

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Inhaltsverzeichnis	I
Bilderverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Verzeichnis der Kurzzeichen	VII
1 Einleitung	- 1 -
2 Stand der Technik	- 2 -
3 Der Produktentwicklungszyklus	- 4 -
3.1 Planung	- 4 -
3.2 Konzeptionsphase	- 6 -
3.2.1 Modularität	- 6 -
3.2.2 Witterungsbeständigkeit/Korrosionsschutz	- 6 -
3.2.3 Gestaltung von Verbindungen	- 8 -
3.2.4 Transporteignung	- 8 -
3.2.5 Beachtung sicherheitsrelevanter Gegebenheiten	- 9 -
3.2.6 Ergonomie	- 9 -
3.2.7 Fertigungstechnologien	- 10 -
3.2.7.1 Rohrbiegen	- 10 -
3.2.7.2 Schweißen	- 13 -
3.2.7.3 Laserstrahlschneiden	- 14 -
3.2.7.4 Herstellung von Aluminiumschaum	- 15 -
3.3 Entwurfsphase	- 17 -
3.3.1 Variante 1	- 17 -
3.3.2 Variante 2	- 22 -
3.3.3 Variante 3	- 25 -
3.3.4 Variantenvergleich / Machbarkeitsanalyse	- 28 -
3.4 Konstruktive Auslegung	- 29 -

3.4.1	Bodengruppe	- 29 -
3.4.1.1	Schweißbaugruppe Steckmodul	- 30 -
3.4.1.2	Spinnenarme	- 31 -
3.4.1.3	Abdeckblech	- 32 -
3.4.2	Oberer Aufbau	- 33 -
3.4.2.1	Schweißbaugruppe Stützring	- 34 -
3.4.2.2	Schweißbaugruppe Sitzstütze	- 35 -
3.4.3	Distanzelement	- 36 -
3.4.4	Schweißbaugruppe Tischstütze	- 37 -
3.4.5	Tischplatte	- 37 -
4	Mechanische Festigkeitsberechnung	- 39 -
4.1	Berechnung der Bodengruppe	- 40 -
4.1.1	Belastung	- 40 -
4.1.2	Berechnung der Knicksicherheit	- 41 -
4.1.3	Überprüfung Flächenpressung Vierkantprofil	- 42 -
4.1.4	Berechnung Abdeckblech	- 44 -
4.2	Berechnung der Sitzstützen	- 47 -
4.3	Zusammenfassung der Berechnungen	- 49 -
5	Erstellen eines Arbeitsplans	- 50 -
5.1	Allgemeines	- 50 -
5.2	Fertigungstechnologien	- 50 -
5.3	Musterbeispiel Arbeitsplan	- 51 -
6	Bau und Bewertung des Prototypen	- 52 -
6.1	Fertigungstechnische Optimierung	- 52 -
6.1.1	Änderung der Bodenspinne	- 53 -
6.1.2	Änderung der Hauptstütze	- 53 -
6.1.3	Reinigungsstrahlen	- 55 -
6.1.4	Befestigung der Schwerlastrollen	- 56 -
6.2	Erfüllung der Anforderungsliste	- 56 -
6.2.1	Änderung Sitzposition	- 56 -
6.2.2	Änderung Modularität	- 57 -
6.3	Konstruktion einer Schweißvorrichtung	- 58 -

6.3.1	Lagebestimmung und Spannung der Rohre	- 58 -
6.3.2	Lagebestimmung und Spannung der Sitzplatte	- 59 -
7	Zusammenfassung	- 60 -
8	Ausblick	- 61 -
	Quellenverzeichnis	- 62 -

Bilderverzeichnis

<u>Bild</u>	<u>Bildunterschrift</u>	<u>Seite</u>
Bild 1:	Sitzgruppe, Hersteller: Fa. 2S Technik GmbH	- 2 -
Bild 2:	Prinzip Opferanode /2, S.140/	- 7 -
Bild 3:	Abmaße für Sitz und Tisch	- 9 -
Bild 4:	Rohrbiegeverfahren	- 10 -
Bild 5:	Spannungsverteilung am Rohr (elastisch) /5, S.12/	- 11 -
Bild 6:	Spannungsverteilung am Rohr (plastisch) /5, S.13/	- 12 -
Bild 7:	Restspannungen und Rückfederung am Rohr /5, S.14/	- 12 -
Bild 8:	Darstellung des Metall-Schutzgasschweißens (MIG/MAG) /6, S.178/	- 13 -
Bild 9:	Schematischer Aufbau einer Laserstrahlschneidanlage /7, S.220/	- 14 -
Bild 10:	Aluminiumschaum	- 16 -
Bild 11:	Variante1	- 17 -
Bild 12:	unterer Aufbau	- 18 -
Bild 13:	Führung der Schieber	- 18 -
Bild 14:	Schieberprinzip: links entriegelt, rechts verriegelt	- 19 -
Bild 15:	Schematische Darstellung Wirtschaftlichkeitsanalyse	- 21 -
Bild 16:	Variante 2	- 22 -
Bild 17:	Variante2, Ansicht von unten	- 22 -
Bild 18:	links: Rastbolzen ausgerastet, rechts: Rastbolzen gezogen	- 23 -
Bild 19:	Verriegelung Tischstütze	- 23 -
Bild 20:	Variante 3	- 25 -
Bild 21:	Variante 3: Ansicht von unten	- 26 -
Bild 22:	Zusammenbau Sitzgruppe	- 29 -
Bild 23:	Schweißbaugruppe Steckmodul	- 30 -
Bild 24:	Schweißbaugruppe Spinnenarm	- 31 -
Bild 25:	Gelenkfüße eingefahren (links) und in ausgefahrenem Zustand (rechts)	- 32 -
Bild 26:	Duett-Design, Quintett-D., Diamant-D., Gerstenkorn-D. (v. l. nach r.)	- 32 -
Bild 27:	Abdeckblech	- 33 -

Bild 28: Schweißbaugruppe Stützring	- 34 -
Bild 29: Schweißbaugruppe Sitzstützen	- 35 -
Bild 30: Verriegelungsvarianten im Vergleich	- 36 -
Bild 31: Distanzelement	- 36 -
Bild 32: Schweißbaugruppe Tischstütze	- 37 -
Bild 33: Tischplatte	- 37 -
Bild 34: Sandwich in aufgeklappter Ansicht	- 38 -
Bild 35: Belastungsskizze unterer Aufbau	- 42 -
Bild 36: Flächenpressung zwischen Außenstütze und Vierkantprofil	- 43 -
Bild 37: Pre-Processing Abdeckblech	- 45 -
Bild 38: von Mises-Spannungen Abdeckblech	- 46 -
Bild 39: Pre-Processing Sitzstützen	- 47 -
Bild 40: Post-Processing Sitzstütze	- 48 -
Bild 41: Übersicht Fertigungstechnologien	- 50 -
Bild 42: Arbeitsplanmuster am Beispiel der Schweißbaugruppe Sitzstützen	- 51 -
Bild 43: Prototyp	- 52 -
Bild 44: Schweißverzug Steckbuchse	- 53 -
Bild 45: Zustand der Hauptstütze nach dem Biegevorgang	- 54 -
Bild 46: Hauptstütze geändert	- 55 -
Bild 47: Schadensfall nach Strahlen	- 55 -
Bild 48: Bodenspinne: links neue Version, rechts ursprüngliche Version	- 57 -
Bild 49: Abmessungen Bodenspinne	- 57 -
Bild 50: Schweißvorrichtung für die Sitzstütze	- 58 -
Bild 51: Spannung Vertikalstütze	- 59 -
Bild 52: Spannung Sitzplatte	- 59 -

Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle</u>	<u>Tabellenüberschrift</u>	<u>Seite</u>
Tabelle 1:	Anforderungsliste (F = Forderung, W = Wunsch)	- 5 -
Tabelle 2:	Elektrochemische Spannungsreihe /2, S.139/	- 7 -
Tabelle 3:	Variantenvergleich	- 28 -
Tabelle 4:	Körpermasse (Körpergewicht) /8, S. 8/	- 41 -
Tabelle 5:	Pre-Processing Abdeckblech	- 44 -
Tabelle 6:	Pre-Processing Sitzstützen	- 47 -
Tabelle 7:	Zusammenfassung Berechnungen	- 49 -

Verzeichnis der Kurzzeichen

Formelzeichen

<u>Abkürzungen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
A	mm ²	Flächeninhalt
D	mm	Außendurchmesser
d	mm	Innendurchmesser
FEM		Finite-Elemente-Methode
F	N	Kraft
F _K	N	Knickkraft
GEH		Gestaltänderungsenergiehypothese
MAG		Metallaktivgas
MIG		Metallinertgas
m	kg	Masse
p	N/mm ²	Flächenpressung
S		Sicherheitszahl
σ_{bF}	N/mm ²	Biegefließgrenze
σ_i	N/mm ²	i=1..3: Spannungen im kartesischen Raum
σ_V	N/mm ²	Vergleichsspannung

1 Einleitung

Der Messebau ist eine Branche, die ständigem Wachstum unterliegt. Mehr denn je werden Unternehmen heutzutage durch ihren Messestand nach außen hin repräsentiert. Es existiert keine andere Möglichkeit, binnen so kurzer Zeit so vielen Menschen zu begegnen und sich Ihnen präsentieren zu können. Da die Besucher auf einer Messe einer regelrechten Reizüberflutung ausgesetzt sind, ist es das wichtigste Ziel des Ausstellers, sich von allen anderen Messeständen abzuheben. Nur durch eine bestimmte Einzigartigkeit kann das Interesse potentieller Kunden geweckt werden. Der Besucher soll dazu veranlasst werden, den Messestand zu betreten und diesen nachfolgend in Erinnerung zu behalten. Um solch eine Einzigartigkeit zu gewährleisten, ist es zwingend erforderlich, dass ein Unternehmen seinen Messestand stetig zeitgemäß aktualisiert. Es müssen also Entwicklungen im Messebau hinsichtlich neuwertiger Elemente durchgeführt werden. Ein innovativer Messestand kennzeichnet somit maßgeblich das Innovationspotential des Ausstellers. Diese Abhebung zu anderen Ausstellern kann durch verschiedene Lösungen erreicht werden. Sei es durch eine ungewöhnliche Installation, beeindruckende Produktpräsentationen oder schlichtweg ein überdurchschnittliches Wohlfühlen. Jeder Messestand verfügt dabei über mehrere Bereiche. Es gibt den äußeren Bereich, die Orientierungszone, welche einen groben Überblick über das Angebot des Standes gibt. Daran schließt sich die Präsentationszone an, welche dem Besucher als Informationsbeschaffungsstelle dient. Für tiefgründigere Gespräche mit Beratern stehen im hinteren Bereich des Messestandes Sitzgruppen zur Verfügung.

Am Fraunhofer IWU wird das Ziel verfolgt, solche innovativen Sitzgruppen zu entwickeln. Diese sollen dem Anspruch unterliegen, im Zusammenbau eine fest verbundene Einheit zu bilden. Gleichzeitig muss eine schnelle und einfache Montage bzw. Demontage der Elemente möglich sein, um mit dem schnelllebigen Zyklus von Messeaufbau bis Messeabbau mithalten zu können.

2 Stand der Technik

Das Studentenwerk Chemnitz-Zwickau (nachfolgend als Kunde bezeichnet) wendete sich mit einer direkten Anfrage an das Fraunhofer IWU. Der Kundenwunsch besteht darin, eine Sitzgruppe für Events im Outdoor-Bereich zu konstruieren und zu fertigen, welche folgenden vordringlichen Ansprüchen genügen muss:

- Modularität (mobile Anwendung für verschiedene Bereiche)
- Stabilität (zunehmende Priorität durch wachsenden Vandalismus)
- Outdoor-Eignung (Korrosion, Vandalismus)
- Diebstahlsicherheit

Bei der Gestaltung der Sitzgruppe werden die speziellen Wünsche bzw. Gegebenheiten des Kunden vor Ort direkt berücksichtigt. Abgeleitet werden diese Kundenwünsche von einem bereits auf dem Markt befindlichen Produkt, wie in Abbildung 1 dargestellt, welches aber aktuell nicht mehr hergestellt wird.



Bild 1: Sitzgruppe, Hersteller: Fa. 2S Technik GmbH

Der Kunde wünscht eine Variantenkonstruktion, welche auf Grundlage und Anregung des in Bild 1 dargestellten Produktes durchgeführt werden soll. Allerdings ist das existierende Produkt nicht für den schnellen Auf- und Abbau geeignet. Vielmehr besteht seine Funktion darin, an einem gewählten Standort auf Langzeit platziert zu werden. Eine Weiterentwicklung des Produktes soll dabei also hauptsächlich darauf abzielen, die

Sitzgruppe hinsichtlich ihrer Modularität zu verbessern.

Diese Variantenkonstruktion weist enge Überschneidungen zur Entwicklung von Sitzgruppen für den Messebau auf. Der Auftrag des Kunden bietet somit die Möglichkeit, eine Konzeptstudie für die Entwicklung der Messe-Sitzgruppen durchführen zu können.

Bei einer Patentrecherche wurde deutlich, dass eine große Anzahl an Patenten und Gebrauchsmustern für verschiedene Sitzgruppen angemeldet wurde. Für das Thema relevante Dokumente sind dabei:

- DE 19621011 C2
- DE 203 10 565 U1 2004.01.15

Auf dem Markt allerdings existieren keine Produkte, welche auf Basis dieser Dokumente gefertigt werden. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass sich diese Produkte am Markt nicht durchsetzen konnten. Einzelheiten zu den Dokumenten befinden sich in Anlage A.

3 Der Produktentwicklungszyklus

Eine erfolgreiche Produktentwicklung kann nur unter Einhaltung bestimmter Vorschriften durchgeführt werden. Als Vorgabe für die Produktentwicklung gelten dabei die VDI-Richtlinien 2221 sowie 2222. In diesen Richtlinien wurde der Arbeitsfluss des Konstruierens und Entwickelns produkt- und branchenunabhängig herausgearbeitet. Dieser Arbeitsfluss lässt sich dabei in vier wesentliche Hauptphasen unterteilen:

- Planen und Klären der Aufgabenstellung
- Konzipieren
- Entwerfen
- Ausarbeiten

3.1 Planung

Die Planungsphase ist der erste Schritt im Produktentwicklungszyklus. In dieser Phase geht es darum, die Aufgabenstellung methodisch zu klären und zu präzisieren. Im Zuge dieses Vorgangs werden Informationen über Anforderungen, die an das Produkt gestellt werden, erfasst. Die Ergebnisse dieser Informationsbeschaffung werden in einer Anforderungsliste zusammengestellt.

„Zur Formulierung der Anforderungsliste müssen die Ziele und die Bedingungen, unter denen sie erreicht werden sollen, klar herausgearbeitet werden“ /1, S.189/. Dabei kommt es zur Unterscheidung zwischen zwingend zu erfüllenden Anforderungen (Forderungen), und solchen, die als wünschenswert eingestuft werden (Wünsche). Eine Erfüllung der Forderungen ist dabei für die erfolgreiche Umsetzung der Lösung unabdingbar, wohingegen die Erfüllung der Wünsche nur einen positiven Einfluss auf das Ergebnis nach sich zieht.

Als Orientierung beim Erstellen der Anforderungsliste dient die Vorlage der Autoren Pahl und Beitz aus deren erschienenem Buch „Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung - Methoden und Anwendung“. Die Anforderungsliste wird dabei in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden erstellt.

Tabelle 1 auf S. 5 zeigt die erstellte Anforderungsliste. Diese dient als Leitfaden während der ganzen Konstruktions- und Entwicklungsvorgänge. Dabei sind eine ständige Aktualisierung sowie die eventuelle Ergänzung einiger Punkte von Nöten.

Tabelle 1: Anforderungsliste (F = Forderung, W = Wunsch)

Fraunhofer IWU		Anforderungsliste	Blatt: 1
Chemnitz		Projekt: Mobile Sitzgruppen	Seite: 1
Änderung	F/W	Anforderungen	Verantw.
01.04.2009		<i>1. Geometrie/Design</i> Modularität	H. Gerlach
	F	optisch ansprechend	
	F	innovativ und modern	
	F	Abmaße der Module handlinggerecht	
		<i>2. Kinematik</i> transportabel	H. Gerlach
		<i>3. Kräfte</i> max. Gewicht Sitzgruppe: 400kg Gewicht < 400kg Module mit Handkraft trag- und ffügbar	H. Gerlach
		<i>5. Stoffe</i> witterungsbeständig optischer Eindruck haptischer Eindruck kostengünstig	H. Gerlach
		<i>6. Sicherheit</i> statische Sicherheit Schutz der Nutzer Diebstahlsicherheit Vandalensicher	H. Gerlach
		<i>7. Fertigung</i> mögliche Serienfertigung Einsatz von Kaufteilen	H. Gerlach
		<i>8. Gebrauch</i> sachgemäßer Umgang Einsatzort: vorwiegend Outdoor	H. Gerlach
		<i>9. Instandhaltung</i> Wartungsfreiheit anstreben	H. Gerlach
		<i>10. Termin</i> Präsentation vor Studentenwerk: 30.01.2009 Beginn Fertigung Prototyp: März 2009 Fertigstellung Prototyp: spätestens 10.04.2009 Auslieferung: 09.05.2009	H. Gerlach

3.2 Konzeptionsphase

Beim Konzipieren wird die Aufgabenstellung auf ihre wesentlichen Hauptprobleme untersucht. Diese Hauptprobleme ergeben sich aus den in der Anforderungsliste gestellten Forderungen und Wünschen. Ziel der Konzeptionsphase ist die Auffindung geeigneter Lösungsprinzipien für diese Probleme.

3.2.1 Modularität

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Produkt modular zu gestalten. Der Begriff bezieht sich bei diesem Projekt nicht nur auf eine Art Baukastenprinzip (d.h. die Elemente können zerlegt werden), sondern auch auf die Möglichkeit, die Abmessungen der Konstruktion zu verkleinern, ohne das Gesamtprodukt zu demontieren. Solch eine dauerhafte, nicht zu demontierende Bauweise ist die Teleskopbauweise. Dies ist beispielsweise erforderlich bei langen, auskragenden Bauteilen. Durch ein Ineinanderschieben können solche Elemente in ihrer Länge verkürzt werden. Dabei wird der Stauraum, welcher in Zeiten des Nicht-Gebrauchs der Sitzgruppe für das Element notwendig ist, verringert. Diese Gestaltungsvariante erfordert allerdings einen hohen Bearbeitungsaufwand. Die ineinander zu schiebenden Teile müssen so gestaltet werden, dass saubere Gleiteigenschaften vorhanden sind und eine stabile Verbindung, ohne zu großes Spiel, hergestellt werden kann.

Eine andere Möglichkeit der modularisierten Bauweise ist das Fügen der Bauteile mittels Stecken. Ein großer Vorteil dieser Methode ist, dass der Anwender nicht das Gewicht der gesamten Baugruppe mit den Händen tragen muss, sondern nur die einzelnen, zerlegten Bauteile. Dafür muss jedoch auch entsprechend großer Stauraum für zwei Bauteile zur Verfügung stehen. In Absprache mit dem Kunden wird sich im Hinblick auf möglichst geringe Herstellungskosten für die Variante der Steckverbindung entschieden.

3.2.2 Witterungsbeständigkeit/Korrosionsschutz

Das Produkt findet seinen Anwendungsbereich vorwiegend im Außenbereich. Damit kann es nur durch entsprechende Schutzmaßnahmen oder die Verwendung hochwertiger, korrosionsbeständiger Werkstoffe gegen die Witterungseinflüsse der Umgebung geschützt werden. Als negative Einflüsse auf die Witterungsbeständigkeit sind dabei Luftfeuchtigkeit und Niederschläge zu nennen. Besonders von einer Korrosionsgefährdung betroffene Stellen sind alle Verbindungsstellen, wie Spalte und Verschraubungen. Hier besteht die Gefahr der Spaltkorrosion. Die Verwendung von Edelstahl, also V2A oder auch als NIROSTA bezeichnet, ist dabei, abgesehen von seinen hervorragenden Eigenschaften hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit, besonders auch im Hinblick auf Design und die optischen Eigenschaften des Produktes eine sinnvolle Wahl. Auch der Einsatz von Aluminium bringt seine Vorteile. Hier ist besonders eine zusätzliche Steigerung der Leichtbaugüte als positiver Nebeneffekt zu verzeichnen. Doch aus wirtschaftlicher Sicht ist die Verwendung korrosionsbeständiger Werkstoffe nicht vertretbar. Auch Überlegungen,

die genannten Materialien nur teilweise, d.h. in sichtbaren Bereichen, einzusetzen und die nicht sichtbaren Bereiche durch Baustahl auszuführen, ziehen Probleme nach sich. Es stehen bei solch einer Gestaltung zwei Metalle unterschiedlichen Elektrodenpotentials in Kontakt miteinander. Gleichzeitig ist die Existenz eines Elektrolyts, in diesem Fall Wasser, welches durch Niederschläge eingebracht wird oder in der Luft gebunden ist, zu verzeichnen. Es beginnt eine Redox-Reaktion. Bei dieser Redox-Reaktion reagiert ein Stoff A (auch als Donator bezeichnet), welcher Elektronen abgibt, mit einem Stoff B (Rezeptor), der diese Elektronen wiederum aufnimmt. Somit kommt es zu einem schwachen Stromfluss zwischen den beiden Kontaktpartnern. Die Bereitschaft eines Stoffes Elektronen abzugeben, lässt sich aus der Spannungsreihe ablesen.

Tabelle 2: Elektrochemische Spannungsreihe /2, S.139/

Elektrode Normalpotential (V)	Au Au ³⁺ +1,498 "Edel"	Pt Pt ²⁺ +1,200 →	Ag Ag ²⁺ +0,987 →	Cu Cu ²⁺ +0,337 →	H ₂ H ⁺ ±0,000 →	Pb Pb ²⁺ -0,126 →
Elektrode Normalpotential (V)	Sn Sn ²⁺ -0,136 →	Ni Ni ²⁺ -0,250 →	Fe Fe ²⁺ -0,440 →	Cr Cr ³⁺ -0,744 →	Zn Zn ²⁺ -0,763 →	Mg Mg ²⁺ -2,363 "Unedel"

Je weiter sich ein Metall im negativen Bereich der Spannungsreihe (siehe Tabelle 2) aufhält, desto höher ist seine Bereitschaft Elektronen abzugeben. Solch ein Metall wird als unedles Metall bezeichnet. Im Falle einer Schwarz-Weiß-Verbindung, wie eine Verbindung zwischen Baustahl und Edelstahl auch bezeichnet wird, ist der Baustahl das unedlere Metall. Er gibt also Elektronen ab und wird somit oxidiert, damit beginnt er zu korrodieren.

Beim Einsatz von Aluminium setzt der Effekt umgekehrt ein. Der Baustahl ist in dieser Verbindung das edlere Metall. Ist jetzt noch ein Elektrolyt vorhanden, wird das Aluminium angegriffen und zerstört. Die Elemente können geschützt werden durch das Verzinken des Baustahls. Zink, als das unedlere Metall, gibt Elektronen an den Stahl ab und bildet Deckschichten aus basischem Zinkkarbonat. Es schützt damit den unter der Deckschicht liegenden Stahl vor Korrosion. Die kathodische Schutzwirkung sorgt auch dafür, dass kleinere Beschädigungen am Bauteil von selbst „verheilen“. Bei verzinkten Bauteilen wird das Zink auch als Opferanode (dargestellt in Bild 2) bezeichnet, da es die Korrosion auf sich zieht und sich fortwährend anodisch auflöst.

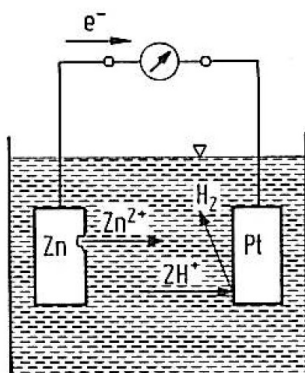


Bild 2: Prinzip Opferanode /2, S.140/

Eine korrosionsbeständige Verbindung von verzinktem Stahl und Edelstahl ist damit meist problemlos durchführbar. Die Variante, eine Konstruktion aus komplett verzinktem Stahl und einer Pulverbeschichtung auszuführen, ist dennoch weitaus billiger als der Einsatz von Aluminium oder Edelstahl. In Abstimmung mit dem Kunden wird daher die aus wirtschaftlichen Gründen sinnvolle Entscheidung getroffen, Baustahl als Konstruktionswerkstoff zu nutzen, welcher dann einer Feuerverzinkung und einer abschließenden Pulverbeschichtung unterzogen wird. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise ist die freie Farbwahl beim Beschichten. Dabei werden nur die im sichtbaren Bereich liegenden Elemente pulverbeschichtet.

3.2.3 Gestaltung von Verbindungen

Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, werden zerlegbare Elemente durch Steckverbindungen ausgeführt. Um diese Verbindungen zu arretieren, werden zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen. Diese sind einerseits das Verschrauben und andererseits das Verriegeln der Elemente durch federnde Rastbolzen, ähnlich der Verbindungsgestaltung bei Zeltgestängen.

Schrauben haben dabei den Vorteil, dass sie eine kraftschlüssige Verbindung darstellen. Es ist also möglich, zwei Bauteile mit einer Schraubenverbindung miteinander zu verspannen. Dadurch kann ein größeres Spiel für eine Steckverbindung zugelassen werden, was die Montage sehr vereinfacht. Nachteilig wirkt sich dagegen der Zeitaufwand, welcher für das Montieren der Teile benötigt wird, aus. Hinzu kommt, dass der Nutzer Werkzeug für die Montage benötigt. Wenn in der Konstruktion Schraubenverbindungen verwendet werden, so ist darauf zu achten, diese möglichst homogen zu gestalten, d.h. die gleichen Schrauben an verschiedenen Stellen zu verwenden. Anderenfalls wirkt sich eine breite Palette von Schrauben unterschiedlicher Abmessungen negativ auf die Montagefähigkeit des Endanwenders aus, da es sehr schnell zu Verwechslungen zwischen den verschiedenen Elementen kommen kann. Auch besteht die Gefahr, dass die Schrauben bei mehrmaligem Auf- und Abbau mit der Zeit verloren gehen.

Die Verbindungsgestaltung mittels Rastbolzen ist dagegen sehr viel einfacher. Es wird kein gesondertes Werkzeug benötigt, die Rastbolzen sind fest mit den Bauteilen verbunden und es besteht keine Verlustgefahr. Das Verbinden zweier Bauteile gestaltet sich dabei hinsichtlich des Zeitaufwandes und der Bedienerfreundlichkeit sehr viel einfacher. Es ist daher sinnvoll, die Steckverbindungen der Konstruktion durch möglichst viele solcher Rastbolzen zu gestalten.

3.2.4 Transporteignung

Es ist eine unabdingbare Anforderung an die Sitzgruppe, die Elemente so zu gestalten, dass sie mit Handkraft zu transportieren sind. Elemente, welche eine größere Masse sowie ungünstige geometrische Abmessungen besitzen, müssen so gestaltet werden, dass sie mit Rollen versehen sind, um den Transport realisieren zu können. Die Rollen

müssen dabei fest mit der Sitzgruppe verbunden sein. Es ist nicht zumutbar, dass der Endanwender die Rollen selbst anbringen muss, um die Transportfähigkeit der Bauteile herzustellen. Leichte und handliche Teile dagegen können vom Endanwender mit den Händen getragen werden.

3.2.5 Beachtung sicherheitsrelevanter Gegebenheiten

Da die Sitzgruppe im öffentlichen Bereich zum Einsatz kommt, ist es wichtig, sich vor Konstruktionsbeginn umfassend mit sicherheitstechnischen Umständen zu befassen. Um die Sicherheitskriterien bewerten zu können, muss der TÜV hinzugezogen werden. Eine Anfrage bei TÜV-Süd in Chemnitz ergab, dass für solche Konstruktionen keine gesonderten Sicherheitsbestimmungen existieren. Es können lediglich Empfehlungen gegeben werden. Dabei ist es ratsam, die Normen DIN EN ISO 12100-1 /3/ sowie DIN 31001 /4/ zu beachten. Diese Normen stellen Richtlinien für die Konstruktion von Maschinen und technischen Erzeugnissen dar. Beschrieben werden Gestaltungsgrundsätze, um Verletzungen präventiv entgegenzuwirken. Dabei ist vor allem auf die Abbindung von Stolperstellen und Möglichkeiten, sich den Kopf zu stoßen, zu achten. Auch Stellen, die eine Quetschung von Körperteilen hervorrufen können, sind zu vermeiden.

3.2.6 Ergonomie

Schwerpunkt für ergonomische Betrachtungen ist die Berücksichtigung der Abmaße des Sitzplatzes und des Tisches. Ergonomische Richtlinien für diese Bemessungen existieren dabei nur im Bereich Arbeitswissenschaften. Für die Gestaltung der Sitzgruppe werden die allgemein üblichen Abmaße eines Barhockers verwendet. Diese Maße werden in Bild 3 verdeutlicht.

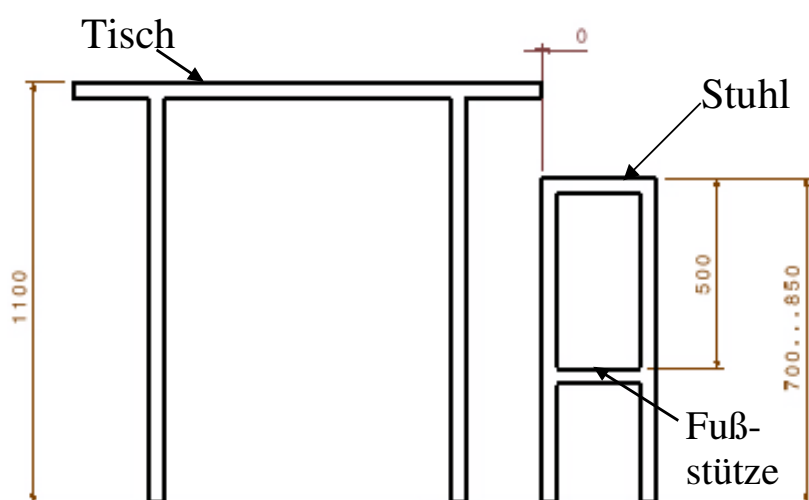


Bild 3: Abmaße für Sitz und Tisch

3.2.7 Fertigungstechnologien

Weiter hinten im Text, in Kapitel 3.3.4, wird die Entscheidung zur Detailkonstruktion einer Variante getroffen, die neben den üblichen spanenden Verfahren auch mittels einiger besonderer Verfahren hergestellt wird, welche einer genaueren Betrachtung zu unterziehen sind. Diese Verfahren sind dabei:

- Rohrbiegen
- Schweißen
- Laserstrahlschneiden
- Herstellung von Aluminiumschaum

Im Folgenden werden die Grundlagen dieser Fertigungstechnologien näher betrachtet.

3.2.7.1 Rohrbiegen

Verfahren

Das Rohrbiegen ist ein Umformverfahren, welches zur Untergruppe des Biegeumformens gehört. Für das Rohrbiegen können je nach zu bearbeitendem Material und der geforderten Bearbeitungspräzision verschiedene Verfahren angewendet werden. Die gebräuchlichsten dieser Verfahren sind in Abbildung 4 dargestellt.

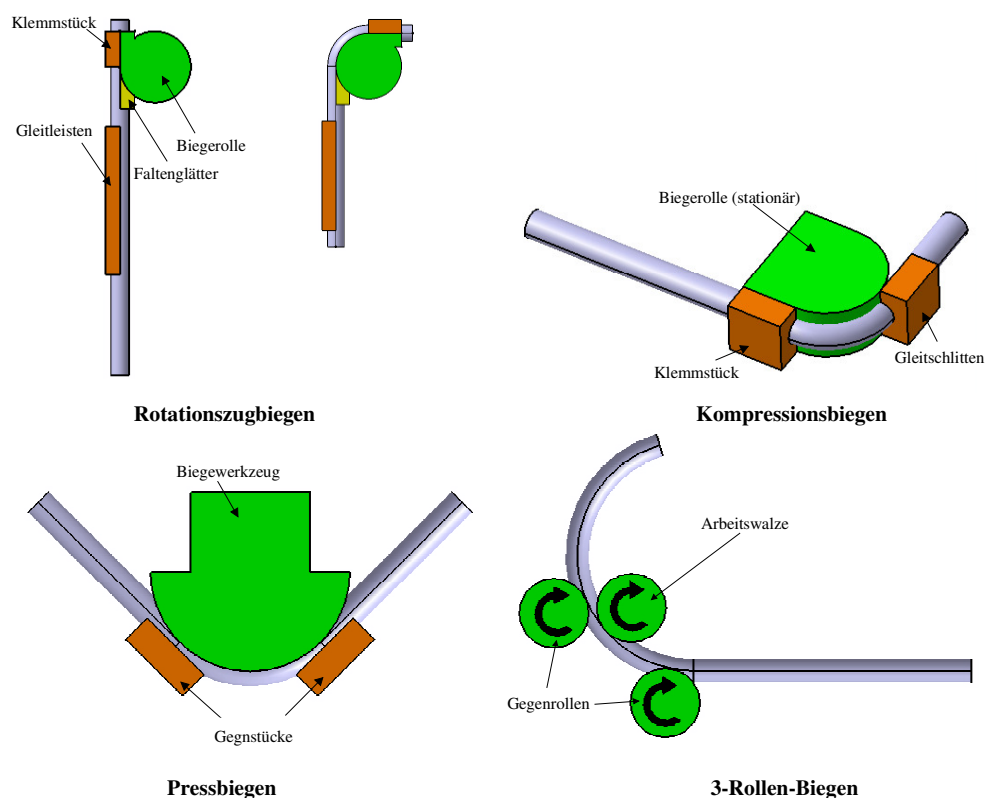


Bild 4: Rohrbiegeverfahren

Rotationszugbiegen:

Beim Verfahren des Rotationszugbiegens wird das Rohr mit dem Klemmstück gegen die Biegerolle gedrückt. Die Biegerolle und das Klemmstück rotieren nun um die Mittelachse der Biegerolle. Somit wird das Rohr um den Radius der Biegerolle gezogen. Um die beim Prozess auftretenden Querkkräfte aufzunehmen, wird das Rohr seitlich durch eine Gleitschiene fixiert. Sollen hohe Werkstückqualitäten selbst bei dünnwandigen Rohren und kleinen Biegeradien erreicht werden, ist der Einsatz eines Faltenglätters und einer Abstützung des Rohres von innen, durch einen Biegedorn, unabdingbar.

Kompressionsbiegen:

Anders als beim Rotationszugbiegen ist die Biegerolle beim Kompressionsbiegen stationär gelagert. Das Rohr wird zwischen Klemmstück und der Biegerolle fixiert. Das Umformen geschieht durch ein Gleitstück, welches um die Biegerolle rotiert, und das Rohr somit um den Radius der Biegerolle biegt.

Pressbiegen:

Beim Pressbiegen wird das Biegewerkzeug durch hydraulische Krafteinwirkung gegen zwei Gegenstücke gepresst. Zwischen den Gegenstücken und dem Biegewerkzeug befindet sich das Rohr, welches durch die Krafteinwirkung um den Radius des Biegewerkzeuges umgeformt wird. Bei diesem Verfahren ist der Einsatz eines Biegedorns allerdings nicht möglich. Das Pressbiegen kann somit nur für große Biegeradien sowie dickwandige Rohre angewendet werden.

3-Rollen-Biegen:

Beim 3-Rollen-Biegen befindet sich das Werkstück zwischen der Arbeitswalze und den Gegenrollen. Durch Rotation der drei Rollen wird das Werkstück umgeformt, und gleichzeitig einer Vorschubbewegung unterworfen.

Spannungen am Rohr

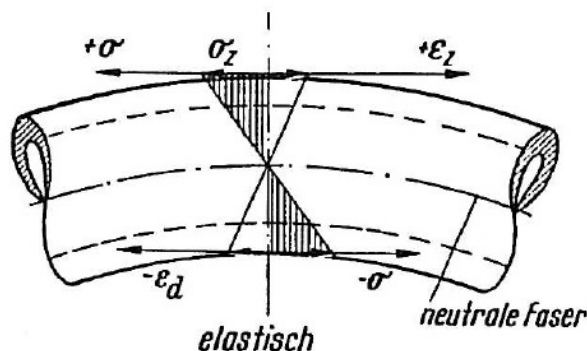


Bild 5: Spannungsverteilung am Rohr (elastisch) /5, S.12/

Die Umformung eines Rohres nach einem der genannten Verfahren führt zum Auftreten von Spannungen. Bei der Betrachtung der Spannungsverteilung ist dabei zwischen dem

elastischen und dem plastischen Bereich zu unterscheiden. Bild 5 stellt die Verteilung der Spannungen am Werkstück im elastischen Bereich dar. Es treten beim Umformprozess sowohl Zug- als auch Druckspannungen auf. In der neutralen Faser herrscht Spannungsfreiheit. Geht die Biegung in den plastischen Bereich über, so existiert keine neutrale Faser mehr. Es muss jetzt zwischen einer ungelängten Schicht und einer spannungsfreien Schicht unterschieden werden. Spannung und Dehnung verlaufen jetzt nicht mehr proportional zueinander. Abbildung 6 zeigt die Spannungsverteilung im plastischen Bereich.

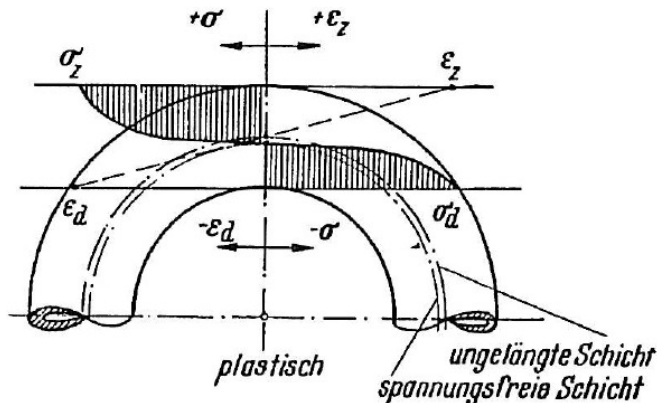


Bild 6: Spannungsverteilung am Rohr (plastisch) /5, S.13/

Ist der Umformprozess abgeschlossen, das Rohr aber noch im Biegewerkzeug eingespannt, gilt die Spannungsverteilung wie sie in Bild 6 dargestellt ist. Nach dem Ausspannen, und damit der Wegnahme der Spannkräfte, federn die Fasern elastisch zurück, bis ein Gleichgewicht hergestellt ist. Dennoch existieren Restspannungen, welche an der Außenseite des Bogens Druck- und an der Innenseite Zugspannungen verursachen. Wie in Bild 7 zu sehen ist, sind die Spannungen nach Herstellung des inneren Gleichgewichtes den Spannungen, wie sie im Verfahren auftreten, also genau entgegengesetzt.

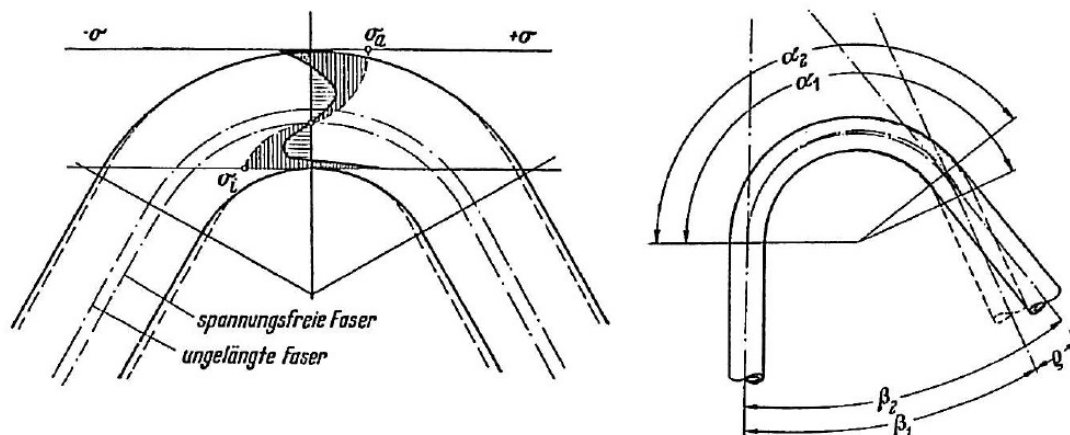


Bild 7: Restspannungen und Rückfederung am Rohr /5, S.14/

3.2.7.2 Schweißen

„Schweißen ist die wichtigste Methode zum stoffschlüssigen Verbinden von Werkstücken“ /2, S.332/. Das Schweißen lässt sich dabei in die Gruppe der fügenden Fertigungsverfahren einordnen. Die Verbindungen, die durch diese Technologie hergestellt werden, gehören zu den nicht lösbaren Verbindungen. Es existieren viele verschiedene Schweißverfahren. Dabei eignen sich die Verfahren des Schutzgasschweißens besonders für die Fertigung von Prototypen und Kleinserien. Im industriellen Einsatz finden heutzutage zwei Unterverfahren des Schutzgasschweißens breite Anwendung:

- Metall-Aktivgasschweißen (MAG)
- Metall-Inertgasschweißen (MIG)

Das Schutzgas fließt dabei durch die Gasdüse des Brenners und schützt den Lichtbogen und das Schmelzgut vor Sauerstoff. Der Sauerstoff muss abgebunden werden, denn seine Anwesenheit bewirkt die Oxidation der am Prozess beteiligten Materialien. Eine schematische Abbildung der Verfahren zeigt Abbildung 8.

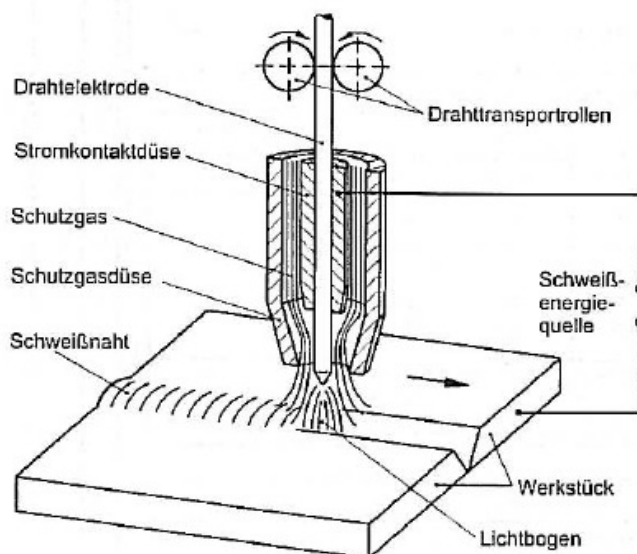


Bild 8: Darstellung des Metall-Schutzgasschweißens (MIG/MAG) /6, S.178/

Inerte Schutzgase gehen keine Reaktion mit dem Schmelzgut ein. Argon und Helium sind die am häufigsten verwendeten Gase beim MIG-Schweißen. Das Verfahren wird dabei vorwiegend für das Schweißen von Nichteisenmetallen wie Aluminium, Kupfer oder Nickel verwendet.

Ein Beispiel für ein aktives Gas dagegen ist Argon mit einem kleinen Anteil an Kohlenstoffdioxid oder Sauerstoff. Aktivgase sind an den Prozessen zwischen dem Lichtbogen und dem Schmelzgut beteiligt. Die aktive Komponente beeinflusst dabei z.B. den Einbrand und/oder die Schweißbadtemperatur. Das MAG-Verfahren ist das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Verfahren zum Fügen von Baustählen.

Die Schweißbeignung muss auch bei der Werkstoffauswahl in Betracht gezogen werden. Bei Stählen wirkt sich hierbei der Kohlenstoffgehalt in besonderem Maße auf die Schweißbarkeit aus. Es gilt, dass nur Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt (C-Gehalt) unter 0,23% für das Schweißen geeignet sind. Beim Schweißen von Stählen mit einem höheren C-Gehalt kommt es bei der Abkühlung nach dem Schweißen zur vermehrten Bildung von Martensit im ansonsten perlitischen Gefüge. Diese spröden, martensitischen Gefügeanteile begünstigen die Bildung von Kalt- und Spannungsrissen in der Wärmeeinflusszone. Im Abschnitt 3.2.2 wurde bereits die Entscheidung für die Gestaltung der Konstruktion aus Baustahl, einem Werkstoff mit sehr geringem C-Gehalt, getroffen. Dieser Entschluss wird somit durch die Vorteile des Materials hinsichtlich seiner Schweißbeignung nochmals unterstützt. Für das Schweißen unlegierter Stähle werden Gase mit größerer Oxidationswirkung verwendet. Baustahl gehört dabei zur Gruppe der unlegierten Stähle. Es kann also das MAG-Schweißen eingesetzt werden. Dies bringt einen großen Vorteil gegenüber dem MIG-Schweißen, denn aktive Gase sind wesentlich kostengünstiger als inerte Gase.

3.2.7.3 Laserstrahlschneiden

Das Laserstrahlschneiden gehört zu den Verfahren des thermischen Trennens.

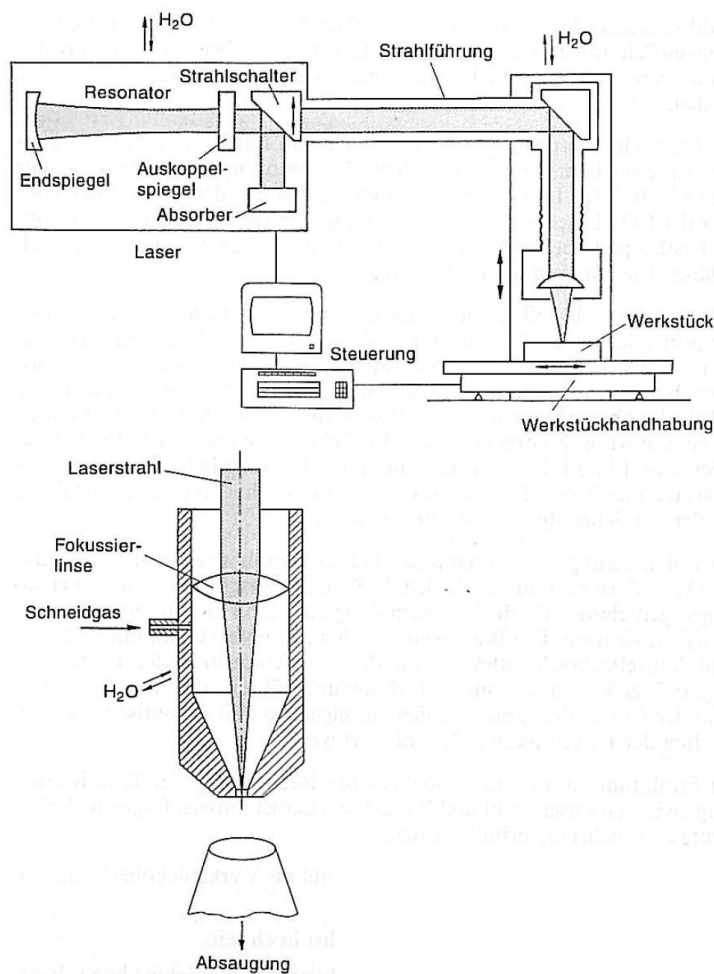


Bild 9: Schematischer Aufbau einer Laserstrahlschneidanlage /7, S.220/

Im Resonator wird ein sich weitestgehend parallel ausbreitender und meist nicht sichtbarer Laserstrahl erzeugt. Dieser wird mit Hilfe eines Strahlführungssystems aus Umlenkspiegeln zum Schneidkopf geleitet (siehe Bild 9, S.14). Hier findet die Fokussierung des Lasers mit Hilfe einer Linse auf einen Brennfleck statt. Trifft der Brennfleck auf der Werkstückoberfläche auf, heizt sich das Werkstück aufgrund der hohen Intensität im Fokus sehr schnell auf Schmelztemperaturen und darüber auf. Das Schneidgas wird dabei zugeführt, um den geschmolzenen Werkstoff aus der Schnittfuge zu blasen. Weiterhin hat das Schneidgas die Aufgabe, die Fokussieroptik, welche sich beim Prozess sehr stark aufheizt, zu kühlen. Abhängig vom verwendeten Schneidgas unterscheiden sich die Prozessvarianten:

Beim Schneiden mit Sauerstoff, die als Laserstrahlbrennschneiden bezeichnete Prozessvariante, kommt es zur Verbrennung des auf Entzündungstemperatur erhitzten Werkstoffes. Es findet eine exotherme Reaktion zwischen Sauerstoff und Werkstoff statt, was dem Prozess zusätzlich Verbrennungsenergie zuführt und sich fördernd auf den Schneidprozess auswirkt. Das Schneiden großer Werkstückdicken und reflektierender Werkstoffe wird durch diese exotherme Reaktion erleichtert.

Beim Laserstrahlschmelzschnitten werden Gase eingesetzt, die nicht mit dem Werkstoff reagieren, z.B. Argon oder Stickstoff. Da keine exotherme Reaktion stattfindet, muss der Laserstrahl die gesamte Werkstückdicke schmelzen. Die Schmelze wird dabei durch die kinetische Energie des Gasstrahls aus der Schmelze transportiert. Die notwendige Leistung für das Laserstrahlschneiden von Werkstücken gleicher Blechdicke ist damit beim Einsatz von nicht reagierenden Gasen wesentlich höher als beim Schneiden mit Sauerstoff. Diese Prozessvariante findet dann Anwendung wenn eine hohe Anforderung an die Sauberkeit der Schnittkanten gestellt wird.

Das Laserstrahlsublimierschneiden ist eine weitere Prozessvariante des Laserstrahlschneidens. Hierbei wird der Werkstoff verdampft. Angewendet wird diese Prozessvariante beim Schneiden von Materialien, die keinen schmelzflüssigen Zustand besitzen. Typische Vertreter dieser Werkstoffe sind dabei Holz oder auch Papier. Auch hier werden inerte Gase wie Argon oder auch Stickstoff als Schneidgase eingesetzt, um ein Verbrennen des Werkstückes zu verhindern.

3.2.7.4 Herstellung von Aluminiumschaum

Für die Tischplatte wird ein innovativer Werkstoff eingesetzt, der Aluminiumschaum. Ein Werkstück aus Aluminiumschaum ist in Bild 10 auf Seite 16 zu sehen. Metallische Schäume finden ihre Anwendung in der heutigen Zeit in den unterschiedlichsten Bereichen.

Als gestalterisches Element wird das Material vorwiegend in der Architektur und Raumausstattung eingesetzt. Dabei werden Schaumkerne mit Epoxidharz umgossen und dann als Wandpaneele, Bodenplatten oder auch als Tischplatten verwendet.

Im Automobilbau sind besonders die Materialeigenschaften des Werkstoffs von großem Interesse. Aluminiumschaum besitzt neben seinem guten Masse-Steifigkeitsverhältnis ein großes Vermögen, Energie zu absorbieren. Aufgrund dieser Eigenschaften findet der Werkstoff seine Anwendung in steifigkeits- und crashrelevanten Elementen im Fahrzeug.



Bild 10: Aluminiumschaum

Weitere Einsatzgebiete des Werkstoffs sind die Wärme- und Schallisolierung, sowie die elektromagnetische Abschirmung.

Die Schaumherstellung nach dem pulvermetallurgischen Verfahren geschieht dabei in folgenden Schritten:

- Mischen des Pulvers der Schäumlegierung mit dem Treibmittel
- Vorverdichten des Pulvergemischs
- Strangpressen und (bei Bedarf) Walzen
- Einlegen des Vormaterials in die Schäumform
- Schäumung durch Erhitzen über die Schmelztemperatur der Schaumlegierung

Beim letzten Schritt, der Erhitzung über Schmelztemperatur, wird das Treibmittel frei und bildet Hohlräume. Bei der Abkühlung kommt es dann zur Fixierung der Schaumstruktur.

3.3 Entwurfsphase

Zunächst werden drei Varianten für die mobile Sitzgelegenheit konstruiert. Jede Variante wird einer Bewertung hinsichtlich der folgenden Punkte unterzogen:

- Materialeinsatz
- Herstelltechnologien
- Modularität
- Sicherheitskriterien
- Design
- Wirtschaftlichkeit

Ein anschließender Variantenvergleich legt fest, welche Variante einer Detailkonstruktion unterworfen wird. Die Gestaltung der Tischplatte ist dabei immer gleich. Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, wird die Tischplatte aus Aluminiumschaum hergestellt.

3.3.1 Variante 1

Variante 1 stellt eine, im Hinblick auf die Montageverständlichkeit des Endanwenders, einfache Lösung dar.

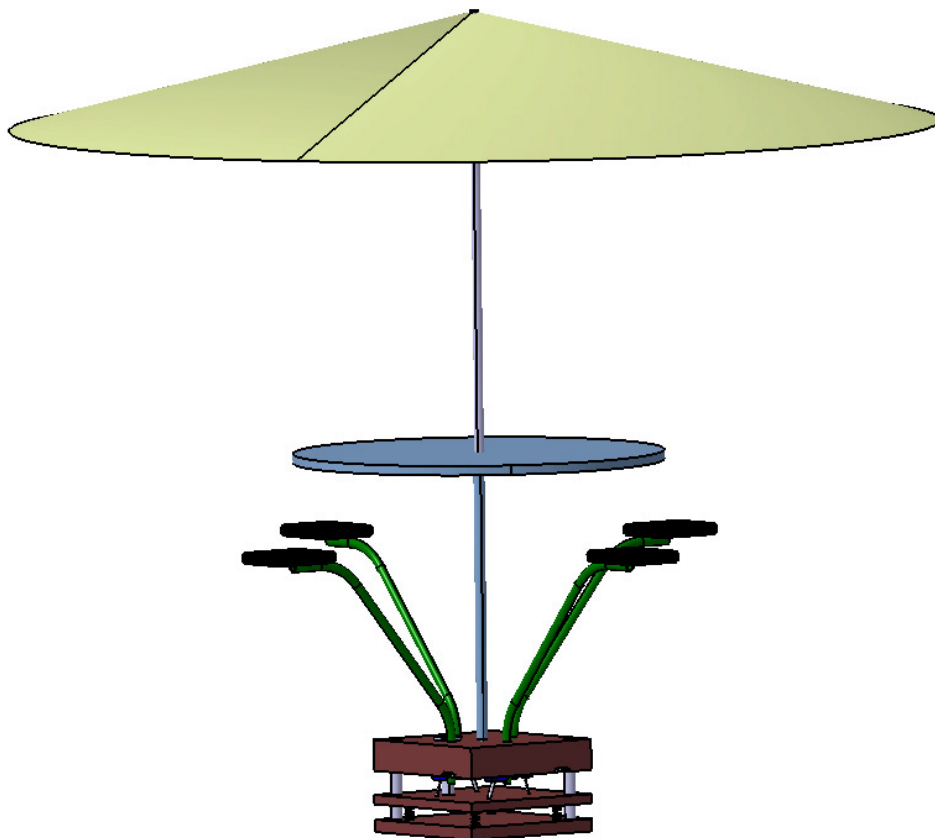


Bild 11: Variante1

Der grundsätzliche Aufbau dieser Variante besteht aus einem zentralen Verriegelungssystem, welches durch ein Säulengestell im unteren Aufbau ausgeführt wird, und einem oberen Aufbau, der die Sitzstützen und die Tischstütze mit Tischplatte beinhaltet. Das Säulengestell muss ins Erdreich eingelassen werden, so dass es bündig mit der Aufstellfläche abschließt. Das Verriegelungssystem ermöglicht es dem Anwender, durch wenige, einfache Handgriffe die Sitzelemente sowie die Tischstütze und den Tisch rasch zu montieren.

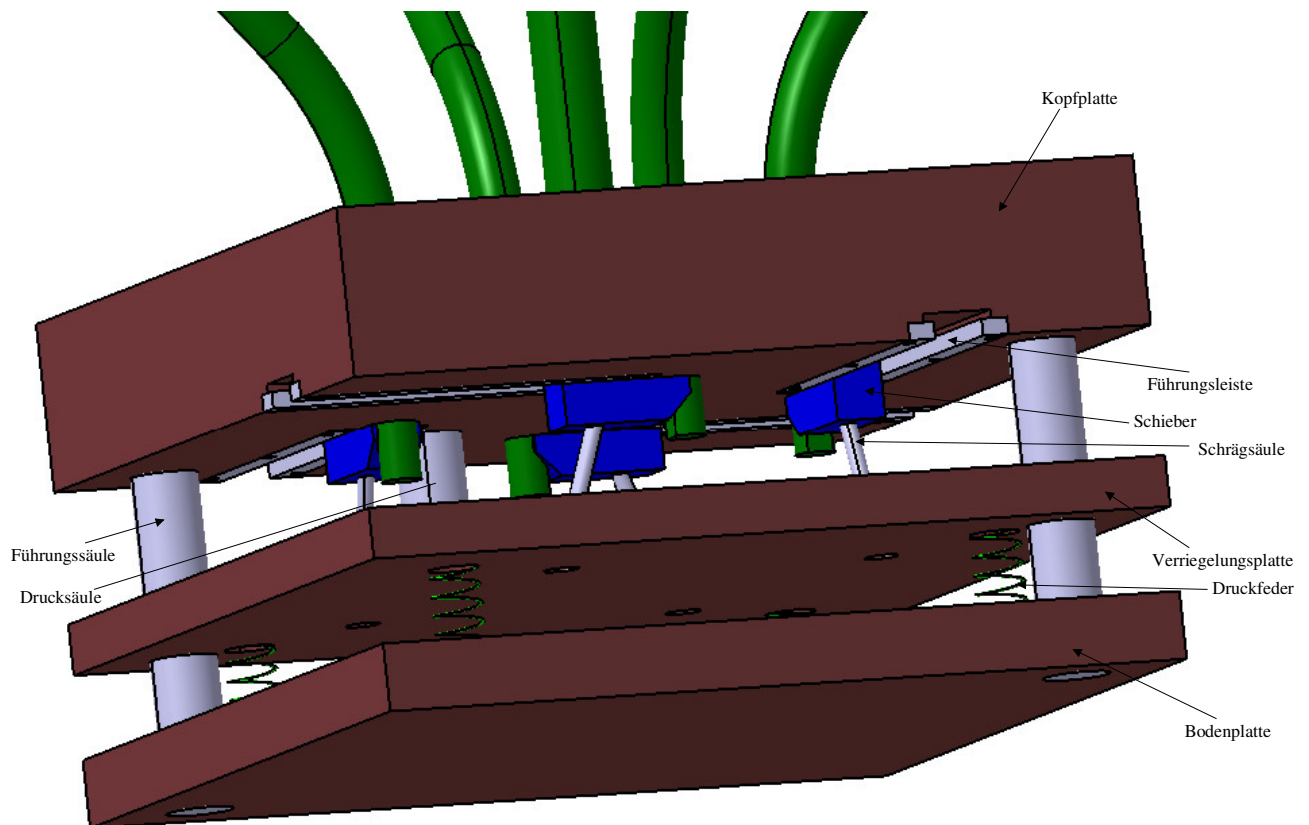


Bild 12: unterer Aufbau

Bild 12 zeigt den unteren Aufbau mit seinen Einzelteilen. Die Schieber werden zwischen Führungsleisten und Führungsnut geführt.

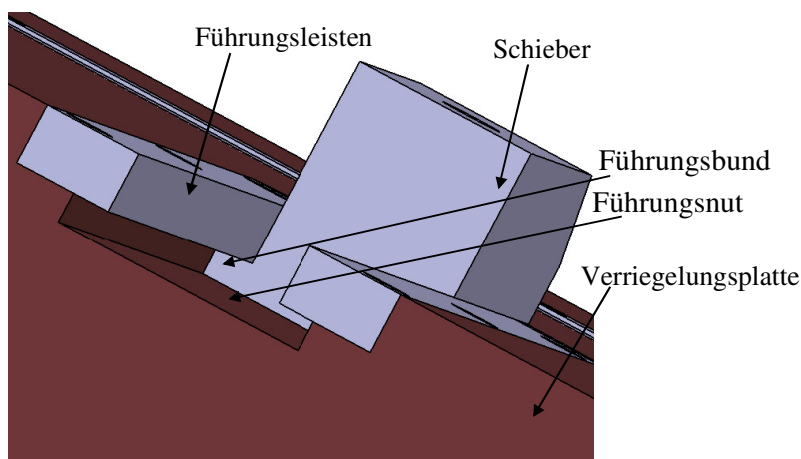


Bild 13: Führung der Schieber

Als Gegenstück zu den Führungsleisten sind die Schieber, wie in Abbildung 13 dargestellt, mit einem durch Fräsarbeiten hergestellten Führungsbund an ihrer Unterseite ausgestattet. Die in die Verriegelungsplatte eingefrästen Taschen besitzen das gleiche Maß wie der Führungsbund. Die aufgeschraubten Leisten schließen die Schieber in der Nut ein. Der Antrieb der Schieber erfolgt mittels Schrägsäule.

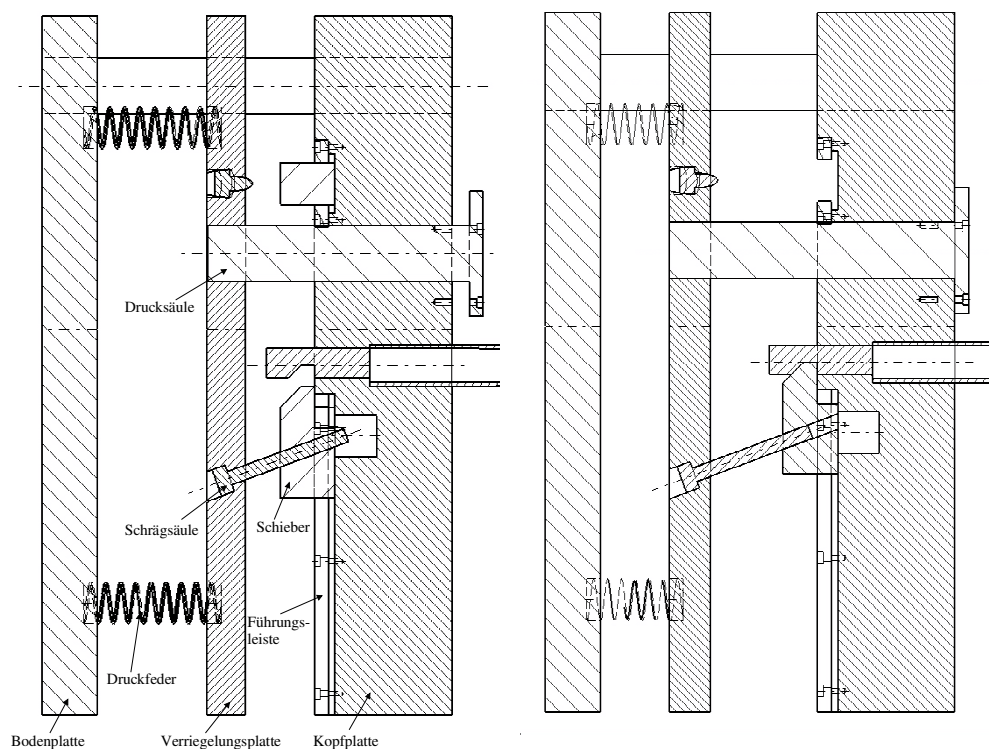


Bild 14: Schieberprinzip: links entriegelt, rechts verriegelt

Bild 14 verdeutlicht das Wirkprinzip „Schieber mit Schrägsäule“. Die Verriegelungsplatte wird im unverriegelten Zustand durch die Federn in ihrer oberen Lage gehalten. In der Verriegelungsplatte sitzen die Schrägsäulen in ihren entsprechenden Bohrungen. In den Schiebern sind Führungsbohrungen für die Schrägsäulen vorgesehen. Der Nutzer kann nun die Sitzstangen sowie den Tisch in die Aufnahmen, welche in die Steckplatte gebohrt sind, einbringen. Über die herausstehende Drucksäule wird die durch zwei diagonal zueinander angeordnete Säulen geführte Verriegelungsplatte nach unten gedrückt. Diese Vertikalbewegung der Drucksäule wird über die Schrägsäule in eine horizontale Bewegung der Schieber gewandelt. Somit fahren die Schieber in ihrer Führungsbahn nach vorn. Die Schieberköpfe sind um einen Winkel von 45° abgefräst. Tischstütze und die Sitzstützen sind an ihren unteren Enden mit eingepressten Rundstahlprofilen ausgestattet. Diese Profile sind ebenfalls passend zu den Schieberköpfen mit einer Abfräsung im Winkel von 45° versehen. Somit fahren die Schieber in die unteren Enden der Sitzstützen und Tischstützen ein und verriegeln diese dort. Die Drucksäule wird als abschließender Schritt mit der Steckplatte verschraubt. Hinsichtlich des Diebstahlschutzes ist dabei das Verwenden von Sicherheitsschrauben unabdingbar. Ein Herausziehen der Rohre ist jetzt nicht mehr möglich.

Materialeinsatz

Als Material für die Sitzstangen und Tischstütze werden nahtlose, warmgezugene Siederohre aus S235JR nach DIN 2448 verwendet. Diese Rohre sind eine einfache und günstige Variante. Auf den Einsatz von geschweißten Rohren, was hinsichtlich Kosteneinfluss noch günstiger ist, wird aus Gründen der Beanspruchung der Schweißnaht beim Biegen verzichtet. Die Platten werden genau wie die Rohre aus S235JR hergestellt. Sie müssen ein großes Volumen besitzen, also von großer Dicke sein, um die Ausfräsungen aufzunehmen und die Sitz- und Tischstützen tragen zu können. Auch dieser Umstand erhöht die Kosten bei der Materialbeschaffung.

Herstelltechnologien

Die Formgebung der Bodengruppe erfolgt durch intensive mechanische Bearbeitung. Das Ausfräsen der Führungsnuten erzeugt dabei ein sehr großes Spanvolumen. Die zeitaufwendige Bearbeitung führt somit zu enormen Herstellungskosten. Gerade die Schieberelemente verlangen hohe Genauigkeiten bei der Herstellung, um saubere Gleiteigenschaften zu gewährleisten. Die Rohre müssen in Biegemaschinen mit abgestimmten Biegewerkzeugen gebogen werden. Das Rohrbiegen erfolgt extern bei einem regionalen Zulieferer. Da in den meisten Firmen nur Biegewerkzeuge für bestimmte Durchmesser und Biegeradien vorhanden sind, muss die Konstruktion von Anfang an auf diese Umstände abgestimmt werden. Eine Anfertigung eigener Biegewerkzeuge ist nur bei einer Serienfertigung sinnvoll. Der Korrosionsschutz muss entsprechend den in Kapitel 3.2.2 festgelegten Verfahren hergestellt werden.

Modularität

Variante 1 lässt sich sehr schnell Auf- und Abbauen. Die wenigen transportablen Teile können leicht verstaut werden und benötigen nur wenig Platz. Was sich aber hinsichtlich Transporteignung als großer Nachteil erweist, ist der untere Aufbau. Dieser muss in das Erdreich eingelassen werden. Dazu müssten am gewünschten Stellplatz straßenbauliche Maßnahmen eingeleitet werden. Eine Veränderung des Standortes ist also nicht mehr möglich. Damit ist diese Variante sehr unflexibel und erfüllt die Kriterien der Modularität und Mobilität nur im Hinblick auf die einfache und schnelle Montierbarkeit des oberen Aufbaus.

Sicherheitskriterien

Die zentrale Verriegelungseinheit sitzt fest verankert im Boden, und schließt bündig mit der Aufstellfläche ab. Die massive Ausführung des Gestänges und die starre Verriegelung machen das Zerstören und Entfernen einzelner Elemente mit bloßer Hand unmöglich. Variante 1 bietet somit einen sehr guten Schutz vor Diebstahl und Vandalismus.

Durch die Versenkung der mechanischen Elemente im Boden ist auch die Gefahr von Verletzungen der Nutzer durch Quetsch-, Stoß-, oder Stolperstellen gebannt.

Design

Durch die im Erdreich eingelassene Verriegelungseinheit sind alle mechanischen Elemente aus dem Sichtbereich entfernt. Es sind nur noch die Sitzstützen und die Tischstütze sichtbar, wodurch die Konstruktion sehr dezent und überschaubar gehalten wird. Besonders auffällig ist dabei auch die Freischwinger-Konstruktion der Sitzstützen, welche übertrieben mit dem Kippeffekt spielt.

Wirtschaftlichkeit

Eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit kann mittels einer Wirtschaftlichkeitsanalyse abgeschätzt werden. Betrachtet werden dabei Materialeinsatz und Fertigungskosten. Schematisch ist die Analyse in Bild 15 dargestellt.

Wirtschaftlichkeitsanalyse					
Materialbeschaffung					
Profil1					
Bezeichnung	Anzahl	Abmaße (mm)	Preis (€/m)	Handelslänge (m)	Gesamtpreis (€)
Profil2					
Bezeichnung	Anzahl	Abmaße			Preis fix.-Länge (€)
Kaufteile					
Bezeichnung	Anzahl	Preis(€)			Gesamtpreis (€)
Fertigung					
Verfahren 1					
Bezeichnung	Unterverfahren	Stundensatz (€/h)	Dauer (h)		Gesamtpreis (€)
Verfahren 2					
Bezeichnung	Unterverfahren	Stundensatz (€/h)	Dauer (h)		Gesamtpreis (€)
Gesamtpreis (€)					

Bild 15: Schematische Darstellung Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Kalkulation des Materialpreises werden Angebote von regionalen Stahlhändlern verglichen, die sich in jüngster Vergangenheit als Materialzulieferer für das Fraunhofer IWU bewährt haben. Um die Kosten der Fertigung abschätzen zu können, wird die Annahme getroffen, dass die Fertigung bei einem kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) im Raum Chemnitz/Erzgebirge durchgeführt wird. Als Musterbeispiel für die regionalen Zulieferer dient dabei die Albert Schmutzler GbR, ein Unternehmen in Aue, welches sich auf Fertigungsaufträge im Bereich kleiner und mittlerer Stückzahlen spezialisiert hat. Die Maschinenstundensätze der Albert Schmutzler GbR werden dabei als stellvertretend für alle KMU im Raum Chemnitz/Erzgebirge angesehen. Für die Zeiten, die für die Fertigung der einzelnen Teile aufgewendet werden, müssen Annahmen getroffen werden, welche auf Erfahrung beruhen. Diese Kalkulation ermittelt aber nur die Vorabkosten. Die genauen Abmaße der Materialien, wie z.B. Rohrdurchmesser, können sich in der Konstruktionsphase ändern. Stangenmaterial (z.B. Rohre oder Rundstahl, mit geringem Durchmesser) wird in den handelsüblichen Längen bestellt, ein Zuschnitt ist oft wesentlich kostenintensiver als der Einkauf der Materialien in Handelslängen. Materialien mit großen Abmessungen, wie die Verriegelungsplatte, die Steckplatte sowie die Bodenplatte, werden als fix.-Längen bestellt. Tischplatten und Sitze werden nicht mit in die Kalkulation einbezogen, da jede Variante später mit denselben Tischplatten und Sitzen ausgestattet werden soll. Normelemente, wie Schrauben oder Muttern sind sehr günstige

Kaufteile, die schlagen sich unmerklich in den Kosten nieder und werden deshalb ebenso außer Acht gelassen.

Die Wirtschaftlichkeitsanalysen für die einzelnen Varianten, die Produktdatenblätter der Kaufteile sowie Preis- und Angebotslisten befinden sich in Anlage B. Der kalkulierte Gesamtpreis für Variante 1 beträgt 2976,50€.

3.3.2 Variante 2

Der grundlegende Aufbau dieser Variante ist in Abbildung 16 dargestellt. Wie beim ersten Entwurf, ist die Konstruktion in einen unteren Aufbau und in einen oberen Aufbau geteilt.

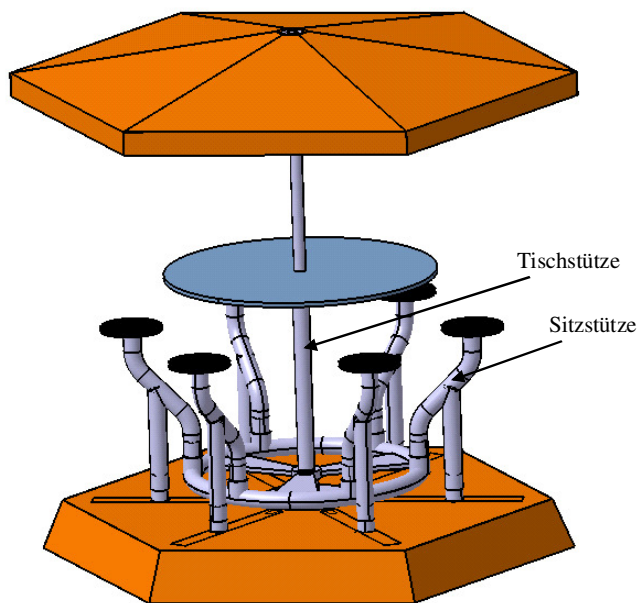


Bild 16: Variante 2

Bei dieser Konstruktion existiert keine zentrale, schnell ausführbare Verriegelung, dafür bietet Variante 2 eine größere Flexibilität hinsichtlich Positionierung der Konstruktion an ihrem Aufstellplatz. Um diese Flexibilität erreichen zu können, wird die Sitzgruppe auf Schwerlastrollen gelagert, wie Bild 17 zeigt.

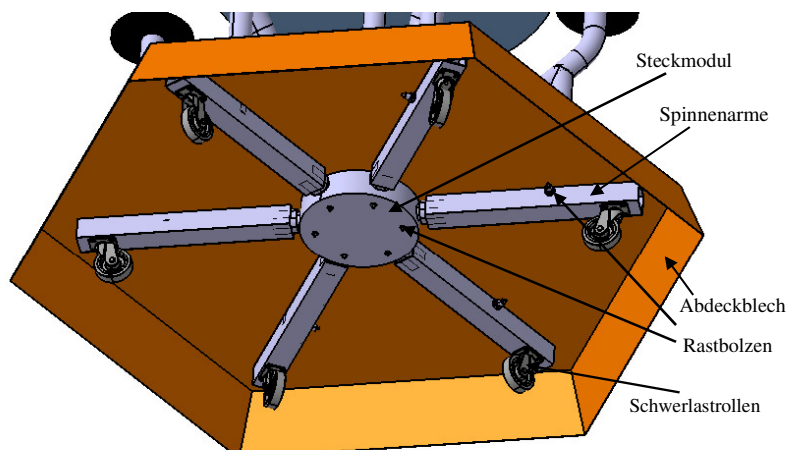


Bild 17: Variante2, Ansicht von unten

Die Schwerlastrollen sind Kaufteile der Fa. Norelem. Sie ermöglichen es, die Sitzgruppe auf der Aufstellfläche an die gewünschte Position zu rollen, und dort dann durch Stop-Elemente, welche sich an den Rollen befinden, zu fixieren. Die Spinnenarme werden mit dem Steckmodul durch eine Steckverbindung montiert. Diese Steckverbindung wird durch einen gefederten Rastbolzen der Fa. Ganter realisiert.

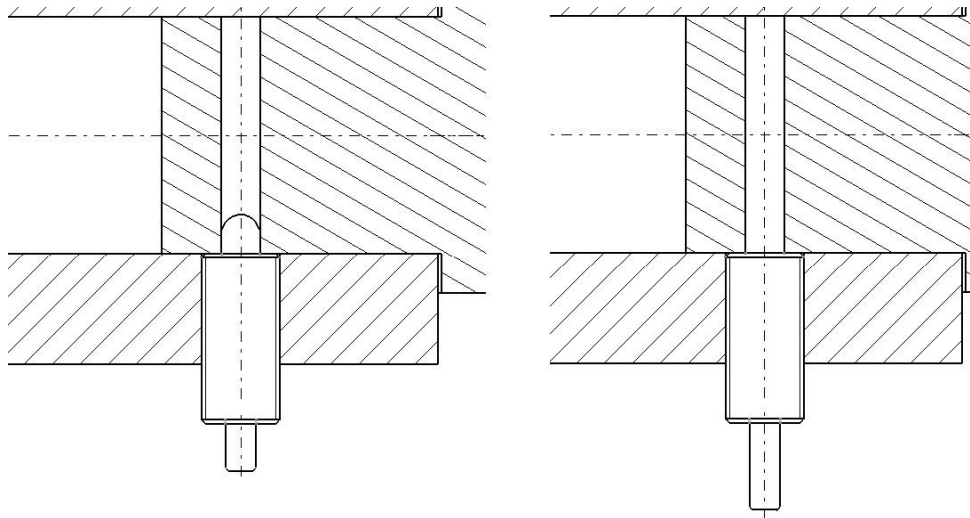


Bild 18: links: Rastbolzen ausgerastet, rechts: Rastbolzen gezogen

Bild 18 stellt die Verbindung zweier Elemente durch einen Rastbolzen im Schnitt dar. Auch die Sitzstützen werden auf diese Weise mit den Spinnenarmen verriegelt. Um die Tischstütze, welche ebenfalls ein demontierbares Element ist, befestigen zu können, wird diese mit einem Verriegelungsbolzen an ihrem unteren Ende (dargestellt in Bild 19) versehen.

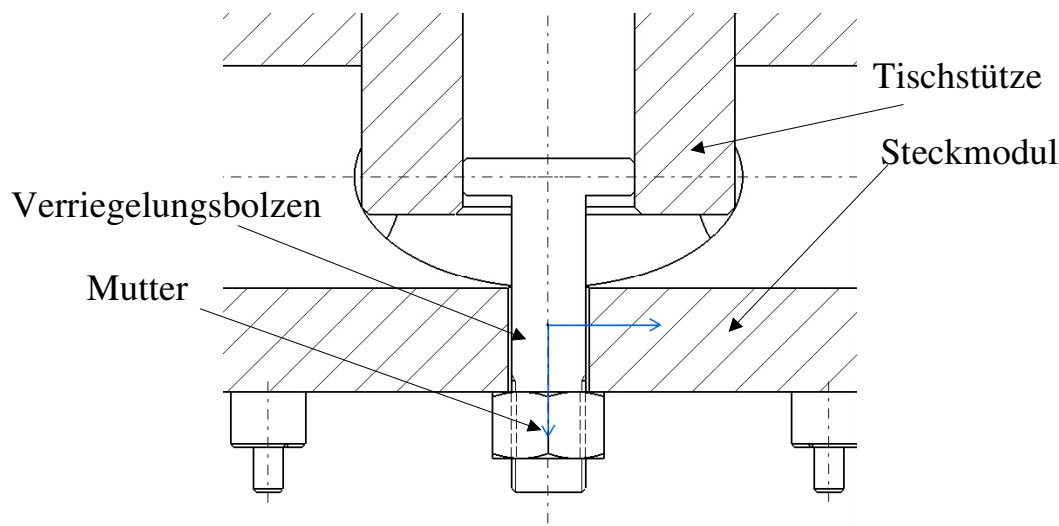


Bild 19: Verriegelung Tischstütze

Der Gewindebolzen ist in die Tischstütze eingeschweißt und an seinem unteren Ende mit einem Gewinde versehen. Im Steckmodul ist für diesen Gewindebolzen eine Bohrung vorgesehen. Somit kann er nach unten auskragen und eine Mutter wird aufgeschraubt. Die Tischstütze ist somit fest verriegelt, und kann nicht durch Unbefugte entnommen werden.

Materialeinsatz

Die Sitzgruppe besteht zum Großteil aus Rundrohrprofilen nach DIN 2448. Generell ist darauf Acht zu geben, die Profile weitgehend homogen zu gestalten. Gerade in der Arbeitsvorbereitung und im Einkauf macht sich ein ständiger Wechsel von Rohrdurchmesser und Wandstärke negativ bemerkbar. Fehler bei der Materialbeschaffung und Verwechslungen in der Fertigung treten in diesem Fall mit höherer Wahrscheinlichkeit auf.

Herstelltechnologien

Für die vielen Verbindungsstellen, an denen die Elemente zusammengesteckt werden, erhalten die Verbindungspartner eine Spielpassung, um das leichte Zusammenfügen der Teile durch den Endanwender zu gewährleisten. Das Biegen erfolgt, wie bei Variante 1, extern, wobei auch hier die Probleme Biegeradius und Rohrdurchmesser schon bei der Konstruktion Beachtung finden müssen. Viele der Elemente sind zu Schweißbaugruppen gefügt, um ein „Übermodularisieren“ zu vermeiden. Eine Aufteilung der Gesamtbaugruppe in zu viele zerlegbare Einzelteile würde dazu führen, dass der Endanwender die Übersicht verliert. Für die Schweißarbeiten gilt es zu beachten, dass diese bei einer möglichen Serienfertigung unter Zuhilfenahme einer extra dafür hergestellten Vorrichtung stattfinden müssen. Nur so können immer gleiche Baugruppen hergestellt werden, ohne die einzelnen Teile im Zusammenbau ausrichten zu müssen, was einen unvermeidbaren zeitlichen Aufwand darstellt. Um den notwendigen Korrosionsschutz zu erbringen, erhalten die Teile eine Pulverbeschichtung sowie eine vorherige Feuerverzinkung, welche ebenfalls bei einer externen Firma aufgebracht werden.

Modularität

Im Vergleich zu Variante 1 überzeugt dieser Entwurf durch eine bessere Umsetzung der Modularität. Die Sitzgruppe lässt sich in viele Einzelteile und Baugruppen zerlegen. Durch das Anbringen von Schwerlastrollen an der Konstruktion besteht die Möglichkeit der Positionierung auch nach dem Zusammenbau. Bauliche Maßnahmen an der Aufstellfläche sind nicht notwendig.

Sicherheitskriterien

Die Verriegelung der einzelnen Module erfolgt zum größten Teil durch Rastbolzen, die nur mit einem speziellen Griff bedient werden können. Die Rastbolzen sind dafür an einem Ende mit einem Gewinde versehen, auf welches dann ein solcher Spezialgriff aufgeschraubt werden kann. Nach dem Aufbau der Sitzgruppe muss der Griff entfernt werden. Des Weiteren sind alle lösbaren Elemente durch Abdeckbleche so versteckt gehalten, dass der Verriegelungsmechanismus nur schwer zu erkennen und zu erreichen ist. Einige Elemente müssen im sichtbaren Bereich verschraubt werden. Um vor Diebstahl zu schützen, werden an diesen Verbindungsstellen Sicherheitsschrauben verwendet.

Die Sicherheitsanforderungen bzgl. der Verletzungsgefahr werden durch Einsatz des Abdeckbleches erfüllt. Die Stolperstellen im Bodenbereich, hervorgerufen durch die Spinnenarme, werden durch die Abdeckungen abgebunden.

Design

Das Layout dieser Variante zeichnet sich durch eine Abhebung der Sitzgruppe von der Umgebung aus. Während Variante 1 in die Aufstellfläche eingebettet ist, also sehr homogen mit seiner Umwelt harmonisiert, wirkt Variante 2 wie ein eigenes System. Damit wird es zu einer sehr auffälligen Erscheinung und lädt zum Besichtigen und Niederlassen ein.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wird analog Variante 1 durchgeführt. Es ergibt sich für Variante 2 ein Gesamtpreis von 2236,48€. Die Variante ist damit erheblich kostengünstiger als der erste Entwurf.

3.3.3 Variante 3

Die in Bild 20 dargestellte 3. Variante zeichnet sich durch eine konstruktive Maßnahme aus, bei der eine Überdachung nicht durch einen Sonnenschirm als Kaufteil geschaffen wird, sondern durch die Überspannung eines Rohrtragwerkes mit Stoff durch einen Sattler. Die Konstruktion orientiert sich sehr nah am Vorbild des in Kapitel 2 dargestellten Produktes. Es handelt sich bei Variante 3 demnach um eine Weiterentwicklung dieser Sitzgruppe.

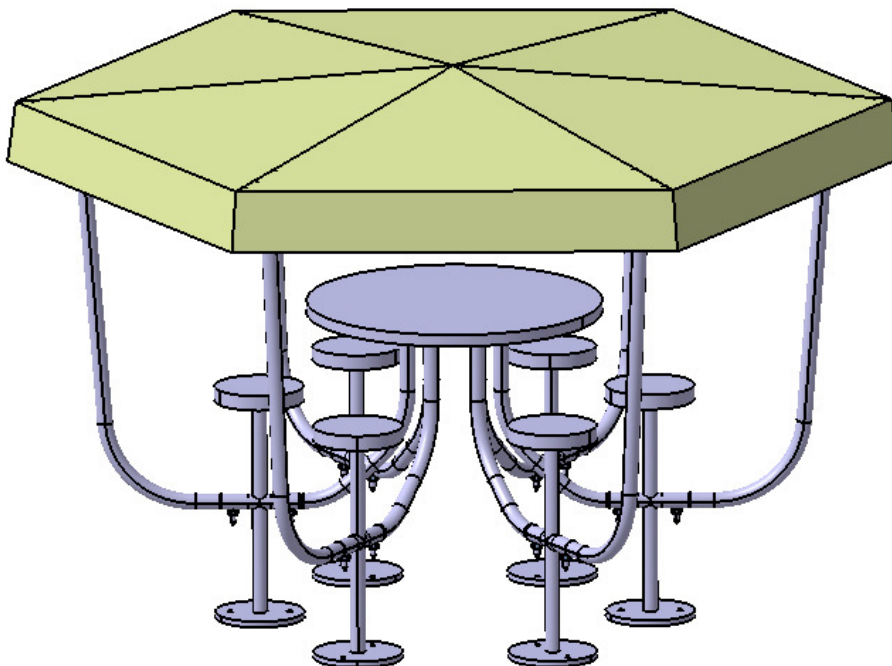


Bild 20: Variante 3

Die Sitzgruppe besteht ebenfalls wie Variante 2 aus sechs kreisförmig um eine Tischplatte angeordnete Sitze. Diese werden auf der Aufstellfläche angeschraubt. Jeder Sitz ist mit zwei Anschlüssen ausgestattet. Ein Anschluss dient dabei der Aufnahme eines inneren Rohrbogens (siehe Bild 21). Die inneren Rohrbögen tragen die Tischplatte. Sie sind an ihrem oberen Ende mit einem Flansch versehen, welcher zur Verschraubung der Tischplatte dient.

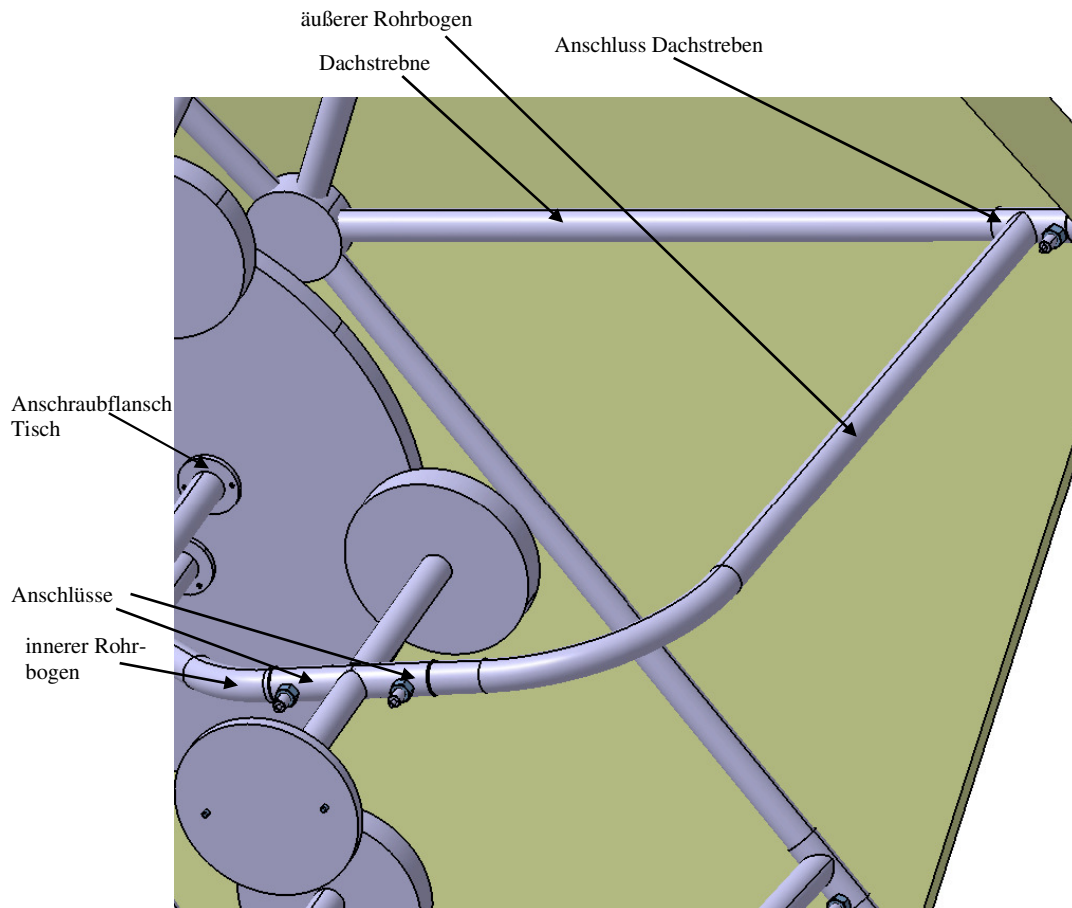


Bild 21: Variante 3: Ansicht von unten

Der zweite Anschluss nimmt die äußeren Rohrbögen auf. An die Anschlüsse ist analog zu Variante 2 jeweils ein gefederter Rastbolzen angeschweißt, welcher das Verriegeln der eingesteckten Rohre gewährleistet. Das obere Ende der äußeren Rohre ist ebenfalls mit einem solchen Anschluss versehen. Hier werden die Dachstreben eingesteckt. Im Falle der Entscheidung zugunsten der 3. Variante beim Variantenvergleich muss die Konstruktion der Dachstreben mit einem Sattler abgesprochen werden, welcher Befestigungspunkte und -methoden für die Bespannung des Daches festlegt.

Materialeinsatz

Die Variante besteht nahezu komplett aus Rohren. Diese werden ebenfalls wie bei den anderen beiden Varianten aus S235JR gefertigt. Durch den Dachaufbau steigern sich die zu verarbeitenden Längen der Rohre, d.h. es wird hinsichtlich Rohrprofilverwendung mehr Material eingesetzt als bei den vorhergehenden Varianten.

Herstelltechnologien

Um Variante 3 herstellen zu können, spielt das Umformen der Elemente eine sehr große Rolle. Die inneren Rohrbögen werden mit zwei Biegungen versehen, die äußeren Rohrbögen erhalten eine Biegung. Die Anzahl der umzuformenden Elemente ist dabei höher als bei Variante 1 und Variante 2. Spanende Verfahren halten sich hingegen sehr in Grenzen. Die Profile müssen an den Stellen, an denen sie ineinander gesteckt werden, mittels Drehen bearbeitet werden. Es werden dort Passungen angebracht, um eine saubere Steckverbindung herzustellen. Fräsarbeiten entfallen komplett. Zur Verschraubung mit der Aufstellfläche müssen Senkungen in die Bodenplatten der Sitze sowie in die Anschraubflansche der inneren Rohrbögen eingebracht werden. Die Anschlüsse, die sich an den Sitzen sowie an den oberen Enden der äußeren Rohrbögen befinden, werden durch Schweißen angebracht. Um die Dachüberspannung realisieren zu können, muss ein Sattler damit beauftragt werden, diese Arbeiten zu übernehmen. Insgesamt betrachtet, hält sich die Palette der Fertigungsverfahren sehr in Grenzen. Hinsichtlich Arbeitsvorbereitung und Fertigung ist das ein großer Vorteil von Variante 3.

Modularität

Im Bezug auf die Modularität ist diese Variante weniger geeignet, als die vorhergehende Konstruktion. Die baulichen Veränderung der Aufstellfläche stellen wie bei Variante 1 ein sehr großes Problem dar. Um die Sitze verschrauben zu können, müssen Gewindebuchsen in die Aufstellfläche eingebracht werden. Verglichen mit den baulichen Maßnahmen, welche für das Aufstellen der ersten Variante notwendig sind, ist hier nur ein geringer Aufwand zu erbringen. Dennoch ergibt sich dadurch das Problem der geringen Flexibilität, da die Sitzgruppe nur an einem eigens dafür präparierten Platz aufgestellt werden kann. Auch die großen Abmessungen der Elemente wirken negativ auf diese Variante ein. Die Rohrbögen sind sehr lang und sperrig, das Verstauen dieser Elemente erfordert einen hohen Platzbedarf. Die großen Abmessungen werden auch beim Aufbauen hinderlich wirken, da sich das Zusammenstecken der langen Rohre als schwierig erweist.

Sicherheitskriterien

Durch die käfigartige Anordnung der einzelnen Bauteile entstehen Stolperstellen. Gerade beim Auf- und Absitzen kann es passieren, dass der Nutzer an Rohrbögen mit den Beinen hängenbleibt und hinfällt. Auch das nach oben aufragende Gestänge birgt Gefahrstellen. Es ist sehr gut möglich, sich den Kopf an den äußeren Rohrbögen zu stoßen. Hinsichtlich Diebstahlsicherheit ist zu betrachten, dass die Verriegelungsstellen frei liegen, und auch wenn es sich als kompliziert erweist, die Rastbolzen ohne den dafür vorgesehen Griff auszurasten, besteht die Gefahr, dass einzelne Elemente der Sitzgruppe entwendet werden. Ein weiterer negativer Punkt ist der Dachaufbau. Die Dachstreben verleiten den Nutzer dabei zum Klettern, was die Lebensdauer der Variante stark beeinträchtigt.

Design

Die Überdachung dieser Variante wird nicht durch eine Stange in der Mitte der Sitzgruppe getragen sondern durch aufsteigende Streben im Außenbereich. Der große Vorteil dieser Dachkonstruktion besteht darin, dass den Nutzern volle Sichtfreiheit gewährt wird. Die langen geschwungenen Bögen wirken sehr elegant.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse für Variante 3 ergibt einen Gesamtpreis von 2878,64€. Damit liegt Variante 3, trotz der vergleichsweise homogenen Fertigungstechnologien im selben Bereich wie die erste Variante.

3.3.4 Variantenvergleich / Machbarkeitsanalyse

Durch einen Variantenvergleich soll die Entscheidung für eine Variante getroffen werden. Dazu müssen die einzelnen Kriterien einer Gewichtung unterworfen werden, um die Relevanz eines jeden Kriteriums für die Gesamtlösung zu definieren. Bei der Gewichtung wird unterschieden zwischen *1=sehr wichtig* bis *5=nur bedingt wichtig*. Anschließend werden die einzelnen Varianten in Ihrem Vermögen bewertet, die verschiedenen Kriterien zu erfüllen. Diese Wertung erfasst den Bereich von *1=sehr gut* bis *3=nicht ausreichend*. Nun werden die Wertungen mit den Gewichtungen multipliziert und für jede Variante aufsummiert. Anhand der Summe kann der Vergleich erfolgen. Die Auswertung wird in einer Tabelle zusammengefasst. Die Kriterien Herstelltechnologien und Materialeinsatz werden im Vergleich nicht mit aufgeführt, da sie sich direkt in der Wirtschaftlichkeit äußern. Dennoch war die Bewertung dieser beiden Punkte für jede Variante sehr wichtig, da sich an Hand der Herstelltechnologien und des Materialeinsatzes nachvollziehen lässt, aus welchem Grund eine Konstruktion aus wirtschaftlicher Sicht positiv oder negativ ausfällt.

Tabelle 3: Variantenvergleich

Kriterium	Gewicht	Wertung		
		Variante1	Variante2	Variante3
Modularität	2	3	1	2
Sicherheit	1	1	1	2
Design	2	2	2	1
Wirtschaftlichkeit	3	3	2	2
Summe		20	13	14

Tabelle 3 zeigt, dass Variante 2 die niedrigste Punktzahl aufweist.

Fazit des Variantenvergleichs ist also, dass diese Variante nach einer Abstimmung mit dem Kunden einer Detailkonstruktion zu unterwerfen ist.

3.4 Konstruktive Auslegung

Nach Abschluss der Konzeptphase wurde mittels Variantenvergleich eine favorisierte Variante festgelegt, woran sich die Detailkonstruktion anschließt. Die Entwicklung, Dokumentation und Herstellung von Produkten werden heutzutage vorwiegend durch CAX-Systeme realisiert. Am Fraunhofer IWU steht das CAX-System CATIA V5, Release 16, Servicepack 9 zur Verfügung. Es muss vorab schon eine Überlegung bezüglich Aufbau der Produktstruktur durchgeführt werden, eine Bauteilhierarchie ist festzulegen. Auf der obersten Ebene steht das Gesamtprodukt. Ihm untergeordnet finden sich die Schweißbaugruppen. Auf der untersten Ebene stehen die Einzelteile, die zu Schweißbaugruppen gefügt werden, in CATIA V5 als Parts bezeichnet. Für die spätere Fertigung werden aus den 3D-Modellen Zeichnungssätze abgeleitet. In bestimmten Fällen können bzw. müssen auch die 3D-Modelle für die Fertigung verwendet werden, beispielsweise beim Drahterodieren oder Laserstrahlschneiden. Im Folgenden wird die Konstruktion der Baugruppen und ihrer Einzelteile beschrieben. Abbildung 22 zeigt die ausgearbeitete Konstruktion im Zusammenbau. Ein Montageplan für den Endanwender befindet sich in Anlage C. Konstruktive Details sind dem Zeichnungssatz in Anlage D zu entnehmen.

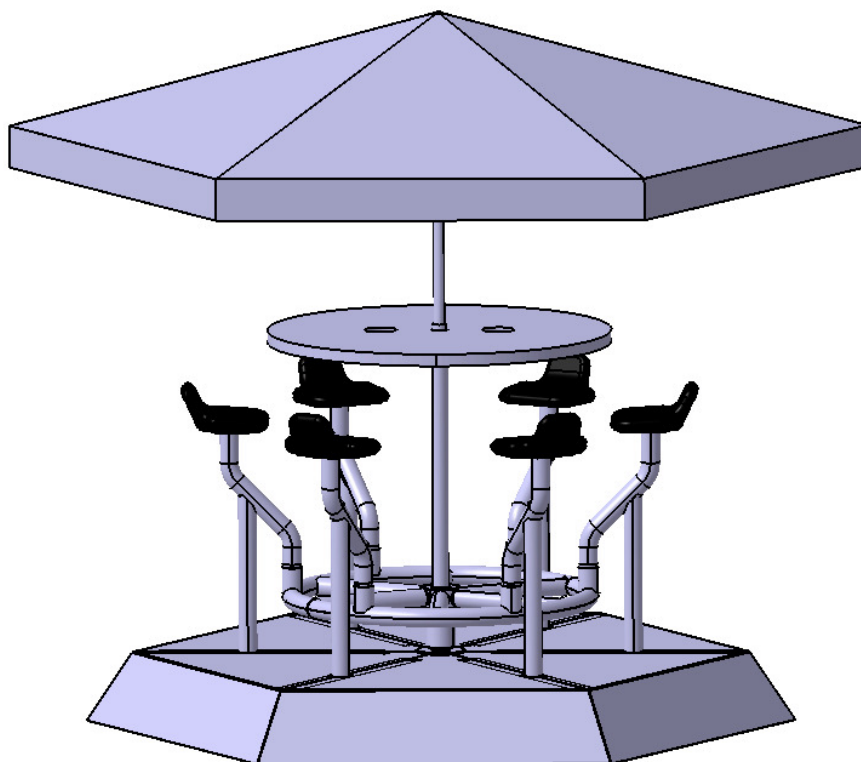


Bild 22: Zusammenbau Sitzgruppe

3.4.1 Bodengruppe

Die Bodengruppe ist die untere Plattform der Sitzgruppe, auf welche an bestimmten Stellen die Elemente der oberen Baugruppe eingesetzt werden. Für eine Sitzgruppe mit

sechs Sitzplätzen wird die Bodengruppe als spinnenähnliche Konstruktion mit sechs Armen ausgeführt. Jeder Arm soll später einen Sitz tragen.

3.4.1.1 Schweißbaugruppe Steckmodul

Das zentrale Element der Bodengruppe bildet das als Schweißbaugruppe ausgeführte Steckmodul.

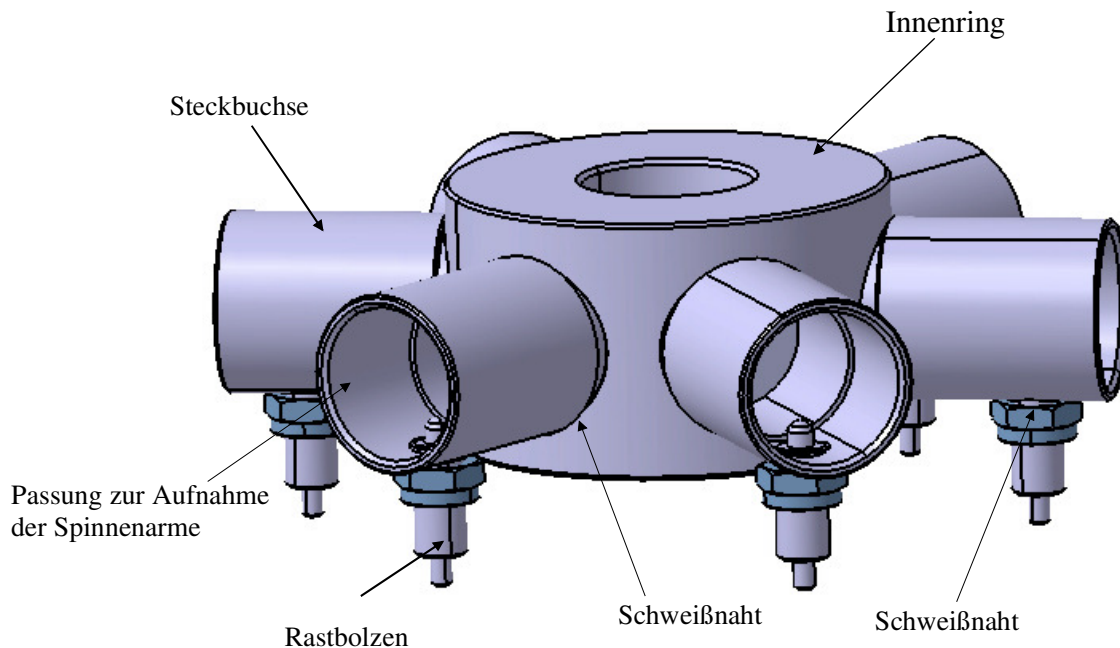


Bild 23: Schweißbaugruppe Steckmodul

Wie Bild 23 zeigt, besteht diese Baugruppe aus dem Innenring, sechs Steckbuchsen und ebenfalls sechs Rastbolzen. Die Steckbuchsen werden auf dem Innenring aufgeschweißt. Zur Positionierung der Steckbuchsen für das Schweißen werden auf dem Umfang des Innenrings sechs Kreistaschen ausgefräst, welche als Aufnahme für die Steckbuchsen dienen. Die Steckbuchsen werden dabei entsprechend dem Durchmesser der Kreistaschen auf ein Passmaß abgedreht. Beide Elemente werden zusammengesteckt und miteinander verschweißt. In die Steckbuchse können die Spinnenarme, deren Konstruktion im folgenden Abschnitt beschrieben wird, eingesteckt werden. Durch Innenausdrehen wird jede Steckbuchse mit einer Passung versehen. Diese darf durch Schweißverzug nicht beeinflusst werden, da sonst die Verbindung von Spinnenarm und Steckmodul nicht mehr möglich ist, und aufwendige, kostenintensive Nacharbeit erforderlich wird. Durch Schweißen mit geringer Stromstärke kann der Verzug gering gehalten werden. Zur Arretierung der Steckverbindung dienen die gefederten Rastbolzen. Diese werden jeweils mit einer Kontermutter geliefert, welche auf die Steckbuchsen aufgeschweißt wird. In die Steckbuchsen wird eine Bohrung eingebracht, welche auf derselben Achse liegt wie die aufgeschweißte Mutter. Diese dient als Durchgangsbohrung für das Gewinde des Rastbolzens. Im Zusammenbau wird die Einschraubtiefe der Rastbolzen dann so bestimmt, dass ein einfaches Einstecken der Spinnenarme sowie der

sichere Halt in der Lage garantiert ist.

3.4.1.2 Spinnenarme

Für eine Sitzgruppe sind sechs Spinnenarme notwendig. Diese sind, wie in Bild 24 dargestellt, als Schweißbaugruppe ausgeführt.

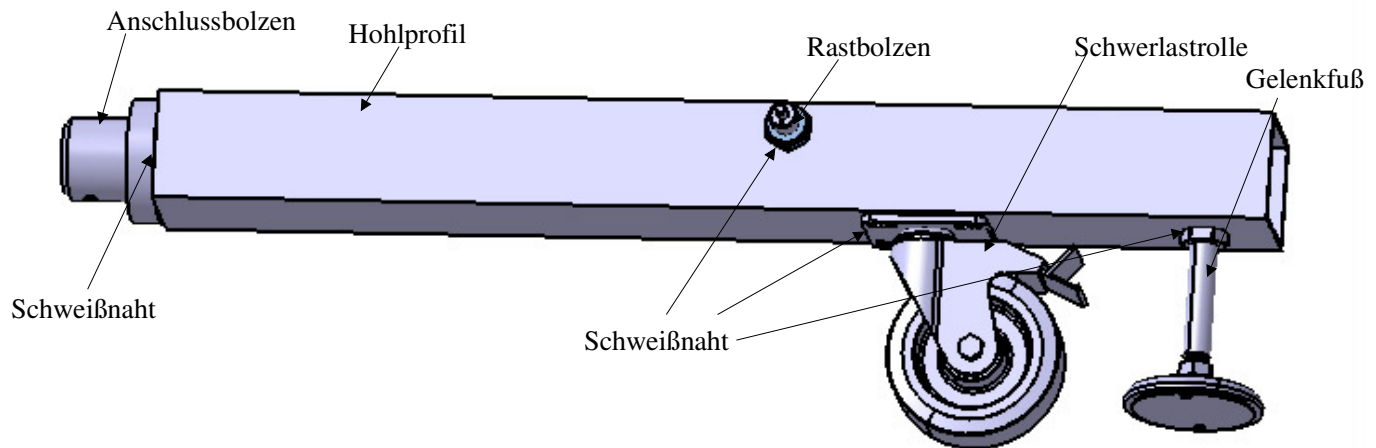


Bild 24: Schweißbaugruppe Spinnenarm

Das zentrale Element eines Spinnenarmes stellt ein quadratisches Hohlprofil dar. An dieses Bauteil wird ein Anschlussbolzen angeschweißt. Dieser ist aus einem Rundstahlprofil gefertigt. Der Anschlussbolzen dient der Verbindung mit dem Steckmodul. Beim Zusammensetzen der beiden Baugruppen wird der Anschlussbolzen in die Steckbuchsen des Steckmoduls eingebracht. Der Anschlussbolzen verfügt über eine Bohrung, die den Rastbolzen, welcher Element der Schweißbaugruppe Steckmodul ist, aufnimmt. Weiterhin ist an das Hohlprofil eine Schwerlastrolle angeschweißt. Diese dient dem Positionieren der gesamten Sitzgruppe auf der Aufstellfläche. An zwei der insgesamt sechs Spinnenarme sind die Schwerlastrollen mit einem Stopper ausgerüstet, um die Sitzgruppe zunächst in ihrer Lage zu fixieren. Da diese fixierten Rollen aber keinen vollkommen stabilen Stand garantieren, sind zusätzlich noch höhenverstellbare Gelenkfüße angeschweißt. Diese Füße bestehen aus einer Gewindespindel, einer Kontermutter und einem Teller, welcher mittels eines Kugelgelenkes mit der Gewindespindel verbunden ist. Die Gewindespindel und der Teller werden als Kaufteile der Fa. Norelem ausgeführt. Die Kugelgelenk-Lagerung bietet die Möglichkeit, Bodenunebenheiten auszugleichen. Des Weiteren ist die Möglichkeit gegeben, Höhenunterschiede auf der Aufstellfläche auszugleichen.

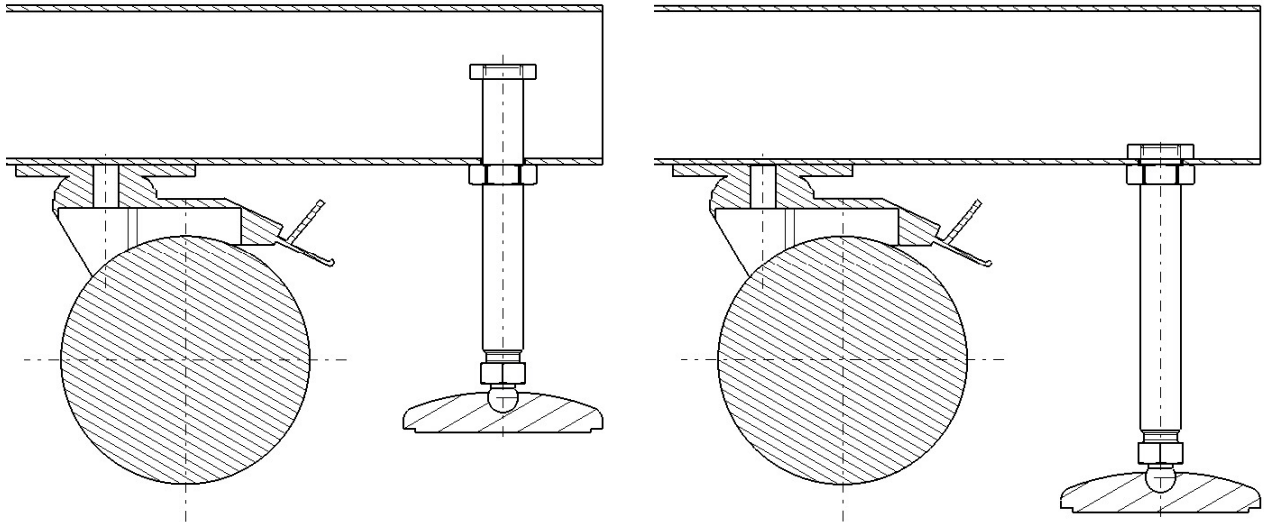


Bild 25: Gelenkfüße eingefahren (links) und in ausgefahrenem Zustand (rechts)

Wie in Bild 25 zu sehen ist, werden die Gelenkfüße in eine an der Unterseite des Vierkantprofils angeschweißte Mutter eingeschraubt. Auf die Gewindespindel ist ein Zapfen aufgeschweißt. Dieser Zapfen schlägt bei vollständig ausgefahrenem Gelenkfuß an die Innenfläche des Vierkantprofils an. Somit ist eine definierte Endlage geschaffen. Ist die Sitzgruppe zur gewünschten Aufstellposition gerollt, können die Füße soweit herausgedreht werden, dass sie weiter herausragen als die Rollen und somit das einzig tragende Element der Konstruktion darstellen. Durch eine Anti-Slip-Platte aus thermoplastischem Elastomer stehen die Füße auch auf glatten Untergründen, wie gefliesten Böden oder Marmorplatten rutschsicher.

3.4.1.3 Abdeckblech

Um den unteren Aufbau der Sichtbarkeit sowie dem unberechtigten Zugriff zu entziehen, wird eine Abdeckung durch Stahl-Tränenblech angebracht. Die Tränen gewährleisten die Rutsicherheit beim Betreten der Abdeckung auch bei feuchter Witterung. Außerdem ist solch eine Abdeckung notwendig, um die Stolperstellen unwirksam zu machen, welche zwischen den Spinnenarmen entstehen, und somit die geforderte Sicherheit erfüllen zu können. Bild 26 zeigt 4 verschiedene marktübliche Varianten.

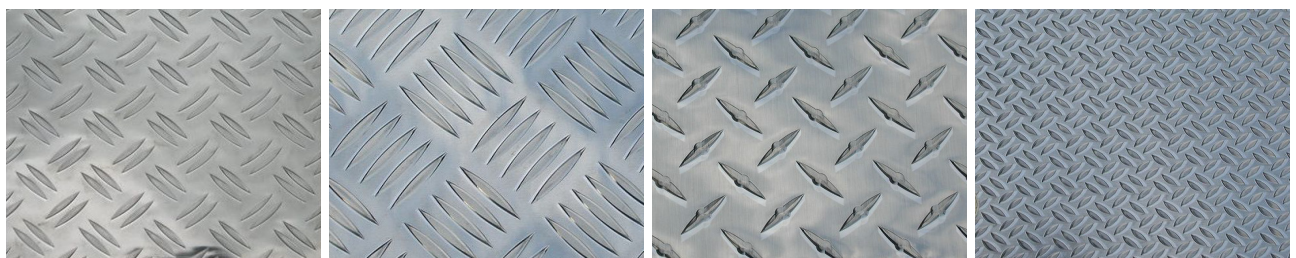


Bild 26: Duett-Design, Quintett-D., Diamant-D., Gerstenkorn-D. (v. l. nach r.)

Die kostengünstigste Variante ist dabei das Gerstenkorndesign, weshalb diese Form des Riffelbleches Anwendung in der Konstruktion findet.

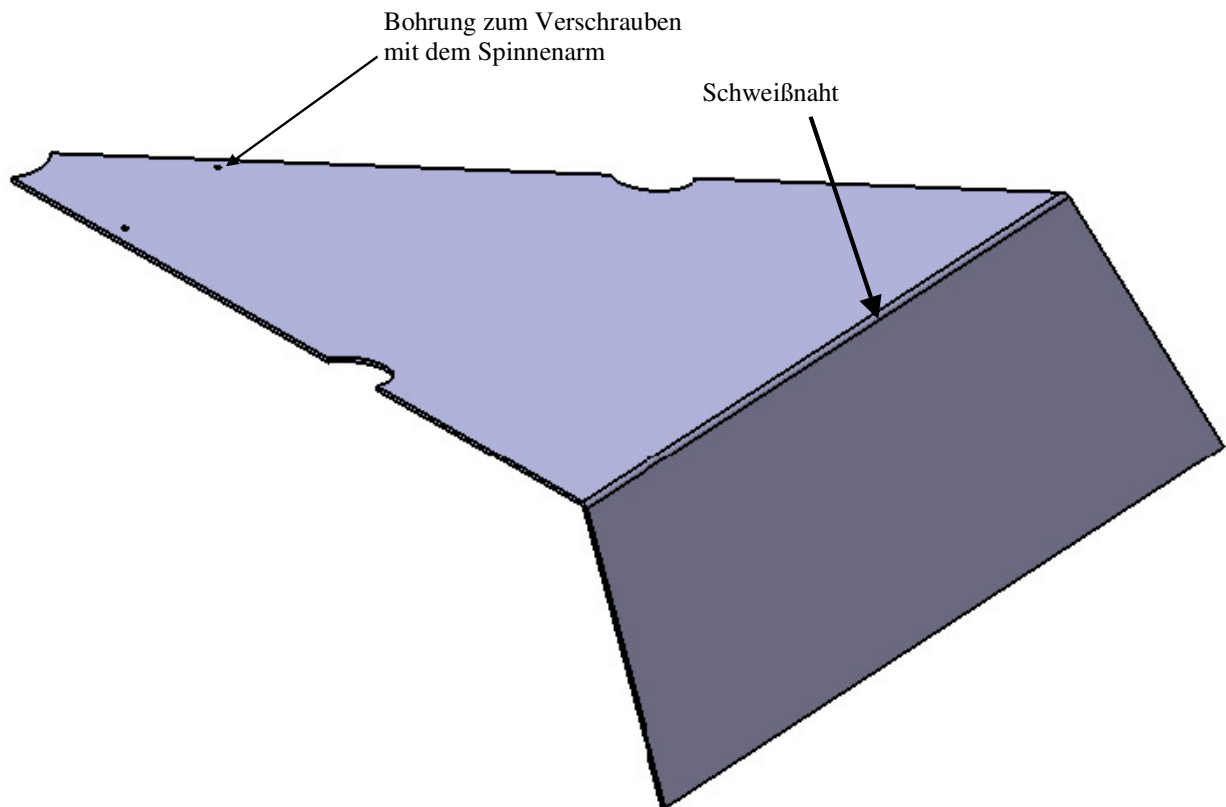


Bild 27: Abdeckblech

Es werden sechs einzelne, wie in Bild 27 dargestellte, Segmente gefertigt. Diese liegen jeweils auf zwei Spinnenarmen auf und werden dort verschraubt. Für die Verschraubung müssen Sicherheitsschrauben eingesetzt werden. Diese Sonderschrauben können nur mit Hilfe eines Spezialwerkzeuges gelöst werden, somit ist der Diebstahlschutz sichergestellt. Die Bodenbleche werden als Schweißbaugruppe ausgeführt. Durch Laserstrahlbrennschneiden werden die einzelnen Elemente aus der Blechtafel geschnitten. Eine Beschreibung des Verfahrens findet sich in Kapitel 3.2.7.3. Nach dem Ausrichten werden die Bauteile miteinander verschweißt.

3.4.2 Oberer Aufbau

Die Elemente der Bodengruppe werden durch die Abdeckung aus Stahl-Tränenblech der Sichtbarkeit und dem Zugriff durch Nutzer und Passanten entzogen. Der obere Aufbau hingegen befindet sich im sichtbaren Bereich. Die hier zur Anwendung kommenden Bauteile und Baugruppen sind deshalb in Fertigung und Konstruktion besonders im Hinblick auf ihre optischen Eigenschaften sorgfältig zu bearbeiten. Die Rohrelemente werden aus Rundrohrprofilen nach DIN 2448 gefertigt. Diese Teile werden nach dem Drehen, Biegen und Schweißen reinigungsgestrahlt und mit einer Pulverbeschichtung versehen. Diese ist aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit und Optik eine zwingende Maßnahme. Bei den steckbaren Elementen kann keine Pulverbeschichtung aufgebracht werden, da sonst die Passung unbrauchbar wird und ein Zusammenstecken der Teile nicht möglich ist. Auch die Auswahl einer größeren Passung trägt nicht zur Lösung des

Problems bei, denn die Schichtdicke einer Pulverbeschichtung ist sehr unregelmäßig. Weiterhin wird die Beschichtung durch mehrmaliges Auf- und Abbauen zerstört werden. Der Korrosionsschutz an entsprechender Stelle muss somit durch eine andere Maßnahme hergestellt werden. Abhilfe für das Problem kann durch temporäre Instandhaltungsarbeiten geschaffen werden. Dies führt dazu, dass Punkt 9 der Anforderungsliste nicht erfüllt werden kann. In Absprache mit dem Kunden ist dies jedoch zulässig.

3.4.2.1 Schweißbaugruppe Stützring

Der Stützring, zu sehen in Bild 28, besteht aus einem Innenring, den Speichen und einem Außenring. Weiterhin sind auf dem Außenring die Steckbuchsen aufgeschweißt, die zur Aufnahme der Sitzstützen dienen. Um die Speichen auf dem Innenring richtig für das Schweißen vorzupositionieren werden nach demselben Prinzip wie bei Baugruppe Steckmodul sechs Kreistaschen auf dem Umfang des Mittenrings eingefräst. Für die Prototypenfertigung ist das Ausrichten der Steckbuchsen per Hand durchzuführen. Im Hinblick auf eine spätere Serienfertigung des Produktes aber ist die Anfertigung einer Schweißvorrichtung zwingend erforderlich. Als Biegeverfahren für das Biegen von Teilen mit großen Radien über einen großen Drehwinkel, wie es bei dem Stützring der Fall ist, eignet sich besonders das in Kapitel 3.2.7.1 beschriebene 3-Rollen-Biegen. Der Ring kann durch Biegen fast geschlossen werden, der bleibende Spalt wird durch Schweißen verschlossen. An den Stellen, wo Steckbuchsen und Speichen auf dem Ring aufsitzen, werden Radien durch Drahterodieren bei der Fa. Albert Schmutzler GbR hergestellt.

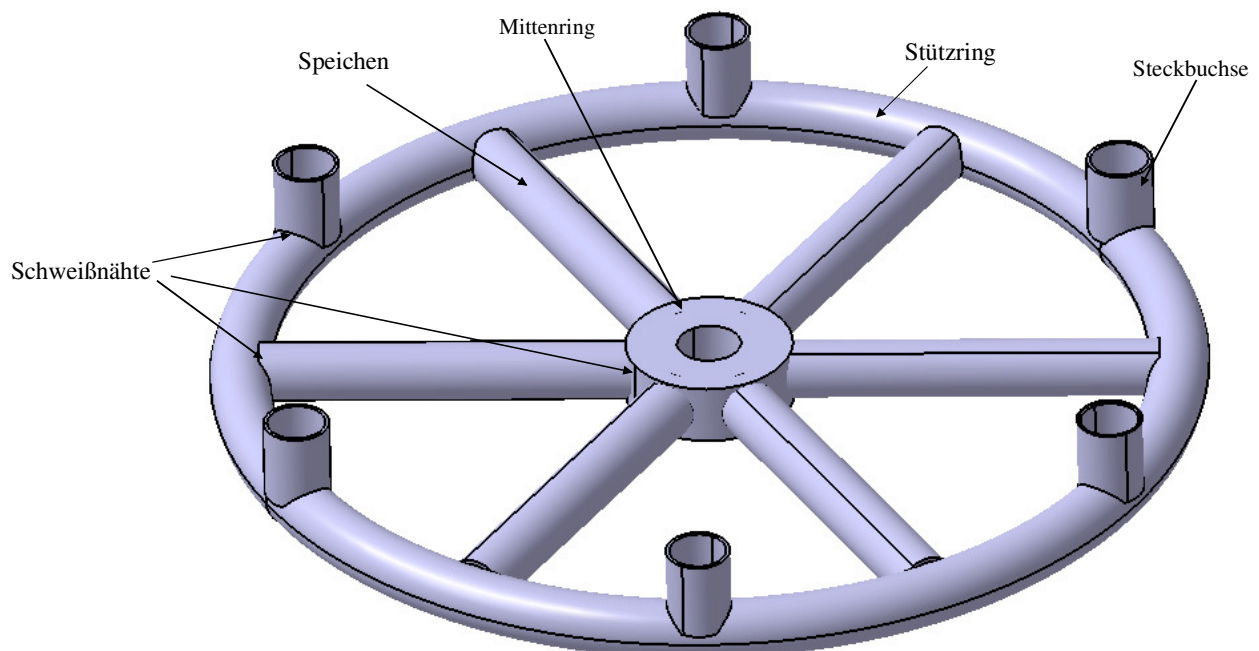


Bild 28: Schweißbaugruppe Stützring

3.4.2.2 Schweißbaugruppe Sitzstütze

Die Schweißbaugruppe Sitzstütze besteht aus Außenstütze, Hauptstütze und der Sitzplatte. Dabei werden Außenstütze, Sitzplatte und Hauptstütze miteinander verschweißt (siehe Bild 29). Bei der Endmontage wird später der Sitz mit der Sitzplatte verschraubt. Dabei muss eine der vier Schrauben eine Sicherheitsschraube sein, um den Diebstahlschutz zu gewährleisten. Aus Kostengründen wird darauf verzichtet, alle Schrauben als Sicherheitsschrauben auszuführen.

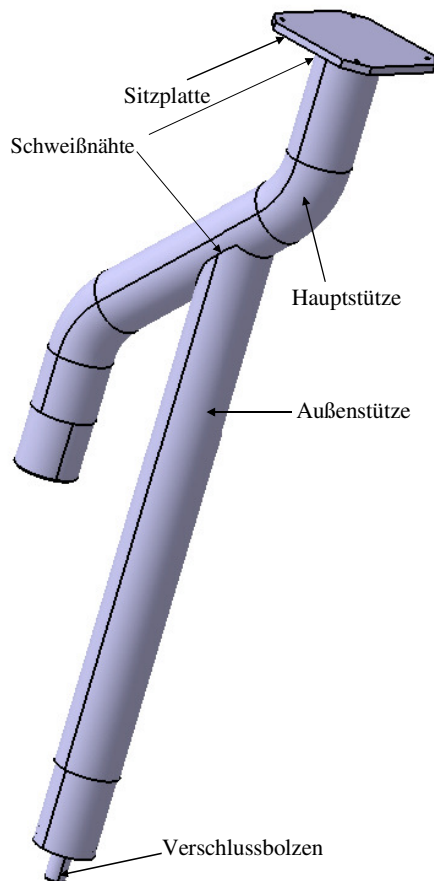


Bild 29: Schweißbaugruppe Sitzstützen

Die Hauptstütze der Baugruppe wird in eine Steckbuchse auf dem Stützring gesteckt. Die Außenstütze muss anschließend in die Ausfräsung am Spinnenarm eingeführt werden. In der Variantenkonstruktion wurde die Verriegelung der Außenstütze mit dem Spinnenarm durch einen Rastbolzen realisiert (Bild 17, S.22). Bei der Detailkonstruktion wird davon abgesehen. Grund dafür ist, dass die Durchgangsbohrung für den Rastbolzen im Spinnenarm, sowie die Passbohrung in der Außenstütze, die den Kopf des Rastbolzens aufnimmt im Zusammenbau gebohrt werden müssen. Fertigungstechnisch gesehen ist dies aber eine nicht vertretbare Lösung, auch beim Prototypenbau. Eine sinnvollere Variante der Verriegelung ist die mittels eines Verschlussbolzens, wie es schon während der Variantenkonstruktion für die Tischstütze vorgesehen war (Bild 19, S.23).

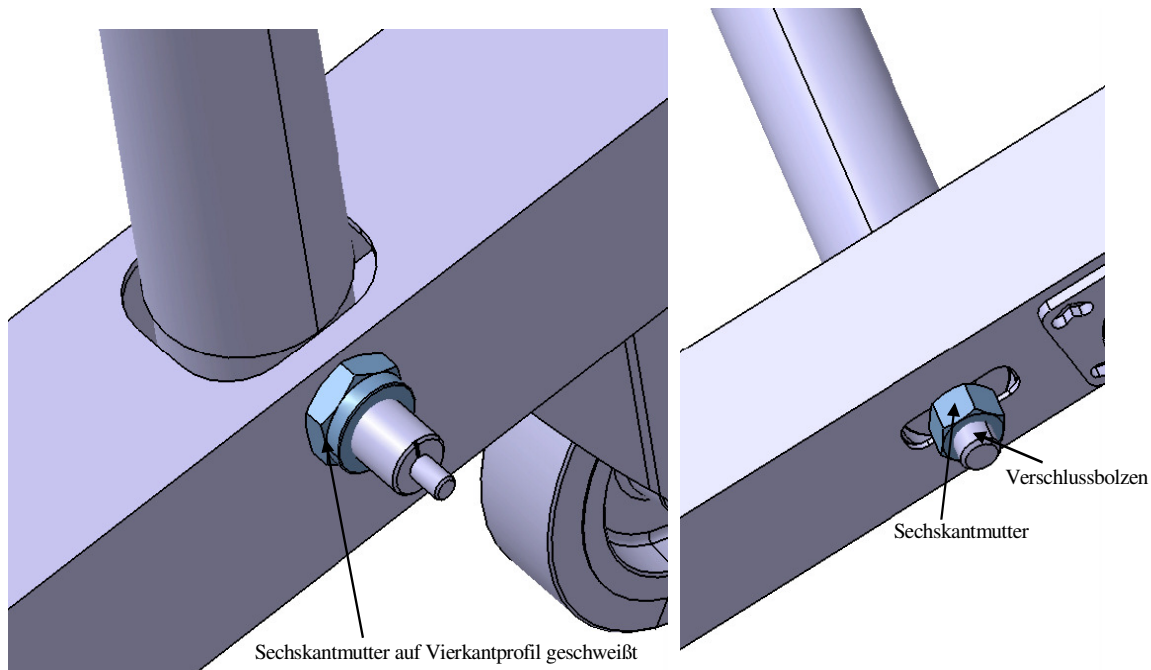


Bild 30: Verriegelungsvarianten im Vergleich

Das Ende der Außenstütze wird mit einer Passung versehen, um eine saubere Steckverbindung mit dem Durchbruch im Vierkantprofil herzustellen (siehe Bild 30). Bei der Hauptstütze erfolgt die Herstellung des Passmaßes mittels Fräsen, da ein variierender Außendurchmesser beim Biegen der Rohre zu Problemen führt. Die Fräsarbeit wird auf einer Waagrechtfräsmaschine durchgeführt, da das Rohr eine Höhe von 518mm hat, was ein Spannen und senkrecht Bearbeiten unmöglich macht.

3.4.3 Distanzelement

Das Distanzelement stellt die Verbindung zwischen Steckmodul und Stützring dar, weiterhin dient es als Aufnahme für die Tischstütze.

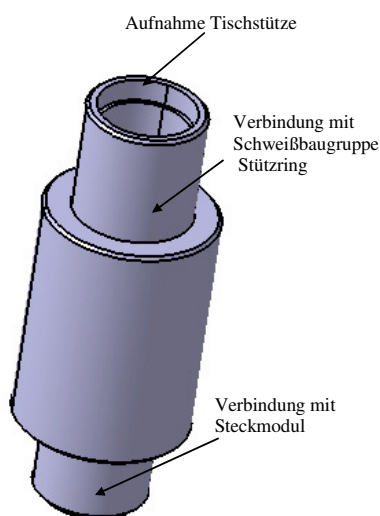


Bild 31: Distanzelement

An beiden Enden des Bauteiles werden Absätze mit Passung hergestellt (siehe Bild 31).

Hier erfolgt die Steckverbindung mit Steckmodul und Stützring. Zur Aufnahme der Tischstütze wird das Distanzelement innen ausgedreht. Die Tischstütze wird nun, wie schon in Bild 19, S.23 dargestellt, durch den Gewindebolzen, welcher mit einer Mutter verschraubt wird, arretiert.

3.4.4 Schweißbaugruppe Tischstütze

Bild 23 zeigt die Tischstütze, welche aus einem geraden Stahlrohr gefertigt wird, auf welches ein Flansch angeschweißt wird. Dieser Flansch dient der Auflage und dem Verschrauben der Tischplatte.

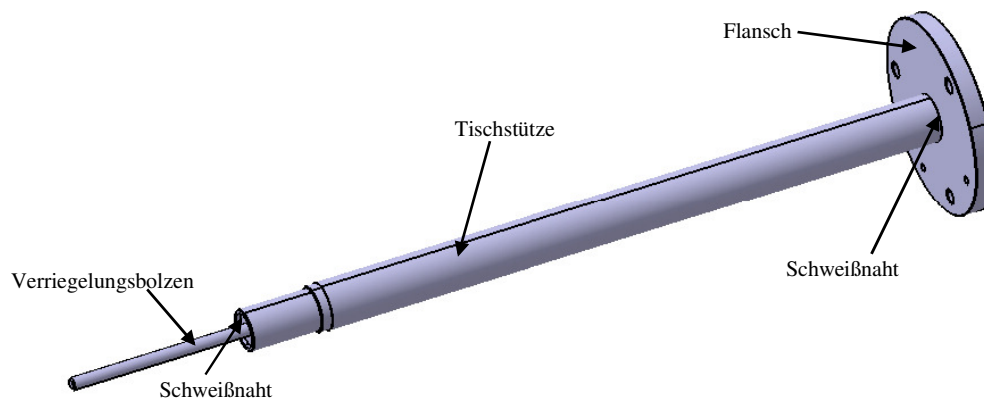


Bild 32: Schweißbaugruppe Tischstütze

Vor dem Verschweißen wird die Tischstütze am unteren Ende abgedreht, um die für die Steckverbindung mit dem Distanzelement notwendige Passung herzustellen. Auch am oberen Ende wird der Durchmesser verringert, um den Flansch zum Anschweißen vorpositionieren zu können. Der Flansch enthält drei Senkungen für Schrauben mit Zylinderkopf. Außerdem werden noch zwei Sicherheitsschrauben zum Diebstahlschutz angebracht.

3.4.5 Tischplatte

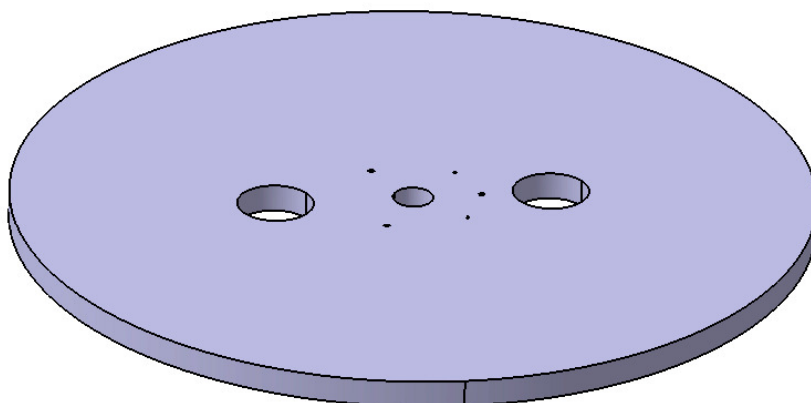


Bild 33: Tischplatte

Die in Bild 33, S.37 zu sehende Tischplatte wird als Sandwichkonstruktion ausgeführt.. Dabei wird ein Aluminiumschaumkern (siehe Kapitel 3.2.7.4) zwischen zwei Edelstahlplatten verklebt.

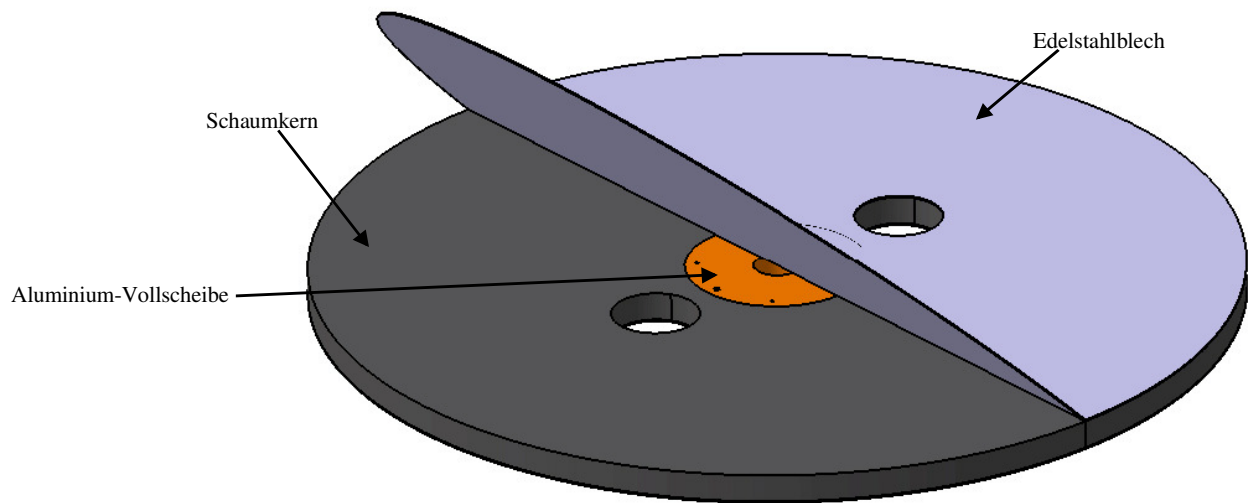


Bild 34: Sandwich in aufgeklappter Ansicht

Bild 34 zeigt die Tischplatte mit aufgeklappter Deckplatte. Die Aluminiumscheibe im Zentrum des Schaumkerns hat dabei die Aufgabe, die Gewinde für die Verschraubung der Tischplatte mit dem Flansch aufzunehmen. Die beiden in Bild 34 erkenntlichen Ausfräsungen dienen der Aufnahme von Aschenbechern. Diese Aschenbecher sind als Tiefziehnäpfe ausgeführt. Die Fertigung der Tischplatte erfolgt im Schaumzentrum des Fraunhofer IWU. Auch die Aschenbecher können intern gefertigt werden, da im Versuchsfeld Umformtechnik bereits entsprechende Tiefziehwerkzeuge vorhanden sind.

4 Mechanische Festigkeitsberechnung

Für die Sitzgruppe ist eine statische Festigkeitsberechnung an den kritischen Stellen durchzuführen, was nach Möglichkeit unter Zuhilfenahme der Arbeitsumgebung „Generative Structural Analysis“, welche in CATIA V5 integriert ist, geschieht. Diese Arbeitsumgebung ermöglicht die Durchführung von Berechnungen mittels der Finite-Elemente-Methode. Die Finite-Elemente-Methode (abgekürzt: FEM) ist ein numerisches Standardverfahren zur Berechnung von komplizierten Strukturen und heutzutage alltägliches Hilfsmittel im physikalischen und technischen Bereich. Die FEM-Anwendungen werden dabei vorwiegend zur Lösung folgender Probleme hinzugezogen:

- Statische Analysen
- Dynamische Problemstellungen
- Frequenz- und Beulanalysen
- Temperaturfeldberechnungen
- Probleme der Strömungsmechanik
- Ermüdungsanalysen
- Elektro-magnetische Analysen

Grundprinzip der FEM ist dabei die Aufteilung der komplexen Problemstellung in viele kleine Teilprobleme (Vernetzung), welche einfacher berechnet werden können. Die FEM-Anwendungen stellen unterschiedliche Elementtypen zur Durchführung der Berechnungen zur Verfügung. Diese sind dabei:

- 1D- oder Linienelement (z.B. Stab oder Balken)
- 2D- oder Flächenelement (z.B. Scheibe oder Schale)
- 3D-oder Volumenelement (z.B. Tetraeder oder Hexaeder)

Balkenelemente werden z.B. bei der Berechnung von Fachwerken eingesetzt. Die Balkenelemente stellen dabei lange und schlanke Strukturen dar. So setzt man diese Elemente bevorzugt bei der Berechnung von Kranträgern ein.

Zur Berechnung sehr dünnwandiger Bauteile werden Schalenelemente eingesetzt. Diese finden dann z.B. Anwendung bei der Berechnung von Bauteilen im Dünnblechbereich.

Im Fall der Sitzgruppe ist auf die Volumenelemente zurückzugreifen. Die Konstruktion besteht aus massiven Elementen, die mit Volumenelementen berechnet werden. Auch die Rohrprofile können als dickwandig angesehen werden.

Die vorliegende Konstruktion wird auf Spannungen und Verformungen untersucht. Einfache Geometrien können per Handrechnung untersucht werden. Komplizierte Probleme werden mittels FEM analysiert. Der erste Schritt bei der FEM-Analyse ist die

Modellerstellung, oder auch Pre-Processing genannt. Hierbei wird die bereits erzeugte 3D-Geometrie für den 2. Schritt, die Berechnung (Analyse), vorbereitet. Dabei werden Randbedingungen deklariert, die beschreiben, wie das Bauteil gelagert ist. Weiterhin wird die Art der Belastung festgelegt, ob beispielsweise eine Streckenlast oder eine punktförmige Krafteinleitung vorliegt. Es können Verbindungen wie Schweißnähte und Schraubenverbindungen definiert werden. Ist das Modell komplett erstellt, kann die Berechnung durchgeführt werden. Sehr großen Einfluss auf die Dauer der Berechnung und die Genauigkeit der Ergebnisse hat dabei die Wahl der Vernetzung. Meist ist es notwendig, die Berechnung mehrfach mit einer unterschiedlichen Vernetzung durchzuführen, um den Einfluss von Netzdichte und Wahl des Elementtyps (linear oder parabolisch) auf das Ergebnis beurteilen zu können. Nach der Berechnung müssen die Ergebnisse dargestellt werden. Diesen Schritt nennt man auch Postprocessing. Dargestellt wird der Vergleichsspannungszustand nach von Mises (Gestaltänderungsenergiehypothese), so wie es im Maschinenbau bei Vorliegen duktiler Werkstoffe wie Stahl, üblich ist. Die Gleichung zur Berechnung der von Mises-Vergleichsspannung lautet:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot ([\sigma_1 - \sigma_2]^2 + [\sigma_2 - \sigma_3]^2 + [\sigma_3 - \sigma_1]^2)} \quad (1)$$

Mit der Vergleichsspannung ist es möglich, den dreidimensionalen Spannungszustand (Normal- und Schubspannungen) als eine einachsige fiktive Spannung darzustellen, welche dann mit den Werten aus dem Zugversuch verglichen werden kann.

4.1 Berechnung der Bodengruppe

4.1.1 Belastung

Die Bodengruppe als tragendes Element der Konstruktion ist der größten Belastung ausgesetzt. Auf das Steckmodul wird zentral die Gewichtskraft des oberen Aufbaus eingeleitet. Aus der Masse berechnet sich die Gewichtskraft nach:

$$F_G = m \cdot g \quad (2)$$

Die Masse für den oberen Aufbau wird in CATIA V5 angezeigt und beträgt $m_{\text{Aufbau}} = 119 \text{ kg}$. Somit berechnet sich die Gewichtskraft des oberen Aufbaus aus:

$$F_{G_{\text{Aufbau}}} = m_{\text{Aufbau}} \cdot g \quad (3)$$

$$F_{G_{\text{Aufbau}}} = 119 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\underline{\underline{F_{G_{\text{Aufbau}}} = 1167 \text{ N}}}$$

Weiterhin tragen die Spinnenarme die Sitze und nehmen damit auch die Gewichtskraft des Nutzers auf. Um das Körpergewicht definieren zu können muss auf DIN 33402-2 /8/

zurückgegriffen werden. Diese Norm beinhaltet eine Tabelle, die das Körpergewicht in Abhängigkeit von Altersgruppen, Perzentilen und Geschlecht auflistet (siehe Tabelle 4). Die Untersuchung umfasst alle in der Bundesrepublik Deutschland wohnhaften Personen.

Tabelle 4: Körpermasse (Körpergewicht) /8, S. 8/

Altersgruppen Jahre	Körpermasse (Körpergewicht) kg					
	Männer			Frauen		
	Perzentil					
	5	50	95	5	50	95
18–65	63,5	79,0	100,0	52,0	66,0	87,0
18–25	59,5	72,5	95,0	49,0	60,0	78,5
26–40	63,5	78,5	101,0	50,5	63,5	86,5
41–60	65,0	82,0	102,5	54,0	69,5	90,5
61–65	64,0	81,0	97,5	54,5	70,5	89,0

Die Konstruktion wird auf die Altersgruppe der 18- bis 65-jährigen ausgelegt. Dabei wird die Körpermasse des 95. Perzentils der Männer gewählt, da es die größte Masse ergibt. Das 95. Perzentil bedeutet, dass nur 5% der Werte über diesem Grenzwert liegen. Dieser Wert stellt also die größte anzunehmende Belastung dar. Die eingeleitete Kraft über die Sitze errechnet sich nach Gl. (4):

$$F_{G_{Person}} = m_{Person} \cdot g \quad (4)$$

$$F_{G_{Person}} = 100\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\underline{\underline{F_{G_{Person}} = 981\text{N}}}$$

Diese Kraft wird allein von den Gelenkfüßen getragen. Es ist demnach eine Überprüfung der Gelenkfüße hinsichtlich ihrer Knicksicherheit durchzuführen.

4.1.2 Berechnung der Knicksicherheit

Die Belastungsskizze in Bild 35 auf Seite 42 zeigt die Kräfte an zwei Spinnenarmen. Da insgesamt sechs Spinnenarme existieren greift nur ein Drittel der Gewichtskraft des oberen Aufbaus an.

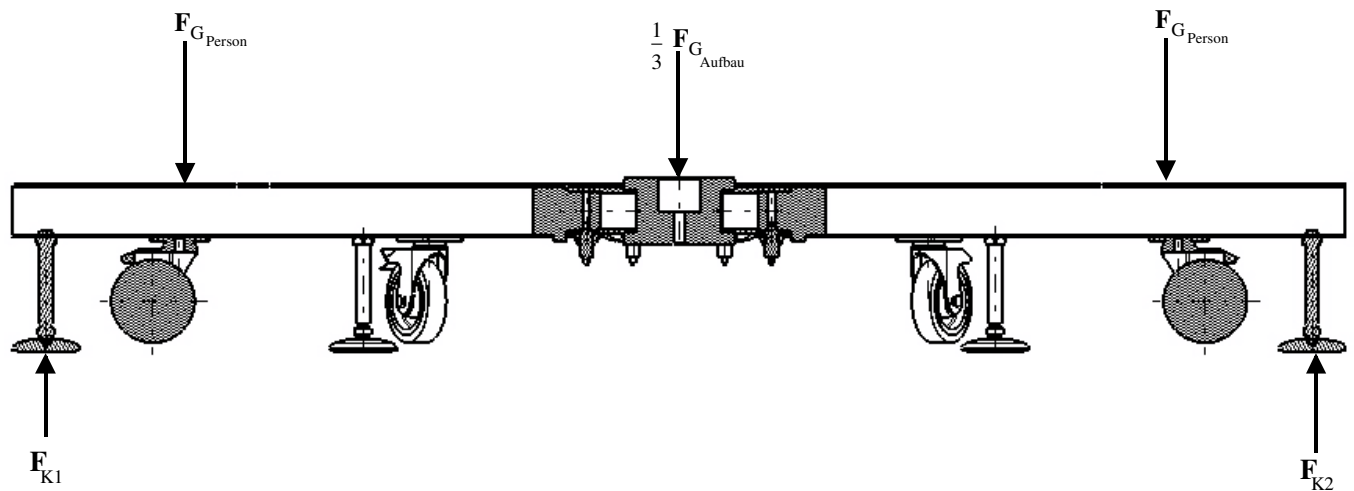


Bild 35: Belastungsskizze unterer Aufbau

Aufgrund der Symmetrie sind die auf die Gelenkfüße wirkenden Knickkräfte äquivalent.

Es ergibt sich also für die Berechnung der Knickkraft F_K :

$$F_K = F_{G_{Person}} + \frac{1}{6} F_{G_{Aufbau}} \quad (5)$$

$$F_K = 981N + \frac{1}{6} \cdot 1167N$$

$$\underline{F_K = 1,2kN}$$

Die zulässige Knickkraft wird im technischen Datenblatt für die Gewindespindeln der Fa. Norelem angegeben (siehe Anlage A) und beträgt:

$$F_{K_{zul}} = 24,3kN$$

Die Sicherheitszahl errechnet sich aus:

$$S_K = \frac{F_{K_{zul}}}{F_K} \quad (6)$$

$$S_K = \frac{24,3kN}{1,2kN}$$

$$\underline{\underline{S_K = 20,3}}$$

Die vorhandene Knicksicherheit liegt deutlich über der erforderlichen Sicherheit. Die Gewindespindeln können demnach eingesetzt werden.

4.1.3 Überprüfung Flächenpressung Vierkantprofil

Die Gewichtskraft der sitzenden Person wird über die Sitzstützen auf das Vierkantprofil eingeleitet. Die Wirkstelle wird in Bild 36 auf Seite 43 dargestellt.

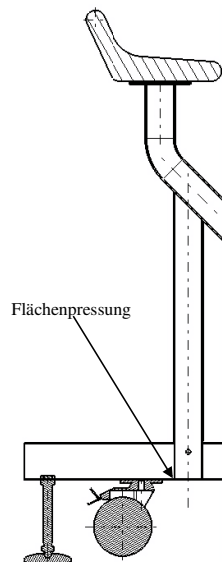


Bild 36: Flächenpressung zwischen Außenstütze und Vierkantprofil

Da die auf dem Vierkantprofil aufliegende Querschnittsfläche der Außenstütze sehr gering ist, wird die Flächenpressung an dieser Stelle als kritisch eingestuft, und muss untersucht werden. Laut /9, S.42/ beträgt die Flächenpressung für ruhende Bauteile aus S235:

$$p_{zul} = 140 \dots 160 \frac{N}{mm^2}.$$

Die vorhandene Flächenpressung ergibt sich aus:

$$p = \frac{F}{A} \quad (7)$$

Die Fläche für einen rohrförmigen Querschnitt wird mit Gl. (8) berechnet:

$$A_{Rohr} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad (8)$$

$$A_{Außenstütze} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{Außenstütze}^2 - d_{Außenstütze}^2) \quad (9)$$

$$A_{Außenstütze} = \frac{\pi}{4} \cdot ([62mm]^2 - [57,1mm]^2)$$

$$\underline{A_{Außenstütze} = 458,4mm^2}$$

Jetzt kann die Flächenpressung berechnet werden:

$$p_{Außenstütze} = \frac{F_{G_{Person}}}{A_{Außenstütze}} \quad (10)$$

$$p_{Außenstütze} = \frac{981N}{458,4mm^2}$$

$$\underline{\underline{p_{Au\beta enst\ddot{u}tze} = 2,1 \frac{N}{mm^2} < p_{zul} \quad \text{i. O.}}}$$

Die Sicherheit berechnet sich aus:

$$S = \frac{p_{zul}}{p_{vorh}} \quad (11)$$

$$S = \frac{p_{zul}}{p_{Au\beta enst\ddot{u}tze}} \quad (12)$$

$$S = \frac{140 \frac{N}{mm^2}}{2,2 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{S = 63,6}}$$

Die Sicherheit gegen plastische Verformung durch Flächenpressung weist einen sehr hohen Wert auf. Die Flächenpressung kann somit als nicht-kritische Belastung eingestuft werden.

4.1.4 Berechnung Abdeckblech

Ein weiteres zu untersuchendes Element ist das Abdeckblech. Das Tränenblech aus Stahl sollte mit geringer Dicke ausgeführt werden, um die Masse der Teile möglichst niedrig zu halten und somit ein einfaches und sicheres Handling der Teile zu gewährleisten. Eine Handrechnung ist nur unter enormen Zeitaufwand möglich. Für dieses Element kann keine Berechnung der Biegespannung, wie sie im Maschinenbau angewendet wird, durchgeführt werden. Hier muss die Plattentheorie zur Anwendung kommen, eine Berechnungsmethode aus dem Bereich der Baustatik. Aus diesen Gründen wird hier auf die FEM als Hilfsmittel zurückgegriffen.

Tabelle 5: Pre-Processing Abdeckblech

Pre-Processing		
Randbedingungen:	Feste Einspannung: Vierkantprofile	
	benutzerdefinierte Randbedingung: (Abdeckblech)	
Verbindungen:	Kontaktbedingung Abdeckblech-Vierkantprofil	
Lasten:	Verteilte Last $F=981N$ auf Fläche $A=1964mm^2$	
Verbindungsnetz (Abdeckblech):	Elementgröße:	30mm
	absoluter Durchhang:	3mm
	Elementtyp:	parabolisch

Tabelle 5 listet die Einstellungen, welche bei der Modellerstellung gemacht wurden, auf. Es wird dabei angenommen, dass ein einzelner Mensch das Abdeckblech mit einem Fuß betritt. Die Kraft wird also auf eine kreisförmige Fläche mit dem angenommenen Durchmesser $d_{Fu\beta} = 50mm$ aufgebracht. Die belastete Fläche ergibt sich demnach aus:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (13)$$

$$A_{\text{Fläche}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{Fuß}}^2 \quad (14)$$

$$A_{\text{Fläche}} = \frac{\pi}{4} \cdot (50\text{mm})^2$$

$$\underline{\underline{A_{\text{Fläche}} = 1963\text{mm}^2}}$$

Ein Zylinder mit dieser Grundfläche und kleiner Höhe muss an entsprechender Stelle mit in das Modell eingebunden sein, nur so kann man die Belastung auf diese Fläche einleiten. Ohne die Einbindung dieses fiktiven Zylinders würde sich die Belastung auf die gesamte in der x-y-Ebene liegende Fläche des Bleches verteilen. Die Vierkantprofile sind mit in das Modell eingebracht, sie dienen als Auflage für das Blech. Bei der Simulation wird davon ausgegangen, dass das Blech nur auf den Vierkantrohren aufliegt, die Verschraubung wird nicht mit berechnet. Dieser Sachverhalt hat den Hintergrund, dass die Schrauben später nur zur Fixierung der Bleche dienen sollen und nicht zur Aufnahme von Kräften. Die Vierkantprofile werden als an ihrer Unterseite fest eingespannt betrachtet.

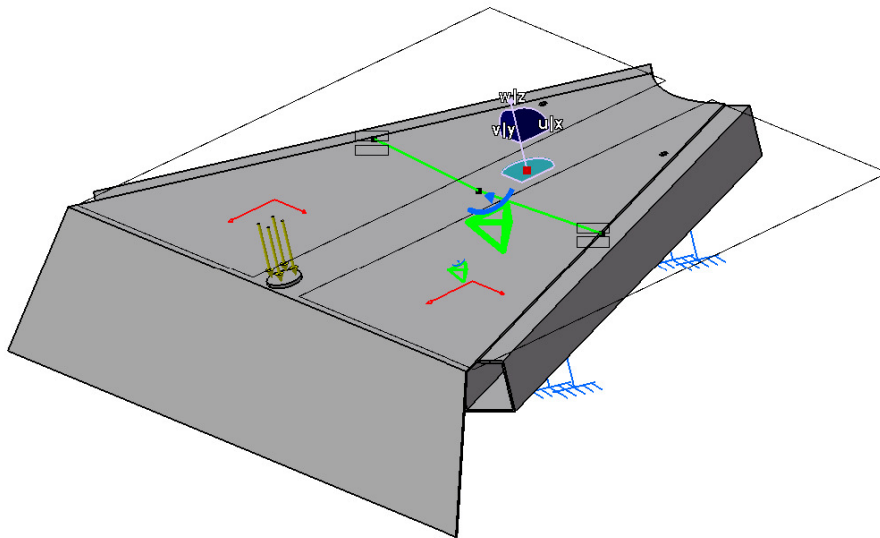


Bild 37: Pre-Processing Abdeckblech

Die Fixierung der Bleche auf den Vierkantprofilen wird im Pre-Processing durch eine benutzerdefinierte Randbedingung dargestellt, welche eine Verschiebung des Bleches innerhalb der x-y-Ebene verhindert. In Abbildung 37 ist diese benutzerdefinierte Randbedingung durch die roten Pfeile auf der Modelloberfläche dargestellt. Der dritte translatorische Freiheitsgrad muss beibehalten werden, um die Verformung, welche in z-Richtung läuft, simulieren zu können. Da bei dieser Simulation nur die Verformungen und die Spannungen im Abdeckblech relevant sind, werden die Vierkantprofile nur sehr grob vernetzt, was der Verminderung der Rechenzeiten dient. Das Abdeckblech wird mit

parabolischen Elementen vernetzt. Diese haben eine Größe von 30mm und einen absoluten Durchhang von 3mm. Nach Abschluss des Pre-Processing folgt jetzt die Berechnung.

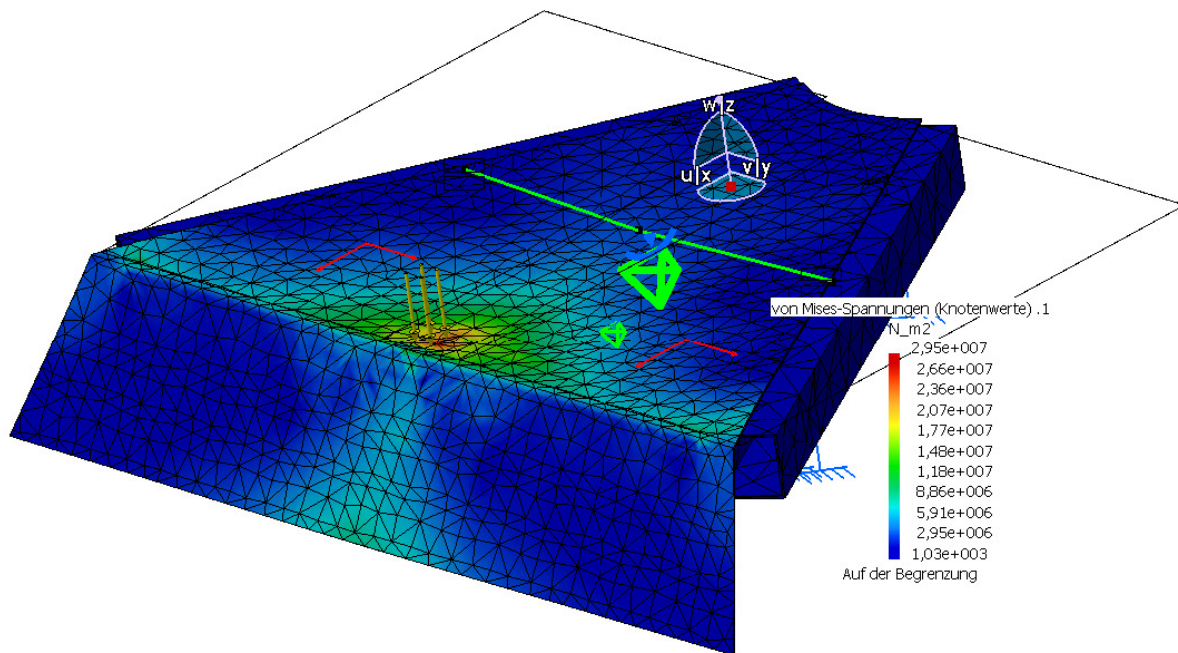


Bild 38: von Mises-Spannungen Abdeckblech

Im Post-Processing wird die Spannungsverteilung im Falschfarbenbild dargestellt. Der Spannungswert der verschiedenen Einfärbungen ist auf der Skala rechts in Bild 38 abzulesen. Es ergibt sich eine Maximalspannung von $\sigma_{\max \text{ Blech}} = 2,95 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$, was einem Wert von $\sigma_{\max \text{ Blech}} = 29,5 \frac{N}{mm^2}$ entspricht. Im statischen Belastungsfall beträgt die Biegefließgrenze $\sigma_{bF} = 330 \frac{N}{mm^2}$ für den Werkstoff S235 /9, S. 41/. Die Sicherheitszahl errechnet sich nun aus:

$$S = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{ertr}} \quad (15)$$

$$S_{Blech} = \frac{\sigma_{bF \text{ Blech}}}{\sigma_{\max \text{ Blech}}} \quad (16)$$

$$S_{Blech} = \frac{330 \frac{N}{mm^2}}{29,5 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{S_{Blech} = 11,2}}$$

4.2 Berechnung der Sitzstützen

Die Sitzstützen dienen der Lastaufnahme der darauf sitzenden Person. Die Gewichtskraft dieser Person wird dabei vom Sitz als Krafteinleitungsstelle über das Rohrprofil auf das Vierkantprofil übertragen. Die Steckverbindung mit der Steckbuchse auf dem Stützring dient nur zum Abfangen des entstehenden Momentes, welches durch die Gewichtskraft der sitzenden Person hervorgerufen wird. Spannungsspitzen werden in Schweißnaht zwischen Haupt- und Außenstütze erwartet.

Tabelle 6: Pre-Processing Sitzstützen

Pre-Processing		
Randbedingungen:	Flächenloslager: Steckverbindung mit Steckbuchse	
	benutzerdefinierte Randbedingung: Auflage in Vierkant	
Verbindungen:	Nahtschweißverbindung: Hauptstütze-Außenstütze	
Lasten:	verteilte Last auf Hauptstütze	
Netz (Hauptstütze u. Außenstütze)	Elementgröße:	30mm
	absoluter Durchhang:	3mm
	Elementtyp	parabolisch
Netz (Nahtschweißverbindung)	max. Lücke	5mm
	Netzschriftweite	5mm
	Breite	2mm

Tabelle 6 zeigt die vorgenommenen Einstellungen im Pre-Processing. Diese sind bildlich in Abbildung 39 dargestellt. Das Flächenloslager stellt die Steckbuchse des Stützringes als virtuelles Teil dar. Somit sind alle rotatorischen Freiheitsgrade, abgesehen der Drehung der Sitzstützen um die Achse des Flächenloslagers, sowie die Freiheitsgrade in x- und y-Richtung gebunden. Eine benutzerdefinierte Randbedingung simuliert die Auflage der Außenstütze auf dem Vierkantprofil. Damit ist die Bewegung in z-Richtung eingeschränkt. Der letzte Freiheitsgrad, Rotation der Baugruppe um das Flächenloslager, wird in der realen Baugruppe durch das Anstoßen der Außenstütze an das Vierkantprofil auf Höhe des ausgefrästen Durchbruchs erreicht. Im Simulationsmodell wird dafür die benutzerdefinierte Randbedingung um eine Einschränkung der Verschiebung in x-Richtung erweitert.

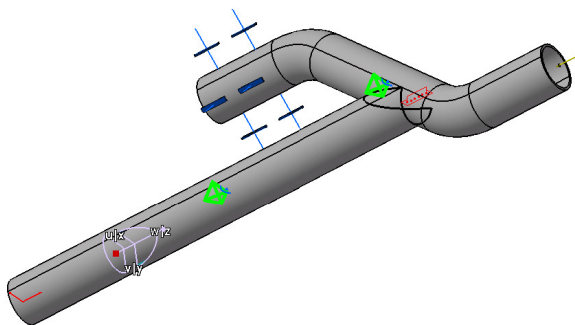


Bild 39: Pre-Processing Sitzstützen

Die ertragbare Spannung der Schweißnaht muss nun bestimmt werden. Dazu werden die Tabellen für die Ausführung von Schweißverbindungen im Maschinenbau nach DS 952 /10, TB 6-12, TB 6-13/ herbeigezogen. Es wird die Beanspruchungsart des Bauteils nach Bild 9 gewählt. Es handelt sich also um ein „durchlaufendes Bauteil, an das quer zur Krafrichtung Teile mit bearbeiteten DHV- (K-) Nähten angeschweißt sind“. Die ertragbare Spannung ist nun an Linie E5 in Tabelle TB 6-13 abzulesen. Da es sich um eine statische Belastung handelt, wird das Grenzspannungsverhältnis mit $\kappa=1$ angenommen. Die zulässige Spannung beträgt also: $\sigma_{zul} = 216 \frac{N}{mm^2}$. Die vorhandene Spannung wird aus dem Falschfarbenbild im Postprocessing ermittelt.

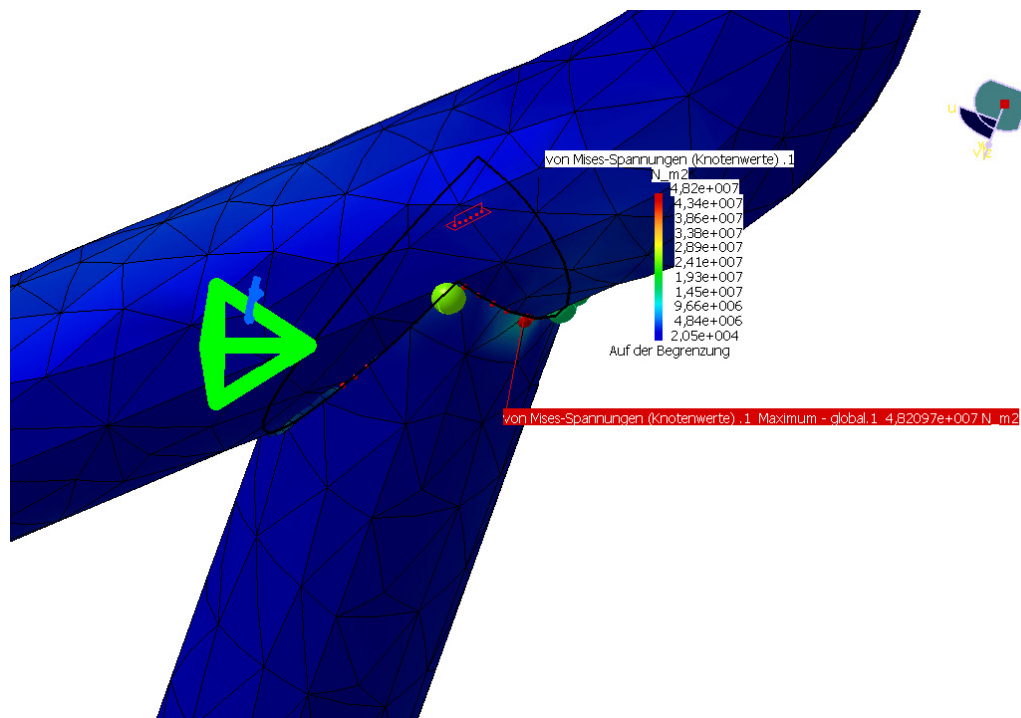


Bild 40: Post-Processing Sitzstütze

Die Spannungsspitzen bewegen sich erwartungsgemäß im Bereich der Schweißnaht. Die angezeigte maximale Vergleichsspannung beträgt dabei $\sigma_{\max \text{ Sitzstütze}} = 48,2 \frac{N}{mm^2}$. Die erforderliche Sicherheitszahl ergibt sich somit aus:

$$S_{\text{Sitzstütze}} = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{\max \text{ Sitzstütze}}} \cdot 1,5 \quad (17)$$

$$S_{\text{Sitzstütze}} = \frac{216 \frac{N}{mm^2}}{48,2 \frac{N}{mm^2}} \cdot 1,5$$

$$\underline{\underline{S_{\text{Sitzstütze}} = 6,72}}$$

Der Faktor 1,5 muss mit einbezogen werden, da die in TB 6-13 /10, S.66/ angegebene

ertragbare Spannung schon mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 verrechnet ist

4.3 Zusammenfassung der Berechnungen

Eine zusammenfassende Übersicht über die Ergebnisse der Berechnung finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Zusammenfassung Berechnungen

Zusammenfassung Festigkeitsberechnung	
Berechnetes Element	Sicherheit
Gewindespindel	20,7
Flächenpressung Vierkantprofil	63,6
Abdeckblech	11,2
Schweißnaht Sitzstützen	6,7

Bei den durchgeführten Berechnungen ergeben sich teilweise sehr hohe Sicherheitszahlen. Die Bauteile haben demnach ein großes Optimierungspotential hinsichtlich ihrer geometrischen Abmessungen. Auch eine.

5 Erstellen eines Arbeitsplans

5.1 Allgemeines

Die Erstellung präziser und vollständiger Fertigungsunterlagen ist zwingende Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der Konstruktion. Zu diesen Fertigungsunterlagen gehört neben Zeichnungen und der Stückliste auch ein Arbeitsplan. Die Erstellung des Arbeitsplans ist eine Kernkompetenz im Prozess der Arbeitsvorbereitung. Der Arbeitsplan enthält dabei alle notwendigen Informationen für die Fertigung der dem Produkt zugehörigen Einzelteile und Baugruppen. Zu diesen Informationen gehören:

- Fertigungseinrichtung
- Arbeitsschritte/-technologien
- Hilfsmittel
- Maschinen

Im Arbeitsplan wird der komplette Ablauf des Teiles vom Rohmaterial oder Halbzeug hin zum fertigen Produkt beschrieben. Für eine Serien- oder Kleinserienfertigung werden dem Arbeitsplan meist noch weitere Punkte hinzugefügt, wie Rüstzeiten und Stückzeiten.

5.2 Fertigungstechnologien

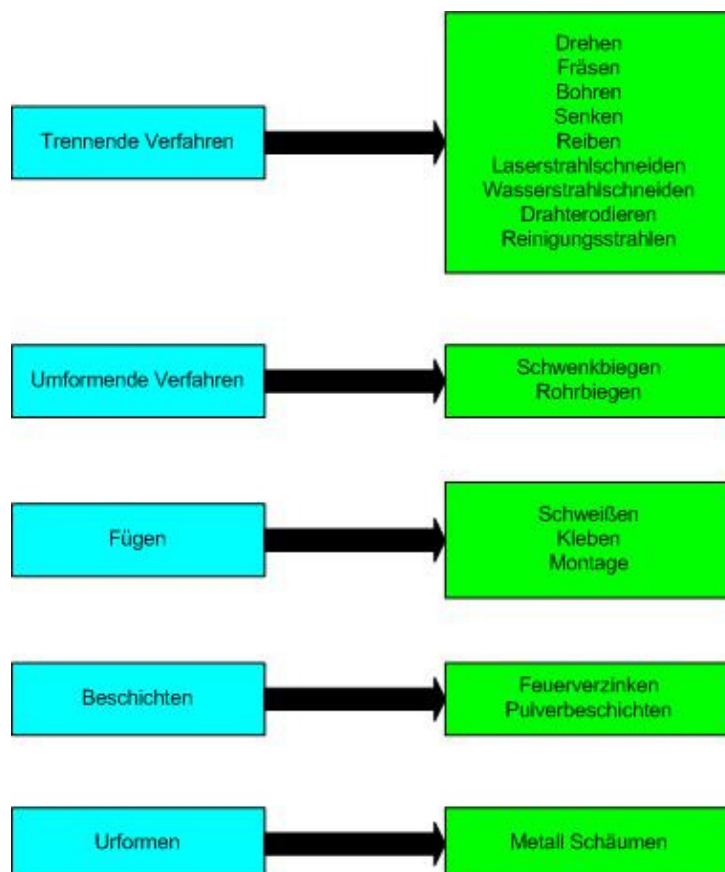


Bild 41: Übersicht Fertigungstechnologien

Bei der Fertigung des Produktes kommt es zu einer breiten Palette an Fertigungstechnologien. Bild 41 auf Seite 50 gibt eine Übersicht über die Verfahren.

Entsprechend der vor Ort bereit stehenden Technologien kann nur ein Teil der Fertigung intern durchgeführt werden. Dabei müssen insbesondere auch die zur Verfügung stehenden Maschinenkapazitäten berücksichtigt werden. Die extern zu fertigenden Teile werden auf regionale Zulieferer verteilt. Jedes Einzelteil wird mit einer oder mehreren der genannten Technologien bearbeitet.

5.3 Musterbeispiel Arbeitsplan

Bis zum fertigen Produkt durchlaufen die einzelnen Bauteile mehrere Stationen. Sie werden dabei unabhängig voneinander an verschiedenen Stationen durch unterschiedliche Verfahren behandelt.

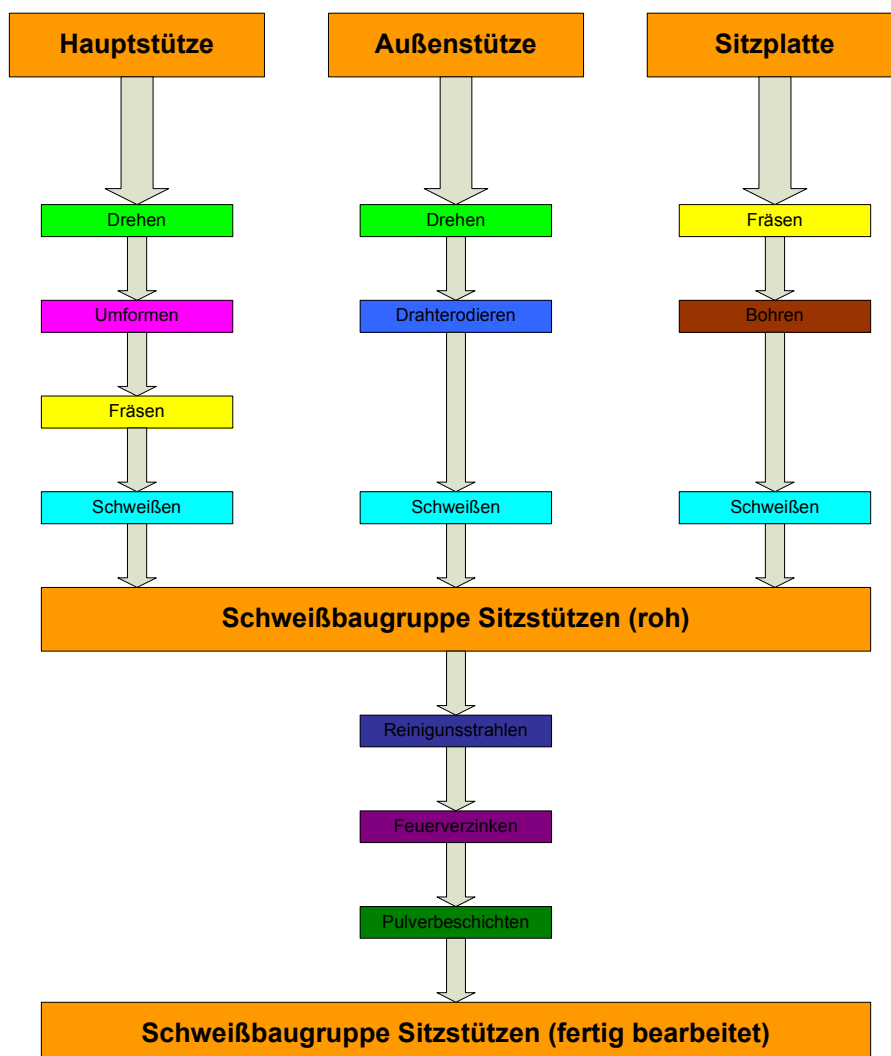


Bild 42: Arbeitsplanmuster am Beispiel der Schweißbaugruppe Sitzstützen

Abbildung 42 stellt einen Musterarbeitsplan am Beispiel der Schweißbaugruppe Sitzstützen dar, welche als die schwierigste Baugruppe hinsichtlich Fertigung angesehen werden kann. Im Bezug auf Terminologie und Logistik ist eine ständige Überwachung des Fertigungsstandes der Bauteile notwendig.

6 Bau und Bewertung des Prototypen

Der Prototyp dient als Anschauungsmodell, um eine mögliche industrielle Umsetzung untersuchen zu können. Probleme, die während der Fertigung auftreten, werden analysiert und es wird nach Lösungen gesucht. Der fertig gestellte Prototyp, zu sehen in Bild 43, wird hinsichtlich seines Vermögens untersucht, die Forderungen und Wünsche, wie sie in der Anforderungsliste aufgestellt sind, zu erfüllen.



Bild 43: Prototyp

Details zu allen nach Auswertung des Prototyps vorgenommenen Änderungen finden sich in Anlage E.

6.1 Fertigungstechnische Optimierung

Um die Fertigung optimieren zu können, müssen diverse Änderungen an der Konstruktion vorgenommen werden. Hauptansatz zur Verbesserung ist dabei die Vereinfachung der verschiedenen Arbeitsschritte, um Zeit und damit verbundene Kosten einzusparen. Auch sollte darauf Acht gegeben werden, die verschiedenen Technologien zu homogenisieren, d.h. die Palette der Fertigungsverfahren einzugrenzen, um den logistischen Aufwand zu minimieren. Es wird angestrebt, die Fertigung bei nur einem einzigen Zulieferer durchführen zu können. Vorteile einer Komplettfertigung sind dabei, abgesehen von logistischer Einfachheit, die Konzentration des Know-how in einem kleinen Kreis von Personen. Der Überblick über den kompletten Fertigungsfluss des Produktes ist gewährleistet, was neue Ideen und Verbesserungsvorschläge mit sich zieht. Das Produkt kann immer weiter entwickelt werden und auch eventuelle Nachfolgemodelle können neu entstehen.

6.1.1 Änderung der Bodenspinne

Bei der Fertigung der Bodenspinne traten große Probleme beim Fügen der Steckbuchsen mit dem Steckmodul mittels Schweißen auf. Trotz des vorausschauend großzügig gewählten Spiels zwischen den Bauteilen ist der Verzug durch das Schweißen so groß, dass die Spinnenarme nicht mehr in die Steckbuchsen eingeführt werden können, wie in Bild 44 dargestellt.

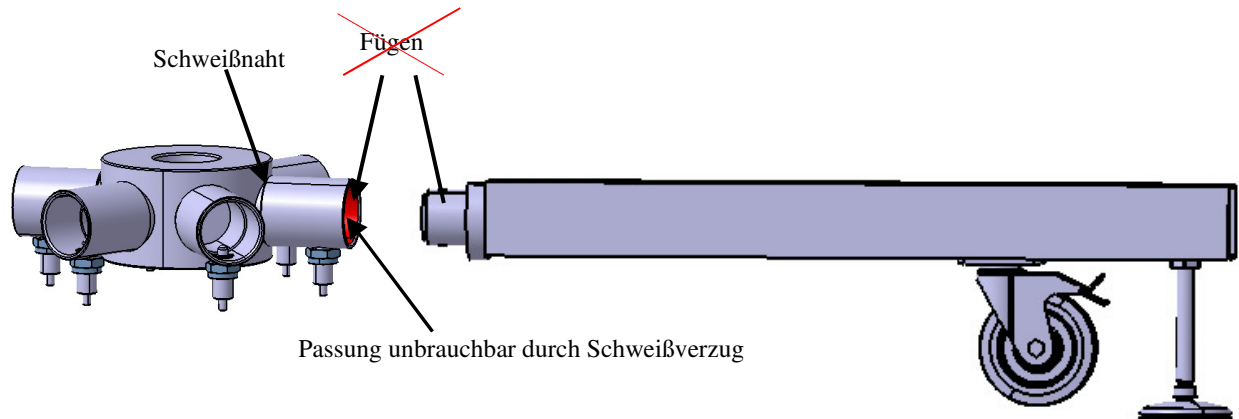


Bild 44: Schweißverzug Steckbuchse

Der einfachste Weg der Nachbearbeitung ist das Abdrehen der Anschlussbolzen. Aus diesem Grunde werden die Anschlussbolzen erst nach dem Fügetest mit den Vierkantrohren verschweißt, da sie zur Nachbearbeitung in das Futter der Drehmaschine gespannt werden müssen.

Durch den Wärmeeintrag verziehen sich die Steckbuchsen jedoch nicht gleichmäßig, d.h. es ändert sich nicht der Innendurchmesser der Steckbuchsen, sondern die Rundheit. In einer optimierten Fertigung müssen somit die Steckbuchsen, und nicht die Anschlussbolzen, nach dem Schweißen nachgearbeitet werden. Dazu ist der Innendurchmesser der Steckbuchsen beim Drehen mit einem Aufmaß zu versehen und durch Fräsen nach der Schweißbearbeitung auf das Endmaß zu bringen. Diese optimierte Fertigung erlaubt dann auch die Auswahl einer Passung für die ineinander zu fügenden Durchmesser, wodurch die Steckverbindung an Qualität gewinnt. Doch trotz der Vorteile ist ein solches Vorgehen hinsichtlich Zeitaufwand und den damit steigenden Fertigungskosten nicht vertretbar. Es muss demnach ein neues Konzept für die Bodenspinne gefunden werden. Eine Idee für das neue Konzept wird aus Vorschlägen zur Änderung der Modularität der Bodenspinne gewonnen. Das ursprüngliche Ziel der Umkonstruktion war nicht die Fertigungsoptimierung, sondern eine Verbesserung der Modularität der Baugruppe, weshalb die Änderungen erst im Kapitel 6.2.2 beschrieben werden.

6.1.2 Änderung der Hauptstütze

Das Bauteil Hauptstütze hat sich bei der Fertigung als besonders kompliziert erwiesen. Grund dafür ist, dass die Rohre noch nicht auf ihre abgewinkelte Länge zugeschnitten

werden können, sondern vor dem Biegen mit einem Längenaufmaß versehen werden müssen. Diese Maßnahme muss getroffen werden, um den Einlaufweg des Rohres in das Biegewerkzeug zu gewährleisten. Ist der Biegevorgang abgeschlossen, kann aber nicht eindeutig die genaue Stelle des Überganges von den Radien in die Geraden bestimmt werden.

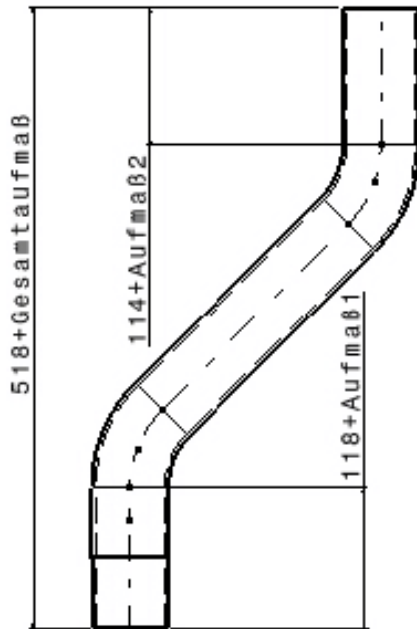


Bild 45: Zustand der Hauptstütze nach dem Biegevorgang

Wie Bild 45 verdeutlicht, sind *Aufmaß₁* und *Aufmaß₂* nicht bekannt und auch nicht messbar. Bekannt ist nur das Gesamtaufmaß. Die Rohrenden müssen nun auf Länge gefräst werden. Die Kenntnis der einzelnen Aufmaße ist hierbei unabdingbar. Das Ablängen kann also nur sehr ungenau geschehen. Dies hat zur Folge, dass die Bauteile mit nicht hinreichend vorhandener Wiederholgenauigkeit gefertigt werden können. Abhilfe wird geschaffen durch die Umgestaltung der Hauptstütze. Statt einem Biegeteil wird die Hauptstütze jetzt als Schweißbaugruppe aus zwei Einzelteilen gefertigt, welche miteinander verschweißt werden.

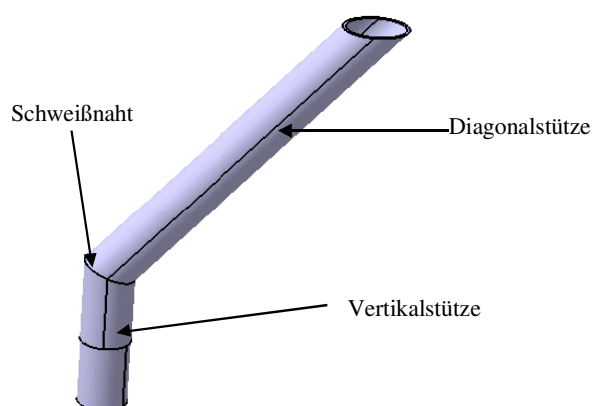


Bild 46: Hauptstütze geändert

Um die in Bild 46 dargestellten Änderungen fertigungstechnisch realisieren zu können, ist die Konstruktion einer Schweißvorrichtung notwendig. Die Einzelteile können auf ihre fertigen Längen zugeschnitten werden. Das Zuschneiden sollte durch CNC-gesteuertes Laserschneiden durchgeführt werden, um die Winkel an den Enden der Rohre fertigen zu können. Nach dem Laserschneiden wird die Passung an die Vertikalstütze gedreht. Dies ist wesentlich weniger zeitaufwendig, als das Nachfräsen der Passung und somit auch viel kostengünstiger. Das Nachfräsen der Passung, wie ursprünglich vorgesehen, kann nur durch langwierige, komplizierte Rüstarbeiten durchgeführt werden. Das Ausrichten des gebogenen Rohres auf der Fräsmaschine ist sehr umständlich. Auch kommt es zu starken Schwingungen beim kreisförmigen Umfahren des Fräasers um den Außendurchmesser des Bauteils. Grund hierfür ist die Ovalisierung des Rohres beim Biegen, wodurch sich die Schnitttiefe des Fräasers ständig ändert.

6.1.3 Reinigungsstrahlen

Um die Sitzgruppe für das Verzinken und Beschichten vorzubereiten, müssen die Oberflächen von Rost, Fett und Verschmutzungen befreit werden. Als Verfahren für die Oberflächenbehandlung wurde das Reinigungsstrahlen gewählt. Ausgeführt wurden die Arbeiten bei der Fa. Härterei Reese in Chemnitz. Dort steht eine Schleuderradanlage und Stahlkies als Strahlmittel zur Verfügung. Nach dem Strahlen wurde festgestellt, dass es zu einer Deformation der unteren, mit sehr geringer Wandstärke ausgeführten, Enden der Hauptstützen kommt. Der Schadensfall ist in Bild 47 gezeigt.



Bild 47: Schadensfall nach Strahlen

Grund dafür ist das zu grob gewählte Strahlmittel sowie der hohe Druck, mit welchem das Strahlmittel auf die Bauteile geblasen wird. Um solche Probleme zu vermeiden, könnte die Wandstärke der Elemente erhöht werden. Dies ist aber nicht sinnvoll, da dadurch die Kosten und die Leichtbaueigenschaften beeinträchtigt werden. Eine einfachere Lösung ist die Suche nach einem Dienstleister, dem ein schonendes Strahlmittel, sowie eine Anlage, welche mit weniger Druck arbeitet, zur Verfügung steht. Eine andere Möglichkeit ist die Abstützung des Rohres von innen.

6.1.4 Befestigung der Schwerlastrollen

Die Schwerlastrollen werden in der Prototypenfertigung durch Schweißen mit den Vierkantrohren der Spinnenarme gefügt. Die Entscheidung für eine nicht-lösbare Verbindung ist insofern sinnvoll, als dass Kosten und Zeit, die bei der spanenden Bearbeitung anfallen, eingespart werden. Des Weiteren ist zu erwarten, dass der Endanwender die Schwerlastrollen nie demontieren möchte. Bei der Prototypenfertigung kommt es allerdings zu Problemen. Die Schweißbaugruppe Spinnenarm wird im fertig geschweißten Zustand gestrahlt. Dabei gerät Strahlmittel in die offen liegenden Kugellager, da es keine Möglichkeit gibt, diese zu schützen. Die Kugellager werden somit funktionsuntüchtig. Die Rollen sind jetzt starr und können nicht mehr als Lenkrollen eingesetzt werden. Damit ist die Positionierung der Sitzgruppe am Aufstellplatz durch Verfahren nicht mehr möglich. Durch aufwendige Nacharbeit kann die Drehbarkeit wieder hergestellt werden. Das Ausblasen der Kugellager mit Druckluft ist aber sehr zeitaufwendig. Weiterhin ist ein restloses Säubern nicht möglich, denn ein geringer Anteil an Strahlmittel-Partikeln verbleibt in den Lagern. Auch beim Verzinken ist es nicht möglich die Kugellager abzudecken. Durch die Zinkschicht wird die Drehbarkeit der Kugellager negativ beeinträchtigt. Abhilfe wird durch das Verschrauben der Schwerlastrollen mit dem Vierkantprofil geschaffen.

6.2 Erfüllung der Anforderungsliste

Als Musterobjekt wird der Prototyp auf verschiedene Kriterien getestet. Beim ersten Zusammenbau werden die einzelnen Teile auf ihr Handling überprüft. Auch wenn die Masse der Teile bereits in der Konstruktion bekannt ist, lässt sich nur schwer abschätzen wie sich die Elemente tragen lassen, da hier die Geometrie der Teile eine entscheidende Rolle spielt. Weiterhin kann überprüft werden, wie bequem eine Person auf der Sitzgruppe sitzen kann.

6.2.1 Änderung Sitzposition

Im Rahmen der Prototypenfertigung und des entsprechenden Tests zur Anwendung bei Personen unterschiedlicher Größe, Körpergewicht und -proportion hat sich herausgestellt, dass der Abstand zwischen Sitz und Tischplatte zu gering ist. Um diesem Problem zu begegnen, wird der Sitz provisorisch verschoben. Ein erneutes Probesitzen der Beteiligten ergibt eine breite Zustimmung zu dem geänderten Maß, es wird beschlossen den horizontalen Abstand zwischen Sitz und Tischplatte um 100mm zu erweitern. Um diese Sitzpositionsänderung durchführen zu können, wird die geänderte Hauptstütze nach ihrer ersten Änderung wie in Kapitel 6.1.2 beschrieben, ein zweites Mal umkonstruiert. Durch eine Änderung des Winkels der Diagonalstütze wird das neue Maß erreicht. Weitere Möglichkeiten einer Optimierung sind dabei die Realisierung einer Sitzstütze, welche mit verstell- und verschiebbaren Elementen ausgestattet ist.

6.2.2 Änderung Modularität

Beim ersten Montieren der Sitzgruppe fallen auch Änderungsvorschläge bzgl. der Modularität auf. Der Zusammenbau der Bodenspinne erweist sich als zeitaufwendig und mühsam, da die Arbeiten in kniender Position verrichtet werden müssen. Es werden Überlegungen getroffen, wie die Montageschritte vereinfacht werden können, um den Auf- und Abbau zu beschleunigen und zu erleichtern. Es wird die Idee angebracht, die Spinnenarme als klappbar auszuführen. Das bedeutet, dass die Spinnenarme aufgetrennt und mit einem Scharnier versehen werden. Somit entsteht eine Verbindung, die im Normalfall nicht demontiert wird. Bild 48 zeigt die Neukonstruktion der Bodengruppe im Vergleich mit der ursprünglichen Variante.

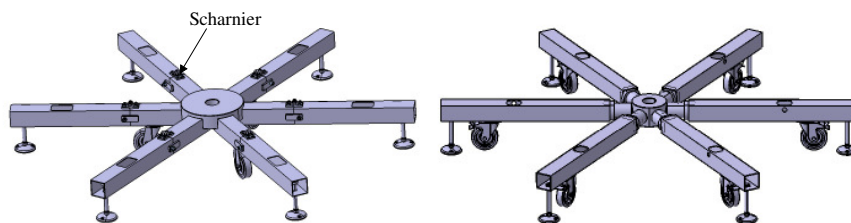


Bild 48: Bodenspinne: links neue Version, rechts ursprüngliche Version

Beim Abbau der Sitzgruppe werden alle Elemente des oberen Aufbaus entfernt. Die Bodenspinne verbleibt im Zusammenbau. Zunächst müssen die Gelenkfüße nach oben geschraubt werden, so dass die Rollen wieder die tragenden Elemente bilden. Durch Lösen der Durchsteckverschraubung an den Gabelplatten wird der Freiheitsgrad für die Drehbewegung des Scharniers freigegeben. Die Spinnenarme der Außenspinne können nun nach oben weg geklappt werden. Der Durchmesser der Bodenspinne ist jetzt soweit reduziert, dass die Bodenspinne auf ihren Rollen in einen geeigneten Stauraum auch durch Türen gefahren werden kann. Bild 49 verdeutlicht die Abmessungen.

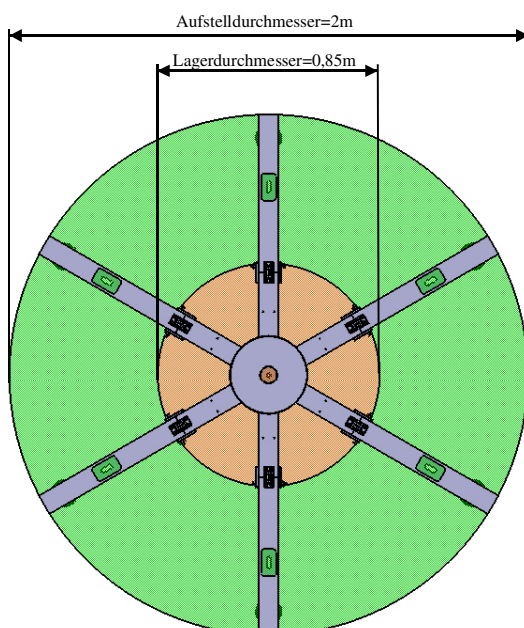


Bild 49: Abmessungen Bodenspinne

6.3 Konstruktion einer Schweißvorrichtung

Um die geänderte Hauptstütze mitsamt Außenstütze und Sitzplatte schweißen zu können ist die Anfertigung einer Schweißvorrichtung notwendig. Ein Ausrichten der Bauteile von Hand würde einen nicht vertretbaren Aufwand darstellen. Bild 50 zeigt eine Vorarbeit zur Konstruktion einer solchen Schweißvorrichtung.

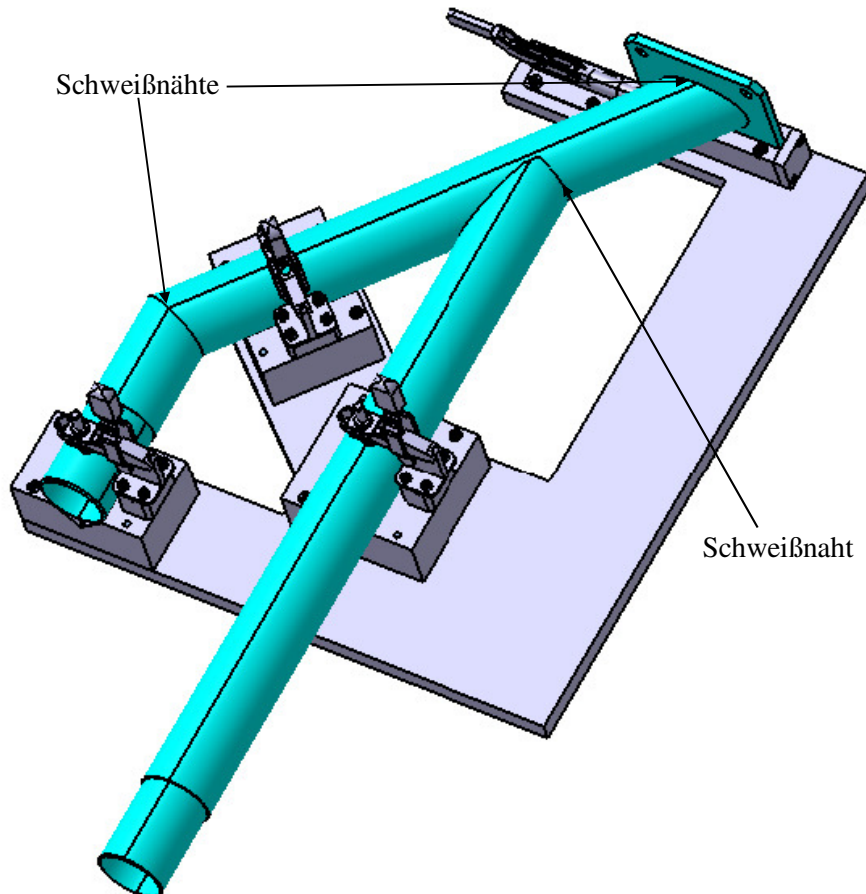


Bild 50: Schweißvorrichtung für die Sitzstütze

6.3.1 Lagebestimmung und Spannung der Rohre

Die Einzelteile der Schweißbaugruppe müssen dabei in die Vorrichtung eingelegt und positioniert werden. Zur Lagebestimmung werden im Vorrichtungsbau üblicherweise Bolzen, Druckstücke, Prismen, Anschläge oder auch Auflagen verwendet. Die Schweißbaugruppe besteht, abgesehen von der Sitzplatte, hauptsächlich aus Rundrohren. Zur Lagebestimmung zylindrischer Elemente eignen sich besonders V-Prismen.

Sind die Einzelteile in die Vorrichtung eingelegt, müssen sie in ihrer Lage fixiert werden. Um die Spannkrafterzeugung durch für den Bediener möglichst einfache Methoden zu verwirklichen, wird ein Kniehebelspanner der Fa. Norelem verwendet. Dieser erzeugt vertikale Spannkraft. Das Druckstück ist als Schraube ausgeführt und kann beliebig verstellt werden. Bild 51 auf Seite 59 stellt das Spannen der Vertikalstütze bildlich dar.

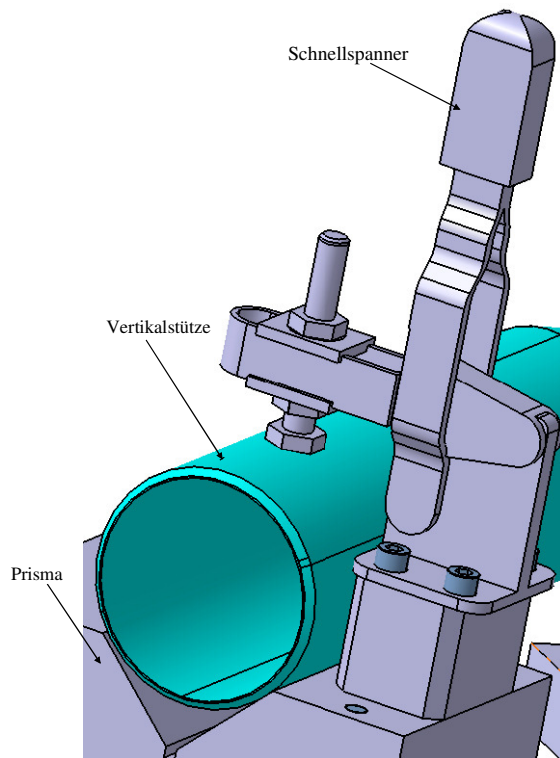


Bild 51: Spannung Vertikalstütze

6.3.2 Lagebestimmung und Spannung der Sitzplatte

Für die Bestimmung der Sitzplatte wird eine Aufnahme gefräst. Diese muss mit einer Nut versehen werden, welche dem Maß der Sitzplattendicke entspricht.

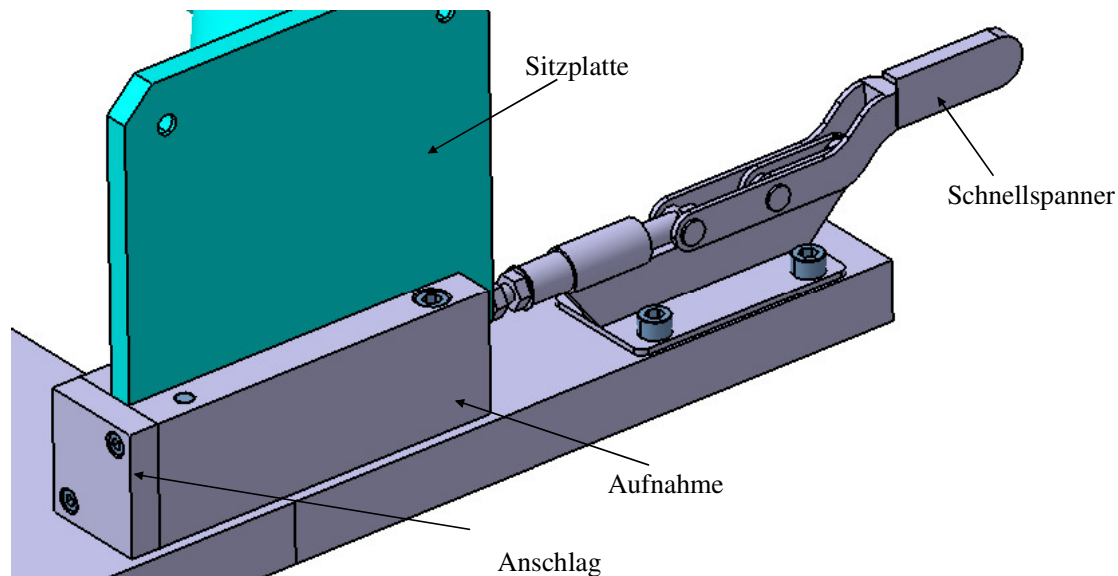


Bild 52: Spannung Sitzplatte

Ist die Sitzplatte in die Nut eingelegt, wird der Spanner betätigt. Der Spanner übt eine horizontale Spannkraft auf die Sitzplatte aus, diese wird gegen den Anschlag gedrückt und ist damit in der Lage bestimmt.

Nachdem alle Bauteile in ihrer Lage fixiert sind kann mit den Schweißarbeiten begonnen werden.

7 Zusammenfassung

Ziel der Aufgabenstellung war es, einen konstruktiven Variantenvergleich für den Bau mobiler Sitzgruppen für die Outdoor-Anwendung, auf Basis kundenspezifischer Wünsche und Anforderungen, durchzuführen. Hauptforderungen an das zu entwickelnde Produkt waren dabei:

- Modularität (mobile Anwendung für mobile Bereiche)
- Stabilität (Vandalensicherheit)
- Outdoor-Eignung (Korrosion, Vandalismus)
- Diebstahlsicherheit

In enger Zusammenarbeit mit dem Kunden wurde eine favorisierte Variante ausgewählt und einer Detailkonstruktion unterzogen. Die anschließende Realisierung der Konstruktion durch den Bau eines Prototyps brachte erste Erkenntnisse über die Umsetzbarkeit des Konzepts. Betrachtet wurden bei der Prototypbewertung besonders die Aspekte der fertigungstechnischen Verwirklichung sowie die Einhaltung der vom Kunden geforderten Eigenschaften des Produktes. Auf Basis der Prototypenbewertung konnten Problemstellen entdeckt und deren Änderungspotenzial untersucht werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse dienten als Anregung für die Ideenfindung zur erfolgreichen Überarbeitung des Konzepts. In Anbetracht der aufgetretenen Probleme wurde bereits eine konstruktive Umgestaltung diverser Bauteile und Baugruppen vorgenommen. Die Änderungen zielen dabei zum großen Teil auf eine Steigerung der Modularität bzw. Montageverständlichkeit des Endanwenders ab, bei gleichzeitiger Einschränkung der enorm breiten Palette an Fertigungstechnologien.

8 Ausblick

Nach Abschluss erster Konzeptstudien durch die Prototypenfertigung und deren Auswertung muss die umkonstruierte Variante weiteren Untersuchungen unterzogen werden. Ziel ist es, das Produkt „Mobile Sitzgruppe“ auf dem Markt zu etablieren. Das Produkt muss dazu soweit weiterentwickelt werden, dass es in Serie produziert werden kann. Um eine Serienfertigung durchführen zu können, sind weitere Maßnahmen nötig, um die Fertigung zu vereinfachen. Hauptschwerpunkt liegt dabei auf dem Werkzeug- und Vorrichtungsbau, mit dem Ziel den Fertigungsprozess zu beschleunigen und eine große Wiederholgenauigkeit zu gewährleisten.

Quellenverzeichnis

- /1/ Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 6. Aufl. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005-ISBN-3-540-22048-8
- /2/ Ilschner, B.; Singer, R. F.: Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik. Eigenschaften, Vorgänge, Technologien. 4. Aufl. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005-ISBN-3-540-21872-6
- /3/ Norm DIN EN ISO 12100-1 April 2004. Sicherheit von Maschinen
- /4/ Norm DIN 31001 Teil1 April 1983. Schutzeinrichtungen
- /5/ Franz, WW.-D.: Das Kalt-Biegen von Rohren. Verfahren und Maschinen. Berlin; Göttingen; Heidelberg: Springer 1961
- /6/ Matthes, K.-J.; Richter, E.: Schweißtechnik. Schweißen von metallischen Konstruktionswerkstoffen. 2. Aufl. München; Wien: Fachbuchverl. Leipzig im Carl Hanser Verl., 2003-ISBN-3-446-22547-1
- /7/ Diltthey, U.: Schweißtechnische Fertigungsverfahren Band 1.Schweiß- und Schneidtechnologien. 2. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verl., 1994-ISBN3-540-62285-3
- /8/ Norm DIN 33402 Teil 2 Dezember 2005. Ergonomie - Körpermaße des Menschen
- /9/ Fischer, U.; Heinzler, M.: Tabellenbuch Metall. 42. Aufl. Wuppertal: Verlag Europa-Lehrmittel, 2002-ISBN-3-8085-1722-0
- /10/ Muhs, Dieter: Tabellen. 17. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2005-ISBN-3-528-17028-X