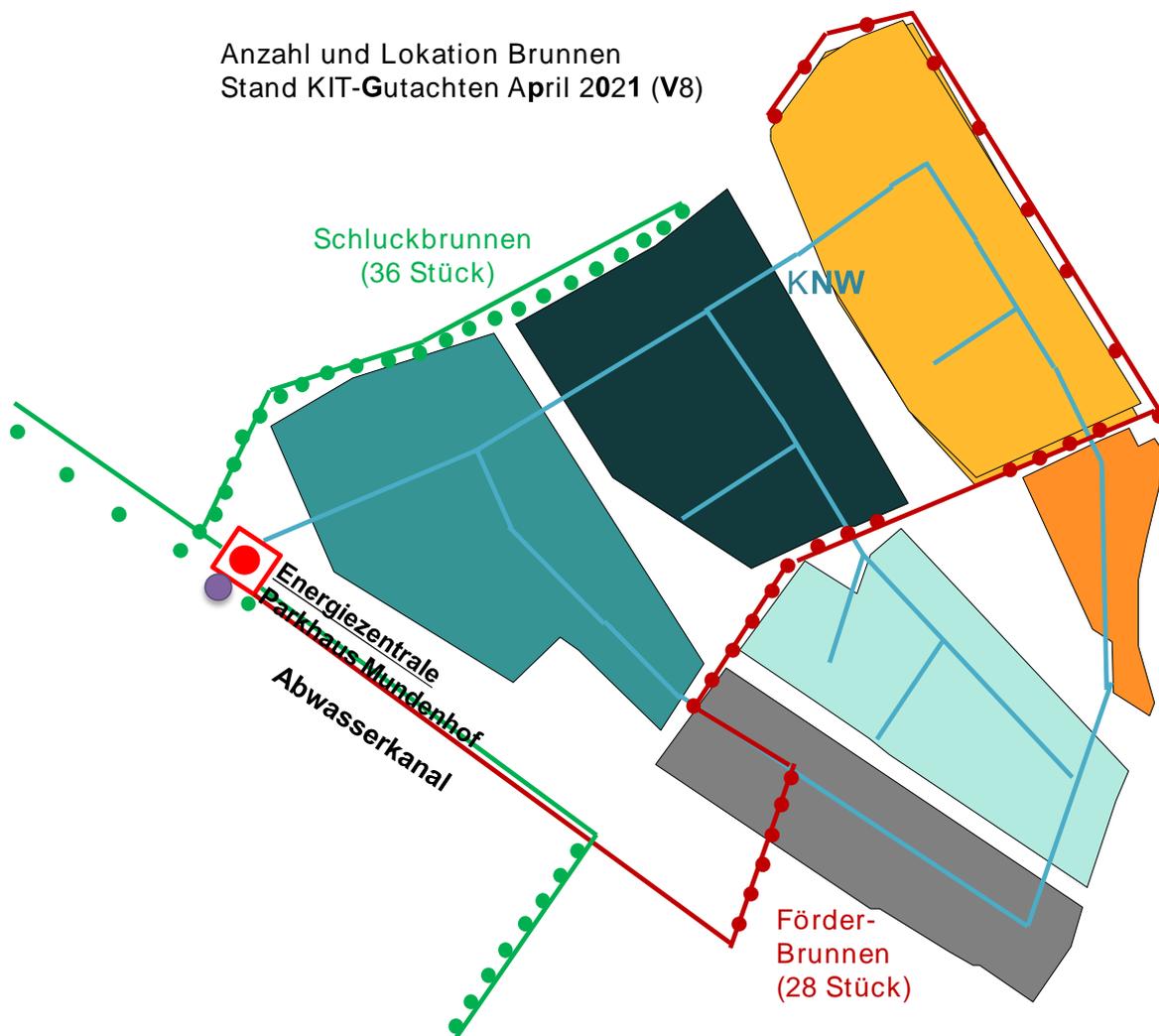


Anlage 1: Kurzanalyse der Varianten 2 und 4 zum Energiekonzept des Stadtteil Dietenbach in Freiburg

Stand 25.11.2021



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
1.1	Energiebilanz	3
1.2	Emissionsbilanz.....	3
1.3	Hintergrund	3
1.4	Nutzerperspektive	4
2	Einführung	4
2.1	Welche Dokumente liegen der Analyse zu Grunde?.....	5
3	Variantenvergleich	5
3.1	Kurbeschreibung der Varianten 4 (V4) und 2 (V2)	5
3.2	Gebäudestandard und Wärmebedarf?	6
3.3	Wie groß ist der Strombedarf?	6
3.4	Wie groß sind die Verteilverluste des Wärmenetzes in Variante 4?	7
3.5	Kühlleistung	7
3.6	Leitungsquerschnitte?	7
3.7	Strom- und Energiebilanz?	7
3.8	Emissionsfaktoren und Emissionsbilanz?	8
3.9	Zertifikate für den Strombezug der Elektrolyse und die Großwärmepumpen?	9
3.10	Kosten des Strombezugs der Wärmepumpen?	10
3.11	Kosten des Strombezugs der Elektrolyse?	10
3.12	Wärmepreise?	11
3.13	Grundwassernutzung	12
3.14	Großwärmepumpen als alleiniger Wärmeerzeuger	12
3.15	Ausschreibung	12
3.16	Vorbildcharakter des Energiekonzepts in Variante 4?	13
3.17	Wie könnte ein weitgehend treibhausgasfreier Betrieb der Gebäude bereits am ersten Tag in einem zusätzlichen Baugebiet wie Dietenbach gelingen?	13
4	Hintergrundinformationen	14
4.1	Strom bleibt auf absehbare Zeit knapp in Baden-Württemberg – so dass „Klimaneutral 2040“ Szenario aus der aktuellen EEP Studie (EEP 2021).....	14
4.2	Was bedeutet „klimaneutral“	15
4.3	Geschäftsmodell der Referenzanlage zur Gewinnung von Wasserstoff in Esslingen (Weststadt Neu)	16
4.4	Erneuerbare Anteil und Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland, Baden-Württemberg und am Knotenpunkt Eichstetten.....	18
4.5	Auf das Zusammenspiel zwischen niedrigem Energieverbrauch einem effizienten Einsatz der Erneuerbaren (z.B. Wärmepumpen) sowie der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Abdeckung der Residuallast kommt es an.....	21
4.6	Exkurs EU-Recht	22
4.7	Die Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen in einer Energie- und Emissionsbilanz sind wichtig!.....	23
4.8	Politische gesetzte rechtliche Rahmenbedingungen der Wasserstoffelektrolyse	24

1 Zusammenfassung

1.1 Energiebilanz

Unbestritten ist beim Vergleich der Energiebilanzen (EGS Plan, 19.10.2021 und 28.10.21, vgl. auch Anlage 2), dass Variante 4 (Nahwärmenetz, 65°) trotz der Abwärmenutzung (9 GWh) aus der Elektrolyseanlage 4 Millionen kWh (das entspricht etwa dem sparsamen Haushaltsstromverbrauch von etwa 4.000 Menschen) allein für die Wärmeerzeugung mehr Strom braucht als V2, gemäß Energieflussdiagramm (vgl. Anlage 2).

In der Analyse werden darüber hinaus bestimmte Annahmen hinterfragt (Verluste des Wärmenetzes, unterschätzter Kühlbedarf), die zu kurz greifen und dadurch der zusätzliche Strombedarf der V4 noch weit höher ausfallen kann, insbesondere wenn die Elektrolyseanlage aus wirtschaftlichen Gründen nicht gebaut werden sollte und dann zusätzlich 9 Millionen kWh Wärme mit Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 3-3,5 (V4) zu einem zusätzlichen Stromverbrauch von rund 2-2,5 Mio. kWh führen.

1.2 Emissionsbilanz

Insgesamt ist der zusätzliche Strombezug aus dem Netz von V4 (59GWh) um 33 GWh größer als in V2 (26 GWh). Das verschlechtert m.E. die Klimabilanz Freiburgs bis 2038, 2040 oder 2050 erheblich und das weitgehend unabhängig davon, von welchen Emissionsfaktoren genau beim Strombezug in welcher zeitlichen Auflösung ausgegangen wird. Würde man der Logik des vorliegenden Konzeptes folgen und in V2 den gegenüber V4 eingesparten Strom gleich bewerten und wie in V4 mit einer Gutschrift für z.B. eingesparten Diesel durch die direkte elektrische Nutzung ansetzen, wäre die Gutschrift aufgrund von Effizienzverlusten etwa 2,5 mal höher als in V4 (vgl. Anlage 2).

Bei der Emissionsbilanz wird seitens des Konzeptes die Bilanzgrenze Dietenbach verlassen und der zusätzliche Strombezug aus dem öffentlichen Netz mit Emissionsfaktoren bilanziert, die sich auf die gemittelten Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland beziehen.

Für zusätzlichen Strombedarf muss entweder ein zur Verfügung stehendes Kraftwerk hochgefahren oder ein Neues gebaut werden. Für eine sachgerechte Emissionsbilanz zusätzlichen Stroms sind die anfallenden Emissionen anzusetzen, die zum jeweiligen Zeitpunkt beim zusätzlich eingesetzten Kraftwerk anfallen. Das macht die Emissionsbilanz bei der Variantenuntersuchung im vorliegenden Konzept jedoch nicht, sondern setzt mittlere Emissionsfaktoren „Strommix“ für Deutschland an. Die für den zusätzlich benötigten Strom anzusetzenden Emissionsfaktoren der überwiegend fossilen Kraftwerke liegen deutlich höher (vgl. z.B. nach Untersuchungen des Umweltbundesamtes zusammengestellte Emissionsfaktoren in [Quaschnig 2021](#)).

Mit im Konzept nicht näher definierten Grünstromzertifikaten ist eine Anrechnung in der Bilanzgrenze Dietenbach nicht sachgerecht. Damit lassen sich auch keine Emissionsgutschriften für den aus Dietenbach „exportierten“ Wasserstoff begründen, die in der Darstellung im Konzept angeblich bereits mit der Inbetriebnahme der Wasserstoffelektrolyse mit Hilfe von Grünstromzertifikaten zu Negativemissionen führen.

1.3 Hintergrund

Erneuerbarer Strom in Baden-Württemberg und Freiburg bleibt auf lange Sicht ein knappes Gut. Die Grundannahme des Konzepts, man könne ab z.B. 2050 aus dem Stromnetz ohnehin nur noch erneuerbaren Strom beziehen und es sei deshalb nahezu egal, wieviel Strom für die Wärmeerzeugung benötigt würde, kann unseres Erachtens nicht belegt werden.

Im Gegenteil, genau V4 mit einem m.E. zur Wärmeversorgung an diesem Ort unnötigen zusätzlichen Stromverbrauch sorgt in einer Region, in der die Anteile erneuerbaren Stroms im Vergleich zum Rest von Deutschland besonders niedrig sind (Freiburg ca. 10%, Baden-Württemberg etwa 30%), genau dafür, dass das Ziel einer Energieversorgung mit so wenig zusätzlichen Treibhausgasemissionen wie möglich auszukommen eher später als früher erreicht wird.

Die im Konzept definierte Bilanzgrenze Stadtteil Dietenbach wird bei der Betrachtung der Treibhausgasemissionen nicht konsequent angewendet und Grünstromkriterien nicht benannt.

1.4 Nutzerperspektive

Neben der Perspektive von Investoren fehlt im Konzept auch eine Bewertung aus Sicht der Nutzer, die z.B. berücksichtigt, dass der Solarstrom von Dächern als Eigenstrom für die Wärmepumpen in V2 genutzt werden kann, in V4 aber nicht. Laut Energiekonzept können in V2 immerhin 45% des Solarstroms von den Dächern direkt als Strom für die Wärmepumpen wirtschaftlich eingesetzt werden. Ein Anteil, der keinen Knappheitssignalen einer Strombörse oder steigenden Zertifikatspreisen unterliegt und als sehr nachhaltige finanzielle Komponente einer Energieversorgung eingestuft werden kann. Zudem muss in V2 deutlich weniger Strom für die Residuallast (Verbrauch abzüglich des erneuerbaren Anteils) erzeugt werden, um die Stromversorgung sicherzustellen. Auf Grund des erheblich höheren Stromverbrauchs von V4 gegenüber V2 müsste der Konzessionär dauerhaft sehr günstige Strombezugskonditionen haben, um nur gleichzuziehen.

2 Einführung

Am 30.11.2021 steht im Gemeinderat die Entscheidung über die Ausschreibung des Energiekonzeptes Dietenbach Variante 4 gemäß Präsentation EGS-Plan vom 19.10.2021 an.

Die Entscheidung über das Energiekonzept Dietenbach und für einen neuen Stadtteil dieser Dimension (16.000 Einwohner), ist aus Sicht des CO₂ Abgabe e.V. von überregionalem Interesse. Spiegelt doch die Entscheidung über zwei der im Vorfeld untersuchten Varianten die bundespolitische Debatte in einigen spannenden Fragen wieder, wie z.B.

- Bis wann ist erneuerbarer Strom ein knappes Gut und welche Schlussfolgerungen zieht man daraus?
- Wie wird der für die Wärmepumpen im Stadtteil und die Elektrolyse zusätzlich aus dem öffentlichen Stromnetz benötigte Strom erzeugt und in der Emissionsbilanz sachgerecht berücksichtigt?
- Welche Bilanzgrenze wird zur Betrachtung der Emissionen gesetzt und welche Grünstromkriterien angewendet?
- Für welche Anwendung ist eine Wasserstoffproduktion über Elektrolyse an welchem Ort unter welchen Rahmenbedingungen sinnvoll?

Die Elektrolyseanlage ist zentraler Bestandteil des von der Verwaltung vorgeschlagenen Energiekonzeptes und gilt als der Garant für einen "klimaneutralen" Stadtteil Dietenbach (im Sinne der Betriebsphase der Gebäude). Mangels rechtlich einschlägiger Begriffsbestimmungen gilt laut Gemeinderatsdrucksache G-21/093 eine „klimaneutrale“ Wärmeversorgung als dann erreicht, wenn sie ohne Treibhausgasemissionen auskommt. Als Bilanzgrenze wurden die Grenzen bzw. die Fläche des Stadtteil Dietenbachs selbst festgelegt.

Bevor der Gemeinderat über das Energiekonzept am 27.7.2021 entschieden hat, wurden auf Grundlage der Variante 4 zwei Forschungsanträge gestellt.

1. Technologieoffensive H₂ im 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Einreichung Projektantrag am 31.05.2021; Gemeinsamer Antrag von insgesamt sechs

Quartiersprojekten mit Fokus H₂-Nutzung in Quartieren; Antragstellung durch das Steinbeis Innovationszentrum energieplus, Stuttgart; Bewilligung im Oktober 2021 eingegangen. Vorbereitung der Planung und Konkretisierung des Versorgungskonzepts.

2. EFRE-Call Modellregion Grüner Wasserstoff in Baden-Württemberg Beteiligung am Konsortium „Südlicher Oberrhein“ mit Projekt Dietenbach; Ziel: Aufbau einer Modellregion H₂ mit Erzeugung, Verteilung und Nutzung

2.1 Welche Dokumente liegen der Analyse zu Grunde?

- Präsentation des Energiekonzeptes vom 19.10.2021
- Abschlussbericht vom 28.10.2021 veröffentlicht Anfang November inkl. Ergänzung 1
- Protokoll der Stadt Freiburg über ein Gespräch mit Kritikern des Energiekonzeptes Dietenbach am 19.10.2021 17-19 Uhr
- Gemeinderatsdrucksache DRUCKSACHE G-21/199 mit Anlagen vom 3.11.2021
- Gemeinderatsdrucksache DRUCKSACHE G-21/093 mit Anlagen vom 7.7.2021
- Ausschreibung (Konzessionsbekanntmachung) vom 29.10.2021
https://www.deutsche-evergabe.de/dashboards/dashboard_off/2ba2ef3a-3af4-48be-b7d2-4578100b2ced
- Erläuterung der Bewertungskriterien für die Varianten V2 „Dietenbach Plus“ und V4 „Dietenbach KliEn“ (im folgenden Variantenvergleich) vom 19.11.2021

Quelle u.a. <https://www.freiburg.de/pb/1733405.html>

Nicht zur Verfügung standen

- Hydrogeologisches Gutachten des KIT

3 Variantenvergleich

3.1 Kurzbeschreibung der Varianten 4 (V4) und 2 (V2)

Variante 4, die vom Gemeinderat beschlossen ist, sieht vor

- Verpflichtung zum KfW 55 Standard
- ein Niedertemperaturnetz (65°C) vor mit Übergabestationen in den Baublöcken zur Wärmeversorgung
- eine Energiezentrale für Wärme aus Wärmepumpen und Elektrolyse-Abwärme am südlichen Rand des Baugebietes
- Wärmequellen für Wärmepumpen sind Abwasser- und Grundwasserwärme
- Elektrolyseanlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff aus erneuerbarem Strom inkl. Abwärmenutzung im Niedertemperaturnetz
- Wasserstoffherzeugung für Mobilität (~ 50 %, H₂- Busse) und zum Aufbau einer lokalen/regionalen Energiekreislaufwirtschaft.
- Den Bezug von zertifiziertem Strom, der den Bezug von erneuerbarem Strom sicher stellen soll.
- Der vor Ort erzeugte Solarstrom steht für den Bezug der Betreiber des Wärmenetzes wie der Elektrolyse nicht unmittelbar zur Verfügung, sondern muss vollständig über Direktverträge oder die Börse eingekauft werden (vgl. Kapitel 4.3).

Variante 2, die als Variante 2b von Kritikern in überarbeiteter Form favorisiert wird, sieht vor

- Verpflichtung zum Gebäudestandard KfW40+ mit Wärmerückgewinnung
- Kaltes Nahwärmenetz (KNW) im Quartier

- Dezentrale Wärmepumpen zur Wärmezeugung je Baufeld/Baublock
- Regeneration des KNW durch Abwasserwärme und Grundwasser
- Sofern die Betreiber der Solarstromanlagen wie der Betreiber der Wärmepumpen personenidentisch sind, kann der Solarstrom als eigenerzeugter Strom unmittelbar genutzt werden.
- Bauabschnittsweise Ausschreibung

Für beide Varianten wird ein Wärmedeckungspotenzial der Umweltwärme angegeben aus Abwasserwärme von ~ 25 % und aus dem Grundwasser von bis 90 %.

3.2 Gebäudestandard und Wärmebedarf?

Der den beiden Varianten 2 und 4 zugrunde gelegte Wärmebedarf von 51 GWh setzt einen Mix aus Gebäuden von KfW 40 und KfW 55 voraus.

Es liegen mit der neuen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ab dem 1.2.2022 auf Grundlage dessen der KfW 55 Standard zukünftig nicht mehr gefördert wird, gegenüber dem Gemeinderatsbeschluss vom 27.7.2021 neue Grundlagen vor, die eine Überarbeitung des Beschlusses vom 27.7.2021 notwendig machen.

Der KfW Standard 40 mit Wärmerückgewinnung kann auf Grund der hohen Förderung durch die BEG als Standard im Sinne der Nutzer ohne wesentliche finanzielle Nachteile für Investoren verbindlich vorgeschrieben werden.

Erst eine ambitionierte Erfüllung des KfW 40 Standards mit Wärmerückgewinnung lässt die Fördergelder im Sinne des Klimaschutzes in vollem Umfang wirksam werden und entlastet die Nutzer durch geringeren Energiebedarf (etwa Halbierung des Heizenergiebedarfs gegenüber KfW55) und entsprechend geringere Wärmekosten.

Zudem wird das Grundwasser durch geringere Entnahme von Umweltwärme entlastet und damit verbundene Kosten- und Versorgungsrisiken minimiert.

Frage 1 Um wieviel geringer fällt der Wärmebedarf in beiden Varianten aus, wenn ein KfW40+ Standard mit Wärmerückgewinnung verpflichtend gemacht wird?

3.3 Wie groß ist der Strombedarf?

Mit dem Gebäudestandard KfW 40 mit WRG und einer offeneren Ausschreibung werden in den geplanten Gebäuden weniger als die bisher in Variante 2 und 4 veranschlagten 51 GWh Nutzwärme benötigt und damit verringert sich noch einmal der Strombedarf für die Wärmepumpen und der notwendigen Umweltwärme. Dies wirkt sich in beiden Varianten positiv auf Energie- und Emissionsbilanz aus, wie auch auf die von den Nutzern am Ende zu tragenden Wärmekosten. Darüber hinaus können auch die Leitungsquerschnitte aufgrund der abnehmenden Leistungsspitzen kleiner ausfallen. Die offener Ausschreibung birgt darüber hinaus deutlich geringere Kostenrisiken und ermöglicht einen kosteneffizienteren Wettbewerb der Anbieter. Durch eine offener Ausschreibung kann ggf. auf zu geringe Wärmemengen aus dem Grundwasser reagiert werden (Minimierung der Risiken).

Frage 2 Wie viel Strom lässt sich durch die Verpflichtung auf den energiesparenden Gebäudestandard KfW40+ (mit Wärmerückgewinnung) in beiden Varianten einsparen und welche Auswirkung hat das auf die Kosten der Nutzer?

3.4 Wie groß sind die Verteilverluste des Wärmenetzes in Variante 4?

Es fehlen bei Variante 4 Angaben zu den angenommenen Verteilverlusten. Aus dem Energieflussdiagramm lassen sich näherungsweise angenommene Wärmeverteilverluste (1 GWh) von ca. 2% entnehmen. Wir gehen in der Variante 4 von etwa 8% aus, das wären in Variante 4 etwa 3 GWh mehr Wärme, die überschlägig etwa 850.000 kWh mehr Strom erfordern würde.

Frage 3 Wie groß sind die in Variante 4 angesetzten Wärmeverteilverluste? Und ggf. sind Verteilverluste in einem Niedertemperaturnetz (65°C) von 2% realistisch, in denen die Energiezentrale am Rand liegt?

3.5 Kühlleistung

Die Angaben für Allgemein- und Kältestrom werden in beiden Varianten mit 7 GWh angegeben (Anlage 2).

Frage 4 Welcher Kühlbedarf liegt der Angabe zugrunde?

Frage 5 Warum wird in Variante 2 eine Kühlung über das kalte Nahwärmenetz nicht berücksichtigt?

3.6 Leitungsquerschnitte?

Gemäß Variantenvergleich vom 19.11.21 sind aufgrund der relativ kleinen Temperaturspreizung des kalten Nahwärmenetzes (4 - 5 K) größere Leitungsquerschnitte für die Leistungsbereitstellung erforderlich als bei der Nahwärme von V4 mit 24 K Spreizung.

Frage 6 Um wieviel kleiner können die Leitungsquerschnitte bei einem verpflichtenden Gebäudestandard KfW 40 mit Wärmerückgewinnung KfW40+ und einer dezentraleren Organisation der Verteilung des Grundwassernetzes (kalte Nahwärme) dimensioniert werden?

3.7 Strom- und Energiebilanz?

Jahresstrombilanz

Der Vergleich der Energiebilanzen (EGS Plan, 19.10.2021, vgl. auch Anlage 2) fällt auf, dass Variante 4 (Nahwärmenetz, 65°) trotz der Abwärmenutzung (9 GWh) aus der Elektrolyseanlage 4 GWh mehr Strom braucht als Variante 2, gemäß Energieflussdiagramm. Dies wird im Variantenvergleich vom 19.11.2021 bestätigt. (vgl. Anlage 2)

Jahresendenergiebilanz

Bei V2 werden 92% (78GWh von 84GWh) der im Stadtteil benötigten Energie regenerativ (Umweltwärme und Solarstrom) erzeugt. Der Rest (8%, 6 GWh) muss netto von außen zugeführt werden. V4 kommt nach dem Energieflussdiagramm nur auf einen Wert von 72% (67 von 93) regenerativen Anteil. Es müssen also 28% der Energie (26 GWh) netto von außen zugeführt werden (vgl. Anlage 2).

Frage 7 Stimmen die zuvor gemachten Angaben in der Endenergiebilanz zu den regenerativen Anteilen der Wärmeversorgung in V4 und V2?

3.8 Emissionsfaktoren und Emissionsbilanz?

Insgesamt ist der zusätzliche Strombezug aus dem Netz von V4 (59GWh) um 33 GWh größer als in V2 (26 GWh). Das verschlechtert die Klimabilanz Freiburgs bis 2038, 2040 oder 2050 erheblich und das weitgehend unabhängig davon, von welchen Emissionsfaktoren genau beim Strombezug in welcher zeitlichen Auflösung ausgegangen wird.

Würde man der Logik des vorliegenden Konzeptes folgen und in V2 den gegenüber V4 eingesparten Strom gleich bewerten und wie in V4 mit einer Gutschrift für z.B. eingesparten Diesel durch die direkte elektrische Nutzung ansetzen, wäre die Gutschrift aufgrund von Effizienzverlusten etwa 2,5 mal höher als in V4 (vgl. Anlage 2).

Der höchste im Konzept zu findende Emissionsfaktor für den bundesdeutschen Strommix 2020 liegt bei 400 g/kWh (vgl. Abbildung 1).

Zum Vergleich: Der Emissionsfaktor für den deutschen „Strommix“ im Jahre 2019 als Treibhausgasemissionen incl. Vorketten betrug 470 g CO₂-Äquivalente ([UBA 2021, Seite 16, Tabelle 3](#)). Der Emissionsfaktor für 2021 dürfte nach derzeitigem Stand nur wenig niedriger liegen.

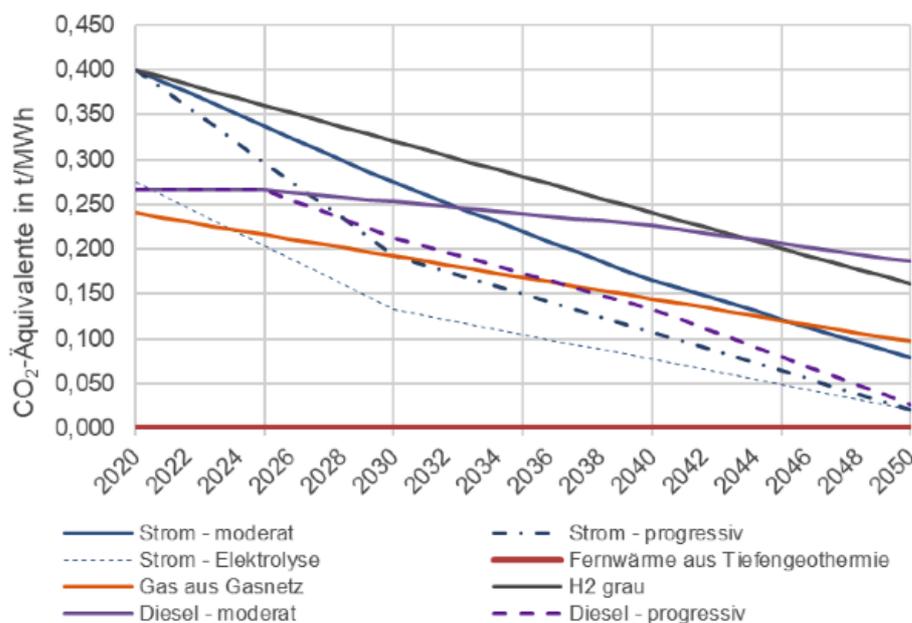


Abbildung 1 Emissionsfaktoren aus Energiekonzept, die zur Bilanzierung herangezogen werden (aus Präsentation EGS-Plan vom 19.10.21).

Laut Gemeinderatsdrucksache wird auf Basis von Modellrechnungen, „die eine entsprechende Berücksichtigung von saisonalen und tageszeitlichen Besonderheiten bei Energieerzeugung und Energiebedarf erlauben“, bilanziert. Diese stehen zur Bewertung jedoch nicht zur Verfügung. In den Unterlagen sind nur Jahreswerte für die Energie- und Klimabilanzen für den Betrieb der Gebäude (inkl. Nutzerstrom und Binnen-Mobilität) zwischen 2025 – 2050 dargestellt, aus denen sich nicht erkennen lässt, wie saisonal bedingte Schwankungen des Dargebots der Erneuerbaren und des Energiebedarfs berücksichtigt wurden.

Laut Variantenvergleich vom 19.11.2021

„besteht der Elektrolyse-Strom zu 100% aus erneuerbarem Strom, den der Betreiber über entsprechende Zertifikate nachweist.“

Bei der Emissionsbilanz wird seitens des Konzeptes die Bilanzgrenze Dietenbach verlassen und der zusätzliche Strombezug aus dem öffentlichen Netz mit Emissionsfaktoren bilanziert, die sich auf die gemittelten Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland beziehen.

Für zusätzlichen Strombedarf muss aber entweder ein zur Verfügung stehendes Kraftwerk hochgefahren oder ein Neues gebaut werden. Für eine sachgerechte Emissionsbilanz zusätzlichen Stroms sind die anfallenden Emissionen anzusetzen, die zum jeweiligen Zeitpunkt beim zusätzlich eingesetzten Kraftwerk anfallen. Das macht die Emissionsbilanz bei der Variantenuntersuchung im vorliegenden Konzept jedoch nicht, sondern setzt mittlere Emissionsfaktoren „Strommix“ für Deutschland an.

Die für den zusätzlich benötigten Strom anzusetzenden Emissionsfaktoren der überwiegend fossilen Kraftwerke liegen deutlich höher (vgl. nach Untersuchungen des Umweltbundesamtes zusammengestellte Emissionsfaktoren in [Quaschnig 2021](#)).

Mit im Konzept nicht näher definierten Grünstromzertifikaten ist eine Anrechnung in der Bilanzgrenze Dietenbach nicht sachgerecht. Damit lassen sich auch keine Emissionsgutschriften für den aus Dietenbach „exportierten“ Wasserstoff begründen, die in der Darstellung im Konzept angeblich bereits mit der Inbetriebnahme der Wasserstoffelektrolyse mit Hilfe von Grünstromzertifikaten zu Negativemissionen führen.

Frage 8 Wie genau wird gewährleistet, dass der Strombezug der Elektrolyse zu 100% aus erneuerbaren Quellen stammt?

3.9 Zertifikate für den Strombezug der Elektrolyse und die Großwärmepumpen?

Wenn mit „entsprechenden Zertifikaten“ der Strombezug gemeint ist, wie er in Kap. 4.3 vom Betreiber der Elektrolyse in Esslingen beschrieben wird, und auch die angedachte Elektrolyseanlage in Dietenbach mit dieser Form des Strombezugs betrieben werden soll, so kann die Elektrolyse weder mit 100 % Erneuerbarem Strom versorgt werden, noch können die Herkunftsnachweise "grün" bezogenem Strom aus bestehenden Anlagen für eine zusätzliche Wasserstoffherzeugung, in der Emissionsbilanz als Emissionsgutschrift für den Ersatz der Emissionen durch eingesparte fossile Kraft- oder Brennstoffe herangezogen werden. In der Gesamtbilanz (z.B. Bilanzgrenze Deutschland) würde sich keine Veränderung ergeben, da ja dann andere Verbraucher zeitgleich den „grünen“ Strom aus einer bestehenden z.B. Windkraftanlage nicht beziehen können und stattdessen mehr fossile Emissionen zugeschrieben bekommen.

Im Falle von Dietenbach bedeutet dies, dass allenfalls der vor Ort erzeugte Strom in den Solarstromanlagen (neue zusätzliche Anlagen), der in der Wasserstoffelektrolyse Verwendung findet, für die Gutschrift bilanziert werden darf. Auf diesen haben in V4 jedoch weder der Betreiber des Wärmenetzes für die Großwärmepumpen noch der Betreiber der Elektrolyse aus der Handlungsperspektive einen Zugriff.

Wenn das Konzept einer Emissionsbilanz V4 mit Strombezug, wie er in Kap. 4.3 beschrieben wird für die Elektrolyse in größerem Umfang funktionieren und viele Nachahmer finden würde (viele Kommunen bauen sich in den nächsten Jahren neue Quartiere mit zusätzlichem Strombedarf für Wärmepumpen und Elektrolyseanlagen und wollen den zu 100 % mit Erneuerbarem Strom versorgen), dann wäre in kürzester Zeit zu bestimmten Zeiten entweder jedes noch so emissionsintensives Kraftwerk in Baden-Württemberg und in z.B. NRW am Netz oder die Versorgungssicherheit käme ernsthaft in Gefahr. Schon jetzt hat die Bundesnetzagentur im Süden einigen fossilen Altanlagen eine endgültige Stilllegung untersagt ([Bundesnetzagentur](#), vgl. auch Kap. 4.1).

Grün erzeugter Elektrolysewasserstoff führt nur dann in der Energie- und Emissionsbilanz als chemischer und speicherbarer Energieträger zu positiven Beiträgen, wenn er der Abdeckung eines Energiebedarfs dient, der nicht gleichzeitig durch die direkte Nutzung von dem zur Verfügung

stehenden Strom und ggf. Batteriespeicher günstiger gedeckt werden kann (Stichwort saisonale Speicherung) oder einen Energieträger z.B. in der Industrie ersetzt, der durch die direkte Nutzung von Strom nicht ersetzt werden kann.

Der Anspruch der Klimaneutralität bezieht sich, so weit das auf den zur Verfügung gestellten Grundlagen beurteilt werden kann, nur auf die bundesdeutsche Stromerzeugung und nicht wie aus Sicht der Kritiker notwendig auf einer zeitlichen Auflösung von z.B. Stunden oder Tagen des regionalen zur Verfügung stehenden Stroms im Verteilnetz Freiburg (Netzknoten Eichstetten) oder zumindest im Übertragungsnetz der TransNet BW (vgl. Kap. 4.4).

Frage 9 Welche Grünstromkriterien (Zusätzlichkeit, Zeitliche Korrelation, Geographische Korrelation) liegen dem Strombezug für die geplante Elektrolyseanlage in Dietenbach zugrunde? (vgl. hierzu [frontier 2021](#))

Frage 10 Wie genau werden diese Zertifikate in der Emissionsbilanz berücksichtigt?

Frage 11 Ist auch für den Strombezug der Großwärmepumpe der Kauf von Grünstromzertifikaten verpflichtend? Wenn nein mit welchen Emissionen ist zu rechnen?

3.10 Kosten des Strombezugs der Wärmepumpen?

Im Konzept finden sich Kostenansätze für den Bezug von Wärmepumpenstrom, die aber nicht zwischen Großwärmepumpen gemäß V4 und den Wärmepumpen in V2 unterschieden sind.

Eine Bewertung aus Sicht der Nutzer müsste z.B. berücksichtigen, dass der Solarstrom von Dächern als Eigenstrom für die Wärmepumpen in V2 genutzt werden kann, in V4 aber nicht. Laut Energiekonzept können in V2 immerhin 45% des Solarstroms von den Dächern direkt als Strom für die Wärmepumpen wirtschaftlich eingesetzt werden. Ein Anteil, der keinen Knappheitssignalen einer Strombörse oder steigenden Zertifikatspreisen unterliegt und als sehr nachhaltige finanzielle Komponente einer Energieversorgung eingestuft werden kann. Zudem muss in V2 deutlich weniger Strom für die Residuallast (Verbrauch abzüglich des erneuerbaren Anteils) erzeugt werden, um die Stromversorgung sicherzustellen. Auf Grund des erheblich höheren Stromverbrauchs von V4 gegenüber V2 müsste der Konzessionär dauerhaft sehr günstige Strombezugskonditionen haben, um nur gleichzuziehen.

Frage 12 Mit welchen Kosten wird für den Betrieb der Großwärmepumpen in Variante 4 gerechnet?

Frage 13 Mit welchen Kosten wird für den Betrieb der Wärmepumpen in Variante 2 gerechnet?

3.11 Kosten des Strombezugs der Elektrolyse?

Im Konzept wird mit Strombezugskosten für die Elektrolyse von 49 €/MWh in 2025 und 44€/MWh 2050 gerechnet.

Frage 14 Sind diese Kostenansätze angesichts der aktuellen CO₂-Preis- und Energiepreissteigerungen realistisch?

Frage 15 In welcher Weise werden sich Grünstromkriterien, wie z.B. ein zeitgleicher Nachweis der regionalen Verfügbarkeit von zusätzlich erzeugtem erneuerbarem Strom auf die Strombezugskosten von Elektrolyseanlagen auswirken? (vgl. z.B. [frontier 2021](#)).

Frage 16 Ab wann wird mit zu zahlenden Netzentgelten für Bezug von Elektrolyseanlagen gerechnet?

Frage 17 Wie unterscheidet sich das geplante Strombezugskonzept für die Elektrolyseanlage in Dietenbach von der als Referenz genannten Elektrolyseanlage in Esslingen, wie in Kapitel 4.3 dargestellt?

3.12 Wärmepreise?

Für die Variante 4 wird laut Gemeinderatsdrucksache im Basis-Szenario ein Wärmepreis von 48,00 €/Monat je WE errechnet. Die Wohnfläche einer beispielhaften WE beträgt 75 m². Das ergibt rechnerisch Wärmekosten von 768 €.

Es wird aus den Unterlagen nicht deutlich auf welcher Grundlage sich der Preis errechnet und welcher Wärmepreis (netto oder brutto) bezogen auf welches Bezugsjahr von den Nutzern voraussichtlich bezahlt werden muss.

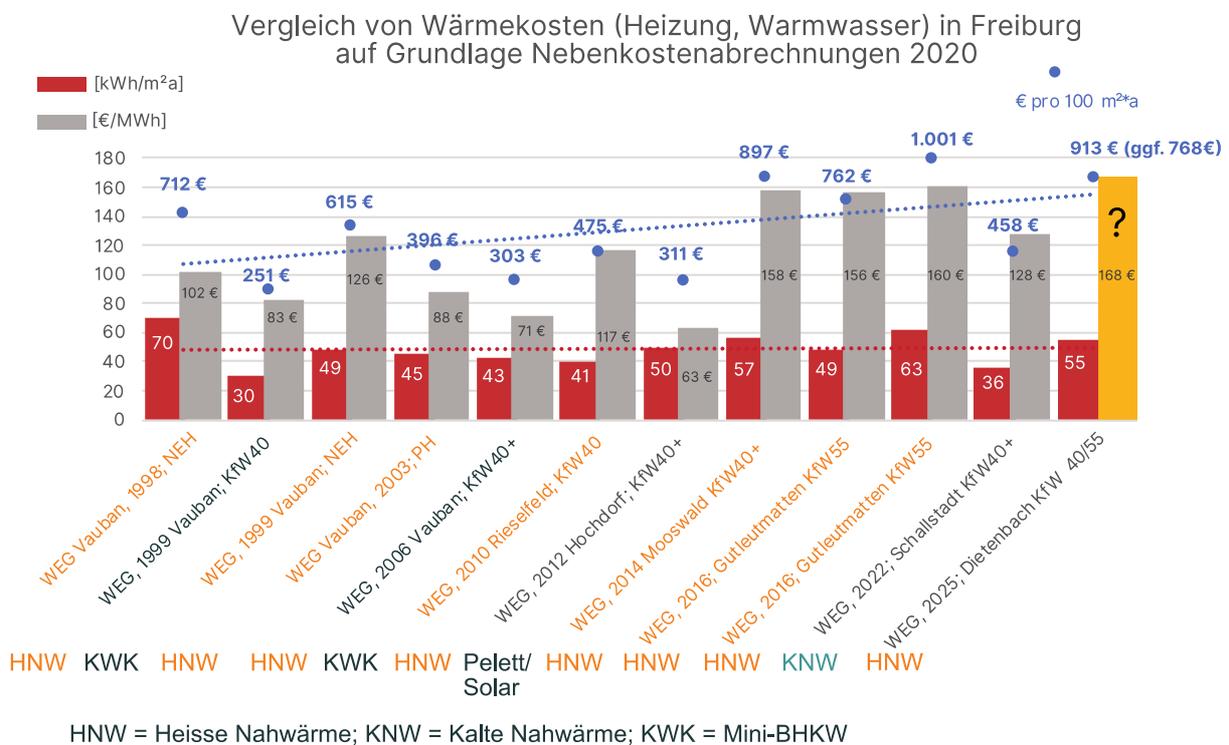


Abbildung 2 Vergleich der Wärmekosten (Heizung, Warmwasser) und Energieverbräuche verschiedener Gebäude aus Sicht der Nutzenden.

Abbildung 2 stellt vergleichend zu im Dietenbach geplante Gebäude und ihre Wärmekosten dar, wie sie in den Nebenkostenabrechnungen der Hausverwalter für Heizwärme und Warmwasser in 2020 (in Falle des Beispiels aus dem Rieselfeld für 2018) abgerechnet wurden. Zum Vergleich wurde der durchschnittlich erwartete Wärmepreis von Dietenbach (V4) als durchschnittliche Wärmekosten pro Jahr und 100m² beheizte Fläche dargestellt unter der Annahme, dass es sich bei den 48 € je Euro und Monat (bezogen auf 75m²) um einen Nettobetrag handelt, der von den Nutzenden im Rahmen einer Nebenkostenabrechnung zu zahlen ist.

Frage 18 Mit welchen durchschnittlichen Wärmekosten haben die Nutzer der Wohnungen in ihrer Nebenkostenabrechnungen in Dietenbach bei V4 und V2b zu rechnen?

3.13 Grundwassernutzung

Ob die Umweltwärme aus dem Grundwasser ausreicht oder nicht und welche Folgen die Nutzung des Grundwassers hat, kann nicht bewertet werden. Das Hydrogeologische Gutachten konnte bislang nicht eingesehen werden. Mit V2b können durch den geringeren Wärmebedarf die Risiken in jedem Fall gemindert werden (KfW40+ inkl. Wärmerückgewinnung).

In V2 kann das Grundwassernetz in geringem Umfang auch zu Kühlzwecken genutzt werden. Es ist jedoch zu gewährleisten dass die Temperaturtoleranzen, die für das Überleben der heimischen Grundwasserfauna notwendig sind, nicht überschritten werden und die lokalen Grundwasserabsenkungen die Vegetation nicht zu stark beeinflussen.

Frage 19 Mit welchen Grundwassertemperaturen wird zwischen 2020-2050 gerechnet?

Frage 20 Welchen Anteil der Kühlenergie ließen sich unter Berücksichtigung des Schutzes der Grundwasserfauna aus einem kalten Nahwärmenetz, wie in V2b decken.

3.14 Großwärmepumpen als alleiniger Wärmeerzeuger

Großwärmepumpen als alleinige Wärmeerzeuger in größeren Nahwärmenetzen mit einem Temperaturhub von etwa 10-12°C auf 65°C, wie in Variante 4 sind bislang noch relatives Neuland.

Frage 21 Sind vergleichbare Projekte zu V4 mit Großwärmepumpen (>1 MW) als alleinigem Wärmeerzeuger bekannt und wenn ja wie hoch war der Strombezug in Relation zur Wärmeerzeugung (COP) und zu welchen Strombezugskosten und zu welchem Wärmepreis wird die so erzeugte Wärme an Endkunden abgegeben?

3.15 Ausschreibung

Da die für Variante 4 Veröffentlichte Ausschreibung bereits die ersten vier Bauabschnitte in Dietenbach umfasst, werden nach ca. 5 Jahren Laufzeit (Mitte 2027) weniger als 1.000 Wohnungen angeschlossen sein. Die Fernwärmeanlagen im vierten Bauabschnitt werden voraussichtlich erst nach ca. 10 Jahren in Betrieb gehen.

Frage 22 Welche Kostenrisiken sind bei einer Ausschreibung von vier Bauabschnitten über einen Zeitraum von 10 Jahren (und einen Gesamtzeitraum von 20 Jahren) zu erwarten?

Frage 23 Wie werden Verzögerungen im Gesamtterminplan, die zu Verzögerung von Bau und Wärmelieferung zu Lasten des Konzessionsnehmers gehen ausgeglichen und von wem?

Frage 24 Welche Nachteile sprechen gegen eine technologieoffenere Ausschreibung, die auch ein Angebot für V2b zulässt?

Frage 25 Warum wurde die Stufe 1 der Ausschreibung bereits Ende Oktober veröffentlicht ohne den Gemeinderatsbeschluss hierzu am 30.11.21 abzuwarten?

Frage 26 Welche Kosten kommen auf wen zu, wenn die Präqualifikation (Stufe 1) der Ausschreibung wiederholt wird, und die zweite Stufe technologieoffen ausgeschrieben wird?

Frage 27 Welche Bewertungskriterien und welche Pflichten sind für die Ausschreibung Stufe 2 geplant?

3.16 Vorbildcharakter des Energiekonzepts in Variante 4?

Wenn sich andere Kommunen an der jetzt beschlossenen Variante 4 des Stadtteils Dietenbach orientieren und an vielen Stellen in Baden-Württemberg vor allem auf den Kauf von „Ökostrom“, den Bau von Wärmepumpen und Elektrolyseanlagen setzen, der nicht mit dem Ausbau der Erneuerbaren und dem Bau von emissionsarmen Residualastkraftwerken vor Ort zeitlich koordiniert wurde, werden Energiewende und Klimaschutz mindestens verzögert oder scheitern.

Die Residuallast des zusätzlich benötigten Stroms muss dann so lange es noch keinen Überschuss an erneuerbarem Strom gibt, der saisonal in Form chemischer Energieträger wie Wasserstoff gespeichert werden kann, aus einem Mix aus ineffizienten mit vergleichsweise hohen Emissionen verbundenen Kraftwerken zu hohen Preisen bezogen werden müssen.

3.17 Wie könnte ein weitgehend treibhausgasfreier Betrieb der Gebäude bereits am ersten Tag in einem zusätzlichen Baugebiet wie Dietenbach gelingen?

In Kap. 4.5 wird skizziert, wie man durch die geschickte Abstimmung von Energieverbrauch und erneuerbarer Erzeugung vor Ort zu einem geringen zusätzlichen Energiebedarf von außerhalb der Bilanzgrenze des Baugebietes beitragen kann. Insbesondere im Winter ergänzen sich KWK-Anlagen und Wärmepumpen idealerweise. Ziel jedes Bilanzraumes sollte sein die Residuallast (Verbrauch abzüglich Erneuerbarem Dargebot) zeitgleich durch Erzeuger zu produzieren, die mit möglichst wenig Treibhausgasemissionen verbunden sind. Das sind entweder kleinere KWK-Anlagen vor Ort oder Großanlagen wie z.B. das Küstenkraftwerk in Kiel oder das in diesem Jahr in Betrieb gegangene BHKW in [Wiesbaden](#) oder GuD Anlagen auf der grünen Wiese mit einem elektrischen Wirkungsgrad größer 60%.

Statt Erdgas kann in den KWK-Anlagen früher oder später grüner Wasserstoff eingesetzt werden, der zunehmend über ein Gasnetz von den Regionen mit künftigen Überschüssen an erneuerbarem Strom z.B. nach Freiburg kommt. Heute schon wird in der Praxis erprobt aus dem Methan im Erdgas über eine vorgeschaltete Plasmalyseanlage vor Ort den Kohlenstoff vom Wasserstoff abzutrennen, um dann den Wasserstoff in einer KWK-Anlage Strom und Wärme vor Ort zu erzeugen, wenn erneuerbarer Strom nicht zur Verfügung steht. Damit wird auch konventionelles Erdgas oder auch Biogas bis auf die Vorkettenemissionen und den eingesetzten Strom zu einem treibhausgasarmen Energieträger für die Residuallast. Der Stromverbrauch für die [Methanplasmalyse](#) beträgt nominell statt 50 kWh pro kg Wasserstoff wie bei der Elektrolyse nur etwa 10 kWh pro kg Wasserstoff.

Auch bei den Verbrauchern in den Haushalten kann man ansetzen, wie es ein [Pilotprojekt in Allensbach](#) am Bodensee demonstriert. Es versucht durch geschickte Regelung den Stromverbrauch der Haushaltsgeräte über den Tag in jeweils die Zeiten mit den geringsten Emissionen zu verschieben.

4 Hintergrundinformationen

4.1 Strom bleibt auf absehbare Zeit knapp in Baden-Württemberg – so dass „Klimaneutral 2040“ Szenario aus der aktuellen EEP Studie ([EEP 2021](#))

Ein aktuelles Szenario, dass die Notwendigkeiten beim Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) für ein „klimaneutrales“ Baden Württemberg für das Jahr 2040 aufzeigt ([EEP 2021](#)), kommt zu folgenden Ergebnissen:

Der gesamte Endenergiebedarf sinkt in Baden-Württemberg (BW) bis 2030 „nur“ um 27 % und bis 2040 um 37 %. Das ist bereits hochambitioniert.

Die Stromnachfrage wird laut Szenario bis 2040 auf 90 TWh/a (Stromnachfrage Ende 2020 lag bei 62 TWh/a) u.a. durch zunehmenden Bedarf im Verkehr, der Industrie oder bei der Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Wärmepumpen steigen.

Bereits ohne zusätzlichem Elektrolysestrom wird im Szenario die Erzeugungsleistung aus Erneuerbaren in BW von derzeit 10 GW auf 52,5 GW in 2040 ausgebaut werden müssen und auch dann erzeugt Baden-Württemberg immer noch erst 84 % des benötigten Stroms selbst, die restlichen 16 % müssen dann auch 2040 noch importiert werden (noch ohne EE-Strom für H₂). Und das oft in Stunden, in denen die Stromleitungskapazitäten knapp sein werden.

Ausbau Solarstrom: Bereits ohne Wasserstoffherzeugung müssen in Baden-Württemberg die Flächen, die derzeit mit PV-Modulen belegt sind von 36 km² auf 215 km² steigen.

Ausbau Wind: Ende 2020 produzierten in Baden-Württemberg 738 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.587 MW und mittleren Größe von 2,15 MW rund 3 TWh/a Strom. In 2040 müssen es auch ohne H₂-Strom schon 2.000 bis 2.400 Windenergieanlagen mit 11.500 MW (5-6MW pro Anlage) sein.

Daher sehen die meisten Ansätze den langsamen Ausbau von Elektrolyseanlagen vom Norden her und einen Energieimport über ein Wasserstoff- oder Erdgasnetz nach Süden vor.

Um bis 2040 eine vollständige CO₂-Nullemission zu erreichen, sind im Szenario „Klimaneutral2040“ jedoch rund 47 TWh/a Wasserstoff aus erneuerbarem Strom erforderlich.

Zur Bereitstellung dieser Mengen an Wasserstoff (unabhängig vom Ort der Produktion) ist eine zusätzliche EE-Strommenge bis 2040 von rund 63 TWh/a erforderlich. Dieser zusätzliche Strombedarf ist im EE-Ausbau des Szenarios klimaneutral explizit nicht enthalten. Im Szenario wird damit offengelassen, wann und zu welchen Teilen Strom für die Wasserstoffherstellung und/oder Wasserstoff direkt importiert wird.

Genau an dieser Frage hängt aber die Diskussion, an welchen Standorten denn die Elektrolyseanlagen sinnvoll zuerst gebaut werden. Die meisten saisonalen Speicher und auch die höheren Überschüsse an EE-Strom sind bzw. dürften im Norden deutlich früher erwartet werden als im Süden. Damit sind Elektrolyseanlagen hier im Süden Deutschlands auf absehbare Zeit (vor 2030) außer ggf. zu Demonstrations- und Forschungszwecken keine wirtschaftliche Investition mit der sich Emissionen in nennenswertem Maße mindern lassen. Wasserstoffherzeugung im Süden wird sich zunächst auf ganz andere Technologien stützen müssen, wie z.B. die Methanpyrolyse oder die Plasmalyse.

Schlussfolgerungen:

- Erneuerbarer Strom ist und bleibt auch bis 2040 ein sehr sehr knappes Gut, nicht nur in Baden-Württemberg.
Und das gilt auch, wenn von einem sparsamen "Suffizienzscenario" ausgegangen wird, wie es das Baden-Württemberg-Szenario macht.
- Der Ausbau von Wärmepumpen muss mit dem Ausbau der Erneuerbaren und der effizienten Abdeckung der Residuallast (Erdgas- und Wasserstoff-KWK oder Gaskraftwerke auf der grünen Wiese mit 60% el. Wirkungsgrad) zeitgleich stattfinden.
- Für den „zusätzlichen“ Stadtteil Dietenbach bedeutet dies: Jede zusätzliche kWh Strom, die vor dem beschriebenen massiven Ausbau der Erneuerbaren bis 2040 entsprechend effizienter „Residuallastkraftwerke“, die auf grünen Wasserstoff umgestellt werden können (Kraftwerke die einspringen, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht) für Elektrolyseanlagen genutzt wird, führt zu mehr Emissionen, die allenfalls durch echte Negativemissionen (z.B. Pflanzenkohle) ausgeglichen werden könnten.

4.2 Was bedeutet „klimaneutral“

Begriffe wie Klimaneutralität, Treibhausgasneutralität und CO₂-Neutralität werden oft unscharf oder synonym für den Ausgleich zwischen Emissionen und Senken verwendet.

- Klimaneutralität ist dem Wortsinn nach erreicht, wenn es über einen Referenzzeitraum zu keinerlei globaler Erwärmung kommt. Dazu müssten sämtliche menschengemachten und natürlichen Einflüsse, die zu einem globalen Temperaturanstieg führen, wie z.B. ausgestoßene Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, Industriegase u.a.), CH₄-Emissionen aus dem Auftauen von Permafrostböden oder Veränderungen der Albedo, durch entsprechende Senken zum Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre ausgeglichen werden. Vergleichbar werden die unterschiedlichen Treibhausgase über die Verrechnung ihrer spezifischen Treibhauspotenziale und ihrer Verweildauern im gegebenen Referenzzeitraum, angegeben als CO₂-Äquivalente (CO_{2e}) inkl. Vorketten.
- Treibhausgasneutralität bezeichnet dagegen alle Emissionen von Treibhausgasen, die sich nicht durch z.B. Verzicht auf fossile Energieträger vermeiden lassen, wie beispielsweise in der Landwirtschaft, im Gegenzug durch entsprechende Senken (Entzug von Treibhausgasen aus der Atmosphäre) auszugleichen (Netto-Null-Emissionen), vgl. auch DENA 2020).
- Im Falle von einem zusätzlichen Stadtteil, wie Dietenbach werden bislang zur Erreichung des Ziels „klimaneutral“ nur die Emissionen betrachtet, die nach Fertigstellung der Gebäude im Betrieb anfallen. Um zumindest treibhausgasneutral zu sein, muss die Bilanz der Treibhausgase für den Betrieb bereits am ersten Tag nach der Fertigstellung eines Gebäudes oder Bauabschnittes neutral sein.
- Für eine ehrliche CO₂-Bilanz müssen hierbei die Emissionen des Stromimports aus dem Netz und des Stromexports in das Netz anhand der tatsächlichen CO₂-Emissionen am Standort Freiburg (z.B. beim Strom Knotenpunkt Eichstetten 2025 (ohne Kernenergie)) berechnet und im zeitlichen Verlauf eines Jahres bilanziert werden, da gerade im Winter der Kohlestromanteil im Netz deutlich höher ist als im Sommer mit viel PV-Strom.
- Für einen umfassenderen Begriff von einem treibhausgasneutralen Stadtteil müssten sämtliche Quellen und Senken von Treibhausgasen betrachtet werden. Hierzu gehören insbesondere die Treibhausgasemissionen, die bereits mit der Vorbereitung des Baugeländes und beim Bau der Infrastruktur und der Gebäude anfallen, wie aber auch die wegfallenden Senken durch Pflanzenwuchs, Böden durch Versiegelung.
- Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB hat für diese Bilanzierung ein [Rahmenwerk](#) erarbeitet. Demnach kann eine CO₂-Bilanz für die Betriebsphase (Bilanzierungslevel 1) und für die Bau- und Rückbauphase (Bilanzierungslevel 2) erstellt werden. Im Sinne der obigen Anmerkungen bilanziert das Regelwerk allerdings nur die Treibhausgasneutralität, nicht die Klimaneutralität.

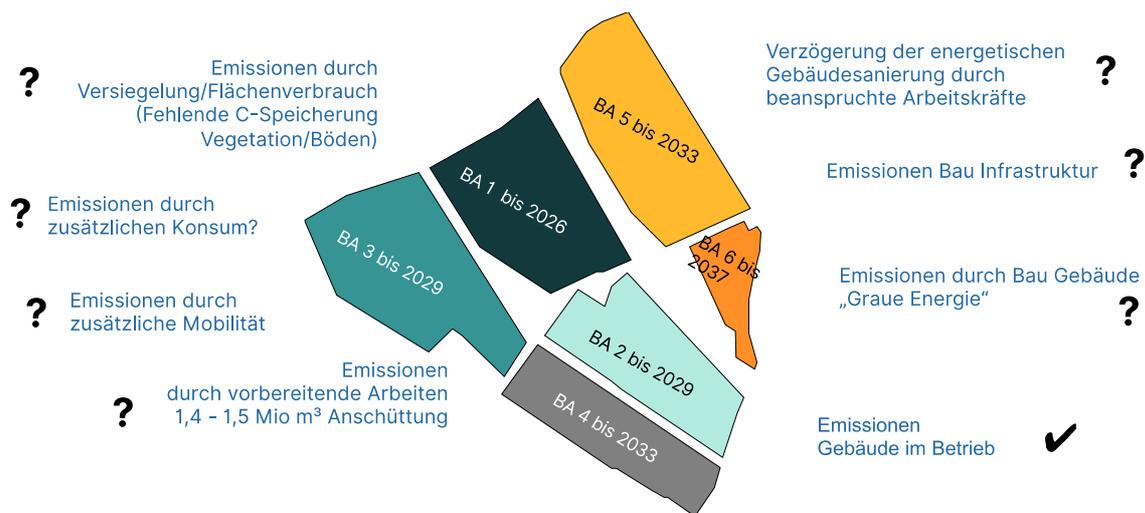


Abbildung 3 Was müsste in einer Klimabilanz bilanziert werden, um zu wissen, welche Auswirkung zusätzliche Gebäude auf die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre hat.

4.3 Geschäftsmodell der Referenzanlage zur Gewinnung von Wasserstoff in Esslingen (Weststadt Neu)

Im Protokoll der Stadt Freiburg über ein Gespräch mit Kritikern des beschlossenen Energiekonzeptes Dietenbachs am 19.10.2021 17-19 Uhr heißt es:

„Es gibt jedoch eine bereits realisierte Anlage für die Erzeugung von grünem Wasserstoff, die im Betrieb ist und den sinnvollen Einsatz dieser Technologie in einem Quartierskonzept belegt. Durch den zeitlich modulierbaren Betrieb der Anlage kann sichergestellt werden, dass tatsächlich energiewendendieulich nur erneuerbarer Strom genutzt wird.“

Nach den inzwischen schriftlich per E-Mail bestätigten Informationen von Manuel Thielmann, Mitarbeiter der Fa. Polarstern, München und Geschäftsführer der Betreiberfirma des Elektrolyseurs zur Wasserstoffgewinnung in der [Weststadt Neu](#) sind die betrieblichen Rahmenbedingungen der Anlage folgende:

- Der Betreiber lässt aus wirtschaftlichen Gründen den Elektrolyseur nur dann laufen, wenn sich Strom zu einem Börsenpreis unter 55 €/MWh einkaufen lässt, das ist bei den aktuellen Strombörsenpreisen ([Agorameter](#), [Smard.de](#), EEX) allenfalls stundenweise der Fall (vgl. Kapitel 4.4).
- Zusätzlich kann die Anlage dann betrieben werden, wenn Solarstrom vor Ort zur Verfügung steht oder Strom aus einem vom EEG nicht mehr geförderten Windrad über einen Direktstromvertrag zur Verfügung steht.
- Die Elektrolyse im Projekt Weststadt Neu ist in seiner Betriebszeit derzeit leicht eingeschränkt, weil das Erdgasnetz im Sommer nur begrenzte Mengen an Wasserstoff aufnehmen kann.

- Im Rahmen des Projektes ist die Demonstration von „PowertoGas to Power“ in einem reinen Wasserstoff-BHKW vor Ort realisiert und in Betrieb.
- Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ist die Wasserstoffproduktion unwirtschaftlich und die Laufzeit für das Jahr 2021 kann derzeit noch nicht angegeben werden.
- Auch bei dauerhaften an Börse einzukaufenden Mengen an Strom zu Konditionen unter 50 €/MWh kann die Wirtschaftlichkeit nur dargestellt werden, da nach derzeitiger Gesetzeslage der Bezugsstrom für die Wasserstoffelektrolyse von allen Umlagen, Steuern und Netzentgelten befreit ist.

Unter diesen Rahmenbedingungen kann nicht gewährleistet werden, dass tatsächlich energiewendeadienlich nur erneuerbarer Strom genutzt wird, da auch niedrige Strombörsenpreise nicht gleichzusetzen sind mit ausschließlich erneuerbarem Strom. Die Kosten dieser fragwürdigen Rahmenbedingungen, dass der Bezugsstrom der Wasserstoffelektrolyse von allen Steuern, Umlagen und Netzentgelten befreit ist, müssen dann über die Netzentgelte und andere Umlagen (die ja von irgend jemandem aufgebracht werden müssen) von der Gemeinschaft vor allem Haushaltskunden in Deutschland getragen werden, denen das meist nicht klar ist und auch nicht erklärt wird.

Diese dauerhaft nicht haltbaren bundespolitischen Rahmenbedingungen verführen an dieser Stelle zu Geschäftsmodellen einer Wasserstoffproduktion (Strombezug < 50 €/MWh), die allenfalls temporär funktionieren kann. Durch gestiegene CO₂- und Energiepreise sind sie bereits heute obsolet (vgl.

Abbildung 4 und Abbildung 5). Bei sachgerechter Umsetzung zu erwartender europäischer Vorgaben (zeitgleicher Nachweis der regionalen Verfügbarkeit von zusätzlich erzeugtem erneuerbarem Strom) ist ein Geschäftsmodell auch auf absehbare Zeit in der Region weder wirtschaftlich noch physikalisch sinnvoll darstellbar, da die Wasserstoffkosten eben sehr stark von der regionalen Verfügbarkeit und der zeitlichen Auflösung der Betrachtung abhängig sind (vgl. z.B. [frontier 2021](#)).

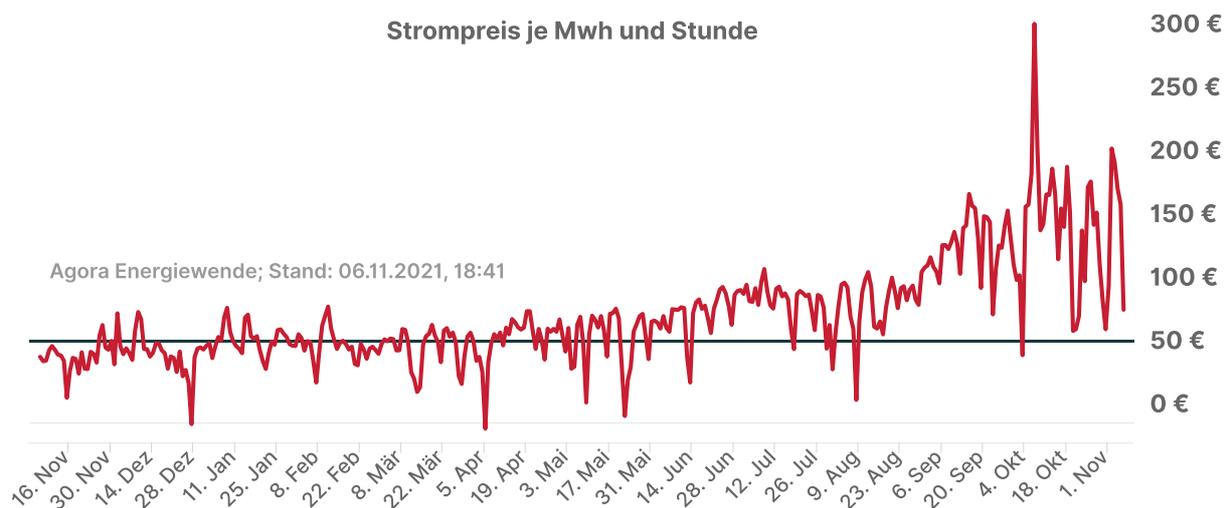


Abbildung 4 Aktuelle Entwicklung der Strombörsenpreise (Quelle smard.de, eigene Darstellung)

Entwicklung EU-ETS CO2-Preis 2021



Abbildung 5 Entwicklung der CO₂-Preise 2021 im europäischen Emissionshandel ([Ember](#))

4.4 Erneuerbare Anteil und Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland, Baden-Württemberg und am Knotenpunkt Eichstetten

Während die Anteile der Erneuerbaren an der Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2021 bei etwa 48% liegen, erreicht Baden-Württemberg nur einen Anteil von 30% und Freiburg von etwa 10%. Überschüsse an Erneuerbarem Strom gibt es weder in Deutschland, Baden-Württemberg noch in der Region Freiburg (Abbildung 6 und folgende).

Die höchsten erneuerbaren Ausbaupotentiale liegen bei Solar- und Windstromanlagen. Stromerzeugung aus Wind und Sonne tragen in der Region Freiburg erst zu etwa 6% zum Strombedarf bei (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 11). Entsprechend höher sind in der zeitlichen Auflösung auch die Anteile, die noch durch fossile Kraftwerke gedeckt werden und damit auch die spezifischen Emissionen, die mit zusätzlichem Strombedarf erzeugt werden.

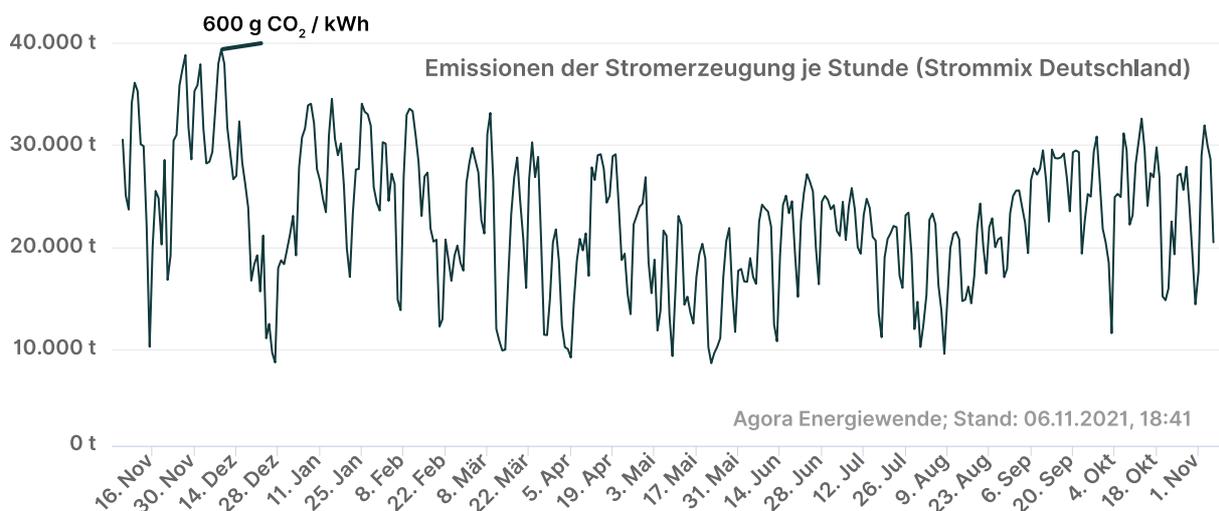


Abbildung 6 Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland (Quelle Agorameter)

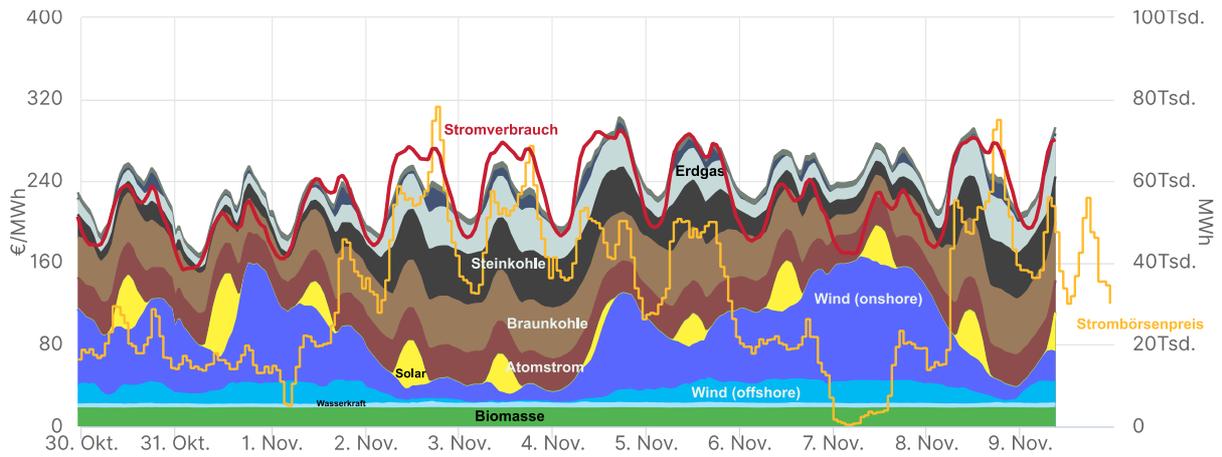


Abbildung 7 Aktueller Stromverbrauch, Stromerzeugung und Strompreise in Deutschland (30.10-9.11.2021, Smard.de)

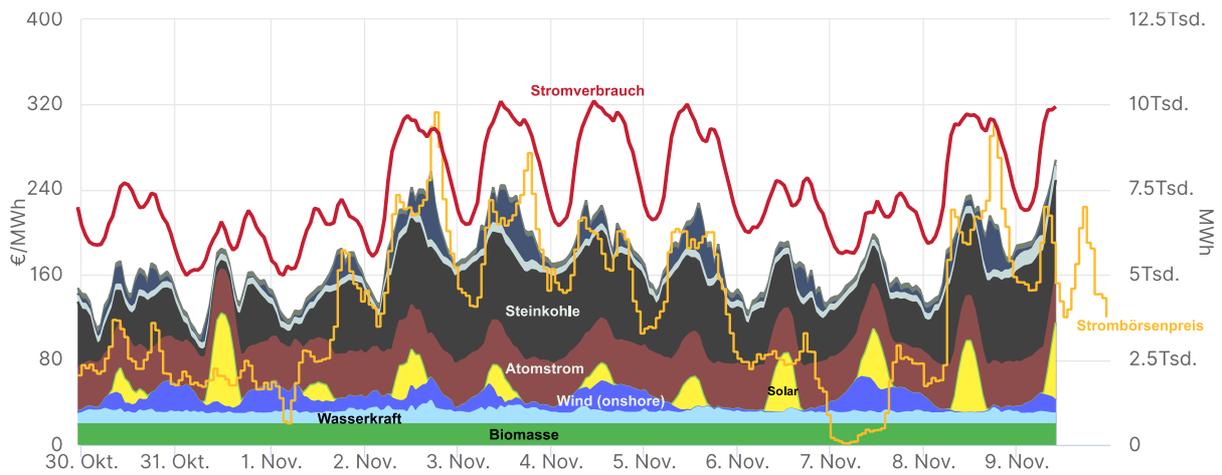


Abbildung 8 Aktueller Stromverbrauch, Stromerzeugung und Strompreise in Baden-Württemberg (30.10-9.11.2021) bzw. im Netz der TransnetBW (Smard.de)

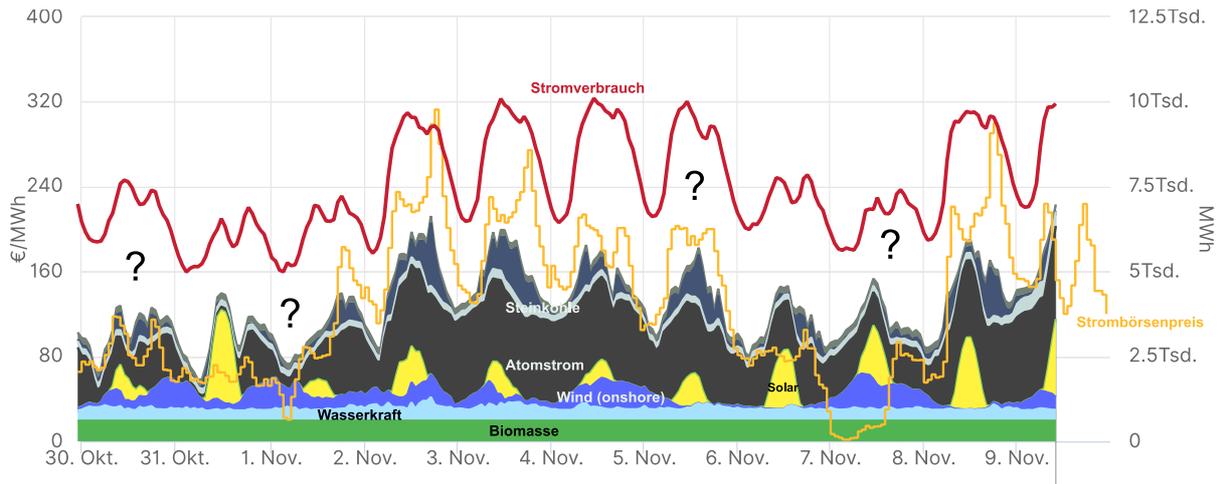


Abbildung 9 wie Grafik zuvor nur ohne Atomstrom, die darstellt dass mit dem Auslaufen der Atomenergie in Deutschland in 2022 es in Baden-Württemberg vermehrt zu Stromimporten mit erhöhten Emissionen kommen wird.

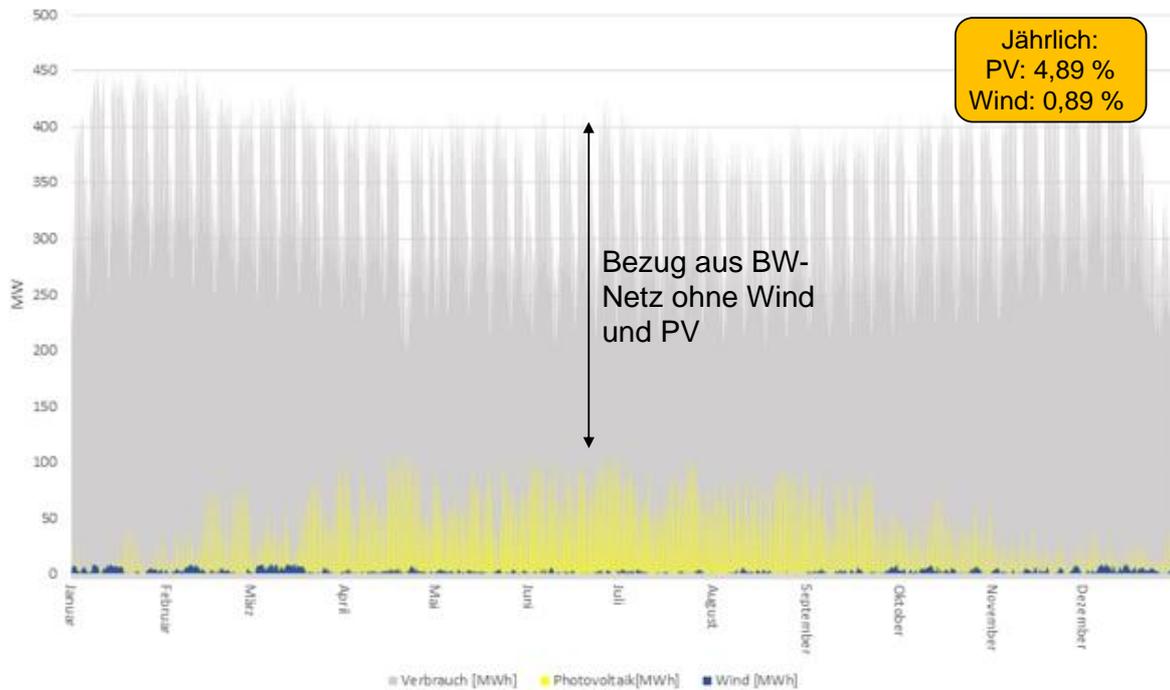


Abbildung 10 Anteil von Wind und Sonnenstom in der Region Freiburg; Verteilnetz bis zum Umspannwerk (Knotenpunkt zum Übertragungsnetz) in Eichstetten mit Anteilen des Stroms aus PV von etwa 4,89% und von Wind bei etwa 0,96% pro Jahr.

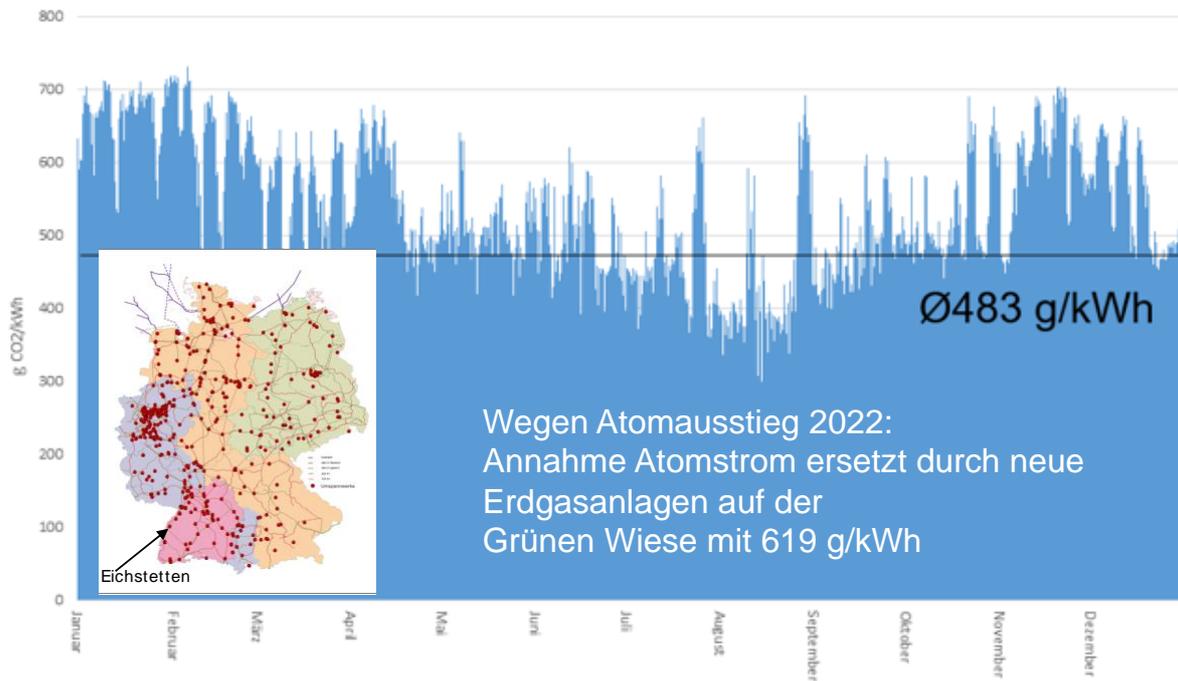


Abbildung 11 Treibhausgasemissionen im Verteilnetz der Region Freiburg bezogen auf den Knotenpunkt (Umspannwerk) Eichstetten unter der Annahme der Anteil des Strombedarfs, der noch aus Kernenergie erzeugt wird, würde durch neue Erdgasanlagen auf der grünen Wiese ohne Nutzung der Abwärme mit Emissionen von 619 g/kWh pro kWh ersetzt werden und der Rest, der nicht durch Wind und Sonne gedeckt werden kann analog zum Mix in Baden-Württemberg.

4.5 Auf das Zusammenspiel zwischen niedrigem Energieverbrauch einem effizienten Einsatz der Erneuerbaren (z.B. Wärmepumpen) sowie der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Abdeckung der Residuallast kommt es an

Am Beispiel eines KfW40+-Gebäude (2 Gebäude, BHKW, 2.521 m² Baujahr 2006) in Freiburg kann gezeigt werden, wie sich der Stromverbrauch durch Solarenergie und KWK effizient decken lässt (Abbildung 12) und z.B. in einem anderen Gebäude genutzt werden kann, um den zusätzlichen Strombezug der Wärmepumpe zu decken (Abbildung 13).

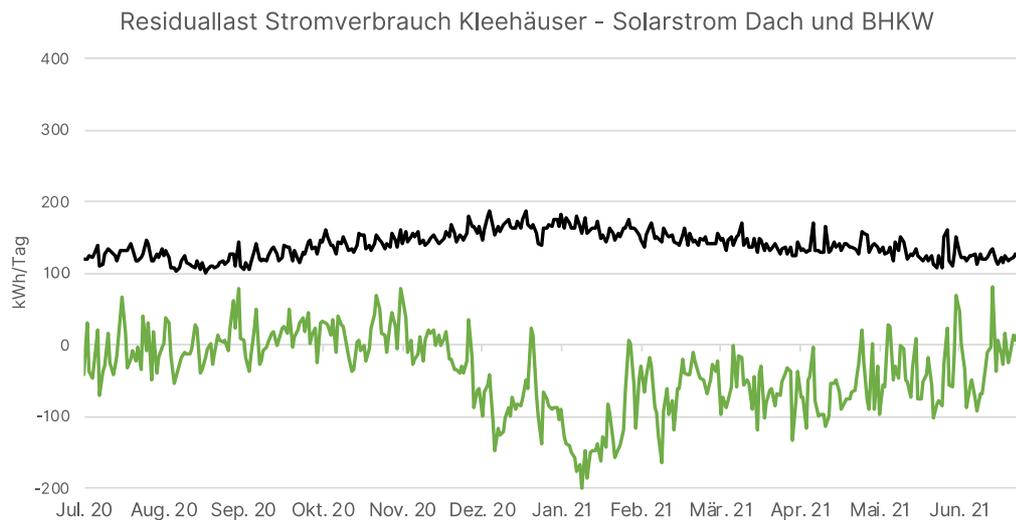


Abbildung 12 *Stromverbrauch und Stromerzeugung (Tageswerte) eines KfW-40+ Gebäudes (Baujahr 2006), das über eine Solaranlage und ein erdgasbetriebenes BHKW Strom und Wärme erzeugt. Die schwarze Kurve ist der Haushaltsstrombedarf und die grüne Kurve der Verbrauch abzüglich der Stromerzeugung aus der Solarstromanlage und dem BHKW. Negative Werte bedeuten es wird Überschussstrom erzeugt, der ins Netz eingespeist wird.*

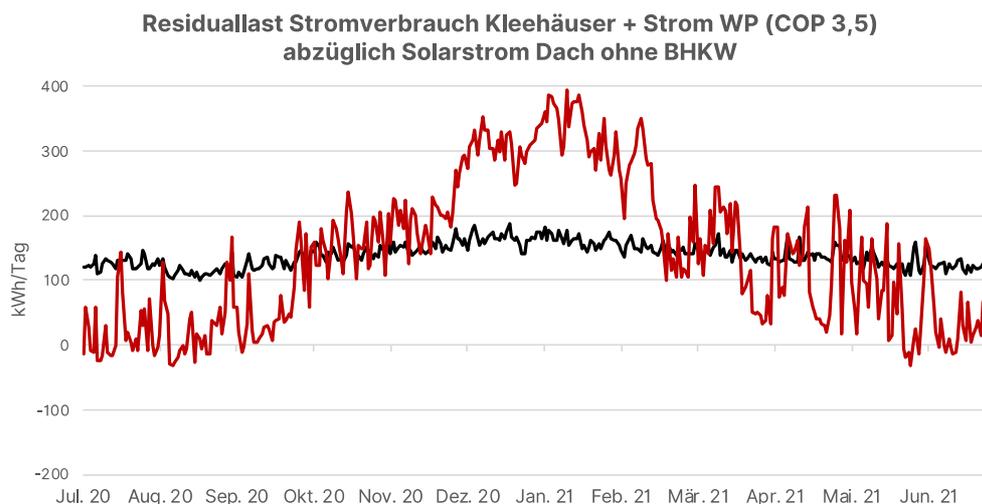


Abbildung 13 *Stromverbrauch (Tageswerte) eines KfW-40+ Gebäudes (Baujahr 2006) wie in vorheriger Abbildung unter der Annahme, dass die Wärme nicht über ein BHKW, sondern über eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 3,5 erzeugt wird. Die schwarze Kurve ist der Haushaltsstrombedarf und die grüne Kurve der Stromverbrauch abzüglich der Stromerzeugung aus der Solarstromanlage. Negative Werte bedeuten es wird Überschussstrom erzeugt, der ins Netz eingespeist wird.*

4.6 Exkurs EU-Recht

Mit der genauen Ausgestaltung des EU-Rechtsrahmens unter dem Begriff „Fit for 55“ Paket bekannt, werden sich die Rahmenbedingungen in den nächsten Jahren sehr stark ändern und ein Energiekonzept tut gut daran, die bereits bekannten Grundsätze zu integrieren.

Dazu gehört u.a., dass die günstigste und sauberste Energie die Energie ist, die wir gar nicht erst verbrauchen. Dazu schlägt die Kommission vor, den Grundsatz „**Energieeffizienz an erster Stelle**“ im EU-Recht zu verankern und im Rahmen der [Überarbeitung der Energieeffizienzrichtlinie](#) die Energieeffizienzmaßnahmen zu stärken.

Für den Stadtteil Dietenbach bedeutet dies Standards und Technologien zu ermöglichen, die den Einsatz von Energie, insbesondere Strom mit fossil erzeugtem Anteil zu minimieren.

4.7 Die Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen in einer Energie- und Emissionsbilanz sind wichtig!

Der Vorteil von Wärmepumpen ist, dass sie mit der Ausnutzung von Umweltwärme fossile Energieträger ersetzen können. Sie benötigen dazu Strom. Abbildung 14 zeigt wie der Strombedarf einer Wärmepumpe von der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe abhängt. Je höher die Jahresarbeitszahl (auch COP genannt) ist, desto weniger Strom benötige ich für die zu erzeugende Wärmemenge. Abbildung 15 zeigt Messwerte von Wärmepumpen in der Praxis. Dabei spielt eine große Rolle, welche Form der Umweltwärme zu welchen Temperaturen mit der Wärmepumpe auf welches Temperaturniveau erwärmt werden soll ([UBA 2021](#)).

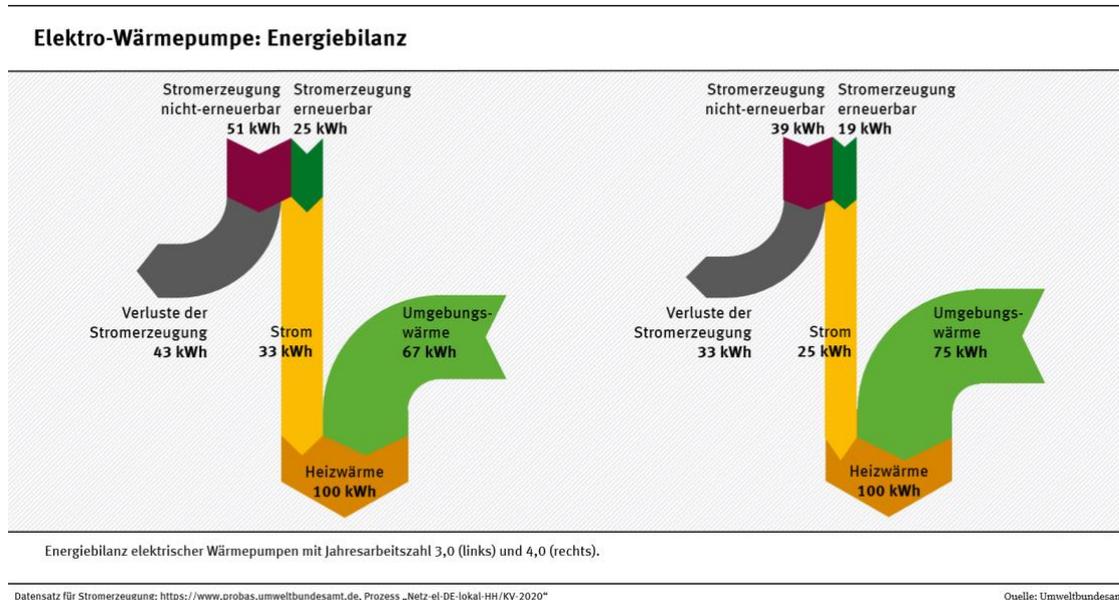


Abbildung 14 Beispielhafte Energiebilanzen von Wärmepumpen ([UBA 2021](#))

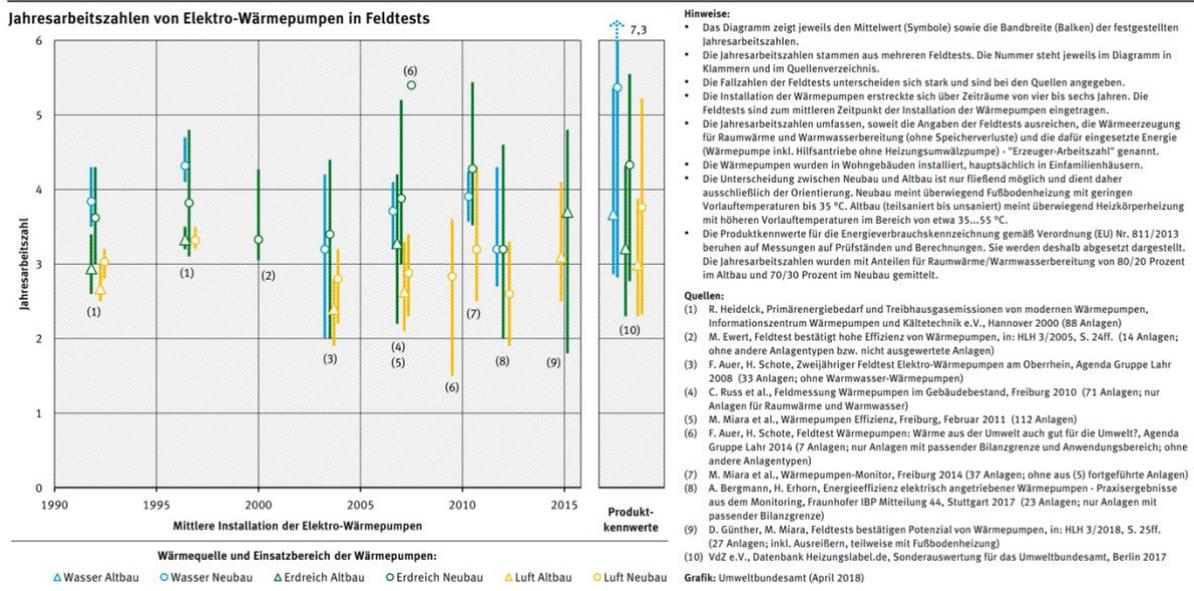


Abbildung 15 Jahresarbeitszahlen im Praxistest (UBA 2021)

4.8 Politische gesetzte rechtliche Rahmenbedingungen der Wasserstoffelektrolyse

- **EEG-Befreiung für grüne PtG-Anlagen:**

Seit dem 01.01.2021 sieht das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021) eine vollständige Befreiung von der EEG-Umlage für die Produktion von Grünem Wasserstoff vor (§ 69b EEG 2021).- Begrenzt auf 5.000 Vollbenutzungsstunden. In Bezug auf den verbrauchten Strom zur Herstellung von Grünem Wasserstoff ist zu beachten, dass dieser Strom nachweislich aus Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien im Sinn des § 3 Nr. 21 EEG 2021 stammt. (Nachweislich zu einem Anteil von mindestens 80 Prozent aus Anlagen, die ihren Standort in der Preiszone für Deutschland haben und im Marktstammdatenregister registriert sind, und nachweislich zu einem Anteil von höchstens 20 Prozent aus Anlagen stammt, die ihren Standort in einer Preiszone haben, die mit der Preiszone für Deutschland elektronisch verbunden ist, und keine Förderung nach dem EEG 2021 oder einer seiner Vorgängerfassungen, nach der EEV oder nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) oder eine sonstige Förderung nach der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Richtlinie (EU) 2018/2001) erfährt).

- Und selbst Graustrom ist bis auf 15% befreit von der EEG-Umlage
- https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/verordnung-zur-umsetzung-des-eeg-2021-und-zur-aenderung-weiterer-energierechtlicher-vorschriften.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- **Stromsteuer-Befreiung möglich nach § 9a Nr. 1 StromStG (https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/_9a.html)**
- **Netzentgelte-Befreiung möglich nach § 118 Abs. 6 und Abs. 6, Satz 7 EnWG**
- Elektrolyseure sind nach § 118 Abs. 6 S. 7 EnWG für 20 Jahre von den Entgelten für die Nutzung des Stromnetzes befreit. Und von Einspeiseentgelten ins Gasnetz auch noch. https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf