



Industrielle Fallstudie Ebene 2

Longboard

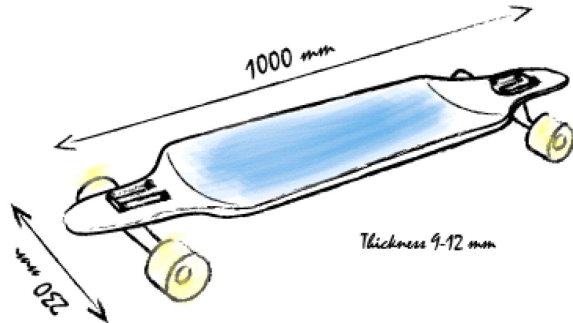
Claes Fredriksson

Ansys Materials Education Division

First published: 2018
Current (3rd) edition: 2021

1. Materialauswahl in Design

Um ein exzellentes Produkt zu entwickeln sollte die Materialauswahl möglichst früh im Entwurfsprozess berücksichtigt werden. Normalerweise sind Gewichts- und Kostenreduzierung und meistens auch der ökologische Fussabdruck des Produkts wichtige Aspekte. Die Herausforderung besteht darin, Materialien rational auszuwählen, um die Vorteile zu maximieren. In dieser Fallstudie werden die Materialien für ein Longboard erwogen.



Das Longboard ist eine Art Skateboard, das speziell für Abfahrts- und Slalomrennen konzipiert ist, häufig aber auch für einfachen Transport benutzt wird. Weil es grösser ist als ein normales Skateboard und wegen der grösseren Räder können höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Wegen ihrer grossen Masse und grossem Volumen sind Longboards weniger geeignet für viele skateboarding Tricks dafür erlauben sie fließende Bewegungen und sind aufgrund des höheren Drehimpulses stabiler. Das Brett kann sich längs nach oben oder unten biegen. Es kann sich aber auch in beide Richtungen krümmen: konkav in der Breite und konvex in der Länge.

Longboard Bretter (sogenannte Decks) bestehen normalerweise aus mehreren Lagen Sperrholz, jede Lage etwa 2mm dick. Übliche Materialien sind zum Beispiel Birken-, Ahorn- oder Eichenholz und Bambus. Longboards sind in jeglichen Grössen und Formen im Handel erhältlich. Jede Form hat ihre Vor- und Nachteile, je nach Technik oder persönlichem Stil.

2. Methodik

Die systematische Art und Weise Materialien auszuwählen von Ashby et. al. beinhaltet die Bestimmung der Funktion, den Zielen und den technischen Anforderungen des Designs. Als Erstes werden die wichtigsten mechanischen Eigenschaften für Longboarddecks bestimmt. Bruchfestigkeit ist auf jeden Fall eine der entscheidenden Parameter für ein

resistentes Deck. Die Leistung wird jedoch nicht beschränkt durch die Festigkeit sondern, wie in den meisten Sportgeräten (Skis, Tennisschläger, Rennräder etc.), durch Steifigkeit. Die Masse des Decks trägt zwar zur Stabilität bei, vergrössert aber, wegen grösserer Trägheit, nicht die Höchstgeschwindigkeit bei Abfahrten. Es ist die niedrige Reibung und der geringe Luftwiderstand, die die Geschwindigkeit fördern. Bergauf hingegen erhöht eine höhere Masse die benötigte Arbeit, was wiederum die Geschwindigkeit vermindert. Es ist daher naheliegend, die Masse bei der Materialauswahl zu minimieren. In dieser Fallstudie werden wir uns auf die Steifigkeit / Massenleistung konzentrieren, aber auch die Kosten berücksichtigen. Der Learn Button (Learn > Material Selection > Performance Indices) zeigt die folgenden Optionen an:

Table of performance indices

Click the buttons to view a table of relevant performance indices.

	Mass	Cost	Embodied Energy	CO ₂ Footprint
Stiffness-limited design	kg	\$	H _m	CO ₂
Strength-limited design	kg	\$	H _m	CO ₂

Funktion

Das Longboard-Deck ist eine gebogene Platte, begrenzt durch Steifigkeit (wir wollen nicht, dass das Deck zu stark gebogen wird). Die freie Designvariable ist die Dicke der Platte. In EduPack (Learn) finden wir:

Stiffness-limited design at minimum mass

FUNCTION AND CONSTRAINTS ¹		MAXIMIZE ²	MINIMIZE ²
Panel in bending	<p>length, width fixed; thickness free</p>	$E_f^{1/3} / \rho$	$\rho / E_f^{1/3}$

Ziele:

Aus der unter **Learn** verfügbaren Tabelle der Performance Indices (siehe oben) können wir entnehmen, dass die dritte Wurzel der Biegesteifigkeit E_f über die Dichte ρ , maximiert werden soll. Biegesteifigkeit ist das Äquivalent in Biegung des Elastizitätsmoduls (Young-modul). Weil E_f nur in der Ebene 3 Datenbank verfügbar ist, brauchen wir in der Ebene 2 das Elastizitätsmodul als Mass der Steifigkeit. Das Ziel ist also:

Maximieren: $M = E^{1/3} / \rho$ (Steigung der Linie = 3 in E vs ρ)

Anforderungen:

Diese technischen Anforderungen basieren grösstenteils auf schon bestehende Decks. Sie werden über die sogenannte **Limit-Stage** im Granta EduPack implementiert,

- Einsatztemperatur: **-20°C to +60°C**
- Streckgrenze: **> 10 MPa**
- Elastizitätsmodul: **> 11 GPa**
- Beständigkeit in Frisch- und Salzwasser: **akzeptabel+ausgezeichnet**

3. Materialauswahl

Die Grundlage für die Materialauswahl sind die rund 100 verfügbaren Materialdatensätze in der Ebene 2 des Granta EduPack.

- Klicken Sie oben in der Symbolleiste der Software auf Chart/Select (Alle Materialien) und stellen Sie Elastizitätsmodul vs Dichte grafisch dar.
- Erstellen Sie eine Linie mit Steigung = 3
- Platzieren Sie die Linie, sodass sie das Sperrholz (Plywood) gerade noch berührt
- Fügen Sie die Einschränkungen via Limit stage hinzu

Die Einschränkung des Elastizitätsmoduls kann auch grafisch mittels einer horizontalen Linie hinzugefügt werden, wie im folgenden Graphen dargestellt:

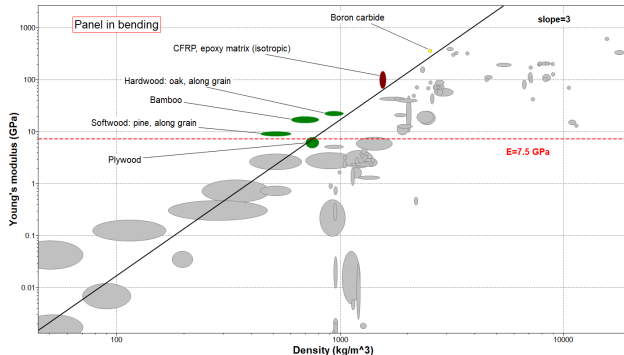
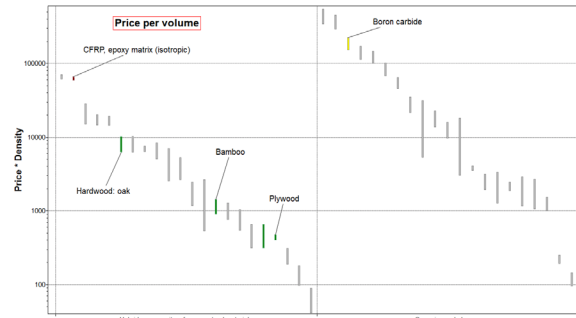


Chart: Mehrere Materialien haben eine bessere Leistungsfähigkeit als Sperrholz (oberhalb der Linie).

Mittels der Linie mit Steigung 3, dem Exponent 1/3 des Performance Indizes entsprechend, sieht man, dass Bambus das am Besten angepasste natürliche Material ist. Wie Eiche übertrifft Bambus sogar Kohlenstofffaser



Epoxyverbundstoff (CFRP) (siehe Rank by: Index value). Im Foto unten auf der Seite sind einige gängige Deckarten abgebildet. V.l.n.r: Ein traditionelles Ahorn Sperrholzdeck mit 5-7 Kreuzlagen ist am unteren Ende der Preisspanne. Als nächstes sieht man ein unidirektionales Bambusdeck und rechts davon ein Leichtgewicht Sandwich Verbundsdeck aus Kohlenstofffaser/Ahorn/Glasfaser Lagen. Ein solches Deck kostet normalerweise mehr als \$100. Unsere Resultate zeigen, dass die billigeren Ahorn und Bambus Longboards auch eine sehr gute Leistung erbringen. Aber was ist mit dem technischen Keramik Borkarbid, welches ja in der Materialauswahl auch sehr hoch gewertet wurde und eine relativ hohe Bruchzähigkeit aufweist? Ein Grund warum Skateboards nicht aus Borkarbid hergestellt werden ist der Preis. Die unten abgebildete Grafik zeigt ein Preisvergleich (Preis per kg * Dichte) der vier ausgewählten Materialien.



Grafik: Borkarbid (und CFRP) erbringen eine sehr gute Leistung, sind aber auch sehr teuer. Holz ist billiger.

Eine Grafik der weiter fortgeschrittenen Performance Indizes für die Kosten (Help Menü) gibt das gleiche Ergebnis. Es kostet zuviel. Andere Gründe für die Nichtbenutzung von Keramik ist der grössere CO₂-Fussabdruck und die höhere graue Energie sowie schlechte Wiederverwertbarkeit. Ausserdem ergibt eine Suche für "skateboard" in der Ebene 2 in EduPack das Sperrholz Datenblatt mit einem Bild eines Skateboards als Beispiel.

4. Schlussfolgerung

Man kann die traditionellen Holzmaterialien, speziell Bambus, in der mechanischen Leistung sehr gut mit teureren Verbundwerkstoffen vergleichen. Unter Berücksichtigung zusätzlicher Faktoren wie Kosten, CO₂-Fußabdruck oder Recyclingfähigkeit schneiden natürliche Materialien sogar besser ab. Die Arbeit mit Granta EduPack erlaubt eine systematische und rationale Materialauswahl. Es liefert die notwendigen Informationen und Werkzeuge für eine interaktive und visuelle Untersuchung interessanter und realer Konstruktionsprobleme in der Produktentwicklung

© 2021 ANSYS, Inc. All rights reserved.

Use and Reproduction

The content used in this resource may only be used or reproduced for teaching purposes; and any commercial use is strictly prohibited.

Document Information

This case study is part of a set of teaching resources to help introduce students to materials, processes and rational selections.

Ansys Education Resources

To access more undergraduate education resources, including lecture presentations with notes, exercises with worked solutions, microprojects, real life examples and more, visit www.ansys.com/education-resources.

ANSYS, Inc.
Southpointe
2600 Ansys Drive
Canonsburg, PA 15317
U.S.A.
724.746.3304
ansysinfo@ansys.com

If you've ever seen a rocket launch, flown on an airplane, driven a car, used a computer, touched a mobile device, crossed a bridge or put on wearable technology, chances are you've used a product where Ansys software played a critical role in its creation. Ansys is the global leader in engineering simulation. We help the world's most innovative companies deliver radically better products to their customers. By offering the best and broadest portfolio of engineering simulation software, we help them solve the most complex design challenges and engineer products limited only by imagination.

visit www.ansys.com for more information

Any and all ANSYS, Inc. brand, product, service and feature names, logos and slogans are registered trademarks or trademarks of ANSYS, Inc. or its subsidiaries in the United States or other countries. All other brand, product, service and feature names or trademarks are the property of their respective owners.

© 2021 ANSYS, Inc. All Rights Reserved.