

Ökobilanz Wildtierbrücke: Das Wichtigste zum Vergleich Holz - Stahlbeton

Susanne Kytzia, Ostschweizer Fachhochschule

Zürich, Juli 2021

Holz für die Konstruktion von Wildtierbrücken?

Im Kanton Zürich sollen möglichst viele Landschaftsverbindungen wiederhergestellt werden. Dazu zählt auch die Landschaftsverbindung Nr. 49 (LV49). Mit einer Wildtierbrücke soll die Barriere, welche durch die Hochleistungsstrasse A51 entsteht, abgemindert und die Landschaftsverbindung gestärkt werden. Diese soll der Wildtierquerung, der ökologischen und erholungsbezogenen Vernetzung und der Landschaftsaufwertung dienen.

Das Projekt hat bereits die Stufen Vorstudie, Vorprojekt und Ämtervernehmlassung abgeschlossen. In der Stellungnahme vom 19. August 2019 durch das Amt für Landschaft und Natur (ALN) des Kantons Zürich wurde gefordert, dass die Variante Holz als Baustoff für das Tragwerk der Wildtierbrücke unter dem Aspekt CO₂-Neutralität vertieft geprüft wird.

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich (TBA ZH) ist gegenüber der Verwendung von Holz offen und gibt daher in Zusammenarbeit mit der Abteilung Wald vom ALN eine Studie zum Thema «Holz als geeigneter Baustoff, am Beispiel der Wildtierbrücke zur Wiederherstellung Landschaftsverbindung Nr. 49 (Bachenbülach/Winkel)» in Auftrag.

In der vorliegenden Studie wird eine vergleichende Ökobilanz von zwei Varianten eines Tragwerks für eine Wildtierbrücke aus Holz bzw. Stahlbeton erstellt, die

- Varianten für die Wildtierbrücke zur Wiederherstellung der Landschaftsverbindung Nr. 49 (Bachenbülach/Winkel) möglichst realistisch abbildet.
- aufzeigt, welche Parameter in der Entwicklung des Bauprojektes die Umweltwirkungen im Lebensweg des Bauwerks massgeblich bestimmen (bezogen auf beide Varianten). Von den folgenden Parametern wird ein wesentlicher Einfluss erwartet: Wahl des Tragwerksmodells, gewünschte Lebensdauer der Brücke, Wahl des Baumaterials (Herkunft, Art der Verarbeitung, Zusammensetzung etc.). Weitere Parameter sollen in der Analyse erkannt und ihr Einfluss auf die Umweltwirkungen bewertet werden.

Vergleichende Ökobilanz

Der Hauptteil der vorliegenden Studie bildet eine vergleichende Ökobilanz für die Tragwerksvarianten Holz und Beton am Beispiel dieser Wildtierbrücke. Sie analysiert zusätzlich mittels einer dynamischen Betrachtung den durch die CO₂-Speicherung im Brettschichtholz und der Rückbindung CO₂ im Beton während der Nutzung erzielten positive Effekt auf das Klima.

Verglichen werden Varianten eines Bauwerks mit der folgenden Funktion: Ermöglichen einer Überquerung einer richtungsgetrennten zweispurigen Kantonsstrasse für Wildtiere auf einer Länge von 60 m für einen Zeitraum von 100 Jahren mit einem Lichtraumprofil von ca. 25.40 m und einer Höhe von 4.80 m ohne Zwischenabstützung.

Die Systemgrenze umfasst die Herstellungsphase der Baustoffe bzw. Bauelemente, die Errichtungsphase des Bauwerks, den Betrieb, Unterhalt und die Werterhaltung des Bauwerks während einer Nutzungsdauer von 100 Jahren sowie die Rückbau- und Entsorgungsphase. Die wichtigsten Datengrundlagen sind die Projektdokumentation auf der Stufe des Vorprojekts, Expertengespräche sowie die Datenbank für Ökobilanzdaten Ecoinvent V3.6.

In der Studie werden die folgenden zwei Wirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit betrachtet: (i) der kumulierte Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger sowie

Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern (Graue Energie) und (ii) die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase (Treibhauspotenzial). Ausserdem wird mit der Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen aufgezeigt, das auf der Schweizerischen Umweltpolitik basiert.

Optimierung des Bauwerks 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 und auch die Gesamthöhe einer Brücke reduzieren. Mit einem Tragwerk aus Holz kann man dieses Tragwerksmodell nicht realisieren und muss auf ein Bogentragwerk ausweichen, trotzdem dies breiter und höher ist als das Rahmentragwerk.

In einem ersten Schritt wurden die Umweltwirkungen des Rahmentragwerks aus Stahlbeton mit einem Bogentragwerk aus Brettschichtholzträgern verglichen. Der Vergleich zeigte deutliche Vorteile der Holzvariante in allen drei Wirkungsmodellen (Graue Energie, Treibhauspotenzial und Umweltbelastungspunkte). 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 weiter optimiert. Dadurch gelang es, die Gesamtmenge der im Bau eingesetzten Materialien um 19% (Stahlbetonvariante) bzw. 17% (Holzvariante) zu reduzieren.

Tabelle 1: Reduktion des Materialverbrauchs in der Erstellung durch Optimierung der Varianten. In dieser Darstellung sind die Abdichtung des Bauwerks nach oben vernachlässigt (rund 120 Tonnen in allen Varianten mit Bogentragwerk)

Massen - Erstellung (in t)	Optimierte Varianten		Varianten nach Vorstudie	
	Stahlbetonvariante (Bogentragwerk)	Holzvariante (Bogentragwerk)	Stahlbetonvariante (Rahmentragwerk)	Holzvariante (Bogentragwerk nicht optimiert)
Beton	6'060.00	1'670.00	7'440.00	2'070.00
Recyclingstahl (Bewehrung)	290.00	70.00	380.00	100.00
Primärstahl (Vorspannung, CNS Verbindungselemente)	-	30.00	30.00	30.00
Holz (ohne Schalung)	-	510.00	-	560.00
Summe	6'350.00	2'280.00	7'850.00	2'760.00
Veränderung durch Optimierung	-19%	-17%		

Für die vorliegende Studie wurde die beiden optimierten Varianten weiterverfolgt, in denen das gleiche statischen Modell (Bogentragwerk) verwendet wird. Um den Unterschied zur ursprünglich projektierten Variante mit vorgespannten Rahmentragwerk aufzuzeigen, wurde diese Variante als Szenario in der Studie berücksichtigt.

Die vergleichende Ökobilanz zeigt die Vorteile des Bogentragwerks gegenüber dem Rahmentragwerk deutlich auf (siehe Abbildung 1). In allen drei Wirkungsmodellen schneidet das vorgespannte Rahmentragwerk deutlich schlechter ab. Der Unterschied zum Bogentragwerk aus Stahlbeton liegt bei rund 20% für das Treibhauspotenzial und die Graue Energie. Bei den Umweltbelastungspunkten liegt der Unterschied bei 28%. Der Vergleich zur Holzvariante fällt nochmals viel deutlicher aus. Das Bogentragwerk aus Holz trägt rund

45% weniger zum Treibhauseffekt bei als das vorgespannte Rahmentragwerk; in den anderen Wirkungsmodellen liegt der Vorteil bei etwas mehr als 30%.

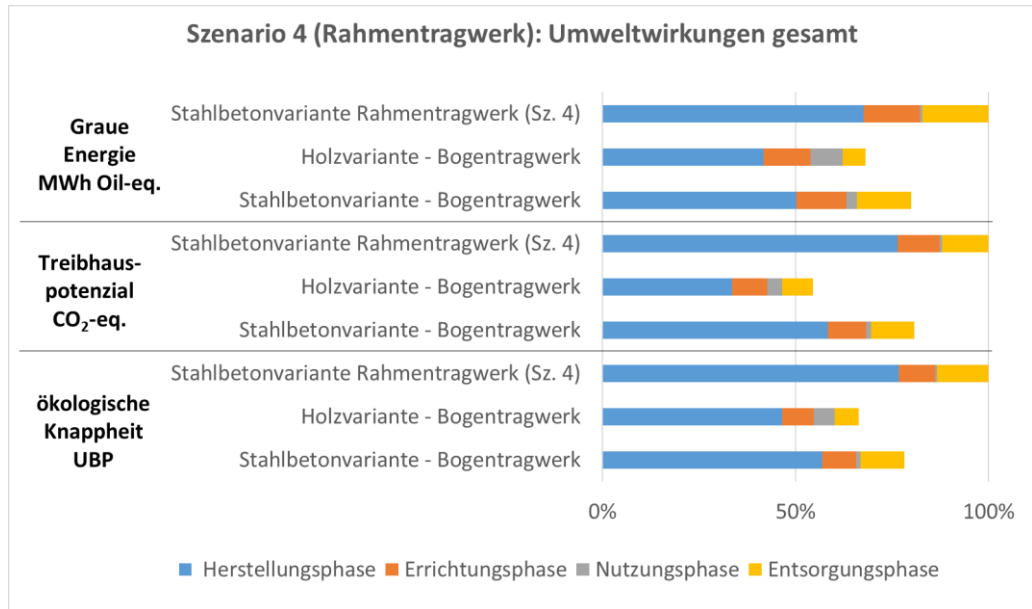


Abbildung 1: Vergleich der Variante mit vorgespannten Rahmentragwerk aus Stahlbeton mit den beiden Varianten eines Bogentragwerks

Vergleich der beiden Varianten mit Bogentragwerk

In der vergleichenden Ökobilanz werden die folgenden Varianten verglichen:

- A. **Stahlbetonvariante:** Bogentragwerk aus Stahlbeton 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.

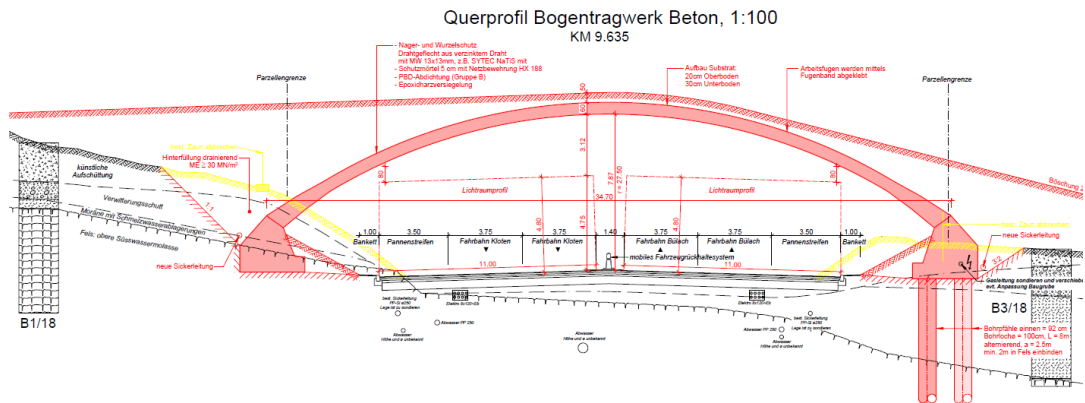


Abbildung 2: Stahlbetonvariante der Wildtierbrücke mit Bogentragwerk (Preisig AG, 2021).

B. Holzvariante: Bogentragwerk aus Brettschichtholzträgern seitlich auf die Fundation und Stützen abgestützt (im Spritzbereich 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.

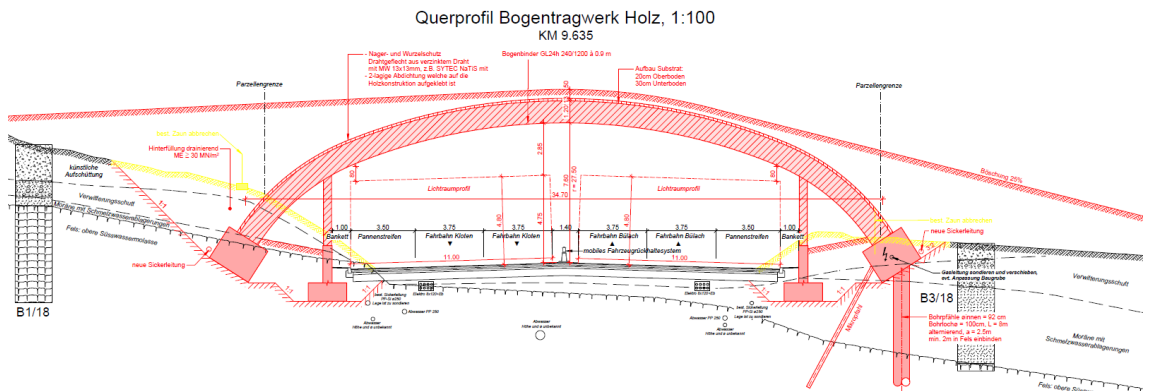


Abbildung 3: Brettschichtträgervariante der Wildtierbrücke (Timbatec AG, 2021).

Zum Angleich des Bauwerks an das umliegende Terrain wird es hinterfüllt und künstlich aufgeschüttet mit Humus, Naturboden und Kies. Zwischen Tragwerk und Überdeckung wird eine mehrschichtige Abdichtung eingebaut. Diese Teile des Bauwerks werden in der Studie mit betrachtet. Die Bepflanzung des künstlich aufgeschütteten Terrains hingegen wird vernachlässigt, da sich die beiden Varianten hier kaum unterscheiden werden. Die Nutzung und Sonderfälle wie Brand und seitlicher Anprall sind im Hauptbericht in Szenarien abgebildet.

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Holzvariante in Bezug auf das Treibhauspotenzial deutlich besser abschneidet, als die Stahlbetonvariante. Bei den Wirkungsmodellen der Grauen Energie und der ökologischen Knappheit liegen die Unterschiede innerhalb der Bandbreite möglicher Datenunsicherheiten.

Diese Ergebnisse sind zurück zu führen auf

- die deutlich grössere Masse des Bauwerks. Die Holzvariante ist mit rund 2'400 t mehr als halb so schwer wie die Stahlbetonvariante mit rund 6'500 t.
- die deutlich grössere Menge an Stahl in der Stahlbetonvariante (rund 285 t im Vergleich zu rund 110 t in der Holzvariante).
- den Beitrag des im Beton enthaltenen Zements zum Treibhauspotenzial.

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 – allerdings nur in einem Extremszenario und auch dann nur für bis zu 2% der Nutzungsdauer. Beim Treibhauspotenzial bleibt der Vorteil der Holzvariante in allen Szenarien bestehen. Er vergrössert sich sogar nochmals deutlich, denn man die Speicherung von CO₂ in der Holzvariante mit berücksichtigt. In diesem Fall trägt die Holzvariante nur noch halb so stark zum Treibhauseffekt bei wie die Stahlbetonvariante.

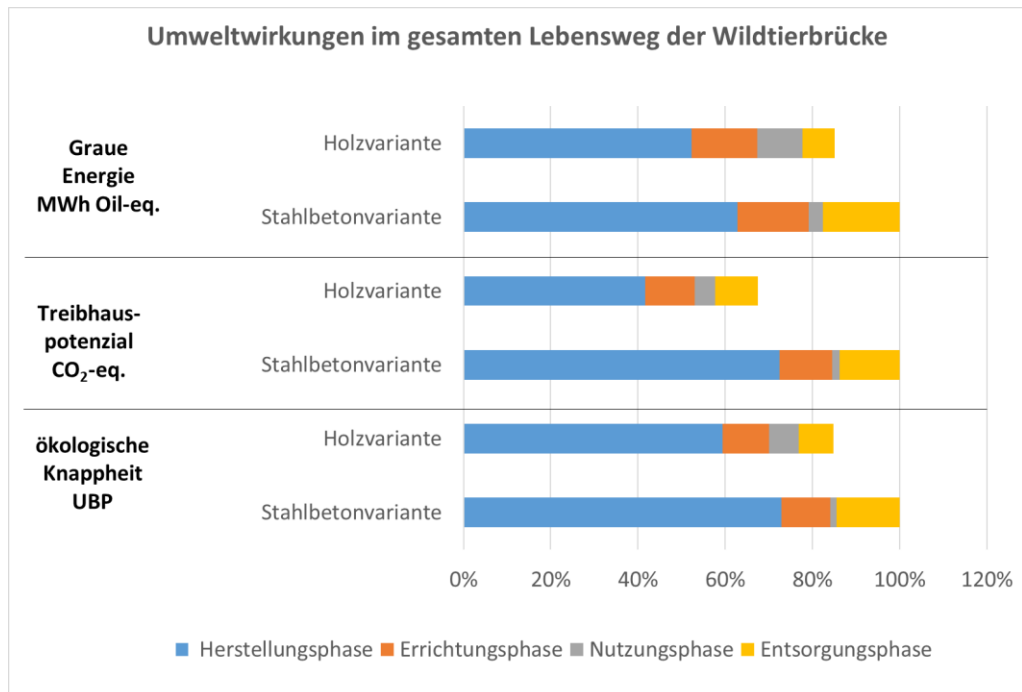


Abbildung 4: Ergebnisse der Ökobilanz der Holzvariante in Relation zur Stahlbetonvariante.

Fazit: 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 und temporärer Speicher von CO₂** im Bauwerk.

Diese Vorteile werden erreicht, wenn das Brettschichtholz in der Schweiz aus Schweizer Holz und einem Ökostrom-Mix hergestellt wird, und 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 sollte hier geprüft werden. Bei der Betonvariante hingegen ist die Abdichtung nach oben nicht entscheidend (Bogenform und kein Salzeintrag).

Die Studie zeigt aber auch 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% Bogen- zu Rahmentragwerk und -32% Holz- zu Stahlbetonvariante ohne Berücksichtigung der CO₂-Speicherung).