

HANSER



Leseprobe

zu

Technische Probleme lösen mit C/C++

von Norbert Heiderich und Wolfgang Meyer

Print-ISBN: 978-3-446-46823-8

E-Book-ISBN: 978-3-446-46896-2

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446468238>
sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Vorwort des Herausgebers

Was können Sie mit diesem Buch lernen?

Wenn Sie mit diesem Lernbuch arbeiten, dann erwerben Sie umfassende Erkenntnisse, die Sie zur Problemlösungsfähigkeit beim Programmieren mit der Hochsprache C/C++ führen.

Der Umfang dessen, was wir Ihnen anbieten, orientiert sich an

- den Studienplänen der Fachhochschulen für technische Studiengänge,
- den Lehrplänen der Fachschulen für Technik,
- den Anforderungen der Programmierpraxis,
- dem Stand der einschlägigen, professionellen Softwareentwicklung.

Sie werden systematisch, schrittweise und an ausgewählten Beispielen mit der Entwicklungsumgebung Visual C++ (VC++) von Microsoft vertraut gemacht.

Dabei gehen Sie folgenden Strukturelementen und Verfahrensweisen nach:

- Wie stellt sich die Entwicklungsumgebung dar?
- Welche grundlegenden Sprach- und Steuerungswerkzeuge gilt es kennenzulernen und an einfachen Beispielen anzuwenden?
- Wie wird ein Problem strukturiert programmiert?
- Wie muss die Software dokumentiert und getestet werden?
- Was meint objektorientierte Programmierung?

Wer kann mit diesem Buch lernen?

Jeder, der

- sich weiterbilden möchte,
- die Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung beherrscht,
- Kenntnisse in den Grundlagen der elementaren Mathematik besitzt,
- bereit ist, sich mit technischen, mathematischen und kommerziellen Fragestellungen auseinanderzusetzen.

Das können sein:

- Studenten an Fachhochschulen und Berufsakademien,
- Studenten an Fachschulen für Technik,
- Schüler an beruflichen Gymnasien und Berufsoberschulen,
- Schüler in der Assistentenausbildung,
- Meister, Facharbeiter und Gesellen während und nach der Ausbildung,
- Umschüler und Rehabilitanden,
- Teilnehmer an Fort- und Weiterbildungskursen,
- Autodidakten.

Wie können Sie mit diesem Buch lernen?

Ganz gleich, ob Sie mit diesem Buch in Hochschule, Schule, Betrieb, Lehrgang oder zu Hause lernen, es wird Ihnen Freude machen!

Warum?

Ganz einfach, weil wir Ihnen ein Buch empfehlen, das in seiner Gestaltung die Grundgesetze des menschlichen Lernens beachtet.

- *Ein Lernbuch also! -*

Sie setzen sich kapitelweise mit den Lehr-, Lerninhalten auseinander. Diese sind in überschaubaren Lernsequenzen schrittweise dargestellt. Die zunächst verbal formulierten Lehr-, Lerninhalte werden danach in die softwarespezifische Darstellung umgesetzt. An ausgewählten Beispielen konkretisiert und veranschaulichen die Autoren diese Lehr- bzw. Lerninhalte.

- *Also auch ein unterrichtsbegleitendes Lehr-/Lernbuch mit Beispielen! -*

Für das Suchen bestimmter Inhalte steht Ihnen das Inhaltsverzeichnis am Anfang des Buches zur Verfügung. Sachwörter finden Sie am Ende des Buches. Bücher zur vertiefenden und erweiterten Anwendung sind im Literaturverzeichnis zusammengestellt.

- *Selbstverständlich mit Sachwortregister, Inhalts-und Literaturverzeichnis! -*

Sicherlich werden Sie durch intensives Arbeiten mit diesem Buch Ihre „Bemerkungen zur Sache“ unterbringen und es so zu Ihrem individuellen Arbeitsmittel ausweiten:

- *So wird am Ende Ihr Buch entstanden sein! -*

Möglich wurde dieses Buch für Sie durch die Bereitschaft der Autoren und die intensive Unterstützung des Verlages mit seinen Mitarbeitern. Ihnen sollten wir herzlich danken.

Beim Lernen wünsche ich Ihnen viel Freude und Erfolg!

Ihr Herausgeber

Manfred Mettke

Vorwort der Autoren

Die vierte Auflage war schon nach kurzer Zeit vergriffen. Das ist ein deutliches Indiz für die zunehmende Digitalisierung unseres Alltags. Neben der alltäglichen digitalen Kommunikation und der beruflichen wie privaten Nutzung des Internets rückt die Lösung von Problemstellungen mit Hilfe der Programmierung immer mehr in den schulischen, studentischen und beruflichen Fokus. C/C++ ist eine in der Wirtschaft sehr weit verbreitete, problemorientierte Programmiersprache. Das Erlernen anhand konkreter Problemstellungen ist eine praxisorientierte Investition in die eigene berufliche Zukunft.

Der pädagogische Ansatz *so wenig Theorie wie nötig, so viel Praxis wie möglich* kommt bei den Leserinnen und Lesern offensichtlich gut an. Aber nichtsdestotrotz ist ein theoretischer Hintergrund für das Schreiben *guter* Programme weiterhin unverzichtbar.

Wie in den bisherigen Auflagen legen wir als Autoren besonderen Wert auf die Problemanalyse, also auf die theoretische Durchdringung der Aufgabenstellung, ohne die beispielsweise ein späterer Programmtest nicht möglich wäre. Syntaktische Fehler zeigt der Compiler an, für die logischen Fehler ist allein der Programmierer verantwortlich. Die Vorstufe zur Umsetzung der Problemanalyse in ein C/C++-Programm ist das Struktogramm nach Nassi-Shneiderman, das sich in der strukturierten Programmierung gegenüber dem Programmablaufplan durchgesetzt hat und auch in diesem Buch durchgängig Verwendung findet.

Zusätzlich zu den umfangreichen Aufgaben, Beispielen und den nach Schwierigkeitsgrad gestaffelten Problemstellungen haben wir in die fünfte Auflage die Monte-Carlo-Methode, die Volumenberechnung von Rotationskörpern und einen Primzahlalgorithmus aufgenommen, wie er in vielen Sicherungsverfahren digitaler Codierung verwendet wird. Und zur Steigerung der Motivation haben wir schon weit vorne „Ein erstes Programm in C“ eingebaut, denn wir wissen, dass nichts motivierender ist als der Erfolg.

Wir wünschen Ihnen also viel Freude und gute Ergebnisse beim Programmieren mit C/C++!

Norbert Heiderich

Wolfgang Meyer

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Einleitung | 15 |
| 1 Systematik der Problemlösung | 19 |
| 1.1 Phasen der Programmierung | 19 |
| 1.2 Software-Lebenszyklus | 21 |
| 1.3 Software-Entwicklungsverfahren | 23 |
| 2 Erste Gehversuche mit C/C++ | 28 |
| 2.1 Warum gerade C/C++? | 28 |
| 2.2 Compiler und Interpreter | 30 |
| 2.3 Übersetzen eines C/C++-Programms | 32 |
| 2.4 Programmstart | 33 |
| 3 Die Entwicklungsumgebung Visual C++ | 34 |
| 3.1 Installation von VC++ | 34 |
| 3.2 Starten von VC++ | 36 |
| 3.3 Erstellen eines neuen Projektes | 38 |
| 3.3.1 Win32-Projekte | 39 |
| 3.3.1.1 Variante 1 – VC++ leistet Vorarbeit | 40 |
| 3.3.1.2 Variante 2 – leeres Projekt | 41 |
| 3.3.2 CLR-Projekte | 44 |
| 3.4 Übersetzen eines eigenen Programms | 46 |
| 3.5 Ausführen eines eigenen Programms | 49 |
| 3.6 Paradigmen der Projektorganisation | 49 |
| 3.7 Ein erstes Programm in C/C++ | 51 |
| 4 Grundlegende Sprach- und Steuerungselemente | 54 |
| 4.1 Kommentare | 54 |
| 4.2 Datentypen und Variablen | 55 |
| 4.2.1 Variablennamen | 56 |
| 4.2.2 Ganzzahlige Variablen | 56 |
| 4.2.3 Fließkommazahlen | 58 |
| 4.2.4 Zeichen | 59 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.2.5 | Felder | 60 |
| 4.2.5.1 | Eindimensionale Felder | 60 |
| 4.2.5.2 | Mehrdimensionale Felder | 61 |
| 4.2.5.3 | Zugriff auf die Elemente eines Feldes | 63 |
| 4.2.5.4 | Startwertzuweisung für ein- und mehrdimensionale Arrays | 65 |
| 4.2.6 | Zeichenketten | 67 |
| 4.3 | Konstanten | 68 |
| 4.4 | Operatoren | 69 |
| 4.4.1 | Vorzeichenoperatoren | 69 |
| 4.4.2 | Arithmetische Operatoren | 69 |
| 4.4.2.1 | Addition + | 69 |
| 4.4.2.2 | Subtraktion - | 69 |
| 4.4.2.3 | Multiplikation * | 70 |
| 4.4.2.4 | Division / | 70 |
| 4.4.2.5 | Modulo % | 70 |
| 4.4.2.6 | Zuweisung = | 70 |
| 4.4.2.7 | Kombinierte Zuweisungen | 71 |
| 4.4.2.8 | Inkrementierung ++ | 71 |
| 4.4.2.9 | Dekrementierung -- | 72 |
| 4.4.3 | Vergleichsoperatoren | 72 |
| 4.4.3.1 | Gleichheit == | 72 |
| 4.4.3.2 | Ungleichheit != | 72 |
| 4.4.3.3 | Kleiner < | 73 |
| 4.4.3.4 | Größer > | 73 |
| 4.4.3.5 | Kleiner gleich <= | 73 |
| 4.4.3.6 | Größer gleich >= | 74 |
| 4.4.4 | Logische Operatoren | 74 |
| 4.4.4.1 | Logisches NICHT ! | 74 |
| 4.4.4.2 | Logisches UND && | 74 |
| 4.4.4.3 | Logisches ODER | 74 |
| 4.4.5 | Typumwandlungsoperator | 75 |
| 4.4.6 | Speicherberechnungsoperator | 75 |
| 4.4.7 | Bedingungsoperator | 76 |
| 4.4.8 | Indizierungsoperator | 77 |
| 4.4.9 | Klammerungsoperator | 77 |
| 4.5 | Anweisungen und Blöcke | 79 |
| 4.6 | Alternationen | 79 |
| 4.6.1 | Einfache Abfragen (if - else) | 79 |
| 4.6.2 | Mehrfachabfragen (else - if) | 80 |
| 4.6.3 | Die switch-case-Anweisung | 81 |
| 4.7 | Iterationen | 83 |
| 4.7.1 | Zählergesteuerte Schleifen (for) | 83 |
| 4.7.2 | Kopfgesteuerte Schleifen (while) | 87 |
| 4.7.3 | Fußgesteuerte Schleifen (do - while) | 88 |
| 4.7.4 | Schleifenabbruch (continue) | 89 |

| | |
|---|------------|
| 4.7.5 Schleifenabbruch (break) | 90 |
| 4.7.6 Schleifenumwandlungen | 92 |
| 4.8 Funktionen | 92 |
| 4.8.1 Formaler Aufbau einer Funktion | 93 |
| 4.8.1.1 Der Funktionskopf | 94 |
| 4.8.1.2 Der Funktionsrumpf | 95 |
| 4.8.2 Datentyp und Deklaration einer Funktion – Prototyping | 96 |
| 4.8.3 Das Prinzip der Parameterübergabe | 101 |
| 4.8.3.1 Aufrufverfahren call by value | 101 |
| 4.8.3.2 Aufrufverfahren call by reference | 103 |
| 4.8.3.3 Adressoperator, Zeiger und Dereferenzierung | 106 |
| 4.8.4 Regeln für ein erfolgreiches Prototyping | 107 |
| 4.8.5 Die exit()-Funktion | 108 |
| 4.8.6 Rekursive Funktionen | 108 |
| 4.9 Ein- und Ausgabe | 111 |
| 4.9.1 Formatierte Eingabe mit scanf() | 111 |
| 4.9.2 Formatierte Ausgabe mit printf() | 112 |
| 4.9.3 Arbeiten mit Dateien | 113 |
| 4.9.3.1 Öffnen der Datei | 114 |
| 4.9.3.2 Verarbeiten der Datensätze | 114 |
| 4.9.3.3 Schließen der Datei | 115 |
| 4.9.3.4 stdio.h | 115 |
| 4.9.3.5 fflush() und stdin | 117 |
| 5 Strukturierte Programmierung | 118 |
| 5.1 Problemstellung | 119 |
| 5.2 Problemanalyse | 120 |
| 5.3 Struktogramm nach Nassi-Shneiderman | 123 |
| 5.3.1 Sequenz | 125 |
| 5.3.2 Alternation | 127 |
| 5.3.3 Verschachtelung | 128 |
| 5.3.4 Verzweigung | 129 |
| 5.3.5 Schleifen | 131 |
| 5.3.5.1 Zählergesteuerte Schleife | 131 |
| 5.3.5.2 Kopfgesteuerte Schleife | 135 |
| 5.3.5.3 Fußgesteuerte Schleifen | 137 |
| 5.3.5.4 Endlosschleifen | 138 |
| 5.3.5.5 Kriterien zur Schleifenauswahl | 138 |
| 5.3.6 Programm- oder Funktionsaufruf | 138 |
| 5.3.7 Aussprung | 139 |
| 5.3.8 Rechnergestützte Erstellung von Struktogrammen | 140 |
| 5.3.8.1 StruktEd | 140 |
| 5.3.8.2 hus-Struktogrammer | 147 |
| 5.4 Flussdiagramm nach DIN 66001 | 155 |
| 5.5 Programmerstellung | 157 |
| 5.6 Programmtest | 157 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.7 | Programmlauf | 158 |
| 5.8 | Dokumentation nach DIN 66230 | 159 |
| 5.8.1 | Funktion und Aufbau des Programms | 159 |
| 5.8.2 | Programmkenndaten | 160 |
| 5.8.3 | Betrieb des Programms | 161 |
| 5.8.4 | Ergänzungen | 161 |
| 5.9 | Aspekte des Qualitätsmanagements EN-ISO 9000 | 162 |
| 5.10 | Algorithmus – was ist das? | 163 |
| 5.11 | EVA-Prinzip | 169 |
| 5.12 | Programmierung von Formelwerken | 170 |
| 6 | Lösung einfacher Probleme | 175 |
| 6.1 | Umrechnung von Temperatursystemen | 175 |
| 6.2 | Flächenberechnung geradlinig begrenzter Flächen (Polygone) | 181 |
| 6.2.1 | Erste Problemvariation: Berechnung der Schwerpunktkoordinaten $S(x_S ; y_S)$ von polygonförmig begrenzten Flächen | 188 |
| 6.2.2 | Zweite Problemvariation: Suche nach einem „günstigen“ Treppunkt | 189 |
| 6.2.3 | Eine Projektidee: Wohnflächenberechnung | 190 |
| 6.3 | Berechnung einer Brückenkonstruktion | 191 |
| 6.4 | Schaltjahrüberprüfung | 195 |
| 6.5 | Ein Problem aus der Energiewirtschaft | 201 |
| 6.6 | Logarithmische Achsennteilung | 211 |
| 6.7 | Berechnung der Kreiszahl π | 218 |
| 6.7.1 | Berechnung nach Archimedes (287 – 212 v. Chr.) | 219 |
| 6.7.2 | Berechnung mit der Monte-Carlo-Methode | 221 |
| 6.7.3 | π in C/C++-Programmen | 226 |
| 6.8 | Primzahlen – Sieb des Eratosthenes | 227 |
| 7 | Objektorientierte Programmierung (OOP) | 232 |
| 7.1 | Modellbildung mittels Abstraktion | 232 |
| 7.2 | Klassen und Objekte | 233 |
| 7.3 | Attribute und Methoden einer Klasse | 236 |
| 7.4 | Bruchrechnung mit OOP | 237 |
| 7.5 | Vererbung | 246 |
| 7.6 | Strings | 252 |
| 7.7 | Typumwandlungen | 254 |
| 7.8 | Strukturierte Programmierung vs. OOP | 257 |
| 8 | Lösung fortgeschrittenener Probleme | 259 |
| 8.1 | Grafische Darstellung funktionaler Abhängigkeiten | 259 |
| 8.1.1 | Welt- und Screenkoordinaten | 261 |
| 8.1.2 | Koordinatentransformationen | 263 |
| 8.1.3 | Darstellung der Sinusfunktion | 269 |
| 8.1.4 | Darstellung quadratischer Parabeln | 273 |
| 8.1.5 | Spannungsteilerkennlinien | 276 |

| | | |
|------------------------|--|------------|
| 8.2 | Lösung technisch-wissenschaftlicher Probleme | 278 |
| 8.2.1 | Widerstandsreihen E6 bis E96 | 278 |
| 8.2.2 | Farbcodierung von Widerständen nach DIN 41429 | 281 |
| 8.2.3 | Fourier-Synthese periodischer empirischer Funktionen | 284 |
| 8.2.4 | Fourier-Analyse empirischer Funktionen | 292 |
| 8.3 | Nullstellenbestimmung von Funktionen | 297 |
| 8.3.1 | Inkrementverfahren und Intervallhalbierung | 297 |
| 8.3.2 | Die regula falsi | 302 |
| 8.3.3 | Das Newton-Verfahren | 304 |
| 8.4 | Numerische Integration | 307 |
| 8.4.1 | Riemannsche Unter- und Obersummen | 307 |
| 8.4.2 | Trapezregel | 311 |
| 8.4.3 | Simpsonsche Regel | 316 |
| 8.4.4 | Effektivwertberechnungen | 321 |
| 8.4.5 | Volumenberechnung | 323 |
| 8.5 | Einbindung eigener Klassen | 331 |
| 8.5.1 | Das „Platinenproblem“ als objektorientierte Konsolenanwendung .. | 331 |
| 8.5.2 | Das „Platinenproblem“ in der Erweiterung mit grafischer Benutzeroberfläche | 336 |
| 9 | Lösung komplexer Probleme | 340 |
| 9.1 | Kurvendiskussion und Funktionsplotter am Beispiel ganzzahliger Funktionen bis 3. Ordnung | 340 |
| 9.2 | Ausgleichsrechnung – Bestimmung der „besten“ Geraden in einer Messreihe | 343 |
| 9.3 | Digitaltechnik | 353 |
| 10 | Tabellen und Übersichten | 367 |
| 10.1 | Datentypen und ihre Wertebereiche | 367 |
| 10.2 | Vergleich der Symbole nach DIN 66 001 und der Nassi-Shneiderman-Darstellung | 368 |
| 10.3 | Schlüsselwörter ANSI C | 369 |
| 10.4 | Erweiterte Schlüsselwörter C++ | 371 |
| 10.5 | ASCII-Tabelle | 374 |
| 10.6 | Standardfunktionen und ihre Zuordnung zu den Header-Dateien (Include) | 376 |
| Literatur | 380 | |
| Index | 381 | |

1

Systematik der Problemlösung

Einst löste Alexander der Große den Gordischen Knoten sehr unkonventionell mit dem Schlag seines Schwertes. An den kunstvoll geknoteten Stricken, die einen Streitwagen untrennbar mit seinem Zugjoch verbinden sollten, waren zuvor die Gelehrten gescheitert. Sie versuchten, ihn ohne Beschädigung zu entfernen, quasi die Verknotungen umzukehren. Dies zeigt deutlich, dass ein Problem komplex und damit sogar unlösbar werden kann, wenn man nicht fähig ist, es unvoreingenommen zu betrachten, wenn man sich nicht von unvermeidbar erscheinenden Lösungswegen trennen kann. Die Lösung des Problems soll das Ziel sein – aber auch der Weg dorthin!

Zur Lösung eines Problems mit Hilfe eines Rechners geht man üblicherweise in mehreren Einzelschritten vor. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, weil die in jedem Schritt anfallenden Probleme häufig so speziell sind, dass Fachleute des jeweiligen Gebietes sie lösen müssen. So muss z.B. ein Betriebsführer, der eine Problemstellung sehr genau aus der Sicht des Betriebsablaufes beschreiben und sicherlich aus dieser Sicht auch erste Strategien entwickeln kann, nicht notwendigerweise auch derjenige sein, der mögliche Auswirkungen auf die Buchführung und Abrechnung des Unternehmens beurteilen, oder zur Auswahl geeigneter Programmierelemente und einzusetzender Hardware einen Beitrag leisten kann.

■ 1.1 Phasen der Programmentwicklung

In den Anfängen der Datenverarbeitung waren Systemanalyse und methodisches Vorgehen bei der Entwicklung von Software beinahe bedeutungslos und der heute gebräuchliche Begriff **Softwareengineering** war noch nicht geprägt. Die erste Phase des Softwareerstellungsprozesses ist die Systemanalyse. Der Systemanalytiker beschreibt hier die für seine Fragestellung relevanten Elemente und deren Beziehungen zueinander.

Die ersten Rechner waren von den Abmessungen her groß und von der Leistungsfähigkeit aus heutiger Sicht sehr bescheiden. Hardware war so teuer, dass kleinere Unternehmen in der Regel die Verarbeitung ihrer Daten Service-Rechenzentren übergaben. Diese Rechenzentren entwickelten und warteten auch die individuellen Programme ihrer Kunden. Die eigene Datenverarbeitung im Hause bedeutete immense Investitionen, und die Software wurde dann mehr oder weniger individuell um die vorhandene Hardware „gestrickt“.

Die steigende Leistungsfähigkeit und der Preisverfall mit jeder neuen Generation von Rechnern eröffneten nach und nach immer neue Einsatzgebiete. So konnte man zunehmend integrierte Systeme entwickeln. Allerdings wurden mit dem wachsenden Integrationsgrad der Software die Programme und Programmsysteme komplexer.

Betrachtet man zu den Anfängen der Datenverarbeitung in mittleren bis großen Unternehmen das Verhältnis der Kosten von Hard- zur Software, so lag die bei etwa 85:15. Die gleiche Bewertung liefert heute ein Verhältnis von 10:90. Vergleicht man das Kostenverhältnis der Hard- zur Software im PC-Bereich, so ergibt sich für einen normalen Anwender in einem kleinen bis mittleren Betrieb ein ganz anderes Bild. Hier liegt das Verhältnis nahezu bei 50:50.

Der Einsatz von Datenverarbeitung in neuen Anwendungsgebieten ist primär ein Problem der Qualität, Funktionalität und Verfügbarkeit der Software zum richtigen Zeitpunkt und zu einem vertretbaren Preis. Damit wird deutlich, dass die Entwicklung von Software ein hochkomplexes Unterfangen ist und ein abgestimmtes, methodisches Verfahren und organisatorisches Vorgehen verlangt. Zusammengefasst wird dies unter dem Begriff Softwareengineering.

Softwareengineering wurde als Vorgehensweise zur Verbesserung der bis dahin unbefriedigenden Situation bei der Softwareentwicklung und -wartung betrachtet. Software sollte produziert werden können wie Produkte aus der industriellen Fertigung: solide, zuverlässig und kontrollierbar. Aus diesen Anfängen entwickelte sich die heutige Definition:



Unter **Softwareengineering** versteht man die Anwendung von Strategien, Methoden, Werkzeugen und Kontrollinstrumenten im gesamten Prozess der Softwareentwicklung und -wartung einschließlich des Managements.

Die Beschäftigung mit Softwareengineering setzt nun einen gewissen Erfahrungsschatz in der Softwareentwicklung voraus. Bei der **Softwareentwicklung im Kleinen** geht es um die Umsetzung überschaubarer Problemstellungen in rechnergestützte Lösungen. Dem Anwender der fertigen Software sollen möglichst viele, von ihm bisher evtl. mit anderen Hilfsmitteln erledigte Arbeitsschritte durch einen Rechner abgenommen werden. Dabei stehen die Auswahl und das Design einzelner Konstrukte im Vordergrund, was für die korrekte Funktionsweise und das spätere Verständnis eines Bausteins absolut wesentlich ist. Bei der **Softwareentwicklung im Großen** geht es um die zweckmäßige, fast generalstabsmäßige Organisation eines Arbeitsvolumens von vielen Mann-Jahren. (In der Informatik wird der Begriff Mann-Tage, Mann-Monate oder Mann-Jahre als Aufwandsmaß eines abstrakten Wesens verwendet, das während seiner Arbeitszeit weder männlich noch weiblich ist.)

In manchem ist das Softwareengineering mit der Arbeitsorganisation in herkömmlichen Produktions- und Konstruktionsprozessen vergleichbar. Softwareengineering beschäftigt sich mit Arbeitsabläufen in und um die Softwareentwicklung herum. Neben dem eigentlichen Entwicklungsprozess sind dies:

- Projektmanagement,
- Qualitätssicherung und
- Projektverwaltung.



Unter **Projektmanagement** versteht man die Gesamtheit von Führungsaufgaben bei der Abwicklung eines Projekts, z.B. Fragen der Projektorganisation.

Bei der **Qualitätssicherung** geht es einerseits um formelle, konstruktive und analytische Kontrollmaßnahmen während des gesamten Entwicklungsprozesses, andererseits um interpersonelle Techniken, also darum, dafür Sorge zu tragen, dass alle Aufgaben von möglichst geeigneten Mitarbeitern erledigt werden.

Die **Projektverwaltung** (auch: Konfigurationsmanagement) beschäftigt sich mit der Bereitstellung und Verwaltung aller Ressourcen für den Softwareentwicklungsprozess sowie mit allen nebengelagerten Prozessen. Dazu gehören u. a. die Organisation der Speicherung aller Programmvarianten einschließlich der Dokumentationen sowie die notwendigen Update-Dienste.

■ 1.2 Software-Lebenszyklus

Der Software-Lebenszyklus ist ein abstraktes Modell für den Lebenslauf einer jeden Software und die Grundlage für alle weiteren Betrachtungen zur Softwaretechnologie. Die meisten Aktivitäten, Methoden und Werkzeuge der Softwaretechnologie lassen sich anhand dieses Modells ein- und zuordnen. Für den konkreten Ablauf der Arbeit ist das Projektmanagement verantwortlich.

Der **Software-Lebenszyklus** stellt ein Modell für alle Aktivitäten während der Existenz einer Software dar. Man kann im Wesentlichen drei Teile unterscheiden:

- die eigentliche **Softwareentwicklung**, bei der das neue System aufgebaut wird;
- den **laufenden Betrieb**, währenddessen das System produktiv arbeitet, und
- die **Außerbetriebnahme** des Systems mit der Sicherstellung der Datenbestände für Nachfolgesysteme und der Entsorgung von Altdaten.

Während des laufenden Betriebs werden immer wieder ungeplante und geplante Unterbrechungen durch Wartung der eigentlich verschleißfreien Software erfolgen. Diese Wartungsarbeiten sind notwendig, um während des laufenden Betriebs festgestellte Fehler oder Effizienzverluste in den Programmen zu beheben oder die Software an geänderte Bedingungen des Umfeldes, in dem sie abläuft, anzupassen. Die Außerbetriebnahme einer Software erfolgt ebenso in der Regel aus dem laufenden Betrieb heraus. Schematisch lässt sich der **Software-Lebenszyklus** darstellen wie in Bild 1.1.

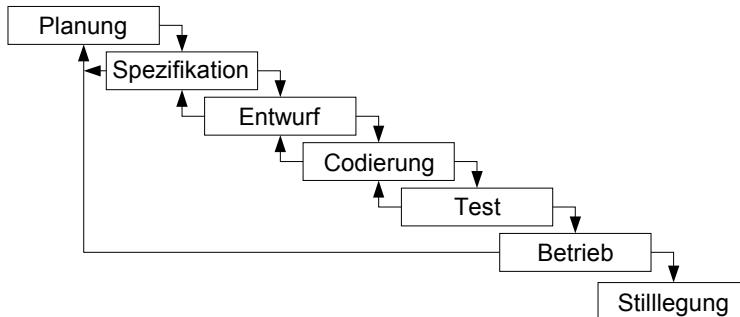


Bild 1.1 Software-Lebenszyklus

Bei der Entwicklung eines Systems werden die Zyklen Planung bis Test als Abfolge von einzelnen Phasen durchlaufen. In jeder Phase können unterschiedliche Mitarbeiter an der Realisierung des Projektes beteiligt sein, die ihre Ergebnisse jeweils für die nächste Phase zur Verfügung stellen. Der Betriebszyklus umfasst während der gesamten Lebensdauer des Systems dessen Unterhalt und Weiterentwicklung bis zur Außerbetriebnahme des Systems. Betrachtet man nun die Kostenseite, so verursachen die ersten vier Zyklen etwa 40 % der Gesamtsystemkosten; die restlichen 60 % der Kosten entfallen auf den Betrieb des Systems.

Die einzelnen Zyklen lassen sich inhaltlich folgendermaßen beschreiben:

- Die **Planung** umfasst eine Voruntersuchung des künftigen Systems mit den entsprechenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen und bildet die Entscheidungsgrundlage die Rechtfertigung und somit die Freigabe zur Entwicklung des neuen Systems. In der Praxis wird dazu zunächst eine Studie beauftragt, über deren Ergebnis ein sog. Lenkungsausschuss befindet.
- Bei der **Spezifikation** werden die wesentlichen Anforderungen und Leistungsparameter des neuen Systems festgelegt. Dies ist gleichzeitig der Zeitpunkt der Erstellung eines sog. Pflichtenheftes, das eine exakte Beschreibung des zu erstellenden Systems liefert und die Basis bildet für die Programmdokumentation und das Anwenderhandbuch.
- Der **Entwurf** des Systems schlüsselt die Anforderungen und Leistungsparameter schrittweise auf bis ein Detaillierungsgrad erreicht ist, bei dem die fachlichen Anforderungen und der fachliche Lösungsweg in Form von Elementarprozessen umfassend beschrieben sind. Am Ende müssen alle fachlichen und datenverarbeitungstechnischen (kurz: DV-technischen) Anforderungen festgelegt sein. Zu diesem Zeitpunkt ist eine umfassende Problemanalyse abgeschlossen, das Pflichtenheft liegt in seiner endgültigen Form vor und alle an der Erstellung der neuen Software beteiligten Personen verfügen über ausreichende Fachkenntnis, um den nächsten Schritt angehen zu können.
- Die **Codierung** umfasst die eigentliche Programmkonstruktion mit der Programmierung der neu zu erstellenden Software.
- Der **Test** dient der Aufdeckung von Entwurfs- und Codierungsfehlern. Werden Fehler entdeckt, so wird die Software zur Korrektur an die Codierungsphase zurückgewiesen. Lassen sich Fehler nicht lokal beheben, z. B. weil ihre Ursache bereits im Entwurf liegt, so wird die Software bis in die Entwurfsphase zurückverwiesen. Diese Testphase blockiert die weitere Entwicklung, bis eine sachlich und fachlich richtige Ausführung der einzelnen Programmkomponenten sowie des Gesamtsystems gesichert werden kann. Dabei

sollten Testhilfen eingesetzt werden, die sicherstellen, dass alle möglichen Fälle, die auftreten können, auch tatsächlich einmal durchlaufen worden sind.

- Der **Betrieb** einer Software wird bis zur Außerbetriebnahme immer wieder durch korrigierende oder geplante Wartung der Software unterbrochen. Das reicht von Eingriffen in die Konfigurationsdateien über das selektive Einspielen neuer Systemkomponenten (sog. Patches) bis hin zur Modifikation oder Neuentwicklung ganzer Systemteile. Besonders kritisch wird der Betrieb, wenn aus Sicherheitsgründen eine alte und eine neue Softwareversion parallel gefahren werden müssen.
- Bei der **Stilllegung** einer Software kommt es schließlich darauf an, wesentliche Nutzdaten sicherzustellen, die für die Konfiguration und Initialisierung von Nachfolgesystemen sonst erst aufwendig akquiriert werden müssten, möglicherweise datenschutzrelevante Daten zuverlässig aus dem System zu entfernen und alle Arten von Datenmüll zu beseitigen. Dies ist nicht nur eine Frage der vorbeugenden Hygiene im Rechnersystem, sondern wegen möglicher Fernwirkungen auf später zu installierende Software dringend notwendig.

■ 1.3 Software-Entwicklungsverfahren

Alle EDV-Projekte (EDV = elektronische Datenverarbeitung) haben einen typischen und gleichartigen im Software-Lebenszyklus bezeichneten Ablauf, der in einzelne Abschnitte unterteilt werden kann. Diese einzelnen Abschnitte oder Phasen lassen sich in einer sehr stark standardisierten Form darstellen und führen zu den Phasenmodellen. Prinzipiell kann jedes EDV-Projekt in zwei große Bearbeitungsbereiche, Entwurf und Realisierung, zerlegt werden. Jeder dieser beiden Blöcke muss für die weitere Bearbeitung in einzelne Abschnitte aufgesplittet werden. Ein Phasenmodell entsteht im Prinzip durch genaue Definition und Abgrenzung der einzelnen Abschnitte des Software-Lebenszyklus.

Eine zu grobe Unterteilung der einzelnen Phasen lässt einen großen Spielraum innerhalb der einzelnen Phase zu und erhöht damit die Fehlerwahrscheinlichkeit. Eine zu feine Unterteilung der Phasen verzögert die Bearbeitung wegen der häufigen Unterbrechungen durch externe Entscheidungen. Sinnvolle Phasenmodelle unterscheiden zwischen drei und sechs Phasen, in Abhängigkeit vom Projektumfang. Hier soll von einem 6-Phasenmodell wie in Bild 1.2 ausgegangen werden.

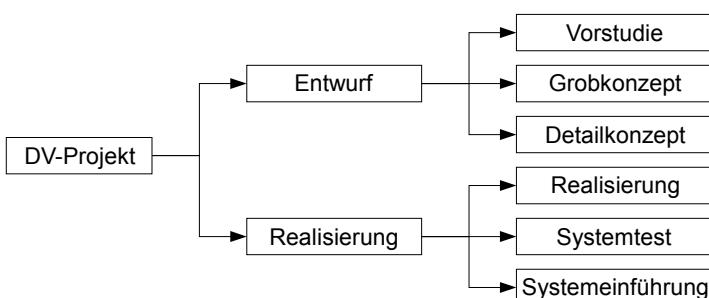


Bild 1.2 Das 6-Phasenmodell

Die einzelnen Phasen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die **Vorstudie** ist ein Abklärungsprozess, dem unmittelbar eine Entscheidung bezüglich der möglichen Lösungsvarianten folgt. Dabei wird die Zielrichtung für die Gestaltung des neuen Projektes festgelegt. Folgende Punkte müssen in einer Vorstudie enthalten sein:
 - Beschreibung der Ausgangslage und Begründung für die Entwicklung einer neuen Lösung
 - Konkrete Zielvorstellung
 - Vollständige Beschreibung des Ist-Zustandes und Schwachstellenanalyse
 - Vor- und Nachteile der heutigen Lösung mit Schwachstellenbeschreibung
 - Gestellte Anforderungen und Wünsche an die neue Lösung
 - Beschreibung der Lösung mit möglichen Alternativen
 - Bewertung der Lösung und der möglichen Alternativen
 - Wirtschaftlichkeitsüberlegungen
 - Planung und Freigabe der nächsten Phase
- Auf der Basis der in der Vorstudie favorisierten Lösungsmöglichkeit muss eine generelle Lösung mit den möglichen Varianten in einem betrieblichen und DV-technischen **Grobkonzept** erarbeitet werden. Die Lösung muss hier so detailliert sein, dass eine fachliche und sachliche Beurteilung und Bewertung möglich ist. Inhalt dieser Phase ist:
 - EDV-technische Konzeption der Funktionen, Abläufe, Transaktionen, Datenstrukturen, Festlegung der Verarbeitungsmodalitäten und des weiteren Vorgehens
 - Betriebliche Konzeption der Funktionen, Abläufe, Transaktionen, Layouts, Ausfallverfahren, Verarbeitungsmodalitäten und weiteres Vorgehen
 - Definition der betrieblichen Einführungsstufen
 - Test- und Einführungskonzeption
 - Überprüfung der Lösung
 - Wirtschaftlichkeitsberechnungen
 - Planung und Freigabe für die nächste Phase
- In der Phase **Detailkonzept** ist das komplette fachliche und technische Systemdesign definitiv und abschließend zu erarbeiten. Ungelöste Probleme sind in dieser Phase nicht mehr zulässig. Die EDV-technische und betriebliche Machbarkeit muss sichergestellt sein.
 - Detaillierung und Komplettierung der EDV-technischen Konzeption
 - Detaillierung und Komplettierung der betrieblichen Konzeption
 - Detaillierung und Komplettierung der betrieblichen Einführungsstufen
 - Detaillierung und Komplettierung der Test- und Einführungskonzeption
 - Überprüfung aller Konzeptionen
 - Wirtschaftlichkeitsberechnungen
 - Planung und Freigabe für die nächste Phase
- Die Phase **Realisierung** stellt die reine Umsetzung der erstellten Konzeption in Programme dar. Zu diesem Zeitpunkt muss die komplette Dokumentation, wie Benutzerhandbücher und Operatorhandbuch, vorliegen.

- Erstellung der Programme
 - Erstellung der JOB-Control/Shell-Skripte
 - Einzel- und Integrationstest der Programme
 - Erstellung des Einführungsplans
 - Planung und Freigabe für die nächste Phase
- Die realisierten Teile aus der vorhergegangenen Phase werden während des **Systemtests** auf ihre Richtigkeit und Vollständigkeit unter betrieblichen Gesichtspunkten überprüft. Es muss dabei vorausgesetzt werden, dass die einzelnen Komponenten bereits für sich alleine ausführlich getestet und abgenommen worden sind. Alle durchgeföhrten Tests müssen dokumentiert werden:
- Dokumentation der Testergebnisse
 - Dokumentation des betrieblichen Tests
 - Einzel- und Integrationstest der Programme
 - Überarbeitung des Einführungsplans
 - Planung und Freigabe für die nächste Phase
- In der Phase **Systemeinführung** wird das fertiggestellte und komplett abgenommene System in die laufende EDV-Produktion integriert. Ein abschließender Funktionstest mit dem GO-Entscheid stellt allen involvierten Benutzern das neue System zur Verfügung.
- Systemeinführung und Pilotbetrieb
 - Systemübergabe in die laufende Produktion
 - Konsolidierung und Optimierung des Systems
 - Überarbeiten des Einführungsplans
 - Planung und Freigabe für die nächste Phase

Den Ablauf des klassischen 6-Phasenmodells kann man wie in Bild 1.3 zeitlich darstellen.

Jede Phase schließt normalerweise mit einer Freigabe für die nächste Phase ab.

Wird die Freigabe nicht erteilt, sind solange Korrekturen innerhalb der aktuellen Phase notwendig, bis eine Freigabe dieser Phase erfolgt (Ablaufpfeile rechts).

Bei sehr gravierenden Fehlern muss im Extremfall mehrere Phasen zurückgesprungen werden, um diese Fehler zu bereinigen. Unter Umständen kann dies sogar zu einem Abbruch des Projektes führen (Ablaufpfeil links).

Theoretisch besteht in einem solchen Fall (Abbruch) natürlich die Möglichkeit, bis zum Projektstart zurückzuspringen, aber in der Praxis sind in aller Regel bis zu einem Abbruchzeitpunkt bereits erhebliche Kosten verursacht worden, ohne dass entsprechende Fortschritte erzielt wurden, so dass die Frage, ob ein solches Projekt noch wirtschaftlich sinnvoll weitergeführt werden kann eher zu verneinen sein wird.

Die Entscheidung über mögliche weitere Vorgehensweisen bei jedem Rücksprung trifft in jedem Fall der Lenkungsausschuss, dem von den beteiligten Partnern die Personen angehören, die die wirtschaftlichen Entscheidungen treffen können.

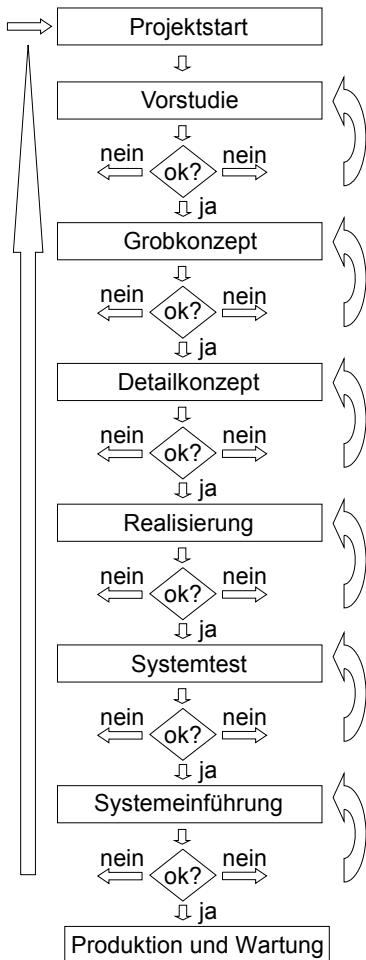


Bild 1.3
Ablauf des 6-Phasenmodells

Für die Bearbeitung der einzelnen Phasen sollte in etwa mit folgenden prozentualen Anteilen des Gesamtentwicklungsaufwands kalkuliert werden:

| Entwurf | | Realisierung | |
|---------------------|------------|---------------------|------------|
| Vorstudie | 10% | Realisierung | 25% |
| Grobkonzept | 25% | Systemtest | 10% |
| Detailkonzept | 20% | Systemeinführung | 10% |
| Summe Anteil | 55% | Summe Anteil | 45% |

Aus dieser Aufstellung der Aufwände der einzelnen Phasen bei der Umsetzung eines Softwareprojektes wird sehr deutlich, dass die Vorarbeiten, die der eigentlichen Programmierung vorausgehen, den größten Teil (nämlich 55 %) des Aufwands des Gesamtprojekts einnehmen. Nur, wenn diese Arbeiten mit der gebotenen und erforderlichen Sorgfalt durch-

geführt werden, besteht die Aussicht, dass das Projekt in der Praxis auch Bestand haben wird. Und das ist ja schließlich das Ziel der Umsetzung eines jeden Ablaufes in ein „Stück“ Software!

Die eigentliche Codierung des Programms, also die Realisierung, nimmt gerade ein Viertel des zu kalkulierenden Aufwands ein. Dieser Ansatz kollidiert in der Praxis oftmals mit dem Anspruch der beteiligten Programmierer, eine „perfekte“ Lösung umzusetzen und an der einen oder/und (!) anderen Stelle über das in der Entwurfsphase festgelegte und mit dem Auftraggeber abgesprochene Leistungsmaß der zu entwickelnden Software hinauszuschieben. Hier besteht die Aufgabe des Projektmanagements darin, solche vermeintlichen Leistungssteigerungen frühzeitig zu erkennen und in angemessener Form zu reagieren. Ein erfahrener Projektmanager wird die beteiligten Programmierer so frühzeitig wie möglich an der Entwurfsphase teilhaben lassen, um ihren Erfahrungen und Bedenken schon in dieser Phase Rechnung tragen zu können. Andererseits kann ein detailverliebter Programmierer eine wichtige Besprechung zwischen Auftraggeber und -nehmer durch seine Rolle als Bedenkenträger natürlich auch völlig aus dem Ruder laufen lassen, indem er das Gesamtprojekt ausschließlich aus seinem Blickwinkel als der, der für eine lauffähige Umsetzung zu sorgen haben wird, betrachtet, ohne den nötigen und oftmals erforderlichen Abstand zu den technischen Anforderungen zu besitzen – also eine echte Gradwanderung für das Projektmanagement. Werden die Programmierer nämlich erst sehr spät mit dem Projekt vertraut gemacht, kann nur noch sehr schwer auf tatsächliche Probleme, die aus der technischen Umsetzung resultieren, reagiert werden. Und das kann natürlich eine reibungslose und termingerechte Umsetzung eines Datenverarbeitungsprojektes massiv gefährden.

2

Erste Gehversuche mit C/C++

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einigen grundlegenden Aspekten der Programmiersprache C/C++. Neben der Frage, warum es sinnvoll ist, gerade mit C/C++ zu arbeiten, werden Funktionsweisen der Komponenten der Entwicklungsumgebung betrachtet und erläutert. In den folgenden Kapiteln werden zunächst Beispiele in klassischem C als Konsolenanwendungen realisiert, bevor später objektorientiert mit C++ weitergearbeitet wird. Dann sind die Beispiele auch mit grafischen Oberflächen ausgestattet.

■ 2.1 Warum gerade C/C++?

Wer C/C++ erlernen will, hat sich für eine Programmiersprache entschieden, die auf fast allen Rechnertypen und unter fast allen Betriebssystemen verfügbar ist. Es steht Ihnen, anders als bei vielen anderen Programmiersprachen, auf den verschiedensten Entwicklungsplattformen eine genormte Standard-Bibliothek zur Verfügung. Damit gelingt eine einheitliche Implementierung der mit dieser Programmiersprache erstellten Programme mit sehr hoher Geschwindigkeit.

C wird auch als Highlevel-Assembler bezeichnet, also als Programmiersprache, die sehr nah an der Maschinensprache ist. Dies beruht auf der Tatsache, dass der Kern (bzw. Kernel) aller gängigen Betriebssysteme in C geschrieben wurde. Damit eignet sich C/C++ auch in besonderem Maße für die Systemprogrammierung, also für Programme, die für den Betrieb von Rechenanlagen erforderlich sind.

Dank der relativ einfachen Struktur und dem geringen Umfang der eigentlichen Sprache, d. h. der verfügbaren Schlüsselworte der Programmiersprache, war es möglich, **C-Compiler**, also spezielle Programme zur Übersetzung des vom Programmierer erstellten Codes in eine maschinenverständliche Sprache, für alle Arten von Prozessorplattformen zu entwickeln, so dass die Programmiersprache C/C++ heute für die gesamte Leistungspalette vom Mikrocontroller bis zu High-End-Rechnern verfügbar ist. Für den Entwickler von Software bedeutet dies: Egal für welche Prozessorplattform programmiert wird, einen C-Compiler wird man für das relevante Zielsystem bekommen. Man braucht sich nicht um eine Programmierung zu kümmern, die spezifisch für den jeweiligen Zielprozessor ist. In den meis-

ten Fällen wird es möglich sein, die auf einer Plattform entwickelte Anwendung auf einer anderen Plattform auszuführen. Der erforderliche Anpassungsaufwand ist in aller Regel sehr überschaubar.



Das bedeutet nicht, dass man fertige Programme von einer Plattform auf eine andere übertragen kann (etwa von einem Windows-PC auf einen Linux-PC) und diese dann auf der neuen Plattform (also unter Linux) sofort wieder funktionieren. Vielmehr ist nur die problemlose Übertragung der Quelltexte auf ein neues System gemeint, auf dem diese dann mit dem entsprechenden Compiler und Linker (ein Linker oder Binder ist ein Programm, das einzelne Programmmodulen zu einem ausführbaren Programm verbindet) in ein funktionierendes Programm umzuwandeln sind!

Die Tatsache, dass Programme, die in C/C++ geschrieben werden, sehr klein sind (nur in Assembler – also Maschinensprache – geschriebene Programme sind noch kleiner), macht C/C++ zu einer wichtigen Programmiersprache im Bereich Embedded Systems (also Systemen, die stark einschränkenden Randbedingungen unterliegen, wie geringe Kosten, Platz-, Energie- und Speicherverbrauch) und der Mikrocontroller-Programmierung, wo Speicherplatz ebenfalls sehr kostbar ist.

Ein C/C++-Programm wird mit Hilfe eines **Compilers** (dem Übersetzer des Quelltextes) aus einer oder mehreren einfachen Textdateien zu Objektcode dateien übersetzt. Diese Objektcode dateien werden anschließend von einem **Linker** (bzw. Linkage-Editor = Binder, Werkzeug für das Zusammenfügen übersetzter Programmteile) mit den erforderlichen Systembibliotheken zu einer ausführbaren Datei (der Executable – oder kurz EXE-Datei) zusammengebunden.



Jedes ausführbare C/C++-Programm besitzt eine Hauptfunktion. In C wird diese Hauptfunktion als `main` bezeichnet.

Damit das Betriebssystem erkennen kann, wo der Einstiegspunkt für den Ablauf eines C/C++-Programms zu finden ist, muss diese Namenskonvention unbedingt eingehalten werden. Auch wenn andere Entwicklungsumgebungen als das Visual Studio von Microsoft oder andere Compiler eingesetzt werden, ändert sich an diesem Einstiegspunkt nichts. Variieren kann allenfalls die Parametrisierung (also die Art, Anzahl oder der Datentyp der Übergabeparameter) dieser Hauptfunktion. Dieser Aspekt wird später in Abschnitt 4.8, in dem es um Funktionen gehen wird, noch ausführlich erläutert.

Darüber hinaus ist es natürlich auch möglich, eigene Programme und/oder Funktionen in eigenen Bibliotheken zusammenzufassen, um diese später erneut benutzen zu können. Diese Bibliotheken können bei einem späteren Bindevorgang durch den Linker wieder verwendet werden, damit diese dann zu einem neuen Programm hinzugebunden werden.

Index

A

Abfrage 79
abgeleitete Klasse 246
Ablauflinie 156
abstrakte Klasse 235
Abstraktion 232
abweisende Schleife 136
Achsenbeschriftung 277
Addition 69
Adressoperator 106 f.
Aggregation 246
Aggregatobjekt 246
Algorithmus 163, 182, 236
Alternation 79, 124, 127 f., 140, 145, 154
Anpassungshinweise 161
Anweisungen 79
Archimedes 219
arithmetischer Operator 69
Array 60, 67
ASCII-Tabelle 374
ASCII-Zeichensatz 59
Assoziation 246
Assoziativität 78
Attribut 234, 236, 320
Attributwert 235, 271
Aufgabe 160
Aufgabenlösung 159
Aufgabenstellung 159
Ausgabesymbol 156
Ausgleichsrechnung 343
Ausnahmefehler 271
Außerbetriebnahme 21
Aussprung 125, 139
Auswahl 118, 142
auto 369

B

Basisklasse 246
Batchdatei 108
Bedienung 161
Bedingungsoperator 76
Bemerkung 156
Betrieb 21, 23
Bezeichnung 160
Bibliotheksfunktionen 100
Bildpunkt 262
binäre Operatoren 69
Blöcke 79
bool 372
Boole, Georg 353
break 82, 90, 131, 369
Brückenkonstruktion 191

C

call by reference 103
call by value 101
case 369
case-sensitiv 56
Cast 254
catch 372
char 56, 67, 369
class 372
Codierung 22, 27
const 369
const_cast 372
Container-Klasse 252
continue 89, 369
Copy-and-paste 93

D

Datentyp 55
 Datentypen und ihre Wertebereiche 367
 Debugger 158
 default 130, 369
 Default-Werte 277
 Definition der Funktion 96
 Dekade 211
 Dekrementierung 72
 delete 372
 Dereferenzierung 106, 108
 Designfehler 33
 Deskriptoren 161
 destruktives Schreiben 114
 Destruktor 240
 Detailkonzept 24, 26
 deterministische Verfahren 164
 Differenzialrechnung 340
 Digitalschaltung 355
 Digitaltechnik 353
 DIN 66001 155
 DIN 66230 159
 Division 70
 do 369
 Dokumentation 119, 142, 159, 239
 double 58, 369
 do - while 88
 Dualzahlen 356 f.
 dynamic_cast 372
 dynamisches Array 225
 dynamische Speicherzuweisung 231

E

Eckpunktkoordinate 182
 Effektivwertberechnungen 321
 eindimensionale Felder 60
 einfache Abfrage 79
 Eingabesymbol 156
 Elemente eines Feldes 63
 Elementverweis-Operator 253
 else 370
 else - if 80
 Endlosschleife 85, 131, 138
 Energiewirtschaft 201
 EN-ISO 9001 162
 Entität 234
 Entwurf 22 f., 26
 enum 370
 Eratosthenes 227
 E-Reihen 278
 Erstes Programm in C 51

erweiterte Schlüsselwörter C++ 371
 euklidischer Algorithmus 168
 EVA-Prinzip 169
 Exception 271
 Exemplar 234
 explicit 372
 explizite Typumwandlungen 254
 extern 370, 372
 externe Operation 237
 Extremstellen 340

F

Fakultätsberechnung 164
 false 372
 Farbcodierung nach DIN 41429 281
 fclose() 115
 Fehler 33
 Fehlerbehandlung 161
 Fehlerquadratsumme 344
 Feld 60 ff.
 Feld, Felder 60
 fflush() 117
 fgetc() 114
 fgets() 114
 FILE 113
 Flächenberechnung nach Gauß 182
 Fließkommazahl 58
 float 58, 64, 370
 Flussdiagramm 155, 157
 Font 275
 fopen() 114
 for 83, 370
 formatierte Ausgabe 112
 formatierte Eingabe 111
 Formelwerk 170 f.
 Fourier
 - Analyse 292
 - Koeffizient 292
 - Reihen 285
 - Synthese 284
 fprintf() 115
 fputc() 114
 fputs() 114
 fread() 115
 friend 372
 fscanf() 115
 Funktion 92
 Funktions
 - aufruf 124, 138 f., 268
 - graph 273
 - kopf 93 f.
 - rumpf 93, 95

fußgesteuerte Schleife 88, 131, 137f.
fwrite() 115

G

ganzzahlige Variablen 56
Gaußscher Integralsatz 182
Geheimnisprinzip 235
Gerätebedarf 160
get-Methode 240
Gleichheit 72
goto 370
Graphical User Interface (GUI) 252
Grenzstelle 156
Grobkonzept 24
größer 73
größer gleich 74
GUI 38, 232, 252

H

Hauptprojektdatei 98
Header-Datei 98, 376
Halbleiter 211, 218

I

if 370
if – else 79
Implementierung 157
Implementierungsaufwand 93
implizite Typumwandlung 254
Include 376
Indizierungsoperator 77
Initialisierung 83
Inkludierung 100
Inkrementierung 71
Inkrementerverfahren 297
inline 372
Instanz 234, 252
int 56f., 60f., 370
IntelliSense 255f.
Intervalhalbierung 298
Iteration 83, 132, 154

K

Kapselung 234, 239
Kennlinie 276
Kennlinienfeld 276
Klammerungsoperator 77
Klassen 233, 235, 340
– beschreibung 235

– diagramm 235
– hierarchie 246
– operation 237
kleiner 73
kleiner gleich 73
kombinierte Zuweisung 71
Kommentar 54
Komponente 34, 246
Komposition 246
Konstante 56, 61, 68
Konstruktor 237, 239
Kontrollstruktur 79
Koordinatentransformation 263
kopfgesteuerte Schleife 86f., 136, 138
Kosinus-Koeffizient 292
Kreiszahl π 218

L

least square fit 344
Leibniz 356
logarithmische Achsenteilung 211f.
logischer Fehler 157
logisches NICHT 74
logisches ODER 74
logisches UND 74
long 56f., 112, 370
long int 56

M

malloc() 185
math.h 227
mehrdimensionale Felder 61
Mehrfachabfrage 80
Mehrfachauswahl 371
Message-Box 271
Messreihe 343
Methode 234, 236, 275, 277
Methode überladen 237
mode 114
Modellbildung 232
Modul 93
Modulo-Operator 70
Monte-Carlo-Methode 221
Multiplikation 70
mutable 373

N

nachprüfende Schleife 137
namespace 373
Nassi-Shneidermann 123, 157

new 373
 Newton-Verfahren 304
 nicht-abweisende Schleife 137
 NTC 211
 Nullstellenbestimmung 297
 numerische Integration 307
 Nutzungsvereinbarungen 161

O

Obersumme 309, 324
 Objekt 233 f., 271
 Objektorperation 237
 objektorientierte Programmierung (OOP) 118, 156, 232
 OOP 116
 Operation 236
 Operator 69, 373
 Ordinalwert 59 f.
 Overloading 237

P

Parabel 273
 Paradigma 118
 Parameterübergabe 101
 Planung 22
 Pointer 106
 Polygone 181
 Postfix 71
 Potenzfunktion 129
 pow() 129
 Präfix 71
 Präprozessoranweisung 100
 Primzahlen 227
 printf() 111, 134
 Priorität 78
 private 236, 239, 247, 373
 Problemanalyse 119 f., 170, 175
 Problemstellung 119, 175
 Programm 175
 - ablauf 158, 160, 254
 - ablaufplan 155
 - aufbau 160
 - aufruf 124
 - bedarf 160
 - erstellung 119, 157
 - lauf 119, 146, 158, 175
 - test 175, 185
 Programmierparadigma 118
 Programmiersprache 161
 Projektmanagement 20 f.
 Projektverwaltung 20

protected 236, 240, 373
 Protokoll einer Klasse 236
 Prototyp 97
 Prozeduren 93, 118
 Pseudozufallszahlen 223
 public 236, 239, 247, 373

Q

Qualitätsmanagement 162
 Qualitätssicherung 20, 163

R

rand() 223
 Realisierung 23 f., 26
 Rechteckfunktion 286, 294
 Referenz 103, 105
 register 370
 regula falsi 302
 Reinitialisierung 84
 reinterpret_cast 373
 Rekursion 108
 return 370
 Riemannsche Unter- und Obersummen 307
 Rotationskörper 323
 RSA-Verfahren 227
 Rundungsfehler 59

S

scanf() 111, 136
 Schaltjahrüberprüfung 195
 Schaltnetz 354
 Schleifen 118, 124, 131, 148, 153, 197
 - abbruch 89 f.
 - bedingung 86
 - begrenzungssymbol 156
 - kopf 86
 - rumpf 86 ff.
 - steuerungsvariable 85
 - umwandlung 92
 Schlüsselwörter ANSI C 369
 Schnittstelle 160, 236
 Schriftart 275
 Schrittweitenwert 273
 Schwerpunktkoordinaten 188
 Screenkoordinaten 261
 Sequenz 118, 124, 139, 143
 set-Methode 240
 Shannon, Claude E. 353
 short 56 f., 112, 370
 short int 56, 58, 354

Sieb des Eratosthenes 227
 signed 57f., 370 f.
 Signifikanz 58
 Simpsonsche Regel 316
 Sinusfunktion 259, 261, 269
 Sinus-Koeffizient 292
 sizeof 370
 Skalierung 273
 Softwareengineering 19
 Softwarelebenszyklus 21
 SolidBrush 275
 Spannungsteiler 276
 Spannungsteilerkennlinie 276
 Spannungsteilerwiderstand 276
 Speicherbedarf 160
 Speicherberechnungsoperator 75
 Spezifikation 22
 sprachbedingte Fehler 33
 sqrt() 129, 314
 srand() 223
 Standardeingabe 87
 Standardfunktionen 376
 Stapelverarbeitungsdatei 108
 Startbedingung 85
 Startwertzuweisung 65
 static 370
 static_cast 373
 stdin 87
 stdio.h 113
 Stilllegung 23
 STL 252f.
 Stream 113
 string 199, 253
 String 252
 struct 370
 Struktogramm 123, 155, 175
 Struktur 113, 236, 346
 strukturierte Programmierung 16, 118
 Subtraktion 69
 switch 371
 switch-case 81
 syntaktischer Fehler 157
 Syntax 54, 65
 Systemeinführung 25
 Systemtests 25

T

Tagesbelastungskurve 201
 Temperatursysteme 175
 template 373
 Template-Klasse 252
 Test 22, 119, 159, 161

Test des Programms 119
 TextBox 253, 320
 Textstrom 113
 this 373
 throw 373
 Top-down-Verfahren 123
 Trapezregel 311
 Treffpunktkoordinaten 189
 true 374
 try 374
 try-catch 253
 typecast 75
 Typecasting 58
 typedef 371
 typeid 374
 typename 374
 Typkonvertierung 254
 Typmodifizierer 57
 Typumwandlung 254, 275
 Typumwandlungsoperator 75

U

Übergangsstelle 156
 überladene Methode 237, 256
 UML 235, 240
 unäre Operatoren 69
 Ungleichheit 72
 union 371
 unsigned 56, 58, 112
 Untersumme 308, 324
 using 374

V

Variable 55 f., 67
 Vererbung 246, 258
 Vergleichsoperatoren 72
 Verhalten einer Klasse 235
 Verschachtelung 124, 128, 143
 Verzweigung 118, 124, 129 f.
 Verzweigungssymbol 156
 virtual 374
 Visual C++ 15
 void 94, 371
 volatile 371
 Volladdierer 360
 Volumenberechnung 323
 vorprüfende Schleife 136
 Vorstudie 24
 Vorzeichenoperator 69

W

Wahrheitstabelle 359, 365
Wartbarkeit 93
wchar_t 374
Weltkoordinaten 261
Wendestellen 340
while 87, 371
Whitespace 112
Widerstandsreihe 278
Wiederanlaufverfahren 161
Wiederholung 83, 118, 133
Wiederverwendbarkeit 93
Wohnflächenberechnung 190

Z

zählergesteuerte Schleife 83, 86, 131, 149
Zeichen 59
Zeiger 106
Zufallszahlen 221
Zuweisung 70
Zwei-Punkte-Form 265