
14. August 2024 | Autoren:
Prof. Dr. Martin Steyer (Hochschule Kempten)
Dr. Hans-Jörg Barth (eza!), Martin Sambale (eza!)
www.eza-allgaeu.de

Studie

WÄRMEPOTENZIAL

SCHWABEN

Kurzfassung

Warum?

Das seit dem 1.1.2023 gültige Bayerische Landes Klimaschutzgesetz fordert für ganz Bayern Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040. Die größte Herausforderung der Energiewende in Bayern ebenso wie in ganz Deutschland ist die Transformation der Wärmebereitstellung. Die große Aufgabe lautet daher, die Wärmeversorgung in den nächsten 16 Jahren auf erneuerbare Energien und die Nutzung unvermeidbarer Abwärme umzustellen. Dazu benötigen noch viele Städte und Gemeinden kommunale Wärmepläne.

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist es, den vor Ort besten und kosteneffizientesten Weg zu einer klimafreundlichen treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu ermitteln und zu kommunizieren. Viele Kommunen sind aktuell dabei bzw. haben vor, einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen. Um ihnen an dieser Stelle einen Überblick über die vorhandenen und zukünftigen Potenziale einer erneuerbaren Wärmebereitstellung zu vermitteln, wurden in dieser Studie für den Regierungsbezirk Schwaben die Potenziale treibhausgasneutraler Energieträger und Bereitstellungstechnologien zusammengetragen und einer kritischen Bewertung unterzogen.

Ziel der Analyse ist es, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass die Bereitstellung erneuerbarer Energieträger über die kommunalen Grenzen hinweg in einem größeren Zusammenhang betrachtet werden muss. Weiter soll die Studie darüber aufklären, dass vermeintlich einfache Lösungen in einer Kommune langfristig zu Rohstoffknappheit und damit zu hohen Kosten für die gewählte Wärmebereitstellung führen können. Daher liefern wir eine zusammenfassende Handreichung für Kommunen im Prozess der kommunalen Wärmeplanung, welche sinnvollerweise mit dem Dienstleister, der die kommunale Wärmeplanung erstellt, diskutiert werden sollte.

Zusammenfassung für Kommunen

Im Folgenden werden die entscheidenden Aussagen der Studie „Wärme-potenzial Schwaben“ zum zukünftigen Wärmeangebot im Regierungs-bezirk Schwaben kurz und prägnant wiedergegeben. Diese sind als Hilfe-stellung für Kommunen zu verstehen, die sich aktuell im Prozess der kommunalen Wärmeplanung befinden oder zukünftig auf diesen Weg begeben. Die Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der Studie soll als Grundlage für die Diskussion mit den Erstellern der kommunalen Wärmepläne dienen.

- ▶ Die kommunale Wärmeplanung sollte sich an den Rahmenbedin-gungen vor Ort sowie dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik orientieren – nicht an den wirtschaftlichen Interessen einzelner Unternehmen. Daher sollten Dienstleister mit der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung beauftragt werden, die kein Geschäftsinteresse mit dem anschließenden Erhalt oder dem Ausbau von Energieinfrastrukturen verbinden.
- ▶ Werden in der kommunalen Wärmeplanung Vorranggebiete für Fern-wärmenutzung definiert, dann ist zu prüfen, welche Energieträger zur Fernwärmeversorgung geeignet sind. Holz als alleiniger Energieträger ist in den meisten Fällen kritisch zu hinterfragen.
- ▶ Beim geplanten Betrieb eines Fernwärmenetzes kann Holz für den Spitzenlastbetrieb im Winter vorgesehen werden. Der überwiegende Wärmeanteil sollte aber mittels Großwärmepumpen aus Abwärme bzw. Umweltwärme gewonnen werden.
- ▶ Bei der Planung von Fernwärmenetzen muss die Vorlauftemperatur am tatsächlichen Bedarf ausgerichtet werden. Wenn nur wenige Abnehmer hohe Temperaturen benötigen, ist häufig eine niedrigere Vorlauftemperatur sinnvoller, da dann die Wärmeverluste viel geringer sind. Mittels dezentraler Wärmepumpen kann die Temperatur dann – wo nötig – auf das erforderliche Niveau gebracht werden.
- ▶ Bei der Planung von Wärmenetzen sollte die Kommune immer auch die Möglichkeit prüfen, einen großen Wärmespeicher zu realisieren. Idealerweise sollte sich dieser netzdienlich einsetzen lassen und Überschussstrom zur Wärmebereitstellung nutzen können.
- ▶ Für künftige Wärmenetze in Kommunen sollte im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Abwärme lokaler Industrie- und Gewerbebetriebe berücksichtigt werden. Auch niedrige Temperaturniveaus lassen sich durch Wärmepumpen für Wärmenetze nutzen.
- ▶ Energieholz kann in den nächsten 20 Jahren bis 2045 als Übergangs-energieträger ausgebaut werden. Allerdings reichen die regionalen Energieholz-Ressourcen nicht für ein zusätzliches Heizwerk in jeder Gemeinde in Schwaben aus. Ab 2045 haben wir kaum mehr Energieholz verfügbar als heute.

- ▶ Grundsätzlich sollte die Verwendung von Holz als Baustoff ausgeweitet werden, da es so als CO₂-Speicher dient. Jede langfristige stoffliche Nutzung von Holz ist der Verbrennung aus Klimaschutzgründen vorzuziehen.
- ▶ Existierende Biogasanlagen sollten, wenn irgend möglich, weiterbetrieben werden. Nach Möglichkeit sollten die Biogasanlagen dabei für den Weiterbetrieb mit Förderung gemäß dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bei der Stromerzeugung flexibilisiert werden und die Wärme genutzt werden.
- ▶ Für aus der EEG-Förderung herausfallende Biogasanlagen kann eine Umstellung zur Erzeugung von Biomethan eine Lösung sein. Hierzu muss das Rohbiogas aufbereitet werden und eine Einspeisung in ein Gasnetz möglich sein.
- ▶ Es ist zu beachten, dass Gasnetze in Zukunft nur noch für Biomethan oder 100 % Wasserstoff nutzbar sind. Eine beliebige Kombination beider Energieträger ist nicht möglich. In ein Biomethanetz können maximal 20 % Wasserstoff beigemischt werden.
- ▶ Mit Großwärmepumpen können Temperaturen von bis zu 150 °C bereitgestellt werden. Dies sollte bei der Wärmeplanung sowohl für Wärmenetze als auch für gewerblich und industriell benötigte Prozesswärme berücksichtigt werden.
- ▶ Die Wärmeplanungen sollten den zusätzlichen Strombedarf für die Umstellung der Wärmeversorgung auf Umweltwärme und Abwärme mitberücksichtigen und klarstellen, welche infrastrukturellen Voraussetzungen die Stromnetzbetreiber erfüllen müssen, um die elektrische Wärmetransformation zu ermöglichen.
- ▶ Die Kommune sollte diese Anforderungen frühzeitig bei den zuständigen Netzbetreibern anmelden, damit die notwendigen Netzausbauschritte rechtzeitig angegangen werden können. Die Planungs- bzw. Genehmigungszeiträume können sehr viel Zeit in Anspruch nehmen.
- ▶ Es wird dringend empfohlen, ausschließlich unabhängige Unternehmen, Berater oder Institute für die Erstellung kommunaler Wärmepläne einzusetzen.

Darüber hinaus sollten die zentralen Punkte aus einem Rechtsgutachten zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung im Auftrag des Umweltinstituts München beachtet werden (Rechtsanwälte Günther 2024):

- ▶ Die Kommune darf Planungsdienstleistern, welche die Wärmeplanung durchführen, vorgeben, auf welche Studien, Gutachten oder Leitfäden sie sich beziehen sollen. Für Abwägungsentscheidungen in den Phasen der Wärmeplanung muss sich die Kommune selbst verantwortlich zeigen und darf Wasserstoffnetzgebiete nicht einfach hinnehmen.

- ▶ In diesem Zusammenhang muss die Kommune Wasserstoffnetzgebiete für Haushaltskunden schon in der Eignungsprüfung als “mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wirtschaftlich” ausschließen.
- ▶ Die Kommune sollte kein Risiko eingehen und unter keinen Umständen ein Wasserstoffnetzgebiet in der kommunalen Satzung ausweisen, wenn kein Fahrplan zur Transformation des Gasverteilnetzes nach §71k GEG zwischen der Kommune und dem Netzbetreiber vereinbart wurde.
- ▶ Sollte ein Fahrplanentwurf zur Gasnetztransformation vorliegen, muss die Kommune sorgfältig prüfen, ob dieser mit §71k GEG konform ist. Der Gasnetztransformationsplan der Initiative “H2vorOrt” hat nichts mit dem verbindlichen Plan nach §71k GEG zu tun.
- ▶ Ein verbindlicher Fahrplan nach §71k GEG ist ein öffentlich-rechtlicher Vertrag mit dem Gasverteilnetzbetreiber, der sein Gasnetz auf Wasserstoffverteilung umrüsten möchte und dafür auch weitgehend die Kosten und Risiken übernimmt. Er legt darin dar, wie vor Ort ausreichend Wasserstoff über die Fernleitungsebene ankommt bzw. wie dieser vor Ort ausreichend produziert und gespeichert werden kann, wie die Umstellung finanziert wird, wer die Kosten für die Umrüstung trägt, und mit welchen zeitlichen und räumlichen Zwischenschritten in den Jahren 2035 und 2040 die Umstellung erfolgt.
- ▶ Für lokale Industrie ist Wasserstoff wichtig. Kommunen müssen keine Wasserstoffnetzgebiete in der kommunalen Wärmeplanung ausweisen, um ihre Industrie mit Wasserstoff zu versorgen. Der Vorgang für die Industrie kann getrennt ablaufen.
- ▶ Die Kommune sollte so früh wie möglich kommunizieren, dass es keinen Wasserstoff für die Bereitstellung der Gebäudewärme geben wird. Dies kann schon nach der Eignungsprüfung (lange vor Beschluss des Wärmeplans) geschehen.
- ▶ Eine frühzeitige Kommunikation der Kommune an ihre Bürgerinnen und Bürger, dass das Gasnetz nicht auf Wasserstoff für Heizzwecke umgestellt wird, führt dazu, dass Energieversorger und Gebäudeeigentümer früher Lösungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung ohne Erdgas umsetzen.

Holzartige Brennstoffe

- ▶ Das Holzangebot aus den Wäldern Bayerisch-Schwabens wird in den nächsten zehn Jahren durch den hohen Anteil hiebsreifer Fichtenwälder und den klimawandelbedingten Waldumbau zwischen 20 und 40 Prozent ansteigen. Das Holzangebot wird Mitte der 30er Jahre einen Peak erreichen und dann bis 2045 in etwa auf das heutige Niveau zurückgehen.
- ▶ Aus dem aktuell in den Wäldern Schwabens heranwachsenden Energieholz kann etwa 3.206 GWh/a Wärme erzeugt werden. Hinzu kommen ca. 350 GWh/a Wärme aus Flur- und Siedlungsholz. Damit steht derzeit insgesamt ca. 3.556 GWh/a Wärme aus Energieholz in Schwaben zur Verfügung.
- ▶ Mit einer aktuellen Energieholz-Nutzung von 3.319 GWh/a besteht somit ein freies Potenzial von aktuell ca. 237 GWh/a.
- ▶ Durch das höhere Holzangebot in den 30er Jahren steigert sich das Wärmepotenzial aus Energieholz auf ca. 4.328 GWh/a. Demnach beträgt das freie Potenzial für Wärme aus Energieholz mittelfristig 1.359 GWh/a.
- ▶ Würde das technische Potenzial aller geeigneten Flächen für Kurzumtriebsplantagen (KUP – Flächen für schnell wachsende Hölzer, wie z.B. Weiden, Schwarzerle und Pappelhybride) in Schwaben genutzt, könnten ca. 1.191 GWh/a Wärme bereitgestellt werden. Die dafür notwendige Fläche würde ca. 17.000 ha betragen.

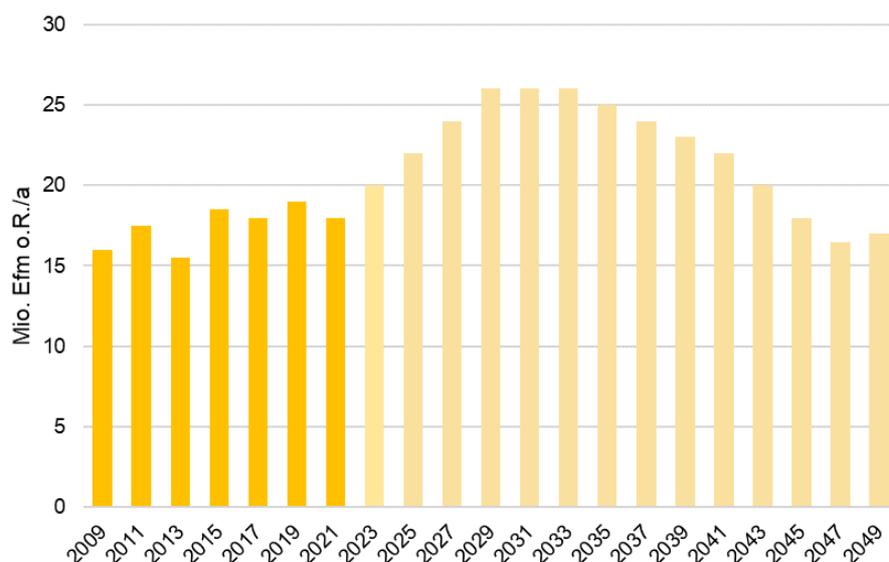


Abbildung 1 | Entwicklung des Nutzungspotenzials von Waldholz in Bayern: Erfasster Holzeinschlag (orange Balken) und zukünftige Entwicklung (hellorange Balken) durch den Waldumbau zu klimaangepassten Wäldern.

- ▶ Mit dem in Schwaben mittelfristig zusätzlich verfügbaren Energieholzangebot (ohne KUP) könnten etwa 100 Holzheizwerke der Größenordnung des Heizwerks im Markt Scheidegg realisiert werden (Wärme-
produktion von ca. 11 GWh/a). Folglich können nicht alle 336 Gemein-
den in Schwaben neue Heizwerke für Nahwärmenetze bauen, wenn
der Rohstoff aus regionaler nachhaltiger Forstwirtschaft kommen soll.
- ▶ Die langlebige stoffliche Nutzung von Holz ist einer thermischen
Verwertung aus Klimaschutzgründen immer vorzuziehen.

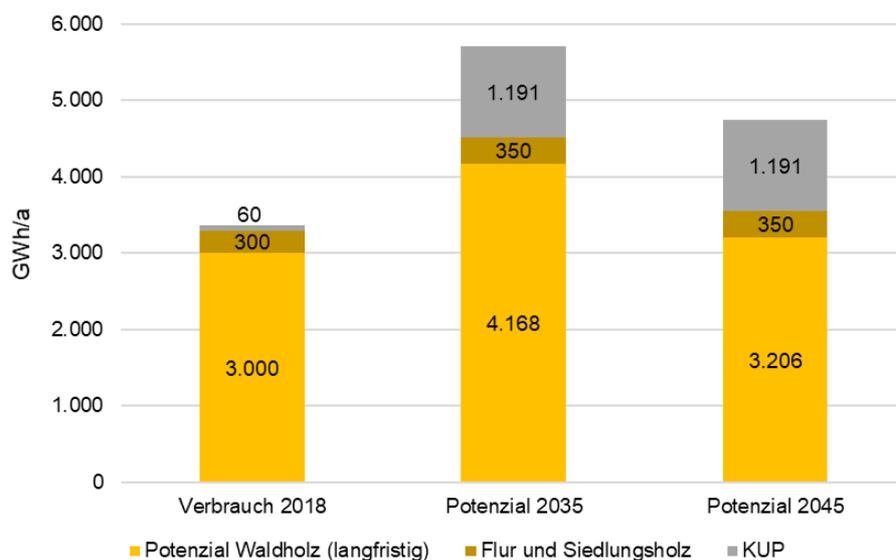
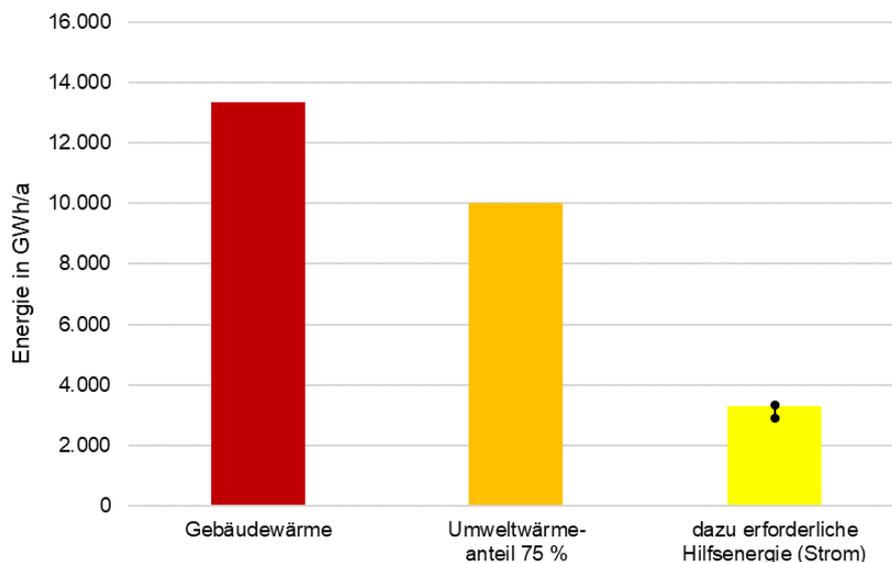


Abbildung 2 | Energieholz-Potenziale im Regierungsbezirk Schwaben aus Waldholz, Flur- und Siedlungsholz sowie aus Kurzumtriebsplantagen (KUP).

Umweltwärme zur Wärmeerzeugung

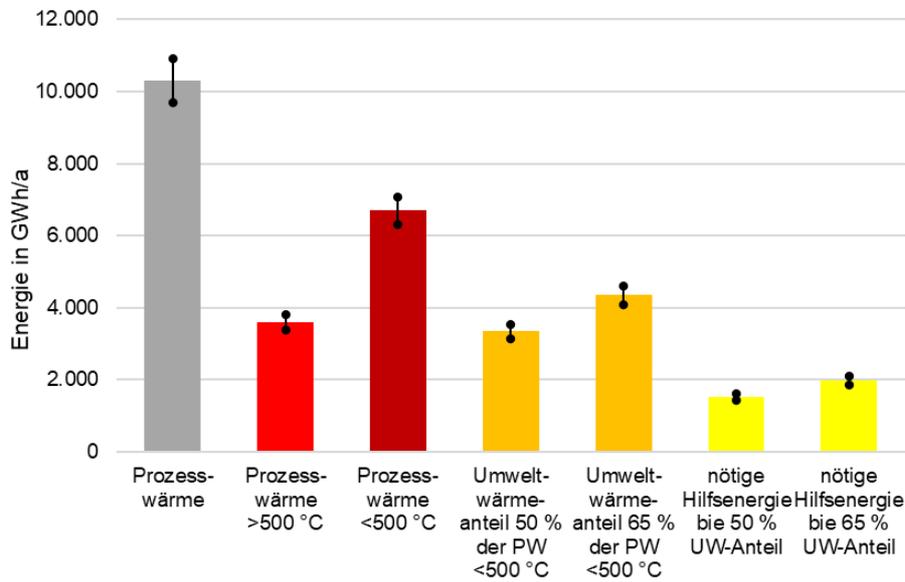
- ▶ Wärmepumpen stellen den Schlüssel zur Wärmewende dar.
- ▶ Die Umsetzung von Maßnahmen, mit denen der Vorlauf auf ein Temperaturniveau unter 55 °C abgesenkt werden kann, erlaubt zukünftig, dass etwa 75 % des Gebäudebestandes mittels Umweltwärme beheizt werden können. Folgende Anteile des Gebäudebestands eignen sich potenziell für Beheizung mit Umweltwärme:
 - ▶ 65 % der Gebäude für Luftwärmepumpen,
 - ▶ 47 % für Erdsonden,
 - ▶ 24 % für Erdkollektoren,
 - ▶ 37 % für Solar/Eisspeicherwärmepumpen.
- ▶ Fortschritte bei Gebäudesanierung und in der Wärmepumpentechnologie werden bis 2040 zu einer weiteren Erhöhung des Umweltwärmepotenzials beitragen.
- ▶ Wärmepumpen werden zunehmend eine Rolle bei der Versorgung von Wärmenetzen spielen.
- ▶ 2040 werden im Bezirk Schwaben ca. 10.000 GWh/a Wärme aus Umweltwärme für die Gebäudeheizung bereitgestellt werden können.



Etwa 75 % der erforderlichen Gebäudewärme können 2040 mittels Umweltwärme erzeugt werden. Das erfordert etwa 3.300 GWh/a Hilfsenergie. Da deutliche Verbesserungen in der Effizienz von Wärmepumpen zu erwarten sind, ist die Unsicherheit nach unten höher (2.850 GWh/a Hilfsenergie bei COP von 3,5).

Abbildung 3 | Gebäudewärme in Schwaben im Jahr 2040.

- ▶ Großwärmepumpen können bereits heute Temperaturen von bis zu 150 °C erzeugen.
- ▶ Für die Prozesswärme entfallen je nach Szenario zwischen 3.100 und 4.600 GWh/a auf Umweltwärme.
- ▶ Zur Bereitstellung der notwendigen Hilfsenergie (Gebäude und Industrie) sind 4.300 bis 5.400 GWh/a Strom notwendig.



Die Unsicherheiten ergeben sich aus der ungenauen Datenlage für Schwaben. Für die Prozesswärme bis 500 °C sind verschiedene Szenarien mit 50 % bzw. 65 % Umweltwärmeanteil dargestellt. Entsprechend variiert die erforderliche Strommenge zur Bereitstellung der Hilfsenergie.

Abbildung 4 | Prozesswärmebedarf in der Industrie: Umweltwärmeanteile und Hilfsenergiebedarfe in Schwaben im Jahr 2040.

Biogas

- ▶ Mit Stromgestehungskosten zwischen 20,2 bis 32,5 Cent/kWh ist Biogas derzeit eine der teuersten regenerativen Energieformen.
- ▶ Die Speicherbarkeit von Biogas wird zunehmend wichtiger.
- ▶ Biogene Rest- und Abfallstoffe (z. B. Gülle) sind gegenüber Energiepflanzen als Substrat zu bevorzugen.
- ▶ Biogasanlagen sollten von konstanter Stromerzeugung auf bedarfsorientierten Betrieb zur Spitzenlastherzeugung umgestellt werden. Die Umrüstung der Anlagen wird durch die politisch gesetzten Rahmenbedingungen des EEG angereizt.
- ▶ Durch den hohen Aufwand für die Umrüstung der Anlagen wird kurzfristig eine Reduktion der Strom- und Wärmeerzeugung durch Biogasanlagen erwartet. Nach erfolgter Umstellung der Anlagen könnte sich eine Strom- und Wärmeversorgung auf heutigem Niveau einstellen.
- ▶ Zahlreiche Biogasanlagen fallen in den nächsten fünf Jahren aus der EEG-Förderung und damit ist ihr Weiterbetrieb ungewiss.
- ▶ Die Treibhausgasemissionen der Strom- und Wärmebereitstellung durch Biogas sind im Vergleich zu alternativen Erzeugertechnologien vergleichsweise hoch.
- ▶ Die aktuelle Wärmeerzeugung der Biogasanlagen in Schwaben beträgt ca. 1.160 GWh/a. Das Biomethanpotenzial wird für Schwaben mit etwa 1.200 GWh/a angegeben.

Wasserstoff in der Wärmeerzeugung

- ▶ Nur grüner Wasserstoff kann treibhausgasneutral hergestellt werden. Allerdings können beim Transport von Wasserstoff durchaus klimaschädliche Emissionen entstehen.
- ▶ Gemäß der Nationalen Wasserstoffstrategie sollen in Deutschland im Jahr 2030 etwa 28 TWh grüner Wasserstoff produziert werden. Demgegenüber wird 2030 ein Wasserstoffbedarf von 90 bis 110 TWh innerhalb Deutschlands erwartet.
- ▶ In der Europäischen Union wird von einer Produktion in Höhe von rund 112 TWh grünem Wasserstoff im Jahr 2030 ausgegangen. Von keinem europäischen Land sind nennenswerte Exporte zu erwarten.
- ▶ In Deutschland könnten verschiedenen Studien zufolge bis 2045 pro Jahr 100 bis 251 TWh grüner Wasserstoff hergestellt werden.
- ▶ Prognose des Wasserstoffbedarfs im Jahr 2045 für Deutschland:
 - ▶ Im Industriesektor wird studienübergreifend ein jährlicher Wasserstoffbedarf zwischen 109 und 440 TWh erwartet.
 - ▶ Im Verkehrssektor wird studienübergreifend ein Wasserstoffbedarf zwischen 140 und 300 TWh prognostiziert.
 - ▶ Zur Stromerzeugung (Stichwort Dunkelflaute) wird ein Wasserstoffbedarf zwischen 32 und 152 TWh erwartet.
- ▶ Ein Großteil des erwarteten Wasserstoffbedarfs wird über Importe gedeckt werden müssen. Bis 4.000 km Entfernung erscheinen Pipelines die sinnvollste und kostengünstigste Transportform für Wasserstoff zu sein. Bei größeren Entfernungen ist mit Schiffstransporten von Wasserstoff-Derivaten zu rechnen.

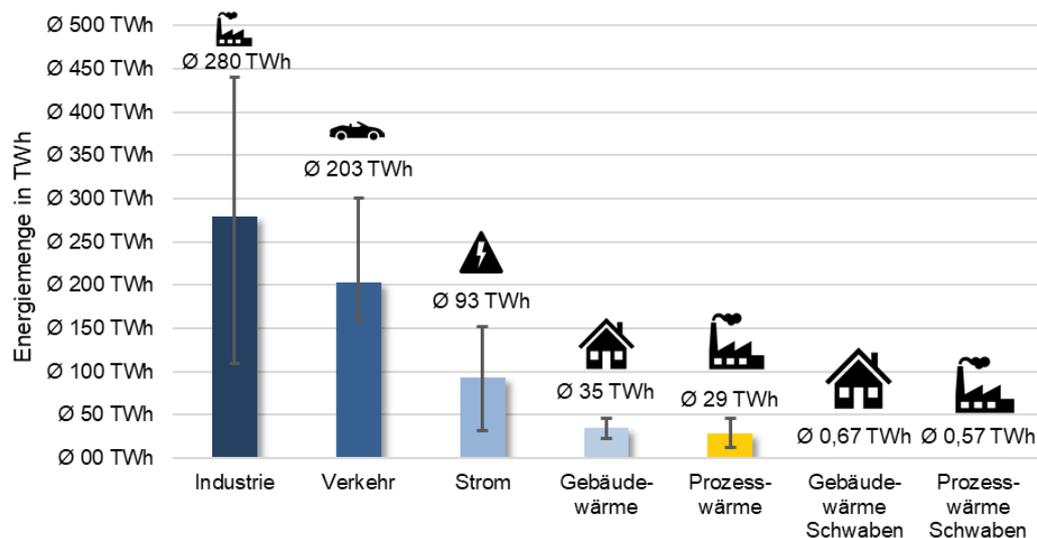


Abbildung 5 | Prognostizierter Wasserstoffbedarf in Deutschland nach Sektoren im Jahr 2045 und der daraus ableitbare Wärmeertrag.

- ▶ Die Klärung technischer Fragen und der Aufbau der Infrastruktur werden noch einige Zeit benötigen, sodass Wasserstoff im Jahr 2030 mit hoher Sicherheit sehr knapp sein wird.
- ▶ In der Nationalen Wasserstoffstrategie wird bis 2030 im Wärmebereich keine breite Anwendung von Wasserstoff gesehen.
- ▶ Für 2045 rechnen verschiedene Studien damit, dass 12 bis 46 TWh Wasserstoff in Deutschland zur Wärmeerzeugung genutzt werden – überwiegend zur zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze. Insgesamt wird für 2045 ein Endwärmebedarf von 500 bis 700 TWh in Deutschland erwartet.
- ▶ Der Studienrecherche folgend wird erwartet, dass zwei bis maximal neun Prozent des Wärmebedarfs durch Wasserstoff und Wasserstoff-derivate bereitgestellt wird. Dies entspricht einer Wärmeenergie von 683 bis 1.794 GWh.

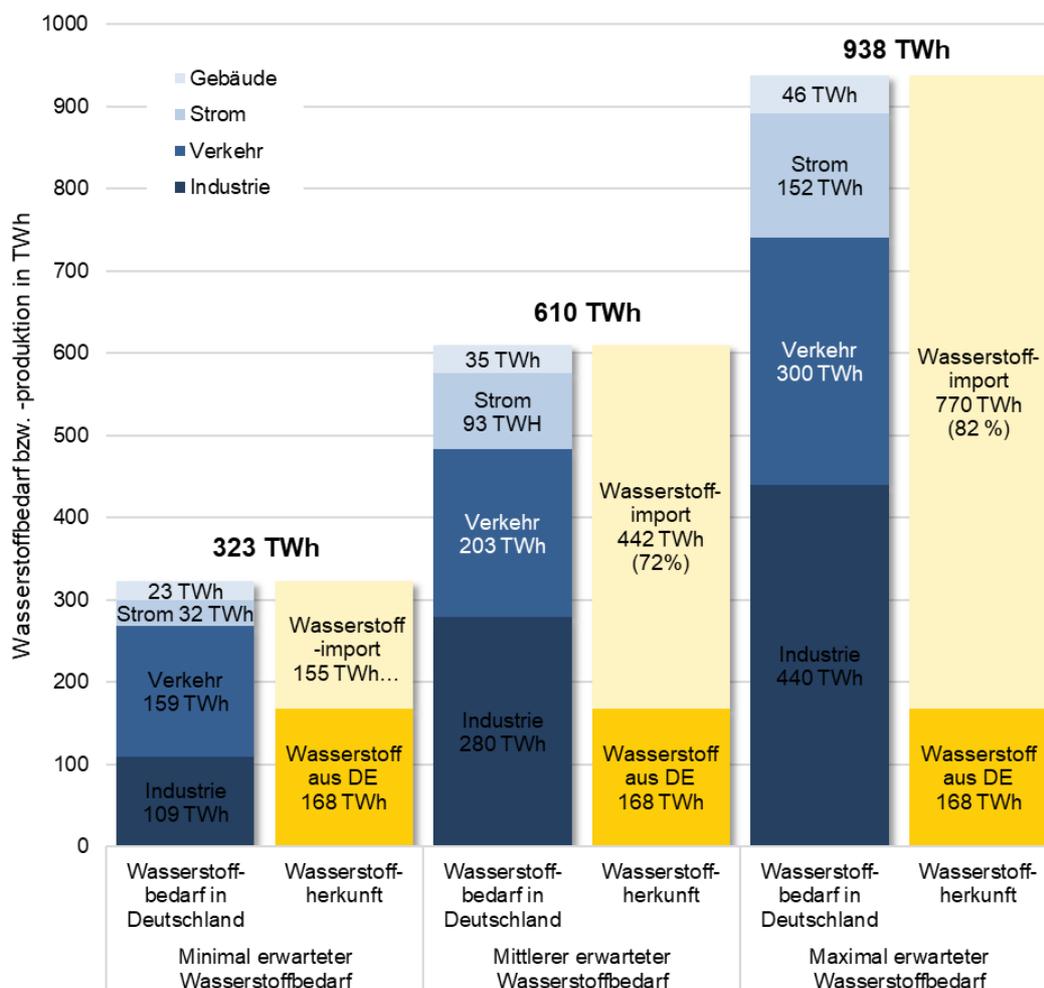


Abbildung 6 | Wasserstoff in Deutschland im Jahr 2045: prognostizierter Bedarf und Herkunft des Wasserstoffs.

- ▶ Wasserstoffheizungen weisen im Vergleich zu Wärmepumpenheizungen eine deutlich niedrigere Effizienz auf und werden von verschiedenen Studien, selbst im Altbau, als unwirtschaftlicher beurteilt.
- ▶ Aufgrund der hohen Unsicherheit in der Verfügbarkeit von Wasserstoff erscheint das Einplanen von Wasserstoff für die Wärmeversorgung riskant und nicht empfehlenswert – insbesondere auch deshalb, weil alternative Technologien risikolos verfügbar und effizienter sind.
- ▶ Ein Rechtsgutachten weist darauf hin, dass eine Wärmeplanung mit Wasserstoffnetzgebieten nur dann verantwortbar und legal ist, wenn die lokalen Gasnetzbetreiber die Umstellung des Gasnetzes samt Finanzierung bereits detailliert geplant und der Kommune verbindlich zugesagt haben (Fahrplan zur Transformation des Gasnetzes nach §71k GEG).

Fazit

- ▶ Mit den vorhandenen Erzeugungspotenzialen für erneuerbare Wärme kann der Wärmebedarf für Gebäude und Industrie 2040 gedeckt werden. Dies gilt nur unter folgenden Voraussetzungen:
 - ▶ Vorhandene Effizienzpotenziale durch Gebäudesanierung und Prozessoptimierung werden genutzt.
 - ▶ Für den Betrieb der Wärmepumpen wird Hilfsenergie (erneuerbarer Strom) in ausreichender Menge bereitgestellt.
 - ▶ Der Ausbau der Stromnetzinfrastruktur hält mit dem Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung Schritt.
- ▶ Bis 2040 muss die erneuerbare Stromerzeugung gegenüber 2021 um etwa 177 % ausgebaut werden.

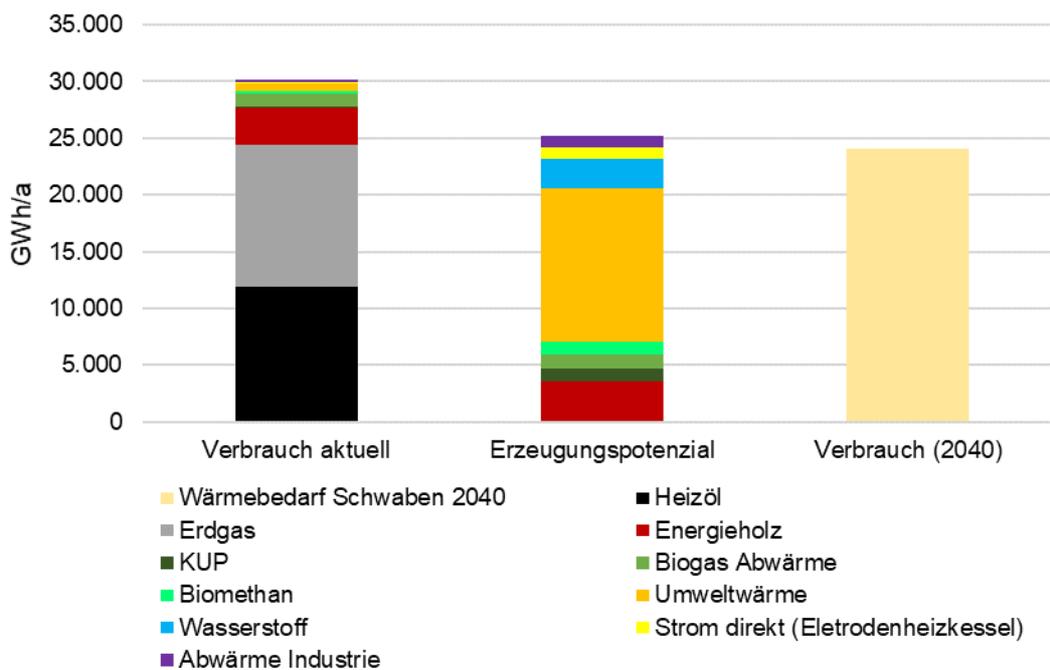


Abbildung 7 | Wärmeverbrauch und -erzeugung im Regierungsbezirk Schwaben: aktuell und im Jahr 2040.

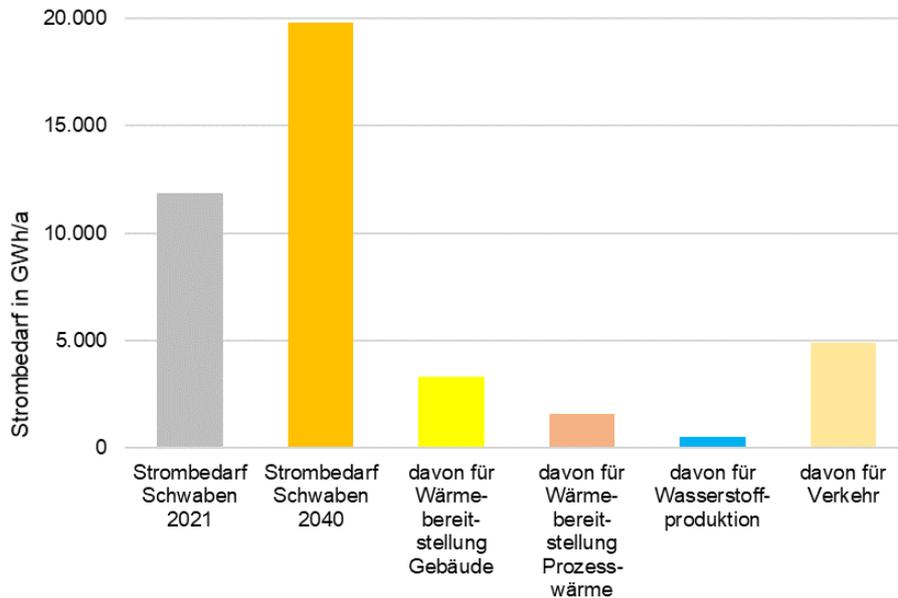


Abbildung 8 | Strombedarf im Bezirk Schwaben 2021 und im Jahr 2040 (Annahme: 75 % Elektrifizierung Im Verkehrssektor bis 2040).

Quellen

Quellenangaben und weitere Details finden sich in der ausführlichen Fassung der Studie „Wärmepotenzial in Schwaben“ von eza! und der Hochschule Kempten, verfügbar auf Anfrage bei eza!.