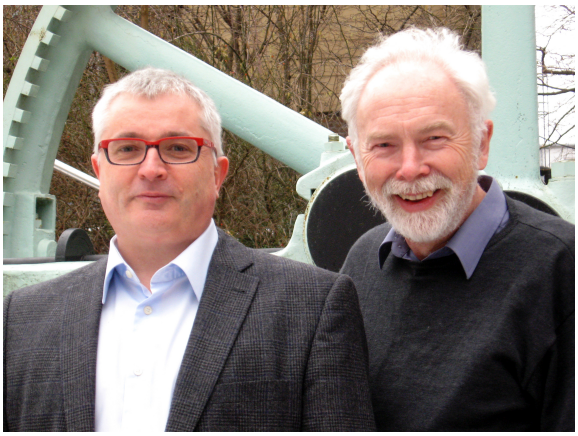
→ 3., korrigierte Auflage

Jochen Ludewig · Horst Lichter

Software Engineering

Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken

dpunkt.verlag



Horst Lichter und Jochen Ludewig, März 2013

Prof. Dr. rer. nat. Jochen Ludewig, geboren 1947 in Hannover. Studium der Elektrotechnik (TU Hannover) und Informatik (TU München); Promotion 1981. 1975 bis 1980 Gesellschaft für Kernforschung, Karlsruhe, dann Brown Boveri Forschungszentrum in Baden/Schweiz. 1986 Assistenzprofessor an der ETH Zürich, 1988 Ruf auf den neuen Lehrstuhl Software Engineering an der Universität Stuttgart. Arbeitsgebiete: Softwareprojekt-Management, Software-Prüfung und Software-Qualität, Software-Wartung. Ab 1996 Konzeption und Aufbau des Diplomstudiengangs Softwaretechnik, der inzwischen in einen Bachelor- und einen Masterstudiengang umgewandelt wurde. Fellow der Gesellschaft für Informatik (GI).

Verheiratet, zwei erwachsene Töchter, zwei Enkel.

Prof. Dr. rer. nat. Horst Lichter, geboren 1960 in Trier. Studium der Informatik und Betriebswirtschaftslehre (TU Kaiserslautern). Wissenschaftlicher Mitarbeiter (ETH Zürich und Universität Stuttgart), Promotion 1993. Anschließend Schweizerische Bankgesellschaft Zürich und ABB Forschungszentrum Heidelberg. 1998 Ruf an die RWTH Aachen, Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Software-Konstruktion. Arbeitsgebiete: Architekturmodellierung, Projektmanagement, Werkzeugbau, Prozessverbesserung.

Verheiratet, drei Söhne.

Jochen Ludewig · Horst Lichter

Software Engineering

Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken

3., korrigierte Auflage

dpunkt.verlag

Jochen Ludewig
ludewig@informatik.uni-stuttgart.de

Horst Lichter
lichter@swc.rwth-aachen.de

Lektorat: Christa Preisendanz
Copy-Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg
Herstellung: Birgit Bäuerlein
Satz: Jochen Ludewig, Stuttgart/Horst Lichter, Aachen
Umschlagmotiv: Jochen Ludewig, Stuttgart
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de
Druck und Bindung: Media-Print Informationstechnologie, Paderborn

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN
Buch 978-3-86490-092-1
PDF 978-3-86491-298-6
ePub 978-3-86491-299-3

3., korrigierte Auflage 2013

Ringstraße 19 B
69115 Heidelberg

5 4 3 2 1 0

Unseren Frauen und Kindern gewidmet:

Jutta · Gabi · Linda · Nora · Bastian · Jannis · Moritz

Vorwort

Entstehungsgeschichte

Dieses Buch hat seine allerersten Anfänge in einer Vorlesung am Neu-Technikum in Buchs, St. Gallen, Schweiz (Ludewig, 1985). Das Material wurde durch viele weitere Vorlesungen beider Autoren an der ETH Zürich, der Universität Stuttgart und der RWTH Aachen immer wieder bearbeitet, ergänzt und erweitert. Zahlreiche Seminare und Schulungen in der Industrie waren Anlass und Quelle für Revisionen und Einfügungen. Allen, die uns zugehört und auch widersprochen haben, sind wir zu großem Dank verpflichtet.

Die lange Vorgeschichte scheint im Widerspruch zum raschen Verderb des Informatik-Wissens zu stehen. Wir sehen das weniger ängstlich und halten das Gerede von der »kurzen Halbwertzeit des Wissens« für modisches Geschwätz. Da wir nicht den Leistungsstand von Mikroprozessoren unterrichten, sondern unsere Studenten und Studentinnen, soweit es in unseren Kräften steht, mit dem Grundwissen für ein hoffentlich langes und befriedigendes Berufsleben ausrüsten, sollte das hier präsentierte Material viele Jahre brauchbar sein. Wir fühlen uns ermutigt von der Tatsache, dass eines der wirklich guten Bücher über Software Engineering, das Buch von Richard Fairley (1985), nach mehr als zwanzig Jahren zwar unvollständig, aber keineswegs ganz und gar überholt erscheint.

Dazu trägt ohne Zweifel bei, dass sich Software Engineering vor allem mit den Menschen befasst, die Software in Auftrag geben, entwickeln und ändern oder benutzen. Was vor zweitausend Jahren über Menschen gesagt wurde, gilt zum größten Teil noch heute, und so wird es wohl noch ein paar weitere Jahre gültig bleiben.

Rollenbezeichnungen

Auch in diesem Buch bleibt das Problem ungelöst, eine befriedigende Form der Rollenbezeichnungen zu finden, die nicht suggeriert, dass die Person in dieser Rolle ein männliches (oder weibliches) Wesen ist. Wir haben uns an anderer Stelle

mit diesem Problem näher befasst (Deininger et al., 2005), freilich ohne eine gute, allgemein akzeptierte Lösung zu finden.

Wir gehen den üblichen Weg, alle Rollenbezeichnungen in ihrer Grundform zu verwenden, und das heißt, da wir nicht von Hebammen und Krankenschwestern reden, in ihrer männlichen Form. Es dürfte überflüssig sein, darauf hinzuweisen, dass es nach unserer Kenntnis keine einzige Rolle auf dem Gebiet des Software Engineerings gibt, die vorzugsweise oder ausschließlich mit Männern oder mit Frauen besetzt sein sollte. Nach unserer Erfahrung sind Gruppen mit Frauen und Männern den ungemischten vorzuziehen.

Sprachstil

Vor zwei, drei Jahrzehnten wäre eine Vorbemerkung zum Sprachstil nur töricht gewesen. Bis auf wenige bekannte Riffs im Wörtersee war allgemein klar und anerkannt, was als Deutsch gilt.

Das ist heute nicht mehr so. Ursache ist anscheinend nicht die Rechtschreibreform (der wir folgen), sondern ein dramatischer Verfall der sprachlichen Disziplin. Viele Texte, die von Studenten abgeliefert werden, können kaum mehr als Deutsch bezeichnet werden, und viele derer, die eigentlich Vorbild sein sollten, also Journalisten, Politiker und natürlich auch Hochschullehrer, verstärken das Problem, statt es zu bekämpfen.

Wir bekennen uns ausdrücklich zum Ziel, unsere Gedanken in einer akzeptablen Sprache zu formulieren. Wir sind dabei vor Fehlern nicht sicher, und wir werden keine literarische Qualität erreichen, aber wir bemühen uns. Den Lesern wird darum auch an einigen Stellen ein Sprachgebrauch auffallen, der unmodern erscheint, aber – wenigstens in unseren Ohren oder Augen – richtig ist.

Anglizismen lassen sich gerade in Informatik-Büchern nicht vermeiden; das beginnt schon mit unserem Fachgebiet und mit dem Titel dieses Buches. Wo es eine gute deutsche Übersetzung gibt, ziehen wir sie vor. Gerade beim »Software Engineering« ist das zweifelhaft, denn »Softwaretechnik« ist ein sprachlicher Zwitter (aber gleichwohl der Name eines Studiengangs, siehe Abschnitt 25.3). Leider wurde versäumt, das Wort »Software« in unsere Sprache zu übertragen, wie es den Franzosen mit »Logiciel« glänzend gelungen ist. Dass solche Wortschöpfungen auch im Deutschen möglich sind, zeigt sich an künstlichen, aber heute geläufigen Wörtern wie »Rechner« oder »Datei«.

Natürlich sind wir Ihnen für alle Hinweise auf Mängel, inhaltliche wie sprachliche, sehr dankbar.

Material zum Buch

Alles Material, das den Rahmen dieses Lehrbuches sprengt oder aktuell gehalten werden sollte, stellen wir im Netz zur Verfügung. Auf den Webseiten der Autoren stehen entsprechende Verweise; da sich URLs dann und wann ändern, verzichten

wir hier auf die Angabe. Sie suchen am besten nach unseren Namen oder nach dem Buchtitel und werden nach wenigen Schritten auf den richtigen Seiten ankommen.

Dank

Wer ein Buch schreibt, steht auf den Schultern anderer, die wieder auf den Schultern ihrer Vorläufer stehen. Wo wir bewusst auf Material Bezug nehmen, das von anderen Autoren stammt, haben wir (hoffentlich vollständig und korrekt) zitiert. Das ist in besonders hohem Maße bei zwei Büchern der Fall, an denen einer von uns beteiligt ist (Frühauf, Ludewig, Sandmayr, 2002 und 2007). Vor allem unsere Kapitel 13 (*Software-Qualitätssicherung und -Prüfung*), 19 (*Programmtest*), 21 (*Konfigurationsverwaltung*) und 22 (*Software-Wartung*) enthalten Anleihen aus diesen Büchern. Herzlichen Dank an die beiden Kollegen in Baden, die mit ihrer *INFOGEM AG* gutes Software Engineering erfolgreich vermitteln und praktizieren!

Einige Koryphäen des Software Engineerings haben uns drei Jahrzehnte lang geprägt: Das waren vor allem David L. Parnas und Barry W. Boehm, auch Michael Jackson in London und heute kaum noch bekannte Pioniere wie Daniel Teichroew in Michigan. In Deutschland ist vor allem Friedrich L. Bauer in München zu nennen, der den Begriff »Software Engineering« 1968 erfunden hat und bis heute eine wissenschaftliche Fundierung des Gebietes anmahnt. Ohne diese (und viele andere) Leute wäre das Fachgebiet deutlich ärmer und ein Lehrbuch darüber ein Leerbuch.

Wenn es Unklarheiten über Begriffe oder Quellen gibt, schaut man ins Internet – und findet dort sehr viel Müll. Umso erfreulicher sind die Ausnahmen; Martin Glinz an der Universität Zürich sei stellvertretend für alle genannt, die Qualitätssicherung nicht nur lehren, sondern auch leben und (z.B. durch ihre Webseiten) demonstrieren.

Kornelia Kuhle hat mit scharfem Blick auch kleinste Unregelmäßigkeiten des Textes erkannt und markiert. Einzelne Kapitel wurden von unseren Mitarbeitern kommentiert. Ihnen allen herzlichen Dank!

Der dpunkt.verlag, stets bestens vertreten durch Christa Preisendanz, hatte unendliche Geduld mit den Autoren, die ihren Ablieferungstermin um mehrere Jahre überzogen haben. Wir können nur hoffen, dass das Resultat die Büchermacher für das lange Warten entschädigt. Auch einigen anonymen Testlesern, die der Verlag zu einer Prüfung überreden konnte, sind wir zu Dank verpflichtet; wir haben viele der Anregungen übernommen. Ursula Zimpfer hat mit bewunderungswürdiger Präzision die Endkontrolle vorgenommen, Birgit Bäuerlein hat der Gestaltung den letzten Schliff gegeben; was jetzt noch falsch ist, geht auf unsere Kappe.

Unseren Familien und unseren Mitarbeitern danken wir dafür, dass sie uns den nötigen Freiraum und die Zeit gewährt haben, um die Kiste vollzupacken und zu verschließen.

Allen, die uns mit Zuspruch oder Kritik für eine verbesserte Folgeauflage ausrüsten werden, schon heute vielen Dank!

Jochen Ludewig, Horst Lichter
Stuttgart und Aachen, Juli 2006

Vorwort zur 3. Auflage

In der zweiten Auflage hatten wir einige größere Änderungen vorgenommen. Das betraf vor allem die Projektplanung, aber auch Aspekte der Analyse, des Entwurfs und andere Teile. Einige Themen, die in der ersten Auflage zu kurz gekommen waren oder einfach fehlten, waren ergänzt worden. Der Index wurde verbessert und erweitert, und viele Angaben wurden aktualisiert. Das Buch war dadurch um fast fünfzig Seiten gewachsen.

Die freundliche Aufnahme auch der zweiten Auflage erlaubt es uns, nun eine dritte auf den Weg zu bringen. Sie ist gegenüber der zweiten korrigiert, sonst aber unverändert.

Auf unseren Webseiten (siehe »Material zum Buch«, S. viii) finden Sie auch in Zukunft weitere Informationen, URLs, eine Liste der entdeckten Fehler und aktuelle Hinweise.

Seit langem planen wir, Klausuraufgaben (ohne Lösungen) über die Themen des Buches zur Verfügung zu stellen. Wir werden das im Laufe des Jahres 2013 in einfacher Form realisieren. Auch das werden wir auf den Webseiten zum Buch mitteilen. Durch eine Mail mit dem Betreff »LLSE-Infos« kommen Sie auf unseren Mail-Verteiler.

Die Zahl der Fehler in dieser Auflage ist dank den Hinweisen vieler Leserinnen und Leser sicher geringer als in den beiden ersten, aber ebenso sicher ist auch dieses Buch nicht fehlerfrei. Bitte teilen Sie uns auch in Zukunft alle Mängel mit, die Ihnen auffallen.

Horst Lichter, Jochen Ludewig
Aachen und Stuttgart, März 2013

Inhalt und Aufbau, Zielgruppen

Inhalt

Vier Kriterien entscheiden darüber, welche Themen in einem Lehrbuch behandelt werden:

- Welches Wissen bringen die Autoren mit?
- Welche Themen sind für die Leser wichtig und attraktiv?
- Welche Aussagen und Erkenntnisse sind mutmaßlich für einige Jahre stabil, nicht den kurzfristigen Moden unterworfen?
- Was kann und sollte in einer Vorlesung über Software Engineering behandelt werden?

Jedes der Kriterien definiert, mehr oder minder scharf, eine Menge; die Schnittmenge liefert den Themenkatalog, der dem Buch zu Grunde liegt.

Dabei müssen auch – wie immer im Software Engineering – Kompromisse gefunden, also Einschränkungen beim einen oder anderen Kriterium in Kauf genommen werden. Für die Leser sollte aber in allen Teilen deutlich werden, welches Verständnis wir von unserem Fach haben: Software Engineering ist eine auf der Informatik beruhende Ingenieurdisziplin, die wie alle Ingenieurfächer darauf abzielt, die Praxis zu verbessern.

Software Engineering stellt sich für uns wie ein weitgehend unerforschter Kontinent dar. Wir sind weit davon entfernt, eine vollständige und präzise Beschreibung anbieten zu können. Wenigstens aber die Konturen, die bisherige Entwicklung (in groben Zügen) und die als gesichert geltenden Einsichten soll dieses Buch abdecken. Wer es in der Lehre einsetzt, wird eigene Erfahrungen und spezielle Literatur hinzufügen.

Aufbau

Für den Aufbau eines Lehrbuches gibt es einige sinnvolle Prinzipien:

- vom Allgemeinen zum Speziellen
- vom Leichten zum Schwierigen
- von den Grundlagen zu den Anwendungen

Im Software Engineering kommt noch hinzu:

- dem Gang des Software-Projekts folgend

Leider lässt sich daraus keine konkrete Reihenfolge ableiten, denn diese Prinzipien haben unterschiedliche Konsequenzen. Zudem sind viele Themen zyklisch verbunden. Ein typisches Beispiel ist die Software-Wartung: Im Projektablauf steht sie ganz am Ende. Da aber die Schwierigkeiten der Wartung sehr stark von den Entscheidungen bei der Konstruktion der Software beeinflusst sind, sollten Überlegungen zur Wartung nicht erst angestellt werden, wenn die Entwicklung abgeschlossen ist, sondern bereits in der Projektplanung. Die Wartung wirkt sich also auf den Entwurf aus, weil sich der Entwurf auf die Wartung auswirkt.

Wir können dieses Dilemma nicht auflösen. Wir haben darum einen anderen Aufbau gewählt: In sechs Teilen wird das Thema aus verschiedenen Perspektiven betrachtet.

- Teil I: *Grundlagen*
  Die Inhalte dieses Teils sind fundamental und damit nicht von einer speziellen Technologie geprägt. Hier geht es um das Basiswissen des Software-Ingenieurs. Am Anfang steht ein Kapitel über Modelle, weil dieses Thema für das Software Engineering wirklich grundlegend ist und damit das Fundament aller weiteren Kapitel darstellt.
- Teil II: *Menschen und Prozesse*
  Software ist enger als andere technische Artefakte mit dem Denken der Menschen verknüpft, die die Software herstellen oder benutzen. Die organisatorischen Rahmenbedingungen haben großen Einfluss auf den Erfolg der Projekte. Diese Punkte werden im Teil II behandelt.
- Teil III: *Daueraufgaben im Software-Projekt*
  Viele Tätigkeiten wie Dokumentation oder Prüfung können nicht einzelnen Schritten der Entwicklung oder speziellen Dokumenten zugeordnet werden, sie finden laufend statt. Teil III behandelt diese Daueraufgaben.
- Teil IV: *Techniken der Software-Bearbeitung*
  Die einzelnen Schritte der Entwicklung, von der Analyse bis zur Integration, werden im Teil IV erläutert.

- Teil V: *Verwaltung und Erhaltung der Software*
  Die Wartung ist eng verknüpft mit der Konfigurationsverwaltung, dem Reengineering und der Wiederverwendung. Darum werden alle diese Themen im Teil V des Buches behandelt. Untereinander ist die Abgrenzung unklar; beispielsweise wird die Änderungsverwaltung im Kapitel über die Wartung besprochen, sie könnte ebenso gut im Kontext der Konfigurationsverwaltung behandelt werden.

  Die Themen dieses Teils könnten auch dem Teil III, den Daueraufgaben, zugeordnet werden. Hier handelt es sich aber um Aufgaben und Arbeiten, die ganz oder vorwiegend anfallen, nachdem die Software an den Kunden ausgeliefert ist.
- Teil VI: *Nachwort, Literatur und Index*
  Bis zum Teil V geht es um die Frage, wie Software in der Praxis bearbeitet werden sollte. Der Teil VI enthält eine Reflektion darüber, wie die Lage im Lehr- und Forschungsgebiet Software Engineering einzuschätzen ist und wie sie sich nach Meinung der Autoren verändern wird.

  Die zitierte Literatur haben wir nach Verfassern, die zitierten Normen nach Normenreihen geordnet; wir haben uns sehr nachdrücklich bemüht, alle Quellen richtig und vollständig anzugeben. Das Stichwortverzeichnis steht ganz am Schluss des Buches.

Wer dieses Buch im Unterricht einsetzt, sollte das Inhaltsverzeichnis nicht als Vorgabe für die Gliederung seiner Lehrveranstaltung betrachten. Wir hoffen, unsere Kolleginnen und Kollegen durch eine klare und nachvollziehbare Struktur bei der individuellen Auswahl der Themen und bei der Gestaltung ihrer Lehre zu unterstützen. Und natürlich gibt es Bedarf und Raum für Ergänzungen durch andere Themen, die in diesem Buch fehlen oder nur kurz besprochen werden. Die formale Spezifikation und eine ganze Reihe moderner Entwicklungstechnologien sind naheliegende Beispiele solcher Gebiete.

Zielgruppen

Da wir regelmäßig Lehrveranstaltungen über Software Engineering an zwei deutschen Universitäten durchführen, sind unsere Studenten die Adressaten dieses Buches. Unsere Erfahrungen in anderen Ländern und in anderen Lehranstalten legen die Vermutung nahe, dass das Buch für alle deutschsprachigen Länder und auch für andere Hochschulen geeignet ist. Dazu zählen wir auch Schulungseinrichtungen in der Industrie, wo wir selbst etwa zwei Jahrzehnte lang immer wieder gern unterrichtet haben.

Aus dieser Erfahrung wissen wir, dass es in der Industrie sehr viele Menschen gibt, die an Software arbeiten, ohne eine einschlägige Ausbildung zu haben. Die meisten von ihnen sind gelernte Ingenieure, Naturwissenschaftler, Mathematiker oder Kaufleute; sie bringen durch ihren ursprünglichen Beruf wichtige Vorausset-

zungen für das Software Engineering mit und haben Studenten sehr viel praktische Erfahrung voraus. Dieses Buch gibt ihnen die Möglichkeit, einige Grundlagen und spezielle Themen im Selbststudium zu erarbeiten. Wir haben uns besonders für diese Gruppe darum bemüht, die Ideen und Gedanken nicht nur aufzulisten, sondern durch einen hoffentlich gut strukturierten und formulierten Text auch verständlich und angenehm lesbar zu machen, also quasi eine Vorlesung in Buchform anzubieten.

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Grundlagen

1 Modelle und Modellierung

Modelle sind ein fundamentales Konzept unseres Umgangs mit der Welt. Alle Naturwissenschaftler und Ingenieure verwenden und schaffen Modelle, um allgemeingültige Aussagen zu treffen und um ihre Vermutungen zu konkretisieren. Oft markieren die Modelle Zwischenschritte auf dem Weg zu neuen Artefakten, also zu Brücken, Autos oder Funktelefonen. Im Software Engineering ist die Bedeutung der Modelle noch größer, weil sie nicht Zwischenschritte, sondern Endpunkte unserer Arbeit darstellen: Eine Spezifikation, aber auch ein Programm ist ein Modell. Natürlich gehören auch die Prozessmodelle dazu, nach denen die Projekte organisiert werden. Wir legen also mit diesem Kapitel, das auf Ludewig (2003) basiert, den Grundstein für unser Buch. Das gilt auch für die beiden letzten Abschnitte, die sich mit Skalen und Skalentypen befassen.

1.1 Modelle, die uns umgeben

1.1.1 Die Bedeutung der Modelle

Lebenswichtig für uns sind die Modelle, die wir als *Begriffe* kennen und verwenden, um uns ein Bild (d. h. ein Modell) der Realität zu machen. Ohne die Begriffe wäre für uns jeder Gegenstand ganz neu; weil wir aber zur Abstraktion fähig sind, können wir die Identität eines Gegenstands, seinen Ort, seinen Zustand und u. U. viele andere individuelle Merkmale ausblenden, um ihn einer Klasse von Gegenständen, eben dem *Begriff*, zuzuordnen. Auf diese Weise erkennen wir auch einen Gegenstand, den wir noch nie gesehen haben, als Bleistift, Stuhl, Auto oder was immer in unserer Vorstellung am besten passt.

Diese Fähigkeit ist uns bereits von Natur aus gegeben; sie ist weder bewusst steuerbar, noch lässt sie sich unterdrücken. Darum sind wir auch nicht davor geschützt, falsche (d. h. ungeeignete) Modelle zu wählen. Wir erleben das erheitert bei optischen Täuschungen, wir erleiden es, wenn wir direkt oder indirekt Opfer von Vorurteilen werden: Auch das sind Modelle.

Dagegen steht es uns frei, Modelle bewusst einzusetzen, um auf diese Weise Phänomene zu erklären oder Entscheidungen zu überprüfen, bevor sie wirksam werden. Beispielsweise können wir ein geplantes Bauwerk durch eine Zeichnung oder ein Papiermodell darstellen und dann den Entwurf anhand des Modells überprüfen.

Wo Modelle offensichtliche Schwächen zeigen, neigen wir dazu, sie zu belächeln. Das gilt etwa für die Puppe, die ein spielendes Kind in einem länglichen Stück Holz sieht. Wo Modelle dagegen sehr überzeugend wirken, besteht die Gefahr, dass sie mit der Realität verwechselt werden. Darum ist zunächst festzuhalten: Ein Modell ist ein Modell, es ist nicht die Realität. Die Schwierigkeit, die wir haben, wenn wir von Modellen auf die Realität zu schließen versuchen, hat bereits Platon in seinem berühmten *Höhlengleichnis* angesprochen. Darin beschreibt er die Situation eines Menschen, der, seit seiner Kindheit in einer Höhle mit dem Gesicht zur Wand gefesselt, nur die Schatten der Menschen sieht, die an der Höhle vorbeilaufen. Der Gefangene muss die Schatten als Realität nehmen, da ihm die *wirkliche* Realität nicht zugänglich ist. Die Botschaft dieses Gleichnisses ist, dass wir alle in dieser Situation sind, also nicht die Realität sehen können, sondern nur die Schatten.

1.1.2 Beispiele für Modelle

Alle Begriffe sind Modelle; diese sehr allgemeine Betrachtungsweise spielt hier weiter keine Rolle mehr, wir konzentrieren uns auf »richtige« Modelle. Auch diese sind uns so geläufig, dass wir sie in der Regel nicht mehr als Modelle wahrnehmen: Jedes Bild, jedes Schema ist ein Modell. Beispielsweise sind Modelle eines bestimmten oder unbestimmten Menschen

- ein Personenfoto,
- die anatomische Darstellung der Blutbahnen,
- Strichmännchen und Piktogramme, die einen Menschen zeigen,
- ein Fingerabdruck,
- ein Gemälde, das einen Menschen zeigt,
- ein Steckbrief (mit oder ohne Bild),
- eine Matrikelnummer.

Unmittelbar leuchtet das für solche Modelle ein, die (wie das Foto oder die anatomische Darstellung) eine optische oder strukturelle Ähnlichkeit mit dem Original aufweisen. Aber auch die übrigen Beispiele sind, wie unten gezeigt wird, korrekt.

Im Software Engineering treffen wir Modelle auf verschiedenen Ebenen an:

- Software wird auf unterschiedliche Arten repräsentiert, typischerweise durch eine Spezifikation, einen Entwurf, durch Diagramme und Quellcode, Kennzahlen (Metriken) und Prospekte. Offenkundig haben wir hier Modelle vor

uns; dabei bleibt zunächst noch unklar, welcher Gegenstand denn eigentlich das Original darstellt. Wenn man bedenkt, dass man (nach dem Lehrbuch) den Code auf der Grundlage einer Spezifikation entwickelt, dass andererseits in der Praxis sehr oft versucht wird, den Sinn eines Programms (d. h. seine Spezifikation) aus dem Code abzuleiten, dann sieht man, dass die Frage nicht eindeutig zu beantworten ist.

- Die Abläufe bei der Arbeit an Software werden durch Prozessmodelle beschrieben. Gutes Software Engineering ist weitgehend gleichbedeutend mit der Wahl eines geeigneten Prozessmodells und seiner Umsetzung in die Praxis.

Allgemeiner gesagt ist jede Theorie ein Modell. Im Software Engineering steckt die Theorie-Bildung noch in den Kinderschuhen, wir müssen uns gerade darum mit ihr befassen (siehe Abschnitt 1.6).

1.2 Modelltheorie

Die folgenden Aussagen zur Modelltheorie geben Gedanken aus dem Buch von Stachowiak (1973) wieder.

1.2.1 Deskriptive und präskriptive Modelle

Modelle, wie wir sie aus dem Alltag kennen, sind entweder Abbilder von etwas oder Vorbilder für etwas; sie werden auch als *deskriptive* (d. h. beschreibende) bzw. *präskriptive* (d. h. vorschreibende) Modelle bezeichnet. Eine Modelleisenbahn ist ein Abbild; eine technische Zeichnung, nach der ein Mechaniker arbeitet, ist ein Vorbild. Wenn ein Gegenstand fotografiert wird und dann Änderungen im Foto skizziert werden, geht das eine in das andere über. Den Modellen kann man im Allgemeinen nicht ansehen, ob sie deskriptiv oder präskriptiv sind; eine Modelleisenbahn kann auch der Entwurf für eine erst zu bauende reale Bahn sein, eine technische Zeichnung kann nach einem realen Gegenstand entstanden sein.

1.2.2 Die Modellmerkmale

Jedem Modell (wie in Abb. 1–1 schematisch dargestellt) sind drei Merkmale zu Eigen (sonst ist es kein Modell):

- Das *Abbildungsmerkmal*
  Zum Modell gibt es das Original, ein Gegenstück, das wirklich vorhanden, geplant oder fiktiv sein kann. (Beispiel: Zu einem Foto gibt es das fotografierte Motiv, zum Rauschgoldengel gibt es den – wenn auch fiktiven – Engel der Fantasie.)

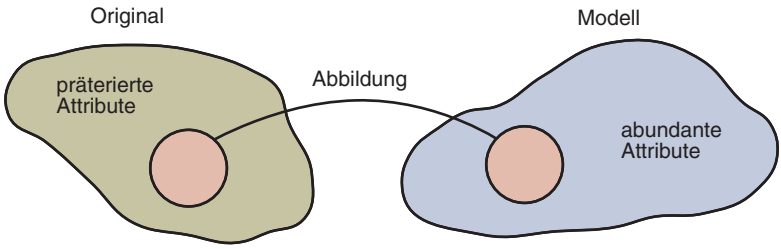


Abb. 1–1 Original und Modell nach Stachowiak

- Das *Verkürzungsmerkmal*
  Ein Modell erfasst nicht alle Attribute des Originals, sondern nur einen Ausschnitt (der vor allem durch den Zweck des Modells bestimmt ist, siehe pragmatisches Merkmal).

  Damit fallen die *präterierten Attribute* weg (von lat. praeter: außer, ausgenommen). Das sind alle Attribute des Originals, die im Modell nicht repräsentiert sind. Das Modell weist stattdessen *abundante Attribute* auf (von lat. abundans: übervoll, überreich), die nichts mit dem Original zu tun haben. So sind auf dem Foto einer Person die meisten ihrer Attribute präteriert (ihr Gewicht, ihr Name, ihre Blutgruppe usw.). Andererseits sind Attribute des Modells abundant, sie haben nichts mit der Person zu tun (die Qualität des Fotopapiers, das Format). Der Fingerabdruck gibt nur einen winzigen Ausschnitt der Merkmale eines Menschen wieder, alle anderen Merkmale sind präteriert; die Farbe des Abdrucks ist dagegen ein abundantes Attribut.
- Das *pragmatische Merkmal*
  Modelle können unter bestimmten Bedingungen und bezüglich bestimmter Fragestellungen das Original ersetzen. (Beispiel: Die Betrachtung eines Fotos erlaubt die Beurteilung eines Unfalls, der sonst nur durch Anwesenheit am Unfallort zu beurteilen gewesen wäre. Der Fingerabdruck gestattet es eventuell, die Identität einer Person festzustellen, auch wenn die Person selbst nicht zur Verfügung steht.)

1.3 Ziele beim Einsatz von Modellen

Modelle werden mit unterschiedlichen Zielen (Zwecken) eingesetzt. Diese Ziele sind nicht präzise unterscheidbar, sie gehen ineinander über.

1.3.1 Modelle für den Einsatz in der Lehre und zum Spielen

Modelle werden vielfach in der Ausbildung, in der Werbung, für Spiele usw. eingesetzt, wo die Originale aus ethischen oder praktischen Gründen nicht zur Verfügung stehen. Dies ist wohl die bekannteste Art von Modellen. Charakteristisch

für ein solches Modell ist die Nachahmung eines existierenden oder fiktiven Originals, d. h., das Modell ist deskriptiv und dem Original ähnlich. Beispiele sind

- Modelleisenbahnen,
- Modelle der menschlichen Anatomie,
- Flugsimulatoren,
- die meisten Computerspiele.

1.3.2 Formale (mathematische) Modelle

Formale Modelle sind ebenfalls deskriptiv, den Originalen aber äußerlich gar nicht ähnlich; ihr wesentliches Kennzeichen ist, dass sie die Möglichkeit eröffnen, reale Situationen und Vorgänge formal darzustellen und damit Hypothesen über eine vergangene, zukünftige oder denkbare Realität zu begründen. In anderen, komplexeren Modellen sind solche mathematischen Modelle meist enthalten. Typische Beispiele sind

- die Formeln der Physik und der Chemie,
- die Formeln der Statistik (soweit sie empirisch begründet sind),
- das Modell der Regelschleife.

1.3.3 Modelle für die Dokumentation

Eine weitere in der Praxis ständig angewandte Form von Modellen ist die Dokumentation. Wir fertigen Modelle an, damit wir uns besser und genauer an bestimmte Situationen, Abläufe, Personen und Gegenstände erinnern und die Erinnerungen austauschen und überliefern können. Beispiele dafür sind

- Fotos und Fotoalben, Aufzeichnungen einer Überwachungskamera,
- Geschichtsbücher, Gerichtsprotokolle,
- Buchungsbelege, Tagebücher,
- Logbücher, Fehlerreports.

1.3.4 Explorative Modelle

Explorative Modelle (Abb. 1–2) werden eingesetzt, wenn die Folgen einer vorgeschlagenen, noch nicht beschlossenen Änderung der Realität beurteilt werden sollen.

Beispielsweise ist die Erstellung eines Gebäudes heute zwar technisch in der Regel nicht besonders schwierig, doch besteht das Risiko, dass es dem Kunden dann nicht gefällt oder dass es die Landschaft verschandelt. Darum wird ein Modell angefertigt, das es gestattet, diese Risiken zu vermindern. Wir gehen also nicht direkt vom Ist-Zustand in den geplanten Zustand über, sondern zunächst in

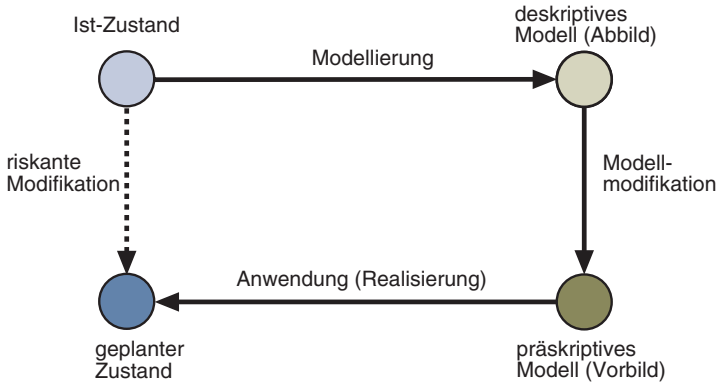


Abb. 1–2 Anwendung des Modells als Experiment für eine geplante Änderung

das deskriptive Modell (im Falle des Gebäudes ein Modell der Umgebung, also der Landschaft) und von dort zum präskriptiven Modell (Landschaft mit dem geplanten Gebäude). Erscheint dieses – u. U. nach mehreren Versuchen – akzeptabel, so wird der Schritt zurück in die Realität vollzogen (das Haus wird gebaut).

Stachowiak (1973, S. 139 f.) beschreibt die wesentliche Funktion solcher Modelle wie folgt (verkürztes Zitat):

> *... Dabei ist bei allen Modellierungen, die zum Informationsgewinn über das Original führen sollen, die folgende Vorgehensweise zu beobachten. Das Original wird in sein Modell abgebildet [a], wobei zumeist zahlreiche Originalattribute fortgelassen [b] und oft Modellattribute neu eingeführt werden [c]. (...) Mittels zielgerichteter Modelloperationen wird dann das ursprüngliche Modell in ein verändertes übergeführt [d]. Ist die attributenmäßige Original-Modell-Zuordnung umkehrbar eindeutig [e], so sind den modellseitigen Operationen bestimmte originalseitige zugeordnet, und die faktisch-operative Überführung des ursprünglichen in das veränderte Modell zieht eine wohlbestimmte hypothetisch-operative Überführung des ursprünglichen Originals in ein verändertes [f] nach sich. (...)*

Zwei Beispiele (aus der Medizin und aus dem Finanzwesen) sollen den Ablauf anschaulich machen. Dabei wird auf die in den Text von Stachowiak eingefügten Buchstaben Bezug genommen.