



# Multitasking für jedermann

**MINIX – Ein 'Lehrstück' für Betriebssystembauer**

**Hans-Joachim Ermen**

**In Zeiten, wo alle Welt von OS/2 redet, wo XENIX und seine Abkömmlinge zum Einsatz kommen, wo der multitasking-fähige Amiga in jedem größeren Supermarkt zu kaufen ist und wo sich der Atari ST dank RTOS und OS-9 der quasiparallelen Informationsverarbeitung annimmt, da muß es schon eine besondere Bewandnis mit einem auf den ersten Blick 'old-fashioned' anmutenden PC-Betriebssystem wie MINIX haben, die einen Test rechtfertigt. Doch oh weh: weit und breit keine Spur von Windows, Pull-Down-Menüs oder Mäusen.**

Trotzdem stellt MINIX eine gelungene Lösung für den Kreis jener Computer-Interessierten dar, die neben der Benutzung einer eleganten Oberfläche auch einmal kräftig an selbiger kratzen wollen. Der Informatiker und Betriebssystem-Spezialist Andrew S. Tanenbaum hat MINIX geschrieben, um dem interessierten Anwender neben der trockenen Theorie und der Arbeit mit fertig konfektionierter Software auch einen tieferen Einblick in die Materie 'Betriebssysteme' zu ermöglichen.

Hier ein kurzer Steckbrief der wesentlichen Eigenschaften des MINIX-Softwarepakets, das seit Ende 1987 von Prentice-Hall in den USA vertrieben wird:

- MINIX ist auf Systemcall-Ebene kompatibel zu UNIX, Version 7.
- Zu dem Betriebssystem gehört eine komplette Programmierumgebung mit Shell, Full-Screen-Editor, Assembler, C-Compiler und diversen Dienstprogrammen.

- Außer zum C-Compiler wird zu allen Programmen – auch zum Betriebssystem selbst – der Source-Code in kompilierbarer Form mitgeliefert.

- Im Gegensatz zu UNIX ist MINIX streng modular aufgebaut. Dadurch kann man das System leicht analysieren und modifizieren; das Verständnis der einzelnen Funktionen wird erleichtert.

- Ein gesondert erhältliches Buch [1] enthält neben einer Einführung in die Aspekte moderner Betriebssystemprogrammierung auch den 12 649 Zeilen umfassenden Source-Code von MINIX, versehen mit über 3000 Kommentarzeilen.

Die Systemsoftware ist in folgenden Versionen bei Prentice-Hall zu beziehen:

- für PC mit 256 KByte und zwei Laufwerken: ISBN 0-13-583881-9,
- für PC mit 640 KByte und zwei Laufwerken: ISBN 0-13-583873-8,
- für AT mit 512 KByte und 1,2-MByte-Laufwerk:

ISBN 0-13-583865-7 und – auf Standard-VAX-tape (1600 bpi) im UNIX-'tar'-Format inklusive PC-Simulator: ISBN 0-13-583899-1.

Der Preis beträgt jeweils 80 US-Dollar zuzüglich der Versandkosten von etwa sechs US-Dollar. Ich hatte 80 US-Dollar direkt an Prentice-Hall geschickt und mußte daraufhin dreieinhalb Wochen warten, bis die 640-KByte-Version bei mir eintraf. Das Buch [1] ist hierzu in gut sortierten Fachbuchhandlungen für etwa 50 DM erhältlich. Die Firma Transmediair Utrecht BV vertreibt für rund 160 US-Dollar den Source-Code des C-Compilers.

Bei MINIX handelt es sich laut Prentice-Hall um ein Shareware-Produkt, so daß im nicht-kommerziellen Rahmen Kopien weitergegeben werden dürfen. Gerade im Rahmen von Hochschulkursen über Betriebssysteme bietet sich dadurch den Studenten eine kostengünstige Möglichkeit, am eigenen PC Fallstudien zu betreiben.







## Erster Kontakt

Vor der Installation von MINIX sollte man von den neun mitgelieferten Disketten Arbeitskopien erstellen. Danach kann man die Kernel-Routinen von der Boot-Diskette laden. Um die Zugriffszeiten zu vermindern, hält MINIX die Wurzel des Dateibaums im RAM. Es kopiert dazu das sogenannte 'Root-File-System' nach erfolgreichem Booten von der zweiten Diskette auf die RAM-Disk. MINIX erlaubt ebenso wie UNIX mittels der Dienstroutine *mount* das Verbinden unterschiedlicher physikalischer Plattensysteme zu einem Dateibaum. Auf diese Art und Weise werden die beiden Unterverzeichnisse *'/usr'* und *'/user'* auf den Disketten drei und vier, die sich nach Installation des Root-File-Systems in */dev/fd0* und */dev/fd1* befinden, an das Root-Directory angehängt.

MINIX besitzt einen Paßwort-Schutz. Nach der Eingabe des Datums findet man mit dem Login *'ast'* und dem Paßwort *'Wachtwoord'* Zugang zum Betriebssystem. Möchte man alle Freiheiten eines Superusers nutzen – bei gleichzeitiger Inkaufnahme höherer Risiken –, so meldet man sich unter *'root'* mit dem Paßwort *'Geheim'* an. Hat man auf diese Weise erst einmal Zugriff zum System und seinen DienstROUTINEN erhalten, so ist es leicht, Paßwörter zu ändern oder neue Benutzer aufzunehmen.

MINIX verlangt einen PC, der in hohem Maße IBM-kompatibel sein muß, da das Original-BIOS auf Grund fehlender Interrupt-Steuermechanismen für den Multitasking-Betrieb ungeeignet ist; MINIX greift direkt auf die Hardware zu. Ich habe es auf einem Commodore PC-10 II mit NEC V20 und einer Lapine Filecard ohne Probleme zum Laufen gebracht.

Obwohl man auf zwei Laufwerken mit MINIX arbeiten kann, bietet der Betrieb mit einer Festplatte einiges mehr an Bequemlichkeit. Die dazu nötigen Routinen sind im Softwarepaket zusätzlich zu den Floppy-Treibern enthalten. Sie sind im Handbuch zwar nicht näher erläutert, auf der Diskette finden sich jedoch einige die Installation betreffende Hinweise.

Nach Einrichtung einer zweiten Partition auf meiner Harddisk und deren Markierung als *'Non-DOS'* legte ich bis auf das Root-File-System alle weiteren Teildateibäume dort ab. Die Harddisk wird während der Initialisierung von MINIX durch ein *Mount-Kommando* an den Root-Dateibaum angehängt. Das verringert die Zugriffszeiten auf Dienstprogramme deutlich und vermeidet ein häufigeres Wechseln von Disketten. Da MINIX keine entsprechende Routine enthält, müssen Disketten unter MSDOS formatiert werden. Der Tastaturtreiber geht von einer *'reinrassigen'* ASCII-Tastatur aus; deutsche Tastaturen machen einige Umstellungen nötig.

## Dienstprogramme

MINIX stellt über siebzig Dienstprogramme zur Verfügung, die zum größten Teil auch in UNIX unter denselben Namen und mit identischen Funktionen enthalten sind. Auf einige dieser Routinen hat nur der Superuser Zugriff. Die UNIX-Routine *ps*, die eine Liste der aktiven Prozesse liefert, fehlt in MINIX. Hier läßt sich jederzeit der Prozeßstatus durch Betätigung von F1 anzeigen. Dies ist dann von Vorteil, wenn sich eine Routine aufgehängt hat; eine Diagnose kann dann ohne zwei-

cards, Pipes (im RAM) und das Umleiten der Ein- und Ausgabe. Prozesse können im Hintergrund abgearbeitet werden, so daß man parallel dazu weitere Kommandos vom Terminal aus eingeben kann. Für Shell-Prozeduren stehen Shell-Variablen und Kontroll-Strukturen wie Schleifen zur Verfügung.

Dem Paket ist ein auf die Hardware des IBM PC abgestimmter Editor beigelegt, der alle gängigen Funktionen eines Full-Screen-Editors besitzt. Da der Editor die Textdatei immer komplett in den Speicher lädt, darf diese nur maximal 43 KByte umfassen. Größere Dateien müssen mit den Dienstprogrammen *split* und *cat* *'vorbehandelt'* werden.

## C-Compiler

Bei dem C-Compiler handelt es sich um einen völlig neu konzipierten Fünf-Pass-Compiler, der in seiner Handhabung dem von AT&T gelieferten UNIX-C-Compiler nahekommt. Die zum Paket gehörende Library beinhaltet die wichtigsten der aus der UNIX-Welt bekannten Standardroutinen, die in der Version 7 definiert wurden. Ein Edit-Compile-Link-Lauf dauert bei diesem Compiler sehr lange, so daß sich bei umfangreicheren Programmen eine Abarbeitung im Hintergrund empfiehlt.

ist auf 64 KByte beschränkt, um die Adressierungstechniken nicht unnötig zu komplizieren. Aufwendige Probleme lassen sich nur durch Aufspalten in quasiparallele Teilprozesse in den Griff bekommen. Dabei hilft das Dienstprogramm *'Make'*, größere Programmprojekte zu verwalten. Den letzten Pass des C-Compilers bildet ein Assembler, der Programmcode verarbeitet, wie ihn auch der PC-IX-Assembler erwartet; MINIX wurde zum Teil auf einem PC-IX-System entwickelt.

## Prozeßmodell

Im Gegensatz zu UNIX, das für den Programmierer ein monolithisches Aussehen hat, ist MINIX streng modular aufgebaut. Die einzelnen hierarchischen Funktionseinheiten lassen sich mit einem sogenannten Schichtenmodell (layered model) beschreiben, das vier Ebenen besitzt. Sie haben unterschiedliche Prioritäten; die höchste fällt dem *'Process management'* zu: Ist ein Prozeß der Ebene *n* und einer der Ebene *n + 1* lauffähig, so erhält der mit der niedrigeren Ebene immer zuerst den Prozessor zugewiesen.

Dies bedeutet insbesondere, daß User-Prozesse erst dann Rechenzeit erhalten, wenn alle *'darunterliegenden'* Anforderungen bedient wurden. In den einzelnen Ebenen werden konkurrierende Prozesse nach dem Round-Robin-Verfahren über Warteschlangen (queues) bedient (alle Prozesse bekommen nacheinander die gleiche, fest definierte Rechenzeit zugeteilt).

Einzelne Prozesse verständigen sich über den Austausch von Botschaften (Messages) genau definierter Länge. Hierbei kann ein Prozeß nur mit solchen der direkt über und unter ihm liegenden Ebenen kommunizieren. Diese relativ lose Kopplung hat den Nachteil längerer Reaktionszeiten auf Anforderungen. Sie bietet dafür die Möglichkeit, daß man Module von MINIX unabhängig voneinander modifizieren kann, vorausgesetzt, man hält dabei das jeweilige Kommunikationsprotokoll ein. Probleme, wie sie beispielsweise bei der Verwendung von Shared-Memory (Prozesse kommunizieren über einen gemeinsamen Speicherbereich) zu beobachten sind, werden dadurch vermieden.

Ebene (Layer)	Prozesse
4	Init- und User-Prozesse
3	Server: Memory-Manager und File-System
2	I/O-Tasks
1	Prozeß-Management

### Das Prozeßmodell von MINIX: Jede Ebene kann nur mit der unmittelbar darüber- oder darunterliegenden kommunizieren.

tes Terminal gestellt werden. Die Betätigung der DEL-Taste bricht den zuletzt initiierten Prozeß ab. Durch F9 lassen sich im *'Brutalverfahren'* alle laufenden User-Prozesse suspendieren, um anschließend ein neues Login durchzuführen.

Die MINIX-Shell *sh* ist weitgehend identisch mit der von S. R. Bourne geschriebenen Standard-Shell von UNIX. Sie gestattet das Arbeiten mit Wild-

In seiner Grundversion besitzt der Compiler keine Möglichkeit, Zahlen im Float- oder Double-Format zu verarbeiten. Dementsprechend fehlen die Prozeduren zur Berechnung transzendenter Funktionen. Allerdings kann man die Compiler-Sources getrennt beziehen, so daß der ambitionierte Programmierer hier Erweiterungen vornehmen kann.

Die maximale Programmgröße



Die beiden Module Memory-Manager und File-System sind im Gegensatz zu UNIX als eigenständige Prozesse implementiert. Das ermöglicht es dem Benutzer, sie einfach zu modifizieren oder auf andere Maschinen zu portieren. Das File-System entspricht strukturell dem unter UNIX. Es existiert ein Super-Block, von dem aus Verweise auf die einzelnen I-Nodes [2] existieren. Die I-Nodes ähneln denen unter UNIX. Um den Transfer zwischen RAM und Disk zu beschleunigen, existiert ein Block-Cache, auf den über eine Hash-Tabelle zugegriffen wird.

### Sources und Dokumentation

Bis auf ganz wenige Routinen des Process-Managements, wie beispielsweise der elementare Interrupt-Handler, der in Assembler vorliegt, sind alle anderen Prozeduren in C geschrieben. Das Handbuch geht auf jedes File ausführlich ein. Darüber hinaus enthält ein Anhang Hinweise, um das System unter

Verwendung der mitgelieferten Tools zu rekompilieren. Dem Source-Listing ist ein ausführlicher Cross-Reference-Index beigelegt, der das Auffinden von Schlüsselwörtern erleichtert.

Auch wer nicht beabsichtigt, sich praktisch mit MINIX zu beschäftigen, kann das Buch von Tanenbaum [1] mit großem Gewinn studieren, da es neben der Behandlung von MINIX auch ein sehr gutes und allgemeinverständliches Lehrbuch zum Thema Betriebssysteme darstellt. Nach einer kurzen historischen Einführung werden die Funktionen eines Betriebssystems am Beispiel von System-Calls unter UNIX illustriert. Es folgen die vier Hauptkapitel, die sich mit dem Process-Management, den I/O-Routinen, dem Memory-Management und dem File-System beschäftigen. Zu jedem Zeitpunkt ist klar ersichtlich, ob sich die jeweilige Ausführung auf MINIX bezieht oder nicht. Durch diese konsequente Strukturierung stellt das Buch auch über die 'Fallstudie' MINIX

hinweg einen nützlichen Lehrtext dar.

### Fazit

Für alle die Computer-Enthusiasten, die entweder erste Schritte in einer UNIX-ähnlichen Umgebung machen oder ihre Kenntnisse über moderne Betriebssysteme jenseits von CP/M oder MSDOS ausbauen wollen, sei MINIX wärmstens empfohlen. Durch das Vorliegen des vollständigen und dokumentierten Quelltextes nebst Utilities und einer Unmenge weiterer Hintergrundinformationen kann man sich eine breite Wissensbasis erarbeiten.

In der UNIX-Welt sind kommerziell vertriebene Systeme in höheren Preisregionen angesiedelt und im Gegensatz zu frühen UNIX-Implementierungen praktisch nie als Source-Code verfügbar. In diese Lücke paßt das Konzept, das Andrew S. Tanenbaum mit MINIX verfolgt. Der Nachteil erhöhter Modularisierung und der Verwendung von C, die sich in einer geringeren Performance äußert,

wird durch die Möglichkeit wettgemacht, ein komplettes Betriebssystem mit allen seinen Elementen durchschauen zu können. Darüber hinaus kann man auf dieser Ebene aufbauend auch eigene Ideen verwirklichen.

Alle, die bei dem Stichwort 'Shareware' an Systemabstürze, Bugs und schlechte Dokumentation denken, seien versichert, daß MINIX eine löbliche Ausnahme darstellt. Die Software ist weitgehend entwanzt und die Dokumentation vorbildlich. Wer jedoch in MINIX einen vollwertigen Ersatz für UNIX sucht, dem sei davon abgeraten. Diesem Anspruch will und kann dieses Betriebssystem nicht gerecht werden. (ad)

### Literatur

- [1] Andrew S. Tanenbaum: Operating Systems, Design and Implementation, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs, NJ 07632, ISBN 0-13-637331-3
- [2] Uwe Krüger: UNIX - Legende mit Zukunft, c't 9/87, Seite 94

ct

# DaCom

ENTWICKLUNG UND PRODUKTION

Carl Eggersweg 7

2900 Oldenburg

Tel. 0441/88 2945

## Produktion elektronischer Baugruppen — auch Sonderserien!

Unsere Leistung: von der Idee zum fertigen Produkt

Auf Wunsch auch Design von Gehäuse, Verpackung und Literatur.

# DaCom

EDV-VERTRIEBSGESELLSCHAFT mbH

Kapellenstraße 45A

6239 Kriftel/Ts.

Tel. 06192/2 7737 + 2 7781

Btx über 27737

## Mieten — Leasen — Kaufen

Sensationell! DaCom X-Turbo 10 MHz, 1 LW 360 K, Mult I/O 640-KB-RAM, 20-MB-Winchester, Monochrom-Grafikkarte oder Videokarte, Tastatur DM 2702,94

DaCom AT-04, 10 MHz, 1-MB-RAM, 40-MB-Platte DM 4807,38

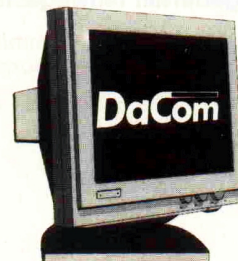
Festplatte (10, 20, 30, 40, bis 170 MB)

Leasing von Tandon, Plantron, DaCom und anderen PC's schon ab monatlich DM 79,90

256 K Speichererweiterungs-Set für PC und AT (120 ns) auf Anfrage

512 K Speichererweiterungs-Set für AT (120 ns) auf Anfrage

Multisync Monitor von NEC — Drucker — PC/XT/AT kompatible Karten. Achtung! Aktuelle Preise erfragen — 24 Stunden Auftragsdienst — Händleranfragen erwünscht



Flat screen VM 1400

Superflacher Monochrommonitor ab DM 289,—

Plantron

Altos

Fujitsu

NEC