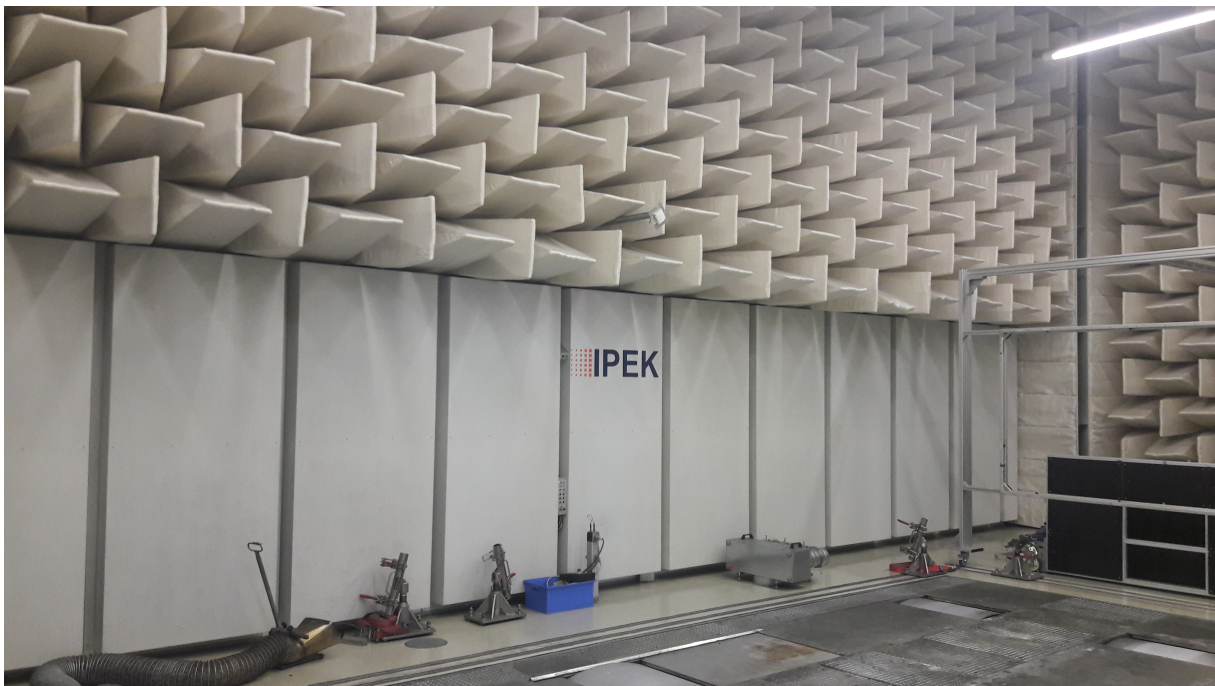


Modell des Akustikrollenprüfstands



Abschlussbericht der Kooperationsphase 2019/20

Durchgeführt am Institut für Produktentwicklung (IPEK)
am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Betreut durch Dipl.-Ing. Manuel Bopp

Michael Wetzel
Kraichgastr. 39
75045 Walzbachtal

Amir Qaqunda
Elbingerstr. 3a
76139 Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Akustikrollenprüfstand	2
1.2	Anforderungen an das Modell	3
2	Planung	4
2.1	Maßstab	4
2.2	Virtuelles Modell	4
2.3	Materialien	6
2.4	Akustikverkleidung und Grundgerüst	6
2.5	Rollensystem	7
3	Umsetzung	8
3.1	Grundgerüst	8
3.2	Akustikverkleidung	8
4	Ausblick	9
5	Danksagungen	10

Abstract

To develop more efficient and less noisy cars, manufacturers and researchers need to test new parts, e. g. new engines, for their performance, consumption, emissions or sound. The Institute of Product Engineering (IPEK), which is a research institution at the Karlsruhe Institute of Technology, possesses an acoustic roller test bench, where these tests can be made.

The aim of this project was to design and build a model of the acoustic roller test bench, which should show visitors the structure and the functionality of the dynamometer. A radio-controlled car should be able to drive on the rollers of the model.

The scale of the model is 1:18. The basic structure consists of spruce wood, the acoustic wedges on the walls and other small parts are made with 3D printing. There are five vertical and eight horizontal supports onto which 3 mm thin wooden panels are screwed. The acoustic wedges are glued to these panels.

1 Einleitung

Das Institut für Produktentwicklung (IPEK) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist eine Forschungseinrichtung mit dem Forschungsschwerpunkt Antriebssysteme und Mobilität. Am Standort Campus Ost besitzt das IPEK einen Akustikrollenprüfstand, auf dem Autos getestet werden können. Ziel des Projektes war es, ein Modell dieses Prüfstands zu planen und zu bauen. Es soll Besuchern anschaulich den Aufbau und die Funktionsweise des Prüfstands zeigen.

1.1 Akustikrollenprüfstand

Auf dem Akustikrollenprüfstand wird die Fahrt eines Autos simuliert. Dabei können z. B. Leistungs-, Verbrauchs-, Emissions-, Schwingungs-, Komfort- und Akustikuntersuchungen durchgeführt werden. Damit die Ergebnisse vergleichbar sind, werden störende Einflüsse, die im Realbetrieb auf der Straße vorhanden sind, wie z. B. Wind, durch die Messung auf dem Prüfstand ausgeschlossen.

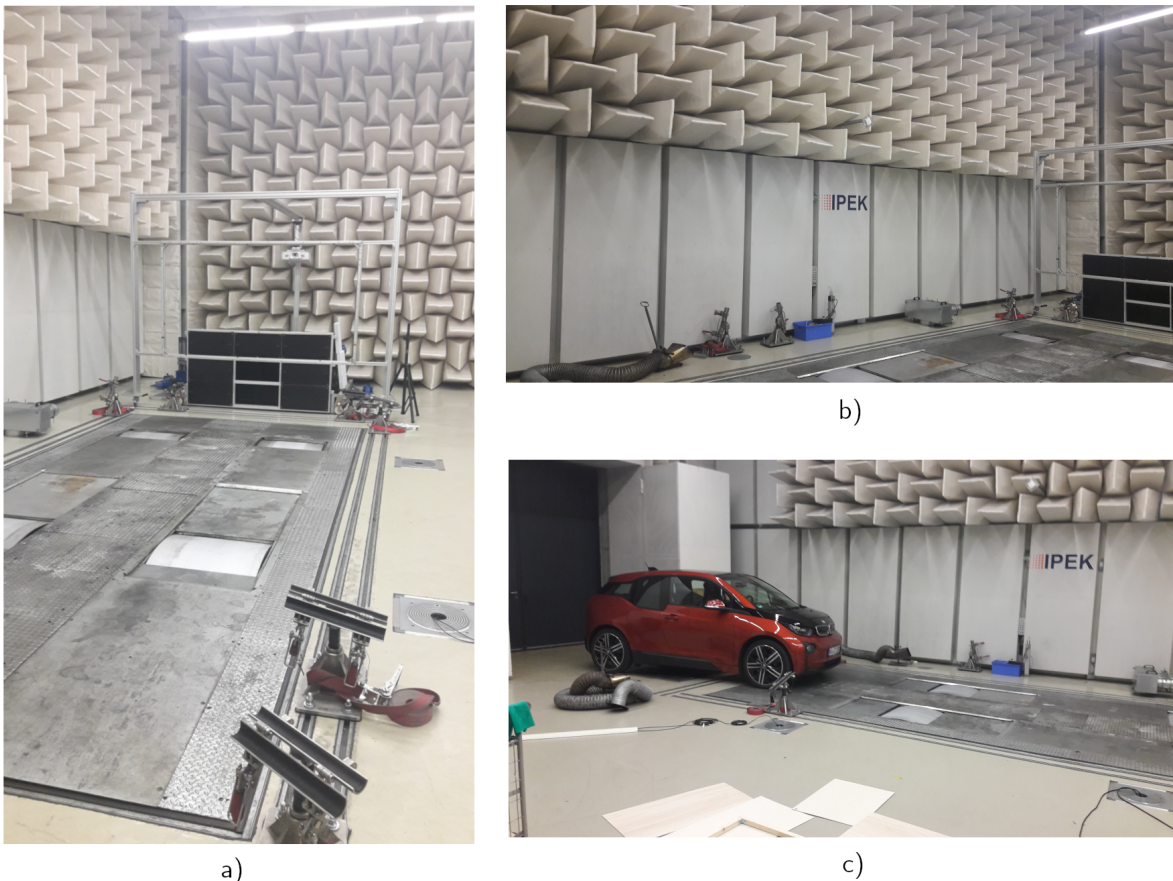


Abbildung 1: Prüfstandshalle

Der Prüfstand befindet sich in einer Halle, deren Wände und die Decke mit einer Akustikverkleidung aus Schaumstoffkeilen ausgestattet sind. Die Keile sorgen dafür, dass die Schallwellen nicht zurück in den Raum geworfen werden und somit eine Akustikmessung nicht stören können.

Das Testfahrzeug steht mit den Rädern auf vier Rollen, von denen die vorderen und die hinteren beiden je auf einer Achse gelagert sind. Die hintere Achse lässt sich entsprechend dem Abstand der Vorder- und Hinterräder des Fahrzeugs verstellen.

Damit das Auto bei der Beschleunigung nicht vom Prüfstand rollt, wird es mit Metallstangen je nach Modell an den Felgen oder an den Abschleppösen fixiert. Verbrennungsmotoren bekommen über ein Gebläse vor dem Fahrzeug die nötige Frischluftzufuhr. Die Abgase werden über Rohre direkt vom Auspuff abgeleitet.

Wenn das Auto beschleunigt, drehen sich die Räder und übertragen die Kraft auf die Rollen des Prüfstands. Der Widerstand der Rollen wird durch ihre Trägheit und eine Bremse bzw. einen entgegen der Drehrichtung arbeitenden Motor bestimmt. So können auch Fahrsituationen wie z. B. das Bergauf-fahren simuliert werden. Gewonnene Ergebnisse helfen den Ingenieuren bei der weiteren Entwicklung der Fahrzeuge.

1.2 Anforderungen an das Modell

Das Modell soll Gästen des Instituts, aber auch z. B. Messebesuchern den Aufbau und die Funktionsweise des Akustikrollenprüfstands anschaulich und kompakt zeigen. Es umfasst sowohl die Halle, in der das Testfahrzeug steht, als auch das Kellergeschoss, in dem sich der Großteil der Rollen und die Motoren befinden. Optisch musste der Prüfstand klar wiedererkennbar und maßstabsgetreu sein und mechanisch sollte ein ferngesteuertes Modellauto in einem geeigneten Maßstab auf den Rollen des Modellprüfstands fahren können. Für den Einsatz z. B. auf Messen durfte der Nachbau nicht deutlich größer als je einen Meter in Länge und Breite sein. Damit das Modell von einer Person getragen werden kann, sollte es möglichst leicht werden, dabei aber dennoch in sich stabil sein.

Mit dem Ziel, dass der Besucher einen möglichst guten Blick bekommt, sollten nur zwei Wände der Prüfstandshalle mit ihrer Akustikverkleidung dargestellt werden und die Zwischendecke an einer Stelle durchsehbar sein, sodass man auch von oben das Rollensystem betrachten kann. Auch das Kellergeschoss sollte an den gleichen zwei Seiten wie die Prüfstandshalle geöffnet sein.

2 Planung

2.1 Maßstab

Zunächst musste der Akustikrollenprüfstand ausgemessen werden. Der für das Modell der Anlage relevante Teil ist 13,7 m lang und 9,6 m breit (siehe Abb. 3).

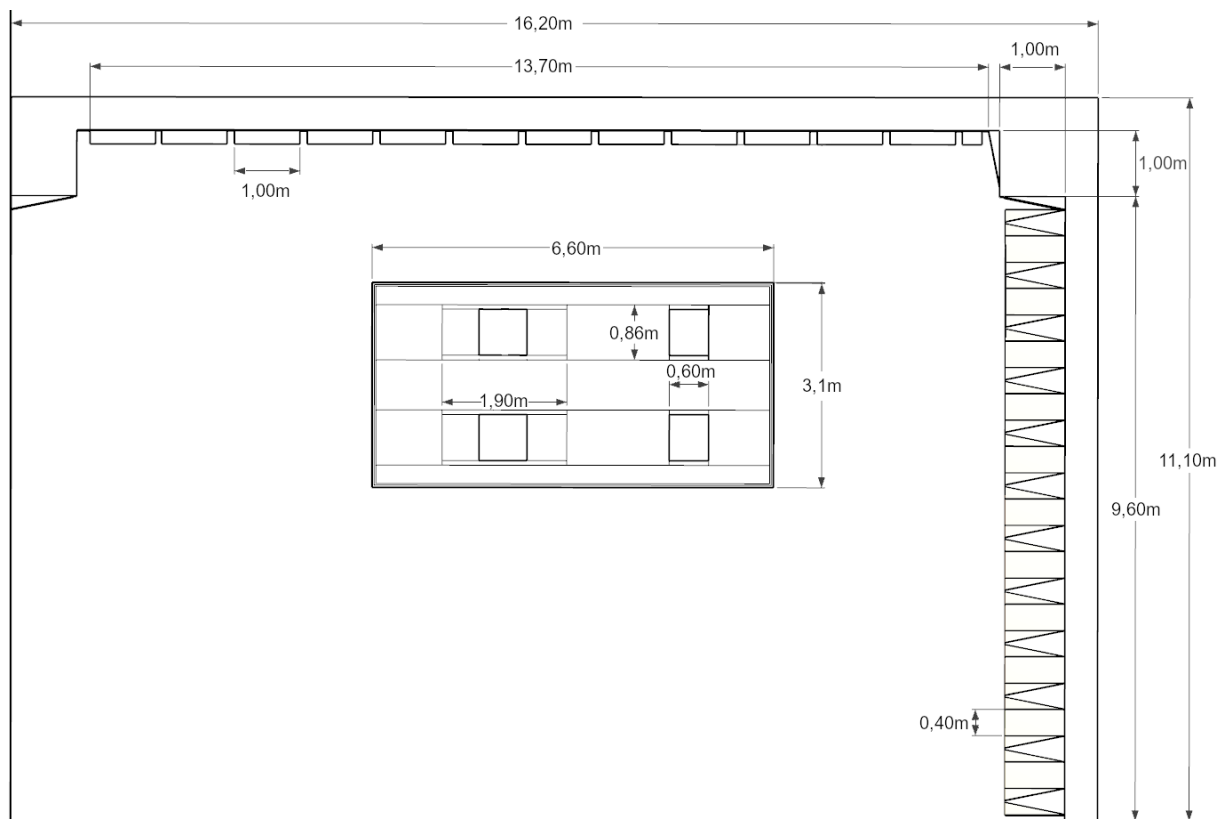


Abbildung 2: Skizze des Prüfstands von oben

Die Höhe der Prüfstandhalle beträgt 6 m, Decke und Kellergeschoss zusammen weitere 2,5 m. Die Akustikkeile haben eine Grundfläche von 40 cm x 40 cm und ragen jeweils 1 m in die Halle hinein. Bei einer maximalen Länge von einem Meter erschließt sich, dass der Maßstab des Modells nicht größer als 1:14 sein sollte. Ferngesteuerte Modellautos gibt es u. a. in den Maßstäben 1:14, 1:18 und 1:24. Die Entscheidung fiel für den Mittelweg mit dem Maßstab 1:18, aufgrund der leichteren Handhabbarkeit des Modells, ohne dass es zu klein wird.

2.2 Virtuelles Modell

Mit den gewonnenen Maßen wurde ein virtuelles Modell der Prüfstandhalle erstellt. Als CAD-Programm wurde SketchUp Make 2017 gewählt, weil es alle notwendigen Funktionen besitzt, kostenlos auf allen Computern benutzt werden kann und veygleichsweise bedienfreundlich ist.

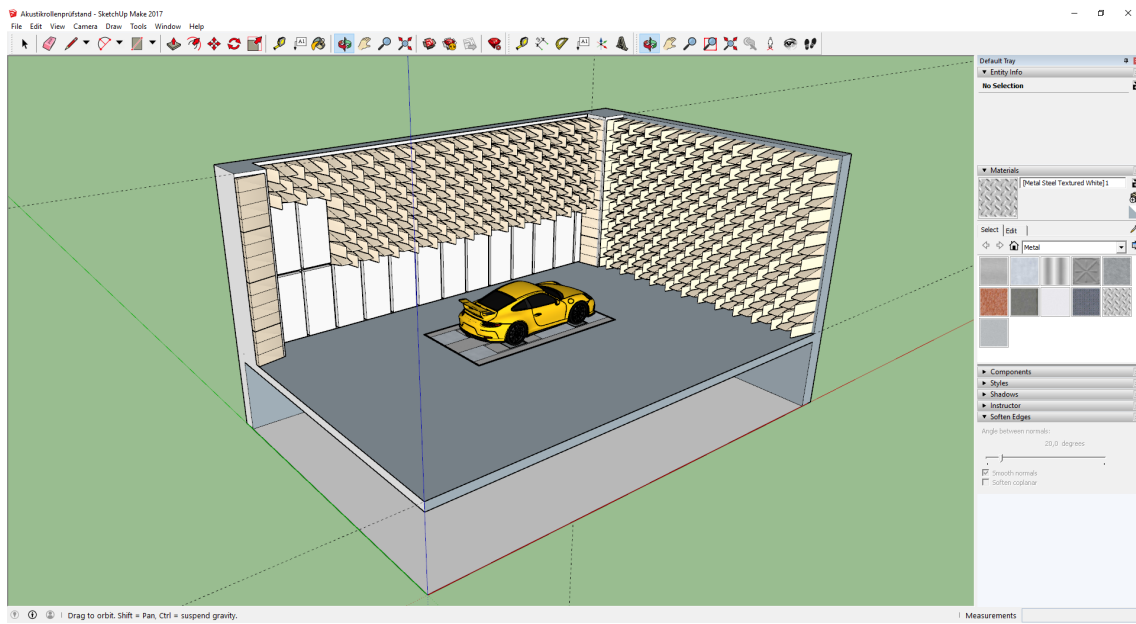
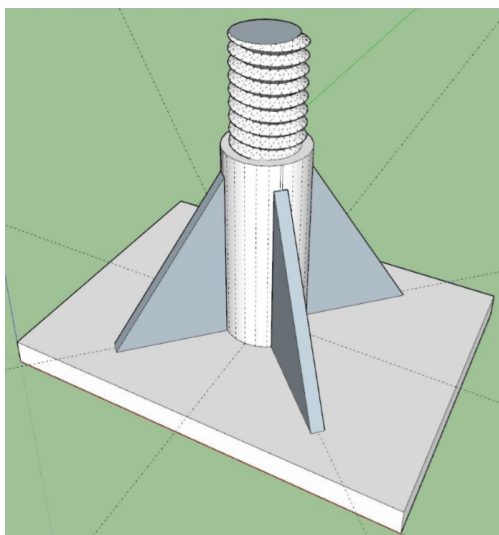


Abbildung 3: Virtuelles Modell der Prüfstandshalle in SketchUp Make 2017

Bei dem virtuellen Modell lag der Fokus hauptsächlich auf der Kontrolle der Maße, die dann entsprechend des Maßstabs umgerechnet werden konnten, sowie der Anordnung der Akustikkeile und Platten an den Wänden. Außerdem wurde die Lage der Rollen und der Fläche, auf der das Testfahrzeug steht dargestellt. Das Kellergeschoss ist nicht vollständig modelliert und kleinere Einzelteile wie Gebläse und Befestigung des Autos wurden separat bearbeitet, um diese dann später direkt mit dem 3D-Drucker drucken zu können.



(a) Befestigung im Prüfstand



(b) Teil der Befestigung in SketchUp

Abbildung 4: Aufbau zur Befestigung der Stangen zur Fixierung des Fahrzeugs

2.3 Materialien

Das Grundgerüst des Modells besteht aus Holz. Es sollte möglichst stabil sein und die Konstruktion tragen, gleichzeitig aber auch nicht zu viel wiegen. Die vertikalen und horizontalen Stützen sind daher quadratische Rahmenhölzer aus Fichtenholz, die mit Winkeln verbunden werden. Die Wandflächen bestehen aus 3 mm starken Holzplatten, die an die Stützen geschraubt werden. Die Decke zwischen Prüfstandhalle und Kellergeschoss besteht aus einer Schicht aus Plexiglas und darüber einer aus Holz mit einer Aussparung, durch die man, durch das Plexiglas hindurch, in das Kellergeschoss sehen kann. Die Fläche, über der sich das Testfahrzeug beim Test befindet, besteht aus einer Metallplatte. Die Akustikkeile werden mit dem 3D-Drucker gedruckt, ebenso wie weitere kleine Teile wie z. B. die Befestigungen, und an die Holzwände geklebt.

2.4 Akustikverkleidung und Grundgerüst

Da die Akustikverkleidung relativ komplex aufgebaut ist, doch sehr gut durch ein Modell in SketchUp dargestellt werden konnte, wurde dies auch genutzt. Anschließend sollte die Akustikverkleidung mit dem 3D-Drucker gedruckt werden. Da die Akustikverkleidung jedoch zu groß für den 3D-Drucker waren wurden die Akustikwände in bestimmte Sektionen mit einer bestimmten Anzahl an Keilen unterteilt. Es sind 2 verschiedene Einzelteile, das eine wird 8-mal das andere 10-mal gedruckt, welche dann zusammengeklebt werden und dann die 2 Akustikwände bilden. Dabei wurde hinter die Keile der Akustikverkleidung noch eine Stützplatte platziert damit alle Keile der Teile der Akustikverkleidung miteinander verbunden sind und stabilisiert werden.

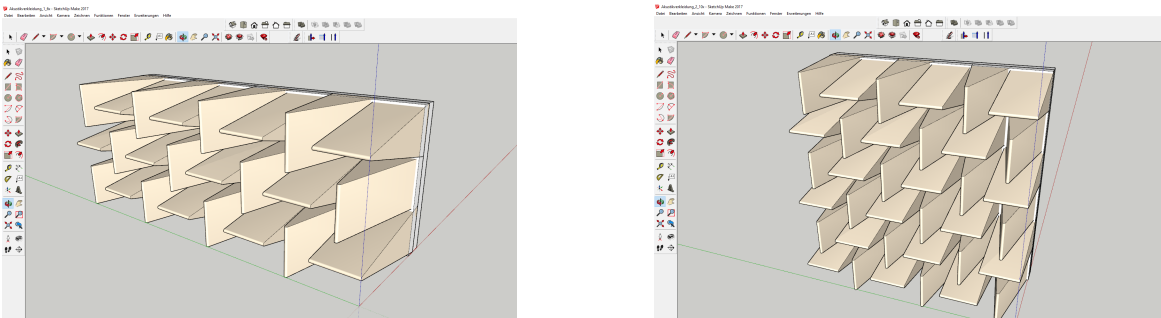


Abbildung 5: Aufbau der Einzelteile der Akustikverkleidung

Das Grundgerüst wurde als virtuelles Modell in SketchUp dargestellt, damit die Maße und die Winkel perfekt passen und keine Fehler durch falsches Einschätzen beziehungsweise Messen passieren. Das Grundgerüst besteht aus insgesamt zwölf langen Balken, die jeweils zu drei Rechtecken miteinander verbunden sind. Zwei dieser Rechtecke werden im rechten Winkel miteinander durch zwei Winkel stabilisiert. Auf diese werden jeweils zwei Platten befestigt auf diese dann die Akustikverkleidung aus 3D-Druck kommt. Das dritte Rechteck dient als Ebenenhalterung für den Prüfstand und wird zwischen den beiden Akustikverkleidungswänden positioniert und von einem kurzen Balken an der Ecke ohne Akustikverkleidung gestützt und mit Winkeln befestigt. Der Bereich über der Ebenenhalterung dient dem sichtbaren Teil des Prüfstandes, während der untere Bereich dem Keller mit dem Rollensystem entspricht.

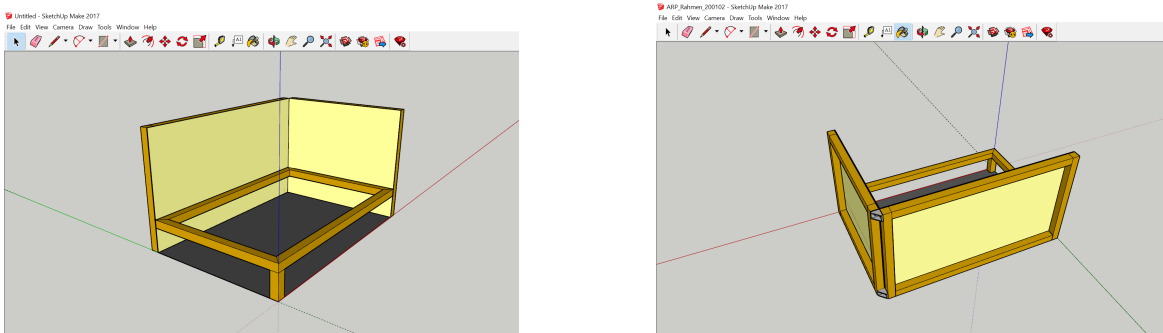


Abbildung 6: Aufbau des Grundgerüsts

2.5 Rollensystem

Leider konnte die Nachbildung des Rollensystem aufgrund der Maßnahmen zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie nicht mehr umfassend geplant werden. Es war angedacht gewesen im Kellerbereich kleine Motoren einzubauen, die mit Rollen verbunden sind, welche dann aus dem Boden der Prüfstandshalle herausragen und sich entgegen der Fahrtrichtung des Autos drehen. Außerdem sollte die ganze Elektronik im Kellerbereich, welcher von außen nicht sichtbar ist, untergebracht werden. Zu der Elektronik wäre eine Programmierung eines Arduinos noch in Planung gewesen, welche das Rollensystem steuert.

3 Umsetzung

3.1 Grundgerüst

Das Grundgerüst besteht aus Holz, da es relativ billig, leicht, aber dennoch stabil ist. Auf den Holzrahmen (siehe Abb. 7) wird eine Plexiglasplatte mit Ausschnitt für den Prüfstand befestigt, auf dem dann das Modellauto fährt. Das Plexiglas ermöglicht einen Einblick in die Elektronik im Kellerbereich. Auf dieser Plexiglasplatte befindet sich eine Holzplatte, bedeckt mit einer Folie, um den Prüfstand originalgetreu darzustellen. Diese ist rausnehmbar, um den Blick in den Kellerbereich zu ermöglichen.



Abbildung 7: Grundgerüst aus Holz

3.2 Akustikverkleidung

Da der 3D-Drucker bei dem letzten Termin am IPEK vor der COVID-19-Pandemie besetzt war, konnte die Akustikverkleidung nicht in den Druck gegeben werden. Das SketchUp Modell war jedoch schon fertig und auch nach dem Druck bereit auf das Grundgerüst angebracht zu werden.

4 Ausblick

Neben dem schon erwähnten Rollensystem und der damit verbundenen Programmierung und Steuerung des Autos wäre eine Erweiterung einer Luftzufuhr vor dem Prüfstand in Planung gewesen, welche die Kühlung des Autos auf dem Prüfstand darstellen würde. Hinter dem Prüfstand wäre die Luft abgesaugt worden. Dies wäre durch einen PC-Lüfter möglich gewesen, der im Kellerbereich eingebaut wäre und Luft nach oben durch ein Rohr befördern würde und diese hinter dem Prüfstand wieder einsaugt. Außerdem wäre eine bessere Gestaltung des ganzen Modells möglich gewesen, die den Prüfstand originalgetreuer darstellt.

5 Danksagungen

Wir möchten uns bei allen bedanken, die uns die Kooperationsphase mit dem KIT ermöglicht haben. Zunächst möchten wir uns beim IPEK und unserem Projektleiter Dipl.-Ing. Manuel Bopp bedanken, ohne die das Projekt erst gar nicht möglich gewesen wäre. Außerdem danken wir den Co-Projektleitern Yannick Weber und Sebastian Lutz, für die zusätzliche Unterstützung bei dem Projekt.

Vor allem bedanken wir uns bei Dr. Hans-Werner und Josephine Hector für die Gründung des Hector-Seminars und der damit verbundenen weitreichenden und intensiven Förderung, die uns zuteil werden konnte.

Insbesondere bei unseren Kursleitern Thomas Hermann und Anke Richert bedanken wir uns, die uns immer unterstützt haben, für alle Fragen offen waren und uns bei dieser Dokumentation sehr geholfen haben.