
14. August 2024 | Autoren:

Prof. Dr. Martin Steyer - Hochschule Kempten,

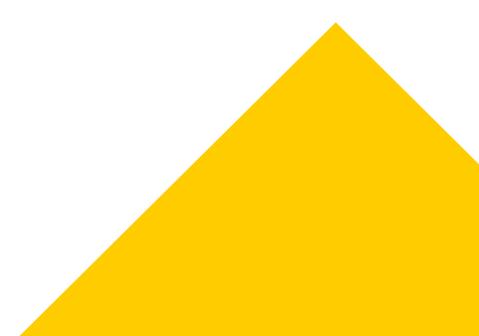
Dr. Hans-Jörg Barth, Martin Sambale - eza! | www.eza-allgaeu.de

Kurzfassung

WÄRMEPOTENZIAL

SCHWABEN

vorläufige
Version



vorläufige Version



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

Warum?

Das seit dem 1.1.2023 gültige Bayerische Landes Klimaschutzgesetz fordert für das gesamte Land die Treibhausgas (THG)-Neutralität bis zum Jahr 2040. Die größte Herausforderung der Energiewende in Bayern ebenso wie in ganz Deutschland ist die Transformation der Wärmebereitstellung. Unsere Aufgabe lautet daher, die Wärmeversorgung in den nächsten 16 Jahren auf Erneuerbare Energien und die Nutzung unvermeidbarer Abwärme umzustellen. Dazu benötigen wir einen kommunalen Wärmeplan.

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist es, den vor Ort besten und kosteneffizientesten Weg zu einer klimafreundlichen THG-neutralen Wärmeversorgung zu ermitteln und zu kommunizieren.

Viele Kommunen sind aktuell bei der Erstellung kommunaler Wärmepläne bzw. haben vor, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Um ihnen an dieser Stelle einen Überblick über die vorhandenen und zukünftigen Potenziale einer erneuerbaren Wärmebereitstellung zu vermitteln, wurden 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 müssen. Und weiter wollen wir 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 sinnvoller Weise mit dem Dienstleister, der die kommunale Wärmeplanung erstellt, gemeinsam diskutiert werden sollte.



Zusammenfassung für Kommunen

Im Folgenden werden die entscheidenden Fakten und Aussagen aus den Analysen zum zukünftigen Wärmeangebot im Regierungsbezirk Schwaben kurz und prägnant wiedergegeben. Diese sind als Hilfestellung für diejenigen Kommunen zu verstehen, welche sich aktuell oder zukünftig im Prozess der kommunalen Wärmeplanung befinden. Sie sollen auf die wesentlichen Aspekte hinweisen und eine Grundlage zur Diskussion mit den Erstellern der kommunalen Wärmepläne sein.

- ▶ Die kommunale Wärmeplanung sollte sich an den Rahmenbedingungen vor Ort und dem aktuellen Stand der Technik und Wissenschaft orientieren, nicht an den wirtschaftlichen Interessen einzelner Unternehmen. Daher sollten nur Dienstleister mit der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung beauftragt werden, die kein Geschäftsinteresse mit dem anschließenden Erhalt oder Ausbau von Energieinfrastrukturen verbinden.
- ▶ Werden in der kommunalen Wärmeplanung Vorranggebiete für Fernwärmenutzung definiert, dann ist zu prüfen, welche Energieträger zur Wärmeversorgung 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. Häufig ist eine niedrigere Vorlauftemperatur sinnvoller (da die Wärmeverluste viel geringer sind), wenn nur wenige Abnehmer hohe Temperaturen benötigen. Diese kann dann dezentral mittels Wärmepumpen 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 die Realisierung künftiger 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 Übergangenergieträger ausgebaut werden. Allerdings reichen die regionalen Energieholz-Ressourcen nicht für ein zusätzliches

vorläufige Version



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

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 als CO₂-Speicher dient. Jede langfristige stoffliche Nutzung von Holz ist der Verbrennung aus Klimaschutzgründen vorzuziehen.
- ▶ Existierende Biogasanlagen sollten, wenn irgend möglich, weiter betrieben werden. Möglicherweise kann das BHKW für den Weiterbetrieb nach der EEG-Förderphase zu den Wärmeabnehmern verlegt 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. Beide Energieträger parallel sind nicht möglich. In ein Biomethanetz können maximal 20% Wasserstoff beigemischt werden.
- ▶ Großwärmepumpen eignen sich dazu, Temperaturen von bis zu 150°C bereitzustellen. 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.
- ▶ Weiter sollte die Kommune frühzeitig diese Anforderungen bei den zuständigen Netzbetreibern anmelden, dass die entsprechenden notwendigen Netzausbau Schritte rechtzeitig angegangen werden können, da die Planungs- bzw. Genehmigungszeiträume zuweilen sehr viel Zeit in Anspruch nehmen können.
- ▶ Es wird dringend empfohlen, ausschließlich unabhängige Unternehmen, Berater oder Institute für die Erstellung kommunaler Wärmepläne einzusetzen.



vorläufige Version



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

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



- ▶ 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 §71kGEG 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 Kosten und Risiken auf sich nimmt. 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 Gas umsetzen.

vorläufige Version

Holzartige Brennstoffe

- ▶ Das Holzangebot aus den Wäldern bayerisch Schwabens wird in den nächsten 10 Jahren durch den hohen Anteil hiebsreifer Fichtenwälder und den klimawandelbedingten Waldumbau zwischen 20 und 40% ansteigen. Nach einem Peak Mitte der 30er Jahre geht das Angebot bis 2045 in etwa auf das heutige Niveau zurück.
- ▶ Das aktuell in den Wäldern Schwabens heranwachsende Energieholz kann ca. 3.206 GWh/a Wärme bereitstellen.
- ▶ Weiter kommen ca. 350 GWh/a aus Flur- und Siedlungsholz hinzu
- ▶ Das damit verfügbare Energieholz in Schwaben kann aktuell ca. 3.556 GWh/a Wärme bereitstellen.
- ▶ Die aktuelle Nutzung beträgt 3.319 GWh/a.
- ▶ Das freie Potenzial beträgt demnach 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 für alle 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 betrüge ca. 17.000 ha.
- ▶ Mit dem in Schwaben mittelfristig zusätzlich verfügbaren Energieholzangebot (ohne KUP) könnten ca. 100 Holzheizwerke der Größenordnung des Heizwerks vom Markt Scheidegg realisiert werden (ca. 11 GWh/a Wärmeproduktion). Zu beachten ist, dass es 336 Gemeinden in Schwaben gibt. Folglich können nicht alle Kommunen 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.



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu



Hochschule
Kempten

University of Applied Sciences

vorläufige Version

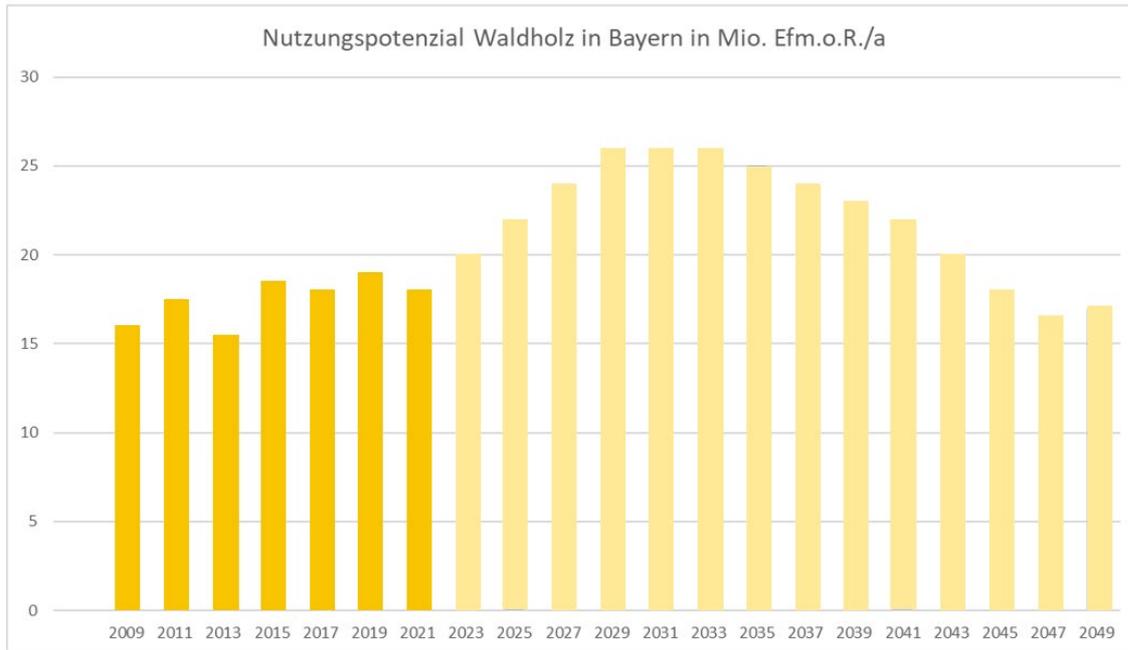


Abb. 1 | Entwicklung des Nutzungspotenzials von Waldholz in Bayern in Mio. Efm o.R./a (angelehnt an LWF 2022). Die gelben Balken repräsentieren den erfassten Holzeinschlag und die hellgelben Balken zeigen die zukünftige Entwicklung durch den Waldumbau zu klimaangepassten Wäldern.

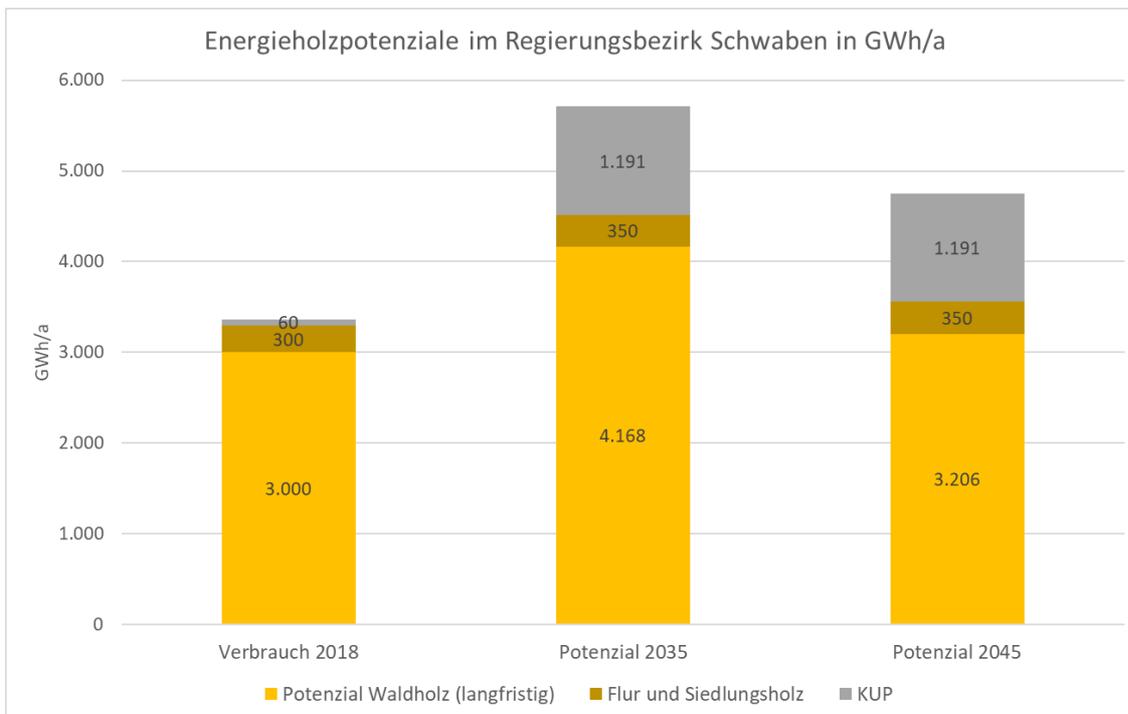


Abb. 2 | Potenzial für Energieholz aus Waldholz, Flur- und Siedlungsholz und Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) in GWh/a.

vorläufige Version



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu



Umweltwärme zur Wärmeerzeugung

- ▶ Wärmepumpen stellen den Schlüssel zur Wärmewende dar
- ▶ Mit Maßnahmen, welche es erlauben, den Vorlauf auf ein Temperaturniveau unter 55°C abzusenken, können zukünftig etwa 75% des Gebäudebestandes mittels Umweltwärme beheizt werden. Folgende Umweltwärme-Potenziale werden für den Gebäudebestand angegeben:
 - 65% der Gebäude für Luftwärmepumpen
 - 47% für Erdsonden
 - 24% für Erdkollektoren
 - 37% für Solar/Eisspeicherwärmepumpen
- ▶ Zunehmende Gebäudesanierung und Fortschritte bei der Wärmepumpentechnologie werden bis 2040 zu einer weiteren Erhöhung des Potenzials 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.

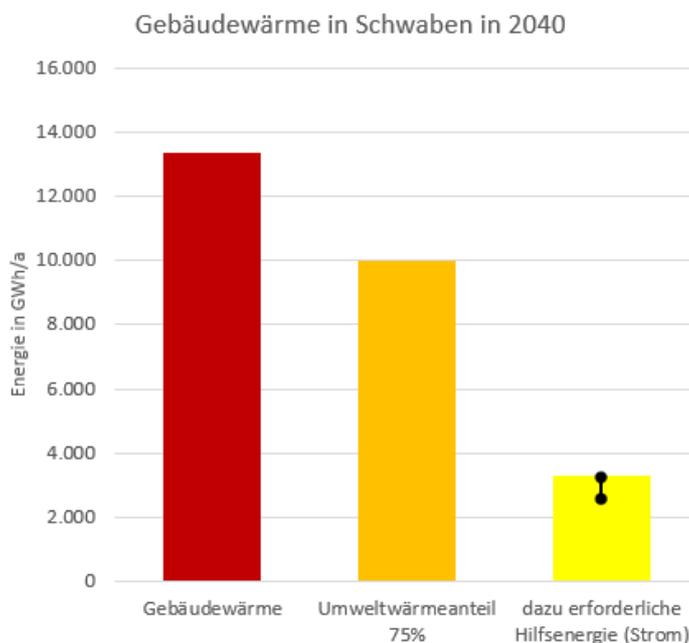


Abb. 3 | Gebäudewärme in Schwaben im Jahr 2040

Ca. 75% der erforderlichen Gebäudewärme können mittels Umweltwärme erzeugt werden. Das erfordert ca. 3.300 GWh/a Hilfsenergie. Da deutliche Verbesserungen in der Effizienz der Wärmepumpen zu erwarten sind, ist die Unsicherheit nach unten höher (mit COP 3,5 z.B. 2 850 GWh/a Hilfsenergie)

- ▶ Großwärmepumpen können bereits heute Temperaturen von bis zu 150 °C erzeugen.

vorläufige Version

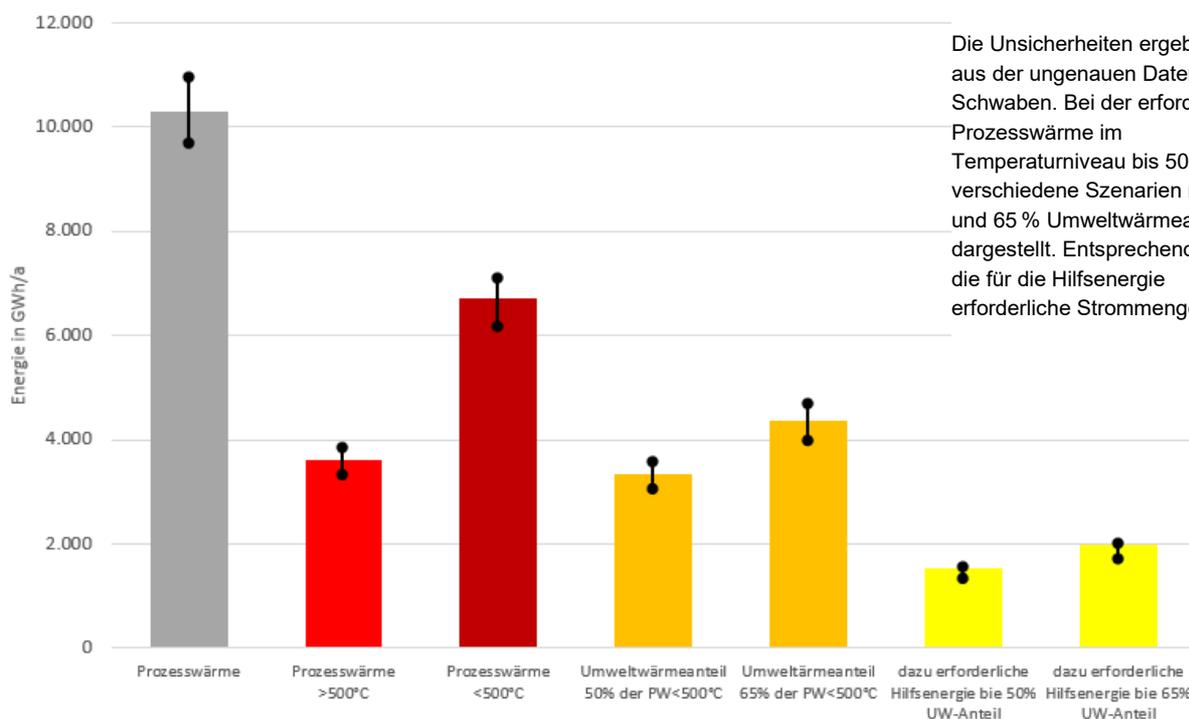


Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

- ▶ Für die Prozesswärme entfallen je nach Szenario zwischen 3.500 und 4.600 GWh auf Umweltwärme.
- ▶ Der erforderliche Stromverbrauch zur Lieferung der notwendigen Hilfsenergie (Gebäude und Industrie) liegt zwischen 4.300 und 5.100 GWh/a.



Prozesswärme, Umweltwärmeanteile,
Hilfsenergiebedarfe in Schwaben in 2040



Die Unsicherheiten ergeben sich aus der ungenauen Datenlage für Schwaben. Bei der erforderlichen Prozesswärme im Temperaturniveau bis 500 °C sind verschiedene Szenarien mit 50 % und 65 % Umweltwärmeanteil dargestellt. Entsprechend variiert die für die Hilfsenergie erforderliche Strommenge.

Abb. 4 | Prozesswärme, Umweltwärmeanteile und Hilfsenergiebedarfe in Schwaben im Jahr 2040

vorläufige Version

Biogas

- ▶ Biogas ist derzeit mit Stromgestehungskosten zwischen 20,2 bis 32,5 Cent/kWh eine der teuersten regenerativen Energieformen.
- ▶ Die Speicherbarkeit von Biogas wird zunehmend wichtiger.
- ▶ Biogasanlagen sollten von einer konstanten Stromerzeugung auf einen bedarfsorientierten Betrieb zur Spitzenlasterzeugung umgestellt werden.
- ▶ Biogene Rest- und Abfallstoffe wie z.B. Gülle sind gegenüber Energiepflanzen als Substrat zu bevorzugen.
- ▶ Die Umrüstung bzw. Umstellung der Anlagen wird durch die politisch gesetzten Rahmenbedingungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) angereizt.
- ▶ Durch den hohen Aufwand für die Umrüstung und Umstellung der Anlagen wird kurzfristig eine Reduktion in der Strom- und Wärmeerzeugung durch Biogasanlagen erwartet.
- ▶ Nach der Umstellung der Biogasanlagen könnte sich eine Strom- und Wärmeversorgung auf heutigem Niveau einstellen.
- ▶ Zahlreiche Biogasanlagen fallen in den nächsten fünf Jahren aus der EEG-Förderung, deren Weiterbetrieb ist 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.



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu



Hochschule
Kempten

University of Applied Sciences

vorläufige Version



Energie- und
Umweltzentrum Allgäu

Wasserstoff in der Wärmeerzeugung

- ▶ Nur grüner Wasserstoff kann treibhausgasneutral hergestellt werden, aber auch hier können klimaschädliche Emissionen beim Transport entstehen.
- ▶ Nach der nationalen Wasserstoffstrategie sollen im Jahr 2030 etwa 28 TWh grüner Wasserstoff in Deutschland produziert werden.
- ▶ Im Jahr 2030 erwartet die nationale Wasserstoffstrategie einen Wasserstoffbedarf von 90 bis 110 TWh innerhalb Deutschlands.
- ▶ In der gesamten EU wird von einer Produktion von rund 112 TWh an grünem Wasserstoff im Jahr 2030 ausgegangen. Es sind von keinem europäischen Land nennenswerte Exporte zu erwarten.
- ▶ Bis 2045 könnten entsprechend verschiedener Studien pro Jahr 100 - 251 TWh grüner Wasserstoff in Deutschland hergestellt werden.
- ▶ Im Industriesektor wird in Deutschland für 2045 studienübergreifend ein jährlicher Wasserstoffbedarf zwischen 109 bis 440 TWh erwartet.
- ▶ Für den Verkehrssektor wird studienübergreifend in Deutschland für 2045 ein Wasserstoffbedarf zwischen 140 bis 300 TWh prognostiziert.
- ▶ Für die Stromerzeugung in Deutschland (Stichwort Dunkelflaute) wird für 2045 studienübergreifend ein jährlicher Wasserstoffbedarf zwischen 32 bis 152 TWh erwartet.
- ▶ Ein Großteil des erwarteten Wasserstoffbedarfs wird über Importe gedeckt werden müssen.
- ▶ Bei Entfernungen bis 4.000 km erscheinen Pipelines die sinnvollste und kostengünstigste Transportmöglichkeit für Wasserstoff zu sein.
- ▶ Auf größeren Entfernungen ist mit Schiffstransport von Wasserstoff-Derivaten zu rechnen.
- ▶ Die Klärung technischer Fragen sowie der Aufbau der Infrastruktur werden noch einige Zeit benötigen, so dass 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 den Wärmesektor wird für 2045 ein gesamter Endwärmebedarf in Deutschland von 500 bis 700 TWh erwartet.
- ▶ Verschiedene Studien rechnen damit, dass 2045 12 bis 46 TWh Wasserstoff in Deutschland zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Hierbei wird von einem überwiegenden Einsatz in der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze ausgegangen.
- ▶ Der Studienrecherche folgend wird erwartet, dass 2 bis maximal 9 % der Wärmebereitstellung durch Wasserstoff und Wasserstoffderivate bereitgestellt wird. Dies entspricht einer Wärmeenergie von 683 bis 1.794 GWh.



vorläufige Version

- ▶ Wasserstoffheizungen weisen eine deutlich niedrigere Effizienz als Wärmepumpenheizungen auf und werden von verschiedenen Studien, selbst im Altbau, als unwirtschaftlicher beurteilt.
- ▶ Aufgrund hoher Unsicherheiten zu der Verfügbarkeit von Wasserstoff erscheint das Einplanen von Wasserstoff für die Wärmeversorgung riskant und daher 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).

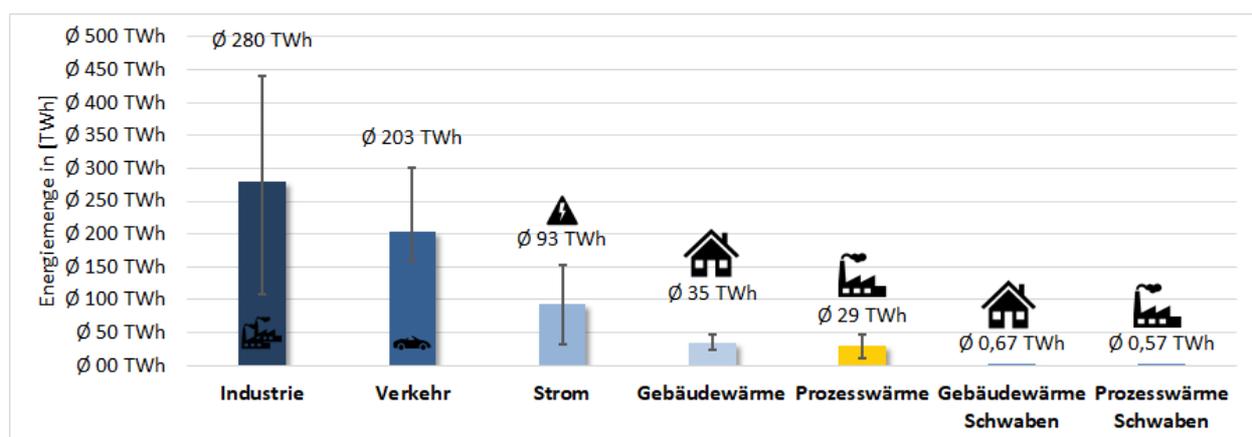


Abbildung 5 | Prognostizierter Wasserstoffbedarf in Deutschland nach Sektoren im Jahr 2045 und der daraus ableitbare Wärmeertrag.

vorläufige Version

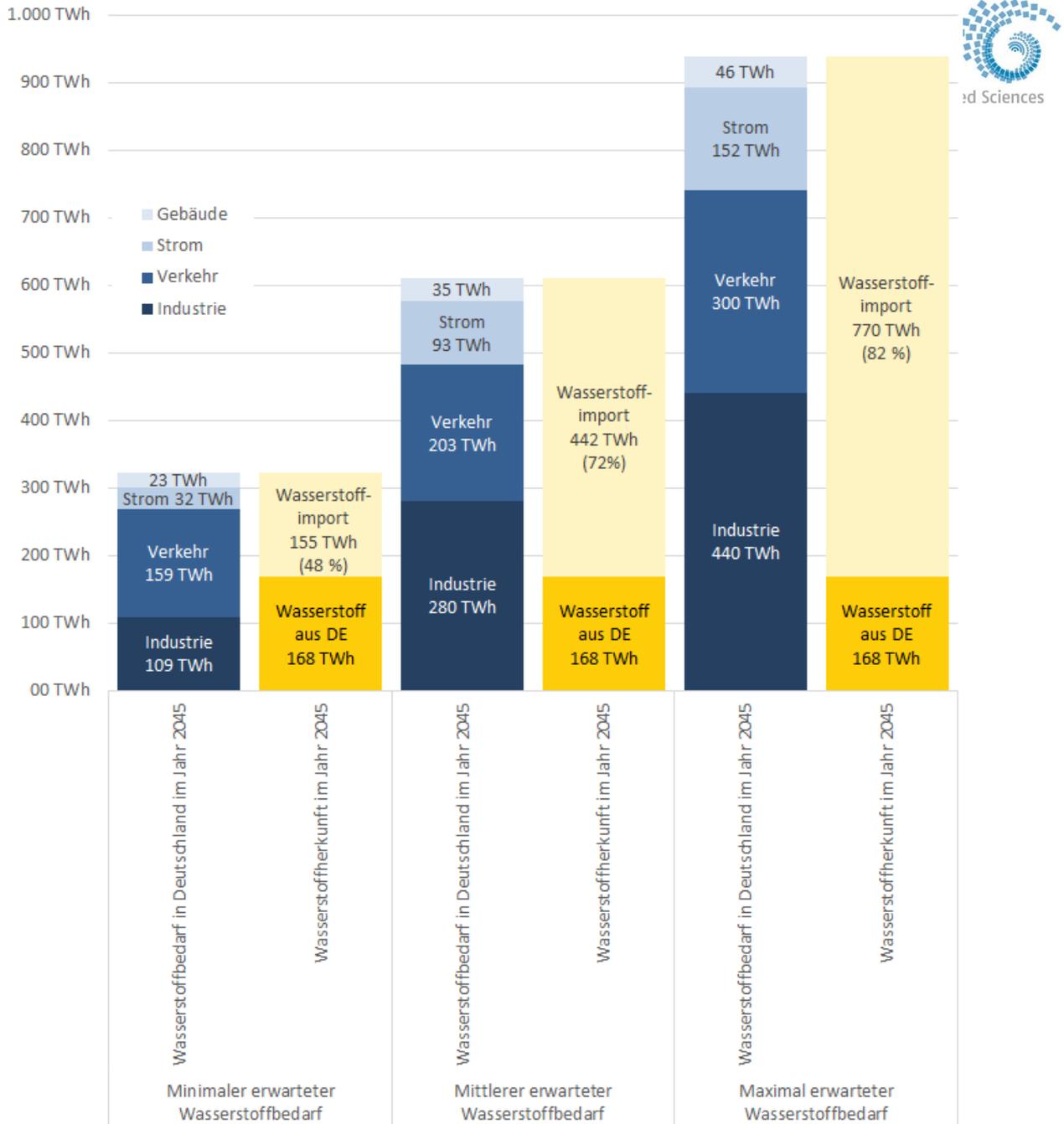


Abbildung 6 | Prognostizierter Wasserstoffbedarf und Wasserstoffbereitstellung in Deutschland im Jahr 2045

vorläufige Version

Fazit

- ▶ Mit den vorhandenen Erzeugungspotenzialen für Wärme kann der Wärmebedarf für Gebäude und Industrie 2040 gedeckt werden.
- ▶ Dies gilt unter der Voraussetzung, dass:
 - ▶ Die Effizienzpotenziale (Gebäudesanierung und Prozessoptimierung) genutzt werden
 - ▶ Die für den Wärmepumpenbetrieb nötige Hilfsenergie bereit steht
 - ▶ Die Stromnetzinfrastruktur mit dem Ausbau der EE-Anlagen Schritt hält
- ▶ Der erforderliche Ausbau der EE-Stromgewinnung muss ca. 177% von der Basis 2021 betragen

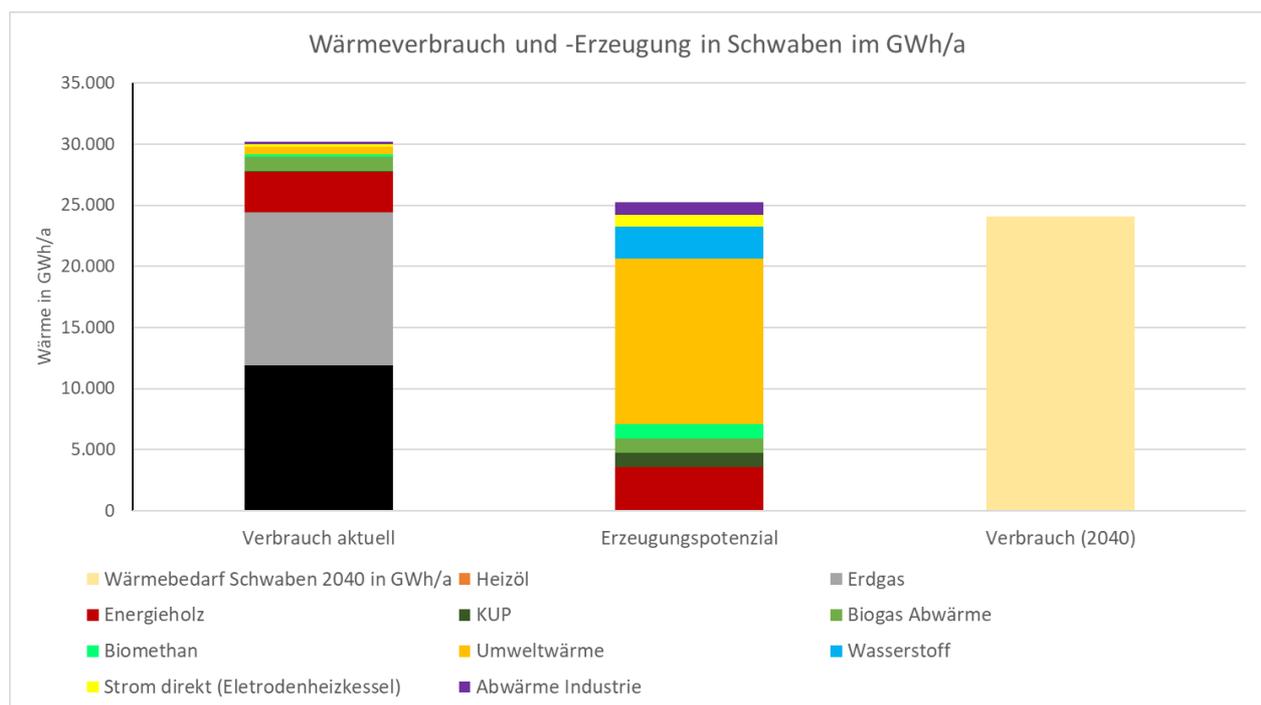


Abbildung 7 | Wärmeerzeugung und -verbrauch im Regierungsbezirk Schwaben aktuell und im Jahr 2040 (GWh/a).

vorläufige Version

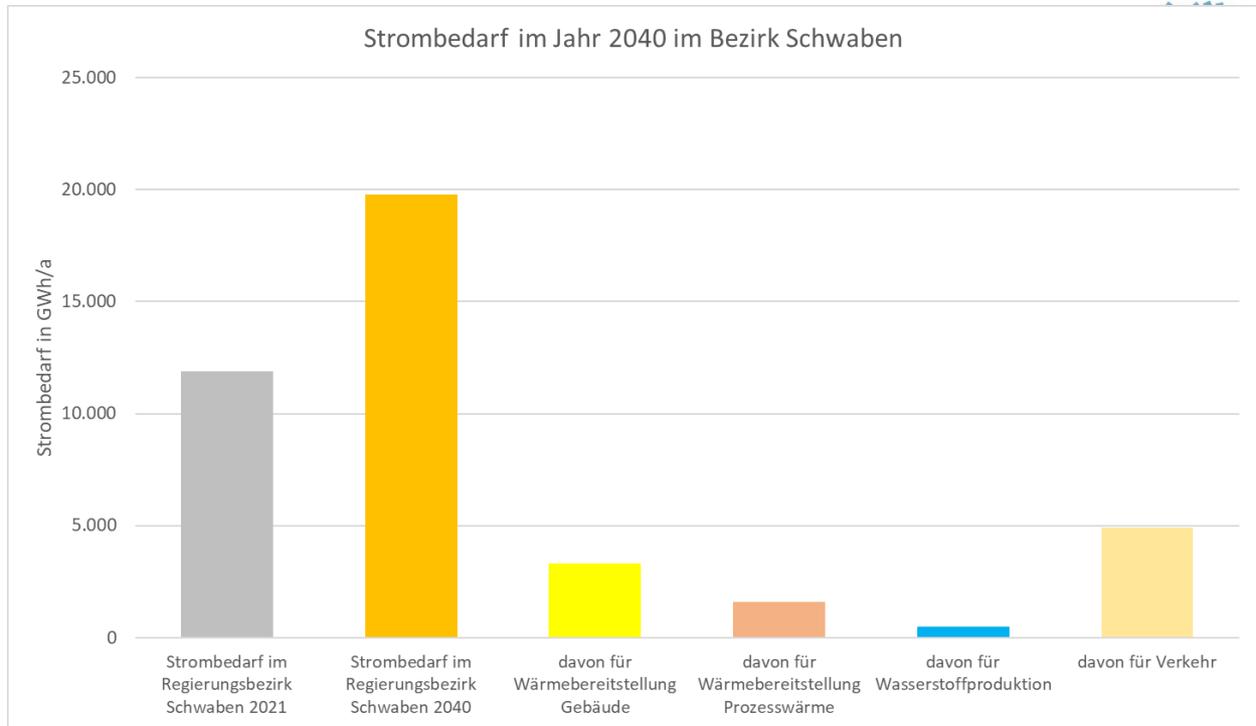


Abbildung 8 | Strombedarf im Bezirk Schwaben heute und 2040. Im Verkehr wird von einer 75%igen Elektrifizierung ausgegangen.