

Amt für Landschaft und Natur (ALN) des Kantons Zürich

Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff im Kanton Zürich

Schlussbericht
17. März 2022

Studie unterstützt durch den Aktionsplan Holz, Bundesamt für Umwelt BAFU

In Zusammenarbeit mit:

PIRMIN JUNG

Grossweid 4
CH-6026 Rain
+41 41 459 70 40

Erarbeitet durch

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8001 Zürich
www.econcept.ch / info@econcept.ch / + 41 44 286 75 75

PIRMIN JUNG Schweiz AG, Grossweid 4, CH-6026 Rain
www.pirminjung.ch / info@pirminjung.ch / + 41 41 459 70 40

Autoren/innen

Basil Odermatt, basil.odermatt@econcept.ch, +41 44 286 75 48
Valentin Delb, valentin.delb@econcept.ch, +41 44 286 75 65
Benjamin Buser, benjamin.buser@econcept.ch, +41 44 286 75 89
Ethan Gertel, ethan.gertel@econcept.ch, +41 44 286 75 58
Daniel Müller, daniel.mueller@pirminjung.ch, +41 41 459 70 94

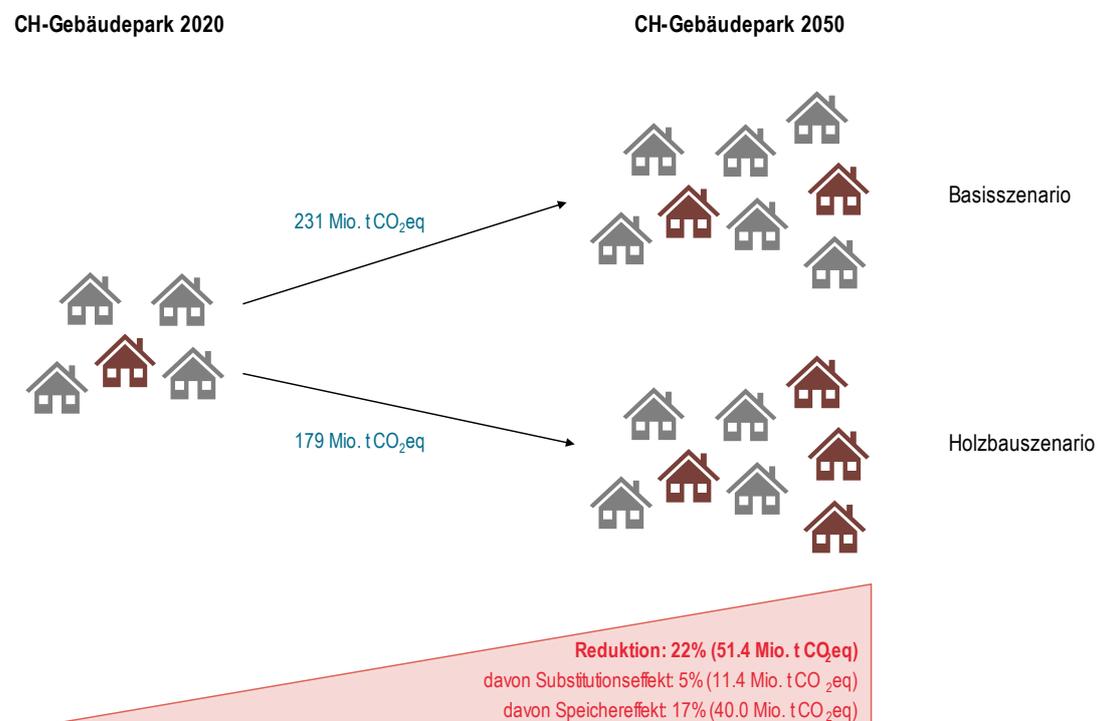
Inhalt

	Zusammenfassung	i
1	Einleitung	9
2	Potenzial zur Treibhausgasreduktion	11
2.1	Potenzial Hochbau	11
2.2	Potenzial Tiefbau	15
2.3	Holzbedarf bei Potenzialausschöpfung	16
3	Holzfluss	18
3.1	Holzzuwachs und Holzernte	18
3.2	Holzverarbeitung	22
3.3	Holzverwendung	23
3.4	Wiederverwendung und Verwertung von Alt- und Restholz	24
4	Hemmnisse	30
4.1	Holzernte	30
4.2	Holzverarbeitung	31
4.3	Holzverwendung	32
4.4	Wiederverwendung und Verwertung	33
5	Laufende und geplante Aktivitäten	35
5.1	Laufende Aktivitäten	35
5.2	Geplante Massnahmen	36
6	Massnahmen	37
6.1	Zielsetzungen und Stossrichtungen	37
6.2	Vorgehen	37
6.3	Beschreibung der vorgeschlagenen Massnahmen	39
6.4	Instrumente, Akteure und Beitrag zur Zielerreichung	43
6.5	Wechselwirkung mit Aktionen des Bundes	46
7	Empfehlungen für weiteres Vorgehen	48
	Anhang	50
A-1	Datentabellen für Potenzialanalyse	50
A-2	Projektbeteiligte	52
	Literatur	54

Zusammenfassung

Holz besitzt eine hohe Trag- und Widerstandsfähigkeit bei geringem Eigengewicht, was das Material beim Einsatz als Baustoff neben dem Neubau auch speziell für Nachverdichtungen von Bestandsbauten wie Anbauten und Aufstockungen auszeichnet. Zudem lassen sich aufgrund der Vorfertigbarkeit von Holzbauteilen die Zeit sowie die Lärmemissionen auf der Baustelle vermindern. Des Weiteren ist Holz ein nachwachsender Rohstoff und lokal verfügbar. Trotz dieser zahlreichen Vorteile werden dem Holz oftmals konventionelle Baumaterialien vorgezogen.

Aus Klimasicht wäre ein verstärkter Fokus auf Holzbauten jedoch entscheidend. Eine Studie des Büros für Umweltchemie (BFU) im Auftrag der Stadt Zürich zeigt, dass bis 2050 mit einer expliziten Förderung von Holzbauten 22 % der für die Erstellung des Schweizer Gebäudeparks verursachten Treibhausgasemissionen eingespart werden können. Dies entspricht insgesamt 51.4 Mio. Tonnen CO₂eq (Summe über den Zeitraum 2020 bis 2050). Rund ein Fünftel dieses Effekts (5 %, resp. 11.4 Mio. Tonnen CO₂eq) ist auf die Substitution von anderen Baumaterialien zurückzuführen, welche für die Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung mehr CO₂eq-Emissionen verursachen als der Baustoff Holz. Der restliche Effekt (17 % resp. 40 Mio. Tonnen CO₂eq) ist auf die CO₂-Speicherwirkung von Holz zurückzuführen (BFU, 2021).

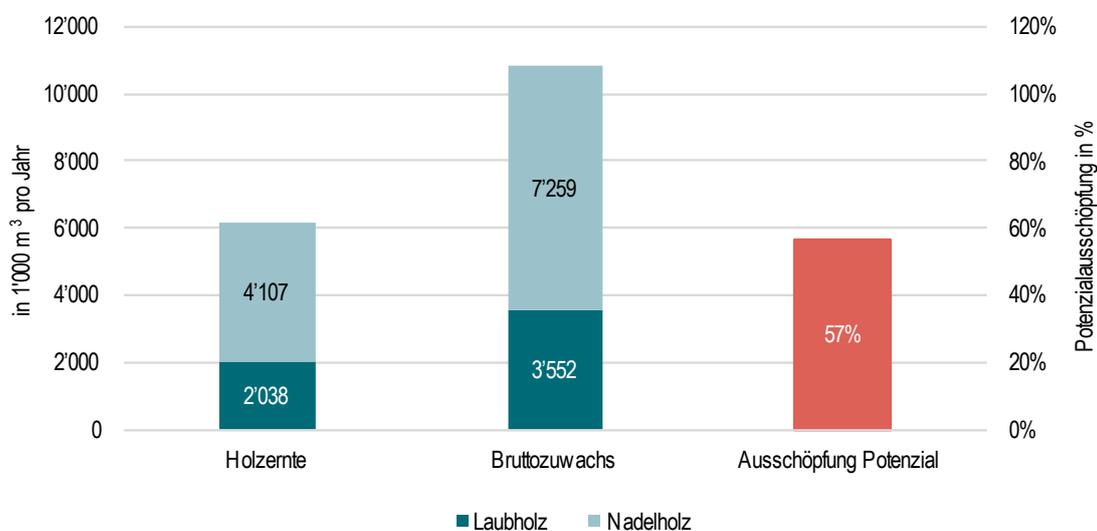


econcept

Abbildung 1: Vergleich der Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudeparks in der Schweiz von 2020 bis 2050 zwischen dem Basis- und dem Holzbauszenario. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BFU (2021).

Heruntergerechnet für den Kanton Zürich ergibt sich für den Zeitraum 2020 bis 2050 durch die Förderung von Holzbauten ein Reduktionspotenzial von insgesamt 6.6 Mio. Tonnen CO₂eq, wovon 5.1 Mio. Tonnen die zusätzliche Speicherung von Kohlenstoff im Gebäudepark betrifft (Summe über den Zeitraum 2020 bis 2050). Auch beim Tiefbau lassen sich mit der Verwendung von Holz insbesondere bei Kunstbauten Treibhausgasemissionen einsparen. Das Potenzial ist aber aufgrund des kleineren Bauvolumens sowie der Art der Bauobjekte ungleich kleiner.

Tritt die Förderung von Holzbauten bis 2050 so ein, wie dies BFU (2021) in ihrer Analyse annimmt, fällt ein zusätzlicher Bedarf an Holz als Baustoff an. Gemäss Berechnungen von BFU (2021) werden schweizweit künftig 5.6 Mio. Festmeter Rundholz benötigt. Dieser Bedarf soll idealerweise möglichst regional, sprich mit Holz aus dem Kanton Zürich resp. der Schweiz gedeckt werden. Ein Vergleich mit der aktuellen Holznutzung zeigt, dass hierfür die aktuelle schweizweite Stammholzernte (derzeit 2.4 Mio. Festmeter) mehr als verdoppelt werden müsste. Eine solche Erhöhung der Holznutzung übersteigt das regenerative Potenzial des Schweizer Walds nicht, die nachhaltige Waldbewirtschaftung kann weiterhin gewährleistet werden (vgl. Abbildung 2). Voraussetzung dazu ist aber, dass alle anfallende Holzarten zum Bauen eingesetzt werden, insbesondere auch Laubholz. Ebenso müssen auch weniger gut erschlossene Wälder genutzt werden.



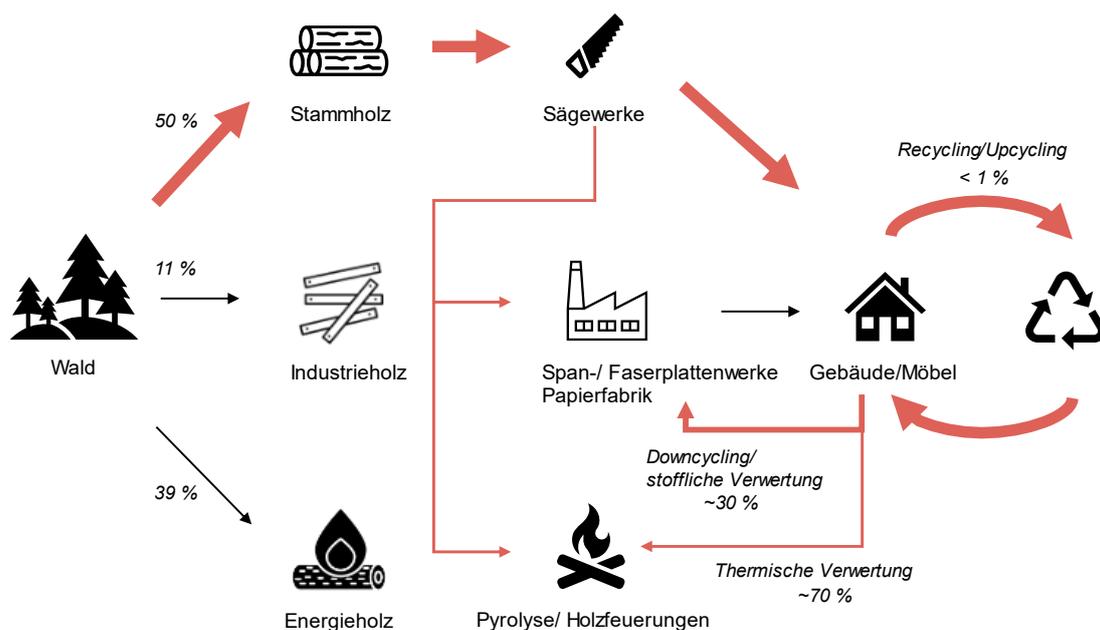
econcept

Abbildung 2: Gegenüberstellung der effektiven Holznutzung¹ und dem Holzzuwachs in der Schweiz in 1'000 m³ pro Jahr sowie der dadurch abgeleiteten Ausschöpfung des Holznutzungspotenzials. Quelle: BFS (2021a), WSL (2020a) sowie eigene Berechnungen basierend auf Altweg et al. (2010).

¹ Die Holzernte gemäss Forststatistik fällt gemäss Altweg et al. (2010) zu tief aus, während die Holznutzung gemäss Landesforstinventar tendenziell zu hohe Werte ausweist. Die in LF13 berechneten Korrekturfaktoren wurden für die LF14-Daten übernommen um korrigierte Werte für die Holzernte und die Holznutzung zu berechnen.

Eine gesteigerte Nachfrage nach Holz als Baustoff wird auch eine höhere Kapazität der Holzverarbeitungskette erfordern. Bis 2050 braucht es mehr als eine Verdreifachung der aktuellen Kapazitäten in der Schweiz, um das künftig anfallende Rundholz zu verarbeiten. Aktuell können die Schweizer Sägewerke selbst die inländische Holzernte nicht bewältigen.

Nebst der Steigerung der Holzernte und der Holzverarbeitungskapazitäten bietet es sich auch an, die Kaskadennutzung von Holz zu verbessern. Dabei gilt es, das geerntete Holz aus dem Wald möglichst lange im stofflichen Kreislauf zu behalten. Hierfür soll Holz primär für langlebige Bauteile verwendet werden, welche über einfach lösbare Verbindungen verfügen. Dies bildet die Grundlage für eine spätere Wiederverwendung. Erst wenn keine weitere Verwendung möglich ist, kann das Holz zerkleinert und in Form von Holzwerkstoffplatten stofflich verwertet werden. Schliesslich dienen Holzabfälle am Ende des Lebenszyklus in Verbrennungsanlagen als Sekundärbrennstoffe und substituieren dadurch nicht erneuerbare Energieträger. Die Kaskadennutzung von Holz mindert dabei den Primärholzbedarf und steht somit für den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen stellt dagegen nicht das primäre Ziel dar.



econcept

Abbildung 3: Holzkreislauf in der Schweiz in Anlehnung an BAFU (2016). Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFS (2021a), Nigg et al. (2019) und Erni et al. (2017).

In der Schweiz wird Altholz bisher kaum wiederverwertet. Lediglich kleinere Altholz-Mengen werden direkt als Bauteile in Gebäuden verbaut oder für die Herstellung von Möbel verwendet. Für die stoffliche Verwertung wird das Altholz grösstenteils exportiert, da sich im Inland lediglich ein Unternehmen befindet, welches Spanplatten produziert (Nigg et al., (2019)). Die thermische Verwertung von Altholz ist dagegen in der Schweiz weit verbreitet. Dennoch besteht auch diesbezüglich noch Steigerungspotenzial, in dem der Exportanteil für die thermische Verwertung weiter reduziert, der energetische Nutzungsgrad der Feuerungen verbessert und ein Carbon Capture and Storage (CSS) vorgenommen wird.

Der Kanton Zürich hat sich im Rahmen des Massnahmenplans zur Verminderung der Treibhausgase zum Ziel gesetzt, die Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff zu fördern. Es sollen hierfür entlang der gesamten Holzverarbeitungskette konkrete Massnahmen ausgearbeitet werden, welche sich positiv auf die Holzbereitstellung, den Holzeinsatz im Bau oder die Wiederverwendung resp. thermische Verwertung von Holz auswirken. Hierfür wurde das vorliegende Projekt ins Leben gerufen und econcept mit der Erarbeitung dieser Studie beauftragt.

Im Rahmen von Fokusgruppen und Interviews wurden die Bedürfnisse, Erfahrungen und Vorschläge von diversen Vertretern/innen der Branche gesammelt. Im Anschluss wurden diese Inputs verdichtet und zwölf konkrete Massnahmen ausgearbeitet. Jeweils zwei Massnahmen beziehen sich auf die Prozessschritte Produktion und Verarbeitung von Holz, vier Massnahmen auf die Verwendung von Holz als Baustoff, eine Massnahme auf die Wiederverwendung und Verwertung von Altholz und drei Massnahmen haben einen übergeordneten Charakter.

Der personelle Aufwand für die öffentliche Hand (kantonale Zentralverwaltung, Forstdienste) wird bei rund der Hälfte der Massnahmen als hoch eingeschätzt. Der finanzielle Aufwand ist hoch, wo Machbarkeitsstudien erstellt und besonders hoch, wo zukünftig Fördergelder eingesetzt werden sollen. Vor dem Hintergrund beschränkter finanzieller und personeller Ressourcen der kantonalen Verwaltung wird eine Priorisierung vorgeschlagen und empfohlen, die Umsetzung der bevorzugten Massnahmen in die Wege zu leiten und mit den ersten Arbeitsschritten zu beginnen. Die Priorisierung erfolgt nach folgenden Kriterien:

1. Grosser Beitrag zur CO₂-Reduktion und CO₂-Senkenleistung sowie Beitrag zur Kreislaufwirtschaft (Wiederverwendung und Verwertung von Restholz- und Altholz)
2. Steigerung der Holzverarbeitung in der Region
3. Steigerung Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz

Prozessschritt	Massnahmen	Prio
Produktion	1 Holzerte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern	3
	2 Rentabilität der Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern	3
Verarbeitung	3 Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern	2
	4 Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten	2
Verwendung	5 Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen	1
	6 CO ₂ -Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen	1
	7 Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen	1
	8 Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern	1
Verwertung	9 Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern	1
Übergeordnet	10 Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern	2
	11 Dialog der beteiligten Akteure fördern	2
	12 Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen	1

Tabelle 1: Vorgeschlagene Massnahmen und ihre Priorisierung

Für die ersten Schritte der Umsetzung ist in der Regel das Amt für Landschaft und Natur (ALN) zuständig. Massnahmen im Zusammenhang mit der Anwendung des Standards Nachhaltigkeit im Hochbau und der Beratung über das neue öffentliche Beschaffungsrecht sollen durch das Hochbauamt (HBA) gestartet werden. Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) ist für die Massnahmen im Bereich Wiederverwendung und Verwertung zuständig.

Unter der Leitung des ALN ist ein Konzept für die Umsetzung der Massnahmen zusammen mit dem HBA und AWEL sowie mit anderen beteiligten Akteuren/innen zu erstellen. Die Aktivitäten (Arbeitsschritte) der vorgeschlagenen Massnahmen sind zu konkretisieren und zeitlich zu planen sowie sind die notwendigen Ressourcen (Personal, Finanzen) bereitzustellen. Das Umsetzungskonzept ist mit den Arbeiten im Zusammenhang mit der langfristigen Klimastrategie des Kantons Zürich (in Erarbeitung) in Abstimmung mit dem AWEL zu koordinieren. Da die Massnahmen von strategischer Bedeutung und ämterübergreifend sind sowie Ressourcen benötigen, ist eine Festsetzung durch den Baudirektor zweckmässig. Die Kommunikation verwaltungsintern und nach aussen ist mit der Kommunikationsabteilung der Baudirektion (BDKom) frühzeitig zu klären (Botschaften, Zielpublikum, Kommunikationsart und Zeitpunkt).

1 Einleitung

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, welcher trotz geringem Eigengewicht höchst leistungsfähig und beständig ist. Er lässt sich leicht und präzise verarbeiten und ist in zahlreichen Variationen verfügbar. Damit bietet er optimale Eigenheiten für den Einsatz als Bau- und Werkstoff.

Aus Klimaperspektive spricht zum einen die Erneuerbarkeit und lokale Verfügbarkeit des Rohstoffs für die Verwendung von Holz beim Bauen. Rund 30 % der Schweizer Landesfläche ist bewaldet. Diese Fläche sowie deren räumliche Verteilung sind gemäss Bundesgesetz zu erhalten. Die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Wald ist über die Gesetzgebung zum Wald gewährleistet. Dadurch wird sichergestellt, dass das CO₂-Lager Wald langfristig erhalten bleibt. Gleichzeitig wird durch eine nachhaltige Bewirtschaftung und Holzernte im Wald Platz geschaffen für neu nachwachsendes Holz. Der Einsatz des geernteten Holzes in langlebigen Bauobjekten stellt eine erweiterte CO₂-Senke dar.

Zum anderen können durch den Einsatz von Holz als Baustoff knappe, energieintensive und nicht erneuerbare Materialien wie Zement, Sand oder Metalle substituiert werden. Bei der Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung dieser Materialien ist oftmals ein höherer Primärenergiebedarf erforderlich als dies für Holz der Fall ist. Zudem stammt diese Energie oft aus nicht erneuerbaren Quellen, was entsprechend höhere Treibhausgasemissionen zur Folge hat. Die Produktion von Zement setzt überdies geogenes CO₂ frei. Durch die Verwendung von Holz als Baumaterial können diese Emissionen vermieden werden.

Trotz der zahlreichen positiven Argumente für den Einsatz von Holz wird nach wie vor meist auf eine herkömmliche Bauweise gesetzt. Der Kanton Zürich hat sich im Rahmen seines Massnahmenplans zur Verminderung der Treibhausgase zum Ziel gesetzt, die Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff zu fördern. Es sollen hierfür entlang der gesamten Holzverarbeitungskette konkrete Massnahmen ausgearbeitet werden, welche sich positiv auf die Holzbereitstellung, den Holzeinsatz im Bau oder die Wiederverwendung resp. thermische Verwertung von Holz auswirken.

In einem ersten Schritt soll das Potenzial des Einsatzes von Holz als Bau- und Werkstoff auf die Verminderung von Treibhausgasemissionen untersucht werden. Konkret gilt es, das Potenzial im Hoch- und Tiefbau abzuschätzen. Hierfür wird Bezug auf bestehende Studien genommen und diese für den Kanton Zürich adaptiert. Dies wird in Kapitel 2 ausgeführt.

In einem zweiten Schritt soll aufgezeigt werden, ob die damit verbundene Nachfrage nach Holz gedeckt werden kann. Hierfür gilt es, die aktuelle und künftige Holzverwendung zu analysieren und dies mit den Daten zur Holzbereitstellung zu vergleichen. Dazu werden aktuelle schweizweite resp. kantonale Daten zum Holzzuwachs und zur Holznutzung herangezogen und die Holzverarbeitungskapazitäten untersucht. Weiter wird darauf eingegangen, was mit dem Holz am Ende der Lebensdauer geschieht und welche Möglichkeiten für Wiederverwendung sowie stoffliche und energetische -verwertung derzeit vorhanden

sind. Diese Analyse zum Holzfluss in der Schweiz und im Kanton Zürich ist in Kapitel 3 aufgeführt.

In Kapitel 4 wird auf mögliche Hemmnisse entlang der Holzverarbeitungskette eingegangen. Insbesondere werden Gründe für die unzureichende Holzbereitstellung, den mangelnden Einsatz von Holz im Bauwesen sowie Hindernisse bei der Wiederverwendung und Verwertung von Altholz aufgeführt.

Kapitel 5 zeigt die laufenden und geplanten Aktivitäten des Kantons auf. In Kapitel 6 wird auf die Herangehensweise zur Ausarbeitung der Massnahmen sowie die Zielsetzungen, Stossrichtungen und Leitsätze eingegangen und die schlussendlich priorisierten Massnahmen aufgeführt. Kapitel 7 zeigt die Empfehlungen zur Umsetzung der Massnahmen auf.

2 Potenzial zur Treibhausgasreduktion

Die stoffliche Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff zieht zwei positive klimarelevante Effekte nach sich: Zum einen werden dadurch knappe, energieintensive und nicht erneuerbare Materialien wie Zement und Stahl substituiert. Die Herstellung von Baustoffen mit diesen Materialien verbraucht mehr Energie und verursacht höhere CO₂eq-Emissionen als die Fertigung von funktional vergleichbaren Bauteilen aus Massivholz- und Holzwerkstoffprodukten. Zum anderen wird das im Holz gebundene CO₂ über die gesamte Nutzungsdauer gespeichert. Wird gleichzeitig eine nachhaltige Waldbewirtschaftung sichergestellt, reduziert sich das im Wald gespeicherte Holz langfristig nicht, da durch die Holzernnte Platz für nachwachsende Bäume geschaffen wird. Bauwerke aus Holz verlängern so den Kohlenstoffspeicher aus dem Wald im Kreislauf des Menschen.

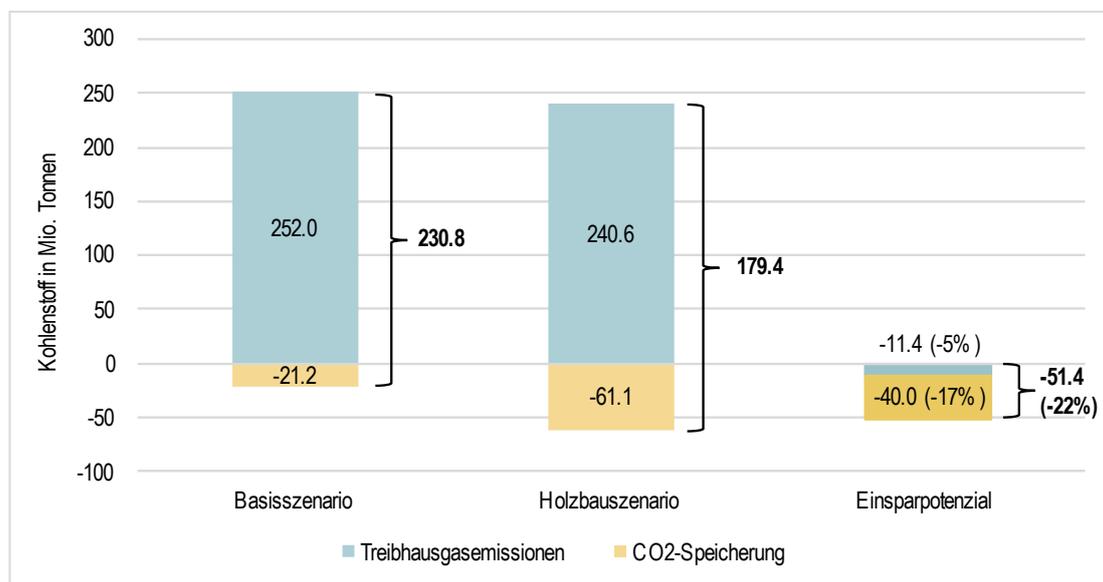
Der zweite Effekt wird teils kontrovers aufgefasst, da Holzprodukte eine endliche Nutzungsdauer haben und am Ende des Lebenszyklus der Kohlenstoff wieder freigesetzt wird. Daher gilt es nicht direkt als Senke, welche der Bilanz abgezogen werden kann, sondern lediglich als temporärer Speicher. Der Senkeneffekt wird über das gesamte im Gebäudepark konstant gespeicherte Holz gebildet. Das BAFU hat im Rahmen einer Verfügung für ein Kompensationsprogramms zur Emissionsverminderung in der Schweiz die Senkenleistung von Schweizer Holz in Holzprodukten entsprechend der errechneten Additionalität anerkannt (BAFU, 2021a). Sämtliche Akteure aus der Holzproduktionsbranche können an diesem Programm teilnehmen und ihre Massnahmen, welche zu einem zusätzlichen Einsatz von Schweizer Holz führen und damit den CO₂-Speicher erhöhen, anrechnen lassen. Im Rahmen dieses Projekts wird daher der CO₂-Speichereffekt bei der Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff berücksichtigt, jedoch separat ausgewiesen.

2.1 Potenzial Hochbau

Das Büro für Umweltchemie (BFU) hat im Auftrag der Stadt Zürich das Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung im Holzbau sowie die Einsparung an Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit dem Gebäudepark in der Schweiz untersucht. In der Studie wird ein Netto-Einspeicherungseffekt geltend gemacht, da sich der Gebäudepark auch aufgrund des Bevölkerungswachstums vergrössert und daher mehr Holz verbaut als rückgebaut wird. Anhand eines Stoffflussmodells wurde die Verwendung von Baumaterialien von der Herstellung bis zur Entsorgung simuliert und dadurch die mögliche Speicherung von Kohlenstoff im Schweizer Gebäudepark resp. die Reduktion der CO₂eq-Emissionen bis 2050 abgeschätzt.² Dabei wird ein Szenario mit einem erhöhten Holzanteil bei Neubauten (Holzbauszenario) mit dem Status quo (Basisszenario), sprich den derzeitigen Anteilen von Holz im Baukörper verglichen (BFU, 2021). Demnach steigt der Anteil Holz im Gebäudepark von

² Es gilt zu beachten, dass die Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB mit Datenstand 2016 verwendet wurden. Diese Daten werden derzeit aktualisiert, es wird dabei Änderungen zur Bewertung des Rückbaus und der Entsorgung von Baumaterialien und Holzwerkstoffen kommen (KBOB, 2021), welche Holz als Baustoff prinzipiell begünstigen.

derzeit 2 % bis auf 11 % im Jahr 2050, während der Einsatz von energieintensiven Materialien reduziert wird.³ Die zentralen Resultate sind in Abbildung 4 dargestellt. Die ausführlichen Ergebnisse sowie Details zu den verwendeten Materialien finden sich in Tabelle 20 und Tabelle 21 im Anhang.



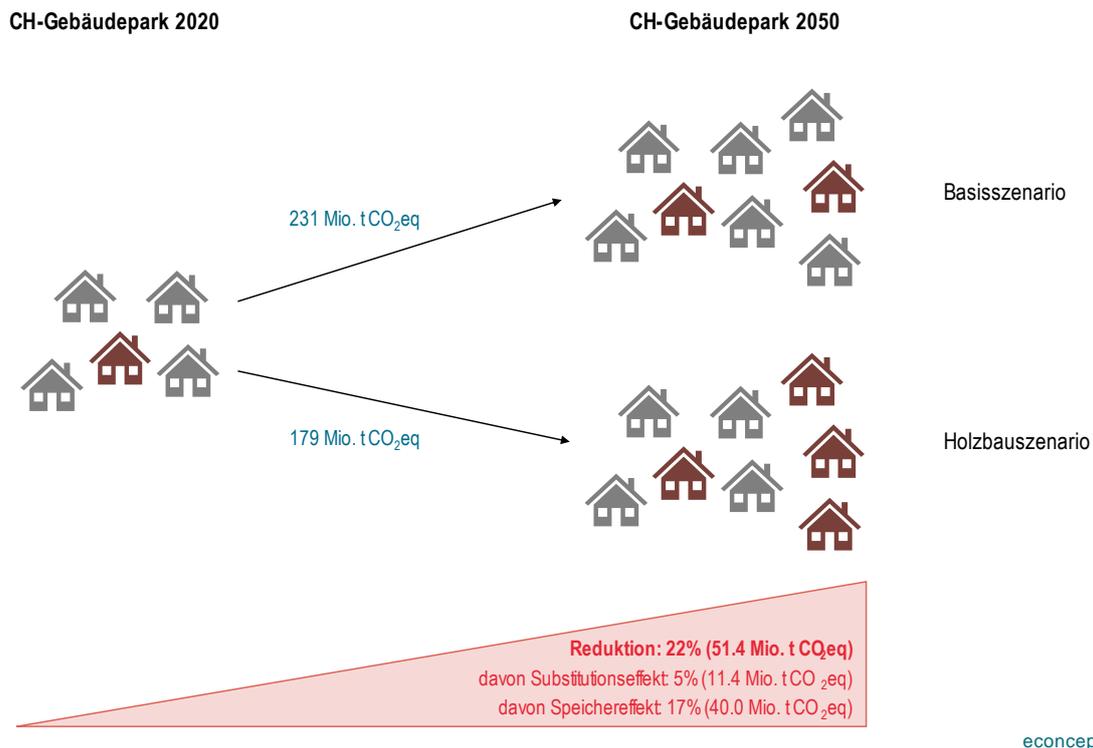
econcept

Abbildung 4: Vergleich der Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudeparks in der Schweiz im Zeitraum 2020 bis 2050 zwischen dem Holzbauförderungsszenario und dem Basisszenario. Quelle: BFU (2021).

Gemäss dieser Analyse führt das Holzbauszenario bis 2050 mit rund 179 Mio. Tonnen CO₂eq zu weniger Treibhausgasemissionen als das Basisszenario mit 231 Mio. Tonnen CO₂eq. Die Einsparung beläuft sich auf 22 %. Damit lässt sich festhalten, dass sich durch die Verwendung von Holz im Hochbau eine deutliche Reduktion der CO₂eq-Emissionen im Zusammenhang mit der Erstellung des Gebäudeparks erzielen lässt.⁴ Dies wird in Abbildung 5 schematisch dargestellt. In der Studie wird zusätzlich ein weiteres als unrealistisch eingestuftes Szenario, aufgeführt. Diese sieht ab dem Jahr 2021 Neubauten ausschliesslich in Holzbauweise vor. Damit könnten die Emissionen bis 2050 um gar 46 % reduziert werden. Auf dieses Szenario wird im weiteren Verlauf nicht mehr eingegangen.

³ Die prozentualen Anteile beziehen sich auf das jeweilige Gewicht in Tonnen. Es gilt zu beachten, dass ein Kubikmeter Beton fünfmal und Stahl sogar 17-mal schwerer ist als Massivholz. Absolut betrachtet steigt im Holzbauszenario der Holzeinsatz von 0.9 Mio. t auf 1.7 Mio. t, was eine Zunahme von 72 % bedeutet. Gleichzeitig sinkt die Betonverwendung von 29.9 Mio. t auf 10.7 Mio. t (Reduktion von 63 %). Weiter ist zu berücksichtigen, dass ein Gebäude nie ausschliesslich aus Holz gebaut wird, mineralische Baustoffe werden auch künftig für Untergeschosse, gebäudetechnische Anlagen und Fenster verwendet werden.

⁴ Mit der Aktualisierung der KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich wird der Einsparungseffekt erwartungsgemäss noch höher ausfallen, da der Einsatz von Holz gegenüber anderen Baumaterialien künftig tendenziell besser abschneidet.



econcept

Abbildung 5: Vergleich der Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudeparks in der Schweiz von 2020 bis 2050 zwischen dem Basis- und dem Holzbauszenario. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von BFU (2021).

Ein Grossteil dieses Einsparpotenzials ist auf die CO-Einspeicherung im Gebäudepark zurückzuführen. Über den betrachteten Zeitraum von 30 Jahren führt das Holzbauszenario zu einer CO₂-Senke von rund 61 Mio. Tonnen während im Basisszenario lediglich 21 Mio. Tonnen CO₂ gespeichert werden (vgl. Abbildung 4). Pro Jahr entspricht der Speichereffekt im Holzbauszenario rund 2 Mio. Tonnen CO₂eq. Gemessen an den gegenwärtigen jährlichen CO₂-Emissionen in der Schweiz von 46 Mio. Tonnen entspricht die erzielte Speicherung einem Anteil von über 4 % (BFS, 2019a).

Das CO₂-Einsparpotenzial mit einem vermehrten Holzeinsatz wurde in diversen anderen Studien untersucht, welche die Ergebnisse von BFU (2021) stützen. Beispielsweise hat Quantis (2021) im Auftrag des Kantons Genfs den CO₂eq-Fussabdruck eines Holzbaus mit sechs Stockwerken mit jenem eines Massivbaus von gleicher Höhe verglichen. Die Studie zeigt, dass durch die Substitution der Baumaterialien bis zu 30 % an CO₂eq eingespart werden können. Wird zusätzlich der CO₂-Speichereffekt berücksichtigt, schneidet der Holzbau um 70 % besser ab als der Massivbau. Dies zeigt, dass auf Stufe Einzelobjekt sogar höhere Klimawirkungen erzielt werden können, als dies von BFU (2021) geschätzt wurde. Zu einem ähnlichen Schluss kommt eine Studie von Himes und Busby (2020), welche eine Meta-Analyse von weltweit 18 Bauprojekten vorgenommen hat. Diese zeigt, dass mit der Substitution von konventionellen Baustoffen durch Massivholz die in der Bauphase anfallenden Treibhausgasemissionen um 69 % reduziert werden können.

Für eine Abschätzung des Potenzials für den Kanton Zürich wurden die Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Schweizer Gebäudeparks anhand des prozentualen Anteils des Gebäudebestands im Kanton zur gesamten Schweiz verwendet. Der Anteil ist in Tabelle 2 dargestellt. Weiter ist von Interesse, welcher Beitrag öffentliche resp. kantonale Bauten zur Reduktion bzw. Speicherung von CO₂ beitragen können. Der Anteil dieser Bauten wurde basierend auf den jeweiligen Anteilen der Bauausgaben im Jahr 2019 (BFS, 2019a) abgeschätzt.

Gebäudebestand	Zürich	Schweiz
Gebäudebestand 2020	226'906	1'765'551
Anteil an Schweizer Gebäudebestand	13 %	100 %
Anteil öffentliche Bauten am Gebäudevolumen	22 %	19 %
Anteil kantonale Bauten am Gebäudevolumen	6 %	6 %

Tabelle 2: Verhältnis des Gebäudebestands im Kanton Zürich zur gesamten Schweiz sowie Anteil der öffentlichen resp. kantonalen Bauten am Gebäudevolumen. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFS (2020) und BFS (2019a).

Rund 13 % der Schweizer Gebäude stehen demnach im Kanton Zürich. Der Anteil öffentlicher Gebäude am Gebäudevolumen beträgt 22 % im Kanton Zürich und 19 % in der Gesamtschweiz. Kantonale Bauten machen sowohl in Zürich wie auch der Schweiz 6 % aus.

Diese Werte wurden verwendet, um die von BFU (2021) ermittelten Reduktionen an CO₂eq-Emissionen des Holzbauszenarios im Vergleich zum Basisszenario auf Ebene Schweiz auf den Kanton Zürich herunterzuberechnen. Dies ist in Tabelle 3 dargestellt. Weiter ist von Interesse, welchen Anteil die Speicherung von CO₂ im verbauten Holz an den Gesamtreduktionen ausmacht.

Treibhausgasemissionen in Mio. t CO ₂ eq für Gebäudeparkerstellung 2020-2050	Zürich	Schweiz
CO ₂ eq Basisszenario	29.7	230.8
CO ₂ -Speicherung Basisszenario	-2.7	-21.2
CO ₂ eq Holzbauszenario	23.1	179.4
CO ₂ -Speicherung Holzbauszenario	-7.9	-61.1
Einsparpotenzial CO ₂ eq-Emissionen im Hochbau		
Total	6.6 (5.1)	51.4 (40.0)
<i>Davon öffentliche Bauten</i>	<i>1.4 (1.1)</i>	<i>9.8 (7.6)</i>
<i>Davon kantonale Bauten</i>	<i>0.4 (0.3)</i>	<i>2.9 (2.3)</i>
<i>Anteil CO₂-Speicherung</i>	<i>78 %</i>	<i>78 %</i>

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen im Kanton Zürich und der Schweiz im Zusammenhang mit der Gebäudeparkerstellung 2020 bis 2050. Die Zahlen in Klammern weisen den Effekt der CO₂-Speicherung aus. Quelle: BFU (2021) für schweizweite Werte sowie BFS (2020) für Abschätzung der Werte für den Kanton Zürich und BFS (2019b) für Anteil öffentliche und kantonale Bauten.

Im Kanton Zürich können gemäss dieser Analyse Emissionen in der Höhe von rund 6.6 Mio. Tonnen CO₂eq im Zeitraum von 2020 bis 2050 eingespart werden, auf Ebene Schweiz sind es knapp 51.4 Mio. Tonnen CO₂eq. Die öffentlichen resp. kantonalen Bauten

tragen im Kanton Zürich 22 % resp. 6 % zu den Reduktionen bei. Der CO₂-Speichereffekt trägt mit 79 % jeweils den Hauptteil an den berechneten Einsparungen.

Die Analyse zum Potenzial im Hochbau zeigt, dass sich der Einsatz von Holz als Baumaterial lohnt, da einerseits energieintensivere, nicht-erneuerbare Baumaterialien substituiert werden und andererseits das im Gebäude gespeicherte Holz als zusätzliche CO₂-Senke fungiert.

2.2 Potenzial Tiefbau

Im Tiefbau ist der Klimaschutzeffekt durch die Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff erwartungsgemäss kleiner als im Hochbau. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zum einen weniger Bauvolumen im Tiefbau anfällt.⁵ Zum anderen ist das Potenzial für den Einsatz von Holz im Tiefbau aufgrund der Art der Bauobjekte ungleich kleiner. Dennoch gibt es auch im Tiefbau Möglichkeiten, Holz als Baumaterial zu verwenden. Dies trifft insbesondere auf Kunstbauten wie Brücken, Wildtierübergänge, Stützmauern und Lärmschutzwände zu.

Derzeit liegen auf Ebene Schweiz oder Kanton keine Studien vor, welche die ökologischen Wirkungen von einem vermehrten Holzeinsatz im Tiefbau untersuchen. Allerdings hat der Kanton Zürich anhand eines konkreten Tiefbau-Projekts die Variante Holz als Baumaterial für das Tragwerk im Vergleich zu einer herkömmlichen Bauweise aus Stahlbeton untersucht (Kytzia et al., 2021). Beim Projekt handelt es sich um eine Wildtierbrücke, welche die Wildtierquerung der Autobahn A51 ermöglichen soll. Die Studie zeigt auf, dass mit dem Einsatz von Holz Material eingespart und CO₂-Emissionen verursachende Baustoffe wie Stahl und Zement reduziert werden können. Zudem dient die Wildtierbrücke als temporärer Speicher von CO₂. Entsprechend weist die Holzvariante deutliche ökologische Vorteile auf und es können knapp 50 % der CO₂-Emissionen eingespart werden, wobei ein Grossteil hiervon auf den CO₂-Speichereffekt zurückzuführen ist (Kytzia et al., 2021).

Basierend auf den Resultaten dieser Studie ist es schwierig, eine Aussage zum Gesamtpotenzial im Tiefbau zu treffen. Dagegen besteht die Möglichkeit, anhand des Holzendverbrauchs den Anteil an verwendetem Holz für Infrastrukturbauten, welche in den Bereich Tiefbau fallen, ins Verhältnis zum Holzeinsatz im Hochbau zu setzen (BFH 2021, vgl. hierzu auch Kapitel 3.3). Dies ist im Anhang in Tabelle 22 dargestellt. Demnach werden rund 5 % des insgesamt im Bau eingesetzten Holz für Infrastrukturbauten verwendet. Wird angenommen, dass dieses Verhältnis auch bei einer Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff konstant bleibt und im Tiefbau ein vergleichbares Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen vorhanden ist wie im Zusammenhang mit der Erstellung des Gebäudeparks, kann das Einsparpotenzial für den Tiefbau hergeleitet werden. Diese Kalkulation ist in Tabelle 4 aufgeführt.

⁵ Die Bauausgaben im Tiefbau machten im Jahr 2019 im Kanton Zürich weniger als einen Fünftel der gesamten Bauausgaben aus (BFE 2019b).

Mögliche CO ₂ eq-Einsparungen im Tiefbau in Mio. Tonnen	Zürich	Schweiz
Einsparpotenzial CO ₂ eq-Emissionen im Hochbau	6.60 (5.14)	51.36 (39.96)
Verhältnis Holzeinsatz in Tiefbau zu Hochbau	5 %	5 %
Einsparpotenzial CO ₂ eq-Emissionen im Tiefbau	0.34 (0.26)	2.63 (2.05)

Tabelle 4: Berechnung der möglichen Treibhausgasreduktionen durch einen vermehrten Einsatz von Holz im Tiefbau. Die Zahlen in Klammern weisen den Effekt der CO₂-Speicherung aus. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFH (2021) und BFU (2021).

Wiederum ist von Interesse, welchen Anteil öffentliche resp. kantonale Bauten ausmachen. Die Herleitung hierfür erfolgt über die Bauausgaben im Jahr 2019, dies ist in Tabelle 5 dargestellt.

Infrastrukturbauten	Zürich	Schweiz
Anteil öffentliche Bauten an Infrastrukturbauten	94 %	87 %
Anteil kantonale Bauten an Infrastrukturbauten	17 %	23 %
Einsparpotenzial CO ₂ eq-Emissionen im Tiefbau		
Total	0.34 (0.26)	2.63 (2.05)
<i>Davon öffentliche Bauten</i>	<i>0.32 (0.25)</i>	<i>2.28 (1.77)</i>
<i>Davon kantonale Bauten</i>	<i>0.06 (0.04)</i>	<i>0.60 (0.47)</i>

Tabelle 5: Anteil der öffentlichen resp. kantonalen Bauten an den Infrastrukturbauten sowie daraus resultierende CO₂eq-Einsparungen. Die Zahlen in Klammern weisen den Effekt der CO₂-Einlagerung aus. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFS (2019a), BFH (2021) und BFU (2021).

Der Anteil an öffentlichen resp. kantonalen Bauten an Infrastrukturbauten ist wesentlich höher als jener beim Gebäudebestand, was einen positiven Effekt auf die Möglichkeit zur Einflussnahme durch die öffentliche Hand bzw. durch den Kanton hat. Entsprechend ist ein Grossteil des Einsparpotenzials auf öffentliche resp. kantonale Bauten zurückzuführen.

Die Analyse zum Potenzial im Tiefbau lässt den Schluss zu, dass der Holzeinsatz bei Kunstbauten auf Stufe Einzelprojekt positive Klimaeffekte haben kann, diese jedoch über sämtliche Objekte betrachtet deutlich geringer ausfallen als im Hochbau.

2.3 Holzbedarf bei Potenzialausschöpfung

Gemäss der Studie von BFU (2021) wird sich der jährliche Holzverbrauch in der Schweiz im Holzbauszenario von derzeit rund 0.8 Mio. Tonnen pro Jahr auf 1.6 Mio. Tonnen im Jahr verdoppeln. Unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Feuchtegehalts im Bau- und Waldholz sowie einer durchschnittlichen angenommenen Ausbeute von 60 % für Nadelholz entspricht dies einer für den Holzeinsatz im Hochbau benötigten Holzernte von knapp 4.4 Mio. Tonnen resp. 5.6 Mio. m³.⁶ Hinzu kommt der steigende Bedarf im Tiefbau, welcher sich auf 5 % des Volumens im Hochbau beläuft, was rund 0.2 Mio. Tonnen resp. 0.3 Mio. m³ entspricht (vgl. Tabelle 22). Der totale Bedarf beläuft sich somit auf etwa 4.6 Mio.

⁶ Rundholz aus Fichte hat eine Rohdichte von rund 800 kg/m³ während Massivholz aus der gleichen Holzart eine Rohdichte von 480 kg/m³ aufweist. Zudem wurde in der Studie von einer durchschnittlichen Ausbeute bei Nadelhölzern von 60 % ausgegangen.

Tonnen resp. 5.9 Mio. m³ Waldholz. Für den Kanton Zürich sind dies 753'000 m³ Waldholz. Dies ist in Tabelle 6 dargestellt. Auf eine Unterscheidung zwischen Nadel- und Laubholz wird in dieser Analyse verzichtet.

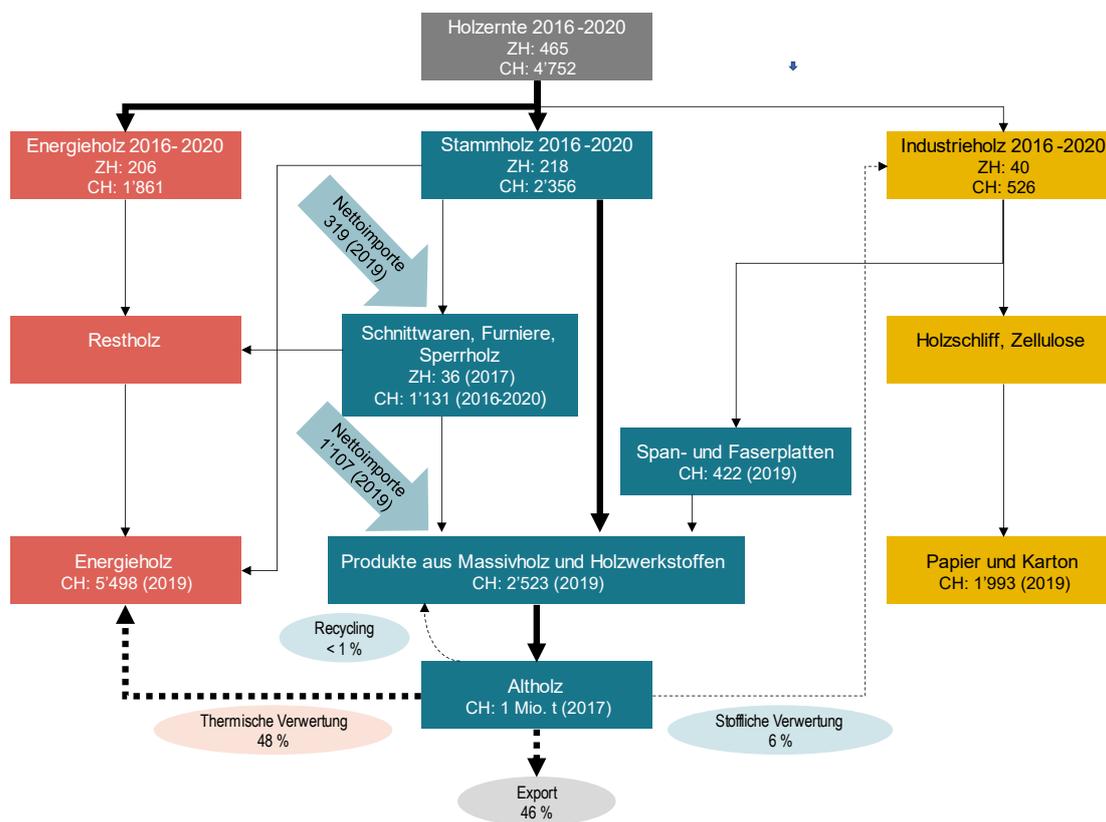
Jährlicher Holzbedarf in 1000 m ³	Zürich	Schweiz
Hochbau	714	5'556
Tiefbau	39	301
Total	753	5'857

Tabelle 6: Jährlicher Holzbedarf im Kanton Zürich und der Schweiz bei einer expliziten Förderung von Holzbauten im Hoch- und Tiefbau. Quelle: Eigene Berechnungen auf BFU (2021).

3 Holzfluss

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie der Holzfluss entlang der Verarbeitungsketten in der Schweiz verläuft und welche Mengen bei den einzelnen Prozessschritten auftreten. Ziel ist es, aufzuzeigen, wie sich die aktuelle Situation in der Schweiz resp. dem Kanton Zürich präsentiert und Abschätzungen dazu anzustellen, ob die in Kapitel 2 aufgezeigte Nachfrage nach Holz aus dem Bausektor gedeckt werden kann. Insbesondere wird darauf eingegangen, ob eine nachhaltige Waldnutzung weiterhin gegeben ist und ob genügend Holzverarbeitungskapazitäten vorhanden sind. Zudem wird die Wiederverwendung und Verwertung von Altholz thematisiert und auf mögliche Optimierungen zur Schliessung des Holzkreislaufs eingegangen.

Abbildung 6 stellt den Holzfluss schematisch dar und zeigt dabei die in den nachfolgenden Kapiteln präsentierten Zahlen auf.



econcept

Abbildung 6: Holzfluss in der Schweiz in Anlehnung an BAFU (2020), Werte in 1'000 m³. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFS (2021a), BFS (2021b), BAFU (2020) und Nigg et al. (2019).

3.1 Holzzuwachs und Holzernte

In diesem Kapitel wird eine Abschätzung vorgenommen, wie viel Holzressourcen für die Verwendung als Bau- und Werkstoff zur Verfügung stehen. Um diese Analyse durchzuführen, werden einerseits Angaben zum jährlichen Holzzuwachs und andererseits zur aktuellen

Verwendung von Holz benötigt. Daten zum Holzzuwachs sind im Landesforstinventar enthalten. Dabei werden die Daten der vierten Inventur (LFI4), welche in den Jahren 2009 bis 2017 erfolgte, mit den Daten der dritten Inventur (LFI3, 2004 bis 2006) verglichen. Demnach belief sich der Bruttozuwachs (inkl. Mortalität und natürlichen Abgängen) zwischen den beiden Inventuren auf 10.8 Mio. m³/Jahr (WSL, 2020a), im Kanton Zürich waren es 531'000 m³/Jahr (WSL, 2020b). Die detaillierten Werte je Sortiment sind in Tabelle 7 dargestellt.

Holzzuwachs in 1'000 m ³ pro Jahr	Holzart	Zürich ¹	Schweiz
Bruttozuwachs	Laubholz	221	3'552
	Nadelholz	310	7'259
	Total	531	10'811

¹ Die Daten des Kantons Zürich wurden basierend auf den kantonalen Anteilen der Holzernte in den Forstzonen «Mittelland» und «Voralpen» gemäss Forststatistik (BfS, 2021a) abgeschätzt.

² Der Nettozuwachs je Holzart wurde gemäss den jeweiligen Anteilen beim Bruttozuwachs eruiert.

Tabelle 7: Übersicht zum Holzzuwachs im Kanton Zürich und der Schweiz in 1'000 m³ pro Jahr. Quelle: WSL (2020a) und WSL (2020b).

Angaben zur Nutzung (inkl. Mortalität) des Holzes liefert einerseits das LFI, andererseits stellt das BFS in der jährlich erhobenen Forststatistik Angaben zur Holzernte zur Verfügung (BFS, 2021a). Die vorliegende Analyse stützt sich auf die Forststatistik, da der Kanton Zürich diese Daten erhebt und dem BFS zur Verfügung stellt. Es wird unterschieden zwischen dem Verwendungszweck des Holzes und der Holzart. Die dem Stammholz zugerechnete Holzernte kann dabei vornehmlich für Massivholzprodukte verwendet werden. Industrieholz wird für die Produktion von Span- und Faserplatten oder die Papier- und Kartonherstellung verwendet. Energieholz wird direkt der thermischen Verwertung zugeführt. Tabelle 8 zeigt die Durchschnittswerte für den Kanton Zürich und der Schweiz der Jahre 2016-2020.

Gemäss WSL (2020a) ist von einem Vergleich des Bruttozuwachses (vgl. Tabelle 7) mit der Holzernte gemäss Forststatistik abzusehen, da die unausgeschöpften Nutzungspotenziale im Schweizer Wald dadurch zu hoch ausfallen. Vielmehr gilt es die Holzernte mit entsprechenden Faktoren nach oben zu korrigieren. Altwegg et al. (2010) haben im Zusammenhang mit der dritten Inventur die effektive Holznutzung versucht herzuleiten und entsprechende Korrekturfaktoren berechnet. Diese Korrekturfaktoren wurden für die Daten der vierten Inventur übernommen. Die dadurch abgeleiteten Werte sind in Tabelle 8 unter *Holzernte korrigiert* zu finden.

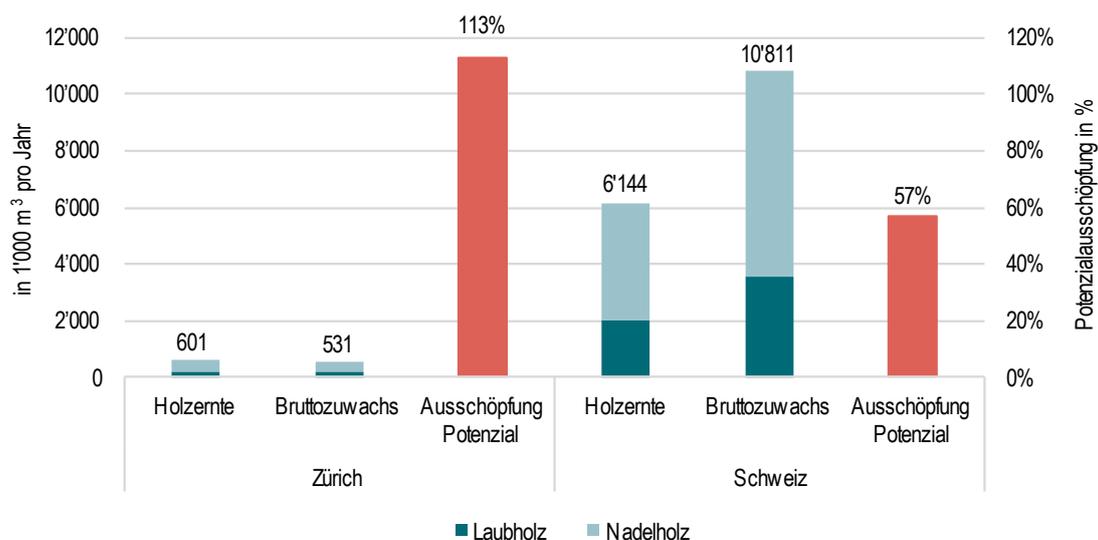
Holzernte 2016-2020 in 1'000 m ³ pro Jahr		Holzernte		Holzernte korrigiert ²	
Sortimente	Holzart	Zürich	Schweiz	Zürich	Schweiz
Stammholz	Laubholz	30	226	39	294
	Nadelholz	188	2'130	242	2'746
	Total	218	2'356	282	3'044
Industrieholz	Laubholz	13	205	17	267
	Nadelholz	26	321	34	414
	Total	40	526	51	680
Energieholz	Laubholz	132	1'132	171	1'473
	Nadelholz	75	729	96	939
	Total	206	1'861	267	2'404
Total¹	Laubholz	175	1'566	228	2'038
	Nadelholz	290	3'186	373	4'107
	Total	465	4'752	601	6'140

¹ Das Total enthält Werte, welche nicht den aufgeführten Sortimenten zugeordnet werden können, daher weicht das Total minim von der Summe der einzelnen Sortimente ab.

² Die Holzernte gemäss Forststatistik fällt gemäss Altweg et al. (2010) zu tief aus. Die in LFI3 berechneten Korrekturfaktoren wurden für die LFI4-Daten übernommen, um korrigierte Werte für die Holzernte zu berechnen.

Tabelle 8: Übersicht zur durchschnittlichen Holzernte im Kanton Zürich und der Schweiz in den Jahren 2016 bis 2020 in 1'000 m³. Quelle: BFS (2021a).

Diese Zusammenstellung von Holzzuwachs und Holzverwendung erlaubt es, abzuschätzen, ob eine ausgedehnte Nutzung von Holz als Bau- und Werkstoff nachhaltig ist. Hierfür gilt es den Bruttozuwachs mit der korrigierten Holzernte zu vergleichen. Die Gegenüberstellung in Abbildung 7 zeigt, dass schweizweit nur etwas mehr als die Hälfte des Holzes genutzt wird, das jährlich nachwächst. Im Kanton Zürich scheint die korrigierte, durchschnittliche Holzernte der letzten fünf Jahre über dem Holzzuwachs zu liegen. Dabei gilt es zu beachten, dass in den Jahren 2016 bis 2020 die Holzernte überdurchschnittlich hoch ausfiel, da aufgrund von Trockenheit viel Kalamitätsholz zwangsgenutzt werden musste. Insgesamt ist zu beobachten, dass die Holzernte im Kanton Zürich relativ starken Schwankungen über die Jahre unterworfen ist. Dies hängt unter anderem mit dem grossen Anteil an Privatwaldbesitzer/innen zusammen, welche primär bei guten Preiskonditionen oder in Notsituationen Holz ernten (vgl. hierzu Kapitel 4.1). Weiter ist anzumerken, dass gemäss Waldentwicklungsplan des Kantons Zürich der derzeitige Holzvorrat von 396 m³/ha auf 380 m³/ha reduziert werden soll, wobei derzeit die Vorräte im Privatwald am grössten sind (ALN, 2020). Diese Analyse zeigt somit, dass schweizweit keine optimale Holznutzung stattfindet, da die Holzernte deutlich unter dem Holzzuwachs liegt. Im Kanton Zürich entspricht die Nutzung zwar bereits dem Holzzuwachs, da jedoch eine Reduktion des Holzvorrats vorgesehen ist, soll die Holzernte auch weiterhin gesteigert werden. Der Fokus hierbei liegt vor allem im Privatwald, wo der Vorrat und die Volatilität bei der Holzernte am grössten ist.



econcept

Abbildung 7: Gegenüberstellung der effektiven Holzernutzung⁷ und dem Holzzuwachs im Kanton Zürich und der Schweiz in 1'000 m³ pro Jahr. Quelle: BFS (2021a), WSL (2020a), WSL (2020b) sowie eigene Berechnungen basierend auf Altweg et al. (2010).

In Kapitel 2.3 wurde der künftige Bedarf an Holz für den Bausektor aufgezeigt, dieser beläuft sich schweizweit auf 5.9 Mio. m³ pro Jahr. Aktuell wird in der Schweiz jedoch lediglich 2.4 Mio. m³ Stammholz jährlich geerntet, wovon der Grossteil auf Nadelholz zurückzuführen ist. Somit muss bis ins Jahr 2050 die Holzernte um rund 3.5 Mio. m³ pro Jahr gesteigert werden, wobei wiederum primär Nadelholz im Fokus steht. Das Potenzial für eine intensivere Holzernutzung in der Schweiz ist allerdings auch in dieser Grössenordnung gegeben. Ein Nachfrageüberhang ist am ehesten beim Nadelholz zu erwarten, welches derzeit vorzugsweise im Bau eingesetzt werden. Um ein genügend grosses Angebot sicherzustellen, gilt es daher, auch – sofern möglich sowie wirtschaftlich wie ökologisch vertretbar – weniger gut erschlossene Nadelwaldbestände wie beispielsweise in den Voralpen zu nutzen. Der Baubranche ihrerseits wird angeraten, auch vermehrt Laubholz einzusetzen. Sollte das nachhaltige Holzernutzungspotenzial dennoch eines Tages ausgeschöpft sein, besteht die Möglichkeit, die Holzernte in erster Linie für Stammholz zu reservieren, während die Bereitstellung von Energie- und Industrieholz primär durch Rest- und Altholz erfolgt. Aktuell wird viel qualitativ gutes Laubholz direkt verbrannt, statt eine Nutzung im Sinne des Kaskadenprinzips zu gewährleisten (vgl. Kapitel 3.4).

Im Kanton Zürich entspricht die korrigierte Holzernte bereits dem Bruttozuwachs. Das Potenzial für eine zusätzliche Nutzung ist somit ungleich kleiner als über die ganze Schweiz betrachtet, aufgrund der hohen Vorräte aber ebenfalls vorhanden.

Mit der Analyse zum Holzzuwachs und der Holzernte lässt sich zeigen, dass die erwartete Nachfrage nach Holz als Baustoff grundsätzlich mit Schweizer Holz gedeckt werden kann.

⁷ Die Holzernte gemäss Forststatistik fällt gemäss Altweg et al. (2010) zu tief aus, während die Holzernutzung gemäss Landesforstinventar tendenziell zu hohe Werte ausweist. Die in LF13 berechneten Korrekturfaktoren wurden für die LF14-Daten übernommen um korrigierte Werte für die Holzernte und die Holzernutzung zu berechnen.

Hierfür muss die Holzernte aber massiv gesteigert werden. Eine regionale Betrachtung bzw. Beschaffung von Holz ist indes nicht angezeigt, da sich die grossen Nadelwaldbestände ausserhalb des Kantons Zürich befinden und der Bedarf daher auch mit ausserkantonalem oder gar ausländischem Holz gedeckt werden muss.

3.2 Holzverarbeitung

Das geerntete Stammholz wird in Sägereibetrieben im In- und Ausland zugeschnitten. Gemäss BFS (2018) gab es im Jahr 2018 347 Sägereien in der Schweiz, wovon 19 im Kanton Zürich angesiedelt waren (BFS, 2018). 164 Sägewerke sind im Verband Holzindustrie Schweiz vertreten, zehn davon befinden sich im Kanton Zürich (Holzindustrie Schweiz, 2021). Gemäss der Holzverarbeitungsstatistik wurden in den Jahren 2016 bis 2020 schweizweit durchschnittlich 2 Mio. m³ Rundholz verarbeitet. Davon können rund 60 % als Schnittware verwendet werden, der übrige Teil fällt als Restholz an (BFS, 2021b). Da in der Schweiz jährlich rund 2.4 Mio. m³ Stammholz geerntet werden, reichen die inländischen Holzverarbeitungskapazitäten somit nicht aus, um sämtliches Rundholz zu verarbeiten. Der Rest wird entweder für den Einschnitt exportiert oder direkt als Holzprodukte verwendet. Dagegen importiert die Schweiz Schnittholz aus dem Ausland. Gemäss dem Jahrbuch Wald und Holz waren es 2019 netto 319'000 m³ (BAFU, 2020). Dies ist in Tabelle 9 dargestellt.

Holzverarbeitung in 1'000 m ³	Art	Zürich 2017	Schweiz 2016-2020	Nettoimporte ²
Sägereibetriebe ¹		19 (10)	347 (164)	
Rundholzeinschnitt	Laubholz	5	91	
	Nadelholz	50	1'777	
	Total	55	2'032	
Schnittholz	Laubholz	3	55	
	Nadelholz	33	1'076	
	Total	36	1'131	319
Restholz	Laubholz	2	36	
	Nadelholz	17	701	
	Total	19	737	

¹ Gemäss BFS (2018), Zahl in Klammern stellt die Anzahl Sägereien im Verzeichnis des Verbands Holzindustrie Schweiz dar.

² Gemäss Jahrbuch Wald und Holz 2020.

Tabelle 9: Holzverarbeitung in der Schweiz gemäss eidgenössischer Holzverarbeitungserhebung 2017
Quelle: BFS (2018), BFS (2021b), BAFU (2021) und Holzindustrie Schweiz (2021).

Nebst dem Schnittholz werden auch Span- und Faserplatten, Sperrholz und Furniere aus Rest- und Altholz hergestellt. Gemäss STATENT waren im Jahr 2018 in der Schweiz 20 Unternehmen im Bereich der Holzwerkstoffherstellung beschäftigt (BFS, 2018).

Aus den Schnittwaren, Furnieren, Sperrhölzern und Span- und Faserplatten ergeben sich Produkte aus Massivholz und Holzwerkstoffen. Im Jahr 2019 wurde der Einsatz dieser

Produkte gemäss Jahrbuch Wald und Holz 2020 auf rund 2.5 Mio. m³ beziffert. Damit wurden deutlich mehr Produkte eingesetzt als im Inland produziert wurden. Der Nachfrageüberschuss wurde durch Importe aus dem Ausland gedeckt, welche sich auf netto 1.1 Mio. m³ beliefen (vgl. Abbildung 6).

Sowohl in der ersten (Rundholzeinschnitt) sowie zweiten Verarbeitungsstufe (Herstellung Produkte aus Massivholz und Holzwerkstoffen) reichen die Verarbeitungskapazitäten in der Schweiz derzeit nicht aus, um den Inlandsbedarf zu decken. Mit einer steigenden Nachfrage nach Holz als Bau- und Werkstoff wird ohne Ausbau der inländischen Verarbeitungskapazitäten die Abhängigkeit vom Ausland steigen. Für eine nachhaltige Entwicklung wäre jedoch eine möglichst lokale Verarbeitung des geernteten Rundholzes sowie dessen Weiterverarbeitung zu Produkten aus Massivholz und Holzwerkstoffen zu befürworten. Damit können unnötige Transportwege vermieden werden.

3.3 Holzverwendung

Die Berner Fachhochschule (BFH) ermittelt im Auftrag des BAFU den jährlichen Holzverbrauch in der Schweiz, aufgliedert nach verschiedenen Einsatzbereichen (BFH, 2021). Für den Kanton Zürich wurde eine separate Analyse erstellt, welche den Holzeinsatz in Gebäuden abbildet (BFH, 2022). Basierend auf dem Verhältnis dieser Werte zu den gesamtschweizerischen Werten wurden die weiteren Einsatzbereiche approximiert. Tabelle 10 zeigt die entsprechenden Werte für den Kanton Zürich und die Schweiz für sämtliche Einsatzbereiche.

Durchschnittlicher jährlicher Holzverbrauch 2012-2018	Zürich		Schweiz	
	in m ³	in %	in m ³	in %
Holzeinsatz in Gebäuden	114'200	31%	993'900	31%
EFH	18'000	5%	222'300	7%
MFH	31'800	9%	296'100	9%
Öffentliche Bauten	32'500	9%	130'600	4%
Gewerbebauten	24'000	6%	246'000	8%
Dämmstoffe	7'900	2%	98'900	3%
Holzeinsatz im Bauwesen¹	58'200	16%	506'600	16%
Türen	10'500	3%	91'000	3%
Fenster	11'500	3%	100'300	3%
Treppen	1'100	0%	9'200	0%
Bauhilfsstoffe	26'800	7%	233'000	7%
Infrastrukturbauten	8'400	2%	73'100	2%
Holzeinsatz Möbel & Innenausbau¹	115'500	31%	1'005'200	31%
Möbel	73'300	20%	637'900	20%
Decken-, Wand- und Innenverkleidungen, Einbauschränke	29'300	8%	255'400	8%
Böden	12'900	3%	111'900	3%
Weiterer Holzeinsatz¹	86'200	23%	750'000	23%
Holzeinsatz total	374'100	100%	3'255'700	100%

¹ Die Zahlen für den Kanton Zürich wurden basierend auf dem Verhältnis des kantonalen Holzeinsatzes im Gebäudebereich zur Gesamtschweiz abgeleitet.

Tabelle 10: Mittelwert des jährlichen Holzverbrauchs 2012-2018. Quelle: BFH (2021) sowie BFH (2022).

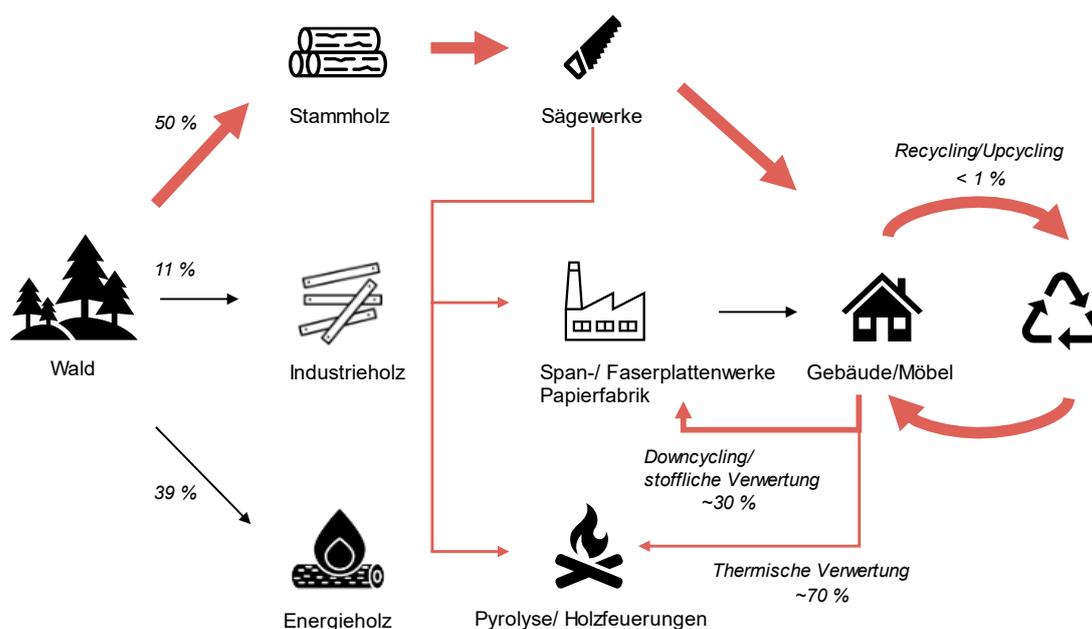
Der Holzeinsatz in Gebäuden sowie dem übrigen Bauwesen macht mit schweizweit rund 1.5 Mio. m³ 46% des gesamten Holzverbrauchs aus. Das vorliegende Projekt zielt primär auf eine Steigerung des Einsatzes in diesen Bereichen ab. Weniger Potenzial zur Einflussnahme durch den Kanton wird einer Förderung des Holzeinsatzes bei Möbeln und dem Innenausbau (1 Mio. m³ resp. 31 %) zugeschrieben. Zudem werden im Zusammenhang mit Möbeln im Kanton Zürich derzeit Massnahmen im Rahmen einer möglichen Umsetzung des regierungsrätlichen Gegenvorschlags zur kantonalen Kreislaufinitiative diskutiert, über welche im Jahr 2022 abgestimmt wird.

Der Holzeinsatz in Gebäuden, im Bauwesen sowie bei Möbel und dem Innenausbau beträgt knapp 2.5 Mio. m³ und entspricht somit dem Wert aus dem Jahrbuch Wald und Holz 2020.

3.4 Wiederverwendung und Verwertung von Alt- und Restholz

Als erneuerbare und robuste Ressource mit vielfältigen stofflichen und energetischen Verwendungsmöglichkeiten, die darüber hinaus Kohlenstoff bindet, bietet Holz grosse Potenziale im Hinblick auf eine Kreislaufwirtschaft. Abbildung 8 stellt den Holzkreislauf dar, wobei die roten Pfeile den im Sinne der Kreislaufwirtschaft optimalen Verlauf des

Holzeinsatzes signalisieren. Die Dicke des Pfeils weist dabei auf die Wichtigkeit des jeweiligen Verwendungszwecks hin. Die Prozentzahlen geben die aktuelle Situation in der Schweiz punkto Verwendung der Holzernte (BFS, 2021a) sowie des Altholzes (in Anlehnung an Nigg et al., 2019 und Erni et al., 2017) an. In den nachfolgenden Abschnitten wird im Detail auf die einzelnen Elemente des Holzkreislaufs eingegangen. Da die vorhandene Datenlage für den Kanton Zürich für die Berechnung von quantitativen Potenzialen bezüglich der Wiederverwendung und Verwertung von Alt- und Restholz relativ dünn ist, beschränken sich die Ausführungen teilweise auf nationale Daten.



econcept

Abbildung 8: Holzkreislauf in der Schweiz in Anlehnung an BAFU (2016). Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFS (2021a), Nigg et al. (2019) und Erni et al. (2017).

Altholz in der Schweiz

Generell werden vier Sorten von Holzabfällen unterschieden: Abfälle von naturbelassenem Holz aus der Forstwirtschaft, Restholz aus Zimmereien etc., Altholz von Abbrüchen und problematische Holzabfälle. Abfälle von naturbelassenem Holz dürfen ohne Weiteres stofflich und energetisch verwertet werden. Altholzabfälle sind meldepflichtig; werden die Richtwerte der Abfallverordnung eingehalten (VVEA), dürfen sie stofflich verwertet werden, und werden die Richtwerte gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV) eingehalten, können sie als Holzbrennstoff verwertet werden. Sogenannte problematische Holzabfälle gelten als Sonderabfall und dürfen nicht stofflich verwertet werden, können aber mit entsprechender Bewilligung dennoch in KVA oder Zementwerken verbrannt werden (KVU-Ost, 2018).

In der Schweiz fallen jährlich insgesamt rund 1 Mio. Tonnen Altholz an. Hiervon wird etwas weniger als die Hälfte ins Ausland exportiert (Nigg et al., 2019). Gemäss Erni et al. (2017) wird das Altholz im Ausland jeweils rund zur Hälfte stofflich resp. energetisch genutzt. Im Inland findet lediglich eine geringe stoffliche Verwertung statt, diese wird mit rund 60'000

Tonnen beziffert. Das restliche Altholz wird thermisch verwertet (Nigg et al., 2019). Ein Recycling oder Upcycling von Altholz findet gemäss Nigg et al. (2019) nur in sehr kleinen Mengen statt und kann nicht quantifiziert werden.

Altholzverwendung	in Tonnen	in %
Stoffliche Verwertung im Ausland	230'000	24 %
Stoffliche Verwertung im Inland	60'000	6 %
Thermische Verwertung im Ausland	215'000	22 %
Thermische Verwertung im Inland	458'000	48 %
Total Altholz	963'000	100 %

Tabelle 11: Altholzmengen in der Schweiz und deren Verwendungszweck. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Nigg et al. (2019) und Erni et al. (2017).

Gemäss der Erhebung der WSL würden viele Betriebe das Altholz lieber lokal weiterverarbeiten als exportieren, jedoch seien sie aufgrund der hohen Entsorgungskosten sowie der fehlenden Abnehmerschaft zum Export gezwungen (Erni et al., 2017, S. 45).

Kaskadennutzung

Um den Wert von Holz entlang seiner Verwertungskette möglichst lang zu erhalten, Holzabfälle möglichst zu verhindern und dessen Kreislaufwirtschaftspotenziale optimal auszuschöpfen, ist die Kaskadennutzung zentral. Kaskadennutzung beschreibt die mehrmalige stoffliche Verwertung einer Ressourceneinheit zur Herstellung unterschiedlicher Materialien mit nachfolgender energetischer Nutzung. Dabei ist bei der Ressourcenverarbeitung mit jener Verwertung zu beginnen, «welche die grösste Wertschöpfung aufweist, ökologisch den grössten Nutzen stiftet und die grösste Mehrfachnutzung ermöglicht» (BAFU, 2021b, S. 48). Für die Ressource Holz impliziert das, dass es zum Anfang der Kaskade energieintensive Materialien wie Stahl, Beton oder Plastik im Bauwesen, bei Möbeln und bei Verpackungen (Rey und Thalmann, 2017) ersetzt.

Gemäss den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und der Kaskadennutzung, sollte Holz nach der Erstnutzung so oft wie möglich per Up-, Re- oder Downcycling stofflich weiterverwertet und zum Ende energetisch verwertet werden. Upcycling und Recycling unterscheiden sich dahingehend, dass Abfälle beim Upcycling in höherwertige Güter als das Ausgangsprodukt umgewandelt oder verbaut werden, während die Qualität der wiederverwendeten Abfälle beim Recycling mit jedem Umlauf abnimmt (BAFU, 2013). Beim Upcycling gilt: Je einfacher die Produkte in ihre Bestandteile zerlegt werden können und je höher die Qualität der gewonnenen Sekundärrohstoffe ist, desto besser eignen sie sich für eine qualitativ hochwertige Wiederverwendung. Wenn also die Hersteller/innen des Erstprodukts die Möglichkeit des Upcyclings entsprechend berücksichtigen und das Produkt entsprechend designen bzw. fertigen, wird ein Upcycling vereinfacht. Gesetzliche Qualitätsvorgaben könnten dies fördern. Beim Downcycling wird bewusst eine Qualitätsminderung hingenommen.

Das Upcycling von Holzabfällen in der Möbelindustrie gewinnt zunehmend an Popularität. Genutzt werden Gebrauchtholz vom Bau, das entweder nicht kontaminiert oder mittels Sandstrahlung, Sägen oder Hobeln «gereinigt» wird (Bioökonomie.de, 2017), ausrangierte

Schiffsbretter – oder entsorgte Holzmöbel. Gemäss einer Potenzialanalyse der ETH von verschiedenen Kreislaufwirtschaftsmassnahmen kann die Lebensdauer von Möbeln durch Wiederaufbereitung verdreifacht werden. Angenommen, dass die Nachfrage nach Möbeln konstant bleibt, rund 80 % der Nachfrage durch wiederaufbereitete oder Secondhand-Möbel gedeckt wird und die Wiederaufbereitung nur ein Viertel so viel Energie verbraucht wie die Primärproduktion, könnten im Kanton Zürich bis 2045 rund 105 000 t CO₂eq eingespart werden. In Zürich gibt es bereits einige Möbelhäuser, die teilweise oder ausschliesslich neue Möbel aus altem Holz verkaufen, darunter Wood Factory oder das vom Klimafonds des Stadtwerk Winterthurs unterstützte wiederverwerkle. (ETH, 2020).

Das Recycling von Holzprodukten findet in der Schweiz vor allem in der Papierindustrie statt, so entstammen rund 90 % der für die Papier-Produktion hierzulande verwendeten Faserstoffe wiederverwertetem Altpapier (BAFU, 2019). Dies ist vor allem sinnvoll, weil die Zellstoffherstellung energieintensiv ist. Doch die Nachfrage nach Schweizer Papier und Karton ist rückläufig, Digitalisierung und Preisdruck aus billigeren Produktionsstandorten schwächen die Wettbewerbsfähigkeit der hiesigen Papierindustrie. Die einzige Sparte der Papier- und Kartonindustrie, die eine steigende Nachfrage aufweist, ist jene der Verpackungsmaterialien: Zwischen 2015 und 2019 stieg die Auslieferungsmenge von Verpackungsmaterialien durch Schweizer Papierfabriken um ca. 7 % (SPKF, 2020).

Das Potenzial zum Recycling oder Downcycling von verbautem Holz im Kanton Zürich ist relativ gross: 2015 fielen hier allein im Hochbau etwa 70 000 Tonnen an Holz-Bauabfällen an (Guerra und Kast, 2015). Mit Blick auf ein Downcycling bieten sich insbesondere die Zerkleinerung zu Brettern oder zu Spänen an, die anschliessend zu Brettsperrholz verklebt bzw. zu Grobspanplatten gepresst und wieder verbaut werden können (Schlöpfer et al. 2020). Für die Wiederverwendung von Holzbauteilen sind ein Rückbauplan sowie Leistungserklärungen und deklarierte Festigkeiten notwendig, was bis anhin jedoch oftmals fehlt. Wird das Recycling der Bauelemente bei der Bauplanung bereits berücksichtigt, kann künftig viel eher eine Wiederverwendung gewährleistet werden (vgl. hierzu Kapitel 4.4).

Stoffliche Nutzung von Alt- und Restholz

Die Produktion von Spanplatten in der Schweiz bewegt sich seit 2012 in etwa auf ähnlichem Niveau, wobei Swiss Krono schweizweit der einzige Produzent von Spanplatten ist. Faserplatten werden in der Schweiz keine mehr hergestellt, das letzte Produktionswerk schloss 2019 (Holzindustrie Schweiz, 2019). Somit besteht aktuell kein grosses Potenzial für eine vermehrte lokale stoffliche Verwertung von Altholz. Auch Restholz wird vorderhand in der Papier- und Plattenindustrie verwendet, der Grossteil wird aber entweder in Restholzfeuerungen oder – sofern es naturbelassen ist – in Form von Pellets verbrannt (BAFU, 2020). Ein interessanter, innovativer Ansatz zur Verwendung von Alt- und Restholz am Bau ist Holzschaum, der als Dämmstoff verwendet werden kann (Frauenhofer-Institut, 2021). Diese Innovation befindet sich noch im Forschungsstadium.

Als letzte stoffliche Verwertungsstufe für Holz bietet sich die Pyrolyse zur Herstellung von Pflanzenkohle an, welche mit einer Wärme- resp. Stromproduktion gekoppelt werden kann. Pflanzenkohle bindet Kohlenstoff und fungiert somit als CO₂-Senke. Gleichzeitig

weist sie folgende Vorteile auf: Weil Pflanzenkohle Wasser einfach aufsaugen und bei Trockenheit wieder abgeben kann, wird sie von Gärtnereien sowie in der Landwirtschaft zur Regulierung des Wasserhaushalts sowie zum Wassersparen eingesetzt; dann dient Pflanzenkohle der Auflockerung von Böden und somit der Regulierung des Sauerstoffgehalts; weiter erhöhen mit Pflanzenkohle angereicherte Düngemittel die Bodenfruchtbarkeit erheblich (Schmidt et al., 2021; Schmidt, 2012). Heute ist einzig unbehandeltes Holz als Grundstoff für Pflanzenkohle zugelassen; gemäss Agroscope sollte jedoch verstärkt nicht-holzige Biomasse verwendet werden, da Holz ein zu wertvolles Material darstellt, um energetisch verwertet zu werden. Hinsichtlich der Klimawirkung beurteilt Agroscope die Pyrolyse dennoch besser als die einfache Verbrennung von Holz, da dabei 80 % des Kohlenstoffs gebunden bleibt und die bei der Pyrolyse freigesetzte Energie als Fernwärmequelle genutzt werden kann (Schmidt et al., 2021). Anderer Meinung ist der Kanton Basel-Landschaft, der 2020 zum Schluss kam, dass zum einen bei der Pyrolyse nicht das gesamte Energiepotenzial von Holz genutzt werde und dabei zum anderen die Anforderung der angestrebten Kaskadennutzung nicht erfüllt werde (Kanton Basel-Landschaft, 2020).

Energetische Verwertung von Alt- und Restholz

Stand 2019 wurden in der Schweiz rund 5.2 Mio. m³ Energieholz verbrannt, rund ein Fünftel davon war Altholz, rund 13 % Restholz und etwa 10 % Pellets (BAFU, 2020). Holzenergie Schweiz hat berechnet, dass im Jahr 2019 dank der Energieholznutzung rund 1.2 Mio t Heizöl substituiert und damit rund 3.2 Mio. t CO₂eq eingespart wurden (Holzenergie Schweiz, 2018). Wird dieser Wert proportional zum Bevölkerungsanteil des Kantons Zürichs herunterskaliert, ergeben sich Einsparungen von etwa 580 000 t CO₂eq (ETH, 2020).

Obschon die Verbrennung von Altholz derzeit weniger energieeffizient ist als die Verbrennung von Waldholz, könnten gemäss Suter (2016) jährlich rund 30 000 t CO₂eq mehr eingespart werden, wenn das gesamte in Zürich verfügbare Altholz energetisch genutzt und nichts mehr exportiert würde (ETH, 2020). Würde zudem der energetische Nutzungsgrad der Altholzverbrennungsanlagen erhöht, könnte der ökologische Fussabdruck von Zürich zusätzlich um weitere 20 000 t CO₂eq reduziert werden (ETH, 2020).

Betreffend das ungenutzte Potenzial an Restholz für die Energienutzung berechnete Holzenergie Schweiz (2018) einen Wert von 500 000 m³/Jahr für die gesamte Schweiz. Unter der Annahme einer durchschnittlichen Substitutionsrate von Energieholz (Waldholz, Landschaftsholz, Restholz, Altholz) für Heizöl von 1 m³ Energieholz zu 230 l Heizöl ergibt sich je 1 m³ Energieholz ein Einsparpotenzial von 0.6 t CO₂eq (Holzenergie Schweiz, 2018). Herunterskaliert auf den Bevölkerungsanteil des Kantons Zürich ergibt sich aus dem ungenutzten Restholz-Energiepotenzial ein Einsparpotenzial von 54 000 t CO₂eq.

Verwertung von Holzasche

Selbst bei der Holzverbrennung anfallende Nebenprodukte sind theoretisch weiter verwertbar. So wird Holzasche für die Produktion von Erdbeton und Kalk eingesetzt. Während in den Nachbarländern Holzasche für die Kalkung von Böden und die Kaliumdüngung eingesetzt wird, ist Holzasche in der Schweiz aktuell nicht als Düngemittel zugelassen (BAFU, 2020; Maltas und Sinaj, 2014). Dabei fallen hierzulande bei der Holzverbrennung jährlich

etwa 75 000 t Holzaschen an (Keel, 2018). Da die nährstoffreichen Holzaschen relativ oft die geltenden Maximalgehalte von sechs metallischen Spurenelementen überschreiten, müssen sie jedoch entsorgt werden, obwohl gemäss Maltas und Sinaj (2014) bei einer begrenzten Ausbringung die positiven Düngewirkungen überwiegen würden. Um dieses Potenzial nutzen zu können und Holzaschen der anfangs 2018 in Kraft getretenen VVEA entsprechend möglichst zu verwerten, wurde 2018 das Projekt HARVE lanciert, in dessen Rahmen die Grundlagen und Anforderungen an Verwertungslösungen erarbeitet werden sollen (Keel, 2018).

Viele Konzepte für die Wiederverwendung und Verwertung von Altholz stecken noch in der Anfangsphase. Mit einem vermehrten Holzeinsatz im Bau wird die Bedeutung für die Wiederverwendung und Verwertung von Altholz zunehmen. Einerseits wird mehr Holz benötigt und das Rezyklieren von Altholz kann somit zur Nachfragedeckung und Minderung des Primärholzbedarfs beitragen. Andererseits werden künftig grössere Mengen an Altholz anfallen und es sollen Konzepte für die bestmögliche Weiter- resp. Wiederverwendung vorliegen. Um das Recycling von Holzbauteilen zu fördern, muss dieses bereits in der Planungsphase mitgedacht werden, nur so kann der erneute Einsatz gewährleistet und im Vergleich zum Primärholz wirtschaftlich konkurrenzfähig realisiert werden. Die effiziente thermische Verwertung von Altholz wiederum führt zu einem geringeren Bedarf an geerntetem Energieholz und kann eine allfällige Konkurrenz zwischen Energie- und Stammholz bei der Holzernte entschärfen.

4 Hemmnisse

Damit ein vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff gewährleistet werden kann, muss die gesamte Verarbeitungskette funktionieren. Aktuell präsentieren sich aber in den einzelnen Verarbeitungsschritten verschiedene Herausforderungen resp. Hindernisse. Diese wurden anhand der Fokusgesprächen sowie durch Daten- und Literaturanalyse ermittelt und werden nachfolgend aufgezeigt.

4.1 Holzernte

In Kapitel 3.1 wurde aufgezeigt, dass in der Schweiz derzeit weniger Holz genutzt wird als nachwächst. Damit der zusätzliche Bedarf an Bauholz bereitgestellt werden kann, gilt es die Holzernte zu steigern. Dieses Unterfangen ist jedoch mit diversen Hürden verbunden, nachfolgend werden die wichtigsten Hindernisse aufgezeigt.

Privatwald

Im Kanton Zürich ist rund 45 % des Walds in privatem Kleinbesitz, 42 % gehört der öffentlichen Hand und weitere 13 % werden privaten Korporationen zugeordnet. Die Zahl der Waldeigentümer/innen beläuft sich im Kanton Zürich auf über 18'000. Diese Zerstückelung des Waldeigentums hemmt die Holzernte, was speziell im kleinen Privatwald festzustellen ist. Viele Eigentümer/innen von kleinen Waldflächen betreiben keinen Holzschlag oder lediglich für den Eigengebrauch. Auch im öffentlichen Wald wird tendenziell zu wenig Holz gefällt. Korporationen weisen dagegen gemessen an den Flächenanteilen ihres Walds die höchste Holzernte aus. Dies zeigt, dass sich der Zusammenschluss von privaten Waldbesitzern/innen zu Korporationen positiv auf den Holzeinschlag auswirkt. Tabelle 12 zeigt die Flächenanteile der jeweiligen Eigentumsgruppe sowie die durchschnittliche Holzernte in den Jahren 2010 bis 2020. Es gilt zu beachten, dass die Holzernte im Privatwald am stärksten fluktuiert, während die Holznutzung im öffentlichen Wald über die Jahre am konstantesten ist. Besonders in den Jahren 2018 bis 2020 musste viel Kalamitätsholz zwangsgenutzt werden, was eine überdurchschnittlich hohe Holzernte im Privatwald zur Folge hatte. Es lässt sich daraus schliessen, dass im Privatwald ohne Not oder gute Preisbedingungen zu wenig Holz genutzt wird.

Waldeigentum	Fläche		Durchschnittliche Holzernte 2010-2020	
	in ha	in %	in 1'000 m ³	in %
Privatwald	22'383	45 %	180	43 %
Korporationen	6'352	13 %	77	18 %
Öffentlicher Wald	21'182	42 %	165	39 %
Total	49'917	100 %	423	100 %

Tabelle 12: Auswertung der Holzernte nach Waldeigentum. Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von ALN (2021).

Erschliessung

Die Erschliessung von Wäldern mittels Waldstrassen ist teils mangelhaft, dies gilt vor allem auch für Nadelwälder in höheren Lagen. Zudem entsprechen die Waldstrassen meist nicht den heutigen Anforderungen der Transporttechnik, welche den Einsatz von moderner Holzerntetechnik ermöglicht.

Holzpreis

Der Preis für den Rohstoff Holz liegt in der Schweiz seit Jahren auf einem niedrigen Niveau. Von der Preisentwicklung auf dem Holzmarkt hängt der Rundholzpreis nur bedingt ab. So konnten die Schweizer Waldbesitzer/innen kaum von den explodierenden Preisen für Bauholz in den Jahren 2020/2021 profitieren (Bauernzeitung, 2021). Die Bewirtschaftung des Walds resp. die Holzernte kann deshalb oftmals nicht kostendeckend durchgeführt werden. Daher werden von den Forstdiensten teils andere, profitablere Aktivitäten vorgezogen. Zudem ist das Angebot nicht immer steuerbar, da teils unfreiwillig Holz geerntet werden muss wegen Borkenkäferbefall oder Sturmschäden. Dies führt dazu, dass der Holzpreis vorübergehend weiter absinkt.

Logistik

Oftmals steht für grössere Bauprojekte nicht sofort die benötigte Menge an Schweizer Bauholz zur Verfügung. Die Bestellung des Holzes muss mit einiger Vorlaufzeit zum Baubeginn erfolgen, um die Bereitstellung des Rundholzes sowie die anschliessende Holzverarbeitung zu gewährleisten.

4.2 Holzverarbeitung

Aktuell kann nicht sämtliches in der Schweiz geerntetes Holz in inländischen Sägewerken verarbeitet werden. Mit steigender Nachfrage nach Holzprodukten werden die fehlenden Verarbeitungskapazitäten weiter akzentuiert und die Abhängigkeit vom Ausland steigt. Auch Furniere, Sperrhölzer sowie Span- und Faserplatten werden grösstenteils importiert. Nachfolgend sind die wichtigsten Gründe dargelegt, weshalb zu geringe Verarbeitungskapazitäten in der Schweiz vorhanden sind.

Kostenstruktur

Die Preise für die Produktionsfaktoren Arbeit und Boden sind in der Schweiz im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hoch. Dadurch können die inländischen Sägewerke ihre Produkte meist nicht zu einem konkurrenzfähigen Preis anbieten, was dazu führt, dass Holzbauunternehmen vermehrt Holzprodukte aus dem Ausland importieren, sofern von der Bauherrschaft nicht explizit Schweizer Holz verlangt wird. Dieser Effekt wird durch die inländische Branchenstruktur akzentuiert: In der Schweiz gibt es viele kleine Sägereien, welche nicht die gleichen Skaleneffekte erzielen können wie Grosssägewerke im Ausland.

Standorte

Es fehlen geeignete Standorte für Sägewerke, welche sowohl zahlbar als auch gut erschlossen sind. Vorteilhaft für einen Verarbeitungsbetrieb ist zudem ein lokales Angebot

an Rundholz sowie ein nahegelegener Abnehmer für das anfallende Restholz. Auch für die Lagerung von Rundholz oder Schnittware fehlt oftmals der Platz.

Transportwege

Es besteht ein gewisser Trade-off zwischen der lokalen Verfügbarkeit von Rundholz, welches oftmals in entlegeneren Gegenden vorkommt und dem Absatzmarkt für Schnittwaren. Ein bedeutender Teil der Nachfrage fällt nämlich in urbanen Gebieten an, was mit dem vermehrten Einsatz von Holz als Baumaterial weiter zunehmen wird. Diese städtischen Gebiete befinden sich zu grossen Teilen im Mittelland und der Transport aus dem nahegelegenen Ausland (z.B. Baden-Württemberg und Vorarlberg) gestaltet sich meist kürzer und effizienter als aus den Voralpen, den Alpen oder der Alpensüdseite.

4.3 Holzverwendung

Holz besitzt eine hohe Trag- und Widerstandsfähigkeit bei geringem Eigengewicht, was das Material beim Einsatz als Baustoff neben dem Neubau auch speziell für Nachverdichtungen von Bestandsbauten wie Anbauten und Aufstockungen auszeichnet. Ein weiterer Vorteil von Holz liegt in der Vorfertigung. Gebäude aus Holz lassen sich auf der Baustelle in kürzerer Zeit und mit weniger Beeinträchtigungen für die Anwohner/innen errichten, da Gebäudeteile in den Produktionshallen vorgefertigt werden können. Die Zeit fürs Austrocknen wie beim Stahlbeton entfällt. Des Weiteren bietet Holz viel Freiheit bei der Gestaltung und wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Holz ist der wichtigste nachwachsende Rohstoff, andere Baumaterialien sind nicht erneuerbar und gehen somit früher oder später aus. Trotz dieser zahlreichen Vorteile wird von den Bauherrschaften oftmals ein Bau aus konventionellen Baumaterialien vorgezogen. Nachfolgend werden die wichtigsten Gründe dargestellt, wieso trotz dieser zahlreichen Vorteile von den Bauherrschaften oftmals konventionelle Baumaterialien vorgezogen werden.

Mangelnde Kenntnisse und Erfahrungen

Bauen mit herkömmlichen Baumaterialien stellt nach wie vor den Standard dar. Viele Generalunternehmungen und Architekturbüros sind sich gewohnt, Bauprojekte aus Stahlbeton zu realisieren. Ihnen fehlt die Erfahrung mit dem Baustoff Holz. Eine Umstellung der Projektierung bedeutet daher zusätzlichen Aufwand. Es muss zusätzliches Wissen angeeignet und externe Expertise eines Holzbauingenieurbüros beigezogen werden.

Planungsaufwand und Vorlaufzeit

Die Planung eines Holzbaus braucht in der Regel mehr Vorlaufzeit als ein Massivbau und muss detaillierter erfolgen. Dies ist unter anderem dadurch bedingt, dass die Planung bereits heute der BIM-Methode⁸ entspricht, bei welcher alle Akteure in der Ausführungsplanung beigezogen werden müssen. Dies ist essenziell, damit in der Vorfertigung sämtliche Elemente zusammenpassen, auf der Baustelle können anschliessend kaum noch spontane Anpassungen vorgenommen werden.

⁸ Building Information Modeling, vgl. KBOB (2021).

Investitionskosten

Holzbauten weisen oftmals höhere Investitionskosten auf als Massivbauten. Werden jedoch sämtliche Kosten von der Erstellung über die Nutzung bis hin zum Rückbau einberechnet, schneiden Holzbauprojekte in vielen Fällen besser ab. Dies ist auf die verkürzte Bauzeit und damit frühere Mieterträge sowie die geringeren Rückbau- und Entsorgungskosten zurückzuführen.

Vorurteile gegen Holzbauten

Bei den Bauherrschaften, Generalunternehmungen und Architekturbüros bestehen nach wie vor teils fachlich unbegründete Vorbehalte gegenüber dem Baustoff Holz. So wird gemeinhin die Auffassung vertreten, dass Holz beim Brandschutz Nachteile gegenüber konventionellen Baumaterialien aufweist. Dies ist ein Trugschluss, da Holzbauten die gleichen Sicherheitsbestimmungen erfüllen müssen wie andere Bauten. Zudem ist das Brandverhalten von Holz gut berechenbar und die Tragfähigkeit bleibt länger erhalten als beispielsweise bei Stahl. Des Weiteren herrscht oftmals die Meinung vor, dass Holzbauten geringen Schallschutz bieten. Es ist möglich, im Holzbau wirksame Schalldämmungen mittels mehrschaliger Konstruktionen vorzunehmen. Auch bezüglich der Nutzungsdauer von Holzbauten liegt vielerorts der Trugschluss vor, dass diese kürzer sei als jene von Massivbauten.

Sommerlicher Wärmeschutz sowie Dauerhaftigkeit

Der sommerliche Wärmeschutz sowie die Dauerhaftigkeit von Holz müssen bei Holzbauten sorgfältig geplant werden. Bereits die architektonische Gestaltung sollte diesen Anforderungen Rechnung tragen. Tragende Bauteile müssen vor direkter Bewitterung mit einer hinterlüfteten Bekleidung aus Holz geschützt werden.

Ökobilanzierung

Die Ökobilanzdaten der KBOB im Baubereich mit Datenstand 2016 sollen anfangs 2022 aktualisiert werden. Es wird dabei Anpassungen in der Bewertung von Baumaterialien und Holzwerkstoffen geben (KBOB, 2021). Dank den neuen Bewertungskriterien und Datengrundlagen werden Bauprodukte aus Holz tendenziell geringere Umweltauswirkungen aufweisen. Aktuell schneiden Holzbauten gegenüber Bauten in Massivbauweise nicht oder nur geringfügig besser ab.

Gesetzgebung

Die Gesetzgebung in der Schweiz fokussiert sich bislang primär auf die Energieeffizienz eines Gebäudes im Betrieb. So spielt die graue Energie eines Gebäudes in den Muster Vorschriften der Kantone (MuKE) keine Rolle. Aufgrund dieser einseitigen Betrachtungsweise weisen Holzbauten aus Sicht des Gesetzgebers keine zwingenden Vorteile gegenüber Massivbauten auf und ein wesentlicher Anteil der Umweltauswirkungen aus dem Lebenszyklus von Gebäuden wird ignoriert.

4.4 Wiederverwendung und Verwertung

Bei Abbrüchen, Renovationen und Umbauten fällt Altholz an, welches grundsätzlich wiederverwendet und/oder stofflich resp. thermisch verwertet werden kann. Eine

Wiederverwendung ist im Sinne der Kaskadennutzung – falls möglich sowie ökologisch, energetisch und ökonomisch sinnvoll – vorzuziehen, erst dann soll eine stoffliche Verwertung erfolgen. Das Verbrennen des Holzes bildet den Abschluss des Holzkreislaufs. Die möglichst lange Nutzung von Holz im Kreislauf sowie die anschliessende stoffliche und thermische Verwertung ist nicht nur aus ökologischer Sicht vorzuziehen, sondern kann auch den Baustoff Holz finanziell attraktiver bzw. günstiger machen. Zudem hilft es dabei, den Bedarf an Primärholz zu senken. Eine Wiederverwendung von Holzbauteilen bietet sich an, da sich die Materialeigenschaften von Holz so gut wie nicht ändern, Anpassungen für einen erneuten Einbau einfach sind und so eine Weiternutzung problemlos möglich ist. Dies erfolgt bislang aber nur unzureichend. Für die stoffliche Verwertung wird das Altholz dagegen grösstenteils ins Ausland exportiert. Die thermische Verwertung findet lokal in Altholzfeuerungen oder Kehrrichtverbrennungsanlagen statt. Nachfolgend werden die Hauptgründe für diese fehlende Wiederverwendung und lokale stoffliche Verwertung aufgeführt.

Fehlende Konzepte für die Wiederverwendung von Holz als Baustoff

Bislang fehlen teilweise Konzepte für die Wiederverwendung von Holzbauteilen wie beispielsweise Tragwerke. Problematisch für Fachplaner ist auch die Bemessung mit Bauteilen, welche keine Leistungserklärung und deklarierte Festigkeiten mehr haben, was die Anwendung im tragenden Bereich erschweren kann und sich neuen Fragen der Haftung stellen. Damit eine reibungslose Wiederverwendung gewährleistet werden kann, muss dies bei der Bauplanung eines Gebäudes bereits adäquat berücksichtigt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass das verbaute Holz und Holzwerkstoffe zurückgewonnen werden können.

Geringe Kostenvorteile gegenüber Primärholz

Die Verwendung von Altholz bietet im Vergleich zum Einsatz von Primärholz kaum Kostenvorteile. Zudem konkurriert der Preis für rezykliertes Altholz mit dem Brennholzpreis. Da in der Schweiz zudem hohe Qualitätsanforderungen an Bauholz bestehen, wird oftmals Primärholz vorgezogen.

Fehlende inländische Kapazitäten für die stoffliche Verwertung

Die stoffliche Verwertung von Altholz, beispielsweise in Form von Span- oder Faserplatten, unterliegt gesetzlichen Anforderungen. So müssen Grenzwerte an Schadstoffgehalten eingehalten werden. In der Schweiz gibt es nur wenige Unternehmen, welche sich in der Herstellung von Holzwerkstoffen betätigen. Das Altholz wird daher grösstenteils ins Ausland exportiert (Nigg et al., 2019). Gründe für die fehlenden Kapazitäten können auf die strengen Schweizer Vorschriften sowie der fehlenden Konkurrenzfähigkeit aufgrund teurer Produktionsfaktoren zurückzuführen sein.

5 Laufende und geplante Aktivitäten

Der Kanton Zürich hat bereits Massnahmen zur Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff in den Bereichen Forstwirtschaft und Gebäude ergriffen. Nachfolgend sind die wichtigsten laufenden Aktivitäten und die geplanten Massnahmen kurz beschrieben.

5.1 Laufende Aktivitäten

Kantonaler Waldentwicklungsplan (z.Z. in Überarbeitung)

Der Waldentwicklungsplan stellt für das gesamte Waldareal sicher, dass der Wald seine Funktionen nachhaltig erfüllen kann. Dem Wald wird nicht mehr Holz entnommen als nachwächst, womit die CO₂-Bilanz des Waldes klimaneutral bleibt. Durch die Nutzung von Holz in langlebigen Produkten kann CO₂ zudem länger gebunden werden. Der Waldentwicklungsplan datiert von 2010 und wird auf das Jahr 2025 revidiert.

Förderung von Holz als Bau- und Werkstoff (vorliegender Auftrag)

Gestützt auf den Massnahmenplan «Verminderung der Treibhausgase» (RRB Nr. 920/2018 und Festsetzung BD 2018) werden Empfehlungen für Politik, Verwaltung und Verbände erarbeitet, wie durch vermehrten Holzeinsatz als Bau- und Werkstoff Treibhausgase vermindert werden können (Massnahmen GB4).

Förderung Seilkran

Bereits heute wird die Nutzung von Holz im steilen Privat- und Korporationswald durch den Kanton finanziell gefördert. So wird ein wichtiger Beitrag zur Pflege und Nutzung des Privatwaldes geleistet.

Holzverkauf im Staatswald über ZürichHolz AG

Die ZürichHolz AG ist eine Organisation, die seit 2005 besteht und den Waldeigentümern des Kantons Zürich gehört. Sie vermittelt Holz an Verarbeiter und Händler und leistet so eine wichtige Bündelungsfunktion, was zu besseren Absatzbedingungen für die Waldeigentümer führt. Auch der Staatswald Zürich ist an der ZürichHolz AG beteiligt und verkauft sein Holz mit deren Hilfe. Die ZürichHolz AG ist auch im Holzenergiemarkt tätig. So macht sie beispielsweise die Rohstoffbeschaffung, Logistik und Abrechnung für das Holzheizkraftwerk (HHKW) Aubrugg, welches das zweitgrösste Fernwärmenetz der Schweiz betreibt.

Unterstützung von Waldkorporationen und Wiederinstandstellung von Waldstrassen

Seit 2016 unterstützt die Abteilung Wald die Gründung und Vergrösserung von Waldkorporationen. Dies stellt eine Alternative im Bereich der Strukturverbesserungen zu den herkömmlichen Waldzusammenlegungen dar, welche weitestgehend zum Erliegen gekommen sind. Durch die Verbesserung der Strukturen im Privatwald wird indirekt deren Bewirtschaftung vereinfacht und verbessert.

Seit 2015 wird die periodische Wiederinstandstellung von Waldstrassen finanziell durch Bund und Kanton unterstützt.

Umsetzung des Standard Nachhaltigkeit Hochbau

Der Standard Nachhaltigkeit Hochbau wurde überarbeitet und vom Regierungsrat im Juli 2022 festgesetzt (RRB-Nr. 601/2021). Dieser legt fest, was der Kanton Zürich bei seinen eigenen Bauprojekten unter nachhaltigem Bauen versteht. Der Standard Nachhaltigkeit Hochbau berücksichtigt die Kriterien der SIA-Norm 112/1:2017 und übernimmt neu die Struktur des «Standards Nachhaltiges Bauen Schweiz» (SNBS). Es handelt sich um einen übergreifenden Nachhaltigkeitsstandard für Gebäude, den der Bund initialisierte. Der SNBS betrachtet das nachhaltige Bauen als eine ganzheitliche, zukunftstaugliche Entwicklung von Siedlungen und Infrastrukturen. Der überarbeitete Standard beurteilt die Qualität eines Gebäudes umfassend über alle drei Themen der Nachhaltigkeit: Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Die Ziele der Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt sind aus dem SNBS übernommen und mit kantonsspezifischen Hinweisen und Präzisierungen umschrieben und ergänzt. Der überarbeitete Standard Nachhaltigkeit Hochbau misst der Verminderung der CO₂-Emissionen und dem Ausbau erneuerbarer Energien eine grosse Bedeutung zu. Künftig sollen alle kantonalen Gebäude ohne fossile Energien betrieben werden. Solarstromanlagen sollen möglichst grossflächig gestaltet werden und nicht nur den Eigenstrombedarf einzelner Gebäude decken, sondern zum Strombedarf des gesamten kantonalen Portfolios beitragen. Baumaterialien mit tiefer grauer Energie, wie beispielsweise Holz, werden bevorzugt eingesetzt.

5.2 Geplante Massnahmen

Ergänzend zu den bisherigen Aktivitäten sind in den Ämtern weitere Massnahmen zur Förderung von Holz als Baustoff vorgesehen resp. geplant. Diese Massnahmen liegen in der Regel in einer Entwurfsphase vor und umfassen die folgenden Bereiche:

Forstwirtschaft: Erhalt CO₂-Speicher Wald, Förderung einer verstärkten Verwendung von einheimischem Holz als Beitrag zur Dekarbonisierung

Klimaverträgliche Baumaterialien: Anpassung kantonalen Standard Nachhaltigkeit Tiefbau, Prüfung und Einführung von Anreizen und Vorgaben zur Verbesserung des Recyclings von schon einmal verwendeten Baumaterialien, welche ansonsten auf der Deponie landen würden.

6 Massnahmen

Der Kanton Zürich hat sich im Rahmen des Massnahmenplans zur Verminderung der Treibhausgase 2018 zum Ziel gesetzt, die Verwendung von Holz als Bau- und Werkstoff zu fördern. Es sollen entlang der gesamten Holzverarbeitungskette konkrete Massnahmen ausgearbeitet werden, welche sich positiv auf die Holzbereitstellung, den Holzeinsatz im Bau oder die Wiederverwendung resp. thermische Verwertung von Holz auswirken.

In diesem Kapitel werden die Zielsetzungen und Stossrichtungen, das Vorgehen und die vorgeschlagenen Massnahmen beschrieben.

6.1 Zielsetzungen und Stossrichtungen

Die primären Zielsetzungen der Massnahmen sind die Verminderung der Treibhausgase (insb. CO₂-Emissionen) und die CO₂-Speicherung in Gebäuden und Wald (gemäss Massnahmenplan Vermeidung der Treibhausgase 2018). Es sind folgende Stossrichtungen zu verfolgen:

Stossrichtung	Wirkung auf Treibhausgase
Nachhaltige Waldnutzung	Sequestrierung von CO ₂ im Wald
Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff	Substitution von Baustoffen, welche CO ₂ bei der Herstellung verursachen (fossile Energieträger, Zementproduktion), Speicherung von CO ₂ in Holzprodukten
Wiederverwendung	Speicherung von CO ₂ in Holzprodukten
Stoffliche und energetische Verwertung CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung	Substitution fossiler Energieträger mit Holz CO ₂ -Senke (negative Emissionen)

Tabelle 13: Stossrichtungen und Klimawirkung

Weiter ist die Steigerung der regionalen Holzernte und -verarbeitung anzustreben.

Die Massnahmen sollen das im Kapitel 3 beschriebenen Potenzial der Holzernte/-verarbeitung und der Holzverwendung soweit möglich ausschöpfen und die bekannten Hemmnisse abbauen (Kapitel 4).

6.2 Vorgehen

Die Auswahl der Massnahmen erfolgte in mehreren Schritten:

1. Identifizierung von möglichen Massnahmen mittels Recherchen bei anderen Kantonen, beim Bund und im Ausland sowie basierend auf Angaben von Fachleuten der kantonalen Verwaltung und der Begleitgruppe (Mitglieder siehe Anhang A-1).
2. Erste grobe Bewertung unter Einbezug der Mitglieder der Begleitgruppe.

3. Ergänzungen und grobe Bewertung unter Einbezug von wichtigen Akteuren im Rahmen von Fokusgruppengespräche und Einzelinterviews (Experten/innen siehe Anhang A-2).
4. Bewertung und Auswahl nach folgenden qualitativen Kriterien: Einflussstärke Kanton, Beitrag zur Umweltwirkung (CO₂-Reduktion, CO₂-Senkenwirkung), Beitrag zur regionalen Holznutzung und Umsetzungsaufwand Kanton.
5. Beschreibung (Entwurf) der ausgewählten Massnahmen in Massnahmenblatt (Form wie Massnahmenplan 2018): Ziel, Beschreibung, Zielgruppe, Wirkung, Rechtsgrundlage, Umsetzungszeitraum, zuständige Fachstelle, einzubeziehende Stellen, Abstimmungsbedarf, Umsetzungs-Indikatoren, finanzieller Aufwand (Kanton), Personalaufwand (Kanton), Finanzierung Aufwand für Dritte (ausserhalb Kantonsverwaltung, z. B. Gemeinden), Bemerkungen (siehe separate Dokumentation).
6. Vorschlag für Priorisierung, Etappierung und Umsetzung.

Die Massnahmen werden nach den Prozessschritten entlang der gesamten Holzverarbeitungskette gegliedert:

Prozessschritt	Beispiele
Produktion	Rohholzproduktion, wie Waldbewirtschaftung, Holzernte, Holzbereitstellung (Stammholz, Industrieholz, Energieholz)
Verarbeitung	Stufe 1: Sägereien, Hobelwerke, Spanplattenproduktion Stufe 2: Zimmerei, Schreinerei, Papier-/Kartonproduktion
Verwendung	Holzbau, Innenausbau, Möbel, Verpackung
Verwertung	Wiederverwendung von Bauteilen, Recycling, Up- und Downcycling, stoffliche und thermische Verwertung

Tabelle 14: Prozessschritte in der Holzverarbeitungskette

Dem Kanton als Hauptakteur stehen verschiedene Handlungsmöglichkeiten bzw. Instrumente zur Verfügung, um die Massnahmen wirkungsvoll umzusetzen:

Instrument	Beispiele
Information	Information, Sensibilisierung, Beratung, Koordination, Zusammenarbeit, Partnerschaften, Wissenstransfer, Bildungsangebote
Förderung	Finanzielle Unterstützung (Anreize, Subventionen) für Entwicklung und Anwendung von neuen Technologien, Materialien und Prozessen, Innovationen (z.B. eigene Bauten, Pilotprojekte und Unterstützung angewandte Forschung, Wettbewerbe), Kanton als Early Adopter, Anwendung fortschrittlicher Standards bei eigenen Bauten, Vollzugserleichterungen und administrative Entlastung
Vorschriften	Gesetze, Verordnungen, Vorschriften mit Wirkung für Dritte = Gemeinden, Private, Wirtschaft
Eigene Tätigkeiten	Vorbild bei Beschaffung, Bau, Betrieb, Bewirtschaftung

Tabelle 15: Instrumente des Kantons

6.3 Beschreibung der vorgeschlagenen Massnahmen

Es werden zwölf Massnahmen entlang der gesamten Holzverarbeitungskette (Prozessschritte) vorgeschlagen, mit denen die Zielsetzungen und Stossrichtungen möglichst gut erreicht werden können. Der Fokus liegt auf der nachhaltigen Waldnutzung und dem vermehrten Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff (acht Massnahmen). Eine weitere Massnahme befasst sich mit der Wiederverwendung und stofflichen/energetischen Verwertung sowie CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Drei Massnahmen sind von übergeordnetem bzw. koordinativem Charakter.

- **Prozessschritt Produktion:** Für eine nachhaltige Waldnutzung mit einer gesteigerten Holzernte sollen vor allem Eigentümer/innen mit kleinem Privatwald beitragen, weil die Holzernte hier aus Erfahrung verhältnismässig gering ist.
- **Prozessschritt Verarbeitung:** Der Umsatz, der im Kanton Zürich verarbeiteten Holzmenge soll gesteigert werden, weil hier die Verarbeitungskapazitäten bereits heute, aber in Zukunft noch mehr fehlen werden.
- **Prozessschritt Verwendung:** Bauherren und Investoren/innen werden über die Vorteile von Holz als Baustoff aktiv informiert und beraten, weil mangelnde Kenntnisse und Erfahrungen oft hemmend wirken. Der für kantonale Bauten gültige Standard Nachhaltigkeit im Hochbau soll auch von kommunalen Bauherren angewendet werden (Vorbildfunktion). Diese sind über die neuen Möglichkeiten zu informieren, wie regionales Holz in öffentlichen Ausschreibungen berücksichtigt werden kann. Private Bauherren und Investoren/innen werden über den kantonalen Standard informiert und über den optimalen Einsatz von Holz als Baustoff beraten. Es wird geprüft, wie der Kanton günstige Rahmenbedingungen schaffen und die Entwicklung und Anwendung von innovativen Projekten fördern kann.
- **Prozessschritt Verwertung:** Die Optionen zur Wiederverwendung von Holzbauteilen und der Verwertung von Rest-/Altholz im Kanton werden analysiert und die Entwicklung und Anwendung von innovativen Projekten gefördert.
- **Übergeordnet:** Die Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz wird geprüft und soll rechtlich verankert werden. Zur Vernetzung wird der Dialog der beteiligten externen und internen Akteure gefördert und eine Koordinationsstelle Holz für die Vernetzung innerhalb der Baudirektion aufgebaut.

Prozessschritt	Massnahmen
Produktion	1 Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern
	2 Rentabilität der Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern
Verarbeitung	3 Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern
	4 Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten
Verwendung	5 Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen
	6 CO ₂ -Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen
	7 Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen
	8 Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern
Verwertung	9 Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern
Übergeordnet	10 Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern
	11 Dialog der beteiligten Akteure fördern
	12 Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen

Tabelle 16: Übersicht der Massnahmen

Nachfolgend werden die zwölf Massnahmen mit den vorgeschlagenen Aktivitäten beschrieben.

1 Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern

Die Holzernte im kleinen Privatwald ist erfahrungsgemäss volatil und abhängig von Preis für Rundholz sowie allfälligen Zwangsnutzungen. Die zuständigen Forstdienste gehen aktiv auf diese Waldeigentümer/innen zu und überzeugen sie von der regelmässigen nachhaltigen Holznutzung. Die zuständigen Forstdienste erhalten dazu die notwendigen Ressourcen («Revierbeiträge»).

- a) Weiterbildung des kommunalen Forstdienstes durch den Kanton
- b) Information und Beratung der privaten Waldeigentümer/innen durch den Forstdienst. Klärung der Zielsetzungen ihrer Waldhaltung, z.B. Naturschutz, Biodiversität, Holznutzung oder persönliche Nutzung («eigenes Paradiesli»), darauf basierend die optimale Nutzungsart festlegen.
- c) Prüfung der Erhebung eines finanziellen Beitrags von Privaten an die Tätigkeit der Forstdienste

2 Rentabilität der Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern

Mit steigender Rentabilität wird mehr Holz geschlagen. Die Rentabilität kann gesteigert werden, wenn der Holzschlag über mehrere der meist kleinen Parzellen durchgeführt werden kann, die Erschliessung gut ist und der administrative Aufwand geringgehalten werden kann.

- a) Zusammenarbeitsformen im Kleinprivatwald prüfen und ggf. umsetzen sowie verstärkte Koordination von Holzschlägen über mehrere Privatwaldparzellen durch die Forstdienste
- b) Unterstützung der Erhöhung der Erschliessungsqualität (falls notwendig und machbar), z.B. durch die Erhöhung der finanziellen Beiträge
- c) Abbau von administrativem Aufwand für Ausnahmegewilligungen u.a. im Gewässerraum (falls rechtlich machbar und Schutzziel nicht gefährdet werden), z.B. durch die Einführung von Bagatellen

3 Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern

Durch eine vorausschauende informelle Koordination zwischen den Akteuren im Holzbau bzw. den Bauherren (Nachfrage) und denjenigen der Holzverarbeitung (regionales Angebot) kann der Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge gesteigert werden.

- a) Unterstützung von Privaten beim Aufbau einer verwaltungsexternen Kontakt- und Koordinationsstelle (Single Point of Contact) mit integrierend-vernetzender Funktion
- b) Finanzielle Unterstützung regionaler Netzwerke in der Holzbranche
- c) Machbarkeitsstudie in Zusammenarbeit mit der Holzbranche und regionalen Netzwerken über die Möglichkeiten zur Schaffung einer zeitlichen Unabhängigkeit von Holzverarbeitung und Holzbau, z.B. vorgezogene Verarbeitung und Lagerung von regionalem Holz (insb. Zwangsnutzung von Kalamitätsholz). Dadurch können der kurzfristige Bedarf gedeckt oder bei Ausschreibungen gemäss öffentlichem Beschaffungsrecht In-House Vergaben gemacht werden.

4 Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten

Die Kapazitäten der Holzverarbeitung in der Region haben in den letzten Jahren abgenommen. Die verbleibenden Betriebe sollen einerseits leistungsfähiger werden, andererseits gilt es eine Standorterweiterung bzw. einen Neubau von Betrieben zu prüfen.

- a) Prüfung von raumplanerischen Rahmenbedingungen, welche einen Betrieb zur Holzverarbeitung insb. bezüglich Lärm/Erschütterungen, Ortsbild/Landschaftsschutz und Wald ermöglichen. Z.B. eine «Sägereizone» innerhalb der Bauzone oder ein Platz/Gebäude zur Lagerung ausserhalb der Bauzone bzw. im Wald.
- b) Unterstützung von Privaten bei einer Machbarkeitsstudie über eine Standorterweiterung bzw. eines Neubaus, z.B. Standort, Wirtschaftlichkeit, Finanzierung und Trägerschaft.

5 Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen

Bauherren und Investoren/innen werden über die Vorteile von Holz als Baustoff aktiv informiert und beraten. Gemäss RRB-NR 601/2021 ist die Baudirektion beauftragt, die Behörden und Institutionen ausserhalb des Geltungsbereichs des Standards einzuladen, den überarbeiteten Standard Nachhaltigkeit im Hochbau ebenfalls anzuwenden.

- a) Private und kommunale Bauherren und Investoren/innen werden über die positiven Eigenschaften von Holz als Baustoff aktiv informiert und beraten. Mögliche Aktivitäten sind ein Leistungsauftrag an ein bestehendes Netzwerk (z.B. Lignum Zürich), Artikelserie in Kommunikationsplattformen von Netzwerken und Vereinen (z.B. «Zürcher Hauseigentümer», HEV Zürich), Veranstaltungen pro Bauphase am Beispiel eines Leuchtturmprojekts eines Kantonsgebäudes.
- b) Private und kommunale Bauherren sowie private und öffentlich-rechtliche Institutionen werden über die Anwendung des Standards inkl. Minergie-Eco-Tool aktiv informiert und beraten.
- c) Der Geltungsbereich wird auch auf andere Immobilien im Einflussbereich des Kantons ausgeweitet (u.a. ZKB, GVZ, EKZ, SVA, Spitäler und psychiatrischen Kliniken, Gerichte).

6 CO₂-Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen

Die CO₂-Senkenleistung von Holz wird in den Berechnungen über die graue Energie bei der Erstellung nicht berücksichtigt (z.B. Minergie-Eco-Tool). Der Kanton setzt sich bei der KBOB dafür ein, dass

- a) die Grundlagen für die Ökobilanzierung von Gebäuden aktualisiert werden,
- b) die CO₂-Senkenleistung von Holz bei der Berechnung der grauen Energie mitberücksichtigt wird.

Gemäss RRB-NR 601/2021 ist die Baudirektion beauftragt, die im Standard Nachhaltigkeit im Hochbau festgelegten Massnahmen periodisch dem Stand des Wissens anzupassen und dem Regierungsrat zur Beschlussfassung vorzulegen. Nach Vorliegen der aktualisierten Grundlagen durch die KBOB wird der Standard die CO₂-Senkenleistungen von Holz angemessen bei der Beurteilung des Indikators «Energiebedarf und Treibhausgasemissionen (Erstellung)» berücksichtigen.

7 Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen

Das revidierte öffentliche Beschaffungsrecht stärkt die Wettbewerbskriterien wie Nachhaltigkeit, Lebenszykluskosten und Innovation. Die neuen Möglichkeiten sind den zuständigen Stellen oft noch zu wenig bekannt.

Die kommunalen Bauherren und öffentlich-rechtlichen Institutionen sind über die Möglichkeiten zu informieren und zu beraten, wie Holz (insb. Schweizer Holz) in öffentlichen Ausschreibungen berücksichtigt werden kann (inkl. Mustertexte). Dabei kann auf das Merkblatt «Ausschreiben mit Schweizer Holz» der Lignum verwiesen werden.

8 Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern

Das Cradle-to-Cradle-Prinzip gewinnt im Bauwesen an Bedeutung und begünstigt Holzbauten. Die Kreislaufwirtschaft und der Klimaschutz sollen in der kantonalen Verfassung verankert werden (Volksabstimmungen 2022) und fördern somit auch das Bauen mit Holz bzgl. Abfallvermeidung, Wiederverwendung und Verwertung. Der Kanton soll günstige Rahmenbedingungen schaffen sowie die Entwicklung und Anwendung von Technologien, Materialien und Prozessen fördern.

1. Schritt: Analyse und Machbarkeitsstudie über folgende Aspekte:

- a) Förderung der Gebäudeplanungen hinsichtlich Umnutzungen, Wiederverwendung von Bauteilen und Recycling von Materialien
- b) Förderung der Entwicklung und Anwendung von Materialien und Technologie, z.B. Optimierung von Tragsystemen, Einsatz von Laubholz, Verbindungsmitteltechnologien
- c) Förderung von Pilotprojekten im Sinne von Leuchtturmobjekten von Umbauten (Aufstockungen mit Holz, anstelle von Ersatzneubauten) und Neubauten

2. Schritt: Verankerung der Kreislaufwirtschaft und des Klimaschutzes bzgl. Bauen mit Holz im PBG bzw. EnerG unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der Machbarkeitsstudie

9 Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern

Können Holzbauteile nicht wiederverwendet werden, ist das Rest- und Altholz zu verwerten. Es ist zu prüfen, ob es sinnvoll ist, weniger Altholz zu exportieren und stattdessen eine grössere Altholzmenge hier stofflich und energetisch zu verwerten. Wenn Rest- und Altholz zuerst stofflich und dann energetisch verwertet wird, kann die CO₂-Senkenleistung möglichst gross gehalten und anschliessend der fossil-freie Brennstoff genutzt werden. Bei grossen Biomasse-Anlagen sind CO₂-Abscheidung und -Speicherung für die Erreichung der Netto-Null-Ziels notwendig. Zudem gilt es die energetischen Nutzungsgrade bei Bedarf zu optimieren.

1. Schritt: Analyse und Machbarkeitsstudie über folgende Aspekte:

- a) Prüfung von Verwertungsoptionen von Rest- und Altholz im Kanton (weniger Export, stoffliche vor energetischer Verwertung)
- b) Förderung der Entwicklung und Anwendung von Materialien und Technologien aus Rest- bzw. Altholz, z.B. Sperrholzplatten, Pflanzenkohle, 3D-Drucken
- c) Optimierung des energetischen Nutzungsgrads bei bestehenden Biomasse-Anlagen
- d) Unterstützung von CO₂-Abscheidung bei Holzheizkraftwerken und anschliessender Speicherung

2. Schritt: Verankerung im PBG bzw. EnerG unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der Machbarkeitsstudie

10 Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern

Die vermehrte Verwendung von (regionalem) Holz soll mit finanzieller Unterstützung des Kantons und Anpassungen PBG und EnerG gefördert werden. Dabei ist die laufende Revision des Umweltschutzgesetzes betreffend «Schweizer Kreislaufwirtschaft stärken» zu berücksichtigen.

- a) Prüfung von finanzieller Förderung von Massnahmen zur vermehrten Verwendung von (regionalem) Holz im Bau entlang der ganzen Prozesskette (z.B. Rahmenkredite und Fonds)
- b) Prüfung von Anpassungen von Vorschriften in PBG: Umbauten statt Ersatz-Neubauten bevorzugen, z.B. Ausnützungsbonus bei Ausbau, Erleichterung in der Bemessungsweise
- c) Vorschriften in EnerG: «Fehlreiz» Förderung Holzenergie überprüfen (Holz möglichst lange im Kreislauf halten, dann stoffliche und erst am Schluss energetische Verwertung), Holzbau finanziell fördern, CO₂-Bonus für möglichst wenig graue Energie (ähnlich wie Förderung von erneuerbaren Energien)

11 Dialog der beteiligten Akteure fördern

Es gibt bereits zahlreiche Akteure, welche entlang der Prozesskette das Bauen mit Holz vorantreiben. Mittels guter Koordination kann die Wirkung der Aktivitäten der einzelnen Akteure gesteigert werden. Der Kanton kann den Dialog der beteiligten Akteure fördern.

- a) Durchführung von Veranstaltungen
- b) Unterstützung von bestehenden Veranstaltungen, Plattformen oder Foren (Räume, IT) oder finanzielle Unterstützung von bestehenden Netzwerken
- c) Unterstützung von Kampagnen von bestehenden Netzwerken

12 Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen

Die Förderung von Holz betrifft die Zuständigkeiten, Aufgaben und Fachkompetenz mehrerer Abteilungen der Baudirektion: u.a. ALN (Waldbewirtschaftung), HBA (Bauen, Anwendung Standard), AWEL (Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft, Energie), KofU (Nachhaltigkeit). Um die Umsetzung der Massnahmen voranzutreiben, sind die ämterübergreifenden Aktivitäten innerhalb der Baudirektion zu koordinieren und zu bündeln. Diese Aufgabe soll während den nächsten fünf Jahren eine verwaltungsinterne Kontakt- und Koordinationsstelle wahrnehmen, die zum Beispiel im Generalsekretariat der Baudirektion (z.B. Koordination Bau und Umwelt) angesiedelt sein könnte. Eine Verlängerung oder sogar dauerhafte Einrichtung ist danach auf Basis einer Standortbestimmung zu prüfen. Die Koordinationsstelle ist verantwortlich für:

- a) Koordination der Aktivitäten und Umsetzungskontrolle der Massnahmen
- b) Massnahmenspezifische Aufgaben, u.a. Information und Beratung von öffentlichen und privaten Bauherren (Anwendung des Standards, Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts), Dialog der Akteure, Aktualisierung der ökologischen Bewertung und Ergänzung des Standards

6.4 Instrumente, Akteure und Beitrag zur Zielerreichung

Die nachfolgende Tabelle 17 zeigt auf, wie gross der Einfluss des Kantons auf die Massnahmen ist, welches Instrument er anwenden soll, damit die Massnahmen ihre gewünschte Wirkung erzielen und welche Akteure für die Umsetzung zuständig sind.

Eine weitere Tabelle 18 gibt eine Übersicht über die Beiträge der Massnahmen zur Zielerreichung und den geschätzten Aufwand zur Umsetzung.

- **Einfluss:** Es werden hauptsächlich Massnahmen vorgeschlagen, bei denen der Kanton mit seinen Handlungsmöglichkeiten einen unmittelbaren und somit grossen Einfluss hat. Einige Massnahmen haben einen unterstützenden Charakter und sind daher für die Zielerreichung auch wichtig.
- **Instrumente:** Die Information ist bei allen Prozessschritten ein wichtiges und einfach zu realisierendes Instrument. Die zielorientierte Förderung und der Erlass von Vorschriften werden insbesondere bei der Verwendung und der Verwertung eingesetzt. Bei den eigenen Gebäuden handelt der Kanton bereits vorbildlich, aber eine interne Koordinationsstelle der neuen Massnahmen ist notwendig (eigene Tätigkeit).
- **Zuständigkeit:** Für die ersten Schritte der Umsetzung ist in der Regel das ALN zuständig. Massnahmen im Zusammenhang mit der Anwendung des Standards Nachhaltigkeit im Hochbau und der Beratung über das neue öffentliche Beschaffungsrecht sollen durch das HBA gestartet werden. Das AWEL ist für die Massnahmen im Bereich Wiederverwendung und Verwertung zuständig.
- **Beitrag zur Zielerreichung:** Werden alle Massnahmen wie vorgeschlagen vollständig und mit grossem Engagement umgesetzt, können sie einen grossen Beitrag an die Zielerreichung entlang der ganzen Prozesskette bewirken: Steigerung der lokalen Holzernte und ihrer Verarbeitung, Beitrag zur CO₂-Reduktion und CO₂-Senkenleistung.
- **Aufwand:** Der personelle Aufwand für die öffentliche Hand (kantonale Zentralverwaltung, Forstdienste) wird bei rund der Hälfte der Massnahmen als hoch eingeschätzt (sehr grobe Abschätzung: 1 bis 3 Personenmonate pro Massnahme im ersten Jahr der Umsetzung). Der finanzielle Aufwand ist hoch, wenn Machbarkeitsstudien erstellt und besonders hoch, wenn Fördermittel eingesetzt werden sollen. Eine finanzielle Unterstützung durch den Bund ist bei allen Massnahmen jeweils zu prüfen.

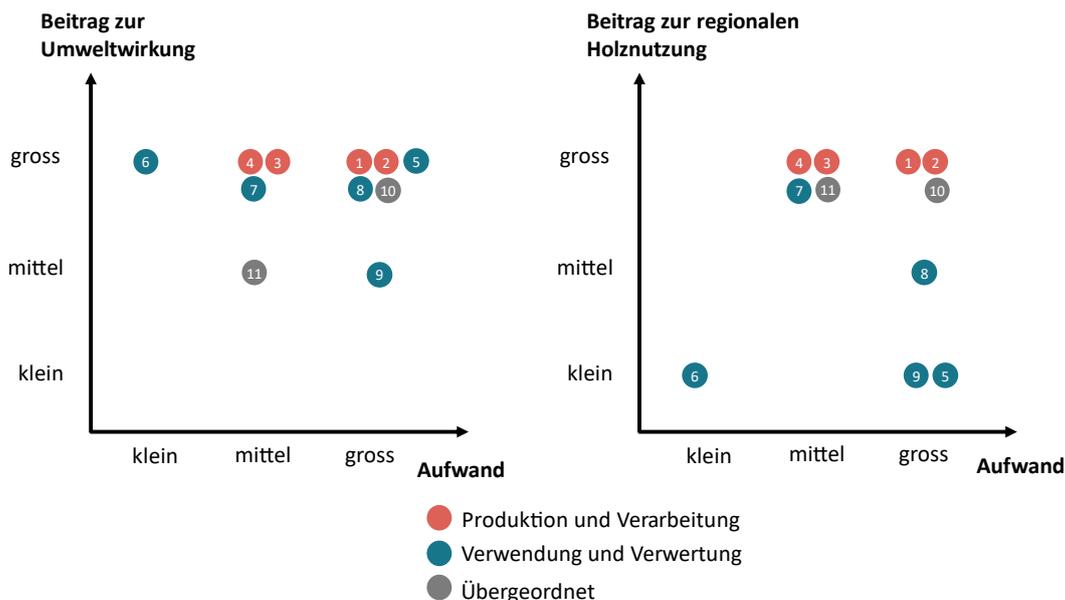
Massnahmen	Einfluss Kanton	Instrumente	Zuständige Fachstelle	Einzubeziehende Fachstelle	Weitere beteiligte Akteure
1 Holzernte im kleinen Privatwald steigern	mittel	Information	ALN	Forstdienste	Private Waldeigentümer/innen
2 Rentabilität der Holzernte im kleinen Privatwald steigern	gross	Information (Förderung, Vorschriften)	ALN	Forstdienste AWEL, ARE	Private Waldeigentümer/innen
3 Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern	mittel	Information Förderung	ALN	HBA	Gemeinden Branche, Verbände
4 Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten	gross	Förderung Vorschriften	ALN	ARE	Gemeinden Branche, Verbände
5 Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen	gross	Information Eigene Tätigkeiten	HBA	ALN	Gemeinden Öffentliche Bauherren und Investoren Öffentlich-rechtliche Institutionen Private Bauherren und Investoren
6 CO ₂ -Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen	mittel	Information	HBA	GS	KBOB
7 Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen	gross	Information	HBA	GS	Gemeinden öffentlich-rechtliche Institutionen
8 Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern	gross	Förderung Vorschriften	ALN	ARE, AWEL	Forschungsinstitutionen
9 Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern	mittel	Förderung Vorschriften	AWEL	ARE	Forschungsinstitutionen
10 Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern	gross	Förderung Vorschriften	ALN	AWEL, ARE	Forschungsinstitutionen
11 Dialog der beteiligten Akteure fördern	mittel	Information	ALN	HBA	Branche, Verbände Öffentliche Bauherren und Investoren Öffentlich-rechtliche Institutionen Private Bauherren und Investoren
12 Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen	gross	Eigene Tätigkeiten	ALN/HBA	HBA, GS, AWEL	

Tabelle 17: Übersicht der vorgeschlagenen Massnahmen: Einfluss des Kantons, angewandtes Instrument, zuständige und einzubeziehende Fachstellen, weitere beteiligte Akteure

Massnahmen		Stossrichtung	Beitrag zur Umweltwirkung	Beitrag zur regionalen Holznutzung	Personeller Aufwand Kanton	Finanzieller Aufwand Kanton
1	Holzernte im kleinen Privatwald steigern	Nachhaltige Waldnutzung Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff	Grosse Steigerung der Stammholzernte	gross	hoch	mittel
2	Rentabilität der Holzernte im kleinen Privatwald steigern	Nachhaltige Waldnutzung Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff		gross	hoch	klein
3	Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff	Grosse Steigerung des Rundholz-Einschnitts	gross	mittel	mittel
4	Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff		gross	mittel	mittel
5	Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff	Grosser Beitrag zur CO ₂ -Reduktion und CO ₂ -Senkenleistung	klein	hoch	mittel
6	CO ₂ -Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff		klein	klein	kein
7	Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff		gross	mittel	klein
8	Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern	Vermehrter Einsatz von Holz als Bau- und Werkstoff		mittel	hoch	hoch
9	Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern	Wiederverwendung Energetische Verwertung und CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung	Mittlerer Beitrag zur Verwertung von Restholz- und Altholz	klein	hoch	hoch
10	Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern	Mehrere Stossrichtungen	Grosser Beitrag: Steigerung Holzernte/-verarbeitung und Umweltwirkung	gross	hoch	hoch
11	Dialog der beteiligten Akteure fördern	Mehrere Stossrichtungen	Mittlerer Beitrag zur Verwertung von Restholz- und Altholz	gross	klein	mittel
12	Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen	Mehrere Stossrichtungen	Keine Bewertung, da organisatorische Massnahme		hoch	klein

Tabelle 18: Übersicht der vorgeschlagenen Massnahmen: Verfolgte Stossrichtung, Beitrag zur Zielerreichung, Abschätzung Aufwand

Die Kosten und Wirkungen der Massnahmen sind in Abbildung 9 dargestellt. Es gilt zu beachten, dass es sich dabei um eine qualitative Einschätzung handelt. Der finanzielle Aufwand hängt stark von der effektiven Umsetzung der Fördermassnahmen ab, diese sollen in Abhängigkeit von der politischen Machbarkeit sowie der Markt- und Technologieentwicklung ausgestaltet werden. Deshalb wird bei der Priorisierung der Massnahmen in Kapitel 7 auch nicht explizit auf den personellen und finanziellen Aufwand des Kantons eingegangen.



econcept

Abbildung 9: Beitrag der Massnahmen zur Umweltwirkung und zur regionalen Holznutzung im Vergleich zum Aufwand. Massnahme 12 nicht dargestellt, da organisatorischer Art. Dargestellter Aufwand entspricht der "schlechteren" Bewertung aus personellem und finanziellem Aufwand des Kantons.

6.5 Wechselwirkung mit Aktionen des Bundes

Massnahmenplan zur Schweizer Waldpolitik

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat kurz nach der Auswahl der Massnahmen in diesem Bericht den Massnahmenplan zur Schweizer Waldpolitik veröffentlicht (BAFU, 2021c). Bei den Massnahmen geht es unter anderem um eine vermehrte und nachhaltige Nutzung von Schweizer Holz (z.B. Holz als Baustoff, Energiequelle oder Verwendung in Chemiebranche). Dies stärkt den Klimaschutz. Für die Umsetzung ist hauptsächlich das BAFU zuständig, jedoch in enger Abstimmung zwischen Bund, Kantonen und weiteren Akteuren/innen.

Der Abgleich der in diesem Bericht vorgeschlagenen Massnahmen mit den Massnahmen des Bundes zeigt eine weitgehende Übereinstimmung. Die dem Kanton zugeschriebenen Rollen (Aufgaben) werden mit den kantonalen Massnahmen erfüllt.

Aktionsplan Holz des BAFU

Der Aktionsplan Holz setzt die Ressourcenpolitik Holz des Bundes um (BAFU, 2021b). Der Aktionsplan unterstützt innovative Projekte, die den Einsatz von Schweizer Holz mittels angewandter Forschung und Entwicklung (wie das vorliegende Projekt) oder Kommunikation stärken und entwickeln. Aktuell läuft die vierte Phase des Aktionsplans von 2021 bis 2026 mit dem Fokus auf die Themen «Wertschöpfung Schweizer Holz» und «Klimage-rechte Bauten». Dem Aktionsplan Holz stehen jährlich rund 4 Millionen CHF für Projekte zur Verfügung.

Die in diesem Bericht vorgeschlagenen Massnahmen decken sich mit den Fokusthemen der laufenden Phase des Aktionsplans. Daher ist bei jeder Massnahme zu prüfen, ob eine finanzielle Unterstützung für angedachte Studien und Pilotprojekte bzw. für Koordinations- und Kommunikationsaktivitäten durch den Aktionsplan sinnvoll und möglich ist.

7 Empfehlungen für weiteres Vorgehen

Empfehlung für die Umsetzung

Um die angestrebten Ziele möglichst gut zu erreichen, sind Massnahmen entlang der gesamten Holzverarbeitungskette (Prozessschritte) notwendig. Damit werden auch die Erwartungen des Bundes gedeckt. Vor dem Hintergrund beschränkter finanzieller und personeller Ressourcen der kantonalen Verwaltung wird eine Priorisierung vorgeschlagen und empfohlen, die Umsetzung der bevorzugten Massnahmen in die Wege zu leiten und mit den ersten Arbeitsschritten zu beginnen.

Die Priorisierung erfolgt nach folgenden Kriterien:

1. Grosser Beitrag zur CO₂eq-Reduktion und CO₂-Senkenleistung sowie Beitrag zur Kreislaufwirtschaft (Wiederverwendung und Verwertung von Restholz- und Altholz)
2. Steigerung der Holzverarbeitung in der Region
3. Steigerung Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz

Die grösste Bedeutung hat der Beitrag zur CO₂-Reduktion und CO₂-Senkenleistung, was der primären Zielsetzung gemäss Massnahmenplan "Vermeidung der Treibhausgase" entspricht. Zudem wird im Frühling 2022 die kantonale Volksabstimmung über die «Kreislauf-Initiative» bzw. den Gegenvorschlag stattfinden und anschliessend wird das Kreislaufwirtschaftskonzept vorgelegt werden. An zweiter Stelle steht die Steigerung der Holzverarbeitung in der Region. Diese führt dazu, dass weniger im Kanton geschlagenes Holz zur Verarbeitung über lange Transportstrecken ausserregionale oder im benachbarten Ausland gebracht werden müssen. Obwohl im Kanton Zürich die Holzernte vergleichsweise gross ist, soll sie in kleinen Waldparzellen in Privatbesitz gesteigert werden. Dies vor allem auch, da die Holzvorräte im Privatwald gross sind und gemäss Waldentwicklungsplan reduziert werden sollen.

Prozessschritt	Massnahmen	Prio
Produktion	1 Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern	3
	2 Rentabilität der Holzernte von kleinen Waldparzellen in Privatbesitz steigern	3
Verarbeitung	3 Umsatz der regional produzierten und verarbeiteten Holzmenge steigern	2
	4 Regionale Holzverarbeitung zukunftsfähig gestalten	2
Verwendung	5 Bauherren und Investoren für nachhaltige Baustandards mit Holz gewinnen	1
	6 CO ₂ -Senkenleistung in der Bewertung von Gebäuden berücksichtigen	1
	7 Möglichkeiten des revidierten Beschaffungsrechts bekannt machen	1
	8 Förderung von innovativen Projekten im Holzbau prüfen und rechtlich verankern	1
Verwertung	9 Förderung der Restholz- und Altholzverwertung prüfen und rechtlich verankern	1
Übergeordnet	10 Förderung der Verwendung von (regionalem) Holz prüfen und rechtlich verankern	2
	11 Dialog der beteiligten Akteure fördern	2
	12 Koordinationsstelle Holz in der Baudirektion aufbauen	1

Tabelle 19: Priorisierung der Massnahmen

Nächste Schritte

- Unter der Leitung des ALN ist ein Konzept für die Umsetzung der bevorzugten Massnahmen in Zusammenarbeit mit dem HBA und AWEL sowie mit anderen beteiligten Akteuren zu erstellen. Die Aktivitäten (Arbeitsschritte) der vorgeschlagenen Massnahmen sind zu konkretisieren und zeitlich zu planen sowie sind die notwendigen Ressourcen (Personal, Finanzen) bereitzustellen. Eine finanzielle Unterstützung durch den Bund (u.a. Aktionsplan Holz) ist bei allen Massnahmen jeweils zu prüfen. Die Besetzung und die Rolle einer Begleitgruppe ist zu klären.
- Das Umsetzungskonzept ist mit den Arbeiten im Zusammenhang mit der in Erarbeitung befindlichen langfristigen Klimastrategie des Kantons Zürich in Abstimmung mit dem AWEL zu koordinieren. Die Umsetzungs- und Wirkungskontrolle der vorgeschlagenen Massnahmen soll in das Monitoring der Klimastrategie integriert werden.
- Da die Massnahmen von strategischer Bedeutung und ämterübergreifend sind sowie Ressourcen benötigen, ist eine Festsetzung der Massnahmen durch den Baudirektor zweckmässig. Ergänzend unterstützt eine Kommunikation auf Stufe BD den Start der Umsetzung stark.
- Ein informeller Fachaustausch direkt mit benachbarten Kantonen oder über die Plattform des Aktionsplans mit anderen Akteuren der Schweiz kann der Start für gemeinsamen Aktivitäten und Finanzierungen sein.
- Die Kommunikation verwaltungsintern und nach aussen ist mit der BDKom frühzeitig zu klären (Botschaften, Zielpublikum, Kommunikationsart und Zeitpunkt).

Anhang

A-1 Datentabellen für Potenzialanalyse

Treibhausgasemissionen in Mio. Tonnen CO ₂ eq für Gebäudeparkerstellung 2020-2050							
Fluss	Beton	Mauerwerk	Brennbare Materialien	Holz	Metalle	Keramik, Gips, Glas, etc.	Total
Basisszenario							
Fossil & geogen Herstellung	56.4	24.3	18.3	10.7	80.7	47.8	238.3
Biogen Herstellung	0.0	0.0	-4.7	-35.9	0.0	0.0	-40.7
Fossil & geogen Entsorgung	2.4	0.6	9.5	0.9	0.0	0.3	13.7
Biogen Entsorgung	0.0	0.0	2.6	16.9	0.0	0.0	19.5
Total fossil & geogen	58.9	24.8	27.8	11.7	80.7	48.0	252.0
Total biogen	0.0	0.0	-2.1	-19.1	0.0	0.0	-21.2
Total	58.9	24.8	25.7	-7.4	80.7	48.0	230.8
Holzbauszenario							
Fossil & geogen Herstellung	48.3	15.2	20.5	23.5	65.2	53.9	226.5
Biogen Herstellung	0.0	0.0	-5.3	-78.6	0.0	0.0	-83.9
Fossil & geogen Entsorgung	2.4	0.5	9.7	1.1	0.0	0.3	14.0
Biogen Entsorgung	0.0	0.0	2.7	20.1	0.0	0.0	22.8
Total fossil & geogen	50.7	15.7	30.2	24.6	65.2	54.2	240.6
Total biogen	0.0	0.0	-2.6	-58.5	0.0	0.0	-61.1
Total	50.7	15.7	27.5	-33.9	65.2	54.2	179.4
Reduktion Treibhausgasemissionen im Holzbauszenario im Vergleich zum Basisszenario							
Differenz total	8.2	9.1	-1.9	26.5	15.5	-6.1	51.4
Differenz in %	14 %	37 %	-7 %	n/a	19 %	-13 %	22 %

Tabelle 20: Vergleich der Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudeparks in der Schweiz zwischen dem Holzbauförderungsszenario und dem Basisszenario. Quelle: BFU (2021).

Materielle Zusammensetzung des Schweizer Gebäudeparks	Ausgangslage 2020		Basisszenario 2050		Holzbauszenario 2050	
	in Mio. Tonnen	in %	in Mio. Tonnen	in %	in Mio. Tonnen	in %
Beton	29.9	72 %	15.9	70%	10.7	72 %
Mauerwerk	5.7	14 %	3.5	15%	0.9	14 %
Brennbare Materialien	0.4	1 %	0.3	1%	0.3	1 %
Holz	0.9	2 %	0.5	2%	1.7	2 %
Metalle	1.2	3 %	0.8	4%	0.5	3 %
Keramik, Gips, Glas etc.	3.1	8 %	1.7	7%	2.1	8 %
Total	41.3	100 %	22.7	100%	16.1	100 %

Tabelle 21: Angenommene materielle Zusammensetzung des Gebäudeparks in der Schweiz. Quelle: BFU (2021).

Durchschnittlicher Holzeinsatz 2012 bis 2018 in m ³	Zürich	Schweiz
Infrastrukturbauten	8'400	73'100
Holzeinsatz im Hochbau	164'000	1'427'400
<i>Holzeinsatz in Gebäuden</i>	114'200	993'900
<i>Holzeinsatz im Bauwesen abzüglich Infrastrukturbauten</i>	49'800	433'500
Anteil Holz im Tiefbau an Holzeinsatz im Hochbau	5 %	5 %

Tabelle 22: Anteil verwendetes Holz im Tiefbau im Verhältnis zum Holzeinsatz im Hochbau, Zahlen gerundet auf 100 m³. Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf BFH (2021).

Vergleich Holzernte und Holz-zuwachs in 1'000 m ³ pro Jahr	Holzernte korrigiert ¹		Bruttozuwachs		Anteil Holzernte an Holz-zuwachs	
	Zürich	Schweiz	Zürich	Schweiz	Zürich	Schweiz
Laubholz	228	2'038	221	3'552	103%	57%
Nadelholz	373	4'107	310	7'259	120%	57%
Total	601	6'140	531	10'811	113%	57%

¹ Die Holzernte gemäss Forststatistik fällt gemäss Altweg et al. (2010) zu tief aus, während die Holznutzung gemäss Landesforstinventar tendenziell zu hohe Werte ausweist. Die in LFI3 berechneten Korrekturfaktoren wurden für die LFI4-Daten übernommen um korrigierte Werte für die Holzernte und die Holznutzung zu berechnen.

Tabelle 23: Gegenüberstellung der effektiven Holznutzung und dem Holz-zuwachs im Kanton Zürich und der Schweiz in 1'000 m³ pro Jahr. Quelle: BFS (2021a), WSL (2020a), WSL (2020b) sowie eigene Berechnungen basierend auf Altweg et al. (2010).

A-2 Projektbeteiligte

Name	Organisation
Simon Ammann	Amt für Landschaft und Natur (ALN), Kanton Zürich
Noëmi Brüggemann	
Kurt Hollenstein	
Nathalie Hutter	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich
Jasmin Mertens	
Alex Nietlisbach	
Balthasar Thalmann	
Daniel Mühlethaler	Tiefbauamt (TBA), Kanton Zürich
Felix Schmid	Hochbauamt (HBA), Kanton Zürich
Hansueli Schmid	Lignum Schweiz
Therese Fankhauser	Hochbaudepartement (HBD), Stadt Zürich
Roman Wälti	Amt für Städtebau, Stadt Winterthur

Tabelle 24: Mitglieder der Begleitgruppe

Name	Organisation
Christian Schärer	Forstbetrieb Elgg
Erwin Schmid	ALN Staatswald
Felix Keller	WaldZürich
Martin Keller	Konrad Keller AG
Olin Bartlomé	Swiss Wood Innovation Network
Oliver Gerlach	Stadtwald Zürich
Marco Gubser	ZürichHolz AG
Sabrina Honegger	Regionalmanagement Zürioberland

Tabelle 25: Experten/innen der Fokusgruppe 1 (Holzbereitstellung)

Name	Organisation
Andrea Frangi	ETH Zürich
Andreas Keel	Lignum Zürich
Christian Aebischer	BAFU Abt. Wald
Daniel Müller	PIRMIN JUNG
Hansueli Schmid	Lignum / Schweizer Holz
Markus Arnold	Vereinigung Zürcher Immobilienunternehmen
Sabrina Honegger	Regionalmanagement Zürioberland
Stefan Rüegg	Timbatec / Vertretung SIA

Tabelle 26: Experten/innen der Fokusgruppe 2 (Holzverwendung)

Name	Organisation
Beat Kämpfen	Kämpfen zinke + partner
Giorgio Giani	HEV Zürich
Marianne Stähler	Ecobau
Michael Zeller	Ausbildungszentrum Holzbau Zürich

Tabelle 27: Experten/innen der Einzelinterviews

Literatur

- ALN (2020): Waldentwicklung ZH - Zwischenbericht 2020. https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wald/planung_bewirtschaftung/waldentwicklung_zh_zwischenbericht_2020.pdf [Zugriff am 18.02.2022].
- ALN (2021): Forststatistik des Kantons Zürich – Holznutzungen nach Eigentum 2005-2021.
- Altweg et al. (2010): Klären von Differenzen zwischen Holznutzungsmengen nach Forststatistik und nach LFI. Technischer Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.
- BAFU (2013): Natürliche Ressourcen in der Schweiz. Ressourcen im Kreislauf. Umwelt Magazin, Ausgabe 3/2013. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wirtschaft-konsum/magazin-umwelt/magazin_umwelt_32013-ressourcenimkreislauf.pdf.download.pdf/magazin_umwelt_32013-ressourcenimkreislauf.pdf [Zugriff am 14.12.2021].
- BAFU (2016): Holzproduktion – Holz im Kreislauf. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/waldzustand-und-waldfunktionen/holzproduktion.html> [Zugriff am 17.02.2022].
- BAFU (2018): Jahrbuch Wald und Holz 2018. <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/uz-umwelt-zustand/jahrbuch-wald-und-holz-2018.pdf.download.pdf/uz-1830-d.pdf> [Zugriff am 14.12.2021].
- BAFU (2019): Natürliche Ressourcen in der Schweiz. Nichts geht verloren. Umwelt Magazin, Ausgabe 4/2019. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/dossiers/magazin2019-4-dossier.html> [Zugriff am 14.12.2021].
- BAFU (2020): Jahrbuch Wald und Holz 2020. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/uz-umwelt-zustand/jahrbuch-wald-und-holz-2020.pdf.download.pdf/UZ-2026-D_JB-WaldHolz2020.pdf [Zugriff am 14.12.2021].
- BAFU (2021a): Liste registrierte Kompensationsprojekte. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/kompensation/inland/registrierte-projekte.html#0055> [Zugriff am 16.12.2021].
- BAFU (2021b): Ressourcenpolitik Holz 2030. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz 2021–2026. Umwelt-Info Nr. 2103. Ressourcenpolitik Holz 2030. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/ud-umwelt-diverses/ressourcenpolitik-holz-2030.pdf.download.pdf/de_BAFU_UI-2103_RPH_bf.pdf
- BAFU (2021c): Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. 1. aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 2013. Bundesamt für Umwelt, Bern: Umwelt-Info Nr. 2119: 61 S, <https://www.bafu.admin.ch/ui-2119-d>

- Bauernzeitung (2021): Die internationalen Zusammenhänge hinter den Holzpreisen in der Schweiz. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/agrarpolitik/die-internationalen-zusammenhaenge-hinter-den-holzpreisen-in-der-schweiz-386698> [Zugriff am 18.02.2022].
- BFH (2020): Holzendverbrauch Schweiz 2018 – Datenbericht. Berner Fachhochschule, Institut für digitale Bau- und Holzwirtschaft IDBH, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. [https://www.bfh.ch/dam/jcr:a1ce8cba-e483-4aee-9833-ec65702a6aa0/BFH_Gesamtbericht_BAFU_Holzendverbrauch%20CH%202018_V1.0%20\(003\).pdf](https://www.bfh.ch/dam/jcr:a1ce8cba-e483-4aee-9833-ec65702a6aa0/BFH_Gesamtbericht_BAFU_Holzendverbrauch%20CH%202018_V1.0%20(003).pdf) [Zugriff am 14.12.2021].
- BFH (2022): Holzendverbrauch 2012 bis 2019 im Kanton Zürich. Spezialauswertung durch die Berner Fachhochschule im Auftrag des Kantons Zürich.
- BFS (2018): Rundholzeinschnitt, Schnitt- und Restholz in den Sägereien in m3 nach Kantonen. <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/5906200/master> [Zugriff am 14.12.2021].
- BFS (2021a): Holzernte nach Kantonen. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/forstwirtschaft/holzernte.assetdetail.18104988.html> [Zugriff am 14.12.2021].
- BFS (2021b): Holzverarbeitung im Jahr 2020. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.assetdetail.18124762.html> [Zugriff am 14.12.2021].
- BFS (2019a): Bundesamt für Statistik – Treibhausgasemissionen in der Schweiz. Entwicklung in CO₂-Äquivalente und Emissionen nach Sektoren. <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/17064546/master> [Zugriff am 22.11.2021].
- BFS (2019b): Bundesamt für Statistik – Bauausgaben und Arbeitsvorrat nach Grossregion, Art und Kategorie der Auftraggeber und Art der Bauwerke. https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0904010000_202/px-x-0904010000_202/px-x-0904010000_202.px/table/tableViewLayout2/ [Zugriff am 30.11.2021].
- BFS (2020): Bundesamt für Statistik – Gebäude- und Wohnungsstatistik. [https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0902010000_101/px-x-0902010000_101.px/table/tableViewLayout2/](https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0902010000_101/px-x-0902010000_101/px-x-0902010000_101.px/table/tableViewLayout2/) [Zugriff am 22.11.2021].
- BFU (2021): Kohlenstoffspeicherung im Holzbau: Potenzial des Gebäudeparks in der Schweiz. Büro für Umweltchemie im Auftrag des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich. <https://www.umweltchemie.ch/wp-content/uploads/Szenarien-CO2-Holzbau-BfU.zip> [Zugriff am 18.02.2022].
- Bioökonomie.de (2017): Altes Holz: Upcycling statt Verbrennen. <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/altes-holz-upcycling-statt-verbrennen> [Zugriff am 14.12.2021].

- Erni M., Thees O., Lemm R. (2017): Altholzpotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung. Ergebnisse einer Vollerhebung. WSL Ber. 52: 69 S.
- ETH (2020): Potentialanalyse von verschiedenen Kreislaufwirtschaftsmassnahmen für den Kanton Zürich. Interner Projektbericht im Auftrag des AWEL.
- Fraunhofer-Institut (2021): Holzwerkstoff- und Naturfaser-Technologien. Forschungsprojekt. <https://www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/profil/forschungsprojekte/holzschaum.html> [Zugriff am 14.12.2021].
- Guerra F., Kast B. (2015): Bauabfälle in der Schweiz – Hochbau Studie 2015. Studie im Auftrag des BAFU.
- Himes A. und Busby G. (2020): Wood buildings as a climate solution. Developments in the Built Environment 4 (2020).
- Holzenergie Schweiz (2018): Holzenergie in der Schweiz: Entwicklung, Stand und Potenzial. URL: https://www.holzenergie.ch/uploads/tx_ttproducts/datasheet/110_Grundsatzreferat_D.pdf [Zugriff am 14.12.2021].
- Holzindustrie Schweiz (2019): Jahresbericht 2019. https://www.holz-bois.ch/fileadmin/his/Dokumente/Jahresbericht/Holzindustrie_Jahresbericht_2019_D.pdf [Zugriff am 14.12.2021]
- Holzindustrie Schweiz (2021): Holzwerke finden. <https://www.holz-bois.ch/holzwerke-finden/filter> [Zugriff am 22.11.2021].
- Kanton Basel-Landschaft (2020): Pyrolyseanlagen zur Energiegewinnung sowie für die Herstellung von Pflanzenkohle – Ein Positionspapier des Amtes für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft. <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/energie/publikationen/downloads/Pyrolyseanlagen.pdf/view?searchterm=walder> [Zugriff am 14.12.2021].
- KBOB (2021): Empfehlungen zum Umgang mit BIM. <https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/digitales-bauen.html> [Zugriff am 18.02.2022].
- Keel A. (2018): Projekt HARVE: Holzaschen in der Schweiz – Mengenflüsse und Logistik. Projektbeschreibung.
- KVU-Ost (2018): Bereich Bauabfälle: Faktenblatt BAU 7. https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/180621143546_FB_BAU7_Bauabfaelle_Ueberarbeitung_Stand_2018_06_12_def.pdf [Zugriff am 14.12.2021].
- Kytzia S., Pohl T., Bachmann A. (2021): Vergleichende Ökobilanz für zwei Varianten der Wildtierbrücke zur Wiederherstellung der Landschaftsverbindung Nr. 49. Im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Zürich.

- Maltas A., Sinaj S. (2014): Holzasche: ein neuer Dünger für die Landwirtschaft. Agrarforschung Schweiz 5 (6), S. 232-239. Agroscope.
- Nigg et al. (2019): Altholzmengen in der Schweiz und deren Verwendung. Bestandteil des Projekts «Ökologische Bewertung von Bauprodukten und Bauteilen aus Holz».
- Rey L. & Thalmann P. (2017): Holzbeschaffung und nachhaltige Holznutzung, Thematische Synthese im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 66 «Resource Holz», Schweizerischer Nationalfonds.
- Schläpfer J., Kunz M., Meier S. (2020): Studie zur Kreislaufwirtschaft: Strategien im Umgang mit Bestandsbauten. Studie im Auftrag des BAFU.
- Schmidt H. (2012): 55 Anwendungen von Pflanzenkohle. Ithaka Journal. 1: p. 99-102. <http://ithaka-journal.net/druckversionen/162012-pflanzenkohle-anwendungen.pdf> [Zugriff am 14.12.2021].
- Schmidt H. et al. (2021): Pflanzenkohle in der Landwirtschaft. Hintergründe zur Düngerezulassung und Potentialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoff-Senken. Agroscope Science Nr. 112.
- SPKF (2020): Jahresbericht 2019. <https://spkf.ch/wp-content/uploads/2020/06/ZPK-und-ASPI-Jahresbericht-2019-1.pdf> [Zugriff am 14.12.2021].
- Suter F. (2016): To use or not to use: Environmental effects of wood utilization in Switzerland. Dissertation No. 23753, ETH Zürich.
- WSL (2020a): Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009-2017. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bundesamt für Umwelt.
- WSL (2020b): Schweizerisches Landesforstinventar: Ergebnistabelle Nr. 897771: Zuwachs*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. <https://doi.org/10.21258/1443354> [Zugriff am 16.02.2022].