

Manfred VÖTTER

Konstruktionstechnik
Technische Universität Hamburg-Harburg, Deutschland

Die Anforderungsliste - Kritik und Anregungen zum Gebrauch im Rahmen der Konstruktionsmethodik

Abstract

Im Ablauf der Konstruktionsmethodik nimmt die Erstellung einer Anforderungsliste eine zentrale Stellung ein.

Unverkennbar sind jedoch die Schwierigkeiten in Lehre und Praxis mit der Handhabung der Forderungsmatrix. Anhand von Beispielen kann gezeigt werden, daß der Wunsch nach Lösungsneutralität und Prüfung auf Widerspruchsfreiheit schwer erreichbar ist. Ein Ansatz über die Formulierung des zu lösenden Problems kann die Kreativität und den Fortgang des Konstruierens besser unterstützen.

1 . Einführung

Zahlreiche Veröffentlichungen, z.B. [13], [12], [3], befassen sich mit der sog. Anforderungsliste, fälschlicherweise oft auch Lastenheft genannt. Genauer sollte unterschieden werden: Das Lastenheft repräsentiert die Anforderungen des Kunden, das Pflichtenheft stellt die Vertragsgrundlage zwischen Kunde und Lieferer dar, während die Anforderungsliste eine innerbetriebliche, mit Maßzahlen versehene Checkliste sein sollte. Stellt man die ersten beiden unter den Begriff WAS, so ist die Anforderungsliste unter dem WIE zu sehen. Damit ist eine Beziehung zum QFD (Quality Function Deployment [7]) hergestellt.

Die Anforderungsliste hat im Ablauf der Konstruktionsmethodik einen wichtigen Stellenwert. So heißt es in [6]: "Ziel der Anforderungsliste ist es, nichts außer acht zu lassen, was die Gestaltung des Produktes beeinflusst." So selbstverständlich dies auch klingt, so schwierig, gar unmöglich ist es, dies zu erreichen. Mit dem Aufstellen der Forderungen steht sie am Anfang des Entwicklungsprozesses, wie sie auch mit der Bewertung der Lösungen am Ende des Prozesses steht. Wurden die Forderungen erfüllt, indem sie im Verlaufe der Konstruktion modifiziert, ergänzt oder reduziert wurden, hat sich die Anforderungsliste in eine Spezifikation verwandelt, die aussagt, was das Produkt kann und welche Vorteile es gegenüber dem Vorgängermodell oder gegenüber dem Wettbewerb hat.

Der Aufbau der Anforderungsliste geschieht nach [12] in Form einer Matrix. Diese hat beispielsweise einen Aufbau nach Abb. 1.

Forderungen Lebensphasen	Technik	Schnittstellen	Kosten	Garantie	Termin	Personal	Hilfsmittel
Planung							
Konstruktion							
Fertigung							
Vertrieb							
Inbetriebnahme							
Betrieb							
Bedienung							
Instandhaltung							
Reparatur							
Verschrottung							

Bild 1. Aufbau einer Anforderungsmatrix

Die zwei wichtigsten Voraussetzungen für eine wirkungsvolle Anforderungsliste sind:

- die Forderungen dürfen nicht so strukturiert sein, daß nur eine bestimmte Lösung herauskommt. Sie müssen also lösungsneutral sein.
- die Forderungen dürfen sich nicht widersprechen, also eine Lösung nicht unmöglich machen.

Oft übersehen werden wichtige Nebeneffekte, die sich bei der Erstellung der Matrix ergeben:

- Für den Anfänger stellt sie eine wichtige und übersichtliche Komponente eines Wissenserwerbs dar. Auch die Einarbeitung neuer Mitarbeiter wird beschleunigt,
- für den Fachmann eine Checkliste der wichtigsten Randbedingungen,
- für nachfolgende Bearbeiter einen guten Überblick über das Szenario;
- sie ist bisher das einzige Ausgangsdokument für eine Rechnerunterstützung eines Konstruktionsprozesses.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß empfohlen wird, die Wichtigkeit von Forderungen dadurch zu dokumentieren, daß zwischen Festforderungen, Mindestforderungen und Wunschforderungen unterschieden wird. Allerdings wird bereits in [3] mit guter Begründung darauf hingewiesen, daß dies nicht sehr hilfreich sei und eher unterbleiben solle.

2 Problemstellung

2.1 Starker Branchenbezug

Vorausgeschickt sei, daß die unter 1 genannten Gesichtspunkte für jede Branche eine andere Ausprägung haben sollten. Dies ergibt sich sowohl aus der Struktur des Marktes, des

Wettbewerbs und vor allem aus dem technischen Anspruch des Produktes. So wird z.B. das Lastenheft eines neu zu konzipierenden Verkehrsflugzeugs nicht nur einen großen Umfang haben und bereits viele Details enthalten. Dies kann vor allem deshalb geschehen, weil nicht nur ein umfangreiches know-how vorliegt, sondern auch jahrelang daran gearbeitet wird. Dagegen wird ein neuer Bürostuhl wesentlich mehr auf ein Design und eine bestimmte Marktnische abgestimmt sein müssen. Geschwindigkeit der Markteinführung ist hier dominant. Als weiteres Beispiel einer Anforderungsliste sei die sog. Ausschreibung eines Architekten für einen Neubau eines Wohnhauses erwähnt. Hier ist bereits die Forderung des Bauherrn dergestalt umgesetzt, daß der einzelne Lieferant kaum Möglichkeit und Gelegenheit hat, eigene Ideen zu verwirklichen. Die Kreativität findet bereits bei dem Architekten statt.

2.2. Mangelnde Akzeptanz

In zahlreichen Untersuchungen z.B. [1] wird beklagt, daß gerade bei Anforderungslisten die größten Defizite vorliegen. Befragte geben in erster Linie an, daß häufig

- Anforderungen unklar und unvollständig seien und
- Vorgesetzte sich zu wenig beteiligen.

Weiterhin kann man aus Erhebungen erkennen, daß das richtige Maß zwischen abstrakt und konkret und deren Wechselwirkung sowohl in der Formulierung als auch in der Durchführung Schwierigkeiten bereitet.

2.3. Hoher Aufwand

Die Erstellung einer Matrix ist sehr zeitaufwendig. Die Mächtigkeit wächst stark an, Widersprüche sind in der Regel nicht erkennbar. Bei einem komplexen Projekt oder einer Anlage, wird aus der Liste schnell ein Buch, das nur noch von einer hervorragend eingerichteten Projektleitung zu verarbeiten ist. Eine "Entrümpelung" einer bereits erstellten, vielleicht sogar verabschiedeten Liste gestaltet sich sehr schwierig und scheitert oft an den Zuständigkeiten.

2.4. Psychologische Probleme

Es kann nichts anderes behauptet werden, als daß eine Anforderungsliste von einem Team zu erstellen sei. Dies ergibt sich bereits aus den verschiedenen Aspekten, aus den Lebensphasen. So läßt sich ohne weiteres eine Teamzusammensetzung aus Marketing, Produktplanung, Vorentwicklung, Konstruktion, Versuch, Fertigungsvorbereitung, Fertigung, Kundendienst, Service, Versand usw. herleiten. Diese Gruppe ist nicht nur inhomogen, sondern wird auch schnell feststellen, daß Verständigungsschwierigkeiten, verschiedene Ideologien und Interessenslagen existieren. Wir haben es mit einem ausgesprochenen Managementproblem zu tun und die Erfahrung zeigt, daß oftmals mehr Gräben aufgeschüttet werden und Motivationen zerstört werden. Oft kommt ein Kompromiß heraus, der genau den Ansprüchen des Kunden nicht gerecht wird. Weiterhin fühlen sich viele Mitarbeiter entweder überfordert oder richtiggehend gehemmt im Einbringen von Forderungen, was sehr gefährlich für die Marktfähigkeit sein kann.

"Weltanschauungen" spielen eine große Rolle, trotzdem ist die Erstellung durch "Neutrale" (wobei der Kunde kein Neutraler sein kann!) äußerst problematisch.

2.5. Lehrbarkeit

Der Stoff über das richtige Erstellen einer Anforderungsliste ist schlecht vermittelbar. Nicht nur, weil der Stoff sehr trocken ist, sondern auch sehr langatmig ist. Die Theorie ist anspruchlos und

die meisten Beispiele stellen sich als langweilig heraus. Man kann sogar so weit gehen zu behaupten, daß entweder nur ungeeignete Beispiele existieren oder unrealistische. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß in Veröffentlichungen Musterlisten dadurch entstanden sind, daß ein fertiges Produkt - von dem man ja alles weiß - im nachhinein beschrieben wird. Lebendige, d.h. echte Beispiele sind zu problematisch und werfen dann immer wieder neue Fragen auf.

2.6. EDV-Unterstützung

Bisher gelang es noch nicht, eine Anforderungsliste in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozeß zu integrieren. Wenige Beispiele [9], [10] haben keine Nachahmer gefunden bzw. Nachahmer stellten fest, daß die Beispiele einen speziellen Zuschnitt hatten, der einen allgemeinen Ansatz und eine flexible Anwendung verhinderte.

2.7. Suche nach Anwendungen

Es gibt Bereiche, in denen die Erstellung einer Anforderungsliste nie geschah. Diese Feststellung ist natürlich kein Beweis für die Nutzlosigkeit, jedoch sollte man erwähnen, daß gerade Entdeckungen aus dem Bereich der Grundlagenforschung daran krankten, daß eine Anwendung nicht gesehen werden kann. Als Beispiel können sehr erfolgreiche Produkte wie Laser oder Haftnotizzettel dienen. Als der Laser erfunden wurde, wußte eigentlich niemand, was man damit anfangen könnte. Man hatte eine Lösung, aber kein Problem. Dies änderte sich insofern, als wenig später fast täglich eine neue Problemlösung realisiert wurde und immer noch wird. Auch die Geschichte der berühmten Haftnotizzettel Post-it lehrt, daß auch eine große und erfolgreiche Firma einem Erfinder keine Hilfestellung bei ungewöhnlichen Effekten geben kann, [11].

3. Lösungsvorschläge

Angesichts der Vielschichtigkeit und der verschiedenen Wurzeln des Problems wird der Versuch gemacht, sowohl schnell durchführbare Vorschläge, d.h. Verbesserungen ohne Systemänderung aufzuzeigen als auch Gedanken, die noch vieler Forschungsaktivitäten bedürfen, zu diskutieren.

3.1. Lösungsvorschläge mit unmittelbarem Effekt

3.1.1. Trennen von expliziten und impliziten Anforderungen

Explizite Anforderungen sind jene, die entweder als exakte Zahlenwerte vorliegen oder die letztendlich als Vorteile gegenüber dem Wettbewerb oder dem Vorgängerprodukt gelten. Implizite Anforderungen, z.B. erforderlich Betriebsmittel, Finanzmittel usw., sind zwar nötig, müssen jedoch auf einer anderen Ebene gelöst werden (z.B. Lizenzvergabe, Zulieferung usw.). Es wird empfohlen, ein Modell ähnlich Bild 2 aufzubauen. Während Technik und Wirtschaftlichkeit keiner besonderen Erwähnung bedürfen, da sie ja als bewertete Ziele hinlänglich aus dem sog. Stärkediagramm bekannt sind, sollte eine dritte Achse "Psychologie" die Begriffe Sicherheit, Ergonomie, Design usw. beinhalten.

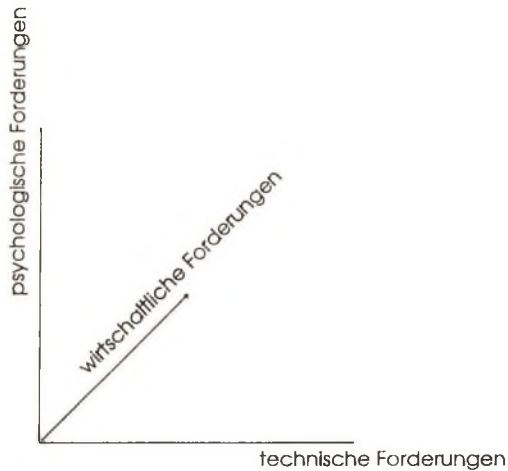


Bild 2. Dreidimensionaler Aufbau von Forderungen

3.1.2. Wunschziele sind zu vermeiden!

Diese spätestens seit den Erfolgen der Wertanalyse erkennbaren Vorteile können zum Nutzen der Wirtschaftlichkeit dienen. Wenn eine Lösung vorliegt, muß gefragt werden, ob eventuelle Nebeneffekte tolerierbar oder sogar positiv umsetzbar sind. Als ein einfacheres Kriterium als die Begriffe Fest- oder Wunschforderungen können die Adjektive "nice" und "necessary" benutzt werden.

3.1.3. Vermeiden von Unsauberkeiten und Unsicherheiten!

Begriffe wie "möglichst gut", "minimaler Verbrauch" oder "geringe Umweltbelastung" sollen nicht benutzt werden. Stattdessen sind klare Zahlenwerte wie "max ...g/kWh" bei gleichzeitiger Festlegung des Tests vorzusehen. Es sind die Prinzipien festzulegen, nach denen optimiert werden soll. Komplexbegriffe wie "muß sicher sein", "bedienerfreundlich" sind zu vermeiden. Alles, was zum Grundwissen eines gut ausgebildeten und verantwortlichen Ingenieurs gehört (z.B. "Bearbeitbarkeit muß gewährleistet sein", Erkennen einer "möglichen Verletzungsgefahr", "Beachtung von Kontroll- und Prüfmöglichkeiten" usw.) überfrachtet eine ohnehin schon unübersichtliche Anforderungsliste.

3.1.4. Keine Vollständigkeit anstreben!

Vollständigkeit ist gar nicht definiert, denn auch ein fertiges Produkt hat nur unvollständige und unvollkommene Eigenschaften. Ziele sind eher zu streichen, als hinzuzufügen, da sonst die Gefahr einer sog. Universallösung besteht. Es müssen sogar sog. Zielentartungen im Laufe der Entwicklungstätigkeit zugelassen werden. Zielentartungen spielen oft eine größere Rolle als gemeinhin angenommen wird.

3.1.5. Es ist eher die negative als die positive Formulierung zu wählen!

Ein "Nicht-Stuhl" ist weniger genau festgelegt als ein "Stuhl". Ein Mangel, den zu beseitigen das wichtigste Ziel ist, ist klar zu definieren, weil der Kunde genau diesen nicht mehr will! Was er wirklich will, ist oftmals nicht klar auszumachen.

3.2. Längerfristige Lösungsmöglichkeiten

3.2.1. Kognitive Karte

Konstruieren heißt optimieren eines Suchprozesses. Suchprozesse laufen stets individuell ab. Das Problem ist nur: Es sind keine fertigen Produkte versteckt, die man nur zu finden braucht, sondern gesucht werden Lösungen, die einem Mangel abhelfen.

Wie oben dargelegt, kann man das Konstruieren als Analogon zur Navigation heranziehen oder als "Kunst des Sichzurechtfindens". So gesehen ist eine Anforderungsliste das Zurechtlegen eines Plans, der es gestattet, Orientierungspunkte zu setzen. Mithilfe von Hilfsmitteln (ähnlich Kompaß, Karten, Höhenmesser, Wegbeschreibungen), die gesammelt und abwechselnd benutzt werden müssen, ist die Annäherung an einen Zielpunkt die Aufgabe. Bei Verlust der Orientierung ist eine Strategie festzulegen, wie neue Fixpunkte anzusteuern sind. Kognitive Karten werden gebildet aus einem Geflecht von Bildern, Kreuzungen, Wegemarken, Punkten, Linien. Innere Karten sind verzerrt und nicht maßstabsgetreu, sind hierarchisch aufgebaut und haben Netzstruktur. Beispiel: Wer von Hamburg nach München fährt, kann nicht erwarten, daß er in Hamburg ein Hinweisschild "München" mit Angabe von Entfernungskilometern vorfindet. Vielmehr hat er eine Autobahn zu wählen, die nach Süden führt. Verschiedene Kreuzungspunkte verlangen Entscheidungen, hilfreich sind natürlich Merkpunkte. Bei Erreichen des Stadtrandes München hilft ein Stadtplan weiter oder ein Lotse.

Wichtig bei Suchproblemen ist die Verantwortung und das Bewußtsein. Der Führer einer Gruppe wird trotz höherer Inanspruchnahme mehr Hinweisschilder sehen als ein Mitläufer. Wichtig ist die Feststellung, daß Suchprobleme zwar versuchen zu verallgemeinern und sich nicht im Speziellen oder im Detail zu verlaufen. Wenn jedoch zuerst grobe Richtungen festgelegt werden, führen in Extremfällen falsche Grobziele zu Irrwegen. Beispiel: Es ist allgemeines Wissen, daß Frankreich westlich von Deutschland liegt, jedoch wird kaum jemand realisieren, daß Belfort östlich von Krefeld liegt. Oder die Frage: liegt Rom nördlicher als New York? Hier hilft nur die Information, daß Rom am 42. und New York am 41. Breitengrad liegt, man muß also ab Rom eine leicht südliche Route einschlagen.

Resümee: Es ist eine kognitive Karte aufzubauen, die es gestattet, ohne große Umwege ein Ziel anzusteuern. Inwieweit dies rechnerunterstützt geschehen kann, muß Inhalt zukünftiger Forschungen sein.

3.2.2. Ergänzung der Konstruktionsmethodik durch Konstruktionslogik

Bereits im Quality Function Deployment (QFD) wird auf einfache, allerdings wenig zwingende Weise eine gegenseitige Beeinflussung von Merkmalen dargestellt. Hier schwebt vor, daß dem Konstrukteur Abhängigkeiten beim Verfolgen eines Zieles klargemacht werden, ähnlich einem Schachspieler, der seine Züge unter dem Gesichtspunkt plant, wie der Gegner antworten wird. Außerdem wird er sich bei der Eröffnung noch wenig Gedanken über das Endspiel machen. Da bekannt ist, daß die Datenfülle bei solchen Ansätzen beträchtlich ansteigt, gilt es, soviel wie möglich Knoten aus dem Netz zu reduzieren. Arbeiten, die diesbezüglich interessante Ansätze aufzeigen sind [8] und [2]. Wenn es noch gelingt, mit unsicherem Wissen (ähnlich FUZZY) zu arbeiten, könnte ein Konstrukteur in ein ihm neues Problem schneller einsteigen.

3.2.3. Mind mapping

Etwas exotischere Ansätze sind im "Mind mapping" [4] zu finden. Hier wird versucht, eine Synthese von sprachlichem und bildhaftem Denken zu schaffen. Der Vorteil für den Konstrukteur ist, daß das Verfahren sehr anpassungsfähig an die persönliche Arbeitsweise ist und daß sehr einfach eine Strukturierung der Anforderungen erreichbar ist. Die Methode kommt aus dem Bereich der angewandten Gehirnforschung, ein Bereich, der gerade in der Forschung der Konstruktionsmethodik gesteigerte Beachtung findet [5].

4 . Diskussion und Zusammenfassung

Das Ziel muß sein, erkennbare Mängel zu beseitigen. Die Mängel sind sowohl in der Praxis als auch in der Lehre erkennbar. In der Praxis steht entweder ein zu wenig effektiv arbeitendes Hilfsmittel zur Verfügung oder erfahrene Konstrukteure verzichten darauf, weil sie zu umständlich und nicht dem eigentlichen Problem angepaßt ist. In der Lehre ruft der trockene Stoff wenig Begeisterung hervor. In Übungen mit Studierenden kann man erkennen, daß eine gemeinsame Erarbeitung einer Anforderungsliste sowohl von der Motivation bzw. Interessenslage des einzelnen abhängt oder eigene "Weltanschauungen" eine große Rolle spielen. Auch gibt es keine guten Beispiele, da sie entweder im nachhinein von einer Spezifikation abgeschrieben sind oder als realistische Beispiele zu umfangreich sind. Als gute Anwendung zeigte sich in Versuchen, daß die Anforderungsmatrix zum Ablegen von Erfahrungswissen, zum Anlegen einer Wissensbasis und zwangsläufig zur Einarbeitung für Anfänger oder Neulinge geeignet ist.

Als wichtige Erkenntnis kann herausgearbeitet werden:

Liegt eine präzise Anforderungsliste vor, gilt sie als Anweisung z.B. für Zulieferer oder Anbieter. Kreativität wirkt eher störend. Im Falle einer gewünschten Innovation muß ein vorliegender Mangel oder ein Bedürfnis dargelegt und beschrieben sein. Die Anforderungsliste erhält dann nur ein Ziel: Beseitigung des Mangels!

Weiterhin sollte die Formulierung von Wunschzielen nicht nur eingeschränkt werden, sondern entfallen.

Wesentlich dürfte die Erkenntnis sein, daß für eine Rechnerunterstützung wichtige Voraussetzungen fehlen. Das Verfolgen der bisherigen Ansätze führte insofern in eine Sackgasse, als alle Konzepte im Hinblick auf

- Simultaneous Engineering,
- Expertensysteme,
- Unterstützung des Konstruktionsprozesses

entweder keine Akzeptanz fanden oder sich der Aufwand als zu hoch herausstellte.

Ansätze zur Verbesserung wurden angedeutet. Denkbar sind zwei Alternativen: Modifizierung der bisherigen Lösungen oder ein Paradigmenwechsel. Stichworte wie "Innere Landkarte", "Umgang mit unscharfem Wissen", "Mind mapping" und "Netzwerk" wurden angedacht und sollten auf Brauchbarkeit und Effizienz erforscht und angewendet werden. Ergebnis könnte auch hier, wie schon in anderen Sparten, eine besondere Art von "Schlankheit" sein.

Literatur

- [1] Ehrlenspiel, K.: Industrieprobleme in Entwicklung und Konstruktion sowie Folgerungen gemäß einer Umfrage, Konstruktion 12/1993
- [2] Brüning H.-C.: Wissensbasierte CAD-Konstruktion mithierarchischen Restriktionsnetzen, VDI-Bericht 1079, 1993
- [3] Breiing, A., Flemming, M.: Theorie und Methoden des Konstruierens, Springer 1993
- [4] Kirckhoff, M.: Mind Mapping, Bremen 1993
- [5] Dörner, D.: Strategisches Denken im komplexen Situationen, rororo, 1992
- [6] Feldhusen, J.: Angewandte Konstruktionsmethodik, VDI-Bericht 953, 1992
- [7] Brunner, F.J.: Produktplanung mit Quality Function Deployment QFD; Management Zeitschrift 61, (1992) 6
- [8] Neese, J.: Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen, Hanser 1991
- [9] Gröger, B.: Ein System zur rechnerunterstützten und wissens basierten Bearbeitung des Konstruktionsprozesses, Konstruktion 42, 1990
- [10] Barrenscheen, J.; Drebing, U.; Sieverding, H.: Rechnerunterstützte Erstellung von Anforderungslisten, VDI-Z 131, Nr. 4, 1989
- [11] Ketteringham, J.M., Nayak, P.R.: Senkrechtstarter, große Produktideen und ihre Durchsetzung, ECON, 1987
- [12] Franke, H.-J.: Methodische Schritte beim Klären konstruktiver Aufgabenstellungen, Konstruktion 27, 1975
- [13] Kesselring, F.: Bewertung von Konstruktionen, VDI-Verlag Düsseldorf, 1951

Gutachter: Ryszard Knosala