

ictra design Tonmöbel – Forschung an der Basis



Perfektion ist die Idee. Perfektion bis ins Kleinste. Perfektion in Konstruktion, Form und Funktion.

Fast dreißig Jahre Erfahrung eines Ingenieurteams im Umgang mit Werkstoffen und modernsten Entwicklungsmethoden, gepaart mit dem Enthusiasmus von Musik- und Hifi-Liebhabern, führen nach jahrelanger intensiver Arbeit zu einem Produkt, welches als Tonmöbel sowohl jedem Musik reproduzierenden Gerät bestmögliche Arbeitsvoraussetzungen bietet, als auch höchsten ästhetischen Ansprüchen genügt. Schon lange vor der Entstehung des ictra design Tonmöbels machten die ictra Entwickler entscheidende Beobachtungen, deren Zusammenhänge aber erst später deutlich wurden. Zum einen bestimmt der Standort einer Hifi-Komponenten die Qualität der Musikreproduktion maßgeblich. Dieser Umstand ist heute allgemein bekannt und von allen Musikbegeisterten

längst akzeptiert. Er ist umso deutlicher feststellbar, je hochwertiger und oft auch je einfacher deren Aufbau realisiert wird. Die vielfältigen Interaktionen zwischen Untergrund und Gerät basieren auf physikalischen Effekten, die sich, wenn überhaupt, nur mit sehr hohem Aufwand messen und mit noch höherem Aufwand in Gleichungen überführen lassen. Zum anderen gilt es, die Einflüsse des Körperschalls zu eliminieren sowie die Geräte vor Mikrofonieeffekten zu schützen. Neben einem klaren Verständnis der physikalischen Vorgänge, dem Einsatz numerischer Simulations- und Optimierungsmethoden sowie aufwendigen Messungen im Akustiklabor war vor allem intensives Hören und Vergleichen subtiler Klangeindrücke maßgeblich für die Entwicklung dieses außerordentlichen Tonmöbels.

Der Aufbau

Ein ictra design Tonmöbel unterscheidet sich grundlegend von anderen Konstruktionsprinzipien. Der wesentliche Gedanke hinter dem Aufbau besteht in der Entkopplung einzelner Massenschwinger und der Vermeidung gegenseitiger Beeinflussungen. Jedes Gerät in der Kette einer Musikanlage sowie jeder Bestandteil des Unterbaus (z.B. eines Hifi-Racks) stellt, bei entsprechender Anregung, eine für sich schwingende Masse dar. Üblicherweise werden alle Geräte in einem Möbel nebeneinander platziert, wodurch mechanische Interaktionen unvermeidlich sind. Das ictra design Konzept beginnt mit separaten Tonmöbeln, die eine getrennte Platzierung unterschiedlicher Gerätetypen zulassen. Somit kann ein Plattenspieler vollkommen isoliert von Komponenten aufgestellt und betrieben werden, die empfindlich auf Mikrofonieeffekte reagieren. Das Konzept basiert auf einer Sub-Chassis Konstruktion und sieht eine vollständige mechanische Entkopplung gegenüber Körperschall vor, ohne jedoch auf die Vorteile eines klanglich „abgestimmten“ Untergrunds zu verzichten. Die unterschiedlichen Elemente des Aufbaus, deren Interaktionen sowie der mechanische Herstellungsprozess wurden mittels der Finite Elemente Methode (FEM) simuliert und iterativ optimiert.

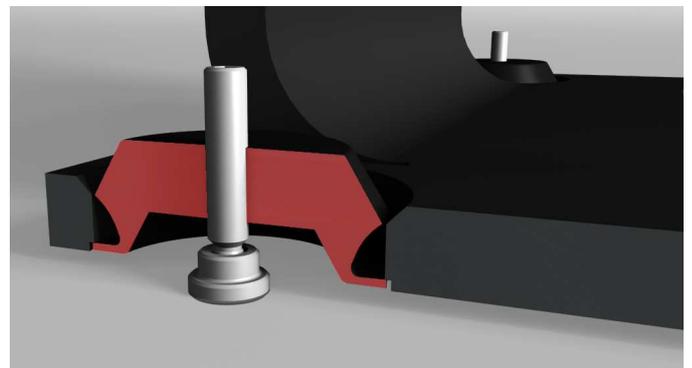
Das Basiselement

Das Basiselement des Tonmöbels besteht aus einer 20 mm dicken, kaltumgeformten Stahlplatte von hoher Masse, die nach ihrer mechanischen Bearbeitung einem nachgeschalteten Wärmeprozess unterzogen wird, wodurch die durch den Umformprozess entstandenen Spannungen nahezu vollständig eliminiert werden.

Die Gestaltung der Geometrie des Basiselements folgt einer hinsichtlich Eigenfrequenz und Frequenzantwort optimierten Formgebung. Auf der Unterseite des Basiselements befinden sich vier Ausfräsungen mit Schwingungsdämpfern. Diese Dämpfer werden speziell wärmebehandelt, um Federkennlinie und Dämpfungsgrad entsprechend justieren zu können. Die Höhenjustage erfolgt über in den Dämpfer integrierte Gewindebolzen, die mit zusätzlichen Vibrationsdämpfern gegen Partial-schwingungen und Verdrehen gesichert sind. Jeder dieser Gewindebolzen steht mit seinem halbkugelförmigen Kopf in einer Pfanne aus gehärtetem Stahl, die einen definierte Ankopplung an den Untergrund realisiert und mögliche Abdrücke auf

empfindlichen Fußböden effektiv minimiert. Zur genauen Ausrichtung des Basiselements in der Ebene befindet sich eine in die Oberfläche eingelassene Libellenwasserwaage im unteren, vorderen Querholm.

Die vertikale Rückseite des Basiselements ist mit zwei parallelen Bohrungsreihen ausgestattet, die maximal drei Bodenträger pro Basiselement aufnehmen können und über eine Längsnut gegen Verdrehung verriegeln. Die senkrechten Bohrungsabstände betragen 100 mm, wodurch eine individuelle Höheneinstellung der Böden ermöglicht wird.



Schnittdarstellung des Schwingungsdämpfers



ictra design Basiselement mit Schwingungsdämpfern

Der Bodenträger

Jeder Boden liegt auf einem separaten Bodenträger. Dieser Bodenträger realisiert eine in der Höhe exakt justierbare Dreipunktlagerung mittels zweier massiver Träger aus austenitischem Edelstahl und einer resonanzoptimierten Koppelplatte aus Aluminium. Jeweils an den äußeren Enden der beiden Träger sowie im Zentrum der Koppelplatte befinden sich vibrationsgedämpfte Stellschrauben, die über eine halbkugelförmige Außenkontur an den darüber liegenden Boden aus 40 mm Bambusverbundmaterial ankoppeln. Der Bodenträger wird auf der Rückseite mit zwei bolzenförmig gefrästen und mit Feingewinde versehenen Enden in die vertikale Rückwand des Basiselements geschoben und mit zwei handtellergroßen Muttern aus Edelstahl sowie zwei Scheiben aus PTFE handfest verschraubt. Aufgrund der formschlüssigen Verbindung sowie des hohen Drehmoments der Muttern, wird der Bodenträger in den genuteten Sitz im Basiselement gezogen.

Die in den Bodenträger eingeschraubten Stellschrauben sind, wie auch die bereits erwähnten Gewindebolzen der Schwingungsdämpfer des Basiselements, mit integrierten Einlagen aus bedämpfendem Kunststoff versehen. Die Stellschrauben greifen auf ihrer Oberseite in trichterförmig gedrehte Zentrierscheiben ein, die mit der Unterseite der Böden definiert elastisch verklebt sind. Durch die Selbstzentrierung von Stellschrauben und Zentrierscheibe ist eine äußerst exakte Positionierung des Bodenträgers zum Boden möglich,

was Relativbewegungen und damit Schwingungen zusätzlich vermeidet. Der Boden rastet in seiner Endlage ein, positioniert die Stellschrauben in vertikaler Richtung und ermöglicht dadurch hohe Bodenlasten.

Durch den gewählten Sub-Chassis Aufbau, durch An- und Entkopplung einzelner Bereiche und mittels gezielter Einbringung von Dichteübergängen zwischen unterschiedlichen Werkstoffen sowie durch hohe relative Massen und die gegenseitige Entkopplung der Hifi-Geräte ist eine nahezu vollständige Isolierung gegenüber Luft- und Körperschallanregungen erreicht.

Der Boden

Der Boden stellt im Rahmen der Entwicklung eine besondere Herausforderung dar. Aufgrund der Ausfräsungen auf der Bodenunterseite, in die der Bodenträger fast vollständig eintaucht, wird das Schwingungsverhalten zunächst ungünstig beeinflusst. Als Gegenmaßnahme werden mittels numerischer Berechnungen die physikalischen Eigenschaften eines massiven, metallischen Rahmens als Schwingungstilger entlang des äußeren Rands der Platte ausgelegt. Der Schwingungstilger erhöht zum einen die bereits schon im Ausgangszustand sehr hohe Masse der Bodenplatte, zum anderen begünstigt er die Einflussnahme auf die Eigenfrequenz sowie die Massenverteilung. Eine sinnvolle Kombination aus Platte und Rahmen ergibt sich nur bei selektiertem Ausgangsmaterial der Platte. Will heißen, kein anderes Material ist



Detail:
Zentrierscheibe

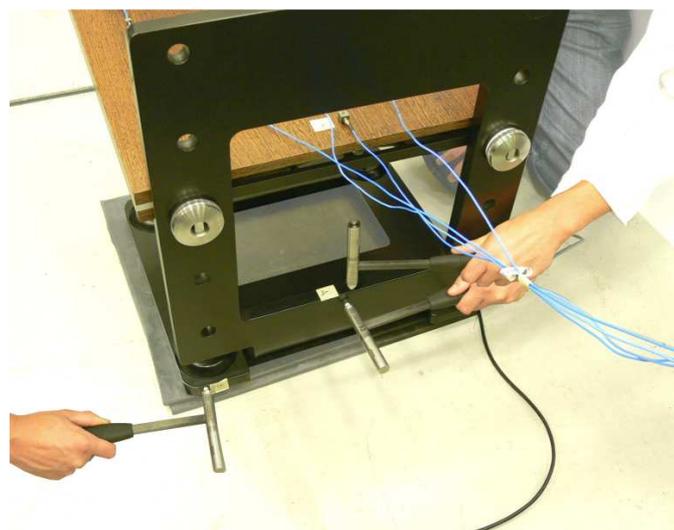
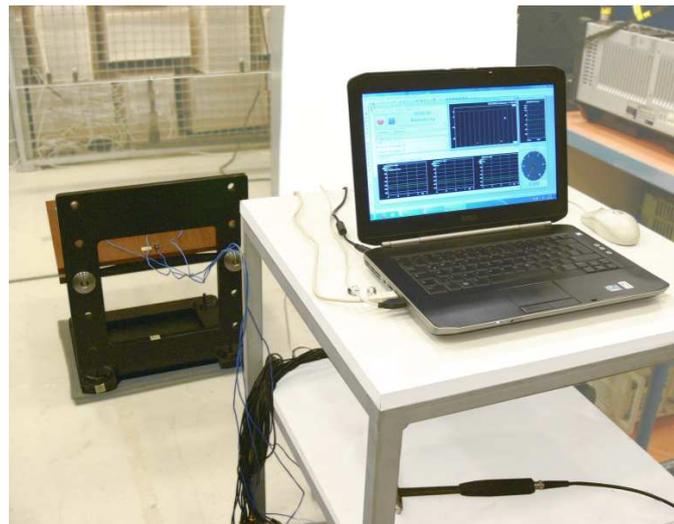


Dreipunktgelagerter Bodenträger mit resonanzoptimierter Koppelplatte

geeignet. Der Einsatz individuell gewählter Schwingungstilger, wie sie beim Einsatz in gewachsenem Holz eingesetzt werden, ist somit überflüssig. Äußere Einflüsse wie Luftfeuchtigkeit und Temperatur haben aufgrund des Materialkonzepts keine oder nur marginale Auswirkungen auf das Resonanzverhalten der Bodenstruktur.

Die Entwicklung des Bodens begann zunächst mit intensiven Hörversuchen. Eine Vielzahl von unterschiedlichen Materialien wurde zunächst auf einem isolierten Hilfsrahmen per Höreindruck auf seine Wechselwirkung zwischen Resonanzverhalten und dessen Auswirkung auf tonale Unterschiede hin untersucht. Erst die so gewonnenen Erkenntnisse ermöglichten eine sinnvolle Auswahl des Plattenmaterials sowie eine konstruktive Auslegung der Abmessungen, Auflagerabstände und weiterer gezielter Optimierungsmaßnahmen.

Messungen der Eigenfrequenzen wurden mit freundlicher Unterstützung der Akustikingenieure des Instituts für Kraftfahrzeuge der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen durchgeführt. Die Messungen dienen zum einen der Validierung von FE-Modellen, zum anderen der Überprüfung der akustischen Eigenschaften des gesamten Aufbaus. Durch Anregung mittels eines Impulshammers wird in das Basiselement an insgesamt drei Positionen (vorderer und hinterer



Anregungspunkte des Impulshammers



Vom Basiselement entkoppelter Bodenträger mit Sub-Chassis Aufbau



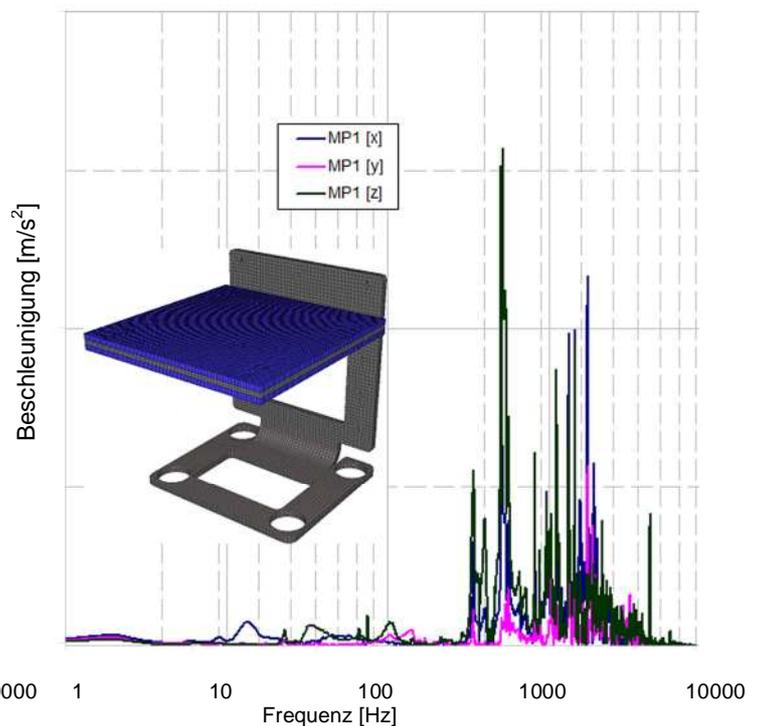
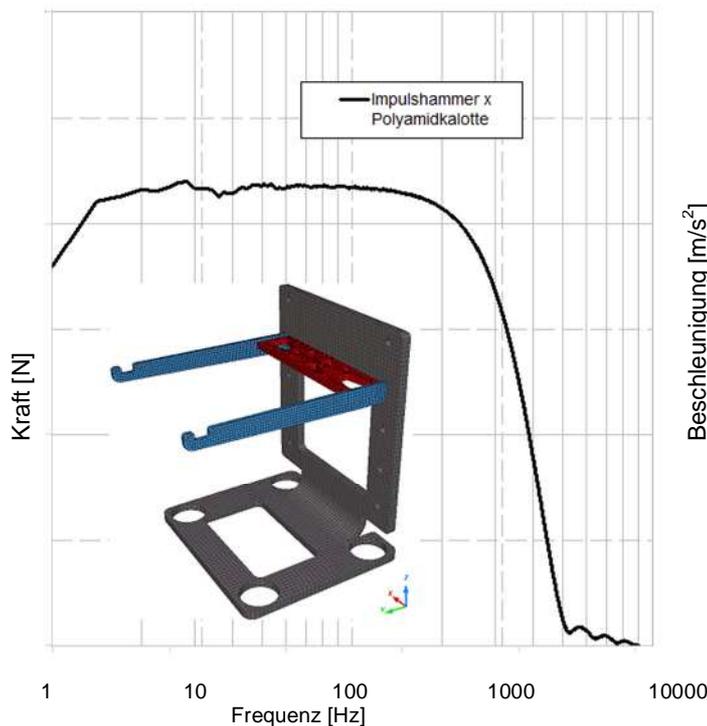
IKA Schallmessraum, RWTH Aachen

Schwingungsdämpfer sowie im vertikalen Rahmenausschnitt) ein Kraftimpuls eingeleitet. Die Anregung erfolgt in allen drei Raumachsen sowie mittels unterschiedlicher, austauschbarer Hammerkalotten. Eine metallische Kalotte für den hochfrequenten (bis 8 kHz), eine Polyamidkalotte für den mittelfrequenten (bis 2 kHz) sowie eine Gummi kalotte für den niederfrequenten Bereich (bis 500 Hz). Die Impulsantworten werden an vier Positionen auf der Stellfläche des Bodens mittels Beschleunigungssensoren gemessen und mit den Simulationsergebnissen abgeglichen. Die Messungen erlauben zum einen Rückschlüsse auf unterschiedliche Material- und Geometrie konzepte. Zum anderen ermöglichen erst sie im Zusammenspiel

mit dem in die Software HyperWorks implementierten impliziten FE-Solver OptiStruct die Entwicklung einzelner Komponenten und letztendlich des gesamten Aufbaus. Bei den numerischen Modal- und Frequenzanalysen, wie auch bei Strukturoptimierungen konnte auf die Erfahrung der Altair Engineering GmbH als Entwicklungspartner und Softwarehaus zurückgegriffen werden.

Simulationenmethoden

Die erstellten Finite Elemente Modelle bilden die verschiedenen Bauteile entsprechend ihrer Materialeigenschaften detailliert ab und umfassen ca. 150000 Volumenelemente. Das Ziel der Untersuchungen besteht zunächst darin, die Eigen-



moden, also die strukturelle Antwort auf eingeleitete kinetische Energie in Form einer sinusförmigen Anregung, in akustisch unkritische Bereiche zu verlagern und zugleich eine möglichst hohe Dämpfung gegenüber dieser zu erzielen. Die oben dargestellte Grafik zeigt links den gemessenen Kraftimpuls des Hammers mit Polyamidkalotte über der Frequenz, rechts die auf der Bodenoberseite an einer Stelle gemessenen Beschleunigungen in allen drei Raumachsen. Die so ermittelten Werte werden zur Überprüfung der beiden dargestellten FE-Modelle herangezogen. Das Signal des Impulshammers repräsentiert einen realistischen Energieeintrag, wie z.B. einen durch Trittschall hervorgerufenen Impuls und ermöglicht dadurch die Ergreifung von Gegenmaßnahmen. Die Beurteilung von Mess- und Simulationsergebnissen erfolgt in der obersten Bodenposition, da in dieser für gewöhnlich sensible Quellgeräte, wie z.B. Plattenlaufwerke oder CD-Player, platziert werden.

Letztendlich aber entscheidet das Ohr...

Der Einfluss vieler kleiner Änderungen und Detaillösungen, die über einen sehr langen Zeitraum von fast drei Jahren in das Tonmöbel eingeflossen sind, lassen sich weder simulieren, noch eindeutig messtechnisch erfassen. So sind Einflüsse einzelner Maßnahmen teilweise nicht unmittelbar erfahrbar – erst in Kombination mit anderen Details entfalten sie ihr Potential. So entsteht beispielsweise erst durch Verwendung spezieller Scheiben aus PTFE zwischen Basiselement und den Kontermuttern eine subtile Verbesserung des

Klangeindrucks im akustisch sensiblen Mitteltonbereich. Durch Vermeidung des direkten metallischen Kontakts zwischen Mutter und Basis sowie durch handfestes Anziehen der Mutter wird dem Subchassis mit dem darauf ruhenden Boden zum einen die notwendige formschlüssige Verbindung gewährt, zum anderen wird eine hinreichende Entkopplung realisiert. Ein auf die Materialpaarungen zwischen Bodenplatte und eingelassenen Zentrierscheiben abgestimmte Verbindung, wärmebehandelte Dämpfungselemente oder Stellschrauben mit Elastomereinlagen sind nur einige der vielfältigen Abstimmungselemente.

...und das Auge gleich mit!

Wir möchten ein Möbel bauen, das als Solches ambitionierte Einrichtungskonzepte bereichern kann. Neben allen bereits genannten, tonangebenden Eigenschaften soll ein Möbel in minimalistischem Design seinen Musikliebhaber finden. Sobald die unterschiedlichsten Geräte ihren individuellen Platz gefunden haben, tritt das Basiselement optisch völlig in den Hintergrund. Die mit Edelholz furnierten Böden treten optisch hervor und lassen jedes einzelne Gerät schweben. Damit dieser Eindruck auch wirklich perfekt gelingt, werden ausnahmslos alle Einzelteile in Deutschland handgefertigt.

Manufakturfertigung bedeutet für uns auch, stets zwei offene Ohren für die Wünsche unserer Kunden und Freunde zu haben, wenn es um individuelle Wünsche geht.

