

---

# Auswirkungen des Pervasive Computing auf Umwelt und Gesundheit

Siegfried Behrendt, Dipl.-Pol., Dipl. Biol.

Internationale Ringvorlesung „industrial ecology“  
Bremen, 22.6.2005

# Was ist Pervasive Computing?

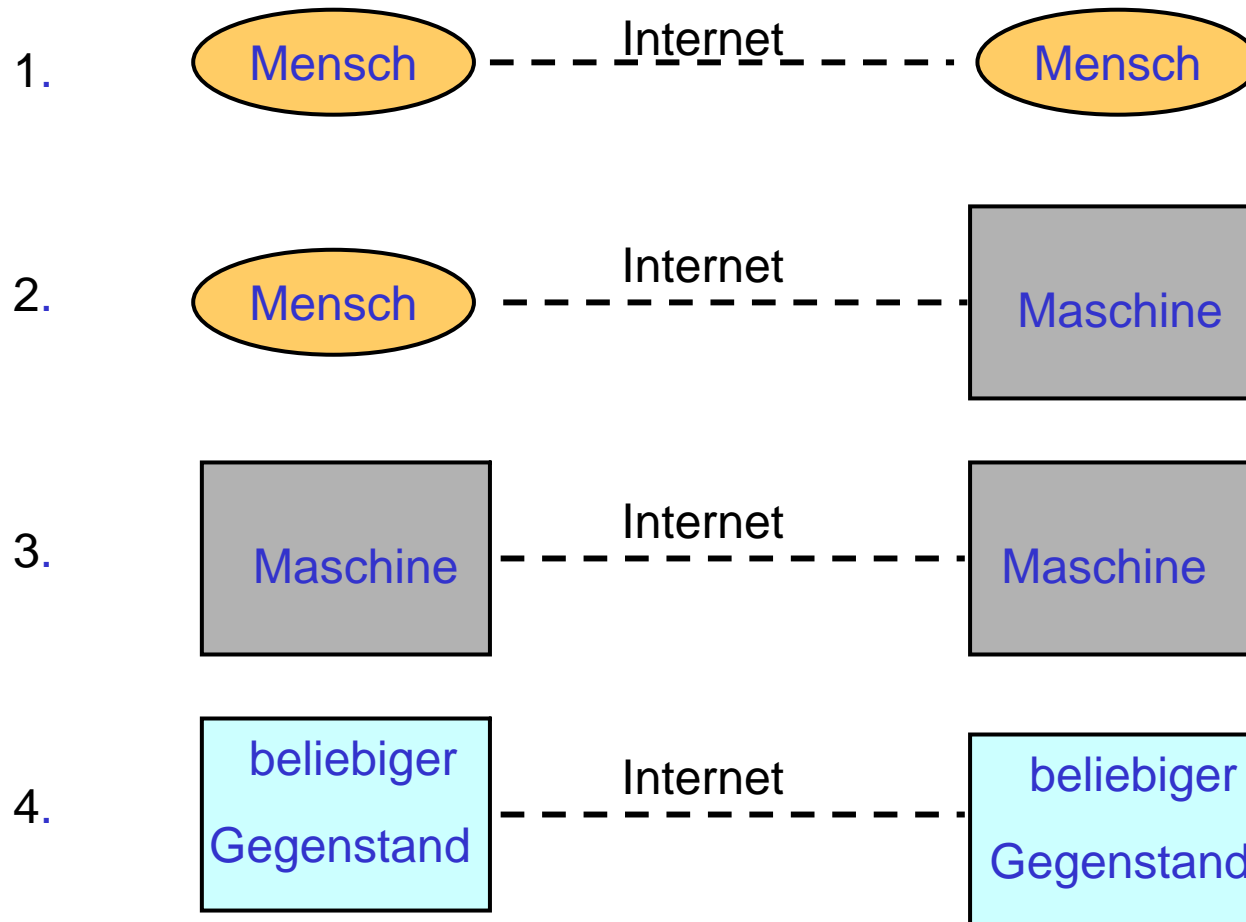
---

**Pervasive Computing ist eine zukünftige Anwendungsform von Informations- und Kommunikationstechnologien:**

- Miniaturisierung
- Einbettung
- Vernetzung
- Allgegenwart
- Kontextsensitivität

# Was ist neu am Pervasive Computing?

---



Quelle: Hilty 2003

# Vision und Trend: Eindringen in alle Lebensbereiche

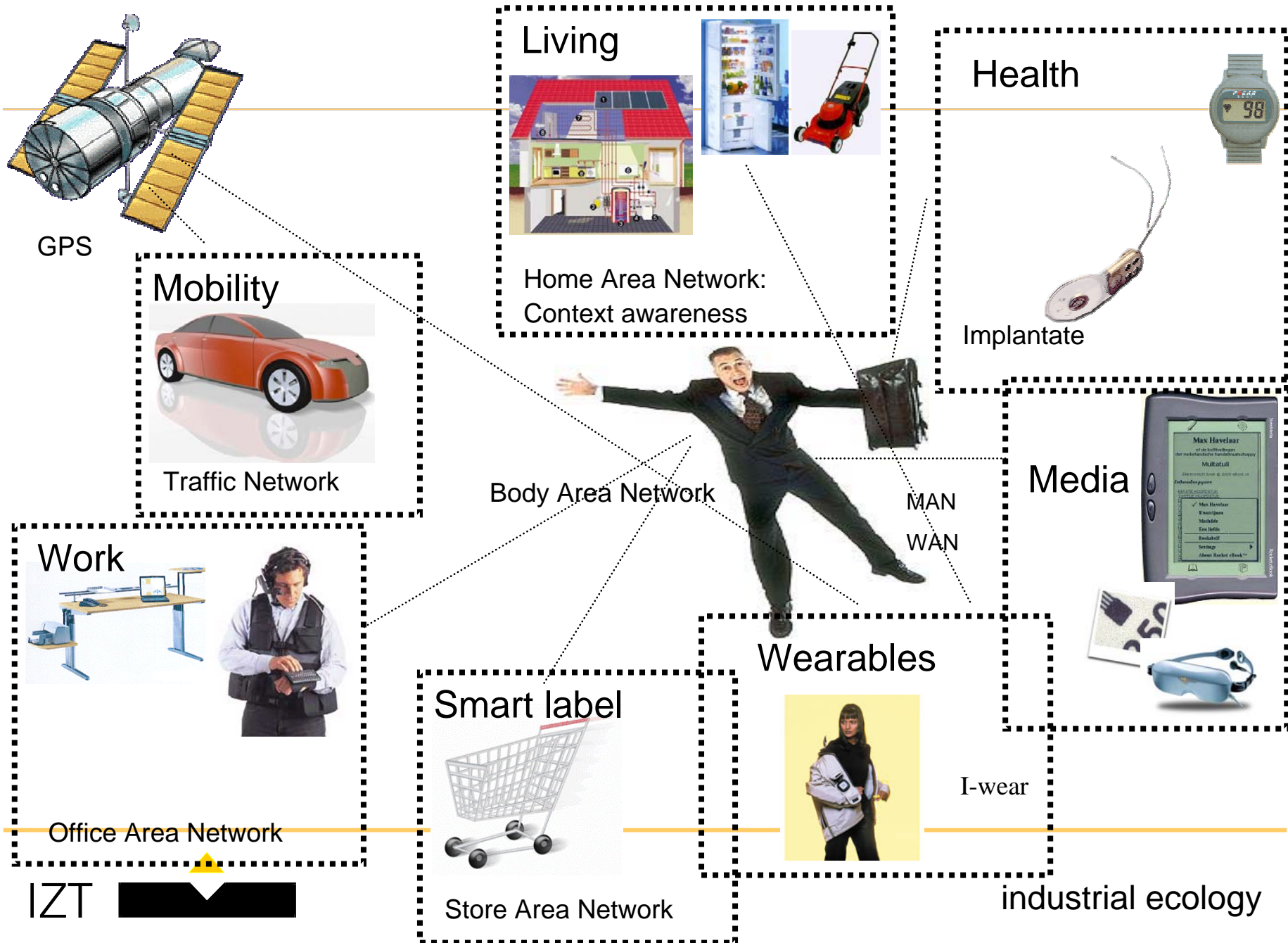
---

**Weizenbaum (2001):**

„Der Computer wird in den nächsten 5 bis 10 Jahren aus unserem Bewusstsein verschwinden. Wir werden einfach nicht mehr über ihn reden, wir werden nicht über ihn lesen, ausser natürlich Fachleute.“

**Gerstner (1999):**

„In the next 5 to 10 years IBM expects a billion people in the world using a trillion connected objects “



# Technologische Treiber

---

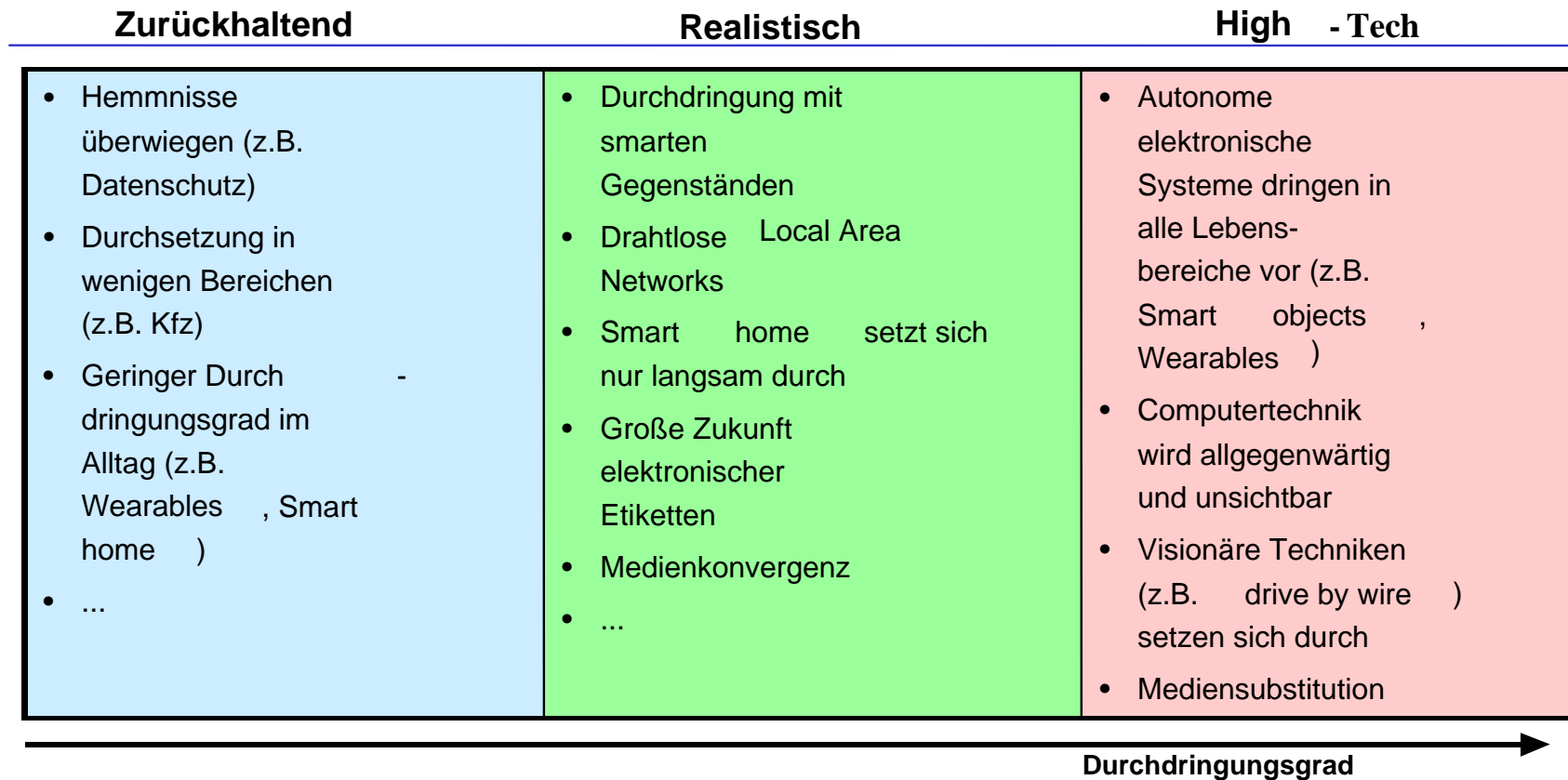
- Fortschreitende Leistungssteigerung bei Mikroprozessoren (Moor'sches Gesetz)
- Preisverfall elektronischer Komponenten
- Polymerelektronik für Massenprodukte
- Ubiquitäre Vernetzung: Wireless Local Area Networks, Ad-hoc-Netze, Internet wird bis in die Alltagsgegenstände hin verlängert
- Smarte Auto-Identifikationssysteme auf der Basis der RFID-Technologie
- Mensch-Computer Interaktion

# Hemmnisse

---

- Individueller Kundennutzen
- Marktfähigkeit (Geschäftsmodelle mit akzeptierter Preisgestaltung)
- Grenzen der menschlichen Verarbeitungsfähigkeit oder –bereitschaft
- Usability (Nutzergerechte Techniken und Geräte)
- Zuverlässigkeit verteilter Datenverarbeitungssysteme
- Datenschutz und Privacy
- Gesundheits- und Umweltrisiken

# Szenarien





# Direkte Umwelteffekte

---

Verbrauch knapper Rohstoffe

Verschärfung der Abfallproblematik

- Steigende Anzahl miniaturisierter IKT-Komponenten (Entropie)
- Sinkender Wertstoffgehalt
- Bisher elektronikfreie Abfallströme erhalten den Charakter von ICT-Abfallströmen
- Zunehmender Eintrag von mikroelektronischen Wegwerfprodukten (z.B. Smart Labels) in andere Abfallströme
- Verringerung der Nutzungsdauer durch Einbettung von IKT-Komponenten in Alltagsgegenständen

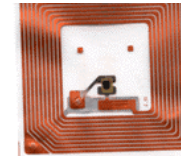
# Beispiel: Smart Label auf Verpackungen

---

## Smart Labels = „smarte“ Etiketten

**Einsatzbereiche:** Produktion und Logistik, Einlasskontrolle

**Stückzahlen:** 2003: 360 Mio. Stück in Deutschland



### Szenario

Alle 200 Milliarden Verpackungen (nach DSD) pro Jahr in Deutschland werden mit Smart Label ausgestattet.

### Effekte:

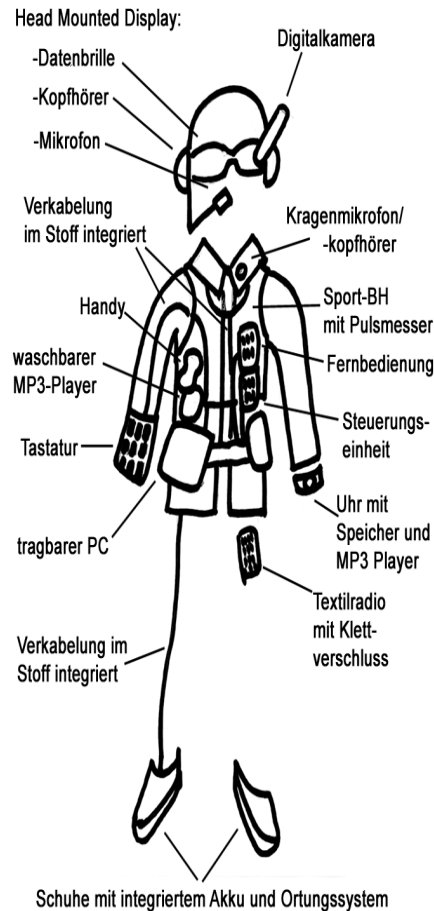
Verknappung des Rohstoffs Silber: Silberverbrauch 340 Tonnen pro Jahr (Anstieg um 70% von derzeit 470 t/a auf 810 t)

Ökologischer Rucksack: 2.500.000 Tonnen/a

Recycling wird erschwert (Wertstoffverträglichkeit)

Quelle: Reichl 2002

# Fallbeispiel: Wearables



|                                   | Zurückhaltend          | Realistisch                              | High-Tech   |
|-----------------------------------|------------------------|--|---|
| <b>Diffusionsgrad</b>             | 1 %                    | 20 %                                     | 80 %  |
| <b>Abfall (i-wear)</b>            | 73 t<br>0,01 kg/(EW*a) | 1.500 t<br><b>0,21 kg/(EW*a)</b>         | 6.000 t<br><b>0,82 kg/(EW*a)</b>                  |
| <b>Abfall (Energieversorgung)</b> | 36.500 Batterien       | 730.000 Batt.<br>(max. 25 t),<br>PV, BSZ | Ca. 3 Mio. Batt.<br>(max. 100 t),<br>PV, BSZ, KEW |

Quelle: Hilty, Behrendt e.al. 2003

# Gedankenexperiment „eGrain“

---

## eGrains

- Systemintegration und Fortschreibung des Moore'schen Gesetztes
- ad-hoc-Netzwerke
- Erfolgreiche Experimente mit Smart Dust

## Szenario (FHG-IZM)

- eGrains als Anstrich in Innenräumen (25 eGrains pro 100 cm<sup>2</sup>)
- 15 Mio. Räume in der Schweiz (4m\*4m\*2,5m)
- Gewicht des Computers: 10,5 kg/Raum

## Auswirkungen auf die Stoffströme in der Schweiz

- eGrain-Masse: 146.000 t
- Nickelgehalt: 5.500 t
- Dissipative Verwendung

Quelle: Reichl 2002,  
Hilty, Behrendt e.al. 2003

# Strombedarf „smarter“ Produkte und Netzwerke

---

Always on - anywhere & anytime

- wachsender Bestand intelligenter Geräte und Produkte
- Ausweitung hybrider Netzstrukturen (UMTS, WLAN, Bluetooth, etc.)
- steigende Standby und Ausverluste

Dezentrale Energieversorgung

- hohe Stromverluste von der Hauptleitung ins Endprodukt
- Energieversorgungskonzepte für wearable, Kugelschreiber, Tapete
  - a) miniaturisierte Batterien
  - b) Wärme, Tageslicht, Bewegungsenergie

# Fallbeispiel: Vernetztes Haus

- Intelligente Kontrolle und Steuerung der Haustechnik
- Sensoren, um auf An- und Abwesenheit des Nutzers zu reagieren
- Regelung der Lüftung über Fensterkontakte
- Display für eine nachvollziehbare Kontrolle von Energieverbrauch und Energiekosten

## T-Com-Haus



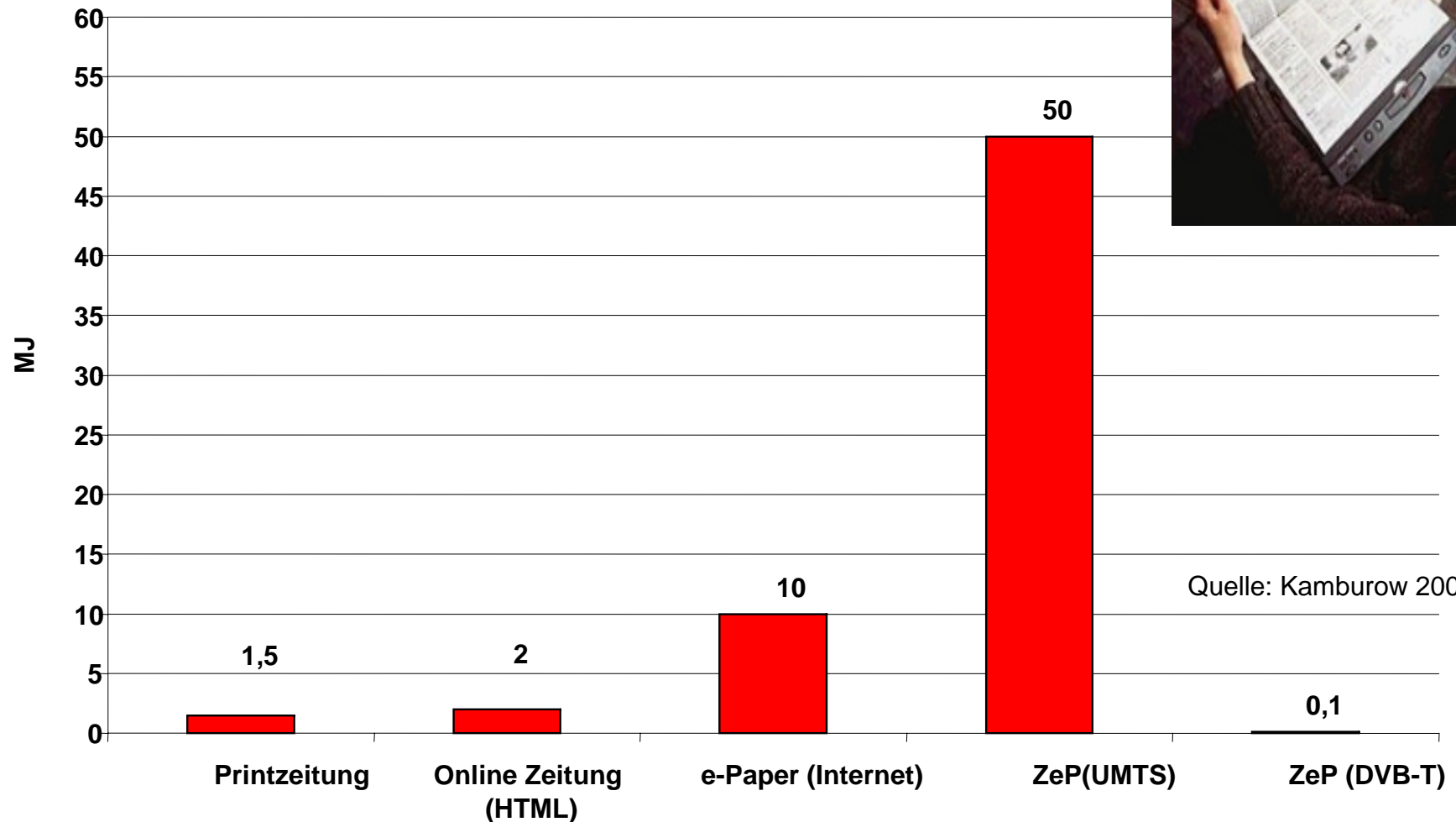
Mehrbedarf an elektrischen Strom

Minderbedarf an Wärmeenergie

Nettoeffekt nicht sehr ausgeprägt



# Fallbeispiel: Zeitung auf elektronischem Papier

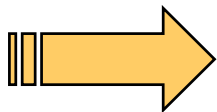


# Entwicklung des Strombedarfs

---

2001 bis 2010 in Deutschland

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| IKT-Endgeräte in Haushalten     | + 30%  |
| IKT-Endgeräte in Büros          | - 2%   |
| Haushaltsinfrastruktur          | + 90%  |
| Büro-Infrastruktur              | + 100% |
| Infrastruktur-Telekommunikation | +150 % |



Gesamtwachstum: + 45,8%  
= 55425 GWh

Quelle: BMWA 2003



# Indirekte und systemische Effekte

---

- Hohe **positive Potenziale** in einzelnen Anwendungsfeldern
  - Life Cycle Management (Product-to-service-shift)
  - Energieversorgung und -management
  - IKT im Gebäudemanagement
- **Reboundeffekte** (systemisch) hoch
  - Personentransport (Zeitelastizität)
  - Frachttransport & Energienachfrage (Preiselastizität)
- Unsicherheiten
  - Zukunft
  - Daten

# The Future Impact of ICTs on Environmental Sustainability

---

Wie könnte sich die IKT auf die ökologische Nachhaltigkeit in der EU bis 2020 auswirken?

## Göteborg-Umweltindikatoren

- Transport
- Modal split
- Energieverbrauch
- erneuerbare Energien
- Klimawirksame Emissionen
- Siedlungsabfälle

Screening

Szenarien

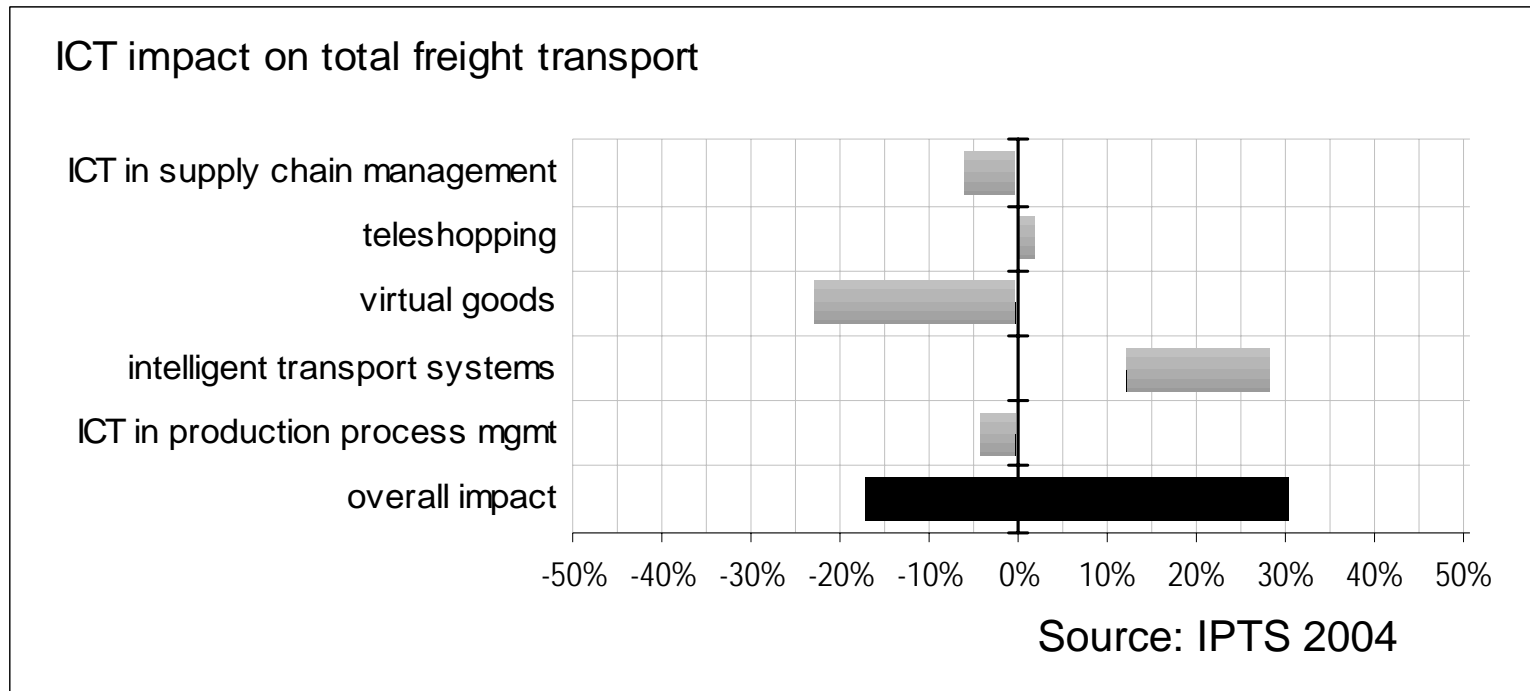
Validierung

Modellierung

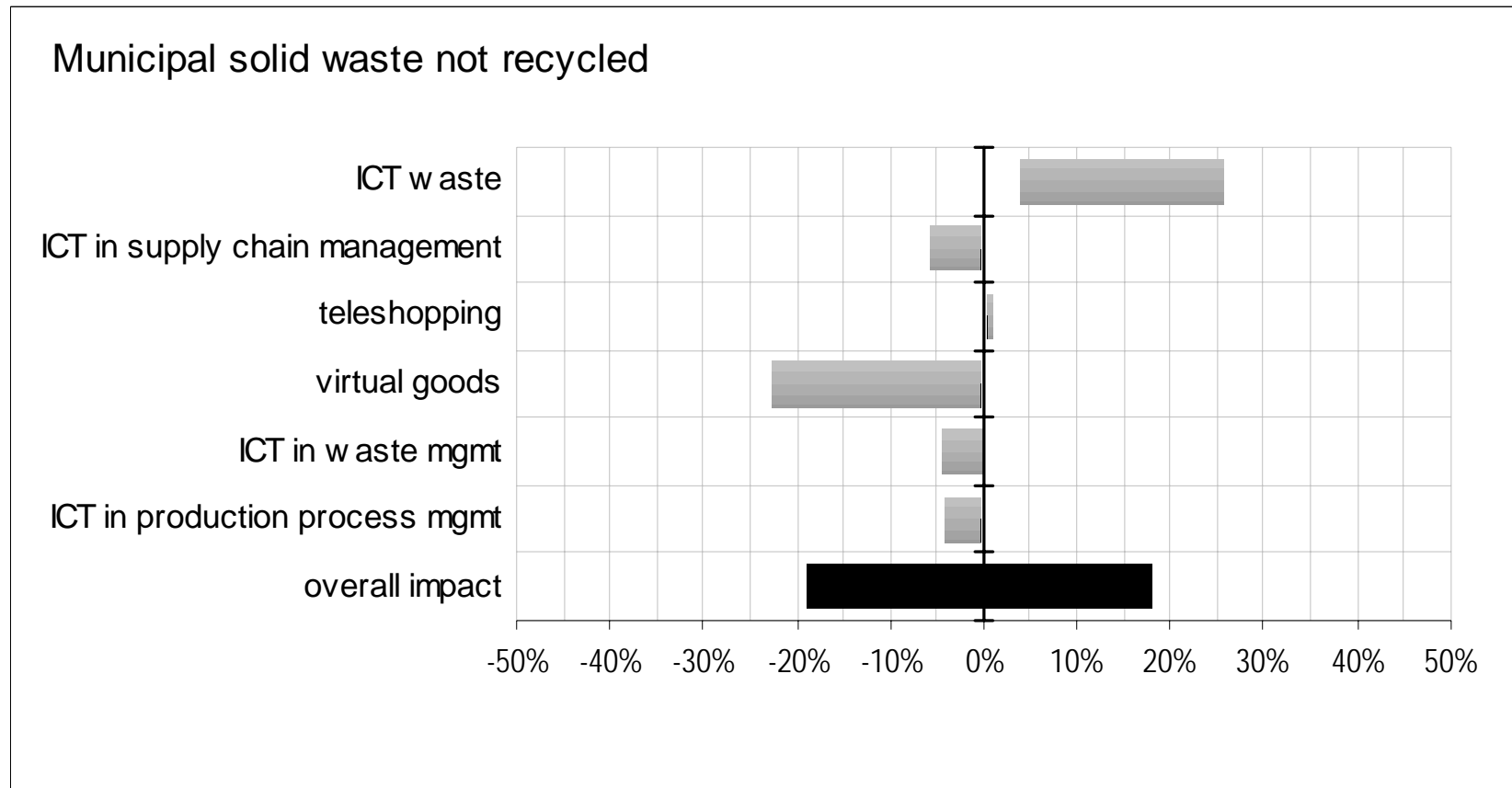
Quelle: IPTS 2004

# EU 2020: Product-to-service shift & Dematerialisierung

---



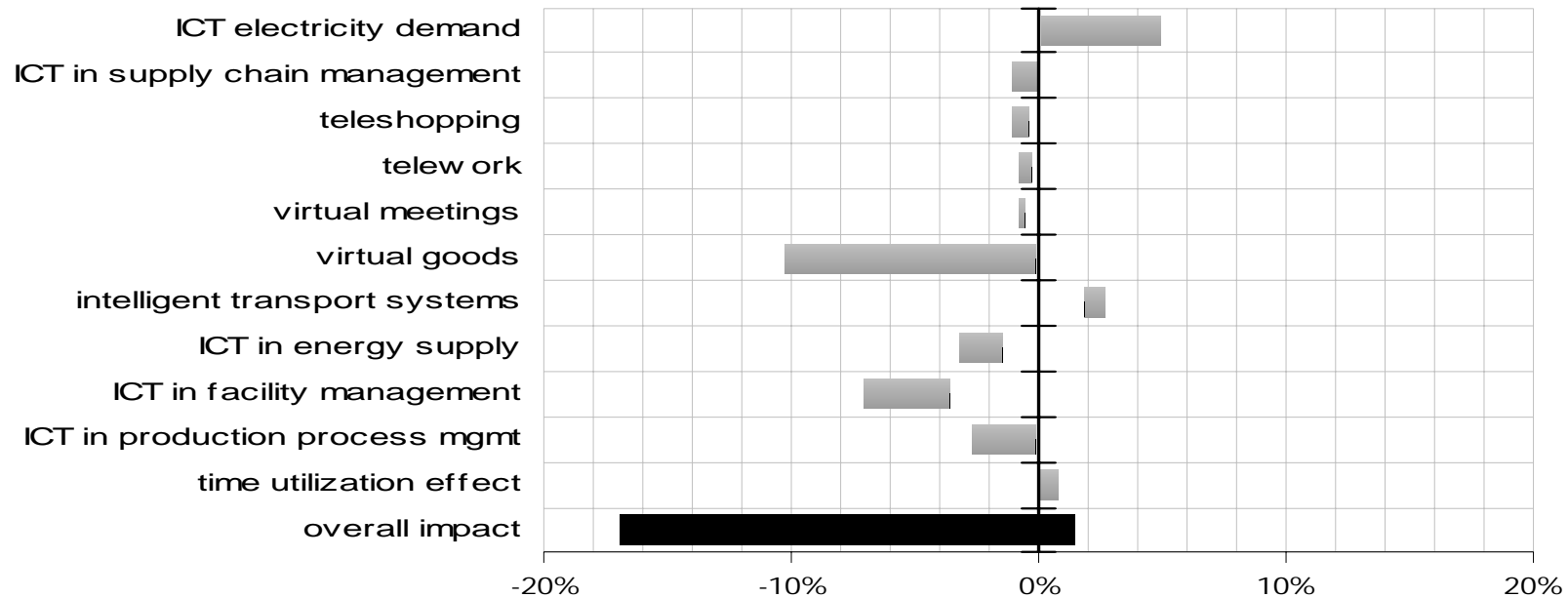
# EU 2020:Siedlungsabfälle



Quelle: IPTS 2004

# EU 2020: Einfluss von IKT auf treibhauswirksame Emissionen

ICT impact on greenhouse gas emissions



Quelle: IPTS 2004

# Schlussfolgerungen

---

1. **Umweltschutzerwägungen spielen bislang keine nennenswerte Rolle (organisierte Verantwortungslosigkeit).**
  2. **Hohe Potenziale für nachhaltige Produktnutzungssysteme und Dematerialisierung**
  3. **Herausforderung: Reboundeffekte**
  4. **Umgang mit Unsicherheiten, systemischen Risiken und Zukunftsoptionen (z.B. innovative Technikbewertung)**
  5. **Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in frühen Phasen von Innovationsprozessen**
  6. **Verbindung: Pervasive Computing & Sustainable Development policies (EU-level)**
-

Weitere Informationen kostenlos abrufbar unter:

---

[www.sustainable-ict.info](http://www.sustainable-ict.info)

[www.izt.de](http://www.izt.de)