



Holz für die Konstruktion von Wildtierbrücken?

Eine Wildtierbrücke aus Holz statt aus Stahlbeton? Möglich ist dies. Das Tiefbauamt hat in einer Ökobilanz für zwei Varianten der Wildtierbrücke zur Wiederherstellung der Landschaftsverbinding Nr. 49 analysiert, ob es auch sinnvoll wäre.

Christoph Abegg, Projektleiter Umwelt Projektieren und Realisieren
Daniel Mühlethaler, Projektleiter Kunstbauten Tiefbauamt
Baudirektion Kanton Zürich
Telefon 043 259 31 23
christoph.abegg@bd.zh.ch
www.tba.zh.ch

Studienautorenschaft:
Susanne Kytzia, Thomas Pohl und Andrea Bachmann
Ostschweizer Fachhochschule; Institute für Bau und Umwelt (IBU) und Umwelttechnik (UMTEC)

- ZUP 102/2022, Artikel «Wege zur tieferen Umweltbelastung des TBA», Seite 13
- ZUP 95/2019, Artikel «Im Durchgang quer den Fuchs und Hase die Autobahn», Interview «Stolpersteine und Chancen für neue Verbindungen»

Wildtierbrücken, wie hier an der A 13 bei Oberriet im Rheintal, sollen die Überwindung grosser Hindernisse ermöglichen und die ökologische Vernetzung stärken. Könnten sie auch anders gebaut werden als in einer Betonkonstruktion?
Quelle: Hanno Böck (hboeck.de), Wikimedia Commons, CC0 1.0

Im Kanton Zürich sollen möglichst viele Landschaftsverbindungen wiederhergestellt werden. Dazu zählt auch die Landschaftsverbinding Nr. 49 (LV49) bei Bachenbülach/Winkel. Mit einer Wildtierbrücke soll die Barriere, welche durch die Hochleistungsstrasse A51 entsteht, abgemindert und die Landschaftsverbindung gestärkt werden. Diese soll der Wildtierquerung, der ökologischen Vernetzung und der Landschaftsaufwertung dienen (Foto). Für die Bevölkerung ist eine weiter nördlich gelegene Passerelle geplant.

Gibt es klimafreundlichere Alternativen zum Beton?

Das Projekt hat bereits die Phasen Vorstudie, Vorprojekt, Mitwirkung der Bevölkerung und Ämtervernehmlassung abgeschlossen. Auf Wunsch des Amtes für Landschaft und Natur (ALN) des Kantons Zürich sollte neben der üblichen Stahlbetonbauweise auch die Variante Holz als Baustoff für das Tragwerk der Wildtierbrücke vertieft geprüft werden, vor allem unter dem Aspekt der CO₂-Lebenszyklusanalyse.

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich (TBA) hat daher in Zusammenarbeit mit der Abteilung Wald vom ALN eine Studie zum Thema «Holz als geeigneter Bau-

stoff, am Beispiel der Wildtierbrücke zur Wiederherstellung Landschaftsverbinding Nr. 49 (Bachenbülach/Winkel)» in Auftrag gegeben.

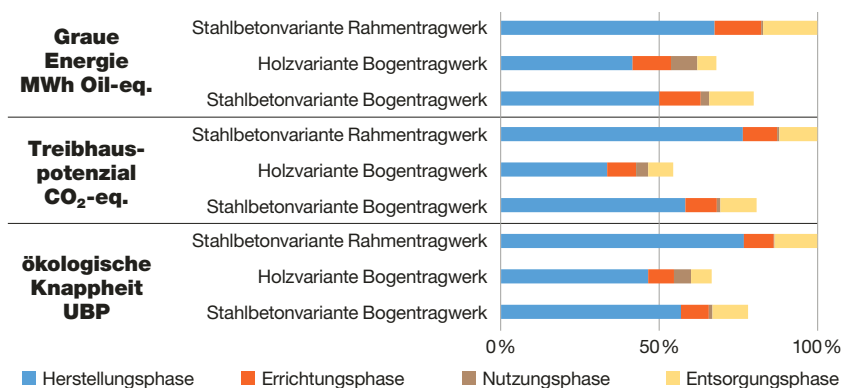
Vergleichende Ökobilanz

Als Grundlage für die vergleichende Ökobilanz des Tragwerks aus entweder Holz bzw. Stahlbeton mussten zuerst einmal, die Varianten für die Wildtierbrücke möglichst realistisch abgebildet werden. Zudem musste eruiert werden, welche Parameter des Bauprojekts die Umweltwirkungen im Lebensweg des Bauwerks massgeblich bestimmen. Im Fokus standen die Wahl des Tragwerksmodells, die gewünschte Lebensdauer der Brücke sowie die Wahl des Baumaterials (Herkunft, Art der Verarbeitung, Zusammensetzung etc.). Weitere Parameter sollten in der Analyse erkannt und ihr Einfluss auf die Umweltwirkungen bewertet werden.

Systemgrenze: Was verglichen wird

Vorerst musste festgelegt werden, welche Funktion und welche Vorgaben das Bauwerk unabhängig vom Material erfüllen muss, nämlich: ermöglichen der Überquerung einer richtungsgetretennten vierspürigen Kantonsstrasse für Wildtiere auf einer Länge von 60 Metern für einen Zeitraum

Umweltwirkung verschiedener Konstruktionsvarianten



Vergleich der Variante mit vorgespannten Rahmentragwerk aus Stahlbeton mit den beiden Varianten eines Bogentragwerks. Die Holzvariante schneidet am besten ab. Auch das Bogentragwerk aus Beton ist dem Rahmentragwerk überlegen. *Quelle: TBA*

Reduktion des Materialverbrauchs in der Erstellung

Massen-Erstellung (in t)	Optimierte Varianten		Varianten nach Vorstudie	
	Stahlbeton-variante (Bogen-tragwerk)	Holzvariante (Bogen-tragwerk)	Stahlbeton-variante (Rahmen-tragwerk)	Holzvariante (Bogen-tragwerk nicht optimiert)
Beton	6060	1670	7440	2070
Recyclingstahl (Bewehrung)	290	70	380	100
Primärstahl (Vorspannung, CNS Verbindungselemente)	–	30	30	30
Holz (ohne Schalung)	–	510	–	560
Summe	6350	2280	7850	2760
Veränderung durch Optimierung	-19%	-17%		

Der Materialverbrauch für die beiden ursprünglichen Brückenkonstruktionen aus Holz bzw. Stahlbeton konnte im Rahmen der Studie um beinahe 20 Prozent reduziert werden. Dies bedeutet auch entsprechend weniger Umweltbelastung der beiden optimierten Varianten, die in der Ökobilanz verglichen wurden. *Quelle: TBA*

Optimierung der Konstruktion während der Studie

Im Vorprojekt wurde eine Variante der Wildtierbrücke mit einem vorgespannten Rahmentragwerk ohne Mittelabstützung geprüft. Vergleichbare Tragwerke werden im Schweizer Strassennetz häufig gebaut, da sie sowohl den Landbedarf als auch die Gesamthöhe einer Brücke reduzieren. Mit einem Tragwerk aus Holz kann man dieses Tragwerksmodell nicht realisieren und muss auf ein Bogentragwerk ausweichen. Dies führt zu breiteren und höheren Konstruktionen.

In einem ersten Schritt wurden die Umweltwirkungen des Rahmentragwerks aus Stahlbeton mit einem Bogentragwerk aus Brettschichtholzträgern verglichen. Der Vergleich zeigte deutliche Vorteile der

Holzvariante sowohl bezüglich grauer Energie, Treibhauspotenzial als auch bezüglich Umweltbelastungspunkten. Aus diesem Grund entschied sich das Projektteam eine weitere Variante zu entwickeln mit einem Bogentragwerk aus Stahlbeton. Gleichzeitig wurde die Holzvariante in Zusammenarbeit mit Experten des Instituts für Baustatik und Kontraktion (Professur Holzbau) an der ETHZ ebenfalls weiter optimiert. Dadurch gelang es, für beide Materialisierungen die Gesamtmenge der im Bau eingesetzten Materialien um 19 Prozent (Stahlbetonvariante) bzw. 17 Prozent (Holzvariante) zu reduzieren.

von 100 Jahren mit einem Lichtraumprofil von rund 25.40 Metern und einer Höhe von 4.80 Metern ohne Zwischenabstützung.

Verglichen wurden dann eine Konstruktion in Holz mit derjenigen in Stahlbeton. Die Systemgrenze umfasst für jede Variante

- die Herstellungsphase der Baustoffe und Bauelemente,
 - die Errichtungsphase des Bauwerks,
 - den Betrieb, Unterhalt und die Wert-erhaltung des Bauwerks während einer Nutzungsdauer von 100 Jahren (die nur ungenügend vorausgesagt werden können) sowie
 - die Rückbau- und Entsorgungsphase.
- Als Datengrundlagen dienten vor allem die Projektdokumentation auf der Stufe des Vorprojekts, Expertengespräche sowie die Datenbank für Ökobilanzdaten Ecoinvent V3.6.

Wirkungsmodelle: Wie verglichen wird

In der Studie wurden folgende Wirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit betrachtet (siehe auch Artikel «Wege zur tieferen Umweltbelastung des TBA», Seite 13):

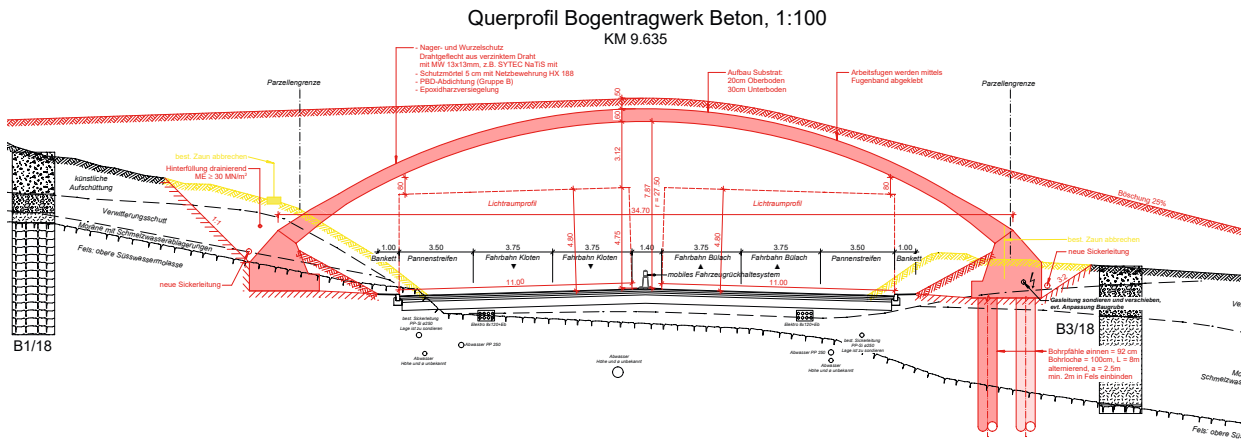
- der kumulierte Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern (Graue Energie)
- die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase (Treibhauspotenzial)
- sowie ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen mit der Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte).

Dank Studie weniger Materialverbrauch ...

Bereits zu Beginn der Studie zeigte sich, dass durch Anpassung der Konstruktion des Tragwerks der Materialverbrauch vermindert werden kann (siehe Zusatzinfo links). Dies galt einerseits für die Holzvariante selbst, aber auch für die Variante aus Stahlbeton – indem diese nämlich statt in der ursprünglich vorgesehenen Rahmenkonstruktion als Bogentragwerkkonstruktion geplant wurde.

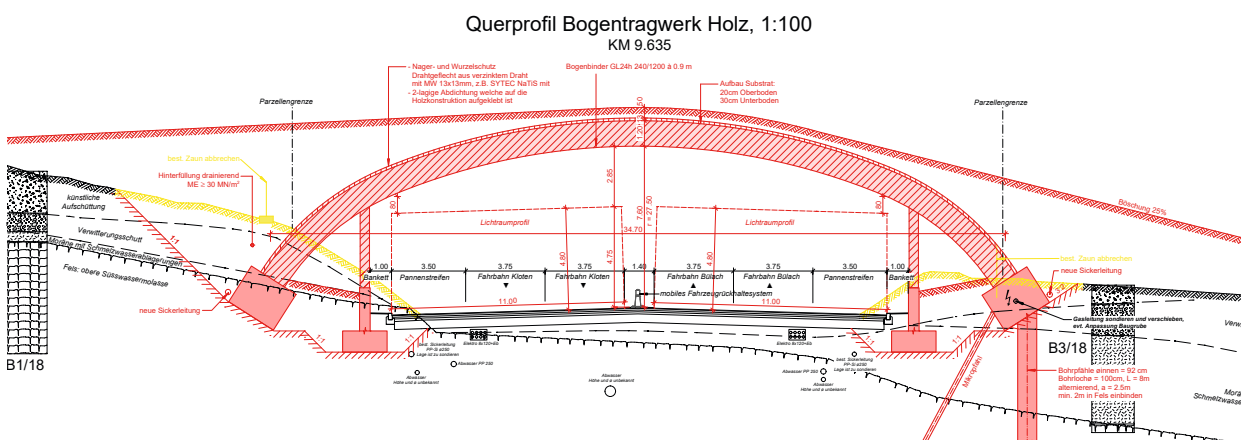
Für die Studie wurden die beiden optimierten Varianten aus Holz und Stahlbeton in Bogentragwerk weiterverfolgt (Seite 19 oben). Um den Unterschied zur ursprünglich projektierten Variante mit vorgespanntem Rahmentragwerk aufzuzeigen, wurde auch diese als Szenario in der Studie berücksichtigt.

Stahlbetonvariante der Wildtierbrücke mit Bogentragwerk



Quelle: Preisig AG, 2021

Brettschichtträgervariante der Wildtierbrücke



Quelle: Timbatec AG, 2021

... und weniger Umweltbelastung

Die vergleichende Ökobilanz zeigt deutlich die Vorteile des Bogentragwerks gegenüber dem Rahmentragwerk (siehe Grafik oben). In allen drei Modellen der Wirkungsbeurteilung schneidet das vorgespannte Rahmentragwerk deutlich schlechter ab. Für das Treibhauspotenzial und die Graue Energie liegt der Unterschied zum Bogentragwerk aus Stahlbeton bei rund 20 Prozent. Bei den Umweltbelastungspunkten liegt der Unterschied bei 28 Prozent. Der Vergleich zur Holzvariante fällt nochmals deutlicher aus. Das Bogentragwerk aus Holz trägt rund 45 Prozent weniger zum Treibhauseffekt bei als das vorgespannte Rahmentragwerk; in den anderen Wirkungsmodellen liegt der Vorteil bei etwas mehr als 30 Prozent.

Vergleich von Holz- und Stahlbetonvariante mit Bogentragwerk

In den Abbildungen oben ist die Konstruktion beider Materialvarianten mit Bogentragwerk zu sehen, wie sie in der Ökobilanz verglichen werden. Für die Holzkonstruktion sind besonders für den Schutz vor Feuchtigkeit verschiedene Anpassungen nötig, die die Ökobilanz

belasten. Die Bepflanzung des künstlich aufgeschütteten Terrains hingegen wird vernachlässigt, da sich die beiden Varianten hier kaum unterscheiden. Das Bogentragwerk aus Stahlbeton wird seitlich auf die Fundation abgestützt. Das Fundament der Brücke besteht auf der einen Seite aus einer Pfahlfundation aus zwei Bohrpfählen und auf der anderen Seite aus einem Streifenfundament. Das Bogentragwerk aus Brettschichtholzträgern wird seitlich auf die Fundation und Stützen abgestützt (im Spritzwasser aus Beton). Das Fundament der Brücke besteht auf der einen Seite aus einer Pfahlfundation (ein Bohrpfahl und Mikropfähle), die den Lastabtrag zusätzlich unterstützen. Auf der anderen Seite ist ein Streifenfundament, ebenso wie bei den seitlichen Stützen. An den Portalen wird das Holz konstruktiv geschützt (oben). Zwischen Tragwerk und Überdeckung wird eine mehrschichtige Abdichtung eingebaut. Diese Teile des Bauwerks wurden in der Studie einbezogen. Zum Angleich des Bauwerks an das umliegende Terrain wird es hinterfüllt und künstlich aufgeschüttet mit Naturboden und Kies.

Wo das Betontragwerk dem Holz voraus ist

- sehr geringe Anfälligkeit auf Feuchtigkeit
- Betonbogen könnte ohne Abdichtung erstellt werden, da kein Salzeintrag
- grosse Erfahrung bei erdberührten Bauwerken
- Reparaturen von unten ohne Bodenabtrag möglich
- deutlich weniger empfindlich bei Anprall oder Brand.

Wo die Holzkonstruktion der Betonbrücke voraus ist

- Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Holzvariante in Bezug auf das Treibhauspotenzial signifikant besser abschneidet als die Stahlbetonvariante. Dies ist zurückzuführen auf:
- die deutlich grössere Masse des Bauwerks aus Stahlbeton. Die Holzvariante ist mit rund 2400 Tonnen nicht einmal halb so schwer wie die Stahlbetonvariante mit rund 6500 Tonnen.
 - die deutlich grössere Menge an Stahl in der Stahlbetonvariante (rund 285 Tonnen im Vergleich zu rund 110 Tonnen in der Holzvariante).

– den Beitrag des im Beton enthaltenen Zements zum Treibhauspotenzial.

Bei den Wirkungsmodellen der Grauen Energie und der ökologischen Knappheit liegen die Unterschiede dagegen innerhalb der Bandbreite möglicher Datenunsicherheiten.

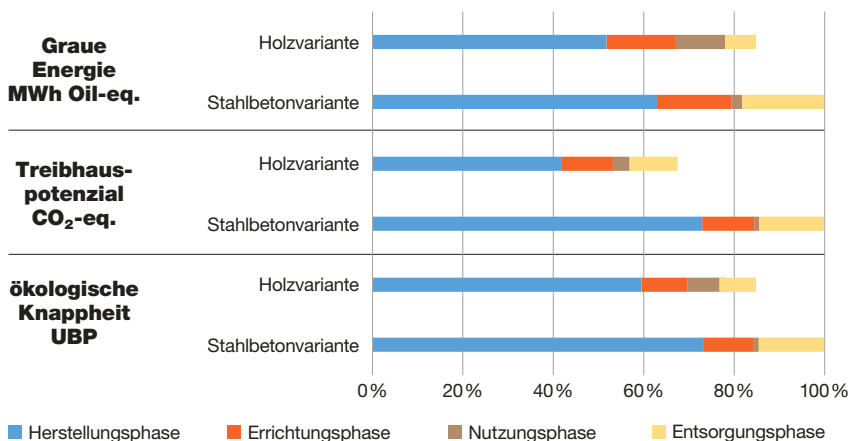
In einer Analyse von Szenarien zur Lieferkette und zur Werterhaltung wird deutlich, dass sich der Vorteil der Holzvariante bei der Grauen Energie und der ökologischen Knappheit verringert, wenn das Holz importiert wird oder grössere Instandsetzungsmassnahmen erforderlich werden. Grössere Instandsetzungsmassnahmen können ausserdem die Funktionalität der Wildtierbrücke einschränken – in einem Extremszenario für bis zu zwei Prozent der Nutzungsdauer. Nach Massnahmen dauert es zudem etwas, bis Wildtiere die Brücke wieder nutzen. Beim Treibhauspotenzial bleibt der Vorteil der Holzvariante in allen Szenarien signifikant. Er vergrössert sich sogar nochmals deutlich, wenn man die Speicherung von CO₂ in der Holzvariante mitberücksichtigt. In diesem Fall trägt die Holzvariante nur noch halb so stark zum Treibhauseffekt bei wie die Stahlbetonvariante.

Materialwahl ist wichtig, aber nicht nur ...

Zusammenfassend zeigt diese Studie die folgenden ökologischen Vorteile des Einsatzes von Holz für Tragwerke von Wildtierbrücken:

- Materialeinsparungen: Die Masse der eingesetzten Materialien kann vermindert werden und damit auch die damit verbundenen Transporte, Rückbau- und Entsorgungsprozesse.
- Einsparungen an fossilen Energieträgern vor allem in Stahl und Zement.
- Verminderung von CO₂-Emissionen.

Relative Umweltwirkungen im Lebensweg der Wildtierbrücke



Die Ökobilanz verdeutlicht, dass die Holzvariante in Relation zur Stahlbetonvariante ein deutlich tieferes Treibhausgaspotenzial besitzt, und bei der grauen Energie und den Umweltbelastungspunkten (UBP) etwas besser abschneidet. *Quelle: TBA*

Die Vorteile werden erreicht, wenn das Brettschichtholz in der Schweiz aus Schweizer Holz und mit einem Ökostrom-Mix hergestellt wird – und wenn das Bauwerk so konzipiert ist und instandgehalten wird, dass keine grösseren Instandsetzungen notwendig werden. Dabei ist bei der Holzvariante die Abdichtung von entscheidender Bedeutung, um den Eintrag von Feuchtigkeit zu vermeiden. Eine zusätzliche konstruktive Abdichtung muss hier geprüft werden. Bei der Betonvariante hingegen ist die Abdichtung nach oben nicht entscheidend (Bogenform und kein Salzeintrag). Ein Nachteil ist, dass die Bauherrschaft ein höheres Risiko in Bezug auf Kosten und Lebensdauer trägt.

Die Studie zeigt eindrücklich, dass man auch durch die Optimierung eines Tragwerks des gleichen Materials erhebliche Verbesserungen erreichen kann. So ist

der Unterschied zwischen den beiden Stahlbetonvarianten (Bogen- und Rahmentragwerk) bei der Grauen Energie und den Umweltbelastungspunkten deutlich grösser als der Unterschied zwischen der Holz- und der Stahlbetonvariante als Bogentragwerke. Die Unterschiede beim Treibhauseffekt unterscheiden sich nur wenig (-28 Prozent Bogen- zu Rahmentragwerk und -32 Prozent Holz- zu Stahlbetonvariante ohne Berücksichtigung der CO₂-Speicherung).

Weiteres Vorgehen bei der Landschaftsverbindung Nr. 49

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Ökobilanz hat sich das TBA entschieden, die Holzvariante im Sinn eines «Pilotbauwerks» für den Kanton Zürich weiterzuvollziehen.

Die Herausforderung bei dieser Variante besteht darin, dass langjährige Erfahrungen mit erdüberdeckten Holztragwerken bislang fehlen. Die Risiken bei dieser Variante sind deshalb höher als bei einer Betonkonstruktion (Pilz-, Schädlingsbefall, Fäulnis, weniger robuste Bauweise, etc.). Ziel ist es, Erfahrungen zu sammeln mit der Holzbauweise.

Wegen der verkehrlichen Wichtigkeit der kantonalen Autobahn A51 werden die kritischen Sachverhalte der Holzkonstruktion in der Projektierung detailliert betrachtet, damit betriebliche Einschränkungen – sowohl für die Wildtiere, wie auch für den MIV – während der Nutzungsphase möglichst gering gehalten werden können.

Dazu sollen unter anderem die Abdichtung optimiert, ein Feuchtigkeitsmonitoring, Anprall- sowie Brandschutzmassnahmen geprüft und ein Konzept für die Überwachung und den Unterhalt erstellt werden.



Die erste Schweizer Wildtierbrücke aus Holz führt zwischen Gränichen und Suhr über die Autobahn A1. *Quelle: Timbatec, Nils Sandmeier*