

# SüdSan

Sozialverträgliche und klimazielkompatible Sanierung von zwei Mehrfamilienhäusern als Modell für die Sanierung der Südtiroler-Siedlung Bludenz

---

Themendokumentation

**Limitierungen für den Einsatz  
von Brennholz in der Raumwärme**

---

## **Limitierungen für den Einsatz von Brennholz in der Raumwärme**

Bregenz, August 2024

Christof Drexel

drexel reduziert GmbH  
Kennelbacherstraße 36a/3, 6900 Bregenz  
Tel. +43 (0)5574 / 20804-0  
[office@drexelreduziert.at](mailto:office@drexelreduziert.at)

Herausgeber:  
Energieinstitut Vorarlberg, Fachbereich Energieeffizientes Bauen  
CAMPUS V, Stadtstraße 33  
6850 Dornbirn, Österreich  
Tel. +43 (0)5572 / 31 202-0  
[info@energieinstitut.at](mailto:info@energieinstitut.at)

## Zusammenfassung

Biomasse ist endlich. Noch werden weder die österreichischen noch die europäischen Wälder übernutzt, eine kritische Bewertung des Status quo und eine Strategie für die zukünftige Nutzung sind aber geboten.

In Österreich wird der größte Teil des Holzaufkommens (70%) energetisch genutzt; gar nur ca. 10% werden als Bauholz so eingesetzt, dass damit massive, emissionsintensive Baustoffe substituiert werden. Die Erhöhung des Anteils stofflicher Nutzung ist aus Ressourcengründen zu forcieren, für den energetisch genutzten Teil sollte eine Reduktion angestrebt werden.

Auch der gesamthafte Klimaeffekt der Waldnutzung muss perspektivisch verbessert werden, indem mehr Kohlenstoff längerfristig gespeichert bleibt oder als CO<sub>2</sub> abgeschieden werden kann. Letzteres bedingt eine Verschiebung innerhalb der energetischen Nutzung weg von dezentralen, hin zu großtechnischen Anlagen, auch in der Industrie, hauptsächlich aber in Wärmenetzen.

Um der Winterstromlücke entgegen zu wirken, sollten Heizwerke – wo immer wirtschaftlich abbildbar – zu Heizkraftwerken umgerüstet oder gleich als solche gebaut werden.

Holz enthält Energie in gespeicherter Form, die in Wärmenetzen besonders effektiv genutzt wird, wenn das Netz multimodal betrieben und die Grundlast etwa durch Abwärme gedeckt wird. Diese Kombination ermöglicht eine optimale Nutzung von Energien, die schwer speicherbar sind.

Dezentrale Feuerungen sollten reduziert werden, um die Verfügbarkeit von Biomasse für industrielle Prozesswärme und den Ausbau von Wärmenetzen zu gewährleisten. Dem natürlichen Rückgang durch Sanierung, Abriss u.a. sollte nur eine möglichst geringe Anzahl an Neuanlagen gegenüberstehen.

## Inhalt

Zusammenfassung .....	3
1 Holz nutzen: Der Ursprung der Nachhaltigkeit.....	5
2 Verwendung des verfügbaren Holzes .....	7
3 CO <sub>2</sub> -Effekte der stofflichen und energetischen Nutzungen.....	8
4 Pyramide der energetischen Nutzung .....	10
5 Status quo in Vorarlberg, Brennholzstrategie .....	11
5.1 Strategie dezentrale Feuerungen.....	12
5.2 Strategie Wärmenetze.....	13
Abkürzungen .....	15
Abbildungen.....	15
Tabellen.....	15
Literatur.....	15

## 1 Holz nutzen: Der Ursprung der Nachhaltigkeit

Der Nachhaltigkeitsbegriff stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und meint, in einem Wald nicht mehr Holz zu fällen als nachwächst. In der heutigen Interpretation fließen noch weitere Aspekte ein, unter anderem die Resilienz des Waldes und die Erhaltung der Biodiversität. Außerdem wird – durchaus kontrovers – diskutiert, wie der Kohlenstoffspeicher Wald am klimawirksamsten genutzt wird. Für die Darstellung der Verfügbarkeit von Holz soll hier die Prämisse herangezogen werden, dass der Holzvorrat im Wald insgesamt keinesfalls abgebaut wird – also höchstens so viel Holz genutzt werden soll, wie in derselben Periode nachwächst.

In Österreich wird derzeit (Waldinventur 2021 ) um rund 10% weniger genutzt als nachwächst [1]. Die Fläche des gesamten Waldes beträgt 4.015.000 Hektar (0,44 Hektar pro Einwohner), davon sind ca. 90% Ertragswald, bzw. Schutzwald im Ertrag. Die durchschnittliche Bestockung liegt bei 362 Vorratsfestmeter (Vfm) pro Hektar. Bezogen auf den gesamten Vorrat werden jährlich 1,7% eingeschlagen; Ernterücklass bereits in Abzug gebracht. Der gesamte Einschlag beträgt somit 22,4 Mio. Erntefestmeter (Efm) [2], was einem Pro-Kopf-Wert von 2,45 Efm/a entspricht. Hinzu kommt die Nutzung von Altholz (ca. 2 Mio. Festmeter [3]) und von Flurgehölzen und sonstigem Holzaufkommen (ca. 2,7 Mio. Festmeter). Insgesamt kommen somit 0,45 m<sup>3</sup>/pax.a hinzu, was zu einer gesamten verfügbaren Holzmenge von 2,9 m<sup>3</sup>/pax.a führt. Der österreichischen Bevölkerung steht dabei eine deutlich größere Menge als der europäischen im Durchschnitt zur Verfügung: 38,6% der Fläche aller EU-Staaten ist mit Wald bedeckt. Zwar ist dieser Flächenanteil in den nördlichen Ländern mit ihren borealen Nadelwäldern höher und im Süden etwas niedriger, aber auch Österreich weist mit 46,4% noch einen überdurchschnittlich hohen Waldanteil auf (Abbildung 1).

Bezogen auf die Einwohner beträgt die Waldfläche in der EU nur 0,36 Hektar pro Person [4]; auch die Bestockung liegt mit 169 Vfm/ha deutlich niedriger als in Österreich [5]. Trotzdem wächst auch in den Wäldern Europas mehr nach als entnommen wird, was an der im Vergleich zu Österreich ebenfalls niedrigen Entnahme liegt: 550 Mio. Efm/a entspricht einer Pro-Kopf-Quote von nur 1,1 Efm/a.

Das Waldland Österreich nutzt traditionell mehr Holz, wie der Primärenergiestatistik entnommen werden kann: 17,6% der gesamten Primärenergieversorgung stammen aus Biomasse, Biogas und biologisch abbaubaren Abfällen; EU-weit liegt dieser Wert bei der Hälfte (8,8%), weltweit bei 9,5%. [6]

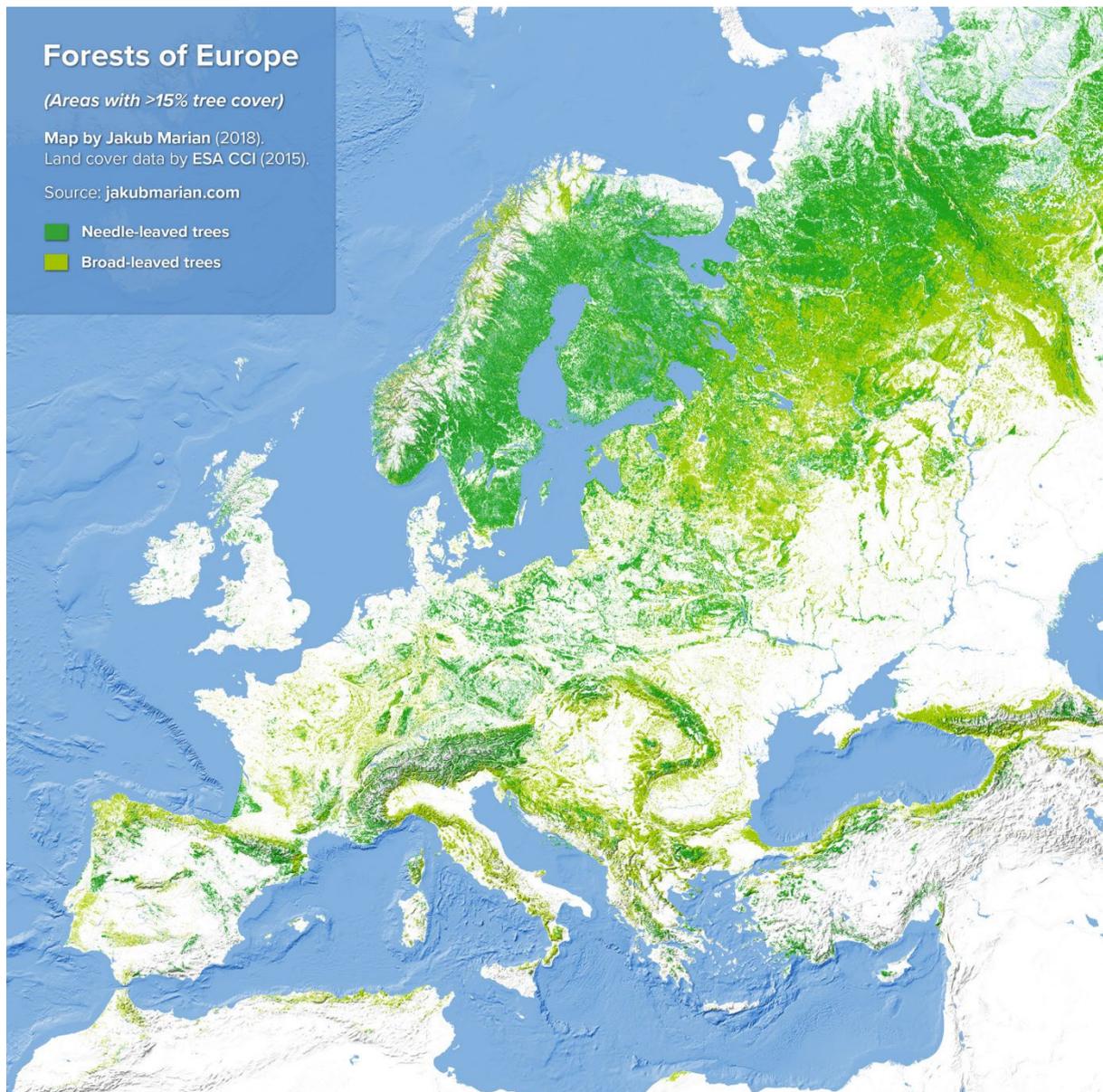


Abbildung 1: Waldkarte Europa, Quelle: <https://jakubmarian.com/wp-content/uploads/2018/10/europe-forests.jpg>

Tabelle 1: Waldnutzung: Kennzahlenvergleich Österreich - EU

		Österreich	EU
Waldfläche pro Einwohner	ha/pax	0,44	0,36
Mittlere Bestockung	Vfm/ha	362	169
Einschlag pro Einwohner	Efm/pax.a	2,45	1,08
Biogener Anteil an der Primärenergieversorgung	-	17,6%	8,8%

Damit ist die Biomasseverfügbarkeit in Österreich nicht auf andere Länder übertragbar(!) Die nachfolgende Betrachtung folgt der These, dass die entsprechende regionale Nutzung angemessen ist, ebenso wie die überdurchschnittliche Nutzung von Sonne, Wind und Wasserkraft in dafür prädestinierten Gebieten.

## 2 Verwendung des verfügbaren Holzes

Gemäß der Analyse *Holzströme in Österreich* [2] werden 30% des Holzaufkommens in Österreich zu Produkten verarbeitet, davon ca. 16,5% in der Papier- und Plattenindustrie und 13,5% im Holzbau, für Möbel und Verpackungen (Paletten und Einwegverpackungen aus Holz). Die restlichen 70% werden gegenwärtig energetisch verwertet.

### Stoffliche und energetische Holznutzung in Österreich (Inland)

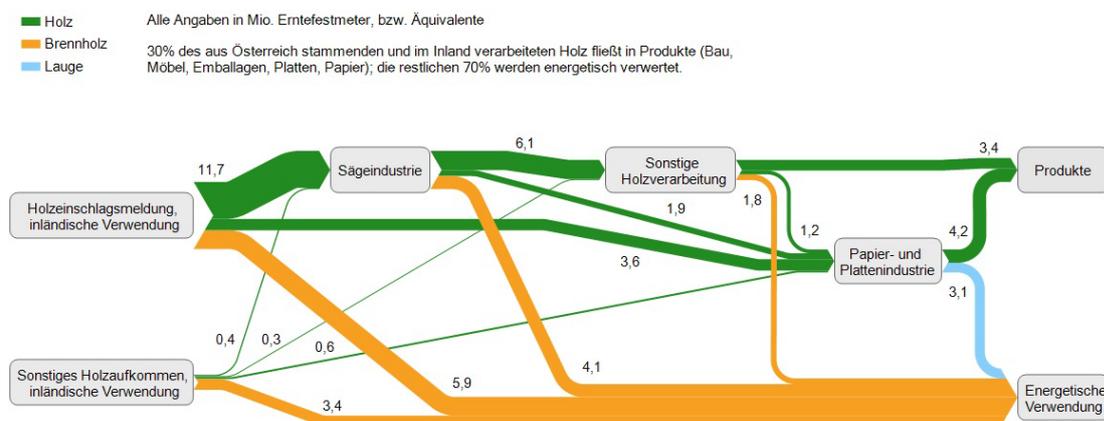


Abbildung 2: Inländische Verwendung des Holzaufkommens in Österreich, Eigene Darstellung auf Datenbasis [2]

Auch wenn in allen Wertschöpfungsstufen (Abfall-)Holz anfällt, das als Brennholz Verwendung finden soll, wäre eine höhere Quote an stofflicher Nutzung aus Klimasicht zu begrüßen. Zum einen, weil der Kohlenstoff insbesondere im Holzbau über längere Zeit gespeichert bleibt und somit nicht in die Atmosphäre entweicht, zum anderen, weil andere, ressourcen- und CO<sub>2</sub>-intensive Materialien substituiert werden können. Die für die energetische Verwertung verfügbare Holzmenge wird deshalb mit 55% (anstelle vom Status quo 70%, vgl. nachfolgendes Kapitel) angenommen. Die daraus resultierende Menge von 1,59 m<sup>3</sup>/pax.a entspricht bei einem durchschnittlichen Energieinhalt von 2150 kWh/m<sup>3</sup> einer Energiemenge von 3420 kWh<sub>PE</sub>/pax.a. (Auf ganz Europa bezogen liegt dieser Wert bei weniger als der Hälfte.)

### 3 CO<sub>2</sub>-Effekte der stofflichen und energetischen Nutzungen

In Bezug auf die Intensität der Waldbewirtschaftung steht lediglich außer Streit, dass ein großflächiger und langfristiger Vorratsabbau – also mehr zu entnehmen als nachwächst – keine nachhaltige Nutzung darstellt. Ob und wieviel Vorrat aufgebaut werden soll, wird kontrovers diskutiert. Bei der nachfolgenden Betrachtung wird diese Frage deshalb ausgeklammert; es soll ausschließlich dargestellt werden, welcher CO<sub>2</sub>-Effekt mit dem entnommenen Holz verbunden ist. Der Wald stellt jedenfalls eine mehr oder weniger große CO<sub>2</sub>-Senke dar; hier wird dargestellt, welcher Teil des aufgenommenen CO<sub>2</sub> wieder abgegeben wird, bzw. welche Emissionen durch die Nutzung von Holz vermieden werden können.

Die betrachteten Größen:

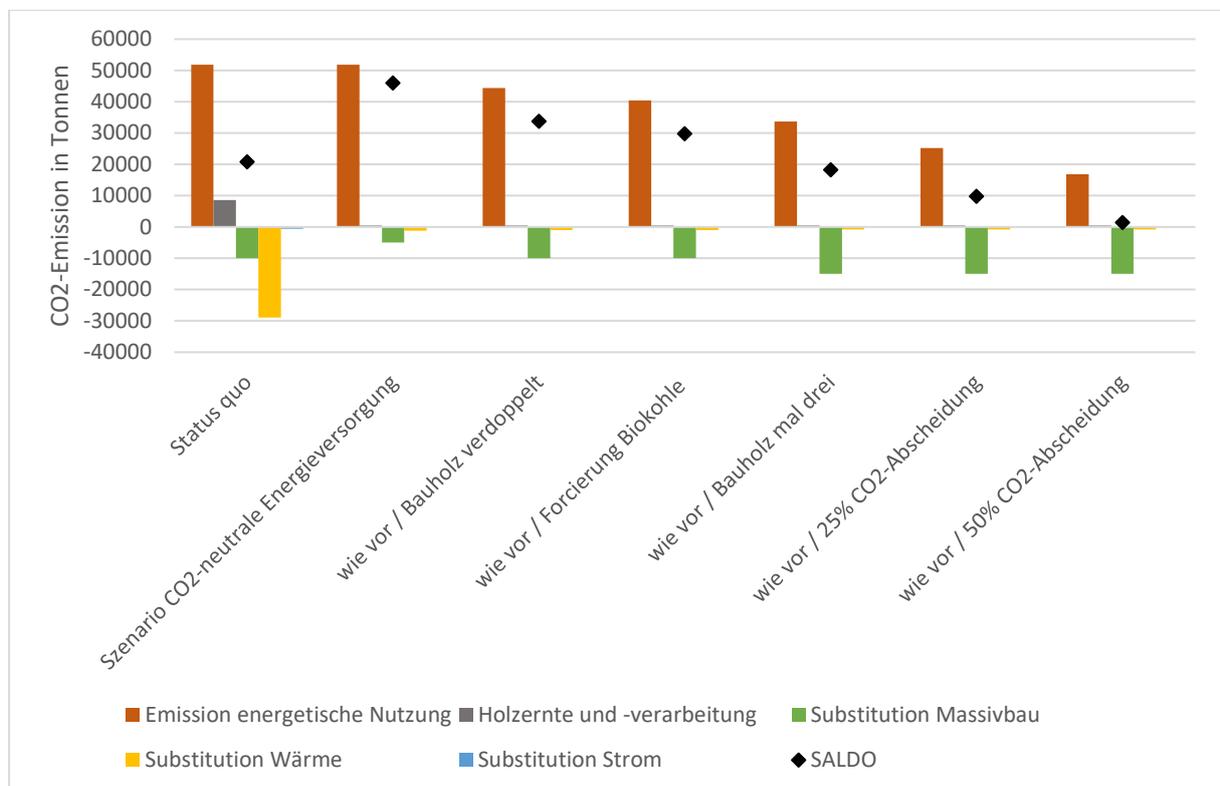
- Emission bei der energetischen Verwertung als Brennholz mit einem Emissionsfaktor 340 g/kWh<sub>PE</sub> [7]
- Emission bei Holzernte und -verarbeitung: 86 kg/Fm [8]; in den Szenarien mit klimaneutraler Energieversorgung wird der Wert um 95% reduziert.
- Substitutionswirkung Holzbau: Hierzu liefern Studien [9, 10] eine relativ große Bandbreite von 650 bis 2.000 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>3</sup> Konstruktionsholz, das emissionsintensive Materialien ersetzt. In der nachstehenden Berechnung wird zunächst ein Effekt von 1.000 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>3</sup> angesetzt; in der klimaneutralen Energieversorgung wird mit 500 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>3</sup> ein stark reduzierter, aber noch relevanter Substitutionseffekt unterstellt (Stichwort Kalzinierung von Zement).
- Substitution Wärme: Für den Status quo wird Erdgas mit 240 g/kWh ersetzt; im Szenario der klimaneutralen Energieversorgung wird die ersetzte Wärme mit 10 g/kWh bewertet.
- Substitution Strom: Für den Status quo wird Winterstrom mit 400 g/kWh ersetzt; im Szenario der klimaneutralen Energieversorgung wird ersetzter Strom mit 30 g/kWh bewertet.

Szenarien (jeweils auf dem vorigen Szenario aufbauend):

- **Status quo:** 10% stoffliche Nutzung mit Substitutionswirkung (Konstruktionsholz), 20% stoffliche Nutzung ohne relevante Substitutionswirkung, 70% energetische Nutzung. 1% der energetischen Nutzung wird für die Stromerzeugung eingesetzt. Ein weiteres Prozent wird als Biokohle ausgekoppelt.
- **Szenario CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung:** Sowohl Strom (Erneuerbare) als auch Wärme (Wärmepumpen, Abwärme) sollen mittelfristig CO<sub>2</sub>-neutral bereitgestellt werden; die Substitutionswirkung wird dementsprechend reduziert.

- **Bauholz verdoppelt:** 20% stoffliche Nutzung mit Substitutionswirkung; energetische Nutzung sinkt auf 60%.
- **Forcierung Biokohle:** 10% des Angebots werden in Form von Biokohle ausgekoppelt
- **Bauholz mal drei:** 30% stoffliche Nutzung mit Substitutionswirkung; energetische Nutzung sinkt auf 50%.
- **25% CO<sub>2</sub>-Abscheidung:** Bei 25% der verbleibenden energetischen Nutzung wird eine (vollständige) CO<sub>2</sub>-Abscheidung angesetzt.
- **50% CO<sub>2</sub>-Abscheidung:** Bei 50% der verbleibenden energetischen Nutzung wird eine (vollständige) CO<sub>2</sub>-Abscheidung angesetzt.

Die absoluten Zahlen der Emission basieren auf einer gesamten verwendeten Holzmenge von 100.000 m<sup>3</sup>.



**Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Effekte verschiedener Szenarien, eigene Darstellung**

Der aus den jeweiligen Szenarien resultierende Saldo stellt eine Netto-Emission dar, die von der (hier nicht diskutierten) CO<sub>2</sub>-Senke Wald in Abzug zu bringen wäre, um die Klimawirkung des Waldes inkl. Holznutzung zu bewerten. Im Status quo ist zu erkennen, dass rund die Hälfte der Emission aus der energetischen Nutzung durch die Substitutionseffekte kompensiert wird. Werden aber in der klimaneutralen Energieversorgung keine fossilen Quellen ersetzt, sondern

etwa Wärmepumpen, die mit Erneuerbaren betrieben werden, bleibt der Saldo in der Größenordnung der Emission.

Die Erhöhung des Anteils von stofflicher Nutzung mit Substitutionswirkung verbessert die Situation ebenso, wie die erhöhte Auskoppelung von Biokohle oder letzten Endes die Abscheidung von CO<sub>2</sub> bei der energetischen Nutzung.

Strategisch ist also zum einen die (deutliche) Steigerung des Anteils an Bauholz anzustreben – nicht zu verwechseln mit einer deutlichen Erhöhung des Einschlags zugunsten der absoluten Menge an Bauholz! – zum anderen sollte die energetische Nutzung möglichst weitgehend in großtechnischen Anlagen erfolgen, um künftig die Möglichkeiten von Biokohle-Auskoppelung und CO<sub>2</sub>-Abscheidung nutzen zu können.

## **4 Pyramide der energetischen Nutzung**

Von der im Kapitel 2 ermittelten Menge von ca. 3.400 kWh<sub>PE</sub>/pax.a werden 5% für den Eigenbedarf der Holzindustrie (vor allem Trocknung) angesetzt, was beim Einsatz entsprechend effizienter Technologien erreicht wird [11]; der Rest muss nun auf eine Reihe von unterschiedlichen Anwendungen aufgeteilt werden. Neben den Erkenntnissen aus dem Kapitel 3 sollten dabei noch weitere Aspekte einfließen:

Für die Dekarbonisierung der industriellen Prozesswärme stehen je nach Temperaturbereich im Wesentlichen folgende drei Optionen als jeweils wirtschaftlichstes Angebot zur Auswahl: Groß-Wärmepumpen für (perspektivisch) bis zu 200°C, Biomasse für bis zu ca. 500°C und grünes Gas (Biomethan, Wasserstoff) für noch höhere Temperaturen und direkt befeuerte Anlagen. Der Anteil des Temperaturbereichs 200 - 500°C schwankt je nach Industriestruktur, liegt aber in Europa insgesamt nur bei 11% der gesamten Prozesswärme [12], was ca. 400 kWh/pax entspricht. Diesem Segment sollte oberste Priorität eingeräumt werden, um teures Biogas zu schonen und die volkswirtschaftlich beste Lösung zu ermöglichen.

Ein möglichst großer Teil des verbleibenden Rests sollte ebenfalls über großtechnische Anlagen zur Verfügung gestellt werden, am besten in Form von Heizkraftwerken, um wertvollen Winterstrom zu produzieren. Für einen wirtschaftlichen Betrieb müssen die Heizkraftwerke allerdings eine gewisse Größe aufweisen, was insbesondere im Bestand nicht immer gegeben ist. Deshalb werden auch reine Heizwerke eine wesentliche Rolle spielen. Hier ist darauf zu achten, dass der große Vorteil der Biomasse – bereits im gespeicherten Zustand vorzuliegen – genutzt wird: Wärmenetze sollten zunehmend multimodal (also von mehreren unterschiedlichen Quellen gespeist) betrieben werden, damit Wärme, die ganzjährig zur Verfügung steht (Abwärme aus Industrie, Müllverbrennung, Abwasserreinigungsanlagen oder auch Tiefengeothermie), möglichst weitgehend genutzt werden kann. Biomasse kommt dann nur im Winter-

halbjahr zum Einsatz. Reine Biomassenetze sollten möglichst vermieden werden; das Ausrollen von großen, bzw. Zusammenschließen von mehreren bestehenden Netzen erleichtert das Vorhaben.

Großtechnische Anlagen bieten somit eine Vielzahl von Vorteilen; kleine (dezentrale) Feuerungen hingegen schneiden in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Effizienz und auch Schadstoff- und Feinstaubbelastung schlechter ab. Der hierfür zum Einsatz kommende Anteil der Biomasse sollte deswegen sukzessive auf ein möglichst geringes Niveau reduziert werden.

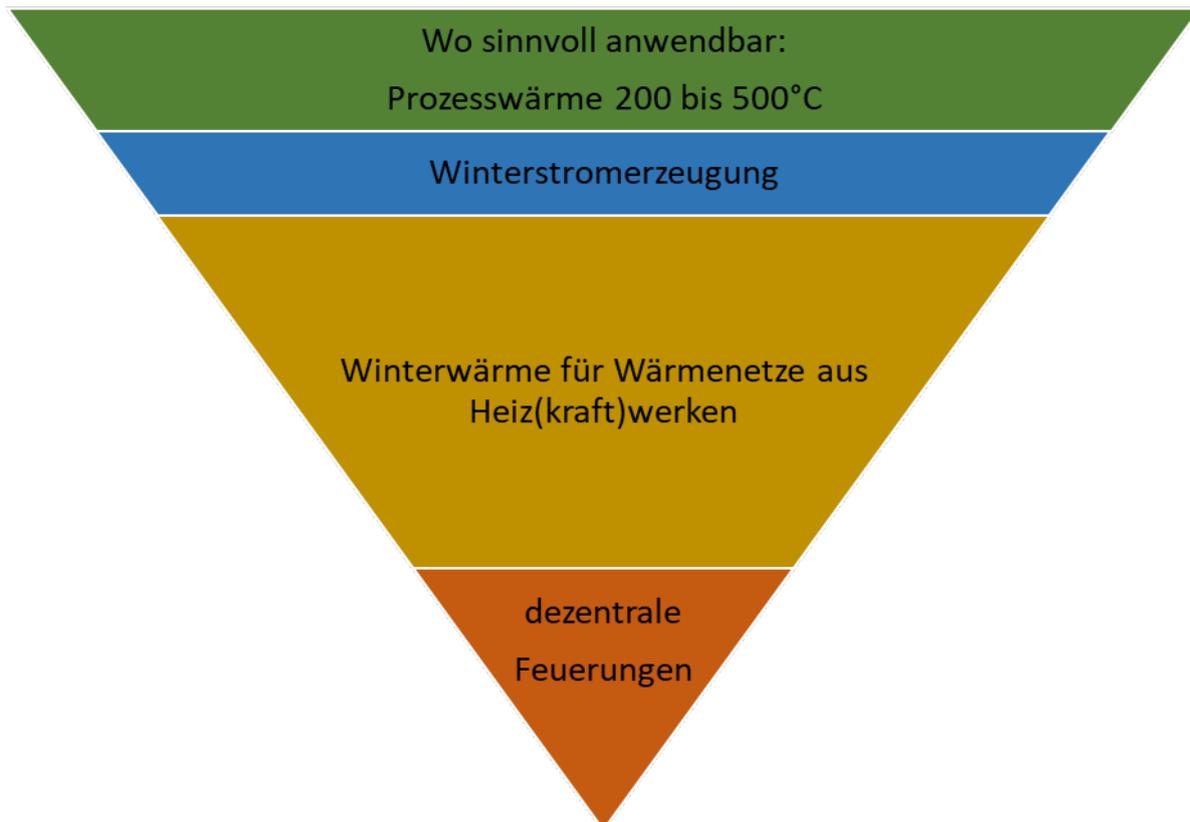


Abbildung 4: Nutzungspyramide für die energetische Verwendung von Brennholz (eigene Darstellung)

## 5 Status quo in Vorarlberg, Brennholzstrategie

In Vorarlberg werden gemäß [11] aktuell ca. 1.000 GWh Primärenergiemenge in Form von Brennholz verwendet; das entspricht einer Pro-Kopf-Quote von 2.440 kWh/pax.a. Rund die Hälfte davon (494 GWh<sub>PE</sub>) kommt in ca. 10.000 dezentralen Feuerungen als Hauptheizung und einer unbekanntem Anzahl von Zweitheizungen und Einzelraumfeuerungen zum Einsatz. In knapp 150 Heizwerken werden ca. 400 GWh Primärenergie umgesetzt und in Form von ca. 325 GWh Endenergie an Haushalte und Nicht-Wohngebäude geliefert.

## Stoffliche und energetische Holznutzung in Vorarlberg

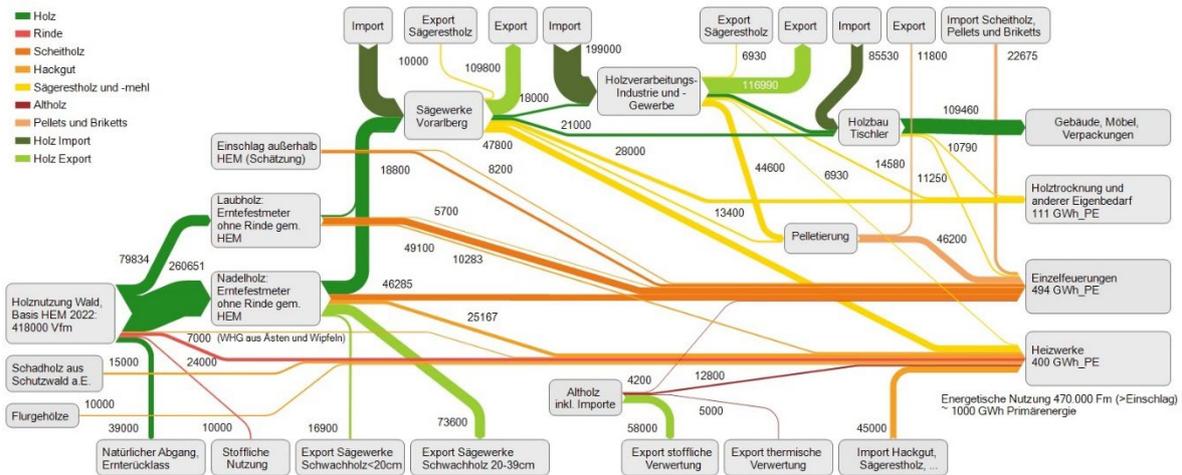


Abbildung 5: Stoff- und Energieflussdiagramm [11]. Einheit: Erntefestmeter, bzw. m<sup>3</sup> feste Holzmasse.

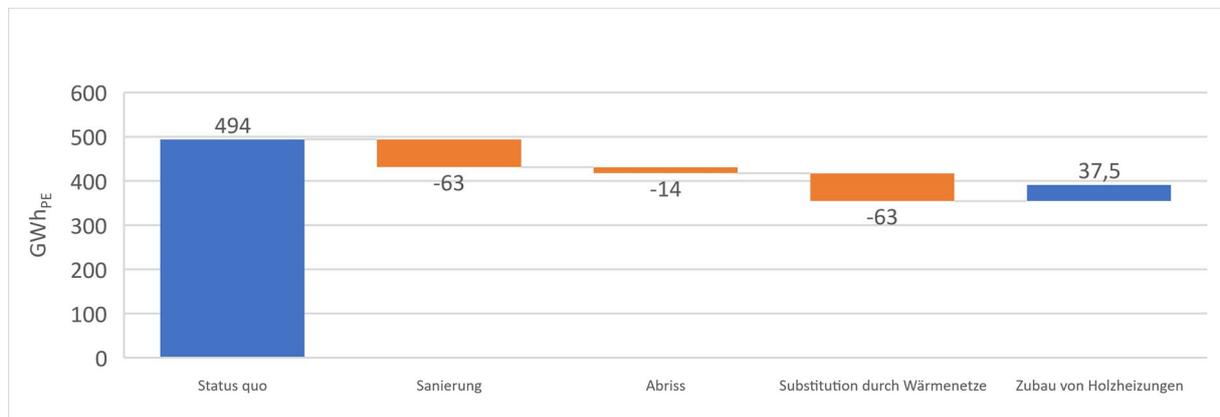
### 5.1 Strategie dezentrale Feuerungen

Gemäß Brennholzstrategie Vorarlberg ist noch ein Ausbau bis ca. 1.250 GWh<sub>END</sub> möglich – was mit obiger Herleitung der Verfügbarkeit übereinstimmt – die Bedarfe im Bereich der Prozesswärme und der Wärmenetze steigen aber so stark an, dass gleichzeitig eine Reduktion bei den dezentralen Feuerungen angestrebt wird.

Diese Reduktion von aktuell 494 GWh<sub>PE</sub> (in diesem Fall ~ übereinstimmend mit GWh<sub>END</sub>) erfolgt auf verschiedenen Ebenen ohnehin:

- Durch die Sanierungsoffensive im Rahmen der *Energieautonomie+* sinkt der Wärmebedarf; auch von Gebäuden, die mit Biomasse beheizt werden. Bei einer anzustrebenden Sanierungsrate für die Gebäudehülle von 1,8% können bis zum Jahr 2040 (die schlechtesten) 27% des Gebäudebestands so saniert werden, dass der Endenergiebedarf von mittleren 180 auf 60 kWh/m<sup>2</sup>a verringert wird. Der Biomasseanteil an der Endenergie in der Raumwärme (insgesamt ca. 4.500 GWh) liegt bei ca. 11%; die Sanierungsoffensive führt damit zu einer Reduktion um ca. 63 GWh<sub>END</sub>.
- Jährlich werden in Vorarlberg ca. 0,4% des Gebäudebestands abgerissen – bis zum Jahr 2040 also ca. 6%. Es wird allerdings angenommen, dass davon ein relevanter Teil (ca. die Hälfte) unbeheizt ist, dafür dürfte vom verbleibenden Teil ein überdurchschnittlich hoher Anteil (ca. 15%) über eine Holzheizung verfügen. Der dadurch wegfallende Bedarf liegt bei ca. 14 GWh<sub>END</sub>.
- Bis 2040 werden in vielen Städten und Gemeinden Wärmenetze errichtet oder erweitert; rund 700 GWh könnten zusätzlich geliefert werden. Der Anteil von biomasse-beheizten Gebäuden dürfte unter den neu angeschlossenen Gebäuden unterdurchschnittlich sein, da Holzheizungen häufiger außerhalb von Städten und Ortskernen betrieben werden. Deshalb wird bei der Substitution durch Wärmenetze nur ein Anteil von 9% Biomasse angesetzt, was zu einer Reduktion um 63 GWh<sub>END</sub> führt.

Für neu gebaute Häuser und Wohnungen stellt die Wärmepumpe – außerhalb von Wärmenetzen – in aller Regel die wirtschaftlichste und komfortabelste Art der Wärmeversorgung dar. Gelingt es, den Zubau von Pellets-, Hackgut- und Stückholzheizungen so zu senken, dass im Betrachtungszeitraum durchschnittlich nur noch ca. 2.500 kW Kesselleistung pro Jahr (anstelle von aktuell ca. 10.000 kW) hinzukommen, summiert sich der jährliche, zusätzliche Bedarf bis 2040 auf rund 37,5 GWh<sub>END</sub>.



**Abbildung 6: Veränderungen im Primärenergiebedarf (~Endenergie) bei dezentralen Feuerungen bis 2040**

Neben den Anstrengungen im Bereich von Gebäudesanierung und Wärmenetzen sollten deshalb vor allem Maßnahmen ergriffen werden, die den Einbau von neuen Holzheizungen unterbinden: Förderungen auslaufen lassen; Verbreitung von objektiven Informationen zur Ökonomie von Wärmepumpen und Holzheizungen, Feinstaubproblematik und Luftreinhaltung bei dezentralen Anlagen; Hinweis auf Emissionsgrenzwerte.

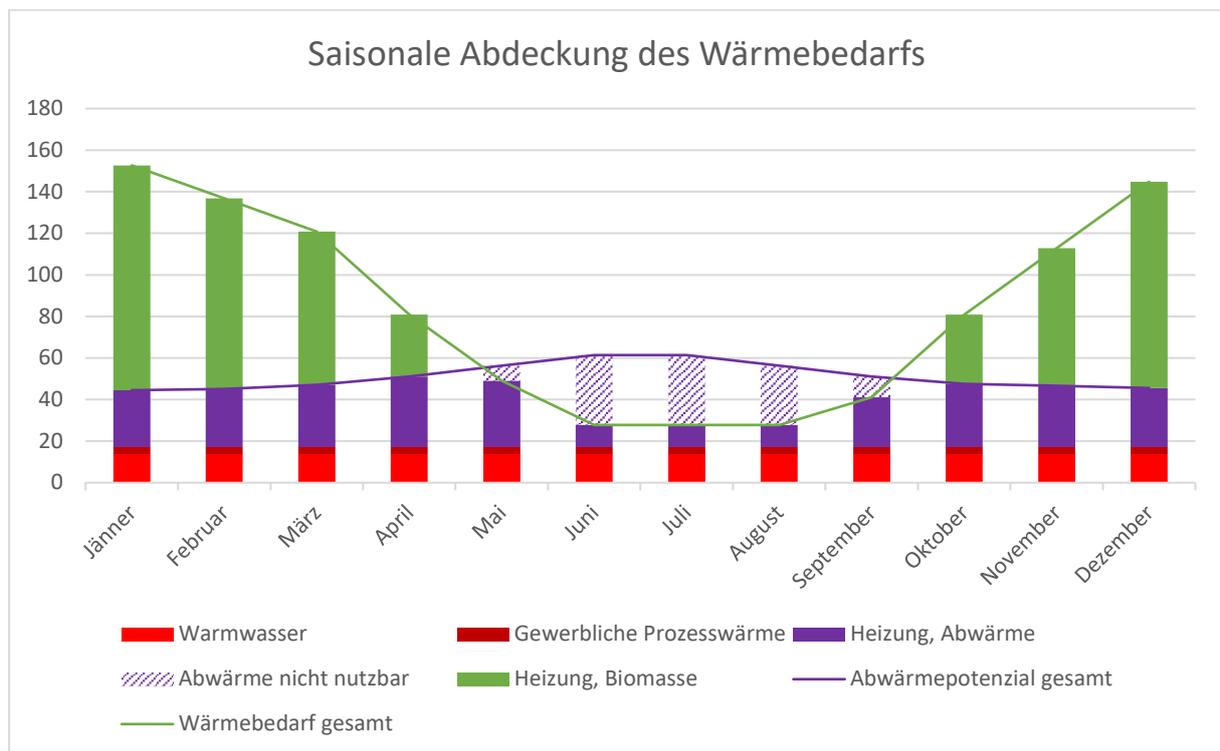
## 5.2 Strategie Wärmenetze

Gemäß *Energieautonomie+ 2030* soll die Wärmelieferung über Fernwärmenetze gegenüber 2018 (240 GWh) verdoppelt werden. Mit den derzeit bekannten Projektierungen von Heizwerken kommen gegenüber dem beschriebenen Status quo (2022, 325 GWh<sub>End</sub>) bereits bis ca. 2025 über 100 GWh<sub>End</sub> hinzu, womit schon mehr als drei Viertel der Zielsetzung erreicht wären. Es ist aber im Rahmen der *Energieautonomie+ 2030* auch angestrebt, vermehrt industrielle Abwärme, direkt oder als Anergie, in Wärmenetzen zu nutzen. Das vorhandene, wirtschaftlich erschließbare Potenzial liegt gemäß [13] bei über 400 GWh aus der Industrie und weiteren rund 300 GWh aus Abwasserreinigungsanlagen. Das Angebot ist somit weit größer als der Fehlbetrag auf die angestrebte Verdoppelung der Fernwärme.

Gemäß mehreren internationalen Studien, zusammengefasst in [14], könnten Groß-Wärmepumpen bereits im Jahr 2030 deutlich mehr als 50% der gesamten Wärme für Wärmenetze liefern; zu den attraktivsten Wärmequellen dieser Wärmepumpen zählt unter anderem industrielle Abwärme als Anergie, aber auch Abwasser aus ARA oder Seewasser. Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, parallel zum Auf- und Ausbau von Groß-Wärmepumpen den Zubau an

Heizwerken einzudämmen: Der Ausbau soll sich mehr oder weniger auf die derzeit bekannten Projektierungen mit einem Bedarf von ca. 130 GWh<sub>PE</sub> beschränken.

Das Austarieren von ganzjährig verfügbaren Wärmequellen und gespeicherter Energie in Form von Biomasse ist von Bedeutung: Wird ein Verhältnis von ca. 50:50 gewählt, können im Jahresverlauf etwa 80% der zur Verfügung stehenden (leicht sommerlastigen) Abwärme genutzt werden. Ist der Anteil an Abwärme größer, kann das Abwärmepotenzial weniger gut genutzt werden. Wird wesentlich weniger Abwärme eingespeist, überschreitet die Biomasse die Verfügbarkeitsgrenze.



**Abbildung 7: Saisonale Abdeckung des Wärmebedarfs in Wärmenetzen mit einem Verhältnis Abwärme zu Biomasse von 50:50 [13]**

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für die Einbindung von Abwärme ist die Größe der Netze: Je größer, umso besser können die ungleich verteilten Standorte der Abwärmequellen im richtigen Verhältnis eingebunden werden. Kleine, dezentrale Netze („Nahwärme“) sollten deshalb vermieden oder die Einbindung in größere Netze geplant werden. Gerade in Vorarlberg, das im Rheintal und Walgau fast urbane Dichte aufweist, aber dennoch in viele Gemeinden aufgeteilt ist, reicht eine kommunale Wärmeplanung nicht mehr aus – die Wärmenetze müssen regional, mitunter für ganze Talschaften gedacht und konzipiert werden.

## Abkürzungen

GWh	Gigawattstunden
PE	Primärenergie
END	Endenergie

## Abbildungen

Abbildung 1: Waldkarte Europa .....	6
Abbildung 2: Inländische Verwendung des Holzaufkommens in Österreich .....	7
Abbildung 3: CO <sub>2</sub> -Effekte verschiedener Szenarien, eigene Darstellung .....	9
Abbildung 4: Nutzungspyramide für die energetische Verwendung von Brennholz.....	11
Abbildung 5: Stoff- und Energieflussdiagramm.....	12
Abbildung 6: Veränderungen im Primärenergiebedarf (~Endenergie) bei dezentralen Feuerungen bis 2040 .....	13
Abbildung 7: Saisonale Abdeckung des Wärmebedarfs in Wärmenetzen mit einem Verhältnis Abwärme zu Biomasse von 50:50.....	14

## Tabellen

Tabelle 1: Waldnutzung: Kennzahlenvergleich Österreich - EU.....	6
--	---

## Literatur

- [1] Österreichische Waldinventur, <https://www.waldinventur.at/#/>, aufgerufen am 13.8.24
- [2] Strimitzer, Höher, Österreichische Energieagentur: Holzströme in Österreich, Wien 2020
- [3] Höher, Strimitzer, Österreichische Energieagentur: Stoffliche und energetische Verwendung von Holzabfällen, Wien 2019
- [4] Die europäische Union und die Wälder, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/105/die-europaische-union-und-die-walder>, aufgerufen am 12.8.24
- [5] Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, <https://foresteurope.org/state-of-europes-forests/>, aufgerufen am 12.8.24
- [6] IEA World Energy Balances database © OECD/IEA 2018, [www.iea.org/statistics](http://www.iea.org/statistics)
- [7] Hans Hartmann, et al., Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe: Ist die Verbrennung von Holz gesundheits- und klimaschädlich? Straubing 2023

- [8] Daniel Klein et al., Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, LWF-aktuell 108: Der »Carbon Footprint« von Wärme aus Holz, Freising 2016
- [9] Hafner A., et al. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren
- [10] Fehrenbach, Horst; Bischoff, Mascha; Böttcher, Hannes; Reise, Judith, Hennenberg, Klaus Josef: „The missing Limb: Including Impacts of Biomass Extraction on Forest Stocks in Greenhouse Gas Balances of Wood Use“; Forests 2022, 13, 365. (2022)
- [11] Christof Drexel, drexel reduziert GmbH: Brennholz in Vorarlberg: Analyse der Stoff- und Energieströme; strategische Grundlagen und mögliche Maßnahmen, Bregenz 2023
- [12] Robert de Boer et al., Strengthening Industrial Heat Pump Innovation. 2020
- [13] Markus Preißinger, Gerhard Huber, Forschungszentrum Energie FHV; Christof Drexel, drexel reduziert GmbH: Abwärmenutzungspotenziale Vorarlberg, Dornbirn 2024
- [14] Agora Energiewende: Roll-Out von Groß-Wärmepumpen in Deutschland 2023