

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology  
**Herausgeber:** Swisscom  
**Band:** 83 (2005)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Rosige Zukunft für den Endverbraucher?  
**Autor:** Knapp, Klaus H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-877097>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Rosige Zukunft für den Endverbraucher?

**KLAUS H. KNAPP** Traditionsgemäss beschäftigen sich im Vorfeld des International Electron Devices Meeting (IEDM) ganztägige Seminare mit Fragen, für welche die Zeit im normalen Konferenzverlauf nicht ausreicht. Einer dieser beiden «Short Courses» behandelte das Thema, was für Bausteine die verbrauchernahe Digitaltechnik in Zukunft benötigen wird und welche Hürden sich bei der Realisierung ergeben.

Am Beginn solcher Präsentationen steht immer die grundsätzliche Frage: Was ist denn das Ziel aller Anstrengungen? Gibt es nicht schon längst alles? Sind denn überhaupt noch technische Geräte denkbar, die noch nicht erfunden sind? Die von dem IEEE-Fellow Dr. Akira Matsuzawa (heute Professor am Tokyo Institute of Technology, bis 2003 in führender Position bei Matsushita) geleitete Sitzung definierte die Ziele anders, jedenfalls nicht nach neuen Medien, sondern eher nach neuen Anforderungen. «Überall und immer erreichbar» hiess bei ihm die Devise. Und so ordneten sich die neuen Technologien diesen Anforderungen unter oder sollte man besser sagen: den künftigen Angeboten? Denn nicht jeder wird eine solche universelle Form der Erreichbarkeit und Nutzbarkeit für sich in Anspruch nehmen wollen.

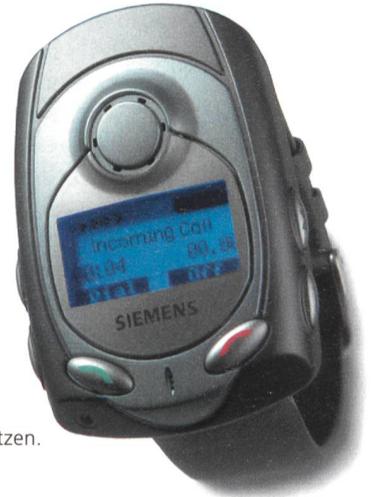
## Unterhaltungselektronik als Technologietreiber

Zu Recht nannte Akira Matsuzawa künftige Geräteanforderungen einen Technologietreiber für die benötigten Chips. Das sieht man deutlich an der raschen Weiterentwicklung der Mobiltelefone, noch mehr aber an der Ausstattung der PCs: Was bereits heute an Technologien in diese Geräte eingepackt wird, benötigt kaum jemand mehr für die berufliche Nutzung im Büro oder auf Geschäftsreisen. Die Unterhaltungselektronik und vor allem die elektronischen Spiele reizen die Grenzen der Chipstechnologie weit stärker aus als jede professionelle Nutzung.

Die Zuwachsraten für die einzelnen Produktparten sind beträchtlich: Zweistellig wachsen derzeit die DVDs (20% pro Jahr), die Navigation (22%), die Server (18%), die Drucker (10%). Die PCs liegen mit 9% knapp unter dieser Marke (die Notebooks leicht darüber). Die Mobiltelefone sind mit einem Plus von 5% pro Jahr zwar die Letzten in der Wachstumsreihe, aber sie bringen dafür die höchsten Absolutzahlen auf den Tisch – jährlich mehr als 450 Mio. neue Handys. Viele davon sind modische Lifestyle-Produkte wie das «Wristfone», das – obwohl Mobiltelefon – wie eine Armbanduhr am Handgelenk getragen wird (Bild 1).

Für die Chiphersteller ist die Digitalisierung ein gutes Geschäft. Der Anteil der Halbleiter an den gesamten Produktionskosten ist seit den Zeiten des analogen Fernsehens

Bild 1. Ein Mobiltelefon am Handgelenk – wie eine Armbanduhr zu tragen, aber nicht so einfach zu nutzen.  
*Siemens*



deutlich gestiegen – zu Lasten anderer Bauelemente und vor allem auf Kosten der Arbeitszeit. Während früher in einem klassischen Fernsehgerät etwa 25% der Fertigungskosten auf die Halbleiter und 40% auf andere Bauelemente fielen, lagen die Arbeitskosten bei etwa 30%. In einem modernen digitalen Fernsehgerät beträgt der Halbleiteranteil 50%, die anderen Bauelemente betragen rund 30%. 10% der Kosten werden für die Software sowie für Lizenzen aufgewendet, und weitere 10% sind Arbeitskosten.

## Neue «Systems-on-Chip» (SoC) werden gebraucht

Die digitalen Medien haben eine neue Klasse von Chips hervorgebracht. Für die verbrauchernahe Elektronik benötigt man einerseits Hochleistungs-chips mit einer ausgeklügelten Mikroprozessortechnik, andererseits Technologien mit einem sehr geringen Energieverbrauch. Diese Anforderungen widersprechen sich gelegentlich, und so hat sich noch eine dritte Technologie etabliert: «Mixed Signal»-Chips, die schwierige Anforderungen oft besser lösen können als die Digitaltechnik. Was die Forderungen an die Rechenleistung angeht, so liegen zwischen digitaler Audiotechnik am unteren Ende und Virtual Reality in Echtzeit am oberen Ende mehr als vier Zehnerpotenzen an Rechnerleistung (Bild 2). Der legendäre Pentium-3-Prozessor von Intel liegt mit seiner Rechnerleistung von etwa 1 GOPS (Gigaoperationen pro Sekunde) irgendwo in der Mitte zwischen diesen beiden Extremen.

Als Beispiel für heutige Anforderungen mag ein MPEG-4-Codec dienen: Man erwartet von ihm, dass er bei weniger als 100 mW Leistungsverbrauch eine Rechenleistung von 12 GOPS erbringt. Da müsse man sich schon einiges einfallen lassen, wie der Japaner Akira Matsuzawa ausführte: Parallelverarbeitung, Vektor-Pipelining, hochspezielle Video-Codec-Maschinen, ausgeklügelte Taktverteilung auf dem Chip gehörten zum Handwerkszeug für die Chipentwickler. Die Auswirkungen der einzelnen Massnahmen werden deutlich, wenn man die unterschiedlichen Chiparchitekturen gegenüberstellt. Ein universeller marktgängiger Mikrocomputer mit zwei parallelen Prozessorkernen bringt es bei 1 GOPS Rechnerleistung auf eine Verlustleistung

tung von 7 W. Entwickelt man jedoch einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis, dann bekommt man das 2,5fache an Rechnerleistung für nur 12 mW – da liegen schon mehr als drei Zehnerpotenzen im Verhältnis Rechnerleistung/Energieverbrauch dazwischen.

Katsuhiko Ueda, Manager in den Entwicklungslabors von Matsushita, führte weiter aus, wo die Probleme beim Systementwurf liegen würden (Bild 3). Zum einen sei die Transistordichte auf den Chips in den vergangenen fünfzehn Jahren um mehr als das Hundertfache gestiegen – mit all den Problemen, die eine höhere Packungsdichte mit sich bringen würde: starke Erwärmung, grösseres Übersprechen, steigende Leckströme. Erzwungen würde diese höhere Packungsdichte aber durch die steigende Zahl von Komponenten auf den Chips, die man für die Realisierung der notwendigen Schaltungen bräuchte. Ein CD-Player kommt noch mit 200 000 Transistoren aus, ein DVD-Player braucht bereits 4 Millionen Transistoren, beim digitalen Fernsehen steigt die Zahl auf fast 40 Millionen Transistoren an. Will man diese Mengen noch kostengünstig auf Silizium unterbringen, dann bleibt nur der Weg über schrumpfende Chipstrukturen.

**Mixed Signal Technology – eine Herausforderung**

«Mixed Signal»-Schaltkreise mit sowohl analoger als auch digitaler Technik werden vor allem für Interfaces und Netzwerktechnik bei den Geräten der Unterhaltungselektronik eingesetzt. Im DVD-System findet man solche Chips, die dann vor allem die Fehlerkorrekturen ausführen müssen. Dazu sind sowohl analoge als auch digitale Filter erforderlich, schnelle A/D-Konverter und natürlich die eigentlichen Korrekturschaltungen, die zumeist auf den Viterbi-Algorithmen beruhen. Prof. Dr. h. c. Andrew Viterbi hatte mit seinen bahnbrechenden mathematischen Überlegungen den Zugang für eine preiswerte Massenherstellung solch digitaler Geräte ermöglichte. Ohne diese Fehlerkorrekturen wäre es unmöglich, die Wiedergabe in der erwarteten hohen Qualität zu realisieren. Müsste man die nötige Genauigkeit bereits im System der DVD realisieren, dann wäre der Chip unbezahlbar. Andrew Viterbi wurde übrigens im Jahr 1994 für seine Arbeiten der deutsche Eduard-Rhein-Preis verliehen.

Die geforderten Genauigkeiten sind gewaltig: Die Suche nach dem jeweils «richtigen» Pixel auf einer Sechzehnfach-DVD entspricht dem Vorhaben, ein Staubkorn von 0,4 mm Größe in einem Fussballstadion zu finden – und das von einem Flugzeug aus, das mit Mach 160 über das Stadion hinwegfliegt. Ein übliches Passagierflugzeug fliegt allenfalls mit Mach 0,85. Da muss man sich schon wundern, dass der durchschnittliche Preis eines DVD-Recorders allein zwischen 2000 und 2002 auf die Hälfte gefallen ist.

Der grosse Vorteil der digitalen Technik ist es, dass man ganz unterschiedliche Geräte und Funktionen sehr einfach miteinander verbinden kann. Das erst macht den Aufbau ganzer Netzwerke möglich und so die Nutzung von multimedialen Informationen auf Geräten mit ganz unterschiedlichen Strukturen. Nun ist zwar der Begriff «Multimedia» oft verschieden definiert – die Rundfunkanstalten, die PC-Hersteller oder die Anbieter von Kommunikationsinfrastruktur verstehen nicht immer das Gleiche darunter. Für die digitale Verbraucherelektronik aber sind zwei Dinge besonders wichtig: Zum einen geht es um bidirektionale Verbindungen (anders als bei Hörfunk und Fernsehen), zum anderen um eine integrierte Verarbeitung von Audio, Video und Grafik. Und dafür benötigt man spezielle Signalprozessoren, die sowohl analoge Signale in Echtzeit für die digitale Weiterverarbeitung umwandeln, als auch die erforderliche Fehlerkorrektur der digitalen Signale vornehmen.

Solche Multimediaprocessoren verwenden eine andere Systemarchitektur als die von den Universalprozessoren her bekannte. Sie sind fast immer Parallelprozessoren und trennen dabei die Ausführung der Befehlsstrukturen von denen der eigentlichen Datenverarbeitung. Während der Befehlsprozessor (Execution Unit) quasi die Basisarchitektur stellt, besteht der Datenprozessor aus einem arithmetischen Array, das für die spezifischen Bedürfnisse des jeweiligen Geräts beliebig skalierbar ist. Bei Bedarf kann dann noch eine zusätzliche «Hardware Engine» nachgeschaltet werden, die bestimmte Mediaprozesse (z. B. grafische Datenverarbeitung) weiter beschleunigt. Auch Roboter nutzen solche hierarchischen Prozessoren in grossem Umfang (Bild 4).

Maarten Vertregt vom Philips-Forschungslabor in Eindhoven wies auf die Zusammenhänge von digitaler und analoger Technik hin, die beide ihre besonderen Stärken

Bild 2. Leistungsdaten wichtiger digitaler Systeme. Matsuzawa

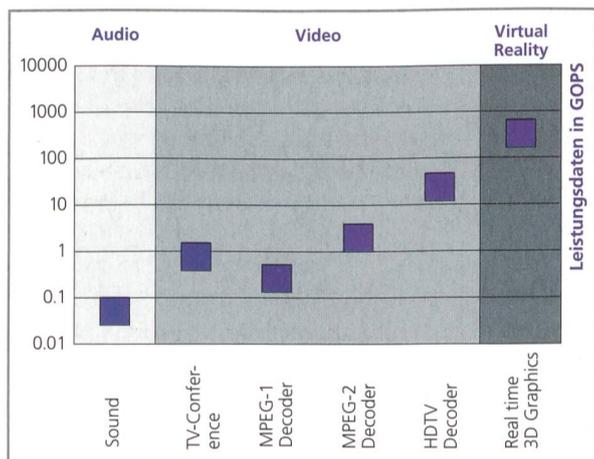


Bild 3. Zahl der benötigten Transistoren, um digitale Systeme kostengünstig herzustellen. K. Ueda

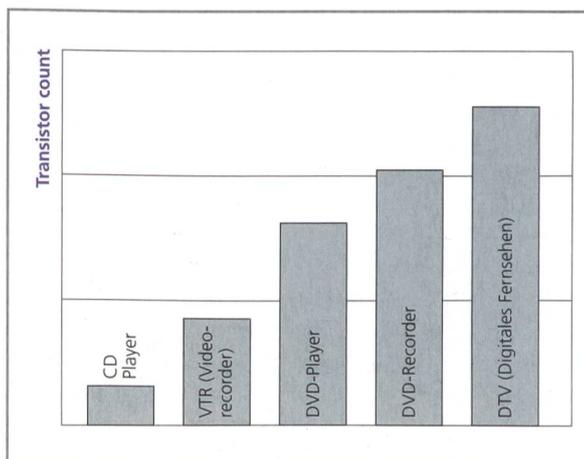




Bild 4. Zu den ersten für den Endverbraucher bestimmten Robotern gehörten der Aibo-Hund und der Qurio-Roboter von Sony. Beide stellen einige Anforderungen an die Rechenleistung des Roboter-Prozessors. Sony

haben: die Digitaltechnik in der Programmierbarkeit und Speicherung, die Analogtechnik als Interface zum Menschen. Und er brachte ein Beispiel, das die unverminderte Bedeutung der analogen Technik bei den digitalen Medien zeigte: 75% der Siliziumkosten in Nokias Mobiltelefon 7650 waren durch analoge Schaltungsteile verursacht.

Die Trends der Zukunft werden durch neue Anforderungen bestimmt. Maarten Vertregt nennt höhere Datenraten, eine grössere Flexibilität (um auf unterschiedliche Standards eingehen zu können), eine grössere Dynamik und höhere Bandbreite sowie einen deutlich verbesserten Energie-Wirkungsgrad. Vor allem aber besteht die Forderung nach geringeren Kosten, um die neuen Geräte erschwinglich zu machen.

### Speicher, Speicher, Speicher ...

Eine der Grundfunktionen digitaler Endverbrauchersysteme ist das Speichern von Information. Von der klassischen Magnetbandaufzeichnung von Ton und Bild über die CD bis hin zur DVD und dem iPod – ohne Speicher geht nichts. Während die magnetische Aufzeichnung im Consumerbereich etwas an Boden verliert, legen die Halbleiterspeicher – und hier insbesondere die Flash-Speicher – kräftig zu: Die durchschnittliche Grösse der NAND-Flash-Speicher in den digitalen Medien wächst derzeit jährlich um den Faktor zwei. Und es sind nicht nur die digitalen Kameras, die hier als Treiber wirken. Set-Top-Boxen, «Instant-on»-Laptops, ja sogar die Mobiltelefone wollen ständig mehr Speicherkapazität.

Die künftige Speicherentwicklung für die Geräte der digitalen Verbraucherelektronik untersuchte Paolo Cappelletti, bei STMicroelectronics Leiter der Entwicklung nichtflüchtiger Speichertechnologien in Agrate Brianza. Der Markt für nichtflüchtige Speicher scheint derzeit ohne Grenzen. Dafür gibt es viele Gründe: Digitale Technik kommt ohne diese Speicher nicht aus. Die wachsende Mobilität bei den Anwendungen fördert die Halbspeicher gegenüber den Festplatten, weil sie sowohl kleiner sind, als

auch weniger Energie verbrauchen. Die millionenfache Verbreitung der Konsumergeräte sorgt für grosse Stückzahlen, was wiederum die Kosten sinken lässt: Die gleichzeitige Verkleinerung der Flash-Speicherzellen mindert den Einsatz von Siliziumfläche und trägt so zur Verbilligung bei.

In früheren Jahren hatten Speicherchips schon einmal einen Anteil am gesamten Halbleitermarkt von 30%. Der starke Preiszerfall hat diesen Marktanteil sinken lassen, obwohl die Menge der verkauften Speicherchips weltweit unaufhörlich stieg. Jetzt wächst der Anteil der Speicherchips wieder, aber unterschiedlich stark nach flüchtigen und nichtflüchtigen Speichern: Die flüchtigen DRAMs wachsen mit etwa 17% pro Jahr, die nichtflüchtigen Flash-Speicher aber mit 23%.

Dabei gibt es Unterschiede im Schaltungskonzept. Die seit Beginn der Flash-Speicher-Ära dominierenden NOR-Flashes werden im nächsten Jahr wohl ihre Führungsrolle zu Gunsten der NAND-Flashes verlieren. Die NAND-Flashes versprechen eine höhere Packungsdichte und niedrigere Herstellungskosten. Die NOR-Flashes haben derzeit ihren grössten Einzelmarkt bei den Mobiltelefonen. Man hofft, dass ihnen auch ein Eindringen in den Markt für Digitalkameras oder die modernen «USB-Sticks» für Laptops gelingt. Diese Anwendungen werden derzeit eher von NAND-Flashes abgedeckt.

Alternativen für nichtflüchtige Speicher zeichnen sich bereits ab: FeRAMs, MRAMs, PCMs (Phase Change Memories), Polymerspeicher, chalcogenide Speicher. Die jeweiligen Vor- und Nachteile lassen eine klare Zuordnung ihrer langfristigen Rolle noch nicht erkennen, zumal ihre Fertigungsreife noch in unterschiedlichen Stadien steckt. In naher Zukunft werden wohl die Flash-Speicher weiterhin die wichtigste Rolle spielen.

### Andere Bausteine, die neue digitale Systeme beeinflussen

Zu nennen sind die bildgebenden Systeme und vor allem das Packaging, eine besonders knifflige Frage bei immer kleineren Abmessungen der portablen Geräte.

Die Ausführungen zu den bildgebenden Systemen fokussierten sich auf die weitere Entwicklung von CCD- und CMOS-Sensoren und auf die dafür erforderliche Schaltungs- und Modultechnik. Für die Breite der Systementwickler erwies sich dieser Teil als weniger dramatisch in seinen Auswirkungen, zumal auf neue Displaytechniken nicht eingegangen wurde.

Aufbau- und Gehäusetechnologien wiederum greifen weit in den Entwurf von integrierten Schaltungen ein: Dies ist ein Geschäft von hoch spezialisierten Entwicklern, die oft nichts anderes tun, als ihren Kollegen vom klassischen Chipdesign her, die nötigen Hilfestellungen zu geben. Was kann man mit der «Face-down»-Technologie erreichen (Bild 5, die Chips werden Kopf stehend direkt auf die Leiterplatte über «Bumps» eingebaut)? Wie viel Pins pro Chip sind bei Systems-on-Chip noch akzeptabel? Da solche Überlegungen schon sehr frühzeitig in den Chipentwurf eingehen müssen, kommt diesen Fachleuten eine rasch wachsende Bedeutung zu. ■

Klaus H. Knapp, Journalist, München