

nerhalb der Aufgabenklärung analysiert. Die Methode QFD (s. Kapitel QFD) bietet beispielsweise die Möglichkeit, Abhängigkeiten zwischen Anforderungen in einer Korrelationsmatrix abzubilden. Nach Analyse der Abhängigkeiten ist die Gewichtung der Anforderungen erforderlich, um die Entwicklungsschwerpunkte korrekt zu setzen.

Qualitätskriterien für Produktanforderungen

Für dokumentierte Produktanforderungen gelten spezifische Qualitätskriterien (Pohl et al. 2013). Sie unterstützen die Qualität der Anforderungsinhalte sowie auch das Anforderungsmanagement. Darüber hinaus verbessern sie die Akzeptanz durch die Leser von Anforderungsspezifikationen und erhöhen die Verständlichkeit dokumentierter Anforderungen. Tabelle 2.1 fasst die Qualitätskriterien für Anforderungen zusammen.

2.3 Methoden und Hilfsmittel im RE

In Kapitel III-2.3 werden Methoden und Hilfsmittel zur Unterstützung der beiden Kernprozesse des RE (*Aufgabenklärung* und *Anforderungsmanagement*) vorgestellt.

2.3.1 Aufgabenklärung

Die Aufgabenklärung beinhaltet die in Bild 2.8 gezeigten Aktivitäten.

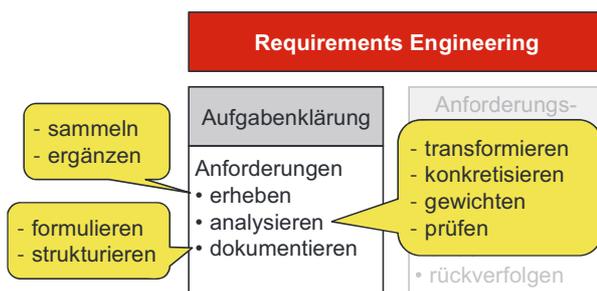


Bild 2.8 Aktivitäten der Aufgabenklärung

Tabelle 2.1 Qualitätskriterien für Anforderungen (Pohl et al. 2013)

Qualitätskriterium	Beschreibung
eindeutig	Der Inhalt einer Anforderung muss eindeutig beschrieben sein und darf keinen Spielraum für Interpretationen zulassen. Jede Anforderung muss eine Kennzeichnung zur eindeutigen Identifikation besitzen (z. B. eine Nummer).
gültig und aktuell	Eine Anforderung ist gültig, wenn ihre Richtigkeit als anerkannt gilt (z. B. durch ein Review). Ihr Inhalt muss aktuell sein.
korrekt	Der Inhalt einer Anforderung muss richtig sein.
priorisiert	Eine Anforderung muss hinsichtlich ihrer Relevanz gewichtet sein (z. B. F = Forderung/ W = Wunsch).
realisierbar	Produktanforderungen müssen realistisch sein.
rückverfolgbar	<ul style="list-style-type: none"> Die Abhängigkeiten zwischen Anforderungen und Lösungen müssen nachvollziehbar sein. Die Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen der Stakeholder und den daraus abgeleiteten technischen Anforderungen müssen nachvollziehbar sein. Die Tests und ihre Ergebnisse zum Nachweis der Anforderungserfüllung müssen nachvollziehbar sein.
vereinbart	Eine Anforderung gilt als vereinbart, wenn sie aus Sicht aller Stakeholder korrekt ist und ihre Gültigkeit von allen relevanten Stakeholdern bestätigt wurde (z. B. durch Freigabe).
verifizierbar	Jede Anforderung muss verifizierbar sein. Zu einer geforderten Eigenschaft müssen beispielsweise das zugehörige Produktmerkmal (Breite) und seine messbare Ausprägung (3 m) angegeben sein.
verständlich	Anforderungen müssen für alle Projektmitglieder verständlich formuliert sein.
vollständig	Jede Anforderung muss vollständig beschrieben sein. Dafür müssen die geforderten Merkmale und ihre Ausprägungen sowie alle relevanten Zusatzinformationen (z. B. Identifikator, Priorität, Datum, Quelle) angegeben sein.



2.3.1.1 Anforderungen erheben

Der wichtigste Lieferant für Produktanforderungen ist in jedem Entwicklungsprojekt der Kunde. Abhängig von der Art des Entwicklungsauftrags stellt entweder ein direkter Kunde seine spezifischen Anforderungen (z. B. in Form eines Lastenheftes) oder er wird im Unternehmen als anonymer Kunde vom Produktmarketing vertreten. Das Produktmarketing nimmt in diesem Fall die *Produktplanung* vor. Auf Basis der Ergebnisse der Produktplanung startet das Projektteam die Klärung der technischen Aufgabenstellung (VDI 2220 1980).

Anforderungen, die vom Kunden nicht explizit ausgesprochenen werden, stellen für die Anforderungserhebung eine große Herausforderung dar. Solche impliziten Anforderungen werden vom Kunden z. B. als selbstverständlich vorausgesetzt und daher nicht genannt. So fordert der Kunde beispielsweise keinen Bithalter am Akkuschauber, da er ihn im Unterschied zum Hersteller für selbstverständlich hält. Implizite Anforderungen sind aber auch solche, die der Kunde seiner explizit ausgesprochenen Forderung zugrunde gelegt hat. Beispielsweise fordert er einen gut zugänglichen Druckschalter zur Drehrichtungsumkehr des Akkuschaubers. Implizit legt er dabei die Forderungen nach einer Drehrichtungsumkehr und ihrer Betätigung durch den Anwender zugrunde. Tabelle 2.2 gibt eine Übersicht geläufiger Methoden zur Erhebung expliziter und impliziter Kundenwünsche (Ahrens 2000, Camp 1994).

Anforderungen sammeln

Zu Beginn der Aufgabenklärung sammelt das Projektteam alle vorhandenen Dokumente, die Produkthanforderungen oder Hinweise auf solche enthalten. Nachfolgend eine Übersicht relevanter Dokumente:



Dokumente mit Informationen zu Produkthanforderungen

- Strategisches Produktportfolio
- Marktanalysen
- Projektauftrag
- Anfrage, Angebot, Auftrag
- Dokumente und Präsentationen der Produktplanung
- Kick-Off- oder Meilensteinpräsentationen
- Lastenhefte
- Anforderungsspezifikationen für Vorgängerprodukte
- Anforderungsspezifikationen für Teilsysteme (z. B. Elektronik, Motor)
- Gültige Normen und Vorschriften
- Qualitätsberichte zu Ausfällen und Reparaturhäufigkeiten

Das Projektteam analysiert die gesammelten Dokumente im Hinblick auf relevante Produkthanforderungen. Es erfasst die zum Großteil noch unpräzisen und ungeklärten Anforderungen in der ersten einfachen

Tabelle 2.2 Methoden zur Ermittlung von Kundenwünschen (Ahrens 2000, Camp 1994)

Methoden	Einsatzbereich und Ergebnis
Benchmarking	Branchenbeste Lösungen für Produkte werden erfasst, wichtige Kenngrößen werden miteinander verglichen
Beschwerdesysteme	gravierende Probleme des Kunden im Gebrauch des Produktes werden erfasst
Gebrauchstest	schlecht erfüllte Kundenanforderungen werden durch den Einsatz des Produktes auch im Vergleich mit Wettbewerbsprodukten identifiziert
Interviews und Workshops mit „Lead Usern“ und „Focus Groups“	frühzeitige Identifikation impliziter und expliziter Kundenwünsche
„Lost Customer“-Umfragen	Kunden werden nach den Gründen für ihre Abwanderung befragt
Win/Loss Reports	die Ursachen für verlorene Ausschreibungen bzw. Anfragenrückgänge werden analysiert

Version der Anforderungsspezifikation. Bei der Analyse der zusammengetragenen Dokumente treten i. d. R. Fragen auf. Sie betreffen neben den Anforderungsinhalten auch die Projektabwicklung (z. B. geplante Entwicklungs- und Produktionsstandorte, Lieferanten). Der Projektleiter nimmt alle offenen Fragen in die Aufgabenliste des Projektes auf und treibt ihre Klärung im Rahmen des regulären Projektmanagements voran.

Anforderungen ergänzen

Das Projektteam ergänzt die gesammelten Anforderungen. Dafür sind in der Konstruktionslehre verschiedene Methoden und Hilfsmittel bekannt. Ihnen liegt prinzipiell die gleiche Systematik zugrunde: Für jede *Produktlebensphase* wird die *Produktumgebung* systematisch nach Anforderungen abgesucht. Produktlebensphasen sind z. B. Produktentwicklung, Fertigung, Montage, Kontrolle, Transport, Nutzung, Instandhaltung, Entsorgung. Beispiele für Produktumgebungen sind Kunde, Anwender, Umwelt, Gesellschaft, Entwicklungsumgebung, Produktionssysteme, Transportmittel, Servicesysteme, andere technische Systeme und Produkte. Die so genannten *Stakeholder* des RE sind die Interessensträger der Produktumgebungen in den unterschiedlichen Produktlebensphasen (Bild 2.9).

Die Methoden und Hilfsmittel zum Ergänzen weiterer Anforderungen lassen sich in folgende Gruppen einordnen:

- Produktfragelisten

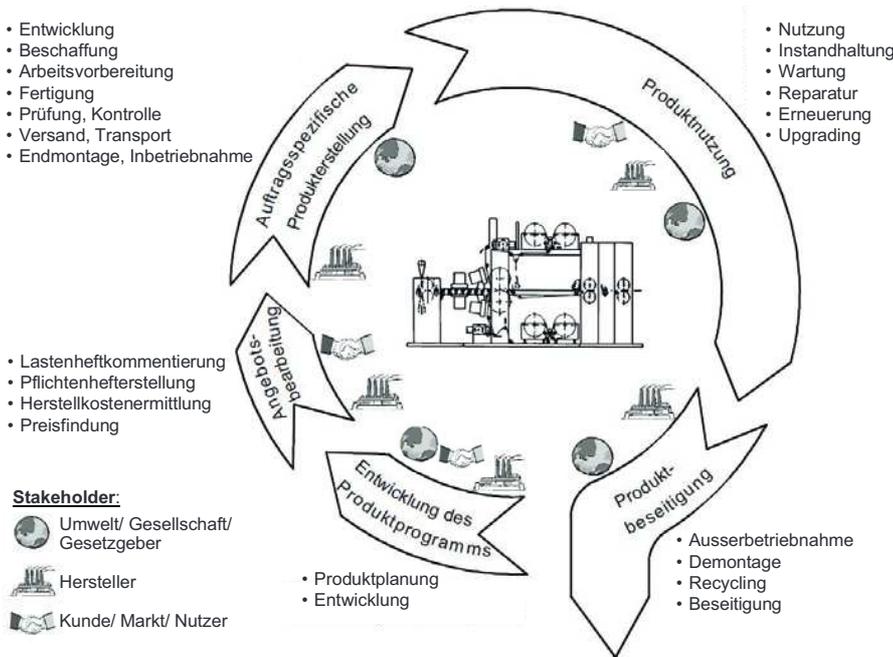


Bild 2.9 Produktumgebung und Produktlebensphasen (Baumgart 2005)

- Assoziationslisten (Checklisten, Klassifikationen, Leitlinie)
- Analyse der Produktumgebung und Lebensphasen in Szenario-Technik.

Bild 2.10 ordnet Methoden und Hilfsmittel hinsichtlich der damit erzielbaren Vollständigkeit der Ergebnisse ein (in Anlehnung an Kläger 1993).

Die Methoden und Hilfsmittel zum Finden und Ergänzen von Anforderungen sollten in der Praxis gezielt und abhängig von der spezifischen Entwicklungsaufgabe (z. B. Neuheitsgrad, Komplexität) eingesetzt werden.

Produktfragelisten

Produktfragelisten sind schematisierte Hilfsmittel, um Anforderungen mit einem einfachen Werkzeug (Frageliste) spezifisch und schnell zu sammeln. Sie sind jedoch keine Methode zur systematischen und voll-

ständigen Anforderungsermittlung. Vorschläge für Produktfragelisten erfolgen in (Ehrlenspiel 2013, Franke 1975, Roth 2001). Sie fokussieren beispielsweise auf Fragen zur Produktumgebung oder auf geforderte Produkteigenschaften.

Beispiel: Produktfrageliste nach Roth 2001

1. Welche Beziehungen hat das Produkt zu Personen, Systemen, Dingen, Stoffen, Umständen und Naturgegebenheiten?
2. Welcher Art sind diese Beziehungen?
3. Wie ist die Dauer, der Zeitpunkt, die Häufigkeit der Beziehungen?
4. Ist das Auftreten der Beziehungen gesetzmäßig, zwangsläufig oder zufallartig?
5. Treten die Beziehungen auf Grund einer Absicht auf, wenn ja, von wem oder wodurch veranlasst?

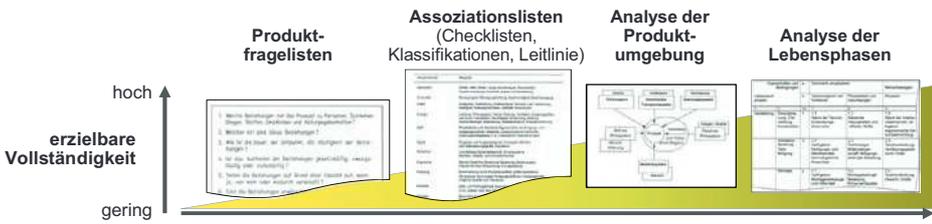


Bild 2.10 Einordnung der Hilfsmittel zur Ermittlung von Anforderungen



- 6. Sind die Beziehungen erwünscht oder unerwünscht?
- 7. Wie wirken sich die Beziehungen auf die Eigenschaften des Produkts aus?
- 8. Wie muss oder sollte das Produkt hinsichtlich dieser Beziehungen beschaffen sein?

Bild 2.11 zeigt ein Beispiel für eine visualisierte Produktfrageliste (in Anlehnung an Pfingsten 2014). Diese Frageliste hat sich in der Praxis als Leitfaden für einen moderierten Workshop zur Aufgabenklärung in der frühen Projektphase bewährt. Mit Hilfe dieses Leitfadens steuert ein Moderator die Diskussionen und fokussiert das Team auf die relevanten Themen. Die Visualisierung der Frageliste ist in dem Beispiel an die Darstellung von Geschäftsmodellen in Form so genannter „Business Model Canvas“ (Osterwalder et al. 2010) angelehnt und wird hier exemplarisch als „Produktsteckbrief“ bezeichnet (vgl. Kapitel III-2.4.1).

Assoziationslisten (Leitlinie, Checklisten)

Die Leitlinie nach Pahl und Beitz liefert 17 konkrete Hauptmerkmale mit zugehörigen Beispielen (Tabelle 2.3) (Feldhusen et al. 2013). Die Hauptmerkmale und Beispiele unterstützen die assoziative Suche nach Anforderungen. Vorteile der Leitlinie sind der hohe Nutzen des vergleichsweise einfachen Werkzeugs sowie ihre leichte Einprägbarkeit. Assoziationslisten können auch in Kombination mit Fragelisten eingesetzt wer-

den. Dabei gibt die Assoziationsliste die relevanten Kategorien und Merkmale vor und die Frageliste unterstützt die gezielte Ermittlung der zugehörigen Anforderungen.

Tabelle 2.3 Leitlinie mit Hauptmerkmalen zum Ermitteln von Anforderungen (nach Pahl/Beitz, Feldhusen et al. 2013)

Hauptmerkmal	Beispiel
Geometrie	Größe, Höhe, Breite, Länge, Durchmesser, Raumbedarf, Anzahl, Anordnung, Anschluss, Ausbau und Erweiterung
Kinematik	Bewegungsart, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung
Kräfte	Kraftgröße, Kraftrichtung, Krafthäufigkeit, Gewicht, Last, Verformung, Steifigkeit, Federeigenschaften, Stabilität, Resonanzen
Energie	Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Ventilation, Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Erwärmung, Kühlung, Anschlussenergie, Speicherung, Arbeitsaufnahme, Energieumformung
Stoff	Physikalische und chemische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsprodukts, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe (Nahrungsmittelgesetz u. ä.), Materialfluss, Materialtransport
Signal	Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigeart, Betriebs- und Überwachungsgeräte, Signalform
Sicherheit	Unmittelbare Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit
Ergonomie	Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Bedienungsart, Übersichtlichkeit, Beleuchtung, Formgestaltung



Value Proposition? <i>Welchen Nutzen bieten wir dem Kunden? Welche Kundenbedürfnisse werden befriedigt? Welche Kundenprobleme werden gelöst?</i>		1 Projektumfang (Scope)? <i>Welche Produkte, Zubehöre muss das Projekt liefern?</i>		2	
7 Stakeholder-Anforderungen, Randbedingungen? <i>S. Leitlinie! Sind schwer erfüllbare Stakeholder-Anforderungen bekannt (z.B. vom Vorgänger)? Gibt es Änderungen bekannter Stakeholder-Anforderungen gegenüber dem Vorgänger? Welche Randbedingungen gelten für die Produktnutzung (z.B. Umgebungsbedingungen)?</i>	5 Stakeholder? <i>s. Stakeholder-Checkliste!</i>	3 Anwender? <i>Wer sind die Anwender des Produktes? Geübte/ungeübte Personen? Welche Branchen?</i>	8 Schnittstellen? <i>Welche Schnittstellen besitzt das Produkt zu seiner Umgebung? Erfolgen darüber Energie-, Stoff-, Datenflüsse?</i>	10 Technische Anforderungen? <i>Welche Anforderungen gelten für die technischen Eckdaten des Produktes (z.B. Gewicht, Bauraum, Leistung, Lebensdauer)? Welche der technischen Eigenschaften nimmt der Anwender/Kunde bewusst wahr? Welche setzt er voraus, welche bedeuten für ihn einen Mehrwert, welche rufen Begeisterung hervor?</i>	
	6 Features? <i>Welche Funktionen nimmt der Anwender/Kunde bewusst wahr? Welche Funktionen setzt er voraus? Welche Funktionen bedeuten für ihn einen Mehrwert? Welche Funktionen rufen beim Kunden Begeisterung hervor?</i>	4 Anwendung? Einsatzfälle? <i>Für welche Anwendungen wird das Produkt eingesetzt? Wofür wird das Produkt sonst noch eingesetzt? (z.B. Transport, Reparatur)</i>	9 System-Architektur? <i>Welche Hauptkomponenten besitzt das Produkt? (z.B. Motor, Elektronik, Akku, Software, Gehäuse, Getriebe, Schalter)</i>		

Bild 2.11 Beispiel für eine visualisierte Frageliste (in Anlehnung an Pfingsten 2014)

Hauptmerkmal	Beispiel
Fertigung	Einschränkung durch Produktionsstätte, größte herstellbare Abmessung, bevorzugtes Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, mögliche Qualität und Toleranzen
Kontrolle	Mess- und Prüfmöglichkeit, besondere Vorschriften (TÜV, ASME, DIN, ISO, AD-Merkblätter)
Montage	Besondere Montagevorschriften, Zusammenbau, Einbau, Baustellenmontage, Fundamentierung
Transport	Begrenzung durch Hebezeuge, Bahnprofil, Transportwege nach Größe und Gewicht, Versandart und Bedingungen
Gebrauch	Geräuscharmheit, Verschleißrate, Anwendung und Absatzgebiet, Einsatzort (z. B. schweflige Atmosphäre, Tropen ...)
Instandhaltung	Wartungsfreiheit bzw. Anzahl und Zeitbedarf der Wartung, Inspektion, Austausch und Instandsetzung, Anstrich, Säuberung
Recycling	Wiederverwendung, Wiederverwertung, Endlagerung, Beseitigung
Kosten	Maximal zulässige Herstellkosten, Werkzeugkosten, Investition und Amortisation
Termin	Ende der Entwicklung, Netzplan für Zwischenschritte, Lieferzeit

Tabelle 2.4 zeigt ein Beispiel für eine Checkliste, die bei der Anforderungserhebung zur Suche nach relevanten Stakeholdern eingesetzt werden kann.

Tabelle 2.4 Exemplarische Stakeholder-Checkliste

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kunde ▪ Gesetzgebung/Normgebung ▪ Vertrieb ▪ Produktmarketing ▪ Projektmanagement ▪ Entwicklung ▪ Versuch ▪ Qualität ▪ Ergonomie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umwelt, Gesundheit und Sicherheit ▪ Lieferanten, Einkauf ▪ Fertigung, Montage ▪ Reparatur ▪ Zulassung ▪ Industrial Design ▪ Verpackung ▪ Logistik
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Analyse der Produktumgebung

Anforderungen können identifiziert werden, indem die gesamte Produktumgebung systematisch in Hinblick auf Wechselwirkungen mit dem Produkt untersucht wird (z.B. physikalische Wechselwirkungen, logische Abhängigkeiten, räumliche Zusammenhänge) (Franke

1975). Das Produkt wird dabei als Black-Box dargestellt, d.h. dass seine Strukturen nicht betrachtet werden. Es werden lediglich die Systeme der Produktumgebung und ihre Schnittstellen zum Produkt dargestellt (Ehrlenspiel 2013) (Bild 2.12). Im Unterschied zu Fragelisten und Assoziationslisten muss der Anwender dieser Methode ein Modell der spezifischen Produktumgebung aufstellen. Das Vorgehen erfordert deshalb mehr Aufwand als die beiden zuvor genannten Hilfsmittel, führt jedoch zu einem vollständigeren Ergebnis.

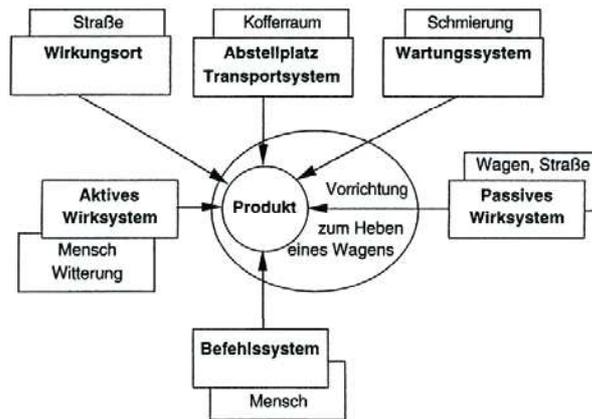


Bild 2.12 Produktumgebung eines Wagenhebers in der Nutzungsphase (Kläger 1993)

Analyse der Lebensphasen (Suchmatrix)

Mit dieser Methode werden Anforderungen systematisch identifiziert, indem die Produktlebensphasen gedanklich durchlaufen werden und dabei zusätzlich die Produktumgebung berücksichtigt wird. Die Anwendung dieses zweidimensionalen Schemas ist aufwändiger als der Einsatz der Frageliste oder der Assoziationsliste, da darin alle Lebensphasen und Produktumgebungen berücksichtigt werden. Im Vergleich zur Frageliste oder der Assoziationsliste führt das Vorgehen zu einem vollständigeren Ergebnis.

Die Suchmatrix nach Franke (Franke 1975) besitzt 90 Felder. Die Kopfzeile enthält die Oberbegriffe zur Produktumgebung, die Kopfspalte stellt die Produktlebensphasen dar (Bild 2.13). Die ermittelten Anforderungen werden in die Felder der Matrix eingetragen.



Eigenschaften und Bedingungen		a	Technisch-physikalisch		Menschbezogen
			b	Technologisch und funktional	Physikalisch und naturbezogen
1	2	Nr.	1	2	3
Herstellung	Produktplanung, Entwicklung, Konstruktion	1	1.1. Stand der Technik, Entwicklungs-Know-how	1.2. Bekannte Naturgesetze und -effekte, Stoffe	1.3. Stand der Arbeitwissenschaft, verfügbare ergonomische Versuchseinrichtung
	Arbeitsvorbereitung und Teilefertigung	2	2.1. Verfügbare Fertigungs- und Betriebsmittel, technologisches Know-how	2.2. Technologie, Materialeigenschaft, fertigungsbedingte Belastung	2.3. Teilehandhabung Verletzungsgefahr durch Grate
	Montage	3	3.1. Verfügbare Montagewerkzeuge und Hilfsmittel	3.2. Montagebedingte Belastung,	3.3. Teilehandhabung, Gewicht, Größe

Bild 2.13 Ausschnitt der Suchmatrix nach Franke

2.3.1.2 Anforderungen analysieren

Im Rahmen der Aufgabenklärung analysiert das Projektteam die erfassten Anforderungen. Bild 2.14 zeigt die Aktivitäten zur Analyse.

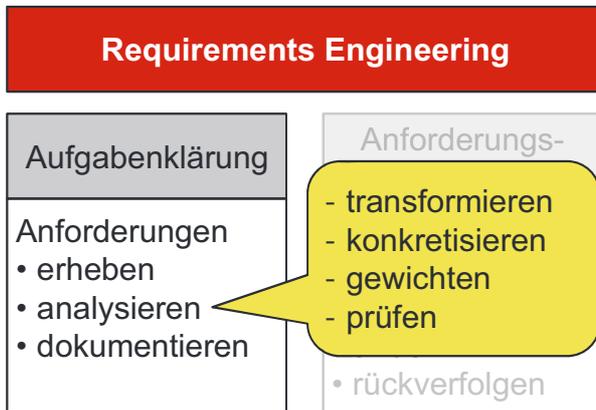


Bild 2.14 Aktivitäten beim Analysieren von Anforderungen

Anforderungen transformieren

Die von Kunden explizit genannten Anforderungen sind meist keine detaillierten technischen Anforderungen. Sie sind in der Regel umgangssprachlich und aus

Kundensicht formuliert. Zum Teil schränken sie die denkbaren Lösungsmöglichkeiten bereits ein (Ahrens 2000). Deshalb muss das Projektteam die Kundenanforderungen in eindeutige, lösungsfreie und prüfbare Anforderungen übersetzen. Sowohl in der Literatur als auch in der praktischen Anwendung ist das so genannte *House of Quality* als Hilfsmittel bekannt, um Kundenwünsche systematisch in technische Anforderungen zu transformieren (vgl. Kapitel QFD). Das interdisziplinäre Projektteam bestehend aus Marketing und Entwicklung übersetzt gemeinsam die erfassten Kundenanforderungen in technische Anforderungen. In der so genannten *QFD-Matrix* werden die ermittelten Abhängigkeiten dokumentiert (Bild 2.15).

Anforderungen konkretisieren

Produktanforderungen besitzen zahlreiche inhaltliche *Klassifizierungsmerkmale* (Attribute) mit spezifischen Ausprägungen (Werte). Klassifizierungsmerkmale sind Zusatzinformationen zu Anforderungen. Sie konkretisieren den Anforderungsinhalt. Beispielsweise unterscheiden sich Ausprägungen wie „Forderung vs. Wunsch“, „hoher vs. geringer Einfluss auf die Kundenzufriedenheit“, „implizit vs. explizit“.