Dynamische Algorithmen

Neue Werkzeuge für Big Data

Sebastian Forster geb. Krinninger

OCG Horizonte Spezial

Paris Lodron Universität Salzburg

Zur Person

2015	PhD Universität Wien
	Heinz Zemanek Preis
2015	Postdoc UC Berkeley
2016	Postdoc Max-Planck-Institut
2017	Ass.-Prof. Uni Salzburg
2020	ERC Starting Grant

Forschungsgebiet: Big-Data Algorithmen

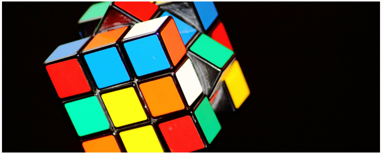
Paradigmenwechsel

Herangehensweise

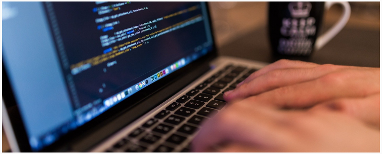
Umgebung

Modellierung

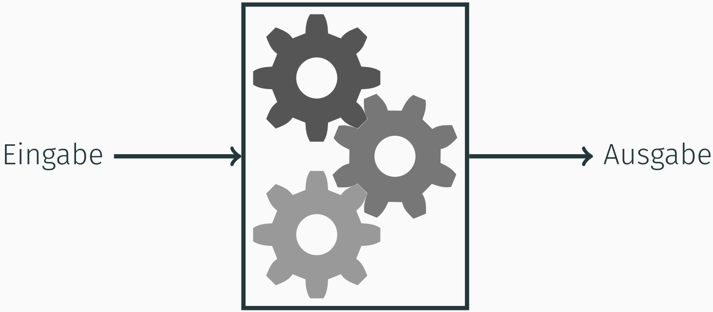
Algorithmenentwurf



Implementierung



Statische Algorithmen

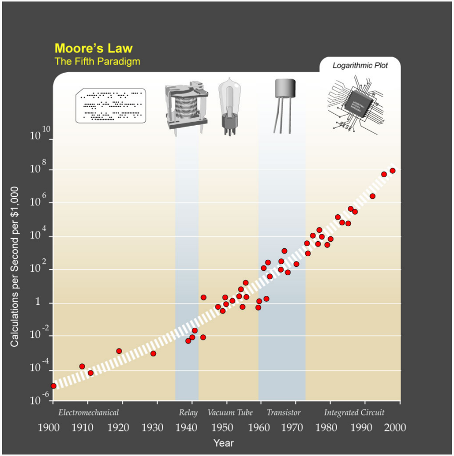


Dynamische Umgebungen

Dynamische Umgebungen

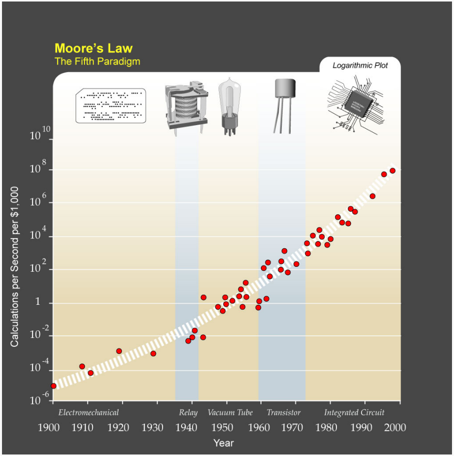
Ca. 50 % aller Anwendungen für große Graphen dynamisch [Sahu et al. '17]

Moore's Law



Moore's Law
The Fifth Paradigm
Logarithmic Plot
Calculations per Second per $1,000
10^10
10^8
10^6
10^4
10^2
1
10^-2
10^-4
10^-6
Electromechanical
Relay
Vacuum Tube
Transistor
Integrated Circuit
1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000
Year

Moore's Law



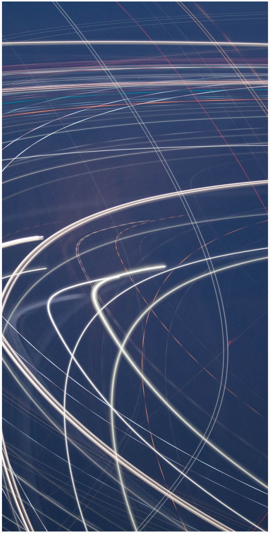
Ende von Moore's Law

Wachsende Anforderungen können nicht mehr mit zukünftigem Anstieg an Rechenleistung kompensiert werden.

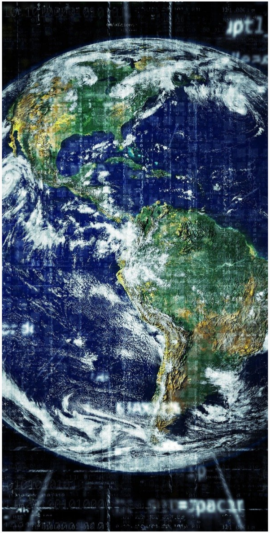
Big Data

Die drei V’s

Volume

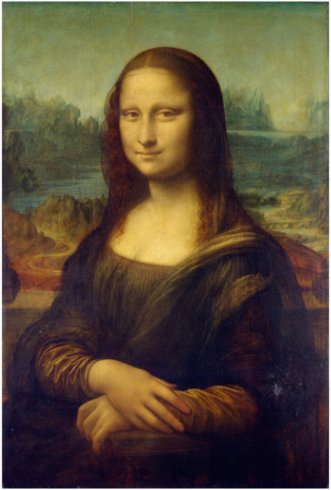


Velocity



Variety

Sketching-Verfahren



$\approx$

Zeit

Ziel

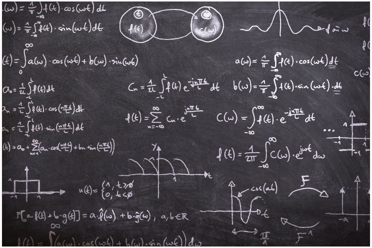
Entwurf von Algorithmen, die schnell auf Veränderungen in den Eingabedaten reagieren

Zeit

Ziel

Entwurf von Algorithmen, die schnell auf Veränderungen in den Eingabedaten reagieren

Messung



Mathematische Analyse

Beispiele

Warm-Up: Moving Average

Messwerte: $s_1, s_2, \ldots, s_n$

Mittelwert der aktuellsten k Werte: $\bar{s}_{n,k} = \frac{s_n + s_{n-1} + \cdots + s_{n-k+1}}{k}$

$\rightarrow$ k Rechenoperationen

Warm-Up: Moving Average

Messwerte: $s_1, s_2, \ldots, s_n$

Mittelwert der aktuellsten k Werte: $\bar{s}_{n,k} = \frac{s_n + s_{n-1} + \cdots + s_{n-k+1}}{k}$

$\rightarrow$ k Rechenoperationen

Äquivalente Formel:

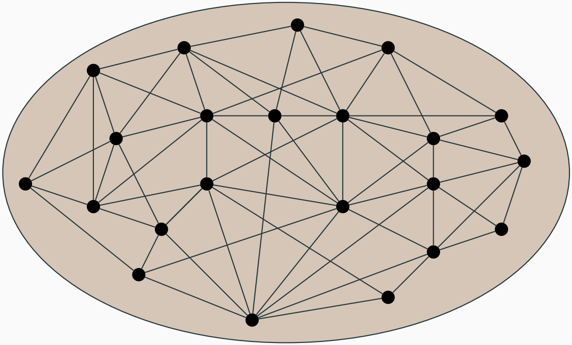
$\bar{s}_{n,k} = \bar{s}_{n-1,k} + \frac{1}{k}(s_n - s_{n-k})$

$\rightarrow$ 3 Rechenoperationen

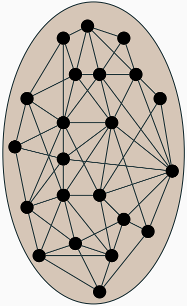
Effizienzgewinn!

Kürzeste Wege

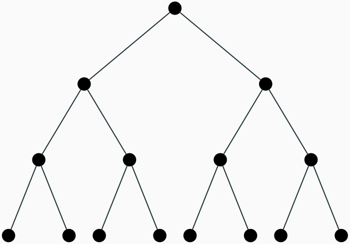
Kürzeste Wege



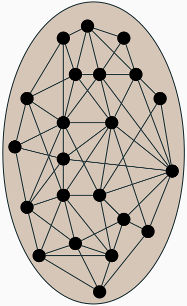
Distanz-Sketch



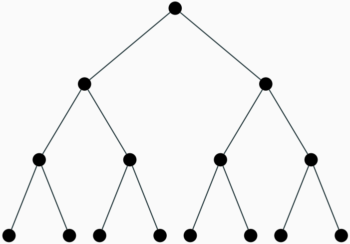
$\approx$



Distanz-Sketch



$\approx$



Ziel

Schnelle Aktualisierung des Distanz-Sketches nach Hinzufügen oder Entfernen von Verbindungen

[F, Goranci, Henzinger '21] [Bernstein, F, Henzinger '19] [F, Goranci '19] [Abraham, Chechik, K '17] [Bodwin, K '16], ...

Beispiel:

$$\begin{aligned} x_1 &+ x_2 &= 62 \\ x_1 &- 6 &= 4 \cdot (x_2 - 6) \end{aligned}$$

Beispiel:

$$\begin{array}{ccccc} x_1 & + & x_2 & = & 62 \\ x_1 & - & 6 & = & 4 \cdot (x_2 - 6) \end{array}$$

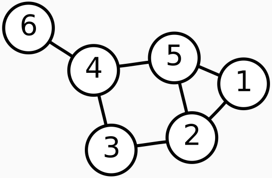
Allgemein:

$$\begin{array}{cccccccc} a_{11}x_1 & + & \ldots & + & a_{1n}x_n & = & b_1 \\ a_{21}x_1 & + & \ldots & + & a_{2n}x_n & = & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1}x_1 & + & \ldots & + & a_{mn}x_n & = & b_m \end{array}$$

- Koeffizientenmatrix A
- Vektor der Unbekannten x
- Vektor der rechten Seite b

Laplace-Matrizen

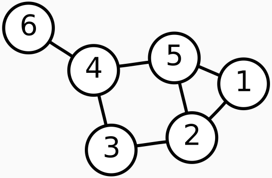
$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & -1 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



- Spezielle Klasse von Gleichungssytemen
  Effiziente Näherungslösungen [Spielman/Teng ’04]
- Diskrete Version des Laplace-Operators
  Diskretisierung von Differentialgleichungen

Laplace-Matrizen

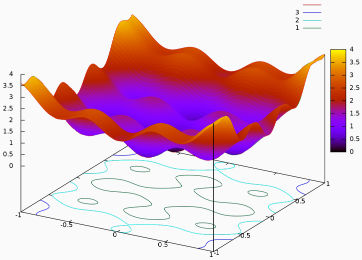
$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & -1 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



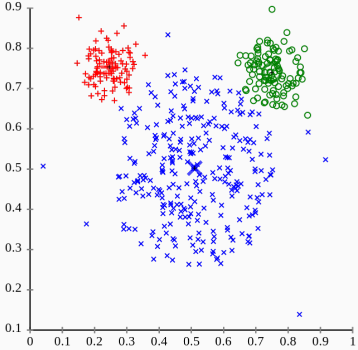
- Spezielle Klasse von Gleichungssytemen
  Effiziente Näherungslösungen [Spielman/Teng ’04]
- Diskrete Version des Laplace-Operators
  Diskretisierung von Differentialgleichungen
- Anzahl der Nichtnulleinträge kann durch Sketching stark reduziert werden
- Sketch kann dynamisch aktualisiert werden
  [Abraham/Durfee/Koutis/K/Peng ’16]

Ausblick

Neueste Entwicklungen



Optimierung



Clustering

Technologietransfer

Grundlagenforschung:

- Formale Herangehensweise
- Experimentelle Analysen
- Idealisierte Probleme
- Proof of Concept

Technologietransfer

Grundlagenforschung:

- Formale Herangehensweise
- Experimentelle Analysen
- Idealisierte Probleme
- Proof of Concept

Anwendungen:

- Einsatzgebiete?
- Neue Möglichkeiten?

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

forster@cs.sbg.ac.at