

Infrastructure made of wood – opportunities for decarbonization of the public sector

Stefan Zöllig¹

Abstract

The infrastructural construction sector is one of the largest CO₂ emitters in Switzerland. The main cause is the use of reinforced concrete. By replacing reinforced concrete with wood, infrastructure construction could significantly reduce its emissions and thus substantially contribute to decarbonization. A corresponding political proposal "Research and innovation of wood as a material for use in infrastructure construction as a decarbonization contribution" was adopted in the Swiss federal parliament in November 2021 and will be implemented in the next few years. For this purpose, Bern University of Applied Sciences (BFH AHB) has developed a strategy together with Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG and TS3 AG. Also, a research project for box-girder heavy duty bridges has been started recently.

Climate change

We are living in a time of major climate changes. We all know: It's the carbon emission which destroys the world we live in. Because of fossile fuel burning: Gas, oil, coal. Even if we reduce our carbon emissions to a net zero by 2050, temperatures will climb at least 2°C above pre-industrial times, cp. Figures 1 and 2. But this means a complete stop to the burning of fossil fuels.

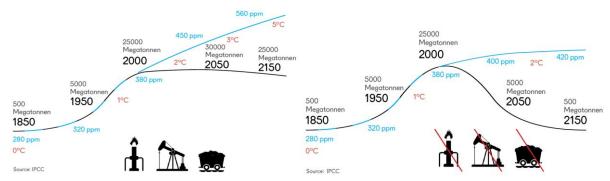


Figure 1 and 2: CO₂ and temperature development over time. Pictures: Timbatec

People think that air traffic is the main problem. It isn't. Global air traffic only accounts for around 3% of CO_2 emissions. Of course, we should not fly excessively. But avoiding flights hardly gains anything measurable. Buildings, on the other hand, contribute around 40% of global CO_2 emissions. 20% of the CO_2 emissions are caused by the construction of buildings, 20% during operation. Did you know that one of the worst drivers of the climate change is the cement production? 9% of the worldwide carbon emissions is caused by the cement production, the basis of all concrete buildings and infrastructure.

All of us probably have concrete in our portfolios. Industrial investments, real estate, infrastructure. Why? Because concrete is good. It's a fascinating material! It's strong, flexible, cheap, available worldwide. But it has a system error, which cannot be solved. Concrete is destroying our habitat! If cement was a country, it would be the third biggest emitor of carbon: China, USA, Cement. And cement is only one ingredient in reinforced concrete. Other ingredients are: Steel, gravel, sand, aggregates, but also the creation of the formwork, transport, assembly, disassembly and replacement after a few cycles. As mentioned, CO₂ emissions during construction add up to about 20% of global CO₂ emissions. IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change recommends a maximum of only 2% to stay below the 2°C target, see Figures 3 and 4.

The only way to avert this threat is to completely avoid CO₂-emitting materials in construction: Concrete, bricks, steel, as shown in Figures 5 to 7.

¹ Stefan Zöllig, Co-owner, member of the management board, Timbatec Holzbauingenieure AG, Switzerland, sz@timbatec.ch





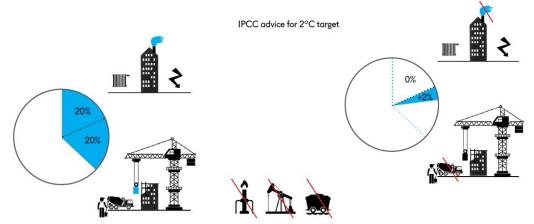
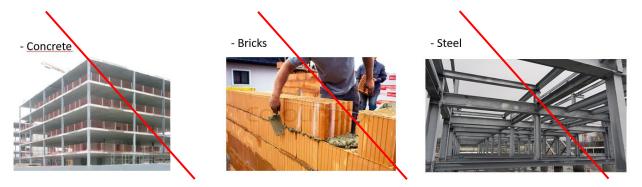


Figure 3 and 4: CO₂ emissions by air traffic and buildings. Pictures: Timbatec



Source: www.timbatec.comSource: www.colourbox.deFigure 5, 6, 7: CO2 - emitting materials to be avoided

Source: www.baudokumentation.ch

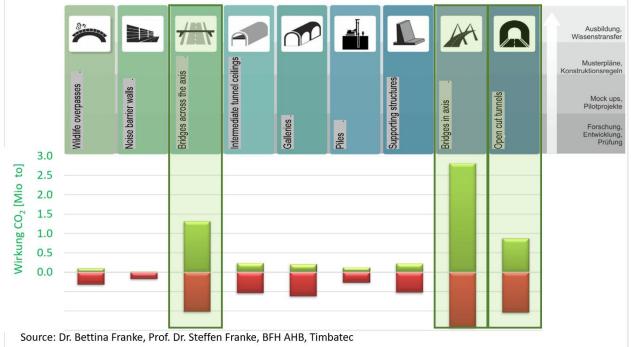


Figure 8 and 9 wood applications in infrastructure.





Strategy for infrastructure in wood

The timber industry is already experiencing an increasing demand for timber buildings. Also, the demand for wood infrastructure is increasing. The task now is to replace reinforced concrete in infrastructure (Figures 9 to 11) with CO₂-storing materials such as wood. For this purpose, the Bern University of Applied Sciences AHB has worked out a research and implementation strategy together with Timbatec, Figure 12. Wood could be used in a wide variety of applications in the infrastructure sector.

 Bridges across the axis
 Bridges in axis
 Open-cut tunnels

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis
 Image: Comparison of the axis

 Image: Comparison of the axis
 I

Source: www.timbatec.com

Source: www.autobahnen.ch

Source: www.timbatec.com

Figure 9, 10, 11: Rising demand for wood in infrastructure: Bridges across the axis, bridges in axis, open-cut tunnels

B rogsmann Wildenschräningen (Brainer, Begelating, Bege	Durante	E-mathing and it	Kosten 10 Jahre		[m ³ Holz bzw. 1		2022 2023 2024 2025 2025 2027 2028 2025 2026 A
1 Program Mitter difference million and Anterdence million andence million anderdence million anderdence m				Einsparung Sp	eicherwirkung	Summe	2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 20
11. Analysis and Antonessimilia de ministrationsprighti 0.0 13. Witterbierdinkungen (Fischer und Remonstrationspright) 0.0 13. Kenstrationspright 0.0 13. <td< th=""><th></th><th></th><th>10.0</th><th>20:000</th><th>60'000</th><th>00.000</th><th></th></td<>			10.0	20:000	60'000	00.000	
1 Witkeledersthungen mit spannetten to 6 m				30 000	00000	50 000	
1.1 Wittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.2 Wittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.3 Wittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.4 Mittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.5 Mittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.5 Mittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.5 Mittendiscriptioningen mit Spannweiten ise 0n 0.2 1.6 Mittendiscriptioningen mittendiscriptionigen mittendiscriptioningen							
1.9. Middle-GaseThionegan mit Spartweiter ist Bo mit 199 0.2 1.9. Middle-GaseThionegan mit Spartweiter ist Bo mit 199 0.2 1.9. Middle-GaseThionegan mit Spartweiter ist Bo mit 199 0.2 1.9. Middle-GaseThionegan mit Spartweiter ist Bo mit 199 0.2 1.9. Middle-GaseThionegan Middle-Masserhibustange (Editoring GaseThionegan Middle-Masserhibustange (Editoring Middle-Mi							
1.9. into: und Demonstrationsregists (Brandma, Begistung, Monitoring) 0.3. 1.9. Kenthaltonsregists 0.3. 1.9. Kenthaltonsregists							
1.4 Konstruktionsnegni 0.3 7P - (1) Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.2 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.3 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.4 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.4 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.4 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Seziali Forma 0.3 1.5 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Stephticklaus, Roll 0.4 1.5 Lämschutzwisch 2, Stephticklaus, Stephticklaus, Roll 0.4 1.6 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.6 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.7 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.6 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.7 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.7 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas sankacht, Branker 0.3 1.7 Andrea und Anfederingen (Bastangen, Testinibas ung, Astellaus, Virferung, Bastangen,							
1 Likraschutzwischer, Iskamoditikation 000 21 Likraschutzwischer, Iskamoditikation 000 22 Likraschutzwischer, Iskamoditikation 000 23 Likraschutzwischer, Iskamoditikation 000 24 Likraschutzwischer, Iskamoditikation 000 25 Anatyse und Anforderungen (Edelinderupurscherins, Typen, Netzurg, RC) 000 26 Pilot- und Demonstrationsprojekte (Edelinderung-Edelinderung anforderungen (Edelinderungen Edelinderung anforderungen (Edelinderungen Edelinderung anforderungen Italianung anforderungen Italianung anforderungen (Edelinderungen Edelinderung anforderungen Italianung Edelinderung anforderungen Italianung Edelinderung anforderungen Italianung Edelinderungen Edelinderungen Italianung							
1 Lämischutzwinds 2, obgenählsteinen jässelle Former 0.0 2.1 Lämischutzwinds 2, obgenählsteinen jässelle Former 0.0 2.1 Lämischutzwinds 2, obgenählsteinen jässelle Former 0.0 3.1 Lämischutzwinds 2, obgenählsteinen jässelle Former 0.0 3.1 Programm Bicken genählsteinen jässelle Former 0.0 3.1 Program Bicken genählsteinen genähls			1212				
12.1 Litmischutzwinder, 2, Sopek Inol, Spezielle Formen 02 13. Keinstruktwinder, 2, Sopek Inol, Spezielle Statt 02 14. Mathematikansstriellungstestest 02 15. Kainstruktwinder, 2, Sopek Inol, Spezielle Formen, Burger, Niczurg, Ball 03 14. Mathematikansstriellungstestest 03 15. Kainstruktwinder, Spezielle Formen, Belginturg, Montoring) 03 16. Kainstruktwinder, Spezielle Formen,				6'667	13'333	20'000	
2.1 Konstruktionsegenkluteineplike/Ausschreibungsisch 0.2 9 Porgamm bilike upp tar M Adder 6.4 437/500 87/500 1312/200 3.2 Bricken his S m 6.4 437/500 1312/200 3.3 Konstruktionsegenkluteinplike (Ensighterup, Kontoning) 6.5 437/500 1312/200 3.3 Konstruktionsegenkluteinplike (Ensighterup, Kontoning) 6.5 437/500 168/420 237/600 4.1 Maintigroning (Ensighterup, Stapiturg, Stapiturg							
3P rogen 131 Fight Marken Status 61 4.37500 97000 131236 3P rogen 201 Pricks bis 50 m 20							
3.1 Analyse und Anforderungen (Gallindegenschritter, Typen, Nutzung, RD) 0.6 3.2 Bricken his 8 m Bricken his 8 m 3.3 Bricken his 8 m Bricken his 8 m 3.4 Bricken his 8 m Bricken his 8 m 3.5 Kristen his 8 m Bricken his 8 m 3.6 Kristen his 8 m Bricken his 8 m 4.7 Konstruktionscepinkutergine/Ausschleibungstedt Bis 4.3 Kocklip Bristen his 8 m Bis 4.4 Manningrundhauer (Balawachtenbungstedt Bis Bis Bis 4.4 Manningrundhauer (Balawachtenbungstedt Bis			0.000				
3.2 Bricken bis 30 m 20 3.3 Bricken bis 30 m 20 3.4 Bricken bis 30 m 20 3.5 Workshorsgöhnkussenjöhnkussenjöhnkussen kennester, Brandvern 31 47 organns 1.1 Ansissen die Ansissen kennesten ke				437'500	875'000	1'312'500	
3.3 Bricken bis S m 2.0 3.4 Pilet-und Demonstrationsprojekt (Bentung, Beglatung, Monitoring) 3.5 76 Analyse und Anforderungen (Bessungn, Testeinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Bessungn, Testeinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.3 Markinsengelm Matschneckhensken, Okersteinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.3 Markinsengelm Matschneckhensken, Okersteinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.4 Markinsengelm Matschneckhensken, Okersteinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.4 Markinsengelm Matschneckhensken, Okersteinbau senkrecht, Bronbern 3.6 7.4 Markinsengelm Matschneckhensken, Verformung) 3.6 7.3 Meschig Stittemangel Matschneckhensken, Verformung, Matschlisterung, Aberlaiserung, Aberlaiserung, Aberlaiserung, Aberlaiserung, Matschlisterung, Basschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Matschlisterung, Basschlisterung, Basschlisterung, Basschlisterung, Basschlisterung, Matschlisterung, Basschlisterung, Basschlisterun		Analyse und Anforderungen (Geländequerschnitte, Typen, Nutzung, RQ)					
1.4 Pict-und Demosstationsprojekte (Beatung, Esplaitung, Monitoring) 10 3.5 Kentstutionsreginitälluskasette bindigisette 52 4 Programm Tunni-Zuischendenkasette bindigisette 52 4.1 Antijve und Anfordrungen (Beasunge, Tasteinkus senkrecht, Bronkern 52 4.3 Mockup 53 4.4 Motinggundlagen (Brandvarhalten, Duerhaftigket, Modifisterung auf Ns. 50 4.3 Mockup 53 4.4 Pick-und Demosstationsprojekt (Berndrug Belstung, Monitoring) 53 5.4 Autoriagundlagen (Brandvarhalten, Buerhaftigket, Monitoring) 53 5.4 Autoriagundlagen (Brandvarhalten, Buerhaftigket, Monitoring) 53 5.1 Antayas und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 54 6.4 40000 80000 120'000 7.5 Pick-und Demosstationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 56 6.4 40000 80000 120'000 7.5 Pick-und Demosstationsprojekt (Beratung, Materialisarung, Aberialisarung, Aberialisarung, Aberialisarung, Materialisarung, Aberialisarung, Aberialisarung, Beratung Begleitung, Monitoring) 56 7.6 Anonyas und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung) <td< th=""><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></td<>							
3.5 Konttruktionsregeln/Materijline/Lusschreibungstexts 5.5 4 Program Turnel-Zwischnichterung 1584.00 237660 4 Program Turnel-Zwischnichterung 1584.00 237660 4.3 Machizer 15 4.4 Machizer 1584.00 237660 4.5 Machizer 1584.00 237660 5.6 Forstruktionsregeln/Materijline/Lusschreibungstext 15 5.7 Forstruktionsregeln/Materijline/Lusschreibungstext 15 5.8 Forstruktionsregeln/Materijline/Lusschreibungstext 15 5.9 Forstruktionsregeln/Materijline/Lusschreibungstext 16 5.1 Analyse und Antroferungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abditer 16 5.1 Analyse und Antroferungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abditer 16 5.1 Analyse und Antroferungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abditer 16 5.1 Analyse und Antroferungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abditer 16 5.3 Programm Bittic 17000 19000 22000 7.1 Analyse und Antroferungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abditer 16 40000 <td< th=""><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></td<>							
4 Programm Turnel-Zwischendecken Analyse und Anforderungen (Kestenkingsen, Monitoring) Analyse und Anforderungen (Lesten, Wesser, Verformung) Brogramm Stittbauwerke Analyse und Anforderungen (Lesten, Wesser, Verformung, Meterialiserung, Addit							
4.1 Analyse und Anforderungen (Messangen, Testeinbau senkrecht, Brankvere 0.6 4.3 Meckly 0.6 4.4 Meckly 0.7 4.7 Meckly 0.7 4.8 Meckly 0.7 4.9 Meckly 0.7 5.1 Analyse und Anforderungen (Latten, Wasser, Verformung) 0.5 5.2 Meckly 0.6 5.4 Meckly of Inforderungen (Latten, Wasser, Verformung) 0.6 5.7 Meckly of Inforderungen (Latten, Verformung, Meterialisiumung, Abderialisiumung, Abderialisi	3.5	Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte	0.5				
4.1 Analyse und Anforderungen (Messengen, Tatelinbu sunkrecht, Brandverg 0.6 4.2 Meskip 0.5 4.3 Meskip 0.5 4.4 Meskip 0.5 4.5 Kanstruktionsregelm/Musterplane/Ausschreibungsteste 0.5 5 Forgramm Galerian 0.5 5.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.5 5.3 Biokup Sützwand-Piele 0.5 5.4 Konstruktionsregelm/Musterplane/Ausschreibungsteste 0.5 6.7 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abder) 0.5 6.8 Konstruktionsregelm/Musterplane/Ausschreibungsteste 0.5 6.9 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abder) 0.5 6.8 Konstruktionsregelm/Musterplane/Ausschreibungsteste 0.5 7.9 Meskip seind Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abder) 0.5 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abder) 0.5 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abder) 0.5 7.3 Meskip Bastenrähen (Ausschreibungsteste) 0.5	Programm	m Tunnel-Zwischendecken	3.2	79'200	158'400	237'600	
4.3 Mockup 10 4.4 Prict- und Demonstrationsprojekt (Baratung, Begleitung, Monitoring) 0.3 5.7 Konstruktionsgein/Muschreinlau/Auschreinbungstexte 0.3 9.7 Amoly und Anforderungen (Laten, Wasser, Verformung) 0.3 1.3 Anoly und Anforderungen (Laten, Wasser, Verformung) 0.3 2.4 Mockup Softwand-Plate 0.3 3.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Baratung, Begleitung, Monitoring) 0.6 3.6 Konstruktionsargein/Muschrein/Lakeschreibungstexte 0.6 3.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Baratung, Begleitung, Monitoring) 0.6 3.6 Konstruktionsargein/Muschrein/Lakeschreibungstexte 0.5 3.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Baratung, Meterialisierung, Abdier) 0.5 3.8 Acouty oliticher Baanspruchung [L. B. Litzmechutzwahok, N. Bereich) 0.5 3.8 Acouty röckverpannt mittes Anker 0.5 3.9 Programm Bicken in Achte 0.5 3.1 75'000 150'000 22'000 7.4 Anolyse send Anforderungen (Casten, Verformung, Materialisierung, Abdier) 0.5 3.9 Programm Bicken in Achte 0.5	4.1	Analyse und Anforderungen (Messungen, Testeinbau senkrecht, Brandvers					
4.3 Meckup 10 4.4 Pict-und Demonstrationsprojekt (Berstung, Begleitung, Monitoring) 33 5.7 Konstruktionsspröjekt (Berstung) 32 5.8 Nockup 33 6.9 Ample und Anforderungen (Latakn, Wasser, Verformung) 35 5.3 Mockup Stuttwan-Flahe 36 5.3 Mockup Stuttwan-Flahe 36 6.4 Unterstatund Restrukturering 36 6.5 Pict- und Demonstrationspröjekt (Berstung, Begleitung, Monitoring) 36 6.4 Verture Verture (Latakn, Verformung, Materialisierung, Abdiet 46 6.5 Pict- und Demonstrationspröjekt (Berstung, E. & Lärnschutzwahe, KH-Bereich) 36 6.4 Konstruktionsregelnikusterpliken/Lusschreibungsteste 37 7.7 Analyse und Anforderungen (Casten, Verformung, Materialisierung, Abdiet 36 7.4 Analyse und Anforderungen (Casten, Verformung, Materialisierung, Abdiet 37 7.4 Analyse und Anforderungen (Latakn, Verformung, Materialisierung, Abdiet 36 7.4 Analyse und Anforderungen (Latakn, Verformung, Materialisierung, Abdiet 37 7.4 Analyse und Anforderungen (Latakn, Verformung, Materialisierung, Abdiet <td>4.2</td> <td>Materialgrundlagen (Brandverhalten, Dauerhaftigkeit, Modifizierung auf Nat</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	4.2	Materialgrundlagen (Brandverhalten, Dauerhaftigkeit, Modifizierung auf Nat					
4.5. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschrützungstext 0.3 5 Programm Gelerien 3.7 5.1. Anälyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.5 2.3. Robustenie (Anprali/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.6 3.4. Vergramm Sider 0.5 3.5. Mankys und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.3 3.6. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 5.6. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 6.7. Anälyse und Anforderungen (Lasten, Westeriktiening, Abdich 0.3 6.8. Anördsv und karbeinkerpläne/Ausschreibungstext 0.5 6.8. Anördsv und karbeinkerpläne/Ausschreibungstext 0.5 7.1. Anälyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 7.2. Mockly hole Beanspruchung (L. B. Brücken, MetBereich) 0.5 7.3. Mockly Dirickenströgen (Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 7.4. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 8.7. Struktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 8.7. Anälys und Anforderungen (Lasten, V	4.3	MockUp	1.0				
5 Program Bilderin 3.7 66725 132599 198784 3.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.5 3.2 Mockufelik (Appall/Ausfall, Erböhen, Leckagen) 0.6 3.3 Kolusthiering 0.6 3.4 Mockuje einsteinerung 0.6 3.5 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexts 0.6 3.6 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexts 0.6 3.7 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 3.3 Mockuje einsteinerung (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 3.4 10000 80000 120'000 3.5 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.3 7.4 Analyse und Anforderungen (Easten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 3.5 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.3 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.6 8.7 Analyse und Anforderungen (Easten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.6 Amalyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.7 Mockujp Bogen und Aufscherung, Pfeiler 0.6 8.7 Piolerun dausschreibungstexte 0.6 8.7							
1 Analyse und Anfroderungen (Lasten, Waser, Verformung) 0.5 2.3 Mockup Stützward-Pitette 12 3.4 Notustheir (Anprali/Ausfall, Erbeben, Leckagen) 0.6 3.4 Unternationa operative internationa operative international sector internatintesecon internatintesecon international sector	4.5	Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte	0.3				
1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Waser, Verformung) 0.5 5.2 Mockup Stittwand-Pitette 12 3.3 Robustheit (Anprali/Ausfall, Eribbien, Leckagen) 0.6 6.4 Unternational und Restrukturierung 0.6 6.4 Unternational und Restrukturierung 0.6 6.4 Unternational und Restrukturierung 0.6 6.5 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 6.6 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdei 0.5 6.3 Mockup sintergeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 7.5 Mockup sintergeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 7.7 Mockup Schabetragen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdeir 0.6 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 8.5 Norduy Fickerspann 0.6 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Auschreibungsteck 0.5 8.5 Robusthei (Anprali/Auschl, Eribben, Leckagen) 0.5 8.6	Program	m Colorian	27	66"205	122/600	100'004	
6.2. Mockup Stitzwand-Platé 1.2. 6.3. Robusten (Anprilavitanski). Ercheben, Leckagen) 0.6. 6.4. Unterhalt und Restrukturierung 0.3. 6.5. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5. 6.7. Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdict 0.3. 6.8. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3. 7.9. Kockup einferingen (Easten, Verformung, Materialisierung, Abdict 0.3. 6.3. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3. 7.4. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3. 7.4. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3. 7.4. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5. 8.7. Programm Brücken in Achse 8.5. 937500 197000 2812500 8.7. Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdict 0.5. 0.5. 0.5. 8.7. Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdict 0.5. 0.5. 0.5. 8.7. Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Babict 0.5. 0.				00 290	132 369	190 004	
a. Robusher (Apprel/Austri) 0.6 b. Unthrist und Restrukturierung 0.6 b. S. Konstrukturierung 0.6 b. Konstrukturierung 0.6 c. Konstrukturierung 0.6							
6.4 Unterhait und Restrukturiarung 0.3 5.5 Pilot-und Demostrukturiarung 0.6 6.6 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 6.7 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 6.3 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 6.3 MocKly pinktusterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 7.2 MocKly Paichsteibusterke 0.5 7.3 MocKly Dieblistregen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8 Programm Brücken in Achse 8.5 937500 1875000 2812560 8.1 Analyse und Anforderungen (Easten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 0.6 0.6 8.2 MocKly Dieblettragen (Lasten, Verformung) 0.6 0.6 0.6 0.6 8.3 MocKly Discheit Anserungen (Lasten, Verformung) 0.6							
6.5 Pilot- und Demonstrationsprojek (Beraturg, Begleiturg, Monitoring) 0.6 6.5 Konstruktionsregeln/Musterpiläne/Ausschreibungstexte 0.5 7 Programm Pfähle 1.6 6.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.3 7.3 Mockly pinkbe Beanspruchung (z. B. Erücken, Musterialisierung, Abdich 0.5 6.3 Mockly pinkbe Beanspruchung (z. B. Erücken, Musterialisierung, Abdich 0.5 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 2.8 0.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Inates Vinforstüttemauer) 0.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 8.1 75'000 150'0000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 8.2 Mockly Desgen und Ausfählertpiläne/Ausschreibungstexte 0.5 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung) 0.5 8.2 Mockly Desgen und Ausfählertpiläne/Ausschreibungstexte 0.6 9.3 Mockly Destrukturierung							
5.6 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.5 6 Forgramm Pfähle 1.6 6.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.5 7.3 MockUp einfrache Beanspruchung (z. B. Lärmschutzwände, KN Bereich) 0.5 5.4 MockUp einfrache Beanspruchung (z. B. Lärmschutzwände, KN Bereich) 0.5 5.3 MockUp einfrache Beanspruchung (z. B. Lärmschutzwände, KN Bereich) 0.5 5.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstext 0.3 71 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 1.0 1.6 7.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.5 81 Porgramm Tägikutunelis 0.5 8.4 Mockup Satistratigen (Asistinderung, Pfeiler 1.6 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.5 81 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.5 81 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.5 81 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung) 0.6 82 Porgramm Tägikutunelis 8.5 </th <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>							
6.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.3 6.2 MockUp einfache Beanspruchung (E. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 6.3 MockUp hole Beanspruchung (E. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 6.4 MockUp infache Seanspruchung (E. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 7 Programm Stützbauwerke 0.3 7.1 Analyse und Anforderungen (Forman, Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 7.3 MockUp Stützbauwerke 0.6 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpilane/Ausschreibungstexte 0.6 8 Programm Brücken in Achse 8.5 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.4 MockUp Stützbauwerke 0.5 8.5 Robustheit (Anprail/Ausfall, Erdoben, Leckagen) 0.5 8.5 Robustheit (Anprail/Ausfall, Erdoben, Leckagen) 0.5 8.5 Robustheit (Anprail/Ausfall, Erdoben, Leckagen) 0.5 8.4 MockUp Gwötherung 0.5 8.5 Robustheit (Anprail/Ausfall, Erdoben, Leckagen) 0.5 <							
6.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.3 6.2 MockUp einfache Beanspruchung (E. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 6.3 MockUp hole Beanspruchung (E. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 200 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 200 0.6 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 200 0.6 10'000 225'000 7.3 MockUp Schwisspannt mittels Anker 10'000 2'812'500 2'812'500 8 Programm Brücken in Achee 8.5 937'500 1'87'5000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 10'000 2'812'500 8.5 Robustheit (Appral/Ausfalt, Erdbeben, Leckagen) 0.5 5 9'7'000 2'812'500 8.5 Robustheit (Appral/Ausfalt, Erdbeben, Leckagen) 0.5 5 5 5 8.6 Untrhaitut and Residututurleis </th <th></th> <th></th> <th></th> <th>1010070846555</th> <th></th> <th></th> <th></th>				1010070846555			
6.2 MockUp einfache Beanspruchung (z. B. Lärmschutzwände, KN-Bereich) 0.5 6.3 MockUp hohe Beanspruchung (z. B. Brücken, MN-Bereich) 0.5 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3 7 Programm Stützbauwerke 3.1 75'000 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung, 200 10 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 31 75'000 2'812'500 8 Programm Brücken in Achse 8.5 337'500 1'87'5'000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.6 30 30 8.2 MockUp Begen und Aufsinderung, Pfeiler 30 30 30 30 8.4 MockUp Begen und Aufsinderung, Eleitung, Monitoring) 10 33 33 30 33 30 30 8.7 Piot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 33 33 33 30 33 30 33 30 33 30 33 30 33 30		m Pfähle		40'000	80,000	120'000	
6.3 MockUp hohe Beanspruchung (z. B. Brücken, NW-Bereich) 0.5 5.6 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3 7 Programm Stützbauwerke 3.1 75'000 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung 0.6 10 7.3 MockUp rückverspennt mittels Anker 10 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8 Programm Brückhein in Achse 8.5 937'500 1'87'5000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderunge (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdieri 0.5 9'37'500 1'87'5000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderunge, Pfeiler 1.5 0.5 0.5 0.5 8.2 MockUp Edeantalitasfaderung, Pfeiler 1.5 0.5 0.5 8.3 MockUp Edeantationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 0.5 0.6 580'272 870'406 9 Programm Tagbautunnels 0.6 20'136 580'272 870'406 0.6 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0.6 5 <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>							
5.6 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.3 7 Programm Stützbauwerke 3.1 75'000 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierung 0.6 10 7.2 MockUp alebitragend (analog Winkelstützmauer) 10 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 937'500 1'87'5000 2'812'500 8 Programm Brücken in Achee 8.5 937'500 1'87'5000 2'812'500 6'6' 8.1 Analyse und Anforderung, Pleiler 0.6 0 6'6 0'6' 8.2 MockUp Exercise (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 0'6' 0'6' 8.2 MockUp Bogen und Aufständerung, Pleiler 0.6 0'6' 0'6' 8.4 MockUp Bogen und Aufständerung, Pleiler 0.0 0'5' 0'6' 8.5 Robustheft (Anpral/Musfer)/Bane/Ausschreibungstexte 0.6 0'6' 0'6' 9 Programm Tagbautunnels 0.6 10' 0'6' 5'8' 5'8'7'4'0'8' 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0							
7 Programm Stützbauwerke 3.1 75'000 150'000 225'000 7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierune 0.6 10 7.3 Mocklip albstättiggend (analog Winkelstützmauer) 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8 Programm Brücken in Achse 8.5 937'500 1'87'5000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.2 0.6 0 0 8.2 Mocklup Bogen und Aufständerung, Pfelier 15 15 0 0 8.3 Mocklup Bogen und Aufständerung, Pfelier 10 15 0 0 8.4 Mocklup Bogen und Aufständerung, Begleitung, Monitoring) 0.5 0 5 0 8.6 Rubustheit (Aprelianzialiaseri, Lerdbeben, Leckagen) 0.5 0 5 580'272 870'408 9 Programm Tagbautunels 6.2 290'136 580'272 870'408 0 0 0 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0 0 0 0 0 0							
7.1 Analyse und Anforderungen (Formen, Lasten, Verformung, Materialisierun 0.6 7.2 MocKly pelststrägend (nalog Winksitützmane) 10 7.3 MocKly priskverspannt mittels Anker 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8 Programm Brücken in Achse 8.5 937'500 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.2 MocKly Diget und Anforderunge, Pfeiler 15 8.3 MocKly Extenträger 10 8.4 MocKly Extenträger 10 8.5 Robustheit (ApreliAusschreibungstexte 0.6 8.6 Robustheit (ApreliAusschreibungstexte 0.6 8.7 Piole- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 8.8 Robustheit (ApreliAusschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 10 10 9.3 Mockly Batturnelia 10 10 10 10 10 10 9.4<			10202040				
7.2 MockUp selbsträgend (malog Winkelstlätzmauer) 10 7.3 MockUp röckverspannt mittels Anker 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8) Programm Brücken in Achse 8.5 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.2 MockUp Schrägeibrücke 10 8.3 MockUp Bogen und Aufständerung, Pfeiler 10 8.4 MockUp Schrägeibrücke 30 8.5 Robustheit (Anprali/Ausfalt, Erdbeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhait und Restrukturierung 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9 Programm Tagbautunnels 10 10 10 10 9.4 MockUp Bewisterpläne/Ausser, Verformung) 0.6 10 10 10 9.4 MockUp Bewisterpläne/Ausser, Verformung) 0.6 10 10 10 9.4 MockUp Rahmenbauweise 10 10 10 10 10 9.4 MockUp Rahmenbauweise 10 10 15				75'000	150'000	225'000	
7.3 MockUp rickverspann mittels Anker 10 7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8 Programm Brücken in Achtse 8.5 937500 1875000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.2 10 15 8.3 MockUp Bogen und Aufständerung, Pfeiler 15 8.4 MockUp Schrägsellbrücke 3.0 8.5 0.5 8.0 100 8.6 Untorhalt und Restruktuferung 0.5 8.7 Piole- und Demostrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 8.6 NockUp Reservice 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 10 10 9.2 MockUp Rewölbewrikung 10 10 10 10 9.3 MockUp Rohmenbauweise 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 </th <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>							
7.4 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.5 8 Programm Brücken in Achse 8.5 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 2.4 0.6 8.2 Mocklup Bogen und Aufsähnderung, Pfeiler 1.0 8.3 Mocklup Schrügelibrücke 3.0 8.4 Mocklup Schrügelibrücke 3.0 8.5 Robustheit (Anprall/Ausfahl, Erdbeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.3 8.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 8.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 6 9.2 Mocklup Berwinehauweise 1.0 5 9.3 Mocklup Gewöltsewirkungrung 1.0 9.4 Mocklup Rahmenbauweise 1.0 5 9.5 Robustheit (Anpral/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhait und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und							Concerning and Concerning
8 Programm Brücken in Achse 8.5 937500 1'875000 2'812'500 8.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 8.2 0.6 937500 1'875000 2'812'500 8.3 MockUp Bogen und Aufständerung, Pfeller 15 15 8.4 MockUp Schrägsellbrücke 30 8.5 Robusthet (Anprali/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 55 8.6 Unterhalt und Restruktionstregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 62 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.2 MockUp Rewölbewirkung 10 9.3 MockUp Rewölbewirkung 10 9.4 MockUp Rewölstewirkung 10 9.5 Robusthet (Antorderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.4 MockUp Rahmenbauweise 10 9.5 Robusthet (Lordbeen, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.5 9.4 MockUp Rahmenbauweise 0.6 9.5 Stötzwand-Plätte 0.6 9.6 Unterhalt und Restrukturierung							
1.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.2 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 10 8.3 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 15 8.4 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 30 8.5 Robustheit (Anprali/Ausfall, Eröbeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhalt und Restrukturerung 0.3 8.7 Pioler und Demostrationsprojek (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 8.8 Konstruktionsregein/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'138 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 3 3.4 Mocklup Stuttwand-Platte 1.0 9.3 Mocklup Rahmanbauweise 1.0 3.4 1.0 3.5 8.5 1.0 9.4 Mocklup Rahmanbauweise 1.0 3.5 3.5 1.0 3.5 9.5 Robustheit (Anpril/Ausfall, Eröteben, Leckagen) 0.5 3.5 3.6 1.0 9.6 Unterhalt und Restrukturerung 0.6 0.6 0.6 0.6<	7.4	Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte	0.5				
1.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Verformung, Materialisierung, Abdich 0.6 8.2 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 10 8.3 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 15 8.4 Mocklup Sterrägenilhviständerung, Pfeiler 30 8.5 Robustheit (Anprali/Ausfall, Eröbeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhalt und Restrukturerung 0.3 8.7 Pioler und Demostrationsprojek (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 8.8 Konstruktionsregein/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'138 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 3 3.4 Mocklup Stuttwand-Platte 1.0 9.3 Mocklup Rahmanbauweise 1.0 3.4 1.0 3.5 8.5 1.0 9.4 Mocklup Rahmanbauweise 1.0 3.5 3.5 1.0 3.5 9.5 Robustheit (Anpril/Ausfall, Eröteben, Leckagen) 0.5 3.5 3.6 1.0 9.6 Unterhalt und Restrukturerung 0.6 0.6 0.6 0.6<	Programm	m Brücken in Achse	8.5	937'500	1'875'000	2'812'500	
8.2 Mockly Rastenträger 10 8.3 Mockly Begen und Aufständerung, Pfeiler 15 8.4 Mockly Begen und Aufständerung, Pfeiler 30 8.4 Mockly Begen und Aufständerung, Pfeiler 30 8.4 Mockly Begen und Aufständerung, Pfeiler 30 8.5 Robustheit (Anprali/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.3 8.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.3 8.7 Pilot- und Demonstrationsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0.6 0.6 0.6 9.1 Mockly Rahmenbauweise 1.0 0.5 0.5 0.5 0.5 9.3 Mockly Rahmenbauweise 1.0 0.5 0.5 0.5 0.6 9.4 Mockly Beginitrikurierung 0.5 0.6 0.6 0.6 9.5 Robustheit (Anprali/Ausschreibungstexte 0.6 0.6 0.6 9.5 Robustheit (Anprali/Ausschreibungstexte 0.6 0.6 0.6 <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>							
8.3. Mockly Begen und Aufständerung, Pfeiler 15 8.4. Mockly Schrögenibricke 30 8.5. Robustheit (Anprell/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.3 8.5. Unterhalt und Restrukturierung 0.3 8.7. Pilot- und Demonstrationsprojek (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 8.6. Konstruktionsregein/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9.9. Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1. Anafyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.1 0.6 9.5 0.5 9.6 0.6 9.5 9.6 0.6 9.5 9.7 10.1 9.5 8.6 0.6 9.7 9.10 9.8 <							
8.4 Mockup Schrägselibrücke 3.0 8.5 Robustheit (Apprelikusseli, Erdeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.3 8.7 Pilot- und Demonstrationsprojek (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 8.8 Romstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreiblungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0.6 0.6 9.2 Mockup Gwöllewirkung 1.0 0.0 0.5 0.6 9.3 Mockup Stützwand-Platte 1.0 0.5 0.5 0.5 9.4 Mockup Stützwand-Platte 1.0 0.5 0.6 9.5 Robustheit (Anprelikusselit, Erdbeben, Leckagen) 0.5 0.6 9.4 Mockup Stützwand-Platte 0.6 0.6 9.5 Polgeprogramme 0.6 0.6 9.6 Die Johd Demonstrationsprojek (Beratung, Begleitung, Monitoring) 0.6 9.5 Struktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 10.1 Vorbereitung 0.	8.3	MockUp Bogen und Aufständerung, Pfeiler					
8.5 Robustheti (Anprali/Ausfali, Erdbeben, Leckagen) 0.5 8.6 Unterhait und Restrukturierung 0.3 8.7 Pilot- und Demonstrationsprojeki (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9.9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 0.6 9.2 MocKUp Gewölbewirkung 1.0 9.3 MocKUp Rahmenbauweise 1.0 9.4 MocKUp Stützwand-Plätte 1.0 9.5 Robustheti (Anpreli/Ausschreibungstexte 0.6 9.6 Unterhait und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojeki (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Polgeprogramme 0.0 10 10.1 Verbereitung 0.6 10 10.1 Verbereitung 0.6 10 10.1 Verbereitung 0.6 10 10.1 Verbereitung		MockUp Schrägseilbrücke	3.0				
8.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 9 Programm Tagbautrunels 0.6 9 Programm Tagbautrunels 6.2 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.2 MocKUp Gewolbewirkung 1.0 9.3 MocKUp Gewolbewirkung 1.0 9.4 MocKUp Fahrmenbauweise 1.0 9.5 Robustheit (ApralliAussalt, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 0.6 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Polgeprogramme 0.0 10 10.1 Verbereitung 0.6 10 10.2 Statuktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 10 0 Polgeprogramme 0.0 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.438 4.435 4.838 4.435 4.838 4.835 4.838 4.835 4.838 4.835 4.838		Robustheit (Anprall/Ausfall, Erdbeben, Leckagen)					
8.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 9 Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 10 9.2 MocKup Gewölbewirkung 10 9.3 MocKup Gewölbewirkung 10 9.4 MocKup Stützwand-Platte 10 9.5 Robustheit (Anpreli/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6 0.5 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 10 9.8 Konstruktuorsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 10 Poigeprogramme 0.0 10.1 Vorbereitung 38.3 1'962297 3'924'595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.438 4.435 4.838 4.835 4.838 3.							
B Programm Tagbautunnels 6.2 290'136 580'272 870'408 9.1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 1.0 9.3 MockUp Gawinibauweise 1.0 9.4 MockUp Fahmenbauweise 1.0 9.4 MockUp Fahmenbauweise 1.0 9.5 Robustheit (April-Erdbeten, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhalt und Restrukturerung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Polgeprogramme 0.0 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8							
1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.2 MockUp Gwölwrikung 10 9.3 MockUp Rahmenbauweise 10 9.4 MockUp Rahmenbauweise 10 9.5 Robustheit (ApreliAustali, Eröbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Untorhait und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojeki (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 0.0 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8 10 Vorbereitung 38.3 1'962297 3'924595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8 3.924595	8.8	Konstruktionsregeln/Musterplane/Ausschreibungstexte	0.6				
1 Analyse und Anforderungen (Lasten, Wasser, Verformung) 0.6 9.2 MockUp Gwölwrikung 10 9.3 MockUp Rahmenbauweise 10 9.4 MockUp Rahmenbauweise 10 9.5 Robustheit (ApreliAustali, Eröbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Untorhait und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojeki (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 0.0 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8 10 Vorbereitung 38.3 1'962297 3'924595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8 3.924595	Programm	m Tagbautunnels	6.2	290'136	580'272	870'408	
9.2 Mocklup Gaweilbewirkung 10 9.3 Mocklup Fahmenbauweise 10 9.4 Mocklup Fahmenbauweise 10 9.4 Mocklup Fahmenbauweise 10 9.4 Mocklup Fahmenbauweise 10 9.4 Mocklup Fahmenbauweise 10 9.5 Robustheit (AppreliAusfall, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstruktionsregeln/Musschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 0.0 10.1 Vorbereitung 38.3 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.835 4.838 3.8							
9.3. MocKUp Rahmenbauweise 10 9.4. MocKUp Stitzwand-Pitte 10 9.5. Robustheit (Anprall/Ausfall, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6. Unterhait und Restrukturierung 0.5 9.7. Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8. Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0.5 0.0 1962297 3924595 5886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.438 4.838 4.835 4.838 3.8	9.2	MockUp Gewölbewirkung	1.0				
9.5 Robusheit (Anpral/Lusfall, Erdbeben, Leckagen) 0.5 9.6 Unterhalt und Restrukturierung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregein/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 01 Folgeprogramme 0.0 1%2297 3924595 5886/892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.438 4.838 4.835 4.838 3.0		MockUp Rahmenbauweise					
9.6 Unterhalt und Restruktunderung 0.5 9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 0.0 0.6 10.1 Vorbereitung 0.6							and the second
9.7 Pilot- und Demonstrationsprojekt (Beratung, Begleitung, Monitoring) 1.0 9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 0.0 10 10.1 Vorbereitung 38.3 1%62297 3%24595 5%86/892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.835 4.838 3.0							
9.8 Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte 0.6 0 Folgeprogramme 10.1 0.0 0.0 Total 38.3 1%2297 3%24595 5%86/6%92 1.613 2.419 3.628 5.241 4.838 4.435 4.838 3.0							
Folgeprogramme 0.0 10.1 Vorbereitung Total 38.3 1'962'297 3'924'595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.435 4.838 3.0							
10.1 Vorbereitung Total 38.3 1'962'297 3'924'595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.435 4.838 3.1	9.8	Konstruktionsregeln/Musterpläne/Ausschreibungstexte	0.6				
10.1 Vorbereitung Total 38.3 1'962'297 3'924'595' 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.435 4.838 3.1	Eolgenrog	gramme	0.0				
Total 38.3 1'962'297 3'924'595 5'886'892 1.613 2.419 3.628 5.241 4.838 4.435 4.838 3.0			0.0				
	1253.158257						
	Total		38.3	1'962'297	3'924'595	5'886'892	1.613 2.419 3.628 5.241 5.241 4.838 4.435 4.838 3.628 2.
Schweiz emittiert 44 Mio to CO2 pro Jahr 589 Mio to CO2 = 13.4% des Schweizer Ausstosses		Schweiz emittiert 44 Mio to CO2 pro Jahr		5.80	Mio to CO2 =	13 4%	des Schweizer Ausstosses

Figure 12: Strategy, Research programs and projects for decarbonization of infrastructure. Graphic BFH AHB, Timbatec.





9 main application areas were evaluated, assessed, and quantified. In estimating the volumes of wood to be used, it was found that there are three predominant areas of high impact: Bridges across the axis, bridges in axis, and open-cut tunnels. In comparison, the other areas are almost negligible.

This strategy does not need to fear the cost-benefit comparison either. In Switzerland alone, 1.96 million tons of CO_2 can be saved and 3.92 million tons of CO_2 can be substituted by replacing concrete. In total, an effect of 5.89 million tons of CO_2 is achievable. This corresponds to 13.4% of Switzerland's annual CO_2 emissions. The costs of the entire strategy amount to CHF 38.3 million, or CHF 6.51/to CO_2 .

Taking into account that it takes roughly 5 years from order to execution, there are 25 years left for achieving to net-zero, cp. Figure 13. Therefore 4% of CO_2 emissions will have to be reduced annually over the next 25 years - while construction activity remains unchanged. This will not be possible even with emissionreduced concrete. But if every possible application is ordered in wood, the storage of CO_2 in the wood gives a certain head start, so that the goal remains achievable.

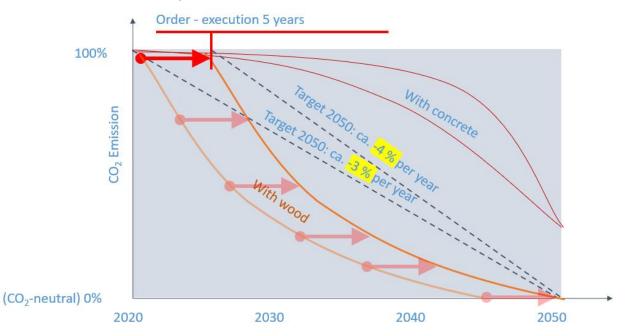


Figure 13: Time lag from order to execution 5 years. Graphic: BFH, Timbatec.

Political homework

It is understandable that the authorities were not waiting for this task. The main task of the road authorities is to create and operate the traffic routes, and to do so as safely and cost-effectively as possible. Sustainable infrastructure in wood is not. If we want the sustainability of the constructions to become the task of the authorities as well, we also have to do the political homework. Jakob Stark, member of the Council of States, and Erich von Siebenthal, member of the National Council, have submitted a motion that has been adopted in both federal chambers by the end of 2021, Figure 14. Not only the road authorities, but all authorities concerned with the construction and operation of infrastructure buildings must now fulfill this task. This also includes, for example, the railroads or the army's buildings.

To enable the widespread use of wood in infrastructure buildings, the legal basis must be established first. So if you want to play a decisive role in your country or state, find a parliamentarian to submit this proposal. Politicians are grateful for well-researched and ready-made proposals. This saves them a lot of work, strengthens their political effectiveness, and raises their sustainability profile in the society.





21.3293 Motion

Submitted by Stark Jakob, Ständerat, Fraktion der Schweizerischen Volkspartei

Research and innovation of wood as a material for use in infrastructure construction as a decarbonization contribution

Text submitted:

The Federal Council is instructed to research the possibilities for decarbonizing infrastructure construction in cooperation with universities and the relevant standards commissions. In particular, it should be examined, and efforts made to supplement or replace reinforced concrete with CO₂-absorbing materials. The focus should be on researching and innovating wood as a material for widespread use in infrastructure construction. A corresponding research and implementation strategy is to be developed.

Explanation:

Infrastructure construction is one of the largest CO_2 emitters in Switzerland. The main cause is the use of reinforced concrete. Cement production (2020: 4 214 785 tons, source cemsuisse.ch), with annual CO_2 emissions of about 2.5 million tons, contributes more than 5 percent to national CO_2 emissions (46.4 million tons).

For the construction of infrastructures, in the building sector, but also in other sectors such as the road sector, various solutions are already available today with materials that do not produce CO_2 during production but store it, such as wood. One cubic meter of wood stores about 1 ton of CO_2 in the long term. When used properly, wood is a very long-term and also cost-effective CO_2 store for infrastructure buildings in all sectors. The advantages over the currently discussed CCS (Carbon Capture and Storage) are obvious: with CCS, one pays a high amount per ton of CO_2 for the pure storage function, whereas this is included in the price when using wood for infrastructure construction, i.e. it is free of charge, so to speak.

In addition, there is the reduction in CO_2 emissions due to the substitution of reinforced concrete with wood; one cubic meter of wood replaces approximately one cubic meter of reinforced concrete. In addition, the energy input per cubic meter of material is significantly lower for wood components than for reinforced concrete.

Although the first promising applications of wood in infrastructure construction are available, increased support for research and innovation is needed so that a significant contribution can be made in time to the storage of CO_2 and the reduction of CO_2 production. Together with universities and standardization associations, a research and implementation strategy should be developed that provides a general basis but also focuses specifically on the various areas and types of structures. The offices involved in the construction of infrastructure buildings, such as ARMASUISSE, ASTRA, BAFU, BAV (SBB), BBL, BFE, BWO OR PUBLICA are to be involved accordingly.

https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20213293

Figure 14: Full text of the submitted proposal 21.3293 of Ständerat Jakob Stark and Nationalrat Erich Von Siebenthal

Wooden wildlife overpasses in Switzerland

Stefan Zöllig wrote the first study on wildlife bridges made of wood in 1998. Afterwards, it took 22 years until the first wooden wildlife overpasses could be built. So, the first wooden wildlife overpasses of Switzerland were built in 2020 in Rynetel AG (Figure 15) and 2021 in Neuenkirch LU (Figure 16). The wildlife overpass in Rynetel AG is a double arch with 17.5 m span each. The wildlife overpass in Neuenkirch LU is designed as a double single span girder with 17.5 m span each and a center support.

Further wildlife bridges are planned in Ziegelbrücke GL (Figure 17) and in Tenniken BL. The wildlife bridge in Ziegelbrücke GL will be designed as an arch with a span of 57 m.







Figure 15: Built wildlife overpass Rynetel AG, Switzerland. Picture: Nils Sandmeier, Timbatec



Figure 16: Built wildlife overpass Neuenkirch LU, Switzerland. Picture: Nils Sandmeier, Timbatec



Figure 17: Planned wildlife overpass Biberlikopf Ziegelbrücke GL, Switzerland. Picture: Nightnurse Images, Zürich

Research: Heavy duty box girder bridges

To be successful in infrastructure made of wood, it is not enough to criticize reinforced concrete. Nor is the experience gained so far sufficient to be successful in the three determined areas. On the contrary, we must very quickly develop the necessary methods to be able to realize long-span heavy-duty bridges in wood. Previous reinforced concrete bridges were designed as box girders. Can this construction method be transferred to timber construction? To answer this question, Dr.-Ing. Bettina Franke and Prof. Dr. Steffen Franke from the Bern University of Applied Sciences AHB have started a research project together with Stefan Zöllig from Timbatec and TS3 as well as with other business partners. Here, the feasibility of prestressed hollow box girders in wood is evaluated and developed. The TS3 technology, in which CLT cross laminated timber panels are joined together by butt joint bonding, is making an important contribution to this. The joint edges of the CLT panels are CNC-machined and pre-treated in the factory. On site, the CLT panels are arranged in the correct geometry, sealed and grouted with a high-performance casting-resin without applying pressure. This is done in panel plane, but also with miter joints.

This feasibility study is, so to speak, the "entry debate" until the implementation of the Stark motion starts.

Two box-girder modules in the courtyard of the Bern University of Applied Sciences in Biel, as shown in Figures 18 to 20, will be used as working models where the envisaged static models, but also practical exercises can be carried out. It is to be expected that, in the course of the research project, new findings will





emerge that will require adjustments to the model. This is desired and planned in order to be ready for the realization of the first prestressed box girder bridges as soon as possible.



Figure 18: Manufacturing box-girder modules at the factory. Picture: Flück AG, Wangen b. Dübendorf



Figure 19: Installation of the box-girder modules. Picture: Steffen Franke



Figure 20: Box-girder modules in the courtyard of the Bern University of Applied Sciences Biel. Picture: Steffen Franke