*Rainer Züst / Peter Troxler*

Das Systems Engineering Case-Book

Rainer Züst / Peter Troxler (Hrsg.)

# Das Systems Engineering Case-Book

Verlag Industrielle Organisation

Hinweis auf weitere Bücher zu Systems Engineering aus dem Verlag:

- *W. F. Daenzer / F. Huber.:* Systems Engineering. 11. Auflage.
  Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 2001.
- *Züst, R.:* Einstieg ins Systems Engineering. 2. Auflage.
  Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 2000.
- *Züst, R.:* Systems Engineering – Kurz und bündig.
  Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 1999.

© 2002 Orell Füssli Verlag AG
für Verlag Industrielle Organisation, Zürich
alle Rechte vorbehalten
Druck: fgb • freiburger graphische Betriebe, Freiburg i. Brsg.
Printed in Germany
ISBN 3-85743-705-7

---

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbiografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über *http://dnb.ddb.de* abrufbar

# Dank

Die Idee, gemeinsam ein Buch mit Anwendungsbeispielen zu Systems Engineering zu verfassen, entstand in der Erfahrungsgruppe Systems Engineering der ETH Zürich. In den Diskussionen wurde festgestellt, dass im Allgemeinen ein gut konzeptionierter Lehr- und Übungsteil mit geeigneten Fallbeispielen und Kontrollfragen fehlt, der auch individuelles Lernen und Anwenden von Systems Engineering insbesondere für Einsteiger und den allgemeinen Anwender ermöglichen würde.

An der Ausarbeitung des vorliegenden Buches waren verschiedene Personen beteiligt. Unterschiedliche SE-Experten als Autorenteam sowie Peter Troxler als weiterer Herausgeber haben die Aufgabe übernommen, eigene praktische Planungsbeispiele aufzuarbeiten und diese unter dem Aspekt Systems Engineering zu reflektieren. Ein besonderer Dank gilt deshalb den Autorinnen und Autoren wie auch weiteren Mitgliedern der Erfahrungsgruppe Systems Engineering, die direkt an der Ausarbeitung der Planungsfälle mitgewirkt haben.

Zahlreiche Diskussionen im In- und Ausland, an Tagungen, Seminaren und Workshops haben uns weitere Impulse gegeben. Auch diesen Gesprächspartnern gilt unser Dank. Ein weiterer Dank geht an den Verlag, der uns bei der Ausarbeitung des Buches hilfreich unterstützt hat. Ein grosser Dank geht auch an die Förderungsgesellschaft für Betriebswissenschaften an der ETH Zürich für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens.

Ein weiterer Dank geht auch an meine Frau Fiorentina, die mich bei der Ausarbeitung des Buches motiviert und unterstützt hat.

Zürich, Sommer 2002

*Rainer Züst*

# Inhalt

**Vorwort** 11

**Die Cases im Überblick** 13

Case 1: **Mit systematischer Produktplanung zum Markterfolg** 17

*Stefano Achermann*

Wie kam es zur Aufgabenstellung? . . . . . 19
Wie wurde die Aufgabe angepackt? . . . . . 22
Vorstudie . . . . . 29
Zielformulierung . . . . . 36
Lösungssuche und Auswahl . . . . . 37
Erfahrungen aus dem Fallbeispiel . . . . . 38

Case 2: **Die Grenzen der Einflussnahme eines externen Projektleiters** 41

*Kristina Lauche / Udo Lindemann*

Anstoss . . . . . 43
Auftrag für das Teilprojekt Mechanik . . . . . 45
Die dritte Projektsitzung . . . . . 47
Konzeptphase . . . . . 48
Detaillierungsphase: Umgehen mit Ungeplantem . . . . . 51
Vorbereitung der Serie . . . . . 53
Fazit . . . . . 55

**Case 3: Automatisierung in der Anästhesie** **57**

*Adolf H. Glattfelder / Christian W. Frei / Alex M. Zbinden / Rainer Züst*

Situationsbeschreibung . . . . . 59
Interdisziplinäre Fragen werden bearbeitet . . . . . 59
Ein neues Forschungsprojekt entsteht . . . . . 62
Problemstrukturierung und -abgrenzung . . . . . 63
Projektgliederung . . . . . 66
Erfahrungen aus drei Teilprojekten . . . . . 69
Reflexion und Nachlese . . . . . 72

**Case 4: Kantonales Kommunikationsnetz KOMNET** **75**

*Oliver Vaterlaus*

Ein neues Projekt entsteht . . . . . 77
Das Projekt wird vorbereitet . . . . . 78
Vorstudie – Lösungsansätze entstehen . . . . . 80
Hauptstudie – Konzepte werden ausgearbeitet . . . . . 82
Detailstudie – Ein Pflichtenheft wird ausgearbeitet . . . . . 86
Systembau – Die Suche nach einem Netzwerkbetreiber . . . . . 86
Systemeinführung – KOMNET wird installiert . . . . . 89
Projektabschluss . . . . . 91

**Case 5: Dead Lock! Simulation der Grenzleistung einer Förderanlage** **93**

*Peter P. Acél / Veronika Hrdliczka*

Vom Anstoss zu einer Simulationsaufgabe . . . . . 95
Situationsanalyse . . . . . 97
Zielformulierung für die Simulation . . . . . 104
Problemabgrenzung . . . . . 104
Versuchsplanung . . . . . 105

Modellkonzeption . . . . . 106
Datenerhebung . . . . . 106
Modellerstellung . . . . . 108
Verifikation . . . . . 108
Validierung . . . . . 109
Simulationsläufe . . . . . 110
Lösungsempfehlung und Dokumentation . . . . . 111
Ausblick . . . . . 112

**Case 6: Ganzheitliches Engineering eines Elektronikproduktes im Unterricht an einer Fachhochschule 113**

*Vinzenz V. Härri*

Einleitung . . . . . 115
*Ansatz für das Vorgehen* . . . . . 116
*Die didaktischen Probleme* . . . . . 116
Zum Ablauf des Projektes Dimmer . . . . . 118
*Aufbereitung des Problems aus didaktischer Sicht* . . . . . 118
*Das Problem der Systementwicklung aus technischer Sicht* . . . . . 119
Exemplarische Darstellung der methodischen Schwerpunkte . . . . . 123
*Systemansatz* . . . . . 123
*Projektphasen* . . . . . 126
*Lösungssuche, Lösungskonzepte und deren Spezifikation* . . . . . 127
*Auswahl mit Kosten-Nutzen-Analyse* . . . . . 134
Erfahrungen und Schlussdiskussion . . . . . 141

**Case 7: Einführung von Umweltmanagementsystemen bei Volvo 143**

*Gabriel Caduff*

Was ist ein Umweltmanagementsystem? . . . . . 145
Der Auftrag wird erteilt . . . . . 148
Bearbeitung der Studie . . . . . 150
*Situationsanalyse* . . . . . 150
*Welche Ziele verfolgen wir?* . . . . . 152
*Welche Lösungen kommen in Frage?* . . . . . 153
*Fazit aus der Lösungssuche:* . . . . . 156
*Beurteilung und Empfehlung* . . . . . 157
Und wie ging es weiter? . . . . . 159

**Case 8: Die Kräfte für die Altenpflege bündeln 161**

*René Meier*

Warum ändern? . . . . . 163
Das Sozialprojekt wird vorbereitet . . . . . 165
Das Projekt wird gestartet . . . . . 167
Aktuelle Hilfe- und Pflegeangebote analysieren . . . . . 170
Entwicklungsziele definieren . . . . . 173

**Case 9: Weisung 251: Leistungsauftrag für die Asylkoordination der Stadt Uster 177**

*Peter Troxler*

Vorprojekt . . . . . 180
Initialisierung: Ein Projekt entsteht . . . . . 181
Konzept: Von der Analyse bis zum Leistungsauftrag . . . . . 182
*Situationsanalyse* . . . . . 183
*Beurteilung der Ausgangslage* . . . . . 185

*Vertiefen der Analyse* . . . . . 186
*Steuergrössen der Führung* . . . . . 187
*Doch kein Testlauf* . . . . . 188
*Ein Konzept ist entstanden* . . . . . 189
Entwicklung und Umsetzung: Das Konzept erlebbar machen . . . . . 190
*Konzentration auf das Wesentliche* . . . . . 190
*Umsetzung durch die Betroffenen* . . . . . 191
Nutzung: Der Leistungsauftrag wird zur Erfolgsgeschichte . . . . . 192

**Literatur** . . . . . 197

**Autorenverzeichnis** . . . . . 201

# Vorwort

Bertolt Brecht zitierten wir, damals, als Studenten, wenn wir wieder SE-Übungen zu lösen hatten: «Ja mach nur einen Plan/sei nur ein grosses Licht/und mach noch einen zweiten Plan/gehn tun sie beide nicht.» Alle Beteuerungen der Assistenten, wie relevant für die Praxis doch SE sei, alle wohlgemeint anschaulichen Beispiele des in Ehren ergrauten Professors, alle Drohungen, unsere Semesterarbeiten würden danach beurteilt, ob wir SE beherrschten und anwendeten, konnten uns nicht davon abhalten, Bonmots auf die Übungsblätter zu schreiben, abzugeben am Soundsoten: «Planen heisst Ersetzen des Zufalls durch den Irrtum.»

Kurz vor Beginn der Semesterarbeit dann die standpaukenartige Kurzfassung von Systems Engineering, dargeboten von Rainer Züst. Meine Notizen, drei Seiten immerhin, hielt ich kürzlich wieder in den Händen – überschrieben: «Züstologie».

Selbstverständlich zog mir der Assistent bei der Bewertung der Arbeit mehr als eine halbe Note ab: Ich hätte SE nicht richtig angewendet. Assistenten sind kleinlich, besonders bei inhaltlich überzeugenden Arbeiten, die sie selbst nicht so hätten bringen können – jedenfalls aus der Sicht von Studenten.

Seither sind Jahre vergangen. Noch hatte ich mein Diplom nicht in der Tasche, als ich begann, SE anzuwenden. Und weil da kein Assistent mehr war, der die Reinheit der Lehre als kategorischen Imperativ verkörperte, passte ich SE auf meine Projekte an. Mit Entsetzen erst, später auch mit verhaltener Begeisterung (weil als solche etwas peinlich), stellte ich fest, dass so manche der Grundprinzipien, so vieles von der Denkhaltung und Weltsicht von Systems Engineering mich mehr nolens als volens geprägt hat. In meiner Dissertation nahm ich gar explizit auf SE Bezug.

In den neuziger Jahren, dann nicht mehr nur Projektleiter, sondern «Senior Consultant», entwickelte ich ein Managementsystem, das im Kern auf SE basiert und eine Art SE-Auslegung darstellt. 1997 wurde es nach ISO 9001 zertifiziert; ohne substanzielle Veränderungen passierte es 2001 die Rezertifizierung

nach der prozessorientierten ISO 9001-2000. Das ist auch auf SE zurückzuführen – und auf die Art, wie wir damals SE für die Gegebenheiten der Firma interpretiert hatten.

Die Cases in diesem Buch handeln alle von dieser Art unverkrampfter Anwendung von SE. Die Autorinnen und Autoren erzählen davon, wie sie im «richtigen Leben» SE praktizieren. Sie lassen uns an Erfahrungen teilhaben, die so kein Lehrbuch zu vermitteln vermag. Denn diese Geschichten enthalten etwas, was sich dem klassischen Dozieren entzieht – und damit dem analytischen Lernen: jedes Problem ist einzigartig in seinen Widersprüchen und Unklarheiten. Als Faktum dargestellt, ist das banal. Als Geschichte erzählt, macht es diese erst spannend.

Ich wünsche mir, dass dieses Buch etwas davon vermitteln kann, was ich selbst mit SE erlebte: wie nämlich eine erst als trocken und rigide erlernte Systematik im konkreten Fall helfen kann, die Vielzahl der Fragen, Eindrücke und Anforderungen zu bewältigen. Und vielleicht gelingt es uns, zu vermitteln, was SE in der Theorie so trocken und in der Anwendung so lebendig macht. So wie die Dinge, die ich beim Schreiben meiner Diss lernte, ohne es zu bemerken. Aber das ist vielleicht der Titel meines nächsten Buches.

Aberdeen, Sommer 2002

*Peter Troxler*

## Die Cases im Überblick

### 1. Planungsbeispiel: Mit systematischer Produktplanung zum Markterfolg

Stefano Achermann wird als Berater in eine Firma geholt, die sich mit einem ihrer Produkte und aus ihrer organisch gewachsenen Geschichte in eine missliche Situation hat bringen lassen: Das Produkt ist zu teuer. Und ausserdem zu gut. Doch das erkennt das Unternehmen erst im Beratungsprojekt. Stefano Achermann berichtet, wie er die Geschäftsleitung davon überzeugt, das Produkt strategisch neu zu positionieren. Durch konsequente Anwendung von Wertanalyse und einer geeigneten Adaptation von Systems Engineering auf das Projekt gelingt es, das Einsparungsziel annähernd zu erreichen.

### 2. Planungsbeispiel: Die Grenzen der Einflussnahme eines externen Projektleiters

Dass bei der Entwicklung einer neuen Produktefamilie verschiedene Firmen zusammenarbeiten – Hersteller, Unterlieferanten, externe Engineering-Büros – gehört heute zur Normalität. Dass für ein solches Vorhaben der Entwicklungschef persönlich verantwortlich zeichnet, ist weder unüblich, noch widerspricht es der unternehmerischen Logik. Wenn der externe Ingenieur für mechanische Fragestellungen aber einen Weg einschlagen möchte, der methodisch ausgefeilter ist als der des Projektleiters, dann stösst er an die Grenzen seiner Einflussnahme. Wie mit seiner methodischen Versiertheit und anhand von Systems Engineering kritische Stellen im Projekt umschifft und wenig vorhersehbare Rückschläge aufgefangen werden konnten, davon erzählen Kristina Lauche und Udo Lindemann in diesem Case.

### 3. Planungsbeispiel: Automatisierung in der Anästhesie

Der Anästhesist spielt im Operationssaal eine wichtige Rolle. Er hat dafür zu sorgen, dass der Patient in Narkose fällt und während der möglicherweise mehrstündigen Operation nicht plötzlich erwacht oder kollabiert. Dabei fallen eine Reihe von Routinetätigkeiten an. Diese zu automatisieren, liegt eigentlich nahe. Erste Ansätze mit mathematischer Modellierung scheitern, der Einsatz von Fuzzy Logic stösst an die Grenzen der Komplexität. Erst als Adolf Glattfelder und seine Mitarbeiter erneut eine modellbasierte Regelung suchen, zeichnen sich Erfolge ab. Christian W. Frei entwickelt ein fehlertolerantes Regelmodell. Er nutzt das Wissen erfahrener Anästhesisten, um Ausfälle und Fehlsignale der eingesetzten Sensoren automatisch zu erkennen und auszufiltern. Davon handelt dieser Case.

### 4. Planungsbeispiel: Kantonales Kommunikationsnetz KOMNET

Ein gemeinsames Kommunikationsnetz für Kanton und Gemeinden aufzubauen, scheiterte lange an den divergierenden Interessen der Beteiligten. Erst als Oliver Vaterlaus als externer Berater ins Projekt kommt und es ihm gelingt, alle Betroffenen systematisch zu beteiligen, findet sich ein Konsens. Das Projekt wird streng methodisch geführt. Dies ermöglicht zwei Lösungen – Outsourcing und Eigenbau – parallel weiterzuentwickeln, bis genügend Informationen vorliegen, um den Entscheid zu Gunsten der Oursourcing-Variante zu fällen. Öffentliche Ausschreibung, Einigung mit dem Anbieter und Realisation gelingen dank geschickt formuliertem Service Level Agreement.

### 5. Planungsbeispiel: Dead Lock! Simulation der Grenzleistung einer Förderanlage

Im Logistikzentrum eines Grosshändlers ist der Wurm drin. Am späten Nachmittag, genau dann, wenn die meisten Aufträge hereinkommen, blockiert oft das automatische Fördersystem, die Paletten bleiben stecken. Peter Acél und Veronika Hrdliczka erzählen in ihrem Beispiel, wie André Gisler in seiner Semesterarbeit das Fördersystem auf dem Computer simuliert. Dazu analysiert er die Ausgangslage, plant die nötigen Versuche, konzipiert das Simulationsmodell,

erhebt Daten und erstellt das Modell, das er auf korrekte Funktion verifiziert und bezüglich der Übereinstimmung mit der Realität validiert. Anhand der Simulationsexperimente vergleicht er verschiedene Varianten, wie das Fördersystem aufgebaut werden könnte. Die Ergebnisse sind die Grundlage für eine Empfehlung an den Auftraggeber.

### 6. Planungsbeispiel: Ganzheitliches Engineering eines Elektronik-produkts im Unterricht an einer Fachhochschule

Dieser Case berichtet aus dem Dozentenalltag: Angehenden Ingenieuren Systems Engineering als Methodik beizubringen, ist nicht einfach. Als Beispiel sollen die Studierenden einen elektronischen Lichtregler entwickeln. Schon für die Vorbereitung dieser Aufgabe wendet Vinzenz Haerri Systems Engineering an. Durch die geschickte Umsetzung von SE-Inhalten auf die Schritte der Entwicklungsaufgabe und eine Kombination von Methodik und Pragmatik entsteht so ein Lehrbeispiel, das sich weder in theoretische Höhen versteigt, noch die Pseudo-Praxis einer fingiert industriellen Aufgabenstellung vortäuscht.

### 7. Planungsbeispiel: Einführung von Umweltmanagementsystemen bei Volvo

Das Umweltmanagementsystem für die Volvo-Vertreter in der Schweiz stösst bei Garagisten in ganz Europa auf Interesse: Geschickt formulierte Anforderungen an ein Umweltlabel sind auf die Grösse und Möglichkeiten von Garagenbetrieben abgestimmt. Gabriel Caduff schildert, wie er aus den möglichen Varianten für ein Umweltmanagementsystem zuerst zwei gangbare Lösungen herausfiltert und für diese dann Kosten und Nutzen sorgfältig abwägt, um den Entscheid der Geschäftsleitung vorzubereiten. Die Einführung des Systems bei Volvo (Schweiz) und den ersten fünf Garagen in Pilotprojekten bestätigt, dass der eingeschlagene Weg der richtige ist.

### 8. Planungsbeispiel: Die Kräfte für die Altenpflege bündeln

In seinem Beispiel berichtet René Meier davon, wie er geschickt methodisches Vorgehen nach Systems Engineering und den sozialwissenschaftlichen Ansatz

der Existenzanalyse kombiniert, um in einem speziellen Umfeld neue Lösungsansätze zu finden. Es gelingt ihm, alle Akteure, staatliche und private, am Projekt zu beteiligen. In einer systematischen Analyse werden Handlungsoptionen für die Betreuung alter Menschen entworfen. Grundlagen dafür sind vor allem demografische Trends und Entwicklungen, die im Desk Research, durch Validierung statistischer Aussagen und Bilden von Analogien ermittelt werden. Das Priorisieren der Handlungsoptionen führt schliesslich zu einem Aktionsplan. Das Projekt wird im Nachhaltigkeitswettbewerb der Bodenseeagenda 21 ausgezeichnet.

## 9. Planungsbeispiel: Weisung 251: Leistungsauftrag für die Asylkoordination der Stadt Uster

Eine gründliche Analyse und ein Prozessmodell bilden die Grundlage für die Entwicklung des Leistungsauftrags der Asylkoordination in Uster. Dieser sieht als Wirkungsziele die temporäre Integration Asylsuchender und den Aufbau ihrer Rückkehrfähigkeit vor. Peter Troxler berichtet, wie der Leiter und die Beschäftigten der Asylkoordination die Entwicklung ihrer Organisation zielstrebig und eigenverantwortlich an die Hand nehmen und er als Berater nur noch für Spezialprobleme beigezogen wird. Nach zwei Jahren erhält die Asylkoordination der Stadt Uster Bestnoten: Während in der ganzen Schweiz etwa 20 Prozent der Kosovo-Flüchtlinge die Rückkehr in ihre Heimat verweigern, sind in Uster lediglich knapp 4 Prozent rückkehrunwillig.

# Case 1

**Stefano M. Achermann**

*Komplexe Problemstellungen werden von Beteiligten und Betroffenen oft unterschiedlich wahrgenommen.*
*Die systematische Analyse und Strukturierung des Problemfeldes ist in solchen Fällen von besonderer Bedeutung.*
*Das ist mitunter aufwendig und setzt ein systematisches Vorgehen voraus.*
*Der vorliegende Fall beschreibt, wie in einem mittelgrossen Unternehmen von knapp 100 Beschäftigten der ursprünglich ungenügende Markterfolg einer Produktgruppe dauerhaft verbessert werden konnte.*
*Insbesondere methodische Aspekte im Umgang mit der Komplexität des Vorhabens werden hervorgehoben.*
*Eine Besonderheit besteht in der Kombination des SE-Konzepts mit Ansätzen der Portfolio- und Wertanalyse.*

# Mit systematischer Produktplanung zum Markterfolg

## 1. Wie kam es zur Aufgabenstellung?

Die Firma Filtronix AG ist seit 40 Jahren im Geschäft mit Reinraumanlagen tätig. Die Firma wurde von Viktor Jausslin gegründet, der die Idee aus Amerika mitgebracht hatte, wo er nach dem Studium einige Monate bei seinem Onkel Albert verbrachte. Onkel Albert war in leitender Position im Entwicklungslabor von Micropollution beschäftigt und machte ihn auf eine Entwicklung aufmerksam, die damals in Amerika schon weit fortgeschritten war: Im Sog der schnell wachsenden Biotechnologie und Mikrobiologie war in den USA ein bedeutender Markt für Anlagen und Geräte für Reinraum- und Laboranlagen entstanden. Micropollution, einer der grössten amerikanischen Hersteller dieser Anlagen, erzielte in jener Zeit ein Umsatzwachstum von mehr als 15 Prozent jährlich. Mit Unterstützung seines Onkels erhielt Viktor Jausslin die Generalvertretung für die Anlagen und Geräte von Micropollution in der Schweiz. Jausslin erwies sich als hervorragender Verkäufer und ideenreicher Geist. Anfang der achtziger Jahre war Filtronix ein florierendes Grosshandelsunternehmen in Verkauf, Dienstleistung und Wartung von Reinraumanlagen.

Die intensive Aufbauphase seines Geschäftes hatte an den Kräften von Jausslin gezehrt. Der Arzt riet ihm, wegen seiner gesundheitlichen Probleme kürzer zu treten. Schweren Herzens entschloss er sich, seine Firma zu verkaufen. Seine Bedingung, die 30-köpfige Belegschaft zu übernehmen, wurde von der neuen Besitzerin, einer internationalen Firmengruppe mit verschiedenen Geschäftsbereichen, erfüllt.

Die Verbindung von Filtronix mit der neuen Besitzerin dauerte nur drei Jahre. Im Zuge einer strategischen Neuausrichtung zog sich diese aus dem Geschäft mit der Reinraumtechnologie zurück. Filtronix wurde zum Verkauf ausgeschrieben. Mit finanzieller Unterstützung von Jausslin, der den Kontakt zu seinen ehemaligen leitenden Angestellten nie ganz abgebrochen hatte, führte die dreiköpfige Geschäftsleitung ein Management-Buyout durch. Jausslin

übernahm das Verwaltungsratspräsidium und überliess die aktive Geschäftsführung der Filtronix AG den drei Teilhabern. In den folgenden Jahren hatte Filtronix zunehmend mit Beschaffungsproblemen zu kämpfen. Steigende Einkaufspreise der amerikanischen Lieferanten und ungünstige Wechselkursverschiebungen schlugen besonders negativ auf die Ertragsrechnung durch. Am 1. April 1988 berief Jausslin eine Geschäftsleitungssitzung ein, um die Situation zu besprechen. Er schlug vor, mit der Entwicklung eigener Produkte zu beginnen, um die Abhängigkeit vom amerikanischen Beschaffungsmarkt zu reduzieren. Heftig wurde über die neue Strategie diskutiert. Spätabends hatte sich Jausslin durchgesetzt. Es wurde beschlossen, eine technische Abteilung aufzubauen, um selbst Anlagen und Geräte auf dem Gebiet der Reinraumtechnik zu entwickeln. Die Produktionsstrategie sah vor, keine eigenen Fertigungskapazitäten aufzubauen, sondern die Geräte ausschliesslich fremd zu fertigen.

Nach und nach entwickelte Filtronix Anlagen, meist Spezialanfertigungen, die sie erfolgreich am Markt absetzen konnte. Innert vier Jahren verdoppelte sich der Umsatz. Filtronix hatte sich von einer national tätigen Handelsfirma zu einer international tätigen Firma mit rund 70 Prozent fremd gefertigter Eigenproduktion gewandelt. In diesem Zeitraum wuchs der Personalbestand auf 70 Mitarbeitende an.

1992 bot sich der Filtronix die Gelegenheit, eine neue Produktgruppe aufzubauen, als sich ein neuer Trend zur flexiblen Nutzung der Laboratorien und Laboreinrichtungen abzeichnete. Wegen der wechselnden Anforderungen der Benutzer mussten die Laboreinrichtungen, um optimale Arbeitsprozesse zu ermöglichen, flexibel im Raum platziert werden können. Herkömmliche Laboreinrichtungen hingegen waren fest im Gebäude installiert und mit allen erdenklichen Versorgungssystemen (Strom, Wasser, Gas, Klima etc.) versehen. Dadurch wurden für Nutzungsänderungen stets zeit- und kostenaufwendige Umbauarbeiten an der Gebäudeinfrastruktur notwendig. In dieser Situation setzte eine grosse schweizerische Chemiefirma in Basel eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe ein mit dem Auftrag, die Laboratorien und die dort angewendeten Technologien im Hinblick auf Verbesserungen bezüglich Nutzungsflexibilität und Umweltverträglichkeit zu untersuchen. Als Hauptursache für die Problemsituation erwiesen sich die damals eingesetzten Laborabzüge. Dies sind isolierbare Arbeitsplätze, welche die Ausbreitung von belastenden Stoffen in den umgebenden Laborraum verhindern. Die zum Transport der hohen Luft-

menge erforderlichen grossen Luftkanäle schränken die Flexibilität der Gebäudenutzung erheblich ein.

Die Abteilung Labortechnik der Chemiefirma erstellte in der Folge ein Pflichtenheft für eine neue Produktgeneration, welche den gefundenen Schwachstellen Rechnung tragen sollte. Intern wurde zunächst ein Prototyp gebaut, der aber den Erwartungen nicht entsprach. Der Versuch, im europäischen Markt einen Hersteller von Laborabzügen für das Projekt zu begeistern, scheiterte unter anderem an den hohen Herstellkosten und an der langen Entwicklungszeit. Dr. Marc Lachapelle, Chemiker und Entwicklungsleiter von Filtronix, bekam durch einen Freund, mit dem er früher in der Chemiefirma zusammengearbeitet hatte, per Zufall Kenntnis von diesem Vorhaben. Die Firma Filtronix, die zwischenzeitlich selbst Laborabzüge konventioneller Bauart im Angebot hatte, interessierte sich für das Projekt. Mit Jausslins aktiver Unterstützung baute Filtronix innert sechs Monaten einen Funktionsprototyp, vier Erstgeräte für das Labor der Chemiefirma sowie ein Gerät für die Sicherheitsprüfungen. Nur wenig später bescheinigte das Deutsche Institut für Normung die Konformität des Gerätes mit den entsprechenden DIN-Vorschriften. In der Folge erteilte die Chemiefirma Filtronix die weltweite Lizenz für die Vermarktung der Produktidee. Bis heute liess Filtronix eine beachtliche Anzahl Geräte fertigen, welche im eigenen Hause endmontiert und erfolgreich am Markt abgesetzt wurden.

Obwohl das Gerät im Vergleich zu den Hauptwettbewerbern über erhebliche Qualitätsvorteile verfügte, entwickelte sich der betriebswirtschaftliche Erfolg nicht wie geplant. In einer Geschäftsleitungssitzung, die der Analyse der unerfreulichen Situation gewidmet war, kam es zu einer heftigen Auseinandersetzung zwischen Dr. Lachapelle und Martin Bodmer, dem Leiter der Verkaufsabteilung. Dr. Lachapelle musste sich vorwerfen lassen, dass es vermutlich keine gute Idee war, das neue Produkt ohne systematisch durchgeführte Marktanalyse ins Sortiment aufzunehmen. Dr. Lachapelle verteidigte «sein» Produkt mit dem Argument, dass kein Gerät der Konkurrenz über die gleichenLeistungsmerkmale verfüge. Von den Anwendern in den Labors höre er jedenfalls nur Gutes. Das Problem läge vielmehr im Verkauf selbst. Der Verkauf liesse sich allzu oft auf Preisdiskussionen mit saftigen Rabattnachlässen ein, anstatt die hervorragenden Leistungsmerkmale des Produktes zu preisen.

Durch die Beschäftigung mit der Frage «Wie kam es zur Aufgabe?» ergeben sich erste Hinweise darauf, wie die Betroffenen und Beteiligten
das Problem sehen, und auch auf mögliche Untersuchungsgegenstände.
Im Fall Filtronix kristallisiert sich bereits die Überprüfung der Produktpositionierung heraus.

Jausslin hatte alle Mühe, die Streithähne zu beruhigen. Er war davon überzeugt, dass die zu hohen Herstellkosten und damit der zu hohe Verkaufspreis für die unbefriedigende Gewinnentwicklung des Laborgerätes verantwortlich waren. Er schlug deshalb seinen Kollegen in der Geschäftsleitung vor, einen Unternehmensberater beizuziehen, der Vorschläge zur Halbierung der Produktherstellkosten unterbreiten solle. Jausslin war allerdings überrascht, als er feststellte, dass sein Vorschlag sofort auf breite Zustimmung stiess. Schon am nächsten Tag setzte er sich mit mir in Verbindung. Im Bewusstsein, dass es sich um ein komplexes, interdisziplinäres Problem handelte, nahm ich den Auftrag an.

SE-Hinweis

## 2. Wie wurde die Aufgabe angepackt?

Aufgrund des Mangels an gesicherten Fakten wurde zunächst vereinbart, eine umfassende Situationsanalyse im Rahmen einer Vorstudie durchzuführen.

Das eigentliche Problem ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bekannt.
Auch fehlen Informationen über eine Erfolg versprechende Stossrichtung,
d. h. es ist noch nicht bekannt, in welcher Richtung Lösungen zu suchen sind.
In dieser Situation ist die Durchführung einer Vorstudie – im Sinne eines Klärungsprozesses – sinnvoll.

Als Erstes packte ich die Analyse der Aufgabe an. Das hiess vorwiegend:

- Problembereiche identifizieren

**SE-Hinweis**

Projektziele und Rahmenbedingungen festlegen
Untersuchungsrahmen abgrenzen
Projektaufbauorganisation festlegen
Vorhaben in zweckmässige Phasen gliedern

Diese fünf Schritte werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

Mit Jausslins Unterstützung organisierte ich verschiedene, breit angelegte Gespräche mit Kaderangehörigen und mit ausgewählten Mitarbeitenden. Wie zu erwarten war, erwies sich bereits die *Identifikation von Problembereichen* als schwierig, weil sie von verschiedenen Standpunkten aus betrachtet wurden. Die Frage, was das Produkt leisten musste, wurde keineswegs übereinstimmend beantwortet. Ich erinnerte mich an das Gespräch mit Jausslin anlässlich der Auftragsannahme, als er durchblicken liess, dass er an den notwendigen Leistungsmerkmalen des Produktes keine Abstriche zulassen wolle. Eine nahezu unlösbare Problemstellung, sollten doch die Herstellkosten halbiert werden! Den Technikern schien dies unmöglich, dem Verkauf aber noch zu gering. Anderseits war mir klar, dass das Potenzial zur Senkung der Produktherstellkosten in hohem Masse von den Produktleistungsmerkmalen abhängig war. Die Frage, was unter «notwendigen» Leistungsmerkmalen zu verstehen war, musste deshalb geklärt werden.

Ich begann auf einer Skizze (Abb. 1) die Bestimmungsgrössen und Zusammenhänge für den Produkterfolg sicht- und diskutierbar zu machen.

Modelle, auch in Form von Handskizzen, sind wichtige Bestandteile in einem gemeinsam gestalteten Problemlösungsprozess.
Die Modellerstellung hat zum Ziel, Situationen zu strukturieren und gemeinsame Bilder bzw. Vorstellungen bei den Beteiligten zu schaffen.

Die Skizze nahm ich zum Gespräch mit, an dem ich Jausslin einen Vorschlag für eine Neudefinition des Problems sowie der Projektzielsetzung unterbreitete.

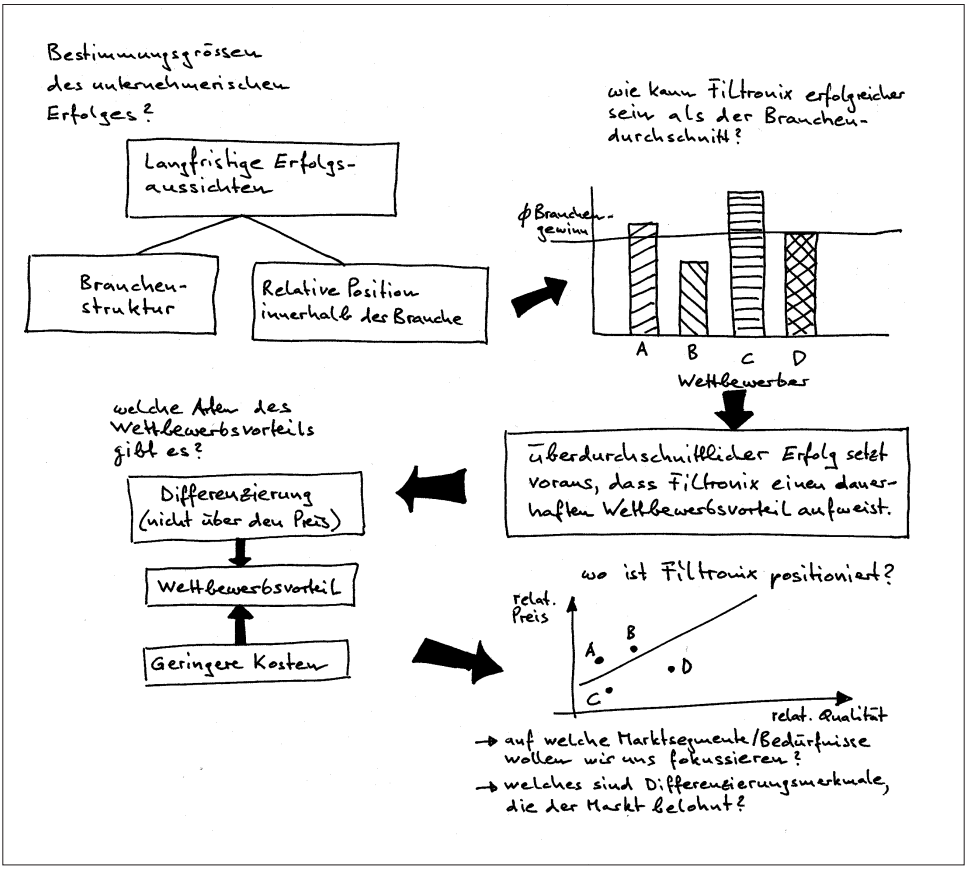



*Abb. 1: Bestimmungsgrössen und Zusammenhänge für den Produkterfolg*

Nicht die hohen Herstellkosten, sondern die ungenügende Wettbewerbsfähigkeit sollte als Grundproblem definiert werden. Nichtmarktgerechte Produktleistungen könnten (Mit)verursacher sein. Die Leistungsmerkmale waren ursprünglich weitgehend gemäss den Anforderungen der Lizenzgeberin festgelegt, und seit der Entwicklung des Gerätes vor rund acht Jahren nie mehr überprüft worden. Die Entwicklung des Marktes bzw. der Kundenbedürfnisse sollten deshalb mit berücksichtigt werden. Als neue *Projektzielsetzung* schlug ich die dauerhafte Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Laborgerätes vor. Jausslin, der meinen Ausführungen aufmerksam folgte, fand darin keinen Widerspruch zu seinem Problemverständnis. Er befürchtete jedoch zeitaufwendige Analysen, die mit seinen Terminvorstellungen nicht im Einklang standen.

SE-Hinweis

## Der ursprüngliche Auftrag «Halbierung der Produktherstellkosten»

war
mit Sicherheit keine lösungsneutrale Zielformulierung für das eigentliche
Problem des ungenügenden Markterfolges.
Zu Beginn eines Projektes ist es deshalb sinnvoll, eine systematische Aufgabenanalyse durchzuführen.

Offensichtlich gelang es mir, die Befürchtungen von Jausslin zu zerstreuen. Denn kurz nach unserer Besprechung erhielt ich von ihm Bescheid, das Projekt mit der geänderten Projektzielsetzung und folgenden *Rahmenbedingungen* bzw. Freiheitsgrade in Angriff zu nehmen:

**SE-Hinweis**

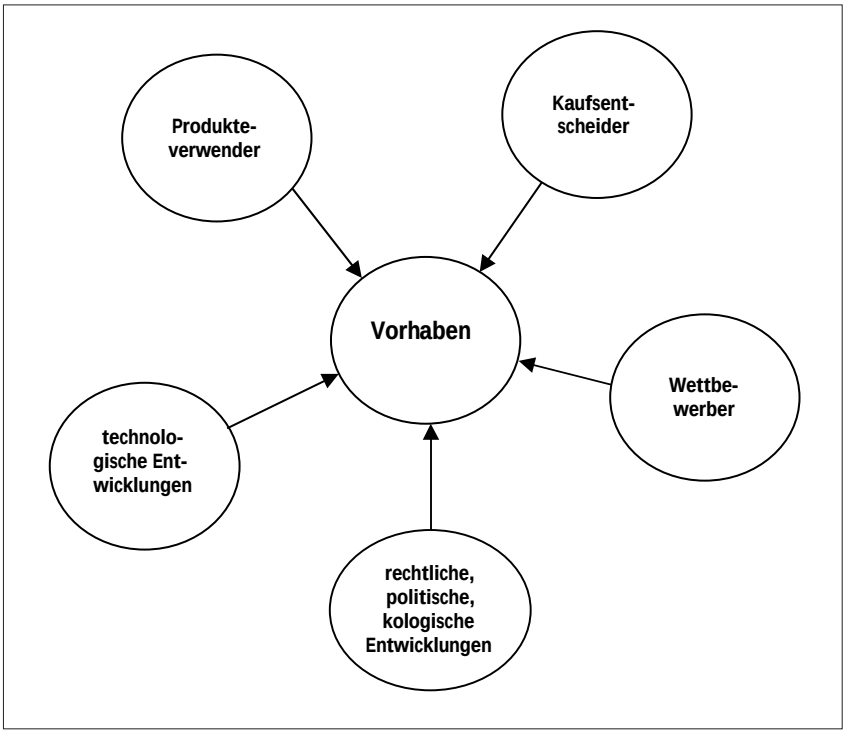
- Konstruktions- und Materialänderungen waren zulässig. Die äusseren Abmessungen des Gerätes durften nicht verändert werden.
- Aus fertigungstechnischen Gründen waren sämtliche Baugruppen und Einzelteile einzukaufen. Die Montage sollte weiterhin im eigenen Hause erfolgen.
- Die vorgegebenen Projekttermine waren zwingend einzuhalten.
- Das Tagesgeschäft durfte durch das Vorhaben nicht behindert werden.

Aufgrund der geänderten Projektziele wurde klar, dass Kundenbedürfnisse und Hauptwettbewerber als Einflussgrössen auf das Vorhaben mitberücksichtigt werden müssen (Abb. 2).

*Abb. 2: Darstellung der wichtigsten Einflussgrössen auf das Vorhaben*

Im Weiteren wurde vor allem erkannt, dass die eigentlichen Produktnutzer in vielen Fällen nicht identisch mit den Personen waren, die den Kaufentscheid massgeblich beeinflussten.

Die *Projektaufbauorganisation* leitete sich aus der Aufgabenstellung ab. Ich übernahm die Rolle des Projektleiters im Sinne einer Projektkoordination. In dieser Rolle war ich vor allem für das methodische Vorgehen und den Ablauf des Projektes in sachlicher, terminlicher und kostenmässiger Hinsicht verantwortlich. Im Weiteren sollte ich aber auch Personalkapazität und Know-how für




die Erarbeitung von Lösungen für Teilprobleme zur Verfügung stellen. Ein Projektlenkungsausschuss, bestehend aus Jausslin (Verwaltungsratspräsident), Dr. Lachapelle (Entwicklungsleiter), Bodmer (Verkaufsleiter) und meiner selbst, fungierte als Entscheidungsgremium insbesondere für strategische Fragen. Das Projektteam selber setzte sich , entsprechend der Aufgabenstellung, aus je einem Vertreter aus Entwicklung, Verkauf, Beschaffung und Montage zusammen.

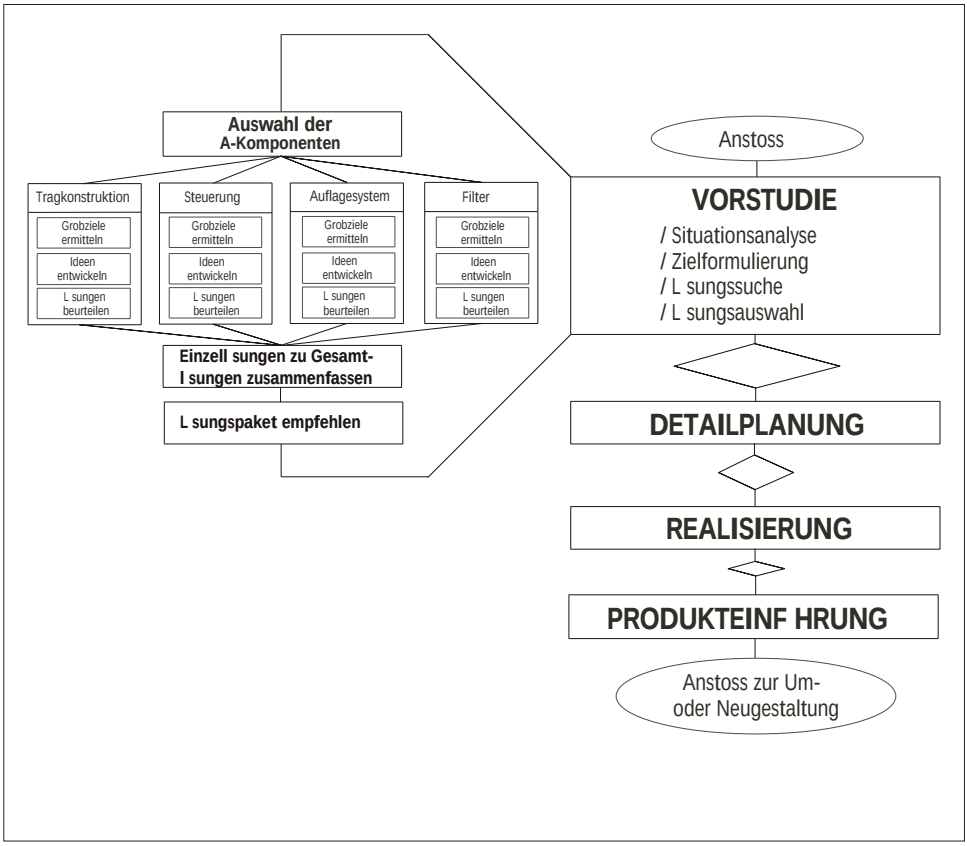
Aufgrund der Komplexität des Problems und der Erfahrung des Beraters in ähnlich gelagerten Projekten wurde vereinbart, den *Projektablauf* nach den bewährten SE-Phasen – allerdings in etwas modifizierter Form – zu gliedern (Abb. 3).

*Abb. 3: Angepasste Phasengliederung mit den relevanten Problembereichen*

Es wurde die Durchführung einer Vorstudie mit einer umfassenden Situationsanalyse beschlossen.

In Abweichung zum «klassischen» SE-Lebensphasenmodell wurde im

vorliegenden Projekt bewusst keine eigentliche Hauptstudie vorgesehen, an deren Ende man sich für ein zu realisierendes Gesamtkonzept eines neuen Produktes entscheiden würde. Eine vollkommene Neuentwicklung stand ausser Diskussion. Zudem erwartete man von der Vorstudie eine umfassende Situationsanalyse. Diese sollte die notwendigen Entscheidungsgrundlagen liefern, um die Problemlösung, sich daraus ergebende Konsequenzen und erforderliche Voraussetzungen




herauszuarbeiten.

Bereits im Rahmen der Vorstudie wurden zudem vier kritische Problembereiche identifiziert, die detaillierter, d. h. jeweils im Rahmen eines eigenen Problemlösungszyklus, zu bearbeiten waren. Die dort gefundenen Lösungsmöglichkeiten wurden anschliessend zu einer Gesamtlösung zusammengefasst.

SE-Hinweis

Auf übergeordneter Ebene wurde vereinbart, die strategische Produktpositionierung zu analysieren. Ziel der Analyse war es, die Zielrichtung für die Lösungssuche auf der untergeordneten Ebene der Produktgestaltung vorzugeben. Zudem sollten wertanalytische Überlegungen in der Situationsanalyse die kundengerechte Optimierung der wertbildenden Faktoren unterstützen. Um die Komplexität des Problems zu reduzieren, einigte man sich zunächst darauf, auf strategischer Ebene den Kundennutzen, die Wettbewerbsvor- und -nachteile sowie die strategische Produktpositionierung einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Im Anschluss daran war eine strategische Entscheidung über die Soll-Positionierung geplant (Abb. 4):

*Abb. 4: Vom Überblick zur Detailbetrachtung: Unterschiedliche Betrachtungsebenen und Kernfragen*

## 3. Vorstudie

Für die Vorstudie wurde ein Vorgehensplan vereinbart, welcher in Abb. 5 dargestellt ist.

Der Vorgehensplan in Abb. 6 widerspiegelt ein zyklisches Vorgehen. Teile des Problemlösungszyklus laufen parallel ab. Zudem wird aus dem Vorgehensplan ersichtlich, dass der Schwerpunkt der Arbeit auf der Situationsanalyse und Zielformulierung liegt. Diese Aufwandsverteilung ist typisch für eine Vorstudie.

| Betrachtungsebene | Kernfragen |
|---|---|
| Strategische Ebene | Was muss das Produkt leisten? Was ist die angebotene Leistung dem Kunden wert? Wie hoch d rfen die Zielherstellkosten und die Funktionskosten sein? |
| Ebene der Produktgestaltung | Mit welchen Technologien lassen sich die geforderten Funktionen am kosteng nstigsten realisieren? |

Als Teil der Ist-Zustandsanalyse werden im Folgenden detaillierter beschrieben:

- Kundennutzen und strategische Produktpositionierung
- Gesamtkostenanalyse
- Definition wertanalytischer Funktionen und
- Ermittlung der Funktionskosten

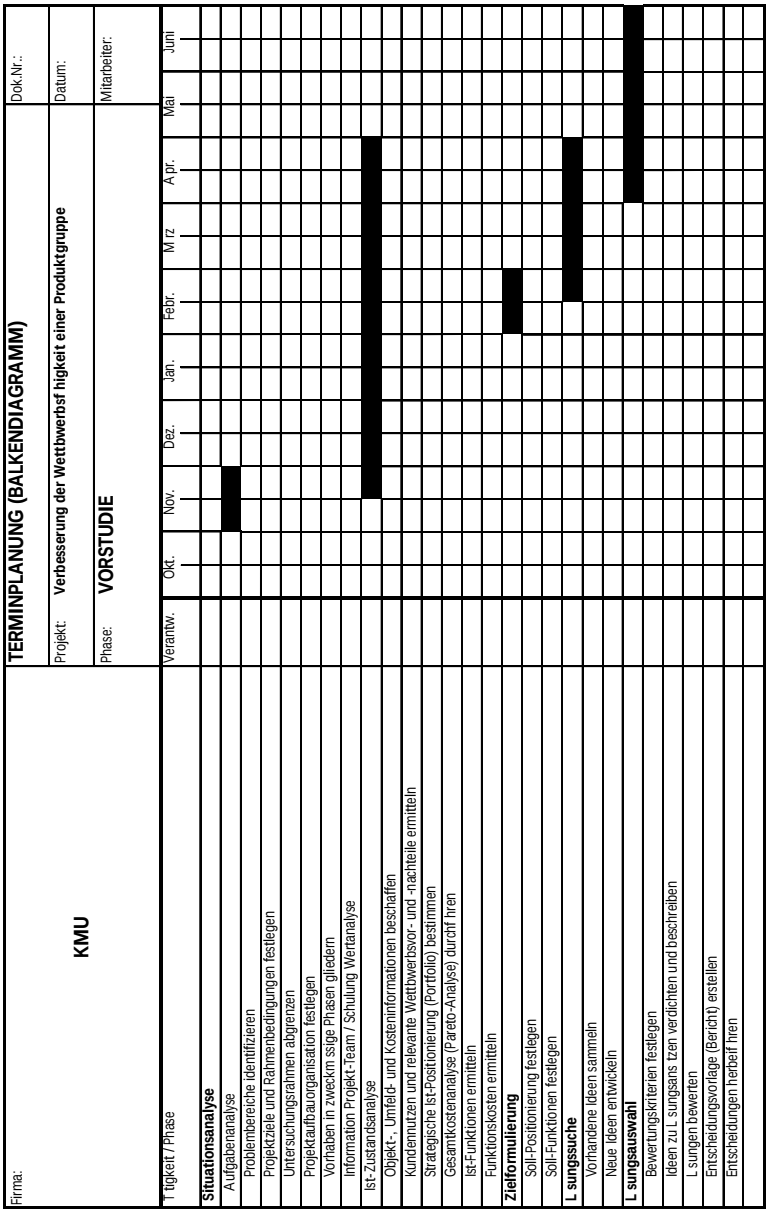



*Abb. 5: Vorgehensplan Vorstudie*

SE-Hinweis

*Kundennutzen und strategische Produktpositionierung*

Basierend auf der Einschätzung von Filtronix und auf jener ausgewählter Kunden, wurden als Erstes die kaufentscheidenden Kriterien und deren Gewichtung aus Kundensicht ermittelt. Anschliessend wurden das eigene sowie die Produkte der Hauptwettbewerber je nach Erfüllungsgrad des Kriteriums mit Punkten bewertet (Abb. 6).

Der Prozess der Kundenutzenermittlung war – wie ich vermutet und gehofft hatte – von Diskussionen über die heutigen und zukünftigen Marktbedürfnisse begleitet.

Rückblickend erwies sich die intensive Auseinandersetzung mit dem Kundennutzen jedoch als fruchtbar.

Die Auswertung des Kundennutzens in Abb. 6 ergab, dass mit Ausnahme des Kriteriums Normenkonformität in allen wichtigen bis sehr wichtigen kaufentscheidenden Kriterien (Gewichtung grösser 8) das eigene Produkt Wettbewerbsvorteile aufwies (Abb. 7).

*Abb. 6: Kundennutzen für das Marktsegment Neubau*

*Abb. 7: Relevante Wettbewerbsvor- und -nachteile der nicht preisbezogenen, kaufentscheidenden Kriterien*

Bei den eher weniger wichtigen Kriterien (Gewichtung kleiner 8) ergab die Analyse im Design und in der Umweltverträglichkeit Vorteile und im Kriterium Ergonomie Wettbewerbsnachteile.

Mit dem Einstieg in die Problematik auf einer höheren (strategischen) Ebene wurde ein Zweifaches bezweckt. Einerseits sollte überprüft werden, ob überhaupt das richtige Problem angepackt bzw. alle wichti-

**Kundennutzen / Kaufentscheidende Kriterien (KeK)**

**Gesch ftseinheit:** **Laborger t**

**Marktsegment:** **Neubau**

Info-Quelle: eigene Bewertung und Kaufentscheider

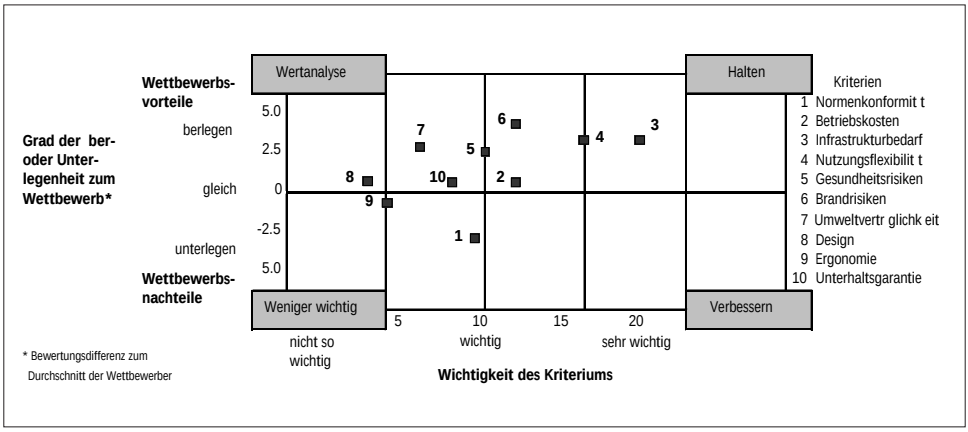
**Erhebungsjahr:**

**Erstelldatum:**

| **Nicht preisbezogene, kaufentscheidende Kriterien (KeK)** | **Wichtigkeit f r den Kunden in %** | **Kundeneinsch tzung** (0 = miserabel; 10 = exzellent) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Wir** | **Wettbewerber** | | | |
| | | | **A** | **B** | **C** | **D** |
| Produktbezogene Kriterien | | | | | | |
| Normenkonformit t | 9 | 6 | 9 | 10 | 8 | 8 |
| Betriebskosten | 12 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 |
| Infrastrukturbedarf | 18 | 9 | 6 | 6 | 5 | 6 |
| Nutzungsflexibilit t | 15 | 9 | 6 | 6 | 5 | 6 |
| Gesundheitsrisiken | 10 | 8 | 6 | 7 | 6 | 7 |
| Brandrisiken | 12 | 9 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Umweltvertr glichkeit 8 5 5 5 | 7 5 | | | | | |
| Design | 4 | 7 | 5 | 6 | 5 | 4 |
| Ergonomie | 5 | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 |
| | | | | | | |
| **Kriterien des erg nzenden Services** | | | | | | |
| Unterhaltsgarantie | 8 | 6 | 7 | 6 | 6 | 8 |
| **Gesamtnutzen** | 100 | | | | | |
| Relativer Preis [Index] | | 100 | 33 | 30 - 50 | 30 - 50 | 30 - 50 |
| Marktanteil [%] (CH / BRD) | | 3 / 0 | 50 / 0 | 20 / 30 | 5 / 15 | 20 / 0 |
| **Kaufentscheidung** nach Nutzen | 35 | | | | | |
| **des Kunden** nach Preis | 65 | | | | | |
| | **100** | | | | | |

| **Wettbewerber** |
|---|
| A: |
| B: |
| C: |
| D: |

gen Problemaspekte
erfasst wurden. Anderseits wollte man eine annähernd vollständige Übersicht über grundsätzliche Lösungsmöglichkeiten erreichen. Hier-




bei eröffnete sich der Blickwinkel für weitere Lösungsansätze, wie zum Beispiel «Abbau von Wett-
bewerbsvorteilen bei nicht so wichtigen Kriterien». Dieser Lösungsansatz wurde im Folgenden mit wertanalytischen Methoden weiter ausgearbeitet.

**SE-Hinweis**

Die Wettbewerbsanalyse wurde ergänzt mit der Bestimmung der strategischen -Positionierung des Laborgerätes (Abb. 8).

Entlang der eingezeichneten Geraden in Abb. 8 verläuft das (aus Kundensicht) erwartete, ideale Preis-Qualitäts-Verhältnis. Eine Positionierung links von der Geraden bedeutet, dass aus Kundensicht das Produkt als zu teuer, eine Positionierung rechts von der Geraden als zu billig, beurteilt wird. Demnach bestätigte einerseits Abb. 8 den von Jausslin vermuteten Sachverhalt, wonach das eigene Produkt massiv zu teuer war. Andererseits war aufgrund dieser Betrachtungsweise ersichtlich, dass sämtliche Hauptwettbewerber eine Marktpositionierung gewählt hatten, die untereinander sehr ähnlich war, d. h. relativ tiefer Preis und relativ geringe Qualität. Obwohl man sich in einem preissensitiven Markt befand, wo die Kaufentscheidung der Kunden zu 65 Prozent nach dem Preis und lediglich zu 35 Prozent nach der Qualität erfolgte (Abb. 6), wurde mit dem eigenen Produkt eine ausgesprochene Qualitätsstrategie verfolgt.

Eine zweckmässige Abgrenzung des Problemfeldes in der Situationsanalyse,

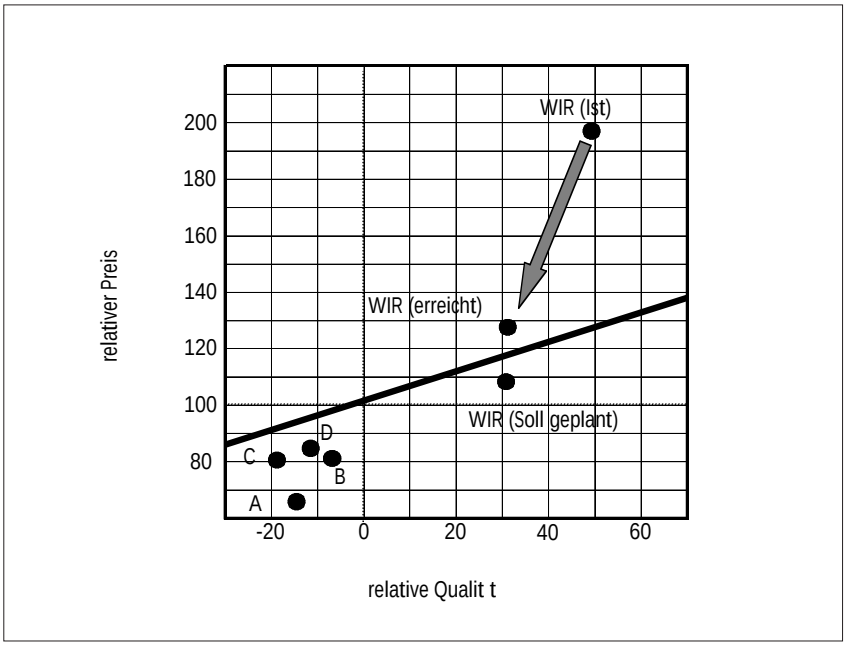



*Abb. 8: Portfolio der strategischen Positionierung*

insbesondere unter Einbezug der Markt- und Kundenbedürfnisse sowie der Hauptwettbewerber, half, eine Schwachstelle in der eigenen strategischen
Produktpositionierung aufzudecken: Mit einer ausgeprägten Qualitätsorientierung zielte Filtronix nicht auf den Hauptmarkt, wie man geglaubt
hatte, sondern auf eine Nische mit eher geringen Absatzmöglichkeiten.

**SE-Hinweis**

Die Diskussion auf der strategischen Ebene führte zu zwei weiteren interessanten Lösungsansätzen:

Abdeckung unterschiedlicher Marktanforderungen mit einem oder mehreren Produkten.

Zusammenführung der zwei bestehenden Produktlinien zu einem modularen Produktkonzept mit Mehrfachverwendung von Teilen und Baugruppen und marktsegment-spezifischen Nachrüstoptionen.

Die skizzierten Produktkonzepte und Varianten wurden weiter detailliert und konkretisiert, bis sie verglichen werden konnten. Filtronix entschied sich für die Beibehaltung der beiden unterschiedlichen Produktlinien. Damit war entschieden, dass eine Neupositionierung des Produktes notwendig war (Abb. 8).

### *3.2 Gesamtkostenanalyse*

Gemäss Kostenanalyse wurden vier Fünftel der Herstellkosten durch die Materialkosten verursacht. Beim Material handelte es sich mehrheitlich um zugekaufte Halbzeuge.

Das Laborgerät bestand aus über 100 Einzelteilen und Subsystemen. Die Analyse aller Komponenten hätte den vorgegebenen Untersuchungsrahmen gesprengt und zu einem unverhältnismässig hohen Aufwand geführt. Eine ABC-Analyse zeigte jene vier Komponenten, die rund die Hälfte der Herstellkosten verursachten (s. Abb. 9). Wegen der relativ geringen betrieblichen Wertschöpfung von Filtronix resultierte eine hohe Bedeutung der Zulieferer im Hinblick auf Kostensenkungspotenziale.

### *3.3 Definition wertanalytischer Funktionen*

Als Hilfsmittel für die Strukturierung der Geräteeigenschaften sowie zur Loslösung von bestehenden, festgefahrenen Lösungskonzepten mit den damit verbundenen Kosten wurden im Folgenden wertanalytische Funktionen für das Laborgerät definiert (Abb. 10).

*Abb. 10: Ist-Funktionsstruktur des Laborgerätes*

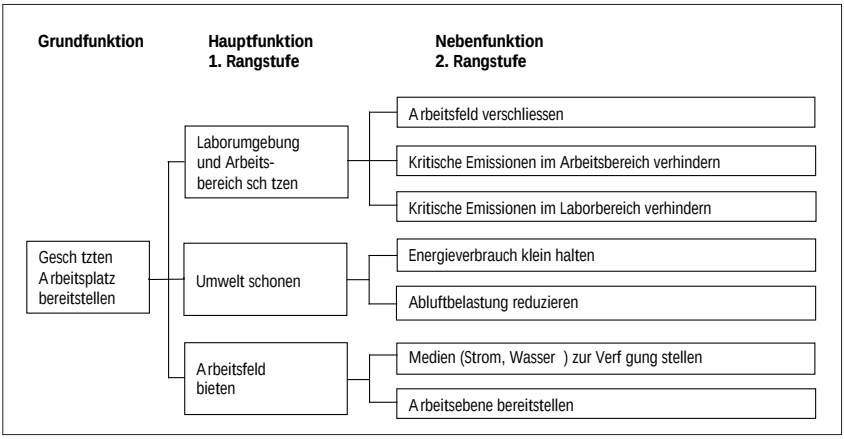
Durch die abstrakte Darstellung einer wertanalytischen Funktion wur-

| Komponenten | Herstellkosten / St ck [CHF] | Herstellkosten in % der totalen Herstellkosten |
|---|---|---|
| Tragkonstruktion 17.6 | 1223 | |
| Filter | 1057 | 15.2 |
| Steuerung | 541 | 7.8 |
| Auflagesystem | 425 | 6.2 |
| **Total** | **CHF 3246.—** | **46.8 %** |

den

*Abb. 9: Herstellkostenanteil der vier wichtigsten Komponenten*

die Funktionen und Wirkungen des Laborgerätes festgelegt.
Diese Beschreibungen wurden unabhängig von technischen Lösungen
(lösungsneutral) formuliert und ermöglichten damit erst die unvoreingenommene Suche nach einer neuen Lösung.




SE-Hinweis

Das Denken in Funktionen ist eine Betrachtungsweise, die den Nutzen einer Funktion in den Vordergrund stellt. Für eine Funktion in einem Produkt (z. B. Teile verbinden) gibt es immer viele Lösungen (z. B. schrauben, löten, verstiften, kleben etc.), die sich unterscheiden durch Kosten, Technologie und Erfüllung von Anforderungen. Da die wertanalytische Funktion eine konstante Grösse ist, ist sie – falls es sich um eine Funktion handelt, die unabdingbar erfüllt sein muss (Hauptfunktion) – auch beim Wettbewerbsprodukt anzutreffen. Das Wettbewerbsprodukt setzt für diese Funktion möglicherweise eine einfachere Lösung ein, die weniger Kosten verursacht.

### *3.4 Ermittlung der Funktionskosten*

Im Anschluss an die Ermittlung der Ist-Funktionen wurden deren Kosten bestimmt, indem alle beteiligten Kosten von Bauteilen der entsprechenden Funktion zugeordnet wurden (Abb. 11).

Die Funktionserfüllung der A-Komponenten (S. Abb. 9) wurde anschliessend einer eingehenden Kritik und Prüfung unterzogen. Es zeigte sich, dass eine wirkungsvolle Funktionskostensenkung primär an den A-Komponenten anzusetzen hatte.

Bereits im Rahmen der Vorstudie mussten umfangreiche und detaillierte
Abklärungen durchgeführt werden, um die eigentlichen Probleme

| Nebenfunktionen 2. RS / Funktionstr ger | Gewichts- bzw. Kostenanteil | Laborumgebung und Arbeitsbereich sch tzen | | | Arbeitsfeld bieten | | Umwelt schonen | | Total Herstell-kosten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kritische Emissionen im Laborbereich verhindern | Kritische Emissionen im Arbeitsbereich verhindern | Arbeitsfeld verschliessen | Arbeitsebene bereitstellen | Medien zur Verf gung stellen | Abluft-belastung reduzieren | Energie-verbrauch klein halten | |
| Teil A | % | 70 | | 10 | | 10 | 5 | 5 | 328 |
| | CHF | 230 | - | 33 | - | 33 | 16 | 16 | |
| Teil B | % | | 33 | | | | 33 | 33 | 312 |
| | CHF | - | 104 | - | - | - | 104 | 104 | |
| Teil F | % | | | | | | | | 204 |
| | CHF | | | | | | | | |
| Funktionskosten | | 1526 | 1595 | 486 | 624 | 971 | 694 | 1040 | 6936 |
| | | 3607 | | | 1595 | | 1734 | | |

*Abb. 11: Funktionskosten Laborgerät (Ausschnitt)*

und deren
Ursachen identifizieren zu können. Basierend auf diesen Erkenntnissen, ist es
nun möglich, sinnvolle Anforderungen bzw. Ziele an die künftige Lösung zu
formulieren.

SE-Hinweis

## Zielformulierung

Filtronix hatte sich aufgrund der Situationsanalyse entschieden, die Funktion «Abluftbelastung reduzieren» (Abb. 10) wegzulassen. So eröffnete sich ein Kostenreduktionspotenzial von 10 Prozent. Am Funktionsziel «Energieverbrauch klein halten» wollte Filtronix hingegen festhalten. Ferner erkannte man jetzt die relativ hohen Kosten der Funktion «Medien (Strom, Wasser, Gas, Klima etc.) bereitstellen». Man beschloss deshalb, diese zukünftig optional anzubieten und eine so genannte Basisausführung zu definieren. Damit war es möglich, die Herstellkosten um weitere 14 Prozent zu senken.

Allein durch die markt- und kundengerechte Optimierung der Pro-

duktleistungs-merkmale ergab sich insgesamt ein Herstellkostensenkungspotenzial von
24 Prozent. Diese Feststellung ist nur möglich bei einer zweckmässigen Abgrenzung des Problemfeldes und einer hinreichend detaillierten Untersuchung im Rahmen einer Situationsanalyse.

SE-Hinweis

Auf die Vorgabe einzelner Funktionskostenziele wurde bewusst verzichtet, da eine Analyse der Funktionskosten der Hauptwettbewerber aus Zeitgründen nicht möglich war. Stattdessen sollten für die in der ABC-Analyse definierten A-Komponenten – unter Berücksichtigung der neu definierten Funktionsziele – kostengünstigere Lösungen mit minimalen Herstellkosten gesucht werden. So wurde die in Abb. 8 dargestellte Soll-Positionierung erreicht, die wesentlich näher am erwarteten, idealen Preis-Qualitäts-Verhältnis lag. Die generelle Differenzierung in der Qualität im Vergleich zu den Hauptwettbewerbern, die ich als nicht optimale Strategie erachtete, wollte man beibehalten. Filtronix ging davon aus, dass der Kunde für den qualitativen Mehrwert grundsätzlich bereit sein würde, einen rund 25 Prozent höheren Preis zu bezahlen.

## 5. Lösungssuche und Auswahl

Für die A-Komponenten wurden grobe Anforderungen definiert und in einem Pflichtenheft festgehalten. Diese sandte man anschliessend verschiedenen Lieferanten mit der Aufforderung zur Abgabe einer Offerte zu. Das führte zu einer weiteren möglichen Herstellkostensenkung von 22 Prozent. Zusammen mit der markt- und kundengerechten Optimierung der Produktleistungsmerkmale resultiert insgesamt ein identifiziertes Kostensenkungspotenzial von knapp 50 Prozent. Damit war es möglich, rasch und effizient neue Lösungen umzusetzen.

In Abweichung zum SE-Vorgehen wurde im vorliegenden Projekt keine eigentliche Hauptstudie durchgeführt, an deren Ende man sich für ein zu realisierendes Gesamtkonzept eines neuen Produktes entscheiden würde. Die Vorstudie hatte den Zweck, die Ziel- und Stossrichtung der Massnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit aufzuzeigen. Aufgrund des Mangels an gesicherten Fakten und Informationen war es im Rahmen der Vorstudie notwendig, eine

SE-Hinweis

umfassendere Situationsanalyse mit detaillierten Untersuchungen für kritische Problembereiche durchzuführen. In der unmittelbar anschliessenden Detailplanungsphase wurden die einzelnen Teillösungen bereits so weit konkretisiert, dass sie direkt gebaut und eingeführt werden konnten.

## 5. Was sind die Erfahrungen aus dem Fallbeispiel?

Komplexe Problemstellungen werden von Beteiligten und Betroffenen oft unterschiedlich wahrgenommen. Eine erfolgreiche Problemlösung setzt deshalb zunächst die Schaffung eines gemeinsamen Problemverständnisses voraus. Dieser Prozess ist mitunter aufwendig und bedarf einer systematischen Vorgehensweise in der Diagnose.

- Die zweckmässige Abgrenzung und Strukturierung des Problemfeldes unter Berücksichtigung der Wettbewerber und Kundenbedürfnisse halfen, den komplexen Sachverhalt überblickbar zu machen und öffneten den Blick für neue Lösungen. Allerdings war das Verständnis für die Ausweitung des Untersuchungsrahmens in der unter hohem Zeitdruck durchgeführten Analysephase nicht von vornherein gegeben.

- Insbesondere für Entwickler, die an der ursprünglichen Produktidee beteiligt waren, ist es schwierig, bisherige Lösungen in Frage zu stellen. Die gemeinsame, interdisziplinäre Erarbeitung der Problemlösung, d. h. Betroffene beteiligen und Machtpromotor im Topmanagement einbinden, unterstützten die Akzeptanz der gefundenen Lösung.

- Der Einstieg in die Problematik auf einer höheren, strategischen Ebene, die schrittweise Einengung des Betrachtungsfeldes auf die Ebene der Produktgestaltung sowie die Variantenbildung auf beiden Ebenen entsprechen dem Vorgehensprinzip «vom Überblick zur Detailbetrachtung». So lassen sich alle wichtigen Problemaspekte erfassen und eine annähernd vollständige Übersicht über grundsätzlich mögliche Lösungen erarbeiten.

- Für die Abwicklung des Projektes wurde eine Phasengliederung mit Vorstudie, Detailplanung, Realisierung und Produkteinführung gewählt. Die klare Phasengliederung und Entscheidungsfindung mit nachvollziehbarem Entscheidungsfindungsprozess halfen, die Akzeptanz für einschneidende Massnahmen sicherzustellen.

- Der Problemlösungszyklus wurde mehrfach für unterschiedliche Problembereiche und in Kombination mit Ansätzen der Wertanalyse durchlaufen. Die explizite Berücksichtigung der Kunden- bzw. Marktbedürfnisse, und daraus abgeleitet die Definition der notwendigen Soll-Funktionen, stellen eine konkrete Ausprägung einer Zielhierarchie dar, welche die marktgerechte Produktkonzeption sicherstellte.

- Basis für innovative, technologische Lösungen war die abstrakte Darstellung einer wertanalytischen Funktion und die Ermittlung der entsprechenden Kosten. Hierbei zeigte es sich, dass die Trennung von lösungsneutraler Funktion als Ziel und deren technologische Realisierung als Lösung nicht immer einfach war.

Von dem in der Vorstudie ausgewiesenen Kostensenkungspotenzial von knapp 50 Prozent der gesamten Ist-Herstellkosten liessen sich in der Folge knapp 40 Prozent realisieren. Dazu beigetragen haben je hälftig die markt- und kundengerechte Optimierung der Produktleistungsmerkmale sowie die kritische Prüfung und Optimierung der Funktionserfüllung.

# Case 2

**Kristina Lauche und Udo Lindemann**

*Die Systems-Engineering-Methodik sollte idealerweise durch die Projektleitung vorgeschlagen und bewusst eingesetzt werden. Nicht immer findet man sich jedoch als SE-geschulter Experte in dieser Position.*

*Der vorliegende Fall berichtet von einem Konstrukteur, der als externer Experte an der Entwicklung einer neuen Produktgeneration von Gasmeldern beteiligt ist. Er bemüht sich, seine methodischen Kenntnisse ins Projekt einzubringen. Die speziellen Herausforderungen sind einerseits technischer, andererseits organisatorischer Natur.*

*Für die Planung des Projektes musste berücksichtigt werden, dass sowohl die Werkzeugherstellung für die vorgesehenen Spritzgussteile als auch die Genehmigung durch die zuständige Prüfbehörde lange Zeiträume erfordern, in denen Änderungen nicht mehr oder nur mit hohen Kostenfolgen eingebracht werden können. Der Case zeigt, wie auch in einer solchen Ausgangslage ein phasenweises Vorgehen, wie dies die Systems-Engineering-Methodik bei komplexeren Projekten vorschlägt, sinnvoll eingesetzt werden kann.*

# Die Grenzen der Einflussnahme eines externen Projektleiters

## 1. Anstoss

«Ich fasse also zusammen.» Die zwölf Männer im Sitzungszimmer 2 im ersten Stock rücken sich auf ihren Stühlen zurecht, als der Geschäftsführer von CerGas das Problem auf den Punkt bringt: «Unser neuer, optoakustischer Sensor hat eine recht gute Resonanz am Markt. Aber er ist viel zu teuer – wir mussten ihn unter hohem Zeitdruck auf den Markt werfen. Das gilt es jetzt auszubügeln. Die HK müssen 40 – oder lieber 50 Prozent runter. Das ist die Ausgangslage.»

«Wenn ich mich richtig erinnere, gibt es nicht nur den optoakustischen Sensor. Da ist noch der Pellistor, der Halbleiter- und der elektrochemische Sensor», meldet sich nun Fredy Wohlgemuth. Er ist Mechanikentwickler, arbeitet seit ein paar Jahren bei Helbling Technik und soll CerGas unterstützen, denn die internen Entwicklungskapazitäten sind erschöpft. «Die HK kriegen wir nur in den Griff, wenn wir Teile mehrfach verwenden. Ich schlage eine modulare Produktereihe vor: Gehäuse, Schutzkappe, Stecker wären für alle Typen gleich, der Sensor und die Elektronik wären typenspezifisch. Wir müssten dafür ein bisschen Wertanalyse betreiben …»

Die andern Sitzungsteilnehmer nicken beifällig. Es sind drei Vertreter der internen F&E-Abteilung – ein Physiker, ein Chemiker, ein Elektroniker – und eine Reihe Externer: ein Softwareentwickler, ein Spezialist für das Layout von Leiterplatten und Vertreter eines Zulieferanten.

Der Chemiker nimmt den Faden auf: «Eines ist klar: wir müssen billiger werden beim Material. Metall ist viel zu teuer, wir müssen eine Lösung in Kunststoff finden. Darum hab ich auch die Leute vom Spritzguss dazugeholt.»

Der Elektroniker fällt ihm ins Wort: «Und unsere Kalibrierung ist viel zu aufwendig. Kalibrieren beim Kunden kostet Zeit – und Geld. Wir müssen umstellen auf Werkskalibrierung. Das gehört auch zu diesem Projekt: eine Kali-

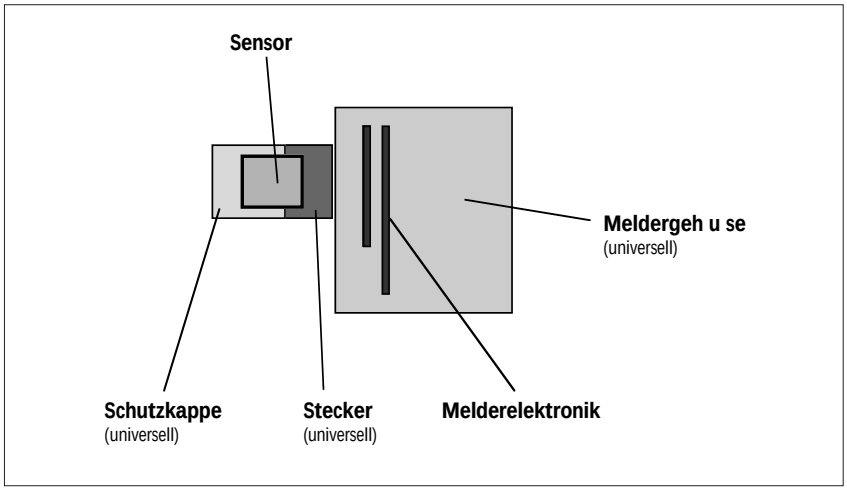



*Abb.1: Aufbau Gasmelder*

brierbox zu entwickeln, in der wir die Melder hier bei uns kalibrieren und dann kalibriert ausliefern können.»

«Das ist ein wichtiger Punkt, meine Herren», unterbricht der Geschäftsführer die Diskussion: «Damit schaffen wir uns eine Unique Selling Proposition. Kalibriert ausliefern: das kann die Konkurrenz nicht.»

«Bei alledem», fährt er fort, «vergessen Sie nicht, dass wir es hier mit Sicherheitstechnik zu tun haben. Die Qualität unserer Produkte darf nicht leiden. Und Sie kennen das Prozedere: Die Melder müssen von der PTB, der Physikalisch-technischen Bundesanstalt in Braunschweig, zugelassen werden. Prototypen allein reichen nicht, wir müssen eine Serienzulassung haben. Und eine PTB-Zulassung gilt nur für Europa. In den USA haben wir es dann noch mit FM, Factory Mutual zu tun. Erst mit deren Okay kommen wir überhaupt auf den amerikanischen Markt. Aber auf den können wir unter keinen Umständen verzichten.»

Wie um seiner Aussage Nachdruck zu verschaffen, klappt der Geschäftsführer seine Konferenzmappe zusammen. «Meine Herren, dieses Projekt hat strategische Priorität. Ich werde es darum selbst leiten. Wir werden monatliche Fortschrittssitzungen abhalten. In den nächsten Tagen möchte ich mit Ihnen individuell die Aufträge für Teilprojekte besprechen, und – das gilt jetzt nur für die Externen – wir machen das wie üblich: Sie machen eine Offerte, und wir machen dann einen fixen Vertrag.»

Die Anwesenden nicken, sie haben verstanden. Es werden Termine festgelegt, und die nächste Sitzung angesetzt. Bis dann sollen die Teilprojekte definiert sein.

SE-Hinweis

Es handelt sich hier um ein interdisziplinäres Vorhaben. Verschiedene Fachdisziplinen mit unterschiedlichen Denkhaltungen arbeiten in einem gemeinsamen Projekt. Zum einen sind hier klar die Funktionen und Verantwortungen
zu bestimmen. Zum andern muss eine gemeinsame Vorstellung über das Projekt als solches wie auch über das Untersuchungs- bzw. Gestaltungsobjekt erarbeitet werden. Und dies braucht in der Regel seine Zeit und muss deshalb gezielt eingeplant werden.

## 2. Auftrag für das Teilprojekt Mechanik

Zehn Tage später trifft sich Fredy Wohlgemuth mit dem Geschäftsführer und bringt seine Offerte mit. Darin skizziert er seinen Auftrag für die externe Mechanikentwicklung:

- Entwicklung einer modular aufgebauten Produktereihe für die Detektionsprinzipien Pellistor, Halbleiter und elektrochemisch.
- Wertanalytische Überarbeitung und Redesign des optoakustischen Sensors mit dem Ziel einer Reduktion der Herstellkosten um 40 bis 50 Prozent.

In der Offerte wird auch festgelegt, dass Helbling zwar die Fertigung und Lieferung von Prototypen koordiniert, sie aber nicht selbst vornimmt.

Als wichtige, organisatorische Erfolgsfaktoren nennt Fredy Wohlgemuth Simultaneous Engineering mit überlappenden Entwicklungstätigkeiten und das frühzeitige Einbeziehen aller am Projekt beteiligten Partner.
Fredy Wohlgemuth ist sich bewusst, dass seine Arbeit von anderen Entwicklungspartnern abhängig ist. Die Werkskalibrierung der Sensoren zum Beispiel kann erst getestet werden, wenn die entsprechende Kalibrationsbox vorliegt. Ausserdem müssen Protoypen und Serie von den Zertifizierungsstellen geneh-

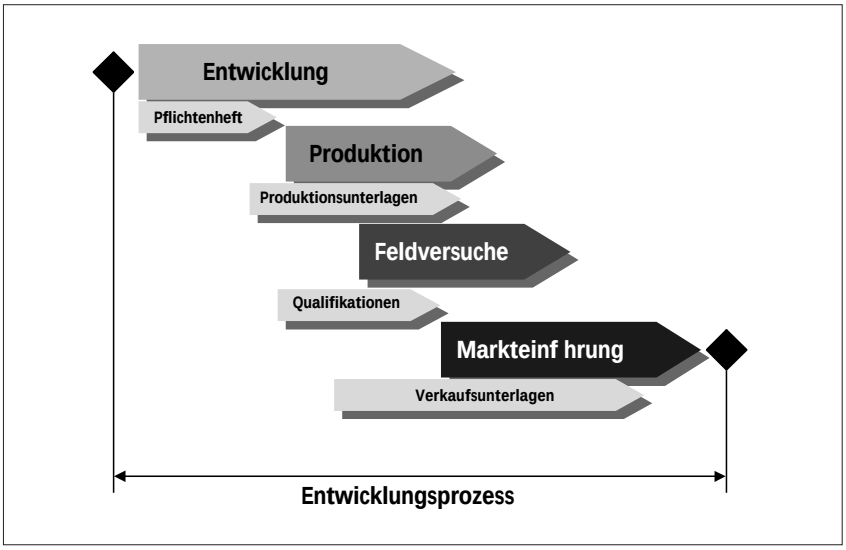



*Abb. 2: Überlappende Phasen im Entwicklungsprozess*

migt werden. Während die Genehmigung beantragt wird, dürfen in der Konstruktion keine massgeblichen Änderungen vorgenommen werden.

Auf diese externen Partner kann Fredy Wohlgemuth in seiner Funktion nur begrenzt Einfluss nehmen. Also wird er versuchen, diese Unsicherheiten in seiner Planung zu berücksichtigen. Entscheidend ist, dass er den Partnern vermitteln kann, wo er auf Informationen von ihnen angewiesen ist.

Für die Planung des Projektablaufs ergeben sich aus diesen Informationen wichtige Hinweise. Die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Teilprojekten sind in der Projektplanung zu berücksichtigen. Je nachdem müssen dann allenfalls auch andere Methoden der Informationsbeschaffung und -auswertung angewendet werden.

SE-Hinweis

## Die dritte Projektsitzung

Man trifft sich im Projekt wie vereinbart im Monatsrhythmus, um den Stand der Arbeit zu koordinieren und offene Fragen zu klären. Doch schon bei der übernächsten Sitzung ist der Geschäftsführer nicht anwesend – verhindert wegen einer Auslandsreise. Die Projektmitglieder diskutieren in seiner Abwesenheit die

Rolle der Projektleitung. Sie sind sich einig, dass die konsequente Verfolgung der Projektziele eine wichtige Aufgabe ist, die Zeit in Anspruch nimmt. Der Geschäftsführer, so der Tenor, habe nicht genügend Kapazität, diese Rolle wirklich wahrzunehmen.

Fredy Wohlgemuth schlägt eine ähnliche Struktur vor, wie sie Helbing etabliert hat: eine Trennung in einen Auftragsverantwortlichen, also den Geschäftsführer, und einen Projektleiter. Falls sich dafür bei CerGas niemand findet, könnte auch hier Helbling Technik einspringen und einen erfahrenen Projektleiter zur Verfügung stellen, der mit einem klaren Auftrag die Zusammenarbeit vorantreiben würde. Allerdings, wendet ein anderes Projektmitglied ein, sind damit zusätzliche Kosten verbunden. Darüber kann in Abwesenheit des Geschäftsführers nicht entschieden werden.

Das Team tut das Einzige, was es in dieser Situation meint, tun zu können: Der Vorschlag wird im Protokoll festgehalten. In diesem und nur in diesem Protokoll erscheint der Gedanke der externen Projektleitung – später ist davon nicht mehr die Rede. Offenbar war es auch nicht einfacher, den Geschäftsführer zu einem späteren Zeitpunkt auf die Problematik hinzuweisen.

Im geschilderten Fall wird der Vorschlag gemacht, die Projektleitung als Auftrag an einen externen Projektleiter zu vergeben, der das Projekt methodisch plant und speditiv abwickelt. Der Vorschlag scheitert an den Kosten für einen externen Projektleiter, die in einem Projekt oft sichtbarer sind als die Konsequenzen einer verzögerten Markteinführung. Der höhere Anfangsaufwand bei einem Vorgehen nach SE braucht oft Überzeugungsarbeit.

**SE-Hinweis**

Für Fredy Wohlgemuth bedeutet dies, dass er bei seinem Auftraggeber keinen operativen Projektleiter vorfindet. Er muss vielmehr seine Überlegungen zum Konzept und zur Projektplanung jemandem kommunizieren, der noch viele andere Managementaufgaben hat.

Damit ist Fredy Wohlgemuth in einer Situation, die in der Praxis häufig anzutreffen ist: Als methodisch geschulter Experte ist er nur für einen Teil des Projektes verantwortlich. Aus seiner Kenntnis der Methode und aus seiner Sicht des Projektes kann er lediglich Vorschläge für das Projektmanagement des gesamten

Projektes entwickeln.

SE sieht vor, dass die Methodik von einer kompetenten Projektleitung für ein
Gesamtprojekt angewendet wird. Auch wenn das nicht der Fall ist, können wohlbegründetet Ansätze von «unten» überzeugend wirken. Doch der Planungshorizont ist in so einem Fall oft kleiner als die im Projekt betrachtete Systemgrenze.

SE-Hinweis

## Konzeptphase

Fredy Wohlgemuth eignet sich die Projekthintergründe an und macht seinerseits methodische Vorschläge, wie bei der Problemlösung vorzugehen sei. In der Offerte schlägt er dem Kunden die Trennung in eine Konzept-, eine Detaillierungs- und eine Serievorbereitungsphase vor.

In der Praxis werden, je nach Firmenkultur oder Fachbereich, unterschiedliche Begriffe verwendet. Im vorliegenden Planungsbeispiel ist beispielsweise die Rede von einer Konzept- und einer Detaillierungsphase. Im Rahmen des Systems Engineerings würde man hier am ehesten von einer Haupt- und Detailstudie sprechen. Die Begriffe im Projekt sind so zu wählen, dass die Projektbeteiligten sie eindeutig verstehen.

SE-Hinweis

Für jede Phase stellt er notwendige Arbeitsschritte und deren Abhängigkeiten für sein Teilprojekt zusammen (vgl. Abb. 4).

Die Abbildung zeigt Fredy Wohlgemuths Strukturierungsvorschlag für die Konzeptphase. Zur Definition der Aufgabe sollten alle Partner eine Anforderungsliste erstellen und daraus das Pflichtenheft mit Terminplan erarbeiten. Sein Plan sieht vor, seine Ideen mit dem Hersteller und dem Elektroniklayout abzustimmen und bereits mit ersten Abklärungen zur Fabrikation in einen Entscheidungsworkshop einzutreten.

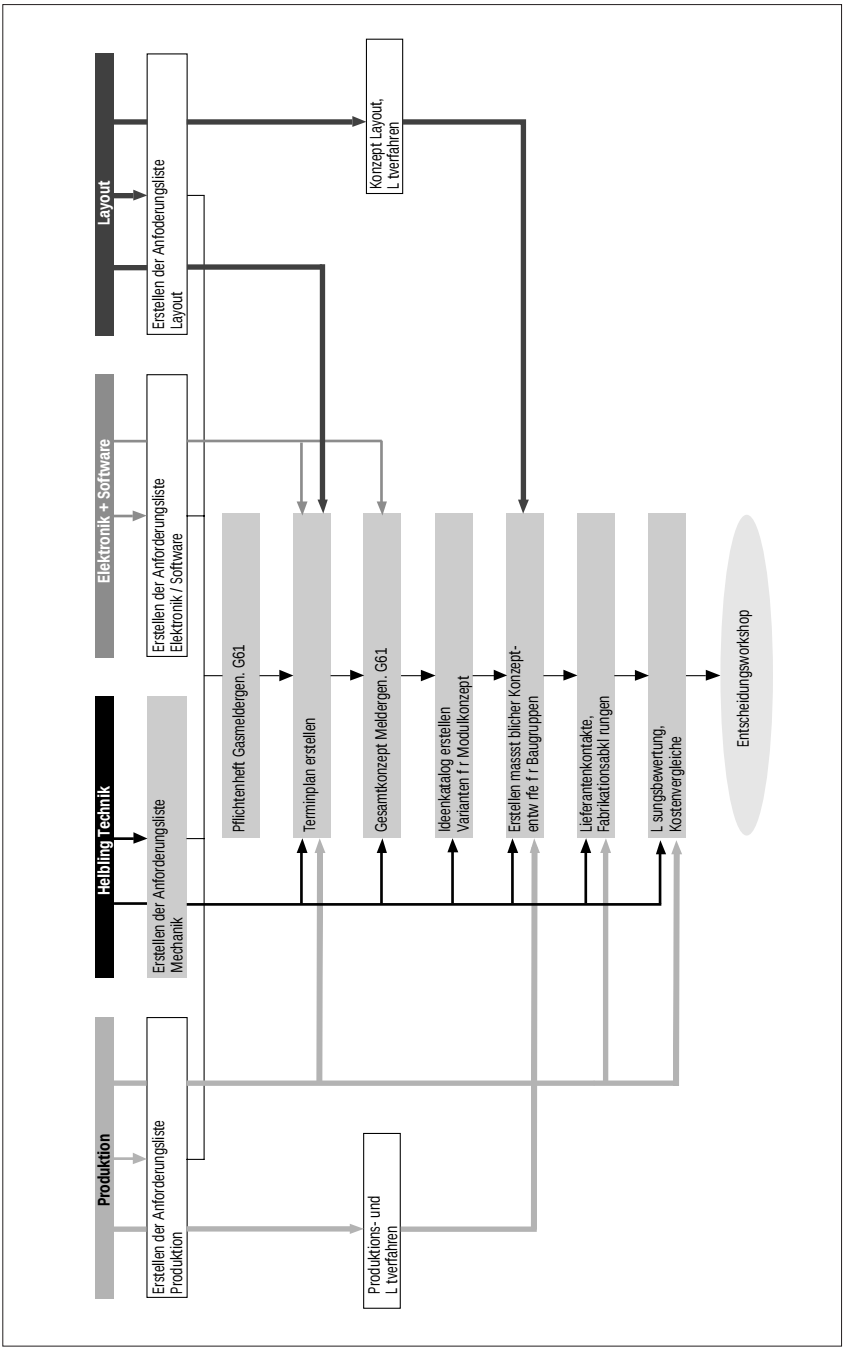



*Abb. 4: Strukturierung der Konzeptphase in Arbeitsschritte und Abhängigkeiten*

Für die Ideensuche hat Fredy Wohlgemuth die Aufgabe noch einmal nach den Sensortypen unterteilt. Sein Vorschlag sieht vor, zunächst die gesamte Meldergeneration mit den einzelnen Detektionsmeldern zu definieren. Dann erfolgen die Spezifika für Pellistor, Halbleiter und elektrochemische Sensoren. Im dritten Teil der Konzeptphase sollen Entwürfe für den Verbindungsstecker und die Schutzkappe entstehen.

Hier wird einmal mehr das Vorgehensprinzip «vom Überblick zur Detailbetrachtung» sichtbar. Zunächst ist die Sicht auf das Ganze gerichtet – die Meldergeneration. Anschliessend erfolgt – im Sinne einer hierarchischen Gliederung – die konkretere Ausarbeitung der einzelnen Sensortypen und deren gemeinsamer Bauteile.

**SE-Hinweis**

Zur Ideensuche und Ermittlung von Alternativen für Teilfunktionen beginnt Fredy Wohlgemuth noch im Januar mit einem internen Brainstorming mit mehreren Spritzgussexperten. Bereits in diesem Stadium der Konzeptphase sucht Fredy Wohlgemuth Lieferanten, die den Prototypenbau zuverlässig und kostengünstig übernehmen können. Sie werden in die Entwicklung mit einbezogen.

Anfang März 1997 stellt Fredy Wohlgemuth die erarbeiteten Lösungsvorschläge im Gesamtprojekt vor. Das Team bewertet die Lösungen und bringt Verbesserungsvorschläge ein.

Fredy Wohlgemuth begibt sich mit diesen Anmerkungen erneut auf die Suche nach einem Konzept. Telefonisch werden Anforderungen mit den Projektpartnern abgeklärt und Lösungsideen zusammengetragen. Einen Monat später legt er ein zweites, überarbeitetes Konzept vor. Mittlerweile gibt es auch seitens der Elektronikentwicklung Fortschritte, aus denen neue Wünsche an das mechanische Konzept entstehen. Fredy Wohlgemuth nimmt sie entgegen und macht sich an die Überarbeitung des zweiten Entwurfs. Wenig später unterbreitet er dem Projektteam einen dritten Vorschlag mit Konzeptentwürfen und Abschätzungen zu den Herstellkosten. Dieser Vorschlag wird akzeptiert und dient als Basis für die weitere Arbeit.

Im Rahmen der Konzeptphase durchlief dieses Projekt wesentliche Elemente des Problemlösungszyklusses, beispielsweise die Festlegung des Pflichtenheftes im Rahmen der Zielsuche. Zum anderen wurden

innerhalb der Lösungssuche schrittweise Konzeptvarianten entwickelt, die dann anschliessend in einer Auswahlakte beurteilt wurden.
Als Resultat einer Hauptstudie liegt ein Gesamtkonzept vor, dessen Elemente anschliessend weiter auszuarbeiten sind. In der Regel wird die Hauptstudie mit einem Meilensteinentscheid abgeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt wird üblicherweise auch das weitere Vorgehen festgelegt.

SE-Hinweis

### Detaillierungsphase: Umgehen mit Ungeplantem

Auch für das Vorgehen in der Detaillierungsphase entwirft Fredy Wohlgemuth eine Zusammenstellung der Arbeitsschritte.

Der Vorschlag sieht die Überarbeitung der Anforderungsliste und die Detailkonstruktion der einzelnen Baugruppen und Sensortypen vor. In einem Review soll die Freigabe für die Prototypen und den Werkzeugbau erteilt werden.

Das Projekt folgt weitgehend der von Fredy Wohlgemuth vorgeschlagenen Struktur. Doch es gibt zwischendurch Schwierigkeiten zu überwinden, die so nicht vorauszusehen waren.

Es sind erste Änderungsvorschläge der amerikanischen Behörde für die Prototypen eingegangen. Sie sind mit einem Mehraufwand für die mechanische Konstruktion verbunden: Fredy Wohlgemuth weist darauf hin, dass das Konzept überarbeitet und neue Detailzeichnungen angefertigt werden müssten, was das Projekt zusätzlich verzögern würde. Man einigt sich schliesslich auf die europäische PTB als bevorzugten Zulassungskanal.
Um die Zeitverzögerung durch die drei ungeplanten Iterationen in der Konzeptphase auszugleichen, sorgt Fredy Wohlgemuth dafür, dass das Projekt seitens Helbling durch weitere Mitarbeiter verstärkt wird. So kann die Verzögerung zum Teil in der Detaillierungsphase wieder eingeholt werden. Helbling fertigt 3D-Konstruktionszeichnungen an und trifft Abklärungen zur Fabrikation. Dreissig Muster werden mechanisch hergestellt, und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern finden Tests statt. Dabei wird eine Schwachstelle identifiziert, so dass die Korrektur noch rechtzeitig in die Werkzeugentwicklung einfliessen kann. Mit dem Okay des Teams gehen die Muster an die Prüfbehörde, die PTB in

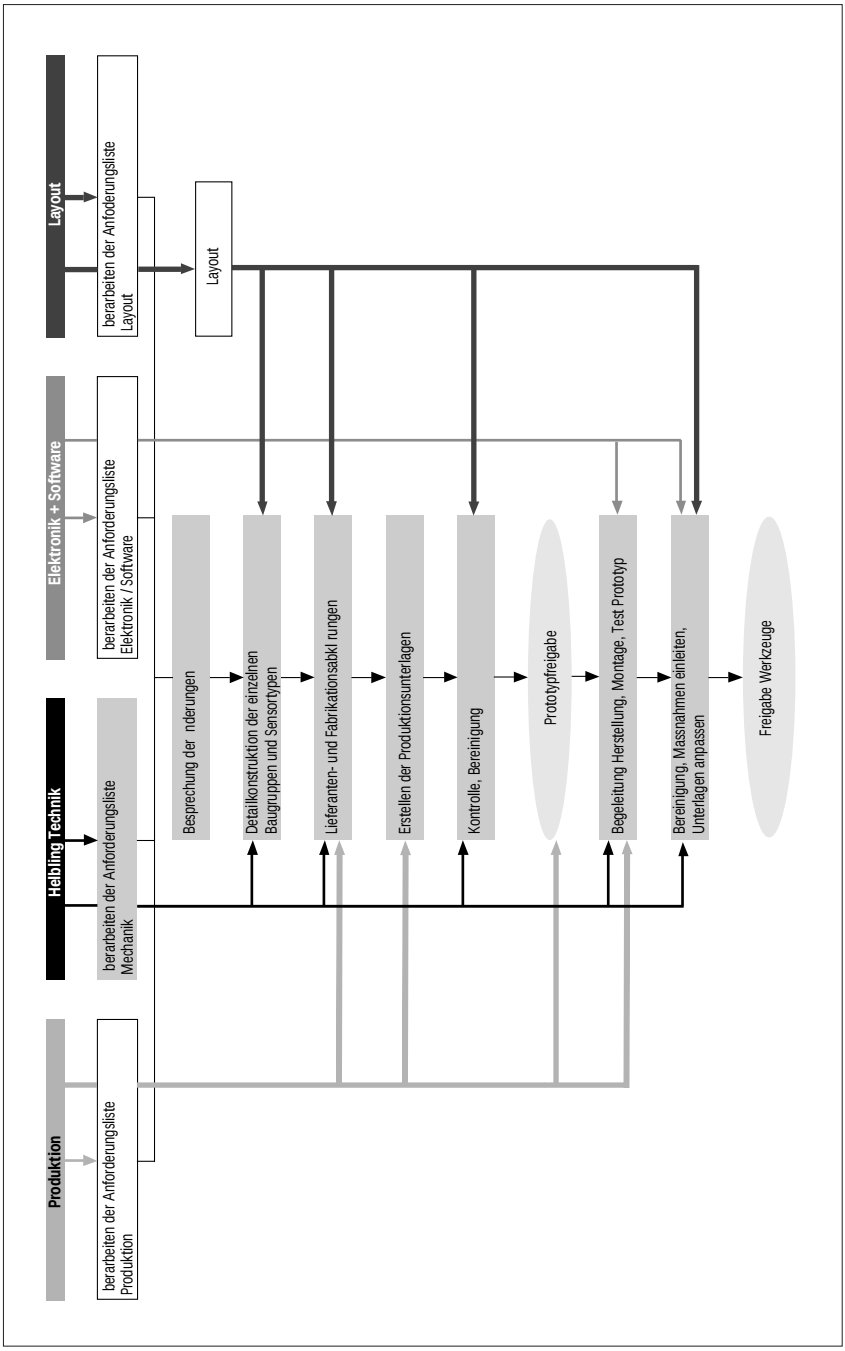



*Abb. 6: Arbeitsschritte und Abhängigkeiten in der Detaillierungsphase*

Braunschweig.

Im Sommer 1997 muss die Projektgruppe sich mit einem neuen Problem herumschlagen: Die Melde-Elektronik der bisherigen Geräte ist zum Teil nicht Jahr-2000-kompatibel. Die Gelegenheit soll genutzt werden, um die neu entwickelte Produktgeneration als Jahr-2000-kompatibel vorzustellen. Dafür muss sie allerdings rechtzeitig auf dem Markt verfügbar sein. Dieses zusätzliche Problem beschert dem ins Schleppen geratenen Projekt neue Aktualität und wird so zum Auftrag für das Gesamtprojekt, die Entwicklung wieder zu beschleunigen.

## 6. Vorbereitung der Serie

Während neue Prototypen der amerikanischen Behörde FM vorgelegt werden, beginnt Fredy Wohlgemuth im Herbst mit der Evaluation von Lieferanten. Ausserdem beurteilen Serviceleute von Cerberus die Prototypen bezüglich Montagefreundlichkeit. Im Januar des folgenden Jahres sind alle bisher festgestellten Mängel an den Kunststoffteilen behoben. Bevor Cerberus im Frühjahr die Werkzeuge bestellt, klärt Fredy Wohlgemuth Einzelheiten zur Kostenoptimierung mit den Werkzeugmachern ab. Alle potenziellen Probleme sollen behoben sein, wenn dieser kostenintensive Schritt mit vier Monaten Durchlaufzeit eingeleitet wird.

Obwohl im April aus den USA noch keine Genehmigung für die Kunststoffgehäuse vorliegt, verständigt sich das Projektteam darauf, dass ein Gehäuse aus Kunststoff aus Kostengründen grundsätzlich zu bevorzugen ist. Möglicherweise wird für den amerikanischen Markt eine Speziallösung aus Metall notwendig werden.

Als für den ersten Sensor, den Pellistor, eine Fabrikationsvorschrift vorliegt, schlägt der Gesamtprojektleiter vor, parallel mit der Entwicklung des elektrochemischen Gasmelders zu beginnen, um Synergien zu nutzen. Fredy Wohlgemuth muss nun darauf achten, das Modularitätskonzept geeignet umzusetzen: Die Anordnung der mechanischen Steckerteile kann sich nicht mehr einfach nach der Vorlage des optoakustischen Sensors richten, der schon zu Beginn des Projekts vorlag. Die Kompatibilität aller mechanischen Steckerteile erfordert eine einheitliche Anordnung der Steckerpins bei den Sensoren. Nur so können die Teile modular verwendet werden. Die Abweichung vom ursprünglichen op-

toakutischen Sensor wird in Kauf genommen. Denn dieser wird ohnehin in einer zweiten Phase des Projektes nochmals überarbeitet und soll dann dieselbe Pin-Anordnung wie die anderen Typen erhalten.

Wegen einer Reklamation der PTB und wegen Qualitätsproblemen beim Hersteller muss Fredy Wohlgemuth in der Seriebereinigung nochmals einspringen, Fehlerursachen abklären und Zeichnungen anpassen. Die Überarbeitung des optoakustischen Sensors, bei der anfänglichen Offerte als zweites Ziel nachgeordnet, wird erst in einem späteren Schritt vorangetrieben. Für die weiteren Entwicklungsschritte braucht es nun nicht mehr regelmässige Treffen im gesamten Team. In Abstimmung mit der Weiterentwicklung der Sensortechnologie werden Anpassung in der Mechanik in bilateralen Absprachen vorgenommen.

> Die Ausführungen zeigen die Schwierigkeiten der Umsetzungsvorbereitung
> wie auch der Umsetzung selbst. Zum einen sind dies unvorhersehbare
> Probleme und Ereignisse, die weitere Anpassungen notwendig machen.
> Zum anderen muss die Projektleitung eine zielgerichtete Umsetzung sicherstellen.

Wie Fredy Wohlgemuth bei einem der Gespräche erfährt, ist die Einführung der neuen Produktgeneration im europäischen Markt gut angelaufen. Auch die Anpassungen für den amerikanischen Markt laufen weiter.

## 7. Fazit

**SE-Hinweis**

Im geschilderten Fall wendet ein externer Entwickler Konstruktionsmethodik und allgemeine Elemente des Projektmanagements für sein Teilprojekt an. Er macht dabei auch Strukturierungsvorschläge für das Gesamtprojekt. Denn die Aufgabe, die Herstellkosten um 40 bis 50 Prozent zu senken, kann er nur in Zusammenarbeit mit den Werkzeugmachern, der Produktion und den anderen Experten unter Offenlegung aller kostenrelevanten Information erreichen. Ausserdem soll eine modulare Produktefamilie entwickelt werden, die auch für noch anstehende Entwicklungen in der Sensortechnologie offen ist. Sequenzielles

Abarbeiten von Teilen der Produktfamilie als Strategie zur Komplexitätsreduktion findet dort seine Grenzen, wo die Konsequenzen für andere Module mitgedacht werden müssen.

Für das Projektmanagement waren die Werkzeugkonstruktion und die Genehmigung durch die Prüfbehörden wichtige, aber schwer beeinflussbare Grössen. Da für die Spritzgusswerkzeuge hohe Investitionskosten anfallen und man deshalb Änderungen möglichst zu vermeiden sucht, wurde dieser Schritt so spät wie möglich eingeleitet. Um auf Verzögerungen und Verschiebungen reagieren zu können, war eine rollende Planung mit Anpassungen das sinnvollste Vorgehen. So konnten auch unvorhergesehene Ereignisse wie die Jahr-2000-Problematik im Projekt gelöst werden.

Das Projekt zeigt, wo die Möglichkeiten und Grenzen einer Planung von unten liegen. Eine konsequente Umsetzung von Systems Engineering lässt sich aus einem Teilprojekt heraus nur begrenzt realisieren. Man kann nur dort projektieren, wo man auch beeinflussen kann.

Aus Sicht von Systems Engineering wäre die stärkere Anwendung einer Planungsmethodik auch in der Projektleitung wünschenswert gewesen. In Verbindung mit der vorgeschlagenen Trennung von Auftragsverantwortlichem und Projektleiter hätte ein stärker methodisch orientiertes Vorgehen im Gesamtprojekt vermutlich geholfen, die Zeit bis zur Markteinführung zu reduzieren.

Bei firmenübergreifenden Projekten wird man solche methodischen Standards jedoch neu aushandeln müssen. Tritt man in diesen Verhandlungen nicht als Projektleiter auf, kann man sich nicht einfach darauf berufen, dass im Systems Engineering bestimmte Schritte vorgesehen sind. Die Strukturierungsvorschläge müssen undogmatisch und umso mehr aus der Sache heraus begründet werden, damit ihr Nutzen auch für Nicht-Systems-Engineering-Kenner einsichtig wird.

**Adolf H. Glattfelder, Christian W. Frei, Alex M. Zbinden, Rainer Züst**

# Case 3

*In wieweit die Routinetätigkeiten eines Anästhesisten automatisiert werden können, ist eine nicht einfach zu beantwortende Frage, wenn man bedenkt, dass eine Fehlfunktion der Apparaturen für den Patienten lebensgefährlich werden kann. Seit über zehn Jahren arbeiten zwei unterschiedliche Fachgruppen, Mediziner und Automatiker, im Rahmen einer Forschungskooperation zusammen. Schrittweise wurden – mehrheitlich in Dissertationen – anspruchsvolle Fragestellungen gelöst. Nun liegen verschiedene Grundlagen vor, die eine zuverlässige Automatisierung der Anästhesie möglich erscheinen lassen. Dabei stehen modellbasierte Ansätze im Vordergrund und nicht nur rein statistische Methoden. Bemerkenswert im vorliegenden interdisziplinären Hochschulforschungsprojekt ist das bewusste systematische Vorgehen aus Sicht des Automatikpartners. Dieses Vorgehen lehnt sich stark an die Methodik Systems Engineering an.*

# Automatisierung in der Anästhesie

## 1. Situationsbeschreibung

Grössere Operationen finden unter Vollnarkose und bei künstlicher Beatmung statt. Während der Operation sorgt der Anästhesist dafür, dass der Patient weder aus der Narkose erwacht, noch dass wichtige Körperfunktionen versagen[1]. Dafür stehen ihm verschiedenste Messsysteme zur Verfügung, beispielsweise für den Blutdruck, die Pulsfrequenz oder die Sauerstoff- und Anästhesiegaskonzentration in der Atemluft. Aus einzelnen EEG-Parametern (EEG = Elektroenzephalogramm) kann er auf die Tiefe der Narkose schliessen. Alle diese Werte muss der Anästhesist in einem vorgegebenen Rahmen halten. Dafür verändert er manuell eine Vielzahl von Einstellungen an der Narkose-Apparatur wie die intravenöse Dosierung der verschiedenen narkotisierenden Substanzen, die Dosierung des Anästhesiegases in der Atemluft, Volumen und Frequenz der künstlichen Beatmung und anderes mehr.

Vieles davon sind Routineeinstellungen. In schwierigen Situationen erfolgen sie aber unter hohem Zeitdruck und im Bewusstsein, dass das Überleben des Patienten davon abhängt. «Warum nicht diese Routinetätigkeiten automatisieren, um den Anästhesisten für anspruchsvollere Aufgaben zu entlasten?», dachte sich Alex M. Zbinden, Leiter der Forschungsabteilung am Institut für Anästhesie an der «Insel», dem Berner Universitätsspital.

## 2. Interdisziplinäre Fragen werden bearbeitet

Gemeinsam mit dem Institut für Automatik an der ETH Zürich unternahm Alex M. Zbinden erste Versuche, die jedoch nicht so recht weiterführten. Als er von Fuzzy Logic Control mit dem typischen, regelbasierten Ansatz hörte, wurde ihm klar: «Genau so arbeiten wir Anästhesisten!» und unternahm vor rund zehn Jahren zusammen mit Adolf Glattfelder vom Institut für Automatik an der ETH Zü-

rich einen neuen Anlauf zur automatischen Regelung der Anästhesiegasdosierung und der künstlichen Beatmung.

Adolf Glattfelder besitzt eine langjährige Industrieerfahrung in der Entwicklung technischer Systeme, insbesondere im Bereich der Automatisierungstechnik. Hier wird Systems Engineering bereits seit längerem eingesetzt. Es war somit klar, dass das SE implizit zum Tragen kommen musste. Die Mediziener haben sich den Strukturierungsvorschlägen gerne angeschlossen. Eine eigentliche Diskussion über die Möglichkeiten und Grenzen der SE-Mothodik wurde deshalb nicht geführt.

> Idealerweise kennt der Projektleiter oder allenfalls ein engagiertes Projektmitglied eine Problemlösungsmethodik und ist fähig, diese im Rahmen der Projektstrukturierung einzubringen.

Aus der ersten Begegnung ist eine langjährige Forschungskooperation entstanden, aus der eine Reihe von medizinischen und ingenieurwissenschaftlichen Dissertationen entstanden sind und weiter entstehen.

> Für beide Projektpartner war zu Beginn nicht klar, welches Potenzial in dieser Kooperation vorhanden war. Gewählt wurde deshalb ein schrittweises Vorgehen, indem einzelne Etappen definiert, sukzessive Problembereiche festgelegt und Erfolg versprechende Stossrichtungen bearbeitet wurden.

Die Mediziner J. Schäublin und M. Curatolo wiesen in ihren klinischen Studien den Erfolg[3] wie auch die Grenzen[4] der Fuzzy Control bei der Verabreichung von Anästhesiegasen nach. Die Ärzte waren einigermassen zufrieden, nicht aber die Automatiker. Änderungen in einzelnen Regeln hatten oft unvorhergesehene Auswirkungen an andern Orten im System. Der Einstellaufwand war sehr hoch. Die Zeit während der Operation reichte nicht aus, um alle Justierungen sauber vorzunehmen, d. h. von einer Automatisierung konnte keine Rede sein. Marco P. Derighetti, Doktorand an der ETH Zürich,[2] kam in seiner Dissertation zum Schluss, dass nur ein Wechsel des Lösungsansatzes in Richtung modellbasierte Regelung Abhilfe schaffen könne.

Das vorliegende Beispiel beschreibt den Forschungsalltag. Forschungsfragen werden beantwortet, und Hypothesen werden bewiesen bzw. verworfen.
Ein Resultat wirft neue Fragen auf. Mit der Zeit kumuliert sich Wissen. Das Untersuchungsobjekt lässt sich immer besser erklären. Das Systemverständnis nimmt zu, die Probleme, die es zu lösen gilt, werden erkannt und benannt.

Zunächst war Alex Zbinden kritisch. Sein Doktorand A. Nicolet wies jedoch eine ganz passable Übereinstimmung der Vorhersagen aus dem neuen Modell mit den Messungen in klinischen Studien nach[5]. Und die ersten Versuche mit der neuen modellbasierten Regelung waren auf Anhieb erfolgreich[2]. Es traten jedoch weitere Schwierigkeiten auf:

**SE-Hinweis**

Die Signale, welche die Grundlage für die Regelung bilden, sind längst nicht so zuverlässig, wie die Automatiker sich das von technischen Anlagen her gewohnt sind. Ausfälle von Sensoren und Artefakte in den Signalen, also Signalveränderungen, die auf Störeinflüsse zurückzuführen sind, werden von den Ärzten problemlos erkannt. Hingegen zeigte bei diesen so genannten Supervisorfunktionen die Automatik in den klinischen Versuchen Lücken.

Das Feedback-System arbeitete für Forschungszwecke zwar genügend zuverlässig, aber doch nicht so gut, als dass sich der Anästhesist voll auf seine medizinische Fragestellung hätte konzentrieren können. Hinzu kamen Ausfälle und unangenehm einsetzende Fehlfunktionen von nicht selbst überwachten Peripheriegeräten. Es stellte sich deshalb die wissenschaftliche Frage, inwieweit deren Ausfall durch die Regelung erkannt und modellgestützt überbrückt werden könnte.

**SE-Hinweis**

Zu guter Letzt war die Bedienoberfläche zu wenig benutzerfreundlich. Es fehlte ferner ein einwandfrei abgesichertes Umschalten zwischen den Betriebsarten und eine kontinuierliche Datenarchivierung.

Als Grund für obige Probleme erkannte man schnell, dass die EDV-Plattform definitiv an ihre Leistungsgrenze angelangt war. Auch stand die systematische Erprobung der modellbasierten Regler in klinischen Studien[2] noch aus. Damit war die Ausgangslage[6] für die Dissertation von Christian W. Frei[7] abgesteckt.

## 3. Ein neues Forschungsprojekt entsteht

Die Aufgabe hiess: Für den Anästhesisten den Funktionsumfang des automatisierten Systems wesentlich erweitern, und zwar in Richtung erhöhte Teilautonomie, wie beispielsweise erhöhte Zuverlässigkeit, leichtere Bedienbarkeit und einfachere Erweiterbarkeit. In dieser Dissertation sollten erste Lösungsansätze entworfen, implementiert und getestet werden.

**SE-Hinweis**

Das vorliegende Fallbeispiel zeigt deutlich, dass sich die Ingenieure ein Grundverständnis für medizinische Zusammenhänge im Bereich der Anästhesie aneignen mussten, und umgekehrt die Mediziner ein Verständnis für Regelmechanismen entwickeln mussten. Die angestammten Arbeitsgebiete wurden somit ausgedehnt. Nur so konnten die beiden unterschiedlichen Fachdisziplinen konstruktiv zusammenarbeiten. Zudem mussten die Potenziale und Grenzen der Automatik im Hinblick auf die einzelnen Aufgabenstellungen geklärt werden. Hier ist auch die Entwicklung gemeinsamer Modelle im Hinblick auf ein gemeinsames Systemverständnis zentral.

Aus der Sicht der Automatik ging es vor allem um die wissenschaftliche Vertiefung des Teilbereiches «Artefakt- und Ausfalltolerante Regelsysteme», die zwar von der Theorie her schon weit entwickelt, aber noch wenig praktisch erprobt waren. Modellbasierte Ansätze und nicht nur rein statistische Methoden sollten zum Tragen kommen. Weiter waren die klinischen Studien mit den modellbasierten Reglern vorzubereiten und zu begleiten und vorgängig der Wechsel der EDV-Plattforn durchzuführen. Abb. 1 zeigt die anstehenden Arbeitsfelder.

## 4. Problemstrukturierung und -abgrenzung

Die Weiterarbeit musste sich in den folgenden Phasen auf den Entwurf (Konzept), Realisierung des Systems und die Validierung der ausgewählten Lösung

konzentrieren. Dazu war das System unter verschiedenen Gesichtspunkten zu beleuchten.

### *4.1 Automatisierungsgrad*

Ein charakterisierender Begriff ist der «Automatisierungsgrad». In der Anästhesie lag und liegt auch heute noch der Automatisierungsgrad auf der Stufe «Handbetrieb». Der Abb. 2 kann entnommen werden, dass die Anzahl der Datenpunkte mit 20 bis 30 überschaubar ist. Im vorliegenden Fall werden 14 Inputgrössen angegeben, wovon 12 beeinflussbar sind, d. h. als «Stellgrössen» in Frage kommen. Ausgerechnet die zwei nicht-beeinflussbaren «Störgrössen» – der chirurgische Schmerzreiz und der Blutverlust – sind jedoch zentral für die Automatisierungsaufgabe. Weiter sind 12 Outputgrössen vorhanden, wovon 4 nicht als Sensoroutputs zur Verfügung stehen.

*Abb. 2: Übersicht der Inputs und Outputs am «zu automatisierenden System» in der Anästhesie*

**SE-Hinweis**

Für die Visualisierung der Zusammenhänge wird in Abb. 2 ein so genanntes «Input-Output-Modell» verwendet. Diese Art der Abbildung eignet sich nicht
nur zur groben Umschreibung des Systems, sondern auch zur Herleitung gemeinsamer Modellvorstellungen.

Die Messsignale sind artefaktbehaftet, d. h. der ausgegebene Messwert entfernt sich kurzzeitig weit vom tatsächlichen Wert. Deshalb macht der Anästhesist heute im «Handbetrieb» laufend eine Gesamtbeurteilung, eine so genannte «Data Fusion». Dies ist eine der Ursachen, dass trotz vieler Forschungsberichte über Regelkreise in der Anästhesie aus den letzten dreissig Jahren noch keine kommerziellen Feedback-Systeme existieren[7]. Auch zum Zeitpunkt, als das neue Forschungsprojekt begonnen wurde, war klar, dass die Zeit für die Entwicklung eines breit einsetzbaren Gerätes noch nicht reif war. Aber man wollte mindestens einen «working prototype» entwickeln.

### *4.2 Anlagenabschnitte*

Am schwierigsten von Hand regelbar ist für den Anästhesisten der Abschnitt von der Anästhesiegas-Dosierung im Verdampfer über die eingeatmete (inspiratori-

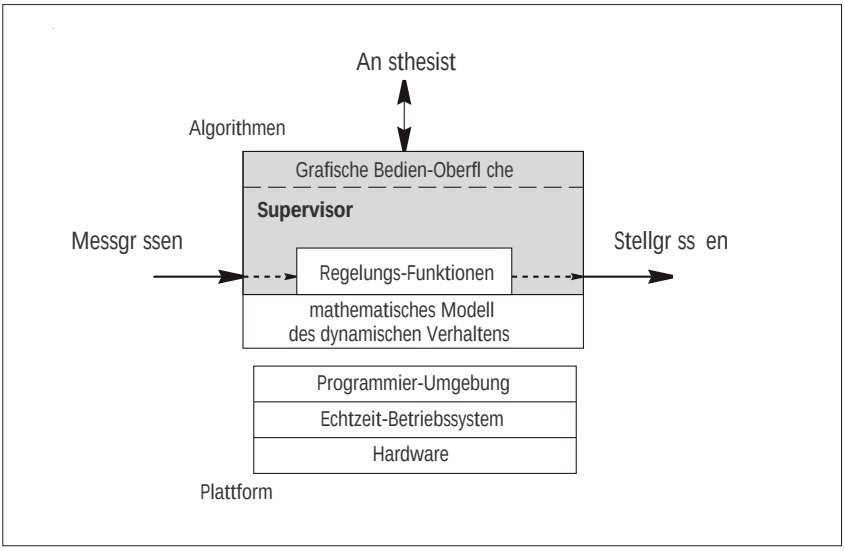
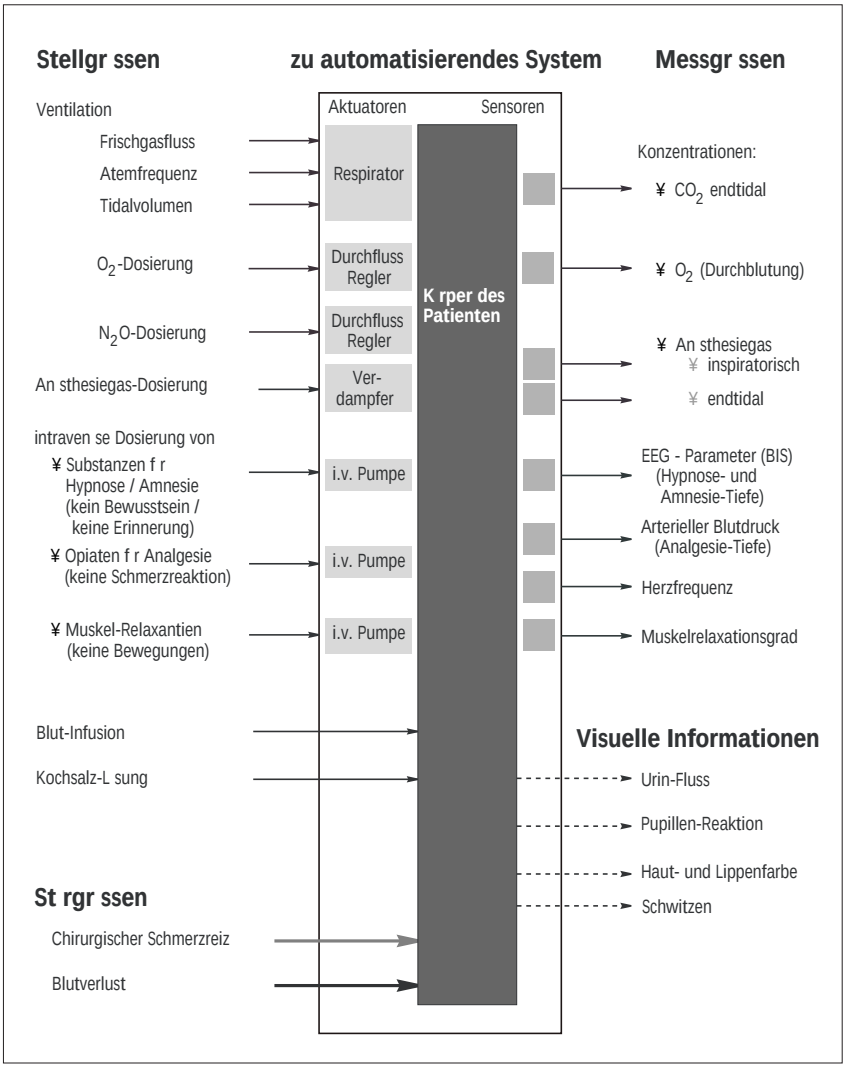



*Abb. 1: Visualisierung der Supervisor-Einbettung*

sche) Konzentration bis zur ausgeatmeten (endtidalen) Konzentration. Dieser Abschnitt ist an den nachfolgenden Abschnitt «Beatmungssystem» gekoppelt, das mehrere interagierende Stellgrössen sowie die weiteren Messgrössen «ausgeatmetes $CO_2$» und «arterieller $O_2$-Gehalt» hat. In der durch uns betrachteten Forschungsarbeit sollten nur diese beiden Abschnitte diskutiert werden. Die anderen Abschnitte sind Arbeitsfelder weiterer, parallel laufender Forschungsprojekte innerhalb der Forschungskooperation.

### *4.3 Automatisierungsschichten*

Aufgrund einer speziellen Sicherheitsanalyse entstand nach medizintechnischen Regeln ein Schutzkonzept. Die wichtigen Sensoren und Aktuatoren sollten doppelt vorhanden sein, einmal für den Automatikbetrieb und einmal für den Handbetrieb. So konnte der Anästhesist bei Fehlfunktionen das Automatiksystem jederzeit abtrennen und die Anästhesie konventionell, d. h. von Hand, zu Ende führen. Weiter waren die im vorgängigen Projekt[2] erarbeiteten Algorithmen in die Schicht der Steuerung und Regelung einzuordnen. Die weitgehend neu zu gestaltenden Anzeige- und Bedienfunktionen etc. gehörten in die Kommunikationsebene.




### *4.4 Gerätetechnische Struktur*

SE-Hinweis

Die Plattform, die zu entwickeln war, musste projektübergreifend verwendbar sein. Als Lösung kristallisierte sich ein Zwei-Rechner-System, mit einem Target-Rechner für die Ebenen mit Echtzeit-kritischen Aufgaben und einem Host-Rechner für die Kommunikationsebene sowie (kommerziellen) Peripheriegeräten, die intern meist auch einen Rechner aufweisen. Abb. 3 zeigt rechts die «Forschungsplattform», im Zentrum der motorisierte Verdampfer, das Stellglied

für die Anästhesiegasdosierung und der «Not-Aus»-Knopf. Rechts hinter dem Gitter befinden sich der Echtzeit- und der Leitrechner. Ausgeklappt ist der touch screen für die Beobachtung und Bedienung durch den Anästhesisten.
*Abb. 3: Arbeitsplatz des Anästhesisten im Operationssaal*

## 5. Projektgliederung

Nachfolgend wird der Ablauf eines interdisziplinären Forschungsprojektes beschrieben, das auf den Resultaten und Erkenntnissen der langjährigen Forschungskooperation aufbaut. Auch in diesem Projekt, das sich über viele Jahre hinzog, erwies es sich als richtig, zeitlich überschaubare Abschnitte – Vorstudie, Hauptstudie, Implementierung – zu bilden.

### *5.1 Vorstudie*

Es mag überraschen, dass Forschungsarbeiten, die ja ins Unbekannte, Unplanbare führen und von der Überraschung und Inspiration leben, ganz prosaisch als «Projekt» behandelt werden. Jedoch erfordert Forschung in diesem Rahmen stets finanzielle Beiträge von Institutionen der öffentlichen Forschungsförderung, die in einem Wettbewerbsumfeld zu akquirieren sind. Die entsprechenden Anträge enthalten im Wesentlichen die Ausgangslage, d. h. den «state of the art» inklusive die eigenen Vorarbeiten und Kompetenzen, Absicht und Ziele des Vorhabens, Vorgehens- und Zeitplan sowie eine entsprechende Finanzplanung.

> Die Ausarbeitung eines fundierten Forschungsantrages kann durchaus als «Vorstudie» im Sinne des Systems Engineerings bezeichnet werden. Im Rahmen einer Vorstudie ist insbesondere zu klären, wo welche Probleme vorhanden sind und wie diese zu lösen sind. Die dazu notwendigen Informationen stammen aus vorgelagerten Forschungsvorhaben. Der skizzierte Lösungsweg gilt dann als Lösungsprinzip, d. h. als Resultat der Vorstudie.

### *5.2 Hauptstudie:*

Im vorliegenden Fall waren Neuheitsanteil und Risiko weit höher als das, was bei üblichen industriellen Automatisierungsprojekten verantwortbar ist. Die

Hauptstudie stellte deshalb ein zentrales Element dar. Abgeklärt werden musste vor allem das Umsetzen der Grundlagen aus der Theorie, die mathematische Modellierung der relevanten Anlagenteile, der quantitative Entwurf der kritischen Algorithmen und deren Überprüfung in der Simulation.

> Der Schwerpunkt lag auf der Ausarbeitung einer konkreten Lösung bzw. eines Gesamtkonzeptes, das anschliessend realisiert und überprüft werden musste.

### *5.3 Detailstudie*

Die Detailstudie erwies sich als vergleichsweise kurz, da wenig weitere, vergleichsweise einfache Automatisierungsaufgaben vorlagen.

### *5.4 Implementierung*

Ebenso kurz war die Implementierung, da eine entsprechende Plattform vorlag[9]. Es ging im Wesentlichen um eine Code-Umsetzung aus der Simulationssoftware (hier Matlab/Simulink®) in die Programmierumgebung der Plattform (hier Oberon®), um den Datenaustausch mit den Peripheriegeräten und darum die Gestaltung der grafischen Bedienoberfläche sicherzustellen. Der erforderliche

Weiterausbau der Plattform wurde jeweils als separates Vorhaben projektiert.

### *5.4 Test*

Etwas differenzierter stellte sich die Phase «Test» dar. Es ging um Versuche am Patienten. Diese Versuche hatte die zuständige ethische Kommission zu bewilligen. Ebenso war der «informed and written consent» jedes Patienten einzuholen. Für den Test hatte sich ein Vorgehen in drei Etappen herausgeschält.

- In einem ersten Schritt wurde die neue Implementierung an einem Simulator bzw. Phantom mit allen Peripheriegeräten rigoros durchgeprüft, bis das System vom leitenden Anästhesisten freigegeben werden konnte.
- In einem zweiten Schritt fanden einzelne Operationen statt. Diese dienten der Validierung der Automatisierungsalgorithmen, d. h. der Überprüfung und Nachbesserung der Funktionsweise und der Feineinstellung der Parameter, bis die Erwartungen der Anästhesisten und der Automatiker an die Performance erfüllt waren. Damit war das Forschungsziel für den Automatiker an sich erreicht.
  Für den Anästhesisten war das jedoch erst der Fall nach Abschluss des dritten Schrittes, d.h. einer klinischen Studie an rund zwanzig Patienten, die gemäss den Usanzen in der klinischen Forschung angelegt und ausgewertet wurde. Die geltenden Regeln schliessen dabei ein Ändern der Automatisierungsalgorithmen aus. Diese müssen also vorher entsprechend ausgereift sein.

SE-Hinweis

Der Umfang aller Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die bis zu den ersten klinischen Tests zu erledigen sind, deren Vielfalt, die zeitlichen Abhängigkeiten, und deren Verteilung auf verschiedene Personen in verschiedenen Organisationen legen die Gliederung in Teilprojekte nahe.

Ein Teilprojekt umfasst abgrenzbare Fragestellungen. Diese Fragestellungen können in Anlehnung an den Problemlösungszyklus bearbeitet werden. Die Aufgabe des Systems Engineering besteht darin, sinnvolle Teilprojekte zu bilden und deren Querbeziehungen sicherzustellen.

SE-H

## 6. Erfahrungen aus drei Teilprojekten

### *6.1 Konzeption und Realisierung der neuen Plattform*

Die bisher mit Erfolg verwendete einfache Laborausrüstung genügte den neuen Anforderungen nicht mehr. Ein Wechsel der Informatikplattform drängte sich auf. Eine neue zukunftsweisende Plattform inklusive Hardware, Echtzeitbetriebssystem und Programmierumgebung (vgl. Abb. 1) musste deshalb evaluiert werden. Dies wurde nach üblichem Standardverfahren abgewickelt:

Beim Software-Entwurf wurde bewusst nach den Paradigmen der «objektorientierten Programmierung» vorgegangen. Es ging um die Integration der vorhandenen Peripheriegeräte, die Bedienoberfläche, die Portierung der bestehenden Anwendungssoftware und die Datenarchivierung. Dies erforderte eine neue Strukturierung, Implementierung, Austestung und Dokumentation. Auch mussten Systembetreuer und -benützer sowie weitere Entwickler geschult werden.

Das System wurde dann in einem Team von fünf Personen aus vier Institutionen implementiert.

Die Realisation hat sich zwischenzeitlich sehr gut bewährt. Die neue Plattform läuft stabil, und die verschiedenen Beteiligten arbeiten selbständig damit. Neue Applikationen lassen sich zudem mit einem Bruchteil des früheren Aufwandes implementieren. Ein Systemmanager – eine 60-Prozent-Stelle – sorgt für die nötige Ordnung, die Verfügbarkeit und den Weiterausbau.

### *6.2 Testphase der modellbasierten Regler:*

Ein weiteres Teilprojekt war die Testphase der zweiten Generation Regler, d. h. der «modellbasierten Regler», die in einem vorangegangenen Projekt[2] nur ansatzweise experimentell überprüft werden konnten.

*Abb. 4: Typische Zeitverläufe aus einer klinischen Erprobung der Regelung während einer Operation. Oben: ein- und ausgeatmete Konzentration des Anästhesiegases (Regelgrösse), unten: dessen Konzentration im Frischgas (anstatt der eigentl. Stellgrösse Verdampferposition). Vorgegeben war der strichpunktiert gezeichnete Sollwertverlauf der Regelgrösse in Form eines Zeitprogramms. Vom Start bis zum Zeitpunkt 95 Minuten hatte der Anästhesist diese Regelaufgabe im Handbetrieb zu lösen. Alle weiteren anfallenden Aufgaben wurden durch einen zweiten Anästhesisten erledigt. Ab 95 Minuten bis 180 Minuten war der Regelalgorithmus aktiv.*

In der Phase des «tuning» der Regelungen zeigten sich im «closed loop-Betrieb» systematische Abweichungen zwischen Simulationsergebnissen und Messungen an Patienten. Das bedeutete, dass einzelne Teile des mathematischen

Modells korrigiert und verbessert werden mussten. Dies hat schliesslich für die Mediziner wesentlich zum genaueren Verständnis der zeitlichen Wirkung des Anästhesiemittels beigetragen.

Aus der Phase der klinischen Studien (Reihenuntersuchungen) zeigt Abb. 4 ein typisches Ergebnis.

### *6.3 Der Supervisor*

Beim so genannten Supervisor lag für beide Partner der grösste Bedarf und das grösste wissenschaftliche Interesse. Es ging um die Strukturierung, Ausgestaltung und erste Erprobung des Funktionsumfanges für einen höheren Automatisierungsgrad mit den folgenden Aufgabenfeldern:

- Erkennen und Unterdrücken von Messartefakten,
- Erkennen und Überbrücken von Ausfällen,
- «Decision support» für den Anästhesisten,
- Wahl und Verriegelung von Betriebsarten,
- Bedienoberfläche,
- Kontinuierliche Datenarchivierung.

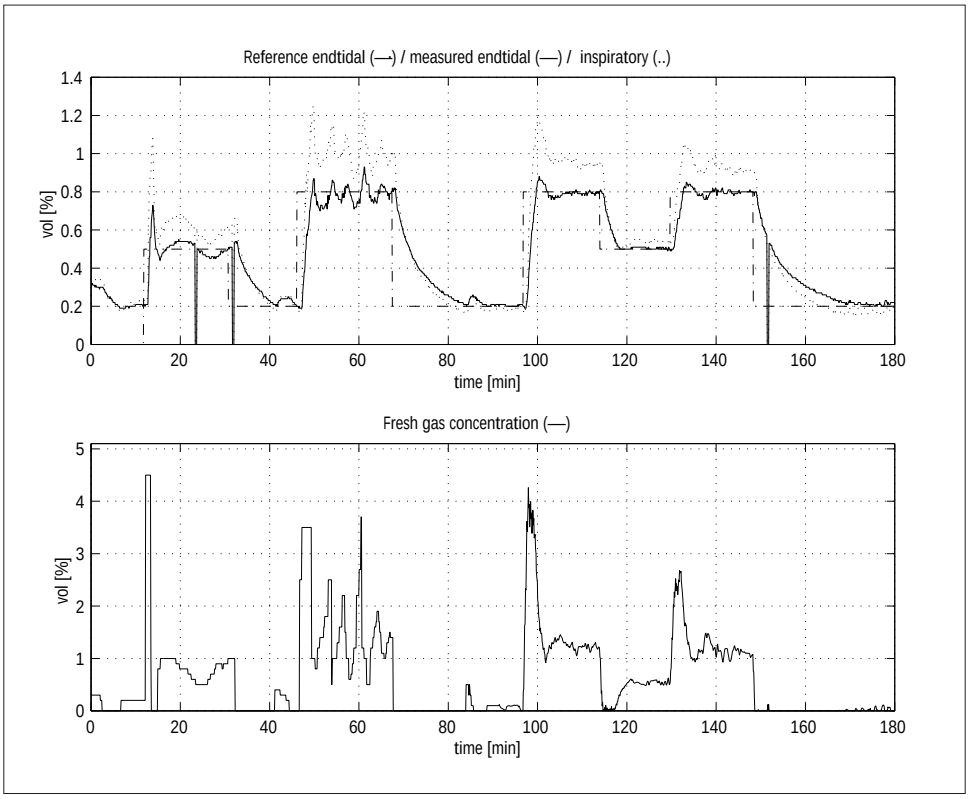
Für alle diese Felder war zunächst eine benützergerechte «erste Lösung» zu erarbeiten.

Die Funktionsgruppenstrukturierung (Abb. 1) zeigt, dass der Funktionsumfang des Supervisors oberhalb der Schicht der Einzelregelkreise liegt und einen engen Bezug zur Kommunikationsebene hat.

Es war bekannt, dass im Vergleich zu industriellen Anlagen in medizinischen Anwendungen Messartefakte sehr häufig vorkommen. Die Lösung dieses Teilproblems rechtfertigte, hier innerhalb der «Hauptstudie» systematisch nach dem Problemlösungszyklus vorzugehen.

In der industriellen Automatisierungstechnik kommt zunehmend die modellgestützte Ausfallerkennung und Überbrückung («fault tolerant control» FTC) zur Anwendung. Neu ist dies in der Anästhesie. Es zeigte sich, dass FTC höhere Anforderungen an die Genauigkeit des mathematischen Modells stellt, als es die Regelung allein verlangt. Dies betrifft den Bereich des Geradeausbetriebes, aber auch die Phasen mit raschen, grossen Änderungen sowie die Auswirkungen des nichtsteuerbaren Inputs, d. h. die dynamische Reaktion auf Schmerzreize. Auch diese Erkenntnis löste neue Iterationsschlaufen in der Mo-

dellbildung aus. Schrittweise wuchs so mit jedem neuen Einsatz der Gültigkeitsbereich des mathematischen Modells in Breite und Tiefe. Anders ausgedrückt akkumulierten und konkretisierten sich so die wachsenden Erfahrungen im mathematischen Modell.




Die Lösungen, die für diesen Aufgabenkatalog entworfen und implementiert wurden, haben sich in der mehrmonatigen klinischen Erprobung gut bewährt.

## 7. Reflexion und Nachlese

Das wichtigste Erfolgserlebnis im vorliegenden Projekt war wohl, dass unser System in über 150 Operationen erfolgreich eingesetzt werden konnte und dabei messbar bessere klinische Ergebnisse brachte.

Weiter sei erwähnt, dass aus der konkreten Anwendung heraus eine Vertiefung und Erweiterung der wissenschaftlichen Methoden der Automatisierungstechnik im Bereich der «reconfigurability measure» [7] gelungen ist. Dies konnte wiederum zur Verbesserung der Gesamtlösung beitragen. Ein solch grundlegendes Ergebnis ist im täglichen Druck der Projekte im Operationssaal nicht selbstverständlich.

Als besonders schwierig erwies sich das Zusammenführen der Ansätze zur Modellbildung in diesem Projekt mit jenem aus einem parallel laufenden Projekt, in welchem die Modellierung primär experimentell angegangen wurde, d. h. mit statistischen Methoden. Dies hat viel mit der sehr individuellen Arbeitsweise der Forscher zu tun, die für sich mehr Freiraum einfordern, als man ihnen in einem typischen Industrieprojekt wohl zugestehen würde.

Folgeprojekte konzentrieren sich auf den lateralen Ausbau in Richtung Automatisierung weiterer Inputgrössen gemäss Abb. 2 und deren Integration zu einem prototypischen Anästhesiearbeitsplatz mit nochmals höherem Automatisierungsgrad. Der Anästhesist bleibt dabei aber präsent und für die Führung der Anästhesie verantwortlich.

Die im Hintergrund stets präsenten Methoden des Systems Engineerings im Verbund mit der Erfahrung haben sich in unserer Forschungskooperation sehr gut bewährt, auch wenn ihre (vielleicht allzu sichtbare) Anwendung bei den beteiligten Forschern gelegentlich zu deutlichen Abwehrreaktionen führte.

Der wohl wichtigste Erfolgsfaktor in solchen interdiszplinären Forschungsprojekten ist die gute Gruppendynamik. Sie ist erfahrungsgemäss alles andere als selbstverständlich. Sie neigt je nach Beteiligten zur Instabilität und muss deshalb kontinuierlich verfolgt und auch gestützt werden. Erfahrungsgemäss helfen dabei klare Strukturen mit.

**Oliver Vaterlaus**

*Nur gerade zwei Jahre nach dem politischen Entscheid wird das KOMNET, ein Kommunikationsnetz, welches sämtliche 180 Verwaltungsstellen eines Kantons sowie die 90 Gemeinden miteinander und zudem mit der Bundesverwaltung vernetzt, erfolgreich in Betrieb genommen!*

*Begonnen hat alles damit, dass sich Vertreter des Kantons, der Gemeinden und eines privaten Applikationsproviders zusammen an einen Tisch setzten mit der Vision, ein gemeinsames Kommunikationsnetz auf die Beine zu stellen, welches sämtliche kantonalen und kommunalen Verwaltungsstellen miteinander vernetzt.*

*Wegleitend für das Projekt war die Problemlösungsmethodik «Systems Engineering», welche die Hausmethodik der beauftragten Beratungsfirma ist. Insbesondere die konsequente Unterteilung in definierte Projektabschnitte, der systematische Einbezug der Beteiligten in allen Projektphasen sowie die eindeutige Nennung der zu erwartenden Zwischenresultate waren erfolgsentscheidend. Die nachfolgenden Ausführungen stammen aus der Feder des Projektleiters.*

# Kantonales Kommunikationsnetz KOMNET

Case 4

## 1. Ein neues Projekt entsteht

Bereits zwei Anläufe, ein gemeinsames Kommunikationsnetzwerk zwischen kantonalen und kommunalen Verwaltungsstellen aufzubauen und die entsprechenden Synergiepotenziale zu nutzen, sind gescheitert. Aus historischen Gründen werden zwei physikalisch getrennte Netze betrieben, welche sich an zahlreichen Stellen überlappen. Das eine Netz erschliesst die kantonalen Amtsstellen sowie die Polizeiposten, das andere die Mehrheit der Gemeinden. Die Situation ist unbefriedigend. Der ordentliche Betrieb des Netzes erfordert immer mehr Know-how, aber auch mehr Ressourcen. Als mögliche Lösung steht das Outsourcing im Raum.

Der Finanzdirektor des Kantons, der Präsident der Gemeindevereinigung sowie der Verwaltungsratspräsident des Applikationsproviders des Gemeindenetzes unternehmen kurz vor Jahresende einen weiteren Versuch. Dabei gelingt es zum ersten Mal, eine weitgehend emotionslose Diskussion auf einer sachlichen Ebene zu führen und dadurch völlig neue Lösungsansätze zu identifizieren. Am Ende sind alle Teilnehmer davon überzeugt, dass eine Zusammenarbeit für alle Parteien ein grosses Synergiepotenzial beinhaltet und nicht nur Leistungs-, sondern auch massive Kostenvorteile bringen müsste. Das Projekt KOMNET ist geboren und das Auftraggebergremium formiert.

> Das Vorhaben ist nun auf einer höheren Problemebene angesiedelt. Durch die gemeinsame Bearbeitung des vorliegenden Problems durch Kanton, Gemeinden und Applikationsprovider erweitert sich auch der Lösungsraum. Im Rahmen des «Systems Engineering» spricht man dann auch von einem erweiterten Eingriffssystem. Es sind neu nicht nur Insellösungen möglich, sondern umfassendere bzw. integrierte Lösungen.

## 2. Das Projekt wird vorbereitet

Die Auftraggeber werden sich rasch über die Projektziele einig:

- ein einziges Netz mit einer einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur innerhalb des Kantons
- 100-prozentige Flächendeckung auf kommunaler und kantonaler Ebene
- Aufbau einer Betriebsorganisation, welche die Leistungen des Netzbetreibers anhand definierter Vorgaben überprüft.

Die Projektziele decken neben den technischen auch betriebliche und organisatorische Aspekte ab. Der Lösungsansatz «Outsourcing» und die
zentrale Frage nach der Organisation auf Benutzerseite sind mit diesen
Zielen möglich aber nicht präjudiziert.

Die Auftraggeber beschliessen, das Projekt in einzelne Phasen aufzuteilen, an deren Ende jeweils entschieden wird, ob und wie das Projekt weitergeführt werden soll. Der Vorschlag von Seiten der AWK Engineering AG, die Fragestellungen nach der Methodik «Systems Engineering» zu bearbeiten, findet breite Zustimmung.

Die Projektphasen werden in Anlehnung an das Lebensphasenmodell festgelegt:

- Vorstudie: Analyse der Anforderungen und Bedürfnisse der Benutzer, Ausarbeitung unterschiedlicher Lösungsprinzipien.
- Hauptstudie: Konkretisierung realistischer Lösungsprinzipien zu einem Gesamtkonzept mit detaillierter Kostenschätzung für den Aufbau und Betrieb des KOMNET sowie die Ausarbeitung einer sinnvollen Betriebsorganisation.
- Detailstudie: Detaillierte Spezifikation, Ausarbeitung Pflichtenheft für Evaluation des Netzbetreibers.
- Systembau: Submission (öffentliche Ausschreibung), Evaluation der Angebote und Vertragsunterzeichnung.
- Systemeinführung: KOMNET installieren und in Betrieb nehmen, Überprüfung der Funktionalität des Systems und Anpassungen.
- Projektabschluss: Abschlussarbeiten und «Manöverkritik».

Die Auftraggeber definieren als letzte Vorbereitung die Struktur einer schlagkräftigen Projektorganisation. Allen ist klar, dass sich die Komplexität, die unterschiedlichen Interessen sowie die finanziellen Auswirkungen des Projektes in der Projektorganisation niederschlagen müssen. Diese wird daher wie folgt aufgebaut (Abb. 1):

- Lenkungsausschuss: Politisches Gremium für wichtige Meilensteinentscheide. Ein erster Entscheid ist am Ende der Hauptstudie vorgesehen.
- Projektausschuss: Überprüfung aller Meilensteine.
- Projektleitung: Aufgrund der Komplexität des Projektes soll eine externe Firma mit der Projektleitung beauftragt werden. Aus drei Bewerbern wird die Firma AWK Engineering AG, ein unabhängiges Engineering- und Consulting-Unternehmen, ausgewählt. Die Aufgabe von AWK ist es, das Projektteam, bestehend aus Vertretern der verschiedenen Benutzergremien sowie aus Vertretern des heutigen Netzbetreibers, zu leiten.
- Projektteam: Die Zusammensetzung des Projektteams wurde gemäss Vorschlägen vom Auftraggeber und von der AWK Engineering AG ausgewählt. Die Teilnehmer wurden anschliessend offiziell angefragt.

## 3. Vorstudie – Lösungsansätze entstehen

Aufgrund der langen Vorgeschichte mit zwei gescheiterten Anläufen und einer grossen Anzahl von Beteiligten werden umfassenden Ist-Zustands- und Zukunftsanalysen eine starke Bedeutung beigemessen. Damit sollte ein hieb- und stichfestes und von allen akzeptiertes Fundament zur Definition der Anforderungen an das KOMNET gelegt werden. In einem ersten Schritt plant der Projektleiter Ressourcen und Termine für das Gesamtprojekt. Anschliessend organisiert er ein «Kick-off-Meeting», an dem die Projektorganisation konstituiert, das Projekt und die Projektziele definiert, sowie die Terminplanung diskutiert und Termine für die weiteren Sitzungen vereinbart werden.

**SE-Hinweis**

Die Vorstudie soll das eigentliche Problem erfassen, die grundsätzlichen
Anforderungen an die Lösung definieren, verschiedene Lösungsprinzipien
bzw. potenzielle Stossrichtungen entwickeln und eine Auswahl davon zeigen.

Der Projektleiter führt Interviews mit den heutigen Netzbetreibern, d. h. Informatikern des Kantons und der Kantonspolizei sowie Informatikern des Applikationsproviders, lässt sich Inventarlisten der heutigen Netzkomponenten geben, studiert bereits vorhandene Dokumente und Richtlinien und analysiert die aktuelle Kostensituation. Ferner führt der Projektleiter Gespräche mit den für die Telefonie verantwortlichen Personen. Im Rahmen des Projekts KOMNET soll nämlich auch abgeklärt werden, ob eine Sprach-Daten-Integration mit den aktuellen Technologien wirtschaftlich sinnvoll ist.

Basierend auf den Resultaten der Ist-Zustandsanalyse wird eine Stärken-Schwächen-Analyse erstellt. Als Sofortmassnahme resultiert ein Investitionsstopp für das bestehende Netzwerk.

**SE-Hinweis**

Die vielen Einzelinformationen der Ist-Zustandsanalyse lassen sich übersichtlich in einer «Stärken-Schwächen-Analyse» zusammenfassen. Dies führt zu intensiven Auseinandersetzungen, weil damit wenige, aber prägnante Aussagen angestrebt werden.

Eine breite und fundierte Zukunftsanalyse ergänzt die Ist-Zustandsanalyse. Der Projektleiter führt auch hier mit vielen Stellen zahlreiche weitere Interviews. Die Resultate fasst er in einer Chancen-Gefahren-Analyse zusammen.

Nach der Situationsanalyse beginnt das Projektteam konkrete Anforderungen an das KOMNET in einem Zielkatalog zu definieren.

Mit dem Zielkatalog wird die Lösungsrichtung bereits grob definiert. Es ist deshalb zweckmässig, dass die Entscheidungsinstanz den Zielkatalog
bewilligt bzw. auch die Problemherleitung in der Situationsanalyse in zustimmendem Sinn zur Kenntnis nimmt.

In der nachfolgenden Phase der Konzeptsynthese und Konzeptanalyse beginnt das Projekteam verschiedene Lösungsideen zu entwickeln:

- Im Bereich technische Lösungsprinzipien kristallisieren sich rasch zwei bis drei Technologien heraus, welche als Einzige dazu geeignet sind, verschiedene logische Netze auf einer physikalischen Infrastruktur zu etablieren. Andere Technologien werden verworfen.

- Im Bereich betriebliche Lösungsprinzipien geht es primär um die Frage des Outsourcings. Hier sind auch Zwischenlösungen denkbar. Zur Herleitung und Überprüfung möglicher Lösungsprinzipien wird auch ein morphologisches Schema erstellt.

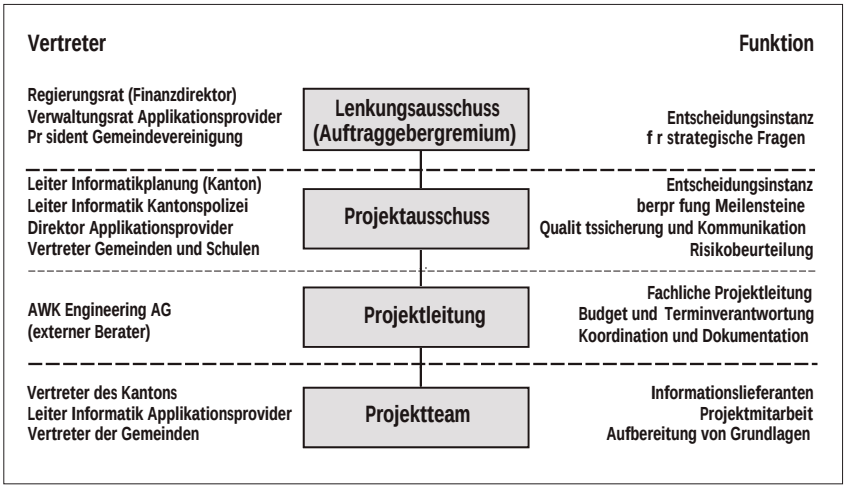



*Abb. 1: Projektorganisation mit Vertretern und deren Funktionen*

Nach der getrennten Herleitung der technischen und betrieblichen Lösungsprinzipien werden diese in einem Workshop im Projektteam diskutiert und zu einer Lösung zusammengeführt. Die verschiedenen Kombinationen werden auf deren grundsätzliche Tauglichkeit hin überprüft. Zwei Varianten werden zur weiteren Bearbeitung empfohlen:

- Variante Eigenbau: Das Kommunikationsnetz wird durch den Kanton aufgebaut. Hier sind verschiedene Technologien denkbar, wie beispielsweise «Asynchronous Transfer Mode» (ATM), «Synchronous Digital Hierarchy» (SDH) oder «Frame Relay» (FR). Der Betrieb des Netzes erfolgt entweder durch das Informatikamt oder durch einen zu evaluierenden Partner.
- Variante Outsourcing: Gemeint ist ein vollständiges Outsourcing: Kanton und Gemeinden kaufen kein Equipment. Aufbau und Betrieb wie auch die Finanzierung des Netzes erfolgt durch einen Partner. Der Aufwand müsste über festgelegte Gebühren abgegolten werden.

Verrechnungs- und Finanzierungsmodelle ebenso wie die detaillierte Ausprägung der Betriebsorganisation werden in der Vorstudie bewusst noch nicht betrachtet. Sie sind Bestandteile der Hauptstudie. Ein Entscheid zwischen beiden Varianten kann im Rahmen der Vorstudie noch nicht getroffen werden. Der Projektausschuss folgt der Empfehlung des Projektteams an der Meilenstein-Sitzung im Frühling, sechs Monate nach dem Anstoss: Die Varianten Eigenbau und Outsourcing sollen weiterverfolgt werden. Dies führt dazu, dass in der Hauptstudie zwei unterschiedliche Lösungsprinzipien zu einem Konzept ausgearbeitet werden müssen – eine wohl interessante, aber auch aufwendige Angelegenheit.

**SE-Hinweis**

Nach der Vorstudie kann noch kein klarer Entscheid gefällt werden. Zwei völlig unterschiedliche Lösungsprinzipien müssen weiterverfolgt werden. Bei komplexen Fragestellungen ist dies durchaus möglich. Denkbar sind weitere Detailabklärungen in der Vorstudie oder dann die weitere Konkretisierung zweier unterschiedlicher Lösungsprinzipien. Wenn man bedenkt, welche Konsequenzen ein Fehlentscheid haben könnte, so ist die Mehrarbeit gerechtfertigt.

## 4. Hauptstudie – Konzepte werden ausgearbeitet

Am Ende der Hauptstudie sollen Informationen vorliegen, um den Entscheid Eigenbau oder Outsourcing treffen zu können und die Konsequenzen technischer, organisatorischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Art zu kennen. Das Projektteam sitzt zusammen und beginnt deshalb in einem ersten Schritt die Variante Eigenbau zu konkretisieren. Dazu werden die verschiedenen Technologievarianten detaillierter analysiert und aufbereitet. Es wird an dieser Stelle auf eine umfassende technische Diskussion verzichtet und stattdessen nur einige Eckpunkte aufgeführt, welche dem weiteren Verständnis dienen sollen:

**SE-Hinweis**

Leitungsinfrastruktur: Zur Erschliessung der einzelnen Gebäude gibt es keine Alternative zu den bestehenden Mietleitungen. Im Backbone Bereich hingegen stehen kantonseigene Glasfaserkabel entlang der Autobahnen zur Verfügung. Eine Verwendung dieser Kabel muss aber nicht a priori

günstiger sein als die Miete von Leitungen.

- Netztopologie: Die Netztopologie wird durch die geografische Situation im Kanton und durch die Lage der Anschlüsse mehr oder weniger vorgegeben. Das Projektteam erarbeitet ein Modellnetz, welches die beiden Varianten Mietleitungsnetz mit und ohne Verwendung der Glasfasern entlang der Autobahn unterscheidet.
- Netzwerktechnologie: Grundsätzlich können verschiedene Netzwerktechnologien zum Einsatz kommen, die zudem untereinander kombinierbar sind.

**SE-Hinweis**

Das Projektteam hat verschiedene Technologievarianten konkret ausgearbeitet. Diese Varianten werden mittels einer Stärken-Schwächen-Analyse auf Vor- und Nachteile untersucht.

> «Stärken-Schwächen-Analysen» können nicht nur im Rahmen der Situationsanalyse angewendet werden. Diese Methode kann auch zur Beurteilung verschiedener Handlungsoptionen herangezogen werden.

Die Unterschiede sind gering. In einem ersten Schritt fokussiert sich das Projektteam auf die Variante Eigenbau. Eine detaillierte Kostenabschätzung drängt sich auf. Hier wird dann beispielsweise festgestellt, dass ein eigener Netzwerkaufbau und -betrieb erst ab rund 250 Anschlüssen wirtschaftlich interessant ist (vgl. Abb. 2). Im gemeinsamen KOMNET beträgt die Zahl der Anschlüsse nach der ersten Ausbauetappe rund 270 und liegt knapp über der Grenze für einen kosteneffizienten Betrieb. Die Anzahl der Anschlüsse wird in absehbarer Zeit steigen. Damit reduzieren sich auch die Kosten pro Anschluss.

*Abb. 2: Kosten pro Anschluss in Abhängigkeit der Anzahl physikalischer Anschlüsse*

Interessant an der Kostenabschätzung sind nicht die absoluten Werte, sondern der Einfluss verschiedener Parameter, wie beispielsweise «Rabattstruktur der Mietleitungspreise», «Anzahl physikalischer Anschlüsse» sowie «erwartete Le-

bensdauer des KOMNET» auf die zu erwartenden Kosten. Die Parametervariation zeigt hier ähnliche Resultate. In einem zweiten Schritt konkretisiert das Projektteam die Variante Outsourcing. Das Projektteam ist sich rasch einig, dass – wenn schon ein Outsourcing gemacht werden soll – alles bis und mit Netzanschlusskomponenten in den einzelnen Gebäuden durch einen Dritten installiert und betrieben werden soll, um alle Synergien optimal nutzen zu können. Die Outsourcing-Tiefe ist damit definiert.

Das Projektteam macht sich auch Gedanken zu betrieblichen Aspekten, denn ein Outsourcing erfordert auch eine zusätzliche Koordinationsstelle, welche als eine Art «Clearing Zentrale» sowohl in technischer als auch in betriebswirtschaftlicher Hinsicht zwischen dem technischen Betreiber (Outsourcing-Partner) und den Benutzern wirkt. Die Koordinationsstelle wird in Abb. 3 als «KOMNET Koordinationsstelle» bezeichnet.

*Abb. 3: Mögliche Organisationsstruktur für die Koordinationsstelle zwischen Benutzern und Betreiber*

**SE-Hinweis**

Schon während der Vorstudie wird die Variante Outsourcing als Favorit gehandelt, da sie die Bedürfnisse des Auftraggebers optimal abdeckt und gegenüber der Variante Eigenbau einige gewichtige Vorteile aufweist. Insbesondere die hohe Flexibilität mit der damit verbundenen Unabhängigkeit von den immer kürzeren Produktentwicklungszyklen und die Tatsache, dass keine oder nur sehr geringe Investitionskosten anfallen, führen dazu, dass sich der Projektausschuss zusammen mit dem Lenkungsausschuss an der Meilenstein-Sitzung im Sommer 1998 einstimmig für die Variante Outsourcing entscheidet. Ein Eigenbau kommt nur dann in Frage, wenn kein vernünftiges Outsourcing-Angebot offeriert wird.

Der Aufwand für die Erarbeitung von zwei technischen Konzepten ist für das Projekt KOMNET nicht nutzlos. Diese Informationen stellen eine
wesentliche Grundlage dar, um in späteren Planungsschritten die Spezifikationen besser formulieren und eingehende Offerten fundierter beurteilen
zu können.

## 5. Detailstudie – Ein Pflichtenheft wird ausgearbeitet

Nach diesem weiteren Meilenstein-Entscheid hat das Projektteam die Aufgabe, das Konzept zu verfeinern und die Systemelemente und Prozesse für das KOMNET möglichst exakt und unmissverständlich zu spezifizieren. Das Gesamtpaket aus technischen und betrieblichen Dienstleistungen wird oft auch «Service Level Agreement» (SLA oder Dienstleistungsvereinbarung) genannt. Das SLA definiert die technischen wie auch die betrieblichen Rahmenbedingungen und Anforderungen und stellt die Basis für die Zusammenarbeit mit den Systemanbietern dar. Neben der Spezifikation der SLA baut das Projektteam das Pflichtenheft gezielt so auf, dass die eingehenden Angebote vergleichbar sind und trotzdem den Anbietern genügend Freiraum für innovative Lösungen lässt.

In vielen Projekten wird das SLA erst nach der Offerteingabe im Rahmen der Vertragsverhandlungen ausgearbeitet. Im Projekt KOMNET hat sich das Projektteam aber entschieden, die Parameter bereits im Pflichtenheft aufzuführen, und zwar aus einem einfachen Grund. Bei der Offerteingabe sind die Anbieter in einer enormen Konkurrenzsituation und akzeptieren gewisse Forderungen des Auftraggebers, um bei der Evaluation berücksichtigt zu werden. In den Vertragsverhandlungen mit einem Anbieter weiss dieser, dass sein Angebot konkurrenzfähig ist. Er wird nicht mehr so rasch auf Forderungen eingehen, welche für ihn schwierig zu erbringen sind.

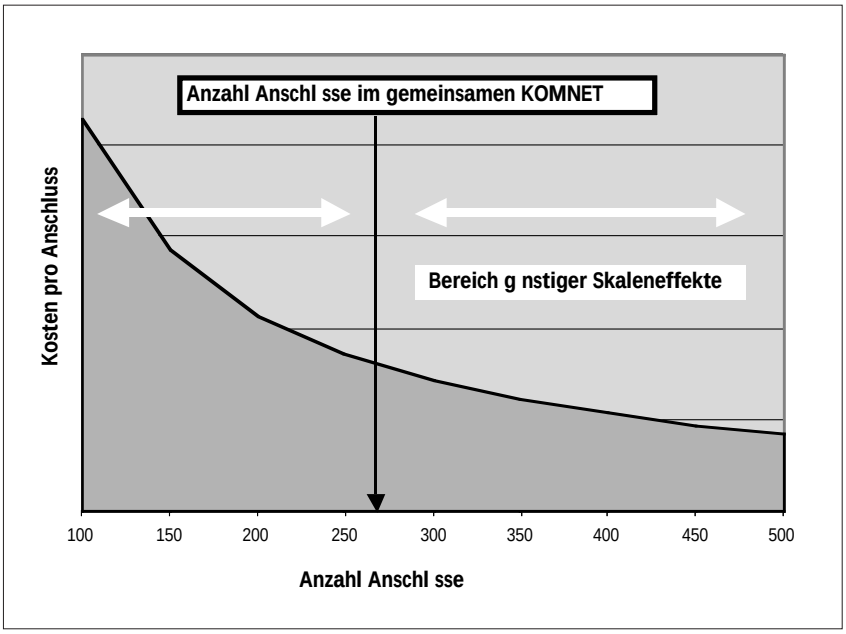
**SE-Hinweis**

Im Herbst 1998 liegt ein detailliertes Pflichtenheft vor, welches über die übliche Spezifikation hinaus bereits ein «Service Level Agreement» beinhaltet und vom Projektausschuss an einer Meilenstein-Sitzung verabschiedet wird.

## 6. Systembau – Die Suche nach einem Netzwerkbetreiber

Aufgrund des finanziellen Volumens des Projekts KOMNET muss die Submission, d. h. die Ausschreibung nach WTO-Verfahren durchgeführt werden. Hier müssen strikte Verfahrensrichtlinien befolgt werden, damit alle Anbieter die gleiche Chance haben und keiner auf irgendeine Art und Weise bevorzugt wird.

Die Ausschreibung für das KOMNET wird Ende Herbst 1998 in den entsprechenden öffentlichen Organen, insbesondere im «Schweizerischen Handelsamtsblatt», publiziert. Elf Anbieter bekunden ihr Interesse und beziehen das Pflichtenheft. Bei der Durchsicht des Pflichtenheftes kommt es zu einigen Fra-



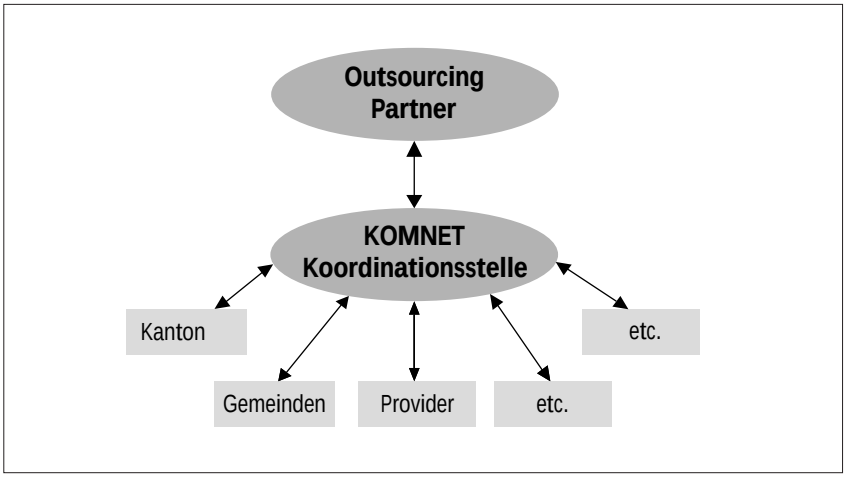

gen der Anbieter, welche diese schriftlich an den Projektleiter richten können. Aufgrund der WTO-Richtlinien muss die Antwort auf eine Frage allen Offertstellern zugesandt werden.

Zwei Angebote, nachfolgend als Angebot 1 und 2 bezeichnet, werden fristgerecht beim Projektleiter eingereicht. Über die Offertöffnung, welche im Beisein des Projektleiters und eines weiteren Zeugen erfolgt, wird Protokoll geführt. Der Eingang von lediglich zwei Angeboten ist nicht auf mangelndes Interesse zurückzuführen, sondern auf die Tatsache, dass Swisscom als ehemalige nationale Telefongesellschaft im Local Loop, also dem Anschlussbereich zu den einzelnen Gebäuden hin, zu diesem Zeitpunkt nach wie vor über ein Quasi-Monopol verfügt und alle Offertsteller in diesem Sektor auf Mietleitungen von Swisscom angewiesen sind.

Das Projektteam stützt die Evaluation auf drei Aspekte ab:

- *Nutzen:* Dieser wird anhand vordefinierter Kriterien und deren Gewichtung ermittelt. Grundlage dazu ist ein dem Pflichtenheft beigelegter Fragebogen, welcher von den Anbietern ausgefüllt wurde.
- *Kostenanalyse:* Die Kosten der beiden Offerten werden bereinigt und miteinander verglichen.
- *Qualität:* Dieser Aspekt dient der Beurteilung des generellen Eindruckes

des Angebots.




Angebot 1 weist einen deutlich höheren Nutzen auf als Angebot 2. Ein Kostenvergleich ist zunächst nicht möglich, da die Offerte von Anbieter 2 allgemein gehalten ist und keine Rückschlüsse auf die effektiv anfallenden Kosten zulässt. Es sind zusätzliche Abklärungen notwendig, ohne dass die WTO-Richtlinien missachtet werden.

Die Evaluation führt zum Schluss, dass das Angebot von Anbieter 1 als gut bis sehr gut bezeichnet werden kann, wohingegen die Offerte von Anbieter 2 das Prädikat ungenügend erhält und nicht als valable Alternative gelten kann (Abbildung 4)
Es fällt dem Projektteam in Absprache mit dem Projekt- und dem Lenkungsausschuss leicht, Anbieter 2 auszuscheiden und mit Anbieter 1 in die Verhandlungen zu steigen.

**SE-Hinweis**

Im vorliegenden Projekt sind «Kosten» und «Nutzen» wie auch «Qualität als
genereller Eindruck der Lösungen» als drei Hauptkriterien betrachtet worden. Die Grössen sind einzeln untersucht und anschliessend zueinander in Verbindung gebracht worden (vgl. Abbildung 4). Auf eine Vollaggregation, wie dies beispielsweise bei der so genannten «Nutzwertanalyse» der Fall ist, wird bewusst verzichtet. Die drei Kriterien ha-

ben eine innere Abhängigkeit. Es handelt sich um die Beurteilung einer «vernetzten Situation». In dieser Situation dürfen die Werte einzelner Kriterien somit nicht via Multiplikation und Addition zu einer «Gesamtnote» verrechnet werden. Übrigens sind Nutzwertanalysen im angelsächsischen Raum eher unbekannt. Dort werden in diesem Zusammenhang nur Kosten-Nutzen-Analysen, wie im vorliegenden Beispiel, durchgeführt.

Es hat sich als gut erwiesen, dass bereits im Pflichtenheft die «Service Level Agreements» detailliert spezifiziert worden sind. In den Vertragsverhandlungen müssen nur noch Details geklärt werden. Ein Verhandlungspartner unterbricht beispielsweise eine längere Detaildiskussion mit der Bemerkung, weshalb über ein paar Franken so lange diskutiert werde, wo doch die grossen Nägel schon lange eingeschlagen seien. Das verleiht den Verhandlungen einen persönlichen, freundlichen und teilweise sogar lustigen Anstrich, ein gutes Fundament für eine fünfjährige Zusammenarbeit. Dies ist äusserst wichtig, denn jeder, der schon ein Outsourcing-Projekt miterlebt hat, weiss: Der Schlüssel allen Erfolges ist eine gute, gegenseitige Beziehung, welche auf Partnerschaft und Vertrauen basiert. Es gibt kein Beispiel für ein erfolgreiches Outsourcing, bei dem jede Partei nur versucht hat, für sich das Optimum herauszuholen.

Als Weiteres steht noch die Frage im Raum, ob ein Outsourcing des KOMNET effektiv wirtschaftlicher ist als ein Eigenbau. Hier sehen die Resultate wie folgt aus:

- Ein Outsourcing des KOMNET ist gegenüber einem Ausbau der heutigen Netze rund 25 Prozent günstiger.
- Ein Outsourcing des KOMNET ist gegenüber einem Eigenbau rund 15 Prozent bis 20 Prozent günstiger.

An einer Meilenstein-Sitzung rund ein Jahr nach Projektstart segnet der Lenkungsausschuss zusammen mit dem Projektausschuss das Vorgehen der Evaluation wie auch den Vertragsentwurf ab. Der Vertrag muss nun noch von den beteiligten Gremien gutgeheissen werden, bevor er unterzeichnet werden kann.

## 7. Systemeinführung – KOMNET wird installiert

Der Aufbau des KOMNET mit 270 Anschlüssen innert sechs Monaten ist ein Projekt für sich. Sechs Monate beinhalten rund 120 Arbeitstage. Jeden Tag müssen somit zwei bis drei neue Anschlüsse realisiert werden. Um einen Anschluss zu realisieren, muss einerseits eine Leitung zum entsprechenden Gebäude geschaltet werden, andererseits müssen diverse Installationen in den Gebäuden und oft in sensitiven, d. h. durch Zutrittsschutz gesicherten Bereichen durchgeführt werden. Zudem haben Konfiguration und Tests der einzelnen Anschlusskomponenten vor der Umschaltung zu erfolgen. Ferner muss der Backbone des Netzes aufgebaut und konfiguriert werden. Das Frühjahr 1999 steht somit ganz im Zeichen der detaillierten Planung der Systemeinführung.

Das Projektteam hat aber auch die Aufgabe, das künftige Verrechnungsmodell detailliert auszuarbeiten und die KOMNET-Organisation aufzubauen, rechtlich auszugestalten und personell zu besetzen. Für die Organisation werden verschiedene Varianten geprüft, von einer Verwaltungsstelle über eine Aktiengesellschaft bis zu einem Verein, und in Bezug auf deren Eignung bewertet. Nach einer Stärken-Schwächen-Analyse der einzelnen Varianten entscheidet sich das Projektteam klar für einen Verein. Diese Organisationsform scheint einerseits für eine Nonprofitorganisation geeignet, andererseits kann die Gewichtung der einzelnen Parteien über die Anzahl Mitglieder einfach gesteuert und weitere Parteien jederzeit aufgenommen werden. Aber damit ist das Werk noch nicht vollbracht: Die Erarbeitung der Statuten erweist sich als ziemliche Knacknuss, dafür verläuft die anschliessende Gründungsversammlung ohne weitere Probleme. Die Geschäftsstelle des Vereins nimmt die Aufgaben der bereits zuvor beschriebenen Koordinationsstelle wahr.

> In der Realisierungsphase des KOMNET werden weitere Systemteile entwickelt, wie beispielsweise das «Verrechnungsmodell». Diese Arbeiten im Detail zu entwickeln, macht erst Sinn, wenn die Rahmenbedingungen eindeutig festgelegt sind. Vorabklärungen sind dann notwendig, wenn die Gefahr besteht, dass die Beteiligten sich nicht einfach auf ein Verrechnungsmodell einigen könnten.

Das KOMNET wird mit einer Abnahme abgeschlossen. An der Abnahme vergleichen Vertreter des Auftraggebers und des Anbieters die in Auftrag gegebenen Leistungen mit den erbrachten Leistungen und prüfen insbesondere die

Vollständigkeit der Dokumentation. Da nur kleinere Mängel auftauchen, kann die Abnahme erfolgreich abgeschlossen und entsprechend protokolliert werden.

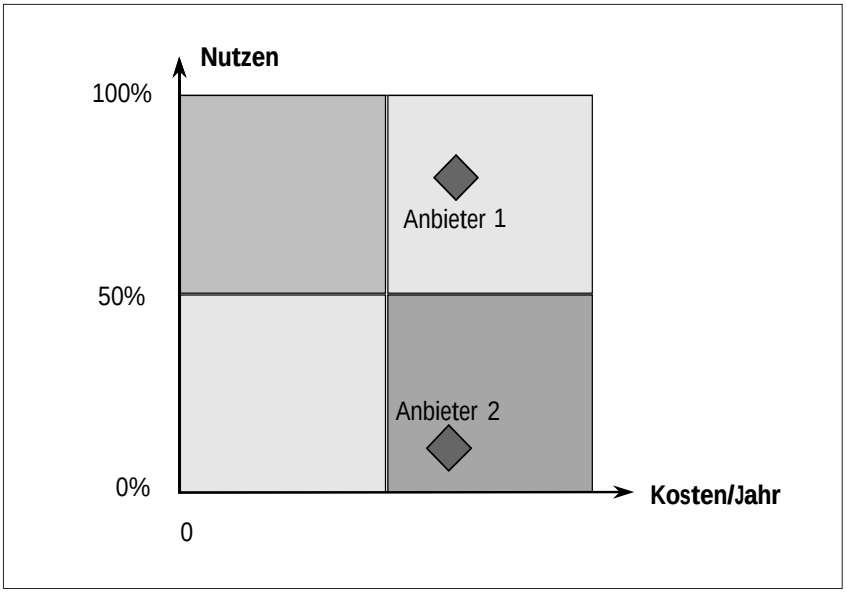



*Abb. 4: Kosten-Nutzen-Portfolio der beiden Angebote*

Die aufgetauchten Mängel werden in einer Mängelliste zusammengestellt und deren Behebung in einer Nachbesserungsregelung festgehalten. Das KOMNET ist somit betriebsbereit, der Betrieb der beiden ursprünglichen Netze kann eingestellt werden. Neben der technischen Umsetzung müssen während der Realisierungsphase zahlreiche organisatorische und betriebliche Aspekte geklärt und die einzelnen Betriebsprozesse verfeinert, dokumentiert und umgesetzt werden. Diese Arbeiten werden oft unterschätzt und können nicht früh genug in Angriff genommen werden.

SE-Hinweis

## 3. Projektabschluss

Das KOMNET ist knapp zwei Jahre nach Projektbeginn und nach einer sechsmonatigen Realisierungszeit betriebsbereit. Neben dem eigentlichen Kommunikationsnetz sind auch die betrieblichen und organisatorischen Strukturen für

eine effektive und effiziente Betriebsphase während der nächsten fünf Jahre realisiert und, falls notwendig, personell besetzt.

Im Herbst, knapp zwei Jahre nach dem Anstoss, kann das Projekt KOMNET als Projekt abgeschlossen betrachtet werden. Die Projektorganisation wird in die während der Phase Systemeinführung etablierte Betriebsorganisation überführt, welche das KOMNET in den fünf geplanten Betriebsjahren betreut. Ein feierlicher Eröffnungsakt mit Politprominenz und Medienvertretern dient der Einweihung des KOMNET und stellt den Abschluss eines komplexen und ehrgeizigen, aber letztendlich für alle Parteien sehr erfolgreichen und zufrieden stellenden Projektes dar.

**SE-Hin-
weis**

**Peter P. Acél, Veronika Hrdliczka**

*In einem Logistikzentrum kommt es in der Förderanlage am späten Nachmittag zu Staus, und ein nicht eruierbarer «dead lock» (Selbstblockade) blockiert die ganze Anlage. Dies – nach Systems Engineering als «Anstoss» aufzufassen – führt zu einer Vorstudie innerhalb der Firma und zum Entschluss, einen externen Berater beizuziehen.*
*Da man in der folgenden Hauptstudie vermutet, dass der Stau mit der Kapazität der Anlage zusammenhängt, werden Engpässe und Grenzleistung der Anlage untersucht.*
*Das Besondere an der hier beschriebenen Aufgabe in Bezug auf Systems Engineering[4] ist die Einbindung der ereignisorientierten Simulation als Werkzeug in den Problemlösungszyklus. Zusätzlich wird gezeigt, wie Systems Engineering in der Ingenieurausbildung an der ETH Zürich zum Tragen kommt.*
*Dieses Beispiel baut grösstenteils auf der Semesterarbeit von André Gisler[3] auf und wurde von Veronika Hrdliczka sowie Peter P. Acél, der die Semesterarbeit betreute, überarbeitet.*

# Dead Lock!
# Simulation der Grenzleistung einer Förderanlage

Case 5

## Vom Anstoss zu einer Simulationsaufgabe

Es gibt verschiedenste Möglichkeiten, die einzelnen Komponenten einer Förderanlage aufzubauen bzw. zu positionieren. Die verschiedenen Varianten und Betriebszustände zu beurteilen, ist entsprechend aufwendig und bedarf einer methodischen Unterstützung. Aufgrund der Anzahl beteiligter Komponenten wird das Erstellen und Beurteilen so komplex, dass es das menschliche Vorstellungsvermögen übersteigt. So entschloss sich daher der Betriebsleiter, gemeinsam mit Peter P. Acél als externem Berater das Werkzeug «Simulation» zur Untersuchung einzusetzen und damit für bestimmte Varianten die Leistungsgrenzen und die Engpässe der Anlage aufzuzeigen. Peter P. Acél ist wie Veronika Hrdliczka Dozent an der ETH Zürich für Simulation in Produktion und Logistik. Die Aufgabe wurde als Semesterarbeit im Studiengang Betriebs- und Produktionswissenschaften an der ETH Zürich dem Studenten André Gisler gestellt. Zur Lösung dieser Arbeit sollte er die Methodik Systems Engineering anwenden, die zuvor im Rahmen des obligatorischen Unterrichts vermittelt worden war.

Die Simulation unterstützt innerhalb des Problemlösungszyklus vorrangig die Teile Lösungssuche und Auswahl. Sie soll die unterschiedlichen Lösungen und deren Eigenschaften zeigen und die Voraussetzungen schaffen, von den tauglichen Varianten die geeignetsten auszuwählen. Erwartet werden konkrete Vorschläge, wie die «dead locks» künftig vermieden werden können.

In der vorliegenden Studie geht es um die Ausarbeitung von Detailkonzepten. Die Simulationsaufgabe entspricht also einer Detailstudie. Das Schwergewicht im Rahmen des Problemlösungszyklus liegt auf der Konzeptanalyse und Konzeptsynthese. Die Simulation unterstützt die Analyse von Lösungen und teilweise auch die Herleitung zusätzli-

cher Varianten.

Das Vorgehen in der Simulationsanwendung lässt sich in vier Hauptschritte mit mehreren Teilschritten gliedern (Abb. 1).

*Abb. 1: Vorgehen in der Simulationsanwendung*[1]

André Gisler hielt sich weitgehend an den Vorgehensraster, der in Abb. 1 dargestellt ist. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte beschrieben.

In den verschiedenen Fachdisziplinen haben sich spezifische Planungsabläufe
etabliert. Viele davon haben Ähnlichkeiten mit dem Problemlösungszyklus
bzw. sind von diesem abgeleitet worden.

## 1. Situationsanalyse

Zum Zeitpunkt der Analyse werden im Hochregallager des Verteilzentrums 30 000 Palettenplätze automatisch verwaltet. Über 1500 Paletten werden täglich auf dieser Anlage bewegt. Insgesamt sind rund 40 Personen beschäftigt. Das Lager enthält permanent 5000 verschiedene Artikel mit einem Gesamtgewicht von ca. 12 000 Tonnen. In der ganzen Schweiz werden täglich etwa 500 Kunden auf über 20 Lieferrouten per LKW versorgt, in den Grossräumen Basel und Zürich täglich sogar zweimal. Während der Wareneingang je zur Hälfte per Bahn und LKW abgewickelt wird, erfolgt der Warenausgang zu 99 Prozent per LKW. Der Rest wird per Post verschickt.

Regelmässig kommt es zwischen 16 Uhr und 19 Uhr zu Staus und somit zum Stillstand der Förderanlage. Die Mitarbeiter an den Kommissionierplätzen müssen warten, obwohl noch Aufträge zu bearbeiten wären. Da noch mit einer Zunahme von Aufträgen in Zukunft gerechnet wird, muss dieser Missstand dringend behoben werden.

Die Aufgabe lautet somit: Der Warenfluss soll auf der bestehenden Förderanlage anhand der erarbeiteten Simulationsvarianten untersucht werden. Verschiedene Varianten und Strategien müssen geprüft werden, um die Leistungsgrenzen der Anlage zu erhöhen. Im Weiteren sollen drei Varianten zur bestehenden Förderanlage erarbeitet werden, wobei jeweils Engpässe in der För-

deranlage, Leistungsgrenzen und weitere Potenziale im Hinblick auf die Erhöhung der Leistungsgrenzen gründlich zu untersuchen sind.

Auch allgemeine Aufschlüsse über die Förderanlage erhofft man sich von der Simulation der bestehenden Förderanlage, beispielsweise über die Entstehung von Staus.

### *1.1 Das System und sein Umfeld*

Nach dem SE-Grundsatz «vom Überblick zur Detailbetrachtung» wurde das zu untersuchende System analysiert und in verschiedene Hierarchie-Ebenen eingeteilt. Abb. 2 zeigt als oberste Hierarchie-Ebene das System und sein Umfeld.

*Abb. 2: System und Umfeld*

In Abb. 3 wurde auf der nächsttieferen Ebene die Förderanlage innerhalb des Logistikzentrums beschrieben.

*Abb. 3: Systemebene «Förderanlage»*[3]

Die Modellbildung erfordert weitgehende Abstraktion der Realität. Modelle dienen dazu, die wichtigsten Untersuchungsgegenstände zu spezifizieren, in unserem Beispiel die einzelnen Komponenten der Förderanlage und deren Beziehungen zueinander. Gleichzeitig unterstützen Modelle die Kommunikation zwischen Projektteam und Auftraggebern.

### *1.2 Einflussgrössen-Analyse*

In einem nächsten Schritt wurden die Einflussgrössen auf die Förderanlage bestimmt. Das Palettenfördersystem besteht aus den Modulen

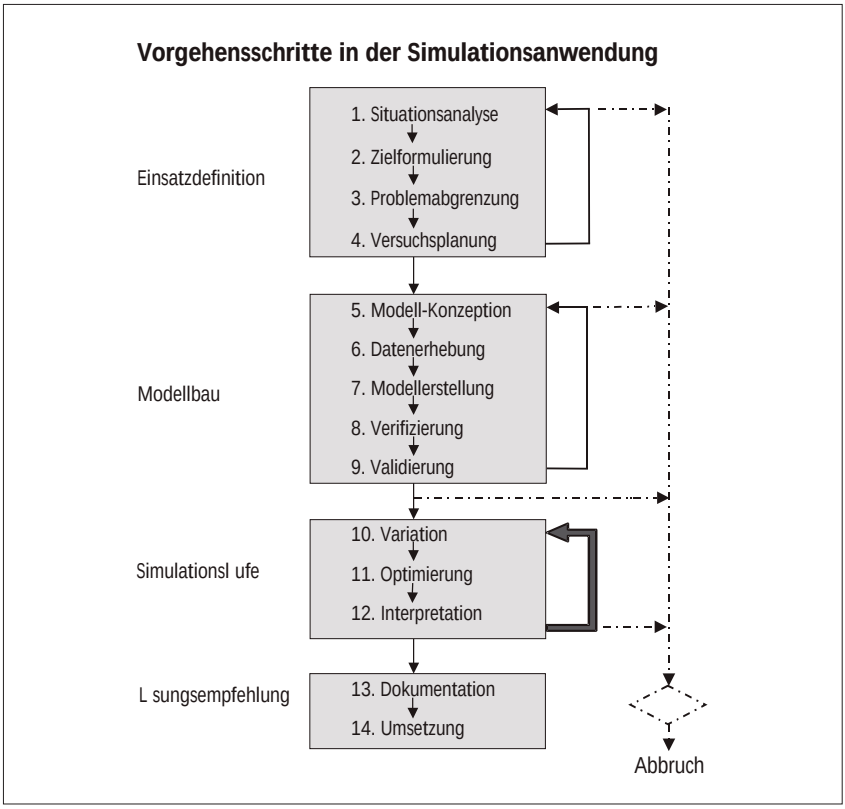
| | |
|---|---|
| Förderanlage | (1) |
| Verschiebewagen | (2) |
| Regalbediengeräte im Hochregallager | (3) |
| Vertikalförderer | (4) |
| Kommissionierplätze | (5) |

Die Einordnung dieser Module in das Fördersystem wird mit Hilfe des folgenden Planes gezeigt (Abb. 4), Zahlen gemäss obiger Nummerierung:

*Abb. 4: Module im Fördersystem*[3]

Die Förderanlage besteht dabei aus folgenden Elementen:

- Rollenbahnen, um Paletten in Längsrichtung zu transportieren
- Kettenförderer zum Transport in Querrichtung
- Lifttische für den Übergang der Paletten von einem Kettenförderer auf




eine Rollenbahn oder umgekehrt

Die Palettenverfolgung wird mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) durchgeführt. Das gesamte Fördersystem ist dafür in kleine Teile, so genannte Zonen eingeteilt.

Als «weitere Einflussgrössen» auf das System «Förderanlage» müssen die Mengen – im zeitlichen Verlauf – sowie die einzelnen Zeiten erfasst werden, um zu einer vertieften Kenntnis der Förderanlage zu ge-

langen. Es interessiert nicht der statische Zustand, sondern der zeitliche, dynamische Ablauf und die dabei auftretenden Zustände.

Die Transportgeschwindigkeit der Förderanlage beträgt 0,25 m/sek. Täglich werden ca. 300 bis 400 Paletten bzw. ca. 120 bis 180 Tonnen Material ein- und ausgelagert, bzw. 1500 verschiedene Paletten bewegt. In der Kommissionierung werden täglich 20 bis 25 Tonnen Material gerüstet.

Die Förderanlage wird morgens gestartet und beginnt mit dem Wareneingang. Die meisten Mitarbeiter beginnen ihre Arbeit zwischen 8 Uhr und 14 Uhr.

Ein Arbeitstag endete im untersuchten Zeitabschnitt im Durchschnitt

| | |
|---|---|
| Für die Kommissionierung | um 19.00 Uhr |
| Für die Konfektionierung | um 19.45 Uhr |
| Für die Bereitstellung | um 20.30 Uhr |

Die Menge der Auftragseingänge wird auch bezüglich Periodizität untersucht. Über das ganze Jahr zeigen sich keine allzu grossen Schwankungen. Innerhalb eines Tages treten hingegen grössere Schwankungen auf (Abb 5):

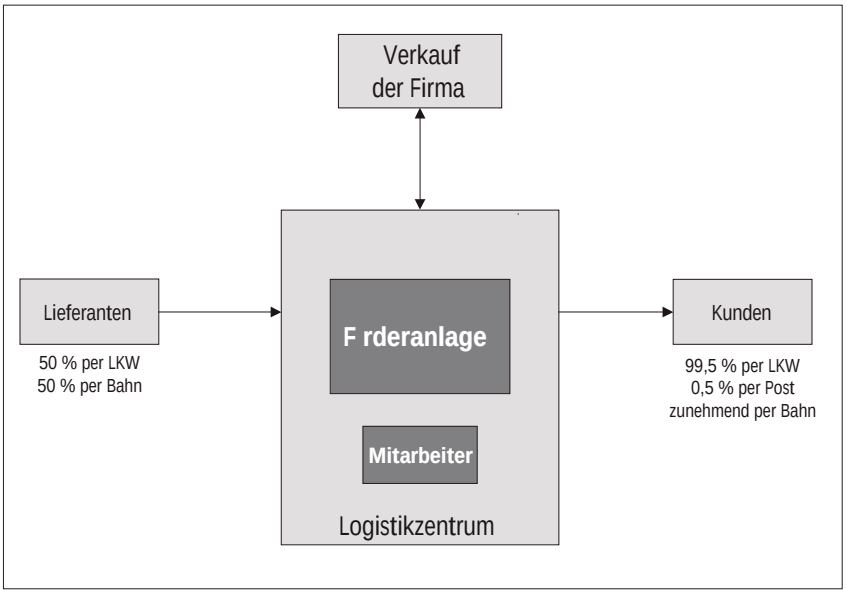
*Abb. 5: Auftragseingänge pro Stunde (Beispieltag)*[3]

Im Weiteren sind die unterschiedlichen Wege des Warenflusses der verschiedenen Aufträge zu untersuchen. Repräsentanten, die stellvertretend für die Vielzahl der Aufträge verwendet werden können, werden in der Folge bestimmt und von den zuständigen Verantwortlichen für richtig befunden. Bei der Simulation der Anlage werden nur diese Repräsentanten verwendet.

### *1.3 Stärken-Schwächen- und Chancen-Gefahren-Analyse*

Die Ergebnisse der Stärken-Schwächen- und Chancen-Gefahren-Analyse sind in den folgenden Abbildungen 6 bis 9 dargestellt:

Für die Beschaffung «weiterer, problemorientierter Informationen» ist es nötig, sowohl Schwachstellen aufzuzeigen wie Bereiche, die zufrieden stellend funktionieren. Dazu eignet sich eine Stärken-Schwächen-Analyse für die Beurteilung des Ist-Zustandes und eine Chancen-Ge-




fahren-Analyse für die Beurteilung der zukünftigen Trends und Veränderungen. Für das bessere Verständnis ist es wichtig, auch Gründe und Ursachen zu benennen.

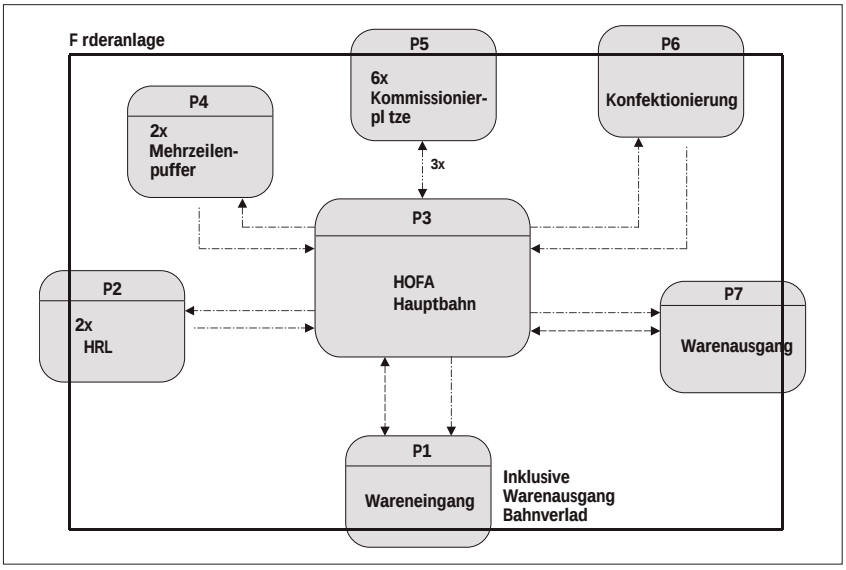
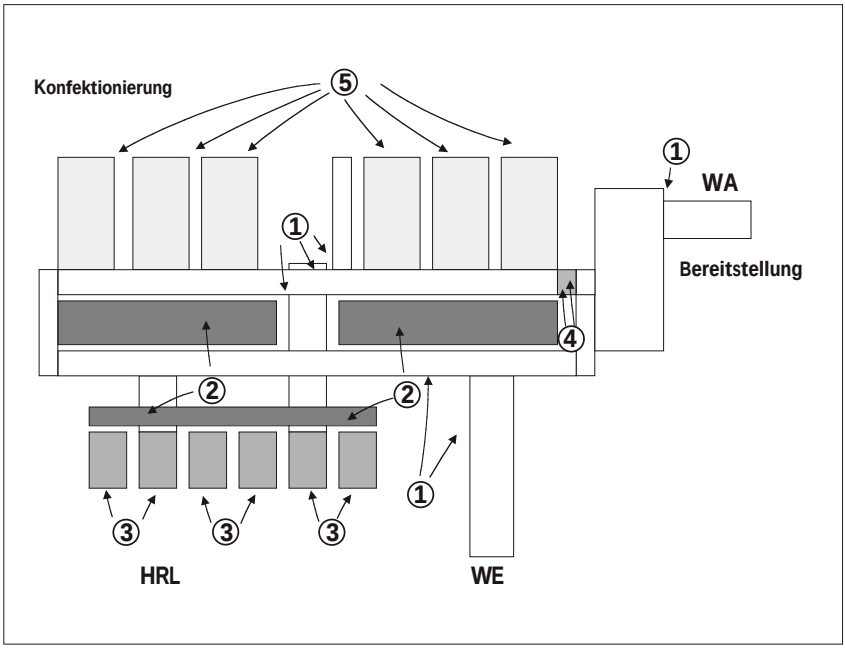



*Abb. 6: Stärken*[3]

**SE-Hinweis**

Im Rahmen der Zukunftsanalyse wird untersucht, welche Veränderungen sich im Umfeld, vor allem Kunden und Lieferanten, abspielen und welche Wirkung diese Veränderungen auf das System selbst haben könnten.

Während die Stärken-Schwächen-Analyse sich mit dem Ist-Zustand auseinander setzt, geht es bei der Chancen-Gefahren-Analyse um die Beurteilung möglicher Trends im Umfeld und wie sich diese auf das bestehende System «Förderanlage» auswirken. Dabei bleibt das System unverändert, d. h. es dürfen keine Lösungen hineinprojiziert werden. Lösungen bzw. Lösungsideen werden erst später in der Lösungssuche entwickelt. Es ist daher zweckmässig, im Rahmen von Chancen-Gefahren-Analysen explizit die prognostizierten Veränderungen
im Umfeld zu nennen.




In den folgenden zwei Abbildungen 8 und 9 sind die wesentlichen Erkenntnisse

aus der Zukunftsanalyse zusammengefasst:

## 2. Zielformulierung für die Simulation

Bei der Diskussion mit den Projektbeteiligten wird klar, dass für die folgenden vier Aufgaben der Einsatz der Simulation sinnvoll wäre, wobei die Punkte 3 und 4 nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit sind:

1. Bewertung unterschiedlicher Layout-Varianten
2. Dimensionierung von Lagern, Puffern und Pufferstrecken
3. Test verschiedener Arbeitsmodelle
4. Betrachtung von Störungen und deren Auswirkungen

**SE-Hinweis**

Im vorliegenden Projekt sind mit Hilfe der Simulation folgende Fragen zu beantworten:

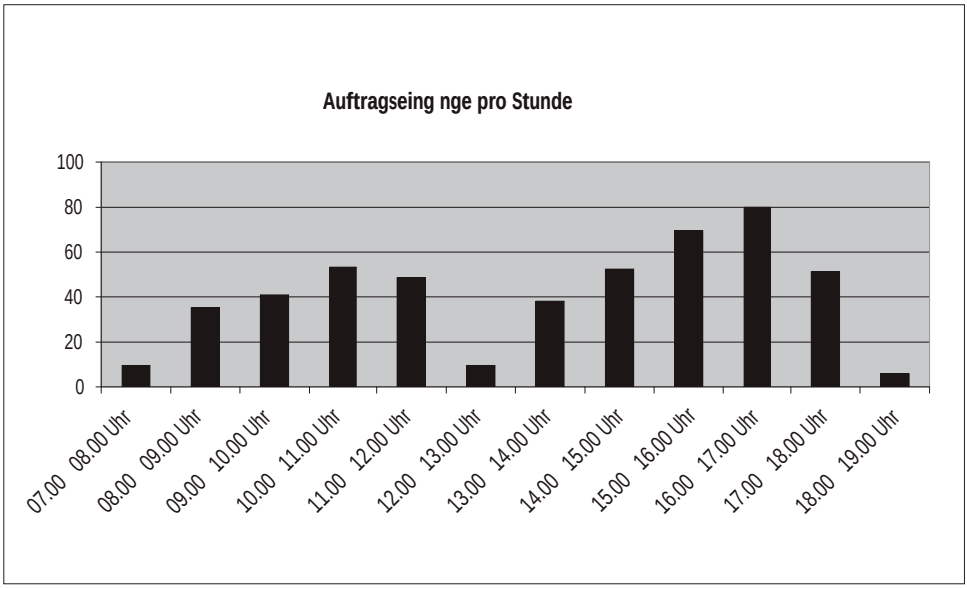
- Wo liegen Leistungsgrenzen und Engpässe der Förderanlage bei einem vorgegebenen Auftrags-Mix? Diese Situation soll an drei Layout-Varianten betrachtet werden.
- Wie und in welchen zeitlichen Abschnitten sollen die Paletten für den Warenausgang zum Bahnanschluss transportiert werden?
- Wo sind weitere Potenziale im Hinblick auf die Erhöhung der Leistungsgrenzen?

Auf eine detaillierte Wiedergabe der einzelnen Ziele wird hier aus Platzgründen verzichtet. Im Folgenden wird die eigentliche Simulationsarbeit, die ja den Schwerpunkt der Studie bildet, vorgestellt.

## 3. Problemabgrenzung

Aus Abb. 3 ist ersichtlich, wo die Systemgrenzen für das System Förderanlage angenommen werden. Die für die Simulation notwendigen Quellen (System-Input) und Senken (System-Output) sind darin festgehalten.

Der Detaillierungsgrad im Modell endet bei den einzelnen Förderelementen. Von diesen Elementen werden jeweils die Länge der Strecke und die Ge-




schwindigkeit der darauf transportierten Paletten zur Modellerstellung benötigt (vgl. auch Kapitel 6: Datenerhebung).

## 4. Versuchsplanung

Die Simulation ist nicht selbstoptimierend, sondern unterstützt durch eine Reihe von Experimenten die Auswahl einer Variante, die den Zielen am nächsten kommt. Vor der Modellkonzeption müssen jedoch die Daten festgelegt werden, deren Variation verschiedene zu betrachtende Varianten des Modells ergeben. Es ist notwendig, das experimentelle Vorgehen im Voraus durch eine Versuchsplanung explizit festzulegen. Eine Versuchsmatrix wurde hierzu erstellt und war gemäss folgender Abbildung strukturiert (Abb. 10).

Die drei Varianten in Abb. 10 beziehen sich auf Veränderungen im Layout der Förderanlage, und die drei unterschiedlichen Fälle untersuchen die Auswirkungen von verschiedenen Belastungen für jeweils eine Variante. Die Anzahl Varianten multipliziert mit der Anzahl Fälle ergibt die Zahl der benötigten Versuche.

**SE-Hinweis**

In der Versuchsplanung wird folgender Rahmen festgelegt:

- Die *Variante A* zeigt den Ist-Zustand auf und überprüft das Modell.
- *Variante B* berücksichtigt Veränderungen im Wareneingang, z.B. eine Verlängerung der Förderanlage als Verbindung zum neuen Bahnanschluss.
- *Variante C* geht von möglichen Veränderungen im Warenausgang aus,

| St rken | Ursachen und Gr nde |
|---|---|
| Information an den Kommissionier-pl tzen | Jeder Platz hat ber Bildschirm und Tastatur Zugang zum Leitsystem der F rderanlage. Die Anzahl noch vorhandener Auftr ge ist dar ber stets abrufbar. Ausserdem lassen sich die eigenen Leistungsdaten mit denjenigen der anderen Mitarbeiter vergleichen. |
| bersichtlichkeit | Die F rderanlage befindet sich in einem grossen, offenen Raum. Jeder einzelne Mitarbeiter kann die gesamte F rderanlage berblicken und erkennt damit Staus, St rungen, etc. sofort. |
| St rungsbehebung | St rungen (z. B. ber den Palettengrundriss hinaus verschobene Pakete, losgerissene Stretch-Folie) werden sofort automatisch gemeldet und k nnen behoben werden. |
| Arbeitssicherheit, Unfallrisiko | Sinnvolle Sicherheitsvorkehrungen garantieren eine hohe Arbeitssicherheit f r alle Mitarbeiter. Das Unfallrisiko bleibt dadurch sehr gering. |

z. B. die Auswirkungen von zwei Liften statt einem.

| Schw chen | Ursachen und Gr nde |
|---|---|
| H henniveau der F rderanlage | Da die Palettenbef rderung vom Wareneingang bis zum Warenausgang nicht auf demselben H henniveau verl uft, werden an zwei berg ngen Vertikalf rderer bzw. Lifte ben tigt. |
| Regelm ssigkeit der zu bearbeitenden Auftr ge | Der Arbeitsvorrat an zu bearbeitenden Auftr gen verteilt sich sehr ungleich ber den ganzen Tag. Die meisten Auftragseing nge sind zwischen 16 Uhr und 18 Uhr zu verzeichnen. |
| Staubehebung | Wenn die F rderanlage wegen Stau zum Stillstand kommt und sich selbst blockiert (dead lock), wird relativ viel Zeit ben tigt, um den Stau aufzul sen und danach wieder die gewohnte F rdergeschwindigkeit zu erreichen. |

*Abb. 7: Schwächen*[3]

- Der *Fall 1* (Ist-Zustand) geht von 900 kommissionierten Auftragspositionen pro Tag aus, die wiederum rund 500 Aufträgen entsprechen. Rund 300 Paletten werden pro Tag eingelagert. 90 Prozent der Eingänge werden auf nicht firmenkonformen Paletten angeliefert und müssen daher umgelagert werden.
- Der *Fall 2* befasst sich mit einer Zunahme von Kleinmengen um 30 Prozent bezüglich Fall 1.
- Der *Fall 3* berücksichtigt eine Zunahme von Kleinmengen um 30 Prozent

SE-Hinweis

sowie eine Zunahme von Grossmengen um 20 Prozent gegenüber Fall 1.

## Modellkonzeption

Das Gesamtsystem mit seinen Elementen und Strukturen wurde in der Form von Prozessen und Flüssen modelliert. Anschliessend wurde das System stufenweise in Subsysteme oder zum Teil sogar in einzelne Prozesse aufgelöst. Für die Simulation muss das Modell so abstrakt wie möglich und so detailliert wie nötig erstellt werden /5/.

| Trend im Umfeld | Begr ndung |
|---|---|
| Transporte in weiter entfernte Regionen (Westschweiz, Tessin, Ostschweiz) werden per Bahn ausgef hrt. | Bahnanschluss besteht bereits. Zudem l st der Bahntransport nicht nur das Problem des Nachtfahrverbotes f r LKWs, sondern erm glicht auch einen betr chtlichen Zeitgewinn sowie Einsparungen, weil die Schwerverkehrsabgabe entf llt. |
| Ver nderte Lagerstrategie der Kunden. Diese reduzieren ihre Lager. Um aber trotzdem stets lieferbereit zu sein, fordern sie t gliche Lieferungen. | Die Firma verf gt bereits ber die n tigen Hilfsmittel, um t gliche Lieferungen zu gew hrleisten. |

*Abb. 8: Chancen*[3]

Die Modellierung wird meistens mit Hilfe einer Software – im konkreten Fall war es Easy-Case – vorgenommen, welche es erlaubt, Systeme, Subsysteme oder Pro-

| Trend im Umfeld | Begr ndung |
|---|---|
| Zunahme von Kleinauftr gen | Erh ht sich die Anzahl der im Umlauf befindlichen Paletten, werden im Ist-Zustand mit dem bestehenden Abarbeitungskonzept weitere Staus verursacht. |
| Zunahme defekter Paletten | Bereits fehlerhafte Paletten sollten zwar erst gar nicht in den Warenumlauf gelangen. Tritt aber ein Defekt w hrend des Transportes auf der F rderanlage auf, f hrt dies unweigerlich zu St rungen und damit zum Stillstand. |
| Zunahme des abendlichen Auftragseinganges | Die «Stosszeiten» auf der F rderanlage werden damit noch verl ngert. Es werden noch mehr Staus entstehen. |

*Abb. 9: Gefahren*[3]

zesse aufzuzeichnen und diese durch Waren- und Informationsflüsse zu verbin-

den. Anhand dieser strukturbezogenen Betrachtungsweise wird das System «Förderanlage» erfasst und analysiert.

Der anfangs festgelegte Projektplan sieht nach der Modellkonzeption den ersten Meilenstein, d.h. eine Zwischenpräsentation mit dem Auftraggeber vor.
Insbesondere soll an dieser Sitzung erreicht werden, dass der Auftraggeber die Situation und Schlussfolgerungen teilt, wie sie im Rahmen der Situationsanalyse erarbeitet worden sind, und dass er insbesondere die Modellkonzeption als zweckmässig erachtet.

## 6. Datenerhebung

Die Datenerhebung ist der zeitaufwendigste Schritt innerhalb der Simulationsstudie. Trotz der vorangehenden Festlegung auf bestimmte Einflussgrössen werden bei der Datenerhebung immer wieder Mängel an den zur Verfügung gestellten Daten festgestellt.
Die für den Modellbau benötigten Daten werden auf verschiedene Arten beschafft:

- Elemente der Förderanlage werden mittels Messband ausgemessen,
- Paletten werden begleitet sowie Transport- und Schaltzeiten mittels Stoppuhr festgehalten,
- Mitarbeiter werden bezüglich Geschwindigkeiten, Vortrittsregelungen und Transportstrategien der Anlagen befragt und
- die Dokumentation der Förderanlage wird beigezogen.

Um die Resultate nachvollziehen zu können, sind die Annahmen wie auch die Verfahren, wie, wo und was gemessen wurde, festzuhalten. Damit wird sichergestellt, dass nachfolgende Studien oder auch Rückfragen im Projekt selbst beantwortet werden können.

Als weiterer Schritt werden noch die Eintrittszeiten der Repräsentanten in das System ermittelt (Abb. 11).
Die hierbei gesammelten Daten werden nach einer umfangreichen Bereinigung

als Input-Daten für das Simulationsmodell benützt. Die Eintrittszeiten der einzelnen Paletten sind im Modell negativ-exponentiell verteilt. Diese Verteilung ist zur Abbildung von Zeiten zwischen unabhängigen Ereignissen geeignet.[2]

## 7. Modellerstellung

Die Modellerstellung wurde mit dem Softwarepaket Simple++, Version 5.0[2] (neu eM-Plant) durchgeführt. Bei der Modellerstellung wird auf Kundenwunsch

| | Variante A | Variante B | Variante C |
|---|---|---|---|
| Fall 1 | | | |
| Fall 2 | | | |
| Fall 3 | | | |

*Abb. 10: Schematische Darstellung einer Versuchsmatrix*

darauf geachtet, dass die Struktur dem Layout der realen Anlage entspricht. Ebenso werden die einzelnen Elemente in Form und Farbe den wirklichen Förderelementen angepasst. Die einzelnen Paletten stellen Repräsentanten von Aufträgen abhängig von ihrem Weg durch das System dar.

## 8. Verifikation

Zur Verifizierung wird die Basisvariante A mit den Belastungen von Fall 1 verwendet, denn diese Kombination stellte den Ist-Zustand dar. Bezüglich der Richtigkeit der Vortritte und der Einhaltung der Wege werden bereits die einzelnen Module (Netzwerk, Kommissionierplätze, Hochregallager, Förderanlage, etc.) untersucht, bevor die Gesamtlösung (Variante A) existiert:

- Anhand statischer Rechnung werden die Minimalwerte der Durchlaufzeiten (DLZ) errechnet und mit experimentellen Messungen verglichen. Die dabei erhaltenen Resultate weisen nur vernachlässigbar kleine Abweichungen auf.
- Die DLZ-Maximalwerte werden qualitativ überprüft. Die erreichten Werte

werden einer Plausibilitätsüberlegung unterzogen.

- Eine weitere Kontrollgrösse stellte der Zeitpunkt dar, an welchem die letzte Palette die Förderanlage verlässt. Dieser siumulierte Feierabendzeitpunkt entspricht immer ungefähr den wirklichen Zeiten.
- Die automatischen Fehlermeldungen der Simulationssoftware tragen dazu bei, allfällige semantische und syntaktische Fehler rasch zu beheben. Mittels Animation kann dann zum Teil überprüft werden, ob sich das Modell wie beabsichtigt verhält.
- Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse muss gewährleistet sein.
- Die Engpasselemente des Systems werden ebenfalls im Detail kontrolliert.
- Nach einigen Testläufen stellt sich heraus, dass fünf statt drei Laufwiederholungen (bzw. Versuche) pro Variante und Fall nötig sind, um sinnvolle statistische Daten zu erhalten.

Der einmal festgelegte Versuchsrahmen stellt nicht eine starre Leitlinie dar, sondern ist eine Arbeitshypothese, die mit fortschreitender Erkenntnis zu modifizieren ist. Auch hier wird wieder ersichtlich, dass es sich beim Problemlösungszyklus – wie der Name sagt – um ein zyklisches Vorgehen handelt, bei dem die Inhalte sukzessive erarbeitet werden.

**SE-Hinweis**

Im Weiteren gilt es, einen Rahmen für die Simulation festzulegen:

Das System startet jeden Morgen leer.

Die Simulationszeit beträgt jeweils einen Arbeitstag und endet, wenn alle Aufträge ausgeführt sind.

Anschliessend werden die statistischen Daten errechnet und ersichtlich gemacht.

## 9. Validierung

Mittels Validierung wird überprüft, ob das Modell die Wirklichkeit genügend genau abbildet.

Die Validierung wird anhand des fertigen Simulationsmodells durchgeführt. Im Beisein der beteiligten Mitarbeiter der Firma werden die Struktur des

Modells und die Input- und Output-Grössen überprüft und die Bewilligung des Auftraggebers zur Fortsetzung eingeholt. Dabei werden unter anderem die erreichten Durchlaufzeiten für Minimal-, Maximal- und Mittelwerte von den Firmenbeteiligten für richtig befunden. Einige Vortrittsregeln erweisen sich als falsch und müssen noch angepasst werden. Durch diese Anpassung der Vortrittsregeln werden aber die Durchlaufzeit und weitere Grössen nicht wesentlich verändert.

Im Projektablauf ist hier ein weiterer Meilensteinentscheid vorgesehen. Danach werden die eigentlichen Simulationsläufe durchgeführt.

**SE-Hinweis**

Die Simulationsläufe werden im Anschluss mit dem überprüften und bewilligten Modell durchgeführt.

## 10. Simulationsläufe

| Nr. | Repr sentant | Eintrittszeit ins System |
|---|---|---|
| 1 | Wareneingang | 8.00 16.00 Uhr |
| 2 | Leerpaletten vom Wareneingang | 8.00 15.00 Uhr |
| 3 | Leerpaletten vom Warenausgang | 8.00 18.00 Uhr |
| 4 | | |
| | | |
| n | | |

*Abb. 11: Eintrittszeitenfenster der Repräsentanten /3/*

Der Vorgehensabschnitt «Simulationsläufe» beinhaltet die Teilschritte «Variation», «Optimierung» und «Interpretation» (vgl. Abb. 1). Da in der vorliegenden Fragestellung die Leistungsgrenzen der Förderanlage interessieren, werden nur der erste und dritte Teilschritt, nämlich die Variation und die Interpretation, durchgeführt.

Bei der Variation handelt es sich um Simulationsläufe mit den in der Versuchsmatrix festgelegten Kombinationen. Bei der Interpretation werden die Ergebnisse beurteilt.[1]

Gemäss den formulierten Regeln und anhand der gesammelten Informationen werden für alle drei Fälle die Mengen und Zeiten der ausgewählten Repräsentanten zusammengestellt. Zusätzlich werden die Extrema der einzelnen Belastungen bestimmt.

Die Verteilung der Auftragseingänge pro Stunde, wie sie in der Analyse des Systems «Förderanlage» erhoben worden sind, kann aus softwaretechnischen Gründen nicht explizit übernommen werden, sondern muss mit Hilfe der genannten, negativ-exponentiellen Verteilung nachgebildet werden (vgl. Kapitel 6: Datenerhebung). Daher treten während des Simulationslaufes Staus nicht immer nur zwischen 15 und 17 Uhr auf, wie in der Realität, sondern verteilt über den ganzen Tag. Die Summe der untersuchten Durchlaufzeiten verhält sich aber in beiden Fällen gleich.

### *10.1 Sensitivitätsanalyse*

Jede Versuchskombination wird mit fünf leicht veränderten Input-Werten simuliert. Diese leichte Veränderung wird durch die Variation der Bearbeitungszeit erreicht. Zum Beispiel erhält eine Bearbeitungszeit abwechselnd folgende Zeiten: 2:50 (Versuch 1), 2:55 (Versuch 2), 3:00 (Versuch 3), 3:05 (Versuch 4), 3:10 (Versuch 5).

Wenn mit den angegebenen Zeiten ein «dead lock» entsteht, d. h. wenn die Förderanlage sich selber vollständig blockiert, wird die Bearbeitungszeit um nur eine Sekunde verändert und die Simulation erneut durchgeführt. Insgesamt kommt es dreimal zu einem «dead lock».

Bei der Analyse und Beurteilung unterschiedlicher Handlungsoptionen –
oder wie hier unterschiedlicher Betriebszustände – empfiehlt es sich, auch Sensitivitätsanalysen durchzuführen. Dabei wird festgestellt, inwie-
weit das Resultat von den getroffenen Annahmen abhängt.

### *10.2 Versuchsdurchführung und Interpretation der Ergebnisse*

Die Menge der jeweiligen Repräsentanten werden pro Fall vorgegeben, ebenso die Bearbeitungszeiten der einzelnen Kommissionierplätze. Zweck dieser Ar-

beit ist es, Erkenntnisse zu sammeln, wie sich verschiedene Belastungen bei den Ausbauvarianten auf die Förderanlage auswirken. Deshalb werden die Bearbeitungszeiten der Kommissionierplätze bzw. die Arbeitsgeschwindigkeit der Mitarbeiter nicht verändert, obwohl die Kommissionierung nicht immer konstant arbeitet. Die verschiedenen Varianten führen zu Erkenntnissen, die interpretiert und weiterverarbeitet werden können.

SE-Hinweis

Die Beurteilung hat nicht den Zweck, die Eignung einer Lösung im Einzelnen zu bewerten. Vielmehr soll sie Erkenntnisse liefern, welche von mehreren in Frage kommenden Varianten im Quervergleich die bessere ist und vor allem weshalb. Hier können sich dann wieder Anhaltspunkte ergeben für weitere Versuche,
also ein weiterer Verbesserungszyklus.

## 11. Lösungsempfehlung und Dokumentation

Die Ergebnisse wurden dem Auftraggeber in schriftlicher Form sowie auf Datenträger zur Verfügung gestellt. Diagramme, CAD-Zeichnungen und Fotos ergänzten den Bericht. Die Resultate waren im Wesentlichen:

- Die Grenzleistung der Anlage ist bei einer bestimmten Anzahl Mitarbeiter erreicht.
- Ein zusätzlicher personeller Einsatz auf der bestehenden Anlage lohnt sich nicht.
- Die bestehende Anlage ist einer Mehrbelastung von 50 Prozent nicht gewachsen.
- Der Engpass der Anlage liegt derzeit im Warenausgang.
- Bei der Behebung des Engpasses im Warenausgang werden die Einlagerungen ins Hochregallager den nächsten Engpass darstellen.

Weitere Verbesserungsmöglichkeiten konnten aufgezeigt werden. Zu diesem Zweck wurde vorgeschlagen, weitere Simulationen durchzuführen.

SE-H.

Die Schlusspräsentation ist Kontrolle und «Manöverkritik». Im vorliegenden Beispiel wurden die Resultate und Erkenntnisse dem Auftrag-

geber, den Beteiligten sowie den betreuenden Dozenten vorgestellt. Hier wurde unter anderem festgestellt, inwiefern das Projektziel erreicht wurde, welche zusätzlichen Erkenntnisse gewonnen wurden und welche zusätzlichen Arbeiten noch zu leisten sind.

## 12. Ausblick

André Gisler, Studierender an der Abteilung für «Betriebs- und Produktionswissenschaften» an der ETH Zürich, schaffte es, in der vorgegebenen Zeit von 10 Wochen, bzw. 300 Stunden, eine schwierige Aufgabe zu lösen. Er zeigte systematisch die Mängel und Ursachen wie auch Verbesserungsmöglichkeiten an der bestehenden Anlage auf. Die Resultate seiner Semesterarbeit fasste er in einem Bericht mit Beilagenteil zusammen und übergab diese dem Auftraggeber wie auch den betreuenden Dozenten.

Die Arbeit wurde sowohl vom Auftraggeber als auch vom betreuenden Dozenten als ausgezeichnet beurteilt. Die zielgerichtete Umsetzung des Systems Engineering wie auch die kompetente Anwendung und Umsetzung der Simulation wurden als besonders positiv hervorgehoben.

**Vinzenz V. Härri**

**SE-Hinweis**

*Der vorliegende Case zeigt den Stellenwert des Systems Engineering für den Spezialbereich einer Elektronikentwicklung und thematisiert dabei auch dessen Anwendung für den didaktischen Methodikauftrag einer Fachhochschule, denn nach wie vor ist ein grosses Manko an Methodikkompetenz bei den Studierenden festzustellen, und das gute Fachwissen allein mag heute nicht mehr zu genügen.*
*Es ist auch von der Schwierigkeit der schulischen Auseinandersetzung mit der Methodiklehre die Rede und davon, wie damit umgegangen werden kann.*
*Der Fall behandelt den Bau eines prozessorgesteuerten Helligkeitsreglers als Studienprojekt. Die Studierenden erleben die Bedeutung eines methodischen Vorgehens. Es wird aufgezeigt, dass das gezielte Anwenden von Systems Engineering auch Aspekte des Software-Engineerings mitbeinhalten kann. Systems Engineering kann somit übergeordnet sowohl Hardware- wie auch Software-Belange gleichzeitig abdecken.*
*Auch die Vorbereitung dieses Schulungsprojekts wird nach Systems Engineering abgewickelt.*

**SE-Hinweis**

# Ganzheitliches Engineering eines Elektronikproduktes im Unterricht an einer Fachhochschule

## 1. Einleitung

Die Lektion im Fach Computertechnik beginnt mit dem Auftrag, ein kleines Programm für den Mikroprozessor 68HC11 zu schreiben. Die Studierenden werden von mir angewiesen, zuerst einen Entwurf auf Papier zu machen. Fünf Minuten später gehe ich durch die Reihen und betrachte die Strukturentwürfe der Software. Ich stelle fest, dass 80 Prozent der Studierenden wie gebannt auf den Bildschirm starren und Befehle eingeben. Auf meine Frage hin, wie sie gedenken das Problem zu lösen, kommt typischerweise eine Antwort in der Art «ja, wir geben jetzt mal zuerst die Befehlszeilen ein». Während das leere Schlucken des Instruierenden fast hörbar wird, kommt die Anschlussfrage: «Können Sie uns übrigens noch schnell sagen, wie man das #-Zeichen auf dieser Tastatur eingibt?»

SE-Hinweis

Es handelt sich hier nicht um didaktisches Ungeschick meinerseits, sondern eher um ein systeminhärentes Problem. Ich möchte es so umschreiben: Es ist lustvoller, möglichst schnell die Lösung zu haben, als unnötig Zeit für die Planung abstrakter Strukturen aufzuwenden. Es fehlt die Erfahrung, dass man mit methodischem Vorgehen, insbesondere bei komplexen Vorhaben, viel schneller und mit geringerem Risiko zum Ziel kommt. Dies einer kritischen Studentenschaft didaktisch überzeugend nahe zu bringen scheint schwierig zu sein. Bei den Studierenden erfolgt die Einsicht über die Bedeutung des methodischen Vorgehens meist erst in der Praxis, sei dies während Semester- und Diplomarbeiten oder im späteren Berufsleben. Als Feedback ist dann gelegentlich zu hören: «Das mit dem systematischen Vorgehen von damals stimmte schon. Das war etwas, das man heute gebrauchen kann.»

### *1.1 Ansatz für das Vorgehen*

Anlässlich meiner Überlegungen für eine zweckmässige Methodik-schulung

entschloss ich mich, einen Helligkeitsregler oder kurz Dimmer als ein Elektronikentwicklungsprojekt, das für die Anwendung von Systems Engineering hinreichend komplex ist, ganzheitlich und fächerübergreifend zu behandeln. Meiner Meinung nach liegt in der richtigen Anwendung des Systems Engineering ein enormes Verbesserungspotenzial.

Case 6

Im Kurs «Systementwicklung» werden im letzten Studienjahr die relevanten Aspekte des Systems Engineering nebst den fachspezifischen Inhalten thematisiert. Die Studierenden lernen fachliche wie auch fachübergreifende Lerninhalte wie Systems- und Software-Engineering, konstruktive Belange, Qualitätssicherung (QS), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Simulation, Behandlung von Wärmeproblemen, Komponentenauswahl und Geräteaufbau. Dem Projekt werden jeweils die notwendigen Theorieteile vorangestellt[1, 2, 3]. Softwarespezifische Fachinhalte werden auch im Fach «Computertechnik» behandelt.

Den Verlauf des Projekts gestaltete ich so, dass nicht eine supponierte Aufgabe den Berufsalltag vortäuscht, sondern das Projekt ganz real der Ausbildungssituation und der Infrastruktur einer Fachhochschule entspricht, in meinem Fall diejenige der HTA Luzern.

> Viele Dozierende im Fach Systems Engineering kennen das Problem, geeignete Beispiele zu finden und didaktisch in einer geeigneten Form den Studierenden zur Verfügung zu stellen. Die Studierenden müssen zum einen erkennen, dass methodisches und strukturiertes Vorgehen bei umfangreicheren Projekten oder bei mehreren Beteiligten sinnvoller ist und in der Regel rascher zum Erfolg führt. Zum anderen können unterschiedlichste Wege, d. h. verschiedene Anwendungsformen des Systems Engineerings, zum Erfolg führen.

### *1.2 Die didaktischen Probleme*

Ich habe mich von folgenden, didaktischen Problemen leiten lassen, die sich mir in meiner Unterrichtspraxis wiederholt gestellt haben:

- Vorbereitung: Ein gutes, didaktisch sauber aufbereitetes Problem wirkt bei der Einführung künstlich. Die Lösung ist schon vorbereitet, um nicht zu sagen «vorkonstruiert». Das Problem ist schon studiert.
- Einmaligkeit und fehlender Vergleich: Während bei anderen Fachdiszipli-

nen klar kommunizierbar ist, was falsch ist und was nicht, ist bei einer systematischen Projektabwicklung keine direkte Vergleichsmöglichkeit vorhanden. Jede Problemlösung stellt eine gewisse Einmaligkeit dar.

- Abstraktion: Abstrakte, offen gehaltene Problemstellungen machen offenbar mehr Mühe als klar umschriebene Aufgaben.
- Mangelnde Erfahrung: Berufs- und Projekterfahrung sind bei den Studierenden noch wenig ausgeprägt. Studierende betrachten den Entwicklungsprozess noch oft als lineare Abfolge von Tätigkeiten. Umwege und Iterationen werden als «fehlerhaftes» Vorgehen verstanden. Dass die Spezifikation eines Prozesses 30 bis 50 Prozent der Zeit beanspruchen kann, erstaunt die Studierenden genauso sehr, wie die Tatsache, dass in der Software-Entwicklung für ein umfangreiches Projekt nur mit einer durchschnittlichen Anzahl von ca. 5 bis 10 ausprogrammierten Codezeilen pro Tag gerechnet werden darf.
- Motivation: In der Ausbildung können sich die Studierenden für die «harten» und konvergenten Fachdisziplinen besser motivieren, als für den abstrakteren, divergenteren und schlechter messbaren Methodikunterricht. Eine Gleichung zu lösen, ist motivierender als das Hin-und-Her-Abwägen beim «Denken in Varianten»[4].
- Grösse der Problemstellung: Komplexe Projekte, welche den Nutzen des methodischen Vorgehens am besten verdeutlichen könnten, sind aufwendig und brauchen viel Unterrichtszeit. Anderseits wirken einfache Projekte lapidar und können die Studierenden in dieser Form nicht überzeugen.
- Einschätzung des Projektumfangs: Der Projektumfang wird im Allgemeinen unterschätzt, selten aber überschätzt, weil
  - sich die Komplexität der Fragestellung nicht immer oder erst nach Projektende feststellen lässt und
  - Probleme zu isoliert betrachtet werden.

## 2. Zum Ablauf des Projektes «Dimmer»

Im Folgenden werden die didaktische und die technische Sichtweise ausgeführt. Aus didaktischer Sicht möchte der Dozent einen möglichst griffigen Methodikunterricht anbieten, gestützt auf die Entwicklung eines elektronischen Produkts. Aus technischer Sicht gilt es die eigentliche Problemstellung nach den Regeln

des Systems Engineering durchzuführen.

### *2.1 Aufbereitung des Problems aus didaktischer Sicht*

Mein Vorgehen beruht auf einer bestehenden, technischen Musterlösung. Diese wird schliesslich auch von allen Studierenden umgesetzt. Anhand der technischen Musterlösung können die Studentenlösungen für jeden Teilschritt verglichen, ausgewertet und diskutiert werden. Das Vergleichen von Varianten nützt didaktisch mehr als ein Durchkämpfen der eigenen Lösung. Um eine hohe Identifikation mit dem Projekt zu erreichen, offeriere ich aber trotzdem einigen der rund 30 Studierenden, ihre individuelle Lösung zu realisieren. Bisher ist von dieser Offerte zwar noch nie Gebrauch gemacht worden.

> Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das vorliegende Projekt erfolgreich zu bearbeiten. Bei längeren Fallbeispielen wie diesem ist es ratsam, regelmässig den Planungsstand der Studierenden zu konsolidieren und mit einer gemeinsamen Planungsbasis weiterzufahren.

Das Lösungskonzept für die im Kap. 1.3 aufgelisteten, didaktischen Schwierigkeiten, das auch Randbedingungen wie Lektionendotation, fachliche Voraussetzungen, Individualisierung, HTA-Infrastruktur, Zeitressourcen sowie dem Budget genügt, habe ich wie folgt abgesteckt:

- angemessene Projektgrösse
- theoretischer Vorlauf ist nötig
- aber nur eigenes Umsetzen in Übungen kann zum Erfolg führen und motivieren
- exemplarische Teilaufgaben
- Orientierung an einer Musterlösung, die als roter Faden dient
- sanfter Leistungsdruck, um sich mit der abstrakten Materie zu befassen, deshalb Bewertung der Teilschritte
- gute Auswertung der Teilschritte gilt als Voraussetzung für einen grossen Lerneffekt
- möglichst reale Umsetzung; Verhinderung des Gekünstelten in den Übungen der Art «man macht es halt nach Schema X», z. B. möglichst kein sinnloses Niederschreiben von Elementen im Systemansatz ohne effektiven Bezug

- Erreichen von Einsichten durch klare Kommunikation über die Randbedingungen des Methodikunterrichtes und der informalen, eher divergenten Lerninhalte

Der Projektverlauf der didaktischen Bearbeitung verläuft dann in den drei Phasen: Bereitstellung einer exemplarischen Musterlösung (Hauptstudie), Bereitstellen der entsprechenden Übungsvorlagen und Materialien (Detailstudie, Systembau) und Reflexion des Unterrichtsverlaufs (Systembenutzung, Neuanstoss), aus welcher Änderungen für den nächsten Jahreskurs resultieren.

### *2.2 Das Problem der Systementwicklung aus technischer Sicht*

Die Projektabschnitte orientieren sich an den konkreten Übungsteilen, welche nach einem Theorievorlauf zu bearbeiten sind. Der Ablauf ist in Abb.1 dargestellt:

*Abb. 1: Projektablauf*

Die einzelnen Projektphasen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Analyse der Aufgabenstellung: Die Aufgabenstellung ist mit einer minimalen Spezifikation (Abb. 2) bewusst offen und unpräzise gehalten. Sie beinhaltet für die nachfolgenden Schritte genügend Spielraum.

**SE-Hinweis**

In der Praxis sind Fragestellungen, Aufgaben und Aufträge in der Regel nicht präzise und detailliert umschrieben. Dies ist im Wesentlichen darin begründet, dass zu Beginn von Projekten bzw. Planungsvorhaben die eigentlichen Probleme und Schwierigkeiten noch nicht bekannt sind. Diese müssen zunächst analysiert und festgestellt werden. Wie sie im Rahmen des Projektes dann behandelt werden sollten, ist noch offen.

*Übung 1:* Zunächst vermittle ich die notwendige Theorie anhand kleiner Übungen. Zudem wird das Handling des Planungswerkzeuges, in unserem Fall MS-Project, vermittelt.

- *Übung 2:* In der zweiten Übung liegt der Schwerpunkt auf dem Systemdenken. Die Studierenden beschäftigen sich eingehend mit der Erstellung eines Systemmodells. Daraus werden zweckmässige Projektphasen abge-

leitet. Das Systemmodell, das die Einflüsse von Systemelementen zeigt und zur Analyse der Aufgabenstellung dient, wird dann zu einer verbesserten Spezifikation mittels Pflichtenheft umformuliert. Als wichtiger Bestandteil ist dafür ein Geräte-Blockschaltbild mit den Energie- und Signalschnittstellen zu erstellen. Ein Beispiel zeigt Abb. 3. Das Pflichtenheft wird anschliessend in einer Anforderungsliste präzisiert.

- *Übung 3:* Hier geht es darum, mittels Kreativitätstechniken Lösungsideen zu entwickeln und zu Lösungskonzepten auszuarbeiten.

- *Übung 4:* Die Erarbeitung einer nachvollziehbaren Bewertung unterschiedlicher Lösungsvarianten hat für mich einen hohen Stellenwert. Das gezielte Durchführen von operationalisierten, kleinen und grossen Entscheidungen gehört zum Ingenieuralltag. Zur Unterstützung bei Routinearbeiten habe ich hierzu die an der HTA Luzern entwickelten Software-Werkzeuge bereitgestellt.

- *Übung 5:* In der Detailphase kommen wichtige Fertigkeiten des Elektroingenieurs, wie die Abbildung der Lösung in ein elektrisches Schema mittels CAE zum Zuge (PROTEL). Die auszulegenden Schaltungen werden teilweise als Ergänzungsübung zum Fach elektronische Schaltungstechnik gelöst.

- *Übung 6:* Das Layouten der Printplatte mittels CAE wird ausgehend von der Schema-Netzliste vorgenommen. Dank PC-basierten Werkzeugen wie PROTEL, ORCAD und andere, gehören diese Konstruktionsaufgaben bereits zum Alltag des Elektroingenieurs. Die Schulung geht dabei über das Beherrschen der Werkzeuge hinaus. Die Art und Weise, wie Leiterbahnen verlegt werden, hat viel mit vernetztem Fachwissen und Erfahrung zu tun. Durch ein geeignetes Design können viele unnötige Fehler zum Voraus vermieden werden.

- *Weitere optionale Bearbeitungsschritte:* Es sind zudem eine Vielzahl von weiteren Lerninhalten vorgesehen. Hier lassen sich auch individuelle Schwerpunkte setzen, wie die folgenden Beispiele zeigen:

- EMV: Die elektromagnetische Verträglichkeit des ganzen Aufbaus und der Printplattenherstellung wird detailliert thematisiert.
- Prozessortechnik: Software-Teile werden nach den Regeln des Software-Engineerings spezifiziert und programmiert.
- QS: Es werden Aspekte der Qualitätssicherung besprochen und Zuverlässigkeiten berechnet.
- Wärmeabfuhr: Die thermische Auslegung wird mittels elektrischen Analogieschemas modelliert.
- Simulation: Teile der Schaltungen werden mittels PSPICE simuliert.
- Englisch: Studium von Datenblättern und Manuals im Englischunterricht

- *Gerätezusammenbau und Test:* Ausserhalb der regulären Unterrichtszeit können die Studierenden an vorbereiteten Bestückungsplätzen ihre Geräte mit den Elektronikkomponenten bestücken, zusammenbauen und mit einer speziellen Testeinrichtung prüfen.

## 3. Exemplarische Darstellung der methodischen Schwerpunkte

SE-Hinweis

Die Systems-Engineering-Schwerpunkte Systemansatz, Lebensphasen, Lösungssuche mit Kreativitätstechniken (inkl. Konzeption, Spezifikation) sowie Auswahl der Lösung mittels Kosten-Nutzen Analyse werden unter die Lupe genommen (vgl. Abb. 4).

### *3.1 Systemansatz*

Beim Erkennen der Einflussgrössen und beim Erstellen des Systemmodells geht es mir um die intellektuelle Durchdringung der Problemstellung, die hierarchische Gliederung und um das Erkennen von Zusammenhängen. Eine wichtige Aufgabe besteht in der Systemabgrenzung. Es wird dabei zwischen den Systemelementen, die durch den Planer beeinflusst werden können, im Systems Engineering als Eingriffsystem bezeichnet, und dem Umsystem (relevanter Teil der Umwelt bzw. des Umfeldes) unterschieden. Die Systemgrenze umschliesst das Eingriffsystem und kann als Betrachtungsrahmen gesehen werden.

Systemmodelle, wie hier dargestellt, grenzen Teilprojekte ab und hel-

fen mit,
bei den Beteiligten eine gemeinsame Vorstellung der Situation zu erreichen.
Oft ist aber eine Darstellung sozio-technischer Systeme nötig. Diese haben ein nichtlineares, dynamisches Verhalten. Elemente und Beziehungen werden mit Rückkopplungen ergänzt. Es geht dann darum, die Dynamik der Rückkopplungen z. B. mit einer Einflussanalyse zu erkennen und bei der Gestaltung der Lösung zu berücksichtigen.

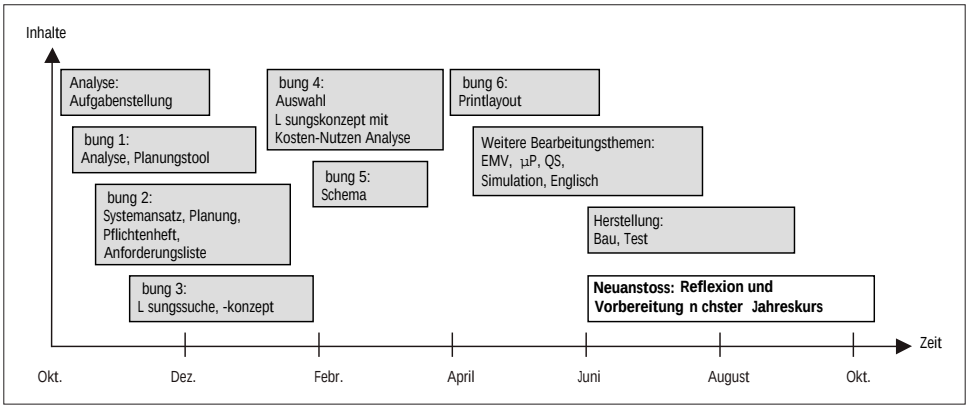
Abb. 5 zeigt ein mögliches Systemodell, wie es aus der Übung mit den Studierenden hervorgehen könnte.

Während hier die Elemente (Bubbles) im Allgemeinen selbsterklärend sind, besteht bei den Pfeilen (Einfluss-Beziehungen) oft Erklärungsbedarf, weshalb in den meisten Fällen eine Legende nötig ist.

In diesem Systemmodell sind die folgenden drei Teilsysteme, die die Möglichkeit des hierarchischen Vorgehens illustrieren, angedeutet:

- Gerätedesign als technische Gliederung der wichtigsten Komponenten,
- Lösungskonzepte als wichtiger Bearbeitungsschritt und
- Infrastruktur HTA als wichtige Voraussetzung zur Durchführung dieses Projektes

Die Art der Überlegungen zur Zuteilung der Elemente in das Um- statt in das




Eingriffsystem möchte ich für einige Elemente vorstellen:

((Abb 2 mit schmalerer Kolumne gestalten))

- Bewertung: Dass die Übungen im Jahreskurs zu Noten führen, ist für die Studierenden zwar äusserst relevant, aber angesichts der Motivation, die meist zu recht guten Noten führt, sekundär. Die Bewertung bewirkt allenfalls einen gewissen Leistungsdruck, sich mit der Thematik zu beschäftigen, dürfte aber das System im Weiteren kaum beeinflussen.

**Spezifikation f r das Dimmer-Kleinger t:**

Im Unterricht ˙Systementwicklung˝ ist zu bungszwecken f r die Entwicklung und den Systembau eines elektronischen Ger tes ein Dimmer zu bauen. Bei der Entwicklung handelt es sich um einen Prototypenbau, der die Machbarkeit und Funktionalit t nachweist. Die Kostenoptimierung eines Produktes sei hier sekund r. Prim r stehen Schulungsaspekte im Vordergrund.

Mit dem Dimmer soll die Helligkeit von Beleuchtungen im 1-phasigen 230V/10A Niederspannungsbereich l ckenlos einstellbar sein.

Der aktuelle Helligkeitsgrad ist mit einer zweckm ssigen Anzeige zu visualisieren und soll ber eine Eingabem glichkeit ver nderbar sein. Weiter sollen verschiedene Helligkeitsstufen in einem Speicher abgelegt werden k nnen.

Nach M glichkeit ist eine Zeitfunktion (Wecker) einzubauen. Diese soll einstellbar und bei kurzen Netzunterbr chen nicht gel scht werden.

Mit der Zeitfunktion sollen mehreren Zeiten verschiedene Helligkeitsstufen zugeordnet werden k nnen.

Die gesamte Elektronik ist in einem Standard-Kleingeh use unterzubringen.

Es ist auf ein ansprechendes Industriedesign des Ger tes zu achten.

Die Gesamtkosten aller Komponenten sollten Fr. 200.— nicht bersteigen.
Der Zusammenbau soll mit den an der HTA Luzern zur Verf gung stehenden Einrichtungen m glich sein. Dies beinhaltet auch die Herstellung der Prints, die Best ckung und die mechanische Bearbeitung des Geh uses.

Weiteres:
¥ Dimmer mit eigener Impulsgenerierung f r h here Leistungen als Unterputzdimmer.
¥ Dimmer soll ≥ 4 Speicherm glichkeiten haben.
¥ Dimmer soll ≤ 6 Tasten haben.
¥ m glichst geringe graue Energie

*Abb. 2: Spezifikationen*

SE-Hinweis

- Andere Produkte, Markt, Konsument, Massenproduktion, industrielle Produktion: Diese Elemente spielen hier nur eine untergeordnete Rolle, da das Projekt nicht ein Industrieprojekt sein soll, sondern wirklich ein Unterrichtsprojekt mit «schulischen» Randbedingungen. Immerhin nützen diese Elemente aber für eine Variantendiskussion der Art: «Wie würde unser Projekt bei einer Industrialisierung dastehen?»
- Termine, Kosten: Die Platzierung dieser beiden wichtigen Faktoren mag vorerst erstaunen. Im konkreten Projekt sind sie durch die Vorgaben der Übungsabwicklung so gut wie gegeben. Die Kosten der Realisierung der

Musterlösung sind bekannt, und das Finanzierungsmodell ist abgeklärt. Natürlich werden Kosten und Termine trotzdem mit den Studierenden thematisiert.

Typisch für das oft noch wenig ausgebildete Systemverständnis der Studierenden werden oft spontan nur gerade die Elemente aus dem Untersystem «Gerätedesign» aufgezeichnet

### *3.2 Projektphasen*

Die sinnvolle Unterteilung eines Projektes in einzelne Phasen ist für mich ein zentraler Punkt. Hier wird der Ablauf vorausgedacht. In unserem Projekt fliessen die einzelnen Projektphasen direkt als Oberbegriffe in die Projektplanung ein. Wir lehnen uns an das Lebensphasenmodell des Systems Engineering an. Ich schlage den Studierenden eine mögliche Projektstruktur vor (Abb. 6), die allgemein für technische Produktentwicklungen geeignet ist.

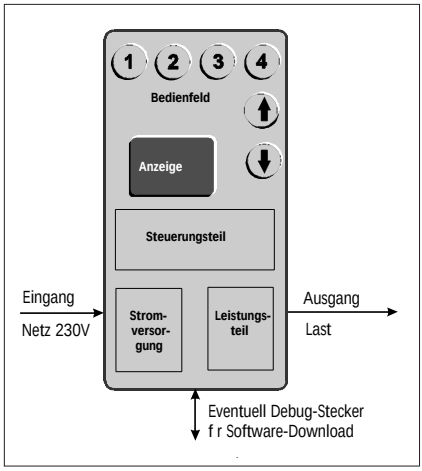



*Abb. 3: Geräteblock Schaltbild*

Im vorliegenden Beispiel ist das Lebensphasenmodell, das auch in die Projektplanung einfliesst, in Abb. 6 dargestellt. Für die Anwendung müssen diese Modelle angepasst und konkretisiert werden. In den Ingenieurdisziplinen haben sich in der Zwischenzeit typische Phasenmodelle wie die Konstruktionssystematik nach VDI 2221 etabliert. Zudem können andere Begriffe verwendet werden. Diese stammen meist aus den jeweiligen Spezialgebieten.

### *3.3 Lösungssuche, Lösungskonzepte und deren Spezifikation*

*Lösungssuche*

Ich stelle in diesem Übungsteil immer wieder fest, dass das Finden neuer Ideen Schwierigkeiten bereitet. Es macht den Studierenden offenbar Mühe, sich innerhalb des sehr kopflastigen, intellektuellen, linkshemisphärischen Unterrichts auf völlig neue und entfernte Pfade zu begeben. Fokus im Unterricht liegt deshalb auf dem Synthese-Analyse-Wechselspiel, und ich verlange, das Suchen von Ideen (Synthese) strikte vom Auswerten (Analyse) zu trennen.

Ich lege auch Wert auf die Unterscheidung von Neugestaltung und Variantentwicklung. Bei Letzterer sind neuartige Gedanken und Ideen weniger zwingend als bei einer Neuentwicklung. Je innovativer eine Idee sein soll, desto mehr Mut braucht es, sich vom Gegebenen zu entfernen und möglichst frei neue Ideen zu äussern und zu verknüpfen, wie dies etwa die Methode der Synektik ermöglicht (vi). Für die Lösungssuche spielen wir aber auch weitere Kreativitätsmethoden wie Brainstorming und Methode 635[5, 6] durch. Gerade im Ingenieurbereich scheint mir das gezielte Einsetzen dieser Methoden sehr wichtig zu sein.

*Lösungskonzepte*

Die Ausformulierung von Lösungskonzepten kann im Rahmen des Unterrichts aus Zeitgründen natürlich nur ansatzweise erfolgen. Ich stelle vier Lösungskonzepte, wie sie in der Übung entstanden sind, vor:

- *Lösung 1: Traditioneller Dimmer mit Triac*
  Die Netzspannung wird der Last, d. h. der Lampe, über einen Triac zugeschaltet. Ein Triac ist ein gezielt einschaltbarer, elektronischer Zweiwegschalter. Geschaltet wird der Triac mit Hilfe eines Diacs, ein selbst schaltender, elektronischer Zweiwegschalter. Der Diac bewirkt mit seinem Verhalten ein sauberes Schalten des Triacs. Der Einschaltzeitpunkt wird mit einem RC-Glied bestimmt. Ist am Kondensator – abhängig von der Netz-Sinusspannung – die Schaltspannung des Diacs erreicht, wird der Triac geschaltet. Der Schaltzeitpunkt und damit die Helligkeit der Lampe wird durch die Zeitkonstante des RC-Glieds bestimmt. Die Widerstandsänderung von R ändert diese Zeitkonstante und damit den Zündzeitpunkt.

Dies beeinflusst die Helligkeit der Lampe. Die steilen Schaltflanken werden aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) entstört (Abb. 7). Diese Variante kann wie folgt charakterisiert werden:

+ Entwicklungsaufwand minimal
+ wenige und robuste Bauteile
+ niedriger Preis der Bauteile bei Kleinserie

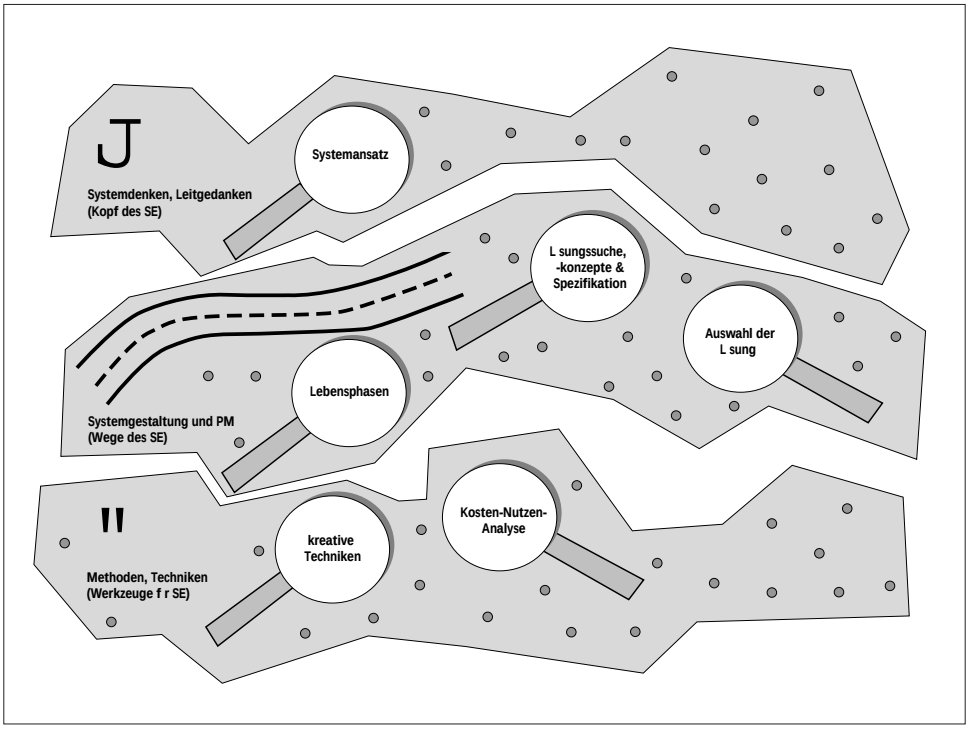



*Abb. 4: Methodische Schwerpunkte im Systems-Engineering-Ansatz*

+ Platzbedarf gering
+ Bedienung sehr einfach und allseits bereits bekannt
- sehr geringer Lerneffekt
- Bedarf für neues Produkt kaum vorhanden
- wenig Komfort möglich (Zeitfunktionen, Speichermöglichkeiten, Anzeige)
- Helligkeitsbereich ist durch die nötige Zündspannung eingeschränkt

SE-Hinweis

- *Lösung 2: Rein diskrete Digitaltechnik, ohne Anzeige*
  Das Prinzp des Dimmens mit diskreter Logik besteht in einer Pulsweitenmodulation. Die Netzspannung wird gleichgerichtet und geglättet. Die Gleichspannung kann nun je nach gewünschter Helligkeit in einem bestimmten Verhältnis ein- und ausgeschaltet und damit die 50-Hz-Frequenz nachgebildet werden.

Die Speisung wird aus der Netzspannung gewonnen. Bei einem Netzausfall schützt eine Notspeisung (Akku-Batterie) vor dem Verlust der eingestellten Werte.
Die gewünschte Helligkeit wird über die beiden Taster «+» und «-» eingestellt. Eine Anzeige ist nicht vorhanden. Zur Bedienung des Gerätes werden vier Speichertasten eingesetzt. Je nach Betätigungsdauer der Taste wird entweder der gespeicherte Wert abgerufen, oder die aktuelle Helligkeit wird an dieser Speicherstelle abgelegt.
Zeitfunktionen sind keine vorgesehen, da ohne Anzeige bedienerfreundliche Zeitfunktionen nicht zu realisieren sind (Abb. 8).
Der Hauptvorteil liegt hier im günstigen Preis der Standardkomponenten. Gegenüber dem traditionellen Dimmer kann mehr Funktionalität erreicht werden. Allerdings ist dieser Lösungsansatz recht unflexibel und zudem

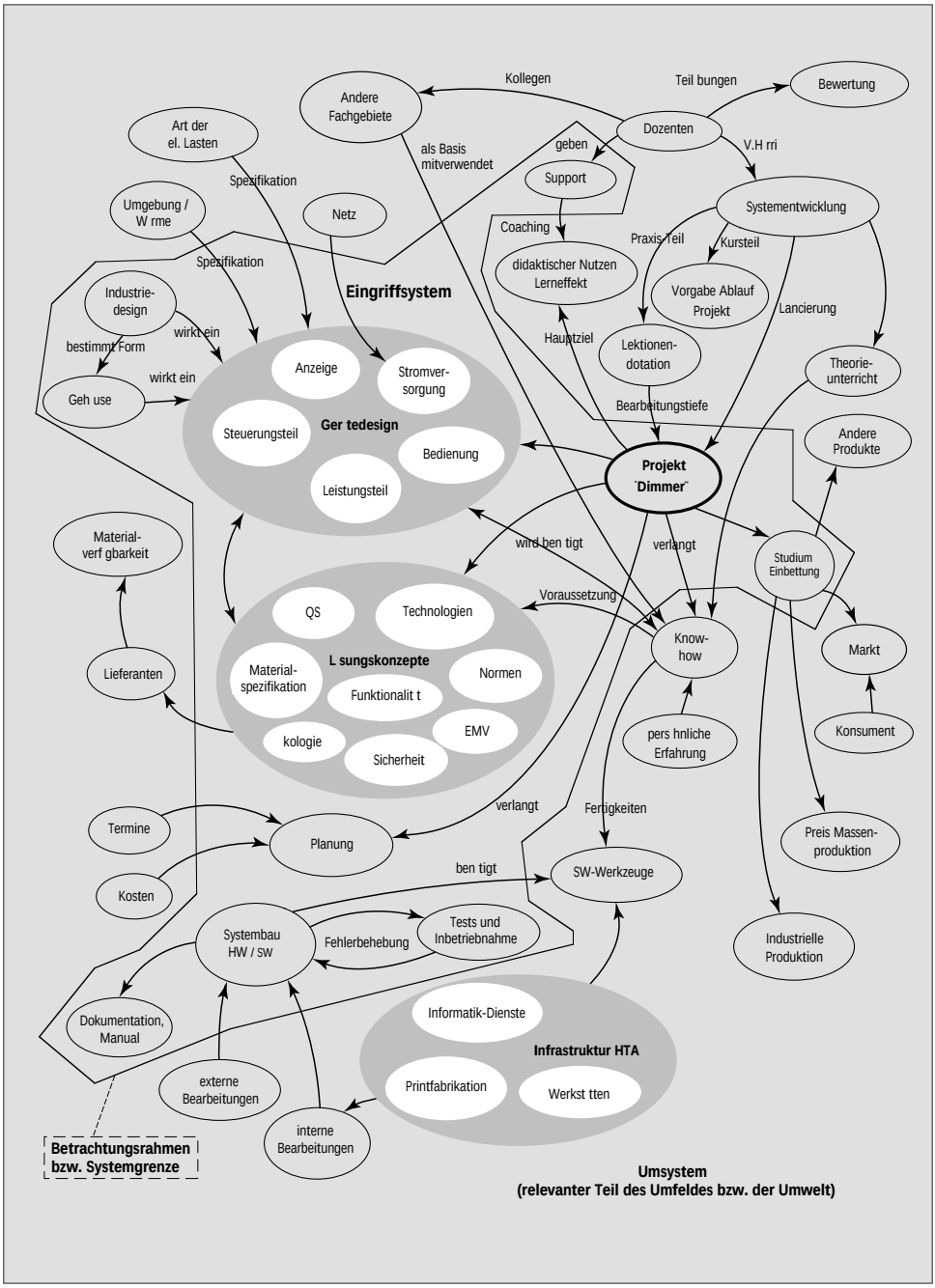



*Abb.5: Systemische Betrachtung der Dimmer-Entwicklung aus der Sicht der Studierenden*

nicht Platz sparend. Zudem muss der 50-Hz-Sinus nachgebildet werden.

- *Lösung 3: Mit CPLD-ASIC*

  Anstelle der diskreten Digitaltechnik kann ein CPLD-ASIC, d. h. ein programmierbarer, logischer Baustein, eingesetzt werden. Der Leistungsteil wird galvanisch getrennt vom Digitalteil und z. B. mit Phasenanschnitt realisiert. Die Leistungssteuerung liefert ein Nullpunktssignal, das bei jedem Nulldurchgang des Netz-Sinus einen Impuls liefert. Mit Hilfe dieses Impulses und der gewünschten Helligkeit wird der Zündimpuls berechnet und anschliessend über die galvanische Trennung auf den Schalthalbleiter geführt (Abb. 9).

  Als Mensch-Maschinen-Interface (MMI) werden für die Visualisierung Siebensegmentanzeigen eingesetzt und für die Bedienung vier Helligkeitsspeicher- und zwei Funktionstasten vorgesehen, auf denen wahlweise die Zeit oder die aktuelle Helligkeit angezeigt wird. Da die Anzahl Tore in einem kostengünstigen ASIC begrenzt ist, können nicht alle wünschbaren Zeitfunktionen realisiert werden. Diese Variante kann wie folgt beurteilt werden:

  + sehr flexibel
  + kein externer Speicher notwendig
  + Anzahl der ICs kann minimiert werden
  + Vergrösserung des Wissensstandes gegenüber rein diskreter Logik
  - die VHDL-Sprache und die Entwicklungsumgebung muss gut bekannt sein
  - Entwicklungsaufwand gross
  - Art des benötigten Bausteins erst zu spätem Zeitpunkt klar abschätzbar
  - nicht alle Zeitfunktionen realisierbar

SE-Hinweis

*Lösung 4: Mit Prozessor und Anzeige*

Die vierte Lösung ist bis auf die Verwendung eines Prozessors der dritten sehr ähnlich. Der Prozessor, die Anzeige und die Tasten können zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Dieser Schaltungsteil wird als Digitalteil bezeichet und auf einem seperaten Print untergebracht.

**Konkretisierung des SE-Lebensphasenmodells f r technische Produktentwicklungen:**

| | | |
|---|---|---|
| | **Dokumentieren:** | Es begleitet alle nachfolgenden Teilarbeiten! Ebenfalls ist ein Arbeitsjournal f r Entwicklungsnotizen zu f hren, welches es erlaubt, Projektphasen und Entscheide nachzuvollziehen. |
| Vorstudie | **1. Aufgabenstellung:** | Sie muss in irgendeiner Form vorliegen und gegebenenfalls vervollst ndigt werden. blich ist ein Pflichtenheft! |
| | **2. Analyse:** | Studium und Analyse der Aufgabenstellung, Infos beschaffen. In einer Anforderungsliste die Forderungen zusammenstellen. |
| | **3. Systemmodell:** | Systemabgrenzung vornehmen. Modell des Systems mit Umsystem, ausgehend vom bisher erreichten Verst ndnis der Aufgabenstellung. Vorgehenskonzept formulieren. |
| | **4. Projektphasen:** | Definieren schl ssiger Phasen des Projektes. |
| | **5. Planung:** | Arbeitsorganisation: Teambildung; Zeitplanung durch Zusammenstellen aller ersichtlichen Vorg nge und ihrer Aufw nde, welche den Projektphasen gem ss 4. zugeordnet werden. |
| Hauptstudie | **6. L sungskonzepte:** | Erg nzende Beschaffung von Informationen. Mit verschiedenen Methoden durch Wechselspiel Synthese-Analyse mehrere L sungskonzepte erarbeiten. |
| | **7. Konzept festlegen:** | Mittels Kosten-Nutzen-Analyse sich f r L sungskonzept entscheiden. |
| Detailstudie und Systembau | **8. Design, Bau:** | Das L sungskonzept im Detail ausarbeiten (z. B. Widerst nde berechnen, K hlk rper auslegen, etc.). AVOR. Interner oder externer projektspezifischer Systembau. Evtl. vorg ngige Prototypenfertigung. |
| Systemeinf hrung | **9. Testen, IBN:** | Test- und Inbetriebnahme (IBN)-Phasen |
| Systembenutzung | **10. Abschluss:** | Abschlussdokumentation mit Projektreflexion erstellen. Projektreview als Ausgangspunkt f r Neuanstoss Folgeprojekt. |

*Abb. 6: Typische Projektphasen für technische Produktentwicklungen*

Die restliche Schaltung wird als Leistungsteil bezeichnet. Sie beinhaltet die Leistungselektronik zum Ein- und Ausschalten der Netzspannung mittels Triac, die Erzeugung des Nullpunktsignals, welche beim Nulldurchgang der Netzspannung einen Impuls generiert, und die Erzeugung der 5-V-Speisespannung.

Der Prozessor berechnet ausgehend vom Nullpunktsignal, das ihm vom Leistungsteil potenzialfrei zugeführt wird, je nach gewählter Helligkeit den Einschaltzeitpunkt. Ist der Einschaltzeitpunkt erreicht, wird der Triac über ein potenzialfreies Signal eingeschaltet.

Mit dem Prozessor können die Nullpunktimpulse gezählt und daraus Zeit-

funktionen gewonnen werden. Somit können alle gewünschten Timer- und Zeitfunktionen softwaremässig realisiert werden (Abb. 10).

*Spezifikation*

Ich verlange nun von den Studierenden, die Lösungskonzepte dermassen zu bearbeiten, dass genaue Angaben für die Hardware und die Software bestehen. Die Spezifikation der Hardware bereitet ihnen im Allgemeinen wenig Mühe. Anders sieht es dagegen bei der abstrakten Software-Spezifikation im Software-Engineering aus. Dieser Bearbeitungsschritt stellt höchste Ansprüche an die Studierenden.

Für die Spezifikation der Software lässt sich einfach zeigen, wie Systems Engineering und Softare-Engineering zusammenspielen können. Ich bin überzeugt, dass die ganzheitliche Betrachtung von Software-Engineering als Unterhierarchie eines Systems-Engineering-Systemmodells in vielen Fällen Sinn machen kann, wie Abb. 11 zeigt.

Betrachtet wird der Bubble «Systembau-SW/HW» des übergeordneten Systemmodells in Abb. 5. Dieser Bubble erhält die Bedeutung eines Objektdiagramms, das hier stark vereinfacht dargestellt ist. Es führt über das Element «SW-Spezifikation» direkt weiter auf ein so genanntes Kontextdiagramm in «Strukturierter Analyse» (SA) und damit in eine formal klar geregelte Methodik. SA ist heute nebst objektorientierter Programmierung (OOP) die gängiste Spezifikationsmethode (7, 8, 9) und soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

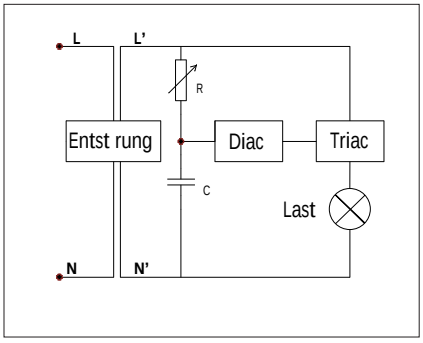



*Abb. 7: Prinzipschema 1. Traditioneller Dimmer mit Triac*

Im Kontextdiagramm treten dann über die rechteckig dargestellten Endknoten die Daten- und Steuersignalschnittstellen in Erscheinung. Der genaue Inhalt der Software-Spezifikation wird in den tiefer gelegenen Darstellungsebenen möglichst lösungsneutral weiter spezifiziert.

Bedient man sich des Systemansatzes, um einen Lösungsansatz umfassend abzugrenzen und grafisch darzustellen, so ergibt sich bei hierarchischem Aufbau die Möglichkeit des Überganges in die Software-Spezifikation. Auf den Ebenen der Spezifikation muss damit nicht zwischen HW- und SW-Entwicklung unterschieden werden.
Ein Systemmodell kann beispielsweise ab einer untergeordneten Hierarchieebene in ein Objektdiagramm, und weiter direkt in ein Kontextdiagramm der strukturierten Analyse (SA) überführt werden. Ähnliches gilt für die objektorientierte Programmierung (OOP).
Systems Engineering stellt damit eine für HW- und SW-Entwicklung übergeordnete Methodik dar.

### *3.4 Auswahl mit Kosten-Nutzen-Analyse*

Im Berufsalltag müssen vielfältige, kleine und grosse Entscheidungen planmässig vorbereitet werden. Es ist deshalb wichtig, ein methodisches Instrument zu beherrschen, welches klar messbare Entscheidungsgrundlagen herbeiführt. Als geeignete Methode für die Beurteilung von Lösungen bietet sich in der vorliegenden Übung die Kosten-Nutzen Analyse an (10, 11). Da der Entscheidungsprozess zum Alltag des Ingenieurs gehört, macht eine Rechnerunterstützung Sinn. Wir arbeiten mit dem an der HTA entwickelten und auf MS-Office basie-

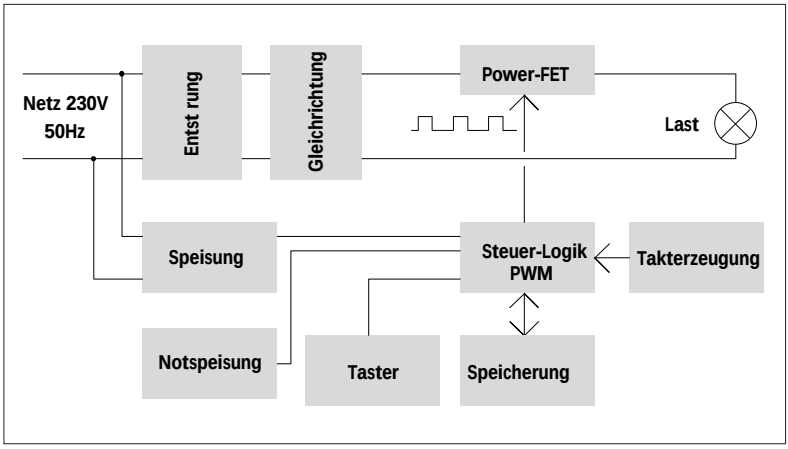



*Abb. 8: Prinzipschema 2. Variante diskrete Logik*

ren-
den
Werkzeug SE-TOOLS.

Mit der Durchführung einer vollständigen Kosten-Nutzen-Analyse ziele ich gleichzeitig auch auf eine Übung für das Dokumentieren von Überlegungen und die damit erreichte Nachvollziehbarkeit ab.
Nachfolgend wird eine typische Kosten-Nutzen-Analyse dargestellt, wie sie in Übung 4 zustande kommen kann.

Bei der vorliegenden Kosten-Nutzen-Analyse wird der technische Nutzen» getrennt vom wirtschaftlichen Nutzen betrachtet. Dies ist notwendig, weil Abhängigkeiten zwischen Kosten und technischem Nutzen bestehen. Es leuchtet ein, dass ein teurer Dimmer wahrscheinlich auch eine höhere Funktionalität und einen höheren Nutzen aufweist als ein ganz billiger.
Insbesondere im deutschsprachigen Raum ist auch die so genannte Nutzwertanalyse verbreitet, die im angelsächsischen Raum als Beurteilungsmethode keine Verbreitung gefunden hat. In einer Nutzwertanalyse werden technischer und wirtschaftlicher Nutzen zu einer Zahl verrechnet.

*Zielkriterien*

Für die Herleitung der Zielkriterien empfehle ich ein Zielkriteriendiagramm nach Zangemeister, am besten im EXCEL-gerechten Layout wie in Abb. 12. Der linke Wert ent-

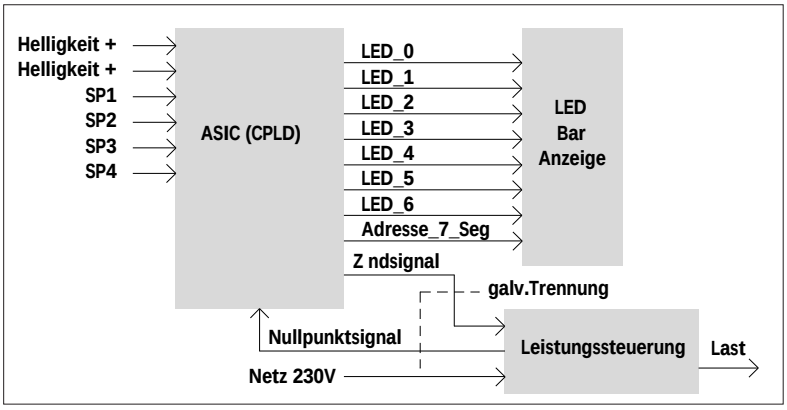



*Abb. 9: Prinzipschema 3. Variante ASIC*

spricht jeweils dem relativen Wert auf der gleichen Hierarchieebene, der rechte Wert stellt das absolute Gewicht dar. Die technischen Kriterien werden von den wirtschaftlichen Kriterien getrennt betrachtet, weshalb hier total zweimal 100-Prozent-Gewichte vergeben werden.

Die Kriterien sind untereinander genau auf Unabhängigkeit und Vollständigkeit zu prüfen. Sie sollen das zu beurteilende System in der ganzen Breite abdecken und genau umschrieben werden. Zum Beispiel: Welche Leistung benötigt die gesamte Elektronik im Betrieb? Für das Kriterium Verlustleistung (T22)? Oder ist die Bedienung des Gerätes ohne Vorkenntnisse möglich? Werden die wichtigsten Daten im Betrieb visualisiert? Für das Kriterium Bedienerkomfort (T31).

*Massstäbe:*

Beim Aufstellen der Massstäbe ist es mir wichtig, dass die Studierenden genau überlegen und kommentieren, wie die Skala den Gegebenheiten zugeordnet wird. Nebst linearen und logarithmischen können auch ganz andere Zuteilungen Sinn machen. Das Aufstellen der Massstäbe wird in Abb. 13 exemplarisch für die Kriterien Anzeige, Bedienerkomfort, Entsorgung und Lebensdauer gezeigt.

*Abb. 13: Beispiele zur Aufstellung der Kriterienmassstäbe für die Beurteilung*

Die in den Massstäben vorgenommene Zuteilung der Punkte, die so genannten Zielwerte, ist für die Nachvollziehbarkeit ebenfalls zu kommentieren. Dies

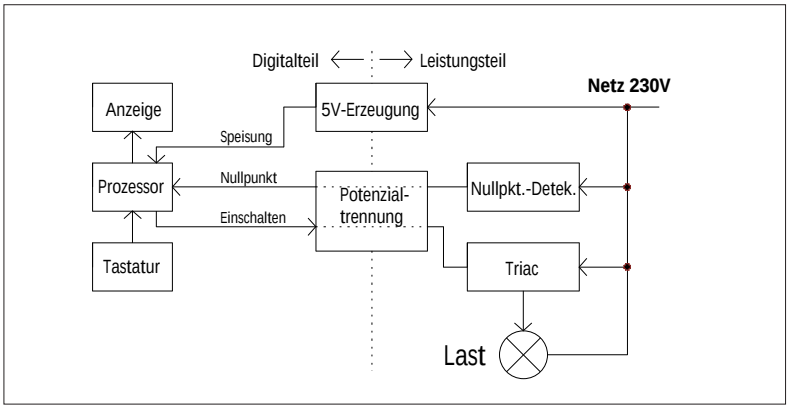



*Abb. 10: Prinzipschema 4. Variante Prozessor*

könnte beispielsweise so lauten:

| | |
|---|---|
| T12-Anzeige: | Eine Anzeige mit vier Siebensegmentanzeigen stellt eine gute Lösung dar. Ausgehend von dieser Lösung, wurden die Punkte verteilt (LED=Leuchtdiode). |
| T31-Bedienkomfort: | Ein sehr gutes Gerät muss selbsterklärend sein, das heisst, es muss ohne Bedienungsanleitung betrieben werden können. |
| W12-Entsorgung: | Varianten mit einfach trennbaren Materialien werden gut benotet. Es geht vor allem um die Kunststoffe, Printplatten und Kabel. Mit Sondermüll sind nicht trennbare Materialien gemeint. |
| W13-Lebensdauer: | Aus der Sicht des Produzenten ist es wichtig, dass sein Produkt eine gewisse Lebensdauer (mean time between failure, MTBF) erreicht, damit das Produkt konkurrenzfähig sein kann. |

*Nutzwertmatrizen*

Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Ausarbeitung der Nutzwertmatrizen. Ich habe Beispiele für die technische und wirtschaftliche Nutzwertmatrix in Abb. 14 beigefügt.

Ich verlange auch hier detaillierte Begründungen zur Punktevergabe, damit eine gute Nachvollziehbarkeit vorliegt. Diese ergänzenden Kommentare könnten für EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) etwa lauten:

Mit einer geschickten Modulationsart kann die Störaussendung bei der Variante 2 minimiert werden. Bei den anderen Varianten muss ein erhöhter Aufwand betrieben werden, um die EMV-Normen umzusetzen.

Oder als weiteres Beispiel wäre bei der Lebensdauer der folgende Kommentar denkbar:

Die Prozessor/Software-Lösung wird die geringste Lebensdauer aufweisen. Die Varianten 2 und 3 sind in diesem Punkt vergleichbar und mit derselben Punktzahl zu bewerten. Die Variante 1 besitzt sehr wenige und robuste Bauteile. Diese Variante wird die grösste Lebensdauer aufweisen. Eine genaue Zuverlässigkeitsanalyse wäre nach erfolgtem Design mittels Bestimmung der MTBF durchzuführen.

Entscheidungssituationen müssen nachvollziehbar sein. Primär geht es darum, genau festzuhalten, was nun beurteilt wird und wie dies geschieht. Die einzelnen Resultate müssen zudem dokumentiert und laufend interpretiert werden.
Zu diesem Zweck ist es ratsam, auch Sensitivitätsanalysen oder Parametervariationen durchzuführen.

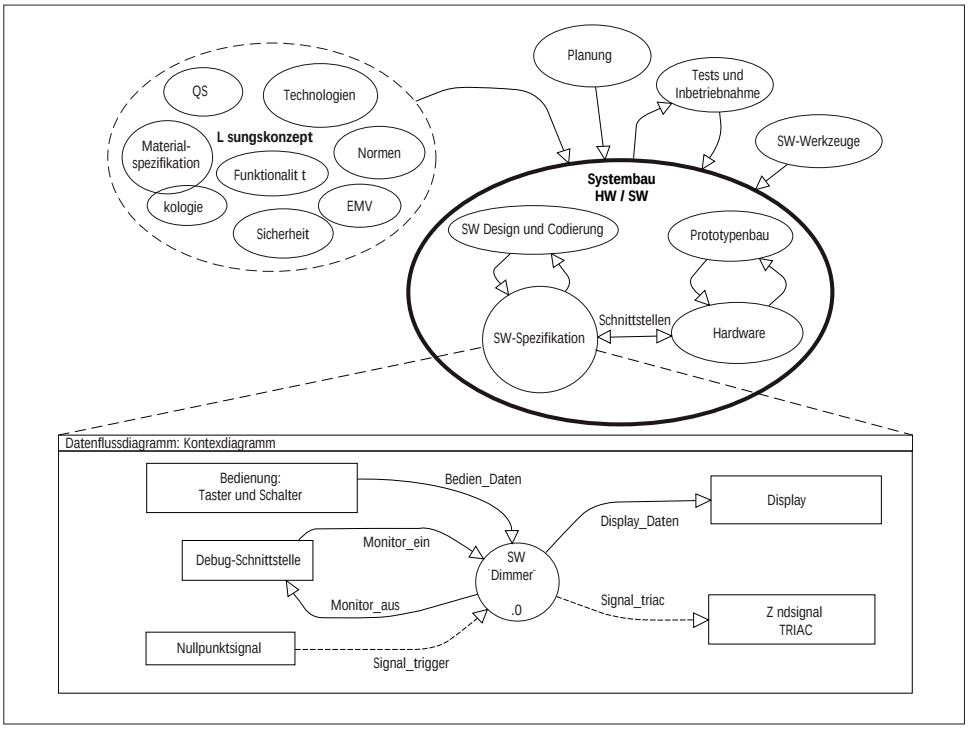



*Abb. 11: Systemmodell, das als Objektdiagramm hierarchisch in die SW-Spezifikation nach SA übergeht*

SE-Hinweis

*uswertung*

e Gesamtnutzwerte als numerische Resultate dürfen nicht direkt als Entschei-ngskriterium genommen werden. Eine vorgängige, genaue Auswertung und alidierung der erhaltenen Resultate scheint mir unumgänglich. Die resultieren-n Nutzwerte werden vorerst in Abb. 15 mit ihren arithmetischen und geome-

SE-Hinweis

ischen Mittelwerten zusammengetragen und im so genannten Stärkediagramm -Diagramm) grafisch verdeutlicht (vgl. 12):

*b. 15: Nutzwerte, Mittelwerte und grafische Analyse im S-Diagramm*

ie Lösungen 1 und 2 fallen sowohl im technischen wie auch im wirtschaftlichen Nutzwert gegenüber den Varianten 3 und 4 ab. Die Begründung liegt vor llem in der fehlenden Speichermöglichkeit von Lösung 1 und den fehlenden Weckfunktionen bei den Lösungen 1 und 2, welche insgesamt für den Konsumenten sehr wichtige Features darstellen. Sie scheiden deshalb aus.

Die Varianten 3 und 4 liegen mit ihren Werten sehr nahe beisammen und übertreffen die 0.6-Grenzlinie, d. h. die Mindestanforderung an eine gute Lösung.

Zur detaillierten Beurteilung der Varianten 3 und 4 könnte auch eine grafische Schwachstellenanalyse (auch Werteprofil genannt) durchgeführt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können aber auch direkt den Nutzwertmatrizen Abb. 14 entnommen werden. Es können hier folgende Überlegungen zum Tragen kommen:

- Während die Lösung 3 eher ausgeglichene Punktevergaben aufweist, sind bei Lösung 4 zwei sehr gute Ausreisser festzustellen.
- Die hervorragenden und sich abhebenden Eigenschaften von Variante 4 sind die umfangreichen Weckfunktionen und die zu erwartende grosse Nachfrage aufgrund der zusätzlichen Funktionen. Beide sind als sehr bedeutende Unterschiede für ein neues Produkt dieser Art einzustufen.
- Lösung 4 teilt die schlechten Eigenschaften fast punktgleich mit Lösung 3.

SE-Hinweis

Obwohl sich klar eine Bevorzugung von Lösung 4 abzeichnet, habe ich vor dem definitiven Entscheid in einer Sensitivitätsanalyse noch untersucht, ob sich Unsicherheiten in der Gewichtezuteilung bei den Kriterien drastisch auswirken können. Dabei wurde ermittelt, dass eine Variation der Gewichte nur auf die technischen Nutzwerte für Lösung 4 bei T14 Weckerfunktion, sowie für Lösung 1 bei T31 Bedienkomfort einen grossen Einfluss haben. Da Lösung 1 ohnehin nicht mehr zur Diskussion steht, hat man sich hier keine weiteren Gedanken zu machen.

- Der grosse Einfluss von Weckerfunktion auf die Lösung 4 ist einleuchtend, da ja gerade dieses Kriterium ein Abheben gegenüber Variante 3 ermöglicht. Würde das Gewicht verkleinert, könnte tatsächlich Variante 3 bedeu-

tend besser abschneiden.

- Wie ich bereits erwähnt habe, handelt es sich bei diesen Zusatzfunktionen des Dimmers um etwas sehr Zentrales, und die Gewichtung von Weckerfunktion scheint mir damit in Ordnung zu sein.

*Entscheid-Empfehlung mit Begründung*

Die Kosten-Nutzen Analyse zeigt deutlich, dass sich die Variante 4 mit einem Prozessor und einer Anzeige stark von den anderen Lösungsvarianten absetzt. Diese Lösung zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie die meisten Forderungen gemäss Anforderungsliste erfüllt und über die als sehr wichtig eingestuften zusätzlichen Weckfunktionen verfügt. Die Kriterien, die die Variante schlecht erfüllt, sind entweder Wünsche oder nicht stark gewichtete Anforderungen. Es wird deshalb die Variante 4 vorgeschlagen.

Im Problemlösungszyklus nimmt die Auswahl der richtigen Lösungsvariante

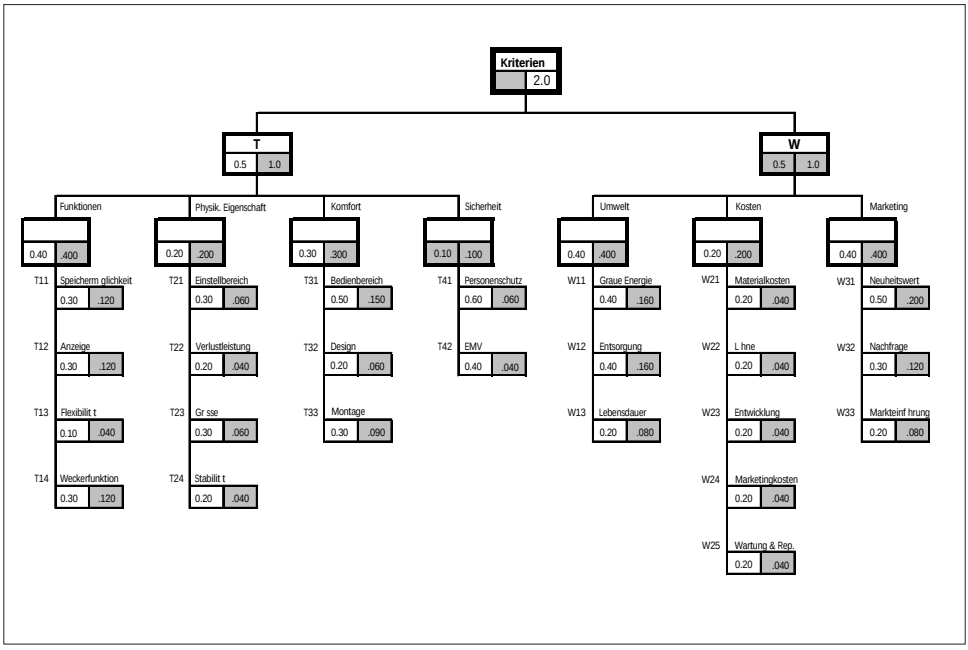



*Abb. 12: Zielkriteriendiagramm nach Zangemeister in einem Spread-sheet*

eine wichtige Stellung ein. Als geeignete Methode bietet sich für die operationalisierte (messbare und nachvollziehbare) Aufbereitung der Entscheidungsgrundlagen die Kosten-Nutzen-Analyse an.

## 4. Erfahrungen und Schlussdiskussion

Seit vier Jahren unterrichte ich das vorgestellte Schulungsprojekt in dieser Art. Die Grundidee des begleitenden Entwicklungsprojektes ist sogar schon acht

| T12 | |
|---|---|
| **Anzeige** | **P.** |
| Keine | 0 |
| LED ein/aus | 1 |
| Schalterstellung | 2 |
| LED pro Funktion | 3 |
| LED Balkenanzeige f r Helligkeit | 4 |
| Analoge Anzeigen f r Zeit und Helligkeit | 5 |
| <4 7-Segmentanzeige | 6 |
| >=4 7-Segmentanzeige | 7 |
| Alphanumerisch. Display | 8 |
| Grafikdisplay | 9 |
| Bildschirm | 10 |

| T31 | |
|---|---|
| **Bedienkomfort** | **P.** |
| Nicht bedienbar | 0 |
| Nur vom Entwickler bedienbar | 1 |
| Nur vom Fachmann bedienbar | 2 |
| Kurse n tig | 3 |
| Intensives Studium Bedienungsanleitung | 4 |
| Mit Bedienungsanleitung innerhalb von 15 Min | 5 |
| Mit Bedienungsanleitung innerhalb 5 Min | 6 |
| Mit Hilfssoftware | 7 |
| Ohne Bedienungsanleitung | 8 |
| Allgemein bekanntes Vorgehen | 9 |
| Keine Bedienung n tig | 10 |

| W12 | |
|---|---|
| **Entsorgung** | **P.** |
| ≤100% Sonderm ll | 0 |
| <20%Sonderm ll | 1 |
| <10% Sonderm ll | 2 |
| <5% Sonderm ll | 3 |
| <1% Sonderm ll | 4 |
| nur Elektrom ll | 5 |
| 50% recyclierbar, 50% Elektrom ll | 6 |
| 80% recyclierbar, 20 % Elektrom ll | 7 |
| 100% recyclierbar | 8 |
| kompostierbar | 9 |
| kein R ckst nde | 10 |

| W13 | |
|---|---|
| **Lebensdauer** | **P.** |
| nie betriebsf hig | 0 |
| 100 h | 1 |
| < 1 Monat | 2 |
| < 4 Monat | 3 |
| < 1 Jahr | 4 |
| < 2 Jahre | 5 |
| < 4 Jahre | 6 |
| < 8 Jahre | 7 |
| < 16 Jahre | 8 |
| 30 Jahre | 9 |
| unbegrenzt | 10 |

Jahre alt und hat sich dauernd weiterentwickelt. Ich bin der Meinung, dass sich das Projekt bewährt. Voraussetzung dazu scheint mir aber die kontinuierliche Anpassung an das mögliche Unterrichtstempo, die persönlichen Interessen der Studierenden und die fortschreitende Innovation in der Elektronik zu sein.

In seiner Ganzheitlichkeit scheint das vorgestellte Projekt Dimmer die Studierenden zu motivieren. Ich möchte aber nicht verschweigen, dass ich trotz des Praxisbezugs immer wieder Motivationsprobleme feststellen muss, weil die Teilarbeiten neu, zum Teil auch schwierig und gelegentlich immer noch zu abstrakt sind. Zum Abschluss meines Beitrags möchte ich die folgenden Erfahrungen weitergeben:

- Ein möglichst breites und intensives, systemisches Denken zu Beginn des Projektes ist für eine erfolgreiche Projektabwicklung zentral.
- Die Weitsichtigkeit im Systemdenken kann nur bei intrinsischer Motivation und entsprechender Bereitschaft zum Hinterfragen des Vorgehens in der Systemgestaltung erfolgreich sein. Dies gilt gleichermassen für die Studierenden wie auch ganz allgemein für Projektverantwortliche.
- Die Tendenz, ohne langwierige Vorbetrachtungen möglichst schnell zum Ziel kommen zu wollen, ist meiner Meinung nach nicht einfach Fahrlässig-

keit, sondern eine verständliche, menschliche Realität. Die gute Methodikausbildung und die eigene Motivation scheinen wichtige Voraussetzungen zu sein, um den Zeitaufwand für das so wichtige, methodische Vorgehen leisten zu können.

- Für einen überzeugenden Methodikunterricht nach Systems Engineering sind umfangreiche Diskussionen mit den Studierenden wichtig. In «sokratischen Gesprächen» sollen mit Fragen der Art «was wäre wenn?» Varianten durchgespielt werden, denn aus Zeitgründen sind ja nicht alle Erfahrungen machbar.
- Unterricht in Methodik wird immer ein Abwägen zwischen der Behandlung von kleinen, exemplarischen und konkreten Beispielen einerseits und eher grossen und komplexen Beispielen andererseits sein. Die ersten sind anschaulich, bewirken im Hinblick auf das Verständnis von SE wenig, die Letzteren, bei denen SE Sinn machen würde, sind aber im verfügbaren Zeitrahmen nicht durchführbar.
- Ich versuche die Einsicht zu vermitteln, dass mittels richtiger Anwendung von Systems Engineering die Wahrscheinlichkeit für eine gute und zeiteffiziente Zielerreichung in den Projekten steigt.
- Das Bewusstsein über die genannten Punkte ist für einen guten didaktischen Ansatz in der Methodikschulung hilfreich.
- Systems Engineering eignet sich übergeordnet sowohl für die Hardware- wie Software-Entwicklung. Die Grundhaltung und das Vorgehen sind weitgehend identisch. Die Werkzeuge sind dabei verschieden.

Der Transfer und die Verfeinerung des SE durch die Anwender in die jeweiligen Arbeitsgebiete scheint mir sehr wichtig zu sein. Es macht Sinn, die SE-Inhalte für die eigenen Bedürfnisse konkret nutzbar zu machen.

**SE-Hinweis**

## Technische Nutzwertmatrix

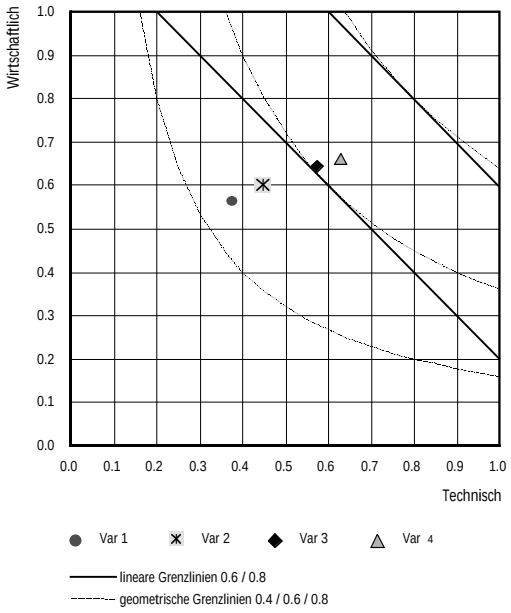
| Nr. | $g_i$ [%] | Kriterium / Dimension [...] | Variante 1: DIAC $[z_i1]$ | $[w_i1]$ | $[n_i1]$ | Variante 2: diskrete Digitaltechnik $[z_i2]$ | $[w_i2]$ | $[n_i2]$ | Variante 3: ASIC/CPLD $[z_i3]$ | $[w_i3]$ | $[n_i3]$ | Variante 4: Prozessor $[z_i4]$ | $[w_i4]$ | $[n_i4]$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T11 | 12 | Speicherm glichkeit | <= 1 | 0 | 0.00 | < 5 ohne Zeit | 5 | 0.60 | < 5 ohne Zeit | 5 | 0.60 | < 5 mit Zeit | 6 | 0.72 |
| T12 | 12 | Anzeige | Knopfstellung | 2 | 0.24 | keine | 0 | 0.00 | <4 7-Seg. | 6 | 0.72 | 4 7-Segment | 7 | 0.84 |
| T13 | 4 | Flexibilit t | mehrer Angebote | 2 | 0.08 | Print nderung | 1 | 0.04 | Software (VHDL) | 5 | 0.20 | Software - Baukasten | 6 | 0.24 |
| T14 | 12 | Weckerfunktion | keine | 0 | 0.00 | keine | 0 | 0.00 | Eine Ein/Aus | 5 | 0.60 | 4 freie Zeiten mit Helligkeit | 9 | 1.08 |
| T21 | 6 | Einstellbereich % | 15-90 | 5 | 0.30 | 0-100 | 9 | 0.54 | 5-95 | 7 | 0.42 | 5-95 | 7 | 0.42 |
| T22 | 4 | Verlustleistung W | < 0.5 | 8 | 0.32 | < 1 | 7 | 0.28 | < 0.5 | 8 | 0.32 | < 1 | 7 | 0.28 |
| T23 | 6 | Gr sse | Unterputz - kasten | 7 | 0.42 | <1 dm3 | 5 | 0.30 | <0.2 dm3 | 6 | 0.36 | <0.2 dm3 | 6 | 0.36 |
| T24 | 4 | Stabilit t | schlagfest | 5 | 0.20 | schlagfest | 5 | 0.20 | schlagfest | 5 | 0.20 | schlagfest | 5 | 0.20 |
| T31 | 15 | Bedienkomfort | allgemein bekannt | 7 | 1.05 | Anleitung 5min | 6 | 0.90 | Anleitung 15min. | 5 | 0.75 | Anleitung intensiv | 4 | 0.60 |
| T32 | 6 | Design | div. Frontplatten | 7 | 0.42 | Entwickler | 5 | 0.30 | Entwickler | 5 | 0.30 | Entwickler | 5 | 0.30 |
| T33 | 9 | Montage | einfach, Fachmann | 3 | 0.27 | Ohne Werkzeug | 7 | 0.63 | Steckbar | 9 | 0.81 | Steckbar | 9 | 0.81 |
| T41 | 6 | Personenschutz | Ber hrungs-schutz | 5 | 0.30 | FI-gesch tzt | 8 | 0.48 | Ber hrungs-schutz | 5 | 0.30 | Ber hrungs-s chutz | 5 | 0.30 |
| T42 | 4 | EMV | aufwendige Entst rung | 4 | 0.16 | Entst rung | 5 | 0.20 | aufwendige Entst rung | 4 | 0.16 | aufwendige Entst rung | 4 | 0.16 |
| | | Gewichte = 1.0 | | ni1= | 3.76 | | ni2= | 4.47 | | ni3= | 5.74 | | ni4= | 6.31 |
| | | Technische Wertigkeiten: | Wt1= | | 0.38 | Wt2= | | 0.45 | Wt3= | | 0.57 | Wt4= | | 0.63 |

## Wirtschaftliche Nutzwertmatrix

| Nr. | $g_i$ [%] | Kriterium / Dimension [.....] | Variante 1: DIAC $[z_i1]$ | $[w_i1]$ | $[n_i1]$ | Variante 2: diskrete Digitaltechnik $[z_i2]$ | $[w_i2]$ | $[n_i2]$ | Variante 3: ASIC/CPLD $[z_i3]$ | $[w_i3]$ | $[n_i3]$ | Variante 4: Prozessor $[z_i4]$ | $[w_i4]$ | $[n_i4]$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W11 | 16 | Graue Energie | minimal | 7 | 1.12 | sehr klein | 6 | 0.96 | klein | 5 | 0.80 | klein | 5 | 0.80 |
| W12 | 16 | Entsorgung | 80% Recycling | 7 | 1.12 | 50% Recycling | 6 | 0.96 | nur Elektrom ll | 5 | 0.80 | nur Elektrom ll | 5 | 0.80 |
| W13 | 8 | Lebensdauer Jahr | 20 | 8.5 | 0.68 | 10 | 7.5 | 0.60 | 8 | 7 | 0.56 | 5 | 6 | 0.48 |
| W21 | 4 | Materialkosten Fr. | 10 | 8 | 0.32 | 50 | 7.5 | 0.30 | 80 | 7 | 0.28 | 180 | 6 | 0.24 |
| W22 | 4 | L hne Fr. | 900 | 5 | 0.20 | 1500 | 4 | 0.16 | 1700 | 3 | 0.12 | 2300 | 2 | 0.08 |
| W23 | 4 | Entwicklung Fr. | 5000 | 9 | 0.36 | 25000 | 6.5 | 0.26 | 30000 | 6 | 0.24 | 35000 | 5.5 | 0.22 |
| W24 | 4 | Marketingkosten Fr. | 5000 | 8.5 | 0.34 | 10000 | 8 | 0.32 | 30000 | 7 | 0.28 | 50000 | 6 | 0.24 |
| W25 | 4 | Wartung & Rep. Fr./J | < 0.20 | 8 | 0.32 | < 1 | 6 | 0.24 | < 0.50 | 7 | 0.28 | < 0.50 | 7 | 0.28 |
| W31 | 20 | Neuheitswert | seit 20 Jahren | 1 | 0.20 | recht neu | 6 | 1.20 | sehr neu | 9 | 1.80 | sehr neu | 9 | 1.80 |
| W32 | 12 | Nachfrage | Wenn billig | 2 | 0.24 | geringe | 3 | 0.36 | recht gross | 6 | 0.72 | sehr gross | 9 | 1.08 |
| W33 | 8 | Markteinf rung Mt. | < 2 | 9 | 0.72 | < 6 | 8 | 0.64 | < 12 | 7 | 0.56 | < 12 | 7 | 0.56 |
| | | Gewichte = 1.0 | | ni1= | 5.62 | | ni2= | 6.00 | | ni3= | 6.44 | | ni4= | 6.58 |
| | | Wirtschaftliche Wertigkeiten: | Ww1= | | 0.56 | Ww2= | | 0.60 | Ww3= | | 0.64 | Ww4= | | 0.66 |

*Abb.14: Beispiele für die technische und wirtschaftliche Nutzwertmatrix*

**Gabriel Caduff**




| | | Mittelwerte | | Teilnutzwerte | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | linear | geometrisch | T | W |
| **Variante 1:** | DIAC | **0.47** | **0.46** | 0.38 | 0.56 |
| **Variante 2:** | diskret digital | **0.52** | **0.52** | 0.45 | 0.60 |
| **Variante 3:** | ASIC/CPLD | **0.61** | **0.61** | 0.57 | 0.64 |
| **Variante 4:** | Prozessor | **0.64** | **0.64** | 0.63 | 0.66 |

*Alle Unternehmen, die mit einem Volvo im Lauf von dessen «Leben» zu tun haben, müssen ein Umweltmanagementsystem nach den Vorgaben des Volvo Environmental Management System*

*einführen. Dessen Umsetzung muss für die Importeure bis im Jahr 2000 und für die Vertreter bis 2002 abgeschlossen sein. 1998 wird in der Schweiz die Suche nach einer Lösung gestartet, wie ein wirksames Umweltmanagementsystem sowohl bei der Volvo Automobile (Schweiz) AG (VASAG) als auch bei allen achtzig Volvo-Vertretern rasch und mit möglichst wenig Ressourcenbedarf aufgebaut, eingeführt und betrieben werden kann.*

*Dank der Anwendung von Systems Engineering und insbesondere dank einer umfassenden Situationsanalyse gelingt es trotz erschwerter Rahmenbedingungen, zielgerichtet eine wirtschaftliche Lösung zu finden, welche in der Zertifizierung des Importeurs nach ISO 14001 und der Vergabe eines neu entwickelten Umweltlabels nach ISO 14024 an die Vertretungen liegt.*

## Einführung von Umweltmanagementsystemen bei Volvo

SE-Hinweis

Anfang 1998 stand die Umweltbeauftragte der VASAG, Frau Lotta Stridbeck, vor vielen Fragen. Welche Elemente braucht es für ein Umweltmanagementsystem? Wie können diese umgesetzt werden? Wie organisiert man die Einführung bei den Vertretern? usw. Nach kurzer Zeit wurde ihr klar, dass die Umsetzung eines Umweltmanagementsystems erstens nicht so einfach war, wie ursprünglich gedacht und, dass zweitens für die Lösung zusätzliches Wissen und ein systematisches Vorgehen nötig wird.

Ich lernte Lotta Stridbeck im Herbst 1998 während einer Veranstaltung in Adelboden kennen. Sie begann von ihren Aufgaben bei Volvo zu erzählen und dass sie Unterstützung brauche. Da Umweltmanagement mein Arbeitsgebiet ist, konnte ich sie überzeugen, dass ich ihr die gesuchte Unterstützung geben könne. Die Idee, zunächst ein Konzept unter Anwendung der Methodik Systems Engineering zu erarbeiten, war schon nach kurzer Diskussion akzeptiert.

### 1. Was ist ein Umweltmanagementsystem?

Ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 hat die kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung von Aktivitäten, Produkten und Dienstleistungen eines Unternehmens zum Ziel. Um dieses zu erreichen, sind vor allem verschiedene Managementaktivitäten im Unternehmen einzuführen und periodisch anzuwenden. Im Vordergrund stehen Führungsaufgaben wie Planen, Entscheiden, Ausführen und Kontrollieren (Abb. 1), die im Folgenden einzeln kommentiert werden.

- Gemäss den Forderungen der ISO 14001 sind vor allem dort Verbesserungen vorzunehmen, wo im Einflussbereich der Organisation die grössten

Umweltbelastungen anfallen. Tätigkeiten, Produkte oder Dienstleistungen, die eine bedeutende Auswirkung auf die Umwelt haben, sind daher zu Beginn zu ermitteln, beurteilt wird der gesamte Produktlebensweg (vgl. Bestimmen bedeutender Umweltaspekte).

- Mit der Einführung eines Umweltmanagementsystems verpflichtet sich das Unternehmen auch zur Einhaltung der Umweltschutzgesetze. Dies ist mit einem definierten Verfahren regelmässig zu überprüfen. Die Eigenverantwortlichkeit des Unternehmens tritt so gegenüber dem Vollzug durch die Behörden in den Vordergrund (vgl. Überprüfung der Umweltrechtskonformität).
- Umweltrelevante Anliegen interessierter Kreise sind zu erfassen und zu beurteilen. Zu den interessierten Kreisen zählen Einzelpersonen oder Gruppen, die sich von der Umweltleistung des Unternehmens betroffen fühlen (vgl. Anforderungen interessierter Kreise).
- Um möglichen Umweltauswirkungen von Notfällen vorzubeugen, sind Risiken zu erfassen und geeignete Massnahmen zu planen, umzusetzen und nach Möglichkeit zu erproben (vgl. Notfallvorsorge und -massnahmen).
- Die Umweltpolitik definiert den Stellenwert des Umweltschutzes innerhalb des Unternehmens und drückt die Wertvorstellungen der Unternehmensleitung aus. Wesentliche Inhaltspunkte der Umweltpolitik sind die Verpflichtung zur kontinuierlichen Verbesserung der Umweltleistung und die Einhaltung des Umweltrechts. Die Umweltpolitik muss der Öffentlichkeit zugänglich sein (vgl. Umweltpolitik).
- Damit die gestellten Forderungen auch bewältigt werden können, ist der aktuelle Ausbildungsstand mit dem erforderlichen Wissen zu vergleichen. Besteht eine Wissenslücke, ist diese zu beheben (vgl. Schulungsbedürfnisse).
- Umweltziele müssen im Einklang mit der Umweltpolitik und auf Basis der oben genannten Forderungen zur Verbesserung der Umweltleistung formuliert werden. Eine geringe Anzahl von überprüfbaren und klar abgegrenzten Zielen zeigt in der Regel die beste Wirkung. Wie, mit welchen Mitteln und durch wen die festgelegten Ziele erreicht werden sollen, zeigen die Umweltprogramme auf. Werden ökologische Verbesserungen effektiv und effizient umgesetzt, so resultieren auch ökonomische Verbes-

serungen (vgl. Umweltziele und Umweltprogramme).

- Die oberste Leitung entscheidet anhand der betrieblichen Möglichkeiten, welche Ziele und Programme umgesetzt werden sollen und erteilt die entsprechenden Aufträge. Diese so genannte Management View ist integrierter Bestandteil der Budgetgenehmigung (vgl. Management View [Budget]).
- Umweltprogramme sind Projekte, die nach den Regeln des Projektmanagements umgesetzt werden können (vgl. Projekte durchführen).
- Um die Nachvollziehbarkeit der Aufgaben sicherzustellen, sind diese zu dokumentieren und zu kommunizieren (vgl. Kommunikation und Dokumentation).
- Mit dem Audit als Kontrollinstrument wird die Einhaltung der Anforderung der Norm ISO 14001 überprüft. Darin enthalten ist insbesondere auch die Überprüfung der Erfüllung der Umweltziele und Umweltprogramme. Es wird zwischen internen und externen Audits unterschieden. Zu den externen Audits zählen die Zertifizierungen und die Wiederholaudits einer Zertifizierungsgesellschaft (vgl. Audit).
- Im Management Review wird das Umweltmanagement als Ganzes und im Zusammenspiel mit anderen betrieblichen Tätigkeiten durch die oberste Leitung beurteilt. Anhand der daraus resultierenden Informationen werden die einzelnen Systemelemente beurteilt und gegebenenfalls angepasst. Mit der Durchführung eines Management Review wird gemäss ISO 14001 der Prozess der kontinuierlichen Verbesserung durch die Formulierung neuer Ziele und Programme von neuem gestartet. Die Management Review ist in der Regel Bestandteil der Rechnungsabnahme (vgl. Management Review [Rechnung]).



## 2. Der Auftrag wird erteilt

Bis Lotta Stridbeck die Genehmigung für den definitiven Projektstart erteilt wurde, verstrich einige Zeit. Die Geschäftleitung der VASAG war bezüglich des zu erwartenden Resultates nicht einfach zu überzeugen. Gewünscht wurde nicht irgendein Konzept, sondern eindeutige Resultate, nämlich zertifizierte Managementsysteme. Die Einführung von Umweltmanagementsystemen bei den 80

Volvo-Vertretern in der Schweiz wäre aber nur mit erheblichem Aufwand möglich und insbesondere für kleine Betriebe kaum verkraftbar. Der Forderung, wonach sämtliche Vertreter ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem ausweisen müssen, liegen schwedische Verhältnisse zu Grunde. In Schweden zählen Volvo-Vertreter zwischen 100 und 300 Beschäftigte, in der Schweiz dagegen nur zwischen 5 und 30.

Eine erste Kostenschätzung überzeugte den damaligen Generaldirektor der VASAG, Hans E. Eklund, von der Notwendigkeit eines fundierten Konzeptes. Im Februar 1999 erteilte er dann den schriftlichen Auftrag zur Erarbeitung eines Konzeptes zur Umsetzung eines effektiven und effizienten Umweltmanagementsystems bei den Volvo-Vertretern, welches die Anforderungen des Volvo Environmental Management System (VEMS) erfüllte und gleichzeitig die spezifischen Bedingungen in der Schweiz berücksichtigte. Tatsächlich hatten wir jedoch die Arbeiten bereits nach einer mündlichen Zusage im Dezember 1998 in Angriff genommen.

> Die Klärung der Aufgabenstellung zu Beginn eines Projektes hat zentrale
> Bedeutung. Das Beispiel zeigt hier deutlich, dass durch die systematischere Aufgabenanalyse und durch die möglicherweise angepasste Aufgabenstellung weitergehende Lösungsbereiche für das Projekt erschlossen werden können. Der Lösungsraum ist damit grösser, und wirklich neuartige Lösungen sind nun möglich. Im vorliegenden Planungsbeispiel gibt es Raum für innovative Lösungen.

Nach der Auftragserteilung machten sich Lotta – entsprechend den schwedischen Gepflogenheiten wird geduzt – und ich daran, die Arbeiten zu planen. Situationsanalyse, Zielformulierung und Auswahl von Lösungen wurden samt ihren Elementen auf die nächsten vier Monate verteilt. Aus Erfahrung räumten wir für die Situationsanalyse mehr als die Hälfte der Zeit ein, also mehr als zwei Monate. Bereits jetzt wurden diverse Arbeitssitzungen festgelegt, darüber hinaus zwei Projektmanagementsitzungen mit unserem Koreferenten. Der Koreferent beurteilte als Drittperson das Projekt bezüglich Fortschritt und Inhalt. Ausserdem wurden Sitzungen mit für uns wichtigen Stellen vereinbart. Dies waren eine Auswahl von Volvo-Vertretern, eine Zertifizierungsgesellschaft und die

Schweizerische Akkreditierungsstelle.

Die erste Projektphase wurde in Anlehnung an den Problemlösungszyklus strukturiert. Relativ viel Zeit wurde für die Situationsanalyse eingesetzt. Im vorliegenden Fall war dies notwendig, weil die eigentliche Stossrichtung, für die konkrete Lösung noch nicht bekannt war. Mit den intensiven, nach aussen gerichteten Analysen sollte sichergestellt werden, dass die Lösung ins Umfeld integrierbar und lebensfähig war. Typischerweise treten solche Schwerpunkte bei der Situationsanalyse in Vor- und allenfalls Hauptstudien auf.

## 3. Bearbeitung der Studie

### *3.1 Situationsanalyse*

Eine der ersten Arbeiten war die Systemabgrenzung. Als Kriterium für diese Abgrenzung wurde die Beeinflussbarkeit der Elemente herangezogen, wobei wir die Grenze tendenziell eher weit legten (Abb. 2).

*Abb. 2: Darstellung des VASAG-Umweltmanagementsystems mit den beinflussenden Elementen*

Die Systemabgrenzung soll denjenigen Bereich sichtbar machen, der im Projekt verändert werden darf, Freiheitsgrade, die das Projektteam hat oder eben nicht hat. Die Systemabgrenzung hat aber noch einen weiteren, nicht zu unterschätzenden Effekt. Durch die Modellbildung entstehen bei den Projektbeteiligten gemeinsame Vorstellungen vom zu gestaltenden System wie auch vom relevanten Umfeld. Diese sind Basis für die spätere erfolgreiche Zusammenarbeit.

In einem nächsten Schritt wurden die in der Abb. 2 dargestellten Elemente auf ihren Inhalt und ihre Beziehungen zu weiteren Elementen sowie zu den Forderungen eines Umweltmanagementsystems untersucht. Die wichtigsten Erkenntnisse waren: Erstens, die Vorgaben des VEMS deckten sich im Wesentlichen mit den Forderungen der ISO 14001 bzw. der europäischen Umweltaudit-Verordnung (EMAS). Zweitens wurde eine Zertifizierung bzw. Validierung durch eine unabhängige Stelle gefordert.

Den kritischsten Faktor stellten die Vertreter dar. Es standen dort kaum fi-

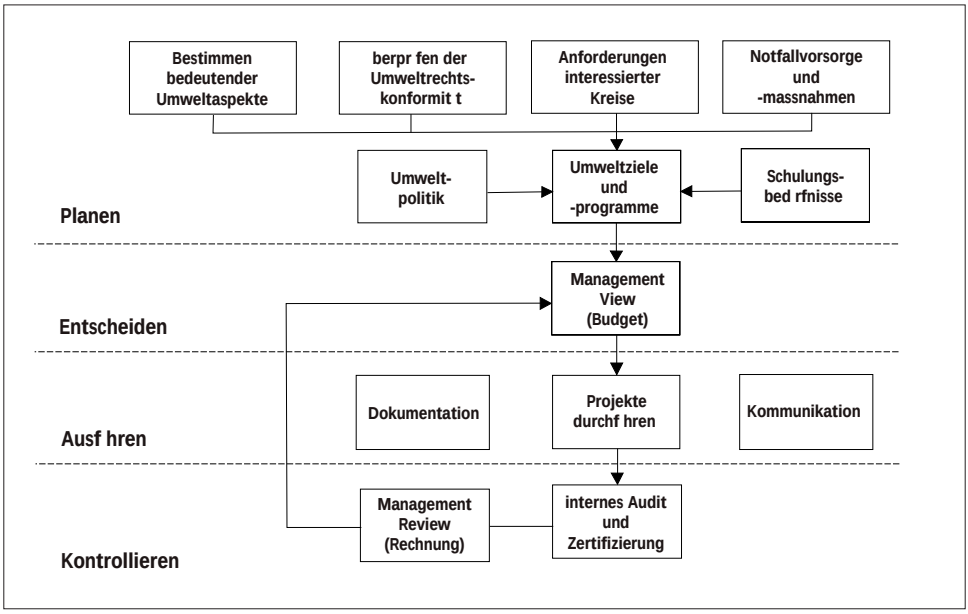



*Abb. 1: Die wesentlichen Elemente eines Umweltmanagementsystems nach ISO 14001*

nanzielle oder personelle Ressourcen für die Einführung eines Umweltmanagementsystems zur Verfügung.

Der Blick über die Landesgrenzen hinaus führte zu keinen neuen Erkenntnissen. Andere europäische Länder waren, abgesehen von Skandinavien, bezüglich der Einführung eines Umweltmanagementsystems nicht weiter. Die skandinavischen Erfahrungen konnten, wie bereits ausgeführt, nicht auf die schweizerischen Verhältnisse übertragen werden.

Eine wesentliche Randbedingung für ein Umweltmanagementsystem nach ISO ist, dass sich die Zertifizierung auf eine in sich geschlossene Organisation bezieht, die eine eigene Funktion und Verantwortung hat. Dies bedeutete, dass eine Gesamtzertifizierung aller Vertreter gemeinsam nicht möglich war.

Die Norm ISO 14001 ist nicht die einzige Norm im Bereich des Umweltmanagements. Aus der gesamten Normenfamilie, bestehend aus über 20 Normen, war für unsere Aufgabe insbesondere die ISO 14020 ff., Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (kurz: Umweltlabel), von Interesse. Für ein Umweltlabel vom Typ I (ISO 14024) können, solange bestimmte Voraussetzungen eingehalten sind, verschiedene Anforderungen formuliert werden. Eine unabhängige Stelle verleiht dann jeder interessierten Organisation das Label, wenn

diese die formulierten Anforderungen erfüllt

Die Situationsanalyse beschränkt sich nicht nur auf das zu gestaltende System. Vielmehr geht es auch darum, wichtige Einflussgrössen im Umfeld zu erkennen und deren Wirkung abzuschätzen.

### *3.2 Welche Ziele verfolgen wir?*

Auf Basis der Situationskenntnisse vereinbarten wir gemeinsam mit der Geschäftsleitung der VASAG folgenden Zielkatalog (Tab. 1):

Der vorliegende Zielkatalog zeigt, was mit der neuen Lösung erreicht bzw. vermieden werden soll. Mit 10 System- und 2 Vorgehenszielen (mit zeitlichem Bezug) ist er für die Projektbeteiligten hinreichend detailliert und zudem überschaubar. Durch die Nennung der Zielart wird im Weiteren ersichtlich, welche Ziele zwingend (d. h. Muss-Ziele und Restriktionen) und welche nicht zwingend (Wunsch- und Optimierungsziele) sind. Im Weiteren zeigen die Randbedingungen auf, welche Begebenheiten für das vorliegende Projekt unveränderlich sind. Der Zielkatalog sollte vom Auftraggeber abgesegnet werden.

### *3.3 Welche Lösungen kommen in Frage?*

Im Rahmen der Lösungssuche wurde eine Reihe von Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Einige dieser Lösungsideen mussten jedoch wieder fallen gelassen werden, da zwingende Ziele und auch Randbedingungen nicht eingehalten werden konnten.

Beim «phasenweisen Entwickeln und Ausscheiden von Lösungsideen» wird in einem ersten Schritt der Konzeptsynthese in der vollen Breite nach Lösungsideen gesucht. Diese werden mit den zwingenden Zielen bzw. mit den vorhandenen Randbedingungen verglichen. Untaugliche Lösungsideen werden sofort verworfen, währenddem die anderen weiter detailliert bzw. konkretisiert werden.

Nachfolgend sind einige der entwickelten Varianten beschrieben:

*Variante Gesamtzertifizierung:*

Um den Aufwand für die Einführung, Aufrechterhaltung und Zertifizierung auf ein Minimum zu reduzieren, könnten die VASAG und all ihre Vertreter in einem einzigen Umweltmanagementsystem zusammengefasst werden, welches anschliessend zertifiziert wird.

*Konzeptanalyse:* Die Variante erfüllt die ISO-Regel nicht, wonach für ein einziges Zertifikat nicht verschiedene, eigenständige Unternehmen zusammengefasst werden dürfen (Unhabhängigkeitsprinzip der EN 45012 (mod. für UMS),
EA-7/02 und SAS N 511.d).

*Variante Einzelzertifizierung:*
Die VASAG selbst und die Vertreter führen je ein eigenes Umweltmanagementsystem ein. Diese Umweltmanagementsysteme werden anschliessend einzeln zertifiziert.

*Konzeptanalyse:* Diese Variante verletzt keine ISO-Regeln. Allenfalls können die im Zielkatalog vorgegebenen Einführungs- und Unterhaltskosten nur eingehalten werden, wenn bei der Einführung und beim Unterhalt der Systeme Synergien genutzt werden können.

*Variante Gruppenzertifizierung:*
Unabhängige Zertifizierung der VASAG nach ISO 14001 und Zusammenfassung gleichartiger Vertreter in eine Gruppe, für welche ein Umweltmanagementsystem aufgebaut wird. Zur Zertifizierung gelangen die VASAG und die einzelnen Gruppen.

*Konzeptanalyse:* Diese Variante erfüllt die ISO-Regel nicht, wonach für ein einziges Zertifikat nicht verschiedene eigenständige Unternehmen zusammengefasst werden dürfen (Unhabhängigkeitsprinzip der EN 45012 (mod. für UMS), EA-7/02 und SAS N 511.d).

*Variante Teilzertifizierung:*
Die VASAG baut ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 auf. In diesem System sind Mechanismen eingebaut, wie Umweltanforderungen für die Vertreter ermittelt, kommuniziert und geprüft werden. Es wäre auch denkbar, dass die VASAG bei ihren Vertretern Umweltaudits durchführt.

*Konzeptanalyse:* Diese Variante widerspricht der VEMS-Forderung, wo-

nach die Vertreter durch eine unabhängige, dritte Stelle zertifiziert werden müssen.

*Variante Eigenzertifizierung:*
Die VASAG führt bei sich ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 ein und lässt sich als Zertifizierungsstelle akkreditieren. Die VASAG erhält so die Möglichkeit, ihre Vertreter zu zertifizieren.

*Konzeptanalyse:* Diese Variante widerspricht der VEMS-Forderung, wonach die Vertreter durch eine unabhängige, dritte Stelle zertifiziert werden müssen. Die Lösung erfüllt allerdings die ISO-Regeln.

SE-Hinweis

*Variante Umweltlabel nach ISO 14024:*
Die VASAG führt ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 ein. Für die Vertreter wird ein Umweltlabel nach ISO 14024 entwickelt, welches die Forderungen des VEMS beinhaltet. Die Zertifizierung der Vertreter kann über eine unabhängige, dritte Stelle erfolgen.

*Konzeptanalyse:* Das Umweltlabel kann so gestaltet werden, dass sämtliche Randbedingungen erfüllt werden können.

### *3.4 Fazit aus der Lösungssuche:*

Einzig die Lösungen Einzelzertifizierung und Umweltlabel blieben. Diese zwei Varianten werden nachfolgend ausführlicher beschrieben.

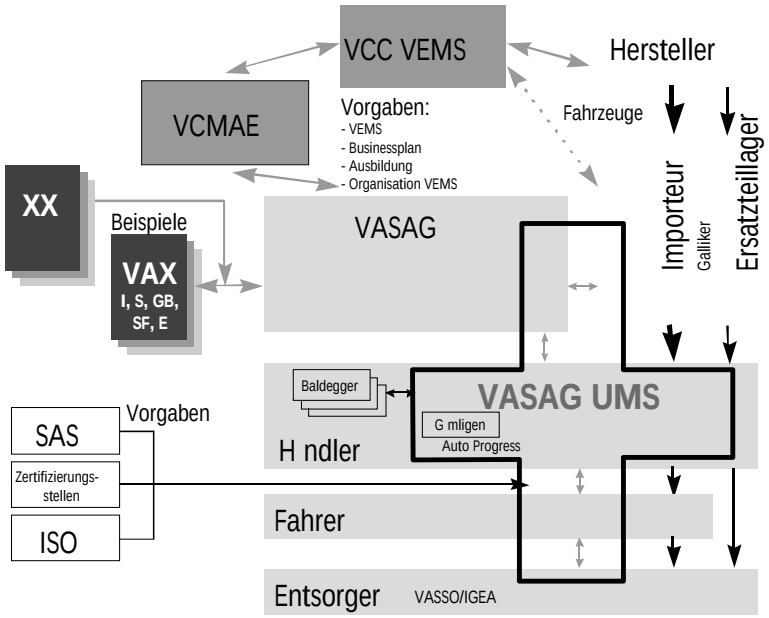
*Interpretation der Variante Einzelzertifizierung*
Bei dieser Variante führen die VASAG und die Volvo-Vertreter ein Umweltmanagementsystem nach den Vorgaben der ISO 14001 und VEMS ein und werden einzeln als unabhängige Einheiten nach ISO 14001 zertifiziert.

SE-Hinweis

Die Einführung der Umweltmanagementsysteme sollte bei dieser Variante sinnvollerweise in zwei Phasen erfolgen. In der ersten Phase soll für die VASAG selbst und für ein bis zwei Vertreter ein UMS eingeführt werden. Aufbauend auf den Erfahrungen dieser Einführung, wird in einer zweiten Phase die Einführung

der UMS bei den restlichen Garagen durchgeführt. Um den Synergieeffekt optimal zu nutzen, ist die Einführung und Zertifizierung in der zweiten Phase bei allen Beteiligten zeitlich in Übereinstimmung zu bringen.

Die Einführung der Umweltmanagementsysteme kann durch regelmässige Workshops unterstützt werden. Zwischen den einzelnen Workshops sind gewisse Aufgaben von den Umweltverantwortlichen der Garagen selbständig zu




**Legende:**

| | |
|---|---|
| VCC: | Volvo Car Corporation |
| VCMAE: | Volvo Cars Market Area Europe |
| SAS: | Schweizerische Akkreditierungsstelle |
| VASSO: | Vereinigung der offiziellen Autosammelstellen-Halter der Schweiz und FL |
| VEMS: | Volvo Environmental Management System |
| VAX: | Volvo Automobile im Land X |
| ISO: | International Organisation for Standardization |
| IGEA: | Stiftung f r umweltgerechte Entsorgung von Motorfahrzeugen |

erledigen. Für eine optimale Gruppengrösse von 5 bis 10 Teilnehmern pro Workshop können einzelne Regionen zum Beispiel nach Sprache zusammengefasst werden.

SE-Hinweis

*Interpretation der Variante Umweltlabel*

Bei der Variante Umweltlabel führt nur die VASAG ein Umweltmanagement nach ISO 14001 ein und lässt dieses durch eine externe Zertifizierungsstelle zertifizieren. Zusätzlich erlässt sie Anforderungen an die Umweltmanagementsysteme der Vertreter. Diese führen ihr Umweltmanagement nach diesen Anforderungen ein. Erfüllt ein Vertreter sie, so wird ihm dies von einer externen Zertifizierungsstelle mit einem ISO-konformen Label bestätigt.

Voraussetzung für die internationale Anerkennung des Labels ist die Überprüfung der von der VASAG selbst bestimmten Anforderungen durch eine externe Zertifizierungsstelle. Hierfür ist die Zertifizierungsstelle durch die schweizerische Akkreditierungsstelle zu legitimieren.

Die Umsetzung der Label-Vergabe kann in zwei grundsätzlich unterschiedliche Phasen aufgeteilt werden. Die erste Phase umfasst die Zertifizierung der VASAG nach ISO 14001, die zweite Phase die Definition und Vergabe des Labels. Die Vergabe des Labels kann analog zur Variante der Einzelzertifizierung vorerst an einem bis zwei Pilot-Vertretern vorgenommen werden. Um von den Synergien bei der Auditierung der Vertreter Gebrauch machen zu können, ist die Einführung zeitlich zu koordinieren.

Mit der Vergabe von Labels hat die VASAG grössere Einflussmöglichkeiten als mit der Einführung einzelner Umweltmanagementsysteme. Zusätzlich bietet das Label Differenzierungsmöglichkeiten gegenüber ISO-14001-Zertifikaten. Es besteht durchaus die Möglichkeit, die Anforderungen höher anzusetzen als die der Norm ISO 14001. Insbesondere können mit Labels konkrete, quantifizierte Anforderungen an die umweltorientierte Leistung geknüpft werden. Der beim Kunden bekannte Begriff ISO kommt auch für dieses Label zum Tragen.

Konkret liegen im vorliegenden Projekt zwei Handlungsalternativen vor, die die zwingenden Ziele und Randbedingungen einhalten. Diese beiden Varianten gilt es nun im Hinblick auf die Ziele des Auftraggebers zu beurteilen.

### *3.5 Beurteilung und Empfehlung*

Die Beurteilung der beiden Varianten richtet sich nach dem Zielkatalog. Wie aus

der Abb. 3 zu entnehmen ist, erfüllt die Variante Umweltlabel die gestellten Zielsetzungen mit Ausnahme des Kriteriums «Identifikation der Mitarbeiter mit dem (selbst) erarbeiteten UMS» besser als die Variante der Einzelzertifizierung.

Anlässlich einer Geschäftsleitungssitzung präsentierte Lotta am 29. März 1999 die beiden Varianten und ihre Vor- und Nachteile. Im Protokoll der Sitzung wurde abschliessend festgehalten:

«Die Geschäftsleitung der VASAG hat entschieden, die Erfüllung der VEMS-Anforderungen mit der Einführung eines Umweltmanagementsystems nach ISO 14001 für die VASAG und einem Label nach ISO 14024 für die Ver-

| Zielkatalog UMS Volvo Schweiz | | | |
|---|---|---|---|
| Zielobjekt: | Umweltmanagementsystem f r Importeur und Vertreter von Volvo Personenwagen | | |
| Zielklasse | Zielformulierung | Quantifizierung | Zielart |
| Finanzielle Ziele | minimale Gesamtkosten f r die Einf hrung des Systems erreichen | Personentage | O |
| | minimale Gesamtkosten f r den Unterhalt des Systems erreichen | Personentage | O |
| | minimale Einf hrungskosten f r den Vertreter verursachen | max. CHF 10000.— (inkl. interner Aufwand) | O+R |
| | minimale Unterhaltskosten f r den Vertreter verursachen | max. CHF 5000.— pro Jahr (inkl. interner Aufwand) | O+R |
| | finanziellen Nutzen maximieren | Paybackdauer max. 3 Jahre | O+R |
| Leistungsziele | maximale Wirksamkeit des Systems bei den Vertretern sicherstellen | Einflussm glichkeit von VASAG | O |
| | Synergien zu bestehenden Vorgehen m glichst gut nutzen | Anteil Nutzung bestehender Elemente | O |
| | Modularit t zu ISO 9000 sicherstellen | ja / nein | M |
| Sozialziele | Identifikation mit dem UMS der involvierten Mitarbeiter maximieren | Anteil selbst erarbeiteter Systemelemente | O |
| | Umweltanstrengungen den Kunden m glichst einfach kommunizieren | Bekanntheitsgrad der Auszeichnung | O |
| Vorgehensziele | Einf hrung UMS bei VASAG termingerecht abschliessen | bis sp testens Dezember 2000 | M |
| | Einf hrung UMS bei Vertreter termingerecht abschliessen | bis sp testens Dezember 2002 | M |
| Randbedingungen | Erf llen der VEMS-Anforderungen<br>Erf llen der ISO-Anforderungen | | R |

O = Optimierungsziel; R = Restriktion; M = Mussziel; W = Wunschziel

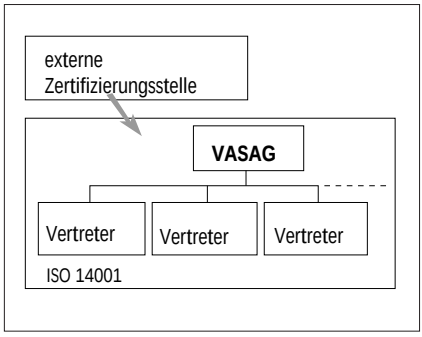
*Tab. 1: Zielkatalog*

ter sicherzustellen.»

er Entscheid zum Label, welcher vor allem auch von Hans E. Eklund getragen urde, lag zwar auf der Hand, war aber trotzdem mutig. Natürlich wurde vorängig auch das Einverständnis von Krister Larsson eingeholt, dem für Qualität nd Umwelt verantwortlichen Direktor der Volvo Car Corporation in Göteborg. Mit dem Label nach ISO 14024 haben aber alle Beteiligten Neuland betreten. Die Norm ISO 14024 wurde erst kurz zuvor publiziert. Wir konnten uns also nicht auf Erfahrungen abstützen. Dass der Entscheid richtig war, zeigte sich in der Umsetzung.

**SE-Hinweis**

Nach dem Entscheid der Geschäftsleitung ist nun das Konzept klar, d. h. die
Richtung, in welche das neue UMS zu entwickeln ist. Der Rahmen für die
Gesamtlösung ist festgelegt. Alle Systemteile, die in der Folge entwickelt und umgesetzt werden, haben sich diesem Rahmen unterzuordnen.
Obwohl die Lösung erst grob skizziert wurde, ist die Lösung in ihrer Wirkung mehrheitlich definiert. Im praktischen Arbeiten ist deshalb der frühen Phase von Projekten besondere Beachtung zu schenken. Für die weitere Konkretisierung der Lösung wie auch für die Planung der Umsetzung der einzelnen Systemelemente kann wieder auf die Methodik Systems Engineering zurückgegriffen werden. Konkret kann der zuvor geschilderte Problemlösungszyklus für die Entwicklung des UMS wie auch für die Gestaltung des Umweltlabels verwendet werden.

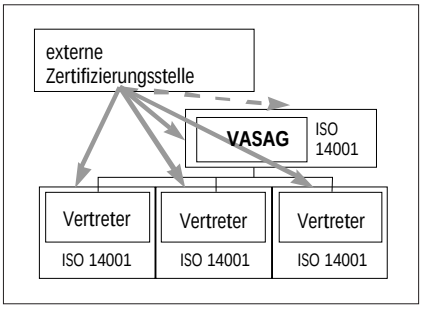



## 4. Und wie ging es weiter?

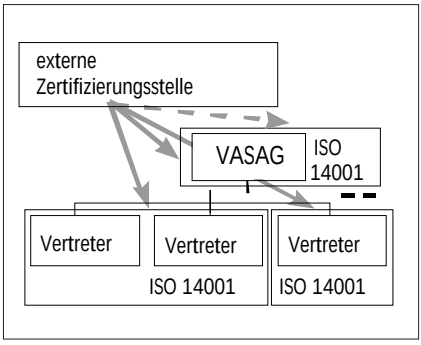
Im Sommer 2000 wurde die VASAG nach der internationalen Norm *ISO 14001 Umweltmanagement* zertifiziert. Das Umweltlabel wurde gemein-

sam mit der VASAG, der Tensor Umweltberatung AG und der schweizerischen Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) entwickelt. Es zeichnet sich durch Management- und Leistungsanforderungen aus, die an die Grösse der Garagenbetriebe angepasst sind.

Die Einführung des Garagen-Umweltlabels erfolgt in Workshops und dauert rund acht Monate. Sie wird mit der Zertifizierung durch die SQS abgeschlossen, und die Vertreter erhalten das Recht, dieses Umweltlabel zu führen. Bei der Zertifizierung wird geprüft, ob sämtliche Anforderungen situationsgerecht umgesetzt sind, ob bereits erste Verbesserungen ausgewiesen werden können und ob das Managementsystem so aufgebaut und eingeführt ist, dass eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung sichergestellt ist. Nach der Zertifizierung muss diese Leistungsverbesserung vom Vertreter jährlich nachgewiesen werden. Eine umfassende Prüfung findet jedoch nur alle drei Jahre statt.

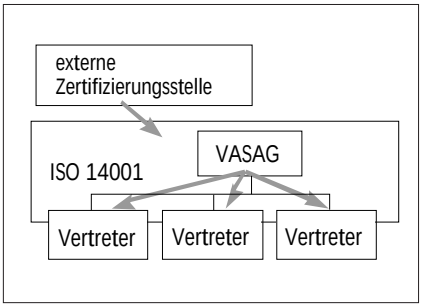



Mit Erfolg bestanden die Garage Hüsser & Palkoska in Baar und die Klingental-Garage in Basel als Erste die Zertifizierung nach dem Umweltlabel gemäss ISO 14024 im Dezember 2000. Im Februar 2001 folgten zwei weitere Pilotvertreter, nämlich die Gill-Garage in Ebnat-Kappel als kleinster europäischer Volvo-Vertreter und die Garage Barth AG in Bern. Im März wurde der Letzte der Pilotvertreter, die Garage Baldegger AG in St. Gallen, erfolgreich zertifiziert. Anhand der Erfahrungen der Pilotvertreter wurden die Workshops geringfügig angepasst.



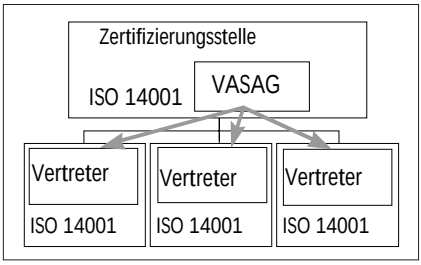

«Betroffene beteiligen» war auch im vorliegenden Projekt ein zentrales Element. Zu diesem Zweck wurden hier u. a. Workshops mit den künftigen Anwendern durchgeführt. Häufig wird in Projekten vergessen, dass die neuen Lösungen von Menschen getragen werden müs-

sen.



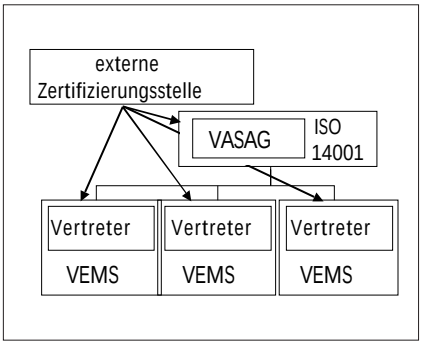

Zurzeit wird daran gearbeitet, das Garagen-Umweltlabel in der Öffentlichkeit bekannt zu machen und für Vertreter anderer Marken zu öffnen. Weitere Garagenbetriebe haben sich das notwendige Wissen während fünf eintägiger Workshops der Tensor Umweltberatung AG angeeignet und innerhalb von rund acht Monaten ihr eigenes und individuelles Umweltmanagementsystem aufgebaut.

Neben der Teilnahme an den Workshops brauchten die Garagisten zusätzlich rund fünf Arbeitstage für den Aufbau ihrer Systeme. Mit den zusätzlichen Vereinfachungen für die Zertifizierung ergeben sich somit bezüglich Kosten und Aufwand deutliche Einsparungen gegenüber einem Umweltmanagementsystem nach ISO 14001. Die Pilotbetriebe haben ausserdem gezeigt, dass die Annahmen korrekt waren, die während der Ausarbeitung des Konzeptes getroffenen wurden. Auch die festgelegten Ziele konnten weitestgehend erfüllt werden.




*Verweis auf Internet*

Weitere Informationen zum Garagen-Umweltlabel und den bereits zertifizierten Garagen können dem Internet unter http://www.tensor.ch/service oder www.sqs.ch entnommen werden.



**René Meier**

*Auch in sozialen Projekten lässt sich Systems Engineering erfolgreich anwenden. Die liechtensteinische Gemeinde Vaduz reichte im Nachhaltigkeitswettbewerb «Bodenseeagenda 21» ein Altersprojekt ein. Aus insgesamt 231 Projekten wurde es mit 53 anderen ausgezeichnet für die «breite Beteiligung der organisierten Interessen und aller betroffenen Personen». Wie ist diese breite Beteiligung entstanden? Welches war das entscheidende Wettbewerbskriterium?*

*In den meisten sozialen Projekten werden weiche Faktoren angemessen berücksichtigt. Was immer wieder zu wünschen übrig lässt, ist die Ausrichtung an klar formulierten, überprüfbaren und umsetzbaren Zielen. Im Vaduzer Altersprojekt wurde bewusst eine Kombination der offenen und wertneutralen Denkweise des Systems Engineering mit dem wertorientierten Ansatz der Existenzanalyse von Viktor Frankl gewählt. Weiche Faktoren sollten in hohem Masse berücksichtigt werden ohne die klaren Ziele innerhalb der Systemgrenzen aus dem Auge zu verlieren. Die Kombination dieser beiden Ansätze erfordert aber einen sorgfältig geplanten Einstieg in das Projekt. Dieser wird im Folgenden beschrieben.*

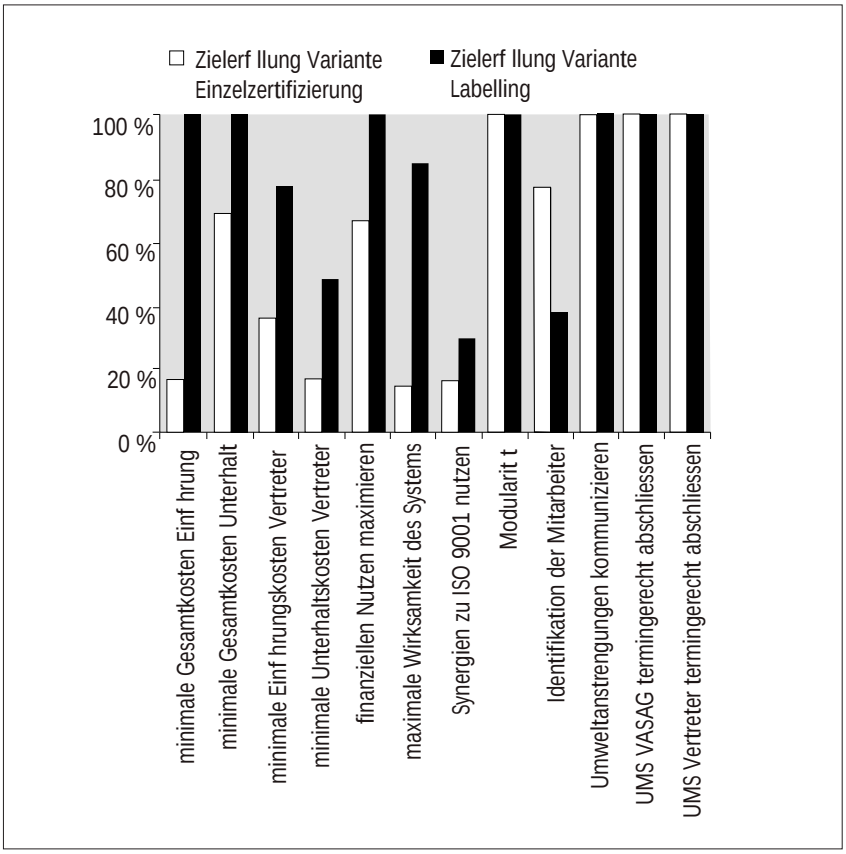



*Abb. 3: Darstellung der Zielerfüllung*

## Die Kräfte für die Altenpflege bündeln

### Warum ändern?

«Es funktioniert doch alles, was soll das Projekt?», mag sich vielleicht ein Gemeinderat gedacht haben, als der Projektantrag zum Entscheid vorlag. «Noch so ein Expertenbericht für die Schublade», vielleicht ein anderer. Aber was spräche dagegen, etwas zu verbessern, das gut funktioniert?

SE-Hinweis

Die Betreuung älterer und alter Menschen hat auch in Liechtenstein einen hohen Stellenwert. Institutionen wie Alters- und Pflegeheime, eine geriatrische Abteilung im Landesspital, ambulante Dienste und ehrenamtliche Organisationen bieten ein vielfältiges Angebot. Auf Initiative des Sozialreferats der Gemeinde Vaduz sollte die aktuelle Situation erfasst und beurteilt werden, um daraus Leitlinien für die Zukunft abzuleiten.

Im Sozialbereich sind unterschiedliche Menschen aus unterschiedlichen Motiven tätig, teils professionell gegen Bezahlung, in hohem Masse aber auch aus freiwillig gewähltem Engagement und ehrenamtlich. Professionalität und Verbindlichkeit stehen selbst gewähltem Einsatz gegenüber, oft mit reduzierter Verbindlichkeit. Aus diesem Spannungsfeld entstehen in der Praxis oft Konflikte. Das ehrenamtliche Engagement ist jedoch unverzichtbar und gewinnt an Bedeutung. Unverzichtbar ist also die Zusammenarbeit zwischen professionellen und ehrenamtlich Tätigen zu verbessern und zu intensivieren.

Aus der Überzeugung, dass ein Projekt in diesem Umfeld nur zielführend ist, wenn es breit abgestützt ist und bei den betroffenen Institutionen weitgehend Zustimmung findet, empfahl das Sozialreferat, alle interessierten Kreise in den Meinungsbildungsprozess einzubeziehen. Das Sozialreferat ist ein Gremium des Gemeinderats, das soziale Themen in der Gemeinde bearbeitet. Es wird von einem seiner Mitglieder geleitet und gibt dem Gemeinderat Empfehlungen ab.

Der Gemeinderat bewilligte den Antrag und erteilte den Auftrag, «gemeinsam mit den betroffenen Institutionen die aktuelle Lebenssituation alter Menschen zu untersuchen und daraus Ziele und Handlungskonzepte für die Zukunft abzuleiten». Damit war vorgegeben, die zukünftigen Konzepte von unten her, aus der Situation der Betroffenen, zu entwickeln.

Nach dem Entscheid des Gemeinderats dachten wir in der Projektleitung über ein optimales Projektdesign nach. Wir stützten uns dabei auf zwei grundlegende Ansätze: die Existenzanalyse und das Systems Engineering. Der systemorientierte und partizipative Ansatz des Systems Engineering hilft, komplexe Zusammenhänge überblickbar zu machen. Die Existenzanalyse geht davon aus, dass Menschen das, was sie als sinnvoll erleben, auch in die Umsetzung hineintragen.

«Der Sinn ist der Schrittmacher des Seins.» So hat der Begründer der Existenzanalyse, Viktor E. Frankl, diese Grundhaltung zusammengefasst. Er lebte 1905–1997 und war Psychiater in Wien. Wir realisieren Sinn, nach Frankl, «zu-

nächst einmal dadurch, dass wir eine Tat setzen oder ein Werk schaffen, also schöpferisch. Aber auch durch ein Erlebnis, also dadurch, dass wir etwas erleben – etwas oder jemanden.» Der Mensch solle sich von der Frage nach dem rückwärts gerichteten «Warum» zur Frage nach dem in die Zukunft gerichteten «Wozu» entwickeln. Das ist die Frage nach dem Ziel. Aus der Sicht der Existenzanalyse erleben Menschen eine Situation dann als stimmig, wenn sie sich von den Werten betroffen und berührt fühlen, welche diese Situation in sich trägt und wenn diese Werte so einen Sinn ergeben.

SE-Hinweis

Für die Projektbegleitung kann die Existenzanalyse eine Grundhaltung vermitteln: Was Menschen als sinnvoll erleben, tragen sie auch in die Umsetzung hinein. Im Sinn eines Projekts liegt eine Quelle für Engagement und Commitment. In einem Projekt findet das in zweierlei Hinsicht Anwendung. Zum einen können motivierende, sinnhafte Erfolgserlebnisse leichter dann entstehen, wenn die Beteiligten die Arbeitssituation als stimmig und die Arbeitsatmosphäre als angenehm empfinden. Wichtig ist dabei, dass auch als unangenehm empfundene Situationen konstruktiv angegangen werden können, solange sie stimmig sind. Zum andern sollen auch erwünschte und geforderte Veränderungen stimmig und angenehm sein. Die Frage nach dem Sinn kann dazu dienen, Ziele und Projektergebnisse zu beurteilen.

## Das Sozialprojekt wird vorbereitet

Als Projektbegleiter erachteten wir es als wichtig, erfolgskritische Faktoren zu berücksichtigen und diese von Anfang an in das Design dieses sozialen Veränderungsprojekts zu integrieren. In der Vorbereitung des Projekts war es deshalb wichtig, die Beteiligten zuverlässig zu identifizieren. Als Beteiligte galten alle, welche gegen Bezahlung oder ehrenamtlich regelmässig Dienstleistungen in der Betreuung, Pflege oder Animation betagter Menschen anbieten. Sie wurden vom Sozialreferat zur Mitarbeit am Projekt eingeladen. Ebenso wurden Betroffene zur Mitarbeit in der Projektgruppe eingeladen, also ältere Menschen als aktuelle oder zukünftige Kunden der Dienstleistungen, die wir untersuchen sollten.

Wichtig war es, im Rahmen des Entscheidungsbereiches der Gemeinde zu blei-

ben, um Entscheidungen überhaupt treffen zu können. Eine Koordination zur höheren, überregionalen Ebene musste jedoch gewährleistet sein, Schnittstellen waren zu berücksichtigen. In das Projekt einbezogen wurden darum auch die zwei Institutionen der Liechtensteinischen Stiftung Alters- und Krankenhilfe, die sich mit der Bedarfsanalyse, Strukturentwicklung und Planung der professionellen Altershilfe beschäftigen und insbesondere die personellen und baulichen Ressourcen bereitstellen. Zukünftige Veränderungen auf der Gemeindeebene sollten kompatibel sein zu Strategien, welche im Altersbereich auf der übergeordneten Ebene gültig waren.



Die Projektleitung entwickelte einen Vorgehensplan (Abb. 2). In einer ersten Phase sollten die Stärken und Schwächen analysiert und Entwicklungsziele bestimmt werden. Analyse und Ziele hatte der Gemeinderat zustimmend zur Kenntnis zu nehmen. Danach sollten Bereichskonzepte entwickelt werden, die wiederum vom Gemeinderat zu verabschieden waren. In der dritten Phase sollte dann die Umsetzung der Bereichskonzepte vorangetrieben werden.

*Abb. 2: Projektstruktur im Zeitablauf*

## Das Projekt wird gestartet

Beim ersten Arbeitstreffen stellten wir einige theoretische Grundlagen vor, die wir als Basis für das Projekt benutzen wollten. Jeder Mensch hat ein bestimmtes Bild vom alten Menschen und vom Älterwerden. Deshalb wird in der Altersarbeit Wert darauf gelegt, das Altersbild transparent zu machen, das der Arbeit zu Grunde liegt.

> Der Projektleitung ging es darum, möglichst zu Beginn bei allen Beteiligten gemeinsame Modellvorstellungen zu entwickeln. Diese Arbeitsgrundlage ist entscheidend für die weitere Zusammenarbeit.

In der Öffentlichkeit, aber zum Teil auch in Trägerschaften finden sich immer wieder Elemente eines Defizitmodells des Alters. Das Bild des alten Menschen ist negativ geprägt, Abbauprozesse und Verlust an Kompetenzen stehen im Zentrum der Betrachtung. Der gängige Begriff der «Überalterung» ist ein Zeichen dafür. Die Gerontologie dagegen orientiert sich an komplexen Kompetenzmodellen. Diese gehen davon aus, dass der Mensch ein Leben lang Entwicklungs-

potenzial besitzt. Die individuellen Altersprozesse sind stark vom früheren Lebensstil geprägt.

Jene Aspekte der Altersmodelle, die für das Projekt wichtig waren, konzentrierten wir in einigen Kernsätzen, welche wir am ersten Treffen vorstellten und mit der Arbeitsgruppe diskutierten.

- Altern ist ein sozial und kulturell geprägter Prozess. Die Stellung eines Menschen in der Gesellschaft verändert sich und ist somit auch veränderbar.
- Individuelles Altern ist ein Prozess, der sich aus dem Zusammenwirken biologischer, psychologischer, sozialer und kultureller Faktoren ergibt. Altern ist also von Situationen abhängig.
- Altern ist kein linearer Prozess, auch wenn gewisse biologische Abbauprozesse nicht aufzuhalten sind. Wie jüngere Erwachsene haben auch ältere Menschen beträchtliche Potenziale, welche durch Übung und Lernen aktiviert, gefördert, neu erworben oder erhalten werden können.
- Betagte Menschen brauchen Raum für Entwicklung. Eine wirksame Alterspolitik schafft Rahmenbedingungen, welche Spielräume schaffen und somit kontinuierliche Entwicklung ermöglichen.
- Als sinnorientiertes Wesen braucht auch der betagte Mensch persönliche Fähigkeiten, um aus seinem Tun und Erleben Sinn zu schöpfen.
- Wer mit betagten Menschen arbeitet, wer in der Alterspolitik engagiert ist, denkt und handelt auf der Grundlage eines persönlichen Altersbildes. Das Altersbild ist auch kulturell bedingt. Vor allem ist es aber veränderbar.

Die Dynamik dieses Bilds des teilnehmenden älteren Menschen lässt sich auch in einem einfachen Modell darstellen (Abb. 3).

Um die Arbeit im Projekt für die Beteiligten übersichtlich zu gestalten, orientierten sich die Projektbegleiter an einem Modell aus der gerontologischen Beratungspraxis (Abb. 4), welches sich in der Beratungs- und Begleitungsarbeit bewährt hat. Es beschreibt einzelne Handlungsfelder, die sich durch einen zunehmenden Grad an Angewiesenheit auf Hilfe von Dritten unterscheiden.
In diesem entwicklungsorientierten Modell geht es darum, die Selbsthilfekräfte und das Potenzial der zu betreuenden Personen so weit als möglich zu fördern. Dieses System-Modell illustriert auch, weshalb es sinnvoll ist, in die der kos-

tenintensiven stationären Pflege vorgelagerten Felder zu investieren. Gezielte Unterstützung und Förderung der Kompetenzen in den Handlungsfeldern, die durch Autonomie gekennzeichnet sind, unterstützt die Menschen auch in späteren Phasen.

> Das hier gewählte Modell der Handlungsfelder hilft, die Komplexität eines Betreuungs- und Hilfesystems im Altersbereich zu illustrieren, Rückkoppelungen zwischen den einzelnen Feldern zu thematisieren und die Systemgrenzen zu bestimmen. Dadurch wird auch das Eingriffssystem benannt.

## Aktuelle Hilfe- und Pflegeangebote analysieren

In der Vorbereitung hatten wir als Projektbegleitung Ziele für die einzelnen Arbeitsschritte aus dem Auftrag abgeleitet. Gemeinsam mit den Beteiligten entstand ein Meilensteinplan über zu beschaffende Informationen. Auf diese Meilensteine wurde laufend zurückgegriffen, um sicherzustellen, dass in der Arbeitsgruppe Konsens in Bezug auf die Ziele während des ganzen Projekts bestand.

In einem ersten Arbeitsschritt wurde geklärt, wie die Altersstruktur und Hilfebedürftigkeit der über 60-jährigen Bevölkerung beschaffen ist. Die in der Altershilfe Tätigen brachten aus ihrer Arbeit bereits ein reiches Erfahrungswissen mit: Heute wird ein Grossteil der Betreuung in der Familie geleistet. Die durchschnittliche Haushaltsgrösse sinkt, und die Single-Haushalte nehmen zu. Man darf erwarten, dass der Anteil der Betreuung in der Familie in Zukunft abnehmen wird. Die Auswertung der Bevölkerungsstatistik und der Vergleich mit Zahlen und Studien aus der Schweiz und aus Österreich untermauerten und festigten diese Aussagen. Die Konsequenzen dieser Veränderung gilt es bei der Planung zukünftiger Betreuungs- und Pflegeangebote zu berücksichtigen.

Als zweiter Meilenstein des ersten Arbeitsschrittes war festgelegt worden: «Die aktuellen Hilfe- und Pflegeleistungen sind quantitativ und qualitativ beurteilt.» Die Analyse erfolgte in mehreren Schritten und mit Hilfe verschiedener Methoden. Das Projektdesign sah vor, die Situationsanalyse mit einer Stärken-Schwächen-Analyse zusammenzufassen.

Die Stärken-Schwächen-Analyse erfolgte in Gruppen. In jedem Hand-

lungsfeld erarbeiteten die Mitglieder anhand zweier Leitfragen eine erste Grobeinschätzung der Stärken der Ist-Situation: «Welche Angebote für betagte Menschen gibt es derzeit in den einzelnen Handlungsfeldern?» Auch die Schwächen sollten die Mitglieder benennen. Dabei wählten wir aus didaktischen Gründen eine positive Formulierung: «Welches Verbesserungspotenzial sehen Sie für die Zukunft?» Die Ergebnisse einer Gruppe wurden im Plenum präsentiert und durch Voten der anderen ergänzt. Es war für die Teilnehmenden überraschend zu erfahren, dass sie eigentlich nicht so genau Bescheid wussten über das Angebot anderer Organisationen. An dieser Stelle wurde erstmals positiv bemerkt, dass diese gemeinsame Arbeit am zukünftigen Altersangebot auch für alle Mitwirkenden neue Informationen und Erkenntnisse bringt. Ein weiteres Ergebnis der Stärken-Schwächen-Analyse im Sinne einer ersten Grobeinschätzung war, dass das Angebot vielfältiger war als erwartet. Eine Erkenntnis in dieser sehr frühen Phase war für den weiteren Verlauf bestimmend: Das Angebot an Betreuungs- und Pflegedienstleistungen für ältere Menschen wird kaum koordiniert.

In einer weiteren Gruppenarbeit definierten die Teilnehmenden die mit dem Projekt verbundenen Befürchtungen und Potenziale. Als grösste Potenziale wurden eine bessere Koordination und ein Zusammenrücken der Dienstleister, bessere Information über das Angebot und neue Impulse für die eigene Arbeit sowie für gemeinsame Aktivitäten gesehen. Die Teilnehmenden formulierten ihre Befürchtungen dahingehend, dass z. B. das Projekt nur «Papier für die Schublade» produziert, dass Senioren überbetreut werden und über ihre Köpfe hinweg geplant wird oder dass das Projektergebnis von den Entscheidungsträgern nicht voll mitgetragen wird. An den Potenzialen, welche die Vertreter der einzelnen Organisationen formulierten, richteten wir uns als Projektbegleiter im Verlauf des weiteren Projektes immer aus. Sie hatten wesentlichen Einfluss auf die Formulierung der Ziele.

Im Rahmen einer Situationsanalyse macht es durchaus Sinn, erste Lösungsideen wie auch Hemmnisse und mögliche Widerstände zu erfassen und in einem weiteren Vorgehen zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall beispielsweise wird hier sichtbar, dass der Problemlösungszyklus nicht sequenziell, sondern zyklisch durchlaufen wird. Konkret wurden hier bereits Lösungsideen und Beurteilungskriterien erfasst und im weiteren Vorgehen berücksichtigt.

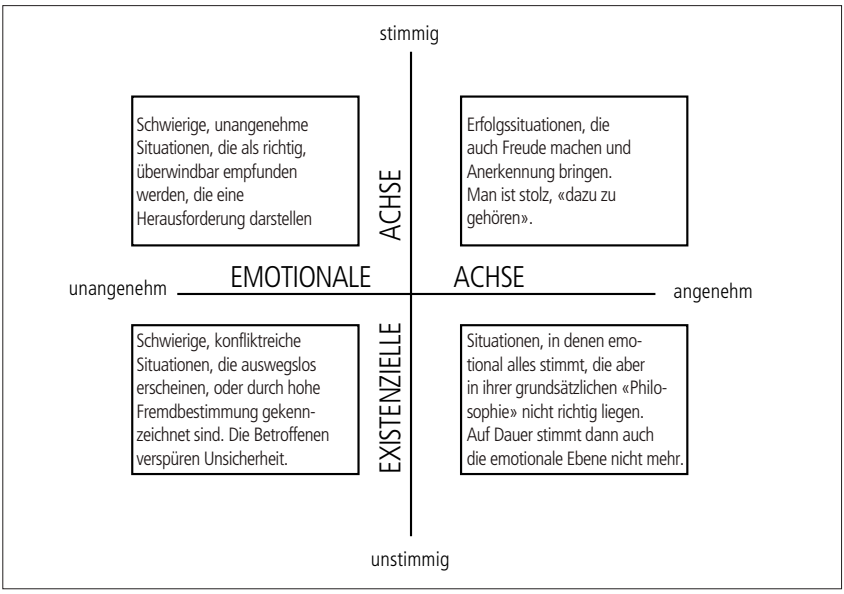



*Abb. 1: Existenzielle und emotionale Dimension in der Projektarbeit*

Die Formulierung der Stärken und Schwächen war eine erste Einschätzung aus der persönlichen Sicht und Erfahrung der am Projekt Beteiligten. Um diese Analyse zu verifizieren wurde ein Fragebogen an alle Organisationen versandt. In einem Informationsteil sollte das bestehende Angebot ganz konkret erfasst werden. Zusätzlich sollten die Vertreter der einzelnen Organisationen die erfolgskritischen Faktoren für gute Kooperation beschreiben, um Grundlagen zu erhalten für die Planung einer zukünftigen Zusammenarbeit. Ausserdem fragten wir, welche Trends die einzelnen Organisationen für die Altersarbeit sehen und welchen Betrag sie zukünftig leisten möchten. Hier hatten auch Ideen für neue Angebote Platz.

Ergänzend führten die Mitglieder der Arbeitsgruppe 22 Gespräche mit betagten Menschen oder pflegenden Angehörigen. Die Auswertung bestätigte die Ergebnisse einer früheren, schriftlichen Umfrage im Wesentlichen. Wir entschieden uns, auf eine erneute grosse Befragung zu verzichten.

Am Ende der Situationsanalyse sollten folgende Zwischenresultate vorliegen:

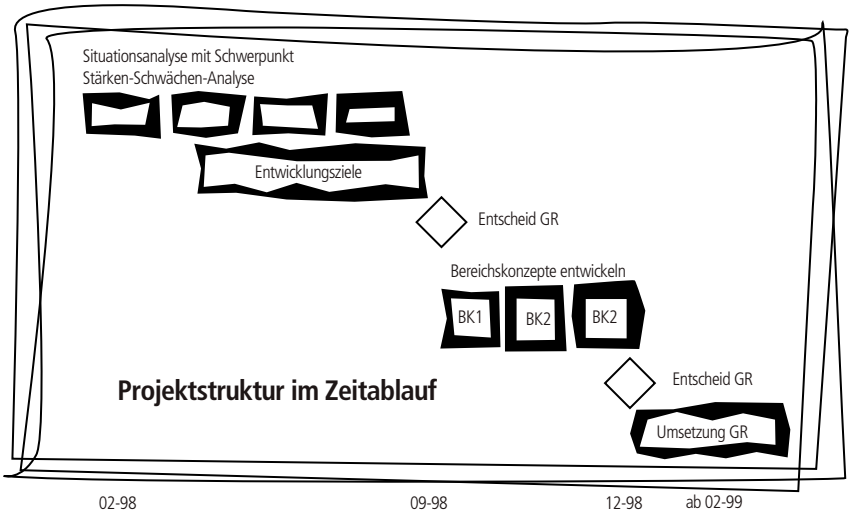
- Die zukünftige Struktur der Hilfe- und Pflegebedürftigkeit in der Bevöl-

kerung ist bekannt.

- Die quantitativen und qualitativen Anforderungen an professionelle und ehrenamtliche Dienste in den einzelnen Handlungsfeldern sind definiert.

Die zukünftige Struktur der Hilfe- und Pflegebedürftigkeit zu quantifizieren, war aufgrund der kleinen Bewohnerzahl der Gemeinde schwierig. Bei rund 5000 Einwohnern und einem Anteil der über 65-jährigen von 13,5 Prozent sind zuverlässige statistische Prognosen nicht möglich. Um dennoch zu brauchbaren Ausgangszahlen zu gelangen, wurde auf schweizerische Bevölkerungsszenarien zurückgegriffen, welche im Rahmen das Nationalfondsprojekts 32 «Alter und Altersforschung in der Schweiz» entstanden waren. Diese Szenarien stellten wir vor, um Analogieschlüsse über die Bandbreite einer möglichen demografischen Entwicklung zu ziehen. Auch wenn so ein genaues quantitatives Planungsinstrument für die Altersbetreuung fehlte, liessen sich Entwicklungstrends zuverlässig feststellen.

In der Tat besteht die Gefahr, im praktischen Arbeiten eine Scheingenauigkeit vorzutäuschen, eine Genauigkeit, die faktisch gar nicht be-




steht. Die jeweiligen Resultate sind deshalb auf ihre Plausibilität hin zu prüfen.

Die Definition qualitativer und quantitativer Anforderungen an die Dienstleistungen baute auf der genauen Beschreibung zukünftiger Bedürfnisse auf. Weil jedoch diese Beschreibung lediglich Trends benannte, war es auch nicht möglich, das zweite Ziel in der gewünschten Präzision zu erfüllen, vor allem nicht in Bezug auf seine quantitative Dimension.

## SEH: Entwicklungsziele definieren

Im dritten Projektabschnitt sollten folgende Zwischenresultate vorliegen:

- Die Entwicklungsziele sind in den einzelnen Handlungsfeldern gestaffelt nach 3-Jahres-Abschnitten definiert.
- Strategien zur Erreichung der gestaffelten Entwicklungsziele sind formuliert.

Für das Festlegen von Zielen griffen wir auf die Ergebnisse der Stärken-Schwächen-Analyse zurück. Ziele setzen bei der Planung von Angeboten im Altersbereich soll sich nicht nur auf das Verbessern des Bestehenden oder das Konzipieren von Neuem konzentrieren, sondern auch sorgfältig prüfen, was an Bestehendem gefestigt werden soll.

Die Teilnehmenden formulierten in Gruppen Ziele zu den einzelnen Handlungsfeldern. Die Projektbegleiter führten in das Thema «Zielformulierung» ein. Es zeigt sich immer wieder, dass dieser Schritt zur Begriffsklärung nicht übersprungen werden soll. Die scheinbar banale Frage «Was ist ein Ziel?» wird in einem ersten Durchlauf kaum schlüssig beantwortet.

> Systems Engineering legt auf das konzise Formulieren von Zielen ganz besonderen Wert. Vor allem die Erkenntnis, dass anzustrebende Ziele nicht objektiv bestimmbar sind, sondern auf Wertvorstellungen der Entscheidungsträger beruhen, ist hilfreich und geht Hand in Hand mit dem wertorientierten Ansatz der Existenzanalyse. Das Überprüfen der Ziele auf Lösungsneutralität, Operationalität und Messbarkeit unterstützt den Problemlösungsprozess ebenso wie das Unterscheiden

nach Zielarten beim Setzen von Prioritäten.

Um die Formulierung der Ziele zu erleichtern, stellten wir erfolgreiche Modelle aus der Praxis vor. Dabei berücksichtigten wir bereits die Handlungsschwerpunkte aus der bisherigen Projektarbeit. Auf die präzise Formulierung der Ziele achteten wir sehr sorgfältig, denn unpräzise formulierte Ziele reduzieren die Realisierungschancen stark. Sie gefährden damit nicht nur den Projekterfolg, sondern auch die Motivation der Mitwirkenden.

In einem weiteren Schritt erarbeitete die Projektgruppe Prioritäten und Strategien. Bei den Prioritäten wurden drei Stufen unterschieden:

- Priorität A – Realisierung innert eines Jahres
- Priorität B – Realisierung innert zweier Jahre
- Priorität C – Realisierung später

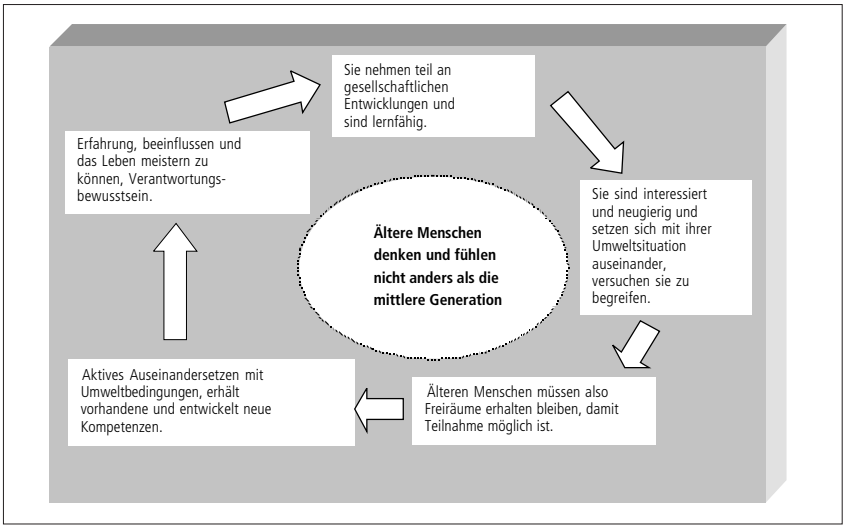



*Abb. 3: Handlungsfelder der Betreuungsarbeit im Alter als «Systemmodell»*

Für Ziele mit der Priorität A und B wurden Strategien formuliert. Als Strategie wurde die grobe Vorgangsweise zur Erreichung des jeweiligen Ziels definiert. Diese Schritte wurden in einzelnen Gruppen erarbeitet. Unsere Aufgabe als Projektbegleiter bestand darin, den Diskussions- und Entscheidungsprozess zu stimulieren, wenn er nicht richtig in Gang kam, oder über Phasen der Stockung zu helfen. Inhaltliche Inputs wurden, wenn überhaupt, nur im Sinne klärender

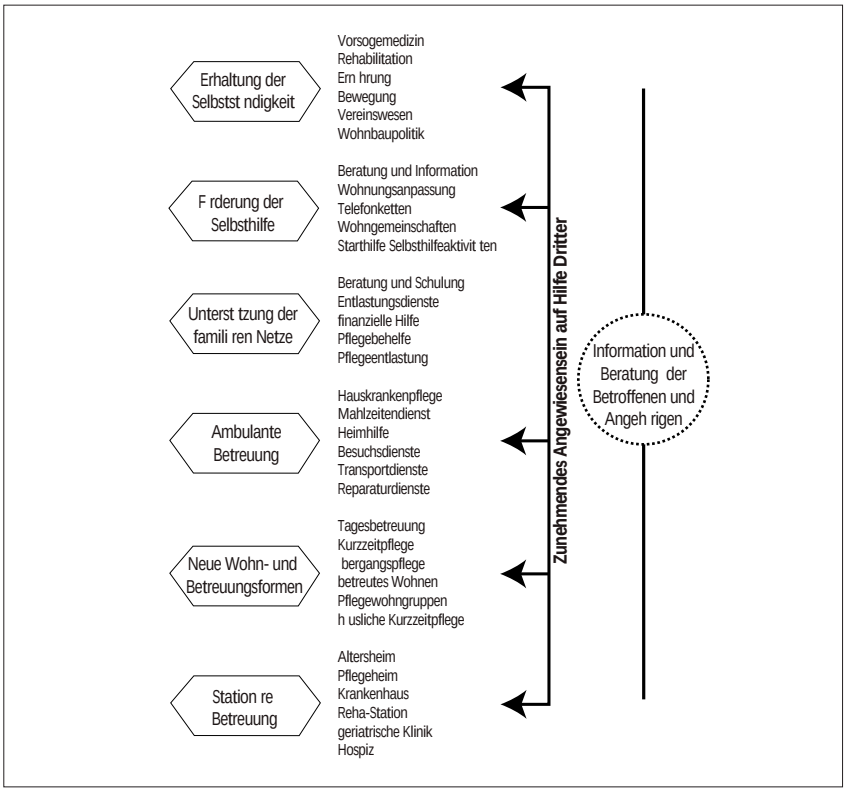



*Abb. 4: Partizipation erfordert Handlungsfreiräume*

Rückfragen gegeben oder in Situationen, wo die Projektbegleiter aufgrund von ihrem Expertenwissen sahen, dass eine vorgeschlagene Strategie nicht zielführend war.

**SE-Hinweis**

Sich inhaltlich aus dem Projekt herauszuhalten, stellt tatsächlich eine heikle Gratwanderung dar, wo Neutralität und Manipulation nahe beieinander liegen. Im vorliegenden Beispiel stellten die Projektbegleiter ausgewählte Modelle aus der Praxis als Anregung und Beispiele vor. Solche Musterbeispiele auszuwählen, muss mit grosser Vorsicht geschehen, um nicht den Lösungsraum (gewollt oder ungewollt) unzulässig einzuschränken und die Projektgruppe mit den Beispielen mehr an der Kreativität zu hindern, als sie anzuregen.

Der Vorsitzende des Sozialreferats informierte als Mitglied im Gemeinderat diesen laufend und direkt über die Arbeit am Projekt. Als am Ende des dritten Schrittes die Ziele formuliert, die Prioritäten gesetzt und Strategien vorgeschlagen waren, erging ein Zwischenbericht an den Gemeinderat, welcher über die Resultate der Projektarbeit ebenso informierte wie über die prozessorientierte Arbeitsweise. Zum Schluss des dritten Schrittes hatte die Arbeitsgruppe drei Zielbereiche ausgewählt, welche im vierten Schritt weiterbearbeitet werden sollten. Als Ergebnis dieser vierten Phase würden drei umsetzungsfähige Konzepte vorliegen. Zusammen mit dem Zwischenbericht erging deshalb der Antrag an den Gemeinderat, im vierten Schritt die drei Bereichskonzepte in der Projektgruppe zu erarbeiten. Diesem Antrag wurde einhellig stattgegeben. Die Projektgruppe beschloss, die Zwischenergebnisse auch über die Presse zu kommunizieren, die drei zu bearbeitenden Konzepte kurz vorzustellen und weitere Interessierte zur Mitarbeit einzuladen. Daraufhin meldeten sich weitere Personen zur Mitarbeit in der letzten Projektphase.

> Gerade in sozialen Projekten benutzen Projektleiter und Beteiligte gerne die Presse, um Ergebnisse publik zu machen. Dies ist sinnvoll. Allerdings sind dabei die Eigenheiten der Medien gebührend zu berücksichtigen. Zum Ersten haben Medien gerne Geschichten, die sie am liebsten an einzelnen, herausragenden Personen aufhängen. Zum Zweiten sind Medien oft weniger an Konzepten und Absichten interessiert, sondern an Fakten und unmittelbar bevorstehenden Änderungen. Zum Dritten schliesslich haben Medien in der Gesellschaft die Funktion, ihnen zugetragene Informationen zu hinterfragen und gegebenenfalls kritisch zu beleuchten. Es empfiehlt sich darum in jedem Fall, nicht nur bei grossen Projekten, sich für den Schritt an die mediale Öffentlichkeit die Unterstützung erfahrener Personen zu sichern. Oftmals verfügen grössere Gemeinden oder Organisationen über Delegierte für Medienarbeit oder arbeiten mit entsprechenden Beratern zusammen.

Die Liechtensteinische Gemeinde Vaduz reichte im Nachhaltigkeitswettbewerb «Bodenseeagenda 21» das Altersprojekt ein. Aus insgesamt 231 Projekten wurde es mit 53 anderen ausgezeichnet für die «breite Beteiligung der organi-

sierten Interessen und aller betroffenen Personen.»

SE-Hinweis

SE-Hin-
weis

Peter Troxler

SE-Hinweis

*Mitte der neunziger Jahre beginnt die Stadt Uster mit der Einführung von New Public Management. Für eines der fünf Pilotprojekte wird die Asylkoordination ausgewählt. Eine allgemein gehaltene Vorstudie zeigt die möglichen Konsequenzen dieses Vorhabens für die Asylkoordination auf – unter anderem dass möglicherweise Anpassungen der Aufbau- und Ablauforganisation nötig sind.*

*Das Projekt startet mit einer aufwendigen Situationsanalyse. Die Beschäftigten der Abteilung Asylkoordination werden systematisch in die Arbeit mit einbezogen. Denn die Veränderung der Organisation soll als eigentliche Organisationsenwicklung mit Beteiligung der Betroffenen angegangen werden. Sie übernehmen im Laufe des Projekts einen Grossteil der Arbeiten in eigener Verantwortung.*

*Damit wird in der Abteilung ein Lernprozess angestossen. Dieser führt dazu, dass sich auch die Arbeit der Asylkoordination deutlich verbessert. Im nationalen Vergleich erfüllt Uster die Aufgaben der Betreuung und Rückführung von Asylsuchenden deutlich besser als andere Gemeinden.*

**SE-Hinweis**

## Weisung 251:
## Leistungsauftrag für die Asylkoordination der Stadt Uster

«Hat die Verwaltung Speck angesetzt?», fragt Hans Ehrbar am 24. November 1987 im Gemeinderat von Uster. Damit bringt er ein Unbehagen auf den Punkt, das Stadtpräsident Hans Thalmann willig aufgreift und hartnäckig weiterverfolgt. Abteilungen werden «durchleuchtet», Klausuren abgehalten, wissenschaftliche Gutachten angefertigt. 1994 scheint es so weit zu sein: für 100 000 Franken bewilligt der Stadtrat ein Reformprojekt mit dem optimistischen Namen OPTIMUS. Behörden und Verwaltung sollen nach den Grundsätzen von New Public Management (NPM) reformiert werden. Der erste Schritt – ein neues Logo für die Stadt – stösst jedoch auf derart vehementen Widerstand, dass der Stadtrat das ganze Projekt stoppt und überarbeitet. Ein Jahr später stimmt das Parlament der Vorlage OPTIMUS zu, erste konkrete Schritte werden möglich: Projektorganisation, Information der Verwaltung und der Öffentlichkeit. Im Dezember 1996 beschliesst das Parlament die Weiterführung des Projekts. Dazu gehören insbesondere fünf pilotartige Teilprojekte. Bei der Stadtpolizei, im Projekt «Dienstleistungszentrum Sicherheit», im Zivilschutz, bei der Heilpädagogischen Schule und bei der Asylkoordination sollen erste Erfahrungen mit der neuen Art der Verwaltungsführung gesammelt werden. Fast zehn Jahre nach Hans Ehrbars Votum, im Mai 1997, bewilligt das Parlament dann Rahmenkredit und Gesamtablauf für das Projekt OPTIMUS. Bis Ende 2003 sollen Behörden und Verwaltung der Stadt Uster nach NPM-Grundsätzen reformiert sein.

**SE-Hinweis**

Den Entscheidungsträger sensibilisieren, ein Problembewusstsein schaffen
und Handlungsbereitschaft klären kann durchaus länger dauern.
Im vorliegenden Beispiel sind es fast 10 Jahre, bis der Entscheid für einen Rahmenkredit vorliegt.

Die Asylkoordination der Stadt Uster ist dem Sozialamt angegliedert. Dessen Lei-

ter, Armin Manser, und der Leiter der Asylkoordination, Richard Schmid, haben grosses Interesse, mit der Asylkoordination zu den ersten NPM-Teilprojekten in Uster zu gehören. Denn in den späten neunziger Jahren lässt sich mit der effizienten Unterbringung von Asylsuchenden trefflich Geld verdienen. Doch dieses Geld bleibt in der allgemeinen Stadtkasse. Nur über aufwendige, bürokratische Wege können die Überschüsse in den Ausbau und die Weiterentwicklung der Asylkoordination fliessen. Mit Leistungsauftrag und Globalbudget könnte die Asylkoordination zumindest zum Teil selbst über diese Gelder verfügen.

## Vorprojekt

Bereits im Sommer 1996 beginnt die Zusammenarbeit von Asylkoordination und Akronym GmbH mit einem Vorprojekt.

> Im vorliegenden Fall ist die Rede von einem Vorprojekt. Dies entspricht einer Vorstudie im Systems Engineering. Hier soll zunächst festgestellt werden,
> wo der eigentliche Handlungsbedarf liegt und in welche Richtung die Lösung
> zu suchen ist. Ein so genanntes Lösungsprinzip muss zunächst erarbeitet
> werden.

Die Akronym GmbH erläutert den allgemeinen Rahmen und das Prinzip von NPM. Sie stellt den Bezug zwischen dem grundlegenden Modell zur Anwendung bei der Asylkoordination dar. Auch recherchiert sie bestehende Erfahrungen bei andern Gemeinden. Daraus entstehen erste Ansätze zur konkreten Umsetzung von NPM bei der Asylkoordination. Eine Gegenüberstellung der Chancen und Risiken eines Projekts und die Skizze für ein mögliches Vorgehen runden das Vorprojekt ab. Eine wichtige Erkenntnis aus dem Vorprojekt ist, dass für die Einführung eines Leistungsauftrags auch die Aufbau- und Ablauforganisation der Abteilung überprüft und gegebenenfalls verändert werden müssen. Die Ergebnisse des Vorprojekts fliessen in die Vorbereitung der Abstimmung im Parlament ein.

## Initialisierung: Ein Projekt entsteht

Die Parlamentsvorlage vom Dezember 1996 nennt die Asylkoordination als eines von fünf ersten Teilprojekten. Die Vorlage wird gutgeheissen, das Projekt kann gestartet werden. Der Projektplan sieht vor, in fünf Phasen vorzugehen. Die Initialisierung hat zum Ziel, die Absichten und Zielsetzungen zu verifizieren, Veränderungsbedürfnisse herauszuschälen und zu erhärten und den Projektumfang und Schnittstellen zu anderen Abteilungen und Projekten abzugrenzen.

Case 9

Für die Konzeptphase ist vorgesehen, Lösungen für die Organisation zu entwerfen und zu evaluieren. Es soll ein Testlauf mit möglichen Indikatoren zur Leistungsmessung durchgeführt werden. Als Benchmarking sind Vergleiche zu andern NPM-Projekten geplant.

In der Entwicklungsphase sollen die Lösungen im Detail entstehen. Ergebnisse dieser Phase sind der Leistungsauftrag, das Steuerungsmodell und die Vorgabe für die Gestaltung der Prozesse.

Für die Einführung sind Workshops vorgesehen. Die Prozessvorgaben werden umgesetzt, Qualitätsmanagement- und Reportingsysteme realisiert.

In der Nutzungsphase können einzelne Folgeprojekte entstehen, wo die Asylkoordination der Stadt Uster mit gleichen Stellen in anderen Gemeinden verglichen wird.

> Die Unterteilung im Projektphasen erfolgt in Anlehnung an das SE-Lebensphasenmodell. In der Initialisierungsphase werden zunächst weitere Informationen im Hinblick auf die grundsätzliche Stossrichtung der Lösung und die Einbettung des Projektes erarbeitet. Dieser Projektteil hat den Charakter einer weitergehenden Vorstudie.

Die Vertragspartner, also die Stadt Uster und die Akronym GmbH, legen als Erstes Projektziele, -umfang und -organisation fest. Grundlage dafür sind die Arbeiten aus dem Vorprojekt. Stadt und Akronym GmbH einigen sich darauf, nach jeder Phase einen Meilenstein zu bestimmen und über das weitere Vorgehen erneut zu beschliessen.

## Konzept: Von der Analyse bis zum Leistungsauftrag

Im April 1997 unterzeichnen die Stadt Uster und die Akronym GmbH den Vertrag für die Konzeptphase. Bis im Juli 1997 sollen Steuerungsmodell, Produktbudget und Grobkonzept für die zukünftige Organisation vorliegen. Dafür müssen Lösungsvorschläge entwickelt und evaluiert werden.

## Situationsanalyse

Für diese Arbeit ist eine Analyse der Aufgaben und Tätigkeiten der Asylkoordination unabdingbar. Die Akronym GmbH will sämtliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Asylkoordination in die Analyse einbeziehen. Während mehrerer Tage lässt sich Peter Troxler als Projektleiter vor Ort erläutern, was die Beschäftigten in ihrer täglichen Arbeit tun. Gegenstand der Analyse sind Arbeitsplatz, Arbeitsmittel und Arbeitsaufgaben der einzelnen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Als Expertinnen und Experten ihrer eigenen Arbeiten berichten sie über ihre verschiedenen Tätigkeiten, die unterschiedlichen Arten von Aufträgen, die sie erfüllen, über ihre Kontakte innerhalb und ausserhalb der Asylkoordination.

> Um überhaupt Ziele nennen und Lösungen entwickeln zu können, muss zunächst eine ausreichende Informationsbasis erarbeitet werden. Hier geht es primär darum, das Umfeld wie auch das eigentliche Gestaltungsobjekt – auch im zeitlichen Verlauf – zu erfassen, zu beschreiben und im Hinblick auf die Projektzielsetzungen zu beurteilen. Im Rahmen von Vor- und Hauptstudien können dies zeitintensive Arbeitsinhalte sein. Die Ausführungen sind deshalb entprechend ausführlich.

Mengengerüste werden erhoben, Schwankungen abgeschätzt, Probleme und Schwierigkeiten benannt.

Der soziotechnische Systemansatz dient als Modell, um die Analyseergebnisse darzustellen und zu beurteilen. Der soziotechnische Systemansatz modelliert Organisationen anhand ihres eigentlichen Zwecks. Diesen Zweck zu erfüllen,

ist die Primäraufgabe der Organisation. Alle andern Aufgaben einer Organisation, die nur mittelbar dem eigentlichen Zweck dienen, heissen Sekundäraufgaben. Der soziotechnische Systemansatz unterscheidet ausserdem ein soziales Teilsystem einer Organisation, die Menschen, ihre Bedürfnisse, Fähigkeiten und Beziehungen, und ein technisches Teilsystem, namentlich Gebäude, technische Hilfsmittel und organisatorische Festsetzungen.

Besonders die Unterscheidung in Primär- und Sekundäraufgaben ist für die Asylkoordination dabei neu. Sie erweist sich für den Fortgang des Projekts als richtungsweisend.

- Die Primäraufgabe besteht aus drei Teilen: Erstens geht es um die eigentliche Aufnahme der Asylsuchenden entsprechend dem aktuellen Bedarf, der von Bund und Kanton bestimmt wird.
- Zweitens muss die Asylkoordination den Asylsuchenden nach bestimmten Minimalstandards Unterkünfte und Mobiliar zur Verfügung stellen.
- Drittens benötigen die Asylsuchenden Beratung, insbesondere in finanziellen und arbeitsrechtlichen Angelegenheiten, und Betreuung zu Fragen von Arbeit, Gesundheit und Hygiene.

Sekundäraufgaben der Asylkoordination sind der Unterhalt von Liegenschaften und Mobiliar und die Administration der obligatorischen Krankenversicherung für die Asylsuchenden. Dazu kommt die interne Administration der Abteilung.

## Beurteilung der Ausgangslage

Die Analyse lässt auch Aussagen zur Qualität der Arbeit in der Asylkoordination zu. Es besteht kein Zweifel darüber, dass Richard Schmid und seine Crew ihre Arbeit gut erledigen. Auffallend ist aber, dass dies nicht das Ergebnis einer systematisch aufgebauten und dokumentierten Organisation ist. Vielmehr ist es dem professionellen Selbstverständnis der Betreuerinnen und Betreuer, ihrer Erfahrung und ihrem Engagement zu verdanken. Die Qualität der Arbeit ist also stark personengebunden. Das ist kein Nachteil. Aber es erschwert das Dokumen-

**Hinweis**

tieren der Leistungen und das Nachweisen von Ergebnissen, wie es im New Public Management vorgesehen ist.

Ein Zweites ist auffällig. Die Asylkoordination kennt kaum standardisierte Problemlösungen. Egal mit welchem Anliegen die Asylsuchenden zu den Betreuerinnen kommen, es findet praktisch ausnahmslos ein Beratungsgespräch statt. Einzige Ausnahmen sind die Abgabe von Kehrichtsäcken donnerstags um neun und die wöchentliche Auszahlung der finanziellen Unterstützungsbeiträge.

Jeder Fall wird zum Einzelfall. Das kostet Zeit. Mehr ins Gewicht fällt jedoch, dass es schwierig ist, ähnliche Anliegen gleichartig zu behandeln, auf die gleichen Fragen konsistent zu antworten, Ansprüche und Wünsche immer nach den gleichen Massstäben zu beurteilen. Dass die Asylsuchenden diese Situation gelegentlich zu ihren Gunsten ausnutzen, ist ihnen nicht übel zu nehmen.

## Vertiefen der Analyse

Für die interne Organisation hält Richard Schmid wöchentlich Gruppensitzungen ab, die auch ordentlich protokolliert werden. Dieses «kollektive Gedächtnis» der Asylkoordination ist eine Fundgrube dafür, welche Probleme das Team über die Jahre beschäftigt haben.

SE-Hinweis

Die Akronym GmbH unternimmt eine aufwendige Inhaltsanalyse dieser Gruppensitzungsprotokolle. Systematischer als in den Interviews tauchen hier die häufigen Problemfelder auf. Viel zu reden geben die Beschaffung und der Unterhalt der Liegenschaften. Auch die Beratung der Klienten und deren Probleme und Schwierigkeiten sind Gegenstand der Diskussion. Dritthäufigstes Thema ist die Vermittlung von Unterkünften an die Asylsuchenden. Die Analyse der diskutierten Themen gibt wichtige Hinweise auf Kriterien, nach welchen die Leistungen der Asylkoordination beurteilt werden können. Solche Beurteilungskriterien erhalten im Leistungsauftrag eine besondere Bedeutung.

> In der Situationsanalyse ist es auch wichtig, eine angepasste Strukturierung vorzunehmen. Im vorliegenden Planungsbeispiel ist dies beispielsweise die Unterteilung in Primär- und Sekundäraufgaben oder die Gliederung in Planung & Führung sowie Leistungserbringung / «Produktion». Die aspekteweise Betrachtung wie auch das Prinzip der

Hierarchisierung sind Möglichkeiten, komplexe Situationen transparenter zu machen.

## Steuergrössen der Führung

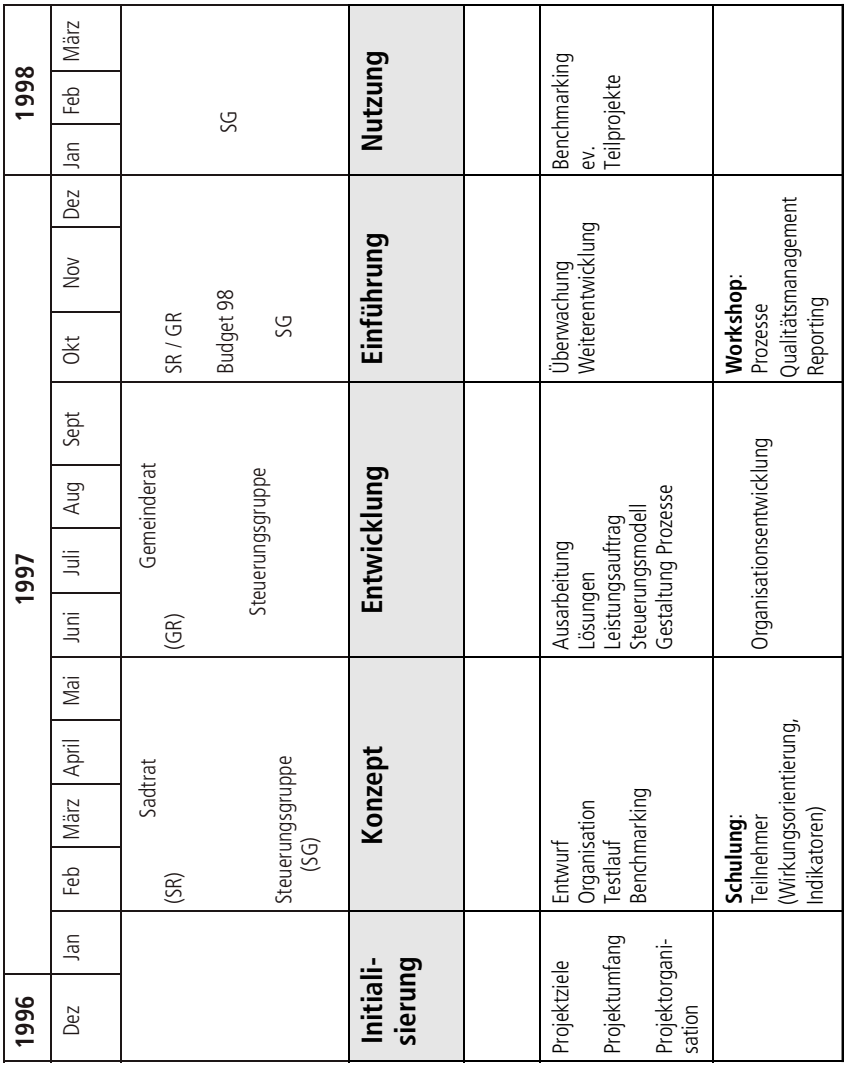



*Abb. 1: Projektphasen Asylkoordination*

Nebst der eigentlichen «Produktion» der Dienstleistungen in der Asylkoordination unterzieht die Akronym auch die Führung und Planung der Stelle einer Analyse. Denn es ist allen Beteiligten klar: Die Führung muss vorausschauend aktiv sein, um die finanziell komfortable Situation zu erhalten, in der sich die Asylkoordination befindet. Dazu muss sie abschätzen können, wie sich die Anzahl und die Herkunft der Asylsuchenden entwickeln wird. Nur so kann sie rechtzeitig die nötigen Unterkünfte bereitstellen und die passenden Beratungs- und Betreuungsangebote vorbereiten.

Eine zweite Kenngrösse ist für die Führung der Asylkoordination von zentraler Bedeutung: ein – noch zu bestimmendes – Mass für die Qualität ihrer Arbeit. Diese Grösse steht für die Wirkung, den Outcome der Arbeit der Asylkoordination im Sinne von NPM.

## Doch kein Testlauf

SE Hinweis

Gemäss Projektplan stünde nun an, einzelne Indikatoren herzunehmen und in einem Testlauf praktisch zu erproben. Auf diesen Schritt will die Stadt jedoch verzichten: Die Zeit drängt, es stehen andere, operative Arbeiten an. Die anderen NPM-Projekte sind noch nicht so weit fortgeschritten, als dass ein Benchmarking möglich wäre.

So diskutieren Armin Manser, Richard Schmid und Peter Troxler von Akronym lediglich den Katalog von verschiedenen, denkbaren Indikatoren für die Wirkungsmessung. Entsprechend den übergeordneten gesetzlichen Grundlagen einigt sich die Gruppe auf die Formulierung von zwei Hauptzielsetzungen, dass nämlich Asylsuchende temporär, also vorübergehend, in der Stadt integriert sein sollen und dass sie die Fähigkeit zur Rückkehr in ihre Heimat erreichen sollen. Temporäre Integration und Rückkehrfähigkeit sind die zwei Wirkungsziele der Asylkoordination.

> Auf eine praktische Erprobung der Varianten hat man aus Zeitgründen verzichtet. Solche Änderungen in einem Projektplan sind durchaus normal. Trotzdem muss das Projekt seine Ziele erreichen. Konkret müssen die Vor-

und Nachteile der ermittelten Handlungsoptionen evaluiert werden. Dies geschieht im Sinne einer Argumentenbilanz, d. h. im diskursiven Abwägen der Vor- und Nachteile. Diese umfassende Beurteilung der Varianten bezweckt eine systematische Entscheidungsvorbereitung.

## Ein Konzept ist entstanden

Diese Auslegeordnung – Darstellung von Primär- und Sekundäraufgaben und Definition von Führungsgrössen – dient nun als Basis für die Formulierung von Leistungsauftrag und Globalbudget. Ende Juli liegt der bereinigte Leistungsauftrag als Bericht der Akronym vor.

Als Weisung Nr. 251 stellt der Stadtrat von Uster am 7. Oktober dem Parlament den Antrag, der Asylkoordination einen Leistungsauftrag für die Jahre 1998 und 1999 zu erteilen. Damit verbunden ist ein Glolbalbudget für 1998, das einen Überschuss von fast 500 000 Franken vorsieht. Der Leistungsauftrag legt die Wirkungsziele «temporäre Integration» und «Rückkehrfähigkeit» fest.

**SE-Hinweis**

Inhaltsübersicht

I. Einleitung: Projektbezeichnung und Bezug zu den Regierungsschwerpunkten . . . 8
A. Projektname . . . 8
B. Verantwortlich für die Entwicklung des Leistungsauftrags . . . 8
C. Abteilung / Amststelle . . . 8
D. Funktionen und Namen der zuständigen Personen . . . 8
E. Bezug zu den Regierungsschwerpunkten . . . 8

II. Entwicklungen: Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft . . . 9
A. Vergangenheit . . . 9
B. Gegenwart (Ist-Situation) . . . 11
C. Zukunft . . . 13

III. Der Leistungsauftrag und seine Einbettung in den Planungs- und Leistungsprozess . . . 16
A. Rahmenordnung und Regulierungswirkungen (Impact) . . . 17

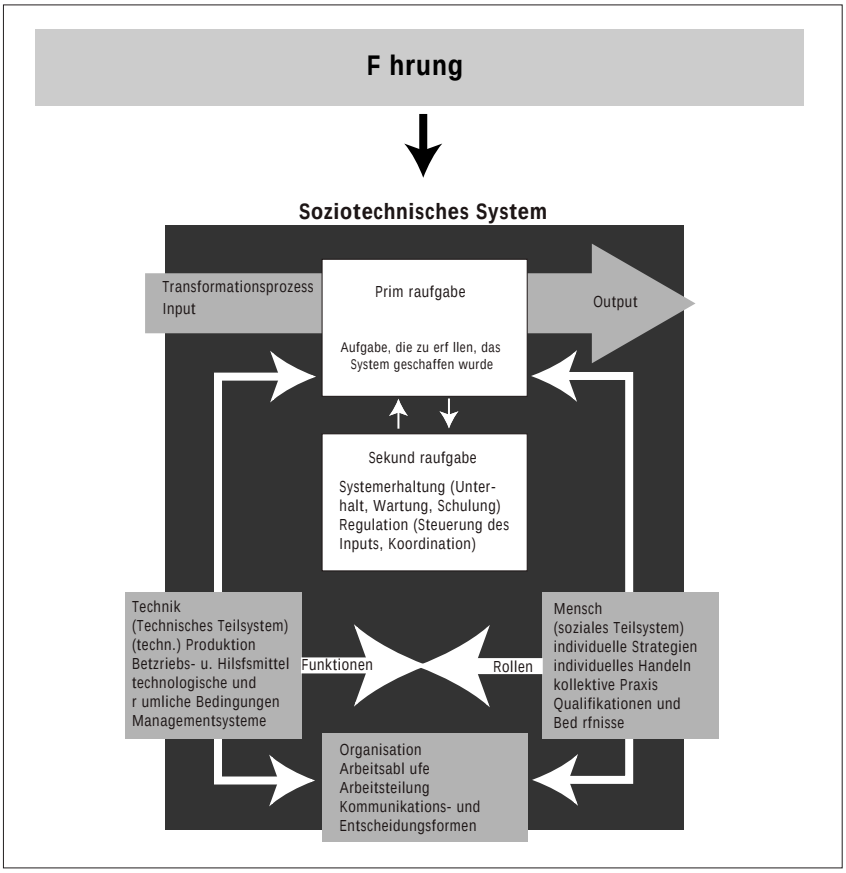



*Abb. 2: Soziotechnischer Systemansatz*

B. Bedarfsziele und Ergebnisse (Outcome) . . . . . 18
C. Leistungsplan und Leistungen (Output) . . . . . 19
D. Ressourcenplan und Ressourcenverbrauch (Input) . . . . . 22

IV. Zukünftige Ausrichtung . . . . . 24
A. Variantenspektrum . . . . . 24
B. Handlungsspielraum und Rahmenbedingungen . . . . . 27
C. Bezeichnung von (nicht) beeinflussbaren Faktoren . . . . . 27
D. Strategische Stossrichtung . . . . . 27

V. Antrag . . . . . 28
Anhang Weiterführende Indikatoren . . . . . 29

*Tabelle 1: Inhaltsverzeichnis Akronym Bericht*

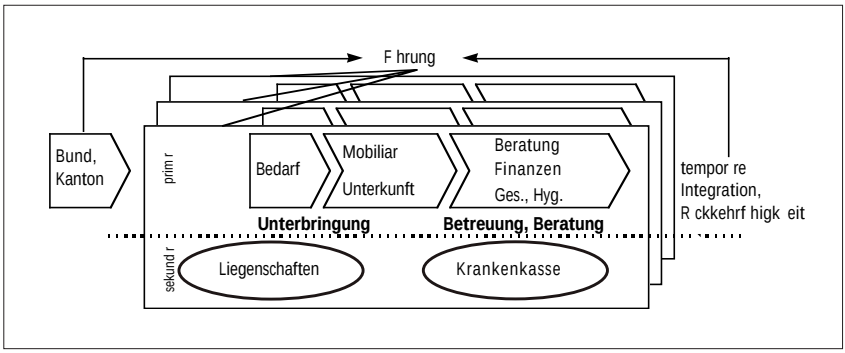



*Abb. 3: Planungs- und Leistungsprozess Asylkoordination*

Begleitet ist er von einem «beleuchtenden Bericht», dem wörtlichen Abdruck des von Stadt und Akronym gemeinsam formulierten Leistungsauftrags. Mit marginalen Änderungen der Geschäftsprüfungskommission wird dieser Antrag – zusammen mit den Leistungsaufträgen der anderen vier Abteilungen – vom Parlament mit 18:14 Stimmen genehmigt.

## Entwicklung und Umsetzung: Das Konzept erlebbar machen

Bereits seit dem Juli 1997 ist auch die Umsetzung des Leistungsauftrags in der Asylkoordination Thema. Ziel ist es, die im Leistungsauftrag formulierten Wirkungen in der praktischen Arbeit sichtbar, erlebbar und messbar zu machen. Das ist eine eigentliche Organisationsentwicklungsaufgabe. Die Akronym initialisiert die Entwicklungen gemeinsam mit den Beschäftigten. Die eigentliche Detailarbeit macht die Asylkoordination jedoch in eigener Verantwortung.

> Das Konzept wird nun weiter konkretisiert. Das Ziel besteht darin, einen umsetzungsfähigen Bauplan zu entwickeln. Weil die konkrete Lösung durch die Betroffenen getragen werden muss, wird das Vorhaben als eigentliches Organisationsentwicklungsvorhaben betrachtet. Die Systems Engineering Methodik wird nun mit Methoden und Erfahrungen der Organisationsentwicklung kombiniert.

## Konzentration auf das Wesentliche

So finden im Rahmen der Entwicklungsphase lediglich zwei Workshops statt. «Konzentration auf das Wesentliche» ist dabei das Motto. Der erste Workshop dient dazu, allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Asylkoordination näher zu bringen, was sich durch die Einführung des Leistungsauftrags in der Abteilung ändern wird. Gemeinsam werden die Überlegungen nachvollzogen, die zur Formulierung des Leistungsauftrags geführt haben. Fast dreissig Diskussionspunkte tragen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zusammen. Getreu dem Motto «Konzentration auf das Wesentliche» werden die wichtigsten Themen ausgewählt:

- Was ist der Auftrag der Asylkoordination – formal und im eigenen Verständnis?
- Wie werden die Funktionen der Asylkoordination auf die MitarbeiterInnen zugeteilt?
- Wo sind zentrale Probleme für die Umsetzung des Leistungsauftrags?

Die kurze, aber intensive Diskussion dieser drei Punkte macht eines deutlich: der neue Leistungsauftrag verlangt von den MitarbeiterInnen, dass sie ihr persönliches, soziales Engagement zurückstellen und sich vermehrt am offiziellen Auftrag – temporäre Integration und Rückkehrfähigkeit – orientieren.

Die gemeinsame Erkenntis daraus ist, dass eine Vielzahl von Aufgaben standardisierbar sind, für alle Asylsuchenden gleichermassen gültig. Nur für einen kleinen Teil der anfallenden Tätigkeiten ist der individuelle Einzelfall wirklich relevant. Diese Einsicht kann an einem zweiten Workshop auf Führungsebene erhärtet werden.

> «Betroffene beteiligen» ist ein Schlagwort. Die Umsetzung davon gestaltet sich in der Regel schwieriger. Im vorliegenden Planungsbeispiel wurde dies u. a. mit Workshops und mit der intensiven Auseinandersetzung der künftigen Arbeitssituation erreicht.

## Umsetzung durch die Betroffenen

SE-Hinweis

Die Umsetzung dieser Erkenntnis liegt nun ganz in den Händen der Asylkoordination. Mit grossem Geschick und dem nötigen Pragmatismus werden die zentralen Erkenntnisse in die Tat umgesetzt: Statt drei einzelnen Beratungszimmern wird ein Schalter eingerichtet, wo die Standardaufgaben wahrgenommen werden. An diesem Schalter sind die Dossiers der Asylsuchenden schnell greifbar. Effizienz ist hier oberstes Gebot. Nicht so im Beratungsbereich. Hier stehen für notwendige, individuelle Beratungen Zeit und Ressourcen zur Verfügung. Wichtig ist, in einer Beratungssitzung ein Problem möglichst umfassend und abschliessend zu behandeln. Um diese Entwicklung einzuleiten, findet lediglich noch eine Sitzung zwischen dem Leiter der Asylkoordination, Richard Schmid, und dem Projektleiter der Akronym statt. Die Umsetzung nimmt die Asylkoordination selbstverantwortlich wahr.

## Nutzung: Der Leistungsauftrag wird zur Erfolgsgeschichte

Per Ende Juni 1998 muss die Asylkoordination einen ersten Semesterbericht über ihre Tätigkeit abliefern – mit Bezug auf die im Leistungsauftrag formulier-

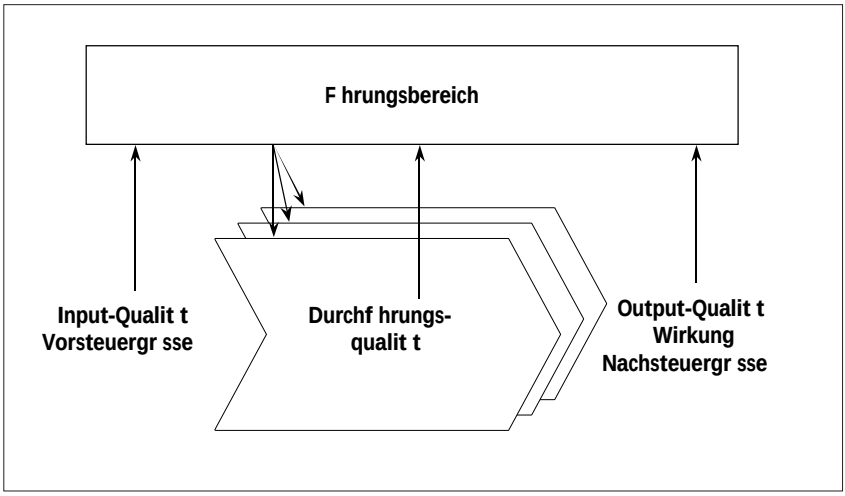



*Abb. 4: Steuergrössen der Führung*

ten Ziele. Es gilt, temporäre Integration und Rückkehrfähigkeit nochmals genau

zu definieren, zu operationalisieren. Im Hinblick darauf hat die Asylkoordination jede Interaktion mit den Asylsuchenden systematisch dokumentiert. Die Umsetzung dieser Daten auf die Kennzahlen des Leistungsauftrags erfordert nochmals die Unterstützung der Akronym. Damit ist das Projekt mit der Akronym beendet.

Der Semesterbericht wird vom Parlament anstandslos genehmigt. Abteilungsintern führen die Resultate jedoch zur Diskussion: Hier und da und dort hätte man noch manches besser machen können. Damit ist ein Lern- und Entwicklungsprozesss angestossen, der seine Effekte zeigen wird.

In eigener Initiative und ohne Zuzug von Beratern entwickeln Richard Schmid und seine MitarbeiterInnen verschiedene Programme, um den Asylsuchenden die Integration in Uster zu erleichtern. Gleichzeitig können sie in diesen Programmen Erfahrungen sammeln und Know-how aufbauen, das ihnen nach der Rückkehr in ihre Heimat von Nutzen sein kann. Seinen Spielraum im Rahmen von Leistungsauftrag und Globalbudget nutzt Richard Schmid aus – mit Erfolg.

Zwei Jahre später: Die Jahresberichte 1999 zu den Verwaltungsreform-Pilotprojekten werden verabschiedet. Die Zeitungen berichten: «Sehr positiv fiel der Bericht der Asylkoordination Uster aus. Vom Kanton hat Uster im Verlaufe des Kosovo-Krieges 1999 statt 1 Prozent neu 1,2 Prozent der Wohnbevölkerung (340 Personen) aufnehmen müssen. Während in der ganzen Schweiz etwa 20 Prozent der Kosovo-Flüchtlinge die Rückkehr in ihre Heimat verweigern, sind in Uster lediglich knapp 4 Prozent oder 9 Personen nicht rückkehrwillig.» (NZZ, 0.06.2000, S. 50).

**SE-Hinweis**

Im vorliegenden Beispiel wurde auch ein Lernprozess initiiert. Dies ist ein zentrales Element für den im modernen Managementsystemen geforderten kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Bei der Ausgestaltung der Kriterien ist allgemein darauf zu achten, dass diese Aussagen von den Betroffenen verstanden werden und dass sich durch diese Informationen das Arbeitsverhalten im positiven Sinn ändert. Aus Projektsicht ist nicht ein (technisches) Kennzahlensystem bzw. ein Berichtsraster zu definieren. Vielmehr geht es darum, unter dem Verständnis eines soziotechnischen Systemansatzes – der innerhalb der Systems-Engineering-Methodik einen hohen Stellenwert hat – umfas-

sende Lösungen zu entwickeln. Und dies ist im vorliegenden Beispiel gelungen.

SE-Hinweis

SE-Hin-
weis

## Literatur

SE-Hinweise

### Case 3

List, W. F.; Metzler, A.; Pasch, T. (Hrsg.): *«Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin».* Springer Verlag, 1995, ISBN 3-540-57636-3.

Derighetti M.: *Feedback Control in Anesthesia.* Dissertation Nr. 12 898, ETH Zürich, 1999.

Schäublin, J.; Derighetti, M.; Feigenwinter, P.; Petersen-Felix, S.: *Fuzzy logic control of mechanical ventilation during anaesthesia.* Br-J-Anaesth, 1996, Nov, vol 77 (5), p 636–641.

Curatolo, M.; Derighetti, M.; Petersen-Felix, S.; Feigenwinter, P.; Fischer, M.; Zbinden, A. M.: *Fuzzy logic control of inspired isoflurane and oxygen concentrations using minimal flow anaesthesia.* Br-J-Anaesth, 1996, Feb, vol 76 (2), p 245–250 (comments in Br-J-Anaesth, 1996; vol 77 (6), p 807–808).

5 Nicolet, A.: *A simulation program for pharmakokinetics and -dynamics of inhalational anesthetics.* Dissertation, Universität Bern, 1995

6 Derighetti, M.; Frei, C. W.; Glattfelder, A. H.; Zbinden, A. M.: *Modellbasierte Regelung in der Anästhesie.* at-Automatisierungstechnik 47 (1999), 2, p 80–88.

7 Frei, C. W.: *Fault Tolerant Control Concepts Applied to Anaesthesia.* Dissertation Nr. 13 599, ETH Zürich, 2000.

8 Züst, R.: *Einstieg ins Systems Engineering.* Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 2000.

9 Frei, C. W.; Leibundgut D.; Branca, A.; Glattfelder, A. H.; Zbinden, A. M.: *Eine Plattform für Automatisierungssysteme in der Anästhesie.* «Bulletin SEV/VSE» 89 (1998), 17, p. 15–22.

## Zu Case 5


1 Acel, P. P.: *Methode zur Durchführung betrieblicher Simulationen – Effiziente Optimierung der diskreten Simulation.* Diss. ETH Nr. 11 459. Zürich: 1996.

2 Aesop GmbH: *SIMPLE++ 5.0, Reference Manual.* 1. Auflage. Stuttgart, Mai 1998.

3 Gisler, A.: *«Untersuchung einer Förderanlage».* Semesterarbeit im Studiengang Betriebs- und Produktionswissenschaften an der ETH Zürich, 1999.

4 Daenzer, W. F.; Huber, F. (Hrsg.): *Systems Engineering, Methodik und Praxis.* 11. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 2002.

5 Hrdliczka, V.; Acel, P. P.: *Simulation in Produktion und Logistik – Vorlesungsunterlagen.* Departement Betriebs- und Produktionswissenschaften der ETH Zürich. Zürich, 1999.

6 Züst, R.: *Einstieg ins Systems Engineering.* 2. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 2000.


## Zu Case 6


1 Züst, R.: *Systems Engineering kurz und bündig.* Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1999.

2 Daenzer, W.; Huber, F. (Hrsg.): *Systems Engineering.* 11. Auflage, Verlag Industrielle Organisationen, Zürich, 2002.

3 Härri, V.: *Systems Engineering mit integrierter Konstruktionssystematik.* Unterrichtsunterlagen, HTA Luzern, CH-6048 Horw, Version 2001.

4 Züst, R.: *Einstieg ins Systems Engineering.* 2. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 2000.

5 Osborn, A.F.: *Applied Imagination, Principles and Procedures of Creative Problem-Solving.* Charles Scribner, NewYork, 1963.

6 Gordon, W.J.: *Synectics, the Developement of Creative Capacity.* Harper&Row, NewYork, 1961.

7 DeMarco, T.: (1978). *Structured Analysis and System Specification.* Yourdon Press, NewYork.

8 Ward/Mellor: *Strukturierte Systemanalyse von Echtzeitsystemen,* Hanser

München, Wien, 1991.

[9] Härri, V.: *SW-Engineering.* Vorlesungsunterlagen, HTA Luzern, CH-6048 Horw, 1999.

[10] Breiing, Flemming: *Theorie und Methoden des Konstruierens.* Springer, 1993.

[11] Zangemeister, Ch.: *Nutzwertanalyse in der der Systemtechnik.* Wittemannsche Buchhandlung, München, 1970.

[12] Kesselring, F.: Bewertung von Konstruktionen, VDI-Verlag, 1951.

## Autorenverzeichnis

**Peter P. Acél**
E-Mail: info@acel.ch

Peter P. Acél, 1959, studierte an der Technischen Hochschule Karlsruhe Maschinenbau mit den Fachgebieten Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinenbau. Danach war er während fünf Jahren als Unternehmensberater, Fachassistent für Betriebsorganisation und Leiter von mehreren Konzernprojekten bei der ABB in Baden. Von 1991 bis Juni 1996 war er an der Stiftung BWI/ETHZ tätig, anfänglich als Projekt- und Expertisenleiter auf den Gebieten Produktion, Betriebsorganisation, Fabrikplanung und Logistik und ab April 1995 als Leiter des Beratungsbereichs Produktion und Logistik und Mitglied der Geschäftsleitung der Sparte Beratung. 1996 promovierte Peter Acél an der ETH Zürich. Seit Juli 1996 ist Peter Acél Mitinhaber und Geschäftsführer der Firma Dr. Acél & Partner AG. Schwergewichte seiner Tätigkeit sind: Unternehmens- und Produktionsstrategie, Logistik, Wirtschaftlichkeits- und Investitionsrechnung.

Peter Acél nimmt als Dozent an der Abteilung für Betriebs- und Produktionswissenschaften an der ETH Zürich einen Lehrauftrag auf dem Gebiet Simulation in Produktion und Logistik wahr. Er ist Autor von mehreren Publikationen in den Fachbereichen Logistik, Produktion, Simulation, Investitionsrechnung und Layoutplanung.

**Stefano M. Achermann**
E-Mail: stefano.achermann@freesurf.ch

Stefano M. Achermann, 1958, Prof., Dipl. Ing. ETH/BWI, studierte Elektrotechnik und Betriebswissenschaften an der ETH Zürich. Parallel dazu arbeitete er an der Stiftung für Forschung- und Beratung am Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH Zürich an der Entwicklung zukunftsgerichteter Organisations-

strukturen für die heutige Swisscom. Von 1985–1989 zeichnete er als Projektleiter verantwortlich für die Entwicklung innovativer Systemkonzepte und die Automatisierung der Entwicklungs- und Prüfprozesse für integrierte, elektronische Telefonieschaltungen bei der Firma Ascom Autophon AG. Danach war er Abteilungsleiter und Mitglied der Werksleitung bei der Firma Schindler Aufzüge AG und verantwortlich für die Einführung neuer Produktionstechnologien und Qualitätsverbesserungsprogramme.

Seit 1996 ist er als Professor an der Fachhochschule beider Basel tätig. Stefano M. Achermann unterrichtet Projektmanagement und Systems Engineering, Technologie- und Innovationsmanagement. Er ist Gründer und Inhaber der Firma Achermann Unternehmensberatung, die sich mit Unternehmensberatung und Management-Weiterbildung beschäftigt.

**Gabriel Caduff**
E-Mail: gabriel.caduff@tensor.ch

Gabriel Caduff, 1967, studierte Betriebs- und Produktionswissenschaften an der ETH Zürich und promovierte 1997 am Betriebswissenschaftlichen Institut (BWI) der ETH Zürich. Von 1994–1998 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am BWI. 1998 wurde er Verantwortlicher für die Bereich Beratung von Umweltmanagementsystemen bei der Colombi Schmutz Dorthe AG in Bern. Gabriel Caduff ist Gründer und Mitinhaber der 1999 gegründeten Tensor Umweltberatung AG (siehe: http://www.tensor.ch). Seit 2001 leitet er als Vorsitzender das Technische Komitee zu den Normen im Bereich der Umweltmanagementsysteme.

Gabriel Caduff war als nebenamtlicher Dozent für Systems Engineering an der Ingenieurschule HTL Oensingen tätig und lehrt heute Systems Enginieering an der Hochschule für Gestaltung und Kunst in Basel und ist nebenamtlicher Dozent für Umwelt- und Qualitätsmanagementsysteme an der Fachhochschule Nordwestschweiz.

**Adolf Hermann Glattfelder**
E-Mail: glatt@aut.ee.ethz.ch

Adolf Hermann Glattfelder, 1940, studierte an der Abteilung für Maschinenin-

genieurwesen an der ETHZ und war anschliessend bei Brown Boveri & Cie. in Baden tätig. Am Institut für Mess- und Regeltechnik der ETHZ doktorierte er 1969 und habilitierte sich 4 Jahre später für das Lehrgebiet «Entwurf höherer Regelsysteme». Seit 1973 hält er Vorlesungen an der ETH. 1976 wechselte er zu Sulzer-Escher Wyss Zürich und 1984 in die Konzernforschungsabteilung von Gebr. Sulzer AG, Winterthur, wo er ab 1985 als Vizedirektor tätig war. 1989 wurde ihm von der ETHZ der Titel eines Professors verliehen. Seit 1991 ist er am Institut für Automatik an der ETH Zürich tätig.

Adolf Hermann Glattfelder ist in Lehre und Forschung im Bereich der anwendungsorientierten Prozessleit- und Automatisierungstechnik, in den Arbeitsgebieten «Modellierung für die Regelung» und «Regelkreise mit Anschlägen und Begrenzungen» tätig. Seit 1992 leitet er eine Forschungsgruppe «Automatisierung in der Medizintechnik», in Zusammenarbeit mit der Forschungsabteilung des Universitätsspitals Bern (Prof. A. M. Zbinden). 1992–1998 war er Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Automatik, wo er die Reihe «LernModule» initiierte und herausgibt. Adolf Hermann Glattfelder ist für die Fachdidaktik-Ausbildung am Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETHZ verantwortlich und arbeitet mit den schweizerischen Fachhochschulen im Bereich Automatik als Prüfungsexperte und in deren standortübergreifender Nachdiplom-Ausbildung zusammen.

**Vinzenz V. Härri**
E-Mail: vvhaerri@hta.fhz.ch

Vinzenz V. Härri, 1954, war nach seinem Abschluss als El. Ing. ETH in Zürich für die damalige BBC und danach für ABB in Dättwil und Turgi in verschiedenen Bereichen tätig. Im Mittelpunkt standen Tätigkeiten im Bereich der Industrieelektronik und der Bahnen. Zuletzt leitete er eine Entwicklungsgruppe im Zusammenhang mit dem Projekt «Lok2000» der Schweizerischen Bundesbahnen. Begleitend erfüllte er verschiedene Lehraufträge an Hochschulen. Seit 1992 ist er als Professor für Systementwicklung und Computertechnik an der Hochschule für Technik und Architektur Luzern (Fachhochschule Zentralschweiz) tätig und unterrichtet dort auch Systems- und Software-Engineering. Daneben leitet er im Rahmen des Leistungsauftrags «Angewandte Forschung

und Entwicklung» Industrieprojekte im Bereich innovativer Antriebssysteme mit internationaler Ausstrahlung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Energiespeichersystemen, welche nebst Batterien die neuartigen, so genannten Superkapazitäten verwenden. Als Anwendungsplattformen dienen nebst verschiedenen kleineren Projekten vor allem Hybridfahrzeuge und Aufzüge.

Hinweis: Die im Kurs Systementwicklung der Abteilung Elektrotechnik an der Fachhochschule Zentralschweiz zur Verfügung gestellten Vorlagen und Unterlagen, die auch in den hier behandelten Themen angesprochen wurden, können ab der oben aufgeführten Homepage der HTA-Luzern heruntergeladen werden.

**Veronika Hrdliczka**
E-Mail: hrd@iwf.bepr.ethz.ch

Veronika Hrdliczka, 1942, studierte «Moderne Rechentechnik» an der TU Wien und Mathematik/Meteorologie an den Universitäten Wien und Graz. Sie promoviert 1972 in Mathematik. Danach folgten Industrietätigkeiten bei IBM Wien und FIDES Zürich auf dem Gebiet der Prozesssteuerung, Lagerhaltung sowie Entwicklung und Beratung in CAD/CAM. 1980 wurde sie Oberassistentin am Institut für Werkzeugmaschinenbau und Fertigungstechnik (IWF) an der ETH Zürich. Sie hatte von 1984-1988 einen Lehrauftrag für CAD/CAM an der ETHZ. Von 1990-1997 war sie Wissenschaftlicher Adjunkt am Betriebswissenschaftlichen Institut (BWI) der ETHZ. 1997 wechselte sie in gleicher Funktion zurück an das IWF und leitet seit 2000 eine eigene Fachgruppe für Simulation, Informatik und Materialflusstechnik an der ETH Zürich (www.sim.ethz.ch). Seit 1993 hat sie gemeinsam mit Dr. Peter Acél einen Lehrauftrag für «Simulation in Produktion und Logistik» an der ETH-Zürich.

Veronika Hrdliczka ist Vertreterin der Schweiz im Vorstand der ASIM/GI (Arbeitsgemeinschaft Simulation im deutschsprachigen Raum, Vize-Präsidentin der ewf-association Schweiz, Geschäftsführerin der Förderungsgesellschaft für Forschung und Ausbildung in Unternehmenswissenschaften der ETH Zürich (vormals Förderungsgesellschaft BWI), seit 2000 Präsidentin der Technischen Gesellschaft Zürich und seit 1975 im Vorstand der Österreichisch-Schweizeri-

schen Kulturgesellschaft.

**Kristina Lauche**
E-Mail: k.lauche@abdn.ac.uk

Kristina Lauche, 1969, studierte Psychologie und Linguistik an der Universität Kiel, am Trinity College Dublin und der FU Berlin. Sie promovierte an der Universität Potsdam zu «Qualitätshandeln in der Produktentwicklung aus arbeits- und organisationspsychologischer Perspektive». Von 1995-1997 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität München im Bereich Qualitätsmanagement und Training. Sie wechselte 1997 als Assistentin an die ETH Zürich. Dort war sie in mehreren interdisziplinären Projekten zur organisatorischen und technologischen Unterstützung von Zusammenarbeit in Entwicklungsteams tätig.

Seit 2001 ist Kristina Lauche Lecturer for Industrial and Organisational Psychology an der University of Aberdeen, Schottland. Sie lehrt Systemgestaltung, Projektmanagement, Forschungsmethoden und Organisationspsychologie und forscht zu Innovation, zu CSCW und zu den sozialen und methodischen Fähigkeiten von Designern.

**Udo Lindemann**
E-Mail: lindem@pe.mw.tum.de

Udo Lindemann, 1948, studierte Maschinenbau an der Universität Hannover, Vertiefung Thermische Verfahrenstechnik. Er promovierte 1979 über die «Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt».

Er hatte leitende Positionen in den Bereichen Konstruktionstechnik, Produktentwicklung, sowie Regel- und Prüfsysteme bei der Fa. Renk AG, Augsburg, inne und wurde 1992 zum Vorsitzender der MAN Miller Druckmaschinen GmbH mit Ressortverantwortung für Produktion, Logistik, Qualität, Service,

Personal und Werksplanung. Seit 1995 ist Udo Lindemann Leiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung an der Technischen Universität München (früher Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau).

Neben den dargestellten beruflichen Aktivitäten engagierte er sich unter anderem in Kostenanalyse-Arbeitskreisen der FVA und des VDMA, als VDI-EKV-Vertreter im VDI-Gemeinschaftsausschuss, «Industrielle Systemtechnik (GIS)» sowie im VDI-Ausschuss «Methodisches Konstruieren».

**René Meier**
E-Mail: rene.meier@synergo.li

René Meier, 1951, ist diplomierter Gerontologe mit einer Zusatzausbildung in Logotherapie und Existenzanalyse nach Viktor Frankl. Mitentwicklung eines Pilotstudiengangs für ein Nachdiplom in «Change Management» an der Fachhochschule Liechtenstein. Verschiedene Tätigkeiten im Kultur- und Sozialbereich. Als Inhaber der Beratungsfirma Synergo tätig in der Organisationsberatung mit den Schwerpunkten Beratung von Gemeinden und Institutionen der Altershilfe in alterspolitischen Fragen und Bedarfsplanung, Qualitätsentwicklung und Qualtitätsmanagement, und Strategieentwicklung in Klein- und Kleinstgewerbe.

**Peter Troxler**
E-Mail: peter@trox.net

Peter Troxler, 1966, studierte Betriebs- und Produktionswissenschaften an der ETH Zürich und promovierte 1999 am Institut für Arbeitspsychologie (IfAP) der ETHZ. Von 1997–2001 arbeitete er als Senior Consultant bei Akronym GmbH in Uster im Bereich Strategieentwicklung und Strategieumsetzung für die Industrie und die öffentliche Hand. Seit 2001 ist er Research Manager für Knowledge Technologies an der University of Aberdeen, Schottland.

Als freier Wissenschaftspublizist begleitet Peter Troxler Publikationen und Veranstaltungen aus Forschung und Wissenschaft, die sich an ein unternehmerisches Publikum richten. Er schreibt für verschiedene Zeitungen und Zeitschriften im In- und Ausland.

**Oliver Vaterlaus**
E-Mail: oliver.vaterlaus@awkgroup.com

Oliver Vaterlaus, 1972, studierte Elektrotechnik an der ETH Zürich. Nach dem Studium trat er als Projektleiter bei AWK Engineering AG ein, einem der führenden unabhängigen Schweizer Consulting- und Engineering-Unternehmen für Informations- und Kommunikationssysteme. In dieser Funktion leitete er zahlreiche Grossprojekte nach der Projektführungsmethodik der AWK, welche sich eng an die Methodik des Systems Engineering anlehnt.

Seit 1999 ist Oliver Vaterlaus Mitglied der Geschäftsleitung der AWK Engineering AG und verantwortlich für den Bereich Öffentliche Verwaltungen, welchen er als Profit Center führt.

**Rainer Züst**
E-Mail: zuest@sl.ethz.ch und rainer.zuest@bluewin.ch

Rainer Züst, 1959, studierte Maschinenbau und Betriebswissenschaften an der ETH Zürich und promovierte 1990 am Institut für Werkzeugmaschinenbau und Fertigungstechnik (IWF) der ETHZ. Von 1993–1999 war er Assistenzprofessor für Betriebswissenschaften an der ETH Zürich. 2000 wurde er Gastprofessor an der Technischen Universität Wien. Seit 2001 ist er Programm Manager bei der «Alliance for Global Sustainability» (AGS), einer internationalen Kooperation zwischen dem MIT in Boston (USA), der Tokyo University (Japan), der Chalmers University (Schweden) und der ETH Zürich auf dem Gebiet der nachhaltigen Entwicklung. Zudem ist er Gründer und Mitinhaber einer Beratungsunternehmung für System Engineering.

Seit 1987 ist Rainer Züst Lehrbeauftragter an der ETHZ und an anderen Hochschulen im In- und Ausland insbesondere für «Systems Engineering», «Umweltmanagement» und «Öko-Design». Rainer Züst ist Vorsitzender der SEFI-Expertengruppe zu «Systems Engineering», Leiter der Erfahrungsgruppe

«Systems Engineering» an der ETHZ und A-Member von CIRP.