

Fundstücke aus der ISER

## Was hatten Lochkarten im Steuerwerk eines Computers zu suchen?

Der Informatik-Sammlung Erlangen (ISER) werden immer wieder neue, interessante ältere Objekte gespendet, die Meilensteine in der Entwicklung der Computertechnik darstellen. Das neueste Fundstück ist ein Bauteil, dessen Entwicklung dazu beitrug, die zur damaligen Zeit neue Ära der Rechnerfamilien mit verschiedenen Modellen und Leistungsvarianten einzuleiten.

### Familien von Rechensystemen

Bei den ersten elektronischen Rechanlagen bis Mitte der 60er Jahre wurde jedes neue Modell einer Serie von Computern neu und weitgehend unabhängig entwickelt. Nachfolgemodelle waren in der Regel nicht kompatibel, die Anwendungen mussten neu programmiert oder zumindest angepasst werden. Das war aufwändig und erschwerte den Übergang auf leistungsstärkere Modelle. Der Marktführer IBM veränderte dieses Konzept Mitte der 60er Jahre durch die Einführung des Systems IBM-360, einer Familie von Rechanlagen, bestehend aus mehreren Modellen mit steigender Leistungsfähigkeit (Faktor z.B. 1 bis 25), die in Bezug auf Programmierung zumindest aufwärts kompatibel waren. Dieses Prinzip musste zwangsläufig auch von anderen Herstellern übernommen werden, unter anderem von Siemens für sein System 4004. Mitte der 60er Jahre vereinbarte Siemens mit der amerikanischen Firma RCA (Radio Corporation of America), die auch leistungsstarke Rechanlagen baute, dass Siemens RCA-Anlagen in Deutschland vertreiben und sogar nachbauen durfte. Be-

reits 1968 konnte Siemens die 4004/45 aus eigener Produktion auf den Markt bringen. Siemens entwickelte dafür ein Betriebssystem PBS (Plattenbetriebssystem), das später zur Grundlage für BS 1000 wurde. Diese Anlage entsprach der RCA Spectra 70, deren Architektur in der Literatur gut beschrieben ist.

### Beschreibung des Fundstücks

Das Bauteil, das in die ISER als neuestes Fundstück einging, ist 27 cm lang, 13 cm breit, 20 cm hoch und besteht aus 16 Ebenen mit je 32 Verstärkern (unter den weißen Plastikklappen). Im hinteren Teil verfügt es über acht Reihen mit je 14 eisernen Rundstäben. Bei genauerem Hinsehen kann man oben den Anfang einer Lochkarte sehen, die dann durch eine Platte abgedeckt wird.

Die im Bauteil verwendeten Lochkarten wurden nachträglich noch modifiziert: Es wurden acht mal 14 runde Löcher eingestanz, um die Karten zwischen den Eisenstäben zu fixieren. Auf der Rückseite wurden Leitungsbahnen aufgedruckt, die vier der acht Reihen Eisenstäbe miteinander verbinden und



die Stäbe in diesen Reihen umlaufen. Durch gezielte Lochungen mit einem herkömmlichen Kartenlocher konnten die Leitungen rund um die Stäbe einseitig unterbrochen werden. In jeder Ebene sind 32 solcher Lochkarten untergebracht. Durch Anwahl einer Lochkarte wurde ein Mikrobefehl erzeugt. Beim neuen ISER-Fundstück handelt es sich deshalb auch um einen Mikroprogrammspeicherblock. Er stammt aus einer Siemens +4004/45 aus dem Jahr 1972. Auf der Unterseite des Blocks sind Anschlüsse für 56 Steuerleitungen vorhanden.

### Mikroprogrammierung

Ein charakteristisches Merkmal einer Rechnerfamilie war die Mikroprogrammierung. Vor ihrem Aufkommen wurde der Maschinenbefehlssatz bei der Fertigung fest vorgegeben und fest verdrahtet und war später nicht mehr veränderbar. Bei der Mikroprogrammierung wird die Ausführung komplexer Maschinenbefehle auf Folgen von Mikrobefehlen zurückgeführt, also auf einfache, elementare Anweisungen



>> Fundstück mit Lochkarten <<

zur Computersteuerung. Diese Mikrobefehlssätze (man könnte sie auch als Firmware der CPU bezeichnen) werden in einem eigenen Speicherbereich mit kurzer Zugriffszeit als Binärinformation abgelegt. Der Mikroprogrammspeicher musste ein Festwertspeicher (heute sagt man: ROM – Read Only Memory) mit den Eigenschaften ‚nur lesbar‘, ‚nicht beschreibbar‘ und ‚nicht flüchtig‘

(musste auch nach Stromabschaltung oder -ausfall noch funktionieren) sein. Jedes einzelne Bit eines Mikrobefehls kann als direkte Schaltanweisung angesehen werden. Dazu muss es natürlich auch ein Mikroprogrammsteuerwerk geben, das die taktweise Abfolge des Mikrobefehlssatzes realisiert.

### Objektidentifikation

Aus Beschreibungen der Serie 4004 ist bekannt, dass die Maschinen über 144 Maschinenbefehle verfügten. Der Hauptspeicher mit einer Zykluszeit von 1.44 Mikrosekunden war von 16 KBytes bis 256 KBytes ausbaubar, die Wortlänge betrug ein bis acht Bytes. Ein Mikrobefehl bestand aus 56 Bit und konnte somit bis zu 56 simultan ablauf-fähige Schaltoperationen auslösen. Die Mikrobefehlsadresse bestand aus zwölf Bit, d.h. der Mikroprogrammspeicher konnte insgesamt 4K Mikrobefehle aufnehmen.

Mit diesen Informationen lässt sich das Bauteil genauer identifizieren. Es handelt sich um einen von insgesamt acht Mikroprogrammspeicherblöcken mit einer Speicherkapazität von je 16 (Speicherebenen) x 32 (Lochkarten) = 512 Mikrobefehlen à 56 Bit. Bei Anwahl einer Adresse floss Strom an allen 56

Stäben vorbei und zwar je nach Lochung rechts oder links. Dabei wurde auf einem Draht um jeden Stab Strom induziert, der als Steuersignal weitergeleitet wurde. Auf einer solchen Lochkarte war somit letzten Endes die Information zur Erzeugung eines Mikrobefehls nicht flüchtig und nur zum Lesen gespeichert.

Übrigens wurden auch im System IBM-360 Lochkarten als Speicher für Mikrobefehle benutzt. Es ist doch immer wieder interessant, was sich Ingenieure und Techniker einfallen ließen, um Funktionen zu realisieren, bevor einfache technische Möglichkeiten dazu zur Verfügung standen. Heute sind nur lesbare, nicht flüchtige Speicherelemente in Computerchips integriert und damit nicht mehr nach außen sichtbar.

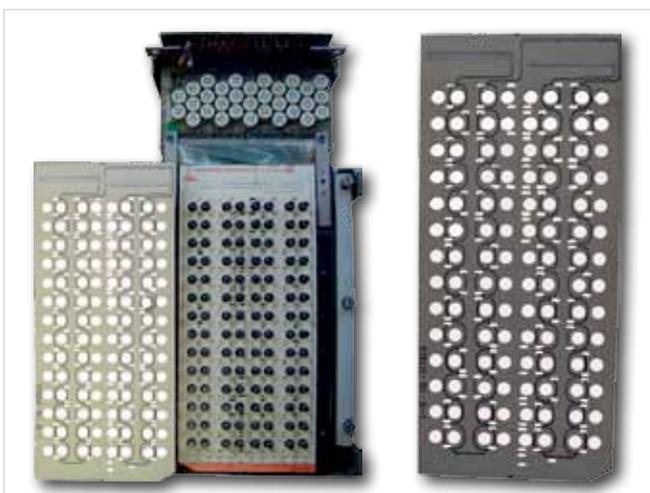
Durch die Lochungen auf den Lochkarten waren die Mikrobefehle festgelegt. Durch Änderung der Lochungen und Austausch der Lochkarten konnte man ohne LötKolben aus dem ROM ein EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) machen und damit Fehler korrigieren, Mikroprogramme verbessern oder neben dem Standardbefehlssatz alternative Befehlssätze realisieren.

### Vorübergehender Umzug

Infolge der Sanierungsarbeiten an der RRZE-Fassade musste die ISER vorübergehend vom Ausstellungsraum im 1. OG des RRZE in zwei Kellerräume im Neubau Mathematik/Informatik verlagert werden. Nach Abschluss der Arbeiten wird er aber wieder als Teil des ISER-Museums für Besucher zur Verfügung stehen. ■

### Kontakt

Dr. Franz Wolf, ISER  
iser@fau.de



>> Oberste Lochkarte abgehoben und umgedreht (li.) <<

>> Lochkarte mit durch Lochungen unterbrochenen Leiterbahnen (re.) <<