

Das Praktikum "Konstruktion technischer Produkte"

Große, A.

Im Rahmen der Lehre bietet das Institut für Maschinenwesen seit mehreren Jahren das Praktikum „Konstruktion technischer Produkte“ an. Aufgabe ist dabei die Lösungsfindung und Grobgestaltung einer technischen Aufgabenstellung aus der industriellen Praxis. Im folgenden Artikel sollen die Durchführung des Praktikums, die konstruktionsmethodische Vorgehensweise sowie die Arbeiten und Ergebnisse durchgeführter Projekte vorgestellt werden.

The Institute for Mechanical Engineering offers the practical course "Design of Technical Products" within its teachings for several years. The aim is thereby the finding of suitable solution principles and the embodiment design for a technical task from industrial companies. In the following article the realisation of the practical course, the systematic approach of engineering design as well as the work and results of projects of the past are presented.

1 Einführung

Das Praktikum „Konstruktion technischer Produkte“ wurde in diesem Jahr zum vierten Mal erfolgreich abgeschlossen. Aufgrund der Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen verschiedenster Branchen sind immer wieder interessante Aufgabenstellungen gefunden worden.

Zu Beginn des Praktikums wird das Unternehmen besucht und den Studenten die Aufgabe vorgestellt. Da es sich bei den Aufgaben stets um Neukonstruktionen handelt, wird die konstruktionsmethodische Vorgehensweise zur Lösungsfindung angewendet. Die Vorteile eines systematischen Vorgehens werden im folgenden Kapitel erläutert. Nachdem eine Prinziplösung festgelegt worden ist, beginnt die Grobgestaltung mit Hilfe des 3D-CAD-Systems Pro/ENGINEER der Fa. Parametric Technology Corporation. Am Ende des Praktikums wird eine Abschlußpräsentation und Diskussionsrunde mit einigen Angestellten unterschiedlicher Disziplinen des Unternehmens durchgeführt.

Das Praktikum findet im Sommersemester statt und hat einen Umfang von 2P, d.h. von insgesamt 21 Zeitstunden. Voraussetzung für die Teilnahme am Praktikum sind die Vorlesungen Konstruktionsele-

mente I-III und Konstruktionslehre I /1, 2/. Die Teilnehmerzahl liegt erfahrungsgemäß bei ca. 6...15 Studenten, wobei eine Gruppengröße von max. 5 nicht überschritten werden sollte. Je nach Gruppenanzahl entstehen auch unterschiedlich viele Lösungsvorschläge.

2 Konstruktionsmethodische Vorgehensweise

Der Konstrukteur bestimmt die technischen und wirtschaftlichen Produkteigenschaften maßgeblich. Zusätzlich erfordert die Entwicklung technischer Produkte entsprechend der Problem- und Aufgabenvielfalt äußerst vielseitige konstruktive Tätigkeiten. Um zu guten Lösungen zu gelangen ist ein Vorgehen erforderlich, das planbar, flexibel, optimierbar und nachprüfbar ist /3/. Hierfür stellt die Konstruktionsmethodik Hilfsmittel zur Verfügung, die neben konkreten Handlungsweisen zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme auch Methoden zur Lösung einzelner Konstruktionsprobleme oder -teilaufgaben beinhalten.

Bild 1 zeigt das generelle Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren gemäß der VDI-Richtlinie 2221. Der dargestellte Entwicklungsprozeß läßt sich grundsätzlich in 4 Phasen (**Bild 1**, rechts) mit der entsprechenden Festlegung am Ende jeder Phase aufteilen, **Tab. 1**.

Phase	... Festlegung
I Planen und Klären der Aufgabe	informative ...
II Konzipieren	prinzipielle ...
III Entwerfen	gestalterische ...
IV Ausarbeiten	herstellungstechnische ...

Tab. 1: Phasen des Entwicklungsprozesses

2.1 Planen und Klären der Aufgabe

Ausgangspunkt ist die zu erfüllende Aufgabe bzw. die Produktidee. In einem ersten Schritt ist die Aufgabenstellung zu klären und zu präzisieren und in Form von Anforderungen in einer Anforderungsliste festzuhalten. Nachdem die Produkthanforderungen zusammengetragen sind, erfolgt die Freigabe zum Konzipieren. Die Anforderungsliste ist zu diesem Zeitpunkt keinesfalls endgültig, sondern während

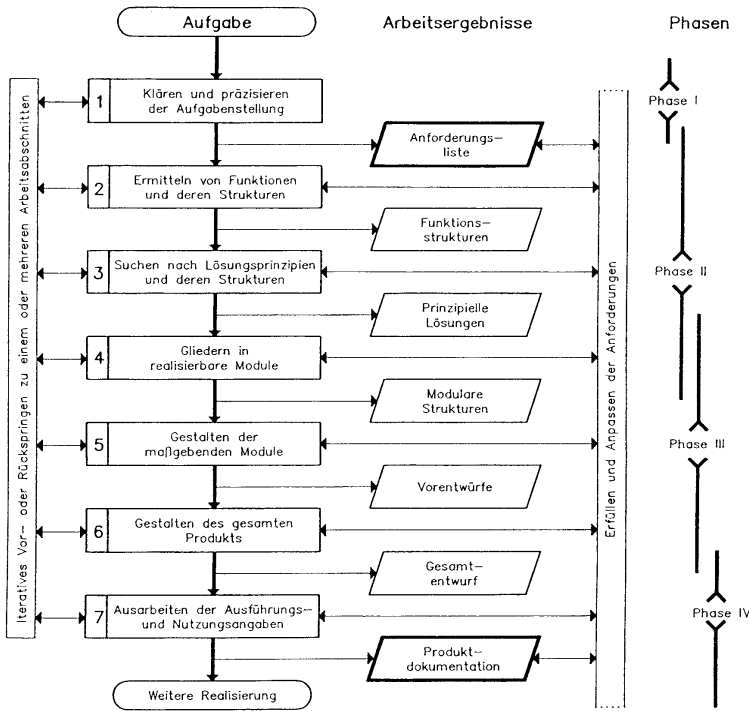


Bild 1: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 /4/

und deren Kombination in einer Wirkstruktur. Die Konkretisierung der Wirkstruktur liefert die prinzipielle Lösung. In **Bild 2** sind Beispiele für eine Funktions- und Wirkstruktur aufgezeigt.

Die Konzeptphase ist entscheidend für das Konstruktionsergebnis, denn durch die nachfolgenden Arbeiten des Entwerfens und Ausarbeitens können grundlegende Mängel des Lösungsprinzips nicht oder nur sehr schwer ausgeglichen werden. Der Erfolg einer Konstruktion wird i.a. durch die Wahl des zweckmäßigsten Prinzips und nicht durch kleine konstruktive Details bestimmt.

Aufgrund der geschilderten hohen Bedeutung des Konzipierens sollen im folgenden die einzelnen Arbeitsschritte zur Erarbeitung der prinzipiellen Lösung näher erläutert werden.

Zusammenhänge	Elemente	Struktur	Beispiel
Funktions-zusammenhang	Funktionen	Funktions- struktur	<p>zu entwickelndes techn. Gebilde</p>
Wirk-zusammenhang	Physikalische Effekte sowie geometrische und stoffliche Merkmale ↓ Wirkprinzipien	Wirk- struktur	

Bild 2: Zusammenhänge in technischen Systemen /3/

des Entwicklungsprozesses stets zu verifizieren, zu ergänzen und zu aktualisieren.

2.2 Konzipieren

Die Phase des Konzipierens umfaßt die Erarbeitung der prinzipiellen Lösung. Zu den Aufgaben zählt das Abstrahieren auf die wesentlichen Probleme, das Aufstellen von Funktionsstrukturen sowie das Suchen nach geeigneten Wirkprinzipien

2.2.1 Abstrahieren

Ziel der Abstraktion beim Entwickeln und Konstruieren ist das Auflösen von Vorfixierungen oder konventionellen Vorstellungen. Beim *Abstrahieren* sieht man vom Individuellen und vom Zufälligen ab und versucht das Allgemeingültige und Wesentliche hervorzuheben /3/. Durch die Formulierung der Gesamtaufgabe mit Hilfe von technischen Funktionen wird eine Verallgemeinerung erreicht. Dabei bleibt die Problematik erkennbar, ohne daß schon eine bestimmte Art der Lösung festgelegt wird.

2.2.2 Funktionsanalyse und -struktur

Aus der Gesamtaufgabe läßt sich die Gesamtfunktion ableiten. Je nach Komplexität der zu lösenden Aufgabe wird die sich ergebende Gesamtfunktion ebenfalls mehr oder weniger komplex sein. Üblicherweise gliedert man die Gesamtfunktion in Teilfunktionen niedrigerer Komplexität auf. Durch die Verknüpfung der einzelnen Teilfunktionen ergibt sich die Funktionsstruktur, die die Gesamtfunktion darstellt. Der zweckmäßige Auflösungsgrad einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen wird im wesentlichen durch den Neuheitsgrad der Aufgabenstellung bestimmt. Bei

Neukonstruktionen sind sowohl die einzelnen Teilfunktionen als auch deren Verknüpfung größtenteils unbekannt, d.h. hier gehört das Suchen und Aufstellen einer optimalen Funktionsstruktur zu den wichtigsten Teilschritten in der Konzeptphase.

Positiv wirkt sich das Aufstellen von Funktionsstrukturen bei der anschließenden Lösungssuche aus. Der Vorteil liegt in der klaren Trennung von Teilsystemen. Damit kann man bekannte Teilsysteme eines Produktes oder neu zu entwickelnde Teilsysteme gut voneinander abgrenzen und getrennt bearbeiten.

2.2.3 Suche nach Wirkprinzipien

Zu den einzelnen, bereits gewonnenen Teilfunktionen müssen Wirkprinzipien gefunden werden, die später zu Wirkstrukturen zusammengefügt werden. Das Wirkprinzip enthält den für die Erfüllung einer Funktion erforderlichen physikalischen Effekt sowie die geometrischen und stofflichen Merkmale. Zur Suche nach Wirkprinzipien werden verschiedene Hilfsmittel und Methoden angeboten. Hierbei kann eine Gliederung in konventionelle, intuitiv betonte und diskursiv betonte Methoden vorgenommen werden. Im folgenden sind einige Methoden und Hilfsmittel zur Suche nach Wirkprinzipien aufgezählt und den oben genannten Kategorien zugeteilt:

Konventionelle Methoden

- Literaturrecherchen
- Analyse natürlicher Systeme
- Analyse bekannter technischer Systeme
- Analogiebetrachtungen
- Messungen, Modellversuche

Intuitiv betonte Methoden

- Brainstorming
- Methode 635
- Galeriemethode
- Delphi-Methode
- Synektik
- kombinierte Anwendung

Diskursiv betonte Methoden

- systematische Untersuchung des physikalischen Zusammenhangs
- systematische Suche mit Hilfe von Ordnungsschemata (morphologischer Kasten)
- Verwendung von Katalogen

Die konventionellen Methoden umfassen u.a. Recherchen zum Stand der Technik, Analysen von bestehenden Produkten oder der Natur (Bionik) und Übertragung der Ergebnisse auf technische Systeme sowie Messungen an ausgeführten Systemen und Modellen.

Intuitiv betonte Methoden basieren auf der zufälligen Idee. Üblicherweise setzt sich eine Gruppe von Fachleuten verschiedener Erfahrungsbereiche zusammen und sammelt spontane Lösungen, die später weiter verfolgt und ergänzt werden können.

Bei den diskursiv betonten Methoden werden Lösungen durch bewußt schrittweises Vorgehen erarbeitet. Hierzu zählt z.B. das systematische Untersuchen des physikalischen Zusammenhangs bei bekannter physikalischer Gleichung durch Variation der einzelnen Einflußgrößen. Weitere Möglichkeiten des systematischen Erarbeitens von Lösungen stellen Ordnungsschemata (ein Beispiel hierfür ist in **Bild 9** zu sehen) und Konstruktionskataloge mit vorgefertigten Lösungen dar.

Die einzelnen Vorgehensweisen schließen sich gegenseitig nicht aus, sondern werden häufig miteinander kombiniert angewendet.

2.2.4 Lösungskombination und Wirkstruktur

Nachdem die Lösungen für die Teilfunktionen vorliegen müssen diese anschließend kombiniert werden, um zu Lösungen für die Gesamtaufgabe bzw. Gesamtfunktion zu kommen. Der Schwerpunkt liegt beim Kombinieren auf dem Erkennen von Verträglichkeiten und Kollisionsfreiheit zwischen den verbindenden Teillösungen. Ein weiteres Problem liegt bei der Auswahl technisch und wirtschaftlich günstiger Kombinationen aus dem Feld theoretisch möglicher Kombinationen, **Bild 3** (Gesamtlösungskombination 1: $E_{11} + E_{22} + \dots + E_{n2}$; Gesamtlösungskombination 2: $E_{11} + E_{21} + \dots + E_{n1}$).

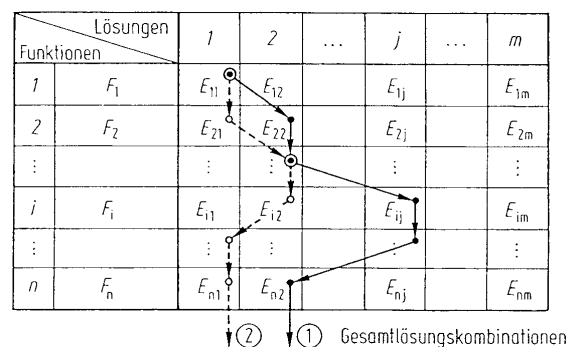


Bild 3: Kombination von Teillösungen zu Gesamtlösungen (Prinzipkombinationen) /3/

Durch Auswählen einer Gesamtlösung aus dem Feld der Teillösungen (Wirkprinzipien) und deren Verknüpfung entsteht die Wirkstruktur (System-synthese).

2.2.5 Auswahl und Bewertung

Beim Suchen nach Wirkprinzipien ist ein möglichst großes Lösungsspektrum erwünscht. Zur Reduzierung der Zahl der Lösungsvorschläge bietet sich nach Ausschluß der absolut ungeeigneten Lösungen eine Auswahlliste mit Kriterien wie beispielsweise *Verträglichkeit gegeben, Forderungen der Anforderungsliste erfüllt, grundsätzlich realisierbar, Aufwand zulässig, unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben* an /3/. Dadurch lassen sich ohne großen Aufwand die als verfolgungswürdig erkannten Lösungsvarianten herausstellen, die nun einem detaillierteren Bewertungsverfahren zu unterziehen sind. Zu den gängigen Verfahren zählt die Nutzwertanalyse und die Bewertung nach VDI-Richtlinie 2225 /5/, die in jeder Phase des Entwicklungsprozesses angewendet werden können. Für beide Verfahren müssen zunächst Bewertungskriterien technischer und wirtschaftlicher Art festgelegt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die entscheidungsrelevanten Anforderungen vollständig erfaßt werden, daß die Bewertungskriterien unabhängig voneinander sind und, daß die Erfüllung der Zielvorstellungen mit den Bewertungskriterien quantitativ ausgedrückt werden kann. **Bild 4** zeigt die Wertskala für die beiden Bewertungsverfahren. Zusätzlich kann eine Gewichtung der Bewertungskriterien entsprechend der Bedeutung des Kriteriums erfolgen.

Wertskala			
Nutzwertanalyse		Richtlinie VDI 2225	
Pkt.	Bedeutung	Pkt.	Bedeutung
0	absolut unbrauchbare Lösung	0	unbefriedigend
1	sehr mangelhafte Lösung	1	gerade noch tragbar
2	schwache Lösung		
3	tragbare Lösung	2	ausreichend
4	ausreichende Lösung		
5	befriedigende Lösung	3	gut
6	gute Lösung mit geringen Mängeln		
7	gute Lösung		
8	sehr gute Lösung	4	sehr gut (ideal)
9	über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung		
10	Ideallösung		

Bild 4: Wertskala für Nutzwertanalyse und VDI-Richtlinie 2225 /3/

Mit Abschluß des Bewertungsverfahrens steht das am besten erscheinende Lösungsprinzip fest. Der Konstruktionsprozeß wird nun auf der gestalterischen Ebene, dem Entwerfen, fortgesetzt.

2.3 Entwerfen

Beim Entwerfen wird ausgehend von der Wirkstruktur bzw. der prinzipiellen Lösung die Baustruktur nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten eindeutig und vollständig erarbeitet. Häufig werden mehrere maßstäbliche Entwürfe angefertigt, um zu einem besseren Informationsstand über Vor- und Nachteile der Varianten aus der Konzeptphase zu gelangen. Die Entwurfsvarianten sind dann mit den neu gewonnenen Erkenntnissen abermals zu bewerten.

Der endgültige Gesamtentwurf stellt den Abschluß der Entwurfsphase dar. Als nächster Schritt erfolgt die Freigabe zur Ausarbeitung.

2.4 Ausarbeiten

Die Ausarbeitungsphase wird gekennzeichnet durch endgültige Vorschriften für Form, Bemessung und Oberflächenbeschaffenheit aller Einzelteile, Festlegen aller Werkstoffe, Überprüfung der Herstellmöglichkeit sowie der endgültigen Kosten. Ergebnis der Ausarbeitung sind Zeichnungen, Stücklisten und Arbeitspläne.

3 Projekte

In den nächsten Kapiteln werden die vier durchgeführten Projekte näher erläutert. Dabei werden neben der Aufgabenstellung und den erarbeiteten Lösungen auch Ergebnisse von Schritten der konstruktionsmethodischen Vorgehensweise vorgestellt.

3.1 Vorsatzgerät zur Verpackung von KB-Filmmaterial in Plastikboxen

Die erste Praktikumsdurchführung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Fa. Stoppel in Goslar. Das Unternehmen betreibt neben dem Handel von Fotoartikeln ein Fotoentwicklungslabor. Grundgedanke, der zu der Praktikumsaufgabe geführt hat, war das Verpacken von Kleinbild-Fotonegativen und der Abzüge in Plastikboxen für eine bessere Archivierung.

Ziel des Praktikums war die Entwicklung eines Vorsatzgerätes, das den Verpackungsvorgang in die

Plastikboxen automatisch vornimmt. Dazu sind die Schritte Öffnen der Plastikbox, Zuführen der Negative, Zuführen der Fotoabzüge, Schließen und Verpacken der Box in die Auftragstasche erforderlich. Das Vorsatzgerät war für die Installation an die vorhandene Schneidemaschine vorzusehen.

Als Lösung sind eine konventionelle, konstruktiv aufwendigere Lösung und zwei ähnliche Drehtischkonzepte entstanden. Letztere haben sich für die gegebene Aufgabenstellung als besser geeignet herausgestellt. Daher soll deren Funktionsweise kurz beschrieben werden.

Bei der Zuführung der Plastikbox aus dem Vorratsmagazin auf den Drehtisch wird diese gleich geöffnet. Durch Drehung wird die Box unter den Negativauswurf gefahren und befüllt, unter den Abzugsauswurf bewegt und mit den Fotos bestückt. Beim weiteren Verfahren des Drehtisches sorgt ein Hebelmechanismus für das automatische Schließen der Plastikbox. Abschließend wird die Box in die durch Saugnäpfe aufgehaltene Auftragstasche befördert.

3.2 Vorsatzgerät zur Trennung von Auftrags-tasche und KB-Film

Die Durchführung des zweiten Praktikums erfolgte wieder gemeinsam mit der Fa. Stoppel.

Die angelieferten KB-Filme werden zu Endlosstreifen zusammengeklebt, entwickelt und weiterverarbeitet. Die Belichtung erfolgt ebenfalls auf Endlosfotopapier. Über ein Datenerfassungssystem und eine Steuerung werden Bilder und Negative nach dem Schneiden auftragsgebunden sortiert und aus einer Schneidemaschine ausgeworfen.

Aufgabe in diesem Praktikum war es, ein Vorsatzgerät für die Trennung der Auftragstasche und der Filmpatrone, für die Zuführung der Filmpatrone zur Entwicklungseinheit (APS) und für die Zuführung der Auftragstasche zu einem Drucker zu konstruieren. Eine wesentliche Anforderung an das Vorsatzgerät war dabei die unveränderte Nutzung der bereits vorhandenen Komponenten im automatisierten Fotoentwicklungsprozeß.

Aus der durchgeführten Funktionsanalyse haben sich die Baugruppen Magazin, Taschenöffner, Entpacker, Sortierer, Dosenöffner und Rückspuler ergeben. Für die einzelnen Funktionen bzw. Baugruppen wurden mögliche Wirkprinzipien erarbeitet und bewertet. Die beste Prinziplösung wurde dann

mit dem 3D-CAD-System Pro/ENGINEER gestalterisch umgesetzt.

Bei der entstandenen Konstruktion sind die Filmtaschen seitwärts in die Fächer eines Magazins zu stecken. Dabei ist darauf zu achten, daß alle Laschen der Auftragstaschen in die gleiche Richtung zeigen. Die Magazine werden mit den "Füßen" auf ein Förderband gestellt, sie können auch gestapelt werden. Zum Entleeren des Magazins ist die Bodenplatte zu entfernen. Durch das Anfahren des Förderbandes wird das Magazin vorwärts bewegt. Hierdurch werden die Filmtaschen über eine Führung bis zu einer schlitzartigen Öffnung geschoben, wo die Taschen hereinfallen und über eine Rutsche dem Taschenöffner zugeführt werden. Nach vollständiger Entleerung eines Magazins kann, wenn Magazine gestapelt wurden, die nächsthöhere Klappe geöffnet und dieses Magazin entleert werden. Dazu muß die Bewegungsrichtung des Förderbandes umgekehrt werden.

Nachdem die Tasche dem Öffner zugeführt wurde, werden eine Öffnerklinge und eine Förderwalze heruntergefahren. Die rotierende Förderwalze zieht die Tasche nach hinten, wodurch die Öffnerklinge unter die Lasche gedrückt wird und diese öffnet. Durch kontinuierliches Weiterführen der Tasche wird sie mit Hilfe eines Abstreifers entleert.

Während die Tasche dem Drucker zugeführt wird, fällt der Inhalt (Filmdose oder Film) in die Sortierrinne. Hier wird aufgrund verschiedener Durchmesser die Filmdose dem Dosenöffner zugeführt, der Film gelangt dagegen direkt durch den Bodenschlitz über einen Trichter in den Rückspuler.

Die Filmdose fällt in die Greifervorrichtung des Dosenöffners hinein. Der Hebel an der Greifervorrichtung klappt herunter und dient zur Fixierung der Filmdose in der Greifervorrichtung beim Schneidvorgang. Auf beiden Seiten werden Luftlanzen in die Filmdose hineingedrückt. Die Greifervorrichtung dreht sich um 540°. Da die Schneide mit leichtem Druck aufliegt, wird die Filmdose aufgeschnitten. Die Greifervorrichtung fährt nun ein wenig auseinander, so daß der in der Dose enthaltene Film unter Mithilfe eines kleinen Luftstoßes, der aus der Lanzenspitze austritt, herausfällt und über einen Trichter dem Rückspuler zugeführt wird. Während die Greifervorrichtung erneut ein kleines Stück auseinanderfährt, werden die Luftlanzen aus den Dosenhälften wieder herausgezogen. Nach Öffnen der Hebel fallen die Filmdosenhälften nach unten in einen dafür vorgesehenen Sammelbehälter. Die

Greifervorrichtung dreht sich dann um weitere 180°, damit der nächste Film nachrücken kann.

Wenn der Film über den Trichter in den Rückspuler zugeführt wurde, wird der Revolver, in dem sich der Film befindet, sofort um eine Position (90°) gedreht. Hier wird die Lage der Patrone (horizontal/vertikal) über optische oder mechanische Sensoren erfaßt und damit die Drehrichtung zum Rückspulen eingestellt. Im nächsten Takt wird zurückgespult. Dabei wird die Patrone im Revolver pneumatisch über Hebelmechanismen zentriert und festgehalten. Zugleich wird der Rückspuler von unten in die "Patronennabe" eingeführt und die Patrone zurückgespult. Danach wird die Patrone losgelassen und der Revolver dreht eine Position weiter. Die Patrone befindet sich jetzt über dem ersten Auswurfschacht, der für Patronen vorgesehen ist, die noch gedreht werden müssen, um dem APS zugeführt zu werden. Eine Klappe oder ein Schieber löst hier den freien Fall der Patrone durch den ersten Auswurfschacht aus. Die nächste 90°-Drehung befördert die Patrone über den zweiten Auswurfschacht, durch den die Patrone direkt zur APS zugeführt wird.

3.3 Vorrichtung zum automatisierten Entgraten von Einbauwaschbecken

Das dritte Praktikum erfolgte in Zusammenarbeit mit der Fa. Alape in Goslar. Zur Produktpalette zählen u.a. Einbauwaschbecken aus Stahl und Email. Der beim Stanzen der Ventil-, Hahn- und Überlauflöcher entstehende Grat ist zur Vermeidung von Abplatzungen der Emailsicht an diesen Stellen vor dem Emaillieren zu entfernen. Der Entgratvorgang wurde bislang von Hand mit Hilfe rotierender Kegelfräser ausgeführt.

Die Aufgabe des Praktikums bestand in der Entwicklung einer Vorrichtung zum automatisierten Entgraten der oben genannten Löcher. Die Hauptfunktionen der Vorrichtung sind:

- Werkstück aufnehmen und fixieren
- Ventil-, Hahn- und Überlaufloch entgraten (Ausführen des Arbeitsganges)

Bei der Integration der Vorrichtung in die bestehende Fertigungskette waren die vorgegebenen kurzen Taktzeiten und das Zusammenspiel von Handhabungsrobotern und Vorrichtung zu beachten. Ein weiterer wichtiger Punkt war die Anpassung an verschiedene Modelle von Einbauwaschbecken ohne großen Umrüstaufwand.

Nach dem Klären der Aufgabenstellung wurde nach verschiedenen Möglichkeiten des Entgratens gesucht. Hier wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die durch Anfragen bei Firmen aus dem Bereich Entgratungstechnik ergänzt wurde. Eine anschließende Bewertung der einzelnen Entgratverfahren führte wie gehabt zum Entgraten mit Kegelfräsern.

In **Bild 5** und **Bild 6** sind die beiden entstandenen Lösungen dargestellt.

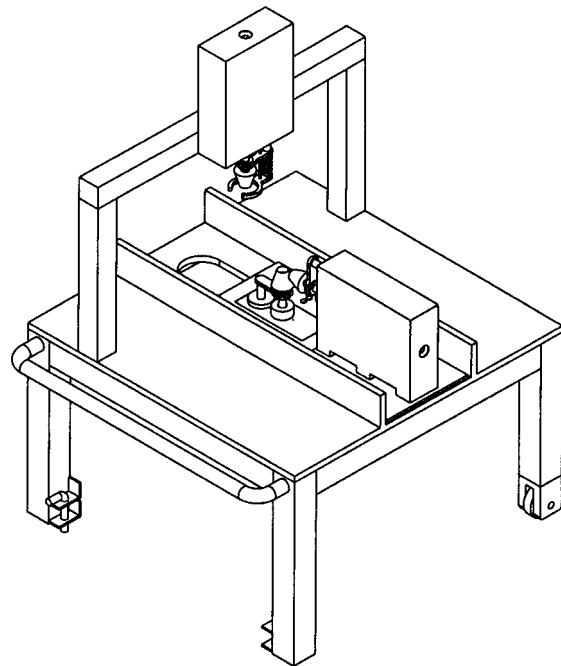


Bild 5: Entgratvorrichtung, Lösung 1

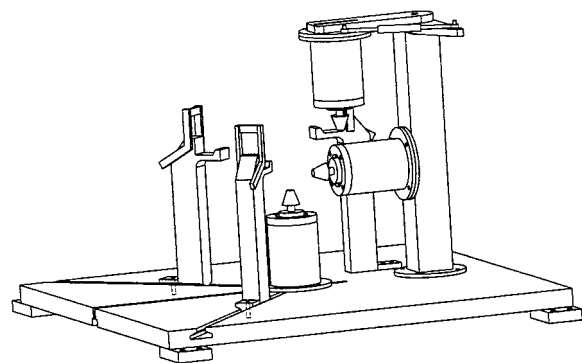


Bild 6: Entgratvorrichtung, Lösung 2

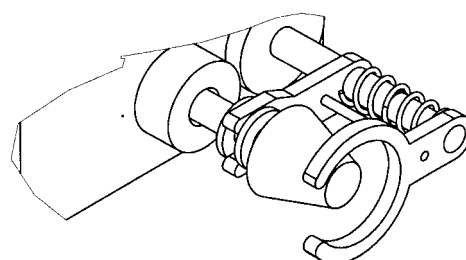


Bild 7: Vorschub- und Fixiereinheit

Bei der ersten Lösung wird das Einbauwaschbecken mit der Oberseite nach unten mit dem Handhabungsroboter eingelegt. Eine Zentrierung wird durch den unteren Kegelfräser gewährleistet, die Fixierung erfolgt durch die beiden gummibeschichteten Leisten und die Haltevorrichtungen am Kegelfräserkopf, **Bild 7**. Durch die Vorschubbewegung des Kegelfräasers wird gleichzeitig die Fixierung an das Waschbecken geführt.

Die zweite Lösung nimmt das Waschbecken in Einbaulage auf. Die obere Fräseinheit wird über einen Schwenkarm dem zu entgratenden Loch zugeführt. Als Besonderheit weisen die Fräseinheiten eine Kugellagerung auf. Dadurch wird eine Selbstzentrierung des Waschbeckens erreicht.

Beide Konstruktionen weisen Verstellrichtungen für die Halterungen und Fräseinheiten zur Anpassung an verschiedene Modelle auf. Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet möglichst viele Gleichteile zu verwenden. Bei beiden Entgratvorrichtungen werden jeweils die gleichen Fräseinheiten für alle drei zu entgratenden Löcher verwendet.

3.4 Fahrerloses Transportsystem

Bei der letzten Praktikumsdurchführung wurde mit der Fa. Landert Motoren AG, Sparte Vitax Handling aus der Schweiz zusammengearbeitet. Im Programm von Vitax Handling sind Geräte aller Art der Handhabungstechnik. Neu hinzugekommen ist ein fahrerloses Transportsystem japanischen Ursprungs, das auf dem europäischen Markt vertrieben werden soll. Die Vorgabe der Fahrstrecke erfolgt durch ein selbstklebendes Magnetband, das direkt auf den Boden geklebt wird und die Einbindung von Stops, Wendepunkten und dergleichen ermöglicht.

Neben der Neuentwicklung des Transportsystems war die Erstellung eines Anforderungsprofils mit Berücksichtigung sämtlicher sicherheitstechnischer Aspekte für den europäischen Markt ein wesentlicher Schwerpunkt der Aufgabe. Ein Ausschnitt der Anforderungsliste ist in **Bild 8** gezeigt. Die Anforderungen zur Sicherheit sind aus der prEN 1525 "Sicherheit von Flurförderzeugen - Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme", der Unfallverhütungs-

Praktikum SS 98 Konstruktion Technischer Produkte		Anforderungsliste für SmarCar	Blatt 2 von 3 Blatt
Änderung	(F) W	Anforderungen	Verantwortlich Bemerkungen
14.7.1998		<i>bei manuellem Fahrbetrieb:</i> <ul style="list-style-type: none"> - selbsttätiges Bremsen beim Loslassen der Bedienungseinrichtung - Höchstgeschwindigkeit 6 km/h in der Ebene - Fußverletzungen durch Antriebsräder und Schwenkrollen ausschliessen - Nottastschalter, bei Betätigung Fahrzeug stillsetzen 	s. auch prEN 1525
24.9.1998		<i>Anforderungen aus Richtlinie für fahrerlose Flurförderzeuge (7/95)</i> <ul style="list-style-type: none"> - selbsttätig wirkende Bremsen - angepaßte Geschwindigkeit, jedoch 6 km/h nicht ohne Zusatzmaßnahmen überschreiten - bei Verlassen des Fahrkurses zwangsläufige Abschaltung und bremsen bis zum Stillstand - Auffahrsicherung in Fahrtrichtung (Umfang s. 2.10) 	s. auch UVV s. auch UVV
		<ul style="list-style-type: none"> - Anzeige der Fahrbewegung durch Warneinrichtung - rechtzeitige selbsttätige Anzeige von Fahrtrichtungsänderungen - Fußverletzungen vermeiden - Fabrikschild (erforderliche Angaben s. 2.1) 	s. auch prEN1525 (5.9.5) s. auch prEN 1525
	W	- keine hervorstehenden Bauteile	s. auch UVV

Bild 8: Auszug aus der Anforderungsliste

Änderung Anzahl der Räder							
3							
4							
5							
6	"	"	"	"	"	"	"
Kette (1)							
Walze (3)							

Bild 9: Morphologischer Kasten für Anordnung und Anzahl der Räder

vorschrift UVV Flurförderzeuge und der Richtlinie für fahrerlose Flurförderzeuge vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften entnommen.

Im Vordergrund der Konstruktion standen die Kosten sowie eine Variabilität im Aufbau des fahrerlosen Transportwagens. Durch einfache Lösungen sollten die Kosten gering gehalten werden. Gleichzeitig sollte das Qualitätsempfinden bei dem Transportwagen gesteigert werden. Die variable Aufnahme für verschiedene Transportgüter wurde über ein Baukastensystem realisiert.

Bei der Suche nach Wirkprinzipien wurde zusätzlich zur methodischen Lösungsfindung der bestehende Transportwagen eingehend analysiert. **Bild 9** zeigt einen morphologischen Kasten, der eine systematische Zusammenfassung der Anordnung und Anzahl der Räder enthält (ausgefüllte Punkte bedeuten angetriebene Räder). Der Kinematik des Trans-

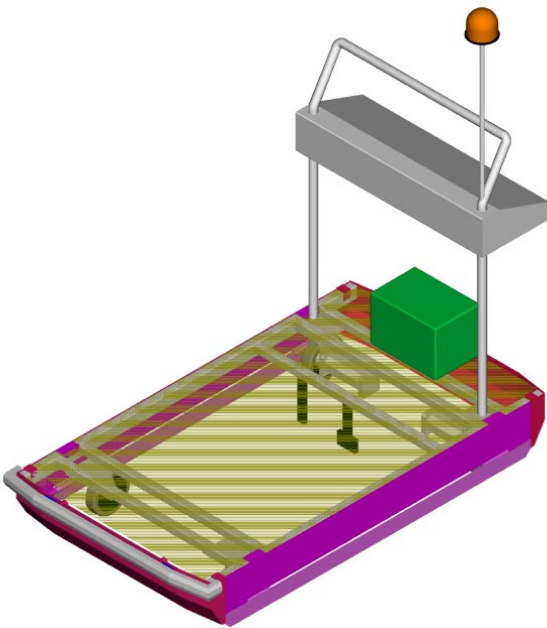


Bild 10: Fahrerloses Transportsystem

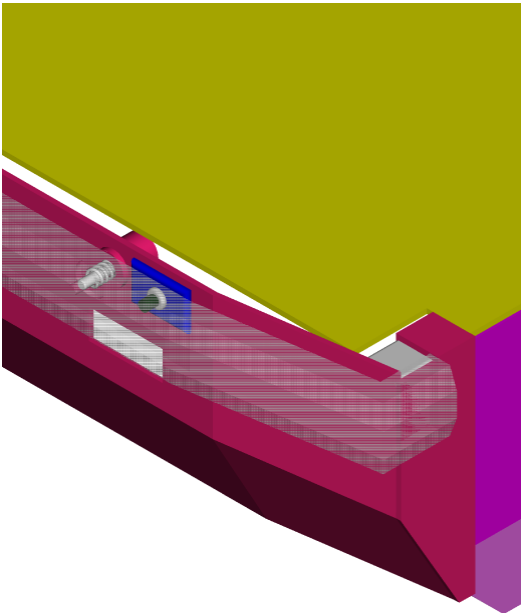


Bild 11: Frontschutzleiste und Kontaktgeber

portwagens kam große Bedeutung zu, da der Transportwagen einen kleinen Wendekreis (eventuell sogar Drehen auf der Stelle) haben und mit Motoren angetrieben werden sollte, die nur zwei Geschwindigkeitsstufen aufweisen.

In **Bild 10** ist die ausgearbeitete Lösung dargestellt. Das Blech für die Lastaufnahme ist transparent gemacht worden, damit der Unterbau des Wagens erkennbar ist. Bei der Bauweise handelt es sich um ein Rahmenkonzept. Auf den Rahmen können ohne Probleme die Aufsätze für verschiedenste Transportgüter angebracht werden. Außerdem ist

noch eine Lösung ohne Rahmen entstanden, wo zwei Bleche zusammengefügt werden und tragende Funktion übernehmen.

Bild 11 zeigt ein Detail der Schutzleiste an der Front des Transportwagens, die neben einer sensorischen Erkennung erforderlich ist. Bei Kollision wird der Wagen über einen mechanischen Kontaktgeber umgehend zum Stillstand gebracht. Im Rahmen des Praktikums wurden auch Kraftmessungen an dem Transportwagen vorgenommen.

3.5 Abschlußpräsentation und Umsetzung der Ergebnisse

Nach Abschluß der Praktikumsarbeiten wurden die erarbeiteten Lösungen in den jeweiligen Unternehmen vorgestellt. Dabei stieß man stets auf große Begeisterung. Die Ausarbeitung bis zur Fertigungszeichnung und die Herstellung wurde dann von den Unternehmen ausgeführt. Wenn auch nicht immer die vorgeschlagenen Lösungen komplett übernommen wurden, waren doch stets interessante Teillösungen dabei, die in die endgültige Umsetzung eingeflossen sind.

4 Zusammenfassung

Nach einer kurzen Vorstellung des Praktikums "Konstruktion technischer Produkte" wurde die konstruktionsmethodische Vorgehensweise beschrieben. Desweiteren wurden einige Methoden zur Lösungsfindung und Bewertungsverfahren aufgezählt und erläutert. Dabei kann ein intuitiv betontes Vorgehen sicher zu der einen oder anderen interessanten, unkonventionellen Lösung führen. Abschließend wurden die in Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Unternehmen durchgeführten Projekte und Ergebnisse dargestellt.

5 Literatur

- /1/ Dietz, P.: Konstruktionselemente I-III, Vorlesungsumdruck, IMW
- /2/ Dietz, P.: Konstruktionslehre I, Vorlesungsumdruck, IMW
- /3/ Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung, 3. Auflage, Springer-Verlag 1993
- /4/ VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1986
- /5/ VDI-Richtlinie 2225: Technisch-wirtschaftliches Konstruieren, 1977