max planck institut
informatik

Ideen und Konzepte der Informatik

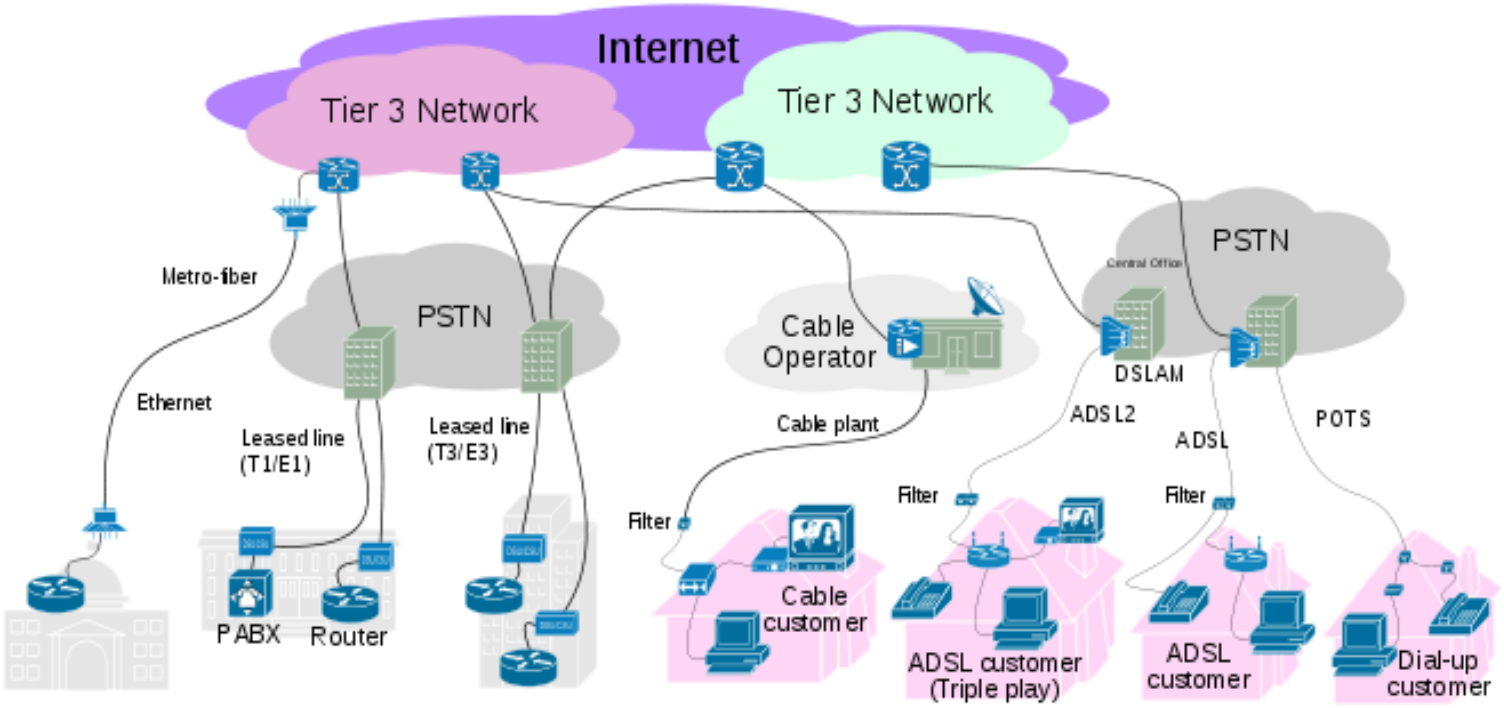
Das Internet

Kurt Mehlhorn

(viele Folien von Kostas Panagiotou)

Was passiert alles,

- wenn ich eine Webseite aufrufe?
- wenn ich eine E-Mail abschicke?



Überblick

- Datenübertragung
  - zwischen zwei Rechnern
  - zwischen Rechnern in einem Netzwerk
  - zwischen Netzen im Internet
- Aufbau von Webseiten
- Darstellung im Webbrowser
- E-Mail

Datenübertragung

- Bits werden als Spannung am Kabel übertragen, z. B. +5V = 1, –5V = 0
- … Oder per WLAN
- … Oder per Satellit
- … Oder per Brieftaube
- Unterschiede müssen für den Benutzer unsichtbar sein!

Konstruieren in Schichten

- Eine Schicht (Layer) bietet Dienste an höhere Schichten an und nutzt die Dienste der darunterliegenden Schicht zur Realisierung. Realisierung ist nach oben hin verborgen.
- Unterste Schicht setzt auf der physikalischen Realität auf.
- Klempner nutzt Rohre, Zangen, Bohrmaschine und bietet Installationsdienst für Häuser. Architekt nutzt Installationsdienst und bietet Bäder. Normen erleichtern die Zusammenarbeit

Schichten

- Link Layer
  - Abstrahiert von der Technik im lokalen Netz, von der Physik zum Bit
- Internet Layer
  - Verbindet das lokale Netz mit dem Netzanbieter, Transport ohne Garantien, vom Bit zu Paketzustellung
- Transport Layer
  - Fehlertolerante Datenübertragung
- Data Layer
  - Kommunikationsprotokoll zwischen Browser und Server, Dienste für den Endnutzer

Ethernet, ein populäres Netzwerk

- Kabelgebunden
- +5V = 1, – 5V = 0
- 100 – 1000 Millionen Bits pro Sekunde

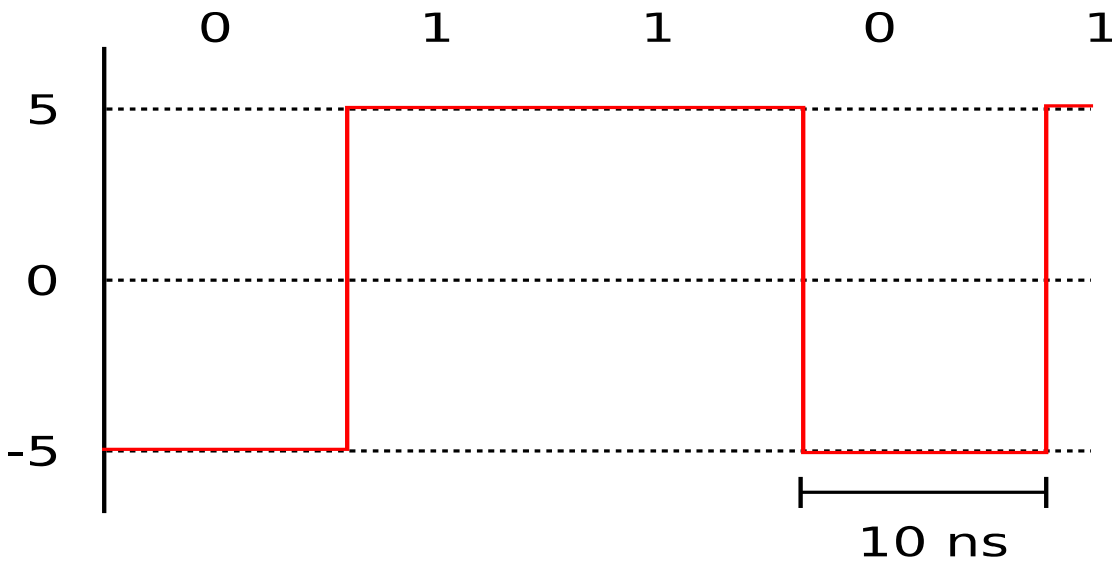


Abbildung ist stark idealisiert

Probleme

- Uhren:
  - Wann messe ich die Spannung?
  - Welche Uhrenqualität braucht man?
  - 1 000 000 Einsen = 10^{-2} Sekunden 5V, nicht 10^{-2} Sekunden + 10 ns
- Störungen
  - Sollte das eine 1 sein, oder hat jemand den Föhn angemacht?

Selbstsynchronisierung
billige Uhren tun‘s auch

- Uhren mit Nanosekundenpräzision sind teuer.
- Lösung: Nie zu lange 1 oder 0 senden, z. B.

Manchester-Kodierung:

- Kodiere 0 als 01 und 1 als 10
- Also 0001101 als 01010110100110
- In der kodierten Folge nie mehr als 2 gleiche Symbole hintereinander; Unterscheidung von 1 und 2 Takten reicht; selbstsynchronisierend

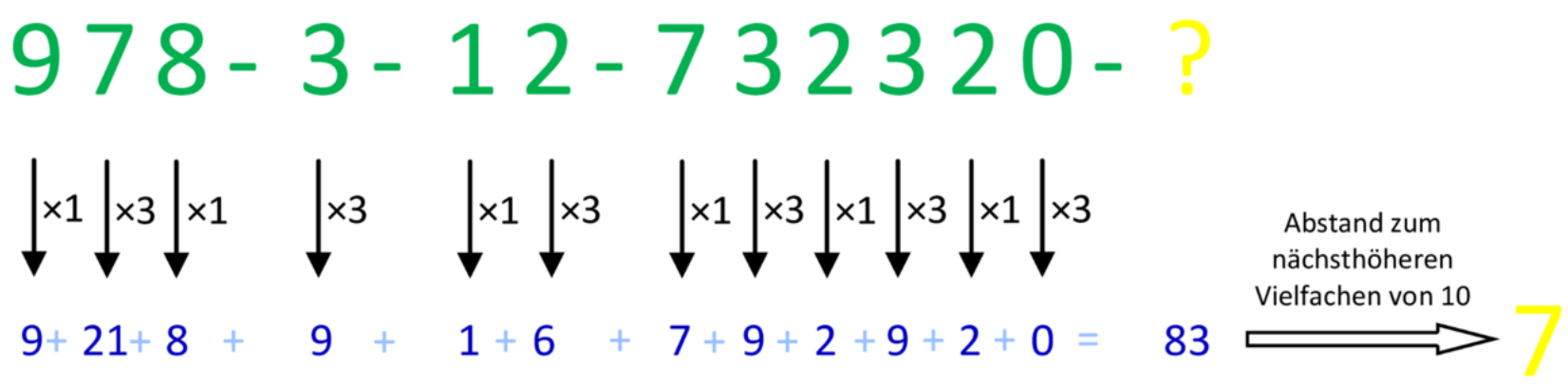
Störungen

- Übertragungsfehler passieren ständig
  - 1 Fehler pro 10 Millionen Bits = 10 Fehler/s
- Meistens: Viele Bits hintereinander falsch
- Bits werden in Pakete zusammengefasst
- Jedes Paket bekommt eine Prüfsumme; siehe nächste Folie
- Bei Fehlern im Paket: Neuübertragung

Prüfsummen

- Einfachste Prüfsumme = Quersumme
- besser (Zahlendreher): gewichtete QS

Beispiel: Prüfziffer bei der ISBN-13



Fehlerkorrigierende Kodes (Reed-Solomon)

- Ich will k Zahlen senden, z. B. $k = 128$; ich sende Zahlen statt Bits, weil das die Mathematik einfacher macht.
- Ich sende $k + 2d$ Zahlen.
- Bis zu d Zahlen dürfen bei der Übertragung korrumpiert werden. Trotzdem kann der Empfänger die k Zahlen rekonstruieren.
- Ich zeige das Prinzip für $k = 2$ und $d = 2$. Es gibt auch noch Folien für $k = 3$ und $d = 2$ zum Selbststudium.

Mathematischer Hintergrund (k = 2)

- Eine Gerade ist durch zwei Punkte bestimmt.
- Durch zwei beliebige Punkte geht eine Gerade.
- Stimmen zwei Geraden an zwei Punkten überein, so sind sie gleich.
- Zwei verschiedene Gerade schneiden sich höchstens einmal.

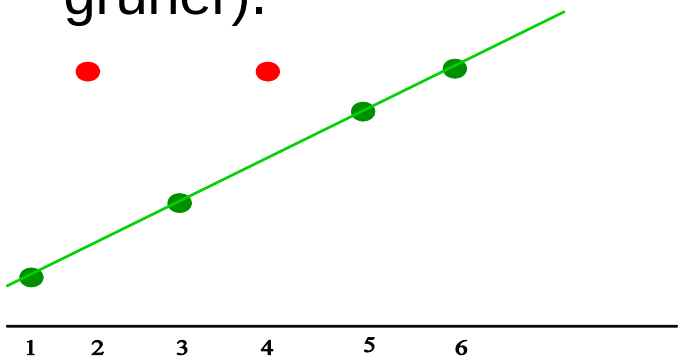
Fehlerkorrigierende Kodes (Reed-Solomon)

- Ich will 1 2 senden.
- Bestimme die eindeutige Gerade p mit $p(1) = 1$, $p(2) = 2$.
- $p(x) = x$.
- Sende 1 2 $p(3) = 3$, $p(4) = 4$, $p(5) = 5$, $p(6) = 6$.
- Bei der Übertragung passieren 2 Fehler. Der Empfänger erhält

  1 6 3 6 5 6

Fehlerkorrigierende Kodes (Reed-Solomon)

- Der Empfänger erhält 1 6 3 6 5 6. Für jedes Paar von Werten bestimmt er die Gerade. Es gibt 15 = 7 · 6/2 Paare.
- $p(1) = 1$, $p(3) = 3 \rightarrow$ richtige Gerade
- $p(1) = 1$, $p(4) = 6 \rightarrow$ falsche Gerade
- Auf der richtigen Gerade liegen 4 (grüne) Punkte. Auf einer falschen Gerade liegen höchstens 3 Punkte (zwei rote und ein grüner).



Also wird die richtige Gerade öfter gefunden als jede falsche.

Mehrheitsentscheid

Ein Geheimnis teilen

- Möchten Bob und Alice ein Geheimnis geben, so dass es einer allein nicht rekonstruieren kann.
- Sei *g* das Geheimnis. Wähle eine zufällige Zahl a und gib Bob die Zahl g – a und Alice die Zahl g + a.
- Zusammen können sie g bestimmen, da (g – a + g + a)/2 = g.
- Einer allein weiß gar nichts: g + a ist eine zufällige Zahl.

Mathematischer Hintergrund (k = 3)

- Ein Polynom vom Grad < 3 ist durch seine Werte an drei Stellen eindeutig bestimmt.
- Stimmen zwei Polynome vom Grad < 3 an drei Stellen überein, so sind sie gleich.
- Für drei Stellen darf man die Werte beliebig vorgeben: Interpolationspolynom.
- Zwei verschiedene Polynome vom Grad < 3 schneiden sich höchstens zweimal.

Mathematischer Hintergrund (k = 3)

- Ein Polynom vom Grad < 3 ist durch seine Werte an drei Stellen eindeutig bestimmt.
- $p(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$, Polynom vom Grad < 3; a_2, a_1, a_0 sind die Koeffizienten.
- $p(5) = 25a_2 + 5a_1 + a_0$.
- Falls $p(0) = 2, p(2) = 16, p(-1) = 4$, dann $a_2 = 3, a_1 = 1, a_0 = 2$.

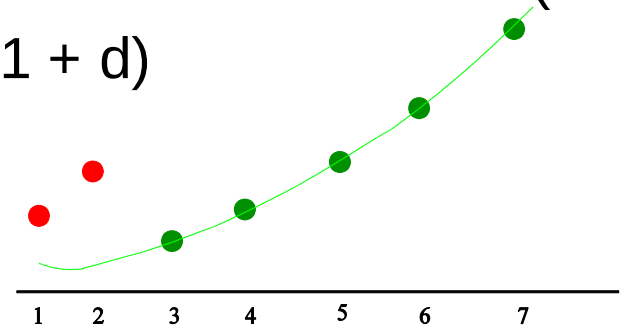
Fehlerkorrigierende Kodes (Reed-Solomon)

- Ich will 1 1 3 senden.
- Bestimme das eindeutige Polynom vom Grad < 3 mit $p(1) = 1$, $p(2) = 1$, $p(3) = 3$.
- $p(x) = x^2 - 3x + 3$
- Sende 1 1 3 $p(4) = 7$, $p(5) = 13$, $p(6) = 21$, $p(7) = 31$.
- Bei der Übertragung passieren 2 Fehler. Der Empfänger erhält

  4 7 3 7 13 21 31.

Fehlerkorrigierende Kodes (Reed-Solomon)

- Der Empfänger erhält 4 7 3 7 13 19 31. Für jedes Tripel von Werten interpoliert er. Es gibt 35 Tripel.
- $p(3) = 3$, $p(5) = 13$, $p(7) = 31 \rightarrow$ richtiges Polynom
- $p(1) = 4$, $p(5) = 13$, $p(7) = 31 \rightarrow$ falsches Polynom
- Auf dem richtigen Polynom liegen mindestens 5 Punkte (mindestens k + d). Auf einem falschen Polynom liegen höchstens 4 Punkte (zwei rote und zwei grüne, allgemein k – 1 + d)



Daher wird das richtige Polynom öfter gefunden als jedes falsche.

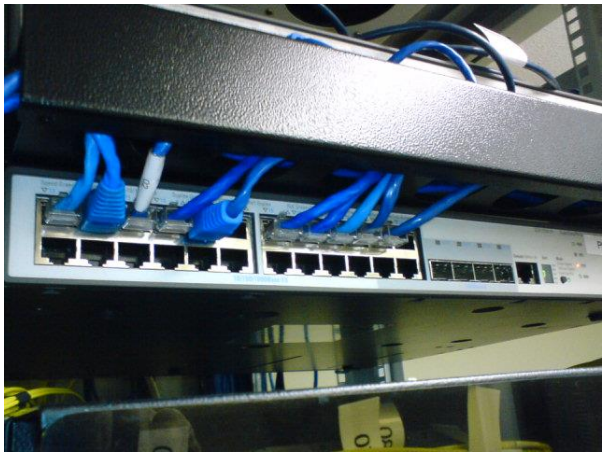
Mehrheitsentscheid.

Ein Geheimnis teilen

- Möchte n Personen ein Geheimnis geben, so dass es je k rekonstruieren können, aber $k - 1$ es nicht können.
- Sei g das Geheimnis. Wähle zufällige Zahlen a_1 bis a_{k-1} und bestimme das eindeutige Polynom p vom Grad $< k$ mit $p(0) = g$ und $p(i) = a_i$ für $1 \leq i \leq k - 1$.
- Gib der i-ten Person das Paar $(i, p(i))$, $1 \leq i \leq n$.
- Anwendung: g ist ein Schlüssel. Je k Teilnehmer können schließen, aber keine $k - 1$ können es.

MAC (media access control) Adressen

- Im Ethernet hört jeder alles auf der Leitung.
- Konfliktauflösung
- Jedes Gerät hat eine eindeutige MAC Adresse (von Geburt an).
- Datenpakete haben einen Adresspräfix. Prozessor holt sich die für ihn bestimmten Nachrichten von der Leitung.



Internet Protocol (IP)

- Bietet Paket-Kommunikation *zwischen* Netzwerken
- Egal ob die Technik gleich ist oder nicht (Ethernet vs. WLAN).
- Best Effort, keine Garantien:
  - Pakete gehen verloren
  - Pakete kommen doppelt an
  - Reihenfolge kann sich ändern

IP Adressen

- Wie Telefonnummern für Computer
- 32 Bits für die Adresse
  - Vier Zahlen zwischen 0 und 255
  - Zum Beispiel *139.19.14.56 = MPI-INF*
  - Regionales Clustering
  - Hat man nicht von Geburt an (MAC-Adresse), sondern bekommt man zugewiesen
- Ungefähr 4 Milliarden mögliche Adressen
- Bald aufgebraucht: Umstieg auf 128 Bits

IP Routing

- Jeder Router (Verteiler) hat eine Tabelle

Ziel	Link	Distanz
192.168.*.*	1	15
192.169.*.*	2	5
192.170.*.*	1	12

- Ist Ziel in meinem Netz? Direkt an MAC.
- Sonst in der Tabelle nachschlagen und auf entsprechendem Ausgabelink weiterleiten.

Routing Information Protocol

- Das Netz ändert sich ständig, z. B. Reparaturen oder neue Hardware.
- Router berechnen kontinuierlich kürzeste Pfade im Netz (kurz = wenige Hops).
- Alle 30 Sekunden: Tabelle an alle Nachbarn weiterreichen.
- Update: Wenn mein Nachbar einen deutlich besseren Weg zu einem Ziel kennt, schicke ich die entsprechenden Pakete in Zukunft an ihn.

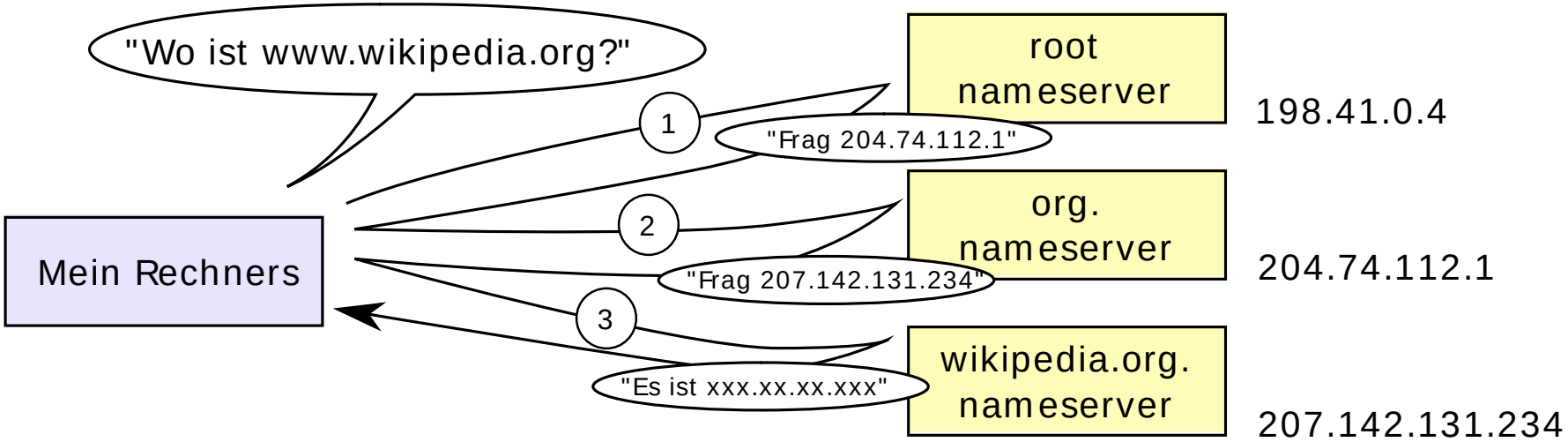
Transmission Control Protocol (TCP)

- Zuverlässige Datenübertragung zwischen Rechnern
  - Pakete nummerieren → Reihenfolge
  - Pakete mit Rückschein
  - Bleiben Bestätigungen aus → Neu senden

DNS

- Telefonbuch für IP Adressen
  - Übersetzt *www.google.de* in 173.194.35.151
- „Nameserver" speichern Tabellen
  - Tabelle enthält entweder Paar (Name, IP).
  - Oder Verweis auf Nameserver (mit .de gehst du besser zur Telekom).
  - Lokales Telefonbuch versus Auskunft.
- Jeder Computer hat eine Liste mit Nameservern.

Nachschlagen von Wikipedia.org



Man geht zuerst zum Root-Nameserver. Der verweist einen weiter.

Zwischenstand

- Ethernet und WLAN, um im lokalen Netzwerk zu reden.
- IP, um zwischen Netzwerken Pakete zu schicken.
- TCP, um zuverlässig über IP zu reden.
- DNS, um IP Adressen nachzuschlagen.

E-Mail

- Post an *mehlhorn@gmx.de* schicken.
- Mailprogramm fragt Nameserver nach *gmx.de* und schickt die E-Mail an *gmx.de*.
- gmx speichert alle E-Mails an mehlhorn in dessen Postfach.
- Ich hole sie von dort ab.

Hypertext Transfer Protocol, HTTP

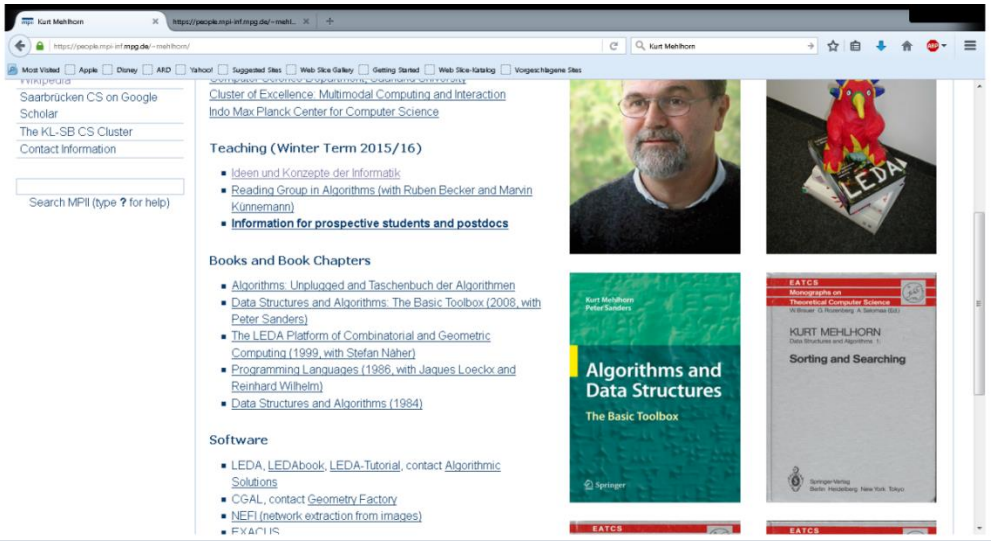
- HTTP ist ein Protokoll zur Übertragung von Daten auf der Anwendungsschicht über ein Rechnernetz.
- Es wird hauptsächlich eingesetzt, um Webseiten (Hypertext-Dokumente) aus dem World Wide Web (WWW) in einen Webbrowser zu laden.
- Webseiten sind in HTML kodiert.

Hypertext (HTML)

- „Sprache“, in der Webseiten beschrieben sind.
- Der Text legt die Struktur der Webseite fest (Überschriften, Gliederung in Abschnitte, Tabellen, …) aber nur die ungefähre Darstellung.
- Webseiten enthalten Text, Bilder, Verweise, klickbare Objekte, …
- Browser berechnet Details der Darstellung, etwa Zeilenumbrüche, ….

Ausschnitt aus meiner Webseite

```
<H2><A>Books and Book Chapters</A></H2>
<UL type=circle>
 <li><a href="AlgorithmsUnplugged.html">Algorithms: Unplugged and Taschenbuch der Algorithmen </a></li>
 <li><a href="Toolbox.html">Data Structures and Algorithms: The Basic Toolbox (2008, with Peter Sanders) </a></li>
 <li><a href="LEDAbook.html">The LEDA Platform of Combinatorial and Geometric Computing (1999, with Stefan N&auml;her)</a></li>
 </ul>
```



Dynamische Elemente

- Mausbewegungen, Klicks etc. werden vom Betriebssystem verwaltet
- Browser wird über „Events” benachrichtigt
- Darstellung kann sich dynamisch ändern
  - Seite muss (effizient!) neu gezeichnet werden
- Klicken löst Aktionen aus
  - Zum Beispiel werden Videos abgespielt

HTTPS versus HTTP

- http: unverschlüsselte Übertragung. Problematisch bei offenen WLANs
- S = secure
- Bietet
  - Authentifizierung der Partner
  - Verschlüsselte Kommunikation
- Empfehlung: HTTPS Everywhere benutzen

Zusammenfassung