TECHNISCHE HOCHSCHULE
OSTWESTFALEN-LIPPE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS

SMART WOOD
CENTER OWL

UpCycling + Holz = Dein nachhaltiges Lastenrad

eine Gleichung für Schulprojekte



Prof. Dr.-Ing. Adrian Riegel

Unterlagen für Schulprojekte - Lemgo

Nachhaltigkeit oder Greenwashing?

Nachhaltigkeit

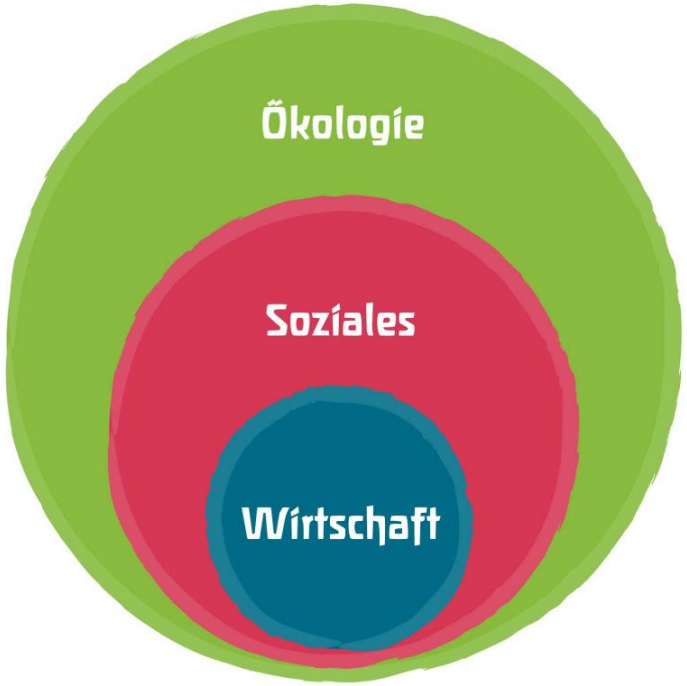
Aus Wikipedia:
Nachhaltigkeit
ist ein Handlungsprinzip
zur Ressourcen-Nutzung,
bei dem eine dauerhafte
Bedürfnisbefriedigung durch
die Bewahrung der natürlichen
Regenerationsfähigkeit der
beteiligten Systeme
(vor allem von Lebewesen und
Ökosystemen)
gewährleistet werden soll.



Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Jeder Bereich wird als gleich wichtig
und gleichberechtigt angesehen.

Aussage: Nachhaltigkeit kann nur bei
gleichwertiger Rücksichtnahme auf
alle drei Bereiche erreicht werden.



Vorrangmodell der Nachhaltigkeit

Einzelne Bereiche werden in ihrer Beziehung
und Abhängigkeit zueinander gesehen.

Aussage: Keine Wirtschaft ohne eine Gesellschaft,
keine Gesellschaft ohne Ökologie.

Kreislaufwirtschaft

Kreislaufwirtschaft ist das derzeit wohl meist umworbenste Konzept für
eine nachhaltige Zukunft,

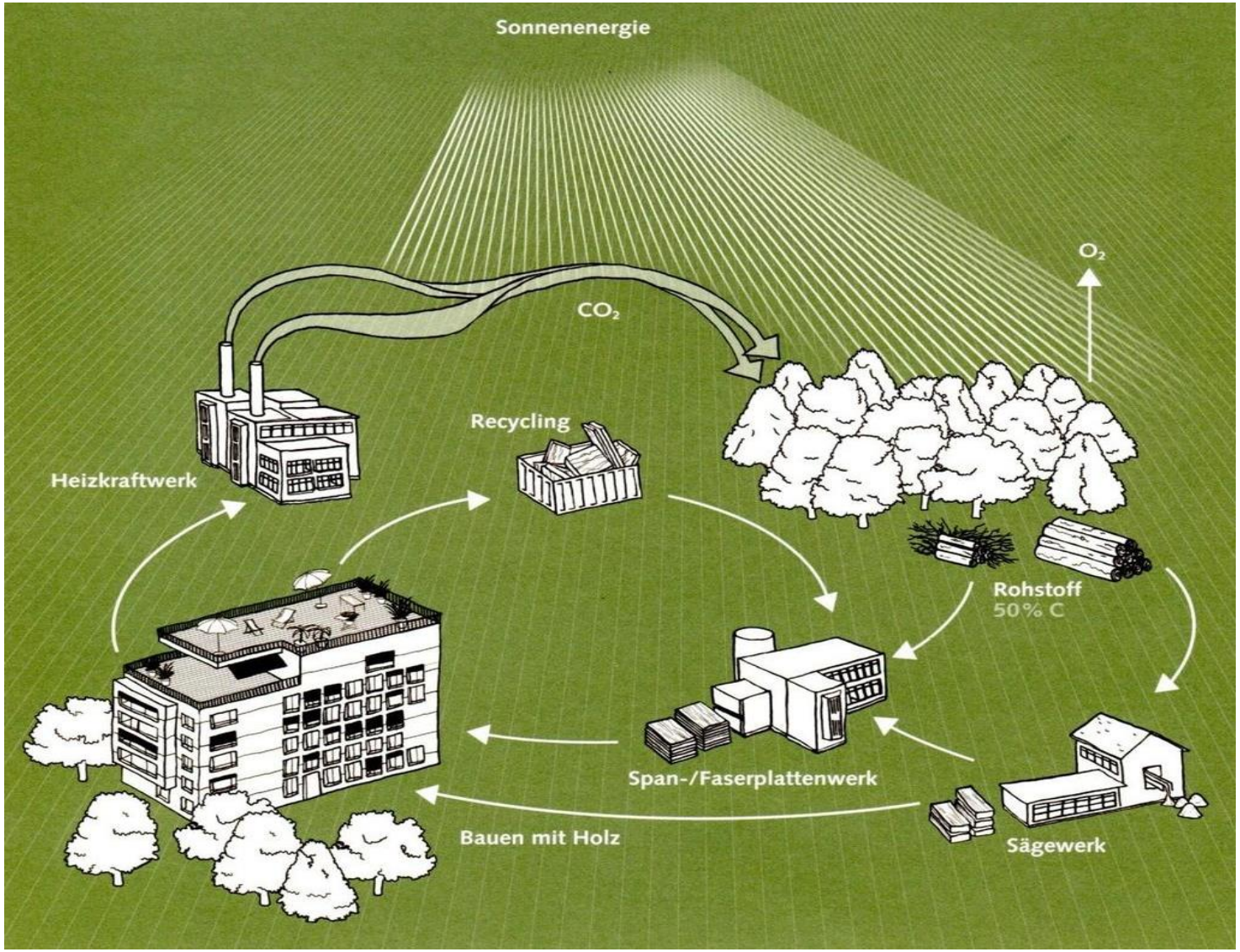
ein Konzept, das anhaltenden Wohlstand und Erhalt von Ressourcen zusammenbringt



hausvoneden.de/sustainability/kreislaufwirtschaft-ein-konzept-aus-der-natur-sichert-unsere-zukunft

Kreislaufwirtschaft Holz

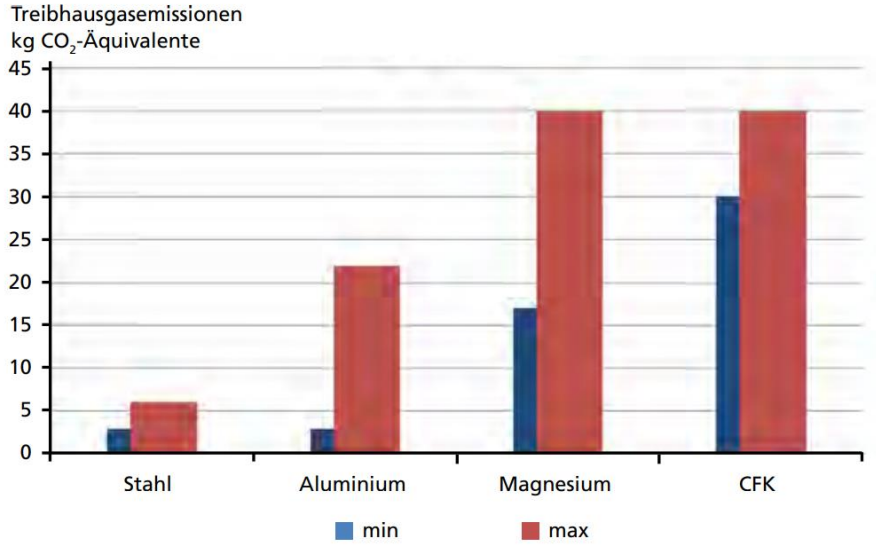
- **Biobasierter Rohstoff**
- **C - Speicher**
- **Hohe Energieeffizienz**
- **Reststoffarme Nutzung**
- **Altholz Recycling**



docplayer.org/72906321-Tum-ebb-univ-prof-florian-musso-baukonstruktion-und-baustoffkunde-recyclingwerkstoffe-aus-holz

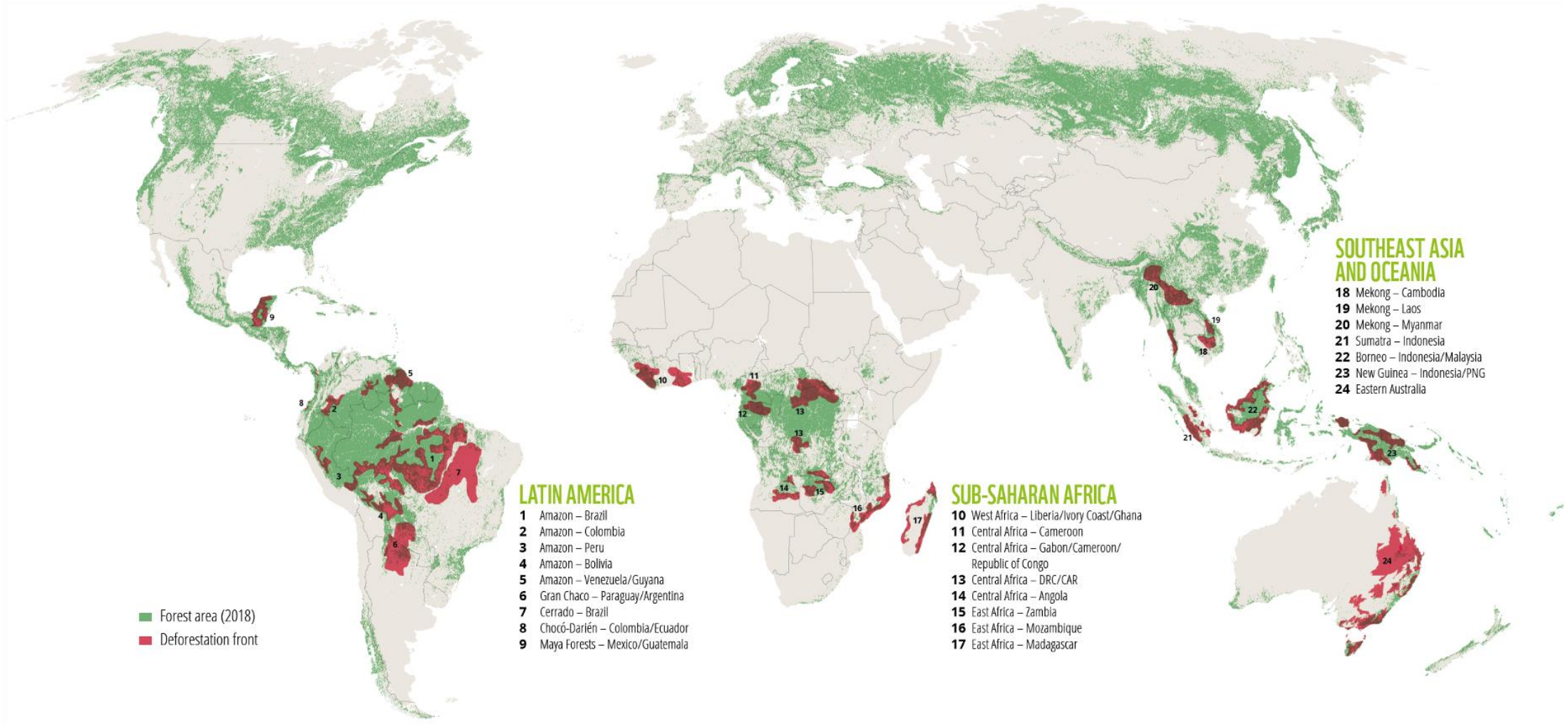
Emissionen verschiedener Baustoffe

Wambach, Rommel, Kerner:
Optimierung des ökologischen Fußabdrucks neuer Werkstoffe in einer Kreislaufwirtschaft



Nelles, Serrer: Die Klimalösung

Aktuelle Fronten der Entwaldung



worldwildlife.org/stories/deforestation-fronts

Eine schnelle Rechnung:

Making one ferrous steel tube emits 2.15kg of carbon compared to a 6.74kg per titanium tube and 7.43kg per stainless steel tube.
Conventional steel is three times more environmentally friendly than a titanium frame, with a conventional ferrous steel diamond frame emitting 17.5kg of carbon while titanium comes in much higher at 53.92kg and stainless steel even more at 59.44kg.
'What surprised me is that all of our steel comes from recycled metal,' says Shepherd. 'We do not use virgin materials so we are not responsible for anyone digging a hole in the ground. That was really good to discover.'

https://www.cyclist.co.uk/in-depth/steel-bike-frame-environmental-impact

Wenn es aus Sperrholz wäre:

166 kg CO2-Äquivalent/m³ für strukturelles Sperrholz bis zu 622 kg CO2-Äquivalent/m³ für Sperrholz, das als nicht-strukturelles Baumaterial oder für Möbel verwendet wird

Bei 2 Platten Birkensperrholz 6 mm a 2,5 x 1,5 m = 0,045 m^3
und 394 kg CO2 / m^3 Sperrholz im Mittel
Damit ca. 17,73 kg im Mittel

Die Rechnung auf lange Sicht:

CO2 in Fahrrädern aus Holz zu binden, liefert kaum eine Beitrag zur Abschwächung des Klimawandels:

- Die Masse ist einfach zu gering
- Holzbau wäre hier sinnvoller
- Holzwerkstoffe haben nicht a priori eine positive Klimabilanz
- Es kommt eben sehr darauf an

Aber:

- Ein Fahrrad aus Holz ist ein Statement zur Nachhaltigkeit
- Und es ist ein Hingucker!



Stylisch und sicher. Nach über 200 Jahren sind Holzfahrräder heute wieder im Trend - Holzfahrrad MyEsel. Quelle: © Andreas Maxoness

Die Rechnung auf kurzfristige Sicht:

CO2 im z.B Interieur von Fahrzeugen zu binden, ist natürlich auch eine Statement aber vor allem Design. Der Beitrag ist im Verhältnis zur Fahrzeugmasse und den sonst verwendeten Werkstoffen marginal. Die Lebensdauer ist wie bei Fahrrädern kurz, zu kurz um das prognostizierte Überschwingen über das 2-Grad-Ziel hinaus mit solchen Maßnahmen abzufedern. Da gäbe es größere Hebel, wie z.B. die Wiedervernässung von Mooren usw..



Innenraum aus Zellulose-Verbundstoffen sowie aus lösungsmittelfreien Holz-Verbundmaterialien. Quelle: ©UPM

Welche Hebel hat man selbst in der Hand:

Wikipedia

Für einen Städtetrip via Flugzeug von Düsseldorf nach Florenz fallen - je nach Berechnungsmodell - etwa 400 bis 470 Kilo CO2-Äquivalente pro Person an.
Wer auf der gleichen Strecke alleine im Auto unterwegs ist, ist mit rund 450 Kilo allerdings auch nicht viel klimafreundlicher. Sobald mehrere Personen im Auto sitzen, werden die Emissionen pro Kopf natürlich gleich geringer und deutlich besser als im Flugzeug. Wer mit der Bahn bis nach Florenz fährt verursacht lediglich 85 Kilo CO2. Am besten schneidet jedoch der Fernbus ab, mit 55 Kilo Treibhausgasen pro Person.
Nach Zahlen des Verbandes des deutschen Reisemanagements fallen für ein durchschnittliches 1-Sterne-Hotel in Großbritannien 18 Kilo CO2 pro Person und Nacht an, bei einem 5-Sterne-Hotel sind es 27 Kilo.

https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/klimaschutz-so-kannst-du-selbst-co2-sparen/



Die Mobilitätswende:

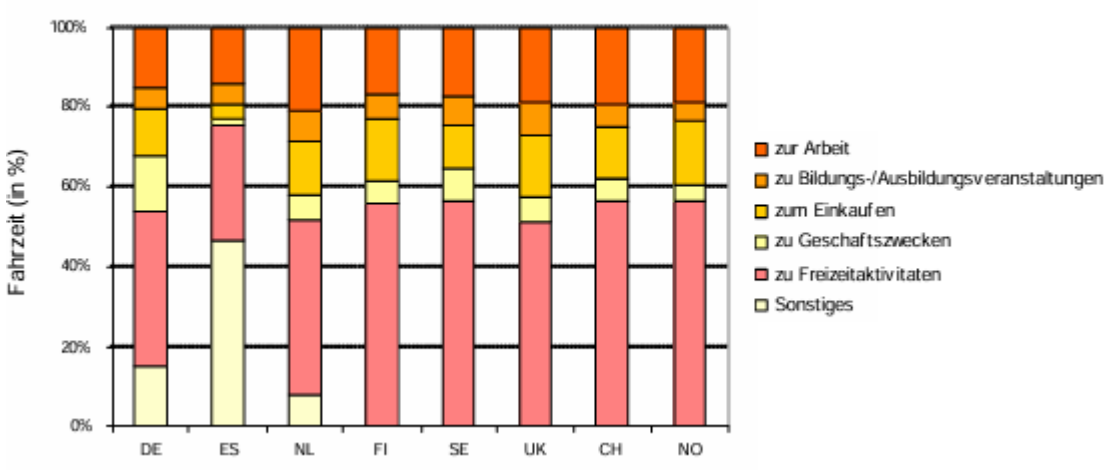
Tabelle 1: Hauptmerkmale der Mobilität im Personenverkehr

Land	Durchschnittliche Zahl der Fahrten pro Person und Tag	Durchschnittliche Fahrstrecke pro Person und Tag (in km)	Durchschnittliche Fahrzeit pro Person und Tag (in Minuten)
BE	3.0	:	:
CZ	:	21.9	:
DK	3.0	37.3	:
DE	3.3	36.9	80.0
EE	:	37.3	:
ES	1.8	:	44.4
FR	2.9	35.3	58.2
LV	1.9	8.7	13.0
NL	3.1	31.9	59.9
AT	3.0	28.1	68.8
FI	2.9	41.8	70.7
SE[1]	2.7	44.1	62.6
UK	2.9	31.8	63.3
CH	3.6	37.1	84.5
NO	3.3	37.9	68.2

[1] Die Zahlen beziehen sich auf einen Bezugszeitraum von drei Jahren: 1999-2001

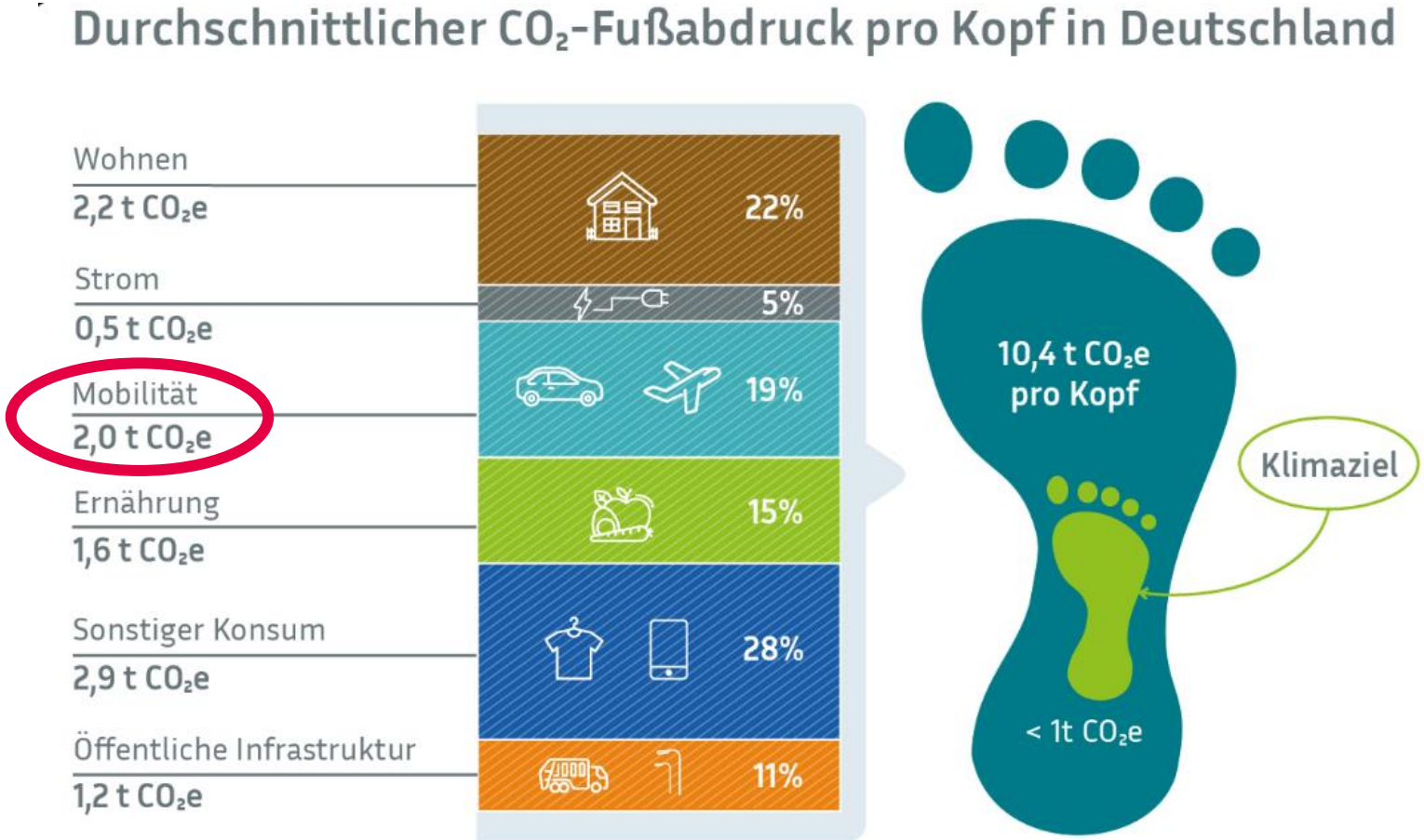
Eurostat: Mobilität im Personenverkehr in Europa

Abbildung 2: Verteilung der Fahrzeit nach dem Zweck der Fahrt (in %)



In DE 11,2 km/Fahrt
bedeutet bei 120 bis 165 g CO2/km bei Verbrennern
1,8 kg CO2 pro Fahrt

Die Relation:



CO_2e: Die Effekte von unterschiedlichen Treibhausgasen (z.B. Methan) werden zu CO_2-Äquivalenten umgerechnet und in die Berechnung einbezogen.

Quelle: Umweltbundesamt CO_2-Rechner (Stand 2025)

© Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich

Gelänge es ein Teil der Kurzstrecken
zum Einkaufen, für die Freizeit oder zur Arbeit
statt mit dem Auto
mit Lastenrädern oder Fahrrädern zu fahren
....

Exkurs: Was kann ich selber tun

Die persönliche Klima-Bilanz: Selbstwahrnehmung vs. Selbstüberschätzung

"Die Ungleichverteilung der Emissionen wird als gesellschaftliches Problem erkannt, und es gibt einen breiten Wunsch nach Veränderung – doch viele sehen sich persönlich bereits als Teil der Lösung", erklärt Psychologin und Co-Erstautorin Johanna Köchling. So gab die Mehrheit der Befragten ihren eigenen Anteil am CO2-Ausstoß als deutlich geringer an, als es bei der zugehörigen Vermögensgruppe im Schnitt der tatsächliche Fall ist. Daraus wird deutlich, dass sich eine spezifische Wahrnehmungslücke auftut, die von den Studienautorinnen als "Carbon Perception Gap" bezeichnet wird, also einer Diskrepanz zwischen dem vorherrschenden Status quo, dem angestrebten Ideal und der Selbstwahrnehmung.
Die Ergebnisse liefern wichtige Hinweise für die Klimapolitik, sowohl im Kommunizieren als auch im Handeln. "Der breite Konsens, dass sich etwas ändern muss, ist eine wichtige Grundlage für klimapolitische Maßnahmen", sagt Gesundheitspsychologin und Studienleiterin Britta Renner. "Da die Wahrnehmung einen großen Einfluss auf unser Handeln hat, ist es wichtig, diese Wahrnehmungslücke bei der Gestaltung klimapolitischer Maßnahmen zu adressieren, sodass sie als gerecht empfunden werden und folglich in der Bevölkerung breite Unterstützung finden", ergänzt Biopsychologe und Studienleiter Harald Schupp.

Köchling, J., Koller, J. E., Straßheim, J. et al.: **The carbon perception gap in actual and ideal carbon footprints across wealth groups**. Nature Communications, 2025.

ich, du, wir, sie – Was kann die/der Einzelne für den Klimaschutz tun?

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-20_texte_103-2021_bildungsmaterialien_co2-rechner.pdf

1. Weniger Fleisch essen
2. Weniger Autofahren
3. Keine Flugreisen
4. Weniger eigene Kinder

Seth Wynes and Kimberly A Nicholas: The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions.

Current anthropogenic climate change is the result of greenhouse gas accumulation in the atmosphere, which records the aggregation of billions of individual decisions. Here we consider a broad range of individual lifestyle choices and calculate their potential to reduce greenhouse gas emissions in developed countries, based on 148 scenarios from 39 sources. We recommend four widely applicable high-impact (i.e. low emissions) actions with the potential to contribute to systemic change and substantially reduce annual personal emissions: having one fewer child (an average for developed countries of 58.6tonnes CO2-equivalent (tCO2e) emission reductions per year), living car-free (2.4 tCO2e saved per year), avoiding airplane travel (1.6 tCO2e saved per roundtrip transatlantic flight) and eating a plant-based diet (0.8 tCO2e saved per year). These actions have much greater potential to reduce emissions than commonly promoted strategies like comprehensive recycling (four times less effective than a plant-based diet) or changing household lightbulbs (eight times less). Though adolescents poised to establish lifelong patterns are an important target group for promoting high-impact actions, we find that ten high school science textbooks from Canada largely fail to mention these actions (they account for 4% of their recommended actions), instead focusing on incremental changes with much smaller potential emissions reductions. Government resources on climate change from the EU, USA, Canada, and Australia also focus recommendations on lower-impact actions. We conclude that there are opportunities to improve existing educational and communication structures to promote the most effective emission-reduction strategies and close this mitigation gap.

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa7541/pdf

Seth Wynes und Kimberly A. Nicholas: Die Klimaschutzlücke: Bildung und Regierungsempfehlungen lassen die wirksamsten individuellen Maßnahmen außer Acht.

Der derzeitige anthropogene Klimawandel ist das Ergebnis der Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, die die Summe von Milliarden individueller Entscheidungen widerspiegelt. Hier betrachten wir ein breites Spektrum individueller Lebensstilentscheidungen und berechnen deren Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Industrieländern auf der Grundlage von 148 Szenarien aus 39 Quellen. Wir empfehlen vier weitreichende, wirkungsvolle (d. h. emissionsarme) Maßnahmen, die zu einem systemischen Wandel beitragen und die jährlichen persönlichen Emissionen erheblich reduzieren können: ein Kind weniger zu bekommen (durchschnittliche Emissionsreduktion von 58,6 Tonnen CO2-Äquivalent (tCO2e) pro Jahr in den Industrieländern), autofrei zu leben (2,4 tCO2e Einsparung pro Jahr), Flugreisen zu vermeiden (1,6 tCO2e Einsparung pro Transatlantikflug) und sich pflanzlich zu ernähren (0,8 tCO2e Einsparung pro Jahr). Diese Maßnahmen haben ein viel größeres Potenzial zur Emissionsreduzierung als häufig propagierte Strategien wie umfassendes Recycling (viermal weniger wirksam als eine pflanzliche Ernährung) oder der Austausch von Glühbirnen im Haushalt (achtmal weniger wirksam). Obwohl Jugendliche, die dabei sind, lebenslange Verhaltensmuster zu entwickeln, eine wichtige Zielgruppe für die Förderung wirkungsvoller Maßnahmen sind, stellen wir fest, dass zehn kanadische Schulbücher für den naturwissenschaftlichen Unterricht diese Maßnahmen kaum erwähnen (sie machen 4 % der empfohlenen Maßnahmen aus) und sich stattdessen auf schrittweise Veränderungen mit viel geringerem Emissionsminderungspotenzial konzentrieren. Auch die staatlichen Ressourcen zum Klimawandel in der EU, den USA, Kanada und Australien konzentrieren sich in ihren Empfehlungen auf Maßnahmen mit geringerer Wirkung. Wir kommen zu dem Schluss, dass es Möglichkeiten gibt, die bestehenden Bildungs- und Kommunikationsstrukturen zu verbessern, um die wirksamsten Strategien zur Emissionsreduzierung zu fördern und diese Lücke bei den Klimaschutzmaßnahmen zu schließen.

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa7541/pdf

Holz als Werkstoff

Holz ist einer der ersten Werkstoffe

- **a priori nachwachsend**
- **oft nachhaltig angebaut**
- **gutes Gewichts- / Festigkeitsverhältnis**
- **oft preiswert / kostengünstig**
- **gut zu verarbeiten**
- **brennbar**
- **inhomogen**
- **ggf. schlechte Witterungsbeständigkeit**



www.austria-forum.org



eyneburg.eu

Zeitlos Möbel und Innenausbau mit Holz



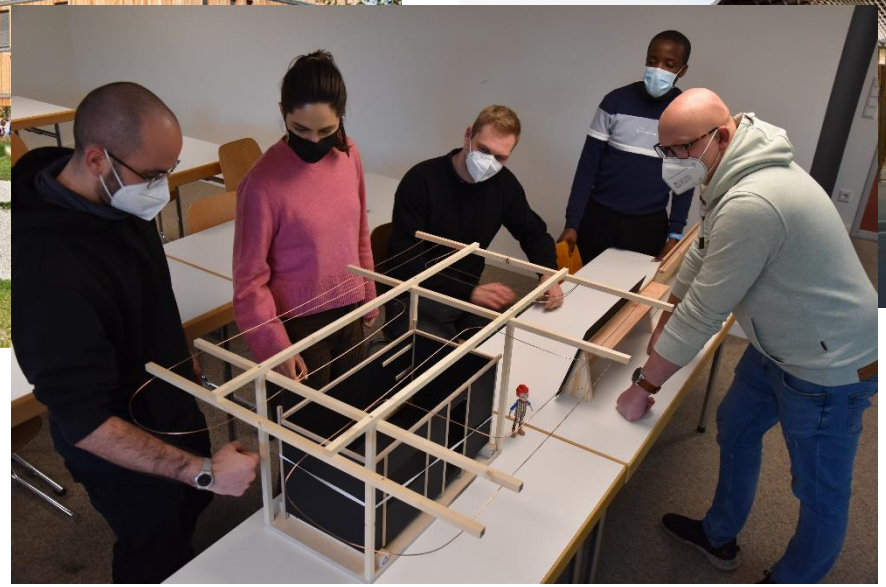
Allnatura.de



Moderner Holzbau









ticket-b.de/reisen/architekturreise-holzbau/

Messe.de

High-Tech in Holz - Unterhaltungsindustrie



Orgel Klais



Michael Probst/ASSOCIATED PRESS

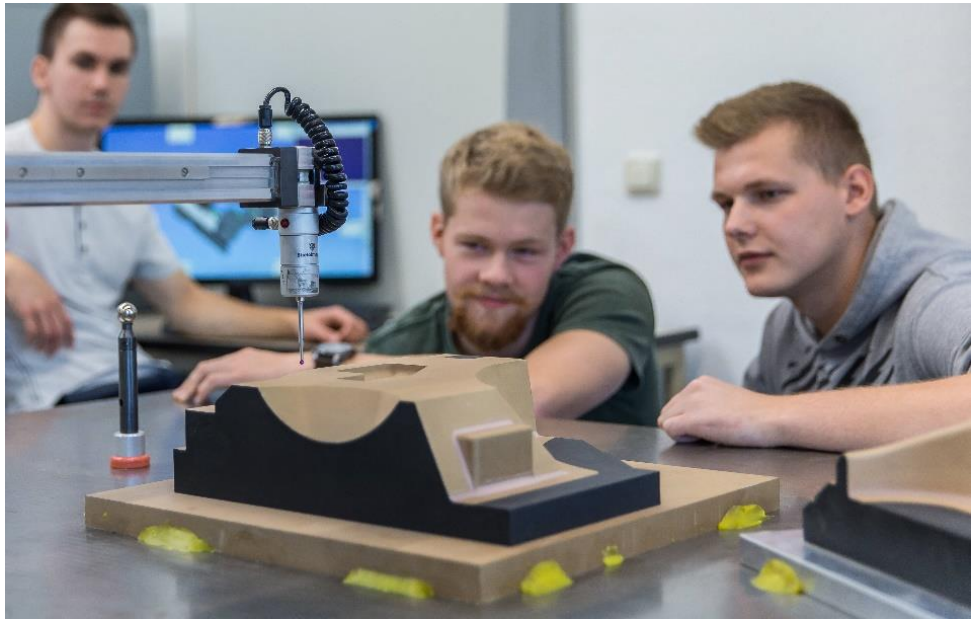


Musikschule Alato

High-Tech in Holz - Modellbau



ADA Acoustics & Media Consultants GmbH

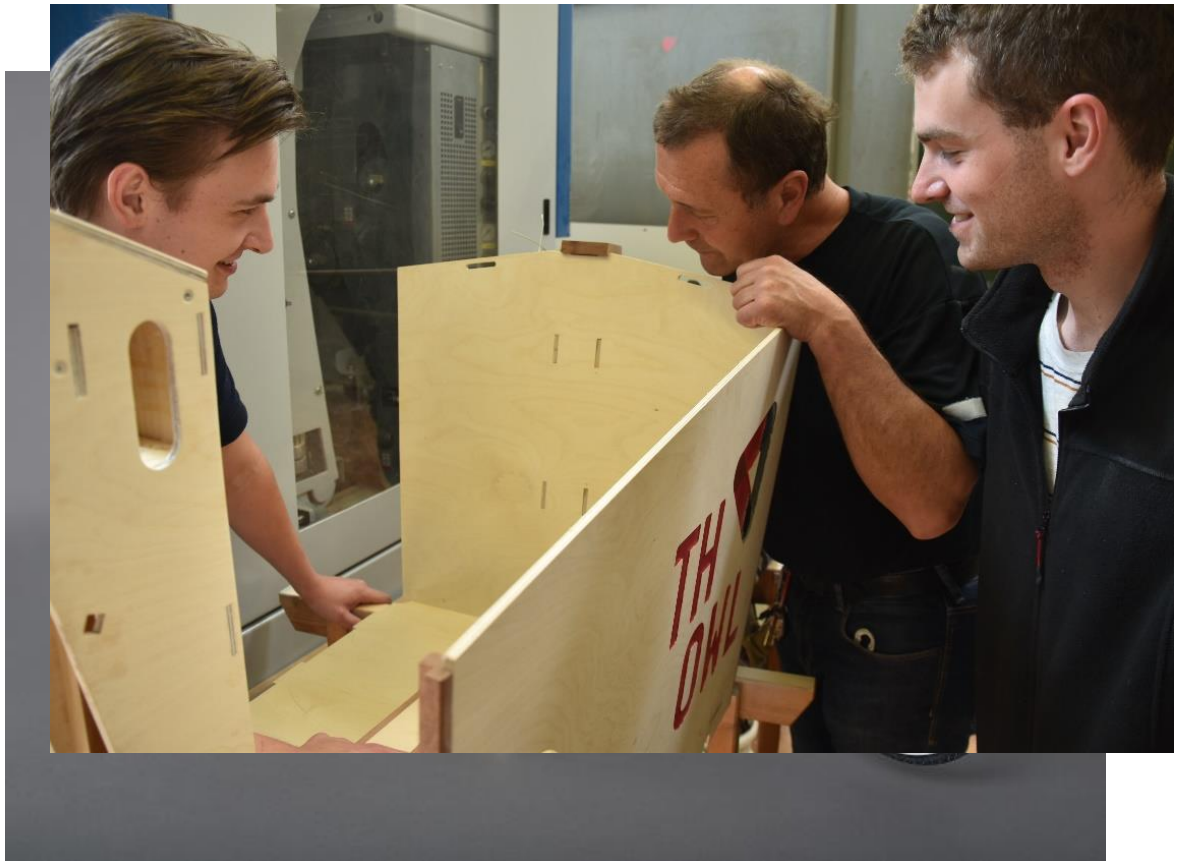


bbs Osnabrück Technischer Modellbau

High-Tech in Holz – Fahrzeug- und Flugzeugbau



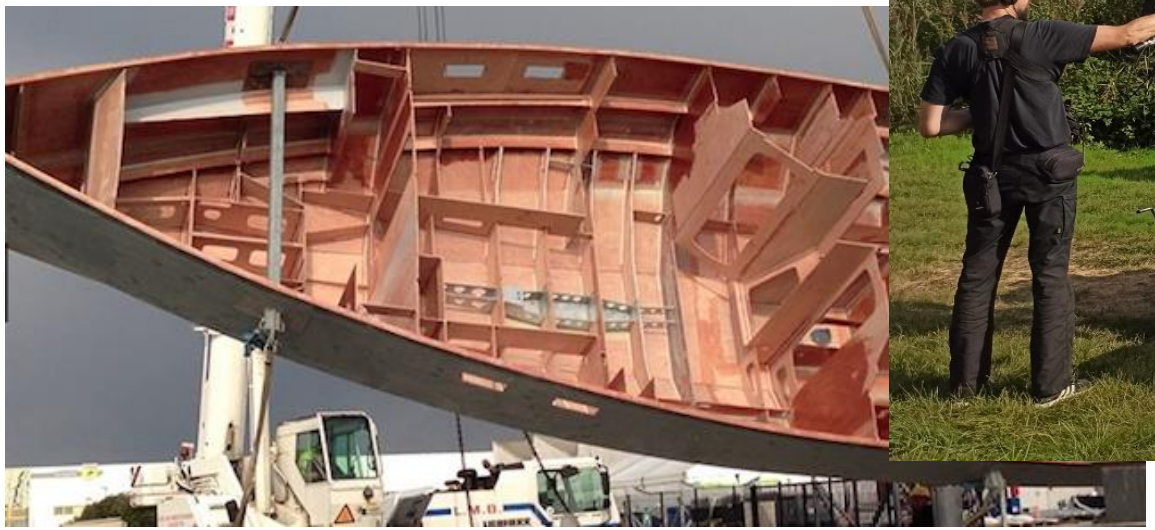
ProHolz.a / aerobuzz.de/general-aviation/
robin-hat-die-erste-cap-10c-ng-an-die-bartolini-air-ausgeliefertt



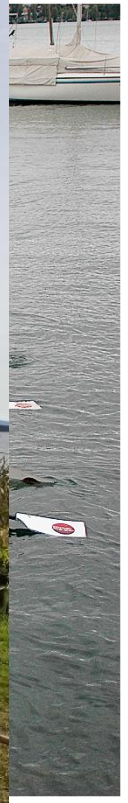
holzbewegt.info/design/lastenrad-2

High-Tech in Holz – Boots- und Yachtbau









wavetrain.net/2019/09/13/rm-1270-rich-wilsons-new-boat/

High-Tech in Holz - Maschinenbau



jobswop.io/blog/erfolgsstorys/
holz-im-maschinenbau-erfolgsstory-ligenium

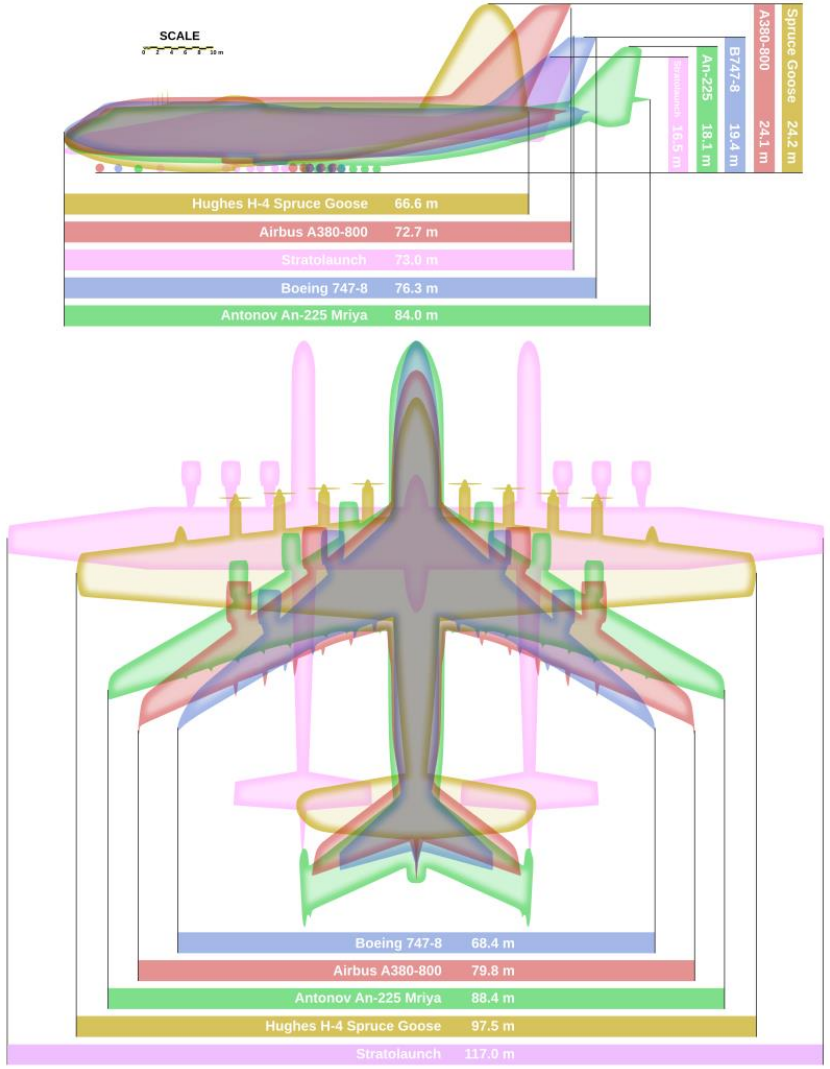




TU Chemnitz

Lange Zeit das größte Flugzeug der Welt

- Hughes H4 „Spruce Goose“
- aus Birkensperrholz
- Dreidimensional verformtes Sperrholz „Duramold“-Verfahren
- 8 × 28-Zylinder mit je 2.240 kW (3.040 PS)
- Als Truppentransporter geplant
- Einmal mit Bodeneffekt geflogen 1947



Bildquelle: Wikipedia

Hughes H4 „Spruce Goose“



Bildquelle: HOWARD HUGHES AND THE H-4 HERCULES 'SPRUCE GOOSE' – Bremont Watch Company (US)

Inside Hughes H4 „Spruce Goose“

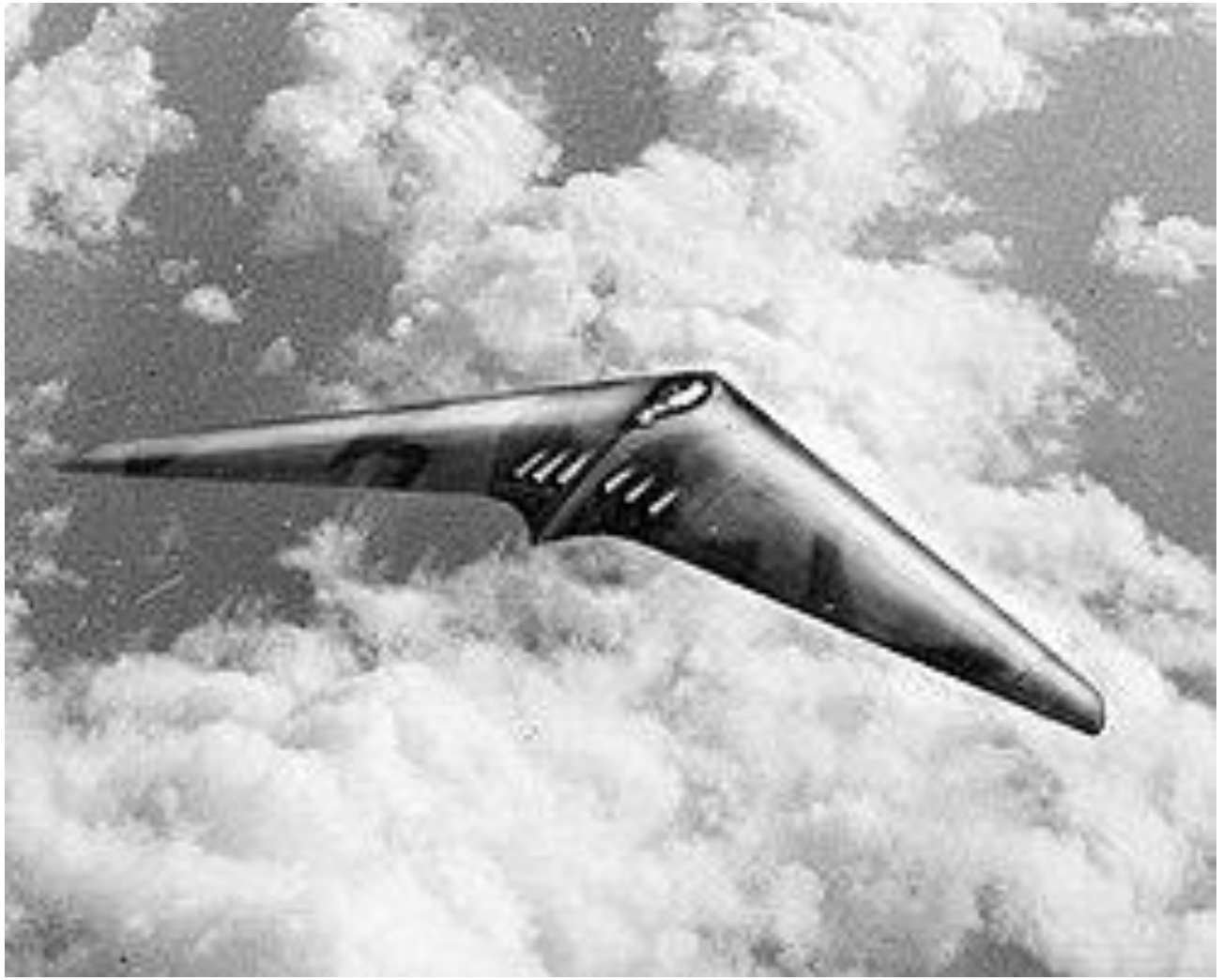


www.flyingmag.com/inside-the-spruce-goose/
[Courtesy: Meg Godlewski]

- Birkenfurniersperrholz
- Phenolharz gebunden
- Formsperrholz „Duramold“ auf Positivformen mit Furnierstreifen und unter Hitze ausgehärtet
- Selbsttragendes Gerippe

Horten H XVIII

- Konzept aus dem Jahre 1945
- Birkensperrholzflügel
- Mittelteil mit Stahlrahmen
- Nie umgesetzt, Strahltriebwerke hätten vermutlich nicht funktioniert



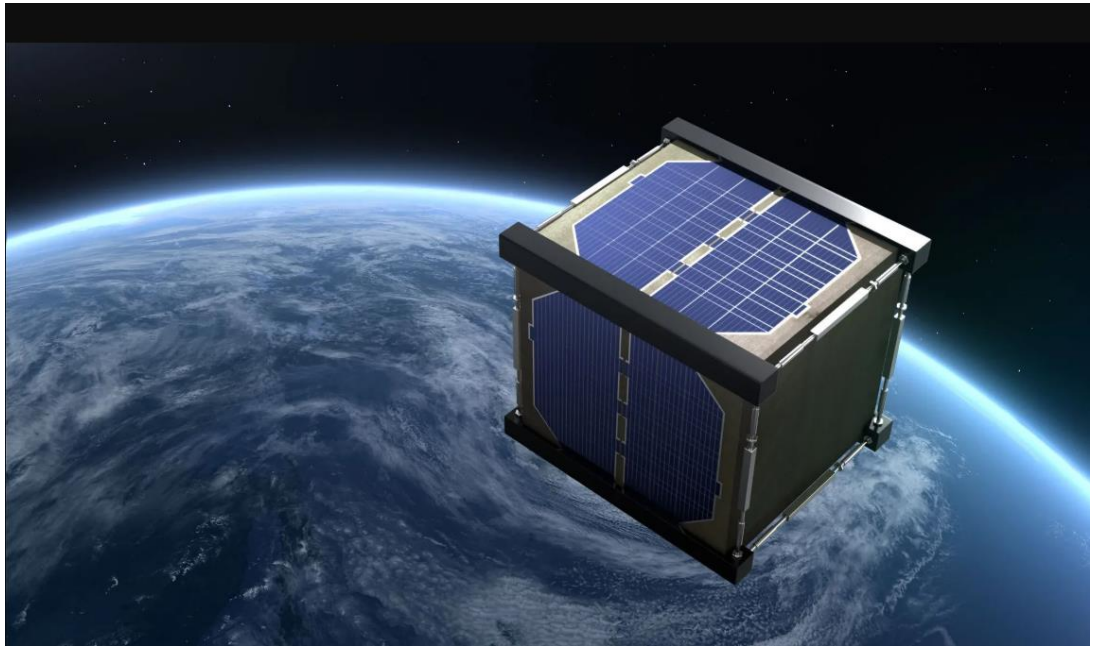
Bildquelle: Wikipedia

LignoSat

„Der weltweit erste von japanischen Forschern gebaute Holzsatellit wurde (…) in einem frühen Test zur Verwendung von Holz bei der Mond- und Marserkundung ins All geschossen.“

„Außer Dienst gestellte Satelliten müssen wieder in die Atmosphäre gelangen, um nicht zu Weltraumschrott zu werden. Herkömmliche Metallsatelliten erzeugen beim Wiedereintritt Aluminiumoxidpartikel, aber Holzsatelliten würden bei geringerer Umweltverschmutzung nur verglühen, sagte Doi.“

https://www.reuters.com/technology/space/worlds-first-wooden-satellite-developed-japan-heads-space-2024-11-05



https://www.zeit.de/wissen/2024-12/lignosat-holzsatellit-japan-weltraum

Strukturelle Überlegungen zum Lastenradbau

Ziele Lehrprojekt

… Umgang mit dem nachwachsenden Rohstoff **Holz**

… Interesse an **Nachhaltigkeit**

… Umsetzbarkeit eines **Lastenrades** aus **Birkensperrholz** beweisen

… extrem **preisgünstiger** Einstieg ins Lastenradsegment

… **Opensource** zum Diskurs in der Szene

… Werbung für die TH OWL

… Bau eines persönlichen Lastenrades durch die Teilnehmer





Das Projekt

Upcycling + Holz = Dein nachhaltiges Lastenrad

Gefördert durch

Fördert • Verbessert • Unterstützt
Hochschulgesellschaft
Ostwestfalen-Lippe e.V.

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen

MENSCH WALD!

Unterstützt durch

TECHNISCHE HOCHSCHULE
OSTWESTFALEN-LIPPE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS

Durchgeführt durch

SMART WOOD
CENTER OWL

Normen-Dickicht - Engineering

… Fahrrad und Lastenrad prinzipiell unreglementiert

… Vorgaben der Sraßenverkehrszulassungsordnung

… Vorgaben **EN 79010** für Lastenräder

… EuroCode 5 für Holzbau unpassend

… Berechnung nach **ISO 12215**
(Kleine Wasserfahrzeuge)

… Berechnung nach letzter **BVS** von 1940
(Segelflugzeuge aus Buche und Birkensperrholz)



Notwendige Werkstattausstattung

- Arbeitstisch mit schnittfester Auflage oder Schonauflage
- 2 Arbeitsböcke
- Gute Belüftung (Stäube, Klebstoffe, Öle, Lacke)
- Ablagemöglichkeiten für Werkzeug und Bauteile (Übersicht)
- Zugang zu Wasser (Abwaschen von Weissleim)
- Unterleghölzer (z.B. Dachlatte)
- Handschuhe, Gehörschutz, Schutzbrille



Notwendiges Werkzeug

- Zugsäge (Japansäge), Gehrungslade
- Stecheisen (min. ein schmales und ein mittelbreites)
- Hammer (gerne auch einen Karosserie- / Gummihammer)
- Bohrmaschine oder besser Akkuschrauber / -bohrer
- Satz Bohrer gerne auch Forstnerbohrer z.B. 20, 35 mm
- Schraubenzieher bzw. Bitsatz
- Schraubzwingen (ideal 1 bis 2 große und 3 kleinere)
- Spanngurte (25 mm Breite reicht)
- Schleifklotz und –papier (P150, P220), Pinsel
- Winkelschleifer, dünne Trennscheibe und Schruppscheibe
- Fahrradwerkzeug zur kompletten Demontage



Arbeitsorganisation

- Es ist sinnvoll, in kleinen Arbeitsschritten die Sperrholzteile zusammenzukleben. Die Genauigkeit kann so besser erreicht werden bzw. korrigiert werden.
- Es ist nicht zweckmäßig, die Sperrholzteile vorab zur Probe zu fügen, da sie ohne Ausrisse kaum demontierbar sind. Auch sollte vorher theoretisch durchdacht werden, wie der Spanndruck auf die Leimfuge aufgebracht werden kann.
- D4-Weissleim sollte nach 1 h relativ belastbar sein. Diese Zeit kann zur Vorbereitung der nächsten Bauteile genutzt werden.
- Motivierender könnte es sein, das Zerlegen und das Vorbereiten des Fahrradrahmens parallel zu den Sperrholzarbeiten zu machen. Dann kommt es zu keinen Stockungen, da die Metallarbeiten vermutlich nur durch eine Person gemacht werden können.
- Verklebungen mit Epoxid und Ölen sollten die letzten Arbeitsschritte am Tag sein. Dann kann auch besser gelüftet werden.

Arbeitsschutz

- Holzstäube können Allergien auslösen. Buchen- und Eichenstäube können Adenocarzenome auslösen.
- Epoxide können kanzerogen sein. Das Oxid des Härters (Aminröte) ist wasserlöslich und leicht toxisch. Die verwendeten Bisphenyle sind gesundheitsschädlich
- Die Ausgangsstoffe und beim Vernetzen von Polyurethanen entstehenden Gase (Isocyanate) gelten als kanzerogen.
- Je nach verwendetem Oberflächenschutz ist von weiteren Gefährdungen auszugehen.

➢ Die Aufsichtsperson muss sich mit den Sicherheitsrichtlinien und Datenblättern vertraut machen und auf die Anwendung bestehen.

➢ Ggf. sind einige Arbeitsschritte ohne Schüler durchzuführen.

Inbetriebnahme, Probefahrten

- Vor den ersten Fahrversuchen sollte das Lastenrad im Stillstand ordentlich beladen werden. Auf Knackgeräusche und offene Fugen ist zu achten. Unzureichend verklebte Fügestellen können nachträglich durch Schrauben oder besser durch Epoxid repariert werden. Der Epoxid muss aber auf dem Holz haften, Weissleimschichten müssen entfernt werden.
- Es sollten nur Fahrversuche mit funktionierenden Bremsen gemacht werden.
- Es könnte am Anfang schleifen und quietschen. Besser es fährt eine Person mit einem normalen Fahrrad nebenher und sucht die einzustellende Stelle, als dass der Fahrer*in des Longjohns abgelenkt wäre.
- Lastenräder, insbesondere Longjohns, sind gewöhnungsbedürftig zu fahren. Es macht sind, Novizen bei den ersten Fahrversuchen wie beim Lernen am Sattel festzuhalten und nebenher zu laufen.

Ein Vorbild? – Congenialer Entwurf aus Portland



Bildquelle: https://bikeportland.org/wp-content/uploads/2011/05/plywood


TH OWL
Holztechnik
TH OWL
15.04.2024 10:30


THOWL


TH
OWL
Holztechnik

Fazit Lehrprojekt

8

Teilnehmer / Erbauer bislang

500 €

Materialkosten beim Prototyp

4..5

Verschiedene Typen:

Longjohn 26“
Longjohn 20“
E-Trike
E-Trailer
(Longjohn easy)

20 h

Bauzeit für Rahmen Longjohn 20“

2..7

Holzarten:

Birkensperrholz
Kiefer
Sipo Mahagony
Sapeli-Sperrholz
Eschenfurnier
Abachi
Eiche

4 x 100.000

Zyklen der DIN EN 79010 auf dem Prüfstand locker überstanden. Prüfrahmen fahrt jetzt bei der Heilsarmee in der Obdachlosenhilfe

TH OWL

TECHNISCHE HOCHSCHULE
OSTWESTFALEN-LIPPE
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES
AND ARTS

SMART WOOD
CENTER OWL



DANKE!

Fragen auch gerne an adrian.riegel@th-owl.de oder 05261-702-5588