

Masterthesis

SoSe: 2026

Studiengang: Akustik und Technologie
des Musikinstrumentenbaus



WHZ Westsächsische
Hochschule Zwickau
Hochschule für Mobilität

NACHHALTIGKEITSBEWERTUNGEN VON STREICHINSTRUMENTEN

EINE EXEMPLARISCHE BETRACHTUNG DES
MATERIAL-INPUTS EINER GEIGE

Modul: AKS 05250

Vorgelegt von: Karl Berndt

Matrikelnummer: 41862

Eingereicht am: 06.07.2026

ABSTRACT

Fragen zur Nachhaltigkeit spielen schon lange nicht mehr nur in großen Industriezweigen eine Rolle, sondern rücken zunehmend auch in spezialisierten Bereichen wie beispielsweise dem Geigenbau in den Fokus. Bislang fehlt allerdings eine fundierte methodische Bewertung, mit der sich der Ressourcenverbrauch von Streichinstrumenten systematisch betrachten lässt. Die vorliegende Arbeit setzt an dieser Forschungslücke an, indem exemplarisch untersucht wird, wie viel Material-Input in den wichtigsten Bauteilen einer Geige steckt. Zusätzlich wird dabei beleuchtet, wie sich der Material-Input zur Nutzungsdauer des Instruments verhält und welche Rückschlüsse sich daraus auf dessen Nachhaltigkeit ziehen lassen. Als Bewertungsmethode wird der Material-Input pro Serviceeinheit (MIPS) herangezogen und exemplarisch auf die drei zentralen Holzarten Fichte, Ahorn und Ebenholz angewendet, wobei ein besonderer Fokus auf dem Materialeinsatz der Herstellung liegt, welcher anschließend der Nutzungsdauer gegenübergestellt wird. Da zu diesem Thema bislang wenig belastbare Daten existieren, werden diese durch eine explorative Literaturrecherche sowie durch teilstandardisierte Expert:inneninterviews mit acht Tonholzhändlern erhoben und miteinander abgeglichen. Verbleibende Datenlücken werden durch begründete Annahmen geschlossen. Es zeigt sich, dass die durchschnittliche Materialausbeute der betrachteten Bauteile nur rund 1,5 % beträgt, wobei der Materialverlust sowohl bei der Rohstoffgewinnung und Tonholzherstellung als auch bei der eigentlichen Herstellung der Geige entsteht. Durch die lange Nutzungsdauer relativiert sich dieser hohe anfängliche Ressourceneinsatz jedoch deutlich. Der Material-Input pro Serviceeinheit sinkt in den ersten Nutzungsjahren stark und steigt erst durch notwendige Reparaturen, wie etwa den Austausch des Griffbretts, wieder kurzfristig an. Im weiteren Verlauf pendelt sich der Wert auf einem vergleichsweise stabilen Niveau ein. Zusätzlich deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sich der Material-Input weniger durch technische Verbesserungen der Sägewerke reduzieren lässt als durch eine weniger strenge optische Qualitätsauswahl beim Tonholz. Würden farbliche und weitere optische Abweichungen vom gängigen Standard stärker akzeptiert, ohne dass dies klangliche Nachteile mit sich bringt, ließe sich die Materialausbeute vermutlich deutlich steigern. Die Arbeit liefert somit eine erste methodische Grundlage für künftige Nachhaltigkeitsbewertungen von Streichinstrumenten und zeigt, dass nachhaltiger Geigenbau vor allem einen bewussteren Umgang mit dem Rohstoff Holz voraussetzt.

INHALTSVERZEICHNIS

I.	Einleitung	1
I.I.	Grundgedanken zur Nachhaltigkeit.....	2
II.	Methodik	3
III.	Anwendung der MIPS-Methode.....	6
III.	Schritt 1: Definition: Ziel, Objekt und Serviceeinheit.....	6
1.1	Ziel	6
1.2	Objekt	7
1.3	Serviceeinheit	9
III.	Schritt 2: Darstellung der Prozesskette.....	10
2.1	Lebenszyklusphase	11
2.2	Prozesskette	12
III.	Schritt 3: Datenerhebung.....	15
3.1	Ergebnisse aus der Literatur	16
3.2	Ergebnisse aus den Interviews.....	19
3.2.1	Waldgebiete und deren Bedingungen.....	19
3.2.2	Transport der Hölzer.....	21
3.2.3	Materialverlust vom Baum zum fertigen Geigen	21
3.2.4	Anteile der Qualitätsstufen	32
3.2.5	Energieverbrauch des Sägewerks	33
3.2.6	Lagerung und Trocknung der Kanteln.....	34
3.2.7	Qualitätsveränderungen der drei Holzarten.....	36
3.2.8	Nachhaltigkeitszertifikate und deren Nachfrage	37
3.2.9	Zukünftige Herausforderungen	38
3.2.10	Optimierungsmöglichkeiten der Materialausbeute.....	39
3.3	Zusammenfassung der Daten	40
III.	Schritt 4: Material-Input „Wiege bis Produkt“.....	43
III.	Schritt 5: Material-Input „Wiege bis Bahre“	47
III.	Schritt 6: Material-Input zu MIPS.....	49
III.	Schritt 7: Interpretation der Ergebnisse	51
IV.	Diskussion	55
V.	Fazit.....	57
VI.	Danksagung.....	58
VII.	Verzeichnisse.....	59
	Anhang	
	Eigenständigkeitserklärung	

I. EINLEITUNG

Fragen zur nachhaltigen Entwicklung haben sich in den vergangenen Jahren zu einem zentralen Thema sowohl gesellschaftlicher Debatten als auch wissenschaftlicher Auseinandersetzungen entwickelt. Dies ist wenig überraschend im Angesicht der größten globalen Belastungen, wie dem menschengemachten Klimawandel, dem Landnutzungswandel oder der steigenden Ressourcenknappheit, mit denen die Menschheit aktuell konfrontiert wird. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bestehende Nutzungsweisen von Rohstoffen kritisch zu hinterfragen und so auszurichten, dass ökologische Tragfähigkeit auch langfristig gesichert werden kann. Diese Überlegungen betreffen längst nicht mehr nur klassische große Industriezweige, sondern finden zunehmend auch in spezialisierten Bereichen wie dem Musikinstrumentenbau Anwendung. Im Kontext von Streichinstrumenten zeigt sich dies unter anderem in Forschungsansätzen zur gezielten Veränderung von Holzeigenschaften, die darauf abzielen, Alternativen zu bisher verwendeten Materialien zu entwickeln.¹ Parallel dazu lässt sich auch in der handwerklichen Praxis ein wachsendes Bewusstsein für nachhaltigkeitsbezogene Fragestellungen beobachten, was sich beispielsweise in Projekten wie der Entwicklung sogenannter „veganer“² oder „fairer“³ Instrumente widerspiegelt. Trotz dieser Ansätze fehlt bislang eine übergreifende und methodisch fundierte Einordnung, die es ermöglicht, Faktoren der Nachhaltigkeit von Streichinstrumenten systematisch zu erfassen. Um die nachhaltige Entwicklung im Geigenbau effektiv voranzutreiben, wird genau eine solche Nachhaltigkeitsbewertung als Grundlage für Diskussionen und Anwendungsversuche benötigt.

Vor diesem Hintergrund setzt die vorliegende Arbeit an, indem sie eine bestehende Methode der Nachhaltigkeitsbewertung exemplarisch auf eine Geige anwendet und damit einen ersten Versuch wagt, eine Grundlage für weiterführende wissenschaftliche Diskussionen sowie praktische Ansätze im Geigenbau schafft. Da eine vollumfängliche Analyse im Rahmen einer Masterthesis nicht leistbar ist, wird exemplarisch die Methode des „Material-Inputs pro Serviceeinheit“ auf die drei zentralen Holzarten im Geigenbau – Fichte, Ahorn und Ebenholz – angewendet. Dabei soll ein besonderer Fokus auf dem Materialeinsatz bei der Herstellung liegen, welcher anschließend der Nutzungsdauer gegenübergestellt wird. Aus diesem Ansatz der Nachhaltigkeitsbewertung ergeben sich verschiedene Forschungsfragen:

- Wie viel Material-Input steckt in den fertigen Bauteilen einer Geige?
- Wie ist das Verhältnis von Materialeinsatz zur Nutzungsdauer einer Geige?
- Was für Rückschlüsse lassen sich anhand von Material-Input und Nutzungsdauer auf die Nachhaltigkeit einer Geige ziehen?

¹ Vgl. Tobias Dietrich, Holger Schiema und Daniel Hiller: *WIR! – iMATECH – ModiMusiHolz. Holzmodifikation regionaler Holzarten im Musikinstrumentenbau*, online unter <https://www.imatech-musik.de/projekt-modimusiholz/> (abgerufen am: 26.03.2025).

² Vgl. Rita Argauer: *Ein Instrument ganz ohne tierische Produkte*, online unter <https://www.br-klassik.de/aktuell/news-kritik/erste-vegane-geige-odubhlaoihd-england-100.html> (abgerufen am: 28.04.2026).

³ Vgl. Jan Niklas Meyer: *Dokumentation zur Semesterarbeit: Bau einer Violine nach François-Louis Pique*, [Manuskript], Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2018.

Die größte Herausforderung ist die Beschaffung der Daten des Material-Inputs, die für Geigen erhoben wurden oder auf sie übertragbar sind, da zu diesem Thema bis jetzt wenig geforscht wurde. Die Datenlücken müssen durch empirische Datenerhebung in Form von Interviews mit Tonholzhändler:innen gefüllt werden, wobei auf die Kooperation und Transparenz der Befragten gehofft werden muss. Eine weitere Schwierigkeit wird es sein, die Daten auf Plausibilität zu prüfen und richtig zu interpretieren.

Einige wenige Studien zu den im Geigenbau verwendeten Hölzern, die sich weitestgehend mit dem Material-Input auseinandersetzen, existieren bereits. Die Untersuchung „Musical Instrument Lumber Recovery from Romanian Resonance Spruces“ von CRISTIAN TEOFIL ALBU et al. analysiert die Ausbeute von zehn Fichten aus den östlichen Karpaten in Rumänien. Eine weitere Studie mit dem Titel „Developing a Sustainable Roadmap for Ebony Production in Cameroon“ von SAHRA CASEY et al. untersucht die Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit eines Sägewerks für Ebenholz, das speziell Holz für Musikinstrumente verarbeitet, in Kamerun. Verschiedene weitere Artikel, die beispielsweise in der Zeitschrift ‚THE STRAD‘ veröffentlicht wurden, streifen die drei betrachteten Holzarten und das Thema Material-Input teilweise.

I.I. GRUNDGEDANKEN ZUR NACHHALTIGKEIT

Die Wurzeln des heutigen Begriffs der Nachhaltigkeit lassen sich bis ins Jahr 1713 zurückverfolgen, als Hans Carl von Carlowitz aus Freiberg in Sachsen seine grundlegende Schrift zur Forstwirtschaft veröffentlichte.⁴ Darin beschreibt er die Idee einer „*beständigen und nachhaltenden Nutzung*“ der Wälder.⁵ Hintergrund war die im frühen 18. Jahrhundert spürbare Verknappung des Rohstoffs Holz, bei der Carlowitz erkannte, dass nur so viel geschlagen werden dürfe, wie auch wieder nachwachsen könne, um die Versorgung langfristig zu sichern.⁶

Mehr als zwei Jahrhunderte später griff die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung diesen Gedanken auf und formulierte im Brundtland-Bericht von 1987, die bis heute maßgebliche Definition nachhaltiger Entwicklung.⁷ Dort heißt es:

„*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*“⁸

⁴ Vgl. Hans Carl von Carlowitz: *Sylvicultura oeconomica. Anweisung zur wilden Baum-Zucht*, [Reprint der Ausgabe Leipzig 1713, Bearbeitet von Klaus Irmer und Angela Kugler-Kießling] Freiburg 2000; Vgl. Joachim Hamberger (Hrsg.): *Sylvicultura oeconomica. Oder haußwirthliche Nachricht und naturgemäße Anweisung zur wilden Baum-Zucht*, München 2022.

⁵ Vgl. Carlowitz Freiburg 2000, S. 105 (Kapitel 7, § 20).

⁶ Vgl. Armin Grunwald und Jürgen Kopfmüller: *Nachhaltigkeit. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage*, Frankfurt am Main 2022, S. 21f.

⁷ Vgl. Ebd., S. 27f.

⁸ United Nations, World Commission on Environment and Development (Hrsg.): *Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future* 1987, S. 54 (Chapter 2, § 1).

Im Kern geht es darum, die Grundbedürfnisse der heutigen Generation zu erfüllen, ohne die Grundbedürfnisse und Entwicklungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen einzuschränken. Der Gedanke ähnelt dem Ansatz von Carlowitz, der sich allerdings ausschließlich auf die Forstwirtschaft bezog. Sein Gedanke wurde später auf sämtliche Ressourcen adaptiert.

In der wissenschaftlichen Diskussion wird zudem zwischen Nachhaltigkeit und nachhaltiger Entwicklung unterschieden: Nachhaltigkeit beschreibt das angestrebte Ziel, während nachhaltige Entwicklung den Weg dorthin bezeichnet.⁹

Einen weiteren wichtigen Meilenstein setzte 1992 die erste UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro. Mit der Teilnahme von 178 Staaten rückte das Thema weltweit stärker in den Fokus. Auf diesem „Erdgipfel“ wurde das Leitbild nachhaltiger Entwicklung weiter konkretisiert. Aufbauend auf der Definition des Brundtland-Berichts wurden drei zentrale Dimensionen festgelegt: die ökologische, die soziale und die ökonomische.¹⁰

II. METHODIK

In der Studienarbeit „Nachhaltigkeitsbewertung von Streichinstrumenten – eine Analyse der Anwendbarkeit bestehender Methoden“¹¹, welche dieser Thesis voranging, wurden verschiedene Bewertungsmethoden der Nachhaltigkeit genauer beleuchtet und auf ihre Anwendbarkeit für Streichinstrumente überprüft. Dabei haben sich drei Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung als besonders geeignet erwiesen: die Ökobilanz, der CO₂-Fußabdruck sowie der Material-Input pro Serviceeinheit. Sie haben den Vorteil, eine Identifikation ökologischer Belastungsschwerpunkte im Lebenszyklus zu ermöglichen, ohne einen unverhältnismäßig hohen Daten- und Modellierungsaufwand zu erfordern.

Für diese Arbeit wurde sich für die Anwendung der Bewertungsmethode Material-Input pro Serviceeinheit entschieden, weil sie für die Materialien einer Geige wichtige Aspekte beleuchtet. Die Ökobilanz und der CO₂-Fußabdruck sind zwar bekanntere Bewertungsmethoden als der Material-Input pro Serviceeinheit, haben allerdings auch Nachteile ihm gegenüber. Die Ökobilanz ist in vollem Umfang für das Ziel und den Rahmen dieser Arbeit zu aufwendig und datenintensiv. Da für Geigen nicht viele Daten existieren, müssten diese erst erhoben werden. Zusätzlich ist fraglich, ob der höhere Arbeitsaufwand im guten Verhältnis zur Aussagekraft steht. Der CO₂-Fußabdruck ist dagegen weniger aufwendig, beleuchtet allerdings nur den einen Faktor der Emissionen, welcher für die Materialien einer Geige zwar inte-

⁹ Vgl. Grunwald et al. 2022, S. 11.

¹⁰ Vgl. Steffen Bauer: *Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung*, online unter <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/izpb/umweltpolitik-287/8983/leitbild-der-nachhaltigen-entwicklung/> (abgerufen am: 18.04.2026).

¹¹ Vgl. Karl Berndt: *Nachhaltigkeitsbewertungen von Streichinstrumenten. Eine Analyse der Anwendbarkeit bestehender Methoden*, [Studienarbeit], Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2026.

ressant, aber nicht am aussagekräftigsten sein dürfte. Entscheidend ist nicht der Grad methodischer Komplexität, sondern die Passung zwischen Bewertungsmethode und Untersuchungsziel.¹²

Die Methode Material-Input pro Serviceeinheit (im Folgenden mit MIPS abgekürzt) wurde vom Wuppertal Institut entwickelt.¹³ Der Ansatz ist dabei inputorientiert und ermittelt die vollständigen Ressourcenmengen, die für ein Produkt im Verlauf des gesamten Lebenszyklus benötigt werden, und stellt diese der Serviceeinheit, also dem Nutzen, der durch das Produkt generiert wird, gegenüber.¹⁴ Der generierte Nutzen kann unter anderem durch die Nutzungsdauer oder die Anzahl der Nutzungen definiert werden. Beide Größen sind wichtige Faktoren bei der Ermittlung von Nachhaltigkeit und ergeben bei der Bewertung eines Streichinstrumentes Sinn, da dieses sowohl eine hohe Nutzungsdauer als auch einen erheblichen Materialeinsatz im Vergleich zu anderen Produkten aufweisen. Das MIPS-Konzept ermittelt dabei keine spezifischen Umweltwirkungen und betrachtet weder soziale noch ökonomische Faktoren.¹⁵ Da jede Ressourcenentnahme aus der Natur aber eine Veränderung der Umwelt zur Folge hat, ist das MIPS-Konzept trotzdem ein guter Nachhaltigkeitsindikator.¹⁶ Der Material-Input wird in verschiedene, festgelegte Kategorien unterteilt: „*biotisches oder nachwachsendes Rohmaterial, abiotisches oder nicht nachwachsendes Rohmaterial, Wasser, Luft und Bodenbewegung in Land- und Forstwirtschaft (inkl. Erosion)*.“¹⁷ Dadurch, dass alle Materialaufwände über den gesamten Lebenszyklus mit einbezogen werden, spielt nicht nur der Input bei der Herstellung, sondern auch bei der Nutzung oder der Entsorgung eine Rolle.¹⁸ Zusätzlich wird auch der Material-Input durch Energieverbräuche oder Transport berücksichtigt.¹⁹ Die Ergebnisse sind kompakte Kennzahlen für verschiedene Produkte und können die Grundlage für verwandte Konzepte wie den ökologischen Rucksack und den Material-Fußabdruck bilden.²⁰

¹² Vgl. Ebd., S. 12f.

¹³ Vgl. Michael Ritthof, Holger Rohn und Christa Liedtke: *MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen*, Wuppertal 2002, S. 9.

¹⁴ Vgl. Ebd., S. 10.

¹⁵ Vgl. Lisa Andes: *Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung. Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel*, Karlsruhe 2019, S. 197-204.

¹⁶ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 10.

¹⁷ Ebd.

¹⁸ Vgl. Ebd.

¹⁹ Vgl. Ebd.

²⁰ Vgl. Andes 2019, S. 197-204.

Für die Anwendung des MIPS-Konzepts in dieser Thesis wird der Leitfaden „MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen“²¹ herangezogen, in dem in sieben Schritten die Bewertungsmethode mit Beispielen und detaillierten Erläuterungen beschrieben wird.

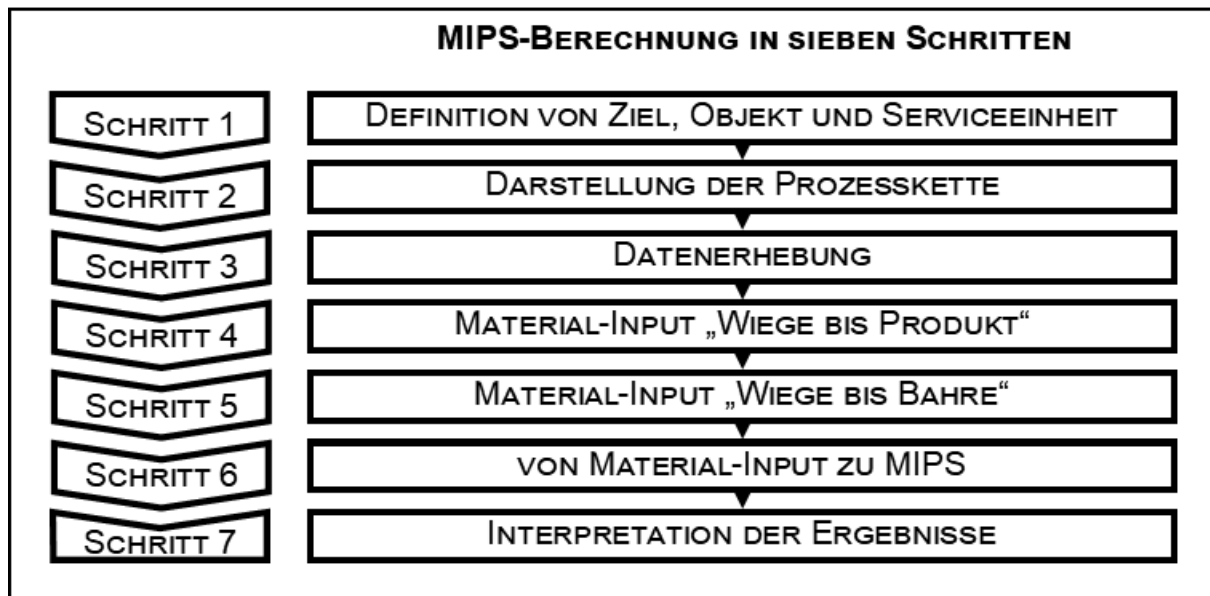


Abb. 1: MIPS-Berechnung in sieben Schritten (aus „MIPS berechnen“)²²

Für den Ausgangspunkt müssen zunächst die Grundlagen, wie das Ziel, der Betrachtungsgegenstand und der Rahmen, definiert werden. Der Betrachtungsgegenstand ist in dieser Arbeit eine „Standard“-Geige, die aus den Hölzern Fichte, Ahorn und Ebenholz besteht. Des Weiteren werden der Lebenszyklus, die Systemgrenzen und die Prozessketten festgelegt und dargestellt. Die benötigten Daten werden durch zwei verschiedene Methoden entwickelt. Zum einen wird eine explorative Literaturrecherche betrieben, um einen Überblick über die Datenlage zu erlangen. Dabei sollen aus bestehenden Publikationen die Daten, wenn möglich, adaptiert und auf diese Betrachtung übertragen werden. Zum anderen werden die meisten Daten durch teilstandardisiert leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit acht Tonholzhändlern²³ generiert. Die Daten aus der Literatur und aus den Interviews werden miteinander verglichen und bei Abweichungen voneinander überprüft. Die verbleibenden Datenlücken werden durch Annahmen, die durch eine ausführliche Herleitung nachvollziehbar gemacht werden, ergänzt. Anschließend wird sowohl der Material-Input (MI) von „Wiege bis Produkt“, also von Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt und von „Wiege bis Bahre“, also zusätzlich der gesamten Nutzungsdauer bis zum Lebensende des Produkts, berechnet. Im nächsten Schritt wird das Verhältnis zwischen Material-Input und der Nutzungsdauer gebildet. Abschließend werden die drei Holzarten sowie die Bauteile miteinander verglichen.²⁴

²¹ Vgl. Ritthof et al. 2002.

²² Vgl. Ebd.

²³ Alle interviewten Tonholzhändler sind männlich, weshalb im Folgenden für sie die männliche Form benutzt wird.

²⁴ Vgl. Ebd., S. 17.

III. ANWENDUNG DER MIPS-METHODE

Im folgenden Kapitel wird die MIPS-Methode anhand der sieben Schritte, wie im Leitfaden „MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen“²⁵ durchgeführt. Der Leitfaden dient dabei als Hauptquelle. Wenn Wissen aus anderen Quellen generiert werden, werden diese wie üblich gekennzeichnet.

III. SCHRITT 1: DEFINITION: ZIEL, OBJEKT UND SERVICEEINHEIT

Im ersten Schritt werden alle Rahmenbedingungen definiert. Dabei ist wichtig, genau festzulegen, welche Faktoren betrachtet werden und vor allem auch welche Faktoren keine Berücksichtigung finden. Dazu wird das Ziel der Analyse beschrieben, um zu verdeutlichen, welche Aussage man am Ende treffen möchte. Anschließend wird der Betrachtungsgegenstand, also das Objekt, sowie die Serviceeinheit, also der Nutzen des Objektes, beschrieben. Wichtig ist es Systemgrenzen festzulegen, damit deutlich wird, was in der Analyse nicht betrachtet, bzw. mit einbezogen wird. Dies geschieht durch sogenannte Abschneidekriterien. Die Vernachlässigungen gewisser Details innerhalb des Betrachtungsrahmens sind notwendig, weil die Analyse andernfalls zu umfangreich wird oder schlichtweg keine Daten dazu existieren. Dabei ist es wichtig, dass die Abschneidekriterien im richtigen Verhältnis zur Gesamtanalyse stehen, damit das Ergebnis nicht verfälscht wird und aussagekräftig bleibt.²⁶

1.1 ZIEL

Das Ziel dieser Analyse ist es, eine erste Nachhaltigkeitsbewertung für eine Geige mittels des MIPS-Konzeptes über den gesamten Lebenszyklus zu erstellen. Das MIPS-Konzept eignet sich hierfür besonders, da es den Ressourcenverbrauch eines Produktes im Verhältnis zur Serviceeinheit, also dem Nutzen, messbar und vergleichbar macht. Der wirtschaftliche Wert des Instruments bleibt dabei außen vor. Betrachtet wird der vollständige Lebenszyklus der Geige, von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Nutzung bis hin zur Entsorgung. Dabei soll der gesamte Material-Input der Geige beziffert sowie verlustintensive Verarbeitungsschritte als sogenannte Hotspots identifiziert werden. Die Analyse beschränkt sich auf das Instrument selbst; Zubehör wie Bogen oder Koffer wird nicht berücksichtigt. Es handelt sich um eine einzelne Objektanalyse zur Ressourceneffizienz, die die Grundlage für eine differenzierte Bewertung der ökologischen Auswirkungen des Instruments bildet. Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, in welchen Bereichen des Produktlebenszyklus der größte Materialeinsatz anfällt und wo potenziell Optimierungsbedarf besteht.

²⁵ Vgl. Ebd.

²⁶ Vgl. Ebd.

1.2 OBJEKT

Als Analyseobjekt wird aus der Gruppe der Streichinstrumente exemplarisch die Geige betrachtet. Dabei wird eine „Standard“-Geige angenommen, was bedeutet, dass Bauteile und Maße einer gewöhnlichen 4/4 Geige entsprechen. Die Maße des hier betrachteten Instruments entsprechen denen der Maßtabelle des Verbands deutscher Geigenbauer und Bogenmacher e.V.²⁷ Die Materialien der verschiedenen Bauteile beschränken sich bei diesem Analyseobjekt auf Fichte, Ahorn und Ebenholz.²⁸ Andere Hölzer wie Palisander, Linde oder Weide, die auch häufig im modernen Geigenbau Anwendung finden, werden in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Des Weiteren wird das Zubehör wie Geigenetui, Bogen, Schulterstütze oder Kolophonium nicht mit einbezogen.

Fichte – *Picea abies*²⁹

Die Fichte ist das meist verwendete Holz in Deutschland, da es viel in der Bauindustrie eingesetzt wird. Zusätzlich dazu ist es das gängigste Resonanzholz und wird bei Streich-, Zupf- und Tasteninstrumenten eingesetzt. Es verbindet ein gutes Verhältnis von relativ wenig Masse zu einer hohen Steifigkeit. Für den Instrumentenbau darf die Fichte keine Fehler aufweisen und muss sehr langsam und gleichmäßig gewachsen sein. Diese Holzqualitäten findet man hauptsächlich in den Höhenlagen des Alpenraums.³⁰

Ahorn – *Acer pseudoplatanus*³¹

Im Geigenbau wird bei den Bauteilen Boden, Zargen und Hals in der Regel geflammter Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) verwendet. Der Steg hingegen ist aus ungeflamtem Bergahorn. Die sogenannten Flammen oder Riegel im Ahorn sind eine Wuchsanomalie, die entsteht, indem der vertikale Faserverlauf wellenförmig ist, wodurch sich das Licht unterschiedlich bricht.³²

Ebenholz – *Diospyros crassiflora*³³

Verschiedene Bauteile einer Geige, die besonderen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, werden häufig aus Ebenholz hergestellt, da dieses eine sehr hohe Dichte und Härte aufweist. Mit dem Begriff Ebenholz sind weltweit mehr als 700 Arten gemeint. Für den Geigenbau wurde in der Vergangenheit Ebenholz verschiedener Herkunft verwendet. Als besonders hochwertig galten Ebenholzarten aus Mauritius und Madagaskar sowie bestimmte Ebenholzarten aus Indien und Sri Lanka (z.B. *Diospyros ebenum*). Heutzutage wird jedoch überwiegend die Art *Diospyros crassiflora* im Instrumentenbau eingesetzt. Dieses wächst in Tieflandwäldern Zentralafrikas in Staaten wie beispielsweise Kamerun,

²⁷ Vgl. Verband Deutscher Geigenbauer und Bogenmacher e.V.: *Masstabelle*, (Manuskript), Stuttgart 2009.

²⁸ Vgl. Thomas Drescher und Annette Otterstedt: *Streichinstrumentenbau*, in: *MGG online: die Musik in Geschichte und Gegenwart*, hrsg. v. Laurenz Lütken, New York, Kassel, Stuttgart, online unter: <https://www.mgg-online.com/mgg/stable/591454> 2016, Kapitel: A. Die Violinfamilie. III. Entwurf und Bau. 2. Materialien.

²⁹ Vgl. Hans Georg Richter: *Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau*, Celle 1988, S. 10.

³⁰ Vgl. Ebd.

³¹ Vgl. Ebd., S. 18.

³² Vgl. Ebd., S. 19.

³³ Vgl. Ebd., S. 27.

Nigeria, Gabun und der Demokratischen Republik Kongo und wurde bereits im 17. Jahrhundert aus dieser Region exportiert.³⁴

Im Folgenden werden nicht die botanischen Bezeichnungen, sondern die umgangssprachlichen Namen der jeweiligen Holzart verwendet. Es sind damit, wenn nicht anders erwähnt, immer die drei Arten gemeint, die eben vorgestellt wurden.

Materialien	Dichte ³⁵	Bauteile
Fichte	0,32–0,68 g/cm ³	Decke , Klötze und Ecken, Reifchen, Bassbalken
Ahorn	0,53–0,80 g/cm ³	Boden, Zargen, Hals (inklusive Schnecke), Steg
Ebenholz	1,20 g/cm ³	Griffbrett , Sättel, Wirbel, Endknopf, Saiten-, Kinnhalter

Tabelle 1: Materialien und deren Dichte mit den dazugehörigen Bauteile (fettgedruckt wird näher betrachtet)

In dieser Tabelle werden die drei Materialien mit deren jeweiliger Dichte und für welche Bauteile einer Geige sie verwendet werden, dargestellt. In der folgenden Analyse werden nur die großen, relevanten Bauteile, die fest an der Geige verbaut sind, betrachtet: Decke, Boden, Hals, Zargen und Griffbrett. Die weiteren Bauteile, die in zwei Kategorien, Kleinbauteile und Bestandteile, eingeteilt werden können, werden durch die Abschneidekriterien nicht näher betrachtet. Zu den Kleinbauteilen zählen Klötze und Ecken, Reifchen, Bassbalken, Stimme, Steg sowie Sättel. Diese werden nicht betrachtet, da ihre geringe Größe im Vergleich zum Gesamtobjekt und damit ihre Aussagekraft in keinem sinnhaften Verhältnis zum Mehraufwand der Analyse steht und die Datenerhebung in der geplanten Form kaum möglich sein dürfte. Bestandteile sind hingegen Saitenhalter, Kinnhalter, Saiten und Wirbel. Diese haben auch im Vergleich zum Gesamtobjekt eine geringere Größe und werden hauptsächlich nicht mitbetrachtet, da die musizierende Person sie schnell wechseln kann und sie somit nicht zu den festen Bauteilen zählen. Die geigenbauende Person hat also keinen dauerhaften Einfluss auf die Bestandteile. Weitere Materialien, die nicht in die Betrachtung mit einfließen, sind Hilfsstoffe wie Leim oder Lackbestandteile. Die Kleinbauteile, Bestandteile sowie Hilfsstoffe werden durch eine „Blackbox“ repräsentiert. Das bedeutet, sie werden in der Analyse nicht näher betrachtet, aber aufgrund der Vollständigkeit auch nicht ignoriert. Somit ergibt sich folgende Objektübersicht der Bauteile:

- Decke
- Hals
- Boden
- Griffbrett
- Zargen
- „Blackbox“

³⁴ Vgl. V. Deblauwe: *Life history, uses, trade and management of Diospyros crassiflora Hiern, the ebony tree of the Central African forests: A state of knowledge*, in: *Forest Ecology and Management*, Jg. 481, Artikel 118655 (2021), S. 2f.

³⁵ Vgl. Eberhard Meinel: *Lehrbrief Musikalische Akustik. Teil 2 Akustik der Zupf- und Streichinstrumente*, (Manuskript), Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2019, A26.

1.3 SERVICEEINHEIT

Die Serviceeinheit beim MIPS-Konzept dient als Vergleichsgröße und kann sehr unterschiedlich aussehen. In der Regel wird durch sie der Nutzen des Produkts oder der Dienstleistung definiert. Wenn beispielsweise der Treibstoffverbrauch von einem Bus und einem PKW verglichen wird, wird der PKW wahrscheinlich weniger verbrauchen als der Bus. Das beschreibt den Material-Input des Treibstoffes. Wenn als Serviceeinheit aber betrachtet wird, wie viel Treibstoff pro beförderte Person verbraucht wird, wird der Bus vermutlich weniger verbrauchen. Die Serviceeinheit wäre in dem Fall Personenkilometer. Wichtig ist dabei, dass die Serviceeinheit spezifisch genug ist, um klare Aussage treffen zu können, aber auch so allgemein ist, dass verschiedene Alternativen gut miteinander verglichen werden können.³⁶

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Serviceeinheit für eine Geige zu definieren. Grundlegend ist es sinnvoll, die Nutzungsdauer als Einheit festzulegen. In diesem Beispiel wird die Nutzungsdauer in Jahren betrachtet. „*Als früheste erhaltene Violinen gelten Instrumente der Cremoneser Familie Amati aus dem letzten Drittel des 16. Jahrhunderts.*“³⁷ Allerdings ist der Grund, weshalb keine noch älteren, erhaltenen Geigen existieren, nicht die Grenze der Haltbarkeit, sondern dass die Violinenfamilie erst zu Beginn des 16. Jahrhunderts entwickelt wurde. Es gibt durchaus andere Streichinstrumententypen aus Holz, wie beispielsweise Gamben, bei denen noch ältere Exemplare existieren.³⁸ Das heißt, Geigen können grundsätzlich über 450 Jahre alt werden. Die Zahl der Instrumente aus dieser Zeit ist begrenzt, was nicht auf die technischen Grenzen der Nutzungsdauer, sondern auf individuelle, gesellschaftliche und politische Umstände zurückzuführen ist. Kriege, Brände oder schlechte Lagerung können Gründe dafür sein, weshalb Instrumente heute nicht mehr existieren. Bei sehr alten Instrumenten ist allerdings die Frage, wie viel Originalmaterial noch vorhanden ist, was stark von den Beschädigungen abhängt. Bei sehr hochwertigen Instrumenten werden auch sehr aufwendige und demzufolge teure Reparaturen durchgeführt. Bei günstigen Instrumenten kann man von einer sehr viel kürzeren Lebensdauer ausgehen, da die Kosten von aufwendigen Reparaturen häufig die Anschaffungskosten übersteigen und somit die Nutzungsdauer meistens beendet wird. Die Nutzungsdauer ist also maßgeblich vom Wert der Geige abhängig, nicht zwangsläufig, weil günstige Geigen weniger lange halten, sondern, weil der Reparaturaufwand nicht mehr im Verhältnis zu den Anschaffungskosten steht.

Die Nutzungsintensität und das Wartungsintervall haben einen großen Einfluss auf die Nutzungsdauer von Produkten. Bei einer Geige beschreibt die Nutzungsintensität, wie viele Stunden pro Woche oder Monat das Instrument gespielt wird. Das Wartungsintervall zeigt, wie oft das Instrument durch eine:n Geigenbauer:in gepflegt wird. Damit sind außerordentliche Reparaturen durch auftretende Schäden nicht gemeint.

³⁶ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 13, 19-20.

³⁷ Bram Gätjen, Thomas Drescher, Jörg Jewanski, Marianne Rônez und Ulrich Mazurowicz: *Violine*, in: *MGG online: die Musik in Geschichte und Gegenwart*, hrsg. v. Laurenz Lütteken, New York, Kassel, Stuttgart, online unter: <https://www.mgg-online.com/mgg/stable/532863> 2016, Kapitel: A. Verwendung, bauliche Merkmale, Geschichte. III. Geschichte. 1. Italien.

³⁸ Vgl. Ebd., Kapitel: A. Verwendung, bauliche Merkmale, Geschichte. I. Generelles. 2. Name.

In dieser Arbeit wird eine maximale Nutzungsdauer von 450 Jahren betrachtet. Die Standzeit der verschiedenen Bauteile ist sehr unterschiedlich. Das Griffbrett ist beispielsweise ein Verschleißbauteil, da die Saiten aus Metall durch Reibung Material abtragen. Daher muss das Griffbrett regelmäßig mit einem Hobel abgezogen werden. Durch diesen Arbeitsschritt wird die Spielbarkeit wieder hergestellt, allerdings auch Material vom Griffbrett abgetragen. Dies hat zur Folge, dass es zu dünn wird und gewechselt werden muss. In dieser Studie wird angenommen, dass dieser Griffbretttausch nach circa 50 Jahren notwendig wird.³⁹ Das Erneuern des Griffbrettes ist ein neuer Material-Input während der Nutzungsdauer. Dieser Schritt wird in Schritt 2 genauer beschrieben. Um zu ermitteln, wie sich die Nutzungsdauer auf den MIPS auswirkt, werden auch kürzere Zeitspannen berechnet.

III. SCHRITT 2: DARSTELLUNG DER PROZESSKETTE

Beim MIPS-Konzept wird der gesamte Lebenszyklus als Prozesskette betrachtet. Der Lebenszyklus stellt die einzelnen Lebensphasen eines Produkts dar, wie Rohstoffgewinnung, Herstellung, Nutzungsphase und Entsorgung bzw. Recycling.⁴⁰ Diese Hauptlebensphasen können detaillierter in Abhängigkeit vom Produkt als Prozesskette abgebildet werden. Dabei werden die einzelnen Lebensphasen mit den anstehenden Prozessen verknüpft und somit differenzierter aufgeschlüsselt, wodurch sich Prozess- und Datenlücken besser identifizieren lassen.⁴¹ Den einzelnen Prozessen können dann im nächsten Schritt die für sie benötigten Material-Inputs zugeordnet werden.

³⁹ Andres Haensel (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15/16.06.2026 [Telefonat].; Stefan Rehms (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15.06.2026 [Telefonat].

⁴⁰ Vgl. Andes 2019, S. 55f.

⁴¹ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 22.

2.1 LEBENSZYKLUSPHASE

Der Lebenszyklus eines Produkts kann mit unterschiedlichem Detailgrad abgebildet werden. Bei vielen Produkten sowie auch bei einer Geige, kann der Lebenszyklus wie folgt schematisch dargestellt werden:

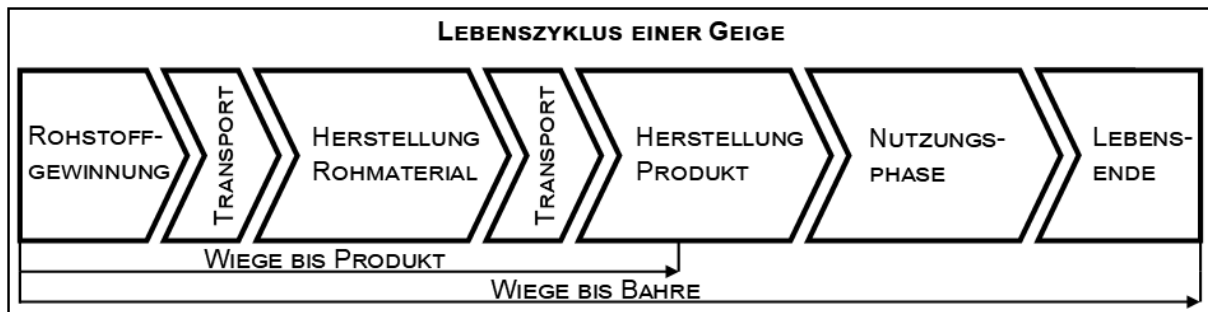


Abb. 2: Lebenszyklus einer Geige⁴²

Der Lebenszyklus einer Geige beginnt mit der allgemeinen Rohstoffgewinnung des Holzes. Anschließend werden die Bäume zu einem Sägewerk transportiert. Im Sägewerk wird aus dem Rohstoff Holz das Rohmaterial hergestellt, also die Geigenkanteln, die man als Geigenbauer:in von Tonholzhändler:innen kaufen kann. Es findet ein weiterer Transport zwischen dem Sägewerk und der Geigenbauwerkstatt statt. In der Geigenbauwerkstatt werden dann aus den Geigenkanteln die einzelnen fertigen Bauteile hergestellt und zusammengesetzt. Von der Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt spricht man von „Cradle to Gate“ also von der „Wiege bis zum Werktor“ bzw. bis zum fertigen Produkt. Da diese Betrachtung den Material-Input einer Geige untersucht, liegt ein deutlicher Fokus auf der Herstellungsphase. Deshalb wurde diese Phase, die häufig bei Produkten nur einen Abschnitt bildet, in zwei geteilt: Herstellung Rohmaterial und Herstellung Produkt. Wenn die Herstellungsphase abgeschlossen und die Geige fertiggestellt ist, beginnt die Nutzungsphase, in der auf ihr gespielt wird. Am Ende der Nutzungsphase steht die Entsorgung oder das Recycling der Geige. Vom fertigen Produkt bis zum Lebensende spricht man von „Gate to Grave“ also vom Werktor bis zur Bahre (Grab). Der gesamte Lebenszyklus wird dem zur Folge „Cradle to Grave“ und die Kreislaufwirtschaft „Cradle to Cradle“ genannt.

⁴² Vgl. Alexander David: *Life Cycle Assessment (LCA) oder Product Carbon Footprint (PCF) als Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten*, online unter <https://greenable.tech/lca/> (abgerufen am: 28.03.2026).

2.2 PROZESSKETTE

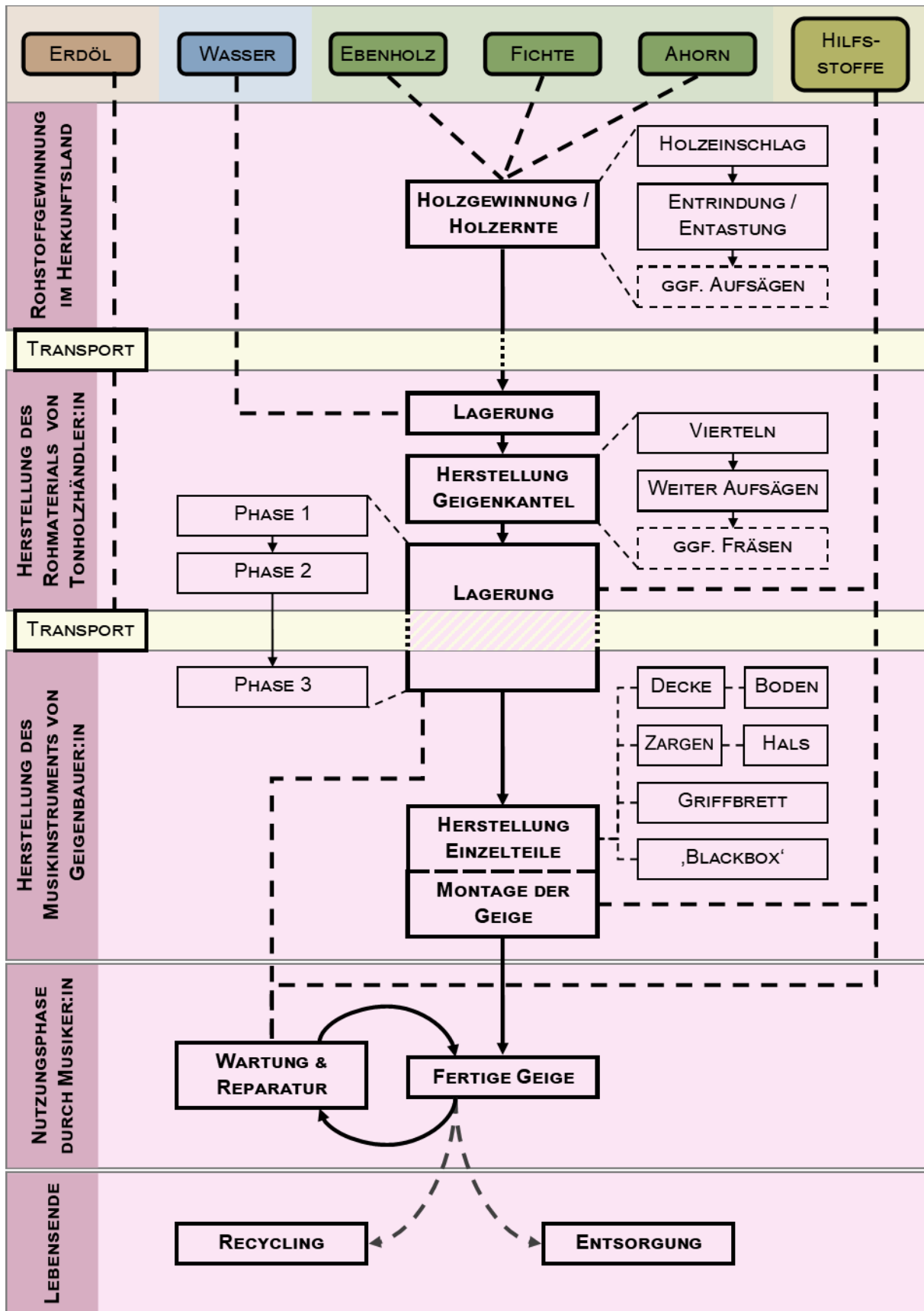


Abb. 3: Eine mögliche Prozesskette einer Geige⁴³

⁴³ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 22.

Es gibt sehr viele Möglichkeiten eine Prozesskette für ein Produkt darzustellen, wobei der Detailgrad und der Fokus einen großen Einfluss haben. Sie sind aber immer idealisiert und können in der Realität abweichen. Die hier dargestellte Prozesskette arbeitet sich an den Lebenszyklusphasen entlang, die einzeln abgesetzt und am linken Rand des Schemas beschriftet sind. Ganz oben in der Abbildung sind die verschiedenen Rohstoffe dargestellt, die durch die Farben in die Kategorien des MIPS-Konzeptes geordnet wurden. Das Erdöl hat die Farbe Braun und steht dabei für die abiotischen Rohstoffe. Wasser wird blau dargestellt. Die drei Holzarten, Fichte, Ahorn und Ebenholz, erhalten ein dunkles Grün und gehören zu den biotischen Rohstoffen. Hilfsstoffe sind weitere Stoffe, die zur Produktion benötigt werden, wie Leim und die Lackbestandteile. Da diese zum Teil den biotischen, aber auch den abiotischen Rohstoffen zugeordnet werden können, sind sie in einem helleren grün dargestellt, das eine Mischung aus dem dunklen Grün und dem Braun bildet

Für den Transport der Hölzer wird Treibstoff und somit der Rohstoff Erdöl benötigt. Da Berechnungen zu diesem Vorprodukt existieren bereits und muss nicht näher in der erstellten Prozesskette betrachtet werden.⁴⁴ Für die Vollständigkeit ist der Rohstoff Erdöl und der Transport in dieser Prozesskette angedeutet dargestellt, allerdings ohne Zwischenschritte der Treibstoffgewinnung. Auch beim Rohstoff Wasser und den Hilfsstoffen sind die Prozessketten nicht dargestellt, weil der Fokus in diesem Schema auf den Hölzern und ihrer Gewinnung liegt.

Die Prozesskette beginnt im ersten Schritt mit der Rohstoffgewinnung. Hierfür werden Bäume mit der passenden Holzqualität für Geigen gefällt. Die gefällten Bäume werden dann von Ästen und Rinde direkt im Wald befreit. Für Ahorn und Fichte findet dann ein Transport des Stammes direkt zum:zur Tonholzhändler:in statt. Beim Ebenholz werden in der Regel nicht die Stämme direkt nach Deutschland transportiert. Stattdessen werden sie im Herkunftsland zu Bohlen oder anderen Formaten wie Griffbrettkanteln zugesägt und anschließend verschifft.⁴⁵

Im zweiten Schritt werden von den Tonholzhändler:innen die Rohmaterialien hergestellt. Bevor die Stämme aufgesägt werden, müssen sie teilweise noch gelagert werden. Damit sie dabei nicht reißen, werden sie bei trockenem Wetter zusätzlich bewässert. Tonholzhändler:innen sind auf Hölzer für Musikinstrumente spezialisiert und sägen die Baumstämme bzw. die Bohlen häufig selbst in die spezifischen Formate, die im Geigenbau benötigt werden. Diese spezifischen Formate sind nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch die besondere Art und Weise des Aufschnitts definiert. In der Regel werden die Kanteln im Radialschnitt mit stehenden Jahren aus dem Stamm gesägt.⁴⁶

⁴⁴ Vgl. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: *Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen, Lebensmitteln*, online unter https://wupperinst.org/fileadmin/redaktion/downloads/misc/MIT_2014.pdf (abgerufen am: 28.06.2026).

⁴⁵ Vgl. Deblauwe 2021, S. 7.

⁴⁶ Vgl. Chris Johnson und Roy Courtnall: *The art of violin making*, London 2023, S. 60.

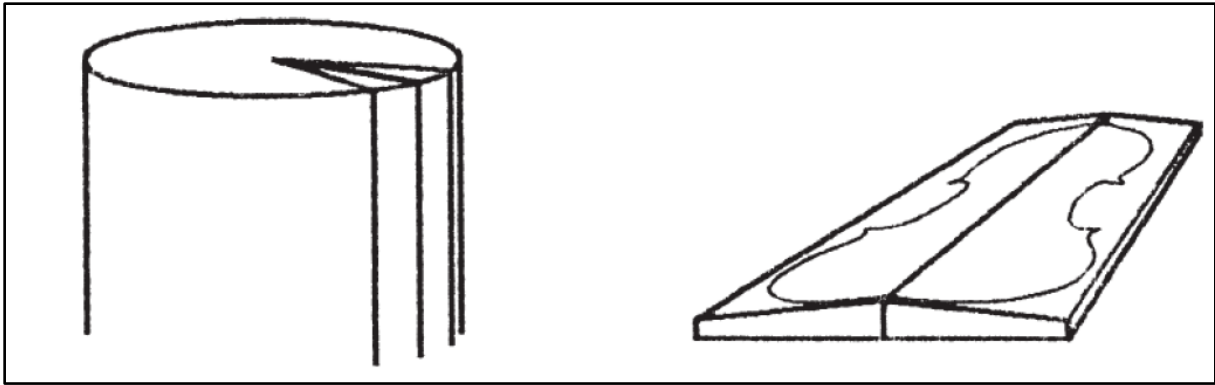


Abb. 4: Lager der Decken- oder Bodenkantel im Stamm (Abbildung aus MGG-Artikel: „Streichinstrumentenbau“)⁴⁷

In der Regel lagern Tonholzhändler:innen die Kantel für die Instrumente bevor sie verkauft werden. Diese Lagerung reicht aber häufig nicht aus, weshalb Geigenbauer:innen die gekauften Hölzer nicht direkt verbauen, sondern sie auch nochmal lagern. Die Lagerung lässt sich dabei in drei Phasen einteilen. In der ersten Phase wird das Holz draußen überdacht gelagert. Dabei ist es wichtig, dass es nicht direktem Regen und Sonne ausgesetzt ist und von allen Seiten luftumspült wird. In der zweiten Phase wird das Holz in einem nicht klimatisierten, gut durchlüfteten Raum gelagert. Ideal dafür sind beispielsweise Schuppen. In der dritten Phase werden die Kanteln dann drinnen bei Raumklima gelagert. Die dritte Phase findet häufig in der Geigenbauwerkstatt statt. Da die Tonholzhändler:innen in der Regel nicht direkt dort ansässig sind, wo Geigenbauer:innen ihre Werkstätten haben, müssen die Geigenkanteln zwischen der zweiten und der dritten Lagerungsphase transportiert werden. Damit die Rissgefahr bei der Lagerung minimiert wird, werden die Hirnholzenden der Kanteln teilweise mit Wachs oder Leim versiegelt. Daher gibt es ggf. auch bei der Lagerung einen Input von Hilfsstoffen. Die Literatur liefert nur wenig ausführliche Beschreibung zur Lagerung des Holzes.⁴⁸ Daher ist diese Ausführung mit Informationen aus den geführten Interviews ergänzt.

Die Herstellung des Produkts Geige bildet den dritten Schritt der Prozesskette. Der:die Geigenbauer:in stellt aus den Holzkanteln die einzelnen Bauteile einer Geige her, die anschließend zusammengesetzt werden. Die Geige besteht aus den Bauteilen, die in dieser Analyse näher betrachtet werden sowie denen, die sich in der ‚Blackbox‘ befinden, wie im Kapitel 1.2 ‚Objekt‘ näher beschrieben.

Nach der Fertigstellung der Geige beginnt die Nutzungsphase, also der vierte Schritt. Über die Nutzungsphase ist in dem Kapitel 1.3 Serviceeinheit schon einiges beschrieben worden. Aus Perspektive der Prozesskette sind in der Nutzungsphase hauptsächlich die Wartungen und Reparaturen interessant. Diese sind nötig, weil die Nutzungsphase einer Geige im Verhältnis zu anderen Produkten lang ist. Wie häufig eine Geige für Reparaturen oder Wartungen in eine Geigenbauwerkstatt muss, ist hauptsächlich abhängig von der Nutzungsintensität und dem Nutzungsstil, also dem generellen Umgang mit dem Instrument. Bei der Wartung oder Reparatur findet in der Regel ein erneuter Material-Input statt, allerdings

⁴⁷ Drescher et al. 2016, Kapitel: A. Die Violinfamilie. III. Entwurf und Bau. 4. Boden und Decke.

⁴⁸ Vgl. Lesley Sherwood: *Seeing the trees for the wood*, in: *theStrad*, Jg. (Vol.) 107, Nr. (No.) 1279, S. 1190–1195, London November 1996, S. 1192.

gibt es auch Arbeiten, die kein Material-Input bedürfen wie beispielsweise das Griffbrettabziehen. Nachdem eine Reparatur oder eine Wartung abgeschlossen ist, kann die Geige wieder genutzt werden.

Der fünfte und letzte Schritt ist das Lebensende, an den eine Geige nur dann gelangt, wenn die Reparaturkosten den monetären und ideellen Wert deutlich übersteigen. Wenn also eine Reparatur keine Option mehr ist, wird die Geige in der Theorie entsorgt oder recycelt. Die Entsorgung kann in Deutschland über den Rest- oder Sperrmüll erfolgen.⁴⁹ In der Realität passiert es aber häufig, dass das Instrument, in dem nicht spielbaren Zustand jahrelang gelagert wird.

Auch bei der Prozesskette gibt es, wie beim Objekt, Systemgrenzen, die durch definierte Abschneidekriterien nicht näher betrachtet werden, um die Analyse zu vereinfachen.⁵⁰ Alle Hilfsmittel, die sich durch die Nutzung nicht direkt verbrauchen, werden nicht berücksichtigt. Dazu zählen beispielsweise die Transportmittel, die Maschinen im Sägewerk und die Werkzeuge in der Geigenbauwerkstatt. Der Treibstoff beispielsweise, der für den Transport benötigt wird, kann allerdings nicht mehrfach genutzt werden und fließt deshalb in die Berechnung mit ein.⁵¹

Insgesamt betrachtet das MIPS-Konzept den gesamten Lebenszyklus eines Produktes, allerdings rücken gewisse Phasen dabei besonders in den Vordergrund. Durch den Material-Input werden die Lebenszyklusphasen der Rohstoffgewinnung und der Herstellung detailliert betrachtet. Die Serviceeinheit betrachtet die Nutzungsdauer. Dabei spielt die qualitative Nutzung eine untergeordnete Rolle. Es geht vielmehr um die Zeitspanne von Anfang bis Ende der Nutzung.

III. SCHRITT 3: DATENERHEBUNG

Die Datenlage zum Material-Input bei Streichinstrumenten ist nur teilweise und lückenhaft vorhanden, weshalb diese hauptsächlich empirisch erhoben werden. Dazu werden teilstandardisiert leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit Tonholzhändler:innen geführt, welche überwiegend quantitativ sind, abgesehen von einzelnen offenen Fragen. Die Interviews ähneln daher eher einem Fragebogen mit geschlossenen Fragen, welcher mit der interviewten Person im Rahmen einer Befragung ausgefüllt wird. Dabei entstehen hauptsächlich quantitative Antworten bestehend aus Zahlen oder einzelnen Schlagwörtern. Jede Frage kann aber um qualitative Bemerkungen durch die interviewte Person ergänzt werden. Die so ermittelten Daten werden mit den Daten, die durch die explorative Literaturrecherche gefunden wurden, verglichen. Dadurch, dass die unterschiedlichen Daten unterschiedliche Voraussetzungen haben, wird anhand von einer plausiblen Argumentation ein Mittel festgelegt, welches nicht dem arithmetischen oder geometrischen Mittel entsprechen muss. Hinzu kommt, dass bei unterschiedlichen Ergeb-

⁴⁹ Vgl. online unter: <https://www.awv-gg.de/abfall-von-a-bis-z/> (abgerufen am: 30.06.2026)

⁵⁰ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 13f.

⁵¹ Vgl. Ebd.

nissen eher die schlechtere Variante angenommen wird, da durch die nicht betrachteten Inputs das Ergebnis sowieso nie besser, sondern immer schlechter wird.⁵²

Für die Erstellung der Fragen des Interviewleitfadens wurde das wissenschaftliche Handbuch „Die Qualität qualitativer Daten“ von CORNELIA HELFFERICH herangezogen.⁵³ Dabei ist die Vorgehensweise beim Erstellen eines Interviewleitfadens: Sammeln, Prüfen, Sortieren, Subsumieren. Diese vier Schritte der Erarbeitung werden als SPSS-Methode bezeichnet. Dabei werden alle Fragen zum Anfang gesammelt und danach anhand von Vorgaben der Methode geprüft. Anschließend werden die Fragen sortiert und in einzelne Themenbereiche subsumiert.⁵⁴

Die so entstandenen Interviewfragen werden allen Tonholzhändler:innen gleich gestellt. Es gibt allerdings Anpassungen, je nachdem mit welcher der drei Holzarten sie handeln. Der Interviewleitfaden ist im Anhang zu finden.

3.1 ERGEBNISSE AUS DER LITERATUR

In einem populärwissenschaftlichen Artikel aus ‚THE STRAD‘ wird der Tonholzhändler Bernard Michaud interviewt. Er ist Tonholzhändler im Jura Gebirge im Osten Frankreichs. Er berichtet davon, dass der Verschnitt im Sägewerk sehr hoch sei und dass von der Fichte 25 % und vom Bergahorn 17 bis 20 % übrigblieben.⁵⁵ Die Angaben sind nicht genau definiert. Aus dem Kontext lässt sich erahnen, aber nicht eindeutig sagen, dass er sich wahrscheinlich auf den Stamm, den er einkauft, bezieht und, dass es sich nicht nur um Geigenkanteln, sondern auch weitere Bauteile wie Zargen und Klötze handelt. Des Weiteren schätzt er, dass nach Fertigstellung der Geige lediglich rund 2 % des Holzes übrigbleiben und somit aus einem Kubikmeter des von ihm eingekauften Holzes etwa 30 Geigen entstehen.⁵⁶ Auch diese Schätzung definiert die Bezugsgrößen nicht näher. Allerdings geben die Annahmen von Michaud ein erstes Gefühl für die Maßstäbe des Material-Inputs einer Geige, die durch die Interviews mit weiteren Tonholzhändler:innen überprüft werden können.

In einer Studie von 2020 mit dem Titel „Musical Instrument Lumber Recovery from Romanian Resonance Spruces“ von CRISTIAN TEOFIL ALBU et al. wird unter anderem die Ausbeute von Fichten für den Geigenbau ermittelt und bewertet.⁵⁷ Es wurden dafür zehn Fichten aus Naturwäldern der östlichen Karpaten in Rumänien, die als Tonholz geeignet sind, betrachtet. ALBU et al. beschreibt, dass ein Stamm circa 65 bis 93 % des Volumens eines Baumes ausmache. Dazu muss gesagt werden, dass auch Ab-

⁵² Vgl. Ebd., S. 23.

⁵³ Vgl. Cornelia Helfferich: *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*, Wiesbaden 2011.

⁵⁴ Vgl. Ebd., S. 182f.

⁵⁵ Vgl. Sherwood, S. 1192.

⁵⁶ Vgl. Ebd.

⁵⁷ Vgl. Cristian Teofil Albu, Florin Dinulică, Szilard Bartha, Maria Magdalena Vasilescu, Cristian Cornel Tereşneu und Ioana Andra Vlad: *Musical instrument lumber recovery from Romanian resonance spruces*, in: *BioResources*, Jg. 15 Nr. 1 (2020).

schnitte mit schlechteren Holzqualitäten für kleinere Geigen verwendet wurden, was eine höhere Ausbeute zur Folge haben könnte. Somit ist bei den betrachteten Bäumen eine Gesamtnutzung von durchschnittlich 25,2 % an Kanteln aus einem Stamm zu erkennen. Wenn man den ganzen Baum als Bezugsgröße heranzieht, bilden die Kanteln 20,3 % des ursprünglichen Volumens.⁵⁸

An Overview of the Output in Flitches for Musical Instruments			
Feature		Unit	Size
Total volume of the felled resonance trees		m ³	26.407
Total volume of resonance logs		m ³	21.24
Total number of flitches obtained	Violin	pcs	2065
	Cello	pcs	62
	Double bass	pcs	12
Average number of flitches /m ³ of logs	Violin	pcs	100.7
	Cello	pcs	2.6
	Double bass	pcs	0.5
Total volume of flitches		m ³	5.351
Volume of flitches	Violin	m ³	4.12
	Cello	m ³	0.816
	Double bass	m ³	0.415
Resonance flitches recovery factor from logs		%	25.19
Resonance flitches recovery factor from standing trees		%	20.26

Abb. 5: „Übersicht über die Ausbeute an Kanteln für Musikinstrumente“ (aus: „Musical instrument lumber recovery from Romanian resonance spruces“⁵⁹)

Insgesamt stellt die Studie fest, dass man eine höhere Ausbeute erzielen kann, wenn man nicht nur die besten Qualitäten verkauft, sondern die weniger guten Qualitäten für kleinere Geigen oder Manufakturen benutzt. Zusätzlich können auch gute Qualitäten für Kanteln aus Bäumen erzielt werden, deren Qualität insgesamt nicht ausgezeichnet ist, solange Äste und Harzgallen nicht verstreut sind, sondern sich clustern.⁶⁰

Da für den Musikinstrumentenbau häufig die Ebenholzart *Diospyros crassiflora* verwendet wird, kann eine Studie dazu einen ersten Eindruck geben. Dieses Ebenholz aus Zentralafrika wird hauptsächlich für Musikinstrumente und für traditionelle chinesische Möbel genutzt. Dabei ist für beide Industriezweige nur der schwarze Kern interessant. Bäume, die den Anforderungen dieser Nutzung nicht entsprechen oder durch Fäule hohl sind, was erst nach dem Fällen ersichtlich wird, werden im Wald liegen gelassen und verrotten dort. Die Abschnitte vom Sägewerk, die nicht weiterverwendet werden soll von lokalen Holzschnitzern verwendet werden.⁶¹

„Homogeneous black wood is the exception rather than the rule.“⁶²

⁵⁸ Vgl. Ebd., S. 982.

⁵⁹ Ebd.

⁶⁰ Vgl. Ebd., S. 982f.

⁶¹ Vgl. Deblauwe 2021, S. 2f.

⁶² Ebd., S. 5.

In verschiedenen Artikel der Zeitschrift ‚THE STRAD‘ wird Ebenholz und die Nutzbarkeit für den Musikinstrumentenbau thematisiert. Die Zeitschrift ist allerdings populärwissenschaftlich und es werden in den Artikeln häufig keine Quellen angegeben. In mehreren Artikeln wird beschrieben, dass nur einer von zehn Bäumen einen schwarzen Kern ausbilden würde und dies erst nach dem Fällen ersichtlich sei, sodass 90 % der gefällten Bäume im Wald liegen blieben.⁶³ Dies wird unter anderem auch von Munish Chanana, Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung bei Swiss Wood Solution in einem Interview beschrieben.⁶⁴ In einem anderen Artikel spricht Kathy Reilly, Vorstandsmitglied der ‘International Alliance of Violin and Bow Makers for Endangered Species’ sogar davon, dass nur 3–7 % der Ebenholzstämme aus Nigeria für den Musikinstrumentenbau geeignet sind.⁶⁵

Eine Studie, die von Taylor Guitars in Auftrag gegeben wurde, liefert weitere Zahlen und untersucht die Effizienz eines der wichtigsten Sägewerke für Ebenholz in Kamerun, welches unter anderem zu Taylor Guitars gehört. Es wird beschrieben, dass circa 50 % der Biomasse eines Baumes im Wald liegen bleibt und 50 % in Form von schwarzem Ebenholz in die Sägewerke transportiert wird. Im Sägewerk kommen nochmal 80 % Verschnitt hinzu, sodass beim Ebenholz nur 20 % des Stammrundholzes exportfähig sind. Zusammengerechnet werden somit 10 % des gefällten Baumes als Ebenholz exportiert. Die Studie erwähnt auch, dass nur einer von zehn Ebenholzbäumen die Qualität aufweisen, um ihn weiter zu verarbeiten.⁶⁶

Eine weitere wissenschaftliche Studie zu Mahagoni hat bezüglich der exportfähigen Ausbeute die gleiche Tendenz wie beim Ebenholz. Dabei wurde ermittelt, dass 20 % vom Holzvolumen des Baumes, wie er im Wald steht, Schnittholz in Exportqualität sind. Diese Studie bezieht sich dabei nicht explizit auf die Qualitätsansprüche im Musikinstrumentenbau, welche schätzungsweise noch höher sind. Interessant ist, dass die Herkunftsländer, laut der Studie, die Ausbeute häufig sehr viel höher eingestuft haben, um illegal geschlagenes Holz dem legalen Holz unterzumischen.⁶⁷

Ähnliche Prozesse des Vermischens von legal und illegal gefällten Bäumen, sind auch beim Ebenholz denkbar, und ebenso beim Ahorn sowie der Fichte möglich.

⁶³ Vgl. Peter Somerford: *Secondary research*, in: *theStrad*, Jg. (Vol.) 131, Nr. (No.) 1562, S. 12–13, London Juni 2020, S. 13.

⁶⁴ Vgl. Tom Stewart: *How woods can save forests*, in: *theStrad*, *Supplement Accessories*, S. 14–19, London Juni 2019, S. 15.

⁶⁵ Vgl. Peter Somerford: *Future Proof*, in: *theStrad*, *Supplement Accessories*, S. 4–11, London 2024, S. 9.

⁶⁶ Vgl. Sarah Casey, Kenyon Chow, Diana Krichevsky, Abigail Mejia und Emily Parker: *Developing a Sustainable Roadmap for Ebony Production in Cameroon*, Hrsg. UCLA Institute of the Environment and Sustainability, Los Angeles 2017, S. 23.

⁶⁷ Vgl. Roberto Kometter und Edgar Maravi: *Methodology for Developing National Volume Conversion Tables (Standing Volume & Export Grade Sawntwood) (English)*, Washington, DC: World Bank (<http://documents.worldbank.org/curated/en/229141468331767163>) September 2007, S. 7.

3.2 ERGEBNISSE AUS DEN INTERVIEWS

Die Expert:inneninterviews, die im Rahmen dieser Arbeit geführt wurden, dienen der Verifizierung und Anreicherung der Daten aus der Literatur. Der Leitfaden für die Fragebögen ist im Anhang abgebildet. Im Folgenden werden die Daten und Informationen, die für diese Arbeit dienlich sind, zusammengefasst dargestellt. Die Interviews wurden mit acht Tonholzhändlern⁶⁸ geführt. Die Namen und Informationen, die auf die einzelnen Personen schließen könnten, werden dabei nicht genannt. Es wurde sich für diese Anonymität entschieden mit der Hoffnung, dass die Tonholzhändler die Fragen somit transparenter beantworten. Grundsätzlich handelt es sich um Personen, die ihre Firma im deutschsprachigen Raum angesiedelt haben und welche durchschnittlich um die 30 Jahre im Tonholzhandel arbeiten. Die interviewten Personen handeln dabei mit Fichte, Ahorn und Ebenholz, teilweise auch mit anderen Hölzern, auf die allerdings nicht in den Befragungen eingegangen wurde. Es gibt dabei Tonholzhändler, die nur mit einem der drei Hölzer oder auch mit mehreren handeln. Somit waren die drei Holzarten wie folgt häufig bei den acht Interviews vertreten:

- 5-mal Fichte *Picea abies*
- 6-mal Ahorn *Acer pseudoplatanus* (teilweise auch *Acer platanoides*)
- 4-mal Ebenholz meistens *Diospyros crassiflora* früher auch *Diospyros ebenum*

Die Tonholzhändler konnten dabei nicht immer alle Fragen beantworten, weshalb im Folgenden die Anzahl der Angaben nicht mit der Häufigkeit der gehandelten Hölzer übereinstimmen muss.

3.2.1 Waldgebiete und deren Bedingungen

Die Gebiete, aus denen die interviewten Personen ihre Hölzer beziehen, sind sehr unterschiedlich, lassen sich aber teilweise in übergeordneten Regionen einteilen. Die Fichte wird aus dem europäischen Alpenraum bezogen, der Ahorn aus vielen Ländern Europas und das Ebenholz aus Zentral- bzw. Westafrika. In der folgenden Tabelle ist zu erkennen, wie häufig die einzelnen Länder, aus denen die jeweiligen Hölzer kommen, genannt wurden:

Anzahl der Nennungen aus welchem Land die jeweilige Holzart bezogen wird							
Fichte		Ahorn				Ebenholz	
Deutschland	4	Bosnien	6	Schweiz	1	Kamerun	4
Österreich	4	Deutschland	5	Polen	1	Nigeria	2
Südtirol (Italien)	3	Österreich	3	Belgien	1	Indien	1
Schweiz	1	Frankreich	3	Slowenien	1	Sri Lanka (früher)	1
		Kroatien	1				

Tabelle 2: Nennungen aus welchem Land die interviewten Tonholzhändler die jeweilige Holzart beziehen

⁶⁸ Alle interviewten Tonholzhändler sind männlich, weshalb im Folgenden für sie die männliche Form benutzt wird.

Bei der Fichte verteilt sich die hauptsächliche Herkunft auf Deutschland, Österreich und Südtirol relativ gleichmäßig. Dabei wurde nie Italien, sondern immer Südtirol in den Interviews gesagt, sodass auch in der Tabelle nicht das Land, sondern die Region steht. Für das Vorkommen geeigneter Fichten wurden im Durchschnitt circa 1300 Höhenmeter angegeben, wobei die Spanne von 800 bis 1800 Metern lag. Beim Ahorn sind Bosnien und Deutschland die Länder, aus denen am häufigsten die Stämme bezogen werden. Hier wurden im Schnitt 900 Höhenmeter angegeben, wobei die Spanne von 600 bis 1200 Metern geht. Zwei Tonholzhändler berichten, dass sie den Ahorn nicht mehr aus Rumänien beziehen würden, da der Handel häufig unseriös sei und unklar, ob die Bäume legal geschlagen worden sind. Das Ebenholz wird meistens aus Kamerun bezogen. Es wird berichtet, dass es früher schon von dort kam, sich der Handel dann aber auf Sri Lanka und anschließend auf Madagaskar verschoben hat und es jetzt wieder aus Kamerun bezogen wird. Dabei sagen alle Befragten, dass die Bäume in Naturwäldern wachsen. Die Bäume würden 50 bis 150 Meter im Wald auseinanderstehen. Da laut der Tonholzhändler kein Kahlschlag betrieben wird, sei der Abtransport erschwert.

Die Tonholzhändler berichten, dass sie in der Regel die Ahorn- oder Fichtenbäume beziehen, indem sie von Förster:innen oder Waldbesitzer:innen benachrichtigt werden, wenn passende Bäume gefällt werden. Dann begutachten sie die gefällten Bäume vor Ort und treffen so ihre Holzauswahl. Teilweise würden sie auch bei Submissionen mitbieten. Allerdings sei dies gerade beim Ahorn unlukrativ, weil die Möbel- und Furnierindustrie bereit sei, sehr hohe Preise zu bezahlen. Beim Ebenholz werden passende Dimensionen bestellt. Die Holzauswahl treffen eher die Sägewerke in den jeweiligen Herkunftsländern der Ebenholzbäume. Es wird von den Tonholzhändlern auch erläutert, dass sie immer die ganze Lieferung kaufen müssen und sich nicht nur die gute Qualität aussuchen können.

Durch den Wald zu streifen und nach passenden Bäumen zu suchen, gehört im Regelfall jedoch nicht zum Vorgehen der acht Tonholzhändler. Somit ist die Frage, wie hoch sie den Anteil an Bäumen, mit den hohen Qualitätsmerkmalen für den Geigenbau in einem passenden Waldstück schätzen, auch nur unbefriedigend beantwortet worden. Die Schätzungen gehen sehr weit auseinander, weil die Grundannahmen, die die Tonholzhändler getroffen haben, auch unterschiedlich waren. Manche von ihnen bezogen sich eher auf die schon gefällten Stämme, manche nicht nur auf geeignete Flächen, sondern auf alle Wälder. Somit reicht bei der Fichte die Spanne von einem von 30 Bäumen bis zu einem von 1000 Bäumen. Beim Ahorn wurde eher geschätzt, wie viele der Ahornbäume geriegelt sind, ohne die Qualität für den Tonholzhandel mit einzubeziehen. Hier liegt die Schätzung bei einem von 100 bis einem von 500 Bäumen. Diese Aussagen sind so unterschiedlich, dass sie als wissenschaftlich nicht valide eingestuft werden müssen. Beim Ebenholz konnten die befragten Personen keine Aussage treffen. Es wurde lediglich von einer Person beschrieben, dass ein Stamm sowohl gestreiftes als auch rein schwarzes Holz besitzen kann. Die Bäume mit minderer Qualität würden auch nicht mehr im Wald zurückgelassen, laut einem Interviewpartner, so wie das früher häufig die Praxis gewesen sei.

3.2.2 Transport der Hölzer

Der Transport der Fichten- und Ahornstämme wird, laut der Befragten, meistens durch einen LKW realisiert. Dabei fasst eine LKW-Ladung circa 25 Kubikmeter Fichte und 20 Kubikmeter Ahorn. Teilweise werden beim Ahorn auch einzelne Stämme mit einem PKW-Anhänger abgeholt. Beim Ebenholz findet der Transport meistens in 20-Fuß-Containern vom Herkunftsland nach Europa statt. Einer der Tonholzhändler berichtet, dass beispielsweise seine letzte Lieferung Ebenholz in so einen Container 12,5 Kubikmeter betrug. Anschließend wird dann der Container per Zug und/oder LKW zum Tonholzhändler transportiert. Das Ebenholz ist dabei meistens schon in Griffbrettkanteln vorgesägt und auf Paletten gestapelt, wird aber teilweise auch als Stamm oder Bohle verschifft.

3.2.3 Materialverlust vom Baum zum fertigen Geigen

Wie in der Prozesskette zu erkennen ist, gibt es drei Lebenszyklusphasen, in denen ein oder manchmal auch mehrere Materialverluste anfallen. Der erste Materialverlust findet bei der Rohstoffgewinnung im Herkunftsland statt. Der zweite bei der Herstellung des Rohmaterials von Tonholzhändler:innen und der dritte bei der Herstellung des Musikinstruments von Geigenbauer:innen. Im Folgenden findet sich diese Unterteilung wieder. Die erhobenen Daten werden bei der weiteren Betrachtung gemittelt. Dabei wird sowohl das geometrische Mittel, welches extremere Ausschläge egalisiert und das arithmetischen Mittel verwendet. Final wird durch eine Erklärung der Daten eine Wertung derer argumentiert und somit ein Mittel, mit welchem weiter gerechnet wird festgelegt.

1. Materialverlust im Herkunftsland

Der erste Materialverlust findet im Wald beim Fällen der Bäume statt, wenn sie entastet und entrindet werden und der Stamm in unterschiedliche Abschnitte geteilt wird. Dabei wird für den Geigenbau bei der Fichte und dem Ahorn meistens nur der erste Stammabschnitt von circa 4–5 Metern genutzt. Der restliche Stammabschnitt der Fichte wird dabei teilweise für die Holzindustrie verwendet oder so wie die Äste geschreddert und zu Pellets oder Hackschnitzeln verarbeitet. Da diese Anteile des Baumes in der Regel nicht für eine dauerhafte Nutzung verwendet werden, können sie als Verlust angesehen werden. Die Tonholzhändler machten insgesamt relativ ähnliche Angaben, wie viel Prozent der Stammabschnitt beträgt im Verhältnis zum Holzvolumen des Baumes, wie er im Wald steht.

1. Materialverlust von Fichte und Ahorn (Baum zu Stamm)										
Werte in %	Baum	jeweilige Angaben der Ausbeute des Stammes						Arithmetisches Mittel	Geometrisches Mittel	Festgelegtes Mittel
Fichte	100	20	20	40	—	30–35	30	28,5	27,5	30
Ahorn	100	30	30	40	60	55–60	30–40	42,0	40,4	40

Tabelle 3: 1. Materialverlust von Fichte und Ahorn (Baum zu Stamm), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben

Die Schätzungen sind alle relativ ähnlich, weshalb die beiden Mittelungen nur unerheblich voneinander abweichen. Insgesamt lässt sich bei den einzelnen Schätzungen und auch bei den Mittelungen erkennen, dass von der Fichte weniger bei den Tonholzhändler ankommt als vom Ahorn. Für diese Studie wird nach Auswertung der Umfrage ein gerundeter Wert von 30 % bei der Fichte und 40 % beim Ahorn zu Grunde gelegt.

In der Studie von CRISTIAN TEOFIL ALBU et al., in der zehn Fichten aus Rumänien vom Fällen bis zum Herstellen von Geigenkanteln untersucht wurden, ist der erste Materialverlust mit nur 20 % und somit eine Ausbeute von 80 % angegeben.⁶⁹ Damit wäre die Ausbeute fast umgekehrt als von den Tonholzhändler beschrieben. Allerdings wurde in der Studie der gesamte Stamm verwendet und weiterverarbeitet und nicht nur die ersten 4–5 Meter wie von den interviewten Personen beschrieben. Dies ist wahrscheinlich der Grund, weshalb die Ausbeute in der Studie bei 80 % und bei den Interviews bei 30 % liegt. Da die Tonholzhändler allerdings einheitlich beschrieben haben, dass sie nie den ganzen Baum benutzen, wird im Folgenden trotzdem von den 30 % ausgegangen.

Die Schätzungen gestalten sich beim Ebenholz viel ungenauer, weil die Tonholzhändler nicht im Herkunftsland vor Ort sind. Eine der befragten Personen, die mit Ebenholz handelt, konnte keine Aussage zur Ausbeute treffen. Die anderen drei Schätzungen sind sehr unterschiedlich, lassen sich im Kontext der Interviews und der Angaben aus der Literatur aber erklären. Dabei werden im Folgenden beide Schritte des Materialverlustes zusammen betrachtet. Der erste Schritt ist, wie viel Verlust direkt im Wald vom Baum zum Holzblock passiert. Dieser Holzblock wird von zwei Tonholzhändlern als Billet (übersetzt: Holz-scheit⁷⁰) bezeichnet. Ein Billet bildet nur den schwarzen Kern eines Ebenholzbaumes, der bereits von seinem Splint befreit worden ist (siehe Foto). Sie werden dabei auf eine Länge von 1,2–1,5 Meter gekürzt. Sie wiegen etwa 40–50 kg und können daher von Personen getragen oder mit Motorrädern aus dem Wald bis zum nächsten Forstweg transportiert werden.



Abb. 6: Foto von Ebenholz-Billets im Wald⁷¹

⁶⁹ Vgl. Albu et al. 2020, S. 982.

⁷⁰ Vgl. online unter: <https://www.dict.cc/?s=billet> (abgerufen am: 23.06.2026)

⁷¹ Vgl. Deblauwe 2021, S. 4.

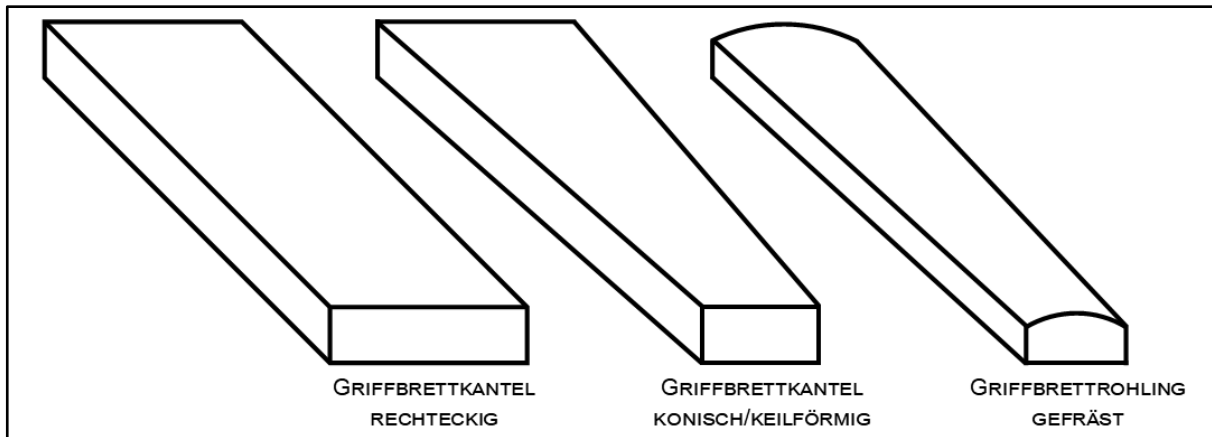


Abb. 7: Schematische Darstellung der rechteckigen und konischen Form der Griffbrettkantel und des Griffbrettrohlings

Der zweite Schritt ist dann, dass die Billets in Sägewerken im Herkunftsland zu rechteckigen oder konischen/keilförmigen Griffbrettkanteln aufgesägt werden, wie bei der Abbildung 7 zu sehen. Die Tonholzhändler schätzen also in dem Fall, wie viel Verlust anfällt, da sie nicht selbst die Billets aufsägen. Dieser Schritt wird beim Ebenholz mit zur Rohstoffgewinnung gezählt, weil er in der Regel direkt nach dem Fällen im Herkunftsland geschieht. Einer der Tonholzhändler beschreibt allerdings, dass er unter anderem auch Bohlen geliefert bekommt und diese dann selbst aufsägt (Angabe 3).

1. Materialverlust von Ebenholz (Baum zu Billet und Billet zu Kantel)									
Ebenholz Werte in %	Baum	Billet	erster Verlust	Billet	Kantel	zweiter Verlust	Baum	Kantel gesamt	Verlust gesamt
Angabe 1	100	30	70	100	50	50	100	15	85
Angabe 2	100	—	—	100	18–20	80–82	100	< 18–20	> 80–82
Angabe 3	100	—	—	100	50–70	30–50	100	< 50–70	> 30–50
Literatur ⁷²	100	50	50	100	20	80	100	10	90
Festgelegtes Mittel	100	40	60	100	25	75	100	10	90

Tabelle 4: 1. Materialverlust von Ebenholz (Stamm zu Billet und Billet zu Kantel), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben

Ein Tonholzhändler beschreibt, dass beim ersten Materialverlust im Wald vom Baum zum Billet 30 % übrigbleiben und, dass 70 % Verlust anfallen (Angabe 1). Die Ausbeute ist somit schlechter als die 50 % Ausbeute, die in der Literatur beschrieben sind.⁷³ Beim zweiten Schritt vom Billet zur gesägten Griffbrettkantel beschreibt dieser Tonholzhändler eine Ausbeute von 50 %. In diesem Schritt ist die Ausbeute in der Literatur schlechter mit 20 % Ausbeute und 80 % Verlust.⁷⁴ Wenn man allerdings die Ausbeute beider Schritte zusammenzählt, ergibt die Ausbeute bei den Kanteln in der Literatur 10 % und beim Tonholzhändler 15 %. Diese Werte liegen relativ nah beieinander. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Gesamtausbeute ähnlich ist und bei der Beschreibung des Tonholzhändlers schon im Wald mehr aussortiert wird. Ein weiterer Tonholzhändler kann den ersten Materialverlust nicht ein-

⁷² Vgl. Casey et al. 2017, S. 23.

⁷³ Vgl. Ebd.

⁷⁴ Vgl. Ebd.

schätzen, beschreibt aber beim zweiten Schritt eine Ausbeute der Kanteln von 19–20 % und ein Verlust von 80–82 % (Angabe 2). Diese Angabe passt zu der Angabe der Literatur. Wenn ein ähnlicher erster Materialverlust, wie bei den anderen beiden Beispielen angenommen wird, liegt die Ausbeute der Kanteln insgesamt bei circa 6–10 %. Ein weiterer Tonholzhändler bekommt zum Teil Kanteln aber auch teilweise Bohlen geliefert und sägt diese dann selbst auf (Angabe 3). Die von ihm beschriebene Materialausbeute ist sehr viel höher mit 50–70 % und 30–50 % Verlust. Dies kann verschiedene Gründe haben. Zum einen sind die Bohlen, die er geliefert bekommt, gegebenenfalls schon etwas weiterverarbeitet als die Billets, von denen die anderen Tonholzhändler sprachen. Zum anderen kann es auch sein, dass er aufgrund von besseren Maschinen und gezielterem Wissen über das Endprodukt den Aufschnitt sparsamer gestalten kann, was sich teilweise auch in der Literatur so andeutet.⁷⁵ Man könnte davon ausgehen, dass bei den gelieferten Bohlen ungefähr so viel Verlust entsteht, wie bei der Studie zur Schnittholzausbeute in Exportqualität vom Mahagonie mit 80 % Verlust und 20 % Ausbeute.⁷⁶ Dies kann angenommen werden, da das Schnittholz, genau so wie die Bohle, ein Zwischenstadium von Billet und Griffbrettkantel darstellt. Mit dieser Annahme des ersten Materialverlustes ergibt sich auch bei Angabe 3 eine Ausbeute vom Baum zur Griffbrettkantel von 10–14 %. Grundlegend wird in dieser Arbeit der Fall angenommen, dass das Ebenholz in Kamerun zu Griffbrettkanteln aufgesägt und anschließend nach Europa exportiert wird. Durch diese Annahmen wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass die Ausbeute der Griffbrettkanteln insgesamt im Mittel bei 10 % liegt und der Verlust bei 90 %.

2. Materialverlust durch Tonholzhändler:in

Der zweite Materialverlust entsteht beim Aufsägen der Stämme. Dieser ist aufgrund der besonderen Art des Aufschnitts verhältnismäßig groß (siehe Abbildung 4). Die Tonholzhändler berichten von sehr unterschiedlichen Zahlen. Einige konnten differenzierte Angaben machen, wie viel Prozent Decken und Böden und wie viel andere Bauteile wie Klötze, Stimmstöcke, Hälse und Zargen aus einem Stamm gewonnen werden können. Andere konnten insgesamt sagen, wie viel Prozent Material brauchbar und wie viel Prozent Verlust ist.

2. Materialverlust von Fichte (Stamm zu Kantel)									
Werte in %	jeweilige Angaben					Arithmetisches Mittel	Geometrisches Mittel	Literatur ⁷⁷	Festgelegtes Mittel
Fichtenstamm	100								
Deckenkantel	18	30	33,3	25	28	26,9	26,3	25	25
Andere Bauteile	2	—	33,3	—	—	keine sinnvolle Aussage		—	—
Verlust	80	70	33,3	75	72	66	63,2	75	75

Tabelle 5: 2. Materialverlust von Fichte (Stamm zu Kantel), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben

⁷⁵ Vgl. Ebd., S. 25.

⁷⁶ Vgl. Kometter et al. September 2007, S. 7.

⁷⁷ Vgl. Sherwood, S. 1192; Albu et al. 2020, S. 982.

Insgesamt sind die Schätzungen, bis auf eine, relativ nah beieinander. Die mittlere Angabe, welche zeigt, dass alle Bereiche zu jeweils einem Drittel vertreten sind, fügt sich bei der Schätzung der Kanteln gut ein, ist allerdings bei der Schätzung des Verlustes deutlich niedriger als der Rest. Das könnte daran liegen, dass die anderen Tonholzhändler kaum andere Bauteile aus den Resten des Stammes sägen. Allerdings schätzt diese befragte Person alle Fragen eher optimistisch ein. Eine interviewte Person beschreibt, dass sie für andere Bauteile, wie etwa Bassbalken, separate Stämme verwendet, die ausschließlich dafür vorgesehen sind. Der Arbeitsaufwand wäre sonst zu groß, wenn stets unterschiedliche Bauteile aus einem einzigen Stamm gesägt würden. Die letzte Angabe mit 28 % Geigenkanteln und 72 % Verlust ist keine Schätzung, sondern ein gemessener Wert, der von einer interviewten Person gemessen wurde. Das geometrische Mittel der einzelnen Angaben der Ausbeute der Geigenkanteln beträgt 26,3 %. Das geometrische Mittel der Verluste beträgt 63,2 %, wenn man die mittlere Schätzung nicht mit einbezieht, liegt es bei 74,2 %.

In der Literatur finden sich zwei Angaben, die miteinander und mit den Interviews übereinstimmen. In der Studie von CRISTIAN TEOFIL ALBU et al., in der 10 Fichten aus Rumänien untersucht wurden, wird beschrieben, dass 25,2 % Ausbeute an Kanteln von einem Stamm im Durchschnitt entsteht.⁷⁸ Auch in einem Artikel von THE STRAD schätzt der Tonholzhändler Bernard Michaud, dass circa 25 % nach dem Aufsägen der Stämme zu Kanteln übrigbleiben.⁷⁹ Durch all diese Angaben wird für die folgende Analyse mit einer Ausbeute an Deckenkanteln aus einem Fichtenstamm von 25 % und einem Verlust von 75 % weitergearbeitet.

Beim Ahornstamm haben die Angaben eine größere Streuung als bei der Fichte. Alle Tonholzhändler konnten Angaben zum Verlust machen, der beim Aufsägen eines Ahornstammes anfällt. Einige konnten auch differenzierte Schätzungen abgeben, wie viel Prozent des genutzten Holzes später Böden, Hälse und Zargen werden. Es gab aber auch Tonholzhändler, die nur Angaben dazu gemacht haben, wie viel Holz sie insgesamt für Geigenkanteln nutzen.

2. Materialverlust von Ahorn (Stamm zu Kanten)													
Werte in %	jeweilige Angaben						Arithmeti- sches Mittel		Geometri- sches Mittel		Litera- tur ⁸⁰	Festgeleg- tes Mittel	
Ahorn- stamm	100												
Boden	15	40*1	50	15*2	25	26	26,9	39,8	23	35	17–20	15,5	30
Hals	10		20	—	15		15		14,4			9,7	
Zargen	5–10		10	—	5		7,5		7,2			4,8	
Verlust	65–70	60	20	30	55	74	51,1		46,3		80–83	70	

Tabelle 6: 2. Materialverlust von Ahorn (Stamm zu Kanten), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben

*1 das meiste seien Böden

*2 55 % sind andere Bauteile wie beispielsweise für Gitarren, Griffe und Möbel

⁷⁸ Vgl. Ebd.

⁷⁹ Vgl. Sherwood, S. 1192.

⁸⁰ Vgl. Ebd.

Durch die unterschiedlichen Arten der Angaben ist es schwieriger als bei der Fichte eine generelle Aussage abzuleiten. Hinzu kommt die große Streuung der Zahlen. Die Person, die den Verlust auf 20 % geschätzt hat, ist die gleiche Person, die auch bei der Fichte im Vergleich einen relativ niedrigen Anteil an Verlusten geschätzt hat. Diese Schätzungen können somit insgesamt als eher optimistisch eingestuft werden. Ein weiterer Tonholzhändler hat den Verlust auf 30 % geschätzt und liegt im Vergleich damit auch bei einer sehr hohen Ausbeute insgesamt. Der Anteil an Geigenböden ist allerdings eher niedrig, was unter anderem daran liegt, dass Geigenbauer:innen nicht zu den Primärkunden zählen. Die hohe Ausbeute erklärt sich also dadurch, dass viele Abschnitte des Ahornstammes für andere Bauteile auch außerhalb des Instrumentenbaus Verwendung finden. Bei vier von fünf befragten Tonholzhändlern, die Angaben zu Fichte und Ahorn gemacht haben, wird die Ausbeute beim Ahorn als besser bewertet als bei der Fichte. Die Gründe dafür seien weniger Äste im Ahorn und, dass man nicht nur Bodenkanteln, sondern auch Hälse und Zargen aus einem Stamm schneiden kann. Dies würde sich im Gegenteil zu der Fichte mehr lohnen, weil Hälse und Zargen sehr viel hochpreisiger im Verkauf sind als Klötze und Bassbalken. Die letzte Angabe mit 74 % Verlust und 26 % nutzbaren Abschnitten ist auch hier wieder keine Schätzung, sondern eine Mittelung von gemessenen Werten. Dies ist auch die einzige Person, bei der die Ausbeute von Ahorn minimal niedriger ist als bei der Fichte. Insgesamt kann mit dem Ausklammern der extrem guten Ausbeute ein Verlust von durchschnittlich 64,1 % festgestellt werden. Dies ist immer noch deutlich niedriger als der Verlust von rund 80 %, wie er in der Literatur zu finden ist.⁸¹ Der Mittelwert der Schätzungen aus der Literatur und von den Interviews lässt sich bei circa 70 % einordnen und wird so für diese Studie festgelegt. Dies passt auch zu dem Fakt, dass die Tonholzhändler die Ausbeute als leicht höher einschätzen als bei der Fichte. Somit ist der Anteil an nutzbaren Abschnitten 30 %. Wenn die Anteile der einzelnen Bauteile beim geometrischen Mittel auf die prozentuale Ausbeute von 30 % übertragen werden, ergibt das 15,5 % Böden, 9,7 % Hälse und 4,8 % Zargen.

Die eckigen oder konischen Griffbrettkanteln aus Ebenholz werden zum Teil direkt verkauft, aber häufiger zu vorgefrästen Griffbrettrohlungen verarbeitet. Ein Tonholzhändler richtet im ersten Fall die Kanteln, nachdem sie getrocknet sind, ab und hat daher einen sehr geringen Materialverlust von 10 %. Die anderen Tonholzhändler lagern die Kanteln, sodass sie trocken sind und fertigen anschließend aus den Kanteln vorgefräste Griffbretterrohlinge. Dabei beschreiben sie genau entgegengesetzte Verhältnisse von Ausbeute und Verlust.

2. Materialverlust von Ebenholz (Griffbrettkantel zu gefrästem Griffbrettrohling)						
Werte in %	Griffbrettkanteln	Ausschuss von Kanteln	Gefräster Griffbrettrohling	Verlust	Gesamt-ausbeute	Gesamt-verlust
Angabe 1	100	10	40	60	36	64
Angabe 2	100	—	66,6	33,3	66,6	33,3

Tabelle 7: 2. Materialverlust von Ebenholz (Griffbrettkantel zu gefrästem Griffbrettrohling), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben

⁸¹ Vgl. Ebd.

Ein Tonholzhändler beschreibt, dass nach dem Lagern 10 % der Kanteln aus Qualitätsgründen, häufig durch Trocknungsrisse, aussortiert werden müssen. Er nennt das Gewicht der Kante mit 280 g und das Gewicht des gefrästen Rohlings mit 110 g. Dadurch entsteht ein Verlust von 170 g. Diese Gewichtsangaben lassen sich in 40 % Ausbeute und 60 % Verlust umrechnen. Der Grund, weshalb der Verlust zwischen den beiden Tonholzhändlern beim Fräsen der Griffbrettrohlinge genau entgegengesetzt sein könnte, liegt wahrscheinlich in der Form der Griffbrettkanteln. Der Tonholzhändler, der 60 % Verlust beim Fräsen erzeugt, benutzt rechteckige Kanteln wie in Abbildung 7 zu sehen. Der andere Tonholzhändler benutzt konische Griffbrettkanteln, wie ebenfalls in der Abbildung 7 zu sehen. Da die konischen Kanteln näher an der gefrästen Form der Griffbrettrohlinge sind, fällt bei ihnen auch weniger Abfall an. Dies ist wahrscheinlich der Grund für die unterschiedliche Angaben.

Da auch hier wieder die Prozesskette angenommen wird, in der die Kanteln in Kamerun aufgesägt und in Deutschland lediglich die Rohlinge gefräst werden, wird die Angabe 1 angenommen. Hinzu kommen die 10 % Ausschuss, wodurch der Gesamtverlust 64 % und die Ausbeute 36 % beträgt. Ein weiterer Grund, weshalb für diese Studie diese Angabe festgelegt wird, ist, dass für die Berechnung im Zweifel der schlechteste Fall angenommen werden sollte.

Der erste und zweite Materialverlust aller drei Holzarten, welcher aus Sägespänen und Restabschnitten besteht, wird von allen befragten Tonholzhändlern grundsätzlich zum Heizen verwendet. Dazu werden aus dem Material Hackschnitzel oder Pellets hergestellt. Teilweise werden die anfallenden Sägespäne auch als Einstreu für Tiere an die Bauern der Umgebung weitergegeben. Auch in Kamerun sollen die angefallenen Verluste als Energieträger beispielsweise zum Kochen verwendet werden.

Da bis hierhin relative Verlustangaben in Prozent angegeben wurden, und ab hier das Gewicht das Maß sein wird, müssen beide Maße der jeweiligen Kanteln durch die Interviews definiert werden.

3. Materialverlust durch Geigenbauer:innen

Der dritte Materialverlust wird nicht durch eine direkte Schätzung des Verlustes ermittelt, sondern indem das Durchschnittsgewicht der Kanteln dem Endgewicht der einzelnen Bauteile gegenübergestellt wird. Die interviewten Tonholzhändler wurden dafür nicht nur zum Gewicht, sondern auch zu den Maßen ihrer Kanteln befragt, um die relativen Verlustangaben in Prozent in absolute Zahlen übertragen zu können. Dieser Punkt dient also als Umrechnung, da bis jetzt der Verlust des Volumens beschrieben wurde. Da das Volumen der fertigen Bauteile einer Geige aber durch die komplexen Formen schwer zu berechnen ist, wird der dritte Materialverlust in der Geigenbauwerkstatt über das Gewicht ermittelt. Dies ist möglich, weil sich ab hier auch die Holzfeuchte nicht mehr signifikant verändert und diese somit keinen erheblichen Einfluss auf das Gewicht des Holzes mehr hat. Nicht alle Tonholzhändler konnten konkrete und vollständige Angaben zu den Maßen ihrer Kanteln geben. Hier sind nur die vollständigen Angaben abgebildet und das geometrische Mittel unter der doppelten Linie zusammengefasst. Das fest-

gelegte Mittel wurde bestimmt, sodass sich durch das Volumen und das Gewicht der jeweiligen Bauteile eine plausible Dichte der jeweiligen Bauteile ergibt.

Maße der Decken- und Bodenkanteln										
Maße in mm	Maße der Deckenkanteln				Volumen in cm³	Maße der Bodenkanteln				Volumen in cm³
	Länge	Breite	Höhe			Länge	Breite	Höhe		
jeweilige Maße	460	125	50	13	1811,3	460	125	55	18	2098,8
	400	125	50	20	1750,0	400	125	50	20	1750,0
	450	125	55	12	1884,4	450	125	55	12	1884,4
	450	140	53	25	2457,0	450	140	53	25	2457,0
	420	120	50	20	1764,0	420	120	60	25	2066,4
Geometri- sches Mittel	435,4	126,8	51,6	17,3	1917,0	435,4	126,8	55,4	20	2098,6
Festgelegtes Mittel					1920					2000

Tabelle 8: Maße der Decken- und Bodenkanteln, die die interviewten Tonholzhändler anbieten

Insgesamt bewegen sich die angegebenen Maße von Decke- und Bodenkanteln alle in einem ähnlichen Bereich. Jeder Befragte gibt die gleichen Längen und Breiten für seine Decken- und Bodenkanteln an. Die Bodenkantel ist bei manchen Tonholzhändlern in der Dimension der Höhe etwas größer. Somit ergibt sich bei den Deckenkanteln ein festgelegtes Volumen von 1920 cm³ und bei den Bodenkanteln von 2000 cm³.

Die Maßangaben bei den Halskanteln und Zargenrohlingen war schwieriger, weil zum einen weniger Tonholzhändler diese Angabe geben konnten und weil die Angaben inhomogener sind. Bei den Halskanteln gibt es zwei Arten, bei der ersten Variante werden diese wie ein Quader gesägt und bei der zweiten Variante gibt es zwei unterschiedliche Breiten.

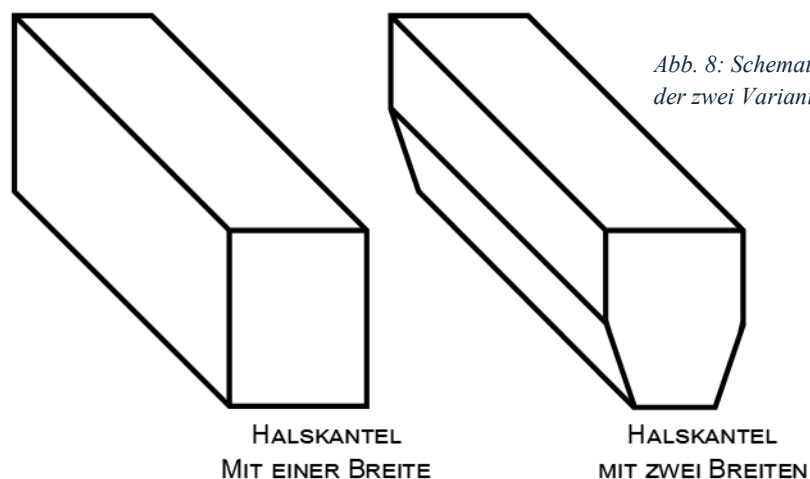


Abb. 8: Schematische Darstellung der zwei Varianten einer Halskante

In der folgenden Tabelle haben die Tonholzhändler bei den beiden oberen Angaben zur Halskante zwei Breiten genannt, die hier zur besseren Übersicht bereits gemittelt wurden. Bei den Zargenrohlingen verkaufen die einen Tonholzhändler einzelne Zargen in einem Satz und die anderen einen Block, von denen sich die Geigenbauer:innen selbst Zargen runterschneiden können. Somit sind die Angaben hier sehr unterschiedlich und vom Volumen schwer miteinander vergleichbar, da bei den Zargen im Block noch

weitere Verluste durch das Aufsägen anfallen. Bei den einzelnen Zargen wird in der Spalte Breite in Klammern angegeben, wie viele Zargen zu einem Satz gehören.

Maße der Halskanteln und Zargenrohlinge										
Maße in mm	Maße der Halskanteln			Volumen in cm³	Maße der Zargenrohlinge					Volumen in cm³
	Länge	Höhe	Breite		Form	Länge	Höhe	Breite		
jweilige Maße	300	75	51,3	1153	Block	460	45	15	25	414,0
	300	65	50	975		450	35	20–50		551,3
	300	65	40	780	Einzel	450	40	5 (x3–4)		315,0
	330	80	60	1584		420	42	2 (x3)		105,8
Geomet. Mittel	307,2	71,0	47,6	1085,6		444,7	40,3	—		295,3
Festgelegtes Mittel				1090		445	40	2,5 (x3)		133,5

Tabelle 9: Maße der Halskanteln und Zargenrohlinge, die die interviewten Tonholzhändler anbieten

Die Halskanteln haben, bis auf eine Ausnahme, relativ ähnlich Angaben. In der untersten Zeile werden die Kanteln in alle Dimensionen größer gesägt. Der Grund dafür sei, dass diese Halskanteln teilweise zum Fräsen von Hälsen genutzt worden und das Aufmaß daher erforderlich war. Das geometrische Mittel des Volumens der Halskanten liegt bei 1085,6 cm³ und kann somit auf 1090 cm³ gerundet werden. Bei den Zargenrohlingen sind die Angaben schwer zu interpretieren, da die Voraussetzungen unterschiedlich sind. Auch hier sind die Länge und Höhe der Zargenrohlinge relativ ähnlich. Die Angabe der Breite variiert allerdings stark. Die Rohlinge, die als Block verkauft werden, haben zwei unterschiedliche Breitenangaben. Dabei ist teilweise gemeint, dass der Block als keilförmig, also an einem Ende 15 mm und am anderen 25 mm geschnitten ist und teilweise, dass er im Bereich zwischen 20 und 50 mm liegt. Bei den Zargenrohlingen, die schon in einzelne Zargen gesägt worden sind, variiert die Breite der einzelnen Zargen auch erheblich. In dem einen Beispiel werden sie mit 5 mm und in dem anderen mit 2 mm angegeben. Die Anzahl in einem Satz ist hingegen mit 3 und 3–4 mm ähnlich. Es kann davon ausgegangen werden, dass zum Bau einer Geige in der Regel drei Zargen mit einer Dicke von rund 2,5 mm ausreichen, wodurch ein durchschnittliches Volumen von 133,5 cm³ festgelegt werden kann.

Die Gewichtsangabe der Kanteln fällt den Tonholzhändler dabei deutlich schwerer zu definieren. Einer von ihnen konnte dabei eine Schätzung abgeben und einer weiterer konnte das durchschnittliche Gewicht mitteilen, welches er zur Berechnung von Paketen verwendet.

Gewichtsangaben der Bauteile aus Fichte und Ahorn				
Gewicht der Kanteln in g	Schätzung	gemittelt Angabe	Arithmetisches Mittel	Festgelegtes Mittel
Deckekantel	~ 800	650	725	750
Bodenkantel	~ 1200	950	1075	1100
Halskantel	~ 700	730	715	710
Zargenrohling	—	80	—	80

Tabelle 10: Gewichtsangaben der Bauteile aus Fichte und Ahorn, die die interviewten Tonholzhändler anbieten

Das festgelegte mittlere Gewicht der einzelnen Kanteln, was für die Studie angenommen wird, weicht leicht vom Durchschnitt ab, liegt aber trotzdem innerhalb der beiden angegebenen Werte. Dies liegt daran, dass in der folgenden Tabelle die Gewichts- und Volumenangaben durch die errechnete Dichte auf ihre Plausibilität kontrolliert wurden.

Ermittlung der Dichte durch Volumen und Gewicht				
Ermittlung der Dichte	Durchschnittsgewicht in g	Durchschnittsvolumen in cm ³	Dichte in g/cm ³	Dichte aus Literatur ⁸² in g/cm ³
Deckekantel	750	1920	0,39	0,32–0,68
Bodenkantel	1100	2000	0,55	
Halskantel	710	1090	0,65	
Zargenrohling	80	133,5	0,6	

Tabelle 11: Ermittlung der Dichte von Fichte und Ahorn durch Volumen und Gewicht aus den Tabellen 8–10

Die durchschnittliche Deckenkantel liegt mit einer Dichte von 0.39 g/cm³ in dem Bereich, der für den Geigenbau angestrebt wird. Der Boden hat mit 0,55 g/cm³ eine relativ niedrige Dichte im Vergleich zum Hals mit 0,65 g/cm³. Beide Angaben liegen trotzdem im typischen Bereich für den Geigenbau.

Da der gefräste Griffbrettrohling eine sehr komplexe Form hat, wird die Plausibilität der angegebenen Maße und das dazugehörige Gewicht nicht anhand des Rohlings, sondern mit der Griffbrettkantel durchgeführt, obwohl das Fräsen der Griffbrettrohlinge zu dem vorherigen Schritt gezählt wird. Dazu kann ein Tonholzhändler konkrete Angabe zu den Maßen geben. Hierbei handelt es sich um die Kanteln aus Kamerun, welche nicht konisch, sondern rechteckig sind. (siehe Abbildung 7)

Maße und Gewichtsangabe der Griffbrettkanteln und -rohlinge								
Griffbrettkantel					Gefräster Griffbrettrohling			
Maße in mm			Volumen in cm³	Gewicht in g	Maße in mm			Gewicht in g
Länge	Breite	Höhe			Länge	Breite		
300	50	15	225	280	270	23	42	110
					Weitere Gewichtsangabe			90–100
					Arithmetisches Mittel			102,5

Tabelle 12: Maße und Gewichtsangabe der Griffbrettkanteln und gefräster Griffbrettrohlinge, die die interviewten Tonholzhändler anbieten

Die Griffbrettkantel hat ein Volumen von 225 cm³ und ein Gewicht von 280 g. Nach dem Fräsen ist die Angabe der Höhe nicht sinnvoll, da das Griffbrett eine Rundung hat und auf der Unterseite gekehrt ist. Die Länge und Breite wurde hier trotzdem mit angegeben. Dadurch kann allerdings kein Volumen ermittelt werden. Der Tonholzhändler machte aber auch hier eine Gewichtsangabe von 110 g. Ein weiterer Tonholzhändler konnte nur das Gewicht der gefrästen Griffbretter schätzen auf 90–100 g. Somit ergibt sich ein durchschnittliches Gewicht der gefrästen Griffbretter von 102,5 g.

⁸² Vgl. Meinel 2019, A26.

Um die Angaben auf Plausibilität zu prüfen, muss allerdings die Dichte der Griffbrettkantel berechnet werden, da zu dem gefrästen Griffbrettrohling keine exakte Volumenbestimmung möglich ist.

Ermittlung der Dichte durch Volumen und Gewicht				
Ermittlung der Dichte	Durchschnittsgewicht in g	Durchschnittsvolumen in cm ³	Dichte in g/cm ³	Dichte aus Literatur ⁸³ in g/cm ³
Griffbrettrohling	280	225	1,24	1,2

Tabelle 13: Ermittlung der Dichte von Ebenholz durch Volumen und Gewicht aus der Tabelle 12

Durch das Volumen und das Gewicht der Griffbrettkantel kann die Dichte von 1,24 g/cm³ errechnet werden, was leicht höher ist als die durchschnittliche Dichte aus der Literatur, aber im akzeptablen Rahmen für den Geigenbau liegt.

Es lassen sich keine wissenschaftlichen Quellen finden, die ein durchschnittliches Gewicht von den Bauteilen Decke, Boden, Hals, Zargen und Griffbrett liefern. Daher wurden diesbezüglich zwei Geigenbauer befragt. Stefan Rehms berichtete dabei von Richtwerten, die er beim Neubau anstrebt.⁸⁴ Andreas Haensel bildete einen Durchschnittsgewicht für jedes Bauteil, indem er drei Messwerte mittelte.⁸⁵

Gewichtsangaben der fertigen Bauteile einer Geige					
Gewicht in g	Decke	Boden	Zargen	Hals	Griffbrett
Stefan Rehms	65–70	100–120	60–70 (Zargenkrantz)	—	—
Andreas Haensel	65	110	21	55	65–70

Tabelle 14: Gewichtsangaben der fertigen Bauteile einer Geige (Angaben von Stefan Rehms und Andreas Haensel)⁸⁶

Die Werte von Decke und Boden passen sehr gut zueinander. Die Werte von den Zargen sind sehr unterschiedlich. Das liegt daran, dass mit dem Gewicht 60–70 der gesamte Zargenkrantz mit Ecken, Klötzen und Reifchen gemeint ist. Nur die Zargen wiegen dem zur Folge 21 g, womit in dieser Arbeit gerechnet wird, weil die Kleinbauteile nicht mit betrachtet werden. Zu den anderen Bauteilen, Hals und Griffbrett, konnte nur eine der beiden Personen eine Auskunft geben. Insgesamt kann mit diesen Gewichtsangaben allerdings weitergearbeitet werden, da selbst eine für den Geigenbau große Abweichung von beispielsweise fünf Gramm einen geringen Einfluss auf das Endergebnis haben dürfte.

Durch die jeweiligen Gewichtsangaben der Kanteln bzw. Rohlinge, die von den Geigenbauer:innen gekauft werden, sowie durch das Endgewicht der fertigen Bauteile lassen sich die folgenden Ausbeuten und Verluste ermitteln.

⁸³ Vgl. Ebd.

⁸⁴ Stefan Rehms (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15.06.2026 [Telefonat].

⁸⁵ Andres Haensel (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15/16.06.2026 [Telefonat].

⁸⁶ Ebd.; Stefan Rehms (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15.06.2026 [Telefonat].

3. Materialverlust der Bauteile einer Geige (Kantel/Rohlinge zu fertigem Bauteil)				
Bauteile	Gewicht in g		Anteile in %	
	Kantel	Fertiges Bauteil	Ausbeute	Verlust
Deckenkantel	750	66	8,8	91,2
Bodenkantel	1100	110	10,0	90
Halskantel	710	55	7,7	92,3
Zargenrohlinge	80	21	26,3	73,7
Griffbrettrohlinge	102,5	67,5	65,9	34,1

Tabelle 15: 3. Materialverlust der Bauteile einer Geige (Kantel/Rohlinge zu fertigem Bauteil)

Die Zusammenfassung aller drei Schritte im Materialverlust findet sich im Kapitel 3.3 Zusammenfassung der Daten.

3.2.4 Anteile der Qualitätsstufen

Einige Tonholzhändler konnten zusätzlich berichten, wie die Ausbeute von Decken sich in die verschiedenen Qualitätsstufen einteilt. Einer von ihnen hat diese Angabe nicht geschätzt, sondern über 2000–3000 Decken gemittelt. Es handelt sich um die gleiche Person, die auch die Ausbeute durch Messungen ermittelt hat. Somit bilden die ermittelten 28 % Ausbeute dieser Person aus dem vorherigen Absatz jetzt 100 % von denen sich dann jeweils die Qualitätsstufen ableiten lassen. Die anderen geschätzten Angaben werden lediglich prüfend herangezogen.

Qualitätsstufen der Deckenkanteln und deren Anteile		
	Bezeichnungen	Anteil vom genutzten Teil des Stammes
Qualität 1	Master	3 %
Qualität 2	AAA	10 %
Qualität 3	AA	18 %
Qualität 4	A	35 %
Qualität 5	B	26 %
Aussortiert		8 %

Tabelle 16: Qualitätsstufen der Deckenkanteln und deren Anteile, die ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat

Absolut perfekte Decken machen insgesamt einen kleinen Teil aus. Ein Großteil hat eine gute Qualität. Die Qualitätsstufe 5 die mit „B“ bezeichnet wird, kann eher als B-Ware mit minderer Qualität verstanden werden. Diese Qualitätsstufe wird von den anderen Tonholzhändlern gar nicht angegeben. Man kann erkennen, dass sich die Qualitäten im mittleren Bereich häufen. Die anderen Tonholzhändler schlüsseln die Anteile ihrer Qualitätsstufen nicht so fein auf. Es zeigt sich jedoch auch dort deutlich, dass die Anteile sehr guter Qualitäten geringer ausfallen, während die Anteile minderer Qualitäten zunehmen.

Beim Ebenholz hat eine der befragten Personen eine detaillierte Angabe gemacht, wie sich die gelieferten Griffbrettkanteln aus Kamerun auf die unterschiedlichen Qualitäten aufteilen. Dabei werden die Kanteln bereits in Kamerun in eine AB-Qualität und eine C-Qualität sortiert.

Qualitätsstufen der Griffbrettkanteln und deren Anteile				
Sortierung in Kamerun		Sortierung in Deutschland		Gesamtanteil
AB-Qualität	33,3 %	Beste Qualität	5 %	1,7 %
		Mittlere Qualität	20 %	6,7 %
		Niedrige Qualität	75 %	25 %
C-Qualität	66,6 %			66,6 %

Tabelle 17: Qualitätsstufen der Griffbrettkanteln und deren Anteile, die ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat

Die Kanteln der C-Qualität liegen bei zwei Dritteln und sind stark und breit gestreift. Diese werden direkt an die Großindustrie nach beispielsweise China verschifft. Die AB-Qualitäten, welche ein Drittel bilden und leicht gestreift bis tiefschwarz seien, kommen nach Deutschland. Von der AB-Qualität seien 5 % die beste Qualität, also tiefschwarz und feinporig. Die mittleren Qualitäten seien 20 % und die einfachsten Kanteln bilden 75 % und seien leicht gestreift und grobporiger. Ein weiterer Tonholzhändler sagt, dass die beste Qualität 3 % bildet, von dem, was er geliefert bekommt und somit in einem ähnlichen Bereich liegt wie bei der Schätzung zuvor. Den Rest konnte er allerdings nicht weiter aufschlüsseln.

3.2.5 Energieverbrauch des Sägewerks

Eine weitere Frage war, wie viel Strom die Tonholzhändler zum Aufsägen eines Stammes verbrauchen. Diese Frage wurde von ihnen als schwierig wargenommen, weil sie es nicht genau sagen können. Drei von ihnen haben eine Kilowatt-Angabe gemacht. Die erste Schätzung waren circa 90 kW pro Stamm, welcher im Schnitt ungefähr ein Kubikmeter entsprechen würde. Diese Schätzung kommt von der gleichen Person, die auch die Ausbeute beim Aufsägen der Stämme sehr optimistisch eingeschätzt hat. Die zweite Angabe sind ca. 140 kW pro Stamm, wobei der Verbrauch von kleiner und großer Bandsäge sowie die Absaugung aufgeschlüsselt angegeben wurden und dazu die jeweilige Arbeitsdauer an den Maschinen.

Stromverbrauch um einen Fichten- oder Ahornstamm aufzusägen			
	Verbrauch pro Stunde	Arbeitsdauer	Verbrauch
Bandsäge klein	11 kWh	2,5 h	27,5 kWh
Bandsäge groß	37 kWh	1,5 h	55,5 kWh
Absaugung	14 kWh	4 h	56,0 kWh
Summe			139 kWh

Tabelle 18: Stromverbrauch um einen Stamm aufzusägen, den ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat

Die dritte Schätzung ist, dass pro Jahr circa 80.000 Kilowatt Strom verbraucht werden. Damit ist der gesamte Stromverbrauch des Betriebs gemeint, also nicht nur zum Aufsägen der Stämme. Das jährlich aufgesägte Holz entspreche circa 500 Kubikmeter. Wenn wir wie oben angeben pro Stamm circa einen

Kubikmeter Holz annehmen, ergibt diese Schätzung 160 kW pro Stamm. Die Energie, die wirklich nur für das Aufsägen eines Stammes benötigt wird, muss logischerweise niedriger sein. Insgesamt lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen der einzelnen Werte sagen, dass die 140 kW realistisch angesetzt sind.

3.2.6 Lagerung und Trocknung der Kanteln

Die Fragen zur Lagerung beziehen sich auf mehrere Bereiche, wie auch in der Prozesskette zu erkennen ist. Dabei werden verschiedene Ressourcen benötigt. Die erste Lagerung findet vor dem Aufsägen der Stämme statt. Wenn die Fichten- und Ahornstämme zu den Tonholzhändlern transportiert werden, können sie nicht alle sofort aufgeschnitten werden. Daher werden die Stämme zwischengelagert. Diese Lagerung variiert stark in ihrer Dauer. Die Stämme werden bei längerer Lagerung bewässert, damit sie nicht reißen. Die Fichte kann dabei sehr viel länger gelagert werden als der Ahorn, weil dieser sich schnell verfärbt, wenn das Holz nicht zeitnah aufgeschnitten wird. Die Menge an Wasser, die benutzt wird, kann pro Stamm durch die Tonholzhändler nicht definiert werden.

Nach dem Aufsägen der Stämme werden die Kanteln in unterschiedlichen Phasen gelagert. Bei den meisten Befragten handelt es sich um zwei Phasen, bei einem um drei. Bei der ersten Phase wird das frisch gesägte Holz möglichst zügig getrocknet. Ziel ist es, die Holzfeuchtigkeit rasch zu reduzieren, um Verfärbungen zu vermeiden aber nicht so schnell, dass Schäden wie Risse entstehen. Das Holz befindet sich dabei meistens im Freien oder in einer offenen, überdachten Halle und ist vor direkter Sonneneinstrahlung sowie Regen geschützt. Es soll in dieser Phase aber gezielt den klimatischen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen der Tages- und Jahreszeiten ausgesetzt werden. Eine gute Luftzirkulation ist entscheidend, damit das Holz gut trocknet. Die klimatischen Schwankungen dienen dazu, die Spannungen im Holz abzubauen. Während der zweiten Phase wird das Holz meistens in einen Innenraum gebracht, wo die Trocknung kontrollierter fortgesetzt wird. Dieser Raum in Form einer Halle oder eines Schuppens ist unbeheizt und gut belüftet. Dort ist es vor direkten Witterungseinflüssen geschützt, aber trotzdem klimatischen Schwankungen ausgesetzt, welche allerdings moderater ausfallen als im Freien. Das Holz ist dabei meistens gestapelt bis die gewünschte Holzfeuchte erreicht wird. Die Dauer der einzelnen Phasen wird sehr unterschiedlich angegeben, weil die Bedingungen der Lagerorte auch unterschiedlich beschrieben werden. Insgesamt ist der Dauer der beiden Phasen zusammen aber relativ ähnlich.

Lagerung von Tonholzkanteln						
Lagerung in Jahren	jeweilige Angaben				Geometrisches Mittel	Festgelegtes Mittel
Phase 1	0,5–0,7	2–3	0,5	0,5–1		
Phase 2	1–2		2–2,5	3–4		
Insgesamt	1,5–2,7	2–3	2,5–3	3,5–5	2,8	2,5–3

Tabelle 19: Lagerung von Tonholzkanteln, die die interviewten Tonholzhändler angegeben haben

Bei dem Holzhändler, der drei Phasen beschreibt, wurden die erste, sehr kurze Phase mit der zweiten zusammengefasst, sodass in der rechten Spalte ein Zeitraum von 0,5–1 Jahr erscheint. Er differenziert die Phasen, da er den Ahorn erst 1–2 Wochen stehend lagert, damit das Wasser rauslaufen kann und danach aufstapelt. Die Bedingungen der Lagerung bleiben aber die gleichen, weshalb diese Phasen zur Übersichtlichkeit vereint wurden. Ein weiterer Tonholzhändler beschreibt, dass er die Ahornkanteln bereits ab 6–7 Monaten und die Decken sogar schon ab 3–3,5 Monaten Lagerzeit verkauft. Er sagt allerdings auch, dass die Hölzer in der Form eher an die Industrie gehen und die Kanteln für die kleineren Geigenbauwerkstätten eher länger liegen. Daher wurde die Angabe nicht mit einbezogen. Somit wird eine durchschnittliche Lagerungszeit bei den Tonholzhändlern von 2,5–3 Jahren festgelegt. Einige von ihnen beschreiben, dass die Geigenbauer:innen das Holz noch weiter lagern sollten, andere hingegen erläutern, dass ihr Holz beim Verkauf auch direkt verbaut werden kann. In der dritten Phase lagert das Holz in einer beheizten Geigenbauwerkstatt weiter. Dort herrschen trockene und stabile Umgebungsbedingungen, sodass sich das Holz weiter an das spätere Verarbeitungsklima anpassen kann. Die Dauer dieser Lagerung ist sehr individuell. Die Tonholzhändler, die auch diese Phase beschrieben haben, erklären, dass die gesamte Lagerungszeit mindestens 8 Jahre sein soll, was bedeutet, dass das Holz mindestens 5–5,5 Jahre beim Geigenbauer gelagert wird.

Beim Ebenholz haben drei Tonholzhändler Angaben zum Lagerungs- und Trocknungsprozess gemacht. Das Holz, was im Herkunftsland zu Kanteln aufgesägt wurde, wird nass (ungetrocknet) verschifft und muss dem zur Folge in Deutschland getrocknet werden. Der Tonholzhändler, der die Kanteln ungefräst verkauft, hat nur eine sehr kurze Trocknungsdauer von einem halben Jahr in der beheizten Werkstatt mit ca. 20 Grad Celsius. Die anderen Tonholzhändler, haben unterschiedliche Trocknungsmethoden. Einer nutzt die natürliche Trocknung in zwei Phasen. Im ersten Schritt trocknet er die Kanteln 8–9 Jahre in einem unbeheizten Schuppen, welcher gut durchlüftet ist. Er betont dabei, dass die Kanteln die klimatischen Schwankungen der Jahreszeiten mitmachen sollen, um Spannungen zu verlieren. Im zweiten Schritt werden die Kanteln vor dem Fräsen für 3–5 Monate in die beheizte Werkstatt geholt, damit sie sich akklimatisieren können. Ein anderer Tonholzhändler erklärt, dass er vor circa 30 Jahren von der natürlichen auf die technische Trocknung umgestiegen ist, da andernfalls so viel Kapital gebunden wird. Somit trocknet er die Kanteln aus Kamerun vor dem Fräsen künstlich und erziele damit bessere Ergebnisse als bei der natürlichen Methode, da die Bauteile so formstabiler seien. Dazu nutzt er eine Vakuumtrockenkammer, da durch diese wenig Risse im Holz entstehen. Die Kanteln für Geigengriffbretter werden für 4 Wochen getrocknet, wobei die Temperatur bei 50 Grad Celsius beginnt und langsam auf 70 Grad Celsius ansteigt. Für die Dimensionen eines Kontrabassgriffbrettes braucht es dann eher 6–7 Wochen. Nachdem die Kanteln in die Griffbrettform gefräst wurden, sind sie bei beiden Tonholzhändlern verkaufsbereit. Somit ist die Dauer und der Ressourcenverbrauch der Trocknung beim Ebenholz stark abhängig von der Methode und der Form, in der es verkauft wird.

Die technische Trocknung mit Vakuumtrockenkammern wird in Ausnahmefällen auch von einigen Tonholzhandlern für Fichte und Ahorn eingesetzt. Beispielsweise bei sehr großen Dimensionen, wie Kontrabasshälsen oder für Exportvorschriften für Länder wie Australien, bei denen man nachweisen muss, dass das Holz keinen Schädlingsbefall hat. Die Vakuumtrockenkammern haben auch hier eine niedrige Temperatur von 65–70 Grad Celsius, weshalb die Trocknung sehr schonend sein soll. Abgesehen davon hat sich die Lagerung bei den meisten Befragten nicht verändert.

Ein weiterer, wenn auch sehr geringer Rohstoffinput findet statt, um die Hirnholzstellen von den Ahorn- und Ebenholzkanteln zu versiegeln, sodass sich weniger Risse bilden und die Kanteln gleichmäßiger trocknen. Für das Versiegeln wird von den Tonholzhandlern in der Regel Wachs, vereinzelt auch Leim, verwendet.

3.2.7 Qualitätsveränderungen der drei Holzarten

Hinsichtlich der wahrgenommenen Entwicklung der Holzqualität zeigen sich in den Interviews sowohl übereinstimmende als auch unterschiedliche Einschätzungen. Während einige Befragte keine grundlegende Veränderung der Holzqualität feststellen, berichten andere von einer Verschlechterung, die sich vor allem in der Verfügbarkeit hochwertiger Holzqualitäten äußert. Als mögliche Ursachen werden unter anderem klimatische Veränderungen, die intensive Nutzung hochwertiger Bestände sowie gestiegene Qualitätsansprüche genannt. Dabei unterscheiden sich die Aussagen teilweise je nach Holzart.

Für Fichte wird überwiegend beschrieben, dass geeignetes Resonanzholz heute schwieriger zu beschaffen sei. Insbesondere große Stammdurchmesser, die beispielsweise für den Cellobau benötigt werden, seien heute schwer zu finden. Zudem falle beim Einschnitt häufiger Ausschuss an oder ganze Stammabschnitte könnten nicht mehr als Tonholz genutzt werden. Einzelne Interviewpartner weisen jedoch darauf hin, dass die gestiegenen, insbesondere optischen, Qualitätsansprüche den Eindruck einer sinkenden Holzqualität zusätzlich verstärken könnten.

Auch beim Ahorn beschreiben die Befragten überwiegend eine Verschlechterung der Verfügbarkeit hochwertiger Stämme. Besonders große und qualitativ hochwertige Exemplare seien heute deutlich seltener als früher. Eine befragte Person schätzt, dass früher etwa 10 % der Stämme als besonders hochwertig eingestuft werden konnten, während dieser Anteil heute nur noch bei etwa 2 % liege. Mehrere Interviewpartner berichten zudem, dass große Stammdurchmesser auch beim Ahorn zunehmend knapper würden.

Die Aussagen zum Ebenholz fallen differenzierter aus. Mehrere Befragte berichten, dass hochwertiges, tiefschwarzes Ebenholz heute deutlich seltener sei und häufiger Farbeinschlüsse sowie gröbere Poren aufweise. Teilweise wird geschätzt, dass nur noch etwa 8–10 % der verfügbaren Ware vollständig schwarz seien, während bei einem Großteil der übrigen Stücke bereits Fehlerfreiheit als zufriedenstellend angesehen werde. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass Qualitätsunterschiede schon immer

zwischen verschiedenen Arten und Herkunftsregionen bestanden hätten und die Beurteilung der Qualität daher stark von der jeweiligen Art, dem Wuchsgebiet und subjektiven Bewertungsmaßstäben abhängen.

Über alle drei Holzarten hinweg zeigt sich die Tendenz, dass die Beschaffung hochwertiger Hölzer, insbesondere großer Dimensionen, als zunehmend schwieriger wahrgenommen wird. Gleichzeitig relativieren einzelne Befragte diese Einschätzung und weisen darauf hin, dass sich nicht zwangsläufig die Holzqualität selbst verändert habe, sondern die Qualitätsansprüche und Verfügbarkeiten.

3.2.8 Nachhaltigkeitszertifikate und deren Nachfrage

Bezüglich der Nachhaltigkeitszertifizierung der eingekauften Hölzer zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Während einige Interviewpartner, insbesondere bei Fichte und teilweise bei Ahorn, angeben, Holz mit FSC- oder PEFC-Zertifizierung zu beziehen, berichten andere, dass ihre Hölzer keine Nachhaltigkeitszertifikate besitzen. Für Ebenholz wird übereinstimmend darauf hingewiesen, dass Nachhaltigkeitszertifizierungen derzeit praktisch keine Rolle spielen, beziehungsweise nicht verfügbar seien. Stattdessen werde vor allem die legale Herkunft durch Einfuhrnachweise und staatliche Kontrollsysteme sichergestellt. Genannt werden unter anderem Rückverfolgbarkeit bis zum Einschlagsort, Herkunftsnachweise sowie zunehmend strengere Anforderungen im Rahmen der europäischen Entwaldungsverordnung. Gleichzeitig wird jedoch angemerkt, dass sich trotz dieser Maßnahmen eine vollständige Garantie gegen illegale Beimischungen nicht geben lasse.

Die Nachfrage nach zertifiziertem Holz seitens der Geigenbauer:innen wird von den Interviewpartnern nahezu einhellig als nicht vorhanden beschrieben. Ein Befragter berichtet: „Ich habe noch nie einen Geigenbauer gehabt, der ein Zertifikat haben wollte“. Übereinstimmend wird geschildert, dass für die Kunden in erster Linie die physikalischen und optischen Eigenschaften des Holzes entscheidend seien. Ein Interviewpartner fasst dies mit den Worten zusammen: „Es ist nice to have, aber es ist überhaupt kein Verkaufsargument.“ Interesse bestehe überwiegend lediglich an der Herkunft des Holzes und ob es legal geschlagen wurden ist. Als Ausnahme werden vereinzelt Kunden:innen aus den USA genannt, die aufgrund der dortigen strengeren Einfuhrbestimmungen gezielt nach entsprechenden Nachweisen fragten. Zwar sehen einzelne Befragte bei jüngeren Geigenbauer:innen einen beginnenden Bewusstseinswandel, insgesamt spiele die Nachhaltigkeitszertifizierung im Geigenbau jedoch bislang kaum eine Rolle. Im Zusammenhang mit Ebenholz wird zudem berichtet, dass sich nachhaltigkeitsbewusste Kunden:innen eher für alternative Materialien entscheiden, anstatt gezielt nach zertifiziertem Ebenholz zu fragen.

3.2.9 Zukünftige Herausforderungen

Mit Blick auf die zukünftige Verfügbarkeit von Fichte und Ahorn sehen die meisten Befragten verschiedene Herausforderungen, wobei insbesondere die Verfügbarkeit hochwertiger Holzqualitäten als kritisch eingeschätzt wird. Mehrere Interviewpartner gehen davon aus, dass geeignete Stämme künftig seltener werden und sich Instrumentenbauer:innen auf kleinere Dimensionen, mehrteilige Decken oder optische Kompromisse einstellen müssen. „Es wird in den Qualitäten Beschränkungen geben, wenn sie so weiter machen“, fasst ein Befragter diese Entwicklung zusammen. Als wesentliche Ursachen dafür werden sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Veränderungen genannt. Mehrere Interviewpartner verweisen auf die Folgen des Klimawandels, etwa auf zunehmenden Borkenkäferbefall und häufiger auftretende Windwürfe. Gleichzeitig werde erwartet, dass große Bäume künftig seltener verfügbar seien, da sie früher eingeschlagen würden und sich die klimatischen Bedingungen in den Wuchsgebieten veränderten. Andere Befragte bewerten diese Entwicklungen jedoch weniger kritisch und sehen weder im Klimawandel noch im Schädlingsbefall eine unmittelbare Bedrohung für den Geigenbau, da der Holzbedarf dieser Branche vergleichsweise gering sei.

Darüber hinaus werden strukturelle Veränderungen in der Holzwirtschaft als zukünftige Herausforderung gesehen. Ein Interviewpartner berichtet, dass große Unternehmen der Holzindustrie zunehmend ganze Waldgebiete aufkauften, ohne dabei auf einzelne Bäume mit guter Qualität zu achten und dadurch den Wettbewerb mit kleineren Sägewerken erschweren. Auch die hohe Einschlagsintensität wird kritisch bewertet. Ein Interviewpartner bringt dies mit der Aussage „Nur weil es legal ist, heißt es nicht, dass es nachhaltig ist“ in Bezug auf Europa treffend auf den Punkt. Zudem werden illegale Holzeinschläge, insbesondere in Rumänien, als Problem wahrgenommen.

Die Aussagen zum Ebenholz gehen über die eigentliche Fragestellung hinaus, da viele Interviewpartner auch hier zukünftige Herausforderungen sehen. Mehrere Befragte erwarten eine weiter sinkende Verfügbarkeit sowie eine Verschlechterung der Qualität infolge klimatischer Veränderungen und der fortschreitenden Nutzung bestehender Bestände. Wiederholt wird zudem vermutet, dass Ebenholz künftig durch CITES reguliert werden könnte. Während einige eine solche Entwicklung für unausweichlich halten und darin einen möglichen Auslöser für den verstärkten Einsatz alternativer Materialien sehen, beurteilen andere Ebenholz derzeit nicht als gefährdete Art und kritisieren CITES als übermäßig bürokratisch oder fachlich fragwürdig. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die weitere Nutzung von Ebenholz wirtschaftliche Anreize für die lokale Bevölkerung schaffen könne, um die Wälder langfristig zu erhalten und einer Umwandlung in landwirtschaftliche Flächen entgegenzuwirken.

3.2.10 Optimierungsmöglichkeiten der Materialausbeute

Die Interviewpartner sehen nur begrenzte Möglichkeiten, die Materialausbeute durch technische oder strukturelle Maßnahmen zu verbessern. Mehrere Befragte weisen darauf hin, dass aus einem Stamm grundsätzlich nicht mehr Holz gewonnen werden könne, als tatsächlich vorhanden sei und die Möglichkeiten des Einschnitts sowie der Sägetechnik weitgehend ausgeschöpft seien. Als denkbare technische Weiterentwicklung wird lediglich genannt, das innere der Bäume bereits vor dem Einschlag zu scannen, um den Einschnitt besser planen zu können. Gleichzeitig wird jedoch angemerkt, dass ein solches Verfahren derzeit wirtschaftlich kaum umsetzbar wäre. Vereinzelt werden außerdem Verbesserungsmöglichkeiten bei der Sortierung verschiedener Baumqualitäten gesehen, sodass beispielsweise Fichten, die für den Instrumentenbau geeignet sind, auch dort ankommen und nicht zu Palettenholz verarbeitet werden. Bei der Lagerung von Ebenholz in den Herkunftsländern könnten teilweise Verbesserungen und Sorgfalt dazu führen, dass sich die Rissbildung verringert.

Das mit Abstand größte Optimierungspotenzial wird jedoch übereinstimmend in einer Veränderung der Qualitätsansprüche der Geigenbauer:innen gesehen. Mehrere Interviewpartner betonen, dass deutlich mehr Holz genutzt werden könnte, wenn optische Merkmale weniger stark gewichtet würden. Genannt werden unter anderem schwächer geriegelter Ahorn, farbliche Abweichungen, Einschlüsse oder mehrteilige Böden und Decken. Ein Interviewpartner berichtet: „Die Bereitschaft der Geigenbauer ist aber nicht da.“ Mehrere Befragte sprechen sich deshalb dafür aus, die Qualitätsvorstellungen innerhalb des Geigenbaus kritisch zu hinterfragen und den Fokus stärker auf die handwerkliche Qualität des fertigen Instruments als auf ein optisch perfektes Ausgangsmaterial zu legen.

Besonders deutlich wird diese Problematik am Beispiel des Ebenholzes. Mehrere Interviewpartner kritisieren, dass ausschließlich tiefschwarzes Ebenholz nachgefragt werde, obwohl auch Holz mit Farbanteilen technisch geeignet sei. Dies wird als ineffizienter Umgang mit einer knappen Ressource bewertet. Ein Befragter fasst den Widerspruch zwischen Wiederaufforstungsprojekten und den hohen Qualitätsansprüchen an das Endprodukt mit den Worten zusammen: „Da beißt sich die Katze in den Schwanz: Auf der einen Seite gibt es Wiederaufforstungsprojekte und auf der anderen Seite will man wirklich nur das Sahnehäubchen.“ Nach Einschätzung eines Interviewpartners ließe sich allein durch eine größere Akzeptanz optischer Abweichungen die Materialausbeute um 20–40 % steigern. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass kleinere Holzstücke bereits heute weitgehend genutzt werden, beispielsweise für Wirbel oder Sättel, sodass das größte Potenzial tatsächlich in einer breiteren Akzeptanz unterschiedlicher Holzqualitäten gesehen wird.

3.3 ZUSAMMENFASSUNG DER DATEN

Durch die Datenerhebung sind qualitative und quantitative Daten recherchiert und erhoben worden. Im Folgenden sollen nur die quantitativen Daten, welche zur Ermittlung des Material-Inputs nötig sind, zusammengefasst werden, um eine bessere Übersichtlichkeit zu erzeugen. Die qualitativen Daten werden später zur Einordnung der Ergebnisse erneut herangezogen. Somit ergeben sich folgende Tabellen als Übersicht über die jeweilige Ausbeute und den jeweiligen Verlust sowie die weiteren Schritte, um den Material-Input zu ermitteln.

Die Tabelle 20 fasst alle Materialverluste und -ausbeuten zusammen, die dann in der Tabelle 21 zusammengerechnet werden. Dabei bleibt die Grundstruktur bestehen, sodass die drei Schritte des Materialverlustes jeweils der entsprechenden Lebenszyklusphase zugeordnet sind. Bei der Fichte und beim Ahorn gibt es pro Phase ein Verlust. Beim Ebenholz finden in der ersten und zweiten Phase jeweils zwei Verluste statt. Jede Ausbeute wird dabei blau und jeder Verlust rot dargestellt. Dabei wird bei jedem neuen Materialverlust die Ausbeute vom vorherigen Schritt als hundert Prozent angenommen und grün dargestellt. Die addierten Werte aus der Tabelle 21 stellen die gesamte Ausbeute und den gesamten Verlust pro Bauteil bzw. Holzart dar. Mit diesen Ergebnissen werden dann weitere Berechnungen durchgeführt. Zuerst wird durch die Gesamtausbeute und das Gewicht des einzelnen Bauteils der Material-Input errechnet. Der Material-Input zeigt an, wie viel Material insgesamt benötigt wird, um das jeweilige Bauteil zu erzeugen. Dieser Material-Input wird anschließend mit der in Tabelle 11 und 13 ermittelten Dichte in das Holzvolumen umgerechnet, was benötigt wird, um eins der jeweiligen Bauteile herzustellen. In der letzten Spalte wird dann ermittelt, wie viele der jeweiligen Bauteile in einen Kubikmeter vom Baum passen. Dabei gibt es beim Ahorn die Besonderheit, dass die angegebene Anzahl von Boden, Hals und Zargen zusammen in einen Kubikmeter Holz passen. In beiden Tabellen werden gerundete Werte abgebildet. Gerechnet wird aber mit den absoluten Werten, weshalb errechnete Ergebnisse leicht abweichen können.

Materialverlust in drei Hauptschritten vom Fichten-, Ahorn- und Ebenholzbaum zu den fertigen Bauteilen einer Geige																
	1. Materialverlust im Herkunftsland				2. Materialverlust bei Tonholzhändler:in				3. Materialverlust bei Geigenbauer:in							
	Baum zu Stamm				Stamm zu Kantenl				Kantenl zu fertigem Bauteil							
Holzart	Baum	Ausbeute	Verlust	Bauteil	Stamm	Ausbeute	Anteilig	Verlust	Kantenl	Ausbeute	Verlust					
Fichte	100 %	30 %	70 %	Decke	100 %	25 %		75 %	100 %	8,8 %	91,2 %					
Ahorn	100 %	40 %	60 %	Boden	100 %	30 %	15,5 %	70 %	100 %	10,0 %	90,0 %					
				Hals			9,7 %		100 %	7,7 %	92,3 %					
				Zargen			4,8 %		100 %	26,6 %	73,7 %					
	Baum zu Kantenl							Kantenl zu gefrästem Rohling					Rohling zu fertigem Bauteil			
	Baum	Ausbeute	Verlust	Billet	Ausbeute	Verlust		Kantenl	Nutzbares Material	Ausschuss	Nutzbare Kanteln	Ausbeute	Verlust	Gefräster Rohling	Ausbeute	Verlust
Ebenholz	100 %	40 %	60 %	100 %	25 %	75 %	Griffbrett	100 %	90 %	10 %	100 %	40 %	60 %	100 %	65,9 %	34,1 %

Tabelle 20: Materialverlust in drei Hauptschritten vom Fichten-, Ahorn- und Ebenholzbaum zu den fertigen Bauteilen einer Geige (Zusammengefasst aus den Tabellen 3–15)

		Gesamter Materialverlust				Gewicht			Dichte	Volumen	Anzahl der Bauteile in 1 Kubikmeter ⁸⁹	
Holzart	Bauteil	Baum	Gewichtete Ausbeute ⁸⁷			Verlust	Bauteil	Material-Input ⁸⁸		(Tabelle 11 & 13)		Gesamt (Bauteil+MI)
			Gesamt	Bauteil	Anteile			Gesamt	Bauteil			
Fichte	Decke	100 %	0,660 %			99,340 %	66 g	10,0 kg		0,39 g/cm³	25641,03 cm³	39,0
Ahorn	Boden	100 %	1,424 %	0,620 %	43,548 %	98,576 %	110 g	13,064 kg	5,689 kg	0,55 g/cm³	10344,10 cm³	96,7
	Hals	100 %		0,299 %	20,984 %		55 g		2,741 kg	0,65 g/cm³	4217,67 cm³	237,1
	Zargen	100 %		0,505 %	35,468 %		21 g		4,634 kg	0,60 g/cm³	7722,71 cm³	129,5
Ebenholz	Griffbrett	100 %	2,372 %			97,628 %	67,5 g	2,845 kg		1,24 g/cm³	2294,53 cm³	435,8

Tabelle 21: Gesamter Materialverlust mit weiteren Berechnungen wie Material-Input, Gesamtvolumen und Anzahl der Bauteile in einem Kubikmeter

⁸⁷ Ausbeute-Gesamt: die Ausbeute pro Baumart (Boden, Hals und Zargen zusammengerechnet) | Ausbeute-Bauteil: Ausbeute pro Bauteil (wie viel Prozent die einzelnen Bauteile vom Baum sind) | Ausbeute-Anteile: wie sich die einzelnen Bauteile (Boden, Hals und Zargen) anteilig auf die Gesamtausbeute verhält

⁸⁸ Material-Input: die 100 % (also wie viel Kilogramm sind Verlust und Ausbeute zusammen) | MI-Gesamt: Gewicht der drei Bauteile geteilt durch die Gesamtausbeute vom Ahorn | MI-Bauteile: Gewicht des Bauteils geteilt durch die Ausbeute des Bauteils

⁸⁹ Anzahl der Bauteile, die in einen Kubikmeter des jeweiligen Baumstammes passen (Boden, Hals und Zargen passen zusammen in einen Kubikmeter Holz)

Weitere Material-Inputs, zu denen Daten durch die Interviews erhoben wurden, sind der Transport sowie die Energie, die benutzt wird, um das Holz aufzusägen. Die Inputs, die nicht betrachtet werden, sind beispielsweise die Bauteile, die sich in der Blackbox befinden, also die Kleinbauteile, Bestandteile und Hilfsstoffe oder auch die Energie, die in der Geigenbauwerkstatt verbraucht wird.

Der Transport ist bei allen drei Holzarten sehr unterschiedlich. Dies liegt an der generell unterschiedlichen Entfernung der Einschlagsorte und der individuellen Distanz zu den einzelnen interviewten Tonholzhändlern. Daher wird ein durchschnittlicher Transportweg in folgender Tabelle geschätzt. Die Tonholzhändler berichten, dass die Fichte hauptsächlich aus dem Alpenraum kommt. Somit muss sie mit einem LKW aus dem Alpenraum zu den Tonholzhändlern transportiert werden, was schätzungsweise im Durchschnitt 300 km entspricht. Der Ahorn stammt laut den Tonholzhändlern meist aus Bosnien, weshalb er von dort per LKW über eine Strecke von rund 1000 km nach Deutschland transportiert werden muss. Beim Ebenholz wird der Transport mit dem LKW in Kamerun auf circa 500 km geschätzt. Die Tonholzhändler berichten, dass es anschließend mit dem Schiff in einem 20-Fuß-Container von Kamerun nach Hamburg verschifft wird, was circa 10.000 km entspricht. Anschließend werden die Container weiter mit dem LKW von Hamburg zu den Tonholzhändlern transportiert, was circa weitere 500 km bedeutet. Somit kann folgende Kilometerangabe pro Holzart angenommen werden.

Transportweg der jeweiligen Holzart geschätzt im Durchschnitt						
	Schiff	LKW	Material-Input		Schiff	LKW
					in Tonnenkilometer	
Fichte	—	300 km	10 kg	0,01 t	—	3 tkm
Ahorn	—	1000 km	13,06 kg	0,0131 t	—	13,064 tkm
Ebenholz	10.000 km ⁹⁰	1000 km	2,85 kg	0,0028 t	28,45 tkm	2,845 tkm

Tabelle 22: Geschätzter Transportweg der jeweiligen Holzart und durch den Material-Input umgerechnet in Tonnenkilometer

Durch das Verhältnis zwischen der zurückgelegten Entfernung in Kilometern und dem transportierten Gewicht können die Tonnenkilometer berechnet werden, die angeben, wie viel Masse über welche Distanz bewegt wird. Dies wird im nächsten Schritt benötigt, um den Material-Input, welcher durch den Transport anfällt, zu errechnen.

Ein weiterer Material-Input ist die Energie, die zum Aufsägen der Stämme benötigt wird. Einige der interviewten Tonholzhändler haben die Kilowattstunden geschätzt, die sie dafür benötigen. Im Kapitel 3.2.5 Energieverbrauch des Sägewerks wird durch die Angaben der Interviews ein Mittelwert von 140 kWh Energie, um einen Stamm aufzusägen, festgelegt. Dies ist nur ein Bruchteil der gesamten Energie, welche für den ganzen Herstellungsprozess benötigt wird. Aus diesem Grund und, weil die Angabe sich nur auf die Ahorn- und Fichtenstämme beziehen, wird der Energieverbrauch nicht weiter betrachtet.

⁹⁰ Vgl. online unter: <https://www.fluentcargo.com/routes/douala-cm/hamburg-de> (abgerufen am: 27.06.2026)

Zusätzlich müsste eigentlich noch berechnet werden, dass die Tonholzhändler häufig berichteten, dass sie sich besonders beim Ahorn erst den gefällten Baum ansehen, um dann die Kaufentscheidung zu treffen. Das bedeutet, dass sie dafür von ihrem jeweiligen Firmensitz zum Einschlagort und wieder zurückfahren müssen. Des Weiteren berichteten manche der interviewten Tonholzhändler auch, dass sie vor allem beim Ahorn teilweise auch einzelne Stämme mit einem Anhänger holen. Der Unterschied zwischen einem LKW, der voll beladen ist und einem PKW mit einem Stamm, ist wahrscheinlich groß, allerdings fehlen konkrete Angaben, um den Anteil zu ermitteln, wie die Stämme transportiert werden.

III. SCHRITT 4: MATERIAL-INPUT „WIEGE BIS PRODUKT“

Im vierten Schritt wird der Material-Input von der Rohstoffgewinnung bis zum fertigen Produkt ermittelt. Dazu werden die Daten in die fünf Kategorien aufgeteilt: biotische Rohstoffe, abiotische Rohstoffe, Wasser, Luft und Erosion. Der Materialinput wird für das jeweilige Produkt in kg angegeben. Bei Vorprodukten wie beispielsweise Treibstoff für den Transport kann auf eine Datenbank zugegriffen werden, die die Materialintensität (MIT) abbildet. Diese wird bei Materialien in kg/kg und beispielsweise beim Transport in kg/tkm angegeben und muss mit dem jeweiligen Material-Input verrechnet werden.⁹¹

Der Material-Input, der sich nur durch die Bauteile ohne den Transport ergibt, wurde schon in der Tabelle 21 definiert. Dieser Input kann genau so zu der Kategorie biotische Rohstoffe gezählt werden. Beim Transport müssen die Tonnenkilometer der jeweiligen Holzart, welche in der Tabelle 22 berechnet wurden mit der Materialintensität aus der Datenbank „MIT Datenbank 2014“ des Wuppertal Instituts multipliziert werden.⁹² Beim Transport wird die Materialintensität in kg/tkm angegeben und beschreibt nur den Transport ohne Infrastruktur.

Material-Input Transport von Fichte / Ahorn	Transport (nur Transport, ohne Infrastruktur)		
	Materialintensität ⁹³	Tonnenkilometer aus Tabelle 22	
		Fichte	Ahorn
		3 tkm	13,06 tkm
	Sattelzug	Material-Input	
Abiotische Rohstoffe	0,09 kg/tkm	0,27 kg	1,176 kg
Biotische Rohstoffe	—	—	—
Wasser	0,73 kg/tkm	2,19 kg	9,537 kg
Luft	0,10 kg/tkm	0,30 kg	1,306 kg
Erosion	—	—	—

Tabelle 23: Ermittlung des Material-Inputs durch den Transport von Fichte und Ahorn, indem die Materialintensität und die Tonnenkilometer multipliziert werden

⁹¹ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 29f.

⁹² Vgl. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie [online].

⁹³ Vgl. Ebd., S. 10.

In der Tabelle ist zu erkennen, welche Materialintensität pro Tonnenkilometer für die einzelnen Kategorien für LKWs, im Speziellen Sattelzüge in Deutschland, ermittelt wurden. Die einzelnen Werte jeder Kategorie werden mit den ermittelten Tonnenkilometern, wie beispielsweise 3 tkm bei der Fichte, multipliziert.

Beim Ebenholz teilt sich die zurückgelegte Strecke in den Transport durch ein Containerschiff und den Transport durch LKWs auf, da diese natürlich unterschiedliche Materialintensitäten aufweisen. Da es in der folgenden Datenbank keine Materialintensität von LKWs in Kamerun oder Zentralafrika gibt, werden hier die 500 km (1,42 tkm) mit der durchschnittliche Materialintensität der LKWs und nicht der der Sattelzüge in Deutschland gerechnet, da diese Werte höher sind. Das Ausweichen auf nicht-exakte Daten macht das Ergebniss ungenau, da der Verbrauch pro Kilometer in Deutschland grundlegend anders sein dürfte als in Kamerun. Die 500 km, die in Deutschland mit dem Sattelzug von Hamburg zu den Tonholzhändlern zurückgelegt werden, werden natürlich mit der dafür entsprechenden Materialintensität wie bei der Fichte und dem Ahorn gerechnet.

Material-Input Transport von Ebenholz	Transport (nur Transport, ohne Infrastruktur)						
	Materialintensität ⁹⁴ in kg/tkm			Tonnenkilometer aus Tabelle 22			
				Ebenholz			
				LKW	Schiff	Sattelzug	Gesamt
				1,42 tkm	28,45 tkm	1,42 tkm	
	Ø LKW	Container-schiffen	Sattelzug	Material-Input			
Abiotische Rohstoffe	0,22 kg/tkm	0,09 kg/tkm	0,09 kg/tkm	0,313 kg	2,561 kg	0,128 kg	3,002 kg
Biotische Rohstoffe	—	—	—	—	—	—	—
Wasser	1,91 kg/tkm	0,08 kg/tkm	0,73 kg/tkm	2,717 kg	2,276 kg	1,039 kg	6,032 kg
Luft	0,21 kg/tkm	0,02 kg/tkm	0,10 kg/tkm	0,299 kg	0,569 kg	0,142 kg	1,010 kg
Erosion	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 24: Ermittlung des Material-Inputs durch den Transport von Ebenholz, indem die Materialintensität und die Tonnenkilometer multipliziert werden

Bei dieser Tabelle lässt sich erkennen, dass die Werte bei den Sattelzügen deutlich niedriger sind als bei den LKWs insgesamt, dass liegt daran, dass bei den durchschnittlichen LKWs auch kleinere Fahrzeuge dazuzählen, die natürlich weniger Gewicht transportieren können und somit mehr Kilogramm pro Tonnenkilometer verbrauchen. Gleiches gilt auch für das Containerschiff. Dieses hat eine geringere Materialintensität als die LKWs, da es das vielfache an Gewicht auf einmal transportieren kann. Dies gleicht sich allerdings durch die weite Strecke, die es zurücklegt, beim Material-Input wieder aus.

⁹⁴ Vgl. Ebd., S. 10.

Material-Input							
	Material			Transport			Gesamt
	Fichte	Ahorn	Ebenholz	Fichte	Ahorn	Ebenholz	
Abiotische Rohstoffe	—	—	—	0,27 kg	1,176 kg	3,002 kg	4,4475 kg
Biotische Rohstoffe	10 kg	13,064 kg	2,845 kg	—	—	—	25,9096 kg
Wasser	—	—	—	2,19 kg	9,537 kg	6,032 kg	17,7589 kg
Luft	—	—	—	0,30 kg	1,306 kg	1,010 kg	2,6165 kg
Erosion	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 25: Ermittlung des Material-Inputs der drei Holzarten, unterteilt in die fünf Kategorien des MIPS-Konzeptes

Der Material-Input kann dann einfach addiert werden, sodass folgender Input als Ergebnis für die Herstellung dabei rauskommt. Dass es keine Werte bei der Erosion gibt, liegt nicht daran, dass die Geige keine Erdbewegung verursacht, sondern, dass die Prozesse, wo dies geschieht, nicht betrachtet wurden.

- Abiotisches Rohmaterial: 4,4475 kg
- Biotisches Rohmaterial: 25,9096 kg
- Wasser: 17,7589 kg
- Luft: 2,6165 kg
- Erosion: —

Durch diese Werte kann der ökologische Rucksack berechnet werden. Dieser zeigt nicht nur wie viel Material in einem Produkt steckt, wie beim Material-Input, sondern das Verhältnis vom Gewicht des fertigen Produkts und dem benötigten Material.⁹⁵ Dazu werden, wie im Leitfaden beschrieben, die Kategorien abiotische und biotische Rohstoffe und Erosion addiert und anschließend davon das Eigengewicht des Produkts subtrahiert.⁹⁶ Da in dieser Studie nur fünf Bauteile der Geige betrachten werden, wird für das Eigengewicht nicht das tatsächliche Gewicht einer Geige, sondern das Gewicht der einzelnen Bauteile, die betrachtet wurden, addiert und verwendet.

Berechnung des ökologischen Rucksacks					
Material-Input		Bauteil			Ökologischer Rucksack
Abiotische Rohstoffe	4,4475 kg	Decke	66 g		
Biotische Rohstoffe	25,9096 kg	Boden	110 g		
		Hals	55 g		
		Zargen	21 g		
		Griffbrett	67,5 g		
	30,3571 kg	—	0,3195 kg	=	30,0376 kg
	100 %		1,05 %		98,95 %

Tabelle 26: Berechnung des ökologischen Rucksacks (Material-Input – Bauteile = ökologischer Rucksack)

⁹⁵ Vgl. Friedrich Schmidt-Bleek: *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10*, München 1998, S. 81f.

⁹⁶ Vgl. Ritthof et al. 2002, S. 30f.

Somit beträgt der ökologische Rucksack in dieser Studie 30,0376 kg, was bedeutet, dass die Geige sinngemäß einen unsichtbaren Rucksack, der fast einhundertmal schwerer ist als sie selbst, mit sich trägt. Die Geige selbst macht dabei nur rund ein Prozent des ökologischen Rucksacks aus.

In der Datenbank des Wuppertal Instituts ist nicht nur die Materialintensität von Transportmitteln, sondern auch von geschnittenem und getrocknetem Fichtenholz hinterlegt. Diese Daten können als Referenz dienen, um die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu vergleichen und hinsichtlich ihrer Plausibilität einzuordnen. Für den Vergleich wurde die Materialintensität der Deckenkantel herangezogen, da diese ebenfalls aus Fichtenholz besteht und sich in einem vergleichbaren Bearbeitungszustand befindet. Die Materialintensität der Deckenkantel wurde für jede Kategorie des Material-Inputs auf eine Bezugsmasse von 1 kg umgerechnet. Da die betrachtete Deckenkantel eine Masse von 750 g aufweist, wurden sämtliche Material-Input-Werte mit dem Faktor 1,33 multipliziert. Dadurch ergeben sich Materialintensitäten in der Einheit kg/kg, die direkt mit den Angaben des Wuppertal Instituts vergleichbar sind.

Vergleich der Materialintensität von Fichte		
Werte in kg/kg	Deckenkantel aus Fichte	Fichtenholz (geschnitten, getrocknet)
Abiotische Rohstoffe	0,36	0,68
Biotische Rohstoffe	13,33	4,72
Wasser	2,92	9,40
Luft	0,40	0,16
Erosion	—	—

Tabelle 27: Vergleich der Materialintensität von Deckenkanteln aus Fichte und Fichtenholz

Es lässt sich erkennen, dass die zwei Kategorien abiotische Rohstoffe und Wasser bei der Deckenkantel geringere Werte aufweisen als beim Fichtenholz. Diese beiden Kategorien ergeben sich bei der Kantel nur aus dem Transport. Zusätzliche Energie des Sägewerks wurde beispielsweise nicht betrachtet. Bei den Werten aus der Datenbank müsste diese Energie aber miteinbezogen sein, weshalb diese Kategorien dort höher sind. Bei den beiden anderen Kategorien biotische Rohstoffe und Luft sind die Werte der Deckenkantel höher als die des Fichtenholzes. Bei den biotischen Rohstoffen liegt dies wahrscheinlich an den hohen Verlusten, die durch den besonderen Aufschnitt und der Aussortierung der Holzfehler begründet liegt. Bei der Kategorie Luft könnte es daran liegen, dass die Transportwege zu den Tonholzhändlern länger sind als die herkömmlichen Transporte zwischen Waldgebieten und Sägewerken. Die anderen Werte könnten sich dann eher auf Energie für das Aufsägen oder andere Inputs beziehen und deshalb höher sein. Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass die Abweichungen nicht so groß sind, dass die erhobenen Werte unplausibel wirken. Dennoch sind sie erheblich, was wahrscheinlich an den nicht betrachteten Anteilen am Input der Deckenkantel liegt. Besonders bei der Kategorie Wasser kann das Nichteinbeziehen der Bewässerung der Stämme, die ein Reißen des Holzes verhindern soll, der Grund dafür sein, dass diese Werte sehr unterschiedlich sind. Vor allem weil beim Fichtenholz die Kategorie Wasser den höchsten Wert aufweist und sich dadurch die Werte insgesamt deutlich von der Deckenkantel unterscheiden. Somit lässt sich vermuten, dass der reale Anteil an Wasser beim Input einer Geige noch deutlich höher ausfällt.

III. SCHRITT 5: MATERIAL-INPUT „WIEGE BIS BAHRE“

Beim MIPS-Konzept wird zusätzlich der Material-Input während der Nutzungsphase betrachtet, da viele Produkte in dieser Phase einen kontinuierlichen und teilweise hohen Materialverbrauch verursachen. Beispiele hierfür sind Kraftstoffe bei Fahrzeugen oder elektrische Energie bei elektronischen Geräten. Bei einer Geige ist dies jedoch nur eingeschränkt der Fall, da für ihre Nutzung kein stetiger Material-Input erforderlich ist. Wenn man den Bogen betrachten würde, könnte man das Kolophonium allerdings als stetigen Material-Input interpretieren, ohne den die Nutzung nicht möglich ist.

Dennoch gibt es bei der Geige einzelne Komponenten, deren Lebensdauer kürzer ist, als die angesetzte Nutzungsdauer des Instruments. Dazu zählen beispielsweise die Saiten, der Stimmstock und der Steg, die regelmäßig ersetzt werden müssen und dadurch zusätzlichen Material-Input verursachen. Auch Risse, die mit Leim und ggf. Belegen repariert werden, verursachen ebenfalls einen zusätzlichen Material-Input. Da es sich hierbei jedoch um Kleinbauteile oder Hilfsstoffe handelt, die im Rahmen dieser Untersuchung der Blackbox zugeordnet werden, erfolgt keine nähere Betrachtung dieser Komponenten.

Von den hier in der Studie betrachteten Bauteilen unterliegt lediglich das Griffbrett einem nutzungsbedingten Verschleiß. Durch den regelmäßigen Kontakt mit den Saiten und den Fingern der spielenden Person entstehen über die Zeit Abnutzungserscheinungen durch Abrieb. Die dadurch entstehenden Unebenheiten können durch das Abziehen des Griffbretts mit einem Hobel behoben werden. Diese Reparatur hat zur Folge, dass das Griffbrett über die Jahre immer dünner wird und dadurch irgendwann ein Austausch erforderlich ist. Die befragten Geigenbauer schätzten, dass ein Griffbrett bei normaler Nutzung durch eine:n Profi-Musiker:in mindestens 50 Jahre genutzt werden kann.⁹⁷ Die tatsächliche Lebensdauer hängt jedoch stark von der Nutzungsintensität des Instruments ab. Darüber hinaus können individuelle Faktoren, wie beispielsweise besonders aggressiver Handschweiß, die Abnutzung des Griffbretts beschleunigen und dessen Nutzungsdauer verkürzen. Die übrigen betrachteten Bauteile, Boden, Decke, Hals und Zargen, weisen hingegen bei sachgemäßer Nutzung keinen relevanten nutzungsbedingten Verschleiß auf, der einen Austausch des gesamten Bauteils zur Folge hätte. Das Griffbrett weist folgenden Material-Input auf, der bei jeder Erneuerung hinzugefügt wird:

- Abiotisches Rohmaterial: 3,002 kg
- Biotisches Rohmaterial: 2,85 kg
- Wasser: 6,032 kg
- Luft: 1,010 kg
- Erosion: —

⁹⁷ Andres Haensel (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15/16.06.2026 [Telefonat].; Stefan Rehms (Geigenbaumeister): *Gespräch über Gewichtsangaben der einzelnen Geigenbauteile*, 15.06.2026 [Telefonat].

Wenn diese Griffbrett-Erneuerung alle 50 Jahre anfällt, erfolgt jedes Mal wieder der Material-Input des Griffbretts. Somit verändert sich der Material-Input über die Jahre der Nutzungsdauer wie folgt:

Material-Input während der Nutzung										
Werte in kg	Nutzungs- beginn	50 Jahre	100 Jahre	150 Jahre	200 Jahre	250 Jahre	300 Jahre	350 Jahre	400 Jahre	450 Jahre
Abiotische Rohstoffe	4,45	7,45	10,45	13,45	16,45	19,46	22,46	25,46	28,46	31,46
Biotische Rohstoffe	25,91	28,75	31,60	34,45	37,29	40,14	42,98	45,83	48,67	51,52
Wasser	17,76	23,79	29,82	35,85	41,89	47,92	53,95	59,98	66,01	72,05
Luft	2,62	3,63	4,64	5,65	6,66	7,67	8,68	9,69	10,70	11,71
Erosion	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 28: Material-Input während der Nutzungsphase von 450 Jahren, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren

Dabei lässt sich erkennen, dass dieser Material-Input während der Nutzungsphase unterschiedlichen Einfluss auf die einzelnen Kategorien hat. Während sich die abiotischen Rohstoffe bereits nach 100 Jahren im Vergleich zum Nutzungsbeginn verdoppeln, geschieht dies bei den biotischen Rohstoffen erst nach 450 Jahren. Bei der Kategorie Wasser und Luft findet die Verdoppelung des ursprünglichen Material-Inputs circa nach 150 Jahren statt. Dies ist auch in folgendem Diagramm zu erkennen.

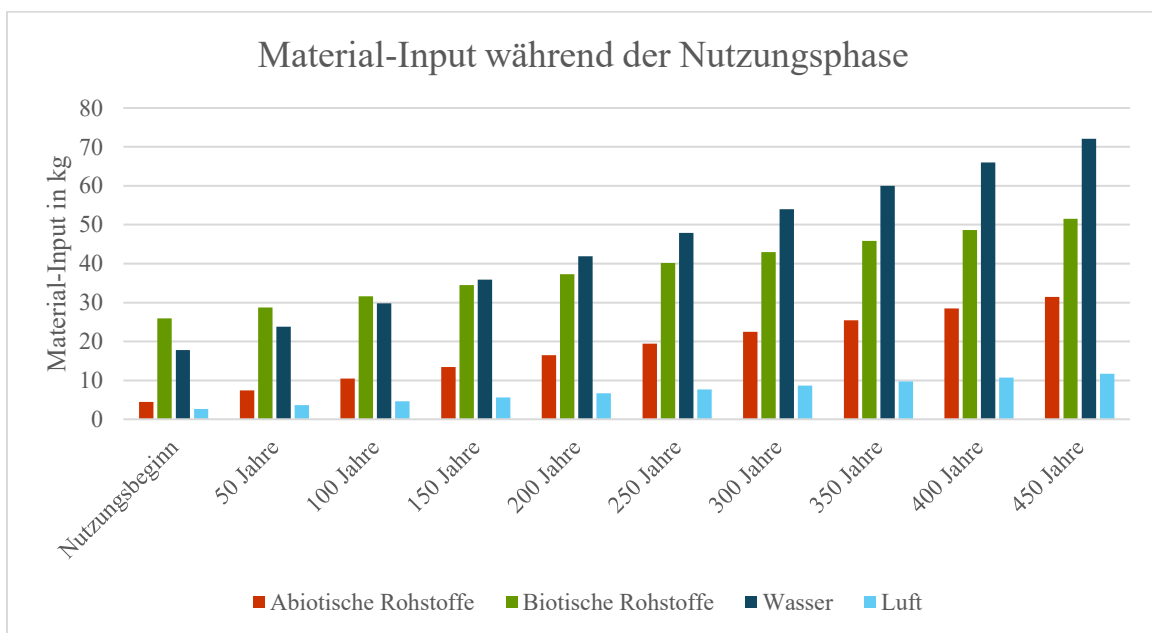


Diagramm 1: Material-Input während der Nutzungsphase von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren

Im Diagramm zeigt sich zusätzlich, dass sich die Verhältnisse der Kategorien zueinander verändern. Während die abiotischen Stoffe beim Nutzungsbeginn noch einen geringen Teil im Vergleich zu den biotischen Rohstoffen ausmachen, verändert sich dieses Verhältnis über die Jahrhunderte deutlich. Eine andere starke Veränderung findet zwischen den Kategorien biotische Rohstoffe und Wasser statt. Die biotischen Rohstoffe sind zum Beginn der Nutzungsphase deutlich über dem Input des Wassers. Nach 350 Jahren dreht sich dies allerdings um und es finden sich in dem Produkt Geige mehr Kilogramm

Wasser als Input als biotische Stoffe. Diese Details verändern sich natürlich, um so mehr Daten einfließen. Mit dieser Betrachtung des Diagramms soll nur beispielhaft gezeigt werden, was durch den Material-Input während der Nutzungsphase mit den Verhältnissen der einzelnen Kategorien untereinander passieren kann.

Insgesamt fällt der Material-Input während der Nutzungsphase einer Geige im Vergleich zu vielen anderen Produkten eher gering aus, da nur in seltenen Fällen ganze Bauteile ausgetauscht werden müssen, wie es beim Griffbrett der Fall ist. Da die Geige aber so viele Jahre hält und dabei so reparaturfreundlich ist, geschieht der meiste Material-Input nicht so deutlich, wie gedacht, in der Herstellungsphase, sondern verlagert sich auch erheblich auf die Nutzungsphase. Dies ist im Verhältnis zu der Nutzungsdauer jedoch trotzdem gering, weshalb im nächsten Schritt diese mit einbezogen wird.

Die Entsorgung einer Geige verursacht auch Material-Input, da sie wie im Kapitel 2.2 Prozesskette über den Rest- oder Sperrmüll entsorgt werden muss. Dieser wird in der Regel verbrannt und generiert dadurch einen Input, welcher in dieser Studie allerdings nicht betrachtet wird.

III. SCHRITT 6: MATERIAL-INPUT ZU MIPS

Im folgenden Schritt wird nur der Material-Input durch die Serviceeinheit, in diesem Fall die Nutzungsdauer, geteilt. Dadurch nimmt der Input nicht, wie in Diagramm 1 dargestellt, ständig zu, sondern tendenziell ab. Da allerdings alle 50 Jahre für die weitere Nutzung das alte Griffbrett durch ein neues ersetzt werden muss, ergibt sich, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, immer wieder ein neuer Material-Input.

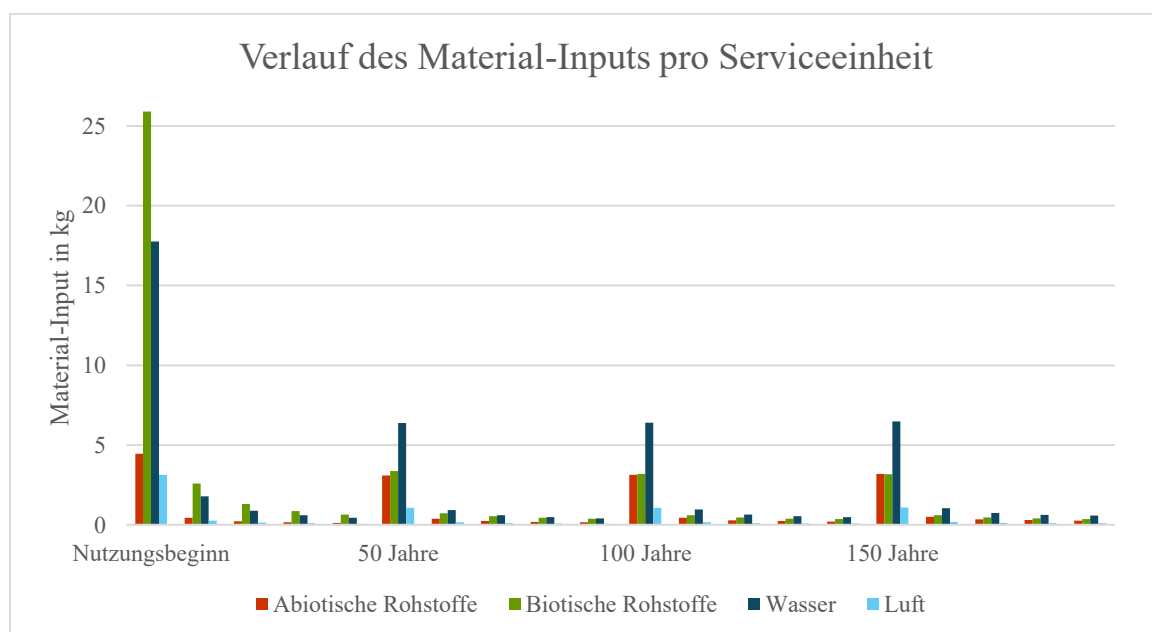


Diagramm 2: Verlauf des Material-Inputs pro Serviceeinheit von 190 Jahren, dargestellt in Schritten von jeweils 10 Jahren

Wenn die Auflösung der Zeitachse kleiner ist und somit Schritte von 10 statt von 50 Jahren betrachtet werden, ist ein wiederkehrender Zyklus erkennbar. Dafür wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit in diesem Diagramm 190 Jahre betrachtet. Der Material-Input pro Jahrzehnt fällt zu Beginn der Nutzungsphase schnell ab. Dies geschieht, weil der Input im ersten Jahrzehnt durch 10 und im zweiten Jahrzehnt schon durch 20 geteilt wird. Nach 50 Jahren ist der Material-Input durch die Erneuerung des Griffbretts zu sehen. Der Zeitraum von 50 Jahren kann als Zyklus identifiziert werden, bei dem zu Beginn der Materialinput hoch ist und dann parabelförmig abfällt. Da das Griffbrett aufgrund des langen Transportwegs von allen Bauteilen den mit Abstand größten Anteil an den abiotischen Rohstoffen aufweist, liegt das Minimum der abiotischen Rohstoffe vor dem ersten Material-Input während der Nutzungsphase. Danach fallen die Werte der abiotischen Rohstoffe zwar innerhalb der einzelnen Zyklen ab, steigen aber von Zyklus zu Zyklus leicht an. Anders ist dies bei den biotischen Rohstoffen, diese haben, wie in der folgenden Tabelle 29 zu erkennen, den niedrigsten Wert nach 199 Jahren und steigen ab der vierten Griffbretterneuerung nach 200 Jahren leicht an. Die Werte, bei denen das erste Mal ein Anstieg im Vergleich zum vorherigen Wert zu erkennen ist, sind in der folgenden Tabelle fett geschrieben. Dabei kann man das eben Beschriebene anhand der Zahlen erkennen.

Material-Input während der Nutzungsphase										
Werte in kg	Nutzungsbeginn	50 Jahre	100 Jahre	150 Jahre	200 Jahre	250 Jahre	300 Jahre	350 Jahre	400 Jahre	450 Jahre
Abiotische Rohstoffe	4,45	3,09	3,14	3,19	3,25	3,31	3,37	3,43	3,49	3,55
Biotische Rohstoffe	25,91	3,36	3,19	3,17	3,19	3,22	3,26	3,31	3,36	3,41
Wasser	17,76	6,39	6,39	6,47	6,57	6,68	6,79	6,91	7,03	7,14
Luft	2,62	1,06	1,07	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20
Erosion	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 29: Material-Input während der Nutzungsphase von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren

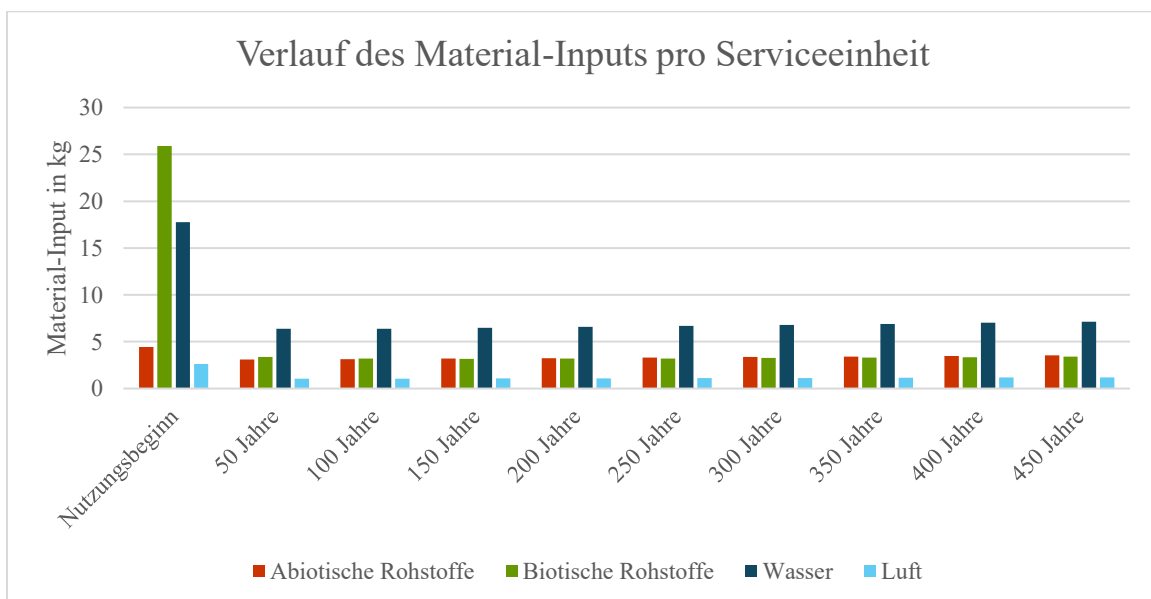


Diagramm 3: Verlauf des Material-Inputs pro Serviceeinheit von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren

Das Diagramm ist die Visualisierung der Tabelle 29. Bei beiden werden nur noch die Peaks alle 50 Jahre dargestellt. Diese Peaks stellen den Material-Input, also den Beginn des jeweiligen Zyklus, dar, innerhalb dessen die Werte immer wieder abnehmen. Im Diagramm wird deutlich, dass es einen starken Abfall des Material-Inputs in den ersten 50 Jahren gibt. Danach stabilisieren sich die Werte durch den immer neuen Input des Griffbretts.

III. SCHRITT 7: INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist die Erarbeitung einer Prozesskette, welche die Herstellungs- und Nutzungsphase einer Geige schematisch darstellt. Anhand dieser Prozesskette lassen sich die Stellen identifizieren, an denen entlang des Lebenszyklus ein Material-Input erfolgt. Durch die Datenerhebung wird deutlich, dass der Großteil des Material-Inputs einer Geige durch die ersten beiden Prozessschritte bestimmt wird. Bereits beim Fällen geeigneter Bäume sowie der Herstellung der Kanteln entstehen erhebliche Materialverluste, die den Ressourcenaufwand der späteren Bauteile wesentlich beeinflussen. Die eigentliche Herstellung einer Geige stellt dagegen lediglich den dritten und kleinsten Schritt des Materialverlustes dar. Dieser Zusammenhang wird auch im folgenden Diagramm sichtbar.

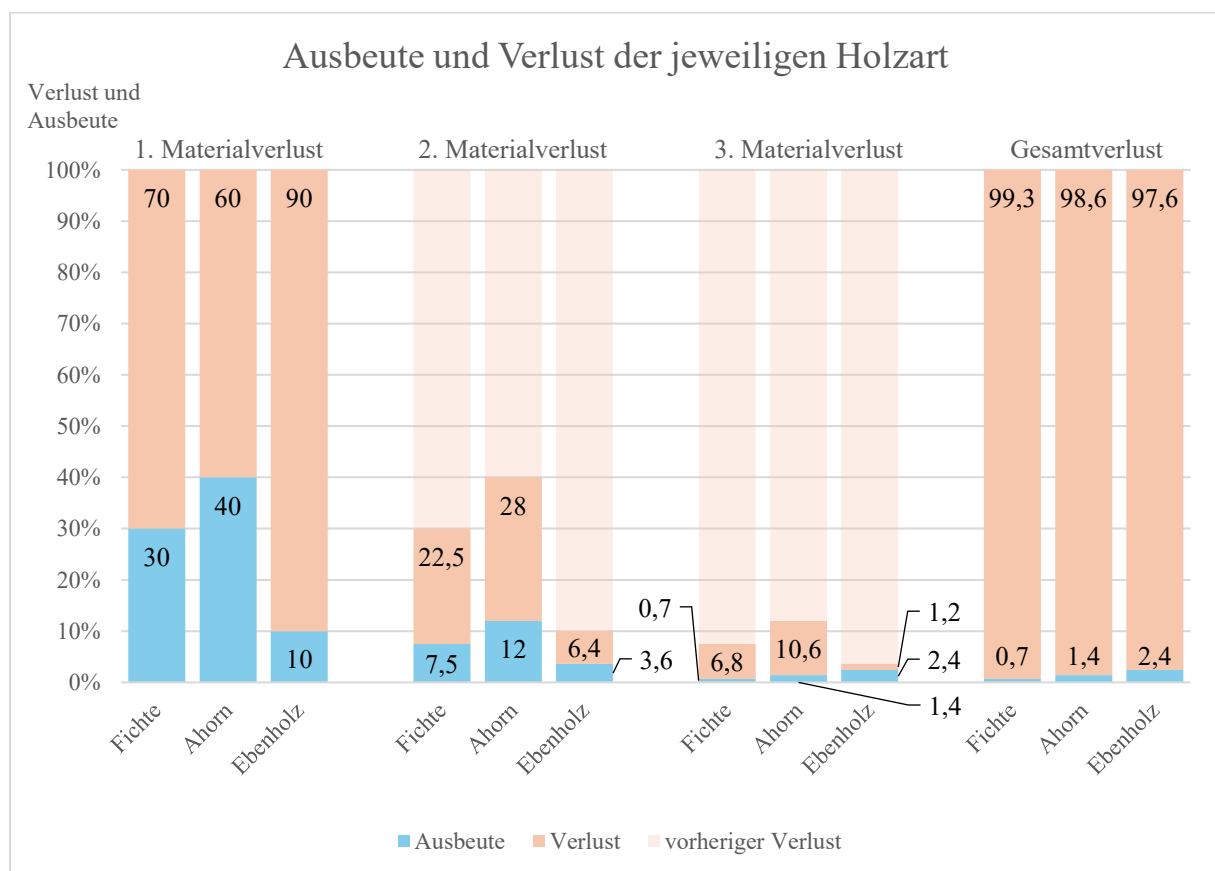


Diagramm 4: Ausbeute und Verlust der jeweiligen Holzart in drei Schritten und im Gesamtergebnis

Die Untersuchung macht zudem deutlich, dass sich die Materialverluste der einzelnen Holzarten unterschiedlich über die Prozesskette verteilen aber insgesamt mit rund 1,5 % relativ ähnlich sind. In der Literatur wird die Gesamtausbeute auf circa 2 % geschätzt und deckt sich somit mit den erhobenen Daten.⁹⁸ Während sich bei Ebenholz bereits im Herkunftsland der größte Teil des Verlustes ergibt, entsteht bei Fichte und Ahorn der hauptsächliche Materialverlust während der ersten beiden Schritte. Trotz hoher Verluste in den ersten Prozessschritten weist Ebenholz mit 2,4 % die höchste Gesamtausbeute auf, während diese bei Ahorn 1,4 % und bei Fichte 0,7 % beträgt. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass das Ebenholz im weiteren Verlauf der Prozesskette wesentlich effizienter genutzt wird. Eine mögliche Erklärung hierfür besteht darin, dass die Herstellung der Kanten beim Ebenholz bereits im Herkunftsland erfolgt und somit dem ersten Prozessschritt zugeordnet wird. Bei Fichte und Ahorn findet dieser Verarbeitungsschritt hingegen erst beim zweiten Materialverlust statt. Gleichzeitig unterscheidet sich die Verarbeitung des Griffbretts von der Herstellung der Decken- und Bodenplatten. Aufgrund seiner kompakten Form fällt bei der Bearbeitung des Griffbretts deutlich weniger Abfall an als beim Ausarbeiten der gewölbten Bauteile aus Fichte und Ahorn. Beide Aspekte könnten dazu beitragen, dass Ebenholz trotz der hohen anfänglichen Materialverluste die höchste Gesamtausbeute erreicht. Trotzdem ist der Musikinstrumentenbau einer der größten Abnehmer von Ebenholz und hat daher einen erheblichen Einfluss auf den Erhalt der Art *Diospyros crassiflora* und folglich auch eine Verantwortung gegenüber dieser Art.⁹⁹

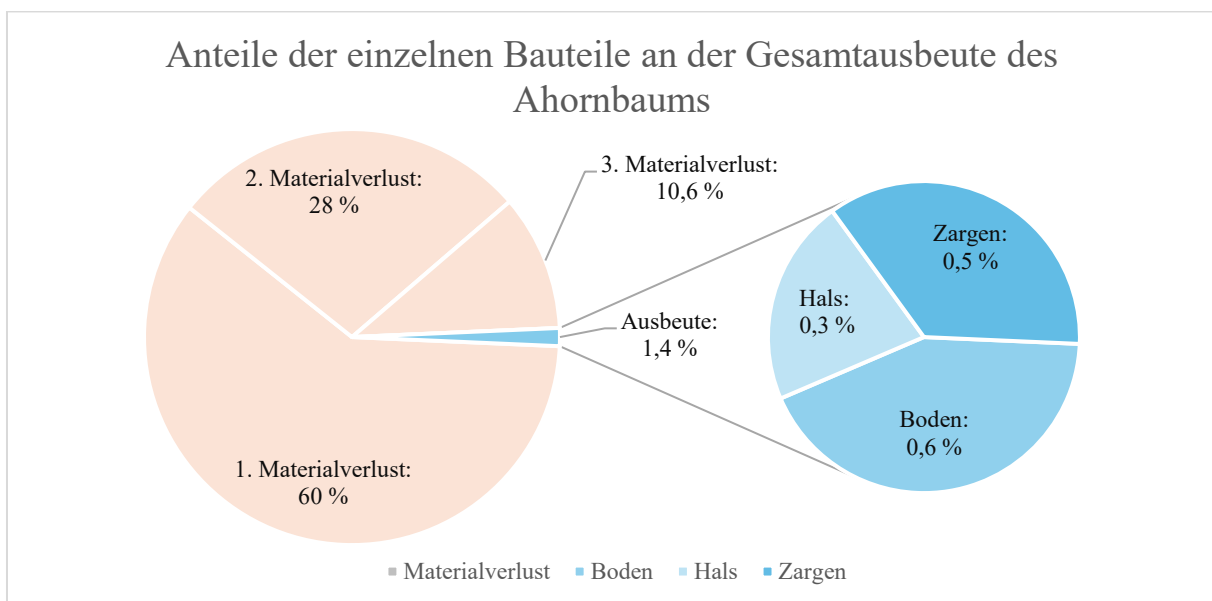


Diagramm 5: Anteile der einzelnen Bauteile an der Gesamtausbeute des Ahornbaums

Beim Ahorn gibt es die Besonderheit, dass in dieser Betrachtung drei Bauteile aus einem Stamm entstehen. In dem Diagramm ist zu sehen, wie sich die Anteile der einzelnen Bauteile an der Gesamtausbeute von 1,4 % des Ahorns aufteilen. Der Hals hat dabei die geringste Ausbeute, da durch seine komplexe Form viel Verlust anfällt.

⁹⁸ Vgl. Sherwood, S. 1192.

⁹⁹ Vgl. Deblauwe 2021, S. 10.

Die Berechnung des Material-Inputs über den gesamten Lebenszyklus verdeutlicht zudem, dass der Ressourcenaufwand einer Geige nicht mit ihrer Fertigstellung abgeschlossen ist. Während der Herstellungsprozess den größten einmaligen Material-Input verursacht, entstehen während der Nutzungsphase durch Wartungen und Reparaturen weitere Material-Inputs. Diese entstehen in dieser Betrachtung durch den Austausch des Griffbretts, der hier beispielhaft alle 50 Jahre angenommen wurde. Dadurch verschiebt sich ein Teil des Ressourcenaufwands von der Herstellungs- in die Nutzungsphase. Durch die lange Nutzungsdauer und den mehrmaligen Griffbrettaustausch steigt der Material-Input in der Nutzungsphase deutlich an und kann dabei sogar den ursprünglichen Material-Input durch die Herstellung übersteigen, wie im Diagramm 1 zu sehen. Dadurch lässt sich das Griffbrett als Hotspot identifizieren, allerdings nicht, weil es bei der Herstellung besonders viel Material-Input benötigt, sondern weil es im Gegensatz zu den anderen Bauteilen innerhalb der Nutzungsphase mehrmals gewechselt werden muss.

Dies relativiert sich im Zusammenhang der Betrachtung des Material-Inputs pro Serviceeinheit. Durch die Einbeziehung der Nutzungsdauer verändert sich die Bewertung des Ressourcenaufwands gegenüber der ausschließlichen Betrachtung des Material-Inputs. Somit lassen sich die Diagramme 2 und 3 aus dem vorherigen Kapitel zusammenfassen und der Material-Input für eine Geige, ähnlich wie von FRIEDRICH SCHMIDT-BLEEK, wie folgt schematisch darstellen.¹⁰⁰

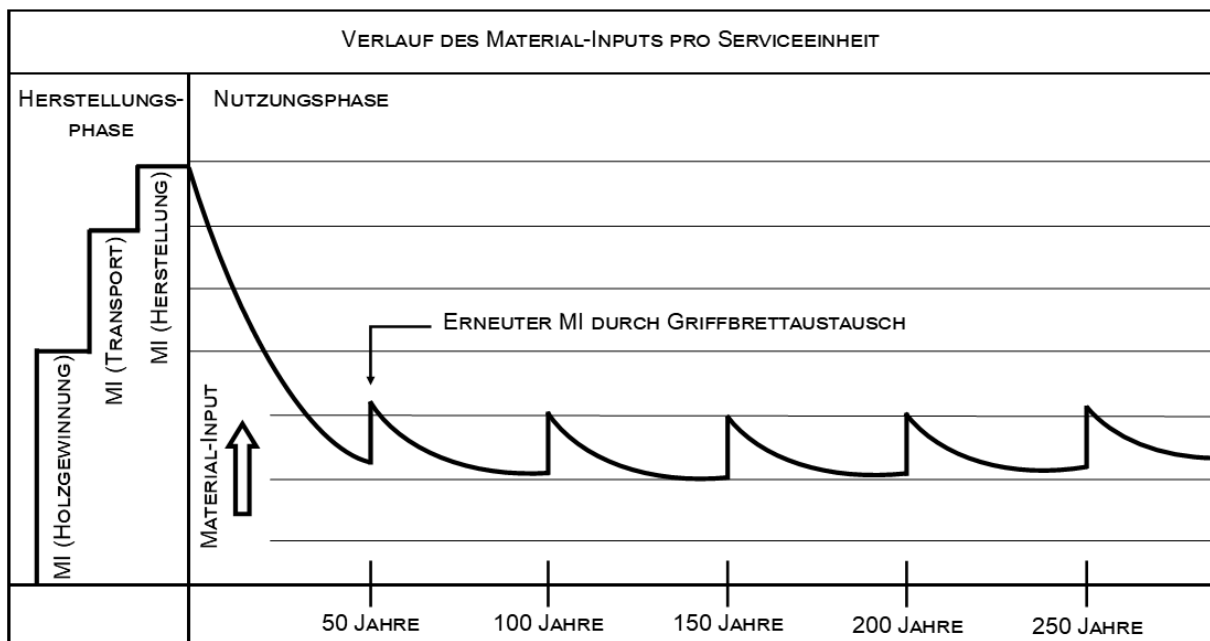


Abb. 9: Verlauf des Material-Inputs in der Herstellungs- und Nutzungsphase (während der Nutzungsphase ist der Material-Input pro Serviceeinheit dargestellt)

In der Abbildung ist zu erkennen, dass in der Herstellungsphasen verschiedene Prozesse einen Material-Input erfordern, wie beispielsweise die Holzgewinnung oder der Transport. Sobald das Produkt fertig ist und in die Nutzungsphase eindringt, nimmt der Material-Input pro Serviceeinheit aufgrund der zunehmenden Anzahl an Nutzungsjahren deutlich ab. Dieser Verlauf ist insbesondere in den ersten Jahren

¹⁰⁰ Vgl. Friedrich Schmidt-Bleek: *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS- Das Maß für ökologisches Wirtschaften*, Berlin 1994, S. 110f.

ausgeprägt und flacht mit zunehmender Nutzungsdauer ab. Der Austausch des Griffbretts führt zwar in regelmäßigen Abständen zu einem erneuten Material-Input und damit zu einem sprunghaften Anstieg der Kurve, anschließend sinkt der Material-Input pro Serviceeinheit jedoch erneut. Aufgrund der getroffenen Annahmen und vorhandenen Datenlücken lassen sich allerdings keine belastbaren Aussagen zu den geringen Veränderungen im weiteren Verlauf treffen. Dennoch wird deutlich, dass sich der Material-Input pro Serviceeinheit nach der ersten größeren Reparatur nur noch geringfügig verändert. FRIEDRICH SCHMIDT-BLEEK beschreibt und zeigt schematisch das Phänomen, dass der Material-Input während der Nutzungsphase ein Minimum erreichen kann, bevor er anschließend wieder ansteigt. Dies wird sowohl in dieser Darstellung als auch in Tabelle 29 deutlich.¹⁰¹ Dieser Effekt könnte noch verstärkt werden, da bei sehr alten Instrumenten der Material-Input durch aufwendigere Reparaturen deutlich steigt, wenn beispielsweise Hälse ersetzt oder Gipsabdrücke hergestellt werden müssen.

Ein Ansatz zur Reduzierung des Material-Inputs während der Nutzungsphase könnte im Einsatz alternativer Materialien zu Ebenholz liegen. Sofern diese eine geringere Abnutzung aufweisen und somit die Nutzungsdauer des Griffbretts verlängern, ließe sich der Material-Input durch selteneren Austausch reduzieren. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Alternativmaterialien selbst keinen höheren Material-Input verursachen als Ebenholz. Die Interviewaussagen verdeutlichen darüber hinaus, dass das größte Potenzial zur Reduzierung des Material-Inputs nicht in technischen Weiterentwicklungen, sondern in der Bewertung der Holzqualität liegt. Während die Möglichkeiten zur Steigerung der Materialausbeute durch optimierte Sägetechniken oder neue Verfahren als weitgehend ausgeschöpft angesehen werden, werden die Qualitätsanforderungen der Geigenbauer:innen als wesentlicher Einflussfaktor auf den Ressourcenaufwand beschrieben. Insbesondere die hohe Bedeutung optischer Merkmale führt dazu, dass technisch geeignetes Tonholz teilweise nicht für den hochpreisigen Instrumentenbau genutzt wird. Die Ergebnisse deuten somit darauf hin, dass eine größere Akzeptanz natürlicher Farb- und Strukturabweichungen einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Materialverlustes leisten könnte. Dieser Ansatz wird ähnlich auch in der Literatur als Optimierung der Ausbeute beschrieben.¹⁰² Einer der interviewten Tonholzhändler schätzt dabei eine mögliche Steigerung der Materialausbeute um 20–40 %.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Nachhaltigkeitsbewertung einer Geige nicht allein anhand des Material-Inputs der Herstellung erfolgen kann. Erst die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einschließlich der Nutzungsphase und des Material-Inputs pro Serviceeinheit ermöglicht eine differenzierte Einordnung des Ressourcenaufwands. Insbesondere die lange Nutzungsdauer und die Möglichkeit, einzelne Bauteile zu reparieren oder auszutauschen, tragen dazu bei, den anfänglich hohen Material-Input über einen langen Zeitraum zu relativieren.

¹⁰¹ Vgl. Ebd.

¹⁰² Vgl. Albu et al. 2020, S. 982f.

IV. DISKUSSION

Die Ergebnisse verdeutlichen zunächst, dass die empirisch ermittelte Daten grundsätzlich mit den in der Literatur beschriebenen Daten übereinstimmen. Die Abweichungen, die auftreten, können dabei plausibel erklärt werden. Insbesondere die von ALBU ET AL. untersuchte Ausbeute von Fichtenholz sowie die in verschiedenen Quellen beschriebenen Verluste beim Ebenholz zeigen vergleichbare Tendenzen zu den im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten. Die recherchierte Literatur liefert dabei leider nur unbefriedigende Daten für Ahornbäume. Bei dem Vergleich der Daten ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Bezugsgrößen in den einzelnen Studien teilweise unterscheiden. Dennoch bestätigen die Literaturwerte die grundlegende Aussage, dass die Ausbeute der Hölzer für ein Streichinstrument bereits in den frühen Phasen der Rohstoffgewinnung erheblich reduziert wird.

Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass die Genauigkeit der verfügbaren Daten insgesamt begrenzt ist. Sowohl in der Literatur als auch in den Interviews mit den Tonholzhändler:innen treten widersprüchliche Angaben hinsichtlich der tatsächlichen Ausbeuten auf. Zusätzlich wird deutlich, dass die Qualität des Ausgangsmaterials einen erheblichen Einfluss auf die spätere Nutzbarkeit hat, dieser jedoch nur eingeschränkt quantifizierbar ist. Die teilweise stark unterschiedlichen Aussagen der Interviewpartner verdeutlichen, dass die Schätzungen in diesem Bereich mit Unsicherheiten behaftet sind und nur als Näherung verstanden werden können.

Es gibt zahlreiche Aspekte, die in dieser Berechnung nicht einbezogen werden konnten, da hierfür keine oder keine ausreichenden Daten vorlagen. Die Tonholzhändler berichteten beispielsweise, dass der anfallende Holzabfall häufig in thermische Energie umgewandelt und direkt von ihnen genutzt wird. Dabei entstehen weitere Material-Inputs, beispielsweise durch den Energieaufwand für die Herstellung der Pellets oder durch Filter, die bei der Verbrennung eingesetzt werden. Auch Outputs wie beispielsweise die Emissionen durch das Verbrennen der Abfälle könnten bei zukünftigen Betrachtungen berücksichtigt werden. Darüber hinaus wurde nur ein Teil der Transportwege betrachtet. So blieben unter anderem die Fahrten der Tonholzhändler zur Begutachtung geeigneter Stämme sowie der Transport vom Tonholzhandel zur Geigenbauwerkstatt unberücksichtigt. Auch der Energieaufwand für die Bearbeitung des Holzes wurde lediglich in den Sägewerken betrachtet, jedoch nicht in die Berechnung einbezogen, da die Datenlage dafür nicht ausreichend war. Weitere Energiebedarfe entstehen beispielsweise beim Fällen und Entasten der Bäume sowie durch die Bearbeitung des Holzes in der Geigenbauwerkstatt. Diese Faktoren beeinflussen den gesamten Material-Input ebenfalls. Vermeintlich kleine Änderungen der angenommenen Prozesskette, wie beispielsweise der Transport des Baumes mit einem Helikopter vom Berg ins Tal, können einen erheblichen Einfluss auf den gesamten Material-Input haben. Darüber hinaus existieren vermutlich zahlreiche weitere, kleinere Einflussgrößen, die in einer umfassenderen Untersuchung zum Minimum- und Maximum-Material-Input berücksichtigt werden könnten. Auch die Untersuchung von Materialalternativen für Ebenholz könnte dabei sinnvoll sein, um die Nutzungsdauer eines Griffbretts zu verlängern und somit den Material-Input während der Nutzungsdauer positiv zu beein-

flussen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag jedoch bewusst auf durchschnittlichen Werten und dem direkten Material-Input der drei gängigen Holzarten des Geigenbaus. Diese Forschungslücken könnten in zukünftigen Studien untersucht werden, um das Bild zu vervollständigen.

Die Holzqualität ist auf vielen Ebenen ein zentrales Thema. Zum einen, weil nur wenig Bäume der jeweiligen Art überhaupt für den Geigenbau infrage kommen. Besonders bei Ebenholz wurde nicht mit eingerechnet, dass nur einer von zehn Bäumen nach dem Fällen überhaupt weiterverarbeitet wird, da dies keinen direkten Materialverlust darstellt.¹⁰³ Zum anderen entsteht viel Verlust beim Aufschneiden der Stämme, weil Holzfehler wie Äste, Harzgallen oder andere Wuchsfehler nicht innerhalb der Kanteln liegen sollten. Ein weiterer Aspekt, der nicht mit in die Berechnung eingeflossen ist, den die interviewten Tonholzhändler allerdings angemerkt haben, ist, dass nur ein Bruchteil der gesägten Kanteln aus einem Stamm zu den höchsten Qualitätsstufen gehört. Geigenbauer:innen, die hochwertige Instrumente herstellen, arbeiten in der Regel ausschließlich mit den besten Qualitätsstufen. Dies gilt besonders für Instrumente, deren lange Nutzungsdauer auch in dieser Studie angenommen wird. Instrumente, die aus den übrigen Kanteln entstehen, sind häufig sehr viel preiswerter und haben dadurch oft auch eine geringere Lebensdauer, weil die Reparaturkosten schnell die Anschaffungskosten übersteigen. Für weitere Betrachtungen wäre auch die Produktion von günstigeren Instrumenten, die nicht in Deutschland gebaut werden, ein interessantes Forschungsthema.

Vier von fünf Kategorien, in welche die Werte des Material-Inputs eingeteilt sind, haben Werte erhalten. Der Kategorie Erdbewegung/Erosion konnte bei dieser Betrachtung keine Daten zugeschrieben werden. Dabei sind beispielsweise Wege, die im Wald angelegt werden, um Bäume zu fällen und sie aus dem Wald zu transportieren, genau solche Erdbewegungen, die zu dieser Kategorie gezählt werden dürften. Dazu konnten die interviewten Tonholzhändler sowie die Literatur allerdings keine Daten liefern.

Aufgrund der besprochenen Aspekte und der Bauteile, die sich in der Blackbox befinden und nicht betrachtet wurden, können diese Ergebnisse zwar eine Grundlage für den Material-Input einer Geige liefern aber keinen vollumfänglichen Material-Input abbilden. Allerdings sind die Prozesskette und der Materialverlust vom Baum bis hin zu den fertigen Bauteilen Erkenntnisse, die in dieser Studie erarbeitet wurden. Auch die qualitativen Aussagen der interviewten Tonholzhändler zu Themen wie beispielsweise den Ländern aus denen die Hölzer bezogen werden, der Lagerung der Hölzer, den zukünftigen Herausforderungen und den Optimierungsmöglichkeiten der Materialausbeute sind interessante und teilweise neue Ergebnisse für dieses Feld. Die Interviews liefern dabei mehr Daten, als in diese Arbeit eingeflossen sind, da sie nur teilweise zur Fragestellung passten, und könnten daher bei weiteren Studien verwendet werden.

¹⁰³ Vgl. Somerford, S. 13.

V. FAZIT

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, erstmals eine exemplarische Nachhaltigkeitsbewertung einer Geige anhand des MIPS-Konzeptes durchzuführen. Hierfür wurde der Material-Input der drei zentralen Holzarten Fichte, Ahorn und Ebenholz über den gesamten Lebenszyklus ermittelt und der Nutzungsdauer des Instruments gegenübergestellt. Somit konnten die eingangs formulierten Forschungsfragen grundlegend beantwortet werden. Es wurde deutlich, dass die durchschnittliche Materialausbeute der betrachteten Bauteile insgesamt lediglich 1,5 % beträgt und der Material-Input damit erheblich ist (Tabelle 21). Gleichzeitig zeigt die Betrachtung der Nutzungsphase, dass sich der hohe anfängliche Ressourceneinsatz durch die lange Lebensdauer relativiert. In den ersten Nutzungsjahren nimmt der MIPS-Wert deutlich ab, bis er durch den Material-Input einer Reparatur erneut ansteigt. Im weiteren Verlauf der Nutzungsdauer stabilisiert er sich auf einem ähnlichen Niveau, wie in der Abbildung 9 zu sehen ist.

Die Ergebnisse machen jedoch ebenso deutlich, dass der größte Verlust des Material-Inputs einer Geige bereits vor ihrer eigentlichen Herstellung in der Geigenbauwerkstatt liegt. Ein erheblicher Teil des ursprünglichen Holzvolumens geht bereits beim Fällen geeigneter Bäume sowie bei der Herstellung und Sortierung der Tonholzkanteln verloren. Die eigentliche geigenbauliche Bearbeitung stellt dagegen nur den letzten Schritt einer langen Prozesskette dar. Somit liegt das größte Potenzial zur nachhaltigen Reduzierung des Materialeinsatzes in den vorgelagerten Prozessschritten sowie in einer weniger strikten Selektion der optischen Tonholzqualitäten.

Besonders die Expert:inneninterviews zeigen, dass die hohen Qualitätsanforderungen der Geigenbauer:innen einen wesentlichen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch besitzen. Dabei sollten die klanglichen und handwerklichen Anforderungen an das Tonholz aber weiterhin im Vordergrund stehen. Gleichzeitig sollte jedoch kritisch hinterfragt werden, ob alle strengen optischen Auswahlkriterien, wie beispielsweise keinerlei Verfärbungen oder sehr enge und regelmäßige Flammen, in jedem Anwendungsfall notwendig sind. Eine stärkere Nutzung von Hölzern mittlerer Qualitätsstufen, könnte dazu beitragen, die Materialnutzung deutlich zu steigern, ohne zwangsläufig die Klangeigenschaften einer Geige zu beeinträchtigen. Daraus ergibt sich, dass Geigenbauer:innen zukünftig bei der Auswahl geeigneter Hölzer weniger wählerisch sein sollten, sofern die funktionalen und klanglichen Eigenschaften des Instruments dadurch nicht beeinflusst werden.

Über die konkreten Berechnungsergebnisse hinaus zeigt die Arbeit, dass das MIPS-Konzept grundsätzlich geeignet ist, den Materialeinsatz einer Geige systematisch zu erfassen und ökologische Belastungsschwerpunkte entlang ihres Lebenszyklus sichtbar zu machen. Grundlegend können die qualitativen Ergebnisse auf andere Streichinstrumente übertragen werden. Somit wurde eine erste Grundlage geschaffen, auf der zukünftige Nachhaltigkeitsbewertungen von Streichinstrumenten aufbauen können. Die wichtigste Erkenntnis dieser Arbeit ist daher, dass nachhaltiger Geigenbau nicht allein durch die lange Nutzungsdauer eines Instruments erreicht wird, sondern vor allem durch einen bewussteren und effizienteren Umgang mit dem wertvollen Rohstoff Holz.

VI. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt zunächst meinem Professor und Betreuer Hannes Vereecke.

Ebenso danke ich meiner Betreuerin Silke Lichtenberg für ihre Unterstützung während dieser Arbeit. Die Konsultationen, der Zuspruch und die wertvollen Denkanstöße waren für mich stets hilfreich und motivierend.

Ein weiterer Dank gilt allen Interviewpartnern, die sich Zeit für die Gespräche genommen und meine Fragen offen und ausführlich beantwortet haben.

Abschließend möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die durch das Korrekturlesen sowie ihre inhaltliche und mentale Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Hierzu zählen: Hannah Weidauer, Marta Nahlik, Katrin Schulz und Martin Groß.

VII. VERZEICHNISSE

LITERATURVERZEICHNIS

Albu, Cristian Teofil; Dinulică, Florin; Bartha, Szilard; Vasilescu, Maria Magdalena; Tereşneu, Cristian Cornel und Vlad, Ioana Andra: *Musical instrument lumber recovery from Romanian resonance spruces*, in: *BioResources*, Jg. 15 Nr. 1 (2020), S. 967–986.

Andes, Lisa: *Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung. Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel*, Karlsruhe 2019.

Argauer, Rita: *Ein Instrument ganz ohne tierische Produkte*, online unter <https://www.br-klassik.de/aktuell/news-kritik/erste-vegane-geige-odubhlaoidh-england-100.html> (abgerufen am: 28.04.2026).

Bauer, Steffen: *Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung*, online unter <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/izpb/umweltpolitik-287/8983/leitbild-der-nachhaltigen-entwicklung/> (abgerufen am: 18.04.2026).

Berndt, Karl: *Nachhaltigkeitsbewertungen von Streichinstrumenten. Eine Analyse der Anwendbarkeit bestehender Methoden*, [Studienarbeit], Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2026.

Carlowitz, Hans Carl von: *Sylvicultura oeconomica. Anweisung zur wilden Baum-Zucht*, [Reprint der Ausgabe Leipzig 1713, Bearbeitet von Klaus Irmer und Angela Kugler-Kießling] Freiburg 2000.

Casey, Sarah; Chow, Kenyon; Krichevsky, Diana; Mejia, Abigail und Parker, Emily: *Developing a Sustainable Roadmap for Ebony Production in Cameroon*, Hrsg. UCLA Institute of the Environment and Sustainability, Los Angeles 2017.

David, Alexander: *Life Cycle Assessment (LCA) oder Product Carbon Footprint (PCF) als Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten*, online unter <https://greenable.tech/lca/> (abgerufen am: 28.03.2026).

Deblauwe, V.: *Life history, uses, trade and management of Diospyros crassiflora Hiern, the ebony tree of the Central African forests: A state of knowledge*, in: *Forest Ecology and Management*, Jg. 481, Artikel 118655 (2021).

Dietrich, Tobias; Schiema, Holger und Hiller, Daniel: *WIR! – iMATECH – ModiMusiHolz. Holzmodifikation regionaler Holzarten im Musikinstrumentenbau*, online unter <https://www.imatech-musik.de/projekt-modimusiholz/> (abgerufen am: 26.03.2025).

Drescher, Thomas und Otterstedt, Annette: *Streichinstrumentenbau*, in: *MGG online: die Musik in Geschichte und Gegenwart*, hrsg. v. Laurenz Lütteken, New York, Kassel, Stuttgart, online unter: <https://www.mgg-online.com/mgg/stable/591454> 2016.

Gätjen, Bram; Drescher, Thomas; Jewanski, Jörg; Rônez, Marianne und Mazurowicz, Ulrich: *Violine*, in: *MGG online: die Musik in Geschichte und Gegenwart*, hrsg. v. Laurenz Lütteken, New York, Kassel, Stuttgart, online unter: <https://www.mgg-online.com/mgg/stable/532863> 2016.

- Grunwald, Armin und Kopfmüller, Jürgen: *Nachhaltigkeit. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage*, Frankfurt am Main 2022.
- Hamberger, Joachim (Hrsg.): *Sylvicultura oeconomica. Oder haußwirthliche Nachricht und naturgemäße Anweisung zur wilden Baum-Zucht*, München 2022.
- Helfferrich, Cornelia: *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*, Wiesbaden 2011.
- Johnson, Chris und Courtnall, Roy: *The art of violin making*, London 2023.
- Kometter, Roberto und Maravi, Edgar: *Methodology for Developing National Volume Conversion Tables (Standing Volume & Export Grade Sawnwood) (English)*, Washington, DC: World Bank (<http://documents.worldbank.org/curated/en/229141468331767163>) September 2007.
- Meinel, Eberhard: *Lehrbrief Musikalische Akustik. Teil 2 Akustik der Zupf- und Streichinstrumente*, (Manuskript), Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2019.
- Meyer, Jan Niklas: *Dokumentation zur Semesterarbeit: Bau einer Violine nach François-Louis Pique*, [Manuskript], Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen 2018.
- Richter, Hans Georg: *Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau*, Celle 1988.
- Ritthof, Michael; Rohn, Holger und Liedtke, Christa: *MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen*, Wuppertal 2002.
- Schmidt-Bleek, Friedrich: *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS- Das Maß für ökologisches Wirtschaften*, Berlin 1994.
- Schmidt-Bleek, Friedrich: *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10*, München 1998.
- Sherwood, Lesley: *Seeing the trees for the wood*, in: *theStrad*, Jg. (Vol.) 107, Nr. (No.) 1279, S. 1190–1195, London November 1996.
- Somerford, Peter: *Future Proof*, in: *theStrad, Supplement Accessories*, S. 4–11, London 2024.
- Somerford, Peter: *Secondary research*, in: *theStrad*, Jg. (Vol.) 131, Nr. (No.) 1562, S. 12–13, London Juni 2020.
- Stewart, Tom: *How woods can save forests*, in: *theStrad, Supplement Accessories*, S. 14–19, London Juni 2019.
- United Nations, World Commission on Environment and Development (Hrsg.): *Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future* 1987.
- Verband Deutscher Geigenbauer und Bogenmacher e.V.: *Masstabelle*, (Manuskript), Stuttgart 2009.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: *Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen, Lebensmitteln*, online unter https://wupperinst.org/fileadmin/redaktion/downloads/misc/MIT_2014.pdf (abgerufen am: 28.06.2026).

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Materialien und deren Dichte mit den dazugehörigen Bauteile (fettgedruckt wird näher betrachtet).....	8
Tabelle 2: Nennungen aus welchem Land die interviewten Tonholzhändler die jeweilige Holzart beziehen.....	19
Tabelle 3: 1. Materialverlust von Fichte und Ahorn (Baum zu Stamm), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben	21
Tabelle 4: 1. Materialverlust von Ebenholz (Stamm zu Billet und Billet zu Kantel), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben	23
Tabelle 5: 2. Materialverlust von Fichte (Stamm zu Kantel), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben.....	24
Tabelle 6: 2. Materialverlust von Ahorn (Stamm zu Kantel), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben.....	25
Tabelle 7: 2. Materialverlust von Ebenholz (Griffbrettkantel zu gefrästem Griffbrettrohling), den die interviewten Tonholzhändler geschätzt haben.....	26
Tabelle 8: Maße der Decken- und Bodenkanteln, die die interviewten Tonholzhändler anbieten.....	28
Tabelle 9: Maße der Halskanteln und Zargenrohlinge, die die interviewten Tonholzhändler anbieten	29
Tabelle 10: Gewichtsangaben der Bauteile aus Fichte und Ahorn, die die interviewten Tonholzhändler anbieten	29
Tabelle 11: Ermittlung der Dichte von Fichte und Ahorn durch Volumen und Gewicht aus den Tabellen 8–10.....	30
Tabelle 12: Maße und Gewichtsangabe der Griffbrettkanteln und gefräster Griffbrettrohlinge, die die interviewten Tonholzhändler anbieten	30
Tabelle 13: Ermittlung der Dichte von Ebenholz durch Volumen und Gewicht aus der Tabelle 12	31
Tabelle 14: Gewichtsangaben der fertigen Bauteile einer Geige (Angaben von Stefan Rehms und Andreas Haensel)	31
Tabelle 15: 3. Materialverlust der Bauteile einer Geige (Kantel/Rohlinge zu fertigem Bauteil).....	32
Tabelle 16: Qualitätsstufen der Deckenkanteln und deren Anteile, die ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat.....	32
Tabelle 17: Qualitätsstufen der Griffbrettkanteln und deren Anteile, die ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat.....	33
Tabelle 18: Stromverbrauch um einen Stamm aufzusägen, den ein interviewter Tonholzhändler angegeben hat.....	33
Tabelle 19: Lagerung von Tonholzkanteln, die die interviewten Tonholzhändler angegeben haben	34

Tabelle 20: Materialverlust in drei Hauptschritten vom Fichten-, Ahorn- und Ebenholzbaum zu den fertigen Bauteilen einer Geige (Zusammengefasst aus den Tabellen 3–15).....	41
Tabelle 21: Gesamter Materialverlust mit weiteren Berechnungen wie Material-Input, Gesamtvolumen und Anzahl der Bauteile in einem Kubikmeter	41
Tabelle 22: Geschätzter Transportweg der jeweiligen Holzart und durch den Material-Input umgerechnet in Tonnenkilometer.....	42
Tabelle 23: Ermittlung des Material-Inputs durch den Transport von Fichte und Ahorn, indem die Materialintensität und die Tonnenkilometer multipliziert werden	43
Tabelle 24: Ermittlung des Material-Inputs durch den Transport von Ebenholz, indem die Materialintensität und die Tonnenkilometer multipliziert werden	44
Tabelle 25: Ermittlung des Material-Inputs der drei Holzarten, unterteilt in die fünf Kategorien des MIPS-Konzeptes	45
Tabelle 26: Berechnung des ökologischen Rucksacks (Material-Input – Bauteile = ökologischer Rucksack)	45
Tabelle 27: Vergleich der Materialintensität von Deckenkanteln aus Fichte und Fichtenholz	46
Tabelle 28: Material-Input während der Nutzungsphase von 450 Jahren, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren	48
Tabelle 29: Material-Input während der Nutzungsphase von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren	50

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: MIPS-Berechnung in sieben Schritten (aus „MIPS berechnen“)	5
Abb. 2: Lebenszyklus einer Geige.....	11
Abb. 3: Eine mögliche Prozesskette einer Geige	12
Abb. 4: Lager der Decken- oder Bodenkantel im Stamm (Abbildung aus MGG-Artikel: „Streichinstrumentenbau“)	14
Abb. 5: „Übersicht über die Ausbeute an Kanteln für Musikinstrumente“ (aus: „Musical instrument lumber recovery from Romanian resonance spruces“).....	17
Abb. 6: Foto von Ebenholz-Billets im Wald.....	22
Abb. 7: Schematische Darstellung der rechteckigen und konischen Form der Griffbrettkantel und des Griffbrettrohlings	23
Abb. 8: Schematische Darstellung der zwei Varianten einer Halskantel	28
Abb. 9: Verlauf des Material-Inputs in der Herstellungs- und Nutzungsphase (während der Nutzungsphase ist der Material-Input pro Serviceeinheit dargestellt)	53

DIAGRAMMVERZEICHNIS

Diagramm 1: Material-Input während der Nutzungsphase von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren	48
Diagramm 2: Verlauf des Material-Inputs pro Serviceeinheit von 190 Jahren, dargestellt in Schritten von jeweils 10 Jahren.....	49
Diagramm 3: Verlauf des Material-Inputs pro Serviceeinheit von 450, dargestellt in Schritten von jeweils 50 Jahren	50
Diagramm 4: Ausbeute und Verlust der jeweiligen Holzart in drei Schritten und im Gesamtergebnis	51
Diagramm 5: Anteile der einzelnen Bauteile an der Gesamtausbeute des Ahornbaums	52

HILFSMITTEL

KI-gestützte Sprachmodelle:

- Microsoft Copilot (Stand: Januar 2026)
- OpenAI ChatGPT 5.2 (Stand: Januar 2026)

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wurden Künstliche-Intelligenz (KI) und deren Technologien zur Unterstützung eingesetzt. Die Nutzung umfasste das Übersetzen von englischen Zitaten, das Zusammenfassen und Strukturieren von Inhalten sowie das Korrekturlesen der Arbeit.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die endgültige Verantwortung für die inhaltliche Richtigkeit, die kritische Reflexion und die Interpretation der Ergebnisse beim Autor dieser Arbeit liegt.

Die KI diene lediglich als Werkzeug und nicht als Ersatz für das kritische und analytische Denken des Forschenden.

ANHANG

INTERVIEWLEITFADEN

Zur Person:

1. Wie lange arbeiten Sie schon im Tonholzhandel?

Allgemein:

2. Mit welchen Holzarten für den Geigenbau handeln Sie?
3. Aus welchen Regionen beziehen Sie Ihre Hölzer?
4. Wie treffen Sie Ihre Holz Auswahl?
(Fichte/Ahorn: Suchen Sie Bäume im Wald aus? Werden Sie benachrichtigt, wenn ein guter Baum gefällt wurde? Suchen Sie von den geernteten Bäumen welche aus?)
(Ebenholz: Suchen Sie von den geernteten Bäumen welche aus? Suchen Sie aus Bohlen aus? Werden die Hölzer im Herkunftsland vorsortiert und wenn ja, wie?)
5. Mit welchem Transportmittel und in welchem Zustand werden die Hölzer in der Regel zu Ihnen transportiert?
(PKW, LKW, Bahn, Schiff) (einzelne Stämme / mehrere Stämme / zugeschnitten)

Materialaufwand:

6. Fichte/Ahorn: Wie viel Prozent des Holzvolumens bleiben schätzungsweise vom Baum, wie er im Wald steht, zum Stamm, den Sie kaufen, übrig?
Ebenholz: Wie viel Prozent des Holzvolumens bleiben schätzungsweise vom Baum, wie er im Wald steht, zum Stamm, und dann zur Bohle/Kantel, die Sie kaufen übrig?
7. Was schätzen Sie, wie viel Prozent des Holzvolumens eines Stammes/einer Bohle/einer Kantel, den/die Sie kaufen, wird zum Schluss tatsächlich für den Geigenbau genutzt?
Fichte Ahorn:
 - I. Wie viel Prozent Geigenkantel aus einem Stamm?
 - II. Wie viel Prozent andere Bauteile für den Geigenbau aus einem Stamm?
 - III. Wie viel Prozent verkaufbare sonstige Dinge (bspw. Kugelschreiber) aus einem Stamm?
 - IV. Wie viel Prozent sind dabei Abfall?Ebenholz:
 - I. Wie viel Prozent Griffbretter aus einer Bohle?
 - II. Wie viel Prozent andere Bauteile (Sättel, Wirbel) aus einer Bohle?
 - III. Wie viel Prozent verkaufbare sonstige Dinge (bspw. Kugelschreiber) aus einer Bohle?
 - IV. Wie viel Prozent sind dabei Abfall?
8. Was machen Sie mit den Holzresten, die Sie nicht verkaufen können?

9. Was schätzen Sie wie viel Energie benötigen Sie, um eine/n durchschnittlichen Stamm/Bohle in Kanteln zu verarbeiten?
(Es kann auch mit durchschnittlichen verarbeiteten Stämmen und Energieverbrauch im Monat oder Jahr geantwortet werden)

Lagerung:

10. Lagern Sie Ihre Stämme/Bohlen, bevor Sie sie aufschneiden?
Wenn ja: Wie lange lagern Sie sie und werden die Stämme dabei bewässert?
Wenn ja: Wie viel Wasser wird dabei durchschnittlich pro Stamm verbraucht?
11. Wie müssen die Kanteln/Griffbrettrohlinge idealerweise gelagert werden, bevor sie verbaut werden?
(Phasen, Orte, Bedingungen, Zeit)
(Welche dieser Phasen der Lagerung übernehmen Sie dabei?)
12. Bedarf die Lagerung eines gesonderten Energie- oder Rohstoffaufwands?
(Heizung, Belüftung, Harz/Wachs/Lack für Hirnholz)
13. Hat sich über die Jahre etwas im Lagerungsprozess geändert?

Maße und Fakten zu den Kanteln:

14. Was für Maße haben Ihre Kanteln?
(Wie viele Zargen gehören in einen Satz?)
15. Wie viel wiegt eine durchschnittliche Kante, die Sie verkaufen?

Qualität:

16. Was schätzen Sie, wie viele Bäume der jeweiligen Art, die in einem passenden Wald stehen, weisen die hohen Qualitätsmerkmale auf, die für den Geigenbau benötigt werden.
(1 von _____ Bäumen)
17. Was für Qualitätsstufen bieten Sie an und wie sind diese definiert?
18. Wie viel Prozent der Kanteln/Rohlinge aus einem Stamm weisen welche Qualitäten auf?
19. Haben Sie den Eindruck, dass sich die Holzqualität, Ihrer Erfahrung nach, verändert hat?
Wenn ja: Wie hat sich die Qualität verändert und wie erklären Sie sich das?
(Was für ein Zeitraum? Abhängig vom Herkunftsland?)
20. Haben die von Ihnen eingekauften Stämme/Bohlen/Kanteln Nachhaltigkeitszertifikate und wenn ja welche?
21. Bemerken Sie eine steigende Nachfrage nach zertifiziertem Holz seitens der Geigenbauer?

Zukunft:

22. Sehen Sie Herausforderungen für Fichten-, Ahorn- oder Ebenholzbäume in der Zukunft?
23. Gibt es aus Ihrer Sicht Möglichkeiten die Materialausbeute zu optimieren?
(Finanzielle oder strukturelle Voraussetzungen können dabei unbeachtet bleiben.)

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit in allen Teilen selbstständig angefertigt und keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form in noch keiner anderen Prüfung vorgelegen hat. Mir ist bewusst, dass ich Autor der vorliegenden Arbeit bin und volle Verantwortung für den Text trage.

Ich erkläre, dass ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken – dazu gehören auch Internetquellen – übernommene Inhalte als solche kenntlich gemacht und die entsprechenden Quellen angegeben habe.

Mir ist bewusst, dass meine Arbeit auf Plagiate überprüft werden kann. Mir ist bekannt, dass es sich bei der Abgabe eines Plagiats um ein schweres akademisches Fehlverhalten handelt und dass Täuschungen nach der für mich gültigen Prüfungsordnung geahndet werden.

Zusätzlich versichere ich, dass ich künstlicher Intelligenz (KI) basierende Werkzeuge nur in Absprache mit den Prüfern verwendet habe. Dabei stand meine eigene geistige Leistung im Vordergrund, und ich habe jederzeit den Prozess steuernd bearbeitet.

Diese Werkzeuge habe ich im Quellenverzeichnis in der Rubrik „Übersicht verwendeter Hilfsmittel“ mit ihrem Produktnamen und einer Übersicht des im Rahmen dieser Prüfungs-/Studienarbeit genutzten Funktionsumfangs unter Angabe der Textstelle in der Arbeit vollständig aufgeführt. Ich versichere, dass ich keine KI-basierten Tools verwendet habe, deren Nutzung die Prüfer explizit schriftlich ausgeschlossen haben. Ich bin mir bewusst, dass die Verwendung von Texten oder anderen Inhalten und Produkten, die durch KI-basierte Tools generiert wurden, keine Garantie für deren Qualität darstellt.

Ich verantworte die Übernahme jeglicher von mir verwendeter maschinell generierter Passagen vollumfänglich selbst und trage die Verantwortung für eventuell durch die KI generierte fehlerhafte oder verzerrte Inhalte, fehlerhafte Referenzen, Verstöße gegen das Datenschutz- und Urheberrecht oder Plagiate.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder von mir noch von jemand anderem als Prüfungsleistung (d. h. weder an der AKS/WHZ noch andersorts) eingereicht und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Ort, Datum

Leipzig, 06.07.2026

Unterschrift

