Vorlesung Semantic Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorlesung im Wintersemester 2012/2013

Dr. Heiko Paulheim

Fachgebiet Knowledge Engineering

Einführung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Was ist das Semantic Web?
- Bausteine des Semantic Web
- Grundlagen: URIs, Unicode, XML

Was ist das Semantic Web?

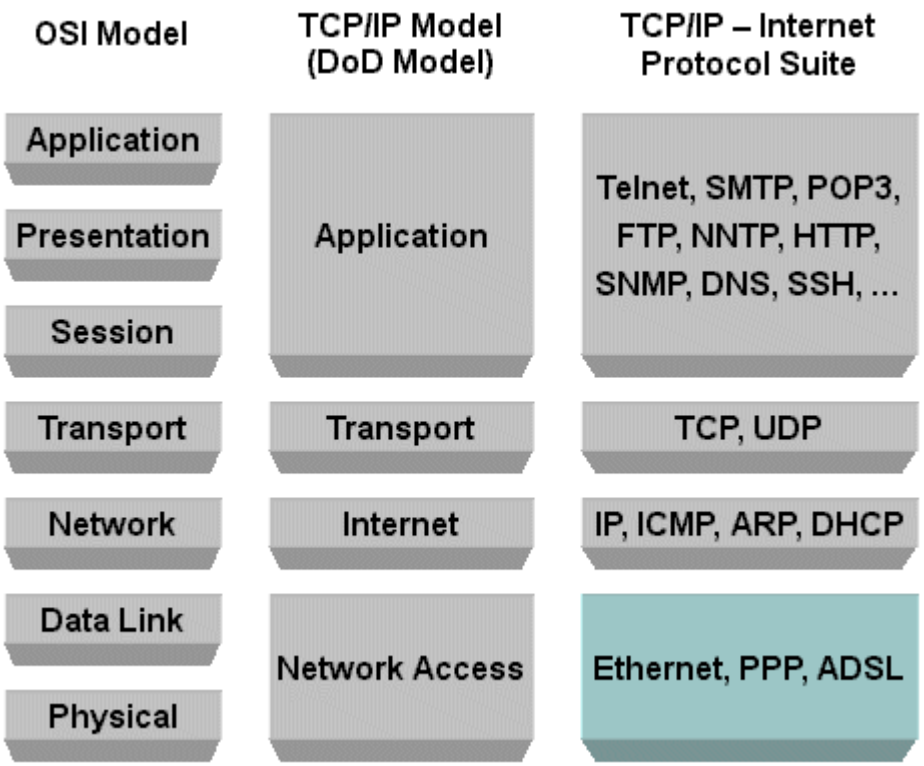
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Artikel von Tim Berners-Lee, Jim Hendler, und Ora Lassila:

„The Web is the killer app of the Internet.
The Semantic Web is another killer app of that magnitude."

Berners-Lee et al. (2001): *The Semantic Web.* In: Scientific American, Mai 2001.

Web vs. Internet?



Chin-Shiuh Shieh (2000): *TCP/IP - Internet Protocol Suite and Ethernet.*
http://bit.kuas.edu.tw/~csshieh/teach/np/tcpip/index.html

Das „klassische“ Web

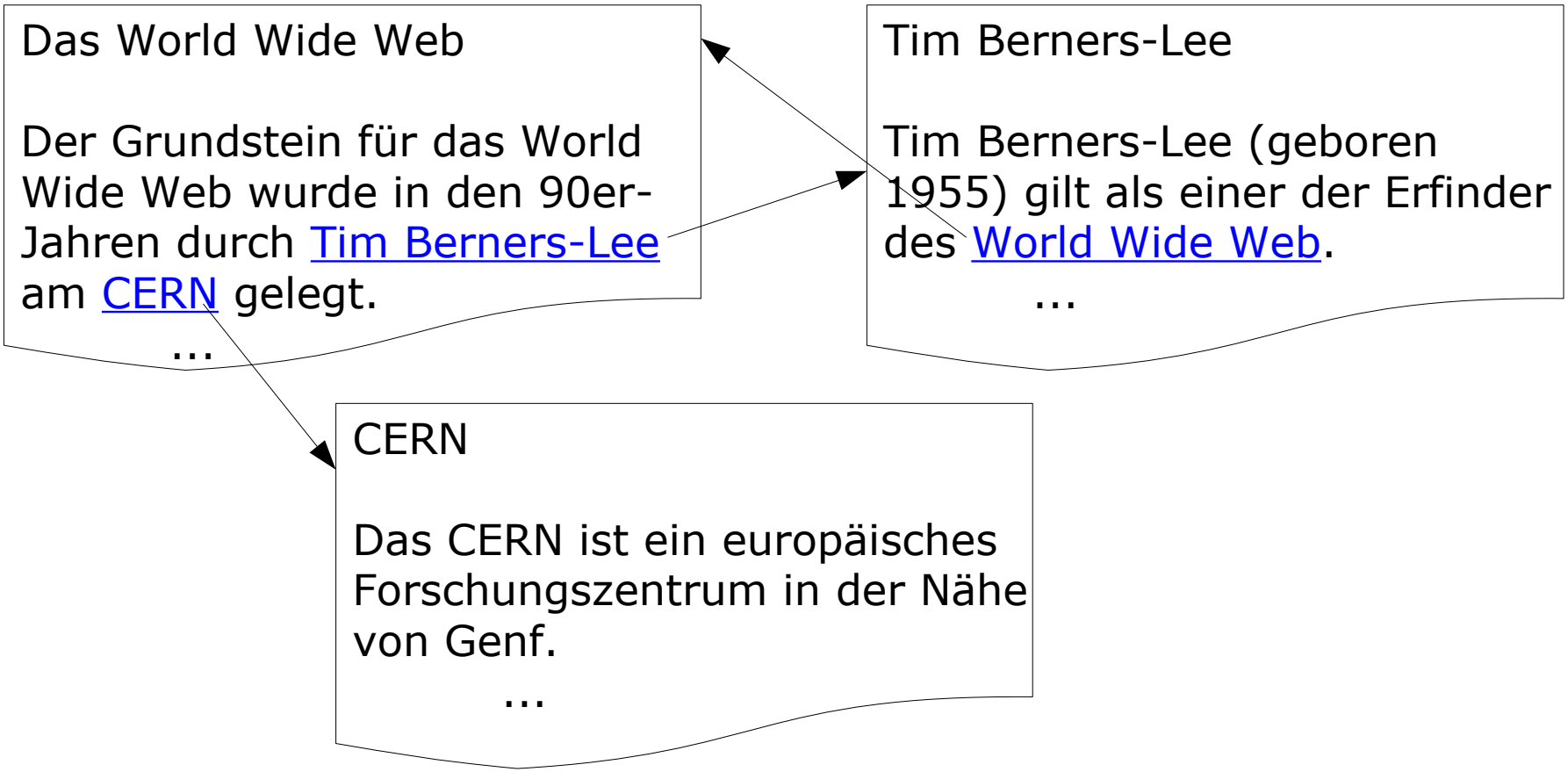
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- HTTP-Protokoll
- URLs
- HTML als Auszeichnungssprache
  - plus CSS, JavaScript, …
  - plus weitere mehr oder weniger standardisierte Formate (GIF, JPEG, Flash, …)
- Browser als universeller Client

Das „klassische“ Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Hypertext: verlinkte Dokumente



Eine kurze Geschichte des Webs

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Was wissen Sie über die Geschichte des Webs?
- Versuchen Sie, die folgenden Ereignisse zu ordnen:

1. Erste HTML-Version
2. Wikipedia geht online
3. Gründung von Skype
4. Erster Web-Katalog
5. Gründung des W3C
6. Erste Volltext-Suchmaschine
7. Gründung von Twitter
8. HTTP-Standard
9. 500 Webserver am Netz
10. Gründung von Facebook
11. Dotcom-Blase und Börsencrash
12. Erste Version von Internet Explorer
13. Gründung von Google
14. Erste Domain registriert
15. Erste Version von Firefox
16. TCP/IP-Standard
17. 1.000 Computer am Netz
18. 1.000.000 Computer am Netz
19. 1.000.000.000 Computer am Netz
20. Erstes Multi-User-Game im Netz

Eine kurze Geschichte des Webs

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- 1974: TCP/IP-Standard
- 1979: Erstes Multi-User-Game
- 1985: Erste Domains registriert, ~1.000 Computer am Netz
- 1989: Hypertext-Konzept von Tim Berners-Lee am CERN
- 1991: Erste HTML-Version (20 Elemente)
- 1992: ~1.000.000 Computer am Netz
- 1993: Mosaic-Browser, ca. 500 Webserver (weltweit)
- 1994: Volltext-Suchmaschinen (WebCrawler, Lycos), Web-Kataloge (Yahoo, AltaVista), Gründung des W3C

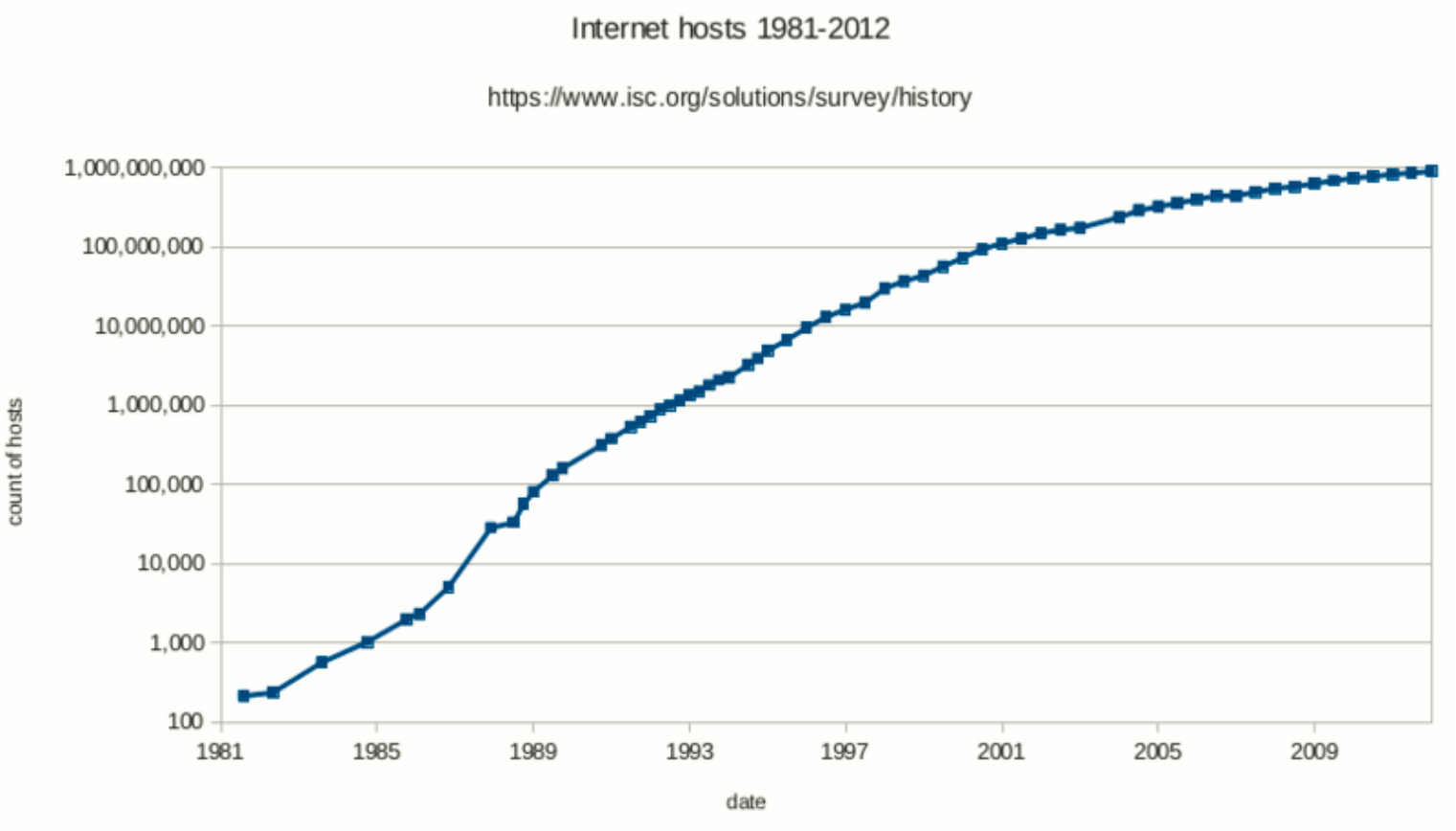
Eine kurze Geschichte des Webs

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- 1995: Internet Explorer
- 1996: HTTP-Standard
- 1998: Google
- 2000: Dotcom-Börsencrash
- 2001: Wikipedia
- 2003: Skype
- 2004: Facebook, Firefox
- 2006: Twitter, WikiLeaks
- …

...1.000.000.000 Computer sind bis jetzt nicht am Netz!

Wachstum des Webs

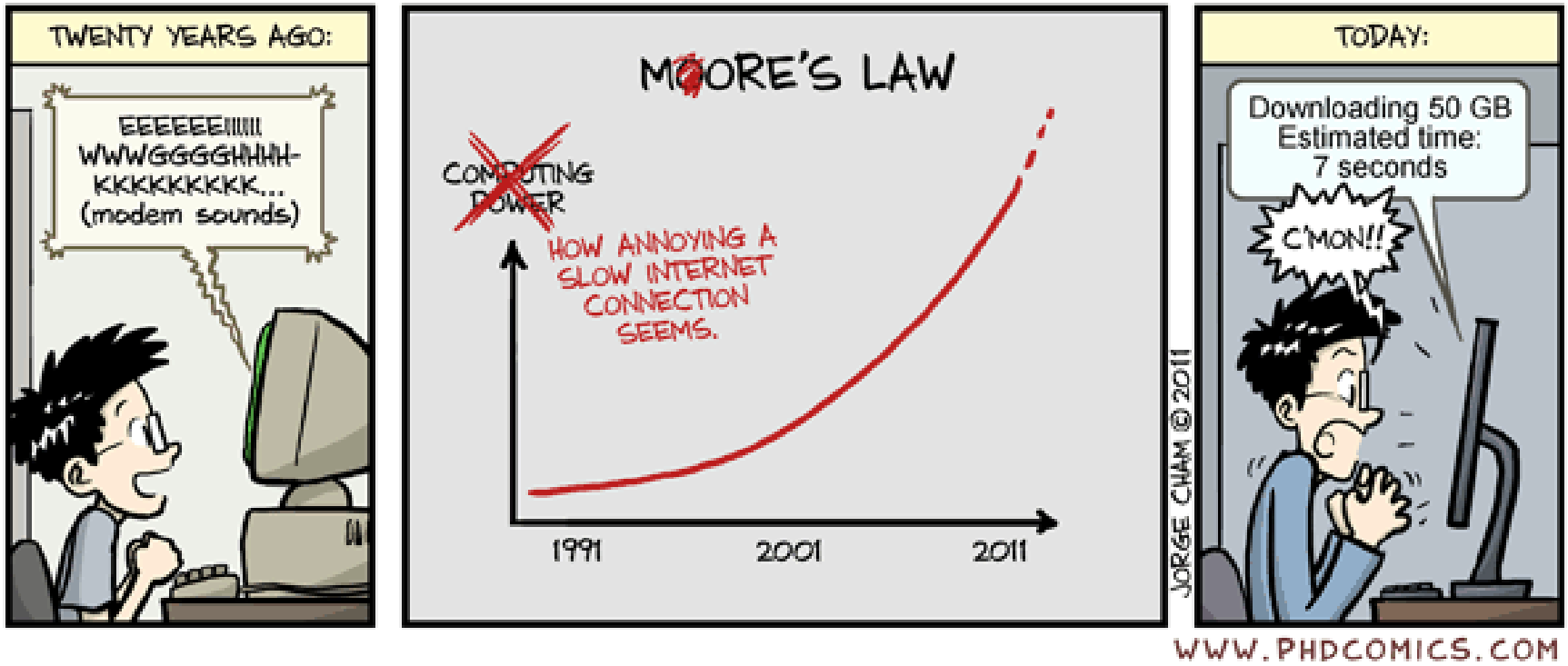


http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:NASDAQ_IXIC_-_dot-com_bubble.png&filetimestamp=20050426161953

Der Dotcom-Börsencrash

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:NASDAQ_IXIC_-_dot-com_bubble.png&filetimestamp=20050426161953

Das "klassische" Web

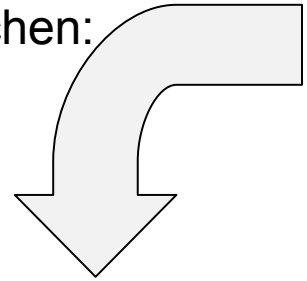


http://www.phdcomics.com/comics.php?n=1456

Das „klassische“ Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

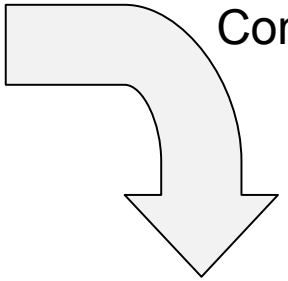
aus Sicht des Menschen:



Dr. Mark Smith
Physician
Main St. 14
Smalltown
Mon-Fri 9-11 am
Wed 3-6 pm

```
<html>
  …
  <b>Dr. Mark Smith</b>
  <i>Physician</i>
  Main St. 14
  Smalltown
  Mon-Fri 9-11 am
  Wed 3-6 pm
  …
</html>
```

aus Sicht des Computers:



Print in bold: „hmf298hmmhudsa“
Print in italics: „mj2i9ji0“
Print normal: „fdsah
02hfadsh0um2m0adsmf0ihm
asdfjköfdsa298ndsfmij32mio
lk2mjpoimjiofdpmsajiomjm“

Informationssuche im Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Volltextsuche nach Stichwörtern (z.B. Google):

- „Mark Smith“
- „Physician in Smalltown“
- „Doctor in Smalltown“
- „Physician in Smalltown with opening hours on Wednesday afternoon“
- „Somebody in Smalltown who can fix a broken leg“

```
<html>
  …
  <b>Dr. Mark Smith</b>
  <i>Physician</i>
  Main St. 14
  Smalltown
  Mon-Fri 9-11 am
  Wed 3-6 pm
  …
</html>
```

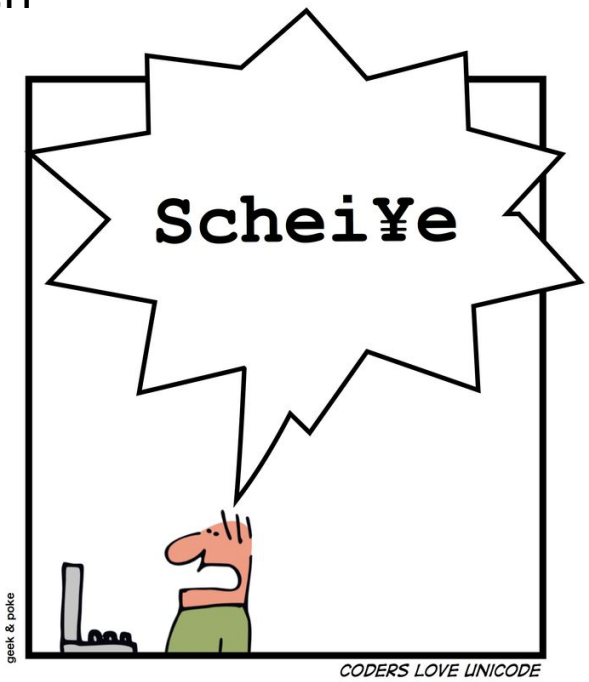
=> „klassisches“ Web für Suche zu unflexibel

=> intelligente Agenten können es nicht nutzen

Probleme des Web

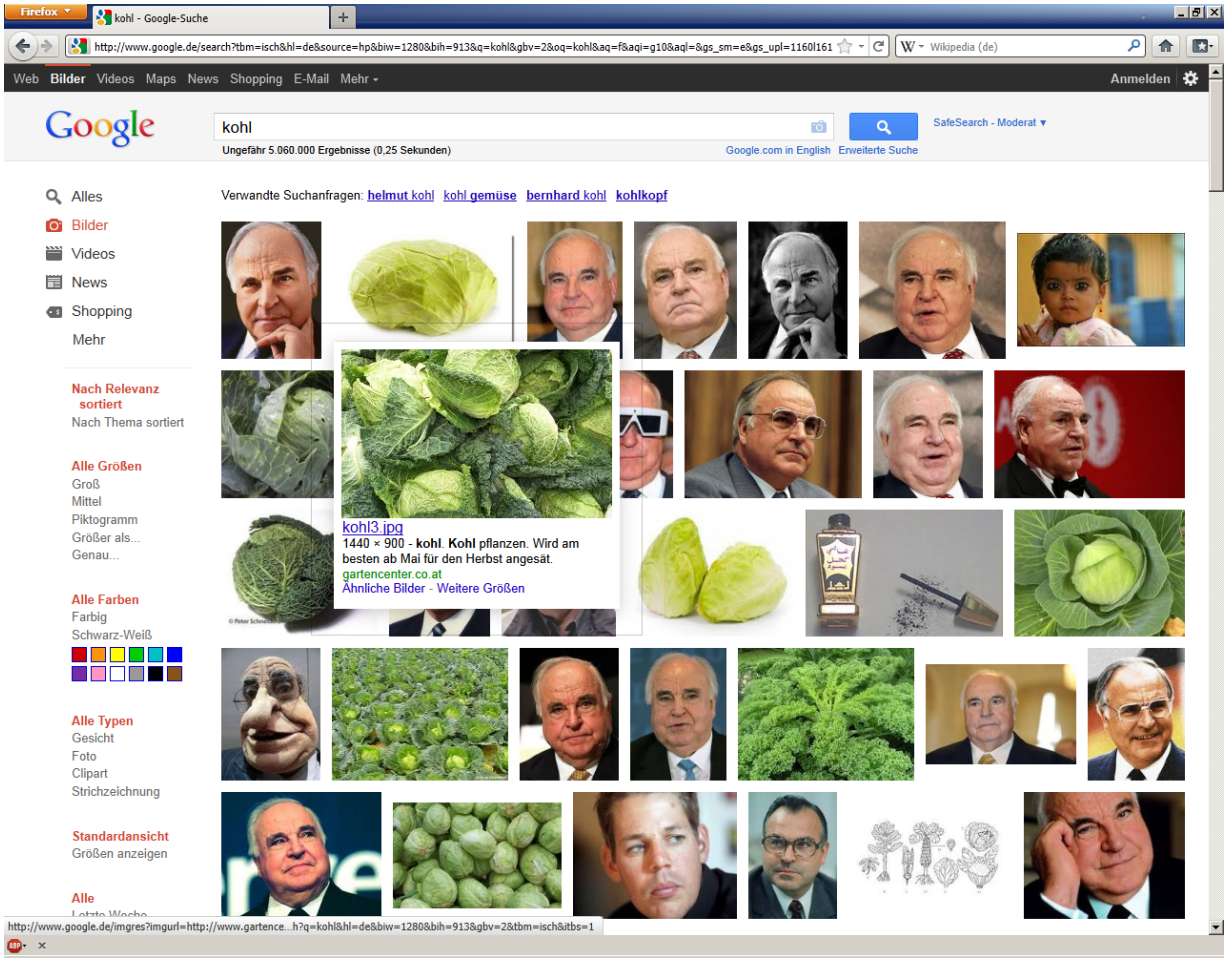
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Informationen finden
  - Stichwortbasierte Textsuche statt echter Fragen
  - verschiedene natürliche Sprachen
  - Homonyme/Polyseme
  - Synonyme
- Information verarbeiten
  - Formate (Encodings, Bilder, Videos, PDFs, …)
- Information verwerten
  - Verteilt auf verschiedene Seiten
  - Bsp.: Information zu Buchautor auf Verlagsseite, Adresse auf Uni-Seite



http://geekandpoke.typepad.com/geekandpoke/2011/08/coders-love-unicode.html

Probleme des Web



Probleme des Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

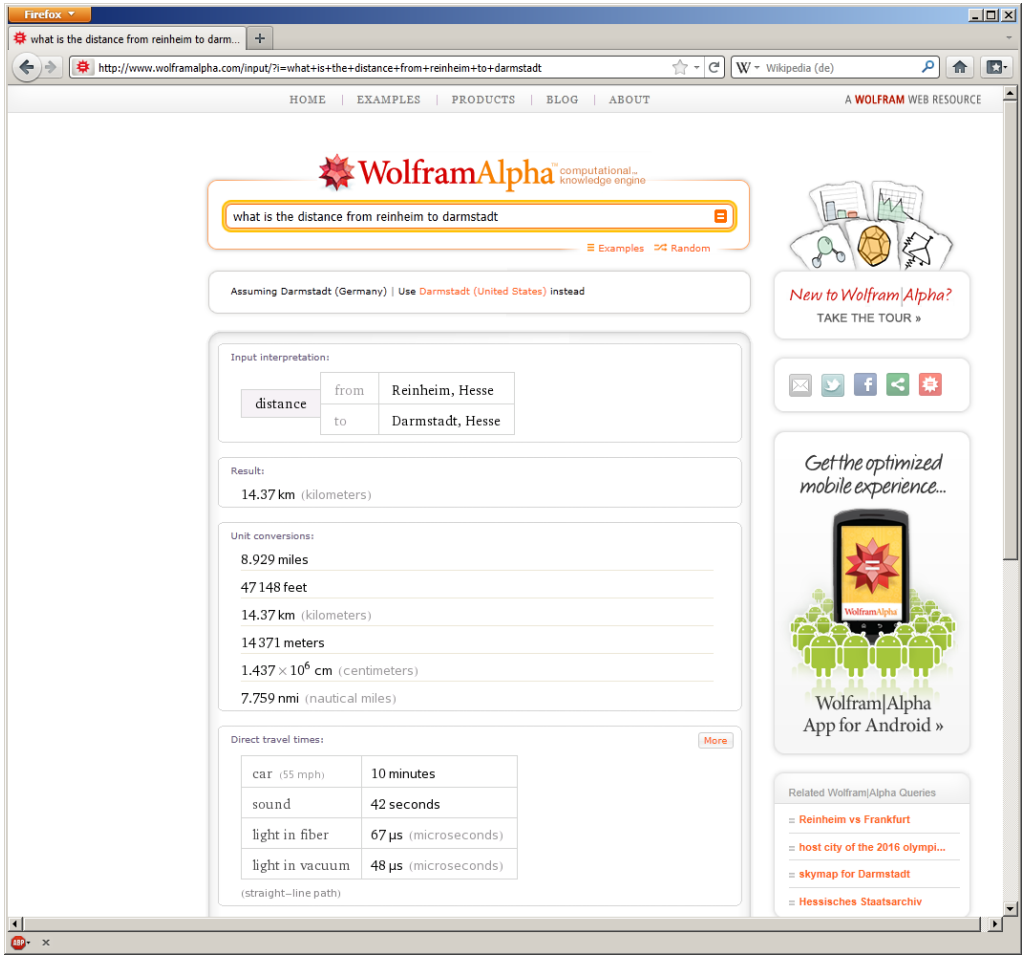
Pfahls-Prozess: Richter rollen die Skandale der Ära Kohl neu auf

?

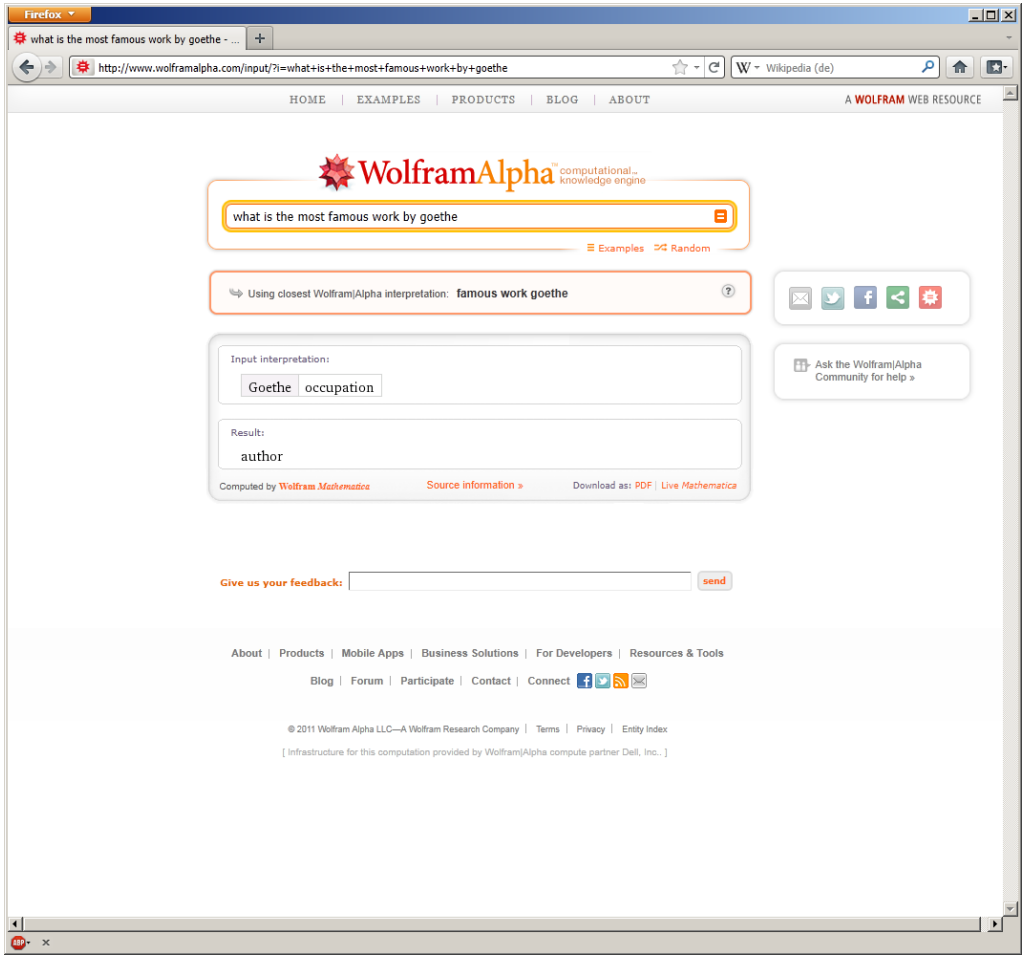
?

?

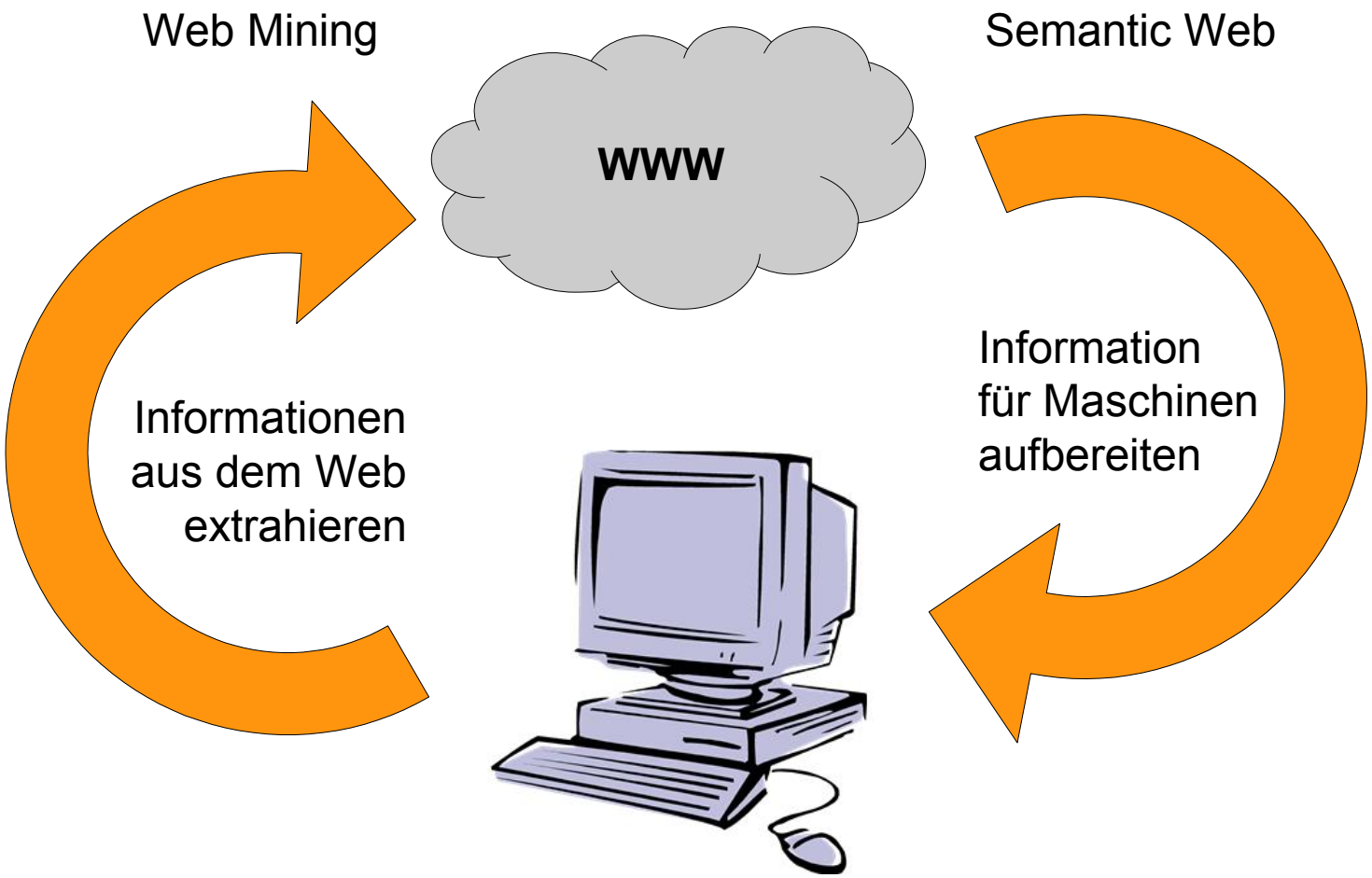
Beispiel: Wolfram Alpha



Beispiel: Wolfram Alpha



Lösungsansätze



Idee des Semantic Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

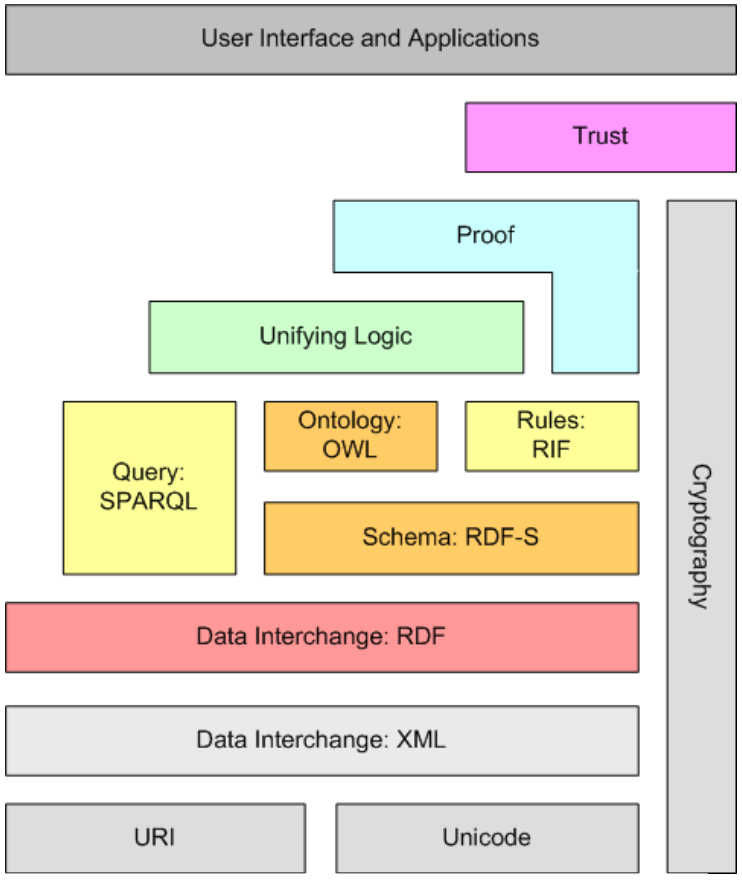
- Information in maschinenlesbarer Form bereitstellen
- (Semantische) Verweise zwischen Seiten nutzbar machen
- Schlussfolgern ermöglichen
- Komplexe (nützliche!) Abfragen ermöglichen

Semantic Web – Aufbau

here be dragons...

Semantic-Web-Technologie (Fokus der Vorlesung)

Technische Grundlagen



Berners-Lee (2009): *Semantic Web and Linked Data*
http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/

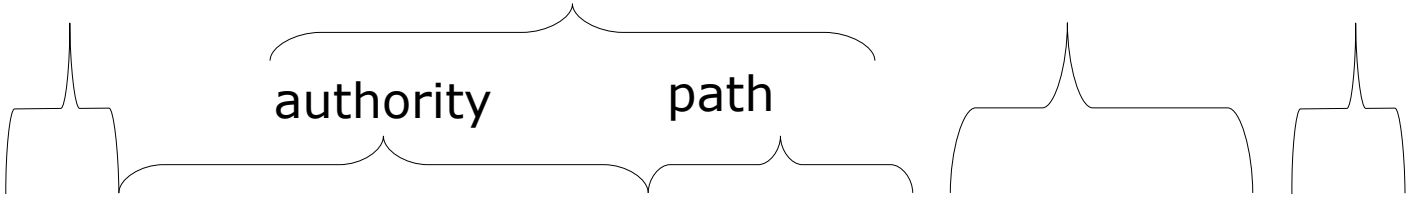
Uniform Resource Identifiers (URIs)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Als „Universal Resource Identifier“ erstmals vorgeschlagen von Tim Berners-Lee (1994): IETF RFC 1630
- Standard: IETF RFC 3986 (2005)

- Dienen zur Benennung und zum Auffinden von Ressourcen im Internet

URI = scheme ":" hier-part ["?" query]["#" fragment]



URIs und URLs

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

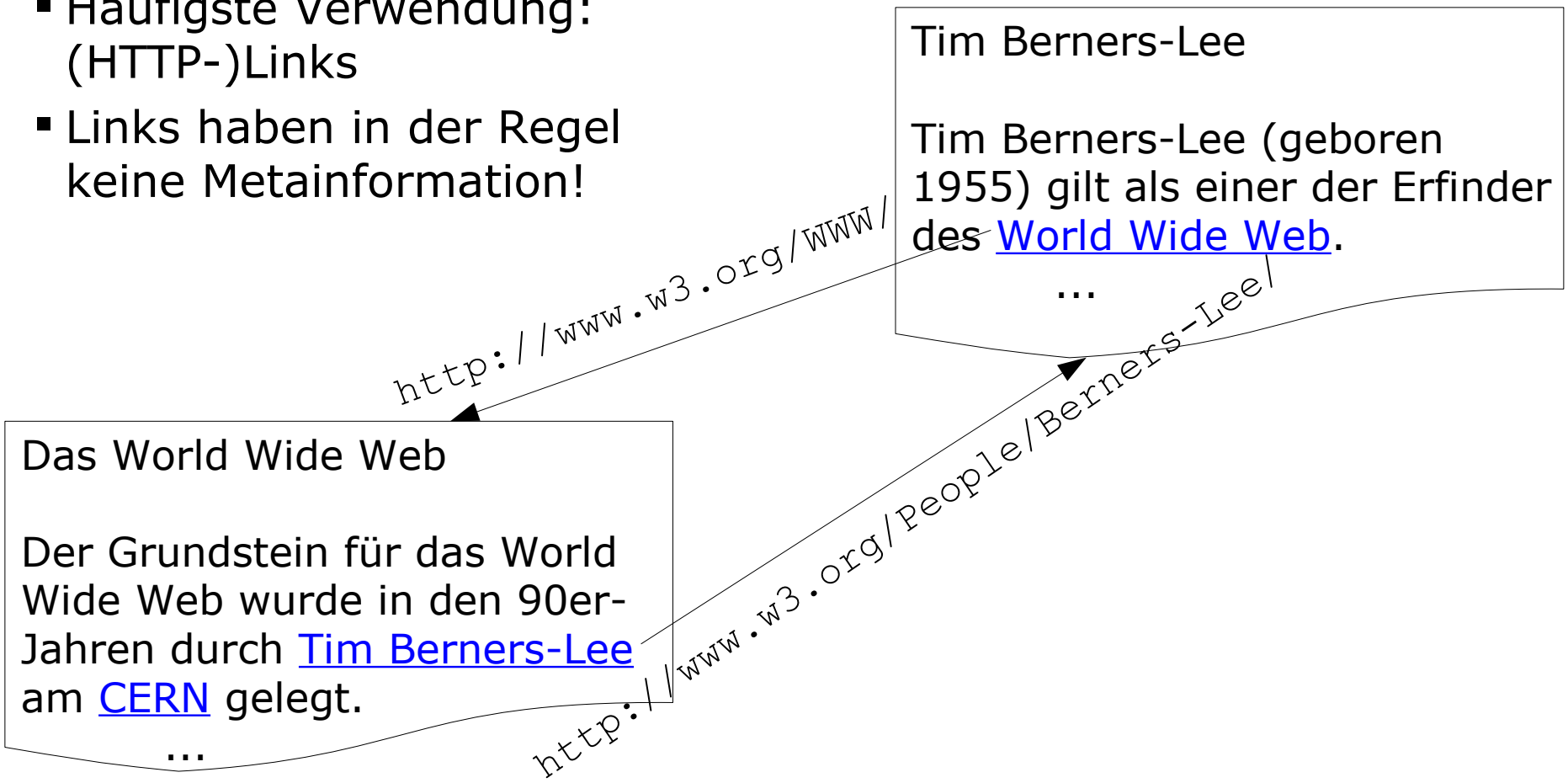
- Uniform Resource Locators (IETF RFC 1738, 1994) sind eine Untermenge von URIs

- URIs können *beliebige* Dinge mit *beliebigen* Namen versehen
- ein URL ist der Name einer Resource [im Internet]

- URL-typische Präfixe:
  - http
  - ftp
  - mailto
  - telnet
  - file
  - …

URLs im Web

- Häufigste Verwendung: (HTTP-)Links
- Links haben in der Regel keine Metainformation!



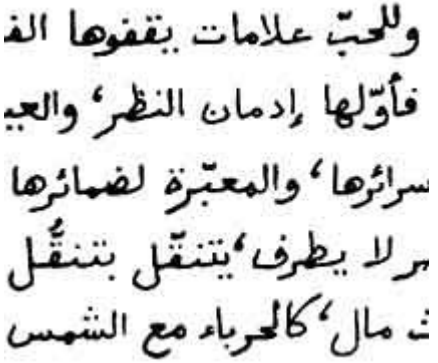
Zeichensätze im Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- ASCII („American Standard Code for Information Interchange“) ISO 646 (1963), 127 Zeichen, davon 95 druckbar:

```
 !"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?
@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_
`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz{|}~
```

- Erweiterung auf 8 Bit: ISO 8859-1 bis -16 (1998)
  - deckt Zeichen der europäischen Sprachen ab
  - bekannt ist insbesondere 8859-1 („Latin-1“)



- Das Web spricht aber viel mehr Sprachen...

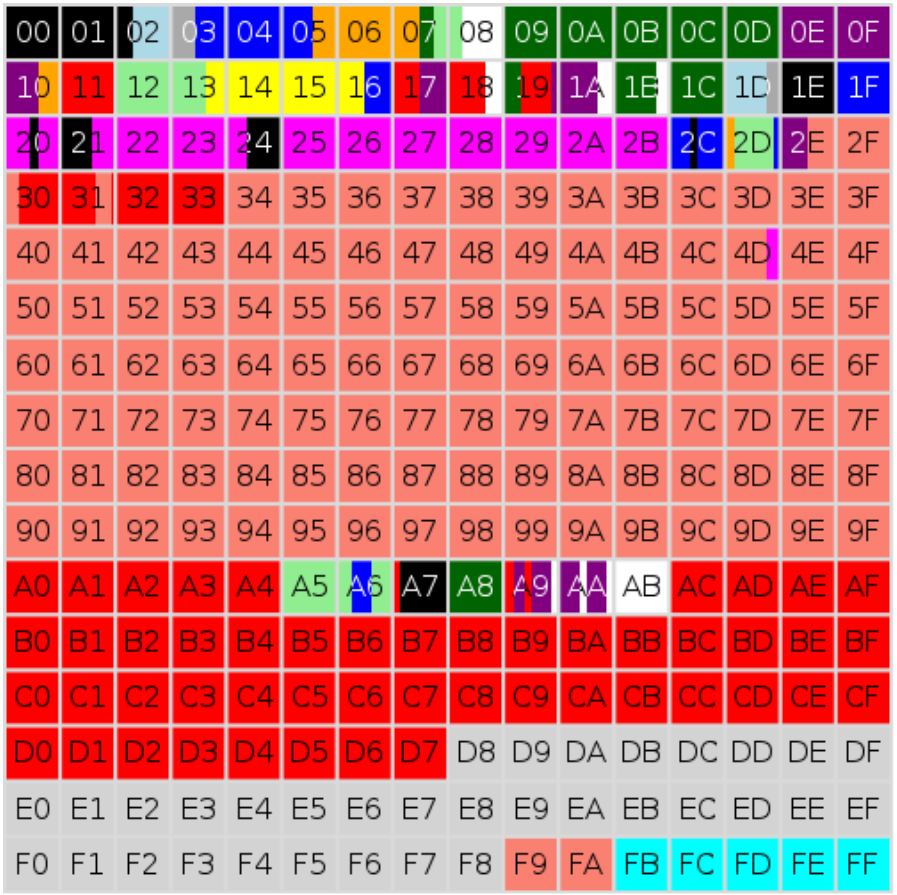
我爱中国
国中爱我

Unicode

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- ISO 10646
  - erste Version 1991 (Europa, Nahost, Indien)
  - Version 6.0 im Oktober 2010
  - 17 Codebereiche à 16 Bit
  - deckt selbst exotischste Sprachen ab

Unicode



Quelle: Wikimedia Commons

Informationsrepräsentation in XML

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

XML (eXtensible Markup Language)

- Standardisiert vom W3C (1998)
- Universelles Datenaustauschformat

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

XML: Konzepte

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Tags (beliebig definierbar):
  - Paare:
    <physician> … </physician>
  - Empty-Element-Tags:
    <young />

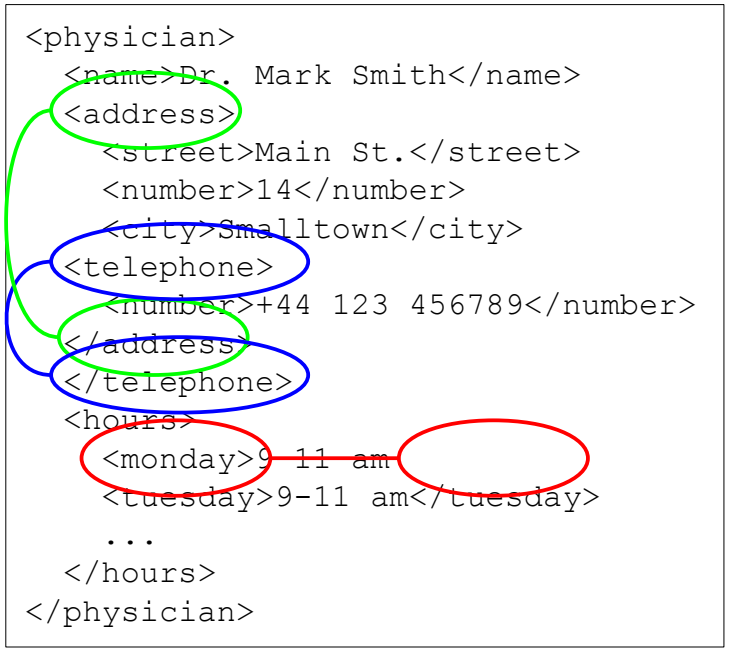
- Attribute:
  <physician location="Smalltown">

- Schachtelung (genau ein Root-Element!):
  <physician>
    <address> … </address>
  </physician>

XML: wohlgeformte Dokumente

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```



HTML und XML

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- HTML-Dokumente sind i.d.R. keine wohlgeformten XML-Dokumente!

```
<p> Look at this! <img src=smiley.gif> <br>
```

- XHTML: HTML als wohlgeformte XHTML-Dateien
- Vom W3C standardisiert (seit 2000)

```
<p> Look at this! <img src="smiley.gif" /> <br/> </p>
```

XPath: Zugriff auf XML-Daten

- Abfragesprache für XML
- Standardisiert vom W3C (1999, Version 2.0: 2010)

```
/physician[name='Dr. Mark Smith']/telephone/number
```

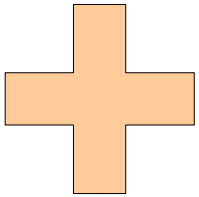
```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

XSLT: Transformation von XML-Dokumenten

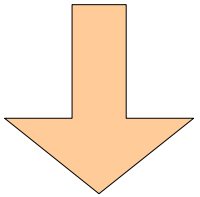
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Verarbeitung von XML-Dokumenten basierend auf Stylesheets
- Standardisiert vom W3C (1999)
- Verwendet XPath

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```



```
<xsl:template match="/pyhsician">
  <b>
    <xsl:value-of select="name"/>
  </b>
<xsl:template/>
```



```
<b>Dr. Mark Smith</b>
```

Namensräume in XML

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Elemente gleichen Namens können mehrfach vorkommen
- ...aber mit anderem Inhalt (und anderer Semantik!)
- Wie können wir solche Elemente unterscheiden?

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

Namensräume in XML

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Mit Präfix unterscheidbar (Schreibweise: `prefix:name`)
- Ein Namensraum ist ein URI
- Default-Namensraum möglich

```
<physician xmlns      ="http://www.med.com/physician"
           xmlns:addr="http://www.med.com/addr">
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <addr:address>
    <addr:street>Main St.</addr:street>
    <addr:number>14</addr:number>
    <addr:city>Smalltown</addr:city>
  </addr:address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

XML: Document Type Definition (DTD)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Definiert gültige Elemente für einen XML-Dokumenttyp
  - Name
  - zulässige Attribute
  - zulässige Kind-Elemente
- DTD ist Teil der W3C-XML-Spezifikation
- XML-Dokumente, die auf eine DTD passen, heißen „gültig“

XML: Document Type Definition (DTD)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<!DOCTYPE physician [

<!ELEMENT physician (
  name,
  address*,
  telephone?,
  fax?,
  hours)>

<!ELEMENT address (
  street,
  number,
  city)>

<!ELEMENT street (#PCDATA)>

  ...

]>
```

```
<!DOCTYPE physician SYSTEM
  "physician.dtd">

<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

XML: Document Type Definition (DTD)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Definition von Kind-Elementen und deren Reihenfolge:

```
<!ELEMENT address(street,nr,addtl*,zip,city,state?) >
```

  - ? und * markieren optionale und wiederholbare Elemente

- Definition von Attributlisten:

```
<!ATTLIST person title CDATA>
```

  - mögliche Zusätze: #REQUIRED, #FIXED, #IMPLIED, "..."
  - Aufzählung zulässiger Werte: (dr|prof)

- Definition von Entitäten:

```
<!ENTITY sw "Semantic Web">
```

  - Können als Abkürzung verwendet werden: `&sw;`

XML Schema

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- W3C-Standard (seit 2004)
- XML-Schema-Dateien sind selbst XML-Dateien

- Flexibler als DTDs:
  - Minimale und maximale Anzahl von Elementen
  - Kombinationen von Elementen (entweder oder, Auswahl ohne Reihenfolge, …)
  - Datentypen (Zahlen, Daten, …), eigene Definitionen möglich
  - Unterstützung von Namespaces
  - Modulare Schemata möglich

XML Schema

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<xs:schema elementFormDefault="qualified"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

  <xs:element name="physician">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="name"
         type="xs:string">
        <xs:element name="address">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="street"
               type="xs:string">
               ...
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        ...
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

```
<physician xmlns:xsi=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation=
"physician.xsd">
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

XML Schema – modulare Schemata

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<xs:schema elementFormDefault="qualified"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:addr="http://www.address.com/">

  <xs:import
   namespace="http://www.address.com/"
   schemaLocation="address.xsd"/>
  <xs:element name="physician">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="name"
         type="xs:string">
        <xs:element ref="addr:address" />
        ...
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

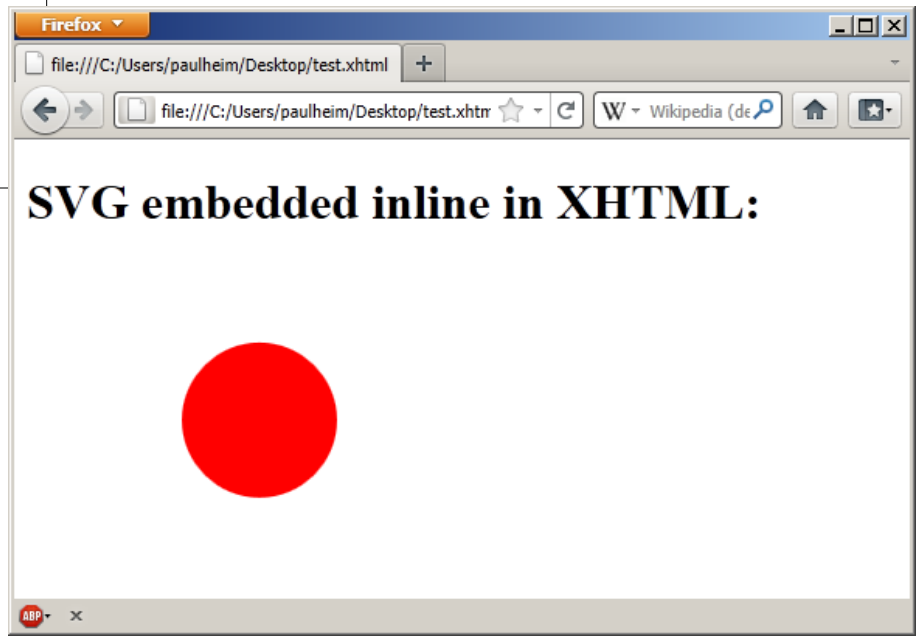
```
<xs:schema elementFormDefault="qualified"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

  <xs:element name="address">
     <xs:complexType>
        <xs:sequence>
           <xs:element name="street"
            type="xs:string">
            ...
         </xs:sequence>
      </xs:complexType>
   </xs:element>
</xs:schema>
```

Beispiel: Modulare Schemata in XHTML

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
      xmlns:svg="http://www.w3.org/2000/svg">
  <body>
    <h1>SVG embedded inline in XHTML:</h1>
    <svg:svg width="300px" height="200px">
      <svg:circle cx="150" cy="100" r="50"
       fill="#ff0000"/>
    </svg:svg>
  </body>
</html>
```



https://developer.mozilla.org/En/SVG:Namespaces_Crash_Course

RELAX NG

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Alternative zu XML Schema
- Standardisiert (ISO/IEC 19757-2, 2003)

ISO International Organization for Standardization

- Unterschiede zu XML Schema:
  - weniger flexibel in Kardinalitäten
  - kein expliziter Link zwischen XML-Dokument und Schema
  - kein eigenes Typsystem (kann XML Schema Datatypes verwenden)
  - bessere Unterstützung von schwach strukturierten Inhalten
  - XML-basierte und kompakte Darstellung möglich

RELAX NG

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<element name="physician"
xmlns="http://relaxng.org/ns/structure/1.0">
  <element name="address">
    <group>
      <element name="street">
        <text/>
      </element>
      <element name="number">
        <text/>
      </element>
      <element name="city">
        <text/>
      </element>
   </group>
  </element>
  ...
</element>
```

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

Schematron

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Fokus: *Validierung* von XML-Dokumenten
- Standardisiert (ISO/IEC 19757-3, 2006)

ISO International Organization for Standardization

- Verwendet Regeln zur Validierung
- Regeln basieren auf XPath-Ausdrücken
- Ausführung der Validierung mit XSLT möglich
- Fehlermeldungen werden direkt im Schema definiert

Schematron

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<schema
  xmlns="http://purl.oclc.org/dsdl/schematron"
  <title>Physician valididation schema</iso:title>

  <pattern>
    <rule context="physician">
      <assert test="address">A physician must have an
         address</assert>
      ...
      <assert test="hours/*">Hours must not be empty
      </assert>
    </rule>
  </pattern>
<schema>
```

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

Schematron – Ausführung

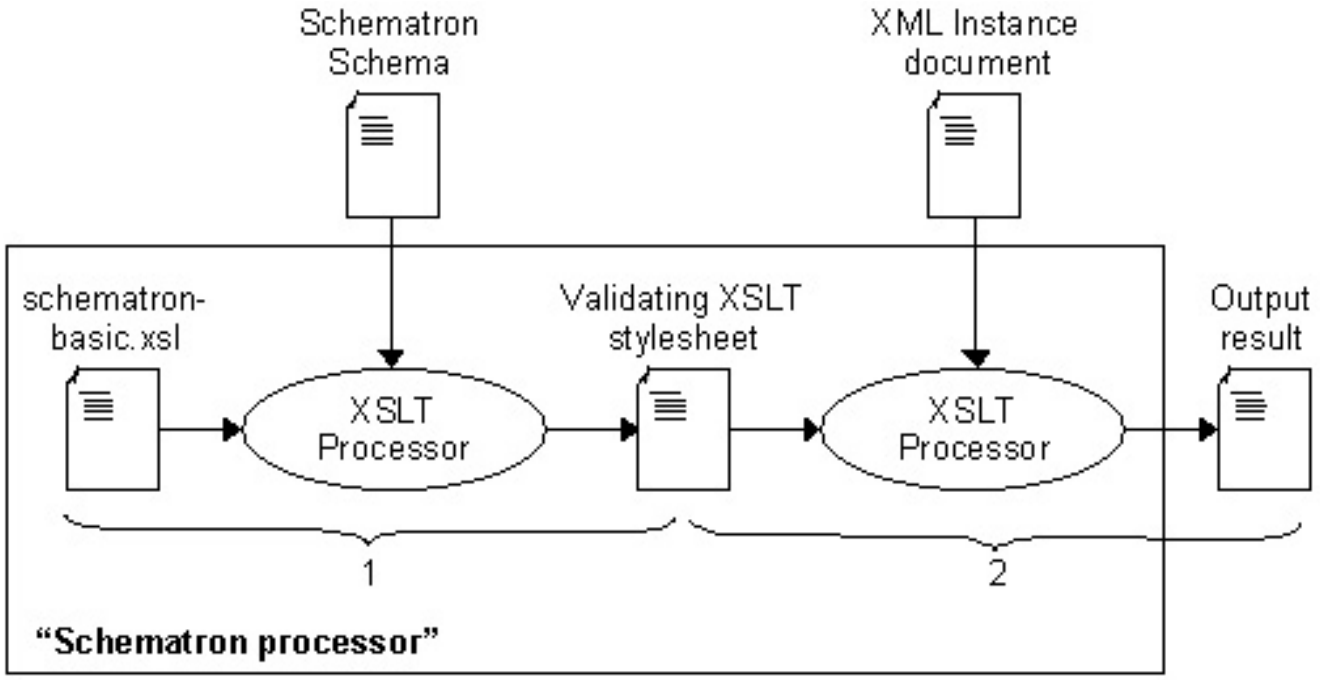


Figure 1: Schematron processing

Eddie Robertson: Combining Schematron with other XML Schema Languages.
http://www.topologi.com/resources/schtrn_xsd_paper.html

XML Schema, DTD & Co – Was wird hier definiert?

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Syntax – σύνταξις („zusammen“ + „Ordnung“)
  - Welche Elemente gibt es?
  - Wie werden sie angeordnet?
  - Welche Kombinationen sind zulässig?

- Gegensatz: Semantik - σημαίνειν („bezeichnen“)
  - Wie interpretiert man den Inhalt von Elementen?
  - In welchem *inhaltlichen* Zusammenhang stehen Elemente?

Syntax und Semantik: Exkurs in die Sprachwissenschaft

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Syntax: wie bildet man korrekte Wörter und Sätze?

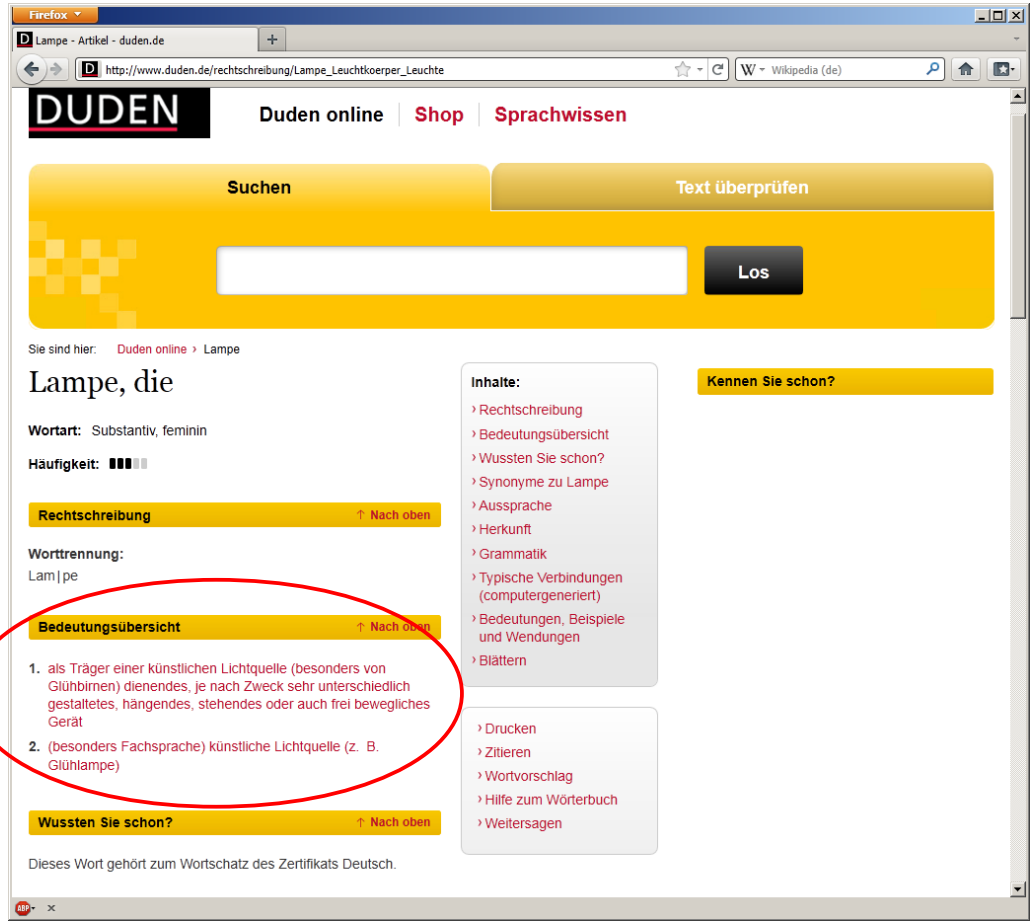
  „Dieser Satz kein Verb."

  „Die träumende Lampe ~~schenkst~~ schenkt dem müden Wasserhahn unaufmerksam ~~eine~~ einen abgesägten Saft."

- Semantik: was bedeutet ein Wort/Satz/Text?

Syntax und Semantik: Exkurs in die Sprachwissenschaft

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



XML Schema, DTD & Co – Was wird hier definiert?

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Personalverzeichnis des Krankenhauses:

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

(wahrscheinlich) die Privatadresse

?
=

Gelbe Seiten:

```
<physician>
  <name>Dr. Mark Smith</name>
  <address>
    <street>Main St.</street>
    <number>14</number>
    <city>Smalltown</city>
  </address>
  <telephone>
    <number>+44 123 456789</number>
  </telephone>
  <hours>
    <monday>9-11 am</monday>
    <tuesday>9-11 am</tuesday>
    ...
  </hours>
</physician>
```

(wahrscheinlich) die Adresse der Praxis

XML Schema, DTD & Co – Was wird hier definiert?

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- XML Schema / DTD definiert die *Syntax* eines XML-Dokuments, nicht die *Semantik*

- Tag-Namen sind für Maschinen nicht a priori interpretierbar
  - das macht die Informationssuche nicht leichter...
  - Semantik der Daten (ver-)steckt hart verdrahtet in der Anwendung

- Das Semantic Web soll hier Abhilfe schaffen
  - *Semantic Web ist/kann mehr als XML!*

```
<2nf3oiü*>
  <34f0>Dr. Mark Smith</34f0>
  <rmd4935r>
    <e2m4>Main St.</e2m4>
    <dur3>14</dur3>
    <jfa34>Smalltown</jfa34>
  </rmd4935r>
  <d24r3fmö>
    <deß5>+44 123 456789</deß5>
  </d24r3fmö>
  <vsfif>
    <f02>9-11 am</f02>
    <fj9>9-11 am</fj9>
    ...
  </vsfif>
</2nf3oiü*>
```

Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

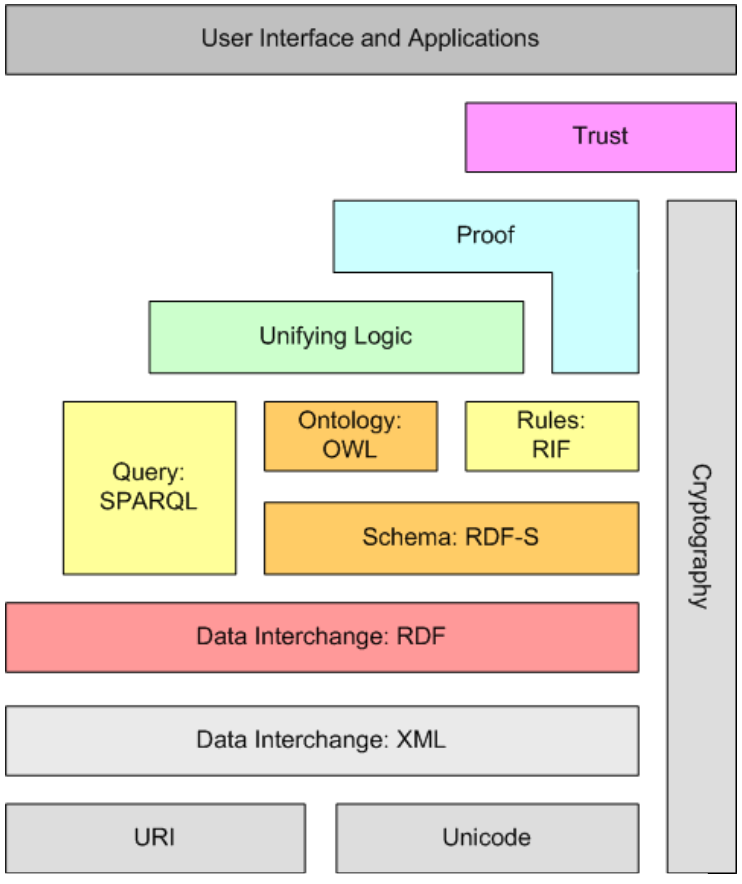
- Probleme des klassischen Web
  - Nicht für Maschinen nutzbar
- URIs
  - eindeutige Identifier für Ressourcen
  - URL = dereferenzierbarer URI
- Unicode
  - ein einheitlicher Zeichensatz für alle
- XML
  - XPath
  - XSLT
  - Schemasprachen

Semantic Web – Aufbau

here be dragons...

Semantic-Web-Technologie (Fokus der Vorlesung)

Technische Grundlagen



Berners-Lee (2009): *Semantic Web and Linked Data*
http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/

Vorlesung Semantic Web

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vorlesung im Wintersemester 2012/2013

Dr. Heiko Paulheim

Fachgebiet Knowledge Engineering