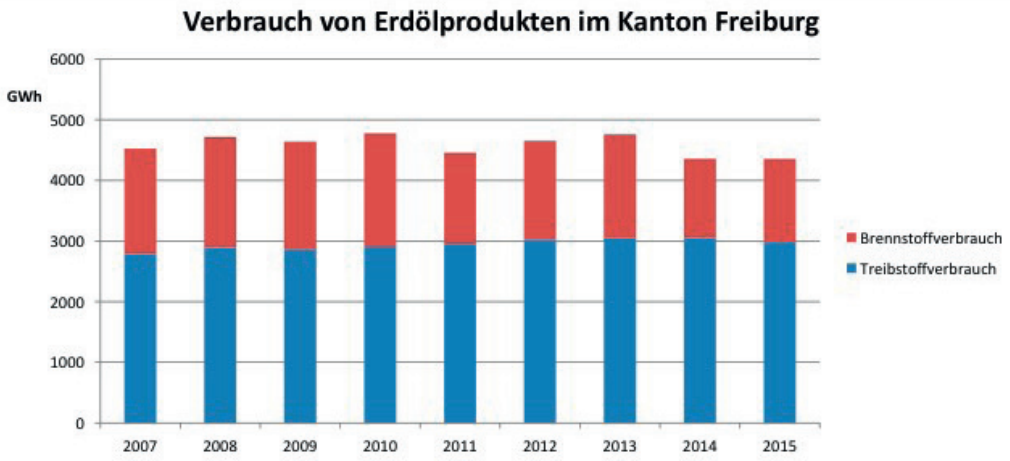
Mineralölimporte 2010. Die Raffinerie in Collombey ist ausser Betrieb. Quelle: BWL

Die Schweiz verfügt über keine wirtschaftlich nutzbaren Erdölvorkommen und schützt sich gegen das Risiko einer Versorgungslücke, indem sie von den Importeuren von Erdölprodukten verlangt, dass sie strategische Pflichtlager halten. Diese gesetzlichen Pflichtlager müssen ausreichen, um den landesweiten Bedarf an Benzin, Diesel und Heizöl während viereinhalb Monaten und den Bedarf an Kerosin während drei Monaten zu decken. Das Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung (BWL) ist für die Aufsicht über diese Pflichtlager zuständig. Die Vorratshaltung ist dagegen Aufgabe der Privatwirtschaft und wird durch Beiträge auf dem Import finanziert.

Im Jahr 2014 belief sich im Kanton Freiburg der Anteil an Erdölprodukten am gesamten Endenergieverbrauch auf 57 %. Das entspricht 4356 GWh, die zu 70 % auf Treibstoffe und zu 30 % auf Brennstoffe entfallen [AfE].

In den letzten 15 Jahren ist der Brennstoffverbrauch (Heizöl) um über einen Drittel gesunken, während der Treibstoffverbrauch im gleichen Zeitraum beinahe im gleichen Ausmass gestiegen ist.

Heute werden fast gleich viel Erdölprodukte verbraucht wie vor etwa 40 Jahren. Das Verhältnis von Treibstoffen (30 %) zu Brennstoffen (70 %) war damals aber genau umgekehrt.



Quelle: AfE

In Neubauten werden kaum noch Ölheizungen verwendet {vgl. Kapitel 3.2 Energieverbrauch - Wärme}.

Der Heizölverbrauch nimmt seit den 1970er-Jahren ständig ab. Dies ist einerseits auf den sinkenden Heizbedarf dank der besseren Wärmedämmung der Gebäude und dem technologischen Fortschritt (Brennwertkessel, Regler usw.) zurückzuführen und andererseits auf die zunehmende Nutzung anderer Energieträger. Dieser Trend wird sich fortsetzen. Bis 2050 könnte unser Heizölverbrauch auf einen Zehntel des Verbrauchs im Jahr 2011 sinken [4].

Bei den Treibstoffen nimmt der Benzinverbrauch regelmässig ab und der Dieselverbrauch zu. Im Jahr 2014 wurde in der Schweiz von beiden Treibstoffarten zum ersten Mal die gleiche Menge verbraucht [3] {vgl. Kapitel 3.3 Energieverbrauch - Verkehr}.

Potenzial

Bei einem gleichbleibenden Erdölverbrauch auf dem Niveau von 2014 wäre die Versorgung mit den heute nachgewiesenen Reserven für mehr als 50 Jahre gesichert [1]. Die Internationale Energieagentur (IEA) befürchtet jedoch ab 2020 ein Erdölmangel, weil die geförderten Mengen nicht mehr ausreichen, um die Nachfrage zu decken. Der Firma BP zufolge wird die globale Nachfrage effektiv bis 2035 im Jahresdurchschnitt um 0,8 % steigen. Für die Zunahme werden vor allem die Länder ausserhalb der OSZE verantwortlich sein. In den Ländern der OSZE hat der Verbrauch im Jahr 2005 seinen Höchstwert erreicht und nimmt seither ständig ab.

Strategie

Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht vor, dass der Anteil der Erdölprodukte von 53 % auf 14 % des landesweiten Endenergieverbrauchs sinken und sich fast ausschliesslich auf Treibstoffe beschränken wird [4].

Folglich muss alles unternommen werden, um schrittweise das Heizöl durch andere Energieträger für die Gebäudeheizung zu ersetzen, auch wenn im Jahr 2016 immer noch die meisten Häuser mit einer Ölheizung ausgestattet sind.

Beim Verkehr können die fossilen Brennstoffe nicht so rasch ersetzt werden.

Deshalb ist es wichtig, eine angemessene Mobilität sowie eine Diversifizierung der Transportmittel, sparsame Fahrzeuge und die Nutzung neuer Energieträger (Strom, Wasserstoff usw.) zu fördern {vgl. Kapitel 3.3 Verkehr}.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Die Nutzung von Erdölprodukten ist in unserem Land streng geregelt, was die Sicherheit und den Umweltschutz beim Transport, bei der Lagerung, der Verbrennung oder bei der Entsorgung betrifft. Der technische Fortschritt ermöglicht es, den Ausstoss an Treibhausgasen zu begrenzen, doch sind zusätzliche Anstrengungen nötig, um die Reduktionsziele hinsichtlich der Luftverunreinigung (insbesondere bei Dieselfahrzeugen) einzuhalten. Allgemein sind die Stickoxid-Emissionen noch zu hoch. Sie stammen hauptsächlich aus dem Verbrennungsprozess, der immer noch durch fossile Brennstoffe dominiert wird (obwohl die Verbrennung von Holz für die Erzeugung der gleichen Wärmemenge mehr Stickoxide freisetzt). In der Schweiz wurden bisher nur ganz selten Unfälle mit Erdölprodukten registriert. Diese und einige jährlich wiederkehrende Phänomene, die unter besonderen meteorologischen Bedingungen auftreten, erinnern uns daran, dass diese Produkte gefährlich sind (hohe Ozonwerte im Sommer, Feinstaub im Winter).

Im Ausland sind Umweltkatastrophen (Ölteppiche) und starke Luftverschmutzung (China) leider keine Einzelfälle.



Auf fossilen Treibstoffen wird im Gegensatz zum Heizöl in der Schweiz keine CO_2-Abgabe erhoben (vgl. Kapitel 2.3 Einleitung zu den nicht erneuerbaren Energien}. Es gibt aber indirekte Massnahmen mit den gleichen Zielen:

Die Hersteller und Importeure von fossilen Treibstoffen müssen bis 2020 mindestens 10 % der durch den Verkehr verursachten CO_2-Emissionen mit Massnahmen in der Schweiz kompensieren. Die auf die Treibstoffpreise überwälzten Kosten, die sich aus dieser Pflicht ergeben, dürfen 5 Rappen pro Liter nicht übersteigen.

Die Schweizer Fahrzeugimporteure müssen dafür sorgen, dass bis 2015 die CO_2-Emissionen der Neuwagenflotte im Durchschnitt höchstens 130 Gramm pro Kilometer betragen. Sie müssen eine Sanktion bezahlen, wenn sie ihre individuellen CO_2-Zielvorgaben nicht einhalten.

Die Endverbraucher im Kanton Freiburg geben jährlich etwa 500 Millionen Franken für Erdölprodukte aus.[4]

[4] Schätzung anhand der Ausgaben in der Schweiz [3] im Verhältnis zur Bevölkerung.

Bibliografie

> [1] BP. Statistical Review of Wold Energy. Juni 2015

> [2] BFE. Marktentwicklung fossiler Energieträger 3/2015. Bern, 2015

> [3] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015

> [4] BWL. Poids des raffineries suisses dans l'approvisionnement en pétrole. Bern, 2012

2.3.1c Erdgas

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Erdgas besteht hauptsächlich aus dem farb- und geruchlosen Kohlenwasserstoff Methan (CH_4). Die heute genutzten Erdgasvorkommen sind aus der Zersetzung abgestorbener Kleinorganismen über Millionen von Jahren entstanden. Das unterirdisch gelagerte Erdgas wird mittels Bohrtechnik gefördert und danach gasförmig in Gasleitungen oder nach seiner Verflüssigung in speziellen Tankschiffen transportiert.



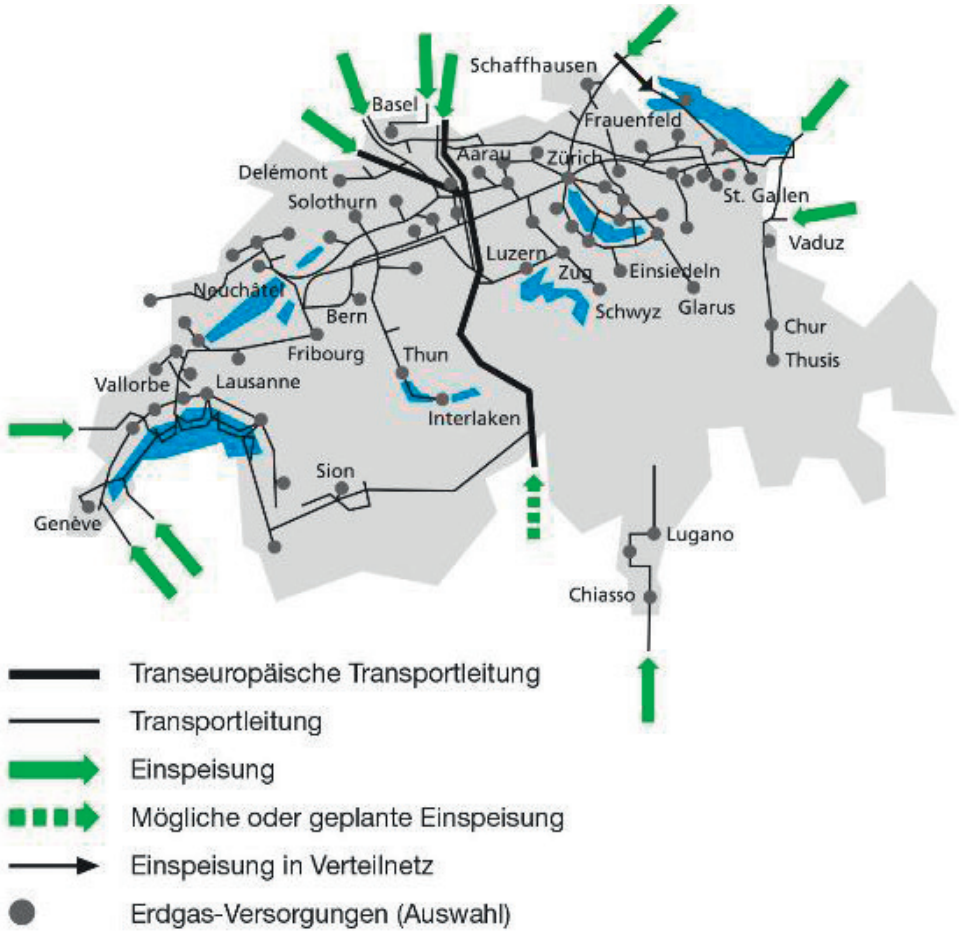
Quelle: BP

In der Schweiz gibt es zwar kleinere Erdgasvorkommen, deren Abbau sich aber kaum rentiert. Eine Ausnahme bildete eine Lagerstätte im Kanton Luzern (Finsterwald), wo zwischen 1985 und 1994 Erdgas gefördert wurde.

Die Versorgung der Schweiz mit Erdgas wird zu drei Vierteln durch Lieferverträge mit westeuropäischen Ländern sichergestellt. Das restliche Erdgas wird aus Nordafrika und Russland bezogen. Das Erdgas aus Russland wird über Deutschland importiert. Sollten die Gaslieferungen aus Russland einmal

ausfallen, hat sich Deutschland verpflichtet, das für die Schweiz bestimmte Gas aus seinen eigenen Gasreserven zu liefern.

Das Erdgas-Transportnetz verfügt über zwölf Einspeisepunkte zur Versorgung der Schweiz und ist mit über 100 unterirdischen Gaslagern in Westeuropa verbunden [2]. Die Versorgungssicherheit kann somit beim Erdgas zumindest vorübergehend als gut eingestuft werden.



Quelle: ASIG

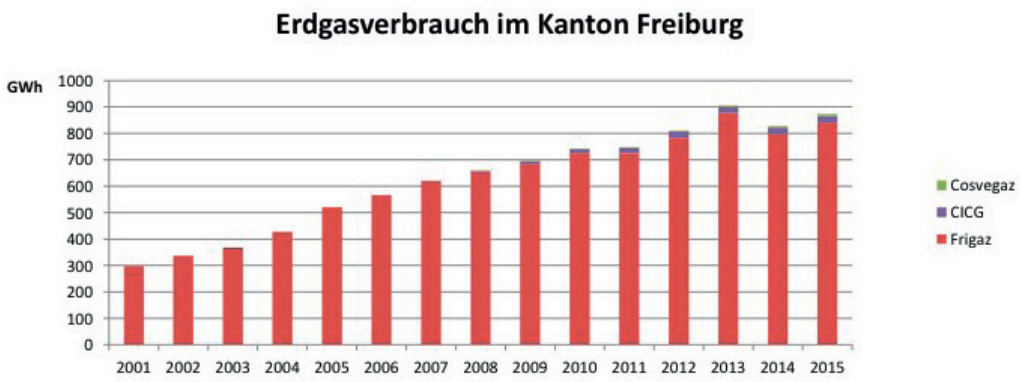
In der Schweiz stieg der Erdgasverbrauch zwischen 1970 und 1996 mit einer durchschnittlichen Zunahme um rund 11 % pro Jahr sehr stark an. In diesem Zeitraum hat Erdgas im Energiemix der Schweiz zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im letzten Jahrzehnt hat sich der Verbrauch stabilisiert. Heute liegt der Gasanteil am gesamten Schweizer Endenergieverbrauch bei knapp 13 %.

Der Kanton Freiburg ist seit 1980 an das Erdgasnetz angeschlossen. Der Gasanteil am Endenergieverbrauch lag 2015 im Kanton Freiburg bei 11 %. Dies entspricht 873 GWh [3, AfE].

Nutzerkategorien:

- Haushalt und Gewerbe: 3 %;
- Heizung: 42 %;
- Industrie und Grossverbraucher: 55 %

Gerundete Werte gemäss [3].



Quellen: AfE, StatA

Der Verbrauch stieg im Kanton zwischen 2003 und 2010 stark an. Dies ist auf den Ausbau des Gasnetzes und den Anschluss von industriellen Grossverbrauchern zurückzuführen. Seither nimmt der Verbrauch weniger regelmässig aber dennoch tendenziell zu.

Drei Gaslieferanten versorgen die Freiburger Gemeinden:

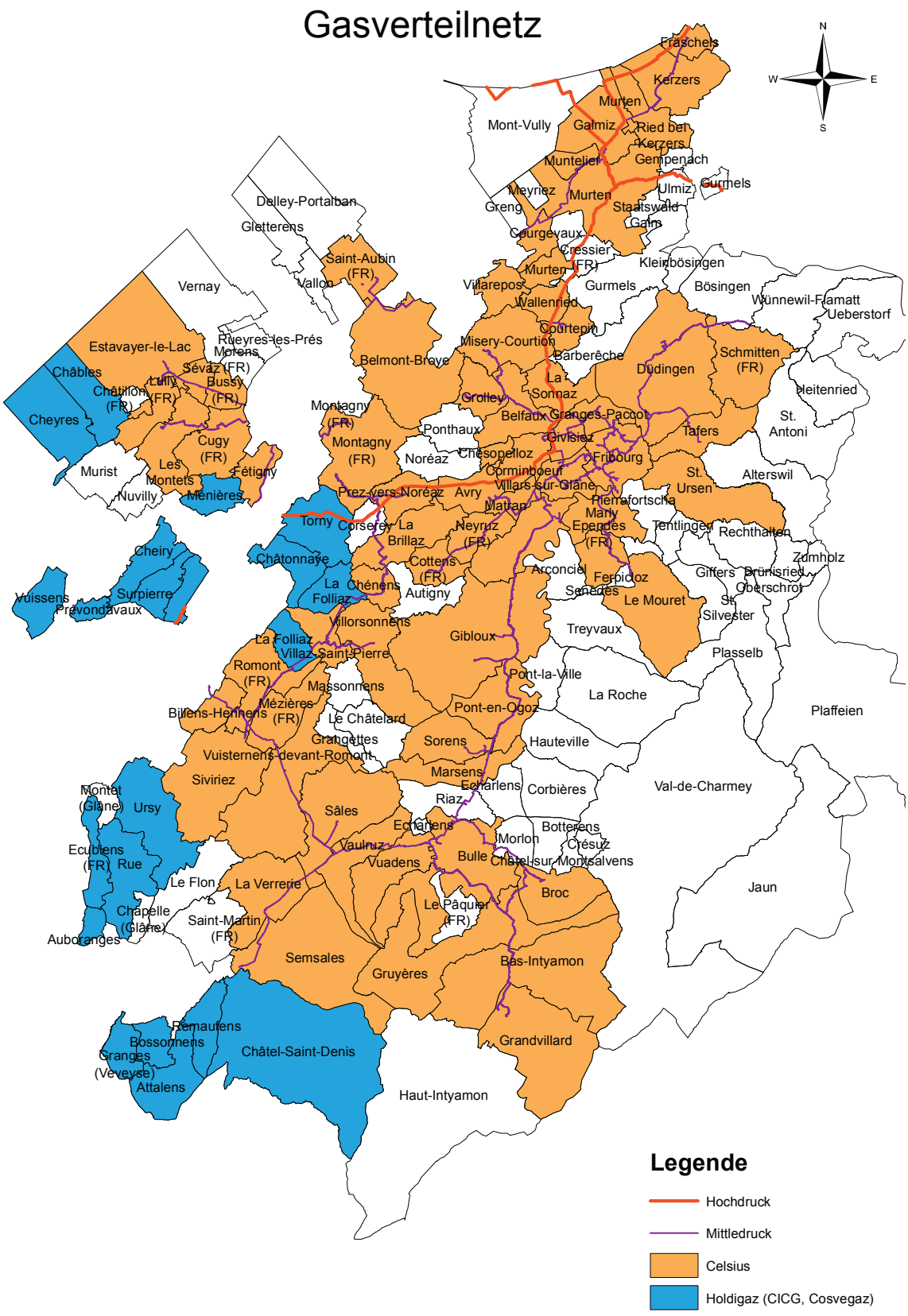
- Groupe E Celsius in Granges-Paccots (bis Ende 2015 Frigaz genannt), 96 % des Erdgasverbrauchs;
- CICG (Compagnie industrielle et commerciale du gaz SA) in Vevey, 3 %;
- Cosvegaz (Cossonay-Venoge-Gaz) in Cossonay, 1 %.

Gerundete Werte gemäss [3]

Sachplan Energie

2. Energieversorgung

–



Potenzial

Bei einem gleichbleibenden Erdgasverbrauch auf dem Niveau von 2014 wäre die Versorgung mit den heute nachgewiesenen Reserven für mehr als 50 Jahre gesichert [1]. Die Internationale Energieagentur (IEA) rechnet mit einer jährlichen Zunahme des globalen Verbrauchs von 2 % bis 2020.

In der Schweiz wurden wie in weiteren europäischen Ländern jüngst mehrere Vorkommen von nicht-konventionellem Gas (Schiefergas, eingeschlossenes Erdgas) entdeckt. Die Bedeutung dieser Vorkommen bleibt aber schwierig einzuschätzen und die Rentabilität ihrer Nutzung ist sehr ungewiss. Ausserdem ist die Zustimmung der Bevölkerung alles andere als gesichert. Denn es besteht die zwar geringe aber nicht minder reelle Gefahr, das Grundwasser zu verschmutzen oder kleinere Beben zu verursachen. Es ist also unwahrscheinlich, dass diese Rohstoffvorkommen in der Schweiz einen Beitrag zu unserer Energieunabhängigkeit leisten werden. Europa hingegen könnte sich nach dem Vorbild der USA für die Nutzung dieser nicht-konventionellen Gase entscheiden, was sich auf unser Land auswirken könnte.

Im Kanton Freiburg wurden ab 2008 Anträge um Erkundungsbohrungen für nicht-konventionelle Gase gestellt. Im Jahr 2011 hat der Staatsrat beschlossen, die gesamten Sondierungen für unbestimmte Zeit einzustellen.

Strategie

Die Verbrennung von Erdgas, um Wasser auf Niedertemperatur zu wärmen (Raumheizung, Warmwasserproduktion), ist im Prinzip aus energetischen und klimatischen Gründen nicht mehr gerechtfertigt.

Dieser Energieträger muss vorrangig für industrielle Prozesse, den Verkehr und die Stromproduktion – idealerweise verbunden mit einer Wärmerückgewinnung (Wärme-Kraft-Kopplung) – eingesetzt werden.

Falls Gaskraftwerke gebaut werden, um vorübergehend die Stromproduktion von stillgelegten Kernkraftwerken teilweise zu kompensieren, müssen diese ihren CO_2-Ausstoss vollständig kompensieren. Solange jedoch in Europa die Strompreise tief sind und eine Überkapazität bei der Stromerzeugung herrscht, können in der Schweiz derartige Kraftwerke nicht rentabel betrieben werden. Dies wird den Übergang zu erneuerbaren Energien und verstärkter Energieeffizienz aber nur beschleunigen.

Die Erdgasverteilnetze, die Wohn- und Dienstleistungsgebäude beliefern, können selbstverständlich nicht ohne weiteres stillgelegt werden. Diese Gebäude sollten jedoch immer mehr auf Gas-Wärmepumpen, Mikro-Wärme-Kraft-Kopplung oder Brennstoffzellen umsteigen, falls eine Versorgung mit erneuerbaren Energien nicht möglich ist.

Biogas kann ebenfalls in das Erdgasnetz eingespiesen werden, auch wenn dies aus energetischer Sicht nicht optimal ist. In Freiburg speist die ARA der Stadt jährlich 1,5 Millionen m^3 Erdgas ins Netz ein. Dies deckt etwa 1 % des Gasverbrauchs des Kantons.



ARA-Biogasanlage der Stadt Freiburg. Quelle: Groupe E Celsius

Eine theoretische Zukunftslösung besteht darin, das Gasnetz mit Synthesegas zu speisen. Dabei handelt es sich um Methan, das durch Wasserelektrolyse mit Hilfe von Solar- und Windstrom gewonnen wird (Power-to-Gas-Technik). In Europa durchgeführte Studien und Tests zeigen jedoch, dass diese Technik im Vergleich zu anderen Lösungen zum Speichern von elektrischer Energie noch einen sehr tiefen Wirkungsgrad hat {vgl. Kapitel 6. Energiespeicherung}. Diese Lösung ist folglich in energetischer Hinsicht zurzeit noch zu wenig interessant. Es ist deshalb auch nicht vorgesehen, diese kurzfristig weiterentwickeln.

Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht vor, dass der Gasanteil mehr oder weniger unverändert bleiben wird (13 % für die Wärme- und Stromproduktion), aber der Verbrauch in absoluten Zahlen analog zum Gesamtenergieverbrauch des Landes [2] um etwa 40 % abnehmen wird. Im Gegensatz zum Erdöl ist Erdgas folglich ein Energieträger, der im Rahmen der laufenden Energiewende eine Rolle spielt.

Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Unter den fossilen Energieträgern weist Erdgas den kleinsten Gehalt an Kohlenstoff (C) und den höchsten Anteil an Wasserstoff (H) auf. Deshalb entsteht bei seiner Verbrennung etwa 25 % weniger Kohlendioxid (CO_2) als bei der Verbrennung von Heizöl mit gleichem Energiegehalt. Hinsichtlich der Luftverschmutzung ist die Verbrennung von Erdgas im Vergleich zur Verbrennung anderer fossiler Brennstoffe weniger schädlich.

Gasautos stossen 60 bis 95 % weniger Schadstoffe aus als vergleichbare Benzin- und Dieselfahrzeuge. Das Ozonbildungspotenzial von Erdgasfahrzeugen ist 98 % geringer als das von Benzinfahrzeugen. Krebserzeugende Gase, Feinpartikel und Säurebildung sind praktisch nicht messbar. Gasfahrzeuge stossen 15 % weniger Treibhausgase als Benzin- oder Dieselfahrzeuge aus, obwohl ihr Abgas mehr Methan enthält, das bedeutend klimawirksamer ist als Kohlendioxid (CO_2).

Der geringere Ausstoss von CO_2 bei der Verbrennung von Erdgas wiegt dies jedoch wieder auf. Noch bessere Werte werden erreicht, wenn das Erdgas durch Biogas ergänzt wird.

Auf das in Gaskombikraftwerken genutzte Erdgas wird keine CO_2-Abgabe erhoben. Doch der gesamte CO_2-Ausstoss muss kompensiert werden, was gewiss weniger kostet als die Abscheidung und Einlagerung von CO_2. Derartige Techniken werden im Ausland vorzugsweise bei Kohlekraftwerken angewendet. Diese Techniken haben ihre Machbarkeit bewiesen (etwa 70 Projekte weltweit) und bieten den Vorteil, dass sie überall angewendet werden können. Die einzige Bedingung ist, dass die Einlagerung in tiefen geologischen Schichten erfolgt (bis zu 7 km). Sie könnten in der Nähe von Gaskraftwerken eingesetzt werden und zwar nach dem Motto: «Das ausgestossene CO_2 im Untergrund lagern, bis wir fähig sind, keines mehr auszustossen». Das Labor für Bodenmechanik der ETH Lausanne gehört auf dem Gebiet zu den weltweit führenden Forschungsstellen.

Die Freiburger Gasindustrie umfasst rund hundert Arbeitsplätze und weist einen Jahresumsatz von etwa 80 Millionen Franken auf.

Rechtlicher Rahmen

Energiegesetz vom 9. Juni 2000, SGF 770.1 :

Die Gemeinden müssen einen kommunalen Energieplan aufstellen, der die Gebiete aufführt, die im Bereich der Energieversorgung ähnliche Merkmale aufweisen (Art. 8).

Neue Wärmeerzeugungsanlagen, die mit fossilen Energien betrieben werden, müssen ab einer bestimmten thermischen Leistung grundsätzlich als Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen ausgestaltet werden (Art. 13a).

Der Gasmarkt ist noch nicht so stark liberalisiert wie der Strommarkt. Doch gestützt auf Artikel 13 des Rohrleitungsgesetzes des Bundes (RLG) vom 4. Oktober 1963 können die Grossverbraucher, die an das Hochdrucknetz angeschlossen sind, ihren Gaslieferanten frei wählen. Im Jahr 2012 hat die Gasindustrie mit ihnen eine Vereinbarung über den Marktzugang abgeschlossen. Die trotz dieser Vereinbarung bestehenden Rechtsunsicherheiten sollten künftig durch ein Gasversorgungsgesetz geklärt werden, das voraussichtlich im Jahr 2017/2018 vom Bund in die Vernehmlassung geschickt wird.

Für den Bau und Betrieb des Erdgas-Hochdrucknetzes gelten spezielle gesetzliche Vorschriften. Für die Aufsicht ist das Bundesamt für Energie (BFE) zuständig. Zur Sicherstellung dieser Überwachungsfunktion zieht das BFE andere Bundesämter, die Kantone oder private Fachkörperschaften bei, insbesondere das Eidgenössische Rohrleitungsinspektorat. Für die Entwicklung der Mittel- und Niederdrucknetze sind die Kantone zuständig.



Quelle: Groupe E Celsius (früher: Frigaz)

Die flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffvorkommen sind öffentliches Eigentum. Der Staat hat allein das Recht, diese Vorkommen zu schürfen und auszubeuten oder deren Schürfung und Ausbeutung abzutreten (Art. 1 des kantonalen Gesetzes über die Schürfung und Ausbeutung von Kohlenwasserstoffen, SGF 931.2).

Gestützt auf das CO_2-Gesetz des Bundes werden fossil-thermische Kraftwerke nur bewilligt, wenn sie ihre CO_2-Emissionen vollumfänglich kompensieren. Dabei müssen sie mindestens 50 % der Kompensationsleistung im Inland erbringen. Bis zu 50 % der Emissionen dürfen sie im Ausland kompensieren.

Bibliografie

› [1] BP. Statistical Review of Wold Energy. Juni 2015

› [2] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015

› [3] Amt für Statistik. Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg. 2015

2.3.2 Kernkraft

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Kernenergie wird in der Schweiz ausschliesslich zu friedlichen Zwecken genutzt: zur Stromerzeugung und für Anwendungen in Medizin, Industrie und Forschung. Der Anteil der Kernenergie an der inländischen Stromproduktion beträgt im Zehnjahresmittel 39 %, im Winter bis zu 45 %.

Die rechtlichen Grundlagen der schweizerischen Kernenergiepolitik reichen zurück auf das Jahr 1946, als das Parlament den ersten Bundesratsbeschluss zur Förderung der Atomenergie guthiess. 1957 wurde die Gesetzgebung über die Kernenergie in der Bundesverfassung verankert. Am 23. Dezember 1959, also zwei Jahre später, verabschiedete das Parlament das Atomgesetz. Mit dem Bundesbeschluss von 1978 zum Atomgesetz wurden die Rahmenbewilligung und der Bedarfsnachweis zum Bau von Kernkraftwerken eingeführt. Zudem wurde den Erzeugern radioaktiver Abfälle die Verantwortung für deren sichere Beseitigung übertragen. Das Atomgesetz und der Bundesbeschluss wurden durch das neue Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 und die Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 abgelöst.

Die Änderung des Kernenergiegesetzes im Rahmen des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 wurde mit der Volksabstimmung vom 21. Mai 2017 angenommen. Dieses Gesetz verbietet ausdrücklich den Bau und die Änderung von Kernkraftwerken.

In der Schweiz werden fünf Kernkraftwerke betrieben, die sich auf vier Standorte verteilen: Beznau I (Inbetriebnahme: 1969) und Beznau II (1971), Mühleberg (1972), Gösgen (1979) und Leibstadt (1984). Beznau I ist zurzeit (im Jahr 2016) das weltweit älteste zivile Kernkraftwerk, das noch in Betrieb ist. Es gibt also auf Freiburger Kantonsgebiet kein Kernkraftwerk und das nächstgelegene ist jenes von Mühleberg (BE). Die fünf Kernreaktoren weisen eine Gesamtleistung von 3,2 GW auf. Bis 2014 lag ihre jährliche Verfügbarkeit bei etwa 90 % [1].



Kernkraftwerk Gösgen (SO)

Die Kernenergie bietet eine gute Versorgungssicherheit im Vergleich zu anderen Energiequellen, die auf Importen basieren (Strom, Erdgas, Erdöl). Das Uranerz wird aus verschiedenen Quellen bezogen. Der Kernbrennstoff weist eine sehr hohe Energiedichte auf und ermöglicht es der Schweiz, Lager zu halten, die den Verbrauch mehrerer Jahre decken.

Der Stromverbrauch im Kanton Freiburg wird höchstens zu etwa 40 % durch die eigene Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gedeckt {vgl. Kapitel 3.1 Elektrizität}. Dieser Anteil ist jährlichen Schwankungen ausgesetzt. Der restliche Strom wird aus der Schweiz und aus Europa importiert. Die Herkunft dieser Elektrizität ist grösstenteils von Natur aus nicht bestimmbar, da die Energieträger, von denen sie stammt, nicht zurückverfolgt werden können. Groupe E gibt an, dass ein Grossteil aus nicht bestimmbaren Quellen stammt (etwa 50 %). Die Analyse der Stromkennzeichnung aus dem Jahr 2013 lässt aber immerhin darauf schliessen, dass 30,1 % des landesweiten Stromverbrauchs durch Kernenergie gedeckt wird [4].

Potenzial

Drei Reaktorgenerationen sind seit den 1950er- und 1960er-Jahren in Betrieb genommen worden. Die Reaktoren erster Generation existieren heute nicht mehr. Die fünf Reaktoren in der Schweiz gehören zur zweiten Generation. Die dritte Generation steht für Reaktoren, die ab den 1990er-Jahren entwickelt wurden. Weltweit ist derzeit ein einziger Reaktor der dritten Generation in Betrieb (in Japan) und etwa ein Dutzend sind im Bau.

Die erste, zweite und dritte Generation haben schrittweise Verbesserungen der Technologie von Kernspaltungsreaktoren gebracht. Die vierte Generation hingegen stellt einen technologischen Quantensprung dar, der mehrere wichtige Verbesserungen mit sich bringen könnte: deutlich höhere Energieeffizienz, deutliche Reduzierung der hochradioaktiven Abfälle, höhere Sicherheit und bessere wirtschaftliche Rentabilität [2].

Die ersten kommerziellen Reaktoren der vierten Generation könnten gegen 2030 gebaut werden. Die Schweiz ist gemeinsam mit zwölf weiteren Ländern Teil des «Generation IV International Forum», das die Entwicklung dieser Technologie koordiniert. Für eine eventuelle Verwendung dieser Technologie in der Schweiz müsste jedoch zuerst der Entscheid zum Verzicht auf den Bau neuer Kernspaltungskraftwerke rückgängig gemacht werden (vgl. weiter unten).

Die Kernfusion steht bei der laufenden Energiewende nicht zur Diskussion, denn eine kommerzielle Anwendung dieser Technologie wird nicht vor dem Jahr 2100 erwartet.

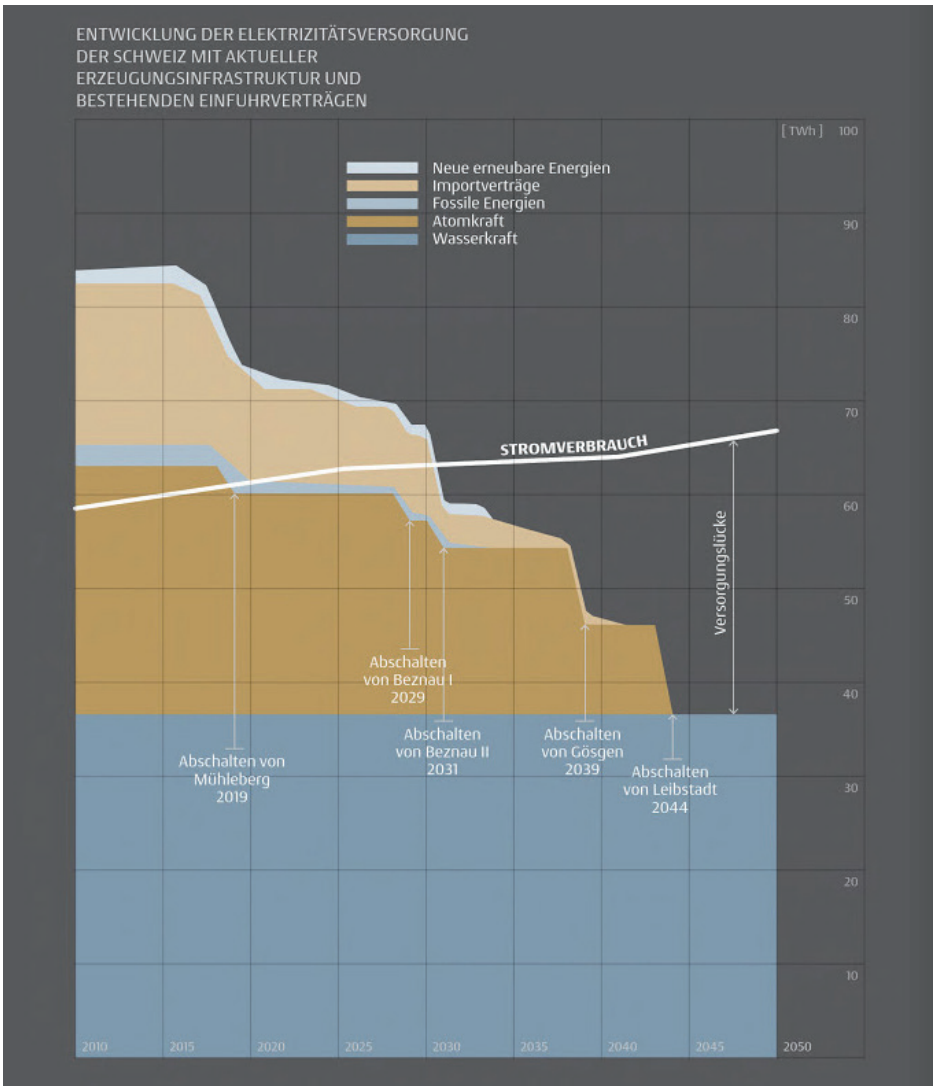
Strategie

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima, Japan, im Jahr 2011 wurden die laufenden Verfahren für Rahmenbewilligungsgesuche für neue Kernkraftwerke sistiert. In der Folge haben der Bundesrat und das Parlament beschlossen, schrittweise aus der Kernenergie auszusteigen. Dies ist der Ursprung der neuen Energiestrategie 2050 des Bundes, die vom Stimmvolk am 21. Mai 2017 genehmigt wurde. Die fünf Schweizer Kernkraftwerke werden am Ende ihrer Betriebsdauer stillgelegt und nicht durch neue Kernkraftwerke ersetzt.

Der Freiburger Staatsrat hat diese Entscheidungen ausdrücklich unterstützt, denn bei der Frage des weiteren Betriebs der bestehenden Kernkraftwerke hat für ihn die Sicherheit der Bevölkerung oberste Priorität.

Heute legt die Schweizer Gesetzgebung keine Begrenzung der Betriebsdauer fest. Der Entscheid über den Ausstieg aus der Kernenergie ist somit nicht an ein präzises Datum gebunden, an dem unsere Kernkraftwerke definitiv abgeschaltet werden. Die Betriebsdauer der Kernkraftwerke hängt also von der Alterung der Anlagen, der Situation auf dem Strommarkt und der Höhe der Investitionen in die Sicherheit ab. Diese Analyse hat den Betreiber des Kernkraftwerks Mühleberg bewogen, das Kraftwerk im Jahr 2019 nach 47 Betriebsjahren definitiv stillzulegen.

Unsere Kernkraftwerke stehen unter der Aufsicht des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI). Dieses unabhängige technische Kontrollorgan kontrolliert die Kraftwerke regelmässig und erteilt ihnen die Erlaubnis, den Betrieb fortzusetzen. Nach seinen Inspektionen im Jahr 2014 erklärte das ENSI, dass alle Kernkraftwerke mit Ausnahme von Mühleberg aus technischer Sicht während 60 Jahren in Betrieb bleiben können. Diese voraussichtliche Lebensdauer ergäbe die folgende Staffelung für die definitive Stilllegung der Kraftwerke: Beznau I (2029), Beznau II (2031), Gösgen (2039) und Leibstadt (2044).



Quelle: [2] “Herausforderungen der Schweizer Energiewende”, F. Vuille, D. Favrat und S. Erkman, Copyright 2015, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

Mit der Stilllegung der Kraftwerke wird über ein Drittel der landesweiten Stromproduktion ausfallen. Eine der wichtigsten Herausforderungen der Energiestrategie 2050 ist es deshalb, diese Produktion zu ersetzen, ohne unsere CO_2-Bilanz zu verschlechtern. Gesamthaft betrachtet deckt die Kernenergie aber nur 9 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Schweiz. Unter Berücksichtigung aller Aspekte (Energieeffizienz, Verhalten, Ersatz, neue Stromerzeugungsanlagen) können Lösungen gefunden werden, indem ganzheitlich und koordiniert vorgegangen wird. Der vorliegende Sachplan Energie (SPE) soll einen Beitrag dazu leisten.

Rein rechnerisch entspricht das Potenzial der neuen erneuerbaren Stromquellen nach Energiestrategie 2050 (24 TWh) beinahe der aktuellen Stromproduktion unserer Kernkraftwerke (25 TWh) [3]. Diese zufällige Übereinstimmung darf aber nicht über die Tatsache hinweg täuschen, dass wir noch nicht in der Lage sind, das Stromangebot mit der Nachfrage in dieser Grössenordnung aufeinander abzugleichen. Die Frage der Stromspeicherung wird im Hinblick auf diese Herausforderung eine zentrale Rolle spielen.

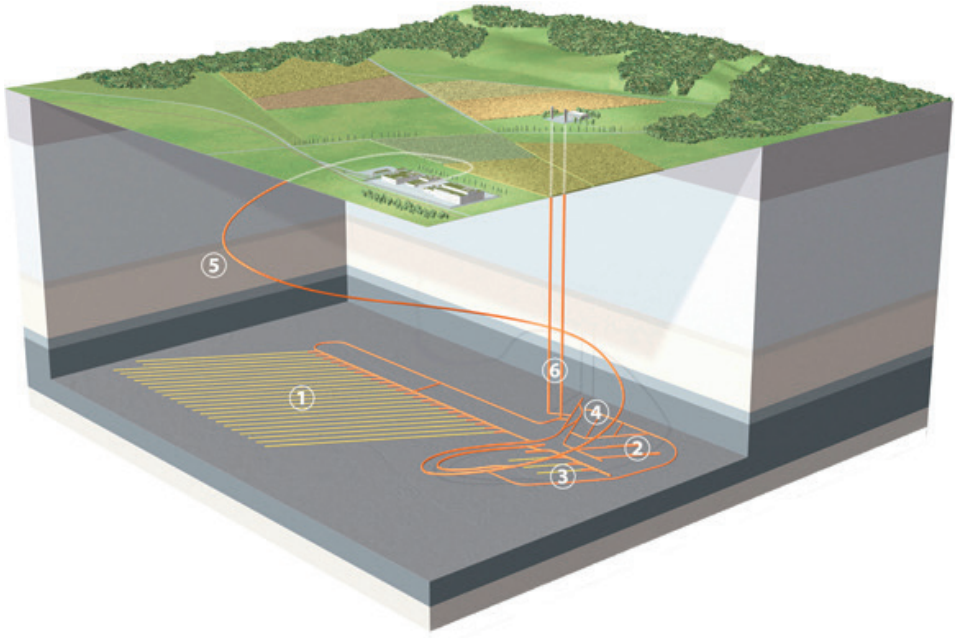
Ökologische, wirtschaftliche und politische Auswirkungen

Ökologische Auswirkungen:
Der Betrieb eines Kernkraftwerks erzeugt kaum CO_2. Pro erzeugte Kilowattstunde wird etwa gleich viel CO_2 ausgestossen wie beim Betrieb eines Wasserkraftwerks, das heisst sehr wenig.

Gemäss Kernenergiegesetz ist der Betreiber einer Kernanlage für deren Sicherheit verantwortlich. Bei der Auslegung, beim Bau und beim Betrieb der Kernanlagen müssen die Betreiber Schutzmassnahmen nach international anerkannten Grundsätzen treffen. Für den Fall, dass gefährliche Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt werden, müssen sie zudem Notfallschutzmassnahmen vorbereiten.

Radioaktive Abfälle entstehen vor allem bei der Nutzung von Kernenergie und in kleineren Mengen in der Medizin, in der Industrie und Forschung. Es ist geplant, die rund 7000 m^3 hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten (über 500 m) zu lagern. Dies ist die einzige Methode, die die nötige Sicherheit für eine Lagerung von bis zu mehreren hunderttausend Jahren bietet. Die Suche nach geeigneten Standorten für ein Tiefenlager ist im Sachplan geologische Tiefenlager geregelt. Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) hat zwei mögliche Standorte (Jura Ost und Zürich Nordost) vorgeschlagen. In der Zwischenzeit werden unsere Abfälle gesammelt, in Fässern verschweisst und an der Oberfläche in einem Zwischenlager des Unternehmens Zwilag in Würenlingen im Kanton Aargau gelagert.

Die Kosten für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz – inklusive der Abwrackungskosten der Kraftwerke – werden derzeit auf 21 Milliarden Franken geschätzt. Sie werden von den Kraftwerksbetreibern aufgebracht, die ca. 1 Rappen pro kWh Atomstrom in einen gemeinsamen Fonds einzahlen [2].



Lager für hochradioaktive Abfälle. Quelle: Nagra

Wirtschaftliche Auswirkungen:
Ende 2015 zählten die Schweizer Kernkraftwerke 1871 Vollzeitstelleneinheiten (Quelle: VSE)

Politische Auswirkungen:
Der Entscheid zum schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie stellt die Grundlage für die neue Energiepolitik des Bundes dar (Energiestrategie 2050).

Da die Betreiber der Kernkraftwerke keine «vorzeitige» Stilllegung wünschen und das ENSI dies auch nicht verlangt, können sie nur über einen neuen politischen Entscheid dazu gezwungen werden. Dies ist jedoch kaum zu erwarten, nachdem die Volksinitiative vom 16.11.2012 "Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie" an der Abstimmung vom 27. November 2016 abgelehnt und die Energiestrategie 2050 angenommen wurde.

Bibliografie

> [1] BFE. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014. Bern, 2015

> [2] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015

> [3] BFE. Energieperspektiven 2050. Prognos AG. Bern, 2013





3. Energieverbrauch

3. Energieverbrauch

3.1 Elektrizität

Entwicklung und aktueller Verbrauch

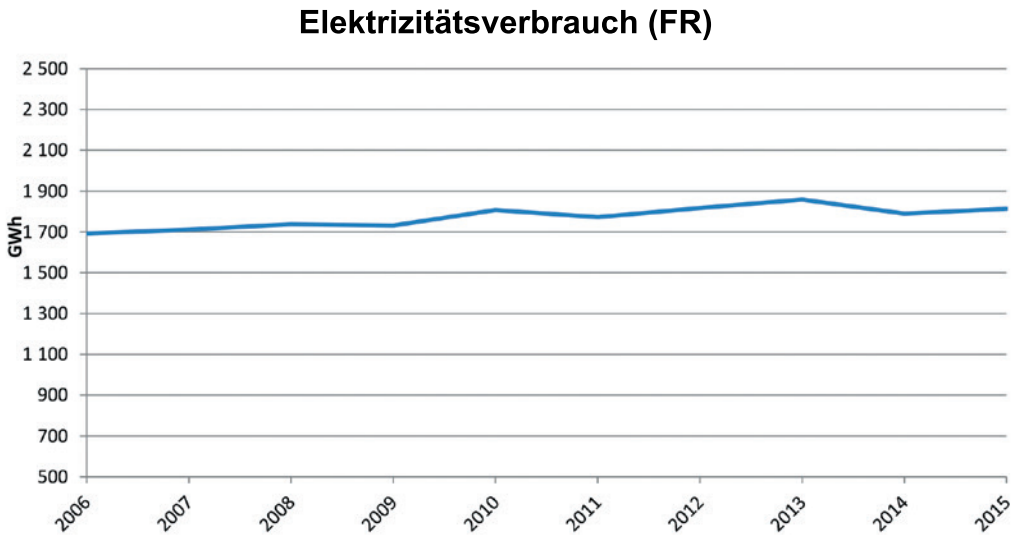
Mit Elektrizität können grosse Energiemengen sehr schnell übertragen werden. Die Übertragung verursacht jedoch einen Energieverlust, den es zu minimieren gilt.

Zudem kann Elektrizität nicht gespeichert werden. Die Produktion und der Verbrauch von Elektrizität müssen folglich gleichzeitig stattfinden oder der Strom muss in eine andere Energieform umgewandelt werden (chemische, potenzielle, thermische, mechanische Energie usw.). Dies ist jedoch mit weiteren Verlusten verbunden {vgl. Kapitel 6. Energiespeicherung und Kapitel 5.1 Elektrizitätsnetz}.

Trotz dieser Einschränkungen ist Elektrizität derart praktisch, dass ihr Einsatz seit Beginn ihrer industriellen Nutzung im 19. Jahrhundert ständig zugenommen hat. In der Schweiz wurde das erste Wasserkraftwerk 1879 in St. Moritz gebaut.

Die Elektrizität dient neben der Energieübertragung auch der Informationsübermittlung und der Herstellung von Magnetfeldern. Die Stromerzeugung und vor allem die Stromübertragung haben territoriale Auswirkungen.

Im Jahr 2015 entfielen im Kanton Freiburg 24 % des gesamten Endenergieverbrauchs auf den Strom. Der Stromanteil bleibt folglich relativ stabil [1]. Im Zeitraum 2009-2015 ist der Stromverbrauch pro Jahr im Durchschnitt um 1 % auf insgesamt 1,8 TWh (1806 GWh) angestiegen.



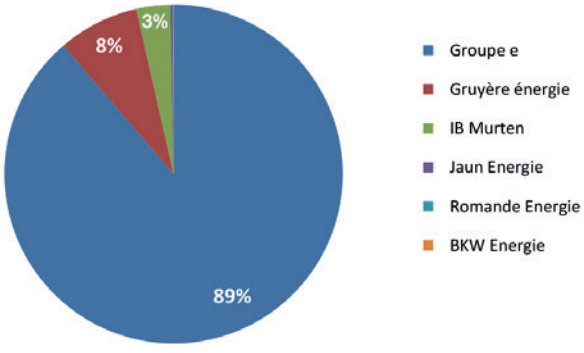
Quelle: AfE [1]



Durchschnittlich werden etwa 40 % des verbrauchten Stroms im Kanton Freiburg produziert, wobei dieser Anteil jährlichen Schwankungen ausgesetzt ist. Der restliche Strom wird aus den nationalen und europäischen Netzen bezogen {vgl. Kapitel 2 Energieversorgung und 5.1 Stromnetz}. Sechs Unternehmen versorgen die Freiburger Endverbraucher mit Strom. Im Jahr 2015 waren sie zu folgenden Anteilen für die Stromversorgung zuständig:

- Groupe E: 89 %
- Gruyère énergie: 8 %
- IB Murten: 3 %
- Jaun Energie: < 0.5 %
- Romande Energie: < 0.5 %
- BKW Energie: < 0.5 %

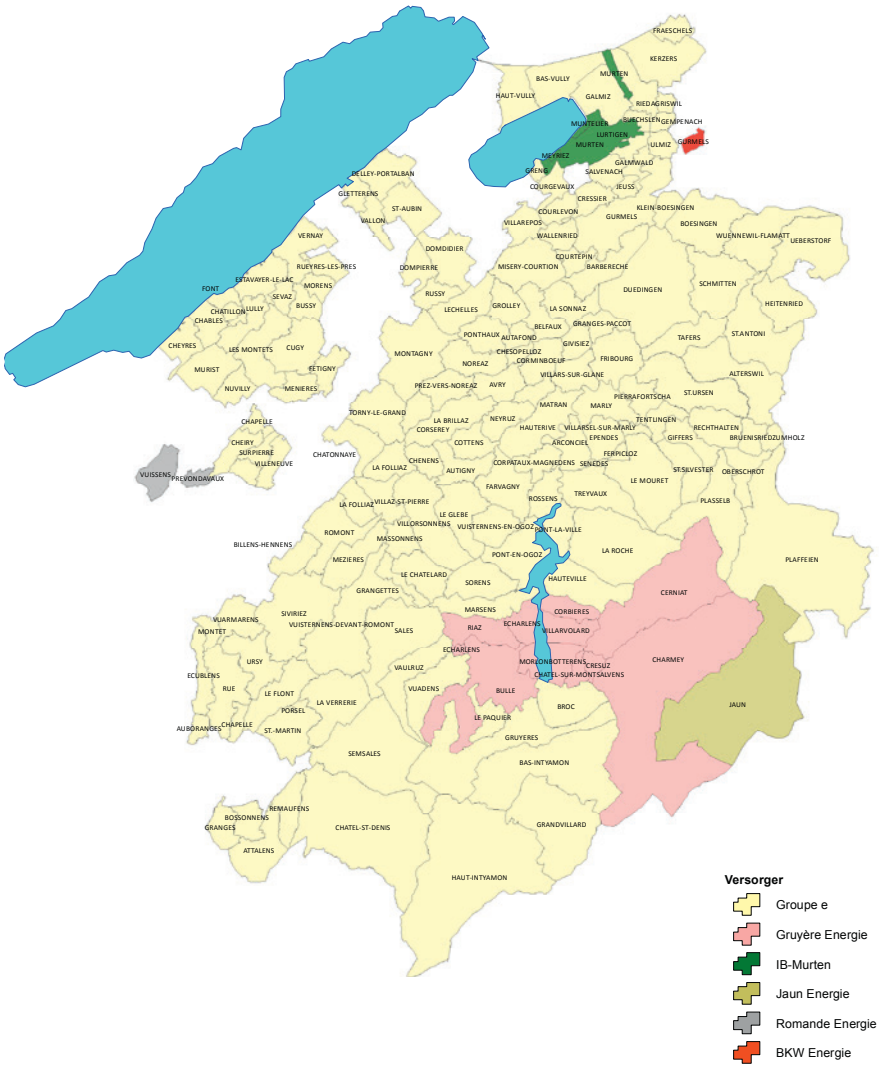
Aufteilung des Stromverbrauchs nach Versorgungsunternehmen 2015



Quellen: AfE, StatA

Das Kantonsgebiet ist in Netzgebiete eingeteilt, deren Grenzen sich in der Regel mit den Gemeindegrenzen decken und die die bestehenden Verteilnetze berücksichtigen. Die Netzgebiete sind in einem Dokument aufgeführt, das vom Amt für Energie in Zusammenarbeit mit den Versorgungsunternehmen regelmässig aktualisiert wird. Die Versorgungsunternehmen sind verpflichtet, alle Endverbraucherinnen und verbraucher auf ihrem Netzgebiet mit Elektrizität zu versorgen, sofern diese ihre Pflichten erfüllen.[1] Die Versorgungsunternehmen können untereinander Sonderzonen vereinbaren.

Netzgebiete



Quelle: AfE

[1] Kantonales Gesetz vom 11. September 2003 über die Elektrizitätsversorgung (EVG), das bezweckt, die Versorgung der Endverbraucher mit Elektrizität, eine Aufgabe die als Service public gilt, zu gewährleisten, und Reglement vom 25. November 2014 über die Elektrizitätsversorgung (EVR), das für Elektrizitätsversorgungsunternehmen gilt, die auf dem Kantonsgebiet tätig sind.

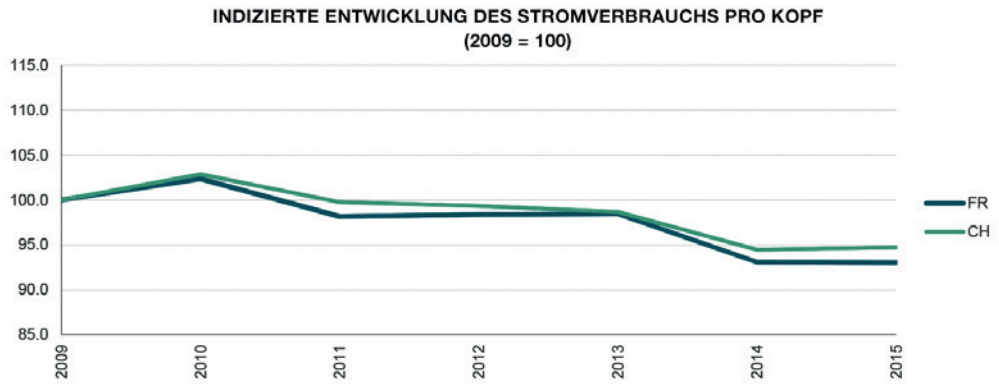
Etwa ein Drittel des Elektrizitätsverbrauchs entfällt auf die Wärmeproduktion. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Industrieanlagen und elektrische Raumheizungen (noch etwa 10 000 Gebäude im Kanton). Allein für die Raumheizung werden im Jahresdurchschnitt etwa 17 % des gesamten Freiburger Stromverbrauchs aufgewendet. Dieser Anteil nimmt im Winterhalbjahr zu [1], [2].

Aufteilung nach Sektoren im Jahr 2014 (gerundete Zahlen)

	Haushalte	Landwirtschaft und Gartenbau	Industrie und Gewerbe	Dienstleistung	Verkehr
Kanton FR	42.6	5.6	31.3	18.1	2.4
Schweiz CH	31.8	1.7	31.3	27.0	8.2

Quellen: Groupe E und BFE

Auf die Einwohnerzahl übertragen belief sich 2015 der gesamte Jahresverbrauch auf 5874 kWh/a pro Person und hat somit seit 2009 (6340 kWh/a) bzw. seit 2007 abgenommen.

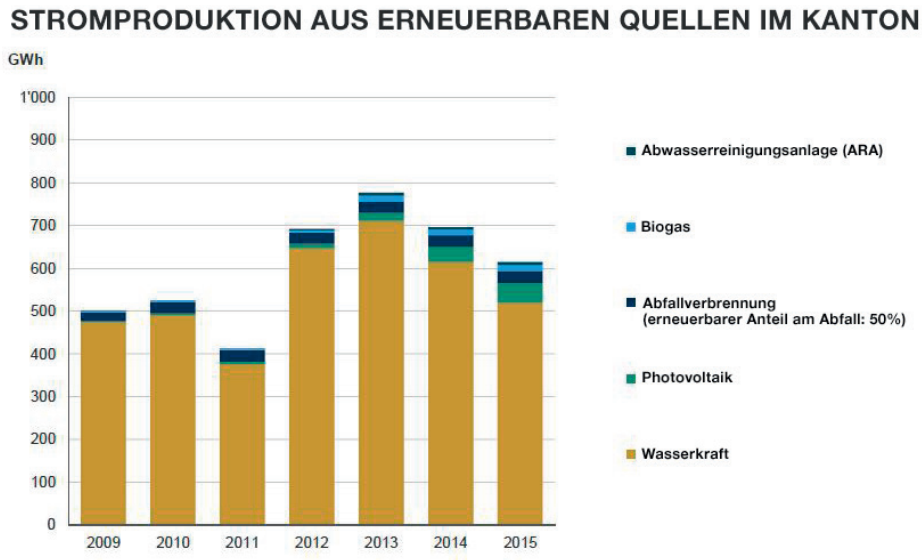


Quelle: AfE [1]

Gemäss Bundesgesetzgebung[2] sind die Versorgungsunternehmen verpflichtet, die Elektrizität zu kennzeichnen. Sie müssen also angeben, zu welchen Teilen die Elektrizität aus welchen Energieträgern produziert wird und woher diese Energieträger stammen [3]. Diesbezüglich informiert die Groupe E, dass sie zur Ergänzung ihrer Eigenproduktion Strom auf dem europäischen und Schweizer Markt einkauft. Die Herkunft dieser Elektrizität ist von Natur aus nicht bestimmbar, da die Energieträger, von denen sie stammt, nicht zurückverfolgt werden können. Für das Jahr 2015 gibt die Groupe E[3] an, dass 38,25 % aus erneuerbaren Energien, 9,95 % aus nicht erneuerbaren Energien, 2,23 % aus Abfall und 49,57 % aus nicht gekennzeichneten Energien und somit grundsätzlich aus nicht erneuerbaren Quellen stammen. Zum Vergleich stammt der in Europa produzierte Strommix zur Hälfte aus fossilen Energieträgern (Kohle, Gas und Erdöl) und zu je einem Viertel aus erneuerbaren Energien und Kernenergie.

[2] Energieverordnung des Bundes vom 7. Dezember 1998 (EnV) und Verordnung des UVEK vom 24. November 2006 über den Nachweis der Produktionsart und der Herkunft von Elektrizität (HKNV)

[3] http://www.stromkennzeichnung.ch/de/suche/powera/search/powerc/Supplier.html



Quelle: AfE [1]

Sparpotenzial

Das theoretische Sparpotenzial wurde auf 800 GWh pro Jahr beziffert. Gestützt auf die Analyse der untenstehenden Massnahmen, wurde 2009 im Rahmen der Energiestrategie des Staatsrats ein Reduktionsziel von 350 GWh bis zum Jahr 2030 festgelegt.

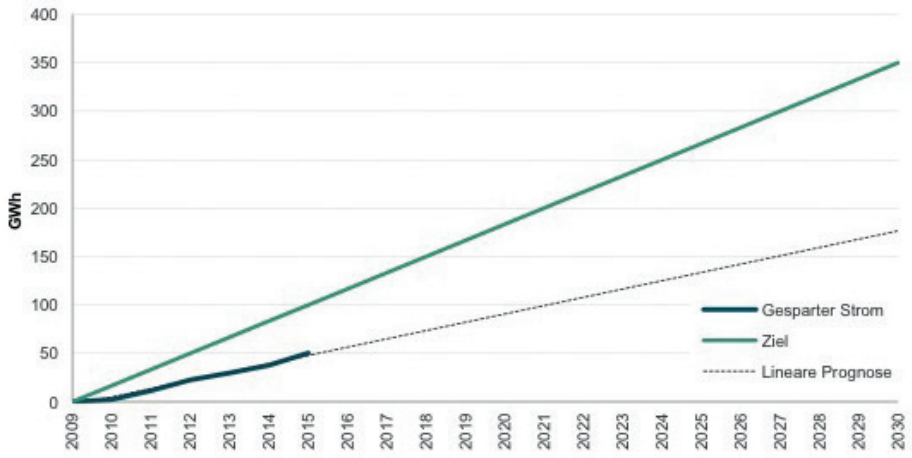
Die folgenden Massnahmen, die teilweise bereits umgesetzt werden, sollen dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen:

- Strengere Vorschriften für Neubauten;
- Gebäudesanierungsprogramm;
- Pflicht zum Einbau von Einzelraumregelungen;
- Freiwilliger Verzicht auf die Erneuerung von Elektroheizungen;
- Verbot des Einbaus neuer Elektroboiler;
- Verbot der Erneuerung von Elektroboilern;
- Ersatz der Motoren und Pumpen in der Industrie und in den Haushalten;
- Höhere Anforderungen an Kühlung und Lüftung;
- Verbot des Einbaus neuer Elektroheizungen;
- Programm für Grossverbraucher;

- Elektrizitätsmanagement in Gebäuden;
- Einführung des Gebäudeenergieausweises;
- Betriebsoptimierung der öffentlichen Gebäude;
- «Energiestadt»-Label für die Gemeinden;
- Sanierung der öffentlichen Beleuchtung;
- Informations- und Sensibilisierungskampagne für Bevölkerung, Schulen und Fachpersonen;
- Schulung der Fachpersonen.

{Vgl. Kapitel 7 Energieeffizienz}

Die folgende Grafik stellt die Entwicklung der Einsparungen gegenüber dem oben erwähnten Stromsparziel dar.

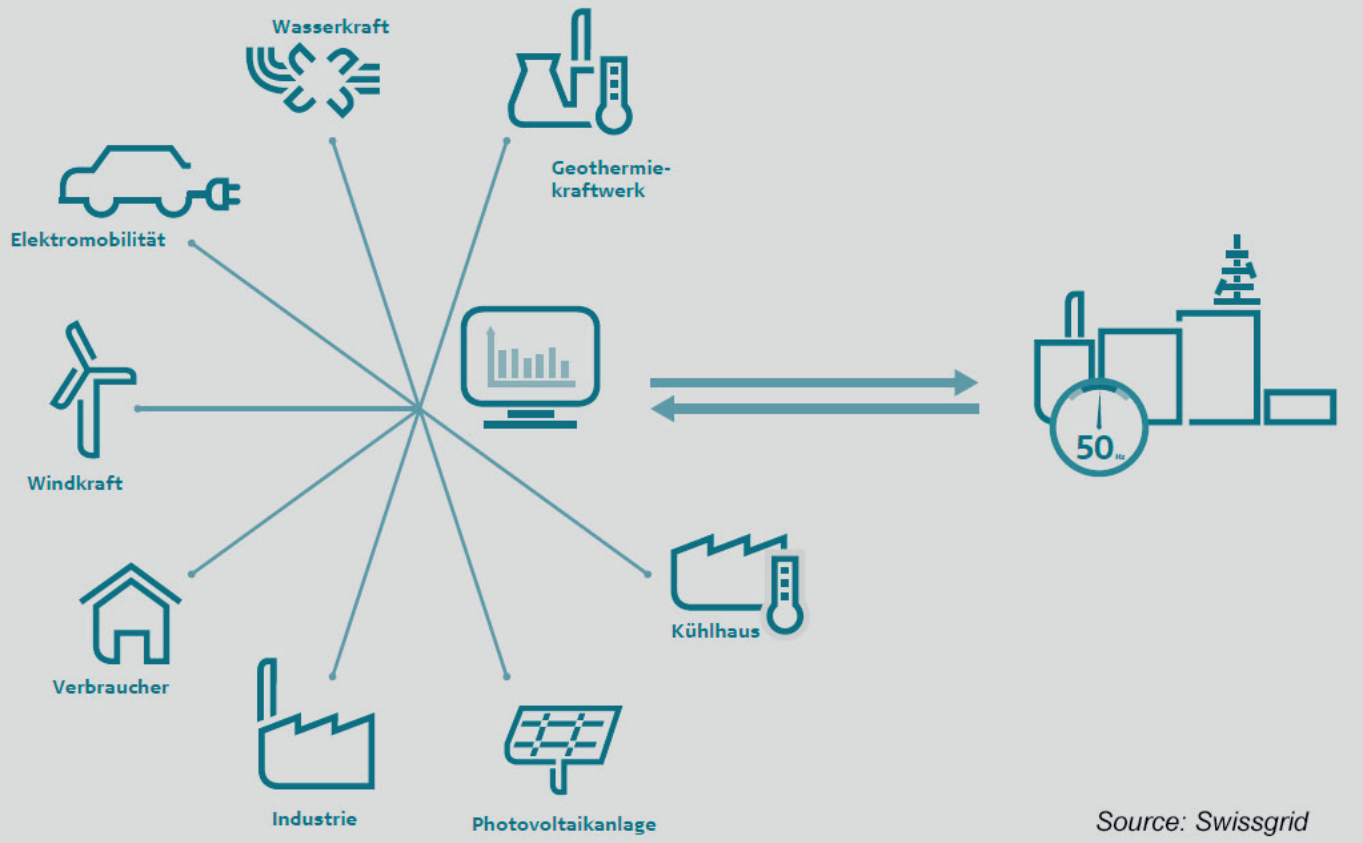


Entwicklung der Einsparungen im Strombereich. Quelle: AfE [1]

Strategie

Die Abhängigkeit unserer Gesellschaft von der Elektrizität sollte sich in den kommenden Jahrzehnten noch verstärken. Der Stromanteil am schweizerischen Energiemix könnte bis ins Jahr 2030 knapp 30 % betragen und bis 2050 nahe bei 40 % liegen. Die stärkste Zunahme wird durch die Verbreitung von Elektroautos erwartet {vgl. Kapitel 3.3 Verkehr}. Die vermehrte Nutzung von Wärmepumpen zum Heizen sollte keine gesamthafte Zunahme des Stromverbrauchs verursachen, dies dank dem schrittweisen Ersatz von elektrischen Heizungen und Wassererwärmern.

Die Kontrolle der Produktion und des Verbrauchs von Elektrizität erfolgt immer mehr über intelligente Stromnetze {vgl. Kapitel 5.1 Stromnetze} und über das Energiespeichermanagement {vgl. Kapitel 6 Energiespeicherung}.



Auch wenn sich der Energieverbrauch immer mehr von Brenn- und Treibstoffen auf die Elektrizität verlagert, zielen die Energiestrategie 2050 und das damit verbundene neue Energiegesetz des Bundes[4] darauf ab, den durchschnittlichen Stromverbrauch pro Person gegenüber dem Jahr 2000 wie folgt zu senken:

- - 3 % bis 2020;
- - 13 % bis 2035.

Diese pro Einwohner festgelegten Ziele ermöglichen es, die Entwicklung des Verbrauchs unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung zu begrenzen. Unabhängig von den verschiedenen aufgestellten Szenarien kann also festgehalten werden, dass sich das Ziel einer langfristigen Stabilisierung auf die absoluten Werte des Gesamtstromverbrauchs beziehen kann. Auch wenn es viele Möglichkeiten gibt, mehr Strom aus erneuerbaren Energiequellen zu produzieren {vgl. Kapitel 2.1 Erneuerbare Energie}, darf dies nicht dazu führen, dass man sich weniger bemüht, Strom zu sparen.

[4] Das neue Energiegesetz des Bundes, das im Rahmen des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie aufgestellt wurde, stellt den ersten Gesetzestext dar, der quantitative Ziele für den Stromverbrauch setzt (Senkung der Durchschnittswerte pro Person und Jahr). Es handelt sich allerdings um Richtwerte.

Die Bundesgesetzgebung über den Strommarkt[5] zielt darauf ab, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine sichere Stromversorgung und einen Strommarkt mit funktionierendem Wettbewerb gewährleisten. Diese Gesetzgebung sieht eine Marktöffnung in zwei Schritten vor: Ab 2009 haben nur die Endverbraucher, deren Verbrauch 100 000 kWh übersteigt, Zugang zum freien Markt. Später werden auch die Haushalte und Kleinverbraucher ihren Stromlieferanten frei wählen können. Diese vollständige Marktöffnung sollte über einen Entscheid des Bundesrats erfolgen und untersteht dem fakultativen Referendum. Im Mai 2016 hat der Bundesrat beschlossen, diesen Entscheid aufzuschieben und die Entwicklung der bilateralen Verhandlungen zum Stromabkommen, der Energiestrategie 2050, des Marktumfelds und der geplanten Revision des StromVG abzuwarten.

Bibliografie

› [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016

› [2] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009

› [3] www.stromkennzeichnung.ch, offizielle Website für die Stromkennzeichnung in der Schweiz

[5] Bundesgesetz vom 23. März 2007 über die Stromversorgung (StromVG)

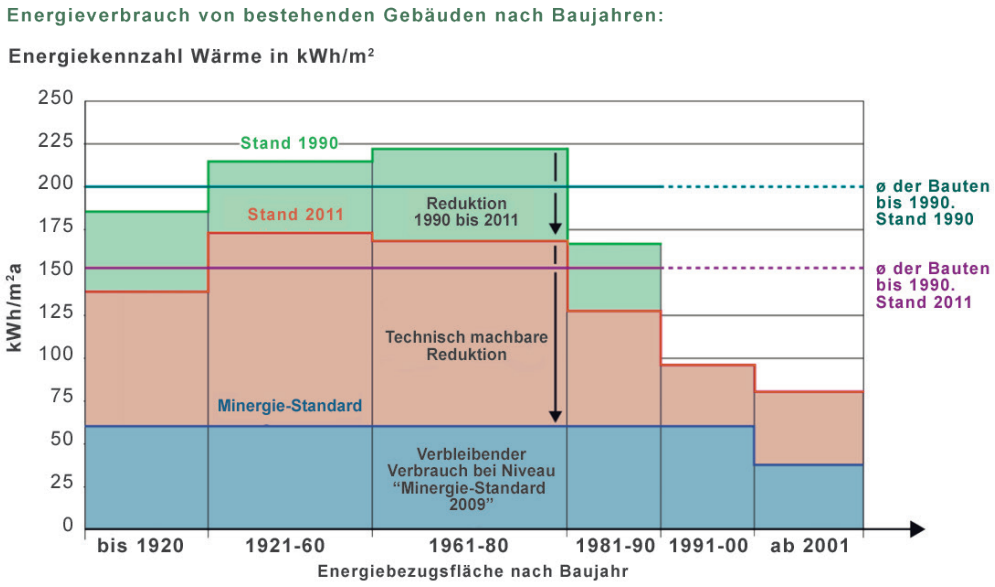
3.2 Wärme

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Wärme wird hauptsächlich für die Gebäudeheizung, die Wassererwärmung und die industriellen Prozesse benötigt.

In den letzten Jahren wurden im Gebäudebereich grosse Fortschritte erzielt. Ein heute gebautes Mehrfamilienhaus verbraucht beispielsweise fünf- bis sechsmal weniger Energie als eines aus den Siebzigerjahren [3] {vgl. Kapitel 7.1 Energieeffizienz, Gebäude}. Auch ein Haus aus den Siebzigerjahren, dessen Wärmedämmung nach heutigem Standard saniert wurde, verbraucht nur noch halb so viel Energie.

Doch der Grossteil des Immobilienparks hat noch nicht von diesen Fortschritten profitiert und verbraucht immer noch sehr viel Energie zum Heizen, wie die untenstehende Grafik zeigt:



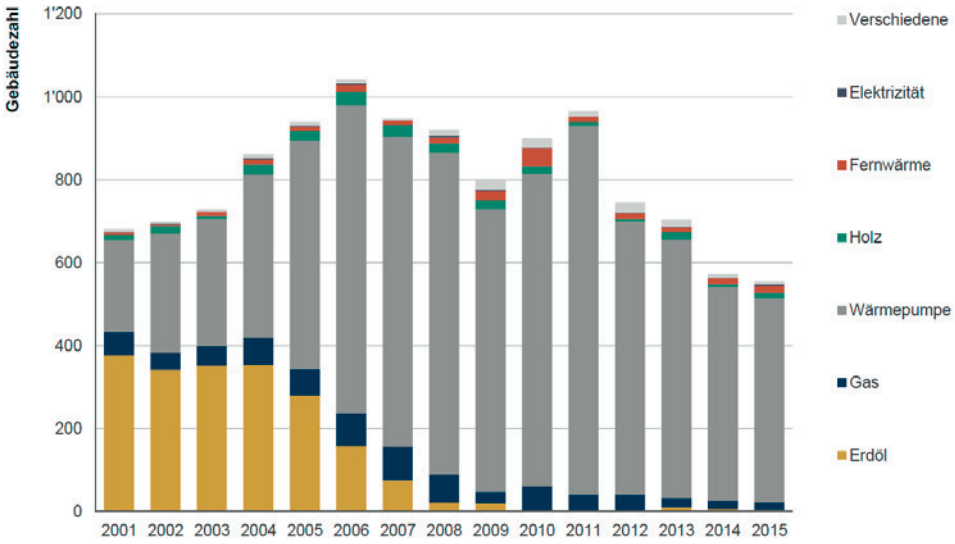
Etwa 45 % der gesamten im Kanton verbrauchten Energie wird für Wärme genutzt, das sind etwa 3,5 TWh [1]. Als Energiequellen werden dafür eingesetzt:

- alle Brennstoffe (Erdöl, Erdgas);
- thermische erneuerbare Energien (Holz, Solarwärme, Wärme aus Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen, mit Wärmepumpen gewonnene Umweltwärme sowie Wärme aus der Abfallverbrennung);
- Strom, der in Wärme umgewandelt wird (immer noch ein Drittel des gesamten Stromverbrauchs).

{Vgl. Kapitel 2 Energieversorgung}

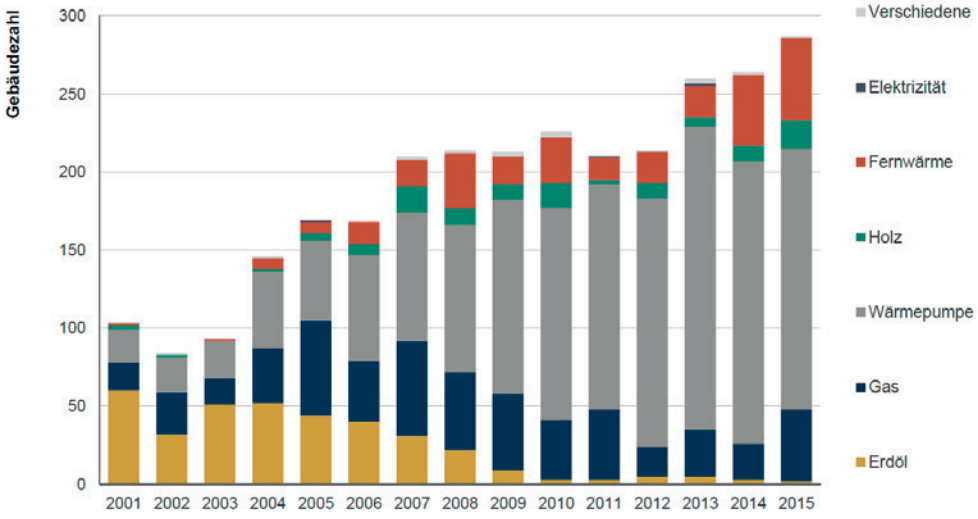
Im Jahr 2014 entsprachen die für Wärme verbrauchten fossilen Brennstoffe (Heizöl) 30 % des gesamten Verbrauchs an Erdölprodukten. Der Rest (Treibstoffe) wird für den Verkehr benötigt.

Einfamilienhaus
Verteilung der Heizungstypen nach Baujahr:



Quelle: AfE

Mehrfamilienhaus
Verteilung der Heizungstypen nach Baujahr:



Quelle: AfE

Seit 2015 gibt es praktisch keinen Neubau mehr, der Heizöl zum Heizen verwendet.

Sparpotenzial

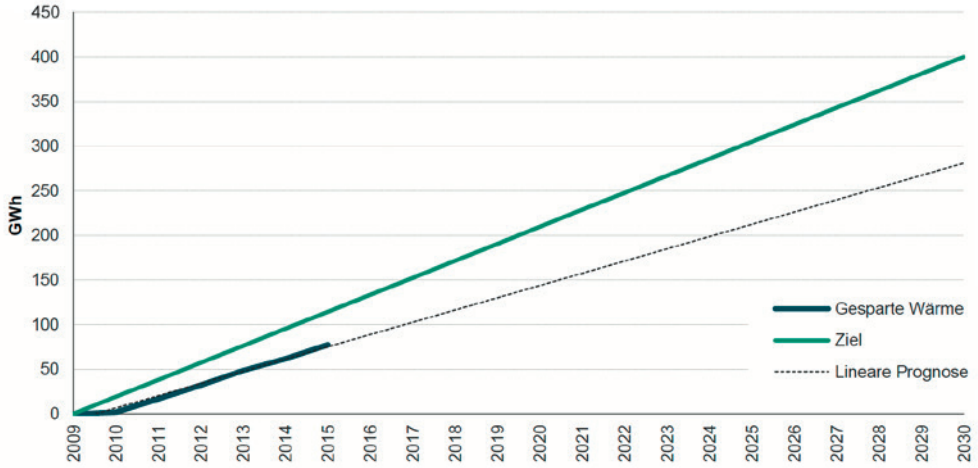
Das Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz wird im Wärmebereich auf über 1300 GWh pro Jahr geschätzt [2]. Doch die Umsetzung der Gebäudesanierungsmassnahmen, die über ein Sparpotenzial von über 1000 GWh pro Jahr verfügen, ist nur über eine sehr lange Zeitspanne möglich. Der sanierungsbedürftige Immobilienpark zählt in der Tat knapp 60 000 Gebäude und nur ein Teil davon wird innerhalb der nächsten zwanzig Jahre saniert werden können. Angesichts der voraussichtlichen Entwicklung der Marktpreise sind darüber hinaus zwar alle Massnahmen wirtschaftlich interessant, doch das grösste Sparpotenzial kann nur mit den teuersten Massnahmen erreicht werden. Abschliessend beläuft sich das realistische Sparziel bis 2030 auf 400 GWh [1].

Die folgenden Massnahmen, die teilweise bereits umgesetzt werden, sollen dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen:

- Strengere Vorschriften für Neubauten;
- Gebäudesanierungsprogramm;
- Pflicht zum Einbau von Einzelraumregelungen;
- Freiwilliger Verzicht auf die Erneuerung von Elektroheizungen;
- Verbot des Einbaus neuer Elektroboiler;
- Verbot der Erneuerung von Elektroboilern;
- Ersatz der Motoren und Pumpen in der Industrie und in den Haushalten;
- Höhere Anforderungen an Kühlung und Lüftung;
- Verbot des Einbaus neuer Elektroheizungen;
- Programm für Grossverbraucher;
- Höhere Anforderungen an die Wärmedämmung;
- Einführung des Gebäudeenergieausweises;
- Betriebsoptimierung der öffentlichen Gebäude;
- «Energiestadt»-Label für die Gemeinden;
- Informations- und Sensibilisierungskampagne für Bevölkerung, Schulen und Fachpersonen;
- Schulung der Fachpersonen.

{Vgl. Kapitel 7 Energieeffizienz}

Die folgende Grafik stellt die Entwicklung der Einsparungen bei der Wärme im Vergleich zum oben erwähnten Energiesparziel dar.



Entwicklung der Einsparungen bei der Wärme. Quelle: AfE [1]

Strategie

Die Energiestrategie 2050 und das damit verbundene neue Energiegesetz des Bundes[6] zielen darauf ab, den durchschnittlichen Energieverbrauch pro Person gegenüber dem Jahr 2000 wie folgt zu senken:

- - 16 % bis 2020;
- - 43 % bis 2035;

Diese pro Einwohner festgelegten Ziele ermöglichen es, die Entwicklung des Verbrauchs unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung zu begrenzen. Sie betreffen den gesamten Energieverbrauch (Wärme, Treibstoffe und Strom), wobei die Wärme das grösste Sparpotenzial aufweist.

[6] Das neue Energiegesetz des Bundes, das im Rahmen des ersten Massnahmenpakets der Energiestrategie aufgestellt wurde, stellt den ersten Gesetzestext dar, der quantitative Ziele für den Energieverbrauch setzt (Senkung der Durchschnittswerte pro Person und Jahr). Es handelt sich allerdings um Richtwerte.



Die Bedeutung der verschiedenen Energieträger für die Wärmeproduktion wird sich voraussichtlich sehr unterschiedlich entwickeln:

- Die Nutzung von Heizöl sollte stark sinken und im Jahr 2050 kaum noch nennenswert sein.
- Der Anteil an erneuerbaren Energien sollte stark zunehmen.
- Der Anteil an Strom sollte sich kaum verändern, da der schrittweise Ersatz von Elektroheizungen durch den Einsatz von Wärmepumpen in einer viel grösseren Zahl von Gebäuden ausgeglichen wird.
- Beim Gas ist die Ungewissheit grösser, es sollte aber kaum noch direkt für die Raumwärme und die Wassererwärmung eingesetzt werden {vgl. Kapitel 2.3.1c Erdgas}.

Die Entwicklung des Wärmeverbrauchs wird jedoch weniger von den Energieträgern abhängen als von der gezielten Deckung des Bedarfs und der Effizienzsteigerung in allen Bereichen. In Übereinstimmung mit der Energiepolitik des Bundes entspricht das kantonale Ziel der 4000-Watt-Gesellschaft bis 2030 einer Verbrauchssenkung um 30 % gegenüber dem Jahr 2009.

Bibliografie

- [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016
- [2] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). Freiburg, 2009
- [3] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015

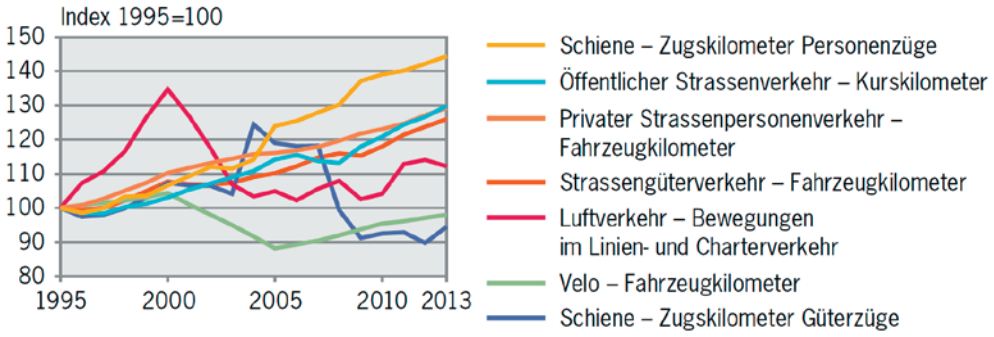
3.3 Verkehr

–

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Im Jahr 2013 entfielen 35 % des Endenergieverbrauchs in der Schweiz auf den Verkehr, während sich sein Anteil im Jahr 1990 noch auf 32 % belief. Der Güter- und Personenverkehr auf Schiene und Strasse wächst schneller als die Bevölkerung. Im Kanton Freiburg entfallen sogar knapp 38 % des Endenergieverbrauchs auf Treibstoffe aus fossilen Energiequellen (etwa 3 TWh/a) [1]. {Vgl. Kapitel 2.3.1b Erdöl}

Entwicklung der Mobilität in der Schweiz



Quelle: BFS 2015

Trotz der starken Zunahme des Güter- und Personenverkehrs ist der Endenergieverbrauch auf diesem Gebiet zwischen 2000 und 2013 landesweit nur um jährlich 3 % gestiegen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Energieeffizienz der Fahrzeuge ständig verbessert wird [3]. Der durchschnittliche Energieverbrauch von Privatfahrzeugen ist von 8,4 Liter/100 km auf 6,2 Liter/100 km gesunken. Das heisst, ein Fahrzeug verbraucht 26 % weniger Treibstoff pro Kilometer. Leider ist die zurückgelegte Gesamtdistanz pro Fahrzeug im gleichen Zeitraum um 25 % gestiegen, was die Bemühungen der Automobilhersteller um Effizienzgewinn wieder ausgeglichen hat. Die «Storymap Kennzahlen Neuwagenflotte» des Bundesamts für Energie liefert dazu aktuelle Informationen.[7]

Die Schweizer Bevölkerung legt drei Viertel der Wege mit dem Personenwagen zurück. Der motorisierte Individualverkehr verbraucht auch drei Viertel der Endenergie des Verkehrssektors [3]. Auf die Schiene entfallen 17 % des Personenverkehrs, aber nur 4 % des vom Verkehr verursachten Endenergieverbrauchs. Dies beweist die Energieeffizienz der Bahn, deren Antrieb ausschliesslich elektrisch erfolgt. Der Kanton hat sich stark für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs eingesetzt. Die wichtigsten Verbesserungen waren die Einführung der S-Bahn RER Fribourg|Freiburg und der entsprechenden Busanschlüsse.[8]

Aufgrund des Bevölkerungswachstums und der besonderen geografischen Lage des Kantons nimmt die Zahl der Personenwagen und damit der Treibstoffverbrauch ständig zu. Die Personenwagen haben den grössten Anteil am Fahrzeugbestand des Kantons (78 % im Jahr 2013). Der Anteil an Fahrzeugen der Klasse A bleibt gering. Die Kantonssteuer für Personenwagen hängt von der Energieetikette ab. So sind Fahrzeuge der Klasse A während drei Jahren von den Steuern befreit.[9]

[7] http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00886/06374/index.html?lang=de

[8] Das Verkehrsgesetz vom 20. September 1994 (VG; SGF 780.1) regelt die Planung, den Bau und den Betrieb aller Verkehrsträger im Kanton.

[9] Das Gesetz vom 14. Dezember 1967 über die Besteuerung der Motorfahrzeuge und Anhänger (SGF 635.4.1) ermöglicht es dem Kanton, Anreize für gewisse Fahrzeugtypen zu schaffen.

Der Ausstattungsgrad an Personenwagen ist hoch und nimmt ständig zu. Die Einwohner des Kantons Freiburg besitzen mehr Fahrzeuge (+7 %) als der Landesdurchschnitt, was insbesondere auf die ländliche Lage des Kantons und die hohe Zahl von Pendlern zurückzuführen ist: 572 Fahrzeuge auf 1000 Einwohner im Jahr 2013. Gemäss dem Mikrozensus aus dem Jahr 2010 legten die Freiburgerinnen und Freiburger im Durchschnitt 39 km pro Tag mit verschiedenen Verkehrsmitteln zurück, wobei 74 % der Wege mit dem Personenwagen zurückgelegt werden [2].

Die Freizeit ist der häufigste Verkehrsgrund im Kanton wie auch auf Landesebene. Auf sie entfallen 35 % der täglich von der Freiburger Bevölkerung zurückgelegten 39 km, während die Arbeitswege 24 % und die Einkaufswege 13 % ausmachen. 68 % der für die Freizeit zurückgelegten Distanzen entfallen auf Personenwagen [7].

Biotreibstoffe

Die Schweiz fördert nicht die Nutzung von Biotreibstoffen, die aus dem Anbau von Nahrungsmitteln wie Raps, Mais, Zuckerrüben oder Zuckerrohr und Palmöl in tropischen Ländern stammen. So werden nur Biotreibstoffe, die strenge soziale und ökologische Anforderungen erfüllen, von der Mineralölsteuer ausgenommen.[10] Ende 2014 enthielten Benzin und Diesel an der Zapfsäule etwa 0,4 % Biotreibstoffe. Ausserdem haben von den etwa 3500 Tankstellen in der Schweiz Ende 2014 nur etwa hundert Tankstellen die verbreitetste Mischung, E5 (5 % Bioethanol, 95 % Benzin), angeboten. Etwa vierzig Tankstellen verkauften die Mischung E85 (85 % Bioethanol, 15 % Benzin) und nur etwa zehn boten die Mischung B5 (5 % Biodiesel, 95 % Diesel) an. Das CO_2-Gesetz[11] verpflichtet die Treibstoffimporteure, einen Teil der Emissionen aus dem Verkehr durch Massnahmen im Inland zu kompensieren {vgl. Kapitel 2.3.1b Erdöl}. In Zukunft können voraussichtlich auch im Ausland erbrachte Reduktionsleistungen angerechnet werden. Dies begünstigt die Entwicklung von Förderprogrammen, die zum Teil direkt den Verkehrsbereich betreffen. Eines dieser Programme ist auf Biotreibstoffe ausgerichtet, die für die Erdölindustrie eine kostengünstige und leicht umsetzbare Lösung darstellen. Dies erklärt die wachsenden Importe von Biotreibstoffen. In der Tat braucht es für die Verwendung von Biotreibstoffen keine Veränderungen am Fahrzeugbestand und an den Zapfstellen (im Gegensatz zu Elektro-, Gas- oder Wasserstoffautos).

Die Europäische Union wird immer mehr Treibstoffe mit hohem Biotreibstoffanteil (bis zu 10 %) standardisieren wie auch die Fahrzeuge, die für die Verbrennung dieser künftigen Mischungen optimiert sind. Die Schweiz wird beim Import von Treibstoffen und Fahrzeugen unweigerlich dadurch beeinflusst.

Gasfahrzeuge

11 000 Gasautos fahren auf Schweizer Strassen, das sind 0,3 % des gesamten Fahrzeugbestands. Der Gasantrieb senkt zwar nicht den Energieverbrauch, er stösst aber weniger Schadstoffe und Treibhausgase aus. Die positive Wirkung kann verbessert werden, wenn Biogas in das Erdgasnetz eingespiesen wird, das Tankstellen versorgt. Im Jahr 2014 belief sich der Biogasanteil im Gastreibstoff auf 30 %, so dass im Vergleich zum Benzin 40 % weniger CO_2-Emissionen verursacht wurden. Ausserdem besteht ein – zwar begrenztes – Potenzial zur Herstellung von Biogas aus biogenen und tierischen Abfällen {vgl. Kapitel 2.1.6 Biomasse}. 140 Tankstellen bieten in der Schweiz Zapfstellen für Erdgas an, drei davon im

[10] Das Mineralölsteuergesetz vom 21. Juni 1996 (MinöStG; SR 641.61) ermöglicht es dem Bund, bestimmte Treibsoffarten mehr oder weniger zu privilegieren.

[11] Das Bundesgesetz über die Reduktion der CO_2-Emissionen ist das Instrument des Bundes, damit der Energieverbrauch der Fahrzeuge und folglich ihre Klimawirkung durch den Verbrauch von fossilen Energien schrittweise gesenkt werden.

Kanton Freiburg, wo Anfang 2016 insgesamt 245 Erdgasautos in Verkehr standen [8]. Der Gasantrieb bleibt im Kanton folglich eine Randerscheinung mit 0,1 % des Fahrzeugbestands.

Elektromobilität

Das Elektroauto ist stark im Kommen mit weltweit mehr als 350 000 Elektroautos und etwas mehr als 3500 solcher Fahrzeuge in der Schweiz Ende 2014. Auf dem Schweizer Markt sind derzeit etwa 30 Elektroauto-Modelle verfügbar. Die zwei Haupthindernisse sind noch der hohe Kaufpreis und die begrenzte Reichweite. Dennoch sind Elektroautos schon heute recht konkurrenzfähig, weil ihr höherer Kaufpreis durch ihre sehr niedrigen Betriebskosten kompensiert werden: 100 gefahrene Kilometer kosten ca. 3 Franken Strom, im Gegensatz zu 11 Franken Benzin für ein klassisches Auto vergleichbarer Grösse. Ausserdem müssen Elektroautos vergleichsweise wenig gewartet werden, wodurch etwa 35 % der Service-Kosten eingespart werden können [3]. Anfang 2016 zählte der Kanton 50 öffentliche Ladestationen für 255 Personenwagen [8] (die Zahlen verändern sich schnell).

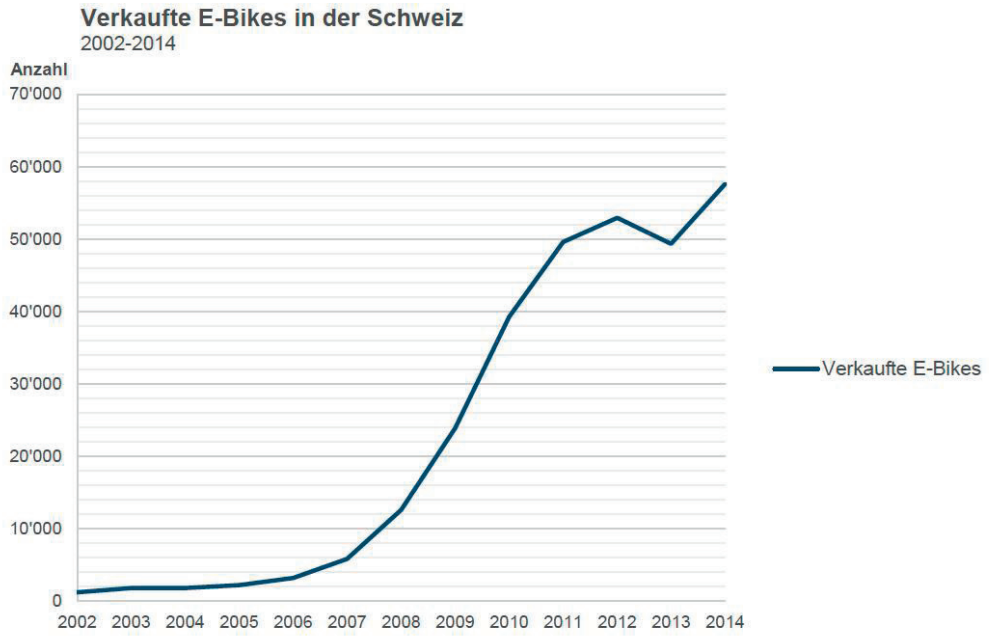


Ladestation. Quelle: Marcel Gutschner

Elektroautos sind von der Motorfahrzeugsteuer des Bundes befreit und sind nicht der Mineralölsteuer unterstellt.[12]

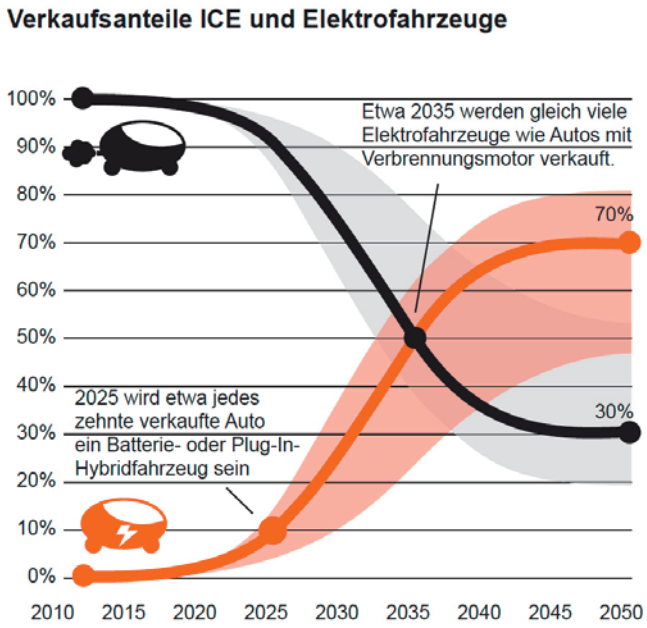
[12] Die Entwicklung der Elektromobilität wird die Einnahmen aus der Mineralölsteuer senken. Langfristig muss dieser Rückgang auf irgendeine Weise kompensiert werden. Eine Möglichkeit würde darin liegen, die für den Verkehr eingesetzte Elektrizität anders zu besteuern als die für andere Zwecke benötigte Elektrizität. Dieser Ansatz scheint jedoch relativ schwer umsetzbar, weil die Struktur des Strommarkts mit den bestehenden Steuersystemen unvereinbar ist.

Die Elektromobilität verbreitet sich in der Bevölkerung vor allem über Elektrovelos.



Quelle: [5]. Verkauf von Elektrovelos in der Schweiz

Das Elektroauto ermöglicht dank seines Gesamtwirkungsgrads von fast 40 % (Stromerzeugung in der Schweiz eingeschlossen) eine deutliche Reduktion des Endenergieverbrauchs im Vergleich zum Benzinmotor, dessen Gesamtwirkungsgrad durchschnittlich etwa 20 % beträgt. Ein Fahrzeugpark mit einem Elektrofahrzeuganteil von 10 % wird in der Schweiz eine Zunahme des Stromverbrauchs von 2 bis 3 % verursachen. Elektroautos stossen vor Ort weder Feinstaub noch CO_2 aus, weil Elektromotoren keine direkten Emissionen aufweisen. Sie helfen also, die Umweltbelastungen in den Städten zu reduzieren. Bei der Erzeugung des von ihnen verbrauchten Stroms entstehen jedoch Emissionen. Folglich stösst ein Elektroauto, das den Schweizer Strommix nutzt, zwischen 7 und 23 Gramm CO_2 pro zurückgelegtem km aus, im Gegensatz zu den durchschnittlich 145 Gramm eines Benzinautos. Das Elektroauto bietet also eine einzigartige Möglichkeit, unseren Verkehrssektor CO_2-ärmer zu machen. Ausserdem kann das Elektroauto die Energieunabhängigkeit der Schweiz verbessern, indem importiertes Benzin durch vor Ort produzierten Strom ersetzt wird.



Szenario aus der Studie von TA-SWISS «Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz»

China setzt auf Elektromobilität und hat das nötige Gewicht, um den Weltmarkt zu beeinflussen. 247 000 Fahrzeuge waren 2015 in China immatrikuliert und die Regierung zielt darauf ab, bis ins Jahr 2020 fünf Millionen Fahrzeuge in Verkehr zu erreichen (L'Express vom 26.04.2016). Auch in Deutschland strebt die Regierung eine Zunahme der Elektromobilität an und möchte bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf ihren Strassen haben (L'Express vom 23.06.2016).

Wasserstoff und Wasserstoffzellen

Das Wasserstoffauto ist im Grunde ein Elektroauto mit Brennstoffzellenantrieb. Das Auto wird mit Wasserstoff betankt, der in der Brennstoffzelle in Strom und Wasser umgewandelt wird. Wasserstoffautos gewinnen an Bedeutung, seit Brennstoffzellen industriell hergestellt werden können (weltweit knapp 70 000 Einheiten im Jahr 2013, davon etwa 2700 für die Anwendung im Verkehr). Mehrere Automobilhersteller planen den Verkauf ihrer ersten Wasserstoffautos ab 2016. Ende 2014 gab es rund 120 Zapfstellen für Wasserstoff in Europa, zwei davon in der Schweiz. Bis 2030 sollten im Rahmen des europäischen Projekts H2Mobility, an dem sich die Schweiz beteiligt, mehrere Hundert weitere Zapfstellen gebaut werden. Anfang 2016 gab es im Kanton weder eine Zapfstelle noch ein immatrikuliertes Wasserstoffauto [8].

Ähnliche Projekte existieren in den Vereinigten Staaten und in Japan. Brennstoffzellen eignen sich besser für Fahrzeuge mit grossem Hubraum bzw. für Nutzfahrzeuge (Lastwagen). Folglich stellt die Technologie eine Ergänzung zum Elektroauto dar, das eher auf dem Kleinwagenmarkt für den städtischen Verkehr zu finden ist.

Heute wird Wasserstoff meist aus Erdgas hergestellt, was dem Ziel, unseren Verkehrssektor CO_2-ärmer zu machen, nicht förderlich ist. Die Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien (Wind- und Solarstrom) ist noch wenig verbreitet, würde aber neue Möglichkeiten zur Speicherung von Elektrizität bieten {vgl. Kapitel 6 Energiespeicherung}.

Das grösste Hindernis für die Verbreitung von Wasserstoffautos ist der hohe Kaufpreis. Die Frage der Sicherheit derartiger Fahrzeuge ist ebenfalls von Bedeutung, denn Wasserstoff ist ein hochentzündliches Gas. Zudem erfordert Wasserstoff die Entwicklung von spezifischen Infrastrukturen für die Verteilung und das Betanken, was ebenfalls mit hohen Investitionen verbunden ist. Die Schweiz wird in diesem Bereich nicht alleine agieren können, sondern wird davon abhängen, ob die Europäische Union bereit ist, diese Technologie zu fördern. Die Internationale Energieagentur erwartet aber, dass Wasserstoffautos bis 2050 einen Marktanteil von knapp 15 % aufweisen werden.

Sparpotenzial

Drei Lösungen, die sich gegenseitig ergänzen, können den Energieverbrauch und den CO_2-Ausstoss unseres Fahrzeugbestands senken: sparsame Fahrzeuge fördern, den Fahrstil verbessern und die Zahl der zurückgelegten Kilometer reduzieren.

Der Schweizer Fahrzeugbestand gehört europaweit zu denen mit dem grössten Energieverschleiss, da er überdurchschnittlich viele Geländewagen, SUVs und andere Fahrzeuge mit grossem Hubraum zählt. Die Förderung von Fahrzeugen mit kleinem Hubraum, von effizienten Modellen und von Hybridautos würde es erlauben, den Treibstoffverbrauch stark zu reduzieren. Auf dem Markt gibt es zahlreiche Modelle, die weniger als 5 Liter (Benzinäquivalent) oder gar weniger als 4 Liter auf 100 km verbrauchen. Die für Autoimporteure geltenden CO_2-Emissionsvorschriften für Personenwagen in der Schweiz gleichen sich immer mehr jenen der Europäischen Union an. So sind die Importeure verpflichtet, den durchschnittlichen CO_2-Austoss ihrer Neuwagenflotte bis 2020 auf 95 g/km zu senken (2015: 135 g/km).

Ein sparsamer Fahrstil (Eco-Drive) ermöglicht eine Verbrauchssenkung um etwa 10 % gegenüber einem herkömmlichen Fahrstil. Die tpf haben übrigens zu diesem Zweck ein Pilotprogramm entwickelt. Daneben gibt es noch weitere Optimierungsmassnahmen, die sich als nützlich erweisen: leicht erhöhter Reifendruck, Energieetikette für die Reifen, Entfernung von unnützem Gewicht, von Ski- und Veloträgern usw. Das chauffeurlose Fahren – oder mit voller Assistenz – steht noch in den Anfängen, ist aber vielversprechend und lässt auf grosse Einsparungen hoffen, wie etwa auf überlasteten Autobahnen

Die Zunahme der sanften Mobilität und der Heimarbeit wird zudem einen Beitrag zur Senkung der zurückgelegten Kilometer leisten. Doch der grösste Effizienzgewinn liegt in einer guten Raumplanung. Der kantonale Richtplan definiert eine durchdachte Planung der Infrastrukturentwicklung, die koordinierte Lösungen für die Mobilität, den Städtebau und die Umwelt bietet.

Die Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs bleibt im Übrigen ein zentraler Punkt mit einem grossen Sparpotenzial. Bei gleicher Distanz verbraucht ein Zug durchschnittlich viermal weniger Energie pro Passagier als das Auto (unter Berücksichtigung der Energieverluste bei der Stromerzeugung und -übertragung) [3]. Das Schweizer Eisenbahnnetz ist bereits das meistbefahrene der Welt. Täglich reisen fast eine Million Personen mit dem Zug. Schweizerinnen und Schweizer legen gegenüber den Einwohnern anderer Länder mit dem Zug die grössten Distanzen pro Einwohner zurück: jährlich über 2400 km pro Einwohner. Japan steht an zweiter Stelle mit 400 km weniger. Gleichzeitig werden täglich rund 200 000 Tonnen Güter auf der Schiene transportiert. Die Umsetzung des Strategischen Entwicklungsprogramms 2030 des Bundes sollte die Bahn noch leistungsfähiger machen, damit noch mehr Passagiere befördert werden können. In diesem Rahmen möchte der Kanton Freiburg im Umkreis um

die Agglomeration Freiburg den Viertelstundentakt einführen. Eine Massnahme, die es erlaubt, den punktuellen Andrang abzuschwächen, ist die Förderung von flexiblen Arbeitszeiten.

Der öffentliche Busverkehr hat ebenfalls grosses Sparpotenzial, indem beispielsweise in den Agglomerationen ein elektrischer Antrieb mit Oberleitung oder Schnelladestationen verwendet werden (regelmässige Nachladung an den Haltestellen während des ganzen Betriebs mittels Batterien und Superkondensatoren, die eine Schnellladung ermöglichen {vgl. Kapitel 7 Energieeffizienz}.



Quelle: TPF

Strategie

Die Energiestrategie 2050 und das damit verbundene neue Energiegesetz des Bundes enthalten keine spezifischen Energiesparziele für den Verkehr. Das ehrgeizigste Szenario (Neue Energiepolitik) sieht jedoch von 2010 bis 2035 eine Verbrauchssenkung von 43 % vor. Diesem Szenario zufolge wird der Verbrauch von Benzin um 76 % und von Diesel um 60 % sinken, während der Verbrauch anderer Energieträger, insbesondere von flüssigen Biotreibstoffen und Elektrizität, zunehmen wird [5].

Diese Entwicklung ist angesichts der weiter oben erwähnten Potenziale möglich. Für den Kanton Freiburg wird ein Reduktionsziel von etwa 40 % gesetzt.

Im Hinblick auf dieses Ziel ist Folgendes nötig:

- Weitere raumplanerische Massnahmen treffen, die die Mobilitätsbedürfnisse begrenzen.
- Die sanfte Mobilität fördern.
- Die Attraktivität des öffentlichen Verkehrsnetzes unablässig steigern.
- Das Umsteigen zwischen verschiedenen Verkehrsträgern erleichtern.
- In Bezug auf Heimarbeit und flexible Arbeitszeiten mit gutem Beispiel vorangehen.



Beispiel kombinierter Mobilität. Quelle: Marcel Gutschner

Die Zunahme der Zahl von Fahrzeugen, die neue Energieträger (Gas, Biotreibstoffe, Strom, Wasserstoff) oder effizientere Benzin- und Dieselmotoren nutzen, hängt hauptsächlich von der internationalen Politik der grossen Fahrzeughersteller ab. Auf dem Gebiet hat der Kanton dennoch folgende Möglichkeiten:

- Günstige Rahmenbedingungen für ihre Verbreitung bieten.
- Förderprogramme aufstellen, die den Nutzen maximieren und die Risiken aufgrund allfälliger negativer Auswirkungen minimieren sowie die Schranken für die Verbreitung senken [4].
- Eine Vorbildrolle bei der Nutzung dieser Fahrzeuge übernehmen.
- Kommunikationskampagnen durchführen.

Die Anstrengungen des Kantons folgen dem allgemeinen Trend, stehen im Verhältnis zum Verbreitungsgrad in der Schweiz und im Ausland und berücksichtigen die Aktionspläne, die zu einem Pionierstatus tendieren. Wobei es nicht das Ziel ist, dem Markt allzu weit voraus zu sein oder allzu grosse Risiken durch die Pionierstellung einzugehen.

Die soziale und ökologische Nachhaltigkeit von Biotreibstoffen (Bioethanol, Biodiesel usw.), die herkömmlichen Flüssigtreibstoffen oder dem Erdgas (Biogas) beigemengt werden, muss gewährleistet werden, um so weit wie möglich negative Auswirkungen insbesondere durch ihre Herstellung zu vermeiden. Der Staatsrat unterstützt keine Biotreibstoffe «erster Generation» (aus Landwirtschaftsprodukten), die aus der Nutzung von Landwirtschaftsflächen auf Kosten der Nahrungsmittelproduktion stammen. Die neuen Generationen von Biotreibstoffen (basierend auf Mikroalgen, Landwirtschafts- und Holzabfällen usw.) werden dagegen gefördert, da sie eine bessere soziale und ökologische Bilanz und ein viel höheres Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen aufweisen.

Aus Sicht der Freiburger Landwirtschaftskreise besteht angesichts des aktuellen Kontexts (Produktionsbedingungen und hohe Kosten) und der Priorität auf der Nahrungsmittelproduktion kein Interesse für

die lokale Produktion von Agrotreibstoffen [6].

Eine im Jahr 2014 durchgeführte Studie [4] hat gezeigt, dass die Elektromobilität bis 2030 eine insgesamt positive Wirkung für den Kanton haben könnte, insbesondere was die Umwelt (Senkung der CO_2-Emissionen, Lärmbelästigung städtischer Gebiete, Senkung des Primärenergieverbrauchs), die Wirtschaft (Verbesserung der Zahlungsbilanz), die Strategie (Energieversorgungssicherheit) und das Image (innovativer und umweltbewusster Kanton) betrifft. Auf die Beschäftigung, die Energieunabhängigkeit und die Steuereinnahmen des Kantons wird die Elektromobilität dagegen kaum Einfluss haben. Das ehrgeizigste Szenario geht davon aus, dass im Jahr 2030 insgesamt 32 000 Elektrofahrzeuge in Verkehr stehen werden. Dies entspricht 15 % des gesamten Fahrzeugbestands.

Bibliografie

- [1] Amt für Energie. Energiestrategie Kanton Freiburg, Bericht 2010-2015. Freiburg, 2016
- [2] Amt für Statistik. Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg. 2015
- [3] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [4] E4tech für das Amt für Energie. Mobilité électrique dans le canton de Fribourg. Analyse de pertinence & éléments d'une stratégie de déploiement. Lausanne und Freiburg, 2014
- [5] BFE. Bericht in Erfüllung der Motion 12.3652. Elektromobilität. Masterplan für eine sinnvolle Entwicklung. Bern, 2015
- [6] AGRIDEA. Agriculture fribourgeoise et énergie. Lausanne, 2016
- [7] Amt für Mobilität. Ergebnisse des Mikrozensus 2010 zum Verkehrsverhalten der Freiburger Bevölkerung. Freiburg, 2012
- [8] Amt für Strassenverkehr und Schifffahrt (ASS). Persönliche Mitteilung vom 31.03.2016. Freiburg, 2016





4. Energieumwandlung

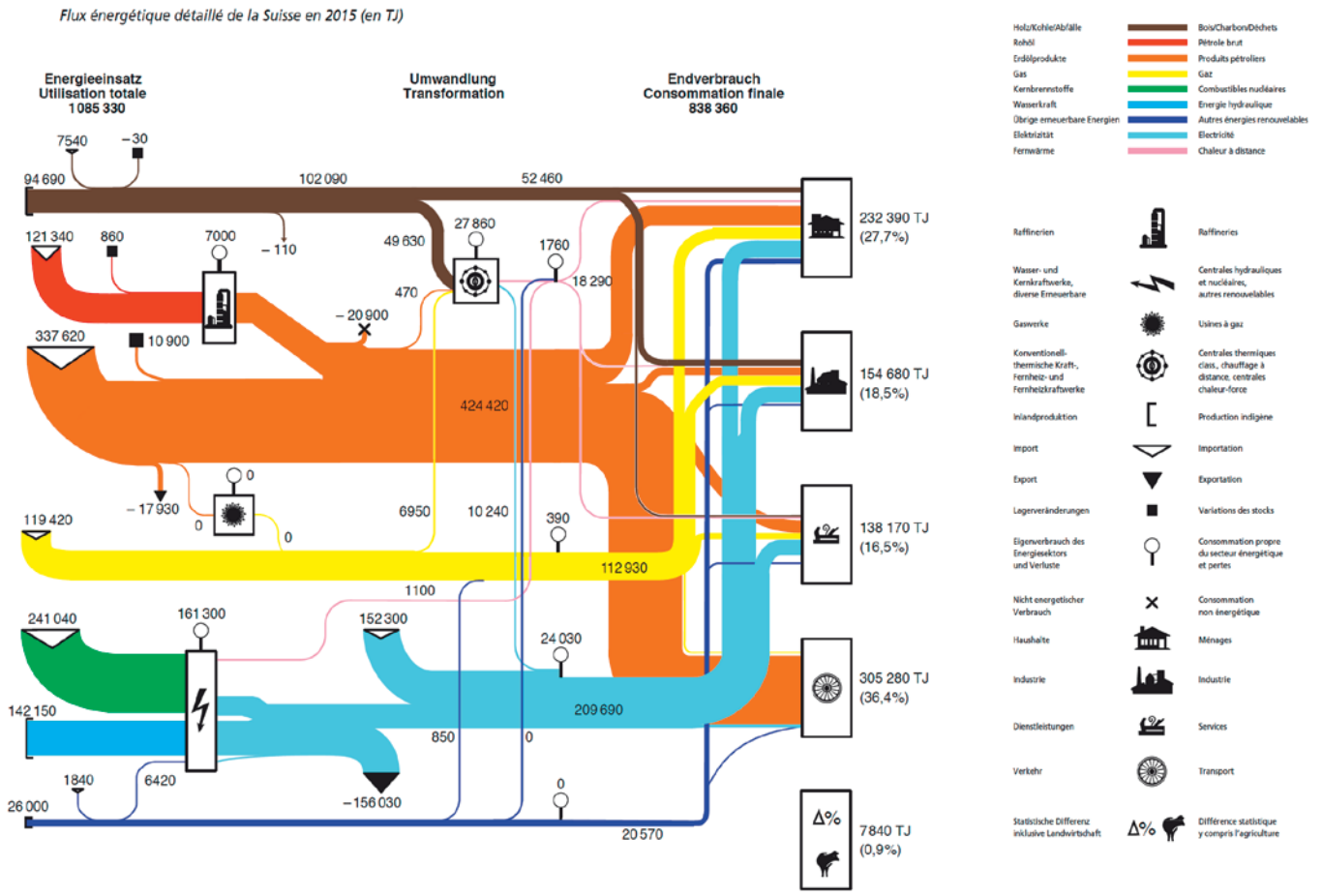
4. Energieumwandlung

Einleitung

Damit die Energie genutzt werden kann, muss sie meist umgewandelt werden. Aus physikalischer Sicht entspricht die Umwandlung von Energie dem Übergang von einer Energieform in die andere. Deshalb wird umgangssprachlich oft von Energieproduktion gesprochen. Energie erlaubt es namentlich eine Arbeit zu verrichten, Wärme zu liefern, Kraft auf etwas auszuüben, um es zu bewegen oder seine Bewegung zu verändern.

Die Energieumwandlung ist hauptsächlich die Aufgabe der Energiewirtschaft. Die Umwandlung von Primärenergie in Sekundärenergie erfolgt in Raffinerien, Elektrizitätswerken, Gaswerken, Fernheizzentralen, Biogasanlagen und anderen Kraftwerken und Anlagen. Teils durchläuft die Energie mehrere Umwandlungsprozesse. Bei der Umwandlung der primären Energieträger in sekundäre Energieträger geht Energie verloren. Die gegenwärtig genutzten primären Energieträger sind Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran (Kernenergie), Holz und andere Biomasseelemente, Windkraft, die Kraft der Gezeiten, der Meeresströmungen und die Lageenergie des Wassers, Sonnenenergie, Geothermie und Umgebungswärme. Die Haushalts- und Industrieabfälle zählen ebenfalls zu den primären Energieträgern, auch wenn sie nicht natürlich vorkommen. Ein relativ kleiner Teil der Primärenergie kann direkt zur Deckung des Energiebedarfs der Verbraucher eingesetzt werden. Es erfolgt also keine Umwandlung. Die Energie wird in ihrem ursprünglichen Zustand verwendet. Dies ist beispielsweise der Fall bei Steinkohle, Energieholz oder Solarwärme. Der grösste Teil der Primärenergie muss jedoch umgewandelt werden. Die weiter oben beschriebene Umwandlung ist Teil des Energieflusses im Energieversorgungssystem, wie die unten stehende Grafik illustriert.

Es ist zwischen Brutto- und Endverbrauch zu unterscheiden. Der Bruttoverbrauch ist die Summe der inländischen Produktion und der Nettoimporte sowie der Veränderung der Lagerbestände. Die Endenergie befindet sich am Ende der Handelskette. Zu ihr hinzugezählt wird der Verbrauch an nicht kommerzialisierter erneuerbarer Energie (z.B. Wärme von Sonnenkollektoren). Die Endenergie ist somit die gekaufte oder selbst produzierte Energie für einen bestimmten Gebrauch, wie etwa der Strom für die Beleuchtung oder das Benzin zum Autofahren. Die Umwandlungsverluste sind der Hauptgrund für die Differenz zwischen Bruttoenergie und Endenergie.



Der Energiefluss in der Energieversorgung der Schweiz. Quelle: BFE (2016) [2]

Die Energieträger enthalten ihre Energie in unterschiedlicher Form. Bestimmte Energieträger wie Wind und Wasser enthalten kinetische Energie, die in mechanische Energie (z.B. mit Mühlen) oder heute vielmehr in elektrische Energie (z.B. mit Turbinen) umgewandelt wird. Bei anderen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Holz ist die Energie in Form einer chemischen Verbindung gespeichert, die durch Verbrennen in thermische Energie umgewandelt wird. Die Sonnenstrahlung kann in chemische Energie (z.B. durch Photosynthese) oder elektrische Energie (Photovoltaik) umgewandelt werden. Die Geothermie, das ist die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärme, kann beispielsweise mit Wärmepumpen als thermische Energie genutzt werden. Sie kann aber auch mit Generatoren in elektrische Energie umgewandelt werden.

In den folgenden Kapiteln werden die Funktionsweise und der Wirkungsgrad der verbreitetsten Technologien vorgestellt, mit denen Energie «produziert» oder genauer gesagt umgewandelt wird, um sie nutzbar zu machen.

4.1 Heizkessel

Entwicklung und Verwendung

Ein Heizkessel wandelt die im Heizöl, Erdgas, Holz oder in einem anderen Brennstoff enthaltene chemische Energie durch Verbrennen in thermische Energie um. Die Wärme wird anschliessend an den Heizungskreislauf abgegeben. Die erste Zentralheizung wurde 1841 gebaut. Das System verbreitete sich in der Schweiz aber erst nach dem 1. Weltkrieg [1].
Die Heizkessel ersetzten die Kachelöfen, die bisher als Heizung ohne Heizungskreislauf dienten. Als Brennstoff wurden ursprünglich Holz und Kohle verwendet, später vor allem Erdöl. Nach den Erdölkrisen wurde das Erdöl teilweise durch Erdgas verdrängt. Heute gewinnen die Holzheizungen wieder an Bedeutung [2]. Brennstoffe wie Heizöl und Holz werden vor Ort gelagert, während andere wie etwa Erdgas über Leitungen zugeführt werden {vgl. Kapitel 5 Energietransport}.

Etwa 80 % der Wohnbauten in der Schweiz werden über Heizkessel geheizt [4]. Das Heizöl ist im Kanton Freiburg mit einem Anteil von knapp 50 % der meistverwendete Energieträger zum Heizen [4]. Sein Anteil sinkt jedoch stetig.

Die neue Generation von Heizkesseln – die Brennwertkessel, die seit den 1990er-Jahren eingebaut werden – gewinnt einen Teil der Wärme aus dem Rauch zurück, was den Wirkungsgrad von Heizkesseln von 80 % auf 90 % steigert. Die Heizkessel verfügen über eine gut entwickelte und effiziente Heiztechnologie und ihr Einbau ist relativ kostengünstig.



Heizkessel, der Wärme für mehrere Gebäude im Weiler Litzistorf (Bösingen) produziert. Quelle: Marcel Gutschner

Potenzial

Der grosse Nachteil von Heizkesseln, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, ist ihr Ausstoss von Schadstoffen und Treibhausgasen. Deutliche Fortschritte wurden bei den Holzheizkesseln gemacht: Sie haben an Effizienz und Komfort gewonnen und stossen weniger Feinpartikel aus. Das Holz bietet zudem den Vorteil, dass es aus der Region stammt und eine neutrale CO_2-Bilanz aufweist. Heizkessel eignen sich besonders gut für Heizungskreisläufe mit hoher Temperatur. Deshalb werden in Neubauten kaum noch Heizkessel verwendet. Dies gilt erst recht für Heizkessel, die mit fossilen Energien betrieben werden.

Strategie

Um die Brennstoffenergie bestmöglich auszunutzen, sind die Heizkessel in den letzten Jahren technisch ständig weiterentwickelt und verbessert worden. Doch trotz dieser technologischen Fortschritte bleibt das Verbrennen von Heizöl oder Erdgas für die Gebäudeheizung aus thermodynamischer Sicht eine Verschwendung. Denn der Verbrennungsprozess mit einer über 1000 °C heissen Flamme produziert viel mehr Wärme als nötig ist, um das Heizwasser zu erhitzen, das je nach Gebäude nur auf 30 bis 70 °C erwärmt werden muss [10].

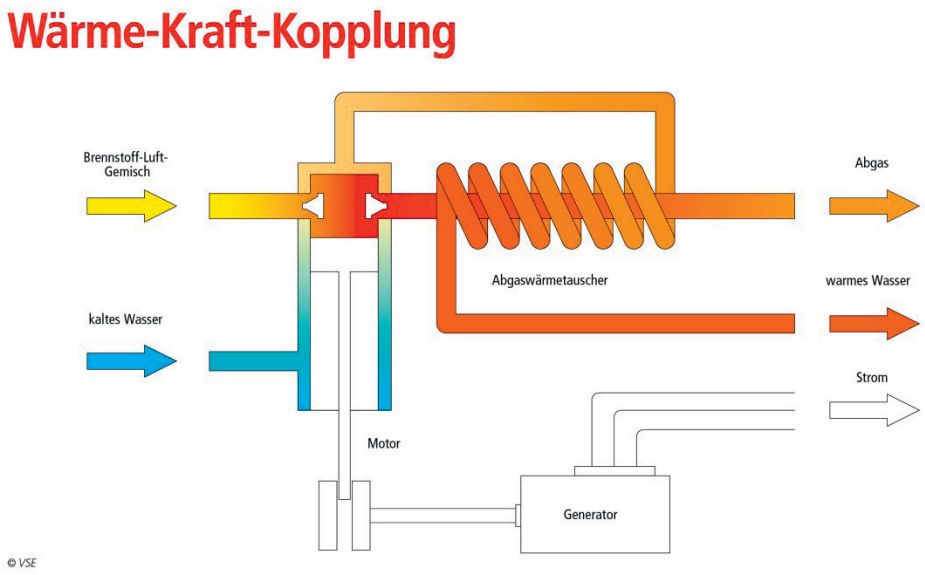
Da die Schweiz keine förderwürdigen Vorkommen aufweist, müssen die fossilen Energieträger fast vollständig importiert werden, was uns abhängig vom Ausland macht. Zudem hat das Verbrennen von fossilen Energien eine negative Auswirkung auf unsere Umwelt. Die Zahl der Heizkessel, die mit fossilen Energien betrieben werden, muss daher gesenkt werden.

Statistisch gesehen erneuert sich der Heizkesselbestand etwa alle 25 Jahre, das entspricht der durchschnittlichen Lebensdauer eines Heizkessels. Für den Ersatz von Öl- und Gasheizkesseln (etwa 30 000 im Kanton Freiburg) gibt es Lösungen, die auf erneuerbaren Energien basieren und so die Versorgungssicherheit verbessern.

4.2 Wärme-Kraft-Kopplung (WKK)

Entwicklung und Verwendung

Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) erzeugen gleichzeitig Wärme und Strom, um den Brennstoff optimal zu verwerten [10]. Die WKK-Anlagen in der Schweiz sind mit Kolbenverbrennungsmotoren oder Dampfturbinen ausgestattet, die an einen Stromgenerator gekoppelt sind. Verschiedene fossile oder erneuerbare Energieträger können verwendet werden (Heizöl, Erd- oder Biogas, Holz, Abfall, Erdwärme). Die vom Motor produzierte mechanische Energie treibt einen Generator an. Die Wärme des Motors und der Auspuffgase wird zurückgewonnen und für die Gebäudeheizung, die Wassererwärmung oder für industrielle Prozesse genutzt.



Funktionsweise der Wärme-Kraft-Kopplung. Quelle: VSE

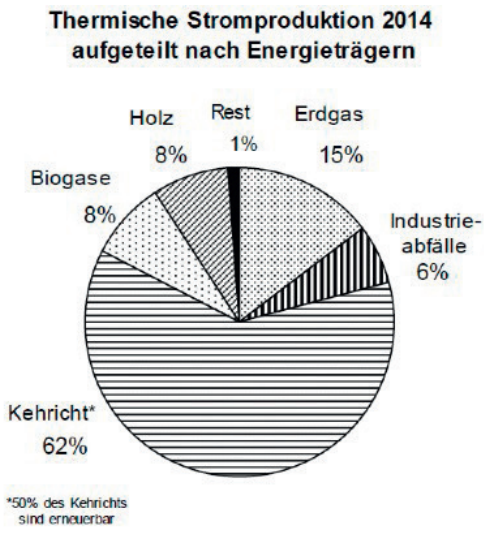
WKK-Anlagen werden definiert als [12] thermische Anlagen, die mit fossilen oder biogenen Energieträgern betrieben werden und gleichzeitig Wärme und Strom produzieren. Sie müssen ferner die folgenden Kriterien erfüllen: Mindestens 5 % der eingesetzten Energie muss in Strom umgewandelt werden und der Gesamtnutzungsgrad (Strom und Wärme) muss mindestens 60 % betragen. Die Grenze zwischen Klein- und Gross-WKK-Anlagen liegt im Bereich von 1 MW installierter elektrischer Leistung. Die wichtigsten Einsatzgebiete für Gross-WKK-Anlagen sind die Papierindustrie, die chemische und die mineralölverarbeitende Industrie sowie die Kehrichtverbrennung. Klein-WKK-Anlagen hingegen werden hauptsächlich in Kläranlagen (20 % der Leistung) und Gewerbe- und Industriebetrieben (22 %) eingesetzt. Bürogebäude (6 %), Wärmeverbundanlagen (13 %), Wohngebäude (8 %) sowie Spitäler und Heime (6 %) sind weitere Einsatzgebiete von Klein-WKK-Anlagen.

Die ersten Anlagen in der Schweiz wurden in den 1960er-Jahren gebaut. Doch erst in den 1990er-Jahren nahm die Zahl der Anlagen deutlich zu. Ende 2014 wurden 990 WKK-Anlagen gezählt, die zusammen 1660 GWh Strom ins Netz einspiesen [12]. Dies entspricht 2,4 % der landesweiten Gesamtproduktion. Seit dem Jahr 2000 hat sich die gesamte Stromproduktion der WKK-Anlagen kaum weiterentwickelt. Hingegen haben sich die Anlagen und die verwendeten Energieträger stark verändert.

Alle Anlagekategorien haben sich weiterentwickelt und kompensieren so die Abnahme von Gross-WKK-Anlagen in der Industrie (vgl. untenstehende Tabelle). Die Zusammensetzung der Energieträger ist in der untenstehenden Grafik dargestellt.

Tabelle: Übersicht über die Stromproduktion durch WKK-Anlagen in der Schweiz 2014 [12]

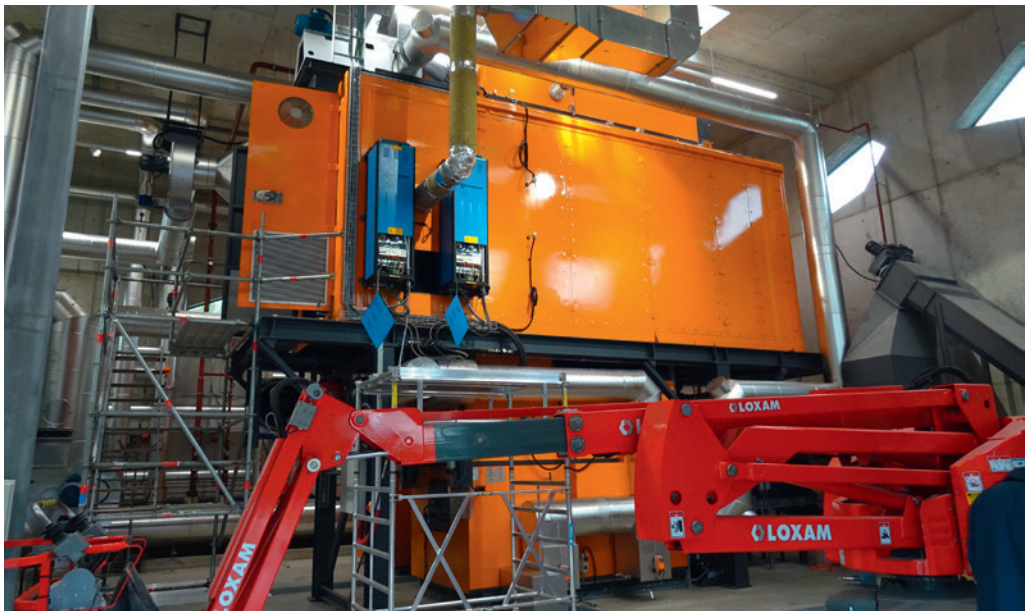
Anlagenkategorie	Anzahl	Installierte Leistung in MW_e	Stromproduktion in GWh
Kehrichtverbrennungsanlangen	4	55,8	307,2
Gross-WKK in Industrie u.a.	17	191,3	449,8
Fernheizkraftwerke u.a.	15	180,7	326,9
Klein-WKK	954	146,3	576,3
	990	574,	1660,2



Thermische Stromproduktion nach Energieträgern 2014. Quelle: Bundesamt für Energie (2015) [12]

Die Kehrichtverbrennungsanlage der SAIDEF verfügt über die grösste WKK-Anlage des Kantons mit einer jährlichen Stromproduktion von 70 GWh (davon werden 54 GWh ins Stromnetz eingespiesen). Sie speist ferner ein bedeutendes Fernwärmenetz mit 60 GWh Wärme. Ein grosser Teil der Abwasserreinigungsanlagen ist mit einer WKK-Anlage ausgestattet. Das beim Betrieb anfallende Biogas wird in diesen WKK-Anlagen genutzt und deckt in der Regel einen Grossteil des Strombedarfs der Abwasserreinigungsanlagen. Das Biogas aus der Landwirtschaft wird in einem Dutzend Anlagen verwertet. Diese produzieren etwa 14 GWh Strom und 17 GWh Wärme. Die rund fünfzehn Biogasanlagen der ARA produzieren etwa 8 GWh. Es gibt sogar zwei Klein-WKK-Anlagen in privaten Häusern in Gurmels, die mit Biodiesel betrieben werden.

Seit 2016 gibt es im Kanton Freiburg eine einzige mit Holz betriebene WKK-Anlage. Sie wurde in Düdingen im Rahmen des Projekts einer neuen Fernheizzentrale in Betrieb genommen. Die Anlage hat eine Leistung von 80 bis 95 kW_e (Eigenverbrauch: 15 kW_e) und 350 kW_{th} bei einem Wirkungsgrad von 15 % bzw. 62 % (Gesamtwirkungsgrad 77 %). Sie wird voraussichtlich 640 MWh Strom pro Jahr produzieren [7].



Die WKK-Anlage in Düdingen wurde im Sommer 2016 in Betrieb genommen. Quelle: Marcel Gutschner



Die WKK-Anlage in Le Mouret auf dem Gemeindegebiet von Ferpicloz verfügt über eine elektrische Leistung von 280 kW und eine Wärmeleistung von 344 kW. Sie produziert etwa 2,1 GWh Strom und 2,6 GWh Wärme pro Jahr. Die mit Biogas betriebene Anlage nutzt Gülle und Mist aus rund zwanzig Landwirtschaftsbetrieben aus der Umgebung sowie organische Abfälle der Gemeinde. Quelle: Marcel Gutschner



WKK-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 150 kW am Standort der Biogasanlage der Firma Kompostieranlage Seeland AG auf dem Gebiet der Gemeinde Galmiz. Die Anlage verwertet das aus etwa 4 500 Tonnen Grünabfällen gewonnene Methan und wandelt es in etwa 760 MWh Strom und 730 MWh Wärme um. Quelle: Marcel Gutschner

Auf dem Markt existieren auch Klein-WKK-Anlagen, die mit Erdgas/Biogas oder mit Holzpellets betrieben werden und für kleinere Mehrfamilienhäuser oder Einfamilienhäuser bestimmt sind. Mit derartigen «stromerzeugenden Heizungen» wird Strom entweder mit Brennstoffzellen oder mit einem Motor produziert, dessen mechanische Kolbenbewegungen einen Stromgenerator antreiben.

Potenzial

Dank der Wärme-Kraft-Kopplung kann ein grösserer Wirkungsgrad bei der Umwandlung von chemischer Energie in thermische und elektrische Energie erreicht werden. Angesichts der Zahl der Heizkessel, die ersetzt werden sollten, und der verfügbaren Ressourcen in Form von Energieholz und Biogas gibt es ein sehr grosses Potenzial für WKK-Anlagen und zwar insbesondere im Bereich der Fernheizungen.

Um wirtschaftlich rentabel zu sein, muss eine Gross-WKK-Anlage etwa 3000 bis 5000 Betriebsstunden pro Jahr aufweisen. Diese Zeitspanne reicht über die Heizperiode hinaus [10]. Deshalb wird eine Gross-WKK-Anlage in der Regel so dimensioniert, dass sie den Grundbedarf an Wärme und nicht den gesamten Bedarf eines Gebäudes oder eines Wärmeverbunds deckt, an den sie angeschlossen ist. Dadurch kann sie unter konstanter Last funktionieren. Weitere Wärmequellen sind also nötig, um die Nachfrage zu Spitzenzeiten zu decken. Gebäude mit hohem Wärmebedarf wie Hallenbäder, Spitäler und Alters- und Pflegeheime eignen sich besonders gut für den Einbau einer WKK-Anlage.

Strategie

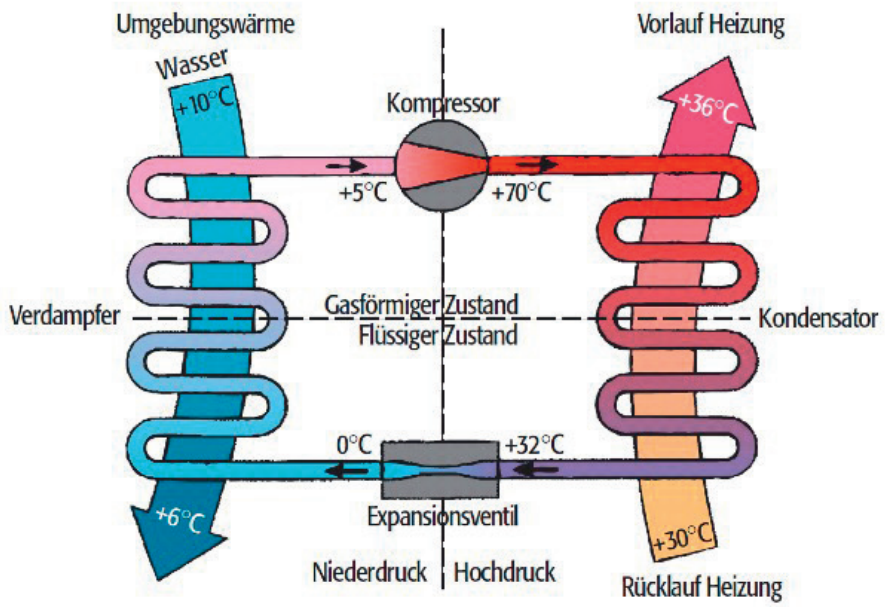
Aus Sicht des Wirkungsgrads und der Ökobilanz kann die Wärme-Kraft-Kopplung eine interessante Technologie sein. Ihre Rentabilität hängt von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen können im Hinblick auf die Energiestrategie 2050 eine wichtige Rolle spielen, denn Sie erlauben es, Strom in der Heizperiode zu erzeugen, während der auch mehr Strom benötigt wird (z. B. für Wärmepumpen, Beleuchtung usw.). Damit die Wärme besser genutzt wird, sollten WKK-Anlagen in Fernheizungen oder Wärmenetze integriert werden. Dies erfordert eine gute territoriale Energieplanung.

4.3 Wärmepumpe (WP)

Entwicklung und Verwendung

Eine Wärmepumpe (WP) entzieht der Umwelt Wärme und produziert daraus Heizenergie. Die Luft, der Boden und das Wasser sowie die Abwärme der Heizung und Warmwasseraufbereitung können als Wärmequelle genutzt werden. Je nach Wärmeträger kommen unterschiedliche Arten von Wärmepumpen zum Einsatz. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe gewinnt die Wärme der Aussenluft und erwärmt das Wasser in den Rohrleitungen der Zentralheizung. Die Luft-Luft-Wärmepumpe nutzt die Wärme der Aussenluft und bläst sie als Warmluft ins Gebäudeinnere. Dieses System ist aber nicht sehr effizient. Die Sole-Wasser-Wärmepumpe entzieht die Wärme dem Erdreich. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe gewinnt die Wärme aus einem See, einem Fluss oder aus oberflächennahem Grundwasser. Über einen Wärmetauscher können auch die Abwärme oder die Wärme von Abwasser zurückgewonnen werden. Je höher die Ausgangstemperatur der Energiequelle und je tiefer die benötigte Heizwassertemperatur ist, desto wirksamer ist die Wärmepumpe.



Schema einer Wärmepumpe. Die Umweltwärme wird an den Verdampfer der Wärmepumpe geführt. Die Kühlflüssigkeit hat einen tiefen Siedepunkt und erreicht folglich schnell einen dampfförmigen Zustand. Im Verdichter wird der Dampf komprimiert und dadurch erhitzt. Dieser Prozess verlangt eine Energiezufuhr (in der Regel elektrisch). Es gibt auch Wärmepumpen, die mit Erdgas betrieben werden. Sie sind aber in der Schweiz wenig verbreitet. Im Kondensator gibt der heisse Dampf schliesslich seine Wärme an den Wasserkreislauf des Heizsystems ab. Am Expansionsventil wird dann der Druck abgebaut und der ganze Kreislauf beginnt von vorne. Quelle: AfE, Sachplan Energie (2002)

Die Effizienz einer Wärmepumpe hängt vom Verhältnis der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärmeleistung zur aufgenommen Antriebsleistung ab. Dieses Verhältnis wird als «Leistungszahl» (COP) bezeichnet. Die Jahresarbeitszahl (COPA) ist ein wichtiger Wert für die Praxis. Eine Wärmepumpe ist umso effizienter, je höher die Temperatur der aussen liegenden Wärmequelle selbst im Hochwinter ist [13]. Ausserdem muss das Gebäude gut isoliert sein und wenn möglich eine Fussbodenheizung besitzen, denn die Temperatur des Heizwassers ist mit rund 35 °C viel tiefer als bei konventionellen Heizkörpern (50 oder 70 °C).

Mit einer optimalen Planung können die folgenden Jahresarbeitszahlen erreicht werden [5]:

- Luft-Wasser: 3 bis 3,5
- Sole-Wasser: 4 bis 4,5
- Wasser-Wasser: 4,5 bis 6,5

Als nach den Ölschocks die Erdölpreise stiegen, wurden bei den Wärmepumpen grosse wirtschaftliche und technologische Fortschritte gemacht. Die Zahl der im Kanton Freiburg eingebauten Wärmepumpen hat sich zwischen 2004 und 2014, das heisst innerhalb von zehn Jahren, verdoppelt. Ende 2014 gab es über 16 000 WP, die zusammen etwa 400 GWh pro Jahr produzierten, wobei die Wärme zu zwei Dritteln aus der Umwelt stammte (vgl. Kapitel 2.1.4 Geothermie). Etwa ein Viertel der Wohngebäude und die grosse Mehrheit der Neubauten sind mit Wärmepumpen ausgestattet. Die Aufteilung nach Art der Wärmepumpen wird wie folgt geschätzt: 30 % Luft-Wasser und 70 % Erdsonden oder Erdregister. Wasser-Wasser-Wärmepumpen sowie Wärmepumpen, die andere Wärmequellen nutzen, sind eher selten.

Potenzial

Wärmepumpen sind eine Lösung für den Ersatz von fossilen und elektrischen Heizungen. Die grosse Mehrheit der Neubauten mit einer guten Wärmedämmung und einem Niedertemperatur-Heizkreislauf kann mit einer Wärmepumpe ausgestattet werden. Diese Lösung ist sehr effizient und zuverlässig und weist gleichzeitig eine günstige wirtschaftliche und ökologische Bilanz auf. Bei bestehenden Gebäuden werden mit Vorteil das Gebäude und das Heizsystem saniert, bevor eine Wärmepumpe eingebaut wird.

Strategie

Wärmepumpen können verbreitet für die Heizung von Neubauten und für den Ersatz von fossilen oder elektrischen Heizungen eingesetzt werden. Gegenüber einer mit fossilen Energien betriebenen Heizung haben Wärmepumpen den Vorteil, dass sie die Luft nicht verschmutzen und deutlich weniger CO_2 ausstossen (sofern der von der WP verwendete Strom erneuerbar ist). Im Vergleich zu einer Elektroheizung kann eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl zwischen 3 und 6 den Strom wirkungsvoller einsetzen.

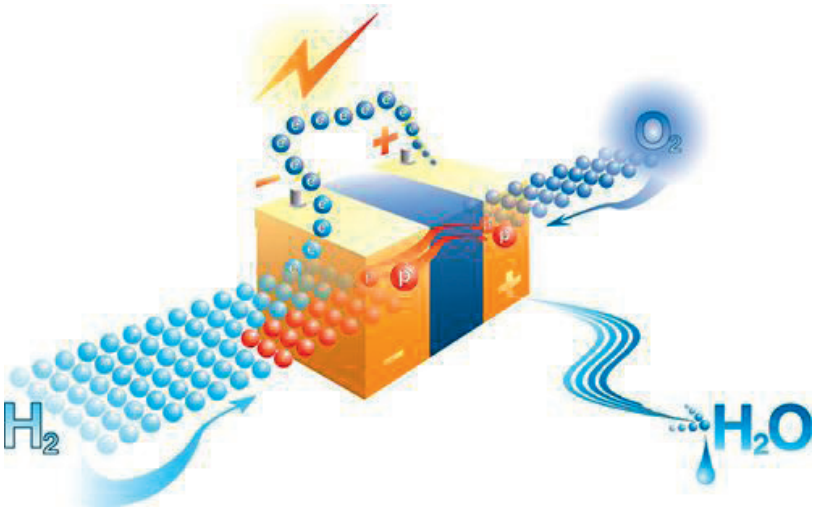
Wärmepumpen können mit Solaranlagen kombiniert werden, die Strom und/oder Wärme produzieren. Die Verbindung von WP + Photovoltaik stösst auf immer mehr Interesse (vgl. Kapitel 2.1.3a Solarwärme und 2.1.3b Solarstrom). Die Abwärme und die Wärme aus Abwasser als Energiequelle bieten einen hohen Wirkungsgrad und sollten vermehrt genutzt werden. Diese Systeme eignen sich besonders für Wärmenetze. Wärmepumpen können folglich sowohl für Wärmenetze als auch für Einfamilienhäuser eingesetzt werden.

Die Verwendung von Wärmepumpen reduziert den Verbrauch fossiler Brennstoffe und damit auch den Treibhausgasausstoss, sofern grüner Strom genutzt wird. Es gilt jedoch zu beachten, dass Wärmepumpen und insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen Lärm machen. Zudem müssen Erdsonden mit ausreichend Distanz zueinander platziert werden, um einen genügenden Wärmefluss zu gewährleisten. Dieser Faktor kann den Einbau von Sonden in dichtbesiedelten Gebieten einschränken. Auch die Ausschlusszonen, die zum Schutz bestimmter unterirdischer Gewässer festgelegt sind, müssen beachtet werden. Der von den Anlagen verursachte Lärm muss die Belastungsgrenzwerte der Lärmschutz-Verordnung des Bundes (LSV) einhalten.

4.4 Brennstoffzelle

Entwicklung und Verwendung

Übrigens wurde die Brennstoffzelle bereits 1839 erfunden, doch erst in den 1960er-Jahren wurde diese Technologie durch die Raumfahrt wiederentdeckt [14]. In der Brennstoffzelle wird die chemisch gebundene Energie durch die Reaktion von Sauerstoff (oder Luft) mit Wasserstoff direkt, das heisst ohne Verbrennung, in elektrische Energie umgewandelt. Es handelt sich also um ein elektrochemisches System, in dem aus Brennstoff (in diesem Fall Wasserstoff) Strom und Wasser erzeugt werden. Die Funktionsweise einer Brennstoffzelle entspricht dem umgekehrten Prinzip der Elektrolysezelle (vgl. Kapitel 6 Energiespeicherung). Die Brennstoffzelle wird vor allem für die Mobilität eingesetzt [3]. In der Schweiz gibt es zurzeit zwei Wasserstoff-Tankstellen (keine im Kanton Freiburg). In Europa belief sich ihre Zahl Ende 2014 auf 120. Der Preis, der Wirkungsgrad, die Sicherheitsfragen, die Lebensdauer und das Tankstellennetz sind grosse Hürden, die der Verbreitung der Brennstoffzelle noch im Wege stehen. Die Technologie ist noch nicht ausgereift [3]. Die Firma Swiss Hydrogen, die in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen mit Brennstoffzellen tätig ist, hat ihren Sitz in Freiburg.



Schema einer Brennstoffzelle. Quelle: http://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/builds/images/thumbs/6/622c206a29_schema_pile_zoom_axane.fr.jpg

Potenzial

Die Brennstoffzelle bzw. das Wasserstoffauto könnte mittelfristig für die Energiewende eine Rolle spielen und dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors deutlich zu senken, sofern der Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen stammt [3]. Der Gesamtwirkungsgrad – Produktion von Wasserstoff aus Strom und danach Produktion von Strom aus Wasserstoff – liegt unter 50 %.

Strategie

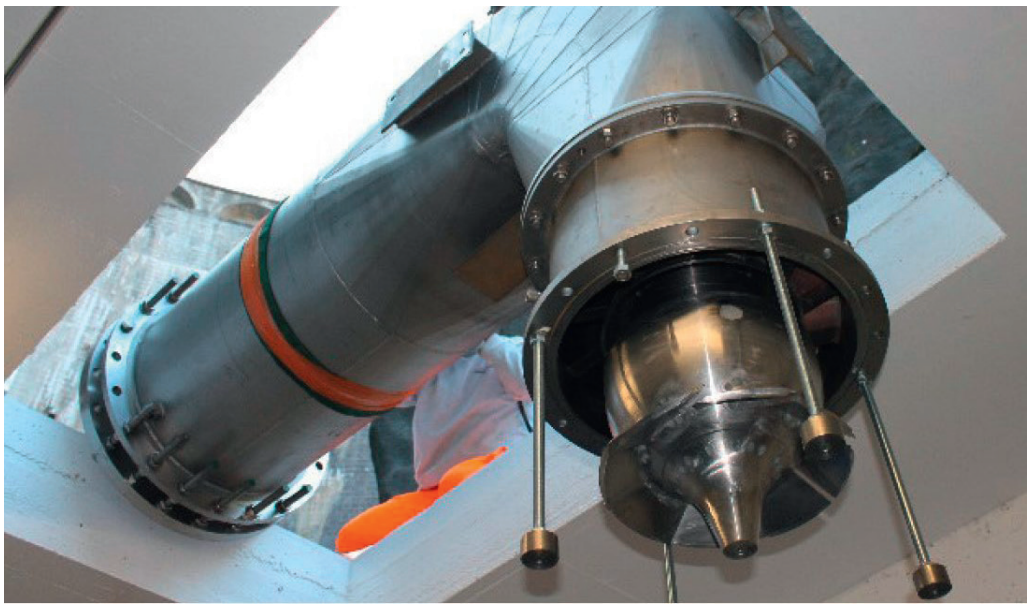
Die verbreitete Nutzung von Brennstoffzellen ist nur dann gerechtfertigt, wenn erneuerbare Energiequellen für die Produktion von Wasserstoff verwendet werden. In diesem Fall gibt die Brennstoffzelle nur Wasser und Wärme ab. Auf diese Weise könnten die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors beträchtlich gesenkt werden. Die wirtschaftliche Bedeutung der Brennstoffzelle ist heute noch sehr bescheiden.

4.5 Turbine

–

Entwicklung und Verwendung

Eine Turbine ist eine rotierende Strömungsmaschine, die die Bewegungsenergie eines strömenden Fluides (Flüssigkeit oder Gas) in mechanische Energie umwandelt und über ihre Welle abgibt [15]. Die Turbine kann an einen Generator gekoppelt sein, der Strom produziert. In der Schweiz werden Turbinen besonders im Bereich der Wasserkraft verwendet. Der Kanton Freiburg zählt mehrere Wasserkraftwerke. Die grössten Anlagen befinden sich am Greyerzersee, am Schiffenensee und am Montsalvens-See (vgl. Kapitel 2.1.1 Wasser).



Bau des neuen Dotierkraftwerks Montsalvens, das mit einer Diagonalturbine mit einer Leistung von 211 kW ausgestattet wird. Quelle: Groupe E/EnergieSchweiz, Newsletter Nr. 24 Kleinwasserkraftwerke, 2014

Das Prinzip der Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie beschränkt sich nicht auf das Wasser. Windkraftanlagen ermöglichen es, die Kraft des Windes in Strom umzuwandeln. Mit einer Dampfturbine kann Strom aus Wärme produziert werden. Alle Energiequellen, die Wärme produzieren, können so genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Auf diese Weise werden in den Kraftwerken Kernenergie, Erdgas, Erdöl, Kohle, aber auch Holz, Biogas, Geothermie und Abfälle genutzt. Bei einer Gasturbine wie in einem Gaskombikraftwerk wird das Erdgas durch Zufuhr von Druckluft in einer Brennkammer verbrannt. Das heisse Abgas entspannt sich in der dahinter liegenden Turbine und setzt diese in Bewegung. Diese mechanische Arbeit kann zur Erzeugung von Strom genutzt werden.

Potenzial

Turbinen ermöglichen es, zahlreiche Energiequellen zu nutzen, um sie in Strom umzuwandeln. Diese Systeme werden bereits seit Jahrzehnten genutzt und verfügen über eine ausgereifte Technologie. Vereinzelte Verbesserungen können je nach Anwendungsgebiet durch Optimierung der Turbine erreicht werden.

Strategie

Die Sanierung der bestehenden Anlagen und die richtige Wahl der Turbinen für neue Anlagen ermöglichen es, die technologische, wirtschaftliche und ökologische Leistung zu steigern oder zu optimieren.

4.6 Thermische Sonnenkollektoren

Entwicklung und Verwendung

(vgl. auch Kapitel 2.1.3a Solarwärme)

Ein thermischer Sonnenkollektor nimmt die Sonnenwärme auf und gibt sie an eine Wärmeträgerflüssigkeit ab. Es gibt verschiedene Arten von Kollektoren: Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren und unverglaste Kollektoren. 90 % der in der Schweiz eingebauten Sonnenkollektoren sind Flachkollektoren [5]. Vakuumröhrenkollektoren sind leistungsfähiger, aber auch teurer.

Die ersten Prototypen von Flachkollektoren wurden bereits im 18. Jahrhundert gebaut, ihr verbreiteter Einsatz begann aber erst nach den Ölschocks in den 1970er-Jahren [7]. Im Kanton Freiburg waren 2015 über 30 000 m² Sonnenkollektoren (hauptsächlich verglaste Flachkollektoren) eingebaut. Diese erzeugen zusammen 16 GWh Wärme pro Jahr [6].

Tabelle: Eigenschaften der wichtigsten Arten von thermischen Sonnenkollektoren. Quelle: Swissolar [16]

Verglaste Flachkollektoren	Unverglaste Flachkollektoren (Absorber)	Vakuumröhrenkollektoren
> Ideal für die Erwärmung von Wasser auf 30 °C bis 60 °C.	> Metallabsorber (selektiv beschichtet) oder Kunststoffabsorber.	> Ideal für die Erwärmung von Wasser bis zu 100 °C.
> Geeignet für Wassererwärmung und Heizungsunterstützung.	> Ideal für die Erwärmung von Wasser um 10 °C bis 40 °C über die Aussentemperatur.	> Geeignet für technische Prozesse sowie zur Wassererwärmung und Heizungsunterstützung.
> Verglaste Flachkollektoren sind in Wohn-, Gewerbe-, und Dienstleistungsgebäuden sehr verbreitet.	> Geeignet für Schwimmbadheizung oder Wasservorwärmung.	> Der Absorber steht unter Vakuum in einem Glasrohr. Da das Vakuum eine sehr effiziente Wärmedämmung bildet, sind die Wärmeverluste auch bei hohen Temperaturen gering.
> Sie können in Schrägdächer und Fassaden integriert oder auf Flachdächern und am Boden aufgeständert werden.	> Der Einsatz von unverglasten Kollektoren beschränkt sich auf Anwendungen mit relativ niedrigen Temperaturen. Da Verglasung und Wärmedämmung fehlen, ist der Wärmeverlust bei Anwendungen mit höheren Temperaturen gross, was den Nutzungsgrad verringert.	> Vakuumröhrenkollektoren weisen den höchsten Jahreswirkungsgrad auf.
> Ihre Lebensdauer beträgt über 20 Jahre.	> Die Kollektoren werden auf Flach- und Schrägdächern montiert. Ein Windschutz erhöht den Wirkungsgrad.	> Ideal bei suboptimaler Ausrichtung des Kollektorfeldes (z.B. Fassaden), da die Absorber innerhalb der Röhren nach der Sonne ausgerichtet werden können.
> Jährlicher durchschnittlicher Energieertrag pro m² Kollektorfläche je nach Anlagetyp und Standort (kWh/a): > Kompakte Solaranlage zur Wassererwärmung 330 bis 540 kWh > Wasservorwärmung (Mehrfamilienhaus): 420 bis 590 kWh > Wassererwärmung und Heizungsunterstützung: 250 bis 310 kWh	> Ihre Lebensdauer beträgt etwa 30 Jahre.	> In hagelgefährdeten Gebieten ist die Glasstärke zu beachten.
	> Solaranlagen mit unverglasten Kollektoren erzeugen je nach Auslegung jährlich 250 kWh/m² bis 700 kWh/m².	> Lebensdauer: 20 Jahre.
		> Anlagen zur Wassererwärmung und Heizungsunterstützung liefern mit Vakuumröhrenkollektoren den 1,2-fachen bis 1,4-fachen Ertrag gegenüber verglasten Flachkollektoren.



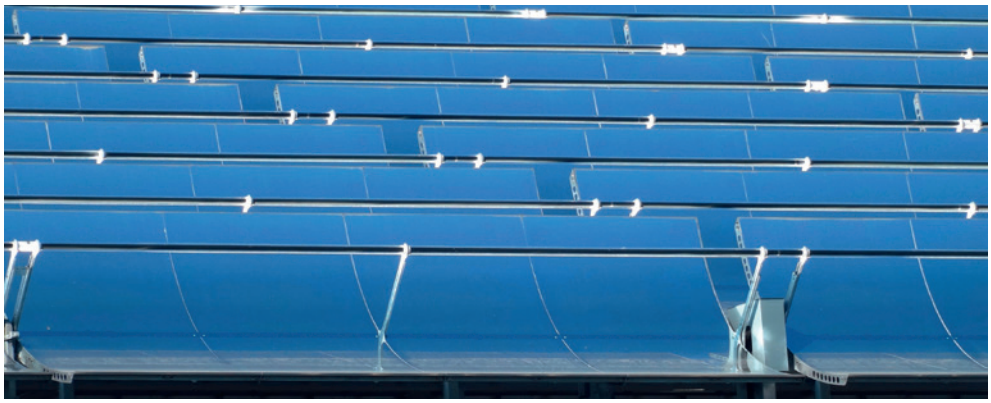
Verglaste Flachkollektoren in Belfaux. Quelle: Marcel Gutschner



Kollektoren mit Kunststoffabsorber in Alterswil, häufig verwendet zur Wassererwärmung von Schwimmbädern im Freien. Quelle: Marcel Gutschner



Vakuumröhrenkollektoren in Garmiswil (Düdingen). Quelle: Marcel Gutschner



Konzentrierende Kollektoren auf dem Dach eines Milchverarbeitungsunternehmens in Villars-sur-Glâne. Quelle: Marcel Gutschner

Der konzentrierende Kollektor unterscheidet sich von den anderen Kollektortypen durch eine besondere Eigenschaft. Er verfügt über ein optisches System, das die Sonnenstrahlung konzentriert. Auf diese Weise können hohe Temperaturen erreicht werden, die sich für industrielle Prozesse eignen. Das System hat jedoch einen Nachteil: Es kann die diffuse Sonnenstrahlung nicht nutzen, die in der Schweiz einen guten Teil der Gesamtstrahlung ausmacht.

Potenzial

Thermische Sonnenkollektoren sind umweltfreundlich und können die nötige Wärme für die Wassererwärmung und die Gebäudeheizung liefern. Die Technologie ermöglicht es ferner, Wärme für industrielle Prozesse zu produzieren. Sie ist einfach, effizient, sauber und ausgereift und erlaubt es, überall dort, wo die Sonne scheint, Wärme zu erzeugen und so den Wärmebedarf eines Gebäudes ganz oder teilweise zu decken. Thermische Sonnenkollektoren sind derzeit die beste Lösung für die Warmwasserproduktion. Konzentrierende Kollektoren können Prozesswärme erzeugen und kommen in der Schweiz immer mehr zum Einsatz. Dieses wenn auch begrenzte Anwendungsgebiet ist interessant. Für die Herstellung von Sonnenkollektoren werden je nach Kollektortyp viele Materialien benötigt. Und auch die Warmwasserspeicherung ist anspruchsvoll (vgl. Kapitel 6 Warmwasserspeicher). Deshalb stehen die thermischen Sonnenkollektoren immer mehr in Konkurrenz mit photovoltaischen Solaranlagen (vgl. Kapitel 2.1.3b Solarstrom).

Strategie

Sonnenkollektoren können einen interessanten Wirkungsgrad von etwa 50 % aufweisen und werden hauptsächlich zur Wassererwärmung verwendet. In Energiesysteme sowie in neue und renovierte Gebäude integrierte thermische Solaranlagen sollten viel wettbewerbsfähiger sein. Damit Sonnenkollektoren eine noch wichtigere Rolle für die künftige Energieversorgung spielen können, ist es von zentraler Bedeutung, die Forschung voranzutreiben, um effizientere Lösungen für die Wärmespeicherung (mit Wasser oder einem anderen Wärmeträger) zu finden.

4.7 Solarzellen

Entwicklung und Verwendung

Der physikalische Fotoeffekt, die Grundlage der Technologie, wurde im 19. Jahrhundert entdeckt. Ab den 1950er-Jahren wurden die ersten photovoltaischen Solarzellen für die Raumfahrt entwickelt und nach den Ölschocks auch für terrestrische Anwendungen. Nach einer eher verhaltenen Wachstumsphase hat die Zahl der Anlagen in der Schweiz in den letzten Jahren stark zugenommen. Dies ist auf die technischen Fortschritte zurückzuführen, die die Massenproduktion von Solarzellen und -modulen ermöglicht haben [2].

Solarzellen bestehen aus Halbleitern, die das Licht in Strom umwandeln [18]. Der Strom wird durch metallische Kontakte gesammelt. Der erzeugte Gleichstrom kann mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt und so direkt ins öffentliche Elektrizitätsnetz eingespeist werden. Als Halbleiter wird in den meisten Fällen Silizium verwendet, das nach Sauerstoff zweithäufigste Element der Erdkruste. Die Solarzellen werden in Serie geschaltet und bilden zusammen ein Solarmodul. Diese Solarmodule werden, geschützt vor Umwelteinflüssen in einer Verpackung aus Glas und Kunststoff, als Bauteile für Solaranlagen eingesetzt. Der Wirkungsgrad der Module hängt von der verwendeten Zelltechnologie ab und liegt zurzeit zwischen 5 und 22 %. Die meistverkauften Solarmodule in der Schweiz erlauben es, jährlich 120 bis 180 kWh pro m^2 zu erzeugen.



Kristalline Solarzellen. Quelle: Marcel Gutschner



Dünnschichtzellen auf einem Kirchendach in Bösingen. Quelle: Sika Sarnafil

Potenzial

In Zukunft kann damit gerechnet werden, dass der Wirkungsgrad von Solarmodulen steigt und die Kosten für ihre Herstellung mit zunehmender Automatisierung sinken. Gleichzeitig wird die Photovoltaik immer mehr als vollwertiger Bestandteil von Energiesystemen und/oder von Bauelementen eingesetzt. Sie kann auch in die Infrastrukturen selbst eingebaut werden. Photovoltaikanlagen werden deshalb künftig im Gebäudebereich und in mobilen Anwendungen verbreitet eingesetzt.



Photovoltaikanlagen beginnen sich in allen Regionen des Kantons Freiburg auszubreiten. Hier: Anlagen in Menziswil (Tafers). Quelle: Marcel Gutschner

Strategie

Die Photovoltaik dürfte eine wichtige Rolle im künftigen Stromversorgungssystem spielen. Zur Unterstützung und Lenkung dieser Entwicklung sind jedoch mehrere Hindernisse zu bewältigen. Unter anderem müssen der technologische Wirkungsgrad und der wirtschaftliche Ertrag der verschiedenen Konzepte und Arten von Solarzellen weiter gesteigert werden. Ausserdem muss die Photovoltaik gut in den Gebäudebereich, das Energieversorgungssystem und das intelligente Elektrizitätsnetz integriert werden, damit der Solarstrom genutzt und gespeichert werden kann, wenn die Sonne scheint und die Anlagen viel Strom produzieren (vgl. Kapitel 2.1.3b Solarstrom und 5.1 Stromnetz).

Bibliografie

- [1] Illi, M. Historisches Lexikon der Schweiz, Heizung. 2016. http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D16231.php
- [2] BFE. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2015. Juli 2016
- [3] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [4] BFS. Kennzahlen zum Bau- und Wohnungswesen. 2016
- [5] Eicher, H., et al. Erneuerbare Energien - Umweltfreundliche Versorgung. Muttenz: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, 2014
- [6] AfE. Energiestrategie - Bericht 2010 – 2015. 2016
- [7] http://www.ee-news.ch/de/article/33271/schmid-energy-solutions-eine-turbine-zur-stromerzeugung-aus-holz
- [8] Swissolar. Faktenblatt: Strom von der Sonne. März 2016
- [9] http://lcsm.epfl.ch/webdav/site/lcsm/shared/support %20cours/Systemes %20Mecaniques/Poly %20Systemes %20mecaniques.pdf
- [10] https://www.energie-umwelt.ch/haus/renovation-und-heizung/heizungssysteme/waerme-kraftkopplung-wkk
- [11] http://www.maisondesenergiesrenouvelables.com/iso_album/schema_principe_chaudiere.png
- [12] BFE. Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz. Ausgabe 2014, September 2015
- [13] https://www.energie-umwelt.ch/haus/renovation-und-heizung/heizungssysteme/allgemeines-ueber-die-wp
- [14] http://www.h-tec.com/de/education/technologie/brennstoffzelle/
- [15] https://de.wikipedia.org/wiki/Turbine
- [16] http://www.swissolar.ch/ueber-solarenergie/solarwaerme/technik/
- [17] http://www.swissolar.ch/ueber-solarenergie/fakten-und-zahlen/schweizer-solarbranche/
- [18] http://www.swissolar.ch/ueber-solarenergie/photovoltaik/technik/





5. Energietransport

5. Energietransport

Wird die Energie nicht dort erzeugt, wo sie verbraucht wird, dann muss sie transportiert werden. Dazu werden Verkehrsmittel sowie Übertragungs- und Verteilnetze verwendet. Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Energienetze, die für den Kanton Freiburg von Bedeutung sind: das Stromnetz, das Erdgasnetz und die Wärmenetze. Ihnen ist gemeinsam, dass sie den Ort der Energieerzeugung mit dem Ort des Verbrauchs verbinden.

5.1 Stromnetz

Entwicklung und Verwendung

Das Stromnetz beliefert die Endverbraucher mit Elektrizität. Es besteht aus Höchstspannungs-, Hochspannungs-, Mittelspannungs- und Niederspannungsleitungen. Dieses Netz ist mit dem Strassennetz vergleichbar: Die Hochspannungsleitungen entsprechen den Autobahnen, die Mittelspannungsleitungen den Kantonsstrassen und die Niederspannungsleitungen den Gemeindestrassen. Die Leitungen des gesamten Schweizer Stromnetzes [7] sind über 250 000 Kilometer lang. Es setzt sich aus einem Übertragungs- und einem Verteilnetz zusammen. Auf dem Weg zum Konsumenten wird die elektrische Spannung stufenweise von der Höchstspannung im Übertragungsnetz, das heisst von 380 000 Volt (380 kV) resp. 220 000 Volt (220 kV), auf 230 Volt für die Haushalte und das Gewerbe reduziert.

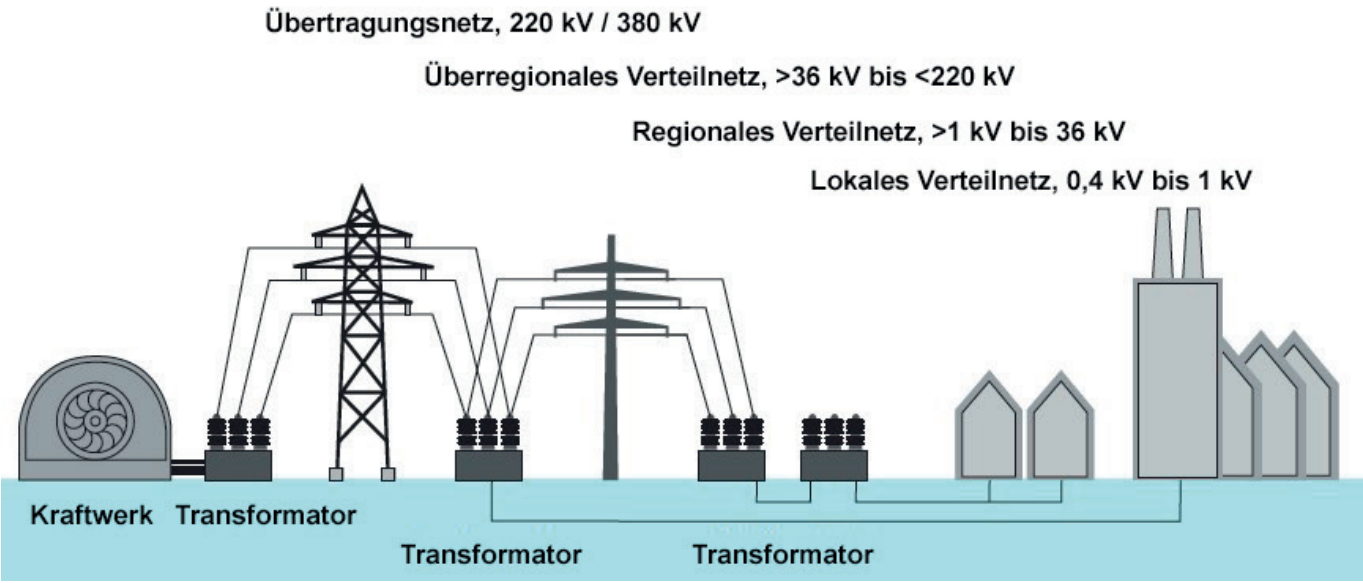
Das Schweizer Stromnetz unterteilt sich in sieben Netzebenen. Dazu zählen neben Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz auch drei Transformierungsebenen. Die verschiedenen Netzebenen haben folgende Eigenschaften:

Höchstspannung im Übertragungsnetz (Ebene 1): Dieses Netz nimmt den produzierten Strom aus den grossen Kraftwerken oder dem angrenzenden Ausland auf. Der Strom wird mit einer Spannung von 380 kV bzw. 220 kV in die Nähe der Verbraucher transportiert. Das Schweizer Übertragungsnetz ist im Besitz von Swissgrid (nationale Netzgesellschaft, die für den Betrieb, die Sicherheit und den Ausbau des Höchstspannungsnetzes verantwortlich ist).

Hochspannung im überregionalen Verteilnetz (Ebene 3): Dieses Netz verteilt den Strom zur überregionalen Energieversorgung mit 36 bis 150 kV an kantonale, regionale und städtische Verteilnetzbetreiber sowie an grosse Industrieanlagen.

Mittelspannung im regionalen Verteilnetz (Ebene 5): Dieses Netz wird zur regionalen Verteilung von Strom im Mittelspannungsbereich von 1 bis 36 kV genutzt. Lokale Verteilnetze versorgen einzelne Stadtteile oder Dörfer sowie kleine und mittlere Industriebetriebe.

Niederspannung im lokalen Verteilnetz (Ebene 7): Dieses Netz verteilt den Strom mit einer Spannung von unter 1 kV an die Haushalte, die Landwirtschaft und die Gewerbebetriebe.



Die verschiedenen Ebenen des Schweizer Stromnetzes. Quelle: VSE (2011)

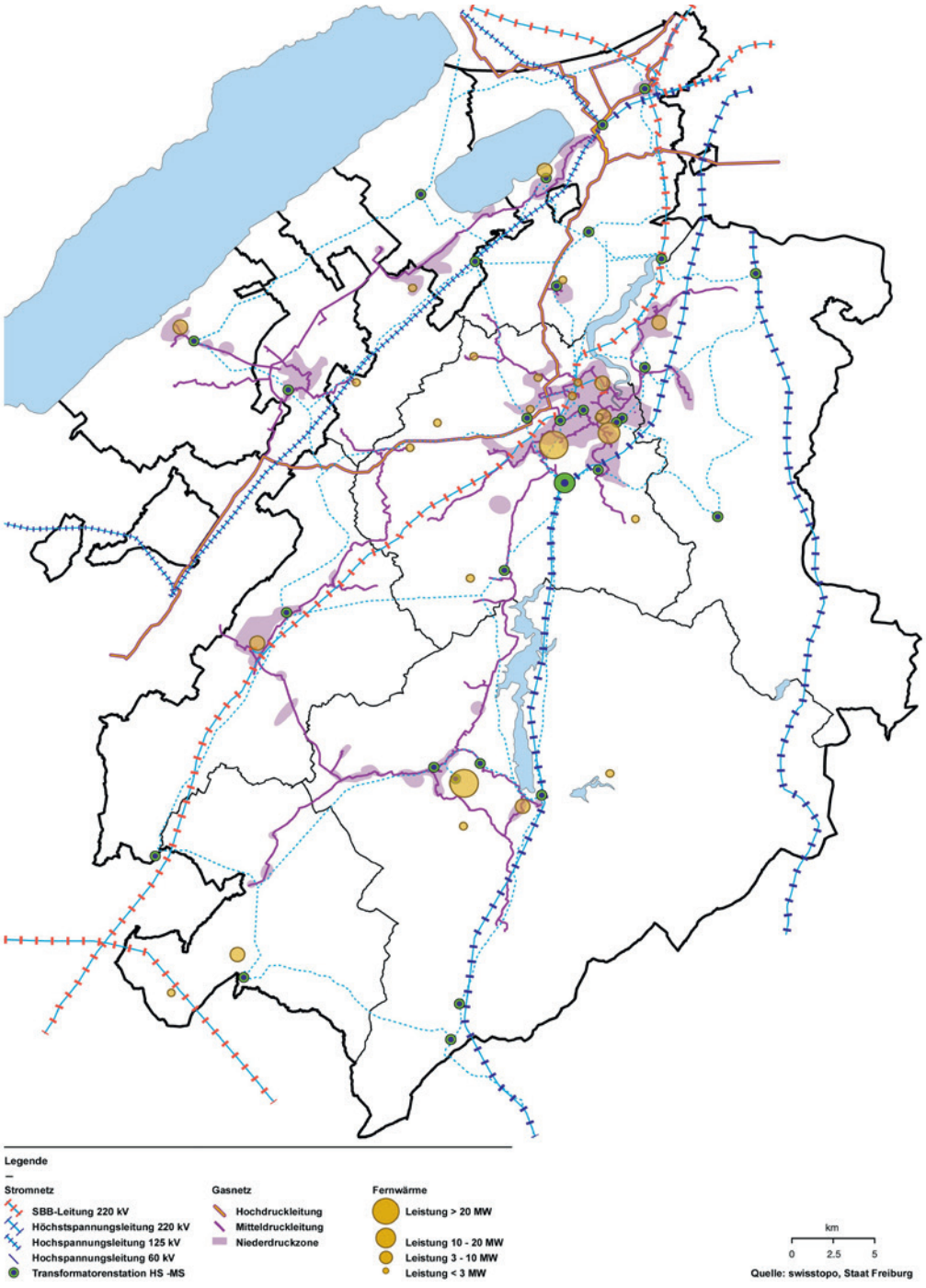
Der Bau und der Betrieb von elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen sind der Oberaufsicht des Bundes unterstellt. Die technische Aufsicht obliegt dem Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI).

Die Stromnetze begannen sich Ende des 19. Jahrhunderts zu entwickeln. Sie sind auf eine zentralisierte Stromproduktion durch Wasserkraftwerke und später auch durch Kernkraftwerke ausgerichtet. Zurzeit werden für die Speicherung von überschüssigem Strom hauptsächlich grosse Pumpspeicherkraftwerke verwendet. Diese Anlagen leisten also einen Beitrag an die Netzstabilität. Die Übertragung des Stroms vom Kraftwerk bis zum Endverbraucher erfolgt über das oben erwähnte Stromnetz mit seinem hierarchischen Aufbau. Die Stromproduktion wird laufend dem Verbrauch angepasst, damit zu jedem Zeitpunkt genau so viel Strom im Netz zu Verfügung steht, wie gebraucht wird. Kurzfristige Unterschiede zwischen Angebot und Nachfrage werden mit Regelenergie ausgeglichen. Als Regelenergie wird der Ausgleich unvorhergesehener Schwankungen zwischen der Einspeisung und Entnahme von Strom durch kurzfristige Erhöhung oder Senkung von Kraftwerksleistung bezeichnet [1].

Der Kanton Freiburg verfügt über mehrere Tausend Kilometer Stromleitungen, die die Stromversorgung gewährleisten. Das Netz wurde in den letzten Jahren stark ausgebaut: Die Niederspannungsleitungen im Besitz der Groupe E haben zwischen 2003 und 2013 von 4785 auf 5932 Kilometer zugenommen [2]. Der grösste Teil der Leitungen im Nieder- und Mittelspannungsbereich verläuft unterirdisch.

Tabelle: das Stromnetz auf Freiburger Kantonsgebiet

	Hochspannung [km]	Mittelspannung [km]	Niederspannung [km]
Groupe E [2]	457	1718	5932
Gruyère Energie	0	171	471
IB Murten	0	29	111





Der Kanton Freiburg verfügt über ein mehrere Tausend Kilometer langes Verteilnetz, um die Endverbraucher mit Strom zu versorgen. Im Bild: Strommasten in Galmis (Düdingen). Quelle: Marcel Gutschner

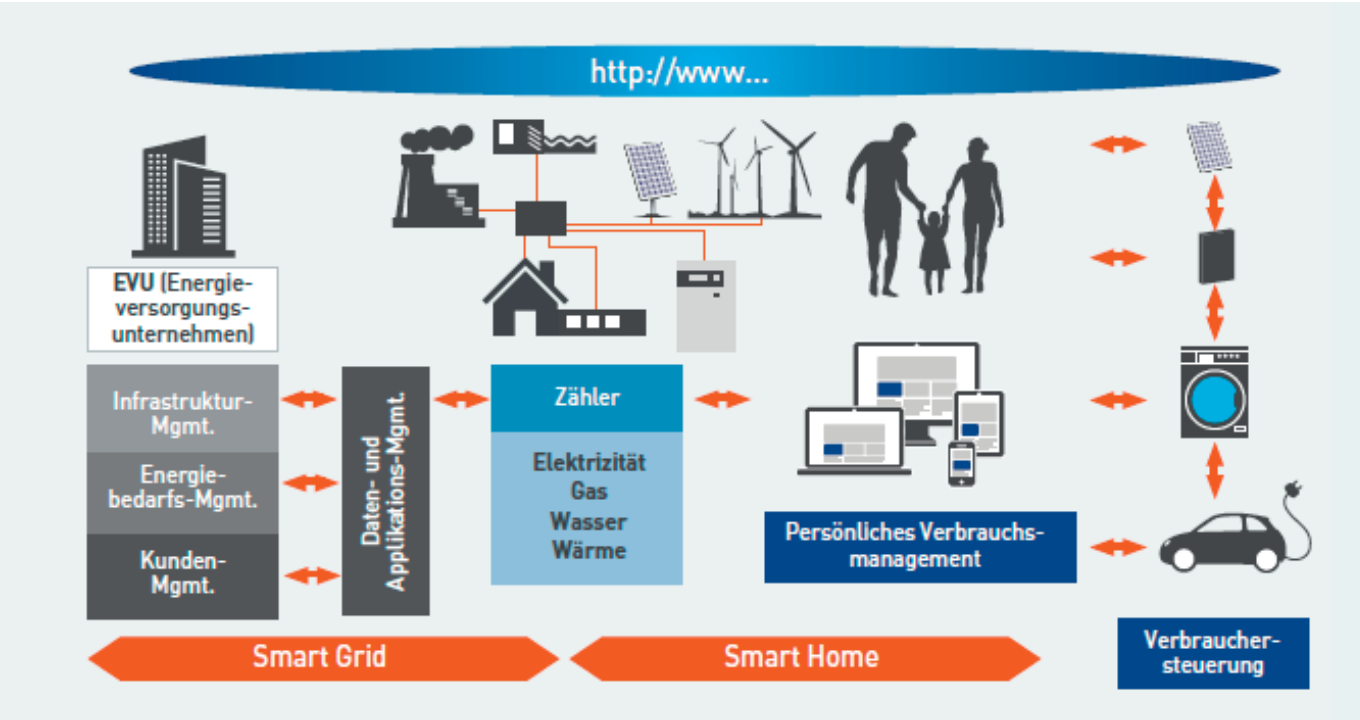


Transformatorenstation in Chésalles (Marly). Quelle: Marcel Gutschner

Durch die Energiewende stehen die Stromnetze vor grossen Herausforderungen: Der Atomstrom wird hauptsächlich durch Strom aus erneuerbaren Energiequellen ersetzt. Dieser Wechsel führt zu einer dezentralen und variablen Stromproduktion. Das aktuelle Stromnetz muss an die neuen Bedingungen angepasst werden. Der Bau von intelligenten Netzen wird es erlauben, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, die Kosten für das Stromnetz zu reduzieren, erneuerbare Energien ins Netz zu integrieren und die Effizienz des Gesamtsystems zu erhöhen.

Potenzial

Die Zunahme des Anteils an Strom, der dezentral aus erneuerbaren Quellen produziert wird, macht ein «intelligentes» Stromnetz nötig (Smart Grid). Der Strom fliesst nicht mehr bloss in eine Richtung, sondern in mehrere, was eine unterschiedliche Netzbewirtschaftung sowie eine Sanierung, Umstrukturierung und Verstärkung des Netzes verlangt. Ein Smart Grid bietet die Möglichkeit, von der nachfragegesteuerten Produktion zum angebotsgesteuerten Verbrauch überzugehen. Denn dieser muss künftig an unvorhergesehene Schwankungen des Energieangebots, insbesondere die Sonnen- und Windenergieproduktion, angepasst werden können [1].



Das Energiesystem von morgen wird «smart» sein. Der Stromzähler wird im Zentrum der künftigen Stromnetze stehen. Er wird den Verbraucher mit dem Energielieferanten in Verbindung setzen und so die Steuerung des Energieverbrauchs erlauben. Quelle: AEE Suisse (2013) [5]

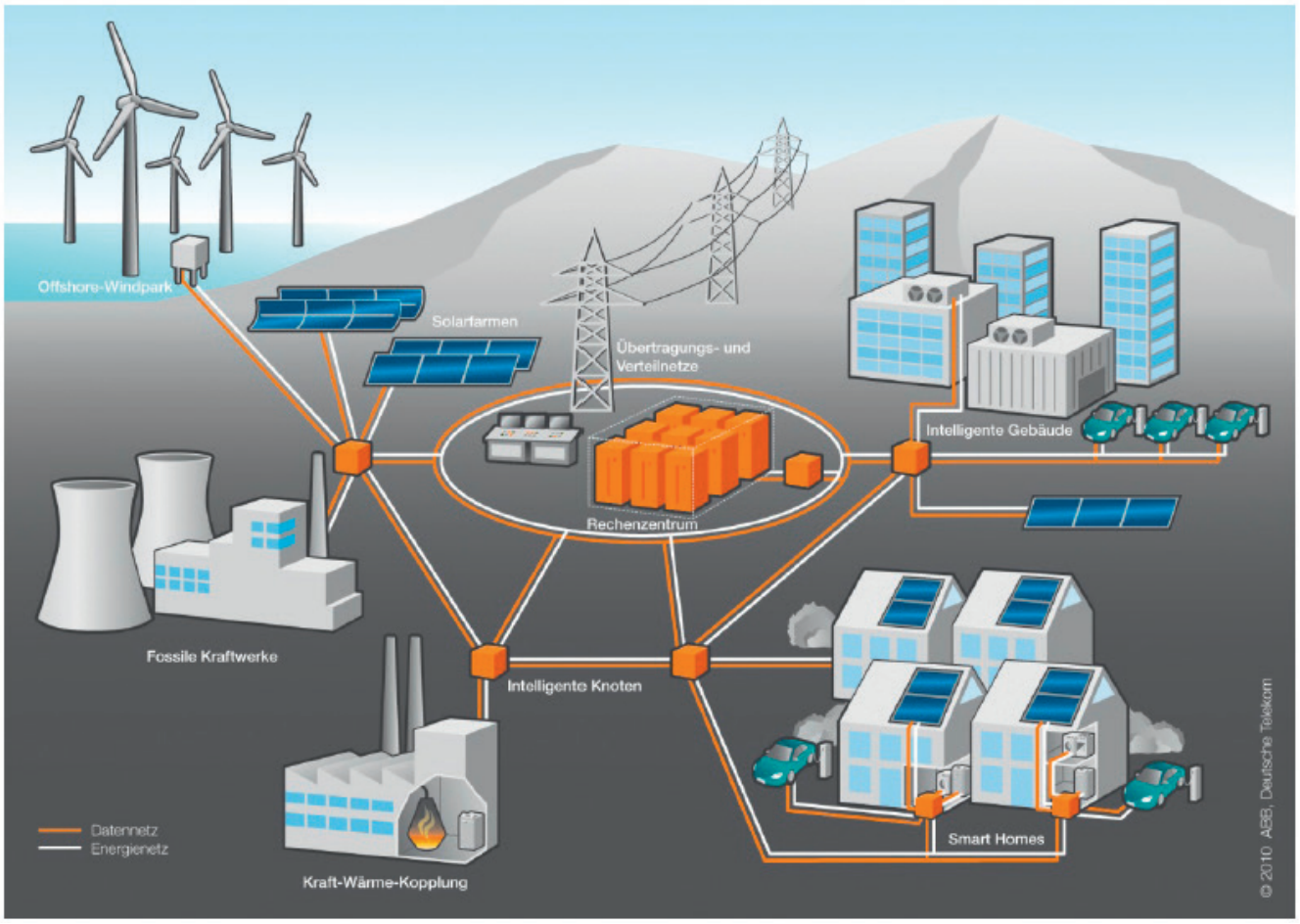
Als ein «Smart Grid» [4] wird ein elektrisches System verstanden, das Mess- sowie meist Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) nutzt, um den intelligenten Austausch elektrischer Energie zwischen verschiedenartigen Quellen und Konsumenten mit verschiedenen Bedürfnissen sicherzustellen. Ein wichtiges Element ist der «Smart Meter» (intelligentes Messinstrument, das beim Verbraucher eingebaut wird), der den Verbrauch optimiert und ihn an das verfügbare Stromangebot anpasst.

Tabelle: Unterschiede zwischen dem bisherigen System und dem Smart Grid [1]

Konventionelles Netz	Intelligentes Netz (Smart Grid)
> Hierarchische Struktur	> Zahlreiche Komponenten unterschiedlicher Grösse
> Hauptsächlich grosse zentrale Kraftwerke	> Einbindung dezentraler Erzeuger
> Wenige grosse zentrale Energiespeicher (Pumpspeicherkraftwerke)	> Einbindung vieler kleiner dezentraler Energiespeicher (z.B. Akkus, Elektrofahrzeuge, Pumpspeicherkraftwerke)
> Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) nicht flächendeckend eingesetzt	> Intelligentere Komponenten
	> Durchgängige Verwendung von IKT bis zum Endkunden

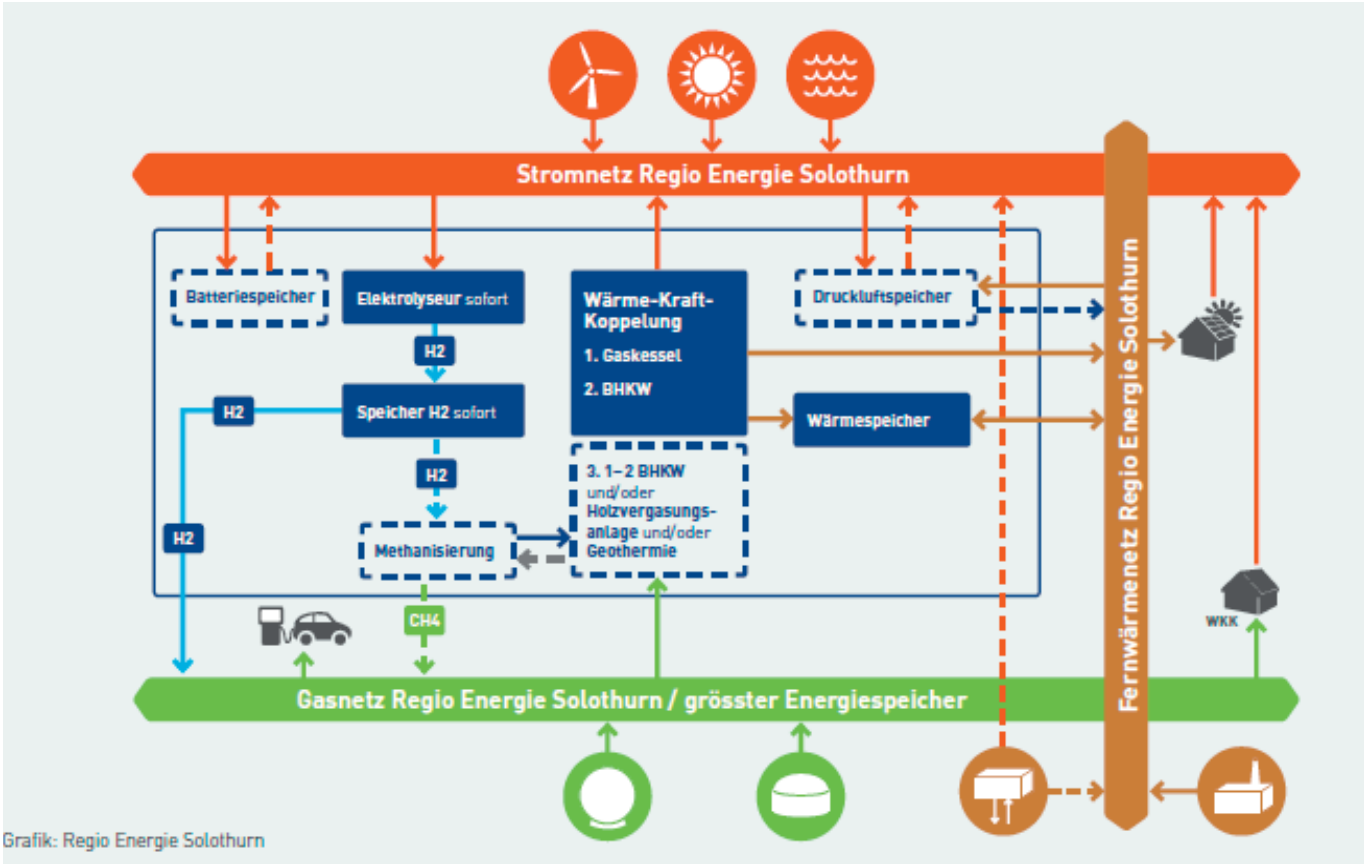


Das künftige Stromversorgungssystem muss die Zunahme der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen berücksichtigen und sich auf ein intelligentes Netz abstützen, das für die dezentrale Stromproduktion gerüstet ist. Im Bild: Bauernhof in Römerswil (St.Ursen). Quelle: Marcel Gutschner



Smart Grid. Quelle: ABB

Unter dem Begriff «Konvergenz der Energienetze» gibt es mehrere Pilotprojekte, die das Potenzial der Zusammenführung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen prüfen.



Die verschiedenen Netze der Regio Energie Solothurn: Strom (orange), Fernwärme (rot) und Gas (grün). Die drei Netze sind durch verschiedene Produktionsstätten und Energiespeicher miteinander verbunden. Quelle: AEE Suisse (2013) [5]

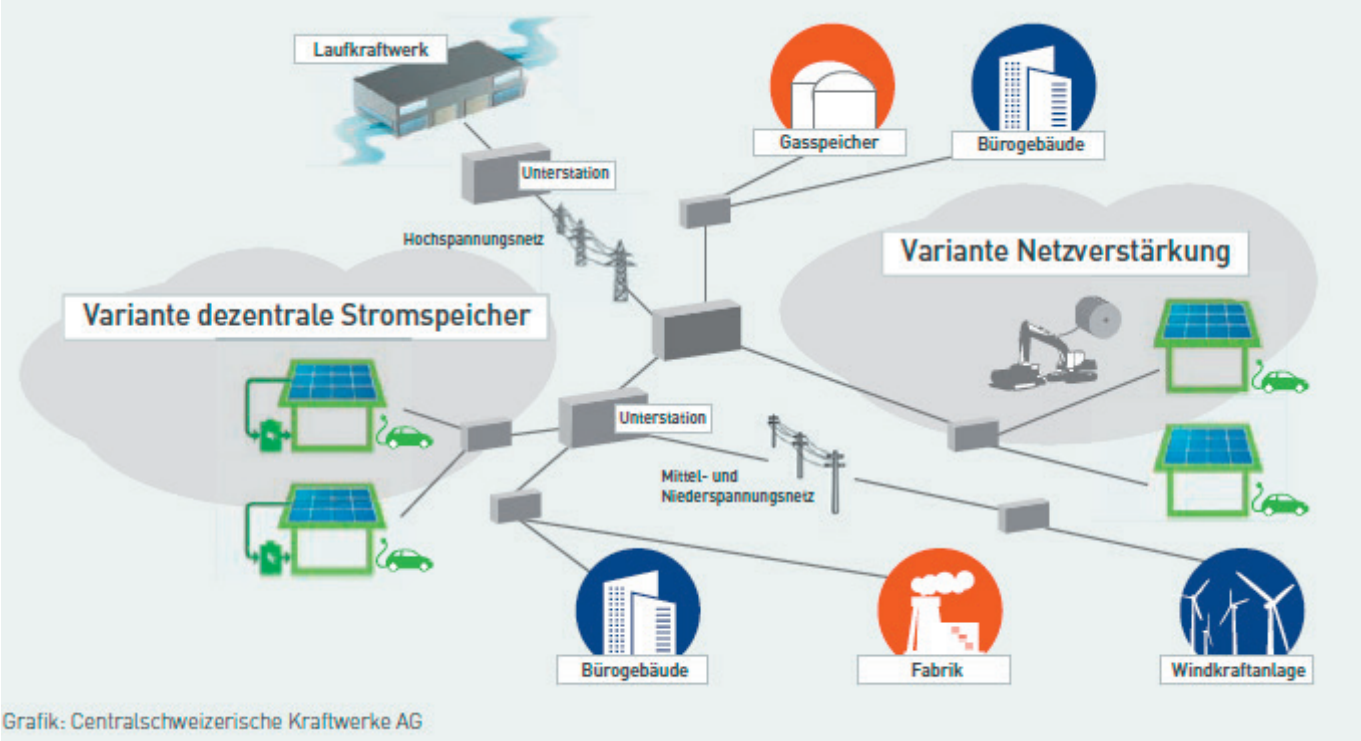
Strategie

Die künftige Entwicklung des Stromnetzes ist eine zentrale Herausforderung. Sie wird von den Behörden und den Elektrizitätsversorgungsunternehmen bestimmt. Für die Planung und den Bau von Hochspannungsleitungen ist der Bund zuständig. Die Kantone werden angehört und im Hinblick auf den Vollzug der für ihr Kantonsgebiet geltenden Gesetzgebung um ihre Stellungnahme gebeten. Sie sorgen dafür, dass die erforderlichen Landreserven für strategische Netzvorhaben freigehalten werden.

Die Planung des Bundes im Bereich der Übertragungsleitungen koordiniert und zeigt die laufenden Projekte für den Ausbau und die Verstärkung des Hochspannungsnetzes auf überregionaler Ebene. Auf lokaler Ebene sind die Elektrizitätsversorgungsunternehmen wie die Groupe E für den Anschluss neuer Endverbraucher an das Netz verantwortlich. Aufgrund der demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung ist das Stromnetz gewachsen und wächst auch in Zukunft jährlich um mehrere Dutzend Kilometer.

Damit der Anteil an Strom aus erneuerbaren Quellen deutlich und nachhaltig gesteigert werden kann, muss das Stromnetz verstärkt und zu einem Smart Grid mit Lastmanagement, Speicherung usw. umgebaut werden.

Dieses Ziel entspricht dem Rahmen, den das Bundesgesetz über die Stromversorgung (StromVG) und das Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz, EleG) vorgeben. Das kantonale Gesetz über die Elektrizitätsversorgung (EVG) regelt ebenfalls diesen Bereich. Es bezweckt, die Elektrizitätsversorgung der Endverbraucherinnen und -verbraucher als Service public zu gewährleisten, und wird ergänzt durch das Reglement vom 25. November 2014 über die Elektrizitätsversorgung (EVR), das für die auf dem Kantonsgebiet tätigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen gilt und die Netzgebiete festlegt.



Zwei unterschiedliche Ansätze, um einer Netzüberlastung entgegenzuwirken: dezentrale Stromspeicher und/oder Netzverstärkung. Quelle: AEE Suisse (2013) [7]

Da die Netzanpassungen und die damit verbundenen Verfahren manchmal sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, arbeitet der Bundesrat zurzeit eine Änderung des Elektrizitätsgesetzes und des Stromversorgungsgesetzes aus. Die neue Strategie Stromnetze [8] zielt darauf ab, die Rahmenbedingungen für die Verbesserung und Entwicklung des schweizerischen Stromnetzes zu optimieren. Die vier Kernpunkte der Strategie Stromnetze sind:

› 1. Vorgaben für die Optimierung und Entwicklung der Schweizer Stromnetze: Netzbetreiber und Behörden werden zur Koordination verpflichtet. Für Netzbetreiber werden zudem Planungsgrundsätze festgelegt. Das NOVA-Prinzip (Netzoptimierung vor Verstärkung vor Ausbau) wird gesetzlich verankert. Diesem Prinzip zufolge sollen Netzoptimierungen mittels intelligenten Netzlösungen vor Netzverstärkungen bzw. Netzausbauten realisiert werden.

- 2. Optimierung der Bewilligungsverfahren für Leitungsprojekte: Die Verfahrensdauer für Leitungsvorhaben auf Netzebene 1 soll von den heute üblichen 5 bis 13 Jahren auf 4 bis 8 Jahre verkürzt werden. Es werden Regeln für die räumliche Koordination festgelegt.

- 3. Vorgaben für den Entscheid zwischen Erdkabel oder Freileitung: Leitungsvorhaben auf der Verteilnetzebene (Netzebenen 3-7) sind grundsätzlich als Erdkabel auszuführen, sofern sie einen bestimmten Mehrkostenfaktor nicht überschreiten.

- 4. Verbesserung der Akzeptanz und Transparenz von Leitungsprojekten: Das Bundesamt für Energie informiert die Öffentlichkeit über die Netzentwicklung und die Möglichkeiten zur Mitwirkung in den Verfahren. Die Kantone informieren über wichtige regionale Aspekte der Netzentwicklung in ihrem Kantonsgebiet. Die nationale Netzgesellschaft Swissgrid orientiert über die Notwendigkeit und Begründung der Projekte im Übertragungsnetz und über deren Stand.

5.2 Gasnetz

Entwicklung und Verwendung

Das europäische Gasnetz erstreckt sich über den gesamten Kontinent und reicht bis Nordafrika und Sibirien. In den 1970er-Jahren wurde eine Transitleitung von den Niederlanden nach Italien gebaut. Seither verläuft der internationale Gastransport über die Schweiz und schliesst sie an das Netz an. Nach dem Bau einer Gasleitung von Orbe nach Mülchi begann sich das Gasnetz ab 1980 auch im Kanton Freiburg zu entwickeln.

In den nationalen und internationalen Leitungen ist der Druck höher (Hochdrucknetz mit 50 bis 70 bar). Das Bundesamt für Energie (BFE) ist die Aufsichtsbehörde für das nationale Netz und das Eidgenössische Rohrleitungsinspektorat (ERI) ist für die technische Aufsicht über Rohrleitungsanlagen mit einem Druck über 5 bar zuständig. Die regionalen Verteilnetze bestehen aus Mitteldruckleitungen mit 1 bis 5 bar und Niederdruckleitungen mit weniger als 1 bar. Für die Gasnetze mit einem Druck unter 5 bar sind die Kantone zuständig. Im Kanton Freiburg gewährleisten zwei Unternehmen – Groupe E Celsius und Holdigaz – die Versorgung mit Erdgas.

Während sich das Hochdrucknetz im Kanton Freiburg immer noch auf knapp 48 Kilometer erstreckt, sind die Mittel- und Niederdrucknetze seit 2003 um das Dreifache angewachsen und zwar von 166 Kilometer [2] auf über 500 Kilometer im Jahr 2015.

Sachplan Energie

5. Energietransport

–



Potenzial

Das Gasnetz versorgt hauptsächlich Gebäude (Komfortwärme), die Industrie (industrielle Prozesse, Tankstellen für Erdgasfahrzeuge und Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen) (siehe Kapitel 2.31c Gas). In der Schweiz speisen immer mehr Anlagen Biogas in das Gasnetz ein. Zu diesen Anlagen gehört auch die ARA der Stadt Freiburg. Der Anteil an Biogas am gesamthaft verteilten Gas liegt aber weit unter 1 % (Stand 2015). Erdgas wird als Übergangsenergie gewertet, da es sich um eine fossile Energiequelle mit hohem CO_2-Gehalt handelt.

Die Energiestrategie 2050 des Bundes sieht vor, dass der Gasanteil mehr oder weniger unverändert bleiben wird (13 % für die Wärme- und Stromproduktion), aber der Verbrauch in absoluten Zahlen wie auch der gesamte Landesverbrauch [3] um etwa 40 % abnehmen werden. Im Kanton Freiburg hat das Erdgas einen Anteil von 11 % am Endenergieverbrauch (Stand 2014). Die künftige Entwicklung des Gasnetzes muss das Potenzial der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz auf dem Kantonsgebiet berücksichtigen.

Strategie

Im Sinne der kantonalen Energiestrategie und des Energiegesetzes will der Kanton Freiburg die erneuerbaren Energien und die Abwärme sowie eine wirtschaftliche und sichere Energieversorgung fördern. Deshalb soll vorrangig auf die im Kanton verfügbaren Energieressourcen zugegriffen werden. Zudem gilt es, Zweispurigkeiten bei den Infrastrukturen zu vermeiden. Gas hat seine Berechtigung dort, wo der Energiebedarf nicht durch erneuerbare Quellen gedeckt werden kann, sowie als Zusatzenergie in Wärmenetzen. Die Energiestrategie des Kantons bezweckt auch, den Bau von Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen zu fördern, die eine sehr effiziente Nutzung von Erdgas für die Produktion von Strom (zur Nutzung durch Wärmepumpen) und Wärme (zur Einspeisung in Wärmenetze) ermöglichen.

Es ist also wichtig, das Potenzial der kantonseigenen Ressourcen und Infrastrukturen zu prüfen, bevor neue Infrastrukturen für importierte Energien mit hohem CO_2-Gehalt gebaut werden. Es muss festgehalten werden, dass das Gasnetz seit dem Jahr 2000 an vielen Orten stark ausgebaut wurde, ohne wirklich das einheimische Potenzial zu berücksichtigen. Deshalb gilt es, die erneuerbaren Energien, die Energieeffizienz und das Potenzial für Wärmenetze, die hauptsächlich mit Energieträgern aus der Region und mit Abwärme gespiesen werden, besser zu berücksichtigen.

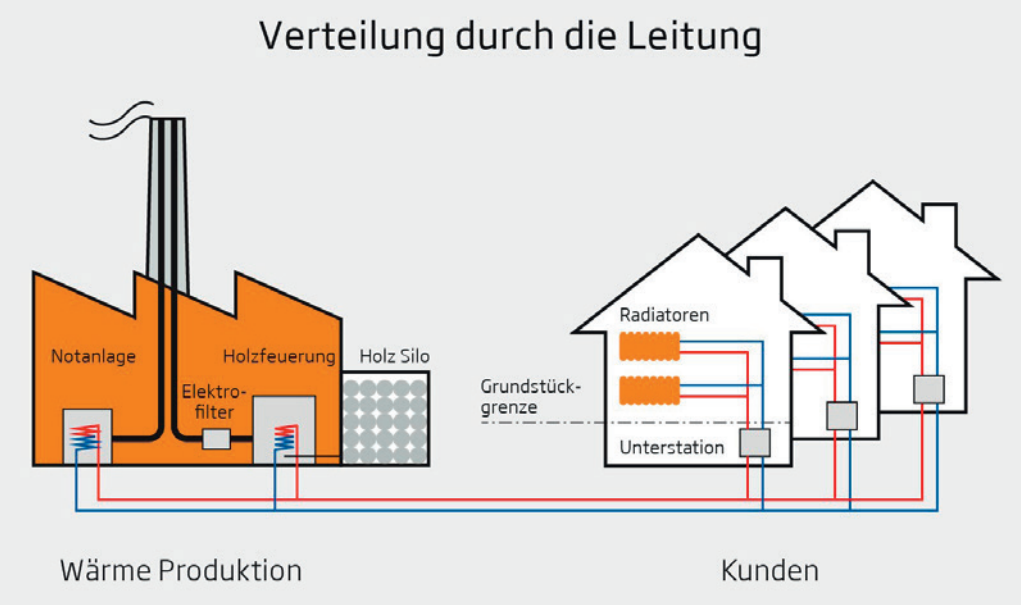
Das Mittel- und Niederdrucknetz kann also dort ausgebaut werden, wo Gas die erneuerbaren Energien im Sinne der Energiewende ergänzt. Konkret kann das Gasnetz nur auf öffentlichem Grund ausgebaut werden, wenn seine Entwicklung in der kommunalen Energieplanung (im Dossier des kommunalen Energieplans) vorgesehen ist.

5.3 Fernheizung

Entwicklung und Verwendung

Thermalwasser wurde bereits in der Antike für Wärmenetze genutzt. Die modernen Wärmenetze, die heute in Betrieb sind, stammen aus dem 20. Jahrhundert. La Chaux-de-Fonds war die erste Schweizer Stadt, die 1926 eine Fernheizung erhielt. Die Entwicklung von Wärmenetzen hat sich im Kanton Freiburg seit dem Jahr 2000 stark beschleunigt.

Die Fernheizung funktioniert wie eine riesige Zentralheizung. Die Wärme wird also nicht direkt am Ort des Verbrauchs produziert, sondern muss über ein Wärmenetz an die Endverbraucher verteilt werden. Wärme aus einer Fernheizung wird hauptsächlich für die Gebäudeheizung und für industrielle Prozesse verwendet. Ein Wärmenetz kann durch eine oder mehrere Heizzentralen gespiesen werden, die mehrere Energiequellen nutzen können. Die Wärmeverteilung erfolgt in der Regel über ein gut isoliertes Rohrleitungsnetz, bei dem Wasser als Wärmeträger eingesetzt wird. Das Wasser hat eine hohe Temperatur (80 °C bis 130 °C), um alle Gebäude unabhängig von der Temperatur ihres Wärmeverteilsystems versorgen zu können. Die im Wasser enthaltene Wärme wird über einen Wärmetauscher (Übergabestation) an das Wärmeverteilnetz eines Gebäudes abgegeben. Das abgekühlte Wasser fliesst zur Heizzentrale zurück und bildet so einen Kreislauf.



Schema einer Fernheizung. Quelle: Groupe E

Eine Fernheizung [3] kann eine bessere Gesamtenergieeffizienz bieten. Sie verfügt über ein hohes Potenzial zur Nutzung von erneuerbaren Energien und eine bessere Kontrolle über den Schadstoffausstoss als Einzelheizungen, wenn die Wärme durch Verbrennung in einem Heizkessel (Gas, Holz, Heizöl) produziert wird. Für Fernheizungen sind Grossinvestitionen nötig. Zur Maximierung der Wirtschaftlichkeit und des energetischen Wirkungsgrads werden Fernheizungen in städtischen Gebieten mit einer hohen energetischen Dichte bevorzugt. Wenn die Nachfrage nach Wärmeenergie das ganze Jahr hindurch hoch ist, stellt die Wärme-Kraft-Kopplung eine energetisch interessante Option für Fernheizungen dar {vgl. Kapitel 4.2 Wärme-Kraft-Kopplung}.



Fernheizzentrale in Corminboeuf mit einem Holzheizkessel von 900 kW, der mindestens 80 % der Wärmeproduktion sicherstellt, und einem Gasheizkessel von 1050 kW, der bei grosser Kälte eingesetzt wird, um die Spitzenlast zu bewältigen. Die beiden Gebäude (Fernheizzentrale und Werkhof) sind je mit einer Photovoltaikanlage von 17 bzw. 38 kW ausgestattet. Quelle: Marcel Gutschner



Die SAIDEF verfügt noch über ungenutzte Reserven, um das wachsende Wärmenetz der Agglomeration Freiburg zu beliefern. Quelle: Marcel Gutschner



Fernheizzentrale in Châtel-St-Denis. Quelle: Marcel Gutschner

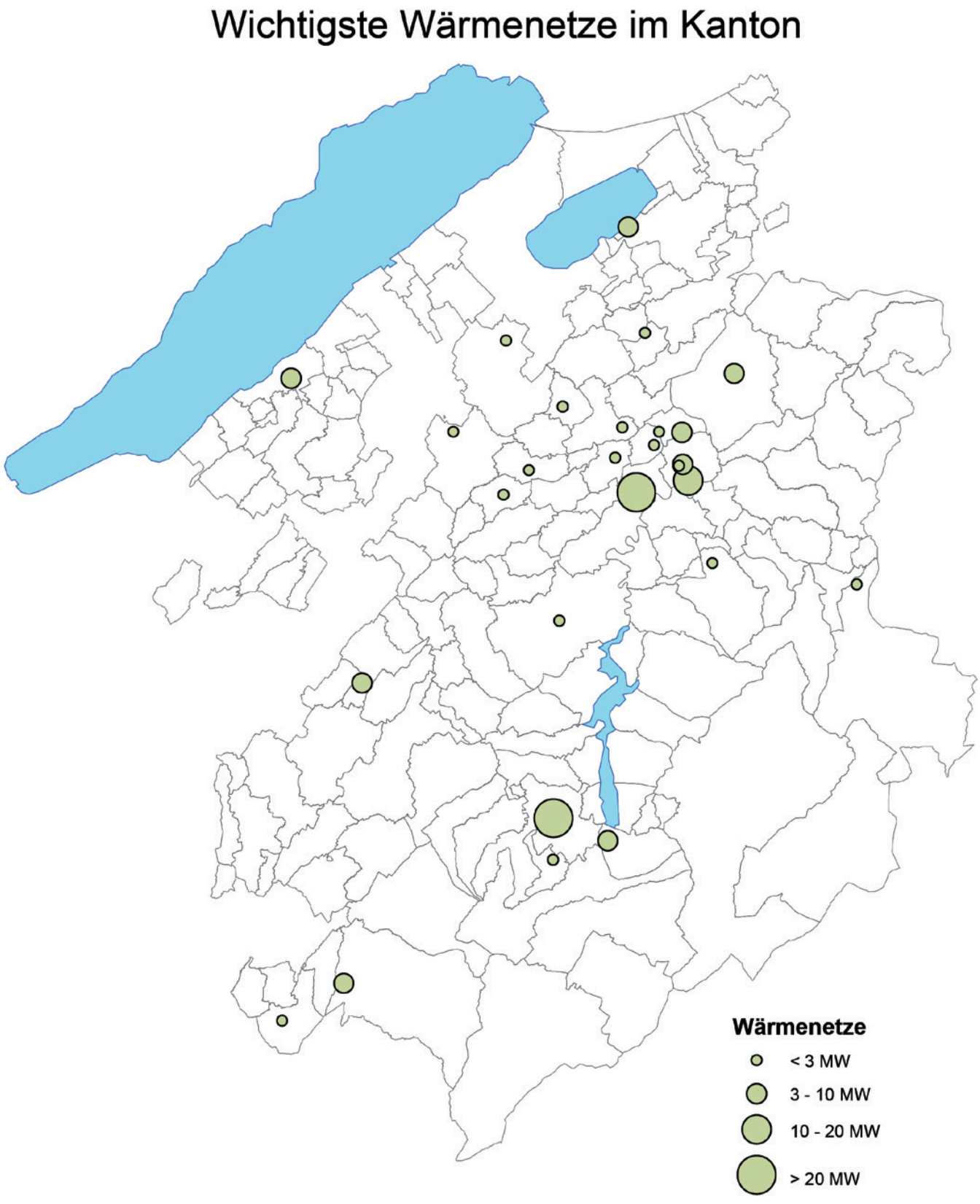


Fernheizzentrale in Düdingen. Quelle: Marcel Gutschner

Tabelle: Fernheizungen mit einer Leistung von über 1 MW im Kanton Freiburg.

Bezeichnung der Anlage	Ort	Installierte Leistung [MW]	Verkaufte Energie (einschliesslich der voraussichtlich verkauften Energie) [MWh/Jahr]
GOLDCAD	Freiburg	3.6	5'100'000
ATTACAD	Attalens	2.4	2'600'000
REXCAD	Freiburg	2.3	2'800'000
ROMCAD	Romont	4.2	7'400'000
CADOM	Domdidier	2.8	3'600'000
FRICAD I+II+III	Posieux	22.0	75'400'000
ESTACAD	Estavayer-le-Lac	4.6	6'900'000
PAQCAD	Le Pâquier	2.7	1'700'000
BELCAD	Belfaux	2.6	2'800'000
CADVERT	Villars-sur-Glâne und Freiburg	4.4	5'500'000
CAD GROLLEY	Grolley	2.7	2'200'000
CAD SEEDORF	Noréaz	2.6	2'400'000
COURTECAD	Courtepin	1.7	1'900'000
GIVICAD	Givisiez	2.3	2'100'000
CAD MONTAGNY	Montagny-la-Ville	1.9	1'800'000
CORMICAD	Corminboeuf	2.1	800'000
AGYCAD	Granges-Paccot	3.7	2'300'000
FW DÜDINGEN	Düdingen	5.4	
GESA	Bulle und Riaz	50	81'000'000
CAD TREYVAUX	Treyvaux	2.3	2'440'000
CAD LE MOURET	Le Mouret	1.9	4'430'000
CAD VALBROYE	Valbroye	2.3	4'995'000
FW Plaffeien	Plaffeien	2.0	
CAD Châtel-St-Denis	Châtel-St-Denis	4.2	7'000'000
CAD Broc	Broc	3.5	6'370'000
IB - Murten	Murten	8.0	12'000'000
		133.0	**223'390'388**

Quellen: Groupe E, EBL, GESA, IB Murten, OBL und Schätzungen


Wichtigste Wärmenetze im Kanton
Wärmenetze
< 3 MW
3 - 10 MW
10 - 20 MW
> 20 MW

Potenzial

Aufgrund der Menge und der Vielfalt der verfügbaren Energiequellen (Holz, Abfall, Abwärme aus ARA und Industrie, Solarthermie und mittelfristig Geothermie) besteht ein bedeutendes Entwicklungspotenzial für Fernheizungsanlagen.

Die Energiedichte ist ein zentraler Faktor für die Rentabilität einer Fernheizung. Da die Infrastrukturen (Leitungen, Heizzentralen, Wärmetauscher) relativ kostspielig sind, müssen die Produktion und der Verkauf von Energie maximiert werden. Zudem müssen möglichst wenig Leitungskilometer gebaut werden. Die Rentabilitätsgrenze liegt oft bei etwa 500 MWh verkaufter Energie pro ha/a oder 2 MWh verkaufter Energie pro Leitungsmeter [6]. Derartige Bedingungen mit günstiger Dichte bieten Städte und Ortszentren.



Einbau einer Fernwärme-Leitung im Jura-Quartier in Freiburg im April 2016. Quelle: Marcel Gutschner

Strategie

Fernheizungen und ihre Wärmenetze bieten zahlreiche wirtschaftliche und ökologische Vorteile und tragen zu einer effizienten und nachhaltigen Energieversorgung bei. Sie können kantonseigene Energiequellen nutzen (erneuerbare Energien und Abwärme) und sich weiterentwickeln, um von neuen Energiequellen und Technologien wie etwa der Tiefengeothermie zu profitieren. Die Entwicklung von Fernheizungen ist ein zentraler Punkt der Energiestrategie des Kantons und des Bundes.

Fernheizungen erfordern eine geeignete Planung. Durch die Wahl von Zonen mit hoher Energiedichte (hoher Wärmeverbrauch pro Hektar) für den Bau von Wärmenetzen können die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit in der Regel optimiert werden.

Dabei gilt zu bedenken, dass die angeschlossenen Gebäude im Laufe der Zeit saniert werden müssen und folglich künftig weniger Energie verbrauchen. Die Energiedichte nimmt also tendenziell ab, doch

diese Abnahme kann gedämpft oder gar kompensiert werden, wenn eine Strategie für verdichtetes Bauen angewendet wird. Ausserdem gilt es, die Ressourcen sparsam und effizient zu nutzen. Holz ist ein bevorzugter Energieträger für Fernheizungen. Sein Potenzial ist zwar gross, aber nicht unbegrenzt. Deshalb ist es wichtig, auf kommunaler und interkommunaler Ebene die Gebiete zu identifizieren, die sich besonders für Fernwärme eignen und zwar aus Sicht der Energiedichte und den verfügbaren Energiemengen. Dieser Ansatz ermöglicht auch eine geeignete Planung anderer Netze, insbesondere des Gasnetzes, um von der Komplementarität der Netze und Energieträger zu profitieren.

Bibliografie

- [1] Verband Schweizer Elektrizitätsunternehmen. Smart Grid. Februar 2014
- [2] Amt für Statistik. Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg. 2016
- [3] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [4] Bundesamt für Energie. Smart Grid Roadmap Schweiz. März 2015
- [5] AEE SUISSE Dachorganisation der Wirtschaft für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Intelligente Netze und Speicher. November 2013
- [6] CREM. Identifier et planifier des réseaux thermiques à l'aide d'un SIG, in: Géomatique Expert N° 95. November-Dezember 2013
- [7] https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/grid/transmission_system/grid_levels.html
- [8] Bundesrat. Botschaft zum Bundesgesetz über den Um- und Ausbau der Stromnetze (Strategie Stromnetze). 13. April 2016





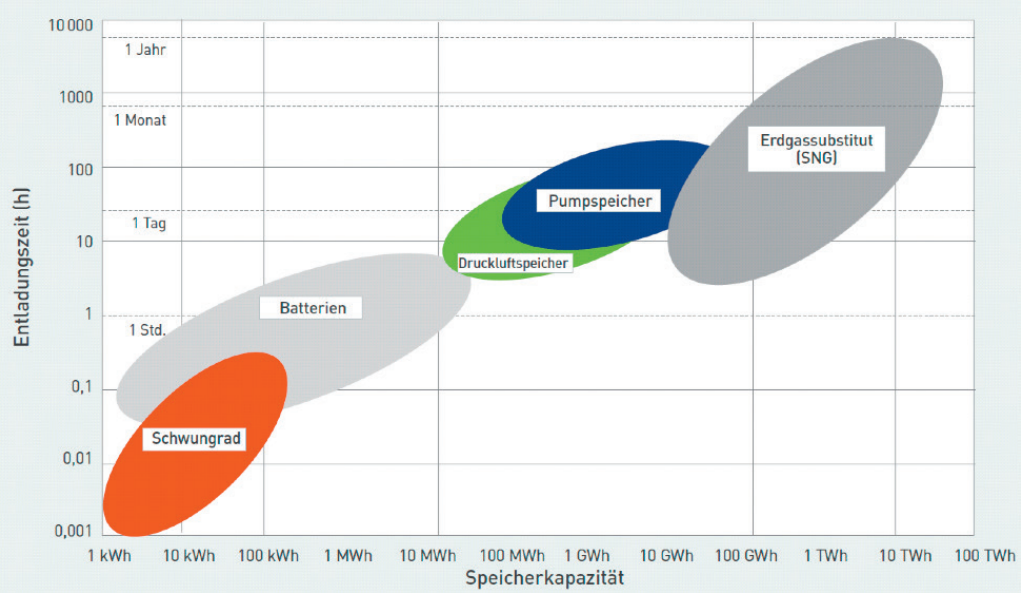
6. Energiespeicherung

6. Energiespeicherung

Entwicklung und Verwendung

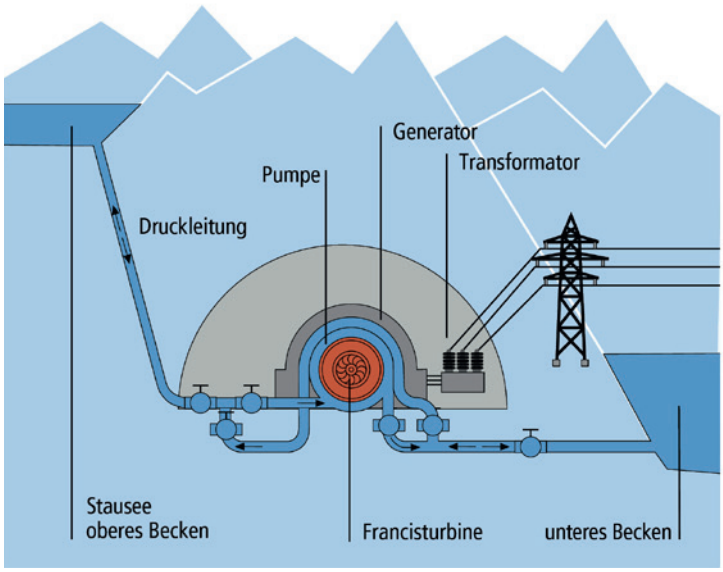
Die Energiespeicherung ermöglicht es, jederzeit die Energieversorgung der Endverbraucher sicherzustellen. Energiereserven können als Energieträger in Form von Brennstoff (z.B. Erdölprodukte und Biomasse, vgl. hierzu die entsprechenden Kapitel) aufgebaut werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die überschüssig produzierte Energie umzuwandeln (z.B. die Überproduktion von Strom dazu verwenden, um Wasser aus einem tiefer gelegenen Becken in ein höher gelegenes zu pumpen oder einen Akkumulator zu laden). Für die Speicherung von Strom und Wärme kommen verschiedene Technologien zum Einsatz.

Im Gegensatz zu anderen Energieformen kann Strom nicht direkt gespeichert werden. Strom muss in eine andere Energieform umgewandelt werden, die gespeichert werden kann. Es gibt etwa die (elektro-)chemische und die mechanische Speicherung. Die elektro-)chemische Speicherung erfolgt mit Batterien (Lithium-Ionen, Salz, Zink-Luft, flüssiges Elektrolyt, Flüssigmetall usw.) oder mit Wasserstoff. Für die mechanische Speicherung werden Pumpspeicher, Druckluftspeicher, oder Schwungräder verwendet. Die untenstehende Grafik zeigt die Speicherkapazität und die Entladungszeit der verschiedenen Stromspeichersysteme.



Je nach Einsatzgebiet stehen Stromspeichersysteme mit unterschiedlicher Entladungszeit und Speicherkapazität zur Verfügung. Quelle: AEE Suisse (2013) [7]

Die Speicherung von Elektrizität wird bis heute von Pumpspeicherkraftwerken dominiert, die rund 99 % der weltweit installierten Leistung repräsentieren [1]. Das älteste stromerzeugende Pumpspeicherwerk der Schweiz wurde 1899 in St. Gallen in Betrieb genommen [2]. In der Schweiz gibt es rund zwanzig Pumpspeicherkraftwerke. Die Leistung des Kraftwerks von Veytaux, das dem Kanton Freiburg am nächsten liegt, wurde 2017 im Rahmen seiner Modernisierung auf 480 MW verdoppelt.



Schema eines Pumpspeicherkraftwerks. Quelle: http://www.fmv.ch/images/pompage-turbinage.jpg

Das Prinzip eines Pumpspeicherkraftwerks besteht in zwei Wasserspeicherbecken auf unterschiedlicher Höhe. In nachfrageschwachen Zeiten, wenn ein Überangebot von Strom herrscht und die Energiekosten tiefer sind, wird das Wasser aus dem Unterbecken in das Oberbecken gepumpt. In Zeiten hoher Nachfrage werden die Schleusen des Oberbeckens wieder geöffnet und das Wasser fliesst zurück ins Unterbecken. Das abfliessende Wasser treibt eine Turbine an, die an einen Generator für die Stromproduktion gekoppelt ist. Dies ist die verbreitetste Lösung zur Speicherung grosser Energiemengen. Gleichzeitig gehören ihre Investitionskosten zu den tiefsten. Der Wirkungsgrad eines Pumpspeicherkraftwerks beträgt 70 bis 85 %. 15 bis 30 % des Stroms, der zum Antrieb der Pumpe eingesetzt wird, geht folglich «verloren» [1]. Die Speicherdauer reicht von mehreren Tagen bis zu mehreren Wochen.

Bei einem Druckluftspeicher wird während Zeiten tiefer Stromnachfrage ein Kompressor betrieben, der Druckluft produziert. Die Druckluft wird in einem unterirdischen Hohlraum gespeichert. In Zeiten hoher Stromnachfrage wird die Druckluft zusammen mit Erdgas in eine Brennkammer geleitet. Das Luft-Gas-Gemisch wird verbrannt, wodurch eine Gasturbine angetrieben wird. Diese ist an einen Generator gekoppelt, der Strom produziert. Der Wirkungsgrad von etwa 50 % ist relativ schwach und muss noch verbessert werden. Weltweit gibt es zwei Druckluftspeicher erster Generation: der eine befindet sich in Deutschland (280 MW) und der andere in den USA (110 MW) [9].

Bei Schwungrädern wird kinetische Energie gespeichert, indem eine Masse mit grosser Geschwindigkeit um eine Achse bewegt wird. Zum Laden und Entladen ist das Schwungrad an einen Motor und Stromgenerator angeschlossen. Schwungräder werden für die stationäre Energiespeicherung verwendet, wenn kurzzeitig eine hohe Leistung benötigt wird. Sie kommen auch im Verkehr zum Einsatz (Rückgewinnung der Energie während der Haltezeit des Busses, um sie bei der Anfahrt wieder abzugeben). Die Energiespeicherung mit Schwungrädern hat einen hohen technischen Wirkungsgrad von etwa 90 %, ist aber mit hohen Kosten verbunden.

Die Batterie ist eine Zusammenschaltung von galvanischen Zellen, in denen elektrische Energie in Form von chemischer Energie gespeichert werden kann. Die Umwandlung erfolgt durch die Ionenwanderung im Elektrolyt (Ionenleiter) zwischen zwei Elektroden sowie durch den Elektronenfluss durch einen äusseren Stromkreis. Die Elektronen, die über den äusseren Stromkreis zwischen den beiden Elektroden fliessen, können elektrische Arbeit leisten. Auf diese Weise wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Das Prinzip wurde Ende des 18. Jahrhunderts entdeckt. Bald darauf folgte die Erfindung von Akkumulatoren. Es gibt verschiedene Arten von Batterien, die aus unterschiedlichen Materialien für die Anode, die Kathode und das Elektrolyt bestehen.

Bei Lithium-Ionen-Batterien erfolgt die Ladung durch eine Oxidationsreaktion am Pluspol (Kathode), die Li+-Ionen im Elektrolyt freisetzt. Dadurch kommt eine Reduktionsreaktion am Minuspol (Anode) zustande, wo sich die Li+-Ionen mit den Elektronen verbinden, die über den äusseren Stromkreis geflossen sind. Bei der Entladung findet die umgekehrte Reaktion statt. Diese Reaktion ist umkehrbar und kann bis zu einer bestimmten Anzahl Zyklen wiederholt werden. Lithium-Ionen-Batterien weisen einen relativ hohen Wirkungsgrad von 70 bis 90 % auf und kommen auf vielen verschiedenen Gebieten zur Anwendung. Ihre Kosten sind hingegen immer noch hoch und einzelne chemische Elemente der Batterie sind sehr schädlich. Ein Lithium-Ionen-Akkumulator für ein Elektrovelo, der mit 1 kWh Strom geladen wird, kann etwa 0,9 kWh speichern [3]. Der in Dietikon (ZH) getestete Batteriespeicher mit einer Leistung von 1 MW [7, 8] erreicht einen Gesamtwirkungsgrad von 80 bis 90 %.

Die Redox-Fluss-Batterie unterscheidet sich von anderen Batterien darin, dass die Reaktionspartner in gelöster Form in unterschiedlichen Lösungsmitteln für die Anode und die Kathode vorliegen. Die beiden Elektrolyte zirkulieren also in getrennten Kreisläufen in zwei Halbzellen. Eine derartige Batterie hat den Vorteil, dass sie hinsichtlich der Grösse und Anwendung flexibel ist, ihr kWh-Preis relativ niedrig ausfällt und sie Mikrozyklen gut verträgt [10]. Sie weist einen Wirkungsgrad von etwa 70 % auf. Ihr Nachteil ist jedoch eine geringe Energiedichte. Aufgrund dieser Eigenschaften können Redox-Fluss-Batterien vor allem für die Regulierung der Stromproduktion aus intermittierenden erneuerbaren Energiequellen genutzt werden. Eine Variante der Redox-Fluss-Batterie ermöglicht die Produktion von Wasserstoff mithilfe von Katalysatorbetten, wodurch die Vielseitigkeit dieser Systeme noch erhöht wird.

Die Speicherung in Form von Wasserstoff beinhaltet gewöhnlich drei Phasen. Zuerst wird Wasserstoff in nachfrageschwachen Zeiten produziert, indem Wasser durch Elektrolyse in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird. Der Wasserstoff wird danach in einem Tank in gasförmiger, flüssiger oder fester Form gespeichert. Mit Hilfe einer Brennstoffzelle wird die chemisch gebundene Energie durch die Reaktion von Sauerstoff mit Wasserstoff direkt, das heisst ohne Verbrennung, in elektrische Energie umgewandelt. Übrigens wurde die Brennstoffzelle bereits 1839 erfunden, doch erst in den 1960er-Jahren wurde diese Technologie durch die Raumfahrt wiederentdeckt [9]. Der Wirkungsgrad dieser Rückverstromung mit Wasserstoff liegt deutlich unter 50 %. Diese Speichermethode ist folglich mit grossen Verlusten verbunden und ist noch relativ teuer. Dennoch bietet Wasserstoff eine saubere Lösung für die Nutzung von überschüssig produziertem Strom aus erneuerbaren Quellen. Die Reaktion in der Brennstoffzelle produziert nur Wasser und Wärme.

Wasserstoff ist auch ein Schlüsselelement der Power-to-Gas-Technologie (Umwandlung von Strom in brennbares Gas): Durch die Anreicherung von Wasserstoff mit Kohlendioxid (CO_2) wird Methan gewonnen, das in das Gasnetz eingespiesen werden kann. Heute gibt es bereits mehrere Pilotanlagen in der Schweiz – unter anderem in Rapperswil und Zuchwil [7, 8]. Statt den Wasserstoff bzw. das Methan

in das Gasnetz einzuspeisen, kann daraus auch ein Flüssigbrennstoff wie Methanol, das leicht speicherbar ist, produziert werden. Letzten Endes darf aber nicht übersehen werden, dass der Wirkungsgrad oder oben erwähnten Lösungen unter 50 % liegt.



Photovoltaikanlage für die Elektrolyse und Produktion von Wasserstoff in Givisiez. Quelle: Marcel Gutschner

Weitere Möglichkeiten zur Energiespeicherung sind Superkondensatoren oder die Supraleiter-Induktanz. Bei der Wärmespeicherung ist der Warmwasserspeicher in der Schweiz am weitesten verbreitet. Er wird üblicherweise für die Gebäudeheizung und teils für industrielle Prozesse verwendet. Warmwasserspeicher werden meist in der Nähe des Verbrauchers oder von Wärmekraft-Kopplungsanlagen und von Fernheizungen installiert. Das warme Wasser ist so bei Bedarf sofort verfügbar. Diese Systeme speichern die Wärme für kurze Zeiträume (Stunden, Tage). Sie können ihren Stromverbrauch zu Spitzenzeiten senken [4] und die Wärmepumpe (oder den Boiler) in Betrieb setzen, wenn überschüssiger Strom produziert wird.



Dank einem Speichervolumen von 25 000 Liter kann die Fernheizzentrale in Düdingen eine grosse Wärmemenge speichern. Quelle: Marcel Gutschner

Die Technologien für die saisonale Speicherung zielen darauf ab, entweder den Untergrund mittels Erdwärmesonden oder Rohrschlangen zu erwärmen oder das Warmwasser in sehr gut isolierten grossen Tanks zu lagern. Die Wärme wird im folgenden Winter zurückgewonnen. Bei Tanks wird sie direkt und bei der Erwärmung des Untergrunds über Wärmepumpen genutzt [4].

Potenzial

Pumpspeicheranlagen sind und bleiben noch für lange Zeit die am weitesten verbreitete Technologie, um grosse Mengen von Strom zu «speichern». Das Konzept des Pumpspeicherkraftwerks hat sich bewährt und kann nicht mit einer Reduktion der Anlagekosten rechnen. Durch die zunehmend unregelmässige Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (insbesondere Sonnen- und Windenergie) gewinnen die Pumpspeicherkraftwerke weiter an Bedeutung für die Erbringung von Regelleistung und zur Leistungssicherung (Stabilisierungsfunktion).

Die Entwicklung von Pumpspeicherkraftwerken wird durch verschiedene Faktoren eingeschränkt. Der Bau eines Pumpspeicherkraftwerks ist nur unter besonderen geografischen Voraussetzungen möglich: Zwei auf unterschiedlicher Höhe angelegte Speicherseen müssen miteinander verbunden werden. Ausserdem muss künftig die Speicherfunktion über unregelmässige und kurze Preisvariationen finanziert werden. Sie werden ihre Speicherkapazität für den Ausgleich der unregelmässigen Stromproduktion von Photovoltaik- und Windenergieanlagen zur Verfügung stellen und so einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität leisten [7]. Theoretisch ist eine Pumpspeicherung zwischen den verschiedenen Stauseen entlang der Saane möglich.

Akkumulatoren und Batterien, die aus elektronischen Geräten nicht mehr wegzudenken sind, können auch dazu genutzt werden, um grössere Mengen von Strom zu speichern. Diese Batterien würden direkt beim Stromerzeuger platziert werden, etwa einem Besitzer einer Photovoltaikanlage. Der im Laufe des Tages produzierte Strom kann dann am Abend verbraucht werden. Diese Lösung ermöglicht eine ausgeglichenere Einspeisung von Strom. Der Bau dezentraler und ferngesteuerter Batterien zur Energiespeicherung (dieses neue Konzept wird unter der Bezeichnung «Schwarmbatterie» entwickelt) ist ebenfalls eine Möglichkeit, Produktionsüberschüsse in Verbindung mit unregelmässig verfügbaren erneuerbaren Energien (Sonne, Wind) auszugleichen. Auf diese Weise kann unter Umständen ein teurer Netzausbau oder die Deaktivierung von Produktionsanlagen vermieden werden [1]. Insbesondere muss mit einem Speicherbedarf für ländliche Netze gerechnet werden, um eine unzulässige Überspannung zu vermeiden (vgl. Kapitel 5.1 Elektrizitätsnetz). Dies wird namentlich der Fall sein, wenn die unregelmässigen dezentralen Produktionstechnologien stark ausgebaut werden, die lokal eine zu hohe Einspeisung in das Verteilnetz verursachen und einen vergleichsweise hohen Bedarf an dezentralen Speicherlösungen aufweisen [1].

In technologischer Hinsicht haben die Batterien noch ein hohes Verbesserungspotenzial. Insbesondere können ihre Speicherkapazität, Lebensdauer und Energiedichte (die ihre Grösse beeinflusst) sowie die Umweltverträglichkeit noch gesteigert werden. Für Batterien wird mit bedeutenden Skaleneffekten gerechnet [1]. Das Management von Stromnetzen sowie die Elektromobilität, die einen wichtigen Beitrag an die Senkung des Verbrauchs von fossilen Energien im Verkehr beiträgt, könnten von diesen Entwicklungen profitieren.

Wasserstoff gilt seit einiger Zeit als Zukunftslösung. Auch wenn die Erwartungen in den letzten Jahrzehnten nicht erfüllt wurden und der Wirkungsgrad der Technik in der Regel unter 50 % liegt, bleibt Wasserstoff eine mittel- und langfristig vielseitige Option für ortsfeste und mobile Anwendungen mit Brennstoffzellen oder als zentrales Element des Power-to-Gas-Konzepts.

Das Warmwasser dient vor allem zur kurzfristigen Wärmespeicherung. Die Lösung ist für die Warmwasserproduktion und Gebäudeheizung sowie für bestimmte industrielle Prozesse technisch und wirtschaftlich interessant. Ein Warmwasserspeicher kann aber auch für die saisonale Energiespeicherung eingesetzt werden. In der Schweiz wurden bereits mehrere Projekte umgesetzt. Die Investitionen sind jedoch hoch und für eine stärkere Verbreitung wird vom technischen und wirtschaftlichen Fortschritt dieser Art von Speicher abhängen. Die Verwendung von Eisspeichern ist eine weitere Lösung für die Speicherung von Wärme [6]. Wasser, das gefriert, gibt eine beachtliche Menge von Energie ab (Kristallisationswärme). Um ein Liter Wasser von 0 °C zu Eis von 0 °C gefrieren zu lassen, muss ihm eine Wärmemenge von 0.1 kWh entzogen werden. In der warmen Jahreszeit sammeln bei der Eisspeicherheizung die Solarkollektoren die Umgebungswärme und geben sie über ein Kreislaufsystem an einen unterirdischen Wassertank ab. Während der Heizperiode entzieht dann eine elektrische Wärmepumpe dem Wasserreservoir kontinuierlich Wärme, bis das Wasser beginnt zu gefrieren und Kristallisationswärme abgibt.



Neubauten, die zu 100 % mit Sonnenenergie geheizt werden. Die Warmwasserspeicher werden zu Beginn der Arbeiten aufgestellt. Quelle: Jenni Energietechnik

6. Energiespeicherung

–

Strategie

Neue Speicher gehören zu den Bestandteilen des künftigen intelligenten Netzes und gewährleisten eine sichere und nachhaltige Energieversorgung.

Die Wasserkraftwerke werden eine Schlüsselrolle bei der künftigen Stromversorgung einnehmen. Künftig werden die Pumpspeicherkraftwerke immer mehr grünen Strom (insbesondere Solar- und Windstrom) speichern. Auf dem Freiburger Kantonsgebiet gibt es kein Pumpspeicherkraftwerk. Falls künftig eine derartige Anlage geplant wird, dann wird sie voraussichtlich in der Nähe der bestehenden Wasserkraftwerke gebaut (vgl. Kapitel 2.1.1 Wasser). Langfristig könnte die dezentrale Speicherung in Batterien eine wichtige Rolle für die Energieversorgung spielen. Die Speicherkapazität hat einen grossen Einfluss auf unsere Unabhängigkeit im Zentrum des Energiemarkts. Die Energiestrategie plant eine massive Steigerung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien.

Wasserstoff bleibt eine strategisch interessante Option, die aber nur schleppend vorankommt. Sollte sich dieser Sektor stark entwickeln, dann könnte der Wasserstoff in das bestehende Energiesystem integriert werden und das Konzept der Netzkonvergenz vorantreiben. Die Überschüsse an erneuerbaren Energien sind aber noch nicht so gross, dass ein rascher Ausbau von Power-to-Gas-Anlagen notwendig wäre. Für einen wirtschaftlichen Betrieb dieser Art von Anlagen reicht folglich die Nachfrage noch nicht aus [5]. Die Entwicklung dieser Technologie in der Schweiz ist noch ungewiss, da ihr Gesamtwirkungsgrad (Strom -> Gas -> Strom) relativ niedrig ist.

Die Speicherung von Wasser, das mit erneuerbaren Energien oder Abwärme erwärmt wird spielt eine wichtige Rolle zur nachhaltigen Deckung des Wärmebedarfs für die Gebäudeheizung, industrielle Prozesse oder in Wärmenetzen. Die saisonale Speicherung von Warmwasser stellt eine interessante Option dar, hat aber noch technisches und wirtschaftliches Verbesserungspotenzial. Pilotprojekte müssen unterstützt werden, um mehr Erfahrung zu sammeln und die technologische Entwicklung zu fördern.

Bibliografie

- [1] BFE / KEMA Consulting. Energiespeicher in der Schweiz. Dezember 2013
- [2] Bärtschi, H.-P. Ein Pumpspeicherwerk von 1863. Februar 2013
- [3] http://www.energie-environnement.ch/le-saviez-vous/539, besucht am 31. März 2016
- [4] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [5] Bundesrat. Antwort auf die Motion 14.3048 «Rahmenbedingungen für Power to Gas rasch verbessern». April 2014
- [6] AEE SUISSE. Dachorganisation der Wirtschaft für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Erneuerbare Wärme hat und braucht die Schweiz. Mai 2014
- [7] AEE SUISSE Dachorganisation der Wirtschaft für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Intelligente Netze und Speicher. November 2013
- [8] ABB. EKZ und ABB nehmen grösste Batterie der Schweiz in Betrieb. März 2012 (http://www. abb.ch/cawp/seitp202/16b99ef9d1a49285c12579c80044795c.aspx)
- [9] CEA. Le stockage stationnaire de l'énergie. Oktober 2012 (http://cadarache.cea.fr/cad/Documents/Entreprises/Valorisation/Rencontres-CEA-Industrie/1er/3 %20Presse_Stockage_Energie.pdf)
- [10] Amstutz, V. Les batteries redox pour le stockage d'énergie, in: VSE Bulletin 10 / 2012. Oktober 2012





7. Energieeffizienz

7. Energieeffizienz

Einleitung

Die Energieeffizienz im Hinblick auf die Gesamtenergie oder auf Strom bezieht sich definitionsgemäss [16] auf das Verhältnis zwischen eingesetzter Energie und erzieltem Nutzen. Energieeffizienz heisst, den erforderlichen Energieeinsatz für eine nachgefragte Energiedienstleistung zu minimieren. Freiwilliges Energiesparen (Stichwort Suffizienz) oder Verhaltenseinschränkungen von Seiten des Gesetzgebers sind streng genommen keine Effizienzverbesserungen.

Im Rahmen seiner Energiestrategie 2050 setzt der Bundesrat auf eine konsequente Umsetzung der Energieeffizienz im Gebäudebereich, bei Elektrogeräten, in Industrie, Gewerbe und bei den Dienstleistungsbetrieben sowie im Bereich der Mobilität. In seiner Energiestrategie für den Kanton Freiburg [10] setzt der Staatsrat das Energiesparen als oberste Priorität. Die Effizienz spielt im Energiebereich daher eine entscheidende Rolle.

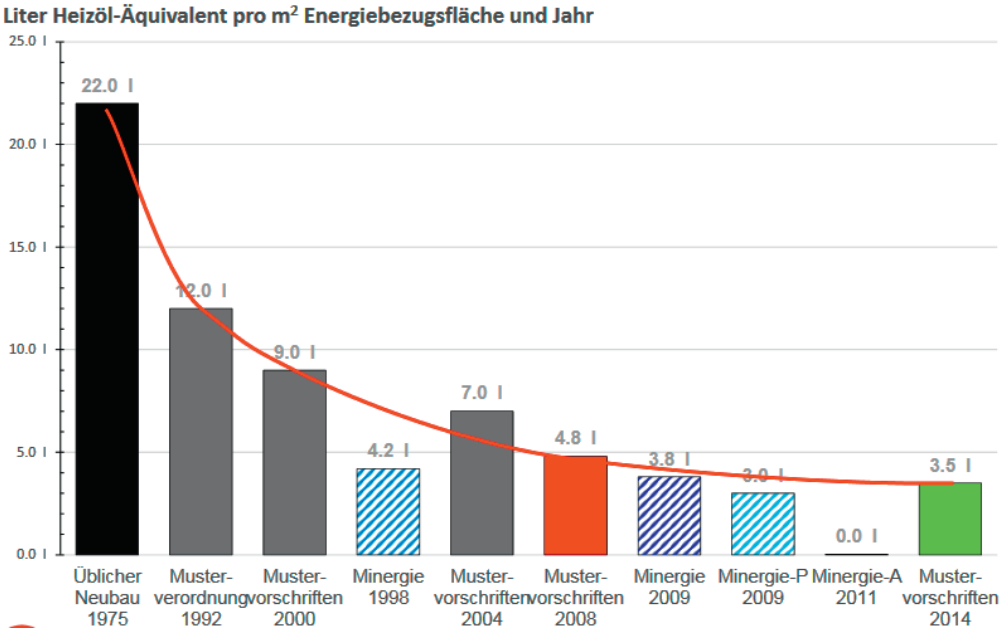
Gemäss Artikel 89 Abs. 4 der Bundesverfassung sind für Massnahmen, die den Verbrauch von Energie in Gebäuden betreffen, vor allem die Kantone zuständig. Die Zuständigkeit der Kantone begrenzt sich somit nicht auf den Vollzug, sondern sie sind auch die Hauptverantwortlichen für die materielle Gesetzgebung über den Energieverbrauch in Gebäuden. Die Zuständigkeit des Bundes in diesem Bereich ist lediglich subsidiär.

7.1 Gebäude

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Der Kanton zählt über 115 000 Gebäude, die bei der KGV versichert sind [1]. Davon sind 66 000 Gebäude mit Wohnnutzung [2]. Wohn-, Industrie und Dienstleistungsgebäude machen 66 % des Immobilienparks aus. Knapp 50 % des schweizerischen Primärenergieverbrauchs werden für Gebäude aufgewendet: 30 % für Heizung, Klimatisierung und Warmwasser, 14 % für Elektrizität und etwa 6 % für den Bau und den Unterhalt [3].

Bis in die 1970er-Jahre verbrauchten die Gebäude jährlich über 20 Liter Heizöläquivalente pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (beheizte Fläche). Nach den Erdölkrisen der 1970er-Jahre wurden die Vorschriften für die Gebäudeheizung immer strenger und mehr auf Effizienz ausgerichtet. Im Moment dürfen Neubauten nicht mehr als 6 Liter Heizöläquivalente pro Quadratmeter Energiebezugsfläche verbrauchen. Die Effizienzstandards wie der Minergie-Standard bieten noch effizientere Lösungen. Bereits heute kann man Häuser bauen, die einen Wärmebedarf nahe bei null oder gar eine positive Energiebilanz aufweisen und die meist über eine sehr gute Isolation und eine Photovoltaikanlage verfügen, die mehr Strom erzeugt, als das Haus verbraucht.



Mustervorschriften und deren Wirkung – Energieverbrauch seit über 25 Jahren sinkend. [13]

Die Sanierungsrate in der Schweiz liegt unter 1 % pro Jahr [17]. Immer mehr alte Gebäude werden durch Neubauten ersetzt, die mehr Geschossfläche auf derselben Parzelle und mehr Energieeffizienz bieten.

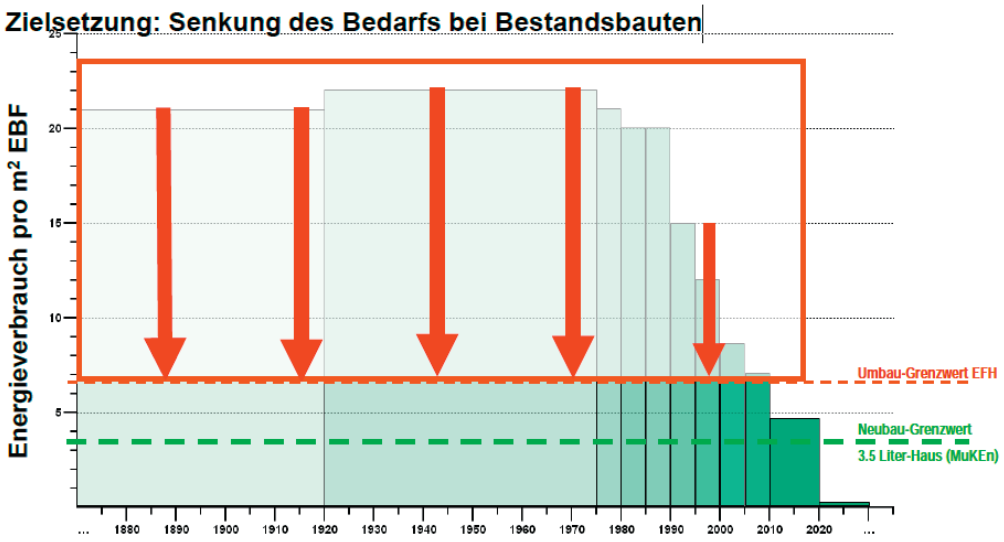


Dieses Gebäude in Wünnewil wurde nach dem Minergie-A-Standard renoviert und vergrössert. Quelle: Marcel Gutschner

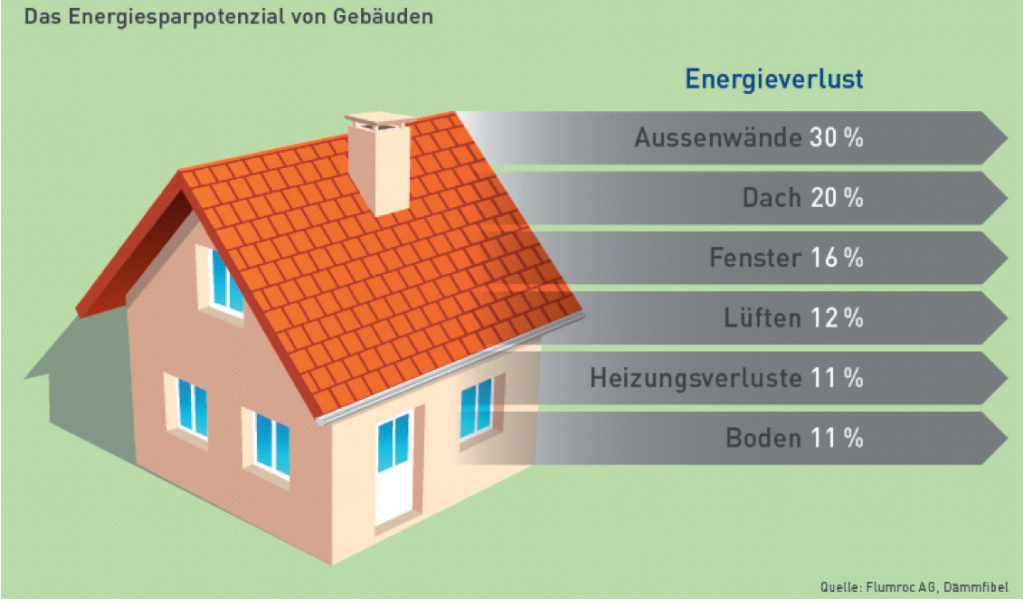
Potenzial

Neubauten und Gebäudesanierungen zeigen, dass der Wärme- und Stromverbrauch drastisch verringert werden kann, insbesondere bei den Gebäuden, die vor dem Jahr 2000 gebaut worden sind.

Bei der Gebäuderenovation ist das Sanierungspotenzial enorm, wie die nachfolgende Abbildung zum Energieverbrauch und zum Energiesparpotenzial der Gebäude aufzeigt. Mit einer Gesamtsanierung des Gebäudes in einer oder mehreren Etappen kann der Energieverbrauch um die Hälfte oder gar um den Faktor 3 reduziert werden. Bei einem Gebäude geht oft die meiste Energie über die Gebäudehülle und insbesondere über die Wände, Dächer und Fenster verloren. Folglich liegt dort auch das grösste Energiesparpotenzial (vgl. Abbildung weiter unten).



Mustervorschriften und deren Wirkung – die neuen Grenzwerte für Bauteile bei Umbauten und Umnutzungen führen zu einem Rückgang des Energieverbrauchs bei alten Gebäuden mit hohem Energiebedarf. Quelle: [13]



Energiesparpotenzial bzw. Energieverluste von Gebäuden. Quelle: AEE Suisse (2014) [4]

Im Bericht zur Energieplanung des Kantons Freiburgs [10] wird das Potenzial der Energieeffizienz auf mehr als 1300 GWh im Jahr geschätzt. Dies entspricht der Hälfte des Wärmebedarfs im Kanton. Doch die Umsetzung der Gebäudesanierungsmassnahmen, die über ein Sparpotenzial von über 1000 GWh pro Jahr verfügen, ist nur über eine relativ lange Zeitspanne möglich.

Das Stromsparpotenzial bis ins Jahr 2050 wird bei der Gebäudetechnik und den Haushaltsgeräten häufig auf 40 oder gar 50 % geschätzt [8, 9]. Die erzielten Ersparnisse im Strombereich werden weitgehend durch einen höheren Stromverbrauch kompensiert werden, der sich mit einem übermässigen Konsum gewisser Produkte erklären lässt. Die Elektrifizierung unserer Gesellschaft und veränderte Konsumgewohnheiten (z.B. Elektromobilität) spielen ebenfalls eine Rolle. In seiner Energiestrategie für den Kanton Freiburg [10] identifiziert der Staatsrat ein Stromsparpotenzial von 23 %. Dieses Potenzial kann ausgeschöpft werden, indem Elektroheizungen ersetzt, bei Wärmepumpen elektrische Zusatzheizungen eingeschränkt, Umwälzpumpen in Haushalten angepasst, leistungsfähige Beleuchtungen und leistungsfähigere Büro- und Haushaltsgeräte genutzt, die Nutzung des Stand-by-Modus in den Haushalten reduziert und die Strassenbeleuchtung und die Belüftung optimiert werden.

7. Energieeffizienz



Seit die Gemeinde Tafers ihre Strassenbeleuchtung auf LED umgestellt und zwischen Mitternacht und 5 Uhr morgens auf dem gesamten Strassennetz (ausser Kantonsstrassen) um 50 % reduziert hat, verbraucht sie 69 % weniger Strom: nur noch 60 MWh statt 194 MWh pro Jahr. Quelle: Marcel Gutschner



Das Verwaltungsgebäude der Gemeinde Belmont-Broye in Domdidier ist nach dem Minergie-P-Standard gebaut und an die Fernheizung angeschlossen, die rund 40 Gebäude mit erneuerbarer Wärme versorgt. Quelle: Marcel Gutschner

Strategie

Die Konferenz Kantonaler Energiedirektoren hat einen Massnahmenplan aufgestellt [18], der u.a. die folgenden Schlüsselelemente aufzeigt:

Neue Gebäude versorgen sich ab 2020 ganzjährig möglichst selbst mit Wärmeenergie und zu einem angemessenen Anteil mit Elektrizität. Gebäude, die vor 1990 erstellt wurden: Die Verwendung von elektrischen Widerstandsheizungen und Elektroboilern wird ab 2015 mit einer Sanierungspflicht innert 10 Jahren verboten. Die Warmwasseraufbereitung muss bei wesentlichen Sanierungen ab 2020 zum grössten Teil durch erneuerbare Energien erfolgen.

Die Umstellung auf erneuerbare Energien sowie die Gebäudehüllensanierung sind verstärkt zu fördern.

Die MuKEn [5] konkretisieren diese Massnahmen in Form von neuen Vorschriften, die die Kantone bis Ende 2018 in ihre Gesetzgebung integrieren müssen. Sie empfehlen neue Anforderungen in Bezug auf die Deckung des Wärmebedarfs bei Neubauten, die in dieselbe Richtung gehen wie die EU-Richtlinie.[1] Neubauten und Erweiterungen von bestehenden Gebäuden (Aufstockungen, Anbauten usw.) müssen so gebaut und ausgerüstet werden, dass ihr Bedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung nahe bei null liegt. Die Verordnung regelt Art und Umfang der Anforderungen an den Energieeinsatz. Sie berücksichtigt dabei insbesondere die Wirtschaftlichkeit sowie besondere Verhältnisse wie Klima, Verschattung oder Quartiersituationen. Der gewichtete Energiebedarf pro Jahr für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung in Neubauten darf den auf 35 kWh pro m² und Jahr festgelegten Grenzwert für Wohngebäude nicht überschreiten. Zudem müssen neue Bauten einen Teil der von ihnen benötigten Elektrizität selber erzeugen. Die im, auf oder am Gebäude installierte Elektrizitätserzeugungsanlage muss mindestens 10 W pro m² EBF betragen, wobei nie 30 kW oder mehr verlangt werden.

Was die Gebäudesanierung angeht, legen die MuKEn [5] neue Grenzwerte (Anhang 2, Art. 1.7 Abs. 2) für Bauteile bei Umbauten und Umnutzungen fest. Die MuKEn verlangen, dass beim Ersatz des Wärmeerzeugers in bestehenden Bauten mit Wohnnutzung diese so auszurüsten, dass der Anteil an nichterneuerbarer Energie 90 % des massgebenden Bedarfs nicht überschreitet. Es werden mehrere Standardlösungen vorgeschlagen.

Die eigentliche Energiestrategie der Kantone für die Gebäude beinhaltet zwei Ziele: i) Die Wärmeversorgung wird bis 2050 zu 100 % ohne fossile Brennstoffe realisiert und ii) der Stromverbrauch wird bis 2030 mit Betriebsoptimierungen und Erneuerungsmassnahmen um 20 % gesenkt bei staatlichen Bauten oder mit neu zugebauten erneuerbaren Energien gedeckt.

7.2 Industrie

Entwicklung und aktueller Verbrauch

Die Wirtschaft (Industrie, Dienstleistungen und Landwirtschaft) verbraucht rund 36 % der Endenergie in der Schweiz [7] und zwar im Wesentlichen in Form von Strom und von fossilen Energieträgern für die Wärmeproduktion. Die bisher erzielten Fortschritte unterscheiden sich stark von einem Sektor zum anderen. Sie hängen hauptsächlich von den Kosten, der Komplexität und der Rentabilität der Investitionen sowie von der Sensibilität der Wirtschaftsakteure und vom gesetzlichen Rahmen ab.

Es stellen sich mehrere Herausforderungen [11]: Die erste ist organisatorischer Natur. Ausser bei sehr energieintensiven Unternehmen ist die Energieeffizienz kein dringendes Anliegen für die Führungskräfte.

Die zweite Herausforderung ist betrieblicher Natur. Sie resultiert aus der Art der Produktionsverfahren, die sehr oft im Kurzzeitbetrieb erfolgen, insbesondere in der chemischen Industrie oder der Lebensmittelindustrie. Die Anlagen werden eingeschaltet, ausgeschaltet, wieder eingeschaltet usw., was die Nutzung der Abwärme für Heizungs- oder Trocknungszwecke erschwert, weil diese Prozesse oft nicht gleichzeitig ablaufen. Die dritte Herausforderung ist wirtschaftlicher Natur. Die Mehrheit der Energie-

[1] Die neue EU-Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden schreibt vor, dass ab Dezember 2020 alle neuen Gebäude und ab Dezember 2018 alle öffentlichen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sein müssen.

effizienzlösungen wirft erst innerhalb eines Zeitraums von vier bis sieben Jahren eine Rendite ab. Das ist zu lang für Industrieunternehmen, die Investitionen oft nur dann zustimmen, wenn das investierte Kapital nach maximal 3 Jahren eine Rendite abwirft.

Diese Zurückhaltung ist einerseits auf die Unsicherheit bezüglich des langfristigen Erfolgs ihrer Produkte auf dem Markt zurückzuführen und andererseits auf die Tatsache, dass die Unternehmen ihre finanziellen Ressourcen primär in die Verbesserung der Produktqualität und die Verlässlichkeit der Produktionsverfahren investieren, auf Kosten einer rationelleren Energienutzung. Sie sind oft auch zurückhaltend bei der Installation von Photovoltaikanlagen auf den Dächern, wenn die künftige Entwicklung des Standorts ungewiss scheint.

Potenzial

Die Konferenz Kantonaler Energiedirektoren hält in den MuKEn fest [5], dass bei Grossverbrauchern der Energieeinsatz in erster Linie für Produktionsprozesse erfolgt. Wärme- und Kälteschutz von Bauten und Gebäudetechnik im engeren Sinn sind von eher untergeordneter Bedeutung. Bei vielen dieser Prozesse besteht grosses Optimierungspotenzial, das oft mangelhaft genutzt wird, weil die Kosten der nutzlos eingesetzten Energie nicht erfasst werden oder scheinbar nicht ins Gewicht fallen.

Das Energiesparpotenzial in der Industrie, insbesondere mittels Energieeffizienzmassnahmen, ist sehr gross: Es liegt bei 25 bis 35 %, sowohl beim Strom als auch bei den Brenn- und Treibstoffen [6, 8, 9]. Eine Studie [15] über die Freiburger Landwirtschaft zeigt ein Energiesparpotenzial in ähnlicher Höhe.

Die industriellen Tätigkeiten [6] verbrauchen 75 % der Energie in Form von Wärme und zwar in Anlagen wie z.B. Öfen, Chemiereaktoren, Heizkesseln und Trocknungsanlagen. Die Erzeugung und Verwendung dieser Wärme ist noch zu selten optimiert. Dies führt zu bedeutenden Energieverlusten. Mit einer Optimierung der industriellen Verfahren könnten diese Verluste deutlich verringert werden. Dabei geht es einerseits darum, die Wärme auf eine effiziente Art und in der richtigen Temperatur zu erzeugen, indem in industriellen Prozessen Wärmepumpen mit Wärmekraftkopplungsanlagen verbunden werden. Es ist ebenfalls möglich, die Abwärme zu verwerten: So können z. B. die Verluste eines Heizkessels zur Speisung von Trocknungsanlagen verwendet werden (vgl. Kapitel 2.2.2 Industrie). Derartige Verbesserungen können betriebsintern oder durch betriebsübergreifenden Austausch zwischen nahe beieinanderliegenden Unternehmen erfolgen (industrielle Ökologie).

Um Strom zu sparen, müssen vor allem effizientere Elektroantriebe genutzt werden. Denn diese machen deutlich mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs aus [12]. Zahlreiche Geräte wie Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren (in Kühlschränken, Klimaanlagen, Wärmepumpen usw.) sind oft überdimensioniert, schlecht genutzt sowie veraltet und daher nicht sehr effizient. Das Einsparpotenzial für grosse Anlagen, die viele Stunden pro Jahr in Betrieb sind, liegt bei 15 bis 30 % oder mehr.

In der Regel sind Einsparungen von 10 bis 20 % relativ einfach erreichbar [6]. Darüber hinausgehende Einsparungen (bis zu 30 %) erfordern aber viel aufwendigere Untersuchungen und Investitionsentscheidungen.

Einsparungen im Bereich Mobilität sind ebenfalls möglich, vor allem wenn ein effizienterer Personenverkehr und Warentransport propagiert wird.



Das Unternehmen Wago hat zahlreiche Energieeffizienzmassnahmen bei den industriellen Verfahren an seinem Produktionsstandort in Domdidier getroffen [20]. Bei der Sanierung der Fassade wurde das Gebäude mit Solarmodulen ausgestattet. Quelle: Marcel Gutschner

Strategie

Zahlreiche Energieeffizienzmassnahmen weisen ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis auf und ermöglichen so ökologische und finanzielle Gewinne. Angesichts des erheblichen Energiesparpotenzials müssen die Grossverbraucher ihren Stromverbrauch minimieren. Diese Verpflichtung der Grossverbraucher stützt sich auf Artikel 89 Abs. 1 und 4 der Bundesverfassung. Seit der Änderung des Energiegesetzes des Bundes, die im März 2007 vom Bundesparlament beschlossen wurde, sind die Kantone verpflichtet, ein derartiges Verbrauchermodell einzuführen. Der Kanton hat diese Pflicht in Artikel 18a seines Energiegesetzes vom 9. Juni 2000 verankert. Gemäss Artikel 1.28 MuKEn 2008 gelten Betriebe dann als Grossverbraucher, wenn pro Verbrauchsstätte entweder der jährliche Wärmeverbrauch über 5 GWh oder der jährliche Elektrizitätsverbrauch über 0,5 GWh liegt. Die aufgrund einer Verbrauchsanalyse zu treffenden Massnahmen sind für Grossverbraucher zumutbar, wenn sie dem Stand der Technik entsprechen sowie über die Nutzungsdauer der Investition wirtschaftlich und nicht mit wesentlichen betrieblichen Nachteilen verbunden sind.

Die Grossverbraucher werden daher aufgefordert, ihre Energieeffizienz langfristig zu verbessern, indem sie mit dem Bund oder dem Kanton eine Zielvereinbarung abschliessen. Ziel der Universalzielvereinbarung mit dem Bund ist eine Steigerung der Energieeffizienz über einen Zeitraum von zehn Jahren. Die Freiburger Grossverbraucher [14] können als Alternative eine Zielvereinbarung mit dem Kanton abschliessen, die das Effizienzziel von 20 % in zehn Jahren beibehält. Oder sie schliessen eine spezifische Vereinbarung ab, die eine Energieverbrauchsanalyse und anschliessend Massnahmen zur Effizienzsteigerung um mindestens 15 % in drei Jahren treffen

Die externe Nutzung der Abwärme wird als Energieeffizienzmassnahme anerkannt und ist in der territorialen Energieplanung zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 2.2.2 Industrie).

Die Richtlinie des Amts für Energie zum Vollzug der Bestimmungen über die Grossverbraucher im Energiebereich [19] ist eine Vollzugshilfe zum kantonalen Energiegesetz und seinem Reglement.

Das Modul 8 der MuKEn [5] strebt eine Betriebsoptimierung für Nichtwohnbauten und Betriebsstätten mit einem jährlichen Stromverbrauch von mindestens 200 000 kWh an. Durch die Vorschriften zur Betriebsoptimierung müssen die Gebäudetechnikanlagen in bestehenden Gebäuden auf dem jeweils aktuellsten Stand der höchsten Energieeffizienz betrieben werden. Von diesen Vorschriften befreit sind Wohnbauten und Gebäude bzw. Eigentümer, die eine Zielvereinbarung abgeschlossen haben, im KMU-Modell integriert sind oder nachweisen können, dass sie bereits eine mehrjährige systematische Betriebsoptimierung durchführen. Die Betriebsoptimierung umfasst die Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Sanitär, Elektro und Gebäudeautomation. Damit wird der Strom- und Wärmeverbrauch optimiert. Die Gebäudehülle ist nicht Teil der Betrachtung.

Was das Mobilitätsmanagement im Betrieb angeht, so verlangen immer mehr Freiburger Gemeinden von Betrieben mit einer gewissen Anzahl Vollzeitäquivalenten (ab 20 bis 30 VZÄ) einen Mobilitätsplan. Der Mobilitätsplan ist ein Instrument, mit dem das Mobilitätsverhalten der Mitarbeitenden eines Unternehmens besser und unter Berücksichtigung der Grundsätze der nachhaltigen Entwicklung verwaltet werden kann.

Bibliografie

- [1] KGV. Jahresbericht 2015. 2016
- [2] StatA. Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg. 2016
- [3] EnDK Konferenz Kantonaler Energiedirektoren. Energieverbrauch von Gebäuden – Fact Sheet. August 2014
- [4] AEE SUISSE. Erneuerbare Wärme hat und braucht die Schweiz. Mai 2014
- [5] EnDK. Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn). Januar 2015
- [6] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [7] BFS. Panorama. Februar 2016
- [8] Bundesamt für Energie. Aktualisierung der Energieperspektiven 2035: Einsparpotenziale nach Verwendungszwecken. Mai 2011
- [9] Schweizerische Agentur für Energieeffizienz. Factsheet «Stromverbrauch 2035/2050». April 2011
- [10] Bericht Nr. 160 des Staatsrats an den Grossen Rat über die Energieplanung des Kantons Freiburg (neue Energiestrategie). 29. September 2009

- [11] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015
- [12] Konferenz der kantonalen Energiefachstellen. Minimierung des Strombedarfs – wenig brauchen und selber produzieren, Präsentation an der Swissbau. 13. Januar 2016
- [13] Konferenz der kantonalen Energiefachstellen. Reduktion des Wärmebedarfs und effiziente Energienutzung – auch bei bestehenden Bauten, Präsentation an der Swissbau. 13. Januar 2016
- [14] AfE. Energiegesetz – Art. 18a Grossverbraucher. Die drei Vollzugsvarianten: Beschrieb und Entscheidungshilfe. 18. November 2014
- [15] Agridea. Mandat d'étude sur l'agriculture fribourgeoise et l'énergie. Mai 2016
- [16] VSE. Effizienzsteigerung – Potenziale. August 2015
- [17] Holzbau Schweiz. Holz, erneuerbarer Rohstoff mit Potenzial, Präsentation an der AEE Sessionsveranstaltung - Parlamentarische Gruppe Erneuerbare Energien. 17. Juni 2015
- [18] Konferenz Kantonaler Energiedirektoren. Energiepolitik der EnDK – Eckwerte und Aktionsplan. September 2011
- [19] Amt für Energie. Richtlinie zum Vollzug der Bestimmungen über die Grossverbraucher im Energiebereich. März 2015
- [20] Wago. Präsentation am Nachhaltigkeitsapéro. 24. November 2010





8. Energiestrategie

8. Energiestrategie

Der Bürger als Verbraucher im Zentrum der Energiewende

Die neue Energiestrategie erfordert vor allen Dingen, dass der persönliche Energieverbrauch gesenkt wird. Dafür kann an zwei Punkten angesetzt werden: beim Verhalten im Alltag und bei der Ergreifung von punktuellen Massnahmen. Es gibt kein Allheilmittel, das unseren Verbrauch drastisch senken könnte. Aber gemäss dem Prinzip «kleine Schritte, grosse Wirkung» kann durch richtiges Verhalten und viele einfache Handgriffe eine Menge Energie gespart werden. Diese Handgriffe verteilen sich auf viele kleine Aktionen, die wir beinahe automatisch ausführen, auf bewusste Entscheidungen, die zur Gewohnheit werden, und auf den überlegten und verantwortungsbewussten Einkauf von Lebensmitteln, Elektrogeräten oder Fahrzeugen. Vor allem mit dem Kauf von moderneren und effizienteren Fahrzeugen und Produkten können beim Energieverbrauch signifikante Ergebnisse erzielt werden. Was die Ergreifung energieeffizienter Massnahmen angeht, so ist die Gebäudesanierung eine der wirksamsten Massnahmen, die Hauseigentümer treffen können.

Unsere Art, die Energie zu nutzen, wird sich ändern. Daher müssen sich auch gewisse Gewohnheiten ändern, wie dies bereits in der Vergangenheit mehrfach geschehen ist. Im traditionellen, zentralisierten Energiesystem haben die Verbraucher eine relativ passive Rolle gespielt. Beim Aufbau eines viel dezentralisierteren Systems, das sich immer mehr auf erneuerbare Energien abstützt, bedarf es hingegen einer aktiven Mitwirkung der Bürger. Es reicht nicht, dass sie die neuen Energieoptionen (z.B. Gaskraftwerke, Windkraft, Tiefengeothermie usw.) lediglich akzeptieren. Jeder einzelne wird nämlich viel grössere Wahlmöglichkeiten haben, z.B. bei seiner Stromversorgung, der Eigenproduktion, der Fortbewegung und allgemein beim Mobilitätsmanagement. Der Bürger wird nicht nur Verbraucher sein, sondern auch Produzent.

Das Bewusstsein für den Wert der Energie nimmt zu. Wahrscheinlich werden auch die Preise selbst steigen. Die Gründe dafür sind die Umweltsteuer auf fossilen Energien und deren Verknappung, die notwendige Modernisierung der Übertragungsnetze und der immer grössere Anteil der erneuerbaren Energien an unserem Energiemix. Doch dank der Verringerung des persönlichen Energieverbrauchs dürfte die Energierechnung für die Verbraucher erträglich bleiben und von der verstärkten Nutzung einheimischer Ressourcen wird auch die lokale Wirtschaft profitieren.

Die Energiestrategie 2050 des Bundes hebt auch die Rolle der Einzelpersonen hervor, indem sie Ziele für die Absenkung des durchschnittlichen Stromverbrauchs pro Person gegenüber dem Jahr 2000 festlegt:[1]

	2020	2035
Elektrizität	-3 %	-13 %
Gesamtenergieverbrauch	-16 %	-43 %

[1] Quantitative Ziele aus dem Entwurf zum neuen Energiegesetz des Bundes, {vgl. Kapitel 3.1 Elektrizität und 3.3 Wärme}

Gesamtwirkung auf den Kanton Freiburg

Auf kantonaler Ebene wird bei den grössten Posten im Energieverbrauch ebenfalls eine Senkung angestrebt. Dies auch wenn die Bevölkerung weiter wächst[2] und insbesondere im Bereich der Elektrizität gewisse Effekte einander entgegenwirken.

In der nachstehenden Tabelle sind die Ziele der entsprechenden Kapitel aus dem vorliegenden Sachplan aufgeführt:

	2030 - 3035
Elektrizität	+/-0 %
Wärme	-30 %
Verkehr	-40 %

Entwicklung des Gesamtverbrauchs nach Sektoren im Vergleich zur aktuellen Situation

Diese Ziele nach Sektoren entsprechen dem Ziel der «4000-Watt-Gesellschaft», das im Rahmen der Energiestrategie des Kantons Freiburg aus dem Jahr 2009 angestrebt wird und nach wie vor seine Gültigkeit behält. NB: Die Energiestrategie des Kantons Freiburg aus dem Jahr 2009 legt ihre Ziele für das Jahr 2030 fest, während die Energiestrategie 2050 des Bundes einen Meilenstein für 2035 festlegt. Im vorliegenden Sachplan wird der Zeitraum 2030-2035 als derselbe Zeithorizont mit den gleichen Zielen behandelt, die ohnehin approximativ sind.

Ein neues Energiesystem

Vielfältig, vernetzt, intelligent und effizient: Das sind die Schlüsselwörter, die das ideale Energiesystem von morgen beschreiben. 2035 ist als eine Zwischenetappe auf dem Weg zur Energiewende von 2050 zu betrachten, die folgende Eigenschaften aufweist:

- starker Ausbau der erneuerbaren Energien (Anteil am Energiemix von rund ⅔ gegenüber 20 % heute);
- geplantes Verschwinden des einheimischen Atomstroms;
- deutlich tieferer oder gar kein Heizöl- und Erdgasverbrauch zum Heizen;
- starker Rückgang unserer Abhängigkeit von Erdölprodukten, trotz eines weiterhin hohen Anteils an fossilen Treibstoffen für den Verkehr.

Grosse Ungewissheit besteht noch, was den Anteil an Biotreibstoffen in Benzin, Diesel und Kerosin angeht, und vor allem welche Rolle das Gas spielen wird. Der Gasverbrauch könnte je nach Produktionsart (Erdgas, Biogas, Synthesegas), Verwendungszweck (Heizen, Prozesse, Wärme-Kraft-Kopplung, Kraftwerke, Fahrzeuge), Speicherbedarf und Bedarf an Infrastrukturen zur Energieübertragung sinken oder steigen. Bis 2035 dürften drei der fünf Kernreaktoren abgeschaltet worden sein. Die übrigen Ziele der Energiestrategie

[2] Zwischen 2000 und 2013 ist die Bevölkerungszahl des Kantons Freiburg um 25 % gestiegen. Dies ist das grösste Zunahme aller Schweizer Kantone (+12 % seit 2009).

2050 werden bis dahin auf halbem Weg sein.

Kantonseigene Ressourcen nutzen

Die nachfolgenden Tabellen fassen die Informationen aus den entsprechenden Kapiteln dieses Sachplans zusammen.

Elektrizität: Produktion im Kanton

Kantonseigene Stromproduktion GWh/a	Heute	Potenzial	Ziel 2035	Differenz bis 2035	Vision 2050	Vision 100 % erneuerbar
Wasserkraft	600	798	798	198	798	798
Solarstrom	47	1000	320	273	500	580
Windkraft	0	4100	160	160	250	300
Tiefengeothermie	0	*	42	42	84	84
KVA	54	54	54	0	54	54
ARA-WKK	8	12	9	1	9	9
Holz-WKK	1	50	30	29	50	50
Biogas-WKK	13	94	40	27	60	60
Total	**723**	**6108**	**1453**	**730**	**1805**	**1935**
Stromverbrauch GWh/a	1800		1800		1800	

* Kein eigentlicher Höchstwert

Wärme: Produktion im Kanton

Kantonseigene Wärmeproduktion GWh/a	Heute	Potenzial	Ziel 2035	Differenz bis 2035	Vision 2050	Vision 100 % erneuerbar
Wärmepumpen	350	*	520	170	690	690
Tiefengeothermie	0	*	85	85	170	170
KVA	62	100	100	38	100	100
Industrieabwärme	0	200	50	50	50	100
ARA-Abwärme	1	160	120	119	160	160
ARA-WKK	14	22	16	2	16	16
Solarwärme	16	270	100	84	160	200
Holz (einschl. WKK)	300	705	600	300	600	600
Biogas-WKK	16	175	74	58	111	111
Total	**759**	**1632**	**1665**	**906**	**2057**	**2147**
Wärmeverbrauch GWh/a	3500		2400		2000	

* Kein eigentlicher Höchstwert

Im Jahr 2035 sollte es die kantonseigene Energieproduktion bereits erlauben, den Bedarf grösstenteils (70-80 %) zu decken, aber bis dahin müsste die Produktion im Vergleich zu heute etwa verdoppelt werden. Beim Strom wird der restliche Bedarf durch Zukäufe von ausserhalb des Kantons gedeckt. Was die Wärme angeht, so dürfte des Gas eine Übergangslösung darstellen, die 2035 noch nötig ist, aber im Jahr 2050 nicht mehr unbedingt.
Die Vision 2050 zeigt, dass wir theoretisch gleich viel produzieren könnten, wie wir verbrauchen, wenn nicht sogar mehr. Es wäre aber falsch, die Autarkie des Kantons anzustreben.
Ein Austausch mit den anderen Kantonen wird immer nötig sein, um einen punktuellen Bedarf zu kompensieren und die Energiespeicher zu vernetzen. Beim Strom könnte die Produktion den Verbrauch decken, wenn wir mehr auf die Windkraft setzen. Im Übrigen stellt das Windkraftpotenzial auch eine Reserve dar, falls künftig ein zusätzlicher Bedarf gedeckt werden muss. Der Wärmeverbrauch von 2050 wurde anhand der aktuellen Trends sowie der Ziele der Energiestrategie 2050 und der 2000-Watt-Gesellschaft geschätzt.

Die Vision 100 % erneuerbar zeigt, dass das aktuelle Ziel des kantonalen Energiegesetzes mit dem im Kanton verfügbaren Potenzial erreichbar ist.[3] Die kantonseigene Stromproduktion, die über dem

[3] **Art. 1** Ziel
[1] Mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung soll dieses Gesetz zu einer ausreichenden, breit gefächerten, sicheren und wirtschaftlichen Energieversorgung beitragen, die mit den Anforderungen des Umweltschutzes und der Raumplanung vereinbar ist..
[2] Es bezweckt:
a) die Sicherstellung der wirtschaftlichen und umweltverträglichen Erzeugung und Verteilung von Energie;
b) die sparsame und rationelle Energienutzung;
c) die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien;
d) die Förderung einheimischer Energien.

geschätzten Verbrauch liegt, könnte für die Elektromobilität genutzt werden, falls der Boom in diesem Bereich grösser als erwartet sein sollte.

NB: Der hier genannte Strom- und Wärmeverbrauch entspricht nicht der heutigen Definition der Endenergie (bezogene Energie). Denn er schliesst den Anteil des Eigenverbrauchs von Solarwärme und Solarstrom mit ein, der gemäss den vorliegenden Projektionen deutlich steigen wird.

Im Bereich Verkehr ist es nicht vorgesehen, grosse Mengen an einheimischen Treibstoffen zu produzieren. Dagegen schliesst der oben genannte Stromverbrauch eine gewisse Entwicklung der Elektromobilität mit ein. Gemäss der Energiestrategie des Bundes werden im Jahr 2050 im Vergleich zur heutigen Nutzung noch 30-40 % fossile Treibstoffe verwendet.

Sofortige Umsetzung

Für die Umsetzung der Energieeffizienzmassnahmen ist eine relativ lange Anpassungszeit nötig, da sie von der Erneuerungsrate unserer energieverbrauchenden Geräte und Anlagen abhängt: Elektrogeräte (5-10 Jahre), Autos (12 Jahre), Heizsysteme (20 Jahre), respektive Sanierung der Gebäude (30-50 Jahre).

Die grossflächige Verbreitung der Technologien für die Nutzung der erneuerbaren Energien wird ebenfalls Zeit in Anspruch nehmen – etwa 20 bis 30 Jahre. Für den vollständigen Ausbau der erneuerbaren Energien müssen tausende Anlagen installiert werden, die behördlich genehmigt werden und manchmal auch rechtliche Verfahren durchlaufen müssen. Das Stromnetz muss ausgebaut und an den starken Ausbau neuer dezentraler Energiequellen angepasst werden. Neue Lösungen für die Stromspeicherung müssen ebenfalls ausgearbeitet werden.

Die Fristen für unsere Energiewende sind bekannt: gestaffelte Stilllegung unserer Kernkraftwerke ab 2019, ehrgeizige Verpflichtung zur Reduzierung unserer Treibhausgase bis 2020 und 2030, Auslaufen der Stromimportverträge mit Frankreich zwischen 2018 und 2035.

Es ist wichtig, bei der Entwicklung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz nicht zuzuwarten. Denn je länger wir warten, desto mehr werden wir gezwungen sein, für unsere Stromversorgung auf Gaskraftwerke und Importe zurückzugreifen, was auch zu höheren Kosten führen könnte.

Die Gesamtkosten der Energiewende werden voraussichtlich etwa 0,9 % unseres BIP ausmachen. Der Klimawandel könnte aber weit höhere Kosten verursachen. Die Europäische Union schätzt sie auf 1,8 % ihres BIP (im Jahr 2100), ein Wert, der in der Schweiz nicht viel anders ausfallen wird. Untätig zu bleiben kommt also potenziell doppelt so teuer, als proaktiv zu handeln [1]. Der Energiewandel hat auch einen direkten positiven Einfluss auf die lokale Wirtschaft, die immer öfter für den Ersatz von nicht erneuerbaren Energien herangezogen wird , für die heute noch im Kanton über eine Milliarde Franken ausgegeben wird.

> [1] EPFL-Swiss Energyscope (www.energyscope.ch). Welche Energie will die Schweiz? Verstehen, um zu entscheiden & François Vuille, Daniel Favrat, Suran Erkman. Energiewende? Antworten auf 100 brennende Fragen. hep Verlag, 2015





9. Organisation

9. Organisation

Der Sachplan Energie bezweckt, einen Überblick über die Lage im Kanton im Energiebereich zu geben und die Herausforderungen und Potenziale aufzuzeigen. Er soll aber auch konkrete Massnahmen auslösen, die im Sinne der energiepolitischen Ziele umgesetzt werden können. Diese Massnahmen fügen sich in einen allgemeinen Kontext unter Berücksichtigung der im Bereich tätigen Organisationen ein.

Internationale Ebene

Die Energieversorgung der Schweiz hängt zu etwa 80 % vom Import fossiler Brenn- und Treibstoffe sowie von Kernbrennstoffen ab. Sogar die Stromversorgung ist zumindest in den Wintermonaten von Importen abhängig.

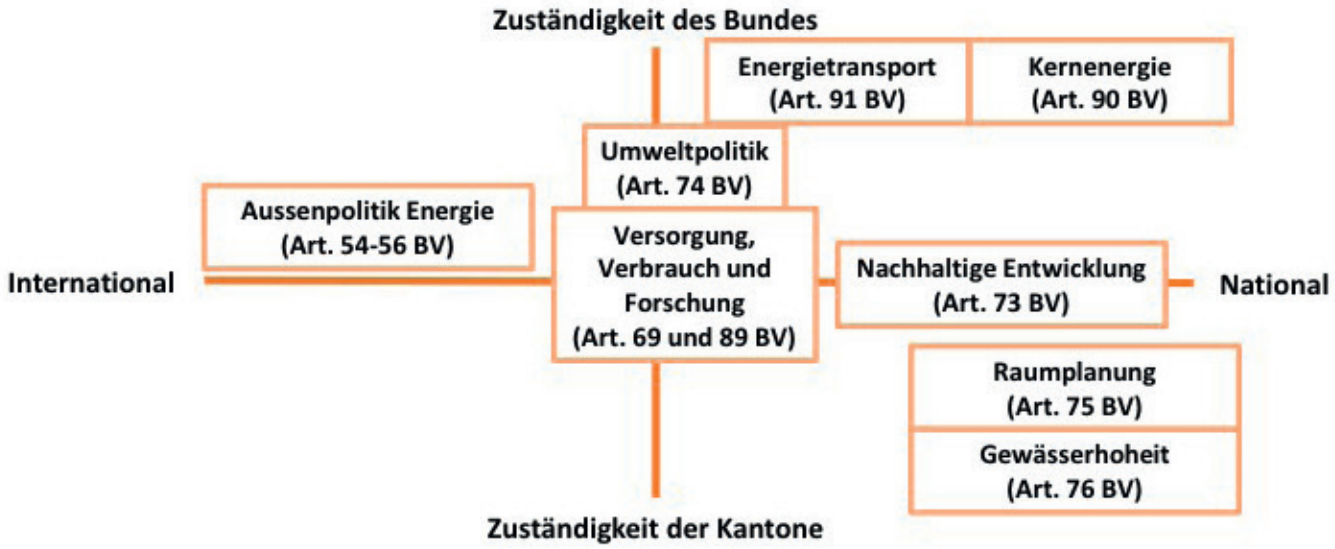
Die hohe Importabhängigkeit, die Gewährleistung der Versorgungssicherheit und die Nachhaltigkeitsziele der schweizerischen Energiepolitik machen eine enge Zusammenarbeit der Schweiz mit internationalen Energieorganisationen und ausländischen Energiebehörden unabdingbar. In den Gesprächen mit der Europäischen Union (EU) steht deshalb für die Schweiz die Absicherung ihrer Stellung im europäischen Energiemarkt im Vordergrund. Seit 2007 verhandelt sie mit der EU über ein Stromabkommen. Fernziel der Verhandlungen ist ein umfassendes Energieabkommen mit der EU, das neben Elektrizität auch Themen wie Energieinfrastruktur, Energieeffizienz und Erdgas umfassen soll.

Ferner setzt sich die Schweiz dafür ein, dass die globale Energiepolitik massgeblich von multilateralen Gremien wie der internationalen Energieagentur (IEA), der internationalen Atomenergieagentur (IAEA), der Energiecharta sowie der International Renewable Energy Agency (IRENA) mitgestaltet wird, da sie dort als Mitglied Mitspracherecht besitzt.

Nationale Ebene

Gestützt auf Artikel 89 der Bundesverfassung regeln vier Gesetze die Energie- und Klimapolitik des Bundes: Das Energiegesetz (EnG), das Stromversorgungsgesetz (StromVG), das Bundesgesetz über die Reduktion der CO_2-Emissionen (CO_2-Gesetz) und das Umweltschutzgesetz (USG).

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und insbesondere seine Bundesämter für Energie (BFE) und für Umwelt (BFU) sind für diese Bereiche zuständig. Die Kompetenzen werden jedoch mit den Kantonen geteilt:



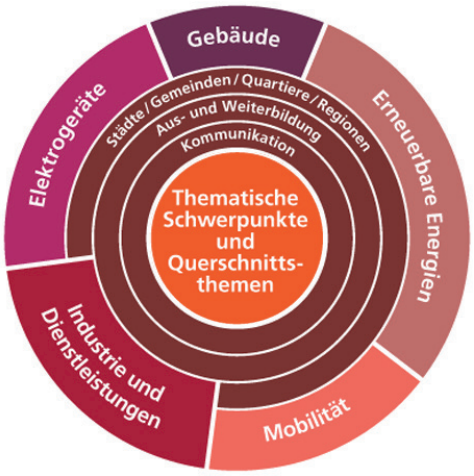
Aufteilung der Kompetenzen gemäss Bundesverfassung.

Neben den öffentlichen Körperschaften spielen auch verschiedenen andere Akteure eine wichtige Rolle im Bereich der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien: Unternehmen unterschiedlicher Branchen, Umwelt- und Konsumentenorganisationen sowie die gesamte Bevölkerung. EnergieSchweiz ist die zentrale Plattform, die die unterschiedlichen Akteure informiert, sensibilisiert, vernetzt, koordiniert und den Austausch von Know-how unterstützt.

Das Bundesamt für Energie ist für ihre Geschäftsführung zuständig. EnergieSchweiz finanziert und begleitet Projekte von Partnern aus dem öffentlichen Sektor und der Privatwirtschaft, die die Massnahmen unterstützen.

9. Organisation

Organisatorisch gliedert sich die Plattform in fünf thematische Schwerpunkte und drei Querschnittsbereiche:



Quelle: EnergieSchweiz.ch

Interkantonale Ebene

In Ergänzung der Bundesgesetzgebung und gestützt auf Artikel 89 der Bundesverfassung haben die Kantone eigene Instrumente entwickelt, um ihre Energiepolitik zu definieren.
Die Kantone arbeiten seit 1979 im Rahmen der Konferenz Kantonaler Energiedirektoren zusammen. Diese Einrichtung und ihr technisches Pendant, die Konferenz der kantonalen Energiefachstellen (EnFK), erarbeiten und koordinieren die gemeinsamen Tätigkeiten der Kantone im Bereich der Energiepolitik (www.endk.ch). Die EnDK und die EnFK sind auf kantonaler Ebene die vorrangingen Partner des Bundes in allen Bereichen, die die Energiepolitik betreffen.

Die EnDK hat die Leitlinien festgelegt, die der Energiepolitik der Kantonsregierungen eine Richtung geben und als Führungsinstrument für ihre Tätigkeit dienen. Insbesondere stellt die EnDK die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn) sowie das Harmonisierte Fördermodell der Kantone (HFM) auf und aktualisiert sie. Die MuKEn sind ein Regelwerk im Energiebereich, das von den Kantonen gemeinsam gestützt auf ihre Vollzugserfahrung aufgestellt wird. Die jüngste Revision aus dem Jahr 2015 sieht vor, dass die Kantone ihre Energiegesetzgebung bis 2018 anpassen, damit die neuen harmonisierten Vorschriften in der ganzen Schweiz spätestens ab 2020 gelten. Das HFM stellt für alle Kantone eine gemeinsame Grundlage dar, die sich auf die entsprechenden Gesetzesgrundlagen des Bundes und der Kantone abstützt. Die Kantone können es benutzen, um in ihren Förderprogrammen die gewünschten Schwerpunkte zu legen.

Darüber hinaus hat die EnDK den Gebäudeenergieausweis der Kantone (GEAK®) aufgestellt, der ein wichtiges energiepolitisches Instrument darstellt, sowie das «Gebäudeprogramm» entwickelt, dessen Umsetzung sie zusammen mit dem Bund gewährleistet.[1]

[1] Seit 2017 steht dieses Programm vollständig unter der Verantwortung der Kantone

Kantonale Ebene

Der Kanton ist für die Ausarbeitung des Sachplans Energie und des kantonalen Richtplans zuständig. Gemäss Energiegesetzgebung dient der Sachplan Energie als Grundlage für die Energiethemen, die im kantonalen Richtplan aus raumplanerischer Sicht behandelt werden. Der kantonale Richtplan ist ein Instrument, das die verschiedenen Aktivitäten koordiniert, die raumplanerisch von Bedeutung sind, wobei die Energieversorgung und deren Entwicklung einen wichtigen Stellenwert haben. Er ist für die öffentlichen Körperschaften bindend, jedoch nicht für Privatpersonen.

Gemäss dem 2014 revidierten Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) können raumwirksame Projekte nicht mehr auf lokaler Ebene geplant werden, wenn der kantonale Richtplan nicht vorgängig den Standort solcher Projekte definiert hat. Die nächste Richtplanrevision wird es ermöglichen, die energiepolitischen Neuerungen und Anpassungen mit der Raumplanung zu koordinieren.

Der kantonale Richtplan bestimmt für jedes seiner Themen die beteiligten Stellen und die Grundsätze zur Koordination. Die folgenden Absätze betreffen die regionale und kommunale Ebene und enthalten die wichtigsten Aufgaben der öffentlichen Körperschaften des Kantons.

Regionale Ebene

Die Entwicklung von Infrastrukturen für die Produktion und den Verbrauch von Energie (z.B. Fernwärmenetze, Tiefengeothermie, Biomasse, Energieholz) kann eine Koordination auf regionaler Ebene erfordern.

Die Regionen:

- stellen im Richtplan die übergeordneten Energienetze dar;
- stimmen die Themen Siedlung, Verkehr und Energie aufeinander ab;
- berücksichtigen bei ihrer Planung die Energienetze;
- können die Energienetze koordinieren;
- können die Holznutzung zur Energiegewinnung koordinieren.

Kommunale Ebene

Die Gemeinden berücksichtigen überall bei ihrer gesetzgeberischen und administrativen Tätigkeit und bei der Bewirtschaftung ihrer Güter die Notwendigkeit der rationellen Energienutzung, der Diversifikation der Energiequellen und der Förderung erneuerbarer Energien. Sie gehen in Bezug auf ihre Gebäude, Einrichtungen und Fahrzeuge mit gutem Beispiel voran und animieren ihr Personal dazu, es ihr nachzumachen. Insbesondere für alle ihre neuen Gebäude benutzen die Gemeinden CO_2-neutrale Mittel zur Wärmeproduktion. Für ihren eigenen Elektrizitätsverbrauch werden die Gebäude der Gemeinden schrittweise mit grünem Strom versorgt, der im Kanton produziert wird und das Label «Naturemade Star» oder ein gleichwertiges Label trägt. Alle oben erwähnten Punkte gelten auch für den Staat.

Konkret sind die Gemeinden für Folgendes zuständig. Sie:

- erarbeiten die kommunalen Energiepläne, in denen sie ihre energiepolitischen Ziele festlegen und einen Aktionsplan definieren, mit dem diese Ziele erreicht werden sollen;[2]
- stellen die Umsetzung der kommunalen Energiepläne sicher und revidieren diese regelmässig;
- berücksichtigen die Energiefragen in ihrer Ortsplanung;
- legen die grundeigentümerverbindlichen Inhalte im Zonennutzungsplan und im Planungs- und Baureglement fest, wie die Nutzung eines bestimmten Energieträgers, erhöhte Anforderungen an die rationelle Energienutzung und die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen, den Anschluss von Gebäuden an ein Fernwärmenetz oder den Bau eines gemeinsamen Heizwerks für eine Überbauung oder ein Quartier;[3]
- berücksichtigen bei der Ortsplanung die überkommunalen Energienetze, insbesondere den Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL) des Bundes;
- betreiben Werbung für erneuerbare Energie sowie den sparsamen und rationellen Energieverbrauch. Zu diesem Zweck führen sie konkrete Aktionen auf lokaler Ebene durch und sensibilisieren die Bevölkerung für das Thema (Energiebeauftragte, Energiestadt usw.);
- informieren die Bauherrschaft über das Potenzial lokaler Ressourcen.

[2] **Art. 8** des Energiegesetzes vom 9. Juni 2000
[3] **Art. 9** des Energiegesetzes vom 9. Juni 2000

Amt für Energie AfE
Boulevard de Pérolles 25, Postfach 1350, 1701 Freiburg

T. +41 26 305 28 41, F + 41 26 305 28 48

www.fr.ch/afe

Juli 2017

-

Auftraggeber
Amt für Energie AfE - Serge Boschung, Dienstchef

Projektleiter
Bruno Müller - AfE

Mitwirkende
Etienne Courtois - AfE
Marc Dousse - AfE
Marcel Gutschner - NET Nowak Energie & Technologie AG
Jean-Luc Juvet - Juvet Consulting Group

Übersetzung und Lektorat
Sandra Schmuckli - VWD
Madelaine Egger - VWD

Konzept & Layout
asphalte-design.ch

-

Auf 100 % Recyclingpapier gedruckt

