



ACADEMIA ENGELBERG

2nd Dialogue on Science – 15 - 17 October 2003
in Engelberg, Switzerland

Pervasive Nanotechnologie

Zusammenfassung

Heinrich Rohrer, Dr.,
Nobelpreisträger für Physik,
Wollerau, Schweiz

Kontakt:
Rebbergstr. 9d, CH-8832 Wollerau
E-Mail: h.rorer@gmx.net



Die Miniaturisierung elektronischer Komponenten, Schaltkreise und Systeme in den letzten fünfzig Jahren sowie der enorme Fortschritt in der Kommunikation waren die technischen Schlüssel zu dem, was wir inzwischen "Pervasives Computing" nennen. Im atemberaubenden Tempo der Miniaturisierung kam eine "pervasiv Elektronik" auf, basierend auf der Erfindung des Jahrhunderts, dem Transistor in den vierziger Jahren, und auf dem Begriff der integrierten elektronischen Schaltkreise in den Sechzigern. Die Miniaturisierung ließ sowohl das Ausmaß der elektronischen Bauteile als auch den Energieverlust bei einer Logikcomputer-Operation um etwa zwölf Größenordnungen schrumpfen, die Geschwindigkeit bei der Durchführung einer Logikoperation um sechs bis acht Größenordnungen ansteigen und den Preis um etwa vier bis sieben Größenordnungen sinken. Die miniaturisierte pervasiv Elektronik war auch das Schlüsselement für eine vergleichsweise "pervasiv" und weltumfassende Kommunikation über Satellit zu drahtlosen lokalen Bereichsnetzwerken.

Die eine Bedeutung der Nanotechnologie ist die Fortführung der Miniaturisierung von der heutigen Mikroelektronik zur Nanoelektronik von morgen. Auch wenn die Miniaturisierung in einem bis zwei Jahrzehnten an ihre Grenzen stoßen wird und somit sehr viel bescheidenere Perspektiven bietet als die, die wir im vergangenen halben Jahrhundert erlebten, so wird sie das pervasiv Computing dramatisch verändern. Wir können mit einer zusätzlichen Reduzierung von Größe und Energieverbrauch um weitere vier bis sechs Größenordnungen, mit einer Zunahme der Geschwindigkeit der Computer um einen Faktor hundert und mit einer substantiellen Senkung der Computerpreise rechnen. Was nun für den Schreibtisch bestimmt ist, bekommt Taschenformat, und aus dem heutigen Taschenformat wird ein Implantat irgendwo in irgend einem Körper. Geräte zur Speicherung von Tera-Bits im Taschenformat und solche zur Speicherung von Peta-Bits für den Schreibtisch können unsere Art und Weise der Kommunikation und des Computing verändern, neue Begriffe des Computing, z.B. zur Erkennung von Mustern und von Sprache, können das Wesen unserer Interaktion revolutionieren.

Die Nanotechnologie wird jedoch weit über diesen konventionellen, wenn auch höchst anspruchsvollen Aspekt der Nanoelektronik hinaus reichen. Der Engpass des pervasiv Computing liegt nicht so sehr in der Daten- und Signalverarbeitung per se, sondern in der Generierung, im Erwerb und in der Auswahl von Problem relevanten Daten und Signalen für die Eingabe sowie in der intelligenten und effizienten Anwendung der ausgegebenen Resultate. Diese „Peripherien“ sind im allgemeinen langsam und schwerfällig im Vergleich mit der Leistung des Prozessors. Die Nanotechnologie wird die größten Leistungen bei der pervasiv Ausführung solcher peripherer Aufgaben erbringen. Sie wird eine Vielzahl neuer Brücken produzieren, die auf der Nanometer-Skala zwischen der realen Welt der Aktion und der „virtuellen“ Welt der Datenverarbeitung arbeiten. Mit intelligenten Sensoren und Aktuatoren - allgemein werden darunter jede Art der Daten- und Signalgenerierung, Erwerb und Verwendung verstanden - wird sie



pervasive Wege zu und von einer bestimmten Art der Verarbeitung erstellen, nicht notwendigerweise nur digitale Datenverarbeitung, sowie zu und von unserem Bewusstsein. Nehmen wir als erstes Beispiel die lokale Spracherkennung, sagen wir, in einem Mobiltelefon. Das konventionelle Mikrofon würde durch ein künstliches Ohr und einen Sprachgenerator ersetzt, die beide einen großen Teil der Wiederverarbeitung übernehmen, möglicherweise auf mechanischer Basis und in Kombination mit einem Speicherprozessor-Hybriden mit, sagen wir, Tera-Bit-Kapazität. Sie würden in Ihrer eigenen Sprache hören und sprechen, und Ihr Gesprächspartner ebenso. Das wäre zwar phantastisch bequem, aber ein großer kultureller Verlust. Oder nehmen Sie das Erfühlen einiger molekularer Spezies. Mit dem Sensorenkonzept „erkenne schwach durch schwach und klein durch klein“ würden Nanosensoren in Sensibilitätsbereichen von einigen wenigen bis einigen Millionen Molekülen mit Sensorsystemen von einigen mm Gesamtgröße arbeiten.

Dies eröffnet der pervasiven Bestimmung und Kontrolle noch nie dagewesene Perspektiven. Ein realistisches Szenario ist das sofortige Erfühlen eines Gesundheitszustandes, sagen wir, einer Grippe, bei einem Menschen aus Ihrer näheren Umgebung. Das ist erneut phantastisch bequem, aber wohin würde es führen? Zur allgemeinen Vermeidung jeden Kontakts von jedem mit jedem, der auch nur das geringste Gesundheitsrisiko darstellen könnte? Pervasiv wird auf sehr viel dramatischere Weise invasiv, als wir es bislang durch Behandlung oder auch Misshandlung „persönlicher“ Daten erfahren haben. Das Einleiten vorbeugender Massnahmen gegen den Missbrauch bereits gesammelter Daten und Datenerwerb ist das eine, die Etablierung eines Codex für eine angemessene, gesellschaftlich annehmbare sofortige persönliche Reaktion auf pervasive Risiken ist unvergleichlich viel schwerer.

Eine andere Klasse der pervasiven Nanotechnologie betrifft die Nano-Robottechnik. Kürzlich tauchten in der Tagespresse Horrorszenarien auf, in denen Armeen außer Kontrolle geratener, sich selbst reproduzierender Nanoroboter beschrieben wurden. Nanoroboter, insbesondere die mit einem hohen Grad an Autonomie ausgestatteten, eröffnen in der Tat vollkommen neue Gebiete mit faszinierenden Perspektiven. Dennoch ist die von sich selbst reproduzierenden Robotern ausgehende Gefahr eine sehr weit entfernte Utopie und wird kaum jemals Wirklichkeit werden. Lange vorher wird die Welt schwer unter anderen Ereignissen leiden.

Insgesamt wird die pervasive Nanotechnologie neue pervasive Szenarien entfalten, die vergleichsweise neue Verhaltensweisen, Massnahmen und Vorsichtsmassnahmen erforderlich machen werden.