

Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden (ANU)  
Amt für Wald und Naturgefahren (AWN)  
Amt für Energie und Verkehr (AEV)  
Ringstrasse 10  
7001 Chur

# Energieholzpotenzial Graubünden 2023

## Bericht

**12. März 2024**

## **Impressum**

### **Energieholzpotenzial Graubünden 2023**

**Auftraggeber:**

Amt für Natur und Umwelt (ANU) des Kantons Graubünden  
Amt für Wald und Naturgefahren (AWN) des Kantons Graubünden  
Amt für Energie und Verkehr (AEV) des Kantons Graubünden  
Projektverantwortlicher: Hanspeter Lötscher

**Auftragnehmer:** GEO Partner AG,

**Projektleitung:** Ruedi Taverna

**Fachbearbeitung:** Ruedi Taverna, Björn Zenger (GEO Partner AG),  
mit Beiträgen von Riet Gordon (Ingenieurbüro Wald & Planung)  
und Marcel Lerch (Graubünden Holz)

**Qualitätssicherung:** Lisa Zumbrunn

## Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	5
Glossar / Abkürzungsverzeichnis .....	6
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung .....	7
2 Projektziele und Ergebnisse .....	7
3 Systemgrenzen und Grundlagen .....	8
3.1 Sachliche Systemgrenzen .....	8
3.2 Räumliche Systemgrenzen .....	8
3.3 Zeitliche Systemgrenze .....	9
3.4 Umrechnungsfaktoren .....	9
4 Vorgehen .....	9
4.1 Energieholzproduktion .....	9
4.1.1 Waldholz .....	10
4.1.2 Flurholz .....	10
4.1.3 Restholz .....	10
4.1.4 Altholz .....	11
4.2 Zusätzliches Energieholzpotenzial .....	11
4.2.1 Waldholz .....	11
4.2.2 Flurholz .....	12
4.2.3 Restholz .....	13
4.2.4 Altholz .....	14
4.3 Energieholzverbrauch .....	14
4.4 Geplante Anlagen .....	16
4.5 Energieholzbilanz .....	16
5 Resultate .....	18
5.1 Energieholzproduktion .....	18
5.1.1 Waldholz .....	18
5.1.2 Flurholz .....	19
5.1.3 Restholz .....	19
5.1.4 Altholz .....	21
5.1.5 Gesamte Energieholzproduktion .....	23
5.2 Zusätzliche Energieholzpotenziale .....	24
5.2.1 Waldholz (ungenutzter Schlagabraum) .....	24
5.2.2 Waldholz (Holzpreiserhöhung) .....	25
5.2.3 Waldholz (Beitragserhöhung) .....	27
5.2.4 Flurholz .....	29
5.2.5 Restholz .....	31
5.2.6 Altholz .....	32
5.2.7 Gesamtes zusätzliches Energieholzpotenzial .....	32
5.3 Energieholzverbrauch .....	33
5.3.1 Schweizerische Holzenergiestatistik .....	33
5.3.2 Umfrage Feuerungsbetreiber .....	34
5.3.3 Grossfeuerungsanlagen .....	36
5.3.4 Gesamter Energieholzverbrauch .....	36
5.4 Geplante Anlagen .....	38
5.4.1 Feuerungsanlagen .....	38
5.4.2 Weitere Holzanwendungen .....	38

5.5	Energieholzbilanz Kanton Graubünden .....	38
5.5.1	Energieholzbilanz .....	38
5.5.2	(Aussen-)handel durch Revierförster .....	40
5.5.3	(Aussen-)handel durch Forstunternehmen .....	42
5.5.4	(Aussen-)handel durch Stückbrennholzhändler .....	43
5.5.5	(Aussen-)handel durch Grossfeuerungsanlagen .....	44
5.5.6	Holzflussdiagramm .....	44
6	Spezielle Erkenntnisse aus Befragungen und Literatur .....	46
6.1	Produktionsseite .....	46
6.2	Verbrauchsseite .....	48
6.2.1	Befragung Feuerungsbetreiber .....	48
6.2.2	Preise Energieholz .....	49
6.2.3	Graubünden Holz .....	49
6.3	Vergleich von Resultaten aus Modellierungen und Befragungen .....	50
6.4	Thema Holzenergie in Literatur/Politik .....	53
7	Fazit .....	54
Anhang	.....	57
A.1	Fragebogen Revierförster .....	57
A.2	Faktoren zur Restholzberechnung .....	63
A.3	Faktoren zur Flurholzberechnung .....	64
A.4	Fragebogen Feuerungsbetreiber .....	66
A.5	Fragebogen Forstunternehmen .....	69
A.6	Energieholzproduktion Waldholz .....	71
A.7	Energieholzproduktion Restholz .....	72
A.8	Energieholzproduktion Altholz .....	76
A.9	Gesamte Energieholzproduktion .....	76
A.10	Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (ungenutzter Schlagabraum) .....	77
A.11	Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (Holzpreiserhöhung) .....	77
A.12	Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (Beitragserhöhung) .....	78
A.13	Zusätzliches Energieholzpotenzial Flurholz .....	80
A.14	Energieholzverbrauch (Schweizerische Holzenergiestatistik) .....	82
A.15	Energieholzbilanz Kanton Graubünden .....	83
A.16	Spezielle Erkenntnisse aus Befragungen und Literatur .....	85
A.17	Holzfluss-Diagramm Graubünden Holz 2022 .....	86
A.18	Zitierte Grundlagen .....	87

## Abstract

Der Klimawandel ist ein zentrales Thema in der Politik des Kantons Graubünden, und der Aktionsplan "Green Deal für Graubünden" zielt darauf ab, fossile Energieträger durch erneuerbare Energien zu ersetzen, wobei die Nutzung von Holz im Fokus steht. In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach Energieholz für grössere Anlagen, insbesondere für Fernwärmenetze, deutlich gestiegen, was Fragen zur Verfügbarkeit von einheimischem Holz aufwirft. Das Energieholz im Kanton Graubünden ist ein Koppelprodukt der Schutzwaldpflege und Stammholznutzung, was eine einfache Antwort auf diese Frage erschwert.

Das Projektziel ist es, auf Anfragen bezüglich der Verfügbarkeit von Holz für Energieanlagen fundierte Antworten zu geben. Dazu wird eine Energieholzbilanz erstellt, die den Energieholzverbrauch und die Energieholzproduktion im Kanton Graubünden gegenüberstellt, wobei auch geplante Anlagen, zusätzliche Energieholzpotenziale und der Aussenhandel berücksichtigt werden. Die Studie befasst sich mit den vier Holzkatégorien: Waldholz, Flurholz, Restholz und Altholz und setzt die räumlichen Grenzen auf den Kanton Graubünden. Die zeitliche Systemgrenze umfasst die Jahre 2018 bis 2022.

Im Gegensatz zu bestehenden Studien, die auf Modellen basieren, wählt diese Studie einen praxisorientierten Ansatz. Es wurden Umfragen mit den 64 Revierförstern des Kantons Graubünden durchgeführt, um die Energieholzproduktion und das zusätzliche Potenzial zu ermitteln. Ergänzend dazu wird der Energieholzverbrauch durch weitere Befragungen von Feuerungsbetreibern, Forstunternehmen und Brennholzhändlern erhoben. Diese Methode erlaubt eine realitätsnahe Erfassung des Energieholzverbrauchs und der Energieholzproduktion im Kanton. Zudem gewährt diese Datensammlung aufschlussreiche Einblicke in den Energieholzmarkt und den Aussenhandel des Kantons Graubünden.

Aktuell kann der Kanton Graubünden seinen Bedarf an Energieholz nicht vollständig mit Energieholz aus dem Kanton decken und ist auf den Import von etwa 40 % des Gesamtverbrauchs angewiesen, darunter Pellets (vollständiger Import), Laubholz-Stückholz, Wald- und Flurholz-Hackschnitzel sowie Altholz. Der Grossteil dieser Importe fliesst in die grösseren Feuerungsanlagen, während kleinere Feuerungen überwiegend mit Holz aus dem Kanton versorgt werden.

Der Export von Energieholz aus dem Kanton ist im Vergleich zum Import gering und umfasst hauptsächlich Altholz und etwas Stückholz. Indirekt wird allerdings viel Energieholz in Form von ausserkantonal anfallendem Restholz, welches beim Einsägen von Stammholz anfällt, exportiert.

Zurzeit sind neue Feuerungsanlagen und alternative Holzanwendungen mit einem Bedarf geplant, die den aktuellen Energieholzverbrauch um mindestens 25 % erhöhen. Dem gegenüber steht ein zusätzliches Potenzial von Waldholz, Restholz und Flurholz, von ungefähr der gleichen Grössenordnung.

## Glossar / Abkürzungsverzeichnis

/a	pro Jahr (per annum)
AEV	Amt für Energie und Verkehr
AGD	Aktionsplan Green Deal für Graubünden
ANU	Amt für Natur und Umwelt
AWN	Amt für Wald und Naturgefahren
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
CH	Schweiz
fm	Festmeter = Kubikmeter feste Holzmasse
ForstBAR	Standard-Software für die forstliche Betriebsabrechnung
FWL	Feuerwärmeleistung
GR	Graubünden
KVA	Kehrichtverwertungsanlage
kW	Kilowatt
LeiNA	Leistungsnachweis -> Datenbank von geerntetem Holz
LFI	Landesforstinventar
MWh	Megawatt Stunden
Sm <sup>3</sup>	Schüttkubikmeter
Ster	Raummass für Scheitholz (1 m x 1 m x 1 m)
t	Tonnen
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung)
VZÄ	Vollzeitäquivalente
WKK	Wärmeerkraftkoppelung
WSL	Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

# 1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Der Klimawandel ist eines der zentralen Themen in der aktuellen Politik des Kantons Graubünden. Der Grosse Rat hat 2019 die Regierung mit der Ausarbeitung des «Aktionsplan Green Deal für Graubünden (AGD)» [1] beauftragt. Eines der Handlungsfelder im Aktionsplan ist die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare, womit auch die vermehrte Nutzung von Holz angestrebt wird.

**Substitution fossiler Energieträger**

Die Nachfrage nach Energieholz für grössere Anlagen (für Fernwärmenetze) ist in den letzten Jahren generell gestiegen. Nun stellt sich - auch von politischer Seite - vermehrt die Frage, ob genügend einheimisches Holz für neue oder erweiterte Holzenergieanlagen im Kanton Graubünden zur Verfügung gestellt werden kann.

**Steigende Nachfrage nach Energieholz**

Da im Kanton Graubünden das Energieholz, im Gegensatz zu manchen Mittellandkantonen, immer noch ein Koppelprodukt der Schutzwaldpflege und Stammholznutzung ist, lässt sich diese Frage nicht einfach beantworten.

**Energieholz ist Koppelprodukt**

Kenntnisse über das nutzbare Potential sind grundsätzlich vorhanden [1]. Allerdings gibt es erhebliche Unterschiede in der Grösse des Energieholzpotenzials in verschiedenen Studien. Darüber hinaus stehen aktuelle Modelle der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) für die Potenzialrechnung zur Verfügung [7] [10]. Modelle verwenden einen statistischen Ansatz, bei dem das Energieholzpotenzial über den Zuwachs und eine definierte Nutzung berechnet wird.

**Energieholzpotenzial Modelle**

In dieser Potenzialstudie erfolgt die Ermittlung des Energieholzpotenzials durch die Befragung der Revierförster, welche durch ihre Tätigkeiten spezifisches Wissen über den Wald in ihrem Revier haben. Durch diesen Ansatz kann das Energieholzpotenzial im Vergleich zu den Modellen sehr praxisnah abgeschätzt werden.

**Neuer Ansatz**

Aus diesen Gründen wurde die Firma GEO Partner AG beauftragt, eine neue Abschätzung des tatsächlich frei verfügbaren Energieholzpotenzials durchzuführen.

**Divergierende Angaben zum Energieholzpotenzial**

# 2 Projektziele und Ergebnisse

Projektziel ist, dass auf die Anfrage eines Grossrates, potenzieller Investoren oder einem Forstbetrieb als Lieferanten «Hat es genügend Holz für eine Holzenergieanlage am Standort XY?» eine fundierte Antwort gegeben werden kann.

**Antwort auf Frage nach Holz**

Dafür wird der Energieholzverbrauch der Energieholzproduktion im Kanton Graubünden gegenübergestellt und ein Holzflussdiagramm der aktuellen Situation erstellt. Dabei berücksichtigt werden geplante Anlagen, zusätzliche Energieholzpotenziale, der Aussenhandel und zusätzliche Erkenntnisse zum Energieholzmarkt. In die Auswertung mit einbezogen werden Waldholz, Flurholz, Restholz und Altholz.

**Energieholzbilanz**

Dadurch kann die aktuelle Situation im Kanton Graubünden abgeschätzt werden und Prognosen erstellt werden, wieviel Energieholz in Abhängigkeit unterschiedlicher Faktoren (Holzpreis, Beiträge Schutz- und Wirtschaftswald) in Zukunft genutzt werden kann. Die kleinste räumliche Einheit ist das Forstrevier.

**Prognose**

## 3 Systemgrenzen und Grundlagen

### 3.1 Sachliche Systemgrenzen

Zur Abschätzung des Energieholzpotenzials werden die folgenden vier Holzkategorien berücksichtigt:

- Waldholz (im Wald geerntetes Holz)
- Flurholz (verholzte Biomasse ausserhalb des Waldes)
- Restholz (unbehandelte Holzabfälle aus Sägereien und Holzverarbeitenden Betrieben)
- Altholz (Altholz gemäss Abfallverordnung und problematische Holzabfälle)

### 3.2 Räumliche Systemgrenzen

Die räumliche Systemgrenze stellt der Kanton Graubünden dar. Bei Import- und Exportflüssen wird aus Gründen des Datenschutzes und der Datenlage nicht zwischen ausserkantonalen und ausländischen Destinationen unterschieden.

**Ausland und andere Kantone  
gleich behandelt**



Abbildung 1: Die 64 Forstreviere, aufgeteilt in die 11 administrativen Regionen des Kantons Graubünden

Die kleinste räumliche Einheit ist das Forstrevier (64 Reviere). Die Auswertungen werden auf Stufe Region (11 Regionen) durchgeführt (Einteilung gemäss Stand 01.01.2021).

**Auswertungen auf Stufe Region**

### 3.3 Zeitliche Systemgrenze

Die Datenerhebung erfolgte separat für das Jahr 2022 und den Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2021. Falls zwischen den Jahren 2018 bis 2021 und dem Jahr 2022 keine grossen Unterschiede festgestellt wurden, wurde für die Auswertung der Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2022 verwendet. Bei Datenlücken oder Ausreissern wurden die Resultate entsprechend extrapoliert und korrigiert.

**Auswertung für die Periode 2018 bis 2022**

### 3.4 Umrechnungsfaktoren

Für allfällige Umrechnungen wurden die Faktoren in der folgenden Tabelle 1 verwendet. Wenn die Zusammensetzung des Waldholzes nicht bekannt ist, wird eine Mischung von 80 % Nadelholz und 20 % Laubholz angenommen.

**Umrechnungsfaktoren**

Tabelle 1: Verwendete Umrechnungsfaktoren [2] [3]

Einheit	Faktor	Bemerkung	Quelle
fm/Sm <sup>3</sup>	0.36	Nadel- und Laubholz lufttrocken	Vademecum Holzenergie
fm/Ster	0.71	Nadel- und Laubholz lufttrocken	Vademecum Holzenergie
fm/t	1.81	Nadelholz lufttrocken	Vademecum Holzenergie
fm/t	1.33	Laubholz lufttrocken	Vademecum Holzenergie
fm/t	1.18	Nadelholz waldfrisch	Vademecum Holzenergie
fm/t	0.95	Laubholz waldfrisch	Vademecum Holzenergie
fm/t	1.11	Flurholz (35 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
fm/t	1.47	Restholz (25 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
fm/t	1.56	Altholz (10 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
MWh/fm	3.13	Laubholz (35 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
MWh/fm	2.32	Nadelholz (35 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
MWh/fm	1.92	Flurholz (30-60 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
MWh/fm	2.61	Restholz (25 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik
MWh/fm	2.63	Altholz (10 % Wassergehalt)	Schweizerische Holzenergiestatistik

fm: Festmeter, Sm<sup>3</sup>: Schüttkubikmeter, t: Tonnen, MWh: Megawattstunden

## 4 Vorgehen

### 4.1 Energieholzproduktion

Die Energieholzproduktion beschreibt, wie viel Energieholz aus dem Kanton Graubünden jährlich für die energetische Verwertung bereitgestellt wird. Diese Auswertung gibt noch keine Informationen darüber, ob das Energieholz im Kanton energetisch verwertet wird oder exportiert wird.

**Energieholzproduktion**

### 4.1.1 Waldholz

Um die aktuelle Energieholzproduktion von Waldholz in den Bündner Regionen abzuschätzen, wurde eine umfangreiche Umfrage mit den 64 Revierförstern im Kanton durchgeführt. Um sicherzustellen, dass während des Ausfüllens des Fragebogens keine Missverständnisse oder Unklarheiten entstehen, wurden im Vorfeld mehrere Besprechungen mit den Revierförstern durchgeführt und der Fragebogen besprochen. Der komplette Fragebogen findet sich im Anhang A.1.

**Umfrage Revierförstern**

Die Energieholzernte (inkl. Schlagabraum und Privatwald) durch die Forstbetriebe und die Stockschläge bilden die Energieholzproduktion von Waldholz. Bei den Mengenangaben bezüglich der Energieholzernte und den Stockschlägen wurden die Revierförster unterstützt, indem die entsprechenden ForstBAR- und LeiNa-Daten aufbereitet im Fragebogen zur Verfügung standen. Die Revierförster waren aufgefordert, fehlerhafte Angaben zu korrigieren oder die Daten zu bestätigen.

**Energieholzproduktion Waldholz**

**ForstBAR, LeiNa Daten**

Die Umfrage bezog sich auf den öffentlichen Wald ohne Privatwald. Ausnahmen waren die Reviere Davos, Grüşch und Safiental. Hier wurde der Privatwald miteinbezogen, da er einen grossen Anteil an der Waldfläche und den Nutzungen ausmacht. Diese drei Reviere decken ca. 1/3 der Privatwaldfläche im Kanton Graubünden (13 % der Fläche resp. 12 % der Holzernte des gesamten Waldes) ab.

**Befragung ohne Privatwald**

Der Anteil der Energieholzernte aus dem durch die Umfrage nicht erfassten Privatwald wurde gemäss der Forststatistik-Zahlen und der durchschnittlichen Sortimentsaufteilung der Nutzung des öffentlichen Waldes hinzugerechnet.

**Privatwald rechnerisch dazu gezählt**

Die in der Umfrage zur Energieholzproduktion erhobene Angaben wurden aufgrund der Möglichkeit von Ungenauigkeit und Unvollständigkeit mit einer Unsicherheit von 10 % versehen.

**Unsicherheit**

### 4.1.2 Flurholz

Zur Energieholzproduktion von Flurholz zählt nur das Flurholz, das im Kanton Graubünden gesammelt und für die energetische Verwertung bereitgestellt wird. Flurholz, das liegengelassen wird, zählt nicht zur Energieholzproduktion.

**Energieholzproduktion Flurholz**

Die effektive Energieholzproduktion von Flurholz wird aktuell nicht erhoben. Um die Energieholzproduktion von Flurholz abzuschätzen, wird angenommen, dass die Energieholzproduktion dem Energieholzverbrauch (exkl. Importe) im Kanton Graubünden entspricht. Diese Schätzung basiert auf der Voraussetzung, dass Flurholz nicht aus dem Kanton Graubünden exportiert wird.

**Abschätzung**

### 4.1.3 Restholz

Die Energieholzproduktion von Restholz umfasst das in holzverarbeitenden Betrieben im Kanton Graubünden anfallende Restholz. Dabei spielt die Herkunft des verarbeiteten Holzes keine Rolle.

**Energieholzproduktion Restholz**

Der Anfall von Restholz wurde analog der Untersuchung *Energieholzpotenzial Graubünden* von 2015 [1] mit aktualisierten Werten ermittelt und in den folgenden Absätzen erklärt.

**Vorgehen analog Untersuchung 2015**

Das anfallende Restholz wird über die Anzahl Vollzeitäquivalente (VZÄ) Stellen bei den holzverarbeitenden Betrieben und den entsprechenden Faktoren zum Restholzanfall pro untersuchte Branche berechnet [4] [5]. Dabei wird zwischen 15 verschiedenen Branchen unterschieden.

**Vollzeitäquivalente**

Eine Ausnahme bildet das Restholz aus Sägereien, dessen Daten aus der Eidgenössischen Holzverarbeitungserhebung 2022 stammen. Es wird angenommen, dass diese Daten keine Unsicherheit aufweisen [6].

**Sägereien**

Die verwendeten Faktoren sind in Anhang A.2 aufgeführt und wurden mit einer Unsicherheit von 30 % belegt.

**Unsicherheit, Faktoren im Anhang A.2**

#### 4.1.4 Altholz

Beim Altholz entspricht die Energieholzproduktion, dem an den Aufbereitungsanlagen im Kanton Graubünden anfallenden Altholz.

**Energieholzproduktion Altholz**

Der Anfall von Altholz wurde aufgrund der Daten für das Jahr 2022 und den Zuordnungen, welche für die Holzabfallflüsse im Jahr 2020 im Rahmen der Vollzugskontrolle Holzabfälle [7] erarbeitet wurden, berechnet. Die Zuteilung auf die Regionen erfolgte aufgrund der Annahmen zur Bautätigkeit im Kanton Graubünden, welche in der Untersuchung *Energieholzpotenzial Graubünden* von 2015 [1] hergeleitet wurden. Die geografische Verteilung des Altholzpotezials wurde mit einer Unsicherheit von 20 % belegt.

**Aktualisierte Werte von 2022, regionale Zuteilung aufgrund Bautätigkeit**

## 4.2 Zusätzliches Energieholzpotenzial

Das zusätzliche Energieholzpotenzial umfasst Energieholz, welches zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht für die Energieholzproduktion genutzt wird, aber unter gewissen Umständen genutzt werden könnte.

**Zusätzliche Energieholzpotenzial**

### 4.2.1 Waldholz

Das zusätzliche Energieholzpotenzial von Waldholz in den Bündner Regionen wurde in der gleichen Umfrage mit den 64 Revierförstern wie die Energieholzproduktion erfragt (vgl. Kapitel 4.1.1, Anhang A.1.).

**Umfrage Revierförstern**

In der Umfrage und der im Vorfeld durchgeführten Besprechung wurde als Rahmenbedingung für das zusätzliche Energieholzpotenzial eine langfristige nachhaltige Waldwirtschaft vorausgesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass dies von den Revierförstern bei ihren Angaben berücksichtigt wurde.

**Nachhaltigkeit**

Das zusätzliche Wald-Energieholzpotenzial wird in drei Themen unterteilt:

- Zusätzliches Energieholzpotenzial bei langfristiger Holzpreiserhöhung
- Zusätzliches Energieholzpotenzial bei langfristiger Beitragserhöhung im Wirtschafts- und Schutzwald
- Zusätzliches Energieholzpotenzial von ungenutztem Schlagabraum

**Themen**

Da Waldholz mehrheitlich dann geschlagen wird, wenn der Preis für das Holz oder allfällige staatliche Beiträge für die Schutz- oder Wirtschaftswaldbewirtschaftung ausreichend hoch sind, hängt das zusätzliche Energieholzpotenzial massgebend vom Holzpreis und den Beiträgen ab. Um diese Abhängigkeit zu berücksichtigen, wurde das zusätzliche Energieholzpotenzial separat für drei Stufen einer Holzpreis- oder Beitragserhöhung erfasst (<25 %, 25-50 %, >50 %). Eine allfällige Erhöhung der Holzpreise oder der Beiträge bezieht sich auf Stamm-, Industrie- und Energieholz, jedoch ohne, dass es zu einer Verschiebung zwischen den Holzsortimenten kommt.

**Holzpreise und Beiträge**

Bei der heutigen Rechtslage würden bei steigenden Holzpreisen die Beiträge sinken, und umgekehrt; wie bei kommunizierenden Wasserröhren. Um herauszufinden, ob eine allfällige Erhöhung des Energieholzpotenzials eher von höheren Holzpreisen oder von höheren Beiträgen abhängt (ohne die heutigen gesetzlichen Rahmenbedingung zu berücksichtigen), wurden zwei Szenarien abgefragt: Wie verändert sich das Energieholzpotenzial bei steigenden Holzpreisen und gleichbleibenden Beiträgen und umgekehrt, bei höheren Beiträgen und konstanten Holzpreisen. Für die weiter folgenden Auswertungen wird das Szenario mit dem grössten Potential (= Holzpreiserhöhung > 50%) verwendet.

**2 Szenarien**

Selbst ohne eine Erhöhung der Holzpreise oder Beiträge ist ein zusätzliches Energieholzpotenzial in Form von ungenutztem Schlagabraum vorhanden. Da Schlagabraum aber hauptsächlich aus Astwerk und Kronenmaterial besteht, ist eine energetische Verwertung in kleinen Feuerungsanlagen aufgrund des heterogenen Materials und hohem Ascheanfalls ungeeignet. Dieses zusätzliche Energieholzpotenzial ist demnach mit Vorsicht zu betrachten, da es nur genutzt werden kann, wenn entsprechende grosse Feuerungsanlagen vorhanden sind, die den Schlagabraum effizient energetisch verwerten können.

**Ungenutzter Schlagabraum**

Aufgrund der Tatsache, dass die Abschätzung des zusätzlichen Energieholzpotenziales massgeblich von der subjektiven Einschätzung und Meinung des Revierförsters abhängt, wurden diese Daten mit einer Unsicherheit von 25 % versehen. Die Unsicherheit ist nicht im klassischen Sinne als Fehler, sondern als Ermessensspielraum zu verstehen.

**Unsicherheit**

#### **4.2.2 Flurholz**

Das zusätzliche Energieholzpotenzial von Flurholz wird abgeschätzt, indem die jährlich zuwachsende Flurholzmenge, für die eine Nutzung aufgrund der Erreichbarkeit als realistisch angenommen wird, berechnet wird. Durch den Abzug des bereits genutzten Anteils (exkl. Importe) ergibt sich das zusätzliche Energieholzpotenzial von Flurholz.

**Zusätzliches Energieholzpotenzial  
Flurholz**

Der Zuwachs wurde analog der Untersuchung *Energieholzpotenzial Graubünden* von 2015 [1] und mit aktualisierten Werten aus der Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik (BFS) berechnet und ist in den folgenden Absätzen erklärt. Für die Berechnung wurden aus der Arealstatistik des BFS Flächen mit einem Flurholzzuwachs identifiziert und folgenden Kategorien zugeteilt:

- Verkehrsgrün
- Uferbereich
- Siedlungsgebiet
- Hecken
- Landwirtschaftliche Nutzfläche (Obstanlagen, Feldobst, Rebbau)

Jede Kategorie hat einen spezifischen Flurholzzuwachs, welcher je nach Höhenlage und Region (Alpen, Alpensüdseite) angepasst wird [4]. Daraus ergibt sich ein jährlicher Zuwachs an Flurholz.

Da zum Beispiel Flurholz in einem Siedlungsgebiet auf 1500 m ü. M. besser erreichbar ist als das aus einem Uferbereich in der gleichen Höhenlage, wird der nutzbare Anteil vom Flurholzzuwachs je nach Kategorie, Fläche und Höhenlage bezüglich der Erreichbarkeit angepasst. Daraus resultiert der jährliche nutzbare Flurholzzuwachs.

Um das zusätzliche Energieholzpotenzial von Flurholz zu ermitteln, wird vom jährlichen nutzbaren Flurholzzuwachs der Energieholzverbrauch abgezogen.

Die Zusammensetzung des Flurholzes von Nadel- Laub-, Hart- und Weichholz ist ausschlaggebend für den Energiegehalt und wurde für die einzelnen Regionen individuell festgelegt.

Alle verwendeten Faktoren und die Unsicherheiten sind im Anhang A.3 aufgeführt.

Wie beim Schlagabraum sind für die energetische Verwertung von Flurholz aufgrund des heterogenen und z. T. geringen Energiehalts mit hohem Aschenanteil grosse Feuerungsanlagen notwendig. Das zusätzliche Energieholzpotenzial muss dementsprechend mit Vorsicht betrachtet werden, da eine geeignete Anlage in der Umgebung eine Voraussetzung für die energetische Verwertung ist.

### 4.2.3 Restholz

Der Anfall von Restholz ist an die Verarbeitung von Holz gebunden. Ein zusätzliches Energieholzpotenzial von Restholz ergibt sich demnach nur, wenn die Verarbeitung ausgebaut wird. Um dies abzuschätzen wurden Informationen zu neuen Bauprojekten von Sägereien eingeholt und zusammengetragen. Bei der Produktion von Sägewaren wird von einem Restholzanfall von 40 % ausgegangen.

Wie bei anderen Prognosen wird dieses zusätzliche Energieholzpotenzial unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von 25 % berechnet.

**Vorgehen analog Untersuchung 2015**

**Kategorien Flächen**

**Flurholzzuwachs**

**Erreichbarkeit**

**Energieholzverbrauch**

**Energiegehalt**

**Faktoren im Anhang A.3**

**Energetische Verwertung**

**Zusätzliches Energieholzpotenzial Restholz**

**Unsicherheit**

#### 4.2.4 Altholz

Das Potenzial von Altholz kann von der Verbraucherseite her nicht gesteigert werden, da es von der Bautätigkeit und dem Entsorgungsverhalten der Bevölkerung abhängt. Auf die Angabe eines zusätzlichen Potenzials wird deshalb verzichtet.

**Zusätzliches Energieholzpotenzial Altholz**

### 4.3 Energieholzverbrauch

Der Energieholzverbrauch im Kanton Graubünden wurde über Befragungen der Revierförster und Feuerungsbetreibern (vgl. Anhang A.4) sowie über die Schweizerische Holzenergiestatistik abgeschätzt [1] [3] [7]. Dabei wird nicht zwischen importiertem oder aus dem Kanton Graubünden stammendem Energieholz unterschieden.

**Abschätzung über Befragungen und Statistiken**

Der Energieholzverbrauch wurde dabei auf die Anlagenkategorien der Schweizerischen Holzenergiestatistik unterteilt und spezifisch ermittelt (vgl. Tabelle 2).

**Anlagenkategorien**

Tabelle 2: Anlagenkategorien der Schweizerischen Holzenergiestatistik

Kategorie	Anlage
1	Offene Cheminées
2	Geschlossene Cheminées
3	Cheminéeöfen
4a	Zimmeröfen (Wohnbereich)
4b	Pelletöfen
5	Kachelöfen
6	Holzkochherde
7	Zentralheizungsherde
8	Stückholzkessel < 50 kW
9	Stückholzkessel > 50 kW
10	Doppel-/Wechselbrand
11a	Automatische Feuerungen < 50 kW
11b	Pelletfeuerungen < 50 kW
12a	Automatische Feuerungen 50-300 kW, a. HVB
12b	Pelletfeuerungen 50-300 kW
13	Automatische Feuerungen 50-300 kW, i. HVB
14a	Automatische Feuerungen 300-500 kW, a. HVB
14b	Pelletfeuerungen 300-500 kW
15	Automatische Feuerungen 300-500 kW, i. HVB
16a	Automatische Feuerungen > 500 kW, a. HVB
16b	Pelletfeuerungen > 500 kW
17	Automatische Feuerungen > 500 kW, i. HVB
18	Wärmeleistungskopplungsanlagen (WKK-Anlagen)
19	Anlagen für erneuerbare Abfälle
20	Kehrichtverwertungsanlagen

Die Anlagenkategorien werden für die weitere Auswertung in folgende Gruppen zusammengefasst:

- Kategorie 1-10: Handbeschickte Feuerungen, Waldholz
- Kategorie 11a, 12a, 14a, 16a : Automatische Feuerungen, Waldholz
- Kategorie 11b, 12b, 14b, 16b: Feuerungen, Pellets
- Kategorie 13, 15, 17: Feuerungen, Restholz
- Kategorie 18, 19, 20: Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen und Kehrichtverwertungsanlagen (KVA)

Da die Daten zu den Anlagenkategorien 1 bis 11 in der Schweizerischen Holzenergiestatistik nur schweizweit vorliegen, wurden diese Daten anhand der Wohnungsanzahl in Graubünden und Korrekturfaktoren proportional zu den Schweizer Werten berechnet. Da nicht nur in Wohnungen mit Holzheizung Holz verbrannt wird (-> Cheminées), erfolgt die Anpassung an den Kanton Graubünden über sämtliche Wohnungen. Die Korrekturfaktoren berücksichtigen gutachtlich die Höhenlage und den Tourismus in Graubünden. Die grössere Höhenlage von Graubünden im Vergleich zu weiten Teilen der restlichen Schweiz führt zu mehr Heizgradtagen im Jahr (Faktor 1.2). Infolge des tieferen Belegungsgrades, aber häufigeren Betriebs von Cheminées wird ein Faktor 0.9 bei der Wohnungsanzahl angewandt. Aufgrund neuester Empfehlungen von Holzenergie Schweiz [16] wurden die Verbrauchszahlen für Cheminéeöfen (Kat. 3) auf einen Verbrauch von 40 % und bei den Kachelöfen (Kat. 5) auf einen solchen von 80 % der angegebenen Werte reduziert. Die berechneten Werte werden mit einer Unsicherheit von 25 % versehen.

**Anpassungen bei Kleinfeuerungen <50 kW**

Die Kategorien 12 bis 17 sind auf die Kantone aufgeschlüsselt. Die Pellet- (Kat. 11b, 12b, 14b, 16b) und Restholzfeuerungen (13, 15, 17) werden in den Umfragen nicht behandelt und deswegen aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik übernommen und mit einer Unsicherheit von 10 % versehen.

**Feuerungen >50 kW, Pellets und Restholz**

Durch die Umfrage mit den Feuerungsbetreibern werden die Angaben der Feuerungen mit Waldholz aus der Holzenergiestatistik (Kat. 12a, 14a, 16a) plausibilisiert und angepasst. Dabei wurden insgesamt rund 200 Feuerungsbetreiber angeschrieben, wovon 26 eine Feuerwärmeleistung (FWL) grösser als 500 kW (Kat. 16a) und rund 175 eine kleinere FWL (Kat. 12a, 14a) haben.

**Feuerungen >50 kW, Waldholz**

Die Anlagen der Kategorien 18 und 19 (Holz- Wärmekraftkopplungsanlagen, Altholzfeuerungen) werden in der Schweizerischen Holzenergiestatistik ebenfalls nicht kantonal erfasst. Da es sich dabei um wenige grosse Anlagen handelt, die nicht in Relation zur Bevölkerung oder Wohnungen verteilt sind, wurde der Energieholzverbrauch dieser Feuerungen separat befragt.

**Feuerungen Kat. 18 und 19**

In Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) (Anlagenkategorie 20) wird Energieholz hauptsächlich in Form von Sonderabfällen (Problematische Holzabfälle) und in geringerem Ausmass von logistisch einfacher in eine KVA zu transportierendem Altholz energetisch verwertet. Diese Daten wurden im Jahr 2020 im Rahmen der «Vollzugskontrolle Holzabfälle Graubünden und Holzabfallflüsse» [7] erhoben und für diese Auswertung übernommen.

**Feuerungen Kat. 20**

Für die Daten aus Befragungen wurde eine Unsicherheit von 10 % angenommen. Die Unsicherheit ergibt sich aus der Tatsache, dass bei Fragebögen immer die Möglichkeit besteht, dass diese ungenau oder unvollständig beantwortet werden.

**Unsicherheiten**

## 4.4 Geplante Anlagen

In den Umfragen mit den Revierförstern und den Feuerungsbetreibern konnten laufend Informationen zu geplanten Feuerungsanlagen gesammelt werden, welche mit Informationen vom ANU ergänzt wurden.

**Umfragen Revierförster und Feuerungsbetreibern, ANU**

Wo möglich wurde der Stand der geplanten Anlage in Erfahrung gebracht und in folgende drei Stufen aufgeteilt. Die Unsicherheit wurde je nach Stand der Umsetzung angepasst.

**Stand der Umsetzung, Unsicherheit**

- Idee: Lediglich die Idee ist vorhanden (Unsicherheit: 50 %)
- Studie: Erste Abklärungen wurden gemacht (Unsicherheit: 25 %)
- Projekt: In Projektierungsphase (Unsicherheit: 10 %)
- Unbekannt: (Unsicherheit: 50 %)

Nebst der üblichen thermischen Verwertung von Energieholz sind in letzter Zeit auch alternative Anwendungen hinzugekommen. Darunter fallen die Herstellung von Pflanzenkohle mittels Pyrolyseverfahren und die Verwertung in Bioraffinerien. Unter der Verwertung in Bioraffinerien versteht man die Umwandlung von Holz in diverse wertvolle Produkte wie Biokraftstoffe, Chemikalien und Materialien durch komplexe Verarbeitungsverfahren, die die organischen Bestandteile des Holzes nutzen. Informationen zu geplanten Anlagen konnten durch Kontaktpersonen in den jeweiligen Industriefeldern in Erfahrung gebracht werden. Der Holzbedarf dieser Verwertungen wird unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von 25 % angenommen.

**Pflanzenkohle und Bioraffinerie**

Auch die Wasserstoffproduktion wird als mögliche Anwendung von Holzenergie genannt. Ob die H<sub>2</sub>-Herstellung über die Elektrolyse und dem Einsatz von Strom aus mit Holz betriebenen Turbinen oder über thermochemische Verfahren erfolgt, spielt im Prinzip keine Rolle. Der Wirkungsgrad ist bei allen Verfahren tief. Die Herstellung ergibt nur dann Sinn, wenn ein Überschuss an vorhandener Energie vorliegt. Das ist beim Einsatz von Energieholz aber nie der Fall (vgl. Kapitel 6.4).

**Wasserstoffproduktion mit tiefem Wirkungsgrad**

## 4.5 Energieholzbilanz

Abschliessend wird die Energieholzproduktion (inkl. zusätzliches Energieholzpotenzial) mit dem Energieholzverbrauch (inkl. geplante Anlagen) verglichen. In einem ersten Schritt wird der Import im Energieholzverbrauch nicht separat ausgewiesen, um abschätzen zu können, inwieweit der Energieholzverbrauch durch Bündner Energieholz gedeckt werden könnte und um eine Prognose hinsichtlich der geplanten Anlagen und der zusätzlichen Energieholzpotenziale zu erstellen.

**Energieholzbilanz**

In einem weiteren Schritt werden gesammelte Informationen zum Aussenhandel von Energieholz in die Auswertung mit einbezogen und ein Holzflussdiagramm erstellt. Durch diese Übersicht und das erlangte Verständnis lässt sich die aktuelle Situation des Energieholzmarktes in Graubünden interpretieren und allfällige Potenziale oder Engpässe identifizieren.

**Holzflussdiagramm**

Der Aussenhandel wurde in der Umfrage mit den 64 Revierförstern (Kapitel 4.1.1, Anhang A.1) und durch eine weitere Umfrage mit den im Energieholzhandel tätigen Forstunternehmen (vgl. Anhang A.5) und Interviews mit Stückbrennholzhändler ermittelt.

**Aussenhandel**

Um die Verwertungswege des Energieholzes aus dem Wald zu verstehen, wurden in der Umfrage mit den Revierförstern auch Daten bezüglich dem verkauften Energieholz und den Abnehmern erhoben. Dabei wurden die Abnehmer in folgende Kategorien eingeteilt:

**Umfrage Revierförster**

- Eigenverbrauch: zum Beispiel die Heizung des eigenen Werkhofes
- Lokales Fernwärmenetz: Fernwärmenetze innerhalb des eigenen Forstrevieres
- Kleinabnehmer: Abnehmer mit einer Menge bis zu ca. 15 Festmeter, 20 Ster, 15 Tonnen oder 40 Schüttkubikmeter
- Grosseinkäufer: Abnehmer mit einer grösseren Menge als Kleinabnehmer

Aus den Befragungen der Revierförster wurden die Forstunternehmen mit den meisten Energieholzumsätzen ermittelt. Dabei wurde sowohl der Verkauf über Stockschläge als auch der Verkauf von Energieholz über die Forstbetriebe berücksichtigt. Neben Fragebögen wurden auch persönliche Interviews durchgeführt, um die Verwertungswege des Bündner Energieholzes aufzuschlüsseln und die Importe und Exporte zu ermitteln.

**Umfrage Forstunternehmen**

Aufgrund von Informationen zum unklaren Verkauf von Stückbrennholz erfolgte zusätzlich eine Befragung von 32 Bündner Stückbrennholzhändler. Diese Befragung wurde von Graubünden Holz mittels Telefoninterviews und Mailanschriften durchgeführt.

**Umfrage Händler Stückbrennholz**

Die Aussagen aus diesen beiden Umfragen wurden mit einer Unsicherheit von 10 % versehen.

**Unsicherheit**

## 5 Resultate

### 5.1 Energieholzproduktion

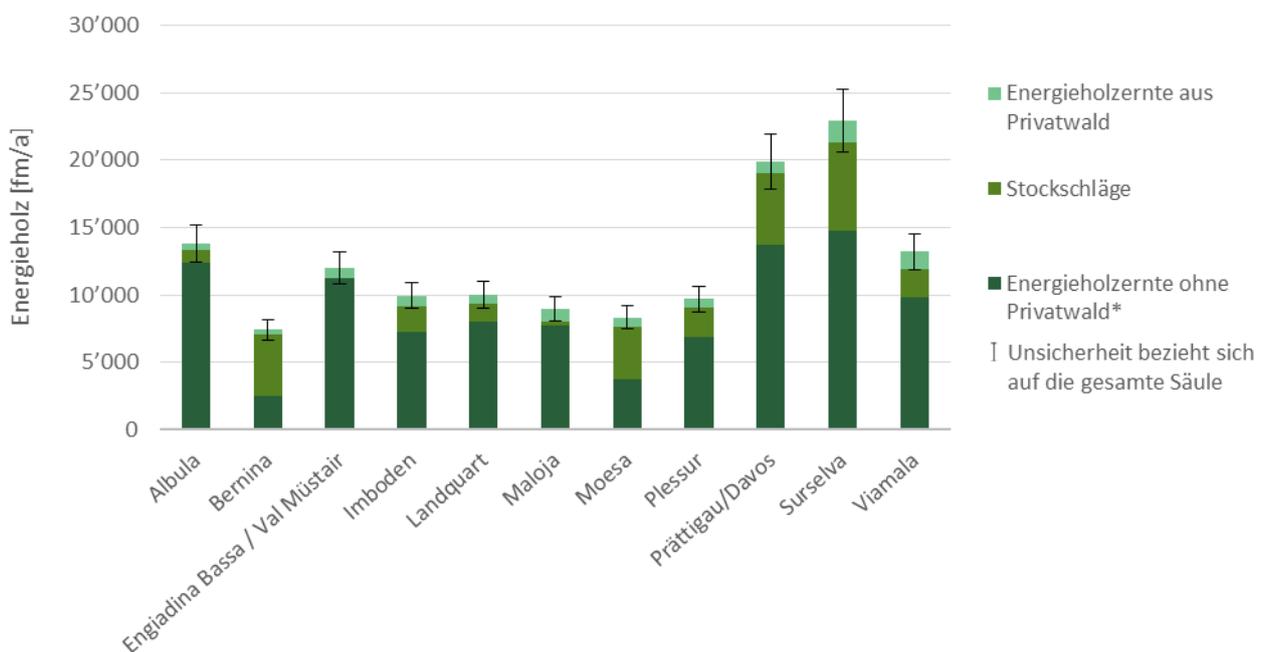
#### 5.1.1 Waldholz

Abbildung 2 und Tabelle 3 zeigen die zwischen 2018 und 2022 durchschnittliche jährliche Energieholzproduktion von Waldholz. Sie setzt sich aus der Energieholzernte durch die Forstbetriebe (inkl. Schlagabraum und Privatwald) und den Stockschlägen zusammen. Die Daten wurden in der Umfrage mit den Revierförstern auf der Basis der ForstBar- und LeiNa-Daten sowie der Forststatistik erhoben.

Die aufgeschlüsselten Resultate zu den einzelnen Regionen befinden sich im Anhang A.6, Tabelle 35.

#### Energieholzproduktion Waldholz

#### Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang



\* Inklusive der im Fragebogen erhobene Energieholzernte im Privatwald der Reviere Davos, Grüşch und Safiental

Abbildung 2: Durchschnittliche jährliche Energieholzproduktion in den Bündner Regionen aufgeschlüsselt nach der Energieholzernte (ohne Privatwald)\*, den Stockschlägen und der Energieholzernte aus dem Privatwald, 2018-2022

Der Anteil durch Stockschläge geschlagenes Energieholz variiert stark zwischen den Regionen. In der Region Bernina werden 62 % durch Stockschläge geerntet, während in es in der Region Engiadina Bassa / Val Müstair nur 1 % sind.

#### Grosse Variation

Tabelle 3: Durchschnittliche jährliche Energieholzproduktion (inkl. Stockschläge und Privatwald) in den Bündner Regionen, 2018-2022

Region	Energieholzproduktion Waldholz	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	13'800 ± 1'400	32'000 ± 3'200
Bernina	7'500 ± 750	17'400 ± 1'700
Engiadina Bassa / Val Müstair	12'000 ± 1'200	27'900 ± 2'800
Imboden	10'000 ± 990	24'300 ± 2'400
Landquart	10'000 ± 1'000	27'900 ± 2'800
Maloja	9'100 ± 900	21'600 ± 2'200
Moesa	8'300 ± 830	22'400 ± 2'200
Plessur	9'700 ± 970	24'100 ± 2'400
Prättigau / Davos	19'800 ± 2'000	48'800 ± 4'900
Surselva	22'900 ± 2'300	58'500 ± 5'900
Viamala	13'200 ± 1'300	30'700 ± 3'100
Kanton Graubünden	136'200 ± 13'600	335'600 ± 33'600

Insgesamt wurden im Schnitt zwischen 2018 und 2022 im Kanton Graubünden 136'200 ± 13'600 fm/a Waldholz als Energieholz in den Forstrevieren geschlagen.

**Kanton Graubünden**

### 5.1.2 Flurholz

Da die Energieholzproduktion von Flurholz nicht erhoben wird, wird sie dem Energieholzverbrauch von Flurholz aus dem Kanton Graubünden (exkl. Importe) gleichgesetzt. Dies entspricht einer Menge von 5'700 fm. Der Energieholzverbrauch von Flurholz und der Importanteil sind den Kapiteln 5.3.4 und 5.5.6 zu entnehmen.

**Energieholzproduktion Flurholz**

Es wird davon ausgegangen, dass Flurholz manchmal fälschlicherweise als Waldholz klassiert wird, weshalb die Energieholzproduktion wie auch der Energieholzverbrauch von Flurholz eher unterschätzt wird.

**Unterschätzung**

### 5.1.3 Restholz

Die Energieholzproduktion von Restholz ist nach Wirtschaftsart aufgeschlüsselt in Abbildung 3 und zusammengefasst in Tabelle 4 dargestellt. Beim Restholz zählt das gesamte in holzverarbeitenden Betrieben im Kanton Graubünden anfallende Restholz zur Energieholzproduktion.

**Energieholzproduktion Restholz**

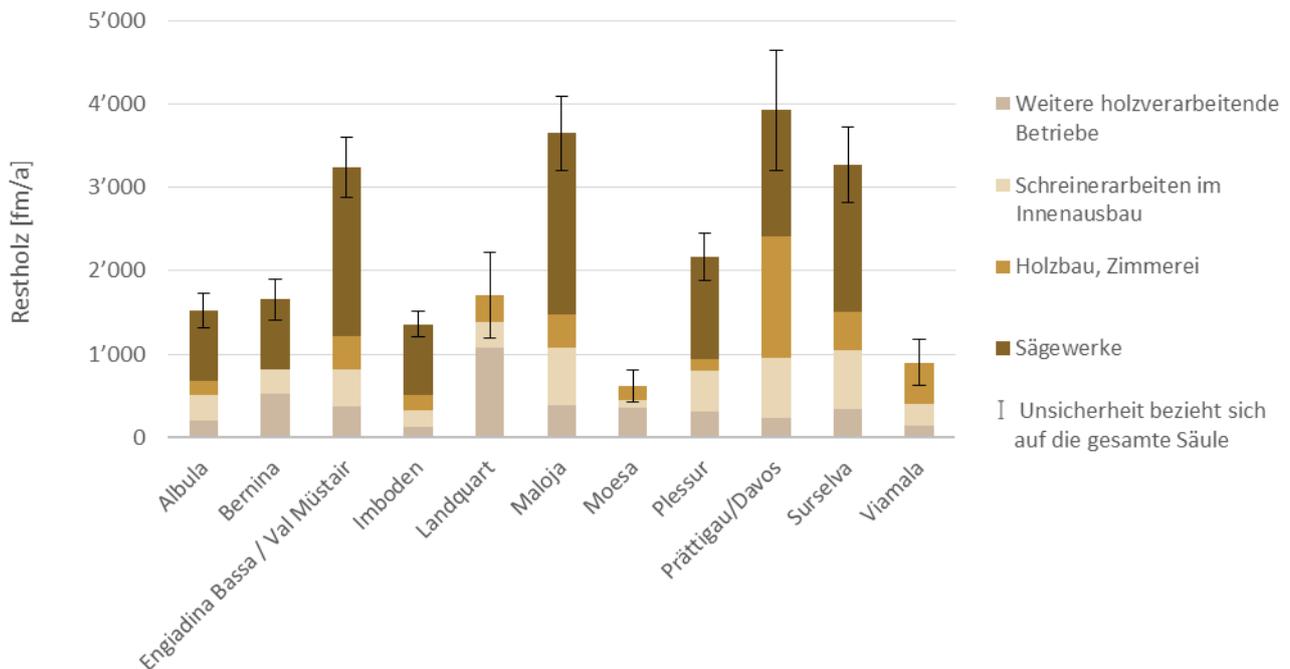


Abbildung 3: Anfallende Menge Restholz in den Bündner Regionen nach Wirtschaftsart aufgeteilt, 2022

Die detaillierte Aufschlüsselung der Energieholzproduktion von Restholz ist im Anhang A.7, Tabelle 36 zu finden.

Abbildung 3 zeigt auch die Wirtschaftsart in der das Restholz anfällt. Bis auf die Regionen Landquart und Moesa fällt 70 % bis 94 % des Restholzes in den Wirtschaftsarten Sägewerke, Holzbau und Zimmereien und Schreinerarbeiten im Innenausbau an. In den beiden genannten Regionen gibt es keine Sägewerke, in denen besonders viel Restholz anfällt. Die Region Landquart hat dafür einen überdurchschnittlichen Anfall an Restholz aus den Wirtschaftsarten «Herstellung von sonstigen vorfabrizierten Holzbausystemen und Fertigteilbauteilen aus Holz» sowie «Herstellung von Verpackungsmitteln, Lagerbehältern und Ladungsträgern aus Holz».

Die Unsicherheit in den Regionen mit einem hohen Anfall von Restholz aus Sägewerken ist im Vergleich zu den anderen Regionen prozentual geringer. Dies liegt daran, dass für das Restholz aus Sägewerken keine Unsicherheit angenommen wurde, da diese Werte nicht berechnet, sondern aus erhobenen Daten des BFS stammen.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

**Wirtschaftsarten**

**Unsicherheit**

Tabelle 4: Anfallende Menge Restholz und deren Energiewerte in den Bündner Regionen, 2022

Region	Energieholzproduktion Restholz	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	1'500 ± 210	4'000 ± 1'200
Bernina	1'700 ± 250	4'300 ± 1'300
Engiadina Bassa / Val Müstair	3'200 ± 370	8'500 ± 2'600
Imboden	1'400 ± 150	3'500 ± 1'100
Landquart	1'700 ± 510	4'500 ± 1'400
Maloja	3'600 ± 450	9'500 ± 2'900
Moesa	620 ± 190	1'600 ± 500
Plessur	2'200 ± 280	5'700 ± 1'700
Prättigau / Davos	3'900 ± 720	10'200 ± 3'100
Surselva	3'300 ± 450	8'500 ± 2'600
Viamala	900 ± 270	2'400 ± 700
Kanton Graubünden	24'000 ± 3'800	62'700 ± 18'800

Deutlich am meisten Restholz fällt in den Regionen Engiadina Bassa/Val Müstair, Maloja, Prättigau/Davos und Surselva an (vgl. Abbildung 3 und Tabelle 4). Die Restholzmenge korrespondiert mit den Standorten der holzverarbeitenden Betriebe.

**Holzverarbeitende Betriebe**

Auf den ganzen Kanton Graubünden gesehen beträgt die Energieholzproduktion von Restholz 24'000 ± 3'800 fm/a. Dies entspricht einem Energiewert von 62'700 ± 18'800 MWh/a (vgl. Abbildung 3 und Tabelle 4).

**Energieholzproduktion Restholz**

Auf den gesamten Kanton bezogen ist die Menge Restholz gegenüber der Auswertung für das Jahr 2015 nur ganz leicht (+5 %) gestiegen (vgl. AnhangA.7, Tabelle 36). In den Regionen gibt es infolge Schliessungen von Sägereien jedoch deutliche Veränderungen, die sich aber auf kantonaler Ebene wieder ausgleichen.

**Vergleich mit 2013**

#### 5.1.4 Altholz

In Abbildung 4 und Tabelle 5 ist die Energieholzproduktion von Altholz in den Bündner Regionen dargestellt. Die Energieholzproduktion umfasst dabei das an den Aufbereitungsanlagen im Kanton Graubünden anfallenden Altholz.

**Energieholzproduktion Altholz**

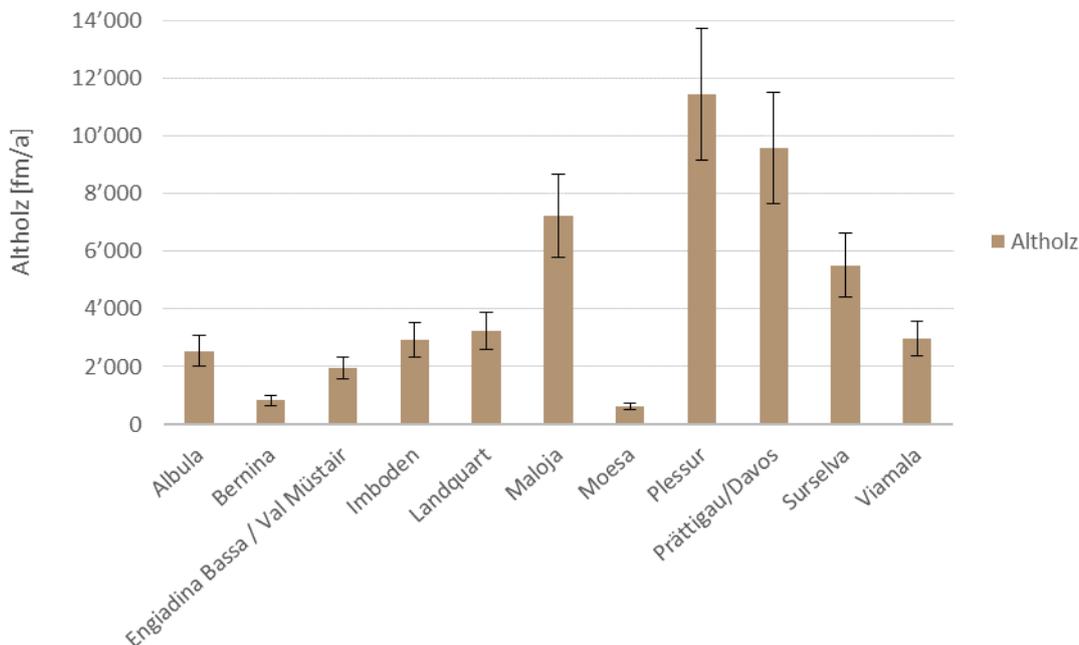


Abbildung 4: Anfallende Menge Altholz in den Bündner Regionen, 2022

Die Menge an anfallendem Altholz variiert stark zwischen den Bündner Regionen. Die hier angegebenen Mengen beziehen sich auf den Entstehungsort, und nicht auf den Standort der Altholzannahmestellen.

**Grosse Variabilität**

Tabelle 5: Anfallende Menge Altholz und die Unsicherheit in den Bündner Regionen, 2022

Region	Energieholzproduktion Altholz	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	2'600 ± 510	6'700 ± 1'300
Bernina	830 ± 170	2'200 ± 440
Engiadina Bassa / Val Müstair	1'900 ± 390	5'100 ± 1'000
Imboden	2'900 ± 590	7'700 ± 1'500
Landquart	3'200 ± 650	8'500 ± 1'700
Maloja	7'200 ± 1'400	19'000 ± 3'800
Moesa	600 ± 120	1'600 ± 320
Plessur	11'420 ± 2'300	30'000 ± 6'000
Prättigau / Davos	9'600 ± 1'900	25'200 ± 5'000
Surselva	5'500 ± 1'100	14'500 ± 2'900
Viamala	3'000 ± 600	7'800 ± 1'600
Kanton Graubünden	48'800 ± 9'800	128'400 ± 25'700

Zusammen ergibt sich in den Bündner Regionen ein Energieholzpotenzial von 48'800 ± 9'800 fm/a Altholz, was einem Energiewert von 128'400 ± 25'700 MWh/a entspricht (vgl. Tabelle 5).

**Energieholzpotenzial Altholz**

Im Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2015 blieb die Menge Altholz praktisch konstant (vgl. Anhang A.8, Tabelle 37). Da die regionale Verteilung aus

**Vergleich mit 2015**

der Auswertung im Jahr 2013 übernommen wurde, zeigen sich auch hier keine Abweichungen.

### 5.1.5 Gesamte Energieholzproduktion

Die gesamte Energieholzproduktion beschreibt für Wald-, Rest-, Flur- und Altholz das im Kanton Graubünden für die energetische Verwertung zur Verfügung gestellte Energieholz. (vgl. Abbildung 5, Tabelle 6).

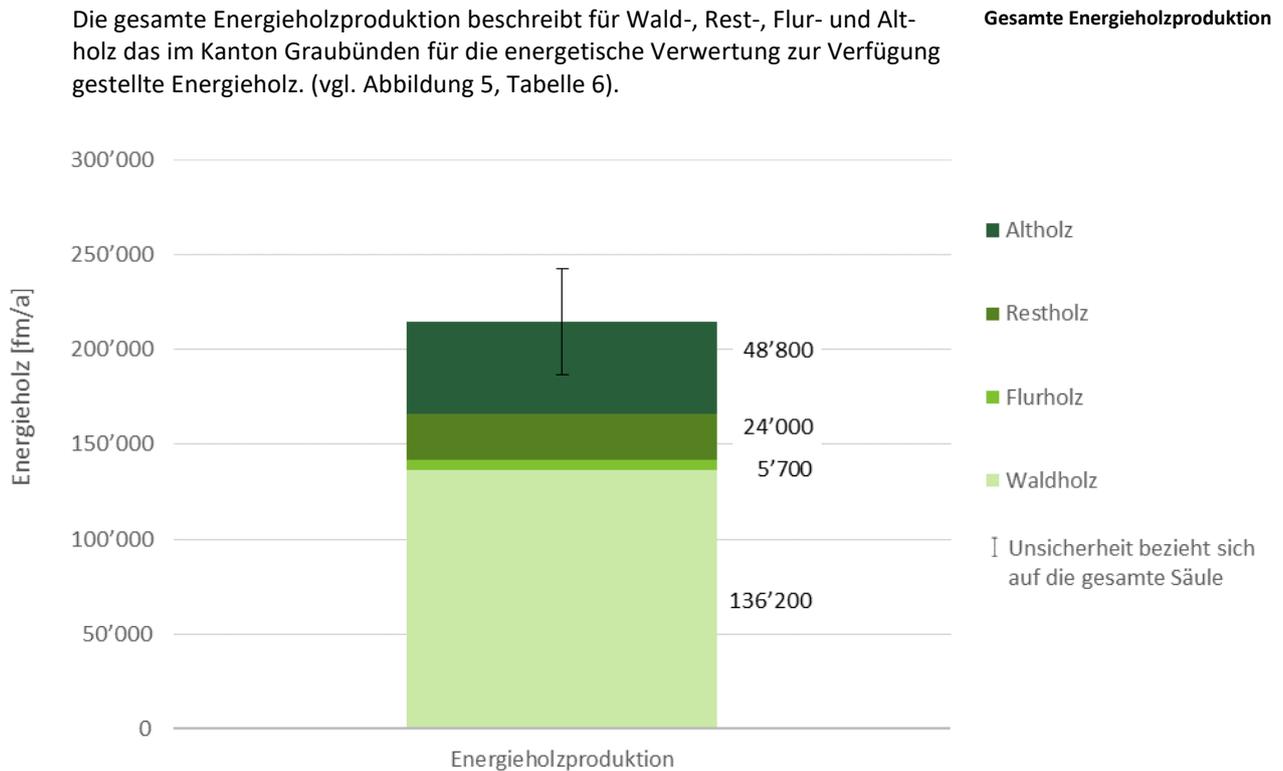


Abbildung 5: Durchschnittliche jährliche Energieholzproduktion im Kanton Graubünden, 2018-2022

Die Aufschlüsselung der gesamten Energieholzproduktion auf die Bündner Regionen ist im Anhang A.9, Tabelle 38 vorhanden.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

Tabelle 6: Durchschnittliche jährliche Energieholzproduktion im Kanton Graubünden, 2018-2022

Holzart	Energieholzproduktion	
	[fm/a]	[MWh/a]
Waldholz	136'200 ± 13'600	335'600 ± 33'600
Flurholz*	5'700 ± 570	10'900 ± 1'100
Restholz*	24'000 ± 3'800	62'700 ± 18'800
Altholz*	48'800 ± 9'800	128'400 ± 25'700
<b>Kanton Graubünden</b>	<b>214'700 ± 27'800</b>	<b>537'600 ± 79'200</b>

\* da der Vergleich mit der Untersuchung 2015 mit den Werten für 2022 sehr ähnliche Mengen zeigte, (Ausnahme Flurholz) wird auch bei diesen Fraktionen von einem durchschnittlichen Verbrauch von 2018-2022 ausgegangen

Es wird deutlich, dass die Energieholzproduktion von Waldholz mit knapp 2/3 den grössten Anteil ausmacht (vgl. Abbildung 5, Tabelle 6). Altholz hat einen Anteil von gut 20 % an der gesamten Energieholzproduktion und Flur- und Restholz 3 % resp. gut 10 %. Diese Daten erlauben noch keine Interpretation über den Verbrauch oder den Export des Holzes.

**Waldholz grösster Anteil**

## 5.2 Zusätzliche Energieholzpotenziale

### 5.2.1 Waldholz (ungenutzter Schlagabraum)

Das zusätzliche jährliche Energieholzpotenzial von ungenutztem Schlagabraum ist in Abbildung 6 und Tabelle 7 in Relation mit der jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz abgebildet (2018-2022).

**Zusätzliches Energieholzpotenzial Schlagabraum**

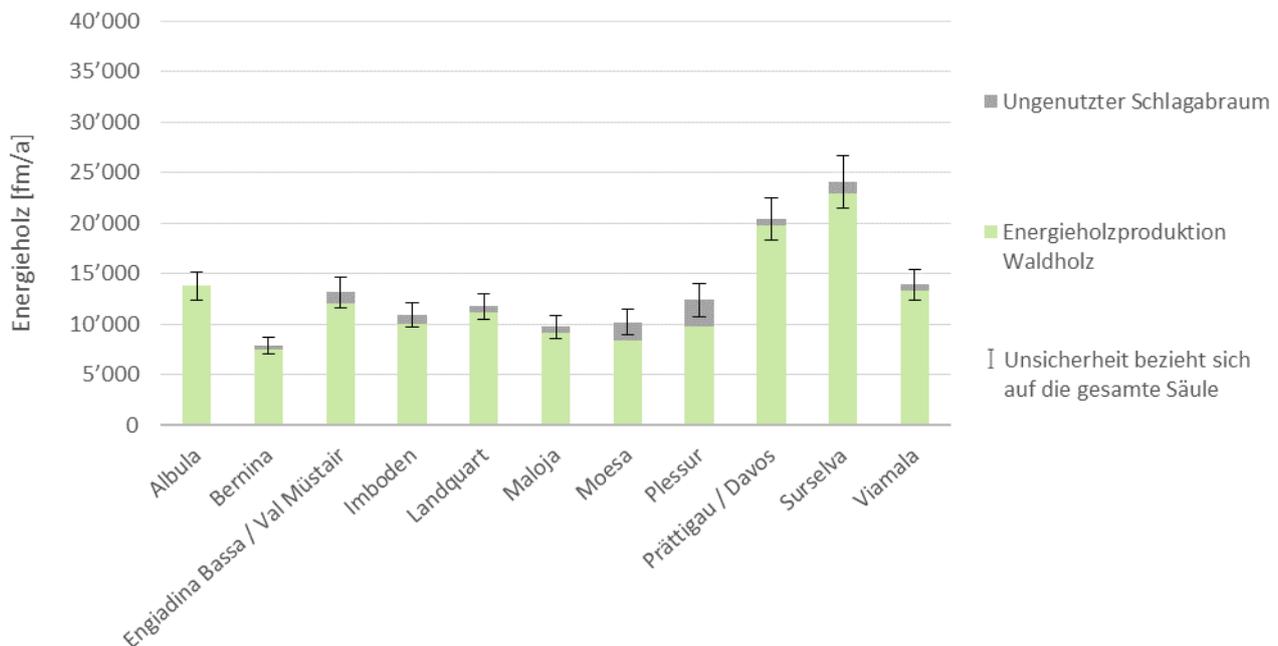


Abbildung 6: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial von ungenutztem Schlagabraum in den Bündner Regionen in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Die aus einer möglichen Nutzung des ungenutztem Schlagabraums resultierende Energieholzproduktion von Waldholz im Anhang A.10, Tabelle 39 zu finden.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

Tabelle 7: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial von ungenutztem Schlagabraum in den Bündner Regionen in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Regionen	Zusätzliches Energieholzpotenzial durch ungenutzten Schlagabraum				Erhöhung Energieholzproduktion Waldholz
	[fm/a]		[MWh/a]		
Albula	0 ±	0	0 ±	0	+0 %
Bernina	420 ±	100	800 ±	200	+6 %
Engiadina Bassa / Val Müstair	1'100 ±	280	2'100 ±	500	+9 %
Imboden	850 ±	210	1'600 ±	400	+9 %
Landquart	600 ±	150	1'200 ±	300	+5 %
Maloja	620 ±	160	1'200 ±	300	+7 %
Moesa	1'900 ±	470	3'600 ±	900	+23 %
Plessur	2'600 ±	660	5'000 ±	1'300	+27 %
Prättigau / Davos	540 ±	140	1'000 ±	300	+3 %
Surselva	1'200 ±	300	2'300 ±	600	+5 %
Viamala	630 ±	160	1'200 ±	300	+5 %
Kanton Graubünden	10'500 ±	2'600	20'100 ±	5'000	+8 %

Lediglich in den Regionen Moesa (+23 %) und Plessur (+27 %) ist die Erhöhung des Energieholzpotenziales durch zurzeit ungenutzten Schlagabraum grösser als 10 % (vgl. Abbildung 6, Tabelle 7). Insgesamt könnte die Energieholzproduktion von Waldholz im Kanton Graubünden durch die Nutzung des ungenutzten Schlagabraumes um rund 8 % (10'500 ± 2'600 fm/a) auf 148'000 ± 17'400 fm/a gesteigert werden (vgl. Anhang A.10, Tabelle 39).

**Moesa und Plessur**

Wie bereits im Kapitel 4.2.1 erwähnt, ist eine Nutzung des zusätzlichen Energieholzpotenzial durch Schlagabraum nur realistisch, wenn sich in der Nähe des Anfalls eine genug grosse Feuerungsanlage befindet. Folglich ist es dieses zusätzliche Energieholzpotenzial zwar vorhanden, aber nur unter bestimmten Umständen nutzbar.

**Grosse Feuerungsanlagen**

Das Belassen von Schlagabraum im Wald trägt auch positiv zur Nachhaltigkeit des Ökosystems bei, da es den Verbleib vieler Nährstoffe im Wald sicherstellt und so den natürlichen Stoffkreislauf schließt und Lebensraum für Holzdestruerten bildet. In den Zielen des Waldentwicklungsplanes (WEP) 2018+ ist im Objektblatt Holznutzung deshalb auch festgehalten, dass die Vollbaummethode auf Standorten zu beschränken ist, welche nicht auf einen Nährstoffentzug empfindlich sind. Der aktuell genutzte Schlagbaum und das zusätzlich nutzbar Potenzial sind deshalb im Vergleich zum gesamten Energieholzpotenzial aus dem Wald gering [17]

**Positive Auswirkung Nachhaltigkeit bei nicht Nutzung**

## 5.2.2 Waldholz (Holzpreiserhöhung)

Abbildung 7 und Tabelle 8 zeigen das zusätzliche jährliche Energieholzpotenzial aus Waldholz bei einer Holzpreiserhöhung in Relation zur durchschnittlichen jährlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022).

**Holzpreiserhöhung**

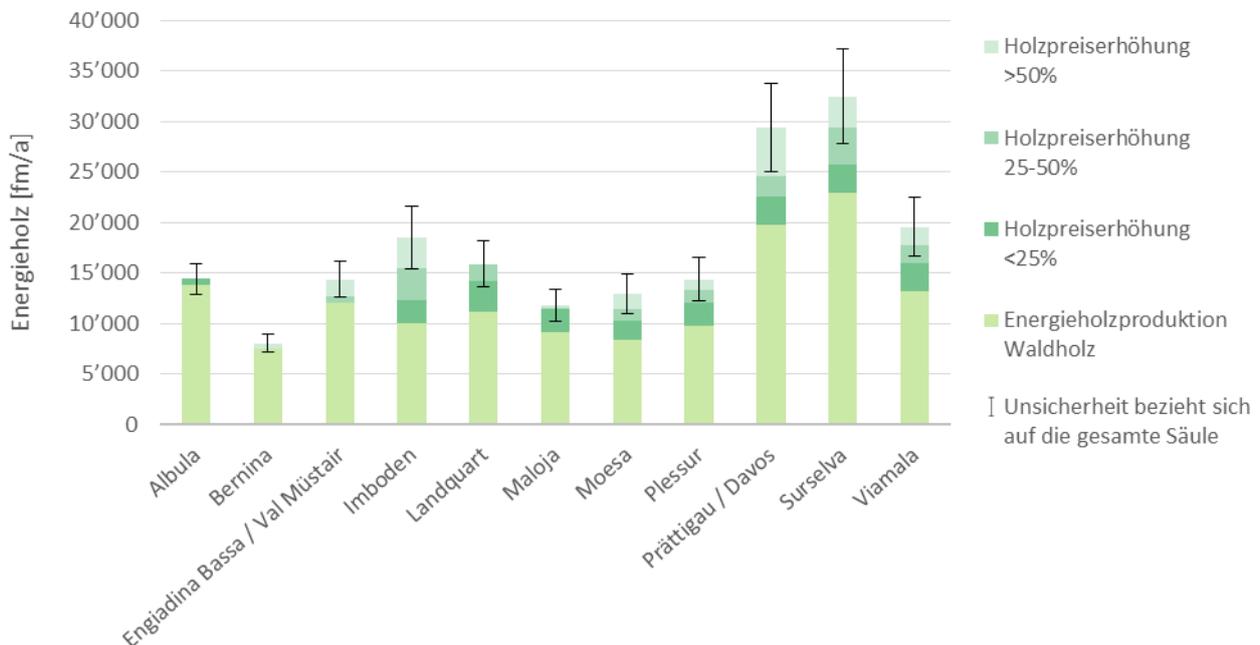


Abbildung 7: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial durch eine Holzpreiserhöhung (<25 %, 25-50 %, >50 %) in den Bündner Regionen in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Die Aufteilung des zusätzlichen Energieholzpotentials von Waldholz durch eine Holzpreiserhöhung auf die Inkremente (<25 %, 25-50 %, >50 %) und die maximal mögliche Energieholzproduktion befindet sich im Anhang A.10, Tabelle 40 und Tabelle 41.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

Tabelle 8: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial bei einer maximalen Holzpreiserhöhung (>50 %) in den Bündner Regionen in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Regionen	Zusätzliches Energieholzpotenzial durch max. Holzpreiserhöhung		Erhöhung Energieholzproduktion Waldholz
	[fm/a]	[MWh/a]	
Albula	610 ± 150	1'400 ± 400	+4 %
Bernina	570 ± 140	1'300 ± 300	+8 %
Engiadina Bassa / Val Müstair	2'300 ± 600	5'300 ± 1'300	+19 %
Imboden	8'400 ± 2'100	20'800 ± 5'200	+85 %
Landquart	4'800 ± 1'200	13'200 ± 3'300	+42 %
Maloja	2'740 ± 700	6'500 ± 1'600	+30 %
Moesa	4'500 ± 1'100	12'300 ± 3'100	+55 %
Plessur	4'600 ± 1'200	11'500 ± 2'900	+48 %
Prättigau / Davos	9'700 ± 2'400	23'700 ± 5'900	+49 %
Surselva	9'600 ± 2'400	24'400 ± 6'100	+42 %
Viamala	6'300 ± 1'600	14'700 ± 3'700	+48 %
Kanton Graubünden	54'100 ± 13'500	133'600 ± 33'400	+39 %

Je nach Region wird das Energieholzpotenzial nach Angaben der Revierförster sehr unterschiedlich beurteilt (vgl. Abbildung 7 und Tabelle 8). In den Regionen Albula und Bernina wird das Potenzial für Energieholz als nahezu vollständig ausgeschöpft betrachtet, während in anderen Regionen wie Imboden, Prättigau/Davos, Surselva und Viamala davon ausgegangen wird, dass die Energieholzproduktion deutlich gesteigert werden kann. Im ganzen Kanton wird die maximale durchschnittliche Energieholzproduktion durch eine Holzpreiserhöhung von Waldholz auf  $195'700 \pm 27'200$  fm geschätzt, was eine Steigerung der Energieholzproduktion von 39 % ergeben würde (vgl. Anhang A.11, Tabelle 41).

**Grosse Variabilität**

Auf den ganzen Kanton gesehen steigt das zusätzliche Energieholzpotenzial mit der Holzpreiserhöhung fast linear (vgl. Tabelle 9). Mit einer Holzpreiserhöhung von weniger als 25 % wäre bereits 38 % des gesamten zusätzlichen Energieholzpotenzials von Waldholz durch eine Holzpreiserhöhung mobilisierbar.

**Effekt der Holzpreiserhöhung**

Tabelle 9: Aufteilung des zusätzlichen Energieholzpotenziales auf die drei Stufen der Holzpreiserhöhung

	Aufteilung zusätzliches Energieholzpotenzial durch Holzpreiserhöhung		
	<25 %	25-50 %	>50 %
Kanton Graubünden (alle Regionen)	38 %	29 %	33 %

### 5.2.3 Waldholz (Beitragserhöhung)

In Abbildung 8 und Tabelle 10 ist das zusätzliche jährliche Energieholzpotenzial von Waldholz durch eine Beitragserhöhung im Schutz- und Wirtschaftswald dargestellt, in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022).

**Beitragserhöhung**

Die Aufteilung des zusätzlichen Energieholzpotenziales von Waldholz durch eine Beitragserhöhung auf die Inkremente (<25 %, 25-50 %, >50 %) und Schutz- und Wirtschaftswald befindet sich im Anhang A.12, Tabelle 42 und Tabelle 43. Die durch die Nutzung des zusätzlichen Energieholzpotenzials durch eine Beitragserhöhung maximale erreichbare Energieholzproduktion von Waldholz ist im Anhang A.12, Tabelle 44 dargestellt.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

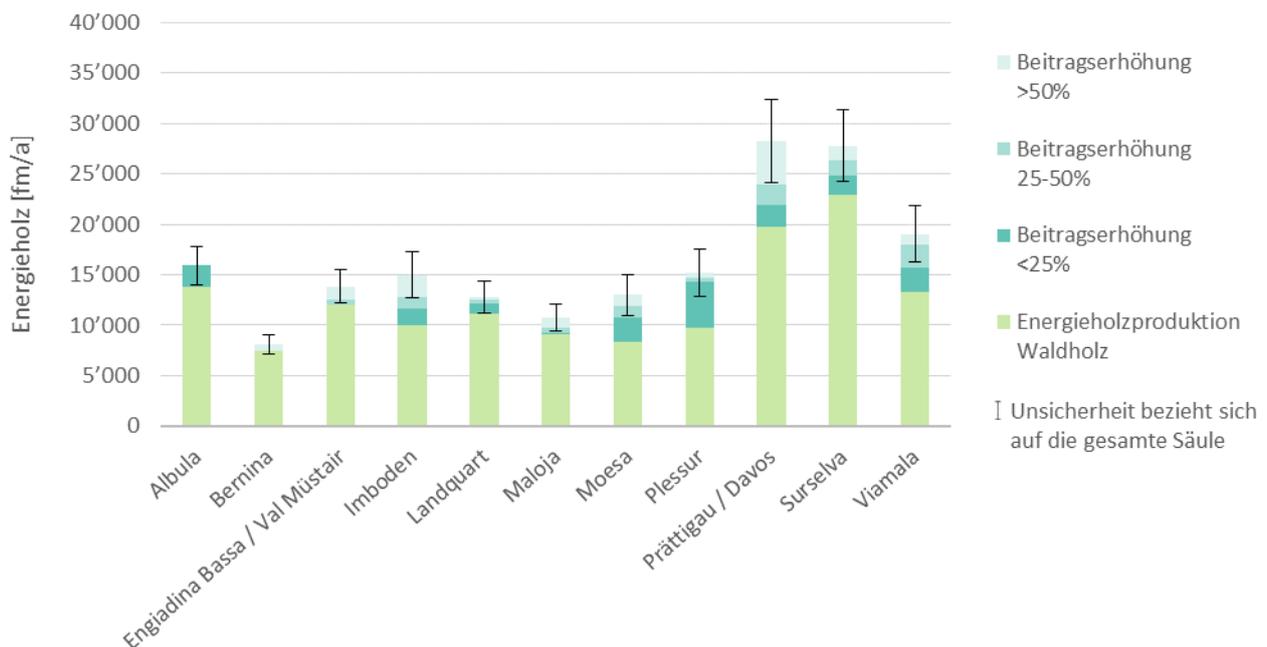


Abbildung 8: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial durch eine Beitragserhöhung (Schutz- und Wirtschaftswald) in den Bündner Regionen in Relation zur durchschnittlichen jährlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Tabelle 10: Zusätzliches jährliches Energieholzpotenzial bei einer maximalen Beitragserhöhung (>50 %) in den Bündner Regionen in Relation zur jährlichen durchschnittlichen Energieholzproduktion von Waldholz (2018-2022)

Regionen	Zusätzliches Energieholzpotenzial durch max. Beitragserhöhung		Erhöhung Energieholzproduktion Waldholz
	[fm/a]	[MWh/a]	
Albula	2'100 ± 500	4'900 ± 1'200	+15%
Bernina	600 ± 200	1'500 ± 400	+9%
Engiadina Bassa / Val Müstair	1'800 ± 500	4'200 ± 1'000	+15%
Imboden	5'000 ± 1'200	12'200 ± 2'900	+50%
Landquart	1'600 ± 400	4'600 ± 1'000	+15%
Maloja	1'700 ± 400	4'100 ± 1'000	+19%
Moesa	4'700 ± 1'200	12'700 ± 2'700	+57%
Plessur	5'500 ± 1'400	13'600 ± 3'200	+56%
Prättigau / Davos	8'400 ± 2'100	20'800 ± 4'900	+43%
Surselva	4'900 ± 1'200	12'400 ± 2'800	+21%
Viamala	5'800 ± 1'400	13'400 ± 3'400	+44%
Kanton Graubünden	42'100 ± 10'500	104'400 ± 24'500	+31%

Zwischen den Regionen wird das zusätzliche Potenzial durch eine Beitragserhöhung sehr unterschiedlich eingeschätzt. In den Regionen Albula, Bernina, Engiadina Bassa/Val Müstair und Landquart wird das zusätzliche Energieholzpotenzial von den Revierförstern am geringsten geschätzt. Imboden, Moesa, Prättigau/Davos und Viamala verzeigen das grösste zusätzliche

**Grosse Variabilität**

Energieholzpotenzial. Insgesamt liesse sich mit einer maximalen Beitragserhöhung die Energieholzproduktion um rund 31 % auf ca. 179'600 ± 24'300 fm/a steigern.

Das zusätzliche Potenzial durch eine Beitragserhöhung ist nicht gleichmässig auf den Wirtschaftswald und Schutzwald aufgeteilt. Das zusätzliche Energieholzpotenzial im Schutzwald wird deutlich grösser als im Wirtschaftswald eingeschätzt. Insgesamt liegen 35'100 ± 8'800 fm/a (83 %) im Schutzwald und nur 7'000 ± 1'800 fm/a (17 %) im Wirtschaftswald (vgl. Anhang A.12, Tabelle 42 und Tabelle 43).

**Wirtschafts-, Schutzwald**

Auf den ganzen Kanton gesehen, wäre bei einer Beitragserhöhung von weniger als 25 % bereits 44 % des gesamten möglichen Energieholzpotenzials durch eine Beitragserhöhung erreicht (vgl. Tabelle 11).

**Effekt der Beitragserhöhung**

Tabelle 11: Aufteilung des zusätzlichen Energieholzpotenziales auf die drei Stufen der Beitragserhöhung

	Aufteilung Energieholzpotenzial durch Beitragserhöhung		
	<25 %	25-50 %	>50 %
Kanton Graubünden (alle Regionen)	44 %	23 %	33 %

## 5.2.4 Flurholz

Die folgende Abbildung 9 und Tabelle 12 zeigen das nutzbare Flurholz in den Bündner Regionen. Das nutzbare Flurholz entspricht dem gesamten Energieholzpotenzial inklusive dem bereits genutzten Anteil.

**Nutzbare Flurholz**

Die aufgeschlüsselten Resultate der einzelnen Rechenschritte und Regionen befinden sich im Anhang A.13, Tabelle 45 und Tabelle 46.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

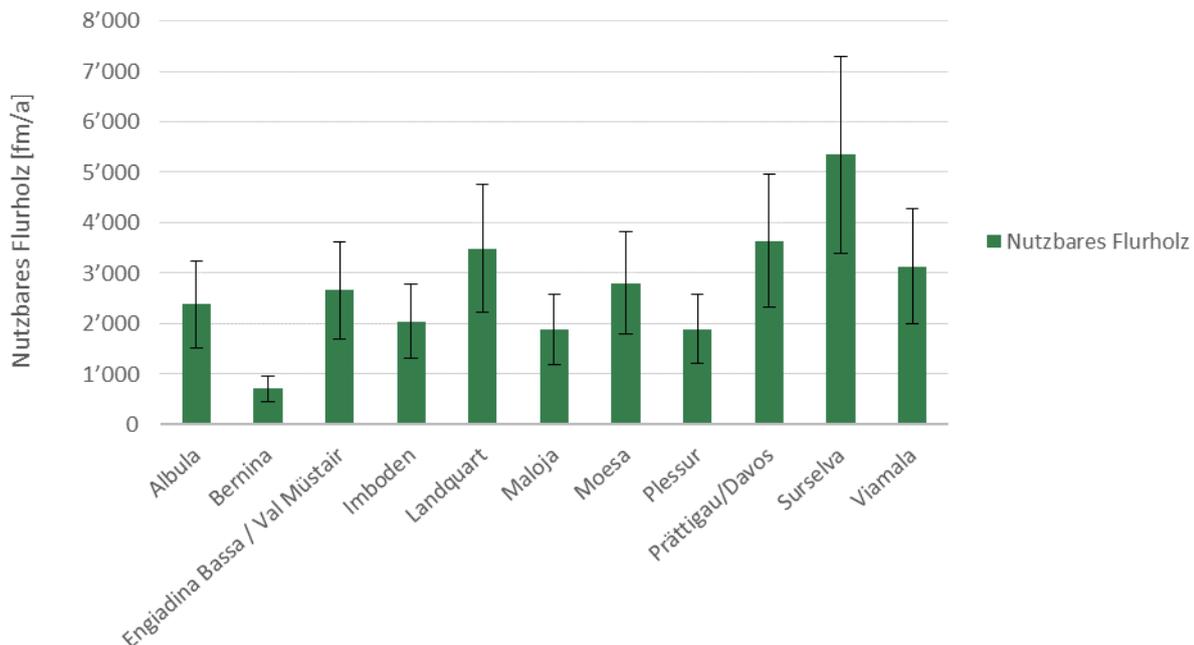


Abbildung 9: Nutzbare Menge Flurholz in den Bündner Regionen, 2022

Tabelle 12: Nutzbare Menge Flurholz und die entsprechende Menge Energie in den Bündner Regionen, 2022

Region	Energieholzproduktion Flurholz	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	2'400 ± 870	4'000 ± 1'900
Bernina	700 ± 260	1'300 ± 600
Engiadina Bassa / Val Müstair	2'700 ± 970	4'800 ± 2'200
Imboden	2'100 ± 750	3'700 ± 1'700
Landquart	3'500 ± 1'300	5'500 ± 2'600
Maloja	1'900 ± 690	3'400 ± 1'600
Moesa	2'800 ± 1'000	4'800 ± 2'200
Plessur	1'900 ± 690	3'200 ± 1'500
Prättigau / Davos	3'600 ± 1'300	6'100 ± 2'900
Surselva	5'300 ± 1'900	9'600 ± 4'500
Viamala	3'100 ± 1'100	5'600 ± 2'600
Kanton Graubünden	30'000 ± 11'000	51'700 ± 24'400

Die Menge an nutzbarem Flurholz hängt stark von der Höhenlage und Grösse der Region ab, da in tiefergelegenen Regionen das Flurholz besser erreichbar ist. Deswegen haben Regionen im Norden und Westen von Graubünden tendenziell mehr nutzbares Flurholz (Surselva, Landquart, Prättigau/Davos) und die Region Bernina am wenigsten (vgl. Abbildung 9 und Tabelle 12).

Wie in Tabelle 12 gezeigt, beträgt das nutzbare Flurholz im ganzen Kanton rund 30'000 ± 11'000 fm/a. Dies entspricht einem Energiegehalt von 51'700 ± 24'400 MWh/a.

**Höhenlage und Fläche**

**Energieholzproduktion Flurholz**

**Unsicherheit**

Die grosse Unsicherheit kommt von den getroffenen Annahmen bezüglich der Erreichbarkeit in Abhängigkeit der Höhenlage und der Kategorie der Arealstatistik sowie dem geschätzten Energieinhalt des Flurholzes.

Nach den Kategorien der Flächen aufgeschlüsselt wird deutlich, dass der Uferbereich mit Abstand die höchste Menge an nutzbarem Flurholz aufweist, gefolgt von Verkehrsgrün und Hecken (vgl. Tabelle 13)

#### Kategorien Flächen

Tabelle 13: Nutzbare Menge Flurholz und die entsprechende Menge Energie, aufgeschlüsselt in die Kategorien der Arealstatistik 2022

Region	Nutzbares Flurholz	
	[fm/a]	[MWh/a]
Verkehrsgrün	6'600 ± 2'400	11'400 ± 5'400
Uferbereich	11'500 ± 4'200	19'900 ± 9'400
Siedlungsgebiet	4'400 ± 1'600	7'700 ± 3'600
Hecken	6'000 ± 2'200	10'300 ± 4'900
Obstanlagen	270 ± 100	400 ± 200
Feldobst	690 ± 300	1'200 ± 600
Rebbau	470 ± 200	700 ± 300
Kanton Graubünden	30'000 ± 11'000	51'700 ± 24'400

Die Menge an nutzbarem Flurholz hat gegenüber den Resultaten für das Jahr 2013 deutlich abgenommen (vgl. Anhang A.13, Tabelle 46). Der Hauptgrund dafür ist die Aktualisierung der Berechnungsfaktoren. Die Zugänglichkeit von Flurholz im Uferbereich sowie des Energiegehalts jeglichen Flurholzes wurde nach Absprache mit Fachpersonen reduziert.

#### Vergleich mit 2013

Um das zusätzliche Energieholzpotenzial von Flurholz zu berechnen, muss vom nutzbaren Flurholz der Energieholzverbrauch von Flurholz aus dem Kanton Graubünden (exkl. Import) abgezogen werden. Dieser beträgt laut Kapitel 5.5.6 5'700 ± 570 fm, was ein zusätzliches Energieholzpotenzial von 24'300 ± 2'400 fm Flurholz ergibt.

#### Zusätzliches Energieholzpotenzial

### 5.2.5 Restholz

Das zusätzliche Energieholzpotenzial aus Restholz entsteht, wenn durch den Ausbau oder Neubau von Sägewerken oder anderer holzverarbeitenden Betrieben mehr Holz verarbeitet wird. Bei Sägereien fällt etwa 40 % des verarbeiteten Holzes als Restholz an. Durch verschiedene Umfragen und Kontakte wurde in Erfahrung gebracht, dass in den nächsten fünf Jahren im Kanton Graubünden Projekte geplant sind, die voraussichtlich insgesamt etwa 150'000 fm Holz mehr als heute verarbeiten würden. Dies würde zu einem zusätzlichen Energieholzpotenzial aus Restholz von ca. 60'000 ± 15'000 fm/a (156'600 ± 39'200 MWh/a) führen. Über zusätzliche Holzverarbeitungskapazitäten in anderen Bereichen ist wenig Konkretes bekannt, so dass auf die Angabe eines zusätzlichen Potenzials aus weiteren Holzbearbeitungsbetrieben verzichtet wird.

#### Ausbau Neubau Sägereien

### 5.2.6 Altholz

Das Potenzial von Altholz kann von der Verbraucherseite her nicht gesteigert werden, da es von der Bautätigkeit und dem Entsorgungsverhalten der Bevölkerung abhängt (vgl. Kapitel 4.2.4). Auf die Angabe eines zusätzlichen Potenzials wird deshalb verzichtet.

**Kein zusätzliches Potenzial abschätzbar**

### 5.2.7 Gesamtes zusätzliches Energieholzpotenzial

Da es gemäss heutiger Umsetzung eine Kopplung zwischen den Holzpreisen und den staatlichen Beiträgen für Schutz- und Wirtschaftswald gibt, ist eine gleichzeitige Erhöhung beider Beträge nicht realistisch. Für den weiteren Bericht wird mit dem grösseren zusätzlichen Energieholzpotenzial der beiden Erhöhungen gerechnet. Mit  $54'100 \pm 13'500$  fm/a (vgl. Tabelle 8) ist das zusätzliche Energieholzpotenzial bei einer Holzpreiserhöhung von  $>50\%$  grösser als bei einer Beitragserhöhung von  $>50\%$  ( $42'100 \pm 10'500$  fm/a) (vgl. Tabelle 10).

**Maximale Holzpreiserhöhung**

Folgende Abbildung 10 und Tabelle 14 präsentieren das zusätzliche Energieholzpotenzial im Kanton Graubünden in Relation zur Energieholzproduktion.

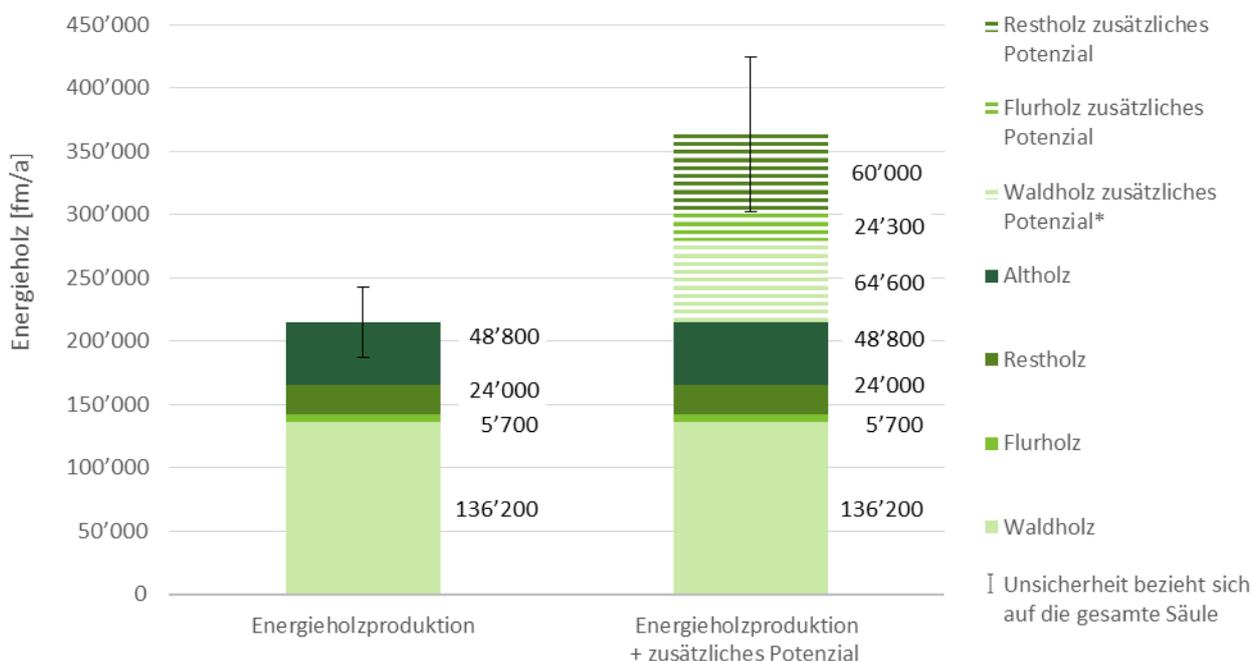


Abbildung 10: Energieholzproduktion (2018-2022) mit dem zusätzlichen Energieholzpotenzial  
\* Holzpreiserhöhung  $>50\%$  inkl. ungenutztem Schlagabraum

Insgesamt ergeben die zusätzlichen Energieholzpotenziale eine Steigerung der aktuellen Energieholzproduktion um rund 70 % auf  $363'600 \pm 67'800$  fm/a.

**Steigerung Energieholzproduktion**

Tabelle 14: Zusätzliches Energieholzpotenzial des Kanton Graubünden

Holzart	Zusätzliches Energieholzpotenzial	
	[fm/a]	[MWh/a]
Waldholz (Schlagabraum)	10'500 ± 2'600	20'100 ± 5'000
Waldholz (Holzpreiserhöhung >50 %)	54'100 ± 13'500	133'600 ± 33'400
Flurholz	24'300 ± 2'400	44'900 ± 4'600
Restholz	60'000 ± 15'000	156'600 ± 39'200
<b>Total</b>	<b>148'900 ± 40'000</b>	<b>355'200 ± 98'800</b>

Die Anteile von Restholz und Waldholz am zusätzlichen Energieholzpotenzial sind fast gleich (ca. 40 %). Dazu kommt noch ein geschätztes Potenzial an Flurholz von knapp 25'000 fm. Insgesamt beträgt das zusätzliche Potenzial damit rund 150'000 +/- 40'000 fm/a. Dieses Potenzial ist jedoch unter Vorbehalt der nächsten drei Abschnitte zu interpretieren.

**Zusätzliches Energieholzpotenzial**

Beim Waldholz ist zu beachten, dass der Schlagabraum nur genutzt werden kann, wenn eine entsprechend ausgerüstete Feuerungsanlage in der Nähe verfügbar ist, welche diesen Brennstoff auch verwerten kann. Ansonsten übersteigen die Transportkosten den Erlös bald. Weiter muss man sich bewusst sein, dass eine Holzpreiserhöhung um >50 % eine sehr grosse Veränderung der Verhältnisse gegenüber heute darstellt.

**Potenzial Waldholz**

Das zusätzliche Potenzial beim Flurholz ist mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet, da die Nutzbarkeit des Flurholzzuwachses sehr schwierig abzuschätzen ist, und dieser Faktor ist für die Potenzialberechnung ausschlaggebend ist.

**Potenzial Flurholz**

Beim Restholz ist zu beachten, dass das Energieholzpotenzial erst nach dem Ausbau oder Neubau der entsprechenden Sägereien verfügbar ist. Dies wird voraussichtlich in den nächsten 5 Jahren stattfinden. Ob diese Sägereien aber tatsächlich entstehen, ist nicht sicher. Aufgrund von Angaben von Graubünden Holz wird hier aber davon ausgegangen.

**Potenzial Restholz**

## 5.3 Energieholzverbrauch

Der Energieholzverbrauch wird aufgeschlüsselt nach den Quellen der einzelnen Anlagentypen angegeben.

### 5.3.1 Schweizerische Holzenergiestatistik

Folgende Tabelle 15 zeigt den Energieholzverbrauch der zusammengefassten Anlagenkategorien aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik. Im Anhang A.14, Tabelle 47 sind die Daten der einzelnen Kategorien aufgelistet. Die Kategorien 1-10 wurden hier nicht direkt übernommen, sondern anhand der Wohnungsanzahl in Graubünden und Korrekturfaktoren von den Schweizer Werten heruntergerechnet.

**Energieholzverbrauch Schweizerische Holzenergiestatistik**

Tabelle 15: Anlagenbestand und Brennstoffumsatz der Anlagenkategorie 1-17 im Kanton Graubünden aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik [3], 2022

Kategorien	Anlagen	Anlagenbestand [-]	Energieholzverbrauch [fm/a]	Energie [MWh/a]
1-10*	Handbeschickte Feuerungen, Waldholz	19'700	34'700 ± 8'700	86'100 ± 23'100
11a*	Automatische Feuerungen <50 kW, Waldholz	100	2'400 ± 240	6'500* ± 650
12a, 14a	Automatische Feuerungen 50-500 kW, Waldholz	300	20'600 ± 2'100	57'100 ± 5'700
16a	Automatische Feuerungen >500 kW, Waldholz	28	21'600 ± 2'200	53'600 ± 5'500
11b*, 12b, 14b, 16b	Pelletfeuerungen	850	24'200 ± 2'400	60'000 ± 6'000
13, 15, 17	Feuerungen, Restholz	150	21'000 ± 2'100	54'800 ± 5'500
<b>Total</b>		<b>21'000</b>	<b>124'500 ± 17'700</b>	<b>318'100 ± 46'500</b>

\* anhand der Wohnungsanzahl in Graubünden und Korrekturfaktoren von den Schweizer Werten heruntergerechnet

Der Energieholzverbrauch der Anlagenkategorien 1-17 im Kanton Graubünden betrug laut der Schweizerischen Holzenergiestatistik und den heruntergerechneten Werten im Jahr 2022 insgesamt 124'500 fm/a (vgl. Tabelle 15). Der Verbrauch setzt sich aus 21'000 fm/a Restholz, 24'200 fm/a Pellets und 79'300 fm/a Waldholz zusammen. Das Waldholz wird zu knapp 45 % in Kleinf Feuerungen <50 kW und je zu gleichen Anteilen in Feuerungen der Grössen 50-300 kW und >500 kW genutzt.

**Energieholzverbrauch HES**

### 5.3.2 Umfrage Feuerungsbetreiber

Insgesamt wurden knapp 200 Holzfeuerungen mit einer FWL > 70 kW angeschrieben. Es wurden lediglich die Hauptlieferanten und der Energieholzverbrauch befragt, da die Herkunft des Energieholzes den Feuerungsbetreibern meist nicht bekannt ist. Feuerungsanlagen, die mit Restholz betrieben werden, werden in der Auswertung nicht berücksichtigt, da sich im Verlauf der Befragung gezeigt hat, dass die verwerteten Mengen den Feuerungsbetreiber nicht bekannt sind.

**Umfrage Feuerungsbetreiber**

Von 26 kontaktierten Feuerungsbetreibern mit einer FWL von mehr als 500 kW antworteten deren 18. In der Schweizerischen Holzenergiestatistik entsprechen diese Feuerungen der Kategorie 16a. und der Anlagenbestand wird mit 28 angegeben (vgl. Tabelle 15).

**Rückmeldungen Kat. 16a**

Weitere 19 Rückmeldungen von rund 175 Anfragen kamen von Feuerungen mit einer FWL zwischen 70 und 500 kW. Diese Feuerungen werden in der Schweizerischen Holzenergiestatistik in den Kategorien 12a und 14a zugeordnet und umfassen 200 Anlagen (vgl. Anhang A.14 Tabelle 47).

**Rückmeldungen Kat. 12a, 14a**

Tabelle 16: Durchschnittlicher jährlicher Brennstoffumsatz der Anlagenkategorien 12a, 14a und 16a aus den Rückmeldungen der Umfrage bei den Feuerungen, 2018-2022

Kategorien	Anlagen	Rückmeldungen [-]	Energieholzverbrauch [fm/a]	Energie [MWh/a]
12a, 14a	Feuerungen 50-500 kW, Waldholz	19 (ca. 10 %)	3'900 ± 400	9'800 ± 1'000
16a	Feuerungen >500 kW, Waldholz	18 (ca. 70 %)	38'200 ± 3'800	94'700 ± 9'500
Total		27 (ca. 15 %)	42'100 ± 4'200	104'500 ± 10'500

Alle 37 Rückmeldungen zusammen ergeben einen jährlichen Verbrauch von 42'100 fm/a, wobei 38'200 fm/a den Feuerungen der Kategorie 16a und 3'9000 fm/a den Kategorien 12a und 14a zugeschrieben wird.

**Energieholz Verbrauch**

Da die Rücklaufquote bei den Feuerungsanlagen aus den Kategorien 12a und 14a nur 10% beträgt und die Ausgangsdaten über die FWL der Anlagen unvollständig sind, ist eine Hochrechnung nicht möglich. Deshalb wird für die weiteren Auswertungen der Verbrauch von den Kategorien 12a und 14a aus der Holzenergiestatistik übernommen (20'600 fm/a) (vgl. Tabelle 15).

**Kat. 12a, 14a**

Verglichen mit der Schweizerischen Holzenergiestatistik verbrauchen die 28 Feuerungen der Kategorie 16a 21'600 fm Energieholz (vgl. Tabelle 15). Die 18 Rückmeldungen von Feuerungen in dieser Kategorie überschreiten somit den Verbrauch aus der Holzenergiestatistik bereits um knapp 17'000 fm/a. Demnach unterschätzt die Holzenergiestatistik den Verbrauch der grossen Feuerungen im Kanton Graubünden deutlich. Diese Diskrepanz kann unterschiedliche Ursachen haben. Unter anderem liegt die letzte Umfrage zur Erfassung von anlagenspezifischen Daten mehr als zehn Jahre zurück, weshalb womöglich der Verbrauch von zahlreichen Anlagen mit (unzutreffenden) Standardwerten abgeschätzt wird.

**Kat. 16a**

Für die weiteren Berechnungen wird deshalb der Energieholzverbrauch der Kategorie 16a anhand der Resultate aus der Umfrage der Feuerungsbetreiber angepasst. Da die Umfrage nicht alle Feuerungen dieser Kategorie abdeckt, ist der Verbrauch noch höher einzuschätzen. Eine lineare Hochrechnung anhand der Rückmeldungen ist aufgrund der unbekannt unterschiedlichen FWL der Anlagen nicht möglich. Der gesamte Energieholzverbrauch der Kategorie 16a wird gutachtlich auf 50'000 ± 10'000 fm/a Waldholz abgeschätzt. Der für die weiteren Berechnungen verwendete Energieholzverbrauch für die Anlagenkategorien 11a, 12a, 14a und 16a (Automatische Feuerungen, Waldholz) beträgt dementsprechend 73'000 ± 12'300 fm/a (vgl. Tabelle 17).

**Weitere Berechnungen**

Tabelle 17: Durchschnittlicher jährlicher Brennstoffumsatz der Anlagenkategorien 12a, 14a und 16a aufgrund der Rückmeldungen der Umfrage bei den Feuerungen und der Schweiz. Holzenergiestatistik, 2018-2022

Kategorien	Anlagen	Energieholzverbrauch [fm/a]	Energie [MWh/a]
11a, 12a, 14a, 16a	Automatische Feuerungen, Waldholz	73'000 ± 12'300	181'200 ± 30'500

### 5.3.3 Grossfeuerungsanlagen

Der Energieholzverbrauch der Anlagenkategorien 18, 19 und 20 ist in Tabelle 18 aufgrund von Datenschutzgründen zusammengefasst und nicht einzeln dargestellt.

**Energieholzverbrauch Kat. 18, 19 und 20**

Tabelle 18: Durchschnittlicher jährlicher Brennstoffumsatz der Anlagenkategorien 18, 19 und 20 aus individuellen Befragungen und Literatur [7], 2018-2022

Kategorien	Anlagen	Energieholzverbrauch [fm/a]	Energie [MWh/a]
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Waldholz	133'900 ± 13'400	310'600 ± 31'100
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Flurholz	23'700 ± 2'400	45'500 ± 4'600
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Restholz	6'500 ± 650	17'000 ± 1'700
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Altholz	80'400 ± 8'000	211'400 ± 21'000
18, 19, 20	Total	244'500 ± 24'500	584'500 ± 58'400

Jährlich werden in den Kategorien 18, 19 und 20 insgesamt 244'500 ± 24'500 fm Energieholz verbraucht. Davon macht Waldholz mit 55 % den grössten Anteil aus. Gefolgt von 33 % Altholz, 10 % Flurholz und 3 % Restholz.

**Energieholzverbrauch Kat. 18, 19, 20**

Es wird davon ausgegangen, dass Flurholz manchmal fälschlicherweise als Waldholz klassiert wird, weshalb die Energieholzproduktion wie auch der Energieholzverbrauch von Flurholz eher unterschätzt wird.

**Unterschätzung Flurholz**

### 5.3.4 Gesamter Energieholzverbrauch

Der jährliche Energieholzverbrauch im Kanton Graubünden setzt sich wie in Tabelle 19 dargestellt zusammen.

Der Energieholzverbrauch der Kategorien 1-10 wurde von den Werten der Schweiz aus der schweizerischen Holzenergiestatistik proportional zur Wohnungsanzahl berechnet und mit Korrekturfaktoren angepasst. Die Kategorien 12-17 wurden ausser der Kategorie 16a aus der Holzenergiestatistik übernommen. Die Kategorie 16a wurde durch die Umfrage mit den Feuerungsbetreibern ermittelt. Ebenso wurde der Energieholzverbrauch der Kategorien 18, 19, 20 mit individuellen Befragungen der Anlagenbetreiber erhoben. Prozentual gesehen wurden nur 17 % des Energieholzverbrauches direkt aus der Schweizer Holzenergiestatistik übernommen. Weitere 9 % basierten auf Berechnungen, die auf dieser Auswertung basieren, und die übrigen ca. 75 % wurden durch eigene Umfrage- und Befragungsmethoden erhoben.

**Quellen**

Tabelle 19: Jährlicher Energieholzverbrauch im Kanton Graubünden nach zusammengefassten Anlagenkategorien

Kategorien	Anlagen	Energieholzverbrauch [fm/a]	Energie [MWh/a]
1-10	Handbeschickte Feuerungen, Waldholz	34'700 ± 9'300	86'100 ± 23'100
11a, 12a, 14a, 16a	Automatische Feuerungen, Waldholz	73'000 ± 12'300	181'200 ± 30'500
11b, 12b, 14b, 16b	Pelletfeuerungen, Pellets	24'200 ± 2'400	60'000 ± 6'000
13, 15, 17	Feuerungen, Restholz	21'000 ± 2'100	54'800 ± 5'500
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Waldholz	133'900 ± 13'400	310'600 ± 31'100
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Flurholz	23'700 ± 2'400	45'500 ± 4'600
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Restholz	6'500 ± 650	17'000 ± 1'700
18, 19, 20	Grossfeuerungen mit WKK, Altholzfeuerungen, KVA, Altholz	80'400 ± 8'000	211'400 ± 21'000
<b>Total</b>		<b>397'400 ± 50'600</b>	<b>966'600 ± 123'500</b>

Auffällig beim Energieholzverbrauch ist, dass die Kategorien 18, 19, 20 gut 60 % des gesamten Energieverbrauches ausmachen.

**Energieholzverbrauch Kat. 18, 19, 20**

In der folgenden Abbildung 11 ist der Energieholzverbrauch nach Energieholzkategorien sortiert dargestellt.

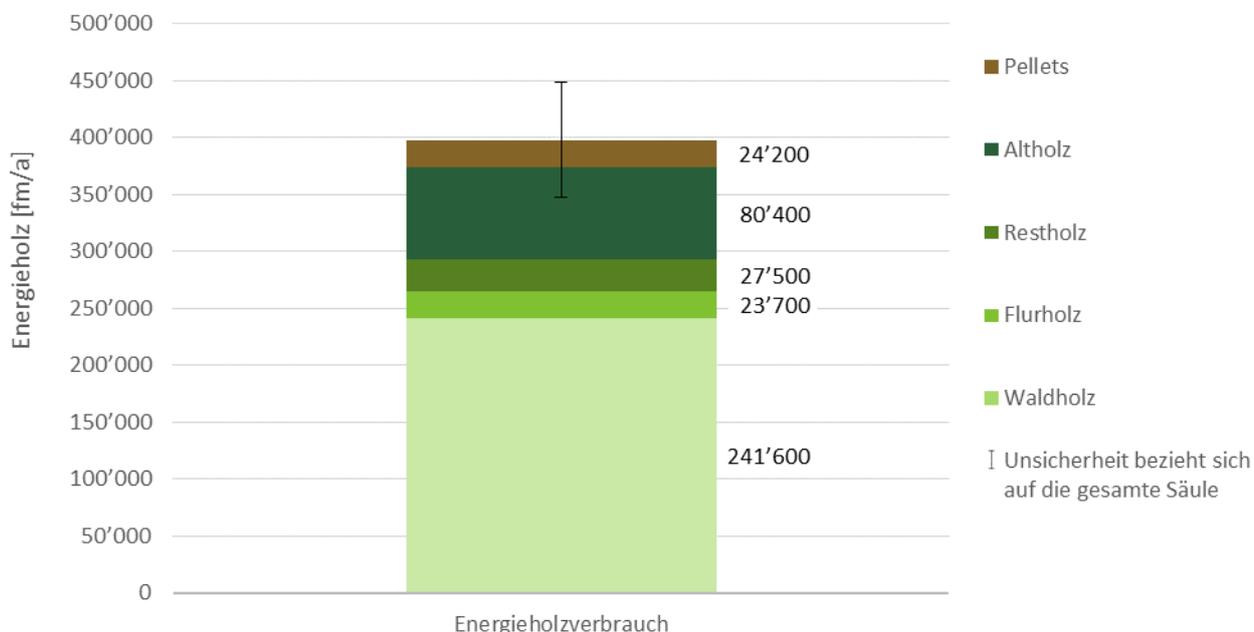


Abbildung 11: Jährlicher Energieholzverbrauch im Kanton Graubünden nach Energieholzkategorie, 2022

Der grösste Anteil am Energieholzverbrauch hat das Waldholz mit gut 60 %. Altholz trägt mit 20 % und Restholz, Flurholz und Pellets je mit 6 % zum Gesamtverbrauch bei.

**Grösster Anteil Waldholz**

## 5.4 Geplante Anlagen

### 5.4.1 Feuerungsanlagen

Es wird von geplanten Feuerungsanlagen mit einem Energieholzverbrauch von  $86'100 \pm 23'600$  fm/a ausgegangen (vgl. Tabelle 20). Davon ist der Stand der Umsetzung von je ca. 45 % unbekannt oder auf Stufe des Projektes. Bei den restlichen 10 % handelt es sich um laufende Studien. Die Kategorie «Ideen» ist vernachlässigbar. Weil die durchgeführten Umfragen nicht alle Anlagen erfasst haben und die Informationen vom ANU nicht vollständig waren, dürften die hier angegebene Schätzung des Energieholzverbrauchs der geplanten Anlagen eher zu tief ausfallen.

**Eher zu tiefe Schätzung der geplanten Anlagen**

Tabelle 20: geplante Feuerungsanlagen aufgeteilt in den Stand der Umsetzung

Stand Umsetzung	Geplante Feuerungsanlagen	
	[fm/a]	[MWh/a]
Unbekannt	$33'100 \pm 16'600$	$82'200 \pm 41'100$
Idee	$1'200 \pm 600$	$3'100 \pm 1'600$
Studie	$8'200 \pm 2'100$	$20'400 \pm 5'100$
Projekt	$43'500 \pm 4'400$	$108'000 \pm 10'800$
<b>Total</b>	<b><math>86'100 \pm 23'600</math></b>	<b><math>213'700 \pm 58'600</math></b>

### 5.4.2 Weitere Holzanwendungen

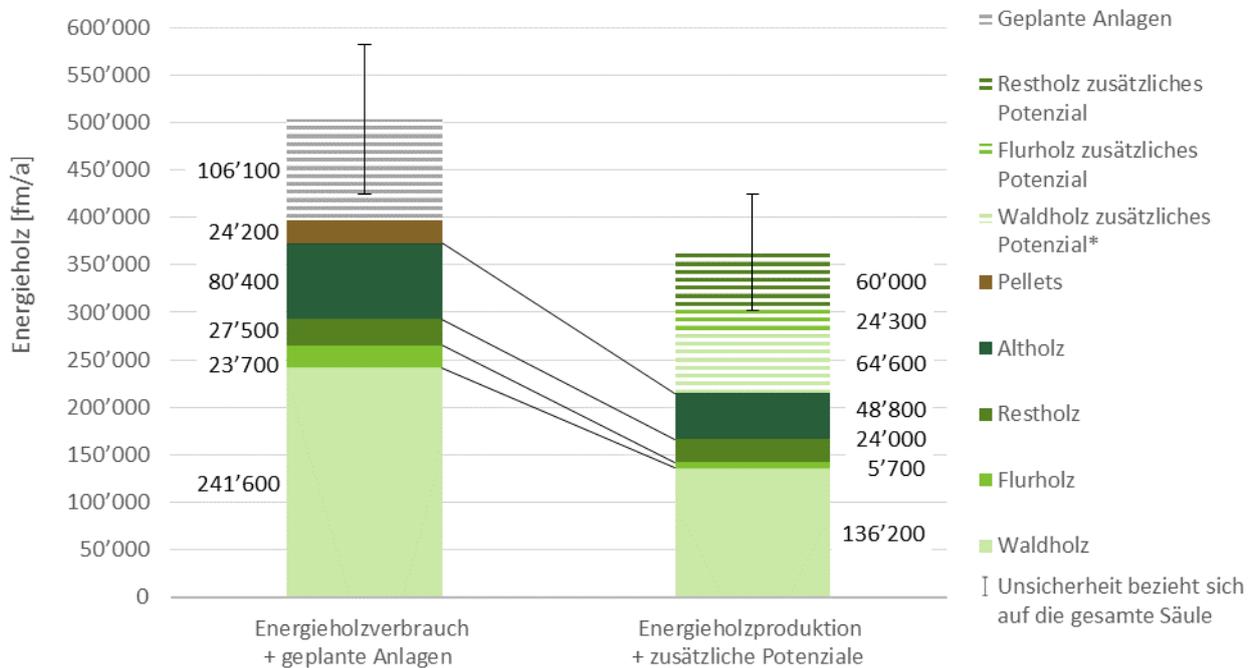
Im Kanton Graubünden sind diverse Projekte für die Verwertung von Holz durch Pyrolyse oder in Bioraffinerien in der Planungs- und Realisierungsphase. Bis 2025 wird im Kanton Graubünden mit einem Holzbedarf von  $15'000 \pm 3'800$  fm für die zur Pflanzenkohleproduktion mittels Pyrolyse und  $5'000 \pm 1'300$  fm für die Verwertung in Bioraffinerien erwartet.

## 5.5 Energieholzbilanz Kanton Graubünden

### 5.5.1 Energieholzbilanz

Abbildung 12 und Tabelle 21 zeigen die Energieholzbilanz des Kantons Graubünden. Dabei wird der Energieholzverbrauch inkl. geplanter Anlagen der Energieholzproduktion inkl. zusätzliche Potenziale gegenübergestellt. Die importierten Holz mengen sind in dieser Grafik nicht separat ausgegeben sondern im Energieholzverbrauch integriert.

Die Aussenhandelszahlen können den folgen Kapiteln und dem Holzflussdiagramm in Kapitel 5.5.6 entnommen werden.



\* Holzpreiserhöhung >50 % inkl. ungenutzter Schlagabraum

Abbildung 12: Gegenüberstellung des Energieholzverbrauchs und der Energieholznutzung samt zusätzlichem Potenzial

In Abbildung 12 ist deutlich ersichtlich, dass der Energieholzverbrauch im Kanton Graubünden nicht durch die lokale Energieholzproduktion gedeckt werden kann. Vor allem beim Wald- und Altholz zeigen sich grosse ungedeckte Mengen.

**Energieverbrauch nicht abgedeckt**

Das zusätzliche Potenzial kann diese Diskrepanzen nicht decken, zudem sind auch neue Anlagen geplant. Der Kanton Graubünden ist auf Import von Energieholz angewiesen.

Tabelle 21: Energieholzverbrauches zuzüglich der geplanten Anlagen im Vergleich mit dem maximalen Energieholzpotenzial (Holzpreiserhöhung >50 % inkl. ungenutzter Schlagabraum)

Holzart	Energieholzverbrauch + geplante Anlagen [fm/a]	Energieholzproduktion + zusätzliche Potenziale [fm/a]
Waldholz	241'600 ± 35'000	136'200 ± 13'600
Waldholz zusätzliches Potenzial*		64'600 ± 16'100
Flurholz	23'700 ± 2'400	5'700 ± 570
Flurholz zusätzliches Potenzial		24'300 ± 2'400
Restholz	27'500 ± 2'750	24'000 ± 3'800
Restholz zusätzliches Potenzial		60'000 ± 15'000
Altholz	80'400 ± 8'000	48'800 ± 9'800
Pellets	24'200 ± 2'400	
Geplante Anlagen	106'100 ± 28'600	
<b>Total</b>	<b>503'500 ± 79'150</b>	<b>364'900 ± 69'500</b>

\* inkl. Holzpreiserhöhung >50 % und inkl. ungenutzter Schlagabraum

Holzart	Energieholzverbrauch + geplante Anlagen [MWh/a]		Energieholzproduktion + zusätzliche Potenziale [MWh/a]	
Waldholz	577'900	84'700	336'300	± 33'600
Waldholz zusätzliches Potenzial*			153'700	± 38'400
Flurholz	45'500	± 4'600	10'900	± 1'100
Flurholz zusätzliches Potenzial			44'900	± 4'600
Restholz	71'800	7'200	62'700	± 18'800
Restholz zusätzliches Potenzial			156'600	± 39'200
Altholz	211'400	± 21'000	128'400	± 25'700
Pellets	60'000	6'000		
Geplante Anlagen	263'300	± 71'000		
<b>Total</b>	<b>1'229'900</b>	<b>±194'500</b>	<b>893'500</b>	<b>180'100</b>

\* inkl. Holzpreiserhöhung >50 % und inkl. ungenutzter Schlagabraum

Es zeigt sich, dass sowohl beim Waldholz (rund 110'000 fm) wie auch beim Altholz (gut 30'000 fm) der Energieholzverbrauch nicht durch die Energieholzproduktion im Kanton gedeckt werden kann.

**Waldholz und Altholzbedarf**

Das anfallende Restholz (24'000 fm, vgl. Tabelle 4) korreliert stark mit dem verwerteten Restholz von 27'500 fm. Daraus kann gefolgert werden, dass das Restholz vollständig genutzt wird und kein ungenutztes Potenzial vorhanden ist.

**Restholz**

## 5.5.2 (Aussen-)handel durch Revierförster

In der Umfrage mit den 64 Revierförstern wurden auch die Mengen und Verkaufswege des gehandelten Energieholz erfragt.

**Umfrage Revierförster**

Tabelle 22 zeigt die durch die Revierförster im Schnitt jährlich eingekaufte Menge Energieholz nach der Herkunft sortiert.

**Zukauf**

Tabelle 22: Herkunft des durch Forstbetriebe zugekauften Energieholzes, Ø2018-2022

Herkunft	zugekauftes Energieholz [fm/a]			
Bündner Unternehmen	6'300	± 630	(58 %)	
Bündner Forstbetriebe	1'300	± 130	(12 %)	
Eigener Betrieb	200	± 20	(2 %)	
Privatwald im Revier	1'700	± 170	(16 %)	
Ausserkantonale	1'300	± 130	(12 %)	
Ausland	0	± 0	(0 %)	
<b>Total</b>	<b>10'800</b>	<b>± 1'100</b>		

Im Allgemeinen sind die zugekauften Mengen im Vergleich zur Energieholzproduktion sehr klein (ca. 1%) (vgl. Tabelle 3) und es handelt sich hauptsächlich um internen Handel von Bündner Holz.

**Interner Handel**

Abbildung 13 und Tabelle 23 zeigen die im Schnitt zwischen 2018 und 2022 durch die Forstbetriebe verkaufte Menge Energieholz. Es wird unterschieden in

**Verkauf**

Verkäufe über Stockschläge und Verkäufe durch die Forstbetriebe, aufgeschlüsselt nach den Abnehmern.

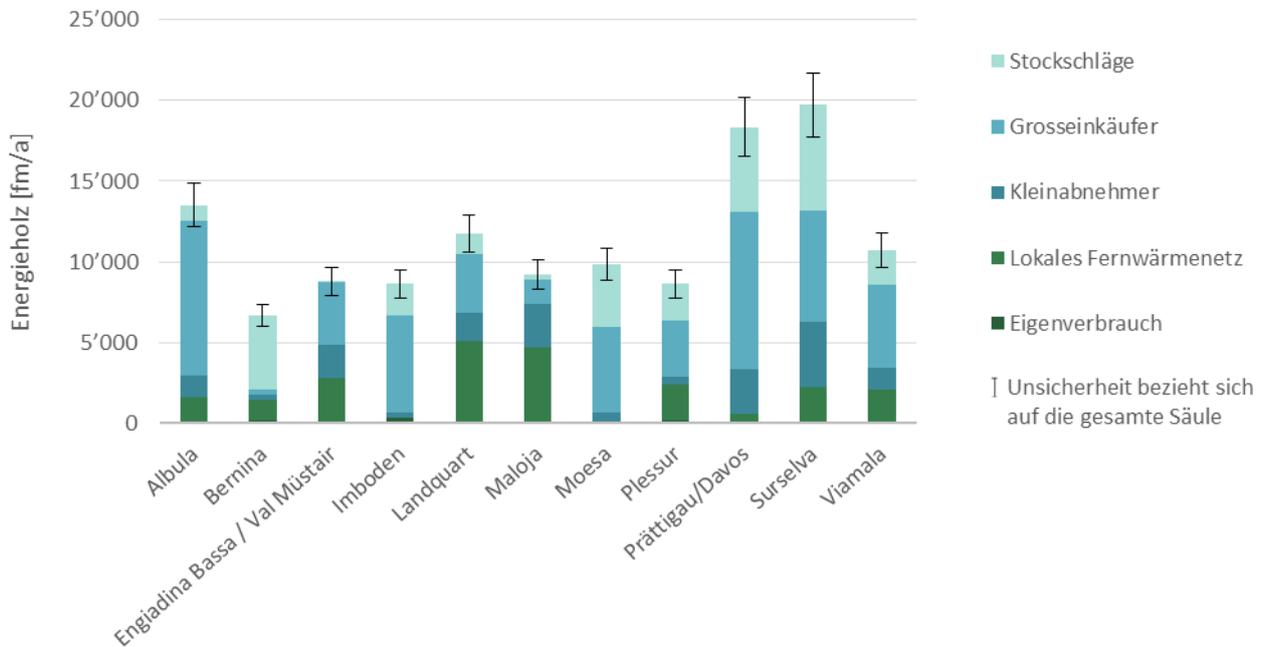


Abbildung 13: Jährlich durchschnittliche Menge über Stockschläge und durch die Forstbetriebe verkauftes Energieholz in den Bündner Regionen, 2018-2022

Die detaillierten Ergebnisse zu den einzelnen Regionen sind im Anhang A.15, Tabelle 48 und Tabelle 49 zu finden.

**Aufgeschlüsselte Resultate im Anhang**

Die Aufteilung des verkauften Energieholzes auf die verschiedenen Abnehmerkategorien ist je nach Region sehr unterschiedlich (vgl. Abbildung 13). Auf den gesamten Kanton gesehen, wird 44 % (55'500 ± 5'600 fm/a) an Grossabnehmer, 23 % (29'200 ± 2'200 fm/a) über Stockschläge, 18 % (22'300 ± 2'200 fm/a) an lokale Fernwärmenetze, 14 % (17'700 ± 1'800 fm/a) an Kleinabnehmer und 1 % (1'200 ± 120 fm/a) für den Eigenverbrauch verkauft resp. verwendet.

**Grosse Unterschiede zwischen Regionen**

Wird die Energieholzproduktion der Menge, der durch die Forstbetriebe verkauften Energieholz gegenübergestellt, ergeben sich teilweise Diskrepanzen, welche den Unsicherheitsbereich überschreiten (vgl. Tabelle 23). Auch nach Rücksprache mit den Revierförstern konnten diese Diskrepanzen nicht geklärt werden. Mögliche Erklärungen bei einer Abweichung mit höherer Energieholzproduktion (Engiadina Bassa/Val Müstair, Imboden, Surselva, Viamala) sind die Lagerung des Energieholzes über das Jahresende hinaus oder das Liegenlassen von geschlagenem Holz im Wald aus unterschiedlichen Gründen.

**Bilanz Forstbetriebe**

Tabelle 23: Bilanz über alle Forstbetriebe im Kanton Graubünden, 2018-2022

Region	Energieholzproduktion Waldholz [fm/a]	Verkauf Energieholz durch Forstbetriebe [fm/a]	Absolute Diskrepanz [fm/a]
Albula	13'800 ± 1'400	13'500 ± 1'400	300
Bernina	7'500 ± 750	6'700 ± 700	800
Engiadina Bassa / Val Müstair	12'000 ± 1'200	8'800 ± 900	3'200
Imboden	10'000 ± 990	8'600 ± 900	1'400
Landquart	10'000 ± 1'000	11'700 ± 1'200	600
Maloja	9'100 ± 900	9'200 ± 900	100
Moesa	8'300 ± 830	9'800 ± 1'000	1'500
Plessur	9'700 ± 970	8'600 ± 900	1'100
Prättigau / Davos	19'800 ± 2'000	18'400 ± 1'800	1'400
Surselva	22'900 ± 2'300	19'700 ± 2'000	3'200
Viamala	13'200 ± 1'300	10'700 ± 1'100	2'500
Kanton Graubünden	136'200 ± 13'600	125'900 ± 12'600	11'600

### 5.5.3 (Aussen-)handel durch Forstunternehmen

Von den acht kontaktierten Forstunternehmen gaben sechs bezüglich ihren Energieholz Ein- und Verkäufe schriftlich oder mündlich Rückmeldung. Die Resultate werden aus Datenschutzgründen nur in aggregierter Form verwendet.

**Auswahl Unternehmen, Rücklaufquote**

Die folgende Tabelle 24 zeigt die Mengenbilanz der befragten Forstunternehmen.

**Mengenbilanz**

Tabelle 24: Durchschnittliche jährlich eingekaufte und verkaufte Menge Energieholz der befragten sechs Forstunternehmen, 2018-2022

Forstunternehmen	Waldholz [fm/a]
Einkauf GR	59'800 6'000
davon Stockschläge	19'100 ± 1'900
Einkauf CH	180 ± 20
Total Einkauf	60'000 ± 6'000
Verkauf nach Graubünden	60'500 ± 6'100
Verkauf CH	1'000 ± 100
Total Verkauf	61'500 ± 6'200

Verglichen mit dem von den Forstbetrieben über Stockschläge verkauften Energieholzes (29'200 ± 2'900 fm/a, vgl. Anhang A.15, Tabelle 48), decken die befragten Unternehmen zwei Drittel der Menge ab (19'100 ± 1'900 fm/a).

**Abdeckung Stockschläge**

Die befragten Forstunternehmen geben an, ohne Stockschläge 40'700 ± 4'100 fm Energieholz von Revierförstern zu kaufen. Bezogen auf die von den Revierförstern an Grosshändler verkaufte Menge Energieholz von 55'500 ± 5'600 fm (vgl. Anhang A.6, Tabelle 48), deckt das knapp 75 % des Handels ab.

**Abdeckung Grosshändler**

Durch die sechs Unternehmen kann demnach ein grosser Teil des Marktes abgedeckt werden und die Aussagen lassen sich repräsentativ auf den Markt extrapolieren.

**Gute Abdeckung des Marktes**

Der Unterschied der eingekauften und verkauften Mengen an Energieholz fällt in den Unsicherheitsbereich und ist dementsprechend nicht relevant.

**Diskrepanzen Mengenbilanz**

Anhand der Mengen gemäss Tabelle 24 lässt sich sagen, dass von den Unternehmen sehr wenig Holz in den Kanton importiert oder aus dem Kanton exportiert wird. Unklar ist jedoch, ob die Unternehmen das Bündner Energieholz direkt an Endverbraucher verkaufen oder ob es durch Verkäufe an Händler aus dem Kanton gelangt.

**Wenig Export und Import**

### 5.5.4 (Aussen-)handel durch Stückbrennholzhändler

Von den 32 angefragten Stückholzbrennhändlern gaben 22 an, mit Stückholz zu handeln. Die Resultate der Umfrage sind in folgender Tabelle 25 angegeben. Die nach Regionen aufgeschlüsselte Daten finden sich im Anhang A.15 Tabelle 50.

Tabelle 25: Eingekaufte und Verkaufte Menge Stückbrennholz durch die befragten Händler

Stückbrennholzhändler	Stückbrennholz [fm/a]
Einkauf GR	7'500 ± 750
davon Laubholz	69 %
davon Nadelholz	31 %
Einkauf CH	18'600 ± 1'900
davon Laubholz	94 %
davon Nadelholz	6 %
<b>Total Einkauf</b>	<b>26'100 ± 2'600</b>
Verkauf nach Graubünden	13'500 ± 1'400
Verkauf CH	12'600 ± 1'300
<b>Total Verkauf</b>	<b>26'100 ± 2'600</b>

Es fällt auf, dass der grösste Teil des Stückbrennholzes (18'600 fm, ca. 70 %) importiert wird und dass es sich dabei hauptsächlich um Laubholz handelt (94 %).

**Laubholzimport**

Der exportierte Anteil ist sehr grob abgeschätzt und betrifft im Wesentlichen einen Händler. Da dieser Händler auch importiert, ist es nicht klar, ob Bündner Holz oder importiertes Holz ausserkantonale verkauft wird.

**Bündner Holz**

Unter diesen Annahmen wird beinahe 50 % der eingekauften Stückbrennhölzer exportiert. Der Stückbrennholzhandel ist demnach vor allem ein interkantonales Handelsgeschäft.

**Interkantonaler Handel**

### 5.5.5 (Aussen-)handel durch Grossfeuerungsanlagen

Durch die Befragung der Anlagen der Kategorien 18, 19 und 20 konnten folgende Informationen über importierte und exportierte Energieholzmengen in Erfahrung gebracht werden.

**Import**

Tabelle 26: Importierte und exportierte Energieholzmengen der Anlagenkategorien 18, 19 und 20 und der Anteil der importierten Menge am

Holzart	Anlagenkategorien 18, 19, 20	
	Einkauf CH [fm]	Verkauf CH [fm]
Waldholz	51'300 ± 5'100	
Flurholz	18'000 ± 1'800	
Restholz	5'100 ± 500	
Altholz	37'000 ± 3'700	19'800 ± 2'000
<b>Total</b>	<b>111'400 ± 11'100</b>	<b>19'800 ± 2'000</b>

Verglichen mit dem Energieholzverbrauch der Anlagenkategorien 18, 19 und 20 (vgl. Tabelle 19) macht der Import insgesamt 50 % aus (Waldholz 38 %, Flurholz 76 %, Restholz 79 %, Altholz 65 %).

**Anteil an Verbrauch**

Vom aus dem Kanton Graubünden exportiertem Altholz wird 12'300 fm stofflich verwertet.

**Stoffliche Verwertung**

### 5.5.6 Holzflussdiagramm

Die graphische Darstellung der Holzflüsse in Form von grössenproportionalen Pfeilen im Kanton Graubünden kann der Abbildung 14 entnommen werden.

**Holzflussdiagramm**

Alle Holzflüsse, bis auf die «Energieholzproduktion Flurholz», wurden aus den Resultaten erhoben und nicht über Bilanzen berechnet. Deswegen gehen in den einzelnen Prozessen die Bilanzen nicht auf. Die Fehler liegen aber alle innerhalb des Fehlerbereichs.

**Diskrepanzen**

Die Prozesse «Energieholzverbrauch» umfassen den Verwertungsweg des Energieholzes von der Produktion zum Verbrauch. Dieser Prozess umfasst auch den Handel über jegliche Zwischenhändler, welcher jedoch aufgrund fehlender Informationen als Blackbox in diesem Prozess zu verstehen ist.

**Energieholzverbrauch**

Laut Auskunft der Revierförster, der Forstunternehmer und Stückbrennhölzhändler werden nur kleine Mengen Energieholz aus dem Kanton Graubünden exportiert und deutlich mehr importiert.

**Geringe Exporte stehen hohen Importen gegenüber**

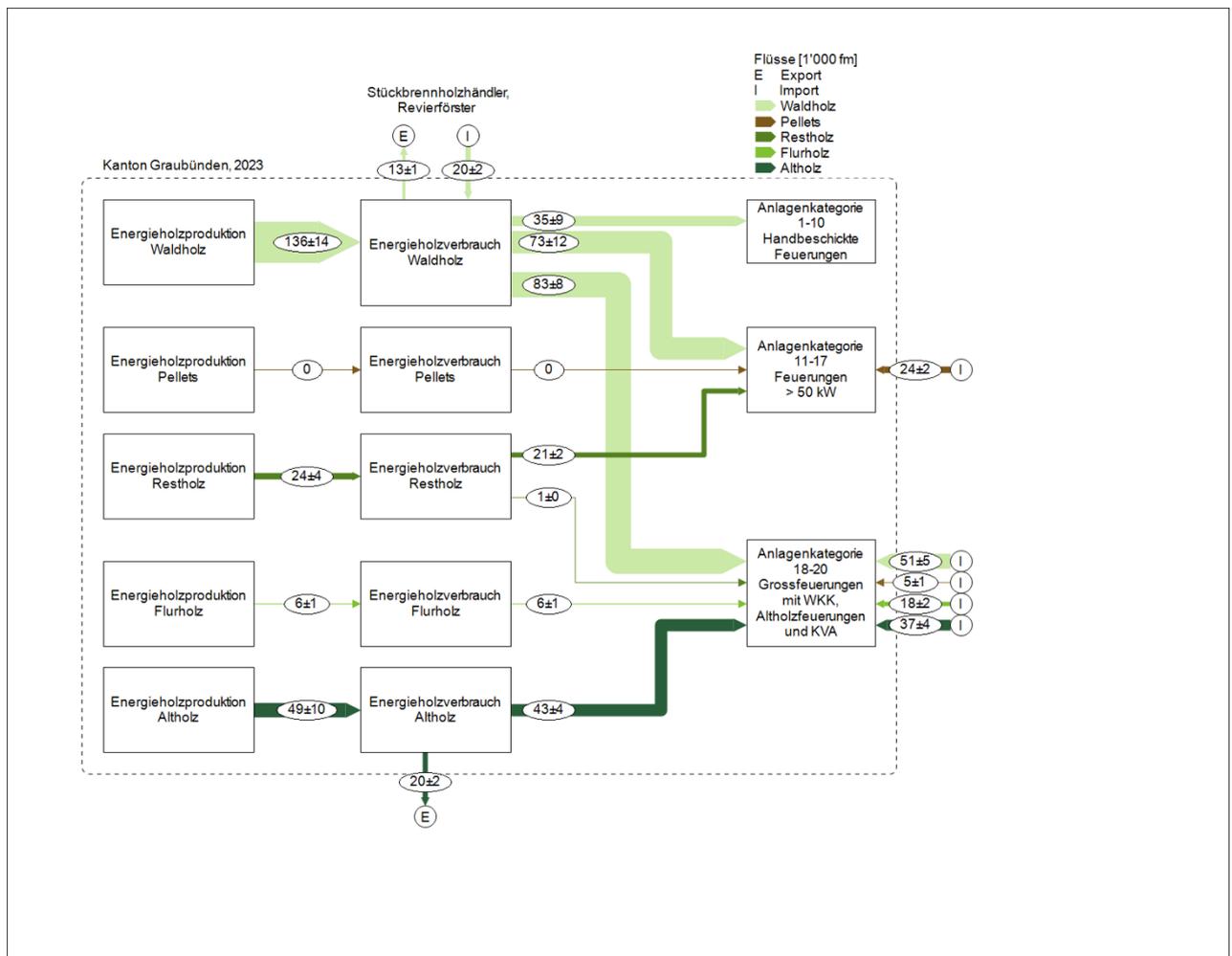


Abbildung 14: Holzflüsse im Energieholz-System Graubünden im Jahr 2022

Die grösste Diskrepanz ergibt sich beim «Energieholzverbrauch Waldholz» mit 48'000 fm. Sehr wahrscheinlich wird ein Teil dieser Menge zusätzlich importiert. Da in den Umfragen der Markt nicht zu 100 % abgedeckt werden konnte, konnte das nicht eruiert werden. Es ist bekannt, dass es Forstunternehmen gibt, die ihren Sitz ausserhalb des Kantons Graubünden haben und Feuerungen im Kanton beliefern. Da diese Forstunternehmen nicht bei Bündner Revierförstern ihr Energieholz kaufen und die Rücklaufquote der Umfrage mit den Feuerungen 70-500 kW wenig Rückmeldungen ergab, wurden diese Mengen nicht erfasst.

**Waldholz Import**

Die 13'000 fm exportiertes Waldholz resultieren hauptsächlich aus dem Stückbrennholz, bei welchem nicht klar ist, ob es sich aus Bündner oder importiertem Holz handelt.

**Waldholz Export**

Pellets werden im Kanton Graubünden keine produziert und somit komplett importiert.

**Pellets**

Restholz wird weder importiert noch exportiert und die anfallenden Mengen werden vollständig energetisch verwertet.

**Restholz**

Die Energieholzproduktion von Flurholz stimmt mit dem Energieholzverbrauch genau überein, da die Produktionsdaten nicht erhoben, sondern über die Bilanz des Verbrauches und der Importierten Menge berechnet wurde.

**Flurholz**

Insgesamt wird fast doppelt so viel Altholz importiert wie exportiert. Beim Export gelangt 12'300 fm (60 %) in die stoffliche Nutzung. Das restliche exportierte Altholz wird energetisch in ausserkantonalen KVA und Altholzfeuerungen verwertet. Die Diskrepanz im Prozess «Energieholzverbrauchs Altholz» von 6'000 fm könnte darauf hindeuten, dass die Energieholzproduktion von Altholz unterschätzt wurde. Dies weil die Daten zum Energieholzverbrauch direkt von den Betriebsdaten der Anlagen stammen und sämtliche Anlagen dabei berücksichtigt wurden. Andererseits liegt die Differenz klar innerhalb des angenommenen Fehlerbereichs.

**Altholz**

Das Holzflussdiagramm verdeutlicht nochmals den hohen Energieholzverbrauch und Relevanz der Anlagenkategorien 18, 19 und 20 (ca. 60 %). Diese Anlagen bedingen auch 75 % des Importes. Das zeigt, dass die anderen Anlagenkategorien durch Bündner Energieholz abgedeckt werden könnten.

**Abdeckung durch Bündner Holz**

## 6 Spezielle Erkenntnisse aus Befragungen und Literatur

### 6.1 Produktionsseite

Einige Förster haben das Nutzungspotenzial wegen dem Einfluss des Wildes auf die Verjüngung tiefer geschätzt als es ohne Wildeinfluss wäre. Ausbleibende Verjüngung oder längere Verjüngungszeiträume verringern den Zuwachs, den waldbaulichen Spielraum und damit auch das Holznutzungspotenzial.

**Starker Verbiss verringert Nutzungspotenzial**

Ein weiterer Faktor, welcher das durch die Förster geschätzte Nutzungspotential beeinflusst, ist die ungenügende Infrastruktur. Schlecht erschlossene Wälder werden auch bei stark steigenden Holzpreisen nur dann genutzt werden, wenn die Infrastruktur eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung ermöglicht.

**Infrastruktur**

Das Potenzial für nutzbaren Schlagabraum würde an vielen Orten grösser eingeschätzt, wenn entsprechende Feuerungen in der Nähe vorhanden wären. Wegen der (zu) hohen Transportkosten verbleibt viel Schlagabraum im Wald. Dasselbe gilt auch für die Verwertung von Flurholz.

**Fehlende lokale Verbrennungskapazität für Schlagabraum und Flurholz**

Von den insgesamt durch die Forstbetriebe direkt verkauften knapp 100'000 fm Waldholz (73 % der gesamten Waldenergieholzproduktion) sind 47 % frei und weitere 4 % innerhalb von 5 Jahren verfügbar. Rund 40 % des verkauften Holzes ist für mehr als 10 Jahre vertraglich gebunden. Weitere ca. 30'000 fm (22 % der gesamten Waldenergieholzproduktion) werden als Stockschläge verkauft. Die regionalen Unterschiede bei den Vertragsdauern sind aber sehr gross (vgl. Abbildung 15).

**Knapp 50 % des durch Forstbetriebe verkauften Waldenergieholzes ist frei verfügbar**

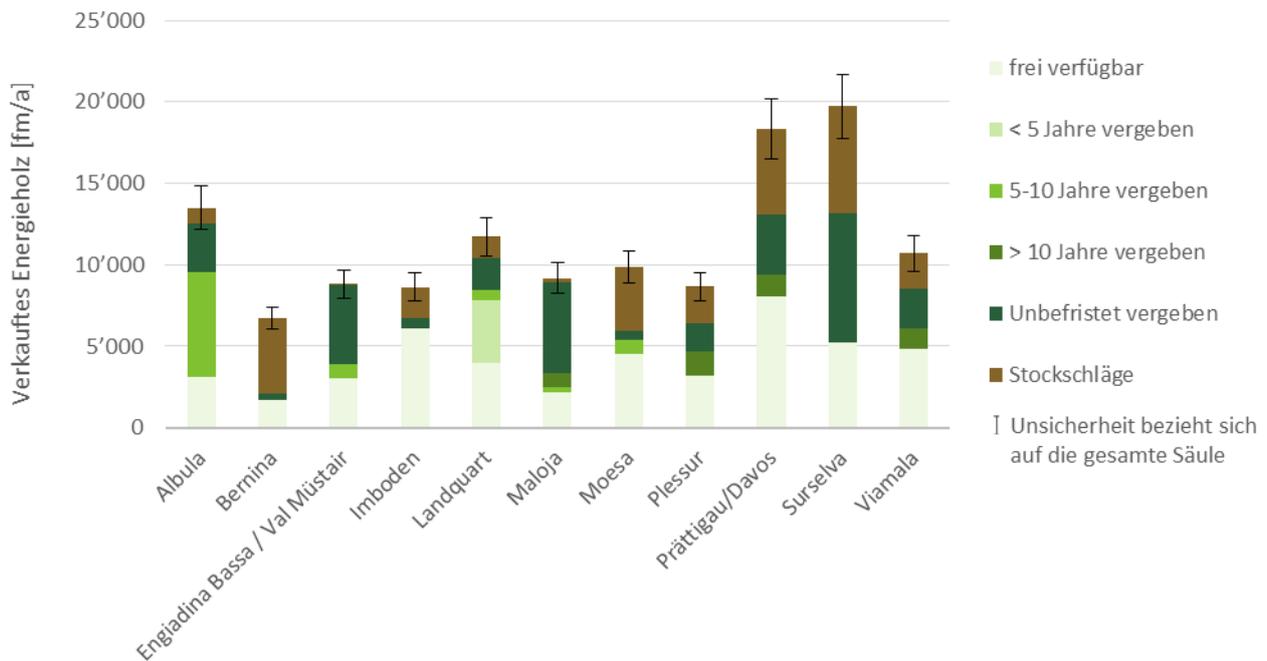


Abbildung 15: Durchschnittliche Menge durch Forstbetriebe verkauftes Energieholz (inkl. Privatwald) in den Bündner Regionen nach Länge der Verträge aufgeteilt, 2018-2022

Der Privatwaldanteil im Kanton Graubünden ist mit Ausnahme der Reviere Davos, Grüşch und Safiental klein. Insgesamt beträgt der Anteil bezogen auf die Fläche 13 % und bezogen auf die Holzernte 12 %. Damit die Nutzung im Privatwald gesteigert werden könnte, müssten die allgemeinen Holzpreise steigen. Eine Beitragserhöhung zur Schutzwaldpflege würde hier die zusätzlich mobilisierbare Menge weniger erhöhen.

**Generell geringer Privatwaldanteil**

Die erzielten Preise für das von den Forstbetrieben verkaufte Energieholz entsprach in gut 70 % der Fälle Marktpreisen. Spezialpreise mussten in gut 10 % der Fälle gewährt werden. Die regionale Aufteilung zeigt, dass in den Regionen Bernina und Maloja häufig Spezialpreise bezahlt werden. Im Misox und der Surselva wurden zu dieser Frage oft keine Angaben gegeben (vgl. Abbildung 16).

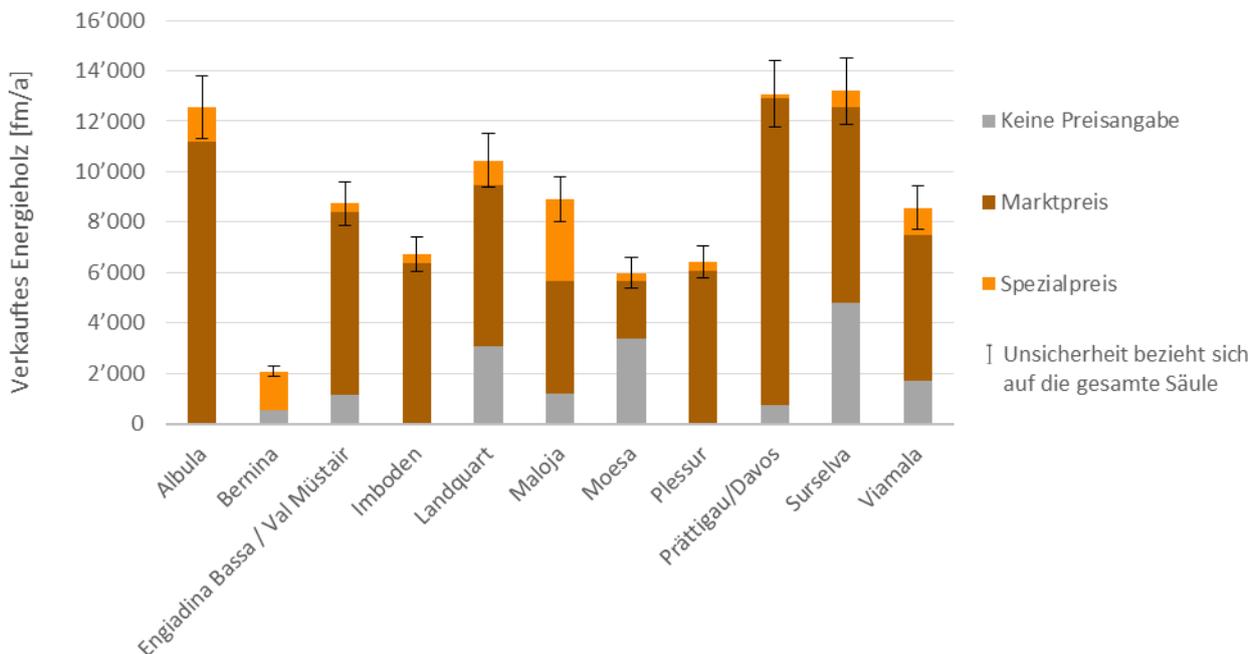


Abbildung 16: Art des Preises des verkauften Energieholzes durch den Forstbetrieb (ohne Stockschläge), 2022

Die Energieholzpreise spielen eine grosse Rolle bei der Sortimentsnutzung. Falls sich die Preise für D-Sortimente (Qualität für z. B. Verpackungsmaterial) den Energieholzpreisen angleichen, steigt der Anreiz, eigentlich sägefähiges Holz energetisch zu nutzen. Insbesondere, weil durch die Ganzbaumernte (Hacker) der Rüstaufwand sinkt und die verwertbare Holzmenge steigt (Grobäste werden mitgehackt). Dieser Effekt spielt aber nur dort, wo der Transport der geernteten Bäume zum Hacker logistisch einfach möglich ist.

**Energieholzpreise beeinflussen Sortimentsnutzung**

## 6.2 Verbrauchsseite

### 6.2.1 Befragung Feuerungsbetreiber

Von einigen Feuerungsbetreibern und Holzhändlern wurde die Problematik der Saisonalität angesprochen. Sie spielt vor allem im Altholzmarkt. Während das Altholz hauptsächlich im Sommerhalbjahr anfällt, wird es vornehmlich im Winter zur Wärmeerzeugung und der gekoppelten Stromproduktion gebraucht. Dort wo die reine Stromproduktion und die Schnitzeltrocknung im Vordergrund stehen, spielt dieser Effekt eine kleinere Rolle.

**Saisonalität von Altholz**

Das Problem von zugänglichen Lagerplätzen von (vorgetrocknetem) Energieholz wurde ebenfalls angesprochen. Es wird verschiedentlich bemängelt, dass Energieholz, welches geschlagen vorhanden wäre, im Winter nicht zugänglich ist. Ebenfalls würden Plätze für Hackschnitzel fehlen. Es werden Energieholzlagerplätze gefordert, welche das ganze Jahr über erreichbar sind.

**Zugänglichkeit von Holzlagerplätzen**

## 6.2.2 Preise Energieholz

Das zusätzliche Energieholzpotenzial von Waldholz wird mit drei verschiedenen Stufen einer Holzpreiserhöhung analysiert: <25 %, 25-50 %, >50 %. Um die Plausibilität dieser Erhöhungen zu bewerten, wird der Preis von Wärmeenergie aus Energieholz, mit dem von Wärmepumpen verglichen. Hierbei wird bewusst eine ökologisch vergleichbare Produktionsmethode verwendet, um den Vergleich valider zu gestalten und andere Faktoren auszuschließen.

**Preisvergleich**

Gemäss Angaben von Holzenergie Schweiz [16] liegt der Schnitzelpreis aktuell bei ca. CHF 48.-/Sm<sup>3</sup>. Das entspricht einem Rundholzpreis von CHF 75.60/fm. Angesichts eines durchschnittlichen Energiegehalts von Waldholz von 2.48 MWh/fm, ergibt sich daraus ein Einkaufspreis für Feuerungsbetreiber von rund 3 Rp./kWh. Die Brennstoffkosten machen bei einer automatischen Schnitzelheizung rund 30 % der Vollkosten aus [16], womit sich ein Preis von rund 10 Rp./kWh errechnet.

**Holzenergie**

Bei Wärmepumpen ist die Jahresarbeitszahl ein Indikator für die Effizienz, mit der Strom in Wärme umgewandelt wird. Sie variiert je nach Typ der Wärmepumpe (Luft-Wasser, Wasser-Wasser, Erdwärme) zwischen 3 und 5. Bei einem Strompreis in der Schweiz von 26.95 Rappen pro Kilowattstunde bedeutet dies, dass pro kWh Wärme zwischen 5.5 und 9 Rappen bezahlt werden müssen.

**Wärmepumpe**

Diese Abschätzungen sind stark vereinfacht und dienen lediglich einer groben Einschätzung. Zusätzliche Kosten, wie beispielsweise die Installation der Wärmepumpe und Wartungsarbeiten, werden hier nicht berücksichtigt. Es ist demnach anzunehmen, dass der Preis pro kWh Wärme einer Wärmepumpe effektiv etwas höher liegt.

**Installation, Wartung**

Es lässt sich jedoch sagen, dass die Kosten für Wärmeenergie aus beiden Produktionsmethoden momentan auf einem vergleichbaren Niveau liegen. Sollte es zu einer Steigerung der Holzpreise kommen, wie es bei der Annahme des zusätzlichen Potenzials von Waldholz vorgesehen ist, würde dies zur Folge haben, dass Energieholz im Vergleich zu Wärmepumpen weniger konkurrenzfähig wird. Es ist allerdings absehbar, dass auch die Stromkosten steigen dürften und somit eine deutliche Holzpreissteigerung nicht unrealistisch wäre.

**Vergleichbares Niveau**

## 6.2.3 Graubünden Holz

Im Auftrag von Graubünden Holz wurde auch für das Jahr 2022 wiederum eine Holzflussstudie in Auftrag gegeben [14]. Die Erkenntnisse aus den Befragungen der Revierförster, der Forstunternehmer und der Feuerungsbetreiber der vorliegenden Untersuchung zum Energieholzpotenzial decken sich gut mit den Erkenntnissen aus der Holzflussstudie von Graubünden Holz.

**Gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit Holzflussstudie 2022**

Die Holzflussstudie zeigt, dass im Jahr 2022 das Stammholz zum grössten Teil (>90 % oder >200'000 fm) ins Ausland und in andere Kantone exportiert wurde. Damit gehen dem Kanton Graubünden über 80'000 fm Energieholz in Form von Restholz «verloren». Das Holzfluss-Diagramm der Holzflussstudie ist im Anhang A.17 abgebildet.

## 6.3 Vergleich von Resultaten aus Modellierungen und Befragungen

Die potenzielle Energieholzproduktion aus den Bündner Wälder ist immer wieder Thema von Studien und Analysen. Die letzte umfassende Studie auf kantonaler Ebene wurde 2015 durch das Amt für Wald und Naturgefahren (AWN), Amt für Natur und Umwelt (ANU) und das Amt für Energie und Verkehr (AEV) veröffentlicht [1]. Das nachhaltige nutzbare Potenzial an Energieholz aus dem Wald wurde damals auf rund 300'000 fm/a (640'000 MWh/a) ermittelt.

In den Jahren 2017 und 2023 hat die Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) weitere Studien publiziert, welche das Potenzial für die gesamte Schweiz bestimmt haben. Die Ergebnisse sind auf die Kantone und Gemeinden heruntergebrochen und publiziert worden [9][10][11].

In Abbildung 17 sind die Ergebnisse der erwähnten Studien dargestellt. Ergänzt wurde sie mit den Resultaten der aktuellen Studie und der aktuellen Produktion von Energieholz aus dem Bündner Wald.

### Diverse Studien zum Energieholzpotenzial

### Regionale Aussagen der WSL

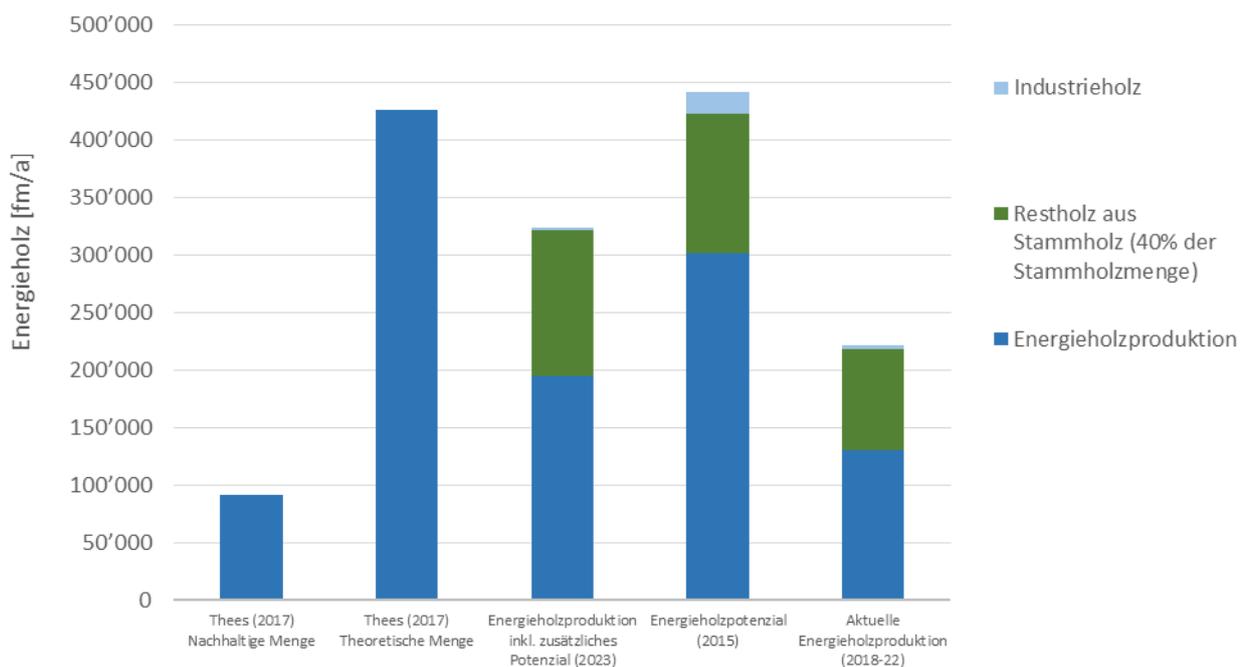


Abbildung 17: Vergleich der Energieholzpotenziale verschiedener Studien

Auf den ersten Blick sind die Differenzen sehr gross. Diese können aber grösstenteils auf methodische Unterschiede der Studien zurückgeführt werden. Eine Übersicht der wichtigsten Merkmale und Ergebnisse der verschiedenen Studien ist aus der Tabelle 27 ersichtlich.

### Grosse Unterschiede

Tabelle 27: Merkmale der verschiedenen Energieholzpotenzialstudien

Studie	Perimeter	Datengrundlage	Szenario	Spezielles
Thees (2017) Nachhaltige Menge	Gesamt- wald	LFI Daten, LFI Modelle	Leichter Vorrats- abbau	inkl. Restholz aus Stammholzproduktion und Industrieholz;
Thees (2017) Theoretische Menge	Gesamt- wald	LFI Daten LFI Modelle	Leichter Vorrats- abbau	inkl. Restholz aus Stammholzproduktion und Industrieholz Kaskadennutzung
Energieholzpro- duktion inkl. zu- sätzliches Poten- zial (2023)	öffentl. Wald	Umfrage Förster inkl. Zuschlag für Privatwald	Holzpreiserhö- hung > 50%	
Energieholzpo- tenzial (2015)	Gesamt- wald	Daten Waldinven- tur GR I	Nachhaltig nutz- bare Holzmenge nach Zwiebel- schalenprinzip	
Aktuelle Energie- holzproduktion (2018-22)	Gesamt- wald	Forststatistik 2018-22	Aktueller Verkauf	Entspricht Umfrage- resultaten

Die aktuelle Produktion wurde den Forststatistikdaten 2018-22 entnommen. Im Gesamtwald wurden rund 130'000 fm Energieholz verkauft (38 % der gesamten Holzverkäufe). Theoretisch würden heute aus der Stammholzbearbeitung zusätzlich rund 90'000 fm/a Restholz anfallen. Dieses Restholz wird zu fast 90 % ausserkantonal verwertet, da nur rund 10 % des Rundholzes im Kanton eingeschnitten werden. Um die Ergebnisse mit den Studien von Thees [9][11] zu vergleichen, wird es hier zum Energieholzpotenzial dazugezählt. Das Potenzial an Energieholz aus dem Wald beträgt damit gesamthaft rund 220'000 fm/a. Die Untersuchung von 2015 für das aus dem Wald anfallende Energieholz basiert grösstenteils auf den Daten der Erstaufnahmen der Waldinventur GR. Ausgehend vom berechneten Zuwachs wurden gemäss dem Zwiebelschalenmodell verschiedene Abzüge gemäss Abbildung 18 vorgenommen. Das Waldenergieholzpotenzial für den Gesamtwald wurde auf rund 300'000 fm/a geschätzt. Das Restholz aus der Rundholzbearbeitung wurde in der Studie 2015 für das gesamte Energieholzpotential nur für das im Kanton eingesägte Stammholz berücksichtigt. Um die Ergebnisse mit den Studien von Thees zu ermöglichen, wird in der Abbildung 17 das gesamte Restholz aus der Stammholzproduktion (40 % von 3000'000 fm/a) zum Energieholzpotenzial aus Waldholz dazugezählt. Ebenfalls zum Energieholz dazugezählt wird das Industrieholz (18'880 fm/a). Das so angepasste Potenzial an Energieholz aus Waldholz beträgt gemäss dieser Berechnung gesamthaft rund 440'000 fm/a.

**Restholz zu Vergleichszwecken  
hinzugezählt**

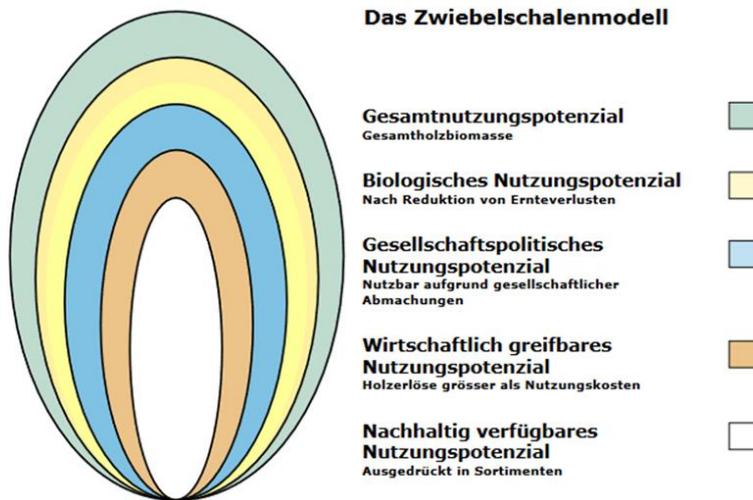


Abbildung 18: Zwiebelschalenmodell mit seinen Abzugsschalen

Die aktuelle Studie 2023 basiert im Gegensatz zu den Studien 2015 [1] und 2017/23 [9][11] nicht auf Modellen, sondern grösstenteils auf einer Umfrage bei allen Revierförstern im Kanton. Anstatt eines Top-Down Ansatzes wurde ein Bottom-Up Ansatz gewählt. Da die Umfrage auf Daten der öffentlichen Wälder beruht, muss für den Privatwald ein Zuschlag berechnet werden, damit die Resultate mit den übrigen Studien vergleichbar sind. Der Zuschlag wurde pro Forstrevier aus dem Flächenanteil des Privatwaldes berechnet (vgl. Anhang A.6). Für den gesamten Kanton beträgt er 12 %. Für die Vergleichbarkeit muss auch hier der Anteil an Restholz aus der Rundholzproduktion dazugezählt werden. Das Energieholzpotenzial aus der Rundholzproduktion würde gemäss dieser Berechnung mit fast 130'000 fm/a rund 2/3 der gemäss Umfrage potenziell direkt aus Waldholz möglichen Energieholzmenge (ca. 200'000 fm/a) betragen. Das Industrieholz muss ebenfalls dazugezählt werden, macht aber nur noch einen marginalen Teil der gesamten Energieholzmenge von rund 325'000 fm/a aus.

**Einbezug von Privatwald und Restholz für Vergleich**

Die zwei Studien von Thees [9][11] basieren auf Modellen, welche auf den Daten und verschiedenen Modellen des Landesforstinventars (LFI) beruhen (Zuwachs, Sortimentsverteilung, Holzerntekosten) und mit verschiedenen Szenarien («Bewirtschaftung wie bisher», «Vorratsverminderung, resp. -erhöhung») berechnet wurden. Im Potenzial des energetisch nutzbaren Waldholzes wurde alles Holz gezählt, das stofflich als Säge- und Industrieholz genutzt wird. Das heisst, dass das theoretische Potenzial des Restholzes vollständig im Waldholzpotezial enthalten ist. Eine Unterscheidung der drei Energieholzarten auf kantonaler Ebene kann den Publikationen leider nicht entnommen werden. Bei der Variante «theoretische Holzmenge» und dem gewählten Szenario «leichter Vorratsabbau» beträgt die gesamte Energieholzmenge aus dem Wald rund 425'000 fm/a.

**Potenzial bei Thees aufgrund von LFI-Modellen**

Die Variante «nachhaltige Nutzung» setzt voraus, dass die Kaskadennutzung möglichst konsequent verfolgt wird, d. h. das Holz soll zuerst möglichst einer stofflichen Verwertung zugeführt werden und erst in einem letzten Schritt soll aus Holz Energie gewonnen werden. Das energetische Potenzial aus Waldholz fällt deshalb mit 90'000 fm/a sehr viel geringer aus als in allen anderen Studien. Aus Sicht der Nachhaltigkeit und des CO<sub>2</sub> Ausstosses wäre das aber die sinnvollste Variante.

**Mit Kaskadennutzung deutliche geringere Energieholzmengen.**

Aus dem Vergleich lassen sich folgende Schlüsse ziehen:  
Das Potenzial für die Produktion von Waldenergieholz ist bei den beiden Studien Thees [9][11] und AWN/ANU/AEV 2015 [1] mit einem Top-Down Ansatz und der Verwendung von Waldinventurdaten ziemlich ähnlich. Man kann also davon ausgehen, dass dieses theoretische Potenzial vorhanden ist und nachhaltig genutzt werden könnte.

**Resultate aus Top-Down-Ansätzen vergleichbar**

Das aus der Umfrage der Förster ermittelte Energieholzpotenzial ist rund 100'000 fm/a tiefer als die aus Modellen hergeleiteten Potenziale. Es ist aber wahrscheinlich das realistischere Potential. Die Umfrage führt zwar zu stark persönlich geprägten Einschätzungen, aber schlussendlich entscheiden die Förster wie viel Energieholz unter welchen Rahmenbedingungen genutzt wird. Die Förster sehen es demnach auch mit einer Holzpreiserhöhung von mehr als 50 % als nicht sehr realistisch an, in den nächsten Jahren die Differenz von 100'000 fm/a zum theoretisch Möglichen zu nutzen.

**Einschätzung von Förstern tiefer**

Auffallend bei allen Studien ist, wie gross das Potenzial an Energieholz aus der Stammholzbearbeitung wäre. Heute fehlen mehr als 100'000 fm/a Energieholz, um den aktuellen Verbrauch im Kanton zu decken. Würde ein grosser Teil des Rundholzes im Kanton eingeschnitten, so könnte der aktuelle Bedarf mit einheimischen Energieholz beinahe gedeckt werden.

**Grosses Potenzial beim Restholz**

Der «nachhaltige» Ansatz gemäss Thees ist theoretisch die richtige Lösung, um eine maximale CO<sub>2</sub> Reduktion mit der Holzproduktion zu erzielen. Damit würde auf lange Sicht nicht weniger Energie aus Holz erzeugt, aber es würde zu einer Umlagerung von Waldholz zu Alt- und Restholz führen. Damit diese nachhaltige Lösung funktionieren würde, müssten Produzenten, Händler und Konsumenten das Prinzip der Kaskadennutzung auch umsetzen wollen. Heute ist es aber aus wirtschaftlicher Sicht insbesondere für die Forstbetriebe als Produzenten nicht sinnvoll diesem Prinzip zu folgen.

**Wirtschaftliche Gründe gegen Kaskadennutzung**

## 6.4 Thema Holzenergie in Literatur/Politik

Noch vor wenigen Jahren wurde der Bau von Holzfeuerungen per se als eine sinnvolle Lösung zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen angesehen und entsprechend finanziell gefördert. Die Strategie zur Nutzung von Holzenergie geht heute jedoch weg von der «unbesehenen» Förderung von Feuerungsanlagen hin zur zielgerichteten Unterstützung von Anlagen, die eine effiziente Nutzung der Holzenergie ermöglichen. Studien zum maximalen Potenzial von thermischen Holzheizanlagen zur Wohnraumheizung zeigen, dass auch im besten Fall (sehr gut isolierte Häuser) der Wärmebedarf das Energieholzpotenzial um den

**Weg von flächendeckender Holzenergiesubventionierung**

Faktor fünf überschreitet (Nussbaumer 2023 [15]). Der effiziente Einsatz von Energieholz ist vor diesem Hintergrund dringend geboten. Priorität soll gemäss der oben genannten Studie die Erzeugung von Prozesswärme sowie Spitzenlast-Gebäudewärme haben. Daneben liefern wärmegeführte WKK-Anlagen einen hohen Nutzen, da sie einen Beitrag zur Schliessung der Winterstromlücke liefern. Für die Herstellung von Treibstoffen aus Energieholz dürfte bei der ausgebauten Nutzung von Holz zur Prozesswärmeherstellung und Spitzenlast Gebäudeheizung kein Energieholz mehr übrig sein, womit diese Nutzung infolge des tiefen Wirkungsgrads nicht weiter zu verfolgen ist. Die Herstellung von Pflanzenkohle aus Energieholz wird ebenfalls kritisch gesehen. Der Effekt als Kohlenstoffsенke wird mit dem Effekt der Produktion von synthetischen Treibstoffen gleichgesetzt, welcher als weniger effizient als die Produktion von Prozesswärme und Spitzenlastheizwärme angesehen wird. Die Herstellung von Pflanzenkohle aus Reststoffen aus der Landwirtschaft oder Vergärungsanlagen, welche nicht zur energetischen Verwertung taugen, wird allerdings als mögliche Alternative bezeichnet.

**Energieholz prioritär für Prozesswärme und Spitzlastunterstützung**

## 7 Fazit

Der Kanton Graubünden kann sich aktuell ( $\emptyset$  2018-2022) nicht mit genügend eigenem Energieholz versorgen. Der Import beträgt bei einem Gesamtverbrauch von rund 400'000 fm rund 150'000 fm oder knapp 40 % (vgl. Abbildung 11 und Tabelle 19). Dabei sind die nicht erfassten Importe beim Waldholz aufgrund der Bilanz aus dem Verbrauch nicht berücksichtigt. Damit würden sich die tatsächlichen Importe auf ca. 200'000 fm erhöhen. Importiert werden müssen sämtliche Pellets (ca. 24'000 fm), Laubholz Stückholz (ca. 18'000 fm), Hackschnitzel in Form von Wald- und Flurholz (ca. 69'000 fm), Altholz (ca. 37'000 fm), Restholz (ca. 5'000 fm), sowie ein wenig Waldholz durch die Revierförster und Forstunternehmen (ca. 2'000 fm) (vgl. Abbildung 14). Der Import von Hackschnitzeln, Restholz und Altholz betrifft praktisch ausschliesslich die Anlagenklassen 18, 19 und 20 (Grossfeuerungen mit WKK und Altholzholzfeuerungen und KVA, vgl. Kapitel 5.5.5).

**Netto-Importbedarf in GR**

Der Export von Energieholz ist dagegen relativ bescheiden. Er besteht vorwiegend aus hauptsächlich stofflich verwertetem Altholz (total ca. 20'000 fm) und rund 10'000 fm Stückholz, wobei nicht klar ist, ob es sich dabei nicht um zuvor importiertes Holz handelt. Rund- oder Hackenergieholz wird praktisch nicht exportiert. Bezogen auf die Gesamtproduktion beträgt der Export damit rund 15 % (vgl. Kapitel 5.5.6)

**Hauptsächlich Althollexporte**

Da sich die Energieholzimporte hauptsächlich auf die Grossanlagen konzentrieren, kann daraus geschlossen werden, dass sich die lokalen Holzenergieanlagen mit Holz aus dem Kanton Graubünden versorgen (lassen).

**Lokale Feuerungen aus lokalem Holz abgedeckt**

Zurzeit sind neue Feuerungsanlagen (Status «Projekt» bis «unbekannt») von 86'000 fm geplant, dazu sind weitere Energieholzanlagen (Herstellung Pflanzenkohle und Bio Raffinerie) von rund 20'000 fm in Planung, total also knapp 110'000 fm (vgl. Tabelle 20). Ob alle diese neuen Anlagen ihren Brennstoff

**Geplante Anlagen mit Bedarf von knapp 110'000 fm**

schon unter Vertrag haben, ist nicht bekannt resp. unwahrscheinlich, da laut Angaben der Revierförster rund die Hälfte des heute geernteten Energieholzes frei verfügbar und nicht vertraglich gebunden ist.

Gemäss Schätzung der Revierförster wären unter Einbezug von ökologischen Kriterien bei einem um 50 % höheren Holzpreis gegenüber heute zusätzliche rund 65'000 fm Waldenergieholz mobilisierbar (inkl. Schlagabraum, vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8). Ein um 50 % höherer Holzpreis wäre jedoch ein sehr grosser Preisschritt. Allerdings zeigte eine Marktumfrage von Holzenergie Schweiz im Jahr 2023, dass es öffentliche Bauherren gibt, welche bereit wären, für ihre Fernheizung Schnitzelpreise von CHF 90.-/Sm<sup>3</sup> (das entspricht einem Rundholzpreis von CHF 193.-/fm!) zu bezahlen [16]. Eine Erhöhung des Energieholzpreises allein (nicht über alle Sortimenten) würde wohl dazu führen, dass auch sägefähiges Holz der Qualität C energetisch genutzt würde, und somit die gewünschte Kaskadennutzung noch weiter vermindert würde.

**Theoretisch zusätzliches Waldenergieholzpotenzial von rund 65'000 fm**

Falls eine Erhöhung der Menge an Waldenergieholz politisch gewollt ist, könnten auch die Bewirtschaftungsbeiträge erhöht werden (bei konstanten Holzpreisen). Der Effekt wäre allerdings nicht so gross wie bei einer allgemeinen Holzpreiserhöhung. Bei einer Erhöhung der Beiträge um 50 % könnten gut 50'000 fm Energieholz (inkl. Schlagabraum, vgl. Tabelle 7 und Tabelle 10) zusätzlich auf den Markt kommen. Für eine solche Beitragserhöhung müssten allerdings die rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst werden.

**Theoretisch zusätzliches Waldenergieholz infolge Beitragserhöhung von 53'000 fm**

Falls die geplanten Sägewerke im Kanton tatsächlich erstellt werden (zusätzlicher Einschnitt gegenüber heute: 150'000 fm) würden weitere 60'000 fm energetisch nutzbares Holz in Form von Restholz im Kanton Graubünden anfallen. Der Einschnitt von 50'000 fm davon ist sehr realistisch, da sich die entsprechenden Anlagen im Bau befinden. Ob die Einschnittkapazitäten der anderen 100'000 fm tatsächlich hinzukommen ist unsicherer, aber aus Sicht der Bündner Waldes erwünscht. Zusammen mit dem zusätzlichen Waldenergieholz könnte damit das zusätzlich benötigte Holz für die oben erwähnten geplanten Anlagen im Kanton Graubünden bereitgestellt werden (vgl. Kapitel 5.2.5).

**Theoretisch zusätzliches Restholzpotenzial von rund 60'000 fm**

Trotz dem schon heute bestehenden Importüberschuss können lokale grössere Holzfeuerungsprojekte Sinn ergeben, wenn dadurch schlechte Energieholzqualitäten (Schlagabraum, Flurholz) und übriges Energieholz nicht über weite Strecken zu anderen Grossfeuerungsanlagen transportiert werden müssen. Der Betrieb von WKK-Anlagen würde in solchen Fällen ebenfalls Sinn ergeben. Solche Anlagen müssen allerdings unbedingt wärmegeführt betrieben werden. Auf einen Sommerbetrieb (z. B. für Warmwasseraufbereitung) muss nach Möglichkeit verzichtet werden. Die solarthermische oder allenfalls –elektrische Aufheizung von Warmwasser muss in einem solchen Fall im Vordergrund stehen.

**Lokale WKK-Grossfeuerungen sinnvoll, wenn wärmegeführt betrieben**

Der effektive Verbrauch von Flurholz ist unklar. Es wird aber davon ausgegangen, dass aktuell ein bedeutender Teil des Potenzials nicht genutzt wird. Um dieses Potenzial zu nutzen, müssen allerdings (wie oben erwähnt) grössere Feuerungsanlagen in der Nähe vorhanden sein, weswegen dieses zusätzliche Potenzial von knapp 25'000 fm mit Vorsicht zu betrachten ist (vgl. Kapitel 5.2.4).

**Unklare Situation beim Flurholz**

Beim Altholz lässt sich die Situation nicht aktiv steuern. Es fällt hauptsächlich in Abhängigkeit der Bautätigkeit an. Das heute exportierte Altholz wird hauptsächlich stofflich genutzt und folgt somit der gewollten Kaskadenstrategie. Solange im Kanton Graubünden keine stoffliche Nutzung Altholz stattfindet, ist an der aktuellen Verwertungsart nichts zu ändern.

**Kein Veränderungsbedarf beim Altholz**

Grundsätzlich soll Energieholz zukünftig hauptsächlich zur Bereitstellung von Prozesswärme und der Abdeckung von Wärme-Spitzenlasten verwendet werden. Damit ist der grösste CO<sub>2</sub>-Effekt erzielbar. Dazu gehört auch, das Holz möglichst hochwertig zu verwenden, also gemäss der sogenannten Kaskadennutzung. Da die bezahlten Preise den Weg des Holzes bestimmen, ist es wahrscheinlich, dass bei Preisparität von sägefähigem minderwertigem Holz (D-Qualitäten) und Energieholz die Kaskadennutzung aufgegeben wird. Sollte sie politisch gewollt sein, müsste sie finanziell gestützt werden.

**Energieholz nach Effizienzgrundsätzen einsetzen**

Zukünftige neue Anwendungen von Holz (z. B. Herstellung von hochwertigen Industrierohstoffen) könnten die heute schlecht bezahlten Sortimente für diese Anwendungen abziehen. Der Betrieb von kommerziellen Feuerungen, welche auf diesen billigen Rohstoff angewiesen sind, würde dann wohl nicht mehr rentabel sein.

**Mögliche Konkurrenz infolge neuer Holzanwendungen**

Die Frage, ob neue grössere Holzenergieanlagen noch sinnvoll sind, kann nicht generell und abschliessend beurteilt werden. Es hängt u. a. davon ab, ob minderwertige Energieholzqualitäten (z. B. Schlagabraum und Flurholz) lokal vorhanden sind und ob ein wärmegeführter Betrieb (wenn möglich mit einer Wärmekraftkoppelung) wirtschaftlich möglich ist. Zudem spielt die Distanz zu bestehenden Grossfeuerungen, welche heute schlechte Qualitäten abnehmen, eine Rolle. Das von neuen Anlagen zusätzlich benötigte Holz würde anderen grösseren Feuerungen nicht mehr zur Verfügung stehen, womit diese Anlagen entweder mehr Holz importieren oder ihren Verbrauch reduzieren müssten. Angesichts des schon heute nicht zu deckenden Energieholzbedarfes sind aber neue Anlagen grundsätzlich kritisch zu hinterfragen und nur solche Anlagen zu unterstützen, welche den Rohstoff Holz haushälterisch und sinnvoll einsetzen. Zudem müssen die gesetzlichen Auflagen für die Einhaltung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erfüllt werden. Die Betreiber neuer Anlagen sind gut beraten, ihren Energieholzbedarf frühzeitig zu bestimmen und mögliche Lieferanten vertraglich zu binden.

**Neue Anlagen individuell beurteilen**

Würden alle geplanten Anlagen realisiert und gleichzeitig mehr Energieholz durch Beitrags- oder Holzpreiserhöhungen zur Verfügung stehen, müssten immer noch rund 150'000 fm oder knapp 30 % des Energieholzes importiert werden (vgl. Tabelle 21).

**Der Netto-Importbedarf bleibt bestehen**

# Anhang

## A.1 Fragebogen Revierförster

**1. Tabelle**  
**Verkauf durch Forstbetriebe resp. Waldeigentümer mit Stockverkäufen**

---

**BESCHREIBUNG**  
Menge an verkauftem Holz durch den Forstbetrieb resp. Waldeigentümer mit Stockverkäufe, ohne Privatwald  
Für das Jahr 2022 und den Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2021  
Ohne zugekaufte Mengen

---

**VORGEHEN**  
Orange Felder bitte ausfüllen | Grüne Felder sind ein Beispiel | Dropdown auswählen ▼

1. Schritt: Einheit auswählen  
2. Schritt: Verkaufte Mengen im Jahr 2022 und durchschnittlich von 2018 bis 2021 eintragen  
3. Schritt: Anteil waldfrisches Holz eintragen (100% = altes Holz ist waldfrisch)  
4. Schritt: "Übrige Sortimente" auf andere die anderen Sortimente verteilen  
5. Schritt: Schätzung, wie viel Schlagabraum für die energetische Verwertung abgegeben wurde  
6. Schritt (optional): Bei Bedarf an leeren Zeilen Schätzfläche "Neue leere Zeile einfügen" klicken

		1. Schritt:	2. Schritt:		3. Schritt:	
		Einheit auswählen	Verkauf		Anteil waldfrisches Holz	Bemerkung
			2022	Ø 2018 bis 2021		
Stammholz	Nadelholz	▼			100%	
Stammholz	Laubholz	▼			100%	
Industrieholz	Nadelholz	▼			100%	
Industrieholz	Laubholz	▼			100%	
Energiestückholz	Nadelholz	▼			100%	
Energiestückholz	Laubholz	▼			100%	
Energieholz lang (Hackholz)	Nadelholz	▼			100%	
Energieholz lang (Hackholz)	Laubholz	▼			100%	
4. Schritt:	Übrige Sortimente	▼			100%	
	Übrige Sortimente	▼			100%	
5. Schritt:	Schlagabraum (energetisch verwertet)	▼			100%	



### 3. Tabelle

#### Zugekaufte Mengen Energieholz

##### BESCHREIBUNG

Zugekauftes Energieholz im Jahr 2022 und durchschnittlich in den Jahren 2018 bis 2021

##### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen | Grüne Felder sind ein Beispiel | Dropdown auswählen

- 1. Schritt: Einheit auswählen
- 2. Schritt: Zugekaufte Menge 2022 eintragen
- 3. Schritt: Anteil waldfrisches Holz eintragen (100% = alles Holz ist waldfrisch)
- 4. Schritt: Durchschnittliche zugekaufte Menge von 2018 bis 2021 eintragen
- 5. Schritt: Anteil waldfrisches Holz eintragen (100% = alles Holz ist waldfrisch)
- 6. Schritt: Herkunft eintragen (ausschlaggebend ist der Sitz des Unternehmens)
- 7. Schritt (optional): Bei Bedarf an leeren Zeilen Schaltfläche "Neue leere Zeile einfügen" klicken

Neue leere Zeile einfügen

		1. Schritt:	2. Schritt:	3. Schritt:	4. Schritt:	5. Schritt:	6. Schritt:	
		Einheit auswählen	Zugekaufte Menge 2022	Anteil waldfrisches Holz	Zugekaufte Menge Ø 2018 bis 2021	Anteil waldfrisches Holz	Herkunft Hauptlieferant	Bemerkung
BEISPIEL	Energiestückholz	Nadelholz	Tonnen [t]	2'500	75%	2'500	75%	Privatwald im Revier
	Energiestückholz	Nadelholz						
	Energiestückholz	Laubholz						
	Energiehackschnitzelholz	Nadelholz						
	Energiehackschnitzelholz	Laubholz						
	Energiehackschnitzelholz	Gemischt						

**4. Tabelle**  
**Abnehmer Energieholz**

**BESCHREIBUNG**

Inklusive den zugekauften Mengen, aber ohne den Stockverkauf  
Lediglich was direkt vom Forstbetrieb resp. Waldeigentümer verkauft wurde  
Eigenverbrauch: Zum Beispiel Heizung Werkhof  
Lokales Fernwärmenetz: Fernwärmenetze innerhalb des eigenen Reviers  
Kleinabnehmer: Abnehmer mit einer Menge bis zu ca. 15 Kubikmeter, 20 Ster, 15 Tonnen oder 40 Schüttkubikmeter  
Mehrere Kleinabnehmer mit < 15 m3 können zu einem zusammengefasst werden, auch wenn die Summe dann > 15 m3 ist  
Grosseinkäufer: Abnehmer mit einer grösseren Menge als Kleinabnehmer

**VORGEHEN**

Orange Felder bitte ausfüllen Grüne Felder sind ein Beispiel Dropdown auswählen

- 1. Schritt: Name des Unternehmens eintragen
- 2. Schritt: Einheit Menge auswählen
- 3. Schritt: Mengen eintragen
- 4. Schritt: Vertragsdauer total und verbleibend eintragen
- 5. Schritt: Preis auswählen (falls keine Angaben gemacht werden wollen, bitte unter "Bemerkungen" erwähnen)
- 6. Schritt (optional): Bei Bedarf an leeren Zeilen Schaltfläche "Neue leere Zeile einfügen" klicken

		1. Schritt:		3. Schritt:				4. Schritt:		5. Schritt:	Bemerkung
		Unternehmen	Einheit auswählen	Menge 2022	Anteil waldfrisches Holz	Menge Ø 2018 bis 2021	Anteil waldfrisches Holz	Total [Jahre]	Vertragsdauer verbleibend [Jahre]	Preis	
<b>BEISPIEL</b>	Lokales Fernwärmenetz 0		Kubikmeter [m3]	15	50%	10	50%	10	5	Spezialpreis	
	Eigenverbrauch										
	Lokales Fernwärmenetz 1										
	Lokales Fernwärmenetz 2										
	Lokales Fernwärmenetz 3										
	Kleinabnehmer 1										
	Kleinabnehmer 2										
	Kleinabnehmer 3										
	Grosseinkäufer 1										
	Grosseinkäufer 2										
	Grosseinkäufer 3										

**5. Tabelle**  
**Potenziell nutzbarer Schlagabraum**

---

**BESCHREIBUNG**  
Menge an Schlagabraum, welcher bisher nicht energetisch genutzt wurde, aber potenziell genutzt werden könnte

---

**VORGEHEN**  
Orange Felder bitte ausfüllen | Grüne Felder sind ein Beispiel | Dropdown auswählen ▼

1. Schritt: Einheit auswählen  
2. Schritt: zusätzliches Potenzial eintragen

	1. Schritt	2. Schritt	Bemerkung
	Einheit auswählen	zusätzliches Potenzial jährliche Menge	
Schlagabraum (bisher nicht verwertet) ▼			

**6. Tabelle**  
**Zusätzliches Potenzial bei langfristiger Holzpreiserhöhung**

---

**BESCHREIBUNG**  
Wie gross ist das zusätzliche Potenzial in ihrem Revier bei gegebener langfristiger Holzpreiserhöhung, bezogen auf die durchschnittliche Nutzung 2018 bis 2022? (Schätzung)  
keine Sortimentverschiebung

---

**VORGEHEN**  
Orange Felder bitte ausfüllen | Grüne Felder sind ein Beispiel

1. Schritt: zusätzliches Potenzial eintragen  
2. Schritt (optional): Bei Bedarf an leeren Zeilen Schaltfläche "Neue leere Zeile einfügen" klicken  
Neue leere Zeile einfügen

	1. Schritt		Bemerkung
	Preiserhöhung	zusätzliches Potenzial [%]	
<b>BEISPIEL</b>	< 25 %	30%	
bitte alle Felder ausfüllen	< 25 %		
	25 - 50 %		
	> 50 %		

**7. Tabelle**  
**Zusätzliches Potenzial bei langfristiger Beitragserhöhung**

---

**BESCHREIBUNG**  
Wie gross ist das zusätzliche Potenzial in ihrem Revier bei gegebener langfristiger Beitragserhöhung, bezogen auf die durchschnittliche Nutzung 2018 bis 2022? (Schätzung)  
keine Sortimentverschiebung

---

**VORGEHEN**  
Orange Felder bitte ausfüllen | Grüne Felder sind ein Beispiel

1. Schritt: zusätzliches Potenzial eintragen  
2. Schritt (optional): Bei Bedarf an leeren Zeilen Schaltfläche "Neue leere Zeile einfügen" klicken

Ø Nutzung im Schutzwald* 2018 bis 2022 [m3]	Ø Nutzung im Wirtschaftswald** 2018 bis 2022 [m3]
#NV	#NV

	1. Schritt		Bemerkung
	zusätzliches Potenzial [%]		
Beitragserhöhung	Schutzwald	Wirtschaftswald	
<b>BEISPIEL</b>	30%	25%	
< 25 %			
25 - 50 %			
> 50 %			

\* Eingriffszweck LeiNa: Schutz vor Naturgefahren      \*\* Eingriffszweck LeiNa: Holzproduktion

## A.2 Faktoren zur Restholzberechnung

Tabelle 28: Anfallende Menge Restholz pro VZÄ für NOGA Wirtschaftskategorien

NOGA Codes	Wirtschaftsarten	Restholz pro Vollzeitäquivalent [fm/VZÄ]*
161001	Sägewerk**	230
162200	Herstellung von Parkettafeln	50
162301	Bauschreinerei, Fenster und Türen	6
162302	Schreinerarbeiten im Innenausbau	4
162303	Herstellung von sonstigen vorfabrizierten Holzbausystemen und Fertigteilbauteilen aus Holz	50
162400	Herstellung von Verpackungsmitteln, Lagerbehältern und Ladungsträgern aus Holz	38
162900	Herstellung von Holzwaren a. n. g, Kork-, Flecht- und Korbwaren (ohne Möbel)	3
310200	Herstellung von Küchen- und Badzimmermöbeln (ohne Einbau)	3
310900	Herstellung von sonstigen Möbeln	3
331900	Reparatur von sonstigen Ausrüstungen	3
433200	Einbau von Fenster, Türen und Innenausbau, Einbauküchen, Einbaumöbel	2
433301	Verlegen von Fussboden	1
433302	Verlegen von Fliesen und Platten	0
439101	Holzbau, Zimmerei	5
439102	Dachdeckerei	3
952400	Reparatur von Möbeln und Einrichtungsgegenständen	3

\* Branchenprofil der Wald- und Holzwirtschaft 2001 [5]

\*\* Für Sägewerke wird die offizielle BFS-Statistik verwendet, umgerechnet auf Regionen

## A.3 Faktoren zur Flurholzberechnung

Tabelle 29: Unsicherheitsfaktoren der Flurholzberechnung zur Berechnung mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung

Faktoren	Unsicherheit
Fläche	5 %
Zuwachs	20 %
Energiegehalt	30 %
Erreichbarkeit	30 %

Tabelle 30: Zuwachs Flurholz der Kategorien aus Arealstatistik (AS18\_72)

Kategorie	Unterkategorie	Zuwachs [fm/ha]
Verkehrsgrün		8.3
Uferbereich		9.0
Siedlungsgebiet		0.6
Hecken		5.0
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Obstanlagen	4.2
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Feldobst	3.0
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Rebbau	1.0
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Verbuschte Wiesen und Weiden	8.3
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Verbuschte Alpweiden	6.0
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Aufgelöster Wald	8.3
Landwirtschaftliche Nutzfläche	Baumgruppen	8.3

Quelle: Energieholzpotenziale ausserhalb des Waldes [8]

In Abweichung von der obigen Publikation wird in Absprache mit dem Autor D. Walker (Interface) und dem externen Experten A. Bürgi (WSL) von einem Zuwachs in m<sup>3</sup>/ha und Jahr statt t TS/ha und Jahr ausgegangen. Vermutlich liegt in der Publikation ein Einheitenfehler vor.

Tabelle 31: Reduktionsfaktor Zuwachs für Höhenstufen und Alpenseite

Höhenstufen	Reduktionsfaktor Zuwachs Region Alpen	Reduktionsfaktor Zuwachs Region Alpenseite
über 1800 m.ü.M	0.46	0.42
1401 - 1800 m.ü.M	0.76	0.82
1001 - 1400 m.ü.M	0.89	1.00
601 - 1000 m.ü.M	0.93	0.84
bis 600 m.ü.M	1.00	0.93

Quelle: dito Zuwachs

Tabelle 32: Energiegehalt der Holzarten

Holzart	Wassergehalt	Energiegehalt [MWh/fm]
Faktor Nadelholz (Fi)	40 %	1.899
Laubholz (Bu)	40 %	2.910
Faktor Laubholz*	40 %	1.455

\* Es fällt nicht nur Buche an

Quelle: verwendete Umrechnungsfaktoren HHKW Bern, eigene Schätzung

Tabelle 33: Anteile Nadel und Laubholz in den Regionen

Region	Nadelholz	Laubholz	Energiegehalt [MWh/fm]
Albula	50 %	50 %	1.677
Bernina	75 %	25 %	1.788
Engiadina Bassa / Val Müstair	75 %	25 %	1.788
Imboden	75 %	25 %	1.788
Landquart	25 %	75 %	1.566
Maloja	75 %	25 %	1.788
Moesa	50 %	50 %	1.677
Plessur	50 %	50 %	1.677
Prättigau / Davos	50 %	50 %	1.677
Surselva	75 %	25 %	1.788
Viamala	75 %	25 %	1.788

Tabelle 34: Reduktionsfaktoren nach Unterkategorie (AS18\_72) und Höhenlage

Unterkategorie	Reduktionsfaktor Erreichbarkeit				
	über 1800 m ü. M.	1400 - 1800 m ü. M.	1000 - 1400 m ü. M.	600 – 1000 m ü. M.	bis 600 m ü. M.
Verkehrsgrün	1	1	1	1	1
Uferbereich	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Siedlungsgebiet	1	1	1	1	1
Hecken	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Obstanlagen	1	1	1	1	1
Feldobst	1	1	1	1	1
Rebbau	1	1	1	1	1
Verbuschte Wiesen und Weiden	0	0	0	0	0
Verbuschte Alpweiden	0	0	0	0	0
Aufgelöster Wald	0	0	0	0	0
Baumgruppen	1	1	1	1	1

\* Wird nicht energetisch verwendet, sondern vor Ort verbrannt

\*\* Wird von den Förstern berücksichtigt

\*\*\*Kat. 60 wird von den Förstern berücksichtigt. Kat. 59 nicht.

## A.4 Fragebogen Feuerungsbetreiber

### 1. Tabelle

#### Einkauf Energieholz (Total)

##### BESCHREIBUNG

Gefragt ist die totale Menge an eingekauftem Energieholz für das Jahr 2022 und der jährliche Durchschnitt von 2018 bis 2021. Da schlussendlich der Energiewert des Holzes ausschlaggebend ist, spielt der Anteil waldfrisches Holz eine entscheidende Rolle.

##### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen

- 1. Schritt: Einheit auswählen
- 2. Schritt: Menge gekauftes Energieholz (alle Sortimente) und den waldfrischen Anteil für das Jahr 2022 eintragen
- 3. Schritt: Durchschnittliche Menge gekauftes Energieholz (alle Sortimente) und den waldfrischen Anteil für den Durchschnitt zwischen 2018 und 2021 eintragen
- 4. Schritt: Bei Bedarf Bemerkung anfügen

		1. Schritt	2. Schritt		3. Schritt		4. Schritt
		Einheit auswählen	Einkauf Energieholz 2022		Einkauf Energieholz Ø 2018 bis 2021		Bemerkung
			Menge	Anteil waldfrisches Holz	Menge	Anteil waldfrisches Holz	
Totale Menge	Energieholz	▼		0%		0%	

## 2. Tabelle Einkauf Energieholz (Hauptlieferant und nach Sortiment )

### BESCHREIBUNG

Gefragt ist die Menge an eingekauftem Energieholz für das Jahr 2022 und der jährliche Durchschnitt von 2018 bis 2021.

Das eingekaufte Holz wird nach Hauptlieferant und zugehörigem Energieholzsoriment unterschieden.

Falls pro Hauptlieferant unterschiedliche Energieholzsorimente eingekauft werden, Lieferant nochmals aufführen und Werte für die entsprechenden Sortimente eintragen.

Da schlussendlich der Energiewert des Holzes ausschlaggebend ist, spielt der Anteil waldfrisches Holz eine entscheidende Rolle.

### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen

- 1. Schritt: Hauptlieferant eintragen
- 2. Schritt: Energieholzsoriment auswählen
- 3. Schritt: Einheit auswählen
- 4. Schritt: Menge gekauftes Energieholz und den waldfrischen Anteil für das Jahr 2022 eintragen
- 5. Schritt: Durchschnittliche Menge gekauftes Energieholz und den waldfrischen Anteil zwischen 2018 und 2021 eintragen
- 6. Schritt: Bei Bedarf Bemerkung anfügen

1. Schritt	2. Schritt	3. Schritt	4. Schritt		5. Schritt		6. Schritt
Hauptlieferant	Energieholzsoriment auswählen	Einheit auswählen	Einkauf Energieholz 2022		Einkauf Energieholz Ø 2018 bis 2021		Bemerkung
			Menge	Anteil waldfrisches Holz	Menge	Anteil waldfrisches Holz	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	
				0%		0%	

### 3. Tabelle Geplanter Ausbau

#### BESCHREIBUNG

Falls in den nächsten fünf Jahren ein Ausbau Ihrer Anlage geplant ist, bitte hier eintragen.  
Falls kein Ausbau innerhalb der nächsten fünf Jahre geplant ist, unter Bemerkung "kein geplanter Ausbau" eintragen.

#### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen

- 1. Schritt: Einheit für Schritt 2 auswählen
- 2. Schritt: Geschätzter Verbrauch in ausgewählter Einheit eintragen
- 3. Schritt: geplante Feuerungswärmeleistung (FWL) eintragen
- 4. Schritt: geplantes Umsetzungsjahr eintragen
- 5. Schritt: Projektstatus:  
Lediglich Idee ist vorhanden -> Idee  
Erste Abklärungen wurden gemacht -> Studie  
In Projektierungsphase -> Projekt
- 6. Schritt: Bei Bedarf Bemerkung anfügen

	1. Schritt	2. Schritt	3. Schritt	4. Schritt	5. Schritt	6. Schritt
	Einheit für Schritt 2 auswählen	geschätzter Verbrauch	geplante FWL [kW]	geplantes Umsetzungsjahr	Projektstatus	Bemerkung
Geplanter Ausbau						

## A.5 Fragebogen Forstunternehmen

### 1. Tabelle

#### Einkauf total (Stockschläge plus anderweitige Einkäufe)

##### BESCHREIBUNG

Gefragt ist die Menge an eingekauftem Energieholz, aufgeschlüsselt nach Herkunft als jährlicher Durchschnitt zwischen 2018 und 2022. Berücksichtigt werden dabei die Energieholzsortimente.

##### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen

1. Schritt: Einheit in Dropdownmenu auswählen  
 2. Schritt: Eingekaufte Holzmenen aufgeteilt nach Graubünden und Ausserkanton/Ausland für den jährlichen Durchschnitt von 2018 bis 2022 für die Energieholzsortimente eintragen  
 3. Schritt: Bei Bedarf Bemerkungen anfügen

Energieholzsortiment	Holzart	1. Schritt	2. Schritt		3. Schritt
		Einheit auswählen	Einkauf Graubünden Ø 2018 bis 2022	Einkauf Ausserkanton/Ausland Ø 2018 bis 2022	Bemerkung
Energiestückholz	Nadelholz				
Energiestückholz	Laubholz				
Energiestückholz	Gemischt				
Energieholz lang (Hackholz)*	Nadelholz				
Energieholz lang (Hackholz)*	Laubholz				
Energieholz lang (Hackholz)*	Gemischt				

\* inkl. Schlagabraum

## 2. Tabelle Verkauf

### BESCHREIBUNG

Gefragt ist die Menge an verkauftem Holz, aufgeschlüsselt nach Zielort als jährlicher Durchschnitt zwischen 2018 und 2022. Berücksichtigt werden dabei die Energieholzsortimente.

### VORGEHEN

Orange Felder bitte ausfüllen

1. Schritt: Einheit auswählen  
 2. Schritt: Verkaufte Holzmengen aufgeteilt nach Graubünden und Ausserkantonal/Ausland für den jährlichen Durchschnitt von 2018 bis 2022 für die Energieholzsortimente eintragen  
 3. Schritt: Bei Bedarf Bemerkungen anfügen

Energieholzsortiment	Holzart	1. Schritt:	2. Schritt		3. Schritt
		Einheit auswählen	Verkauf Graubünden Ø 2018 bis 2022	Verkauf Ausserkantonal/Ausland Ø 2018 bis 2022	Bemerkung
Energiestückholz	Nadelholz				
Energiestückholz	Laubholz				
Energiestückholz	Gemischt				
Energiehackschnitzelholz*	Nadelholz				
Energiehackschnitzelholz*	Laubholz				
Energiehackschnitzelholz*	Gemischt				

\* inkl. Schlagabraum

## A.6 Energieholzproduktion Waldholz

Tabelle 35: Energieholzverbrauch Waldholz nach Regionen

Region	Stockschläge [fm/a]	Energieholzernte ohne Privatwald* [fm/a]	Energieholzernte aus Privatwald** [fm/a]	Energieholzproduktion Waldholz [fm/a]
Albula	970 ± 100	12'400 ± 1'200	440 ± 40	13'800 ± 1'400
Bernina	4'600 ± 460	2'500 ± 300	300 ± 30	7'500 ± 750
Engiadina Bassa / Val Müstair	60 ± 10	11'200 ± 1'100	740 ± 70	12'000 ± 1'200
Imboden	1'900 ± 190	7'300 ± 700	740 ± 70	10'000 ± 990
Landquart	1'300 ± 130	8'000 ± 800	740 ± 70	10'000 ± 1'000
Maloja	280 ± 30	7'700 ± 800	1'000 ± 100	9'100 ± 900
Moesa	3'900 ± 390	3'700 ± 400	740 ± 70	8'300 ± 830
Plessur	2'200 ± 220	6'900 ± 700	590 ± 60	9'700 ± 970
Prättigau / Davos	5'300 ± 530	13'700 ± 1'400	890 ± 90	19'800 ± 2'000
Surselva	6'500 ± 650	14'800 ± 1'500	1'600 ± 160	22'900 ± 2'300
Viamala	2'100 ± 210	9'800 ± 1'000	1'300 ± 130	13'200 ± 1'300
Kanton Graubünden	29'200 ± 2'900	98'000 ± 9'900	9'100 ± 890	136'200 ± 13'600

\* Inklusive der im Fragebogen erhobene Energieholzernte im Privatwald der Reviere Davos, Grüşch und Safiental

\*\* Nur der durch die Forststatistik und der durchschnittlichen Sortimentsaufteilung der Nutzung des öffentlichen Waldes hinzugerechnete Privatwald ohne die Reviere Davos, Grüşch und Safiental

## A.7 Energieholzproduktion Restholz

Tabelle 36: Energieholzproduktion Restholz 2013 [1] und 2022 nach NOGA-Codes in den Bündner Regionen

NOGA Code	Albula Energieholzproduktion Restholz		Bernina Energieholzproduktion Restholz		Engiadina Bassa /Val Müstair Energieholzproduktion Restholz	
	2013 [fm/a][1]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]
161001	740 ± 220	840 ± -	- -	840 -	3'100 ± 930	2'020 -
162301	60 ± 20	70 ± 20	- -	20 ± 10	40 ± 10	30 ± 10
162302	300 ± 90	300 ± 90	330 ± 100	290 ± 90	360 ± 110	450 ± 140
162303	- -	- -	290 ± 90	480 ± 140	- -	- -
162400	- -	- -	- -	- -	- -	- -
162900	- -	- -	- -	- -	140 ± 40	240 ± 70
310200	- -	- -	20 ± 10	10 -	30 ± 10	30 ± 10
310900	- -	- -	10 -	20 ± 10	60 ± 20	40 ± 10
331900	- -	- -	- -	- -	- -	- -
433200	10 -	- -	- -	- -	- -	20 -
433301	- -	- -	- -	- -	10 -	- -
433302	- -	- -	- -	- -	- -	- -
439101	300 ± 90	180 ± 50	- -	- -	90 ± 30	400 ± 120
439102	90 ± 30	120 ± 40	- -	- -	30 ± 10	- -
952400	30 ± 10	10 -	- -	- -	- -	10 -
<b>Total</b>	<b>1'500 ± 500</b>	<b>1'500 ± 500</b>	<b>700 ± 200</b>	<b>1'700 ± 500</b>	<b>3'900 ± 1'200</b>	<b>3'200 ± 1'000</b>

NOGA Code	Imboden				Landquart				Maloja			
	Energieholzproduktion		Restholz		Energieholzproduktion		Restholz		Energieholzproduktion		Restholz	
	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022
	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]
161001	150 ± 50	840 -	120 ± 40	- -	150 ± 50	2'170 -						
162301	120 ± 40	40 ± 10	170 ± 50	120 ± 30	90 ± 30	90 ± 30						
162302	190 ± 60	200 ± 60	280 ± 80	320 ± 90	610 ± 180	680 ± 210						
162303	- -	- -	50 ± 20	490 ± 150	- -	- -						
162400	- -	- -	440 ± 130	360 ± 110	- -	- -						
162900	- -	- -	10 -	20 -	- -	- -						
310200	10 -	10 -	40 ± 10	60 ± 20	40 ± 10	40 ± 10						
310900	20 -	- -	40 ± 10	- -	180 ± 50	110 ± 30						
331900	- -	- -	- -	- -	- -	- -						
433200	10 -	- -	20 ± 10	10 -	10 -	30 ± 10						
433301	50 ± 20	40 ± 10	10 -	- -	40 ± 10	50 ± 10						
433302	10 -	- -	- -	- -	10 -	- -						
439101	120 ± 40	190 ± 60	260 ± 80	320 ± 100	550 ± 170	410 ± 120						
439102	60 ± 20	30 ± 10	10 -	10 -	140 ± 40	70 ± 20						
952400	- -	- -	- -	10 -	- -	- -						
<b>Total</b>	<b>700 ± 200</b>	<b>1'400 ± 400</b>	<b>1'500 ± 500</b>	<b>1'700 ± 500</b>	<b>1'800 ± 500</b>	<b>3'600 ± 1'100</b>						

NOGA Code	Moesa		Plessur				Prättigau/Davos			
	Energieholzproduktion Restholz		Energieholzproduktion		Restholz		Energieholzproduktion		Restholz	
	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]
161001	240 ± 70	- -	360 ± 110	1'220 -	5'100 ± 1'530	1'520 -				
162301	50 ± 20	40 ± 10	80 ± 20	90 ± 30	130 ± 40	140 ± 40				
162302	60 ± 20	90 ± 30	400 ± 120	490 ± 150	820 ± 250	720 ± 220				
162303	80 ± 20	- -	- -	- -	- -	- -				
162400	160 ± 50	250 ± 80	- -	- -	- -	- -				
162900	- -	- -	- -	10 -	10 -	10 -				
310200	- -	10 -	60 ± 20	80 ± 20	10 -	10 -				
310900	- -	- -	10 -	- -	20 -	20 ± 10				
331900	- -	- -	- -	- -	- -	- -				
433200	- -	30 ± 10	30 ± 10	30 ± 10	10 -	- -				
433301	10 -	- -	30 ± 10	20 ± 10	20 ± 10	10 -				
433302	- -	- -	- -	- -	- -	- -				
439101	160 ± 50	160 ± 50	180 ± 50	150 ± 40	1'200 ± 360	1'450 ± 440				
439102	10 -	30 ± 10	110 ± 30	50 ± 10	30 ± 10	40 ± 10				
952400	10 -	- -	20 ± 10	20 -	10 -	10 -				
<b>Total</b>	<b>770 ± 230</b>	<b>620 ± 190</b>	<b>1'300 ± 400</b>	<b>2'200 ± 700</b>	<b>7'300 ± 2'200</b>	<b>3'900 ± 1'180</b>				

NOGA Code	Surselva				Viamala			
	Energieholzproduktion		Restholz		Energieholzproduktion		Restholz	
	2013	2022	2013	2022	2013	2022	2013	2022
	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]	[fm/a]
161001	1'200 ± 360	1'770 -	-	-	-	-	-	-
162301	220 ± 70	180 ± 50	30 ± 10	90 ± 30				
162302	710 ± 210	700 ± 210	220 ± 70	260 ± 80				
162303	-	-	-	-				
162400	-	-	-	-				
162900	-	10 -	-	10 -				
310200	-	-	-	-				
310900	10 -	-	-	-				
331900	-	-	-	-				
433200	20 -	10 -	-	-				
433301	10 -	10 -	-	10 -				
433302	-	-	-	-				
439101	470 ± 140	460 ± 140	-	490 ± 150				
439102	70 ± 20	120 ± 40	400 ± 120	20 ± 10				
952400	10 -	10 -	10 -	10 -				
<b>Total</b>	<b>2'700 ± 800</b>	<b>3'300 ± 1'000</b>	<b>680 ± 200</b>	<b>900 ± 270</b>				

## A.8 Energieholzproduktion Altholz

Tabelle 37: Energieholzpotenzial Altholz 2013 [1] und 2022 nach Regionen

Region	Energieholzproduktion Altholz	
	2013 [fm/a]	2022 [fm/a]
Albula	2'600 ± 510	2'600 ± 510
Bernina	830 ± 170	830 ± 170
Engiadina Bassa / Val Müstair	1'900 ± 390	3'000 ± 590
Imboden	2'900 ± 590	1'900 ± 390
Landquart	3'200 ± 650	2'900 ± 590
Maloja	7'200 ± 1'400	3'200 ± 650
Moesa	600 ± 120	7'200 ± 1'400
Plessur	11'420 ± 2'300	620 ± 120
Prättigau/Davos	9'600 ± 1'900	11'400 ± 2'300
Surselva	5'500 ± 1'100	9'600 ± 1'900
Viamala	3'000 ± 600	5'500 ± 1'100
Kanton Graubünden	48'800 ± 9'800	48'800 ± 9'800

## A.9 Gesamte Energieholzproduktion

Tabelle 38: Gesamte jährliche Energieholzproduktion von Waldholz, Restholz und Altholz ohne Flurholz in den Bündner Regionen und ihre Energiewerte, 2018-2022

Region	Gesamte Energieholzproduktion	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	17'900 ± 2'120	36'000 ± 11'100
Bernina	10'030 ± 1'170	21'700 ± 5'200
Engiadina Bassa / Val Müstair	17'100 ± 1'960	36'400 ± 10'500
Imboden	14'300 ± 1'730	27'800 ± 11'200
Landquart	14'900 ± 2'160	32'400 ± 12'700
Maloja	19'900 ± 2'750	31'100 ± 24'100
Moesa	9'520 ± 1'140	24'000 ± 4'300
Plessur	23'320 ± 3'550	29'800 ± 34'100
Prättigau / Davos	33'300 ± 4'620	59'000 ± 33'200
Surselva	31'700 ± 3'850	67'000 ± 23'000
Viamala	17'100 ± 2'170	33'100 ± 11'600
Kanton Graubünden	209'000 ± 27'200	398'300 ± 180'800

## A.10 Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (ungenutzter Schlagabraum)

Tabelle 39: Energieholzproduktion von Waldholz bei einer Nutzung des zusätzlichen Energieholzpotenzial von ungenutztem Schlagabraum

Region	Energieholzproduktion Waldholz Inkl. ungenutztem Schlagabraum	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	13'800 ± 1'400	32'000 ± 3'200
Bernina	7'900 ± 900	18'100 ± 1'900
Engiadina Bassa / Val Müstair	13'100 ± 1'600	30'100 ± 3'300
Imboden	10'900 ± 1'300	26'200 ± 2'900
Landquart	11'700 ± 1'300	32'200 ± 3'400
Maloja	9'700 ± 1'100	22'900 ± 2'500
Moesa	10'200 ± 1'500	26'000 ± 3'100
Plessur	12'400 ± 1'900	29'200 ± 3'700
Prättigau / Davos	20'300 ± 2'200	49'900 ± 5'100
Surselva	24'100 ± 2'700	60'900 ± 6'400
Viamala	13'900 ± 1'500	32'000 ± 3'400
Kanton Graubünden	148'000 ± 17'400	359'600 ± 39'000

## A.11 Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (Holzpreiserhöhung)

Tabelle 40: Energieholzpotenzial durch Holzpreiserhöhung aufgeteilt in Inkremente

Regionen	Inkrement Energieholzpotenzial Holzpreiserhöhung		
	<25 % [fm]	25-50 % [fm]	>50 % [fm]
Albula	610 ± 150	- -	- -
Bernina	- -	- -	570 ± 140
Engiadina Bassa / Val Müstair	- -	600 ± 150	1'700 ± 430
Imboden	2'300 ± 580	3'100 ± 780	3'000 ± 750
Landquart	3'100 ± 780	1'700 ± 430	- -
Maloja	2'300 ± 580	180 ± 50	260 ± 80
Moesa	1'900 ± 480	1'200 ± 300	1'400 ± 350
Plessur	2'300 ± 580	1'300 ± 330	1'000 ± 250
Prättigau / Davos	2'800 ± 700	2'000 ± 500	4'900 ± 1'200
Surselva	2'900 ± 730	3'600 ± 900	3'100 ± 780
Viamala	2'700 ± 680	1'800 ± 450	1'800 ± 450
Kanton Graubünden	20'800 ± 5'200	15'500 ± 3'900	17'800 ± 4'500

Tabelle 41: Energieholzproduktion von Waldholz bei einer Nutzung des zusätzlichen maximalen Energieholzpotenzial durch eine Holzpreiserhöhung von >50%

Region	Energieholzproduktion Waldholz Inkl. max. Pot. Holzpreiserhöhung			
	[fm/a]		[MWh/a]	
Albula	14'410 ±	1'600	33'400 ±	3'600
Bernina	8'070 ±	900	18'700 ±	2'000
Engiadina Bassa / Val Müstair	19'700 ±	1'800	33'200 ±	4'100
Imboden	18'400 ±	3'100	45'100 ±	7'600
Landquart	14'800 ±	2'200	41'100 ±	6'100
Maloja	11'840 ±	1'600	28'100 ±	3'800
Moesa	12'800 ±	2'000	34'700 ±	5'300
Plessur	14'300 ±	2'100	35'600 ±	5'300
Prättigau / Davos	29'500 ±	4'400	72'500 ±	10'800
Surselva	32'500 ±	4'700	82'900 ±	12'000
Viamala	19'500 ±	2'900	45'400 ±	6'800
Kanton Graubünden	190'300 ±	27'100	469'200 ±	67'400

## A.12 Zusätzliches Energieholzpotenzial Waldholz (Beitragserhöhung)

Tabelle 42: Energieholzpotenzial durch Beitragserhöhung Wirtschaftswald aufgeteilt in Inkremente

Region	Inkrement Energieholzpotenzial Beitragserhöhung Wirtschaftswald		
	<25 % [fm]	25-50 % [fm]	>50 % [fm]
Albula	1'700 ± 430		-
Bernina			30 ± 33
Engiadina Bassa / Val Müstair		10 ± 3	110 ± 28
Imboden	320 ± 80	390 ± 98	250 ± 63
Landquart	340 ± 85		30
Maloja	60 ± 15		-
Moesa			-
Plessur	480 ± 120	120 ± 30	120 ± 30
Prättigau / Davos	440 ± 110	200 ± 50	620 ± 155
Surselva	330 ± 83	290 ± 73	270 ± 68
Viamala	320 ± 80	260 ± 65	230 ± 58
Kanton Graubünden	4'000 ± 1'000	1'300 ± 330	1'700 ± 450

Tabelle 43: Energieholzpotenzial durch Beitragserhöhung Schutzwald aufgeteilt in Inkremente

Region	Inkrement Energieholzpotenzial Beitragserhöhung Schutzwald		
	<25 %	25-50 %	>50 %
Albula	420 ± 105		- -
Bernina			600 ± 150
Engiadina Bassa / Val Müstair		510 ± 128	1'200 ± 300
Imboden	1'400 ± 350	680 ± 170	2'000 ± 500
Landquart	720 ± 180	260 ± 65	300 ± 75
Maloja	70 ± 18	480 ± 120	1'100 ± 275
Moesa	2'500 ± 630	1'100 ± 280	1'100 ± 275
Plessur	4'100 ± 1'030	240 ± 60	400 ± 100
Prättigau / Davos	1'600 ± 400	1'900 ± 480	3'600 ± 900
Surselva	1'500 ± 380	1'300 ± 330	1'200 ± 300
Viamala	2'100 ± 530	2'100 ± 530	800 ± 200
Kanton Graubünden	14'400 ± 3'600	8'500 ± 2'100	12'200 ± 3'100

Tabelle 44: Energieholzproduktion von Waldholz bei einer Nutzung des zusätzlichen maximalen Energieholzpotenzial durch eine Beitragserhöhung von >50%

Region	Energieholzproduktion Waldholz Inkl. max. Pot. Beitragserhöhung	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	15'900 ± 1'900	33'200 ± 4'400
Bernina	8'100 ± 1'000	17'800 ± 2'100
Engiadina Bassa / Val Müstair	13'800 ± 1'700	28'900 ± 3'900
Imboden	15'000 ± 2'200	27'400 ± 5'500
Landquart	11'600 ± 1'400	29'000 ± 4'000
Maloja	10'800 ± 1'300	22'600 ± 3'200
Moesa	13'000 ± 2'000	25'600 ± 5'400
Plessur	15'200 ± 2'400	27'500 ± 5'800
Prättigau / Davos	28'200 ± 4'100	54'000 ± 10'100
Surselva	27'800 ± 3'500	61'600 ± 9'000
Viamala	19'000 ± 2'700	34'100 ± 6'500
Kanton Graubünden	178'300 ± 24'100	361'600 ± 59'600

## A.13 Zusätzliches Energieholzpotenzial Flurholz

Tabelle 45: Fläche und Zuwachs Flurholz 2013 und 2022 nach Regionen

Region	Fläche Flurholz 2013 [ha] [1]	Fläche Flurholz 2022 [ha]	Zuwachs Flurholz 2013 [fm/a] [1]	Zuwachs Flurholz 2022 [fm/a]
Albula	1'600 ± 80	1'6700 ± 85	4'900 ± 1'000	5'200 ± 1'100
Bernina	510 ± 30	510 ± 25	1'400 ± 290	1'300 ± 270
Engiadina Bassa / Val Müstair	2'200 ± 110	2'000 ± 100	8'300 ± 1'700	7'700 ± 1'600
Imboden	1'100 ± 60	1'200 ± 60	3'900 ± 810	3'900 ± 810
Landquart	1'800 ± 90	1'900 ± 95	5'700 ± 1'200	5'400 ± 1'100
Maloja	2'000 ± 100	2'000 ± 100	6'100 ± 1'300	5'700 ± 1'200
Moesa	1'400 ± 70	1'500 ± 75	5'800 ± 1'200	5'800 ± 1'900
Plessur	1'400 ± 70	1'300 ± 65	3'600 ± 740	3'500 ± 720
Prättigau/Davos	2'300 ± 120	2'500 ± 130	8'000 ± 1'600	8'400 ± 1'700
Surselva	3'600 ± 180	3'700 ± 190	14'000 ± 2'800	14'000 ± 2'900
Viamala	1'900 ± 100	1'900 ± 95	6'800 ± 1'400	6'600 ± 1'400
Kanton Graubünden	19'900 ± 990	20'000 ± 1'000	68'000 ± 14'000	67'000 ± 14'000

Tabelle 46: Nutzbares Flurholz und Energieholzpotenzial Flurholz 2013 und 2022 nach Regionen

Region	Nutzbares Flurholz 2013 [fm/a] [1]	Nutzbares Flurholz 2022 [fm/a]	Energieholzpotenzial Flurholz 2013 [MWh/a] [1]	Energieholzpotenzial Flurholz 2022 [MWh/a]
Albula	3'300 ± 1'200	2'400 ± 870	5'600 ± 2'600	4'000 ± 1'900
Bernina	1'000 ± 350	700 ± 260	1'700 ± 810	1'300 ± 600
Engiadina Bassa / Val Müstair	4'200 ± 1'500	2'700 ± 970	7'500 ± 3'500	4'800 ± 2'200
Imboden	3'200 ± 1'200	2'100 ± 750	5'700 ± 2'700	3'700 ± 1'700
Landquart	6'300 ± 2'300	3'500 ± 1'300	9'900 ± 4'700	5'500 ± 2'600
Maloja	2'900 ± 1'000	1'900 ± 690	5'100 ± 2'400	3'400 ± 1'600
Moesa	4'900 ± 1'800	2'800 ± 1'000	8'200 ± 3'900	4'700 ± 2'200
Plessur	3'000 ± 1'100	1'900 ± 690	5'000 ± 2'300	3'200 ± 1'500
Prättigau/Davos	5'600 ± 2'000	3'600 ± 1'300	9'400 ± 4'400	6'100 ± 2'900
Surselva	8'300 ± 3'000	5'300 ± 1'900	15'000 ± 7'000	9'600 ± 4'500
Viamala	4'400 ± 1'600	3'100 ± 1'100	7'800 ± 3'700	5'600 ± 2'600
Kanton Graubünden	47'000 ± 17'000	30'000 ± 11'000	81'00 ± 38'000	51'700 ± 24'000

## A.14 Energieholzverbrauch (Schweizerische Holzenergiestatistik)

Tabelle 47 Brennstoffumsatz und Anzahl der Anlagenkategorie 1-17 im Kanton Graubünden aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik [3], 2022

Kategorie	Anlage	Anlagenbestand [-]	Energieholzverbrauch [fm]	Energie [MWh]
1	Offene Cheminées	420*	210*	600*
2	Geschlossene Cheminées	3'600*	2'900*	8'300*
3	Cheminéeöfen	3'250*	5'100*	14'800*
4a	Zimmeröfen (Wohnbereich)	250*	350*	1'000*
4b	Pelletöfen	440*	910*	2'400*
5	Kachelöfen	4'000*	11'600*	32'200*
6	Holzkochherde	750*	1'600*	4'500*
7	Zentralheizungsherde	160*	1'500*	4'300*
8	Stückholzkessel < 50 kW	790*	9'300*	26'000*
9	Stückholzkessel > 50 kW	90*	1'100*	3'000*
10	Doppel-/Wechselbrand	40*	140*	380*
11a	Automatische Feuerungen < 50 kW	100*	2'400*	6'500*
11b	Pelletfeuerungen < 50 kW	750*	14'900*	38'900*
12a	Automatische Feuerungen 50-300 kW, a. HVB	144	14'157	38'806
12b	Pelletfeuerungen 50-300 kW	92	8'287	21'997
13	Automatische Feuerungen 50-300 kW, i. HVB	126	9'499	24'815
14a	Automatische Feuerungen 300-500 kW, a. HVB	24	6'490	17'747
14b	Pelletfeuerungen 300-500 kW	4	1'067	2'833
15	Automatische Feuerungen 300-500 kW, i. HVB	12	2'469	6'450
16a	Automatische Feuerungen > 500 kW, a. HVB	28	21'602	61'640
16b	Pelletfeuerungen > 500 kW	-	-	-
17	Automatische Feuerungen > 500 kW, i. HVB	13	9'051	23'646
	<b>Total</b>	<b>11'973</b>	<b>107'802</b>	<b>295'294</b>

a. HVB = ausserhalb Holzverarbeitungsbetriebe, i. HVB = innerhalb Holzverarbeitungsbetriebe

\* anhand der Wohnungsanzahl in Graubünden und Korrekturfaktoren von den Schweizer Werten heruntergerechnet

## A.15 Energieholzbilanz Kanton Graubünden

Tabelle 48: Durchschnittliche Menge über Stockschläge und durch die Forstbetriebe verkauftes Energieholz in den Bündner Regionen, 2018-2022

Region	Stockschläge [fm/a]	Grosseinkäufer [fm/a]	Kleinabnehmer [fm/a]	Lokales Fernwärmenetz [fm/a]	Eigenverbrauch [fm/a]	Totaler Verkauf Energieholz durch Forstbetriebe [fm/a]
Albula	970 ± 100	9'600 ± 960	1'400 ± 140	1'600 ± 160	10 -	13'500 ± 1'400
Bernina	4'600 ± 460	310 ± 30	280 ± 30	1'300 ± 130	200 ± 20	6'700 ± 700
Engiadina Bassa / Val Müstair	60 ± 10	3'900 ± 390	2'000 ± 200	2'700 ± 270	70 ± 10	8'800 ± 900
Imboden	1'900 ± 190	6'000 ± 600	340 ± 30	- -	350 ± 40	8'600 ± 900
Landquart	1'300 ± 130	3'600 ± 360	1'700 ± 170	5'100 ± 510	- -	11'700 ± 1'200
Maloja	280 ± 30	1'500 ± 150	2'700 ± 270	4'600 ± 460	90 ± 10	9'200 ± 900
Moesa	3'900 ± 390	5'400 ± 540	630 ± 60	- -	- -	9'800 ± 1'000
Plessur	2'200 ± 220	3'500 ± 350	420 ± 40	2'200 ± 220	230 ± 20	8'600 ± 900
Prättigau / Davos	5'300 ± 530	9'700 ± 970	2'800 ± 280	510 ± 50	90 ± 10	18'400 ± 1'800
Surselva	6'500 ± 650	6'900 ± 690	4'100 ± 410	2'200 ± 220	30 -	19'700 ± 2'000
Viamala	2'100 ± 210	5'100 ± 510	1'300 ± 130	2'000 ± 200	80 ± 10	10'700 ± 1'100
Kanton Graubünden	29'200 ± 2'900	55'500 ± 5'600	17'700 ± 1'800	22'300 ± 2'200	1'160 ± 120	125'900 ± 12'600

Tabelle 49: Jährlich durchschnittliche Menge über Stockschläge und durch die Forstbetriebe verkaufte Energieholz und deren Energiewerte, 2018-2022

Region	Verkauf Energieholz durch Forstbetriebe	
	[fm/a]	[MWh/a]
Albula	13'500 ± 1'400	31'300 ± 3'100
Bernina	6'700 ± 700	15'600 ± 1'600
Engiadina Bassa / Val Müstair	8'800 ± 900	20'400 ± 2'000
Imboden	8'600 ± 900	21'100 ± 2'100
Landquart	11'700 ± 1'200	32'600 ± 3'300
Maloja	9'200 ± 900	22'000 ± 2'200
Moesa	9'800 ± 1'000	26'400 ± 2'600
Plessur	8'600 ± 900	21'300 ± 2'100
Prättigau / Davos	18'400 ± 1'800	45'400 ± 4'500
Surselva	19'700 ± 2'000	50'400 ± 5'000
Viamala	10'700 ± 1'100	24'900 ± 2'500
Kanton Graubünden	125'900 ± 12'600	310'800 ± 31'100

Tabelle 50: Eingekaufte und Verkaufte Menge Stückbrennholz durch die befragten Händler

Region	Stückbrennholzhändler				Verkauf GR [fm/a]	Verkauf CH [fm/a]
	Einkauf GR [fm/a]		Einkauf CH [fm/a]			
	Laub	Nadel	Laub	Nadel		
Mittelbünden / Rheintal / Surselva	5'000	2'200	14'900	1'100	10'600	12'600
Engadin	150	-	770	-	920	-
Misox	-	-	1'400	-	1'400	-
Poschiavo	50	50	530	-	630	-
Total	5'200	2'300	17'500	1'100	13'500	12'600

## A.16 Spezielle Erkenntnisse aus Befragungen und Literatur

Tabelle 51: Länge der Verträge von durch Forstbetriebe verkauftem Waldholz nach Regionen

Region	Stockschläge [fm/a]	Unbefristet vergeben [fm/a]	>10 Jahre vergeben [fm/a]	5-10 Jahre vergeben [fm/a]	<5 Jahre vergeben [fm/a]	Frei verfügbar [fm/a]
Albula	970 ± 100	3'000 ± 300		6'500 ± 650		3'100 ± 310
Bernina	4'600 ± 460	390 ± 40				1'700 ± 170
Engiadina Bassa / Val Müstair	60 ± 10	4'800 ± 480		840 ± 80		3'100 ± 310
Imboden	1'900 ± 190	650 ± 70				6'100 ± 610
Landquart	1'300 ± 130	2'000 ± 200		610 ± 60	3'900 ± 390	4'000 ± 400
Maloja	280 ± 30	5'600 ± 560	860 ± 90	350 ± 40		2'200 ± 220
Moesa	3'900 ± 390	580 ± 60		870 ± 90		4'500 ± 450
Plessur	2'200 ± 220	1'800 ± 180	1'400 ± 140			3'200 ± 320
Prättigau / Davos	5'300 ± 530	3'700 ± 370	1'400 ± 140			8'000 ± 800
Surselva	6'500 ± 650	7'900 ± 790				5'300 ± 530
Viamala	2'100 ± 210	2'500 ± 250	1'200 ± 120			4'800 ± 480
Kanton Graubünden	29'200 ± 2'900	32'900 ± 3'290	4'900 ± 490	9'100 ± 910	3'900 ± 390	45'900 ± 4'600

## A.17 Holzfluss-Diagramm Graubünden Holz 2022

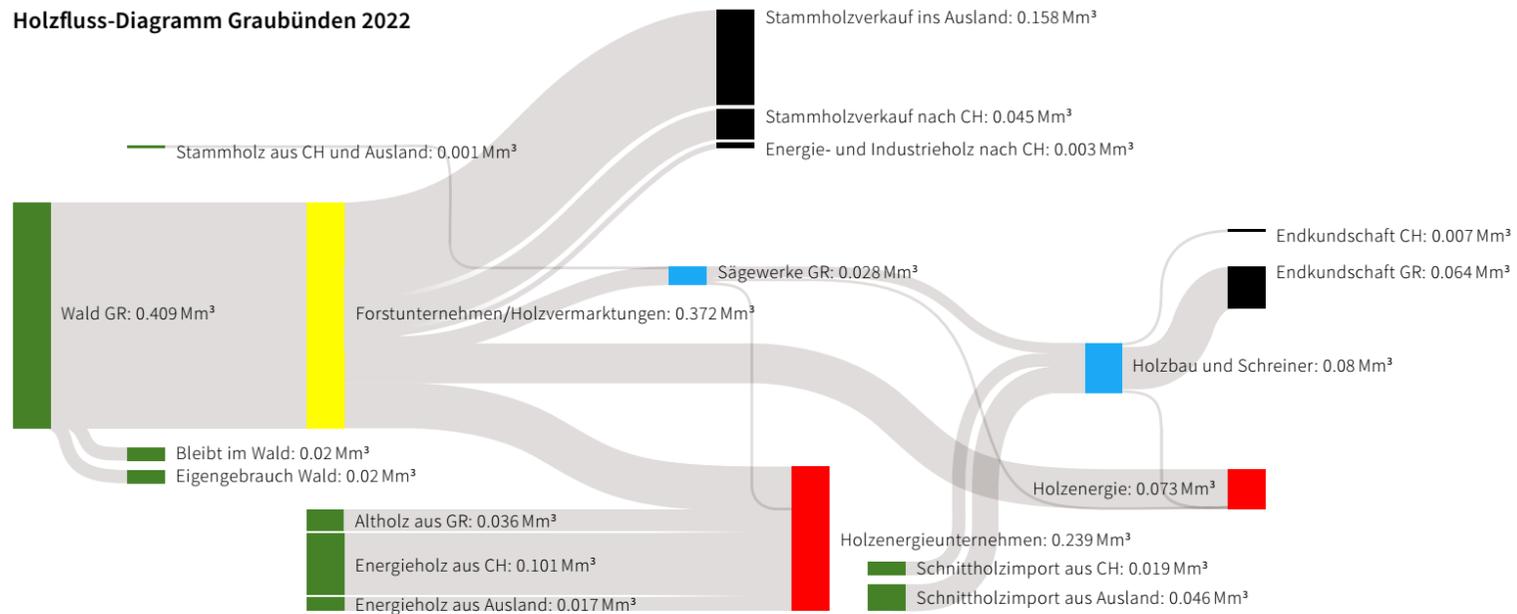


Abbildung 19: Holzfluss-Diagramm Graubünden 2022 aus der Holzflussstudie Graubünden [14]

## A.18 Zitierte Grundlagen

- [1] Taverna, R.; Hofer, P.; Angleitner, J.; Bühler, R.; Gautschi, M.: Energieholzpotenzial Kanton GR. Interner Bericht für das Amt für Wald und Naturgefahren (AWN), Amt für Energie und Verkehr (AEV), Amt für Natur und Umwelt (ANU). 2015, 146 S.
- [2] Schweizerische Vereinigung für Holzenergie VHe, Vademecum Holzenergie, 1997
- [3] Bundesamt für Energie (BFE): Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2022, Bern, 2023
- [4] Bundesamt für Wald und Landschaft (BUWAL): Branchenprofil der Wald- und Holzwirtschaft 2001, 2004
- [5] Bundesamt für Statistik (BFS): Statistik der Unternehmensstruktur STATENT 2021, 2023
- [6] Bundesamt für Statistik (BFS): Eidgenössische Holzverarbeitungserhebung 2022, 2023
- [7] Amt für Natur und Umwelt (ANU): Vollzugskontrolle Holzabfälle Graubünden und Holzabfallflüsse. Interner Bericht. 2021, 26 S.
- [8] Ernst Basler und Partner (EBP), Interface Politikstudien: Energieholzpotenziale ausserhalb des Waldes, im Auftrag des BAFU und BFE, 2009
- [9] Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL): Interaktive Karte zur Verfügbarkeit von Waldenergieholz in der Schweiz: [https://www.wsl.ch/fileadmin/user\\_upload/WSL/Services\\_Produnkte/Software\\_Apps/eps/index.html](https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Services_Produnkte/Software_Apps/eps/index.html)
- [10] Schweizerische Eidgenossenschaft: Interaktive Karte zum nachhaltigen Potenzial der verholzte Biomassenressource für Bioenergie der Schweiz auf Gemeindeebene: [https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=e&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkartefarbe&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude\\_wohnungs\\_register,ch.bav.haltstellenoev,ch.swisstopo.swisstlm3dwanderwege,ch.astra.wanderlandsperrungen\\_umleitungen,ch.bfe.biomasseverholzt&layers\\_opacity=1,1,1,0.8,0.8,0.75&layers\\_visibility=false,false,false,false,false,true&layers\\_timestamp=18641231,,,,](https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=e&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkartefarbe&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude_wohnungs_register,ch.bav.haltstellenoev,ch.swisstopo.swisstlm3dwanderwege,ch.astra.wanderlandsperrungen_umleitungen,ch.bfe.biomasseverholzt&layers_opacity=1,1,1,0.8,0.8,0.75&layers_visibility=false,false,false,false,false,true&layers_timestamp=18641231,,,,)
- [11] Thees O., Erni M., Burg V., Bowman G., Biollaz S., Damartzis T., ... Kröcher O. (2023) Energieholz in der Schweiz: Potenziale, Technologieentwicklung, Ressourcenmobilisierung und seine Rolle bei der Energiewende. White paper. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 34 S.
- [12] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): UmweltMaterialien Nr. 187. Wald und Holz. Branchenprofil der Wald und Holzwirtschaft 2001. Bern 2004, 192 S.
- [13] Amt für Natur und Umwelt (ANU) Graubünden: Aktionsplan Green Deal für Graubünden. Massnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung. Situationsanalyse und Massnahmenplanung 01. Juni 2021.
- [14] Bartlome O., Vlaskou Badra D., CLB Schweiz: Holzflussstudie Graubünden im Auftrag von Graubünden Holz. 2023.
- [15] Nussbaumer Th., Verenum: Verwertungspfade Holzenergie. Ressourceneffizienz verschiedener Verwertungspfade zur Nutzung von Energieholz, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Zürich 2023. 71 S.
- [16] Keel A., Kühne A., Chrenko R., Holzenergie Schweiz: Grundlagenarbeit zu einem Monitoring Holzenergie in der Schweiz, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Zürich 2023. 64 S.
- [17] Amt für Wald und Naturgefahren (AWN): Waldentwicklungsplan 2018+, 2018