

Bachelor-Thesis  
im  
Studiengang  
Wirtschaftsingenieurwesen (WIM)

**Herstellkostenoptimierung von Heliostaten künftiger  
Solarturm-Anlagen**



Daniel Lenski  
Matrikelnummer 851827

Düsseldorf  
18. Juni 2024

**Betreuender Professor**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Neef  
Arbeitsgruppe Thermodynamik und Kraftwerkstechnik  
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik  
Münsterstr. 156  
40476 Düsseldorf  
matthias.neef@hs-duesseldorf.de

**Zweiter Prüfer**

Dr.-Ing. Andreas Pfahl  
Institut für Solarforschung  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Im Langenbroich 13  
52428 Jülich  
Tel.: +49 2461 93730 241  
Andreas.pfahl@dlr.de

# Aufgabenstellung

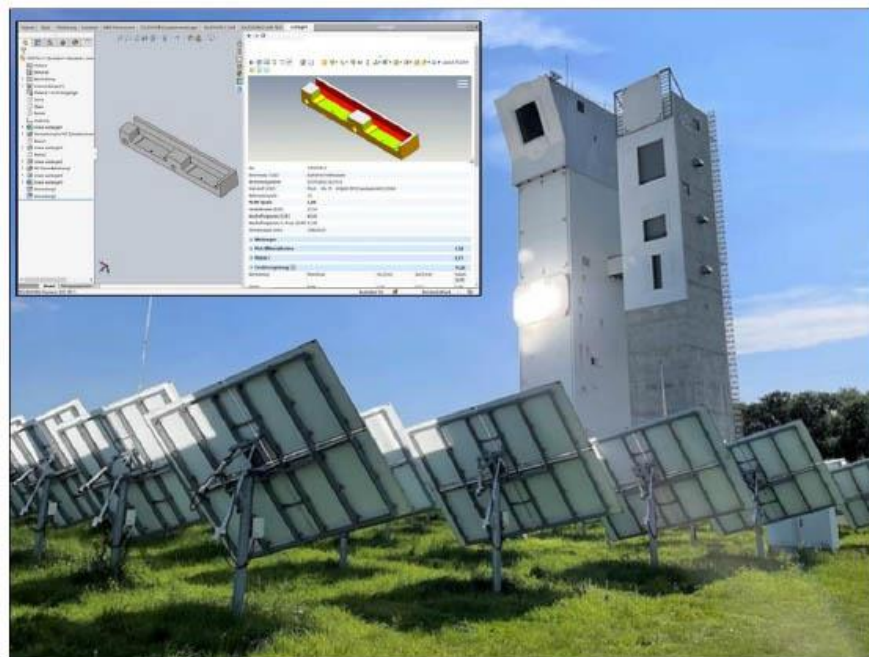
## Herstellkostenoptimierung von Heliostaten künftiger Solarturm-Anlagen

Aufgabenstellung Bachelor-Arbeit

DLR SF-SKT

### Hintergrund und Aufgabenstellung

Solare Turmanlagen sind eine aussichtsreiche Technologie zur regenerativen Strom- und Prozesswärme-Erzeugung und damit ein wichtiger Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung. Der größte Kostenfaktor sind dabei die Spiegel, die der Sonne nachgeführt werden und das Sonnenlicht konzentrieren, die sogenannten Heliostaten<sup>1</sup>. Beim DLR wurde ein Heliostat entwickelt, der mehr als 20% günstiger ist als bisherige<sup>2</sup> und zur Marktreife gebracht werden soll. Hierfür muss er hinsichtlich Fertigungskosten optimiert werden. Daher werden für unterschiedliche Fertigungsverfahren die Herstellkosten für die einzelnen Komponenten mittels Fertigungskostensoftware bestimmt. Ebenso werden die Kosten für mehrere mögliche Fügeverfahren ermittelt. Für die Zukaufteile werden möglichst kostengünstige Lösungen bei Einhaltung der Qualitätsanforderungen gesucht. Mit den Ergebnissen werden für mehrere Baugrößen die Gesamtkosten ermittelt.



<sup>1</sup> A. Pfahl, J. Coventry, M. Röger, F. Wolfertstetter, F. Vasquez, F. Gross, M. Arjomandi, P. Schwarzbözl, M. Geiger, and P. Liedke. "Progress in Heliostat Development". *Solar Energy* (152), pp. 3-37, 2017, <https://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.03.029>.

<sup>2</sup> A. Pfahl and V. Dohmen, "Low-Cost Materials for Heliostats". *SolarPACES 2023*, Sydney.

### Geplanter Ablauf

- Festlegung der Randbedingungen (Woche 1)
- Herstellkosten (Wochen 1-7)
  - Einarbeitung in CAD-Programm „Inventor“ mittels Tutorials
  - Recherche nach geeigneter Software zur Berechnung der Herstellkosten
  - Einarbeitung in Software mittels Tutorials
  - Erstellung von Varianten der Heliostat-Komponenten unterschiedlicher Herstellkosten und Baugrößen und Berechnung der Kosten
  - Bestimmung der Kosten für das Fügen der einzelnen Heliostat-Komponenten
  - Ermittlung der kostenoptimalen Kombination für jede Baugröße
- Supply Chain, Fokus auf Beschaffung (Woche 8)
  - Recherche nach geeigneten Herstellern der Zukaufteile (z.B. Motoren)
  - Einholung von Angeboten
  - Auswahl des günstigsten Produkts, das den Qualitätsanforderungen genügt
- Gesamtkosten (Woche 9)
  - Abschätzung der weiteren Kosten
  - Berechnung der Gesamtkosten der kostenoptimalen Kombination jeder Baugröße
- Marketing (Wochen 10-11)
  - Überlegungen/Entwurf zur Gestaltung eines Marketingkonzeptes
- Publikationen (Wochen 10-12)
  - Verfassen der Bachelorarbeit
  - Evtl. wird das Ergebnis der Arbeit bei der SolarPACES2024-Konferenz vorgestellt

X 

Andreas Pfahl  
Betreuer der externen Stelle  
Signiert von: andreas.pfahl@dlr.de

## **Sperrvermerk**

Diese Arbeit unterliegt 36 Monate der Geheimhaltung und darf bis zum 18.06.2027 nicht an Dritte gelangen.

## Kurzfassung

Der zum 18.06.2024 aktuelle Entwurf des Heliostaten beim DLR wird hinsichtlich einer Kostenabschätzung untersucht. Die Software „Costing24“ ist nicht geeignet und wird nur in kleinen Abschnitten verwendet. Dafür werden die Fertigungsverfahren für die Herstellung des Heliostaten selbst erforscht. Basierend auf den Fertigungsverfahren, werden Maschinendaten zu den passenden Verfahren ermittelt. Dadurch kann die Bearbeitungszeit der Bauteile berechnet werden. Die Materialkosten sind mit einem Materialpreis/kg mit dem Gewicht der Bauteile verrechnet. Durch die Berechnung der Bearbeitungszeit mit dem Maschinenstundensatz, kann der Preis für die Fertigungskosten berechnet werden. Addiert man die Fertigungskosten mit den Materialkosten erhält man die Herstellkosten.

Weitere Zukaufteile sind Bestandteil des SCM. Dabei sind Vergleich unterschiedlicher Händler erfolgt.

Die Inhalte des Marketingkonzeptes sind die Zusammenführung von Marketingzielen, der Marketingstrategie und des Marketingmixes.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>I</b>
<b>Sperrvermerk</b> .....	<b>III</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>IV</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Symbolverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Konstruktionsentwurf des Heliostaten</b> .....	<b>4</b>
2.1 Was ist ein Heliostat? .....	4
2.2 Neuer Entwurf beim DLR.....	5
<b>3 Auswahl geeigneter Software-Anbieter</b> .....	<b>6</b>
3.1 Recherche des Software-Anbieters .....	6
3.1.1 Probleme der Software „Costing „24“ .....	7
<b>4 Grundlagen zur Herstellkostenrechnung</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Berechnung der Herstellkosten des Heliostaten</b> .....	<b>10</b>
5.1 Materialkosten .....	10
5.2 Fertigungsstruktur des Heliostaten .....	14
5.3 Fertigungsverfahren .....	17
5.4 Kalkulation der Herstellkosten .....	39
5.5 Zwischenfazit zur Herstellkostenrechnung.....	43
<b>6 Supply Chain Management</b> .....	<b>44</b>
6.1.1 Grundlagen (SCM).....	44
6.1.2 Beschaffungslogistik .....	45
6.1.3 Ausblick Beschaffung.....	46
<b>7 Optimierung während der Produktion (Industrie 4.0)</b> .....	<b>47</b>
<b>8 Ideen zu Marketingkonzeption</b> .....	<b>49</b>
8.1 Marketingziele (siehe auch S.76).....	50
8.2 Marketingstrategie .....	50
8.2.1 Zielgruppe.....	50
8.2.2 Marktanalyse (siehe auch S.77).....	51
8.2.3 Abnehmerorientierte Strategien .....	51
8.2.4 Konkurrenzgerichtete Strategien.....	53
8.3 Marketingmix.....	55

---

8.3.1	Produkt- und Programmpolitik (siehe auch S.79) .....	55
8.3.2	Preispolitik .....	57
8.3.3	Kommunikationspolitik (siehe auch S.82).....	58
8.3.4	Distributionspolitik.....	59
8.4	Möglicher Aufbau eines Marketing-Konzeptes.....	60
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>62</b>
	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>64</b>
	<b>Anhang A: .....</b>	<b>68</b>
	Costing24.....	68
	Erklärtex te zu Bearbeitungsverfahren.....	70
	Marketing[60] .....	76
	Marketingziele .....	76
	Marktanalyse .....	77
	Marketingmix .....	78
	Produkt- und Programmpolitik.....	79
	Preispolitik [61] .....	80
	Kommunikationspolitik [61] .....	82
	Distributionspolitik [61].....	83
	<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>85</b>

# Symbolverzeichnis

## Lateinische Symbole

$d$	mm	Werkstückdurchmesser
$f$	mm <sup>-1</sup>	Vorschub
$K_{Ges}$	€	Gesamtkosten
$l$	mm	Bohrtiefe
$m$	kg	Masse
$n$	min <sup>-1</sup>	Drehzahl
$s$	mm	Länge/Verfahrweg
$t_B$	min	Bohrzeit
$t_e$	min	Zeit je Einheit
$t_r$	min	Rüstzeit
$t_s$	min	Sägezeit/Schnittdauer/Schweißzeit
$v_c$	mm/min	Schnittgeschwindigkeit
$v_f$	mm/min	Vorschubgeschwindigkeit
$v_f$	mm/min	Umformgeschwindigkeit



## Abkürzungsverzeichnis

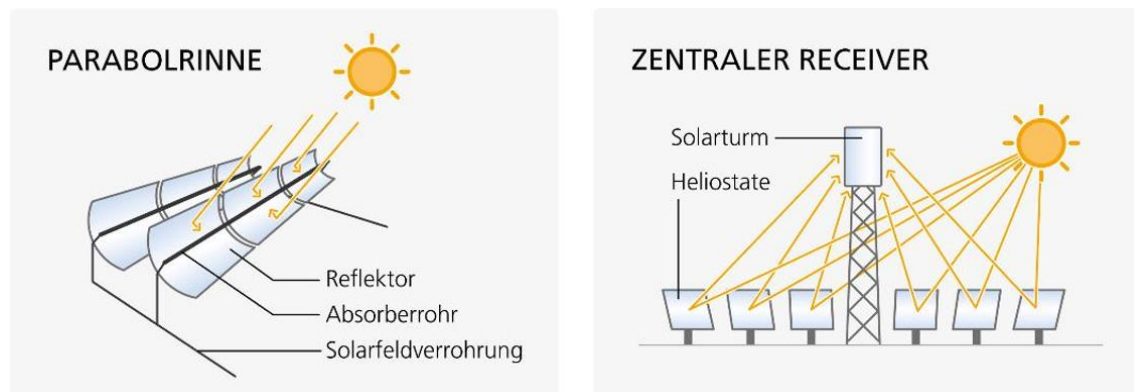
DLR	<b>D</b> eutsches Zentrum für <b>L</b> uft- und <b>R</b> aumfahrt
EK	<b>E</b> inzel <b>k</b> osten
ERP	<b>E</b> nterprise- <b>R</b> esource- <b>P</b> lanning
FEK	<b>F</b> ertigungseinzel <b>k</b> osten
FEM	<b>F</b> inite- <b>E</b> lemente- <b>M</b> ethode
FF	<b>F</b> uture <b>F</b> uels
FGK	<b>F</b> ertigungsgemein <b>k</b> osten
FGKZ	<b>F</b> ertigungsgemein <b>k</b> osten <b>z</b> uschlag
FK	<b>F</b> ertigung <b>k</b> osten
FLK	<b>F</b> ertigungslohn <b>k</b> osten
HK	<b>H</b> erstell <b>k</b> osten
i.d.R	<b>i</b> n <b>d</b> er <b>R</b> egel
ISO	<b>I</b> nternational <b>O</b> rganisation for <b>S</b> tandardization
MAK	<b>M</b> aschinen <b>k</b> osten
MEK	<b>M</b> aterialeinzel <b>k</b> osten
MF	<b>M</b> engen <b>f</b> aktor
MGK	<b>M</b> aterialgemein <b>k</b> osten
MGKZ	<b>M</b> aterialgemein <b>k</b> osten <b>z</b> uschlag
MK	<b>M</b> ateri <b>k</b> osten
o.A.	<b>o</b> hne <b>A</b> utor
s.o.	<b>s</b> iehe <b>o</b> ben
SoFEK	<b>S</b> onstige <b>F</b> ertigungseinzel <b>k</b> osten
SF	<b>S</b> olar <b>f</b> orschung

# 1 Einleitung

Die zunehmende Bedeutung erneuerbarer Energien erfordert kontinuierliche Innovationen und Optimierungen in der Technologie, um die Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Anlagen zu steigern. In diesem Kontext nimmt die Solarenergie, insbesondere Solarturmanlagen, eine zentrale Rolle ein. Heliostaten, als wesentliche Komponenten dieser Anlagen, sind Spiegel, die das Sonnenlicht auf einen zentralen Empfänger fokussieren. Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Herstellkostenoptimierung von Heliostaten zukünftiger Solarturmanlagen. Ziel ist es, durch gezielte Maßnahmen und innovative Ansätze die Produktionskosten zu senken, ohne dabei die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Heliostaten zu beeinträchtigen.

In diesen Zusammenhang soll die Funktionsweise eines Solarkraftwerks bzw. des Solarturms erläutert werden.

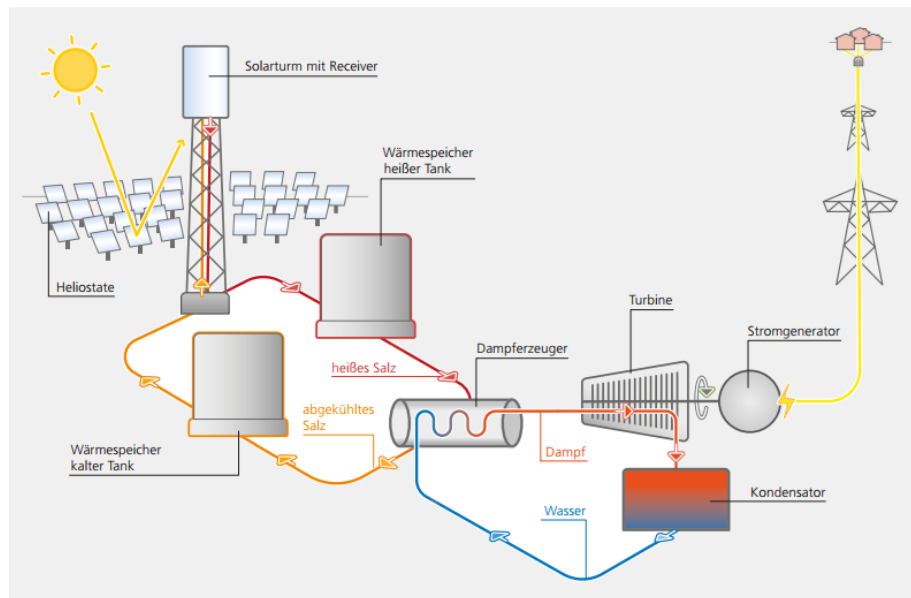
Solarkraftwerke erzeugen ähnlich wie konventionelle Kraftwerke Strom. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass statt fossiler Brennstoffe Sonnenenergie als Wärmequelle genutzt wird [1]. Spezielle Spiegel „fangen“ die Sonnenstrahlen ein und bündeln und reflektieren diese anschließend auf einen Strahlungsempfänger [1]. In der Praxis haben sich zwei Technologien durchgesetzt: Parabolrinnen- und Solarturmanlagen.



**Abbildung 1 – Solarturmanlagen [1]**

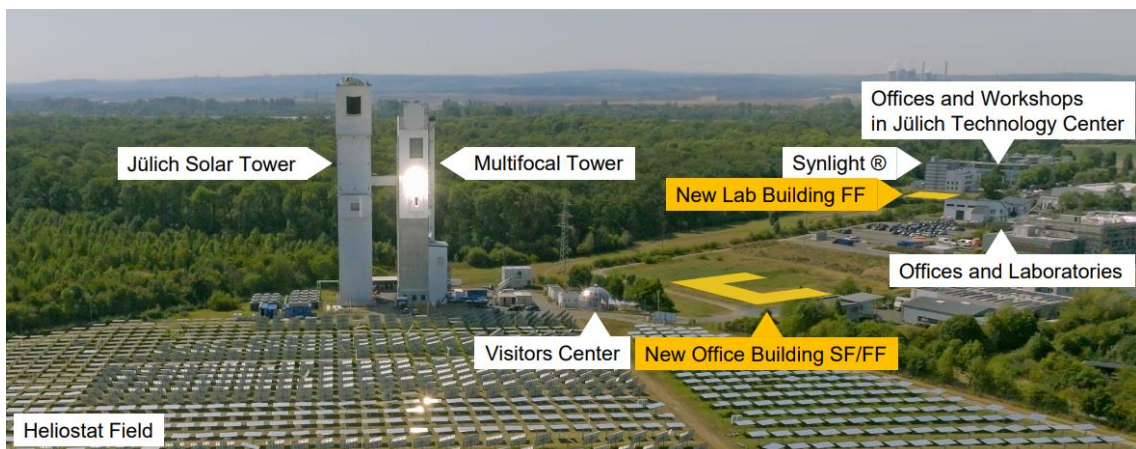
Bei Parabolrinnen reflektieren parabolisch geformte Spiegel das Sonnenlicht auf Rohre. Dort nimmt eine Flüssigkeit die Wärme auf und leitet sie zum Ort der Stromerzeugung. Bei den Turmanlagen nimmt ein zentral positionierter Strahlungsempfänger, der sogenannte Receiver, an der Spitze eines Turmes die Strahlung auf. Er wird von einem Wärmeträgermedium, meist Flüssigsalz, durchströmt. Das Flüssigsalz leitet die Wärme (ca. 300 °C-700 °C [2]) zum Ort der Stromerzeugung. In Abbildung 2 ist die Funktionsweise der Stromerzeugung bei einem Solarturm anschaulich dargestellt. Das erhitze flüssige Salz dient zur Verdampfung von Wasser zum Antrieb einer Dampfturbine. Diese ist mit einem Generator zur Stromerzeugung verbunden [3]. Das verdampfte Wasser wird im

Kondensator wieder verflüssigt und zurück in den Kreislauf gebracht. Die Wärmespeicher ermöglichen es, dass das Kraftwerk auch bei fehlender oder schwacher Sonneneinstrahlung Strom erzeugen kann [2]. Übliche Solarkraftwerke haben elektrische peak-Leistungen von 20 bis 100 Megawatt [2].



**Abbildung 2 - Funktionsweise des Solarturmes [1]**

Das DLR beschäftigt sich mit der Forschung des Solarkraftwerkes. Der Standorte des Instituts für Solarforschung sind Köln, Stuttgart, Almeria in Spanien und Jülich. Die Arbeit wurde in Jülich erstellt. Dort sind ca. 40 Mitarbeiter: innen beschäftigt [4]. Dort befindet sich auch das Solarturmkraftwerk des DLR. Die Forschungsarbeit in Jülich, die dort seit 2011 erfolgt, soll dazu dienen, die Kraftwerke effizienter und günstiger zu machen. Auch sollen Herstellungsverfahren von solaren Treibstoffen und die Nutzung von Solarwärme für Industrieprozesse [4] untersucht werden.



**Abbildung 3 - DLR Standort Jülich [5]**

In Jülich gibt es zwei Solartürme, wie in Abbildung 4 zu erkennen ist. Der linke Turm (Solarturm Jülich) beinhaltet ein Versuchskraftwerk und eine Forschungsebene zum Test von Receivern. Der rechte Turm (Multifokusturm) verfügt über drei Versuchsebenen.

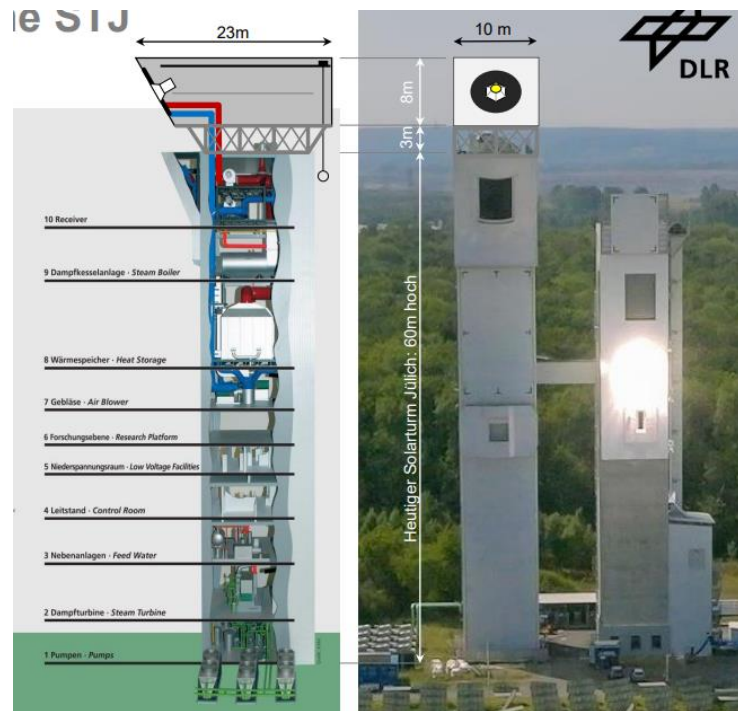


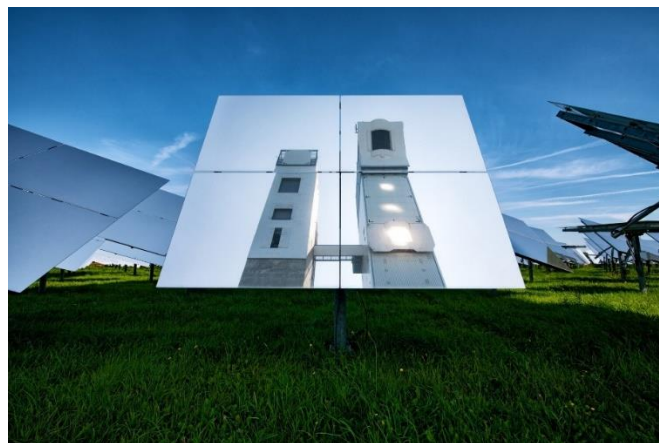
Abbildung 4 - Solarturm in Jülich [5]

## 2 Konstruktionsentwurf des Heliostaten

In diesem Kapitel soll dargestellt werden, was ein Heliostat im Detail ist. Der Heliostat, der momentan beim DLR entworfen wird, befindet sich nicht in der Produktion. Der Konstruktion ist größtenteils abgeschlossen. Es gibt auch weitere Ausarbeitungen, die sich beispielsweise mit der FEM-Analyse des Heliostaten befassen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass es noch konstruktive Änderungen an dem Heliostaten geben wird. Der momentan genutzte Entwurf des Heliostaten beim DLR soll im Anschluss kurz erläutert werden.

### 2.1 Was ist ein Heliostat?

In der Einleitung (Kapitel 1) ist erwähnt worden, dass gewisse Spiegel die Sonnenstrahlen in Richtung des Receivers lenken. Diese Spiegel nennt man Heliostaten [6] und machen ca. 40-50% der Kosten des gesamten Solarkraftwerkes aus [7]. Der Heliostat ruht üblicherweise auf einem Betonfundament. Das Spiegelpanel ist an einer Tragsäule (Pylone) über einem Getriebeblock angebracht, die Spiegelmodule so ausgerichtet, dass der Gesamtheliostat eine definierte optische Brennweite erhält [6]. Durch stark untersetzte Getriebe werden die einzelnen Heliostaten in zwei Achsen präzise nachgeführt. In Abbildung 5 ist einer der Heliostaten des Solarturms Jülich zu sehen, welcher aber keinen Bezug zur aktuellen entworfenen Konstruktion hat.

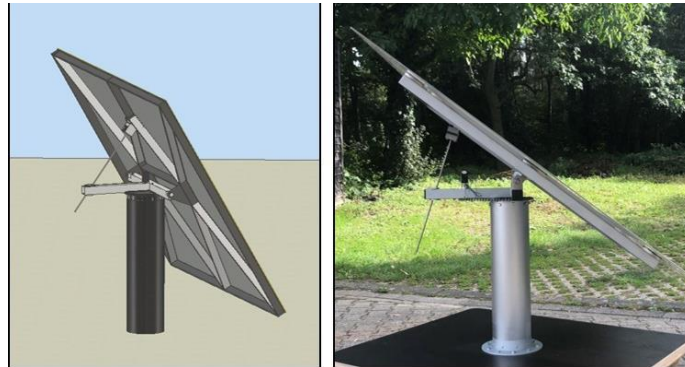


**Abbildung 5 – Heliostat [8]**

Bei diesem Heliostattypen handelt es sich um einen Glas/Metall-Heliostaten. Hierbei werden Spiegel so auf eine Tragfläche montiert, dass eine fokussierende Gesamtfläche entsteht. Die Spiegelfläche kann dabei in verschiedenen Größen variieren, sind aber i.d.R. innerhalb eines Heliostatfeldes gleich. Neben den Glas/Metall-Heliostaten, gibt es auch Membran-Heliostaten [6].

## 2.2 Neuer Entwurf beim DLR

Wie bereits erwähnt ist die Konstruktion des Heliostat ein laufende Prozess. Es ist geplant einen möglichst kostengünstigen Heliostaten zu entwerfen.



**Abbildung 6 - Heliostat Konstruktionsentwurf (links: CAD-Konstruktion, rechts: Prototyp des Heliostaten)**

Zu einem früheren Zeitpunkt wurde auf Basis einer vorherigen Zeichnung der in der Abbildung 6 rechts zu sehende Prototyp entwickelt, welcher nur die Überprüfung der Funktionalität hergestellt wurde. Die Kosten dieses Prototyps sind nicht ausreichend dokumentiert. Auch wenn dies der Fall wäre, sind die Kosten dieser Einzelfertigung nicht vergleichbar mit der angestrebten Großserienproduktion.

Die links zu sehende Konstruktion ist der zum Zeitpunkt dieser Arbeit entworfene Konstruktionsentwurf. Dieser Entwurf wird auch für die Kostenrechnung dieser Arbeit genutzt.

Die Baugruppen, die in CAD erstellt worden, sind:

- Base
- Aufsatz mit Azimut-Antrieb
- Elevations-Antrieb
- Konzentrator

In Kapitel 5.1 erfolgt eine genauere Aufschlüsselung der CAD-Baugruppen in Form von Stücklisten.

### 3 Auswahl geeigneter Software-Anbieter

Die Idee ist es die Berechnung der Herstellkosten von einer Software übernehmen zu lassen. Dieses Kapitel beschreibt, wie man geeignete Software-Anbieter ermitteln kann. Es werden gleichzeitig auch die Probleme der Nutzung etabliert.

#### 3.1 Recherche des Software-Anbieters

Um sich auf dem Markt nach geeigneten Software-Anbietern zu erkundigen, müssen die Anforderungen festgelegt werden.

1. Die Software sollte anhand eines Imports der CAD-Bauteile die Herstellkosten des Bauteils ausrechnen.
2. In der Datenbank sollten die zur Fertigung benötigten Maschinen und Bearbeitungsmethoden hinterlegt sein, sowie die zur Fertigung benötigten Materialien.
3. Bei gefertigten Bauteilen sollte es möglich sein, die Maschinenkosten nachzuziehen und ggf. verschiedene Varianten an Bearbeitungsmethoden einzustellen.

Im Internet wird sich dabei nach geeigneten Softwareanbietern erkundigt. Dabei wird der Suchbegriff „Herstellkostensoftware“ im ersten Schritt verwendet. Dieser Suchoperator genügt schon aus, um erste geeignete Anbieter zu finden. Um die Suche weiter einzugrenzen, können dem Suchbegriff folgendermaßen erweitert werden „Herstellkostensoftware: Berechnung anhand CAD-Datei“. Die Rechercheergebnisse werden dann anhand der oben genannten Kriterien bewertet. Das Ergebnis ergibt, dass sich folgende zwei Anbieter dabei als geeignet herausstellen. Der eine Anbieter ist „4cost“ und stellt dabei mit dem Produkt „4cost-cadcal“ [13] eine mögliche Lösung an. Alternativ gibt es den Anbieter „simus systems“, welcher mit dem Produkt „classmate CAD“ [14] eine ähnliche Lösung anbietet. Beide Softwarelösungen werben mit der Kostenrechnung anhand der CAD-Modelle. Um weitere Informationen bzgl. der Software zu bekommen, wurden Telefonate mit jeweils beiden Anbietern geführt.

Dabei stellte sich ein Problem heraus: Die Implementierung dieser Software würde bei beiden Anbietern ein Projekt sein. Die Anlegung eines solchen Projektes ist aber sowohl zeit- als auch geldaufwendig und würde den Rahmen der Bachelorarbeit überschreiten, sodass diese Produkte nicht in Frage kommen. Als Alternative bietet „4cost“ eine Dienstleistung an, die die Kalkulation abnehmen soll. Der Anbieter „simus systems“ bietet zudem die Software „Costing24“ [15] an. Mit dieser Software können die Herstellkosten von CAD-Teilen auch ausgerechnet werden. Die Bearbeitungsmethoden sind aber auf die Bearbeitung von Dreh-, Fräs- und Blechteilen begrenzt. Nach interner Absprache beim DLR stellte sich die Software „Costing24“ vorerst als besser geeignet heraus, denn ein Großteil der Bearbeitung kann mit dieser Software abgedeckt werden.

„Costing24“ ist ein cloudbasiertes Softwaremodul zur Berechnung von Herstellkosten und kostet 200€ pro Monat [15]. Durch einen Import eines CAD-Bauteils kann die Software die Herstellkosten in kurzer Zeit ausrechnen. Da nur sporadisch genutzt (Erklärung siehe 3.1.1), ist eine Funktionsbeschreibung nur im Anhang unter **Costing24** zu finden.

In Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile der Software aufgeführt.

Vorteile	Nachteile
günstig	nur bestimmte Bearbeitungsverfahren
direkter CAD-Modell Import	Keine Fügekosten
Schnelle Berechnung	Begrenzt auf 200 Berechnungen
Kosten übersichtlich dargestellt (mit möglichen Excel-Import)	

**Tabelle 1 - Vor- und Nachteile „Costing24“**

### 3.1.1 Probleme der Software „Costing „24“

Trotz der positiven Aspekte der Software „Costing24“ stellten sich Probleme heraus, weshalb sie nur in Teilen genutzt werden kann. Der ausschlaggebende Faktor ist, dass die Bearbeitungsmethoden nicht auf die Großserienproduktion ausgelegt sind. Dieses Problem stellt sich nach Nutzung der Software heraus. Als Alternative werden die Bearbeitungsschritte im nachfolgenden selbst erarbeitet. Näheres dazu wird in Kapitel 5.3 erläutert. Da es ohne Angaben von Herstellern schwer möglich ist, Maschinenstundensätze zu erarbeiten, sollen für relevante Stundensätze jene aus Costing24 dennoch übernommen werden. In einem Gespräch mit einem Vertreter von Costing24 wurde ermittelt, dass diese Kostensätze gemittelte Angaben deutscher Hersteller sind.

	Bohrmaschine	Säge	Laserschneider (groß)	Biegemaschine	Entgrater	Stanzen
Maschinenstundensatz €/h	59	30	125	65	30	90

**Tabelle 2 – Maschinenstundensätze aus Costing24 [15]**



## 4 Grundlagen zur Herstellkostenrechnung

Vor der angewandten Kostenrechnung an dem Heliostaten, sollen erst einmal die Grundlagen bezüglich der Kostenrechnung geklärt werden.

Es gibt Kosten, die abhängig von der Menge eines produzierten Produktes sind (variable Kosten) und Kosten, die immer anfallen (fixe Kosten) [9].

Die Herstellkosten eines Produktes werden berechnet durch die Addition der Materialkosten und der Fertigungskosten [9].

$$HK = MK + FK \quad (4-1)$$

Die Materialkosten setzen sich aus den Materialeinzelkosten und den Materialgemeinkosten zusammen [9].

$$MK = MEK + MGK \quad (4-2)$$

Bei den Fertigungskosten addiert man die Fertigungseinzelkosten, die Fertigungsgemeinkosten und die sonstigen Fertigungseinzelkosten [9].

$$FK = FEK + FGK + SoFEK \quad (4-3)$$

Erklärung der Begrifflichkeiten **Einzelkosten** und **Gemeinkosten**:

Die Einzelkosten können direkt und eindeutig einem Produkt zugeordnet werden. Die Materialeinzelkosten wären somit die direkt für das Produkt benötigten Materialien (Rohstoffe, etc.) [9]. Rohstoffkosten, die für jedes einzelne Produkte aufgewendet werden, bilden einen Teil der variablen Kosten (s.o.). Die Fertigungseinzelkosten betreffen alle Ressourcen (außer Material), die direkt am Produktionsprozess verbraucht werden. Darunter fallen u.a. die Akkordlöhne (Löhne auf Basis einer mengenmäßig erfassbaren Leistung [10]), die bei während der Produktion anfallen würden. Die Sonderfertigungseinzelkosten (SoFEK) sind Beträge, die bei einem bestimmten Auftrag anfallen.

Gemeinkosten können keinem Kostenträger direkt zugeordnet werden [9]. Die Ressource, um die es sich bei den Gemeinkosten handelt, wird für mehrere Produkte verbraucht. Beispiele wären z.B. Miet- oder Heizkosten der Produktionsanlage. Die Mietkosten wären auch ein Beispiel für fixe Kosten (s.o.), die in einem Unternehmen anfallen würden. Die Gemeinkosten können auch über den sogenannten Gemeinkostenzuschlag auf die Kostenträger gerechnet werden. Den Gemeinkostenzuschlag berechnet man über die Division von den gesamten Gemeinkosten und der Summe aller Einzelkosten ( $\frac{GK}{EK}$ ) [9].

In Fällen weitgehend automatisierter Fertigung werden Maschinenstunden über die Maschinenstundensatz-Rechnung direkt als Fertigungseinzelkosten auf den Kostenträger verteilt. Folgende Kosten können einer Maschine zugeordnet werden [11].

1. Kalkulatorische Abschreibungen: Die kalkulatorischen Abschreibungen werden basierend auf dem aktuellen Wiederbeschaffungswert (einschließlich Aufstellungs- und Anlaufkosten) und der geschätzten Nutzungsdauer festgelegt.
2. Kalkulatorische Zinsen: Die kalkulatorischen Zinsen werden normalerweise gemäß den gängigen Zinssätzen für langfristiges Fremdkapital festgelegt. Um die Berechnung zu vereinfachen und die Vergleichbarkeit verschiedener Perioden sicherzustellen, werden die Zinsen auf Basis der Hälfte des Wiederbeschaffungswerts der Anlage berechnet.
3. Raumkosten: Die Raumkosten beziehen sich auf die von der Maschine belegte Fläche. Diese Kosten beinhalten Abschreibungen und Zinsen auf Gebäude und Werkanlagen, Instandhaltungskosten des Gebäudes, sowie Licht, Heizung, Versicherung und Reinigung
4. Energiekosten: Unter die Energiekosten fallen Strom-, Gas-, Wasser- und ähnliche Kosten.
5. Instandhaltungskosten

Der Maschinenstundensatz  $K_{MH}$  ergibt sich aus der Summe dieser Kostenarten geteilt durch die Nutzungszeit der Maschine [11]:  $K_{MH} = \sum \frac{K_N}{T_N}$

Für die Maschinenkosten muss der Maschinenstundensatz mit der Zeit je Einheit verrechnet werden:

$$MAK = K_{MH} \cdot t_e \quad (4-4)$$

Zusatz Selbstkosten:

Da die Herstellkosten nicht die ganzen betrieblichen Kosten abdecken, werden noch die Selbstkosten definiert. Hierbei werden den Herstellkosten die Vertriebsgemeinkosten sowie Verwaltungsgemeinkosten hinzuaddiert [9].

Bei der Herstellkostenrechnung einer produzierenden Firma unterscheidet man zwischen der Vorkalkulation und der Nachkalkulation [12]. In der Vorkalkulation werden die **voraussichtlichen** Kosten eines Produktes oder eines Auftrages zusammengestellt. Man redet hier von den sogenannten Soll-Kosten bzw. wenn man über die Fertigungszeiten redet von den Soll-Zeiten [12]. Die Nachkalkulation behandelt dann alle „realen“ Kosten, die während der Produktion letztendlich entstanden sind. Hier werden die Kosten als Ist-Kosten bezeichnet bzw. die Zeiten als Ist-Zeiten [12]. Man kann im Nachhinein die Kosten aus Vor- und Nachkalkulation vergleichen. Es ist zu bemerken, dass es sich bei den Heliostaten um eine Vorkalkulation handelt. Denn Ziel soll es sein bei der Konstruktion die Kostenpunkte zu ermitteln. Erfahrungswerte bzw. eine Nachkalkulation gibt es nicht, da der Heliostat noch nicht produziert wird.

## 5 Berechnung der Herstellkosten des Heliostaten

Wie bereits erläutert wird die Berechnung der Herstellkosten nicht anhand der Software, sondern selbst per Hand entwickelt. Dies geht auch mit der angestrebten „Optimierung“ einher. Denn die Auswahl der Bearbeitungsverfahren sind gleichzeitig auch Vorschläge zur optimalen Kostenzusammensetzung für die Herstellung des Heliostaten.

### 5.1 Materialkosten

Eine allererste Kostenabschätzung soll über die Kosten der Rohmaterialien ablaufen. Ohne die Hinzunahme der Bearbeitungskosten, ist davon auszugehen, dass die reinen Materialkosten nicht im Ansatz den Endgesamtpreis widerspiegeln werden. Es soll dennoch eine erste Übersicht der Kostenträger geben und wird später für die weitere Kalkulation der Herstellkosten genutzt. Die nachfolgenden Tabellen sind nach den Baugruppen der CAD-Zeichnung geordnet. Gleichzeitig sind die Abbilder der Baugruppen angezeigt.

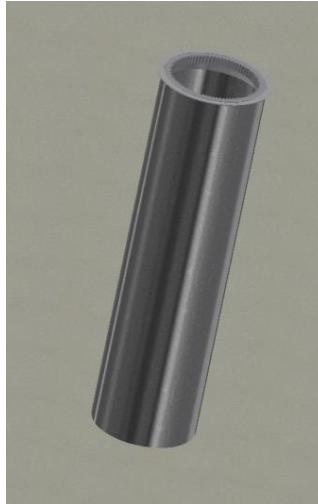
Als Berechnungsgrundlage gelten die Angaben aus Tabelle 3[16][17][18]:

Material	Preis/kg o. /m <sup>2</sup>	Quelle
UHMW, weiß	12 €	<a href="#">PE-UHMW Platten (PE-1000) Schwarz   S-Polytec</a>
Stahl, galvanisiert	0,82 €	<a href="#">Aktuelle Stahlpreise pro Tonne (1.000 kg)</a>
Stahl, unlegiert	0,75 €	<a href="#">Aktuelle Stahlpreise pro Tonne (1.000 kg)</a>
Stahl	0,75 €	<a href="#">Aktuelle Stahlpreise pro Tonne (1.000 kg)</a>
Stahl, Legierung	0,82 €	<a href="#">Aktuelle Stahlpreise pro Tonne (1.000 kg)</a>
Spiegel	14,00 €	Erfahrungswert des DLR
Polyethylen, hohe Dichte	0,84 €	<a href="#">Markt &amp; Preise (plasticker.de)</a>
UHMW, schwarz	12 €	<a href="#">PE-UHMW Platten (PE-1000) Schwarz   S-Polytec</a>
POM	1,90 €	<a href="#">Markt &amp; Preise (plasticker.de)</a>

**Tabelle 3 – Materialpreise**

In Abbildung 7 ist die Baugruppe „Base“ abgebildet. Man kann dabei erkennen, dass die Pylone durch einen Boden verläuft. Der Boden ist kein Bauteil des Heliostaten und wird nicht mit aufgeführt. In Tabelle 4 sind die dazugehörigen Materialkosten abgebildet.

**Abbildung 7 – CAD-Konstruktion der Baugruppe „Base“**

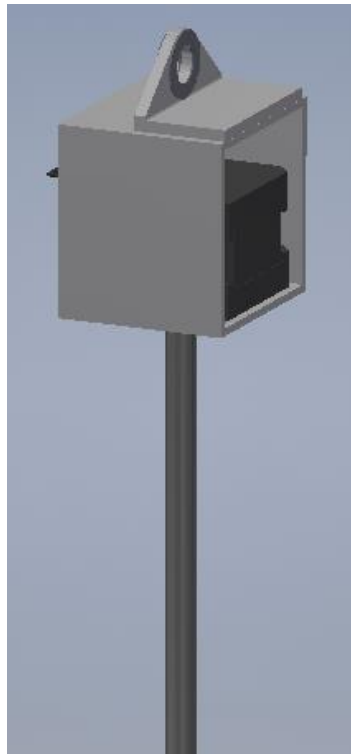


Objekt	Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse in kg	Material	Preis
1	StuetzHuell-Rohr	Pylone	1	5,611	Stahl, galvanisiert	4,57 €
2	Pylone-Innenring	Pylone-Innenring	1	0,4	Stahl, unlegiert	0,30 €
3	Innenzahnkranz_160	Innenzahnkranz	1	0,101	POM	0,19 €

**Tabelle 4 - Materialkosten „Base“**

In Abbildung 8 ist die CAD-Zeichnung der Baugruppe „El-Antrieb“ zu sehen. Tabelle 5 bildet die zugehörigen Materialkosten ab.

**Abbildung 8 – CAD-Konstruktion der Baugruppe „El-Antrieb“**



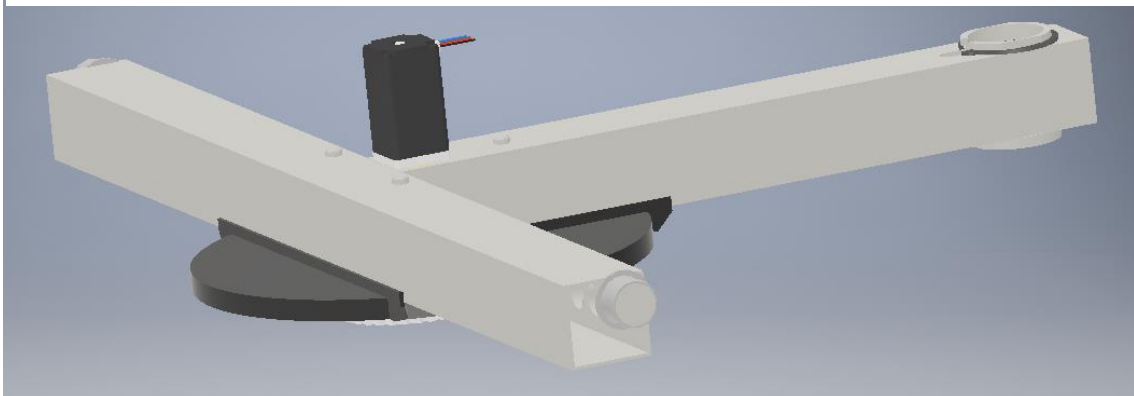
Objekt	Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse	Material	Preis
1	El-Motor_NEMA17	El-Motor_NEMA17	1	0,051		5,00 €
2	Spindel_PTGS0_08x1_5_01_R_500_ES_1	Spindel	1	0,025	Edelstahl	5,00 €
3	DIN 59370 - 25 x 3 - 50	L-Profil	1	0,036	Stahl	0,03 €
4	Anlaufscheibe_El-Konzentrator_GTM_1018_005_3	Anlaufscheibe	2	0	Kunststoff	0,08 €
5	Mutter_WSRM_1812TR8X1_5_3	Mutter mit Kalotte und Zapfen	1	0,002	Generisch	3,00 €

**Tabelle 5 - Materialkosten „El-Antrieb“**

Bei dem „El-Motor\_Nema17“ handelt es sich um ein Zukaufteil. Beim Vergleich verschiedener Händler gab Aliexpress günstige Preise für 7,68€ an [19]. Erfahrungswerte des DLR bestätigen diese Angabe, aber der Wert wird bei Betrachtung hoher Stückzahlen auf 5€ geschätzt. Der ermittelte Händler bei der „Spindel“ ist Kletterer Antriebe [20]. Die recherchierte Spindel ist 1000mm lang und kostet 10,30€. Somit wird eine 500mm lange Spindel, sowie sie benötigt wird auf 5€ geschätzt. Auch die Werte zur Anlaufscheibe und „Mutter-Kalotte“ sind über Erfahrungswerte des DLR geschätzt worden.

In Abbildung 9 ist die CAD-Konstruktion der Baugruppe „Aufsatz“ zu sehen. Das Bauteil „Zentralgelenk\_EI“ ist dabei eine eigene Baugruppe, weshalb es dazu eine separate Aufstellung der Materialkosten gibt, wie in Tabelle 6 zu sehen ist.

Abbildung 9 – CAD-Konstruktion der Baugruppe „Aufsatz“



Objekt	Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse	Material	Preis
1	Ausleger	Ausleger	1	0,581	Stahl	0,44 €
2	Zentralgelenk_EI	Zentralgelenk_EI	1	0,141		0,10 €
3	Traverse_2	Traverse	1	1,086	Stahl	0,81 €
4	DIN 471 - 42x1,75	Sicherungsring	1	0,006	Stahl, weich	0,40 €
5	11HS20-0714S-PG51	Motor-Azimut	1	0,068	Generisch	10,00 €
6	Welle-Planetenräder	Welle-Planetenräder	3	0,026	Stahl, unlegiert	0,06 €
7	Sonnenrad_23101000	Sonnenrad	1	0,037	Stahl, Legierung	0,03 €
8	Abdeckung_Planetengetriebe	Abdeckung_Planetengetriebe	1	0,079	UHMW, schwarz	0,95 €
9	Planetenrad_2_28603500	Planetenrad	3	0,041	POM	0,23 €
10	Halterung_Gleitschuh_aussen	Halterung_Gleitschuh_aussen	3	0,016	Stahl, galvanisiert	0,04 €
11	Gleitschuh_aussen	Gleitschuh_aussen	3	0,002	Polyethylen, hohe Dichte	0,01 €
12	Auflage_Gleitschuh_gerade	Auflage_Gleitschuh_gerade	1	0,01	Stahl, unlegiert	0,01 €
13	Auflage_Gleitschuh_schraeg	Auflage_Gleitschuh_schraeg	2	0,01	Stahl, unlegiert	0,02 €
14	Huelse_Planetenradhalterung	Huelse_Planetenradhalterung	3	0,002	Stahl, unlegiert	0,00 €
15	Distanzring_Az-Motor	Distanzring_Az-Motor	1	0,005	Stahl, unlegiert	0,00 €
16	Zapfen_EI-Lager	Zapfen_EI-Lager	2	0,098	Stahl, unlegiert	0,15 €
17	Gleitlager-EI_ibh_GFM-202328-15	Gleitlager-EI	2	0,002	Generisch	0,11 €
<b>Zentralgelenk</b>						
Objekt	Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse	Material	Preis
1	Gehäuse_Gelenklager_2023_07_11_12_49_34_0281		1	0,004	Stahl	0,00 €
2	Huelse_Zentrallager_Prototyp		1	0,124	Stahl	0,09 €

Tabelle 6 - Materialpreise „Aufsatz“

Die Preise des „Motor-Azimutes“ (Position 6) basieren auf Erfahrungswerte des DLR.

In Abbildung 10 ist die CAD-Konstruktion der Baugruppe „Konzentrator“. Die zugehörigen Preise sind in Tabelle 7 zu sehen.

**Abbildung 10 – CAD-Konstruktion der Baugruppe „Konzentrator“**



Objekt	Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse	Material	Preis
1	Spiegel_C-Profil_Seite	Spiegel_C-Profil_Seite	2	1,08	Stahl, galvanisiert	1,76 €
2	Spiegel_C-Profil_Mitte	Spiegel_C-Profil_Mitte	1	1,123	Stahl, galvanisiert	0,92 €
3	Rahmen_kurz	Rahmen_kurz	2	0,581	Stahl, galvanisiert	0,95 €
4	Rahmen_lang	Rahmen_lang	2	0,728	Stahl, galvanisiert	1,19 €
5	Stuetze_El-Lager	Stuetze_El-Lager	2	0,123	Stahl, galvanisiert	0,20 €
6	Huelse-El-Achse	Huelse-El-Achse	2	0,013	Stahl, galvanisiert	0,02 €
7	Solarglas_DIN-EN-572_BF	Solarglas	2	1	Spiegel	28,00 €
8	Spiegel_C-Profil_El-Antrieb	Spiegel_C-Profil_El-Antrieb	1	0,108	Stahl, galvanisiert	0,09 €
9	Spiegel_C-Profil_quer	Spiegel_C-Profil_quer	1	0,274	Stahl, galvanisiert	0,22 €
10	Auflage_El-Antrieb	Auflage_El-Antrieb	1	0,171	Stahl, unlegiert	0,13 €

**Tabelle 7 - Materialpreise „Konzentrator“**

In Tabelle 8 sind die zusammengerechneten Kosten abgebildet. Die Abbildung der CAD-Konstruktion ist bereits in Abbildung 6 zu sehen.

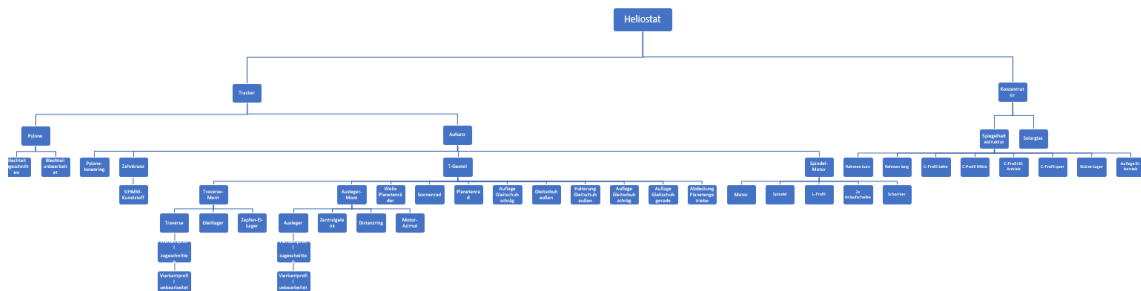
Bauteilnummer	Bezeichnung	ANZAHL	Masse	Preis
TT-HS-Base	Base	1	31999,662 kg	5,06 €
El-Antrieb	EL-Antrieb	1	0,242 kg	10,11 €
67700182_4	Scharnier-Antrieb	1	0,002 kg	0,90 €
TT-HS-Aufsatz_4mm	T-Gestell	1	2,496 kg	13,35 €
Konzentrator	Konzentrator	1	24,597 kg	33,47 €
				62,89 €

**Tabelle 8 – Materialgesamtpreis**

Die Preisfindung des Scharniers ist in Kapitel 5.4 erläutert.

## 5.2 Fertigungsstruktur des Heliostaten

Da die Bauteile nicht wie in den CAD angegebenen Baugruppen montiert werden, wird im Zuge dessen eine Baumstruktur nach Montageschritten entworfen.



**Abbildung 11 – Baumstruktur des Heliostaten**

Da die Baumstruktur in dieser Weise nicht lesbar ist, werden die einzelnen Baugruppen in separaten Baumstrukturen angezeigt. Die Erklärung zu den Herstellverfahren, sowie sie teilweise zu sehen sind, sind dann in Kapitel 5.3 dargestellt.



Abbildung 12 – Baumstruktur „Pylone“

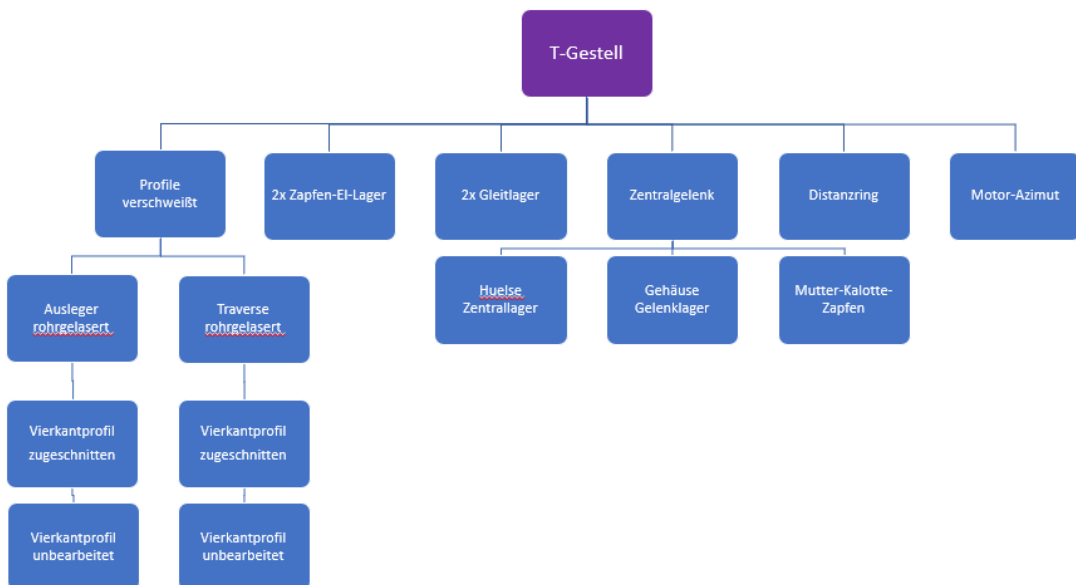


Abbildung 13 – Baumstruktur „T-Gestell“

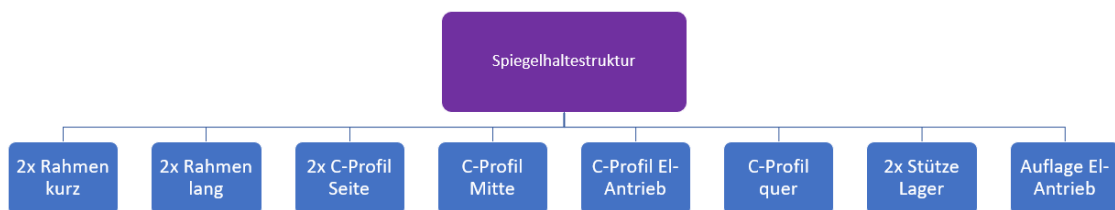


Abbildung 14 – Baumstruktur „Spiegelhalterstruktur“



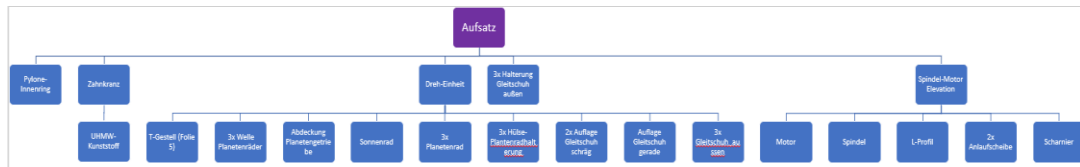


Abbildung 15 – Baumstruktur „Aufsatz“

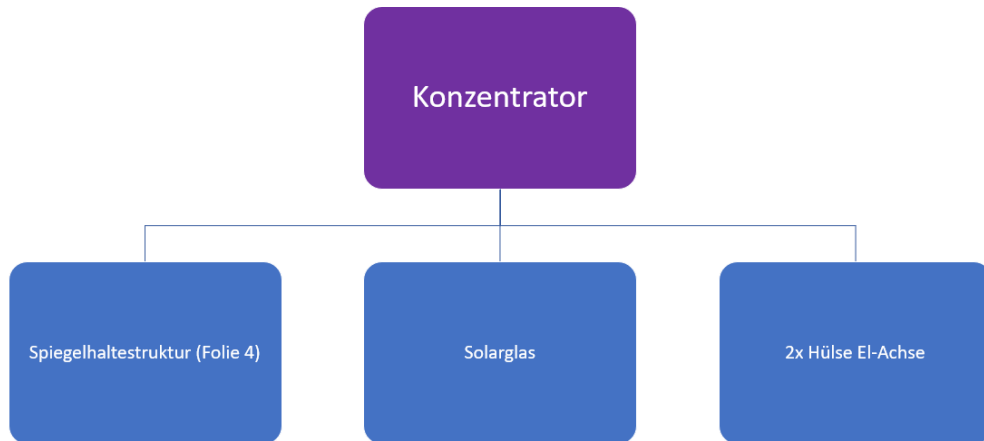


Abbildung 16 – Baumstruktur „Konzentrator“

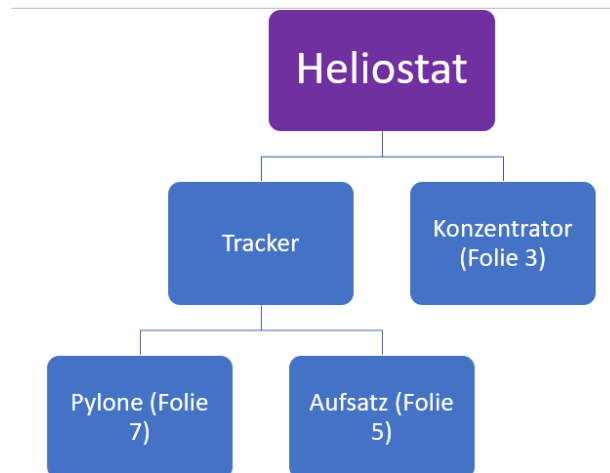


Abbildung 17 - Baumstruktur „Heliostat“

Zur besseren Übersicht ist es sinnvoll, eine Fertigungsstraße abzubilden. Skizzen können per Hand (siehe Anhang) hergestellt werden, bilden aber aufgrund der schwierigen Nachbearbeitung nur erste grobe Übersichten. Aufschlussreiche Abbilder während der Produktion, können im Programm „Witness“ erstellt werden. Zusätzlich sind die Elemente mit Funktionen und Werten editierbar, sodass eine Simulation des Ablaufes möglich wäre. In der genutzten Demo Version, ist die Anzahl der zu wählende Elemente beschränkt, weshalb die Abbildung der ganzen Fertigungsstraße nicht möglich ist. In Abbildung 18 ist ausschnittsweise zu erkennen, wie die Fertigung am Beispiel der Pylone in Witness abgebildet werden kann.

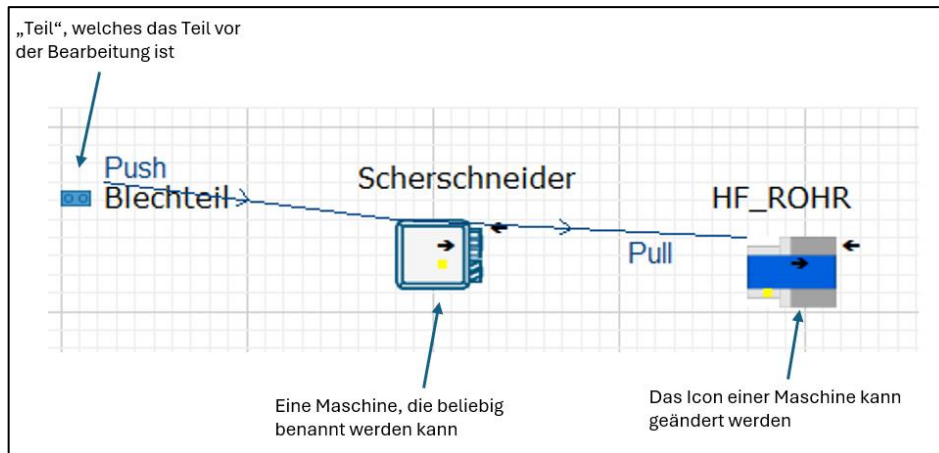


Abbildung 18 – Fertigungsskizze/Simulation der Pylone in Witness

### 5.3 Fertigungsverfahren

Für die Auswahl der optimalen Fertigungsverfahren muss ein „technologischer Variantenvergleich“ [11] verfasst werden. Man versucht unter unterschiedlichen Gesichtspunkten eine Variante mit bestmöglicher Wirtschaftlichkeit bzw. Rentabilität auszuwählen [11]. Zu dem ausgewählten Produkt sollten mögliche Verfahrensvarianten entwickelt und diese im späteren bewertet werden. Kriterien zur Bewertung der Verfahren sind in Abbildung 19 dargestellt.

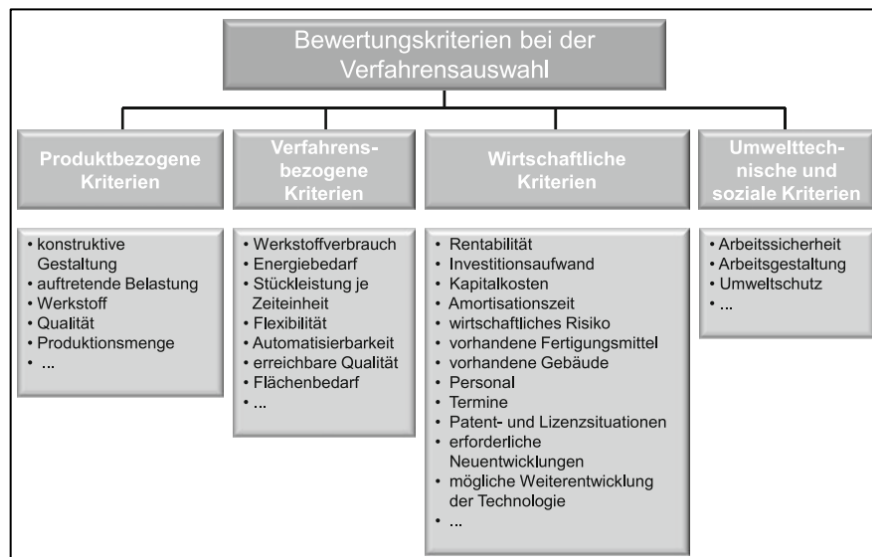


Abbildung 19 - Beispiel unterschiedlicher Bewertungskriterien [11]

Die Planung der Heliostatherstellung beschäftigt sich damit diesen in sehr großen Stückzahlen herzustellen. Daher sollte der Automatisierungsgrad/Automatisierbarkeit, geringe Betriebskosten sowie schnelle Bearbeitungszeiten wesentliche Bestandteile der Bewertung der Verfahren sein. Um die Fertigung des Heliostaten besser planen zu können wird im ersten Schritt grob skizzenhaft die Fertigungsstraße dargestellt (siehe Anhang Abbildung 61).

Im späteren soll jeweils auf die Herstellauswahl und Kostenrechnung einzelner Bauteile eingegangen werden. Die Berechnung der Bearbeitungszeiten der Pylone, der Ausleger und der Traverse sind hierbei im Detail dargestellt. Eine Idee zur Bearbeitung anderer Teile. In der Baumstruktur und Stückliste sind die Bauteile nicht mit ihren Bearbeitungsverfahren aufgeführt. Diese Bauteile sind gelb markiert. Weiter Bauteile, die gelb markiert sind, sind Spritzgussteile. Bauteile und Baugruppen, die final auf jeden Fall Zukaufteile werden, sind grün markiert. Der Aufbau der Stücklisten folgt folgendem Schema:

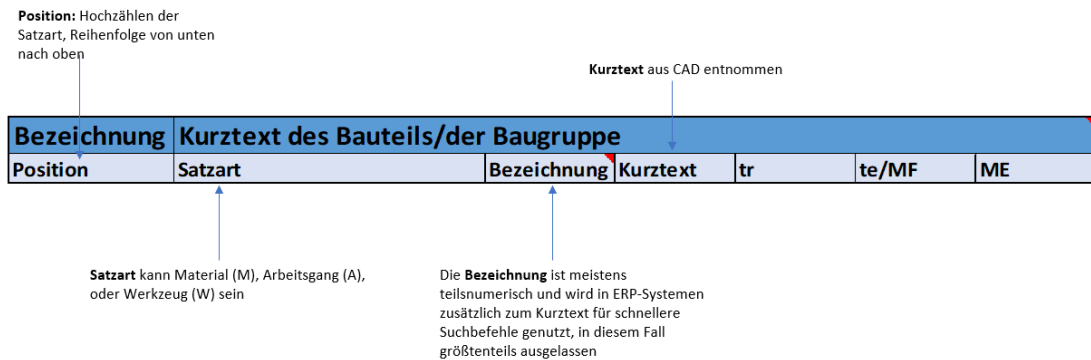


Abbildung 20 - Schema der Stückliste

Die Stücklisten sind nach ihren Bearbeitungsschritten aufgeteilt. Alle orange-markierten Zellen sind mit dem DLR zusammen geschätzte Zeiten.

HEL_1001 Pylone						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
3	A		AG Abkühlen			1 min
2	A		AG Rohherstellung (HF-Schweißen bei gleichzeitiger Umformung)		15	0,27 min
1	M	Hel_1000	Blechteil_Pylone			1 Stück

HEL_1000 Blechteil Pylone						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Scherschneiden		10	0,05 min
2	M		Blechteil unbearbeitet			3 kg

Tabelle 9 - Fertigungsstücklisten „Pylone“

HEL_2005 T-Gestell						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG montieren		5	min
2	M		Motor-Azimut			1 Stück
3	M		Distanzring			1 Stück
4	M	HEL_2004	Zentralgelenk			1 Stück
5	M		Gleitlager			2 Stück
6	M		Zapfen-EL-Lager			2 Stück
7	M	HEL_2003	Profile verschweißt			1 Stück
HEL_2004 Zentralgelenk						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG montieren		3	min
2	M		Gehäuse-Gelenklager			1 Stück
3	M		Hülse-Zentrallager			1 Stück
4	M		Mutter-Kalotte			1 Stück
HEL_2003 Profile verschweißt						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Abkühlen		1	min
2	A		AG Kantenschweißen		3,4	min
3	M	HEL_2002	Traverse			1 Stück
4	M	HEL_2001	Ausleger			1 Stück
HEL_2002 Traverse						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Aussparungen (nur 2 Bohrungen)		0,11	min
2	M	HEL_2000	Vierkantprofil_zuges.			1 Stück
HEL_2001 Ausleger						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Laserschneiden		0,05	min
2	A		AG auf andere Seite Drehen		0,333333333	min
3	A		AG Bohren		0,02	min
4	M	HEL_2000	Vierkantprofil_zuges.			1 Stück
HEL_2000 Vierkantprofil_zuges.						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	M		AG Entgraten		0,15	min
2	A		AG Sägen		0,78	min
3	A		Vierkantprofil unbearbeitet		2,176	kg

Tabelle 10 - Fertigungsstücklisten „T-Gestell“

Hel_3000 Zahnkranz						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	M		POM			1 Stück

Tabelle 11 - Fertigungsstücklisten „Zahnkranz“

Bemerkung zu Stückliste „Zahnkranz“: Normalerweise müsste die Tabelle zwei Bestandteile haben. Einmal das Material mit Angabe in kg oder g und einmal der Arbeitsgang „Spritzguss“ mit einer Zeitangabe. Da aber die Spritzgussteile wie der Zahnkranz anders abgeschätzt werden (siehe unten), ist hier einfach das Material über eine Stückzahl ohne Arbeitsgang angegeben.

HEL_4002 Aufsatz						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Montieren		3	min
2	M		Pylone-Innenring		1	Stück
3	M	Hel_3000	Zahnkranz		1	Stück
4	M		Halterung Gleitschuh außen		1	Stück
5	M	HEL_4001	Spindel-Motor Elevation		1	Stück
6	M	HEL_4000	Dreh-Einheit		1	Stück
HEL_4001 Spindel-Motor Elevation						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
	A		AG Montieren		2	min
	M		Anlaufscheibe		1	Stück
	M		L-Profil		1	Stück
	M		Spindel		1	Stück
	M		EL-Motor		1	Stück
HEL_4000 Dreheinheit						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Montieren		5	min
2	M		Gleitschuh außen		3	Stück
3	M		Auflage Gleitschuh gerade		1	Stück
4	M		Auflage Gleitschuh schräg		2	Stück
5	M		Hülse Planetenradhalterung		3	Stück
6	M		Planetenrad		3	Stück
7	M		Sonnenrad		1	Stück
8	M		Abdeckung Planetengetriebe		1	Stück
9	M		Welle Planetenräder		3	Stück
10	M	HEL_2005	T-Gestell		1	Stück

Tabelle 12 - Fertigungsstücklisten „Aufsatz“

HEL_5001 Konzentrador						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG montieren		10	min
2	M		Hülse EL-Achse		2	Stück
3	M		Solarglas		1	Stück
4	M	HEL_5000	Spiegelhalterstruktur		1	Stück
HEL_5000 Spiegelhalterstruktur						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG Zusammenschweißen		5	min
2	M		Rahmen kurz		2	Stück
2	M		Rahmen lang		2	Stück
3	M		C-Profil Seite		2	Stück
3	M		C-Profil Mitte		1	Stück
4	M		C-Profil EL-Antrieb		1	Stück
4	M		C-Profil quer		1	Stück
5	M		Stütze Lager		2	Stück
5	M		Scharnier		1	Stück
6	M		Auflage EL-Antrieb		1	Stück

Tabelle 13 - Fertigungsstücklisten „Konzentrador“

HEL_6000 Tracker						
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	M	HEL_4002	Aufsatz		1	Stück
2	A		AG Rammen		2	min
3	M	HEL_1001	Pylone		1	Stück

Tabelle 14 - Fertigungsstückliste „Tracker“

HEL	Heliostat					
Position	Satzart	Bezeichnung	Kurztext	tr	te/MF	ME
1	A		AG montieren			2 min
2	M		Konzentrator			1 Stück
3	M		Tracker			1 Stück

Tabelle 15 - Fertigungsstückliste Heliostat

Die Bearbeitung des Trackers und des Heliostaten ist differenziert von den anderen Fertigungsschritten zu betrachten. Es ist gedacht, dass diese Fertigungsschritte auf dem Heliostatenfeld erfolgen. Mit dieser Installation beschäftigt man sich in einer anderen Arbeit des DLR. Daher ist dies nicht Bestandteil dieser Kostenrechnung.

### Pylonenherstellung

Die Pylone ist ein Stahlrohr, welches zur Befestigung in den Boden genutzt wird. Es gibt dabei zwei grundlegende Fertigungsverfahren zur Rohrherstellung. Einmal gibt es nahtlose Verfahren (DIN 2448), darunter fallen z.B. Schrägwalzverfahren oder Ziehpressverfahren. Zum anderen gibt es die geschweißten Rohre (DIN 2458) [21]. Nahtlose Rohrherstellungsverfahren sind in der Regel für Rohre mit großen Wanddicken und Durchmessern mit bis zu 660 mm geeignet [21], geschweißte Rohre hingegen generell für dünnwandige Rohre mit großen Durchmessern [21]. Da die Pylone mit einer Wanddicke von 0,6 mm sehr dünnwandig ist, kommen hier die geschweißten Rohre eher in Frage. Als Ausgangsmaterial wird hierbei ein Flacherzeugnis verwendet [22]. In Abbildung 21 sind die unterschiedlichen Rohrschweißverfahren abgebildet. Rechts im Bild ist auch zu erkennen, in welchem Durchmesserbereich das gewählte Verfahren angewendet wird. Der Außendurchmesser der Pylone ist 190,2 mm. Dies grenzt die Verfahren in Hochfrequenzschweißen und Schutzgasschweißen (WIG, MIG, WP) ein [21]. Allerdings liegen die Schweißgeschwindigkeiten beim HF-Schweißen bei bis zu 100-120 m/min, während sie beim Schutzgasschweißen bei 5-12m/min liegen [21]. Somit wird sich für die Rohrherstellung für das HF-Schweißen entschieden.

Einförmung	Schweißverfahren	Benennung	Naht	Abmessungsbereich (Außen $\phi$ )
Kontinuierlich	Feuerpreßschweißen	Fretz-Moon	längs	13 ... 114
	Widerstandspreßschweißen	Gleichstrom Niederfrequenz Hochfrequenz	längs	10 ... 20 (30) 10 ... 114 20 ... 600
	Lichtbogenschweißen (Schmelzschweißen)	Unterpulver (UP) Schutzgas (MAG) (nur Heftnaht) Schutzgas (WIG, MIG, WP)*	spiral	168 ... 2500 406 ... 2032
spiral/längs			30 ... 500/10 ... 420	
Einzeleinformung 3-Walzen- Biegemaschine C-Pressen	Lichtbogenschweißen (Schmelzschweißen)	Unterpulver (UP) Schutzgas (WIG, MIG, WP)*	längs	$\geq$ 500 200 ... 600
Einzeleinformung U-O-Pressen			längs	457 ... 1626

Abbildung 21 – Rohrschweißverfahren [21]

Bevor das Rohr selbst hergestellt wird, muss das Blechteil (Rohform) zugeschnitten werden. Für diesen Bearbeitungsschritt wird das Scherschneideverfahren genutzt (Begründung siehe unten). Schnittgeschwindigkeiten können nach Art der Maschine variieren. Es wird angenommen, dass die Schnittgeschwindigkeit ca. 13000mm/min beträgt [23].

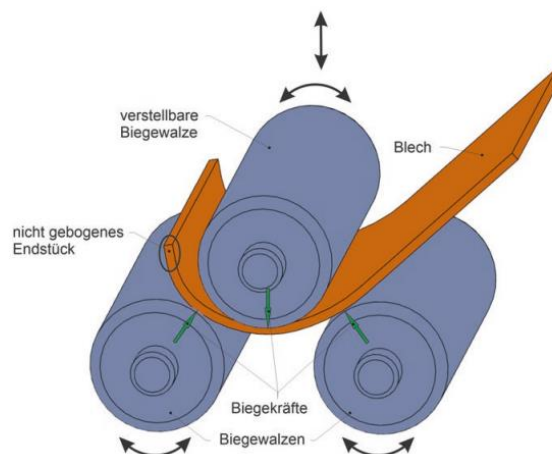
<b>Scherschneiden des Blechteils</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Gesamtkontur (Umfang) U		597,531	mm
Schnittgeschwindigkeit $v_c$		13000	mm/min
Schittdauer t	$t=U/v_c$	0,05	min

**Tabelle 16 – Zuschneiden Stahlblech für Pylone**

Die Rohrherstellung besteht dann aus zwei Bestandteilen:

1. Das Umformen des Blechteils
2. Das Schweißen der Naht

Für die Umformung wird das Walzrunden (siehe Abbildung 22) angewendet, welches sich für das Biegen von dünnen Blechen eignet [24]. Die Umformgeschwindigkeit kann dabei 6-10 m/min betragen [25].



**Abbildung 22 – Walzrunden [24]**

Der gesamte Rohrherstellungsprozess, von anfänglicher Umformung zum anschließenden HF-Schweißen, ist schematisch in Abbildung 23 dargestellt.

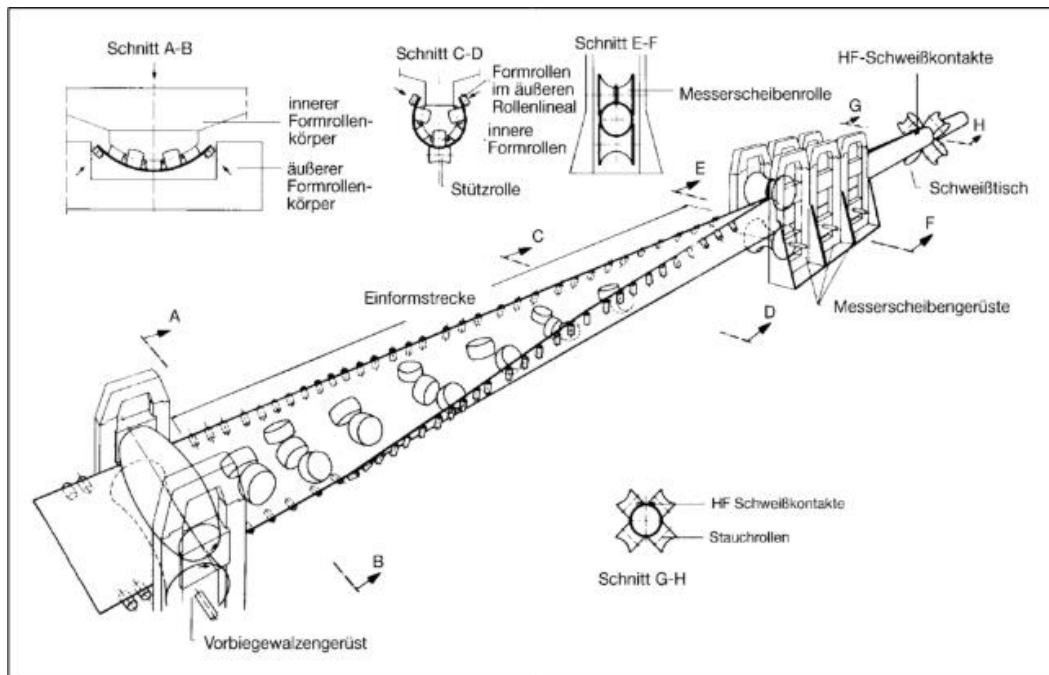


Abbildung 23 - Rohrherstellung: Umformen mit anschließendem HF-Schweißprozess [21]

Für die Rohrherstellung ergeben sich dann die in Tabelle 17 angegebenen Zeiten.

Rohrherstellung			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Rohrlänge s		2	m
Schweißgeschwindigkeit vf		100	m/min
Umformgeschwindigkeit vu		8	m/min
Umformung	$s/vu$	0,25	min
Schweißvorgang	$s/vf$	0,02	min
Gesamt		0,27	min

Tabelle 17 - Rohrherstellung Zeiten

Bei der Auswahl der möglichen Fertigungsverfahren für die anderen Bauteile des Heliostaten müssen folgende Prozesse berücksichtigt werden. Zuerst das in Maße Schneiden von Stahlbauteilen unterschiedlicher Art. Dies wird z.B. bei der Traverse benötigt. Dann gibt es das Bearbeiten komplexerer Bauteile mit unterschiedlichen Aussparungen, Bohrungen etc. Es müssen teilweise Drehteile hergestellt werden. Zur Montage von Bauteilen werden Fügeverfahren benötigt. Im Folgenden werden unterschiedliche Fertigungsverfahren durch die Angabe von Vor- und Nachteilen miteinander verglichen. Erklärende Theorie zu den einzelnen Bearbeitungsverfahren lässt sich im Anhang unter **Erklärungstexte zu Bearbeitungsverfahren** nachlesen.



### **Maßschneiden/geometrisches Schneiden**

Das Schneiden fällt unter die Hauptgruppe 3 „Trennen“ nach DIN 8580 [26]. Es soll bei der Auswahl eines geeigneten Fertigungsverfahrens zwischen dem „Maßschneiden“ und dem „geometrischem Schneiden“ unterschieden werden. Beim Maßschneiden bleibt das Bauteil in seiner Form gleich, ändert aber seine Maße. Beim geometrischen Schneiden bleiben sowohl Maße als auch Form des Bauteils gleich. Allerdings werden dem Bauteil Bohrungen, Nuten, etc. zugefügt, welche die Geometrie des Bauteils verändern. I.d.R. wird es so sein, dass zuerst maßgeschnitten wird, bevor das Bauteil dann ihre Geometrie zugeschnitten bekommt.

Für die Industrie und in unserem Fertigungsfall kann die Auswahl auf das Scherschneiden, Sägen oder das thermische Abtragen/Schneiden begrenzt werden

### **Scherschneiden**

Vorteile des Scherschneidens [26] [27]:

- Hohe Produktivität und Geschwindigkeit, besonders für einfache Blechzuschnitte ohne Löcher oder Ausnehmungen
- Kostengünstigste Alternative im Vergleich zu anderen Trennverfahren
- Keine Wärmeeinbringung, daher keine Veränderung der Materialeigenschaften und keine Aufhärtung der Schnittkanten
- Saubere Schnitte ohne gehärtete Schnittkanten

Nachteile des Scherschneidens [26] [27]:

- Eignet sich eher für dünne Bleche
- Bei großformatigen Teilen mit vielen Löchern kann es zu Verformungen kommen
- Splitterbildung an den Schnittkanten, die nachbearbeitet werden muss

### **Thermisches Abtragen/Schneiden:**

Zu den thermischen Abtrageverfahren (DIN 8590) gehören diejenigen Verfahren, die den Werkstoffzusammenhalt durch Wärmeinfluss aufheben [26]. Dabei gibt es die Abtragung durch Funkentladung (Erodieren), Strahlen (Licht, Laser, Elektronen) oder Gas [26]. Zusätzlich, auch wenn nicht unter thermisches Schneiden fallend, soll auch das Verfahren des Wasserstrahlschneidens beleuchtet werden.

Alle erstgenannten Schneidverfahren gründen sich auf dem Prinzip einer lokalen Erhitzung der Werkstückoberfläche mittels einer geeigneten, konzentrierten Wärmequelle [26]. Durch die erzeugte hohe Temperatur, welche von der Art der Wärmequelle und des Werkstoffs abhängt, kommt es zur Verbrennung, Schmelzung oder Verdampfung des Werkstoffs. Diese Prozesse führen zur Bildung einer Trennfuge, die sich mit der Schneidgeschwindigkeit in Richtung des Schnitts bewegt [26].

Um eine Auswahl des richtigen Schneidverfahrens zu wählen, werden diese miteinander verglichen und gleichzeitig Vor- und Nachteile aufgestellt.

### **Autogenes Brennschneiden:**

Vor- und Nachteile sind [29][26]:

Vorteile

- Kostengünstiges Schneidverfahren mit geringen Anschaffungskosten
- Hohe Standzeiten der Schneiddüsen
- Große Schnittiefen bis 3000 mm möglich

Nachteile

- Thermische Beeinflussung und Verzug der Werkstücke
- Offene Flamme und Explosionsrisiko der Gasflaschen
- Starke Gefügeänderung und Aufhärtung des Werkstücks im Schnittbereich
- Hoher Wärmeeintrag und Rauchemissionen
- Geringere Schnittqualität und Genauigkeit im Vergleich zu Laser/Plasma
- Manche Materialien wie Kunststoff aufgrund der hohen Wärme nicht bearbeitbar

### **Plasmaschneiden:**

Vorteile [26] [30]

- Schneidet alle leitfähigen Materialien, auch ölige, lackierte und rostige Oberflächen
- Hohe Schnittgeschwindigkeit
- Geringer Wärmeeintrag und Verzug des Werkstücks

- Geringer Kraftaufwand erforderlich

Nachteile [26] [30]

- Nicht so genau wie Laserschneiden, insbesondere bei sehr dünnen Blechen
- Schräge Schnittflanken
- Starke UV-Strahlung und Lärmentwicklung, die Arbeiter belasten können
- Oxidation an den Schnittkanten und Bildung von Nitriden bei Verwendung von Druckluft, was eine Nachbearbeitung erfordert
- Nur schmelzbare metallische Werkstoffe

Die Abbildung 24 zeigt den Unterschied der Schnittgeschwindigkeiten zwischen einem autogenen Brennschneider und einem Plasmaschneider. Dort ist zu erkennen, dass der Plasmaschneider höhere Schnittgeschwindigkeiten aufweist.

Blechdicke: Baustahl S235	Schnittgeschwindigkeit Sauerstoff- Autogenbrenner mit Acetylen als Heizgas ( $\sigma$ -Werte)	Schnittgeschwindigkeit Sauerstoff- Autogenbrenner mit Propan als Heizgas ( $\sigma$ - Werte)	Schnittgeschwindigkeit Plasma Qualitätsschnitt ( $\sigma$ 260A bis 360 A)
10 mm	630 mm/min	510 mm/min	2.600 mm/min
15 mm	560 mm/min	475 mm/min	2.537 mm/min
20 mm	520 mm/min	450 mm/min	2.235 mm/min
25 mm	450 mm/min	420 mm/min	1.700 mm/min
30 mm	420 mm/min	400 mm/min	1.350 mm/min
35 mm	405 mm/min	395 mm/min	1.112 mm/min
40 mm	395 mm/min	390 mm/min	875 mm/min

**Abbildung 24 - Schnittgeschwindigkeiten bei autogenen Brennschneidern und Plasmaschneidern [28]**

## Laserschneiden

Vor- und Nachteile des Laserschneides sind [26] [31]:

Vorteile

- Hohe Präzision und Genauigkeit beim Schneiden
- Schmale Schnittfugen und saubere Schnittkanten
- Keine Werkzeugkosten und keine Werkzeugabnutzung
- Hohe Materialausnutzung durch schmale Schnittfugen
- Flexibilität beim Schneiden verschiedener Materialien und Dicken
- Möglichkeit des Gravierens und Schneidens in einem Arbeitsgang

Nachteile

- Hohe Anlagenkosten für die Laserschneidemaschinen
- Strenger Arbeitsschutz erforderlich

- Gasverbrauch
- Hohe Wartungskosten
- Beim Schneiden von Kunststoffen können schädliche Gase entstehen
- Begrenzte Schneidleistung bei sehr dicken Materialien über 30mm

### **Wasserstrahlschneiden:**

#### Vorteile [26][32][33][34]

- Keine thermischen Einflüsse wie Aufhärtung, Materialspannungen oder Verformungen
- Geringer Materialabtrag und gute Materialausnutzung durch schmale Schnittfugen
- Universell für nahezu alle Werkstoffe wie Metalle, Kunststoffe, Holz etc. einsetzbar
- Keine Rissbildung oder Gefügeänderungen im Material
- Geringe Umweltbelastung, kein Staub, Rauch oder Dämpfe
- Kein Werkzeugverschleiß
- Möglichkeit zur 2D- und 3D-Bearbeitung

#### Nachteile [26][32][33][34]

#### Teilweise geringe Schnittgeschwindigkeit und Einschränkungen bei engen Radien

- Hohe Schallentwicklung, Lärmschutz erforderlich
- Verschleißteile wie Schneidkopf und Pumpe müssen regelmäßig gewechselt werden
- Wasser muss mineralfrei und aufbereitet werden
- Abrasivmittel und Schneidrückstände müssen entsorgt werden
- Feuchtigkeitsempfindliche Materialien können Probleme bereiten
- Geringere Schnittgenauigkeit und -qualität als beim Laserschmelzschneiden

Ein erstes Fazit soll aus dem Vergleich der thermischen Schneidverfahren sowie dem Wasserstrahlschneiden gezogen werden. Das zu bearbeitende Material ist meistens Stahl. Die Kunststoffteile sollen Zukaufteile der Firma IGUS sein oder per Spritzgussverfahren hergestellt werden, wodurch ein Schneidprozess entfallen würde. Somit entfallen zuerst keine der Verfahren, da alle eine Stahlbearbeitung zulassen, wie beispielsweise in Abbildung 25 zu erkennen ist.

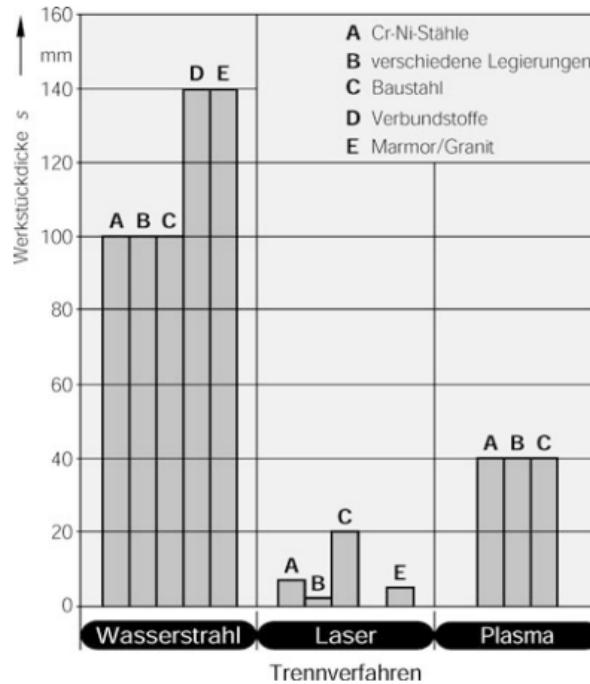


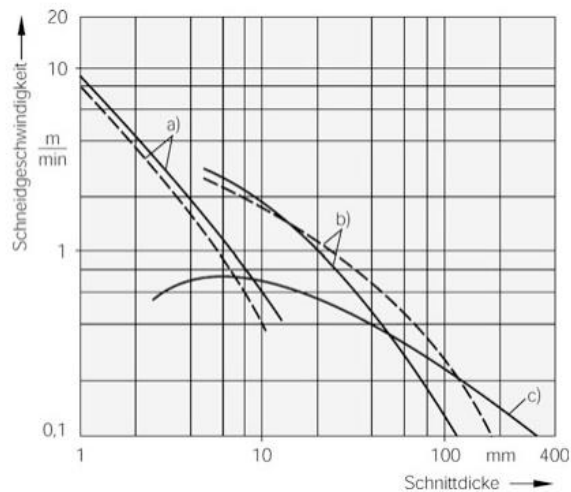
Abbildung 25 - Schneidverfahren bei unterschiedlichen Materialien [26]

Weitere Daten lassen sich aus Tabelle 18 ablesen. Die Daten stammen aus dem HelFer Abschlussbericht [35]. Hier sind verschiedene Schneidemaschinen aus Angaben der Heidelberger Druckmaschinen AG aufgelistet. Zu Plasmaschneiden gibt es dabei keine Angaben.

	Brennschneiden	Laserschneiden	Wasserstrahlschneiden	Stanzen /Nibbeln	Abkanten
<b>Maschine allgemein</b>					
Abmessung in mm	5000 x 8000	10640 x 3467	5400 x 4600 x 2450	3600 x 4100 x 2450	4300 x 1800 x 2800
Gewicht in kg	6250	21500	2500 o.W. 9000 m.W.	11100	12600
Arbeitsbereich (X-Y-Z Achse) in mm	3150 x 6300 x 200	2030 x 4030 x 95	3000 x 4000 x 250	2000 x 1285 x 25	4100x 600 x (500 Hublänge)
<b>Vorschübe</b>					
Eilgang (mm/min)	20000	120000	25000	75000	6000
Arbeitsvorschub			bis 8000mm/min	10000mm/min	9,5mm/s -> 570mm/min
<b>Genauigkeit (mm)</b>	+,-0,02	+,-0,02	+,-0,1 positionieren +,-0,05 Wiederholung	+,-0,1	
<b>Leistung</b>					
max. Schnittleistung	25mm	15mm (S237 JR)		6mm	
Motorleistung (in kW)	19,5	10,05		37	7,5
Strom (in A)	45-130			125	
Strahlleistung		2,05			
max. Leistungsaufnahme (in kW)		8			
Druckleistung				20t	160t
Hydraulikölbedarf/Ölkapazität			130l		600l
Fördermenge			3,8l		
max. Betriebsleistung			3800 bar		
Wasserdruck			1-3 bar		
Druckluft			5,5-7 bar		
Hübe				320min-1	
<b>Kosten</b>					
Anschaffungskosten	81.900,00 €	396.800,00 €	148.900,00 €	99.900,00 €	66.900,00 €
Kosten im Eilgang (€/m)	0,07 €	0,01 €	0,05 €	0,02 €	0,22 €
weitere Anschaffungen	9.600,00 €	14.900,00 €			
Stromverbrauch pro kW/h	5,07 €	2,61 €	9,62 €	1,95 €	3,90 €

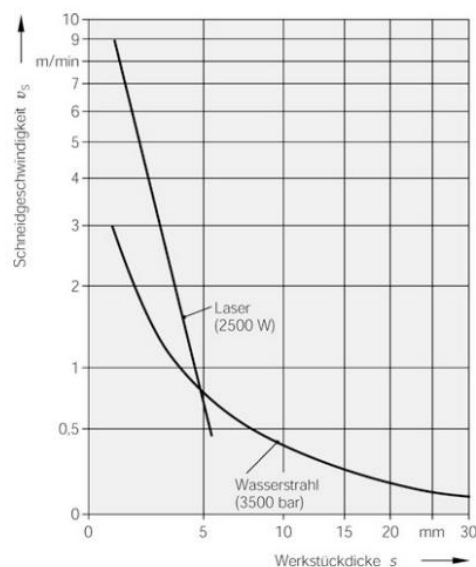
Tabelle 18 – Maschinendaten zu Trennverfahren „Brennschneiden, Laserschneiden, Wasserstrahlschneiden, Stanzen/Nibbeln, Abkanten“ übernommen aus HelFer Dokument [35]

Auch wenn die Anschaffungs-/Investitionskosten des Laserschneidens die der anderen Verfahren übersteigt, stellt sich dieses Verfahren als am besten geeignet heraus. Viele der Bauteile beim Heliostaten haben geringe Wanddicken, bei denen der Laserschneider besonders heraussticht. In Abbildung 26 wird ein Vergleich der Schnittgeschwindigkeiten von Laserschneiden, Plasmaschneiden und autogenem Brennschneiden bei Schneiden von austenitischen Cr-Ni-Stahl dargestellt. Dort ist zu erkennen, dass das Laserschneiden bei einer Materialdicke bis zu 4mm größere Schnittgeschwindigkeiten aufweist. Abbildung 27 zeigt, dass das Laserschneiden auch gegenüber dem Wasserstrahlschneiden unter 5 mm größere Schnittgeschwindigkeiten aufweist.



**Abbildung 26 – Schnittgeschwindigkeiten austenitischer Cr-Ni-Stahl.**

- a) CO<sub>2</sub>-Laserschneiden (1kw),**
- b) Plasmaschneiden (50 A bis 500 A),**
- c) autogenes Brennschneiden [26]**



**Abbildung 27 - Schnittgeschwindigkeiten Laser- und Wasserstrahlschneiden in Abhängigkeit von der Wanddicke [26]**

Durch die oftmals höheren Schnittgeschwindigkeiten sowie den geringeren Betriebskosten könnte der ROI (Return on Investment) trotz der hohen Anschaffungskosten besser sein. Außerdem schneidet der Laserschneider i.d.R. genauer, weshalb die Wahrscheinlichkeit von Ausschussteilen gesenkt wird. Auch im Gegensatz zu den klassischen Verfahren ist das Laserschneiden zu bevorzugen. Für die unterschiedlichen Aussparungen müsste man unterschiedliche Werkzeuge einsetzen, was den Vorgang erschwert. Außerdem entstehen Späne, welche ordnungsgemäß entsorgt werden müssen. Somit entstehen Kosten im Nachhinein, die man im ersten Augenblick nicht vor den Augen hat. Für einige Bauteile kommt aber nur eine Bearbeitung mit klassischen Verfahren wie Drehen und Fräsen in Frage. Wenn möglich sollte das Laserschneiden dennoch bevorzugt werden.

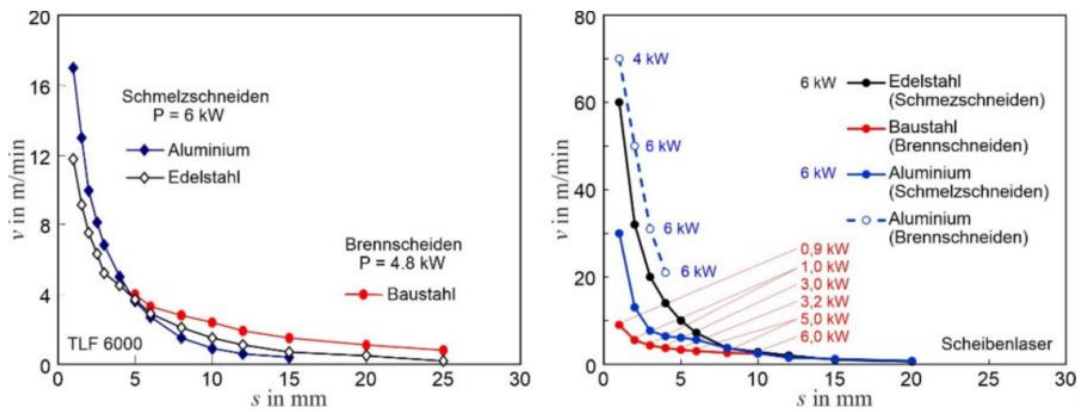
Da das Laserschneiden im ersten Fazit das zu wählende Verfahren ist, wird dieses nachfolgend etwas genauer beleuchtet.

Beim Laserschneiden schmilzt oder verdampft ein fokussierter Laserstrahl das Material und somit wird eine präzise Schnittfuge erzeugt [26].

Dabei werden folgende Verfahren unterschieden [26]:

1. Laserbrennschneiden
  - Verwendet meist CO<sub>2</sub>-Laser und Sauerstoff als Schneidgas
  - Geeignet für niedrig- und unlegierten Stahl bis ca. 30 mm Dicke
  - Schnittfuge entsteht durch Aufschmelzen und Verbrennen des Materials
2. Laserschmelzschnneiden
  - Einsatz von CO<sub>2</sub>- oder Festkörperlasern, z.B. Faserlaser
  - Für höher legierte Stähle, Aluminium bis ca. 15 mm
  - Inerte Gase wie Stickstoff oder Argon blasen aufgeschmolzenes Material aus
3. Lasersublimierschnneiden
  - Nur für sehr dünne Bleche unter 0,5 mm
  - Material wird direkt vom festen in den gasförmigen Zustand überführt
  - Der Laserstrahl wird über ein Strahlführungssystem zum Bearbeitungskopf geleitet, wo ihn eine Fokussieroptik auf einen Punkt von 0,1-1 mm Durchmesser bündelt.
  - Ein koaxial zugeführtes Schneidgas bläst die Schmelze aus der Fuge und schützt die Optik vor Verschmutzung

Bei der Abbildung 28 ist der Zusammenhang der Blechdicke und der Geschwindigkeit zu erkennen. Links ist es ein CO<sub>2</sub>-Laser mit zirkularer Polarisierung und Rechts ein Scheibenlaser (eine Art eines Festkörperlasers). Zu erkennen sind sehr hohe Schnittgeschwindigkeiten bei niedrigen Blechdicken. Bei größeren Blechdicken stagniert die Schnittgeschwindigkeit sehr stark. Aber selbst bei 10mm Dicke können Geschwindigkeiten bei Baustahl von ca. 3000mm/min erreicht werden [36].



**Abbildung 28 - Schnittgeschwindigkeiten unterschiedlicher Laserverfahren (links: CO<sub>2</sub>-Laser, rechts: Scheibenlaser) bei Aluminium, Edelstahl und Baustahl [36]**

Trotz der Vorteile ist zweifelhaft, ob das Laserschneiden beim Maßschneiden die richtige Wahl ist. Gerade hier zeichnet sich das Scherschneiden durch seine Simplizität und Wirtschaftlichkeit aus. Beim Zuschneiden von Blechteilen macht es also Sinn, auf das Scherschneiden zurückzugreifen. Für das Schneiden von dickeren Blechen sowie beim Bearbeiten von Profilen ist es jedoch nicht geeignet. Hier soll das Sägeverfahren genutzt werden, da die Kosten auch hier deutlich unter denen des Laserschneidens liegen. Somit kann die Laserschneidemaschine ausschließlich für das Geometrieschneiden genutzt werden.

**Traverse**

Die Traverse ist ein Vierkantprofil mit zwei 8mm Ø durchgehenden Bohrungen. Es handelt sich hierbei um ein quadratisches Vierkantprofil mit 40mm Kantenlänge und es ist 600mm lang. Die Wanddicke ist 1,5mm.



**Abbildung 29 - Traverse**

Das Vierkantprofil selbst wird nicht hergestellt, sondern in großen Mengen und ungeschnitten dazugekauft. Die Profile werden dann sowohl für den Ausleger als auch für die Traverse auf die richtige Länge mit dem Sägeverfahren zurechtgeschnitten und anschließend entgratet. Angaben zur Vorschubgeschwindigkeit und Entgratzeit sind aus Costing24 übernommen [15].

Sägen des Rohmaterials			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Verfahrenweg	Länge von Kante zu Kante	40	mm
Vorschubgeschwindigkeit		51,39	mm/min
<b>Sägezeit ts</b>	<b>ts=s/vf</b>	<b>0,78</b>	<b>min</b>
<b>Entgratzeit</b>		<b>0,15</b>	<b>min</b>

**Tabelle 19 - Sägen des Vierkantprofils**



Trotz dessen, dass das Laserschneiden bevorzugt wird, sollen die Bohrungen nicht Lasergeschnitten werden. Stattdessen sollen diese klassisch gebohrt werden. Obwohl das Laserschneiden eine Genauigkeit von  $\pm 0,02\text{mm}$  (siehe Tabelle 18) hat, ist dies für das spätere Einsetzen der Wellen in die Bohrungen mit Presssitz nicht ausreichend genau.

Die angegebenen Schnittwerte sind aus Costing24 [15] und stimmen auch ungefähr mit Angaben von anderen Herstellern überein [37].

Die orange-markierten Zeilen sind geschätzte Angaben.

<b>Bohrung 1 und 2 Extrusion 1, 12 in CAD</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Schnittgeschwindigkeit $v_c$	Maschinenangabe	30000,00	mm/min
Bohrdurchmesser $d$	Durchmesser der Bohrung	8,00	mm
Drehzahl $n$	$n=v_c/\pi*d$	1193,66	U/min
Vorschub $f$	Angabe aus Liste	0,06	mm/U
Vorschubgeschwindigkeit $v_f$	$v_f=n*f$	71,62	mm/min
Bohrtiefe $l$		1,50	mm
Bohrzeit $t_B$	$t_B=l/v_f$	0,02	min
		1,26	s
Durchgehende Bohrung *2		2,51	s
Zweite Bohrung *2		5,03	s
Verfahrweg durchgehende Bohrung		0,4	s
Verfahrweg Bohrung 1 zu Bohrung 2		1	s
<b>Endergebnis</b>		<b>6,43</b>	<b>s</b>
		<b>0,11</b>	<b>min</b>

**Tabelle 20 - Bohrungen der Traverse**

### Ausleger

Der Ausleger ist der Traverse in seiner Form ähnlich. Auch hier muss ein Vierkantrohr mit denselben Bemaßungen wie der Ausleger bearbeitet werden (siehe Tabelle 19).



**Abbildung 30 - Vorderansicht Ausleger**

Die zweite Bohrung von links ist identisch mit den beiden Bohrungen bei der Traverse und soll auch in derselben Weise bearbeitet werden (siehe Tabelle 20).

Links in Abbildung 30 gibt es eine größere Bohrung mit  $18\text{mm } \varnothing$ , welche mit vier kleineren  $3,2\text{mm } \varnothing$  Bohrungen umrandet ist, welche alle nicht durchgängig sind. Diese Bohrungen sollen mittels Laserschneidverfahren hergestellt werden.

Die Aussparung rechts hat eine gesamte Kantenlänge von  $143,63\text{ mm}$ . Auch hier soll das Laserschneidverfahren verwendet werden.

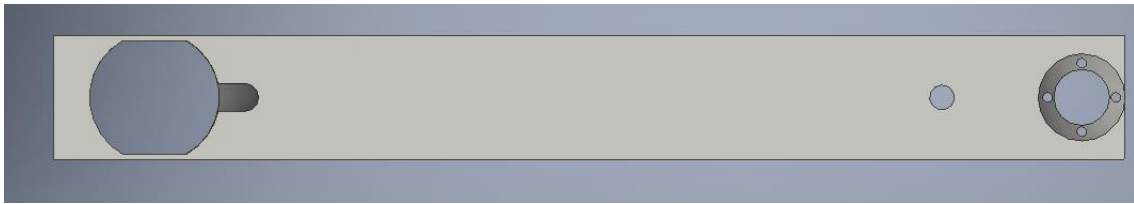


Abbildung 31 - Hinteransicht Ausleger

Die linke Aussparung hat eine ähnliche Geometrie wie die der Vorderseite, aber tatsächlich ist die Kantenlänge mit 151,96 mm etwas länger.

Die große Bohrung mit 28mm Ø am Rand rechts zu sehen, soll auch mit dem Laserschneidverfahren hergestellt werden.

Für das Laserschneiden bei der Wanddicke von 1,5mm können selbst bei Leistungschwächeren Maschinen Schnittgeschwindigkeiten von ca. 10000mm/min angenommen werden.

<b>Große Aussparung Extrusionen 12 + 16, Herst. Mit Laserschneider, (Oberseite)</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Wanddicke s		1,50	mm
Schnittgeschwindigkeit vc	abhängig von der Wanddicke	10000,00	mm/min
Schnittlänge l	$20,136*2+44,702+17,721*2+4,539*2+14,137$	143,63	mm
Schnittdauer t	$t=l/vc$	0,01	min
		<b>0,86</b>	s
<b>Große Bohrung Extrusion 23, Herst. Mit Laserschneider (Oberseite)</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Wanddicke s		1,50	mm
Schnittgeschwindigkeit vc	abhängig von der Wanddicke	10000,00	mm/min
Schnittlänge l		87,97	mm
Schnittdauer t	$t=l/vc$	0,01	min
		<b>0,53</b>	s
Auf andere Seite Drehen		<b>20,00</b>	s
<b>Große Aussparung Extrusionen 18+22, Herst. Mit Laserschneider, (Unterseite)</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Wanddicke s		1,50	mm
Schnittgeschwindigkeit vc	abhängig von der Wanddicke	10000,00	mm/min
Schnittlänge l	$14,137+8,539*2+17,721*2+20,397*2+44,513$	151,96	mm
Schnittdauer t	$t=l/vc$	<b>0,02</b>	min
		<b>0,91</b>	s
<b>Extrusion 24, 1 größere Bohrung, 4 kleinere, Herst. Mit Laserschneider (Unterseite)</b>			
Parameter	Rechnung	Größe	Einheit
Wanddicke s		1,50	mm
Schnittgeschwindigkeit vc	abhängig von der Wanddicke	10000,00	mm/min
Schnittlänge l	$56,549+10,053*4$	96,76	mm
Schnittdauer t	$t=l/vc$	0,01	min
		<b>0,58</b>	s
<b>Endergebnis</b>	Laserschneidbearbeitung	<b>22,88</b>	s
		<b>0,38</b>	min

Tabelle 21 - Bearbeitungszeiten Ausleger (ohne Sägen und Bohrung 1)

Weitere Maschinenkosten:

Nicht alle Maschinenstundensätze sind in Costing24 vorhanden. Für die nicht vorhandenen Daten wird der Maschinenstundensatz ausgerechnet. Dazu benötigt man Daten wie sie bereits in Kapitel 4 beschrieben sind. Alle Angaben werden von den in der Realität letztendlich genutzten Anlage abweichen. Ohne Auswählen einer spezifischen Maschine mit Angaben des Herstellers können die Maschinenstundensätze mittels unterschiedlicher Daten geschätzt werden. Für den industriellen Strompreis gibt es die Angabe von ca. 0,4€/kWh [39]. Die orange-markierten Zeilen in den Tabellen sind mit dem DLR zusammen geschätzte Zahlen [40]. Sie orientieren sich an den Maschinendatenblättern der Maschinen der Hochschule Düsseldorf, die im Rahmen des Ringprojektes im Sommersemester 2023 genutzt worden sind.

Für den Maschinenstundensatz des Scherschneiders sollen folgende Daten dienen [41][42].

<b>Hallenfläche</b>	15*8
<b>Benötigter Platz für die Maschine</b>	3,03*1,7
<b>Anschaffungskosten der Maschine</b>	8.000,00 €
<b>Geschätzte Nutzdauer</b>	15 y
<b>Betriebsbedingte Stillstandzeiten</b>	2%
<b>Instandhaltungszeiten</b>	8%
<b>Instandhaltungskosten</b>	1.000,00 €
<b>Kalkulatorischer Zins</b>	9%
<b>Verbrauch pro Stunde</b>	7,5 kW
<b>Kosten 1 kWh</b>	3,01 €
<b>Raumkosten</b>	7 €/m <sup>2</sup>
<b>Arbeitsfreie Tage</b>	125 d

**Tabelle 22 - Maschinendaten des Scherschneiders**

Der Maschinenstundensatz für den Scherschneider berechnet sich dann folgendermaßen:

Maschinenlaufkosten hydraulische Scherschneidemaschine		
Was wird berechnet?	Formel	Stunden
Gesamte Maschinenlaufzeit	Tage pro Jahr * Stunden pro Tag	8766 h
Arbeitsfreie Tage	Arbeitsfreie Tage * Stunden pro Tag	3000 h
Nicht-Arbeitszeit im 1-Schichtbetrieb	$((\text{Gesamte Maschinenlaufzeit} - \text{arbeitsfreie Tage}) / 3) * 2$	3844 h
Potenzielle Maschinenlaufzeit	gesamte Maschinenlaufzeit - arbeitsfreie Tage - Nicht-Arbeitszeit	1922 h
Maschinenlaufzeit	Pt. Maschinenlaufzeit - (pot. Maschinenlaufzeit * (Betriebsbed. Stillstandzeiten (%) + Instandhaltungszeiten))	1730 h
Kostenberechnungen (Ohne Energiekosten)		
Was wird berechnet?	Formel	Kosten pro Jahr
Kalkulatorische Abschreibung	Anschaffungskosten/geschätzte Nutzungsdauer	533,33 €
Kalkulatorische Zinsen	Anschaffungskosten * 1/2 * Kalkulatorischer Zins	360,00 €
Instandhaltungskosten	Instandhaltungskosten/ geschätzte Nutzungsdauer	67 €
Raumkosten	(Kosten Fertigungshalle/Raumgröße) * Platzbedarf Maschine	432,68 €
Gesamt Kosten (ohne Energiekosten)	alles addieren	1.392,68 €
Kostenberechnung (mit Energiekosten)		
Was wird berechnet?	Formel	Kosten pro Jahr
Kosten je Stunde Laufzeit	Gesamt Kosten (ohne Energie) / Maschinenlaufzeit	0,81 €/h
Energiekosten pro Stunden	Leistung * Energiepreis	3,01 €/h
Maschinenstundensatz	Kosten je Stunde Laufzeit + Energiekosten pro Stunde	6,81 €/h

**Tabelle 23 - Maschinenstundensatz des Scherschneiders**

Die Anschaffungskosten, Betriebskosten und Platzbedarf der Schweißanlage sind grobe Abschätzungen des Herstellers Kuka [43], die in einem Gespräch ermittelt wurden. Alle anderen Angaben sind geschätzt bzw. basieren auf Erfahrungen. In diesem Zuge soll davon ausgegangen werden, dass die Kosten einer Punktschweißanlage denen einer Schweißanlage für das Kantenschweißen ungefähr gleich sind.

<b>Hallenfläche</b>	15*8
<b>Benötigter Platz für die Maschine</b>	5*3
<b>Anschaffungskosten der Maschine</b>	150.000,00 €
<b>Geschätzte Nutzdauer</b>	15 y
<b>Betriebsbedingte Stillstandzeiten</b>	2%
<b>Instandhaltungszeiten</b>	8%
<b>Instandhaltungskosten</b>	50.000,00 €
<b>Kalkulatorischer Zins</b>	9%
<b>Verbrauch pro Stunde</b>	
<b>Kosten 1 kWh</b>	10,00 €
<b>Raumkosten</b>	7 €/m <sup>2</sup>
<b>Arbeitsfreie Tage</b>	125 d

**Abbildung 32 - Maschinendaten Schweißanlage**

Die Berechnung des Maschinenstundensatzes ergibt dann:

Maschinenlaufkosten Schweißmaschine		
Was wird berechnet?	Formel	Stunden
Gesamte Maschinenlaufzeit	Tage pro Jahr * Stunden pro Tag	8766 h
Arbeitsfreie Tage	Arbeitsfreie Tage * Stunden pro Tag	3000 h
Nicht-Arbeitszeit im 1-Schichtbetrieb	$((\text{Gesamte Maschinenlaufzeit} - \text{arbeitsfreie Tage}) / 3) * 2$	3844 h
Potenzielle Maschinenlaufzeit	gesamte Maschinenlaufzeit - arbeitsfreie Tage - Nicht-Arbeitszeit	1922 h
Maschinenlaufzeit	Pt. Maschinenlaufzeit - (pot. Maschinenlaufzeit * (Betriebsbed. Stillstandzeiten (%) + Instandhaltungszeiten))	1730 h
Kostenberechnungen (Ohne Energiekosten)		
Was wird berechnet?	Formel	Kosten pro Jahr
Kalkulatorische Abschreibung	Anschaffungskosten/geschätzte Nutzungsdauer	10.000,00 €
Kalkulatorische Zinsen	Anschaffungskosten * 1/2 * Kalkulatorischer Zins	6.750,00 €
Instandhaltungskosten	Instandhaltungskosten/ geschätzte Nutzungsdauer	3.333 €
Raumkosten	(Kosten Fertigungshalle/Raumgröße) * Platzbedarf Maschine	1.260,00 €
Gesamt Kosten (ohne Energiekosten)	alles addieren	21.343,33 €
Kostenberechnung (mit Energiekosten)		
Was wird berechnet?	Formel	Kosten pro Jahr
Kosten je Stunde Laufzeit	Gesamt Kosten (ohne Energie) / Maschinenlaufzeit	12,34 €/h
Energiekosten pro Stunden	Leistung * Energiepreis	10,00 €/h
Maschinenstundensatz	Kosten je Stunde Laufzeit + Energiekosten pro Stunde	25,34 €/h

**Tabelle 24 - Maschinenstundensatz der Schweißanlage**

Für die Anschaffungskosten sowie Betriebskosten und Abmaße der HF-Schweißanlage erbat man sich einer Kostenabschätzung der Firma Anahita, für das Produkt „ERW Hochfrequenz-Induktionsschweißgerät“ [44].

<b>Hallenfläche</b>	15*8
<b>Benötigter Platz für die Maschine</b>	2350x1050x1960mm
<b>Anschaffungskosten der Maschine</b>	36.000,00 €
<b>Geschätzte Nutzungsdauer</b>	15 y
<b>Betriebsbedingte Stillstandzeiten</b>	2%
<b>Instandhaltungszeiten</b>	8%
<b>Instandhaltungskosten</b>	5.000,00 €
<b>Kalkulatorischer Zins</b>	9%
<b>Verbrauch pro Stunde</b>	10 kW
<b>Kosten 1 kWh</b>	4,01 €
<b>Raumkosten</b>	7 €/m <sup>2</sup>
<b>Arbeitsfreie Tage</b>	125 d

**Tabelle 25 – Maschinendaten des HF-Schweißers**

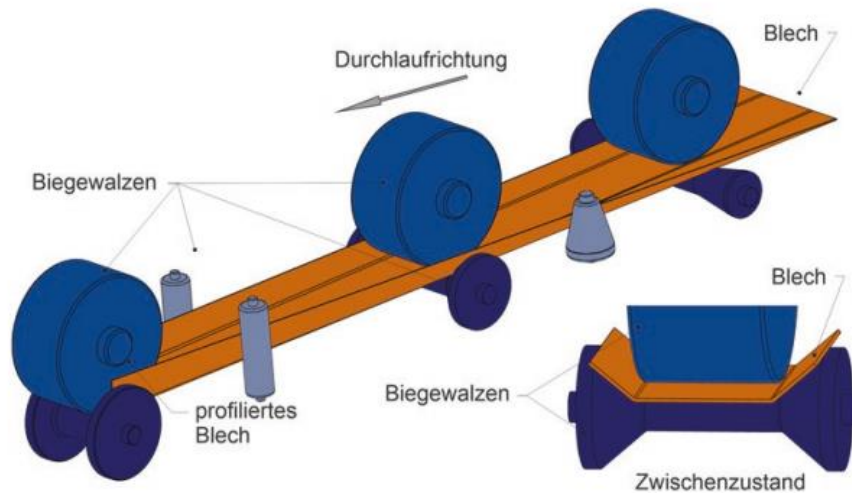
Für alle Maschinen sind 3€/h addiert, die auf folgenden Komponenten zusammensetzen [11]:

- Kleinere Reparaturen und Wartungsarbeiten: Kosten für kleinere Reparaturen und Wartungsarbeiten, die nicht Teil der jährlichen Wartungskosten sind.
- Versicherung: Versicherungskosten für die Maschine.
- Allgemeine Betriebskosten: Kleine Betriebskosten wie Reinigungsmaterialien, Werkzeuglagerung usw.

Herstellverfahren anderer Bauteile:

In den Tabellen sind Überlegungen für die Herstellverfahren anderer Bauteile und die damit verbundenen Kosten angegeben. Die Verfahren wurden in Absprache mit dem DLR ausgewählt. Eine detaillierte Verfahrensbeschreibung, wie bei Traverse, Ausleger und Pylone gibt es nicht. Für die Berechnung der Bauteile braucht man folgende neue Angaben:

Für das Verkanten von Stahlblechteilen wird das Walzprofilierverfahren genutzt [24].



**Tabelle 26 – Walzprofilieren [24]**

Die Umformgeschwindigkeit beträgt ca. 10-16 m/min [44] und wird daher auf 13000mm/min geschätzt. Der Maschinenstundensatz 65€/h wird aus Costing24 übernommen und soll so hoch sein, wie bei einem Biegevorgang.

Der Drehvorgang des Bauteils „Zapfen-El-Lager“ wurde mit Hilfe des Programms „Costing24“ abgeschätzt.

Einiger der Bauteile sind Spritzgussteile, bei denen der Arbeitskostenanteil bei großen Stückzahlen auf 1€/Stück geschätzt werden kann [46]. Ausnahme ist das Bauteil „Abdeckung Planetengetriebe“. Da dieses Bauteil im Vergleich größer, ist werden Arbeitskosten auf 1,50€ geschätzt.

In den nun folgenden Tabellen ist das Bauteil mit der Stückzahl angegeben. Dazu werden die zu bearbeitenden Längen aus CAD ermittelt und für die Bearbeitungszeit durch die Bearbeitungsgeschwindigkeit geteilt. Diese sind aus den vorherigen Bearbeitungsmethoden zur Pylone, Traverse und Ausleger bekannt und werden aufgrund der ähnlichen Wanddicken der Bauteile auch hier angewendet. Ausnahme ist hierbei das Bauteil „L-Profil“, da dieses mit 3mm doppelte Wanddicke hat. Die Schnittgeschwindigkeit der Lasermaschine bei einer solchen Wanddicke ist auf 7000mm/min zu schätzen [38]. Die Maschinenstundensätze sind bereits in diesem Kapitel berechnet worden bzw. stammen aus „Costing24“ (siehe Tabelle 2).

Kurztext	tr	te/MF	ME	Rechnung	länge/D	Rechnung	Zeit	Rechnung	30 €/h	Bohren	59 €/h	Drehen	100 €/h	Kosten	*Stückzahl
Dispanzring	1 Stück	275 mm	27,5/13000	Rechnung	3,2 mm	siehe unten	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,0047 min	0,04 €
Gleithäher	2 Stück	von IGUS													0,04 €
Zapfen-El-Lager	2 Stück	20 mm				siehe unten	1,885 min	1,885 min	1,885 min	1,885 min	1,885 min	1,885 min	1,885 min	1,885 min	2,84 €
<b>Sägen</b>															
Kurztext	tr	te/MF	ME <td>Rechnung</td> <td>länge/D</td> <td>Rechnung</td> <td>Zeit</td> <td>Rechnung</td> <td>30 €/h</td> <td>Fäsen</td> <td>100 €/h</td> <td>Kosten</td> <td>*Stückzahl</td>	Rechnung	länge/D	Rechnung	Zeit	Rechnung	30 €/h	Fäsen	100 €/h	Kosten	*Stückzahl		
Getriebe-Gleithäher	1 Stück	Spritzguss			42 mm	42/13000				Durchmesser					
Hülse-Zentrallager	1 Stück	Spritzguss			48,724 mm	148,724/744,85+148,724/1213,82	0,3222 min	0,3222 min							0,54 €
Mutter-Kalotte	1 Stück	Spritzguss													
<b>Laserschneiden</b>															
Kurztext	tr	te/MF	ME <td>Rechnung</td> <td>länge</td> <td>Rechnung</td> <td>Zeit</td> <td>Rechnung</td> <td>125 €/h</td> <td>Verkanten</td> <td>65 €/h</td> <td>Kosten</td> <td>*Stückzahl</td>	Rechnung	länge	Rechnung	Zeit	Rechnung	125 €/h	Verkanten	65 €/h	Kosten	*Stückzahl		
L-Profil	1 Stück	67,343 mm	67,343/7000	Rechnung	45 mm	45/13000	0,0035 min	0,0035 min	0,0035 min						0,02 €

BauTeil	te	M/F	ME	Schneiden	681 €/h	Laserschneiden	125 €/h	Verkantung	65 €/h	Sägen	30 €/h	Fäsen	100 €/h	Kosten	*Stückzahl				
Gleitschuh außen	3 Stück	Spritzguss		länge	Rechnung	länge	Rechnung	länge	Rechnung	länge	Rechnung	länge	Rechnung	länge	Rechnung	länge			
Auflage Gleitschuh gerade	1 Stück	15,5 mm	5,5/13000	0,0012 min												0,00 €			
Auflage Gleitschuh schräg	2 Stück	16,247 mm	16,247/13000	0,0012 min												0,00 €			
Hülse Planetenradhalterung	3 Stück	Spritzguss								12 mm	12/151,39	0,2325 min				0,35 €			
Planetend	3 Stück	Spritzguss														- €			
Sonnenrad	1 Stück															- €			
Abdeckung Planetengetriebe	1 Stück	Spritzguss								6 mm	6/91,39	0,1168 min				- €			
Welle Planetenrad	3 Stück															0,06 €			
<b>Schneiden</b>																			
BauTeil	te <td>M/F <td>ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>681 €/h</th> <th>Laserschneiden</th> <th>125 €/h</th> <th>Verkantung</th> <th>65 €/h</th> <th>Sägen</th> <th>30 €/h</th> <th>Fäsen</th> <th>100 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th> </td></td>	M/F <td>ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>681 €/h</th> <th>Laserschneiden</th> <th>125 €/h</th> <th>Verkantung</th> <th>65 €/h</th> <th>Sägen</th> <th>30 €/h</th> <th>Fäsen</th> <th>100 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th> </td>	ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>681 €/h</th> <th>Laserschneiden</th> <th>125 €/h</th> <th>Verkantung</th> <th>65 €/h</th> <th>Sägen</th> <th>30 €/h</th> <th>Fäsen</th> <th>100 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th>	Rechnung	länge	Rechnung	Zeit	Rechnung	681 €/h	Laserschneiden	125 €/h	Verkantung	65 €/h	Sägen	30 €/h	Fäsen	100 €/h	Kosten	*Stückzahl
Pionierantrieb	1 Stück	23,125 mm	23,125/13000	0,0018 min	30,347 mm	30,347/10000	0,003 min	35,499 2 mm	35,499/13000	0,0055 min	34 mm	34/13000	0,0026 min	24,287 mm	24,287/744,85+24,287/1213,82	0,0526 min	0,14 €	0,14 €	
Haltering Gleitschuh außen	1 Stück																	0,01 €	0,01 €

BauTeil	te	M/F	ME	Schneiden	681 €/h	Biegen	65 €/h	Verkantung	65 €/h	Schweißen der Kanten	25,34 €/h	Laserschneiden	125 €/h	Stannen	90 €/h	Kosten	*Stückzahl	2 (wenn möglich)
Behälter kurz	21 Stück	50 mm	50/13000	0,0038 min				1275 mm	1275/13000	0,088 min						0,11 €	0,21 €	
Behälter lang	21 Stück	50 mm	50/13000	0,0038 min				1385 mm	1385/13000	0,1219 min						0,13 €	0,27 €	
C-Profil Seite	1 Stück	50 mm	50/13000	0,0038 min	40mm * 2	80/13000	0,0062 min	1600,8 mm	1600,8/13000	0,1231 min						0,17 €	0,33 €	auf eine Seite gehen! 0,057 min
C-Profil El-Antrieb	1 Stück	50 mm	50/13000	0,0038 min	320/13000	0,0246 min		2463,3 mm	2463,3/13000	0,1895 min						0,22 €	0,23 €	
C-Profil quer	1 Stück	50 mm	50/13000	0,0038 min				266 mm	266/13000	0,0205 min						0,02 €	0,02 €	
Sülze Lager	21 Stück	138 mm	138/13000	0,01 min				40 mm	40/500	0,08 min						0,03 €	0,03 €	
Auflage El-Antrieb	1 Stück	231,57 mm	231,57/13000	0,0178 min				157,76 mm	157,76/13000	0,0121 min						0,05 €	0,05 €	
<b>Sägen</b>																		
BauTeil	te <td>M/F <td>ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>30 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th> </td></td>	M/F <td>ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>30 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th> </td>	ME <th>Rechnung</th> <th>länge</th> <th>Rechnung</th> <th>Zeit</th> <th>Rechnung</th> <th>30 €/h</th> <th>Kosten</th> <th>*Stückzahl</th>	Rechnung	länge	Rechnung	Zeit	Rechnung	30 €/h	Kosten	*Stückzahl							
Hülse El-Antrieb	21 Stück	24 mm	24/5139	0,467 min	0,23 €	0,47 €												

Tabelle 27 - Tabellen zu Berechnung der Bauteile  
 links: Bauteile der Spiegelhalterstruktur  
 mitte: Bauteile der Dreheinheit  
 rechts: Bauteile des T-Gestells

Für die Bohrzeit der Bauteile „Distanzring“ und „Zapfen-El-Lager“ werden zusätzlich folgenden Angaben benötigt.

Distanzring			Zapfen-El-Lager		
Schnittgeschwindigkeit vc	Maschinenangabe	30000,00 mm/min	Schnittgeschwindigkeit vc	Maschinenangabe	30000,00 mm/min
Bohrdurchmesser d	Durchmesser der Bohrung	3,20 mm	Bohrdurchmesser d	Durchmesser der Bohrung	15,00 mm
Drehzahl n	$n=vc/\pi*d$	2984,16 U/min	Drehzahl n	$n=vc/\pi*d$	636,62 U/min
Vorschub f	Angabe aus Liste	0,06 mm/U	Vorschub f	Angabe aus Liste	0,06 mm/U
Vorschubgeschwindigkeit vf	$vf=n*f$	179,05 mm/min	Vorschubgeschwindigkeit vf	$vf=n*f$	38,20 mm/min
Bohrtiefe l		2,00 mm	Bohrtiefe l		18,00 mm
Bohrzeit tB	$tB=l/vf$	0,01 min	Bohrzeit tB	$tB=l/vf$	0,47 min

**Tabelle 28 - Berechnung der Bohrzeit links „Distanzring“ und rechts „Zapfen-El-Lager“**

Die berechneten Bearbeitungskosten werden im späteren dann mit den aus Kapitel 5.1 ermittelten Rohmaterialpreisen verrechnet.

## 5.4 Kalkulation der Herstellkosten

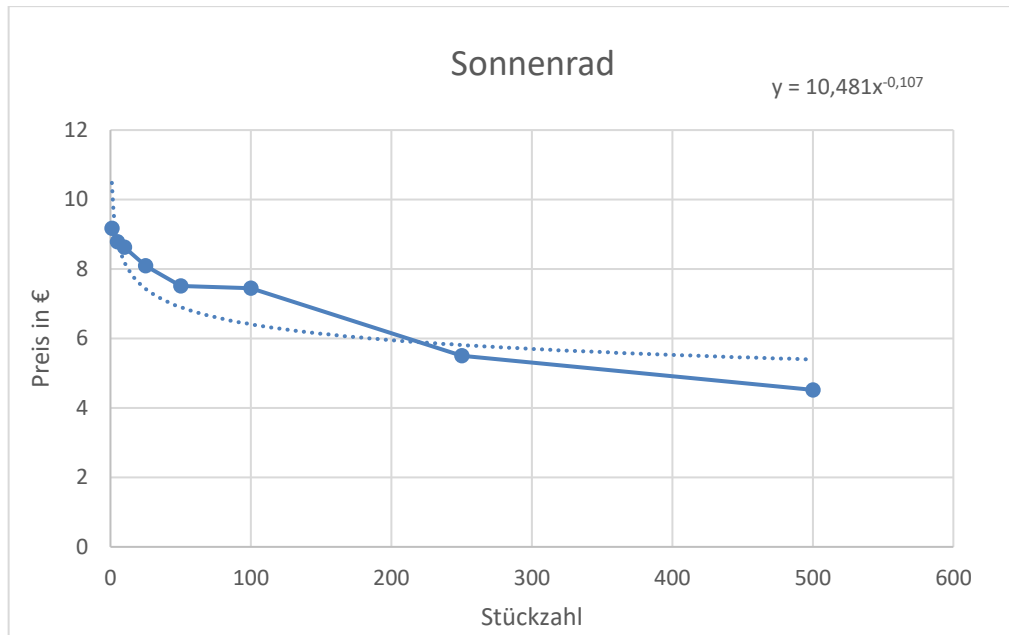
Die Excel-Datei zur Kalkulation der Herstellkosten besteht aus fünf Tabellen. Es sollen direkt Verknüpfungen der anderen Tabelle übernommen werden. In einer Tabelle sind deswegen die Materialpreise wie in Tabelle 3 zu sehen. Die zweite Tabelle bildet alle Maschinenkosten ab. Für die Zeiten und Bauteilkosten, wird jeweils eine Tabelle erstellt, die die Daten der Fertigungsstücklisten (siehe oben) übernehmen. Es fehlen bei den Materialkosten noch spezifische Angaben zu Sonnenrad, Scharnier und Gleitlager. Diese sollen über den Preis von Anbietern ähnlicher Bauteile abgeschätzt werden. Bei dem Sonnenrad gibt der Hersteller „Mädler“ [47] folgende Preisstaffelungen.

1	5	10	25	50	100	250	500
9,17	8,78	8,63	8,09	7,51	7,45	5,5	4,52

**Tabelle 29 - Sonnenrad Preisstaffelung [47]**

Der Aufbau der Preisstaffelung kann mit Hilfe von Excel in eine Formel umgewandelt werden. Hierzu legt man einen Graphen mit den angegebenen Werten an, lässt sich dann eine Trendlinie der Art „Potenz“ anzeigen und die dazu angegebene Formel.





**Abbildung 33 - Funktion zur Preisstaffelung des Sonnenrads**

Für die Berechnung großer Stückzahlen wird der Wert 1000000 für x in die Formel eingesetzt und man erhält ca. 2,4€.

Für die anderen Bauteile wählt man dieselben Ansätze. So gibt die Firma Mädler auch Staffelpreise für einen vergleichbaren Scharnier an.

1	5	10	25	50	100
3,31	3,22	2,92	2,72	2,51	2,33

**Abbildung 34 - Staffelpreise Scharnier [48]**

Hier erhält man durch das vorhin genannte Verfahren in Excel ca. den Preis 1,15€.

Für das Gleitlager nimmt man die Preisstaffelung der Firma IGUS [49]. Die Preisstaffelung setzt hier folgendermaßen zusammen:

1 Stk.	1,44 EUR/Stk.
10 Stk.	1,09 EUR/Stk.
25 Stk.	0,79 EUR/Stk.
50 Stk.	0,63 EUR/Stk.
100 Stk.	0,52 EUR/Stk.
200 Stk.	0,44 EUR/Stk.
500 Stk.	0,39 EUR/Stk.
1000 Stk.	0,36 EUR/Stk.
2500 Stk.	0,33 EUR/Stk.

**Abbildung 35 - Preisstaffelung Gleitlager [49]**

Durch die Annäherung in Excel erhält man ca. 0,10€ als Preis für das Gleitlager.

In der Kalkulationstabelle werden die Zeiten und Kosten den einzelnen Kostenträgern zugeordnet. Für ein besseres Verständnis der Tabelle sind noch ein paar Informationen notwendig:

- Links sind die Fertigungsstufen angegeben, die einen Aufschluss darüber geben, in welcher Reihenfolge die Bauteile hergestellt werden sollen.
- Formeln zur Berechnung finden sich in Kapitel 4 wieder.
- Der Maschinenstundensatz (Maschinen) wird mit  $t_e$  verrechnet, um die MAK zu erhalten.
- Die FLK sind die Addition von Lohn- und Rüstkosten.
- EK sind die Addition von MEK, FLK und MAK.
- Rüstkosten sind bei Produktion von sehr großen Stückzahlen verschwindend gering [9], weshalb diese meist nur geschätzt sind und sogar in einem letzten Schritt weggerechnet werden.
- Die Gemeinkosten werden mit einem 10% Zuschlag auf die Kosten aufgeschlagen.



## 5.5 Zwischenfazit zur Herstellkostenrechnung

Mit dem Ansatz die Kosten per Hand zu berechnen und die optimalen Fertigungsmethoden selbst auszuwählen, kommt man auf einen ersten Wert, der einem eine Idee über die Kosten des Heliostaten geben kann. Die zu wählenden Fertigungsmethoden sind vom Bauteil abhängig. Es ist aber festzuhalten, dass das Laserschneidverfahren bei vielen der Stahlbauteile durch die geringe Wanddicke, optimal genutzt werden kann. Die Maschinendaten zu Kosten und Bearbeitungszeiten sind aus Costing24 abgelesen oder selbst erstellt aus Angaben unterschiedlicher Quellen. Um die Daten zu präzisieren, muss es eine ausgewählte Maschine eines Herstellers geben, um sowohl die Kosten als auch die Bearbeitungszeiten detaillierter darstellen zu lassen.

Die Berechnungen der Pylone, Traverse und des Auslegers zeigen, wie die Berechnung der Zeiten abläuft. Die Berechnung der anderen Bauteile, wo dieses Fortgehen nur angedeutet wird, kann auf die gleiche Weise verlaufen.

Die Zeiten zu den Schweiß- und Montageverfahren sind größtenteils abgeschätzt. Die Preise der Zukaufteile konnten über die Angaben von Herstellern/Händlern integriert werden. Für die Preise der Materialien sind die aktuellen Preisindizes gewählt.

Auch wenn viele Zeiten somit auf Abschätzungen basieren, lässt sich eine erste Kostenabschätzung zu den Gesamtkosten des Heliostaten erstellen (siehe Tabelle 30). Der Endpreis ohne die Hinzunahme von Rüstkosten, die bei den angesetzten Stückzahlen, vernachlässigbar klein sind, ergibt sich 115,94 €/Stück. Der Heliostat hat eine Spiegelfläche von 2 m<sup>2</sup>. Für einen Quadratmeter ergibt sich also ein Wert von ca. 58€/Stück. Frühere Kosten Abschätzungen geben einen Wert 74,04 €/Stück/m<sup>2</sup> an [50]. Diese Kosten beinhalten, aber weitere Kosten wie die Steuerung und die Installation. Daher scheint die Herstellkostenrechnung einen realistischen Wert abzubilden.

## 6 Supply Chain Management

### 6.1.1 Grundlagen (SCM)

Historisch gesehen wurde der Begriff das erste Mal in den 80er Jahren in den USA geprägt [51]. Es herrscht aber bis heute keine allgemeingültige Definition des Begriffes. Im Deutschen werden aber die Übersetzungen „Logistik- oder Wertschöpfungskette“ bzw. „Liefer- und Versorgungskette“ generell genutzt [52]. Anhand dieses Übersetzungsbeispiels kann man erkennen, dass die Überlegungen des SCM auf dem Konzept der Wertschöpfungskette nach Porter basiert [51]. Die Wertschöpfungskette (value chain) soll alle „Tätigkeiten und Abläufe zur Beschaffung und Produktion innerhalb eines Unternehmens“ [53] abbilden. Das SCM zeigt dagegen die „Lieferkette“ [53], welches sowohl die Zulieferer- als auch die Kundenseite mit einbinden soll [52]. In einem SCM sollten nicht nur die Materialflüsse berücksichtigt werden. Denn abgrenzend von der allgemeinen Logistik werden auch Informations- und Finanzströme mit eingebunden [51]. Je nach Unternehmen kann das SCM unterschiedliche Komplexitätsstrukturen aufzeigen. Die Komplexität besteht in der Menge und Tiefe der Lieferanten bzw. Kunden. Beispielsweise wird ein Zulieferteil von „Lieferant A“ bestellt. Dieser „Lieferant A“ „muss aber dafür Teile beim Zulieferer „Lieferant B“ bestellen (indirekter Lieferant für das fokale<sup>1</sup> Unternehmen) [52]. Diese Stufen werden als „Tiers“ beschrieben [52]. Somit ist in diesem Beispiel der „Lieferant A“ in dem Tier 1 und der „Lieferant B“ in dem Tier 2. In Abbildung 36 ist die SCM-Struktur abgebildet.

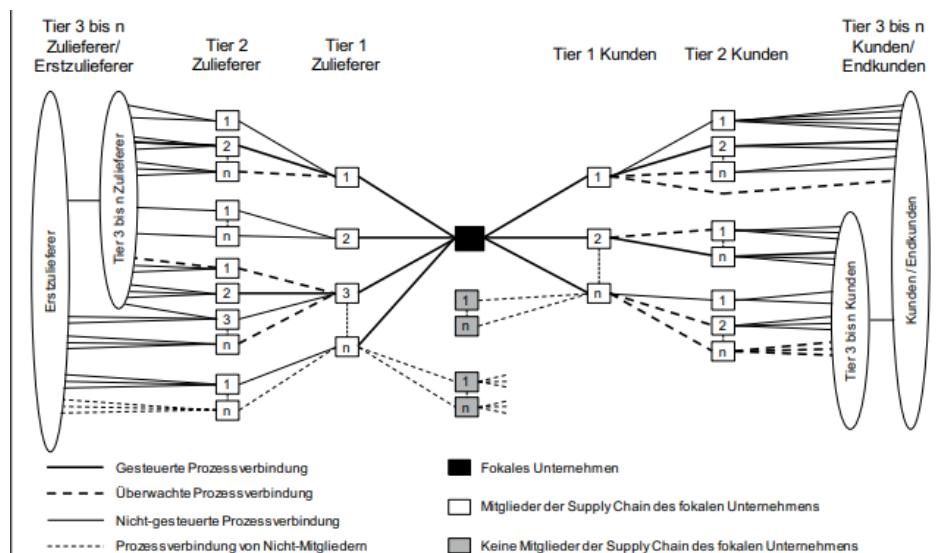


Abbildung 36 - Modell SCM [52]

<sup>1</sup> zentrales Unternehmen in einem strategischen Netzwerk

In diesem Fall wird von einer Unternehmungsintegrierten Supply Chain [51]. Es gibt auch die Unternehmungsinterne Supply Chain, dabei soll die reine Fertigungsorganisation eines Unternehmens in ähnlicher Weise abgebildet werden [51]. Diese Art des SCM ist aber für den Inhalt dieser Arbeit nicht von Relevanz.

### 6.1.2 Beschaffungslogistik

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der „linken Seite“ des SCM. D.h. es soll vorwiegend eine Analyse der Lieferanten vorgenommen werden. Man spricht hierbei von der Beschaffungslogistik [55]. Diese umfasst die „Planung, Durchführung und Kontrolle aller in das Unternehmen einfließenden Güterflüsse und ihren zugehörigen Informationsflüssen“ [55]. Der Begriff „Beschaffung“ umfasst sämtliche Aktivitäten, die darauf abzielen, die für die betriebliche Leistungserstellung erforderlichen Wirtschaftsgüter, Dienstleistungen, Arbeitskräfte, Finanzmittel, Rechte und Informationen aus den Beschaffungsmärkten zu beschaffen [55]. Der Beschaffungsmarkt wird hierbei untersucht und es wird versucht, die kostengünstigste Alternative zu beschaffen [55]. Dazu gehört auch, dass notwendige Güter zu Produktionsabläufen zeitnah zur Verfügung stehen [55].

Es wird zwischen verschiedenen Materialbedarfsarten in der Stücklistenhierarchie unterschieden. Der Primärbedarf betrifft i.d.R die Enderzeugnisse des Unternehmens. Es fallen aber auch von anderen Herstellern hergestellte Baugruppen, Ersatzteile oder Zubehörteile unter den Primärbedarf. Der Sekundärbedarf umfasst alle benötigten Rohstoffe, Bauteile oder Baugruppen, die zur Herstellung des Primärbedarfs notwendig sind [55]. Es gibt noch den Tertiärbedarf, der die Betriebsstoffe, Hilfsstoffe und Verschleißstoffe beinhaltet, welcher aber selten geplant oder berechnet wird [55].

Des Weiteren wird zwischen Brutto- und Nettobedarf unterschieden. Der Bruttobedarf ist der gesamte Bedarf einer Periode. Wenn es vorhandene Materialien in dem Lagerbestand gibt, wird dieser vom Bruttobedarf abgezogen, um den Nettobedarf zu erhalten. In Abbildung 37 sind diese Zusammenhänge dargestellt.

Ansatz	Materialbedarfsarten				
	erzeugnisorientiert		verfahrensorientiert	bestandsorientiert	
Begriff	Primärbedarf	Sekundärbedarf	Tertiärbedarf	Bruttobedarf	Nettobedarf
Beschreibung	markt- und verkehrsfähige Produkte	Material zur Herstellung des Primärbedarfs	verbrauchsabhängige Betriebsmittel und Hilfsstoffe	Materialbedarf ohne Berücksichtigung von Vorräten und Bestellungen	Materialbedarf nach Abzug von Vorräten und Bestellungen
Beispiele	Erzeugnisse Zubehör Ersatzteile Handelswaren	Rohstoffe Halbzeuge Komponenten Baugruppen Systeme	Verschleißwerkzeuge Verbrauchsmaterial Schmiermittel	Rohstoffe Halbzeuge Komponenten Baugruppen Systeme	Rohstoffe Halbzeuge Komponenten Baugruppen Systeme

Abbildung 37 – Materialbedarfsarten [55]

### **6.1.3 Ausblick Beschaffung**

In Kapitel 5.1 sind bereits Anbieter für das Beschaffen der Zukaufteile erarbeitet worden. Es wurde bis jetzt kein Kontakt zu entsprechenden Herstellern aufgenommen. Angebote einzuholen sollte im Punkt Beschaffung der nächste Schritt sein.

Außerdem ist es wichtig, Supplier für die Materialien andere Bauteile zu finden. Die noch zu bestellenden Materialien und Bauteile sind:

- Stahlblech Coils
- Vierkantprofil
- POM

## 7 Optimierung während der Produktion (Industrie 4.0)

Industrie 4.0 ist ein Begriff, der sich mit der Gestaltung einer modernen Fertigung/Fabrik befasst. Im Vordergrund steht hierbei die Digitalisierung der Produktion. Die Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0 umfasst viele weitere Themen und ist auch für die Produktionsoptimierung von großer Bedeutung. Dieser Abschnitt soll nur eine Idee davon geben, um was es sich handelt.

Das Ziel ist die quantitativen Auswertungen des Fertigungsprozesses („Machine learning“) mit Hilfe von Algorithmen und Technologien zu erfassen [56]. Das soll dabei helfen, den Produktionsprozess laufend zu optimieren. Man spricht dabei auch davon, „Smarte Fabriken“ [57] aufzubauen. Auch wenn das Thema sehr weit ist, sollen im Kurzen die Technologien ermittelt werden, die im Hinblick auf die Großserienproduktion des Heliostaten entscheidend mitwirken könnten.

### Instrumente der Industrie 4.0

Die zu nennende Systeme, die in Hinblick auf Industrie 4.0 bei der Fertigung bedeutsam sind, sind ERP-, MES-Systeme. Das ERP-System [58] ist eine Software, die die betrieblichen Prozesse eines Unternehmens unterstützt. Man nutzt hierbei eine zentrale Datenbank, die die operativen (unmittelbarer Zusammenhang mit dem Betriebszweck) Geschäfte des Unternehmens abbilden soll. Das ERP-System ist in typische Anwendungsbereiche eines Unternehmens unterteilt [58]:

- Materialwirtschaft (Logistik)
- Vertrieb
- Produktion
- Personalwirtschaft (Human Resources)
- Finanz- und Rechnungswesen
- Projektmanagement

Das Ziel solch eines Systems soll es sein, die betrieblichen Aufgaben zu automatisieren und zu verbinden [58]. Es kann dabei auf die verschiedenen Informationen andere Abteilung zugegriffen werden und eine Kommunikation untereinander wird vereinfacht und dadurch beschleunigt. Beispielsweise können Maschinendaten direkt in Kostenrechnungen eingebracht werden. Bekannte Anbieter einer ERP-Software sind beispielsweise: SAP, Infor und Haufe X360. Bei der Herstellung der Heliostaten hilft eine ERP-Software nicht nur zur Abbildung des Geschäftsprozesses, sondern es können auch anhand dessen Optionen zur Verbesserung der Prozesse ermittelt werden.

MES-System (Manufacturing Execution System)

ERP-Systeme funktionieren meistens nur in Einklang mit einem MES-System. Ein MES-System ist ein Tool für die Produktion und beschäftigt sich mit dem Informationsmanagement für Fertigung, Personal und Qualität [59]. Auch wenn viele Bereiche abgedeckt



werden, sind dabei das MDE-System (Maschinendatenerfassung) und das BDE-System (Betriebsdatenerfassung) besonders hervorzuheben. Beim MES werden Maschinen und andere betriebliche Ressourcen verwaltet. Zustandsdaten wie Störungen werden erfasst und Ressourcen oder Ressourcengruppen zugeordnet [59]. Die Daten können in unterschiedlichen Weisen aufgenommen werden. Maschinenbezogene Daten können entweder direkt integriert in der Maschine oder über externe Sensoren, die mit der Maschine verbunden sind, erfasst werden.

Bei der BDE werden auftrags- und personenbezogene Zeiten sowie Mengen erfasst. Bei den Mengendaten wird zwischen Gutstück und Ausschuss unterschieden. Materialverbrauch und Abnutzung von Betriebsmitteln werden erfasst und den Aufträgen zugeordnet [59].

## 8 Ideen zu Marketingkonzeption

Eine durchdachte Marketingkonzeption ist in Zeiten von dynamischen Veränderungen des Marktes und verschiedener Umwelteinflüsse von hoher Bedeutung [60]. Im Rahmen dieser Arbeit soll darauf eingegangen werden, welche Inhalte das Marketingkonzept haben sollte. Das DLR könnte in Hinblick auf die Vermarktung der Heliostaten aufgrund dieser Grundlagen das Marketingkonzept ausformulieren bzw. mit vorhandenen Inhalten füllen.

Das Marketingkonzept geht von drei Entscheidungsebenen aus: Ziel-, Strategie und Mixebene. Marketingziele sollen die angestrebte Position festlegen und stellt daher die Grundfrage „Wo wollen wir hin?“ Marketingstrategien sollen die Vorgehensweise darstellen, um die Ziele zu erreichen und stellt deswegen die Grundfrage „Wie kommen wir dahin?“ Der Marketingmix zeigt die Instrumente, die genutzt werden und stellt die Frage „Was müssen wir dafür einsetzen?“ [60] Die drei Ebenen können zwar unabhängig voneinander betrachtet werden, bilden aber dennoch eine logische Reihenfolge [60]. Die nachfolgenden Abschnitte beschäftigen sich mit Themen, die auf den Heliostaten bezogen sind. Für viele weitere Theorieabschnitte, die das Verständnis des Marketingkonzeptes unterstützen könnten, wird auf den Anhang verwiesen.

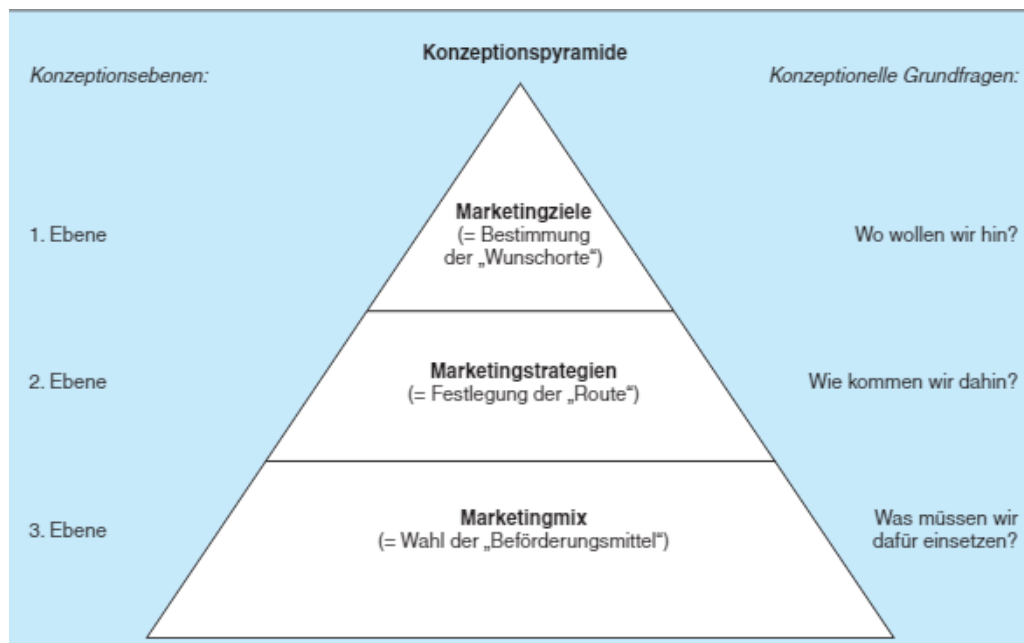


Abbildung 38 – Konzeptionspyramide [60]

## 8.1 Marketingziele (siehe auch S.76)

Die Fertigung des Heliostaten bildet in Hinblick auf das gesamte Unternehmen nur einen Teil der „Gruppenziele“ [60] ab.

Ein weiter Teil der Marketingziele sind auch die Marketingleitbilder. Marketingleitbilder geben für bestimmte Schlüsselziele gewünschte Vorgaben zum Erreichen eines Zieles an und können auf ein bestimmtes Produkt/eine bestimmte Produktgruppe bezogen werden [60]. Sie könnten daher von Bedeutung sein, bevor der Heliostat marktreif gemacht werden sollte. Die Schlüsselziele unterteilen sich in Marktanteil, Distribution, Preissegment, Image, Bekanntheitsgrad, Käuferreichweite, Kundenzufriedenheiten, Kundenbindung. In Abbildung 39 ist ein Beispiel eines Marketingleitbilds gegeben.

Schlüsselziele im Marketing	Marketing-Leitbild der Unternehmung X für die Produktgruppe B
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktanteil</li> <li>• Distribution</li> <li>• Preissegment</li> <li>• Image</li> <li>• Bekanntheitsgrad</li> <li>• Käuferreichweite</li> <li>• Kundenzufriedenheit</li> <li>• Kundenbindung</li> </ul>	<p>Es soll ein Marktanteil von 25 % wertmäßig und 18 % mengenmäßig erreicht werden.*</p> <p>Die Distribution soll sich numerisch/gewichtet auf 60/90 einpendeln.**</p> <p>Die Produktgruppe B soll im Konsummarkenbereich innerhalb des Preisbandes von € 10,- und 12,- (EVP)*** angesiedelt werden.</p> <p>Das Produktprofil soll auf folgenden „Säulen“ aufgebaut werden: natürliche Rohstoffe, neue Wirkstoffkombination TS, Unternehmung X ist der „sympathische“ Spezialist.</p> <p>Für die Produktgruppe B wird ein ungestützter Bekanntheitsgrad von mindestens 50 % vorgegeben.</p> <p>Es wird eine Käuferreichweite von mindestens 65 % angestrebt, d. h. rd. zwei Drittel aller in Betracht kommenden Zielpersonen sollen als Käufer gewonnen werden.</p> <p>Mindestens 85 % der Kunden sollen mit der Produktgruppe B zufrieden sein.</p> <p>Mindestens 75 % der Kunden sollen Produktgruppe B wieder kaufen.</p>
<p>* Das Unternehmen will sich demnach im höherpreisigen Bereich ansiedeln.</p> <p>** Mit einer numerischen Distribution von 60 % sollen die umsatzstarken Geschäfte erfasst werden, die 90 % des Umsatzes repräsentieren.</p> <p>*** Endverbraucherpreis</p>	

Abbildung 39 – Marketingleitbild [60]

## 8.2 Marketingstrategie

### 8.2.1 Zielgruppe

Für die Erreichung der vorhandenen Marktziele ist es wichtig, eine Marktstrategie zu entwickeln. Vor Auswahl einer geeigneten Marketingstrategie muss eine Marktanalyse durchgeführt werden. Hierfür muss erst eine Zielgruppe definiert werden. In dem internen Dokument des DLR „Innovationsidee“ ist die Zielgruppe bereits definiert.



Nutzer

Beschreiben Sie potenzielle Nutzer oder Zielgruppen.

Potentielle Kunden sind alle Firmen, die Solare Turmanlagen nutzen, entwickeln und vermarkten, zur Stromerzeugung oder für Prozesswärme. Interessant ist das Produkt auch für Firmen, die bereits eigene Heliostat-Systeme entwickelt haben, welche allerdings deutlich teurer sind.

Die Firmen, mit denen bereits Kontakt aufgenommen worden ist, haben generelles Interesse am neuen, kostengünstigen Heliostat-Design bekundet: Synhelion, Vast Energy und Raygen. Sobald am 13.12.2023 die Patentanmeldung für das Heliostat-Design erfolgt ist, wird diesen Firmen der Heliostat im Detail vorgestellt.

Der Heliostat könnte auch als PV-Tracker für kleinere PV-Anlagen genutzt werden, welches den Stromertrag erhöht. Damit ist auch ein weiterer Anwendungsbereich mit weiteren Zielgruppen für diese Technologie denkbar.

Abbildung 40 – Zielgruppendefinition

### 8.2.2 Marktanalyse (siehe auch S.77)

Zur Untersuchung des Marktes sollten vier Schlüsselgrößen untersucht werden [60]:

- Marktpotential (in €)
- Marktvolumen (immer <Marktpotential, in €)
- Absatzvolumen (immer <Marktvolumen in €)
- Marktanteil (in %)

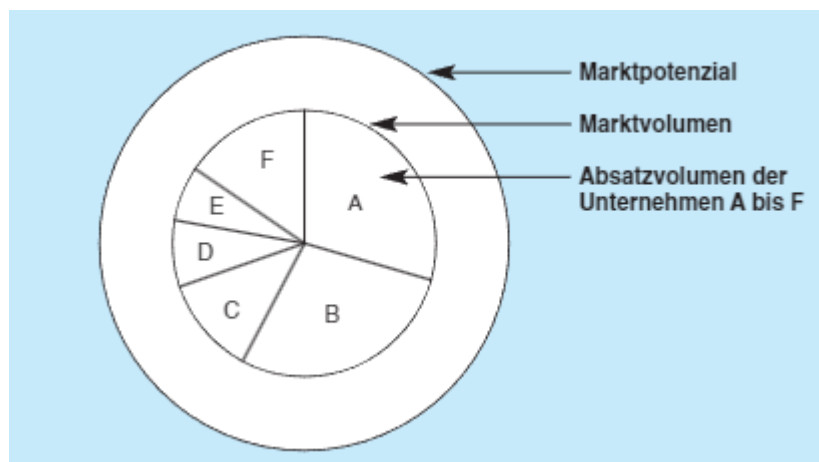


Abbildung 41 - Zusammenhang Marktpotential, Marktvolumen, Absatzvolumen [60]

Zudem kann es Sinn machen, eine Umweltanalyse im Rahmen einer SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) zu erarbeiten.

### 8.2.3 Abnehmerorientierte Strategien

Marketingstrategien sind mittel- bis langfristige Richtungsentscheidungen im Rahmen der Marketingkonzeption, die die Auswahl und Bearbeitung von Märkten beeinflussen und eine bestimmte Ausrichtung des unternehmerischen Handelns festlegen [61]. Es existieren vier **abnehmerorientierte Marketingstrategien**, bekannt als Basisstrategien, die jeweils durch verschiedene Varianten gekennzeichnet sein können [61]:

- Marktfeldstrategie
- Marktstimulierungsstrategien
- Marktparzellierungsstrategien
- Marktrealstrategien

Die Marktfeldstrategie soll die Produkt-Markt-Kombination beschreiben. Die Möglichkeiten dessen sind der Vier-Felder-Matrix zu entnehmen [60].

Märkte \ Produkte	gegenwärtig	neu
gegenwärtig	Marktdurchdringung*	Marktentwicklung
neu	Produktentwicklung	Diversifikation

\* = marketing-strategische Urzelle jedes Unternehmens

**Abbildung 42 - Vier-Felder-Matrix [60]**

Die **Marktdurchdringung** wird dabei als Urzelle jedes Unternehmens beschrieben. Diese verfolgt die einfache Strategie, dass die Produkteinheit einen erhöhten Einsatz an einem bereits erreichten Markt hat (erhöhte Absatzmengen/Marktanteile) [61]. Sie wird bei auf dem Markt gegenwärtigen Produkten angewendet und ist daher für den aktuellen Stand der Heliostatenherstellung nicht von Relevanz. Gleiches gilt für die **Marktentwicklung**, die ein gegenwärtiges Produkt auf einem neuen Markt beschreibt [60]. Auch die **Produktentwicklung** ist ausgeschlossen. Denn man hat keinen bestehenden Kundenbestand, auch wenn man ein neues Produkt hat [60]. Der Herstellung des Heliostaten ist also der **Diversifikation** zuzuordnen, welche beschreibt, dass ein neues Produkt auf einen neu zu erfassenden Markt gebracht wird.

Bei den **Marktstimulierungsstrategien** wird festgelegt, wie man die Absatzmärkte beeinflussen will [60]. Es wird hierbei generell zwischen dem Preiswettbewerb und dem Qualitätswettbewerb unterschieden. Bei der Herstellung des Heliostaten sollen bei gleicher Qualität die Kosten weitestgehend eingegrenzt werden. Es liegt also die Vermutung nahe, dass das DLR in diesem Punkt einen Preiswettbewerb verfolgen sollte.

Die **Marktparzellierungsstrategie** soll untersuchen, inwieweit die Bedürfnisse der Abnehmer sich unterscheiden [61]. Die Massenmarktstrategie verfolgt dabei den Ansatz die Gemeinsamkeiten der Abnehmer herauszufinden und eine möglichst große Anzahl an Käufern zu erreichen [61]. Die Marktsegmentierung teilt den Kundenstamm in unterschiedliche Gruppen auf und versucht diese Gruppen mit unterschiedlichen Ansätzen zu erreichen [61]. Der Verkauf der Heliostaten richtet sich in erster Linie an die Unternehmer der Stromerzeugung (Solarkraftwerke). Andere Anwendungsbereiche können aber auch solare Brennstoffe und Prozesswärme sein. Auch wenn die Kundenstämme ähnlich Sinn, könnte eine Marktsegmentierung durchaus sinnvoll sein, um die unterschiedlichen Abnehmer besser zu erreichen. Es kann auch der Fall sein, dass unterschiedliche Heliostaten an unterschiedliche Kunden verkauft werden.

Die **Marktrealstrategie** soll festlegen, welche räumlich-geographischen Absatzmärkte Absatzgebiete mit einbezogen werden [61]. Zum einen gäbe es da die nationale/teilnationale Strategie und die übernationale Strategie (international Marketing) [61]. Eine weitere Unterteilung der übernationalen Strategie in internationale Strategie, multinationale Strategie und Globale Strategie kann dabei auch vorgenommen werden (siehe Abbildung 43).

	Ausbreitungsgrad	Charakteristika
<b>Internationale Strategie</b>	Einige wenige ausländische Märkte	<i>Ethnozentrische Unternehmung:</i> Marketingplanung für Auslandsmärkte im Heimatland; keine länderspezifische Differenzierung des Marketingmix; keine Direktinvestitionen ins Ausland
<b>Multinationale Strategie</b>	Mehrere/viele ausländische Märkte	<i>Poly- bzw. regiozentrische Unternehmung:</i> Marketingplanung für Auslandsmärkte durch ausländische Unternehmensteile/-gesellschaften; starke länder- bzw. regionenspezifische Differenzierung des Marketing, Direktinvestitionen
<b>Globale Strategie</b>	Alle (wichtigen) Länder der Erde	<i>Geozentrische Unternehmung:</i> Marketingplanung unabhängig von Ländern bzw. Regionen; Welt als »einheitlicher« Markt; Bearbeitung länder-/regionenübergreifender Zielgruppen; hohe Investitionen

**Abbildung 43 - übernationale Strategien [61]**

Die Anzahl der Solarkraftwerke auf der Welt und gerade in Deutschland sind ziemlich begrenzt. Allein deswegen sollte die Strategie der übernationalen Vermarktung hier verfolgt werden.

#### 8.2.4 Konkurrenzgerichtete Strategien

Neben den abnehmerorientierten Marketingstrategien gibt es auch die **konkurrenzgerichteten Marketingstrategien**. Die Abgrenzung ist hierbei etwas schwammig, sodass es in einigen Punkten Überschneidungen gibt [61].

Mit der Strategie der **Kostenführerschaft**, soll man sich mit Preisen gegenüber der Konkurrenz durchsetzen[61]. Die Herstellung des Heliostaten könnte diesen Ansatz verfolgen. Auch wenn kostenführende Produkte oftmals als „billig“ bezeichnet werden und Qualität meistens ein Hintergedanke sind, soll der gesenkte Preis nur auf die günstige Bauweise und die optimale Herstellung des Heliostaten ohne Qualitätsabstriche zurückzuführen sein.

Die **Differenzierungsstrategie** zielt darauf ab, dass das Produkt einen besonderen Vorteil oder Abhebungsfaktor von ähnlichen Produkten hat [61]. Da die Heliostaten sich bei der Funktionsweise kaum von anderen Herstellern unterscheiden wird, ist dies nicht der Ansatz, der gewählt werden könnte.

Im Kontext der **Anpassungsstrategie** wird versucht, den Leistungsvorteil eines erfolgreichen Konkurrenzprodukts zu imitieren, um am Absatzpotenzial teilzuhaben. Dies ist üblicherweise nur erfolgreich, wenn das Nachahmungsprodukt zu einem deutlich niedrigeren Preis angeboten wird als das Originalprodukt, um den Kunden einen Anreiz zu bieten, die Marke zu wechseln [61]. Auch dieser Ansatz stellt keinen Bezug zu der Herstellung der Heliostaten zu tun.

Als **Ausweichstrategie** bezeichnet man die Vorgehensweise, sich in einer Marktnische gezielt zu platzieren, um möglicherweise größeren Konkurrenten zu entgehen [61].

**Kooperationen** sind die systematische Zusammenarbeit konkurrierender Unternehmen unter Beibehaltung der Selbständigkeit. Die Rückzugsstrategie wird angewandt, wenn sich das Produkt nicht mehr am Markt durchsetzen kann [61]. Zum heutigen Stand ist es unwahrscheinlich, dass einer der zuletzt genannten Strategien sich als geeignet für die Heliostatenvermarktung herausstellen wird.

Weitere Strategieansätze beinhalten den Zeitpunkt des Markteintritts. Man geht dabei grob von den drei Phasen „Pionier, früher Folger, später Folger“ aus [61]. Pionierprodukte sind die ersten ihrer Art auf dem Markt. Da Heliostaten schon auf dem Markt existieren, ist dieser Markteintrittszeitpunkt nicht möglich. Der frühe Folger kann aus den Erfahrungen des Pioniers lernen. Der späte Folger tritt bei beschleunigten Marktwachstum ein. Chancen und Risiken der Markteintrittszeitpunkte sind der Abbildung 44 zu entnehmen.

	Rahmenbedingungen	Chancen	Risiken
<b>Pionierstrategie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe F &amp; E-Aktivitäten</li> <li>State-of-the-Art-Technologie</li> <li>hoher Kommerzialisierungsdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schaffung von Standards</li> <li>Nutzung preispolitischer Spielräume</li> <li>Kostenvorteile durch Vorsprung auf der Erfahrungskurve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Markterschließungskosten</li> <li>Ungewissheit über die weitere Marktentwicklung</li> <li>Technologiesprünge durch Konkurrenten</li> </ul>
<b>Strategie des frühen Folgers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientierung am Pionier</li> <li>Qualitätsverbesserung bzw. Anwendungserweiterung</li> <li>Berücksichtigung neuer Kundenanforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erste Markterfahrungen liegen bereits vor</li> <li>geringeres Markteintrittsrisiko als der Pionier</li> <li>Markt ist noch nicht verteilt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vom Pionier aufgebaute Markteintrittsbarrieren</li> <li>Zwang zu Eigenständigkeit im Vermarktungskonzept</li> <li>erste Preiszugeständnisse</li> </ul>
<b>Strategie des späten Folgers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imitation von Innovationen als Ansatzpunkt</li> <li>Zwang zu rationalen Produktinnovationen (Prozessinnovationen)</li> <li>Ausschöpfung von Mengendegressionseffekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlehnung an bereits vorhandene Standards</li> <li>sehr niedrige F &amp; E-Aufwendungen</li> <li>Sicherheit über weitere Marktentwicklung und Vermarktungskonzepte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>weitgehend (vor)verteilter Markt</li> <li>Image- und Kompetenznachteile</li> <li>Gefahr von ruinösen Preiskämpfen</li> </ul>

Abbildung 44 – Markteintrittsstrategien [61]

## 8.3 Marketingmix

Im Allgemeinen gibt es vier Marketingbereiche „Product, Place, Price, Promotion“ [60]. Zu Deutsch sind das:

- Produkt- und Programmpolitik
- Distributionspolitik
- Preis-, Kontrahierungs- bzw. Entgelt- und Konditionenpolitik
- Kommunikationspolitik

Diese Bereiche sollten nicht ausschließlich getrennt voneinander betrachtet werden. So muss z.B. der Preis immer aufgrund der vorhandenen Informationen der anderen Bereiche angepasst werden.

### 8.3.1 Produkt- und Programmpolitik (siehe auch S.79)

Der Nutzen eines Produktes kann in Grund- und Zusatznutzen aufgeteilt werden. Der Grundnutzen verkörpert hierbei die grundlegende Funktion des Produktes, während der Zusatznutzen begleitende Eigenschaften beschreibt [61]. Der Grundnutzen des Heliostaten ist dabei klar vordefiniert (siehe Was ist ein Heliostat? 2.1). Der Zusatznutzen kann sich dabei in funktionalen-, emotionalen- und sozialen Zusatznutzen unterteilen. Der funktionale Nebennutzen bei den Heliostaten könnte beispielsweise die Installation der Heliostaten bei den Kunden sein. Emotionale Nebennutzen ergeben sich beispielsweise durch ansprechendes Design. Der soziale Zusatznutzen hat bei Betrachtung des Heliostaten die Bedeutung, dass in Verbindung zu den Solarkraftwerken die Wichtigkeit in Bezug zum Klimawandel verdeutlicht werden könnte. Für die Kunden wäre dies selbstverständlich, dennoch könnte es zu einem besseren Image in der Öffentlichkeit führen. Es sollten weitere Zusatznutzen für die Heliostaten definiert werden. In Abbildung 45 ist ein Beispiel bei einem Automobil gegeben, wie man das ausformulieren könnte.



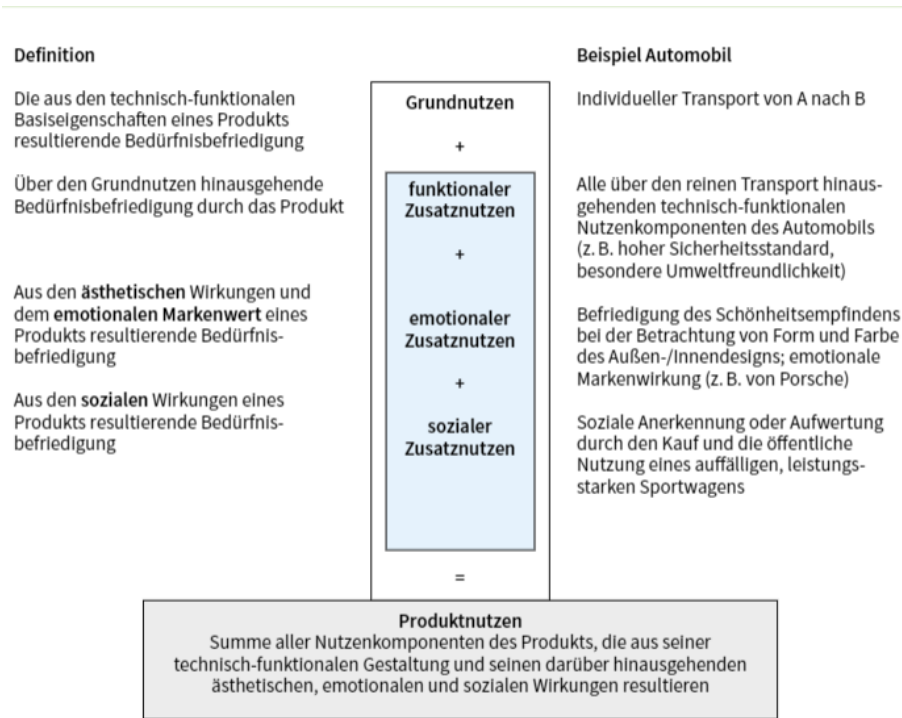


Abbildung 45 – Produktnutzen [61]

Die Produktpolitik wird unterteilt in Programmgestaltung, Produktgestaltung (Anhang), Markenpolitik (Anhang) und Produktinnovation [60].

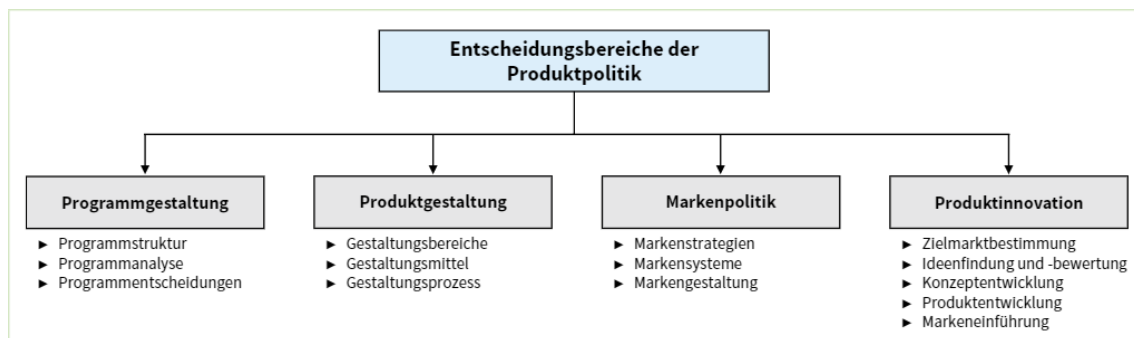


Abbildung 46 - Entscheidungsbereiche der Produktpolitik

In der **Programmgestaltung** werden Entscheidungen bezüglich des gesamten Produktionsprogramms getroffen [61]. Bei der Programmstruktur wird die Programmbreite- und tiefe festgelegt. Die Programmbreite beschreibt hierbei die Anzahl unterschiedlicher Produkte und die Programmtiefe beschreibt alle Produkte innerhalb einer Produktart [61]. Mit der Überlegung, dass mehrere Heliostaten unterschiedlicher Größen auf dem Markt gebracht werden könnten, könnte man sich Gedanken über die Programmtiefe machen. In diesem Fall würde man von einer Programmdifferenzierung reden, da es eine Variante eines bereits bestehenden Produktes sein dürfte [61].

Die **Markenpolitik** soll durch folgende Äußerung klargemacht werden. „Marken sind Vorstellungsbilder in den Köpfen der Anspruchsgruppen, die eine Identifikations- und

Differenzierungsfunktion übernehmen und das Wahlverhalten prägen“ [61]. Der Helios-  
 tat wird vermutlich nicht selbst die Marke sein. Es kann aber auch das Unternehmen selbst  
 eine Marke darstellen, sowie es das DLR im Fall des Heliostaten sein könnte.

Produktgestaltung im engeren Sinne	Produktgestaltung im weiteren Sinne
materielle Produkteigenschaften ▶ Produktqualität ▶ Produktäußeres ▶ Produktausstattung ▶ Produktverpackung	immaterielle Produkteigenschaften ▶ produktbezogene Dienstleistungen ▶ Garantieleistungen ▶ Markierung ▶ sonstige Nutzen stiftende Eigenschaften

Abbildung 47 – Produktgestaltung [60]

Die **Produktinnovation** beschäftigt sich damit, auf neuen oder etablierten Märkten ein  
 neues Produkt auf den Markt bringen zu wollen (siehe Kapitel 8.2). Der Prozess teilt sich  
 in die in der Abbildung 48 beschriebenen Phasen auf. Man kann dabei sagen, dass der  
 Heliostat sich schon in Phase drei bzw. vier befindet [61].

	Phasen	Aufgaben	Methoden	Management- aufgaben
Rückkopplung	Bestimmung des Zielmarktes/Suchfeldes	Identifizierung von neuen bzw. wachsenden Märkten, Trends und Positionierungslücken	Trendforschung, Szenariotechnik Positionierungsanalysen	Ablaufplanung (z. B. Netzplantechnik)
	Ideenfindung und Ideenbewertung	Identifizierung von Produktideen zur Befriedigung aktueller bzw. latenter Bedürfnisse relevanter Zielgruppen / Auswahl geeigneter Ideen für die Konkretisierung	Kreativitätstechniken, Problemanalysen, Checklisten, Scoring-Modelle	Schnittstellen- management (z. B. zwischen F&E und Marketing)
	Konzeptentwicklung und Konzeptüberprüfung	Entwicklung geeigneter Produkt- und Marketing- konzepte / Auswahl der besten zielgruppen- spezifischen Konzepte	Qualitative und quantitative Konzepttests, insbesondere Conjoint-Analysen, Smoke Tests	Wirtschaftlichkeits- analysen
	Produktentwicklung und Produkttest	Entwicklung von Prototypen für die anvisierten Zielgruppen / Überprüfung der Akzeptanz der Prototypen	Quantitative und qualitative Produkttests, Konzept-Produkt-Fit	Target Costing
	Markteinführung	Entwicklung des gesamten Marketingmix / Überprüfung aller relevanter Marketingvariablen	Storetests, Testmarktverfahren, Testmarktsimulationen	

Abbildung 48 – Produktinnovationsphasen [61]

### 8.3.2 Preispolitik

Der Preis für den Heliostaten wird sich zum Großteil aus den ermittelnden Herstellkosten  
 zusammensetzen. Für die erstmalige Festsetzung eines Angebotspreises können auch Be-  
 urteilungen potenzieller Abnehmer hinzugezogen werden [61].

Die **Preisdifferenzierung** bezeichnet das systematische Angebot einer gleichartigen  
 Sach- oder Dienstleistung zu unterschiedlichen Preisen [61].

In der **Preisfestsetzung** soll festgelegt werden, welche „Preisstrategie“ bei Einführung  
 neuer Produkte verfolgt werden sollte. Man sollte sich hierbei für die Preisfestlegung  
 der Heliostaten die Strategien „Skimming-Strategie“ (hoher erstmaliger Marktpreis) und

„Penetration-Strategie“ (relativ niedriger Preis) genauer anschauen [61]. Aus den bisherigen Erfahrungen könnte die „Penetrations-Strategie“ der richtige Ansatz sein.

Die **Konditionenpolitik** der Anbieter hat im Wesentlichen zwei Hauptziele: Erstens geht es darum, die verschiedenen Zahlungsbereitschaften der Kunden durch differenzierte Konditionen bestmöglich zu nutzen. Zweitens sollen den Kunden Anreize geboten werden, sich entsprechend den Vorstellungen des Anbieters zu verhalten, beispielsweise durch die Abnahme größerer Mengen, frühzeitige Bestellungen oder prompte Zahlungen [61]. Die einzelnen Unterpunkte sollten sich hierbei im Rahmen der erweiterten Preisbildung des Heliostaten angeschaut werden (Rabattpolitik, Absatzkreditpolitik, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen).

### 8.3.3 Kommunikationspolitik (siehe auch S.82)

Mit der Kommunikationspolitik versucht man sich bei der anvisierten Zielgruppe sichtbar zu machen [61]. Sie wird auch als „Sprachrohr“ des Marketings bezeichnet [61]. Mit den Zielen der gesteigerten Bekanntheit oder Wissen der Produkteigenschaften soll die Kommunikationspolitik eine Verhaltensbeeinflussung anstiften [61]. Bei der Einführung der Heliostaten sollte es der Fall sein, dass der Abnehmer bereits den Nutzen dessen kennt. Das Image des DLR als „hervorragendes“ Forschungsinstitut könnte herangezogen werden, sodass im Vorhinein eine positive Einstellung zum Heliostaten eingenommen wird.

Bei der Wahl der Marketinginstrumente spielen gewisse Punkte eine Rolle. Reichweite, zeitliche Einsatzmöglichkeiten sind dabei selbsterklärend. Mit der Beeinflussbarkeit der Kommunikationssituation ist der gezielte Einsatz von Werbeinstrumenten gemeint (Filmwerbung vor einem Kinofilm) [61]. Das Involvement bezeichnet diejenigen Instrumente, bei denen der Kunde mit eingebunden wird [61].

Die „einzigartigen“ Produktvorteile (unique selling points, kurz: USP) sollten ein wesentlicher Bestandteil der Werbungen sein [61]. Die USP sollten im Vorhinein festgelegt sein. Bei dem Heliostaten ist ein USP die niedrigen Herstellkosten durch das Materialeinsparen. Weitere USP sollten in diesem Zusammenhang ermittelt werden.

Zu den Kommunikationsinstrumenten sollen Entscheidungen getroffen werden, welche für das Marketing des Heliostaten genutzt werden sollten. Man kann dabei ggf. aus Erfahrungen anderer Produkte des DLR Erkenntnisse ziehen. Im B2B<sup>2</sup> Bereich, sowie es sich bei dem Verkauf des Heliostaten verhalten wird, ist das Direktmarketing einen Bestandteil der Kommunikationsinstrumente. Auch Teile des digitalen Marketings sollten unbedingt genutzt werden.

---

<sup>2</sup> B2B (Business to Business) – Geschäft zwischen zwei Firmen [60]

B2C (Business to Consumer) wäre das Geschäft zwischen Firma und Konsument

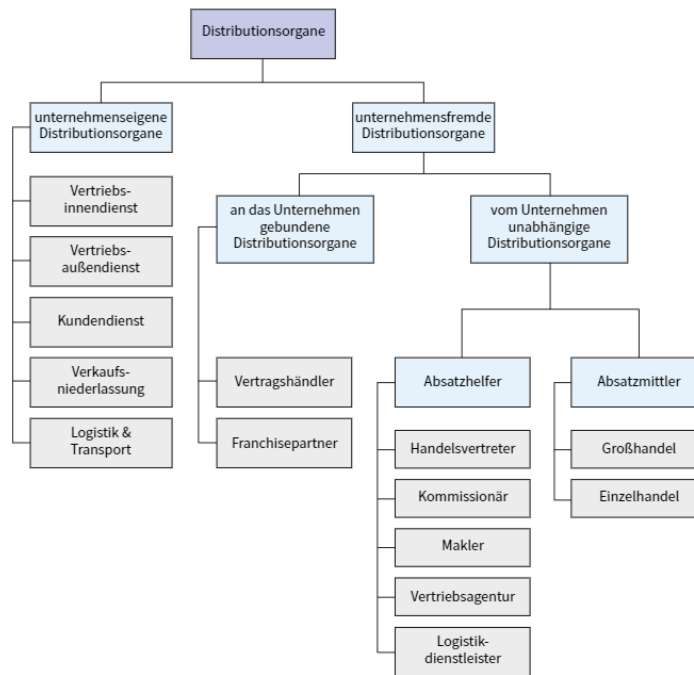
Die Integration der Kommunikationsinstrumente umfasst formale, inhaltliche und zeitliche Aspekte. Formale Integration bezieht sich auf einheitliche Gestaltungsprinzipien wie Farben und Typografie, um sicherzustellen, dass die Botschaften leicht erkennbar sind [61]. Inhaltliche Integration bedeutet, dass die Inhalte aufeinander abgestimmt sind, um die gewünschte Positionierung zu unterstützen [61]. Zeitliche Integration erfordert eine Abstimmung der Kommunikationsinstrumente, um Synergieeffekte zu erzielen und eine konstante, langfristige Markenkonsistenz zu gewährleisten, was die Basis für starke Markenbildung bildet [61].

#### **8.3.4 Distributionspolitik**

Die Distributionspolitik umfasst Entscheidungen und Maßnahmen, die den Weg von Produkten und Dienstleistungen vom Hersteller bis zum Endkunden, also von der Produktion bis zur (gewerblichen) Verwendung, betreffen [61]. Dabei werden grundlegende Entscheidungen zu Vertriebswegen, -organisation, -politik, Kundenbetreuung und Vertriebslogistik getroffen [61]. Die Auswahl von Vertriebswegen und -organisation sowie die Gestaltung der Verkaufspolitik fallen in den Bereich der akquisitorischen Distribution, während Entscheidungen zur Vertriebslogistik zur physischen Distribution (Marketing-Logistik) gehören [61]. Die Distributionspolitik hat daher viele Punkte die auch im SCM mit inbegriffen sind (siehe Kapitel 6.1.1).

Die **akquisitorische Distribution** zielt darauf ab, Vertriebswege effektiv zu gestalten und dadurch Kunden zu gewinnen. Dabei werden geeignete Vertriebspartner ausgewählt und Beziehungen gepflegt. Das Hauptziel ist es, Produkte ansprechend vom Hersteller zum Kunden zu bringen [61].

An der Distributionspolitik sind verschiedene Organe beteiligt, die in unternehmenseigene und unternehmensfremde aufgeteilt werden können (siehe Abbildung 49).



**Abbildung 49 – Distributionsorgane [61]**

Eine Überlegung generell sollte es daher sein, ob man die Heliostaten direkt über eigene Vertriebskanäle oder indirekt über den Handel verkaufen möchte. Es ist auch möglich, sowohl direkt als auch indirekt Distributionskanäle zu nutzen. Die Vermutung liegt nahe, eher direkt Distributionswege zu nehmen. Das begründet sich u.a. durch die Anzahl weniger, aber dafür gezielter Abnehmer/Interessenten. Hierfür wäre allerdings eine Ausgründung erforderlich, da das DLR nicht direkt Produkte vertreibt.

## 8.4 Möglicher Aufbau eines Marketing-Konzeptes

Zur Ausformulierung eines Marketing-Konzeptes könnte der folgende Aufbau gewählt werden:

1. Einleitung mit Produktbeschreibung
2. Marketing-Ziele
3. Marketing-Strategie
  - 3.1. Zielgruppe
  - 3.2. Marktanalyse (mit SWOT-Analyse)
  - 3.3. Abnehmerorientierte Strategien
  - 3.4. Konkurrenzgerichtete Strategien
4. Marketingmix (the 4 P's)
  - 4.1. Produkt- und Programmpolitik
  - 4.2. Preispolitik
  - 4.3. Kommunikationspolitik
  - 4.4. Distributionspolitik

Eine feinere Unterteilung kann und sollte vorgenommen werden, um die Felder genauer zu untersuchen. Weitere Instrumente des Marketingmixes, die dem Konzept hinzugefügt

werden können sind die Abbilder der Customer Journey und der Customer Experience. Die Customer Journey zeigt dabei den Weg des Kunden von Entdecken zu Kauf eines Produktes und soll die Gefühlslage des Kunden mit eingrenzen. Die Customer Experience zeigt welche Mittel bei unterschiedlichen Phasen des Kaufes eingesetzt werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, wie Customer Journey und Customer Experience bei dem Verkauf des Heliostaten aussehen könnten.

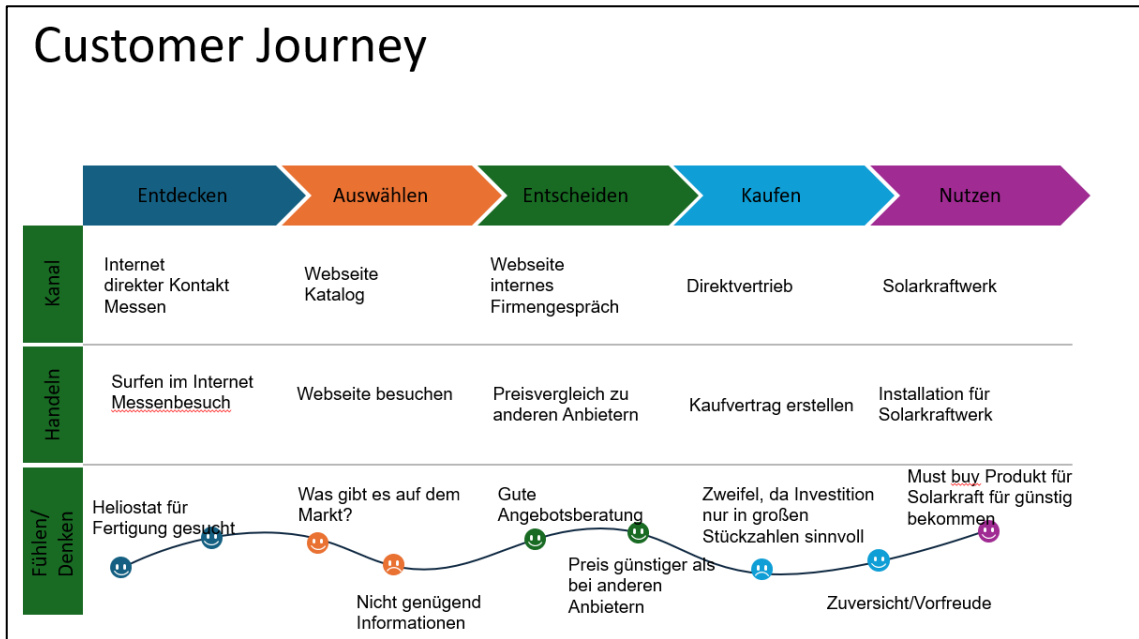


Abbildung 50 - Customer Journey

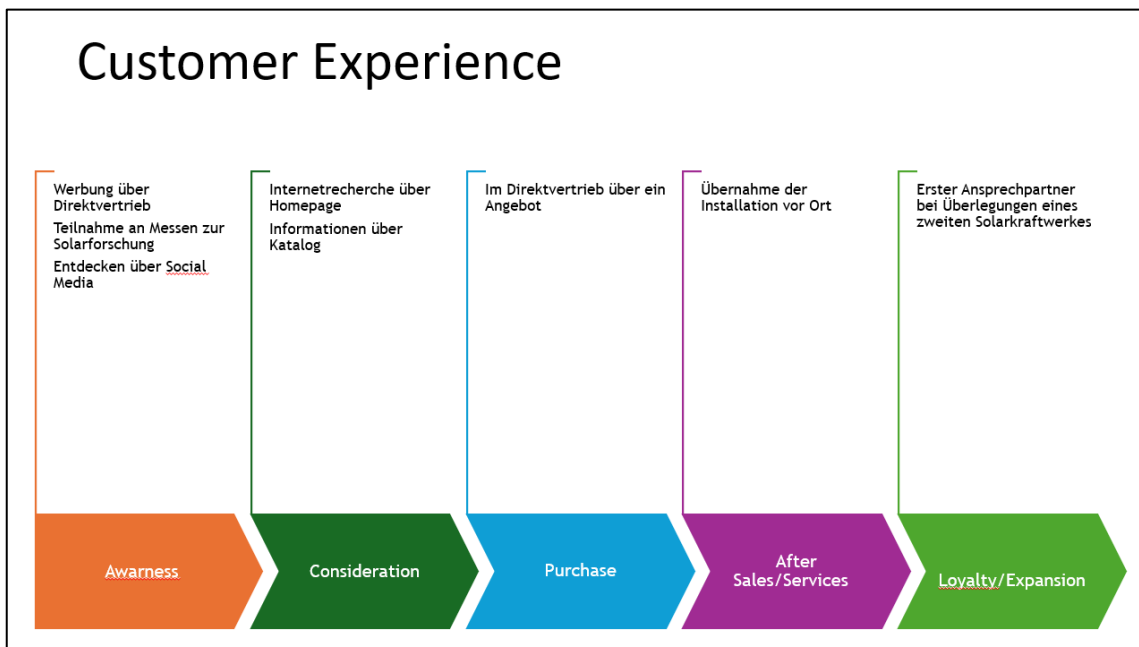


Abbildung 51 - Customer Experience

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit bildet einen Grundbaustein für eine vertiefende Betrachtung der Herstellkostenoptimierung und der weiteren Vorgehensweise. Für die Berechnung der Herstellkosten kann die zunächst ermittelte Software „Costing24“ nur teilweise genutzt werden. Als Alternative wurde der Ansatz gewählt, die Fertigungsmethoden nach Kriterien wie hohe Stückzahlen und hoher Automatisierungsgrad auszuwählen. Durch diese Kriterien und eine vertiefte Recherche wurden geeignete Herstellverfahren wie das Laserschneiden für dünne Stahlbauteile ermittelt. Hier liegt auch der Ansatz zur Optimierung der Kosten. Denn durch die Auswahl der richtigen Herstellverfahren kann man davon ausgehen, dass die Produktion bestmöglich verläuft und dadurch Kosten gesenkt werden. Mit Auswahl der Herstellverfahren wird festgelegt, wie und in welcher Reihenfolge der Heliostat gefertigt werden soll. Die Baumstrukturen sowie die Fertigungsstücklisten sind das Ergebnis der Überlegungen zur Fertigung des Heliostaten.

Für die Herstellverfahren müssen Maschinendaten (Bearbeitungszeiten, Maschinenstundensatz) vorhanden sein, um die Kosten ausrechnen zu können. Die Maschinendaten basieren zumeist noch aus Abschätzungen. Viele der Maschinendaten sind aus Costing24. Für die Maschinen, die genutzt werden, muss der Maschinenstundensatz selbst berechnet werden. Die Maschinendaten zu Schnittgeschwindigkeiten usw. sind teilweise auch aus Costing24 übernommen. Weitere Maschinendaten müssen durch die Angabe von unterschiedlichen Quellen, wie Herstellern oder Blogs, recherchiert werden. Eine genauere Angabe der Maschinendaten kann ermittelt werden, sobald man sich für eine Maschine entschieden hat und einem Hersteller nach spezifischen Daten fragt. Mit den Maschinendaten werden zunächst die Zeiten der Bearbeitungen berechnet. Die Zeiten der Pylone, des Auslegers und der Traverse konnten auf diese Weise detailliert abgebildet werden. Zeiten anderer Stahlbauteile sind in verkürzter Weise dargestellt. Zu den Fügeverfahren sind die Bearbeitungszeiten abgeschätzt. Bei den Spritzgussteilen wurden die Kosten abgeschätzt, man befindet sich hier aber auch in Gesprächen mit dem Hersteller IGUS. Zukaufteile konnten über die Recherche von Anbietern aus dem Internet ermittelt werden. Mit den gefunden günstigen Fertigungsverfahren konnten Herstellkosten von ca. 116 €/Stück bzw. 58 €/m<sup>2</sup> erreicht werden. Dies stellt eine erste Kostenabschätzung des Heliostaten dar und kommt dem Kostenziel schon sehr nahe. Zu den Herstellkosten kommen noch Kosten für die Energieversorgung, die Steuerung, den Transport und die Installation, die in anderen Arbeiten ermittelt und optimiert werden und nicht in dieser Arbeit behandelt wurden.

Die Nutzung einer Software für die Kostenrechnung kann nur in einem großangelegten Projekt ablaufen. Dadurch kann auch die bisherige Kostenrechnung, die teilweise auf Abschätzungen basiert, deutlich genauer erfasst werden. Solch ein Vorhaben wäre aber kosten- und zeitintensiv. Um die Kostenrechnung dieser Arbeit zu erweitern, können in

nächsten Schritten geeignete Hersteller für die angegebenen Bearbeitungsschritte ermittelt werden. So kann man spezifischere Maschinenstundensätze ermitteln und dadurch die Kosten weiter spezifizieren. Auch bezüglich der Materialien und Zukaufteile sollte Kontakt mit Herstellern/Händlern aufgenommen werden, um die Kosten besser abschätzen zu können.

Das Marketingkonzept kann zu einem späteren Zeitpunkt verfasst werden. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die Überlegungen zu dem Heliostaten dafür noch nicht ausgereift genug. Anhand der in Kapitel 9 angegebenen Struktur ist es möglich, die damit verbundenen Inhalte, die für den Heliostaten relevant sind, aufzugreifen. Die davor etablierten Ideen zu den einzelnen Themen sind für die Ausarbeitung einer Konzeption relevant und können so übernommen werden. Der erste Schritt, den man bereits behandeln könnte, ist es, eine Marktforschung für den Markt des Heliostaten zu erstellen. Mit diesen Vorhaben hat man im DLR bereits begonnen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass diese Arbeit eine Grundlage für die Markteinführung des Heliostaten bildet. Die intensive Beschäftigung der Fertigungsmethoden und die anschließende Kostenrechnung wird im späteren hilfreich dabei sein, den Preis des Heliostaten festzulegen. Zudem lässt sich feststellen, welche Methoden, wie z.B. das ERP-System oder das Programm Witness, die Produktion einer modernen Fabrik unterstützen.



## Quellenverzeichnis

- [1] o. A., Solarforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, 2023 - Firmeninterne PowerPoint Präsentation
- [2] Daniel Benitez et al., Solarthermische Kraftwerke: Wärme, Strom und Brennstoffe aus konzentrierter Sonnenenergie, DLR, Köln, 2021
- [3] R. Müller, Thermodynamik: Von Energie und Entropie zu Wärmeübertragung und Phasenübergängen, 3. Auflage. München; Wien: De Gruyter Oldenbourg, [2023]
- [4] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dlr.de/de/das-dlr/standorte-und-bueros/juelich> [Zugriff am 13.03.2024]
- [5] Bernhard Hoffschmidt, Robert Pitz-Paal, Christian Sattler, DLR Standort Jülich: Institut für Solarforschung, Institut für future Fuels, DLR, 2023 – Firmeninterne PowerPoint Präsentation
- [6] M. Mohr, P. Svoboda, und H. Unger, Praxis solarthermischer Kraftwerke. Berlin: Springer, 1999
- [7] Pfahl, Andreas et al., Progress in Heliostat Development, 2017 – Verfügbar bei der Elib des DLR
- [8] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dlr.de/de/ff/medien/bilder/solartuerme-juelich/ein-heliostat-im-spiegel-feld-juelich> [Zugriff 14.03.2024]
- [9] H. Schlink, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure: Grundlagen für die Entwicklung technischer Produkte, 2. Aufl. 2017. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, Imprint: Springer Gabler, 2017 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13950-6>
- [10] Bwl-Lexikon.de, Akkordlohn. [Online], Verfügbar unter <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/akkordlohn/> (Zugriff am 26.03.2024)
- [11] E. Westkämper und H.-J. Warnecke, *Einführung in die Fertigungstechnik*, 8., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2010 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9798-5>
- [12] P. Schönsleben, *Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend*, 8th ed. 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Imprint: Springer Vieweg, 2020 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60673-5>
- [13] 4cost [Online]. Verfügbar unter <https://www.4cost.de/> (Zugriff am 14.03.2024)
- [14] Simus systems [Online]. Verfügbar unter <https://www.simus-systems.com/> (Zugriff am 14.03.2024)
- [15] Simus systems [Online]. Verfügbar unter [costing24: Modelle einfach kalkulieren](#) (Zugriff am 27.05.2024)
- [16] S-Polytex [Online]. Verfügbar unter [PE-UHMW Platten \(PE-1000\) Schwarz | S-Polytec](#) (Zugriff am 27.05.2024)
- [17] Stahpreise.eu [Online]. Verfügbar unter [Stahl Entwicklung 2024 / Stahlpreis Prognose 2025 \(stahpreise.eu\)](#) (Zugriff am 27.05.2024)
- [18] Plasticker [Online]. Verfügbar unter [Markt & Preise \(plasticker.de\)](#) (Zugriff am 27.05.2024)

- [19] Aliexpress [Online], Verfügbar unter [2021 neue Nema 17 Stepper Motor 1A \(17HS4023\) Nema17 Schritt Motor für DIY 3D Drucker XYZ \(aliexpress.com\)](https://www.aliexpress.com/wholesale?spm=2115.10309978.1000013.1000013.1000013) (Zugriff am 27.05.2024)
- [20] Kletter Antriebe [Online]. Verfügbar unter [Trapezgewindespindel TR 8 Niro \(kletterer.de\)](https://www.kletterer.de/) (Zugriff am 27.05.2024)
- [21] Dr.Ing. Karl-Heinz Brensing und Dipl.-Ing. Baldur Sommer, Herstellverfahren für Stahlrohre, Mannesmannröhren-Werke AG [PDF Online]. Verfügbar unter [Herstellverfahren für Stahlrohre \(wv-stahlrohre.de\)](https://www.wv-stahlrohre.de/) (Zugriff 17.04.2024)
- [22] G. Mühlenbeck, Herstellung von Stahlrohren und Formstücken. 2016, S. 179–201.
- [23] FUJIAN XINHONGHUA MACHINERY [Online]. Verfügbar unter <https://de.chinacoldrollformer.com/flattening-slitting-cutting-machine/sheet-metal-cutting.html> (Zugriff am 04.06.2024)
- [24] D. Arendes, Einführung in die Umformtechnik: Ein Lehrbuch zum Einstieg für Technikinteressierte, 1st ed. 2023. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, Imprint: Springer Vieweg, 2023 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42034-5>
- [25] Höller GmbH, Metalle professionell bearbeiten. Rundbiegemaschinen (Produktkatalog) [PDF Online]. Verfügbar unter [https://www.hoeller-eisen.at/upload/shoppictures\\_63/tinymce/2%200%202%201/H\\_ller\\_Nosstec\\_re\\_Rundbiegemaschi.pdf](https://www.hoeller-eisen.at/upload/shoppictures_63/tinymce/2%200%202%201/H_ller_Nosstec_re_Rundbiegemaschi.pdf)
- [26] A. H. Fritz, Fertigungstechnik, 12. Aufl. 2018. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Imprint: Springer Vieweg, 2018 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56535-3>
- [27] Wegener Stahlservice [Online], Verfügbar unter <https://www.wegener-stahlservice.com/blechbearbeitung/scherschneiden/> (Zugriff am 04.06.2024)
- [28] Schneidforum [Online]. Verfügbar unter [Wirtschaftlichkeit, Kosten beim autogenen Brennschneiden \(schneidforum.de\)](https://www.schneidforum.de/) (Zugriff am 27.05.2024)
- [29] Schneidforum [Online]. Verfügbar unter [Autogenes Brennschneiden: Vorteile Nachteile Vergleich \(schneidforum.de\)](https://www.schneidforum.de/) (Zugriff am 27.05.2024)
- [30] Schneidforum [Online]. Verfügbar unter [Plasma: Vorteile - Nachteile \(schneidforum.de\)](https://www.schneidforum.de/) (Zugriff am 28.05.2024)
- [31] Rapid Direct [Online]. Verfügbar unter [Laserschneiden: Untersuchung der Vor- und Nachteile des Laserschneidens \(rapiddirect.com\)](https://www.rapiddirect.com/), 2022 (Zugriff am 28.05.2024)
- [32] Schneidforum [Online]. Verfügbar unter [Wasserstrahlschneiden: Vor- und Nachteile \(schneidforum.de\)](https://www.schneidforum.de/) (Zugriff am 28.05.2024)
- [33] AquaCountour [Online]. Verfügbar unter [Wasserstrahlschneiden: Was sind die Nachteile? | AquaContour](https://www.aquacountour.com/) (Zugriff am 28.05.2024)
- [34] Eckert [Online]. Verfügbar unter [Schneiden ohne thermischen Einfluss? - Vorteile des Wasserstrahlschneidens - Eckert \(eckert-cutting.de\)](https://www.eckert-cutting.de/) (Zugriff am 28.05.2024)
- [35] Pfahl, Andreas, et al., Kostenoptimierte Heliostat-Fertigung für Solarturmkraftwerke – HelFer Schlussbericht, 2016
- [36] H. Hügel und T. Graf, Materialbearbeitung mit Laser: Grundlagen und Verfahren, 5th ed. 2023. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, Imprint: Springer Vieweg, 2023 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41123-7>
- [37] Seimatec [Online]. Verfügbar unter [Spiralbohrer-Richtwert-Tabelle-fur-Drehzahlen-und-Vorschube-in-diversen-Materialien.pdf \(schrauben-seimatec.de\)](https://www.schrauben-seimatec.de/) (Zugriff am 28.05.2024)

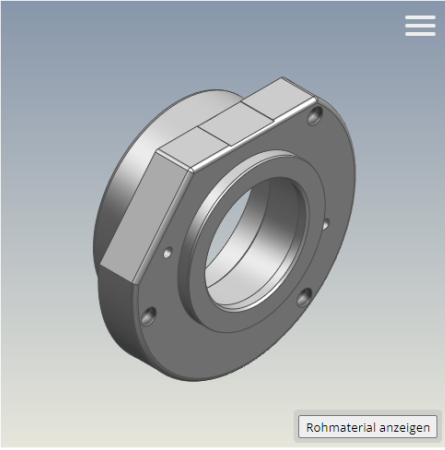
- [38] Artizono [Online]. Verfügbar unter [Faserlaserschneiden Dicke & Geschwindigkeitstabelle | Artizono](#) (Zugriff am 06.06.2024)
- [39] Johannes Lenz, Industriestrompreis: Was spricht dafür und was dagegen? [Online]. 18.09.2023 Verfügbar unter <https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/industriestrompreis-was-spricht-dafuer-was-dagegen,TpukPhU>
- [40] Hochschule Düsseldorf, Datenblatt zur Berechnung der Maschinenkosten - Ringprojekt 2023
- [41] Shane, Hydraulische Schermaschine: Der ultimative Leitfaden [Online]. 28.08.2023 Verfügbar unter <https://www.machinemfg.com/de/hydraulic-shearing-machine-ultimate-guide/>
- [42] Raymax [Online]. Verfügbar unter <https://de.raymaxpressbrake.com/stable-work-qc12k-6mm2500mm-hydraulic-shearing-machine-with-low-price.html> (Zugriff am 04.06.2024)
- [43] KUKA [Online]. Verfügbar unter [Automatisiertes Punktschweißen - KUKA AG](#) (Zugriff am 12.06.2024)
- [44] Anahita GmbH [Online]. Verfügbar unter [Hocheffizienter Widerstandsschweißer - Anlagen zur Herstellung von geschweißten Stahlrohren \(anahita-gmbh.de\)](#) (Zugriff am 11.06.2024)
- [45] FUJIAN XINHONGHUA MACHINERY [Online] Verfügbar unter [China-Profiliermaschine Begradigung Cutting Maschinen Hersteller und Lieferanten - billige Preis Walzprofilieren Begradigung Schneidemaschinen auf Lager - Xinhonghua \(chinacoldrollformer.com\)](#) (Zugriff am 28.05.2024)
- [46] Formlabs [Online]. Verfügbar unter [Wie ermittelt man die Kosten für Spritzguss? | Formlabs](#) (Zugriff am 06.06.2024)
- [47] Mädlar [Online]. Verfügbar unter [Artikel 23101000 - Stirnzahnrad aus C45 mit Nabe Modul 2 10 Zähne Zahnbreite 16mm Außendurchmesser 24mm \(maedler.de\)](#) (Zugriff am 06.06.2024)
- [48] Mädlar [Online] Verfügbar unter [Artikel 67700182 - Blechscharnier M136 aus Stahl verzinkt, Form B, 50x50mm \(maedler.de\)](#) (Zugriff am 06.06.2024)
- [49] Igus motion plastics [Online]. Verfügbar unter [iglidur® G, zylindrisches Gleitlager mit Bund, mm \(igus.de\)](#) (Zugriff am 06.06.2024) (Zugriff am 06.06.2024)
- [50] Andreas Pfahl und Volkmar Dohmenm, Low-Cost Materials for Heliostats, Cost Comparison of Extensive or Moderate Use of Timber, Concrete, and Polymer, DLR, Präsentation bei SolarPACES Conference Sydney 11.10.2023
- [51] H. Werner, Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 5., überarb. u. erw. Aufl. 2013. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-3769-8>
- [52] M. Schröder, Strukturierte Verbesserung des Supply Chain Risikomanagements. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, Imprint: Springer Gabler, 2019 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26773-5>
- [53] M. Kircher, Bioökonomie im Selbststudium: Wertschöpfungsketten und Innovationspotenzial, 1st ed. 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Imprint: Springer Spektrum, 2020 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61001-5>
- [54] Prof. Dr. Hans-Dieter Haas, Gabler Wirtschaftslexikon: [Online]. Verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/fokales-unternehmen-33039> (Zugriff am 15.03.2024)

- [55] T. Plümer und E. Steinfatt, Produktions- und Logistikmanagement, 2. Aufl. München ; Wien: De Gruyter Oldenbourg, [2016].
- [56] V. P. Andelfinger und T. Hänisch, Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, Imprint: Springer Gabler, 2017 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15557-5>
- [57] T. Bauernhansl, M. ten Hompel, und B. Vogel-Heuser, Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- [58] K.-P. Wagner, T. Hüttl, D. Backin, I. Vieweg, und C. Werner, Einführung Wirtschaftsinformatik: IT-Grundwissen für Studium und Praxis, 2012. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6856->
- [59] J. Kletti, MES - Manufacturing Execution System: Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung, 2. Aufl. 2015. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Imprint: Springer Vieweg, 2015 [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46902-6>
- [60] J. Becker, Marketing-Konzeption: Grundlagen des ziel-strategischen und operativen Marketing-Managements, 11., aktualisierte und ergänzte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, [2019] [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.15358/9783800657605>
- [61] A. Scharf, B. Schubert, und P. Hehn, Marketing: Einführung in Theorie und Praxis, 7., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, Juni 2022

## Anhang A:

### Costing24

3D-Vorschau des ausgewählten Modells ?



Rohmaterial anzeigen

**Bitte treffen Sie eine Auswahl**

Modell: **i** TURN2

Werkstoffgruppe: **i** Stahl (legiert) (im Modell hinterlegt) v

Rohmaterial: **i** RD 65 EN10088-3-X8CrNiS18 1.4305 (1,88 v)

Wenn Sie ein CAD-Modell der Rohteilgeometrie haben, können Sie dieses [hier](#) hochladen.

Oberflächenbehandlung: **i** Keine Oberflächenbehandlung +

---

Stundensatz: **i**

Rüstzeit: **i**

Schnittwerte: **i**

Nebenzzeit: **i**

Programmierzeiten: **i**

niedrig mittel hoch

Neues Modell wählen ↻

Rückmeldung 🗨

Weitere Einstellungen können Sie hier vornehmen »

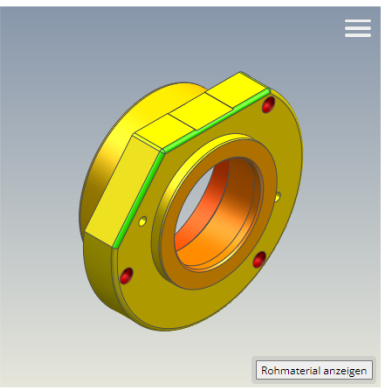
(Maschinenstundensätze, Werkstoffgruppen, Oberflächenbehandlung, Rohmaterialien)

Berechnen >>

**Abbildung 52 - Costing24 CAD Import**

Nachdem man sein erwünschtes Teil importiert hat und die Einstellungen diesbezüglich vorgenommen hat kann man über den Button „Berechnen“ die Kosten berechnen lassen. In der 3D-Vorschau des importierten Bauteils gibt es eine farbige Unterteilung (Ampel-System) je nachdem wie teuer die Bearbeitung an der Stelle ist.

3D-Vorschau des ausgewählten Modells ?



Rohmaterial anzeigen

**Ihr Bauteil ist nun kalkuliert!**

Sie sehen in der 3D-Vorschau die Kosten nach Flächen aufgeschlüsselt. Bewegen Sie den Mauszeiger auf die eingefärbten Modellflächen, um sich Detailinformationen anzeigen zu lassen. Verändern Sie die Losgröße und sehen Sie, wie die Herstellkosten reagieren.

Modell: **i** TURN2

Werkstoffgruppe: Stahl (legiert)

Rohmaterial: **i** RD 65 EN10088-3-X8CrNiS18 1.4305

---

Losgröße: **i** 1 v

Berechnungsvariante: **i** Variante 1 v

Herstellkosten: **i** 99,53 € (pro Stück)

Beschaffungspreis: **i** 138,48 € (pro Stück)

Beschaffungspreis mit Programmieren: **i** 311,31 € (pro Stück)

CO<sub>2</sub> Emission: **i** 3,165 kg (pro Stück)

<< Parameter verändern

**Abbildung 53 - berechnetes Bauteil in Costing24**

Scrollt man weiter runter werden Kosten, sowie Zeitaufwände weiter aufgeschlüsselt.



Abbildung 54 - Kosten- und Zeitaufteilung

Die einzelne Kostenaufteilung sowie ein detaillierter Bearbeitungsreport sind in einem anderen Fenster möglich.

	Modell	TURN2
	Benennung (CAD)	Flansch
	Berechnungsdatum	29.03.2024 12:24:23 MEZ
	Werkstoff (CAD)	Rd EN 10278-EN 10088-3-X10CrNiS18-9 (1.4305)+C700
	Referenzlosgröße	1
	PLAN-Quote	1,00
	Herstellkosten	99,53 €
	Beschaffungspreis	138,48 €
	Besch.pr. m. Prog.	311,31 €
	Abmessungen	62x22 mm
<b>&gt; Meldungen</b>		
<b>&gt; Roh-/Materialkosten</b>		<b>2,04 €</b>
<b>&gt; Rüsten</b>		<b>74,78 €</b>
<b>&gt; Grobformgebung</b>		<b>18,73 €</b>
<b>&gt; Nachbehandlung</b>		<b>0,33 €</b>
<b>&gt; Programmieren</b>		<b>120,00 €</b>
<b>&gt; Zuschläge</b>		<b>3,65 €</b>
<b>&gt; Aufschlagskalkulation</b>		<b>38,95 €</b>
<b>&gt; Losgrößenstaffelung</b>		
<b>&gt; Zeiten</b>		<b>12,97 min</b>

Abbildung 55 - detaillierter Kostenreport

Ansicht von VORNE														
#	Index	Objekte	Basisbearbeitung	Maschine	Werkzeuge	Ø	Zähnezahl	th	Verfahren	Vc	Drehzahl	Vorschub/Z	Vorschub/U	Vf
1	1-0-0	Zwischenebene-2	Schrupfräsen	Drehfräsmaschine	Schrupfräser F10	10,00 mm/4	6,10	s	29,65 mm	76,00 m/min	2419,00 1/min	0,03 mm/2		290,30 mm/min
2	1-0-0	Zwischenebene-2	Schlichtfräsen	Drehfräsmaschine	Schichtfräser F10	10,00 mm/4	3,50	s	34,65 mm	94,00 m/min	2992,00 1/min	0,05 mm/2		998,42 mm/min

Abbildung 56 - Ausschnitt des detaillierten Bearbeitungsreports

## Erklärttexte zu Bearbeitungsverfahren

In Abbildung 57 sind die Trennverfahren nach DIN 8580 zu sehen. Das Trennen ist die 3.Hauptgruppe der Fertigungsverfahren, weshalb alle trennenden Verfahren mit der DIN- Ordnungsnummer „3“ beginnen.

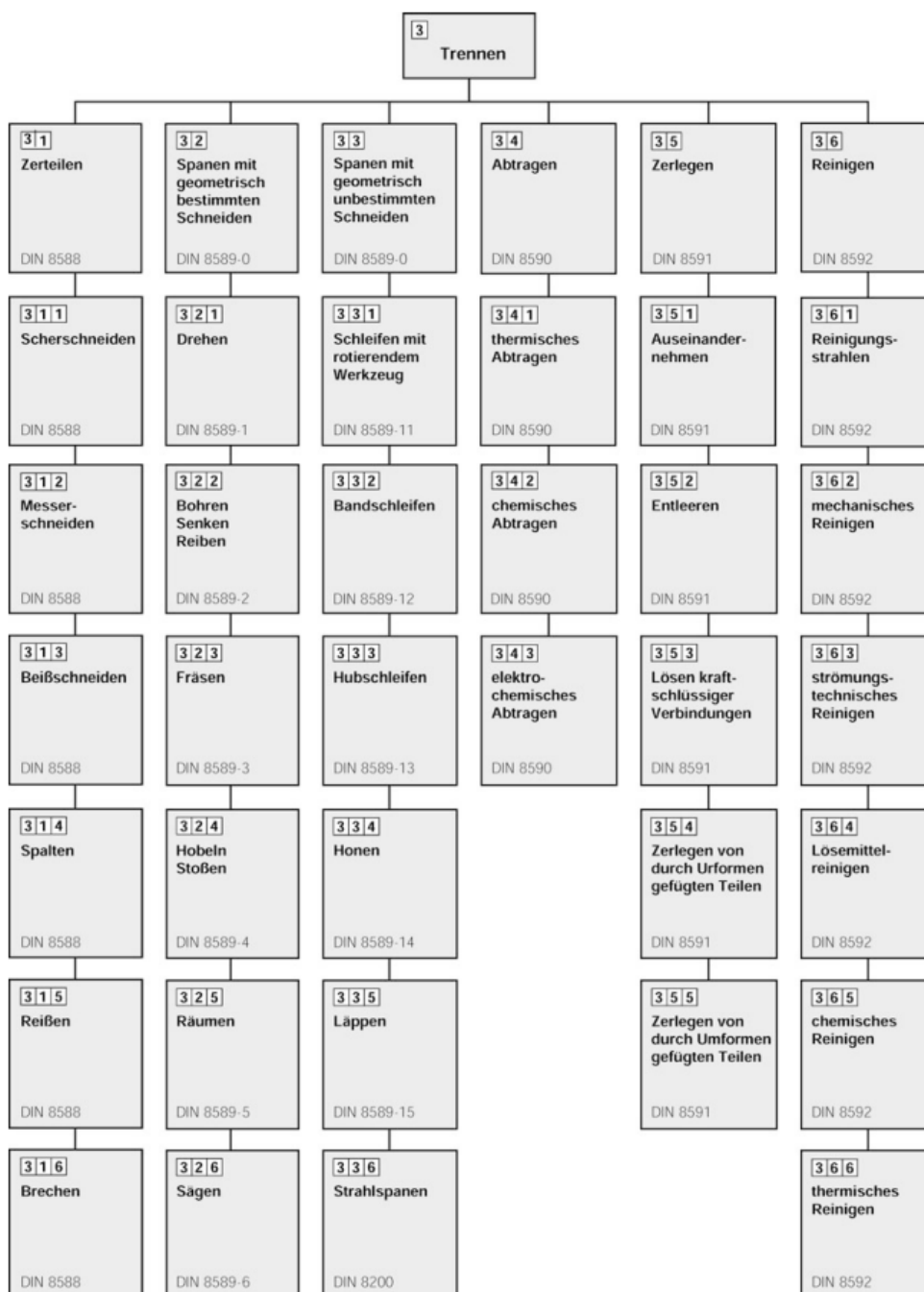


Abbildung 57 - Trennverfahren nach DIN 8580 [26]

**Scherschneiden [26]:**

Das Scherschneiden ist der Gruppe 3.1 der Trennverfahren zuzuordnen. Andere Trennverfahren der Gruppe 3.1 (Zerteilen) haben eine schlechte Qualität und werden daher selten benutzt. Das Scherschneiden wird häufig bei der Blechbearbeitung eingesetzt. Scherschneidverfahren sind weitergehend in die Verfahren Ausschneiden, Lochen, Abschneiden, Auslinken, Einschneiden und Beschneiden beim Stanzen unterteilt. Ausschneiden und Lochen sind Schneidverfahren mit in sich geschlossener Schnittlinie. Beim Ausschneiden entsteht das Werkstück aus dem durch den Stempel gedrückten Material. Die komplette Außenform wird dabei in einem Durchgang erzeugt, während der übrige Teil des Rohlings als Abfall zurückbleibt. Beim Lochen entsteht eine innere Form im Werkstück, wobei der ausgeschnittene Materialteil in der Regel als Abfall betrachtet wird. Das Abtrennen ist das Trennen eines Abschnittes oder Teils eines Ausgangs-/Rohteils. Auslinken ist das Entfernen von Materialteilen entlang einer inneren oder äußeren Begrenzung, wobei die Schnittlinie offen ist. Einschneiden bezeichnet das teilweise Trennen des Werkstücks, ohne dabei Material zu entfernen. Dies geschieht oft als Vorbereitung für Umformverfahren wie das Biegen oder Schränken einer entstandenen Blechzunge, wobei die Schnittlinie offenbleibt. Beim Beschneiden hingegen wird Material am Werkstück abgetrennt. Im Falle von Gesenkschmiedestücken wird dies auch als Abgraten bezeichnet. Die Schnittlinie kann sowohl offen als auch geschlossen sein.

Bei Betrachten der Verfahren kommt erstmal nur das Abtrennen in Frage. Gerade beim Schneiden von dünneren Blechteilen kann dieses Verfahren genutzt werden. Der Schneidvorgang ist kurz vor Erreichen der Trennfestigkeit immer mit einer Umformung verbunden. Ist das Blech zu dick kann dies zu Problemen führen, sodass das Werkstück zu Schaden kommen könnte. Man kann sich dies so vorstellen als würde man mit einer (stumpfen) Klinge oder Schere ein dickeres Material durchschneiden und dabei Risse bei der Schnittstelle entstehen.

**Klassische/mechanische Fertigungsmethoden**

Für die Fertigung werden zunächst die mechanischen Fertigungsverfahren betrachtet. Die zu nennenden Verfahren Drehen, Bohren und Fräsen sind nach DIN 8589 spanende Verfahren mit geometrisch bestimmen Schneiden.



## Drehen



Abbildung 58 – Drehverfahren [26]

Das Drehen ist ein spanendes Fertigungsverfahren mit geschlossener, meist kreisförmiger Schnittbewegung. Die Vorschubbewegung ist beliebig und zur Schnitttrichtung quer liegend. Die Drehachse der Schnittbewegung bleibt werkstückgebunden, d.h., sie bleibt unabhängig von der Vorschubbewegung in ihrer Position zum Werkstück. Beim Drehen führt das Werkstück in der Regel die rotierende Schnittbewegung aus, während das Werkzeug die benötigten Vorschub- und Zustellbewegungen durchführt. Die Werkstücke sind üblicherweise Rotationskörper.

## Bohren

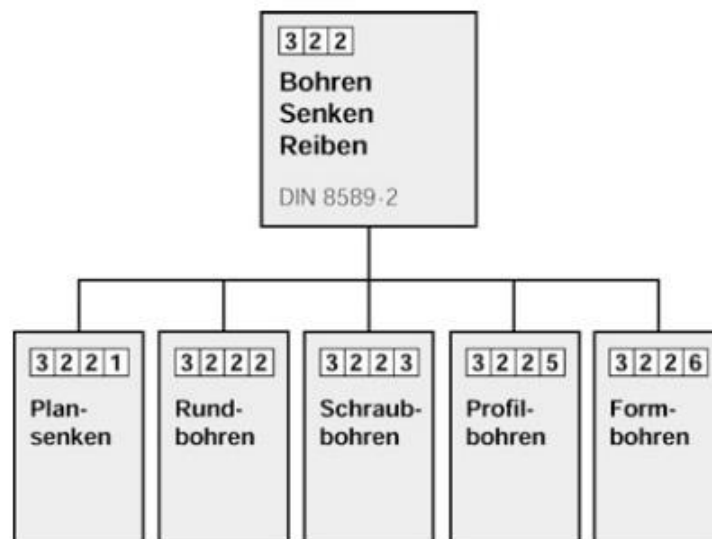


Abbildung 59 – Bohrverfahren [26]

Beim Bohren handelt es sich um eine Bearbeitung mit kreisförmiger Schnittbewegung, wobei die Drehachse des Werkzeugs und die Achse der zu erstellenden Innenfläche identisch sind. Im Gegensatz zum Innendrehen erfolgt die Vorschubbewegung ausschließlich entlang dieser Drehachse. Senken entspricht dem Bohren zur Herstellung von Planflä-

chen, die senkrecht zur Drehachse oder symmetrisch zur Drehachse liegen, oft gleichzeitig mit der Erzeugung zylindrischer Innenflächen. Reiben ist ein Prozess des Aufbohrens zur Verbesserung der Oberflächengüte, wobei nur geringe Spannungsdicken entstehen.

### Fräsen

Beim Fräsen wird das Werkstück mit einem i.d.R. mehrzahnigen Werkzeug in kreisförmiger Schnittbewegung bearbeitet, wobei der Vorschub senkrecht oder auch schräg zur Drehachse verlaufen kann. Dabei sind die Eingriffsverhältnisse stetig verändert und es können nahezu beliebig geformte Werkstückflächen erzeugt werden.



Abbildung 60 – Fräsverfahren [26]

### Sägen:

Sägen ist nach DIN 8589-6 auch ein spanendes Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide, bei dem Werkstücke durch ein vielzahniges Werkzeug (die Säge) auf geringer Schnittbreite getrennt oder geschlitzt werden. Die Säge bzw. das Sägeblatt führt dabei eine rotatorische oder translatorische Hauptbewegung aus und erzeugt eine schmale Nut oder Trennfuge im Werkstück. Um ein Verklemmen des Sägeblatts zu vermeiden, sind die Zähne der Säge geschränkt, gewellt oder gestaucht, so dass die Schnittfuge breiter als das Blatt selbst ist und die Reibung reduziert wird. Das Sägen dient somit zum Trennen oder Schlitzen fester Werkstücke und ist ein wichtiges Verfahren für viele Bereiche der Industrie. Beim Sägen entstehen Sägespäne, deren Form und Größe von Werkstoff, Sägeblattgeometrie und Schnittbedingungen abhängen. Die Sägespäne müssen zuverlässig abgeführt werden. Außerdem muss bei der Metallbearbeitung oft ein Kühlschmierstoff eingesetzt werden, um Werkzeugverschleiß zu reduzieren und die Oberflächengüte zu verbessern.

### Autogenes Brennschneiden:

Gemäß DIN 2310-6 ist das Brennschneiden ein thermisches Schneidverfahren, das unter Verwendung einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme und reinem Sauerstoff durchgeführt wird. Die erzeugte Wärme sowohl von der Heizflamme als auch von der Verbrennung des Werkstoffs ermöglicht eine kontinuierliche Verbrennung durch den Schneidsauerstoffstrahl. Dieser Reaktionsprozess setzt sich sowohl in die Tiefe als auch in Richtung der Schneidbewegung fort. Die entstehenden Oxide, zusammen mit der Schmelze, bilden

die Schneidschlacke, welche vom Sauerstoffstrahl aus der Schnittfuge herausgetrieben wird.

**Plasmaschneiden:**

Ein entscheidendes und charakteristisches Merkmal des Plasmaschneidens ist die intensive Bündelung des Lichtbogens durch eine einschnürende Wirkung einer wassergekühlten Kupferdüse und/oder durch fokussierende Gase des Plasmastrahls. Die erzielbaren Temperaturen variieren je nach Verfahrensvariante zwischen 20.000 K und 30.000 K. Im Gegensatz zum Brennschneiden wird beim Plasmaschneiden die Schnittfuge ausschließlich durch von außen zugeführter Energie erzeugt, welche das Plasma auf die Schnittfläche überträgt. Durch die thermische und kinetische Energie des Plasmastrahls wird der Werkstoff geschmolzen und/oder verdampft, und anschließend herausgeschleudert. Im Gegensatz zum Brennschneiden entsteht dabei keine zusätzliche Verbrennungswärme.

**Wasserstrahlschneiden:**

Der Name sagt bereits aus, dass beim Wasserstrahlschneiden, durch einen hohen Druck ein Schneidstrahl „bestehend“ aus Wasser erzeugt wird. Der Schneidstrahl wandelt seine kinetische Energie beim Aufprall auf die Werkstückoberfläche in potenzielle Energie um, was elastische oder plastische Verformungen verursacht und zur Zerstörung der Oberfläche führt. Mikroskopisch kleine Partikel werden aus dem Werkstück herausgerissen, während der Strahl tiefer eindringt. Die Reibungsverluste führen zu einem kontinuierlichen Energieverlust des Strahls und einer Abnahme der Schnittgüte mit zunehmender Schnitttiefe. Dies erzeugt eine Riefenstruktur ähnlich dem Brennschneiden, die sich mit wachsender Werkstückdicke verstärkt.

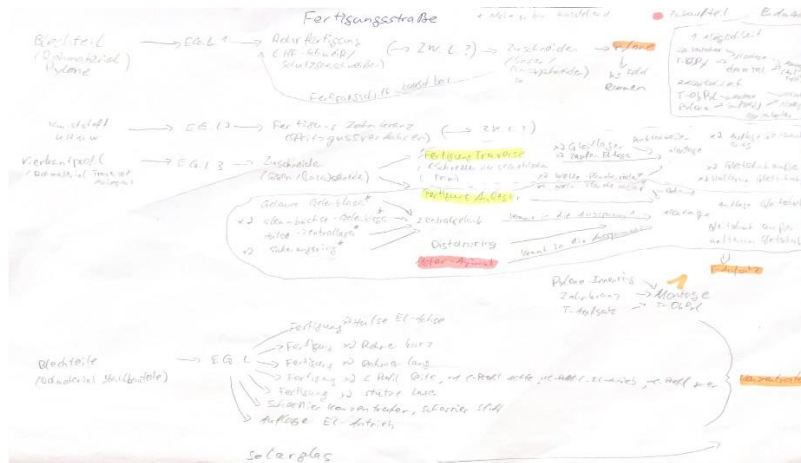


Abbildung 61 - skizzenhafte Fertigungsstraße

Im Rahmen zur Findung der richtigen Fertigungsschritte wird die in Abbildung 61 Fertigungsstraße skizzenhaft festgehalten. Hierbei soll ein Überblick darüber geschaffen werden, wie und in welcher Reihenfolge die Bauteile hergestellt werden können, ohne sich dabei direkt festzulegen.

## Marketing[60]

### Marketingziele

Die Marketingziele lassen sich in einer Zielhierarchie aus Ober- und Unterzielen sowie Haupt- und Nebenzielen abbilden. Eine Zielhierarchie könnte folgendermaßen aussehen:

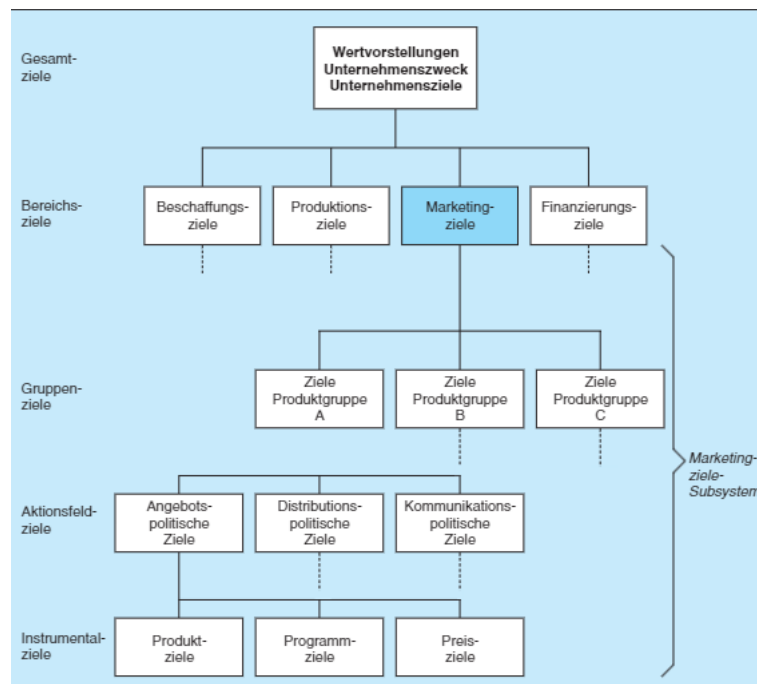


Abbildung 62 – Marketingzielhierarchie [60]

Die Gesamtziele wie z.B. Unternehmensziele bilden klassischerweise die Oberziele eines Unternehmens. Die Bereichsziele werden auch als Zwischenziele bezeichnet und können in verschiedene Gruppenziele aufgespaltet werden. Die Erfüllung der Ziele sind dann die Unterziele (Aktionsfeld-, Instrumentalziele). Diese Ziele werden auch „Handlungsziele“ genannt. Die jeweils untergeordneten Ziele können immer aus den übergeordneten Zielen abgeleitet werden.

Typische unternehmerische Ziele und zusammenhängende Erwartungen an den Entwurf der Produkte sind:

1. Marktleistungsziele, z.B.:
  - a. Produktqualität
  - b. Produktinnovation
2. Marktstellungsziele, z.B.:
  - a. Umsatz
  - b. Marktanteil
3. Rentabilitätsziele, z.B.:
  - a. Gewinn
  - b. Umsatzrentabilität
4. Finanzielle Ziele, z.B.:
  - a. Liquidität
  - b. Selbstfinanzierung
  - c. Kapitalstruktur
5. Macht- und Prestigeziele, z.B.:
  - a. Unabhängigkeit
  - b. Image und Prestige
6. Soziale Ziele, z.B.:
  - a. Einkommen und soziale Sicherheit
  - b. Arbeitszufriedenheit
7. Gesellschaftsbezogene Ziele, z.B.:
  - a. Umweltschutz und Vermeidung sozialer Kosten der Unternehmenstätigkeit
  - b. Nicht-kommerzielle Leistungen für externe Anspruchsgruppen des Unternehmens

## Marktanalyse

Das **Marktpotenzial** beschreibt die möglichen Absatzmengen und Erlöse eines Produkts auf einem Markt. Es repräsentiert die erwartete maximale Nachfrage unter Berücksichtigung aller potenziellen Kunden mit ausreichender Kaufkraft. Um realistische Schätzungen zu erhalten, müssen relevante Bedingungen wie bisheriger Marketingaufwand, Einführung neuer Anbieter oder wirtschaftliche Bedingungen berücksichtigt werden. Üblicherweise kann das Marktpotential über Ausstattungsgrade oder dem Pro-Kopf-Verbrauch ermittelt werden [61]. In dem Fall der Heliostaten könnte die Abschätzung über das aktuelle Marktvolumen (weiter unten beschrieben) und einer Prognose über potenziellen Bauten neuer Solarkraftwerke.

Das **Marktvolumen** kann auf sekundär-statistischem Wege (z.B. amtliche oder Verbands-Statistiken) und/oder auf primär statistischem Wege (z.B. Befragung bzw. Nutzung von Panel-Daten) ermittelt werden. Beim DLR wurde entsprechend ein Projekt gestartet, das Marktvolumen u.a. über Befragungen (Interviews) zu ermitteln. Zum Marktvolumen sollen in diesem Fall auch Anlagen gehören, die sich noch im Bau befinden und nicht schon bereits fertig stehen. Über einfache Internetrecherche könnten weitere Projekte zu bereits stehenden oder geplanten Solarkraftwerken gefunden werden sowie weitere potentielle Kunden. Wichtig ist hierbei auch, welchen Sättigungsgrad der Markt erreicht hat. Der Sättigungsgrad gibt die Marktausschöpfung ( $\frac{\text{Marktvolumen} \cdot 100}{\text{Marktpotential}}$ ) an.

Das **Absatzvolumen** zeigt die Gesamtheit der Absatzerlöse bezogen auf ein bestimmtes Produkt. Der Heliostat ist noch nicht auf dem Markt, daher kann noch kein Absatzvolumen angegeben werden. Es kann aber eine Recherche zu konkurrierenden Produkten und deren Absatzvolumen vorgenommen werden, um sich einen Überblick über den Markt zu verschaffen.

Der **Marktanteil** gibt dann einfach den prozentualen Anteil an ( $\frac{\text{Absatzvolumen} \cdot 100}{\text{Marktvolumen}}$ ).

## Marketingmix

Der Marketingmix soll die Zielsetzungen und ausgearbeiteten Strategien verwirklichen. Als „taktische Komponente der Strategie“ ist der Marketingmix die operative Seite der Marketingkonzeption. Der Marketingmix muss multidimensional betrachtet werden. Vorerst werden materielle (sachinhaltliche) Fragen und im Anschluss verfahrens- und rechentechnische Fragestellungen beleuchtet werden. Hierfür müssen eine Reihe von Marketinginstrumenten gezielt und koordiniert eingesetzt werden. Marketinginstrumente sind die konkreten Aktionsmittel, mit denen am Markt agiert und reagiert wird, um definierte Ziele und daraus abgeleitete Strategien umzusetzen. Sie repräsentieren die spezifischen Marketingmaßnahmen, die auf die Zielgruppen oder Märkte des Unternehmens ausgerichtet sind und sowohl sichtbare als auch spürbare Effekte haben können. Die Marketinginstrumente müssen auf Basis folgender Aspekte festgelegt werden:

- Welche Marketinginstrumente stehen in einer konkreten, unternehmensindividuellen Entscheidungssituation überhaupt zur Verfügung (= universaler Aspekt)?
- Welche Instrumente des verfügbaren Marketinginstrumentariums sollen eingesetzt werden (= selektiver Aspekt)?
- Wie sollen die einzusetzenden Instrumente gehandhabt werden (= qualitativer Aspekt)?
- In welchem Umfang sollen die einzusetzenden Instrumente angewandt werden (= quantitativer Aspekt)?
- In welcher zeitlichen Reihenfolge sollen die einzelnen Instrumente eingesetzt werden (= zeitlicher Aspekt)?

- In welcher Kombination zueinander sollen die einzelnen Marketinginstrumente wirksam werden (= kombinativer Aspekt)?

### Produkt- und Programmpolitik

Innerhalb der **Programmanalyse** wird die Planung und Kontrolle der Produkte durchgeführt. Hierfür werden u.a. die Produktlebenszyklusanalyse sowie die Portfolioanalyse angewandt. Der Produktlebenszyklus zeigt das „Leben“ eines Produktes unterteilt in die Phasen Einführung, Wachstum, Reife, Sättigung, Rückgang, Relaunch [61].

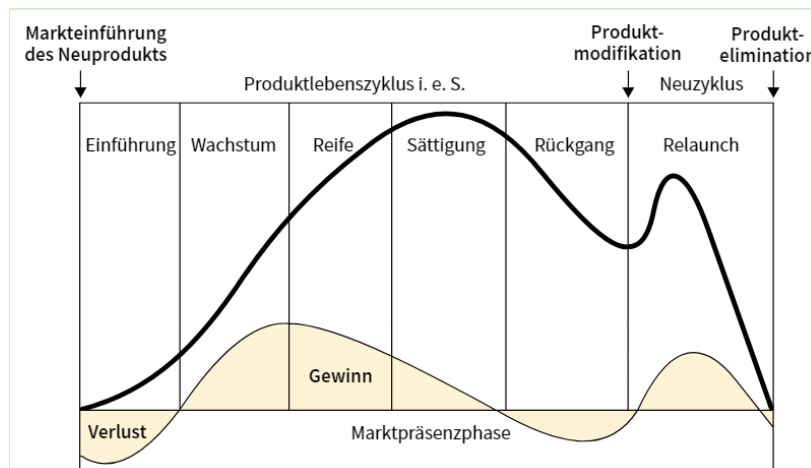


Abbildung 63 – Produktlebenszyklus [61]

Mit Hilfe der Portfolioanalyse sollen unterschiedliche Produkte anhand ihres Marktanteils und Marktwachstums bewertet werden. Ein bekanntes Modell ist die Unterteilung in „Questions Marks, Stars, Poor Dogs, Cash Cows“ [61].

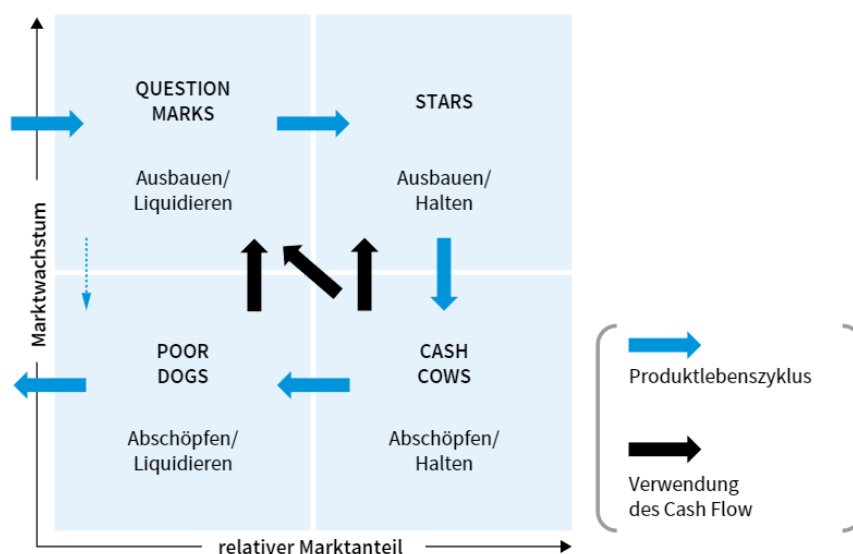


Abbildung 64 – Portfolioanalyse [61]

**Question Marks** sind üblicherweise Produkte, die einen geringen Marktanteil besitzen und sich in der Einführungsphase befinden. Wie sich das Produkt entwickeln wird ist nicht 100% absehbar und es müssen Entscheidungen getroffen werden, inwieweit weiter



Ressourcen in das Produkt gesetzt werden sollen, um es möglicherweise auf einen „Star“ zu bringen [61].

**Stars** haben ein hohes Marktwachstum und einen hohen Marktanteil. Idealerweise befinden sie sich in der Wachstumsphase, sodass sie mit gezielten Investitionen in der Reifephase zu „Cash Cows“ werden können [61].

Cash Cows sind in der Reifephase die etablierten Produkte eines Unternehmens. Diese Produkte sollen hohe Umsätze generieren und die Existenz eines Unternehmens sichern [61].

Poor Dogs sind meistens in der Degenerationsphase oder Sättigungsphase. Mit wenig Marktanteil und Marktwachstum soll desinvestiert werden und anschließend auch aufgegeben werden [61].

Die **Produktgestaltung** kann grob in zwei Teile getrennt werden. Die Produktgestaltung im engeren Sinne beschäftigt sich mit materiellen Produkteigenschaften. Im weiteren Sinn sollten immaterielle Produkteigenschaften einen Teil der Produktgestaltung ausmachen. Aus Abbildung 47 können die einzelnen Teilpunkte entnommen werden. Bei der Gestaltung des Heliostaten sollten sich daher noch Überlegungen zu den einzelnen Punkten gemacht werden. Eine Beschreibung der einzelnen Teilpunkte passt nicht zum Umfang dieser Bachelorarbeit.

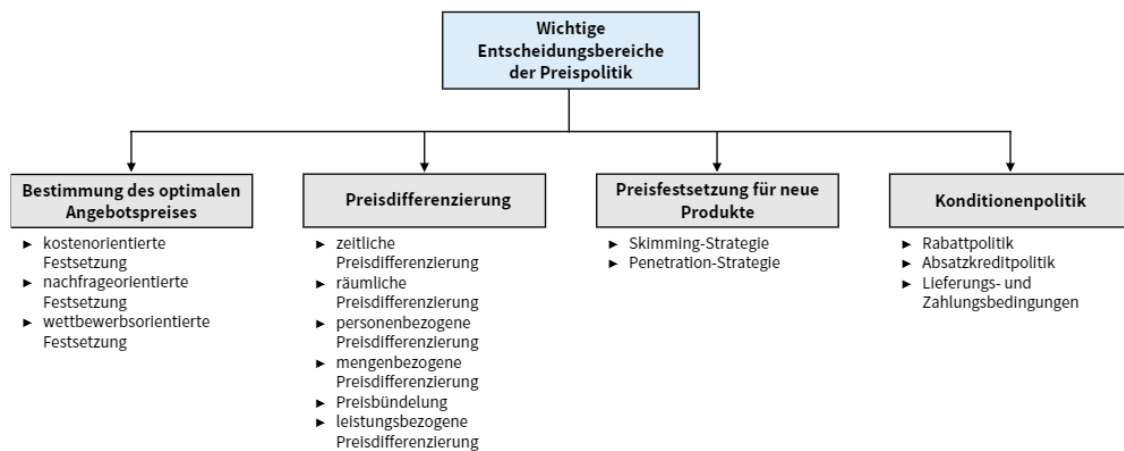
Produktgestaltung im engeren Sinne	Produktgestaltung im weiteren Sinne
materielle Produkteigenschaften ▶ Produktqualität ▶ Produktäußeres ▶ Produktausstattung ▶ Produktverpackung	immaterielle Produkteigenschaften ▶ produktbezogene Dienstleistungen ▶ Garantieleistungen ▶ Markierung ▶ sonstige Nutzen stiftende Eigenschaften

Abbildung 65 – Produktgestaltung [60]

### Preispolitik [61]

Ein Käufer vergleicht Produkte anhand des Preises und dem Bruttonutzen (qualitativer Wert). Der Nettonutzen eines Produktes kann daher mit der „Formel“  $Nettonutzen = Bruttonutzen - Preis$  beschrieben werden. Der Nettonutzen kann aber auch durch Aktivitäten in Produkt-, Distributions- bzw. Kommunikationspolitik erhöht werden. Der Preis bildet ein zentrales Element im Wettbewerb. Denn aufgrund der zuvor genannten Logik entscheidet sich ein Käufer für das günstigere Produkt, wenn er den Bruttonutzen bei beiden relativ gleich ansieht. Auch versucht ein Hersteller mit seinem Preis den höchstmaximalen Gewinn zu erwirtschaften ( $Gewinn = (Preis \cdot Menge) - Kosten$ ). Die Preispolitik beinhaltet vier Entscheidungsbereiche wie in Ab-

bildung 66 zu erkennen ist. Im Umfang dieser Arbeit kann nur sehr verkürzt darauf eingegangen werden. Bei der Preisgestaltung sollte sich aber vertieft Gedanken zu den einzelnen Themen gemacht werden.



**Abbildung 66 - Entscheidungsbereiche der Preispolitik [61]**

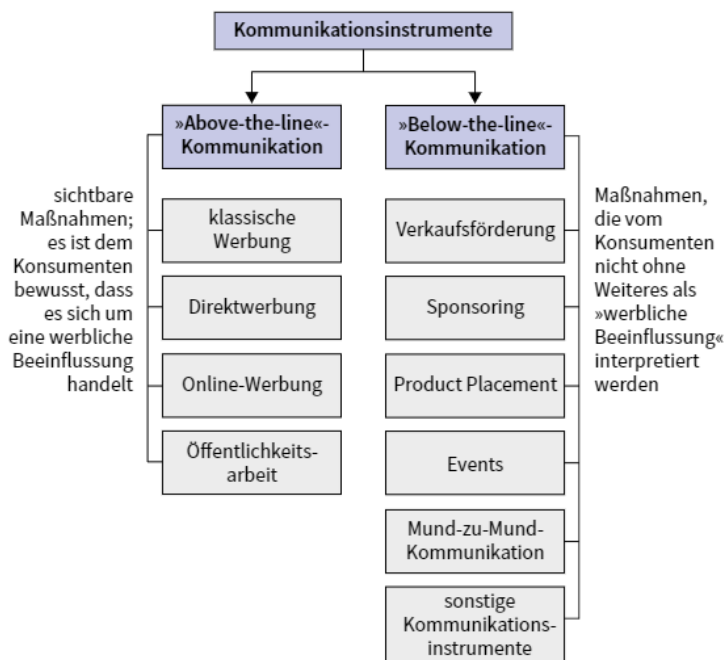
Zur Bestimmung eines **optimalen Angebotspreises** werden interne und externe Faktoren herangezogen (siehe Abbildung 67).



**Abbildung 67 - Bestimmung des optimalen Angebotspreises [60]**

## Kommunikationspolitik [61]

Aus Abbildung 68 können die Kommunikationsinstrumente entnommen werden.



**Abbildung 68 – Kommunikationsinstrumente [61]**

Die Kommunikationspolitik hat sich im Laufe der letzten Jahre auch stark an der digitalen Welt bedient. Da diese Kommunikationsinstrumente immer mehr an Bedeutung gewinnen, sind diese hier zusätzlich abgebildet.

Instrumente der digitalen Kommunikation	Kurzbeschreibung des Instruments der digitalen Kommunikation
Unternehmens-Website	Möglichst positive Präsentation des Unternehmens und dessen Leistungen im Internet
E-Mail-Kommunikation	Übertragung von Nachrichten auf elektronischem Wege über Computernetze von einem Internet-Nutzer zu einem oder mehreren anderen Nutzern
Online-Werbung	Platzieren von werblichen Informationen über grafische Werbemittel (»Displays«) auf durch externe Anbieter gesteuerte Werbemedien im Internet (z. B. Websites, Videos, soziale Netzwerke)
Affiliate Kommunikation	Unternehmen (»Merchants«) platzieren gegen Provision auf externen Websites von Partnerunternehmen (Affiliates) weiterführende Hyperlinks oder bestimmte Werbemittel, die zu den eigenen Angeboten auf der Unternehmenswebsite führen
Suchmaschinen-Werbung (»SEA«)	Entgeltliche Platzierung von Werbung im bezahlten Bereich von Suchmaschinen (z. B. Google) zur Steigerung der Sichtbarkeit des Unternehmens und dessen Angeboten
Suchmaschinen-Optimierung (»SEO«)	Aktivitäten zur Steigerung der Sichtbarkeit eines Unternehmens (Verbesserung der Platzierung) im organischen Bereich der Suchergebnisse von Suchmaschinen (z. B. Google)
Social-Media-Kommunikation	Kommunikative Maßnahmen zwischen Unternehmen und Nachfragern sowie zwischen Nachfragern untereinander, welche über soziale Medien realisiert werden und der Erreichung der Marketingziele dienen
Mobile Kommunikation	Kommunikationsaktivitäten zwischen Unternehmen und Nachfragern, welche über mobile Endgeräte realisiert werden und der Erreichung der Marketingziele dienen

**Abbildung 69 - digitale Kommunikationsinstrumente [61]**

Weiterhin unterscheidet man zwischen „Paid-Media-Instrumente“, „Owned-Media-Instrumente“ und „Earned-Media-Instrumente“. Die folgende Abbildung zeigt auf, was diese Instrumente beinhalten.

Instrumente der Kommunikationspolitik	Nicht-digitale Kommunikationsinstrumente	Digitale Kommunikationsinstrumente
Paid-Media-Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassische Werbung (TV, Radio, Print, Outdoor)</li> <li>• Sponsorship</li> <li>• Direktwerbung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Display-Werbung auf externen Websites oder in mobilen Apps</li> <li>• Search Engine Advertising (SEA)</li> <li>• Werbung in sozialen Medien</li> <li>• Partnernetzwerke in Form von Affiliate Marketing</li> </ul>
Owned-Media-Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In-Store-Werbung am Point of Sale</li> <li>• Broschüren</li> <li>• Kundenzeitschriften</li> <li>• Presseveröffentlichungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Website des Unternehmens</li> <li>• Unternehmenseigene Profile in sozialen Medien (z. B. Facebook, Instagram)</li> <li>• Unternehmenseigener Blog</li> <li>• Mobile Apps</li> <li>• Direktwerbung per E-Mail (Direct Mail)</li> </ul>
Earned-Media-Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presseberichte</li> <li>• Persönliche Mundpropaganda</li> <li>• Produktdemonstrationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berichte in externen Blogs</li> <li>• Posts in Social Media</li> <li>• Online-Rezensionen</li> </ul>

**Abbildung 70 - Media-Instrumente [61]**

Bei der Wahl der Marketinginstrumente spielen gewisse Punkte eine Rolle. Reichweite, zeitliche Einsatzmöglichkeiten sind dabei selbsterklärend. Mit der Beeinflussbarkeit der Kommunikationssituation ist der gezielte Einsatz von Werbeinstrumenten gemeint (Filmwerbung vor einem Kinofilm). Das Involvement bezeichnet diejenigen Instrumente, bei denen der Kunde mit eingebunden wird.

### **Distributionspolitik [61]**

Ein wichtiges unternehmenseigenes Distributionsorgan ist die **Verkaufsabteilung**. Die Aufgaben umfassen hierbei Vertriebsplanung, Auftragsabwicklung und die Überwachung des Außendienstes. Die Verkaufsanbahnung erfolgt durch Direktmarketingmaßnahmen wie persönlich adressierte Briefe, Kataloge, E-Mails oder Telefonate. Im **Online-Vertrieb** nimmt der Kunde den Kontakt über die Webseite des Unternehmens auf. Stationäre Distributionskanäle wie eigene Verkaufsniederlassungen stellen sich im Rahmen des Verkaufes der Heliostaten als unrealistisch dar. Indirekte Distributionswege ist der Verkauf über Händler. Das prominenteste Beispiel ist dabei der Supermarkt, bei welchem die Lebensmittelhersteller ihre Produkte verkaufen. Dieser Distributionsweg wird oft für Produkte verwendet, die generell für viele (unterschiedliche) Abnehmer gerichtet sind. Für den Heliostaten ist diese Nutzung des Distributionsweges daher eher unwahrscheinlich.

In der Verkaufspolitik werden Entscheidungen und Maßnahmen getroffen, die mit dem persönlichen Verkauf durch Mitarbeiter des Unternehmens getätigt werden. Der persönliche Verkauf bildet oftmals das Bindeglied zwischen dem Unternehmen und seinem Kunden. Es ist auch meistens das letzte Glied bei dem Verkauf eines Produktes. Das Hauptziel der Verkaufspolitik ist es, durch Verkaufsgespräche Abschlüsse zu erzielen. Die Aufgaben des Verkaufspersonals umfassen jedoch weit mehr als nur den Abschluss. Dazu gehören das Gewinnen neuer Kunden, Informationsvermittlung über Produkte, Kundenservice wie technische Unterstützung und Bearbeitung von Reklamationen, sowie das Sammeln von Marktinformationen über Kunden und Konkurrenten. Hat ein Unternehmen den direkten Vertriebsweg gewählt, müssen passende Verkaufsorgane ausgewählt werden. Dies können eigene Mitarbeiter oder externe Handelsvertreter sein. Handelsvertreter verursachen nur variable Kosten, was sie bei geringen Umsätzen attraktiv macht, während eigene Mitarbeiter bei höheren Umsätzen vorteilhaft sind, da ihr Gehalt auf die erzielten Umsätze verteilt wird.

Die physische Distribution übermittelt Produkte vom Hersteller zum Kunden, verbindet Produzenten und Konsumenten und optimiert Lagerhaltung, Auftragsabwicklung, Transport und Verpackung für einen reibungslosen Warenfluss. Der Lieferservice, welcher die Distributionsleistung nach Liefer-Bereitschaft, -zeit, -beschaffenheit und -flexibilität kennzeichnet, ist dabei eine wichtige Zielgröße. Die Prozesse, die von dem Unternehmen beeinflusst werden können, fallen unter die Marketinglogistik. Dazu gehört, den Lieferservice und die Logistikkosten optimal aufeinander abzustimmen. Zu dem Lieferservice müssen die Komponenten Lieferzeit, Lieferbereitschaft und Lieferflexibilität geplant werden. Bei den logistischen Teilsystemen müssen Konfliktprobleme bei Transportkosten zu Lagerhaltung bzw. Verpackung bzw. Lagerfläche gelöst werden.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Daniel Lenski an Eides statt, die vorliegende Bachelor-These selbständig verfasst und keine weiteren als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt zu haben.

Dies ist die von der Hochschule Düsseldorf zu bewertende Version.

Ort, Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_