

Warum das Gehirn nicht verschmort: Klimapolitik mit Hirn statt Holzhammer

„Nur wenige Watt braucht das menschliche Gehirn für ca. 10.000.000.000.000.000 (10 Millionen Milliarden) „Rechenoperationen“ je Sekunde. Auf der Basis der heutigen auf den Mathematiker John von Neumann zurückgehenden Computer bräuchte das Gehirn mehr als ein Megawatt, den Stromverbrauch einer kleinen Stadt: unser Gehirn würde in Sekundenbruchteilen zerbrutzeln.“ [Alfred Fuchs]

Was können wir von diesem Wunder der Natur lernen? Die Konsequenz ist eine lernfähige Mikrochip-Architektur mit massiv parallel arbeitenden Zellen. Eine solche Technologie gibt es bereits. Unter Fachleuten als „FPGA“ bekannt feiert diese beim „Reconfigurable Computing“ faszinierende Erfolge: als stromsparendes Miniatur-Gehirn. Die Klimaschutz-Politik hat dies völlig ignoriert und ist zu Unrecht enttäuscht über die beim Gipfeltreffen der EU-Regierungs-Chefs beschlossenen Erleichterungen zwecks Rettung von Arbeitsplätzen. Mit mehr Hirn statt Holzhammer ist Klimaschutz über diese Miniatur-Gehirne trotzdem machbar, und zwar viel effektiver als fast alle anderen diskutierten Energiespar- und Klimaschutz-Vorschläge und Arbeitsplätze schaffend statt vernichtend.

Das Internet verursacht mehr CO₂-Emission als der Luftverkehr weltweit.

Ungeheuer viel CO₂-Ausstoß geht auf Computer zurück: eine phantastische Gelegenheit für den Klimaschutz. Allein die durch Stromerzeugung für den Internet-Betrieb verursachte CO₂-Emission wächst schnell und ist höher als die des weltweiten Flugverkehrs [Öko-Institut]. Das kommende schnelle Internet („information superhighway“) wird den Energieverbrauch verdoppeln [Greenhouse 2009] — bei gleichzeitiger Verlangsamung, oder abermals höherem Stromverbrauch (Vervierfachung?). Für den Fall daß gegenwärtige Trends anhalten, schätzt Prof. Gerhard Fettweis einen Anstieg um den Faktor 30 bis zum Jahr 2020 — mehr als der heutige Gesamtstromverbrauch weltweit

Der 60 Jahre alte, noch heute übliche von-Neumann-Computer ist ein gewaltiger Energiefresser

Das Internet ist aber nur ein Teil der Computer-Infrastrukturen. Nach der allerdings kritisierten Studie von Mark P. Mills, USA, verheizen dort sämtliche sichtbaren und verborgenen Computer ca. 25% des gesamten Stromverbrauchs der USA und 35 - 50% sind dort vorhergesagt für das Jahr 2020. Dazu gehören neben Server-Farmen des Internet auch andere Datenzentren (z. B. für „cloud computing“, wo derzeit massiv investiert wird), sowie Unmengen eingebetteter Computer in Kommunikationsnetzen, Industrieanlagen, kommerziellen und anderen Gebäuden, Transportmitteln aller Art, in Unterhaltungselektronik und Geräten aller Art u.v.a.m. Durch alle Computer verursachte CO₂-Emission beträgt ein Mehrfaches der des weltweiten Luftverkehrs.

Klimapolitik mit Hirn muß gerade hier ansetzen durch ohnehin nötige Verminderung des Stromverbrauchs. Als Öl 35\$ je Barrel kostete, betrug Google's jährliche Stromrechnung 25 Millionen US-Dollar. Bis wann muß Google eine Viertel-Milliarde zahlen? Eine Unbezahlbarkeit der Betriebskosten unserer Computer-Infrastrukturen droht. Eine BGR-Studie warnt trotz sinkender Preise vor einer Erdöl-Verknappung, angesichts bis 2050 auf 9,2 Milliarden steigender Weltbevölkerung und rasch steigendem Bedarf der Schwellenländer. Die Internationale Energieagentur warnt vor neuen Preisexplosionen wegen sinkender Investitionen in die Förderung. Ein New Yorker Banker wettet auf einen Barrelpreis von über 200\$ bis 2010. Durch Klimapolitik mit Hirn bleiben Arbeitsplätze erhalten über die Bezahlbarkeit des Betriebs von Computern. Die notwendige drastische Senkung des Stromverbrauchs ist machbar.

Maßlos ausufernde Befehlsströme sind das Hauptproblem.

Der enorme Stromverbrauch folgt dem „von-Neumann-Syndrom“, d. h. der gewaltigen Ineffizienz des aus dem Mainframe-Zeitalter stammenden mehr als 60 Jahre alten ungeheuer Befehlsstrom-intensiven von-Neumann-Prinzips, nach dem quasi als Dampfmaschinen der Informatik noch heute die Mikrocomputer konzipiert sind. „Nathan's Gesetz“, das man auch Bill Gates zuschreibt, sieht Software als ein Gas, das jeden verfügbaren Speicher-Raum völlig ausfüllt. Die maßlos ausufernden Befehlsströme sind das Problem. Software-Pakete erreichen deshalb meist geradezu astronomische Dimensionen, sodaß sie nicht auf schnelle Mikrochip-interne Speicher passen, sondern zerstückelt zwischen diesen und den Energie-hungrigen nur langsam zugänglichen Speicherchips und Festplatten aufwändig hin- und her-transportiert werden müssen.

Ein FPGA ist ein stromsparendes Miniatur-Gehirn ohne Befehlsströme

Glücklicherweise gibt es die ausgereifte FPGA-Technologie (Field-Programmable Gate Array), die statt auf Software auf viel effizienterer „Configware“ basiert und zur Laufzeit ohne Befehlsströme auskommt. Für diverse Anwendungsgebiete wurden bei Migration vom Mikroprozessor zum FPGA enorme Senkungen des Energieverbrauchs berichtet, bis hinunter auf weniger als ein Dreitausendstel [Tarek Elghazawi, GWU, Washington]. Ein Übergang von der Dominanz von-Neumann-basierter Computer auf intensive Mitverwendung von FPGAs verspricht also eine dramatische Reduktion des Stromverbrauchs. Jedoch eine hierfür qualifizierte Programmierer-Population gibt es praktisch nicht. Neue Forschungsergebnisse werden hier kaum benötigt. Schuld ist vielmehr die Praxis der Lehre.

Auch andere technische Ursachen ziehen die Computer-Industrie in die Krise: wegen Kühlungsproblemen die Beendigung des Anstiegs der Computer-Taktgeschwindigkeit bei etwa 5 GigaHertz. Es naht das Ende des raschen Technologie-Fortschritts gemäß Moore's Gesetz (Verdoppelung der Anzahl Transistoren je Mikrochip alle 18 Monate). Es droht der Abstieg von der Wachstums-Industrie zum Ersatzteil-Geschäft. Hiobsbotschaften mehren sich: Texas Instruments, Erfinder des Mikrochips, fährt eigene Fertigung zurück zu Gunsten von Zulieferern; AMD, Marktführer intel's größter Konkurrent, überträgt die Fertigung einem Investor aus Abu Dhabi; Siemens plant den Verkauf der Computer-Fabrik; u.v.a.m.

Als Ersatz bietet man nun „Multi-Core“-Chips an, also Mikrochips mit mehreren aber langsameren Prozessor-kernen: mit 2, 4, später 8, 16, 32 oder 80 Kernen etc. Jedoch gibt es dafür weder eine qualifizierte Programmierer-Population noch die nötige neue Programmier-Methodologie. John Hennessy, Gründer des Mikroprozessor-Herstellers MIPS und jetzt

Präsident von Stanford University meint, er würde in Panik verfallen, wenn er in der Industrie wäre. Professor David Patterson der University of California in Berkeley und voriger Präsident des ACM (Association for Computing Machinery) sagte bereits vor 2 Jahren, daß intel einen „hail mary pass“ geworfen habe und noch niemand renne. Ein Begriff aus dem Amerikanischen football: der Ball wird weit voraus geworfen, ein Akt der Verzweiflung mit geringen Erfolgsaussichten.

Neben drastischer Senkung des Stromverbrauchs ermöglicht die FPGA-Technologie eine Steigerung der Rechenleistung um Größenordnungen (bis zum Faktor 34.000 bei Tarek Elghazawi), womit der von Moore's Gesetz gewohnte und jetzt beendete Fortschritt um mindestens 2 Jahrzehnte fortgesetzt werden könnte: die Chance zur Vermeidung der Krise der Computer-Industrie und zur Schaffung neuer Arbeitsplätze.

Klimaschutz durch FPGAs schafft neue Arbeitsplätze

Leider ist auch eine hierfür qualifizierte Programmierer-Population praktisch nicht existent. Hierfür und für das Multi-Core-Problem eine solche heranzuziehen erfordert ein massives Fortbildungsprogramm, eine grundlegende Reform der Informatik-Kurrikula und die Schaffung passender Lehr-Umgebungen. Eine solche Bildungs-Initiative ist machbar und sollte mindestes so weitreichend angelegt werden, wie dies von der Mikroelektronik-Revolution ab 1980 bekannt ist. Massiv gefördert und durch Carver Mead und Lynn Conway begründet, behob diese damals die Mikroelektronik-Entwurfskrise. Eine „Designer“-Population, qualifiziert für Entwürfe mit Hunderttausenden von Transistoren auf einem einzigen Mikrochip, hatte damals gefehlt. Wegen guter Nebenwirkungen und Behebung dieses Mangels handelt es sich hier um das wirksamste und weitreichendste Projekt in der Geschichte der modernen Informatik. Nach kaum mehr als 2 oder 3 Jahren wurde sr. Zeit die neue Lehre an weit mehr als 100 Universitäten in der ganzen Welt praktiziert. Die große Herausforderung wurde also glänzend gemeistert. Der deutsche Beitrag hierzu war das E.I.S.-Projekt, an welchem schließlich 20 Universitäten der BRD beteiligt waren. Im Jahre 1983 hatte der Bundesminister für Forschung und Technologie eine Förderung in Höhe von 35 Millionen DM bewilligt (E.I.S. steht für „Entwurf Integrierter Schaltungen“).

Heute ist das Szenario ähnlich: Professoren auf die Schulbank! - zur Schließung der immer größer werdenden Qualifikations-Lücke durch neuartige Ausbildung großer Scharen von Studenten und durch neuartige Fortbildungsmaßnahmen. Hier muß eine mindestens so umfangreiche Förderung verlangt werden wie sr. Zeit für die Mikroelektronik-Revolution verfügbar war, allerdings in EU-weitem Maßstab. Als willkommene Nebenwirkung entstehen neue Arbeitsplätze und die Umkehr des USA- und Europa-weiten Negativtrends der Studentenzahlen in der Informatik und in den Ingenieurwissenschaften generell. Ein Konsortium des Karlsruhe Institute of Technology und der Universität Brasilia arbeitet an dem nötigen neuartigen Lehrbuch — nach dem Vorbild von Carver Mead und Lynn Conway.

von Moore's Gesetz gewohnten Fortschritt um mindestens 2 Jahrzehnte verlängern.

FPGAs sind ein Multi-Milliarden-Markt. Marktführer Xilinx, letztes Jahr mit 1,6 Mrd. US-\$ Umsatz, brachte die ersten FPGAs vor einem Viertel-Jahrhundert auf den Markt. Bei fast 200 internationalen jährlichen Konferenz-Reihen sind FPGAs ein wichtiges Thema, bei 30 davon sogar Haupt-Gegenstand. Auf „FPGA“ meldet Google 6.700.000 Treffer, Yahoo sogar 24.500.000 Treffer (24 Millionen), und der Internet-Buchhändler Amazon 2.888 Buchtitel. Es ist höchst frustrierend, daß der Politik, den Medien und der Öffentlichkeit diese stromsparenden Miniatur-Gehirne praktisch unbekannt sind. Es ist eine Schande, daß unsere Klima-Politiker nicht die blasseste Ahnung haben. Auch von der promovierten Physikerin Dr. Angela Merkel hört man hier überhaupt nichts, noch nicht einmal beim Thema Klima oder Bildungspolitik. Bill Gates hat als Redner eines Gipfeltreffens von US-Gouverneuren beklagt, daß wie für das längst untergegangene Mainframe-Zeitalter unterrichtet werde, und daß er solche Leute nicht einstellen könne. Erst recht sind FPGAs kein Gegenstand des Schulwesens. Dies muß rasch geändert werden.

Das Szenario gleicht der Mikroelektronik-Revolution (1980): Mikrochip-Designer fehlen. Eine neuer Industriezweig entstand.

Wir haben keine Zeit mehr zu verlieren. Wir brauchen hier eine mindestens Europa-weite Massenbewegung. In den USA warnen Prominente vor der „Multi-Core-Programmierkrise“. Mit der willkommenen „Nebenwirkung“ des effektiven Klimaschutzes kann eine solche Herausforderung auch heute wieder gemeistert werden — mit dem Rückenwind der Politik. Beim Treffen mit Al Gore erklärte Obama, die Zeit sei reif für eine Energiewende in Amerika. Eine Erneuerung des "information superhighway" versprechend legt er zur Stimulation der Wirtschaft einen breit angelegten Plan vor, der zur erheblichen Steigerung der Ausgaben für die Information_s-Technologie führt, und zu guten Chancen für Klimapolitiker mit Hirn sowie die Professoren und Ingenieure zu deren Unterstützung. Wird die Obama-Administration, die auch Experten aus dem Silicon Valley angeheuert hat, uns zuvorkommen, oder kann es uns gelingen, die Europäische Union hier in die Führungsposition zu bringen?