



läuft, musste man damals diesen Prozess händisch und Stufe für Stufe ausführen.

Wenn an einer PDP ein Programm geladen war, befand es sich im Kernspeicher, bestehend aus Ferrit-Kernen, und diese Speicherzellen behielten die Information auch nach Ausschalten der Spannung, so wie das heute Flash-Speicher tun.

Auf diesem Bild sieht man 54 Bits.

Wenn man den Rechner aber neu aufsetzen wollte oder wenn ein Programm fatal abgestürzt war, dann erlebte man einen Vorgang, den man heute genauso wie damals bezeichnet, der aber damals etwas abenteuerlicher verlief: man musste den Rechner neu booten.

Was man heute einfach mit Strg-Alt-Del einleitet, das ging damals ungefähr so:

Ein Rechner mit leerem Speicher konnte nichts. Es gab in seinem Speicher keinerlei Programm, das beim Einschalten hätte reagieren können. ROM-Speicher waren (zumindest in den damaligen Anfängen) noch nicht bekannt.

Der erste Schritt, um den Rechner in Betrieb zu nehmen, war die Eingabe einer vorgegebenen Befehlsfolge von einigen Dutzend Wörtern (je nach PDP-Type 8 Bit, 12 Bit oder 16 Bit) von der klappenartigen Tastatur, die an die Register eine Hammond-Orgel erinnert, auf der Rechnervorderseite. Jede Klappe war ein Bit, alle Tasten zusammen waren ein Wort oder eine Adresse, daneben gab es auch so etwas wie eine „Enter“-Taste. Zuerst wurde eine Adresse eingegeben, auf die das erste Wort gespeichert wurde und alle weiteren Bytes folgten auf den folgenden Adressen. Fehler waren an dieser Stelle nicht erlaubt. Diese Befehle bildeten ein Programm, das in der Lage war, Daten von einem Lochstreifen auf eine feste Adresse zu laden, und nichts mehr.

Der nächste Schritt war daher, einen (immer wieder benutzen und vielfach duplizierten, weil rasch abgenutzten) Lochstreifen, den so genannten Bootstrap-Loader mit diesem soeben eingegebenen Hilfsprogramm zu laden. Dieser Bootstrap-Loader war nunmehr viel leistungsfähiger als das kurze Programm, das man über die Tasten eingegeben hat, weil er in der Lage war, zum Beispiel einen Assembler oder einen Compiler nachzuladen.

Und erst danach, nach dem Laden des Assemblers oder Compilers, war man in der Lage, mit den symbolischen Aus-



drucksformen des Assemblers oder Compilers mit dem Computer zu arbeiten. Das erstellte Programm war wieder ein Lochstreifen, den man dem Compiler als Input zum Abarbeiten übergeben hat.

Wer also mit PDPs gearbeitet hat, dem ist der Begriff „Booten“ sehr eingeprägt, weil man diesen 3-stufigen Vorgang im Fehlerfall mühsam wiederholen musste.

Ich lernte auf der Hochschule Assembler, Basic und Focal kennen.

Focal setzte ich auf einer PDP-12 in einem Projekt auf der Tierärztlichen Hochschule zu Berechnung verschiedener Konstruktionsparameter für eine Filterbank ein. Diese Anstellung bekam ich in den Sommermonaten 1973 und 1974. Ein Blick auf die fertige Filterbank, berechnet mit FOCAL.

Mikrocontroller 4004 (1972)

Mein Diplomarbeitsthema war „Digitale Mittelwertbildung“ und am Anfang der Arbeit stand eine Machbarkeitsstudie, die zeigen sollte, ob man die Mittelung der einzelnen Messwerte von einem Mikrocontroller oder von einer speziellen Hardware durchführen lassen sollte. Die Antwort, die man auch damals auch ohne irgendeine „Studie“ leicht hätte geben können, lautet, dass naturgemäß eine Hardwarelösung immer die schnellere ist.

Die Daten kamen von der Diplomarbeit von **Hans Fürst**, die einen ADC (Analog Digital Wandler) als Thema hatten und die waren - je nach Taktfrequenz - bis zu sehr schnell. Der damals verfügbare Mikrocontroller 4004 war für diese schnelle Messwertfolge viel zu langsam. Auch eine Erkenntnis. Und daher baute

ich die digitale Mittelwertbildung mit Standard-TTL-ICs im BCD-Kode auf, weil der ADC die Daten ebenfalls im BCD-Kode lieferte. So schaute das aus:

Es war aber eine Art Wettlauf mit der raschen Entwicklung der Mikrocontroller, denn bereits die nächste Leistungsstufe, der 8008- und später der 8080-CPU konnten wegen der größeren Wortbreite und der höheren Taktschwindigkeit deutlich zulegen. Diese Arbeit zeigte den Unterschied zwischen einer Hardware-Lösung und einer Software-Lösung und sollte mich noch sehr lange am TGM im Gegenstand „Konstruktionsübungen“ begleiten.

Während man sich damals in den 1980er- und 90er-Jahren in vielen Fällen aus Performancegründen für eine weniger flexible Hardwarelösung entschieden hat, wird wohl heute in der überwiegenden Zahl der Fälle immer eine Softwarelösung realisiert werden, auch schon bei den einfachsten Anwendungen.

Mikrocontroller 8008 (1975)

In den beiden letzten Studienjahren bekam ich eine Anstellung als Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Elektrische Messtechnik bei Professor **Rupert Patzelt**, der auch meine Diplomarbeit betreute. Ein Teil der Arbeiten war die Betreuung

