

Smart Environments:

Technologietrends und mögliche Konsequenzen für die informationelle Selbstbestimmung

Dirk Timmermann

Institut für

Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik

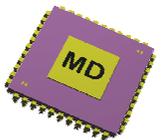
FB Elektrotechnik u. Informationstechnik

Universität Rostock



Agenda

- Trends der Basistechnologien
- Was sind die wirklichen Limits ?
- Smart Labels und *ihre* Randbedingungen
- Energie und Informationelle Selbstbestimmung



Zur Natur von Vorhersagen

■ Vorhersage möglich, ohne sich in 10 Jahren zu einem Narren gemacht zu haben ?

Horowitz: The future will happen and you will be wrong

- Prinzipiell unmöglich
- Zumindest diese Folien nicht auf einen Webserver legen ☺
- Klon nötig aus
 - Mathematiker (Chaostheorie)
 - Physiker
 - Ingenieur, Informatiker
 - Betriebswirt, Marketingspezialist
 - Unternehmer
 - Trendforscher, Philosoph
 - Durchschnittskonsument

■ Zwei Ansätze

- Pessimistisch: Erwarte Begrenzungen, beschäftige dich mit ihnen
- Optimistisch: Schreibe derzeitige Trends konservativ fort



Trends der Basistechnologien

- postuliert 1968 von Gordon Moore

**IC
Technologie**

**DRAM
SRAM**

**Die Kapazität von Halbleiterspeichern nimmt alle
1,5 Jahre um den Faktor 2 zu**



Verallgem. Moore'sches Gesetz

**Prozess-
Technologie**

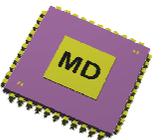
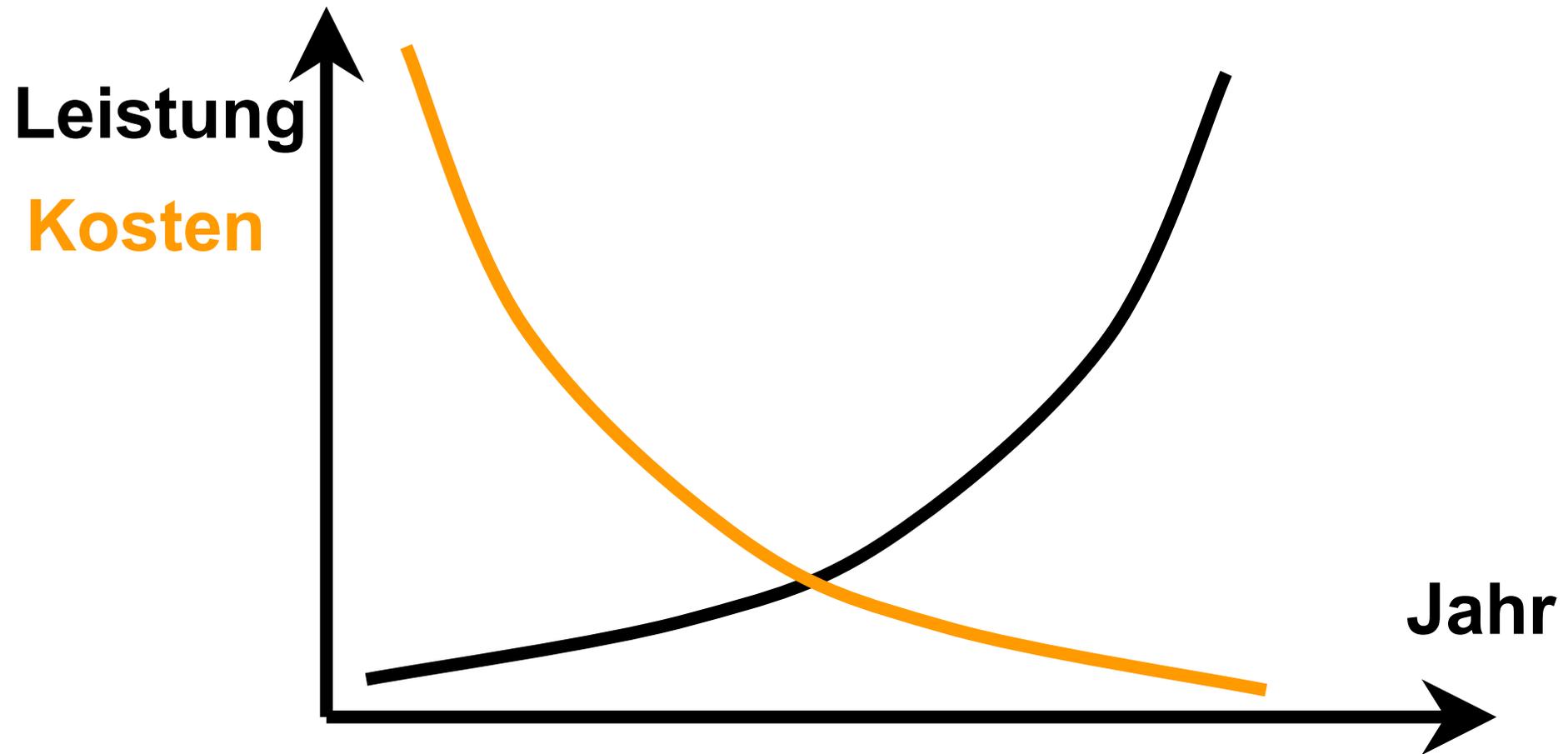
IC-Technologie
Magnetspeicher
Optische Speicher
Bandbreite
Software
etc.

**Alle charakteristischen Parameter der
Informationstechnologie verbessern sich alle
1 bis 3 Jahre um den Faktor 2**

Escherichia Coli verdoppelt sich alle 20 Minuten



Preis-/Leistungsverhältnis

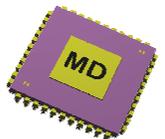
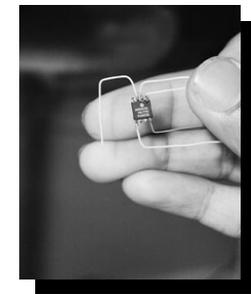
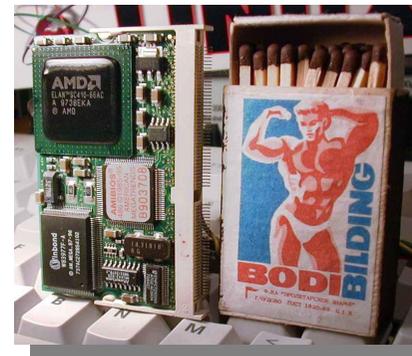
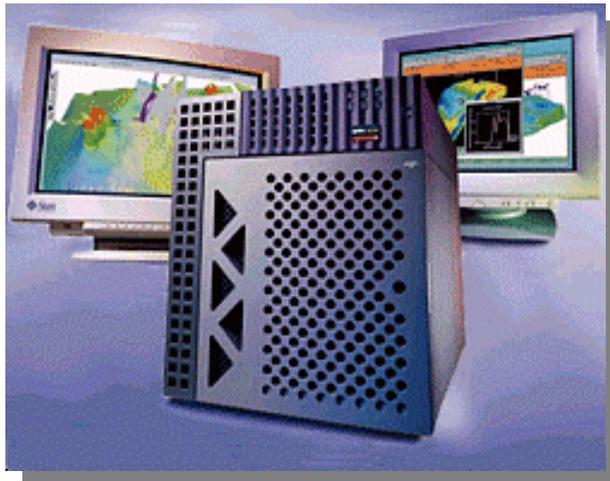


Schrumpfungsprozess

- Festplatten

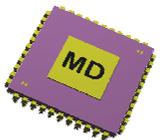
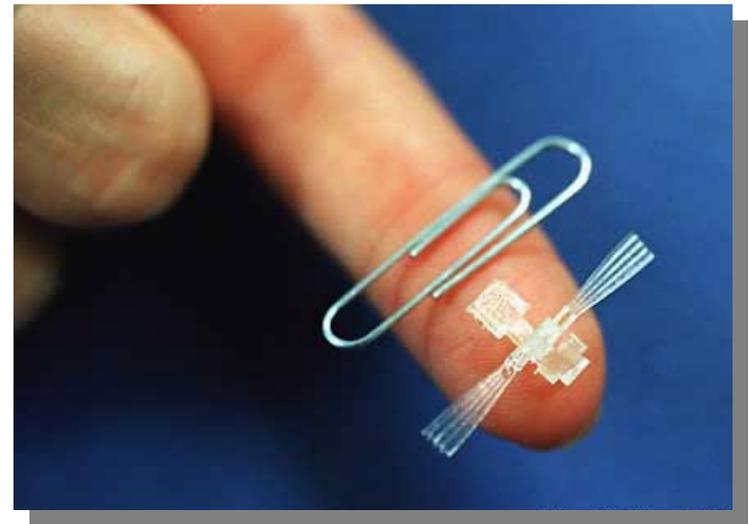


- Embedded Internet



Perspektive ?

- Luftfahrzeuge



Was nützt es uns ?

- **Verallgemeinertes Moore'sches Gesetz**
 - Exponentielle Verbesserung der Technologie
- **Das Gesetz des technologischen Nutzens:**

Der Nutzen aus diesen Technologien wächst nur logarithmisch mit ihnen:

Nutzen = \log (Technologie)

→ Nutzen entwickelt sich zeitlich nur linear

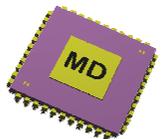


Inverses Gesetz

Technologie = exp (Nutzen)

**Um Probleme des täglichen Lebens zu lösen,
braucht man (u.a. !) eine Unmenge neuer
Technologien**

- **Verkehrsstaus**
- **Ökologie und Umwelttechnik**
- **Medizintechnik**



Konsequente Extrapolation

- **Theoretisch schnellster Computer** [Seth Lloyd, MIT]
- **Ausgangspunkt: aktueller Laptop 10^{10} Ops/s @ 10^{10} Bits Speicher @ 1 dm^3 @ 1 kg Gewicht**
 - **Geschwindigkeit:**
 - Jedes Teilchen in Energie verwandelbar: Spez. Relativ.theorie + $E=mc^2 \rightarrow 25 \text{ MWh}$
 - Quantenmechanik \rightarrow **max. 10^{51} Ops/s**
 - **Speicher:**
 - Jedes Teilchen als Speicher, benutze alle Zustände des Spin, Geschwindigkeit, Richtung \rightarrow Speicher im Zustand max. Entropie
 - Speicherkapazität von **max. 10^{31} Bits**
- **Und was sagt Moore dazu ?**
 - in nur **250 Jahren** erreicht



Etwas konkreter, bitte

- SIA Roadmap 1998

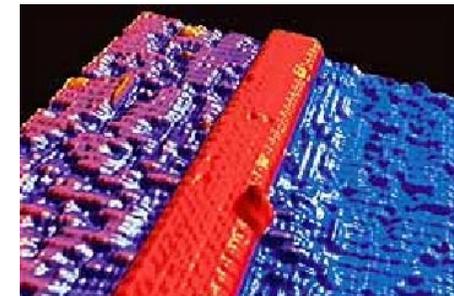
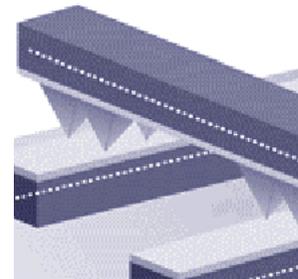
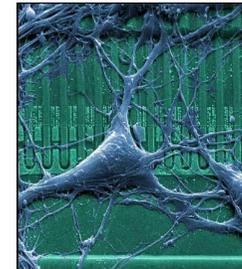
Jahr	1999	2002	2005	2008	2011	2014
Strukturgröße (nm)	180	130	100	70	50	35
Logiktrans./cm ²	6.2M	18M	39M	84M	180M	390M
Kosten/Trans (mCent)	1.735	.580	.255	.110	.049	.022
Takt [MHz]	1250	2100	3500	6000	10000	16900
Chipgröße [mm ²]	340	430	520	620	750	900



Langfristig

- Kein exponentieller Anstieg hält ewig
- Technologien nach dem Siliziumzeitalter:

- Neue Schalter
 - Ein-Elektron-Transistor
 - Organische / optische Computer
- Nano-Technologie
 - Molekulare Schalter
 - Kohlenstofffaser-Leitungen
- Quantencomputer



- **Beobachtungen:**

- Das einzige, was sich ändert, sind die Namen der Nachfolgetechnologien....
- Die meisten wollen etwas verbessern, was nicht das Problem ist:
Schaltgeschwindigkeit
- Das Problem sind die **Verbindungsleitungen**, sprich Kommunikation



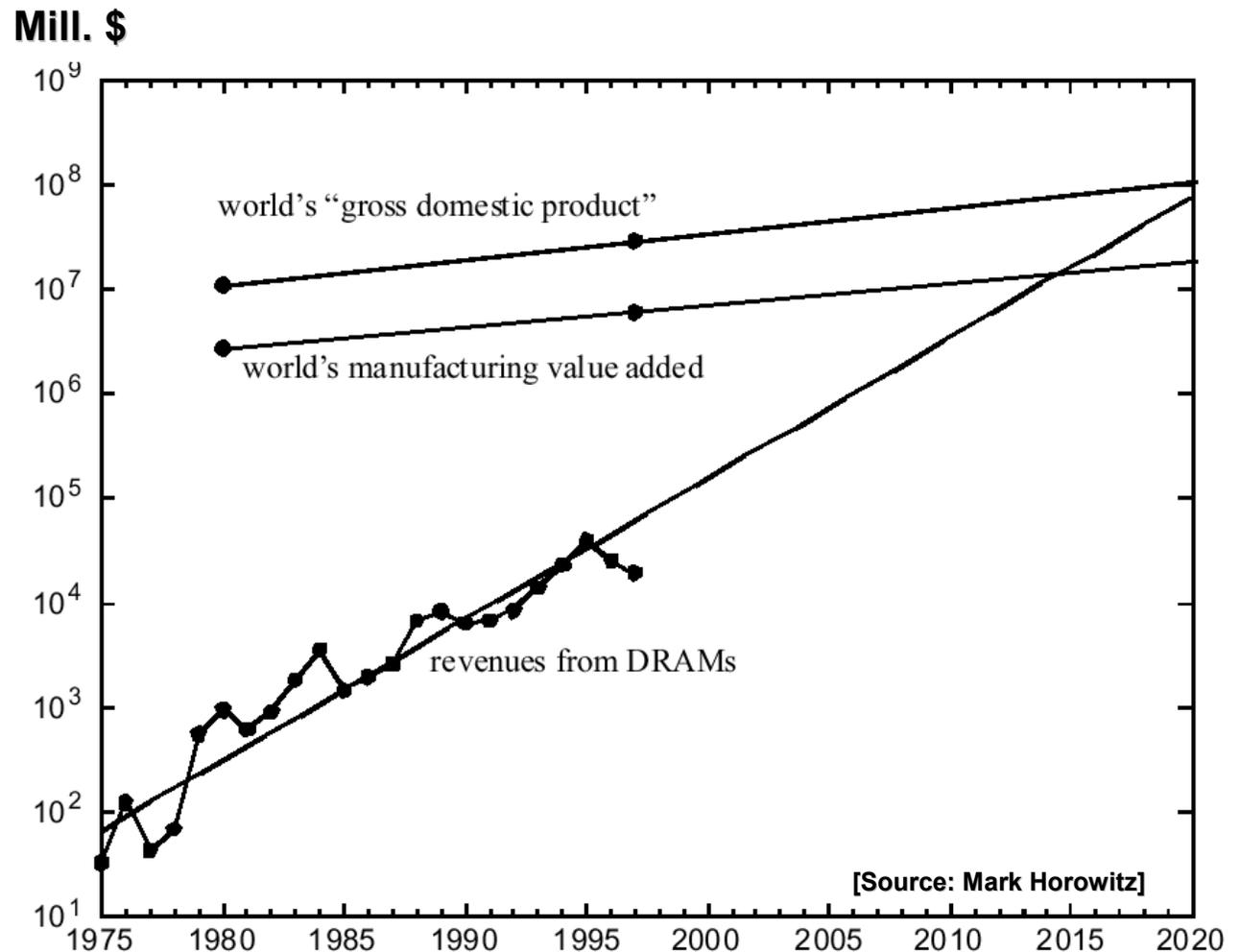
Die echten Limits

- Silizium wird weiterentwickelt, skaliert, solange die nächste Generation billigere Schaltungen erlaubt als die aktuelle

- Es gibt keine Grenzen, außer ...

ökonomische

- Entweder steigt BSP - oder - Technologieentwicklungskurve verflacht



Agenda

- Trends der Basistechnologien
- Was sind die wirklichen Limits ?
- **Smart Labels und *ihre* Randbedingungen**
- Energie und Informationelle Selbstbestimmung



Technik in Smart Environments

■ Ausgangspunkt:

- *aktive* Smart Labels
- miniaturisiert < 1 mm³
- allgegenwärtig
- kommunizieren per Funk

Erfolgversprechend nur ohne Steckdose
(LAN und 220V)

■ Probleme

- User-Konfiguration
- Biologische Verträglichkeit
- Zuverlässigkeit
- **Informationelle Selbstbestimmung**
- **Energieverbrauch, und damit**
 - Interaktions-Reichweite → Communication
 - Funktionalität → Computation

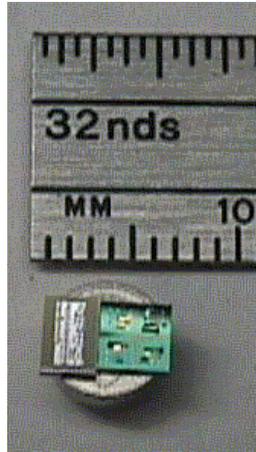


Anforderungen an Smart Labels

- **Größe**
 - $\text{mm}^3 - \text{cm}^3$
- **Energieverfügbarkeit**
 - $\sim 1\text{J}/\text{mm}^3$
- **Mindestlebensdauer**
 - 5-10 Jahre
- **Datenraten**
 - Bits/s KBits/s
- **Reichweite**
 - 5-50 Meter
- **Räumliche Dichte**
 - 0.1 Knoten/ m^2 20 Knoten/ m^2



Beispiele für autarke, aktive Knoten



Smart Dust



Picoradio



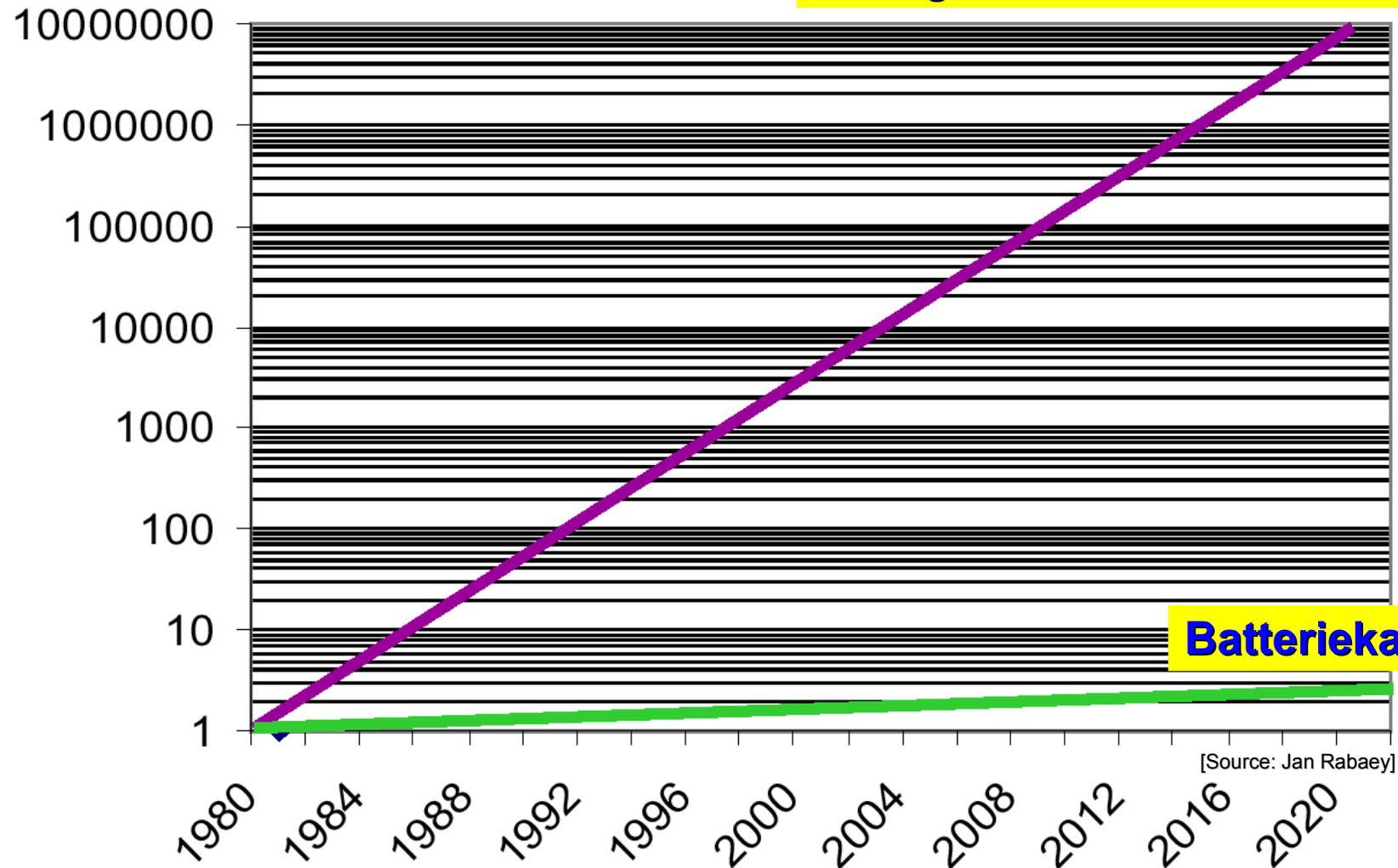
WINS

Das gemeinsame Problem: Energieversorgung



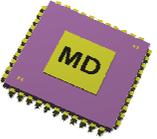
Nicht alles gehorcht Moore

Verallgemeinertes Moore'sche Gesetz

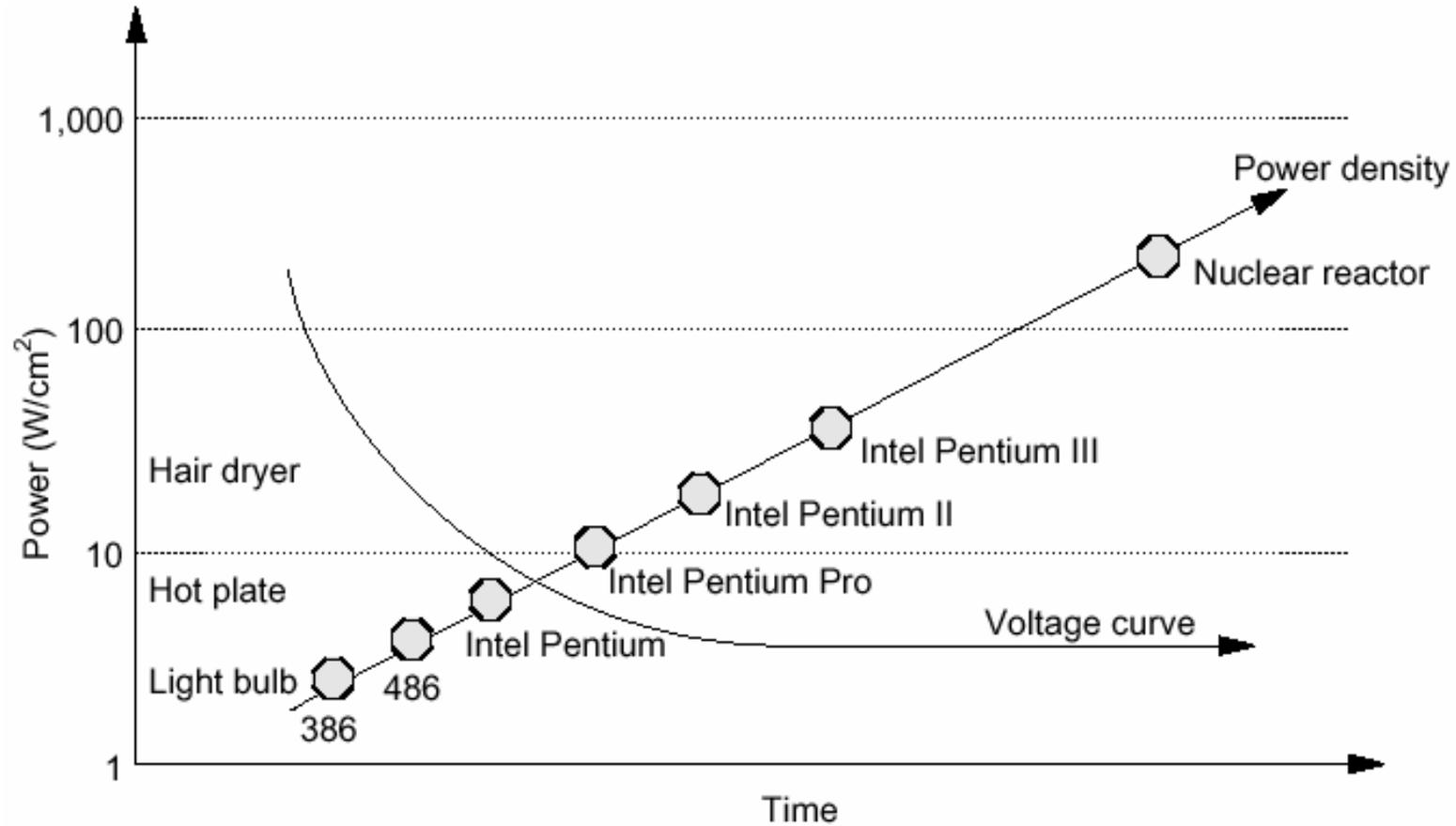


Batteriekapazität

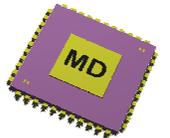
[Source: Jan Rabaey]



Trend Leistungsdichte



[Herring, MICROPROCESSORS, MICROCONTROLLERS, AND SYSTEMS IN THE NEW MILLENNIUM, IEEE Micro, vol. 20, no. 6, Nov/Dez. 2000]

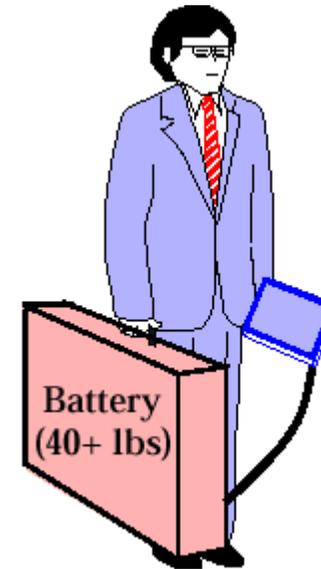


Fakten eines Mobilitätsszenarios

- Rechner
 - Rechnerperformance und –leistungs-
verbrauch steigt exponentiell nach Moore
- Kommunikation
 - Sendeleistung steigt mit zunehmender
Entfernung und Bitrate exponentiell an

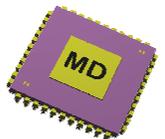


- Batteriekapazität steigt aber in 5 Jahren
nur um 30-50%



Außerdem

- Kosten, Größe, Kühlung, ...
- Umwelt (Elektronikanteil
derzeit 10% am
Gesamtenergieverbrauch USA)



Agenda

- Trends der Basistechnologien
- Was sind die wirklichen Limits ?
- Smart Labels und *ihre* Randbedingungen
- **Energie und Informationelle Selbstbestimmung**



Informationelle Selbstbestimmung

- **Masse der in Smart Environments erfassbaren Informationen erfordert zwingend u.a.**
 - Individuelle Konfiguration der preisgebenden Daten durch den Nutzer
 - **Anonymisierung und Verschlüsselung von Daten** zur Vermeidung einer ungewollten Profilerstellung
 - **Ungleiche Ausgangssituation:**
 - Smart Labels: wenig Rechenleistung, wenig Energie
- 
- **Datensammler: praktisch unbegrenzte Rechenleistung und Energie**



Energiekosten der Sicherheit

- **Leistungsverbrauch P**
- **Schlüssellänge n , Sicherheit $\sim n$**
- **Symmetrisches, secret key Verfahren:**
 - Beispiel DES: $P_{\text{DES}} = O(n)$
- **Asymmetrisches, public key Verfahren:**
 - Beispiel RSA: $P_{\text{RSA}} = O(n^3)$
- **Energie = Leistung * Zeit**
 - Schlüssellänge bei RSA \gg DES
 - Andererseits: Symmetrische Verfahren häufiger benötigt als asymmetrische Verfahren
- **Energieverbrauch für Sicherheit abhängig vom Szenario**



Energie sammeln unumgänglich

- Nutzen der Umgebungsenergie für Smart Environments



- Solarzelle, empfindlich gegen Abdeckung

- Mechanische Vibration

- Piezo-Drucksensoren

- Radio-Wellen

-



10 μ W

- Ausreichend für Elektronik + Funk ?



Ausweg

- „Ingenieurmäßiger Ansatz“ bei allen gezeigten Beispielen:

Kompromiss Energieverbrauch \Leftrightarrow Qualität

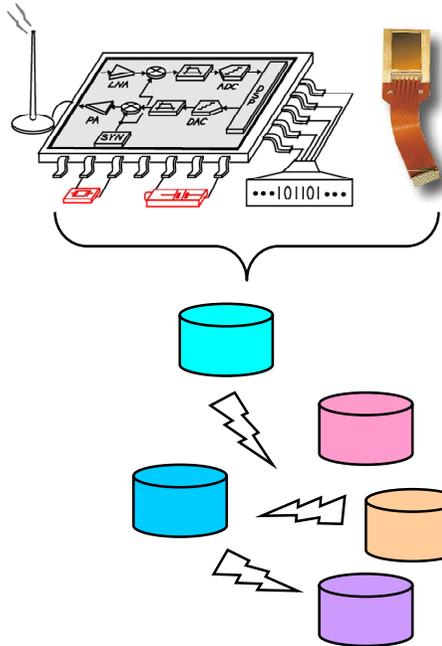
- In Smart Environments:

Kompromisse auf Kosten der
Informationellen Selbstbestimmung ?



Zweistufige Architektur für Mobilität

Smart Labels / Badge



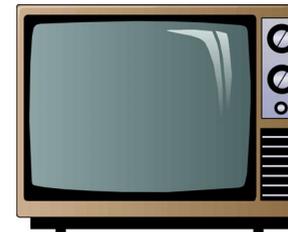
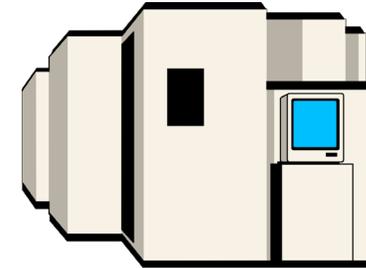
Schnittstelle

Bluetooth

Wireless LAN

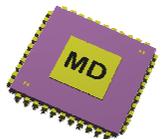
Home RF

Serviceprovider

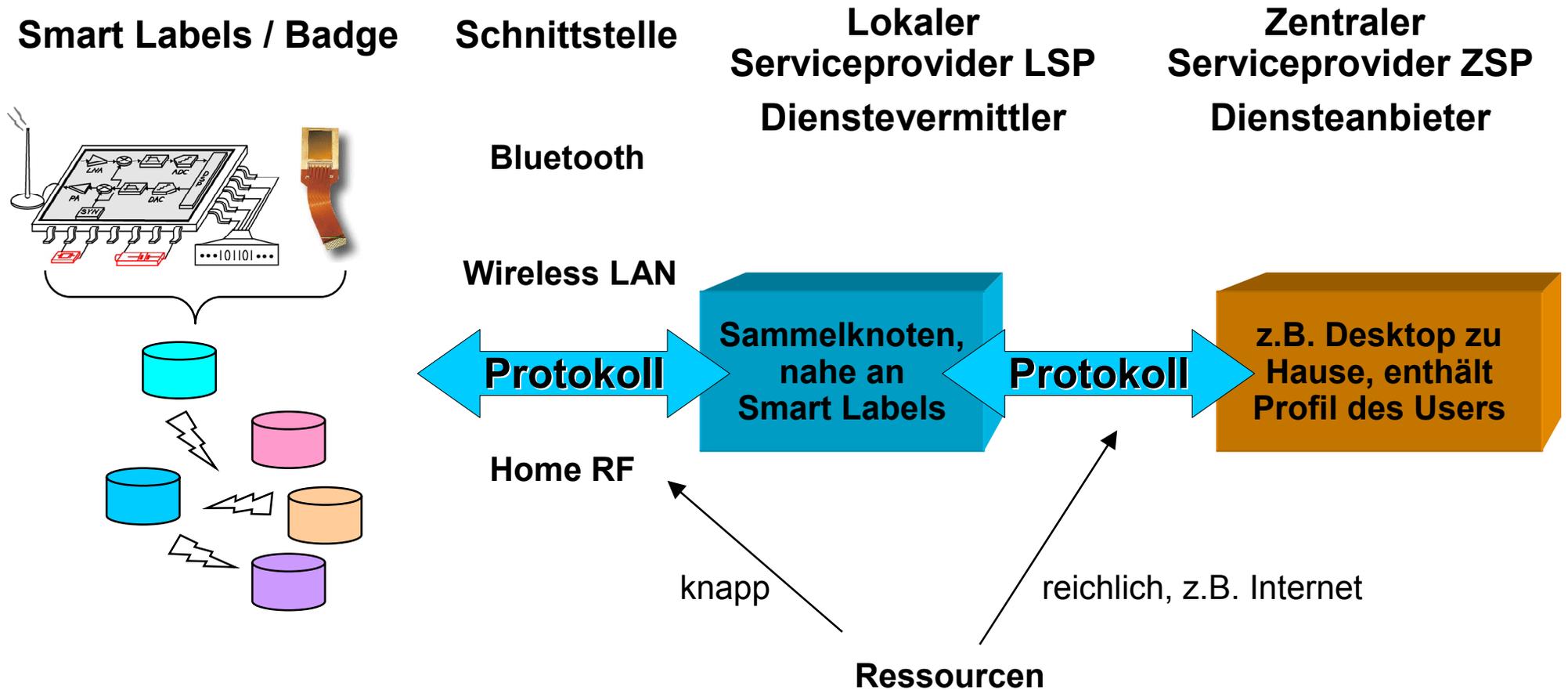


■ Eigenschaften

- Knappe Ressourcen: Größe, Performance, Stromverbrauch, Bandbreite, Reichweite
- Jini zu „schwer“
- Konsequenzen für Konfigurierbarkeit, Anonymität, Sicherheit



Mehrstufige Architektur für Mobilität

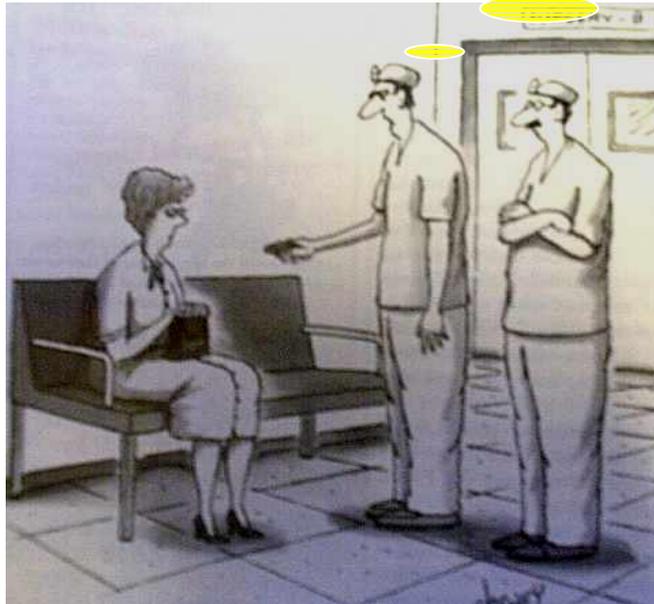


- Smart Label/Badge sehr einfach
- Enthält nur IP- # oder URL und ausreichend (!) Kryptofähigkeit
- Systemarchitektur für mobile Sicherheit
- mehrstufiges Konzept nutzt jeweils verfügbare Ressourcen
- vgl. NINJA, UC Berkeley, Prof. Katz



Informatisierte Zukunft ?

*Ihr Mann ist gestorben,
aber hier ist sein Smart Label*



Fazit

- **Technologie macht fast alles möglich**
- **Smart Environments technisch machbar**
- **Minimales Energiebudget tangiert Informationelle Selbstbestimmung**
- **Spannende Forschungsfragen:**
 - Architektur ? Wie viele Hierarchiestufen angemessen ?
 - Smart Labels/Protokolle/Interaktionen/Architekturen/Kommunikation mit minimalem Energieverbrauch und maximaler „Privacy“
 - Welcher Grad an „Privacy“ ist soziologisch/politisch/... unabdingbar ?



Quellen

- **enthält Bilder und Anregungen aus Vorträgen und Veröffentlichungen von:**
 - Jim Gray, Microsoft, Turing award lecture
 - Anantha Chandrakasan, MIT
 - Bob Brodersen, Randy Katz, Jan Rabaey, UC Berkeley
 - Mark Horowitz, Stanford
 - Hugo de Man, IMEC
 - Clemens Cap, Universität Rostock
 - Seth Lloyd, MIT, Department of Mechanical Engineering, „Ultimative physical limits to computation“, Nature, 31. August 2000

