



**Konzeptstudie
„Energiekette der Zukunft“
für den Landkreis Konstanz**

25.03.2024

Franz Reichenbach
ISC Konstanz e.V.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Konzeptstudie wird eine mögliche „Energiekette der Zukunft“ für den Landkreis Konstanz untersucht. Im Fokus steht dabei die Transformation der Sektoren, die momentan von fossilen Energieträgern abhängig sind. Dabei sollen alle Bereiche mit regenerativer Energie versorgt werden – in diesem Fall mit Photovoltaikenergie. Falls dies technisch nicht möglich ist, soll mit Hilfe der regenerativen Energie der synthetische Energieträger Methanol erzeugt werden.

Diese Studie gibt Auskunft darüber, wie groß der Flächenbedarf der Photovoltaikanlage sein muss und mit welchen Investitionskosten für PV-Anlagen gerechnet werden muss, um die im Landkreis Konstanz benötigte Energie selbst erzeugen zu können.

Bei der Durchführung der Studie wurden drei verschiedene Szenarien erarbeitet und der entsprechende Flächenbedarf für das jeweilige Energieszenario berechnet.

- Variante 1: Die Energie für die Verbraucher und für die Methanolproduktion wird zu 100% im Landkreis Konstanz erzeugt.
- Variante 2: Die Energie für die Verbraucher und für die Methanolproduktion wird zu 100% im Landkreis Konstanz erzeugt. Allerdings wird mit einem um 50% reduzierten Wärmeverbrauch für die privaten Haushalte gerechnet. Erreicht wird diese Reduktion durch Dämmmaßnahmen.
- Variante 3: In dieser Variante wird eine Reduktion des Wärmebedarfs im privaten Bereich um 50% angenommen. Darüber hinaus findet die Methanolproduktion extern statt und das benötigte Methanol wird in den Landkreis Konstanz importiert.

Als Ergebnis kann vorweggenommen werden, dass für die unterschiedlichen Varianten eine Fläche zwischen 2% und 8% des Landkreises für die Energieerzeugung durch Photovoltaik benötigt wird.

Autor/Autoren: Franz Reichenbach, Dr. Kristian Peter

Ansprechpartner: : franz.reichenbach@isc-konstanz.de, +49-7531-36183-670

Version: 1.1

Versionsdatum: 25.03.2024

International Solar Energy Research Center Konstanz e.V., Konstanz 2024

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	5
1.1	Landkreis Konstanz.....	7
1.2	Klimaziele	9
1.2.1	EU:.....	9
1.2.2	Deutschland	11
1.2.3	Baden-Württemberg	14
1.2.4	Landkreis Konstanz.....	14
2.	Mögliche Technologien.....	18
2.1	Wärmepumpen	18
2.2	BHKW	18
2.2.1	Brennstoffzelle – BZ-BHKW/KWK	18
2.2.2	Verbrennungsmotoren – BHKW/KWK.....	19
2.3	Batterien/Akkumulatoren	19
2.4	Power2X:	20
2.4.1	Wasserstoff, als zentraler Baustein der Energiewende.....	20
2.4.2	grünes Methanol	21
3.	Zu Grunde gelegte Daten.....	24
4.	Annahmen:.....	26
4.1	Transformation.....	26
4.2	weitere Annahmen:.....	31
4.2.1	PV: Kosten und benötigte Flächen	31
4.2.2	Energieumwandlung:	31
4.3	verwendete Grafikvorlagen:.....	32
5.	Ergebnisse	37
5.1	Variante1: Die benötigte elektrische und Wärmeenergie, sowie die Energie für die Methanolproduktion wird im Landkreis Konstanz erzeugt – falls erforderlichen über den Methanolweg	38
5.1.1	Strombedarf:	38
5.1.2	Wärmebedarf:.....	39
5.1.3	Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	41

5.1.4	Methanolverbrauch:.....	42
5.1.5	Methanolproduktion:	44
5.1.6	Erforderliche PV-Produktion:.....	45
5.2	Variante 2: Reduktion des privaten Wärmebedarfs durch Dämmmaßnahmen im Vergleich zum Stand heute.....	46
5.2.1	Strombedarf:	46
5.2.2	Wärmebedarf:	47
5.2.3	Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung, sowie Strombedarf in jahreszeitlicher Abhängigkeit	49
5.2.4	Methanolverbrauch:.....	50
5.2.5	Methanolproduktion:	51
5.2.6	Erforderliche PV-Produktion:.....	53
5.3	Variante 3: Methanolproduktion nicht im Landkreis Konstanz und 50% reduzierter Wärmebedarf im privaten Bereich	54
5.3.1	Strombedarf:	54
5.3.2	Wärmebedarf:	55
5.3.3	Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung in jahreszeitlicher Abhängigkeit	57
5.3.4	Methanolverbrauch:.....	58
5.3.5	Methanolproduktion:	59
5.3.6	Erforderliche PV-Produktion:.....	60
5.4	Übersicht der Ergebnisse:.....	61
6.	FAZIT.....	62
7.	Abbildungsverzeichnis:	64
8.	Tabellenverzeichnis:.....	65
9.	Versionsgeschichte	67

1. EINLEITUNG

In dieser Konzeptstudie wird die Möglichkeit untersucht, mit welchem Aufwand der Landkreis Konstanz komplett mit regenerativer Energie versorgt werden kann. Dabei soll möglichst viel Energie im Landkreis Konstanz selbst erzeugt werden.

Dies beinhaltet die komplette Versorgung mit Energie für die Sektoren:

- Strom (privat und gewerblich)
- Wärme (privat und gewerblich)
- Mobilität (Individualverkehr, Schwerlastverkehr, Landwirtschaft, Schifffahrt)

Um dies zu erreichen, müssen die bestehenden nicht regenerativen Energieträger durch neue Energieträger ersetzt werden. Da der Landkreis Konstanz nicht über nennenswerte Wind- und Wasserkraftanlagen verfügt, wird in dieser Studie nur mit Photovoltaik gerechnet. Lässt sich eine Anwendung nicht mit regenerativem Strom versorgen, sondern benötigt die Anwendung einen Energieträger mit einer größeren Energiedichte, oder Energie zu einem Zeitpunkt, zu der keine photovoltaisch erzeugte Energie zur Verfügung steht, so wird dies über synthetische Kraftstoffe abgedeckt. Dieser synthetische Kraftstoff wird ebenfalls über die regenerative Energie erzeugt – es handelt sich in dieser Studie um grünes Methanol.

Aber nicht nur die Umstellung der Energieträger ist zwingend erforderlich. Auch die Anwendungen müssen entsprechend auf den neuesten Stand der Technik angepasst werden. Für die Wärmeerzeugung müssen Wärmepumpen, bzw. methanolbetriebene Blockheizkraftwerke installiert werden. Im mobilen Bereich muss die Umstellung auf batterieelektrischen Antrieb (Kurzstrecke und Individualverkehr) sowie Brennstoffzellenfahrzeuge im Schwerlast und landwirtschaftlichen Bereich erfolgen.

Die Zielvorgabe dieser Studie ist die Versorgung aller Sektoren und Anwendungen über regenerative Energie – in diesem Fall die Versorgung über Photovoltaik. Da die Versorgung des gesamten Landkreises im Winter ohne Speicher nicht funktionieren kann, kommt als langfristiger Energiespeicher ebenfalls der synthetische Kraftstoff Methanol ins Spiel. Im Sommer wird Methanol in großen Mengen produziert, um im Winter für eine sichere Energieversorgung in allen Sektoren zu sorgen.

Als Ergebnis dieser Studie werden die erforderliche Menge an Photovoltaikenergie – inkl. Erforderlicher Flächen und Kosten –, die Menge an Methanolproduktion – inkl. CO₂ - und Wasserverbrauch sowie der energetische Mehraufwand, der über den Methanolfpfad verursacht wird, herauskommen.

Um die Klimaziele von Paris einhalten zu können, ist die Notwendigkeit einer raschen Energiewende hinlänglich bekannt, wissenschaftlich belegt, aber nicht immer gesellschaftlich akzeptiert.

Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen, sind eine klare Kommunikation und eine Energiewende mit klaren Zielen und Vorgaben zwingend erforderlich.

Die spannende Frage der anstehenden Energiewende wird sein, ob die Regionen in Deutschland in der Lage sind, ihre Energie für alle Sektoren selbst zu erzeugen, oder ob man auf Energieimporte angewiesen sein wird.

Diese Studie soll diese Fragen beantworten und die Transparenz gegenüber der Bevölkerung erhöhen.

1.1 Landkreis Konstanz

Der Landkreis Konstanz hat eine Fläche von 817,97km² und eine Einwohnerzahl von 288.097 (Stand 31.12.2021). Die Bevölkerungsdichte entspricht demnach 352 Einwohner pro km². Der Landkreis Konstanz liegt somit über dem Bundesdurchschnitt von 232 Einwohner pro km² (Stand 30.06.2021).¹

Die Fläche im Landkreis teilt sich wie folgt auf:

- 398,63km² Landwirtschaftsfläche = 48,7% - davon 8,75km² Obstanbau = 1,1% der Gesamtfläche
- 267,80km² Waldfläche = 32,7%
- 72,48km² Gebäude und Freifläche = 9,2%
- 47,46km² Verkehrsfläche = 5,8%
- 12.20km² Erholungsflächen = 1,5%
- 9,71km² Wasserfläche = 1,2%
- 4,25 km² sonstige Flächen = 0,5%

(Nach Daten des Statistischen Landesamtes, Stand 2021)²

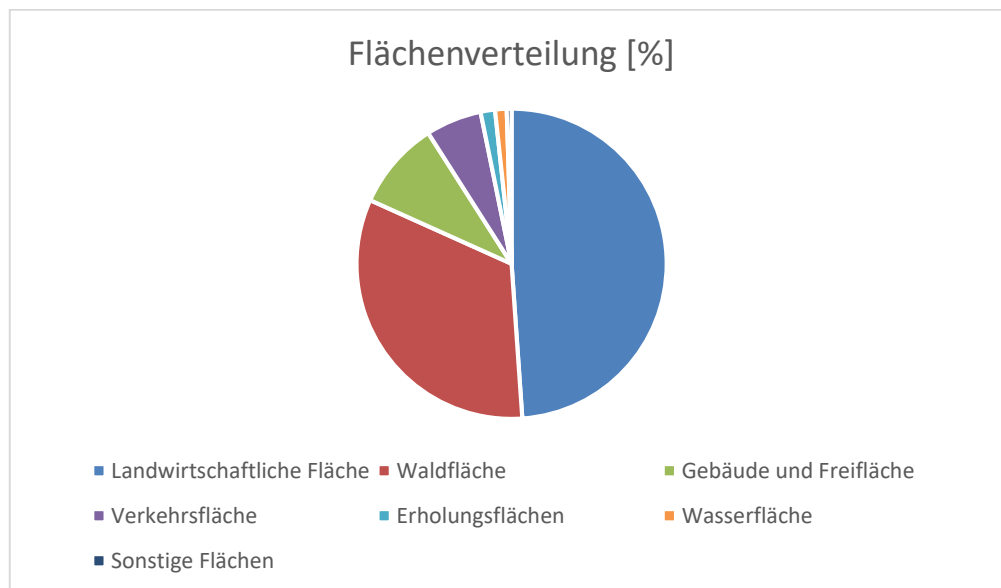


Abbildung 1: Verteilung der Flächen im Landkreis Konstanz

¹ Wikipedia: Landkreis Konstanz - https://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis_Konstanz

² Statistisches Landesamt: Fläche Landkreis Konstanz - <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/01515273.tab?R=KR335>

Konstanz als größte Stadt im Landkreis verfügt über eine Fläche von 54,12km² mit einer Einwohnerzahl von 84.736 (Stand 31.12.2021).³



Abbildung 2: Landkreis Konstanz⁴

³ Wikipedia: Stadt Konstanz - <https://de.wikipedia.org/wiki/Konstanz>

⁴ Wikipedia: Landkreis Konstanz - https://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis_Konstanz - Von Hagar66 based on work of TUBS - Eigenes Werk, basierend auf: Municipalities in Baden-Württemberg.svg von TUBS und Baden-Württemberg KN.svg von TUBS, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10105228>

1.2 Klimaziele

Die Klimaziele sind auf unterschiedlicher Ebene z.T. unterschiedlich geregelt. Im Folgenden findet sich eine Übersicht der kommunizierten Klimaziele.

1.2.1 EU:

ZUSAMMENFASSUNG:

Europa soll bis 2050 klimaneutral werden und bis 2030 mindestens 55 Prozent der Treibhausgase im Vergleich zu 1990 einsparen. Das EU-Klimagesetz legt diese Ziele erstmals gesetzlich fest. Dazu hat die EU-Kommission im Sommer 2020 Vorschläge für mehr als zwölf Gesetzesnovellen vorgestellt. Mit ihnen sollen die neuen Klimaziele umgesetzt werden. Die Einigung vom 17.12.2022 muss nun noch formell im Rat und im Europäischen Parlament bestätigt werden. Weitere Teile des FitFor55-Pakets werden im Jahr 2024 abgeschlossen.

Die Energieminister, das Parlament und die Kommission der EU haben wichtige Beschlüsse für den Klimaschutz gefasst: Rund dreiviertel aller europäischen CO₂ - Emissionen werden künftig in den Emissionshandel einbezogen – ab 2027 auch die aus Wärme und Verkehr. Der Ausbau von Solar- und Windenergie soll EU-weit massiv beschleunigt werden.

Die Bundesregierung unterstützt das Anliegen, den EU-Emissionshandel zu stärken und begrüßt die perspektivische Einführung eines Emissionshandels für Wärme und Verkehr. Die vom Rat der Energieminister, Parlament und Kommission der EU erzielte Einigung ist ein entscheidender Schritt, um die EU von fossiler Energieversorgung unabhängiger zu machen.

Mit der Einigung zum europäischen Emissionshandel ist der größte Teil des Fit-for-55-Programms ausverhandelt. Das Programm enthält alle Maßnahmen, mit der die EU-Mitgliedsstaaten ihre Klimaziele erreichen wollen: Die CO₂-Emissionen der EU müssen bis 2030 um 55 Prozent gegenüber 1990 sinken. Bis 2050 soll Europa treibhausgasneutral werden.

Verschärfung des bestehenden EU-Emissionshandelssystems

Der EU-Emissionshandel gibt Treibhausgasen einen Preis. Das betrifft bislang Energieunternehmen, die energieintensive Industrie sowie Teile des Luftverkehrs. Auch bisher wurden die Obergrenzen für die Gesamtemissionen einzelner Wirtschaftszweige jedes Jahr gesenkt.

Zukünftig sollen die Emissionsrechte noch stärker gekürzt werden – bis 2030 im Vergleich zu 2005 schrittweise um 62 Prozent (bisher 43 Prozent). Effiziente Unternehmen sollen künftig kostenlose Emissionszertifikate erhalten. Dagegen soll es bei ineffizienten Anlagen Kürzungen geben, wenn die Verantwortlichen keine Effizienzmaßnahmen durchführen.

Bislang erhalten der Luftverkehr und besonders im internationalen Wettbewerb stehende Industriesektoren kostenlose Emissionszertifikate. Diese sollen schrittweise abgeschafft werden. Auch die Seeschifffahrt soll ab 2024 mit in den Emissionshandel einbezogen werden.

Ein Teil der Einnahmen aus dem EU-Emissionshandel für Energie, Industrie, Luft- und Schifffahrt fließt in den Innovationsfonds, der Investitionen in klimafreundliche Technologien fördern soll.

Neuer Emissionshandel für Verkehr und Gebäude

Auch im Verkehr und in Gebäuden müssen mehr Treibhausgase eingespart werden. Deshalb soll ab 2027 ein neues Emissionshandelssystem für Gebäude, Straßenverkehr sowie für die Nutzung fossiler Brennstoffe in bestimmten Industriesektoren geschaffen werden – ähnlich dem deutschen Brennstoffemissionshandel.

Die CO₂-Zertifikate sollen – wie beim bisherigen europäischen Emissionshandel – frei am Markt gehandelt werden. Kostenlose Emissionsrechte sind nicht vorgesehen.

Klimasozialfonds für mehr Klimaschutzmaßnahmen und sozialen Ausgleich

Mit den Einnahmen des neuen Emissionshandels für Gebäude und Straßenverkehr von 65 Milliarden Euro soll ab 2026 bis 2032 ein neuer Klimasozialfonds finanziert werden. Zusätzlich werden die Mitgliedsstaaten mit eigenen Haushaltsmitteln zu den Maßnahmen beitragen, so dass insgesamt rund 86 Milliarden Euro für den sozialen Ausgleich zur Verfügung stehen.

Der Fonds soll vor allem Maßnahmen in effizientere Gebäude und emissionsärmere Mobilität unterstützen und hauptsächlich einkommensschwächeren Haushalten und Kleinunternehmen zugutekommen. Vorübergehend kann der Fonds auch direkte Einkommensbeihilfen für besonders vulnerable Haushalte finanzieren.

CO₂-Grenzausgleich für wettbewerbsfähige Unternehmen

Bereits ab dem Jahr 2023 wird mit einer Testphase von drei Jahren ein CO₂-Grenzausgleichsmechanismus eingeführt. Für den Stromsektor und ausgewählte, in die EU importierte Güter etwa aus der Zement-, Stahl-, Aluminium- oder Düngemittelindustrie soll ein CO₂-Preis erhoben werden. Der Mechanismus soll einen Ausgleich für europäische Unternehmen schaffen gegenüber Unternehmen aus anderen Wirtschaftsräumen, für die der EU-Emissionshandel nicht gilt.

Das Ziel: Die ehrgeizige Klimapolitik in Europa soll nicht zu einer Verlagerung von Treibhausgas-Emissionen in andere Länder führen, indem Unternehmen oder Produktionskapazitäten abwandern. Europäische Firmen sollen wettbewerbsfähig bleiben. Der CO₂-Grenzausgleichsmechanismus ist eng mit der Emissionshandelsrichtlinie verbunden. Er soll die Zuteilung kostenloser Emissionszertifikate bis 2035 ablösen.

Ausbau erneuerbarer Energien beschleunigen

Bis 2030 sollen 45 Prozent des Bruttoendverbrauchs aus erneuerbarer Energie stammen. Damit wird das bisherige Ziel von 32 Prozent deutlich angehoben. Die EU-Energieminister haben sich am 19. Dezember 2022 außerdem auf Änderungen der EU-Richtlinie geeinigt, um den Ausbau der erneuerbaren Energien zu beschleunigen: In Vorranggebieten werden die Genehmigungsverfahren ab 2023 beschleunigt. Es soll nur noch eine Strategische Umweltprüfung auf Projekt- und Planungsebene geben. Erneuerbare Energien und die erforderliche Netzinfrastruktur werden als überwiegendes öffentliches Interesse anerkannt. Damit sollen Genehmigung und Planung bereits ab Januar 2023 Vorfahrt bekommen.

Genehmigungsverfahren für Solaranlagen auf Gebäuden sowie für Wärmepumpen sollen verkürzt werden. Der Austausch bestehender Anlagen durch neuere und leistungsstärkere Technik soll vereinfacht ersetzt werden. Deutsche Wind-Vorranggebiete werden auf EU-Ebene als „Go-to Areas“ anerkannt und Projekte in solchen Gebieten schneller genehmigt.

Steigerung der Energieeffizienz

Für einen geringeren Energieverbrauch, weniger Treibhausgas-Emissionen und im Kampf gegen Energiearmut müssen die EU-Staaten Energie effizienter nutzen. Die Kommission hat in der Energieeffizienz-Richtlinie ein höheres Jahresziel für Einsparungen beim Energieverbrauch auf EU-Ebene vorgeschlagen. Das bestehende EU-weite Einsparziel wird nun nochmals deutlich angehoben. Gegenüber der erwarteten Verbrauchsentwicklung bis 2030 müssen der Primär- und der Endenergieverbrauch in der EU um neun Prozent sinken.

Ab 2035 nur noch CO₂-freie Neuwagen

In der EU dürfen ab 2035 neuzugelassene Fahrzeuge kein <https://nextcloud.com/de/install/> mehr ausstoßen. Denn die Flottengrenzwerte bei Personenkraftwagen sollen bis 2035 auf null sinken. Darauf hat sich der EU-Umweltrat Ende Juni 2022 geeinigt.⁵

1.2.2 Deutschland

Am 24.06.2021 hat der Deutsche Bundestag ein neues Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) beschlossen. Mit dem novellierten Gesetz wird das deutsche Treibhausgasminderungsziel für das Jahr 2030 auf minus 65 Prozent gegenüber 1990 angehoben. Bisher galt ein Minderungsziel von minus 55 Prozent. Bis 2040 müssen die Treibhausgase um 88 Prozent gemindert und bis 2045 Treibhausgasneutralität verbindlich erreicht werden. Auch die Vorgaben zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in den einzelnen Sektoren (Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr Landwirtschaft und Abfall) wurden verschärft. Darüber hinaus wurde erstmals ein verbindliches Ziel für natürliche Senken, also die Bindung von CO₂ durch zum Beispiel Wälder oder Moore, festgelegt. Mit den deutlich ambitionierteren Zielen setzt Deutschland neben den Vorgaben des Bundesverfassungsgerichts als erster EU-Staat auch die neuen europäischen Klimaziele um, die im Jahr 2021 unter deutscher Ratspräsidentschaft beschlossen wurden.

Um die Erreichung der neuen Klimaziele zu unterstützen hat Bundesregierung am 23.06.2021 ein Klimaschutzsofortprogramm 2022 verabschiedet. Mit dem Sofortprogramm werden in den kommenden Jahren rund 8 Milliarden Euro zusätzlich für Klimaschutzmaßnahmen in allen Sektoren zur Verfügung gestellt. Dabei stehen vor allem die Sektoren Industrie, Energiewirtschaft und Gebäude im Mittelpunkt. Die Maßnahmen in diesen Sektoren haben ein Gesamtvolumen von knapp 6,5 Milliarden Euro. Zusätzliche Mittel fließen unter anderem in die Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (BEG), das Investitionsprogramm Stahlindustrie und das Programm Dekarbonisierung der Industrie.

⁵ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/europa/fit-for-55-eu-1942402>

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

In Deutschland konnten die Treibhausgas-Emissionen seit 1990 deutlich vermindert werden. Nach aktuellen Berechnungen des Umweltbundesamtes (Stand März 2021) wurden im Jahr 2020 in Deutschland rund 739 Millionen Tonnen Treibhausgase freigesetzt (ohne Kohlendioxid-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Dies entspricht einer Minderung von rund 70 Millionen Tonnen oder 8,7 Prozent gegenüber dem Jahr 2019. Im Vergleich zum Jahr 1990 beträgt die absolute Minderung 509 Millionen Tonnen oder rund 41 Prozent. Zu diesen positiven Entwicklungen haben vor allem die Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Industrie beigetragen, die ihre Treibhausgasemissionen in diesem Zeitraum um rd. 53 Prozent, 43 Prozent beziehungsweise 37 Prozent deutlich gesenkt haben.

Klimaschutzplan 2050

Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung ist ein Gesamtkonzept für die Energie- und Klimapolitik bis zum Jahr 2050. Er legt die Maßnahmen fest, die erforderlich sind, um die gesetzten, langfristigen Klimaziele Deutschlands zu erreichen.

Darüber hinaus legt er auch eine klare Ausrichtung für die Industriepolitik fest und verbindet damit Klimaschutz mit dem Erhalt der industriellen Arbeitsplätze auch in den energieintensiven Industrien.

Im November 2016 wurde der Klimaschutzplan vom Kabinett beschlossen. Es wurde unter anderem beschlossen, einen Regionalfonds zu generieren, um neue Wertschöpfung und Arbeitsplätze in den Regionen des Strukturwandels zu schaffen, und bei den Sektorenzielen Korridore der CO₂ - Reduzierung für Energie, Industrie, Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft festgelegt.

Klimaschutzprogramm 2030

Die Bundesregierung hat im Oktober 2019 das Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen, für das sie für klimaschutzrelevante Maßnahmen für den Zeitraum 2020 bis 2023 Mittel in Höhe von etwa 54 Milliarden Euro bereitgestellt hat. Das Klimaschutzprogramm 2030 ist ein umfangreiches Maßnahmenpaket zur Erreichung der Klimaziele 2030, mit dem die Bundesregierung ein neues Maß an Verbindlichkeit in der deutschen Klimapolitik geschaffen hat.

Kernbestandteile sind der Anfang des Jahres eingeführte nationale Emissionshandel in den Bereichen Wärme und Verkehr, ein schrittweiser Ausstieg aus der Kohleverstromung, Entlastungen für Bürger und Wirtschaft sowie umfangreiche Fördermaßnahmen in den Sektoren Energie, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft.

Mit dem Zukunftspaket als Teil des Konjunkturpaketes 2020 hat die Bundesregierung weitere Klimaschutzmaßnahmen im zweistelligen Milliardenbereich auf den Weg gebracht, so z. B. die Förderung für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien unter anderem für den Einsatz in der Industrie.

Aktionsprogramm Klimaschutz 2020

Um das nationale Treibhausgasminderungsziel 2020 von 40 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu erreichen, hat die Bundesregierung am 3. Dezember 2014 das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020

beschlossen. Die Umsetzung der zahlreichen Programmmaßnahmen wurde in einem kontinuierlichen Prozess begleitet und jährlich im Klimaschutzbericht der Bundesregierung veröffentlicht. Der jüngste Klimaschutzbericht 2019 zeigt, dass die Maßnahmen wirken. Die im Jahr 2020 zu erwartende Treibhausgasmindeung des Maßnahmenpaketes liegt bei rd. 37 bis 48 Millionen Tonnen Treibhausgasen.

Breiter Instrumentenmix zur Erreichung der Klimaziele

Die deutsche Klimaschutzpolitik setzt zur Erreichung der vorgegebenen Ziele einen breiten Instrumentenmix ein. Dazu gehören neben dem EU- und nationalen Emissionshandel auch umfangreiche Fördermaßnahmen, wie das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für den Industriesektor geförderte Technologietransfer-Programm Leichtbau, welches auf die Entwicklung ressourceneffizienter Verfahren entlang des gesamten Produktlebenszyklus sowie neue Konstruktionstechniken und Materialien abzielt, oder Planungen für ein Programm zur Vermeidung und Nutzung von CO₂ in der energieintensiven Grundstoffindustrie mittels CCU/CCS-Technologien⁶. Wesentliche Treiber der aktiven Klimaschutzpolitik der Bundesregierung sind darüber hinaus das im Jahr 2020 novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz, das 2020 in Kraft getretene Gebäudeenergiegesetz, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, das Energieeinsparungsgesetz, die Energieeinsparverordnung und das Energiewirtschaftsgesetz sowie das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz und das Energie- und Klimafondsgesetz. Außerdem engagiert sich das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aktiv für eine Intensivierung der Zusammenarbeit zur Verbreitung klimafreundlicher Technologien und zur Anpassung an den Klimawandel im Rahmen des Technologiemechanismus der Klimarahmenkonvention.⁷

Weg zur Klimaneutralität

Das novellierte Klimaschutzgesetz schafft nicht nur mehr Generationengerechtigkeit, sondern auch mehr Planungssicherheit. Der Weg zur Klimaneutralität ist nun noch detaillierter festgelegt. Die Meilensteine im Überblick:

- Kabinettsbeschluss zum Klimaschutzgesetz vom 12. Mai 2021: Anhebung der jährlichen Minderungsziele pro Sektor für die Jahre 2023 bis 2030 und gesetzliche Festlegung der jährlichen Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040
- 2024: Festlegung der jährlichen Minderungsziele pro Sektor für die Jahre 2031 bis 2040
- Spätestens 2032: Festlegung der jährlichen Minderungsziele für die Jahre 2041 bis 2045
- 2034: Festlegung der jährlichen Minderungsziele pro Sektor für die letzte Phase bis zur Treibhausgasneutralität von 2041 bis 2045⁸

⁶ CCU/CCS – CarbonCapture Utilization/CarbonCaptureStorage

⁷ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-deutsche-klimaschutzpolitik.html>

⁸ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>

1.2.3 Baden-Württemberg

Klimaschutzziele des Landes Baden Württemberg

Das Klimaschutzgesetz macht klare Vorgaben, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren: Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent und bis 2040 soll über eine schrittweise Minderung Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) erreicht sein.⁹

1.2.4 Landkreis Konstanz

KLIMA- UND ENERGIEPOLITISCHES LEITBILD FÜR DEN LANDKREIS KONSTANZ

Das folgende klima- und energiepolitische Leitbild wurde am 30. Mai 2022 vom Kreistag des Landkreises Konstanz einstimmig beschlossen.

Rund 150 Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen (UN) haben sich mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 verpflichtet, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst sogar auf unter 1,5 °C zu beschränken. In Verbindung mit dem Pariser Klimaabkommen steht die ebenfalls 2015 von der UN verabschiedete Agenda 2030. Damit sind die insgesamt 17 Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals) gemeint. Auf deren Grundlage soll allen Erdbewohnerinnen und Erdbewohnern ein menschenwürdiges Leben ermöglicht und gleichermaßen die natürlichen Lebensgrundlagen für nachfolgende Generationen erhalten werden. Dazu zählen insbesondere die Bereiche Klima, Energie, Boden, Wasser, Luft, Natur- und Artenvielfalt.

Der Landkreis Konstanz hat viele unterschiedliche Facetten, wie:

- eine einzigartige, durch den Bodensee und die Hegau-Vulkane geprägte Kulturlandschaft,
- zahlreiche Schutzgebiete mit einer besonderen biologischen Vielfalt,
- eine durch vielfältige Landwirtschaft und auch durch Forstwirtschaft charakterisierte Landnutzung,
- ein breit gefächertes städtisches und dörfliches Leben im vorwiegend ländlich geprägten Raum,
- eine wachsende Bevölkerung in einer attraktiven Zuzugsregion,
- eine Vielzahl an touristischen Angeboten,
- lebendige Beziehungen zum Nachbarland Schweiz und den benachbarten Landkreisen,

⁹ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutzgesetz-baden-wuerttemberg>

- exzellente Wissenschaftskompetenzen in zahlreichen Sektoren (Universität Konstanz mit Exzellenzstatus, Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung und etliche industrielle Forschungscluster),
- zahlreiche international aktive Klein-, Mittel-, und Großunternehmen mit attraktiven Arbeitsplätzen.

Viele Nutzungen in unserer Region sind aber auch mit Belastungen für unsere Umwelt verbunden und beeinflussen das Klima. Deren Anteil und Wirkungen sind zwar nicht messbar, die überwiegend negativen Auswirkungen des globalen Klimawandels sind aber auch bei uns immer deutlicher zu spüren. Als kommunale sowie untere Verwaltungsbehörde des Landes kommt der Landkreisverwaltung mit ihren vielfältigen Kontakten zu den Kommunen, der Wirtschaft und den Einwohnerinnen und Einwohnern eine ganz entscheidende Rolle bei der Umsetzung von völkerrechtlich vereinbarten Klimaschutzzielen zu. Dazu gehört nicht nur die Gestaltung einer notwendigen Energiewende, sondern auch die Anpassung an die Wirkungen und Folgen des Klimawandels.

Der Landkreis Konstanz möchte alle Akteure bei ihren Bemühungen zur Umsetzung der Klimaschutzziele durch Beratung, Initiierung und Förderung von konkreten Projekten unterstützen und eine Vorbildfunktion einnehmen. Den Klimaschutzzielen des Landes Baden-Württemberg hat sich der Landkreis bereits angeschlossen, indem er dem Klimaschutzpakt des Landes beigetreten ist. Zur Vorbildfunktion gehört, dass bis zum Jahr 2040 eine klimaneutrale Landkreisverwaltung erreicht werden soll.

Die großen Kreisstädte – Konstanz, Singen, Radolfzell – sowie die Gemeinde Gailingen haben bereits eigene Klimaschutzkonzepte entwickelt.

Die Landkreisverwaltung und der Kreistag sind sich bewusst, dass die energie- und klimapolitischen Ziele nur gemeinsam und mit großen Anstrengungen von allen Akteuren erreicht werden können. Der Landkreis sieht sich in der Verantwortung, die Emission von Treibhausgasen als Ursache des Klimawandels zu reduzieren. Landkreisverwaltung und Kreistag verpflichten sich daher, sich bei allen entsprechenden Entscheidungen zukünftig auch an den Folgen beziehungsweise den Beiträgen am Klimaschutz zu orientieren. Der Landkreis strebt an, seinen Energiebedarf regional zu erzeugen, er wirkt auf Ressourcen- und Energieeinsparungen sowie auf effizientere Energienutzungen hin und fördert insgesamt den Einsatz regenerativer Energien. Ein zentrales Handlungsfeld wird die aktive Gestaltung einer notwendigen Mobilitätswende sein.

Im Detail plant und unterstützt der Landkreis Konstanz Maßnahmen mit positiven Wirkungen zum Klimaschutz:

- für einen effizienten Energieeinsatz, eine Begrenzung des Energieverbrauchs und Förderung der regenerativen Energien,
- im Bereich Klimawandelanpassung,

- im Bereich des Naturschutzes und der Biodiversität,
- zur Förderung von natürlichen und technischen Kohlenstoffsinken,
- zur Förderung des Holzbaus,
- im Bereich der Kreislaufwirtschaft,
- im Bereich der Land- und Forstwirtschaft,
- im Bereich der Ernährung,
- bei der öffentlichen Nahverkehrsplanung und -förderung,
- zur Unterstützung der Mobilitätswende,
- im Bereich Aufklärung und Bildungsarbeit,
- für einen nachhaltigen Tourismus,
- bei der Müll- und Plastikvermeidung,
- im Betrieb kommunaler Einrichtungen,
- bei landkreiseigenen Liegenschaften.

Das Engagement der Landkreisverwaltung im Bereich Nachhaltigkeit und Klimaschutz wird im Rahmen des European Energy Awards periodisch evaluiert und dokumentiert. Als Berichts- und Controlling- Instrument dient der bereits etablierte Monitor Energiewende-Bericht der HTWG. Auf dessen Grundlage wird zukünftig die kreisweite Energie- und Treibhausgasbilanz regelmäßig evaluiert.

UNSERE KLIMASCHUTZZIELE BIS 2030, 2040 UND 2045

Der durch die Menschheit verursachte Klimawandel und die Folgen werden in Berichten des Weltklimarates (IPCC) umfassend dargestellt. Der Klimawandel lässt sich nur durch eine sofortige und massive Reduktion von Treibhausgasen, insbesondere von Kohlendioxid, verlangsamen.

Der CO₂-Ausstoß muss in allen Sektoren (Private Haushalte, Gewerbe, Industrie, Verkehr sowie Landkreisverwaltung) durch Einsparungen, effizienteren Einsatz und Übergang auf erneuerbaren Energien nachhaltig gesenkt werden. Es gilt, mindestens die Klimaschutzziele des Bundes und Landes umzusetzen, siehe nachfolgende Übersicht (Bundes-Klimaschutzgesetz 2021, Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg 2021).

Tabelle 1: Klimaziele Landkreis Konstanz

	KLIMA (energiebedingte Treibhausgasemissionen)	ENERGIEEINSPARUNG	ERNEUERBARE ENERGIEN	
	CO2-Emissionen	Endenergiebedarf	Anteil Strom	Anteil Wärme
2025	> - 35 %	> - 20 %	> 50 %	> 35 %
2030	> - 65 % (Landesziel)	> - 30 %	> 80 % (Bundesziel)	> 65 %
2035	> - 85 %	> - 40 %	100 % (Bundesziel)	> 85 %
2040	- 100 % (Landesziel)	> - 50 %	100 %	100 %
2045	- 100 % (Bundesziel)	> - 55 %	100 %	100 %

2. MÖGLICHE TECHNOLOGIEN

Wie bereits erwähnt, muss der Energieträger auf regenerative Energieerzeugung umgestellt werden. Aber auch die Anwendungen müssen angepasst bzw. umgestellt werden. Ein großer Fokus kommt dabei der zukünftigen Wärmeerzeugung und Mobilität zu. Hier besteht ein großes CO₂ - Einsparpotential.

2.1 Wärmepumpen

Eine Wärmepumpe ist ein Gerät, das Wärme von einer Quelle niedriger Temperatur zu einer höheren Temperatur transportiert. Die Funktionsweise einer Wärmepumpe beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass sich Gase bei Druckerhöhung erwärmen und bei Druckverminderung abkühlen.

Eine Wärmepumpe besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Einem Verdampfer: Hier wird Wärme aus einer Quelle niedriger Temperatur, wie z.B. der Umgebungsluft oder dem Erdreich, aufgenommen um ein Kältemittel zu verdampfen.
- Einem Kompressor: Das Kältemittel wird durch den Kompressor verdichtet. Dadurch erhöhen sich der Druck und die Temperatur des Gases.
- Einem Kondensator: Hier gibt das Kältemittel die aufgenommene Wärme an das Heizsystem ab und kondensiert dabei wieder in den flüssigen Zustand.
- Einem Expansionsventil: Hier wird der Druck des flüssigen Kältemittels reduziert, wodurch die Temperatur sinkt und das Kältemittel wieder verdampft werden kann.

Durch diesen Kreislauf wird die Wärme aus einer Quelle niedriger Temperatur auf eine höhere Temperatur gehoben und kann dann zur Heizung von Gebäuden oder zur Bereitstellung von Warmwasser genutzt werden.

Wärmepumpen nutzen in der Regel elektrische Energie, um den Kompressor anzutreiben, aber sie können dennoch sehr effizient sein, da sie ein Vielfaches an Wärme produzieren können, verglichen mit der elektrischen Energie, die für den Betrieb benötigt wird. Dies liegt daran, dass der größte Teil der Wärme aus der Umgebung gewonnen wird und die Wärmepumpe lediglich die Energie benötigt, um diese Wärme auf ein höheres Temperaturniveau zu heben.

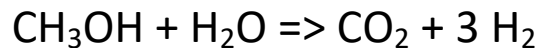
2.2 BHKW

2.2.1 Brennstoffzelle – BZ-BHKW/KWK

Brennstoffzellen sind elektrochemische Energiewandler, die in der Lage sind, chemische Energie ohne Verbrennung und Bewegung in Wärme und Strom umzuwandeln. Diese Umwandlung – auch kalte bzw. katalytische Verbrennung genannt – findet in einem Brennstoffzellenstapel statt. Wasserstoffatome spalten sich in der Anode auf, geben ein Elektron ab und das freigewordene Proton wandert durch eine protonenleitende Membran (PEM – Proton Exchange Membran) zur

Kathode. Das Elektron muss auf dem Weg zur Kathode den Umweg über einen elektrischen Verbraucher (Stromfluss) nehmen. Alle Reaktionsteilnehmer – Proton, Elektron und Luftsauerstoff – vereinigen sich an der Kathode zu Wasser. Neben Strom und Wärme produziert eine Brennstoffzelle nur Wasser in Form von Wasserdampf.

Kommt in der Brennstoffzelle kein reiner Wasserstoff zum Einsatz, sondern ein synthetischer Kraftstoff und Wasserstoffträger wie z.B. grünes Methanol, so muss Methanol vor dem Einsatz in der Brennstoffzelle reformiert und zu Wasserstoff umgewandelt werden.



Der produzierte Wasserstoff kann nun im Brennstoffzellenstack verarbeitet und zu Strom und Wärme umgewandelt werden.

Kommt ein kohlstoffhaltiger Energieträger zum Einsatz hat die Brennstoffzelle selbstverständlich Kohlendioxidemissionen. In diesem Fall ist es wichtig, dass grünes Methanol eingesetzt wird – also Methanol, welches durch CO₂-Abscheidung und Elektrolyse mit regenerativer Energie erzeugt wurde. In diesem Fall ist der Energiegewinnungsprozess nicht CO₂-frei, aber zumindest CO₂-neutral, da bei der Energieerzeugung die gleiche Menge Kohlendioxid freisetzt, wie sie für die Erzeugung des grünen Methanols verwendet wurde.

2.2.2 Verbrennungsmotoren – BHKW/KWK

Synthetische Kraftstoffe wie grünes Methanol kann aber auch über den herkömmlichen Prozess in einem Verbrennungsmotor für die Energiegewinnung genutzt werden. Dazu wird Methanol in einem 4-Taktmotor verbrannt. Da die Oktanzahl von Methanol nicht ausreicht, kann die Energiegewinnung nicht in einem Dieselp Prozess erfolgen, sondern muss über eine Fremdzündung aktiviert und verbrannt werden. Hierfür eignen sich die handelsüblichen Gasmotoren bzw. Benzinmotoren, die mit leichten Modifikationen auf die Verbrennung von Methanol angepasst werden können. In der Regel ist an einem solchen Motor ein Generator angeschlossen, über den die elektrische Stromerzeugung erfolgt. Die Motor- und die Abgaskühlung kann für die Wärmeerzeugung genutzt werden. Eine solche Motor-Generator-Kombination nennt man in der Regel Blockheizkraftwerk (BHKW) bzw. Kraftwärmekopplung (KWK)

2.3 Batterien/Akkumulatoren

Batterie bzw. eigentlich Akkumulatoren, sind elektrische Energiespeicher, die durch das Anlegen einer elektrischen Spannung beladen und durch das Absenken der angelegten Spannung wieder entladen werden können. Der Belade- und Entladevorgang benötigt eine gewisse Zeit, da die Batterien nur mit einer bestimmten Leistung be- bzw. entladen werden können. Die Batteriespeicher haben eine gewisse Kapazität, die die Speichergröße beschreibt. Ein Akku ist ein Energiespeicher und Energiewandler in einem Gerät, d.h., dass für die Speicherung und Entladung erforderliche Umwandlungsprozesse laufen direkt in der Batterie ab. Das ist der größte Unterschied

im Vergleich zu einer Brennstoffzelle. Die Brennstoffzelle ist nur der Energiewandler – der Energiespeicher ist der angeschlossene Tank, der beliebig vergrößert bzw. im Betrieb nachgefüllt werden kann.

Batteriespeicher eignen sich hauptsächlich für die kurzfristige Energiespeicherung (wenige Tage) im stationären Bereich und im mobilen Bereich für den Antrieb von PKW und mittelschweren Transportern.

2.4 Power2X:

"Power-to-X" (oft auch als "P2X" abgekürzt) ist ein Konzept, bei dem überschüssige erneuerbare Energie in Form von Strom oder Wärme genutzt wird, um chemische oder synthetische Energieträger zu produzieren, die dann als Brennstoffe, Rohstoffe oder Speichermedien genutzt werden können.

Ein Beispiel für Power-to-X ist Power-to-Gas (P2G), bei dem Wasserstoff und/oder Methan durch Elektrolyse von Wasser oder durch die Methanisierung von Kohlenstoffdioxid hergestellt wird. Der produzierte Wasserstoff oder das Methan kann dann als Brennstoff in der Industrie, im Verkehrssektor oder im Energiesystem eingesetzt werden.

Ein weiteres Beispiel ist Power-to-Liquid (P2L), bei dem Kohlenwasserstoffe wie Methanol, Ethanol oder synthetische Kraftstoffe aus erneuerbarem Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid hergestellt werden. Diese flüssigen Energieträger können dann als Treibstoffe für Flugzeuge, Schiffe und andere Fahrzeuge verwendet werden, da sie eine größere Energiedichte haben. Darüber hinaus sind sie leichter zu handhaben, da sie ohne Druck über einen langen Zeitraum gespeichert werden können. Sie eignen sich deshalb auch hervorragend als Langzeitspeicher (Saisonspeicher)

Power-to-X-Technologie trägt dazu bei, die Integration von erneuerbaren Energien in das Energiesystem zu verbessern, da sie überschüssige Energie aus intermittierenden erneuerbaren Quellen wie Solar- und Windenergie speichern und in Form von chemischen Energieträgern zur Verfügung stellen können, wenn sie benötigt werden.

In allen Fällen (P2X, P2G bzw. P2L) ist Wasserstoff ein zentraler Baustein der Energiewende.

2.4.1 Wasserstoff, als zentraler Baustein der Energiewende

Was ist Wasserstoff?

Wasserstoff ist ein chemisches Element, das in der Natur vorkommt, zum Beispiel in Kombination mit Sauerstoff-Atomen als Wasser (H_2O). Das chemische Element wird mit dem Buchstaben H abgekürzt und ist bei Normaltemperatur gasförmig.

Warum gilt Wasserstoff als Energieträger der Zukunft?

Wasserstoff ist ein flexibel einsetzbarer Energieträger - wenn er mit erneuerbaren Energien hergestellt wird, ist er zudem klimafreundlich. Sein Einsatz ermöglicht, Deutschlands Industrie

sowie den LKW-, Schiff- und Flugverkehr klimaschonend umzugestalten. Die Bundesregierung will die Energieversorgung in Deutschland auf eine breitere Basis stellen, um unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Wasserstoff spielt hier eine Schlüsselrolle. Neben den Vorteilen für das Klima und die Versorgungssicherheit haben Wasserstofftechnologien auch das Potenzial für viele zukunftsfähige Arbeitsplätze und einen globalen Milliardenmarkt.

Zum besseren Verständnis bzw. um die Herkunft besser definieren zu können, gibt es Wasserstoff in verschiedenen Farbbeschreibungen.

Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt – der dafür benötigte Strom für die Elektrolyse kommt ausschließlich aus erneuerbaren Energien. Der Prozess ist CO₂ -frei

Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Energieträgern, wie z.B. Erdgas mit Hilfe von einem Reformierungsprozess erzeugt. Das entstehende CO₂ gelangt in die Atmosphäre.

Bei **blauem Wasserstoff** handelt es sich im Grunde um grauen Wasserstoff. Der Unterschied: Bei blauem Wasserstoff wird das entstehende CO₂ gespeichert. Diese Art der Wasserstoffproduktion gilt deshalb als CO₂ -neutral.

Türkiser Wasserstoff entsteht durch die thermische Spaltung von Methan. Anstelle von CO₂ entsteht hierbei ein fester Kohlenstoff. Um diese Art der Produktion CO₂ -neutral zu gestalten, müssen erneuerbare Energien zum Einsatz kommen und der Kohlenstoff muss dauerhaft gebunden werden.

2.4.2 grünes Methanol

Grünes Methanol wird typischerweise aus erneuerbaren Quellen hergestellt, wie z.B. Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus der Umgebungsluft oder aus Biomasse. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, grünes Methanol herzustellen, aber die gängigste Methode ist die Verwendung von erneuerbarem Wasserstoff (H₂) und CO₂ als Ausgangsmaterialien.

Der Prozess zur Herstellung von grünem Methanol aus erneuerbarem Wasserstoff und CO₂ wird als "Power-to-Methanol" bezeichnet und umfasst die folgenden Schritte:

- Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser mithilfe von erneuerbaren Energiequellen wie Sonnenenergie oder Windkraft.
- Kombination von CO₂ aus der Umgebungsluft oder von Biomasse mit erneuerbarem Wasserstoff unter Verwendung von Katalysatoren und Energie, um Methanol zu produzieren.
- Reinigung und Aufbereitung des produzierten Methanols.

Der Prozess zur Herstellung von grünem Methanol hat das Potenzial, eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung von Industrie und Verkehrssektoren zu spielen, indem er als erneuerbarer

Brennstoff und Rohstoff für die Herstellung von Chemikalien und anderen Produkten verwendet wird.

Eigenschaften von Methanol:

Methanol ist eine farblose Flüssigkeit, die unter anderem als Lösungsmittel und Brennstoff eingesetzt wird. Hier sind einige der wichtigsten Eigenschaften, Vor- und Nachteile von Methanol:

Eigenschaften:

- Methanol hat eine niedrige Viskosität und einen hohen Siedepunkt.
- Es ist eine klare, farblose Flüssigkeit mit einem milden Geruch.
- Methanol ist ein polares Lösungsmittel und kann daher viele organische und anorganische Verbindungen lösen.
- Methanol brennt sehr gut und erzeugt eine hohe Flammentemperatur.

Insgesamt hat Methanol aufgrund seiner Eigenschaften und Vorteile Potenzial als Brennstoff und Lösungsmittel.

Wie viel Energie braucht man für die Erzeugung von grünem Methanol:

Die Menge an Energie, die zur Herstellung von einem Liter grünem Methanol benötigt wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Art der verwendeten Energiequelle, dem Produktionsverfahren und der Effizienz des Prozesses.

Die Herstellung von grünem Methanol erfolgt typischerweise durch die Umwandlung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) unter Verwendung von erneuerbarer Energie wie Sonnen- oder Windenergie in einer Elektrolyse-Anlage. Während der Elektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten, und der Wasserstoff wird dann in einer Synthesereaktion mit CO₂ zu Methanol umgewandelt.

Basierend auf typischen Prozessdaten für Elektrolyse und CO₂ -Abscheidung kann für den Methanolprozess ein Faktor von 2,1 angekommen werden. D.h., dass für die Produktion von Methanol mit einem Energieinhalt von 1kWh ein Energieverbrauch von 2,1 kWh angekommen werden kann. Die angegebene Energiemenge bezieht sich auf den gesamten Prozess und beinhaltet Wasseraufbereitung, Elektrolyse, CO₂ -Abscheidung, Methanolsynthese.

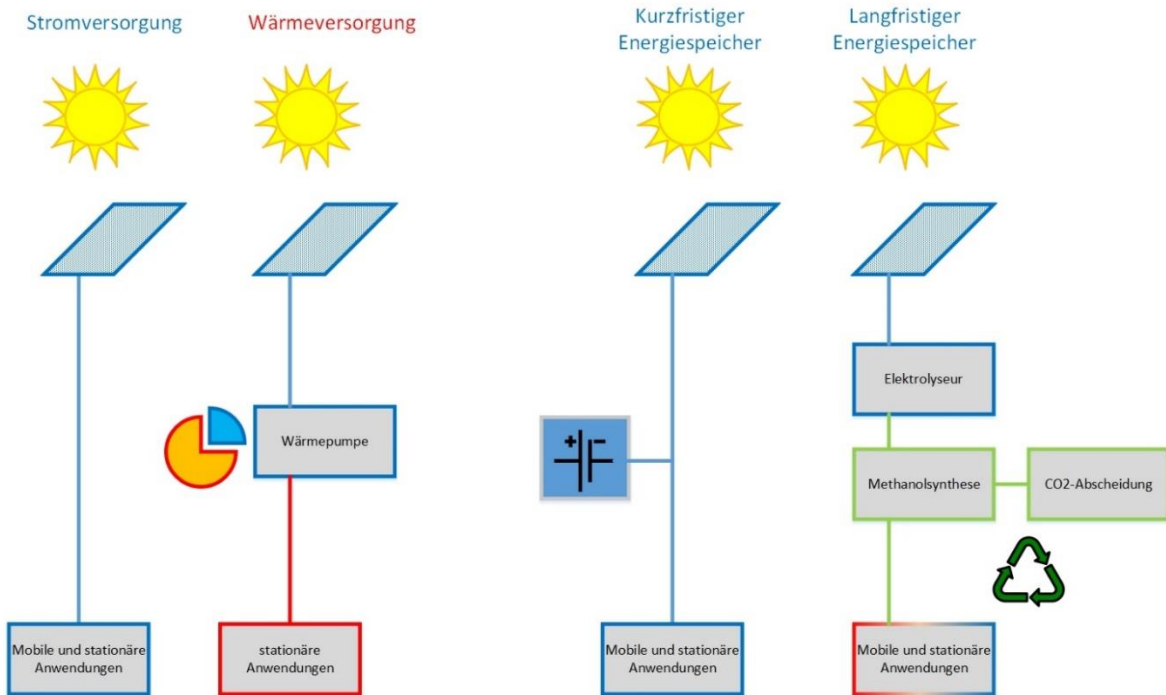


Abbildung 3: Energiekette der Zukunft

Die Energiekette der Zukunft zeigt die Strom -und Wärmeversorgung der Zukunft, sowie die kurz- und langfristigen Energiespeicher mit deren Hilfe Überschussenergie vom Sommer in den Winter transportiert werden kann, um dann daraus wieder Strom- und Wärme erzeugen zu können.

3. ZU GRUNDE GELEGTE DATEN

Als Grundlage für diese Arbeit diente hauptsächlich die Studie „Monitor Energiewende 2020“, die von der HTWG Konstanz (Prof. Thomas Stark und Sven Simon) für den Landkreis Konstanz erstellt wurde. Der Monitor Energiewende 2020 wurde verwendet, da zu Beginn der Studie keine aktuelleren Zahlen vorlagen. Ein Abgleich am Ende der Studie mit einem aktuelleren Monitor Energiewende ergab keine wesentlichen Veränderungen der Zahlen, so dass hier keine Aktualisierung mehr erfolgt ist.

Tabelle 2: Übersicht der Energieträger - aufgeteilt nach Sektoren Quelle: HTWG Konstanz – S. Simon – Angaben in MWh

Energieträger	Insgesamt	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Strom*	1.382.638	7.663	424.018	574.167	347.906	12.597	16.287
Diesel	1.083.215	1.052.212	-	-	-	-	31.003
Benzin	631.544	624.774	-	-	-	-	6.770
Heizöl	618.581	-	503.340	15.556	57.136	13.857	28.692
Erdgas *	2.379.835	6.577	901.741	563.333	791.663	32.753	83.766
Holz	229.788	-	127.953	3.611	94.444	3.779	-
Solarthermie	18.086	-	18.086	-	-	-	-
Fernwärme	166.533	-	17.089	93.889	55.556	-	-
Kohle	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige	347.778	-	-	347.778	-	-	-
SUMME	6.826.899	1.691.227	1.992.228	1.598.333	1.315.606	62.987	166.518

* Gesamtverbrauch von Strom und Erdgas nach Angaben der Netzbetreiber.

Tabelle 3: Genutzte Quellen zur Sektorenunterteilung des Erdgasverbrauches - Quelle: Prof. Stark – S. Simon

	Quelle	Daten
Haushalte	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg	Wohnbau Fertigstellungen
	Zensus 2011	Wohnfläche
	LUBW, 2022	Kleinf Feuer
	BWP, 2022	Wärmepumpenbestand
Industrie	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2022	Energieverbrauch der Industrie seit 2003
Verkehr	Verkehr Kraftfahrtbundesamt, 2022	Bestand an Kraftfahrzeugen
Öffentlich	Schätzung	Landesdurchschnittswerte angepasst

Landwirtschaft	Schätzung nach LRA Konstanz (2020), STL BW (2020) und KTBL (2020)	Energiestandard der Gewächshäuser*, Hektar LNF, Durchschnittsverbräuche pro Hektar
GHD	Schätzung	Restsumme nach Abzug der geschätzten Verbräuche der übrigen Sektoren

*Anteile der Energieträger an der Gewächshausbeheizung waren nicht bekannt.

Tabelle 4: Genutzte Quellen zur Sektorenunterteilung des Stromverbrauches - Quelle: HTWG Konstanz - Prof. Stark – S. Simon

	Quelle	Daten
Haushalte	BDEW, 2019	Stromverbrauch nach Haushaltsgrößen
	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2022	Haushalte nach Haushaltsgröße
	BWP, 2022	Wärmepumpenbestand
Industrie	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2022	Energieverbrauch der Industrie seit 2003
Verkehr	Kraftfahrtbundesamt, 2022	Bestand an Kraftfahrzeugen
	Verkehrsverbund Hegau Bodensee	Personenkilometer
Öffentlich	Schätzung	Landesdurchschnittswerte angepasst
Landwirtschaft	Schätzung nach STL BW (2020) und KTBL (2020)	Hektar LNF, Durchschnittsverbräuche pro Hektar
GHD	Schätzung	Restsumme nach Abzug der geschätzten Verbräuche der übrigen Sektoren

4. ANNAHMEN:

Um die Energiewende erfolgreich bewältigen zu können, muss die gesamte Energieversorgung auf nachhaltige und grüne Versorgung umgestellt werden. Dabei ist es wichtig, dass für die fossilen Energieträger eine Alternative gefunden und durch regenerative Energie ersetzt wird. Manche Bereiche lassen sich durch regenerativen Strom ersetzen – für andere Anwendungen wiederum ist ein Energieträger notwendig, der eine langfristige und einfache Speicherung der Energie zulässt. In diesem Fall ist Methanol die erste Wahl. Methanol eignet sich hervorragend dazu, regenerative Energie über einen langen Zeitraum zuverlässig zu speichern und kann somit problemlos als saisonaler Speicher eingesetzt werden. In diesem Fall ist zu erwähnen, dass die Verwendung von Methanol Kohlendioxid-Emissionen verursacht wird –daher ist es wichtig, dass das Methanol aus grünen Energiequellen und nachhaltigen CO₂ -Quellen, also nichtfossilen Ursprungs, produziert wird.

Als Primäre Energiequelle wird in dieser Studie die Energieerzeugung mittels Photovoltaik untersucht. Die Verwendung von Windkraft und die Verwendung von Wasserkraft wurde nicht weiter betrachtet, da der Landkreis Konstanz ein ausgesprochenes Schwachwindrevier ist und darüber hinaus über relativ wenig Wasserkraftanwendung verfügt.

4.1 Transformation

Strom:

1.382.638MWh/a

Tabelle 5: Transformation der Stromverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	Mobilität	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik1
Wohnen	Stromverbraucher	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik2
Industrie	Stromverbraucher	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik3
GHD	Stromverbraucher	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik3
Öffentlich	Stromverbraucher	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik3
Landwirtschaft	Stromverbraucher	Kein Ersatz – bleibt Strom	Grafik1

Diesel:

1.083.215MWh/a

Tabelle 6: Transformation der Dieserverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	Mobilität (PKW/LKW)	50% Strom/50% Methanol	Grafik1
Landwirtschaft	PKW/LKW/Landmaschinen	100% Methanol	Grafik4

Anmerkung – Diesel wandelt sich in der Landwirtschaft zu 100% Methanol (da Schwerlast). Im mobilen Bereich wandelt sich der Dieserverbrauch zu 50% in Strom und 50% in Methanol – wobei der dieseltreibene PKW-Verkehr von Strom versorgt und der dieseltreibene LKW-Verkehr aus Methanol versorgt wird.

Benzin:

631.544MWh/a

Tabelle 7: Transformation der Benzinverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	Mobilität	100% Strom	Grafik1
Landwirtschaft	Mobilität	100% Strom	Grafik2

Bei den Benzinfahrzeugen handelt es in der Regel um Personenfahrzeuge bzw. Fahrzeuge für den Individualverkehr – deshalb wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass dieser Verkehr zu 100% mit Strom versorgt wird (Batterieelektrische Fahrzeuge)

Heizöl:

618.581MWh/a

Tabelle 8: Transformation der Heizölverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Industrie	Wärme	100% Wärme	Grafik7
GHD	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Öffentlich	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Landwirtschaft	Wärme	100% Wärme	Grafik7

Der Heizölverbrauch in den genannten Sektoren dient zu 100% der Wärmeversorgung. Die Wärmeversorgung mit der entsprechenden Aufteilung wird in einem späteren Kapitel beleuchtet.

Erdgas:

2.379.835MWh/a

Tabelle 9: Transformation der Erdgasverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	Mobilität	100% Strom	Grafik1
Wohnen	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Industrie	Wärme	100% Wärme	Grafik6
GHD	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Öffentlich	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Landwirtschaft	Wärme	100% Wärme	Grafik7

Der Erdgasverbrauch in den genannten Sektoren dient – bis auf den Sektor Verkehr – fast ausschließlich der Wärmeerzeugung. Die Wärmeversorgung mit der entsprechenden Aufteilung wird in einem späteren Kapitel beleuchtet.

Bei Erdgasfahrzeugen handelt es sich in der Regel um PKW-Fahrzeuge, bei denen davon auszugehen ist, dass sie in Zukunft durch batterieelektrische Fahrzeuge erzeugt werden. Die Transformation findet daher in diesem Fall in Richtung regenerativen Strom statt.

Holz:

229.788MWh/a

Tabelle 10: Transformation der Holzverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Industrie	Wärme	100% Wärme	Grafik7
GHD	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Öffentlich	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Landwirtschaft	-	-	-

In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass der im Energiemonitor 2020 genannte Holzverbrauch hauptsächlich zur Wärmegewinnung eingesetzt wird.

Solarthermie:

18.086MWh/a

Tabelle 11: Transformation der Solarthermieverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Industrie	-	-	-
GHD	-	-	-
Öffentlich	-	-	-
Landwirtschaft	-	-	-

Fernwärme:

166.533MWh/a

Tabelle 12: Transformation der Fernwärmeverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Industrie	Wärme	100% Wärme	Grafik1
GHD	Wärme	100% Wärme	Grafik5
Öffentlich	Wärme	-	-
Landwirtschaft	Wärme	-	-

Fernwärme und Solarthermie werden auch in Zukunft für die Wärmeerzeugung eingesetzt werden und sind dem jeweiligen jahreszeitlichen Verbrauch über die entsprechenden Grafiken zugeordnet.

Kohle:

0MWh/a

Tabelle 13: Transformation der Kohleverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	-	-	-
Industrie	-	-	-
GHD	-	-	-
Öffentlich	-	-	-
Landwirtschaft	-	-	-

Kohle spielt schon im Energiemonitor 2020 keine Rolle bei der Energieerzeugung mehr und muss zukünftige nicht ersetzt werden.

Sonstige:

347.778MWh/a

Tabelle 14: Transformation der sonstigen Verbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität

Bereich	Anwendung	Wird ersetzt durch	Jahrzeitlicher Verbrauch
Verkehr	-	-	-
Wohnen	-	-	-
Industrie	-	50% Strom/50% Wärme	Grafik3
GHD	-	-	-
Öffentlich	-	-	-
Landwirtschaft	-	-	-

Sonstiges Im Bereich der Industrie konnte nicht näher spezifiziert werden. Aus diesem Grund wird eine Transformation in der zukünftigen Energiekette zu 50% Strom und 50% Wärme angenommen.

4.2 weitere Annahmen:

4.2.1 PV: Kosten und benötigte Flächen

Für die Berechnung der benötigten Solaraufstellfläche und den damit verbundenen Kosten, werden für den Landkreis Konstanz folgende Werte angenommen:

Aufstellfläche je Anlagentyp:

- benötigte Aufstellfläche (Satteldach): 0,752 ha/MWp
- benötigte Aufstellfläche (Flachdach): 0,752 ha/MWp
- benötigte Aufstellfläche (Freifläche): 1,0 ha/MWp

die Kosten für den jeweiligen Anlagentyp werden wie folgt definiert.

- Kosten für eine Satteldachanlage: 1000 €/MWp
- Kosten für eine Flachdachanlage: 900 €/MWp
- Kosten für eine Freiflächenanlage: 700 €/MWp

4.2.2 Energieumwandlung:

- Wirkungsgradvergleich: Verbrennerfahrzeug vs. EV: 0,25
- Wirkungsgradvergleich: Verbrennerfahrzeug vs. Fahrzeug mit MeOH-Brennstoffzelle: 1
- benötigte Strommenge für Methanolproduktion: 2,1 MWh/MWh (inkl. Elektrolyse, CO₂-Abscheidung und Methanolsynthese)
- COP der Wärmepumpen: 3,5 – Annahme für den gesamten Landkreis – bleibt über das ganz Jahr gleich
- Wärme wird in Zukunft zu 60% über Wärmepumpen (Strom), 30% über BHKW (Stromproduktion) und 10% über Direktverbrennung (z.B. für Industrieprozesse) hergestellt.
- Die in den verschiedenen Varianten berechnete Wärmeeinsparung durch Dämmmaßnahmen wird mit 50% im privaten Bereich festgelegt. Eine Wärmeeinsparung im Industriellen und Gewerblichen Bereich wird nicht definiert, um die Wirtschaft und Handel nicht durch entsprechende Maßnahmen zusätzlich unter Druck zu setzen.

4.3 verwendete Grafikvorlagen:

Verbrauch:

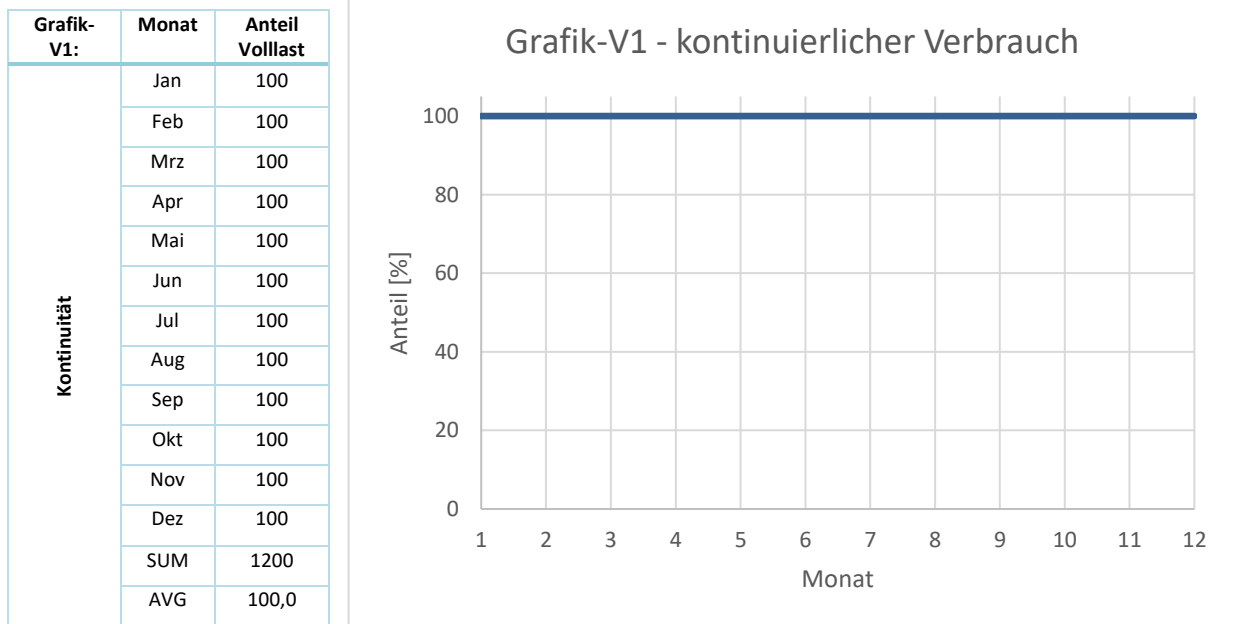


Abbildung 4: Grafik1 zeigt einen kontinuierlichen Verbrauch über das gesamte Jahr.

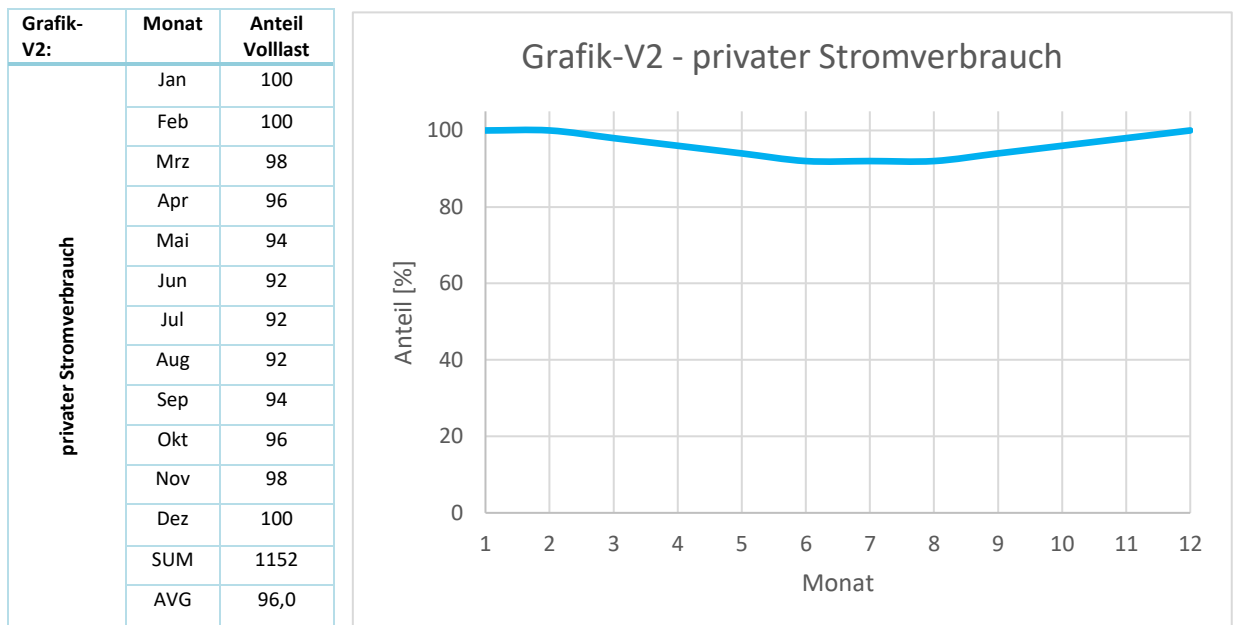


Abbildung 5: Grafik2 zeigt den privaten Stromverbrauch über ein Kalenderjahr, der in den Sommermonaten leicht geringer ist, da weniger Energie für die Beleuchtung benötigt wird.

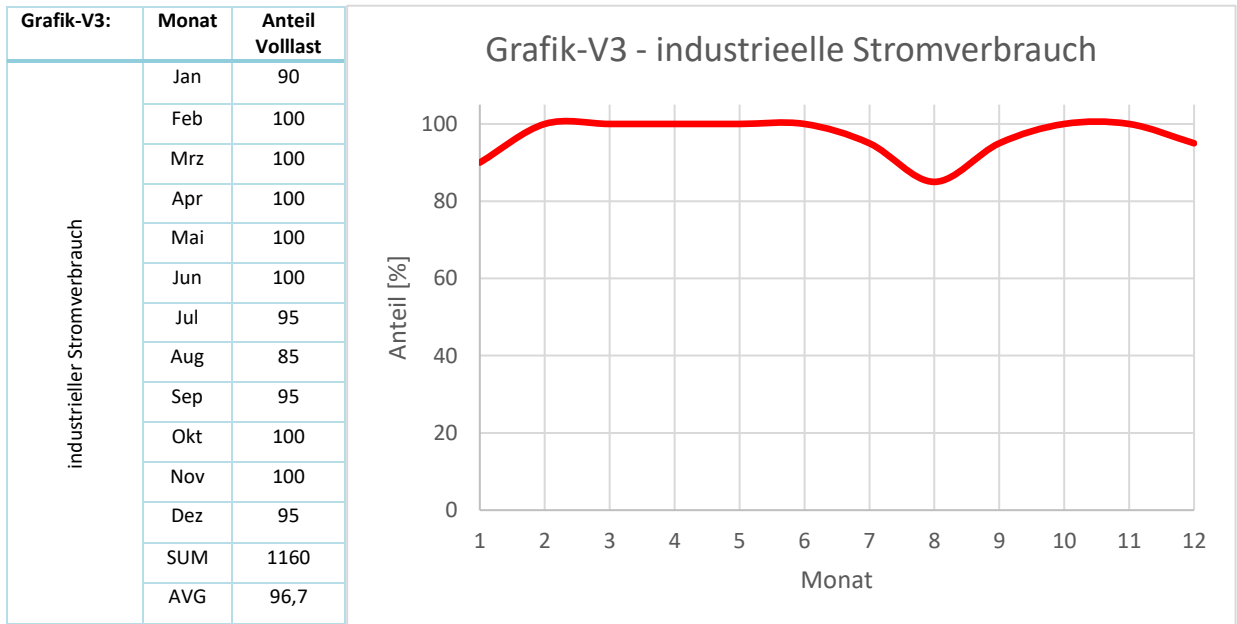


Abbildung 6: Grafik3 – industrieller Stromverbrauch zeigt einen geringeren Stromverbrauch während der Ferienzeit über Weihnachten und den Sommerferien.

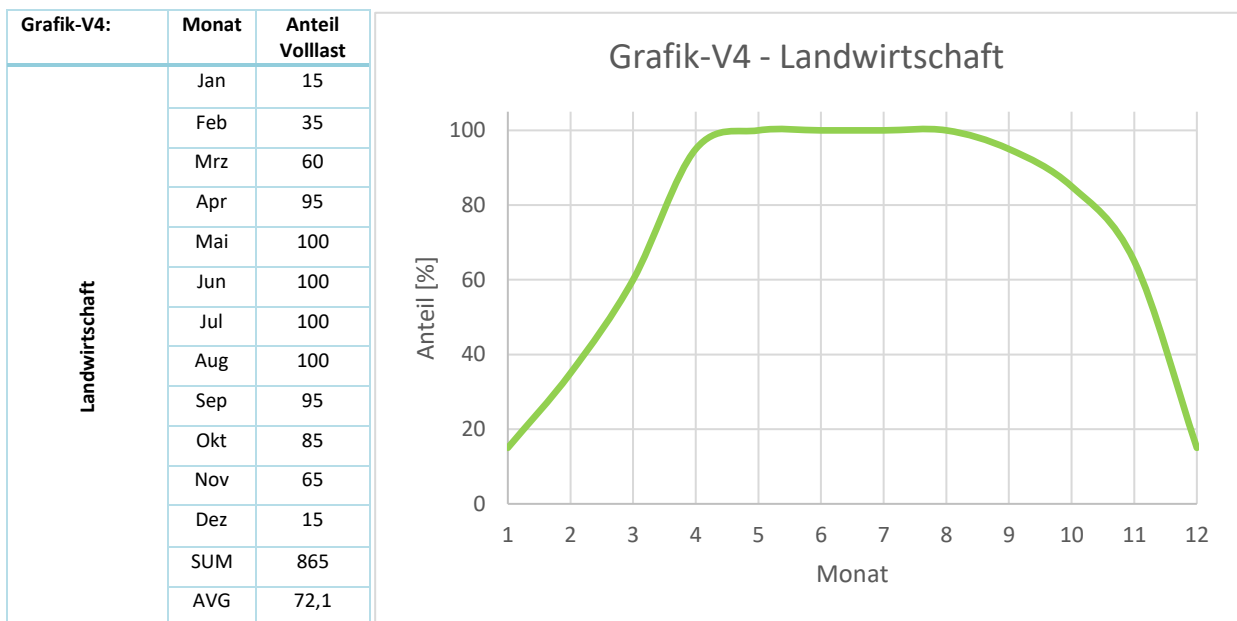


Abbildung 7: : Grafik4 zeigt den Energieverbrauch in der Landwirtschaft, der mit den landwirtschaftlichen Aktivitäten korreliert.

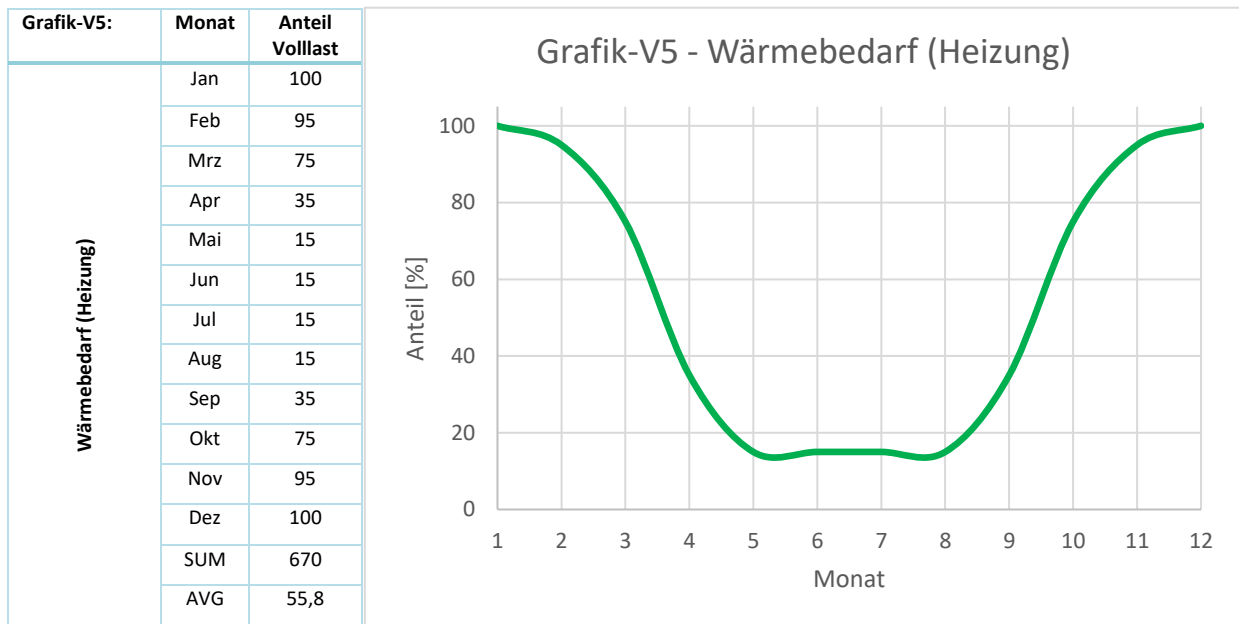


Abbildung 8: Grafik5 zeigt den Wärmebedarf im privaten Haushalt. In den Sommermonaten wird keine Heizwärme benötigt. Der Wärmebedarf bezieht sich in diesen Monaten auf den Warmwasserverbrauch.

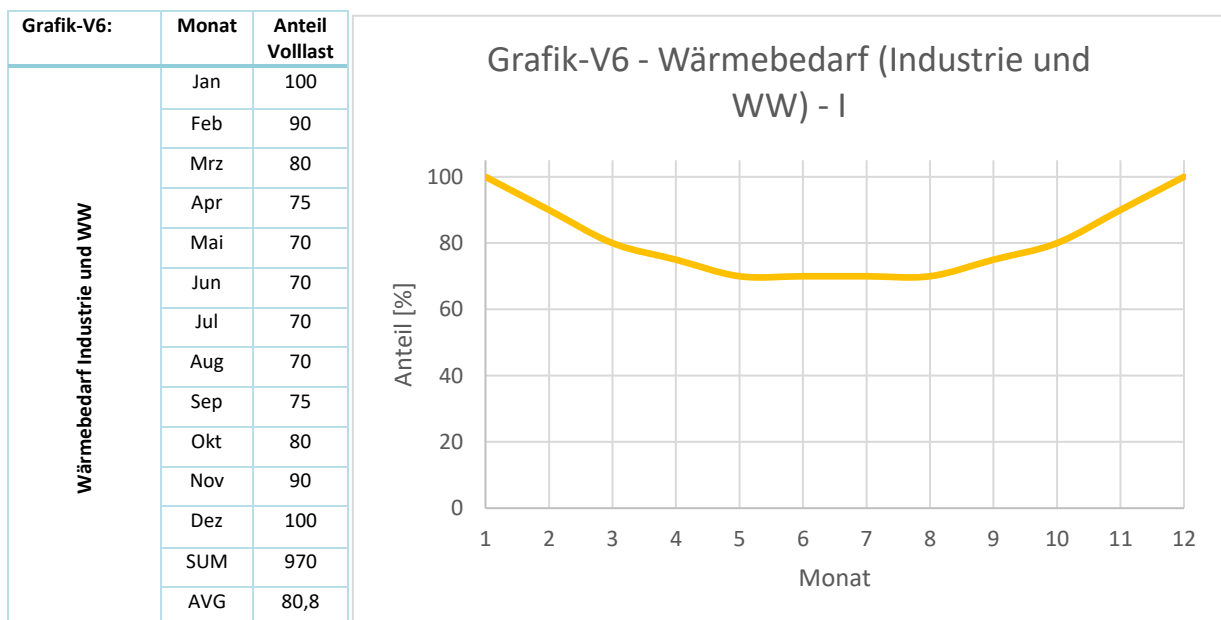


Abbildung 9: Grafik6 zeigt den Wärmebedarf im industriellen Bereich mit einem großen Energieanteil für den Warmwasserbereich.

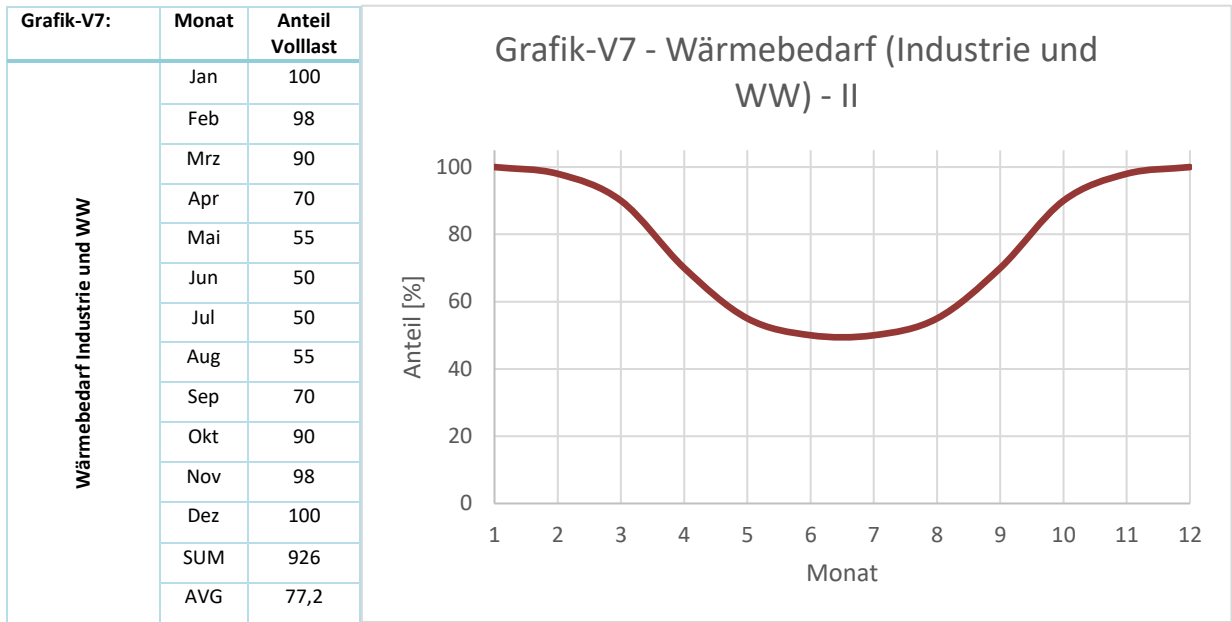


Abbildung 10: Grafik7 zeigt den Warmwasserbedarf im industriellen Bereich mit einem geringeren Warmwasserbedarf über das gesamte Sommerhalbjahr (im Vergleich zu Grafik6).

Ertrag:

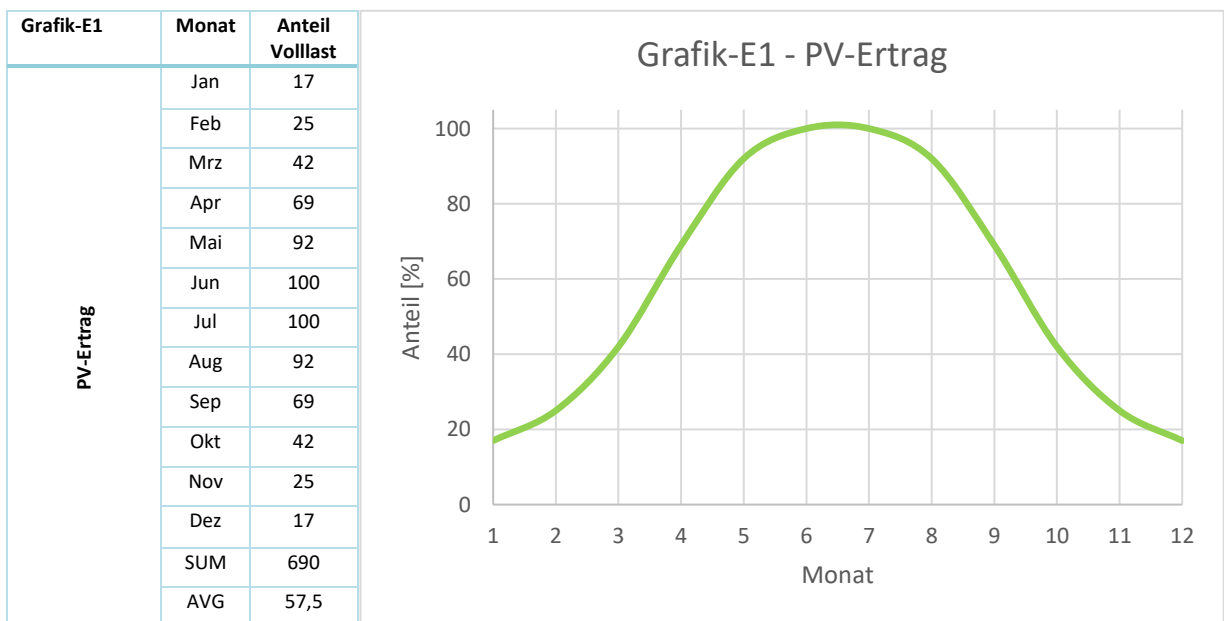


Abbildung 11: Grafik-E1 zeigt den typischen Stromertrag einer Photovoltaikanlage über das gesamte Jahr.

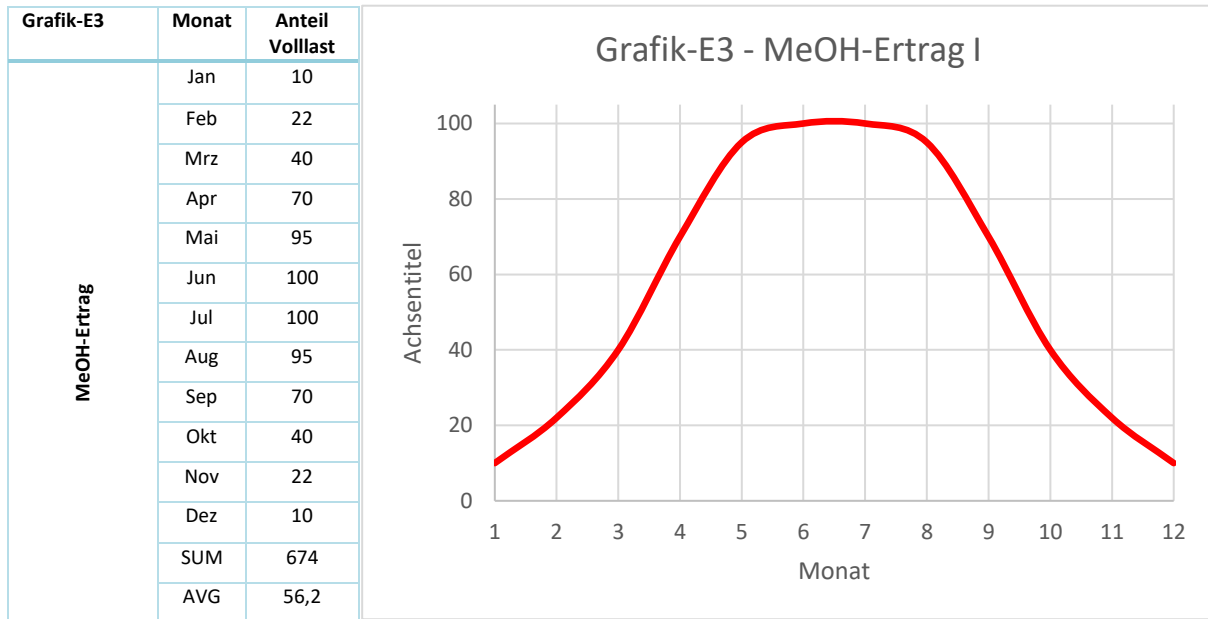


Abbildung 12: Grafik-E3 zeigt den möglichen Ertrag einer Methanolproduktionsanlage, in Verbindung mit Photovoltaikanlage.

5. ERGEBNISSE

Um die genannten Zahlen besser fassen und sich den erforderlichen Flächenbedarf für die Photovoltaikanlagen besser vorstellen zu können, wurde in dieser Studie zwischen mehreren Varianten unterschieden.

- **Variante 1:** zeigt auf, welche Energiemengen und PV-Flächen benötigt werden, um die im Landkreis Konstanz verbrauchte Energie auch hier im Landkreis zu produzieren – inkl. Methanolproduktion für die Wärmeversorgung und die Mobilität.
- **Variante 2:** zeigt den Energiebedarf und die erforderlichen PV-Flächen inkl. Methanolproduktion auf, wenn davon ausgegangen wird, dass sich der Wärmebedarf im privaten Bereich gegenüber Stand heute um 50% reduziert. Der Wärmebedarf in der Industrie, GHD, Öffentlich und Landwirtschaft bleibt gleich, um keine Mehrbelastung für das Gewerbe und die Industrie zu verursachen.
- **Variante 3:** zeigt die benötigten PV-Flächen und die zu erzeugenden Energiemengen auf, wenn davon ausgegangen wird, dass die Methanolproduktion ausgelagert wird und dort stattfindet, wo klimatisch und stofftechnisch bessere Bedingungen vorhanden sind. Die Methanolproduktion findet also an optimalen Standorten (nicht im Landkreis Konstanz) statt. Die erforderliche Wärmemenge im privaten Bereich wurde wie in Variante 2 durch Dämmmaßnahmen halbiert (gegenüber Stand heute). Der Wärmebedarf in der Industrie, GHD, Öffentlich und Landwirtschaft bleibt gleich, um keine Mehrbelastung für das Gewerbe und die Industrie zu verursachen.

Die Auswertung der Ergebnisse und der Transformationen führen zu folgenden Ergebnissen.

5.1 Variante1: Die benötigte elektrische und Wärmeenergie, sowie die Energie für die Methanolproduktion wird im Landkreis Konstanz erzeugt – falls erforderlichen über den Methanolweg

5.1.1 Strombedarf:

Um den Strombedarf für die elektrischen Verbraucher und die Stromversorgung für das ehemalige Erdgas, Benzin- und Dieselfahrzeuge zu decken, muss jährlich 1.847.584MWh Strom erzeugt werden.

Die in Kapitel 4.1 angegebenen Transformationen von fossilen Energieträgern hin zu regenerativer Energie führt zu folgenden Ergebnissen und ein entsprechender monatlicher Strombedarf:

Tabelle 15: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	24.752	36.807	58.039	26.993	977	1.498	149.067
Februar	24.752	36.807	64.488	29.992	1.086	1.498	158.623
März	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
April	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
Mai	24.752	34.599	64.488	29.992	1.086	1.498	156.415
Juni	24.752	33.863	64.488	29.992	1.086	1.498	155.679
Juli	24.752	33.863	61.263	28.492	1.032	1.498	150.900
August	24.752	33.863	54.814	25.493	923	1.498	141.344
September	24.752	34.599	61.263	28.492	1.032	1.498	151.636
Oktober	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
November	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
Dezember	24.752	36.807	61.263	28.492	1.032	1.498	153.845
SUMME	297.027	424.018	748.056	347.906	12.597	17.980	1.847.584

5.1.2 Wärmebedarf:

Der jährliche Wärmebedarf summiert sich über alle Anwendungen auf 3.580.133MWh.

Der Wärmebedarf der unterschiedlichen Anwendungen und jahreszeitlicher Aufteilung stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 16: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
aus Strom						
aus Diesel						
aus Benzin						
aus Heizöl		503.340	15.556	57.136	13.857	28.692
aus Erdgas		901.741	563.333	791.663	32.753	83.766
aus Holz		127.953	3.611	94.444	3.779	
aus Solarthermie		18.086				
aus Fernwärme		17.089	93.889	55.556		
aus Sonstiges			173.889			
Summe	0	1.568.209	850.278	998.799	50.389	112.458

Tabelle 17: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
Aus Strom	-	-	-	-	-	-
Aus Diesel	-	-	-	-	-	-
Aus Benzin	-	-	-	-	-	-
Aus Heizöl	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Erdgas	-	Grafik5	Grafik6	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Holz	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	-
Aus Solarthermie	-	Grafik5	-	-	-	-
Aus Fernwärme	-	Grafik5	Grafik1	Grafik5	-	-
Aus Sonstiges	-	-	Grafik3	-		

Tabelle 18: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit

	Grafik1	Grafik2	Grafik3	Grafik4	Grafik5	Grafik6	Grafik7	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	7.824	-	13.491	-	390.656	58.076	14.214	484.262
Februar	7.824	-	14.990	-	371.123	52.268	13.930	460.136
März	7.824	-	14.990	-	292.992	46.460	12.793	375.060
April	7.824	-	14.990	-	136.730	43.557	9.950	213.051
Mai	7.824	-	14.990	-	58.598	40.653	7.818	129.884
Juni	7.824	-	14.990	-	58.598	40.653	7.107	129.173
Juli	7.824	-	14.241	-	58.598	40.653	7.107	128.424
August	7.824	-	12.742	-	58.598	40.653	7.818	127.635
September	7.824	-	14.241	-	136.730	43.557	9.950	212.301
Oktober	7.824	-	14.990	-	292.992	46.460	12.793	375.060
November	7.824	-	14.990	-	371.123	52.268	13.930	460.136
Dezember	7.824	-	14.241	-	390.656	58.076	14.214	485.011
SUM	93.889	-	173.889	-	2.617.397	563.333	131.625	3.580.133

5.1.3 Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Tabelle 19: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Wärmebedarf	Wärme aus WP (60%)	für Wärmepumpe benötigter Strom	Wärme aus MeOH-Verbrennung (10%)	Wärme aus BHKW (30%)	Für BHKW benötigtes MeOH	In BHKW produzierter Strom	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	484.262	290.557	83.016	48.426	145.279	223.505	55.876	484.262
Februar	460.136	276.082	78.880	46.014	138.041	212.370	53.093	460.136
März	375.060	225.036	64.296	37.506	112.518	173.105	43.276	375.060
April	213.051	127.831	36.523	21.305	63.915	98.331	24.583	213.051
Mai	129.884	77.930	22.266	12.988	38.965	59.946	14.987	129.884
Juni	129.173	77.504	22.144	12.917	38.752	59.618	14.905	129.173
Juli	128.424	77.054	22.015	12.842	38.527	59.272	14.818	128.424
August	127.635	76.581	21.880	12.764	38.291	58.909	14.727	127.635
September	212.301	127.381	36.395	21.230	63.690	97.985	24.496	212.301
Oktober	375.060	225.036	64.296	37.506	112.518	173.105	43.276	375.060
November	460.136	276.082	78.880	46.014	138.041	212.370	53.093	460.136
Dezember	485.011	291.007	83.145	48.501	145.503	223.851	55.963	485.011
Summe	3.580.133	2.148.080	613.737	358.013	1.074.040	1.652.369	413.092	3.580.133

5.1.4 Methanolverbrauch:

Tabelle 20: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	MeOH-Verbrauch Wärme (Direktbrenner für Industrie und GHD)	MeOH-Verbrauch für Sonstiges	MeOH-Verbrauch für BHKW	MeOH-Verbrauch für EV	MeOH-Verbrauch für Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	48.426	-	223.505	43.842	538	316.311
Februar	46.014	-	212.370	43.842	1.254	303.481
März	37.506	-	173.105	43.842	2.150	256.603
April	21.305	-	98.331	43.842	3.405	166.883
Mai	12.988	-	59.946	43.842	3.584	120.361
Juni	12.917	-	59.618	43.842	3.584	119.962
Juli	12.842	-	59.272	43.842	3.584	119.541
August	12.764	-	58.909	43.842	3.584	119.098
September	21.230	-	97.985	43.842	3.405	166.463
Oktober	37.506	-	173.105	43.842	3.047	257.499
November	46.014	-	212.370	43.842	2.330	304.556
Dezember	48.501	-	223.851	43.842	538	316.732
Summe	358.013	-	1.652.369	526.106	31.003	2.567.491

Tabelle 21: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Strom für Verbraucher (Alles außer EV und WP)	Strom für EV	Strom für WP	Strom aus BHKW	Strom für MeOH- Produktion	Summe regenerative Energie
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	124.314	24.752	83.016	-55.876	79.996	256.203
Februar	133.871	24.752	78.880	-53.093	175.991	360.402
März	133.135	24.752	64.296	-43.276	319.984	498.891
April	132.399	24.752	36.523	-24.583	559.972	729.063
Mai	131.662	24.752	22.266	-14.987	759.962	923.656
Juni	130.926	24.752	22.144	-14.905	799.960	962.878
Juli	126.148	24.752	22.015	-14.818	799.960	958.058
August	116.591	24.752	21.880	-14.727	759.962	908.459
September	126.884	24.752	36.395	-24.496	559.972	723.507
Oktober	132.399	24.752	64.296	-43.276	319.984	498.155
November	133.135	24.752	78.880	-53.093	175.991	359.666
Dezember	129.093	24.752	83.145	-55.963	79.996	261.023
Summe	1.550.557	297.027	613.737	-413.092	5.391.732	7.439.960

5.1.5 Methanolproduktion:

Um eine Energieversorgung über alle Sektoren und über das gesamte Jahr sicherstellen zu können, muss in den energiereichen Monaten Überschussenergie in Methanol umgewandelt werden. Methanol kann in flüssiger Form gespeichert werden und ist somit ein idealer Energieträger, um saisonale Unterschiede in der Energieproduktion ausgleichen zu können.

Folgende Tabelle zeigt die erforderliche Methanolproduktion, sowie die dafür benötigten Energiemengen und Stoffströme.

Tabelle 22: Übersicht der Methanolproduktion und der benötigten Energie- und Stoffmengen

Monat	benötigte Strommenge	Produziertes Methanol	Volllastanteil	Methanolproduktion	Methanolproduktion	benötigte, stöchiometrische Wassermenge	benötigte, stöchiometrische Kohlendioxidmenge
	MWh	MWh	[%]	m ³	kg	kg	kg
Januar	79.996	38.093	10	7.469	5.878.326	9.918.299	8.074.442
Februar	175.991	83.805	22	16.432	12.932.317	21.820.257	17.763.772
März	319.984	152.373	40	29.877	23.513.303	39.673.195	32.297.768
April	559.972	266.653	70	52.285	41.148.281	69.428.092	56.521.093
Mai	759.962	361.887	95	70.958	55.844.095	94.223.839	76.707.198
Juni	799.960	380.933	100	74.693	58.783.258	99.182.988	80.744.419
Juli	799.960	380.933	100	74.693	58.783.258	99.182.988	80.744.419
August	759.962	361.887	95	70.958	55.844.095	94.223.839	76.707.198
September	559.972	266.653	70	52.285	41.148.281	69.428.092	56.521.093
Oktober	319.984	152.373	40	29.877	23.513.303	39.673.195	32.297.768
November	175.991	83.805	22	16.432	12.932.317	21.820.257	17.763.772
Dezember	79.996	38.093	10	7.469	5.878.326	9.918.299	8.074.442
Summe	5.391.732	2.567.491	Ø 56	503.430	396.199.160	668.493.338	544.217.385

5.1.6 Erforderliche PV-Produktion:

Damit der Landkreis Konstanz die gesamte Energiemenge für alle Sektoren (Strom, Wärme, Mobilität) in ausreichender Menge zur Verfügung stellen kann, müssen entsprechend viele und große Photovoltaikanlagen im Landkreis Konstanz installiert werden.

Im genannten Strombedarf ist bereits die Menge an Überschussstrom berücksichtigt, die für die Methanolproduktion benötigt wird, die hauptsächlich in den Sommermonaten abläuft.

Tabelle 23: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen

Monat	Stromproduktion aus PV
	MWh
Januar	256.203
Februar	360.402
März	498.891
April	729.063
Mai	923.656
Juni	962.878
Juli	958.058
August	908.459
September	723.507
Oktober	498.155
November	359.666
Dezember	261.023
Summe	7.439.960

In absoluten Zahlen ausgedrückt, bedeutet dies, dass folgende Flächen für die PV-Stromproduktion benötigt werden:

Wird die PV-Anlage als Freiflächenanlage aufgebaut, so wird eine Fläche von ca. 6.764ha benötigt. Dies entspricht einem Gesamtflächenanteil von 8,3% im Landkreis Konstanz. Die Kosten für die PV-Anlagen würden sich dabei auf ca. 4.734Mio€ (4,7Mrd€) belaufen. Da in dieser Größenordnung keine belastbaren Zahlen für die Methanolproduktion vorliegen, wurde an dieser Stelle auf die Kostenberechnung für die Methanolproduktion (CAPEX und OPEX) verzichtet.

5.2 Variante 2: Reduktion des privaten Wärmebedarfs durch Dämmmaßnahmen im Vergleich zum Stand heute.

In dieser Variante wird der Energieverbrauch betrachtet, wenn der Wärmebedarf im privaten Bereich im Vergleich zu den Ausgangswerten von 2019 um 50% reduziert wird. Diese Wärmereduktion soll durch entsprechende Dämmmaßnahmen im privaten Bereich erreicht werden. Der Wärmebedarf in der Industrie, GHD, Öffentlich und Landwirtschaft bleibt gleich, um keine Mehrbelastung für das Gewerbe und die Industrie zu verursachen.

Der Einfluss dieser Maßnahme wird im reduzierten Stromverbrauch für die Wärmepumpen, sowie im reduzierten Strombedarf für die Methanolproduktion zum Ausdruck kommen. Die folgenden Zahlen sollen eine Einschätzung der Einsparmöglichkeiten durch eine konsequente Wärmedämmung liefern und aufzeigen um wie viel kleiner die erforderlichen PV-Anlagen bzw. die jährliche PV-Produktion dadurch liegen kann.

5.2.1 Strombedarf:

Um den Strombedarf für die elektrischen Verbraucher und die Stromversorgung für die ehemaligen Erdgas-, Benzin- und Dieselfahrzeuge zu decken, muss jährlich 1.847.584MWh Strom erzeugt werden.

Die in Kapitel 4.1 angegebenen Transformationen von fossilen Energieträgern hin zu regenerativer Energie führt zu folgenden Ergebnissen und einen entsprechenden monatlichen Strombedarf:

Tabelle 24: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	24.752	36.807	58.039	26.993	977	1.498	149.067
Februar	24.752	36.807	64.488	29.992	1.086	1.498	158.623
März	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
April	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
Mai	24.752	34.599	64.488	29.992	1.086	1.498	156.415
Juni	24.752	33.863	64.488	29.992	1.086	1.498	155.679
Juli	24.752	33.863	61.263	28.492	1.032	1.498	150.900
August	24.752	33.863	54.814	25.493	923	1.498	141.344
September	24.752	34.599	61.263	28.492	1.032	1.498	151.636
Oktober	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
November	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
Dezember	24.752	36.807	61.263	28.492	1.032	1.498	153.845
SUMME	297.027	424.018	748.056	347.906	12.597	17.980	1.847.584

Im Vergleich zur Variante 1 (ohne Dämmung) ergeben sich vom Stromverbrauch keine Änderungen – erst beim Strombedarf für die Wärmeversorgung ist der Vorteil der Dämmmaßnahmen durch einen reduzierten Stromverbrauch ersichtlich.

5.2.2 Wärmebedarf:

Der jährliche Wärmebedarf in dieser Variante (Variante 2 – mit Dämmung) summiert sich über alle Anwendungen auf 2.796.029MWh. Dies entspricht der Hälfte des Wärmebedarfs gegenüber Variante 1 – ohne Dämmung.

Der Wärmebedarf der unterschiedlichen Anwendungen und jahreszeitlicher Aufteilung stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 25: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
aus Strom						
aus Diesel						
aus Benzin						
aus Heizöl		251.670	15.556	57.136	13.857	28.692
aus Erdgas		450.871	563.333	791.663	32.753	83.766
aus Holz		63.977	3.611	94.444	3.779	
aus Solarthermie		9.043				
aus Fernwärme		8.545	46.945	93.889		
aus Sonstiges			173.889			
Summe	0	784.105	850.278	998.799	50.389	112.458

Tabelle 26: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
Aus Strom	-	-	-	-	-	-
Aus Diesel	-	-	-	-	-	-
Aus Benzin	-	-	-	-	-	-
Aus Heizöl	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Erdgas	-	Grafik5	Grafik6	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Holz	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	-
Aus Solarthermie	-	Grafik5	-	-	-	-
Aus Fernwärme	-	Grafik5	Grafik1	Grafik5	-	-
Aus Sonstiges	-	-	Grafik3	-		

Tabelle 27: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit

	Grafik1	Grafik2	Grafik3	Grafik4	Grafik5	Grafik6	Grafik7	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	7.824	-	13.491	-	273.626	58.076	14.214	367.231
Februar	7.824	-	14.990	-	259.944	52.268	13.930	348.957
März	7.824	-	14.990	-	205.219	46.460	12.793	287.287
April	7.824	-	14.990	-	95.769	43.557	9.950	172.090
Mai	7.824	-	14.990	-	41.044	40.653	7.818	112.329
Juni	7.824	-	14.990	-	41.044	40.653	7.107	111.618
Juli	7.824	-	14.241	-	41.044	40.653	7.107	110.869
August	7.824	-	12.742	-	41.044	40.653	7.818	110.081
September	7.824	-	14.241	-	95.769	43.557	9.950	171.341
Oktober	7.824	-	14.990	-	205.219	46.460	12.793	287.287
November	7.824	-	14.990	-	259.944	52.268	13.930	348.957
Dezember	7.824	-	14.241	-	273.626	58.076	14.214	367.981
SUM	93.889	-	173.889	-	1.833.293	563.333	131.625	2.796.029

5.2.3 Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung, sowie Strombedarf in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Tabelle 28: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Wärmebedarf	Wärme aus WP (60%)	für Wärmepumpe benötigter Strom	Wärme aus MeOH-Verbrennung (10%)	Wärme aus BHKW (30%)	Für BHKW benötigtes MeOH	In BHKW produzierter Strom	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	367.231	220.339	62.954	36.723	110.169	169.491	42.373	367.231
Februar	348.957	209.374	59.821	34.896	104.687	161.057	40.264	348.957
März	287.287	172.372	49.249	28.729	86.186	132.594	33.149	287.287
April	172.090	103.254	29.501	17.209	51.627	79.426	19.857	172.090
Mai	112.329	67.398	19.256	11.233	33.699	51.844	12.961	112.329
Juni	111.618	66.971	19.135	11.162	33.486	51.516	12.879	111.618
Juli	110.869	66.521	19.006	11.087	33.261	51.170	12.793	110.869
August	110.081	66.048	18.871	11.008	33.024	50.806	12.702	110.081
September	171.341	102.804	29.373	17.134	51.402	79.080	19.770	171.341
Oktober	287.287	172.372	49.249	28.729	86.186	132.594	33.149	287.287
November	348.957	209.374	59.821	34.896	104.687	161.057	40.264	348.957
Dezember	367.981	220.788	63.082	36.798	110.394	169.837	42.459	367.981
Summe	2.796.029	1.677.617	479.319	279.603	838.809	1.290.475	322.619	2.796.029

5.2.4 Methanolverbrauch:

Tabelle 29: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	MeOH-Verbrauch Wärme (Direktbrenner für Industrie und GHD)	MeOH-Verbrauch für Sonstiges	MeOH-Verbrauch für BHKW	MeOH-Verbrauch für EV	MeOH-Verbrauch für Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	36.723	-	169.491	43.842	538	250.594
Februar	34.896	-	161.057	43.842	1.254	241.049
März	28.729	-	132.594	43.842	2.150	207.315
April	17.209	-	79.426	43.842	3.405	143.882
Mai	11.233	-	51.844	43.842	3.584	110.503
Juni	11.162	-	51.516	43.842	3.584	110.104
Juli	11.087	-	51.170	43.842	3.584	109.683
August	11.008	-	50.806	43.842	3.584	109.241
September	17.134	-	79.080	43.842	3.405	143.462
Oktober	28.729	-	132.594	43.842	3.047	208.212
November	34.896	-	161.057	43.842	2.330	242.125
Dezember	36.798	-	169.837	43.842	538	251.015
Summe	279.603	-	1.290.475	526.106	31.003	2.127.187

Tabelle 30: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Strom für Verbraucher (Alles außer EV und WP)	Strom für EV	Strom für WP	Strom aus BHKW	Strom für MeOH- Produktion	Summe regenerative Energie
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	124.314	24.752	62.954	-42.373	66.277	235.925
Februar	133.871	24.752	59.821	-40.264	145.810	323.990
März	133.135	24.752	49.249	-33.149	265.109	439.097
April	132.399	24.752	29.501	-19.857	463.941	630.737
Mai	131.662	24.752	19.256	-12.961	629.635	792.345
Juni	130.926	24.752	19.135	-12.879	662.773	824.707
Juli	126.148	24.752	19.006	-12.793	662.773	819.887
August	116.591	24.752	18.871	-12.702	629.635	777.148
September	126.884	24.752	29.373	-19.770	463.941	625.180
Oktober	132.399	24.752	49.249	-33.149	265.109	438.361
November	133.135	24.752	59.821	-40.264	145.810	323.254
Dezember	129.093	24.752	63.082	-42.459	66.277	240.745
Summe	1.550.557	297.027	479.319	-322.619	4.467.092	6.471.376

5.2.5 Methanolproduktion:

Um eine Energieversorgung über alle Sektoren und über das gesamte Jahr sicherstellen zu können, muss in den energiereichen Monaten Überschussenergie in Methanol umgewandelt werden. Methanol kann in flüssiger Form gespeichert werden und ist somit ein idealer Energieträger, um saisonale Unterschiede in der Energieproduktion ausgleichen zu können.

Folgende Tabelle zeigt die erforderliche Methanolproduktion, sowie die dafür benötigten Energiemengen und Stoffströme.

Tabelle 31: Übersicht der Methanolproduktion und der benötigten Energie- und Stoffmengen

Monat	benötigte Strommenge	Produziertes Methanol	Vollastanteil	Methanolproduktion	Methanolproduktion	benötigte, stöchiometrische Wassermenge	benötigte, stöchiometrische Kohlendioxidmenge
	MWh	MWh	[%]	m ³	kg	kg	kg
Januar	66.277	31.561	10	6.188	4.870.239	8.217.388	6.689.738
Februar	145.810	69.433	22	13.614	10.714.525	18.078.253	14.717.423
März	265.109	126.243	40	24.753	19.480.954	32.869.550	26.758.951
April	463.941	220.924	70	43.319	34.091.670	57.521.713	46.828.165
Mai	629.635	299.826	95	58.789	46.267.266	78.065.182	63.552.509
Juni	662.773	315.606	100	61.884	48.702.386	82.173.876	66.897.378
Juli	662.773	315.606	100	61.884	48.702.386	82.173.876	66.897.378
August	629.635	299.826	95	58.789	46.267.266	78.065.182	63.552.509
September	463.941	220.924	70	43.319	34.091.670	57.521.713	46.828.165
Oktober	265.109	126.243	40	24.753	19.480.954	32.869.550	26.758.951
November	145.810	69.433	22	13.614	10.714.525	18.078.253	14.717.423
Dezember	66.277	31.561	10	6.188	4.870.239	8.217.388	6.689.738
Summe	4.467.092	2.127.187	Ø 56	417.095	328.254.080	553.851.922	450.888.329

5.2.6 Erforderliche PV-Produktion:

Damit der Landkreis Konstanz die gesamte Energiemenge für alle Sektoren (Strom, Wärme, Mobilität) in ausreichender Menge zur Verfügung stellen kann, muss eine entsprechend große Photovoltaikanlagen im Landkreis Konstanz installiert werden.

Im genannten Strombedarf ist bereits die Menge an Überschussstrom berücksichtigt, die für die Methanolproduktion benötigt wird, die hauptsächlich in den Sommermonaten erzeugt wird.

Tabelle 32: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen

Monat	Stromproduktion aus PV
	MWh
Januar	235.925
Februar	323.990
März	439.097
April	630.737
Mai	792.345
Juni	824.707
Juli	819.887
August	777.148
September	625.180
Oktober	438.361
November	323.254
Dezember	240.745
Summe	6.471.376

In absoluten Zahlen ausgedrückt, bedeutet dies, dass folgende Flächen für die PV-Stromproduktion benötigt werden:

Wird die PV-Anlage als Freiflächenanlage aufgebaut, so wird eine Fläche von ca. 5.883 ha benötigt. Dies entspricht einem Gesamtflächenanteil von 7,2% im Landkreis Konstanz. Die Kosten für die PV-Anlagen würden sich dabei auf ca. 4.118Mio€ (4,1Mrd€) belaufen. Da in dieser Größenordnung keine belastbaren Zahlen für die Methanolproduktion vorliegen, wurde an dieser Stelle auf die Kostenberechnung für die Methanolproduktion (CAPEX und OPEX) verzichtet.

5.3 Variante 3: Methanolproduktion nicht im Landkreis Konstanz und 50% reduzierter Wärmebedarf im privaten Bereich

Bei Variante 3 wird mit einer Einsparung des Wärmebedarfs im privaten Bereich von 50% gerechnet. Darüber hinaus erfolgt die Produktion des benötigten grünen Methanols im Ausland. Folgende Betrachtungen zeigen den resultierenden Flächenbedarf für die Photovoltaikanlagen, der in diesem Szenario zu erwarten ist.

5.3.1 Strombedarf:

Um den Strombedarf für die elektrischen Verbraucher und die Stromversorgung für die ehemaligen Erdgas-, Benzin- und Dieselfahrzeuge zu decken, muss jährlich 1.847.584MWh Strom erzeugt werden.

Die in Kapitel 4.1 angegebenen Transformationen von fossilen Energieträgern hin zu regenerativer Energie führt zu folgenden Ergebnissen und einen entsprechenden monatlichen Strombedarf.

Tabelle 33: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	24.752	36.807	58.039	26.993	977	1.498	149.067
Februar	24.752	36.807	64.488	29.992	1.086	1.498	158.623
März	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
April	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
Mai	24.752	34.599	64.488	29.992	1.086	1.498	156.415
Juni	24.752	33.863	64.488	29.992	1.086	1.498	155.679
Juli	24.752	33.863	61.263	28.492	1.032	1.498	150.900
August	24.752	33.863	54.814	25.493	923	1.498	141.344
September	24.752	34.599	61.263	28.492	1.032	1.498	151.636
Oktober	24.752	35.335	64.488	29.992	1.086	1.498	157.151
November	24.752	36.071	64.488	29.992	1.086	1.498	157.887
Dezember	24.752	36.807	61.263	28.492	1.032	1.498	153.845
SUMME	297.027	424.018	748.056	347.906	12.597	17.980	1.847.584

5.3.2 Wärmebedarf:

Der jährliche Wärmebedarf summiert sich über alle Anwendungen auf 1.847.584MWh. Dies entspricht der Hälfte des sonst üblichen Wärmebedarfs im privaten Bereich. Dies wird hauptsächlich durch Wärmedämmmaßnahmen erreicht.

Der Wärmebedarf der unterschiedlichen Anwendungen und jahreszeitlicher Aufteilung stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 34: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
aus Strom						
aus Diesel						
aus Benzin						
aus Heizöl		251.670	15.556	57.136	13.857	28.692
aus Erdgas		450.871	563.333	791.663	32.753	83.766
aus Holz		63.977	3.611	94.444	3.779	
aus Solarthermie		9.043				
aus Fernwärme		8.545	46.945	93.889		
aus Sonstiges			173.889			
Summe	0	784.105	850.278	998.799	50.389	112.458

Tabelle 35: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität

	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
Aus Strom	-	-	-	-	-	-
Aus Diesel	-	-	-	-	-	-
Aus Benzin	-	-	-	-	-	-
Aus Heizöl	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Erdgas	-	Grafik5	Grafik6	Grafik5	Grafik5	Grafik7
Aus Holz	-	Grafik5	Grafik7	Grafik5	Grafik5	-
Aus Solarthermie	-	Grafik5	-	-	-	-
Aus Fernwärme	-	Grafik5	Grafik1	Grafik5	-	-
Aus Sonstiges	-	-	Grafik3	-	136.730	43.557

Tabelle 36: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit

	Grafik1	Grafik2	Grafik3	Grafik4	Grafik5	Grafik6	Grafik7	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	7.824	-	13.491	-	273.626	58.076	14.214	367.231
Februar	7.824	-	14.990	-	259.944	52.268	13.930	348.957
März	7.824	-	14.990	-	205.219	46.460	12.793	287.287
April	7.824	-	14.990	-	95.769	43.557	9.950	172.090
Mai	7.824	-	14.990	-	41.044	40.653	7.818	112.329
Juni	7.824	-	14.990	-	41.044	40.653	7.107	111.618
Juli	7.824	-	14.241	-	41.044	40.653	7.107	110.869
August	7.824	-	12.742	-	41.044	40.653	7.818	110.081
September	7.824	-	14.241	-	95.769	43.557	9.950	171.341
Oktober	7.824	-	14.990	-	205.219	46.460	12.793	287.287
November	7.824	-	14.990	-	259.944	52.268	13.930	348.957
Dezember	7.824	-	14.241	-	273.626	58.076	14.214	367.981
SUM	93.889	-	173.889	-	1.833.293	563.333	131.625	2.796.029

5.3.3 Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Tabelle 37: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Wärmebedarf	Wärme aus WP (60%)	für Wärmepumpe benötigter Strom	Wärme aus MeOH-Verbrennung (10%)	Wärme aus BHKW (30%)	Für BHKW benötigtes MeOH	In BHKW produzierter Strom	Summe
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	367.231	220.339	62.954	36.723	110.169	169.491	42.373	367.231
Februar	348.957	209.374	59.821	34.896	104.687	161.057	40.264	348.957
März	287.287	172.372	49.249	28.729	86.186	132.594	33.149	287.287
April	172.090	103.254	29.501	17.209	51.627	79.426	19.857	172.090
Mai	112.329	67.398	19.256	11.233	33.699	51.844	12.961	112.329
Juni	111.618	66.971	19.135	11.162	33.486	51.516	12.879	111.618
Juli	110.869	66.521	19.006	11.087	33.261	51.170	12.793	110.869
August	110.081	66.048	18.871	11.008	33.024	50.806	12.702	110.081
September	171.341	102.804	29.373	17.134	51.402	79.080	19.770	171.341
Oktober	287.287	172.372	49.249	28.729	86.186	132.594	33.149	287.287
November	348.957	209.374	59.821	34.896	104.687	161.057	40.264	348.957
Dezember	367.981	220.788	63.082	36.798	110.394	169.837	42.459	367.981
Summe	2.796.029	1.677.617	479.319	279.603	838.809	1.290.475	322.619	2.796.029

5.3.4 Methanolverbrauch:

Tabelle 38: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	MeOH-Verbrauch Wärme (Direktbrenner für Industrie und GHD)	MeOH-Verbrauch für Sonstiges	MeOH-Verbrauch für BHKW	MeOH-Verbrauch für EV	MeOH-Verbrauch für Landwirtschaft	SUMME
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	36.723	-	169.491	43.842	538	250.594
Februar	34.896	-	161.057	43.842	1.254	241.049
März	28.729	-	132.594	43.842	2.150	207.315
April	17.209	-	79.426	43.842	3.405	143.882
Mai	11.233	-	51.844	43.842	3.584	110.503
Juni	11.162	-	51.516	43.842	3.584	110.104
Juli	11.087	-	51.170	43.842	3.584	109.683
August	11.008	-	50.806	43.842	3.584	109.241
September	17.134	-	79.080	43.842	3.405	143.462
Oktober	28.729	-	132.594	43.842	3.047	208.212
November	34.896	-	161.057	43.842	2.330	242.125
Dezember	36.798	-	169.837	43.842	538	251.015
Summe	279.603	-	1.290.475	526.106	31.003	2.127.187

Tabelle 39: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit

Monat	Strom für Verbraucher (Alles außer EV und WP)	Strom für EV	Strom für WP	Strom aus BHKW	Strom für MeOH- Produktion	Summe regenerative Energie
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Januar	124.314	24.752	62.954	-42.373	-	169.648
Februar	133.871	24.752	59.821	-40.264	-	178.180
März	133.135	24.752	49.249	-33.149	-	173.988
April	132.399	24.752	29.501	-19.857	-	166.795
Mai	131.662	24.752	19.256	-12.961	-	162.710
Juni	130.926	24.752	19.135	-12.879	-	161.934
Juli	126.148	24.752	19.006	-12.793	-	157.114
August	116.591	24.752	18.871	-12.702	-	147.513
September	126.884	24.752	29.373	-19.770	-	161.239
Oktober	132.399	24.752	49.249	-33.149	-	173.252
November	133.135	24.752	59.821	-40.264	-	177.444
Dezember	129.093	24.752	63.082	-42.459	-	174.468
Summe	1.550.557	297.027	479.319	-322.619	-	2.004.284

5.3.5 Methanolproduktion:

Die Methanolproduktion findet in dieser Variante an einem energetisch optimierten Standort – außerhalb des Landkreises statt und wird hier nicht weiter betrachtet.

5.3.6 Erforderliche PV-Produktion:

Damit der Landkreis Konstanz die gesamte benötigte Energie für alle Sektoren (Strom, Wärme, Mobilität) in ausreichender Menge zur Verfügung stellen kann, muss der Gesamtzahl der Photovoltaikanlagen, die im Landkreis Konstanz installiert sind, folgende Strommengen produzieren.

Tabelle 40: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen

Monat	Stromproduktion aus PV
	MWh
Januar	169.648
Februar	178.180
März	173.988
April	166.795
Mai	162.710
Juni	161.934
Juli	157.114
August	147.513
September	161.239
Oktober	173.252
November	177.444
Dezember	174.468
Summe	2.004.284

In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass folgende Flächen für die PV-Stromproduktion benötigt werden:

Wird die PV-Anlage als Freiflächenanlage aufgebaut, so wird eine Fläche von ca. 1.822ha benötigt. Dies entspricht einem Gesamtflächenanteil von 2,2% im Landkreis Konstanz. Die Kosten für die PV-Anlagen werden sich dabei auf ca. 1.275Mio€ (1,2Mrd€) belaufen

5.4 Übersicht der Ergebnisse:

Flächenbedarf und Kosten für die drei unterschiedlichen Varianten:

- **Variante 1:** ohne Wärmedämmung und Methanolproduktion im Landkreis Konstanz
- **Variante 2:** mit Wärmedämmung (50% Reduktion des Wärmebedarfs im privaten Bereich – keine Veränderungen im industriellen/gewerblichen Bereich, sowie Methanolproduktion im Landkreis Konstanz
- **Variante 3:** mit Wärmedämmung (50% Reduktion des Wärmebedarfs im privaten Bereich – keine Veränderungen im industriellen/gewerblichen Bereich, sowie einer ausgelagerten Methanolproduktion (Import von Methanol aus energetisch optimierten Standorten)

Tabelle 41: Übersicht der Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten

	Flächenbedarf	Flächenbedarf absolut	Ungefähre Kosten für PV-Anlage
	[%]	[ha]	[Mio€]
Variante 1	8,3	6.764	4.734 ¹⁰
Variante 2	7,3	5.883	4.118 ¹¹
Variante 3	2,2	1.822	1.275 ¹²

¹⁰ Die angegebenen Kosten beziehen sich nur auf die Investitionskosten der für diesen Fall erforderlichen Photovoltaikanlage – die Kosten für die CO₂-Abscheidung, Wasserstoff-Elektrolyse und die anschließende Methanolerzeugung kann an dieser Stelle nicht beziffert werden.

¹¹ Die angegebenen Kosten beziehen sich nur auf die Investitionskosten der für diesen Fall erforderlichen Photovoltaikanlage – die Kosten für die CO₂-Abscheidung, Wasserstoff-Elektrolyse und die anschließende Methanolerzeugung kann an dieser Stelle nicht beziffert werden.

¹² Die angegebenen Kosten beziehen sich nur auf die Investitionskosten der für diesen Fall erforderlichen Photovoltaikanlage – die externen Kosten für Einkauf und den Transport von Methanol in den Landkreis Konstanz wurden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

6. FAZIT

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass bei einer entsprechenden Wärmedämmung und einer Methanolproduktion im Ausland (z.B. Sonnengürtel dieser Welt) eine Fläche von ca. 2,2% im Landkreis Konstanz für die PV-Stromerzeugung für Verbraucher, Mobilität und Wärmepumpen eingeplant werden muss. Zum Vergleich, die Obstanbaufläche beträgt 875 ha oder 1,1% der Landkreisfläche. Wir würden beispielsweise 50% der Obstanbaufläche (Agri-PV) und zudem 20% der Gebäude- und Freifläche benötigen.

Würden wir die Methanolproduktion komplett im Landkreis mittels Photovoltaik durchführen, dann benötigten wir beispielsweise 6% der gesamten Landwirtschaftsfläche (Agri-PV) und zudem 50% der Gebäude- und Freifläche.

Würden wir im Landkreis Konstanz Windkraft zulassen, dann könnte wesentlich mehr Strom direkt verbraucht werden, gerade auch im Winter. Die notwendige Menge an Methanolproduktion wäre geringer und entsprechend der Flächenverbrauch für die Methanolproduktion erheblich niedriger.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Produktion von Wasserstoff bzw. Methanol energetisch aufwändig ist – man erkaufte sich damit aber eine deutlich höhere Flexibilität und eine Versorgungssicherung für die Wintermonate und ist daher notwendig, gerade weil keine/kaum Windenergie – die gut in den Wintermonaten genutzt werden könnte - zur Verfügung steht.

Prinzipiell kann aber angemerkt werden, dass wann immer möglich mit elektrischer Energie direkt aus der PV-Anlage bzw. dem Batteriespeicher gearbeitet werden soll – um so den ineffizienten Weg über die synthetischen Kraftstoffe zu reduzieren.

Nur wenn keine zeitliche und räumliche Verbindung zwischen Erzeugung und Verbrauch der Energie vorhanden ist, müssen synthetische Kraftstoffe wie Wasserstoff und z.B. Methanol als Vektor für Raum und Zeit zum Einsatz kommen – sprich der Methanolproduktion im Sommer und einer Rückverstromung in den Wintermonaten.

Als Handlungsempfehlung für die Region muss ein massiver Ausbau der regenerativen Energie ausgesprochen werden. Photovoltaikanlagen (auch Windkraft und Wasserkraft-Anlagen) stehen immer an Anfang einer jeden regenerativen Energiekette – ganz unabhängig, ob die erzeugte regenerative Energie in einem Elektrolyseur zu Wasserstoff oder zu Methanol weiter verarbeitet wird, oder „nur“ in einer Batterie gespeichert bzw. gleich verbraucht wird. Fehlt das erste Glied in dieser Kette (ausreichend viel regenerative Energie), können auch die nächsten Schritte bis hin zur Versorgungssicherheit oder einer unabhängigen Energieversorgung des Landkreises nicht weitergedacht bzw. umgesetzt werden.

Im Jahr 2020 wurden folgende fossile Energiemengen in den Landkreis importiert.

Tabelle 42: Importiert fossile Energiemengen im Jahr 2020

	Energiemenge [MWh]	Volumen (l)	Kosten [€]
Diesel ¹³	1.083.215	110.532.143	193.431.250 €
Benzin ¹⁴	631.544	74.299.294	137.453.694 €
Heizöl ¹⁵	618.571	63.119.489	66.275.464 €
Erdgas ¹⁶	2.379.835	237.983.500 Nm ³	166.588.450 €
Summe:			563.748.858 €

Das bedeutet, dass jedes Jahr ca. 0,5Mrd€ den Landkreis für den Import von fossilen Energieträgern verlassen.

Zum Vergleich: Die erforderlichen Photovoltaikanlagen für die Erzeugung der Energie im Landkreis kosten in den drei verschiedenen Varianten:

Variante1: 4.734 Mio€

Variante2: 4.118 Mio €

Variante 3: 1.275 Mio€

¹³ Diesel: 9,8kWh/l – Preis für Berechnungsgrundlage: 1,75€/l

¹⁴ Benzin: 8,5kWh/l – Preis für Brechnungsgrundlage: 1,85€/l

¹⁵ Heizöl: 9,8kWh/l – Preis für Berechnungsgrundlage: 1,05€/l

¹⁶ Erdgas: 10kWh/Nm³ - Preis für Berechnungsgrundlage: 7ct/kWh

7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abbildung 1: Verteilung der Flächen im Landkreis Konstanz..... 7

Abbildung 2: Landkreis Konstanz 8

Abbildung 3: Energiekette der Zukunft 23

Abbildung 4: Grafik1 zeigt einen kontinuierlichen Verbrauch über das gesamte Jahr..... 32

Abbildung 5: Grafik2 zeigt den privaten Stromverbrauch über ein Kalenderjahr, der in den Sommermonaten leicht geringer ist, da weniger Energie für die Beleuchtung benötigt wird. 32

Abbildung 6: Grafik3 – industrieller Stromverbrauch zeigt einen geringeren Stromverbrauch während der Ferienzeit über Weihnachten und den Sommerferien..... 33

Abbildung 7: : Grafik4 zeigt den Energieverbrauch in der Landwirtschaft, der mit den landwirtschaftlichen Aktivitäten korreliert. 33

Abbildung 8: Grafik5 zeigt den Wärmebedarf im privaten Haushalt. In den Sommermonaten wird keine Heizwärme benötigt. Der Wärmebedarf bezieht sich in diesen Monaten auf den Warmwasserverbrauch. 34

Abbildung 9: Grafik6 zeigt den Wärmebedarf im industriellen Bereich mit einem großen Energieanteil für den Warmwasserbereich..... 34

Abbildung 10: Grafik7 zeigt den Warmwasserbedarf im industriellen Bereich mit einem geringeren Warmwasserbedarf über das gesamte Sommerhalbjahr (im Vergleich zu Grafik6)..... 35

Abbildung 11: Grafik-E1 zeigt den typischen Stromertrag einer Photovoltaikanlage über das gesamte Jahr. 35

Abbildung 12: Grafik-E3 zeigt den möglichen Ertrag einer Methanolproduktionsanlage, in Verbindung mit Photovoltaikanlage..... 36

8. TABELLENVERZEICHNIS:

Tabelle 1: Klimaziele Landkreis Konstanz.....	17
Tabelle 2: Übersicht der Energieträger - aufgeteilt nach Sektoren Quelle: HTWG Konstanz – S. Simon – Angaben in MWh.....	24
Tabelle 3: Genutzte Quellen zur Sektorenunterteilung des Erdgasverbrauches - Quelle: Prof. Stark – S. Simon	24
Tabelle 4: Genutzte Quellen zur Sektorenunterteilung des Stromverbrauches - Quelle: HTWG Konstanz - Prof. Stark – S. Simon	25
Tabelle 5: Transformation der Stromverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	26
Tabelle 6: Transformation der Dieserverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	26
Tabelle 7: Transformation der Benzinverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	27
Tabelle 8: Transformation der Heizölverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	27
Tabelle 9: Transformation der Erdgasverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	28
Tabelle 10: Transformation der Holzverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	28
Tabelle 11: Transformation der Solarthermieverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	29
Tabelle 12: Transformation der Fernwärmeverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	29
Tabelle 13: Transformation der Kohleverbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	30
Tabelle 14: Transformation der sonstigen Verbraucher in der Zukunft und ihre jahreszeitliche Kontinuität	30
Tabelle 15: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	38
Tabelle 16: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle.....	39
Tabelle 17: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität.....	39
Tabelle 18: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit....	40
Tabelle 19: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit	41
Tabelle 20: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	42
Tabelle 21: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	43
Tabelle 22: Übersicht der Methanolproduktion und der benötigten Energie- und Stoffmengen...	44
Tabelle 23: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen.....	45
Tabelle 24: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	46
Tabelle 25: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle.....	47
Tabelle 26: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität.....	47
Tabelle 27: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit....	48
Tabelle 28: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit	49
Tabelle 29: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	50
Tabelle 30: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	51
Tabelle 31: Übersicht der Methanolproduktion und der benötigten Energie- und Stoffmengen...	52

Tabelle 32: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen.....	53
Tabelle 33: Strombedarf für elektrische Verbraucher – unterteilt nach Sektoren und jahreszeitlicher Abhängigkeit	54
Tabelle 34: Wärmebedarf – unterteilt nach Sektoren und der momentanen Energiequelle.....	55
Tabelle 35: Sektoren und Energieträger, unterteilt in die jahrzeitliche Kontinuität.....	55
Tabelle 36: Wärmebedarf in Abhängigkeit der jeweiligen Verbrauchskurve und der Jahreszeit....	56
Tabelle 37: Übersicht des Wärmeverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	57
Tabelle 38: Übersicht des Methanolverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	58
Tabelle 39: Übersicht des Stromverbrauchs in jahreszeitlicher Abhängigkeit.....	59
Tabelle 40: Erforderliche jahreszeitliche PV-Stromproduktion und die monatliche Auslastung der Anlagen.....	60
Tabelle 41: Übersicht der Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten	61
Tabelle 42: Importiert fossile Energiemengen im Jahr 2020	63
Tabelle XLIII. Versionsgeschichte.	67

9. VERSIONSGESCHICHTE

Tabelle XLIII. Versionsgeschichte.

Version	Versionsdatum	vorgenommene Veränderung
1.0	30.06.2023	Erste Version – 4 Varianten
1.1	25.03.2024	3 Varianten