Bern, 6. Dezember 2024

# Umsetzungs- und Forschungsstrategie zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus mit Fokus auf Holz

Erstellt im Auftrag der Motion 21.3293 Stark SR vom 18. März 2021

# Inhaltsverzeichnis


**1 Zusammenfassung ... 3**

**2 Auftrag und Zielsetzung ... 4**

**3 Rechtlicher Rahmen ... 4**

**4 Vorgehen zur Ausarbeitung der Strategie ... 4**

**5 Ausgangslage ... 5**

5.1 Beitrag des Bundes bei eigenen Bauten und Anlagen ... 6

**6 Handlungsfelder ... 7**

6.1 Wissenstransfer und Bildung ... 7

6.2 Erstellung von Beispielobjekten ... 7

6.3 Regulatorische Massnahmen ... 8

6.4 Forschung und Methodenentwicklung ... 8

**7 Massnahmen ... 8**

7.1 Wissenstransfer und Bildung ... 9

7.2 Erstellung von Beispielobjekten ... 10

7.3 Regulatorische Massnahmen ... 10

7.4 Forschung und Methodenentwicklung ... 11

**8 Auswirkungen ... 13**

8.1 Rechtliche Auswirkungen der Massnahmen ... 13

8.2 Finanzielle und personelle Auswirkungen der Massnahmen ... 13

8.3 Erwartete Dekarbonisierungswirkung der Massnahmen ... 14

**9 Umsetzung ... 15**

**10 Literaturverzeichnis ... 16**

# 1 Zusammenfassung

Die Motion Stark vom 18. März 2021 (21.3293) beauftragt den Bundesrat, eine Forschungs- und Umsetzungs-Strategie auszuarbeiten. In Zusammenarbeit mit den Hochschulen und den einschlägigen Normenkommissionen sind die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus zu erforschen. Insbesondere ist zu prüfen bzw. anzustreben, Stahlbeton durch CO2-speichernde Materialien zu ergänzen bzw. zu ersetzen. Dabei soll die Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den breiten Einsatz im Infrastrukturbau im Vordergrund stehen. Die Motion wurde am 30. November 2021 überwiesen.

Die vorliegende Strategie basiert auf drei technischen Berichten der Berner Fachhochschule, welche die Machbarkeit und das Dekarbonisierungspotenzial von Holz im Infrastrukturbau analysieren (Näher 2023, Franke und Franke 2023, Chabrelie und Thömen 2023). Sie zielt darauf ab, den Einsatz von Holz bei Infrastrukturbauten voranzutreiben.

Die vorliegende Strategie umfasst vier Handlungsfelder, um die Dekarbonisierung von Infrastrukturbauten weiterzuentwickeln: Wissenstransfer und Bildung, Erstellung von Beispielobjekten, regulatorische Massnahmen sowie Forschung und Methodenentwicklung. Die regulatorischen Massnahmen beinhalten die Verbesserung der Rahmenbedingungen und die Prüfung rechtlicher Grundlagen, um die Dekarbonisierung durch den Einsatz von CO2-speichernden Materialien zu fördern und den Ausstoss von CO2 zu reduzieren. Die Forschung und Methodenentwicklung zielt darauf ab, Wissenslücken zu schliessen und die Nutzung des Dekarbonisierungspotenzials von Holz zu optimieren.

Bei der Umsetzung ist die Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden, Forschungsinstitutionen, Hochschulen, Bildungsinstitutionen, Organisationen der Arbeitswelt und anderen Akteuren entscheidend. Die Umsetzung der Massnahmen erfolgt zeitlich gestaffelt bis zum Jahr 2032.

Die in dieser Strategie dargestellten Massnahmen können mit den bestehenden Ressourcen und den bestehenden rechtlichen Bestimmungen umgesetzt werden.
Die finanziellen und rechtlichen Auswirkungen von darüber hinaus weiterzuführenden Massnahmen nach 2032 sind zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abschätzbar. Dazu sind weitere Arbeiten notwendig, die im Rahmen der Umsetzung der vorliegenden Strategie durchgeführt werden.

Die vorliegende Umsetzungs- und Forschungsstrategie wird als Massnahme in der Integralen Wald- und Holzstrategie 2050 aufgenommen und bis Ende 2032 im Rahmen des ersten Massnahmenplans evaluiert.

# 2 Auftrag und Zielsetzung

Das Parlament hat am 30. November 2021 die Motion 21.3293 von Ständerat Jakob Stark «Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den Einsatz im Infrastrukturbau als Dekarbonisierungs-Beitrag» an den Bundesrat überwiesen. Damit wurde der Bundesrat beauftragt, eine Forschungs- und Umsetzungsstrategie auszuarbeiten. In Zusammenarbeit mit den Hochschulen und den einschlägigen Normenkommissionen sind die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus zu untersuchen. Insbesondere war gemäss Motionstext zu prüfen und anzustreben, Stahlbeton durch CO2-speichernde Materialien zu ergänzen beziehungsweise zu ersetzen. Gemäss Motionstext hat die Erforschung und die Innovation des Werkstoffs Holz für den breiteren Einsatz im Infrastrukturbau im Vordergrund zu stehen.

In der Debatte im Ständerat und im Nationalrat legte der Bundesrat die Richtung für die Umsetzung der Motion in Form einer Strategie vor. Er präzisierte[1], dass er allfällige Forschungs- bzw. Wissenslücken evaluieren werde. Er erachte diese Motion aber insbesondere als Auftrag, die Umsetzung zu verstärken. Das Interesse bestehe darin, das bestehende Wissen in der Praxis noch besser einzusetzen und umzusetzen.

# 3 Rechtlicher Rahmen

Das im Juni 2023 von der Stimmbevölkerung angenommene Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG; BBl 2022 2403) legt fest, dass die Treibhausgasemissionen der Schweiz bis 2050 Netto-Null betragen. Die Emissionen sollen so weit als möglich vermindert werden. Verbleibende Emissionen sollen durch die Anwendung von Negativemissionstechnologien (Verfahren, um CO2 aus der Atmosphäre zu entfernen und dauerhaft in Wäldern, in Böden und Holzprodukten oder in anderen Kohlenstoffspeichern zu binden) ausgeglichen werden. Zudem schreibt das Gesetz vor, dass der Bund zusammen mit den Kantonen in Bezug auf die Erreichung des Ziels von Netto-Null-Emissionen eine Vorbildfunktion hat (Art. 10 Abs. 1 KIG). Die zentrale Bundesverwaltung muss demnach (Art. 10 Abs. 2 KIG) bis zum Jahr 2040 mindestens Netto-Null-Emissionen aufweisen.

Daneben legt Artikel 34b des Waldgesetzes (WaG; SR 921.0) fest, dass der Bund bei der Planung, der Errichtung und dem Betrieb eigener Bauten und Anlagen soweit geeignet die Verwendung von nachhaltig produziertem Holz fördert.

Die Massnahmen in der vorliegenden Strategie betten sich in diesen rechtlichen Rahmen ein.

# 4 Vorgehen zur Ausarbeitung der Strategie

In der vorliegenden Strategie wird der Begriff «Infrastrukturbau» gemäss der SIA-Norm «Nachhaltiges Bauen – Tiefbau und Infrastrukturen» (SIA 112/2) verwendet. Demgemäss umfassen Infrastrukturbauten technische Infrastrukturen mit einem Schwerpunkt auf Bauwerken, die an oder unter der Erdoberfläche liegen, sowie Kunstbauten im Verkehrswegebau oder in Leitungsnetzen.

Für die Ausarbeitung der vorliegenden Strategie wurden in einem ersten Schritt diejenigen Bauwerkstypen festgelegt, bei denen Holz im Infrastrukturbau aktuell zur Anwendung kommt oder potenziell zur Anwendung kommen könnte (Franke 2021). Es sind dies insgesamt neun Bauwerkstypen, die in nachfolgender Abbildung ersichtlich sind.

[1] Siehe Debatte im Ständerat vom 15. Juni 2021, https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/amtliches-bulletin/amtliches-bulletin-die-verhandlungen?SubjectId=53356, aufgerufen am 19. Januar 2024.

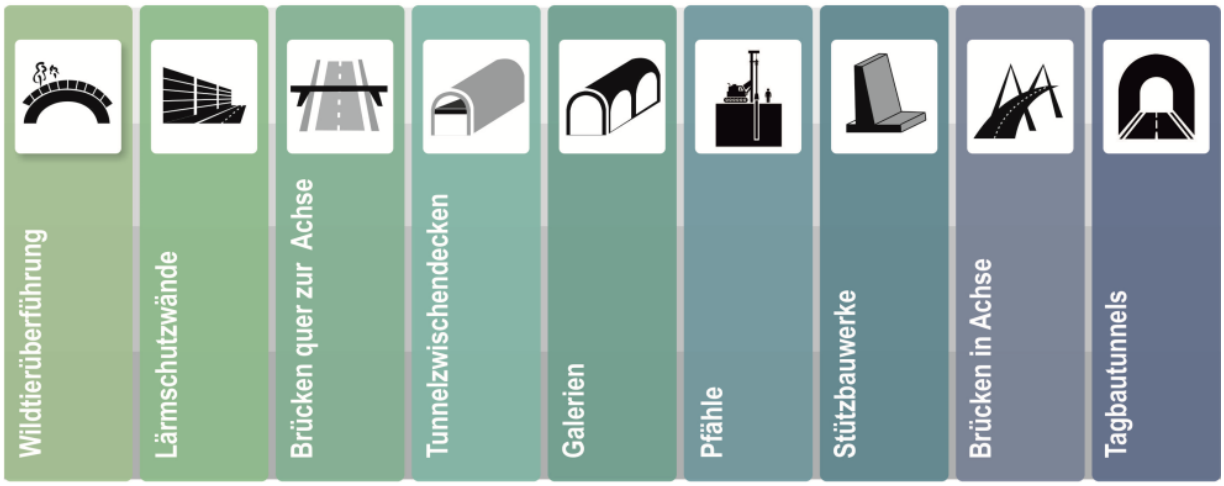


*Abbildung 1: Die neun Bauwerkstypen, bei denen Holz heute zum Einsatz kommt oder in Zukunft zum Einsatz kommen könnte (Quelle: Franke 2021).*

In einem zweiten Schritt wurden von der Berner Fachhochschule (BFH) drei technische Berichte zur Dekarbonisierung im Infrastrukturbau ausgearbeitet. Der erste Bericht befasst sich mit den Prozessen der Vergabe, der Initiierung eines Bauwerks unter Berücksichtigung der Entscheidungsträger und der Beschaffung (Näher 2023). Der zweite Bericht legt das technische Fachwissen und die Grundlagen für die Phasen der Projektierung, der Ausführung, der Nutzung und der Erhaltung verschiedener Infrastrukturbauten dar (Franke und Franke 2023). Im dritten Bericht werden eine Abschätzung des Dekarbonisierungspotenzials ausgewählter Infrastrukturbauten sowie Massnahmen zur Sicherstellung der stofflichen Verwertung am Ende des Lebenszyklus thematisiert (Chabrelie und Thömen 2023).

# 5 Ausgangslage

Die Motion 21.3293 «Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den Einsatz im Infrastrukturbau als Dekarbonisierungs-Beitrag» verlangt eine Forschungs- und Umsetzungsstrategie zur Förderung der Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus, wobei der Einsatz von Holz im Vordergrund stehen soll. Die drei erarbeiteten technischen Berichte untersuchen daher die Holzbauweise im Infrastrukturbau (Näher 2023, Franke und Franke 2023, Chabrelie und Thömen 2023).

Es empfiehlt sich jedoch, den Fokus auf verschiedene erfolgversprechende Materialien und Verfahren auszurichten und nicht nur auf Holz, damit das Dekarbonisierungspotenzial optimal ausgeschöpft werden kann. Dazu gehören auch die Entwicklung und Anwendung hybrider Bauweisen (z.B. Holz oder Holzbestandteile in Kombination mit anderen Baustoffen) oder die Entwicklung von klimaschonenderem Beton[2] oder Stahl. Auch im Bereich der Sanierung und damit der Verlängerung der Lebensdauer von bestehenden Bauobjekten und in der Wiederverwendung («Reuse») von Bauteilen sollen die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung genutzt werden. Die Arbeiten zur Dekarbonisierung von Beton und Stahl sind jedoch nicht im Fokus der vorliegenden Strategie.

Weiter orten Fachleute aus verschiedenen Kreisen das grössere Dekarbonisierungspotenzial des Holzeinsatzes kurzfristig vor allem bei Hochbauten (BAFU 2023, Näher 2023) und weniger bei den Infrastrukturbauten. Bei Hochbauten lassen sich aus verschiedenen Gründen schneller CO2-Einsparungen erreichen als bei Infrastrukturbauten. Bei Hochbauten existieren zudem bereits nationale Strategien und Programme zur Erforschung der Holzbauweise und zur Steigerung des Dekarbonisierungspotenzials (z.B. BAFU 2021a, BAFU 2021b, Bundesrat 2022, Bundesrat 2017, Aktionsplan Holz[3], Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz[4]). Mit dem Hochbau befasst sich auch das an den Bundesrat überwiesene Postulat 20.4135 von Nationalrätin Barbara Schaffner «Was heisst netto null für den Hochbau, und wie kann dieses Ziel erreicht werden?». Im Rahmen dieses Postulatsberichts wird der Bundesrat die Situation im Hochbau darlegen.

[2] Siehe zum Beispiel Kohlenstoff im Beton – Auf CO2 bauen: https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-99611.html, aufgerufen am 19. Januar 2024.
[3] Aktionsplan Holz (admin.ch), aufgerufen am 4. März 2024
[4] Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH) (admin.ch), aufgerufen am 4. März 2024.

Die Realisierung von Infrastrukturbauten in Holzbauweise ist nach heutigem Wissensstand (Franke und Franke 2023, Chabrelie und Thömen 2023) und gemäss schriftlichen Rückmeldungen von verschiedenen Bundesämtern (BAFU 2023) insbesondere für folgende Bauwerkstypen realisierbar:

- Wildtierüberführungen
- Lärmschutzwände
- Brücken quer zur Achse (in Form von Verbundkonstruktionen aus Holzträgern und anderen Baustoffen für die Fahrbahnplatte)
- Nationale Velorouten und ihre Kunstbauten

Für solche Bauwerkstypen gibt es in der Schweiz bereits Beispiele in Holzbauweise (ASTRA 2023a, ASTRA 2023b, Franke und Franke 2023). Allerdings ist zu beachten, dass die Dauerhaftigkeit von Verbundkonstruktionen aus Holzträgern und anderen Baustoffen in solchen Bauwerken noch offen ist, von entsprechenden Unterhaltsmassnahmen abhängig ist und weiter untersucht werden muss. Zudem sind Rückmeldungen zu bestehenden Anlagen durch Inspektionen derzeit noch begrenzt.

Noch wenig bekannt sind auf nationaler Ebene Mengenangaben zum Bedarf an Infrastrukturbauten beziehungsweise wie viele Objekte in welchem Zeitraum zu ersetzen oder neu zu erstellen sind. Sowohl das ASTRA als auch armasuisse weisen jedoch darauf hin, dass das Potenzial in ihren Bereichen beschränkt ist und die Infrastrukturbauten zum grossen Teil gebaut und – gerade aus Nachhaltigkeitsgründen, so lange wie möglich unterhalten und in Betrieb zu halten sind (BAFU 2023). Ein gewisses Potenzial des Holzeinsatzes im Bereich der Verkehrsinfrastruktur liegt allerdings bei den zu erstellenden nationalen Velorouten und ihren Kunstbauten (BAFU 2023).

Diese Ausgangslage und aktuelle Studien (z.B. Carbotech 2024, siehe dazu nachfolgender Abschnitt) zeigen, dass auch bei Infrastrukturbauten ein Dekarbonisierungspotenzial besteht. Die Verwendung von Holz und Holzprodukten ist bei der Planung und Realisierung von Infrastrukturbauten immer zu prüfen und wo möglich angemessen einzusetzen, damit Holz einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann. Dazu sind Massnahmen notwendig, um das Dekarbonisierungspotenzial von Holz bei Infrastrukturbauten mittel- bis langfristig auszuschöpfen. Diese Massnahmen sind im Kapitel 7 dargelegt.

## 5.1 Beitrag des Bundes bei eigenen Bauten und Anlagen

Richtet man den Blick auf den Beitrag, den die zentrale Bundesverwaltung bei ihren eigenen Aktivitäten zur Dekarbonisierung beitragen muss (gemäss Art. 10 KIG) wird ersichtlich, in welchen Bereichen das grösste Reduktionspotenzial liegt und es lässt sich abschätzen, wo Holz und Holzprodukte einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten können.

Gemäss aktueller Studie (Carbotech 2024) ergibt sich folgendes Bild: Teilt man die Emissionen der zentralen Bundesverwaltung nach Themenfeldern auf, so ist die Beschaffung von Kapitalgütern für über 50 Prozent der Emissionen verantwortlich. Knapp die Hälfte davon (also insgesamt rund 25% der Gesamtemissionen) machen dabei die Emissionen der Bauleistungen für Nationalstrassen des UVEK aus. Das zweitgrösste Themenfeld der zentralen Bundesverwaltung ist die Beschaffung von Verbrauchsgütern und Dienstleistungen mit 30 Prozent der Emissionen.

Wichtig zu erwähnen ist, dass der Bund im Infrastrukturbau nur für nationale Anlagen hauptverantwortlich ist und auf den untergeordneten Ebenen die Kantone und die Gemeinden die Hauptverantwortung tragen. So bestehen zum Beispiel 2’250 Kilometer Nationalstrassen[5] (Zuständigkeit Bund), 17’230 Kilometer Kantonsstrassen[6] (Zuständigkeit Kantone) und 65’200 Kilometer Gemeindestrassen[7] (Zuständigkeit Gemeinden).

Dies zeigt beispielhaft, dass die Kantone und die Gemeinden im Infrastrukturbau eine sehr wichtige Rolle einnehmen.

[5] https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/nationalstrassennetz.html, aufgerufen am 4. März 2024.
[6] https://vignetteswitzerland.com/de/strassensystem/, aufgerufen am 4. März 2024.
[7] https://vignetteswitzerland.com/de/strassensystem/, aufgerufen am 4. März 2024.

# 6 Handlungsfelder

Um die Dekarbonisierung im Infrastrukturbau mit dem Fokus auf Holz voranzutreiben, werden vier Handlungsfelder verfolgt. Diese werden nachfolgend erläutert. Konkrete Massnahmen zu den vier Handlungsfeldern sind im Kapitel 7 erläutert.

## 6.1 Wissenstransfer und Bildung

Ein zentraler Aspekt beim Vorantreiben der Dekarbonisierung ist die zielgerichtete Verbreitung der aus der Forschung und Methodenentwicklung gewonnenen Erkenntnisse. Das Wissen zu neuen Möglichkeiten entfaltet erst seine Wirkung, wenn es von den involvierten Fachpersonen umgesetzt wird.

Deshalb sind der Wissenstransfer und die Bildung von zentraler Bedeutung. Ingenieurinnen und Ingenieure, Architekten und Architektinnen, Technikerinnen und Techniker aber auch öffentliche Bauherrschaften und Beschaffende sollen über aktuelle Entscheidungsgrundlagen und Umsetzungsmethoden informiert und geschult werden.

## 6.2 Erstellung von Beispielobjekten

Für Infrastrukturbauten im Strassenbau hat das ASTRA einen Prozess der Bewährung, Normierung, Reglementierung und Rechtssetzung festgelegt. Dieser Prozess ist für Nationalstrassen verbindlich (Franke und Franke 2023). Demnach müssen die in Abbildung 2 aufgezeigten Stufen von unten nach oben durchlaufen werden, damit eine Bauweise respektive ein System standardmässig eingesetzt werden kann. Dies braucht seine Zeit. Ein konstruktives Element kann somit ohne ausreichende Forschung, Feedback und normative Überprüfung nicht als standardisiert angesehen werden.

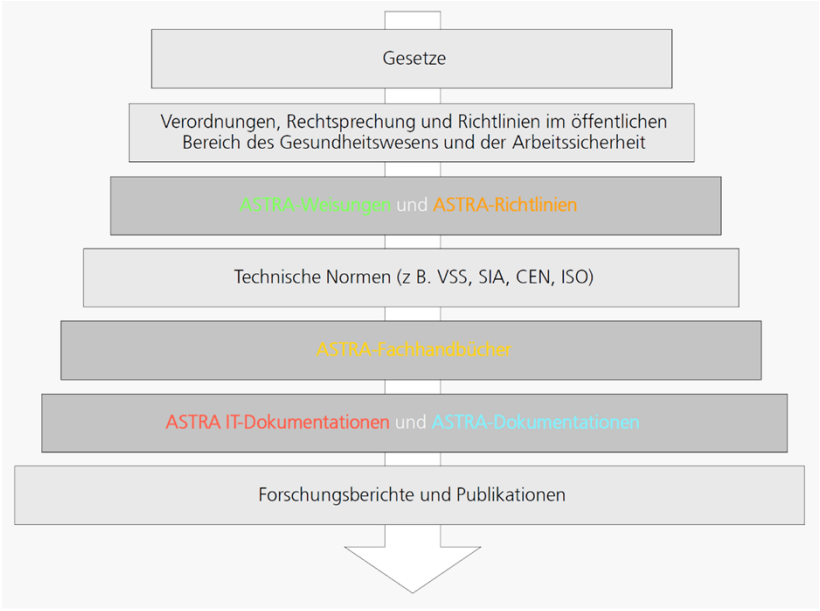


*Abbildung 2: Hierarchie der Standards des ASTRA (Quelle: ASTRA 2021)*

Um die Erstellung von Beispielobjekten mit alternativen Materialien innert nützlicher Frist vorantreiben zu können, sollen die Möglichkeiten einer Beschleunigung der Prozesse in der Normung und in den Zulassungsverfahren ausgelotet und umgesetzt werden (Chabrelie und Thömen 2023). Weiter soll die Erstellung von Beispielobjekten für Bund, Kantone und Gemeinden koordiniert werden. Dadurch sollen genügend Erkenntnisse zum Einsatz von Holz gewonnen werden, um die Normierungsprozesse vorantreiben zu können.

## 6.3 Regulatorische Massnahmen

Das im Juni 2023 von der Stimmbevölkerung angenommene Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit schreibt vor, dass der Bund zusammen mit den Kantonen in Bezug auf die Erreichung des Ziels von Netto-Null-Emissionen eine Vorbildfunktion hat (Art. 10 Abs. 1 KIG) und dass der Bundesrat Anträge zur Umsetzung der Ziele dieses Gesetzes vorzubereiten hat (Art. 11 Abs. 1 KIG). Vor diesem Hintergrund sind die regulatorischen Rahmenbedingungen zu überprüfen. Weiter soll die vorliegende Umsetzungs- und Forschungsstrategie nach einer gewissen Zeit evaluiert und gegebenenfalls weiterentwickelt werden.

## 6.4 Forschung und Methodenentwicklung

Der zweite technische Bericht (Franke und Franke 2023) liefert umfangreiche Informationen zum Stand des technischen Fachwissens in Bezug auf die neun Bauwerkstypen (siehe Abbildung 1) und gibt Hinweise zu deren Eignung für den Einsatz von Holz. Es wird dabei deutlich, dass noch viele Wissenslücken bestehen, die geschlossen werden müssen und dass Forschungsbedarf vorhanden ist, der angegangen werden muss. Daneben werden im dritten technischen Bericht (Chabrelie und Thömen 2023) erste Abschätzungen zum Dekarbonisierungspotenzial des Holzeinsatzes im Infrastrukturbau vorgenommen. Auch diesbezüglich bestehen aber noch bedeutende Wissenslücken, die geschlossen werden müssen.

# 7 Massnahmen

Für die vorliegende Strategie zur Förderung der Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus mit Fokus auf Holz wurden vier Handlungsfelder festgelegt (siehe vorangehendes Kapitel). Zu jedem Handlungsfeld wurden Massnahmen festgelegt, die in der nachfolgenden Darstellung beschrieben und zeitlich eingeordnet werden.

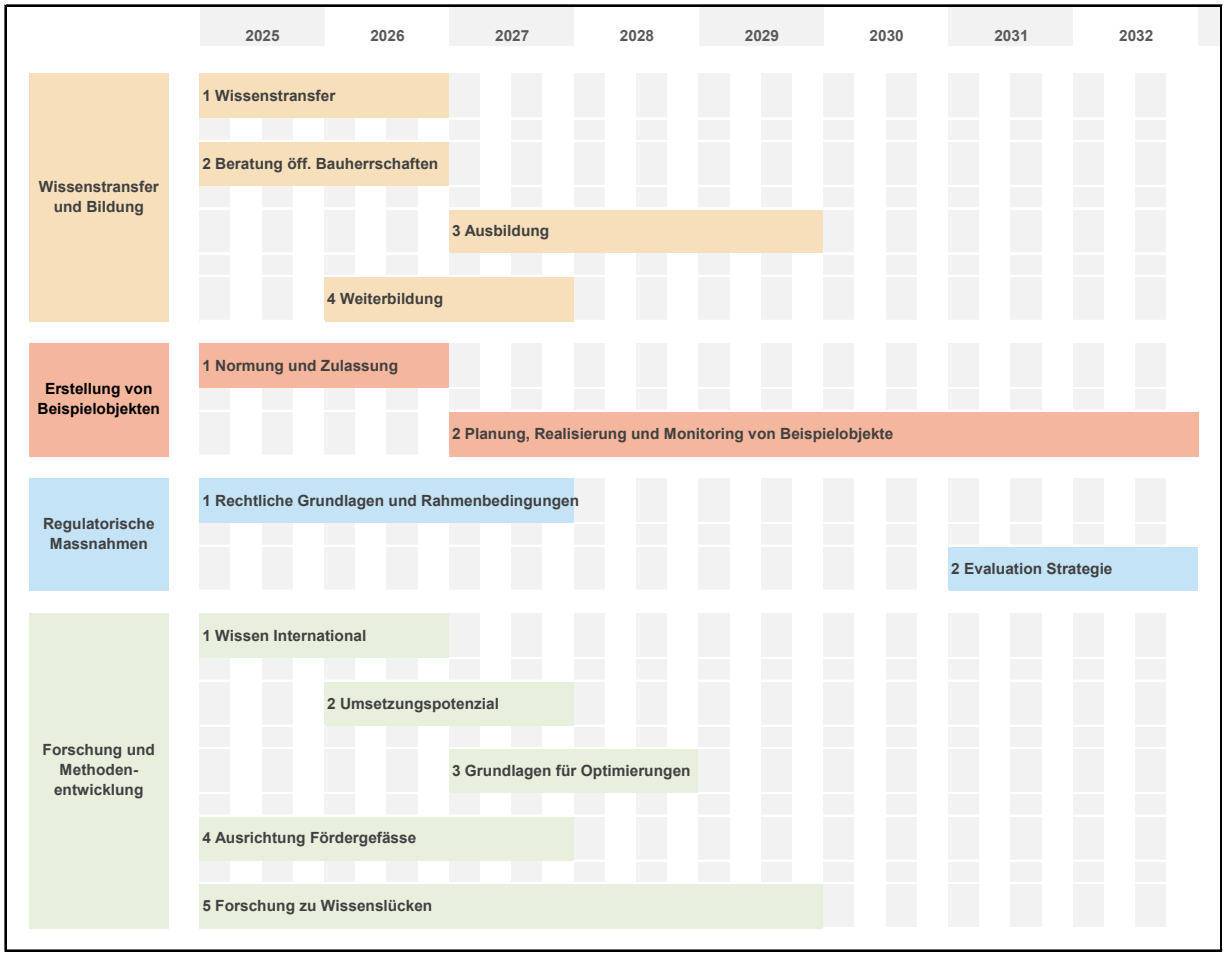


*Abbildung 3: Übersicht und zeitliche Umsetzung der vier Handlungsfelder mit den dazugehörigen Massnahmen zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus mit Fokus auf Holz.*

## 7.1 Wissenstransfer und Bildung

Folgende Massnahmen sind im Handlungsfeld Wissenstransfer und Bildung notwendig:

<table>
<tr><td colspan="2">Massnahme 1<br>Förderung eines zielgruppenorientierten Wissenstransfers zum Einsatz nachhaltiger Materialien</td></tr>
<tr><td>Federführung:<br>Hochschulen<br><br>Beteiligt:<br>Organisationen der Arbeitswelt, KBOB, Lignum, Bildungsinstitutionen, weitere</td><td>Den Hochschulen wird empfohlen, ihre Erkenntnisse zu technischen Aspekten fortwährend über ihre eigenen Informationskanäle sowie in Zusammenarbeit mit Institutionen, welche die relevanten Fachpersonen ansprechen, zum Beispiel mit dem SIA, mit Swiss Engineering, mit Lignum oder mit den Organisationen der Arbeitswelt zu verbreiten. Die Informationen werden in verschiedener Weise aufbereitet und zugänglich gemacht, zum Beispiel in Form von Beiträgen in (Fach-)Zeitschriften, Informationen auf der Website, Tagungen oder Online-Vorträgen. In gleicher Weise werden Informationen zu Rahmenbedingungen und Änderungen an die Fachpersonen verbreitet.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2026</td></tr>
<tr><td colspan="2">Massnahme 2<br>Prüfung der Einrichtung eines Systems für die Schulung und Beratung der öffentlichen Bauherrenschaften in Bezug auf die Nachhaltigkeit im Bauwesen</td></tr>
<tr><td>Federführung:<br>BAFU<br><br>Beteiligt:<br>Bund (z.B. KBOB), Kantone, Gemeinden/Städte</td><td>Analog zum System der Energieberatung der Kantone[8] soll geprüft werden, ob ein ähnliches System mit Fachberatern/-innen aufgebaut werden kann, welche den öffentlichen Bauherrschaften, insbesondere Gemeinden und Städten, in Bezug auf das Potenzial der Förderung der Nachhaltigkeit bei anstehenden Infrastrukturbauprojekten Auskunft geben.<br>Dabei sollen sowohl technische Aspekte des Holzbaus im Infrastrukturbau als auch Aspekte der Nachhaltigkeit, der Beschaffung und des Unterhalts behandelt werden.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2026</td></tr>
<tr><td colspan="2">Massnahme 3<br>Einführung der Grundlagen zur Nachhaltigkeit im Infrastrukturbau in den relevanten Ausbildungsgängen</td></tr>
<tr><td>Federführung:<br>Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen, sowie die Organisationen der Arbeitswelt</td><td>Den Hochschulen und höheren Fachschulen sowie den Organisationen der Arbeitswelt wird empfohlen, die Nachhaltigkeit im Infrastrukturbau in ihren Ausbildungen für Fachpersonen mit Bezug zum Infrastrukturbau (z.B. Ingenieure/-innen, Architekten/-innen, Techniker/-innen) zu thematisieren. Dazu gehören nebst den energie- und umweltrelevanten Themen auch die rechtlichen Rahmenbedingungen und die technischen Voraussetzungen.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2027-2029</td></tr>
<tr><td colspan="2">Massnahme 4<br>Ausbau eines schweizweit koordinierten Weiterbildungsangebots zur Nachhaltigkeit im Infrastrukturbau</td></tr>
<tr><td>Federführung:<br>Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen<br><br>Beteiligt:<br>Organisationen der Arbeitswelt</td><td>Anbietenden von Weiterbildungsangeboten, insbesondere Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen und Organisationen der Arbeitswelt, wird empfohlen, sich untereinander zu koordinieren, um ein schweizweites Weiterbildungsangebot zur Förderung der Nachhaltigkeit im Infrastrukturbau aufzubauen.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2026-2027</td></tr>
</table>

[8] Siehe https://www.endk.ch/de/energieberatung, aufgerufen am 22. Januar 2024.

## 7.2 Erstellung von Beispielobjekten

Folgende Massnahmen sind für die Förderung der Erstellung von Beispielobjekten notwendig:

| **Massnahme 1**<br>Förderung und Anpassung der Prozesse in der Normung und in Zulassungsverfahren | |
|---|---|
| Federführung:<br>BAFU<br><br>Beteiligt:<br>Lignum, ASTRA, SBB, armasuisse, BAV, SIA, KBOB | Es werden Fachinformationen und Guidelines, inklusive Details zu den Bauwerkstypen erarbeitet. Fehlende Aspekte in der Normung werden identifiziert, für prioritäre Bereiche weiterentwickelt und in die Normierungsverfahren eingebracht. Des Weiteren werden die Prozesse in der Normung und in Zulassungsverfahren beschleunigt und die Vorgaben auf Leistungskriterien ausgerichtet.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2026 |
| **Massnahme 2**<br>Planung, Realisierung und Monitoring von Beispielobjekten | |
| Federführung:<br>BAFU<br><br>Beteiligt:<br>KBOB, weitere Bundesämter, Konferenzen der Kantone, Gemeinden/Städte | Basierend auf den Erkenntnissen aus den Untersuchungen zur Machbarkeit und zum Umsetzungspotenzial wird eine Planung zur Umsetzung von Beispielobjekten entwickelt. Sie regelt die Rollen von Bund, Kantonen und Gemeinden, inklusive der finanziellen Unterstützung. Dabei bezieht sie auch die Möglichkeit von Sanierungen zur Erhaltung der bestehenden Infrastruktur mit ein.<br><br>In einem zweiten Schritt werden die Beispielobjekte gemäss Planung realisiert. Begleitend wird ein Monitoringsystem aufgebaut, um die Dauerhaftigkeit der Objekte zu dokumentieren und die daraus gewonnen Erkenntnisse für die Entwicklung neuer Standards zu nutzen.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahr 2027-2032 |

## 7.3 Regulatorische Massnahmen

Folgende regulatorische Massnahmen sind notwendig:

| | |
|---|---|
| **Massnahme 1**<br>Überprüfung und gegebenenfalls Anpassungen rechtlicher Grundlagen und regulatorischer Rahmenbedingungen auf den Ebenen Bund und Kantone | |
| Federführung:<br>BAFU<br><br>Beteiligt:<br>ASTRA, weitere Bundesämter, Kantone | Relevante rechtliche Grundlagen und regulatorische Rahmenbedingungen auf den Ebenen Bund und Kantone werden überprüft und gegebenenfalls Vorschläge für Anpassungen aufgezeigt, um die Dekarbonisierung im Infrastrukturbau zu fördern. Dies können beispielsweise Gesetze und Verordnungen mit Bezug zum Infrastrukturbau oder zu Bauprodukten oder Anrechnungssysteme für die CO2-Speicherung betreffen (z.B. NSG, BauPG, CO2-Gesetz). Dabei werden auch entsprechende rechtliche Grundlagen in der EU und in spezifischen Beispielländern gesammelt und konsultiert.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2027 |
| **Massnahme 2**<br>Evaluation und Weiterentwicklung der Umsetzungs- und Forschungsstrategie zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus mit Fokus auf Holz | |
| Federführung:<br>BAFU<br><br>Beteiligt:<br>ASTRA, armasuisse, BAV/SBB, KBOB, KIK, SIA | Die vorliegende Umsetzungs- und Forschungsstrategie wird in die Integrale Wald- und Holzstrategie 2050 aufgenommen und soll im Jahr 2032 im Rahmen der ersten Massnahmenplans evaluiert und gegebenenfalls weiterentwickelt werden. Dabei sollen neue Erkenntnisse einbezogen werden, beispielsweise diejenigen, die sich aus den im Abschnitt 7.4 erläuterten Massnahmen zur Forschung und Methodenentwicklung ergeben.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2031-2032 |

## 7.4 Forschung und Methodenentwicklung

Folgende Massnahmen sind im Handlungsfeld Forschung und Methodenentwicklung notwendig:

| | |
|---|---|
| **Massnahme 1**<br>Durchführung einer Analyse der im Ausland vorhandenen Kenntnisse | |
| Federführung: BAFU<br><br>Beteiligt: Forschungsinstitute, Hochschulen | Vorhandene Beispiele, Erfahrungen, Rahmenbedingungen und Forschungsergebnisse im Ausland mit Bezug zur Dekarbonisierung im Infrastrukturbau werden analysiert und für die Weiterentwicklung der Strategie aufbereitet. Dabei werden Beispiele von Neubauten wie auch Sanierungen bestehender Infrastrukturobjekte untersucht und der Unterhalt wird thematisiert. Im Fokus steht die Frage, wie die Dekarbonisierung im Infrastrukturbau vorangetrieben werden kann.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2026 |
| **Massnahme 2**<br>Untersuchungen zum Umsetzungspotenzial | |
| Federführung: BAFU<br><br>Beteiligt: ASTRA, armasuisse, BAV, SBB, Forschungsinstitute, Hochschulen, Kantone, Gemeinden | Der über die nächsten Jahrzehnte erwartete Materialeinsatz bei Infrastrukturbauten wird für die priorisierten Bauwerkstypen untersucht und in Bezug zur im Rahmen der technischen Berichte ermittelten Machbarkeit gesetzt. Des Weiteren wird ergänzend die Machbarkeit für weitere Materialien mit Dekarbonisierungspotenzial untersucht. Im Fokus steht die Frage, wie gross das Dekarbonisierungspotenzial in den einzelnen Bauwerkstypen ist (Materialeinsatz, Unterhalt, Lebensdauer usw.).<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2026-2027 |
| **Massnahme 3**<br>Erarbeitung von Grundlagen für eine optimale Nutzung des Dekarbonisierungspotenzials | |
| Federführung: Forschungsinstitute und Hochschulen<br><br>Beteiligt: Wirtschaft, Bund, Kantone | Den Forschungsinstituten und Hochschulen wird empfohlen, Untersuchungen durchzuführen, wie das Dekarbonisierungspotenzial von Holz und anderen Materialien auf verschiedenen Ebenen am besten genutzt werden kann, beispielsweise im Bereich des Unterhalts, der Trennbarkeit von Komponenten für die spätere Wiederverwertung oder im Bereich der emissionsarmen Herstellung von Bau-Elementen. Zudem wird empfohlen, weitere detaillierte Analysen des Dekarbonisierungspotenzials von Infrastrukturbauten unter Verwendung verschiedener Materialien vorzunehmen. Dabei sollen der Unterhalt und die Sanierungsmöglichkeiten bestehender Bauten einbezogen werden. Zu ermitteln wären auch allfällige Mehrkosten beim Einsatz von klimafreundlicheren Materialien (Zusatzkosten pro eingesparte Tonne CO2). Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse können Grundlagen für eine optimale Nutzung des Dekarbonisierungspotenzials erarbeitet werden.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2027-2028 |
| **Massnahme 4**<br>Ausrichtung der bestehenden Förderinstrumente für Forschung und Entwicklung auf den verstärkten Einsatz von Holz im Infrastrukturbau | |
| Federführung: BAFU<br><br>Beteiligt: ASTRA, BBL, BAV und Innosuisse | Im Bereich der Forschung und (Methoden-)Entwicklung bestehen verschiedene Fördergefässe des Bundes, über die Forschungsinstitutionen, Hochschulen und Firmen finanzielle Unterstützung beantragen können, so beispielsweise der Aktionsplan Holz[9], die Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz[10], die Forschung im Strassenwesen[11], die Umwelttechnologieförderung[12] oder Innosuisse[13]. Diese Fördergefässe sind so weiterzuentwickeln, dass auch der Einsatz von Holz im Infrastrukturbau gefördert wird oder wenn bereits bestehend stärker gefördert wird.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2027 |

[9] Aktionsplan Holz (admin.ch), aufgerufen am 22. Januar 2024.
[10] Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH) (admin.ch), aufgerufen am 22. Januar 2024.
[11] Forschung im Strassenwesen (admin.ch), aufgerufen am 22. Januar 2024.
[12] Umwelttechnologieförderung (admin.ch), aufgerufen am 22. Januar 2024.
[13] Innosuisse (admin.ch), aufgerufen am 22. Januar 2024.

| **Massnahme 5**<br>Spezifische Forschung zu Wissenslücken betreffend Holzeinsatz bei Infrastrukturbauten | |
|---|---|
| Federführung: Forschungsinstitute und Hochschulen<br><br>Beteiligt: Wirtschaft, Bund, Kantone | Zu den im Rahmen der technischen Berichte identifizierten Wissenslücken in Bezug auf den Einsatz von Holz im Infrastrukturbau werden Forschungsprojekte lanciert. Wissenslücken sind beispielsweise die Folgen von meteorologischen Einflüssen auf die Infrastrukturbauten und entsprechende Lösungen, die Weiterentwicklung von Planungsgrundlagen für Tragwerke (z.B. der Umgang mit stossförmig auftretenden Lasten), die Entwicklung von Möglichkeiten zur Verbesserung des Brandschutzes, die Weiterentwicklung konstruktiver Holzschutzmassnahmen, die Dauerhaftigkeit der Anlagen oder das Langzeit-Verhalten vorgespannter Holzbauteile speziell in der Verbundbauweise.<br><br>Zeitliche Umsetzung: Jahre 2025-2029 |

# 8 Auswirkungen

In diesem Kapitel werden die erwarteten rechtlichen und finanziellen Auswirkungen der Massnahmenumsetzung erläutert. Zudem werden Aussagen zum Dekarbonisierungspotenzial der Massnahmen gemacht.

## 8.1 Rechtliche Auswirkungen der Massnahmen

Eine Anpassung von Rechtsbestimmungen ist aufgrund der definierten Massnahmen aus heutiger Sicht nicht erforderlich. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass die Dekarbonisierung durch rechtliche Anpassungen gefördert werden könnte. Deshalb ist im vorgeschlagenen Massnahmenkatalog eine Massnahme enthalten, die darauf abzielt, die relevanten rechtlichen Grundlagen auf den Ebenen Bund, Kantone und Gemeinden zu überprüfen und gegebenenfalls Anpassungen vorzuschlagen (siehe Massnahme 1, Kap. 7.3). Dabei soll unter anderem die Form und der Verpflichtungsgrad von Berechnungs- und Berichterstattungsverfahren zu den Lebenszyklusemissionen von Infrastrukturprojekten diskutiert werden. Nebst den Bestimmungen selbst sind auch deren Vollzug und die Anwendung zu untersuchen.

Gemäss einer ersten Einschätzung sollte beispielsweise auf nationaler Ebene eine vertiefte Prüfung der Rechtsvorschriften erfolgen, die die Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Strassen verlangen. Dies betrifft konkret Art. 10 der Organisationsverordnung für das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation[14], Art. 5 des Nationalstrassengesetzes[15] und Art. 28 der Nationalstrassenverordnung[16].

Es müsste bezüglich der aufgeführten Artikel sichergestellt werden, dass im Vollzug (konkret bei der Wahl von Varianten in der Planungsphase) eine Umsetzungsvariante mit nachhaltigeren Materialien und/oder Bauvorgängen, unter Berücksichtigung der gesamten Lebenszykluskosten, nicht benachteiligt wird, nur weil sie in der Erstellung teurer ist. Zudem müsste geprüft werden, ob die Regelungen mit nicht rechtsetzenden Bestimmungen ergänzt werden sollten, oder ob die konkreten Artikel allenfalls in ihrem Wortlaut geändert werden müssten.

Weitere Beispiele für eine vertiefte Analyse der geltenden gesetzlichen Grundlagen sind die Art. 11 und Art. 16 der Nationalstrassenverordnung sowie die Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung[17]. Hierbei sollte geprüft werden, ob Änderungen in Bezug auf das Erfordernis einer Umweltverträglichkeitsprüfung bei Infrastrukturbauten sinnvoll sind.

## 8.2 Finanzielle und personelle Auswirkungen der Massnahmen

Mit der Verabschiedung der vorliegenden Strategie werden für die Umsetzung keine finanziellen oder personellen Anpassungen beantragt. Die in dieser Strategie dargestellten Massnahmen können mit den bestehenden Ressourcen umgesetzt werden.

[14] Organisationsverordnung für das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation vom 6. Dezember 1999 (OV-UVEK; SR 172.217.1).
[15] Bundesgesetz über die Nationalstrassen vom 8. März 1960 (NSG; SR 725.11).
[16] Nationalstrassenverordnung vom 7. November 2007 (NSV; SR 725.111).
[17] Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 19. Oktober 1988 (UVPV; SR 814.011).

Die finanziellen und personellen Auswirkungen von darüber hinaus weiterzuführenden Massnahmen nach 2032 sind zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abschätzbar. Dazu sind weitere Arbeiten notwendig, die im Rahmen der Umsetzung der vorliegenden Strategie durchgeführt werden. Über die Ergebnisse der in der Umsetzungs- und Forschungsstrategie dargelegten Massnahmen wird dem Bundesrat zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der Integralen Wald- und Holzstrategie 2050 Bericht erstattet.

## 8.3 Erwartete Dekarbonisierungswirkung der Massnahmen

Eine zuverlässige Gesamtabschätzung der Dekarbonisierungswirkung der erarbeiteten Massnahmen ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Dies, weil verschiedene der in der vorliegenden Umsetzungs- und Forschungsstrategie vorgeschlagenen Massnahmen erst zeigen werden, wie viele Infrastrukturbauten in welcher Weise umgesetzt oder instandgehalten werden können und welche Materialien dabei zum Einsatz kommen.

Die nachfolgenden Beispiele geben trotzdem einen ersten Einblick in die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung im Infrastrukturbau. Sie basieren auf ersten Berechnungen im dritten technischen Bericht «CO2-Reduktionspotenzial und End-of-Life-Szenarien für den Holzbau» (Chabrelie und Thömen 2023) und auf der Berechnung einer Wildtierüberführung der Ostschweizer Fachhochschule (Kytzia 2021). Die Dekarbonisierungswirkung ist dabei primär auf den Materialwechsel respektive die Verwendung von Holz anstatt Stahlbeton zurückzuführen. Die Treibhausgasemissionen bei Ausführung in Holz- anstatt in Stahlbetonbauweise lassen sich, bezogen auf das gesamte Bauwerk respektive auf die betrachteten Baugruppen für die untersuchten Objekte um 2 bis 70 Prozent reduzieren (unter Annahme der Verwendung der heutigen, nicht auf Nachhaltigkeitsaspekte optimierten Betonsorten A–G in der Schweiz). Die Unterschiede in der Dekarbonisierungswirkung zwischen den betrachteten Objekten sind gross:

- Lärmschutzwände (4 m lang und 3 m hoch, verbautes Holz 383 kg; Chabrelie und Thömen 2023):
  - Die Treibhausgasemissionen sind um 70 Prozent niedriger und der Energieverbrauch ist um 55 Prozent niedriger als bei der Betonvariante.
  - Die Menge des im Bauwerk gespeicherten biogenen Kohlenstoffs beträgt 632 kg CO2.
- Tagbautunnels (1 Laufmeter; verbautes Holz 14’731 kg; unter Annahme eines hypothetischen Holztragwerks, das mit dem heutigen Wissensstand noch nicht gebaut oder betrieben werden kann; Chabrelie und Thömen 2023):
  - Die Treibhausgasemissionen sind 40 Prozent niedriger als bei der Betonvariante. Der Energieverbrauch ist bei der Holzvariante um 6 Prozent höher als bei der Betonvariante.
  - Die Menge des pro Laufmeter im Bauwerk gespeicherten biogenen Kohlenstoffs beträgt 24’306 kg CO2.
- Wildtierüberführungen (berücksichtigt sind in diesen beiden Beispielen die Lebenszyklusphasen Herstellung und Entsorgung; nicht berücksichtigt sind die beiden Phasen Errichtung und Nutzung):
  - Variante 1 (50 m lang und 35 m breit; verbautes Holz: 316'492 kg; Chabrelie und Thömen 2023): Die Treibhausgasemissionen[18] sind 2 Prozent niedriger und der Energieverbrauch um 35 Prozent höher als bei der Betonvariante. Die Menge des im Bauwerk gespeicherten biogenen Kohlenstoffs beträgt 522’212 kg CO2.
  - Variante 2 (60 m lang, 35 und 25.40 m Lichtraumprofilbreit, verbautes Holz: 510’000 kg; Kytzia 2021): Die Treibhausgasemissionen sind 40 Prozent und der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie um 25 Prozent niedriger als bei der Betonvariante. Die Menge des im Bauwerk gespeicherten biogenen Kohlenstoffs beträgt 841’500 kg CO2.

Mit Blick auf die nationalen Klimaziele gemäss Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit stellt sich die Frage nach der Anrechenbarkeit der Kohlenstoffspeicherung beziehungsweise der temporären, langfristigen Kohlenstoffspeicherung in Holz- und Betonprodukten. Diese Speicherleistung ist abhängig von der Lebensdauer der Bauteile und ihrem End-of-Life-Szenario. Eine Auslegeordnung zu dieser Thematik ist im Bericht des Bundesrates zur Bedeutung von negativen CO2-Emissionen für künftige klimapolitische Massnahmen ersichtlich (Bundesrat 2020).

[18] Treibhausgasemissionen für Herstellung, Transport und Entsorgung der Baumaterialien (inkl. Austauschmaterialien).

Die temporäre Speicherung von Kohlenstoff bringt einen gewünschten Verzögerungseffekt mit sich. Nach Freisetzung des temporär gespeicherten Kohlenstoffs ergibt sich in der Atmosphäre eine CO2-Konzentration, wie sie sich auch ohne temporäre Speicherung eingestellt hätte, nur zeitlich verzögert.

Mithilfe von zusätzlichen Technologien, die CO2 bei der energetischen Verwendung von Holz abscheiden und dauerhaft speichern können (BECCS), könnte das verwendete Holz auch als Negativemissionstechnologie (NET) gelten. Zudem bieten neue Technologien zur CO2-Speicherung in mineralischen Baustoffen ebenfalls Möglichkeiten für eine dauerhafte Speicherung.

Nebst der Kohlenstoffspeicherung ist der Ersatz von CO2-intensiven Materialien durch CO2-ärmere Materialien (bei der Herstellung) jedoch eine dauerhafte Einsparung (Substitution) und hilft, das Klima zu entlasten. Dies gilt in der Regel für Holzprodukte gegenüber den meisten anderen Baumaterialien.

# 9 Umsetzung

Wie die Massnahmenbeschreibungen im Kapitel 7 zeigen, ist für die Umsetzung der Massnahmen die Kooperation von verschiedenen Akteuren erforderlich. Dies sind zunächst die Bundesämter sowie bundesnahe Betriebe, namentlich das BAFU, das ASTRA, das BAV und armasuisse sowie die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) und die SBB.

Des Weiteren ist auch die Mitwirkung der Gemeinden, der Städte und der Kantone mit ihren Konferenzen wie der Konferenz der Kantonsingenieure (KIK) wichtig. Schliesslich werden auch Organisationen der Arbeitswelt wie der SIA sowie Forschungs- und Bildungsinstitutionen wertvolle Beiträge leisten. Diese sind bei der Umsetzung angemessen einzubeziehen.

Um dies abzubilden, sind bei jeder Massnahme die involvierten Hauptakteure für die Umsetzung genannt. Die Aufgabe der federführenden Akteure wird es sein, die jeweilige Massnahme unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den technischen Berichten im Detail zu konkretisieren, zu planen und umzusetzen.

Die vorliegende Umsetzungs- und Forschungsstrategie wird als Massnahme in der Integralen Wald- und Holzstrategie 2050 aufgenommen. Sie soll im Jahr 2032 im Rahmen des ersten Massnahmenplans evaluiert und gegebenenfalls weiterentwickelt werden (siehe Massnahme 2 Kap. 7.3).

# 10 Literaturverzeichnis


ASTRA 2021, Hierarchie der Standards, publiziert unter https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/dokumente-nationalstrassen/standards/hierarchie-der-standards.html, aufgerufen am 7. Dezember 2023.

ASTRA 2023a, A2 Neuenkirch, https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/baustellen/zentral-nordwestschweiz/abgeschlossene-projekte/a2-neuenkirch.html, aufgerufen am 7. Dezember 2023.

ASTRA 2023b, A3 Wildtierüberführung Biberlikopf, https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/baustellen/nordostschweiz/wildtierueberfuehrung-biberlikopf.html, aufgerufen am 8. Dezember 2023.

BAFU 2023, Zusammenstellung der Rückmeldungen zu den technischen Berichten, Abteilung Wald, Sektion Holzwirtschaft und Waldwirtschaft. (Unveröffentlicht)

BAFU (Hrsg.) 2021a, Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. 1. aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 2013. Bern: Umwelt-Info Nr. 2119.

BAFU et al. (Hrsg.) 2021b, Ressourcenpolitik Holz 2030. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz 2021–2026. Bern: Umwelt-Info Nr. 2103.

Bundesrat 2022, Anpassung des Waldes an den Klimawandel. Bericht des Bundesrats in Erfüllung der Motion 19.4177 Engler (Hêche) vom 25.09.2019 und des Postulates 20.3750 Vara vom 18.06.2020. Bern, 2. Dezember 2022.

Bundesrat 2020, Von welcher Bedeutung könnten negative $CO_2$-Emissionen für die künftigen klimapolitischen Massnahmen der Schweiz sein? Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.4211 Thorens Goumaz vom 12. Dezember 2018. Bern, 2. September 2020.

Bundesrat 2017, Optimierung der Waldnutzung. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 13.3924 Jans vom 27. September 2013.

Carbotech 2023, Grundlagenstudie Art. 10 KIG. Bericht von carbotech AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE. Verfasser: Philipp Bolt, Mischa Zschokke, Gerrit Vorhoff. Basel, 27. November 2023.

Chabrelie A und Thömen H 2023, Dekarbonisierung Infrastrukturbauten – CO2-Reduktonspotenzial und End-of-Life-Szenarien für den Holzbau, Technischer Bericht Teilprojekt 3: Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau.

Franke S 2021, Strategie Dekarbonisierung Infrastrukturbau. Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau. (Unveröffentlicht)

Franke S und Franke B 2023, Dekarbonisierung Infrastrukturbauten – Technisches Fachwissen, Technischer Bericht Teilprojekt 2: Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau.

Kytzia S 2021, Ökobilanz Wildtierbrücke: Das Wichtigste zum Vergleich Holz – Stahlbeton. Zürich. Juli 2021. Im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich.

Näher T 2023, Dekarbonisierung Infrastrukturbauten – Entscheidprozesse für die Materialisierung, Technischer Bericht Teilprojekt 1: Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau.