B S S

Volkswirtschaftliche
Beratung

Schlussbericht

Arbeitsplatzpotenziale der Energiestrategien

Studie zu den Arbeitsplatzpotenzialen unter Berücksichtigung der Energiestrategie 2050 des Bundes und der Energiestrategie des Kantons Aargau

Basel | 05.03.2021

Impressum

Studie zu den Arbeitsplatzpotenzialen unter Berücksichtigung der Energiestrategie 2050 des Bundes und der Energiestrategie des Kantons Aargau
Schlussbericht
05.03.2021

Auftraggeber: Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Energie
Autoren: Wolfram Kägi, Thomas Möhr und Christopher Huddleston

Verantwortlich seitens Auftraggeber: Omar Ateya
Projektleitung seitens Auftragnehmer: Wolfram Kägi

BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG
Aeschengraben 9
4051 Basel
T +41 61 262 05 55
contact@bss-basel.ch

www.bss-basel.ch

© 2020 BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG

Inhalt

Tabellen ..... **iii**

Abbildungen ..... **iv**

Executive Summary **1**

1. Einleitung **3**

2. Energiestrategie des Bundes und des Kantons Aargau **4**

2.1 Energiestrategie 2050 des Bundes 4
2.2 Energiestrategie des Kantons Aargau 5

3. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien **6**

3.1 Bestehende Studien 6
3.2 Arbeitsplätze im Jahr 2019 8
3.3 Modellierung der Arbeitsplätze bis 2030 13

4. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der Gebäudesanierung **22**

4.1 Einführung 22
4.2 Studien vor 2017 22
4.3 Studien nach 2017 24
4.4 Zusammenfassung Gebäudebereich 26

5. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der Mobilität **29**

5.1 Entwicklungen im Personenverkehr 29
5.2 Bisherige Studien für Deutschland 30
5.3 Bereich: Zulieferer 30
5.4 Bereich: Garagisten 31
5.5 Bereich: Infrastruktur 31

6. Handlungsoptionen **33**

6.1 Ergänzende Grundlagen 33
6.2 Formulierung von Handlungsoptionen 38
6.3 Bewertung der Handlungsoptionen 41

7. Quellenverzeichnis **43**

Anhang **48**

A. Ergänzungen im Bereich der erneuerbaren Energien **48**

B. Ergänzungen im Bereich Mobilität **60**

C. Ergänzungen zu den Fachgesprächen **65**

Tabellen

Tabelle 1: Anzahl VZÄ im Bereich der erneuerbaren Energien (2019) im Kanton AG, total 11
Tabelle 2: Verhältnis Wertschöpfung pro VZÄ 15
Tabelle 3: Jährlicher Zubau 2021-2035, Szenario «Energiestrategie» 19
Tabelle 4: Übersicht Arbeitsplatzkosten Schweiz im Gebäudebereich 26
Tabelle 5: Übersicht Personenverkehr Schweiz in Mio. Personenkilometer 29
Tabelle 6: Die 20 Berufsgruppen mit dem höchsten grünen Potenzial in der Schweiz 34
Tabelle 7: Bewertung der Handlungsoptionen für den Kanton Aargau 42
Tabelle 8: Installierte Leistung und Zubau der erneuerbaren Energieträger 51
Tabelle 9: Veränderung der Arbeitsintensität 56
Tabelle 10: Arbeitsplätze im Bereich der ern. Energien im Kanton Aargau (2019), Gruppe 1 57
Tabelle 11: Diffusionsszenarien der Antriebsarten ohne Bestandsveränderung 62
Tabelle 12: Veränderung der Arbeitsplätzte pro Betrieb mit Bestandsveränderung 64

Abbildungen

Abbildung 1: Arbeitsplätze bis 2030 im Kanton Aargau, Szenario «weiter wie bisher».....16
Abbildung 2: Wertschöpfung in Mio. Franken bis 2030, Szenario «weiter wie bisher» 17
Abbildung 3: Vollzeitäquivalente bis 2030, Szenario «Energiestrategien» 20
Abbildung 4: Wertschöpfung in Mio. Franken bis 2030, Szenario «Energiestrategien».....21
Abbildung 5: Anzahl VZÄ in der Energieversorgung im Kanton Aargau, Szenario bis 2030 49
Abbildung 6: Entwicklung des PKW-Bestands nach Antriebsart in der Schweiz (2015-2020)....63
Abbildung 7: Entwicklung der Antriebsarten in der Schweiz in Marktanteilen (2015–2020).....64

Executive Summary

In den kommenden Jahren wird sich die Nutzung von Energie vermutlich grundsätzlich ändern. Die Energiestrategien des Bundes und des Kantons Aargau, die wiederum Bezug auf internationale Verpflichtungen nehmen, zielen darauf ab, dass der Verbrauch fossiler Energie deutlich reduziert wird. Dies bedeutet, dass in der Wärme- und Kälteerzeugung vermehrt auf erneuerbare Energien gesetzt wird, Gebäude besser isoliert werden müssen und die Mobilität zunehmend elektrifiziert wird.

Die Energiewende verursacht zunächst hohe Kosten, birgt gleichzeitig aber auch Chancen. Die vorliegende Studie zeigt auf, wie viele Arbeitsplätze im Kanton Aargau im Bereich der erneuerbaren Energien voraussichtlich entstehen werden. Dabei ist der Begriff «erneuerbare Energien» relativ breit gefasst und beinhaltet z.B. auch den Aufbau von Fernwärmenetzen. Die dargestellten Arbeitsplatzzahlen sind die Ergebnisse eines Modells. Als exogene Variable kann in dem Modell der jährliche Zubau der verschiedenen erneuerbaren Energieträger eingegeben werden. Das Modell wurde auf Basis einer detaillierten Literaturanalyse und zahlreicher Fachgespräche mit Firmen, die im Bereich der erneuerbaren Energie tätig sind, erarbeitet. Neben der modellierten Anzahl der Arbeitsplätze stellt die Studie auch eine Approximation zur im Bereich der erneuerbaren Energien erzielten Wertschöpfung zur Verfügung.

Ergänzend zu den Modellergebnissen im Bereich der erneuerbaren Energien schätzt die Studie, wiederum basierend auf bestehenden Studien, ab, wie viele zusätzliche Arbeitsplätze im Gebäudesektor dank dem Gebäudeprogramm des Kantons Aargau, das Gebäudesanierungen bezuschusst, entstehen. Auch die Arbeitsplätze im Bereich der Forschung zu erneuerbaren Energien werden quantifiziert. Weiter wird analysiert, ob bzw. inwieweit die Energiewende auch zu Arbeitsplatzverlusten im Kanton Aargau führen wird. Schliesslich wird auch der Bereich der Energie in der Mobilität diskutiert, wobei ein Fokus auf den Trend zur Elektrifizierung von Fahrzeugen gelegt wird.

Die Studie berücksichtigt nicht, ob oder inwieweit die Corona-Krise einen Einfluss auf die Anzahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien haben wird. Dies aus zwei Gründen: Erstens ist bei Abschluss der vorliegenden Studie davon auszugehen, dass sich die Wirtschaft in den kommenden zwei Jahren wieder erholen wird. Zweitens ist der Bau- und Energiesektor nicht oder nicht sehr stark von der Corona-Krise betroffen; in der Tat hat sich der Ausbau von Photovoltaikanlagen im Laufe des Jahres 2020 sogar beschleunigt. Die Studie berücksichtigt des Weiteren auch nicht, wie sich die Abschaltung der Kernenergie auf den Arbeitsmarkt im Kanton Aargau auswirkt, da die bestehenden Kernkraftwerke während des Betrachtungszeitraums der Studie noch in Betrieb bleiben werden. Auch war es jenseits des Studienumfangs, detailliert und v.a. umfassend nachzuzeichnen, in welchen Bereichen durch die Energiewende Arbeitsplätze verlorengehen könnten. Und schliesslich ist nicht untersucht, wie die Subventionen (z.B. des Gebäudeprogramms) finanziert werden sollen und welche Auswirkungen dies wiederum auf die Wirtschaft hat.

Zentrale Ergebnisse der Studie:

- Heute sind im Kanton AG knapp 2'000 Personen in Betrieb und Zubau der im Kanton vorhandenen erneuerbaren Energien beschäftigt (Vollzeitäquivalent, VZÄ).
- Werden die Energiestrategien auf Ebene Bund und Kanton Aargau wie geplant umgesetzt, so erhöht sich die Zahl der im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigten Personen bis ins Jahr 2030 auf rund 3'500 Personen (VZÄ).
- Das kantonale Gebäudeprogramm schafft rund 70 neue Arbeitsplätze im Kanton.
- Die Elektrifizierung der Mobilität hat in den kommenden zehn Jahren netto vermutlich keinen nennenswerten Einfluss auf die Beschäftigung im Kanton Aargau.
- In der Forschung im Bereich der erneuerbaren Energien sind im Kanton Aargau 330 Personen beschäftigt. Es ist schwierig vorherzusagen, wie sich die Zahl der Forschungsarbeitsplätze entwickelt, da sie stark von Förderprogrammen abhängt ist.

Unter Berücksichtigung der Fachgespräche und der quantitativen Ergebnisse der Studie werden schlussendlich zehn Handlungsoptionen ausgearbeitet:

1. Kantonales Gebäudeprogramm beibehalten.
2. Verbot der Neuinstallation von Heizungen mit fossilen Brennstoffen ab einem bestimmten Stichtag.
3. Verbot von Heizungen mit fossilen Brennstoffen ab einem bestimmten Stichtag.
4. Förderung von erneuerbaren Energien im Heizungsbereich.
5. Hemmnisse im Bereich der erneuerbaren Energien detailliert identifizieren und abbauen, sofern keine anderen schützenswerten Interessen überwiegen.
6. Kantonale Förderung von PV-Anlagen.
7. Lenkungs-/ Förderabgabe im Bereich Elektrizität einführen.
8. Beobachtung der Fachkräftesituation (mit Fokus auf spezifische relevante Fähigkeiten innerhalb relevanter Berufe), bei Bedarf aktive Kommunikation durch den Kanton / allenfalls Zuschüsse für Weiterbildungen und Umschulungen gewähren.
9. Firmen weiterhin und verstärkt im Bereich der Innovation zu erneuerbaren Energien (inkl. dem Einwerben von Fördermitteln) unterstützen.
10. Neue Massnahmen im Bereich der Innovationsförderung entwickeln, um Start-ups im Bereich der erneuerbaren Energie für den Kanton AG zu gewinnen.

1. Einleitung

Mit dem Postulat 19.187 lädt der Grosse Rat des Kantons Aargau den Regierungsrat ein, eine Analyse durchzuführen, welche die Folgen der eidgenössischen und kantonalen Energiestrategien auf die Arbeitsplätze im Kanton Aargau untersucht. Der Kanton Aargau hat die Firma BSS beauftragt, mit der vorliegenden Studie die gewünschte Analyse durchzuführen. Die Ziele der Studie sind:

- die Auswirkungen der Energiestrategien auf den Arbeitsmarkt im Kanton Aargau bis zum Jahr 2030 zu quantifizieren;
- Handlungsoptionen abzuleiten;
- Die Ergebnisse so darzustellen, dass sie vom Auftraggeber im Rahmen des Aufgaben- und Finanzplans (AFP) eingeordnet werden können.

Den Ergebnissen liegt ein Modell zugrunde, das es erlaubt, die arbeitsmarktlichen Wirkungen verschiedener möglicher Szenarien und Massnahmen zu quantifizieren.

Der Aufbau der Studie ist wie folgt: In Kapitel 2 werden die Energiestrategien des Bundes und des Kantons Aargau summarisch vorgestellt. Kapitel 3 approximiert für den Bereich der erneuerbaren Energien den heutigen Bestand an Arbeitsplätzen im Kanton Aargau und das Arbeitsplatzpotenzial bis 2030. Kapitel 4 befasst sich mit dem Arbeitsplatzpotenzial im Gebäudebereich. Kapitel 5 diskutiert, wie sich der Trend zu mehr Elektroautos auf die Arbeitsplätze im Kanton Aargau auswirkt. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen werden in Kapitel 6 Handlungsoptionen für den Kanton erarbeitet. Die Handlungsoptionen sollen Möglichkeiten aufzeigen, wie der Arbeitsmarkt im Kanton Aargau von den Energiestrategien profitieren kann.

2. Energiestrategie des Bundes und des Kantons Aargau

Nachfolgend werden die Energiestrategien des Bundes und des Kantons Aargau im Hinblick auf die Bedeutung des vorliegenden Mandats zusammengefasst.

2.1 Energiestrategie 2050 des Bundes

Am 21. Mai 2017 nahm die Schweizer Stimmbevölkerung das neue Energiegesetz («Energiestrategie 2050») mit einem Ja-Anteil von 58.2% an. Darin sind diverse Massnahmen enthalten, welche dazu führen sollen, dass mehr Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird. Zudem enthält das Energiegesetz ein Verbot des Baus neuer Kernkraftwerke, wobei die bestehenden KKWs noch so lange in Betrieb bleiben dürfen, wie sie als sicher gelten. Mit einem Nein-Anteil von 51.8% gehört der Kanton Aargau zu den wenigen Kantonen, welche die Vorlage (knapp) abgelehnt haben. (Bundeskanzlei, 2020)

Die Energiestrategie des Bundes besteht aus drei zentralen Pfeilern. Im Folgenden werden die drei Pfeiler skizziert und es wird beschrieben, wie deren Relevanz für den Kanton Aargau insgesamt und im Rahmen der hier vorzunehmenden Arbeit (Schwerpunkt Arbeitsmarkt, Horizont bis 2030) einzuschätzen ist.

Keine neuen Kernkraftwerke, Stilllegung bestehender Kernkraftwerke

Die langfristige Stilllegung der bestehenden Kernkraftwerke ist für den Kanton Aargau grundsätzlich sehr relevant. Ende 2019 wurde das Kraftwerk Mühleberg im Kanton Bern stillgelegt. Für den Rückbau des Kernkraftwerks, der bis mindestens 2030 andauern wird, werden dessen Mitarbeitende aber weiterhin benötigt. (BKW, 2020) Bei den beiden Kernkraftwerken im Kanton Aargau, Beznau und Leibstadt, ist der konkrete Rückbau noch nicht geplant. Weil nach dem Shut-Down-Entscheid noch über 10 Jahre für den Rückbau benötigt werden, sind keine unmittelbaren Auswirkungen auf den Aargauer Arbeitsmarkt zu erwarten.

Erhöhung der Produktion erneuerbarer Energie

Die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien beträgt im Jahr 2020 4'400 GWh und soll bis 2035 auf 11'400 GWh erhöht werden (Bundesamt für Energie BFE, 2018, Seite 7). Zur Erreichung des Ziels sind verschiedene Massnahmen vorgesehen. Unabhängig von der Wirkungsweise der verschiedenen Instrumente wird der Zubau im Bereich der erneuerbaren Energien und der Betrieb der Anlagen entsprechende Investitionen bedingen und Arbeitsplätze schaffen.

Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs

Der Gesamtenergieverbrauch soll bis zum Jahr 2035 um 43% gesenkt werden (Bundesamt für Energie BFE, 2018, Seite 6). Für die Bereiche Mobilität, Gebäude und Stromverbrauch pro Kopf bestehen separate Ziele. Relevant sind dabei insbesondere (generell und für die arbeitsmarktlichen Wirkungen im Kanton Aargau im Besonderen) das Gebäudeprogramm (mit Anreizen zur

Sanierung von Gebäuden) und die Ziele im Bereich der Mobilität (weniger Emissionen pro km). Aber auch Massnahmen im Bereich der Industrie, der Einsatz von Smart Metern und die Erhöhung der Energieeffizienz von Elektrogeräten bieten Chancen für den Arbeitsmarkt.

Innovationsförderung

Zusätzlich zu den drei genannten Pfeilern hat der Bund verschiedene Programme zur Förderung von Innovation im Bereich Energie lanciert (Bundesamt für Energie BFE, 2018). Bedeutend sind hier u.a. die Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten, die subsidiäre Förderung von Forschungsvorhaben im Bereich Energie sowie die Startup-Förderung von Innosuisse. All diese Programme haben das Potenzial, innovativen Technologien zum Durchbruch zu verhelfen. Wenn sich aus diesen Projekten und Ideen konkrete in grösserem Rahmen nutzbare Anwendungen entwickeln, dann hat dies ein entsprechendes Arbeitsplatzpotenzial.

2.2 Energiestrategie des Kantons Aargau

Der Kanton Aargau verfügt über eine Energiestrategie (energieAARGAU, 2015) mit Zielen in verschiedenen Bereichen. Als konkrete Fördermassnahmen sind derzeit implementiert:

- Energieberatung Aargau
- Gebäudeprogramm Aargau (wobei der Grosse Rat am 10.11.2020 den Verpflichtungskredit «Förderprogramm Energie 2021-2024», welcher eine substanzielle Erhöhung der Beiträge des Kantons zum Gebäudeprogramm vorsieht, bewilligt hat)

Beide Programme leisten einen Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden.

Zudem wurde im Kanton Aargau am 27. September 2020 über ein neues Energiegesetz abgestimmt. Dieses wurde mit einem Nein-Anteil von 50.9% knapp abgelehnt. Das neue Energiegesetz sollte dazu führen, dass der CO_2-Ausstoss der Aargauer Gebäude stärker verringert wird. Es enthielt zahlreiche Vorgaben für Hauseigentümer, darunter strenge Auflagen für den Einbau neuer Öl- oder Gasheizungen. Zusätzlich hätten in Neubauten ein Teil des Energiebedarfs über Eigenproduktion gedeckt werden müssen, beispielsweise durch PV-Anlagen. (Kanton Aargau, 2020a)

3. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien

Die Kapitel 3.1 bis 3.3 sind das zentrale Element der vorliegenden Arbeit. Hier wird dargelegt, wie viele Arbeitsplätze durch die Energiestrategien vermutlich geschaffen werden können. Das vorliegende dritte Kapitel approximiert für den Bereich der erneuerbaren Energien den heutigen Bestand an Arbeitsplätzen im Kanton Aargau und das Arbeitsplatzpotenzial bis 2030. Das Kapitel ist wie folgt aufgebaut:

Kapitel 3.1 fasst Studien zusammen, die Aussagen zur Entwicklung des Arbeitsmarkts im Bereich der erneuerbaren Energien machen, bzw. die einen Zusammenhang zwischen Förderinstrumenten wie dem Gebäudeprogramm und Arbeitsplätzen im Bereich der erneuerbaren Energien herstellen.

Kapitel 3.2 schätzt die Zahl der Arbeitsplätze ab, die heute im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau vorhanden sind. Wir nutzen dabei Erkenntnisse bestehender Studien zum Bereich der erneuerbaren Energien und aktualisieren die entsprechenden Werte mittels Fachgesprächen mit ausgewählten Unternehmen und Verbänden. Durch die Methodik wird ein Zusammenhang zwischen installierter Leistung und Arbeitsplätzen erarbeitet. Nicht inkludiert sind bei dieser Analyse Arbeitsplätze im Bereich der energetischen Sanierung von Gebäuden, die Nutzung von erneuerbaren Energien im Gebäudesektor hingegen ist abgedeckt.

Der gefundene Zusammenhang zwischen installierter Leistung und Arbeitsplätzen ist eine wichtige Grundlage für ein Modell, in dem die installierte Leistung als exogener Parameter eingeht. Dieses Modell wird in Kapitel 3.3 beschrieben. Basierend auf dem Ausbau der erneuerbaren Energien erlaubt es, die daraus generierten Arbeitsplätze im Kanton Aargau bis 2030 zu approximieren.

3.1 Bestehende Studien

Es gibt nur wenige Studien, welche Aussagen über die Anzahl Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau oder auch in der Schweiz insgesamt treffen. Die Kernaussagen dieser Studien werden nachfolgend zusammengefasst.

Nathani et al. (2012) untersuchen die wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien für den Kanton Aargau im Jahr 2010. Dazu stützen sie sich einerseits auf bestehende Statistiken, andererseits führen sie eine Befragung bei Aargauer Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien durch. Dabei wurden insgesamt 102 Unternehmen angeschrieben, wovon 57 geantwortet haben, was einem Rücklauf von 56% entspricht. Zur Bestimmung der direkten wirtschaftlichen Bedeutung der erneuerbaren Energien wurden die Ergebnisse beider Arbeitsschritte zusammengeführt. Zudem wurden die indirekten Effekte approximiert, welche die Unternehmen, die im Bereich der erneuerbaren Energien tätig sind, in der *übrigen* Volkswirtschaft des Kantons Aargau auslösen. Dazu wurde ein auf den Kanton Aargau angepasstes volkswirtschaftliches Impact-

Modell[1] verwendet. Die Studie findet insgesamt eine direkte Bruttowertschöpfung von 480 Mio. Franken im Bereich der erneuerbaren Energien (1.4% des kantonalen BIP). Diese wurde von 3'220 Beschäftigten (in Vollzeitäquivalenten) erbracht (1.3% der kantonalen Beschäftigung). Die drei Energieträger, auf welche die meisten Arbeitsplätze entfallen, sind die Wasserkraft (51% der Beschäftigten), Wärmepumpen (15%) und Holzfeuerungen (9%). Wegen der Fertigstellung des Wasserkraftwerks Rheinfelden im Jahr 2010 dürften die für die Wasserkraft gefundenen Werte über dem langjährigen kantonalen Durchschnitt liegen. Zudem ist zu beachten, dass die Wasserkraft gemäss Nathani et al. der wichtigste Exportbereich im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau war. Hier hat sich in den letzten 10 Jahren einiges geändert, u.a. mit der Übernahme von Alstom durch GE und dem darauffolgenden Stellenabbau.

In einer späteren Studie untersuchen Nathani et al. (2013) die volkswirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien in der Schweiz. Das Vorgehen entspricht dem Vorgehen der kantonalen Studie, wobei hier insgesamt 573 Unternehmen befragt wurden, wovon 301 gültige Antworten retournierten (was einem Rücklauf von 53% entspricht). Für das Jahr 2010 finden sie im Bereich der erneuerbaren Energien eine Bruttowertschöpfung von gut 4.8 Mia. Franken (ca. 0.9% des BIP), welche von 22'800 Beschäftigten (0.6% der Gesamtbeschäftigung) erbracht wurde. Somit liegt sowohl der Anteil der Wertschöpfung wie auch der Anteil der Beschäftigung unter den für den Kanton Aargau gefundenen Werten. Das bedeutet, dass der Branche der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau sowohl bezüglich Wertschöpfung wie auch bezüglich der Beschäftigung ein überdurchschnittlich hoher Stellenwert zukommt.

Auch eine 2012 publizierte Studie der Schweizerischen Energie-Stiftung SES und EKU-logisch berechnet das Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien auf kantonaler Ebene. Sie geht wie folgt vor: Zuerst werden die Potenziale für erneuerbare Energien und Energieeffizienz pro Gemeinde durch den von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) entwickelten Potenzialcheckrechner bestimmt. Dieser Rechner basiert auf Daten von verschiedenen geografischen Informationssystemen («GIS-Daten») wie beispielsweise Solarstrahlung oder Wind- und Waldkarten sowie auf Daten des Bundesamtes für Statistik über das nachhaltig nutzbare Maximalpotenzial. Danach werden die mit den abgeschätzten Potenzialen verbundenen Arbeitsplatzzahlen berechnet. Die Berechnung nutzt ebenfalls den ZHAW Rechner und basiert auf den mit der Realisierung der Potenziale verbundenen Investitionen, dem daraus resultierenden Umsatz in der Schweiz und den auf Branchenebene verfügbaren Daten zum durchschnittlichen Umsatz pro Arbeitsplatz. Die Studie findet im Kanton Aargau ein Arbeitsplatzpotenzial von 6'492 Arbeitsplätzen. Mit 5'874 Arbeitsplätzen liegt der grösste Teil davon im Bereich Energieeffizienz (Strom, Treibstoffe und Wärme, Sanierung von Gebäudehüllen und Heizsystemen). Die restlichen Arbeitsplätze sind nach den Energiequellen Solarstrom (380 Arbeitsplätze), Solarwärme (130), Biogas (58), Windstrom (48) und Holzenergie (3) unterteilt. Es ist jedoch unklar, ob es sich dabei um Personenjahre, um einmalige Arbeitsplätze für ein Jahr oder um langfristig bestehende Arbeitsplätze handelt. Es wird jedoch angegeben, dass es sich bei der Anzahl Arbeitsplätze um Bruttowerte handelt, da mögliche Verdrängungseffekte in anderen Branchen nicht mitberücksichtigt werden. (SES & EKU-logisch, 2012)

[1] Gemäss der Studie handelt es sich dabei um ein Input-Output-Modell, das die Lieferverflechtungen zwischen den Wirtschaftsbranchen sowie zwischen Branchen und den privaten Haushalten, dem Ausland oder der sonstigen Endnachfrage vollständig abbildet.

Eine Studie der ZHAW (Rohrer, 2020) fokussiert auf den Bereich der Photovoltaik. Sie argumentiert für einen massiven Zubau, damit bis 2050 eine PV-Produktion von schweizweit 44 TWh erreicht werden kann (zum Vergleich: 2019 waren es gemäss der Studie 2.2 TWh). Es wird berechnet, dass dieser Ausbau in den nächsten drei bis vier Jahren etwa 14'000 neue Arbeitsplätze im Bausektor schaffen würde. Diese würden sich in rund 12'000 Monteure und 2'000 Fachplaner aufteilen. Die Studie geht davon aus, dass die Monteure durch eine kurze Anlehre von wenigen Tagen oder Wochen umgeschult werden könnten, während bei den Fachplanern (je nach Vorbildung) eine Umschulung von rund einem halben Jahr benötigt wird. Zu beachten ist jedoch auch, dass die Anzahl benötigter Monteure wieder stark abnehmen wird, sobald der Grossteil der PV-Anlagen installiert wurde. So rechnet die Studie ab ca. 2030 wieder mit einer Abnahme des Montage- und Fachplanerpersonals. Weil ältere PV-Anlagen ersetzt werden müssen und der Zubau durch zusätzlichen Strombedarf in unbekannter Höhe weitergehen könnte, erwartet die Studie aber, dass sich die Anzahl Arbeitskräfte in der PV-Branche auf einem höheren Level als heute einpendeln wird.

3.2 Arbeitsplätze im Jahr 2019

3.2.1 Einleitende Bemerkungen

Arbeitsplätze Energieversorgung

Im Sinne einer ersten Annäherung an die Thematik wurde ermittelt, wie viele Arbeitsplätze in der Branche «Energieversorgung» tätig sind und wie sich deren Zahl voraussichtlich entwickeln wird. Die Branche «Energieversorgung» ist dabei nicht mit dem Bereich der erneuerbaren Energien gleichzusetzen, wie er oben definiert wurde.[2] Im Jahr 2018 umfasste die Wirtschaftsabteilung «Energieversorgung» gemäss Bundesamt für Statistik (BFS) 4'032 Beschäftigte im Kanton Aargau, welche sich auf 3'603 Vollzeitäquivalente (VZÄ) verteilten. Gemessen an allen Beschäftigten im Kanton Aargau entfällt auf die Energieversorgung ein Anteil von 1.2% (VZÄ: 1.3%). Verglichen mit anderen Kantonen ist das ein hoher Wert; so lag der schweizweite Anteil der Beschäftigten in der Energieversorgung bei bloss 0.6%. (BFS STAT-TAB, 2020) Anhand der Branchenszenarien des Bundesamts für Energie lässt sich zudem grob approximieren, wie sich die Zahl der Beschäftigten in der Energieversorgung in den nächsten Jahren entwickeln wird. Die Approximation befindet sich in Anhang A.1.

Arbeitsplätze erneuerbaren Energien

Die nachfolgenden Analysen dieses Kapitels fokussieren auf die Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien. Der Bereich «erneuerbare Energien» wird dabei breit definiert und beinhaltet folgende Firmen und Institutionen[3]:

- Betreiber von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Betreiber von Wasserkraftanlagen, Holzheizkraftwerken oder Windenergieanlagen),

[2] «Energieversorgung» beinhaltet Arbeitsplätze von Firmen, die im Bereich der Energieversorgung tätig sind. Damit sind z.B. Mitarbeitende von Kernkraftwerken inkludiert. Nicht inkludiert sind hingegen Zulieferfirmen, Ausrüster etc.

[3] Wir stützen uns dabei auf Nathani et al. (2012), ergänzen die dort verwendete Definition aber um einige Bereiche.

- Hersteller von (End-)Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Hersteller von Wasserkraftturbinen, Photovoltaik-Modulen oder Wärmepumpen),
- Hersteller von Brennstoffen, insb. aus Biomasse (z.B. Forstwirtschaft, holzverarbeitende Industrie, Pellethersteller),
- Ausrüster (d.h. Hersteller von Maschinen und Anlagen für die Herstellung von Endprodukten, z.B. Fertigungsstrassen zur Herstellung von Solarzellen oder PV-Modulen),
- Zulieferer, d.h. Hersteller von spezifischen Vorprodukten für Betreiber, Hersteller oder Ausrüster (z.B. Hersteller von Kabeln für PV- oder Windkraftanlagen),
- Relevante Dienstleister, z.B. Planungs- und Ingenieurbüros, andere Anbieter von technischen Dienstleistungen; aber keine allgemeinen Dienstleister wie Rechtsanwälte, Unternehmensberatungen oder Banken,
- Installateure, insbesondere von Heizungsanlagen oder PV-Anlagen,
- andere Unternehmen der Bauwirtschaft (z.B. Unternehmen, die Druckrohre für Wasserkraftanlagen verlegen),
- Handels- und Vertriebsunternehmen, d.h. Gross- und Detailhandelsunternehmen, die Endprodukte und (in geringerem Umfang) Vorprodukte vertreiben,
- Firmen, die Fernwärmenetze aufbauen,
- Firmen, die im Bereich der energetischen Sanierung von Gebäuden tätig sind,
- Forschung im Bereich erneuerbarer Energien,
- Mobilität unter Nutzung erneuerbarer Energien (insbesondere Elektromobilität).

In der nachfolgenden Analyse nutzen wir folgende methodische Elemente:

- Auswertung und Nutzung bestehender Studien,
- Auswertung bestehender Statistiken,
- Befragung von Unternehmen, Forschungsinstitutionen und Verbänden (eine Liste aller befragten Unternehmen und Verbänden befindet sich in Anhang C.

3.2.2 Grundsätzliches Vorgehen Arbeitsplätze

Wie im vorherigen Kapitel 3.1 aufgezeigt, gibt es bereits eine Studie, die aufzeigt, wie viele Arbeitsplätze im Kanton Aargau im Bereich der erneuerbaren Energien bestehen bzw. zur Zeit der Erarbeitung der Studie im Jahr 2010 bestanden. In diesem Unterkapitel nutzen wir die Ergebnisse von Nathani et al. (2012), entwickeln daraus ein Modell. Verschiedene Parameterwerte haben wir dabei mit Hilfe von Datenanalysen, bestehenden Studien und Fachgesprächen festgelegt.[4]

Wichtig ist zu erwähnen: Wir konzentrieren uns nachfolgend auf die Anzahl Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien, die durch die Nachfrage nach erneuerbaren Energien innerhalb

[4] Nathani et al. (2012) führten eine breit angelegte Unternehmensbefragung durch. Wir haben uns stattdessen auf einige ausgewählte (in der Tendenz grössere) Firmen fokussiert, zudem aber auch Forschungsinstitutionen und Verbände im Bereich der erneuerbaren Energien befragt. Durch das Vorgehen konnten wir den Bereich der erneuerbaren Energien umfassend abdecken und die Annahmen und Ergebnisse unseres Modells validieren. Die Fragebögen der Fachgespräche sind in Anhang C.2.1 (Unternehmensbefragung) und C.2.2 (Befragung von Forschungsinstitutionen) aufgeführt.

des Kantons Aargau ausgelöst werden. Das sind auch diejenigen Arbeitsplätze, die der Kanton aktiv beeinflussen kann. Die Arbeitsplätze im Export werden in Kapitel 3.2.3 kurz angesprochen.

Die grundlegende Idee unseres Ansatzes ist wie folgt. Nathani et al. (2012) geben einige zentrale Eckwerte an, die da sind:

- Zubau im Bereich der erneuerbaren Energien (Angaben in MW installierte Leistung) im Jahr 2010, differenziert nach Energieträger,
- Betrieb im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahr 2010 (Angaben in MW installierte Leistung), differenziert nach Energieträger,
- Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahr 2010, differenziert nach Energieträger,
- Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahr 2010, differenziert nach Energieträger,
- Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahr 2010, differenziert nach Export (aus dem Kanton Aargau) und Nachfrage aus dem Kanton Aargau (hier aber nicht differenziert nach Energieträger).

Damit kann z.B. der Zusammenhang zwischen installierter Leistung und Arbeitsplätzen im Jahr 2010 ermittelt werden.[5] Wir erheben in dieser Studie nun mittels Datenrecherchen und Fachgesprächen mit ausgewählten Unternehmen und Verbänden folgende Informationen:

- Zubau im Bereich der erneuerbaren Energien (Angaben in MW installierte Leistung) im Jahr 2019, differenziert nach Energieträger,
- Betrieb im Bereich der erneuerbaren Energien im Jahr 2019 (Angaben in MW installierte Leistung), differenziert nach Energieträger,
- Abschätzung zur Entwicklung der Arbeitsproduktivität.

Auf Basis der neu erhobenen Daten können wir nun annäherungsweise berechnen, wie der Zusammenhang zwischen Betrieb und Installation von Anlagen im Bereich der erneuerbaren Energien und der entsprechenden Arbeitsplätze heute im Kanton AG ist. Limitierend ist, dass Nathani et al. (2012) nicht ausweisen:

- wie sich pro Energieträger die bezifferten Arbeitsplätze auf Betrieb und Ausbau verteilen,
- wie sich pro Energieträger die bezifferten Arbeitsplätze auf Export und Import verteilen.

Zusätzlich haben wir bei den von uns befragten Firmen auch noch einige weiter Informationen erhoben, u.a. die Anzahl der bestehenden Arbeitsplätze (im Bereich der erneuerbaren Energien), so dass wir nicht nur über die Berechnung, sondern auch durch einen Direktabgleich eine grobe Vorstellung von der Anzahl der heute im Kanton Aargau im Bereich der erneuerbaren Energien bestehenden Arbeitsplätze erhalten.

[5] Der Zusammenhang ist grober Natur. Bei der Durchführung unserer Arbeit mussten wir zudem damit umgehen, dass in Nathani et al. (2012) viele der Rechenschritte nicht explizit dargestellt sind, wodurch nicht immer ganz klar ist, wie die Ergebnisse der Anzahl VZÄ pro Energieträger zu Stande gekommen sind.

Durch die skizzierte Methode werden die Anzahl Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energieträger, die zur Erzeugung von Strom oder Wärme genutzt werden (ohne Treibstoffe), approximiert. Die «indirekt generierten» Arbeitsplätze, welche in den Zulieferbranchen geschaffen werden, werden nicht berücksichtigt. Auch der Einkommenseffekt, der durch die Konsumausgaben der Beschäftigten der EE-Branche und ihren Zulieferern entsteht, wurde nicht untersucht. Die konkreten Arbeitsschritte zur Berechnung der Anzahl Arbeitsplätze sowie die zu Grunde liegenden Formeln und Zwischenresultate befinden sich in Anhang A.2.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 1 weist die für das Jahr 2019 gefundenen Vollzeitäquivalente im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau aus. Die Anzahl der Arbeitsplätze summieren sich auf rund 1'069 VZÄ im Betrieb und rund 825 VZÄ im Zubau von erneuerbaren Energien. Es handelt sich um approximierte Werte, da die zu Grunde liegenden Rechnungen auf Annahmen, Studien und Fachgespräche beruhen (vgl. Anhang A.2).

Tabelle 1: Anzahl VZÄ im Bereich der erneuerbaren Energien (2019) im Kanton AG, total

Technologie	Total 2019	Betrieb 2019	Zubau 2019
Photovoltaik	374	14	360
Wasserkraftanlagen[6]	min. 134	134	-
Windkraftanlagen	0	0	0
Biogasanlagen	232	131	101
Holzfeuerungen (> 50 kW)	270	238	32
Holzheizungen (≤ 50 kW)	169	169	0
Wärmepumpen	598	292	306
Solarthermische Anlagen	37	21	16
Verbrennungsanlagen	80	70	10
Total	1'894	1'069	825

Anmerkungen: Die Tabelle zeigt die Anzahl VZÄ im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau. Sie bezieht sich auf das Jahr 2019 und unterteilt die VZÄ in Zubau und Betrieb der verschiedenen Anlagen. Die zu Grunde liegenden Annahmen, Rechnungen und Studien werden in Anhang A.2 detailliert ausgeführt.

Die in der Tabelle ausgewiesenen Vollzeitäquivalente beziehen sich auf die installierte Leistung des jeweiligen Energieträgers *im Kanton Aargau*. Sie können somit durch politische Entscheide wie der kantonalen Energiestrategie direkt beeinflusst werden. Zusätzlich gibt es im Kanton Aargau auch Unternehmen, welche vor allem für den Export arbeiten. Diese sind in der Tabelle nicht

[6] Eine zentrale Erkenntnis der Fachgespräche war, dass es schwer zu prognostizieren ist, wie sich der Zubau im Bereich der Wasserkraftwerke auf die Zahl der Arbeitsplätze im Kanton Aargau auswirkt; die Erfahrung beim Bau oder der Sanierung eines bestimmten Wasserkraftwerks lässt sich kaum auf ein anderes Projekt übertragen. Die Aufträge für Planung und Realisierung des Projekts werden in der Regel öffentlich ausgeschrieben, wobei europaweit Unternehmen Angebote unterbreiten. Oft kommen die Maschinen und Generatoren aus Europa, die Bauarbeiten werden typischerweise von einem Schweizer Unternehmen durchgeführt (wobei es von Fall zu Fall unterschiedlich ist, ob dieses aus dem Kanton Aargau stammt).

enthalten, da sie durch kantonale Aktivitäten weitgehend nicht direkt beeinflusst werden können. Arbeitsplätze im Bereich der Exporte werden aber in der nachfolgenden Box und in Kapitel 3.2.3 diskutiert.

Zusätzliche Erkenntnisse aus den Fachgesprächen

Unternehmensbefragung: Im Rahmen dieser Studie wurden neun Unternehmen befragt, welche im Bereich der erneuerbaren Energien tätig sind. Die neun Unternehmen beschäftigen insgesamt 1'036 Arbeitskräfte (VZÄ) und decken ein breites Spektrum im Bereich der erneuerbaren Energien ab.[7] Von den 1'036 Vollzeitäquivalenten sind knapp 600 (rund 57%) dem Exportgeschäft zuzuordnen, wobei sowohl der Export in andere Kantone wie auch der Export ins Ausland darunter subsummiert werden. Insbesondere die grösseren Unternehmen haben einen sehr hohen Exportanteil. Arbeitsplätze im Bereich Export sind in der obigen Tabelle 1 nicht enthalten, da die Zahl dieser Arbeitsplätze nicht durch den Zubau von erneuerbaren Energien im Kanton Aargau beeinflusst werden kann. Die kleineren Unternehmen, welche v.a. im Kanton Aargau tätig sind, rechnen in den nächsten 5 bis 10 Jahren mit einer Zunahme der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien. Bei den grossen Unternehmen, die v.a. im Export tätig sind, geht es eher darum, den Bestand zu halten. Weiter wurden die Unternehmen zu Parametern gefragt, welche für das Modell verwendet wurden (vgl. Kapitel A.2). Zum Schluss der jeweiligen Interviews wurden die Unternehmen nach energiepolitischen Massnahmen auf kantonaler und nationaler Ebene befragt, welche einen Einfluss auf die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien haben würden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse gingen in die Handlungsoptionen ein (vgl. Kapitel 6.2).

Forschung: Zusätzlich zu den Arbeitsplätzen in Zubau und Betrieb der erneuerbaren Energieträger verfügt der Kanton Aargau auch über eine bedeutende Anzahl *Forschungsarbeitsplätze* im Bereich der erneuerbaren Energien. Um diese zu quantifizieren, wurden Fachgespräche mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) und der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) geführt. In beiden Institutionen zusammen befassen sich im Kanton Aargau insgesamt 330 Forscherinnen und Forscher mit dem Bereich der erneuerbaren Energien. Dabei wird eine grosse Bandbreite von Grundlageforschung bis zu angewandten Fragestellungen abgedeckt. Beide Institutionen betonen, dass die Zahl der Forschungsarbeitsplätze im Kanton Aargau stark von Förderprogrammen abhängig ist.

3.2.3 Exporte

Nathani et al. (2012) berechnen, dass 78% der direkten Bruttoproduktion von Gütern im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau in den Export fliessen. Ohne konkrete Zahlen zu nennen legen Nathani et al. (2012) dar, dass insgesamt ein grosser Teil der von ihnen gefundenen

[7] Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Herstellung von (End-)Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien, Ausrüster, Zulieferung von spezifischen Vorprodukten für Betreiber, Hersteller oder Ausrüster, Dienstleistungen im Bereich der erneuerbaren Energie, Installation, insbesondere von Heizungsanlagen oder PV-Anlagen, Handel und Vertrieb im Bereich der erneuerbaren Energien.

Arbeitsplätze im Bereich «Wasserkraft» dem Export zuzuschreiben sind. Es ist nun wahrscheinlich, dass davon ein grosser Teil der Arbeitsplätze im Bereich Wasserkraft weggefallen ist, da Alstom / GE zwischen 2010 und 2019 viele Arbeitsplätze aufgelöst / aus dem Kanton verschoben haben. Die Firma Alstom war bis 2015 mit 5'500 Stellen die grösste Arbeitgeberin im Kanton AG, wurde dann aber von GE übernommen. Seit der Übernahme wurden gemäss Aargauer Zeitung knapp 3'000 Stellen gestrichen.[8]

3.2.4 Risiken von Arbeitsplatzverlusten

Die Energiewende birgt grosse Chancen für Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien. Gleichzeitig führt sie aber auch dazu, dass Arbeitsplätze im Bereich der fossilen Energieträger verschwinden werden. Diesen Punkt haben wir an den Fachgesprächen aufgegriffen und diskutiert. Dabei wurden die folgenden Erkenntnisse gewonnen:

- Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass sich die Arbeitsplatzverluste in Grenzen halten. Der Grund ist, dass der Grossteil der Verarbeitung von fossilen Brennstoffen im *Ausland* durchgeführt wird.
- Der Grossteil der *Aargauer* Arbeit im Bereich der fossilen Brennstoffe findet bei der Heizungsinstallation und beim Betrieb der Heizungen statt. Die beiden befragten Heizungsinstallateure gaben aber an, dass sie durch die Energiewende keine Arbeitsplatzverluste erfahren haben und auch keine Arbeitsplatzverluste erwarten.
- Ein Heizungsinstallateur hat weiter ausgeführt, dass die bestehenden Mitarbeitenden durch *Umschulungen* für den Bereich der erneuerbaren Energien vorbereitet wurden. Solche Umschulungen seien aber Teil des Unternehmertums oder Aufgabe der Berufsverbände, der Kanton solle im Bereich der erneuerbaren Energien andere Prioritäten setzen (z.B. finanzielle Förderung und inhaltliche Unterstützung bei Sanierungen von alten Gebäuden).
- Da es immer weniger Öl- und Gasheizungen gibt, wird die Nachfrage nach Kaminfegern und Kaminbauern sinken.[9]

3.3 Modellierung der Arbeitsplätze bis 2030

3.3.1 Beschreibung des Modells

In den vorherigen Unterkapiteln wurde der Zusammenhang zwischen der installierten Leistung eines erneuerbaren Energieträgers und der dafür benötigten Anzahl Arbeitsplätze für Zubau und Betrieb approximiert. Basierend auf diesem Zusammenhang kann das Arbeitsplatzpotenzial von einem zukünftigen Ausbau im Bereich der erneuerbaren Energien abgeleitet werden. Dafür wurde

[8] Vgl. https://www.aargauerzeitung.ch/aargau/kanton-aargau/general-electric-streicht-bislang-2850-stellen-chronologie-eines-nicht-enden-wollenden-kahlschlags-134628393

[9] Der Aargauische Kaminfegermeisterverband listet 33 Kaminfegergeschäfte im Kanton Aargau auf. Diese werden aber nicht nur bei Häusern mit Öl- und Gasheizungen, sondern auch bei Holzheizungen benötigt. Da ein grosser Teil der Öl- und Gasheizungen nicht durch Holzheizungen, sondern durch Solaranlagen oder Wärmepumpen ersetzt wird, muss davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage nach Kaminfegern insgesamt sinken wird.

ein Modell erstellt, indem man den Ausbau der installierten Leistung pro erneuerbarem Energieträger als exogenen Parameter eingeben kann, worauf das Modell die dafür benötigten Arbeitsplätze in Zubau und Betrieb berechnet.

Das Modell wird dem Kanton Aargau in einem separaten Excel-Dokument zur Verfügung gestellt. Die Standardvariante geht von einem *jährlich konstanten Zubau* pro Energieträger aus. Der jährliche Zubau im Zeitrahmen von 2021 bis 2030 kann als exogener Input eingegeben werden. In diesem Setting ist die Anzahl Arbeitsplätze im Zubau für alle Jahre gleich hoch (da jährlich gleich viel MW zugebaut werden). Was sich aber ändert, sind die Anzahl Arbeitsplätze im Betrieb: Da Jahr für Jahr mehr zugebaut wird, steigt auch der Betriebsbedarf, was eine Zunahme der benötigten Arbeitsplätze impliziert.

Zusätzlich zu den oben diskutierten erneuerbaren Energieträgern wird im Modell die Fernwärme berücksichtigt[10]: In einem Fachgespräch wurden wir auf den Ausbau des Fernwärmenetzes des Wärmeverbundes «Goldern» für Buchs und Aarau Rohr aufmerksam gemacht. Dabei werden 11 Mio. Franken investiert.[11] Dieses und allfällige weitere Fernwärmeprojekte wurden wie folgt in das Modell inkludiert:

- Gemäss einer Expertenschätzung des Ingenieur- Planungs- und Beratungsunternehmens Basler & Hofmann gehen rund 50% der Investitionssumme in die Arbeitsleistung, wobei man mit einem Stundenlohn von 80 Franken rechnen kann (Tiefbau, Verlegung der Rohre). Die restlichen rund 50% fallen für Materialkosten an (insbesondere für die Rohre, die aber weitgehend im Ausland hergestellt werden).
- Daraus lässt sich das Verhältnis VZÄ/Investition ableiten:
  - Eine Investition von 1 Mio. Fr. enthält Arbeitskosten im Wert von 500'000 Fr.

    Bei einem durchschnittlichen Lohn von 80 Fr./h resultieren daraus 500'000 Fr./ (80 Fr./h) = 6'250 Stunden Arbeit.
  - Im Jahr 2020 betrug das Arbeitsjahr im Kanton Aargau insgesamt 2'112 Stunden. Die 6'250 Stunden Arbeit entsprechen also 3.0 VZÄ pro investierter Mio. Franken.
- Der Ausbau soll gemäss Eniwa von 2021 bis 2025 dauern. Man kann also grob von einer jährlichen Investition von 2.2 Mio. Franken ausgehen, wenn man die investierten 11 Mio. Franken gleichmässig über die Jahre verteilt. Daraus resultieren jährlich 6.5 VZÄ.

Wertschöpfung

Unter «Wertschöpfung» versteht man den Produktionswert der erzeugten Waren und Dienstleistungen vermindert um den Wert der Vorleistungen.[12] Nebst der Anzahl Arbeitsplätze erlaubt das Modell auch eine grobe Approximation für die Wertschöpfung, welche Zubau und Betrieb der

[10] Nathani et al. (2012) berücksichtigen bei KVA nur die Wärmeerzeugung bzw. die Einspeisung ins Netz. Der Ausbau des Fernwärmenetzes berechnen sie hingegen nicht in den Bereich der «erneuerbaren Energien» ein. Die Studie folgt damit konsequent der Definition des BFS. In der vorliegenden Studie hingegen wird eine etwas breitere Perspektive gewählt. Wir erachten den Ausbau der Fernwärmenetze als einen wichtigen Pfeiler der Strategien zur Reduktion der CO_2-Emissionen und berücksichtigen die dort geschaffenen Arbeitsplätze daher in der Modellierung.

[11] Information von: https://www.eniwa.ch/de/waermeverbund-buchs-aarau-rohr-_content---5--1--1374.html

[12] Definition frei nach Gabler's Wirtschaftslexikon https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/bruttoinlandsprodukt-bip-27867

erneuerbaren Energien im Kanton Aargau generiert. Als Basis dafür dient die Anzahl Arbeitsplätze, welche mit der jeweiligen durchschnittlichen Arbeitsproduktivität multipliziert wird. Tabelle 2 zeigt das Verhältnis Wertschöpfung pro Arbeitsplatz (VZÄ) für die verschiedenen erneuerbaren Energieträger. Folgende Quellen wurden für die Approximation verwendet:

- Wasserkraft: Die Wertschöpfung pro Arbeitsplatz aus dem Betrieb der Wasserkraftwerke wurde aus der Wachstums- und Produktivitätsstatistik (WPS) des BFS (2020) entnommen. Es handelt sich um die Arbeitsproduktivität in der Branche Energieversorgung.
- PV-Anlagen: Die Wertschöpfung pro Arbeitsplatz im Bereich der PV-Anlagen basiert auf Hüsser (2020).
- Windkraftanlagen: Das Verhältnis entspricht einer eigenen Approximation, basierend auf den oben genannten Quellen und Informationen von Suisse Eole.
- Neue Fernwärmeprojekte: Es wird mit 50% der Investitionssumme gerechnet, da es sich beim Rest um Materialkosten handelt (vgl. Ausführungen oben).
- Weitere Energieträger: Bei den weiteren Energieträgern wurde das Verhältnis Wertschöpfung pro Arbeitsplatz der Studie von Nathani et al. (2012) entnommen.

Tabelle 2: Verhältnis Wertschöpfung pro VZÄ

Technologie	Wertschöpfung in Fr. pro VZÄ
Wasserkraft	364'682
Verbrennungsanlagen	187'500
Neue Fernwärmeprojekte	168'960
Biogasanlagen	157'143
Solarthermische Anlagen	150'000
Wärmepumpen	131'250
Windkraft	130'000
Holzfeuerungen	126'667
PV-Anlagen	146'288
Holzheizungen	95'833

Quellen: Wachstums- und Produktivitätsstatistik (WPS) des BFS (2020), Hüsser (2020), Nathani et al. (2012) und eigene Berechnungen.

Zur Einordnung: Die durchschnittliche Arbeitsproduktivität über alle Branchen zusammen betrug im Jahr 2019 rund 160'000 Franken pro VZÄ. (BFS, 2020)

3.3.2 Szenario: «Weiter wie bisher»

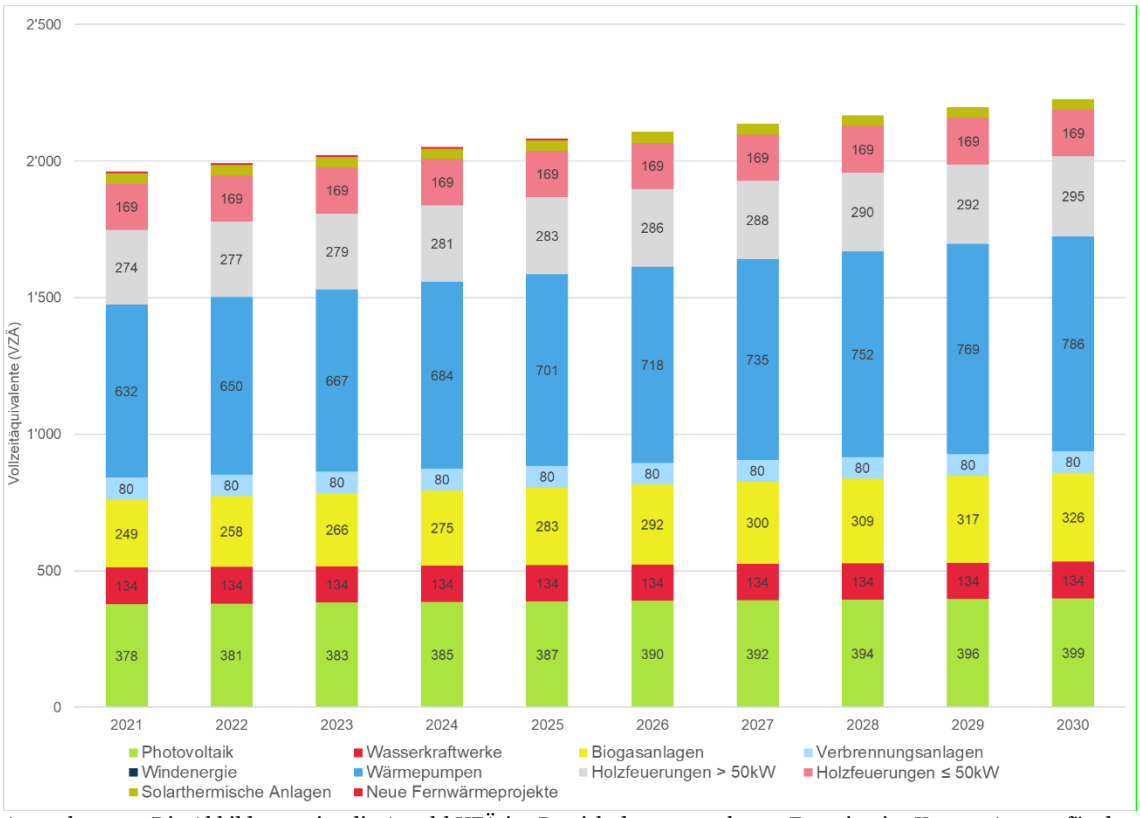
Abbildung 1 zeigt die Anzahl Arbeitsplätze pro Energieträger, die resultieren, wenn der jährliche Zubau dem Zubau des Jahres 2019 entspricht (Szenario: «weiter wie bisher», vgl. Tabelle 8) und das neue Fernwärmeprojekt berücksichtigt wird. Konkret bedeutet das:

- PV-Anlagen: Jährlich plus 30 MW

- Biogasanlagen: Jährlich plus 1 MW
- Holzfeuerungen (> 50 kW): Jährlich plus 2 MW
- Holzheizungen (≤ 50 kW): Kein jährlicher Zubau
- Wärmepumpen: Jährlich plus 33 MW
- Solarthermische Anlagen: Jährlich plus 2 MW
- Wasserkraftwerke: Kein Ausbau
- Windkraft: Kein Ausbau
- Verbrennungsanlagen: Kein Ausbau
- Fernwärmeprojekt Wärmeverbundes «Goldern» für Buchs und Aarau Rohr: gebaut

Die approximierte Anzahl Arbeitsplätze (VZÄ), welche für den Zubau und den Betrieb von Anlagen im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau benötigt wird, steigt von 1'962 im Jahr 2021 auf 2'228 im Jahr 2030[13].

Abbildung 1: Arbeitsplätze bis 2030 im Kanton Aargau, Szenario «weiter wie bisher»

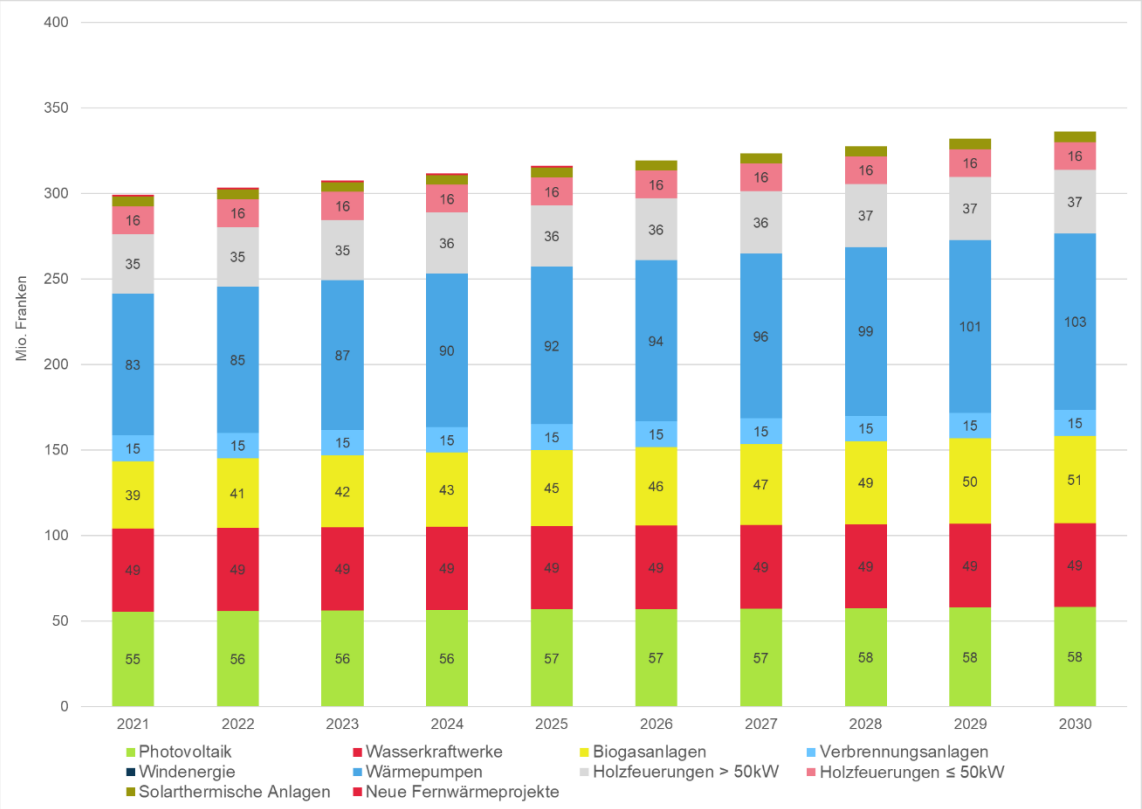


Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die Anzahl VZÄ im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau für den Zeitraum 2021-2030 im Szenario «weiter wie bisher». Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Fachgesprächen und bestehenden Studien (vgl. Kapitel 3.3.1 und Anhang A.2).

[13] Hier sei darauf hingewiesen, dass es sich dabei nicht zwingend um neu generierte Arbeitsplätze handeln muss. Ein Beispiel: Ein Heizungsinstallateur, der neu Wärmepumpen statt Ölheizungen einbaut, zählt neu zum Bereich der erneuerbaren Energien. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist somit aber kein neuer Arbeitsplatz entstanden. Den Abbau der Arbeitsplätze haben wir gemäss Auftragsdefinition nicht systematisch erfasst.

Die Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien wird in Abbildung 2 dargestellt. Sie orientiert sich an der Anzahl VZÄ pro Energieträger und an der in Tabelle 2 ausgewiesenen Wertschöpfung pro VZÄ. Die Wertschöpfung steigt von rund 299 Mio. Franken (2021) auf 336 Mio. Franken (2030).

Abbildung 2: Wertschöpfung in Mio. Franken bis 2030, Szenario «weiter wie bisher»



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau für den Zeitraum 2021-2030 im Szenario «weiter wie bisher». Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Fachgesprächen und bestehenden Studien (vgl. Kapitel 3.3.1 und Anhang A.2).

3.3.3 Szenario: «Energiestrategien»

Nachfolgend wird ein Szenario beschrieben, welches im Einklang mit der kantonalen Energiestrategie «energieAARGAU» und der nationalen «Energiestrategie 2050» steht (vgl. Kapitel 2). Zudem nimmt es Bezug auf das Klimaziel 2050, das der Bundesrat im Jahr 2019 kommuniziert hat[14]. Dabei ist zu beachten, dass sich die erneuerbaren Energieträger natürlich verschieden kombinieren lassen, um den zukünftigen Energiebedarf aus erneuerbaren Energieträgern zu decken. Die Erarbeitung eines detaillierten Ausbauplans der verschiedenen Energieträger unter Berücksichtigung der technischen, politischen und rechtlichen Einschränkungen übersteigt die Kapazität dieses Berichts. Das nachfolgende Szenario ist daher als erster Vorschlag zu interpretieren, der die Grössenordnung des Arbeitsplatz- und Wertschöpfungspotenzials der Energiestrategien aufzeigt. Weitere Ausbau-Szenarien können im unter 3.3.1 beschriebenen Excel-Dokument manuell eingegeben werden, worauf das Modell die Anzahl Arbeitsplätze und eine Approximation

[14] Vgl. https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76206.html.

der resultierenden Wertschöpfung ausweist. Das gewählte Szenario «Energiestrategien» wurde wie folgt erstellt:

Bereich Wärme: Hier stützen wir uns auf die oben erwähnen Klimaziele 2050 des Bundesrats, die für 2050 netto keine CO_2-Emissionen in der Schweiz mehr vorsehen. Wir gehen davon aus, dass zur Erreichung dieses Ziels alle Öl- und Gasheizungen im Kanton Aargau durch erneuerbare Energiequellen ersetzt werden müssen.

- Wie hoch ist die zu ersetzende Energieproduktion?
  - Im Jahr 2017 wurden im Kanton Aargau 216'051 Tonnen Erdöl als Brennstoff verbraucht, was einer Energiemenge von 2'574 GWh entspricht.[15] Die Menge an Erdgas betrug 2'864 GWh.[16] Die zu ersetzende Energieproduktion aus Erdgas und Erdöl beträgt demnach 5'439 GWh.
  - In einer Studie von TEP Energy und Ecoplan (2020) wird davon ausgegangen, dass die nachgefragte Energie im Wärmebereich bis 2050 zurückgeht, da Gebäude besser isoliert werden. Unter Einbezug des erwarteten Bevölkerungswachstums rechnet die Studie mit einem Rückgang von 10-20% im Vergleich zu heute. Wir nehmen nachfolgend einen Rückgang von 15% an.
  - Angenommen, dass sich der Rückgang von 15% über alle Energieträger gleich verteilt, resultiert eine zu ersetzende Energieproduktion von 85% der heute durch fossile Brennstoffe generierten 5'439 GWh. Das entspricht einer Energieproduktion von 4'623 GWh.
- Wir gehen in diesem Szenario davon aus, dass die 4'623 GWh durch Wärmepumpen und Holzfeuerungen ersetzt werden. Die Aufteilung in die beiden Technologien erfolgt so, dass das Verhältnis der Energieproduktion von Holzfeuerungen und Wärmepumpen dem Verhältnis ihres (schweizweiten) Produktionspotenzials entspricht. Folglich wird eine Energieproduktion von 3'793 GWh durch Wärmepumpen (82%) und 830 GWh durch Holzfeuerungen (18%) benötigt.
- Für die Umrechnung der Produktion in GWh zur installierten Leistung in MW wurde in beiden Energieträgern das heute gültige Verhältnis als Umrechnungsfaktor genommen (Wärmepumpen: 1.17 GWh/MW[17], Holzfeuerungen: 2.25 GWh/MW[18])
- Folglich müssen im Jahr 2050 zusätzliche 3'239 MW Wärmepumpen und zusätzliche 369 MW Holzfeuerungen installiert werden.
- Rechnet man mit einem linearen Ausbau ab 2021, entspricht das einem jährlichen Ausbau von 108 MW in Wärmepumpen und 12.3 MW in Holzfeuerungen.

Bereich Elektrizität:

- Die Energiestrategie «energieAARGAU» nennt als Ziel, im Jahr 2035 aus Wasserkraft 3'025 GWh und aus weiteren («neuen») erneuerbaren Energien 1'130 GWh Strom zu produzieren. Das ergibt eine Gesamtproduktion von 4'155 GWh. (Kanton Aargau, 2015)

---

[15] Angabe vom Datenportal des Kantons Aargau (https://www.ag.ch/de/dfr/statistik/datenportal/filterabfrage/datenportal_filterabfrage.jsp?rewriteRemoteUrl=%2Fapp%2Fsajato-front-end%2Fdata%2FBN8TBN2TGN1TN2MN3).

[16] Angabe vom Datenportal des Kantons Aargau (https://www.ag.ch/de/dfr/statistik/datenportal/filterabfrage/datenportal_filterabfrage.jsp?rewriteRemoteUrl=%2Fapp%2Fsajato-front-end%2Fdata%2FBN8TBN2TGN1TN2MN2).

[17] Eigene Berechnung basierend auf der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2019, Vorabzug

[18] Eigene Berechnung basierend auf der Holzenergiestatistik 2018.

- Im Jahr 2019 wurde die gewünschte Menge Strom aus dem Bereich Wasserkraft mit 3'266 GWh bereits überschritten. Im Bereich der erneuerbaren Energieträger ist jedoch noch viel Potenzial vorhanden. Die höchste Produktion in diesem Bereich fällt im Jahr 2019 auf die Photovoltaik (165.2 GWh) und auf KVA (92.8 GWh aus biogenem Anteil). Subtrahiert man die Wasserkraft, den derzeitigen Stand der Photovoltaik und die KVA von den gewünschten 4'155 GWh verbleiben 631 GWh, die bis in das Jahr 2035 zugebaut werden müssen.
- Eine Analyse von METEOTEST findet im Kanton Aargau ein wirtschaftliches Potenzial von 2'300 GWh auf Dachflächen. Bei der Berechnung des wirtschaftlichen Potenzials werden nur Dachflächen mit Einstrahlung «hoch» und «sehr hoch» berücksichtigt. Weiter wurde bei der Berechnung der 2'300 GWh berücksichtigt, dass ein Teil der Flächen für die solarthermische Nutzung reserviert ist und ein Teil der Flächen aufgrund des Denkmalschutzes nicht benutzt werden kann.[19] (METEOTEST, 2013).
- Im Jahr 2019 wurde im Kanton Aargau bereits 165.2 GWh Strom aus Photovoltaikanlagen produziert. Es besteht also noch ein Potenzial von 2'134.8 GWh.
- Um das Ziel der zusätzlichen 631 GWh Strom aus erneuerbaren Energieträgern bis 2035 zu erreichen, müssten also 30% derjenigen Dachflächen, welche ein wirtschaftliches Potenzial aufweisen, für PV-Anlagen benutzt werden.
- Unterstellt man das Verhältnis GWh/MW im Kanton Aargau im Jahr 2019, müssen für eine Produktion von 631 GWh Photovoltaikanlagen mit 703 MW installierter Leistung zugebaut werden.
- Angenommen, dass der Zubau im Jahr 2020 mit 30 MW gleich hoch war wie im Jahr 2019, resultiert ein notwendiger Zubau in den Jahren 2021-2035 von jährlich 44.87 MW.

Im Szenario «Energiestrategien» wird somit von folgenden Zubau-Werten ausgegangen:

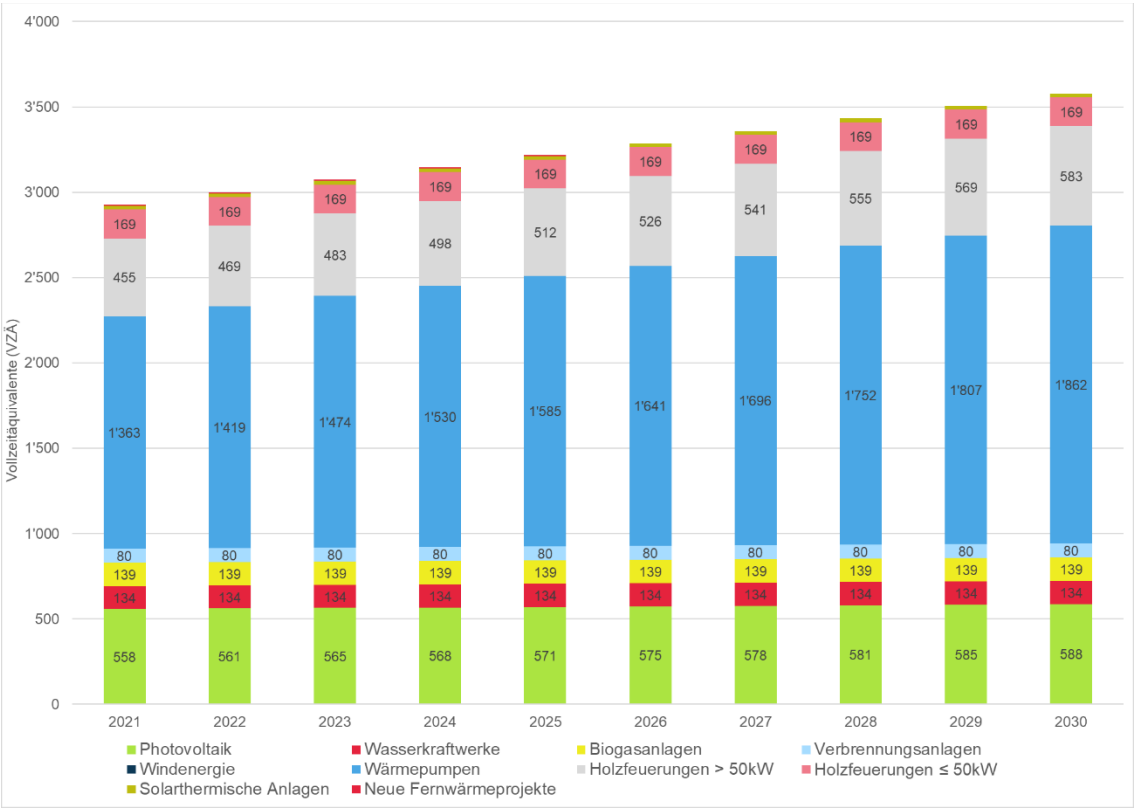
Tabelle 3: Jährlicher Zubau 2021-2035, Szenario «Energiestrategie»

Technologie	Jährlicher Zubau in MW
Wärmepumpen	108
PV-Anlagen	44.87
Holzfeuerungen	12.3
Wasserkraft	0
Verbrennungsanlagen	0
Neue Fernwärmeprojekte	0
Biogasanlagen	0
Solarthermische Anlagen	0
Windkraft	0
Holzheizungen	0

[19] Zusätzlich können natürlich auch PV-Anlagen auf Fassaden oder auf weiteren Oberflächen wie z.B. Parkplätzen gebaut werden. Da sich die Studie von METEOTEST nur auf Dachflächen konzentriert, ist dieses Potenzial noch nicht miteingerechnet.

Aus diesem Ausbau der erneuerbaren Energieträger resultieren 3'578 Vollzeitäquivalente und eine Wertschöpfung von 510 Mio. Franken im Jahr 2030. Die Entwicklung der Anzahl Vollzeitäquivalente wird in Abbildung 3, diejenige der approximierten Wertschöpfung in Abbildung 4 grafisch dargestellt[20].

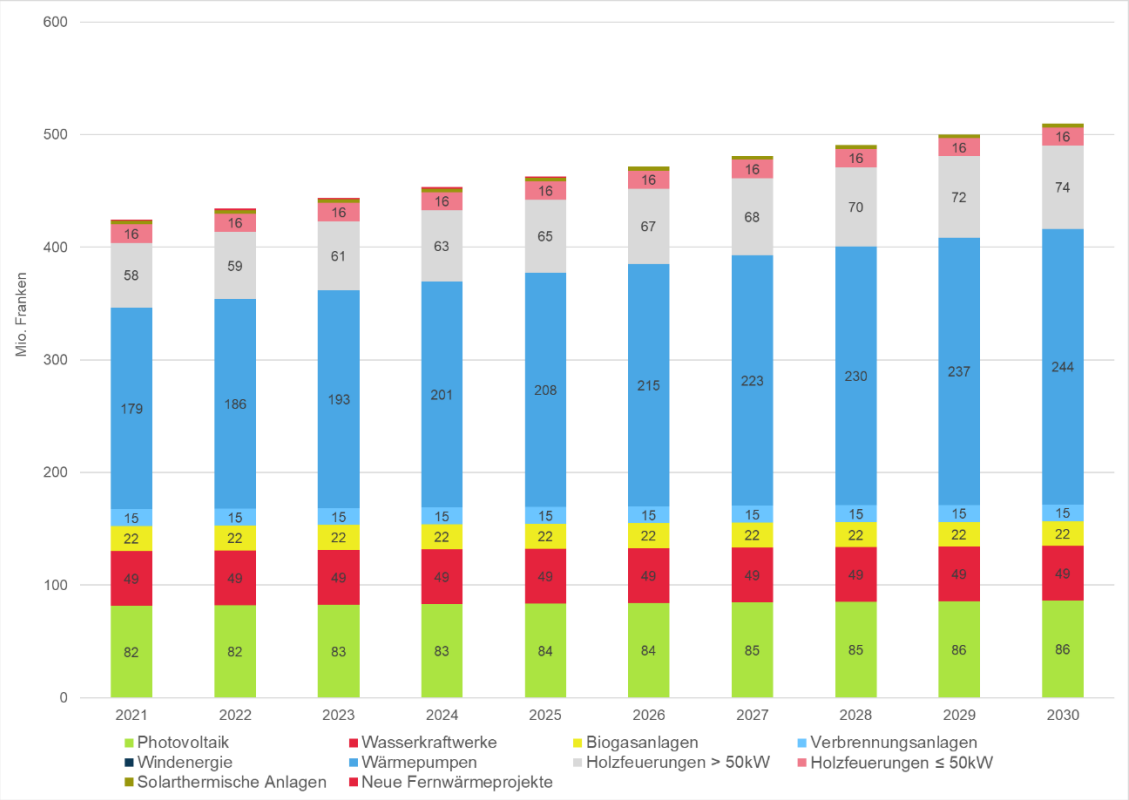
Abbildung 3: Vollzeitäquivalente bis 2030, Szenario «Energiestrategien»



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die Anzahl VZÄ im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau für den Zeitraum 2021-2030 im Szenario «Energiestrategien». Dieses Szenario würde die Ziele der kantonalen und nationalen Energiestrategien erreichen. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Fachgesprächen und bestehenden Studien (vgl. Kapitel 3.3.1 und Anhang A.2).

[20] Auch hier sei darauf hingewiesen, dass die Entwicklung der Vollzeitäquivalente die Anzahl im Bereich der erneuerbaren Energien tätigen (und nicht die neu generierten) Arbeitsplätze ausweist.

Abbildung 4: Wertschöpfung in Mio. Franken bis 2030, Szenario «Energiestrategien»



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien im Kanton Aargau für den Zeitraum 2021-2030 im Szenario «Energiestrategien». Dieses Szenario würde die Ziele der kantonalen und nationalen Energiestrategien erreichen. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Fachgesprächen und bestehenden Studien (vgl. Kapitel 3.3.1 und Anhang A.2).

4. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der Gebäudesanierung

4.1 Einführung

Nebst der Förderung von erneuerbaren Energien spielt auch der Gebäudebereich eine zentrale Rolle in der Umsetzung der Energie- und Klimapolitik. Die beiden Bereiche überschneiden sich, da ein Teil der erneuerbaren Energien durch das Gebäudeprogramm gefördert wird (zum Beispiel beim Einbau einer Wärmepumpe). Das vorausgestellt, wird im nachfolgenden Unterkapitel dargelegt, wie die arbeitsmarktliche Wirkung des Gebäudeprogramms von verschiedenen Studien beurteilt wird. Das Ziel ist dabei, einen Wert zu erhalten, der angibt, wie viele Arbeitsplätze pro eingesetztem Förderbetrag (z.B. ein Arbeitsplatz pro 50'000 Franken Fördergeld) geschaffen werden.

In der Schweiz verantworten Gebäude rund 40 Prozent des Energieverbrauchs und rund ein Drittel der CO_2-Emissionen. (Das Gebäudeprogramm, 2020, Seite 2) Bei der Auswertung der Studien ist zu beachten, dass das Gebäudeprogramm 2017 neu organisiert wurde. Vor 2017 bestand das Gebäudeprogramm aus zwei Teilen: Programmteil A förderte die energetische Sanierung von Gebäudehüllen nach landesweit harmonisierten Standards. Im Programmteil B unterstützte der Bund mit Globalbeiträgen die kantonal unterschiedlichen Förderprogramme in den Bereichen erneuerbare Energien, Abwärmenutzung und Gebäudetechnik, welche auf die kantonalen Prioritäten und Gegebenheiten zugeschnitten waren. Die Kantone mussten dabei mindestens die Hälfte der eingesetzten Fördermittel aus dem eigenen Budget beisteuern. (Bundesrat, 2016) Ab 2017 wurde die Aufteilung in die Programmteile A und B aufgehoben. Neu liegt die Zuständigkeit vollumfänglich bei den Kantonen. Der Bund finanziert neu einen Sockelbeitrag pro Einwohner plus einen Ergänzungsbeitrag, der die kantonalen Förderbeiträge verdoppelt. Einfach gesagt: Entscheidet sich der Kanton Aargau, ab 2021 drei Mio. Franken pro Jahr für die energetische Sanierung von Gebäuden zur Verfügung stellen, ergänzt der Bund diesen Betrag mit zusätzlichen sechs Mio. Franken. (Bundesrat, 2017)

Nachfolgend werden die bestehenden Studien vor und nach 2017 diskutiert. Danach werden die Studien in einer Übersichtstabelle zusammengefasst. Im letzten Teil des Unterkapitels über das Gebäudeprogramm werden die Erkenntnisse der relevanten Studien auf die Situation im Kanton Aargau transferiert.

4.2 Studien vor 2017

Infras (2017)

Die Studie von Infras (2017) analysiert die kantonalen Förderbeiträge (also der damalige Teil B des Gebäudeprogramms plus weitere nicht globalbeitragsberechtigte Massnahmen). Sie gibt an, dass zwischen 2001 und 2016 insgesamt knapp 1.3 Mia. Franken kantonale Förderbeiträge ausbezahlt wurden. Die Förderbeiträge haben zu Mehrinvestitionen im Umfang von mehr als 5 Mia. Franken geführt und eine Beschäftigungswirkung von rund 30'000 Personenjahren ausgelöst.

Für die Generierung eines Arbeitsplatzes bräuchte es demzufolge 43'333 Franken. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Studie die Wirkung des Gebäudeprogramms vermutlich überschätzt: Die Studie basiert auf der Wirkungslogik des «harmonisierten Fördermodells der Kantone (HFM) 2009», was zur Folge hat, dass Mitnahmeeffekte und andere sozioökonomische Aspekte nur unzureichend abgedeckt sind. Eine Zusatzanalyse von Infras (2015) schätzt, dass die CO_2-Wirkung des Gebäudeprogramms rund 40% tiefer sein könnte, wenn man Mitnahmeeffekte und andere sozioökonomische Aspekte konsequent berücksichtigt. Studien, welche sich auf das HFM 2009 beziehen, sollten daher nicht zu stark gewichtet werden. Im HFM 2015 wurden die Schwächen des HFM 2009 korrigiert.

Für das aktuellste in der Studie abgebildete Jahr (2016) schätzt die Studie eine Beschäftigungswirkung von knapp 2'800 Personenjahren[21], welche durch die von den Kantonen getätigten Auszahlungen von 93 Mio. Franken zustande gekommen ist. Heruntergerechnet resultiert damit für das Jahr 2016 ein Arbeitsplatz pro 33'214 Franken.[22] Wie oben muss auch hier davon ausgegangen werden, dass die Wirkung des Gebäudeprogramms überschätzt (bzw. die Kosten pro Arbeitsplatz unterschätzt) werden. Der ausbezahlte Förderbeitrag im Kanton Aargau betrug 2016 3.5 Mio. Franken. Damit lag der Kanton mit 5.3 Franken pro Einwohner unter dem Schweizer Durchschnitt von 11 Franken pro Einwohner. Dadurch wurden im Kanton Aargau energiebezogene Mehrinvestitionen von 14.9 Mio. Franken ausgelöst. Die Beschäftigungswirkung wurde aufgrund von Abgrenzungsfragen nicht auf kantonaler Ebene geschätzt. (Infras, 2017)

Bundesrat (2016)

Eine andere Studie berechnet die Arbeitsmarkteffekte des gleichen Programms wie oben (aber mit den Programmteilen A und B, dafür nur einen Teil des Zeitraums abdeckend). Öffentlich zugänglich ist dabei nicht die Studie selbst, sondern die Publikation des Bundesrats, die sich auf diese Studie bezieht.

Die ausbezahlten Fördergelder des Gebäudeprogramms (in beiden Programmteilen A und B) im Zeitraum 2010 bis 2014 beliefen sich auf 1.005 Mia. Franken. Die Fördergelder haben Mehrinvestitionen von 4.3 Mia. Franken ausgelöst. Der Anteil der im Inland ausgelösten Mehrinvestitionen beträgt rund 80%. Der Bundesrat beziffert die durch das Gebäudeprogramm (in beiden Programmteilen A und B) ausgelöste Netto-Beschäftigung im angegebenen Zeitraum auf total 14‘000 Personenjahre.[23] Demzufolge wurde ein Arbeitsplatz pro 71'786 Franken Förderung generiert.

[21] Dabei ist ein Multiplikator von 1.3 miteinberechnet: Durch das Einkommen, welches durch zusätzliche Arbeitsplätze im Inland generiert wird, steigen die Konsumausgaben, welche wiederum zu nachgelagerten Beschäftigungswirkungen führen. Die Studie schätzt, dass diese sekundären Beschäftigungseffekte etwa 30% der primären Wirkung ausmachen.

[22] Die 2'800 Personenjahre enthalten die im Jahr 2016 neu ausgelösten Investitionen plus Arbeitsplätze aus anhaltenden Förderaktivitäten der Vorjahre. Da aber auch die im Jahr 2016 neu ausgelösten Investitionen weitere Arbeiten in der Zukunft nach sich ziehen, ist die Division der im Jahr 2016 getätigten Auszahlungen durch die im Jahr 2016 absolvierten Personenstunden eine gute Approximation.

[23] Er stützt sich dabei auf die Studie "Wirtschaftliche Wirkung des Gebäudeprogramms" von TEP Energy GmbH, Amstein + Walthert AG und INFRAS AG (2015). Diese Studie ist online nicht mehr auffindbar.

Der Bundesrat hält jedoch fest, dass diese Zahlen die tatsächliche Wirkung des Gebäudeprogramms vermutlich überschätzen, da auch die hier zitierte Studie auf dem HFM 2009 basiert, welches Mitnahmeeffekte im Modell nur ungenügend berücksichtigt (s. oben). (Bundesrat, 2016)

4.3 Studien nach 2017

Jahresbericht 2019 des Gebäudeprogramms

Im Jahresbericht 2019 des Gebäudeprogramms wird angegeben, dass 2019 insgesamt 265 Mio. Franken an Fördergeldern ausbezahlt wurden (Das Gebäudeprogramm, 2020). Diese haben im Jahr 2019 rund 1'000 Vollzeitäquivalente ausgelöst, wobei die Arbeitsplätze nach der angegebenen Förderperiode teilweise bestehen bleiben. Das Jahresprogramm gibt weiter an, dass die in den Jahren *vor* 2019 ausgelösten und im Jahr 2019 weiter anhaltenden Beschäftigungseffekte rund 1'100 VZÄ entsprechen. Somit berechnet die Studie im Jahr 2019 eine total durch das Gebäudeprogramm ausgelöste Netto-Beschäftigung von rund 2'100 VZÄ.

In den Jahren 2017 bis 2019 waren die Arbeitsplätze, welche durch Auszahlungen im Jahr selbst ausgelöst wurden, und die Arbeitsplätze, welche aus den Auszahlungen der Vorjahre resultieren, jeweils in etwa gleich hoch. Wir nehmen daher an, dass auch die 1'000 im Jahr 2019 ausgelösten VZÄ rund 1'000 weitere Personenjahre in den Folgejahren auslösen. Die 265 Mio. Franken Fördergelder führen somit zu 1'000 im Jahr 2019 ausgelösten Personenjahren und weiteren 1'000 Personenjahren in den Folgejahren, sie lösen also total 2'000 Personenjahre aus. Daraus resultieren 265 Mio. Fr. / 2'000 Arbeitsplätze = rund 132’500 Franken pro Arbeitsplatz für ein Jahr. Dieser Betrag ist nun deutlich höher als die in den Studien vor 2017 angegebenen Beträgen. Das überrascht jedoch nicht, da der Jahresbericht 2019 auf dem HFM 2015 basiert und Mitnahmeeffekte nun stärker berücksichtigt (vgl. Ausführungen zum HFM 2009 oben).

Die Studie legt weiter dar, wie sich das Gebäudeprogramm auf die Wertschöpfung auswirkt. Das Gebäudeprogramm im Jahr 2019 hat rund 375 Mio. Franken energiebezogene Mehrinvestitionen ausgelöst. Diese Mehrinvestitionen führen zu einer positiven Wertschöpfung in den Branchen, welche einen Beitrag zu den geförderten Projekten leisten (vorwiegend das Schweizer Baugewerbe, dessen inländische Zulieferer und inländische Unternehmen, die Baumaterial, Heizungskomponenten und Solarkollektoren herstellen). Demgegenüber stehen aber auch negative Effekte: Die 265 Mio. Fr. der ausbezahlten Fördergelder hätten auch in andere Bereiche investiert werden können und fehlen nun dort. Im Ergebnis sei, so die Studie, ein Netto-Wertschöpfungsgewinn von knapp 14 Mio. Franken erzielt worden. Zusätzlich kommen aber weitere Wertschöpfungsgewinne: 2019 führte das Gebäudeprogramm zu Einsparungen von 5,4 Mia. kWh. Durch die Energieeinsparungen und den dadurch sinkenden Energieausgaben stehen der Schweizer Volkswirtschaft mehr Mittel zur Verfügung. Diese anhaltenden Wertschöpfungsgewinne für Unternehmen und private Haushalte aus den Energieeinsparungen müssen in das Verhältnis zu den Wertschöpfungsverlusten gesetzt werden, welche in jenen Branchen resultieren, welche in Produktion, Handel und Verteilung von Energie involviert sind. Netto werden durch die Energieeinsparungen im Jahr 2019 Wertschöpfungsgewinne in der Grössenordnung von 68 Mio. Franken erzielt.[24] Das

[24] Darin enthalten sind auch anhaltende Wirkungen aus den Investitionen der Vorjahre. Die dank den Investitionen von 2019 ausgelösten Energieeinsparungen halten jedoch ebenfalls in die Zukunft an.

Jahresprogramm berechnet, dass durch die ausgelösten Mehrinvestitionen der einmalig anfallenden Wertschöpfungseffekte von knapp 14 Mio. Franken und den anhaltenden Energieeinsparungsgewinne von 68 Mio. Franken ein inländischer Netto-Wertschöpfungseffekt von 82 Mio. Franken resultiert. (Das Gebäudeprogramm, 2020)

Meier & Ott (2020)

Die Studie «COVID-19/Klimakrise Impulsprogramm 2020/2030» von Meier & Ott (2020) gibt an, dass eine Erhöhung des Betrags für das Gebäudeprogramm um 250 Mio. Franken zu zusätzlich 5'000 Beschäftigten im Baugewerbe während der Laufzeit der Programmaufstockung führen würde. Das entspricht einem Betrag von 50'000 Franken pro Arbeitsplatz. Es ist in der Studie jedoch nicht angegeben, auf welcher Grundlage die Zahl der 5'000 Beschäftigten zu Stande kommt, und ob es sich um einen Netto-Arbeitsplatzgewinn handelt oder ob den 5'000 Beschäftigten Arbeitsplatzverluste in anderen Bereichen entgegenstehen.

TEP Energy & Ecoplan (2020)

TEP Energy & Ecoplan (2020) veröffentlichten eine Studie zur Dekarbonisierung des Wärmesektors. Darin wird unter anderem auf das Arbeitsmarktpotenzial eingegangen, wobei die Berechnungen auf dem i³R-Modell von Ecoplan (ein regionalwirtschaftliches Modell) basieren. Dabei werden direkte wie auch indirekte Effekte der Dekarbonisierung berücksichtigt: Bei den direkten Effekten handelt es sich um die «Erstrundeneffekte», welche sich aus den durch die Dekarbonisierung im Wärmebereich ausgelösten Mehr- und Minderkosten ergeben. Beispielsweise löst eine Investition in Fernwärmenetze Beschäftigung in der Baubranche aus. Diese Investition löst zusätzlich auch indirekte Effekte aus: Beschäftigungseffekte, die über Vorleistungen bei den Zulieferbranchen entstehen (Zweit-, Drittrundeneffekte usw.). Auf die Investition in Fernwärmenetze bezogen sind das beispielsweise Metallerzeugnisse, die der Bauunternehmer einkauft.

Die Studie analysiert zwei Szenarien «Anreiz» und «Vorschriften», welche beide mit einem Referenzszenario verglichen werden. Das Referenzszenario orientiert sich an der Gesetzgebung von 2020 und schreibt bestimmte Trends, zum Beispiel bezüglich der technologischen Entwicklung und der Kostenreduktionen, fort. Verglichen mit dem Referenzszenario werden in den beiden untersuchten Szenarien zusätzliche Investitionen zur Dekarbonisierung des Wärmebereichs getätigt: Im Szenario «Anreiz» betragen die zusätzlichen Investitionen jährlich 2.3 Mia. Franken, im Szenario «Vorschrift» jährlich 2.1 Mia. Franken.

Verglichen mit diesem Referenzszenario weisen beide Szenarien ähnliche Beschäftigungseffekte auf. Im Szenario «Anreiz» führen die Investitionen zu durchschnittlich 3'862 mehr Arbeitsplätzte pro Jahr (verglichen mit dem Referenzszenario), im Szenario «Vorschriften» zu 3'906 mehr Arbeitsplätzen im Jahresdurchschnitt. Ein Arbeitsplatz für ein Jahr kann also im Szenario «Anreiz» für rund 600'000 Franken[25], im Szenario "Vorschriften" für rund 540'000 Franken[26] generiert werden.

[25] 2.3 Mia. / 3862 = 595'546.35 Franken
[26] 2.1 Mia. / 3906 = 537'634.41 Franken

Besonders viele Arbeitsplätze werden in der Baubranche sowie in den Branchen «Land- und Forstwirtschaft», «Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden», «Technische Dienstleistungen», «Gummi- und Kunststoffwaren», «Metalle» und «Maschinenbau» generiert. Die Branche, bei der am meisten Arbeitsplätze verschwinden ist «restliche Dienstleistungen» (durch den Rückgang des privaten Konsums), mit grossem Abstand gefolgt von «restliche Industrie», «Energieversorgung» und «Raffinerien, Chemie».

4.4 Zusammenfassung Gebäudebereich

Tabelle 4 fasst die oben vorgestellten Studien bezüglich Arbeitsplatzpotenzial im Gebäudebereich zusammen.

Tabelle 4: Übersicht Arbeitsplatzkosten Schweiz im Gebäudebereich

Studie	Untersuchungsgegenstand	Zeitraum	Franken pro ausgelöstem Netto-Arbeitsplatz (für 1 Jahr)
Infras (2017)	Gebäudeprogramm	2001-2016	43'333 Fr. (33'214 Fr. für 2016)
Bundesrat (2016)	Gebäudeprogramm	2010-2014	71'786 Fr.
Jahresbericht 2019 (Das Gebäudeprogramm)	Gebäudeprogramm	2018	132'500 Fr.
Meier & Ott (2020)	Gebäudeprogramm	Ab 2020 *(Prognose)*	50'000 Fr.
TEP Energy & Ecoplan (2020)	Dekarbonisierung des Wärmesektors	2020 bis 2050 *(Prognose)*	540'000 bis 600'000 Fr.

Für die vorliegende Studie sind insbesondere der Jahresbericht des Gebäudeprogramms und die Studie bezüglich der Dekarbonisierung des Wärmesektors relevant. Die Relevanz der Studien von Infras (2017) und Bundesrat (2016) wird als «niedrig» beurteilt, da sie auf der Wirkungslogik des «harmonisierten Fördermodells der Kantone (HFM) 2009» basieren, welche u.a. Mitnahmeeffekte nur unzureichend berücksichtigt. Der Jahresbericht 2019 hingegen stützt sich auf das HFM 2015, welches die methodischen Schwächen des HFM 2009 verbessert hat. Seine Relevanz wird daher als «hoch» eingeschätzt. Wie erwartet, führt die stärkere Berücksichtigung von Mitnahmeeffekten dazu, dass sich die ausgewiesene tatsächliche Wirkung des Gebäudeprogramms verkleinert. Dies bedeutet: Es werden mehr finanzielle Mittel benötigt, um einen Arbeitsplatz zu generieren. Rechnungen bezüglich der Arbeitsmarktwirkung des Gebäudeprogramms sollten sich also auf die oben erläuterten 132'500 Franken pro Arbeitsplatz stützen. Berücksichtigt man, dass der Bund die kantonalen Ausgaben verdreifacht, resultiert, dass eine kantonale Investition von rund 44'000 Franken einen Arbeitsplatz generiert.

Kanton Aargau

Im Rahmen des Verpflichtungskredits «Förderprogramm Energie 2021-2024» wird der Kanton Aargau ab 2021 drei Mio. Franken pro Jahr für die energetische Sanierung von Gebäuden zur Verfügung stellen. Der Grosse Rat hat dem Kredit am 10.11.2020 zugestimmt. Der Bund unterstützt das Gebäudeprogramm mit einem Multiplikator: Für jeden Franken des Kanton Aargau steuert er 2 weitere Franken in Form von Ergänzungsleistungen bei. Aus den 3 Mio. Fördergelder des Kantons werden somit jährlich zusätzliche rund[27] 9 Mio. Franken, die ab 2021 in die energietechnische Modernisierung von Aargauer Liegenschaften fliessen.[28] (Kanton Aargau, 2020b)

Für die Berechnung der Arbeitsplatz- und Wertschöpfungseffekte der 9 Mio. Franken stützen wir uns auf den Jahresbericht 2019 des Gebäudeprogramms. Dieser stellt aufgrund seiner Aktualität und der Berücksichtigung von Mitnahmeeffekten die relevanteste der vorgestellten Studien dar. Basierend auf den im Jahresbericht 2019 angegebenen Resultaten würde eine Investition von 9 Mio. Franken folgende volkswirtschaftliche Auswirkungen haben:

- *Arbeitsplätze*: Durch die Investition würden rund 68 Netto-Arbeitsplätze generiert. Die dahinterstehende Rechnung basiert auf den 132'500 Franken pro Arbeitsplatz. Die 68 Arbeitsplätze würden in den vier Jahren 2021-2024 bestehen bleiben. Die Anzahl Arbeitsplätze würde nach 2025 aufgrund der anhaltenden Beschäftigungseffekte nicht direkt auf null sinken, sondern in den Folgejahren kontinuierlich abnehmen.
- *Wertschöpfung*: Basierend auf dem Jahresprogramm 2019 führten Förderbeiträge von 265 Mio. Franken zu einer Netto-Wertschöpfung von 82 Mio. Franken. Unterstellt man die gleiche Effizienz, führt eine Investition von 9 Mio. Franken zu einer Netto-Wertschöpfung von 82/265*9 = 2.8 Mio. Franken.

CO_2-Wirkung des Gebäudeprogramms

Natürlich liegt der Zweck des Gebäudeprogramms in erster Linie nicht in der Generierung von Arbeitsplätzen, sondern in der Reduktion des Energieverbrauchs und des CO_2-Ausstosses des Schweizer Gebäudeparks.

Im Kanton Aargau entspricht die kumulierte CO_2-Wirkung der in den Jahren 2017-2019 geförderten Massnahmen des Gebäudeprogramms über deren gesamte Lebensdauer einer CO_2-Einsparung von insgesamt 177'000 Tonnen. Die in den drei Jahren ausbezahlten För-

[27] Ein kleiner Teil der kantonalen Investitionen sind nicht globalbeitragsberechtigt.

[28] Unabhängig von den kantonalen Fördergeldern erhält der Kanton Aargau vom Bund zusätzlich den jährlichen «Sockelbeitrag» von knapp 9 Mio. Franken für Fördermassnahmen im Bereich von Gebäudehüllen und erneuerbaren Energien. Somit ergeben sich aus den 9 Mio. Franken Sockelbeitrag, den 3 Mio. Franken kantonalen Beiträgen und den 6. Mio. Franken Ergänzungsleistungen des Bundes insgesamt rund 18 Mio. Franken pro Jahr zur Förderung von Klimamassnahmen im Gebäudebereich. Über die Laufzeit des Förderprogramms von vier Jahren summiert sich der Betrag auf rund 72 Mio. Franken. Zusätzlich erhält der Kanton Aargau vom Bund rund 3 Mio. Franken zur Deckung der Vollzugskosten, wodurch der Gesamtbetrag des Verpflichtungskredits, 75.42 Mio. Franken, resultiert.

dergelder summieren sich auf rund 31 Mio. Franken. Daraus resultiert, dass für die Reduktion einer Tonne CO_2 im Rahmen des Gebäudeprogramms rund 175 Franken aufgewendet wurden. (Das Gebäudeprogramm, 2020)

Schweizweit wurden in den Jahren 2017-2019 durch das Gebäudeprogramm insgesamt 3.9 Mio. Tonnen CO_2 eingespart (wieder über die gesamte Lebensdauer der Massnahmen gerechnet). Dafür wurden 650 Mio. Franken ausgegeben, woraus Kosten von 167 Franken pro Tonne CO_2 resultieren. (Das Gebäudeprogramm, 2020)

Zu beachten ist, dass die Kosten pro Tonne CO_2-Reduktion im Rahmen des Gebäudeprogramms von Jahr zu Jahr zugenommen haben: Während sie 2017 noch 124 Franken betrugen, lagen sie im Jahr 2018 bei 162 Franken und 2019 bereits bei 221 Franken.

5. Arbeitsplätze und Arbeitsplatzpotenzial im Bereich der Mobilität

Ein ganz wesentlicher Teil des Energieverbrauchs in der Schweiz ist auf die Mobilität generell und auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) im Besonderen zurückzuführen. Die Energiestrategie 2050 des Bundes beinhaltet daher explizit Ziele zur Reduktion der Emissionen pro km für Personenwagen, Lieferwagen und leichte Sattelschlepper (BFE, 2020d).

Klar erscheint aus heutiger Sicht, dass die Bedeutung der Elektromobilität zunehmen wird. Nachfolgend wird untersucht, wie sich der Trend zu immer mehr elektrisch betriebenen Fahrzeugen auf die Arbeitsplätze im Kanton Aargau auswirkt. Untersuchungen zu den arbeitsmarktlichen Auswirkungen weiterer Trends im Bereich der nachhaltigen Mobilität, wie etwa die steigende Nutzung des ÖVs, der Bau von Fahrradwegen oder die Auswirkungen von Car-Sharing, sind nicht Gegenstand dieser Studie.

5.1 Entwicklungen im Personenverkehr

Im Referenzszenario der «Verkehrsperspektiven 2040» wird davon ausgegangen, dass der Personenverkehr zwischen 2010 und 2040 um ein Viertel und der Güterverkehr um etwas mehr als ein Drittel zunehmen wird (ARE, 2016). Tabelle 5 zeigt für den in der vorliegenden Studie untersuchten Zeitraum zwischen 2020 und 2030, wie sich der Anstieg im Personenverkehr im Referenzszenario auf die verschiedenen Verkehrsmittel aufteilt. Sowohl 2020 wie auch 2030 weist der motorisierte Individualverkehr (MIV) die mit Abstand höchste Anzahl Personenkilometer auf.

Tabelle 5: Übersicht Personenverkehr Schweiz in Mio. Personenkilometer

	2020	2030	Zunahme in Prozent
MIV	90'981	97'172	7%
ÖV	28'053	31'266	11%
Velo	2'342	2'621	12%
Zu Fuss	6'094	6'760	11%
Total	127'470	137'820	8%

Quelle: Referenzszenario der Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040 (ARE, 2016, Seite 134).

Die Verkehrsperspektiven gehen davon aus, dass der steigende Anteil der Elektrofahrzeuge keinen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten (Wegeaufkommen und Besetzungsgrade) im Personenverkehr hat. Nachfolgend wird untersucht, ob und wie der steigende Anteil der Elektrofahrzeuge die Arbeitsplätze im Kanton Aargau beeinflusst. Die steigende Bedeutung von ÖV und Velo würden die Kapazität im Rahmen dieser Studie übersteigen. Es sei aber auf die von LITRA und Swiss-

rail in Auftrag gegebene Studie «Volkswirtschaftliche Bedeutung des öffentlichen Verkehrs» hingewiesen. Die Studie weist für das Jahr 2018 eine schweizweite Beschäftigung von 92'600 Vollzeitäquivalenten im Bereich des ÖVs aus.[29] (Infras, 2020)

5.2 Bisherige Studien für Deutschland

Zur arbeitsmarktlichen Wirkung der Umstellung auf die Elektromobilität gibt es für die Schweiz unseres Wissens nach noch keine Studien. In Deutschland, das als führender Automobilhersteller natürlich stark von einer Umstellung auf Elektromobilität betroffen ist, gibt es hingegen erste Untersuchungen (vgl. NPM (2020); Bauer et al. (2018); Mönnig et al. (2018); Harrison (2017); Falck et al. (2017); Diez, Schreier & Haag (2014)). Es herrscht Einstimmigkeit, dass die Elektrifizierung des Antriebsstrangs in Deutschland in der langen Frist zu einer Abnahme der Beschäftigung führen wird. Die Antriebsstränge der Elektroautos sind weniger komplex und verlangen bei der Herstellung entsprechend weniger personelle Ressourcen. So prognostiziert bspw. NPM (2020), dass wenn 30% der in Deutschland produzierten Neuwagen einen elektrischen Antrieb haben, knapp 15% weniger Personal nachgefragt würde.[30] Diez, Schreier & Haag (2014) untersuchen die Auswirkungen der Elektromobilität auf den «After-Sales»-Bereich, bzw. die Garagisten. In verschiedenen Szenarien zeigen die Autoren auf, dass auch hier ein Beschäftigungsrückgang zu erwarten ist, da Elektroautos weniger Wartungs- und Reparaturbedarf aufweisen.

In der kürzeren Frist gehen jedoch Harrison (2017) und Bauer et al. (2018) von einer leichten Zunahme der Beschäftigung aus, da komplexe, effiziente Verbrennungsmotoren wie auch Hybridsysteme mehr Arbeitskräfte fordern. Kurzfristig sehen auch Mönnig et al. (2018) eine Ausweitung der Beschäftigung, da erst Investitionen in neue Technologien und Infrastruktur getätigt werden müssen.

5.3 Bereich: Zulieferer

Die Schweiz hat keine eigene Automobilherstellerindustrie, aber knapp 600 zuliefernde Unternehmen, welche die globale Wertschöpfungskette der Fahrzeughersteller bedienen. 56 Unternehmen, also rund ein Zehntel, befinden sich im Kanton Aargau. (swiss CAR, 2019) Eine ausführliche Analyse, wie sich die steigende Bedeutung der Elektromobilität auf die Zulieferunternehmen auswirkt, befindet sich in Anhang B.1. Die zentralen Erkenntnisse der Analyse könne wie folgt zusammengefasst werden:

[29] Diese werden unterteilt in:
- 62'300 Beschäftigte in Transportunternehmen und Infrastrukturgesellschaften des öffentlichen Verkehrs.
- 25'900 Beschäftigte, welche durch Investitionen im öffentlichen Verkehr ausgelöst werden (beispielsweise in Unternehmen im Bau von Tunnels, der Entwicklung von Betriebsleitsystemen, dem Unterhalt des Schienennetzes oder der Herstellung von Rollmaterial und Fahrzeugen)
- 4'400 Beschäftigte, welche durch Exporte von Investitionsgütern für den öffentlichen Verkehr ausgelöst werden.

[30] Unter Berücksichtigung von Produktivitätssteigerungen durch die zunehmende Automatisierung würde der Personalbedarf um rund 40% sinken.

- Zahlreiche Automobilhersteller in den Absatzmärkten der Schweizer Zulieferer haben es zum Ziel, ihre Fahrzeuglinien über die nächsten zehn Jahr vermehrt hybrid- oder vollelektrisch zu gestalten. Prognosen gehen davon aus, dass elektrifizierte Fahrzeuge bis 2030 rund ein Drittel des Fahrzeugabsatzes ausmachen werden.
- Das deutet darauf hin, dass Komponenten oder Anbauteile für herkömmliche Antriebsstränge in Zukunft weniger nachgefragt werden. Das betrifft 27% der Schweizer Zulieferer, die hauptsächlich in diesem Bereich tätig sind. Dafür können 19% der Unternehmen auf einen Nachfrageanstieg hoffen, da sie Anbauteile für elektrische Antriebe produzieren. Dabei ist jedoch zu beachten, dass einige Unternehmen ihre Produkte nicht nur im Automobilsektor anbieten und daher nicht existenziell von der Entwicklung hin zu mehr Elektrofahrzeugen betroffen sind.
- Schlussendlich ist auch die Innovation der tangierten Unternehmen nicht zu unterschätzen. Es gibt Evidenz dafür, dass Unternehmen, deren Kerngeschäft vom bevorstehenden Wandel bedroht ist, bereits Anpassungen vornehmen oder planen.
- Wir gehen demzufolge davon aus, dass die zunehmende Bedeutung der Elektromobilität bis 2030 netto keinen Effekt auf den Aargauer Arbeitsmarkt haben wird.

Für die zu Grunde liegenden Studien und Argumente wird auf die ausführliche Analyse in Anhang B.1 verwiesen.

5.4 Bereich: Garagisten

Laut Angabe des Auto Gewerbe Verbands Schweiz (AGVS) sind im Kanton Aargau rund 340 Garagistenbetriebe tätig, welche 920 Werkstattmitarbeitende (ohne Lernende) beschäftigen.[31] Durch den Trend zu mehr Elektromobilität ist ein Teil dieser Werkstattmitarbeitenden potenziell gefährdet. Der Grund ist, dass rein batteriebetriebene Fahrzeuge in der Regel weniger Wartung als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und auch weniger Wartung als Hybridfahrzeuge bedürfen. Dem gegenüber steht jedoch die steigende Nachfrage nach Personenfahrzeugen, die einen positiven Effekt auf die Anzahl Arbeitsplätze in Garagistenbetrieben hat. Eine ausführliche Analyse und Quantifizierung der beiden Effekte befindet sich in Anhang B.2. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass sich die beiden Effekte in etwa die Waage halten.

Zudem sei darauf hingewiesen, dass der Anteil der Elektromobilität am *heutigen* PKW-Bestand noch relativ klein ist. Wie schnell dieser Anteil über das nächste Jahrzehnt wachsen wird, hängt einerseits von der allgemeinen Fahrzeughaltedauer, andererseits aber auch von technologischen und politischen Entwicklungen ab.

5.5 Bereich: Infrastruktur

Im Jahr 2019 hatte der Kanton Aargau einen Bestand von 3'649 rein batteriebetriebenen Fahrzeugen[32], was rund 0.8% aller PKW ausmacht. Gewinnen batteriebetriebene Fahrzeuge (und Plug-in-Hybride) weiter an Bedeutung, wird auch der Bedarf an Ladestationen im öffentlichen

[31] Die Zahlen des AGVS beruhen auf den Verbandsmitgliederdaten. Betriebe welche nicht Mitglieder des AGVS sind, wären somit nicht erfasst. Der tatsächliche Wert dürfte etwas höher sein.
[32] Motorfahrzeugstatistik 2019 Kanton Aargau

(bspw. Strassenparkplätze) und im privaten Raum (bspw. Unternehmen, Wohnhäuser) steigen.[33] So würde bspw. die AEW Energie AG im Kanton Aargau für die Installation und Wartung von Ladestationen ein höheres Auftragsvolumen spüren. Auch die Hersteller von Ladestationen wie auch deren Zulieferer profitieren von der Elektromobilität.[34]

Im Jahr 2020 stehen knapp 190 öffentlich zugängliche E-Tankstellen im Kanton Aargau zur Verfügung: Somit teilen sich im Schnitt jeweils ca. 20 Fahrzeuge (inklusive jener mit Range Extender) eine E-Tankstelle.[35]

[33] Umgekehrt kann auch der Bau von Ladestationen die Attraktivität der Elektromobilität erhöhen und somit den Umstieg auf Elektrofahrzeuge fördern.
[34] Nach uns zur Verfügung stehenden Informationen stellt beispielsweise die ABB im Kanton Aargau Ladeinfrastruktur her.
[35] Diese Anzahl E-Tankstellen basiert auf dem Verzeichnis e-tankstellen-finder.com. Der wahre Umfang von E-Tankstellen könnte allenfalls abweichen. Das Verhältnis von Elektrofahrzeugen zu E-Tankstellen stimmt jedoch ungefähr mit dem gesamtschweizerischen Wert (https://www.e-mobile.ch/de/oeffentliche-ladestation-finden/) überein.

6. Handlungsoptionen

6.1 Ergänzende Grundlagen

6.1.1 Fachkräftesituation

Wenn der Kanton Aargau (wie auch die gesamte Schweiz) künftig verstärkt auf den Einsatz von erneuerbaren Energien setzt, dann stellt sich auch die Frage, ob es im Kanton (bzw. auch in der Schweiz) überhaupt ausreichend Fachkräfte gibt, um die entsprechenden Arbeiten auszuführen. PV-Anlagen (allenfalls kombiniert mit einem eigenen Energiespeicher), neue Heizungssysteme (die verschiedene Systeme wie eine Wärmepumpe und mit fossiler Energie betriebene Boiler beinhalten können) und Wärmeverbünde / Fernwärmenetze müssen fachgerecht geplant, installiert und gewartet werden. Bei vielen dieser Systeme kommt dazu, dass sie über eine zu programmierende Steuerung verfügen. Und auch die fachgerechte energetische Sanierung einer Gebäudehülle verlangt nach spezifischen Fachkenntnissen; ein nicht adäquat saniertes Flachdach kann rasch schadhaft werden und eine falsch konzipierte und/oder falsch durchgeführte Dämmung der Aussenwände führt zu Problemen wie Schimmelbefall.

Bereits heute liegt verschiedentliche anekdotische Evidenz vor, dass im Bereich der erneuerbaren Energien Fachkräfte fehlen. Beispiele sind Fachplaner für PV-Anlagen, Fachplaner für Wärmeverbünde und Fernwärmenetze, aber auch Fachleute, die für den Bau der Fernwärmenetze selbst benötigt werden. Auch wird immer wieder berichtet, dass Sanitärfachleute nur bedingt in der Lage sind, moderne Heizungs- und Klimasysteme fachgerecht einzubauen und zu programmieren. Verschiedene Publikationen haben die Frage des Fachkräftemangels im Hinblick auf den Umstieg auf erneuerbare Energien und auch im Hinblick auf die Implementation von Energiesparmassnahmen in den vergangenen Jahren thematisiert.[36]

In einer aktuellen vom Schweizerischen Nationalfonds geförderten Arbeit wurde erstmals umfassend untersucht, inwieweit ein Fachkräftemangel die Transformation hin zu einer grünen Ökonomie beeinflussen bzw. auch bremsen könnte. Lobsiger (2020) und Niggli & Rutzer (2020) haben (als Teilprojekt des genannten Forschungsprojektes) untersucht, wie der Schweizer Arbeitsmarkt auf die Bedürfnisse einer nachhaltigeren Wirtschaft vorbereitet ist. In einem ersten Schritt identifizierten sie durch einen machine-learning Ansatz die benötigten Kompetenzen für Berufe im Bereich der Nachhaltigkeit.[37] Dazu wurde die O*NET Berufsinformationsdatenbank verwendet. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, inwieweit verschiedene Berufe in der Schweiz die geforderten Kompetenzen abdecken. Dadurch konnte für jeden Beruf das *Potenzial* für die Ausübung von Tätigkeiten, die in einer nachhaltigen Wirtschaft gefragt sind, dargestellt werden. Ein Beispiel: Eine Umweltingenieurin entwirft Verfahren zur Kontrolle der Wasserqualität (Tätigkeit). Für diese Ausübung benötigt sie unter anderem die Kompetenzen *Wissen aus Chemie und Physik* und *Daten und Informationen analysieren*. Über letztere Kompetenz verfügt aber auch ein Statistiker, wodurch sich sein «grünes Potenzial» ebenfalls erhöht.

[36] Vgl. beispielsweise OdA Umwelt (2017); Joss & Bernhard (2016); Meuli (2016) und Kägi et al. (2004).
[37] Die methodischen Details können der Studie von Rutzer, Niggli & Weder (2020) entnommen werden.

Das «grüne Potenzial» der Berufe wurde auf einem Index von 0 bis 1 quantifiziert. Dabei wurde eine eher konservative Indexierung angewendet, sodass die Berufe von rund einem Fünftel aller Beschäftigten ein grünes Potenzial von 0.5 oder mehr aufweisen. In einem letzten Schritt wurde der Index des grünen Potenzials dem Fachkräfteindex gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass die Fachkräftesituation bei den Berufen mit einem hohen grünen Potenzial überdurchschnittlich angespannt ist. Gerade in sehr technischen Berufen, wie beispielsweise im Ingenieurwesen, herrscht bereits heute ein Fachkräftemangel, der sich durch die Wende zu einer «grünen Wirtschaft» akzentuieren dürfte. Der Zusammenhang zwischen grünem Potenzial und Fachkräftesituation weist jedoch eine grosse Streuung auf; so gibt es auch zahlreiche Berufe mit hohem grünen Potenzial, die keine angespannte Fachkräftesituation aufweisen (z.B. bei Geologen und Geophysikern).

Tabelle 6 zeigt die 20 Berufe mit dem grössten grünen Potenzial sowie deren Fachkräftesituation. Eine detaillierte Liste mit dem grünen Potenzial und dem Fachkräfteindex aller Berufsgruppen wird in Niggli & Rutzer (2020) ausgewiesen. Ein Fachkräfteindex über 0 bedeutet, dass in dieser Berufsgruppe eine überdurchschnittlich angespannte Fachkräftesituation herrscht. Analog bedeutet ein negativer Wert, dass die Fachkräftesituation in dieser Berufsgruppe weniger angespannt ist als in der Gesamtwirtschaft.

Tabelle 6: Die 20 Berufsgruppen mit dem höchsten grünen Potenzial in der Schweiz

Rang	ISCO	Berufsgruppe	grünes Potenzial	Fachkräfte-mangel
1	2143	Umweltschutzingenieure	1	(1.29)
2	2144	Maschinenbauingenieure	0.97	2.38
3	2145	Chemieingenieure	0.94	(2.9)
4	1323	Führungskräfte in der Produktion im Bau	0.86	-0.32
5	7111	Rohbaufacharbeiter im Hochbau	0.86	unbekannt
6	2114	Geologen und Geophysiker	0.85	(-1.74)
7	2111	Physiker und Astronomen	0.82	(4.5)
8	2146	Bergbauingenieure, Metallurgen und verwandte Berufe	0.78	unbekannt
9	2162	Landschaftsarchitekten	0.78	(3.15)
10	2161	Architekten	0.77	0.65
11	2149	Ingenieure, anderweitig nicht genannt	0.74	0.84
12	1321	Führungskräfte in der Produktion bei der Herstellung von Waren	0.71	-0.34
13	3123	Bauleiter	0.71	0.37
14	7127	Klima- und Kälteanlagenbauer	0.71	(1.58)
15	7234	Fahrradmechaniker und verwandte Berufe	0.71	(-1.13)

Rang	ISCO	Berufsgruppe	grünes Potenzial	Fachkräfte-mangel
16	2151	Ingenieure im Bereich Elektrotechnik	0.7	0.44
17	2112	Meteorologen	0.68	unbekannt
18	1311	Führungskräfte in der Produktion in Land- und Forstwirtschaft	0.67	(2.85)
19	1312	Führungskräfte in der Produktion in Aquakultur und Fischerei	0.67	unbekannt
20	1223	Führungskräfte in Forschung und Entwicklung	0.66	(0.67)

Anmerkungen: Steht die Zahl im Fachkräfteindex in Klammern bedeutet das, dass sie auf weniger als 50 Beobachtungen beruht. Quellen: Lobsiger (2020) und Niggli & Rutzer (2020).

Weiter zeigt die Studie auf, dass in Jobinseraten für Tätigkeiten in der grünen Ökonomie ganz bestimmte Kompetenzen verlangt werden. Dabei ist zu differenzieren zwischen bestimmten «hard skills», also ganz konkreten technischen Fertigkeiten, und «soft skills» wie z.B. ein besonderes Engagement oder eine besonders hohe Motivation.

6.1.2 Innovationsförderung

Auf nationaler Ebene gibt es zahlreiche Förderprogramme im Bereich der erneuerbaren Energien, von denen die Unternehmen im Kanton Aargau profitieren könnten. Darunter fallen:

- *BFE Energieforschung*: Im Rahmen der Ressortforschung des Bundes unterstützt das BFE in erster Linie anwendungsorientierte Forschung und die Entwicklung neuer Energietechnologien. 2018 und 2019 hat das BFE dafür jährlich rund 17.5 Mio. Franken aufgewendet. (BFE, 2019b)
- *BFE P+D+L*: Zusätzlich zu den oben genannten Forschungsprojekten unterstützt das BFE auch Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D) und Leuchtturmprojekte (L), die bereits eine Stufe weiter in der Innovationskette sind (im Sinne von näher an der marktwirtschaftlichen Umsetzung). Solche Projekte wurden 2019 und 2020 mit je 26 Mio. Franken unterstützt und dienen der technischen und marktwirtschaftlichen Erprobung von neuen Energietechnologien in den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien. (BFE, 2019b)
- *BFE Energie Schweiz*: Das Programm EnergieSchweiz zielt auf den Abbau nicht-monetärer Hemmnisse, die der Realisierung von Effizienzmassnahmen und der Ausschöpfung des Potenzials von erneuerbaren Energien im Wege stehen. Dabei ist EnergieSchweiz in den Bereichen Sensibilisierung, Information, Beratung, Aus-und Weiterbildung und Qualitätssicherung in den Themengebieten Energieeffizienz und erneuerbare Energien tätig. Die Förderbeiträge beliefen sich im Jahr 2018 auf rund 48 Mio. Franken. (BFE, 2019b)
- *BFE ProKilowatt*: ProKilowatt steht am Ende der Innovationskette und fördert Stromeffizienzmassnahmen für einzelne Projekte oder Programme, die ohne Förderung nicht realisiert würden. Im Jahr 2018 betrugen die Fördergelder für Programme und Projekte 27 Mio. Franken. Für die Projekte (ohne Programme) ist zudem der Anteil der Fördergelder bekannt, welcher in den Kanton Aargau fliesst. Dieser lag zwischen 2010 und 2020 bei durchschnittlich 9%. Es lassen sich starke Schwankungen zwischen den Jahren beobachten (die Spannweite reicht von 1% im Jahr 2011 bis 17% im Jahr 2018). (BFE, 2019b und schriftliche Auskunft ProKilowatt)

- *Klimastiftung Schweiz*: Mit jährlich 3-5 Mio. Franken verfügt die Klimastiftung Schweiz über verhältnismässig tiefe Fördergelder. Sie unterstützt damit Projekte von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. (BFE, 2019b)
- *Stiftung myclimate*: Der Hauptgeschäftsbereich der Stiftung myclimate ist die Kompensation von CO_2-Emissionen durch Klimaschutzprojekte. Im Jahr 2019 betrugen die Einnahmen aus der Kompensation von CO_2-Emissionen sowie den weiteren Geschäftsbereichen Bildung und Beratung & Lösungen rund 27 Mio. Franken. Die Stiftung ist stark international ausgerichtet und hat 2019 insgesamt 125 Klimaschutzprojekte in 37 Ländern unterstützt. In der Schweiz bietet die Stiftung beispielsweise das myclimate Förderprogramm für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern, indem sie Hauseigentümerinnen und -eigentümern, die ihre alte Öl- oder Erdgasheizung durch eine Wärmepumpe ersetzen, mit 2'000 Franken entschädigt. Das Programm wird von der Stiftung KliK finanziell unterstützt. (myclimate, 2020a und 2020b)
- *Stiftung KliK*: Die Stiftung Klimaschutz und CO_2-Kompensation KliK übernimmt die gesetzliche Kompensationspflicht der von Mineralölgesellschaften verursachten CO_2-Emissionen. Das Budget von KliK betrug bis 2020 rund 120 Mio. Franken pro Jahr. (BFE, 2019b)
- *Innosuisse*: Mit einem Bundesbeitrag von rund 256 Mio. Franken im Jahr 2019 ist Innosuisse, die Schweizerische Agentur für Innovationsförderung, das wichtigste anwendungsorientierte nationale F+E-Förderprogramm. Im Bereich Energie steuert und finanziert Innosuisse gemeinsam mit dem Schweizerischen Nationalfonds SNF und dem Bundesamt für Energie BFE die interuniversitär vernetzten Forschungskompetenzzentren «Swiss Competence Centers for Energy Research» (SCCER). Die Zentren verbinden Wissenschaft und Wirtschaft miteinander und beschäftigen sich mit dem gesamten Spektrum der Energie-Innovationskette – von der Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung bis hin zu Fragen aus den Bereichen Recht, Regulation und Verhalten. Von den 48 Projekten, welche Innosuisse im Jahr 2019 im Bereich Energie & Umwelt unterstützt hat, befindet sich der Hauptumsetzungspartner dreimal, der Hauptforschungspartner (in jeweils anderen Projekten) fünfmal im Kanton Aargau. Es haben also insgesamt acht der 48 Projekte eine bedeutsame Aargauer Beteiligung. (Innosuisse, 2020 und BFE, 2019b, schriftliche Auskunft Innosuisse)
- *BAFU Technologiefonds*: Durch den Technologiefonds verbürgt der Bund Darlehen an junge Schweizer Unternehmen, deren neuartige Technologien eine nachhaltige Verminderung von Treibhausgasemissionen ermöglichen. Dadurch soll die Finanzierungslücke zwischen der Startup Finanzierung und den regulären Firmenkrediten für KMU überbrückt werden. (BFE, 2019b). Gemäss einer Auskunft der Geschäftsstelle des Technologiefonds bestand dessen Portfolio per Jahresende 2019 aus 89 Bürgschaften an 82 Unternehmen mit einer Gesamtsumme von 125.5 Mio. Franken. Die 82 Unternehmen beschäftigen total 1'695 VZÄ. 5 der 82 Unternehmen haben ihren Sitz im Kanton Aargau. Die Aargauer Unternehmen beschäftigen zusammen 60.4 Vollzeitäquivalente, was einem Anteil von 3.6% entspricht.

HTZ und Forschungsfonds des Kantons Aargau

Im Kanton Aargau stehen Unternehmen die Dienstleistungen des Hightech Zentrums HTZ zur Verfügung. Das HTZ berät Unternehmen u.a. zu Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien. Das HTZ unterstützt Firmen, die im Kanton Aargau ansässig sind, dabei explizit dabei, Zugang zu anderen Fördermöglichkeiten zu erhalten, z.B. von Innosuisse.

Zudem können im Kanton Aargau ansässige Firmen beim Forschungsfonds Aargau Beiträge zu Innovationsvorhaben bzw. Forschungsaktivitäten beantragen.

6.1.3 Wirkung der Energieeffizienzsteigerung in Unternehmen

Neben den klassischen Bereichen der erneuerbaren Energien, in welchen Arbeitsplätze generiert werden, hat auch die Steigerung der Energieeffizienz in Produktionsbetrieben direkte Auswirkungen auf die Beschäftigung.

In Unternehmen zahlt sich eine gesteigerte Energieeffizienz insofern besser als bei Haushalten aus, als dass jede ergriffene Massnahme in der Regel grosse Auswirkungen hat. Das liegt zum einen an der Hebelwirkung, sprich Mengeneffekt, (z.B. beim Austausch von Leuchtmitteln) und zum anderen am Energiebedarf. Das gilt insbesondere für energieintensive und Energiegrossverbraucher-Unternehmen. Vor diesem Hintergrund entschieden sich Bund und Kantone dafür, ein Programm ins Leben zu rufen, welches sich spezifisch dieser Zielgruppe annimmt. Mit den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn) wurde die Grundlage für die gesetzlichen Anpassungen in den Kantonen geschaffen. Nach und nach übernahmen diese den Grossverbraucherartikel. Im Kanton Aargau ist die Grossverbraucherbestimmung in § 10 des Energiegesetzes aufgenommen und seit 2012 in Kraft. Über 400 Grossverbraucher fallen unter diesen Paragrafen und sind angehalten, ihren Energieeinsatz im Betrieb zu analysieren und geeignete Massnahmen zur Effizienzsteigerung zu definieren und umzusetzen (siehe Kasten zum Grossverbrauchermodell).

Betrachtet man die bisher vereinbarten und abgeschlossenen Grossverbrauchermodelle im Kanton Aargau, so lassen sich folgende Zahlen festhalten:

- Bei den Energieverbrauchsanalysen (EVA) belaufen sich die zur Effizienzsteigerung ausgelösten Investitionen bis 2020 auf 73 Mio. Franken. Dadurch wurden Energieeinsparungen von über 54 Mio. kWh realisiert[38].
- Im Falle der Universalzielvereinbarungen (UZV) belaufen sich die Investitionen bis 2020 – ohne Berücksichtigung der Rückerstattung der Netzgebühren und der CO_2-Abgabe – auf fast 3 Mrd. Franken. Die Effizienzsteigerung beträgt dabei 1,6 Mrd. kWh[39].

Die Investitionen gehen in eine breite Palette von Massnahmen: von der Betriebsoptimierung über Anlagenersatz bis hin zu umfassenden Gebäudesanierungen. Die bedeutendsten Massnahmen sind laut Information der Energieagentur der Wirtschaft Prozessmassnahmen in Produktion/Betrieb, gefolgt von Lüftung/Klima und Beleuchtung.

Im Rahmen des Monitorings der Grossverbrauchermodelle werden die Arbeitsplatzeffekte nicht erhoben. Die allgemeine Erfahrung zeigt, dass einige wenige Massnahmen die Unternehmen selber durchführen, insbesondere einfachere Betriebsoptimierungen (z.B. Einstellung der Klimatisierung) oder Prozessoptimierungen (allen voran in der Produktion). Entsprechend werden die

[38] Angaben Kanton Aargau.
[39] Angaben Kanton Aargau.

allermeisten Massnahmen vom Unternehmen Dritten in Auftrag gegeben. Damit lässt sich zumindest qualitativ festhalten, dass Effizienzsteigerungen positive Effekte auf die Beschäftigung und vermutlich in Folge auf die Arbeitsplatzpotenziale haben.

Grossverbrauchermodell

Als Grossverbraucher gilt ein Unternehmen, wenn es pro Jahr einen Strombedarf von mindestens 0,5 GWh oder einen Wärmebedarf von mindestens 5 GWh hat. Die betroffenen Unternehmen im Kanton Aargau haben einen von zwei möglichen Wegen zur Umsetzung des Grossverbraucherparagrafen gewählt: Die Universalzielvereinbarung (UZV) oder die Energieverbrauchsanalyse (EVA). Weiterführend Informationen hierzu sind auf der Webseite des Kantons unter www.ag.ch/grossverbraucher zu finden.

Im Kanton Aargau haben von über 400 Unternehmen ca. ¾ die UZV und ¼ die EVA als Umsetzungsmodell gewählt. Als geeignete Massnahmen zur Effizienzsteigerung gelten nur solche, die a) wirtschaftlich, b) technisch machbar und c) betrieblich sinnvoll sind.

6.2 Formulierung von Handlungsoptionen

Aus den Erkenntnissen der obigen Kapitel lassen sich für den Kanton Aargau Handlungsoptionen ableiten. Diese werden zunächst beschrieben und nachfolgend bewertet.

An dieser Stelle soll erneut festgehalten werden, dass die *Klimawirkung* im Sinne der Einsparung von Treibhausgasen *nicht* Gegenstand dieser Studie ist. Vielmehr geht es darum, verschiedene klimapolitische Massnahmen anhand ihres *Arbeitsplatzpotenzials* zu beurteilen.

6.2.1 Handlungsbereich Gebäudesanierungen

Gebäudesanierungen adressieren einen klimapolitisch wichtigen Bereich: Die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich.

- A prima vista ist die Förderung des Gebäudeprogramms aus Sicht Kanton recht attraktiv, da die kantonalen Fördergelder durch die Bundesbeiträge verdreifacht werden. Gleichzeitig ist es aber so, dass die Kosten pro neu geschaffenem Arbeitsplatz beim Gebäudeprogramm relativ hoch sind (u.a. wegen Mitnahmeeffekten). Insgesamt führen 132'500 Franken Fördergelder zu einem Arbeitsplatz (VZÄ für ein Jahr), d.h. der Kanton bezahlt rund 44'000 Franken pro Arbeitsplatz (für ein Jahr).
- Gleichzeitig ist zu betonen, dass das Gebäudeprogramm auch keine Arbeitsplätze vernichtet.

⇨ **Handlungsoption 1**: Kantonales Gebäudeprogramm beibehalten

6.2.2 Handlungsbereich Heizungen in Gebäuden

Der Zubau und Betrieb von Wärmepumpen, Pelletheizungen und Fernwärme sind wichtige Elemente auf dem Weg hin zu einer klimaneutralen Schweiz. Gleichzeitig generiert der Wechsel hin zu erneuerbaren Energien im Heizungsbereich relativ viele Arbeitsplätze. Das CO_2-Gesetz wird zwar durch die steigende CO_2-Abgabe gewisse Anreize in Richtung erneuerbarer Energien setzen, aber es ist fraglich, ob die Anreize gross genug sind, um einen raschen Wechsel hin zu erneuerbaren Energien auszulösen. Diskutiert werden muss daher die Frage, welche Massnahmen dazu führen, dass künftig vermehrt erneuerbare Energien eingesetzt werden.

⇨ **Handlungsoption 2**: Verbot Neuinstallation von Heizungen mit fossilen Brennstoffen ab einem bestimmten Stichtag

⇨ **Handlungsoption 3**: Verbot von Heizungen mit fossilen Brennstoffen ab einem bestimmten Stichtag

Andere Kantone kennen, wie in Fachgesprächen erläutert wurde, eine grössere Unterstützung für Luft-Wasserwärmepumpen (z.B. die Kantone Zürich und Basel-Land). Gerade eine allfällige Einführung der oben genannten Verbote könnte mit Fördermassnahmen kombiniert werden. Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer, die kürzlich erst eine neue Heizung mit fossilen Brennstoffen eingebaut oder ersetzt haben, könnten beispielsweise bei einem erneuten Heizungswechsel finanziell entschädigt werden. Zudem sind auch generelle Förderungen der erneuerbaren Energien im Heizungsbereich denkbar.

⇨ **Handlungsoption 4**: Förderung von erneuerbaren Energien im Heizungsbereich

6.2.3 Handlungsbereich erneuerbare Energien allgemein

In drei Fachgesprächen wurde erläutert, dass es momentan im Kanton Aargau Reglemente gibt, welche den Zubau im Bereich der erneuerbaren Energien erschweren oder sogar hemmen. Genannt wurden

- kommunale Bauverordnungen und Baugesetze, die der Förderung im Bereich Wärmepumpen[40], PV- und Solaranlagen im Weg stehen und
- die kantonale Umsetzung der bundesrechtlichen Vorgaben des Gewässerschutzgesetzes: Mindestrestwassermengen und Ausgleichsmassnahmen sind von Kanton zu Kanton verschieden und können Neukonzessionierungen im Bereich der Wasserkraftanlagen unattraktiv machen.

⇨ **Handlungsoption 5**: Hemmnisse im Bereich der erneuerbaren Energien detailliert identifizieren und abbauen, sofern keine anderen schützenswerten Interessen überwiegen.

[40] Im Kanton Basel-Stadt beispielsweise ist für Luft-/Wasser-Wärmepumpen, die im Gebäude installiert werden, keine Baubewilligung mehr notwendig. Zudem reicht bei kleinen aussen aufgestellte Anlagen eine Meldung beim Bau- und Gastgewerbeinspektorat, wenn die Geräte gut in die Umgebung eingebettet sind. (Kanton Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie, 2020).

Der Bund stellt für PV-Anlagen gewisse Fördergelder zur Verfügung (Einmalförderung). Der Kanton könnte jedoch ergänzend noch eine kantonale Förderung anbieten. Durch die vermehrte Installation von PV-Anlagen im Kanton Aargau würden entsprechend auch mehr Bundessubventionen in den Kanton fliessen.

⇨ **Handlungsoption 6**: Kantonale Förderung von PV-Anlagen

Innerhalb der kantonalen Handlungskompetenz besteht die Möglichkeit, eine kantonale Lenkungs- oder Förderabgabe (oder beides) auf Strom einzuführen. Hier ist zu erwähnen, dass der Kanton Basel-Stadt bereits 1999 eine Lenkungsabgabe und eine Förderabgabe eingeführt hat, mit dem Ziel, den kantonalen Energieverbrauch zu reduzieren und die Erträge für Subventionen von Energiesparmassnahmen zu nutzen. Lenkungs- oder Förderabgabe können aber auch zu unerwünschten negativen Anreizen führen (beispielsweise wird die für Wärmepumpen oder Elektromobilität benötigte Elektrizität teurer, während diese Technologien eigentlich gefördert werden sollen).

⇨ **Handlungsoption 7**: Lenkungs-/ Förderabgabe im Bereich Elektrizität einführen

6.2.4 Handlungsfeld Fachkräftesituation

Viele Akteure sehen derzeit den Fachkräftemangel als einen der zentralen Hemmnisse des raschen Zubaus im Bereich der erneuerbaren Energien. Einerseits gibt es schweizweit oder auch regional in einzelnen Berufsfeldern einen generellen Fachkräftemangel. Anderseits ist es so, dass es in manchen Berufen (in denen grundsätzlich kein Fachkräftemangel herrscht) nicht genügend Personen gibt, die spezifische Kompetenzen haben, die im Bereich der erneuerbaren Energien und auch für energetische Sanierungen notwendig sind. Ein Beispiel: Es reicht nicht zu sagen, dass Heizungsinstallateurinnen und -installateure benötigt werden, es müssen darüber hinaus Personen sein, welche über die Kompetenz verfügen, komplexe erneuerbare Anlagen wie Wärmepumpen einzubauen. Aus Sicht des Kantons Aargau bestehen im Hinblick auf den Fachkräftemangel zwei Risiken: Erstens kann der Fachkräftemangel dazu führen, dass die Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien (bzw. bei der Reduktion der CO_2-Emissionen) nicht erreicht werden. Zweitens besteht das Risiko, dass Firmen aus anderen Kantonen oder aus dem Ausland die Arbeiten im Bereich erneuerbaren Energie im Kanton Aargau übernehmen.

⇨ **Handlungsoption 8**: Beobachtung der Fachkräftesituation (mit Fokus auf spezifische relevante Fähigkeiten innerhalb relevanter Berufe), bei Bedarf aktive Kommunikation durch den Kanton / allenfalls Zuschüsse für Weiterbildungen und Umschulungen gewähren

6.2.5 Handlungsfeld Innovation

Erneuerbare Energien sind zweifelsohne ein wichtiger Zukunftsmarkt. Gewisse Technologien sind bereits gut etabliert, es besteht aber auch noch ein grosser Bedarf an neu zu entwickelnden Technologien. Firmen, die neue Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien entwickeln und erfolgreich produzieren und/oder vermarkten, werden vermutlich rasch viele wertschöpfungsintensive Arbeitsplätze schaffen. Aus Sicht des Kantons Aargau ist es daher wichtig, dass bereits hier ansässige Firmen in diesem neuen Markt erfolgreich agieren können. Zudem ist es für den Kanton erstrebenswert, entsprechende Firmen neu für den Kanton zu gewinnen.

Ein erster Schritt zur Entwicklung und Vermarktung neuer Technologien ist häufig das erfolgreiche Einwerben entsprechender Fördergelder.

⇨ **Handlungsoption 9**: Firmen weiterhin und verstärkt im Bereich der Innovation bei erneuerbaren Energien (inkl. dem Einwerben von Fördermitteln) unterstützen.

Im Rahmen von Handlungsoption 9 könnte eine Stärkung der Aktivitäten des HTZ geprüft werden.

⇨ **Handlungsoption 10**: Neue Massnahmen entwickeln, um Start-ups im Bereich der erneuerbaren Energien für den Kanton Aargau zu gewinnen.

Zu Handlungsoption 10: Zu prüfen wären insbesondere Massnahmen wie Wettbewerbe in denen beispielsweise Beratungspakete, die Nutzung von Büroinfrastruktur und eine Finanzierung / ein Darlehen (beispielsweise in Zusammenarbeit mit der Aargauischen Kantonalbank) gewonnen werden können.

6.3 Bewertung der Handlungsoptionen

Als Basis für die Bewertung werden die folgenden Kriterien verwendet:

- *Arbeitsplatzwirkung*: Werden durch die Massnahme zusätzliche Arbeitsplätze generiert? Bei der Bewertung halten wir uns an die Erkenntnisse der obigen Kapitel. Das bedeutet auch, dass die in Kapitel 3.2.2 genannten Restriktionen weiter gelten.[41]
- *Kosteneffizienz Arbeitsplatzwirkung aus Sicht des Kantons*: Werden die Arbeitsplätze kosteneffizient generiert? Wir nehmen hier die Perspektive des Staats, bzw. des Kantons ein. Kosteneffizient bedeutet, dass verhältnismässig wenig kantonale Fördergelder gesprochen werden müssen, um einen Arbeitsplatz zu generieren.
- *CO_2-Wirkung (in tCO_2):* Beurteilt wird hier die absolute CO_2-Wirkung.
- *Kosteneffizienz CO_2-Wirkung aus Sicht des Kantons*: Analog zur Kosteneffizienz der Arbeitsplatzwirkung, also CO_2-Wirkung / kantonale Fördergelder.
- *Wertschöpfung:* Die zehn Handlungsoptionen lassen einen gewissen Handlungsspielraum offen. Eine Folge davon ist, dass die Wertschöpfung grundsätzlich der Arbeitsplatzwirkung entspricht. Ein Beispiel anhand der Handlungsoption «Hemmnisse im Bereich der erneuerbaren Energien abbauen»: Wenn der Abbau der Hemmnisse vor allem im Bereich der Wasserkraft erfolgen würde, wären die entstehenden Arbeitsplätze wertschöpfungsintensiver, als wenn der Abbau der Hemmnisse im Bereich der Holzheizungen erfolgen würde (vgl. Kapitel 3.3). Ohne Spezifizierung des erneuerbaren Energieträgers wird aber die grundsätzliche Wirkung eines Hemmnisabbaus (über alle Energieträger) berücksichtigt, und die hat sowohl bezüglich Arbeitsplätze wie auch bezüglich Wertschöpfung einen moderat positiven Effekt.

[41] Die «indirekt generierten» Arbeitsplätze, welche in den Zulieferbranchen geschaffen werden, werden nicht berücksichtigt. Auch der Einkommenseffekt, der durch die Konsumausgaben der Beschäftigten der EE-Branche und ihren Zulieferern entsteht, wurde nicht untersucht. Im Fokus stehen also die Arbeitsplätze in der Branche der erneuerbaren Energien.

Tabelle 7: Bewertung der Handlungsoptionen für den Kanton Aargau

Handlungsoption	Arbeits-platzwir-kung	Kosten-effizienz Arbeits-platzw.	CO_2-Wirkung	Kosten-effizienz CO_2-Wir-kung	Polit. Re-alisier-barkeit	Wert-schöp-fung
(1): Kantonales Gebäudepro-gramm beibehalten	+	-	+	--	++	+
(2): Verbot Neuinstallation von Heizungen mit fossilen Brennstof-fen ab einem bestimmten Stich-tag	++	+	++	++	+/-	++
(3): Verbot von Heizungen mit fossilen Brennstoffen ab einem bestimmten Stichtag	+++	+	++	++	+/-*	+++
(4): Förderung von erneuerbaren Energien im Heizungsbereich	+	-	+	-	+	+
(5): Hemmnisse im Bereich der erneuerbaren Energien abbauen	+	++	+	++	+/-**	+
(6): Kantonale Förderung von PV-Anlagen	++	+	+	+	+	++
(7): Lenkungs-/ Förderabgabe im Bereich Strom einführen	+/0	+	0	0	--	+/0
(8): Beobachtung der Fachkräfte-situation (mit Fokus auf spezifi-sche relevante Fähigkeiten inner-halb der relevanten Berufe)	+	+	+	+	++	+
(9): Verstärkte Unterstützung der Firmen im Bereich der Innovation bei erneuerbaren Energien	+	+	+	+	+	+
(10): Start-ups im Bereich der er-neuerbaren Energie für den Kan-ton AG gewinnen	++/0***	++/-***	++/0***	++/-***	+	++/0***

Anmerkungen: Die Tabelle benennt und beurteilt 10 Handlungsoptionen aus Sicht des Kantons Aargau. Die Handlungsoptionen sollen Möglichkeiten aufzeigen, wie der Arbeitsmarkt im Kanton Aargau optimal von den Energiestrategien profitieren kann.
*: Die politische Realisierbarkeit hängt vom Stichtag ab.
**: Die politische Realisierbarkeit wird im Bereich der PV ziemlich hoch eingeschätzt, bei anderen Energieträgern (insbesondere bei Wind- und Wasserkraft) ist es jedoch schwieriger, Hemmnisse abzubauen.
***: Die Bewertung ++/- soll das inhärente Risiko der Start-up Förderung bezeichnen: Die Kosteneffizienz der Massnahme ist hoch, wenn Start-ups «durchstarten» – führt die Start-up-Förderung hingegen nicht zum Erfolg, entstehen Kosten, ohne dass ein Nutzen generiert worden wäre.

7. Quellenverzeichnis

BAK (2019). Konjunkturausblick für das Schweizer Autogewerbe. Online verfügbar unter: https://www.agvs-upsa.ch/system/files/agvs/News/20191104_BAK/20191031_agvs_bakeconomics_konjunkturausblick_2019_d.pdf (letzter Zugriff: 02.11.2020)

Bauer, W., Riedel, O., Herrmann, F., Borrmann, D., Sachs, C., Schmid, S., & Klötzke, M. (2018). ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. Stuttgart: Fraunhofer IAO.

BKW. (2020). So legen wir unser Kernkraftwerk still. Online verfügbar unter: https://www.bkw.ch/de/ueber-bkw/unsere-infrastruktur/unsere-kraftwerke/stilllegung-kernkraftwerk-muehleberg/themen/so-legen-wir-unser-kernkraftwerk-still (letzter Zugriff: 02.09.2020).

BloombergNEF (2020). Electric Vehicle Outlook 2020. Online verfügbar unter: https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/ (letzter Zugriff: 02.11.2020).

Bundesamt für Raumentwicklung ARE. (2016). Perspektiven des Schweizerischen Personen und Güterverkehrs bis 2040 – Hauptbericht. Online verfügbar unter: https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/verkehrsperspektiven.html (letzter Zugriff: 02.09.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2011a). Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Ausgabe 2010. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html (letzter Zugriff: 14.07.2020).

Bundesamt für Energie BFE (2011b): Schweizerische Holzenergiestatistik. Verwendet wurden die Statistiken von 2009, 2010, 2018 und der Vorabzug von 2019. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html#kw-79386 (letzter Zugriff: 15.07.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2018). Energiestrategie 2050 nach dem Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html (letzter Zugriff: 02.09.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2019a). Teilstatistik Spezielle energetische Holznutzungen: Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html#kw-79386 (letzter Zugriff: 28.08.2020).

Bundesamt für Energie (BFE). (2019b). Angebote der Innovationsförderung im Energiebereich 2019-2020. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/forschung-und-cleantech/ueberblick-innovationsfoerderung.html (letzter Zugriff: 30.11.2020)

Bundesamt für Energie BFE. (2020a). Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz. Verwendet wurden die Statistiken vom jeweils 1. Januar der Jahre 2010, 2011, 2019 und 2020. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html#kw-79386 (letzter Zugriff: 23.07.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2020b). Interaktive Kartebezüglich Windenergieanlagen in der Schweiz. Online verfügbar unter: https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/EE_WEA/index.php?lang=de (letzter Zugriff: 13.07.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2020c). Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Ausgabe 2019, Vorabzug. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html (letzter Zugriff: 14.07.2020).

Bundesamt für Energie BFE. (2020d). Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Online verfügbar unter: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/erstes-massnahmenpaket/massnahmen-zur-steigerung-der-energieeffizienz.html (letzter Zugriff: 04.11.2020).

Bundesamt für Statistik BFS. (2016). Wohnungen nach Heizungsart und Energieträgern (Kantone und Städte). Online verfügbar unter: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.1642643.html (letzter Zugriff: 14.07.2020).

Bundesamt für Statistik BFS. (2020). Wachstums- und Produktivitätsstatistik (WPS), Arbeitsproduktivität nach Branchen zu laufenden Preisen (58 Branchen). Online verfügbar unter: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/volkswirtschaft/produktivitaet.assetdetail.14347571.html (letzter Zugriff: 14.11.2020)

Bundesamt für Statistik BFS STAT-TAB. (2020). STAT-TAB: Arbeitsstätten und Beschäftigte nach Kanton und Wirtschaftsabteilung. Online verfügbar unter: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industrie-dienstleistungen/unternehmen-beschaeftigte/wirtschaftsstruktur-unternehmen.assetdetail.13787330.html (letzter Zugriff: 02.09.2020).

Bundeskanzlei. (2020). Vorlage Nr. 612, Resultate in den Kantonen. Online verfügbar unter: https://www.bk.admin.ch/ch/d/pore/va/20170521/can612.html (letzter Zugriff: 02.09.2020).

Bundesrat. (2016). Wirksamkeit der Finanzhilfen zur Verminderung der CO2-Emissionen bei Gebäuden gemäss Artikel 34 CO2-Gesetz.

Bundesrat. (2017). Das Gebäudeprogramm startet neu organisiert ins neue Jahr. Online verfügbar unter: https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-65084.html (letzter Zugriff: 07.08.2020).

Das Gebäudeprogramm. (2020). Jahresbericht 2017-2019. Online verfügbar unter: https://www.dasgebaeudeprogramm.ch/de/publikationen-und-fotos/berichte-und-statistiken/ (letzter Zugriff: 05.11.2020).

Deloitte (2020). Electric vehicles: Setting a course for 2030. Online verfügbar unter: https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html (letzter Zugriff: 02.11.2020).

Ecoplan. (2019). Branchenszenarien 2014 bis 2030/2060. Aktualisierung 2018. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE.

Falck, O., Ebnet, M., Koenen, J., Dieler, J., & Wackerbauer, J. (2017). Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (No. 87). ifo Forschungsberichte.

Harrison, P. (2017). Low-carbon cars in Germany: A summary of socio-economic impacts.

Hüsser, P. (2020). Das 50 GW Ziel Überlegungen zum Fachkräftebedarf bis 2050. Präsentation am Round Table Solarbildung Schweiz (17.11.2020).

Infras. (2020). Volkswirtschaftliche Bedeutung des öffentlichen Verkehrs. Studie im Auftrag von LITRA und Swissrail.

Infras. (2015). Energie- und CO2-Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 Zusatzanalyse für die Berichterstattung an das Parlament. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE.

Innosuisse - Schweizerische Agentur für Innovationsförderung. (2020). Energie für die Zukunft. Online verfügbar unter https://www.innosuisse.ch/inno/de/home/thematische-programme/foerderprogramm-energie.html (letzter Zugriff: 30.11.2020)

Joss, M. & Bernhard, U. (2016). Zukunftsberufe Umwelt – mit Frauen und Männern. Online verfügbar unter: https://www.ffu-pee.ch/cms/upload/pdf/Broschu776re_Umwelt-ber_FFU_OdA_2016_d.pdf (letzter Zugriff: 22.12.2020)

Kägi, W., Schäfli, M., Siegrist, S., & Hässig, W. (2004). Best Practice - Marktordnung, Markttransparenz und Marktregelung zugunsten der Durchsetzung energieeffizienter Lösungen am Markt. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE.

Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt. (2015). Strategie Kanton Aargau energieAARGAU.

Kanton Aargau. (2020a). Abstimmung vom 27. September 2020. Online verfügbar unter: https://www.ag.ch/de/aktuelles/wahlen_und_abstimmungen/abstimmungen/vorschau/vorschau_details/vorschau_details_140482.jsp?tabId=2&sectionId=216143

Kanton Aargau. (2020b). Botschaft an den Grossen Rat 20.209. Online verfügbar unter: https://www.ag.ch/grossrat/grweb/de/195/Detail%20Gesch%C3%A4ft?ProzId=4803844

Kanton Basel-Stadt. (2020). Weniger Hürden für Wärmepumpen. Online verfügbar unter: https://www.aue.bs.ch/nm/2020-weniger-huerden-fuer-waermepumpen-wsu.html (letzter Zugriff: 21.12.2020)

Lobsiger, M. (2020). Jobs with green potential in Switzerland: Demand and possible skills imbalances. Online verfügbar unter: https://bss-basel.ch/files/artikel/Jobs_with_green_potential_in_Switzerland_09_06_2020.pdf

Meier, R. & Ott, W. (2020). COVID-19 Klimakrise – Impulsprogramm 2020/2030. Studie im Auftrag von energie-wende-ja und Greenpeace.

METEOTEST. (2013). Solarkataster Kanton Aargau. Studie im Auftrag des Kantons Aargau.

Meuli, K. (2016.). Gesucht: Fachkräfte für die Umweltbranche. *Magazin «umwelt». Dossier Umweltkompetenz im Beruf, 4/2016, S. 21-22*. Online verfügbar unter https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/bildung/publikationen-studien/publikationen/magazin-umwelt-4-2016-umweltkompetenz-im-beruf.html (letzter Zugriff: 22.12.2020)

Mönnig, A., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., & Helmrich, R. (2018). *Elektromobilität 2035: Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Personenkraftwagen* (No. 8/2018). IAB-Forschungsbericht.

myclimate. (2020a). Medienmitteilung Es bewegt sich was –Stiftung myclimate zeigt im Jahresbericht Rekordzahlen. Online verfügbar unter https://www.myclimate.org/de/informieren/news-presse/medienmitteilungen/ (letzter Zugriff: 30.11.2020)

myclimate. (2020b). Förderprogramm für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern. Online verfügbar unter https://www.myclimate.org/de/informieren/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/schweiz-foerderprogramm-waermepumpen-7828/ (letzter Zugriff: 30.11.2020)

Nathani et al. (2012): Wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energie im Kanton Aargau, Studie im Auftrag der Departemente «Bau, Verkehr und Umwelt» und «Volkswirtschaft und Inneres» des Kantons Aargau.

Nathani et al. (2013): Volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie.Nationale Plattform Zukunft der Mobilität NPM. (2020). 1. Zwischenbericht zur strategischen Personalplanung und -entwicklung im Mobilitätssektor.

Niggli, M. & Rutzer, C. (2020). Greening and the Labor Market. Online verfügbar unter https://cieb.shinyapps.io/nrp_73_green_potential/ (letzter Zugriff: 30.11.2020)

OdA Umwelt. (2017). Fachkräftebericht Umweltberufe 2017. Online verfügbar unter: https://www.umweltprofis.ch/wissen (letzter Zugriff: 22.12.2020)

Rohrer, J. (2020). Ausbau der Stromproduktion aus Photovoltaik in der Schweiz. Schriftenreihe Erneuerbare Energien, Bodenökologie und Ökotechnologie, Herausgeber: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Rutzer, C., Niggli, M. & Weder, R. (2020). Estimating the Green Potential of Occupations: A New Approach Applied to the U.S. Labor Market. Online verfügbar unter: https://edoc.unibas.ch/76063/ (letzter Zugriff: 30.11.2020)

Schaal, S. (2017). Autokauf: Ist der Plug-in-Hybrid das bessere Elektroauto? Online verfügbar unter: https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/autokauf-ist-der-plug-in-hybrid-das-bessere-elektroauto/20202194.html (letzter Zugriff: 02.11.2020)

Schweizerische Energie-Stiftung SES & EKU-logisch, (2012). 85'000 Arbeitsplätze für die Schweiz. Die Energiewende als Jobmotor in den Kantonen.

Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). (2019). 10vor10: Automobilbranche im Umbruch. (17.01.2019). Online verfügbar unter: https://www.srf.ch/play/tv/10vor10/video/automobilbranche-im-umbruch?urn=urn%3Asrf%3Avideo%3Af6aae9fc-7756-43b1-a903-9a84e380def7 (letzter Zugriff: 02.11.2020)

TEP Energy GmbH & Ecoplan. (2020). Erneuerbare- und CO2-freie Wärmeversorgung Schweiz. Studie im Auftrag der AEE SUISSE und der Wärme Initiative Schweiz.

Umwelt Bundesamt. (2020). Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand (letzter Zugriff: 02.11.2020)

Anhang

A. Ergänzungen im Bereich der erneuerbaren Energien

A.1 Arbeitsplätze in der Energieversorgung, Auswirkungen des kommenden Strukturwandels

Nachfolgend wird für den Kanton Aargau die Anzahl Arbeitsplätze in der Energieversorgung sowie deren Entwicklung aufgezeigt. Die dazu verwendeten Statistiken sind auf einem relativ hohen Aggregationsniveau gehalten und betrachten die Energieversorgung als Ganzes, ohne zwischen verschiedenen Energieträgern zu unterscheiden. In diesem Sinne wird im vorliegenden Anhang A.1 der grössere Rahmen aufgezeigt.

Im Jahr 2018 umfasste die Wirtschaftsabteilung «Energieversorgung» gemäss Bundesamt für Statistik (BFS) 4'032 Beschäftigte im Kanton Aargau, welche sich auf 3'603 Vollzeitäquivalente (VZÄ) verteilten. Gemessen an allen Beschäftigten im Kanton Aargau entfällt auf den die Energieversorgung einen Anteil von 1.2% (VZÄ: 1.3%). Verglichen mit anderen Kantonen ist das ein hoher Wert; so lag der schweizweite Anteil der Beschäftigten in der Energieversorgung bei bloss 0.6%. (BFS STAT-TAB, 2020)

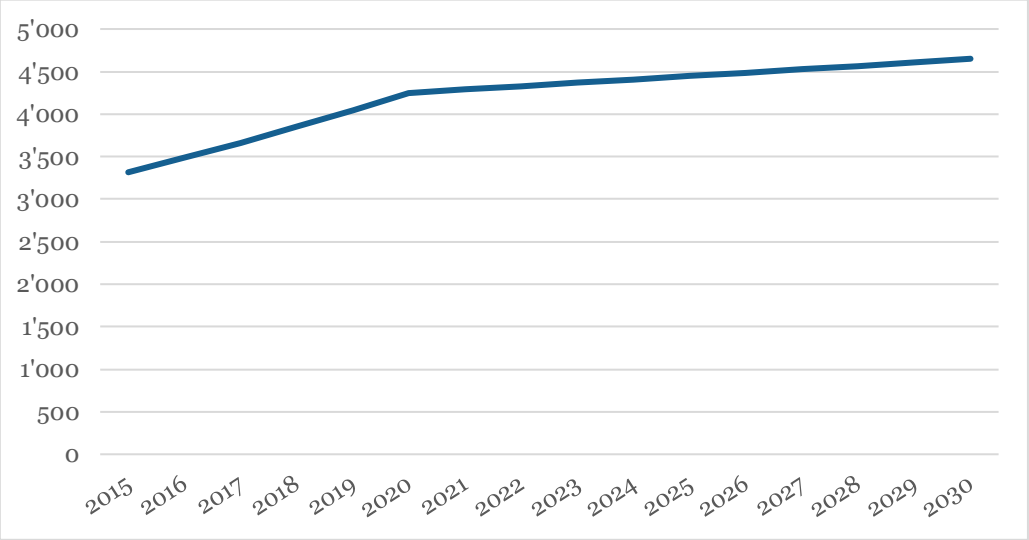
Zwischen 2011 und 2018 ist die Anzahl Beschäftigter in der Energieversorgung nahezu konstant geblieben. Erst sank sie zwischen 2011 und 2016 von 3'909 auf 3'649 Beschäftigte, dann stieg sie aber bis zum Jahr 2018 auf 4'032 Beschäftigte, was leicht über dem Wert von 2011 liegt. Schweizweit liess sich in diesem Zeitraum eine leichte Zunahme der Beschäftigten in der Energieversorgung beobachten, von 28’082 im Jahr 2011 auf 29’292 im Jahr 2018. Die Anzahl VZÄ sind erst ab 2015 verfügbar und weisen in den vier Jahren bis 2018 ebenfalls einen leichten Anstieg auf, sowohl für den Kanton Aargau wie auch gesamtschweizerisch. (BFS STAT-TAB, 2020)

Die gesamtschweizerische Entwicklung der VZÄ in der Energieversorgung in den nächsten Jahren wird in den Branchenszenarien des Bundesamtes für Energie abgebildet. Das Wachstum der VZÄ in der Energieversorgung ist positiv: Im Basisszenario wird von einem Beschäftigtenwachstum zwischen 2015 und 2020 von jährlich 0.51%, zwischen 2021 und 2030 von jährlich 0.09% ausgegangen. Im Vergleich zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung ist die Zunahme der VZÄ im Bereich der Energieversorgung jedoch unterdurchschnittlich. Es ist zu beachten, dass die Branchenszenarien für *alle* Branchen zwei separate Wachstumsraten für die Jahre 2015-2020 und 2021-2030 ausweisen. Der «Knick» in der Wachstumsrate im Jahr 2020 (vgl. Abbildung 5) ist also nicht nur im Energiesektor, sondern in allen Branchen vorhanden und dem Studiendesign geschuldet. Weiter ist zu beachten, dass das in den Branchenszenarien ausgewiesene Szenario für den Energiesektor mit Vorsicht zu interpretieren ist. Das in den Branchenszenarien verwendete Modell ist nicht in der Lage, den künftigen *Energieverbrauch* abzuschätzen. Zudem berücksichtigt das Modell der Branchenszenarien keine Substitutionsprozesse von fossilen hin zu erneuer-

baren Energieträgern. Stattdessen wird mit einem Energiesektor, der alle Energieträger beinhaltet, gerechnet. Das ermöglicht einzig, die Substitutions- und Preisreaktionen in energieintensiven versus energieextensiven Sektoren abzubilden. Im Modell wird mit einem ansteigenden Energiepreis gerechnet, der dazu führt, dass die Produktion von energieintensiven Gütern wegsubstituiert wird. Für die Approximation des Energiepreises stützt sich das Modell auf die Entwicklung in den internationalen Märkten und auf Energieabgaben wie die CO_2-Abgabe. (Ecoplan, 2019)

Überträgt man die genannten Wachstumsraten auf die Anzahl VZÄ im Kanton Aargau, ergeben sich im Jahr 2030 4'650 VZÄ in der Energieversorgung (vgl. Abbildung 5). Wie oben ausgeführt, können die aus den Wachstumsraten abgeleiteten Anzahl VZÄ jedoch nur als grobe Schätzung interpretiert werden. Die Branchenszenarien liefern somit erste Anhaltspunkte, eigenen sich aber nicht, um die Auswirkungen der Energiestrategien auf die Anzahl Arbeitsplätze im Kanton Aargau abzuleiten.

Abbildung 5: Anzahl VZÄ in der Energieversorgung im Kanton Aargau, Szenario bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf der Anzahl VZÄ von BFS (2019) und dem Basisszenario von Ecoplan (2019).

A.2 Arbeitsplätze im Kanton Aargau, Berechnungen

A.2.1 Konkrete Arbeitsschritte

Für unsere Berechnungen führen wir konkret folgende Arbeitsschritte aus:

1. *Replikation installierte Leistung 2010*: Die in Nathani et al. (2012) für das Jahr 2010 angegebenen Werte der installierten Leistung für Betrieb und Zubau werden repliziert. Wenn möglich werden dafür die in Nathani et al. (2012) angegebenen Quellen genutzt.

2. *Installierte Leistung 2019*: Aus den für die Replikation verwendeten Quellen werden die Zahlen des Betriebs und des Zubaus der installierten Leistung, differenziert nach Energieträger im Jahr 2019 entnommen.
3. *Veränderung der installierten Leistung*: Die prozentuale Veränderung (zwischen 2010 und 2019) der installierten Leistung (sowohl in Betrieb wie auch beim Zubau) wird basierend auf den in der Validierung gefundenen Zahlen von 2010 und den aktuellen Zahlen von 2019 berechnet.
4. *Veränderung der Arbeitsintensität*: Wenn die Arbeitsintensität (Anzahl Arbeitsplätze pro installierter Leistung) gleich geblieben wäre, könnte nun durch einen einfachen Dreisatz die Anzahl Arbeitsplätze im Jahr 2019 berechnet werden. Es kann jedoch sein, dass heute mehr oder auch weniger Arbeitsplätze benötigt werden, um eine bestimmte Leistung zu betreiben / zuzubauen. Daher wurde in der Unternehmensbefragung nach dem Faktor gefragt, um den sich die Arbeitsintensität verändert hat.
5. *Arbeitsplätze*: Basierend auf der Anzahl Arbeitsplätze in 2010, der Veränderung der installierten Leistung und dem Faktor der veränderten Arbeitsintensität konnte dann die Anzahl Arbeitsplätze im Jahr 2019 approximiert werden: (AP = Arbeitsplätze, BT = Betrieb, ZB = Zubau, AI = Arbeitsintensität)

$$AP_{2019} = \left(AP\ BT_{2010} * \frac{inst.\,Leist.\,BT_{2019}}{inst.\,Leist.\,BT_{2010}} * AI\right) + \left(AP\ ZB_{2010} * \frac{inst.\,Leist.\,ZB_{2019}}{inst.\,Leist.\,ZB_{2010}} * AI\right)$$

Bei den erneuerbaren Energien aus Wasserkraftanlagen, Windkraftanlagen, Photovoltaik und Verbrennungsanlagen wurde bei der Berechnung der Arbeitsplätze (Schritte 4 und 5) vom obigen Vorgehen abgewichen. Dafür gibt es zwei Gründe:

- Der Bau von Wasserkraft-, Windkraft- und Verbrennungsanlagen benötigt eine hohe Anfangsinvestition. Dabei werden viele Wertschöpfungsschritte öffentlich ausgeschrieben. Die meisten Unternehmen, welche typischerweise die Zuschläge erhalten, stammen nicht aus dem Kanton Aargau. Und selbst wenn in Zukunft sich ein Unternehmen im Kanton Aargau ansiedeln würde, das zum Beispiel wichtige Komponenten von Wasserkraftwerken herstellt, wäre es mit einer gewissen Zufälligkeit verbunden, ob dieses Unternehmen dann den Zuschlag einer öffentlichen Ausschreibung erhält. Im Gegensatz zu den anderen Energieträgern ist der Zusammenhang zwischen der installierten Leistung und dem Zubau also nicht einmal grob linear, sondern mit grossen Schwankungen verbunden.
- Die in Nathani et al. (2012) ausgewiesenen Arbeitsplätze enthalten nicht nur Arbeitsplätze, welche aus der Nachfrage nach erneuerbaren Energien *innerhalb* des Kantons stammen, sondern auch Arbeitsplätze, die primär durch den Export getragen werden. Die Studie nennt als die (damals) wichtigsten Exportunternehmen die Alstom (Schweiz) AG in Birr und Baden, die Produkte für die Wasserkraft exportiert und die ABB Schweiz AG in Baden, die Leistungselektronik und andere Vorprodukte für verschiedene EE-Technologien, insbesondere in den Bereichen PV und Windkraft, liefert. Sie weisen jedoch nicht aus, wie viel Prozent der Arbeitsplätze pro erneuerbarem Energieträger dem Export zuzurechnen sind. Daher kann die im Kanton installierte Leistung nicht in einen linearen Zusammenhang zur Anzahl Arbeitsplätze gestellt werden. Zudem hat Alstom, dessen Energiebereich mittlerweile von General Electric übernommen wurde, in den vergangenen zehn Jahren massiv Stellen im Kanton Aargau abgebaut, was eine Berechnung basierend auf Nathani et al. zusätzlich verkomplizierten würde.

Die Approximation der Anzahl Arbeitsplätze durch die Veränderung der installierten Leistung konnte in den Bereichen Photovoltaik, Wasserkraft-, Windkraft- und Verbrennungsanlagen somit

nicht basierend auf Nathani et al. (2012) durchgeführt werden. Stattdessen stützt sich die Berechnung der Anzahl Arbeitsplätze in den Schritten 4 und 5 auf direkte Angaben zum Zusammenhang zwischen der installierten Leistung und der Anzahl Arbeitsplätze aus anderen Studien und aus Fachgesprächen (vgl. Ausführungen in Kapitel A.2.3).

A.2.2 Ergebnisse Schritt 1 bis 3: Installierte Leistung für Betrieb und Zubau

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse von Arbeitsschritt 1 und 2 dargelegt. Tabelle 8 zeigt die installierte Leistung in Betrieb und Zubau, differenziert nach Energieträger. Anzumerken ist: Gemäss einer Auskunft des BFE kommt es relativ häufig vor, dass die in einem Jahr publizierten Zahlen in den Folgejahren revidiert werden, zum Beispiel, weil neue bzw. ausser Betrieb genommene Anlagen teilweise erst im Nachgang gemeldet werden. Das könnte die bei manchen Energieträgern entstandenen Differenzen zwischen der installierten Leistung gemäss Nathani et al. (2012) und der von uns gefundenen installierten Leistung erklären. Ein Lesebeispiel: Im Jahr 2010 betrug die im Kanton Aargau installierte Leistung in Grosswasserkraftwerken 494'300 kW. Im Jahr 2019 waren 494'200 kW installiert, somit beträgt der Veränderung seit 2010 (gerundet) 0%. Nebst dem *Betrieb* von Anlagen erneuerbarer Energien benötigt auch deren *Zubau* Arbeitsplätze, daher wird zusätzlich zur total installierten Leistung auch die pro Jahr neu zugebaute Leistung ausgewiesen. Bei den Grosswasserkraftwerken betrug der Zubau im Jahr 2010 37'150 kW. Im Jahr 2019 fand kein Zubau statt (0 kW). Verglichen mit den 37'150 kW des Jahres 2010 sank der Zubau-Wert somit um 100%.

Tabelle 8: Installierte Leistung und Zubau der erneuerbaren Energieträger

Technologie	2010		2019			
	Install. Leistung in kW (*Wert von Nathani et al.*)	Zubau in kW (*Wert von Nathani et al.*)	Installierte Leistung		Zubau	
			in kW	*Veränderung seit 2010*	*in kW*	*Vergleich mit 2010*
Grosswasserkraftwerke	494'300 (454'030)	37'150 (50'000)	494'200	-0%	0	-100%
Kleinwasserkraftwerke	42'240 (40'010)	1'450 (0)	47'920	+13%	0	-100%
PV-Anlagen	12'500 (8'501)	4'100 (2'699)	184'000	+1372%	30'000	+632%
Biogasanlagen[42]	3'106 (2'869)	0 (90)	8'653	+202%	557	+519%

[42] Für die Berechnung der Veränderung der installierten Leistung wurden für das Jahr 2010 die Zahlen von Nathani et al. (2012) und nicht wie sonst diejenigen der Validierung genommen. Der Grund ist, dass in der Validierung für das Jahr 2010 ein Zubau von 0 kW gefunden wurde, Nathani et al. (2012) aber einen Zubau von 90 kW ausweisen. Ein Zubau von 0 kW würde implizieren, dass man die in Nathani et al. (2012) gefundenen Arbeitsplätze alle dem *Betrieb* zurechnen müsste. Das wäre a) falsch und b) wäre es dem Modell so

Technologie	2010		2019			
	Install. Leistung in kW (*Wert von Nathani et al.*)	Zubau in kW (*Wert von Nathani et al.*)	Installierte Leistung		Zubau	
			in kW	*Veränderung seit 2010*	*in kW*	*Vergleich mit 2010*
Verbrennungsanlagen	32'816 (32'816)	1'374 (1'374)	37'053	+13%	447	-67%
Windkraft	10 (10)	10 (10)	10	0%	0	-100%
Holzfeuerungen (> 50 kW)	155'818 (124'654)	6'693 (5'250)	205'118	+32%	1'941	-71%
Holzheizungen (≤ 50 kW)[43]	539'446 (438'917)	0 (1'494)	370'340	-16%	0	-100%
Wärmepumpen	346'953 (350'362)	29'379 (32'851)	569'040	64%	33'120	13%
Solarthermische Anlagen	72'624 (63'240)	11'356 (8'817)	145'815	101%	2'002	-82%

Quellen: Wasserkraft: Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz (BFE 2020a), PV-Anlagen: Kanton Aargau (Departement Bau, Verkehr und Umwelt), Biogasanlagen: Angaben, die das BFE für diese Studie zur Verfügung gestellt hat, Verbrennungsanlagen: Teilstatistik Spezielle energetische Holznutzungen: Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle (BFE, 2019a) und Angaben, die das BFE für diese Studie zur Verfügung gestellt hat, Windkraft: interaktive Karte bezüglich Windenergieanlagen in der Schweiz (BFE 2020), Holzfeuerungen (> 50 kW): Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE 2011b), Holzheizungen (≤ 50 kW): Gebäude- und Wohnstatistik GWS (BFS, 2016) sowie die Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE 2011b), Solarthermische Anlagen und Wärmepumpen: Gebäude- und Wohnstatistik GWS (BFS, 2016) sowie die Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien des BFE (2011a und 2020c).

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Datenquellen und die notwendigen Berechnungen im Detail erläutert.

Wasserkraft

Analog zur Studie von Nathani et al. (2012) wird zwischen Gross- und Kleinwasserkraftwerkanlagen unterschieden, wobei die Grenze bei einer installierten Leistung von 10 MW gesetzt wird.[44] Als Datenquelle dient die Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz (BFE 2020a).[45]

nicht möglich, Aussagen über die Anzahl Arbeitsplätze im Zubau zu treffen. Die Abweichung zwischen Nathani et al. (2012) und Validierung ist gering.

[43] Hier wurde aus dem gleichen Grund wie oben die Zahlen von Nathani et al. (2012) und nicht die Zahlen der Validierung für die Berechnung der Veränderung genommen. Da die von Nathani et al. (2012) gefundene installierte Leistung für 2010 im Betrieb nicht mehr sehr gering von der Validierung abweicht, sondern 19% unter dem in der Validierung gefundenen Wert liegt, wurde die installierte Leistung im Betrieb im Jahr 2019 ebenfalls um 19% heruntergerechnet.

[44] Kleinstwasserkraftwerke bis 300 Kilowatt installierter Leistung sind in der Datenquelle nicht erfasst, werden aber als vernachlässigbar angesehen.

[45] Die installierte Leistung in der Wasserkraftanlage Albbruck hat sich zwischen 2018 und 2019 von 45.36 MW auf 45.26 MW reduziert. Hier und in den folgenden Energieträgern werden die seltenen Fälle mit einem

Photovoltaik

Die Zahlen der installierten Leistung wurden vom Kanton Aargau (Departement Bau, Verkehr und Umwelt) zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf der Datenbank von Swissgrid/Pronovo und auf Angaben vom Branchenverband Swissolar. Die im Kanton installierte PV-Leistung wurde vom Kanton Aargau wie folgt approximiert:

$$PV(AG) = \frac{PV_{Swisssolar}(CH)}{PV_{Swissgrid}(CH)} * PV_{Swissgrid}(AG)$$

Biogasanlagen

Als Datenquelle wurden Angaben verwendet, die das BFE für diese Studie zur Verfügung gestellt hat. Berücksichtigt wurden Biogasanlagen aus der Landwirtschaft, aus Industrie und Gewerbe und die Nutzung von Industrieabwässern. Die elektrische und die thermische Leistung wurden aufsummiert.

Wärmepumpen und Solarthermische Anlagen

Als Datenquellen wurden analog zur Studie von Nathani et al. (2012) die Tabelle «Wohnungen nach Heizungsart und Energieträger» der Gebäude- und Wohnstatistik GWS (BFS, 2016) sowie die Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien des BFE (2011a und 2020c) verwendet. Das Vorgehen war wie folgt: Zuerst wurde aus der Tabelle der GWS von denjenigen Wohnungen, die durch Wärmepumpen (resp. Sonnenkollektoren) heizen, der Anteil der Wohnungen im Kanton Aargau berechnet. Dieser Anteil wurde dann mit den (nur auf nationaler Ebene verfügbaren) installierten Leistungen in Wärmepumpen (resp. Sonnenkollektoren) aus der Statistik der erneuerbaren Energien multipliziert. Das ergibt die Formel:

$$inst.L.in\,Wärmep.(AG) = \frac{Anz.Wohnungen\,mit\,Wärmep.(AG)}{Anz.Wohnungen\,mit\,Wärmep.(CH)} * inst.L.in\,Wärmep.(CH)$$

Bemerkungen zu den Rechenschritten:

- Das Total der installierten Leistung in Wärmepumpen ist die Summe der installierten Leistungen in Elektromotorwärmepumpen und in Gas-/Dieselmotorwärmepumpen. Zwischen 2009 und 2010 nahm die installierte Leistung im Bereich Gas-/Dieselmotorwärmepumpen um 594 kW ab. Dieser negative Zubau wurde bei der Berechnung des Gesamtzubaus im Bereich Wärmepumpen auf null gesetzt (und nicht mit dem positiven Zubau im Bereich Elektromotorwärmepumpen verrechnet). Konsistent mit den anderen Energieträgern werden somit Arbeitsplätze für den *Abbau* nicht berücksichtigt.
- Das Total der installierten Leistungen in Sonnenkollektoren ist die Summe der drei Bestandteile Röhren- und Flachkollektoren, unverglaste Kollektoren sowie Kollektoren für die Heutrocknung. Zwischen 2018 und 2019 nahm die installierte Leistung im Bereich unverglaste Kollektoren um rund 460 kW ab. Auch dieser negative Zubau wurde bei der Berechnung des Gesamtzubaus im Bereich solarthermische Anlagen auf null gesetzt (und nicht mit dem Zubau

negativen Zubau als Zubau von null behandelt. Anders gesagt: Arbeitsplätze für den *Abbau* von erneuerbaren Energien werden nicht berücksichtigt.

in den Bereichen Röhren- und Flachkollektoren und Kollektoren für die Heutrocknung verrechnet). Seit 2012 wird die installierte Leistung der Kollektoren für die Heutrocknung nicht mehr ausgewiesen. Da sie sich in den Jahren 2000 bis 2011 nur geringfügig verändert hat (jeweils rund +1%) wurde sie basierend auf dem beobachtbaren Zeitraum auf das Jahr 2019 hochgerechnet.

- In der GWS sind die Tabellen Wohnungen nach Heizungsart und Energieträger nur bis und mit 2015 verfügbar. In den Jahren zwischen 2009 und 2015 lag der Aargauer Anteil der schweizweiten Wohnungen mit Sonnenkollektoren zwischen 7.2 und 10.4% (wobei sich die 10.4% auf das Jahr 2015 beziehen). Für die Schätzung der Zahlen für 2019 wurde von einem Anteil von 10% ausgegangen.[46] Der Anteil des Kantons Aargau an den schweizweiten Wärmepumpen lag in den Jahren 2009 bis 2015 zwischen 13.3% und 12.3%, wobei der Anteil stetig leicht abnahm. Für das Jahr 2019 wurde ein Anteil von 12.0% unterstellt.[47]

Windkraft

Als Datenquelle dient die interaktive Karte bezüglich Windenergieanlagen in der Schweiz des BFE (2020b). Im Kanton Aargau gibt es nur die Windenergieanlage «Schmiedrued», welche 2010 gebaut wurde und eine installierte Leistung von 10.0 kW hat.

Holzfeuerungen (> 50 kW)

Analog zur Studie von Nathani et al. (2012) wurde als Datenquelle die Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE 2011b) verwendet. Auch hier ist die gesamte installierte Leistung eine Summe mehrerer verschiedener Unterkategorien. Zwischen 2009 und 2010 wies die Unterkategorie «Automatische Feuerungen ausserhalb Holzverarbeitungsbetrieben und Pelletfeuerungen, 300 - 500 kW» einen geringen negativen Zubau von 130 kW auf, zwischen 2018 und 2019 wurde in der Unterkategorie «Automatische Feuerungen 50 - 300 kW innerhalb Holzverarbeitungsbetrieben» ein negativer Zubau von 88 kW gefunden. Wie immer wurden die negativen Werte bei der Berechnung des Zubaus auf null gesetzt.

Holzfeuerungen (≤ 50 kW)

Analog zur Studie von Nathani et al. (2012) wurde als Datenquelle die Tabelle «Wohnungen nach Heizungsart und Energieträger» der Gebäude- und Wohnstatistik GWS (BFS, 2016) sowie die Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE 2011b) verwendet. Das Vorgehen zur Berechnung ist analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen. In beiden Jahren gab es in den beiden Unterkategorien (Einzelraumheizung und Gebäudeheizungen) ausschliesslich negativen Zubau, der wie immer auf null gesetzt wurde. Die Tabellen Wohnungen nach Heizungsart und Energieträger sind nur bis und mit 2015 verfügbar. In den Jahren zwischen 2009 und 2015 lag der Aargauer Anteil an "Wohnungen mit Holzheizungen" gegenüber

[46] In den Jahren 2009 bis 2014 betrug der Anteil zwischen 7.2% und 8.2%, im Jahr 2015 stieg er auf 10.4%. Es fand im Jahr 2015 im Kanton Aargau also ein überproportional starker Ausbau an Sonnenkollektoren statt. Wir gehen davon aus, dass der Anteil um die 10% geblieben ist. Selbst wenn man aber von einem starken Rückgang auf 8% ausgehen würde, würde das das Modell nur geringfügig verändern (die Anzahl Arbeitsplätze würde um sieben VZÄ sinken).

[47] Die 12% folgen dem sinkenden Trend, berücksichtigen aber auch, dass im Kanton Aargau ein starker Zubau an Wärmepumpen stattgefunden hat, wodurch die Annahme eines *linear* sinkenden Anteils zu extrem wäre. Bei einem linearen Trend würden im Jahr 2019 ein kantonaler Anteil von 11.5% resultieren, was die gefundenen Arbeitsplätze um bloss 4% (von 598 zu 574) reduzieren würde.

der Schweiz zwischen 6.3 und 6.8%. Für die Schätzung der Zahlen für 2019 wurde von einem Anteil von 6.7% ausgegangen, was dem Anteil 2015 entspricht.[48]

Verbrennungsanlagen

Zu den Verbrennungsanlagen gezählt werden:

- KVA & Feuerungen für erneuerbare Abfälle
- Holz-WKK-Anlagen und Feuerungen für Holzabfälle (elektrische Leistung)
- Feuerungen für erneuerbare Abfälle inkl. Holz (Wärmeleistung)

Da die Anzahl Beschäftigte in Nathani et al. (2012) nur für alle drei Typen von Verbrennungsanlagen kumuliert ausgewiesen ist, werden auch die installierten Leistungen aufsummiert. Da es sich a) um sehr wenige Arbeitsplätze in diesem Bereich und b) nur um eine leichte Veränderung zwischen 2010 und 2019 handelt, sollte die daraus entstehende Unschärfe gering ausfallen. Für KVA & Feuerungen für erneuerbare Abfälle wurden als Datenquelle kantonsspezifische Angaben, welche das BFE für diese Studie zur Verfügung gestellt hat, verwendet. Bei den anderen beiden Verbrennungsanlagen wurde auf den nationalen Anstieg der installierten Leistung zwischen 2010 und 2019 basierend auf der «Teilstatistik Spezielle energetische Holznutzungen: Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle» (BFE, 2019a) zurückgegriffen. Die in Nathani et al. (2012) ausgewiesene installierte Leistung für den Kanton Aargau wurde dann um diesen Anstieg hochgerechnet, wobei bei der Berechnung des Zubaus ein linearer Anstieg angenommen wurde.

A.2.3 Ergebnisse Schritt 4 und 5: Berechnung der Anzahl Arbeitsplätze

Nachfolgend wird pro Energieträger die Anzahl Arbeitsplätze im Kanton Aargau approximiert. Dabei handelt es sich um die Anzahl Arbeitsplätze, welche direkt durch die Nachfrage nach erneuerbaren Energien im Kanton Aargau entsteht (ohne Exporte). Wie in Anhang A.2.1 ausgeführt, unterscheidet sich das Vorgehen je nach Energieträger:

- In den Bereichen Biogasanlagen, Holzfeuerungen (> 50 kW), Holzheizungen (≤ 50 kW), Wärmepumpen und solarthermische Anlagen werden die Arbeitsplätze anhand des Zuwachses der installierten Leistung approximiert, wobei wir uns auf die Erkenntnisse von Nathani et al. (2012) stützen.
- In den Bereichen Photovoltaik, Wasserkraft-, Windkraft- und Verbrennungsanlagen werden die Arbeitsplätze basierend auf weiterer Literatur und basierend auf verschiedenen Fachgesprächen approximiert. Das Vorgehen basierend auf der Studie von Nathani et al. (2012) würde hier zu nicht ganz richtigen Resultaten führen (vgl. Ausführungen in Kapitel A.2.1).

Gruppe 1: Basierend auf Nathani et al. (2012)

Dank den Arbeitsschritten 1-3 (wie oben erläutert) sind die Werte der installierten Leistung in Betrieb und Zubau nach Energieträger für die Jahre 2010 und 2019 bekannt. Nathani et al. (2012) weisen die Arbeitsplätze im Jahr 2010 aus. Ein einfacher Dreisatz ist dann möglich, wenn sich die Arbeitsintensität, also die benötigten Arbeitsplätze, um ein MW erneuerbare Energie zu betreiben / zuzubauen, bei den jeweiligen Energieträgern in den letzten zehn Jahren nicht verändert hat. In

[48] Nähme man stattdessen einen Anteil von 6.5%, würde das Modell nur fünf Arbeitsplätze weniger ausweisen.

Arbeitsschritt 4 wird deshalb die Frage geklärt, ob die Arbeitsintensität pro Megawatt installierter Leistung gleich geblieben ist, ob sie sich erhöht oder reduziert hat. Dazu wurden Fachgespräche mit Unternehmen und Verbänden geführt. Die daraus abgeleiteten Veränderungen der Arbeitsintensität pro Energieträger sind in Tabelle 9 aufgeführt. Eine Veränderung von -10% bedeutet, dass es im Jahr 2019 rund 10% weniger Arbeitsplätze braucht, um eine gegebene Menge MW des Energieträgers zu betreiben / zuzubauen.

Tabelle 9: Veränderung der Arbeitsintensität

Technologie	Betrieb	Zubau
Biogasanlagen	-10%	-25%
Holzfeuerungen (> 50 kW)	-15%	+25%
Holzheizungen (≤ 50 kW)	-10%	+50%
Wärmepumpen	0%	-10%
Solarthermische Anlagen	0%	0%

In Schritt 5 können basierend auf den Informationen der Schritte 1 bis 4 die Anzahl Arbeitsplätze für Zubau und Betrieb der Anlagen im Bereich der erneuerbaren Energien berechnet werden. Die entsprechende Formel lautet:

$$AP_{2019} = \left(APBT_{2010} * \frac{Leistung\ BT_{2019}}{Leistung\ BT_{2010}} * (1 + \Delta AI)\right) + \left(APZB_{2010} * \frac{Leist.ZB_{2019}}{Leist.ZB_{2010}} * (1 + \Delta AI)\right)$$

mit AP = Arbeitsplätze, BT = Betrieb, ZB = Zubau, ΔAI = Veränderung der Arbeitsintensität.

Nathani et al. (2012) weisen die Anzahl Arbeitsplätze im Jahr 2010 nur im Total, aber nicht aufgeteilt nach Betrieb und Zubau aus. Die Verteilung der Arbeitsplätze auf Zubau und Betrieb wurde daher hier auf Basis der Investitions- bzw. Betriebskosten (die bekannt sind) und dem jeweiligen Anteil der Arbeitskosten, der in den Fachgesprächen abgefragt wurde, approximiert. Für die Arbeitsplätze im Betrieb ergibt sich die Formel

$$APBT_{2010} = \frac{(BK_{2010} * a_bk_{2010} * iL\ BT_{2010})}{(BK_{2010} * a_bk_{2010} * iL\ BT_{2010}) + (IK_{2010} * a_ik_{2010} * iL\ ZB_{2010})} * AP\ Total_{2010}$$

und für die Arbeitsplätze im Zubau die analoge Formel

$$APZB_{2010} = \frac{(IK_{2010} * a_ik_{2010} * iL\ ZB_{2010})}{(BK_{2010} * a_bk_{2010} * iL\ BT_{2010}) + (IK_{2010} * a_ik_{2010} * iL\ ZB_{2010})} * AP\ Total_{2010}$$

mit

- AP = Arbeitsplätze, BT = Betrieb, ZB = Zubau,
- BK = Betriebskosten pro kW, IK = Investitionskosten pro kW
- a_bt = Anteil Arbeitskosten der Betriebskosten, a_ik = Anteil Arbeitskosten an den Investitionskosten.
- iL BT = installierte Leistung Betrieb in kW, iL ZB = Zubau an installierter Leistung in kW

Die Aufteilung der Arbeitsplätze in Betrieb und Zubau wird also über die Verteilung der Arbeitskosten in Betrieb und Zubau approximiert. Die Annahme dahinter ist, dass der Durchschnittslohn in beiden Bereichen in etwa gleich ist, sodass von den Arbeitskosten auf die Anzahl Arbeiter geschlossen werden kann.

Tabelle 10 zeigt sowohl die Arbeitsplätze, die in Nathani et al. (2012) für das Jahr 2010 ausgewiesen wurde, wie auch die Ergebnisse der durch uns durchgeführten Berechnungen (jeweils Anzahl Arbeitsplätze pro Energieträger). Die dahinterstehenden Rechnungen basieren auf den oben genannten Formeln. Zur Veranschaulichung werden im Anschluss an die Tabelle beispielhaft die detaillierten Rechnungsschritte für die Anzahl Arbeitsplätze für den Bereich Wärmepumpen ausgeführt.

Tabelle 10: Arbeitsplätze im Bereich der ern. Energien im Kanton Aargau (2019), Gruppe 1

Technologie	Total 2010	Total 2019	Wachstum	Betrieb 2019	Zubau 2019
Biogasanlagen	70	232	+231%	131	101
Holzfeuerungen (> 50 kW)	300	270	-10%	238	32
Holzheizungen (≤ 50 kW)	240	169	-30%	169	0
Wärmepumpen	480	598	+25%	292	306
Solarthermische Anlagen	100	37	-63%	21	16

Veranschaulichung am Beispiel der Wärmepumpen:

- Bekannt aus Nathani et al. (2012): 2010 arbeiteten total 480 Personen im Bereich der Wärmepumpen. Die Betriebskosten betrugen 100 Fr./kW, die Investitionskosten 3'000 Fr./kW. (Nathani et al., 2012)
- In den Fachgesprächen wurde der Anteil der Arbeitskosten an den Gesamtkosten im Betrieb auf rund 75%, im Zubau auf rund 50% geschätzt. Die Arbeitskosten betrugen also
  - im Betrieb: 75% * 100 Fr./kW = 75 Fr./kW
  - im Zubau: 50% * 3000 Fr./kW = 1500 Fr./kW.
- Im Jahr 2010 betrug die installierte Leistung im Betrieb 346'953 kW, diejenige im Zubau 29'379 kW. Die Arbeitskosten betrugen also
  - im Betrieb: 75 Fr./kW * 346'953 kW = 26 Mio. Fr.
  - im Zubau: 1500 Fr./kW * 29'379 kW = 44 Mio. Fr.
- Das Verhältnis der Arbeitskosten im Jahr 2010 beträgt also 26 / (26+44) = 37% im Betrieb und 63% im Zubau (44 / (26+44)).
- Teilt man die Anzahl Arbeitsplätze nach diesem Verhältnis ein, resultieren für 2010
  - im Betrieb: 37% * 480 = 178 Arbeitsplätze
  - im Zubau 63% * 480 = 302 Arbeitsplätze.

- Die installierte Leistung im Betrieb ist zwischen 2010 und 2019 um 64% gewachsen, diejenige im Zubau um 13% (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9).
- Ob auch die Arbeitsplätze um diese Faktoren gewachsen sind hängt davon ab, ob die Arbeitsintensität (Anzahl Arbeitskräfte pro MW Betrieb resp. Zubau) gleich geblieben ist. Die befragten Experten waren sich einig, dass die Arbeitsintensität im *Betrieb* in den vergangenen 10 Jahren etwa konstant geblieben ist. Bezüglich der Arbeitsintensität im *Zubau* gab ein Unternehmen an, dass es für Administration und Overhead verglichen mit vor zehn Jahren nur noch rund die Hälfte der Arbeitskräfte benötigt. Das Unternehmen konnte jedoch keine Aussage zur Entwicklung der benötigten Arbeitskräfte in der *Installation* von Wärmepumpen machen. Ein anderes Unternehmen erachtet die Arbeitsintensität im Zubau allgemein als in etwa konstant. Somit wird im Zubau von einem leichten Rückgang der Arbeitsintensität um den Faktor 0.9 ausgegangen.
- Es ergeben sich die folgenden Rechnungen:
  - Arbeitsplätze im Betrieb: 178 (Wert 2010) * 1.64 (Zunahme der installierten Leistung um 64%) * 1 (gleichbleibende Arbeitsintensität) = 292 Arbeitsplätze
  - Arbeitsplätze im Zubau: 302 (Wert 2010) * 1.13 (Zunahme der installierten Leistung um 13%) * 0.9 (es braucht nun leicht weniger Arbeitskräfte für 1 MW Zubau) = 306 Arbeitsplätze
- Total resultieren 292 + 306 = 598 Arbeitsplätze im Bereich Wärmepumpen.

Gruppe 2: Basierend auf weiteren Quellen und Fachgesprächen

Nachfolgend werden die Energieträger beschrieben, bei denen die Berechnung der Arbeitsplätze nicht auf der Studie von Nathani et al. (2012) basiert (vgl. Anhang A.2.1 zu den Gründen). Als Quellen dienen andere Studien und Fachgespräche.

Photovoltaik

- Hier stützen wir uns auf eine Präsentation von Hüsser (2020). Darin werden die (zum Zeitpunkt des Abschlusses der vorliegenden Studie) aktuellsten Zahlen zum Verhältnis zwischen Arbeitsplätzen und installierter Leistung im Bereich der Photovoltaik ausgewiesen.

Wasserkraftanlagen

- *Betrieb*: Bei den Aargauer Wasserkraftanlagen erschien es uns sinnvoll, direkt die Anzahl Vollzeitäquivalente, die für deren Unterhalt und Betrieb (inkl. Administration) beschäftigt sind, zu recherchieren. Bei zwei Wasserkraftanlagen fanden wir die Angaben online, die Betreiber der 24 übrigen Wasserkraftanlagen wurden telefonisch und per Mail angefragt. Von 20 der 24 befragten Wasserkraftanlagen erhielten wir die gewünschte Auskunft. Die Angaben der Anzahl Aargauer VZÄ wurden dann mit der im Kanton Aargau installierten Leistung der jeweiligen Wasserkraftwerke verglichen. Durchschnittlich wurde ein Verhältnis von 0.25 VZÄ/MW gefunden. Die meisten Wasserkraftanlagen bewegen sich in diesem Bereich.[49] Gemessen auf die gesamte im Kanton installierte Leistung in Klein- und Grosswasserkraftwerken (542 MW) beträgt die Anzahl Arbeitsplätze 134 VZÄ.

[49] Wir haben Angaben für 22 Wasserkraftwerke (2 durch Online-Recherchen, 20 durch die Befragung), in 17 der 22 Wasserkraftwerke liegt das Verhältnis zwischen 0.20 und 0.31 VZÄ/MW.

– *Zubau*: In den Fachgesprächen und in der obigen Befragung haben wir erfahren, dass die Anzahl Aargauer Arbeitsplätze für den Zubau eines Wasserkraftwerks im Kanton Aargau nicht verallgemeinerbar ist. Die Aufträge für Planung und Realisierung des Zubaus werden in der Regel öffentlich ausgeschrieben, wobei europaweit Unternehmen Angebote unterbreiten. Oft kommen die Maschinen und Generatoren aus Europa, die Bauarbeiten werden typischerweise von einem Schweizer Unternehmen durchgeführt (wobei es von Fall zu Fall unterschiedlich ist, ob dieses aus dem Kanton Aargau stammt).

Windkraftanlagen

– *Betrieb*: Momentan gibt es erst die sehr kleine Windkraftanlage «Schmiedrued», welche 2010 gebaut wurde und eine installierte Leistung von 10 kW hat. Deren Wartung reicht nicht, um im Kanton Aargau einen Arbeitsplatz im Betrieb von Windkraftanlagen zu generieren.
– *Zubau*: Im Jahr 2019 wurde keine Windkraftanlage gebaut, es entfallen somit Arbeitsplätze im Bereich des Zubaus.

Verbrennungsanlagen:

– Mit 80 Arbeitsplätzen weisen die Verbrennungsanlagen hinter Biogasanlagen in der Studie von Nathani et al. (2012) die zweittiefste Anzahl Arbeitsplätze aus. Wie diese zu Stande kommt, wird im Detail nicht ausgeführt. Es ist aber bekannt, dass die Arbeitsplätze im Bereich der KVA in diesen 80 Arbeitsplätzen miteinberechnet sind.
– Gemäss dem Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) beschäftigen die drei KVA im Kanton Aargau total 101 Vollzeitäquivalente. Die Anzahl Arbeitsplätze sei in den letzten zehn Jahren konstant geblieben. Wie viele dieser Arbeitsplätze zum Bereich der erneuerbaren Energien gezählt werden sollen, ist jedoch schwierig zu bestimmen. Analog zu den Statistiken des BFE und Nathani et al. (2012) haben wir bei der installierten Leistung einen erneuerbaren Anteil von 50% berücksichtigt. Teilt man auch 50% der 101 VZÄ in den Bereich der erneuerbaren Energien ein, resultieren 50.5 VZÄ.
– Da die Anzahl VZÄ im Bereich der KVA in den vergangenen zehn Jahren konstant geblieben ist, kann davon ausgegangen werden, dass in der Studie von Nathani et al. (2012) rund 50 der 80 unter Verbrennungsanlagen ausgewiesenen VZÄ aus KVA stammen.
– Bei den anderen Verbrennungsanlagen ist die installierte Leistung in den vergangenen Jahren um rund 24% gestiegen, es wurde im Jahr 2019 aber rund 67% weniger zugebaut als 2010. Mit der starken Annahme, dass sich diese zwei Effekte in etwa die Waage halten, zählen wir auch für das Jahr 2019 80 VZÄ. Diese Zahl ist definitiv mit einer Unschärfe verbunden, die Abweichung dürfte aber gering sein (vor allem, wenn man sie in den Kontext der total gefundenen Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien setzt). Wir teilen die Arbeitsplätze grob in 70 Betrieb und 10 Zubau auf.

B. Ergänzungen im Bereich Mobilität

B.1 Ergänzungen Bereich: Zulieferer

Obwohl die Schweiz keine eigene Automobilherstellerindustrie hat, sind hierzulande knapp 600 *zuliefernde* Unternehmen tätig, welche die globale Wertschöpfungskette der Fahrzeughersteller bedienen. Einen vertieften Einblick in die Struktur und die Entwicklungen der Automobilindustrie auf gesamtschweizerischen Ebene bietet die periodische Branchenanalyse des swiss Center for Automotive Research (swiss CAR): Von den rund 600 zuliefernden Unternehmen befinden sich 56 im Kanton Aargau (swiss CAR, 2019).[50]

Da die Branchenanalyse nur eine gesamtschweizerische Perspektive liefert, wurde ein Fachgespräch mit swiss CAR geführt. Das Gespräch machte deutlich, dass eine Prognose für die Entwicklung der Arbeitsplätze in der aargauischen Automobilindustrie nicht verlässlich machbar ist, da die Datengrundlage nicht vorhanden ist, bzw. eine Aufschlüsselung der Daten aus der Branchenanalyse angesichts der Vertraulichkeitserklärungen zwischen swissCAR und den befragten Unternehmen nicht zulässig ist. Es entfällt somit die Möglichkeit, die Fragestellungen von der nationalen auf die kantonale Ebene zu reduzieren. Zudem verhindert die Aggregation der Resultate die Identifizierung der Produktegruppen der einzelnen Unternehmen. Aus dem Fachgespräch mit swiss CAR ist ebenfalls bekannt, dass einige Unternehmen ihre Produkte nicht nur im Automobilsektor anbieten, was zu weiteren Verzerrungen einer allfälligen Schätzung führen würde. Eine selbstständige Datenerhebung mittels einer Befragung der Aargauer Zulieferunternehmen ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Nichtdestotrotz können auf Ebene einzelner Unternehmen sowie der gesamten Automobilbranche verschiedene Szenarien und exogene sowie endogene Wirkungsmechanismen aufgezeigt werden.

Wie eingangs erwähnt, sind die Schweizer Zulieferer in die globale Wertschöpfungskette der Automobilbauer integriert. Westeuropa – insbesondere Deutschland – wie auch die USA und China stellen die wichtigsten Absatzmärkte dar (swiss CAR, 2019, S. 28). Es stellt sich also zunächst die Frage, wie sich der *globale* Automobilmarkt innerhalb des nächsten Jahrzehnts entwickeln wird. Zahlreiche Automobilhersteller aus Europa, Asien und Nordamerika haben zum Ziel, ihre Fahrzeuglinien über die nächsten zehn Jahr vermehrt hybrid[51] (HEV/PHEV) – oder vollelektrisch (BEV)[52] zu gestalten (Deloitte, 2020; ICCT, 2018; Cambridge Econometrics, 2017). Prognosen gehen davon aus, dass elektrifizierte Fahrzeuge bis 2030 *rund ein Drittel* des Fahrzeugabsatzes ausmachen werden (BloombergNEF, 2020; Deloitte, 2020; NPM, 2020; CEM, 2019).

Dieser Trend zur Elektrifizierung hat Auswirkungen auf die Zulieferer:

[50] Dabei muss jedoch beachtet werden, dass nicht alle Unternehmen ausschliesslich in der Automobilbranche, sondern auch in anderen Branchen tätig sind.
[51] Hybridfahrzeuge verfügen über einen Verbrennungsmotor wie auch einen Elektromotor. Bei HEV (engl. Hybrid Electric Vehicles) bietet der elektrische Antrieb rund 2-5 Kilometer Reichweite und wird vom Verbrennungsmotor jeweils wieder aufgeladen. PHEV (engl. Plug-in Hybrid Electric Vehicles) hingegen, verfügen über grössere Batterien und können grössere Distanzen (30-50 Kilometer) im vollelektrischen Modus zurücklegen. Die PHEV Batterien können auch extern via Steckdose aufgeladen werden. (WiWo, 2017)
[52] Rein batteriebetriebene Fahrzeuge werden hiernach als BEV (engl. Battery Electric Vehicles) bezeichnet

- Es ist naheliegend, dass bei einer Zunahme von BEV die Produkte von denjenigen Zulieferern, welche bspw. Komponenten oder Anbauteile für herkömmliche Antriebsstränge produzieren, *weniger* nachgefragt würden. Dies würde schweizweit 27% der Zulieferunternehmen betreffen.
- 19% der Unternehmen stellen Anbauteile für elektrische Antriebe her und würden entsprechend einen *Zuwachs* der Nachfrage spüren (swiss CAR, 2019, S. 32).

Während der Antriebsstrang und der Tank bzw. die Batterien die grundlegenden Unterschiede zwischen herkömmlichen (ICE)[53] und Elektrofahrzeugen darstellen, sind gemäss dem Fachgespräch auch andere Bereiche des Automobils betroffen. So muss beispielsweise das Material des Bodeninnenraums angepasst werden, damit es den thermischen und akustischen Eigenheiten eines Elektrofahrzeugs gerecht wird. Schlussfolgerungen bezüglich der Nachfrage nach Komponenten und Anbauteilen basierend auf dem prognostizierten Zuwachs an Elektrofahrzeugen wären jedoch fehlgeleitet. Denn der prognostizierte Zuwachs betrifft nicht nur BEV, sondern auch HEV/PHEV (BloombergNEF, 2020; Deloitte, 2020, NPM, 2020). Demnach sind auf Verbrennungsmotoren spezialisierte Zulieferer vorerst weniger stark vom Wandel hin zu alternativen Antriebssträngen betroffen, als sie es bei einem reinen Zuwachs an BEV wären.

Nichtdestrotz, stellt der bevorstehende Wandel zumindest für 27% der Schweizer Zulieferer eine gewisse Gefahr dar, vor allem in Anbetracht dessen, dass die grössten Kunden – die deutschen Automobilhersteller – bis 2030 zunehmend ihre Fahrzeuglinien elektrifizieren (swiss Car, 2019, S. 31, Deloitte, 2020). Unter dem Strich schätzt swiss CAR die Auswirkungen einer Elektrifizierung der Mobilität für den Aargauer Arbeitsmarkt bis 2030 jedoch als neutral ein: Es werden Arbeitsplätze bei Unternehmen wegfallen, die sich nicht anpassen können und deren Geschäftsbereich entsprechend nicht mehr (adäquat) den Markt bedienen können. Doch die Schweizer Wirtschaft ist an der Weltspitze im Bereich Innovation. Laut swiss CAR zeugen auch die Automobilzulieferer von dieser Innovationskraft. Es gibt Evidenz dafür, dass Unternehmen, deren Kerngeschäft vom bevorstehenden Wandel bedroht ist, bereits Anpassungen vornehmen oder planen (swiss CAR, 2019, S. 49-51; SRF 2019). Gleichzeitig wird es Unternehmen geben, deren Geschäftsbereiche weiterhin relevant bleiben. ICE werden bis 2030 nicht von den Produktionslinien verschwinden und zahlreiche Bestandteile für die Fahrzeuge aller Antriebsarten sind entweder dieselben oder müssen lediglich angepasst werden. Wiederum haben dann aber auch die Zulieferer, deren Produkte durch die Zunahme von Elektrofahrzeugen vermehrt nachgefragt werden, ein erhöhtes Wachstumspotential.

B.2 Ergänzungen Bereich: Garagisten

Es werden die in Anhang B.1 eingeführten Abkürzungen BEV (rein batteriebetriebenen Fahrzeuge), HEV / PHEV (zwei verschiedene Arten von Hybridfahrzeugen) und ICE (herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren) verwendet.

Bei BEV fallen die periodischen Öl- und Filterwechsel weg. Zudem ist auch der Materialverschleiss bei BEV tiefer; einerseits sind ICE und HEV komplexer, d.h. aus mehr Bestandteilen aufgebaut, anderseits führt die durch den Motor verursachte Friktion dazu, dass die einzelnen Komponenten mehr Abnutzung erfahren (Diez, Schreier & Haag, 2014). Weiter erfahren BEV und

[53] Herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren werden als ICE (engl. Internal Combustion Engine) bezeichnet.

HEV/PHEV im Vergleich zu ICE rund 30% weniger Verschleiss der Bremsbeläge aufgrund der Energie-Rekuperation. Doch innerhalb der Kategorie HEV gibt es auch Unterschiede; je nach System wird der elektrische Antrieb im Verhältnis zum Verbrennungsmotor mehr oder weniger genutzt und entsprechend fällt die Wartungsart und der Wartungsaufwand unterschiedlich aus (vgl. Diez, Schreier & Haag, 2014, S. 14).

Welche Effekte die Verbreitung der Elektromobilität auf die Arbeitsplätze in Garagistenbetrieben haben könnte, legen Diez, Schreier & Haag (2014) in drei Szenarien für den deutschen Markt bis zum Jahr 2025 vor. Die drei postulierten Szenarien zeigen verschiedene mögliche Ausmasse der Diffusion von elektrifizierten Fahrzeugen und die damit einhergehenden Veränderung des Arbeitskräftebedarfs (Tabelle 11). Szenario 1 beschreibt eine «Langsame Diffusion», wobei der Beschäftigungsrückgang bei Garagisten zwischen 2013 und 2025 mit -1.9% verhältnismässig gering ausfallen würde. Szenario 2 zeigt eine «Beschleunigte Diffusion» mit einem Beschäftigungsrückgang von -5.8%. Szenario 3 wird als «Extrem Szenario BEV» bezeichnet, geht von einem hohen Bestand an BEV (40%) im Jahr 2025 aus, was zu einem relativ grossen Beschäftigungsrückgang von -7.7% führen würde.

Tabelle 11: Diffusionsszenarien der Antriebsarten ohne Bestandsveränderung

Antriebsart	Anteile		
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
ICE	75%	25%	25%
HEV	15%	35%	20%
PHEV	7.5%	20%	10%
BEV	2%	15%	40%
Wasserstoff	0.5%	5%	5%
Δ Arbeitskräftebedarf in %	-1.9%	-5.8%	-7.7%

Anmerkungen: Angaben aus Deutschland. Anteile am gesamten PKW-Bestand im Jahr 2025 / Δ Arbeitskräftebedarf zwischen 2013 – 2025 / ICE: Verbrennungsmotor, HEV: Hybrid, PHEV: Hybrid mit Plug-in Funktion, BEV: Vollelektrisch
Quelle: in Anlehnung an Diez, Schreier & Haag (2014)

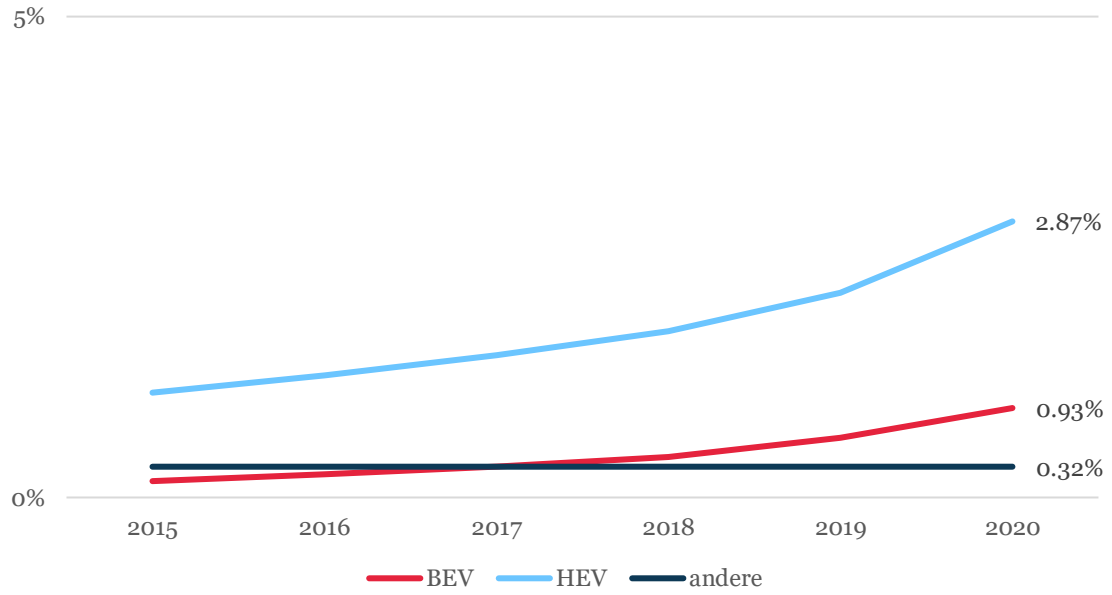
In Hinblick auf die im Jahr 2014 für das Jahr 2025 aufgestellten Szenarien zeigt sich in der Zwischenbilanz heute, dass der Bestand an Hybrid- und Elektrofahrzeugen zwar kontinuierlich wächst, jedoch ihr Anteil am deutschen gesamt PKW-Bestand noch auf einem sehr geringen Niveau liegt (1.4 %)[54]. Aus dieser Sicht scheint von den drei Szenarien das Erste am plausibelsten zu sein.

Ein Blick auf die Schweiz über die letzten fünf Jahre zeigt ein ähnliches Bild, wobei der Anteil an BEV und Hybridfahrzeugen leicht höher ist als in Deutschland (Abbildung 6). Der Verlauf der BEV im PKW-Bestand deutet darauf hin, dass im Jahr 2025 der im Szenario 1 postulierte Anteil von 2% nicht nur erreicht, sondern mit grosser Wahrscheinlichkeit überschritten wird. Dass sich der Bestand an Hybridfahrzeugen innert fünf Jahren auf 22.5% erhöht, erachten wir jedoch als weniger plausibel. Wird der Prognosezeitraum um fünf Jahre auf das für diese Studie relevante

[54] Entwicklung des PKW-Bestands nach Kraftstoffart 2012 – 2019 (Umwelt Bundesamt, 2020)

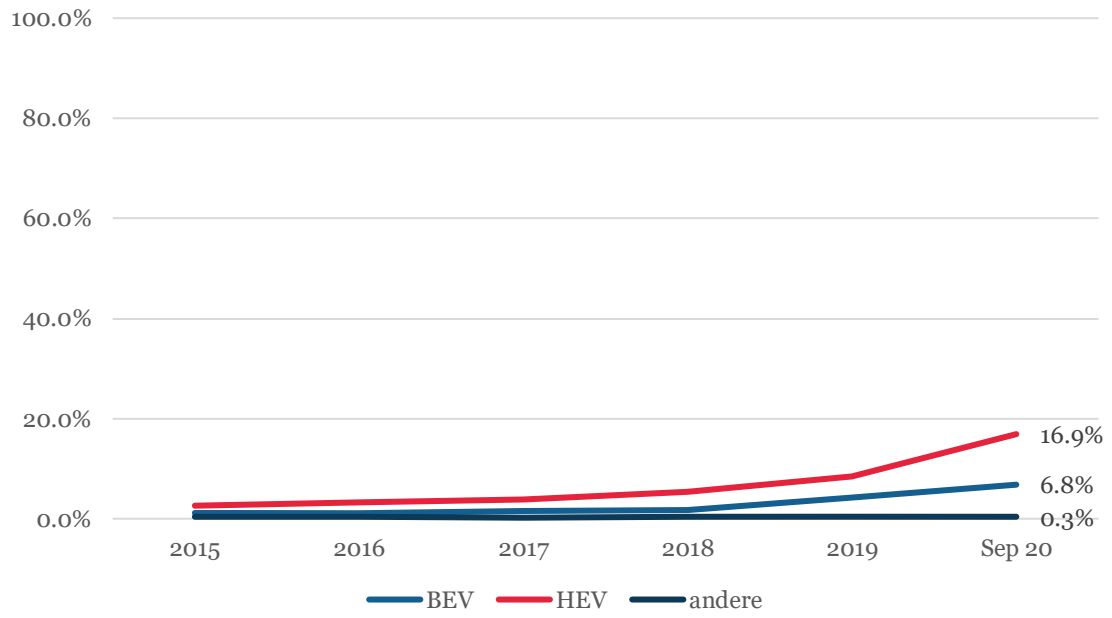
Jahr 2030 erweitert, dürften wir einen noch höheren Anteil an alternativen Antrieben erwarten, denn in der Schweiz ist heute jedes vierte verkaufte Auto entweder hybrid oder elektrisch (Abbildung 7).

Abbildung 6: Entwicklung des PKW-Bestands nach Antriebsart in der Schweiz (2015-2020)



Anmerkungen: HEV: Hybrid (inkl. Plug-in Hybridfahrzeuge), BEV: Vollelektrisch
Quelle: BFS / Eigene Darstellung

Abbildung 7: Entwicklung der Antriebsarten in der Schweiz in Marktanteilen (2015–2020)



Anmerkungen: HEV: Hybrid (inkl. Plug-in Hybridfahrzeuge), BEV: Vollelektrisch
Quelle: Autoschweiz / Eigene Darstellung

Der Zuwachs von elektrifizierten Fahrzeugen – vor allem denjenigen der Kategorie BEV - dürfte aufgrund ihres tieferen Reparatur- und Wartungsbedarfs zu einer Abnahme der Beschäftigung in Autowerkstätten führen. Wird allerdings in der kurzen- und mittleren Frist der wachsende Fahrzeugbestand miteinbezogen, vermindert sich dieser Effekt womöglich. Genau dies haben auch Diez, Schreier & Haag (2014) berücksichtigt, denn auch in Deutschland ist der Fahrzeugbestand gestiegen und soll über die nächsten Jahre weiter zunehmen. Die Autoren weisen deshalb zusätzlich die drei Szenarien unter Einbezug der Bestandsveränderung aus. Dabei ergeben sich drei neue Werte zum erwarteten Arbeitsverlust pro Betrieb.

Tabelle 12: Veränderung der Arbeitsplätzte pro Betrieb mit Bestandsveränderung

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Δ Arbeitskräftebedarf in %	2.8%	-1.3%	-3.3%

Quelle: in Anlehnung an: Diez, Schreier & Haag (2014). Die Angaben beziehen sich auf Deutschland.

In Deutschland wird von einem durchschnittlichen Bestandswachstum von 0.4% jährlich ausgegangen (Diez, Schreier & Haag, 2014, S.27). Basierend auf der Bestandentwicklung der letzten fünf Jahre liegt in der Schweiz das durchschnittliche jährliche Wachstum bei 0.87% – dies jedoch mit einer abnehmenden Tendenz. Diese Annahme wird auch von BAK (2019) bestätigt. Diese im Vergleich zu Deutschland höhere Wachstumsrate würde bedeuten, dass der positive Effekt im Szenario 1 verstärkt und die negativen Effekte in den Szenarien 2 und 3 grundsätzlich schwächer oder sogar positiv würden. Ausserdem geht BAK (2019) davon aus, dass aufgrund des steigenden Fahrzeugalters die Service- und Reparaturnachfrage konstant bleibt oder zunimmt.

C. Ergänzungen zu den Fachgesprächen

C.1 Befragte Unternehmen, Forschungsinstitutionen und Verbände

Befragt wurden:

- Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien (ABB, AEW Energie AG, Axpo, Basler & Hofmann AG, Eniwa, General Electric, Nova Energie und Stiebel Eltron AG)
- Unternehmen im Bereich der Heizungsinstallation (Hälg Group AG und Käufeler AG)
- Forschungsinstitutionen (Fachhochschule Nordwestschweiz und Paul Scherrer Institut)
- Verbände und Vereine im Bereich der erneuerbaren Energien (Swisssolar, Holzenergie Schweiz, Biomasse Suisse und Suisse Eole).

C.2 Fragebögen der Fachgespräche

C.2.1 Fragebogen Unternehmensbefragung

Einleitung

Im Auftrag des Kantons Aargau erarbeiten wir eine Studie zur Frage, wie sich die nationalen und kantonalen Energiestrategien auf die Zahl der Arbeitsplätze im Kanton AG auswirken. Als Teil der Analyse möchten wir mit ausgewählten Unternehmen und weiteren Organisationen im Kanton AG sprechen, die im Bereich der erneuerbaren Energien tätig sind. Wir freuen uns, wenn Sie uns durch Ihre Antworten unterstützen.

Definition Arbeitsplätze Erneuerbare Energien

Im Rahmen der Studie zählen wir folgende Firmen / Tätigkeitsfelder zu «Arbeitsplätzen im Bereich der erneuerbaren Energien»:

- Betreiber von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Betreiber von Wasserkraftanlagen, Holzheizkraftwerken oder Windenergieanlagen),
- Hersteller von (End-)Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Hersteller von Wasserkraftturbinen, Photovoltaik-Modulen oder Wärmepumpen),
- Hersteller von Brennstoffen, insb. aus Biomasse (z.B. Forstwirtschaft, holzverarbeitende Industrie, Pellethersteller),
- Ausrüster (d.h. Hersteller von Maschinen und Anlagen für die Herstellung von Endprodukten, z.B. Fertigungsstrassen zur Herstellung von Solarzellen oder PV-Module),
- Zulieferer, d.h. Hersteller von spezifischen Vorprodukten für Betreiber, Hersteller oder Ausrüster (z.B. Hersteller von Kabeln für PV- oder Windkraftanlagen),

- Relevante Dienstleister, z.B. Planungs- und Ingenieurbüros, andere Anbieter von technischen Dienstleistungen; aber keine allgemeinen Dienstleister wie Rechtsanwälte, Unternehmensberatungen oder Banken;
- Installateure, insbesondere von Heizungsanlagen oder PV-Anlagen,
- andere Unternehmen der Bauwirtschaft (z.B. Unternehmen, die Druckrohre für Wasserkraftanlagen verlegen),
- Handels- und Vertriebsunternehmen, d.h. Gross- und Detailhandelsunternehmen, die Endprodukte und (in geringerem Umfang) Vorprodukte vertreiben.
- Forschung

Frage 1: Tätigkeitsbereich Ihrer Firma

In welchen der oben genannten Bereiche ist Ihre Firma tätig?

- ☐ Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien
- ☐ Herstellung von (End-)Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien
- ☐ Herstellung von Brennstoffen, insb. aus Biomasse
- ☐ Ausrüstung
- ☐ Zulieferung von spezifischen Vorprodukten für Betreiber, Hersteller oder Ausrüster
- ☐ Dienstleistungen im Bereich der erneuerbaren Energie
- ☐ Installation, insbesondere von Heizungsanlagen oder PV-Anlagen
- ☐ Erweiterte Bauwirtschaft (z.B. Druckrohre für Wasserkraftanlagen verlegen)
- ☐ Handel und Vertrieb im Bereich der erneuerbaren Energie

Frage 2: Beschäftigte im Kanton Aargau

- Wie viele Beschäftigte Ihrer Firma arbeiten in den oben genannten Bereichen der erneuerbaren Energie im Kanton Aargau?
- Falls möglich: Wie verteilen sie sich auf die verschiedenen Kategorien? (Hersteller, Installation, Betrieb etc.)

Frage 3: Bedeutung Export / Nachfrage ausserhalb des Kantons AG

- Wie viele der oben genannten Arbeitsplätze sind (ungefähr) auf die Nachfrage *innerhalb* des Kantons Aargau zurückzuführen? Wie viele auf die Nachfrage von *ausserhalb* des Kantons?

Frage 4: Entwicklung der Arbeitsplätze: Seit 2010 und Blick in die Zukunft

- *Vergangenheit*: Wie viele Arbeitsplätze hatte Ihre Firma vor 10 Jahren im Bereich der erneuerbaren Energie im Kanton AG?

- *Zukunft*: Welche Entwicklung der Arbeitsplätze Ihrer Firma im Bereich der erneuerbaren Energie im Kanton Aargau erwarten Sie in den nächsten 5 Jahren? 10 Jahren?
- *Zukunft*: Unterscheidet sich die Entwicklung innerhalb Ihrer Firma in den nächsten 10 Jahren je nach Energieträger (Solarenergie, Wasserkraft etc.)?

Frage 5: Fragen zum Zusammenhang zwischen Arbeitsplätzen und installierter Leistung und Zubau (im Bereich der erneuerbaren Energie)

Auf Basis einer Studie aus dem Jahr 2010 können wir für das Jahr 2010 und für den Bereich der erneuerbaren Energie einen Zusammenhang zwischen a) der installierten Leistung / dem Zubau und b) den Arbeitsplätzen (im Bereich der erneuerbaren Energie) berechnen. Die heute im Kanton Aargau installierte Leistung (im Bereich der erneuerbaren Energie) und den jährlichen Zubau können wir (differenziert nach Energieträger) für die Jahre 2010 und 2019 verschiedenen Statistiken entnehmen. Vor diesem Hintergrund stellen wir gerne nachfolgende Fragen:

- Wie hat sich (in Ihrem Betrieb) das Verhältnis zwischen der Zahl der Arbeitsplätze und dem *Zubau* an installierter Leistung in den letzten 10 Jahren verändert? Wie hat sich das Verhältnis zwischen Arbeitsplätzen und dem *Betrieb* der Anlagen ungefähr verändert?
  - Bei welchen Energieträgern ist das Verhältnis mehr oder weniger konstant geblieben? (grobe Schätzung)
  - welche Energieträger wurden mehr oder weniger arbeitsintensiv? Um welchen Faktor? (grobe Schätzung)
- Wir würden gemeinsam die unten dargestellte Tabelle versuchen auszufüllen, sofern die entsprechenden Spalten und Zeilen für Ihren Tätigkeitsbereich relevant sind.

	Zubau	**Betrieb**
PV-Anlagen	Bsp: "*in etwa gleich*"	Bsp: "*heute nur noch die Hälfte an Arbeitskräften pro MW*"
Wasserkraft		
Wärmepumpen		
Holzfeuerungen (> 50 kW)		
Holzheizungen (≤ 50 kW)		
Windkraft		
Solarthermische Anlagen		
Verbrennungs-anlagen		
Biogasanlagen		

Hat sich in den vergangenen 10 Jahren das Verhältnis Arbeitskräfte pro Wertschöpfung geändert?

Frage 6: Einfluss energiepolitischer Massnahmen auf Arbeitsplätze

- Welche Massnahmen auf nationaler Ebene würden Auswirkungen auf die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energie in Ihrem Betrieb haben? Wie gross wäre der Effekt?
- Welche Massnahmen auf kantonaler Ebene würden Auswirkungen auf die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energie in Ihrem Betrieb haben? Wie gross wäre der Effekt?
- Welche Massnahmen auf kantonaler Ebene würden Ihrer Einschätzung nach Auswirkungen auf die Zahl der Arbeitsplätze in anderen Betrieben (im Kanton Aargau) haben?

C.2.2 Fragebogen Forschung

Einleitung

Im Auftrag des Kantons Aargau erarbeiten wir eine Studie zur Frage, wie sich die nationalen und kantonalen Energiestrategien auf die Zahl der Arbeitsplätze im Kanton AG auswirken. Als Teil der Analyse möchten wir mit ausgewählten Unternehmen und weiteren Organisationen im Kanton AG sprechen, die im Bereich der erneuerbaren Energien tätig sind (eine Liste mit Tätigkeitsbereichen, die wir grundsätzlich den erneuerbaren Energien zurechnen finden Sie am Schluss des Fragebogens). Wir freuen uns, wenn Sie uns durch Ihre Antworten unterstützen.

Frage 1: Forschungsschwerpunkte

Was sind Ihre Forschungsschwerpunkte im Bereich der erneuerbaren Energien?

Frage 2: Beschäftigte im Kanton Aargau

- Wie viele Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien zählt ihr Forschungszentrum / ihre Hochschule derzeit?
- Wie hat sich die Anzahl Beschäftigte in den vergangenen 10 Jahren entwickelt?
- Welche Entwicklung erwarten Sie in den nächsten 5 Jahren? 10 Jahren

Frage 3: Einfluss energiepolitischer Massnahmen auf Arbeitsplätze

- Welche Massnahmen auf nationaler Ebene würden Auswirkungen auf die Zahl der Forschungs-Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energie im Kanton Aargau haben? Wie gross wäre der Effekt?

– Welche Massnahmen auf kantonaler Ebene würden Auswirkungen auf die Zahl der Forschungs-Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energie im Kanton Aargau haben? Wie gross wäre der Effekt?

BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG | Aeschengraben 9 | 4051 Basel
T +41 61 262 05 55 | contact@bss-basel.ch | www.bss-basel.ch