

# Von der Macht der Algorithmen und den technologischen Kernelementen der digitalen Bildung

Prof. Dr. Ulrich Trottenberg

**Interscience GmbH** – Partner für Wissenschaft und Wirtschaft

**Fraunhofer SCAI** – Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen  
**Mathematisches Institut, Univ. zu Köln** – Angewandte Mathematik

Mensch | Macht | Maschine  
Jugendschutz und Ethik in Zeiten der Digitalisierung  
AJS – Arbeitsgemeinschaft Kinder- und Jugendschutz NRW e.V.  
10. Juli 2018

## Digitale Schlagworte

- Industrie 4.0
- Internet der Dinge (IoT)
- Zukunftsstadt, Smart City
- Big Data
- Maschinelles Lernen
- Künstliche Intelligenz, Autonome Systeme

---

## Auswirkungen auf

- Arbeitswelt, neue Berufszweige
- Wirtschaft, neue Branchen
- Wissenschaft, Medizin
- Politik, Verwaltung
- *Bildung, Kultur*
- Lebenswelt jedes Einzelnen
- ...

## Technologieentwicklung

- Rechner
- Netze
- Daten
- *Algorithmen*

## Rechner

- Moore's law (1965):  
Leistungssteigerung Faktor 2 in 18 Monaten
  - Faktor 10 in 5 Jahren
  - Faktor 1.000.000 in 30 Jahren

## Netze

- E-Mail seit 1971
- Internet (http...) seit 1993
- Flächendeckende Glasfasernetze bis 2020
- € 5 Mrd. Infrastruktur-Ausbau für Schulen
- „Gigabit Gesellschaft“ 2025 (Giga = 1 Mrd.)

## Heute:

- IPv4:  $256^4=2^{32}=$  ca. 4.300.000.000 Adressen

## Internet der Dinge:

- IPv6:  $2^{128} =$  ca. 340.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 Adressen

## Daten

- Datenexplosion : 5 ZettaByte (Zetta =  $10^{21}$  )
- (DVD Stapel, 4 x von der Erde bis zum Mond)

## Beispiele:

- Google Suchanfragen: 4 Mill./min
- Facebook Einträge: 40 Mill./min
- Instagram Fotos: 50.000/min
- YouTube Videomaterial: 400 h/min

## Algorithmen

Herkunft des Wortes:

- *Al-Chwarizmi* (780 – 840, Bagdad), Universalgelehrter

Definition:

- Eindeutige Handlungsvorschrift, die aus endlich vielen Einzelschritten besteht und *terminiert*, zur Lösung eines Problems.



---

## Alltägliche, nichtmathematische Beispiele

- Kochrezept
- Wegbeschreibung
- Anleitung zum Regalaufbau

## Typen von Algorithmen

- Elementare
- Mathematische (Berechnung)
- Informatische (Daten)
- Interdisziplinäre, Kombinationen

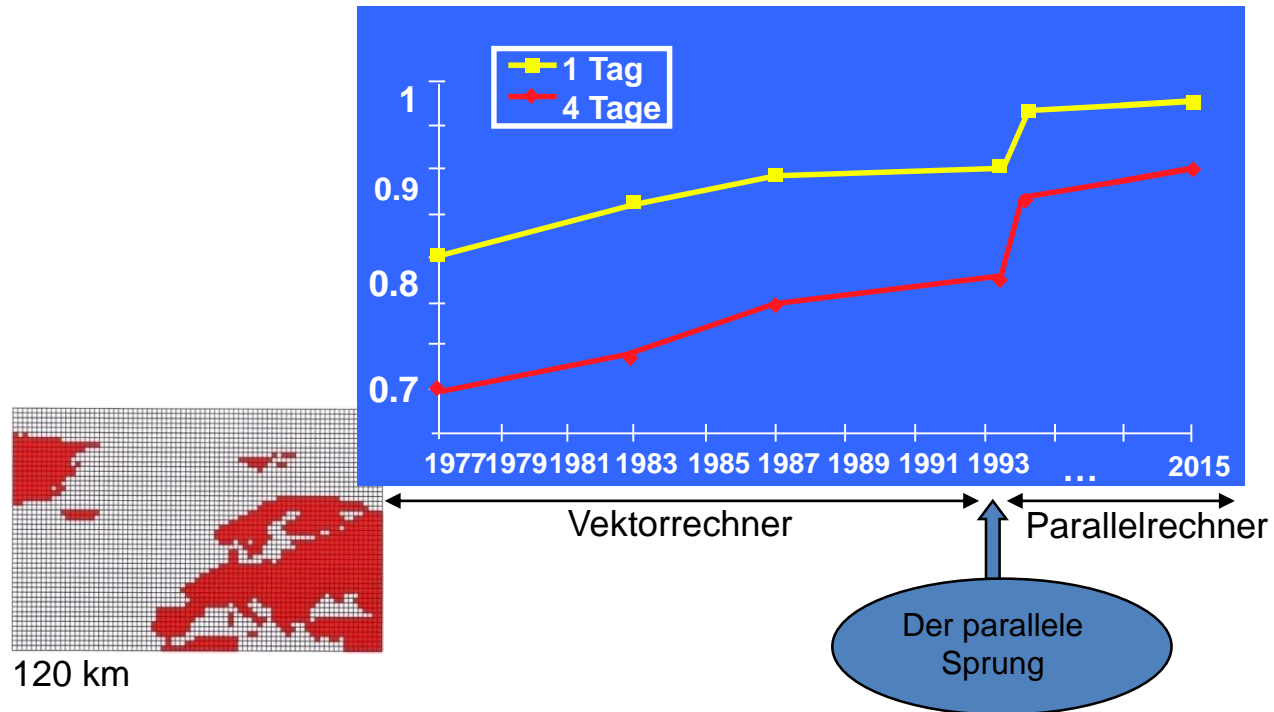
## Elementare Algorithmen

- Schriftliche Multiplikation
- Euklidischer Algorithmus (2300 Jahre alt, Berechnung des ggT. zweier ganzer Zahlen)
- 0/1 Codierung
- ...

## „Mathematische“ Algorithmen

- Numerische Simulation: math. Modell + Berechnung
  - Numerik, Statistik, Optimierung, ...
- Anwendungen in
  - Natur-, Ingenieur-, Wirtschaftswissenschaften
- Beispiele:
  - Crash Simulationen
  - Wetter-, Klimaprognose
  - Optimierung
- „Schnelle“ Algorithmen: von  $\sim N^2$  zu  $\sim N$  Operationen

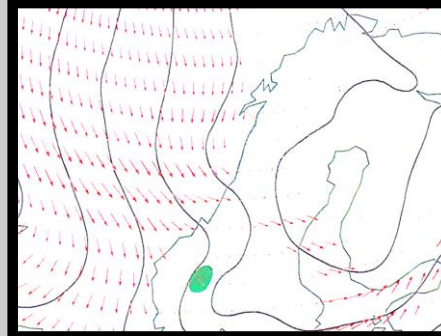
## Die Qualität von Wettervorhersagen



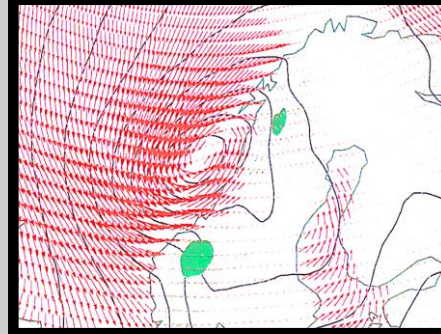
## Verfeinerung der Auflösung

Sturm über  
Norwegen

120 km Auflösung

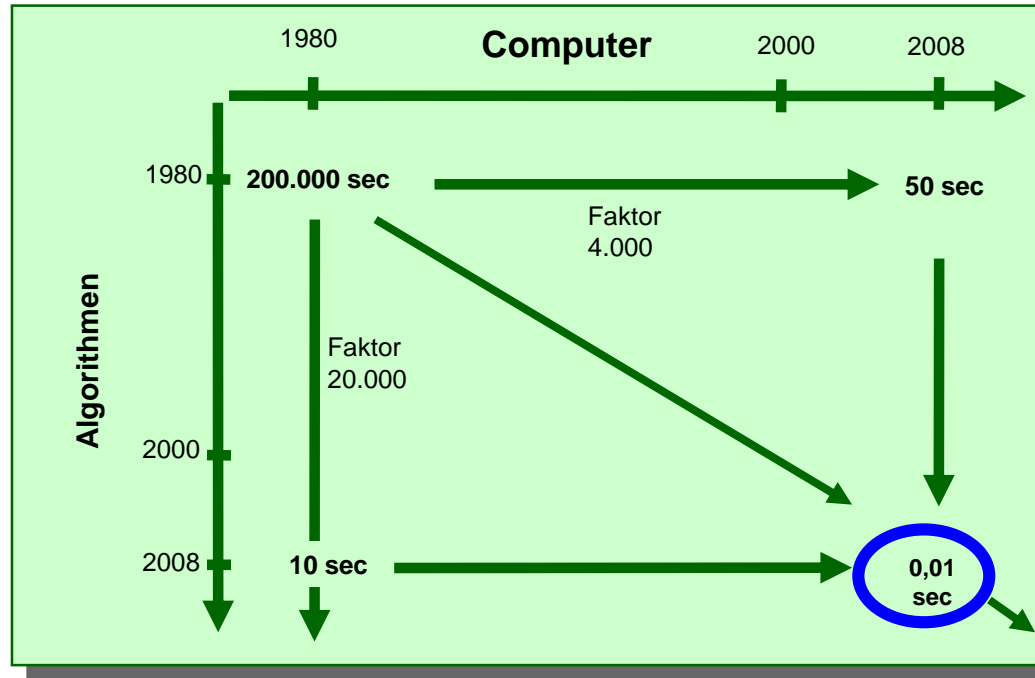


60 km Auflösung





# Algorithmen versus Hardware



Poisson-artige Gleichung

---

## „Informatische“ (diskrete) Algorithmen

- Daten„verarbeitung“: Datenbanken
  - Suchen und Sortieren
- Datenkompression
- Datenanalyse, insb. für BigData
  - Informationsextraktion, Knowledge Discovery
  - Data-Mining (Finden neuer Muster)
  - Maschinelles Lernen (z.B.: Klassifizierung)
  - Deep Learning

---

## Interdisziplinäre Algorithmen, Kombinationen

- GPS (Geographie, Relativitätstheorie)
- mp3 (Akustik)
- ...
- KI (Deep Blue 1996, AlphaGo 2016, Gesichts- und Stimmungserkennung)
- „Technological Singularity“ 2045? (Ray Kurzweil)
- DRL (Murray Shanahan)
- ...



---

## Digitale Bildung (gesamte Bildungskette)

- Digitales Basiswissen
- Algorithmisches Verständnis
- Erlernen einer Programmiersprache
- Calliope, Roberta Light, Erlebe IT

## Repräsentative Algorithmen (für Schule und Lehrerausbildung)

- MINT-Kinderzimmer, Dynamische Labyrinth (KiTa, Grundschule)
- Schriftliche Rechenverfahren (elementares Rechnen; Grundschule)
- **0/1-Darstellung beliebiger Dezimalzahlen (elementares Rechnen; Grundschule)**
- Euklidischer Algorithmus (elementare Zahlentheorie; Grundschule)
- Gaußscher Algorithmus (lineare Algebra, elementare Numerik; Sek I)
- Matrixmultiplikation (lineare Algebra; Sek I)
- Iterative Lösung linearer Gleichungssysteme (elementare Numerik; Sek I)
- Schnelle Lösung linearer Gleichungssysteme (Analysis, Numerik; Sek II)
- Elementare Verschlüsselung, z.B. „Caesar“ (elementare Kryptographie; Grundschule)
- **RSA-Verschlüsselung (elementare Zahlentheorie; Sek I/II)**
- Suchen und Sortieren (Sek I)
- **Kürzeste Wege, z.B. „Christofides-Heuristik“ (elementare Optimierung; Sek I)**
- TSP (Optimierung, P/NP-Problematik; Sek I/II)
- Simplex-Verfahren (lineare Optimierung; Sek II)
- Verkehrs-/Stausimulation, zelluläre Automaten etc.; (Sek I/II)
- Absorb. Markow-Ketten (elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung; Sek I/II)
- **mp3 (Analysis, Fouriertransformation, Akustik etc.; Sek I/II)**
- Datencodierung, -kompression (Grundschule; Sek I/II)
- **GPS (Analysis, Relativitätstheorie, Sek I/II)**
- Interpolation: Polynom-, Spline-Interpol. etc. (Analysis, Numerik; Sek I/II)
- Wavelets (Analysis, Numerik; Sek II)
- **Google Page Ranking (lineare Algebra, Analysis; Sek II)**
- SVM (Klassifizierung, Statistik, Informatik; Sek II)
- **PCA, SVD (multivariate Statistik; Sek II)**
- Lernen mit Kernen (maschinelles Lernen; Sek II)
- **Deep Learning (mehrschichtige Neuronale Netze; Sek II)**
- Quantum Computing (Sek II)

## Risiken, Bedrohungen

- Ausspähung, Persönlichkeitsrechte?, Verschlüsselung?
- Kontrolle über eigene Daten?, Löschung?
  
- Hackerangriffe, Datenschutz, Programmierfehler
- „Darknet“
  
- Algorithmische Entscheidungen (ADM)
  - Bewerberselektion, Bankkredite, Versicherungsbedingungen,...
  - Börsenhandel (HFT)
  
- Cambridge Studie 2015
- (Persönlichkeitsanalyse über Facebook-Likes)
  
- Fehlende digitale Aufklärung der Öffentlichkeit, Leichtfertigkeit

## Fazit

- Was wollen wir? Was wollen wir nicht?
- Gestaltung der digitalen Entwicklungen
- Gesellschaft, Presse, Politik und Technologie
- **Digitale Aufklärung und Bildung**
- *Digitale Bildung und „Medienkompetenz“ ohne algorithmisches Verständnis bleibt substanzlos.*

Vielen Dank für Ihr Interesse  
und Ihre Aufmerksamkeit.