

Wissenswertes aus dem Bereich des deutschen Musikinstrumentenbaus

Gunter Ziegenhals

GITEC-meeting 2022

Vormals IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der TU Dresden, gu-ziegenhals@t-online.de

Prolog

Der Vortrag begann mit einer ziemlich naiven Fassung der sinfonischen Dichtung „Also sprach Zarathustra“ von Richard Strauss (Op. 30). Erzeugt wurde diese über ein Kleinkeyboard aus dem Jahre 1988. Es handelt sich um eine Entwicklung des Instituts für Musikinstrumentenbau in Zwota (IfM) aus dem Zeitraum Ende der 1980er Jahre. Motiviert wurden die Arbeiten, durch die in den 1980ern in den Markt gelangten und sich großer Beliebtheit erfreuenden Instrumente, wie z. B. das legendäre CASIO VL-1. Man erinnere sich an die Gruppe Trio! Da, da, da war doch was?



Abbildung 1: Kleinkeyboard, IfM-Entwicklung 1988/89

Warum liegt das Kleinkeyboard aus Zwota in **Abbildung 1** auf einer Waschmaschine? Die Casio-Kleinkeyboards verwendeten als Kern einen speziell für die Klangerzeugung entwickelten Prozessor. In Zwota wurde Verfügbares genutzt. Und das war ein Prozessor, der unter anderem auch für die Steuerung von Waschmaschinen zum Einsatz kam. Und es funktionierte recht gut. Das Keyboard ist vierstimmig polyphon spielbar, die Klangerzeugung des Manuals voll digital, vier Klangfarben sowie eine Transposer-Funktion stehen zur Verfügung. Das integrierte Rhythmusgerät mit analoger Klangerzeugung wird vom Prozessor mit wahlweise acht Rhythmen angesteuert. Es gibt weiterhin für jeden Rhythmus ein fill in und natürlich ein Demo-Stück, welches anfänglich zu hören war. Letztendlich muss auf dem Prozessor ein eigenes, kleines Betriebssystem laufen, welches z. B. permanent Manual- und Bedientasten abfragt und die entsprechende Reaktion veranlasst. Auf die Frage in die Runde, wieviel RAM denn für die Abarbeitung all dieser Funktionen in das Gerät integriert werden musste, kamen durchweg deutlich zu hohe Gebote. Es sind lediglich bescheidene 128 Byte, also 128 x 8 Bit verbaut! Auch so etwas spart Ressourcen!

Der Musikinstrumentenbau in Deutschland

Zu Beginn der Ausführungen zum Musikinstrumentenbau als Wirtschaftszweig sei ein kurzer Blick auf die Klientel der Branche, die Musizierenden in Deutschland, geworfen. Die beiden Karten in **Abbildung 2** zeigen dazu zunächst die Verteilung öffentlicher Musiktheater und Musikschulen.

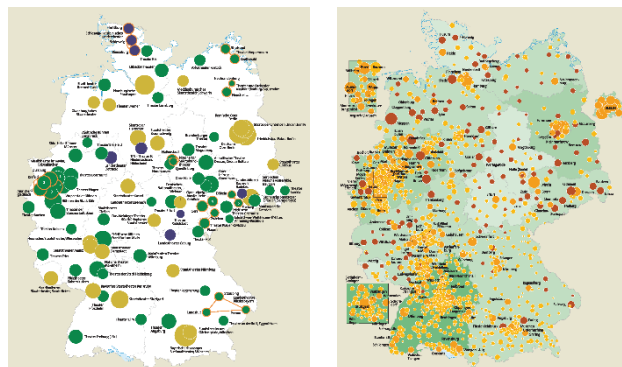


Abbildung 2: Öffentlich finanzierte Musiktheater (links), Öffentliche Musikschulen im VdM (rechts); Quelle [1]

Recherchen unter <https://miz.org/> (Deutsches Musikinformationszentrum) und unter Einbeziehung von [2] und [3] ergeben in Sachen beruflich und laienhaft Musizierende folgendes Bild:

In Deutschland existieren rund 130 öffentlich geförderte Orchester mit ca. 10.000 Planstellen. Man kann davon ausgehen, dass um die 100.000 Menschen im Land ihr Geld mit „Berufsmusizieren“ verdienen. Dazu gehören neben den eigentlichen Musikern auch Komponisten, Chorleiter, Pädagogen, Textdichter u.a. An Musikschulen lernen über 1,5 Mio. Musikschüler aller Altersgruppen. Man kann weiterhin davon ausgehen, dass etwa 15 Mio. Menschen in Deutschland mehr oder weniger regelmäßig musizieren.

Um diese Musikfreunde in ausreichendem Maße mit Instrumentarium zu versorgen, existiert in Deutschland ein traditionell gut aufgestellter Musikinstrumentenbau. Dessen Output geht etwa 50/50 in den Binnenmarkt und den Export. Welchen Anteil diese 50 % an der Gesamtversorgung des Binnenmarktes mit Musikinstrumenten ausmachen, konnte ich leider nicht feststellen.

Abbildung 3 stellt die Verteilung der Firmen des Musikinstrumentenbaus in Deutschland nach Ländern dar. Es ist gut zu erkennen, dass der Schwerpunkt in Sachsen und Bayern liegt. Die Branche umfasst ca. 1550 Betriebe mit rund 11500 Beschäftigten. Nur etwa 60 Betriebe beschäftigen mehr als 20 Mitarbeiter. Mit rund 1500 Betrieben stellt das Handwerk die meisten Standorte. Die Mehrzahl der größeren Firmen findet man in den Sparten Orgel- und Klavierbau. Aber auch die anderen Instrumente steuern einzelne größere Firmen bei. Denken wir dabei z. B. an die Warwick GmbH & Co. Music Equipment KG, Karl Höfner GmbH & Co. KG

oder auch die Metall- und Holzblasinstrumentenfertigung in Markneukirchen (davon mehr im folgenden Kapitel).

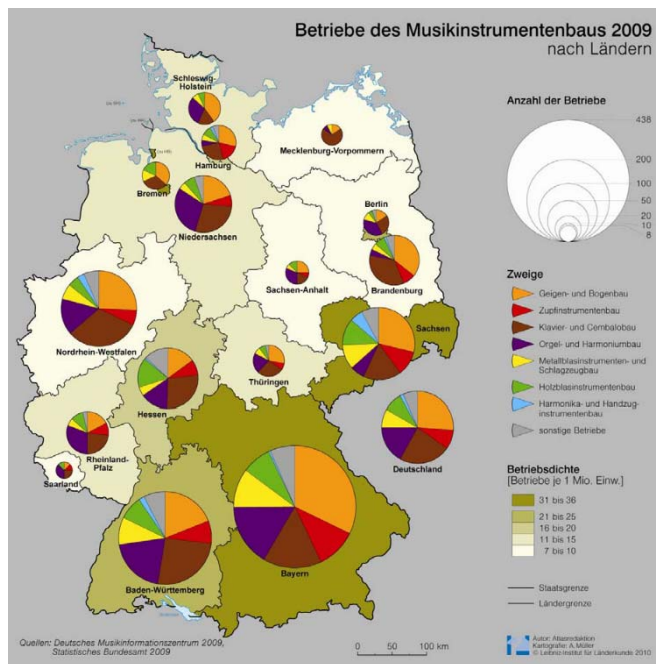


Abbildung 3: Betriebe des Musikinstrumentenbaus nach Bundesländern; Quelle [1]

Der Musikinstrumentenbau generiert im Jahr einen Umsatz von einer sehr knappen Milliarde. Nun ja, andere machen da schon mal mehr Gewinn im gleichen Zeitraum.

Man wird bemerken, dass die Zahlenangaben in diesem und auch im folgenden Kapitel meist mit ca. und etwa eher vage ausfallen. Es zeigt sich weiter an den Quellenangaben, dass diese nun schon an die zehn Jahre alt sind. Es flossen auch einige Zahlenangaben seitens des statistischen Bundesamtes ein. Nun finden einerseits entsprechende Betriebszählungen nur etwa alle zehn Jahre statt, andererseits werden typischerweise nur bestimmte Firmen erfasst, wie etwa die mit mehr als 20 Beschäftigten. Gerade Firmen des Musikinstrumentenbaus fallen dabei schon mal durchs Raster. Es müssen also stets gewisse Trends, die sich abzeichnen, zur Findung der angegebenen Zahlen einbezogen werden. Hinzu kommt, dass sich der Musikinstrumentenbau mit der Veröffentlichung von Zahlen etwas schwertut.

Der Musikinstrumentenbau im Vogtland

Die örtliche Verteilung des Musikinstrumentenbaus nach Anzahl der Firmen in Gemeinden stellt **Abbildung 4** dar. Die Häufung im Bereich der Großstädte ist in Bezug auf die Herstellung von Musikinstrumenten etwas irreführend. Eine Hauptaufgabe der dort ansässigen Firmen bildet der Service für Theater, Orchester, Musikschulen, Vereine usw. vor Ort. Gefertigt wird eher in der Provinz.

Der Musikinstrumentenbau im Vogtland, besser gesagt im vogtländischen Musikwinkel, oder noch besser im „Musicon Valley“ beherbergt ca. 105 Firmen mit etwa 1350 Beschäftigten. Gefertigt werden alle Orchesterinstrumente außer Harfe und dem großen Schlagwerk. Auch die Musikelektronik ist

mit zwei (inklusive Warwick drei) Firmen vertreten.

In Sachen Betriebsgröße findet man von der Ein-Frau- bzw. Ein-Mann-Werkstatt bis zur Manufakturfertigung mit über 200 Mitarbeitern praktisch alles.

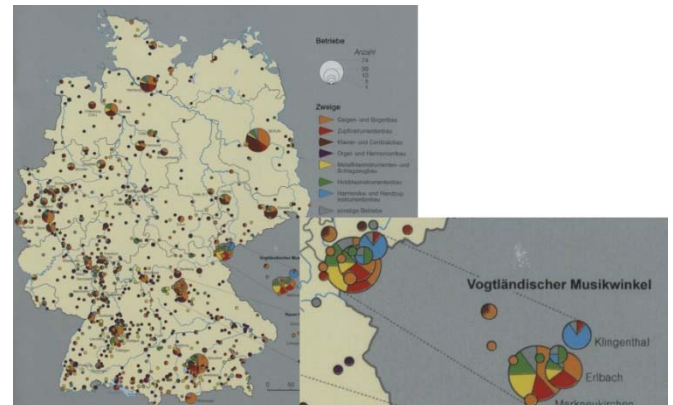


Abbildung 4: Herstellung von Musikinstrumenten nach Gemeinden, Quelle MIZ 2009

In Carlsfeld und Klingenthal gibt es zwei Bandoneon-Hersteller. Weiterhin siedelt in Klingenthal die älteste Mundharmonika-Manufaktur der Welt, die C.A. SEYDEL SÖHNE GmbH und auch die Akkordeonherstellung ist nach wie vor hier ansässig.

In Markneukirchen und Umgebung arbeitet eine Vielzahl von Handwerksbetrieben und speziell das Gewerbegebiet beherbergt neben der Warwick GmbH & Co Music Equipment KG weitere sehr interessante Hersteller. So entstehen hier, nunmehr unter dem Dach der Buffet Crampon Gruppe, Metall- und Holzblasinstrumente der Marken B&S, Besson, W. Schreiber und Julius Keilwerth, um nur eine kleine Auswahl zu nennen. Klarinetten der Marke F. Arthur Uebel sind im Gewerbegebiet ebenso präsent wie die Metallblasinstrumentenfertigung von JÜRGEN VOIGT Meisterwerkstatt für Metallblasinstrumente, geführt von Tochter Kerstin. Fa. Voigt ist mit mehr als 30 Mitarbeitern der größte Handwerksbetrieb des Musikinstrumentenbaus der Region. Insgesamt kommen aus dem Vogtland etwa 10 % der Produktion in Sachen Musikinstrumente in Deutschland.

Nicht vergessen sollte man, dass mit der Berufs- und Berufsfachschule "Vogtländischer Musikinstrumentenbau" Klingenthal als Teil des BSZ Vogtland, neben Mittenwald und Ludwigsburg eine der drei Ausbildungsstätten für den Musikinstrumentenbau im Musikwinkel angesiedelt ist. Darüber hinaus werden als Alleinstellungsmerkmal für die Bundesrepublik Deutschland im Hochschulteil Markneukirchen der Westsächsischen Hochschule Zwickau Studiengänge für Musikinstrumentenbau mit Bachelor- und Masterabschluss angeboten.

Wer forscht eigentlich woran?

Wenn es um den Musikinstrumentenbau in Deutschland geht, ist es auch einmal interessant zu hinterfragen, wo und woran hierzulande in Zusammenhang mit Musikinstrumenten geforscht wird. Nun sind Musikinstrumente ein interessantes und zugleich etwas exotisches Forschungsobjekt und viele

UNI- oder Hochschulinstitute gönnen sich ab und an mal ein Projekt dazu. Im Folgenden sollen die Teams aufgeführt werden, die sich nach Kenntnis des Autors über viele Jahre kontinuierlich der Problematik widmen. Allerdings kommen wir da wieder in den Bereich der öffentlichen Einrichtungen. Über firmeninterne Forschungen ist relativ wenig bekannt. Hier hält man sich (verständlicherweise?) noch bedeckter als mit dem Zahlenwerk. Die Angaben enthalten neben der Einrichtung und ggf. der Nennung maßgeblicher Personen die jeweiligen Hauptarbeitsgebiete. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird ausdrücklich nicht erhoben!

Am **Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP** in Stuttgart beschäftigt sich in der Abteilung Akustik eine Arbeitsgruppe um Dr. Judit Angster mit Musikalischer und Photoakustik. Das musikalische Schwerpunktthema ist dabei die Orgel.

Das **Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden** widmet sich seit, man kann sagen Jahrzehnten den Holzwerkstoffen für Musikinstrumente. Ein Schwerpunkt dabei ist die Modifizierung und damit die Entwicklung von Materialien für den Musikinstrumentenbau.

Im **Fachbereich Holzingenieurwesen der HNE** (Hochschule für nachhaltige Entwicklung) **Eberswalde**, insbesondere im Bereich der Professur für Chemie und Physik des Holzes widmet man sich prinzipiell der gleichen Problematik. Von hier kam auch die im letzten Jahr als Beispiel dargestellte E-Gitarre aus Bambus.

Obwohl nicht zum Deutschen Musikinstrumentenbau im weiteren Sinne gehörend, möchte ich auf zwei Institute in Wien aufmerksam machen.

Vom **Institut für Musikwissenschaft UNI Wien** kommen immer wieder vielfältige und interessante Beiträge zur Akustik der Musikinstrumente.

Seit seiner Gründung 1980 beschäftigt sich das **Institut für musikalische Akustik - Wiener Klangstil (IWK)** der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien mit der Akustik der Musikinstrumente. Zunehmend geht der Arbeitsschwerpunkt aber nach meiner Beobachtung in Richtung des Zusammenhangs von Klang, Spieltechnik und Aufführungsstil.

Am **Erich-Thienhaus-Institut** der Hochschule für Musik Detmold werden Tonmeister ausgebildet. Dabei spielen natürlich die Musikinstrumente und ihre akustischen Eigenschaften eine wichtige Rolle. Das Team um Prof. Malte Kob widmet sich deshalb entsprechenden Themen zu Musikinstrumenten, aber auch zur Singstimme oder der Interaktion von Raum-Musikerin/Musiker und Hörerin/Hörer.

Im **Department Medientechnik der HAW Hamburg** (Hochschule für Angewandte Wissenschaften) forscht Prof. Robert Mores mit dem Schwerpunkt Streich-, Zupfinstrumente. Aktuell geht es um die vollständige Prozesskette bei der Herstellung von Streichinstrumenten.

Das **Institut für Systematische Musikwissenschaft** der Universität Hamburg ist die Wirkungsstätte von Prof. Rolf Bader.

Er widmet sich Forschungen zum Klavier, insbesondere dem Resonanzboden. Man findet aber auch Arbeiten zu Orgel und Gitarre aus seinem Institut.

Zunehmend kommen aus dem **Institut für Akustik und Sprachkommunikation** der TU Dresden Arbeiten zu Musikinstrumenten. War es früher eher ein gelegentlicher Output, so scheint sich das zu stabilisieren. Die Arbeiten entstehen vorrangig im Bereich der Professur für Akustik und Haptik (Prof. Ercan Altinsoy). Momentan geht es um die akustische Gitarre.

Ähnliches zeichnet sich am **Studiengang Musikinstrumentenbau der WHZ** (Westfälische Hochschule Zwickau) ab. Ging es früher in der Forschung eher um Themen aus dem Bereich der Instrumentenkunde, tendiert es jetzt mehr in die technische Richtung in Zusammenhang mit Streich- und Zupfinstrumenten- sowie Bogenbau.

IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e. V. Zwota – Hier beschäftigt man sich eigentlich mit allen Aspekten des Musikinstrumentenbaus, außer mit der Orgel. Da fragt man sich möglicherweise, warum? Nun in den ersten 40 Jahren der Institutsgeschichte gehörte das IfM zur Vereinigung der Musik- und Kulturwarenbetriebe der damaligen DDR als deren industrienähe Forschungseinrichtung. In dieser Vereinigung waren alle Sparten des Musikinstrumentenbaus vertreten, außer den Orgelbauern. So kamen aus der Richtung keine Forschungsaufträge und es wurde keine Kompetenz aufgebaut.

Besucht man die Internetseiten der genannten Einrichtungen, so muss man teilweise doch recht intensiv suchen, um auf die aktuellen Forschungsschwerpunkte in Sachen Musikinstrumenten zu stoßen. Das hat natürlich auch damit zu tun, dass Projekte im Auftrag von Firmen laufen. Im Erfolgsfall findet man aber früher oder später immer eine Veröffentlichung. So wurde für diesen Vortrag eine kleine Recherche bzgl. aktueller Beiträge erstellt. Da es vorrangig um akustische und technische Belange geht, ist die **Deutsche Gesellschaft für Akustik**, die **DEGA** eine gute Suchplattform. Die DEGA veranstaltet eine jährliche Tagung Akustik, die **DAGA** im Rahmen derer es stets auch mehrere Sessions zu Problemen der Musikalischen Akustik und speziell der Musikinstrumente gibt. Weiterhin ist die DEGA Mitherausgeberin der Europäischen Fachzeitschrift für Akustik, der **Acta Acustica**. So wohl diese Fachzeitschrift als auch die Tagungsbände der DAGA sind im Format "Open Access" über die Internetseite der DEGA, www.dega-akustik.de mit gewissen Einschränkungen zugänglich. Für die Acta Acustica gilt der freie Zugriff erst ab 2020 und ausgenommen sind die jeweils letzten drei Tagungsbände der DAGA. Man findet die Zugänge auf der genannten Internetseite unter der Rubrik „Publikationen“ und folgend „Tagungsbände“ bzw. „Zeitschriften (Übersicht)“.

Die Recherche erfolgte in den Tagungsbänden der DAGA und der Zeitschrift Acta Acustica für die Jahre 2020 bis 2022.

In den drei Tagungsbänden der DAGA finden sich insgesamt 60 Beiträge zur Musikalischen Akustik. 24 (40 %) davon beschäftigen sich ursächlich mit der Funktion der Musikinstrumente.

- 6 x Zupfinstrumente (keine E-Gitarre)
- 6 x Schlaginstrumente (inkl. Glocken)
- 3 x Blechblasinstrumente
- 3 x Holzblasinstrumente
- 2 x Streichinstrumente
- 2 x Handzuginstrumente
- 1 x Pianos
- 1 x Orgel

Die anderen 60 % widmen sich den Problemen Richtcharakteristik, Aufnahme, Mischung, Klangwahrnehmung (vorrangig der Musikinstrumente), der Gesangsstimme, dem computergestützten Training des Instrumentenspiels, Musikreproduktion und der Musikwissenschaft. Vor zehn Jahren und davor fiel das Verhältnis noch 70 % zu 30 % zu Gunsten der Funktion der Musikinstrumente aus.

Von den 24 Artikeln zur Funktion der Musikinstrumente gingen 50 % die Sache mittels Techniken der Simulation und 50 % über Messungen an realen Objekten an. Beispielfhaft seien die folgenden sechs Inhalte aufgeführt.

- Rückprallverhalten von Trommelstöcken (IfM 2022)
- Simulation des Einflusses von Materialparametern auf das Schwingungsverhalten einer Gitarrendecke (TU Dresden Akustik 2022)
- Künstliche Saitenanregung mittels Roboterarm [Streich- und Zupfinstrumente] (2022)
- Der Einfluss von Aerosolfiltern auf den Klang von Blechblasinstrumenten (UNI Wien 2022)
- Repetitionsverhalten beim Piano: Spielbarkeit nach Einbau unterstützender Federmechanik (Wiener Klangstil 2021)
- Material-Dependent Sound and Vibration of a Harmonica Reed Block (University of Music and Performing Arts Gratz 2021)

Die Durchforstung der drei Jahrgänge Acta Acustica lieferte 20 Beiträge zur Musikalischen Akustik. 19 davon beschäftigen sich direkt mit Aspekten der Musikinstrumente, einer mit der Tonhöhenwahrnehmung im tiefen Register.

- 8 x Holzblasinstrumente
- 5 x Blechblasinstrumente
- 4 x Zupfinstrumente (2 x Banjo, 1 x Saiten, **1 x E-Gitarre**)
- 2 x Pianos

Bis auf wenige Ausnahmen geht es um die theoretische Beschreibung oder Simulation der Vorgänge an Musikinstrumenten.

Schaut man sich an, woher diese Veröffentlichungen in Acta Acustica kommen, so handelt es sich praktisch zu 100 % um Universitätsinstitute: 14 x Frankreich, 2 x USA, je einmal Deutschland (Uni Stuttgart), Österreich (Wiener Klangstil), Finnland und Japan.

Der eine Artikel zur E-Gitarre befasst sich mit dem Tastsinn als Teil der multisensorischen Erfahrung beim Spielen eines Musikinstruments. Die Verwendung der Begriffe „Komfort“,

„Dynamik“, „Antwort“, „Gefühl“, „Berührung“ und „Vibration“ durch Musiker in Spielsituationen wird analysiert [4]. Interessenten können sich den Beitrag von der angegebenen Quelle herunterladen. Alternativ stellen wir ihn über die GITEC-Seite zur Verfügung.

Das Rechercheergebnis erwies sich in Bezug auf die E-Gitarre als ernüchternd. Ich habe schon Äußerungen in wissenschaftlichen Vorträgen gehört, dass die Entwicklung der E-Gitarre ab Anfang der 1960er Jahre als abgeschlossen anzusehen ist. Möglicherweise ist sie aus diesem Grunde für die wissenschaftliche Forschung uninteressant. In diesem Sinn kann man die Arbeit des Forum E-Gitarrentechnik e.V. gar nicht hoch genug einschätzen.

CITES und der Musikinstrumentenbau

Die Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), zu Deutsch Washingtoner Artenschutzabkommen wurde 1973 auf der Gründungskonferenz von 39 Staaten unterzeichnet. Für die einzelnen Länder trat es allerdings erst nach Ratifizierung durch deren Parlamente in Kraft. Dieser Prozess zog sich über Jahre hin. Bis 2016 hatten es insgesamt 183 Mitglieder getan.

Wichtig für die Umsetzung der Vereinbarung sind deren drei Anhänge. In diesen werden Tier- und Pflanzenarten gelistet, für die, je nach Anhang, Beschränkungen im Handel bestehen.

Anhang I: Es besteht ein generelles Verbot des Handels ab Stichtag. Dieser gilt typisch 3 Monate nach Beschluss zur Aufnahme in den Anhang auf einer Vertragsstaatenkonferenz. Vertragsstaatenkonferenzen finden typisch alle drei Jahre statt.

CITES bezieht sich immer auf den Handel, genauer die Ein- und Ausfuhr zwischen Ländern. Für die EU gelten die Außengrenzen. Hieraus ergeben sich einerseits Probleme an der Grenze bzw. bei der Zollabfertigung die Arten genau zu identifizieren. Weiterhin bestehen große Probleme Altbestände, also z. B. vor einem Stichtag durch einen Musikinstrumentenbauer erworbene Hölzer als solche nachzuweisen. Besonders problematisch ist es aufgrund der Tatsache, dass im Musikinstrumentenbau teilweise über mehrere Jahrzehnte bevorratet wird. Wer hat da noch beweissichere Rechnungen? Die Nachweispflicht besteht auch für Musiker, die Instrumente in denen eine entsprechende Art verbaut ist, für einen Auftritt über eine Grenze bringen wollen. Hersteller und Handel müssen also ihre Nachweise, Zertifikate auch an die Kunden Musiker weitergeben.

Anhang II: Der Handel mit der Art ist nach einer Unbedenklichkeitsprüfung des Ausfuhrstaates möglich. Dieser muss nachweisen, dass die Art durch den Handel nicht gefährdet ist. Die Ausfuhrstaaten müssen ausgeführte Chargen entsprechend zertifizieren und diese Zertifizierungen müssen z. B. vom Holzeinschlag über den Holzhandel, den Musikinstrumentenhersteller bis zum Musiker weitergegeben werden. Die Probleme Artenerkennung und Altbestände bestehen auch hier.

Anhang III: Hierbei handelt es sich um Landesentscheidungen ohne Zustimmung durch eine Vertragsstaatenkonferenz. Gelistete Arten unterliegen keiner generellen Beschränkung. Der Anhang dient praktisch als Achtungsregister.

Man kann sich leicht vorstellen, dass die Nutzung geschützter Arten einen sehr, sehr aufwendigen Prozess darstellt. Das ist gewollt. Man soll auf die Arten am besten verzichten. Erholt sich eine gefährdete Art im Ergebnis der Schutzmaßnahmen, kann eine Auslistung oder Runterstufung beschlossen werden.

Von besonderer Bedeutung für den Musikinstrumentenbau erwies sich in den vergangenen Jahren die Unterschutzstellung verschiedener tropischer Holzarten durch CITES. Dies soll im Folgenden dargestellt werden. Zunächst eine kleine Auflistung, welche Hölzer typischerweise im Musikinstrumentenbau zum Einsatz kommen.

Klassische Hölzer für Streich- und Zupfinstrumente

- Decke Fichte
- Boden und Zarge Ahorn, **Palisander**
- Hals Ahorn, **Palisander**
- Griffbrett **Ebenholz, Palisander, Ahorn**
- Steg Ahorn, **Ebenholz**
- Garnitur **Ebenholz, Palisander, Buchsbaum**
- Bogen **Fernambuk**

Klassische Hölzer Holzblasinstrumente

- Klarinette **Grenadill**
- Oboen **Grenadill, Ebenholz**
- Fagott Ahorn, **Palisander**
- Blockflöte viele

Diese Auflistung ist nicht vollständig, sondern soll vor allem die größten Problembereiche aufzeigen. Palisander steht für eine ganze Reihe von Hölzern, ebenso Ebenholz. Grenadill gehört wie Palisander zur Gattung Dalbergia.

Bemerkung: Im Folgenden wird anstelle Vertragsstaatenkonferenz des englische Kürzel **CoP** für Conference of the Parties verwendet.

1992 – 8. CoP, Rio Palisander in Anhang I gelistet

2007 – 14. CoP, Fernambuk in Anhang II gelistet; Es gilt eine Ausnahmeregelung für fertige Bögen. D. h. fertige Bögen sind von der Zertifizierungspflicht ausgenommen.

2013 – 16. CoP, 5 Palisanderarten + Ebenholz Population Madagaskar in Anhang II gelistet. Erstmals Musikinstrumentenbau deutlich betroffen. Aber, Beschränkungen gelten nur für Stämme oder Holzblöcke, Schnittholz und Furnierblätter. Dies kann relativ leicht unterlaufen werden.

2016 – 17. CoP, alle weiteren Dalbergia-Arten, drei Bubing-Arten und Kosso in Anhang II gelistet. Nunmehr ist Musikinstrumentenbau massiv betroffen, erstmalig auch Blasinstrumente in großem Umfang. Einzige Ausnahme: Nicht kommerzieller Handel mit einem Maximalgewicht von 10 kg pro Sendung.

Die Reaktionen auf diese massiven Beschränkungen fielen in der Branche zunächst sehr heterogen aus. Manche fordern deutliche Verbesserungen, Andere kommen mit den Regelungen recht gut klar und eine dritte Gruppe nutzt die Situation, um neue Produkte (tropenholzfremd) zu etablieren.

Letztendlich überwogen die Probleme. So musste beispielsweise, um eine Klarinette auf der NAMM-Show, einer der größten Musikmessen jeweils im Januar in Anaheim Kalifornien, zu präsentieren eine Ausfuhrgenehmigung für die EU und eine Einfuhrgenehmigung für die USA bei den zuständigen Behörden unter Vorlage entsprechender Zertifikate beantragt werden. Für den Rücktransport noch mal das gleiche Spiel. Es gründete sich eine internationale adhoc-Arbeitsgruppe Musikinstrumente. **Abbildung 5** zeigt eine Auswahl der an der Arbeitsgruppe mitwirkenden Firmen.



Abbildung 5: Logos von Firmen und Organisationen, die an der adhoc-Arbeitsgruppe mitwirkten (Auswahl)

Die Arbeitsgruppe erstellte unter ständigem Kontakt zu den CITES-Organen einen Vorschlag für eine, für alle Beteiligten realisierbaren Ausnahmeregelung bzgl. der Listung der Dalbergia-Arten in Anhang II. Es gelang diesen an die 18. CoP einzureichen.

2019 – 18. CoP, Die Konferenz nimmt einen von der adhoc-Arbeitsgruppe erarbeiteten Vorschlag zu einer Ausnahmeregelung für in Anhang II gelistete Dalbergia-Arten über die Fußnote #15 an. #15 Bezeichnet alle Teile und Erzeugnisse, ausgenommen:

- c) Fertige Musikinstrumente, fertige Musikinstrumententeile und fertiges Musikinstrumentenzubehör.

Siehe hierzu auch die Liste der in CITES und der VO(EG) 338/97 geschützten Baumarten [5].

Was bedeutet diese Ausnahmeregelung? Die Listung in Anhang II wird ja nicht ausgesetzt. Nur, die Pflicht zur Zertifizierung und der Weitergabe dieser endet beim Hersteller der Musikinstrumente. Der Handel mit Musikinstrumenten und die Musiker bei ihren Konzertreisen sind von der Verpflichtung ausgenommen. Aber auch vorgefertigte Zulieferteile von Musikinstrumenten können problemlos gehandelt werden. Dies stellt eine enorme Erleichterung für Hersteller, Handel und Musiker, aber auch für die Kontrollen an den Grenzen

dar. Holzlieferungen lassen sich deutlich einfacher überwachen und verwalten als die einzelner Instrumente und Teile. Man muss die Annahme des Vorschlages auf der 18. CoP als großen Erfolg der gelungenen Zusammenarbeit des weltweiten Musikinstrumentenbaus werten. Aber damit ist das Problem nicht für alle Zeiten beseitigt. Ausnahmegenehmigungen werden zunehmend kritisch gesehen und sollen regelmäßig auf ihre Wirkungen hin durch die Organe von CITES überprüft werden. Es besteht also die Gefahr, dass die Ausnahmeregelung für Dalbergia bei einer zukünftigen CoP widerrufen wird. Für die **19. CoP**, 14. bis 25.11.2022 in Panama ist dazu kein Antrag bekannt. Allerdings liegt ein Antrag Brasiliens vor, Fernambuk aus Anhang II in Anhang I zu schieben – ohne eine Ausnahme für Bögen. Das wäre ein schwerer Schlag für den Bogenbau, aber auch die Musiker.

Man kann die Aktivitäten im Rahmen von CITES sehr gut im Internet verfolgen. Es herrscht eine sehr große Transparenz. Auf der CITES-Internetseite <https://cites.org> findet man unter „Documents“ alle entsprechenden Dokumente. So lassen sich z. B. unter „Conference of the Parties“ die eingereichten Vorschläge zur bevorstehenden Konferenz aber auch Beschlüsse früherer CoP's einsehen

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass es neben den Einschränkungen für die Verwendung von Holz in Zusammenhang mit dem Washingtoner Artenschutzabkommen auch noch eine

EUTR (Europäische Holzhandelsverordnung) (EU) Nr. 995/2010

gibt. Sie trat 2013 in Kraft. Die Verordnung verpflichtet Marktteilnehmer, die erstmalig Holz und Holzzeugnisse auf dem Binnenmarkt in Verkehr bringen, sicherzustellen, dass das Holz nicht aus illegalem Einschlag stammt. Diese Pflicht gilt für alle nicht bei CITES gelisteten Hölzer.

Modifizierung von Holz

Die Modifizierung von Holz fällt zunächst formal unter den Begriff Holzvergütung. Darunter versteht man alle Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Holzeigenschaften führen. Im Gegensatz zu anderen Maßnahmen der Holzvergütung wie Trocknung oder Holzschutz wird bei der Modifizierung das Holz durch chemische und/oder physikalische Verfahren in seinem Aufbau, seiner Zusammensetzung verändert. Die Motivation für die Vergütung im Allgemeinen und die Modifikation im Besonderen liegt in der Verbesserung von Eigenschaften in Zusammenhang mit

- Dimensionsstabilität bei Feuchtewechsel
- Dauerhaftigkeit gegenüber Pilz- und Insektenbefall
- elastomechanische Eigenschaften wie Festigkeit, Härte und Elastizität, Dichte
- Verbesserung der Bewitterungsbeständigkeit von Oberflächen
- Verringerung der Entflammbarkeit von Holz

Heute liegt die Hauptmotivation oft in den Bereichen

- Ersatz für den Einsatz von Bioziden

- Tropenholzersatz (Dimensionsstabilität, elastomechanische Eigenschaften)

Die Holzmodifikation wird bereits seit den 1910er Jahren angewandt und seitdem stetig weiterentwickelt. Die folgenden Ausführungen zu den Verfahren basieren auf Recherchen vorrangig in [6] und [7].

Zunächst können für die Modifikation **fünf grundsätzliche Wirkprinzipien** aufgeführt werden:

1. Stoffe werden in die Lumen (Hohlräume) des Holzes eingebracht. Zum einen machen die eingebrachten Stoffe das Holz wasserabweisend, z. B. auf Basis von Ölen, Paraffinen oder Wachsen; quasi „Holzschutz von Innen“. Zum anderen werden die Lumen der Holzzellen mit Kunststoffen wie Polystyren oder Polymethylmethacrylat ausgefüllt. Es entstehen Holz-Kunststoff-Komposite. Dabei können auch Monomere eingebracht und später polymerisiert werden.

2. Einige chemische Stoffe oder deren Lösungen können aufgrund ihrer Größe und Polarität in die Zellwände eindringen und diese zum Quellen bringen. Falls der gequollene Zustand auch nach dem Trocknen des Lösemittels erhalten bleibt, können Holzeigenschaften wie Sorptionsverhalten, Dauerhaftigkeit, Dimensionsstabilität und mechanische Eigenschaften verändert sein. Diesem Wirkprinzip folgt die Behandlung mit Zuckern und Polysacchariden, Polyethylenglykol sowie Phenol-Formaldehydharzen.

3. Chemisch reaktive Verbindungen sind in der Lage, mit den Polymeren der Zellwandmatrix zu reagieren. Meist erfolgt die Reaktion mit Hydroxylgruppen (-OH-Gruppe). Die Hydroxylgruppen des Holzes erlauben die Einlagerung von Wassermolekülen in die Zellwand und sind somit für das Quellen und Schwinden und das Einstellen der Ausgleichsfeuchtigkeit des Holzes mitverantwortlich. Eine Blockierung der Hydroxylgruppen reduziert folglich die Feuchtigkeitsaufnahme und bewirkt eine erhöhte Dimensionsstabilität.

4. Eine chemische Holzmodifizierung liegt weiterhin vor, wenn es zur Reaktion des Holzes mit Chemikalien kommt, die mehr als eine reaktive Gruppe aufweisen bzw. mit zwei Hydroxylgruppen des Holzes reagieren können. Auf diese Weise können verschiedene Zellwandpolymere miteinander verbunden werden (Vernetzung). Ein typisches Beispiel für eine solche Behandlung ist die Reaktion mit Formaldehyd oder Epichlorhydrin.

In ähnlicher Weise können die Polymere der Zellwand bei einer Hitzebehandlung miteinander reagieren (Selbstvernetzung). Hierbei kommt es unter Einwirkung höherer Temperaturen von etwa 180-260 °C zu Oxidations- und Kondensationsreaktionen (unter Wasserabspaltung), was zu einer stärkeren Vernetzung der Zellwandbestandteile führt. Dabei können sich Verbesserungen der Dauerhaftigkeit und der Dimensionsstabilität sowie Veränderungen der Gleichgewichtsfeuchte und der mechanischen Eigenschaften ergeben.

5. Bei der Modifikation des Holzes kann es auch zu hydrolytischen Spaltungsreaktionen oder Oxidationsreaktionen kommen, die bei nicht optimaler Prozessführung zu einer Verringerung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades (DP)

der Cellulose und Hemicellulosen führen können. Dabei ergibt sich zwangsläufig eine Verringerung der Festigkeitseigenschaften wie der Biegefestigkeit und vor allem der Bruchschlagarbeit.

Der prozessbedingte Abbau von Zellwandkomponenten wie den Hemicellulosen kann allerdings auch eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit mit sich bringen. So dienen die Hemicellulosen als leicht erschließbare Nahrungsquelle für holzabbauende Pilze. Durch ihren Abbau, z. B. während einer Hitzebehandlung, steht diese Nahrungsquelle nicht mehr bei der Besiedlung durch Pilze zur Verfügung.

Hemicellulosen sind ebenfalls am Vorgang der Quellung und Schwindung des Holzes beteiligt. Deshalb kann ihr thermischer Abbau eine Erhöhung der Dimensionsstabilität zur Folge haben.

In der Beschreibung der Wirkprinzipien wurde vielfach darauf verwiesen, dass bestimmte Effekte eintreten können oder eben auch nicht. Darüber hinaus sind oft gewollte und ungewollte Effekte miteinander verknüpft. Es kommt im konkreten Einzelfall neben der Wahl des Wirkprinzips auf die Ausgestaltung des Prozesses an. Es haben sich deshalb verschiedene konkrete Verfahren herausgebildet, die ihrerseits je nach Anwendungsfall noch modifiziert werden. Im Folgenden werden einige Verfahren aufgeführt, die eine Bedeutung für den Musikinstrumentenbau aufweisen.

Von allen Verfahren zur Modifizierung des Holzes hat die Hitzebehandlung, **thermische Modifikation (Thermoholz)**, den höchsten Entwicklungsstand erreicht. Alle beschriebenen Verfahren machen sich das Prinzip zunutze, dass sich die Zellwandbestandteile bei erhöhten Temperaturen ($> 150^{\circ}\text{C}$) chemisch verändern. Hierbei kommt es zu einer Vielzahl verschiedener Reaktionen entsprechend der Wirkprinzipien 4 und 5. Wie bereits oben beschrieben, können so Eigenschaften wie Dauerhaftigkeit und Dimensionsstabilität verbessert werden. Allerdings hat die Hitzebehandlung aufgrund des teilweisen Abbaus einiger Zellwandkomponenten einen deutlichen Festigkeitsverlust und eine dunkle Verfärbung zur Folge. Man verwendet deshalb im Musikinstrumentenbau eher eine „milde Behandlung“, um die negativen Effekte möglichst klein zu halten.

Alle bisher in der Literatur beschriebenen Verfahren zur thermischen Modifizierung sehen einen Schritt der Hitzebehandlung zwischen 160 und 260°C vor. Die hauptsächlichen Verfahrensunterschiede liegen im Bereich der Prozessführung. So wird beim **PLATO-Verfahren** ein hydrothermischer Schritt (160 - 190°C) in einer feuchten Atmosphäre mit einem zweiten Trocknungsschritt bei geringer Holzfeuchtigkeit (170 bis 190°C) kombiniert. So kann es im ersten Schritt zu einem gezielten Abbau der Hemicellulosen und im zweiten zu einer Quervernetzung der verbliebenen Zellwandpolymere kommen.

Bei einem französischen Verfahren (**New Option Wood**) wird relativ trockenes Holz (12%) in einer Stickstoffatmosphäre auf 200 - 240°C erhitzt. Auf diese Weise soll ein oxidativer Abbau der Zellwandpolymere während der Hitzebehandlung verhindert werden.

Das in Finnland entwickelte Verfahren (**Thermo Wood**,

VTT) lässt sich in drei Hauptschritte einteilen: Das Holz wird zuerst schnell in einer Dampfatmosfera auf etwa 100°C erhitzt. Dann wird die Temperatur stetig auf etwa 130°C erhöht und das Holz darr (0% Holzfeuchte) getrocknet. Anschließend wird die Temperatur auf 185 - 230°C erhöht und für etwa 2 bis 3 Stunden auf diesem Niveau gehalten. Im letzten Schritt werden die Temperatur mit Hilfe von fein versprühtem Wasser auf 80 - 90°C gesenkt und das Holz auf eine Feuchte von 4% konditioniert. Auf diese Weise sollen Spannungsrisse vermieden werden.

Bei einem Verfahren der Firma Menz-Holz wird Öl (z. B. Leinöl oder andere Pflanzenöle) als Medium zur Hitzeübertragung verwendet (**Öl-Hitze-Behandlung, OHT**). So soll eine im Vergleich zur Gasatmosphäre gleichmäßigere Verteilung der Hitze gewährleistet werden. Darüber hinaus bewirkt die Tränkung in Öl einer Hydrophobierung der Holzoberfläche. Obwohl die erzielte Dauerhaftigkeit bei 220°C ein Maximum zeigt, wird in der Praxis eine Temperatur von 180 - 200°C nicht überschritten, da sich sonst zu hohe Festigkeitsverluste ergeben würden.

Da im Zusammenhang mit der Thermobehandlung im Prinzip die gleichen Schritte ablaufen wie bei der Holzalterung (z. B. der Abbau von Hemicellulose), wurde zeitweise auch mit dem Begriff „künstliche Alterung“ gearbeitet.

Nach Beobachtung des Autors gab es die ersten Anwendungen von Thermoholz im Musikinstrumentenbau in größerem Stil um die Jahrtausendwende mit der Nutzung von **Thermo Wood** für Gitarren.

Aufgrund der stets modifizierten Anwendung der thermischen Verfahren im Instrumentenbau, ist es meist recht unklar, welches Verfahren denn nun tatsächlich zur Anwendung kommt. In Veröffentlichungen hält man sich da sehr bedeckt. Beispielshaft sei auf [8] verwiesen.

In Sachen chemische Modifizierung wird für den Musikinstrumentenbau die Veresterung (Wirkprinzip 3) ins Auge gefasst. Die technisch wichtigste Variante ist die **Acetylierung** mit Acetanhydrid. Dabei wird Essigsäure abgespalten, die sich nur schwer aus dem Holz entfernen lässt. Die Acetylierung verbessert die Dimensionsstabilität (Quellung und Schwindung) sowie die Ausgleichsfeuchte. Ein Produkt der Acetylierung ist „**Accoya**“ (behandelt werden Kiefer, Ahorn). An der Prozessentwicklung für den Musikinstrumentenbau wird derzeit gearbeitet. Die Acetylierung wurde aber auch nicht zuletzt deshalb angeführt, weil offenbar eine der ersten Anwendungen von modifiziertem Holz im Gitarrenbau auf Basis der Acetylierung erfolgte. In einem Artikel von 1984 [9] berichtet D. HOPF über Holzbehandlung für Musikinstrumente. Die auch hier wieder etwas vage Beschreibung deutet sehr in Richtung Acetylierung.

Eine Anwendung der Polymerisierung von Stoffen in der Zellwand (Wirkprinzip 2) ist das „**Impreg**“-Verfahren. Es wird mit Phenol-Formaldehyd-(PF)-Vorkondensaten gearbeitet. Positiv ist die Wirkung in Bezug auf Quellen und Pilzresistenz. Anwendungen sind z. B. Sportgeräte, Messergriffe und Gewehrkolben.

Beim „**Compreg**“-Verfahren wird „Impreg-Holz“ vor der

Aushärtung des Monomers verpresst.

Ein weiteres Modifizierungsverfahren, das bereits kommerzielle Anwendung gefunden hat, ist die **Furfurylierung** von Holz. Als polymerisierbare Chemikalie wird Furfurylalkohol (FA) eingesetzt, der aus Biomasse (z. B. Haferspelzen, Maiskolben, Reis- u. Erdnussschalen) gewonnen wird. Erste Entwicklungen gab es bereits in den 1970er Jahren. Deutlich verbessert werden u. a. Härte, mechanische Eigenschaften und Dimensionsstabilität. Anwendungen sind Werkzeuggriffe, Teile für Gartenmöbel, Tür- und Fensterrahmen, Eisenbahnschwellen, Parkett, Bodenbeläge im Außenbereich und Fassadenprodukte. Produktnamen sind „**Kebony**“ und evtl. „**Blackwood**“.

Als Anwendung dieser Verfahren im Musikinstrumentenbau seien Griffbretter, vor allem im Streichinstrumentenbereich angeführt.

Warum presst man Holz zusammen? Alle Hölzer bestehen aus den gleichen Stoffen: Cellulose, Hemicellulose, Lignin und einigen Mineralstoffen. Die wichtigste Unterscheidung der Hölzer liegt in der Größe der Hohlräume. Presst man Holz soweit zusammen, dass jegliche Hohlräume verschwunden sind, so liegt das Holz in seiner Reindichte vor. Diese beträgt für alle Hölzer rund $1,5 \text{ g/cm}^3$. Was liegt also näher, als Holz durch Zusammenpressen zu modifizieren. Man muss nur verhindern, dass es wieder „auseinandergeht“. Im oben beschriebenen Fall sorgen die in die Zellwand eingebrachten Polymere dafür. Eine Variante, die ohne diese auskommt, ist „**Sonowood**“ oder „**Swiss-Wood**“. Hier kombiniert man Druck nur mit Hitze. Offenbar verhindern die durch die Hitze initiierten Vernetzungen das Auseinandergehen hinreichend.

In Zusammenhang mit dem Einbringen von Polymeren in die Lumen (Wirkprinzip 1), kann ich mich nur an die Bemühungen Anfang der 1980er erinnern, **Polymerholz**, so nannte man das entstandene Holz-Kunststoff-Komposit, für Resonanzböden (Klaviere) einzusetzen. Nach anfänglich erfolgversprechenden Resultaten, verlief die Sache im Sande.

Nicht zuletzt motiviert durch vorliegende und noch zu erwartenden Einschränkungen bei der Nutzung nicht nur tropischer Hölzer wird sich der Sektor Holzmodifikation zweifellos rasant weiterentwickeln. Es geht darum, (scheinbar) minderwertige Hölzer einer qualitativ hochwertigen Nutzung zuzuführen. Man darf hier gespannt sein!

Literatur

- [1] Deutscher Musikrat/
Deutsches Musikinformationszentrum 2012
- [2] Söndermann, M.: Musikwirtschaft. Deutscher Musikrat/
Deutsches Musikinformationszentrum 2006
- [3] Söndermann, M.: Musikwirtschaft. Deutscher Musikrat/
Deutsches Musikinformationszentrum 2010
- [4] Cambourian, P.; u. a.: Vocabulary to speak about touch: analysis of the discourse of electric guitar players. Acta Acustica 2022, 6, 2

- [6] Liste der in CITES und der VO(EG) 338/97 geschützten Baumarten. Stand: 26.11.2019 (CITES), 19.01.2022 (EU). Bundesamt für Naturschutz.
- [6] Wagenführ, A.; u. a.: Taschenbuch der Holztechnik. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2008
- [7] Pfriem, A.; Untersuchungen zum Materialverhalten thermisch modifizierter Hölzer für deren Verwendung im Musikinstrumentenbau. Dissertation, TU Dresden, Institut für Holz- und Papiertechnik, 2007
- [8] Zauer, M.; Untersuchungen zur Tauglichkeit von einheimischen Holzarten für die Verwendung im hochwertigen Konzertgitarrenbau – Native Guitars. Fortschritte der Akustik DAGA 2018
- [9] Hopf, D.: Holzbehandlung für Musikinstrumente. Das Musikinstrument 1984/6, S. 18