

Produktanforderungen systematisch finden

Gummersbach, F.; Heimannsfeld, K.

Eine Vielzahl nationaler und europäischer Forschungsvorhaben am IMW haben sich mit Fragen des Anforderungswesen beschäftigt. Dabei entstanden komplexe Anforderungsmodelle und Methodiken. Ein entscheidender Punkt wurde jedoch bisher immer nur am Rande behandelt. Wie kann man systematisch, ausgehend von einem Entwicklungsauftrag, die relevanten Anforderungen auffinden oder bestimmen? Im folgenden wollen wir einen zielgerichteten Ansatz zum systematischen Auffinden von Anforderungen anhand eines Beispiels vorstellen.

At the IMW quite a number of National and European research projects deal with requirements engineering. Results from these projects are complex requirements models and methodologies. However one major issue was always only treated indirectly. How does an engineer elicitates, starting from the customer requirements of need specification, the relevant requirements? In the following we will introduce and describe a systematic approach to requirements elicitation. We will apply this approach to a simple example.

1 Einleitung

Die Frage wie man aus einem vom Kunden geäußerten Produktwunsch zu einer qualitativ hochwertigen Anforderungsliste kommt ist schwierig, Typischerweise treten in den Kundenanforderungen eine Reihe von Problemen auf. Zweideutigkeiten, unverträgliche Anforderungen, fehlende Anforderungen oder überspezifizierte Anforderungen sind typische Vertreter der Anforderungsproblematik. Im folgenden Artikel wollen wir die Frage, wie man fehlende Anforderungen systematisch herleitet, näher untersuchen. Dazu soll uns als Beispiel die Konstruktionsaufgabe mit Anforderungsliste aus der diesjährigen Konstruktionselemente-Klausur dienen.

1.1 Die Konstruktionsaufgabe

Die Aufgabe war folgendermaßen definiert:

*Durch nicht vorhandene Landliegeplätze muß der abgebildete (siehe **Bild 1**) Strandkatamaran (kein Schwert bzw. Kiel) an einem Wasserliegeplatz liegen. Hierdurch bildet sich an den Rümpfen Bewuchs, der zu hohen*



Bild 1: Katamaran „Hobie 16“ am Wasserliegeplatz

Strömungswiderständen führt. Im vorliegenden Fall kann dieser Bewuchs nicht durch das Aufbringen einer bewuchsvermindernden Farbe vermieden werden.

Zur Vermeidung des Bewuchses sollen die Rümpfe des Strandkatamarans (Gesamtgewicht ca. 145 kg) durch eine Hebevorrichtung dauerhaft aus dem Wasser angehoben werden. Diese Hebevorrichtung muß durch eine Person von Hand innerhalb von 3 min zu bedienen sein. Die Vorrichtung darf das An- und Ablegen nicht behindern.

Erarbeiten sie eine Anforderungsliste und fertigen Sie auf der nachfolgenden DIN A3 Seite eine Handskizze der Hebevorrichtung an !

1.2 Offensichtliche Anforderungen

Aus dem Aufgabentext kann man relativ einfach die offensichtlichen Anforderungen extrahieren:

Die Hebevorrichtung muß:

- min. 145kg heben.
- von einer Person manuell durchzuführen sein.
- innerhalb von 3 min die Rümpfe aus dem Wasser heben.
- dauerhaft aus dem Wasser heben.
- das An- und Ablegen nicht behindern.

Diese ersten kleine Anforderungsliste entspricht der gängigen Praxis eines Entwicklungsauftrags. Selbstverständliche Anforderungen sind oftmals nicht explizit erwähnt. Andere Anforderungen sind oft nicht eindeutig formuliert (Was bedeutet von Hand zu bedienen? Mit Hilfsantrieb oder ohne?). Anforderungen, die sich nicht direkt aus dem Kundenwunsch, aber aus den beteiligten Objekten (z.B. Katamaran oder Bootssteg) ergeben werden nicht berücksichtigt. Wie kann der Konstrukteur nun diese indirekten Anforderungen systematisch auffinden und spezifizieren. Zuerst schauen wir uns die Vorgehensweise der traditionellen Konstruktionsmethodik an.

2 Konstruktionsmethodik und Praxis

Das methodische Aufstellen einer Anforderungsliste nach Pahl und Beitz /1/ benutzt eine eindimensionale Leitlinie mit Hauptmerkmalen. Dabei geht der Konstrukteur die verschiedenen Hauptmerkmale des Produktes durch. Geometrie, Kinematik, Kräfte und Energie sind einige Beispiele dieser Hauptmerkmale. Franke /2/ und Roth /3/ verwenden

zweidimensionale Matrizen, die dann als Checklisten für die Erstellung von Anforderungslisten dienen. Tatsächlich zeigt die heutige industrielle Praxis, daß die Verwendung von Checklisten, die am weitest verbreitete systematische Unterstützung zur Anforderungserfassung ist. Oftmals werden auch Anforderungslisten ähnlicher Produkte als Grundlage für neue benutzt.

Pahl und Beitz /1/ warnen davor, daß Checklisten nur nutzen, wenn sie für länger Zeit aktuell und gleichzeitig überschaubar bleiben. Sie legen daher in /1/ Wert darauf, daß ihre Hauptmerkmale das komplexe Konstruktionsproblem in Teilbereiche zerlegen, die dem Konstrukteur die Problemlösung erleichtern sollen. Durch eine Überlappung der Hauptmerkmale soll gewährleistet werden, daß keine Anforderungen vergessen oder übersehen werden.

Alle diese Ansätze haben erkannt, daß es beim Konstruieren wichtig ist, das zukünftige Produkt unter verschiedenen Blickwinkel oder Sichten zu betrachten. Sichten oder engl. Viewpoints spielen auch in den Anforderungsmethodiken der Informatik oder des System Engineerings eine besondere Rolle.

Allerdings erfordern die doch recht abstrakt und generell gehaltenen Hauptmerkmale und die teilweise sehr umfangreichen Anforderungsmatrizen von Franke /2/ und Roth /3/ einen erheblichen Aufwand bei der Bearbeitung ohne den Blick des Konstrukteurs gezielt auf die eigentliche Aufgabenstellung zu lenken. Gleichzeitig birgt die Deduktionsrichtung von den abstrakten Hauptmerkmalen zu dem Produkt die Gefahr, daß Randbedingungen, die nur indirekt mit dem Produkt zusammenhängen, leicht übersehen werden können.

Deswegen wird im Systementwurf komplexer Systeme (Systems Engineering) oftmals ein anderer Weg gegangen. Dieser Weg wird im nächsten Kapitel vorgestellt und dann anhand der Konstruktionsaufgabe erläutert.

3 Auffinden von Anforderungen (Requirements Elicitation)

Das systematische Auffinden von Anforderungen wird insbesondere im Software Engineering detailliert erforscht. Die im folgenden vorgestellte Methode kann in verschiedenen Variationen in der Literatur gefunden werden. Kotonya und Sommerville /4/ sprechen von Sichten (viewpoints) orientierten Anforderungsmethoden. Gausemeier beschreibt

einen ähnlichen Weg mit seiner Szenarientechnik /5/.

Die sichtenorientierte Systematik zum Auffinden von Anforderungen gliedert sich in 4 Hauptschritte, die in **Bild 2** zu sehen sind:

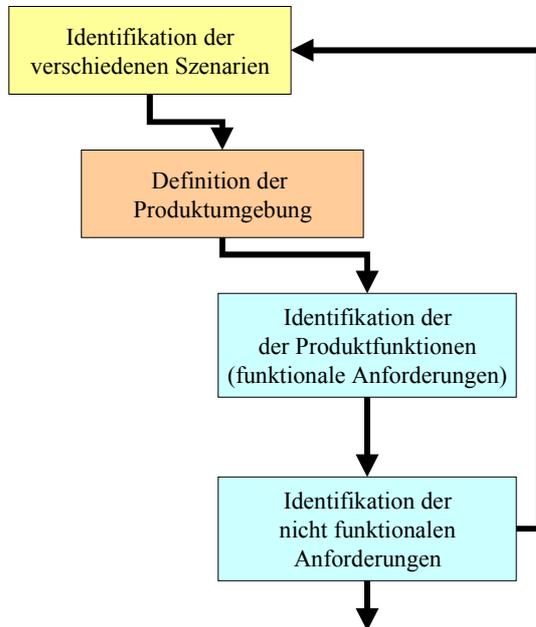


Bild 2: Schritte beim systematischen Ableiten von Anforderungen

1. Identifikation der verschiedenen Sichten, der zu den Sichten zugeordneten Rollen (stakeholders) und Betriebsszenarien.
2. Definition der Produktumgebung und der Schnittstellen zur Umgebung.
3. Definition der funktionalen Anforderungen (Hauptfunktionen, Nebenfunktionen) für jedes Szenario und unter spezieller Berücksichtigung der Schnittstellen.
4. Definition der nicht-funktionalen Anforderungen für jedes Szenario und unter spezieller Berücksichtigung der Schnittstellen.

In Schritt 1 werden die relevanten Sichten und Betriebsszenarien, sowie die Übergänge und ihre Übergangsbedingungen festgelegt. Die Betriebsszenarien für eine Papiertransporteinheit in einer Druckerei könnten also lauten: „*Papier beschleunigen*“, „*Papier mit konstanter Geschwindigkeit transportieren*“, „*Papier bremsen*“ und „*Papierrolle wechseln*“. Neben diesen eigentlichen Betriebsszenarien sollte man natürlich auch alle anderen Anforderungen aus anderen Produktsichten oder

Hauptmerkmalen (beispielsweise Wartung, Fertigung, Recycling und Sicherheit) berücksichtigen. Diese sollte aber immer zielgerichtet in Bezug auf den jeweils relevanten Abschnitt des Betriebszyklus eines Produktes erfolgen.

Da wir heute kaum noch Produkte komplett selber entwickeln, definieren die Schnittstellen innerhalb und außerhalb der zugekauften Komponente des Produktes einen Großteil der Entwurfseinschränkungen und wir müssen bewußt mit diesen Informationen umgehen. In Schritt 2 werden die Grenzen zwischen dem Produkt und der Umgebung, sowie die Interaktionen (Funktionen) zwischen Produkt und Umgebung für jedes Betriebsszenario festgelegt.

Ausgehend von den identifizierten Betriebsszenarien und der Produktumgebung werden in Schritte 3 zunächst die jeweiligen funktionalen Anforderungen festgelegt. Unter funktionalen Anforderungen werden die Anforderungen bezeichnet, die definieren „was“ gefordert ist. In der Konstruktionslehre nach Pahl und Beitz /1/ entsprechen funktionale Anforderungen den Haupt- und Nebenfunktionen in der Funktionsstruktur.

Alle nicht funktionalen Anforderungen werden in Schritte 4 anhand der einzelnen Betriebsszenarien und anhand der externen Einschränkungen ermittelt.

4 Beispiel Hebevorrichtung

Im folgenden werden wir die in Kapitel 3 vorgestellte Methodik auf das Klausurbeispiel aus (Kapitel 1) anwenden.

4.1 Identifikation der Betriebsszenarien

Zuerst versuchen wir die wichtigen Betriebsmodi zu definieren. Aus der Aufgabendefinition können wir leicht zwei Modi definieren:

- Zustand abgesenkt zum Anlegen und Ablegen des Katamarans
- Katamaran dauerhaft angehoben

Der Übergang zwischen beiden Szenarien ist logischerweise der Hebe- und Absenkvorgang die separat untersucht werden müssen.

Darüber hinaus muß die Vorrichtung montiert und gewartet werden. Betriebsbedingungen wie Recycling, Fertigung und andere Aspekte vernachlässigen wir um das Beispiel einfach zu halten.

4.2 Definition der Produktumgebung

Die Definition der Umgebung gestaltet sich auch relativ einfach. Wir haben als Elemente der Umgebung den Bootssteg, das Gewässer, den Katamaran und nicht zu vergessen die Luft bzw. das Wetter im allgemeinen. Unter Umständen muß man natürlich auch den See- oder Meeresgrund als Element betrachten.

Allerdings sollte man vermeiden den Bootssteg oder den Seegrund in Hinsicht auf die Befestigung der Vorrichtung zu untersuchen, da hiermit bereits eine Vorfixierung der Lösung erfolgen würde und der Blick auf die „optimale Lösung“ verbaut würde.

Wie man sich vorstellen kann werden sich insbesondere durch das Gewässer Anforderungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit und der Umweltverträglichkeit ergeben, während die Berücksichtigung des Wetters hauptsächlich Anforderungen im Bereich der Stabilität und damit der Sicherheit der Konstruktion liefern wird.

4.3 Ermittlung der Anforderungen

Zur Ermittlung der Anforderungen (hier nur die funktional bedingten) betrachten wir jedes Betriebsszenario einzeln.

1. Hebevorrichtung abgesenkt

Die Hebevorrichtung darf nicht beim Anlegen und Ablegen behindern.

Die Hebevorrichtung muß mit dem verfügbaren Platz des Wasserliegeplatzes auskommen.

Die Hebevorrichtung könnte den Anlegevorgang (Einparken und Bremsen) mit entsprechenden Führungen unterstützen.

2. Katamaran heben

Die Hebevorrichtung soll das Heben des Katamaran innerhalb von 3 min ermöglichen.

Die Hebevorrichtung soll von einer Person bedienbar (d.h. insbesondere bequem und nicht im Wasser stehend oder schwimmend !) sein

Es soll reine Muskelkraft zum Heben verwendet werden (dies ist die Klarstellung der Anforderung Handbedienung). Hilfsantriebe sind unzulässig.

Die Hebevorrichtung muß einen Katamaran von ca. 145 kg sicher heben. *Im Rahmen der Kostenbeschränkung sollte man natürlich be-*

rücksichtigen, daß u.U. auch zusätzliche auf dem Katamaran liegende Gegenstände mit angehoben werden.

Die Hebevorrichtung soll den Katamaran dauerhaft aus dem Wasser heben.

Beim Heben soll die Vorrichtung gegen unbeabsichtigtes Absenken gesichert sein (plötzliches Loslassen o.ä.)

3. Katamaran senken

(Zusätzlich zu den unter Katamaran heben aufgeführten Anforderungen)

Die Hebevorrichtung sollte das kontrollierte Ablassen (kontrollierte Geschwindigkeit) des Katamarans in das Wasser ermöglichen.

Die Hebevorrichtung sollte die einfache Ausrichtung beim Ablassen des Katamaran unterstützen. Der Katamaran sollte gegen ungewolltes Drehen und Schwenken (z.B. wegen Seitenwind) gesichert sein.

4. Katamaran dauerhaft angehoben

Katamaran darf keinen Kontakt mehr zum Wasser haben.

Katamaran muß sicher gelagert sein.

Haben wir jetzt alle Anforderungen erfaßt? Der erfahrende Praktiker wird gleich bemerken, daß eine ganze Reihe von Anforderungen noch fehlen. So fehlt die Betrachtung der verschiedenen Lebensphasen eines Produktes angefangen bei dem Entwurf, der Konstruktion, der Fertigung und Montage bis hin zur Entsorgung und dem Recycling, die wir aber aus Platzgründen unter den Tisch fallen lassen.

Untersuchen wir die 4 Szenarien (zwei eigentliche Szenarien + Übergänge) noch mal in Zusammenhang auf die Produktumgebung:

Gewässer:

In Bezug auf die Hebevorrichtung werden wir mehrere Phänomene eines Gewässers berücksichtigen müssen. Als erstes wird Wasser und Luft immer zu einer Korrosion führen. Je nach Gewässertyp (Salzwasser oder Süßwasser) wird man die Konstruktion auf jeden Fall unter dem Gesichtspunkt der Korrosion planen müssen.

Zweitens können Wellenbildung am Wasserliegeplatz die Hebevorrichtung beeinträchtigen und unter Umständen beschädigen. Bei Tidengewässer ist natürlich der Tidenhub und die daraus resultierende Wasserbewegung und Wassertiefe von Interesse.

Als letztes spielt die Rolle der Wassertiefe unter dem Wasserliegeplatz eine Rolle. Zu einem um die maximale Eintauchtiefe der Hebevorrichtung zu berücksichtigen und andererseits abschätzen zu können ob man eine Hebevorrichtung am Grund verankern kann.

Die resultierenden Anforderungen sind

Die Hebevorrichtung muß korrosionsgerecht konstruiert werden. (Wir halten diese Aussage bewußt allgemein um dieses Beispiel nicht zu komplex werden zu lassen.)

Die Konstruktion muß die Stabilität der Konstruktion in Bezug auf möglichen Wellengang am Wasserliegeplatz berücksichtigen (insbesondere im abgesenkten Zustand)

Wetter:

Das Wetter spielt für die sichere Lagerung eine wichtige Rolle. Wellenschlag haben wir ja bereits unter dem Punkt *Gewässer* untersucht. Wichtigster Faktor des Wetters wird sicherlich Wind sein, da der Mast, die Stagen und die Wanten (vordere, seitliche und hintere Abspannung des Mastes) einen erheblichen Windwiderstand verursachen können. Weitere Faktoren wie Gewichtszuwachs durch Regen oder Eis vernachlässigen wir um das Beispiel einfach zu halten.

Die resultierende (globale) Anforderung ist:

Die Hebevorrichtung muß eine sichere Lagerung auch unter Sturmbedingungen gewährleisten.

Katamaran:

Die geometrischen Abmasse des Katamaran beschränken die technische Lösung der Hebevorrichtung. Die sich daraus ergebenden Anforderungen wollen wir hier nicht detailliert wiedergeben sondern nur generalisiert:

Die Hebevorrichtung muß den geometrischen Einschränkungen des Katamarans angepaßt sein.

Die Hebevorrichtung soll die Rümpfe des Katamarans möglichst wenig und beanspruchungsgerecht belasten. (d.h. keine zusätzli-

chen Bohrungen für Halterungen am Katamaran)

Bootssteg und Seegrund

Wie bereits erwähnt beschränken der Bootssteg und die Wassertiefe unter dem Katamaran die geometrischen Abmaße der Hebevorrichtung. Erwartungsgemäß in Hinsicht auf bestehende Vorrichtungen kann man hier auch weitere Anforderungen in Abhängigkeit von der Stabilität und Tragfähigkeit des Bootssteiges und des Seegrundes erwarten. Da dies aber bereits eine Lösungsabhängigkeit (Hebevorrichtung am Bootsteg oder Seegrund verankern) impliziert, betrachten wir diese Anforderungen noch nicht.

Zusätzliche Anforderungen

Aus der Überlegung heraus, daß der Bootseigner seinen Katamaran oder das Segelboot innerhalb der Lebensdauer der Hebevorrichtung wechselt, macht es natürlich Sinn sich Gedanken zu machen, ob und wie man die Hebevorrichtung an andere Rumpf- und Bootsformen adaptierbar machen kann. Desweiteren wird sich bei einem Bootswechsel auch das Bootsgewicht verändern. Wenn es der definierte Kostenrahmen zuläßt, so sollte man also diese zwei Anforderungen berücksichtigen:

Die Hebevorrichtung sollte auch an andere Rumpf und Bootsformen adaptierbar sein.

Die Hebevorrichtung sollte im definierten Kostenrahmen auch höhere Bootsgewichte handhaben können.

5 Wünsche

Die traditionelle Anforderungsliste unterscheidet nach Festforderungen und Wünschen. Wünsche haben oftmals den Charakter eines Optimierungszieles. Aus dem angeführten Beispiel könnte man die (bewußt generell gehaltene) Anforderung nach einer korrosionsgerechten Konstruktion erwähnen. Was heißt korrosionsgerecht in Bezug auf die Lebensdauer des Produktes? Andere typische Wünsche sind möglichst kostengünstige, möglichst leichte oder möglichst leistungsfähige Konstruktionen.

Wir schließen uns aber der gängigen industriellen Meinung an, daß jede Anforderung begründet und vor allem meßbar und testbar sein muß. Wünsche sollten also explizit zu Anforderungen getrennt und

unterschiedlich behandelt werden. Dem Kunden und dem Konstrukteur sollte bei der Formulierung eines Wunsches klar sein, daß dieser am Ende der Konstruktion nicht verifiziert wird. Soll ein Wunsch am Ende verifiziert werden, so müssen klare qualitative Maße vereinbart werden.

In gewisser Hinsicht sind Wünsche für den Konstrukteur optimal, da er sie in jedem Fall erfüllt. Bleibt nur zu hoffen, daß der Kunde dieselbe Definition eines Wunsches hat.

6 Zusammenfassung

Betrachtet man sich die Ergebnisse, der in der Klausur erarbeiteten Anforderungslisten, so kann man mehrere Erkenntnisse ableiten:

- Die, im Aufgabentext, genannten Anforderungen wurden von der Mehrzahl der Klausurteilnehmer erkannt.
- Standardanforderungen gemäß Korrosion, Wartung, Sicherheit oder Ergonomie werden häufig erkannt.
- Spezifische Anforderungen, die aus dem Umfeld abgeleitet werden müssen (Sturm, Wellenschlag etc.) wurden nur von wenigen Studenten erkannt.

Ein Faktor, daß in der Klausur nur relativ wenige Studenten externe Faktoren berücksichtigt haben liegt sicherlich unter dem Zeitdruck der Klausur. Es sollte jedoch im Laufe dieses Artikels verständlich geworden sein, das Produkte heute nicht mehr isoliert betrachtet werden können, sondern immer im Zusammenhang mit ihrer Umgebung behandelt werden müssen.

Die Untersuchung sollte wenn möglich, nicht nur aus den verschiedenen Hauptmerkmalen heraus, sondern von den verschiedenen Sichten auf ein Produkt erfolgen.

Zu Schluß bleiben noch zwei Fragen. Haben die Autoren wirklich alle wesentlichen Anforderungen erfaßt? Hoffentlich ja, aber je mehr Sichten auch von den verschiedenen Experten der jeweiligen Domäne berücksichtigt werden, desto eher wird die Anforderungsliste vollständig sein.

Wie löst man jetzt das Konstruktionsproblem in unserem Beispiel optimal? Wir verraten es nicht, aber wie die Ergebnisse der Klausur gezeigt haben ist die Vorfizierung erheblich. Lediglich ein Student kam auf die Idee, das Wasser auch einen Auftrieb besitzt.

Viel Spass beim Rätseln. Eine einfache, preiswerte und effektive Lösung kann an vielen Bootsstegen und am Bootshaus der TU Clausthal in Augenschein genommen werden.

7 Literatur

- /1/ Pahl, G.; Beitz W.: Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1993
- /2/ Franke, H.-J.: Methodische Schritte beim Klären konstruktiver Aufgabenstellungen, Konstruktion 27 (1975) 395-402
- /3/ Roth, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen – Band I, Springer Verlag, Berlin, 1994
- /4/ Sommerville, I.; Kotonya G.: Requirements Engineering – Processes and Techniques, Wiley, 1997
- /5/ Gausemeier J.; Fink A.; Schlake, O.: Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien, Carl Hanser, 1996