



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Marktregulierung

Bericht vom 30. September 2020

Arbeitsplatzeffekte durch Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz

Schlussbericht

Datum: 30. September 2022

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Autor/in:

Carsten Nathani, Projektleitung
Michel Müller, Stv. Projektleitung
Julia Brandes
Mercedes Rittmann-Frank

BFE-Projektleitung: Yuliya Blondiau, Anne-Katrin Faust

BFE-Vertragsnummer: SI/200379-01

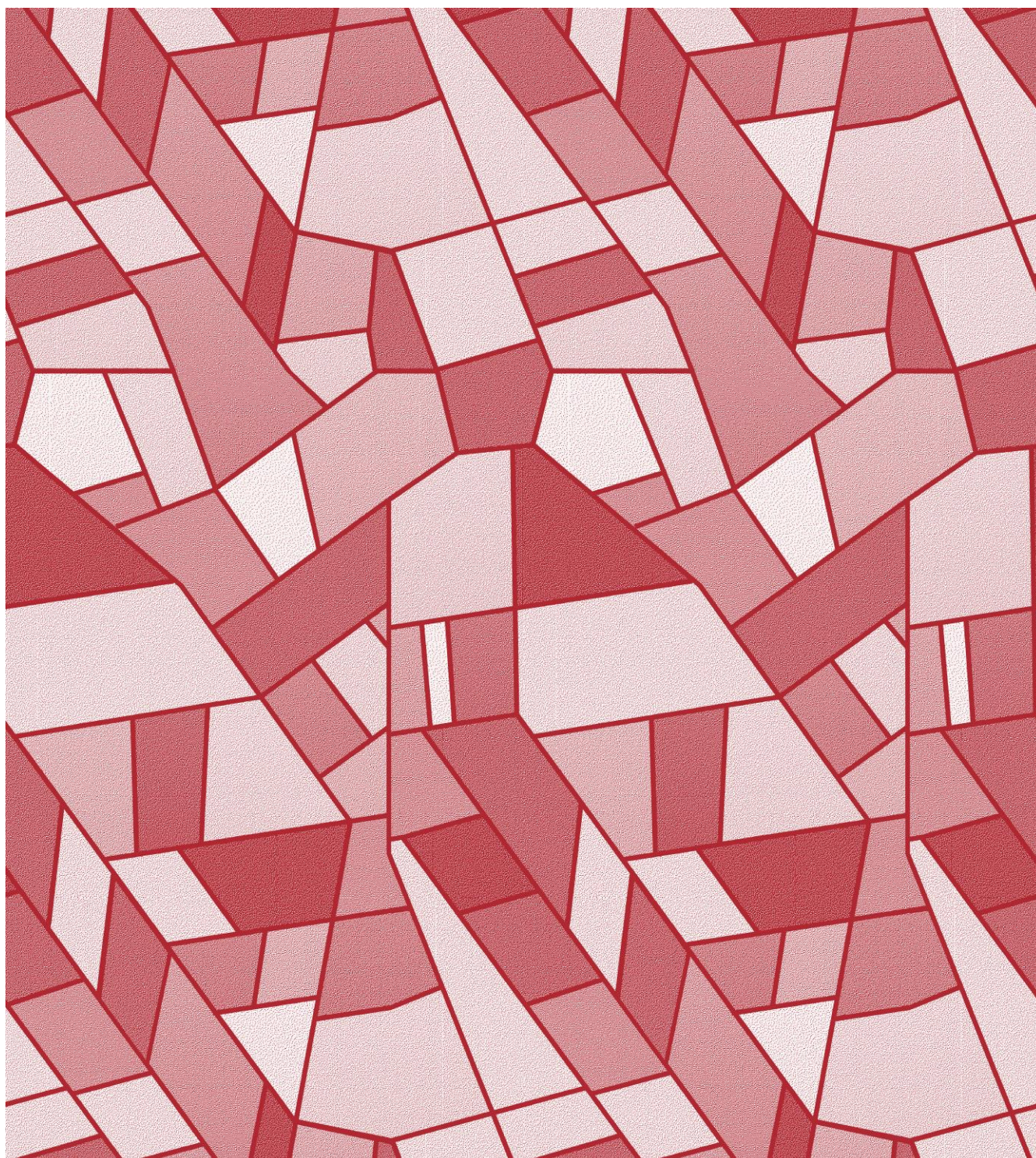
Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Arbeitsplatzeffekte durch Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz

Schlussbericht



Projektteam

Carsten Nathani, Projektleitung
Michel Müller, Stv. Projektleitung
Julia Brandes
Mercedes Rittmann-Frank

EBP Schweiz AG
Mühlebachstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz
Telefon +41 44 395 16 16
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Auftraggeberin

Bundesamt für Energie
3003 Bern

Begleitgruppe

Yuliya Blondiau (BFE, Leitung)
Anne-Katrin Faust (BFE)
Marion Girardin (BFS)
Dragan Ilic (SECO)
Dominik Hauri (SECO)
Giulia Lechthaler (BFE)

Zürich, 30. September 2022

Zusammenfassung

Ausgangslage und Ziel der Studie

Um die energie- und klimapolitischen Ziele der Schweiz zu erreichen, ist ein umfangreicher Umbau des Energiesystems erforderlich. Dieser beinhaltet u.a. eine Verschiebung der Energieversorgung von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen, eine stärkere Nutzung der Elektrizität, umfangreiche Investitionen in die Netzinfrastrukturen, um erneuerbaren Strom zu integrieren, und die Nutzung neuer Technologien wie Wasserstoff, strombasierte Energieträger und Negativemissionstechnologien wie die zur Kohlenstoffeinlagerung. Dieser Umbau wird durch eine Vielzahl von politischen Instrumenten vorangetrieben, darunter auch Förderinstrumente, mit denen erneuerbare Energien und Energieeffizienz gefördert werden.

Mit dem Umbau des Energiesystems sind auch vielfältige wirtschaftliche Auswirkungen verbunden. Im Postulat 19.3562 wird der Bundesrat gebeten, in einem Bericht darzulegen, wie hoch das einheimische Arbeitsplatzpotenzial durch die Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz ist. Dies auch im Vergleich zu weiteren Investitionen in fossile Energien. Die vorliegende Studie untersucht die bisherige Entwicklung der Beschäftigung und den künftigen Arbeitskräftebedarf, die mit der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz verbunden sind.

Methodisches Vorgehen

Die Nutzung fossiler und erneuerbarer Energien sowie von Energieeffizienz hat vielfältige direkte und indirekte wirtschaftliche Effekte, die durch den Bau und den Betrieb von Anlagen sowie durch die Bereitstellung von Energieträgern ausgelöst werden. Dabei sind nicht nur direkte Effekte bei der Herstellung von Anlagen, Geräten und Produkten zu berücksichtigen, sondern auch indirekte Effekte bei deren Zulieferern. Unser methodisches Vorgehen berücksichtigt diese Effekte, indem es die wirtschaftlichen Aktivitäten abschätzt, die mit dem Bau und Betrieb der beteiligten Energieanlagen verbunden sind. Dabei konzentriert es sich auf die folgenden Unternehmenstypen mit einem engen Bezug zum Energiesystem:

- Betreiber von Energieanlagen
- Montage / Installation von Energieanlagen
- Direkte Zulieferer und Ausrüster von Anlagenbetreibern
- Handel mit Anlagen und Komponenten sowie Energieträgern
- Betreiber von Energieinfrastruktur (Netze, Speicher etc.); Verkauf von leistungsgebundener Energie
- Montage / Installation von Energieinfrastruktur
- Direkte Zulieferer und Ausrüster von Energieinfrastruktur
- Handel und Wartung / Reparatur von Pkw
- Infrastruktur: Tankstellen

Weitergehende indirekte Auswirkungen auf andere Zulieferer werden nicht einbezogen. Zudem fokussiert die Studie auf die Beschäftigungswirkungen

der im Inland gebauten und betriebenen Anlagen. Exportbedingte Beschäftigungswirkungen werden nicht einbezogen. Die vorliegende Studie ist auch keine gesamtwirtschaftliche Analyse der Beschäftigungseffekte des Umbaus des Energiesystems. Das methodische Vorgehen umfasst die folgenden Arbeitsschritte

- Bestimmung der Ausgaben für den Bau und Betrieb von Energieanlagen und energieverbrauchenden Produkten
- Aufteilung der Ausgaben auf die damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten Anlagenbetreibern, Zulieferern und Ausrüstern,
- Abzug der im Ausland erfolgenden wirtschaftlichen Aktivitäten und Berechnung der inländischen Umsätze, Wertschöpfung und Beschäftigung mit branchenspezifischen Kennzahlen aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung.

Diese Analyse wurde für die Vergangenheit (ab 2005), Gegenwart und Zukunft (bis 2050) durchgeführt. Bei der zukunftsbezogenen Analyse entfällt der erste Schritt. Hier stützen wir uns auf Daten aus den Energieperspektiven, die die Differenzkosten zwischen zwei Szenarien zur künftigen Entwicklung des Energiesystems angeben, dem ZERO-Basis-Szenario und dem Weiter-wie-bisher-Szenario.

Bisherige Entwicklung der Beschäftigung

Bei der Entwicklung der Beschäftigung unterscheiden wir zwischen dem Energiesektor, wie er oben definiert ist, und der privaten Mobilität (Pkw). Im Energiesektor nimmt die Beschäftigung zwischen 2005 und 2019 leicht von rund 35'000 auf 32'000 Vollzeitäquivalente (VZÄ) ab. Dabei nimmt die Beschäftigung im Wärmesektor deutlich ab (von über 25'000 auf rund 18'000 VZÄ), während sie im Stromsektor zunimmt (von knapp 4'000 auf gut 8'000). Die mit der Energieinfrastruktur verbundene Zahl der Arbeitsplätze verändert sich kaum. Der Beschäftigungsrückgang im Wärmesektor hängt einerseits mit der zunehmenden Gebäudeeffizienz zusammen, die den Wärmebedarf und die damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten reduziert. Andererseits steigt im Zeitverlauf die Arbeitsproduktivität, was dazu führt, dass im Jahr 2019 für die gleiche wirtschaftliche Leistung weniger Beschäftigte benötigt werden als im Jahr 2005.

Die Dynamik der Beschäftigungsentwicklung im Energiesektor wird vor allem durch den Anlagenbau beeinflusst. So führen sinkende Investitionen in fossile Feuerungsanlagen zu einem Beschäftigungsrückgang, der durch steigende Investitionen in Wärmepumpen nicht ganz kompensiert werden kann. Auf der anderen Seite steigt die Zahl der Beschäftigten im Elektrizitätssektor vor allem durch steigende Investitionen in Erneuerbare-Energie-Anlagen (EE-Anlagen, insbesondere PV-Anlagen und Wasserkraft, aber auch Biomasse-Anlagen). Zwischen 2015 und 2019 sinken die Investitionen in Wasserkraftanlagen, was in diesem Zeitraum zu einer sinkenden Beschäftigung führt.

Im Energieeffizienzsektor stieg die Beschäftigung zwischen 2005 und 2010 von gut 5000 auf rund 6000 VZÄ und sank anschliessend wieder auf das

Niveau von 2005. Dabei führen die Investitionen in Energieeffizienz zu positiven Beschäftigungseffekten, die vermiedene Energiebereitstellung ist mit negativen Beschäftigungseffekten verbunden. Die positiven investitionsbedingten Effekte überwiegen dabei deutlich.

Die Beschäftigung im Energiesektor wurde unter anderem durch die Fördermassnahmen von Bund und Kantonen ausgelöst. Die wichtigsten sind das Gebäudeprogramm und die Förderung der erneuerbaren Stromerzeugung durch die Einspeisevergütung oder Investitionsbeiträge. Die damit verbundene Beschäftigung schätzen wir auf knapp 8'500 VZÄ.

Die mit der privaten Mobilität, d.h. dem Kauf und Betrieb von Personenwagen verbundene Beschäftigung liegt bei rund 60'000 VZÄ und bleibt im Betrachtungszeitraum ungefähr konstant. Die Beschäftigung hängt vor allem mit dem Betrieb der Fahrzeuge und der Bereitstellung von Treibstoffen zusammen. Der Fahrzeugkauf spielt eine untergeordnete Rolle.

Beschäftigungseffekte des Umbaus der Energieversorgung

Das BFE hat mit den Energieperspektiven verschiedene Szenarien zur Entwicklung des Schweizerischen Energiesystems untersuchen lassen und auch die damit verbundenen Differenzkosten für die Wirtschaftsakteure. In der vorliegenden Studie analysieren wir die Beschäftigungseffekte eines Übergangs vom Weiter-wie-bisher-Szenario (WWB-Szenario) zum ZERO-Basis-Szenario¹ für die Jahre 2035 und 2050. Das ZERO-Basis-Szenario unterstellt einen deutlich stärkeren Ersatz von fossilen durch erneuerbare Energieträger, eine Forcierung der Energieeffizienz, einen Ausbau der Elektrifizierung und die stärkere Nutzung neuer Energieträger wie Wasserstoff und strombasierte Energieträger.

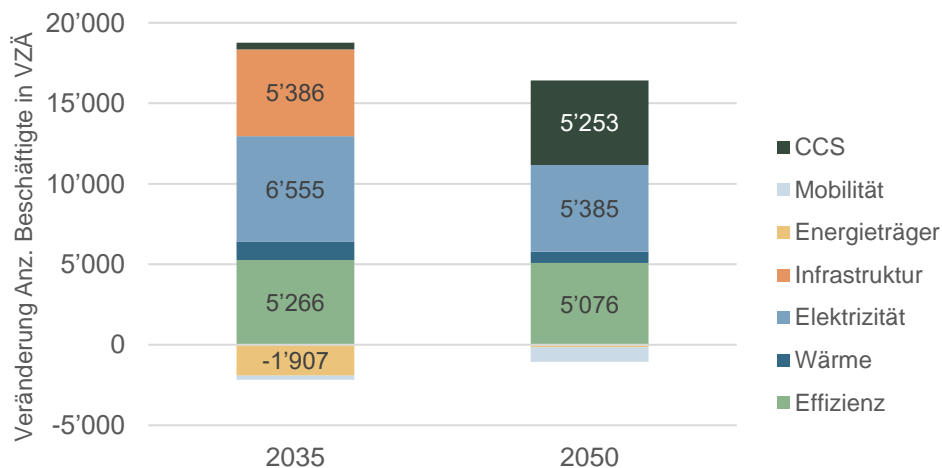
Gemäss den Energieperspektiven entstehen im ZERO-Basis-Szenario im Jahr 2035 um rund 11 Mia. CHF höhere Investitionskosten. Die Kosten für den Betrieb von Anlagen und energieverbrauchenden Produkten (z.B. PW oder Elektrogeräte, ohne Energiekosten) steigen um rund knapp 400 Mio. CHF. ermittelten Differenzkosten zwischen den beiden Szenarien. Die Energiekosten sinken um rund 2.2 Mia. CHF, wobei die Kosten für fossile Energieträger stärker sinken und insbesondere die für Biomasse steigen. Im Jahr 2050 steigen die Investitionskosten um rund 9.1 Mia. CHF, die Betriebskosten steigen um 1.1 Mia. CHF und die Energiekosten sinken um 0.3 Mia. CHF. Der im Vergleich zu 2035 geringere Rückgang der Energiekosten hängt damit zusammen, dass in 2050 insbesondere die Kosten für (importierte) strombasierte Energieträger höher sind.

Als Folge dieser Entwicklung ist mit positiven Beschäftigungseffekten im Energie- und Mobilitätssektor zu rechnen, wie sie in der vorliegenden Studie abgegrenzt sind. Die Beschäftigungseffekte sind dabei als Differenz zwischen dem ZERO-Basis- und dem WWB-Szenario zu verstehen. Im Energiesektor betragen sie im Jahr 2035 rund 16'500 VZÄ, im Jahr 2050 rund 15'500 VZÄ (Abbildung 1). Im Jahr 2035 tragen insbesondere der Ausbau

1 in diesem Bericht basieren die Arbeiten auf dem Szenario ZERO-Basis der Energieperspektiven 2050+ mit der Stromvariante «ausgeglichene Jahresbilanz 2050» und mit einer angenommenen Laufzeit der Kernkraftwerke von 50 Jahren (siehe Prognos et al. 2021).

erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, der Ausbau der Energieinfrastruktur und die verbesserte Energieeffizienz zu den positiven Effekten bei. Im Stromsektor ist vor allem der Ausbau der Photovoltaik ein Beschäftigungstreiber. Im Wärmesektor ist die Beschäftigung in geringerem Umfang positiv. Hier schlagen vor allem Wärmepumpen und Wärmenetze positiv zu Buche, während der Betrieb von fossilen Feuerungsanlagen im Durchschnitt wartungs- und damit auch beschäftigungsintensiver ist als der von erneuerbaren Wärmanlagen. Im Bereich der Energieeffizienz wirken vor allem Investitionen in die Gebäudeeffizienz und die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik beschäftigungssteigernd. Ein Beschäftigungsrückgang ist insbesondere bei der Bereitstellung von fossilen Energieträgern zu erwarten.

Im Jahr 2050 fällt der Beschäftigungseffekt des Ausbaus der Energieinfrastruktur deutlich geringer aus als in 2035. Dafür sind positive Beschäftigungseffekte bei Carbon Capture and Storage (CCS) zu erwarten. Die Beschäftigungseffekte im Mobilitätssektor fallen in beiden Jahren leicht negativ aus, dies wegen geringerer Ausgaben durch den Übergang zur Elektromobilität.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 1 Beschäftigungseffekte eines Übergangs vom WWB- zum ZERO-Basis-Szenario im Energie- und Mobilitätssektor

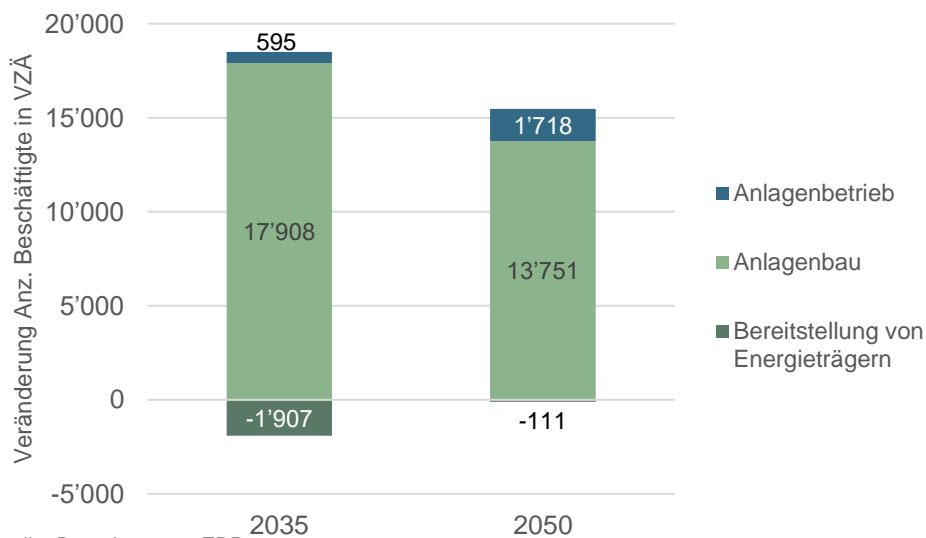
Die Beschäftigungseffekte lassen sich auf drei Arten von Aktivitäten zurückführen,

- auf den Bau von Anlagen zur Energieerzeugung, von Infrastruktur oder den Kauf von energieverbrauchenden Produkten wie Fahrzeugen, Geräten etc. Diese Beschäftigungseffekte werden durch Investitionsausgaben ausgelöst.
- auf den Betrieb von Anlagen zur Energieerzeugung, von Infrastruktur oder von energieverbrauchenden Produkten sowie
- auf die Bereitstellung von Energieträgern.

Der Umbau der Energieversorgung benötigt umfangreiche Investitionen über den gesamten Betrachtungszeitraum bis 2050. Daher dominieren die durch den Anlagenbau verursachten Beschäftigungseffekte (Abbildung 2). Ein Teil

dieser Beschäftigungseffekte ist einmalig, da er mit dem Aufbau zusätzlicher Anlagenkapazitäten verbunden ist. Ein Teil ist insofern dauerhaft, als regelmässige Ersatzinvestitionen für den Erhalt dieser zusätzlichen Anlagenkapazitäten erforderlich sind.

Beim Anlagenbetrieb sind geringere Veränderungen zwischen den beiden Szenarien zu erwarten, deshalb sind hier nur geringe positive Beschäftigungseffekte zu erwarten. Auch die bei der Bereitstellung von Energieträgern netto wegfallenden Beschäftigungseffekte haben eine untergeordnete Bedeutung.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 2 Beschäftigungseffekte eines Übergangs vom WWB- zum ZERO-Basis-Szenario im Energie- und Mobilitätssektor nach Aktivitäten

Einordnung der Ergebnisse

Insgesamt sind also durch den Umbau des schweizerischen Energiesystems positive Beschäftigungseffekte im Energie- und Mobilitätssektor zu erwarten. Zur Einordnung der Ergebnisse ist zu ergänzen, dass Beschäftigungseffekte in den vorgelagerten Lieferketten des Energie- und Mobilitätssektors nicht einbezogen wurden. Hier sind zusätzliche positive Beschäftigungseffekte zu erwarten. Der Umbau des Energiesystems ist insgesamt mit zusätzlichen Ausgaben verbunden. Die Gegenfinanzierung dieser Ausgaben durch die betroffenen Wirtschaftsakteure und die damit verbundenen Beschäftigungseffekte werden in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Je nach Art der Gegenfinanzierung (Ausgabenverzicht an anderer Stelle, zusätzliche Kreditaufnahme) können unterschiedliche Beschäftigungseffekte resultieren. Schliesslich können sich gesamtwirtschaftliche Kreislauf- und Wachstumseffekte ergeben, die ebenfalls nicht Gegenstand der vorliegenden Studie sind. Diese gesamtwirtschaftlichen Effekte werden im Rahmen der Energieperspektiven untersucht.

Résumé

Situation initiale et objectif de l'étude

Pour atteindre les objectifs de la Suisse en matière de politique énergétique et climatique, une transformation importante du système énergétique est nécessaire. Cela implique notamment un passage de l'approvisionnement énergétique de sources d'énergies fossiles aux sources d'énergies renouvelables, une utilisation accrue de l'électricité, des investissements importants dans les infrastructures de réseau afin d'y intégrer l'électricité renouvelable et l'utilisation de nouvelles technologies telles que l'hydrogène, les sources d'énergies basées sur l'électricité et les technologies à émissions négatives, telles que celles destinées au stockage du carbone. Cette transformation est mise en oeuvre à l'aide d'un large éventail d'instruments politiques, y compris des instruments de soutien visant à promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

La transformation du système énergétique a également de multiples conséquences économiques. Dans le postulat 19.3562, le Conseil fédéral est prié d'exposer dans un rapport quel est le potentiel d'emplois indigènes résultant de la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Ceci également en comparaison avec d'autres investissements dans les énergies fossiles. La présente étude examine l'évolution de l'emploi à ce jour et les besoins futurs en main-d'œuvre liés à l'utilisation accrue des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Méthodologie

L'utilisation d'énergies fossiles et renouvelables ainsi que l'efficacité énergétique ont de multiples effets économiques directs et indirects, déclenchés par la construction et l'exploitation d'installations, ainsi que par la mise à disposition de sources d'énergie. Il ne faut pas seulement tenir compte des effets directs lors de la fabrication d'installations, d'appareils et de produits, mais aussi des effets indirects chez leurs fournisseurs. Notre approche méthodologique tient compte de ces effets en estimant les activités économiques liées à la construction et à l'exploitation des installations énergétiques impliquées. Elle se concentre sur les types d'entreprises suivants, qui sont étroitement liées avec le système énergétique :

- Exploitants d'installations énergétiques
- Montage / installation d'équipements énergétiques
- Fournisseurs directs et équipementiers des exploitants d'installations
- Commerce d'installations et de composantes, ainsi que de sources d'énergie
- Gestionnaire d'infrastructures énergétiques (réseaux, stockage, etc.) ; vente d'énergie de réseau
- Montage / installation d'infrastructures énergétiques
- Fournisseurs directs et équipementiers d'infrastructures énergétiques
- Commerce et entretien / réparation de voitures
- Infrastructure: stations-service

Les effets indirects plus étendus sur d'autres fournisseurs ne sont pas pris en compte. De plus, l'étude se concentre sur les effets sur l'emploi des installations construites et exploitées en Suisse. Les effets sur l'emploi liés aux exportations ne sont pas pris en compte. La présente étude n'est également pas une analyse macroéconomique des effets de la transformation du système énergétique sur l'emploi. La procédure méthodologique comprend les étapes de travail suivantes

- Détermination des dépenses pour la construction et l'exploitation d'installations énergétiques et de produits consommateurs d'énergie
- Répartition des dépenses entre les activités économiques connexes des exploitants d'installations, fournisseurs et équipementiers,
- Déduction des activités économiques se déroulant à l'étranger et calcul du chiffre d'affaire, de la valeur ajoutée et de l'emploi en Suisse à l'aide de valeurs clés spécifiques aux branches tirées des comptes nationaux.

Cette analyse a été réalisée pour le passé (à partir de 2005), le présent et le futur (jusqu'en 2050). Pour l'analyse prospective, la première étape n'est pas nécessaire. Nous nous basons ici sur les données des perspectives énergétiques, qui indiquent les coûts différentiels entre deux scénarios d'évolution future du système énergétique, le scénario de base ZERO et le scénario "Poursuite de la politique énergétique actuelle".

Evolution de l'emploi à ce jour

En ce qui concerne l'évolution de l'emploi, nous faisons une distinction entre le secteur de l'énergie, tel que défini ci-dessus, et la mobilité privée (voitures particulières). Dans le secteur de l'énergie, l'emploi diminue légèrement entre 2005 et 2019, passant d'environ 35'000 à 32'000 équivalents temps plein (ETP). L'emploi dans le secteur du chauffage diminue nettement (de plus de 25'000 à environ 18'000 ETP), alors qu'il augmente dans le secteur de l'électricité (de près de 4'000 à un peu plus de 8'000). Le nombre d'emplois liés aux infrastructures énergétiques évolue peu. La baisse de l'emploi dans le secteur du chauffage est liée d'une part à l'efficacité croissante des bâtiments, qui réduit les besoins en chauffage et les activités économiques qui y sont liées. D'autre part, la productivité du travail augmente au fil du temps, ce qui signifie qu'en 2019, il aura nécessité de moins d'employés qu'en 2005 pour obtenir la même performance économique.

La dynamique de l'évolution de l'emploi dans le secteur de l'énergie est surtout influencée par la construction d'installations. Ainsi, la baisse des investissements dans les installations de chauffage à combustible fossile entraîne un recul de l'emploi qui ne peut pas être entièrement compensé par la hausse des investissements dans les pompes à chaleur. D'un autre côté, le nombre d'emplois dans le secteur de l'électricité augmente surtout en raison de la hausse des investissements dans les installations d'énergie renouvelable (installations SER, en particulier les installations PV et hydroélectriques, mais aussi les installations de biomasse). Entre 2015 et 2019, les investissements dans les installations hydroélectriques diminuent, ce qui entraîne une baisse de l'emploi durant cette période.

Dans le secteur de l'efficacité énergétique, l'emploi a augmenté entre 2005 et 2010, passant d'un peu plus de 5'000 à environ 6'000 ETP, avant de retomber au niveau de 2005. Les investissements dans l'efficacité énergétique ont des effets positifs sur l'emploi, tandis que l'approvisionnement évité d'énergie a des effets négatifs sur l'emploi. Les effets positifs liés aux investissements l'emportent nettement sur les effets négatifs.

L'emploi dans le secteur de l'énergie a été déclenché, entre autres, par les mesures d'encouragement de la Confédération et des cantons. Les plus importantes sont le programme Bâtiments et la promotion de la production d'électricité renouvelable par le biais de la rétribution du courant injecté ou de contributions aux investissements. Nous estimons l'emploi lié à ces mesures à près de 8'500 ETP.

L'emploi lié à la mobilité privée, c'est-à-dire à l'achat et à l'utilisation de voitures particulières, est d'environ 60'000 ETP et reste à peu près constant sur la période considérée. L'emploi est principalement lié à l'exploitation des véhicules et à la mise à disposition de carburant. L'achat de véhicules joue un rôle secondaire.

Effets sur l'emploi de la transformation de l'approvisionnement énergétique

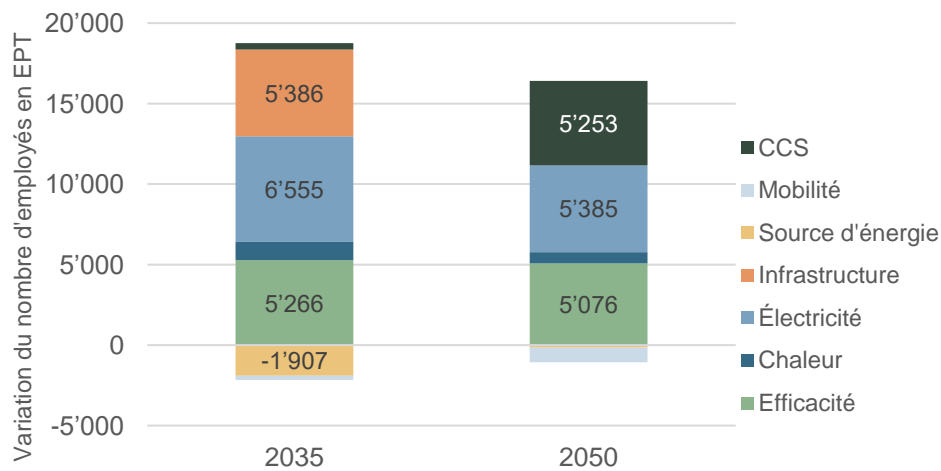
Avec les perspectives énergétiques, l'OFEN a fait étudier différents scénarios d'évolution du système énergétique suisse, ainsi que les coûts différentiels en découlant pour les acteurs économiques. Dans la présente étude, nous analysons les effets sur l'emploi d'un passage du scénario "Poursuite de la politique énergétique actuelle" (scénario PEA) au scénario de base ZERO² pour les années 2035 et 2050. Le scénario de base ZERO suppose un remplacement nettement plus important des énergies fossiles par des énergies renouvelables, une accélération de l'efficacité énergétique, un développement de l'électrification et une utilisation plus importante de nouvelles sources d'énergie comme l'hydrogène et les énergies basées sur l'électricité.

Selon les perspectives énergétiques, le scénario de base ZERO engendre en 2035 des coûts supplémentaires d'investissement d'environ 11 mrd. CHF. Les coûts d'exploitation des installations et des produits consommateurs d'énergie (p.ex. voitures particulières ou appareils électriques, hors coûts énergétiques) augmentent d'environ de 400 millions de CHF., selon les coûts différentiels calculés entre les deux scénarios. Les coûts énergétiques diminuent d'environ 2.2 mrd. CHF, les coûts des énergies fossiles diminuant plus fortement et ceux de la biomasse en particulier augmentant. En 2050, les coûts d'investissement augmentent d'environ 9.1 mrd. CHF, les coûts d'exploitation augmentent de 1.1 mia. CHF et les coûts énergétiques diminuent de 0.3 mrd. CHF. La baisse plus faible des coûts énergétiques par rapport à 2035 est liée au fait qu'en 2050, les coûts des sources d'énergie (importées) basées sur l'électricité sont notamment plus élevés.

2 dans ce rapport, les travaux se basent sur le scénario ZERO-Basis des perspectives énergétiques 2050+ avec la variante d'électricité "bilan annuel équilibré 2050" et avec une durée de vie supposée des centrales nucléaires de 50 ans (voir Prognos et al. 2021).

En conséquence de cette évolution, il faut s'attendre à des effets positifs sur l'emploi dans les secteurs de l'énergie et de la mobilité, tels qu'ils sont délimités dans la présente étude. Les effets sur l'emploi doivent être interprétés comme la différence entre le scénario de base ZERO et le scénario PEA. Dans le secteur de l'énergie, ils s'élèvent à environ 16'500 ETP en 2035 et à environ 15'500 ETP en 2050 (Abbildung 1). En 2035, le développement des énergies renouvelables pour la production d'électricité, l'extension des infrastructures énergétiques et l'amélioration de l'efficacité énergétique contribuent notamment aux effets positifs. Dans le secteur de l'électricité, c'est surtout le développement du photovoltaïque qui est un moteur de l'emploi. Dans le secteur du chauffage, l'emploi est positif dans une moindre mesure. Ici, ce sont surtout les pompes à chaleur et les réseaux de chaleur qui ont un impact positif, tandis que l'exploitation des installations de combustion fossiles nécessite en moyenne plus d'entretien et donc plus d'emplois que celle des installations de chaleur renouvelables. Dans le domaine de l'efficacité énergétique, ce sont surtout les investissements dans l'efficacité des bâtiments et dans les techniques de chauffage, de ventilation et de climatisation qui ont un effet positif sur l'emploi. Une baisse de l'emploi est à prévoir en particulier dans la mise à disposition de sources d'énergies fossiles.

En 2050, l'effet sur l'emploi du développement de l'infrastructure énergétique est nettement plus faible qu'en 2035. En revanche, on peut s'attendre à des effets positifs sur l'emploi dans le domaine du captage et du stockage du carbone (CSC). Les effets sur l'emploi dans le secteur de la mobilité sont légèrement négatifs pour les deux années, en raison des dépenses moindres dues au passage à la mobilité électrique.



Source: Calculs EBP

Figure 3 Effets sur l'emploi d'un passage du scénario PEA au scénario de base ZERO dans les secteurs de l'énergie et de la mobilité

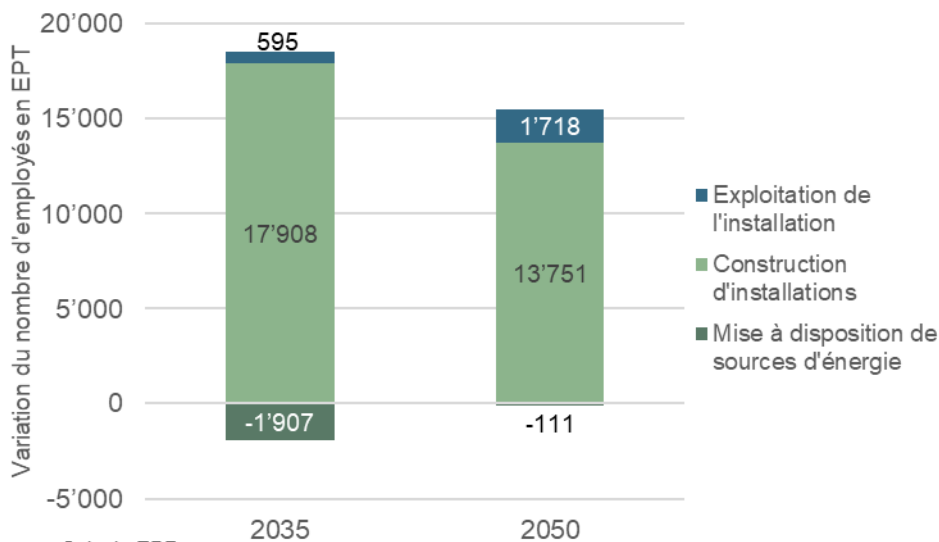
Les effets sur l'emploi peuvent être attribués à trois types d'activités,

— à la construction d'installations de production d'énergie, d'infrastructures ou sur l'achat de produits consommateurs d'énergie tels que des véhicules, des appareils, etc. Ces effets sur l'emploi sont déclenchés par des dépenses d'investissement.

- à l'exploitation d'installations de production d'énergie, d'infrastructures ou de produits consommateurs d'énergie, et
- à la mise à disposition de sources d'énergie.

La transformation de l'approvisionnement énergétique nécessite des investissements importants sur l'ensemble de la période considérée jusqu'en 2050. C'est pourquoi les effets sur l'emploi causés par la construction d'installations dominent (Abbildung 2). Une partie de ces effets sur l'emploi est unique, car elle est liée à la construction de capacités d'installation supplémentaires. Une partie est permanente dans la mesure où des investissements de remplacement réguliers sont nécessaires pour maintenir ces capacités d'installation supplémentaires.

En ce qui concerne l'exploitation des installations, il faut s'attendre à des différences moins importantes entre les deux scénarios, c'est pourquoi on ne peut s'attendre ici qu'à de faibles effets positifs sur l'emploi. Les effets nets sur l'emploi de la mise à disposition de sources d'énergie sont également d'une importance secondaire.



Source: Calculs EBP

Figure 4 Effets sur l'emploi d'un passage du scénario PEA au scénario de base ZERO dans les secteurs de l'énergie et de la mobilité, par activité

Classement des résultats

Dans l'ensemble, la transformation du système énergétique suisse devrait donc avoir des effets positifs sur l'emploi dans les secteurs de l'énergie et de la mobilité. Pour classer les résultats, il convient d'ajouter que les effets sur l'emploi dans les chaînes d'approvisionnement en amont du secteur de l'énergie et de la mobilité n'ont pas été pris en compte. On peut s'attendre ici à des effets positifs supplémentaires sur l'emploi. La transformation du système énergétique implique globalement des dépenses supplémentaires. Le financement compensatoire de ces dépenses par les acteurs économiques concernés et les effets sur l'emploi qui en découlent ne sont pas examinés dans la présente étude. Les effets sur l'emploi peuvent varier en fonction du type de contre-financement (renoncement à des dépenses ailleurs, recours supplémentaire à l'emprunt). Enfin, il peut y avoir des effets circulaires et de croissance sur l'ensemble de l'économie, qui ne font pas

non plus l'objet de la présente étude. Ces effets macroéconomiques sont examinés dans le cadre des perspectives énergétiques.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage und Ziel des Projektes	16
1.1	Ausgangslage	16
1.2	Ziel des Projektes	16
1.3	Aufbau des Berichtes	17
2.	Methodisches Vorgehen	17
2.1	Konzeptionelle Aspekte	17
2.1.1	Systemgrenzen	17
2.1.2	Konzeptionelles Wirkungsmodell	19
2.1.3	Exkurs: Exportinduzierte Beschäftigung	21
2.2	Ex-post-Analyse	21
2.2.1	Bestimmung der Kosten für Energie und Energieeffizienz	21
2.2.2	Bestimmung der Arbeitsplatzeffekte	27
2.3	Ex-ante-Analyse	27
2.3.1	Differenzkosten	27
2.3.2	Bestimmung der zukünftigen Arbeitsplatzeffekte	30
3.	Ex-post-Analyse	33
3.1	Entwicklung der Ausgaben	33
3.1.1	Energie	34
3.1.2	Private Mobilität	39
3.2	Entwicklung der Beschäftigung	40
3.2.1	Energie	40
3.2.2	Private Mobilität	47
3.2.3	Erläuterung der Beschäftigungseffekte	48
3.3	Einfluss von Fördermassnahmen und weiteren Massnahmen	50
3.3.1	Einfluss von Fördermassnahmen	50
3.3.2	Beschäftigungswirkung der Fördermassnahmen	56
3.4	Finanzmarkt	59
3.4.1	Investitionen des Finanzsektors	60
3.4.2	Investitionen von Schweizer Unternehmen im Ausland	62
4.	Ex-ante-Analyse	64
4.1	Entwicklung der Differenzkosten	65
4.2	Entwicklung der Beschäftigungseffekte	71

5.	Fazit und Ausblick	79
6.	Literatur	82

1. Ausgangslage und Ziel des Projektes

1.1 Ausgangslage

Um die energie- und klimapolitischen Ziele der Schweiz zu erreichen, ist ein umfangreicher Umbau des Energiesystems erforderlich. Dieser beinhaltet u.a. eine Verschiebung der Energieversorgung von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen, eine stärkere Nutzung der Elektrizität, umfangreiche Investitionen in die Netzinfrastrukturen, um erneuerbaren Strom zu integrieren, und die Nutzung neuer Technologien wie Wasserstoff, strombasierte Energieträger und Negativemissionstechnologien wie die zur Kohlenstoffeinlagerung. Dieser Umbau wird durch eine Vielzahl von politischen Instrumenten vorangetrieben, darunter auch Förderinstrumente, mit denen erneuerbare Energien und Energieeffizienz gefördert werden.

Mit dem Umbau des Energiesystems sind auch vielfältige wirtschaftliche Auswirkungen verbunden. Im Postulat 19.3562 wird der Bundesrat gebeten, in einem Bericht darzulegen, wie hoch das einheimische Arbeitsplatzpotenzial durch die Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz ist. Dies auch im Vergleich zu weiteren Investitionen in fossile Energien. Um eine faktenbasierte Grundlage für die Beantwortung dieses Postulats zu erhalten, hat das Bundesamt für Energie EBP damit beauftragt, die derzeitige Beschäftigung und den künftigen Arbeitskräftebedarf abzuschätzen, die mit der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz verbunden sind.

Im Rahmen der vom BFE durchgeführten Energieperspektiven werden verschiedene Szenarien zur weiteren Entwicklung des schweizerischen Energiesystems untersucht.

1.2 Ziel des Projektes

Hauptziel der Studie ist, wie oben erwähnt, eine Analyse dazu, wie hoch das einheimische Arbeitsplatzpotenzial durch die Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz ist. Dies auch im Vergleich zu weiteren Investitionen in fossile Energien. Dazu sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

1. Wie viele Arbeitsplätze gibt es heute im Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz, wie viele im Bereich Elektromobilität? Wie viele im Bereich fossile Energien und konventionelle Mobilität? In welchem Verhältnis steht die Anzahl Arbeitsplätze zur Verbreitung erneuerbarer Energien, Energieeffizienz sowie Elektromobilität? Wie gross ist der Einfluss von Fördermassnahmen auf die Arbeitsplätze?
2. Wie hoch ist das Arbeitsplatzpotenzial in diesen Bereichen bis 2050, wenn sich das Energiesystem gemäss dem Szenario «ZERO Basis» anstatt gemäss dem «Weiter-Wie-Bisher-Szenario» aus den Energieperspektiven 2050+ des BFE entwickelt? Wie viele Arbeitsplätze gehen bei den fossilen Energieträgern verloren?

3. Wie hoch sind die Investitionen in fossile respektive in erneuerbare Energien heute, und wie haben sich diese in der Vergangenheit entwickelt? Inwieweit war die Entwicklung dieser Investitionen von Fördermassnahmen für die erneuerbaren Energien und Energieeffizienz bisher abhängig? Welche Rolle spielt der Finanzmarkt für Investitionen in fossile und erneuerbare Energien?

Die vorliegende Studie fokussiert auf die Beschäftigungseffekte im Energiesektor. Weitergehende gesamtwirtschaftliche Effekte einer Förderung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz oder einer zukünftig verstärkten Nutzung im Zuge der Energiewende werden hier nicht behandelt. Die volkswirtschaftlichen Effekte der künftigen Energiewende werden im Rahmen der Energieperspektiven untersucht.

1.3 Aufbau des Berichtes

In Kapitel 2 beschreiben wir das methodische Vorgehen. Kapitel 3 enthält die Ergebnisse der Ex-Post-Analyse zur Entwicklung der Kosten für Energie und private Mobilität, die damit verbundene Beschäftigung und den Zusammenhang zwischen Fördermassnahmen und Investitionskosten sowie Beschäftigungseffekten. Im Kapitel 4 beschreiben wir die Ergebnisse der Ex-Ante-Analyse zu den Beschäftigungseffekten eines Übergangs von einem «Weiter-wie-bisher»-Szenario zu einem ambitionierteren Szenario «ZERO Basis». Kapitel 5 enthält ein kurzes Fazit.

2. Methodisches Vorgehen

2.1 Konzeptionelle Aspekte

2.1.1 Systemgrenzen

Die Studie hat zum Ziel, Arbeitsplatzeffekte zu ermitteln, die mit der Nutzung erneuerbarer und fossiler Energieträger, der Energieeffizienz sowie konventioneller und Elektro-Mobilität in Verbindung stehen. Diese Bereiche werden nachfolgend spezifiziert. Dabei unterscheiden wir zwischen den Sektoren Elektrizität, Wärme, Mobilität und Energieeffizienz. In den Sektoren Elektrizität und Wärme untersuchen wir die Strom und Wärme erzeugenden Technologien sowie die zugehörige Infrastruktur. Auf Technologieebene unterscheiden wir zwischen erneuerbaren und fossilen Technologien. Die Kernenergie wird in Absprache mit dem BFE nicht einbezogen. Wegen des ohnehin geplanten Ausstiegs ist die Kernenergie für die Ex-ante-Analyse nicht relevant. Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die Technologien, die wir in der vorliegenden Studie für die Analyse der vergangenen und gegenwärtigen Entwicklungen berücksichtigen.

Sektor	Erneuerbar	Konventionell	Infrastruktur
Elektrizität	Wasserkraft	Fossile (Heiz-)Kraftwerke	Stromnetz
	Photovoltaik		
	Windenergie		
	Holz-(Heiz-)kraftwerke		
	Biomasse-(Heiz-)Kraftwerke		
	(Heiz-)Kraftwerke mit Abfallverbrennung		
Wärme	Solarthermie	Gasfeuerungen und -heizungen	Gasnetz
	Wärmepumpen	Ölfeuerungen und -heizungen	Fernwärmenetz
	Holzfeuerungen und -heizungen		
	Biomassefeuerungen		
	Heizwerke mit Abfallverbrennung		
Mobilität	Elektromobilität ³ (Personenwagen)	Konv. Personenwagen	

Tabelle 1: Übersicht über die einzubeziehenden Technologien im Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor

Im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb dieser Anlagen werden Arbeitsplatzeffekte bei den folgenden Akteuren einbezogen.

- Betreiber von Energieanlagen
- Montage / Installation von Energieanlagen
- Direkte Zulieferer und Ausrüster von Anlagenbetreibern
- Handel mit Anlagen und Komponenten sowie Energieträgern
- Betreiber von Energieinfrastruktur (Netze, Speicher etc.); Verkauf von leistungsgebundener Energie
- Montage / Installation von Energieinfrastruktur
- Direkte Zulieferer und Ausrüster von Energieinfrastruktur
- Handel und Wartung / Reparatur von Pkw
- Infrastruktur: Tankstellen

Indirekte Auswirkungen auf andere Zulieferer werden nicht einbezogen.

Die Energieeffizienz ist schwieriger abzugrenzen, da eindeutig abgrenzbare Technologien nur zum Teil vorliegen (z.B. Fassadendämmung oder Leucht-

3 Elektromobilität gemäss Energieperspektiven: Mobilität mit batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV), Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) und Plug-in Hybride (PHEV).

mittel). Stattdessen ist die Energieeffizienz in der Regel in die Produkte «eingebaut» und energieeffiziente Produkte unterscheiden sich nur inkrementell von weniger effizienten. Hinzu kommt, dass auch die «Standardprodukte» durch den technischen Fortschritt im Laufe der Zeit immer effizienter werden.

Das BFE lässt regelmässig mit einer Ex-Post-Analyse die Bestimmungsfaktoren der Veränderung des Energieverbrauchs in der Schweiz seit dem Jahr 2000 analysieren⁴. Darin wird z.B. der Einfluss von Faktoren wie der Witterung, Mengen- und Substitutionseffekte quantifiziert. Der Faktor «Technik und Politik» bildet die Verbesserung der Energieeffizienz am ehesten ab, auch wenn hier der autonome technische Fortschritt und Preiseffekte enthalten sind. Die diesem Faktor zugeschriebene Verringerung des Energieverbrauchs kann als eine Art Obergrenze für die allgemeine Verbesserung der Energieeffizienz interpretiert werden. Ansonsten legen wir den Fokus einerseits auf diejenigen Technologien und Produkte, deren Diffusion durch staatliche Fördermassnahmen vorangetrieben wurde (insb. das Gebäudeprogramm und Projekte und Programme von ProKilowatt).

2.1.2 Konzeptionelles Wirkungsmodell

Die Erfassung der Wirksamkeit von Fördermassnahmen auf Investitionen in erneuerbare Energien und die damit verbundenen Arbeitsplatzeffekte ist komplex, da die Fördermassnahmen selten isoliert wirken, sondern immer im Verbund mit anderen politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (z.B. CO₂-Gesetz, Energiepolitik, Kernenergieausstieg). Dennoch lässt sich eine Wirkungskette von den Fördermassnahmen über die ausgelösten Investitionen bis zu den Arbeitsplatzeffekten ziehen. Für die Analyse der Beschäftigungseffekte gehen wir von folgendem konzeptionellen Wirkungsmodell aus (vgl. auch Abbildung 5).

Im Zentrum stehen die Technologiewahl bzw. die Investitionsentscheidungen der Wirtschaftsakteure (Unternehmen, Verwaltungen, Haushalte). Diese können durch Fördermassnahmen und andere Rahmenbedingungen beeinflusst sein. Die Entscheidung für erneuerbare Energien und Energieeffizienz führt zu einem zusätzlichen Bau und Betrieb von Erneuerbare-Energie-Anlagen und zur Umsetzung von Energieeffizienzmassnahmen. Auf der anderen Seite steht der Bau und Betrieb von konventionellen Energieanlagen. Damit verbunden sind Investitions-, Betriebs- und Energiekosten, die sich auf die Umsätze der inländischen Anbieter von Technologien, Produkten und Dienstleistungen auswirken, aber auch auf Importe der im Inland nicht hergestellten Produkte. Wichtig ist weiter zu berücksichtigen, dass die unterschiedlichen Technologien sehr unterschiedliche Kostenstrukturen haben und dementsprechend unterschiedliche wirtschaftliche Aktivitäten in den vorgelagerten Wertschöpfungsketten auslösen. PV- und Windenergieanlagen haben z.B. hohe Investitionskosten und geringe laufende Kosten. Hingegen sind konventionelle Stromerzeugungs- und Wärmenutzungstechnologien durch geringere Investitionskosten und dafür höhere Betriebs- und Energiekosten gekennzeichnet. Zudem sind die ausgelösten Wirtschaftsaktivitäten unterschiedlich arbeitsintensiv und sie finden in unterschiedlichem

4 [Energieverbrauch nach Bestimmungsfaktoren \(admin.ch\)](#)

Ausmass im Inland oder im Ausland statt. Diese Faktoren haben starke Auswirkungen auf die Arbeitsplatzeffekte in der Schweiz und sind dementsprechend möglichst differenziert und technologiespezifisch einzubeziehen.

Neben den Arbeitsplatzeffekten, die durch den Bau und Betrieb von Energieanlagen oder durch die Mobilität ausgelöst werden, und nachfrageseitig ermittelt werden, sind auch exportbezogene Arbeitsplatzeffekte in diesem Bereich zu erfassen. Dies erfolgt mit einem angebotsorientierten Ansatz.

Bei der Analyse der Arbeitsplatzeffekte ist zudem die zeitliche Dimension zu berücksichtigen: Investitionen führen zu kurzzeitigen Beschäftigungswirkungen, während die Veränderungen während der Betriebsdauer der Anlagen dauerhaft sind.

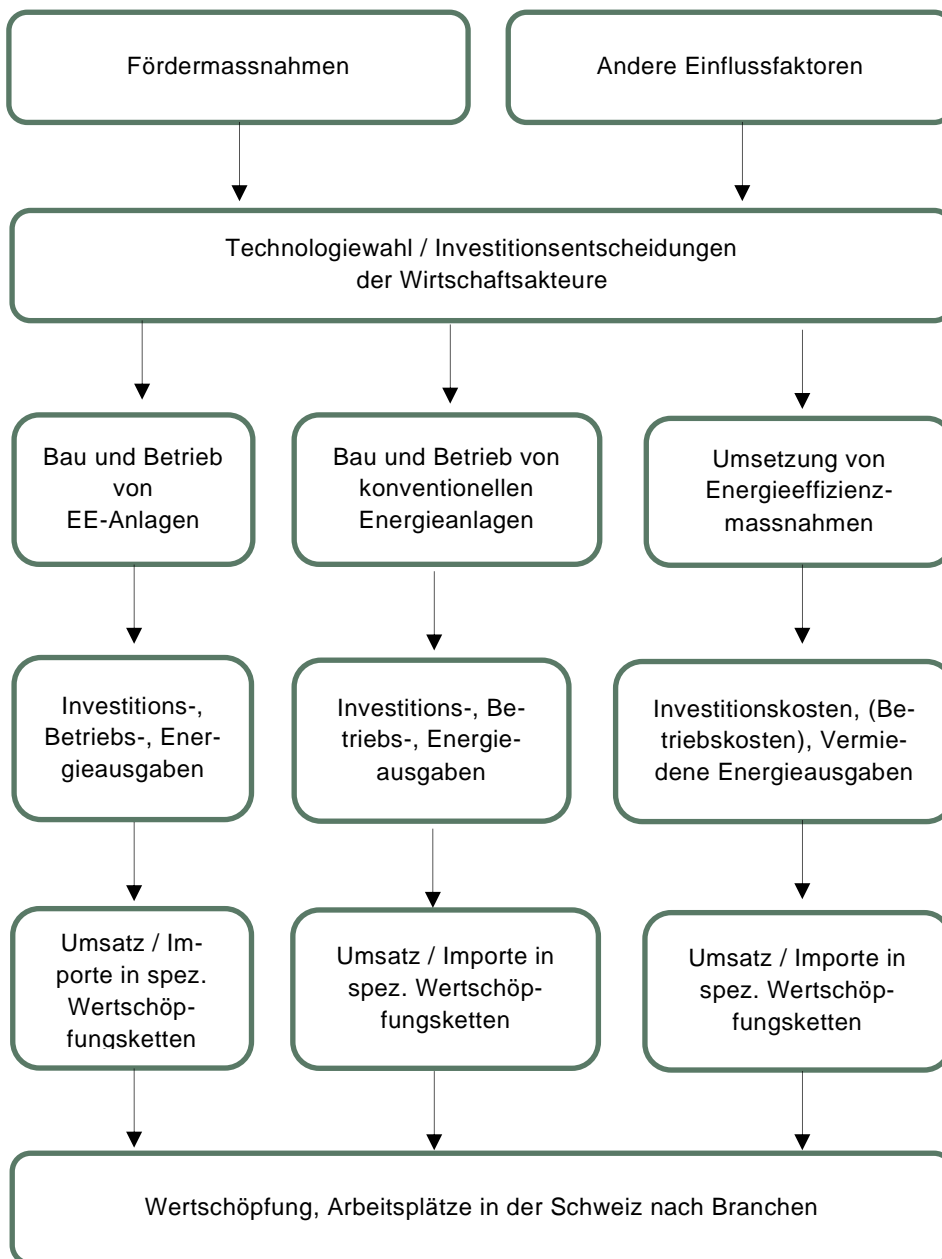


Abbildung 5 Schematische Übersicht über das zugrundeliegende Wirkungsmodell

Kosten, Kostenstrukturen und Import-/Exportrelationen können sich im Zeitverlauf verändern. Dies gilt insbesondere für neue oder stark wachsende Technologien, bei denen Skalen- und Lerneffekte zu berücksichtigen sind. So sind zum Beispiel die Kosten für PV-Anlagen in den letzten Jahrzehnten stark gesunken, wobei sich die Kosten für die eigentlichen Solarmodule deutlich stärker verringert haben als die Kosten für die arbeitsintensive Installation der Anlagen.

2.1.3 Exkurs: Exportinduzierte Beschäftigung

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Beschäftigungseffekte, die mit dem Bau und Betrieb von inländischen Anlagen zur Umwandlung und Nutzung von Energie verbunden sind. Daneben gibt es Schweizer Unternehmen, die Güter und Dienstleistungen für den Bau und Betrieb von Anlagen im Ausland liefern, deren Beschäftigung also durch den Export beeinflusst werden. Diese exportinduzierte Beschäftigung ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Grundsätzlich sind Schweizer Unternehmen in den Märkten für fossile und erneuerbare Energien sowie für die private Mobilität tätig. Eine Erfassung der exportinduzierten Beschäftigung würde eine eigene Analyse der unternehmerischen Aktivitäten im Exportgeschäft bedingen, die im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich war.

In Bezug auf die Ex-ante-Analyse ist denkbar, dass der Umbau der Schweizerischen Energieversorgung auch Chancen für Schweizer Unternehmen im Exportgeschäft bietet. Eine Abschätzung dieser Chancen erfordert jedoch eine fundierte Analyse der relativen Wettbewerbsfähigkeit Schweizer Unternehmen in den jeweiligen Technologiefeldern im Vergleich mit Unternehmen aus anderen Ländern und der sich daraus ergebenden Marktchancen. Zudem ist zu erwarten, dass auch andere Industrieländer in den kommenden Jahrzehnten eine ambitionierte Energie- und Klimapolitik verfolgen werden. Dies könnte dazu führen, dass sich auch die Wettbewerbsposition von Unternehmen in anderen Ländern bei Zukunftstechnologien verbessert. Dies erschwert ebenfalls eine Analyse der exportbedingten Beschäftigungspotenziale. In der vorliegenden Studie wurden deshalb darauf verzichtet, diese Potenziale abzuschätzen.

2.2 Ex-post-Analyse

2.2.1 Bestimmung der Kosten für Energie und Energieeffizienz

In diesem Arbeitsschritt bestimmen wir die folgenden Kosten:

- Nutzung erneuerbarer Energieträger: Investitionskosten, Energiekosten, übrige Betriebskosten. Bei den Investitionskosten lassen sich Kosten für den Ersatz bestehender Anlagen (Ersatzinvestitionen) und für den Zubau neuer Anlagen (Erweiterungsinvestitionen) unterscheiden.
- Nutzung fossiler Energieträger: Investitionskosten, Energiekosten, übrige Betriebskosten

- Energie-Infrastruktur: Investitionskosten, Betriebskosten
- Mobilität: Ausgaben für die Beschaffung von Personenwagen (Elektro, konventionell), Treibstoffkosten, Ausgaben für den übrigen Betrieb von Personenwagen
- Energieeffizienz: Investitionen in Energieeffizienzmassnahmen, eingesparte Energiekosten

Zur Bestimmung der Kosten sind statistische Angaben nur lückenhaft vorhanden. In der Gesamtenergiestatistik des BFE werden die Energiekosten der Endverbraucher für verschiedene Energieträger angegeben. In der Elektrizitätsstatistik sind Angaben zu den Investitionen in die Elektrizitätsnetze enthalten.

Im Wesentlichen müssen die benötigten Daten daher geschätzt werden, wozu wir die folgenden Ansätze wählen.

Verknüpfung von physischen Daten mit spezifischen Kosten

Bei diesem Ansatz werden geeignete physische Daten, die z.B. den Anlagenbestand oder den Anlagenzubau anzeigen, mit Daten zu spezifischen Kosten multipliziert. Dieser Ansatz sei am Beispiel von PV-Anlagen erläutert.

- **Investitionen in den Bau von PV-Anlagen** ergeben sich aus Investitionen in den Ersatz von Anlagen, deren Nutzungszeit abgelaufen ist, und Investitionen in den Zubau von PV-Anlagen. Als physische Grösse dienen die installierten Leistungen des Anlagenbestandes, die der Statistik der erneuerbaren Energien entnommen werden. Der Anlagenzubau wird als Differenz zwischen dem Anlagenbestand im Bezugsjahr und dem Bestand im Vorjahr ermittelt. Der Ersatz von PV-Anlagen wird über die Entwicklung des Anlagenbestandes in der Vergangenheit geschätzt, wobei jeweils angenommen wird, dass die in einem bestimmten Jahr neu gebauten Anlagen nach dem Ende ihrer Nutzungsdauer ersetzt werden. Spezifische Kosten für den Neubau von PV-Anlagen stammen aus Preisbeobachtungsstudien, die im Auftrag des BFE durchgeführt wurden. Da die spezifischen Kosten für den Bau von PV-Anlagen in der Vergangenheit stark abgenommen haben, werden die Kostendaten jährlich nachgeführt.
- **Kosten für den Betrieb der PV-Anlagen** werden durch Multiplikation der insgesamt installierten Leistung mit spezifischen Betriebskosten berechnet. Die spezifischen Betriebskosten wurden im Rahmen der Vorstudie (Nathani et al. 2013) auf der Basis von Studien und EBP-internen Expertenschätzungen ermittelt.
- **Kosten für Energieträger:** Im Fall der Nutzung von PV-Anlagen fallen keine Energiekosten an. Für andere Technologien (z.B. Holzenergieanlagen, Wärmepumpen, Öl- und Gasheizungen) werden die Energiekosten durch Multiplikation des physischen Energieverbrauches mit Energiepreisen berechnet.

Nutzung von Studien, Statistiken und anderen Quellen

Falls Daten in Statistiken, Studien oder anderen Quellen vorliegen, nutzen wir diese. Zum Teil nutzen wir diese Quellen auch für die Plausibilisierung unserer eigenen Schätzungen. So wurden die Ausgaben für Energieholz auf

der Basis von Angaben in der Gesamtenergiestatistik bestimmt. Die Bestimmung der Investitionskosten für den Um- und Neubau von Wasserkraftanlagen folgt grundsätzlich auch dem oben erläuterten Vorgehen. Da Wasserkraftanlagen jedoch sehr individuell sind, wurden die Kosten auf Ebene der einzelnen Anlagen geschätzt. Die Wasserkraftstatistik listet die Anlagen auf, die im jeweiligen Jahr um- oder neugebaut werden, und beschreibt den Umfang der Arbeiten. Bei den spezifischen Kosten unterscheiden wir zwischen unterschiedlichen Umbaustufen. Bei grossen Wasserkraftanlagen (z.B. Nant-de-Drance oder Linth-Limmern) suchen wir nach Angaben zu den tatsächlichen Investitionskosten auf Unternehmenswebseiten oder in Fachzeitschriften und ersetzen die Schätzungen durch diese Angaben.

Methode der anlegbaren Kosten

Die Methode der anlegbaren Kosten wird für die Top-Down-Schätzung von Investitionskosten in Energieeffizienz eingesetzt. Investitionen in Energieeffizienz sind grundsätzlich schwierig zu bestimmen. Wir nutzen deshalb die Ergebnisse von Modellrechnungen, mit denen das BFE regelmässig die Bestimmungsfaktoren der Veränderung des Energieverbrauchs in der Schweiz seit dem Jahr 2000 analysieren lässt⁵. Darin wird z.B. der Einfluss von Faktoren wie der Witterung, Mengen- und Substitutionseffekte quantifiziert. Der Faktor «Technik und Politik» bildet die Verbesserung der Energieeffizienz am ehesten ab, auch wenn hier der autonome technische Fortschritt und Preiseffekte enthalten sind. Die diesem Faktor zugeschriebene Verringerung des Energieverbrauchs kann als eine Art Obergrenze für die Energieeffizienz interpretiert werden.

Mittels Daten zu Energiepreisen werden die oben erwähnten Ergebnisse zu Energieeinsparungen in eingesparte Energiekosten umgerechnet. Mittels Annahmen zu durchschnittlichen Payback-Perioden, mit denen die Investitionskosten amortisiert werden, lassen sich letztere dann schätzen.

Die folgende Tabelle zeigt für die einzelnen untersuchten Bereiche, welche Methoden und Datenquellen für die Bestimmung der Kosten verwendet wurden.

5 [Energieverbrauch nach Bestimmungsfaktoren \(admin.ch\)](#)

Technologiebereich	Datenquelle Physische Kennzahlen	Datenquelle Kosten und Kostenstrukturen	Methodische Bemerkungen
Erneuerbare Energien	z.B. Anzahl Anlagen, installierte Leistung, Zubau, Energieerzeugung und -verbrauch	Investitions-, Betriebs- und Energiekosten, Kostenstrukturen	
Wasserkraft	BFE: Elektrizitätsstatistik, EE-Statistik, WK-Statistik, Unternehmensangaben	EBP-interne Datenbank	Spez. Kosten für Neu- und Umbau, kraftwerksgenau geschätzt
Photovoltaik	BFE: EE-Statistik, SE-Statistik	KEV-Statistik, BFE: Kostenstudien (Planair 2018, 2020)	
Windenergie	BFE: EE-Statistik	EBP-interne Datenbank, Studien	u.a. Grundlagen aus EBP-Projekt «Investitions- und Planungsbeiträge für Windenergieanlagen» (EBP 2020b)
KVA (50% erneuerbar)	BFE: WKK-Statistik, Statistik der erneuerbaren Abfälle	EBP-interne Datenbank	
Holz- und -heizkraftwerke	BFE: WKK-Statistik, Holzenergiestatistik	EBP-interne Datenbank	Grundlagen aus diversen EBP-Projekten im Auftrag des BFE, bspw. «Investitionsbeiträge für Biomasseanlagen» (EBP 2020a), Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung von Holzheizkraftwerken (EBP 2021)
Biomasse- und heizkraftwerke	BFE: WKK-Statistik	EBP-interne Datenbank	
Solarthermie	BFE: EE-Statistik, SE-Statistik	EBP-interne Datenbank, Experteninterviews	Grundlagen aus diversen EBP-Kostenstudien für Bund und Kantone
Wärmepumpen	BFE: EE-Statistik	EBP-interne Datenbank, Experteninterviews	
Konventionelle Energien	Endenergieverbrauch, installierte Leistung, Witterungsbereinigung	Investitions-, Betriebs- und Energiekosten, Kostenstrukturen	
Gas- und Ölheizungen und -feuerungen	BFE: Gesamtenergiestatistik zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs und der Heizgradtage (Witterungsbereinigung). Projekte EBP: Annahmen zu Volllaststunden und Lebensdauern der Anlagen.	BFE: Gesamtenergiestatistik zur Ermittlung der Energiepreise Projekte EBP (EnergieSchweiz 2020, Volkswirtschaftlicher Nutzen thermischer Netze; EnFK Ost 2018, Faktensammlung MuKE Vorschriften Heizungsersatz): Annahmen zu spezifischen Investitions- und Betriebskosten.	Die Entwicklung der installierten Leistungen von Gas- und Ölheizungen und -feuerungen wurde anhand des witterungsbereinigten Endenergieverbrauchs abgeschätzt. Basierend auf der zeitlichen Entwicklung wurden Investitionen in den Ersatz und den Neubau von Anlagen unterschieden.

Technologiebereich	Datenquelle	Physische Kennzahlen	Datenquelle Kosten und Kostenstrukturen	Methodische Bemerkungen
Kernkraftwerke wurden in Absprache mit der Auftraggeberin aus der Analyse ausgeschlossen; Auf die vertiefte Analyse von fossilen Kraft- und Heizkraftwerken und Elektroheizungen wurde aufgrund ihrer geringeren Relevanz an der gesamten Energieproduktion und dem Energieverbrauch verzichtet.				
Energieinfrastruktur	Netzlänge, Endenergieverbrauch		Investitions- und Betriebskosten, Kostenstrukturen	
Stromnetze	Tätigkeitsberichte der EICom 2008-2020		Tätigkeitsberichte der EICom 2008-2020, Elektrizitätsstatistik: Investitionskosten in Verteil- und Übertragungsnetz, Betriebs- und Verwaltungskosten	Die Tätigkeitsberichte der EICom bieten eine direkte Quelle zu Investitions- und Betriebskosten. Für den Zeitraum 2005-2009 und das Jahr 2020 mussten die Angaben extrapoliert werden.
Gasnetze	VSG-Jahresstatistiken 2010-2020		VSG-Jahresstatistiken 2010-2020: Investitionen in Gasnetze Projekte EBP: Kostenstruktur von Gasversorgern (Betriebs-, Unterhalts-, Vertriebs- und Verwaltungskosten)	Betriebskosten wurden anhand spezifischer Kosten aus Projekten EBP (Fr./m Leitungsmeter) und der Entwicklung der Netzlänge abgeschätzt.
Fernwärmenetze	Gesamtenergiestatistik (Entwicklung Endenergieverbrauch Fernwärme, Energieträgermix), Jahresbericht Fernwärme Schweiz		Projekte EBP, Leitfaden Fernwärme / Fernkälte 2018: spezifische Kosten für Netzbau und Unterhalt und Wartung	Investitionen in den Ausbau der Fernwärmenetze wurden anhand der Zunahme des Endenergieverbrauchs an Fernwärme abgeschätzt.
Energieeffizienz	Eingesparte Energie nach Bestimmungsfaktoren, Entwicklung Energiebezugsflächen		Energiekosten, zusätzliche Investitionskosten, Amortisationsdauer	
Energieeffizienz Gebäudehülle (Top-Down)	Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000-2020, Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen: Bestimmungsfaktor «Technik und Politik» für Gebäudequalitäts-effekte, jährliche Veränderung des Endenergieverbrauchs		Gesamtenergiestatistik: Endenergieverbrauch, Endverbraucherausgaben, Energiepreise Annahme zu Amortisationsdauer wurden entsprechend der Lebensdauer gemäss HFM 2015 für Massnahmen an der Gebäudehülle gewählt (40 Jahre)	Schätzung der Investitionskosten durch Methode der anlegbaren Kosten.

Technologebereich	Datenquelle Physische Kennzahlen	Datenquelle Kosten und Kostenstrukturen	Methodische Bemerkungen
Energieeffizienz insgesamt und Energieeffizienz Anlagen und Geräte (Top-Down)	Ex-Post-Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 bis 2020 nach Bestimmungsfaktoren: Bestimmungsfaktor «Technik und Politik», jährliche Veränderung des Endenergieverbrauchs	Gesamtenergiestatistik: Endenergieverbrauch, Endverbraucherausgaben, Energiepreise Annahmen zu Amortisationsdauern: Für die Sektoren Industrie und Dienstleistung wurde eine Amortisationsdauer von 4 Jahren eingesetzt. Für den Sektor Private Haushalte wurde die Amortisationsdauer entsprechend den Lebensdauern der Massnahmen abgeschätzt (Anlagen, Geräte, Gebäudehülle).	Schätzung der Investitionskosten durch Methode der anlegbaren Kosten. Die Investitionskosten für Anlagen und Geräte ergeben sich aus der Differenz der Investitionskosten für Energieeffizienz insgesamt und der Investitionskosten für Energieeffizienz Gebäudehülle.
Energieeffizienz Gebäudehülle (Bottom-up, Plausibilisierung)	Wüest und Partner, Entwicklung der Energiebezugsfläche	Analysen TEP Energy und Prognos (Energieperspektiven 2012): Annahmen zu Sanierungsrate und spezifischen energetischen Sanierungskosten	Die Bottom-up Analyse wurde zur Plausibilisierung obiger Top-down Methoden verwendet.
Mobilität	Anzahl Fahrzeuge, Fahrleistungen, spezifische Energieverbräuche	Anschaffungskosten, laufende Kosten, Kostenstrukturen	
Konventionelle Fahrzeuge Elektrofahrzeuge	BFS: Motorfahrzeugbestand (Gesamtbestand Personenwagen), Neue Inverkehrsetzungen von Strassenfahrzeugen, Leistungen des Personenverkehrs (Fahrleistungen Personenwagen) HBEFA – Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs: spezifische Energieverbräuche nach Technologien	BFE: Durchschnittliche Preise Neuwagen 2017-2020, Gesamtenergiestatistik (Energiepreise) Aussenhandelsstatistik: Importwert von Personenwagen TCS: Kostenstruktur Betrieb Personenwagen Avenegy: Jahresmittel Benzin- und Diesel-Preise	Als Elektrofahrzeuge wurden BEV (batterieelektrische Personenwagen), PHEV (Plug-in-Hybride) und FCEV (Brennstoffzellen-Fahrzeuge) klassifiziert
Abkürzungen: EE-Statistik: Statistik der erneuerbaren Energien; SE-Statistik: Solarenergie-Statistik, WK-Wasserkraftstatistik, WKK-Statistik: Statistik der WKK-Anlagen			

Tabelle 2 Datenquellen und Methoden für die Bestimmung der Kosten

2.2.2 Bestimmung der Arbeitsplatzeffekte

Das Vorgehen verfolgt grundsätzlich einen nachfrageseitigen Ansatz und beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte. Ausgangspunkt sind die zusammengestellten Grundlagendaten zu Investitions-, Betriebs- und Energieausgaben in den Bereichen erneuerbare und fossile Energien, Energieeffizienz und Mobilität. Diese werden im nächsten Schritt auf Kostenkomponenten (z.B. Planung, Finanzierung, Bau, Inbetriebnahme) und Lieferbranchen aufgeteilt. Anhand von Statistiken und Experteneinschätzungen wird schliesslich ermittelt, welcher Teil der Güter und Dienstleistungen aus dem Inland geliefert wird, um die im Inland wirksamen Umsätze zu bestimmen. Die Daten zu Kostenstrukturen geben auch Aufschluss über die mit der Produktion verbundene Wertschöpfung. Beschäftigungsdaten werden mittels branchenspezifischer Kennzahlen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu Beschäftigungsintensitäten und Arbeitsproduktivitäten berechnet.

2.3 Ex-ante-Analyse

2.3.1 Differenzkosten

Das Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, das Arbeitsplatzpotenzial abzuschätzen, das mit einem Übergang vom Weiter-wie-bisher-Szenario zum ZERO-Basis-Szenario gemäss den aktuellen Energieperspektiven des Bundes (Prognos et al. 2021) verbunden wäre. Als Datengrundlage wurden uns vom BFE Differenzkosten zwischen den beiden Szenarien zur Verfügung gestellt, dies für die Investitionskosten, die Betriebs- und die Energiekosten.

Vor der Bestimmung der Kostenkomponenten wurde die Relevanz der Technologien für Investitions-, Betriebs- und Energiekosten analysiert. Teilweise wurden die Differenzbetriebskosten technologiespezifisch unterteilt.

Für neue Technologien mit hoher Relevanz (z.B. Wasserstoff, CCS) oder Technologien mit hohen Kostendegressionen (Photovoltaik) wurden die Kostenstrukturen neu geschätzt. Für Technologien mit mittlerer oder geringer Relevanz und Technologien mit geringer Veränderung der spezifischen Kosten, für die heutige Kostenstrukturen vorliegen, wurden diese übernommen. Für Technologien mit geringer Relevanz, für die keine Kostenstrukturen vorliegen, wurden diese mittels Analogieschlüsse grob geschätzt.

Die von Prognos et al. (2021) angegebenen Differenzkosten bilden in einigen Fällen nicht diejenigen auf Ebene Endverbraucher ab. Bei importierten Energieträgern beziehen sich die Differenzkosten auf die Grenzübergangspreise. Zusätzliche Handels- und Transportmargen bis zu den Endverbrauchern werden nicht berücksichtigt. Bei leitungsgebundenen Energieträgern wie Gas und Strom werden die Stromerzeugungskosten, die Importkosten und die Netzkosten einbezogen, nicht jedoch die Handels- und Vertriebskosten für die Lieferung bis zu den Endverbrauchern. Wir haben diese zusätzlichen Kosten grob geschätzt, um die damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten und die daraus resultierenden Beschäftigungseffekte einbeziehen zu können.

— Beim Import von Erdölprodukten und neuen Energieträgern für die Mobilität wurden die heute bestehenden Handels- und Transportmargen auf

die Grenzübergangspreise aufgeschlagen und den betroffenen Handels- und Transportbranchen zugeordnet.

- Bei der Gasversorgung und der Stromversorgung wurde auf der Basis von Daten in der Energie-IOT 2014 (Nathani et al. 2019) und Daten zu den Netzkosten abgeschätzt, wie hoch der Anteil der Handels- und Vertriebskosten an den Endverbraucherausgaben im Jahr 2014 war. Diese Kosten wurden dann auf den Gas- und Stromverbrauch in 2015 bezogen und über die zusätzlichen Gas- und Stromverbräuche im ZERO-Basis-Szenario auf das Jahr 2035 und 2050 hochgerechnet, um eine grobe Schätzung der in der Prognos-Studie nicht berücksichtigten Differenzkosten zu erhalten. Analog wurden die mit dem Vertrieb von Strom und Gas verbundene Beschäftigung auf das Jahr 2035 und 2050 hochgerechnet. Die so ermittelten Zusatzkosten und Beschäftigungseffekte wurden zu den Ergebnissen unserer Modellrechnungen (vgl. Kapitel 2.3.2) addiert. Sie werden beim Sektor Infrastruktur ausgewiesen.

Die folgende Tabelle 3 enthält eine Übersicht über die Quellen, die bei der Abschätzung der Kostenstrukturen verwendet wurden. Sie konzentriert sich auf neue Technologien und Technologien mit hoher Kostendegression. Für die in der Tabelle nicht genannten Technologien, für die keine wesentlichen Änderungen der Kostenstrukturen zu erwarten sind, wurden die Kostenstrukturen aus der Analyse der heutigen Arbeitsplatzeffekte übernommen (vgl. Tabelle 2).

Technologiebereich	Datenquelle Kosten und Kostenstrukturen	Methodische Bemerkungen
Erneuerbare Energien		
Photovoltaik	PSI (2019)	Kostendegression für PV-Module bis 2050 aus PSI (2019) übernommen; übrige Kostenkomponenten proportional reduziert
Geothermie	Breitschopf et al. (2012)	
Zukunftstechnologien		
Grosswärmepumpen	Wärmeinitiative (2020)	Kostenstruktur und NOGA-Branche aus Studie übernommen
Batterien (Grossbatterien)	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2019)	Kostenstruktur für Grossbatterien aus der Studie übernommen
Substitution Energie	Wärmeinitiative (2020), EBP-interne Datenbank	Basierend auf den Energieperspektiven 2050+ wird die industrielle Wärme durch eine Kombination von Wärmepumpe, Fernwärme, Biomasse dekarbonisiert. Die Kostenstruktur ist ein Durchschnittswert aus diesen Technologien
Wasserstoffproduktion und -infrastruktur	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2019) Bluhm, Heinbach (2022)	Kostenstrukturen wurden basierend auf den Studien ermittelt und die Branchen für die Schweiz und unsere Berechnung angepasst
Carbon Capture and Storage (CCS)	EP2050+: Exkurs NET CCS (Prognos, INFRAS 2021)	Wir betrachten nur CCS, da nur dies gemäss Energieperspektiven im Inland relevant und somit beschäftigungswirksam ist, und hier die im Inland anfallenden Kosten für Abscheidung, Transport und Speicherung. Die Kostenstruktur für die Anlage und die Infrastruktur wurde als analog zu der Kostenstruktur für Grosswärmepumpen und Wärmespeicher angesehen.
Importierte Energieträger		
Mineralölprodukte		20% Handelsmarge für den Gross- und Detailhandel mit Mineralölprodukten aufgeschlagen, da die Kosten aus den Energieperspektiven nur den Grenzübergangspreis abbilden
Strombasierte Energieträger		Annahme: Verwendung vor allem für die Mobilität; 20% Handelsmarge für den Gross- und Detailhandel aufgeschlagen
Biomasse	EP2050+: Exkurs Biomasse (Prognos, INFRAS 2021b)	Annahme: Zuwachs gegenüber WWB vor allem Biomethan, der überwiegend importiert wird

Tabelle 3 Datenquellen und Methoden für die Bestimmung der zukünftigen Kostenstrukturen

2.3.2 Bestimmung der zukünftigen Arbeitsplatzeffekte

Das Vorgehen zur Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte folgt dann grundsätzlich dem Vorgehen zur Abschätzung der heutigen Arbeitsplatzeffekte. Es umfasst die folgenden Schritte:

- die Aufteilung der Kosten auf technologiespezifische Kostenkomponenten und die Zuordnung der entsprechenden Leistungen zu Branchen,
- die Bestimmung der inländischen Produktion dieser Leistungen durch Abzug von Importen aus dem Ausland,
- die Bestimmung der Bruttowertschöpfung in den beteiligten Branchen durch Multiplikation der inländischen Produktion mit branchenspezifischen Wertschöpfungsanteilen; diese stammen aus dem Produktionskonto des BFS. Mangels Daten zur künftigen Entwicklung der Wertschöpfungsanteile haben wir diese auf dem Niveau von 2019 konstant gehalten;
- die Bestimmung der Arbeitsplatzeffekte durch Multiplikation der Bruttowertschöpfung mit branchenspezifischen Arbeitsproduktivitäten. Wenn sich Kostenkomponenten direkt auf Arbeitskosten beziehen, werden die Arbeitsplatzeffekte direkt durch Multiplikation mit spezifischen Löhnen berechnet. Die branchenspezifischen Arbeitsproduktivitäten wurden auf Basis der für den Bund ausgearbeiteten Branchenszenarien (KPMG, Eco-plan 2020) bis 2050 fortgeschrieben⁶. Diese liefern branchenspezifische Werte zur Entwicklung der Beschäftigung und der Wertschöpfung (zu konstanten Preisen) und ermöglichen so die Berechnung der Veränderung der Arbeitsproduktivitäten.

Die folgende Tabelle 4 enthält eine Übersicht über die Technologien und die dazugehörigen Sektoren, die wir in der vorliegenden Studie für die Analyse der zukünftigen Entwicklungen berücksichtigen. Zusätzlich zu den Sektoren Elektrizität, Wärme, Energieeffizienz und Mobilität aus der Ex-Post Analyse betrachten wir den Sektor «CCS und Negativemissionstechnologien (NET)». Im Unterschied zur Ex-post-Analyse sind Energieträger wegen der verfügbaren Daten in einem eigenen Sektor zusammengefasst und nicht bei den Sektoren Elektrizität, Wärme oder Mobilität enthalten. Der Sektor Infrastruktur enthält nicht nur Energieinfrastruktur, sondern auch Mobilitätsinfrastruktur (Tankstellen und Ladestationen) sowie die Wasserstoffinfrastruktur und die inländische Wasserstoffproduktion. Auf Technologieebene unterscheiden wir zwischen erneuerbaren und fossilen Technologien.

Beschreibung der neuen Technologien:

- «Wasserstoff» ist einer der auf Elektrizität basierenden Energieträger und spielt eine wichtige Rolle im Verkehrssektor für den Schwerverkehr und für Nischenanwendungen. Er wird zum Teil im Inland durch Elektrolyse an Standorten grosser Laufwasserkraftwerke hergestellt. Der Wasserstoff wird dann hauptsächlich von Transportfahrzeugen an Wasserstofftankstellen geliefert und gespeichert, vergleichbar mit der Mineralölinfrastruktur.

⁶ Die Fortschreibung der Arbeitsproduktivitäten bezieht sich auf Vollzeitäquivalente, da branchenbezogene Daten zu Arbeitsproduktivitäten pro gearbeitete Stunde nicht verfügbar sind

- «Strombasierte Energieträger» Power-to-X (PtX) bezieht sich hier auf Power-to-Liquid, also die Erzeugung von flüssigen Energieträgern wie strombasierte Kraftstoffe und strombasiertes Methan. Auch Wasserstoff gehört zu den strombasierten Energieträgern, wird aber in diesem Bericht separat beschrieben und betrachtet. Diese erneuerbaren Energieträger werden hauptsächlich im Verkehrssektor eingesetzt und vollständig importiert.
- «Elektromobilität» umfasst Mobilität mit batterieelektrischen Fahrzeugen, Brennstoffzellenfahrzeugen und Plug-in-Hybriden.
- «CCS / NET: Carbon Capture and Storage und Negativemissionstechnologien» Zur Abscheidung der verbleibenden CO₂-Emissionen werden Technologien zur Abscheidung negativer Emissionen/CCS eingesetzt. So wird ein grosser Teil der kommunalen Kehrriechverbrennungsanlagen, grössere Biomassekraftwerke sowie in der Industrie alle Zementwerke und grossen Chemie- und Stahlwerke mit CO₂-Abscheidungssystemen ausgestattet. Das auf diese Weise abgeschiedene CO₂ wird im Inland zunächst per Bahn und dann per Pipeline zur Speicheranlage transportiert. Ein Teil wird im Inland gelagert, doch werden hauptsächlich die wesentlich grösseren Speicherkapazitäten im Ausland genutzt. Die verbleibenden Emissionen werden durch Kompensationen im Ausland ausgeglichen. Insgesamt wird $\frac{1}{4}$ der Emissionen im Inland abgeschieden und gespeichert werden. Etwas mehr als ein Viertel wird zwar im Inland abgeschieden aber im Ausland gespeichert. Der Rest wird vollständig im Ausland abgeschieden und gespeichert.
- «Energieeffizienz in der Industrie» wird durch die volle Ausschöpfung thermischer und elektrischer Effizienzpotenziale sowie durch den Einsatz der heute effizientesten Beleuchtung und der besten verfügbaren Querschnittstechnologien (z.B. Druckluft, Pumpen etc.) erreicht, die einen Wirkungsgrad nahe 1 aufweisen.

Sektor	Erneuerbar	Fossil
Elektrizität	Wasserkraft	Fossile (Heiz-)Kraftwerke
	Photovoltaik	
	Windenergie	
	Holz-(Heiz-)kraftwerke	
	Biomasse-(Heiz-)Kraftwerke	
	(Heiz-)Kraftwerke mit Abfallverbrennung	
	Batterien	
	Geothermiekraftwerke	
Wärme	Solarthermie	Gasfeuerungen und -heizungen
	Wärmepumpen	Ölfeuerungen und -heizungen
	Grosswärmepumpe	
	Biomassefeuerungen	
	Kehrrichtverbrennungsanlagen	
	Geothermie	
Mobilität	Elektromobilität	Konv. Fahrzeuge
Infrastruktur	Fernwärmenetz	Gasnetz
	Ladestationen für Elektromobilität	Mineralölinfrastruktur
	Stromnetz	
	Wasserstoffproduktion und -infrastruktur	
CCS / NET (Inland)	Abscheidung KVA	
	Transport	
	Speicherung	
Energieträger	Strombasierte Energieträger	Mineralölprodukte
	Wasserstoff	Erdgas
	Elektrizität	
	Biomasse	
Effizienz	Elektrogeräte/ Beleuchtung	
	Energieeffizienz in der Industrie	
	KLH Effizienz	
	Sanierung Gebäude und Neubau	

Tabelle 4 Übersicht über die einbezogenen Technologien in den untersuchten Sektoren

3. Ex-post-Analyse

3.1 Entwicklung der Ausgaben

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer und fossiler Energieträger, für Energieinfrastruktur, für private Mobilität und Energieeffizienz im Zeitraum 2005-2020 dargestellt. Alle Werte sind preisbereinigt und beziehen sich auf das Preisbasisjahr 2017.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Ausgaben nach den Sektoren Effizienz, Mobilität, Wärme, Elektrizität und Infrastruktur. Der grösste Beitrag an die Ausgaben entsteht durch den Sektor Verkehr, dessen jährliche Veränderungen stark abhängen von den Fahrleistungen, den Treibstoffausgaben (Benzin und Diesel) und den verkauften Neuwagen. Gefolgt wird der Sektor Mobilität vom Sektor Wärme, dessen Ausgaben sich über den betrachteten Zeitraum im Umfang von 11 bis 14 Mia. Fr. bewegen. Geringere Ausgaben verursachen die Sektoren Elektrizität, Infrastruktur und Effizienz, wobei die zusätzlichen Ausgaben für Investitionskosten in Effizienzmassnahmen teilweise ausgeglichen werden durch eingesparte Energiekosten. Für das Jahr 2020 sind die Effekte der Covid-19 Pandemie deutlich sichtbar. Von diesem Ausnahmejahr abgesehen stiegen im Zeitraum von 2005 bis 2019 die Ausgaben im Sektor Elektrizität um knapp 70% und im Sektor Mobilität um 20%. Die Ausgaben in den Sektoren Wärme und Infrastruktur änderten sich über diesen Zeitraum nur geringfügig.

Entwicklung der Ausgaben nach Sektor

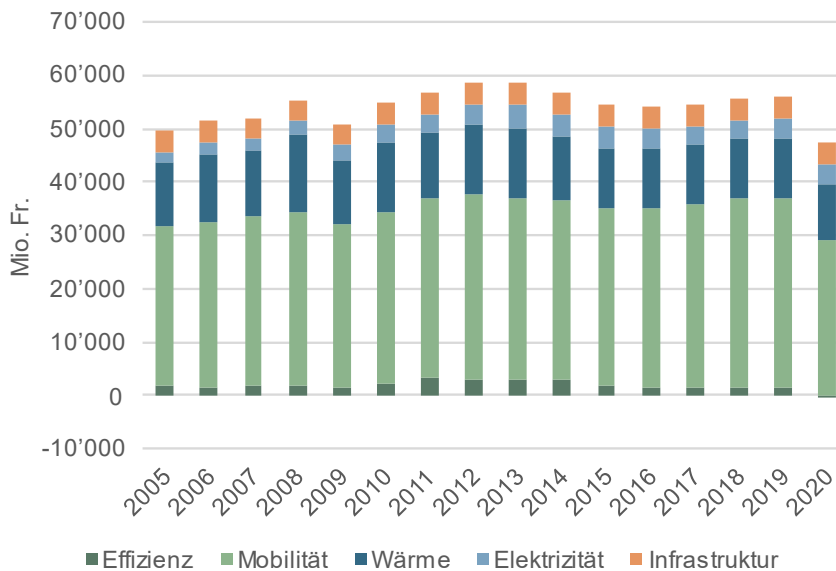


Abbildung 6 Entwicklung der Ausgaben nach Sektor (Quelle: Berechnungen EBP)

Abbildung 7 stellt die Entwicklung der Ausgaben nach den Kostenarten Energiekosten, Investitionskosten und Betriebskosten dar. Während dem die

Entwicklung der Ausgaben nach Kostenart

Ausgaben für Energie im betrachteten Zeitraum⁷ um knapp 15% sanken, stiegen sowohl Investitions- als auch Betriebskosten um rund 40% resp. 15%.

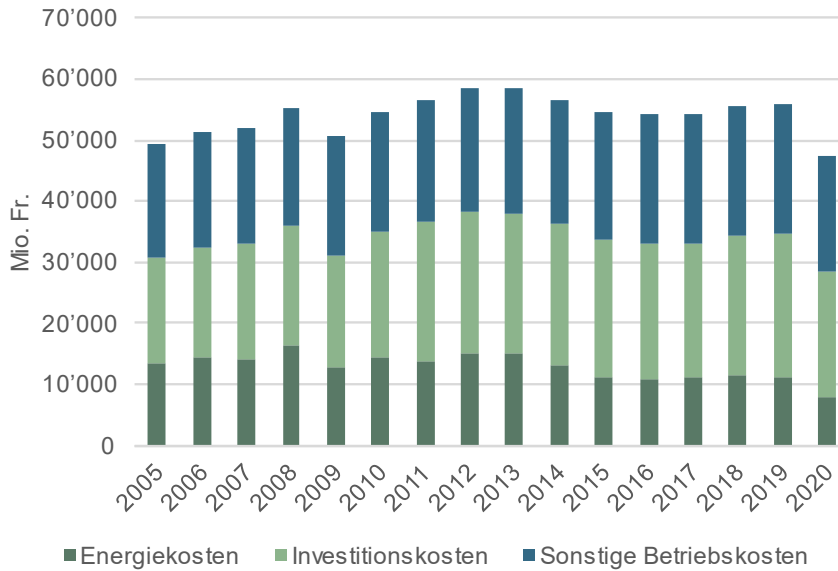


Abbildung 7 Entwicklung der Kosten nach Kostenart (Quelle: Berechnungen EBP)

3.1.1 Energie

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Ausgaben im Sektor Wärme. Ausgaben für fossile Feuerungen sinken im Zeitraum von 2005 bis 2020, insbesondere durch eine verringerte Anzahl Heizöl-Feuerungen und einen reduzierten Verbrauch an Heizöl. Die installierten Leistungen der Feuerungen wurden anhand der Entwicklung des Endenergieverbrauchs abgeschätzt. Die installierten Leistungen von Heizöl-Feuerungen blieben zwischen 1980 und 2000 ungefähr stabil, seither sinken sie jedoch stark. Investitionen finden nahezu ausschliesslich als Ersatzinvestitionen statt. Die Ausgaben für Ölfeuerungen betragen 2020 noch rund die Hälfte der Ausgaben des Jahres 2005. Dabei schwanken sie im Zeitverlauf relativ stark, insbesondere wegen der fluktuierenden Heizölpreise und der witterungsbedingt schwankenden Heizölmengen. Die installierten Leistungen von Gas-Feuerungen sind fast im gesamten betrachteten Zeitraum von 1980 bis 2020 steigend. Nur in den letzten Jahren kann eine gewisse Stagnation des Wachstums beobachtet werden. Die Ausgaben für Wärmepumpen steigen im betrachteten Zeitraum stark, von knapp 600 Mio. Fr. im Jahr 2005 auf über 1.8 Mia. Fr. im Jahr 2020. Der insgesamt Beitrag der übrigen Technologien (Holzfeuerungen und Heizungen, Solarthermie und Biogasanlagen) bleibt stabil, wobei Holzfeuerungen und -heizungen den deutlich grössten Anteil ausmachen. Abbildung 9 zeigt die Ausgaben im Sektor Wärme nach Kostenart. Mit rund 20%

Entwicklung der Ausgaben im Sektor Wärme

⁷ Dieser Vergleich bezieht sich auf den Zeitraum von 2005-2019, das Jahr 2020 (aussergewöhnliche Effekte der Covid-19 Pandemie) wird ausgeschlossen.

weisen die Energiekosten zwischen 2005 und 2020 den stärksten Rückgang auf. Auch die Betriebskosten sinken in diesem Zeitraum um 10%.

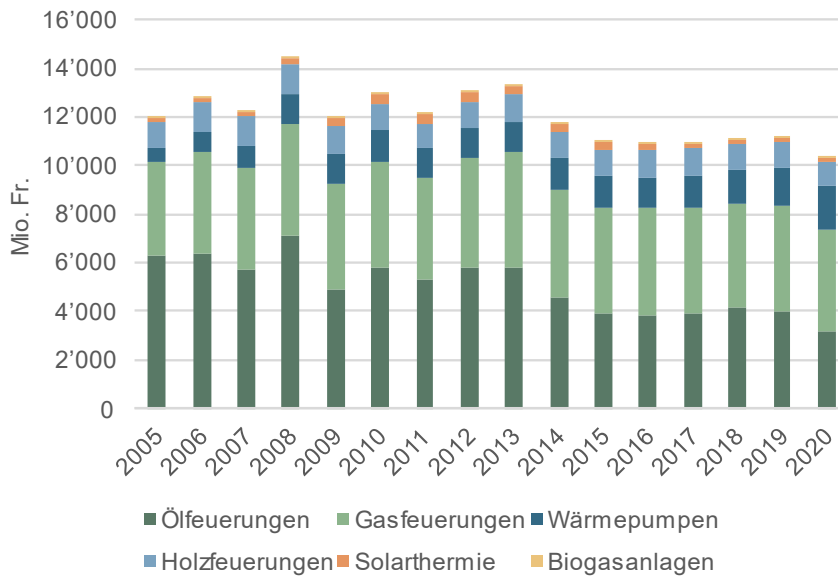


Abbildung 8 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Wärme, nach Technologien (Quelle: Berechnungen EBP)

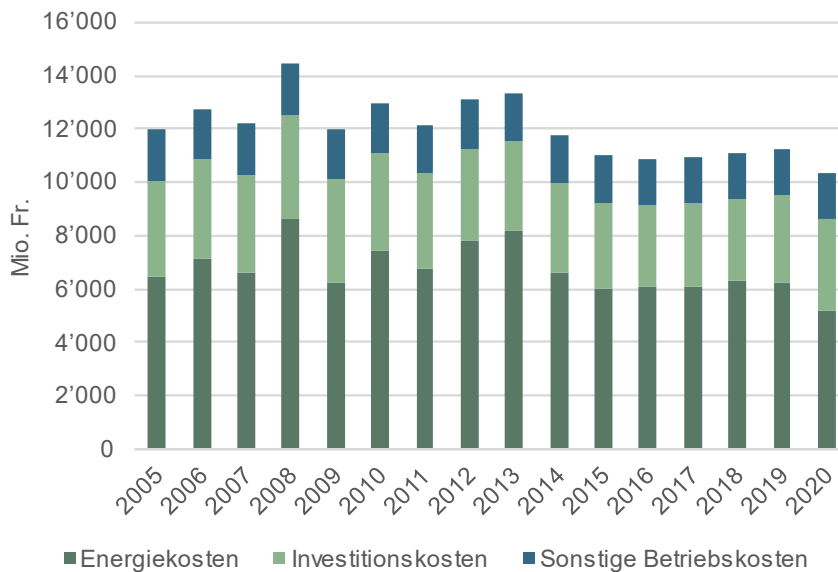


Abbildung 9 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Wärme, nach Kostenart (Quelle: Berechnungen EBP)

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der Ausgaben im Sektor Elektrizität. Sie werden dominiert durch die Wasserkraft, deren Investitionen sich im Zeitraum von 2005 bis 2020 zwischen 1.6 und 2 Mia. Fr. bewegen. Das dynamischste Wachstum zeigen die Ausgaben für PV-Anlagen, die im Jahr 2005 rund 35 Mio. Fr. betragen, bis 2020 jedoch auf knapp 1 Mia. Fr. anwachsen.

Entwicklung der Ausgaben im Sektor Elektrizität

Ebenfalls wachsend sind die Ausgaben für übrige Technologien, zusammengesetzt aus Ausgaben für Kehrrechtverbrennungsanlagen, Abfallfeuerungen, Biogasanlagen, Holzfeuerungen und Windkraft. Abbildung 11 zeigt die Entwicklung der Ausgaben nach Kostenart, wobei die Investitions- und Betriebskosten relevant sind. Die Ausgaben für Investitionskosten erreichten ihr Maximum in den Jahren 2012 bis 2015, während die Betriebskosten über den betrachteten Zeitraum relativ kontinuierlich angestiegen sind und im Jahr 2020 rund 40% höher liegen als im Jahr 2005.

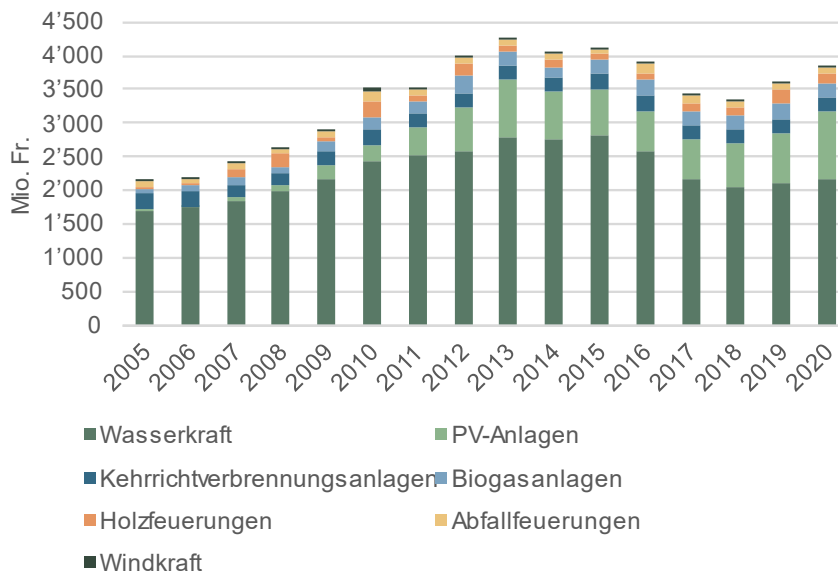


Abbildung 10 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Elektrizität, nach Technologien (Quelle: Berechnungen EBP)

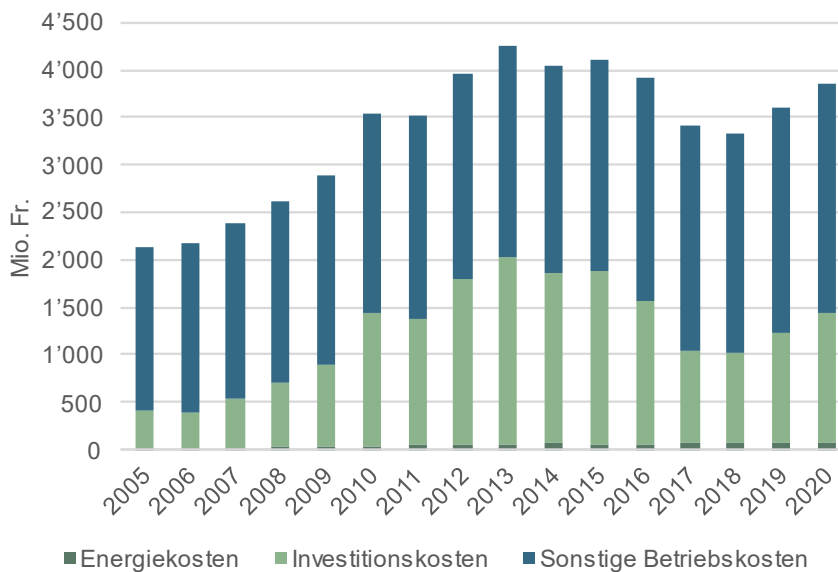


Abbildung 11 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Elektrizität, nach Technologien (Quelle: Berechnungen EBP)

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Ausgaben im Sektor Infrastruktur nach Technologie. Abbildung 13 zeigt die Entwicklung nach Kostenarten. Die Ausgaben in diesem Sektor werden dominiert durch die Stromnetze, mit Investitions- und Betriebskosten zwischen 3 bis 3.5 Mia. Fr., die über den betrachteten Zeitraum grundsätzlich stabil bleiben. Die Ausgaben für Gasnetze weisen im betrachteten Zeitraum ein geringes Wachstum auf: von 500 Mio. Fr. im Jahr 2005 auf rund 560 Mio. Fr. im Jahr 2020. Ein dynamisches Wachstum weisen die Ausgaben für Fernwärmenetze auf, welche sich im betrachteten Zeitraum mehr als verzehnfachen und im Jahr 2020 auf über 200 Mio. Fr. ansteigen.

Entwicklung der Ausgaben im Sektor Infrastruktur

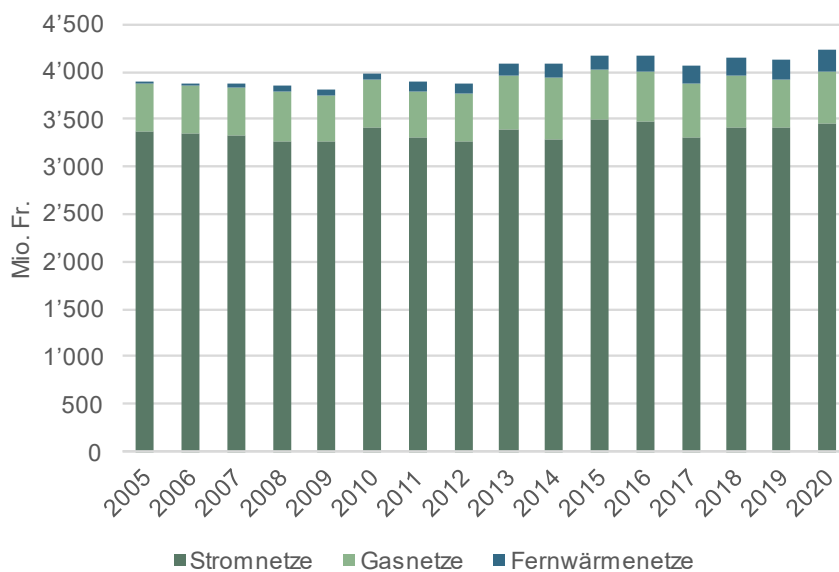


Abbildung 12 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Infrastruktur, nach Technologien (Quelle: Berechnungen EBP)

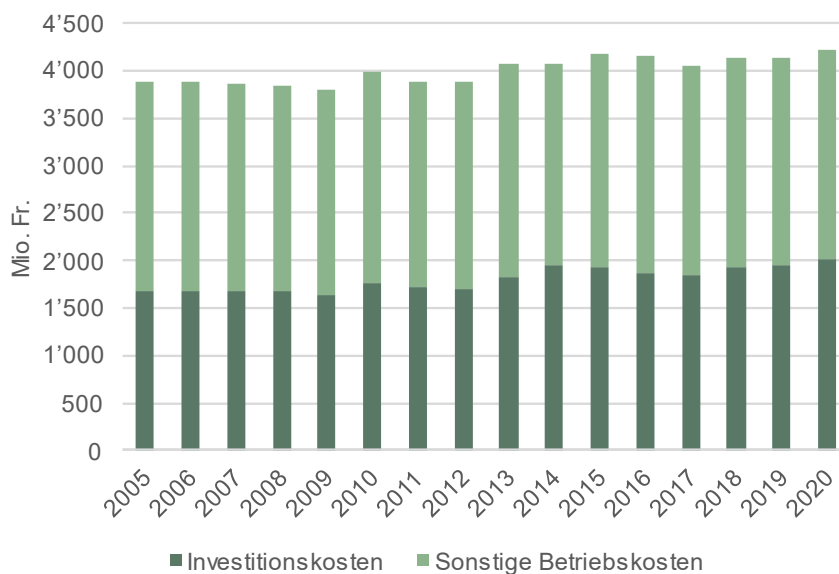


Abbildung 13 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Infrastruktur, nach Kostenart (Quelle: Berechnungen EBP)

Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Ausgaben im Sektor Effizienz. Unterschieden werden einerseits zusätzliche Ausgaben für Investitionskosten für Effizienzmassnahmen in Gebäudehülle und effiziente Anlagen und Geräte und andererseits durch diese Massnahmen eingesparte Energiekosten. Die jährlich zusätzlich eingesparten Energiekosten sind über den Zeitraum 2005 bis 2020 kumuliert dargestellt. Die Ausgaben für zusätzliche Investitionskosten wurden anhand der Methode der anlegbaren Kosten aus den Energieeinsparungen abgeschätzt (vgl. Methodenbeschreibung in Tabelle 2). Die Herausforderung bei der Bestimmung der Energieeinsparungen ist, dass diverse Faktoren Einfluss auf diese haben (bspw. Mengeneffekte und Witterung). Deshalb wurde für die Herleitung der hier verwendeten Energieeinsparungen auf BFE (2021a) und BFE (2021b) abgestützt: Ex-Post-Analysen, welche den Einfluss der diversen Bestimmungsfaktoren auf den Schweizer Energieverbrauch aufzeigen. Für die gezeigten Auswertungen wurden nur Energieeinsparungen berücksichtigt, welche auf den Bestimmungsfaktor «Technik und Politik» zurückzuführen sind. Dieser beschreibt die Einflüsse durch die Politik, langfristige Preiseffekte und die (autonome) Technologieentwicklung. Mit BFE (2021b) wurden jene Energieeinsparungen bestimmt, welche durch den Einfluss von Technik und Politik auf die Effizienz der Gebäudehülle entstehen. Mit der Methode der anlegbaren Kosten wurden auf dieser Basis die Investitionen in Effizienzmassnahmen an der Gebäudehülle ermittelt. Investitionen in übrige Effizienzmassnahmen wurden anhand von BFE (2021a) auf der Basis der restlichen Energieeinsparungen bestimmt, welche durch den Einfluss von Technik und Politik entstehen. Die Investitionen in effiziente Anlagen überschneiden sich teilweise mit bereits oben beschriebenen Investitionen in Wärmeerzeugungsanlagen.

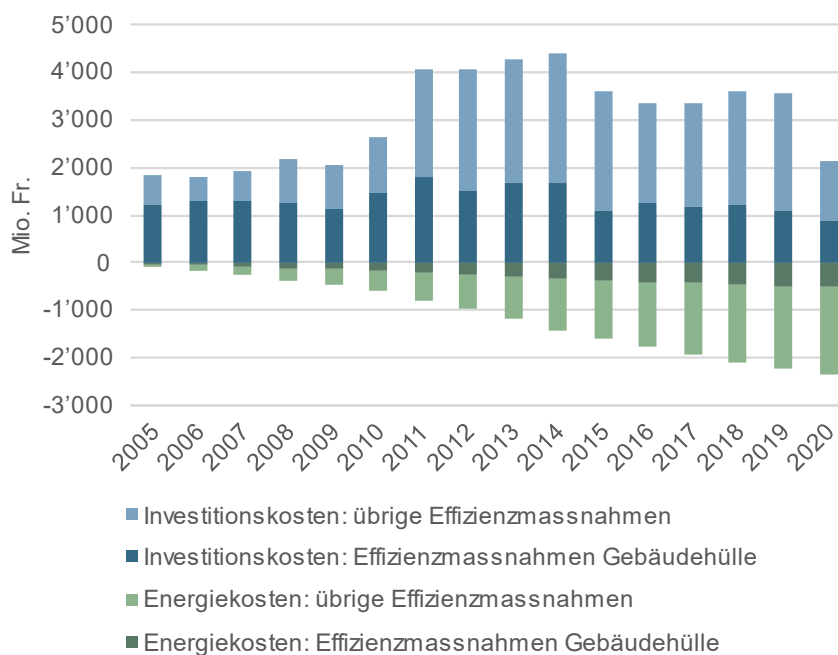


Abbildung 14 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Effizienz (Quelle: Berechnungen EBP)

3.1.2 Private Mobilität

Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der Ausgaben im Sektor Mobilität, mit einem Fokus auf Personenwagen. Konventionelle Personenwagen weisen im Zeitraum von 2005 bis 2020 Kosten von zwischen 30 bis 40 Mia. Fr. auf. Diese Ausgaben erfahren grössere Schwankungen, abhängig von den Fahrleistungen, den Energiepreisen und der Anzahl verkaufter Neuwagen. Die Elektromobilität weist ein dynamisches Wachstum auf und nahm im Jahr 2019 knapp 3% der Gesamtausgaben des Sektors ein. Im Jahr 2020 nahm die Elektromobilität bereits 7% der Gesamtausgaben des Sektors Mobilität ein. Dies ist einerseits bedingt durch einen stark wachsenden Anteil der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen, andererseits jedoch auch durch einen aussergewöhnlichen Einbruch der Ausgaben für konventionelle Personenwagen. Das Ausnahmejahr 2020 zeigt sich auch in Abbildung 16 in der Entwicklung der Ausgaben nach Kostenarten. Während die Ausgaben für Energie zwischen 2005 bis 2019 relativ stabil blieben, sind sie von 2019 auf 2020 um fast 30% gesunken. Die Ausgaben für Investitions- und Betriebskosten stiegen zwischen 2005 und 2019 um 37% resp. 17%.

Entwicklung der
Kosten im Sektor
Mobilität

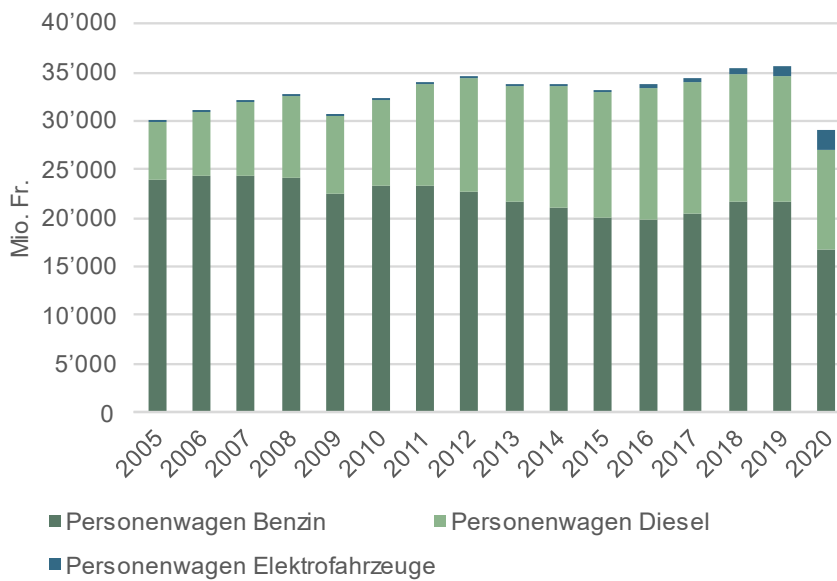


Abbildung 15 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Mobilität, nach Technologien (Quelle: Berechnungen EBP)

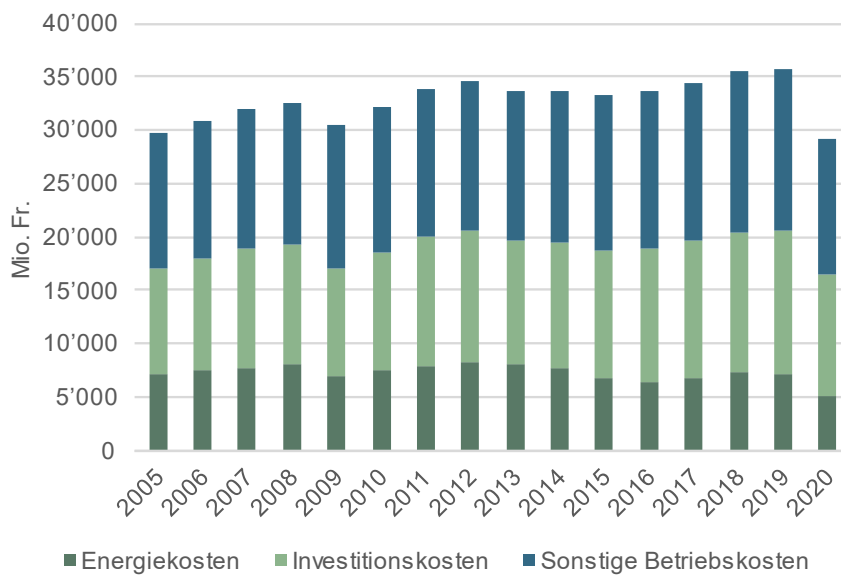


Abbildung 16 Entwicklung der Ausgaben im Sektor Mobilität, nach Kostenart (Quelle: Berechnungen EBP)

3.2 Entwicklung der Beschäftigung

In diesem Kapitel wird die Zahl der Beschäftigten im Zeitverlauf dargestellt, die mit der Nutzung von erneuerbaren und fossilen Energieträgern, der Energieinfrastruktur, privater Mobilität und der Energieeffizienz verbunden sind. Sie wird in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) angegeben. Ihre Berechnung basiert auf den im vorhergehenden Kapitel dargestellten Investitions-, Betriebs- und Energieausgaben. Sie berücksichtigt technologiespezifische Wertschöpfungsketten, Importverhältnisse und Beschäftigungsintensitäten in den beteiligten Branchen.

Dabei werden die Ergebnisse für die einzelnen Sektoren im Energiebereich zuerst (Kapitel 3.2.1) und anschliessend für die Mobilität⁸ (Kapitel 3.2.2) dargestellt werden.

3.2.1 Energie

In diesem Unterkapitel wird die Entwicklung der Beschäftigung in den Sektoren des Energiebereichs beschrieben. Dabei wird jeweils nach Technologie und Aktivität unterschieden.

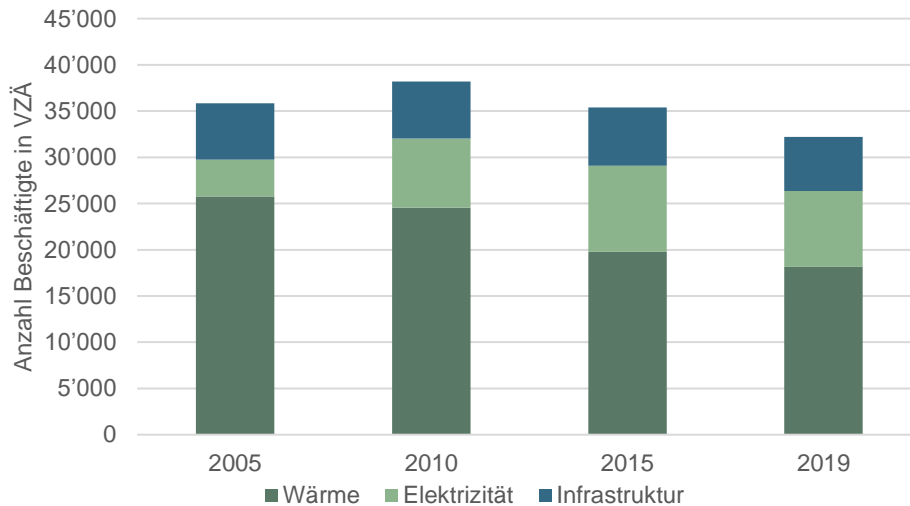
Energiesektor insgesamt

Abbildung 17 zeigt die Beschäftigung im Zeitverlauf nach Sektor, wobei die Energieeffizienz nicht einbezogen wird⁹. Die Beschäftigung steigt zwischen 2005 und 2010 und nimmt danach bis 2019 ab (von knapp 36'000 VZÄ auf

⁸ Der Mobilitätssektor weist hohe Beschäftigungseffekte auf, so dass eine differenzierte Darstellung der anderen Sektoren dann nicht möglich ist.

⁹ Um Doppelzählungen zu vermeiden wird der Bereich der Energieeffizienz nicht in der Überblicksdarstellung einbezogen. Er wird unten in einem eigenen Abschnitt dargestellt.

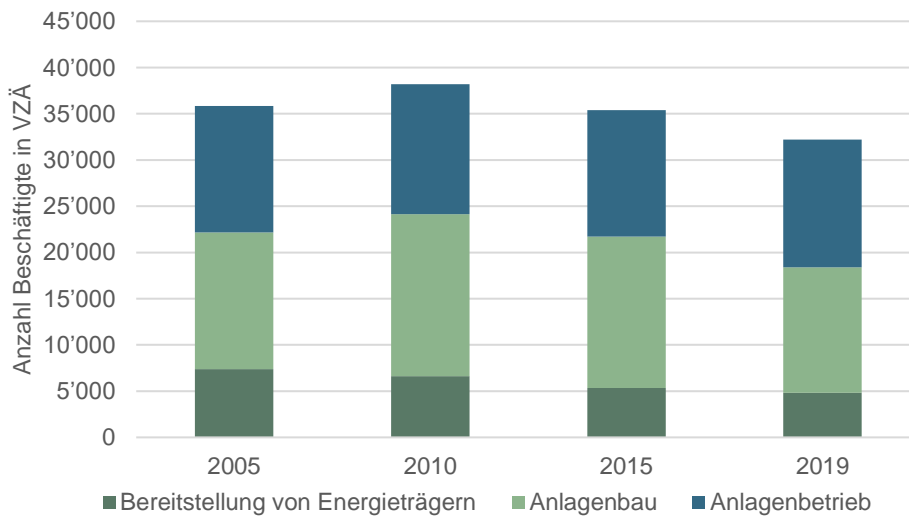
ca. 32'000 VZÄ). Dabei unterscheidet sich die Bedeutung der einzelnen Sektoren für die Beschäftigung und auch die zeitliche Entwicklung fällt je nach Sektor unterschiedlich aus. Während die Zahl der Beschäftigten im Wärmesektor kontinuierlich sinkt, fällt sie im Infrastruktursektor nur leicht und steigt im Sektor Elektrizität an. Diese Entwicklung lässt sich direkt auf die Veränderung der Ausgaben in den einzelnen Sektoren zurückführen.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 17: Entwicklung der Beschäftigung nach Kategorie (Wärme, Elektrizität und Infrastruktur)

In Abbildung 18 wird die gleiche Entwicklung der Beschäftigung nach Aktivität dargestellt. Unterschieden werden dabei der Anlagenbau, der Anlagenbetrieb und die Bereitstellung von Energieträgern. Der Anlagenbau ist für den grössten Teil der Beschäftigten verantwortlich, gefolgt vom Anlagenbetrieb und der Bereitstellung von Energieträgern. Der Rückgang der Beschäftigung ab 2010 wird vor allem durch den Rückgang beim Anlagenbau verursacht, zu einem geringeren Anteil auch durch den Rückgang bei der Bereitstellung von Energieträgern. Im Anlagenbetrieb hingegen bleibt der Zahl der Beschäftigten zwischen 2010 und 2019 insgesamt relativ konstant, bzw. nimmt leicht zu. Der Verlauf der Beschäftigung spiegelt weitgehend die Ausgabenentwicklung bei den einzelnen Aktivitäten wider. Allerdings liegen die Ausgaben für die Bereitstellung von Energieträgern stets über den Ausgaben für die beiden anderen Aktivitäten, während die Beschäftigung stets wesentlich geringer ausgeprägt ist. Dies liegt einerseits an relativ hohen Importanteilen bei den fossilen Energieträgern: die Ausgaben fliessen zum grossen Teil ins Ausland ab und tragen somit inländisch nicht zur Beschäftigung bei. Andererseits sind die Strom- und Gasversorgung durch eine hohe Arbeitsproduktivität, d.h. eine geringe Arbeitsintensität gekennzeichnet.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 18: Entwicklung der Beschäftigung nach Aktivität

Sektor Wärme

Abbildung 19 zeigt die Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Wärme unterteilt nach Ölheizungen, Gasheizungen, Wärmepumpen, Holzfeuerungen (inklusive Holzheizungen) und übrige Technologien (Solarthermie, Biogas und Feuerungen für erneuerbare Abfälle). Wie bereits in Abbildung 17 dargestellt, nimmt die Anzahl der Beschäftigten im Sektor Wärme zwischen 2005 und 2019 kontinuierlich ab. Der starke Rückgang der Beschäftigung lässt sich dabei auf die Abnahme der Beschäftigten im Bereich Ölheizungen zurückführen, in dem sich die Beschäftigtenzahl zwischen 2005 und 2019 mehr als halbiert. Im gleichen Zeitraum sinken die Ausgaben für fossile Heizungen stark, was wiederum zum Beschäftigungsrückgang führt. Auch der Bereich Gasheizungen verzeichnet einen Rückgang der Beschäftigten, während die Zahl der Beschäftigten bei den Wärmepumpen insgesamt ansteigt. Die Technologie der Holzfeuerungen bleibt im Beobachtungszeitraum relativ konstant, wobei der Rückgang der Holzheizungen durch die automatischen Holzfeuerungen ersetzt wird. Bei den übrigen Wärmetechnologien verringert sich die durch die Solarthermie ausgelöste Beschäftigung nach einem starken Anstieg im Jahr 2010, bis sie im Jahr 2019 fast wieder auf das Ausgangsniveau sinkt. Die durch Biogas ausgelöste Beschäftigung hingegen steigt, wenn auch nur auf niedrigem Niveau, stetig an.

Eine grundlegende Ursache für die im Zeitverlauf abnehmende Beschäftigung liegt in der ständig steigenden Arbeitsproduktivität der Beschäftigten. In 2019 sind weniger Arbeitskräfte erforderlich, um eine bestimmte Leistung zu erbringen, als in 2005.

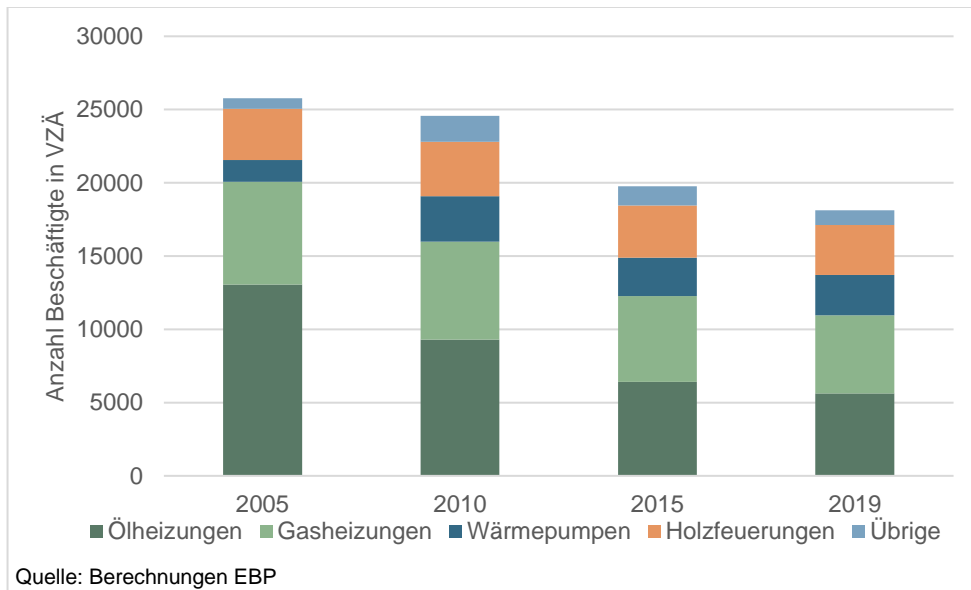


Abbildung 19: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Wärme nach Technologie

Wie aus Abbildung 20 ersichtlich, sinkt die Beschäftigung bei allen Aktivitäten (Bereitstellung von Energieträgern, Anlagenbau und Anlagenbetrieb), wobei der Beschäftigungsrückgang bei der Bereitstellung von Energieträgern relativ betrachtet mit knapp 40% am stärksten ausgeprägt ist. Absolut gesehen, nimmt die Beschäftigung im Anlagenbau am stärksten ab. Dies liegt wiederum an den abnehmenden Investitionen in Öl- und Gasheizungen.

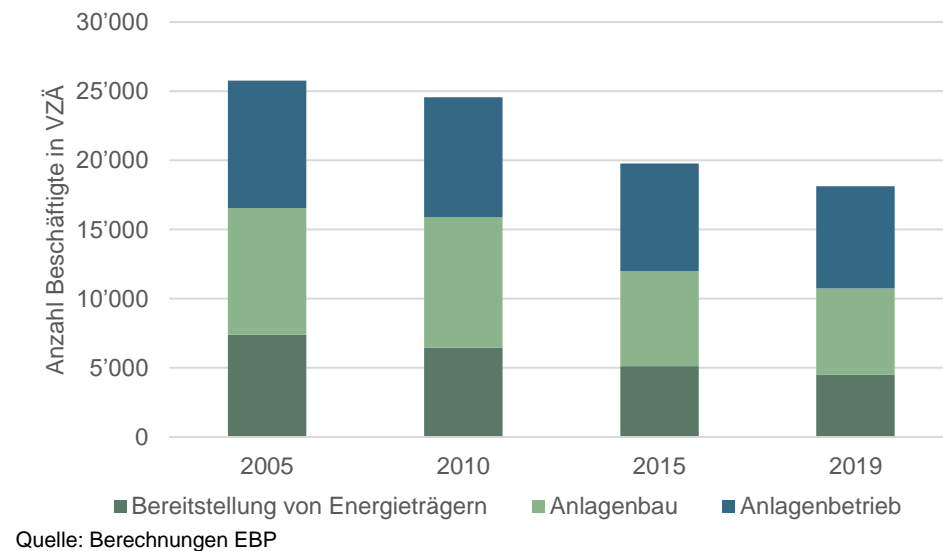


Abbildung 20: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Wärme nach Aktivität

Sektor Elektrizität

Abbildung 21 stellt die Entwicklung der Beschäftigung nach Technologie im Sektor Elektrizität dar. Unterschieden wird hierbei nach Wasserkraft (Gross- und Kleinwasserkraft), PV-Anlagen, Biogasanlagen (inklusive Klär- und Deponiegasanlagen) und Übrige, wobei zu Letzteren Windkraft, Holz-WKK-Anlagen und Kehrrichtverbrennungsanlagen zählen. Die Wasserkraft ist der grösste Treiber der Beschäftigung im Sektor Elektrizität. Die Bedeutung von

Wasserkraft zeigt sich auch in dem Rückgang der Gesamtbeschäftigung zwischen 2015 und 2019, der durch die Verringerung der Investitionen in Wasserkraftanlagen ausgelöst wird. Die Photovoltaik trägt erheblich zum Beschäftigungszuwachs bei: die Beschäftigung ist im Jahr 2019 im Vergleich zum Jahr 2005 ca. 45mal so gross. Zwischen 2010 und 2019 nimmt die durch Biogasanlagen ausgelöste Beschäftigung um mehr als das Dreifache zu. Bei den übrigen Technologien des Elektrizitätssektors sind die Holz-WKK-Anlagen für die Veränderung der Beschäftigung, insbesondere für den hohen Anstieg im Jahr 2010, verantwortlich.

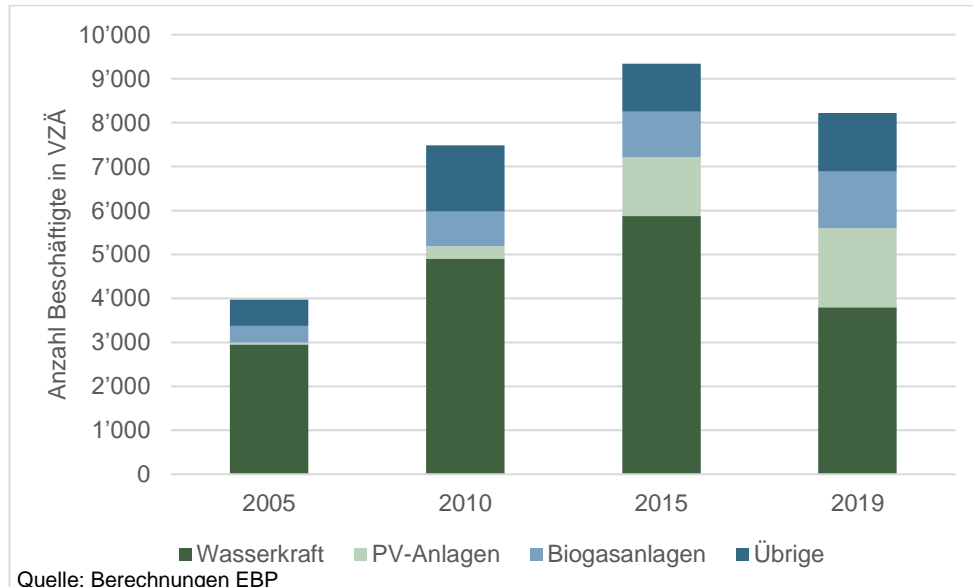
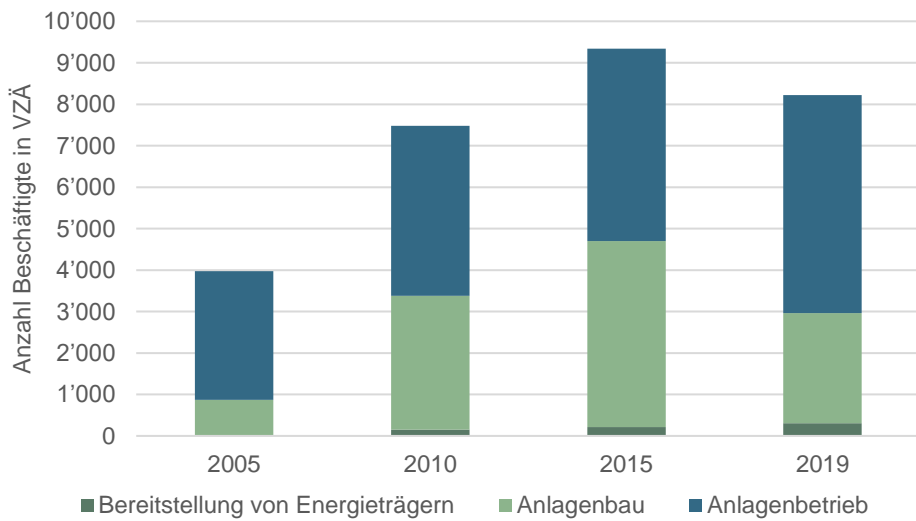


Abbildung 21: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Elektrizität nach Technologie

Im Gegensatz zum Sektor Wärme lässt sich der Grossteil der Beschäftigung im Sektor Elektrizität auf den Anlagenbetrieb zurückführen (Abbildung 22), gefolgt vom Anlagenbau. Die mit dem Anlagenbau verbundene Beschäftigung schwankt relativ stark, was vor allem an den schwankenden Investitionen in die Wasserkraft liegt. Die Bereitstellung von Energieträgern trägt hingegen nur geringfügig zur Beschäftigung bei.

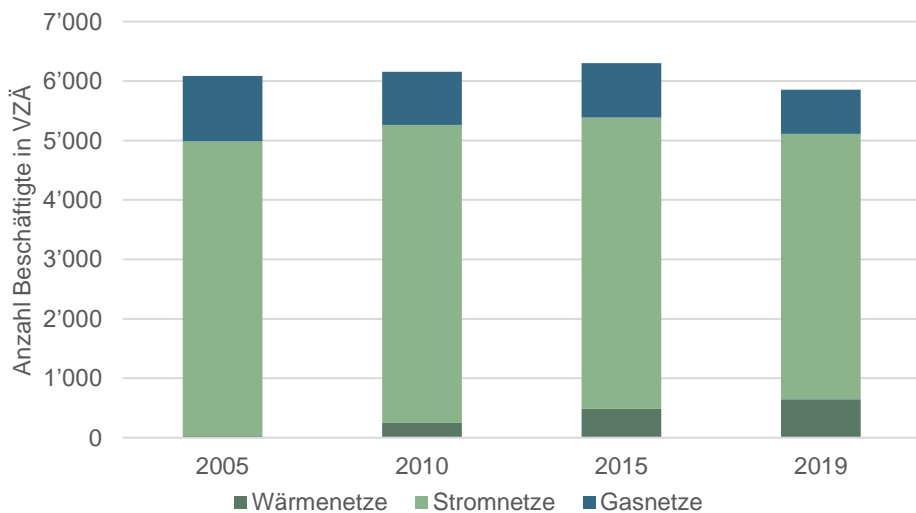


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 22: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Elektrizität nach Aktivität

Sektor Infrastruktur

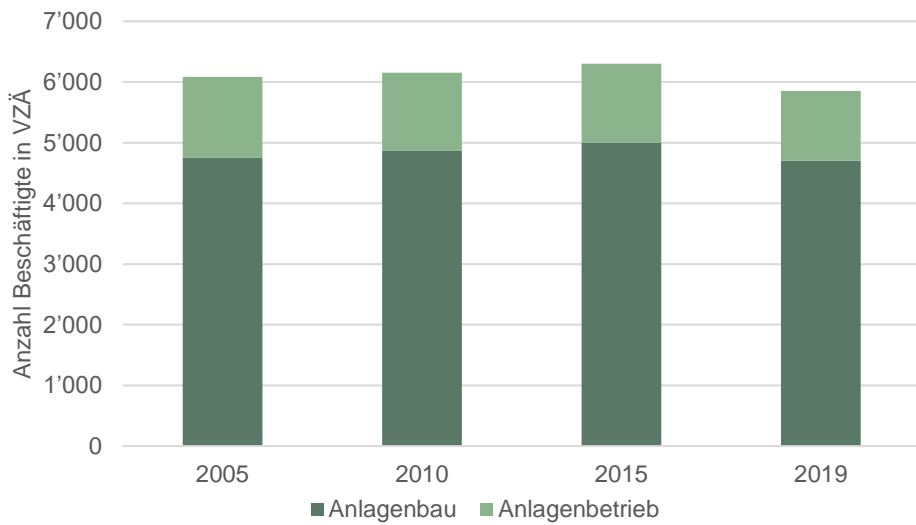
Abbildung 23 zeigt die Entwicklung der Beschäftigten im Infrastruktursektor unterteilt jeweils nach Fernwärme-, Strom- und Gasnetzen. Die Strominfrastruktur ist für den Grossteil der Beschäftigten verantwortlich. Die durch Bau und Betrieb von Fernwärmenetzen ausgelösten Beschäftigten nehmen im Zeitverlauf zu, während sie bei den Gasnetzen abnehmen. Beide Infrastrukturtypen lösen im Jahr 2019 schliesslich fast die gleiche Anzahl an Beschäftigten aus.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 23: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Infrastruktur nach Technologien

Im Infrastruktursektor werden nur die Aktivitäten Anlagenbau (Investitionsausgaben) und Anlagenbetrieb (Betriebsausgaben) unterschieden. Die Verteilung bleibt im Zeitverlauf relativ konstant, wobei der Anlagenbau mit ca. 80% den grössten Teil der Beschäftigung auslöst (Abbildung 24).

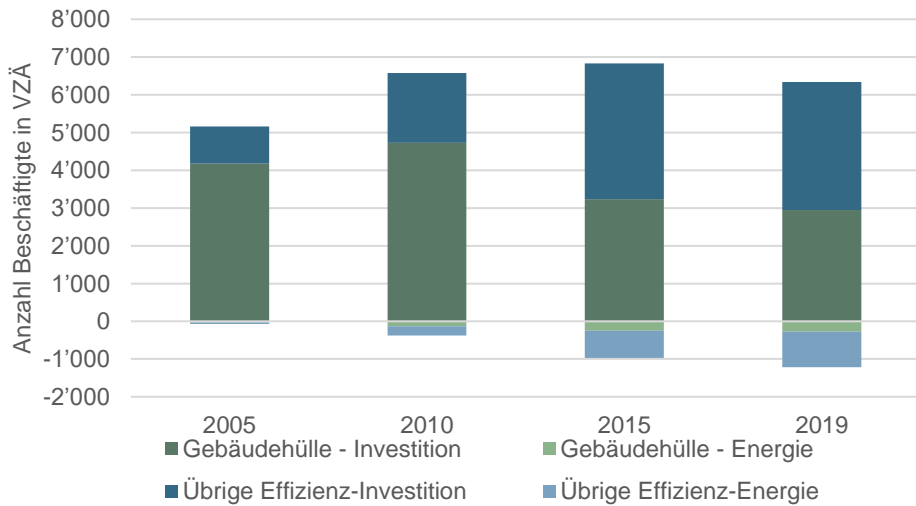


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 24: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Infrastruktur nach Aktivität

Sektor Energieeffizienz

Im Sektor Energieeffizienz wird die Entwicklung der Beschäftigung unterschieden nach Effizienz bei Gebäudehüllen und übriger Effizienz sowie nach Investitions- und Energieausgaben (Abbildung 25). Die Beschäftigung wird durch die Investitionen in Energieeffizienzmassnahmen dominiert. Im Vergleich dazu spielt die durch eingesparte Energieträger entgangene Beschäftigung keine grosse Rolle, sie nimmt jedoch im Zeitverlauf zu, da auch die eingesparte Energie zunimmt.

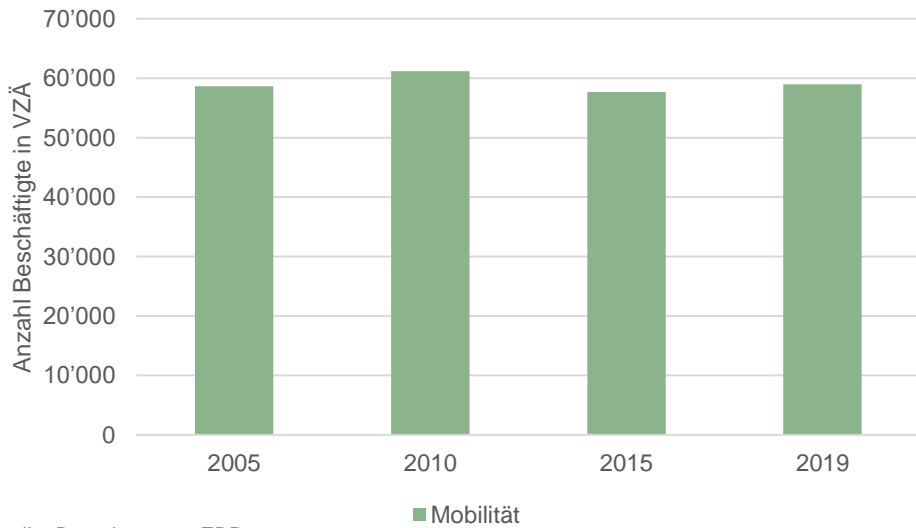


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 25: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Energieeffizienz nach Technologie und Aktivität

3.2.2 Private Mobilität

Die mit dem Kauf und Betrieb von Personenwagen verbundene Beschäftigung bleibt im betrachteten Zeitraum auf hohem Niveau (mit ca. 60'000) relativ konstant (Abbildung 26).



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 26: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Mobilität

Die Anteile der unterschiedlichen Personenwagentypen verändern sich jedoch deutlich im Laufe der Zeit. So sinkt der Anteil der Beschäftigung ausgelöst durch benzingetriebene Personenwagen von über 80% im Jahr 2005 auf knapp 60% im Jahr 2019 (Abbildung 27). Gleichzeitig steigt der Beitrag der dieselgetriebenen Personenwagen zur Beschäftigung. Auch der Anteil der Elektrowagen, obwohl marginal, steigt bis zum Jahr 2019 an.

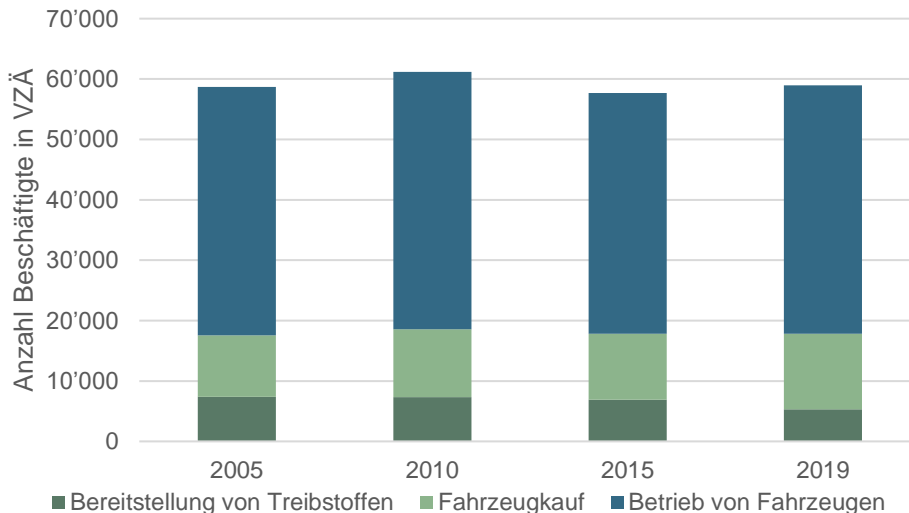


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 27: Entwicklung der Beschäftigten im Sektor Mobilität nach Technologie (Fahrzeugart)

Während sich der Beschäftigungsanteil der verschiedenen Technologien im Zeitverlauf ändert, bleiben die Anteile der Aktivitäten (Bereitstellung von Treibstoffen, Fahrzeugkauf und Betrieb von Fahrzeugen) vergleichsweise

konstant (Abbildung 28). Die durch den Betrieb von Fahrzeugen ausgelöste Beschäftigung ist stets am höchsten und hat im Jahr 2019 einen Anteil von ca. 70%; die Beschäftigungsanteil der Bereitstellung von Treibstoffen ist mit unter 10% am geringsten. Dieser Anteil ist deutlich kleiner als der Anteil der Ausgaben für Treibstoffe an den Gesamtausgaben im Mobilitätssektor, der bei ca. 20% liegt. Dies lässt sich durch einen hohen Importanteil der Treibstoffe erklären, der dafür sorgt, dass ein Teil der Wertschöpfung ins Ausland abfließt.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 28: Entwicklung der Beschäftigung im Sektor Mobilität nach Aktivität

3.2.3 Erläuterung der Beschäftigungseffekte

Die Beschäftigungseffekte im Energie- und Mobilitätssektor lassen sich als Ergebnis einer Wirkungskette erklären, die mit den Ausgaben für Investitionen und Betrieb von Anlagen, Geräten und Fahrzeugen sowie für Energieträger beginnt. Von diesen sind Steuern (insb. Mineralölsteuern und die Automobilabgabe, z.T. Mehrwertsteuer) und Importe abzuziehen, die beide nicht beschäftigungswirksam sind. Daraus resultiert die inländische Bruttowertschöpfung. Von dieser sind wiederum Vorleistungen von Zulieferern abzuziehen, um die Bruttowertschöpfung zu erhalten. Dividiert man die Bruttowertschöpfung durch die Arbeitsproduktivität in den beteiligten Branchen, so erhält man die Beschäftigung. In Tabelle 5 lässt sich diese Wirkungskette anhand der Daten für erneuerbare Energien, fossile Energien, Energieinfrastruktur, Energieeffizienz und private Mobilität nachvollziehen. Dabei ist anzumerken, dass die Ausgaben, Bruttowertschöpfung und Bruttowertschöpfung die Kapitalkosten der Anlagenbetreiber in den einzelnen Sektoren nicht enthält, da diese nicht unmittelbar beschäftigungswirksam sind. Die effektiven Daten zu Ausgaben, Bruttowertschöpfung und Bruttowertschöpfung sind also substantiell höher als in Tabelle 5 angegeben.

	Ausgaben ^{a)}	Steuern	Importe	Brutto- produktion ^{a)}	Bruttowert- schöpfung ^{a)}	Beschäftigung
	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	VZÄ
Erneuerbare Energien	6'461	0	1'219	5'242	2'281	15'386
Fossile Energien	8'366	909	1'743	5'714	1'804	10'965
Energie-Infrastruktur	4'132	0	296	3'835	1'142	5'855
Total Energie	18'959	909	3'258	14'792	5'227	32'206
Energieeffizienz	1'302	-364	577	1'088	539	5'120
Mobilität	35'680	6'094	14'158	15'428	10'689	58'981

Kennzahlen	Import- anteil	WS-Anteil	Arbeitspro- duktivität ^{b)}	Besch.-intensität der Ausgaben ^{a)}
			CHF / VZÄ	VZÄ / Mio. CHF
Erneuerbare Energien	19%	44%	148'260	2.38
Fossile Energien	23%	32%	164'548	1.31
Energie-Infrastruktur	7%	30%	195'021	1.42
Total Energie	17%	35%	162'307	1.70
Energieeffizienz	35%	49%	105'206	3.93
Mobilität	48%	69%	181'226	1.65

Erläuterungen: ^{a)} ohne Kapitalkosten der Anlagenbetreiber; ^{b)} Unterschiedliche Arbeitsproduktivitäten spiegeln häufig unterschiedliche Kapitalintensitäten der beteiligten Branchen wider; sie geben nicht unbedingt die Wertigkeit der Branchen aus einer volkswirtschaftlichen Sicht an.

Lesehilfe: Die Ausgaben für fossile Energien (ohne Kapitalkosten der Anlagenbetreiber) betragen in 2019 8.4 Mia. CHF. Davon entfallen 0.9 Mia. CHF auf Steuern. Auf importierte Güter und Dienstleistungen entfallen 1.7 Mia. CHF oder 23% der Ausgaben nach Abzug der Steuern. Die inländische Bruttoproduktion (ohne Kapitalkosten der Anlagenbetreiber) beträgt somit 5.7 Mia. CHF und die Bruttowertschöpfung (ohne Kapitalkosten der Anlagenbetreiber) macht 1.8 Mia. CHF aus. Der Wertschöpfungsanteil beträgt also 32%. Die Wertschöpfung wird von rund 11'000 Beschäftigten (in VZÄ) erbracht. Die durchschnittliche Arbeitsproduktivität beträgt somit knapp 165'000 CHF. Insgesamt führt die Nutzung fossiler Energieträger somit zu 1.31 Vollzeitäquivalenten pro Mio. CHF Ausgaben (ohne Kapitalkosten der Anlagenbetreiber).

Tabelle 5: Wirkungskette von Ausgaben zur Beschäftigung nach Bereichen

Die Daten zeigen, dass die Nutzung erneuerbarer Energien pro ausgegebene Mio. CHF (ohne Kapitalkosten) zu deutlich höheren Arbeitsplatzeffekten führt als die Nutzung fossiler Energien (2.38 VZÄ pro Mio. CHF Ausgaben gegenüber 1.31 VZÄ). Dies liegt an geringeren Steuer- und Importanteilen an den Ausgaben, höheren Wertschöpfungsanteilen und geringeren Arbeitsproduktivitäten. Der Energieeffizienzsektor weist die höchste Beschäftigungsintensität auf (3.93 VZÄ pro Mio. CHF). Der Sektor Energieinfrastruktur hat ebenfalls eine relativ geringe Beschäftigungsintensität. Dies liegt vor allem an einem geringen Wertschöpfungsanteil und einer hohen Arbeitsproduktivität in den beteiligten Branchen.

Die private Mobilität ist durch besonders hohe Steuer- und Importanteile an den Ausgaben gekennzeichnet, die keine (direkte) Beschäftigungswirksamkeit im Inland entfalten. Bei den Steuern sind die Mineralölsteuer und die Importabgabe auf Automobile hervorzuheben.

Die Höhe des Wertschöpfungsanteils weist auf die Bedeutung indirekter Beschäftigungseffekte bei Zulieferern hin. Je geringer der Wertschöpfungsanteil ist, desto grösser dürfte die Bedeutung indirekter Beschäftigungseffekte sein.

3.3 Einfluss von Fördermassnahmen und weiteren Massnahmen

Finanzielle Fördermassnahmen unterstützen direkt bei der Umsetzung von konkreten Massnahmen für die Verbesserung der Energieeffizienz und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien. Durch Wirkungsanalysen und Evaluationen besteht eine starke empirische Grundlage, welche auf die Wirksamkeit von Förderprogrammen des Bundes und der Kantone hinweist. Die Abgrenzung der Wirkung von Förderprogrammen zu anderen Massnahmen, wie beispielsweise nationale und kantonale Klima- und Energievorschriften, dem technologischen Fortschritt und den Energiepreisen, ist jedoch nur beschränkt möglich. Im folgenden Kapitel werden drei zentrale Instrumente zur Förderung vertieft: Das Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen, die Förderung der erneuerbaren Stromproduktion durch die KEV und die wettbewerblichen Ausschreibungen ProKilowatt.

Wirkung finanzieller Fördermassnahmen

3.3.1 Einfluss von Fördermassnahmen

Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen

Das Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen fördert die energetische Sanierung von Gebäuden, den Einsatz erneuerbarer Energien und die Abwärmenutzung in Gebäuden und die Optimierung der Gebäudetechnik. Das Gebäudeprogramm startete 2010. Die Massnahmen des Gebäudeprogramms führen zu zusätzlichen Investitionen in effiziente Gebäude, Haustechnik und leitungsgebundene Wärmeversorgung. Abbildung 29 zeigt die Entwicklung dieser Mehrinvestitionen.

Das Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen

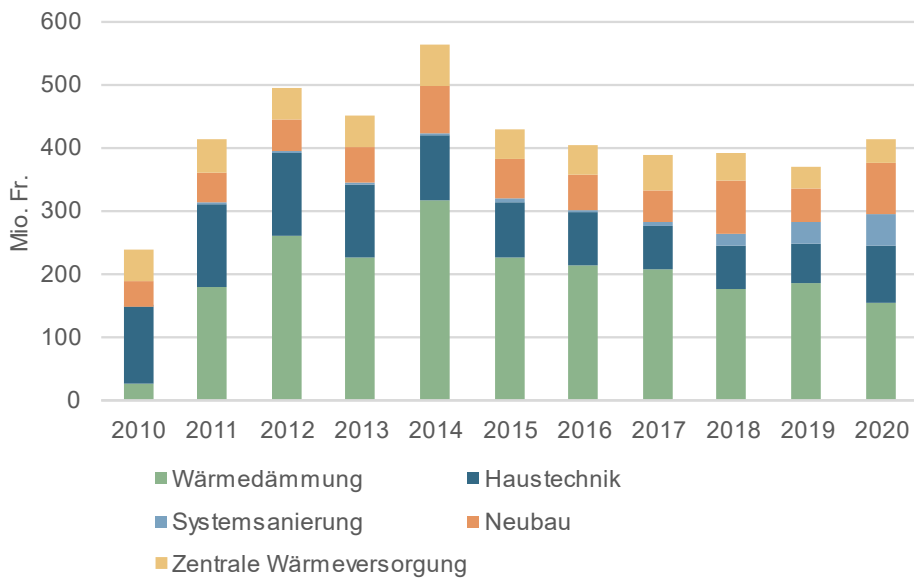


Abbildung 29 Entwicklung der 2010 bis 2020 durch Massnahmen des Gebäudeprogramms ausgelösten Mehrinvestitionen (Quelle: Das Gebäudeprogramm 2021).

Die Massnahmen des Gebäudeprogramms, welche auf die Verbesserung der Gebäudehülle abzielen, führen zu Mehrinvestitionen im Umfang von 250 bis 350 Mio. Fr. pro Jahr. Im Vergleich mit Abbildung 14, welche für Effizienzmassnahmen an der Gebäudehülle Investitionen zwischen 1 und 2 Milliarden Franken aufzeigt, zeigt sich eine ähnliche zeitliche Verteilung: Die höchste Investitionstätigkeit wurde in den Jahren vor 2015 beobachtet. Die hohe Nachfrage nach Förderbeiträgen führte zu Beginn des Programms zu hohen Überverpflichtungen, welche in den folgenden Jahren abgebaut wurden. Zudem wurde das Gebäudeprogramm in der Folge angepasst und die Anforderungen an geförderte Massnahmen erhöht. Massnahmen, welche auf den Einsatz erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung zielen, führen zu Mehrinvestitionen im Umfang von rund 150 Mio. Franken. Unsere Berechnungen ergeben, dass die Investitionen in Anlagen zum Einsatz erneuerbarer Energie im Sektor Wärme auf 4 bis 5 Milliarden Franken geschätzt werden. Dieser geringere Anteil im Vergleich zu den in Kapitel 3.1 ermittelten Ausgaben für Investitionen lässt sich dadurch erklären, dass für die Förderung nur die Mehrinvestitionen aufgrund der Anforderungen der Förderung ausgewiesen wird und ein Mitnahmeeffekt bereits eingerechnet ist. Eine weitere Erklärung besteht darin, dass nicht alle umgesetzten Anlagen zum Einsatz erneuerbarer Energie im Sektor Wärme förderbar sind. Beispielsweise fördert aktuell kein Kanton den Einsatz von Wärmepumpen in Neubauten.

Einbettung der ausgelösten Investitionen

Die direkte Wirkung des Gebäudeprogramms ist mit Wirkungsmodellen auf Basis der harmonisierten Fördermodelle (HFM 2009 und 2015) empirisch belegt. Zusätzlich zur direkten Wirkung weist das Gebäudeprogramm auch indirekte Wirkungen auf. Die Auswirkung auf Wertschöpfung und Beschäftigung werden detailliert ausgewiesen (vgl. Kapitel 3.3). Die Wirkung eines Förderprogramms wird reduziert durch Mitnahmeeffekte. Diese beschreiben den Anteil jener Kunden des Förderprogramms, welche die geförderten Massnahmen auch ohne Förderung in gleicher Qualität und Umfang umgesetzt hätten. Periodische Umfragen des Gebäudeprogramms zeigen, dass

Einbettung der Wirkung

sich die Mitnahmeeffekte zwischen einem Fünftel und einem Drittel bewegen.

Förderung der erneuerbaren Stromproduktion

Die folgende Betrachtung der Förderung der erneuerbaren Stromproduktion fokussiert auf jene Förderinstrumente, welche in den Jahren 2005 bis 2020 umgesetzt wurden. Dadurch wird insbesondere die Förderung mittels Einspeisevergütungssystem beschrieben. Investitionsbeiträge wurden in diesem Zeitraum als Einmalvergütungen für Photovoltaikanlagen und für Grosswasserkraft umgesetzt. In einem neuen Förderregime soll die Förderung der erneuerbaren Energien vor allem mit Investitionsbeiträgen umgesetzt werden. Seit dem Jahr 2018 können Betreiber und Eigentümer von Schweizer Grosswasserkraftwerken eine Marktprämie für ihren produzierten Strom beantragen, den sie am Markt nachweislich unter den Gestehungskosten absetzen mussten. Diese Marktprämie für Grosswasserkraft wird hier jedoch nicht berücksichtigt, da sie nicht im direkten Zusammenhang mit Investitionen in neue oder erneuerte Anlagen steht.

Einspeise- und Einmalvergütungen

Die Förderung der erneuerbaren Stromproduktion erfolgte im betrachteten Zeitraum vor allem durch ein Einspeisevergütungssystem (EVS) und durch einmalige Investitionsbeiträge resp. Einmalvergütungen (EIV). Es wurden folgende Technologien gefördert: Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik, Geothermie und Windenergie. Davon war im Jahr 2020 die Photovoltaik die meistgeförderte Technologie: PV-Anlagen stellen 70% der geförderten Leistung und rund 40% der jährlichen Produktion (Pronovo 2020a). An zweiter Stelle folgt die Wasserkraft mit zwar nur 17% der geförderten Leistung, jedoch 35% der geförderten Jahresproduktion. Danach folgen Biomasse und Windenergie. Geothermie-Anlagen wurden bisher keine gefördert.

Photovoltaik-Anlagen wurden ab 2009 mit dem Einspeisevergütungssystem gefördert (damals bekannt unter dem Namen «Kostendeckende Einspeisevergütung»). Die Einmalvergütung wurde 2014 für kleine PV-Anlagen mit weniger als 30 kW installierter Leistung eingeführt. 2018 wurde die Einspeisevergütung auf Ende 2022 befristet und die Einmalvergütung ausgeweitet auf Einmalvergütungen für kleine PV-Anlagen (KLEIV) mit weniger als 100 kW Leistung und grosse PV-Anlagen (GREIV) ab 100 kW Leistung. Abbildung 30 zeigt die installierte Leistung der mit den beiden Fördergefässen EVS und EIV geförderten Anlagen im Vergleich mit der Entwicklung des Gesamtbestandes der PV-Anlagen (Pronovo 2020b und BFE 2021c).

Förderung von Photovoltaik-Anlagen

Abbildung 30 zeigt, dass ab Einführung des Fördersystems die installierte Leistung von PV-Anlagen signifikant stieg. Bis 2018 lag der Anteil der geförderten Anlagen an der installierten Leistung jedoch unter 50% und stieg erst danach. Im Jahr 2020 hat knapp drei Viertel der insgesamt installierten Leistung eine Förderung erhalten. Eine Erklärung dieser Entwicklung ist, dass das Fördersystem und insbesondere die kostendeckende Einspeisevergütung lange Wartezeiten aufwies, was zu einer verzögerten Auszahlung von Fördergeldern führte (Pronovo 2020b). Im von EBP und Planair (2021) untersuchten Zeitraum von 2018 bis 2020 zeigte sich, dass die Bekanntheit der Förderung hoch ist und nahezu bei allen umgesetzten Anlagen eine Förderung beantragt wird.

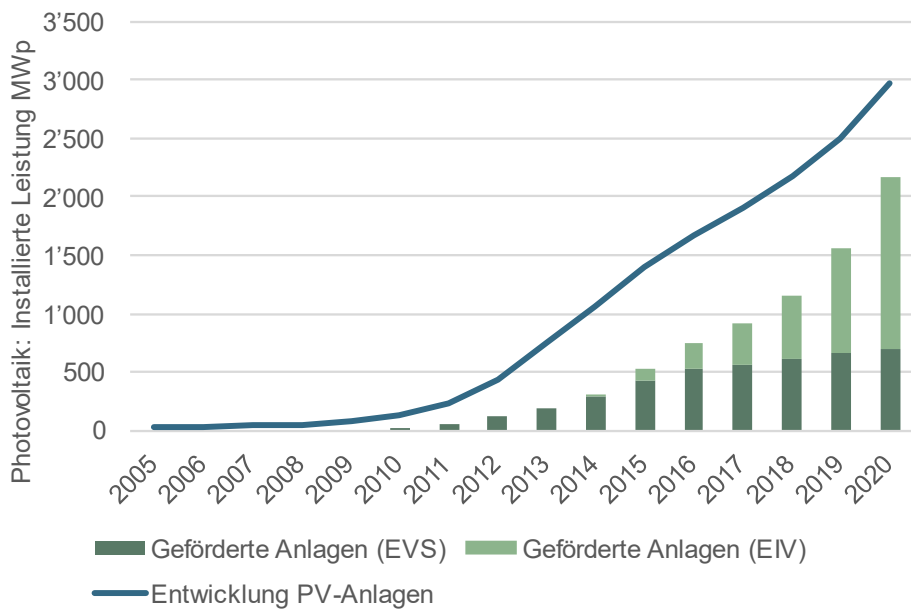


Abbildung 30 Entwicklung der durch das Einspeisevergütungssystem (EVS) und die Einmalvergütung (EIV) geförderten PV-Anlagen (Pronovo 2020b). Im Vergleich dazu ist die Entwicklung der gesamten installierten Leistung aller PV-Anlagen in der Schweiz abgebildet (BFE 2021c).

Beide Evaluationen (EBP und Planair 2021; Infras und EZS 2020) schätzen die Mitnahmeeffekte der Einmalvergütungen auf rund 50%. Ein möglicher Grund für diesen hohen Mitnahmeeffekt ist, dass insbesondere auch ein hoher Eigenverbrauch für die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen entscheidend ist. Die Einmalvergütung fällt bei Anlagen mit hohem Eigenverbrauch nicht so stark ins Gewicht.

Entwicklung der Förderung von Photovoltaik-Anlagen

Wasserkraftwerke bis zu einer Leistung von 10 MW wurden im betrachteten Zeitraum durch die Einspeisevergütung gefördert. Im Jahr 2018 wurde die kostendeckende Einspeisevergütung durch das Einspeisevergütungssystem (EVS) abgelöst und Kleinstwasserkraftwerke mit einer Leistung von unter 1 MW wurden nicht mehr ins Fördersystem aufgenommen. Bis 2020 wurden mit diesem System 656 Anlagen mit einer installierten Leistung von 514 MW gefördert (Pronovo 2020b). Eine anlagenscharfe Auswertung der Entwicklung der Wasserkraftnutzung seit 2006 der Wasser-Agenda 21 (Wasser-Agenda 21 2021 und Vollenweider und Müller 2017) zeigt, dass mit knapp 95% eine überwiegende Mehrheit der neuen oder umgebauten Kraftwerke mit einer Leistung von weniger als 10 MW eine Einspeisevergütung beanspruchten. Dies zeigt die wichtige Rolle, welche die Einspeisevergütung für den Zubau dieser Anlagen gespielt hat. Erweiterte und erneuerte Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von 0.3 bis 10 MW können seit 2018 mit einem Investitionsbeitrag gefördert werden. Ab 2023 können auch Neuanlagen von 1 bis 10 MW einen Investitionsbeitrag erhalten. Seit 2018 sind dagegen alle Anlagen mit einer Leistung von mindestens 10 MW mit Investitionsbeiträgen förderbar. Die Investitionsbeiträge lösen somit die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) und das Einspeisevergütungssystem vollständig ab. Zum ersten Stichtag im Jahr 2018 wurden mit den Investitions-

Förderung von Wasserkraftwerken

beitragen für Grosswasserkraftwerke drei Anlagen mit 101.2 Mio. Fr. gefördert. Zum zweiten Stichtag wurden weitere drei Anlagen mit 45.4 Mio. Fr. gefördert.

Biomasse-Anlagen werden durch die Einspeisevergütung gefördert. Bis 2020 wurden 315 Anlagen mit einer installierten Leistung von 372 MW gefördert (Pronovo 2020b). Aufgrund der diversen Anlagentypen, die unter die Kategorie Biomasse-Anlagen fallen, ist auch hier ein direkter Vergleich mit den Grundlagen dieser Studie oder mit der Statistik der erneuerbaren Energien schwierig. Zudem fallen sowohl Neuanlagen als auch Erweiterungen und Erneuerungen unter die geförderten Anlagen. EBP (2020a) untersuchte die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher und gewerblich industrieller Biogasanlagen und von Holzheizkraftwerken und lieferte Empfehlungen für das künftige Förderregime. Dabei zeigte sich, dass eine Förderung für die Wirtschaftlichkeit vieler dieser Anlagen unabdingbar ist. Dies ist ein Indiz für die wichtige Rolle, welche die Einspeisevergütung im Zubau dieser Anlagen gespielt hat.

Förderung von Biomasse-Anlagen

Windenergie-Anlagen werden durch die Einspeisevergütung gefördert. Bis 2020 wurden 39 Anlagen mit einer installierten Leistung von 61 MW gefördert (Pronovo 2020b). Gemäss Statistik der erneuerbaren Energien (BFE 2021) wies der Bestand der Windenergie-Anlagen in der Schweiz Ende 2020 eine installierte Leistung von 87 MW auf. Darin bereits enthalten sind die fünf Windenergie-Anlagen auf dem Gotthardpass mit einer installierten Leistung von knapp 12 MW (Suisse Eole 2022). Der Windpark auf dem Gotthard war das einzige sich in Bau befindende grosse Windenergie-Projekt und floss erst im Jahr 2021 in die Statistik von Pronovo ein. Entsprechend wurden bis 2021 44 Anlagen mit einer installierten Leistung von 74 MW gefördert (Pronovo 2021). Vor Einführung der Einspeisevergütung im Jahr 2009 waren bereits rund 13 MW Windenergie-Leistung installiert. Dies bedeutet, dass die Förderung zu einem deutlichen Zubau führte, zu welchem die Einspeisevergütung massgeblich beigetragen hat. Die wichtige Rolle der Förderung für die Umsetzung von Windenergie-Anlagen zeigen ebenfalls Wirtschaftlichkeitsanalysen in EBP und New Energy Scout (2020). Dabei wird jedoch auch auf die Wichtigkeit hingewiesen, nicht-finanzielle Hürden wie lange Planungs- und Bewilligungsverfahren und hohe Projektrisiken abzubauen. Die hohe Bedeutung dieser nicht-finanziellen Hürden zeigt, dass den Ende 2021 geförderten 74 MW noch nicht umgesetzte Projekte mit positivem Bescheid des Einspeisevergütungssystems im Umfang von 1'000 MW gegenüberstehen (Pronovo 2021). Auf Grund der hohen Hürden bei der Planung und Bewilligung wird voraussichtlich nur ein Teil dieser Projekte tatsächlich realisiert werden können.

Förderung von Windenergie-Anlagen

Wettbewerbliche Ausschreibungen ProKilowatt

Mit den wettbewerblichen Ausschreibungen ProKilowatt werden unwirtschaftliche Stromeffizienzmassnahmen gefördert. Massnahmen können in allen Sektoren umgesetzt werden. Im Zeitraum 2010 bis 2020 wurden rund dreiviertel der Stromeinsparungen in Betrieben (Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen) umgesetzt (ProKilowatt 2020). Das restliche Viertel der Einsparungen fiel in Haushalten und bei der öffentlichen Hand an. ProKilo-

Wettbewerbliche Ausschreibungen ProKilowatt

watt fördert sowohl Projekte als auch Programme. In Projekten werden Massnahmen in einzelnen Betrieben umgesetzt. Programme werden von Trägerschaften geführt, welche zahlreiche gleichartige Massnahmen bündeln.

Abbildung 31 zeigt durch ProKilowatt-Projekte und -Programme erzielten Stromeinsparungen im Zeitraum 2010 bis 2020. Für die tatsächlich realisierten Stromeinsparungen können nur jene von bereits abgeschlossenen Projekten und Programmen abgebildet werden. Deshalb werden auch die geplanten Stromeinsparungen der unterstützten Projekte und Programme gezeigt. In den Jahren 2010 bis 2014 sind über 90% der geförderten Projekte und Programme abgeschlossen und die realisierten Stromeinsparungen stimmen grundsätzlich mit den geplanten Einsparungen überein. Der Anteil der bereits abgeschlossenen Projekte und Programme sinkt ab 2015 stark, weshalb die geplanten von den realisierten Stromeinsparungen deutlich abweichen.

Erzielte Stromeinsparungen

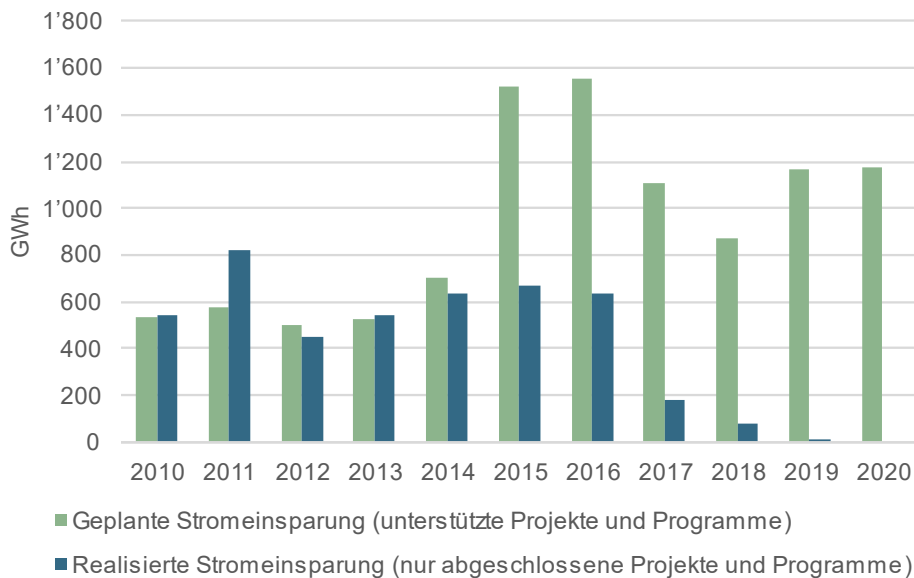


Abbildung 31 Entwicklung der Stromeinsparungen, geplant und durch abgeschlossene Projekte und Programme realisiert (Quelle: ProKilowatt 2020).

Basierend auf den geplanten Stromeinsparungen zeigt Abbildung 32 die durch Massnahmen von ProKilowatt eingesparten Energiekosten. Anhand dieser Energiekosten wurden mit der Methode der anlegbaren Kosten die ausgelösten Investitionskosten bestimmt. Als Amortisationsdauer wurde dabei die mittlere Payback-Dauer eingesetzt, welche für den Zeitraum 2010 bis 2020 für ProKilowatt-Projekte bekannt ist. Unter Berücksichtigung der Fördermittel beträgt die mittlere Payback-Dauer knapp 15 Jahre.

Ausgelöste Investitionen und eingesparte Energiekosten



Abbildung 32 Entwicklung der 2010 bis 2020 durch Massnahmen von ProKilowatt ausgelösten Investitionen (Quelle: ProKilowatt 2020).

Die ProKilowatt-Massnahmen führen zu Mehrinvestitionen von bis zu 300 Mio. Fr. pro Jahr. Abbildung 14 zeigt für Effizienzmassnahmen an Anlagen und Geräten ab 2010 insgesamt Investitionen zwischen 2 und 3 Milliarden Franken. Knapp ein Drittel davon dürften Stromeffizienzmassnahmen betreffen. Die durch ProKilowatt geförderten Massnahmen weisen dementsprechend einen relevanten Anteil an den gesamten Investitionen in Stromeffizienzmassnahmen auf. Das Programm ProKilowatt wurde 2019 durch die eidgenössische Finanzkontrolle (EFK) evaluiert. Diese Evaluation bescheinigt dem Förderprogramm ProKilowatt eine grundsätzlich gute Konzeption. In der Schätzung der erzielten Wirkungen, inklusive der in Abbildung 32 gezeigten ausgelösten Investitionskosten, wurden jedoch keine Mitnahmeeffekte berücksichtigt. Eine Umfrage der EFK bei Projekt- und Programmträgern liess auf Mitnahmeeffekte von 25 bis 30% bei Projekten und von 23% bei Programmen schliessen (EFK 2019). Eine weitere Umfrage bei Teilnehmenden ausgesuchter Programme ergab doppelt so hohe Mitnahmeeffekte. Auf dieser Basis kann davon ausgegangen werden, dass sich die Mitnahmeeffekte zwischen 25 bis 50% bewegen und entsprechend auch von im selben Ausmass geringeren ausgelösten Investitionskosten ausgegangen werden muss.

Einbettung der Investitionen und der Wirkung

3.3.2 Beschäftigungswirkung der Fördermassnahmen

Die Förderinstrumente und geförderten Massnahmen sind mit einer massgeblichen Beschäftigungswirkung verbunden. Abbildung 33 und Abbildung 34 zeigen die mit den Fördermassnahmen verbundene Beschäftigungswirkung für die zwei Schwerpunkte der Förderung: Gebäudeeffizienz und erneuerbare Wärmezeugung (Das Gebäudeprogramm) und Erzeugung erneuerbarer elektrischer Energie. Auf eine Herleitung der Beschäftigungseffekte von geförderten ProKilowatt-Projekten und -Programmen wird verzichtet: Die für ProKilowatt pro Jahr eingesetzten Mittel sind deutlich geringer im

Vergleich zum Gebäudeprogramm oder der Förderung erneuerbarer elektrischer Energie. Abbildung 33 zeigt Auswertungen der Berichterstattung des Gebäudeprogramms. Dargestellt ist sowohl der gesamte mit den geförderten Projekten verbundene Beschäftigungseffekt¹⁰ als auch der Beschäftigungseffekt der durch die Förderung ausgelösten Mehrinvestitionen. Letztere haben eher eine gesamtwirtschaftliche Perspektive, da sie entgangene Beschäftigungseffekte, die mit einer alternativen Verwendung der in den Förderprogrammen eingesetzten Finanzmittel verbunden wären, abziehen. Der mit den Projekten verbundene (Brutto-)Beschäftigungseffekt passt konzeptionell eher zur vorliegenden Studie und wird deshalb im Weiteren berücksichtigt.

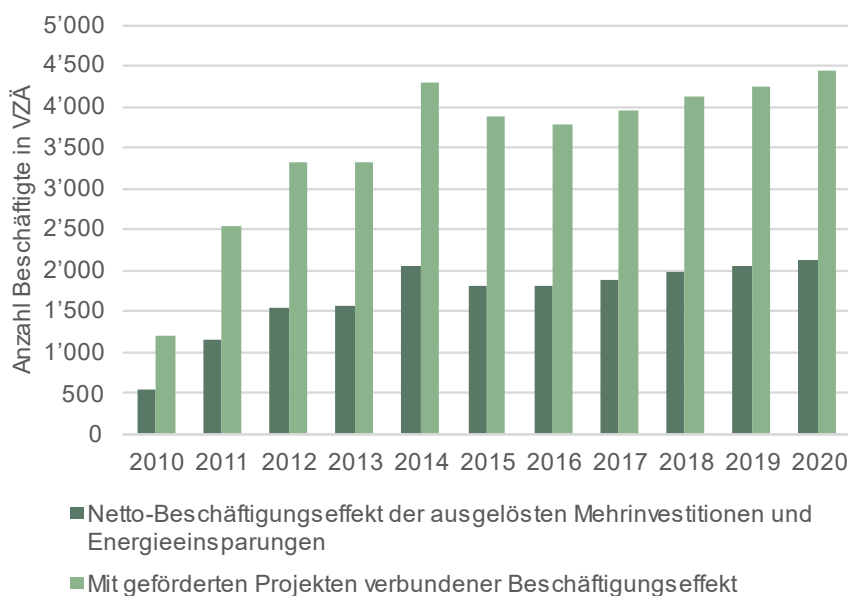


Abbildung 33 Entwicklung der Beschäftigungswirkung durch das Gebäudeprogramm (Quelle: Das Gebäudeprogramm 2021).

Abbildung 34 zeigt auf Basis der Auswertungen des vorliegenden Berichts die Beschäftigungswirkung, welche für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer elektrischer Energie mit den Fördermassnahmen verbunden sind.

Im Jahr 2019 sind knapp 8'500 Beschäftigte (in Vollzeitäquivalenten) mit den beiden Schwerpunkten der Förderung verbunden. Zur Umsetzung der Aktivitäten (bspw. Bau von Photovoltaikanlagen, Sanierung von Gebäuden), welche zu dieser Beschäftigungswirkung führen, tragen jedoch auch weitere Politikmassnahmen bei (vgl. folgender Abschnitt).

Die oben ausgewiesene Beschäftigungswirkung ist in den Kontext weiterer Politikmassnahmen einzubetten, welche ebenfalls massgeblich zur Umsetzung der abgebildeten Aktivitäten (bspw. Bau von Photovoltaikanlagen, Sanierung von Gebäuden).

¹⁰ Quelle: Das Gebäudeprogramm (2021): Tabellensammlung zum Jahresbericht Gebäudeprogramm 2020. Download: [Berichte und Statistiken \(dasgebaeudeprogramm.ch\)](https://www.dasgebaeudeprogramm.ch/berichte-und-statistiken)

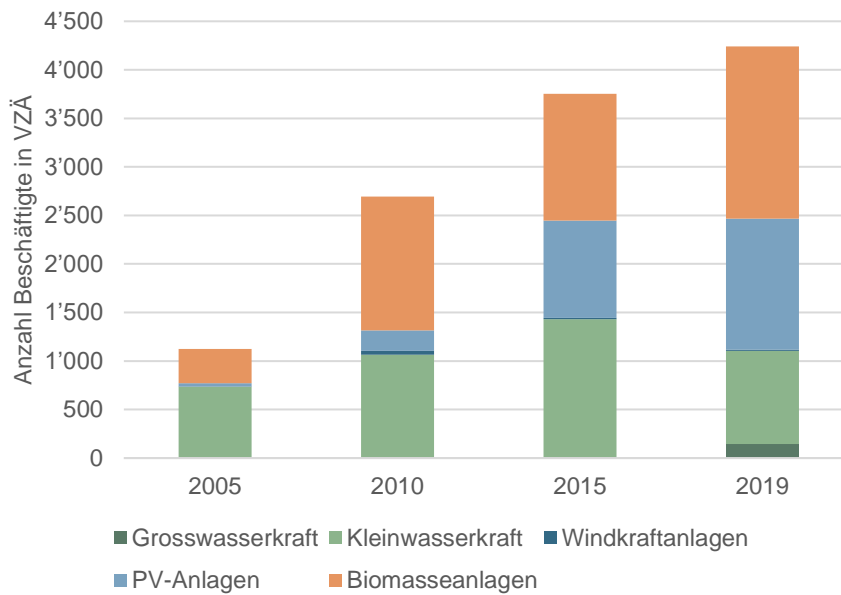


Abbildung 34 Entwicklung der Beschäftigungswirkung, welche mit der Förderung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer elektrischer Energie verbunden ist (Quelle: Berechnungen EBP).

Neben der Förderung sind insbesondere zu beachten:

- CO₂-Abgabe: Die CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen wurde im Jahr 2008 eingeführt. Als marktwirtschaftliches Instrument regt sie Wirtschaft und Haushalte zu einer Senkung der CO₂-Emissionen an. Die Wirkung der CO₂-Abgabe wurde mittels drei Studien aus unterschiedlichen Perspektiven abgeschätzt (BAFU 2018 und Ecoplan 2017). Diese Studien schätzten die Wirkung im Jahr 2015 auf 0.8 bis 1.8 Mio. Tonnen CO₂ (anhaltende Wirkung 2005 bis 2015). Von dieser Wirkung werden rund drei Viertel durch Haushalte erzielt und rund ein Viertel durch die Wirtschaft (Industrie und Dienstleistungen). Diese erreichte Wirkung kennzeichnet die CO₂-Abgabe als eines der wichtigsten Instrumente der Klima- und Energiepolitik.
- Kantonale Klima- und Energievorschriften: Die ersten gesetzlichen Vorschriften für die Energieeffizienz der Gebäude wurden zu Beginn der 1980er Jahre von einzelnen Kantonen eingeführt. Beispielsweise hatte der Kanton Zürich auf Anfang 1982 Wärmedämmvorschriften eingeführt, die in den folgenden Jahren regelmässig aktualisiert und verschärft wurden. Die Einführung solcher Wärmedämmvorschriften wurde im Laufe der 80er Jahre von weiteren Kantonen übernommen und mündete in Mustervorschriften, die eine koordinierende Rolle der Vorschriften in den Kantonen übernahmen (Mustervorschriften 1986, 1992, 2000, 2008 und 2014). Die Kantone unterstützen nicht nur die Energieeffizienz, sondern auch den Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäudebereich mit Vorschriften.
- Steuervergünstigungen von Bund und Kantonen: Viele Kantone und auch der Bund kennen Steuervergünstigungen für Investitionen in die Energieeffizienz oder die Nutzung erneuerbarer Energien bei bestehenden Gebäuden. Sie sind in der kantonalen Gesetzgebung verankert und entfalten ihre Wirkung über den finanziellen Anreiz für die Investoren.

Relevanz weiterer
Politikmassnahmen

3.4 Finanzmarkt

In diesem Kapitel werden die Investitionen des Schweizer Finanzsektors und der Elektrizitätswirtschaft in klimarelevante Technologien im In- und Ausland näher betrachtet. Dabei werden die folgenden Datenquellen zugrunde gelegt:

- 2° Investing Initiative (2DII): Der von dem Think Tank 2DII entwickelte Klimaverträglichkeitstest «Paris Agreement Capital Transition Assessment» (PACTA) misst, inwieweit sich die Finanzströme gemäss dem Ziel des Pariser Übereinkommens den globalen Temperaturanstieg auf unter 2°C zu halten, entwickeln. Der Klimaverträglichkeitstest ist dabei ein open-source Tool und kann von jedem Investor bzw. jeder Bank genutzt werden. Für das Schweizer Finanzsystem wurde dieser Test bereits zweimal (2017 und 2020) durchgeführt, wobei der PACTA Test 2020 mit einer 80%-gen Abdeckung des Finanzmarktes eine grössere Repräsentativität erzielt (Spuler et al., 2020). Dabei wurde u.a. die Frage nach der Exponiertheit des Schweizer Finanzsektors gegenüber klimarelevanten Technologien beantwortet, d.h. es wurden die Anteile der börsennotierten Aktien und Unternehmensanleihen von klimarelevanten Unternehmen am Gesamtportfolio bestimmt.¹¹ Dazu wurden die Einzelbestände (Aktien und Unternehmensanleihen) der partizipierenden Finanzinstitutionen (Pensionskassen, Versicherungen und Banken) untersucht. Insgesamt nahmen im Jahr 2020 179 Finanzinstitute teil, die 4000 Portfolios (über 1 Millionen Einzelbestände) einreichten. Aufgrund der höheren Abdeckung und der Standardisierung des Klimaverträglichkeitstestes im Jahr 2020 bildet nur der PACTA-Test 2020 die Datengrundlage für das Kapitel 3.4.1. Der PACTA-Bericht betrachtet dabei die Förderung der fossilen Brennstoffe, den Energie- und Transportsektor und Zement und Stahl. Wo vorhanden, wird zwischen klimafreundlichen und -schädlichen Technologien unterschieden. Diese Sektoren repräsentieren 75% der globalen CO₂-Emissionen. Zusätzlich unterscheidet der Bericht nach Art des Finanzinstituts, d.h. Pensionsfonds, Versicherungen, Banken und Vermögensverwalter.
- Um ein besseres Verständnis hinsichtlich der Exponiertheit des Schweizer Finanzsektors gegenüber der Verwendung von Kohle zu erhalten, werden zudem Daten der Global Coal Exit List (GCEL) aus dem Jahr 2021 verwendet. Auf der GCEL stehen alle Unternehmen, die zu einem gewissen Prozentsatz an Stufen der Wertschöpfungskette von Kohle beteiligt sind. Dazu zählen beispielsweise Unternehmen in Kohlebergbau und -verarbeitung, aber auch Kohletransport und -logistik, Kohlehandel und Herstellung von Kohleausrüstungen.¹² Diese Liste mit zurzeit über 1000 kohlebezogenen Muttergesellschaften und knapp 1800 Tochtergesellschaften und Joint Ventures wird von der NGO Urgewald erstellt. In einem nächsten Schritt werden Investoren und Banken identifiziert, die diesen Unternehmen Darlehen oder Kredite gewähren bzw. die Aktien oder Anleihen dieser Unternehmen besitzen.

¹¹ Der PACTA Test 2020 berücksichtigte zudem den Immobilienmarkt, der hier allerdings nicht betrachtet wird.

¹² Für die detailliertere Methodologie siehe <https://www.coalexit.org/methodology>.

— Berichte von Energie Zukunft Schweiz (EZS): Die EZS veröffentlicht in unregelmässigen Abständen seit 2016 Berichte inklusive ausführlicher Datenangaben zu den im Ausland (Europa) getätigten Investitionen von Schweizer Energieversorgern und institutionellen Investoren in erneuerbare Energien.

Im Folgenden werden mithilfe der angegebenen Datenbestände die Investitionen des Schweizer Finanzsektors in klimarelevante Technologien (Kapitel 3.4.1) bzw. von Schweizer Energieversorgern, Beteiligungsgesellschaften und institutionellen Anlegern (Kapitel 3.4.2) im Ausland betrachtet.

3.4.1 Investitionen des Finanzsektors

Das erste Unterkapitel zeigt die Investitionen des Schweizer Finanzsektors in klimarelevante Technologien auf. Dabei wird sowohl zwischen klimaschädlichen und klimafreundlichen Technologien als auch zwischen börsenkotierten Aktien und Unternehmensanleihen unterschieden, sofern es die Datenlage zulässt. Als Datengrundlage dient der PACTA-Bericht 2020 (Spuler et al., 2020), sowie die Angaben der GCEL (2021).

Tabelle 6 zeigt die Portfolioanteile von Unternehmen des Schweizer Finanzmarkts, im Bereich klimarelevanter Technologien, am gesamten Aktien- und Anleiheninvestment¹³ gemäss der Datenlage des PACTA-Berichts.

Sektor	Anteil Portfolio (Schweizer Finanzmarkt)	Anteil Portfolio (globaler Finanzmarkt)
Energie		
Förderung fossiler Energien	2%-5%	8%
Energiesektor (Strom)	2%-5%	
Verkehr		
Automobile		
Leichte Nutzfahrzeuge	2%-4%	1%-4%
Schwerlastfahrzeuge		
Schifffahrt	0.05%	
Luftfahrt	0.2%	
Zement und Stahl		
Zement	0.1%-0.6%	
Stahl	1%-2%	

Tabelle 6: Portfolioanteile in klimarelevante Technologien des Schweizer Finanzsektors (Quelle: Spuler et al., 2020)

Förderung fossiler Energie

Die Förderung von fossilen Energien, d.h. Kohlebergbau, Öl- und Gasförderung macht mit 2%-5% mit den grössten Anteil innerhalb des klimarelevanten Sektors der Investitionen des Schweizer Finanzmarkts aus. Dabei sind 2%-

13 börsennotierte Aktien und Unternehmensanleihen

4% der börsennotierten Aktien und 3%-5% der Unternehmensanleihen in die Förderung fossiler Brennstoffe investiert, wobei der Kohlebergbau den grössten Anteil über alle Finanzinstitutionen und Investitionsarten ausmacht, gefolgt von Gas und Öl. Im Vergleich zum globalen Investitionsmarkt, bei dem Anleihen- und Aktienanteile im Bereich fossile Energien ca. 8% betragen, steht der Schweizer Finanzmarkt jedoch besser da. Allerdings hat die Förderung fossiler Energien bei 8% der Teilnehmer am PACTA-Test jeweils bei den Aktien bzw. den Anleihen einen anteilmässigen Wert von über 10% und liegt damit über dem Durchschnittswert des globalen Marktes. Auf der anderen Seite liegt bei 15% der Teilnehmer der Wert der Aktien im Bereich Förderung fossiler Energie bei unter 0.1%; bei den Unternehmensanteilen weisen immerhin noch 5% der Teilnehmer ebenfalls einen derart geringen Anteil an Anleihen im Bereich Förderung fossiler Energien auf.

Exkurs: Kohle

Tabelle 7 zeigt den Anleihen- und Aktienbesitz Schweizer Investoren in Unternehmen mit einem Kohlebezug für das Jahr 2021 an. Mit 4.7 Mia. USD besitzen Schweizer Investoren einen Anteil von 2% Anleihen an kohlebezogenen Unternehmen. Darüber hinaus halten sie Aktien im Wert von 17.4 Mia. USD (2%).

	Anleihen (in Mio. US\$)	Aktien (in Mio. US\$)
Schweizer Investoren	4'678	17'433
Investoren Total	228'365	1'000'569

Tabelle 7: Anleihen- und Aktien von GCEL-Unternehmen im Besitz Schweizer Investoren (Nov 2021) (Quelle: coalexit.org)

Energiesektor (Strom)

Im Energiesektor unterscheidet der PACTA-Bericht zwischen Energiequellen mit geringen und Energiequellen mit hohem Kohlenstoffgehalt. Zur ersten Kategorie gehören die erneuerbaren Energien – Wind-, Solar-, Gezeitenenergie und Geothermie – zur letzten Kohle, Gas und Öl. Als weitere Technologien werden noch Wasserkraft und Kernenergie aufgeführt. Der Anteil des gesamten Schweizer Portfolios an Aktien bzw. Anleihen im Energiesektor liegt bei 2%-5%, wobei der Anteil an erneuerbaren Energien maximal 15% davon beträgt. Nur 15 Finanzinstitute weisen in ihrem Aktienportfolio einen Anteil von über 25% an erneuerbaren Energien vor.

Verkehrssektor

Für den Verkehrssektor betrachtet der PACTA-Bericht die Herstellung von leichten Nutzfahrzeugen, den Schwerlastfahrzeugbau, Luftfahrt und Schifffahrt, wobei keine detaillierten Daten zu den Anteilen von Investitionen des Schweizer Finanzmarkts in den Schwerlastfahrzeugbau vorliegen. Die Herstellung von leichten Nutzfahrzeugen hat insgesamt einen Anteil von 2%-4% an den Investitionsportfolio des Schweizer Finanzmarkts – 10% davon nehmen dabei die Investitionen in den Bau von hybriden und Elektrofahrzeugen

ein. Auf dem globalen Finanzmarkt beträgt der Portfolioanteil in leichte Nutzfahrzeuge ca. 1% (börsennotierte Aktien) bzw. 4% (Unternehmensanleihen). Bei den Aktien haben dabei die Schweizer Banken mit 2% einen weit höheren Portfolioanteil im Bereich Herstellung von leichten Nutzfahrzeugen im Vergleich zum globalen Markt (knapp über 1%). Bei den Luftverkehrsunternehmen liegt der Anteil des Portfoliowertes unter 0.2%; in der Schifffahrt unter 0.05%.

Zement und Stahl

Insgesamt sind 0.1% - 0.6% des Schweizer Portfolios im Stahlsektor angelegt, wobei der Aktienanteil bei Banken mit ca. 0.6% am höchsten ist, der Anteil an Unternehmensanleihen im Stahlsektor bei Pensionsfonds mit 0.1% am niedrigsten. Der Anteil an Zement ist hingegen viel höher und entspricht einem Wert von 1%-2% der Schweizer Investitionsportfolios.

3.4.2 Investitionen von Schweizer Unternehmen im Ausland

Die Schweizer Elektrizitätswirtschaft investiert nicht nur im Inland in die Stromerzeugung, sondern auch im Ausland. In diesem Unterkapitel werden die Investitionen in erneuerbare Energien im Ausland dargestellt. Daten zu den Investitionen in fossile Kraftwerke liegen nicht vor.

Investitionen in erneuerbare Energien

Investitionen von Schweizer Energieversorgern und institutionellen Investoren in erneuerbare Energien haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Zwischen 2016 und 2021 stieg die installierte Leistung solcher Anlagen von 3'207 auf 8'976 MW (Tabelle 8). Dabei waren institutionelle Anleger deutlich aktiver als die Energieversorger. Ihr Anteil an der installierten Leistung lag im Jahr 2021 bei 68%.

Neben der gesamten installierten Leistung der investierten Anlagen lassen sich die Investitionen von Schweizer Unternehmen auch nach Art der erneuerbaren Energien unterscheiden; Windkraft, Photovoltaik, Kleinwasserkraft, Solarthermie, Biomasse und -gas. Windkraft nimmt dabei mit Abstand den Grossteil der installierten Anlagen ein, gefolgt von Photovoltaik, Kleinwasserkraft und Solarthermie. Biomasse und -gas spielen nur eine untergeordnete Rolle bei einzelnen Energieversorgern und werden von institutionellen Anlegern nicht berücksichtigt.

Gemäss Wanner und Arnold (2022) stieg die Jahresproduktion der im Ausland liegenden Anlagen, in die Schweizer Unternehmen investierten, von ca. 6.6 TWh im Jahr 2016 auf 10.9-19.7¹⁴ TWh im Jahr 2021. Dabei stieg nicht nur der jährliche Anteil an sich, sondern beschleunigte sich zudem. Beispielsweise stieg die Jahresproduktion um 1.6 TWh zwischen 2016 und 2018 und um bis zu 7.2 TWh zwischen 2019 und 2021 (Wanner und Arnold 2016, 2018, 2022; Wanner et al. 2020).

¹⁴ Da zum Teil Schweizer Investoren auch ausländisches Kapital aufnehmen und eine genaue Unterscheidung zwischen Schweizer und ausländischem Kapital nicht möglich ist, besteht bei den genauen Zahlen eine gewisse Unsicherheit (Wanner und Arnold, 2022).

Technologie	2016	2018	2019	2021¹⁵
Energieversorger	2042	2269	2641	2915
Windkraft	1900	2174	2265	2098
Kleinwasserkraft	60	30	30	34
Solarthermie	25	26	26	41
Photovoltaik	40	19	311	736
Biomasse	17	20	4	0
Biogas	0	0	5	6
Beteiligungsgesellschaften und Institutionelle Anleger	1166	1553	2525	6061
Windkraft	973	1139	1831	3859
Kleinwasserkraft	27	135	186	262
Solarenergie	0	0	0	607
Solarthermie	0	0	0	144
Photovoltaik	166	279	509	1189
Biomasse	0	0	0	0
Biogas	0	0	0	0
Total	3207	3822	5166	8976

Tabelle 8: Installierte Leistungen in MW der investierten Anlagen von Schweizer Unternehmen im Ausland

(Quelle: Wanner und Arnold, 2016, 2018, 2022; Wanner et al. 2020) ¹⁶

¹⁵ Angaben inklusiver institutioneller Investoren, die auch ausländisches Kapital aufnehmen.

¹⁶ Bei einigen Unternehmen fehlten die genauen Zuordnungen zu erneuerbarer Energie; die gesamten Werte wurden anteilmässig verteilt.

4. Ex-ante-Analyse

Für die Abschätzung der zukünftigen Arbeitsplätze dient der Übergang vom Szenario «Weiter-wie-bisher» (WWB) zum Szenario «ZERO Basis» gemäss den aktuellen Energieperspektiven (Prognos et al. 2021) als Grundlage. Das Szenario ZERO beschreibt eine Entwicklung des Schweizer Energiesystems, die «bis 2050 mit dem Klimaziel Netto-Null Treibhausgasemissionen für die Schweiz kompatibel ist und weiterhin eine sichere Energieversorgung gewährleistet» (Prognos et al. 2021). Für dieses Szenario werden in den Energieperspektiven verschiedene Varianten betrachtet, in denen unterschiedliche Technologiepfade realisiert werden. Wir gehen hier von der Variante ZERO Basis mit der Strategievvariante «ausgeglichene Jahresbilanz 2050»¹⁷ und einer Laufzeit der Kernkraftwerke von 50 Jahren aus¹⁸.

Im hier betrachteten ZERO-Basis-Szenario wird das Netto-Null-Ziel im Jahr 2050 durch eine rasche sektorübergreifende Steigerung der Energieeffizienz erreicht, welche zu einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs um 15% gegenüber dem WWB-Szenario führt. Weiterhin wird die Transformation des Energiesystems und des Verkehrssektors rascher umgesetzt und ein schnellerer Ausbau der notwendigen Infrastruktur erzielt. Die verbleibenden Emissionen werden durch die Abscheidung und Speicherung von CO₂ sowie durch andere Negativemissionstechnologien (NET) im In- und Ausland ausgeglichen. Die erneuerbare Stromerzeugung, hauptsächlich aus Photovoltaik-Anlagen, wird bis 2050 so ausgebaut, dass die Schweiz ihren Stromverbrauch übers Jahr gesehen mit der inländischen Stromproduktion decken kann. Im ZERO-Basis-Szenario spielt die Elektrifizierung der Nachfragesektoren, insbesondere des Wärme- und Verkehrssektors, eine bedeutende Rolle und etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs wird 2050 durch Strom bereitgestellt. Für die vollständige Dekarbonisierung des Verkehrssektors werden ab 2045 strombasierte Energieträger verwendet, welche zum grossen Teil importiert werden. Für die Bereitstellung von Wärme für private Haushalte und den Dienstleistungssektor werden ergänzend zu den Wärmepumpen Nah- und Fernwärme stark ausgebaut. Die Wärme stammt aus stromgetriebenen Grosswärmepumpen, KVA-Anlagen, teilweise importierter Biomasse (inkl. Biogas) sowie aus Abwärme und Geothermie.

Als Vergleichsbasis zum ZERO-Basis-Szenario dient das WWB-Szenario, das eine Quantifizierung der Mehr- bzw. Minderkosten ermöglicht. Beim WWB-Szenario werden die am 01.01.2019 geltenden energie- und klimapolitischen Instrumente sowie die aktuellen Marktbedingungen und sonstigen Rahmenbedingungen im Strommarkt berücksichtigt. Der Ausbau von erneuerbaren Energien, Wasserkraftwerken und sonstigen Kraftwerkskapazitäten

17 In dieser Variante wird ein Ausbau der Stromversorgung unterstellt, der notwendig ist, um in der Bilanz über das Jahr 2050 den Strombedarf der Schweiz decken zu können.

18 Andere in den Energieperspektiven betrachtete Varianten: Im ZERO A-Szenario findet die stärkste Elektrifizierung statt, in ZERO B werden die meisten synthetischen Gase eingesetzt, und das ZERO C Szenario verfolgt im Gegensatz zum ZERO-Basis Szenario eine stärkere Nutzung von strombasierten flüssigen Energieträgern und den Ausbau von Wärmenetzen

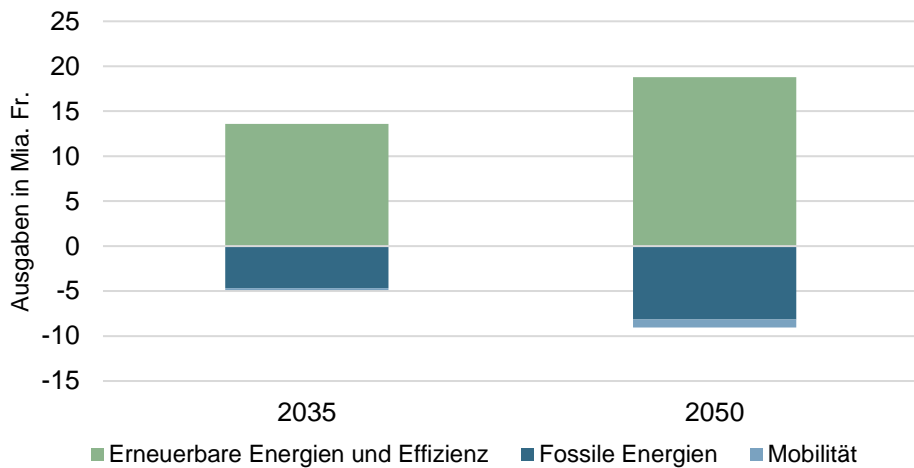
im Stromsektor berücksichtigt ebenfalls die bestehenden Rahmenbedingungen.

4.1 Entwicklung der Differenzkosten

Als Grundlage für die Schätzung der Beschäftigungseffekte dienen die im Rahmen der Energieperspektiven (Prognos et al. 2021) erarbeiteten Differenzkosten zwischen dem ZERO-Basis-Szenario und dem WWB-Szenario. In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Differenzkosten gemäss Prognos et al. 2021) für die Nutzung erneuerbaren und fossiler Energieträger, für Energieinfrastruktur, für Mobilität, Energieträger und Negativemissionstechnologien dargestellt. So lassen sich die im folgenden Kapitel berechneten Beschäftigungseffekte besser nachvollziehen. Die Differenzkosten liegen nach Technologien und Sektoren differenziert für Investitionen in den Anlagenbau resp. den Kauf von Geräten und Fahrzeugen, den Anlagenbetrieb und die Beschaffung von Energieträgern vor. Zum Teil wurden sie im Rahmen der vorliegenden Studie auf Technologieebene weiter differenziert.

Abbildung 35 zeigt die Entwicklung der Differenzkosten aufgeschlüsselt nach erneuerbaren Energien und Energieeffizienz, fossilen Energieträgern und Mobilität, einschliesslich der benötigten Infrastrukturen. Zu den erneuerbaren Energien zählen wir auch Wasserstoff, strombasierte Energieträger und CCS/NET. Die hier dargestellten Differenzkosten summieren die in den jeweiligen Jahren zu erwartenden Ausgaben in den Anlagenbau, Infrastruktur, den Anlagenbetrieb und die Energiekosten für die Szenarien ZERO-Basis und WWB. Die Differenzkosten für Mobilität setzen sich zusammen aus den Kosten für die Fahrzeuge und die Infrastruktur wie Ladestationen für Elektromobilität oder Tankstellen für Verbrennungsmotoren. Die Kosten für die Treibstoffe sind Teil der erneuerbaren oder fossilen Energieträger.

Im ZERO-Basis-Szenario wird im Vergleich zum WWB-Szenario mehr in erneuerbare Energien und Effizienz und weniger in fossile Brennstoffe investiert. Die unterschiedlichen Entwicklungen zeigen sich am deutlichsten im Anstieg der Differenzkosten für erneuerbare Energien und Energieeffizienz von knapp 14 Mia. Fr. in 2035 auf rund 19 Mia. Fr. in 2050, und in der Abnahme der Differenzkosten für fossile Brennstoffe von -5 Mia. Fr. in 2035 auf -8 Mia. Fr. in 2050. Im ZERO-Basis-Szenario werden im Jahr 2050 fast keine fossilen Brennstoffe mehr verwendet. Dadurch verringern sich sowohl die Ausgaben für Investitionen in und den Betrieb von Anlagen zur Nutzung fossiler Energieträger als auch die Ausgaben für die Beschaffung der Energieträger.

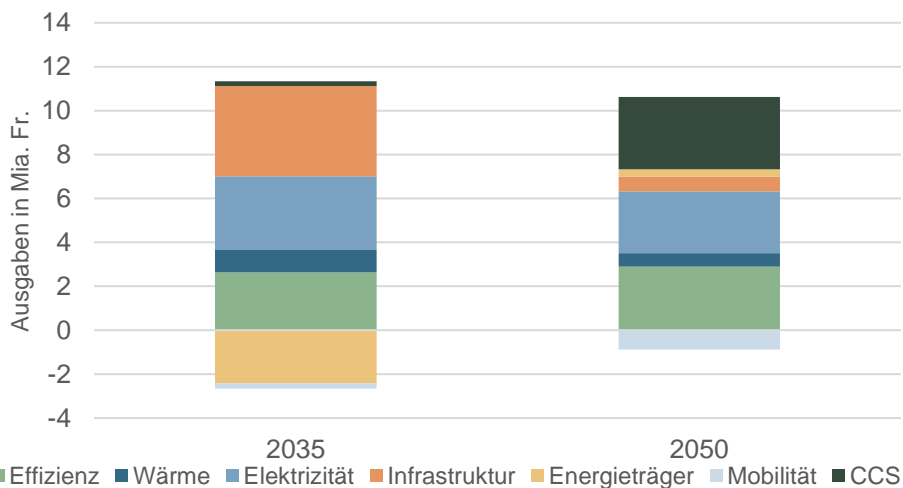


Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 35 Entwicklung der Differenzkosten nach erneuerbaren Energien und Energieeffizienz, fossilen Energien und Mobilität

Abbildung 36 zeigt die Entwicklung der Differenzkosten nach den Sektoren Wärme, Elektrizität, Effizienz, Infrastruktur, Mobilität, Energieträger und CCS/NET. Tabelle 4 oben beschreibt, welche Technologien wir zu diesen Sektoren zählen.

Im ZERO-Basis-Szenario wird mit einem raschen Ausbau der Infrastrukturen gerechnet, insbesondere der Elektrizitäts- und Fernwärmenetze, was im Jahr 2035 zu zusätzlichen Kosten von 4 Mia. Fr. im Vergleich zum WWB-Szenario führt.



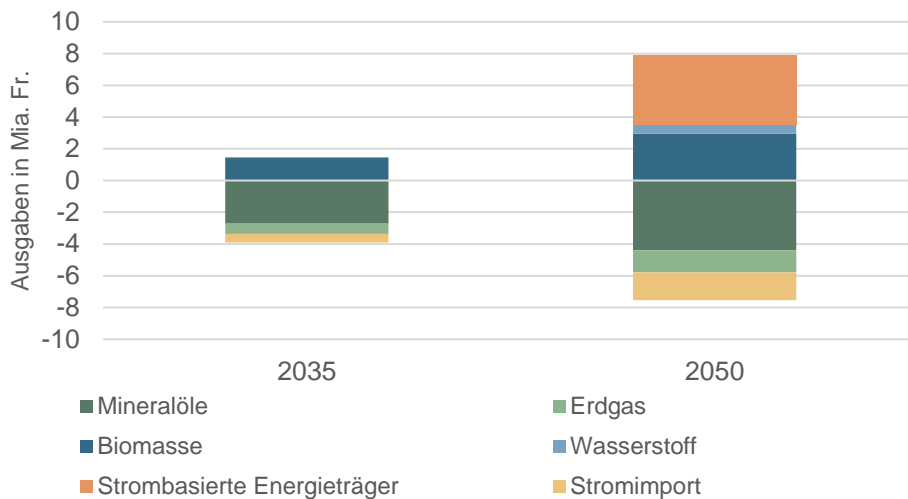
Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 36 Differenzkosten in den unterschiedlichen Sektoren

Im WWB-Szenario werden CCS und NET nicht verwendet. Ab 2040 werden CCS und NET im ZERO-Basis-Szenario stark eingesetzt, so dass die damit verbundenen Kosten im Jahr 2050 um 3.3 Milliarden Franken betragen. Die Differenzkosten im Stromsektor, die dreimal grösser sind als im Wärmesektor, werden hauptsächlich durch den starken Ausbau der Photovoltaik verur-

sacht und widerspiegeln die im ZERO-Basis-Szenario forcierte Elektrifizierung. Die Mehrinvestitionen für Energieeffizienz und im Elektrizitätssektor sind in den Jahren 2035 und 2050 ungefähr gleich hoch.

Im Jahr 2035 werden im ZERO-Basis-Szenario deutlich weniger fossile Energieträger importiert als im WWB-Szenario, wodurch 2.4 Milliarden Franken eingespart werden. Im Jahr 2050 werden jedoch strombasierte Energieträger, Biomasse und Wasserstoff aus dem Ausland importiert, was im Vergleich zum WWB-Szenario zu höheren Ausgaben führt. Der Treibstoffverbrauch im Mobilitätssektor schlägt sich weiterhin im Import fossiler Energieträger nieder. Die Aufteilung der Differenzkosten nach Energieträgern ist in Abbildung 37 dargestellt.

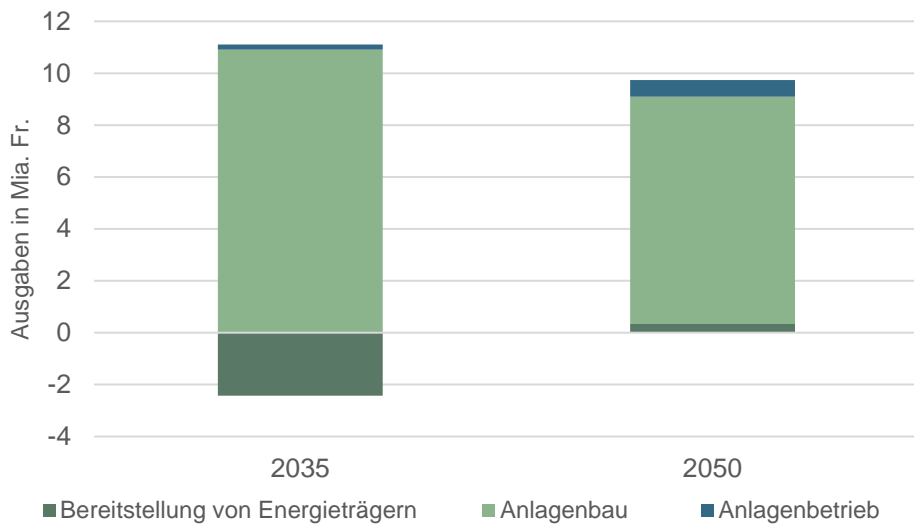


Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 37 Differenzkosten für Energieträger

Differenzkosten nach Art der Aktivität

Abbildung 38 stellt die Entwicklung der Differenzkosten nach der Art der Aktivität (Anlagenbau, Anlagenbetrieb und Bereitstellung von Energieträgern) dar. Den positiven Differenzkosten, bzw. Mehrausgaben durch den Ausbau von Fernwärme und vor allem der erneuerbaren Stromerzeugung und höheren Betriebs- und Unterhaltskosten stehen eingesparte Energieträgerkosten von etwa 2 Mia. Fr. im Jahr 2035 gegenüber. Diese resultieren hauptsächlich aus verminderten Importen von Erdölprodukten und Erdgas und dem erhöhten Einsatz von Biomasse. Im Jahr 2050 fallen durch den Import von biogenen (Biogas, Biomethan, Biotreibstoffe und feste Biomasse) und strombasierten Energieträgern zusätzliche Mehrkosten im Vergleich zum WWB-Szenario an.



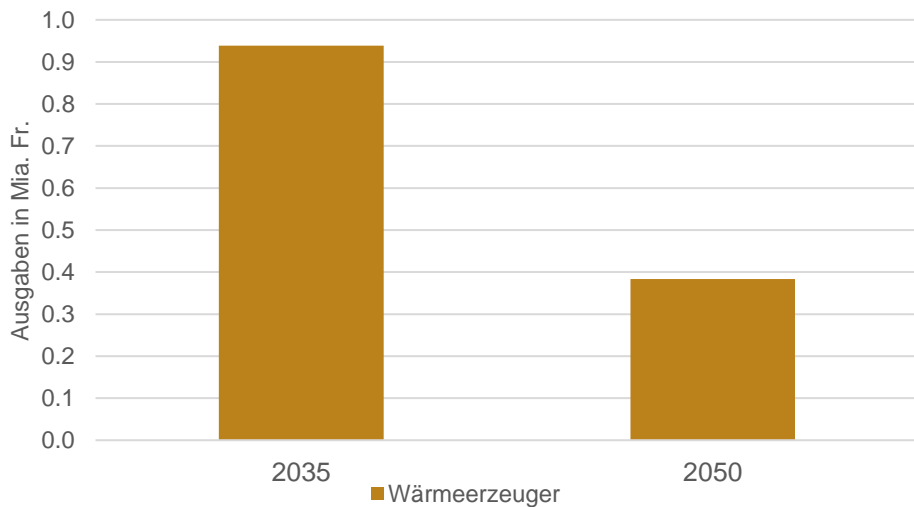
Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 38 Differenzkosten nach Kostenart

Nachfolgend gehen wir auf die Differenzkosten in den verschiedenen Sektoren ein.

Differenzkosten im Wärmesektor

In Abbildung 39 ist die Entwicklung der Differenzkosten für die Wärmebereitstellung durch fossile und erneuerbare Energie dargestellt. In beiden Jahren liegen die Kosten im ZERO-Basis-Szenario über denen im WWB-Szenario. Dies ist vor allem auf eine stärkere Nutzung von Strom für die Wärmegewinnung (insbesondere in Wärmepumpen und Geothermieanlagen) und der Fernwärme zurückzuführen. Geringere Kosten fallen insbesondere für Öl- und Gasfeuerungen an, in geringem Umfang auch für Holzfeuerungen. In 2035 liegen die Kosten für Solarthermie leicht über und in 2050 leicht unter den Werten des WWB-Szenarios.



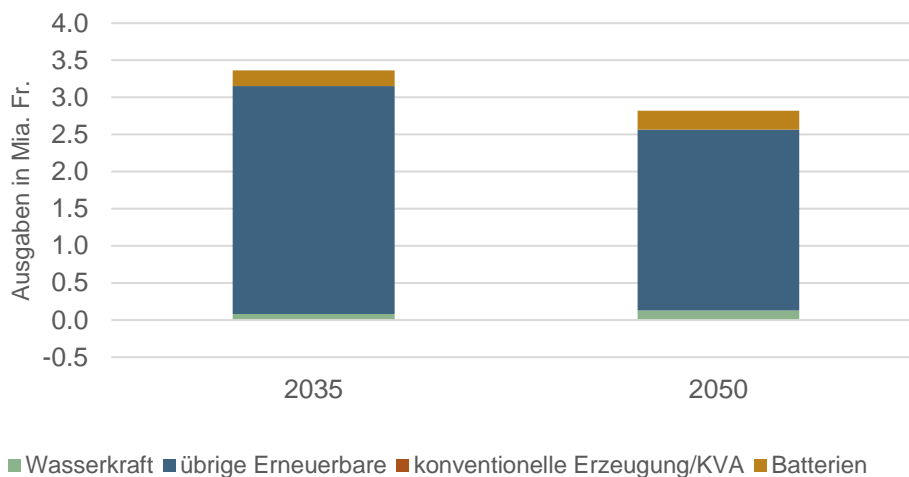
Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 39 Differenzkosten im Wärmesektor zwischen ZERO-Basis- und WWB-Szenario

Differenzkosten im Elektrizitätssektor

In Abbildung 40 sind die Differenzkosten für den Elektrizitätssektor durch erneuerbare Energie dargestellt. Die dargestellten Ausgaben beinhalten den Anlagenbau und Betriebskosten, die dazugehörigen Infrastrukturkosten werden in Abbildung 41 separat beschrieben.

Im Vergleich zu WWB-Szenario wird im ZERO-Basis-Szenario die Stromerzeugung bis zum Jahr 2050 vollständig auf Wasserkraftwerke und erneuerbare Energien umgestellt und sie erreicht die vollständige Deckung des Jahresverbrauchs. Dies wird durch einen umfangreichen Ausbau vor allem der Photovoltaik bewirkt. Im Jahr 2050 sind die Differenzkosten durch den Ausbau erneuerbarer Energien im WWB-Szenario und durch die Annahme einer Kostenreduktion von Photovoltaikanlagen etwas tiefer als in 2035. Im Jahr 2050 werden im ZERO-Basis-Szenario zusätzlich Windkraftanlagen und geothermische Kraftwerke zur Stromerzeugung gebaut. Aufgrund sinkender Batteriekosten werden langfristig rund 70 % der Photovoltaik-Anlagen mit Batteriespeichern kombiniert.

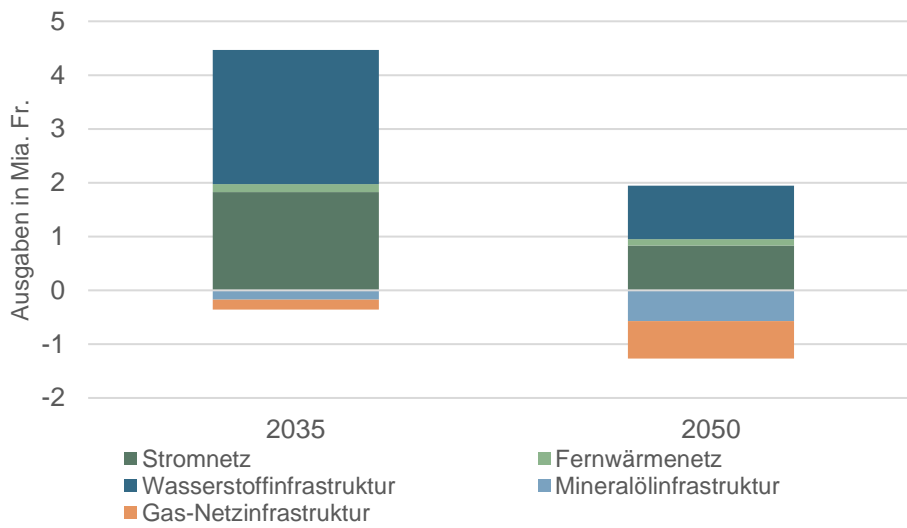


Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 40 Differenzkosten im Elektrizitätssektor zwischen ZERO-Basis- und WWB-Szenario

Differenzkosten im Infrastruktursektor

Das ZERO-Basis-Szenario zeichnet sich gegenüber dem WWB-Szenario auch durch deutlich höhere Kosten für die Energie- und Mobilitätsinfrastruktur aus. In 2035 liegen die Kosten rund 4.5 Mia. Fr höher, 2050 rund 1 Mia. Fr höher als im WWB-Szenario (Abbildung 41). Der grösste Teil der Investitionen in die Infrastruktur findet also vor 2050 statt. Besonders relevant sind zusätzliche Ausgaben für die Wasserstoffinfrastruktur (inkl. Wasserstoffproduktion im Inland) und für das Stromnetz, weniger für das Fernwärmenetz. In 2050 liegen zudem die Ausgaben für die Mineralölinfrastruktur deutlich tiefer als im WWB-Szenario. Ausgaben für das Gasnetz sind hingegen nur leicht tiefer.

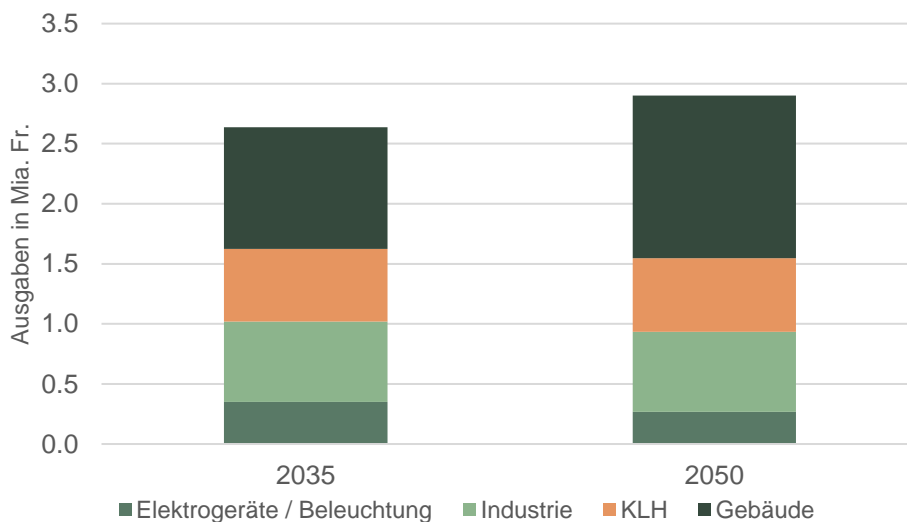


Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 41 Differenzkosten im Infrastruktursektor zwischen ZERO-Basis- und WWB-Szenario

Differenzkosten im Sektor Energieeffizienz

Im ZERO-Basis-Szenario wird in allen Bereichen in die Verbesserung der Energieeffizienz investiert (Abbildung 42), insbesondere in die Gebäudeeffizienz, im Industriesektor, etwas weniger in Kälte-, Lüftungs- und Heizungstechnik sowie in Elektrogeräte und Beleuchtung. Insgesamt liegen im ZERO-Basis-Szenario die Ausgaben für Investitionen in Energieeffizienz um rund 2.5 Mia. CHF über den Ausgaben im WWB-Szenario.



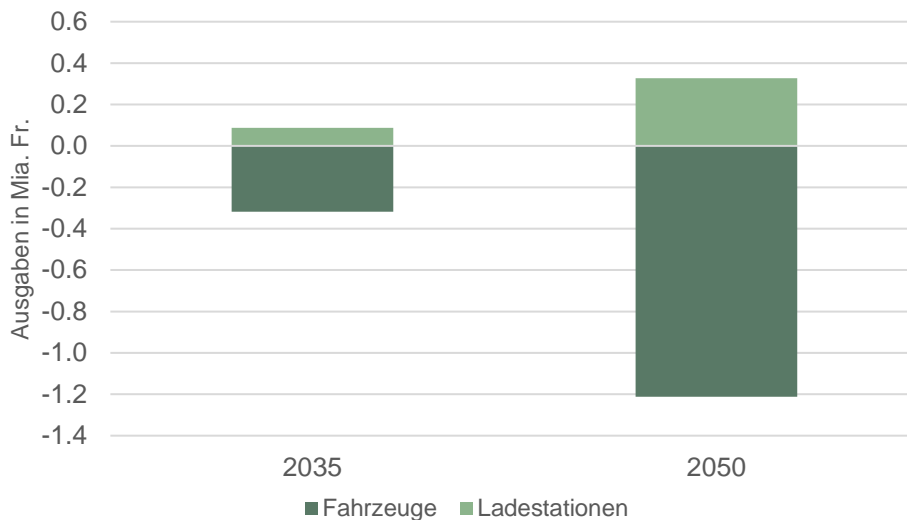
Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 42 Differenzkosten im Energieeffizienzsektor zwischen ZERO-Basis- und WWB-Szenario

Differenzkosten im Mobilitätssektor

Die Anzahl der Fahrzeuge ist in den beiden Szenarien ZERO-Basis und WWB ähnlich. Im WWB-Szenario bleiben klassische Verbrennungsaute bis 2050 relevant, sie machen im Jahr 2050 noch 30% der Neuzulassungen für

Personenwagen aus. Im ZERO-Basis-Szenario werden ab 2040 keine klassischen Verbrennungsaufos mehr eingesetzt und Elektrofahrzeuge dominieren den Neuwagenmarkt. Dies äussert sich u.a. in höheren Ausgaben für den Ausbau von Ladestationen im Vergleich zum WWB-Szenario, die von 0.1 Mia. Franken in 2035 auf etwa 0.3 Mia. Fr. in 2050 steigen (Abbildung 43). Die Ausgaben für die Investitionen in Verbrennerfahrzeuge und die damit verbundenen Betriebskosten sind höher als die für Elektrofahrzeuge. Dies führt im WWB-Szenario zu höheren Ausgaben als im ZERO-Basis Szenario.



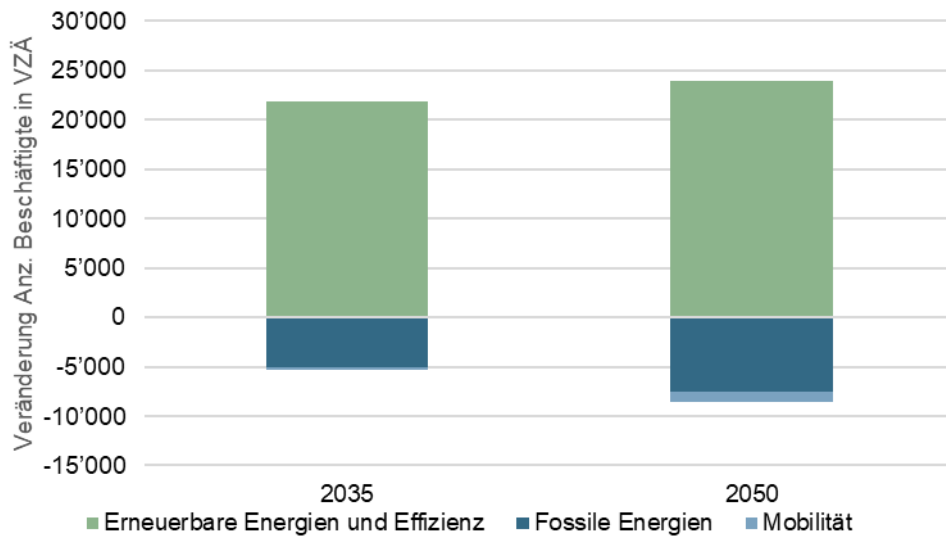
Quelle: Prognos et al. (2021), Berechnungen EBP

Abbildung 43: Differenzkosten im Mobilitätssektor zwischen ZERO-Basis- und WWB-Szenario

4.2 Entwicklung der Beschäftigungseffekte

Analog zu den Differenzkosten werden in diesem Kapitel die daraus resultierenden Beschäftigungseffekte dargestellt. Diese sind als Differenz zwischen dem ZERO-Basis- und dem WWB-Szenario zu verstehen. Sie sind das Ergebnis der in der vorliegenden Studie durchgeführten Berechnungen und stammen nicht aus den Energieperspektiven 2050+.

Abbildung 44 zeigt die gesamten Beschäftigungseffekte unterteilt nach erneuerbaren Energien und Effizienz, fossilen Energien und Mobilität. Insgesamt steigt die Beschäftigung in 2035 im Vergleich zum WWB-Szenario um gut 16'500 VZÄ und in 2050 um rund 15'500 VZÄ. Dies entspricht rund 0.3% der in 2035 und 2050 gemäss den Branchenperspektiven erwarteten Beschäftigung oder dem in Zukunft erwarteten gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungswachstum von 2.5 Jahren. Bei den erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz ergeben sich im Jahr 2035 fast 22'000 zusätzliche Beschäftigte im Vergleich zum WWB-Szenario und im Jahr 2050 fast 24'000 zusätzliche Beschäftigte. Gleichzeitig nimmt in beiden Jahren die Zahl der Beschäftigten im Bereich der fossilen Energien und in der Mobilität ab.

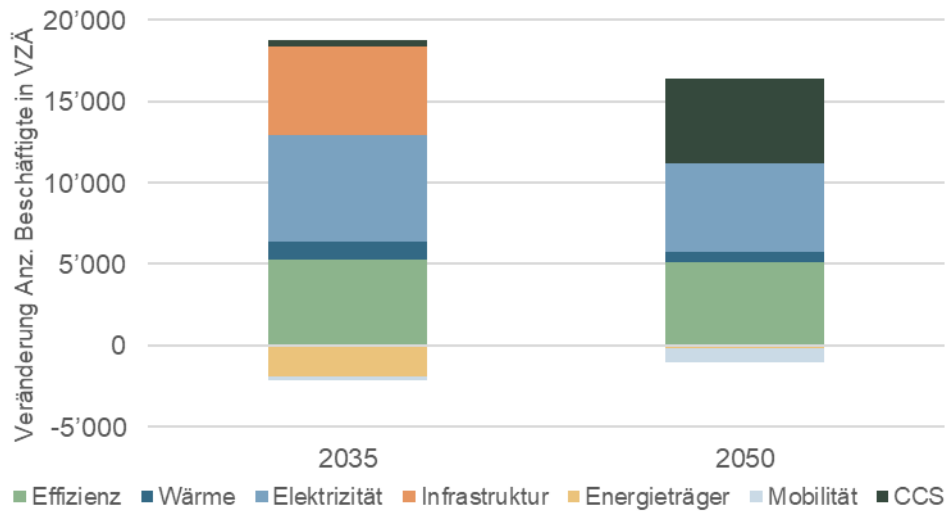


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 44: Beschäftigungseffekte nach Energieart

Abbildung 45 zeigt die Beschäftigungseffekte in beiden Jahren unterteilt nach den verschiedenen Sektoren. Dabei ist nun neben den in der ex-post Analyse betrachteten Sektoren zusätzlich der Sektor Carbon Capture and Storage (CCS) ein wichtiger Bereich. Im Jahr 2035 ergeben sich insbesondere für die Sektoren Infrastruktur, Elektrizität und Effizienz positive Beschäftigungseffekte. Gleichzeitig sinkt die Beschäftigung bei den überwiegend importierten Energieträgern und bei der Mobilität. Zur Mobilität zählen in diesem Fall die Beschäftigungseffekte durch den Kauf und Betrieb der Fahrzeuge sowie durch die dazugehörige Infrastruktur (Ladestationen).

Im Jahr 2050 bleiben die Sektoren Effizienz und Elektrizität als beschäftigungsfördernde Sektoren erhalten. Die zusätzlichen Ausgaben im Infrastruktursektor im Vergleich zum WWB-Szenario fallen hingegen wesentlich geringer aus als noch 2035 und somit verringert sich auch der positive Beschäftigungseffekt. Von neuer Bedeutung ist hingegen der Sektor CCS, der die Infrastruktur als drittgrösster Beschäftigungstreiber ablöst.

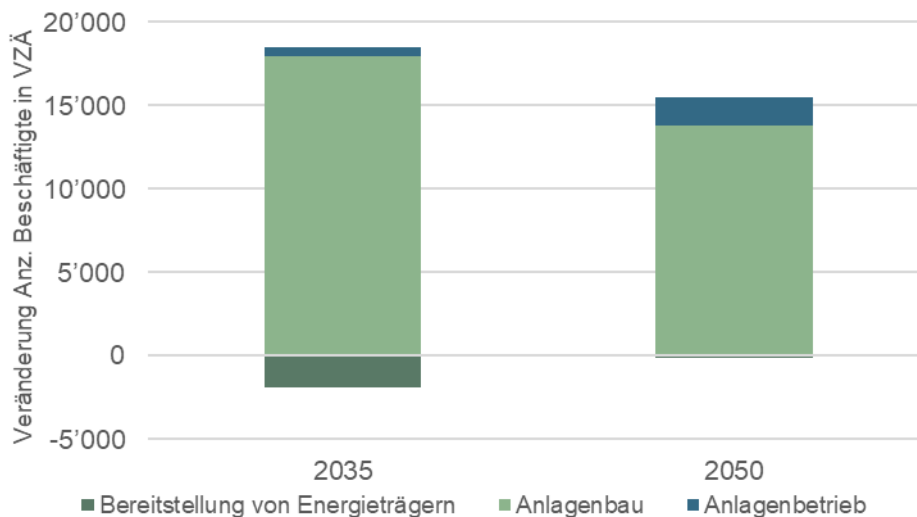


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 45: Beschäftigungseffekte nach Sektor

Beschäftigungseffekte nach Aktivität

Stellt man die Beschäftigungseffekte nach Aktivität dar (Abbildung 46), so fällt auf, dass diese hauptsächlich durch den Anlagenbau in beiden Jahren getrieben werden. Der Anlagenbetrieb löst ebenfalls, wenn auch in geringem Ausmass, eine positive Beschäftigung in beiden Jahren aus, wobei diese im Jahr 2050 fast dreimal so hoch ist wie im Jahr 2035. Die Beschäftigungswirkungen der Bereitstellung von Energieträgern sind in beiden Jahren negativ. Im Jahr 2050 geschieht dies, obwohl die Ausgaben für Energieträger insgesamt positiv sind. Aufgrund der hohen Importanteile führen sie allerdings nicht zu einer positiven Beschäftigungswirkung.



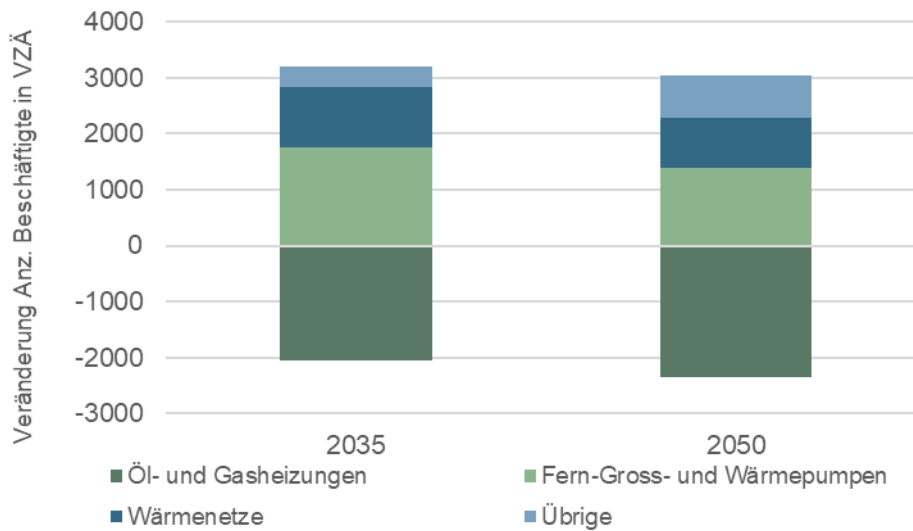
Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 46: Beschäftigungseffekte nach Aktivität

Sektor Wärme

Abbildung 47 stellt die Beschäftigungseffekte im Jahr 2035 und 2050 für den Wärmesektor unterteilt nach einzelnen Technologien dar. Dabei werden die Öl- und Gasheizungen, Wärmepumpen und die Wärmenetze genauer betrachtet. Zu den übrigen Technologien zählen die Solarthermie, Elektro- und Holzheizungen, Fern-Holzfeuerungen, Geothermie, Biogasanlagen, Fernwärme und Kehrrichtverbrennungsanlagen.

In beiden Jahren sind insgesamt positive Beschäftigungseffekte mit über 1'000 bzw. über 700 VZÄ zu verzeichnen. Dazu tragen insbesondere die Wärmepumpen und die Wärmenetze bei, im Jahr 2050 in geringem Umfang auch sonstige Technologien. Negative Beschäftigungseffekte fallen vor allem für die Öl- und Gasfeuerungen an. Der Rückgang der Beschäftigungseffekte zwischen 2035 und 2050 ist vor allem auf die Wärmepumpen zurückzuführen, in geringerem Umfang auch auf die Wärmenetze.

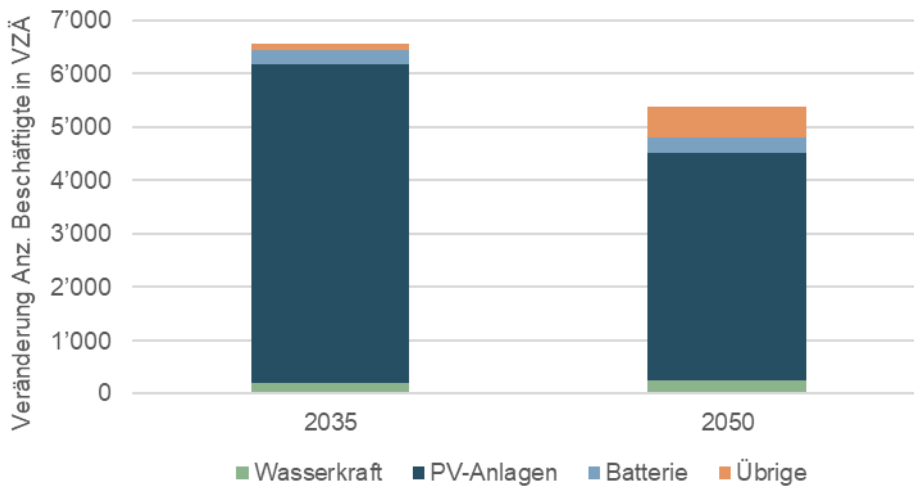


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 47: Beschäftigungseffekte im Sektor Wärme

Sektor Elektrizität

Abbildung 48 stellt die Beschäftigungseffekte im Sektor Elektrizität unterteilt nach Technologien dar. Dabei werden die Beschäftigungseffekte für die Wasserkraft, Photovoltaik und Batterien im Einzelnen gezeigt. Zu den übrigen Technologien zählen Biogas, Wind, Geothermie und Kehrrichtverbrennungsanlagen. In beiden Jahren ergeben sich positive Beschäftigungseffekte mit über 6'500 bzw. 5'400 VZÄ, wobei nur die Kehrrichtverbrennungsanlagen negative Wirkungen zeigen. Für den Beschäftigungszuwachs sind vor allem die PV-Anlagen verantwortlich, die gut 90% (bzw. knapp 80% in 2050) der gesamten Beschäftigung stellen. Im Jahr 2050 steigt der Anteil der übrigen Technologien, insbesondere von Geothermie und Biogas.



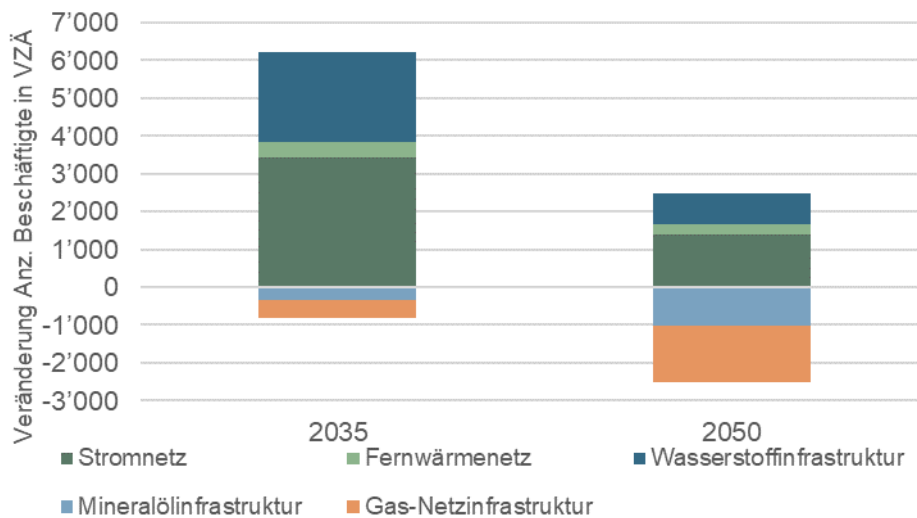
Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 48: Beschäftigungseffekte im Sektor Elektrizität nach Technologie

Sektor Infrastruktur

Im Jahr 2035 liegt die im Infrastruktursektor ausgelöste Beschäftigung im ZERO-Base Szenario über 5'000 VZÄ über der Beschäftigung im WWB-Szenario (Abbildung 49). Dazu tragen insbesondere die Investitionen in die Stromnetze und die Wasserstoffinfrastruktur (inkl. Wasserstoffproduktion im Inland) bei. Geringere Investitionen in die Mineralöl- und die Gasinfrastruktur führen zu negativen Beschäftigungswirkungen. Die Ergebnisse beinhalten auch die positiven Beschäftigungseffekte durch den zusätzlichen Vertrieb von Elektrizität und die negativen Beschäftigungseffekte durch den abnehmenden Vertrieb von Gas (vgl. Erläuterung in Kapitel 2.3.1)

Im Jahr 2050 fällt die Netto-Beschäftigungswirkungen leicht negativ aus. Bei der Strom-, der Fernwärme- und der Wasserstoffinfrastruktur wird im Vergleich zum WWB-Szenario eine zusätzliche Beschäftigung ausgelöst, wobei wiederum der Stromsektor anteilmässig überwiegt. Die Beschäftigung in der Mineralöl- und Gasinfrastruktur sinkt deutlich stärker als in 2035.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 49: Beschäftigungseffekte im Sektor Infrastruktur nach Technologie

Energieträger

Bei den Energieträgern wird zwischen Mineralölprodukten, Erdgas, Biomasse, Wasserstoff, strombasierten Energieträgern und zusätzlich importiertem Strom unterschieden (Abbildung 50). Da Erdgas- und Stromimporte keinerlei Beschäftigungswirkung im Inland haben, sind nur die Mineralölprodukte, Biomasse, Wasserstoff und die strombasierten Energieträger dargestellt.

In beiden Jahren lässt sich bei der Beschäftigung ein negativer Nettoeffekt im Vergleich zum WWB-Szenario feststellen, wobei sich im Jahr 2050 die positiven und negativen Effekte fast ausgleichen. Im Jahr 2035 überwiegt der starke Rückgang der Beschäftigung bei den Mineralölprodukten mit gut 2'000 VZÄ. Die leicht positiven Wirkungen bei Biomasse und Wasserstoff (leicht über 100 bzw. knapp 30 VZÄ) stammen nur aus dem Handel mit importierten Energieträgern und können die Verluste deshalb nicht auffangen. Im Jahr 2050 sinkt die Beschäftigung bei den Mineralölprodukten im Vergleich zum WWB-Szenario noch stärker als 2035. Gleichzeitig steigt die Beschäftigung bei der Biomasse, dem Wasserstoff (jeweils ca. 200 VZÄ) und insbesondere bei den strombasierten Energieträgern (über 2'000 VZÄ).

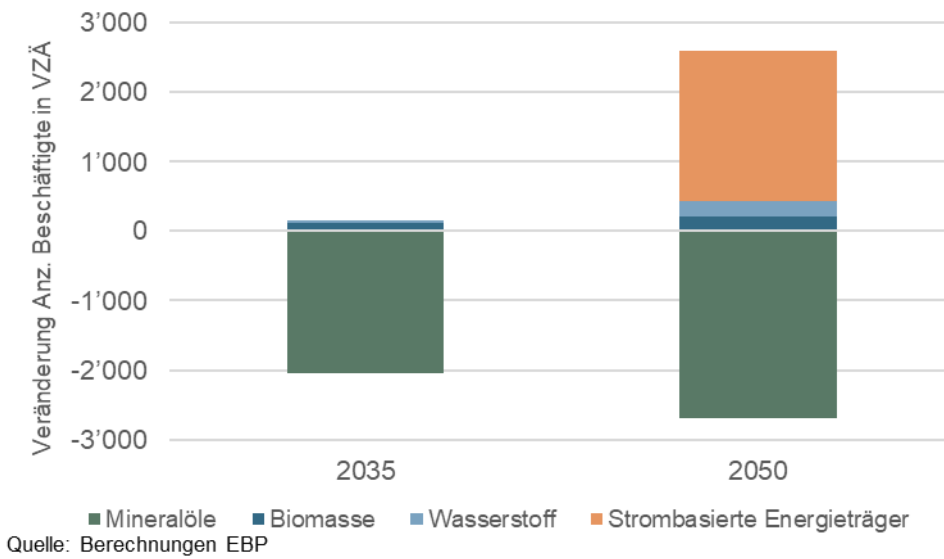


Abbildung 50: Beschäftigungseffekte für Energieträger

Sektor Energieeffizienz

Abbildung 51 stellt die Beschäftigungseffekte im Sektor Energieeffizienz unterschieden nach Technologien dar. Zu diesem Sektor zählen die Gebäudeeffizienz (Sanierungen von Gebäuden sowie Neubauten), Energieeffizienzmassnahmen in der Industrie sowie effiziente Elektrogeräte und Beleuchtung sowie Klima-, Lüftungs- und Heizungstechnik (KLH) in Haushalten und im Dienstleistungssektor. In beiden Jahren sind die Beschäftigungseffekte insgesamt positiv und unterscheiden sich nur geringfügig (jeweils über 5'000 VZÄ). Am wichtigsten sind dabei in beiden Jahren die Beschäftigungswirkungen der Gebäudeeffizienz. Der bereits hohe Anteil von knapp unter 50% im Jahr 2035 steigt im Jahr 2050 auf knapp 55%. KLH-Technik folgt jeweils mit Abstand mit 25% bzw. 22%. Von geringerer Bedeutung sind die Elektrogeräte und Beleuchtung sowie die Energieeffizienzmassnahmen in der Industrie.

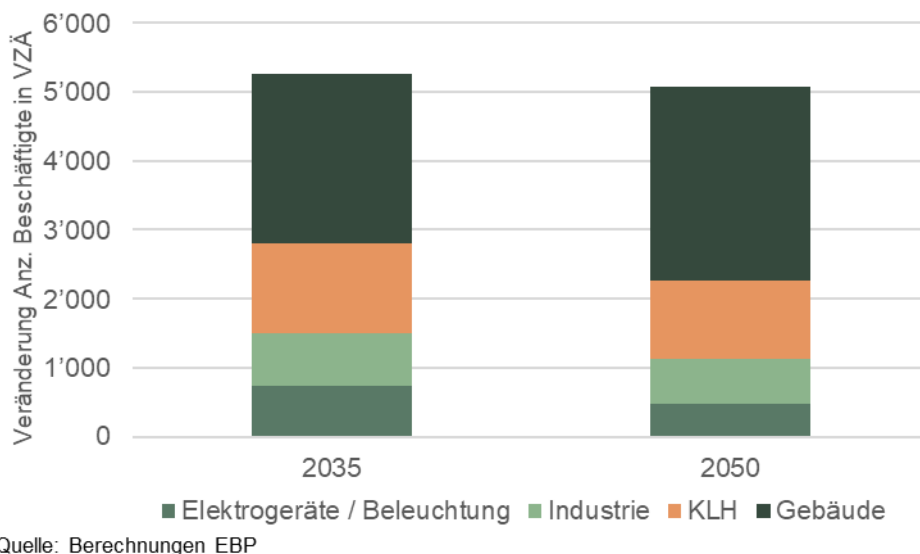
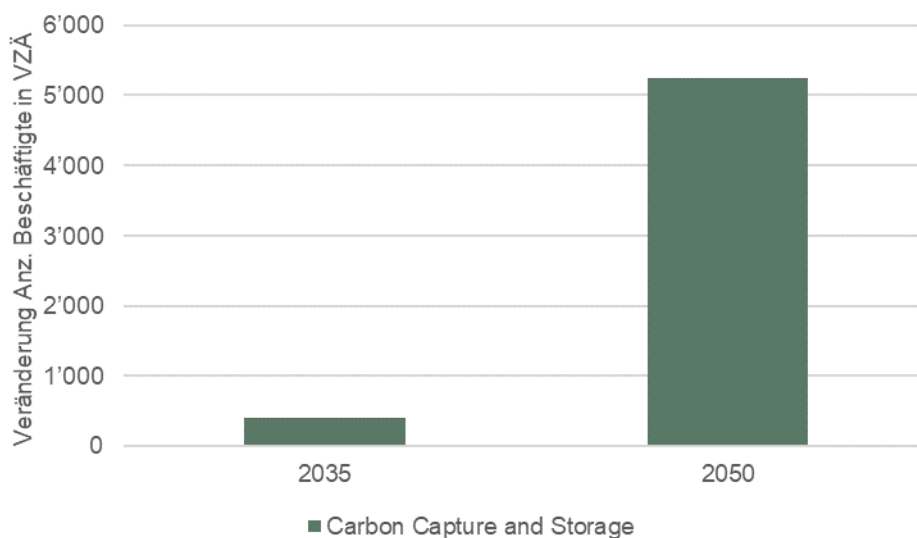


Abbildung 51: Beschäftigungseffekte im Sektor Energieeffizienz

Sektor Carbon Capture and Storage

Die Bedeutung von CCS nimmt insbesondere im Jahr 2050 im ZERO-Basis-Szenario im Vergleich zum WWB-Szenario zu. Dies spiegelt sich auch in den hohen Beschäftigungswirkungen wider (Abbildung 52). Die zusätzliche Beschäftigung steigt von ca. 400 VZÄ im Jahr 2035 auf über 5'000 VZÄ im Jahr 2050 an. Sie wird vor allem durch den Bau der CCS-Anlagen und der Speicheranlagen verursacht. Zum Betrieb der Anlagen liegen aus den Energieperspektiven keine Daten vor.

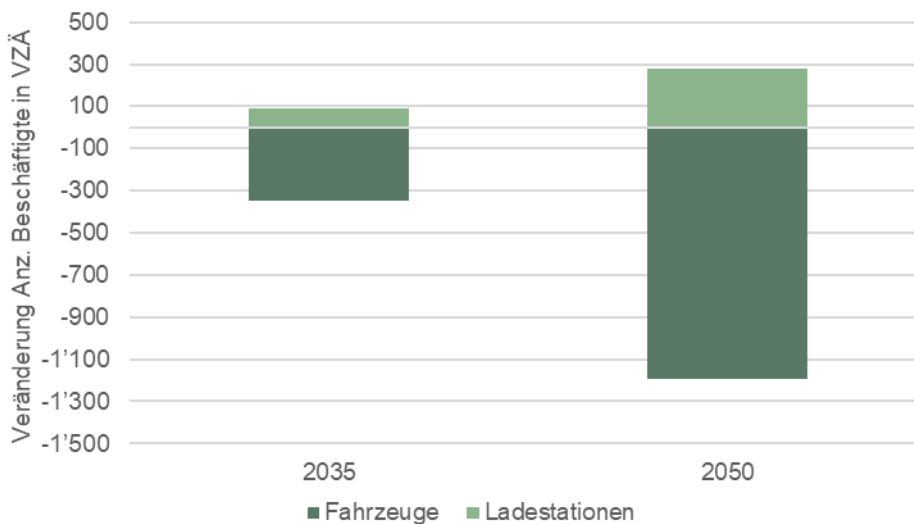


Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 52: Beschäftigungseffekte im Sektor CCS

Sektor Mobilität

Im Mobilitätssektor wird zwischen den Fahrzeugen selbst und der benötigten Infrastruktur (Ladestationen) unterschieden. Die Zahl der Fahrzeuge ändert sich im ZERO-Basis-Szenario kaum. Hingegen sinken gemäss den Energieperspektiven durch den Wechsel zur Elektromobilität die Ausgaben für den Kauf und Betrieb der Fahrzeuge. Wie in Abbildung 53 dargestellt, verringert sich die Beschäftigung im ZERO-Basis-Szenario im Vergleich zum WWB-Szenario in geringem Umfang, und zwar um rund 250 VZÄ in 2035 und um rund 900 VZÄ in 2050. Da die Fahrzeuge überwiegend importiert werden, geht die Beschäftigung vor allem im Fahrzeughandel und bei Wartung und Reparatur zurück. Auf der anderen Seite führen die zusätzlichen Ausgaben für Ladestationen zu einem geringen Beschäftigungszuwachs.



Quelle: Berechnungen EBP

Abbildung 53: Beschäftigungseffekt im Sektor Mobilität nach Technologie

5. Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie besteht aus zwei Teilen: In einer Ex-post-Analyse haben wir untersucht, wie sich in der Vergangenheit die Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer und fossiler Energieträger, die Verbesserung der Energieeffizienz und die private Mobilität entwickelt haben und wie viele Beschäftigte in diesen Bereichen tätig sind. Zudem haben wir analysiert, welchen Einfluss die Förderung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz auf Investitionen und Beschäftigung hatten.

Mit einer Ex-ante-Analyse haben wir die Beschäftigungseffekte des für die kommenden Jahrzehnte geplanten Umbaus des Schweizerischen Energiesystems analysiert. Konkret wurde angenommen, dass sich das Schweizer Energiesystem gemäss dem ZERO-Basis-Szenario aus den Energieperspektiven 2050+ entwickelt. Die Beschäftigungseffekte ergeben sich als Differenz zu einer Entwicklung gemäss dem Weiter-wie-bisher-Szenario. Als

Datengrundlage lagen Differenzkosten zwischen den beiden Szenarien aus den Energieperspektiven vor.

Im Folgenden fassen wir die Ergebnisse der Analysen in aller Kürze zusammen. Die Zusammenfassung enthält eine ausführlichere Darstellung.

- Im Energiesektor nimmt die Beschäftigung zwischen 2005 und 2019 leicht von rund 35'000 auf 32'000 Vollzeitäquivalente (VZÄ) ab. Dabei steht einer Abnahme im Wärmesektor eine Zunahme im Stromsektor gegenüber, während die mit der Energieinfrastruktur und der Energieeffizienz verbundene Beschäftigung ungefähr konstant bleibt. Die Dynamik der Beschäftigungsentwicklung wird vor allem durch den Anlagenbau beeinflusst, weniger durch Anlagenbetrieb und Energiebereitstellung. Unter dem Energiesektor verstehen wir dabei die im engeren Sinn mit dem Bau und dem Betrieb von Energieanlagen sowie der Bereitstellung von Energieträgern verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten, einschliesslich der direkten Zulieferer. Beschäftigungseffekte in den vorgelagerten Lieferketten des so definierten Energiesektors werden nicht einbezogen.
- Die mit der privaten Mobilität, d.h. dem Kauf und Betrieb von Personewagen verbundene Beschäftigung liegt bei rund 60'000 VZÄ im Jahr 2019 und bleibt im Betrachtungszeitraum ungefähr konstant. Die Beschäftigung hängt vor allem mit dem Betrieb der Fahrzeuge und der Bereitstellung von Treibstoffen zusammen. Der Fahrzeugkauf spielt eine untergeordnete Rolle, da die meisten Fahrzeuge importiert werden.
- Der in den nächsten Jahrzehnten geplante Umbau der Energieversorgung führt zu steigenden Ausgaben und in der Folge auch zu einem höheren Arbeitskräftebedarf. Eine höhere Beschäftigung ist im Energiesektor zu erwarten, wo sie im Jahr 2035 um rund 16'500 VZÄ, im Jahr 2050 um rund 15'500 VZÄ höher liegen dürfte als in einem Szenario ohne forcierten Umbau der Energieversorgung. Wesentliche Beiträge liefern der Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, die zunehmende Energieeffizienz und im Jahr 2035 der Ausbau der Energieinfrastruktur. Zudem sind im Jahr 2050 positive Beschäftigungseffekte von Carbon Capture and Storage (CCS) und Negativemissionstechnologien zu erwarten. Die Beschäftigungseffekte im Mobilitätssektor fallen sowohl in 2035 als auch in 2050 leicht negativ aus (unter 1'000 VZÄ in 2050), dies wegen geringerer Ausgaben durch den Übergang zur Elektromobilität.

Einordnung der Ergebnisse

Die Berechnung der Beschäftigungseffekte erfolgte mit einer Analyse der mit dem Ausbau erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz verbundenen Ausgaben und der damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten in der Schweiz. Eine Stärke des verwendeten Ansatzes liegt in der detaillierten Analyse der mit den einzelnen Technologien verbundenen Wertschöpfungsketten, die uns ermöglicht, technologiespezifische Unterschiede bei Kostenstrukturen, Importanteilen, Wertschöpfungs- und Beschäftigungsintensitäten angemessen zu berücksichtigen. Die Ergebnisse beruhen dabei, insbesondere bei der ex-ante-Analyse, auf Annahmen, die zwar empirisch gut abgestützt, aber dennoch mit Unsicherheiten verbunden sind.

Zur Einordnung der Ergebnisse ist zu ergänzen, dass Beschäftigungseffekte in den vorgelagerten Lieferketten des Energie- und Mobilitätssektors nicht einbezogen wurden. Hier sind zusätzliche positive Beschäftigungseffekte zu erwarten. Der Umbau des Energiesystems ist insgesamt mit zusätzlichen Ausgaben verbunden. Die Gegenfinanzierung dieser Ausgaben durch die betroffenen Wirtschaftsakteure und die damit verbundenen Beschäftigungseffekte werden in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Je nach Art der Gegenfinanzierung (Ausgabenverzicht an anderer Stelle, zusätzliche Kreditaufnahme) können unterschiedliche Beschäftigungseffekte resultieren. Schliesslich können sich gesamtwirtschaftliche Kreislauf- und Wachstumseffekte ergeben, die ebenfalls nicht Gegenstand der vorliegenden Studie sind. Diese gesamtwirtschaftlichen Effekte werden im Rahmen der Energieperspektiven untersucht.

6. Literatur

- BAFU (2018): Faktenblatt Wirkungsabschätzung und Evaluation der CO₂-Abgabe auf Brennstoffe.
- BFE (2021a): Ex-Post-Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 bis 2020 nach Bestimmungsfaktoren. Synthesebericht.
- BFE (2021b): Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000-2020. Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen.
- BFE (2021c): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2020.
- Bluhm, H., Heinbach, K. (2022): Geschäftsmodelle für Power-to-Gas und Power-to-Liquid: Konzepte für die Wasserelektrolyse, die chemische Methanisierung und die Fischer-Tropsch-Synthese zur Defossilisierung von Industrie, Wärme und Verkehr. Schriftenreihe des IÖW 221/22. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Breitschopf, B., Nathani, C., Resch, G. (2012): Methodological guidelines for estimating the employment impacts of using renewable energies for electricity generation. Daten-Annex. Bericht an IEA-RETD. Fraunhofer ISI / Rütter + Partner / Universität Wien, Karlsruhe 2012.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2019): Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017.
- Das Gebäudeprogramm (2021): Jahresbericht 2020 & Tabellensammlung zum Gebäudeprogramm, Berichtsjahr 2020.
- EBP und Planair (2021): Externe Evaluation Einmalvergütungen für Photovoltaik-Anlagen und Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch 2018 bis 2020.
- EBP und New Energy Scout (2020): Investitions- und Planungsbeiträge für Windenergieanlagen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- EBP (2021): Wirtschaftlichkeit von Holzheizkraftwerken. Projekt im Auftrag des Schweizerischen Verbandes für Umwelttechnik (SVUT). Informationen: <https://www.ebp.ch/de/projekte/wirtschaftlichkeit-von-holzheizkraftwerken>
- EBP (2020a): Investitionsbeiträge für Biomasseanlagen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- EBP (2020b): Investitions- und Planungsbeiträge für Windenergieanlagen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- Ecoplan (2017): Wirkungsabschätzung zur CO₂-Abgabe – Aktualisierung bis 2015. Ecoplan im Auftrag des BAFU.

- EFK (2019): Evaluation der Wettbewerblichen Ausschreibungen für Stromeffizienzmassnahmen. Bundesamt für Energie.
- GCEL (2021): Financial of GCEL 2021. Data for Switzerland. [Download: 22.02.2022, coalexit.org].
- Infras und Energie Zukunft Schweiz (2020): Externe Evaluation der Einmalvergütungen für Photovoltaikanlagen und der Erfahrungen mit dem Eigenverbrauch in den Jahren 2014 bis 2017.
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW 2022):
- International Energy Agency (IEA) (2021): World Energy Investment.
- KPMG, Ecoplan (2020): Scénarios par branche et leur régionalisation. Schlussbericht an das Bundesamt für Raumentwicklung ARE, das Bundesamt für Energie und das Staatssekretariat für Wirtschaft. Bern.
- Nathani, C., Zandonella, R., van Nieuwkoop, R., Brandes, J., Schwehr, T., Killer, M., Sutter, D. (2019): Energie- und verkehrsbezogene Differenzierung der schweizerischen Input-Output-Tabelle 2014. Schlussbericht an das Bundesamt für Energie. Bern.
- Planair (2018): Rapport « Observation du marché photovoltaïque 2018 ». Bericht an EnergieSchweiz, Bern.
- Planair (2020): Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2020. Bericht an EnergieSchweiz, Bern.
- Prognos, INFRAS, TEP Energy, Ecoplan (2021): Energieperspektiven 2050+: Technischer Bericht, Gesamtdokumentation der Arbeiten. Bericht an das Bundesamt für Energie, Bern.
- Prognos, INFRAS (2021): Energieperspektiven 2050+: Exkurs Negativemissionstechnologien und CCS - Potenziale, Kosten und Einsatz. Bericht an das Bundesamt für Energie, Bern.
- Prognos, INFRAS (2021b): Energieperspektiven 2050+: Exkurs Biomasse - Potenziale und Einsatz in den Szenarien. Bericht an das Bundesamt für Energie, Bern.
- ProKilowatt (2020): Wettbewerbliche Ausschreibungen für Stromeffizienz. Fakten und Zahlen 2010-2020.
- Pronovo (2021): Pronovo-Cockpit 2021.
- Pronovo (2020b): Pronovo/KEV-Cockpit 2017 bis 2020; Quartalsberichte KEV und EVS 2010 bis 2020; EIV-Cockpit 2014 bis 2020.
- Pronovo (2020a): Jahresbericht Förderprogramme & Herkunftsnachweise 2020.
- PSI (2019): Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen: Aufdatierung des Hauptberichts (2017), mit Zusammenfassung auf Deutsch, Französisch und Italienisch. Bericht an das Bundesamt für Energie, Bern.

- Spuler, F., Thomä, J., Frey, R. (2020): Bridging the gap: Measuring progress on the climate goal alignment and climate actions of Swiss financial institutions. Report November 2020.
- Suisse Eole (2022): Windenergie in der Schweiz in Zahlen. Stand vom 30.03.2022.
- Vollenweider, S., Müller, M. (2017): Entwicklung der Wasserkraftnutzung in der Schweiz seit 2006. Wasser Energie Luft, Heft 1/2017.
- Wanner, A., Arnold, M. (2022): Investments in new renewable energy production outside Switzerland by Swiss energy providers and institutional investors. Energie Zukunft Schweiz Report – update 2021.
- Wanner, A., Arnold M., Huber, F. (2020): Investments in renewable energy production outside Switzerland by Swiss energy providers and institutional investors. Energie Zukunft Schweiz – update 2019.
- Wanner, A., Arnold M. (2018): Investments in renewable energy production outside Switzerland by Swiss energy providers and institutional investors. Energie Zukunft Schweiz – update March 2018.
- Wanner, A., Arnold, M. (2016): Investitionen in Erneuerbare-Energie-Anlagen Schweizer Energieversorger und institutionelle Investoren.
- Wärmeinitiative 2020: Erneuerbare- und CO2-freie Wärmeversorgung Schweiz. TEP, Ecoplan, aee Suisse
- Wasser-Agenda 21 (2021): Faktenblätter zur Wasserkraftnutzung in der Schweiz, 2013-2020.