



max planck institut
informatik

Ideen und Konzepte der Informatik

Websuche

Kurt Mehlhorn



Suchmaschinen

- Google seit 1998
- Altavista etwas früher
- Google: 4 Mio. Anfragen / Minute
- 90% Marktanteil in Deutschland

Ich erkläre die Grundzüge der Google-Suchmaschine:
keine Personalisierung, keine Tagesnachrichten, ...

Websuche

- **Eingabe:** einige Worte, z. B. Kurt Mehlhorn
- **Ausgabe:** die **wichtigsten** Webseiten, die die Schlüsselwörter enthalten
- **Qualitätsmaß:** Nutzerzufriedenheit
- Webseiten bestehen aus Inhalt und Verweisen; Content und Links

Wichtige Anmerkung

- Existierende Suchmaschinen (Google, Bing, ...) haben kein Textverständnis
 - Suche nach **Kurt Mehlhorn Ehefrau** kein Ergebnis
 - Suche nach **Kurt Mehlhorn married to** Ena Mehlhorn
- Sie finden Webseiten, die gegebene Suchworte (search keys) enthalten und ordnen diese geschickt an (das ist die Leistung)
- Aktuelle Forschung: Textverständnis

Beispiel: Google-Suche nach Kurt Mehlhorn in 2011

- Ca. 600 000 einschlägige Webseiten (in Italien); die Ausgabe beginnt mit

[Kurt Mehlhorn - Max-Planck-Institut für Informatik](http://www.mpi-inf.mpg.de/~mehlhorn/)

www.mpi-inf.mpg.de/~mehlhorn/ - [Traduci questa pagina](#)

20 Jun 2011 – The homepage of *Kurt Mehlhorn*, a director of the Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken in Germany.

[Contact Information](#) - [Publications](#) - [Teaching](#) - [Data Structures and Algorithms](#)



[Kurt Mehlhorn - Wikipedia, the free encyclopedia](http://en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Mehlhorn)

en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Mehlhorn - [Traduci questa pagina](#)

Kurt Mehlhorn (born August 29, 1949 in Ingolstadt, Germany) is a German computer scientist. He has been a vice president of the Max Planck Society and is ...

Drei Fragen

- 1) Woher kennen Suchmaschinen so viele Webseiten?
- 2) Wie finden Suchmaschinen die Webseiten, die Kurt und Mehlhorn enthalten?
 - Wie Seiten, die Mehlhorn enthalten?
 - Wie Seiten, die Kurt und Mehlhorn enthalten?
- 3) Wie finden sie die wichtigen Webseiten? (Fachbegriff für wichtig = relevant)

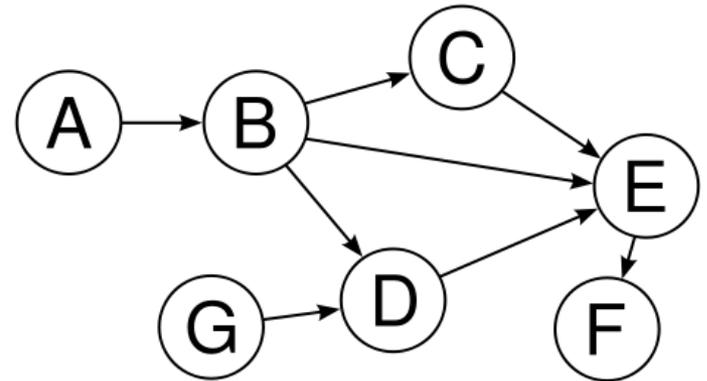
Web Crawler

- Kriechen übers Netz, indem sie von ein paar Startseiten (Seed Pages) ausgehend systematisch Verweisen (Links) folgen.
- Schicken eine Kopie jeder besuchten Seite zum Organisator des Webcrawls.
- **Ergebnis:** Google hat eine Kopie des ganzen erreichbaren Webs (mehrere Milliarden Seiten).

Graphen

Ein *Graph* besteht aus Knoten und Kanten.

Eine Kante verbindet zwei Knoten. Sie ist entweder gerichtet (Einbahnstraße) oder ungerichtet.



Straßennetzwerke, Firmengeflechte, Webgraph, Freundschaftsbeziehungen, Abhängigkeit von Aufgaben, ... kann man als Graphen darstellen.

Systematische Durchmusterung

$A \leftarrow$ Menge der Saatknoten

Solange es eine Kante (u,v) gibt mit u in A und v nicht in A

füge v zu A hinzu

Findet alle Knoten, die von den Saatknoten aus erreichbar sind.

Statt Kante sagt man auch Verweis oder Link.

Anordnung nach Relevanz

- Suchmaschinen haben eine Kopie des erreichbaren Webs.
- Sie nummerieren die Webseiten nach ihrer Wichtigkeit durch. Wie das geht, lernen wir später.
- Analogie: **Die wichtigsten Bücher der Weltliteratur.**

Die zweite Frage

- Wie kann man Seiten finden, die Kurt und Mehlhorn enthalten?
 - Wie Seiten, die Mehlhorn enthalten?
 - Wie Seiten, die Kurt und Mehlhorn enthalten?
- Dazu: Vorkommen von Worten in Texten und Vorkommenslisten.

Vorkommen von Worten in Texten

- **Text:** Adrian und Kurt unterrichten gemeinsam und ...

Sortieren der vorkommenden Worte ergibt:

- Adrian gemeinsam Kurt und und unterrichten

Nun kann man leicht für jedes Wort die Anzahl der Vorkommen bestimmen.

Vorkommenslisten

- **Text1:** Adrian und Kurt unterrichten und ...
- **Text2:** Adrian forscht
- Erzeuge Paare (Adrian 1), (und 1), ..., (Adrian 2), ...
und sortiere
- (Adrian 1), (Adrian 2), (forscht 2), (Kurt 1), ...
- Extrahiere Vorkommenslisten, etwa Adrian: 1 2
Kurt: 1

Geordnete Vorkommenslisten

- Für **jedes mögliche Suchwort** (jedes Wort im Duden, Eigennamen, ...) schreibt man auf, in welchen Dokumenten es vorkommt (> 1 Mio. Listen).
- Kurt: 94, 113, 217, 405,
- Mehlhorn: 20, 113, 405, 602,
- Kosta: 27, 405,
- Kleine Zahlen = wichtige Dokumente

Suche nach Mehlhorn

- Finde V-liste von Mehlhorn
(Binärsuche in der Menge aller V-Listen)

Mehlhorn: 20, 113, 405, 602,

- und gib sie aus (genauer: gib eine Kurzfassung der Dokumente mit diesen Nummern aus und Verweise auf das vollständige Dokument).

Suche nach Kurt Mehlhorn

- Finde V-listen von Kurt und von Mehlhorn
(Binärsuche)

Kurt: 94, 113, 217, 405,

Mehlhorn: 20, 113, 405, 602,

- Bestimme die gemeinsamen Einträge und gib sie aus:
113, 405, Mischen der beiden Listen.

Geht das wirklich so schnell?

- *Oxford English Dictionary*: 616,500 words
 - Binärsuche braucht $\log 616,500 \leq 20$ Schritte
- Kurt: 240 000 000 Dokumente, 0.14 sec
- Mehlhorn: 1 560 000 Dokumente, 0.14 sec
- Kurt Mehlhorn: 592 000 Dokumente, 0.33 sec
- V-Listen sind lang, aber man braucht nur die ersten 10 gemeinsamen Einträge; man findet sie durch Mischen der beiden Listen.

Wie viel Platz braucht man?

- Zeit geht, wie steht es mit Speicherplatz?
- 10^7 Schlagworte, je mit einer V-liste der Länge ca. 10^6 .
- Gesamtlänge $< 10^{13}$ Zahlen.
- Dieser Rechner kann $4.0 \cdot 10^9$ Zahlen speichern (150 Gbyte Platte).
- 2500 kleine Rechner reichen.

Anordnung nach Relevanz

- Wie ordnet man eine Milliarde Webseiten nach ihrer Relevanz? Was ist das wichtigste Buch?

- **Zentrale Idee:** Ignoriere den Inhalt und konzentriere dich auf die Links

Gestalt einer Webseite

- Text und Verweise (Links).
- Die Links verweisen auf andere Webseiten.

- **Bestimmung von Relevanz:** vergessen Inhalt, konzentrieren uns auf die Verweise.

Das Prinzip von Pagerank

Eine Seite ist wichtig, wenn wichtige Seiten auf sie zeigen

Ein Mensch ist wichtig, wenn wichtige Leute ihn für wichtig halten



Jon Kleinberg (98),

Sergey Brin / Larry Page (98)



Vom Ergebnis her denken

- b_w = Relevanz der Seite w
- Wir tun so, als ob wir schon wüssten, dass es diese Größe gibt, und fragen uns nach ihren Eigenschaften, etwa:
 - Wenn ich Relevanz b habe und auf 5 andere Seiten zeige, dann gebe ich an jede Relevanz weiter.

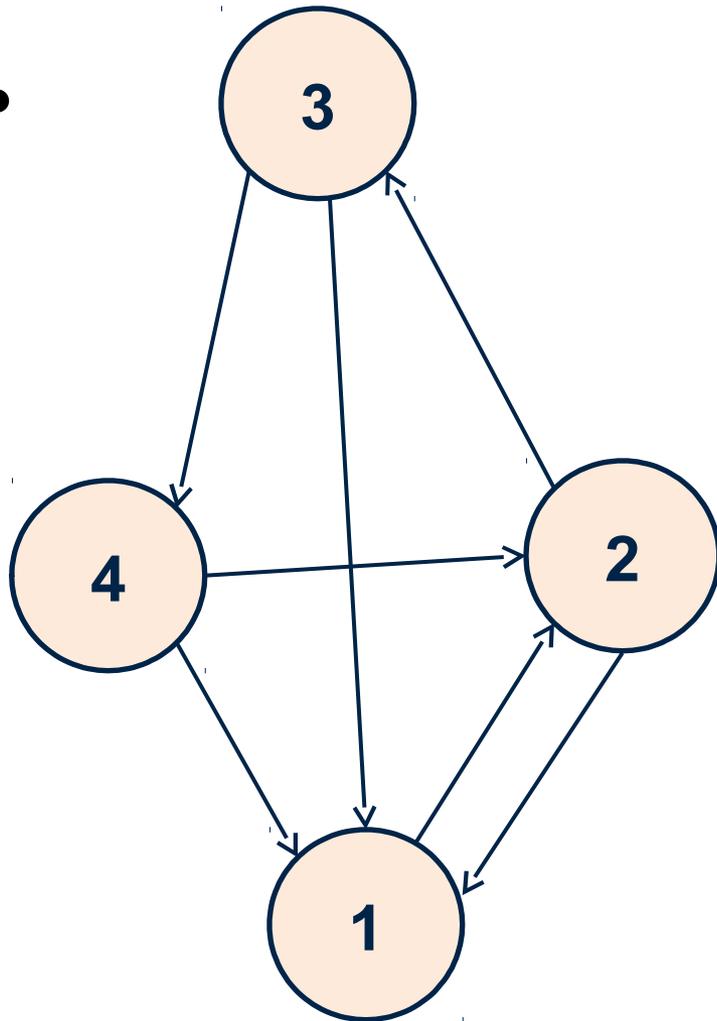
Etwas genauer

b_w = Wichtigkeit der Seite w

- Jede Seite w gibt an jeden Nachfolger den gleichen Bruchteil seiner Wichtigkeit weiter.
 - (also bei 3 Nachfolgern, jedem $\frac{1}{3}$)
- Jeder Knoten sammelt die ihm mitgeteilte Wichtigkeit auf; w sammelt s_w auf.

Forderung: $b_w = s_w$

Beispiel



$$b_1 = s_1 =$$

$$b_2 = s_2 = b_1 + \frac{b_4}{2}$$

$$b_3 = s_3 = \frac{b_2}{2}$$

$$b_4 = s_4 = \frac{b_3}{2}$$

$$b_1 = \frac{7}{21}, \quad b_2 = \frac{8}{21}, \quad b_3 = \frac{4}{21}, \quad b_4 = \frac{2}{21}$$

Wie berechnen?

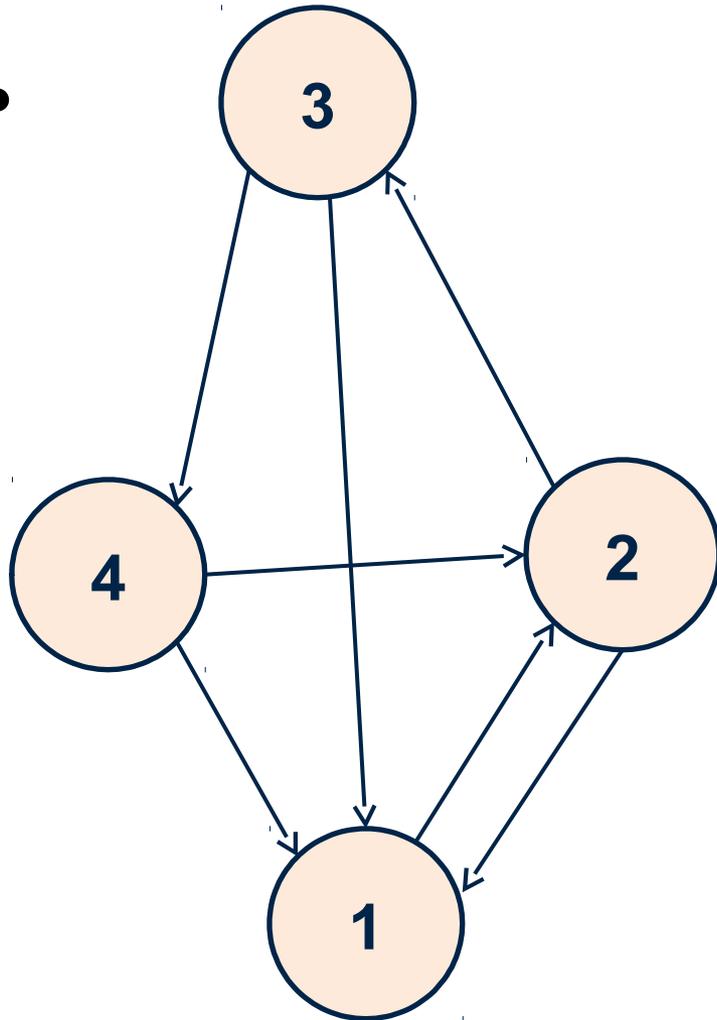
1. Man stellt das Gleichungssystem auf und löst es: sehr aufwendig
2. Man simuliert das System.

Simulation

- Gib jedem Knoten 1000 Wichtigkeitspunkte.
- Tue wiederholt
 - Jeder Knoten verteilt seine Wichtigkeitspunkte gleichmäßig auf seine Nachfolger.

b_w = Anzahl der Wichtigkeitspunkte nach vielen Simulationsschritten (normalisiert).

Beispiel für Simulation



$$b_1 = \frac{7}{21}, \quad b_2 = \frac{8}{21}, \quad b_3 = \frac{4}{21}, \quad b_4 = \frac{2}{21}$$

Werbung

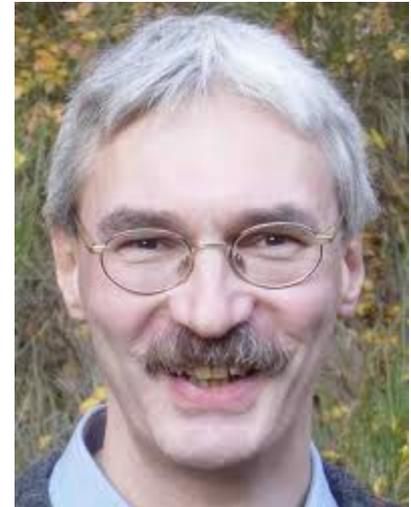
- Neben den Antworten der Suchmaschine gibt es auch noch „bezahlte Antworten (= Anzeigen)“.
- Hier bezahlen Firmen die Suchmaschine dafür, dass bei bestimmten Suchwörtern bestimmte Anzeigen gezeigt werden, etwa
 - Anfrage **Auto** führt zu Anzeige von autoscout24.de.
 - Wenn Nutzer auf die Anzeige klickt, wird die Suchmaschine bezahlt. Im Dollarbereich.
- Anzeigenplätze werden in einer Aktion versteigert.

Prinzipien der Websuche – Zusammenfassung

- Dokumente werden nach Wichtigkeit geordnet
- Wichtigkeit wird in einem selbst-referentiellen Prozess bestimmt
- geordnete V-Liste für jedes Schlagwort
- Suche: Finde V-Liste für jedes Schlagwort in der Frage und bilde Durchschnitt. Gib Dokumente in Reihenfolge aus.

Aktuelle Forschung

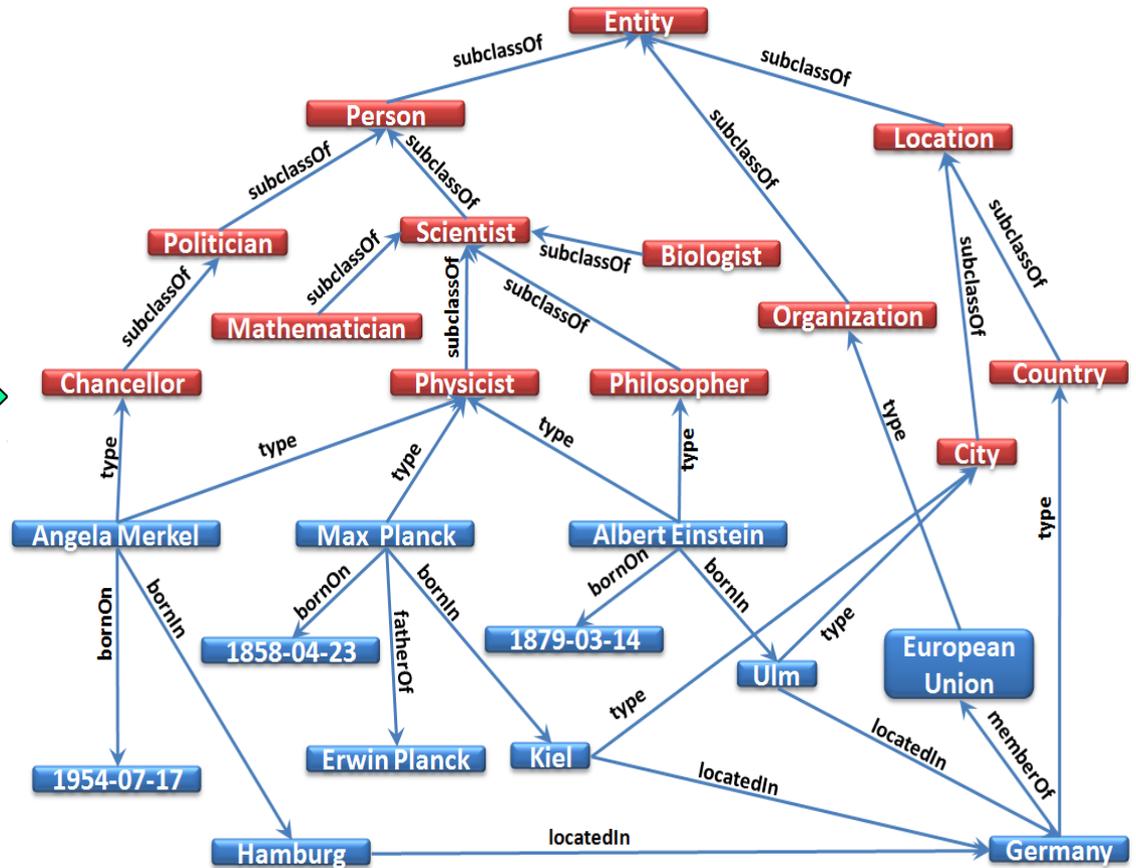
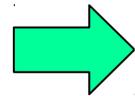
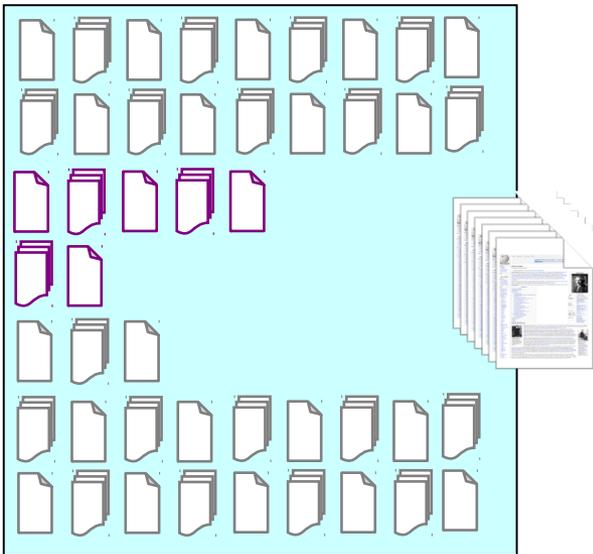
- Gerhard Weikum, MPI für Informatik
- Von Information zu Wissen



Schritt 1

- Benutze WordNet Kategorien:
 - Mann \leq Mensch \leq Säugetier \leq Tier
- Sammle Fakten:
 - KM ist Informatiker, KM geboren in Ingolstadt, KM verheiratet mit Ena, KM geboren 1949, KM Direktor MPI-INF, ...
 - beginne mit Wikipedia Infoboxen,
 - Dann einfache Aussagesätze in Texten.
- Großes Problem: Konsistenz

Approach: Harvesting Facts from Web



Beantwortung komplexer Fragen

- Wer war deutscher Nationaltrainer als Schweinsteiger geboren wurde?
 - Finde Geburtsjahr von Schweinsteiger
 - Finde Deutschen Nationaltrainer in diesem Jahr
- Was haben Manfred Pinkal, Michael Dell und Renee Zellwenger gemeinsam?
 - Finde ein X, mit dem Pinkal, Dell und Zellwenger in Relation stehen (born-in, lebt, arbeitet, studiert, verheiratet-mit)
- Politiker, die auch Wissenschaftler sind
 - Finde ein X, das sowohl Politiker als auch Wissenschaftler ist

...

Jeopardy! (dt. Gefahr)

- US Quizshow
- 3 Spieler
- Quizmaster stellt Fragen, Spieler drücken Buzzer
- Richtige (falsche) Antworten werden belohnt (bestraft)
- In 2011, IBMs Watson gewinnt.
- Its largest airport is named for a World Word II hero; its second largest, for a World War II battle.
- Almost exactly equal to the mass of 1000 cubic centimeters of water; it is a base unit in the metric system.
- Just add 273.15 to your Celsius readings to get this.



ENDE

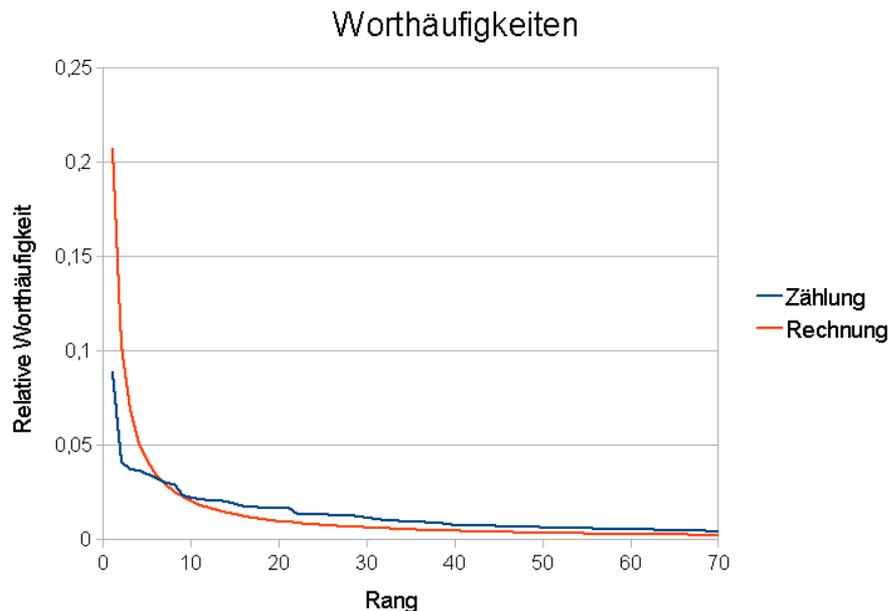


Große Textkorpora

- 30 Formen stellen 31,8 % der Wörter:
 - die, der, und, in, zu, den, das, nicht, von, sie, ist, des, sich, mit, dem, dass, er, es, ein, ich, auf, so, eine, auch, als, an, nach, wie, im, für
- Weitere 70 Formen stellen weitere 15,3 % der Wörter:
 - man, aber, aus, durch, wenn, nur, war, noch, werden, bei, hat, wir, was, wird, sein, einen, welche, sind, oder, zur, um, haben, einer, mir, über, ihm, diese, einem, ihr, uns, da, zum, kann, doch, vor, dieser, mich, ihn, du, hatte, seine, mehr, am, denn, nun, unter, sehr, selbst, schon, hier, bis, habe, ihre, dann, ihnen, seiner, alle, wieder, meine, Zeit, gegen, vom, ganz, einzelnen, wo, muss, ohne, eines, können, sei

Zipfsches Gesetz, Power Laws, 20 – 80 Regel

- 20% der Worte bilden 80% eines Texts
 - 4% = 20% von 20% bilden 64% ...
 - 0.8% bilden 51,2% ...



Gilt ähnlich auch für

- Verteilung von Vermögen
- Größe von Städten
- Einkommensverteilung
- Gesundheitskosten

Durchschnittswerte sind stark irreführend bei Zipfischer Verteilung

- Durchschnittsvermögen eines Deutschen = 88.000 Euro
- 10% verfügen über 61 Prozent
- 5% verfügen über 46%
- 1% verfügen über 23%
- 27% haben kein Vermögen

Zahlen von 2007