

# Der zukünftige Parallelrechner von der Superworkstation zum Supercomputer

Wolfgang K. Giloi  
GMD-TUB

Forschungszentrum für innovative Rechnersysteme und -technologie  
Berlin

## Zusammenfassung

Hochparallele MIMD-Architekturen bestehen aus einer großen Zahl von kooperierenden Knotenrechnern. Durch Verwendung einer neuen Generation von Mikroprozessoren wird der einzelne Knotenrechner eine Leistung von einigen hundert MFLOPS haben. Das hierbei noch zu lösende Problem ist das der Entwicklung von hochoptimierenden Compilern, die es ermöglichen, das enorme Leistungspotential dieser skalaren Pipeline-Prozessoren auch wirklich zunutzen. Werden solche Architekturen als Systeme mit verteiltem Speicher ausgeführt, so werden sie in weiten Grenzen skalierbar, d.h. es lassen sich Parallelrechner mit einheitlicher Hardware und Systemsoftware im Leistungsbereich von einigen hundert MFLOPS (Superworkstation) bis zu einigen hundert GFLOPS (Supercomputer) realisieren. Für spezielle, komplexe Operationen der dreidimensionalen Graphik und der Bildanalyse wird es sich weiterhin lohnen, die universellen Knotenrechner des Systems durch Spezialknoten für diese Operationen (dies sind spezielle Vektorprozessoren oder systolische Arrays) zu ergänzen. Die photorealistische Erzeugung dreidimensionaler Bilder und die dreidimensionale Bildanalyse können auf solchen Superworkstations in Echtzeit durchgeführt werden.

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren hat sich ein inflationärer Gebrauch des Worts „Supercomputer“ breit gemacht. Jeder Rechner, der die Leistung erreicht, die die 1976 auf den Markt gebrachte CRAY-1 hatte, wird gerne als Supercomputer apostrophiert. Die kommende Generation von auf einem Chip untergebrachten 64-bit-Mikroprozessoren wie z.B. der Intel N11 wird aber auch diese Leistungsklasse erreichen, so daß nach dieser Definition in absehbarer Zukunft auch der einfache Einprozessor-Arbeitsplatzrechner ein Supercomputer wäre.

Wir wollen daher den Gebrauch der Bezeichnung „Supercomputer“ denjenigen Rechnersystemen vorbehalten, die das nach dem jeweiligen Stand der Technik mögliche Höchstmaß an Leistung auf dem Anwendungsgebiet, für das sie konzipiert sind, erbringen. Im Sinne dieser Definition kann man von „Superworkstations“ für CAD oder CAE sprechen, die im Leistungsbereich von einigen 100 MFLOPS bis zu einigen GFLOPS liegen werden, dabei aber noch unter oder sogar auf dem Schreibtisch Platz finden, bzw. von „Supercomputern“ für nichtnumerische oder numerische Anwendungen, deren Leistung gegenwärtig im Bereich von einigen GFLOPS, in etwa 2-3 Jahren bei 10-100 GFLOPS, und zu Beginn des dritten Jahrtausends bei etwa einem TFLOPS liegen wird.

Bis vor wenigen Jahren war die Supercomputer-Architektur ausschließlich die der *Vektormaschine* und die Supercomputer-Technologie die der *Höchstgeschwindigkeits-Schaltkreise* (ECL). Nur wenige Rechnerarchitekturen (wozu sich der Verfasser rechnen darf) hatten bisher die Weitsicht, zu erkennen, daß man mit hochparallelen MIMD-Architekturen nicht nur eine ebenso hohe oder auf die Dauer sogar höhere Leistung als mit den Vektormaschinen würde erzielen können, sondern durch Verwendung der hochintegrierten, wenig Leistung verbrauchenden und damit sehr viel billigeren Schaltkreis- und Bautechnik dieses auch zu einem wesentlich günstigeren Preis. Die Masse der „Ungläubigen“ konnte den Preisvorteil zwar nicht bestreiten, war aber bisher der Meinung, daß die hochparallelen Systeme wesentlich schwieriger zu programmieren und letztlich aufgrund des Kommunikationsaufwands vielleicht auch weniger effizient als die einfacheren Pipeline-Vektorprozessoren wären.

Erst in allerjüngster Zeit beginnt sich der Durchbruch der hochparallelen MIMD-Architekturen abzuzeichnen. Ein Indiz hierfür ist die ACM Supercomputing Conference vom November 1989, wo namhafteste Fachleute (Rechnerarchitekten, Compiler- und Anwendungsexperten) der USA in einer dreistündigen *Panel Discussion* das Thema „*Teraflops Machines - Myth or Reality*“ diskutierten und dabei ohne Ausnahme die Sicht äußerten, daß in den nächsten Jahren die „*killer micros*“ (wie es ein Panelist ausdrückte) die Vektormaschinen zu verdrängen beginnen werden. Als Beispiele für besonders richtungsweisende Entwicklungen in dieser Richtung wurden die Connection Machine [1], die iPSC-Rechner [1] und der SUPRENUM-Rechner [1], [2] genannt. Besonders illustriert wurde diese Entwicklung aber durch die Andeutungen des Vorstandsvorsitzenden der Firma Cray Research, ebenfalls in dieser Richtung tätig zu werden [3].

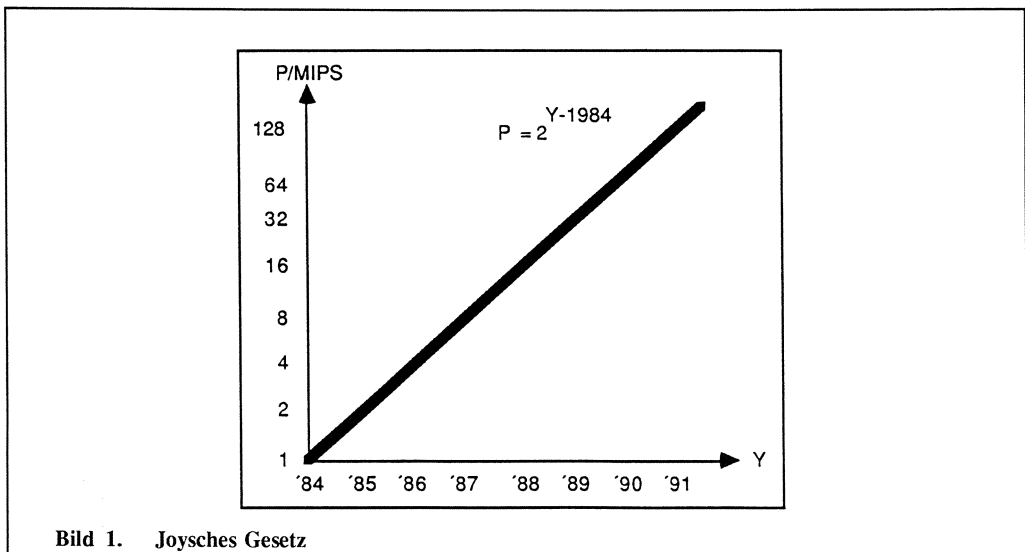
Dieser Beitrag versucht aufzuzeigen, welche Entwicklungen auf diesem Gebiet bis zur Mitte der neunziger Jahre zu erwarten sind und welche Problemkomplexe erst noch befriedigend gelöst werden müssen. Dabei wird nicht nur auf Allzweck-Supercomputer für numerische Anwendungen eingegangen (auf hochparallele nicht-numerische Rechner einzugehen zu wollen wäre noch zu früh), sondern auch auf Spezialrechner, z.B. für photorealistische dreidimensionale Bilddarstellungen oder Echtzeit-Bildererkennung.

## 2. Technologie-Entwicklungsprognosen

In jüngster Zeit ist eine revolutionäre Entwicklung auf dem Gebiet der Mikroprozessoren eingetreten, die sich insbesondere in einer exponentiellen Zunahme der MIPS-Leistung äußert. Nach Joy gilt für die Leistungszunahme seit 1984 die Formel

$$\text{MIPS} = 2^{\text{YEAR} - 1984}$$

Dieses *Joy'sche Gesetz* wird durch Bild 1 veranschaulicht.



Das Joy'sche Gesetz läßt den Eindruck entstehen, als handle es sich bei dieser Leistungssteigerung um einen stetigen Prozeß. Dem ist jedoch nicht so. Das Joy'sche Gesetz - beliebig extrapoliert - erweckt die Vorstellung, daß 1994 die Leistung des einzelnen Mikroprozessors 1 GIPS erreicht. Wenn diese