

Hans SEIFERT

Institut für Konstruktionstechnik
Ruhr-Universität Bochum, Germany

ENTWURF VON VARIANTENKONSTRUKTIONEN - EIN LÖSUNGSANSATZ AUF KLASSENLOGISCHER BASIS

Zusammenfassung

Es wird eine Lösungsmethode anhand der Bearbeitung einer Variantenkonstruktion von Gleitlagern vorgestellt. Sie ist objektorientiert und beruht auf der Klassenlogik. Wichtig bleibt festzustellen, daß die Methode allgemeingültig und nicht ein Sonderfall des Software-Engineering ist.

Es wird eine Anlehnung bei der technischen Disziplin des Software-Engineering gemacht. Dort werden in neuerer Zeit Computerprogramme auf der Basis eines Objektmodells entworfen, das nach klassenlogischen Regeln erstellt wird. Die Methode wird »Object-Oriented Design« genannt /1,2,3,4/. Abstrahiert man vom Begriff »Object-Oriented Design« denjenigen Teil seines Inhaltes, der von allgemeiner Bedeutung für die methodische Bearbeitung von technischen Problemen, insbesondere von Entwürfen von Variantenkonstruktionen ist, so ist dieser Teil im wesentlichen Grundlage dieses Aufsatzes; also ohne Berücksichtigung der speziellen Merkmale, die noch zu beachten sind, wenn der Computer als Befolger der Methode - und nicht der Mensch - zur Lösung dieser Probleme eingesetzt werden soll. Dadurch wird eine freiere Sicht des Ingenieurs auf die Entdeckung der Lösungswege seiner Probleme geschaffen. Er wird dabei nicht durch den Zwang, den Computer einsetzen zu müssen, in seinen Gedankengängen eingeengt.

Die Entwurfsmethode wird am besten anhand eines praktischen Anwendungsbeispiels deutlich gemacht. Es soll die Variantenkonstruktion eines Gleitlagers methodisch durchgeführt werden. Das Variantenspektrum ist in diesem Fall sehr komplex, trotzdem leicht zu übersehen, wenn man objektorientierte Regeln bei seiner Analyse beachtet. Das Spektrum kommt dadurch zustande, daß für eine besondere Variante nicht nur nach einem bestimmten Lagerdurchmesser aufgrund einer vorgegebenen Belastung gefragt wird, sondern auch nach den variablen Bedingungen ihres Einsatzes, ob das Gleitlager als Fest- oder Loslager in einen Generator, einen Lüfter oder eine Pumpe eingebaut werden soll; weiterhin, ob die genannten Aggregate ihre Anwendung zu Land in der Industrie oder zu Wasser bei der Marine haben. Davon hängt es ab, welche besonderen Lagerkomponenten, z.B. Dichtungs-, Schmierungs- und Kühlungsart, auszuwählen sind.

Der bisher primär geübte Umfang der Variantenkonstruktion, Entwurfsvarianten durch Parametervariation rechnerunterstützt zu erstellen, wird also durch die Möglichkeit, sie mit einer Objektvariation in dem beschriebenen Sinne zu verbinden, wesentlich erweitert.

Dieses Problem rein prozedural, jetzt auf den Computer bezogen, über Hauptprogramm und Unterprogramme, zu lösen, ist sehr aufwendig und unflexibel. Die klassenlogische Betrachtungsweise liefert hier einen erheblich eleganteren Lösungsansatz.

Logik

Bevor mit der Lösung dieses Problems auf der Basis des »Object-Oriented Design« begonnen wird, soll noch auf den bereits genannten Begriff der Klassenlogik bzw. den allgemeineren der Logik eingegangen werden. Ingenieure tun sich schwer, mit dem Begriff der Logik umzugehen. Es ist nicht so einfach, mit einem Begriff zu arbeiten, dessen Definition unterschiedliche Inhalte hat. Nicht nur in der Philosophie, der wissenschaftlichen Heimat der Logik, bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, was Logik ist, sondern eine besonders krasse Variante dazu wurde von der Mathematik gegeben, als im letzten Jahrhundert mit den Arbeiten von Boole /5/ und Schröder /6/ begonnen wurde, sie aufbauend auf der Klassenlogik zu formalisieren. Im folgenden sei in einer allgemeinen Einführung auf den Begriff der Logik eingegangen, und dann seien auch die wichtigsten Arten der Logik genannt, so daß eine erste Sicht gewonnen wird, was Logik bedeutet. Jede Art von Logik hat ihre Berechtigung und hat eine ihr gemäße Anwendung gefunden.

In ihrer allgemeinsten begrifflichen Auslegung ist die Logik die Lehre von den *Begriffen*, *Urteilen* und *Schlüssen*. Sie wird auch als die Lehre vom richtigen Denken bezeichnet, wobei nicht die geistige Tätigkeit an sich und ihr psychologischer Hintergrund eine Rolle spielen, sondern die Gesetze, denen Gedanken und ihre Beziehungen untereinander folgen müssen, damit Gedankengänge als folgerichtig (schlüssig) bezeichnet werden können.

Dinge unserer Welt, ob konkret oder abstrakt, nur ihren Namen nach zu nennen, macht noch keinen Sinn. Sinnvoll werden diese Wortausdrücke erst, wenn sie definiert sind, oder anders ausgedrückt, wenn bekannt ist, was mit ihnen gemeint ist, wie wir sie begreifen wollen. Erst dann sind Dinge durch *Begriffe* eindeutig festgestellt.

Urteile sind logisch gesehen Beziehungen zwischen zwei oder mehreren Begriffen. Und wenn jemand ein Urteil ausspricht, etwa mit dem Satz "*der Tisch ist rund*", weiß der Betreffende, welche besondere Eigenschaft der Tisch hat. Das Urteil ist wahr, sofern der ontologische Inhalt des Satzes tatsächlich mit dem wirklichen Sachverhalt übereinstimmt. Der Aussage, daß ein Tisch eine bestimmte Form habe, ist ein psychischer Prozeß, ein Erkennen vorausgegangen. Dazu genügt, daß eine sinnliche Wahrnehmung durch den Augenschein stattgefunden hat. Voraussetzung ist, daß die Begriffe *Tisch* und *rund* im Gedächtnis gespeichert sind.

Weitere Beispiele einer solchen Urteilsbildung sind "*das Motorrad ist laut*" oder "*der Heizkörper ist warm*". In allen drei Fällen reichen sinnliche Wahrnehmungen aus, um die realen Sachverhalte durch wahre Urteile in dem Umfang zu erfassen, wie sie hier von Interesse sind. Logisch sind diese Sätze nicht besonders auffällig. Die logische Relation zwischen den jeweiligen Begriffen ist durch Vererbung (Determinatio) zustande gekommen. Zum Beispiel wurde der Inhalt des Merkmalbegriffs *rund* an den Begriff *Tisch* abgetreten und ist vollständig in ihm enthalten.

Im allgemeinen sind die Sachverhalte, insbesondere die technisch-wissenschaftlichen, vielgestaltiger und von komplexerer Natur, so daß sinnliches Sehen allein nicht ausreicht, um sie zu erkennen. Dazu ist ein nach innen gerichtetes Ansehen auf geistiger Ebene, will sagen, ein Erkenntnisprozeß als ernsthafter Denkprozeß einzuleiten und zunächst erfolgreich abzuschließen, bevor ein Urteil, das den Anspruch erhebt wahr zu sein, ausgesprochen werden kann.

Aus naturgegebenen Gründen ist dieser geistige Erkennungsprozeß nicht so schnell wie der sinnliche abzuschließen. Er braucht seine Zeit, da das menschliche Denkvermögen dem Umfange nach begrenzt ist. Logisch gesehen sind Gedankengänge Begriffsfolgen, die je nach Problemstellung bei einem sehr allgemeinen oder einem sehr speziellen Begriff beginnen, wobei die jeweils sich anschließende Begriffsbildung durch Abstraktion oder Determination so lange fortgesetzt wird, bis schließlich die Problemlösung in Form eines Urteils ausgesprochen werden kann. Die Logik kümmert sich um die Gesetze der Abstraktion und Determination und stellt fest, welche Art von Begriffen in der Lage ist, an solchen Gedankenketten teilzunehmen. Bei der Einhaltung dieser Gesetze ist die Folgerichtigkeit der Gedanken gegeben. Sie ist notwendig, aber nicht hinreichend, um wahre Urteile zu erhalten. Da muß der Verstand noch hinzukommen.

Wiederum soll dieser nicht einfach zu überschauende Zusammenhang an einem einfachen, besonders aufbereiteten Beispiel erläutert werden. Bei der Betrachtung der Zeichnung eines Hebels werde von einem Konstrukteur einem zweiten gegenüber die Aussage gemacht "dieser Hebel ist ein Kraftverstärker". Der zweite Konstrukteur vermag dieses Urteil vorerst nicht einzusehen, weiß aber, daß technische Funktionen physikalische Ursachen haben. Er versucht, diesen Zusammenhang gedanklich durch Aufbau einer Folge physikalischer Begriffe nachzuvollziehen. Er beginnt seinen Gedankengang ganz allgemein und geht von dem Begriff der Kraft und ihren Arten aus, die an einem Biegestab angreifen. Auf dieser Modellvorstellung aufbauend differenziert er weiter und liefert über das statische Gesetz, daß die Summe aller Momente an diesem Stabmodell = 0 sein muß, den Beweis, daß die

Kraftverstärkung durch das Hebelarmverhältnis $\frac{a_1}{a_2} > 1$ gegeben ist (Bild 1).

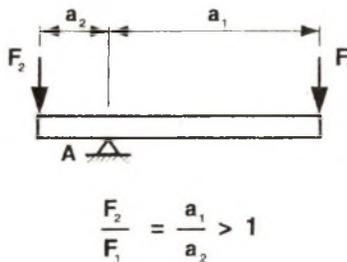


Bild 1. Hebel

Seine auf ihn bezogene Definition des Hebels lautet jetzt: *Alle Hebel sind Kraftverstärker*, sofern aufgrund des statischen Gesetzes des Momentengleichgewichtes dafür Sorge getragen ist, daß ihre

Hebelarme im Verhältnis $\frac{a_1}{a_2} > 1$ stehen. Das ist eine Aussage, die die Lösung seines persönlichen Problems vollständig wiedergibt.

Das vorstehende Beispiel läßt sich auch als ein Beispiel aus der Schlußlehre deuten. Schlüsse sind Urteile, die sich aus anderen Urteilen als wahre Urteile schließen lassen.

Das Schema des hier in Frage kommenden Schlußverfahrens wird in der klassischen Logik durch den *modus ponens* dargestellt: "Wenn A, dann B; nun ist A; also ist B". Die ersten beiden Sätze sind die

Voraussetzungen (Prämissen) zur Erschließung des Urteils B. "Wenn A, dann B" ist ein Konditional-satz (hypothetisches Urteil), dessen Behauptung sich darauf beschränkt, daß eine Folgebeziehung zwischen dem Wenn- und dem Dann-Satz besteht. A und B haben zwar die sprachliche Form von Urteilen, aber einen Wahrheitsanspruch erheben sie nicht.

Auf unseren Fall übertragen lautet der Wenn-Dann-Satz: Wenn das Längenverhältnis $\frac{a_1}{a_2} > 1$ und außerdem eine Aktionskraft F_1 eine Reaktionskraft F_2 am Hebel auslöst, dann steht die Kraft F_2 im

Verhältnis $\frac{a_1}{a_2} > 1$ zur Kraft F_1 (einsichtig ist das noch nicht; das Urteil kann wahr oder auch falsch sein). Die zweite Prämisse: "Nun ist A" drückt eine abgesicherte vollständige Begriffsfolge aus, die sich nur aus einem besonders geführten Gedankengang ergeben kann. Sie lautet hier: Nun ist nicht

nur $\frac{a_1}{a_2} > 1$, sondern auch $\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_2}{F_1} > 1$. Also ist B: *Der Hebel ist ein Kraftverstärker.*

Die Logik läßt sich einteilen in die Klassenlogik, Inhaltslogik und mathematische Logik (Bild 2). Alle drei Logikarten haben teil an der allgemeinen Logikdefinition, aber darüber hinaus besondere Inhalts-teile, die sie in der angewandten Logik für besondere Anwendungsgebiete prädestinieren.

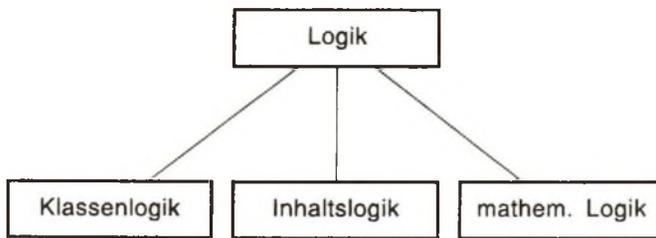


Bild 2. Einteilung der Logik

Das Vorausgegangene, über die Logik Gesagte ist im wesentlichen Bestandteil der Klassenlogik und der Inhaltslogik. Beide unterscheiden sich u. a. darin, daß die Klassenlogik den Begriff des Allgemeinbegriffs anders interpretiert. Bei der Klassenlogik bedeutet der Allgemeinbegriff eine Klasse von Objekten (Individuen), die die gleichen Merkmale tragen. Die Individuen einer Unterklasse dieser Klasse sind eine Individuengruppe, die sowohl durch die Merkmale ihrer Oberklasse als auch durch die ihrer Unterklasse näher bestimmt ist.

Die Inhaltslogik dagegen kennt die klassenspezifische Verbindung zwischen Allgemeinbegriff und Objekt nicht ///. Dort ist der Allgemeinbegriff, der konkret oder abstrakt sein kann, allein durch seinen Inhalt, durch die Angabe einer begrenzten Zahl ausgewählter Merkmale vollständig bestimmt. Daß dieser Begriff, wenn er konkret ist, auf Individuenmengen zutrifft, wird nicht besonders herausgestellt. Das Verhältnis von Klasse zu Unterklasse wird hier Gattung-Art-Verhältnis genannt. Dem Allgemeinbegriff steht der Individualbegriff gegenüber. Ein Individualbegriff läßt sich nicht wie der Allgemeinbegriff durch die vollzählige Angabe seiner Merkmale festlegen, da ihre Zahl theoretisch unendlich sein kann. Seine Eindeutigkeit muß durch ein besonders hervorgehobenes Merkmal herge-

stellt werden. Die Klassenlogik hat ihre Vorteile, wenn konkrete Begriffe in den zu erkennenden Sachverhalten eine Rolle spielen. Das wird im Folgenden an dem Beispiel »Variantenkonstruktion eines Gleitlagers« deutlich werden. Die Inhaltslogik bewährt sich, wenn abstrakte Denkvorgänge logisch zu analysieren sind /8/.

Die mathematische Logik setzt einen anderen Schwerpunkt /9/. Bei ihr steht nicht der Begriff, sondern die Aussage eines Satzes, die wahr oder falsch sein kann, im Mittelpunkt ihrer Theorien. Ihr größtes Verdienst ist, daß ihre theoretischen Beiträge zur Darstellung axiomatischer Methoden in den Naturwissenschaften Beachtung finden, wenn es darum geht, dort ein formalisiertes axiomatisches System einzuführen.

Objektmodell (1. Stufe)

Wir wollen zu unserem Beispiel »Variantenkonstruktion eines Gleitlagers« zurückkehren. Einschränkend muß gesagt werden, daß die eingesetzte Lösungsmethode, welche die Auswahl eines geeigneten Lagers für den Einbaufall eines Kunden unterstützen soll, wegen der Komplexität dieses Beispiels nur in Auszügen beschrieben wird. Wir beginnen mit der Analyse des Problems, deren Ergebnis in Form einer klassenlogischen Objekt- bzw. Begriffsstruktur, Objektmodell genannt, dargestellt wird. Das Objektmodell bezieht sich also auf eine Klasse von Gleitlagern, deren Objekte Seitenflanschlager sind.

Die Grundauführungen dieser Lager sind ihrer Größe und ihrer Zahl nach genormt (vergleiche DIN 31693). Ihr konstruktiver Aufbau, als Fest- und Loslager ausgeführt, ist aus Bild 3 zu ersehen. Insgesamt gibt es achtzehn Grundauführungen, die in einem Nenndurchmesserbereich zwischen 80 und 300 mm liegen.

Die Normung erleichtert die klassenlogische Betrachtungsweise und damit auch die Aufstellung eines Objektmodells. Danach sind die achtzehn Seitenflanschlager als individuelle Objekte aufzufassen, die gemeinsame Merkmale haben. Die Lager werden unter dem Begriff Objektklasse oder Klasse zusammengefaßt. In unserem Beispiel heißt die Klasse der achtzehn Gleitlager "Seitenflanschlager RALUS LF" *.

* "Seitenflanschlager RALUS LF" ist eine geschützte Produktbezeichnung der Firma Lohmann & Stolterfoht GmbH in Witten

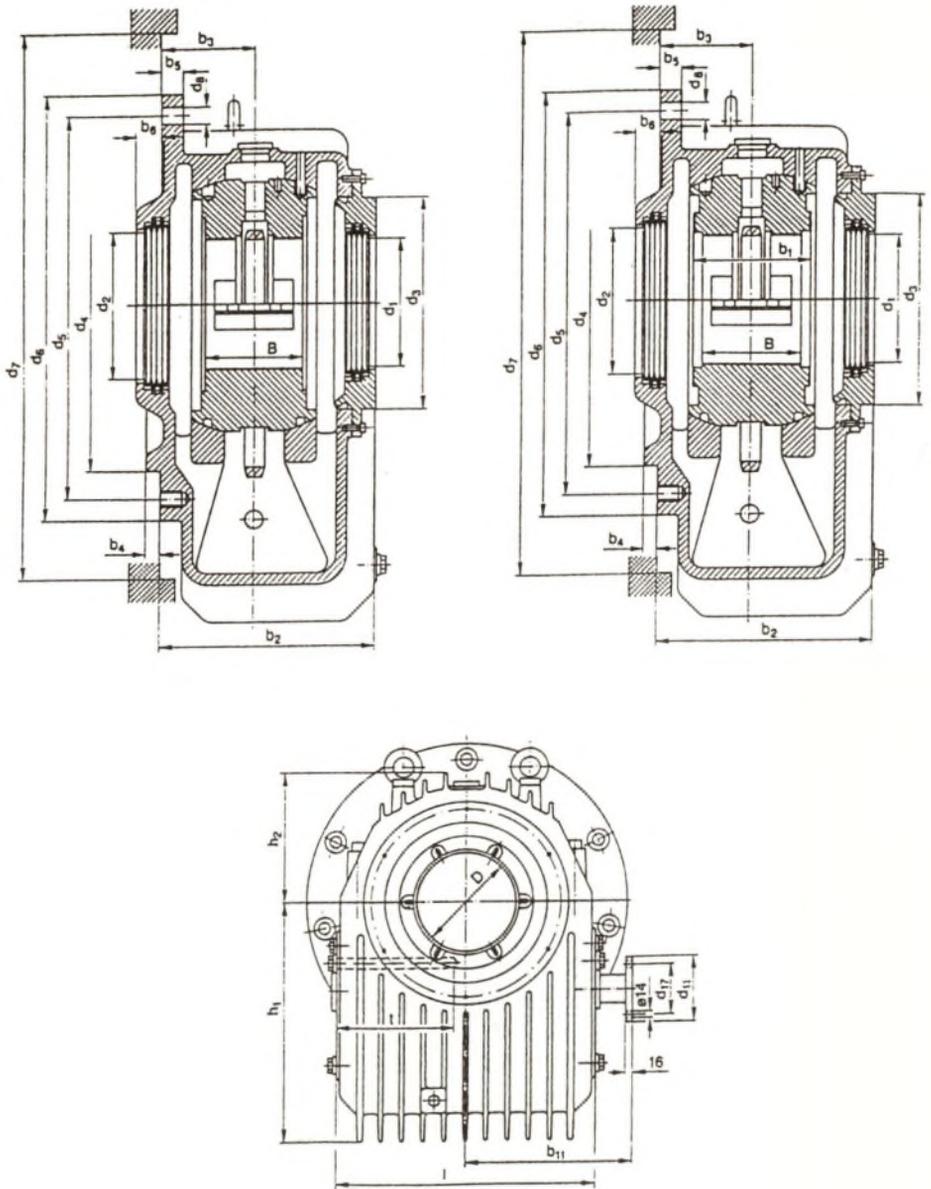


Bild 3. Seitenflanschlag RALUS LF, Loslager (links), Festlager (rechts),
Herstellung und Vertrieb: Firma Lohmann & Stolterfoht GmbH, Witten

Die gemeinsamen Merkmale dieser Lager, die unter diesen Begriff fallen, seien im Auszug wie folgt wiedergegeben: Lagerbezeichnung, Wellendurchmesser, Hauptabmessungen, Gewicht, Ölfüllung, Zeichnung. Deutlicher als mit Worten läßt sich dieser Klassenbegriff sinnbildlich darstellen (Bild 4a).

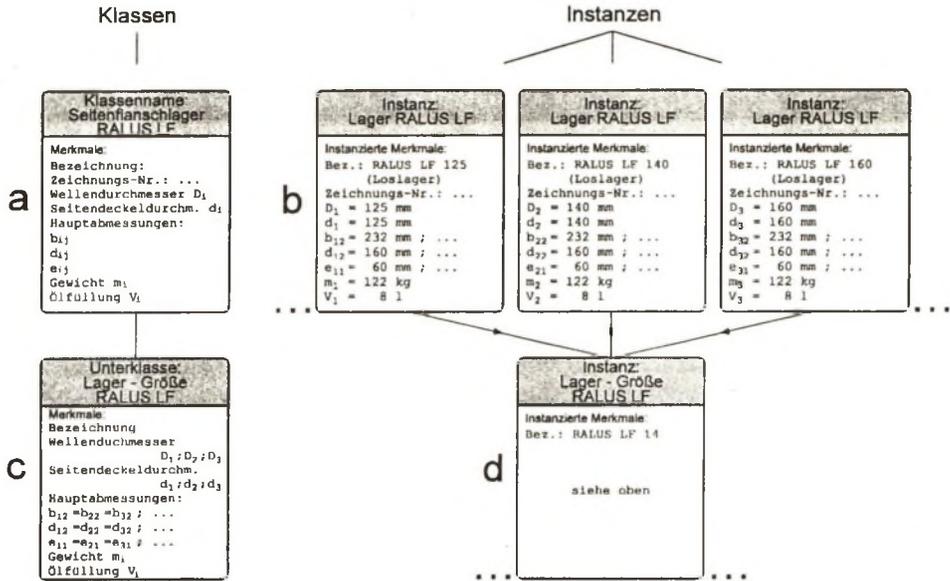


Bild 4. Objektmodell (1. Stufe)

Setzt man Datenwerte bzw. individuelle Begriffe ein, so erhält man die eindeutige Festlegung eines individuellen Objektes als Objektinstanz dieser Klasse (Bild 4b). Die Bereitstellung von Objektinstanzen ist das eigentliche Ziel, das mit Unterstützung der objektorientierten Methode in allen technischen Problemfällen erreicht werden soll. Auf den augenblicklichen Bearbeitungsstand unseres Beispiels bezogen war das kein Problem, da die Instanzwerte der achtzehn Gleitlager aufgrund der Normung fest vorgegeben sind. Bild 4b zeigt beispielhaft die Lagerinstanzen "RALUS LF 125, RALUS LF 140 und RALUS LF 160" mit auszugsweise wiedergegebenen Werten. Die Reihe könnte bis zu achtzehn Instanzen fortgesetzt werden. Ihr Inhalt stellt geordnetes Wissen dar, das sich entsprechend dem wachsenden Informationsbedarf beliebig erweitern läßt.

Schwieriger wird es, den in der DIN-Norm 31693 eingeführten Begriff der Lager-Größe klassenlogisch einzuordnen. Darunter ist eine Einheit von Seitenflanschlagern zu verstehen, die gleiche Hauptabmessungen, gleiches Gewicht und gleiche Ölfüllungen, jedoch unterschiedliche Nenndurchmesser haben. Insgesamt gibt es sechs solcher Einheiten vom Typ Lager-Größe, näher gekennzeichnet durch je drei Gleitlager. In Bild 4b sind (zufällig) drei Instanzen nebeneinandergesetzt, die zu einer Lager-Größe gehören: Ihre Hauptabmessungen sind gleich, ihre Nenndurchmesser jedoch unterschiedlich.

Klassenlogisch ist der Begriff Lager-Größe als Unterklasse zur Klasse Seitenflanschlager einzuführen (siehe Bild 4c), denn sie erbt alle Merkmale der darüberliegenden Klasse und hat die Besonderheit, daß jetzt drei Nenndurchmesser zu ihren Merkmalen gehören. Obwohl keine konkrete Objektinstanz hinter dem Begriff Lager-Größe steht, ist eine solche Instanz doch gedanklich vorstellbar. Aus Grün-

den der Anwendung ist es sinnvoll, eine solche Pseudo-Instanz einzuführen. Sie übernimmt alle Werte der ihr zugeordneten drei Lagerinstanzen (siehe Bild 4d), die allerdings nicht noch einmal in der Merkmalliste aufgeführt sind.

Klassenhierarchie und Instanzhierarchie bilden zusammen das gesuchte Objektmodell in einer ersten Ausbaustufe (Bild 4). Mit seiner Unterstützung lassen sich Fragen beantworten, die sich direkt auf die Lager bzw. auf ihre Lager-Größe beziehen. Die Suche nach dem passenden Lager bzw. der geeigneten Objektinstanz für einen Kunden wird durch das Modell noch nicht ausreichend unterstützt.

Objektmodell (2.Stufe)

Die Komplexität der Betrachtung nimmt bei der Bearbeitung der 2. Stufe des Objektmodells noch einmal zu; sie kann jedoch wegen des textlich begrenzten Umfangs dieses Aufsatzes nachstehend nur in allgemeiner Form beschrieben werden.

Bei der Auswahl des einsatzgerechten Lagers aus einer Reihe von achtzehn möglichen müssen weitere Merkmale instanziiert werden, die in der 1. Stufe des Objektmodells noch gar nicht auftauchen. Es geht dabei in erster Linie um die Einzelteile und ihre Varianten, aus denen sich ein Seitenflanschlager der Reihe RALUS LF zusammensetzt. Es ist also nicht so, daß nur ein Typ von jedem Einzelteil, nämlich ein Gehäuse, eine Lagerschale, ein Seitendeckel bzw. eine Schmier- und eine Kühleinrichtung pro Baugruppe eingesetzt wird, sondern daß aus einem Fächer solcher Teile die jeweils passende Art für eines der achtzehn Fest- und Loslager ausgewählt werden muß. Das heißt, daß sich eine Vorab-Instanzierung, wie das noch im ersten Teil der Analyse möglich war, nicht durchführen läßt. Es muß vielmehr für jeden eingegangenen Auftrag in Abhängigkeit von den Forderungen des Kunden eine gesonderte Instanzierung vorgenommen werden. Auf den Rechner bezogen heißt das, eine Instanzierung muß während der Laufzeit des Programms möglich sein.

Der Konstrukteur geht, um an die Lösung seines Problems heranzukommen, von folgenden Gedanken aus: Die Hauptmerkmale, die die Klasse Seitenflanschlager ergänzend definieren, sind ihre Einzelteile, ihre Schmier- und Kühleinrichtung. Das heißt, die achtzehn Seitenflanschlager, die zu dieser Klasse gehören, haben als gemeinsame Merkmale zusätzlich zu denen des Bildes 4a drei Einzelteile, eine Schmier- und eine Kühleinrichtung.

Bild 5 zeigt die sinnbildliche Darstellung dieser Klasse auf einer sehr allgemeinen Ebene.

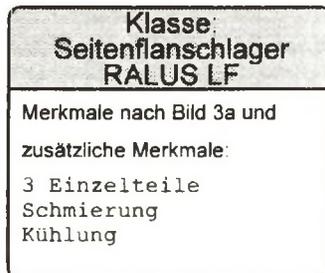


Bild 5. Klasse Seitenflanschlager RALUS LF mit ergänzter Merkmalliste

Das Ergebnis befriedigt nicht, denn die Klassifizierung ist zu allgemein. Wenn eine zugeschnittene Instanzierung gelingen soll, müssen zusätzlich die Merkmale der Einzelteile, der Kühlung und der Schmierung sichtbar gemacht werden. Gedanklich gelingt das durch Abstraktion und nachfolgende Determination. Zunächst werden die Einzelteile als oberste Klasse einer neuen Hierarchie eingeführt (Abstraktion) und diese nachträglich in ihre Unterklassen aufgeteilt (Determination). Allerdings ist wegen des großen Umfangs dieser Klassenhierarchie nur ein Auszug von ihr in der Darstellung des Bildes 6 wiedergegeben. Aber das Wesentliche, worauf es bei unserer Betrachtung ankommt, läßt sich aus diesem Bild entnehmen.

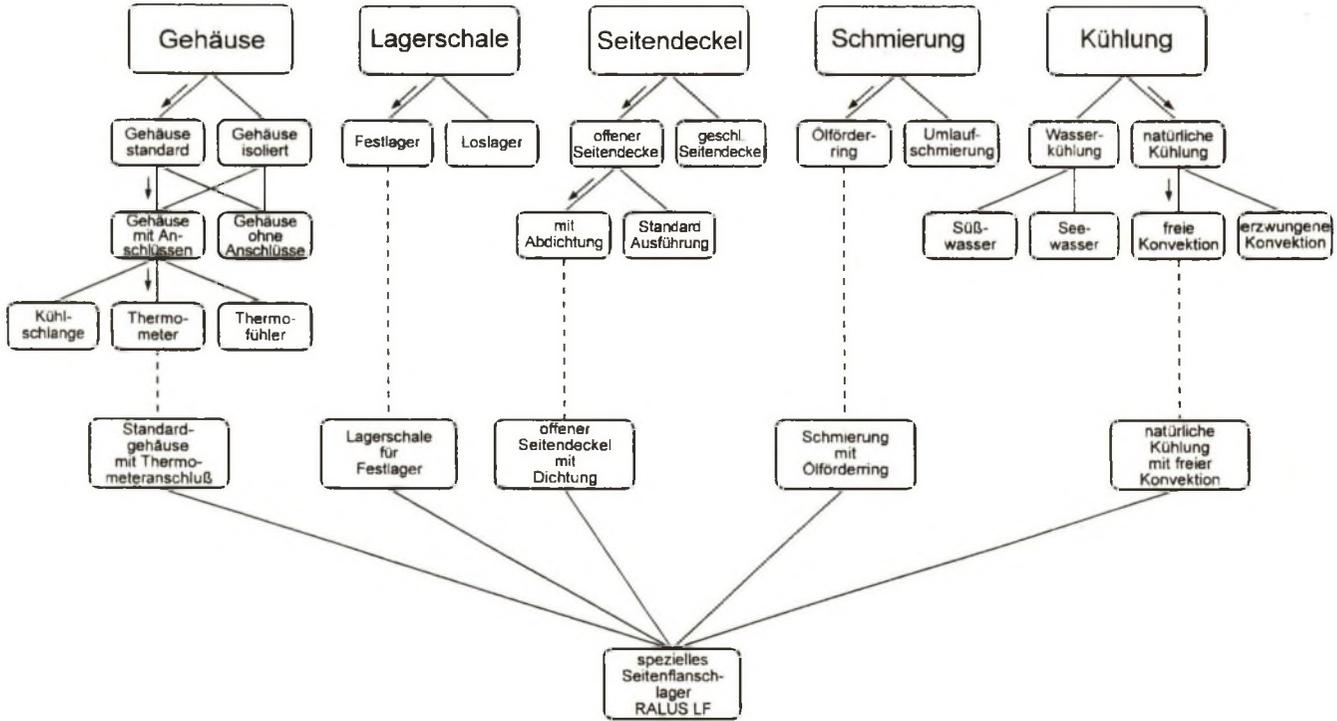
Die ursprüngliche Klasse Seitenflanschlager, die ihre gegenständlichen Merkmale durch Abstraktion offengelegt hat, müßte jetzt als Unterklasse die unterste Ebene der neuen Hierarchie einnehmen, denn nur dann ist gewährleistet, daß ihr jedes, aber auch jedes Merkmal der darüberliegenden Klassen durch Vererbung zugesprochen wird. Das Ganze hat jedoch einen Schönheitsfehler. Die Klassenstruktur nach Bild 6 ist mehrdeutig. Danach könnte man das für einen Kunden auszurichtende Lager mit einem Standardgehäuse oder isoliertem Gehäuse mit oder ohne Anschlüsse usw. ausrüsten. Die Unterklasse Seitenflanschlager läßt sich also wegen fehlender Eindeutigkeit nicht einfach an diese Struktur anhängen. Zunächst muß Eindeutigkeit hergestellt werden. Das geschieht mit Hilfe der vorliegenden Forderungsliste des Kunden und den Merkmallisten, die den einzelnen Unterklassen zugeordnet sind. Letztere fehlen hier aus Platzgründen.

Das Ergebnis einer solchen vorläufigen Auswahl passender Einzelteile für das Seitenflanschlager eines Kunden zeigt ebenfalls Bild 6. Nur die dort aufgeführten, vorher über die Pfeile erreichten Einzelteile vererben ihre Merkmale an die Unterklasse Seitenflanschlager und machen es auf diese Weise zu der gesuchten, speziellen Kundenausführung. Jetzt kann die Unterklasse Seitenflanschlager mit diesen bevorzugten Klassen verbunden und damit die Klassenstruktur geschlossen werden (Bild 6). Das Objektmodell in seiner zweiten Stufe ist jedoch noch nicht vollständig. Es fehlt noch die Objektinstanz des Lagers. Sie gibt das Ergebnis der Instanzierung der allgemeinen Merkmale der Unterklasse des speziellen Seitenflanschlagers nach Bild 6 wieder. Auf ihre Darstellung wurde aus Platzgründen verzichtet.

In Bild 7 ist beispielhaft die Instanzierung der Merkmale zweier Lagerschalen als Fest- und Loslager dargestellt, wie sie sich schrittweise auf einer Bildschirmmaske realisieren läßt, wenn man den Computer zur Aufstellung des Objektmodells zu Hilfe nimmt. Das dafür eingesetzte Programm basiert auf der Programmiersprache C++.

In einem abschließenden Schritt müßte noch auf die klassenbezogene Einbindung der Nachprüfung des vorausgewählten Lagers durch hydrodynamische Nachrechnung und im Falle eines positiven Ergebnisses auf die Bereitstellung einer Projektzeichnung des endgültig bestätigten Lagers mit CAD-Unterstützung eingegangen werden. Sie soll unterbleiben, da sie leicht aus dem Vorstehenden abgeleitet werden kann und keine neuen Einsichten mehr bringt.

Bild 6. Objektmodell (2. Stufe)



Einsatzfall: ElektromotorEinsatzgebiet: Industrie-innen

Loslager:

Festlager:

Durchmesser [mm]: 140 140

Belastung [N]:

Normalbetrieb: 29400

29400

Dyn. Lastueberh.: _____

Anlauf: _____

Richtung [Grad]: 270

270

Drehsinn (+/-): +

-

Bohrungsform: Kreiszykl. Bohrung Kreiszykl. Bohrung

Drehzahlen [1/min]:

Nennzahl: 2000

Axiale Belastung [N]:

Normalbetrieb: 300

Maximalzahl: _____

Dyn. Lastueberh.: _____

Minimalzahl: _____

Anlauf: _____

Umg.Temperatur [C]: 40

Ax. Gleitflaeche: Ebene GleitflaecheAbdichtung: Schutzklasse IP44Schmierviskositaet: ISO VG 32

Uebernehmen

Abbrechen

Literatur

- /1/ Booch, Grady: Object-Oriented Design With Applications.
The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California 94065,
1991
- /2/ Coad, Peter, Yourdon, Edward: Object-Oriented Design.
Prentice-Hall, Inc., New Jersey 07632, 1991
- /3/ Coad, Peter, Yourdon, Edward: Object-Oriented Analysis.
Prentice-Hall, Inc., New Jersey 07632, 1991
- /4/ Rumbaugh, James, u.a.: Object-Oriented Modeling and Design.
Prentice-Hall, Inc., New Jersey 07632, 1991
- /5/ Boole, Georg: The Calculus of Logic.
The Cambr. and Dubl. Math. Journ. III, Cambridge 1848
- /6/ Schröder, Ernst: Der Operationskreis des Logikkalküls.
Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
Sonderausgabe MCMLXVI
- /7/ Freytag Löringhoff, Baron v., Bruno: Logik - Ihr System und ihr Verhältnis zur Logistik.
Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, 1966
- /8/ Seifert, Hans: Grundzüge einer erweiterten Entwurfslehre des Maschinenbaus,
Festschrift, 1993 5, ISBN 3-89194-108-0, Schriftenreihe des Instituts für Konstruktions-
technik, Ruhr-Universität Bochum
- /9/ Bocheński, I.M.: Die zeitgenössischen Denkmethode.
A. Francke Verlag GmbH, München, 1954

Gutachter: Ryszard Knosala