

Kanton Zürich
AWEL, Fachstelle Energie
Alex Nietlisbach
Stampfenbachstrasse 12
8090 Zürich

Stadt Zürich
DIB, Energiebeauftragte Stadt Zürich
Marcel Wickart
Beatenplatz 2
8021 Zürich

AWEL, Fachstelle Energie Energiebeauftragte Stadt Zürich Potenzial Energieholz Kanton & Stadt Zürich

Bericht

21. Februar 2023

Impressum

Potenzial Energieholz Kanton & Stadt Zürich

Auftraggeber:
AWEL, Fachstelle Energie
Stadt Zürich, Departement der industriellen Betriebe
Energiebeauftragte Stadt Zürich
Projektverantwortlicher: Marcel Wickart

Auftragnehmer: GEO Partner AG, Zürich
Projektleitung: Ruedi Taverna
Fachbearbeitung: Ruedi Taverna, Björn Zenger
Qualitätssicherung: Patrick Plüss

Inhaltsverzeichnis

Glossar	5
Begriffe	5
Abkürzungen	6
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung	7
2 Fragestellungen	7
3 Systemgrenzen und Potenzialbegriff	8
3.1 Sachliche Systemgrenze	8
3.2 Räumliche Systemgrenze	8
3.3 Zeitliche Systemgrenze	9
3.4 Potenzialbegriff	9
4 Vorgehen	10
4.1 Potenzial	10
4.2 Verbrauch	12
4.2.1 Aktueller Verbrauch	12
4.2.2 Zukünftiger Verbrauch	12
4.3 Nutzung	12
4.3.1 Quelle der Nutzungszahlen	12
4.3.2 Zusammenhang Nutzung und Verbrauch	13
4.4 Nettozuwachs	13
4.5 Einheiten, Umrechnungsfaktoren	13
4.6 Nachbarkantone	13
4.7 Nachbarländer	14
4.8 Ökologischer Fussabdruck	14
5 Resultate	15
5.1 Verbrauch und Nutzung von Energieholz im Kanton Zürich	15
5.2 Netto-Energieholzpotenzial im Kanton ZH (in Abhängigkeit von Zuwachs und Nutzung)	16
5.2.1 Laubholz	17
5.2.2 Nadelholz	19
5.2.3 Gesamtes Netto-Energieholzpotenzial im Kanton ZH	21
5.3 Von ausserhalb des Kantons ZH benötigtes Energieholz	22
5.4 Netto-Energieholzpotenziale in umliegenden Kantonen, abzüglich des ungedeckten Bedarfes	22
5.5 Fokus auf lohnende Nachbarkantone	23
5.6 Prognose Potenzial bis 2056	24
5.7 Nachbarländer	25
5.8 Ökologischer Fussabdruck	25
5.8.1 Senkenveränderungen infolge Vorratsveränderungen	25
5.8.2 Substitutionseffekte	26
5.8.3 Transportemissionen	26
6 Fazit	27

Anhang	28
A.1 Einheiten, Umrechnungstabelle	28
A.2 Baumkompartimente	29
A.3 Aufteilung der Verwendung des geernteten Holzes	29
A.4 Ausgewählte Energieholzpotenziale gemäss WSL.....	30
A.5 Berechnungsgrundlagen Nachbarkantone.....	36
A.6 Energetisches Waldholz-Potenzial bis 2056.....	49
A.7 Nachbarländer	53
A.8 KBOB-Faktoren	54
A.9 Zitierte Grundlagen	55

Glossar

Begriffe

Altholz	Holz, welches schon einmal für eine Anwendung gebraucht wurde
Astderbholz	Astholz mit einem Durchmesser von mindestens 7 cm
Baumart	Laub- oder Nadelholz
Derbholz	Holz zwischen 7 cm und 12 cm Durchmesser
Einwuchs	Während einer Inventurperiode neu hinzugekommene Bäume und Sträucher ab 12 cm Brusthöhendurchmesser (BHD)
Energieholz	Energetisch genutztes Holz
Flurholz	Holz welches von Standorten ausserhalb des Waldes stammt (Hecken, Siedlung, Strassenböschung etc.)
Industrieholz	Für die Papier- oder Plattenindustrie geeignetes Holz
Mortalität	Schaftholzvolumen in Rinde aller Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD, die zwischen zwei Inventuren abgestorben oder verschwunden sind, aber nicht forstlich genutzt wurden
Netto-Energieholzpotenzial	Potenzial, welches in der Summe der Sortimente (je Baumart) den gesamthaften Zuwachs (je Baumart) nicht überschreitet
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckter Verbrauch	Potenzial, welches nach Deckung des eigenen ungedeckten Verbrauchs des Kantons noch frei ist oder mit Importen zu decken ist
Netto-Zuwachs	Zuwachs mit Einwuchs abzüglich Mortalität
Nutzung	Schaftholzvolumen in Rinde aller Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD (Ausnahme: Stammholz wird in der Forststatistik ohne Rinde angegeben)
Potenzial	Allgemeine Bezeichnung für eine zur Verfügung stehende Menge
Reisig	Holz unter 7 cm Durchmesser
Schaftholz	Rohholz ohne Astderbholz, Zopf und Stock
Stammholz	Für Sägereien geeignetes Holz
Stock	Baumstumpf
Ungedeckter Verbrauch	Differenz von Nutzung und Verbrauch (Importbedarf)
Zopf	Baumwipfel
Zuwachs	Zunahme des Schaftholzvolumens in Rinde der zwischen zwei Inventuren überlebenden Bäume und Sträucher ab 12 cm BHD und der Abgänge, plus das Volumen der Einwüchse

Abkürzungen

AG	Kanton Aargau
BHD	Brusthöhendurchmesser
BW	Baden-Württemberg
CO ₂ -eq.	CO ₂ -Äquivalent
EKZ	Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
ERZ	Entsorgung und Recycling Zürich
ewz	Elektrizitätswerke der Stadt Zürich
fm	Festmeter
GL	Kanton Glarus
GR	Kanton Graubünden
GWh	Gigawattstunde
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
kWh	Kilowattstunde
LbH	Laubholz
LFI	Landesforstinventar
LU	Kanton Luzern
NdH	Nadelholz
Rp.	Rappen
SG	Kanton St.Gallen
SH	Kanton Schaffhausen
SZ	Kanton Schwyz
TG	Kanton Thurgau
ZG	Kanton Zug
ZH	Kanton Zürich

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Gemäss Angaben der einzelnen Forstkreise im Kanton Zürich wird der Holzzuwachs im Kanton aktuell annähernd genutzt. Dem stehen Ideen einer verstärkten Nutzung fester Biomasse für energetische Projekte im Zusammenhang mit der Energiewende gegenüber.

Ausgangslage

Eine Studie des AWEL aus dem Jahr 2009 kam zum Schluss, dass in den umliegenden Kantonen (z. B. SH und AG) und im Raum Süddeutschland noch freies Potenzial zur Holznutzung vorhanden sei. Die 2016 von GEO Partner AG durchgeführte Energieholz-Potenzialabschätzung für den Kanton Zürich wies ein freies Potenzial von rund 300 GWh (ca. je hälftig aus Energie- und aus Industrieholz bestehend) aus. Zu ähnlichen Zahlen kam eine Studie der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) aus dem Jahr 2017.

Frühere Erkenntnisse

Um den Zürcher Gemeinden Grundlagen für geplante Holzenergieanlagen liefern zu können, wird in der vorliegenden Studie das aktuelle Potenzial im Kanton Zürich und angrenzenden Kantonen samt näherem Ausland abgeschätzt und aufgezeigt, welche Risiken beschaffungsseitig zu berücksichtigen sind.

Aufgabenstellung

2 Fragestellungen

Die Fragestellungen lassen sich in drei Bereiche gliedern:

- Potenzial im Kanton Zürich (Waldholz und Flurholz)
- Verwendung und Bedarf (gesamtes Waldholz)
- Mögliche Beschaffungsregionen, dazugehöriger ökologischer Fussabdruck, zugängliches Potenzial und Risiken

Potenzial im Kanton Zürich

- Wie gross ist das wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial im Kanton Zürich nach Zeithorizont?
- Wie gross ist das ökologisch nachhaltige Flurenergieholzpotenzial im Kanton Zürich?

Potenzial Kanton ZH

Verwendung und Bedarf

- Wie wird das Waldholz verwendet? In welchem Umfang wird Waldenergieholz aus dem Kanton Zürich ausserhalb des Kantons genutzt?
- Wie hoch ist der heutige und geplante Waldenergieholzbedarf im Kanton Zürich sowie den umliegenden Kantonen?
- Wie hoch ist der Waldenergieholzbedarf, der nicht regional (Kanton Zürich) gedeckt werden kann (Nettoimportbedarf)? Wie hoch sind die Holzimporte in den und Holzexporte aus dem Kanton Zürich?

Verwendung und Bedarf

Beschaffungsregionen, zugängliches Potenzial und Risiken

- Aus welchen Regionen könnte Waldenergieholz beschafft werden? Ist die dafür notwendige Logistikinfrastruktur vorhanden und wie hoch sind die Transportkosten?
- Wie gross ist das Waldenergieholzpotenzial ausserhalb des Kantons, welches für den Kanton und die Stadt Zürich zugänglich ist (gegliedert nach Beschaffungsregion)?
- Wie gross ist der ökologische Fussabdruck für den Transport von Waldenergieholz nach Beschaffungsregion (Treibhausgas-Emissionen beim Transport)?
- Welche Risiken sind mit der Nutzung der Waldenergieholzpotenziale aus dem EU-Raum verbunden?

Beschaffungsregionen, zugängliches Potenzial und Risiken

3 Systemgrenzen und Potenzialbegriff

3.1 Sachliche Systemgrenze

Innerhalb der verholzten Biomasse wird ausschliesslich das Wald- und das Flurholz betrachtet.

Nur Wald- und Flurholz betrachtet

Nicht Teil der Studie ist das Altholz, welches in einem separaten Projekt bearbeitet wird, sowie das Restholz, von welchem vereinfacht angenommen wird, dass in der Schweiz kein freies Potenzial mehr vorhanden ist (vgl. auch [4]).

3.2 Räumliche Systemgrenze

Da die sieben Forstkreise des Kantons Zürich zum Teil übergreifende Organisationsstrukturen aufgebaut haben, muss das Potenzial nicht forstkreisspezifisch ausgewiesen werden. Es wird deshalb von den folgenden drei räumlichen Abgrenzungen ausgegangen:

- Regional: Kanton Zürich
- Überregional: Benachbarte Kantone und Kantone mit guter Erschliessung
- Ausland: Baden-Württemberg, Allgäu, Elsass, Vorarlberg

Untersuchtes Ausland

Folgende Kantone wurden in die Betrachtung mit einbezogen (vgl. Abbildung 1):

- Zürich (Mittelland)
- Aargau (Mittelland)
- Thurgau (Mittelland)
- Schaffhausen (Mittelland)
- Zug (Mittelland)
- St. Gallen (Mittelland / Voralpen)
- Luzern (Mittelland / Voralpen)
- Schwyz (Voralpen)
- Glarus (Voralpen / Alpen)
- Graubünden (Alpen)

Untersuchte Kantone

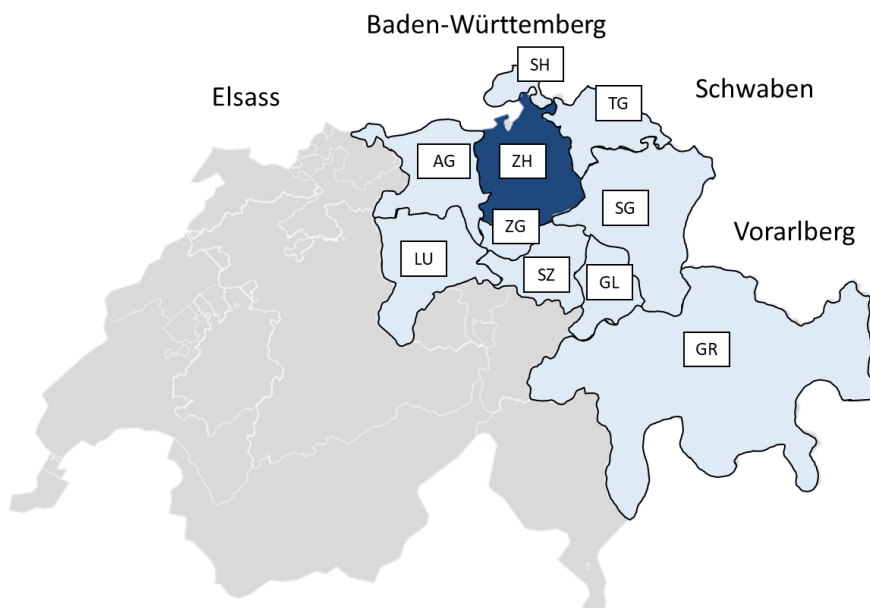


Abbildung 1: Für den Energieholzbezug betrachtete Regionen

3.3 Zeitliche Systemgrenze

Daten und Ergebnisse sollen für das Basisjahr 2020 sowie bis ins Jahr 2050 extrapoliert dargestellt werden. Effektiv wurden die Dekaden 2017-2026, 2027-2036, 2037-2046, 2047-2056 betrachtet.

Betrachtungszeitraum bis 2050

3.4 Potenzialbegriff

Bei den ausgewiesenen Holznutzungspotenzialen muss zwischen verschiedenen Potenzialen unterschieden werden. In der Potenzialabschätzung von 2016 [1] wurde das *ökologischen Potenzial* (Terminologie der Fachstelle Energie des Kantons Zürich) ausgewiesen. Das entspricht dem *gesellschaftspolitischen Nutzungspotenzial* (nach dem Zwiebschalenmodell) gemäss den Potenzialstudien des Bundesamts für Umwelt (BAFU) [2] und errechnet sich aus dem berechneten Gesamtnutzungspotenzial (Gesamtholzbiomasse) minus den Ernteverlusten und der Nutzungsintensität minus den Reduktionen aufgrund gesellschaftlicher Abmachungen (Schutzgebiete etc.). Darin sind noch keine Nutzungsreduktionen infolge der Erntekosten oder des allgemeinen Energiepreismarktes enthalten. Diese Nutzungsreduktionen werden im Rahmen des Projektes definiert; sie können das Potenzial weiter erheblich verringern. Nach Abzug dieser Reduktionen erhält man das *nachhaltige Potenzial, welches wirtschaftlich genutzt werden kann*.

Nachhaltig nutzbares Potenzial, welches wirtschaftlich genutzt werden kann

Hier werden die Potenziale bezogen auf den Kilowattstunden-Preis franko Bunker exkl. MWSt angegeben. Es wird zwischen drei Preisniveaus unterschieden:

- < 5.0 Rp./kWh
- 5.0-6.5 Rp./kWh
- > 6.5 Rp./kWh

4 Vorgehen

4.1 Potenzial

Zur Abschätzung des Energieholzpotenzials wurde das interaktive Tool der WSL verwendet [3]. Es basiert auf den Resultaten des Berichts *Biomassenpotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung* der WSL [4]. Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial ist abhängig von der Art der Waldbewirtschaftung, der Sortimentsaufteilung, der Holzmarktsituation und der Höhe der Energiepreise. Angegeben wird das *ökologisch nachhaltige Waldholzpotenzial* bezogen auf verschiedene Kostenklassen (in Rp./kWh), welches dem *ökologischen Potenzial* (Terminologie der Fachstelle Energie des Kantons Zürich) und dem *gesellschaftspolitischen Nutzungspotenzial* (nach dem Zwiebelschalenmodell) entspricht.

Die Potenziale wurden mit dem Waldwachstumsmodell MASSIMO (Management Scenario Simulation Model) [5], [6] und dem darin integrierten Holzernte-Produktivitätsmodell (HeProMo) [7] modelliert. Die folgenden Annahmen wurden dabei getroffen [4]:

Interaktive Karte der WSL

Grundlage der Daten sind MASSIMO und HeProMo

Tabelle 1: Übersicht Parameter der Waldbewirtschaftungsszenarien

Waldbewirtschaftungsszenario	Vorrats respektive Nutzungsziele	Vorgaben
Vorratsanstieg («weiter wie bisher», 822) Im Folgenden genannt: «Vorratsanstieg»	Konstante Nutzung wie zwischen LFI 3 (2004/2006) und LFI 4b (2009/2013)	Mortalität: 15% Verjüngung: empfohlene Nadelholzanteile Sturm: ja, Periodizität 15 Jahre Reservate: keine
Kontinuierlich hoher Zuwachs (834) Im Folgenden genannt: «moderater Vorratsabbau»	Vorratsabsenkung auf 300m ³ /ha bis 2046, danach konstanter Vorrat	Mortalität: 15% Verjüngung: empfohlene Nadelholzanteile Sturm: ja, Periodizität 15 Jahre Reservate: keine
Grosse Nachfrage nach Energie und Chemieholz (852) Im Folgenden genannt: «starker Vorratsabbau»	Vorratsabsenkung bis 2046 mit regional unterschiedlichen Vorratszielen (200 bis 300m ³ /ha), danach konstanter Vorrat	Mortalität: 10% Verjüngung: empfohlene Nadelholzanteile Sturm: ja, Periodizität 15 Jahre Reservate: in überalterten Beständen

Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung infolge des Klimawandels sind nicht berücksichtigt.

In Abhängigkeit der aktuellen Situation der Waldbewirtschaftung wurde bei den betrachteten Kantonen von verschiedenen Vorratsszenarien ausgegangen. Bei den Mittelland- und Mittelland-/Voralpen-Kantonen wurde von einem +/- konstanten Vorrat ausgegangen. Das wurde erreicht, indem die Resultate der Szenarien «Moderater Vorratsabbau» und «Vorratsanstieg» gemittelt wurden. Bei den Voralpen-, Voralpen-/Alpen- und Alpen-Kantonen wurde vom Szenario «Moderater Vorratsabbau» ausgegangen.

Verschiedene Vorrats-Szenarien bei unterschiedlichen Kantonen

Es ist zu beachten, dass das Szenario «Vorratsanstieg» von einer konstanten Nutzung ausgeht. Das bedeutet, dass in den Mittellandkantonen der Vorrat bei diesem Szenario +/- konstant bleibt. Durch die Mittelung der Resultate aus den Szenarien «Moderater Vorratsabbau» und «Vorratsanstieg» resultiert somit eine klare Vorratsverminderung. Damit kann annäherungsweise eine moderate Nutzungserhöhung im Privatwald simuliert werden.

Interpretation der Szenarien

Für alle Kantone wurde von einem *wenig energieholzfreundlichen* Holzmarkt gemäss einer Umfrage von Thees et al. [8] ausgegangen (vgl. auch A.3). Dies, damit weiterhin die politisch gewünschte Kaskadennutzung berücksichtigt wird.

Kaskadennutzung vorgesehen

Die Kostenklassen wurden zu drei Bereichen aggregiert (< 5 Rp./kWh, 5-6.5 Rp./kWh und > 6.5 Rp./kWh). Es gilt zu beachten, dass die drei angegebenen Bereiche die in Tabelle 2 angegebenen Kostenklassen umfassen (vgl. auch Anhang A.5.5 bis A.5.13).

Aggregierte Kostenklassen

Tabelle 2: Kostenklassen der aggregierten Kostenbereiche

Aggregat	Holzart	Kostenklassen
< 5 Rp./kWh	Nadelholz	< 3.8 Rp./kWh Anteil der Klasse 3.8-5.3 Rp./kWh
	Laubholz	< 2.7 Rp./kWh
		2.7-3.7 Rp./kWh
		3.7-4.8 Rp./kWh Anteil der Klasse 4.8-5.8 Rp./kWh
5-6.5 Rp./kWh	Nadelholz	Anteil der Klasse 3.8-5.3 Rp./kWh Anteil der Klasse 5.3-6.7 Rp./kWh
	Laubholz	Anteil der Klasse 4.8-5.8 Rp./kWh Anteil der Klasse 5.8-6.8 Rp./kWh
		Nadelholz
> 6.5 Rp./kWh	Laubholz	Anteil der Klasse 5.8-6.8 Rp./kWh 6.8-7.9 Rp./kWh > 7.9 Rp./kWh

Beim Flurholz wird auf den Kanton Zürich fokussiert. Die Grundlagen der Energieholzpotenzial-Studie 2016 [1] wurden überprüft und durch eine Aufdatierung der Arealstatistik aktualisiert (Berechnungen siehe dort). Es zeigte sich, dass vereinfachend von einem zusätzlichen Potenzial von rund 10 % des gemäss Schweizerischen Forststatistik [12] ausgewiesenen Energieholznutzung ausgegangen werden kann. Dieser Wert wird auch für die anderen untersuchten Gebiete angenommen. Damit wird simuliert, dass bei einer höheren Energieholznutzung auch das Potenzial an Flurholz steigt, weil sich dann der Zugriff auf weiter entfernte Gebiete lohnt.

Berücksichtigung Flurholz

4.2 Verbrauch

4.2.1 Aktueller Verbrauch

Der aktuelle Verbrauch wurde einerseits mit Hilfe der Schweizerischen Holzenergiestatistik [9], der Schweizerischen Forststatistik [12], einem Fragebogen, welcher von den vier Begleitgruppenmitgliedern Elektrizitätswerke der Stadt Zürich (ewz), Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ), Energie 360° und ZüriHolz ausgefüllt wurde [11], sowie diversen Interviews mit Andreas Keel [10], Geschäftsführer Holzenergie Schweiz abgeschätzt. Der aktuelle Verbrauch wurde nach den Anlagenkategorien gemäss der Holzenergiestatistik aufgeschlüsselt [9].

Diverse Quellen zu aktuellem Verbrauch

Tabelle 3: Die Quellen für den aktuellen Verbrauch gegliedert nach den Anlagenkategorien gemäss der Schweizerischen Holzenergiestatistik

Anlagenkategorie	Beschreibung	Quelle
Kat. 1-10	Kleine Stückgutöfen	Forststatistik, Holzernte Stück-Energieholz nach Kantonen [12]
Kat 11a, 11b	Automatische und Pelletfeuerungen < 50 kW	Holzenergiestatistik [8], Schweizer Mengen einwohnerspezifisch auf Kantone verrechnet [9]
Kat. 12-17	Automatische und Pelletfeuerungen > 50 kW	Holzenergiestatistik, kantonsbezogene Daten [9]
Kat. 18	Wärmeerkopplungsanlagen (WKK)	Fragebogen (ewz, ERZ, Energie 360°, ZüriHolz [11], Interviews A. Keel [10])

4.2.2 Zukünftiger Verbrauch

Der zukünftige Verbrauch wurde in Projekte «geplante Anlagen», die mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit umgesetzt werden, und Projekte «Idee vorhanden», bei denen die Umsetzung noch unklar ist, aufgeteilt. Die Daten dieser beiden Kategorien stammen aus Angaben aus den Fragebogen der Begleitgruppenmitgliedern (ewz, ERZ, Energie 360°, ZüriHolz) [11], Holzenergie Schweiz und aus diversen Interviews mit A. Keel [9], [10].

Fragebogen und Andreas Keel

4.3 Nutzung

4.3.1 Quelle der Nutzungszahlen

Die Daten für die Nutzung des Waldholzes in den Kantonen wurde aus der Forststatistik entnommen. Sie sind bezüglich der Holzart (Nadel-, Laubholz) und dem Sortiment (Energie-, Industrie-, Stammholz) aufgeschlüsselt. Beim Energieholz gibt es zudem eine Unterteilung in Stückholz und Hackschnitzel.

Forststatistik

Bei der genutzten Menge Holz aus der Forststatistik wird das Stammholz in Festmeter ohne Rinde angegeben, während das Industrie- und Energieholz in Rinde angegeben werden.

Einheiten

Um einen Vergleich mit dem Landesforstinventar zu ermöglichen, wurde für die Nutzung der Mittelwert von 2017 bis 2021 berechnet, da das Landesforstinventar seine Daten immer über 10 Jahre (2017-2026) mittelt. Zudem wurden auch die aktuellen Daten 2021 verwendet [12], [13].

Zeithorizont

4.3.2 Zusammenhang Nutzung und Verbrauch

Die Differenz von Verbrauch und Nutzung zeigt die importierte oder exportierte Menge an energetisch genutztem Holz. Dabei ist zu beachten, dass die Nutzung gemäss Forststatistik [12] nicht alle Baumteile, welche bei einer Vollbaumnutzung verwendet werden (Krone, Äste etc.), ausweist (vgl. Anhang A.2). Ausserdem wird die Nutzung des Flurholzes nicht erfasst. In dieser Untersuchung wird deshalb von einer zusätzlichen Menge von 15 % der ausgewiesenen Energieholzmengen ausgegangen, um die Vollbaumnutzung sowie Nutzung des Flurholzes zu berücksichtigen. Zusätzlich können die Sägereinebenprodukte (Schwarten, Spreissel, Sägemehl) ebenfalls energetisch genutzt werden. Hier wird von einem entsprechenden Anteil von 40 % des Stammholzes ausgegangen. Darin ist die bei der Nutzung nicht berücksichtigte Rinde enthalten. Zwar wird einerseits von den Sägereinebenprodukten auch ein Teil stofflich genutzt, andererseits wird in dieser Untersuchung aber die Möglichkeit, dass als Stamm- oder Industrieholz gekennzeichnetes Holz energetisch genutzt wird, nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass sich diese beiden Effekte gegenseitig aufheben.

Korrekturfaktoren zur Forststatistik

4.4 Nettozuwachs

Um den Nettozuwachs in den Kantonen zu quantifizieren wurden Daten vom Landesforstinventar LFI3-LFI4 verwendet. Der Nettozuwachs beschreibt den Zuwachs mit Einwuchs abzüglich der Mortalität und wird in Festmeter Schaftholz in Rinde angegeben. Die vorhandenen Daten sind in 56 verschiedene Baumarten aufgegliedert, welche zu Nadel- und Laubbäumen zusammengefasst wurden. Da die Landesforstinventur nur alle 10 Jahre durchgeführt wird, beziehen sich die Daten immer auf einen Zeitraum von 10 Jahren, über den sie gemittelt sind [13].

Landesforstinventar LFI3-LFI4

4.5 Einheiten, Umrechnungsfaktoren

Da die verwendeten Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen, wurden alle in Festmeter (fm) Holz und Gigawattstunden (GWh) umgerechnet. Die dafür verwendeten Faktoren sind im Anhang A.1, Tabelle 20 ersichtlich.

Einheiten und Umrechnungsfaktoren im Anhang

4.6 Nachbarkantone

Als Nachbarkantone werden die effektiv an den Kanton Zürich angrenzenden Kantone sowie diejenigen Kantone bezeichnet, die ebenfalls als Energieholzlieferanten in Frage kommen würden (vgl. Anhang A.2). Die Potenzialberechnungen erfolgten analog wie für den Kanton Zürich.

Berechnungen analog zum Kanton ZH

4.7 Nachbarländer

Die Nutzung, der Verbrauch und das Potenzial von Energieholz wurde in Deutschland (Bayern, Baden-Württemberg), Österreich (Vorarlberg) und Frankreich (Grand Est) anhand einer Internetrecherche abgeschätzt.

Internetrecherche

4.8 Ökologischer Fussabdruck

Um den ökologischen Fussabdruck abzuschätzen, wurden die CO₂-eq. Emissionen, welche durch den Transport des Holzes sowie jene, die durch die Vorratsveränderung im Wald verursacht werden, betrachtet. Diesen Effekten wurde eine grobe Abschätzung der materiellen- und energetischen Substitutionseffekte gegenübergestellt.

Transport und Vorratsänderung im Waldholz gegenüber den Substitutionseffekten

Für die Transportemissionen wurde in jedem Kanton ein Schwerpunktort bestimmt, von welchem so viel Holz geliefert wird, um den ungedeckten Verbrauch im Kanton Zürich zu decken. Die ausgestossenen Emissionen wurden mit der Ökobilanzdatenbank der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) berechnet [15].

KBOB für Transport

Die Verringerung der Senke, die infolge der Vorratsveränderung im Wald entsteht, wurden aus Vorratsdaten aus den gleichen Szenarien der WSL wie sie für das Energieholzpotenzial im Kapitel 4.1 verwendet werden, berechnet. Die Aufteilung der Kantone in die Wirtschaftsregionen wurden wie im Kapitel 3.2 gleichbehalten.

Vorratsveränderung gemäss WSL

Die materiellen- und energetischen Substitutionseffekte wurden aufgrund von Faustformeln aus dem Bericht «CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft» [23] berechnet.

Substitutionseffekte aus Faustformeln

5 Resultate

5.1 Verbrauch und Nutzung von Energieholz im Kanton Zürich

Der Vergleich der Holznutzung gemäss Forststatistik [13] und dem Verbrauch gemäss der Holzenergiestatistik [9] und weiteren Angaben [10], [11] zeigt, dass der Verbrauch an Holz für energetische Zwecke im Jahr 2021 die Nutzung an Energieholz stark übersteigt (vgl. Abbildung 2).

Verbrauch 2021 übersteigt Nutzung deutlich

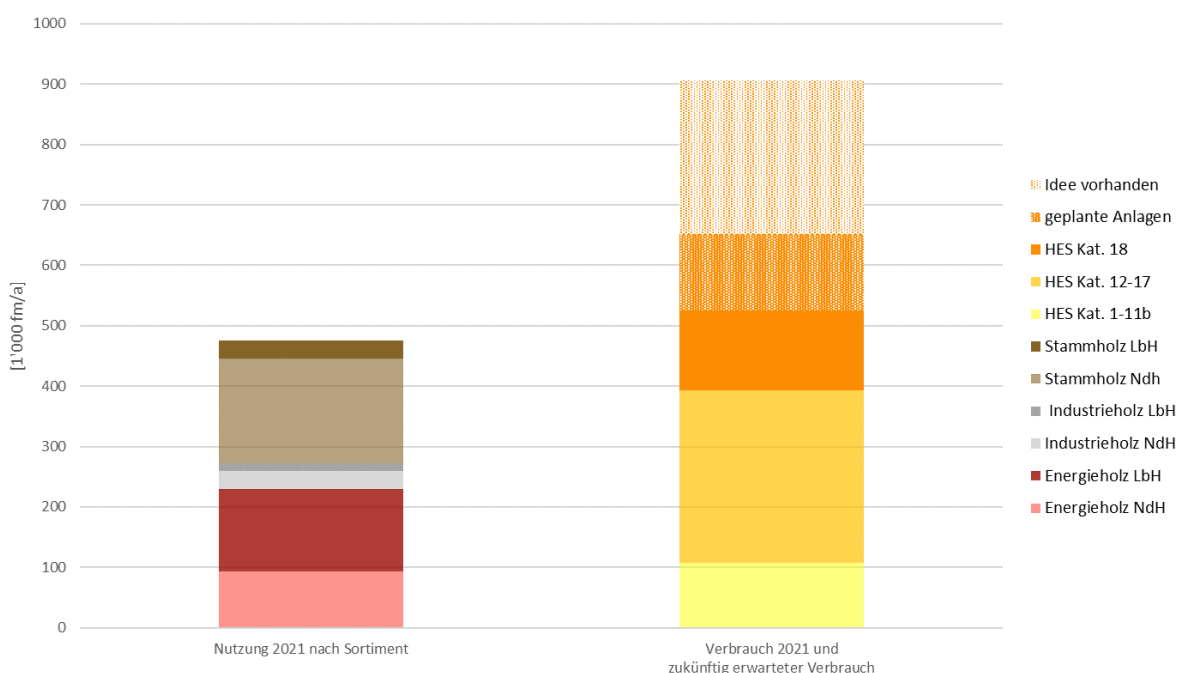


Abbildung 2: Nutzung 2021 im Vergleich mit Verbrauch 2021 und zusätzlichem Verbrauch von geplanten Anlagen und Projekten, bei denen erst eine Idee vorhanden ist

Es gilt allerdings zu beachten, dass die Forststatistik nicht alle Baumteile, welche bei einer Vollbaumnutzung verwendet werden (Baum durch den Hacker lassen) in der Statistik erfasst werden. Zudem können auch die Sägereinebenprodukte (Schwarten, Spreissel etc.) energetisch genutzt werden. Die folgende Tabelle 4 zeigt die aktuellen Werte der Nutzung und des Verbrauchs. Zudem werden die oben beschriebenen, in der Forststatistik nicht erhobenen Mengen abgeschätzt und der Nutzung zugeschrieben.

Effektiv energetisch genutzte Menge höher als in Forststatistik ausgewiesen

Als *geplante Anlagen* werden Projekte bezeichnet, welche schon einen hohen Konkretisierungsgrad erreicht haben resp. schon in der Bewilligungsphase sind. Unter *Idee vorhanden* werden in einer grundsätzlichen Abklärung befindliche Anlagen aufgeführt.

Beschrieb der geplanten Anlagen

Die Umrechnung von Festmeter [fm] in Energie [GWh] erfolgt wie bei der Holzenergiestatistik über den Faktor 2.7.

Tabelle 4: Übersicht Nutzung, Verbrauch und ungedeckter Verbrauch

	Energieholz [1000 fm]	Energieholz [GWh]
Nutzung 2021	229	618
+15 % von Energieholz (Vollbaum+Flurholz)	+34	+93
+40 % Restholz von Stammholz	+81	+219
Total energetische Nutzung	344	930
Verbrauch 2021	525	1'418
+ geplante Anlagen	+126	+340
+ Idee vorhanden	+255	+689
Total Verbrauch	906	2'446
ungedeckter Verbrauch 2021 (Importbedarf)	181	489
Inkl. geplante Anlagen	307	829
Inkl. Idee vorhanden	562	1'517

Bei der Gegenüberstellung des energetisch genutzten Holzes mit dem Verbrauch wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zum in der Forststatistik ausgewiesenen Verbrauch an Energieholz noch 15 % dieser Menge hinzukommen (wegen Vollbaumnutzung und Flurholz). Zusätzlich werden noch 40 % des genutzten Stammholzes in Form von Restholz (z. B. für Pelletherstellung) der energetischen Nutzung zugeschlagen.

**Korrekturfaktoren zur Nutzung
gemäss Forststatistik**

Aus der Differenz vom Verbrauch zur energetischen Nutzung ergibt sich damit der ungedeckte Verbrauch resp. die Menge Holz, welche von ausserhalb des Kantons Zürich importiert werden muss. Aktuell beläuft sich diese Menge auf rund 180'000 fm. Sollten die geplanten Anlagen erstellt werden, erhöht sich diese Menge auf rund 310'000 fm resp. 560'000 fm.

Ungedeckter Verbrauch

In diesen Zahlen ist das Altholz nicht eingerechnet; weder auf Seiten Verbrauch noch bei der Nutzung resp. dem Anfall.

Ohne Altholz

5.2 Netto-Energieholzpotenzial im Kanton ZH (in Abhängigkeit von Zuwachs und Nutzung)

Unter Netto-Energieholzpotenzial wird jenes Potenzial gemäss WSL [3] verstanden, welches zusammen mit der gemittelten Nutzung gemäss angepasster Forststatistik [12] den Zuwachs gemäss LFI [13] nicht übersteigt.

Definition Netto-Energieholzpotenzial

Für den Vergleich des Zuwachses mit der Nutzung wird die Nutzung über die letzten fünf Jahre gemittelt. Dies weil der Zuwachs gemäss den Angaben aus dem Landesforstinventar (LFI) verwendet wird, welcher über zehn Jahre gemittelt angegeben wird. Als Zuwachs wird der Netto-Zuwachs mit Einwuchs abzüglich der Mortalität angegeben (Definition gemäss LFI). Das Potenzial stammt aus der Untersuchung zum Energieholzpotenzial der Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft (WSL) [4], welche in Form von interaktiven Karten [3] zur Verfügung stehen. Für den Kanton ZH wurde vom arithmetischen Mittel der

Gemittelte Werte für Zuwachs und Nutzung

Szenarien «Vorratsanstieg» und «Moderater Vorratsabbau» sowie von der Marktsituation *Weniger energieholzfreundlich* ausgegangen. Zu den Details der Potenzialberechnung siehe Kapitel 4.1.

Es ist zu beachten, dass die angegebenen Kostenklassen aggregiert sind, und insbesondere die höchste Kostenklasse deutlich teurere Anteile als 6.5 Rp./kWh enthalten kann.

Bei der Berechnung der jeweiligen Netto-Energieholzpotenziale wird davon ausgegangen, dass eine Nutzung bis zum durchschnittlichen Nettozuwachs (je Baumart) gemäss LFI [13] erfolgen kann.

Aggregierte Kostenklassen

Netto-Potenzial nicht grösser als Nettozuwachs

5.2.1 Laubholz

Das gemäss WSL [3] ausgewiesene Laub-Energieholzpotenzial übersteigt die heutige Laub-Energieholznutzung gemäss Forststatistik [12] deutlich (vgl. Abbildung 3, braunroter Teil der mittleren und gesamte rechte Säule). Gleichzeitig übersteigt der Nettozuwachs von Laubholz gemäss LFI [13] die gemittelte gesamthafte Laubholznutzung gemäss Forststatistik [12] (vgl. Abbildung 3, linke grüne und gesamte mittlere Säule)

Energieholzpotenzial deutlich höher als durchschnittliche Nutzung Nettozuwachs höher als Nutzung

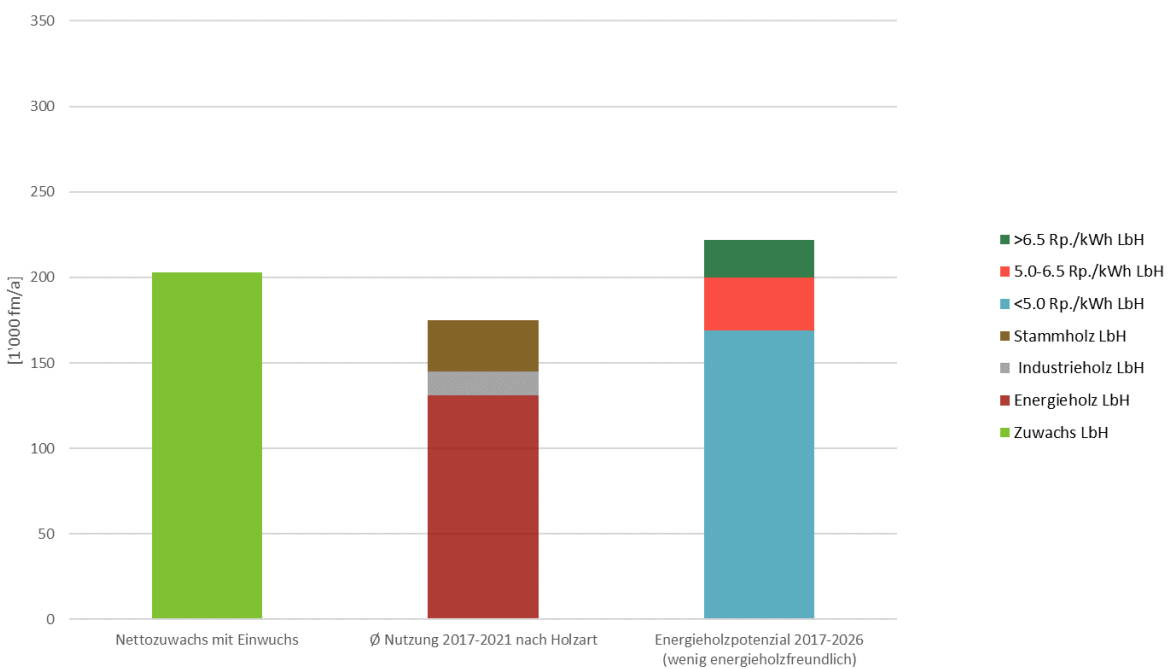


Abbildung 3: Nettozuwachs im Vergleich zur durchschnittlichen Nutzung von 2017 bis 2021 und dem Energieholzpotenzial von Laubholz im Kanton ZH

In Tabelle 5 wird die jeweilige Differenz des Laub-Energieholzpotenzials zur gemittelten Nutzung pro Kostenklasse angegeben. Dabei zeigt sich, dass gemäss WSL [3] noch ein Laubenergieholzpotenzial zu Preisen von < 5 Rp./kWh von 38'000 fm vorhanden ist, welches über der gemittelten Nutzung liegt. Falls über > 6.5 Rp./kWh bezahlt würde, stiege das Potenzial auf 91'000 fm an.

**Laubenergieholzpotenzial über
 der durchschnittlichen Nutzung**

Tabelle 5: Vergleich Laubholznutzung und Laubenergieholzpotenzial im Kanton ZH

	Energieholz LbH [1000 fm]	Energieholzpotenzial über Ø Nutzung LbH [1000 fm]*
Ø Nutzung 2017-2021	131	
Energieholzpotenzial 2017-2026**		
<5 Rp./kWh	169	38
5-6.5 Rp./kWh	31 (Σ 200)	69
>6.5 Rp./kWh	22 (Σ 222)	91

* Differenz zu Ø Nutzung 2017-2021

** Wenig energieholzfremdlicher Markt

Wie Abbildung 3 und die Werte in Tabelle 6 zeigen, liegt der Nettozuwachs von Laubholz 28'000 fm über der gemittelten Nutzung der letzten fünf Jahre. Dieser Wert umfasst sämtliche Sortimenten und kann so deshalb nicht übernommen werden.

Tabelle 6: Vergleich Ø Laubholznutzung 2017-2021 mit Nettozuwachs und Einwuchs von Laubholz im Kanton ZH

	Alle Holzsortimente LbH [1000 fm]	Nettozuwachs über Ø Nutzung LbH [1000 fm]*
Ø Nutzung 2017-2021	175	
Nettozuwachs mit Einwuchs	203	28

* Differenz zu Ø Nutzung 2017-2021

Um das verfügbare Energieholzpotenzial zu bestimmen, müssen die Anteile der übrigen Sortimenten entsprechend abgezogen werden (Berücksichtigung der Kaskadennutzung). Dazu wird auf die durchschnittliche Verteilung der Nutzung gemäss Forststatistik [12] abgestützt. Tabelle 7 zeigt diese Verteilung und den daraus resultierenden Nettozuwachs von 21'000 fm, welcher für die energetische Nutzung verwendet werden kann.

Aufteilung nach Sortimenten

Tabelle 7: Prozentuale Aufteilung der Laubholznutzung auf Energie-, Industrie- und Stammholz und die entsprechenden Anteile vom Nettozuwachs über der Ø Nutzung. Kanton ZH

	Energieholz LbH	Industrieholz LbH	Stammholz LbH
Ø Nutzung 2017-2021 [%]	75	8	17
Nettozuwachs über Ø Nutzung [1000 fm]	21	2	5

Diese 21'000 fm entsprechen nun dem Netto-Laubenergieholzpotenzial, welches den Zuwachs nicht übersteigt. Da aber aus dem in Tabelle 7 ausgewiesenen Stammholz auch wieder energetisch nutzbares Restholz entsteht und die Forstenergiestatistik die Energieholzmenge unterschätzt (vgl. Kapitel 4.3.2) sowie gemäss Kapitel 4.1 von einem Flurholzpotenzial von rund 10 % gemäss genutzter Energieholzmenge ausgegangen werden kann, erhöht sich das energetisch nutzbare **Netto-Laubenergieholzpotenzial** wieder auf **40'000 fm** (vgl. Tabelle 8). Im Privatwald dürfte noch ein zusätzliches Potenzial an Laubholz vorhanden sein. Insgesamt würde aber mit dessen Nutzung der Zuwachs an Laubholz übertroffen.

Netto-Laubenergieholzpotenzial

Tabelle 8: Netto-Laubenergieholzpotenzial im Kanton ZH

	ZH LbH [1000 fm]	ZH LbH [GWh]
Netto-Laubenergieholzpotenzial		
<5 Rp./kWh	21	59
5-6.5 Rp./kWh	0	0
>6.5 Rp./kWh	0	0
+15 % von Energieholz (Vollbaum+Flurholz)	3	8
+40 % Restholz von Stammholz	2	6
+ zusätzliches Flurholzpotenzial	14	39
Total Netto-Laubenergieholzpotenzial	40	112

5.2.2 Nadelholz

Sämtliche Überlegungen, welche im Kapitel 5.2.1 zu Laubholz angestellt wurden, gelten auch für das Nadelholz.

Herleitung des Nettoenergieholzpotenzials analog zu Laubholz

Weil beim Nadelholz die durchschnittliche Nutzung heute schon über dem Zuwachs liegt (vgl. Abbildung 4, linke und mittlere Säule), stellt sich die Frage nach dem freien Energieholzpotenzial anders. Auch beim Nadelholz wird gemäss WSL [3] deutlich mehr Energieholzpotenzial ausgewiesen, als durchschnittlich genutzt wird (vgl. Abbildung 4, mittlere Säule, blassroter Teil und rechte Säule). Im Gegensatz zum Laubholz ist der «günstige» Anteil (< 5 Rp./kWh) aber deutlich kleiner. Die drei Kostenklassen bilden je ca. einen Drittel der Menge.

Nutzung jetzt schon über Zuwachs

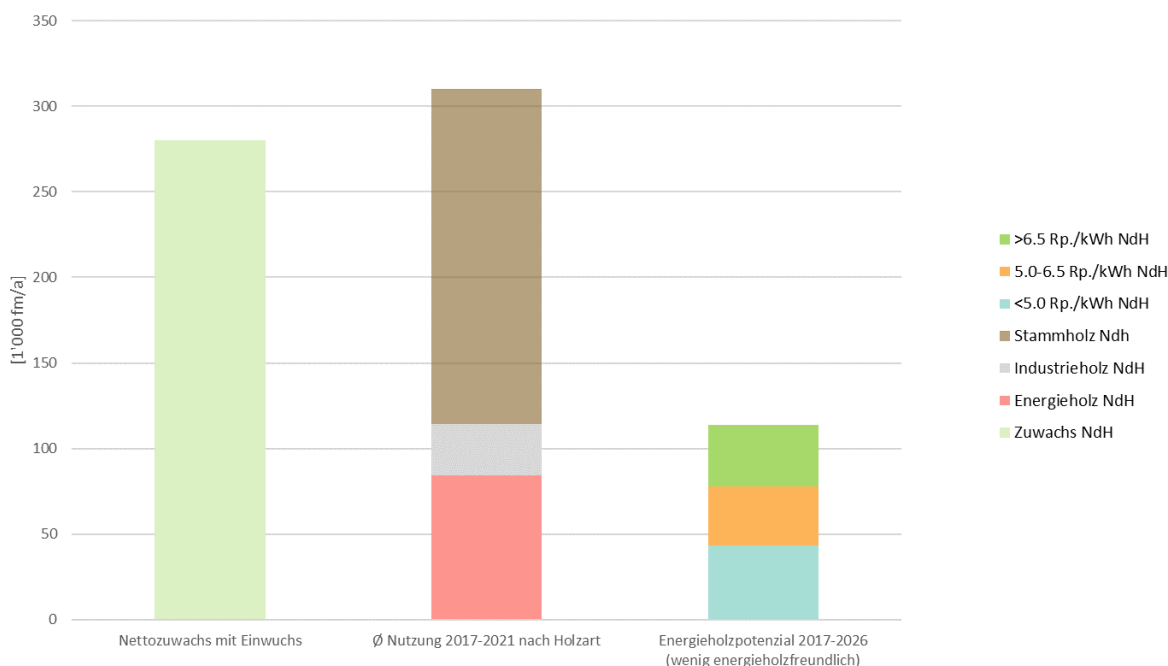


Abbildung 4: Nettozuwachs im Vergleich mit der durchschnittlichen Nutzung von 2017 bis 2021 und dem Energieholzpotenzial von Nadelholz im Kanton ZH

Gegenüber der durchschnittlich genutzten Nadelenergieholzmenge von 84'000 fm werden von der WSL [3] nur 44'000 fm als Potenzial zu einem Preis von < 5 Rp./kWh ausgewiesen. Das heisst, dass diese Menge heute im Durchschnitt schon genutzt wird, ebenso das Energieholz, welches bis 6.5 Rp./kWh zu haben ist. Zur Verfügung stehen nur noch 30'000 fm zu Kosten > 6.5 Rp./kWh (vgl. Tabelle 9).

Nur noch teures Nadelenergieholz verfügbar

Tabelle 9: Vergleich Nadelholznutzung und Nadelenergieholzpotenzial im Kanton ZH

	Energieholz NdH [1000 fm]	Energieholzpotenzial über Ø Nutzung NbH [1000 fm]*
Ø Nutzung 2017-2021	84	
Energieholzpotenzial 2017-2026**		
<5 Rp./kWh	44	-40
5-6.5 Rp./kWh	34 (Σ 78)	-6
>6.5 Rp./kWh	36 (Σ 114)	30

* Differenz zu Ø Nutzung 2017-2021

** Wenig energieholzfreundlicher Markt

Der Nettozuwachs von Nadelholz liegt 30'000 fm unter der durchschnittlichen Nutzung (vgl. Abbildung 4, linke blassgrüne und gesamte mittlere Spalte sowie Tabelle 10).

Tabelle 10: Vergleich \emptyset Laubholznutzung 2017-2021 und Nettozuwachs mit Einwuchs von Laubholz im Kanton ZH

	Alle Holzsortimente NdH [1000 fm]	Nettozuwachs über \emptyset Nutzung NbH [1000 fm]*
\emptyset Nutzung 2017-2021	310	
Nettozuwachs mit Einwuchs	280	-30

* Differenz zu \emptyset Nutzung 2017-2021

Damit erübrigt sich eigentlich die Aufteilung der Nutzung auf die Sortimente, weil der Nettozuwachs sowieso unter der durchschnittlichen Nutzung liegt. Der Vollständigkeit halber wird die Aufteilung in Tabelle 11 aber trotzdem ausgewiesen.

Tabelle 11: Prozentuale Aufteilung der Laubholznutzung auf Energie-, Industrie- und Stammholz und die entsprechenden Anteile vom Nettozuwachs über der \emptyset Nutzung.

	Energieholz NdH	Industrieholz NdH]	Stammholz NdH
\emptyset Nutzung 2017-2021 [%]	27	10	63
Nettozuwachs über \emptyset Nutzung [1000 fm]	0	0	0

Das **Netto-Nadelenergieholzpotenzial**, welches noch verfügbar ist, und den Zuwachs nicht überschreitet, sind somit die **7'000 fm** Flurholz (vgl. Tabelle 12). Im Privatwald dürfte noch ein gewisses Potenzial vorhanden sein. Insgesamt würde aber mit dessen Nutzung der Zuwachs an Nadelholz übertroffen (vgl. auch Kapitel 5.2.1).

Nur noch Nadel-Flurholz zur Verfügung

Tabelle 12: Netto-Nadelenergieholzpotenzial von Nadelholz im Kanton Zürich

	ZH NdH [1000 fm]	ZH NdH [GWh]
Netto-Nadelenergieholzpotenzial		
<5 Rp./kWh	0	0
5-6.5 Rp./kWh	0	0
>6.5 Rp./kWh	0	0
+15 % von Energieholz (Vollbaum+Flurholz)	0	0
+40 % Restholz von Stammholz	0	0
+ zusätzliches Flurholzpotenzial	7	14
Total Netto-Nadelenergieholzpotenzial	7	14

5.2.3 Gesamtes Netto-Energieholzpotenzial im Kanton ZH

Das gesamte **Netto-Energieholzpotenzial im Kanton Zürich** errechnet sich aus der Summe der Netto-Laub- und Netto-Nadelholzpotenziale (Waldholz plus Flurholz) und beläuft sich auf **47'000 fm** resp. rund **130 GWh**.

Netto-Energieholzpotenzial im Kanton ZH

Diese Menge kann innerhalb der heutigen Zuwachsmenge und unter Berücksichtigung der aktuellen Sortimentsaufteilung noch zusätzlich geerntet werden.

5.3 Von ausserhalb des Kantons ZH benötigtes Energieholz

Um die Menge an Energieholz abschätzen zu können, welche der Kanton Zürich auf eigenem Gebiet oder in Form von Importen nach Ausschöpfen sämtlicher eigener Potenziale benötigt, wird vom ungedeckten Verbrauch (vgl. Kapitel 5.1, Tabelle 4) das Netto-Energieholzpotenzial abgezogen. Wie Tabelle 13 zeigt, bleibt der Bedarf an Energieholz des Kantons Zürich auch heute schon um rund 180'000 fm ungedeckt (Holz muss importiert werden). Im Falle der Realisation der geplanten und erst als Idee vorhandenen Projekte verdoppelt resp. vervierfacht sich diese Menge noch. Dies unter der Annahme, dass die Nutzung nicht über dem Zuwachs liegen soll.

Aktueller und zukünftiger Verbrauch nicht im Kanton abdeckbar

Tabelle 13: Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckter Verbrauch im Kanton Zürich unter Berücksichtigung der geplanten Anlagen und den vorhandenen Ideen

	ZH [1000 fm]	ZH [GWh]*
Ungedeckter Verbrauch		
2021	180	490
Inkl. geplante Anlagen	310	830
Inkl. Idee vorhanden	560	1'500
Netto-Energieholzpotenzial		
Laubholz	40	110
Nadelholz	7	14
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckter Verbrauch		
Inkl. geplante Anlagen	-260	-700
Inkl. Idee vorhanden	-520	-1'400

*Werte auf zwei relevante Stellen gerundet

5.4 Netto-Energieholzpotenziale in umliegenden Kantonen, abzüglich des ungedeckten Bedarfes

In Tabelle 14 und Tabelle 15 sind die Netto-Energieholzpotenziale, abzüglich des ungedeckten Verbrauchs in umliegenden Kantonen angegeben. Die Berechnung erfolgte analog zum Vorgehen im Kanton Zürich (vgl. Kapitel 5.1 bis 5.2). Die Berechnungsgrundlagen dazu befinden sich im Anhang A.5 Die Netto-Energieholzpotenziale ohne Abzug des ungedeckten Bedarfes finden sich im Anhang A.5.4.

Tabelle 14: Netto-Energieholzpotenzial der Nachbarkantone (Summe Laub- und Nadelholz) abzüglich des ungedeckten Bedarfes in 1000 fm

Kanton	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
[1000 fm]									
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckten Verbrauches	-40	22	240	52	110	39	85	8	2
Inkl. geplante Anlagen	-140	22	240	-18	94	39	75	-2	2
Inkl. Idee vorhanden	-140	2	240	-220	94	-1	32	-2	-8

Auf zwei relevante Stellen gerundet

Tabelle 15: Netto-Energieholzpotenzial der Nachbarkantone (Summe Laub- und Nadelholz) abzüglich des ungedeckten Bedarfes in GWh

Kanton	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
[GWh]									
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckten Verbrauches	-110	-13	510	110	280	120	220	7	17
Inkl. geplante Anlagen	-370	-23	510	-81	220	120	200	-13	17
Inkl. Idee vorhanden	-370	-63	510	-610	220	-3	80	-13	-33

Auf zwei relevante Stellen gerundet

Negative Werte bedeuten auch hier, dass schon ein Importbedarf besteht. Somit kann auf längere Frist nur mit Holz aus den Kantonen GR, SG, SH und SZ gerechnet werden.

Nur GR, SG, SH und SZ interessant

5.5 Fokus auf lohnende Nachbarkantone

Wie Tabelle 16 und Tabelle 17 zeigen, können der aktuelle und die realistisch geplanten Anlagen mit Energieholz aus den benachbarten Kantonen beliefert werden (positive Werte in Spalte ganz rechts). Falls jedoch auch die als Idee vorhandenen Anlagen dazu kommen, reicht das Holz aus den hier betrachteten benachbarten Kantonen nicht mehr aus. Dabei sind die geplanten Projekte und die als Idee vorhandenen Anlagen in den Nachbarkantonen mit berücksichtigt.

Genügend Holz für geplante Anlagen aus Nachbarkantonen

Tabelle 16: Das Netto-Energieholzpotenzial der Nachbarkantone von Laub- und Nadelholz abzüglich des ungedeckten Bedarfes in 1000 fm

Kanton	ZH	GR	SG	SH	SZ	Total Nachbarkantone	Differenz zu ZH
[1000 fm]							
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckten Verbrauches	-130	240	110	39	85	470	340
Inkl. geplante Anlagen	-260	240	94	39	85	460	200
Inkl. Idee vorhanden	-510	240	94	-1	40	370	-140

Auf zwei relevante Stellen gerundet

Tabelle 17: Das Netto-Energieholzpotenzial der Nachbarkantone von Laub- und Nadelholz abzüglich des ungedeckten Bedarfes in GWh

[GWh]	Kanton	ZH	GR	SG	SH	SZ	Total Nachbarkantone	Differenz zu ZH
Netto-Energieholzpotenzial abzüglich ungedeckten Verbrauches		-360	510	280	120	220	1'130	770
Inkl. geplante Anlagen		-700	510	220	120	220	1'070	370
Inkl. Idee vorhanden		-1'390	510	220	-3	110	840	-550

Auf zwei relevante Stellen gerundet

Es muss allerdings betont werden, dass insbesondere im Kanton GR einerseits neuen Anlagen geplant sind, deren Holzbedarf jedoch nicht bekannt ist, und andererseits die Holzreserven z. T. in Regionen liegen, deren Erschliessung sich sehr aufwändig gestalten würde. Die hier ausgewiesenen Potenziale stellen also die obere Begrenzung dar.

Potenziale stellen obere Grenze dar

5.6 Prognose Potenzial bis 2056

Das nachhaltig verfügbare Potenzial an Energieholz für den Kanton Zürich nimmt gemäss WSL [3] gegen Ender der Betrachtungsperiode ab (vgl. Abbildung 5). Dies hauptsächlich aufgrund der bei den verwendeten Szenarien über dem Zuwachs liegenden Nutzung (vgl. auch Kapitel 4.1). Ausser im Kanton Graubünden ist dieser Effekt bei allen untersuchten Kantonen feststellbar. Die Waldenergieholz-Potenziale bis 2056 der untersuchten Nachbarkantone finden sich im Anhang A.6.

Energieholzpotenzial nimmt ab



Abbildung 5: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial des Kantons Zürichs nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

Der Einfluss des Klimawandels und der damit verbundenen Änderung in der Baumartenzusammensetzung ist bei der verwendeten Modellierung nicht berücksichtigt. Es ist mit einem höheren Laubholzanteil und langsamerem Zuwachs zu rechnen.

Klimawandel nicht berücksichtigt

5.7 Nachbarländer

Bei den Nachbarländern ist realistischerweise nur aus Baden-Württemberg (BW) und dem Elsass mit relevanten Energieholzmengen zu rechnen. Die Daten zum Verbrauch und zur Nutzung sind im Anhang 1A.7 zu finden. Auf die Abschätzung des Flurholzpotenzials wurde verzichtet, weil dieses eher lokal verwendet wird.

Nur BW und Elsass interessant

Tabelle 18: Das Energieholzpotenzial in den Nachbarländern

Ort		Vorarlberg	Baden-Württemberg	Bayern (Schwaben 11%)	Grand Est (Elsass 17%)
Potenzial Energieholz	[1000 fm]	0*	Ca. 1'300	Keine Daten**	2'810 (480)
Potenzial Energieholz	[GWh]	0*	Ca. 2'860	Keine Daten**	7'310 (1'240)

*Annahme 0, da Energieautonomie bis 2050 geplant ist und schon jetzt ein Energieholzdefizit besteht

**keine grossen HKW/HW geplant

5.8 Ökologischer Fussabdruck

5.8.1 Senkenveränderungen infolge Vorratsveränderungen

Abbildung 6 zeigt die Auswirkungen der Veränderungen des Vorrats im Kanton Zürich und in den speziell betrachteten Kantonen (gemäss Kapitel 5.5), umgerechnet auf t CO₂-eq. Dabei muss berücksichtigt werden, dass diese Senkenveränderungen durch die gesamte Ernte von Industrie- Stamm- und Energieholz erfolgen. Der Anteil des Energieholzes beträgt ohne energetische Nutzung des Restholzes je nach Kanton zwischen 35 % (SH) und 44 % (ZH).

Grosse kurz- und mittelfristige Auswirkungen

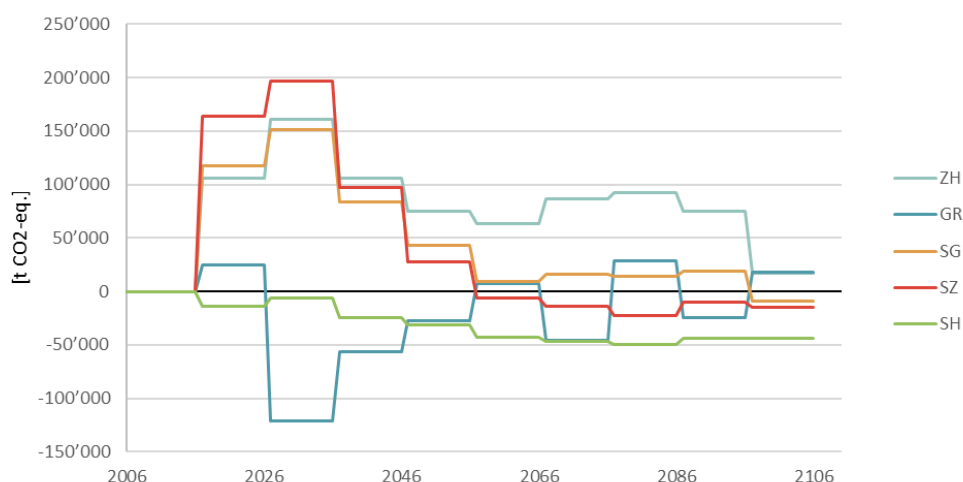


Abbildung 6: CO₂-eq. Senkenveränderung in den Kantonen aufgrund der Vorratsänderung im Wald

Zur Erinnerung (vgl. Kapitel 4.1): Bei den Mittellandkantonen ZH und SH sowie bei SG wird vom Mittelwert der Szenarien *822 Vorratszunahme* (Nutzung weiter

wie bisher) und *834 Moderater Vorratsabbau* (kontinuierlich hoher Zuwachs) ausgegangen. Bei den Voralpen und Alpenkantonen SZ und GR vom Szenario *834 Moderater Vorratsabbau* (kontinuierlich hoher Zuwachs) (vgl. Kapitel 4.1). Der Start der Modellierung liegt im Jahr 2006. Langfristig (bis 2106) pendeln sich die Effekte wieder ungefähr bei Null ein. Kurzfristig führen die Vorratsveränderungen aber je nach Szenario zu (sehr) grossen Effekten.

5.8.2 Substitutionseffekte

Neben den Senkeneffekten infolge der Vorratsveränderungen ergeben sich aus der Holznutzung auch Substitutionseffekte. Diese werden in materielle und energetische Substitutionen unterteilt. Als Faustregel kann davon ausgegangen werden, dass bei der materiellen Substitution in der Schweiz pro fm eingesetztes Holz 300 kg CO₂-eq. und bei der energetischen Substitution 500 kg CO₂-eq. eingespart werden [23]. Im Ausland erfolgen weitere Substitutionen, wobei dort die materielle Substitution deutlich überwiegt [23]. Im Falle der materiellen Substitution fällt nach Ende der Lebensdauer der Bauprodukte als zusätzlicher Benefit auch noch die energetische Substitution an. Der Substitutionseffekt ist also quasi doppelt vorhanden.

Materielle und energetische Substitutionseffekte

Die heute im Kanton Zürich thermisch eingesetzte Holzmenge von 525'000 fm substituiert damit rund 260'000 t CO₂-eq. Zählt man noch die stofflich verwendete Holzmenge von 270'000 fm mit einem Effekt von 80'000 t CO₂-eq. dazu, kommt man insgesamt auf einen CO₂-Effekt der heute verwendeten Holzmenge (energetisch und materiell) von 340'000 t CO₂-eq. Die Substitutionseffekte übersteigen damit die Senkeneffekte aus dem Vorratsabbau jederzeit.

Substitutionseffekte übersteigen Senkeneffekte infolge Vorratsabbau

5.8.3 Transportemissionen

In Tabelle 19 werden die Emissionen, welche beim supponierten Transport aus einem der aufgeführten Kantone oder ausländischen Regionen für sämtliches heute benötigtes Holz, welches nicht aus dem Kanton Zürich stammt (180'000 fm), angegeben. Bei der Berechnung wird von einem Faktor von 0.118 kg CO₂/tkm (vgl. Anhang A.8) ausgegangen.

Transportemissionen für heute benötigtes Holz

Tabelle 19: Transportemissionen

Kanton / Region	Schwerpunktortschaft	Distanz	Emission
		[km]	[t CO ₂ -eq.]
GR	Thusis	144	3'100
SG	St. Gallen Stadt	86	1'800
SH	Beringen	68	1'500
SZ	Einsiedeln	40	850
Bayern	Pfaffenhausen	225	4'800
Vorarlberg	Au	160	3'400
Baden-Württemberg	Villingen-Schwenningen	105	2'200
Elsass	Colmar	150	3'200

Lesebeispiel: Würde sämtliches zusätzlich benötigte Holz aus dem Kanton Graubünden angeführt, hätte das Emissionen von 3'100 t CO₂-eq. zur Folge.

Der Vergleich mit den in den beiden vorgängigen Kapiteln 5.8.1 und 5.8.2 ausgewiesenen CO₂-Mengen zeigt, dass die Transportemissionen vergleichsweise marginal ausfallen (Grössenordnung von 1 Prozent zu den anderen Effekten).

Marginale Transportemissionen

6 Fazit

Die Resultate der Untersuchung zum verfügbaren Energieholzpotenzial zeigen, dass sich der Kanton Zürich schon heute nicht mehr mit «eigenem» Energieholz versorgen kann und auf Importe aus anderen Kantonen und dem Ausland angewiesen ist. Diesem Umstand ist für zukünftige Projekte (politisch) Rechnung zu tragen.

Kanton ZH schon heute auf Importe angewiesen

Bis auf wenige Ausnahmen (GR, SG, SZ) ist in den Nachbarkantonen ein Ausbau der Energieholznutzung geplant, welcher das jeweils eigene Energieholzpotenzial überschreitet und somit mögliche Exporte nach Zürich einschränkt. Im Falle des Kantons GR sind die Ausbaupläne zahlenmässig nicht bekannt. Laut Auskunft des Amtes für Natur und Umwelt (ANU) muss aber von vielen geplanten Anlagen ausgegangen werden.

Begrenztes zusätzliches Exportpotenzial in Nachbarkantonen.

Aus den Nachbarländern ist allenfalls aus Baden-Württemberg und dem Elsass mit substantziellen Mengen zu rechnen. Vorarlberg und Bayern (Schwaben) weisen heute schon ein Versorgungsdefizit resp. ausgeschöpfte Vorräte auf.

Mögliches Export-Potenzial in BW und Elsass

Die mittel- bis langfristigen Modellierungsergebnisse (bis 2050) zeigen, dass das Energieholzpotenzial in Zürich und den umliegenden Kantonen abnimmt (Ausnahme Kanton GR). Dieser Trend ist in die Überlegungen zu zukünftigen Projekten ebenfalls einzubeziehen.

Energieholzpotenzial nimmt im Mittelland ab

Die im Vergleich zu den Treibhausgas mindernden Substitutions-Effekte marginalen Transportemissionen zeigen, dass der Versorgungsradius nicht zu eng gezogen werden muss.

Versorgungsradius wenig bedeutend

Es empfiehlt sich, zum knapper werdende Gut «Energieholz» eine nationale Strategie zu entwickeln. Es sollte insbesondere festgelegt werden, für welche Anwendungen Energieholz prioritär verwendet werden soll.

Nationale Strategie zu Energieholz notwendig

Anhang

A.1 Einheiten, Umrechnungstabelle

Tabelle 20: Die verwendeten Umrechnungsfaktoren zwischen den Einheiten und deren Quelle

Von	Nach	Faktor	Bemerkung	Quelle
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	1.82	Fichte/Tanne, Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Vademecum Holzenergie [14]
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	1.33	Buche, Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Vademecum Holzenergie [14]
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	2.2	Fichte/Tanne, Wassergehalt 0% (atro)	CO ₂ -Effekte Wald- und Holzwirtschaft [23]
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	1.6	Buche, Wassergehalt 0% (atro)	CO ₂ -Effekte Wald- und Holzwirtschaft [23]
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	0.85	Fichte/Tanne, Waldfrisches Holz	Vademecum Holzenergie [14]
Tonnen (t)	Festmeter (fm)	1.05	Buche/Eiche, Waldfrisches Holz	Vademecum Holzenergie [14]
Schnitzelkubikmeter (Sm ³)	Festmeter (fm)	0.36	Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Vademecum Holzenergie [14]
Festmeter (fm)	Megawattstunden (MWh)	2	Fichte/Tanne, Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Vademecum Holzenergie [14]
Festmeter (fm)	Megawattstunden (MWh)	2.8	Buche, Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Vademecum Holzenergie [14]
Festmeter (fm)	Megawattstunden (MWh)	2.7	Nicht Holzart spezifisch Wassergehalt von ca. 15% (lutro)	Schweizer Holzenergie- statistik 2021 [9]

A.2 Baumkompartimente

Zuwachs (LFI):

- Schaftholz in Rinde [m³]

Nutzung (Forststatistik):

- Verkaufte Mengen [m³]
 Stammholz o. R., Rest i. R.

Verbrauch Energieholz (Holzenergiestatistik):

- Schaftholz in Rinde [m³]
- + Astderbholz + Astreisig
- + Sägenebenprodukte vom Stammholz
- + Eigenbedarf Privatwald

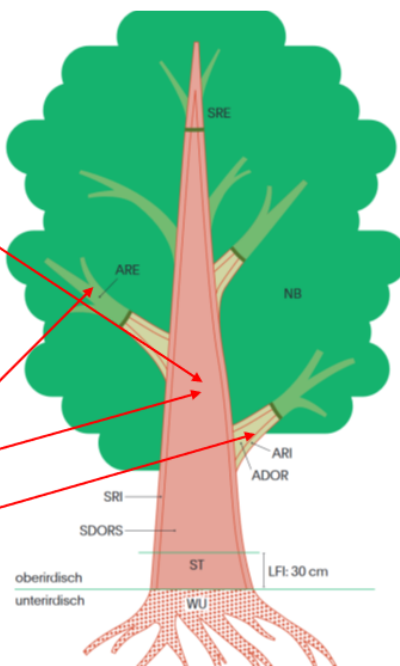


Abbildung 7: Bezeichnung der Baumkompartimente

A.3 Aufteilung der Verwendung des geernteten Holzes

Holzkompartiment	in %							
	Nadelholz				Laubholz			
	energetisch		stofflich		energetisch		stofflich	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Reisig und Rinde	100		0		100		0	
Restderbholz	100	100	0	0	100	100	0	0
Astderbholz	100	100	0	0	100	100	0	0
Rundholz 1 (dünn)	50	70	50	30	100	100	0	0
Rundholz 2	10	25	90	75	45	85	55	15
Rundholz 3	15	30	85	70	40	80	60	20
Rundholz 4	20	40	80	60	40	80	60	20
Rundholz 5	20	40	80	60	50	80	50	20
Rundholz 6 (dick)	20	50	80	50	50	80	50	20

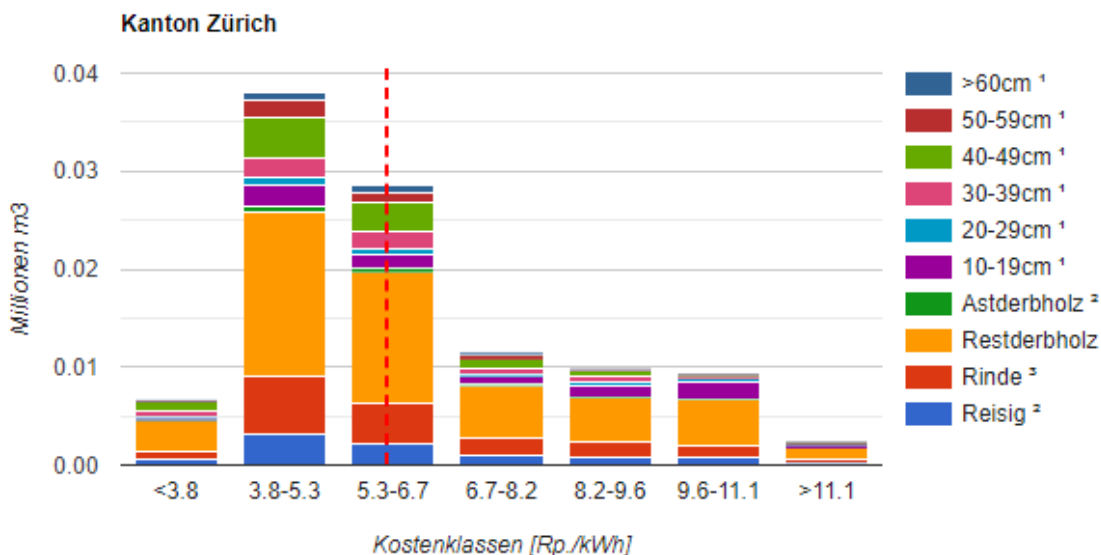
V1: Weniger energieholzfreundlicher Markt

V2: Energieholzfreundlicher Markt

A.4 Ausgewählte Energieholzpotenziale gemäss WSL

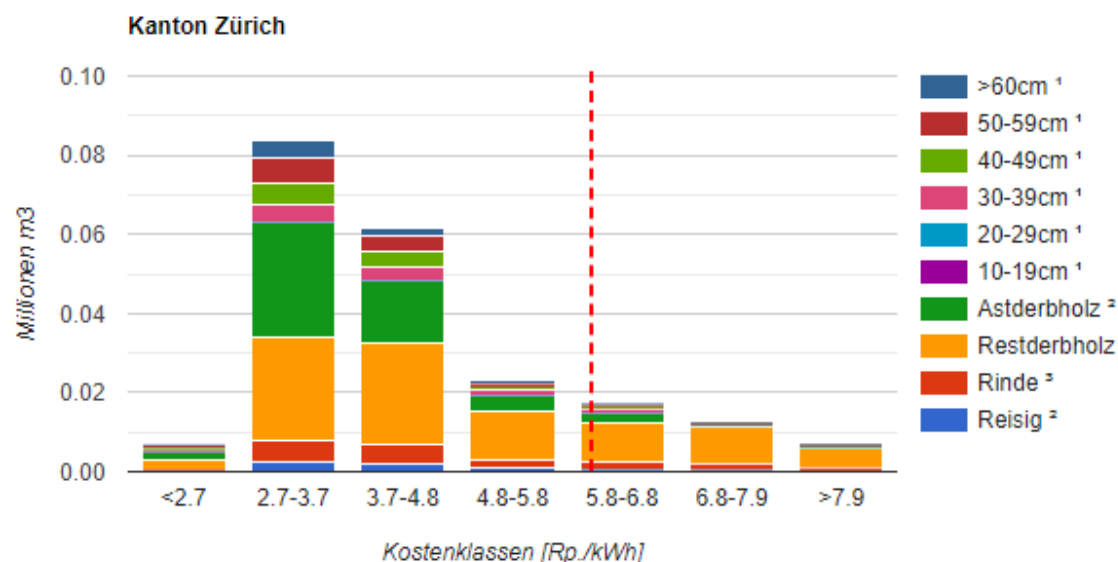
Für eine bessere Übersicht wurde pro Kategorie nur ein Kanton als Referenz ausgewertet. Die Daten für die anderen Kantone und bis ins Jahr 2056 können unter folgendem Link abgefragt werden:
https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Services_Produnkte/Software_Apps/eps/index.html [3]

A.4.1 Mittellandkantone



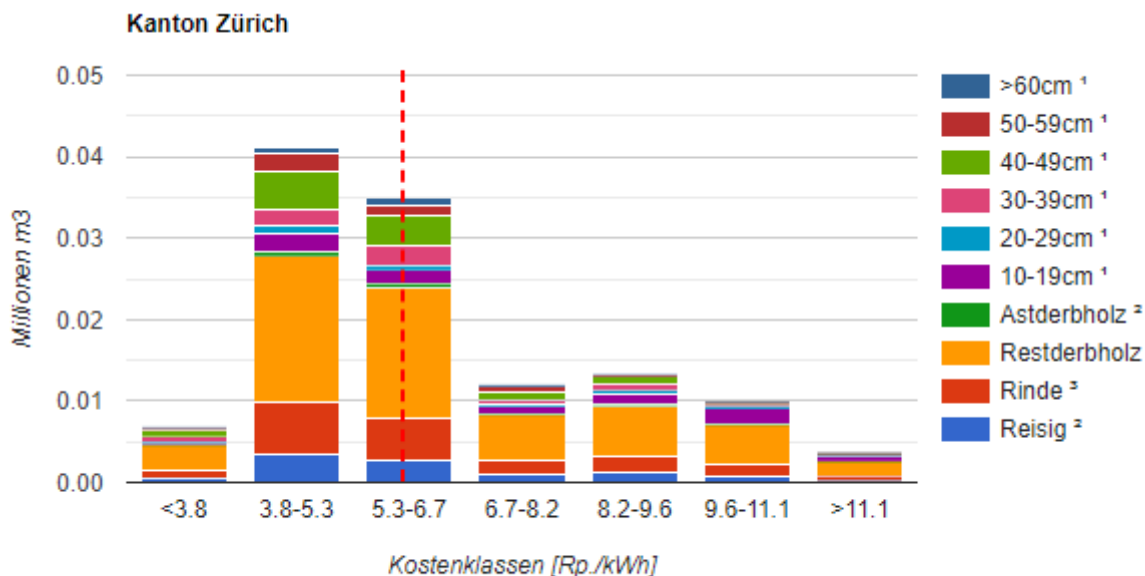
¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

Abbildung 8: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Vorratsanstieg» von **Nadelholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Zürich von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Zürich steht repräsentativ für die Mittellandkantone [3]



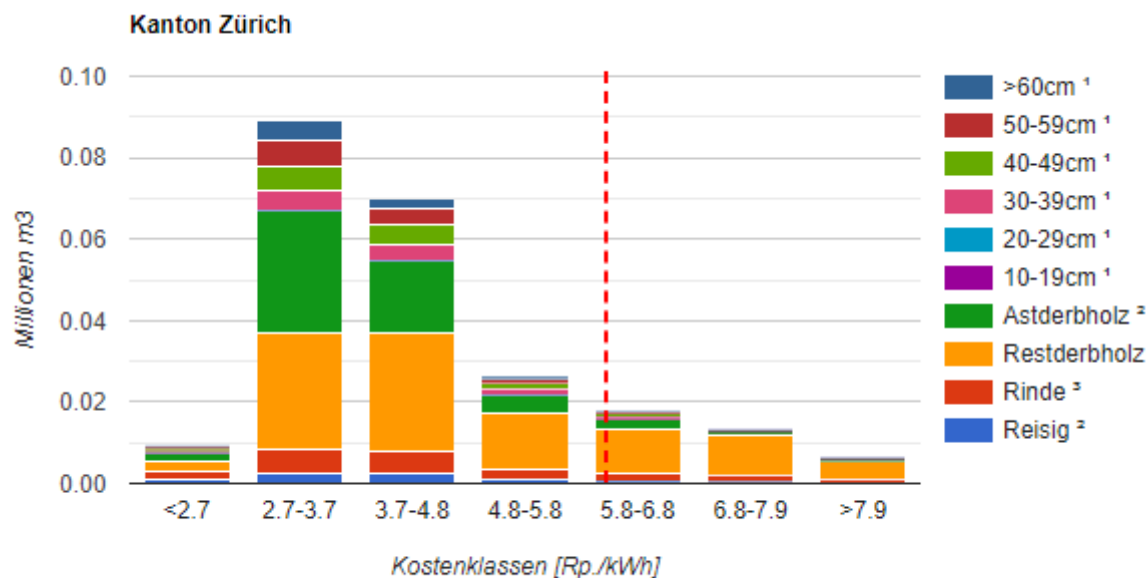
¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

Abbildung 9: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Vorratsanstieg» von **Laubholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Zürich von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Zürich steht repräsentativ für die Mittellandkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

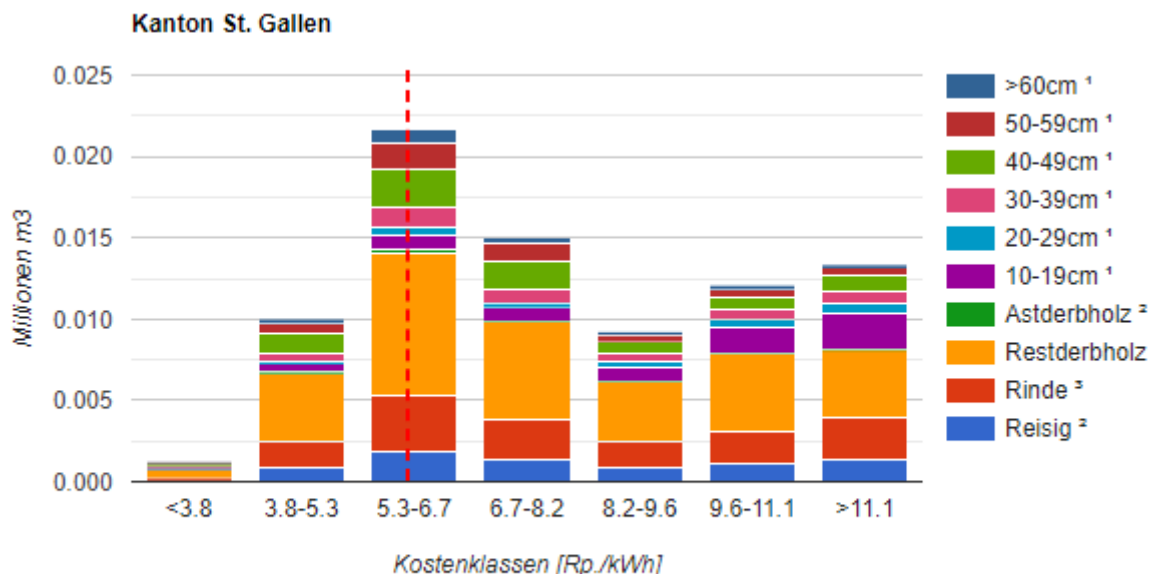
Abbildung 10: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Moderater Vorratsabbau» von Nadelholz bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Zürich von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Zürich steht repräsentativ für die Mittellandkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

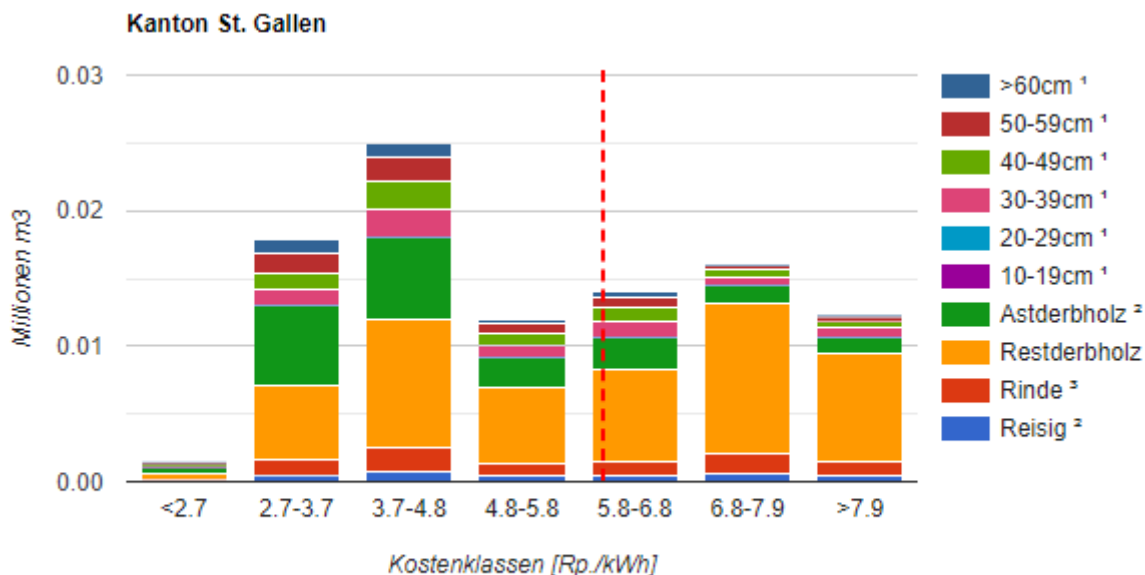
Abbildung 11: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Moderater Vorratsabbau» von Laubholz bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Zürich von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Zürich steht repräsentativ für die Mittellandkantone [3]

A.4.2 Mittelland/Voralpenkantone



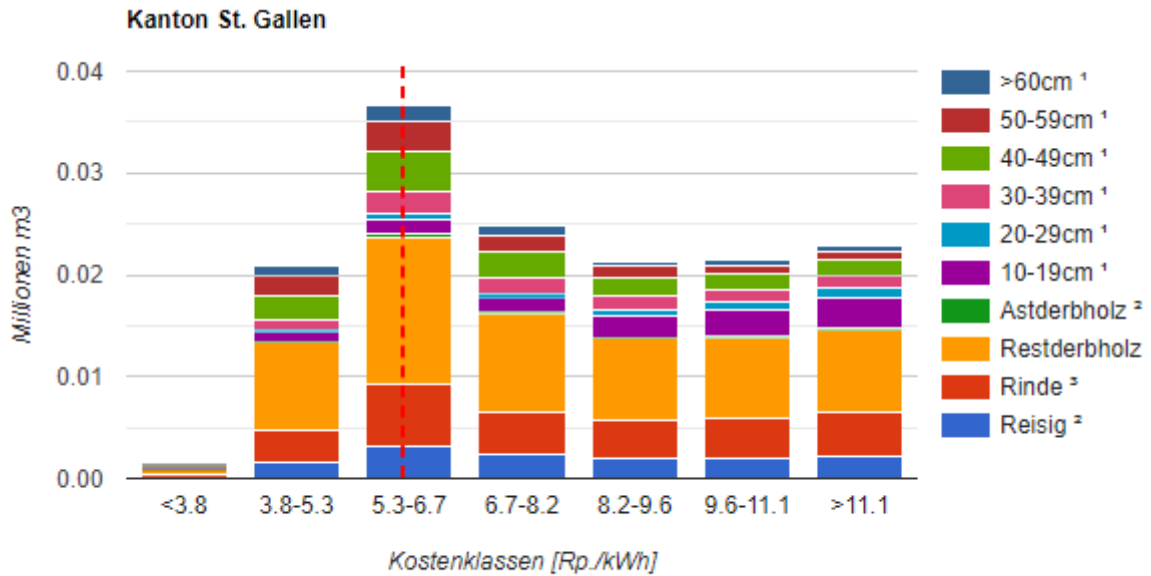
¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

Abbildung 12: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Vorratsanstieg» von **Nadelholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton St.Gallen von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton St.Gallen steht repräsentativ für alle Mittelland/Voralpenkantone [3]



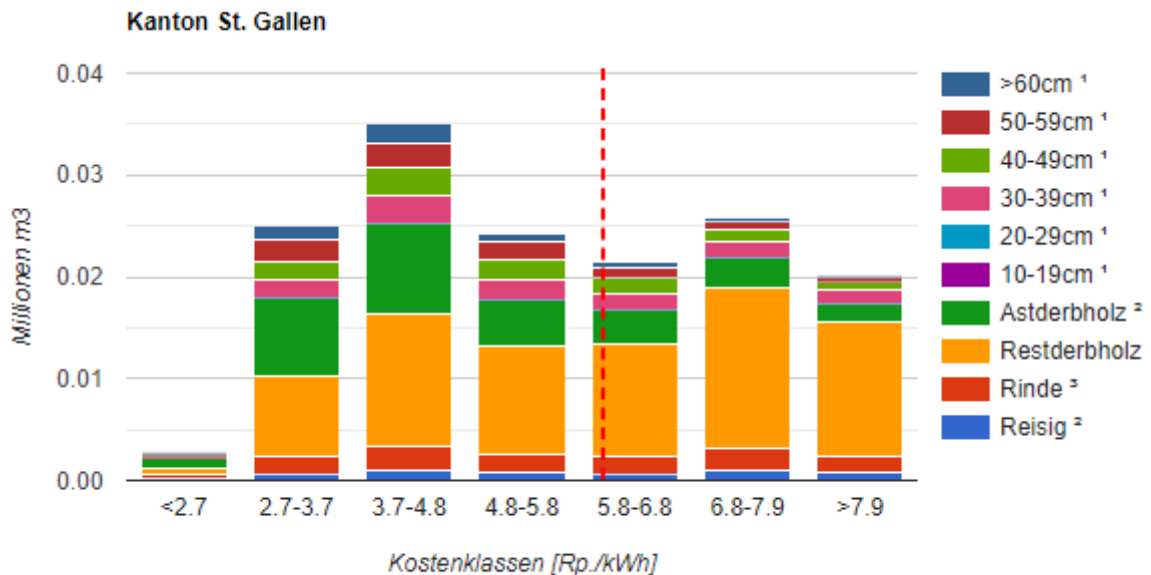
¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

Abbildung 13: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «Vorratsanstieg» von **Laubholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton St.Gallen von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton St.Gallen steht repräsentativ für alle Mittelland/Voralpenkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

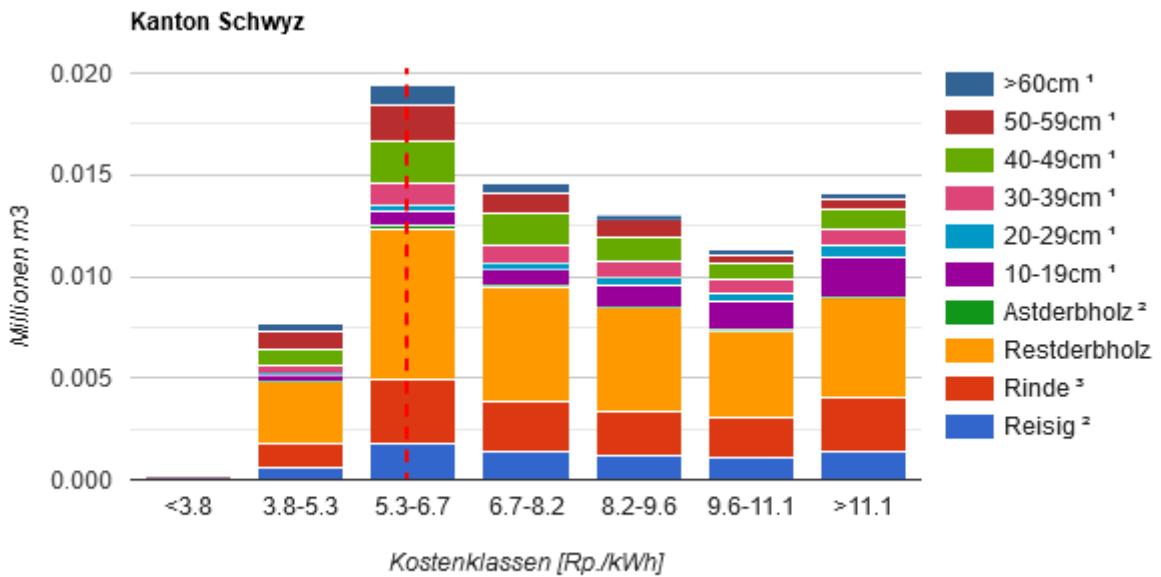
Abbildung 14: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Nadelholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton St.Gallen von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton St.Gallen steht repräsentativ für alle Mittelland/Voralpenkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

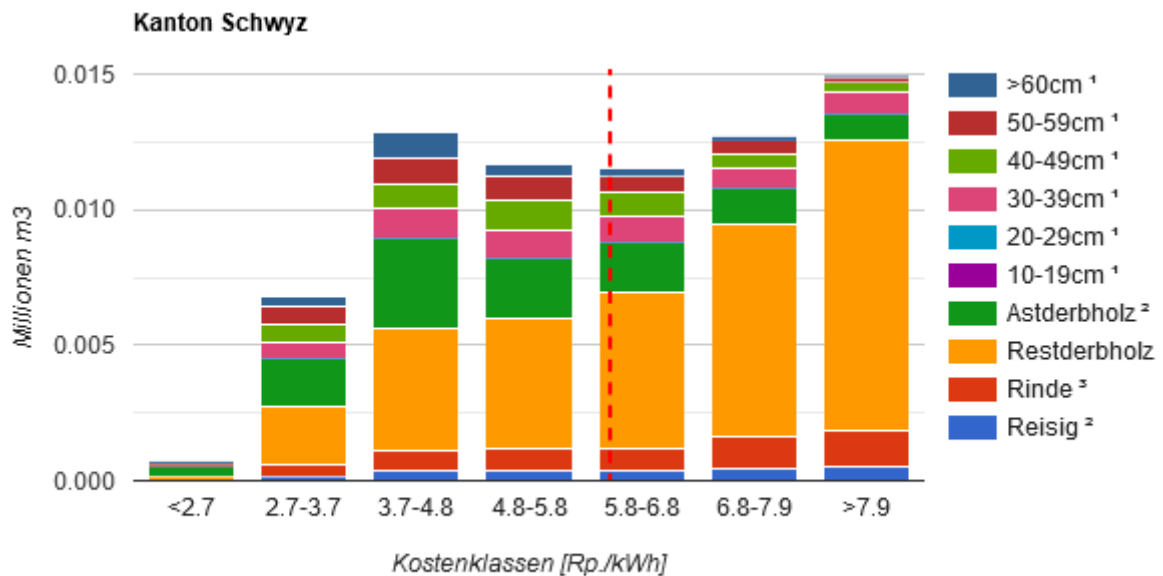
Abbildung 15: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Laubholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton St.Gallen von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton St.Gallen steht repräsentativ für alle Mittelland/Voralpenkantone [3]

A.4.3 Voralpenkantone



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

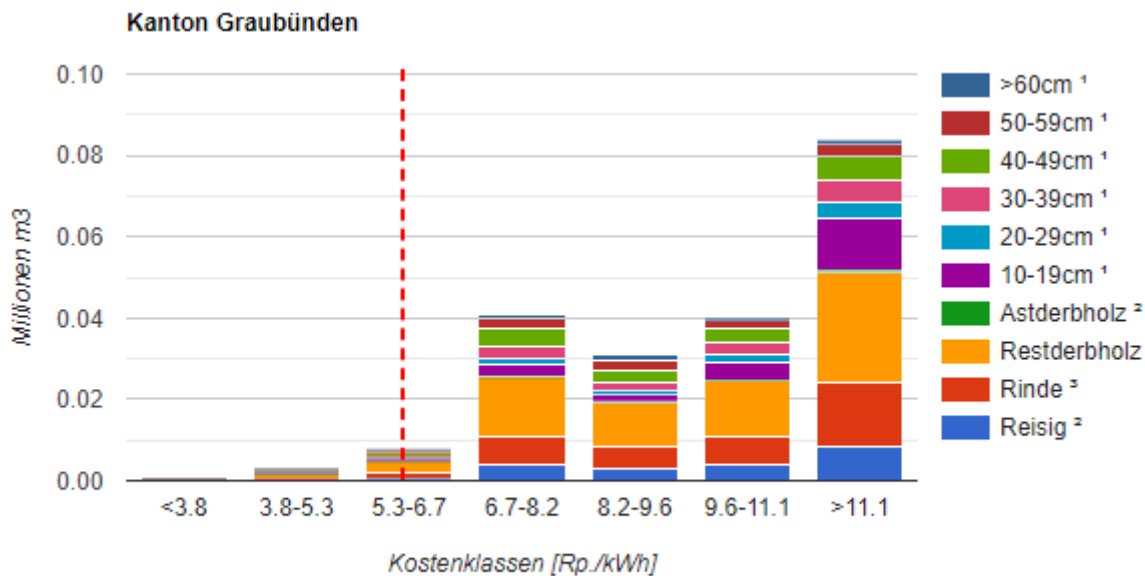
Abbildung 16: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Nadelholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Schwyz 2017 bis 2027. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Glarus steht repräsentativ für die Voralpenkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restderbholz

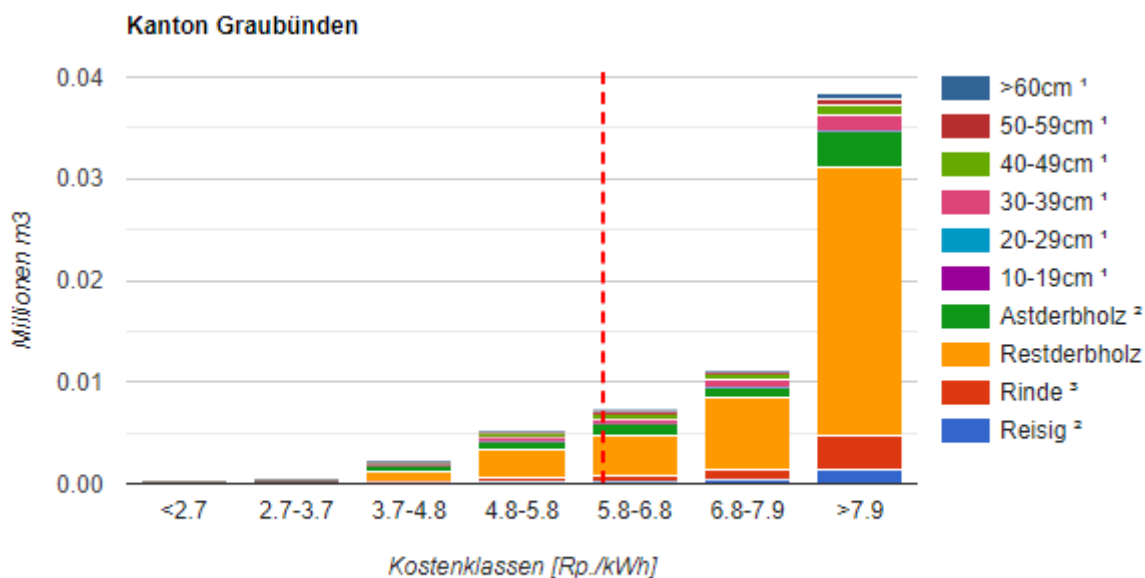
Abbildung 17: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Laubholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Schwyz 2017 bis 2027. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Glarus steht repräsentativ für die Voralpenkantone [3]

A.4.4 Alpenkantone



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restholz

Abbildung 18: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Nadelholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Graubünden von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Graubünden steht repräsentativ für die Alpenkantone [3]



¹Mittendurchmesser ohne Rinde ²in Rinde ³Mittendurchmesser 10cm bis >60cm inkl. Restholz

Abbildung 19: Das ökologisch nachhaltige Waldenergieholzpotenzial aus dem Szenario «**Moderater Vorratsabbau**» von **Laubholz** bei einem weniger energieholzfreundlichen Markt im Kanton Graubünden von 2017 bis 2026. Die Verteilung des Potenzials auf die Kostenklassen im Kanton Graubünden steht repräsentativ für die Alpenkantone [3]

A.5 Berechnungsgrundlagen Nachbarkantone

A.5.1 Rohdaten

Tabelle 21: Die Rohdaten der betrachteten Kantone in 1000 fm

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [1000 fm]										
Nutzung 2021										
Energieholz NdH	93	72	4	105	34	46	14	21	28	9
Energieholz LbH	136	126	8	20	30	67	21	24	39	17
Industrieholz NdH	30	36	4	6	50	8	12	7	11	2
Industrieholz LbH	14	20	1	1	12	9	5	2	0	1
Stammholz NdH	173	129	24	210	145	128	51	70	69	24
Stammholz LbH	30	27	0	1	5	16	4	2	9	3
Energieholz*	345	291	24	228	135	188	63	80	108	41
Ø Nutzung 2017-2021										
Energieholz NdH	84	65	5	107	35	42	12	20	32	10
Energieholz LbH	131	128	11	20	30	72	21	19	40	15
Industrieholz NdH	30	32	3	3	42	9	10	7	9	3
Industrieholz LbH	14	20	2	0	12	9	9	2	0	1
Stammholz NdH	196	134	21	223	130	132	38	58	70	24
Stammholz LbH	30	30	0	1	6	16	4	2	9	2
Verbrauch 2021										
HES Kat. 1-11b	107	70	7	64	33	72	18	22	35	9
HES Kat. 12-17	286	175	26	72	154	113	30	49	101	36
HES Kat. 18	131	170	0	128	8	0	0	0	45	0
Geplante Anlagen	126	93	3	2	70	21	7	9	7	0
Idee vorhanden	255	0	15	0	196	0	40	44	0	17
Zuwachs 2017-2026										
Zuwachs 2017-2016 NdH	280	238	56	688	328	297	60	170	131	51
Zuwachs 2017-2026 LbH	203	242	30	81	113	141	69	61	108	14
Energieholzpotenzial 2017-2026**										
< 5 Rp./kWh NdH	44	35	2	3	25	16	3	7	22	2
< 5 Rp./kWh LbH	169	160	6	4	75	60	37	24	84	8
5-6.5 Rp./kWh NdH	34	31	3	8	33	30	6	20	16	4
5-6.5 Rp./kWh LbH	31	39	6	10	19	27	13	17	15	4
> 6.5 Rp./kWh NdH	36	28	24	196	64	70	4	53	16	9
> 6.5 Rp./kWh LbH	22	18	13	51	18	40	5	29	10	5

* Nutzung Energieholz Inkl. 15% von Energieholz und 40% von Stammholz

** Wenig energieholzfreundlicher Markt

Tabelle 22: Die Rohdaten der betrachteten Kantone in 1000 fm

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [GWh]										
Nutzung 2021										
Energieholz NdH	186	144	8	210	68	92	28	42	56	18
Energieholz LbH	381	353	22	56	84	188	59	67	109	48
Industrieholz NdH	60	72	8	12	100	16	24	14	22	4
Industrieholz LbH	39	56	3	3	34	25	14	6	0	3
Stammholz NdH	346	258	48	420	290	256	102	140	138	48
Stammholz LbH	84	76	0	3	14	45	11	6	25	8
Energieholz*	824	705	54	475	296	442	145	184	255	98
Ø Nutzung 2017-2021										
Energieholz NdH	168	130	10	214	70	84	24	40	64	20
Energieholz LbH	367	358	31	56	84	202	59	53	112	42
Industrieholz NdH	60	64	6	6	84	18	20	14	18	6
Industrieholz LbH	39	56	6	0	34	25	25	6	0	3
Stammholz NdH	392	268	42	446	260	264	76	116	140	48
Stammholz LbH	84	84	0	3	17	45	11	6	25	6
Verbrauch 2021										
HES Kat. 1-11b	289	189	19	173	89	194	49	59	95	24
HES Kat. 12-17	772	473	71	194	416	305	81	132	273	97
HES Kat. 18	354	459	0	346	22	0	0	0	122	0
Geplante Anlagen	340	251	8	5	189	57	19	23	19	0
Idee vorhanden	689	0	40	0	529	0	108	118	0	46
Zuwachs 2017-2026										
Zuwachs 2017-2016 NdH	560	476	112	1376	656	594	120	340	262	102
Zuwachs 2017-2026 LbH	568	678	84	227	316	395	193	171	302	39
Energieholzpotenzial 2017-2026**										
< 5 Rp./kWh NdH	88	70	4	6	50	32	6	14	44	4
< 5 Rp./kWh LbH	473	448	17	11	210	168	104	67	235	22
5-6.5 Rp./kWh NdH	68	62	6	16	66	60	12	40	32	8
5-6.5 Rp./kWh LbH	87	109	17	28	53	76	36	48	42	11
> 6.5 Rp./kWh NdH	72	56	48	392	128	140	8	106	32	18
> 6.5 Rp./kWh LbH	62	50	36	143	50	112	14	81	28	14

* Nutzung Energieholz inkl. 15% von Energieholz und 40% von Stammholz

** Wenig energieholzfreundlicher Markt

A.5.2 Prozentuale Aufteilung der Ø Nutzung 2017-2021 nach Holzsortiment

Tabelle 23: die Prozentuale Aufteilung der Prozentuale Aufteilung der Ø Nutzung 2017-2021 nach Holzsortiment

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [%]										
Nadelholz										
Energieholz	27	28	18	32	17	23	20	24	29	27
Industrieholz	10	14	9	1	20	5	16	8	8	7
Stammholz	63	58	72	67	63	72	64	68	63	66
Laubholz										
Energieholz	75	72	86	93	63	74	62	81	81	84
Industrieholz	8	12	13	2	25	9	27	9	1	4
Stammholz	17	17	2	5	12	17	11	10	18	12

A.5.3 Ungedeckter Verbrauch

Tabelle 24: Ungedeckter Verbrauch der Nachbarkantone in 1000 fm und GWh

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [1000 fm]										
Ungedeckter Verbrauch 2021	181	124	9	36	60	-2	-14	-9	73	5
Inkl. geplante Anlagen	307	217	12	38	131	19	-7	-1	80	5
Inkl. Idee vorhanden	562	217	27	38	327	19	33	43	80	22

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [GWh]										
Ungedeckter Verbrauch 2021	489	335	24	97	162	-5	-38	-24	197	14
Inkl. geplante Anlagen	829	586	32	103	354	51	-19	-32	216	14
Inkl. Idee vorhanden	1'517	586	73	103	883	51	89	116	216	59

A.5.4 Netto-Energieholzpotenzial

Tabelle 25: Netto-Energieholzpotenzial des Kantons Zürich und der Nachbarkantone in 1000 fm und GWh

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [1000 fm]										
Netto-Energieholzpotenzial										
<5 Rp./kWh	21	34	0	0	42	0	16	0	45	0
5-6.5 Rp./kWh	0	12	4	0	21	20	6	23	9	0
>6.5 Rp./kWh	0	2	15	147	0	38	0	17	0	4
+15 % von Energieholz (Vollbaum+Flurholz)	3	7	3	25	9	9	3	7	8	1
+40 % Restholz von Stammholz	2	6	8	96	33	36	1	24	9	4
+ zusätzliches Flurholzpotenzial	21	19	2	13	7	11	3	4	7	3
Total Netto-Energieholzpotenzial	47	80	32	281	112	114	29	75	78	12

Kanton	ZH	AG	GL	GR	LU	SG	SH	SZ	TG	ZG
Einheit: [GWh]										
Netto-Energieholzpotenzial										
<5 Rp./kWh	59	95	0	0	118	0	45	0	126	0
5-6.5 Rp./kWh	0	34	11	0	42	56	17	60	20	0
>6.5 Rp./kWh	0	4	38	330	0	86	0	64	0	8
+15 % von Energieholz (Vollbaum+Flurholz)	8	20	7	58	24	21	9	19	22	1
+40 % Restholz von Stammholz	6	15	16	193	70	73	5	50	22	8
+ zusätzliches Flurholzpotenzial	53	49	4	27	15	29	8	10	17	10
Total Netto-Energieholzpotenzial	126	217	76	608	269	265	84	203	207	27

A.5.5 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Aargau

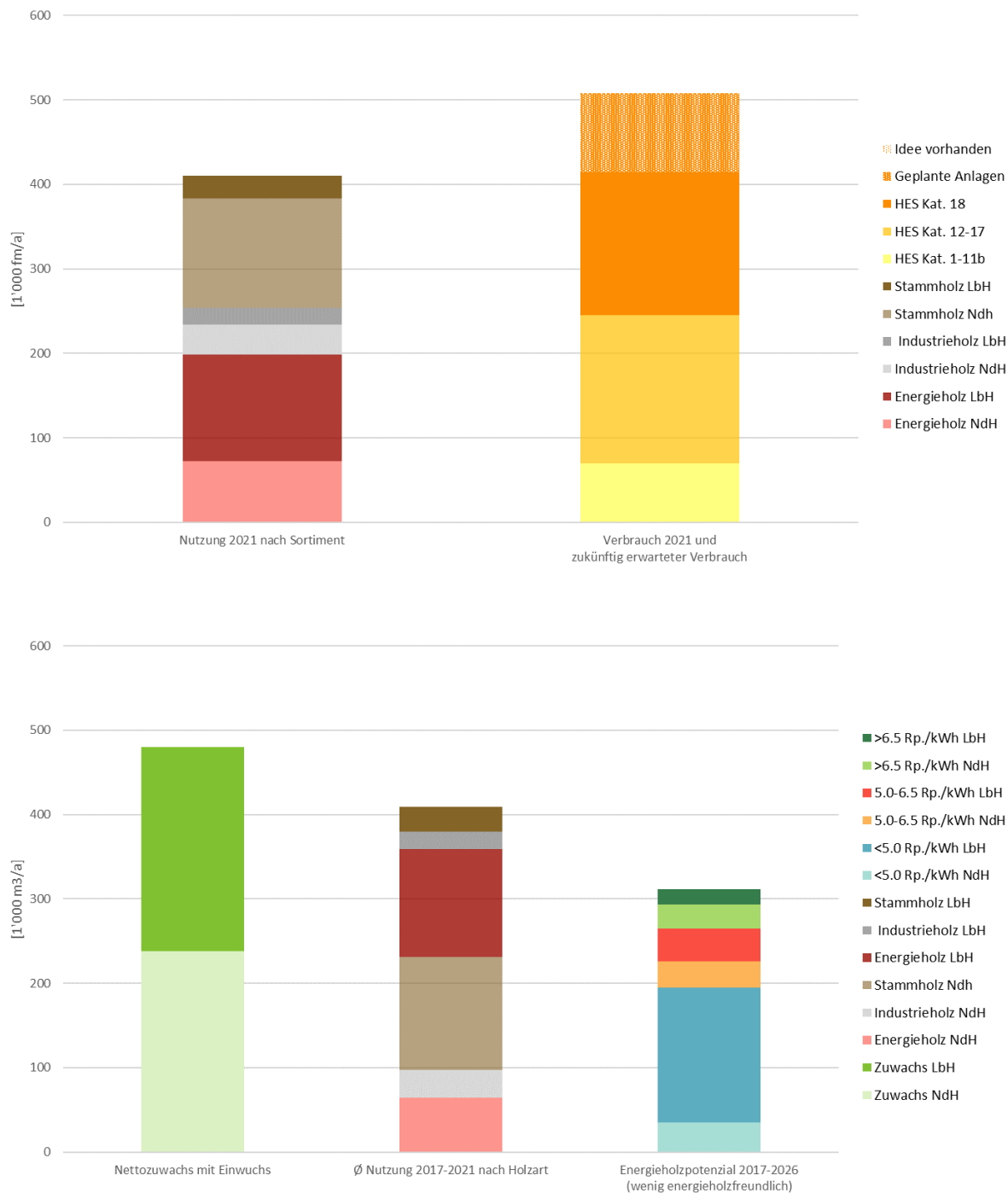


Abbildung 20: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Aargau

A.5.6 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Glarus

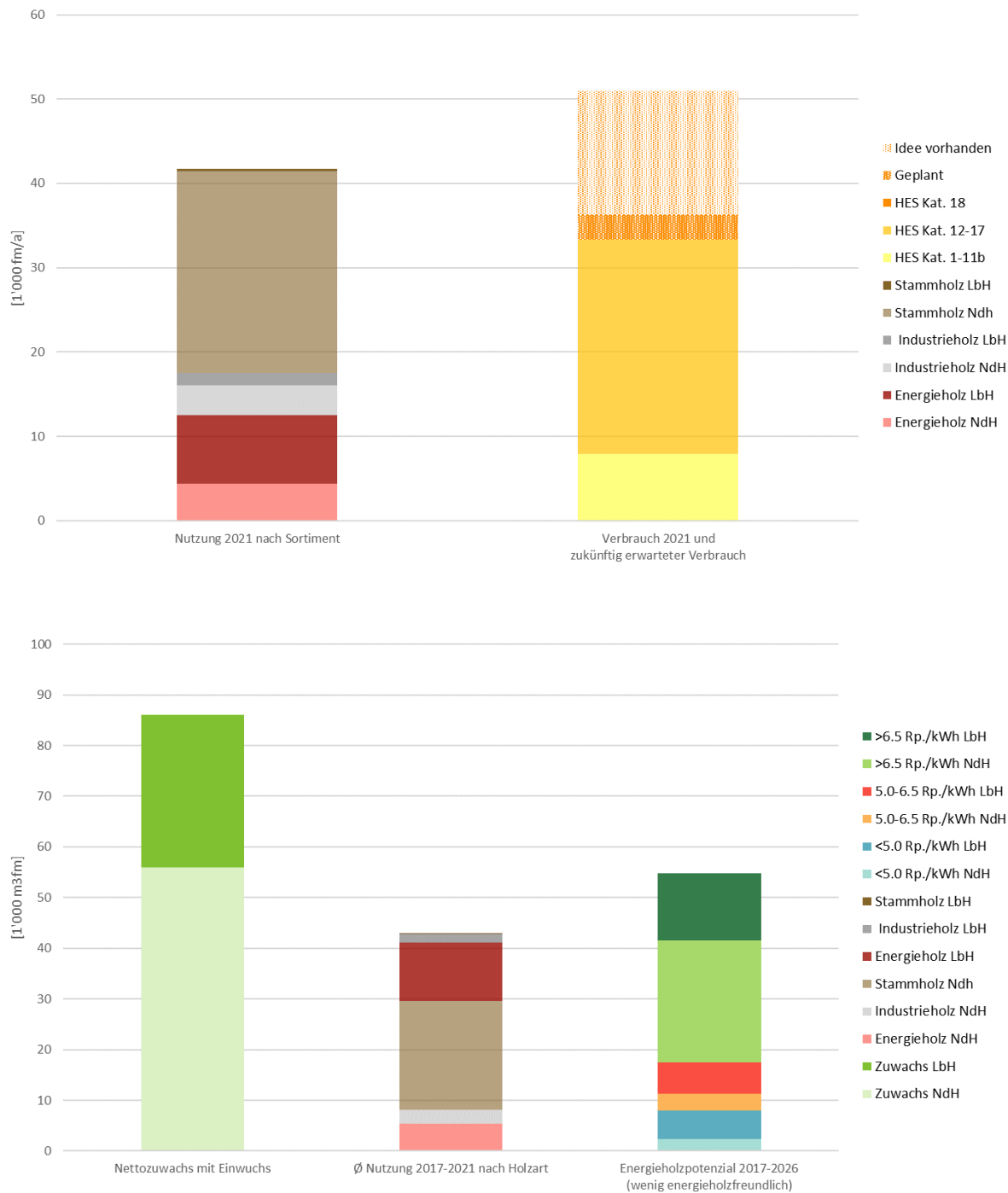


Abbildung 21: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Glarus

A.5.7 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Graubünden

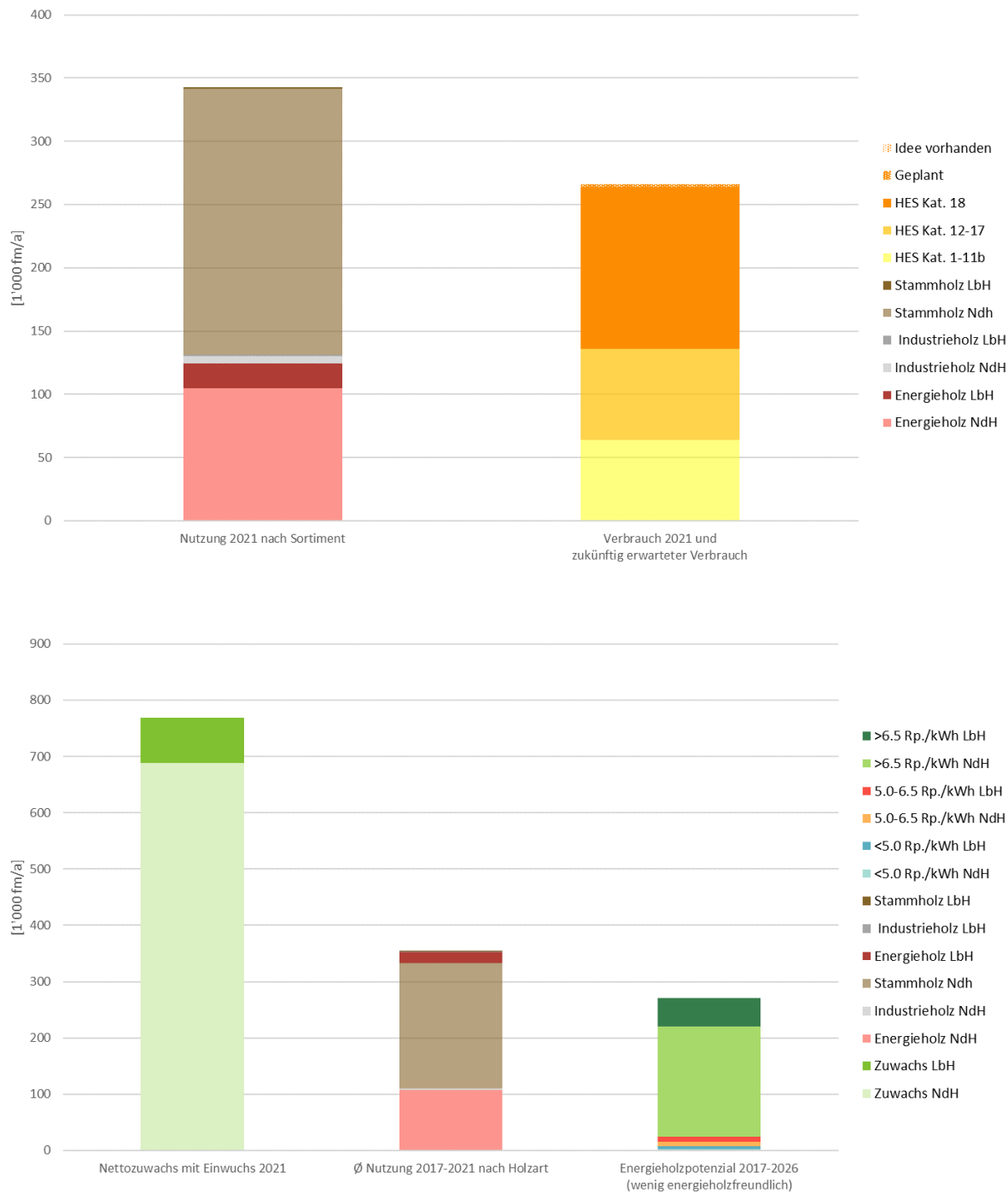


Abbildung 22: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Graubünden

A.5.8 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Luzern

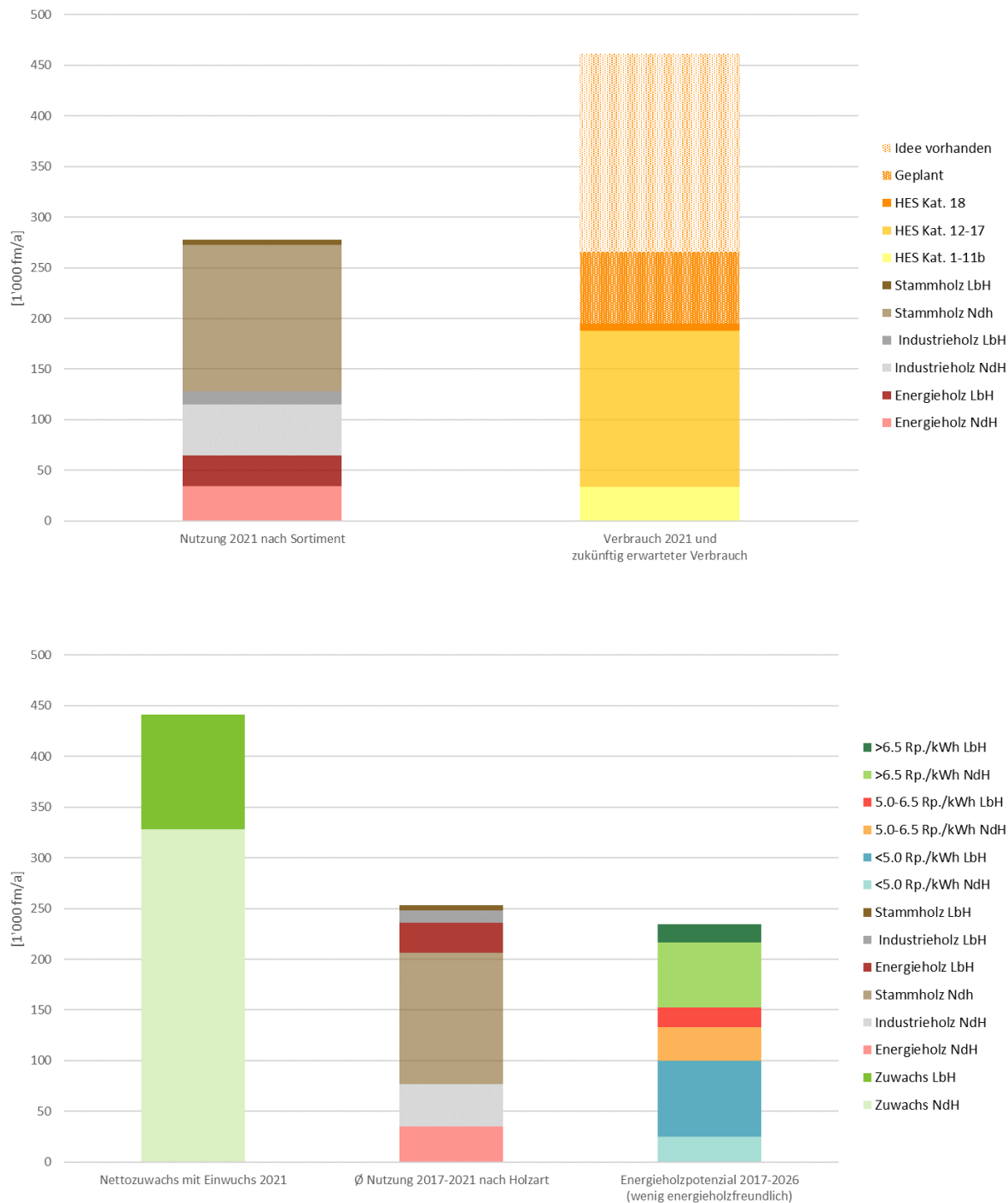


Abbildung 23: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Luzern

A.5.9 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton St.Gallen

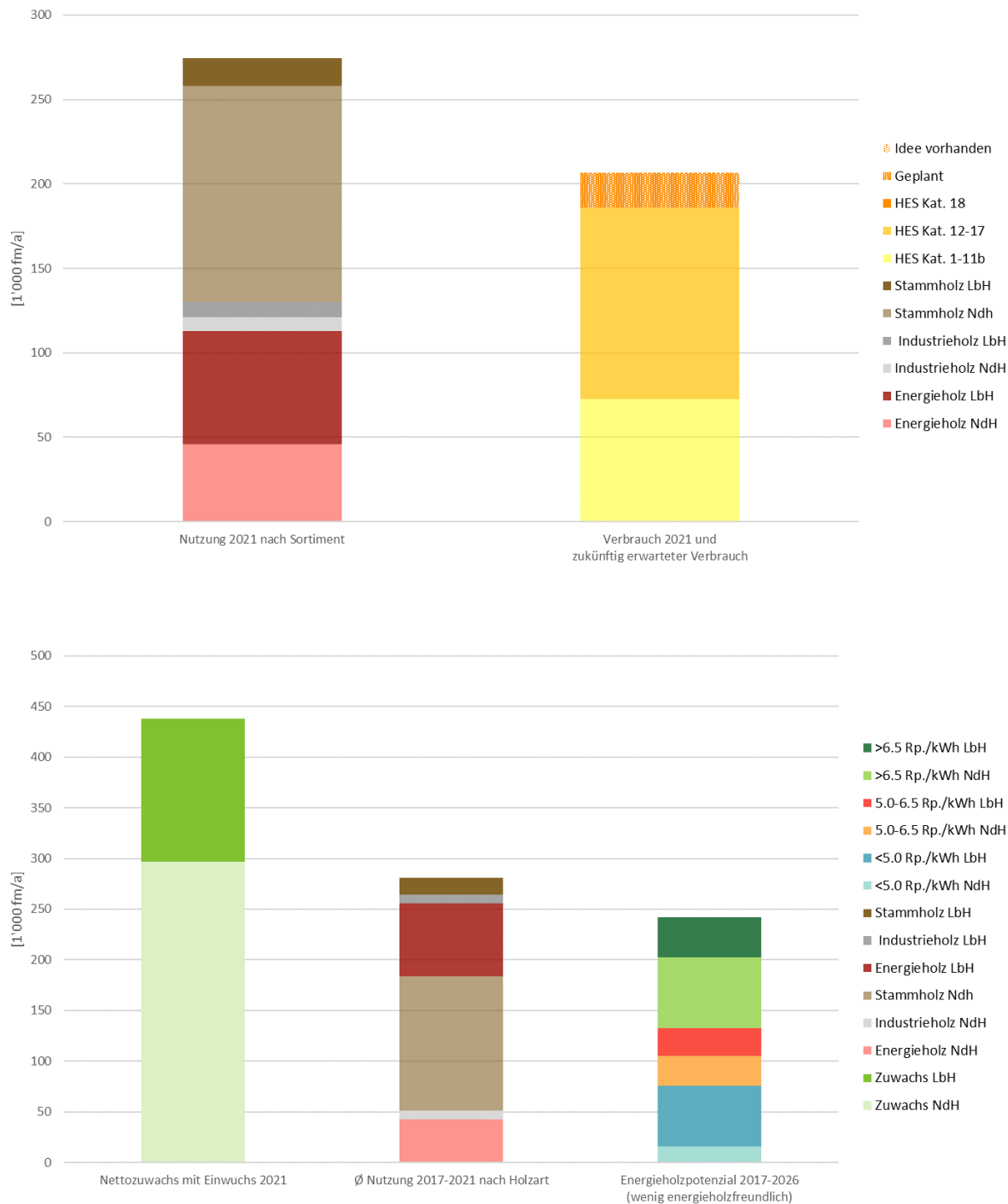


Abbildung 24: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton St.Gallen

A.5.10 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Schaffhausen

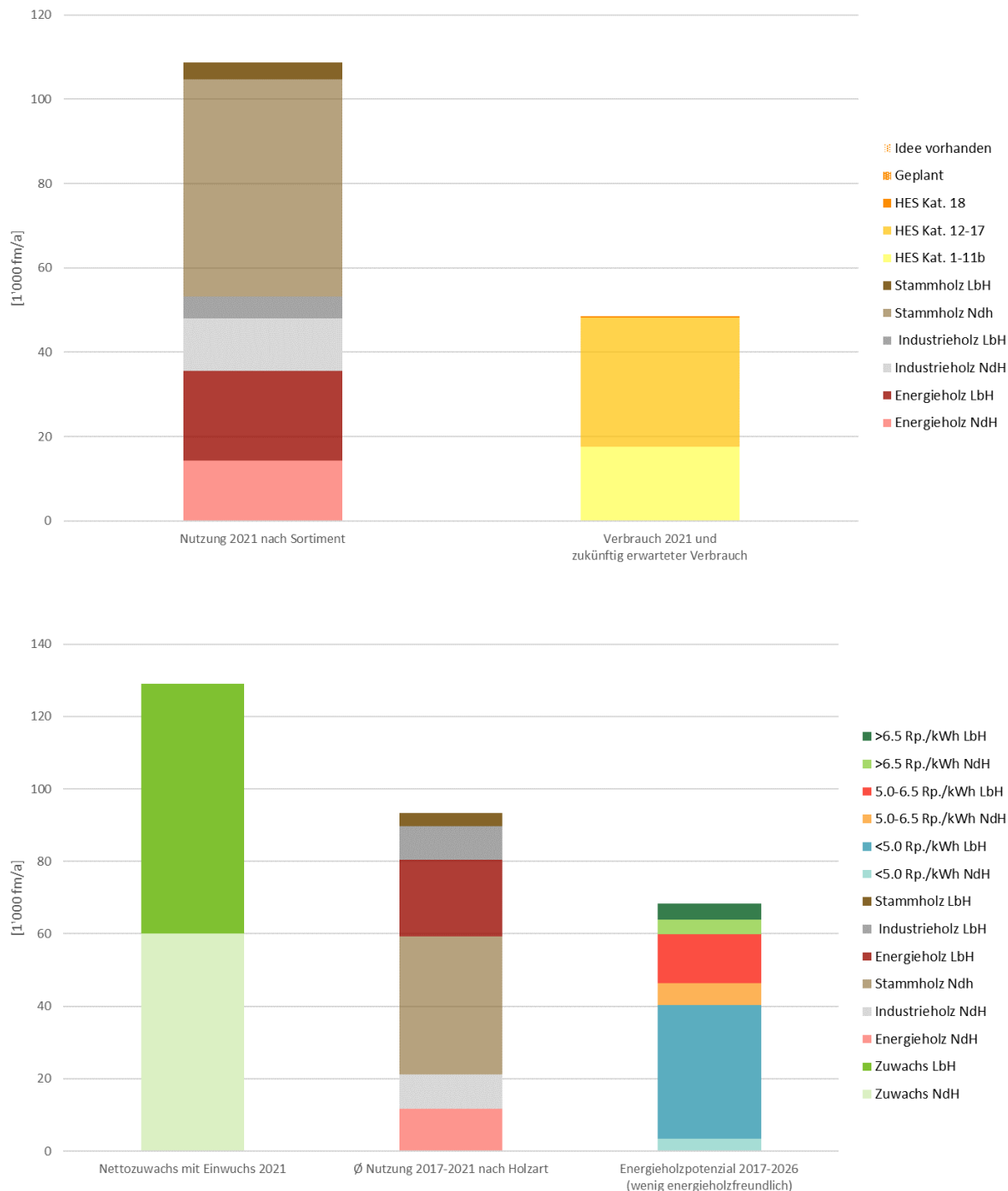


Abbildung 25: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Schaffhausen

A.5.11 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Schwyz

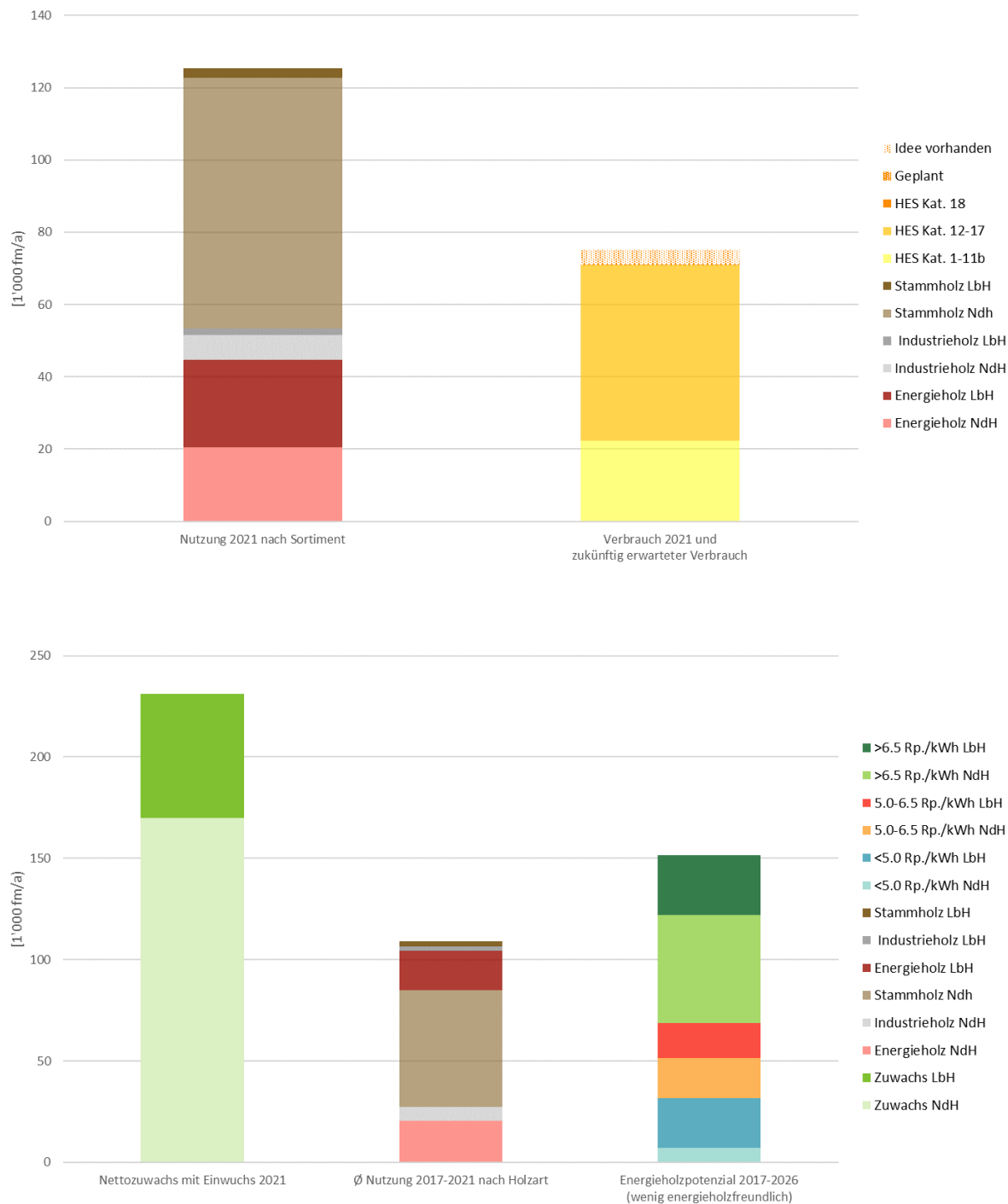


Abbildung 26: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Schwyz

A.5.12 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Thurgau

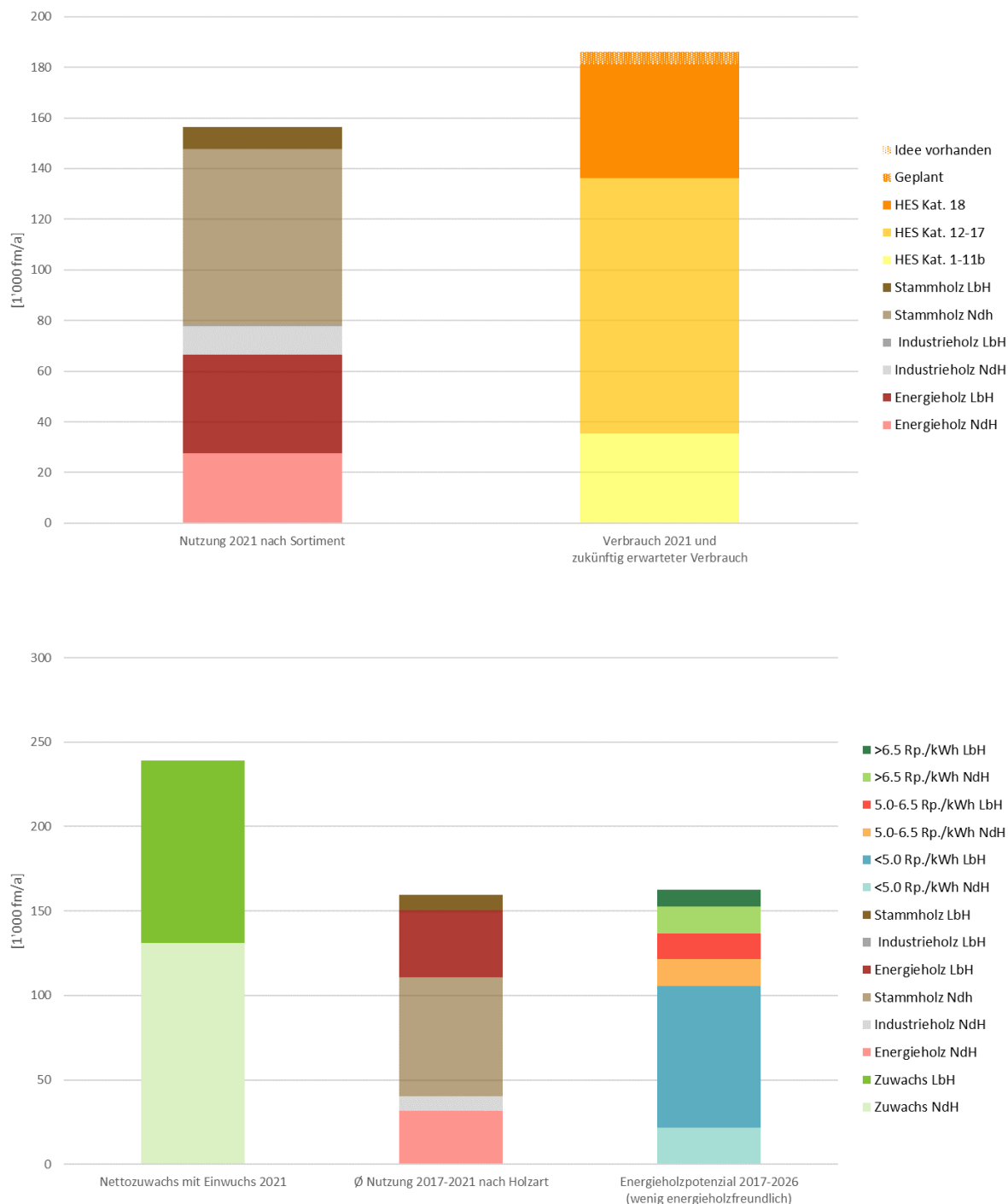


Abbildung 27: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Thurgau

A.5.13 Vergleiche Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Potenzial Kanton Zug

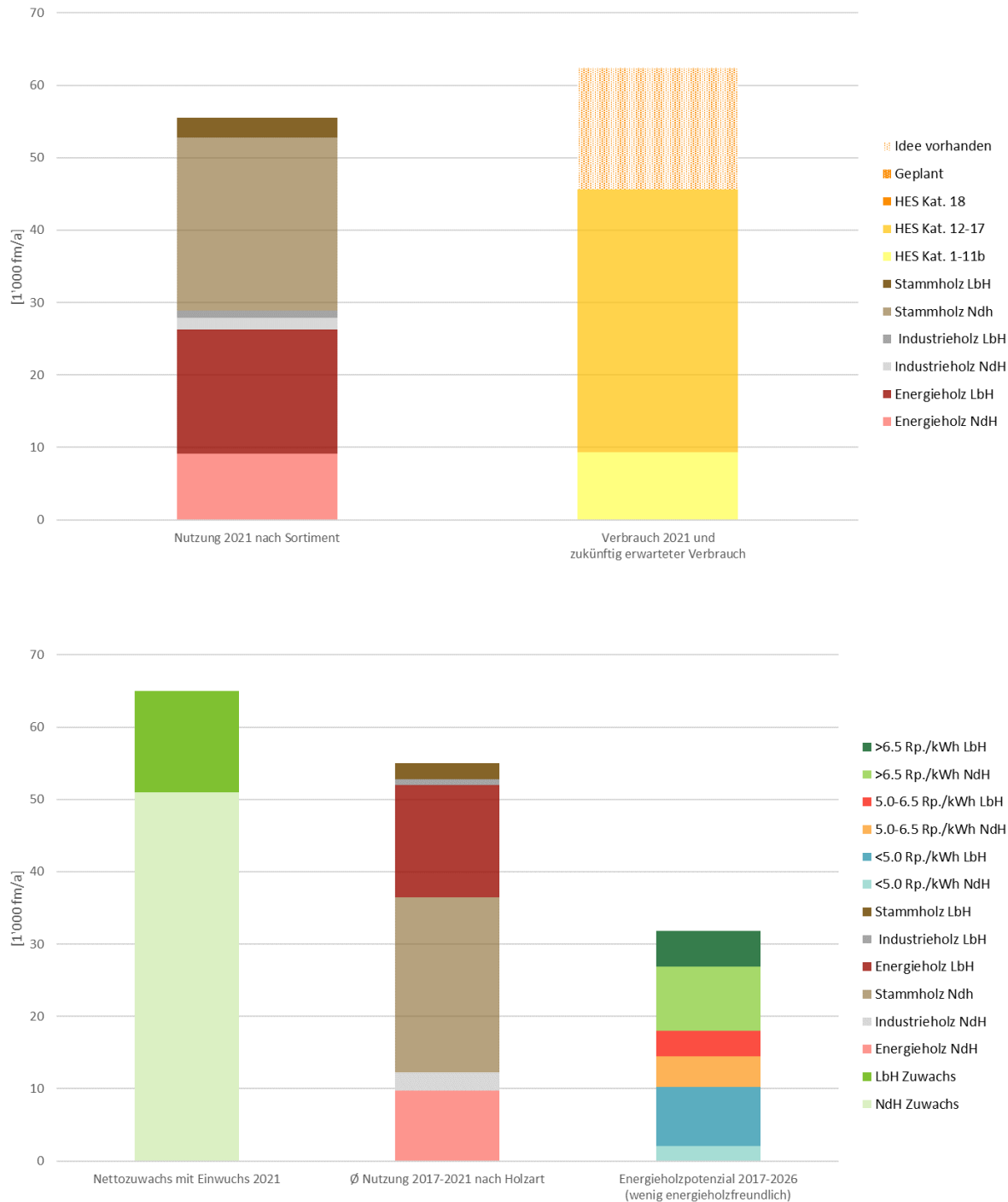


Abbildung 28: Nutzung, Verbrauch, Zuwachs und Energieholzpotenzial im Kanton Zug

A.6 Energetisches Waldholz-Potenzial bis 2056

A.6.1 Kanton Aargau

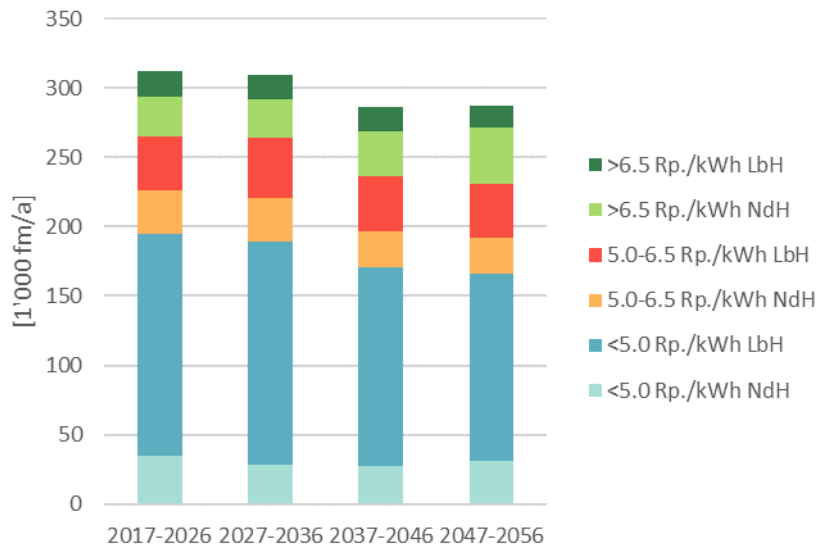


Abbildung 29: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Aargau nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.6.2 Kanton Glarus

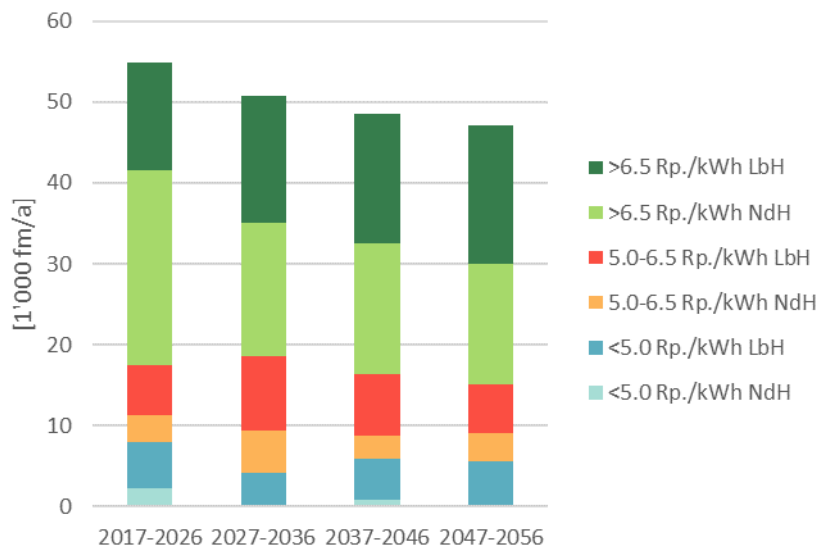


Abbildung 30: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Glarus nach dem Szenario «Moderater Vorratsabbau» bis 2056

A.6.3 Kanton Graubünden



Abbildung 31: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Graubünden nach dem Szenario «Moderater Vorratsabbau» bis 2056

A.6.4 Kanton Luzern

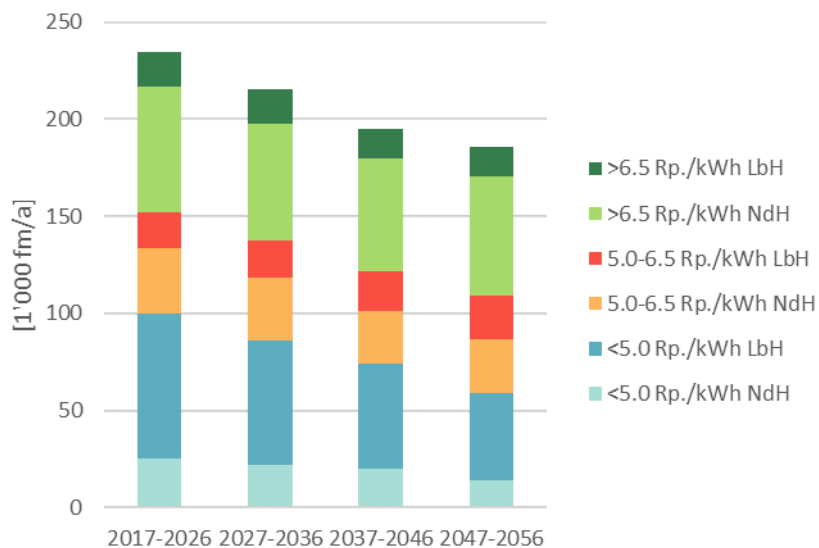


Abbildung 32: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Luzern nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.6.5 Kanton Schwyz

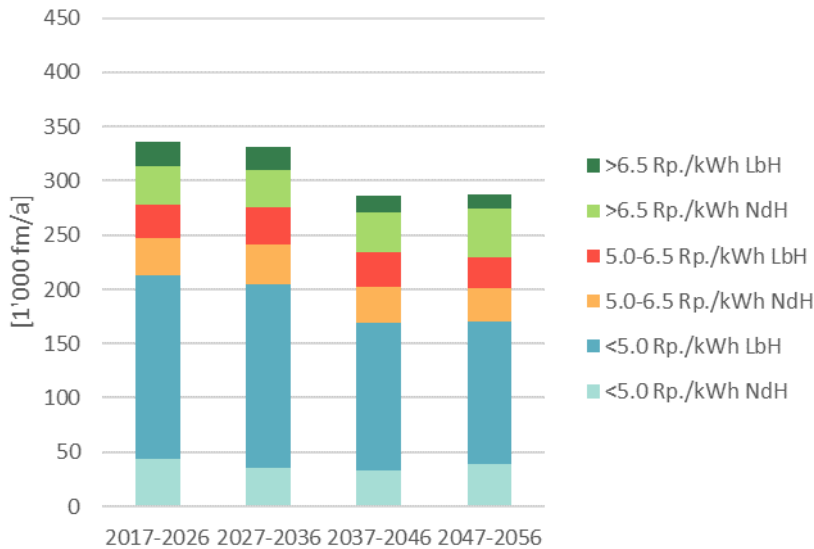


Abbildung 5: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial des Kanton Schwyz nach dem Szenario «Moderater Vorratsabbau» bis 2056.

A.6.6 Kanton St. Gallen



Abbildung 33: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton St. Gallen nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.6.7 Kanton Schaffhausen

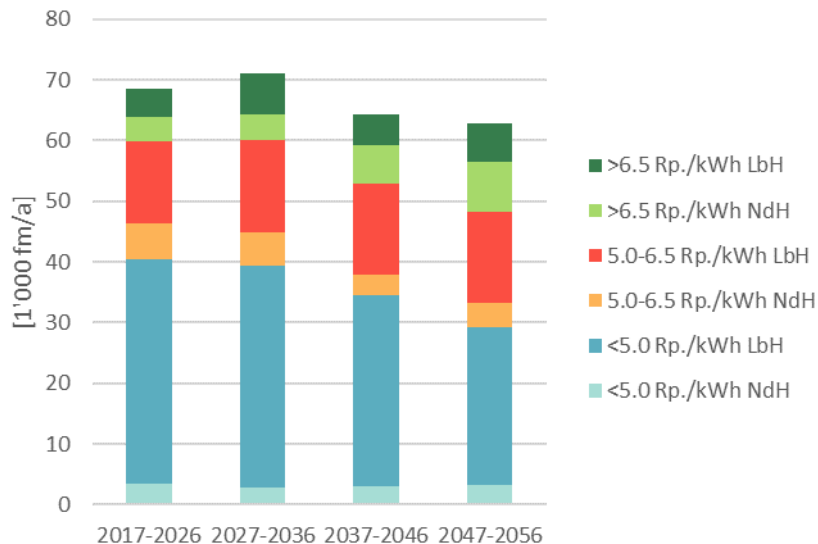


Abbildung 34: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Schaffhausen nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.6.8 Kanton Thurgau

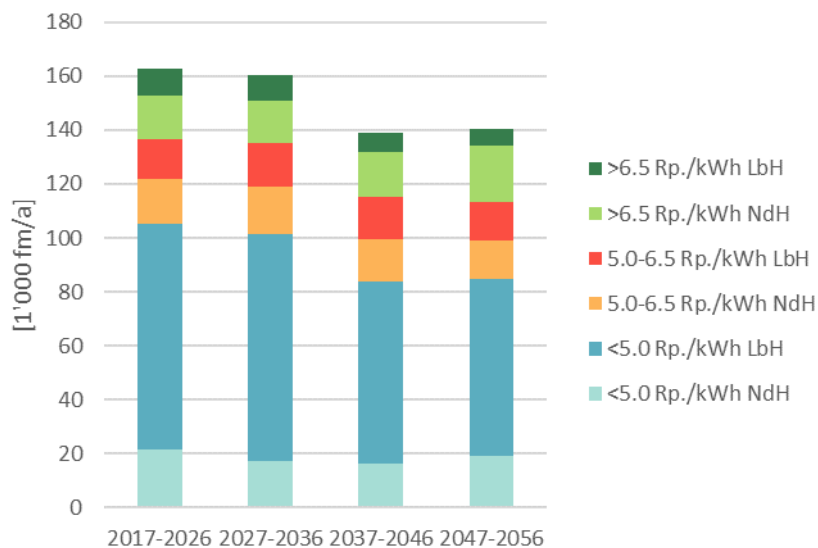


Abbildung 35: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Thurgau nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.6.9 Kanton Zug

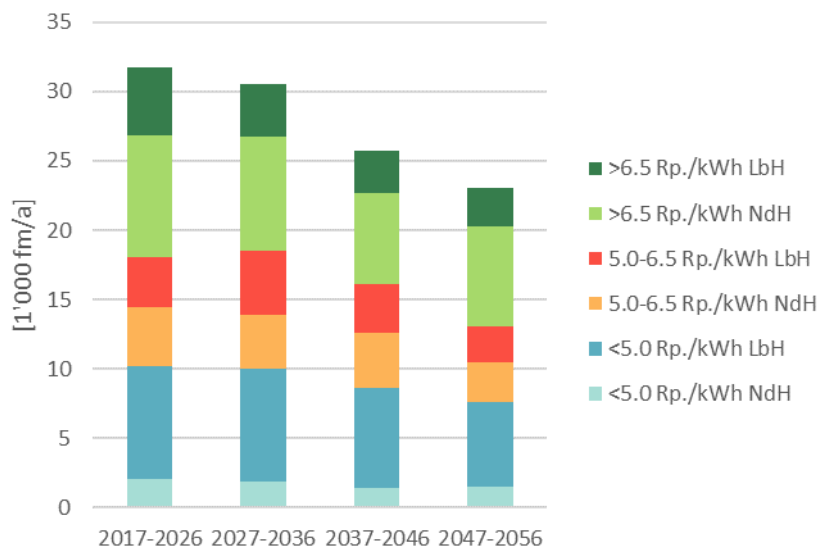


Abbildung 36: Das zur Verfügung stehende energetische Waldholz-Potenzial im Kanton Zug nach dem Szenario «+/- konstanter Vorrat» bis 2056

A.7 Nachbarländer

Tabelle 26: Nutzung und Verbrauch von Energieholz in den ausgewählten Orten der Nachbarländer [15][17][18][19][20][21][22]

Land		AUT	DE	DE	FR
Ort		Vorarlberg	Baden-Württemberg	Bayern (Schwaben 11%)	Grand Est (Elsass 17%)
Nutzung Energieholz	[1000 fm]	230	4140	19'740 (2'170)	4'780 (812)
Nutzung Energieholz	[GWh]	500	9110	47'380 (5'210)	12'410 (2'110)
Verbrauch Energieholz	[1000 fm]	450	Keine Daten	18'760 (2'060)	6'490 (1'100)
Verbrauch Energieholz	[GWh]	980	Keine Daten	45'020 (4'950)	16'880 (2'870)

A.8 KBOB-Faktoren

Tabelle 27: Auszug Treibhausgasemissionen KBOB

		Ökobilanzdaten im Baubereich				Données écobilans dans la construction			
ID- Nummer No d'identi- fication	TRANSPORTE	Bezug		Treibhausgasemissionen und Klimaeffekte Flugzeugemissionen, RF=2.5 Émissions de gaz à effet de serre et effets climatique des émissions des avions, RF=2.5				Référence	TRANSPORTS
		Grösse	Einheit / Unité	Total kg CO ₂ -eq	Betrieb Exploitation kg CO ₂ -eq	Fahrzeug Véhicule kg CO ₂ -eq	Infrastruktur Infrastructure kg CO ₂ -eq	Dimension	
62	Güter-Transporte								Transports de marchandises
62.001	Aushub maschinell, Durchschnitt	Aushubvolumen	m3	0.438	0.388	0.050		Vol.excavation	Excavations mécaniques, en moyenne
62.014	Aushub maschinell, mit PF	Aushubvolumen	m3	0.438	0.388	0.050		Vol.excavation	Excavations mécaniques, avec FAP
62.015	Aushub maschinell, ohne PF	Aushubvolumen	m3	0.427	0.377	0.050		Vol.excavation	Excavations mécaniques, sans FAP
62.002	Binnenschiff	Transportleistung	tkm	0.040	0.032	0.001	0.007	Rend.du transp.	Cargo de marchandise, navigation intérieure
62.011	Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	1.67	1.66	0.001	0.011	Rend.du transp.	Transport aérien, moyenne
62.012	Flugzeug, Kurzstrecke	Transportleistung	tkm	2.12	2.04	0.003	0.077	Rend.du transp.	Transport aérien, courte distance
62.018	Flugzeug, Mittelstrecke	Transportleistung	tkm	1.60	1.57	0.001	0.021	Rend.du transp.	Transport aérien, moyenne distance
62.013	Flugzeug, Langstrecke	Transportleistung	tkm	1.66	1.65	0.001	0.007	Rend.du transp.	Transport aérien, longue distance
62.003	Güterzug	Transportleistung	tkm	0.012	0.002	0.005	0.005	Rend.du transp.	Train de marchandises
62.004	Helikopter	Einsatzzeit	h	759	754	4.41		Heures de vol	Hélicoptère
62.005	Hochseeschiff	Transportleistung	tkm	0.007	0.006	0.000	0.001	Rend.du transp.	Navire de haute mer
62.006	Hochseetanker	Transportleistung	tkm	0.006	0.006	0.000	0.001	Rend.du transp.	Pétrolier de haute mer
62.007	Kleintransporter (<3.5 t)	Transportleistung	tkm	1.77	1.33	0.344	0.093	Rend.du transp.	Véhicule de transport, jusqu'à 3.5 t
62.016	Lastwagen, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	0.144	0.115	0.013	0.016	Rend.du transp.	Camion
62.017	Lastwagen 3.5t-7.5 t	Transportleistung	tkm	0.553	0.445	0.065	0.043	Rend.du transp.	Camion 3.5-7.5 t
62.009	Lastwagen 7.5-16 t	Transportleistung	tkm	0.232	0.192	0.020	0.021	Rend.du transp.	Camion 7.5-16 t
62.008	Lastwagen 16-32 t	Transportleistung	tkm	0.183	0.150	0.016	0.017	Rend.du transp.	Camion 16-32 t
62.010	Lastwagen 32-40 t	Transportleistung	tkm	0.118	0.092	0.011	0.015	Rend.du transp.	Camion 32-40 t

A.9 Zitierte Grundlagen

- [1] AWEL, Abteilung Energie: Holzenergiepotenzial Kanton Zürich, Aktueller Stand und Prognose für 2050, Interner Bericht verfasst von GEO Partner AG, Dezember 2016
- [2] Hofer P. et al. 2011: Holznutzungspotenziale im Schweizer Wald. Auswertung von Nutzungsszenarien und Waldwachstumsentwicklung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1116: 80 S.,
- [3] Erni M., Holm S., Thees O., Schweizer J. 2021: Verfügbarkeit von Waldenergieholz in der Schweiz. Neue interaktive Karte. Wald und Holz, 102 (6), 6-7. https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Services_Produnkte/Software_Apps/eps/index.html
- [4] Thees, O.; Burg, V.; Erni, M.; Bowman, G.; Lemm, R., 2017: Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung, Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER BIOSWEET. WSL Ber. 57: 299 S.
- [5] Thürig, E., Kaufmann, E., Frisullo, R., Bugmann, H., 2005: Evaluation of the growth function of an empirical forest scenario model, Forest Ecology and Management, 204: S. 51-66.
- [6] Stadelmann, G., Herold, A., Markus, D., Vidondo, B., Gomez, A., Thürig, E., 2016: Holzerntepotenzial im Schweizer Wald: Simulation von Bewirtschaftungsszenarien, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 167(3): S. 152-161.
- [7] Frutig, F., Thees, O., Lemm, R., Kostadinov, F., 2009: Holzerntproduktivitätsmodelle HeProMo - Konzeption, Realisierung, Nutzung und Weiterentwicklung. In Management zukunftsfähige Waldnutzung. Grundlagen, Methoden und Instrumente. Birmensdorf, 441-466 S.
- [8] Thees, O., Kaufmann, E., Lemm, R., Bürgi, A., 2013: Energieholzpotenziale im Schweizer Wald, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 164(12): S. 351-361
- [9] Altherr M., Stamm M. 2022: Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2021. Basler & Hofmann AG, im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE, Bern. 78 S.
- [10] Keel A., 2022: Geschäftsleiter Holzenergie Schweiz, diverse mündliche Mitteilungen
- [11] Fragebogen Holzenergieanlagen (Grossanlagen ab 500 kW Feuerungsleistung), 2022: vertrauliche Angaben zu bestehenden und geplanten Holzenergieanlagen.
- [12] Bundesamt für Statistik BFS, STAT-TAB – interaktive Tabellen (BFS), Internetabfrage, diverse Daten: https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0703010000_102/-/px-x-0703010000_102.px/?rxid=6e5fa1d1-7fbf-45c3-b23e-a56e270f8567https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0703010000_102/-/px-x-0703010000_102.px/?rxid=6e5fa1d1-7fbf-45c3-b23e-a56e270f8567
- [13] Landesforstinventar – Ergebnisabfrage Stichprobeninventur (LFI), Internetabfrage, diverse Daten: <https://www.lfi.ch/resultate/anleitung.php>
- [14] Vademecum, Schweizerische Vereinigung für Holzenergie VHe, Das Aktionsprogramm Energie 2000, 1997: Holzenergie
- [15] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Ökobilanzdaten im Baubereich, 2022
- [16] Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Allgemeine Wirtschaftsangelegenheiten Fachbereich Energie und Klimaschutz: Strategie Energieautonomie+ 2030, Klimaschutz in Vorarlberg umsetzen, 2020
- [17] Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft: Holzeinschlagsmeldung für das Jahr 2021

- [18] Agentur für Erneuerbare Energien: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern, Teilkapitel Baden-Württemberg, 2013
- [19] Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg: Holzbasierte Bioökonomie Baden-Württemberg: Analyse der Datenlage zu Holz-Stoffströmen, Mai 2022
- [20] Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie Baden- Württemberg, Juni 2019
- [21] Fibois Grand Est: Observatoire Bois d'industrie et Bois énergie du Grand Est Résultats 2018, 2021
- [22] Institut national de l'information géographique et forestière: Disponibilités en bois des forêts de la région Grand Est à l'horizon 2037, Nov. 2018
- [23] Taverna R., Hofer P., Werner F., Kaufmann E., Thürig E. 2007: CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. Umwelt-Wissen Nr. 0739. Bundesamt für Umwelt, Bern. 102 S.