

Reitbauer Rene

Quality Function Deployment

Entwicklung höchstfester thermomechanisch gewalzter nahtloser Stahlrohre im Kranbau

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Maschinenbau / Wirtschaft-Produktionstechnik

F 747

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, im Juni 2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei der Firma voestalpine Tubulars bedanken, da Sie mir die Möglichkeit gegeben haben, diese Diplomarbeit in Ihrem Hause zu absolvieren. Im Speziellen möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Gerald Winter und besonders bei Herrn Dipl.-Ing. Dr. mont. Jürgen Klarner bedanken, welche mich immer mit Rat und Tat unterstützt haben. Darüber hinaus möchte ich mich bei allen anderen Mitarbeitern der voestalpine Tubulars bedanken, die an dieser Arbeit beteiligt waren und halfen die Diplomarbeit abzuschließen.

Für die universitäre Betreuung möchte ich dem Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung meinen Dank aussprechen, besonders Herrn Dipl.-Ing. Georg Premm der mich während meiner ganzen Diplomarbeit unterstützt und beraten hat und bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer der für einen reibungslosen Ablauf der Diplomarbeit gesorgt hat. Besonderer Dank gebührt auch Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef W. Wohinz, da erst dank seiner Vorlesungen mein Interesse in die Industriebetriebslehre und Innovationsforschung geweckt wurde.

Der größte Dank allerdings gebührt meinen Eltern, die durch finanziellen und zeitlichen Aufwand meine schulische Laufbahn überhaupt erst ermöglicht und um ein Vielfaches erleichtert haben.

Besonderer Erwähnung gebührt auch meinem Studienkollegen Georg Schierz mit dem ich zusammen einige Höhen und Tiefen gemeistert habe und der mich immer in jeglicher Form während des Studiums unterstützt hat.

Kurzfassung

Das Ziel dieser Diplomarbeit war die systematische Ermittlung der Produkteigenschaften in Zusammenarbeit mit den Kunden der voestalpine Tubulars. Mithilfe der Methode Quality Function Deployment war es das Ziel dieser Arbeit, ein Pflichtenheft für höchstfeste thermomechanisch gewalzte nahtlose Stahlrohre zu erarbeiten.

Ausgangspunkt dieser Diplomarbeit waren die steigenden Belastungen, denen die derzeit verfügbaren Stähle ausgesetzt werden und die damit verbundene Erreichung ihrer Grenzen bezüglich der mechanischen Eigenschaften. Besonders im Segment Kranbau, wo Leichtbau von besonderer Bedeutung ist, gilt es, den Anforderungen gerecht zu werden. Diese sollen durch die neuen höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre der voestalpine Tubulars erfüllt werden.

In der ersten Phase wurden die Kundenbefragungen mit den größten Kranherstellern europaweit vorgenommen, welche stellvertretend für alle Kranproduzenten weltweit stehen. Die Befragungen wurden schriftlich mithilfe eines Fragebogens, welcher auf Englisch und Deutsch ausgefertigt war, vorgenommen.

In der zweiten Phase wurden mithilfe der Methode „Quality Function Deployment“ (QFD) die Erkenntnisse aus den Kundenbefragungen in die „Sprache der Technik“ übersetzt. Hierbei kam das „House of Quality“ zum Einsatz, um die gesammelten Daten auszuwerten, zu strukturieren und zu dokumentieren.

Abschließend wurden die gefundenen Produktmerkmale aus dem „QFD-Prozess“ mit den dazugehörigen Zielwerten in ein Pflichtenheft übertragen, welches einen Grundstein für weitere Forschungsprojekte der voestalpine Tubulars darstellt. Es zeigte sich, dass die Steigerung der mechanischen Eigenschaften sowie die Erhöhung der Schweißbeignung wichtige Punkte für die Weiterentwicklung darstellen. Im Anschluss wurden die angewandten Methoden kritisch bewertet und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Durchführung aufgezeigt.

Abstract

The aim of this thesis was the systematic identification of product characteristics in collaboration with customers of voestalpine Tubulars. The goal, a product specification for ultra high strength thermo mechanical rolled seamless tubes should be created by using the method “Quality Function Deployment”.

The initial point for this thesis was the fact, that steel alloys nowadays have to manage increasing technical stresses and strains and slowly reach the application limitations. Especially in the crane sector, where lightweight construction is really important, it is necessary to handle this topic with care. This new technical requirements should be achieved by the ultra high strength thermo mechanical rolled seamless tubes from voestalpine Tubulars.

The customer interviews are made with the biggest crane producer across Europe, which are representing the global crane builders. The interrogation was taken with the assistance of technical questionnaires, which are elaborate in English and German.

During the second phase, the customer requirements are transformed into the “voice of the engineer” with the methode “Quality Function Deployment”. The “House of Quality” is used in order to evaluate, to structure and to document the data from the questionnaires.

Concluding the consolidated findings from the „QFD-process“ are transformed into a product specification in order to create a basis for further coming innovation projects of the voestalpine Tubulars. The results have shown that increasing mechanical properties and weldability are very critical characteristics which should be analyzed in further research projects. There over the solutions are critical evaluated and opportunities for improving were pointed out.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Der Konzern voestalpine	1
1.2	voestalpine Tubulars	4
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung	9
1.4	Vorgehensweise.....	11
2	Höchstfeste thermomechanisch gewalzte nahtlose Stahlrohre	13
2.1	Stand der Technik	13
2.2	Herstellung höchstfester nahtloser Stahlrohre	15
2.3	Eigenschaften und Anwendungsgebiete von höchstfesten Stahlrohren.....	18
2.4	Betrachtung des Segmentes Kranbau.....	23
3	Die Methode Quality Function Deployment (QFD)	28
3.1	Allgemeines zu Quality Function Deployment	28
3.1.1	Definition	28
3.1.2	Ursprung QFD.....	29
3.1.3	Einordnung in den Innovationsprozess	30
3.1.4	Zusammenhang zwischen QFD und Total Quality Management	32
3.1.5	Ziele des QFD	33
3.1.6	Gefahren des QFD.....	33
3.1.7	Anwendungsgebiete des QFD	34
3.1.8	Unterschiedliche Ansätze für den QFD-Prozess	34
3.2	Ablauf des House of Quality im QFD-Prozesses.....	39
3.2.1	Querschnitt des 1. Hauses	39
3.2.2	Die 7 Schritte des QFD-Prozesses in Phase 1.....	40
4	Erfassung der Kundenwünsche (Phase 0)	47
4.1	Allgemeines.....	47
4.2	Festlegen der Kundengruppen.....	49
4.3	Befragungsvarianten	50
4.4	Erstellung des Fragenkataloges	51

4.5	Durchführung der Befragung	55
4.5.1	Auswahl der Interviewpartner	56
4.5.2	Strukturierung der Kundenbefragungen	57
5	Überführung der Kundenanforderungen in Produktmerkmale (Phase 1)	64
5.1	Auswahl des QFD-Projektteams	64
5.2	Durchführung des QFD-Prozesses mittels HoQ.....	65
5.2.1	Auswahl des QFD-Teams	65
5.2.2	Schritt 1: Auswahl der relevanten Kundenanforderungen	66
5.2.3	Schritt 2: Wettbewerbsvergleich aus Kundensicht	69
5.2.4	Schritt 3: Ermittlung der technischen Produktmerkmale.....	70
5.2.5	Schritt 4: Bewerten der Unterstützungsgrade.....	71
5.2.6	Schritt 5: Kontrolle der Korrelation der Produktmerkmale	73
5.2.7	Schritt 6: Technischer Vergleich mit Wettbewerbsprodukten	74
5.2.8	Schritt 7: Bestimmen des Schwierigkeitsgrades.....	75
5.3	Ergebnisse aus dem House of Quality	76
6	Erstellung des Pflichtenheftes	78
6.1	Allgemeines.....	78
6.2	Überleitung der Ergebnisse	79
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	83
	Literaturverzeichnis	85
	Abbildungsverzeichnis.....	90
	Tabellenverzeichnis.....	93
	Anhang.....	93

1 Einleitung

Das Kapitel Einleitung gibt einen Überblick über den Konzern voestalpine AG und im Speziellen über die voestalpine Tubulars GmbH & Co KG. Dazu werden das Produktportfolio, die Absatzmärkte, die Struktur sowie einige Kennzahlen der voestalpine dargelegt. Im weiteren Verlauf werden die Aufgabenstellung und die Zielsetzung der Arbeit behandelt sowie die Vorgehensweise in groben Zügen dargestellt.

1.1 Der Konzern voestalpine AG

Die voestalpine AG ist ein internationaler Konzern, welcher auf der ganzen Welt Standorte betreibt und qualitativ hochwertige Stahlprodukte fertigt, verarbeitet und entwickelt. Ihr Hauptsitz befindet sich in Linz, Oberösterreich. Der Konzern ist mit 360 Produktions- und Vertriebsgesellschaften in über 60 Ländern vertreten und beschäftigt rund 46.500 Mitarbeiter.¹



Abbildung 1: Standorte des voestalpine Konzerns²

¹ Vgl. voestalpine Überblick, Abfrage 30.05.2012

² voestalpine Überblick, Abfrage 30.05.2012

Die gesamte Unternehmensgruppe unterteilt sich in 5 Divisionen.

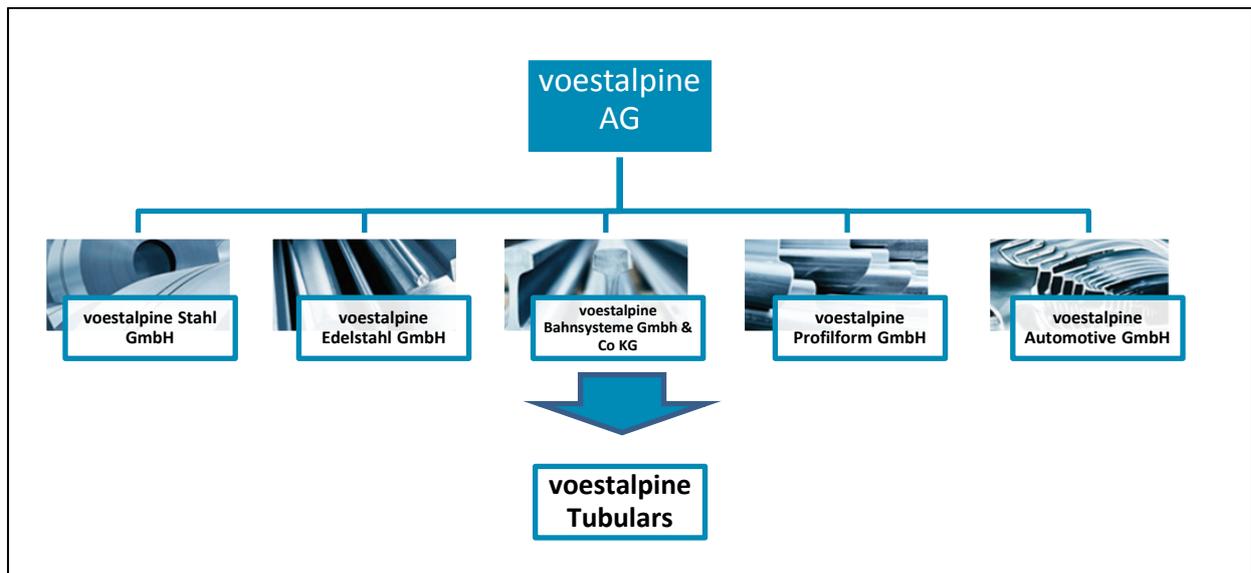


Abbildung 2: Die 5 Divisionen der voestalpine AG³

Die voestalpine AG ist in den Marktbereichen Hausgeräte, Automobil- und Energieindustrie verstreut. Außerdem ist sie Weltmarktführer bei Werkzeugstahl, in der Weichentechnologie, bei Spezialprofilen, sowie die Nummer eins bei der Herstellung von Schienen in Europa. Die voestalpine AG notiert seit 1995 an der Wiener Börse. Laut EU-Statistik ist die voestalpine das forschungsintensivste Unternehmen, was ihr auch in der Weltwirtschaftskrise ermöglichte, das Niveau bei Forschung und Entwicklung (F&E) hoch zu halten. Zu den Hauptgebieten der F&E-Tätigkeiten zählen die Entwicklung neuer Werkstoffe, Beschichtungen und Methoden zur Verbindung von Stahl mit anderen Materialien.⁴

³ In Anlehnung an voestalpine Tubulars (2011), S. 6

⁴ Vgl. voestalpine Überblick, Abfrage 30.05.2012

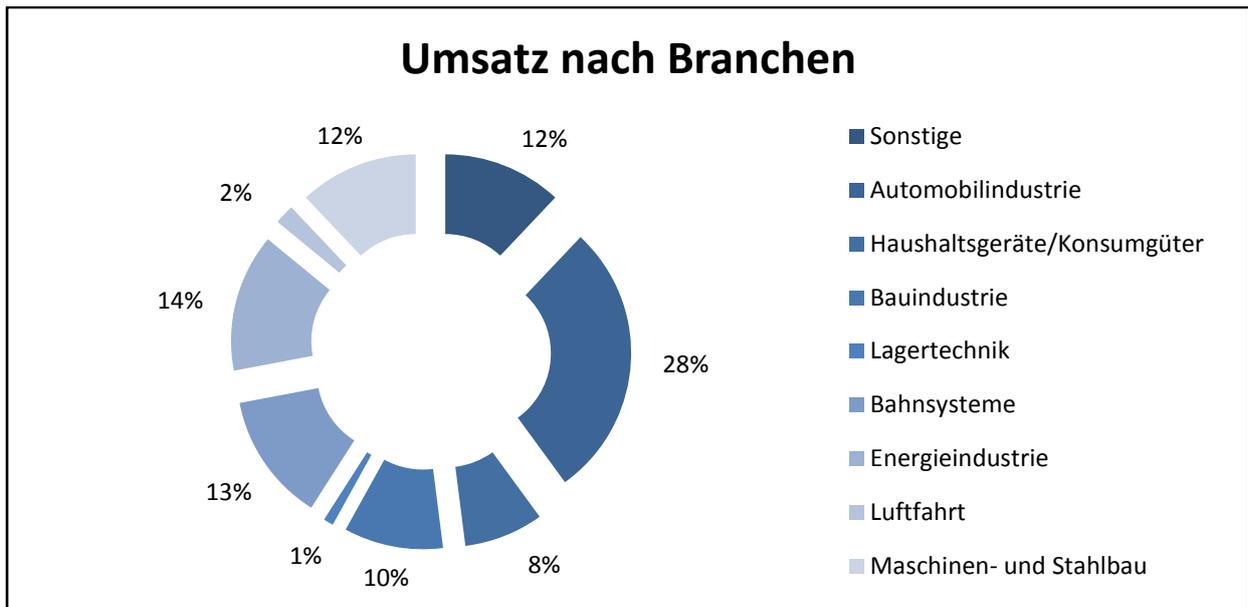


Abbildung 3: Umsatz nach Branchen⁵

Der produzierte Stahl von voestalpine findet sich in zahlreichen Produkten, wie etwa der neuesten Airbus-Generation, dem Burj Dubai, dem Brüsseler Atomium oder dem Londoner Wembley-Stadion sowie in vielen anderen Bauwerken wieder.⁶

Um sich einen besseren Überblick zu machen werden in der folgenden Tabelle einige Kennzahlen der voestalpine AG dargelegt.

Anschrift	Voestalpine Straße 1 4020 Linz, Oberösterreich
Anzahl der Standorte sowie Produktions- und Vertriebsgesellschaften [#]	360
Umsatz voestalpine Gesamtkonzern 2011/2012 [Mrd. €]	12,06 ⁶
Mitarbeiter	46.500

Tabelle 1: Kennzahlenüberblick der Unternehmung voestalpine (Stand 2012)⁷

⁵ In Anlehnung an voestalpine Überblick, Abfrage 30.05.2012

⁶ voestalpine Überblick, Abfrage 30.05.2012

⁷ voestalpine Konzern, Geschäftsbericht 2010/2011, S. 1f

1.2 voestalpine Tubulars

Die voestalpine Tubulars ist in einer der traditionsreichsten Regionen zur Stahlerzeugung und –verarbeitung, im österreichischen Mürztal, angesiedelt.

Sie ist ein Joint Venture zwischen NOV Grant Prideco (National Oilwell Varco) mit 50% und der voestalpine Bahnsysteme GmbH & Co KG mit ebenfalls 50% Beteiligung.⁸

NOV Grant Prideco gehört zu den weltweit größten Bohrstrangausrüstern mit Hauptsitz in Houston, Texas. Sie produzieren an sieben Produktionsstandorten in Europa, Asien und den Vereinigten Staaten. Als Vormaterial für die Bohrstränge werden die Vorrohre „Green Pipes“ der voestalpine Tubulars verwendet.⁹



Abbildung 4: Werksgelände der voestalpine Tubulars¹⁰

⁸ Vgl. voestalpine Tubulars (2011), S. 6

⁹ Vgl. Winter (2012), S. 6

¹⁰ Winter (2012), S. 8

Zum besseren chronologischen Verständnis der Entwicklung der voestalpine Tubulars werden die wichtigen Eckpunkte im Folgenden dargelegt:¹¹

1784: Errichtung des Hammerwerkes durch Georg Scheickl

1802: Erstmalige Eisenverarbeitung im Hammerwerk mit Mühle

1843: Hammerwerk beschäftigt 7 Werks- und 3 Holzarbeiter; Jahresproduktion beträgt in etwa 81 Tonnen

1866: Errichtung des ersten Hüttenwerkes unter Anton Fischer

1885: Werk zählt 507 Beschäftigte; Jahresproduktion beläuft sich auf 10.000 Tonnen

1927: Für die Stahlverarbeitung wird eine Glüherei und eine Stahlvergütung eingerichtet

1935: Ein Hammerwerk nimmt die Arbeit auf

1948: Beginn der Fertigung von Rohren

1969: Das zu dieser Zeit modernste Hammerwerk nimmt den Betrieb auf

1980: Das Nahtlosrohrwalzwerk geht ans Netz

1982: Das Ölfeldrohrwerk beginnt mit der Produktion

1998: Umstellung der Lochstückfertigung im Rohrwalzprozess auf Zweiwalzen Schrägwalzprozess CPE (Crossroll-Piercing-Elongating)

Schon in den 70er Jahren waren die veralteten Produktionsstätten, welche im Wesentlichen aus Hammer-, Warm- und Kaltwalzwerk beziehungsweise Blankstahlbetrieb bestanden, dem zunehmenden Wettbewerbsdruck am Markt ausgesetzt. Mit Anfang der 80er Jahre wurde das Werk auf die Herstellung von nahtlosen Stahlrohren komplett umstrukturiert.¹⁰

¹¹ Vgl. voestalpine Tubulars (2011), S. 8f

Nachfolgend werden der Aufbau und die wichtigsten Abteilungen der voestalpine Tubulars schematisch dargestellt. Initiator der Diplomarbeit war die Abteilung für Forschung und Entwicklung. Die Entwicklung und Implementierung der Rohrschnellkühlung in den bestehenden Herstellungsprozess machte die thermomechanische Behandlung überhaupt erst möglich und war eine der ersten Aufgaben die durch die Abteilung F&E am Standort Kindberg geleistet wurden. Die Weiterentwicklung der Produktgruppe der höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre stellt einen großen Schwerpunkt der vielen F&E Aufgaben dar.

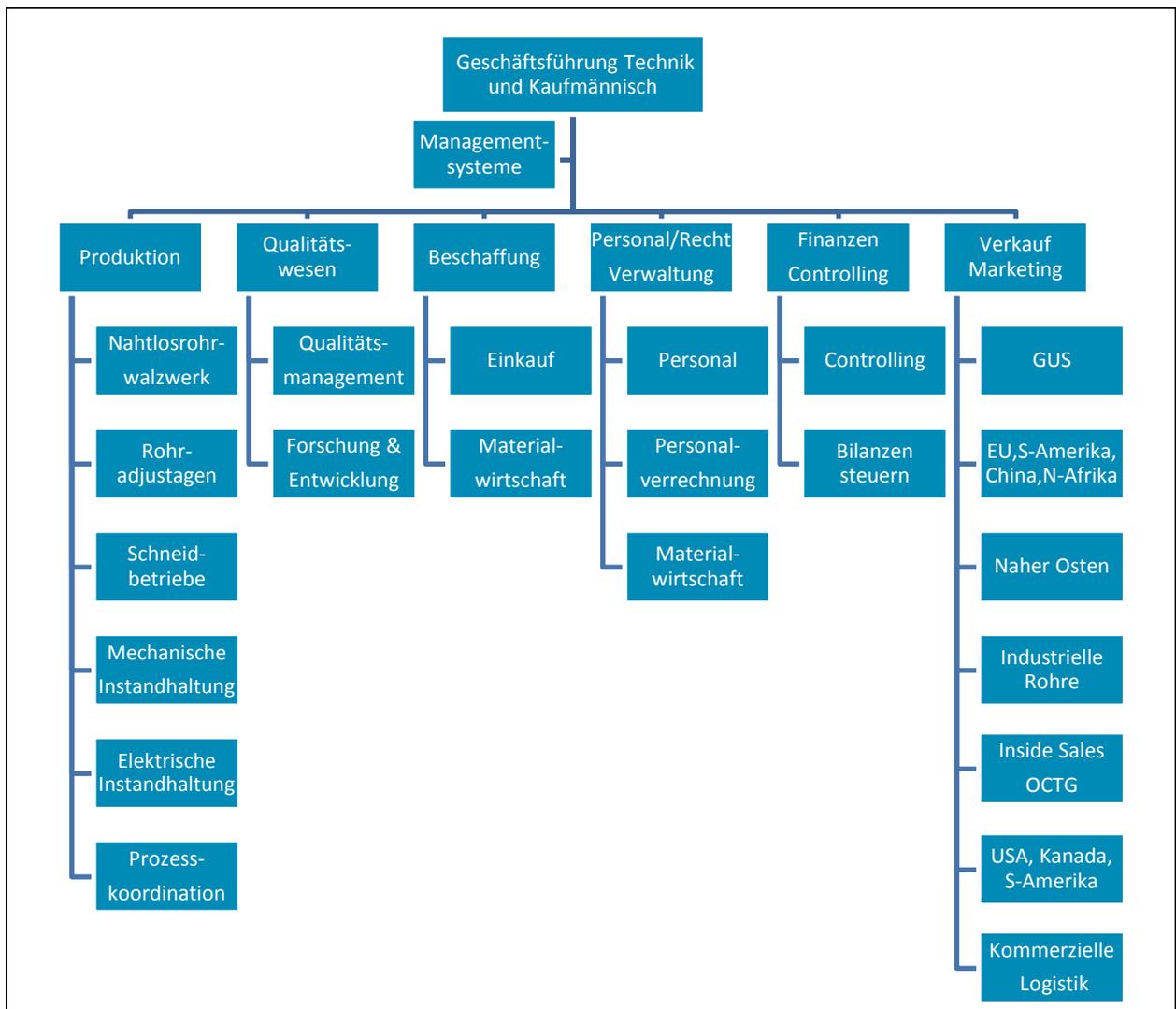


Abbildung 5: Aufbau der voestalpine Tubulars¹²

¹² Vgl. voestalpine Tubulars (2011), S. 7

Nachfolgend wird in Abbildung 6 das Produktportfolio der voestalpine Tubulars genauer erörtert. Die voestalpine Tubulars produziert nahtlose Stahlrohre bis zu einem Außendurchmesser von 177,8 [mm]. Alle Produkte sind in DIN, ISO, API Standard (American Petroleum Institute) oder Spezialgütern sowie mit verschiedensten Gewindeverbindungen möglich.¹³

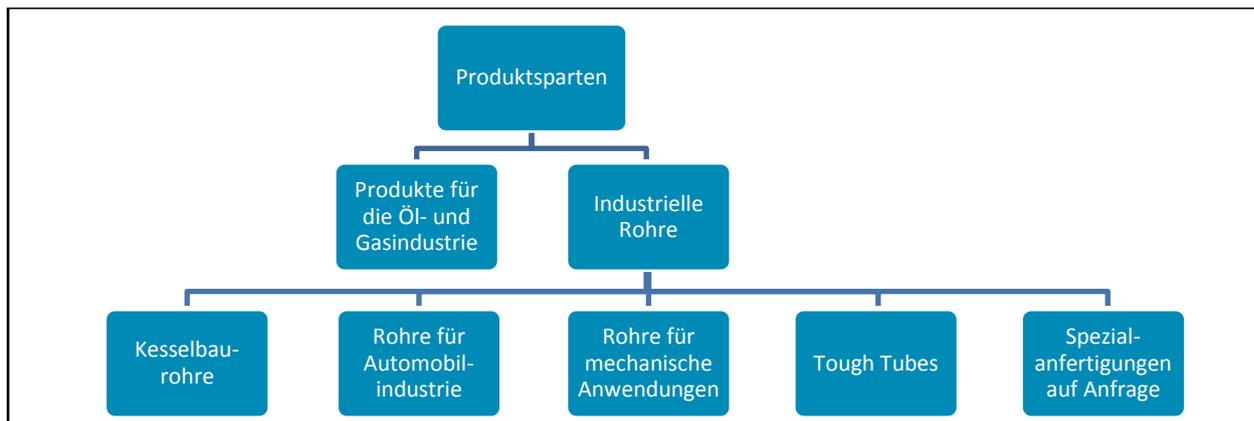


Abbildung 6: Produktportfolio der voestalpine Tubulars¹²

Zusammengefasst ergeben sich zwei Hauptproduktgruppen der voestalpine Tubulars, welche in Abbildung 6 dargestellt sind. Die Produkte für die Öl- und Gasindustrie lassen sich noch weiter in Untergruppen unterteilen:

- ◆ Casing, Tubing und Line-Pipe
- ◆ Green Pipe for Drill-Pipe

Der Typ „**Casing**“ entspricht Rohren, die für Öl- oder Gasbohrungen benötigt werden. „**Tubing**“ werden zur Förderung des Rohstoffes aus dem Öl- beziehungsweise Gasreservoir benötigt. „**Line Pipes**“ dienen der horizontalen Förderung an der Oberfläche.

Die Gruppe „**Green Pipe for Drill Pipe**“, welche einer voestalpine Tubulars internen Bezeichnung entspricht, stellt die Vorrohre für NOV Grant Prideco zur Produktion von Bohrstangen dar.

¹³ In Anlehnung an voestalpine Tubulars Überblick, Abfrage 30.5.2012

Die Hauptproduktgruppen unterteilen sich in folgende Segmente:¹⁴

Industrielle Rohre

- ◆ Thermomechanisch behandelte nahtlose duktile oder hochfeste Stahlrohre
- ◆ Rohre für die Nutzfahrzeug- und Automobilindustrie: Produktion von Achsen, Schwung- und Riemenscheiben sowie Schwingungsdämpfern, etc.
- ◆ Mechanische Rohre: Anwendungen für den Kranbau sowie für Tunnelanker; Hangbefestigungen und Konstruktionsrohre für den Maschinenbau
- ◆ Vorrohre für Ziehereien zur Fertigung von Präzisionsrohren
- ◆ Kessel- und Wärmetauscherrohre: Energiemanagement in Kraftwerken und Komponenten für petrochemische Werke; Rohre für die Extrahierung und Aufteilung von Medien in Raffinerien

Produkte für die Öl- und Gas Industrie – OCTG (Oil Country Tubular Goods)

- ◆ Casing, Tubing und Line Pipe
 - Einbaufertige Ölfeldrohre mit dazugehörigen Muffen und Muffenvorrohre
 - Ölfeldrohre mit gasdichten Verbindungen, Sauergas- und Tieftemperaturbeständigkeit
 - Ölfeldrohre aus legiertem Stahl bis 5% Legierungsanteil
 - Gestauchte Rohre samt Verbindung
- ◆ Green Pipe for Drill Pipe
 - Vorrohre für NOV Grant Prideco

¹⁴ Vgl. Winter (2012), S. 11ff

Um sich einen besseren Gesamtüberblick über die voestalpine Tubulars zu verschaffen, werden in der nachfolgenden Tabelle die wichtigsten Unternehmenskennzahlen angeführt.

Anschrift	Alpinestraße 17 8652 Kindberg-Aumühl Österreich
Gesamtstahlrohrproduktion der voestalpine Tubulars [t / Geschäftsjahr]	max. 400.000
Mitarbeiter der voestalpine Tubulars [MA] (Stand 1.6.2012)	1143
Gesamtfläche des Standortes in Kindberg [m ²]	399.118

Tabelle 2: Kennzahlen der Unternehmung voestalpine Tubulars (Stand 2012)¹⁵

1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines Pflichtenheftes für die Entwicklung neuer höchstfester thermomechanisch gewalzter nahtloser Stahlrohre in der voestalpine Tubulars. Wie in Abbildung 7 ersichtlich ist, stellen die Industriellen Rohre nur einen Bruchteil der Gesamtproduktion dar.

Betrachtet man die weltweite Rohrproduktion, siehe Abbildung 7, welche sich aus 49% Industriellen Rohren und 51% Öl- und Gas Produkten zusammensetzt, ist gut ersichtlich, dass die voestalpine Tubulars mit 86% an OCTG-Produkten sehr einseitig produziert.¹⁶

¹⁵ Vgl. voestalpine Tubulars (2012), S. 19

¹⁶ Wirtschaftsvereinigung Stahlrohre (2010), S. 4

Die Öl und Gas Produkte sind im Folgenden rot, die Industriellen Rohre blau dargestellt.

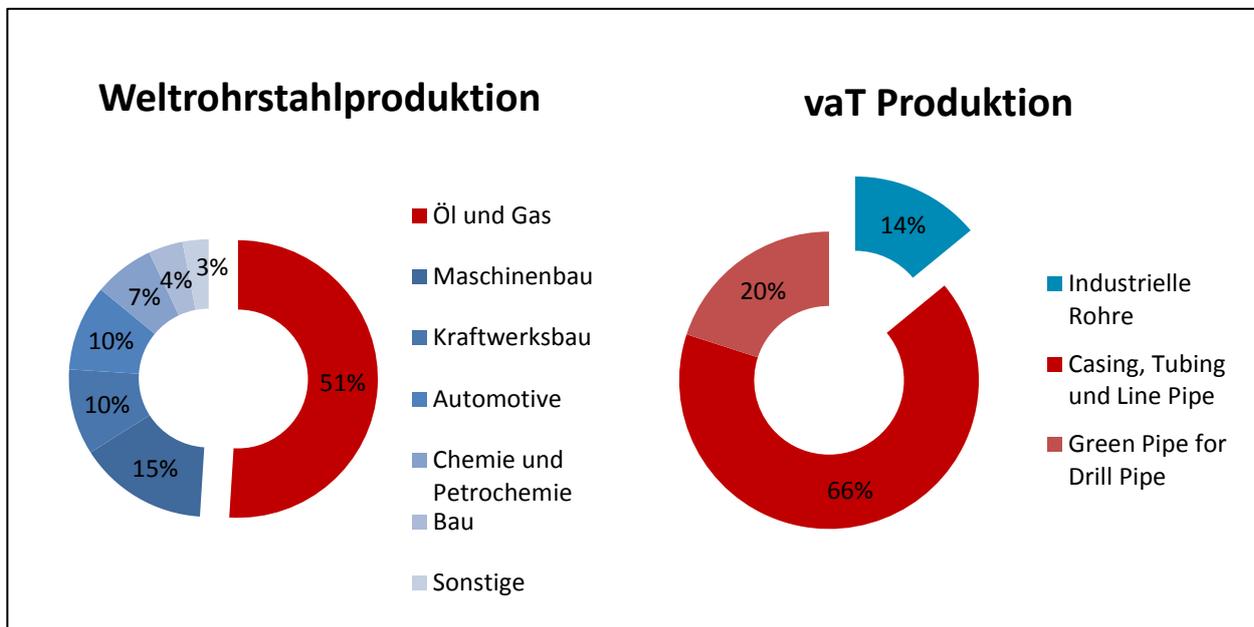


Abbildung 7: Vergleich der weltweiten Rohrproduktion 2010 mit der voestalpine Tubulars

Die Produktgruppe der Industriellen Rohre – welche z.B. im Kransektor im Einsatz sind – macht nur einen Bruchteil der Gesamtproduktion aus (14%) und sollte daher auf lange Sicht ausgebaut werden. Dadurch wäre es möglich das gesamte Potential der Industriellen Stahlrohre auszunützen, um dadurch weitere Märkte erschließen zu können.

Die thermomechanisch gewalzten höchstfesten nahtlosen Stahlrohre werden im Rahmen dieser Diplomarbeit auf ihren Nutzen und auf den spezifischen Einsatz des Kunden hin untersucht.

Da durch temperaturkontrolliertes Walzen und einer definierten Rohrschnellkühlung eine Steigerung der Festigkeit beziehungsweise Zähigkeit erreicht wird, kann angenommen werden, dass solche Rohre sehr gut am Markt etabliert werden können und ein profitables Segment mit sehr hohen Ansprüchen darstellen dürfte. Außerdem kann durch das sehr feinkörnige Gefüge, einem passenden Legierungskonzept und dem niedrigen Kohlenstoffgehalt eine sehr gute Schweißbarkeit der Stahlrohre gewährleistet werden.

Da die voestalpine Tubulars bereits im Kranbausektor mit hochfesten nahtlosen Stahlrohren vertreten ist, kann sie somit auf einen bestehenden Kundenstamm aufbauen. Die verbesserten Eigenschaften der höchstfesten thermomechanisch

gewalzten nahtlosen Stahlrohre im Vergleich zu den hochfesten können dem Kunden somit direkt angeboten werden.

Ein wichtiger Aspekt für die Verstärkung der Industriellen Stahlrohre und somit des Kranbausektors ist, dass dieser im Vergleich zum OCTG-Sektor ein sehr beständiger Markt mit entsprechendem Marktpotential ist. Damit ist die voestalpine Tubulars besser im Stande, diversen Marktbedarfsschwankungen des Öl- und Gas Sektors entgegen zu wirken.

Der Leichtbau ist im Kranbereich ein weiterer relevanter Aspekt, der nicht außer Acht gelassen werden darf, da hier entscheidende Vorteile für den Kunden zum Tragen kommen. Ein wesentlicher Punkt ist, dass diese neuen höchstfesten nahtlosen thermomechanisch gewalzten Stahlrohre auch in anderen Produktparten, neben den Industriellen Rohren, zum Einsatz gebracht werden können.

Beginnend mit der Analyse der Kundenanforderungen und den daraus abzuleitenden Produktanforderungen soll der Grundstein für ein neues erfolgreiches Marktsegment geschaffen werden.

Mithilfe des „House of Quality“ kann außerdem eine sehr gute Dokumentation der Ergebnisse realisiert werden, welche eine perfekte Basis für weitere Entwicklungsziele darstellt.

1.4 **Vorgehensweise**

Hauptaugenmerk dieser Arbeit besteht darin, die Kundenanforderungen zum Thema thermomechanisch gewalzte höchstfeste Rohre im Kranbau zu ermitteln, um sie dann in ein Pflichtenheft zu übertragen. Aufbauend auf den Resultaten des Pflichtenheftes wird die Entwicklung zur Serienreife der höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre in der voestalpine Tubulars weitergeführt.

In Abbildung 8 ist die Vorgehensweise schematisch dargestellt, wobei die Informationsbeschaffung sowie das House of Quality Teile des Quality Function Deployment sind. (siehe Kapitel 3)



Abbildung 8: Darstellung der Vorgehensweise

Den ersten Schritt am Weg zur Pflichtenhefterstellung stellt die Erhebung der Kundenanforderungen dar. Um diese zu erfassen, muss eine aussagekräftige Zielgruppe ermittelt werden, welche für die Gesamtheit der Kranhersteller steht.

Ausgehend von dieser Gruppe wird ein Befragungskonzept entwickelt, welches helfen soll, die meist nur vagen Aussagen der Kunden in systematische Inhalte zu gliedern. Als Befragungsmodus wird die persönliche und schriftliche Befragung gewählt.

Einen wichtigen Punkt beim Kundenkontakt stellt die Möglichkeit zur Aufnahme von „Begeisterungsqualitäten“ dar. Diese repräsentieren jene relevanten Produktmerkmale, welche der Kunde nicht erwartet und somit beim Kunden die größte Begeisterung auslösen. Diese helfen einem Unternehmen sich von den Mitbewerbern abzuheben und sich somit einen Marktvorteil zu verschaffen.¹⁷

Nachdem die Fragebögen ausgewertet und die Ergebnisse strukturiert wurden, dient das „House of Quality“ zur weiteren Verarbeitung, mit welchem die Daten aus den Befragungen in die „Sprache der Technik“ übersetzt werden.

Zur Durchführung wurde ein interdisziplinäres Team eingesetzt, welches in mehreren Treffen die Kundenanforderungen in absolute Zielwerte für das Pflichtenheft übersetzt.

Abschließend wurden in der Dokumentationsphase alle Erkenntnisse aus dem „House of Quality“ und dem QFD-Prozess in ein Pflichtenheft übertragen, welches als Ausgangspunkt für die weiteren Produkt- und Prozessentwicklungen der voestalpine Tubulars dient.

¹⁷ Vgl. Klein(1999), S. 19ff

2 Höchstfeste thermomechanisch gewalzte nahtlose Stahlrohre

Im folgenden Kapitel werden die höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre der voestalpine Tubulars kurz erläutert und deren Herstellung, Eigenschaften und Anwendungsgebiete thematisiert.

2.1 Stand der Technik

Grundsätzlich kann bei der Betrachtung von Stahlqualitäten eine Einteilung in hoch-, höher- und höchstfest vorgenommen werden. Unterscheidungscharakteristika sind in diesem Fall folgende mechanischen Eigenschaften:¹⁸

- ◆ Streckgrenze
- ◆ Fließgrenze
- ◆ Zugfestigkeit
- ◆ Dehnung.

Diese geben Auskunft über die Einsatzfähigkeiten des Stahls. Als Grenzen für hoch- und höchstfeste Stähle können Zugfestigkeiten über 800 [MPa] beziehungsweise größer 1000 [MPa] angenommen werden, wobei dies keiner genormten Definition unterliegt.

Aktuell wird in der voestalpine Tubulars mit der konventionellen Vergütung, Härten und Anlassen und mit dem thermomechanisch gewalzten Rohr – ToughTubes – die Festigkeitsklasse der hochfesten Stahlrohre bis 800 [MPa] Streckgrenze abgedeckt. Die mechanischen Eigenschaften der höchstfesten nahtlosen Stahlrohre können heutzutage weder mit einem thermomechanischen Herstellungsprozess noch mit einem konventionellen Vergütungsprozess wirtschaftlich produziert werden. Der Bereich der höchstfesten Rohre kann zurzeit nur durch geschweißte Rohre abgedeckt werden.

Problematisch bei der Stahlrohrherstellung aus Blechen, ist die mit der Verschweißung auftretende Wärmeeinflusszone, in der sich ein unerwünschtes Gefüge (z.B.: Eigenspannungen, Widmannstättengefüge) einstellen kann. Dieses kann zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften bis hin zum Versagen des

¹⁸ Vgl., Ozem et al. (2011), S. 120ff

Werkstoffes führen. Ein weiterer Nachteil von verschweißten Stahlrohren ist die schlechte Schweißeignung respektive der hohe Aufwand, der für den Schweißprozess notwendig ist. Verglichen mit dem geschweißten Rohr kann das höchstfeste nahtlose Stahlrohr aufgrund der erhöhten Dehnung bei gleicher Festigkeit eine Steigerung der Kerbschlagarbeit erzielen.¹⁹

In Abbildung 9 wird der aktuelle Stand der am Markt befindlichen Stahlsorten aufgezeigt, welche für alle Stahlprodukte im Automotivsektor verfügbar sind.

Das aktuelle nahtlose Stahlrohr ist stellvertretend durch die thermomechanischen Rohre „ToughTubes“ zäh in Gelb und „ToughTubes“ hochfest in Orange dargestellt. Richtungsweisend werden für die Zukunft allerdings die höchstfesten nahtlosen thermomechanisch gewalzten Stahlrohre sein, welche in Rot dargestellt sind.²⁰

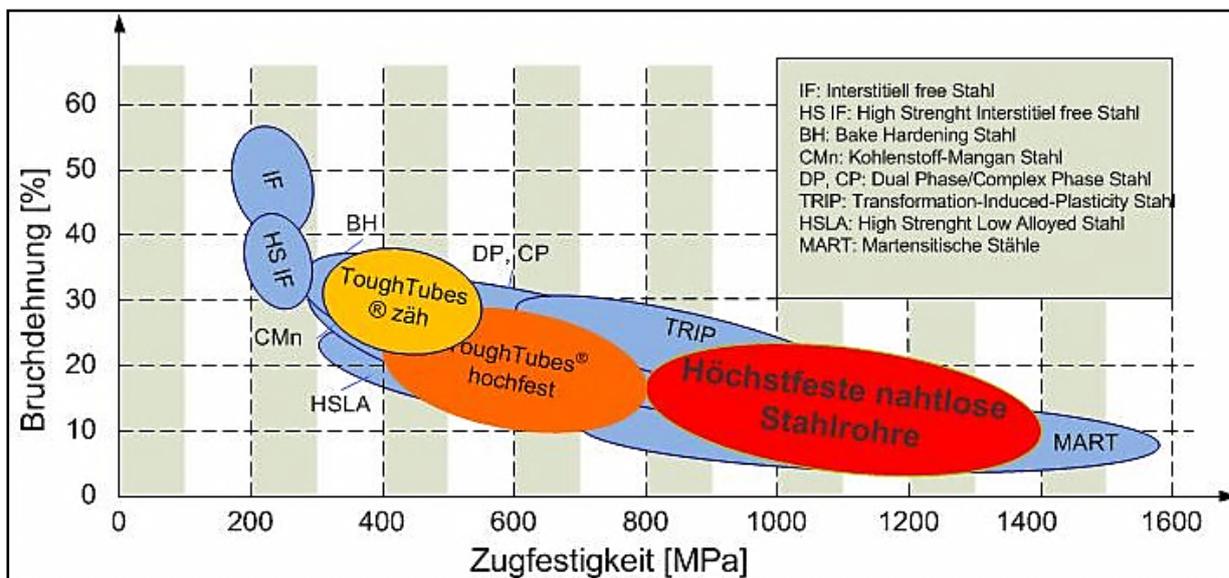


Abbildung 9: Stahlartendiagramm-Bruchdehnung über Zugfestigkeit²¹

Aktuelle Anwendungen von hochfesten nahtlosen Stahlrohren weisen eine Dehnung von 20% bei 800 [MPa] Zugfestigkeit auf. Die neuentwickelten nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohre werden eine Dehnung von 15% bei 1.200 [MPa] Zugfestigkeit erzielen.²²

Betrachtet man die Produktparte der Industriellen Rohre, welche auch im Automobilbau und im Kransektor eingesetzt werden, kann man aufgrund von

¹⁹ Vgl. Winter (2012), S. 20

²⁰ Vgl. Ozem et al. (2011), S. 115ff

²¹ In Anlehnung an Höchstfeste nahtlose Stahlrohre Überblick, Abfrage 30.05.2012

²² Vgl. Winter (2012), S. 22

Marktbeobachtungen der voestalpine Tubulars einen eindeutigen Trend zur Steigerung der mechanischen Belastbarkeit erkennen, welche durch die Erhöhung der Streckgrenze bei gleichbleibender Dehngrenze erreicht wird.²³

2.2 Herstellung höchstfester nahtloser Stahlrohre

Ausgehend von den Stranggußrundblöcken, welche als Vormaterial dienen, werden im Rohrwalzwerk nahtlose Stahlrohre hergestellt. Je nach Produktvorgaben werden die Rohre im Anschluss wärmebehandelt, geprüft und versandfertig gestellt. Je nach Produkt wird zwischen der Fertigungslinie für Oil Country Tubular Goods oder der für die Industriellen Rohren unterschieden. Im Gewindeschneidbetrieb wird am Rohrende ein Gewinde als Verbindungselement aufgebracht und in der Muffenfertigung werden die für die Verbindung benötigten Rohrmuffen erzeugt. Rohre für die Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie werden in der Automotiv-Linie in Kurzlängen geschnitten, gestrahlt und für den Versand fertig gestellt.

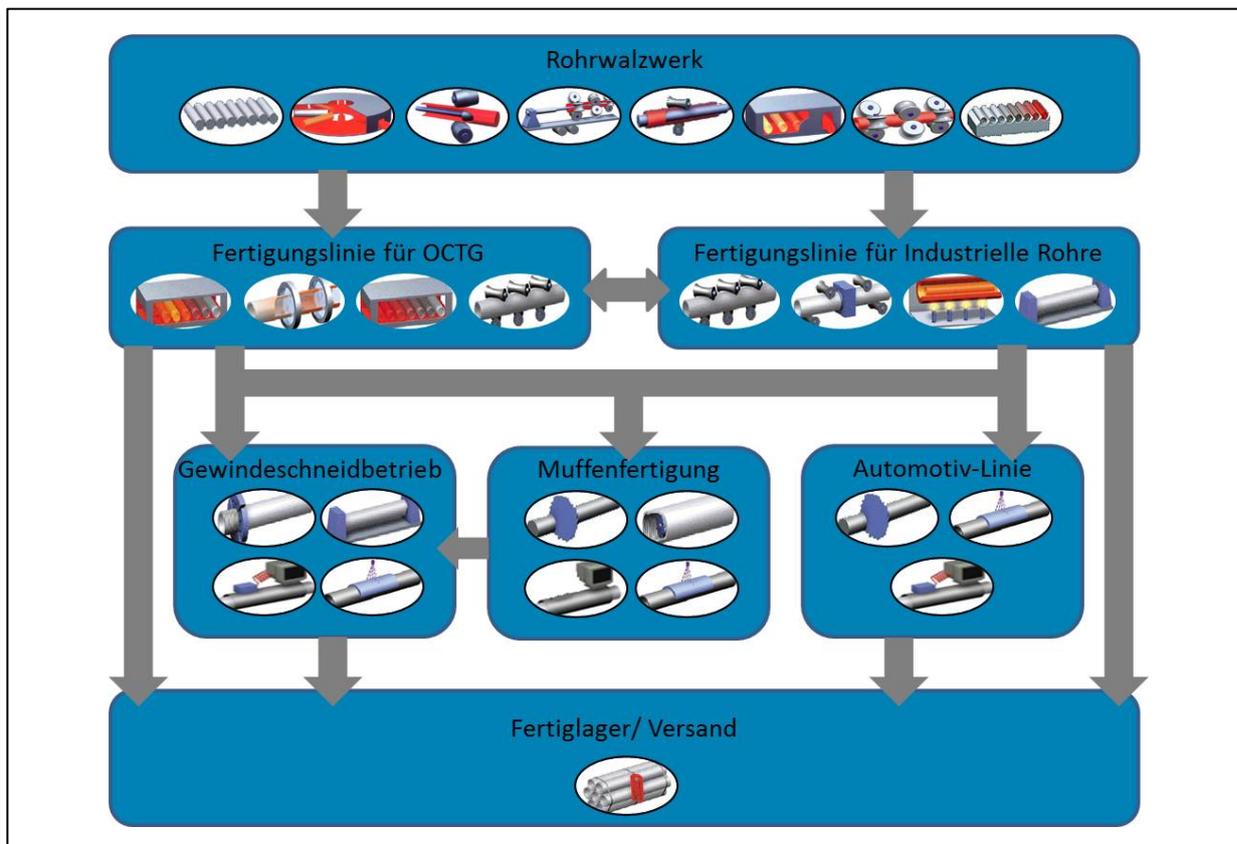


Abbildung 10: Produktionslayout der voestalpine Tubulars²⁴

²³ Vgl. Höchstfeste nahtlose Stahlrohre Überblick, Abfrage 30.05.2012

In der folgenden Abbildung ist der Herstellungsprozess der nahtlosen thermomechanisch gewalzten hochfesten Stahlrohre schematisch dargestellt.

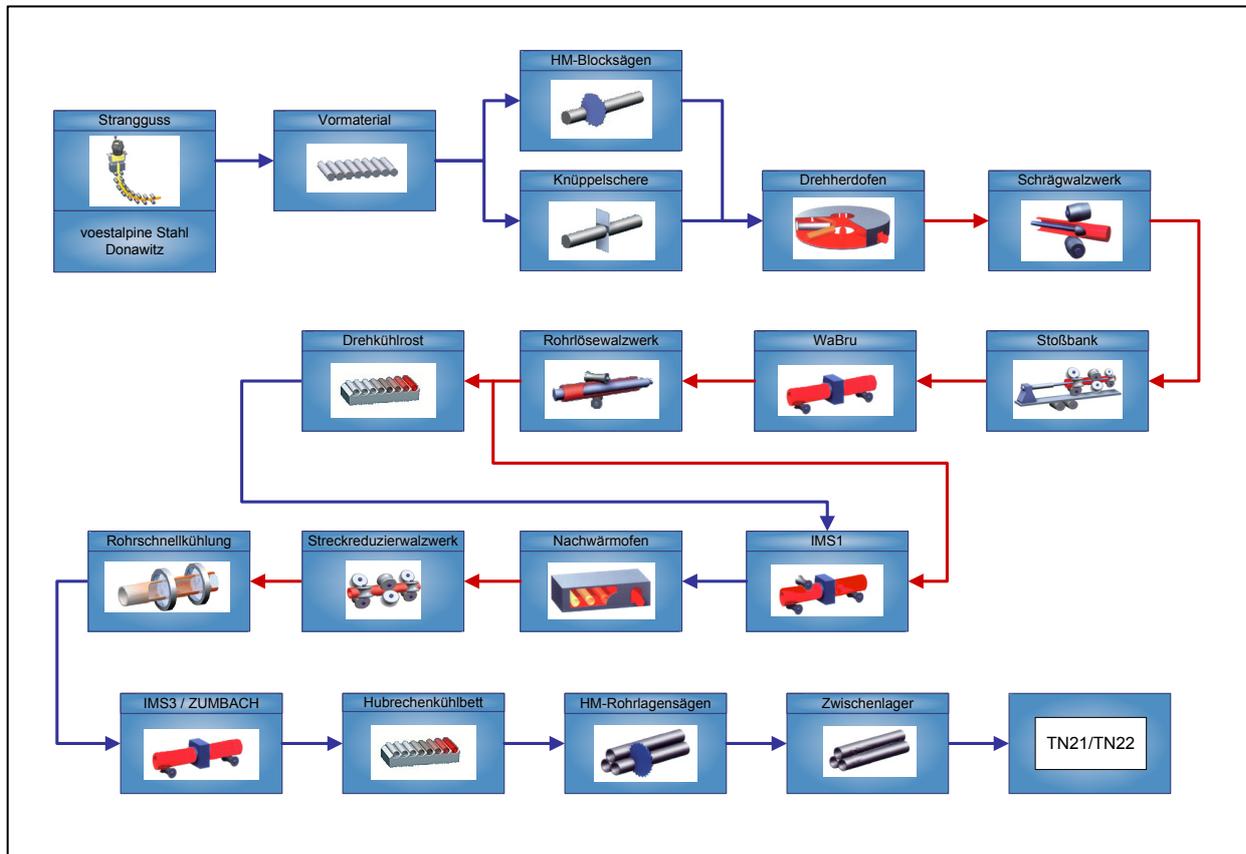


Abbildung 11: Fließbild im Nahtlosrohrwalzwerk²⁵

Die Herstellung der nahtlosen Stahlrohre in Kindberg funktioniert nach dem CPE (Cross Rolling-Piercing and Elongating) Prozess, welcher eine Kombination aus Schrägwalzwerk und Stoßbank darstellt. Als Vormaterial für die Rohrfertigung dienen fast ausschließlich Stranggussknüppel aus dem Stahlwerk mit einem Durchmesser von 230 mm. Die Teilung dieser Blöcke erfolgt mittels einer Knüppelschere beziehungsweise bei legierten, nicht scherbaren Stahlsorten mit einer Hartmetallsäge. Anschließend werden die Stahlblöcke im gasbefeuchten Drehherdofen auf eine Temperatur von ca. 1280 °C erwärmt. Im nächsten Schritt werden die runden Vorblöcke in einem Schrägwalzwerk mithilfe eines entgegengehaltenem Innenwerkzeuges auf Hohlblöcke umgeformt. Diese Blöcke werden danach unter Einsatz von Innenwerkzeugen – den Dornstangen – auf der Stoßbank zu Rohrluppen, mit einer

²⁴ In Anlehnung an Doppelreiter (2009), S. 43

²⁵ Doppelreiter (2009), S. 44

maximalen Länge von 22 Meter, umgeformt. Danach wird das Mutterrohr von der Dornstange gelöst, mit anderen Worten die Dornstange selbst ausgezogen. Dieses Zwischenprodukt wird nun vor der Einfahrt in den Nachwärmeofen einer radiometrischen Wanddickenmessung unterzogen. Nach dieser Messung werden die Rohrluppen im gasbefeuchten Nachwärmeofen bei ca. 1000 °C wiedererwärmt um sie anschließend dem Streckreduzierwalzprozess zuzuführen. Dieses 28-gerüstige Streckreduzierwalzwerk walzt die Rohrluppe mithilfe von angetriebenen Walzgerüsten in Dreiwalzenanordnung auf die jeweilige Endgeometrie, wobei der Durchmesser reduziert und die Wanddicke über eine bestimmte definierte Streckung zwischen den Walzgerüsten eingestellt wird. Zusätzlich besteht die Möglichkeit zur Anwendung der thermomechanischen Behandlung beim Rohrwalzen durch Einsatz einer Rohrschnellkühlung nach dem Streckreduzierwalzwerk beziehungsweise vor dem Hubrechenkühlbett. Diese Rohrschnellkühlung kann je nach Bedarf in den Produktionsprozess eingegliedert oder ausgegliedert werden. Die Rohre werden im Auslauf nochmal über ihre gesamte Länge radiometrisch vermessen. Danach werden sie zur Abkühlung auf einem Hubrechenkühlbett zwischengelagert, bevor dann die verfahrensbedingten verdickten Rohrenden entfernt werden und die Rohre auf die, für die Weiterverarbeitung benötigten Längen abgeschnitten werden.²⁶

²⁶ Vgl. Winter (2012), S. 9f und voestalpine Tubulars Überblick, Abfrage 30.05.2012

2.3 Eigenschaften und Anwendungsgebiete von höchstfesten Stahlrohren

Im nächsten Abschnitt wird ein unlegierter Baustahl (S235J2) mit einem hochfesten Feinkornstahl (S960QL) verglichen, um die Unterschiede zu verdeutlichen.

Ein wichtiger Punkt bei der Verwendung höherfester Stähle ist die mit der steigenden Streckgrenze proportionale Verringerung der Blechdicke (siehe Abbildung 14). Obwohl ein Stahlrohr mit dem Gütegrad S960QL im Einkauf ca. doppelt so viel kostet wie eines aus S235J2, fallen aufgrund des geringeren Gewichtes niedrigere Materialkosten an. Zusätzliche Kosteneinsparungen sind auch beim einzubringenden Schweißgut möglich, welche ca. 5-15% der Gesamtschweißkosten ausmachen, da die Spaltbreite für eine erfolgreiche Schweißung um einiges kleiner sein kann. Das größte Einsparpotential liegt allerdings bei den Lohnkosten der Schweißer, da aufgrund des verkleinerten Schweißnahtvolumens weniger Mannstunden für eine Schweißung nötig sind. Diese Einsparungen können bis zu 90% der Gesamtkosten ausmachen.²⁷

Wie in Abbildung 13 ersichtlich, sind quantitative Randbedingungen getroffen worden um die Stähle miteinander vergleichen zu können. Im Folgenden wird der Versuchsaufbau mit dem S960QL und dem S235J2 schematisch dargestellt.

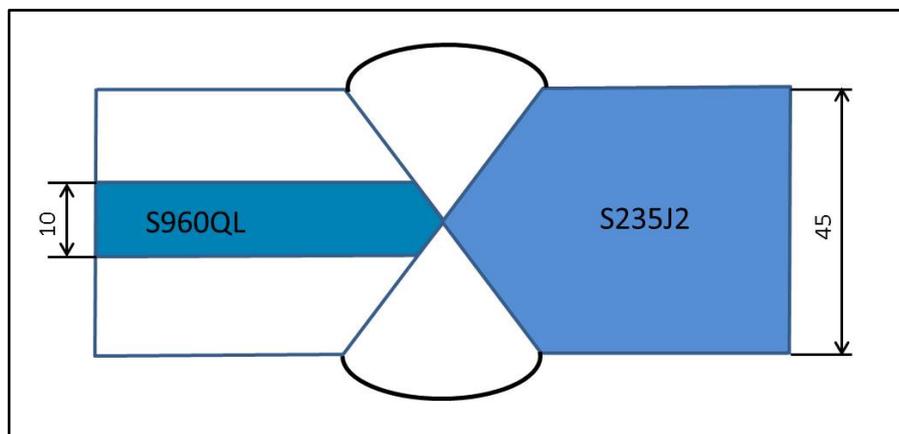


Abbildung 12: Einsparpotential bei Schweißnahtvolumen²⁸

Das Schweißnahtvolumen des Feinkornstahles beträgt nur ein sechzehntel vom unlegierten Baustahl, was einer drastischen Reduktion der Gesamtschweißzeit entspricht.

²⁷ Vgl. Rosert (2004), S. 21

²⁸ In Anlehnung an Gerster (2004), S. 50

Entsprechend der vorgegebenen Randbedingungen werden die Unterschiede der beiden Stahlgütegrade in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, um diverse Verbesserungspotentiale sichtbar zu machen. Die Randbedingungen beziehen sich auf die Streckgrenze vom Stahlrohr mit dem Gütegrad S235J2 und die spez. Schweißnahtkosten beider Stahlqualitäten.

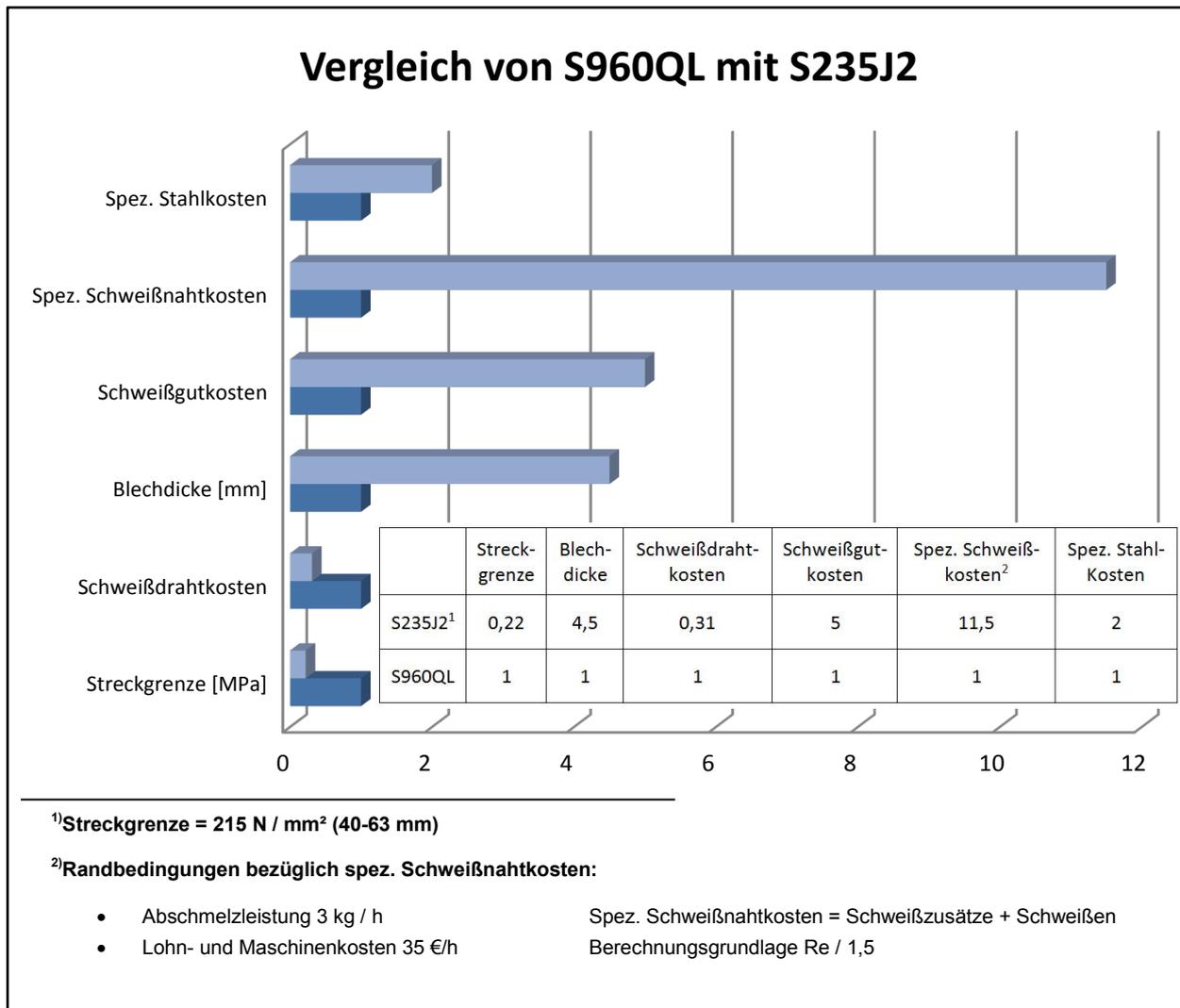


Abbildung 13: Vergleich eines S960QL mit S235J2²⁹

Betrachtet man des Weiteren die Abbildung 14 ist erkennbar, dass durch die Erhöhung der Festigkeit bei nahtlosen Stahlrohren Gewichtseinsparungen von mehr als 50% möglich sind. Dieser Effekt resultiert aus der mit steigender Zugfestigkeit möglichen Reduzierung der Wandstärke, bei gleichzeitiger Erhöhung der maximalen Tragfähigkeit.

²⁹ In Anlehnung an Gerster (2004), S. 50

Die angeführten Werte im Diagramm beziehen sich immer auf einen Außendurchmesser von 133 mm.³⁰

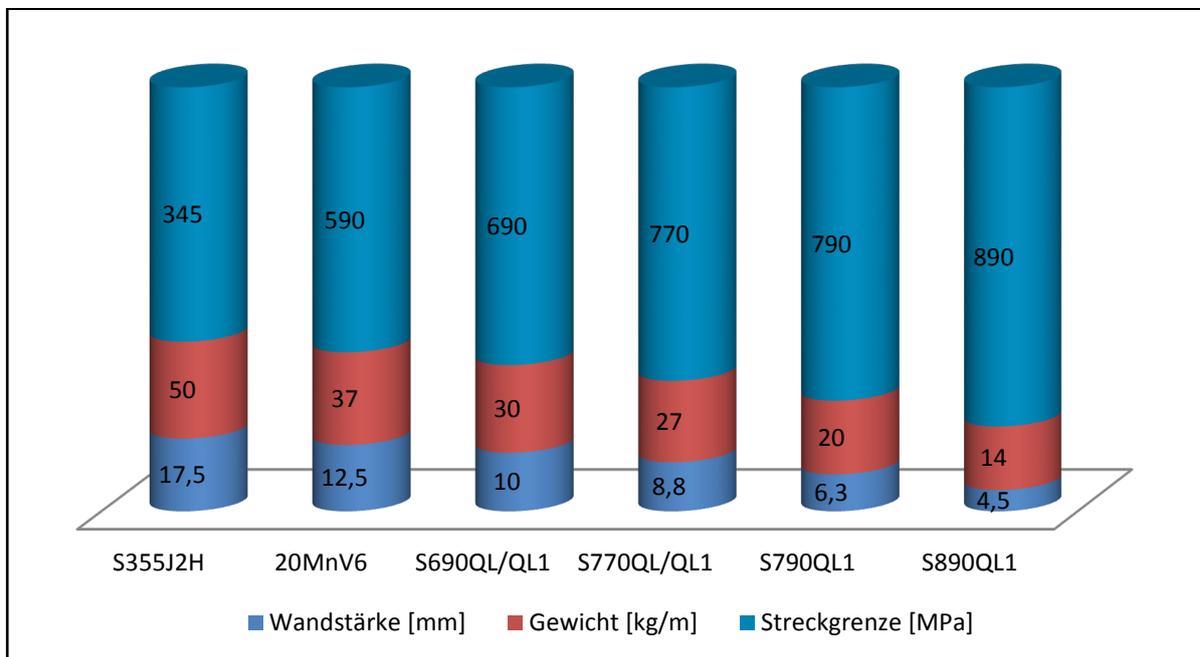


Abbildung 14: Gewichtseinsparung durch Steigerung der Streckgrenze³¹

Betrachtet man zusammenfassend die Kapitel 2.1 und 2.4 sind daraus abgeleitet folgende Vorteile für höchstfeste thermomechanisch gewalzte nahtlose Stahlrohre hervorzuheben:

- ◆ Steigerung der Zugfestigkeit und Streckgrenze
- ◆ Steigerung der Kerbschlagarbeit
- ◆ Verbesserung der Schweißbarkeit aufgrund des niedrigen Kohlenstoffäquivalents
- ◆ Materialeinsparungen
- ◆ Besseres Handling bei der Weiterverarbeitung
- ◆ Gute Form- und Fügbarkeit
- ◆ Niedrigere Vorwärmtemperatur aufgrund der geringeren Blechdicke
- ◆ Senkung der Lohnkosten für die Schweißung
- ◆ Senkung der Materialkosten und der Weiterverarbeitungskosten

³⁰ Vgl. Winter (2012), S. 22

³¹ In Anlehnung an Überblick voestalpine Tubulars, Abfrage 30.05.2012

Nachteile:

Durch die Prozesse der Festigkeitssteigerung bei thermomechanisch behandelten höchstfesten nahtlosen Stahlrohren (z.B.: Einbringung von Karbiden) wird die Dehnungsfähigkeit reduziert.³²

Beim Schweißen von höchstfesten Stählen besteht neben der Gefahr der Entfestigung in der Wärmeeinflusszone vor allem die Gefahr von wasserstoffinduzierten Rissen.³³

Hinsichtlich des Entstehungsmechanismus unterscheidet man in der Werkstoffkunde zwischen Heiß- beziehungsweise Kaltrissen. Heißrisse können im Allgemeinen auf das Vorhandensein schmelzflüssiger Phasen auf Korngrenzen oder in interdendritischen Räumen zurückgeführt werden. Im Unterschied dazu können Kaltrisse nicht nur durch einzelne Entstehungsursachen und Erscheinungsformen entstehen sondern vielmehr durch ein Zusammenwirken unterschiedlichster Parameter. Nachfolgend werden die technisch wichtigsten Rissarten aufgelistet.³³

- ◆ Aufhärtungsrisse,
- ◆ wasserstoffinduzierter Riss,
- ◆ Lamellenriss (Terrassenbruch) und
- ◆ Ausscheidungsrisse (Unterplattierungsrisse)

In Abbildung 15 sind die maßgeblichen Faktoren dargestellt, welche zur Rissbildung führen können. Diese Faktoren müssen aufgrund ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten immer als Ganzes betrachtet werden.

Das Kohlenstoffäquivalent kann für erste Abschätzungen herangezogen werden, sollte aber, da die vorhandenen Eigenspannungen und der Kohlenstoffgehalt in der Schweißnaht unberücksichtigt bleiben, nur als Anhalt dienen.³⁴



Abbildung 15: Maßgebliche Faktoren der Kaltrissbildung³⁵

³² Vgl. Winter (2012), S. 23

³³ Vgl. Rosert (2004), S. 22f

³⁴ Vgl. Dilthey (2005), S. 122

³⁵ In Anlehnung an Dilthey (2005), S. 122

Die Gefahr einer Rissbildung kann durch hinreichend hohe Vorwärmtemperaturen, langsamere Abkühlung sowie durch thermische Nachbehandlungen auf ein minimales Maß reduziert werden, diese sind jedoch mit Kosten verbunden.³⁶

Ein weiteres Problem beim Schweißen von thermomechanischen Stählen ist die Erweichung bestimmter Bereiche der Wärmeeinflusszone, die nicht zu vermeiden ist. Diese resultiert aus einem Härte- und Festigkeitsverlust durch die Erwärmung bis zur A₁-Temperatur. Die Breite dieser Erweichungszone ist zum größten Teil vom Schweißverfahren und der eingesetzten Streckenenergie

$$\text{Streckenenergie} = \frac{\text{Schweißspannung} \times \text{Schweißstrom}}{\text{Schweißgeschwindigkeit}}$$

abhängig.³⁷

Zusammenfassend wird in Abbildung 16 der Ausgangszustand mit den erzielbaren Werkstoffeigenschaften der voestalpine Tubulars verglichen. Dabei werden einige relevante Vor- und Nachteile im direkten Zusammenhang prozentuell abgebildet um die unterschiedlichen Entwicklungspotenziale aufzuzeigen

Abbildung 16: Vergleich der Ausgangssituation zu den Zielen der voestalpine Tubulars.³⁸

³⁶ Vgl. Bartholomé et al. (1984), S. 42

³⁷ Vgl. Dilthey (2005), S. 124

³⁸ In Anlehnung an Winter (2012), S. 24

2.4 Betrachtung des Segmentes Kranbau

Um die Vorteile der neuen höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre besser darzustellen wird im folgenden Kapitel zuerst kurz auf die größten Kranhersteller europaweit und dann auf die unterschiedlichen Kranbauarten eingegangen. Dabei soll anhand von Beispielen erklärt werden, wie die allgemeinen Vorteile, welche in Abschnitt 2.3 beschrieben wurden, auf den Kranbausektor Anwendung finden. Dabei wird auf die unterschiedlichen Kranbauarten näher eingegangen und beschrieben wo die nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohre Anwendung finden können.

Stahlrohre sind ein wichtiger Bestandteil bei der Produktion von Kränen aller Art. Die Möglichkeiten des Einsatzes der neuen Stahlrohre der voestalpine Tubulars im Kranbau variieren je nach Bauart des Kranes.

Nachfolgend werden die relevanten Krantypen hinsichtlich ihrer Bauart nach DIN 15001-1 angeführt:³⁹

- ◆ Auslegerkrane
- ◆ Brückenkrane
- ◆ Drehkrane
- ◆ Portalkrane
- ◆ Turmdrehkrane
- ◆ Fahrzeugkrane

Hauptaugenmerk sollte auf den Krantypen liegen, welche zum größten Teil aus einem Fachwerksgerüst bestehen, da hier die größte Anzahl von höchstfesten Stahlrohren verbaut wird. Nachfolgend werden ausgewählte Krantypen vorgestellt um die Einsatzgebiete und die daraus folgenden Vorteile abzuleiten.

³⁹ Vgl. DIN 15001-1 (1973), S. 1ff

Die erste Abbildung stellt einen Turmdreh- und einen Auslegerkran der Firma Terex und Liebherr dar. Diese beiden Bauarten sind gekennzeichnet durch ihren massiven Fachwerksbau und den darin enthaltenen Stahlrohren.

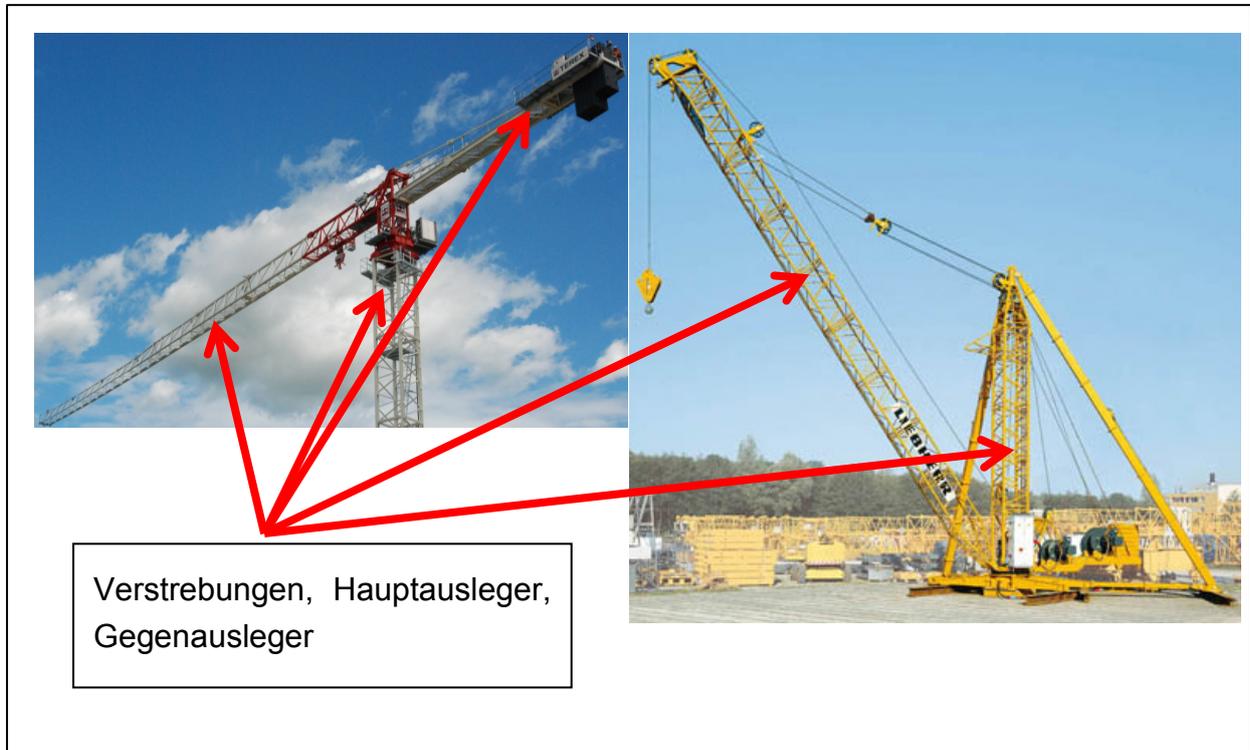


Abbildung 17: Einsatzmöglichkeiten von höchstfesten Rohren anhand eines Turmdrehkrans von Terex (links) und einem Derrickkran von Liebherr(rechts)⁴⁰

An diesen beiden Modellen ist gut ersichtlich, dass das jeweilige Fachwerksgerüst einen großen Anteil des Gesamtgewichtes ausmacht.

Durch den Einsatz von Rohren mit höheren Festigkeitsklassen bei gleichzeitig hoher Dehnung wie den thermomechanisch gewalzten höchstfesten nahtlosen Stahlrohren besteht die Möglichkeit, das Rohrfachwerk zu schrumpfen oder bei gleichbleibender Dimensionierung die Nutzlast des Kranes zu steigern.

Vergleicht man zwei Kräne gleicher Bauart, Größe und Belastungssituation, wobei einer aus hochfesten und der andere aus höchstfesten Stahlrohren hergestellt ist, so sind hier beträchtliche Steigerungen der Nutzlast möglich. Betrachtet man das Konzept von der anderen Seite, ist es möglich den Kran aus thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohren bei gleicher Tragfähigkeit kleiner zu konstruieren. Diese

⁴⁰ Überblick Krantypen, Abfrage 30.05.2012

Eigenschaften würden gerade auch bei Kletterkränen beim Hochhausbau zu gravierenden Vorteilen hinsichtlich des Handlings führen.

Betrachtet man die oft langen Transportwege von Kränen durch LKWs zu ihrem Einsatzort sind aufgrund der Gewichtseinsparungen erhebliche Reduzierungen bei Transport- und Betriebskosten möglich. Die Verringerung des Gewichtes geht somit Hand in Hand mit einer Verminderung der Umweltbelastung aufgrund des sinkenden Kraftstoffverbrauches.

Untersuchungen an PKWs haben gezeigt, dass eine Massenreduktion um 100 Kilogramm zu einer Verminderung des Kraftstoffverbrauchs um 0,4 bis 0,5 Liter pro 100 Kilometer führt.⁴¹

Bedenkt man, dass es sich hier um LKWs und um Einsparungen der Masse von mehreren tausend Kilogramm dreht, sind hier massive Einsparungen beim Kraftstoffverbrauch zu erwarten.

Die nächste Abbildung zeigt einen Fahrzeugkran der Firma Senn AG. Die Vorteile der höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohre kommen hier genauso im Ausleger und Teleskoparm zum Einsatz.



Abbildung 18: Einsatzmöglichkeiten von höchstfesten Rohren anhand eines Fahrzeugkrans der Firma Senn AG⁴²

⁴¹ Überblick Krantypen, Abfrage 30.05.2012

⁴² Überblick Krantypen, Abfrage 30.05.2012

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Weiterverarbeitung der höchstfesten Stahlrohre in der Produktion. Im Kranbau muss eine gewisse Eignung zur Form- beziehungsweise Fügbarkeit gegeben sein, um den vorgegebenen Anforderungen in Punkto Sicherheit und Belastung zu entsprechen. Bei den thermomechanisch gewalzten nahtlosen Rohren können beide Punkte erfüllt werden, da aufgrund des feinkörnigen Gefüges und eines abgestimmten Legierungskonzeptes, die Umformbarkeit und Schweißseignung gegeben sind.⁴³

Um die Wichtigkeit einer guten Schweißseignung zu veranschaulichen wird in der nächsten Abbildung ein Raupenkran der Firma Terex Demag dargestellt. Dieser ist speziell auf die Montage von Windkraftanlagen ausgelegt.

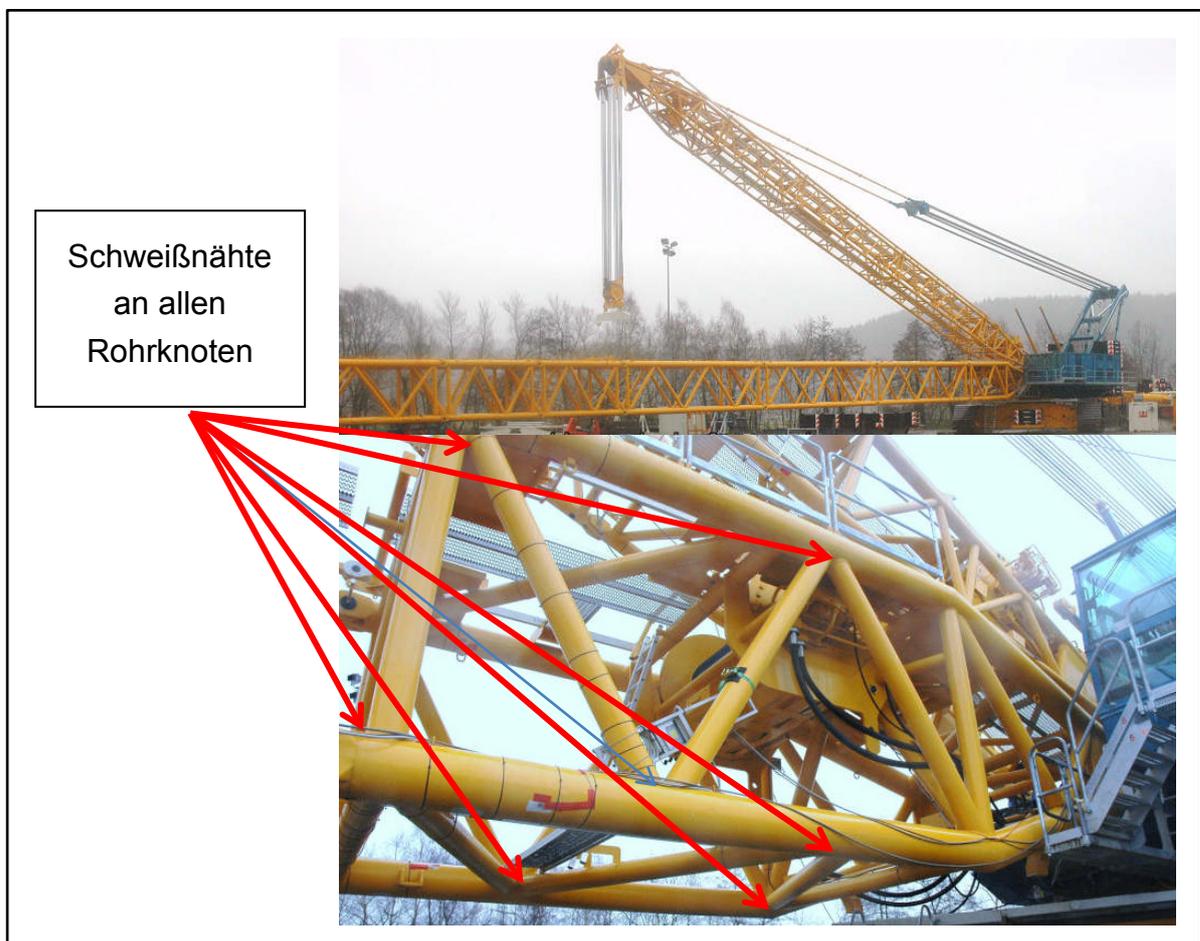


Abbildung 19: Raupenkran der Firma Terex Demag⁴⁴

Wie in Abbildung 19 ersichtlich, sind eine sehr hohe Anzahl von Schweißnähten über die gesamte Kranstruktur verteilt. Hier ist hinsichtlich der Konstruktion eine einfache

⁴³ Vgl. Winter (2012), S. 17

⁴⁴ Überblick Krantypen, Abfrage 30.05.2012

Verarbeitung und Schweißignung notwendig um die Sicherheit der gesamten Kranstruktur zu gewährleisten.

Zusammenfassend können die Vorteile, wie folgt, aus den bisherigen Überlegungen abgeleitet werden:

- ◆ Steigerung der Nutzlast des Kranes (bei gleicher Baugröße)
- ◆ Erhöhte Mobilität des Kranes beim Transport aufgrund der Gewichtseinsparung und Reduzierung der Abmaße
- ◆ Gewichtseinsparungen an der gesamten Kranstruktur
- ◆ Keine Längsschweißnaht am Rohr als Schwachstelle
- ◆ Senkung der Umweltbelastung durch CO₂-Einsparung in Transport und Betrieb
- ◆ Senkung der Lohnkosten bei Schweißungen an der Fachwerkstruktur

Abschließen werden die vier größten Kranhersteller europaweit in der nachfolgenden Tabelle mit einigen markanten Eckdaten näher betrachtet.

	Terex Demag Cranes ⁴⁵	Liebherr ⁴⁶	Tadano Faun ⁴⁷	Sennebogen ⁴⁸
Hauptsitz	Deutschland	Deutschland	Japan	Deutschland
Umsatz [Mio. €]	1.062,3	2.331,5 Produktgruppen: Fahrzeugkrane und Baukrane und Mischtechnik	270 (Stand 2008)	360 (Stand 2008)
Produktions- und Vertriebsniederlassungen gesamte Firmengruppe [#]	220	120		
Mitarbeiter [#]	6.115	32979	800 (Stand 2008)	570 (Stand 2008)

Tabelle 3: Überblick Kranhersteller

⁴⁵ Terex Demag Cranes AG, (2010/2011), S. 1

⁴⁶ Liebherr Firmengruppe, (2010/2011), S. 11ff

⁴⁷ Überblick Kranhersteller, Abfrage 30.05.2012

⁴⁸ Überblick Kranhersteller, Abfrage 30.05.2012

3 Die Methode Quality Function Deployment (QFD)

Im folgenden Abschnitt wird die Methode des Quality Function Deployment näher beschrieben. Es wird gezeigt wie QFD in den Innovationsprozess allgemein einzuordnen ist. In weiterer Folge wird der Ablauf des QFD-Prozesses anhand eines Beispiels veranschaulicht.

3.1 Allgemeines zu Quality Function Deployment

Aufgrund der Tatsache, dass der Begriff QFD keinen streng genormten Regeln unterliegt und somit unterschiedlichste Auslegungen davon existieren, werden im nachfolgenden diverse Definition beschrieben und allgemein der Prozess des Quality Function Deployments näher beschrieben.

3.1.1 Definition

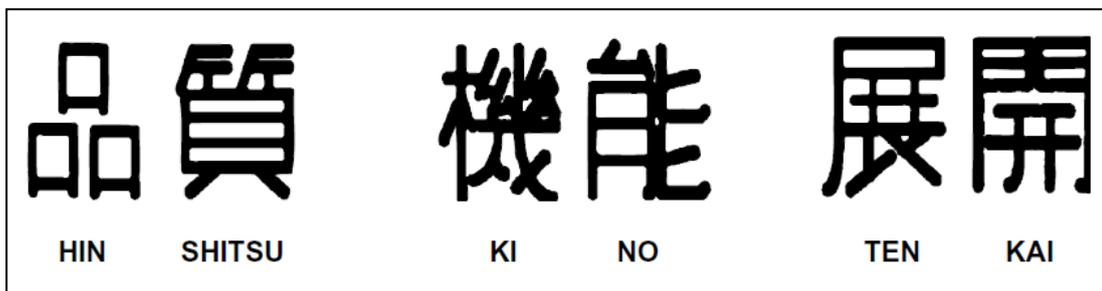


Abbildung 20: Japanische Originalbezeichnung von QFD⁴⁹

Interpretieren lässt sich diese wie folgt:⁵⁰

„Q(=Quality): Instrumentarium zur kundengerechten Planung und Entwicklung von Qualitätsmerkmalen

F(=Function): Sicherung der Qualitätsmerkmale durch interdisziplinäre Zusammenarbeit im ganzen Unternehmen

⁴⁹ Saatweber (2011), S. 31

⁵⁰ Klein (1999), S. 1

D(=Deployment): „Truppen in Stellung bringen“, um die Qualitätsziele auf allen Ebenen zu erreichen.“

QFD dient der Zusammenarbeit der Funktionsbereiche im Unternehmen zur verlustfreien Transformation der Kundenanforderungen in marktführende Produkte und Dienstleistungen.⁵¹

Wie man an diesen beiden unterschiedlichen Definitionen erkennen kann, ist der Interpretationsspielraum von QFD groß. Jeder Definition gemein ist die Tatsache, dass der Kunde im Mittelpunkt aller Betrachtungen liegt. Folglich muss darauf geachtet werden, dass bei der Umwandlung keine Fehler entstehen und dadurch Informationen verloren gehen.⁵²

3.1.2 Ursprung QFD

Erstmals wurde das Konzept von QFD 1966 von Yoji Akao in der Bridgestone Kurume Factory in Japan verwendet. Konzeptüberlegungen gab es schon 1969 bei Matsushita, wobei der erste Durchbruch allerdings erst 1972 auf den Schiffswerften der Mitsubishi Heavy Industries in Kobe, Japan erfolgte. Toyota begann im Jahre 1974 mit der Anwendung von QFD und entwickelte es erfolgreich im Automobilbau weiter. Bekannt geworden ist dieses Ergebnis als die „Rost Studie“. Ausgehend von dieser Studie konnte Toyota die Kosten für Kleintransporter nach mehreren QFD-Entwicklungen um 61% senken. Das erste Buch zu QFD erschien 1978 von Yoji Akao in Japan. In den folgenden Jahren gab es eine starke Verbreitung auch in den USA durch Firmen wie Kodak, Ford oder Hewlett Packard. Das Ergebnis der Anwendung war zum Beispiel der Ford Mondeo. Bob King, welcher ein Schüler von Akao war, veränderte 1987 den japanischen Ansatz weiter, um ihn projektorientierter und anwendungsbezogener zu gestalten. Das erste deutschsprachige Buch zum Thema QFD erschien 1997 von Jutta Saatweber.⁵³

⁵¹ Saatweber (2011), S. 32

⁵² Vgl. Saatweber (2011), S.32

⁵³ Vgl. Hofbauer/Schöpfl (2010), S. 267 und vgl. Saatweber (2011), S. 33f

3.1.3 Einordnung in den Innovationsprozess

„Innovation, that is the process of finding economic application for the inventions[...]“ ⁵⁴

Dieses Zitat von Joseph A. Schumpeter zeigt, dass man zwischen Innovation und Invention unterscheiden muss. Eine qualitativ hochwertige Erfindung muss trotzdem kein Garant für ökonomischen Erfolg sein, sondern sie muss auch wirtschaftlich durchführbar und am Markt absetzbar sein.

Am Beginn eines jeden Innovationsprozess steht der Anstoß. Dieser Idee folgen die Ideengenerierung, die Ideenakzeptierung und am Ende die Ideenrealisierung, wobei QFD eine Methode dieser ist.

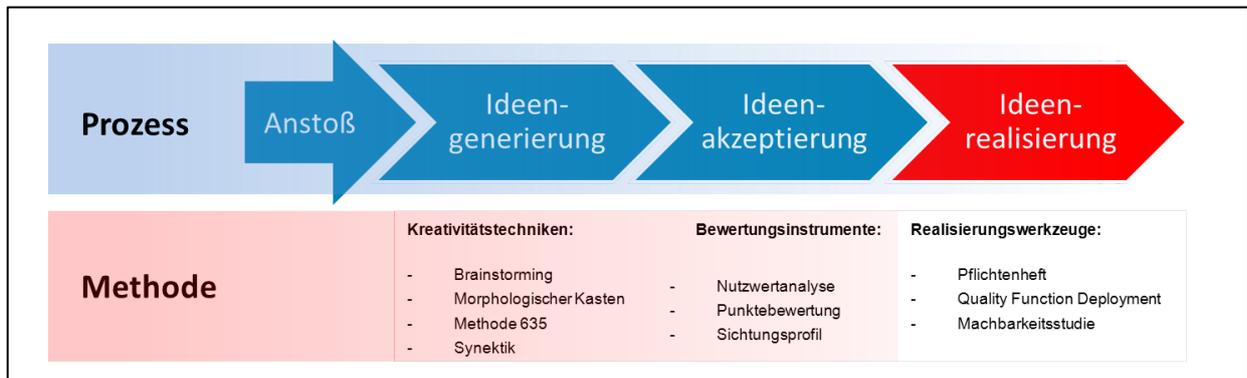


Abbildung 21: Der Innovationsprozess nach Thom ⁵⁵

Nach dem Anstoß zur Innovation, folgen die drei Hauptphasen des Innovationsprozesses, welche im Folgenden kurz erläutert werden: ⁵⁶

■ Anstoß

Am Beginn eines Innovationsprozesses steht der Anstoß, wobei die Gründe dafür entweder ein „Technology Push“ oder ein „Demand Pull“ sind. „Technology Push“ besagt, dass durch die Entwicklung neuer Technologien verborgene Bedürfnisse von Kunden angeregt werden können, um damit einen neuen Markt zu schaffen. Bei

⁵⁴ Schumpeter zitiert in Wohinz et al. (2010), S. 59

⁵⁵ In Anlehnung an Thom (1980), S. 53

⁵⁶ Vgl. Thom (1980), S. 53ff

„Demand Pull“ hingegen, wird der Anstoß zu Entwicklungsaktivitäten durch die Nachfrage von Kunden eingeleitet und auch von diesen bestimmt.⁵⁷

■ Ideengenerierung

Hierbei steht das Sammeln von Ideen und Vorschlägen im Mittelpunkt, wobei noch keine Bewertung derselben durchgeführt werden soll. Die Ideen können sowohl aus der eigenen Unternehmung als auch extern angeregt werden. Ziel dieser Phase ist es, mithilfe unterschiedlicher Kreativitätswerkzeuge (Brainstorming, Morphologischer Kasten,...) so viele Lösungsansätze wie möglich zu generieren.⁵⁸

■ Ideenakzeptierung

Im Zuge dieses Prozessschrittes werden die gefundenen Ideen strukturiert und bewertet. Die Prüfung der Vorschläge kann durch diverse Tools wie Nutzwertanalyse oder Punktebewertung gelöst werden. Nach der Beurteilung sollte die große Anzahl von Ideen auf eine überschaubare Anzahl reduziert sein, welche infolge miteinander verglichen werden können. Am Ende sollte die vielversprechendste Variante ausgewählt und konkrete Pläne zur Verwirklichung getroffen werden.⁵⁹

■ Ideenrealisierung

Nach positiver Entscheidung über die Durchführung der Idee folgt der Prozessschritt Ideenrealisierung.

Oberstes Ziel dieser Phase ist ein „Overengineering“, welches entsteht, wenn die Erwartungen zu vieler Kunden einer bestimmten Kundengruppe übererfüllt werden⁶⁰, zu vermeiden. Dafür sollten die Kundenanforderungen so exakt wie möglich auf das Produkt übertragen werden, wobei die Methode QFD gewählt werden kann. Dies gewährleistet das hohe Kosten, die erst im späteren Verlauf des Projektes durch zum Beispiel Rückrufaktionen oder Abänderung des Produktes auftreten würden, verhindert werden können.

Am Ende der Ideenrealisierung steht das Pflichtenheft, welches dem Entwicklerteam helfen soll die notwendigen Verbesserungen des Produktes durchzuführen.

⁵⁷ Vgl. Hommers (2007), S. 8

⁵⁸ Vgl. Hofbauer/Sangl (2011), S. 340ff

⁵⁹ Vgl. Hofbauer/Sangl (2011), S. 358ff

⁶⁰ Vgl. Seghezzi et al. (2007), S. 148

3.1.4 Zusammenhang QFD und Total Quality Management

„TQM als umfassende Qualitätsmanagementmethode, beruht auf der Zusammenarbeit aller in einer Organisation mitwirkenden Personen, welche die Qualität in den Mittelpunkt stellt und die durch Zufriedenstellung der Kunden auf einen langfristigen Geschäftserfolg des eigenen Unternehmens und ihrer Mitarbeiter abzielt.“⁶¹

Deswegen muss eine derartige Philosophie tief in das Unternehmen integriert sein und alle Beteiligten – unabhängig von deren Positionen – müssen „es leben“ und sich damit identifizieren können. Daraus folgend ergeben sich gewisse Vorgaben, die eine Organisation erfüllen sollte:⁶²

- ◆ Hohe Qualität ist wichtiger als kurzfristig orientierter Gewinn
- ◆ Leitlinie sollte absolute Kunden- und nicht Herstellerorientierung sein
- ◆ Partizipativer Führungsstil unter Einbindung aller Mitarbeiter und Abteilungen
- ◆ Zusammenarbeiten aller Mitarbeiter zum Wohle der Unternehmung

Die Methode QFD baut als Bestandteil des TQM auf dessen Philosophie, Strategien und Methoden auf. Es ist notwendig den Qualitätsgedanken in einer Unternehmung nicht nur rudimentär zu praktizieren, da eine Einführung in QFD sonst vermutlich scheitern würde. QFD kann keinen Bewusstseinswechsel an sich herbeiführen, sondern ein TQM-System nur unterstützen. Folglich wird, wenn Qualität ein wichtiger Bestandteil der Firmenphilosophie ist, QFD zu einem praktizierten TQM führen.⁶³

Betrachtet man die Kosten für den Verlust von Kunden wird deutlich, wie wichtig es ist an einer langfristigen Zusammenarbeit mit diesem zu arbeiten:⁶⁴

- ◆ *Hinter jedem reklamierenden Kunden stehen 26 weitere, die schweigen.*
- ◆ *Der unzufriedene Kunde spricht mit 8 – 16 anderen potentiellen Kunden.*
- ◆ *Die Kosten zum Gewinn eines neuen Kunden sind 5-mal höher als der Erhalt eines vorhandenen.*
- ◆ *91% der unzufriedenen Kunden kaufen nicht mehr bei uns.*
- ◆ *Aber 90% der nach Reklamationen voll zufriedengestellten Kunden kaufen wieder bei uns.*

⁶¹ Vgl. Hummel, Malorny (2002), S. 5

⁶² Vgl. Klein (2002), S. 16

⁶³ Vgl. Saatweber (2012), S. 37

⁶⁴ Schächli et al. (2005), S. 361

3.1.5 Ziele des QFD

Kernpunkt der gesamten QFD Philosophie ist es, den Kunden in den Mittelpunkt aller Entscheidungen zu stellen. Ziel ist also immer die absolute Kundenzufriedenheit anzustreben und hierfür das gesamte Know How der Mitarbeiter einzusetzen. Die Methode ist darauf angelegt Erfolg für den Kunden, die Mitarbeiter und dem Unternehmen zu gewährleisten. Es soll versucht werden, die internen Barrieren in Abteilungen abzubauen und eine offene Kommunikation, intern und extern, aufzubauen. Für nachfolgende Projekte soll außerdem eine Dokumentation geschaffen werden, die hilft, neue Projekte abzuschließen. Außerdem sollen durch die Methode Kosten für nachträgliche Änderungen, Nacharbeit etc. am Produkt verhindert werden, was die Marktposition stärken würde.⁶⁵

3.1.6 Gefahren des QFD

Trotz der vielen Vorteile soll an dieser Stelle auf die möglichen Gefahren von QFD hingewiesen werden.

Beginnend bei der Akquirierung eines QFD Projektes kann es zu einem erhöhten Zeitaufwand kommen, wenn ein zu komplexes System gewählt wird. Folglich leidet die Motivation der Beteiligten darunter. Es kann immer zu Problemen mit der Informationsbeschaffung kommen, da viele Firmen auf diesem Gebiet Neuland betreten. Bei der Teambildung besteht die Gefahr, dass Personen mit unzureichender sozialer Kompetenz dem QFD-Team zugeteilt werden, welche zu einem schlechten Arbeitsklima und somit geringerer Effizienz führen würden. Des Weiteren ist es unerlässlich, dass ein qualifizierter Moderator für das Projekt abgestellt wird, welcher über die technische und über die soziale Kompetenz verfügt, die Teamsitzungen in die richtige Richtung zu lenken. Abteilungsdenken vor Teamgeist kann außerdem den Ablauf eines QFD beträchtlich stören, da der Informationsfluss und die Kommunikation behindert werden können. Absolute Unterstützung durch das Management ist außerdem Voraussetzung für den reibungslosen Ablauf. Obwohl diese Probleme auf den ersten Blick erdrückend wirken, sollten sie auf keinen Fall potentielle Anwender abschrecken, da die Vorteile durchaus sehr groß sind und viele der oben aufgezählten Gefahren bei regelmäßiger Anwendung verschwinden.⁶⁶

⁶⁵ Vgl. Saatweber (2011), S. 35ff

⁶⁶ Vgl. Saatweber (2011), S. 52f

3.1.7 Anwendungsgebiete des QFD

Die Möglichkeiten der Anwendung von QFD sind vielfältig. Eingesetzt werden kann es in der Produktion, im Dienstleistungsbereich, in administrativen Bereichen und überall dort, wo der Kunde Leistungsempfänger ist. Weitere Anwendungsgebiete sind:⁶⁷

- ◆ Neu- und Weiterentwicklung von Produkten
- ◆ Branchen wie Schiffsbau, Transportwesen, Bauindustrie, Maschinenbau, Touristik, Versicherungsbranche und Gesundheitswesen
- ◆ Zuhilfenahme bei dem Aufbau eines QM-Systems

3.1.8 Unterschiedliche Ansätze für den QFD-Prozess

Hinsichtlich des QFD-Prozesses gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen, wobei Yoji Akao und Bob King als Erfinder anzusehen sind. Nachfolgend werden die verschiedenen Ansätze kurz aufgelistet und der Ansatz von Saatweber genauer betrachtet.

- ◆ Klassischer Ansatz nach Akao
- ◆ Ansatz nach Bob King
- ◆ Ansatz nach American Supplier Institut (ASI)
- ◆ Ansatz nach Saatweber

Auf die klassischen Ansätze nach Akao und King wird im Näheren nicht eingegangen, da sie für Einsteiger in die QFD-Methode nicht zu empfehlen sind. Der ASI Ansatz nach der nach Saatweber sind die am weitesten verbreiteten und auch von der Dokumentation und Projektorientierung am einfachsten zu handhaben.⁶⁸

⁶⁷ Vgl. Saatweber (2011), S. 46f

⁶⁸ Vgl. Saatweber (2011), S. 79

Ansatz nach ASI

Bei diesem Ansatz wird die Ermittlung der Kundenbedürfnisse in vier Phasen untergliedert:

- ◆ Produkt- beziehungsweise Dienstleistungsplanung
- ◆ Komponentenplanung
- ◆ Prozessplanung
- ◆ Produktionsplanung

Jede Planungsebene wird hier in einem eigenen House of Quality behandelt. Wobei das „WIE“ der vorhergehenden Phase immer die „WAS“ der folgenden Phase darstellt. Dieser Ansatz ist für Anwender mit wenig Erfahrung betreffend QFD eher geeignet, da die einzelnen „Häuser“ nach der Reihe abgearbeitet werden können und somit ein durchgehender roter Faden vorhanden ist.

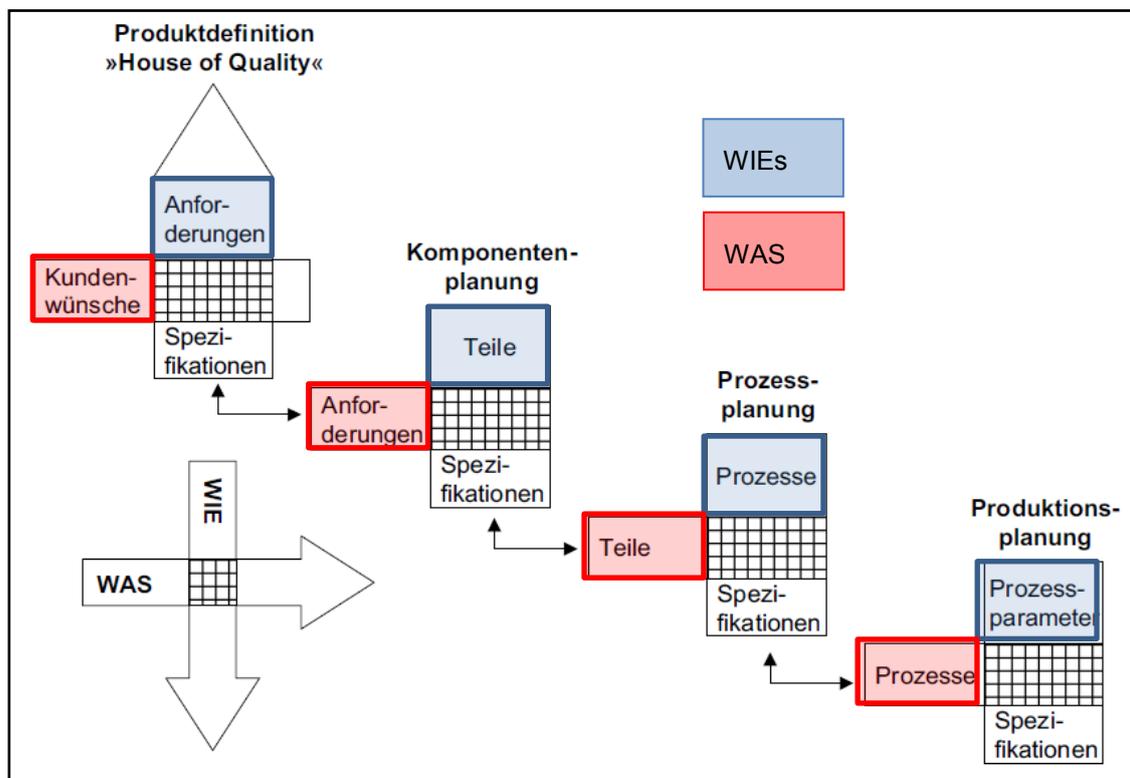


Abbildung 22: QFD-Ansatz in Anlehnung an ASI⁶⁹

⁶⁹ In Anlehnung an American Supplier Institute zitiert in Saatweber (2012), S. 67

■ Das Modell nach Saatweber

Dieser Ansatz erweitert die Vorgehensweise des American Supplier Institut um zwei zusätzliche Phasen. Der Grundaufbau des ASI-Konzepts ist ideal, da es projektorientiert, einsteigerfreundlich und vor allem leichter in einen bestehenden Produktentstehungsprozess integrierbar ist. Die erste Erweiterung um Phase 0 bezieht sich auf den Prozess der Informationsbeschaffung. Da die Qualität der Eingangsdaten schon entscheidend für ein positives Abschließen eines QFD-Projektes sein kann, wird darauf näher eingegangen und Methoden für ein erfolgreiches Vorgehen dargelegt. Die zweite Veränderung entspricht Phase 5 und bezieht sich auf eine Kundenbefragung am Ende des Projektes, mit der kontrolliert werden soll, ob alle Ziele kundengerecht erfüllt worden sind.⁷⁰

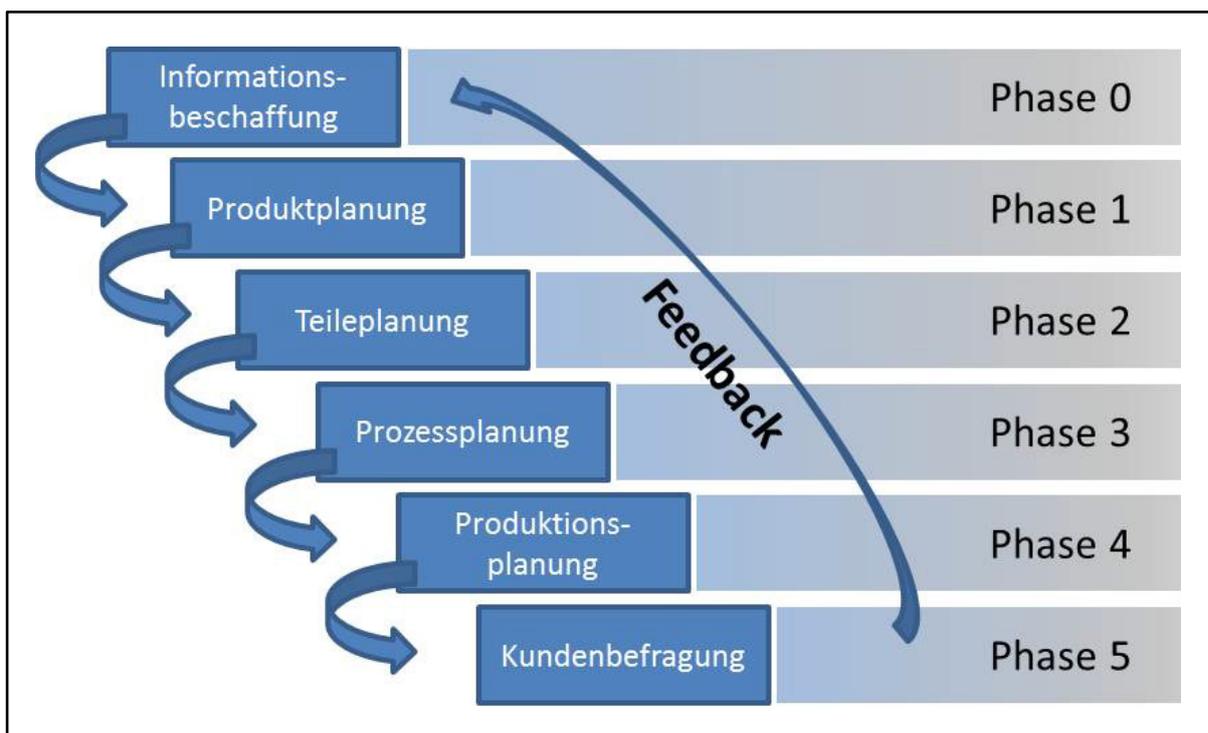


Abbildung 23: Vorgehensweise nach Saatweber⁷¹

⁷⁰ Vgl. Saatweber (2011), S. 69

⁷¹ In Anlehnung an Saatweber (2011), S. 70

Nachfolgend werden die einzelnen Phasen des Modelles nach Saatweber im Detail erklärt und auf die wichtigsten Schritte innerhalb der Phase hingewiesen.

■ Phase 0 – Informationsbeschaffung

Das Ziel dieser Phase ist es, die unterschiedlichen Arten von Kundenanforderungen zu erfassen, zu strukturieren und für die weitere Verarbeitung im HoQ aufzubereiten. Dafür sollten alle Möglichkeiten der Informationsgewinnung, intern und extern, eingesetzt werden. Da das HoQ von Anfang an auf diesen Daten aufbaut, kann hier schon der Grundstein für ein solides QFD gelegt werden.⁷²

■ Phase 1 – Produkt- beziehungsweise Dienstleistungsplanung

In diesem Abschnitt des QFD Prozesses wird den Kundenanforderungen mindestens ein Produktmerkmal gegenübergestellt. Es wird sozusagen die Sprache des Kunden in die Sprache des Technikers übersetzt und mit einem Zielwert versehen. Am Ende der Phase sind die bedeutenden und kritischen Produktmerkmale auszuwählen und in den Eingang des zweiten Hauses zu übertragen.⁷³

■ Phase 2 – Teile- und Komponentenplanung

Bevor das Projektteam mit der Arbeit an diesem Haus beginnen kann, müssen die Produktmerkmale auf Vollständigkeit hin untersucht und bei Bedarf ergänzt werden.

Diese Phase dient der Findung von konstruktionstechnischen Konzepten. Es wird für die wichtigsten Produktmerkmale nach konstruktiven Lösungen gesucht respektive die dafür notwendigen Teilemerkmale entwickelt. Die kritischsten und relevantesten Elemente stellen dann den Eingang für das dritte Haus dar.⁷⁴

⁷² Saatweber (2011), S. 81ff

⁷³ Saatweber (2011), S. 197ff

⁷⁴ Saatweber (2011), S. 243ff

■ Phase 3 – Prozessplanung

Ziel dieser Phase ist es zu den gefundenen Teilen die Prozesscharakteristika zu entwickeln. Weitere kritische Prozessgrößen sollten ermittelt und optimale Prozesszielwerte festgelegt werden. Außerdem sollen die Herstellprozesse so definiert werden, damit die Reproduzierbarkeit der Produkte gewährleistet werden kann.⁷⁵

■ Phase 4 – Produktions- beziehungsweise Verfahrensplanung

In der vorletzten Phase hat das QFD-Team die Aufgabe Betriebsbedingungen, Qualitätssicherungspläne sowie Instandhaltungs- und Arbeitsanweisungen für die jeweiligen Prozessschritte zu entwickeln. Des Weiteren sollen die vorgesehenen Prozesse auf auftretende Schwierigkeiten untersucht werden und vorbeugende Maßnahmen getroffen werden um diese zu verhindern.⁷⁶

■ Phase 5 – Feedback

Nach Abschluss des QFD-Projektes sollte festgestellt werden, ob das Produkt oder die Dienstleistung die volle Zustimmung des Kunden hat. Dies kann zum Beispiel durch eine weitere Befragung erfolgen. Falls der QFD-Prozess aufgrund ausreichender Ergebnisse noch vor Phase 5 beendet wird, sollte trotzdem eine Feedback-Phase direkt an die vorhergehende Phase angehängt werden um ein „Overengineering“ zu vermeiden.⁷⁷

⁷⁵ Vgl. Saatweber (2011), S. 252ff

⁷⁶ Vgl. Saatweber (2011), S. 255ff

⁷⁷ Vgl. Saatweber (2011), S. 257ff

3.2 Ablauf des House of Quality im QFD-Prozesses

Um die angewandte Vorgehensweise im QFD Prozess zu verdeutlichen werden anhand eines Beispiels die einzelnen Schritte im HoQ erläutert.

3.2.1 Querschnitt des 1. Hauses

In der folgenden stark vereinfachten Form des ersten Hauses ist schon gut erkennbar, dass der Ablauf ein ständiges Frage- und Antwortschema enthält. Die Fragen

- ◆ Was wollen die Kunden?
- ◆ Warum soll es verbessert werden?
- ◆ Wie werden die Forderungen erfüllt?
- ◆ Welcher Zielwerte sollten zu den Kundenanforderungen erreicht werden?

sind die Kernpunkte in dieser Phase des QFD-Prozesses.

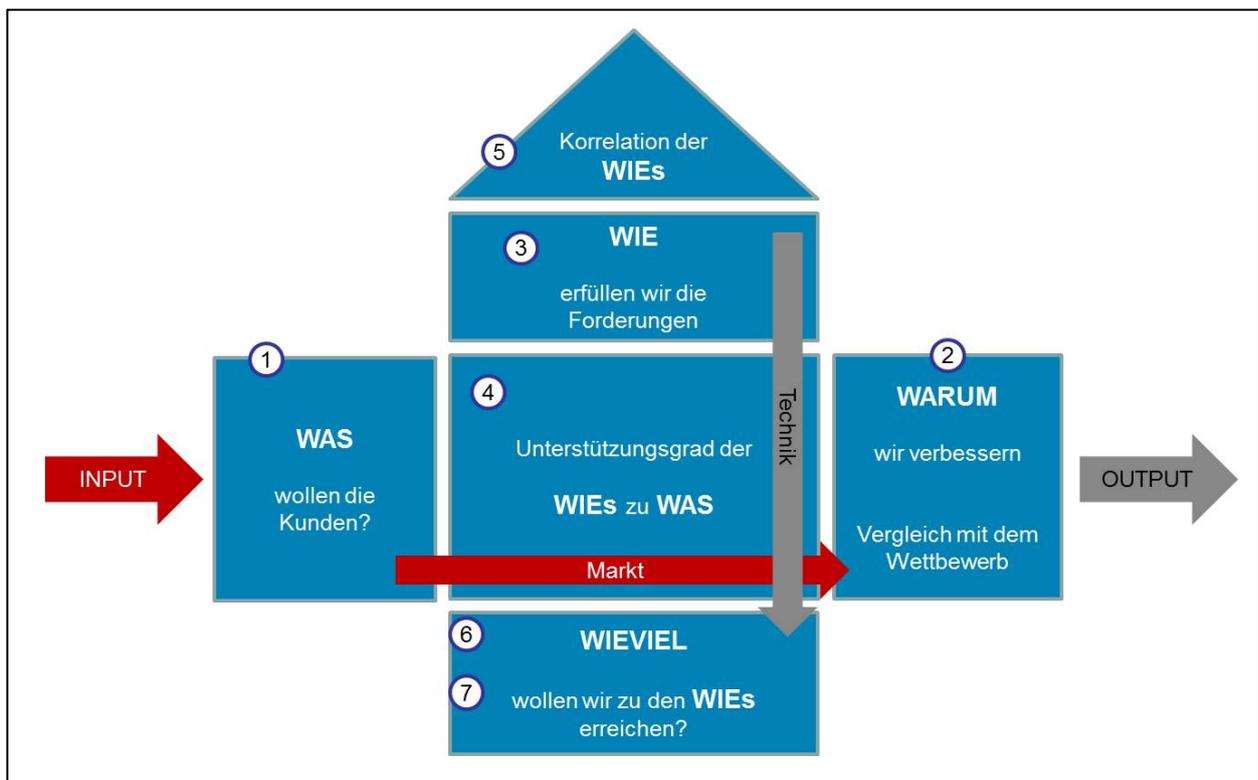


Abbildung 24: Querschnitt Haus 1⁷⁸

⁷⁸ In Anlehnung an Saatweber (2011), S. 72

3.2.2 Die 7 Schritte des QFD-Prozesses in Phase 1

■ Schritt 1: Kundenanforderungen ins HoQ übernehmen – die „WAS“

Die ersten Arbeiten im HoQ beschäftigen sich damit, die strukturierten Daten aus der „Phase 0“ in die Spalte für Kundenanforderungen zu übernehmen. Dort werden sie gegliedert in Ober- und Untergruppen beziehungsweise nach ihrer Kundenbedeutung gereiht. Normen und Vorschriften haben immer die höchste Bedeutung, da sie für das Produkt oder die Dienstleistung unumgänglich sind. Das Projektteam muss in diesem Schritt außerdem überlegen, welche Kundenanforderungen überhaupt in das HoQ aufgenommen werden sollen. Wenn man sich nicht sicher ist, ob ein Merkmal wichtig genug ist, sollte man es im Zweifel in die Matrix aufnehmen. Hier liegt die Gefahr, dass man Merkmale, die den Kunden vielleicht sehr wichtig sind, ansonsten nicht bearbeiten würde.⁷⁹

Auf der anderen Seite sollte man sich auch im Klaren sein, dass auf 50 Kundenanforderungen die man ins HoQ übernimmt, mindestens 250 Bewertungen im Schritt 4 zur Folge hat.

■ Schritt 2: Wettbewerbsvergleich aus Kundensicht

Ziel dieses Schrittes ist es, einen Wettbewerbsvergleich aus Kundensicht zu erhalten. Diese Vergleiche sind rein subjektiv und müssen nicht den wahren Sachverhalt entsprechen. Die Kundenbewertungen beruhen nicht immer auf Fakten und persönlichen Erfahrungen mit Konkurrenzprodukten, sondern auf emotionalen Faktoren, wie zum Beispiel das Image eines Produktes.

Eine Möglichkeit diese Daten aufzunehmen, ist die Zweikomponentenbefragung, dessen Ergebnis die Bedeutung und Zufriedenheit eines Kunden sind. Aus diesen beiden Werten ist es infolge möglich den Gap (Lücke) und den relativen Handlungsbedarf zu berechnen. Mit diesem Wert ist es möglich Aussagen zu treffen wie groß die Bindung des Kunden an die Unternehmung ist und inwieweit die Kundenbeziehung gepflegt werden sollte.⁸⁰

Dieses prinzipielle Vorgehen wird in der nächsten Abbildung dargestellt

⁷⁹ Vgl. Saatweber (2011), S. 205ff

⁸⁰ Vgl. Saatweber (2011), S. 165ff

Kundenanforderung	Bedeutung	Zufriedenheit
Gute Schweißseignung	9,9	8,4

Berechnung von GAP:

$$\text{GAP} = \text{Bedeutung} - \text{Zufriedenheit} = 9,9 - 8,4 = 1,5$$

Berechnung Relativer Handlungsbedarf (RH):

$$\text{RH} = \text{Bedeutung} * \text{GAP} = 9,9 * 1,5 = 14,85$$

Abbildung 25: Beispiel für Schritt 2 im HoQ (siehe Anhang HoQ)

■ **Schritt 3: Zuweisung von Produktmerkmalen – die „WIE“**

Um die Aussagen der Kunden näher zu spezifizieren, wird für jede Kundenanforderung mindestens ein Produktmerkmal definiert.

In diesem Stadium des QFD-Prozesses ist es wichtig, dass noch keine detaillierten Lösungen eingetragen werden, sondern nur Merkmale, welche die Kundenanforderungen qualitativ beschreiben. Die Entwicklung der Lösungen erfolgt in Phase zwei. Um solche Fehler bei der Übersetzung in die Sprache der Technik zu vermeiden, sollte zu jedem Produktmerkmal (3a) gleichzeitig ein Zielwert (3b) definiert werden. (siehe Tabelle 4). Ist es nicht möglich einen Zielwert zu definieren, liegt im Normalfall ein „Übersetzungsfehler“ vor.⁸¹

⁸¹ Vgl. Saatweber (2011), S. 214f

„Eine Matrix muss alle Merkmale enthalten, die eine Funktion messbar charakterisieren.“⁸²

Nachdem die Zielwerte festgelegt wurden, muss noch für jedes Produktmerkmal die Änderungsrichtung (3c) eingetragen werden.

Kundenanforderung	Produktmerkmal (3a)	Zielwert (3c)	Änderungsrichtung (3b)
Gute Schweißeignung	Kohlenstoffgehalt	$0,1 < x < 0,15$	Senken

Tabelle 4: Beispiel für Schritt 3 im HoQ (siehe Anhang HoQ)

■ Schritt 4: Unterstützungsgrade der Produktmerkmale für die Kundenanforderungen definieren

Die nächste Tätigkeit im House of Quality beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern die gefundenen Produktmerkmale die aufgenommenen Kundenanforderungen unterstützen.

Um den Grad der Unterstützung zu quantifizieren, haben sich in der Praxis die Bewertungen 0, 1, 3 und 9 als vorteilhaft erwiesen, weil dadurch eine bessere Differenzierung bei der Auswertung gewährleistet wird. Wobei 0 für „neutral“ beziehungsweise keine Unterstützung und 9 für „unterstützt sehr gut“ steht. Diese Skala stellt jedoch keinerlei Verpflichtung zur Anwendung dar, jedoch sollte sie innerhalb der Unternehmung gleich sein. Des Weiteren ist die Verwendung von Symbolen als Skala ratsam, um eine Zahlengläubigkeit zu verhindern.⁸³

Nachdem diese Beziehungen definiert wurden, können die absoluten und die relativen Spaltenwerte gebildet werden. Der absolute Wert ergibt sich aus Multiplikation der Beziehungsstärke mit der Bedeutung des Merkmals. Diese Werte werden dann für mehrere Merkmale summiert. Die relativen Werte werden gebildet, indem die einzelnen

⁸² Saatweber (2011), S. 215

⁸³ Vgl. Saatweber (2011), S. 221f

absoluten Spaltenwerte auf die Gesamtsumme der absoluten Bedeutung aller Produktmerkmale bezogen werden.

Kunden- anforderung \ Produkt- merkmal	Bedeutung	Kohlenstoffgehalt senken	Gewicht reduzieren
niedriger Kohlenstoffgehalt	9,9	9 (beziehungsweise ⊖)	Kein Zusammenhang
Leichtbau	8,7	Kein Zusammenhang	9 (beziehungsweise ⊖)
Spaltenwert absolut	$\Sigma = 167,4$	$9 \cdot 9,9 + 0 \cdot 9 = 89,1$	$0 \cdot 8,7 + 9 \cdot 8,7 = 78,3$
Spaltenwert relativ	$\Sigma = 100\%$	$(89,1 \cdot 100) / 167,4 = 53,2\%$	$(78,3 \cdot 100) / 167,4 = 46,8\%$

Tabelle 5: Beispiel für Schritt 4 im HoQ (siehe Anhang HoQ)

■ Schritt 5: Beziehungen zwischen den Produktmerkmalen erfassen

In diesem Schritt werden die vorhandenen Produktmerkmale in der Dachmatrix des HoQ auf ihre Beziehung untersucht.

Dabei müssen außerdem die beschlossenen Zielwerte und Änderungsrichtungen aus Schritt 3 beachtet werden. Es wird jedes Produktmerkmal miteinander verglichen, um mögliche Konflikte aufzudecken. In der Praxis hat sich eine Skala von stark negativ bis stark positiv durchgesetzt.⁸⁴

Diese folgende Skala ist jedoch keine Verpflichtung sondern nur ein Vorschlag nach Saatweber.

⁸⁴ Vgl. Saatweber (2012), S. 227

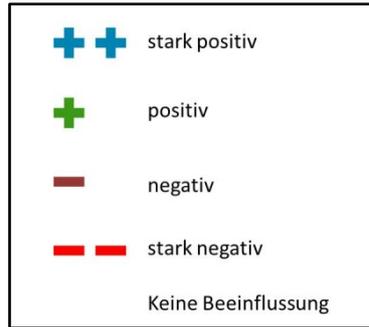


Abbildung 26: Bewertungsskala im Dach (siehe Anhang HoQ)

Der Grund für negative Beziehungen kann unter anderem in der Erreichung von technisch-physikalischen Grenzbereichen liegen. Sie können außerdem Hinweise für zweckmäßige Änderungen oder auf die Notwendigkeit komplett neuer Lösungsansätze hinweisen. Widersprüche im Dach des QFD-Hauses können infolge Ausgangspunkte für neue innovative Lösungen sein. Lösungsansätze stellen hier unterschiedlichste Entwicklungskonzepte wie Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) oder Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie (WOIS) dar.⁸⁵

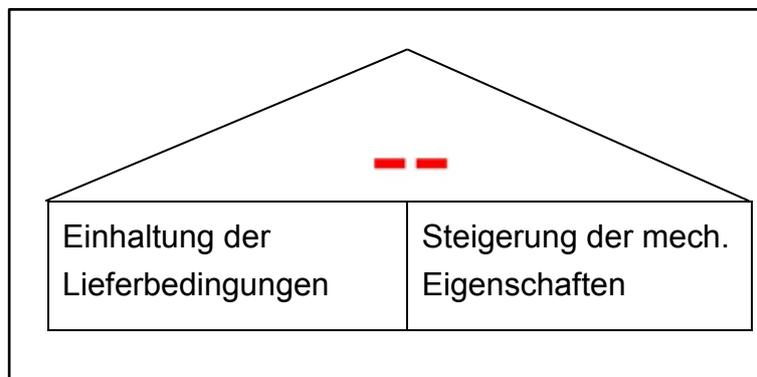


Abbildung 27: Beispiel Schritt 5 im HoQ (siehe Anhang HoQ)

In diesem konkreten Beispiel existiert eine stark negative Beeinflussung, da die Steigerung der mechanischen Eigenschaften es schwieriger macht die genau definierten Lieferbedingungen der Kunden einzuhalten. Hier könnte man nun versuchen über TRIZ oder WOIS eine Lösung des Problems herauszuarbeiten.

⁸⁵ Vgl. Saatweber (2011), S. 228

Schritt 6: Objektiver Vergleich zu Konkurrenzprodukten und Kundenbewertung

Nachdem die Beziehungen zwischen den Produktmerkmalen erfasst wurden, ist ein technischer Vergleich der im Schritt 4 definierten Produktmerkmale mit denen des Marktführers durchzuführen. Dies ermöglicht im folgenden Schritt den Vergleich zu den von Kunden geäußerten Aussagen. Außerdem hilft es, die eigenen Stärken und Schwächen hinsichtlich des Produktes ganz klar zu differenzieren. Durch vergleichen des objektiven mit den subjektiven Aspekten des Marktes ist es möglich zu ermitteln, ob die subjektiven Bewertungen des Kunden mit den objektiven Werten des technischen Vergleiches übereinstimmen. Wenn in Folge ein Merkmal vom Kunden schlechter eingestuft wird als es objektiv durch Versuche belegt worden ist, könnte ein Imageproblem vorliegen. Diesem müsste man durch Marketingaktivitäten versuchen entgegenzuwirken. Dieser Vergleich kann außerdem helfen, zukünftige Verkaufsschwerpunkte zu erkennen und danach zu handeln.⁸⁶

In der folgenden Tabelle wird ein beliebiges Produkt bezüglich der gefundenen Produktmerkmale aus Schritt 4 mit gleichwertigen Konkurrenzprodukten verglichen.

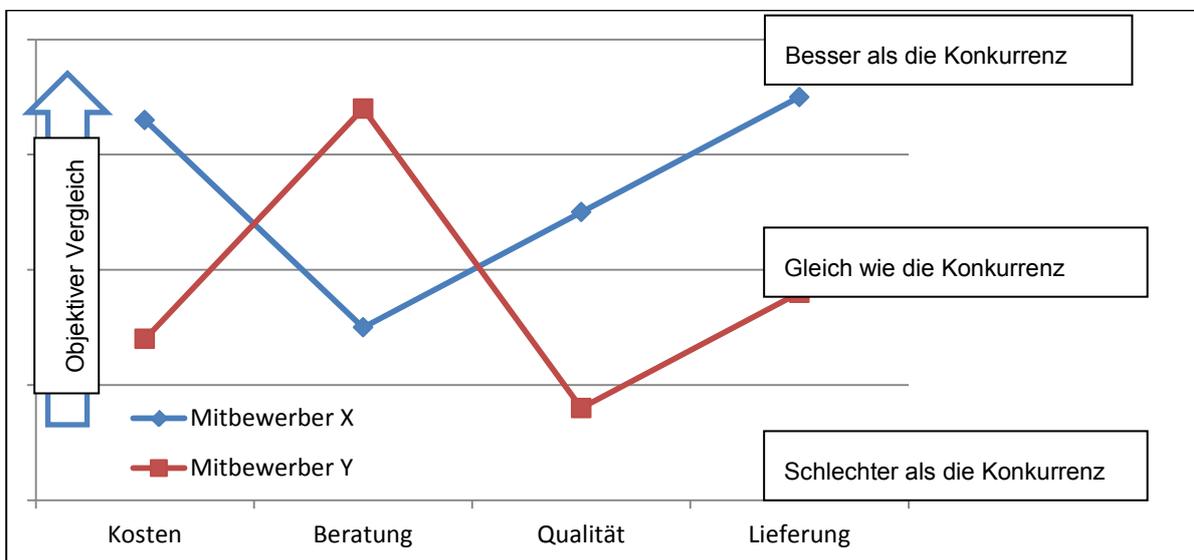


Tabelle 6: Beispiel für Schritt 6 im HoQ

⁸⁶ Vgl. Saatweber (2011), S. 229ff

■ Schritt 7: Schwierigkeitsgrad definieren

Der Schwierigkeitsgrad bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Schwierigkeit einer anzustrebenden Lösung oder einer Neuentwicklung. Bewertet wird hier nach einer Skala von eins bis zehn, wobei eins für leicht und zehn für schwer umzusetzen gilt. Die Herausforderung kann sich hier zum Beispiel nach der Höhe der Anschaffungskosten der Neuerrichtung einer Anlage oder dem benötigten Zeitbedarf richten. Des Weiteren gelten Normen oder rechtliche Vorschriften als Ausscheidungskriterium und müssen immer mit dem Schwierigkeitsgrad zehn bewertet werden. Für die Umsetzung einer Lösung ist es von größter Notwendigkeit den Schwierigkeitsgrad abschätzen zu können um danach handeln zu können.⁸⁷

In der folgenden Abbildung wird angenommen, dass die Produktion der beliebigen Firma erhöht werden soll. Dabei werden zwei Varianten angenommen und jeweils mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad bewertet.

Technischer Zielwert:

Steigerung der Produktion auf X Teile / Jahr

- ◆ **Variante 1:**
Schwierigkeitsgrad: 9
Für die Erhöhung der Ausbringungsrates muss eine teure neue Maschine angeschafft und Spezialisten eingestellt werden.

- ◆ **Variante 2:**
Schwierigkeitsgrad: 1
Für die Erhöhung der Ausbringungsrates muss KEINE neue Anschaffung getätigt werden, da durch eine kleine Änderung an der bestehenden Maschine die Produktion ohne Probleme gesteigert werden kann.

Abbildung 28: Beispiel Schritt 7 im HoQ

⁸⁷ Vgl. Saatweber (2012), S. 233

4 Erfassung der Kundenwünsche (Phase 0)

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Überlegungen zur erfolgreichen Erfassung der Kundenwünsche abgehandelt. Es wird auf die unterschiedlichen Befragungsvarianten eingegangen und die wichtigsten Ergebnisse der Kundenbefragung dargestellt.

4.1 Allgemeines

Die Ermittlung von Kundenbedürfnissen ist einer der wichtigsten Punkte im QFD-Prozess, da die Erfassung und nachfolgende Transformation der Kundenwünsche schon entscheidend über den Erfolg sein kann. Bei der Befragung ist es von besonderer Bedeutung nicht nur den bewussten Bedarf für Leistungsverbesserungen herauszufinden, sondern den unbewussten Bedarf für zukünftige Leistungen zu entdecken. Eine Möglichkeit diese Bedürfnisse herauszufinden stellt das, in Abbildung 29 dargestellte Kano Modell dar, welches die Bedürfnisse in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsfaktoren unterteilt. Diese drei Faktoren und deren Erfüllung haben eine völlig unterschiedliche Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit. Die Wirkung der Faktoren verändert sich im Laufe der Zeit, wobei Leistungsfaktoren von heute die Basisfaktoren von morgen darstellen.⁸⁸

Die drei Faktoren des Kano Modells:

■ Basisfaktoren

oder Standardfaktoren stellen diejenigen Leistungen dar, die der Kunde als selbstverständlich ansieht und welche er nicht explizit anführen wird. Sie sind für ihn existenziell wichtig und ein Fehlen würde ihn extrem unglücklich stimmen. Am Beispiel eines Personenkraftwagens würde man das Lenkrad, vier Reifen und einen Motor als Basisfaktoren einordnen. Diese Faktoren wird er niemals explizit bei einem Autokauf verlangen, da sie für ihn selbstverständlich sind. Ein Erfüllungsgrad führt ebenfalls nicht zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit.⁸⁹

⁸⁸ Vgl. Saatweber (2011), S. 86

⁸⁹ Vgl. Marx (2001), S. 14

■ Leistungsfaktoren

sind die ausgesprochenen Erwartungen des Kunden an das Produkt oder die geforderte Dienstleistung. Sie werden direkt vom Kunden nachgefragt und sind deshalb auch leicht zu erfassen. Beim Auto würde diesen Faktoren ein Navigationssystem oder eine Sitzheizung entsprechen. Die Zufriedenheit des Kunden verhält sich proportional zu dem Erfüllungsgrad der Leistung, d.h. je höher die Erfüllung der Leistung, desto zufriedener der Kunde.⁹⁰

■ Begeisterungsfaktoren

sind jene Produkteigenschaften mit der größten Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit. Problematisch ist jedoch deren Erhebung, da die Kunden sich ihrer im Normalfall nicht bewusst sind. Diese Merkmale tragen in allerhöchstem Maße zur Kundenzufriedenheit bei und deren Erhebung sollte allerhöchste Priorität haben.⁹⁴

Am Beispiel des PKW könnten solche Faktoren selbstabdunkelnde Fensterscheiben bei Lichteinfall oder ein Stabilitätssystem sein, welches ein Ausbrechen des Fahrzeuges bei allen Straßenbedingungen verhindern soll. Nachfolgend wird das überarbeitete Kano-Modell von Saatweber vorgestellt, wobei die Zeitachse anzeigen soll, dass sich Faktoren mit der Zeit verändern können. Das bedeutet, dass begeisternde Faktoren von heute Leistungsfaktoren von Morgen sind.

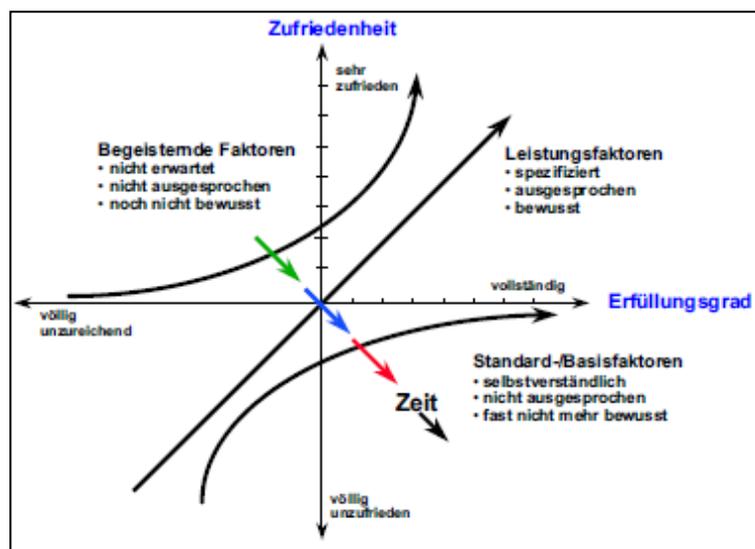


Abbildung 29: Kano Modell nach Saatweber⁹¹

⁹⁰ Vgl. Marx (2001), S. 15

⁹¹ Saatweber (2011), S. 86

4.2 Festlegen der Kundengruppen

Am Beginn jeder Neuentwicklung eines Produktes oder einer Dienstleistung müssen die folgenden sieben Fragen stehen:⁹²

- ◆ *Wer sind unsere Kunden?*
- ◆ *Was erwarten unsere Kunden von uns?*
- ◆ *Woran messen uns unsere Kunden?*
- ◆ *Erfüllen wir die Erwartungen?*
- ◆ *Was ist unser Produkt / Dienstleistung, mit der wir die Erwartungen erfüllen?*
- ◆ *Mit welchen Prozessen erfüllen wir die Erwartungen?*
- ◆ *Welche korrigierenden Maßnahmen sind notwendig, um Verbesserungen zu erreichen?*

Da jede Kundengruppe unterschiedliche Erwartungen und Bedürfnisse hat, ist es wichtig ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung genau auf deren Anforderungen abzustimmen. Hierbei ist es wichtig genau zu wissen, wer die Kunden sind, die man ansprechen will und wie man deren Wünsche befriedigen kann.

Eine mögliche Segmentierung nach Kundengruppen ist im folgenden Bild schematisch dargestellt:

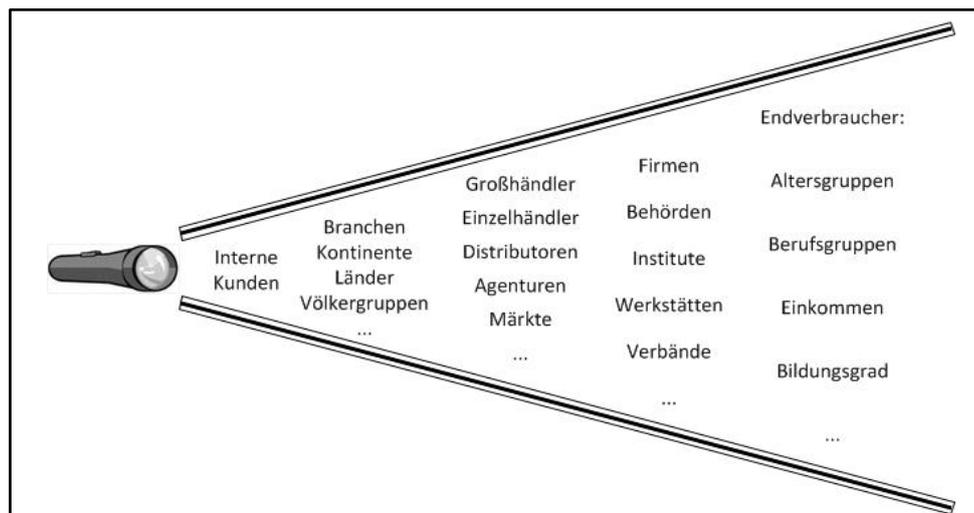


Abbildung 30: Kundensegmentierung⁹³

⁹² Saatweber (2011), S. 96

⁹³ In Anlehnung an Saatweber (2011), S. 97

4.3 Befragungsvarianten

Um die Bedürfnisse der Kunden zu ermitteln, gibt es verschiedene Möglichkeiten, wobei jede Variante seine Vor- und Nachteile besitzt.⁹⁴

- ◆ Quantitative Erhebung
- ◆ Qualitative Erhebung
- ◆ Kombinierte Erhebung

Definitionsgemäß spricht man von **quantitativen Methoden**, wenn „empirische Beobachtungen über ausgewählte Merkmale systematisch einem Kategoriensystem (Skala) zugeordnet und auf einer zahlenmäßig breiten Basis gesammelt werden.“⁹⁵

Möglichkeiten zu Durchführung einer quantitativen Erhebung sind zum Beispiel der Postweg, elektronisch über eine Internetseite oder per E-Mail.

Voraussetzung ist ein Fragebogen, welcher einfach aufgebaut, klar formuliert und optisch so ansprechend ist, damit der Befragte motiviert ist ihn auch auszufüllen.⁹⁶

Die Vorteile bei dieser Variante sind, dass außer der Zeit für dessen Erstellung keine weiteren Arbeiten nötig sind, außerdem kann eine große Anzahl von Befragungen parallel durchgeführt werden und es sind keine Anforderungen an den Interviewer im Speziellen gestellt. Des Weiteren ist die Zusicherung der Anonymität glaubwürdiger und der Befragte wird eher „ehrlich“ antworten. Nachteilig ist, dass die Rücklaufquoten und die Antwortdauer der Fragebögen je nach Kundenbindung sehr variieren können. Auftretende Schwierigkeiten beim Ausfüllen des Fragebogens können nicht sofort bereinigt werden und können so zu einem Abbruch durch den Interviewten führen. Ein weiteres Problem ist, dass man nie genau sagen kann, wer den Fragebogen wirklich bearbeitet.⁹⁷

⁹⁴ Vgl. Wohinz et al. (2009), S. 7

⁹⁵ Ebster/Stalzer (2003), S. 158

⁹⁶ Vgl. Porst (2011), S. 18 ff.

⁹⁷ Vgl. Wohinz et al. (2009), S. 13

Im Unterschied zu quantitativen Methoden, wo eine zahlenmäßig große Menge befragt wird, werden bei **qualitativen Erhebungen** vergleichsweise wenige, diese jedoch detaillierter untersucht.⁹⁸

Möglichkeiten diese durchzuführen sind zum Beispiel Telefonbefragungen, Videokonferenzen oder persönliche Interviews.

Bei **Telefonbefragungen** weiß man im Gegensatz zu der schriftlichen Variante genau, wer den Fragebogen beantwortet und man hat die Möglichkeit als Interviewer bei etwaigen Unklarheiten sofort einzugreifen. Problematisch ist dabei jedoch erstens der finanzielle Aspekt des Telefongesprächs an sich, der Zeitfaktor bei einer großen Anzahl von Kunden und als letzter Punkt die hohen Anforderungen an den Interviewer hinsichtlich Gesprächsführung und Rhetorik. Die **Videokonferenz** ist die Steigerung zur Telefonbefragung, da sich die Gesprächspartner nun „direkt“ gegenüber stehen. Rein prinzipiell gelten die gleichen Anforderungen an den Interviewer wie bei der Telefonbefragung. Die klassische Variante ist die **mündliche Befragung**, bei der es genauso wie bei der Telefonbefragung möglich ist, Unklarheit sofort zu bereinigen. Wichtig ist das Aufbauen eines Vertrauensverhältnisses zwischen Befragten und Interviewer. Die Anforderungen an den Interviewer sind dementsprechend hoch hinsichtlich Rhetorik, Gestik und dem Gesamtaufreten. Die Telefonkosten fallen zwar weg, jedoch sind die Reisekosten und der zeitliche Aspekt der Befragungen auch zu berücksichtigen.⁹⁹

Die letzte Möglichkeit der Beschaffung von Kundendaten stellt die **kombinierte Erhebung** dar. Diese verbindet die Vorteile der qualitativen und der quantitativen Erhebung. Eine Möglichkeit der Anwendung ist, die aus einem Interview ermittelten qualitativen Daten mithilfe eines Fragebogens, quantitativ zu validieren.¹⁰⁰

4.4 Erstellung des Fragenkataloges

Da die Konstruktion des Fragebogens einen wichtigen Punkt im QFD-Prozess darstellt wird im Folgenden genauer darauf eingegangen beziehungsweise erklärt wo Gefahren und Probleme bei dieser Art der Befragung auftreten können.

⁹⁸ Vgl. Ebster/Stalzer (2003), S. 158

⁹⁹ Vgl. Wohinz et al. (2009), S. 13

¹⁰⁰ Vgl. Wohinz et al. (2009), S. 12

„Nicht der Interviewer, der Fragebogen muss schlau sein!“¹⁰¹

Dieser Aussage von Gerhard Schmidtchen entsprechend, stellt sich die Frage, was ein schlauer Fragebogen ist. Aus diesem Grund wird auf einige wichtige Punkte der Fragebogenerstellung, die auch für die Diplomarbeit wichtig waren, näher eingegangen.

■ Die Titelseite

Diese ist gerade bei postalischen Befragungen der Blickfänger und sollte möglichst effektiv und attraktiv gestaltet werden. Der Fragebogen soll schließlich „verkauft“ werden, um schlussendlich eine hohe Rücklaufquote zu erreichen. Durch sie soll Interesse geweckt werden, und eine Motivation zum Ausfüllen des Fragebogens erreicht werden. Ein aussagekräftiges Bild sowie der Text sind eine gute Möglichkeit, um den Befragten auf das Interview hinzuführen.¹⁰²

■ Verständnis der Frage

Hierbei wird unterschieden zwischen semantischen und pragmatischen Verständnis. Bei der richtigen Semantik ist darauf zu achten, dass Begriffe für unterschiedliche Personengruppen eine unterschiedliche Bedeutung aufweisen können, mit anderen Worten sie überhaupt nicht bekannt sind. Beim pragmatischen Verständnis geht es darum, dass sich die Befragungsperson im Klaren sein muss, „was“ der Interviewer eigentlich wissen will. Probleme können hier auch auftreten, wenn die Fragestellung von der Semantik komplett klar ist.¹⁰³

■ Fragearten

Hierbei werden die zwei grundlegenden Arten von Fragen nach Inhalt und Form unterschieden. Die Fragen nach Inhalt sind in gewisser Weise für den

¹⁰¹ Schmidtchen zitiert in Porst (2011), S. 17

¹⁰² Vgl. Porst (2011), S. 31ff.

¹⁰³ Vgl. Porst (2011), S. 18ff

Fragebogenentwickler beliebig und nicht weiter von großer Bedeutung. Wichtiger ist die Unterteilung nach Form welche sich in:

- ◆ geschlossener
- ◆ halboffener und
- ◆ offener Fragestellung zeigt.

Bei geschlossenen Fragen existiert eine bestimmte Anzahl von Auswahlmöglichkeiten in denen der Befragte seine Antwort einpasst. Diese Befragungsart sollte verwendet werden, wenn man die Gesamtmenge aller möglichen Antworten sehr gut abschätzen und eingrenzen kann.¹⁰⁴

6) Wie hoch schätzen Sie Ihren Rohrbedarf für die nächsten 5 Jahre im Vgl. zum abgelaufenem Geschäftsjahr ein?

-100% -75% -50% -25% 0% +25% +50% +75% +100% >=100%

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Abbildung 31: Beispiel für eine Geschlossene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

Bei halboffenen Fragen existieren gewisse Antwortvorgaben, dem Befragten wird allerdings die Möglichkeit gegeben eine eigene Antwort zu schreiben. Diese sollten angewendet werden wenn, wie bei geschlossenen Fragen, die Menge der Antwortmöglichkeiten gut abgeschätzt werden kann, aber die Bestimmung nicht definitiv möglich ist.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Porst (2011), S. 57

¹⁰⁵ Porst (2011), S. 55ff

13) Welches Kohlenstoffäquivalent würde bei Ihnen bezüglich thermomechanisch gewalzten höchstfesten nahtlosen Stahlrohren einen optimalen Weiterverarbeitungsprozess ermöglichen?

<input type="radio"/> < 0,35	<input type="radio"/> 0,45 – 0,5
<input type="radio"/> 0,35 – 0,4	<input type="radio"/> 0,5 – 0,55
<input type="radio"/> 0,4 – 0,45	<input type="radio"/> > 0,55
<input type="radio"/> anderer: <input type="text"/>	

Abbildung 32: Beispiel für eine Halboffene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

Bei offenen Fragen gibt es keine Vorgaben durch den Interviewer, wodurch der Befragte die Möglichkeit hat, sich ohne Einschränkungen zu einem Thema zu äußern.

29) Wo sehen Sie die Vorteile und die Herausforderungen bei der Einführung von höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohren am Markt?

Abbildung 33: Offene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

Eine weitere Möglichkeit besteht in einer Zweikomponenten-Befragung, welche eine abgewandelte Form der geschlossenen Fragestellung darstellt. Hierbei besteht die Bedeutung darin, den Befragten direkt nach der Wichtigkeit und Zufriedenheit eines Attributes zu befragen um dadurch noch eindeutigere Aussagen zu ermitteln.¹⁰⁶

¹⁰⁶ Vgl. Saatweber (2011), S. 122

30) Bewerten Sie bitte nachfolgend nach der Bedeutung des Merkmals für Sie und wie zufrieden Sie mit der Erfüllung dessen sind.

	Bedeutung					Zufriedenheit				
	Sehr wichtig		unwichtig			sehr zufrieden		nicht zufrieden		
Schweißbeignung	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>								

Abbildung 34: Beispiel für eine Zweikomponentenbefragung (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die Entwicklung eines Fragebogens eine äußerst komplizierte Angelegenheit ist, bei der man neben einem guten Sprachgefühl, Intuition und Erfahrung vor allem auch die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die bei der Befragung selbst ablaufenden Prozesse berücksichtigen muss.¹⁰⁷

Fragebogenlänge, Fragearten und Erfahrung sind nur einige Beispiele für die Parameter, die bei der Fragebogenkonstruktion eine Rolle spielen, welche sich möglicherweise spätestens in der Rücklaufquote widerspiegeln könnten.

4.5 Durchführung der Befragung

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die Befragung schriftlich über einen Online-Fragebogen abgewickelt, welcher an die verschiedenen Kunden ausgeschickt wurde.

Die interessanten Kundengruppen der voestalpine Tubulars wurden vor der Befragung aus internen Überlegungen und der strategischen Planung heraus als die Kranhersteller europaweit identifiziert, da dort die Vorteile der höchstfesten thermomechanisch behandelten nahtlosen Stahlrohre voll zum Tragen kommen.

Die ausgewählten Kundengruppen, sowie die Auswertung und Strukturierung der Ergebnisse werden im folgenden Kapitel näher beschrieben.

¹⁰⁷ Vgl. Porst (2008), S. 12

4.5.1 Auswahl der Interviewpartner

Nachdem die interessanten Kundengruppen als Kranhersteller europaweit identifiziert waren, konnten um die folgenden Befragungen zu beginnen, die relevanten Interessensgruppen (siehe Abbildung 30) in einer QFD-Sitzung ermittelt werden.



Abbildung 35: Interessensgruppen

Bei den internen Experten handelt es sich um Angestellte der voestalpine Tubulars, welche dank ihres Fachwissens oder Arbeitsbereich beträchtlichen Einblick in die Thematik der thermomechanisch gewalzten höchstfesten nahtlosen Rohre haben.

Bei den Kunden handelt es sich um eine Gruppe von Kranherstellern zu denen die voestalpine Tubulars schon langjährigen Kontakt hat und die deshalb als besonders wichtig einzuschätzen ist.

Bei den potentiellen Kunden wurde versucht diejenigen Hersteller zu kontaktieren, welche als besonders vielversprechend hinsichtlich einer zukünftigen Zusammenarbeit angesehen werden konnten. Diese sollten einen besseren Überblick über das gesamte Kransegment liefern um dadurch die Ergebnisse der Fragebogen weiter zu präzisieren.

Insgesamt wurden 62 Fragebogen ausgeschickt und 2 in einer persönlichen Befragung abgehandelt. Der Rücklauf der Fragebögen betrug 12, was einer Quote von ca. 19 % entspricht.

4.5.2 Strukturierung der Kundenbefragungen

Um die spätere Auswertung zu erleichtern, wurde der Fragebogen in verschiedene Bereiche gruppiert und chronologisch vom Inhalt strukturiert. Eine grobe Gliederung sollte dem Ausfüllenden helfen, sich im Fragebogen zurechtzufinden.¹⁰⁸

Nachfolgend wird die verwendete Strukturierung der Arbeit aufgelistet:

- ◆ Firmenangaben
- ◆ Einleitung
- ◆ Schweißbeignung
- ◆ Legierung
- ◆ Normen / Spezifikation / Technische Lieferbedingung
- ◆ Leichtbaupotential / Dimensionen
- ◆ Eigenspannungszustand
- ◆ Schweißnahtüberprüfung
- ◆ Kosten
- ◆ Allgemeines

Für die Auswertung der Kundendaten wurde in geschlossene und offene Fragegruppen unterteilt.

■ Geschlossene Fragen

Bei diesen Fragestellungen wurden unterschiedliche Antwortmöglichkeiten vorgeben, wobei zwischen einer Einfach- und einer Mehrfachauswahl zu unterscheiden ist.

6) Wie hoch schätzen Sie Ihren Rohrbedarf für die nächsten 5 Jahre im Vgl. zum abgelaufenem Geschäftsjahr ein?

-100% -75% -50% -25% 0% +25% +50% +75% +100% >=100%

Abbildung 36: Beispiel für eine Einfachauswahl (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

¹⁰⁸ Kirchhoff et al. (2003), S. 19f

21) Welche Stahlgütegrade verwenden Sie in Ihrer Produktion zur Abdeckung des Produktportfolios?

S460NH S690QL S770QL S790QL S890QL S960 S1100

Abbildung 37: Beispiel für eine Mehrfachauswahl (siehe Anhang deutscher Fragebogen)

Um Tendenzen in den Antworten der retournierten Fragebögen zu erhalten, wurde jede markierte Antwort aufgenommen und mit einem Punkt bewertet. Dies wurde für den gesamten Fragebogen durchgeführt und am Ende aufsummiert, wobei die Vorgehensweise im Folgenden exemplarisch erklärt wird.

Informationen aus der Kundenbefragung															
Fragebogen 1:	Geschätzter Rohrbedarf: +25% Verwendetet Stahlgütegrade: S460NH, S770QL														
Fragebogen 2:	Geschätzter Rohrbedarf: 0% Verwendete Stahlgütegrade: S690QL, S770QL														
Auswertung der Kundeninformationen															
Geschätzter Rohrbedarf:	Verwendete Stahlgütegrade:														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Gewählte Antwortvorgabe</th> <th>Punktebewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>25%</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Gewählte Antwortvorgabe	Punktebewertung	0%	1	25%	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Gewählte Antwortvorgabe</th> <th>Punktebewertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S460NH</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>S770QL</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>S690QL</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Gewählte Antwortvorgabe	Punktebewertung	S460NH	1	S770QL	1	S690QL	2
Gewählte Antwortvorgabe	Punktebewertung														
0%	1														
25%	1														
Gewählte Antwortvorgabe	Punktebewertung														
S460NH	1														
S770QL	1														
S690QL	2														

Abbildung 38: Beispiel für die Auswertung der Kundeninformationen

■ Offene / Halboffene Fragestellungen

Diese wurden vom Prinzip her gleich bewertet wie die geschlossenen Fragen. Ausgefüllte Bemerkungen oder Begründungen wurden in die Endbewertung aufgenommen und mit je einem Punkt bewertet.

8) Welche Schweißverfahren verwenden Sie im Fachwerksbau für Rohrkonstruktionen?

135 (MAG)
111 (Elektrode)

Abbildung 39: Beispiel für eine ausgefüllte offene Fragestellung

■ Berechnung der Bedeutung und der Kundenzufriedenheit von Merkmalen

Mit diesem Fragemodus wurde versucht die Bedeutungen von einzelnen übergeordneten Kundenanforderungen zu bestimmen, um diese dann für das HoQ nutzen zu können.

Es wurde für die Bewertung der Bedeutung und für die Kundenzufriedenheit je eine 10er Skala verwendet. Deklariert wurde „Sehr wichtig“ beziehungsweise „Sehr zufrieden“ mit zehn Punkten und „unwichtig“ beziehungsweise „nicht zufrieden“ mit null Punkten. Diese Werte wurden für jedes Merkmal addiert und am Ende durch die Anzahl der Bewertungen dividiert, um einen Durchschnittswert zu erhalten.

30) Bewerten Sie bitte nachfolgend nach der Bedeutung des Merkmals für Sie und wie zufrieden Sie mit der Erfüllung dessen sind.

	Bedeutung					Zufriedenheit					
	Sehr wichtig		unwichtig			sehr zufrieden		nicht zufrieden			
Schweißbeignung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					
Legierungselemente	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					

Abbildung 40: Beispiel für eine ausgefüllte Zweikomponentenbefragung

Mithilfe der zuvor ausgefüllten Zweikomponentenbefragung konnten die durchschnittliche Bedeutung und Zufriedenheit der Merkmale errechnet werden, welches in der folgenden Abbildung beispielhaft erklärt wird.

Fragebogen 1:		
Kundenmerkmale	Bedeutung	Zufriedenheit
Schweißseignung	9	9

Fragebogen 2:		
Kundenmerkmale	Bedeutung	Zufriedenheit
Schweißseignung	8	7

$$\bar{\emptyset} \text{ Bedeutung} = \frac{9+8}{2} = 8,5 \quad \bar{\emptyset} \text{ Zufriedenheit} = \frac{9+7}{2} = 8$$

Abbildung 41: Beispiel für die Berechnung von durchschnittlicher Bedeutung und Zufriedenheit

Mithilfe der berechneten durchschnittlichen Bedeutung und Zufriedenheit war es möglich den GAP, also die Lücke zwischen Bedeutung eines Kundenmerkmals zu deren Zufriedenheit zu errechnen. Der GAP stellt einen Indikator für die wirkliche Kundenzufriedenheit dar und hilft den Handlungsbedarf bei einem Kunden einzuschätzen.¹⁰⁹

$$\bar{\emptyset} \text{ GAP} = \bar{\emptyset} \text{ Bedeutung} - \bar{\emptyset} \text{ Zufriedenheit}$$

¹⁰⁹ Vgl. Saatweber (2011), S. 165ff

Nachfolgende Abbildung stellt den Zusammenhang zwischen errechnetem GAP und der Notwendigkeit einer erhöhten „Pflege“ des Kundenkontaktes dar. Beispielsweise besteht im Feld 2, bei einem GAP größer zwei, die Gefahr den Kunden an die Konkurrenz zu verlieren.

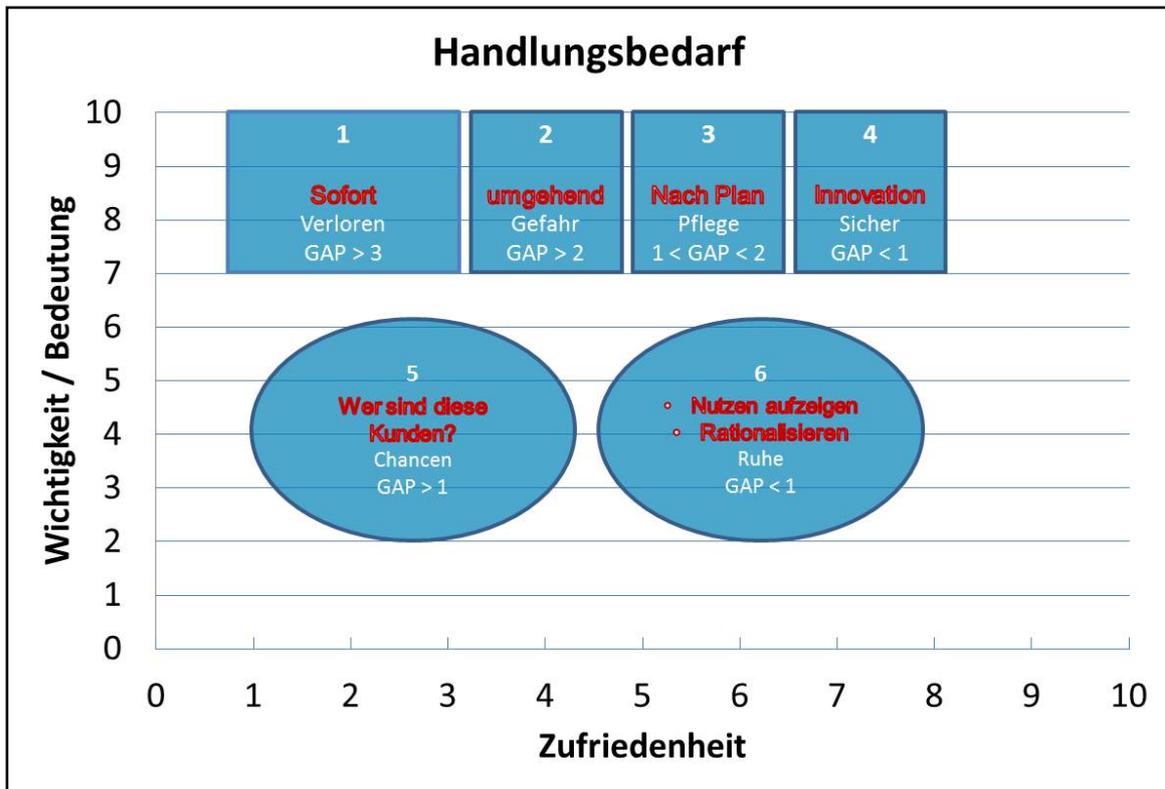


Abbildung 42: Situationsfelder bei der GAP-Analyse¹¹⁰

Probleme bei der GAP-Analyse hinsichtlich der Aussagekraft können allerdings auftreten, wenn beim GAP gleiche Werte für unterschiedliche Bedeutungen und Zufriedenheiten auftreten.

Ø Bedeutung ₁ = 9,6	Ø Zufriedenheit ₁ = 7,4	Ø GAP ₁ = 2,3
Ø Bedeutung ₂ = 5,3	Ø Zufriedenheit ₂ = 3	Ø GAP ₂ = 2,3

Abbildung 43: Beispiel für die Berechnung des GAPs

¹¹⁰ In Anlehnung an Saatweber (2011), S. 169

Da in so einem Fall die Betrachtung hinsichtlich der Wichtigkeit eines Merkmales nur mittels Durchschnittswerten problematisch ist, wurde noch der relative Handlungsbedarf berechnet, der die Verteilungen bezüglich der Bedeutung deutlicher unterscheidet.¹¹¹

$$\text{Relativer Handlungsbedarf}_1 = \emptyset \text{ GAP}_1 * \emptyset \text{ Bedeutung}_1 = 2,3 * 9,6 = 22,08$$

$$\text{Relativer Handlungsbedarf}_2 = \emptyset \text{ GAP}_2 * \emptyset \text{ Bedeutung}_2 = 2,3 * 5,3 = 12,19$$

Abbildung 44: Beispiel für die Berechnung des Relativen Handlungsbedarfes

Wie im obigen Beispiel ersichtlich kann durch Anwendung und Berechnung des relativen Handlungsbedarfes klar unterschieden werden, welches Merkmal bedeutsamer ist und somit einer genaueren Betrachtung unterzogen werden sollte.

In der nachfolgenden Abbildung werden die Ergebnisse aus der Befragung bezüglich der durchschnittlichen Zufriedenheit und Bedeutung dargestellt.

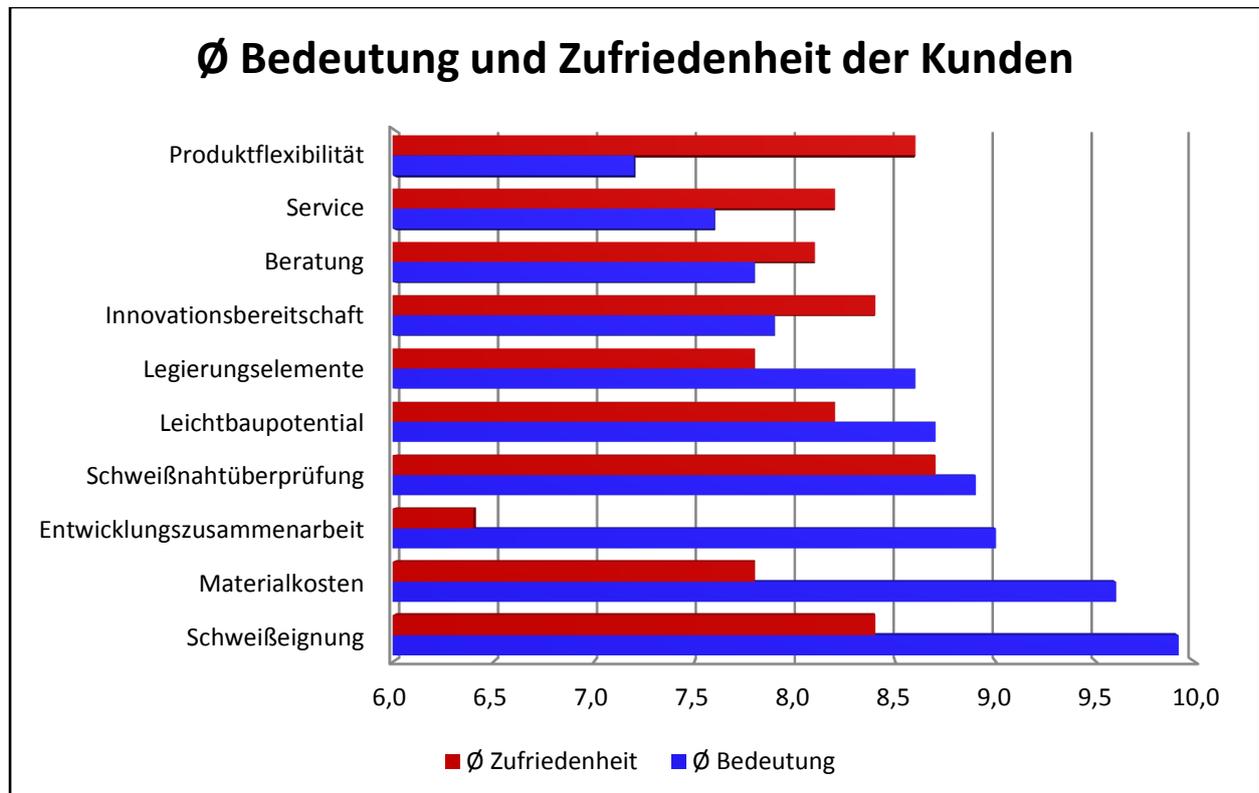


Abbildung 45: Ergebnisse zu durchschnittlicher Kundenzufriedenheit und Bedeutung

¹¹¹ Vgl. Saatweber (2011), S. 166f

Durch die Ergebnisse war es möglich den GAP und den relativen Handlungsbedarf zu den jeweiligen Merkmalen zu berechnen. Diese Auswertung wurde wie in Abbildung 42 dargestellt vorgenommen, um die Situationsfelder näher zu klassifizieren.



Abbildung 46: Ergebnisse zu relativer Handlungsbedarf und GAP

Aus Abbildung 46 ist zu entnehmen, dass folgende Merkmale mit einem GAP und relativen Handlungsbedarf größer Null genauer betrachtet werden sollten:

- ◆ Entwicklungszusammenarbeit
- ◆ Materialkosten
- ◆ Schweißbeignung
- ◆ Legierungselemente
- ◆ Leichtbaupotential
- ◆ Schweißnahtüberprüfung

Die Merkmale bezüglich Beratung, Innovationsbereitschaft, Service und Produktflexibilität sind dahingehend zu untersuchen ob hier nicht eine Übererfüllung der Kundenanforderungen vorliegt.

5 Überführung der Kundenanforderungen in Produktmerkmale (Phase 1)

In diesem Kapitel werden die konkreten Schritte dargestellt, die nötig waren, um von den Ergebnissen der Kundenbefragungen auf das House of Quality schließen zu können. Es wird der komplette Prozess „im ersten Haus“ mit den dazugehörigen Werten dargestellt.

5.1 Auswahl des QFD-Projektteams

Bei komplexen Problemen und Herausforderungen reicht heutzutage das Wissen eines Einzelnen nicht mehr aus um qualitativ hochwertige Lösungen zu produzieren. Bei der Teamzusammenstellung sind gewisse Richtlinien zu beachten um ein produktives Arbeiten zu erzeugen:¹¹²

- ◆ Teamgrößen zwischen 6 und 8 Leuten sollten angestrebt werden. Größere Gruppen bergen die erhöhte Gefahr von sozialen Konflikten, welche sich negativ auf das gesamte Team auswirken können. Die Teammitglieder sollten, wenn möglich, den gesamten Projektablauf begleiten.
- ◆ Hinsichtlich der Auswahl der Teammitglieder ist die Regel – Fähigkeit vor Position – anzustreben. Die Mitglieder können hierfür aus den Bereichen Marketing, Vertrieb, Konstruktion, Entwicklung, Produktion, Einkauf oder anderen Bereichen stammen.
- ◆ Der Teamleiter hat die Rolle eines Moderators und nicht die eines Führers. Er hat die Aufgabe das Wissen der verschiedenen Teammitglieder zu fokussieren und die Stärken der Einzelnen für alle nutzbar zu machen.
- ◆ Eine Mischung von Frauen und Männer hat den Vorteil, da Männer aus Begeisterung heraus entwickeln und Frauen nur für den Kunden. Dies bietet den Vorteil, die Stärken beider Parteien für das Projekt nutzbar zu machen.

¹¹² Vgl. Saatweber (2011), S. 327ff

- ◆ Eine räumliche Verbundenheit hat sich des Weiteren als vorteilhaft erwiesen.

5.2 Durchführung des QFD-Prozesses mittels HoQ

Im Folgenden wird die Durchführung des HoQ-Prozesses dargestellt und dessen Zustandekommen erläutert. Im Piktogramm, welches die unterschiedlichen „Fenster“ des Hauses darstellt, wird in Rot immer der aktuelle Stand der Bearbeitung im HoQ abgebildet.

5.2.1 Auswahl des QFD-Teams

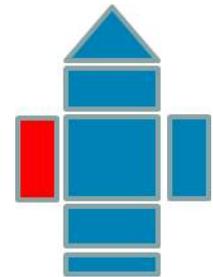
Wie unter Kapitel 5.1 beschrieben wurde als erstes ein geeignetes QFD-Team zusammengestellt um die nötigen Entscheidungen zu treffen. Das Projektteam setzte sich aus den folgenden Personen zusammen:

- ◆ Abteilung Forschung und Entwicklung
 - Leitung F & E
 - Entwickler F & E
- ◆ Abteilung für Verkauf
 - Leitung Verkauf
- ◆ Produktionsabteilung Wärmebehandlung
 - Leitung Produktion

Die Teammitglieder befanden sich somit aus unterschiedlichen Abteilungen und Spezialisierungen, was einen enormen Informationsgewinn darstellte. Sie befanden sich außerdem in räumlicher Reichweite, um Fragen in kürzester Zeit abzuhandeln.

5.2.2 Schritt 1: Auswahl der relevanten Kundenanforderungen

Durch die schriftlichen Fragebögen und die mündlichen Befragungen war es möglich eine Vielzahl von Informationen zu erlangen, welche aber noch nicht für das House of Quality geeignet waren. Die Informationen mussten zuerst geordnet, ergänzt und gegliedert werden, um sie als Kundenanforderungen in das HoQ aufzunehmen.



Den ersten Schritt der Strukturierung stellte ein Brainstorming dar, bei dem die Antworten des Fragebogens einer ersten Sichtung unterzogen wurden und im QFD-Team noch durch weitere relevante Informationen ergänzt wurden. Wie in Abbildung 47 dargestellt sind die relevanten Informationen vom Fragebogen in Blau und die ergänzenden Merkmale durch das Brainstorming in Rot dargestellt.

Nach dem Brainstorming wurden mit Hilfe einer Metaplantchnik (Pinnwand-Technik) die gesammelten Merkmale zuerst in unterschiedliche Stapel aufgeteilt um größere Gruppen sichtbar zu machen. Dieses Vorgehen ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt.

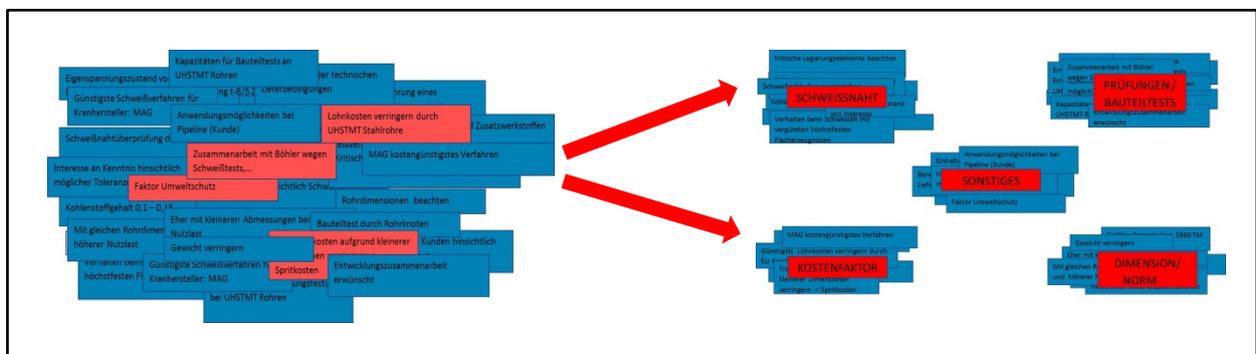


Abbildung 47: Überleitung Brainstorming

Diese Gruppen wurden im Anschluss daran im QFD-Team nochmals gesichtet um daraus die Funktionsbäume zu entwickeln. Wie in Abbildung 48 ersichtlich stellt die Baumstruktur die Merkmale in geordneter Weise in Über- und Untergruppen dar. Der Vorteil dieser Darstellung ist, dass sich auch komplizierte Zusammenhänge anschaulich aufzeigen lassen.

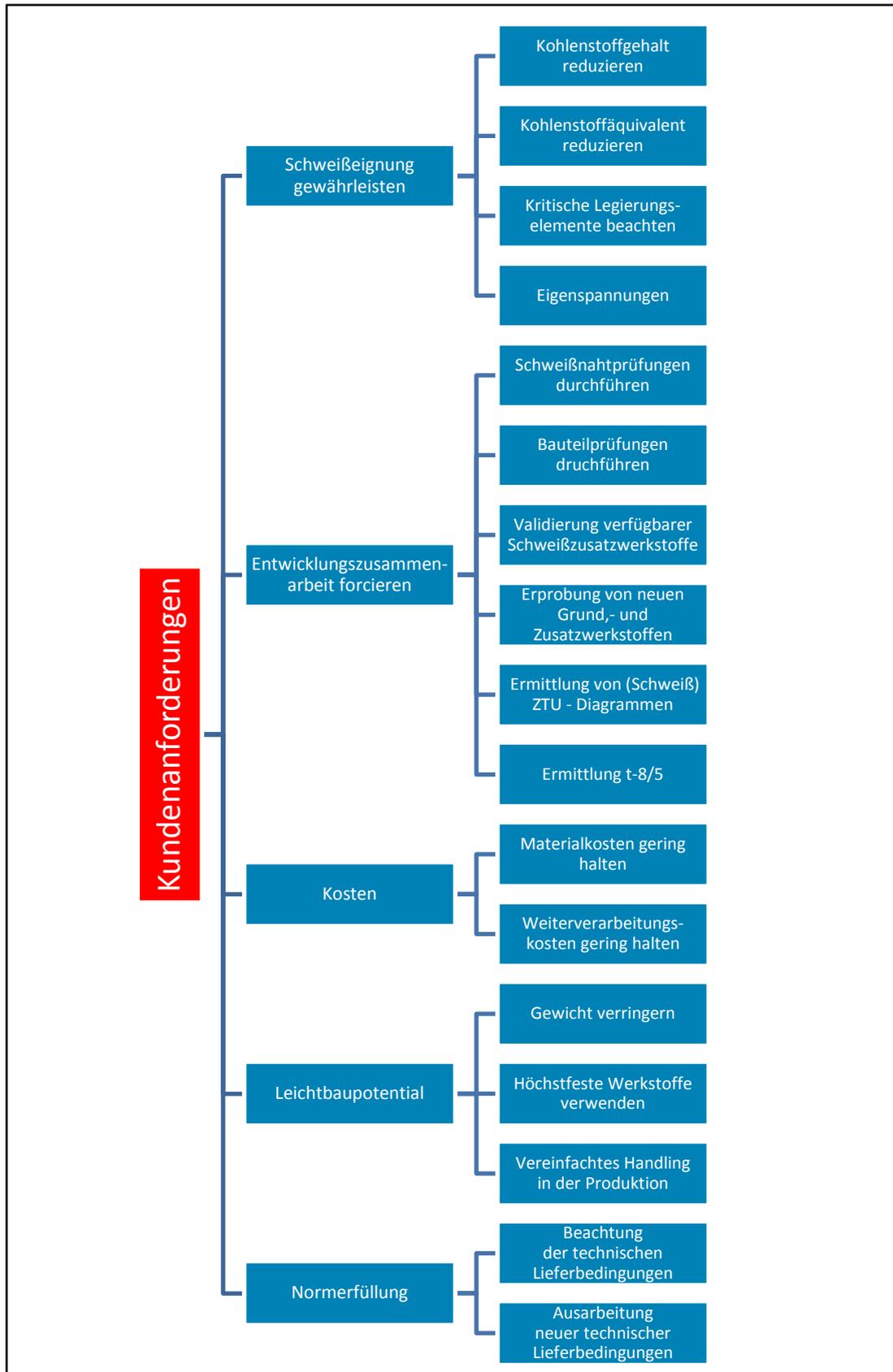


Abbildung 48: Funktionsbaum der Kundenanforderungen

Im Anschluss wurden alle relevanten Merkmale aus dem Funktionsbaum für den Eingang ins House of Quality verwendet. In Summe wurden 13 Produktanforderungen ins HoQ übernommen.

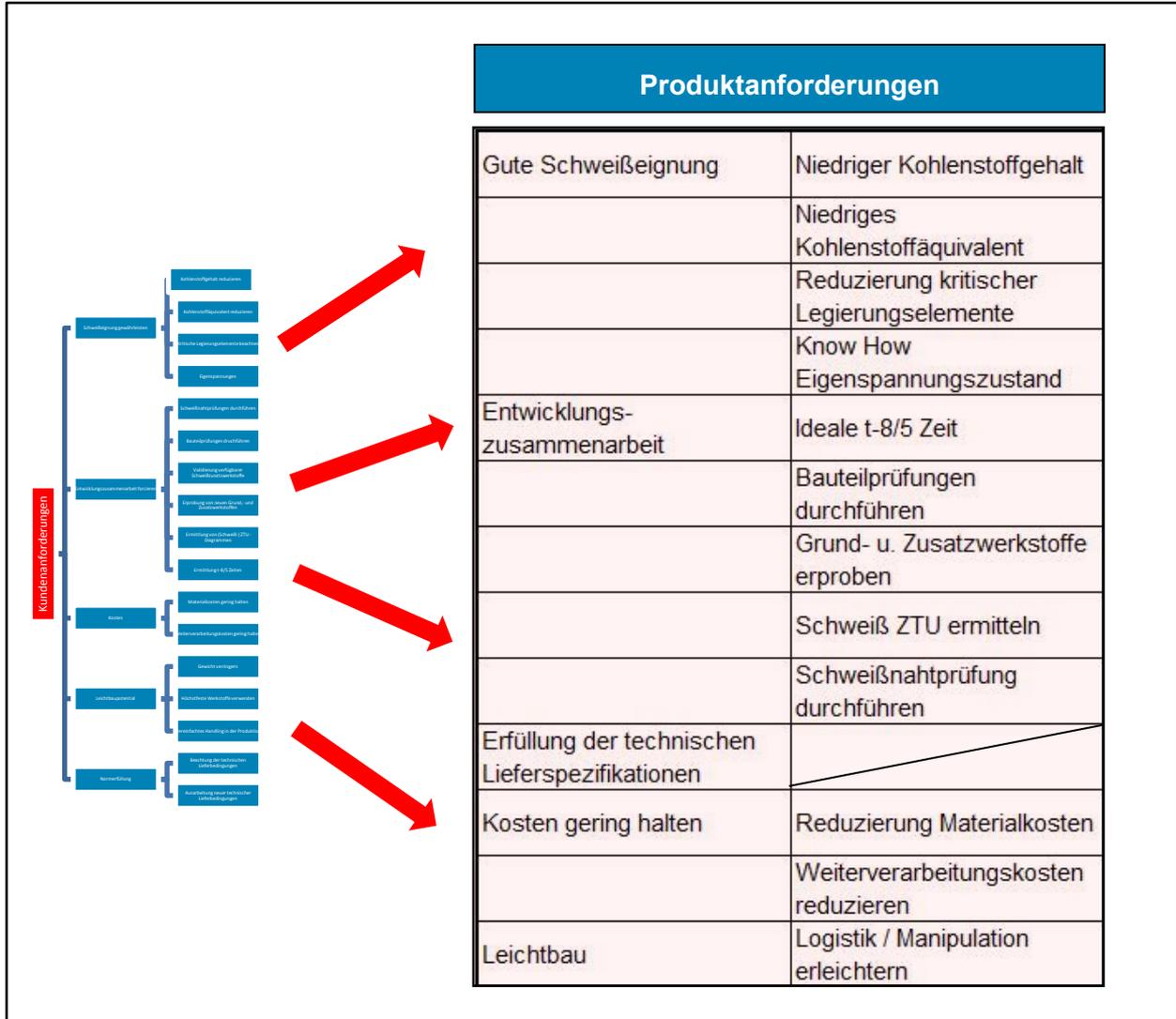


Abbildung 49: Kundenanforderungen im HoQ

* t-8/5: Entspricht der Abkühlzeit einer Schweißnahtnaht von 800 [°C] auf 500 [°C].

5.2.3 Schritt 2: Wettbewerbsvergleich aus Kundensicht

Ziel dieses Schrittes ist es, zu erkennen wie zufrieden die Kunden mit dem Angebot der voestalpine Tubulars sind. Da ein Vergleich mit anderen Firmen zu nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohren nicht möglich war, wurden stattdessen der GAP und der relative Handlungsbedarf (siehe Abbildung 46) der Merkmale errechnet um daraus Aussagen zu der Zufriedenheit der Kunden zu tätigen.

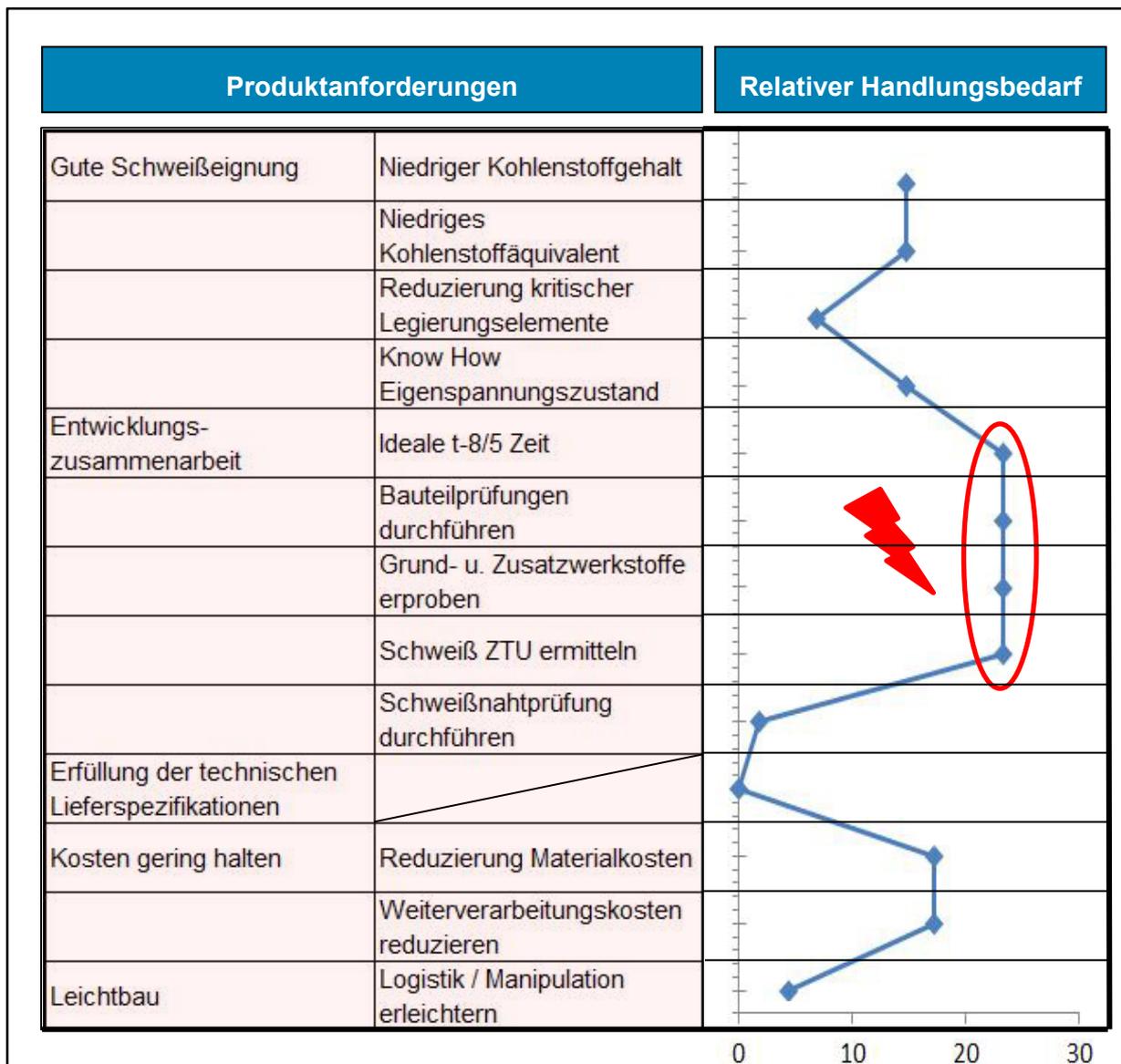
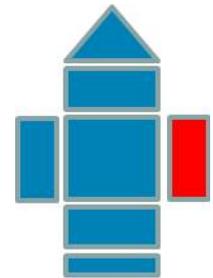
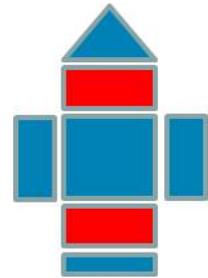


Abbildung 50: Auswertung relativer Handlungsbedarf (siehe Anhang HoQ)

Beim relativen Handlungsbedarf zeigten sich hinsichtlich der Forcierung der Entwicklungszusammenarbeit die größten Diskrepanzen.

5.2.4 Schritt 3: Ermittlung der technischen Produktmerkmale

Im nächsten Schritt wurde für jede Kundenanforderung mindestens ein passendes Produktmerkmal gesucht. Danach wurden, um „Übersetzungsfehler“ zu vermeiden im nächsten Schritt die Zielwerte sowie die Änderungsrichtung eingetragen.

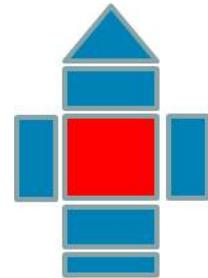


Kundenanforderungen		
Kohlenstoffgehalt	↓	0,1 < Kohlenstoffgehalt < 0,15
Verwendung von Mikrolegierungselementen	↑	Kohlenstoffäquivalent < 0,35
Verwendung kritischer Legierungselemente	↓	Reduzierung/Vermeidung von Nb, Zr, Ti
Eigenstressforschung		Gezielte Einbringung von Eigenspannungen in Zug- oder Druckform über unterschiedliche Gefügelayer (Synchrotronmessung)
t - 8/5 nach EN 1011-2	↓	Bestimmung der Schweißparameter für fehlerfreie Schweißung lt. DIN
Statische/Dynamische Prüfung		Statische Ermittlung der krit. Versagenskräfte und dynamische Ermittlung der krit. Lastwechselfrequenz
Schweißseignung	↑	Overmatch von Grundwerkstoff
Schweißzulassung		Zertifizierung für UHTMRT nahtloser Stahlrohr durchführen
Dilatometerauswertung		Ermittlung (Schweiß) ZTU - Diagramm
Zerstörungsfreie Prüfung		Kein Ausschuss
Zerstörende Prüfung		Mechanische Kennwerte Rp0,2 / Rm / A / KBZ / Gefügebilder / Härteverlauf
Einhaltung der Toleranzen (Lieferbedingungen)		Produktionsvorschriften
Mechanischen Eigenschaften	↑	Zugfestigkeit bis 1200 Mpa
Schnittlängenprogramm / Schweißnahtvorbereitung	↑	Auslieferung unterschiedlicher Schnittlängen mit individueller Schweißnahtvorbereitung an den Rohrenden
Gewicht	↓	Gewichtseinsparungen mindestens 25 % durch Verbesserung der mechanischen Eigenschaften

Abbildung 51: Bestimmung der Produktmerkmale, Zielwerte und Änderungsrichtung (siehe Anhang HoQ)

5.2.5 Schritt 4: Bewerten der Unterstützungsgrade

In diesem Abschnitt wurden die unterschiedlichen Produktmerkmale und Kundenanforderungen auf ihre Beeinflussung zueinander untersucht.



Als Skala wurde eine 0-1-3-9 Skala, beziehungsweise Symbole verwendet, um wiederum die Entscheidungen nicht durch „Zahlengläubigkeit“ beeinflussen zu lassen.

Nachdem jedes Produktmerkmal mit jeder Kundenanforderung verglichen wurde, konnten die relativen und absoluten Spaltenwerte gebildet werden. (siehe 4.5.2 Strukturierung der Kundenbefragungen)

Produkt- anforderungen	Produkt- merkmale														
	Kohlenstoffgehalt	Verwendung von Mikrolegierungselemente	Verwendung kritischen Legierungselemente	Eigenspannungsforschung	t - 8/5 nach EN 1011-2	Statische/Dynamische Prüfung	Schweißbeignung	Schweißzulassung	Dilatometerauswertung	Zerstörungsfreie Prüfung	Zerstörende Prüfung	Einhaltung der Toleranzen (Lieferbedingungen)	Mechanischen Eigenschaften	Schnittlängenprogramm / Schweißnahtvorbereitung	Gewicht
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Niedriger Kohlenstoffgehalt	○	○	○		○		○	○	○			○	○		
Niedriges Kohlenstoffäquivalent	○	○	△		○		○	○	○			○	○		
Reduzierung kritischer Legierungselemente	○	○	○		△		○	○	○			○	○		
Know How Eigenspannungszustand	△	△	△	○			○						△		
Ideale t-8/5 Zeit	○	○	○		○		○	○	○				○		
Bauteilprüfungen durchführen						○				○	○				
Grund- u. Zusatzwerkstoffe erproben	○	○	○		○	○	○	○	○			○	○		○
Schweiß ZTU ermitteln	○	○	○				○	○	○				○		
Schweißnahtprüfung durchführen						○	○	○		○	○				
Erfüllung der technischen Lieferspezifikationen	○	○	○			○	△	△				○	○	○	
Reduzierung Materialkosten		○					△	△					○	○	○
Weiterverarbeitungskosten reduzieren	△		○				○					○	○	○	○
Logistik / Manipulation erleichtern												○	○		○
	449	460	378	89	230	272	774	598	380	161	161	430	732	263	332
	8	8	7	2	4	5	14	10	7	3	3	8	13	5	6

Abbildung 52: Festlegen der Unterstützungsgrade und Berechnung der Spaltenwerte (siehe Anhang HoQ)

Nachdem die Bewertung hinsichtlich der Unterstützungsgrade abgeschlossen war, zeigten sich markante Produktmerkmale:

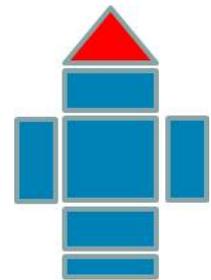
- ◆ Steigerung der Schweißeignung
- ◆ Steigerung der mechanischen Eigenschaften

Bei diesen Merkmalen gab es die höchsten absoluten und relativen Spaltenwerte. Diese Produktmerkmale sollten auf jeden Fall einer genaueren Untersuchung unterzogen werden. Auf jeden Fall sollten diese, wenn eine Phase II im QFD-Prozess notwendig ist, als kritische Merkmale übernommen werden.

Trotzdem darf nie vergessen werden, das House of Quality immer als Ganzes zu sehen und nicht nur bestimmte Ergebnisse getrennt voneinander zu betrachten. Dies zeigt sich in der Korrelationsmatrix, weil die meisten Merkmale sich stark untereinander beeinflussen. Dies ist auch ein Grund warum bei komplexen Systemen wie den nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohre am Ende das Pflichtenheft nie als selbstverständlich angenommen werden darf, sondern immer kombiniert mit dem gesamten HoQ.

5.2.6 Schritt 5: Kontrolle der Korrelation der Produktmerkmale

Dieser Schritt besteht in der Kontrolle der Produktmerkmale untereinander im Dach des HoQ. Es wurde eine Skala entsprechend Abbildung 26 gewählt um die Beeinflussungen aufzuzeigen.



Das QFD-Team vergleicht somit jedes Merkmal miteinander und bewertet dieses anschließend mit einem Unterstützungsgrad.

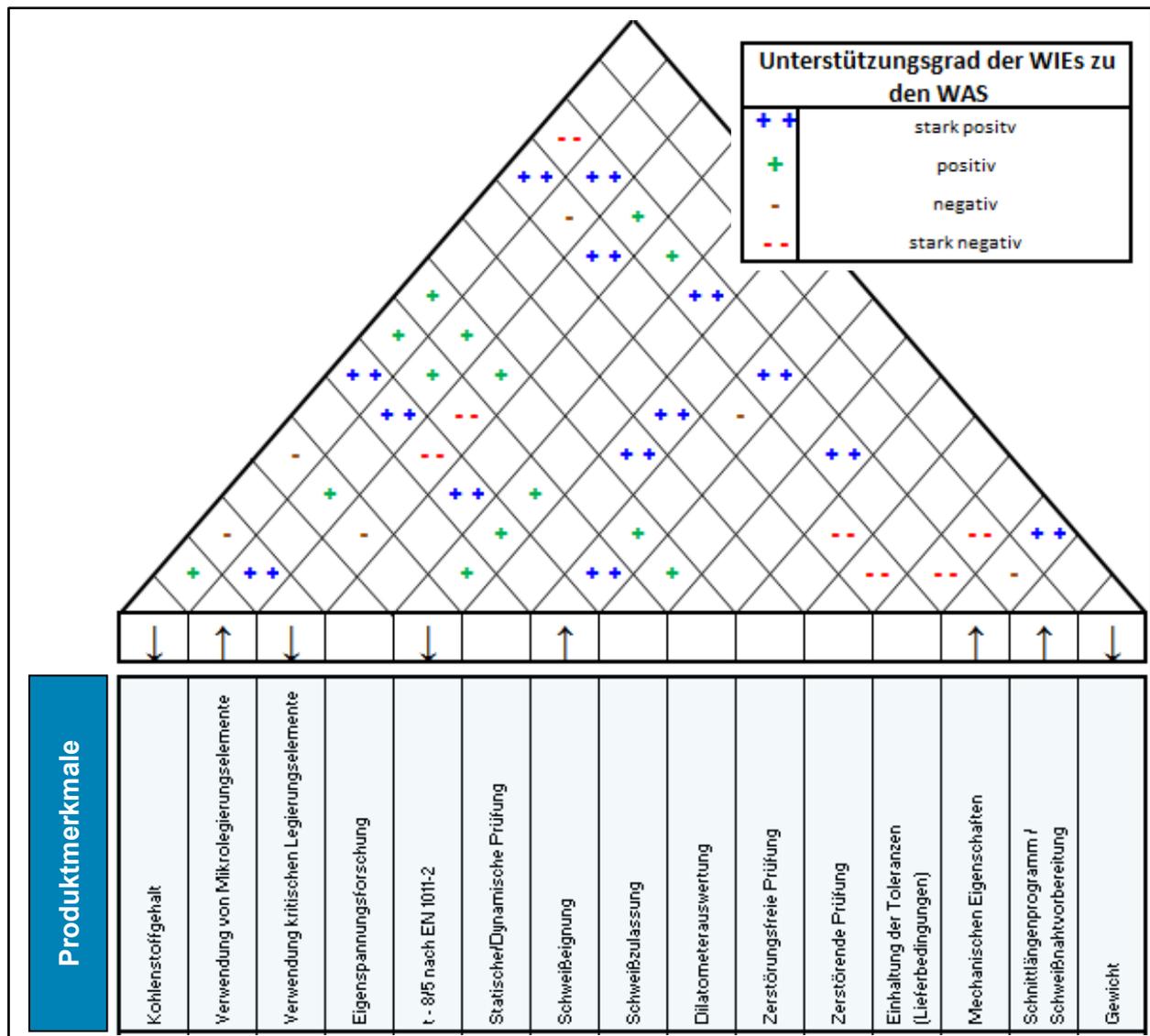


Abbildung 53: Kontrolle der Produktmerkmalkorrelativen (siehe Anhang HoQ)

Bei Merkmalen, die aufgrund ihrer Komplexität positiv oder negativ sein konnten, wurde ein Unterstützungsgrad im Sinne der voestalpine Tubulars gewählt.

Bewertung von

- ◆ Steigerung der mechanischen Eigenschaften zu
- ◆ Senkung des Kohlenstoffgehaltes

Hierbei wurde mit (- -), also „stark negativer“ Zusammenhang bewertet, da der Kohlenstoffgehalt maßgeblich die Festigkeit von Stählen herabsetzt, obwohl die Zähigkeit im Allgemeinen steigen würde. Im Sinne der voestalpine Tubulars ist die Festigkeit für die Entwicklung der nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohre von viel höherer Bedeutung ist als die Zähigkeit.

5.2.7 Schritt 6: Technischer Vergleich mit Wettbewerbsprodukten

Beim Vergleich mit Produkten eines Mitbewerbers wird versucht die Produktmerkmale ganz objektiv mit denen des Marktführers zu bewerten. Als Vergleichsprodukt für das nahtlose thermomechanisch gewalzte höchstfeste Stahlrohre (UHSTMRT) der voestalpine Tubulars wurde ein höchstfestes Stahlrohr gewählt, welches aus einem Blech umgeformt und dann zusammengeschweißt wurde.

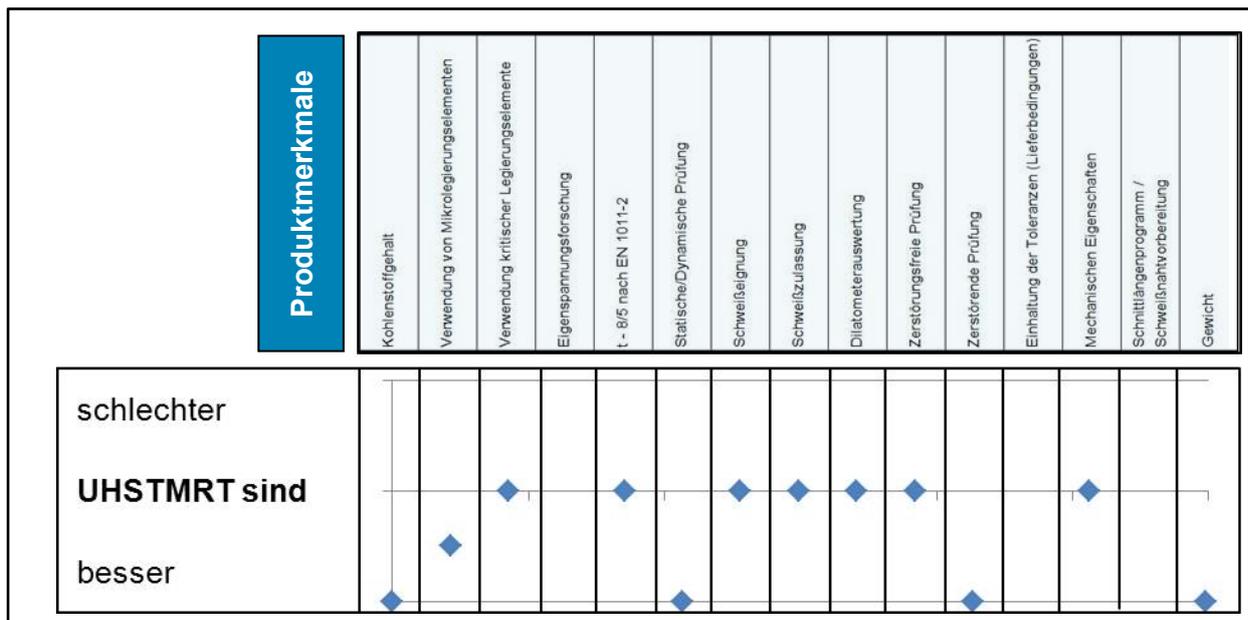
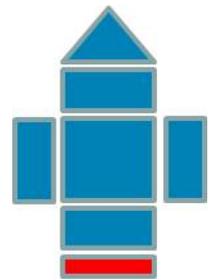


Abbildung 54: Technischer Vergleich von UHSTMRT mit geschweißtem Rohr (siehe Anhang HoQ)

Es zeigte sich, dass das geschweißte Rohr bezüglich der Produktmerkmale im HoQ nicht unbedingt besser ist als die nahtlosen thermomechanische gewalzten höchstfesten Stahlrohre, jedoch bei einigen Punkte gleich auf ist.

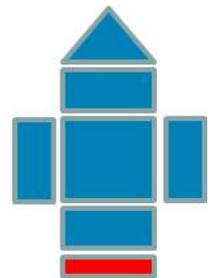
Die Merkmale

- ◆ Eigenspannungsforschung
- ◆ Schnittlängenprogramm / Schweißnahtvorbereitung
- ◆ Einhaltung der Toleranzen (Lieferbedingungen)

konnten aufgrund fehlender Information nicht bewertet werden.

5.2.8 Schritt 7: Bestimmen des Schwierigkeitsgrades

Der letzte Schritt im HoQ stellt die Chance einer Realisierungsmöglichkeit für ein Produktmerkmal dar. Es wurde eine Skala von „1-10“ gewählt, wobei „1“ für sehr leicht realisierbar und „10“ für sehr schwer realisierbar steht. Der Schwierigkeitsgrad bezieht sich entweder auf die dazu notwendigen hohen Kosten oder auf die Dauer, die für die Umsetzung nötig wäre.



Zielwerte	0,1 < Kohlenstoffgehalt < 0,15	Kohlenstoffäquivalent < 0,35	Reduzierung/Vermeidung von N,B,Zr,Ti	Gezielte Einbringung von Eigenspannungen in Zug,- oder Druckform über unterschiedliche Gefügelayer (Syncrotrommessung)	Bestimmung der Schweißparameter für fehlerfreie Schweißung lt. DIN	Statische Ermittlung der krit. Versagenskräfte und dynamische Ermittlung der krit. Lastwechselspielzahl	Overmatch von Grundwerkstoff	Zertifizierung für UHSTMRT nahtloser Stahlrohre durchführen	Ermittlung (Schweiß) ZTU - Diagramm	Kein Ausschuß	Mechanische Kennwerte Rp0,2 / Rm / A / KBZ / Gefügebilder / Härtenlauf	Produktionsvorschriften	Zugfestigkeit bis 1200 Mpa	Auslieferung unterschiedlicher Schnittlängen mit individueller Schweißnahtvorbereitung an den Rohrenden	Gewichtseinsparungen mindestens 25 % durch Steigerung der mechanischen Eigenschaften
	5	8	4	10	7	4	5	7	2	4	1	6	7	2	5

←
Schwierigkeitsgrad
→

Abbildung 55: Bestimmung des Schwierigkeitsgrades der Produktmerkmale

5.3 Ergebnisse aus dem House of Quality

Im Anschluss wurden alle Produktmerkmale mit ihren Ziel- und Wunschwerten sowie deren Schwierigkeitsgrad und Merkmalsbedeutung abgebildet.

Produktmerkmale	Ziele	Absolute Merkmalsbedeutung	Relative Merkmalsbedeutung	Schwierigkeitsgrad
Kohlenstoffgehalt senken	0,1 < Kohlenstoffgehalt < 0,15	449	8	5
Verwendung von Mikrolegierungselemente steigern	Kohlenstoffäquivalent < 0,35	460	8	8
Verwendung kritischer Legierungselemente senken	Reduzierung / Vermeidung von Stickstoff, Bor, Zirkonium und Titan	378	7	4
Eigenspannungsforschung erhöhen	Gezielte Einbringung von Eigenspannungen in Zug- oder Druckform über unterschiedliche Gefügelayer (Synchrotronmessung)	89	2	10
Senken der t-8/5 nach EN 1011-2	Bestimmung der Schweißparameter für fehlerfreie Schweißung lt. DIN	230	4	7
Statische / Dynamische Bauteilprüfung	Statische Ermittlung der kritischen Versagenskräfte und dynamische Ermittlung der kritischen Lastwechselspielzahl	272	5	4
Steigerung der Schweißignung	„Overmatch“ von Grundwerkstoff	774	14	5
Schweißzulassung	Zertifizierung für UHSTMRT nahtloser Stahlrohre durchführen	598	10	7
Dilatometerauswertung	Ermittlung (Schweiß) ZTU-Diagramm	380	7	2
Zerstörungsfreie Prüfung	Kein Ausschuss	161	3	4
Zerstörende Prüfung	Mechanische Kennwerte Dehngrenze ($R_{p0,2}$) / Zugfestigkeit (R_m) / Bruchdehnung (A) / Kerbschlagbiegeversuch (KBZ) / Gefügebilder / Härteverlauf	161	3	1

Produktmerkmale	Ziele	Absolute Merkmalsbedeutung	Relative Merkmalsbedeutung	Schwierigkeitsgrad
Einhaltung der Toleranzen (Lieferbedingungen)	Entsprechend Produktionsvorschriften	430	8	6
Steigerung der mechanischen Eigenschaften	Zugfestigkeit bis 1200 [MPa]	732	13	7
Erhöhung des Schnittlängenprogramms / Schweißnahtvorbereitung	Auslieferung unterschiedlicher Schnittlängen mit individueller Schweißnahtvorbereitung an den Rohrenden	263	5	2
Senkung des Gewichts	Gewichtseinsparungen mindestens 25 % durch Steigerung der mechanischen Eigenschaften	332	6	5

Tabelle 7: Ergebnisse aus dem HoQ

Höchste Absolut- und Relativwerte bei

- ◆ Steigerung der Schweißbeignung und
- ◆ Steigerung der mechanischen Eigenschaften

Diesen Designelementen sollte auf jeden Fall besondere Beachtung geschenkt werden, da sie fast alle anderen Produktmerkmale in verschiedener Art und Weise beeinflussen.

6 Erstellung des Pflichtenheftes

Im folgenden Kapitel wird das Pflichtenheft allgemein beschrieben und im Anschluss das fertige Pflichtenheft dargelegt.

6.1 Allgemeines

Die Erstellung eines Lasten- und in weiterer Folge eines Pflichtenheftes steht am Beginn einer Produkt- oder Dienstleistungsneuentwicklung und ist somit von größter Bedeutung für das positive Abschließen eines Projektes. Die Aufgaben können vielseitig sein, angefangen bei der Prüfung der technischen Umsetzbarkeit bis hin zur wirtschaftlichen Realisierung der Produkthanforderungen in der Entwicklungsphase. Ziel eines Pflichtenheftes ist die Beantwortung der Fragen nach dem „Wie und Womit“ die Kundenanforderungen erfüllt werden.¹¹⁴

Ein wichtiger Punkt ist, dass Fehleinschätzungen zu Beginn einer jeden Entwicklung am kostenintensivsten sind. Die Auseinandersetzung mit dem Kunden und dessen Anforderungen soll helfen, „nicht aneinander vorbeizureden“ und damit in einer nicht gewünschten Qualität zu produzieren. Dieses „Overengineering“ kann durch konsequentes Auseinandersetzen mit den Wünschen des Kunden verhindert werden.

Aus den Anforderungen die ins Pflichtenheft übernommen wurden, werden im Laufe der Zeit die gewünschten Bauteile entwickelt. Im Zuge des Entwicklungsprozesses müssen diese Komponenten aber ständig auf die Erreichung der Anforderung mithilfe eines sogenannten „Design Review“ überprüft werden. Diese Kontrolle hilft außerdem gegenwärtige oder potentielle Hindernisse zu ermitteln. Deswegen wurde das Pflichtenheft mit einer Checkliste versehen, welches es den zuständigen Entwicklungsingenieuren ermöglicht, während des Projektes die Erfüllung der Anforderungen zu kontrollieren und wenn nötig gegenzusteuern.¹¹⁵

¹¹⁴ Vgl. Bernecker (2003), S. 151ff

¹¹⁵ Vgl. Humenberger (1999), S. 99f

Pos.	Kriterium	Ziele	Sollwerte	Durchführung	Erfüllt j/n
1	Kohlenstoffgehalt reduzieren	Kohlenstoffgehalt zwischen 0,1% und 0,2% erreichen	Kohlenstoffgehalt zwischen 0,1% und 0,15% erreichen	vaT	
2	Kohlenstoffäquivalent reduzieren	Kohlenstoffäquivalent < 0,35	Kohlenstoffäquivalent < 0,3	vaT	
3	Reduzierung der kritischen Legierungselemente	Stickstoff, Niob, Bor, Zirkonium, Titan auf ein Minimum reduzieren oder durch geeignete Mikrolegierungselemente substituieren ->intelligentes Legierungskonzept erarbeiten	-	vaT	
4	Gezieltes Einbringen von Eigenspannungen in Zug- und / oder Druckform über unterschiedliche Gefügelayer	Verminderung sowie Annihilation der Eigenspannungen im Rohr	Annihilation beziehungsweise Verminderung der Eigenspannungen nach einem Weiterverarbeitungsprozess (Schweißen, Glühen,...)	vaT	
5	Bestimmung der Schweißparameter für eine fehlerfreie Schweißung nach EN 1011-2	Bestimmung des t-8/5 Bereichs für eine optimale Schweißung bei unterschiedlichen Schweißverfahren	-	Böhler	
6	Statische Bauteilprüfung von Rohrverbindungen	Bestimmung des statischen Belastungszustandes und der kritischen Versagenskräfte durch Rohrknoten,...	-	Böhler	
7	Dynamische Bauteilprüfung von Rohrverbindungen	Bestimmung des dynamischen Belastungszustandes und der kritischen Schwingspielzahl über Dauerschwingversuch (Wöhlerkurve)	-	Böhler	

Pos.	Kriterium	Ziele	Sollwerte	Durchführung	Erfüllt j/n
8	Schweißbeignungstest für UHSTMRT durchführen	Erlangung einer Zertifizierung der relevanten Produktgruppen und Schweißverfahren nach EN 895, EN 876, EN 875, EN 910	-	Extern TÜV SÜD SZA	
9	Ermittlung von (Schweiß-) ZTU-Diagrammen	Dilatometerauswertungen zur Bestimmung der Umwandlungspunkte beziehungsweise quantitativen Gefügebestimmung Makro- und Mikroschliffe zur qualitativen Gefügebestimmung	-	Böhler	
10	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht	UT, MT, VT, RT zur Bestätigung der Fehlerfreiheit der Schweißnaht	Kein Ausschuss	Extern MTS	
11	Zerstörende Prüfung der Schweißverbindung	Kerbschlagbiegeversuch zur Bestimmung der Kerbschlagarbeit, Zugversuch zur Bestimmung von der Zugfestigkeit (Rm), der Dehngrenze (Rp0,2) und Bruchdehnung (A), Chemische Analyse, Metallografie	-	Böhler	
12	Lieferbedingungen mit den Kunden aushandeln	Aufnahme der neuen Stahlrohrqualitäten in eine erweiterte Lieferbedingung der Kranhersteller bezüglich <ul style="list-style-type: none"> • Chemische Zusammensetzung • mechanische Eigenschaften 	-	vaT	

Pos.	Kriterium	Ziele	Sollwerte	Durchführung	Erfüllt j/n
13	Mechanische Eigenschaften	Serienreife der Stahlgütegrade S460TM, S690TM, S770TM, S790TM, S890TM, S960TM, S1100TM gewährleisten	Steigerung der Zugfestigkeit auf bis zu S 1200 TM bei einer Dehnung von 20%	vaT	
14	Schnittlängenprogramm / Endenbearbeitung der nahtlosen UHSTMRT	Optimierung hinsichtlich der neuen Stahlgütegrade	-	vaT	
15	Leichtbau	Gewichtseinsparungen von bis zu 25% an einem Stahlrohr durch Steigerung der Zugfestigkeit	Gewichtseinsparungen von bis zu 30%	vaT	
16	Materialkosten	Materialkosten für Kunden sollen maximal um 10% steigen.	Materialkosten sollen nur unwesentlich steigen	vaT	

Tabelle 8: Pflichtenheft

7 Zusammenfassung und Ausblick

Abschließend werden noch einige wichtige Aspekte der Arbeit dargelegt.

Aufgrund der begrenzten Zeit wurden im durchgeführten QFD-Prozess in dieser Arbeit die Phasen 0 und 1 des Modells nach Saatweber abgehandelt. Diese beziehen sich auf die Kundenerhebung und die Produktplanung von höchstfesten thermomechanisch gewalzten nahtlosen Stahlrohren.

Als nächsten Schritt sollte sich das QFD-Team überlegen, ob die Genauigkeit der Designmerkmale fein genug gewählt wurde, oder ob es von Vorteil wäre Phase 2 respektive die Komponentenplanung zu beginnen. Damit bestünde die Möglichkeit die einzelnen Merkmale feiner zu unterteilen um die Konflikt- und Verbesserungspotentiale noch besser herauszuarbeiten.

Auch wenn die ermittelten Ergebnisse für die gewünschten Betrachtungen ausreichend sind, sollte trotzdem Phase 5 des Modells nach Saatweber angewendet werden. Diese entspricht einer Kundenbefragung in der geklärt wird, inwiefern die ermittelten Erkenntnisse sich mit den Wünschen der Kunden tatsächlich decken. Bestehen zu große Lücken zwischen diesen beiden, sollten eine erweiterte Marktforschung und Kundenbefragung vorgenommen werden um die Produktmerkmale noch weiter auf die Wünsche der Kunden abzustimmen.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die Erhebung der Kundenanforderungen über einen Fragebogen durchgeführt. Problematisch waren hierbei die eher niedrige Rücklaufquote und die nicht immer vollständigen Antworten im Fragebogen. Diese Tatsachen können vermutlich auf die einerseits hohen Sicherheitsrichtlinien hinsichtlich „Know How“ der einzelnen Kranhersteller und ebenfalls auf die im europäischen Raum weit verbreitete Scheu sich mit anderen Firmen zu „benchmarken“ zurückgeführt werden. Der Interessenskonflikt besteht hier in der Tatsache, dass „Know How“ heutzutage einen enormen Stellenwert hat und man dadurch versucht einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Mitbewerbern zu erwirtschaften. Des Weiteren war kein persönlicher Kontakt mit den Kranherstellern möglich, wodurch es möglicherweise leichter gewesen wäre wirkliche „Begeisterungsfaktoren“ nach Kano zu erhalten.

Somit kann die Qualität der Daten, auf die zurückgegriffen wurde nur als durchschnittlich angesehen werden und die Ergebnisse sollten somit nur als grobe Richtlinie betrachtet werden. Im Laufe des derzeitigen Forschungsprojektes sollten

somit unbedingt noch weitere Information von Kunden eingeholt werden, um die Ergebnisse des HoQ zu validieren.

Da die nahtlosen thermomechanisch gewalzten höchstfesten Stahlrohre der voestalpine Tubulars alle Anforderungen hinsichtlich Schweißbarkeit und mechanische Eigenschaften der Zukunft erfüllen werden, sollte über eine Ausweitung des Einsatzbereiches vom Kranbau in Richtung Rohre für die Ölindustrie nachgedacht werden. Da diese ebenfalls einen großen Anteil des derzeitigen Produktionsportfolios einnehmen, könnten derzeitige Anwendungen im OCTG-Sektor möglicherweise in Zukunft durch nahtlose höchstfeste thermomechanisch gewalzte Stahlrohre substituiert werden und neue Marktanwendungen erschlossen werden.

Nach der erfolgreichen Etablierung der „Ultra High Strength ThermoMechanical Rolled Tubes“ (UHSTMRT) im Kranbau sollte ein weiterer QFD-Prozess mit einer aussagekräftigen Zielgruppe des OCTG-Sektors vorgenommen werden. Bei der Durchführung kann diese Diplomarbeit als Vorlage dienen, um die notwendige Zeit für das erfolgreiche Abschließen eines QFD-Prozesses zu verringern und Probleme schon im Voraus zu erkennen und ihnen entgegenzuwirken.

8 Literaturverzeichnis

Bartholomé, E. et al.: Ullmans Enzyklopädie der technischen Chemie,
4. Auflage – Band 22, München/Berlin/Wien 1984

Bernecker, E.: Handbuch Projektmanagement, München 2003

Dilthey, U.: Schweißtechnische Fertigungsverfahren 2: Verhalten der Werkstoffe beim Schweißen, 3.Auflage, Heidelberg 2005

Doppelreiter, H.: Diplomarbeit über Datenmanagement und Einbindung der statistischen Qualitätssicherung in den bestehenden EDV-Strukturen von voestalpine Tubulars GmbH & Co KG, Graz 2009

Ebster, C.; Stalzer, L.: Wissenschaftliches Arbeiten für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler, 2. Auflage, Wien 2003

Gerster, R.: Wirtschaftliche Herstellung hochbeanspruchter Schweißkonstruktionen unter Montagebedingungen, in: Fügetechnik / Schweißtechnik zum 6. Chemnitzer Symposium, Chemnitz 2004

Hofbauer, G.; Sangl, A.: Professionelles Produktmanagement – Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien, 2.Auflage, Erlangen 2011

Hofbauer, G.; Schöpfel, B.: Professionelles Kundenmanagement, Erlangen 2010

Hommers, R.: Die treibende Kraft: Neue Technologien, Norderstedt 2007

Hummel, T.; Malorny, C.: Total Quality Management, München/Wien 2002

Humenberger, H.: Diplomarbeit über die Pflichtenhefterstellung für modulare Baureihe von Feuerlöschpumpen, Graz 1999

Kirchhoff, S. et al.: Der Fragebogen, Datenbasis, Konstruktion und Auswertung, 3. überarbeitete Auflage, Wiesbaden 2003

Klein, B.: QFD – Quality Function Deployment: Konzept, Anwendung und Umsetzung für Produkte und Dienstleistungen, Wien 1999

Klöstermann, H.; Kröfges, W.: Schweißen von Stahl- und Gussrohren, Essen 1997

Lohrmann, G. R.: Kleine Werkstoffkunde für das Schweißen von Stahl und Eisen, 8. Auflage, Düsseldorf 1995

Marx, D.: Nachfrageorientierte Produktgestaltung unter Anwendung des Kano-Modells der Kundenzufriedenheit für ausgewählte Produkte der IT-/TK-Industrie, Norderstedt 2001

Ozem, K. et al.: Passive safety and tubes made of high strength steels – A Symbiosis, in: Future trends in steel development zur 3rd International Conference on Steel in Cars and Trucks, Düsseldorf 2011

Porst, R.: Fragebogen, Ein Arbeitsbuch, Wiesbaden 2008

Rosert, R.: Schweißen mit Fülldraht – Entwicklung und Perspektiven in der Anwendung, in: Fügetechnik / Schweißtechnik zum 6. Chemnitzer Symposium, Chemnitz 2004

Saatweber, J.: Kundenorientierung durch Quality Function Deployment – Produkte und Dienstleistungen systematisch entwickeln, 3.Auflage, Düsseldorf 2011

Schäppi, B. et al.: Handbuch Produktentwicklung, München 2005

Seghezzi, H. D. et al.: Integriertes Qualitätsmanagement: Der St. Galler Ansatz, 3.Auflage, München 2007

Thom, N.: Grundlagen des betrieblichen Innovationsmanagements, 2. Auflage, Hanstein 1980

Winter, G.: voestalpine Tubulars, interne Mitteilung, Kindberg 2012

Wohinz, J. W. et al.: Industriebetriebslehre Skriptum, 25. Auflage, Graz 2011/2012

Wohinz, J. W. et al.: Zur Durchführung empirischer Erhebungen, Graz 2009

Internetquellenverzeichnis:

voestalpine Überblick; Abfragedatum: 30.05.2012

<http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/ueberblick/>

<http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/standorte/#type/map>

https://kurse.wienerbourse.at/teledata_php/prices/popup_apa_news.php?ID_NEWS=234082599

voestalpine Tubulars Überblick; Abfragedatum: 30.05.2012

<http://www.voestalpine.com/tubulars/de/products/tubes.html>

<http://www.voestalpine.com/tubulars/de/Produktion/Warmrohfertigung.html>

http://www.vatubulars.com/upload/zertifikate/2008/voestalpine_mech_tub_d.pdf

http://www.voestalpine.com/group/static/sites/default/downloads/de/konzern/Umwelterkl rung_2011.pdf

Höchstfeste nahtlose Stahlrohre Überblick; Abfragedatum: 30.05.2012

<http://www.worldautosteel.org/steel-basics/automotive-steel-definitions/>

<http://www.worldautosteel.org/steel-basics/steel-types/evolving-ahss-types/>

Überblick Krantypen; Abfragedatum: 30.05.2012

http://www.terexcranes.com/fr/aboutus/news/UCM03_012916.html

<http://www.liebherr.com/de-DE/101505.wfw>

http://www.schulergroup.com/technologien/grundlagen_umformung_hochfeste_staehe/index.html

<http://www.hansebube.de/gastvorb2/senn2/bild2.html>

http://www.hansebube.de/kraga2/cc9800_prototyp/start.html

Überblick Kranhersteller; Abfragedatum: 30.05.2012

http://www.kranmagazin.de/Kran/Archiv/Kranmagazin_60/unternehmen1.pdf

<http://www.aktiv-online.info/Home/tabid/36/ArticleID/1108/language/de-DE/Default.aspx>

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standorte des voestalpine Konzerns	1
Abbildung 2: Die 5 Divisionen der voestalpine AG	2
Abbildung 3: Umsatz nach Branchen	3
Abbildung 4: Werksgelände der voestalpine Tubulars	4
Abbildung 5: Aufbau der voestalpine Tubulars	6
Abbildung 6: Produktportfolio der voestalpine Tubulars ¹²	7
Abbildung 7: Vergleich der weltweiten Rohrproduktion 2010 mit der voestalpine Tubulars	10
Abbildung 8: Darstellung der Vorgehensweise	12
Abbildung 9: Stahlartendiagramm-Bruchdehnung über Zugfestigkeit	14
Abbildung 10: Produktionslayout der voestalpine Tubulars	15
Abbildung 11: Fließbild im Nahtlosrohrwalzwerk	16
Abbildung 12: Einsparpotential bei Schweißnahtvolumen	18
Abbildung 13: Vergleich eines S960QL mit S235J2	19
Abbildung 14: Gewichtseinsparung durch Steigerung der Streckgrenze	20
Abbildung 15: Maßgebliche Faktoren der Kaltrissbildung	21
Abbildung 16: Vergleich der Ausgangssituation zu den Zielen der voestalpine Tubulars	22
Abbildung 17: Einsatzmöglichkeiten von höchstfesten Rohren anhand eines Turmdrehkrans von Terex (links) und einem Derrickkran von Liebherr(rechts).....	24
Abbildung 18: Einsatzmöglichkeiten von höchstfesten Rohren anhand eines Fahrzeugkrans der Firma Senn AG	25
Abbildung 19: Raupenkran der Firma Terex Demag	26
Abbildung 20: Japanische Originalbezeichnung von QFD	28
Abbildung 21: Der Innovationsprozess nach Thom	30
Abbildung 22: QFD-Ansatz in Anlehnung an ASI	35

Abbildung 23: Vorgehensweise nach Saatweber	36
Abbildung 24: Querschnitt Haus 1	39
Abbildung 25: Beispiel für Schritt 2 im HoQ (siehe Anhang HoQ).....	41
Abbildung 26: Bewertungsskala im Dach (siehe Anhang HoQ)	44
Abbildung 27: Beispiel Schritt 5 im HoQ (siehe Anhang HoQ).....	44
Abbildung 28: Beispiel Schritt 7 im HoQ.....	46
Abbildung 29: Kano Modell nach Saatweber	48
Abbildung 30: Kundensegmentierung	49
Abbildung 31: Beispiel für eine Geschlossene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	53
Abbildung 32: Beispiel für eine Halboffene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	54
Abbildung 33: Offene Fragestellung (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	54
Abbildung 34: Beispiel für eine Zweikomponentenbefragung (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	55
Abbildung 35: Interessensgruppen.....	56
Abbildung 36: Beispiel für eine Einfachauswahl (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	57
Abbildung 37: Beispiel für eine Mehrfachauswahl (siehe Anhang deutscher Fragebogen).....	58
Abbildung 38: Beispiel für die Auswertung der Kundeninformationen.....	58
Abbildung 39: Beispiel für eine ausgefüllte offene Fragestellung	59
Abbildung 40: Beispiel für eine ausgefüllte Zweikomponentenbefragung	59
Abbildung 41: Beispiel für die Berechnung von durchschnittlicher Bedeutung und Zufriedenheit.....	60
Abbildung 42: Situationsfelder bei der GAP-Analyse	61
Abbildung 43: Beispiel für die Berechnung des GAPs.....	61
Abbildung 44: Beispiel für die Berechnung des Relativen Handlungsbedarfes	62
Abbildung 45: Ergebnisse zu durchschnittlicher Kundenzufriedenheit und Bedeutung .	62
Abbildung 46: Ergebnisse zu relativer Handlungsbedarf und GAP	63

Abbildung 47: Überleitung Brainstorming	66
Abbildung 48: Funktionsbaum der Kundenanforderungen	67
Abbildung 49: Kundenanforderungen im HoQ.....	68
Abbildung 50: Auswertung relativer Handlungsbedarf (siehe Anhang HoQ).....	69
Abbildung 51: Bestimmung der Produktmerkmale, Zielwerte und Änderungsrichtung (siehe Anhang HoQ)	70
Abbildung 52: Festlegen der Unterstützungsgrade und Berechnung der Spaltenwerte (siehe Anhang HoQ)	71
Abbildung 53: Kontrolle der Produktmerkmalkorrelativen (siehe Anhang HoQ).....	73
Abbildung 54: Technischer Vergleich von UHSTMRT mit geschweißtem Rohr (siehe Anhang HoQ)	74
Abbildung 55: Bestimmung des Schwierigkeitsgrades der Produktmerkmale.....	75
Abbildung 56: Bereiche des Pflichten- und Lastenheftes im HoQ	79

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlenüberblick der Unternehmung voestalpine (Stand 2012).....	3
Tabelle 2: Kennzahlen der Unternehmung voestalpine (Stand 2012)	9
Tabelle 3: Überblick Kranhersteller	27
Tabelle 4: Beispiel für Schritt 3 im HoQ (siehe Anhang HoQ).....	42
Tabelle 5: Beispiel für Schritt 4 im HoQ (siehe Anhang HoQ).....	43
Tabelle 6: Beispiel für Schritt 6 im HoQ.....	45
Tabelle 7: Ergebnisse aus dem HoQ.....	77
Tabelle 8: Pflichtenheft.....	82