Timm Grams

Denkfallen und Programmierfehler

Mit 17 **Abbildungen**

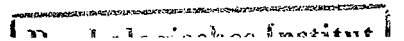
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo Hong Kong

Professor Dr. Timm Grams
Fachhochschule Fulda
Fachbereich Angewandte Informatik und Mathematik
Marquardstraße 35
D-6400 Fulda

ISBN **3-540-52039-2** Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ISBN **0-387-52039-2** Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek
Grams, **Timm:**
Denkfallen und **Programmierfehler** / Timm Grams. - Berlin ; Heidelberg ; New York ; **London** ; Paris ; Tokyo ; Hong Kong : Springer, **1990**
(Springer **compass)**
ISBN **3-540-52039-2** (Berlin . . .)
ISBN **0-387-52039-2** (New York . . .)

Datenkonvertierung, Druck und Bindearbeiten: Appl, Wemding
2145/3140-543210 Gedmckt auf säurefreiem Papier



Vorwort des Herausgebers

Was ist der Unterschied zwischen einem guten und einem schlechten Programmierer? Daß der gute keine Fehler mehr macht? Ganz falsch! Der bessere Programmierer macht nur bessere Fehler.

Wenn Sie nun fragen, was die besseren von den schlechteren Fehlern unterscheidet: Natürlich ist der bessere Fehler derjenige, der sich besser versteckt, denn ein Fehler, den man sofort sieht, ist ja keiner.

Das ist natürlich ärgerlich. Je besser wir werden, desto länger suchen wir nach unseren Fehlern!

Dieses Phänomen muß seinen Grund haben. Vielleicht liegt es daran, daß uns zwar viele Autoren erklären, wie man programmiert, aber nur wenige, wie man Fehler macht. Wahrscheinlich, weil die meisten meinen, Fehlermachen können wir alle sowieso.

Sicherlich - bloß um etwas zu vermeiden, muß man wissen, wie es funktioniert. Deshalb ist es gut, daß es endlich ein Buch über die Theorie und Praxis des Programmierfehlers gibt. Sind die Schwächen erst einmal erkannt, ist ihre Beseitigung kein großes Problem mehr. Auch dafür finden Sie hier praxiserprobte Hinweise.

Wenn Ihnen also noch immer Ihre Fehler die Freude an Ihren Programmen verderben: Jetzt können Sie etwas dagegen tun!

München, April **1990** Peter Schnupp

Vorwort

Wer einige Erfahrungen im Programmieren hat, wer sich schon einmal gewundert hat, daß er eine bestimmte **Art** von Programmierfehlern bereits zwei- oder gar dreimal gemacht hat, und wen interessiert, wie solche Programmierfehler zustande kommen und wie man sie vermeiden kann, für den ist dieses Buch gemacht.

Bei vielen Programmierfehlern sind Denkfallen im Spiel, und der Unvorbereitete fallt nahezu zwangsläufig herein, so wie jedermann den optischen Täuschungen erliegt. Paradoxerweise ist es nicht die Unvollkommenheit seines Denkens, die den Irrtum verursacht. Ganz im Gegenteil: Oft stellt sich heraus, daß gerade ein normalerweise sehr nützlicher Denkmechanismus den Fehler hervorgebracht hat. Der Mechanismus ist schon in Ordnung, er war nur fehl am Platz.

Solche Denkfallen werden analysiert, und es wird gezeigt, mit welchen Programmiertechniken Reinfälle zu vermeiden sind. Es geht um die Fragen:

- Inwieweit Iäßt sich der Programmierstil ändern, so daß die typischen Programmierfehler immer seltener auftreten?
- Welche Techniken zur Verbesserung des Programmierstils gibt es, und wie wirksam sind sie?
- Wie wirksam sind Methoden der Fehlererkennung und Fehlerkorrektur hinsichtlich der typischen Programmierfehler?
- Wie lassen sich die Methoden am besten kombinieren?

Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht die Fehleranalyse. Ihr Zweck ist, alle häufiger auftretenden Programmierfehler auf einige wenige Prinzipien und Mechanismen unserer Wahrnehmung und unseres Denkens zurückzuführen. Eine solche Fehleranalyse läßt sich nicht vollständig im Rahmen der Computerwissenschaft abhandeln. Es fließen Erkenntnisse der evolutionären Erkenntnistheorie und der Denkpsychologie ein.

Die Fehleranalyse ist ein sehr effizienter Weg zum besseren Programmierstil. Sie zeigt, wie man optimal aus den Fehlern der Vergangenheit lernen und Fehler zukünftig wirksam vermeiden kann. Auch wenn es das Patentrezept zur Erstellung absolut fehlerfreier Software nicht gibt: Der hier eingeschlagene Weg ist erfolgversprechend, weil er den Problemen an die Wurzel geht.

Wirklichen Nutzen wird der Leser nur haben, wenn er sich aktiv mit der Methode auseinandersetzt. Deshalb enthält der Text eine Reihe von Denksportaufgaben, Übungen und Programmierstudien. Um zu verhindern, daß der Leser ungewollt bereits die Lösung studiert, noch bevor er so richtig zum Nachdenken gekommen ist, wird der Lösungsteil vom Aufgabenteil durch eine Linie und die Aufforderung HALT abgetrennt.

Die Darstellung logischer Ausdrücke und Prädikate geschieht so. daß die Leistungsfähigkeit heutiger Textverarbeitungssysteme für die Umformungsarbeit (Kopieren. Verschieben. Löschen. Ersetzen. Einfügen) gut genutzt werden kann: Jeder Ausdruck ist ein einfacher Text. eine lineare Anordnung von Zeichen also. der hoch- und tiefgestellte Abschnitte enthalten kann. Das soll den Leser anregen. sein Textverarbeitungssystem in derselben Weise direkt für die Programmentwicklung einzusetzen.

Der Text des Buches wurde mit dem Textverarbeitungsprogramm Word geschrieben und für den Lichtsatz konvertiert. Die Programme der Beispiele und Übungen wurden. bis auf wenige Ausnahmen. in Turbo Pascal erstellt und erprobt.

Bei den Literaturhinweisen. insbesondere zu den biologischen und physiologischen Grundlagen. wurde nicht versucht. immer die Originalquellen aufzuzeigen. Hier sind meist allgemein zugängliche Werke aufgeführt. die Einführungs- oder Übersichtscharakter haben und die Hinweise auf weiteres Material für ein vertieftes Studium geben.

Meinen Gesprächspartnern möchte ich danken: Wolfgang Ehrenberger (Fulda) machte mich darauf aufmerksam. daß das Problem der häufig auftretenden Programmierfehler gerade im Zusammenhang mit sicherheitsrelevanter Software von größtem Interesse ist. Er und Francesca Saglietti (Garching) eröffneten mir einen schnellen Zugang zu Literatur über Programmierfehler und Fehlertoleranztechniken. Robert L. Baber zeigte. welche erfrischenden Aspekte das Konstruieren von Software hat, wenn man Logik von Anfang an betreibt. Eine ausführliche Darstellung eines Softwarefehlers im Zusammenhang mit der Voyager 2 Mission verdanke ich William I. McLaughlin (Pasadena. Kalifornien). Für eine Diskussion psychologischer Aspekte bin ich Oswald Huber (Salzburg) dankbar. Hartmut Siebert (Mannheim) und Udo Voges (Karlsruhe) gaben mir Gelegenheit zur Diskussion der mathematischen Modelle und der Verläßlichkeitsbewertung von Software. Dem Verlag danke ich. daß er die erste Fassung des Buches einer gründlichen Kritik unterzog.

Fulda. April 1990 Timm Grams

Inhaltsverzeichnis

Erzielung einer hohen Software-Qualität sowie eine Besprechung von Redundanztechniken zum Abfangen von Entwurfsfehlern **(Fehlertoleranztechniken).** Alle diese Techniken werden hinsichtlich ihrer Wirksamkeit beurteilt, insbesondere danach, wie sie mit den Denkfallen beim Programmieren fertig werden.

1.3 Einige Irrtümer der Vergangenheit

Die Erfahrung lehrt, daß es immer wieder Ereignisse gibt, an die man vorher nicht gedacht hat. Technische Einrichtungen, die als zuverlässig und sicher gegolten haben, laufen plötzlich und ganz überraschend doch aus dem Ruder. Oft sind es Fehler im System, die erst in ganz bestimmten Situationen wirksam werden. Von einigen dieser Irrtümer soll in diesem Abschnitt die Rede sein.

Das Programmieren wird als eine umfassende Tätigkeit aufgefaßt: Es handelt sich um den Bau einer Maschine, die eine vorgegebene Aufgabe oder ein Problem lösen soll. Dabei bedient man sich einer universellen Maschine, für die der Programmierer die Handlungsanweisungen (das Programm) festzulegen hat. Der Programmierer hat also Planungs-, Entwurfs- und Entwicklungsaufgaben zu lösen. Folglich ist es für den Programmierer lehrreich, sich einmal Planungs- und Entwurfsfehler der Vergangenheit anzusehen, auch wenn nicht in jedem Fall Rechner und Rechenprogramme die Hauptrolle spielen.

1. Die Cruise Missile findet sich in der UdSSR nur im Sommer zurecht, weil ihr Navigationssystem nicht in der Lage ist, Schneewehen von der Geländetopographie zu unterscheiden (Tsipis, 1977). Weitere Beispiele für Denkfallen beim Planen sind im Buch von Schönwandt (1986) zu finden.
2. Am 9. November 1979 wurde vom Raketenwarnsystem der USA die zweite Alarmstufe ausgelöst: „Anzeichen eines Massenüberfalls wurden dadurch verursacht, daß ein Simulationsprogramm zum Testen irgendwelcher Systemkomponenten in das Raketenwarn-Computersystem von NORAD eingeführt wurde, ohne daß das Bedienungspersonal an den Bildschirmen davon Kenntnis hatte" (Blasius, Siekmann, 1987).
3. Das Programm eines chemischen Reaktors sollte spezifikationsgemäß im Fehlerfall alle beeinflußten Größen auf einen festen Wert einfrieren. Zufälligerweise trat die Meldung eines zu geringen Ölstands im Getriebe gerade in dem Moment auf, als der Katalysator aufgefüllt wurde und der Reaktor entsprechend mehr Kühlung gebraucht hätte. Aufgrund der Meldung wurde der Kühlwasserfluß niedrig gehalten. Es kam zur Überhitzung des Reaktors (Leveson, 1986).
4. Die bemannte Raumkapsel ‚Gemini V' verfehlte ihren Landepunkt um 160 Kilometer, weil das Programm für die Landung nicht die Rotation der Erde um die Sonne berücksichtigt hatte (Lin, 1986).
5. Fünf Atomreaktoren wurden vorübergehend abgeschaltet, weil ein Programm, das ihre Erdbebenfestigkeit berechnen sollte, die arithmetische Summe von Variablen anstelle der Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Variablen verwendet hatte (Lin, 1986).

6. Das Programm, das die Flugbahn der Raumsonde Voyager 2 berechnen sollte, lieferte zunächst falsche Ergebnisse, als die Sonde im Dezember 1985 am Planeten Uranus vorbeiflog. Das Programm hatte unter anderem auch fortlaufend den Schätzwert der Uranusmasse zu komgieren. Nach einer eingehenden Analyse des Problems entdeckte ein Ingenieur dessen Wurzel: Die Anfangsschätzung lag um 0,3% neben dem wahren Wert; und das war für den Algorithmus zu viel. Er konvergierte gegen ein lokales und nicht gegen das globale Maximum. Als die komplexe Problemlage durchschaut war, gelang es, dem Computer auf die Sprünge zu helfen (Laeser, McLaughlin, Wolff, 1987).
7. Deutschen Hackern gelang es, in ein Computernetz der amerikanischen Weltraumbehörde NASA einzudringen. Der Zugang zum Computemetz war durch einen Fehler im Betriebssystem VMS für den Rechner VAX 11/785 des Herstellers Digital Equipment (DEC) möglich. Ein bestimmter Systemaufruf erlaubte unbefugten Benutzern den Zugriff auf eine Datei, in der die Kennwörter der berechtigten Anwender gespeichert waren. Diese Dateien konnten beliebig verändert werden (Meldung der ap, 16.9.1987).
8. Ein Bestrahlungsgerät fügte Patienten schwere, in einigen Fällen sogar tödliche Verbrennungen zu. Wegen fehlerhafter Programmierung wurde jeweils eine mehr als hundertfach überhöhte Strahlendosis abgegeben. Die Fehlfunktion trat nur auf, wenn der Befehlssatz von einem fingerfertigen Techniker besonders schnell eingetippt wurde (DIE ZEIT - Nr. 17 - 22. April 1988).