X.media.press

Thomas Walter

X.media.press ist eine praxisorientierte Reihe zur Gestaltung und Produktion von Multimedia-Projekten sowie von Digital- und Printmedien.

Kompendium der

Web-Programmierung

Dynamische Web-Sites

Springer

$ Rails $ Apache $ Ajax $ django $ Smarty $ PHP

X.media.press

Thomas Walter

Kompendium der Web-Programmierung

Dynamische Web-Sites

Mit 510 Abbildungen und 22 Tabellen

Springer

Prof. Dr. Thomas Walter
Programmierung und Betrieb von Web-Sites
Fachbereich Informatik und Mikrosystemtechnik
Fachhochschule Kaiserslautern
Amerikastraße 1
66482 Zweibrücken
thomas.walter@fh-kl.de
www.webkompendium.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISSN 1439-3107
ISBN 978-3-540-33134-6 Springer Berlin Heidelberg New York

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

Satz: Druckfertige Daten des Autors
Herstellung: LE-TEX, Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig
Umschlaggestaltung: KünkelLopka Werbeagentur, Heidelberg
Gedruckt auf säurefreiem Papier 33/3180 YL – 5 4 3 2 1 0

Vorwort

If you want to know how to run a server,
or how to edit HTML,
check the W3C web or your local bookstore.

Tim Berners-Lee
(von seiner Web-Site beim W3C)

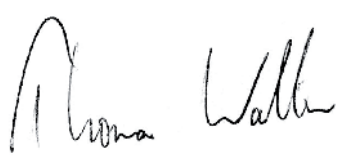
Programmierung für das Internet – kaum ein anderes Thema in der Informatik hat aktuell eine größere Bedeutung. Deshalb überrascht es nicht, wenn die Zahl der technischen Möglichkeiten in diesem Bereich besonders groß und der Fortschritt besonders rasch sind. Das „Kompendium der Web-Programmierung" möchte einen Überblick über die wichtigsten, aktuellen Lösungsansätze geben. Dabei soll diese Darstellung jeweils so tief gehen, dass der Leser diese Techniken sinnvoll beurteilen und aktiv einsetzen kann.

Das „Kompendium der Web-Programmierung" möchte den Leser somit in die Lage versetzen, an einer der größten Herausforderungen unserer Zeit teilzuhaben: die moderne Wissensgesellschaft aktiv mitzugestalten.

Grau, teurer Freund, ist alle Theorie,
Und grün des Lebens goldner Baum.

In diesem Sinne wünsche ich allen Lesern eine erfreuliche, fruchtbare und vor allem aktive Auseinandersetzung mit dem „Kompendium der Web-Programmierung".

Zweibrücken, im Sommer 2007



Inhaltsverzeichnis

Teil V Ergänzungen zur Web-Programmierung

Hinweise zum Gebrauch des Buches

Dieses Buch gibt Ihnen einen Überblick über die Programmierung, welche heute für Web-Applikationen verwendet wird. Dabei soll dieser Überblick durchaus soweit gehen, dass die jeweils vorgestellten Techniken aktiv angewendet werden können.

Auf der anderen Seite kann zu fast jeder der hier behandelten Techniken ein Buch im Unfang des „Kompendium der Web-Programmierung“ geschrieben werden – die behandelten Techniken können also nur komprimiert vorgestellt werden.

Dieses Buch basiert auf einer langen Erfahrung in der Anwendung dieser Techniken. Deshalb sind an vielen Stellen wichtige Hinweise aus der Praxis integriert. Darüber hinaus wurde jeweils versucht, dem Leser auch eine praktische Hilfe mit nützlichen Hinweisen, einem effizienten Index und vielen Verweisen innerhalb des Buches zu weiterführender Literatur und zu Ressourcen im Internet zu geben. Im Anhang sind Internetlinks sowie eine Übersicht über alle relevanten Abkürzungen enthalten.

Gliederung des Inhalts

Das „Kompendium der Web-Programmierung“ gliedert sich strukturell in fünf Teile:

- Teil I besteht aus den Grundlagen der Programmierung für das Internet; hierzu gehört neben der Entwicklung auch die Darstellung der Internet-Protokollfamilie, die Standards HTML, XML und CSS, Betriebssysteme für Webserver, Erläuterung zu den verschiedenen Browsern und eine genauere Betrachtung des Webservers selbst.
- Der Teil II widmet sich der klassischen serverseitigen Web-Programmierung; hier werden die CGI-Programmierung sowie PHP behandelt. Für CGI werden die Sprachen Perl, Python und Ruby vorgestellt.
- Teil III ist der clientseitigen Programmierung gewidmet. Hierzu zählen insbesondere JavaScript und das darauf aufbauende Ajax; weitere Themen sind die Konzepte von Flash und Applets.
- Im Teil IV, der fortgeschrittenen Web-Programmierung, wird einleitend der Übergang von CGI zu fastCGI erklärt. Wichtige Frameworks wie Ruby on Rails und Template-Engines wie Smarty gehören ebenso dazu wie der serverseitige Einsatz von Java im J2EE-Framework insbesondere mit Servlets.

- Teil V sind die Ergänzungen zur Web-Programmierung; hierzu zählen insbesondere wichtige Bemerkungen zur Sicherheit im Web, die Begriffe Cookie und Session, Content Management Systeme und Testverfahren für Web-Applikationen.

Alle Bereiche verwenden konsequent das gleiche Beispiel, eine kleine Literatur-Datenbank, die in Kapitel 7 vorgestellt wird.

Empfohlene Literatur

Das „Kompendium der Web-Programmierung“ spricht viele aktuelle Themen an, kann aber natürlich nicht alle vollständig behandeln, weshalb in den jeweiligen Abschnitten Hinweise zu weiterführender Literatur enthalten sind. Einige Werke sind besonders hervorzuheben.

Grundlegendes zur Thematik findet sich in [MS04], Einleitendes zur Programmierung mit Scriptsprachen in [Deh01]; allgemeine Betrachtungen zur Web-Performance sind in [Kil02] zu finden.

Tipps und wichtige Hinweise im Buch

Nützliche – und natürlich „(be-)merkenswerte“ – Hinweise sind in diesem Buch zusätzlich gekennzeichnet:

Diese Icons sollen Ihnen das Lesen erleichtern.

Neben diesem allgemeinen Hinweis gibt es auch noch besondere:

Die Softwareentwicklung wird in den letzten Jahren besonders durch die Programmiersprache Java geprägt, wofür es viele Gründe gibt. Hier kann Java nicht ausführlich behandelt werden, viele Leser werden aber über gute Java-Kenntnisse verfügen. Besondere Parallelen der hier vorgestellten Sprachen verdienen deshalb eine Hervorhebung:

So wird auf eine Parallele zu Java hingewiesen.

Gefahren für den Entwickler werden als „Warn-Hinweis“ kenntlich gemacht.

So sind besondere „Warn-Hinweise“ für den Entwickler gekennzeichnet.

Darüber hinaus gibt es Hinweise, welche sich auf spezielle Betriebssysteme beziehen:

So sehen Hinweise speziell für Unix und Linux aus.

Und dies sind Hinweise für Microsft Windows, teilweise noch spezialisiert für XP und Vista.

Das Webangebot zum Buch

Zum „Kompendium der Web-Programmierung“ gibt es natürlich auch eine Webseite. Diese ist unter der Adresse

`http://www.webkompendium.de`

zu finden und bietet den Lesern fortlaufend ergänzte und aktuelle Informationen. Dazu gehören unter anderem folgende Angebote:

- die vollständigen und getesteten Sourcecodes zu allen Beispielen des Buches; die Scripte sind dabei unter dem im Buch angegebenen Namen, gruppiert nach der jeweiligen Technik, zu finden;
- eine erweiterte, aktuelle und verlinkte Sammlung von Internetlinks in Ergänzung zu Anhang A;
- ein ausführlicheres Inhaltsverzeichnis zum Buch als pdf-Download;
- eine Übersicht über sich sicherlich einstellende Errata;
- weitere Hinweise und Ergänzungen.

Nur durch eine aktive Auseinandersetzung mit der Materie wird ein richtiges Verständnis möglich. Das Webangebot möchte Sie dazu besonders anregen!

Der Hinweis [web] bedeutet, dass im Buchanhang (Anhang A) oder direkt auf der Webseite `http://www.webkompendium.de` weitere Links zu Informationen im Internet zum jeweiligen Thema aufgeführt sind.

Hinweise zur verwendeten Nomenklatur

Sourcecode ist typografisch jeweils abgesetzt, im Text in der Art `public static void main(String[] args)`, größere Codefragmente sind optisch abgesetzt:

```
/**
 *  Beispiel
 */
public class HelloWebKompendium{
   public static void main(String[] args) {
      System.out.println("Hello \"Kompendium der Web-Programmierung\"");
   }
}  // class
```

Die sehr wichtigen Kommentare (mehr dazu in 4.5) sind in der gedruckten Fassung teilweise reduziert, um den Umfang des Buches nicht unnötig groß werden zu lassen; die im Web bereitgehaltenen Sourcecodes sind ausführlicher.

Softwarebezogene Buchteile beziehen sich häufig auf die entsprechenden Menüs dieser Software; dies wird durch folgende Nomenklatur beschrieben: Datei|Speichern speichert unter dem Menüpunkt Datei und dort unter dem Unterpunkt Speichern eine Datei.

Hinweise zum praktischen Gebrauch

Natürlich wünscht sich der Autor, dass der Leser dieses Buch vollständig liest – dafür wurde es ja geschrieben. Dennoch werden für viele nur einzelne Kapitel und Abschnitte von besonderem Interesse sein. Deshalb wurde versucht, die Materie so zu gestalten, dass alle Teile einzeln verständlich sind. Dafür wurden viele Verweise auf andere Abschnitte integriert, in denen zu Unterpunkten dann Genaueres zu finden ist.

Dem Autor war es dabei ein besonderes Anliegen, mit dem „Kompendium der Web-Programmierung“ auch eine praktische Hilfe für den Entwickler zu geben. Deshalb sind wie erwähnt viele nützliche Internetlinks im Buch sowie auf der Webseite angegeben. Wichtig ist hier auch ein effizienter Index zum Buch. Im „Kompendium der Web-Programmierung“ sind zahlreiche für die Praxis nützliche Tabellen enthalten, die auch über den Index schnell zu finden sind. In diesem technisch sich so rasch entwickelnden Bereich haben sich zunehmend mehr Abkürzungen etabliert; um hier eine Praxishilfe zu bieten, verfügt der Anhang B über ein Abkürzungsverzeichnis mit Bezug zu den relevanten Textpassagen im Buch.

Eine interessante inhaltliche Ergänzung zur semantischen Aufbereitung professioneller Webangebote findet der Leser insbesondere in [Arn06].

Teil I

Grundlagen der Web-Programmierung

1

Entwicklung der Web-Programmierung

1.1 Der Weg zum World Wide Web

Die Anfänge „des Internets“ werden üblicherweise im Jahr 1969 angesiedelt und sind damit ziemlich genau 20 Jahre älter als die *Entstehung des World Wide Web*.

Theoretische Vorarbeiten für das erste Netz lieferten Paul Baran und Donald Watts Davies anfangs der sechziger Jahre des letzten Jahrhunderts mit ihrer Idee eines paketbasierten, selbstorganisierten Netzwerkes; Hintergrund hierfür scheint die Bestrebung nach ausfallsicheren Kommunikationsnetzen zum Höhepunkt des Kalten Krieges gewesen zu sein. 1969 wurden in den USA vier Universitäten durch ein Weitverkehrsnetz (Wide Area Network, WAN) verbunden. 1972 bildeten bereits 40 Universitäten das ARPANET, 1984 wurde in Deutschland der „Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e. V.“ (DFN) gegründet [web], der bis heute die deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit einem Hochleistungsnetz versorgt (aktuell das X-WiN mit einer Anschlusskapazität bis zu 10 Gigabit/s im Backbone).

Das Internet beherbergt viele Dienste wie telnet oder FTP; der heute weitaus wichtigste aber ist „das Web“ oder auch „das WWW“. Seine zentralen Vorteile sind

- die Möglichkeit, durch Hyperlinks auf andere Dokumente zu verweisen;
- die Möglichkeit des Einsatzes multimedialer Komponenten, angefangen von frei zu formatierenden Texten über Grafiken bis hin zu Ton- und Bewegtbilddaten.

Abbildung 1.1: Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes (DFN)

Die Idee für das WWW geht auf den 1955 in London geborenen englischen Physiker Sir Timothy J. Berners-Lee zurück, der 1989 an der europäischen Großforschungseinrichtung CERN den damaligen Informationsdienst Gopher ablösen wollte; die erste „Webadresse“ überhaupt war `http://info.cern.ch`. Sein Konzept basiert auf dem Zusammenspiel mehrerer Komponenten:

- ein Webserver;
- ein Webclient;
- das Vermittlungsprotokoll HTTP;
- eine Formatierungssprache HTML.

Im Detail führt er aus:

Abstract:

HyperText is a way to link and access information of various kinds as a web of nodes in which the user can browse at will. Potentially, HyperText provides a single user-interface to many large classes of stored information such as reports, notes, data-bases, computer documentation and on-line systems help. We propose the implementation of a simple scheme to incorporate several different servers of machine-stored information already available at CERN, including an analysis of the requirements for information access needs by experiments.

(Tim Berners-Lee, 12. November 1990

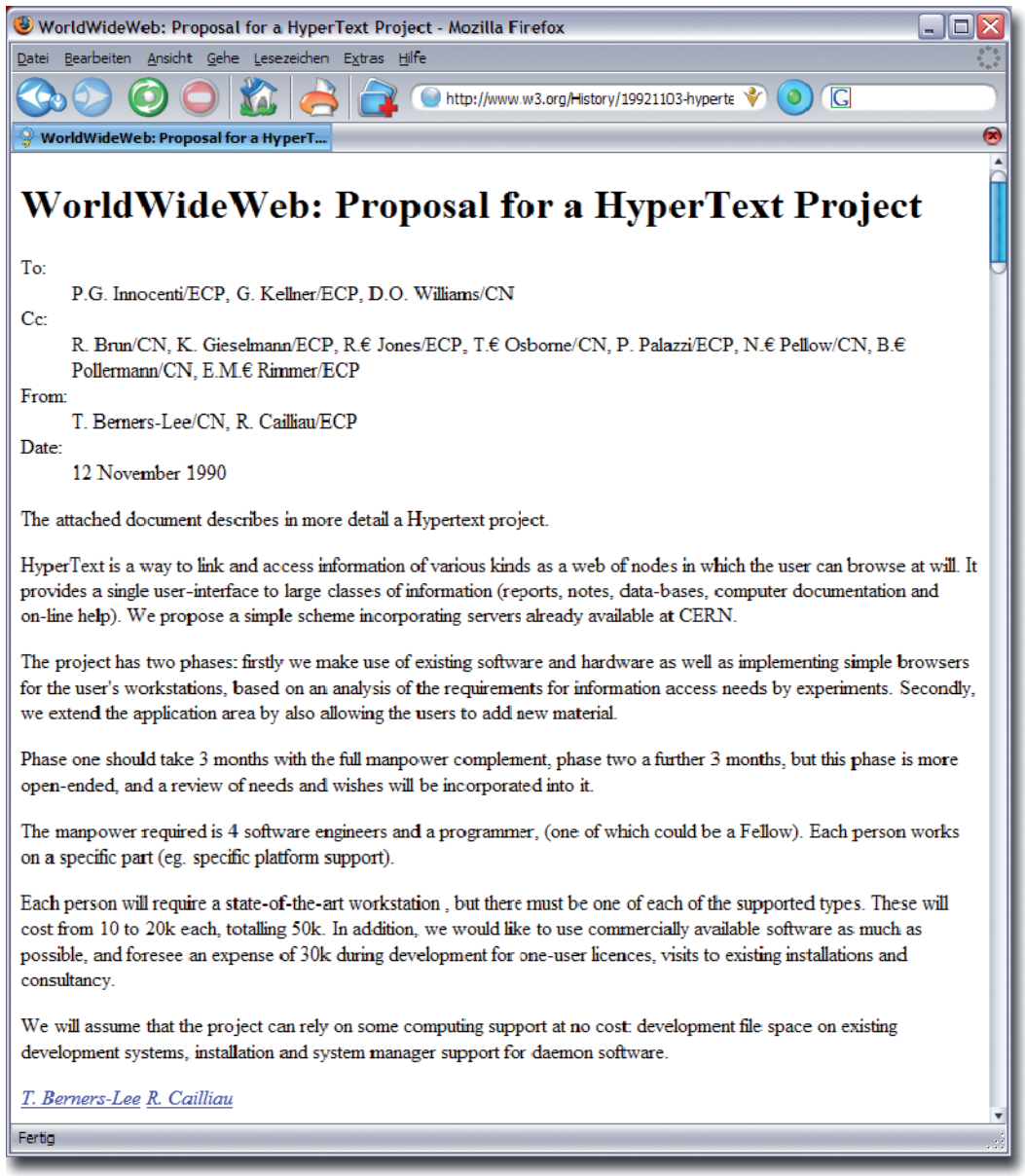


Abbildung 1.2: Proposal von Berners-Lee, November 1990

Seit dieser Initialpostulierung des WWW ist sein Wachstum ungebrochen; Abbildung 1.3 zeigt die Entwicklung seit August 1995.

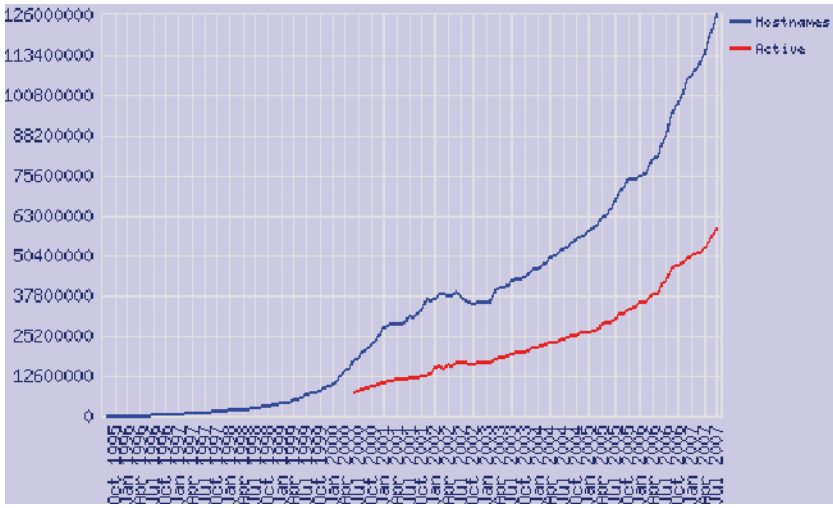


Abbildung 1.3:
Wachstum des WWW von August 1995 bis Juli 2007 (Quelle: Netcraft)

1.2 Komponenten der frühen Technik

Die ursprüngliche, auf Berners-Lee zurückgehende „WWW-Technik“ kommt mit wenigen fundamentalen Komponenten aus: ein Serverprogramm, welches angeforderte Seiten ausliefert, ein Clientprogramm, welches vom Server diese Informationen anfordert und die Rückantwort zur Anzeige bringt, eine Protokollfamilie, welche die Kommunikation zwischen Server und Client festlegt, sowie eine Auszeichnungssprache für die Codierung der anzuzeigenden Information.

Mit diesen Techniken kann zunächst nur statische Information zur Anzeige gebracht werden, etwa eine Ausgabe „Die Uhrzeit des Servers ist 12h 13min 14sek“ (mit echten, „dynamischen“ Daten) ist ursprünglich nicht möglich.

Diese grundlegenden Bestandteile der Kerntechnik sollen nun vorgestellt werden.

1.2.1 Der Webserver

Tim Berner-Lees zentraler Beitrag für das „erste WWW“ war die Bereitstellung eines *Webservers:*

Ein Webserver ist eine Serverapplikation, welche auf Anfragen im HTTP-Protokoll reagiert und die entsprechenden Antworten generiert.

Der erste Webserver war der CERN-Webserver, der über den NSCA-Webserver zum Apache weiterentwickelt wurde. Genaueres hierzu in Kapitel 6.

1.2.2 Der Webclient

Der *Webclient* hat zwei zentrale Aufgaben: Er stellt die korrekt formulierte Anfrage an den Webserver und bringt dessen Antwort (meist) grafisch formatiert zur Anzeige.

Der erste relevante Webclient war der Mosaic-Browser, welcher von Marc Andreessen entwickelt wurde; Andreessen hat damit die Firma Netscape gegründet, der Mosaic-Browser ging dann im Netscape-Browser auf. Mehr zu den aktuellen Browsern ist in Kapitel 1.2.2 zu finden.

1.2.3 Die Protokollfamilie

Für die Kommunikation zwischen Webclient und -server ist die Sprachebene festzulegen. Dies beginnt bei technischen Netzwerkbestandteilen bis hin zu den zulässigen Anweisungen wie `GET` für die Anforderungen eines Dokumentes und den möglichen Antwortarten. Die netzwerktechnische Ebene wird durch tcp/ip (siehe 1.6.2) festgelegt, die eigentliche Kommunikationsebene bestimmt das HTTP-Protokoll nach 1.6.5.

Hinzu kommt noch das Adressierungsschema der URL bzw. URI, welches in 1.6.9 dargestellt wird.

1.2.4 Die Auszeichnungssprache HTML

Neben den technischen Notwendigkeiten der Kommunikation zwischen Server und Client ist die Möglichkeit der Formatierung – etwa mit Grafiken und Hyperlinks – ein zentraler Grund für den unfassbaren Erfolg des World Wide Web. Diese Formatierung wird ursprünglich durch die Auszeichnungssprache HTML bereitgestellt, welche in 2.3 im Kern erläutert wird.

1.2.5 ...und die Dynamik?

Mit den bisher genannten Technikkomponenten lassen sich statische Inhalte anzeigen – aber keine dynamischen. Einfachstes Beispiel für eine Dynamik ist die Ausgabe der Uhrzeit auf dem Webserver, schon hier endet unser momentanes Wissen.

Um die zu erweitern, ist es notwendig, eine Programmierung bereitzustellen: Das ursprüngliche HTML muss um die Möglichkeit erweitert werden, dynamische Anteile zu implementieren. Hierfür wurde auch das umstrittene Schlagwort „Dynamisches HTML“ – DHTML – eingeführt, auf welches hier bewusst verzichtet wird.

Es gibt inzwischen zahllose Möglichkeiten, Dynamik im Web anzubieten. Die momentan wichtigsten werden in diesem Buch vorgestellt.

1.3 Clientseitige Web-Programmierung

Die Programmierung für das Internet kann sowohl client- als auch serverseitig erfolgen – und in vielen Fällen ist sogar die Verbindung beider Ansätze notwendig. Dabei verfolgen beide Ansätze unterschiedliche Ziele.

Abbildung 1.4: Der Client in diesem Buch

Domäne der *clientseitigen Web-Programmierung* ist die direkte Interaktion mit dem Benutzer, die Integration von aktiven Programmen in den Browser. Hierzu zählt die Reaktion auf das Mausverhalten und die direkte Überprüfung von Eingabedaten vor Übertragung zu einem Server. Fortgeschrittenere grafische Effekte wie eine schematische Filmsequenz gehören dazu und inzwischen auch eine asynchrone Kommunikation mit Serverdiensten, um ein ähnliches Verhalten wie bei einer Desktop-Applikation auch im Browser anbieten zu können.

Einige der Kern-Techniken in diesem Bereich sind:

- Darstellung mit (X)HTML und CSS;
- JavaScript als die grundlegende Client-Programmiersprache;
- Flash-Techniken etwa für Filmsequenzen mit ActionScript;
- Ajax für ein desktopähnliches Verhalten;

- Java Applets für vollständige Client-Applikationen, welche in einem Browser ablaufen.

Mit diesen Techniken ist auch eine direkte Kommunikation mit einem Datenbanksystem denkbar – insbesondere mit dem Applet –, wird aber aus Gründen der Sicherheit heute nicht mehr angewendet.

Eine typische Client-Programmierung ist der Farbwähler von Selfhtml unter `http://de.selfhtml.org/helferlein/farben.htm`: In einem Web-Formular sind Farbwerte auszuwählen, durch Druck auf den Button „Farben anzeigen“ werden die zugehörigen Hex-Farbwerte berechnet (unten links) und das rechte Fenster wird in den gewählten Farben neu gezeichnet. Alles geschieht direkt auf dem Client.

Abbildung 1.5:
Exemplarische clientbasierte Web-Programmierung

1.4 Serverseitige Web-Programmierung

Wesentlich komplexere Programmierungen finden sich serverseitig, insbesondere, weil hier Datenbankanbindungen genutzt werden können. Typische Beispiele für solche serverseitigen Web-Programmierungen sind Google, Ebay und Amazon.

Hier ist das Spektrum der eingesetzten Techniken groß:

- CGI-Programmierungen mit ausführbaren Programmen wie compiliertes C oder mit Scriptsprachen wie Perl, Python oder Ruby;
- PHP;
- Server Side Includes (SSI);
- fastCGI-Anwendungen;
- spezielle Module für den Webserver;
- Frameworks wie Ruby on Rails;
- Java-Entwicklungen auf dem J2EE-Framework wie Servlets und Java Server Pages;

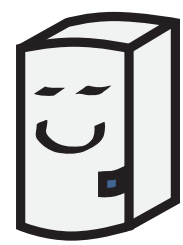


Abbildung 1.6:
Der Server in diesem Buch

- Content-Management-Systeme wie TYPO3 mit TypoScript.

1.5 Sprachen für die Web-Programmierung

In 1.3 und 1.4 wurden die gängigen Sprachen für den Einsatz in der Web-Programmierung genannt. Einige davon, etwa Perl und Java, sind Sprachen, welche auch unabhängig von der Web-Programmierung eingesetzt werden; andere wie PHP und ActionScript werden faktisch ausschließlich in diesem Bereich verwendet.

Viele dieser Sprachen sind Scriptsprachen, weshalb diese genauer betrachtet werden.

1.5.1 Scriptsprachen

Scriptsprachen sind einfache Programmiersprachen, die sich meistens durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- sie werden interpretiert und nicht compiliert;
- Variablen in Scriptsprachen sind nicht typisiert: Eine Variable wird nicht deklariert und hat keinen festgelegten Typ wie „Zeichenkette“ oder „Gleitkommazahl“, sondern nimmt beliebige Werte auf und wandelt diese je nach Bedarf in einen anderen Typ um.

Die meisten der in diesem Buch behandelten Sprachen gehören zu der Gruppe der Scriptsprachen, etwa Perl, PHP, JavaScript und Ruby.

1.5.2 Java

Abbildung 1.7: Java-Logo

Die populäre Sprache *Java* ist keine Scriptsprache, sondern eine moderne Hochsprache, welche typisch für die aktuelle Programmierung ist.

Java wurde um 1995 von James Gosling bei Sun Microsystems entwickelt und hat seither einen beispiellosen Erfolg.

Wesentlich für den Erfolg von Java ist das hier erstmals erfolgreich umgesetzte Konzept der plattformunabhängigen Programmierung: Java Sourcecode wird durch den Java-Compiler `javac` in eine plattformunabhängige class-Datei übersetzt; diese kann direkt auf verschiedenen Betriebssystemen durch die Java Virtual Machine (JVM) ausgeführt werden.

Die Plattformunabhängigkeit von Java hat die Verbreitung der Sprache wesentlich beschleunigt, da sie eine neue Technik in der Web-Programmierung ermöglicht: das Java Applet, ein im Web-Browser ausgeführtes Java-Programm. Dieser Weg hat sich allerdings nicht durchgesetzt, heute ist dafür serverseitiges Java wie Servlets und Java Server Pages eine wesentliche Technik.

Java ist heute in der Anwendung und genauso in der Lehre/Ausbildung eine vorherrschende Sprache. Aus diesem Grund wird in diesem Buch an vielen Stellen auf Java Bezug genommen.

Dieser spezielle Hinweis zeigt Parallelen und Unterschiede der vorgestellten Sprachen zu Java auf.

1.6 Technische Grundlage: die Internetprotokolle

In technischer Sicht ist „das Internet“ letztlich nichts anderes als die physikalische Infrastruktur mit einer ganzen Familie an *Protokollen,* die den Daten- und Kommunikationsaustausch über das physikalische Netz regeln. Die Gesamtzahl dieser Protokolle wird mit über 500 angegeben.

Welche Protokolle nun genau zu den Definitionen des Internets zählen, ist in letzter Konsequenz nicht zu sagen; die wichtigsten werden hier kurz vorgestellt. Eine umfassendere Darstellung der wichtigsten Protokolle ist in [MS04, S. 236 ff] enthalten.

1.6.1 Das Schichtmodell

Das „Netzwerk“ stellt letztlich eine verteilte Anwendung bereit, die zum Teil im Browser des Clientrechners und zum anderen Teil auf einem Webserver abläuft; dazwischen regelt das Netzwerk die Kommunikation zwischen den beteiligten Komponenten.

Um die Arbeitsweise des Netzwerks zu verstehen, ist es sinnvoll, das Netzwerk in verschiedene Hierarchieebenen mit klar definierten Schnittstellen zu zerlegen: das *Schichtmodell* (vgl. [MS04, S. 239 f]).

Das verbreitete ISO/OSI-Schichtmodell geht von sieben aufeinander aufbauenden Netzwerkschichten aus; die ersten vier davon zählen zum Transportsystem.

- **Schicht 1: Bitübertragungsschicht**
  Diese unterste, auch als physikalisch bezeichnete Schicht stellt die technische Bitübertragung bereit.
- **Schicht 2: Sicherungsschicht**
  Die Sicherungsschicht ist für eine fehlerfreie Übertragung verantwortlich und stellt die Verbindung zum Übertragungsmedium her.
- **Schicht 3: Vermittlungsschicht**
  Diese Schicht regelt die Adressierung innerhalb des Netzwerks, also die Zuordnung von Netzwerkadressen zu physikalischen Endpunkten des Netzwerkes.
- **Schicht 4: Transportschicht**
  Diese stellt einen sicheren und korrekten Datenausstausch sicher.

Die oberen drei Schichten bilden das Anwendungssystem; sie bestehen aus:

- **Schicht 5: Sitzungsschicht**
  Diese stellt Dienste für einen synchronisierten Datenaustausch und für die Prozesskommunikation bereit, um den Abbruch einer Sitzung zu verhindern.
- **Schicht 6: Darstellungsschicht**
  Hier werden systemabhängig codierte Daten in unabhängiger Form dargestellt.
- **Schicht 7: Anwendungsschicht**
  Diese oberste Schicht stellt den darüber liegenden Anwendungen die benötigten Funktionalitäten wie E-Mail und Renote Login zur Verfügung.

Die Internet-Programmierung betrifft mindestens ab der dritten Schicht alle vorhandenen.

1.6.2 tcp/ip

Bei dem *tcp/ip-Protokoll* handelt es sich um die wesentliche Grundlage des Internets schlechthin, und es sind zwei aufeinander aufbauende Protokolle. Sie betreffen die dritte und vierte Schicht des ISO/OSI-Modells nach 1.6.1.

1.6.3 Internet Protocol (ip)

Das *Internet Prococol* ip regelt die Kommunikation zwischen zwei Rechnern ohne vorherigen Verbindungsaufbau auf der Vermittlungsschicht (Schicht drei im ISO/OSI-Modell). Dabei sind keine Mechanismen der Fehlererkennung und -korrektur implementiert, dies bleibt der höheren tcp-Schicht überlassen.

Zwei Versionen des ip sind momentan verbreitet, ip v4 und ip v6.

1.6.3.1 ip v4

Die *Version 4* des ip ist das verbreitetste Protokoll. Bekannt ist es insbesondere durch das Schema der ip-Adressen bestehend aus vier Gruppen zu je 8 bit für die Netzwerkadresse, etwa

```
143.93.17.94
```

für den Rechner mit dem Namen `ceres.informatik.fh-kl.de`. Die Beziehung zwischen Namen und Netzwerkadresse regelt der Domain Name Service nach 1.6.6.

Da für jede Zahl nur 8 bit zur Verfügung stehen, gibt es insgesamt

$$N = 24 \cdot 8 = 2^{32} = 4.294.967.296$$

Netzwerkadressen, wobei einige zusätzlich nur für besondere Zwecke bereitstehen. Dieser Adressraum erweist sich zunehmend als zu klein, weshalb eine neue Version des ip notwendig wird.

Lokale Netzwerke (LAN) bestehen aus einem beschränkten Adressraum. Typisch ist hier die Unterscheidung in Class-A-, Class-B- und Class-C-Netzwerke. Class-C-Netzwerke

- 123.123.123.abc

und damit aus $2^8 = 256$ vielen Adressen. Per Konvention bekommt der lokale Übergangspunkt in andere Netze, der Router, eine Adresse am Ende des Zahlenbereichs, also im Beispiel `123.123.123.255`. Class-B-Netze schränken die Adressen nur nach dem Schema

```
123.123.abc.def
```

ein und bestehen somit aus 65.536 Einzeladressen, Class-A-Netzwerke sind nochmals nach dem Schema

```
123.abc.def.ghi
```

größer und kommen somit auf 16.777.216 einzelne Netzwerkadressen.

1.6.3.2 Sonderadressen in ip v4

Einigen ip-Adressen kommt eine besondere Bedeutung zu, die auch in der Web-Programmierung von großer Bedeutung sind.

Zunächst ist hier der Bezug zum eigenen Netzwerkinterface genannt, die Adresse `127.0.0.1`, die auch als `loopback` oder `localhost` bezeichnet wird. Wenn der Webserver auf dem lokalen Rechner zu testen ist, dann genügt die URL

```
http://127.0.0.1
```

zum Testen. Das gesamte Class-C-Netzwerk

```
127.0.0.abc
```

ist dem Bezug zum lokalen Rechnersystem vorbehalten und wird nicht über das Netzwerk geleitet.

Für Multicast-Dienste gibt es einen eigenen Adressraum von `224.0.0.0` bis `239.255.255.255`.

Wichtig für den Aufbau sicherer Netzwerke sind nichtroutbare Netzwerkadressen. Dieser Adressbereich ist in RFC 1918 definiert; Tabelle 1.1 gibt eine Übersicht über den privaten Netzwerkadressbereich. Diese Adressen können in dieser Form nur lokal verwendet werden.

1.6.3.3 Network Address Translation (NAT)

Um mit nichtroutbaren internen Adressen nach außen arbeiten zu können – etwa um „zu surfen" – bedient man sich der Adressumsetzung *Network Address Translation* (NAT); hier wird jede ausgehende Netzwerkverbindung auf eine offizielle, routbare Adresse umgesetzt. Der Vorteil davon ist, dass somit keinerlei Informationen über die tatsächlichen internen Adressen nach außen gelangt. Üblicherweise werden alle internen Adressen dabei auf die gleiche externe Adresse umgeleitet.

Vergleichbar zu NAT ist Port Adress Translation (PAT); hierbei werden die Netzwerk-Ports umgesetzt.

Adressbereich	Anzahl Adressen
`10.0.0.0` – `10.255.255.255`	16.777.214
`172.16.0.0` – `172.31.255.255`	1.048.544
`192.168.0.0` – `192.168.255.255`	65.536
`169.254.0.0` – `169.254.255.255`	65.536

Tabelle 1.1: Private Netzwerkadressen

1.6.3.4 ip v6

Die neuere *Version 6* des ip beinhaltet wesentliche Fortschritte gegenüber der Version 4. Hierzu zählen insbesondere:

- Der Adressraum in IPv6 ist deutlich erhöht bei Beibehaltung der Kompatibilität zu den IPv4-Adressen.
- IPv6 beinhaltet die Sicherungsmaßnahmen, die als IPSec bezeichnet werden. Damit wird eine netzwerkseitig integrierte Verschlüsselung des Datentransfers ermöglicht.

1.6.3.5 Transmission Control Protocol (tcp)

Das mit dem Internet Protocol 1982 eingeführte Transmission Control Protocol (tcp) ist ein verbindungsorientiertes Protokoll auf der ISO/OSI-Schicht vier (Transportschicht). Es setzt auf dem ip auf und sichert die wichtige Korrektheit der Datenübertragung.

Konkret bedeutet das tcp, dass die einzelnen Datenpakete, aus denen ein Datenstrom besteht, überprüft werden auf

- die Vollständigkeit;
- die richtige Reihenfolge des Empfangs.

Somit ist eine auf tcp/ip basierende Netzwerkverbindung die ideale geprüfte Verbindung für die Daten einer Web-Site. Wir werden vorwiegend bei der Web-Programmierung deshalb auf tcp/ip aufbauen, benötigen aber mitunter auch andere Protokolle, die hier noch kurz vorgestellt werden sollen.

1.6.4 User Datagram Protocol (udp)

Das *User Datagram Protocol* (udp) ist die Alternative zu tcp, wenn die Schnelligkeit der Übertragung wichtiger ist als die Korrektheit. Dies ist etwa im Bereich von Streaming-Diensten der Fall.

udp ist ein verbindungsloses Protokoll. Es verzichtet auf die Kontrolle der Korrektheit der Datenlieferung, die wesentlicher Bestandteil von tcp ist.

1.6.5 Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Das *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) nimmt für die Thematik dieses Buches eine ganz entscheidende Rolle ein, da es regelt, wie zwischen Webclient und Webserver Informationen ausgetauscht werden.

HTTP ist Kern der „Erfindung des Webs“ durch Tim Berners-Lee (vgl. 1.1). 1989 wurde Version 0.9 von HTTP vorgestellt, ihr folgten 1992 die Versionen 1.0 und die seit 1997 aufgrund von RFC 2068 verwendete Version 1.1.

HTTP ist ein sehr einfaches Protokoll. Die drei Versionen lassen sich folgendermaßen abgrenzen:

- HTTP Version 0.9 (Abbildung 1.8)
  - vollständig textbasiert (keine Multimedia-Daten)
  - der Server kann nur angefordertes Dokument senden, keine zusätzlichen Informationen
  - der Client kann keine Daten an den Server übertragen
  - HTTP 0.9 ist nicht mehr aktuell
- HTTP Version 1.0 (Abbldlung 1.9)
  - bietet neben der Methode `GET` auch die Methode `POST`
  - implementiert HEADer-Informationen mit Meta-Daten
  - stellt Internet Medientypen (MIME) zur Verfügung
  - unterstützt mit der Information last-modified Caching-Mechanismen
  - bietet Authentifizierungsmöglichkeiten.
- HTTP Version 1.1 (Abbildung 1.10)
  - Entitäts-Tag: eindeutige Kennung für jedes Dokument (erleichtert Caching auf mehreren Servern)
  - feste Verbindungen (Zeitbegrenzung durch keep-alive), dadurch verbessertes Netzwerkmanagement
  - verbesserte Authentifizierung (DIGEST)
  - Multihoming: ein Server verwaltet mehrere WWW-Domänen mit unterschiedlichem Dokumentenstamm

Die Bedeutung der wichtigsten HTTP-Sprachbestandteile ist in Tabelle 1.2 aufgeführt.

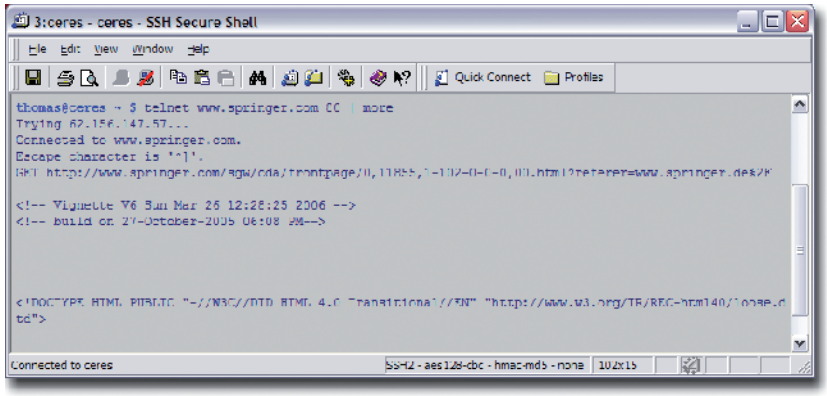


Abbildung 1.8:
GET-Request zur
Springer-Homepage in HTTP 0.9

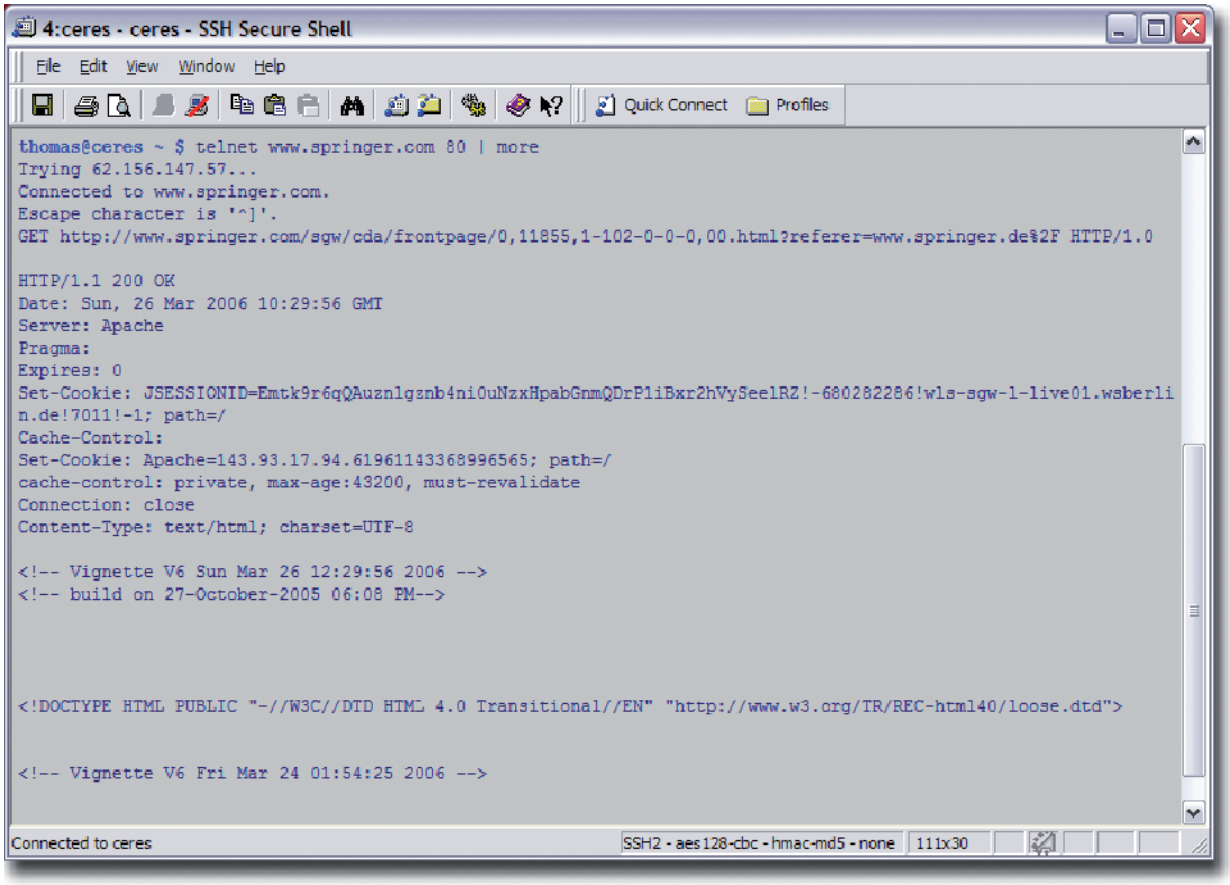


Abbildung 1.9:
GET-Request zur
Springer-Homepage in HTTP 1.0

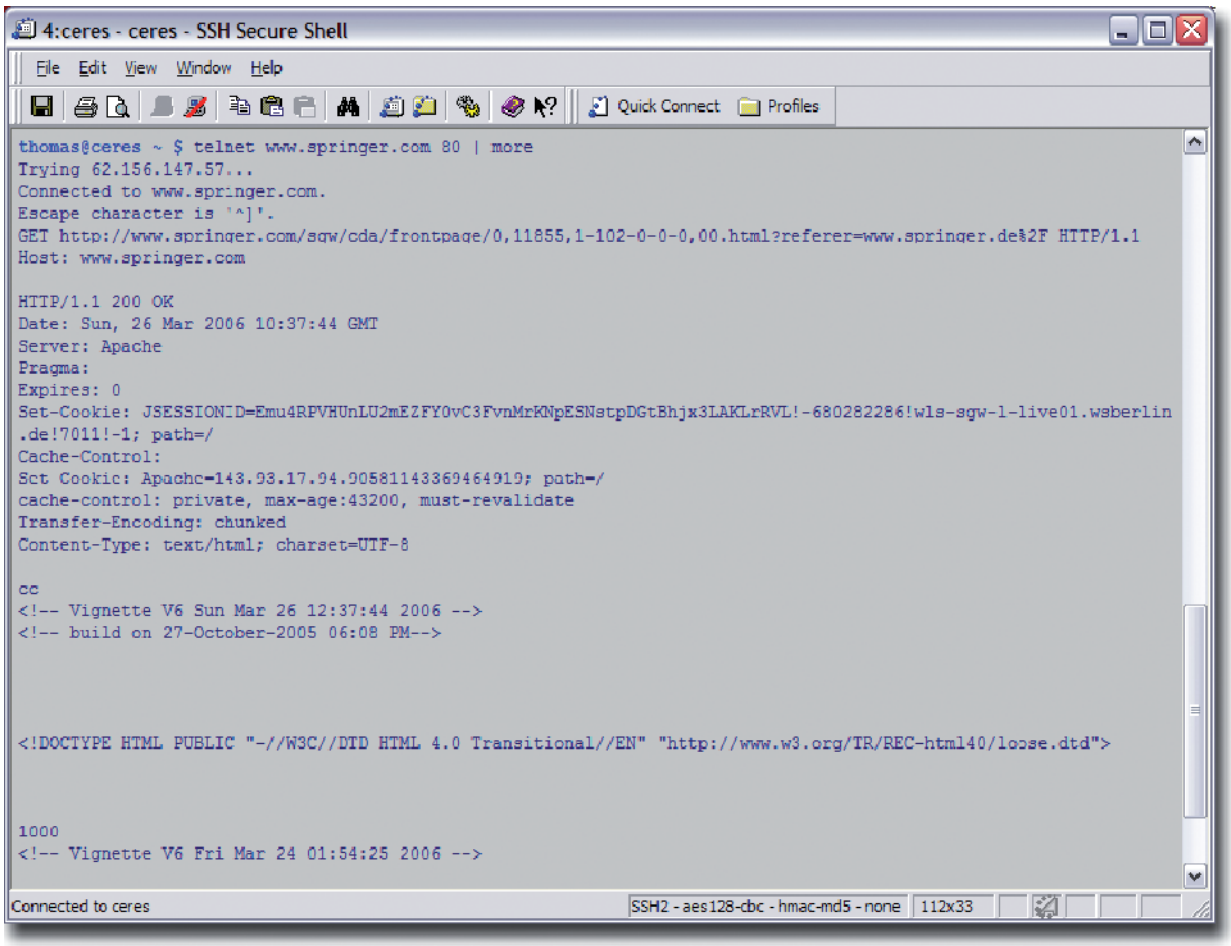


Abbildung 1.10: `GET`-Request zur Springer-Homepage in HTTP 1.1

Tabelle 1.2: HTTP-Syntax (Version 1.1)

Anweisung	Bedeutung
`get`	fordert Dokument an
`post`	wie `get`, überträgt Daten zu Server über separate IO-Verbindung
`head`	fordert nur die HEADER-Informationen an
`put`	Anweisung für Upload
`trace`	Ausweisung aller Proxy-Server
`delete`	Entfernen eines Dokuments
`options`	Auflistung der möglichen HTTP-Anweisungen
`connect`	Proxy-Funktionalität

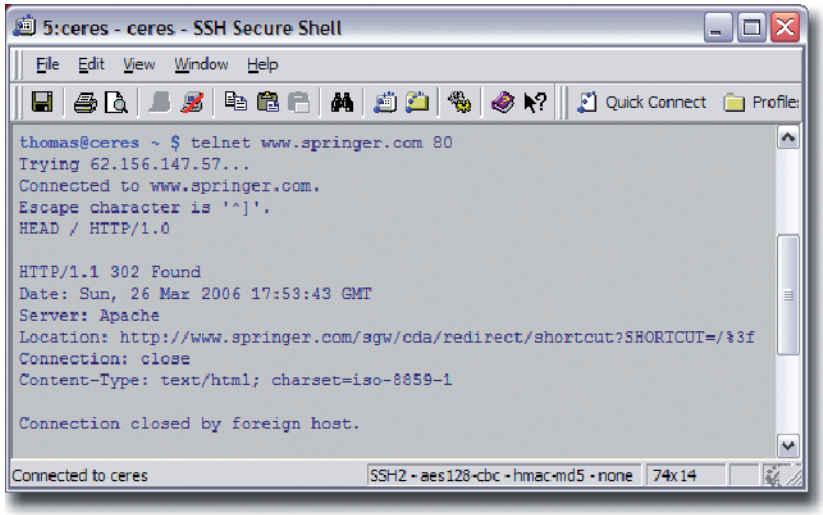


Abbildung 1.11:
`HEAD` der Springer-Homepage

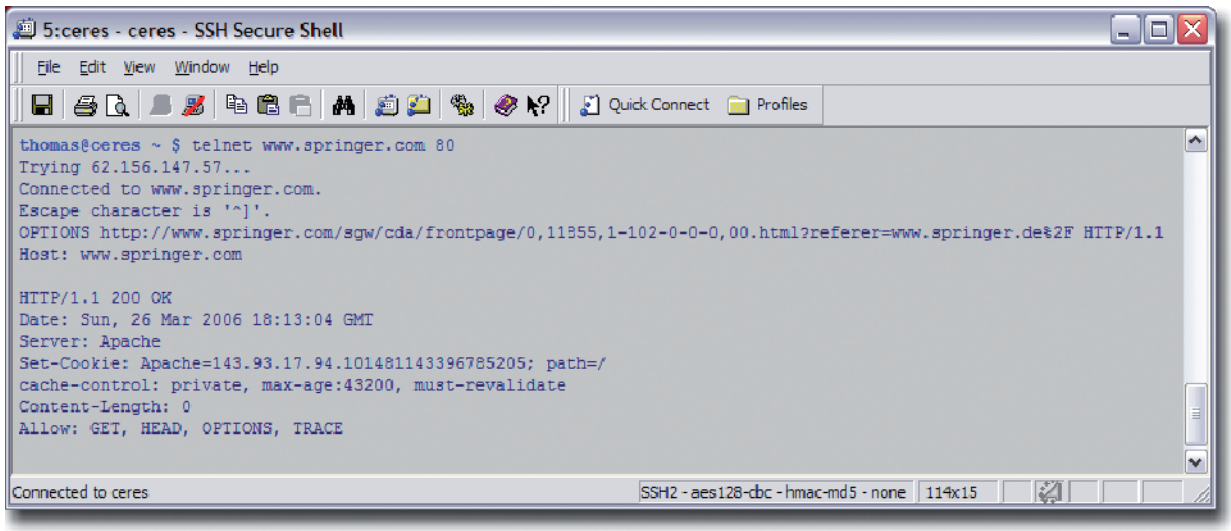


Abbildung 1.12:
`OPTIONS` der Springer-Homepage: Möglich sind die HTTP-Anweisungen `GET`, `HEAD`, `OPTIONS`, `TRACE`

Das HTTP-Protokoll beinhaltet auch standardisierte numerische Antwortcodes, die in fünf Gruppen unterteilt werden:

- informative Codes (ab HTTP 1.1) im Bereich 100 – 199;
- Kennzeichnung des erfolgreichen Requests: 200 – 299;
- jede Art von Umleitung: 300 – 399;
- Fehler aufgrund unkorrekter Client-Anfrage (unvollständig, Anfrage auf nichtexistierende Ressource): 400 – 499;
- Serverfehler: 500 – 599.

Der „gutartige“ Fall ist stets der Antwortcode 200 (ok). Jeder, der mehr Erfahrung mit der Web-Programmierung hat, kennt insbesondere den HTTP-Fehlercode 500 (Abbildung 1.13).

Tabelle 1.3 gibt eine Übersicht über die wichtigsten HTTP-Codes.

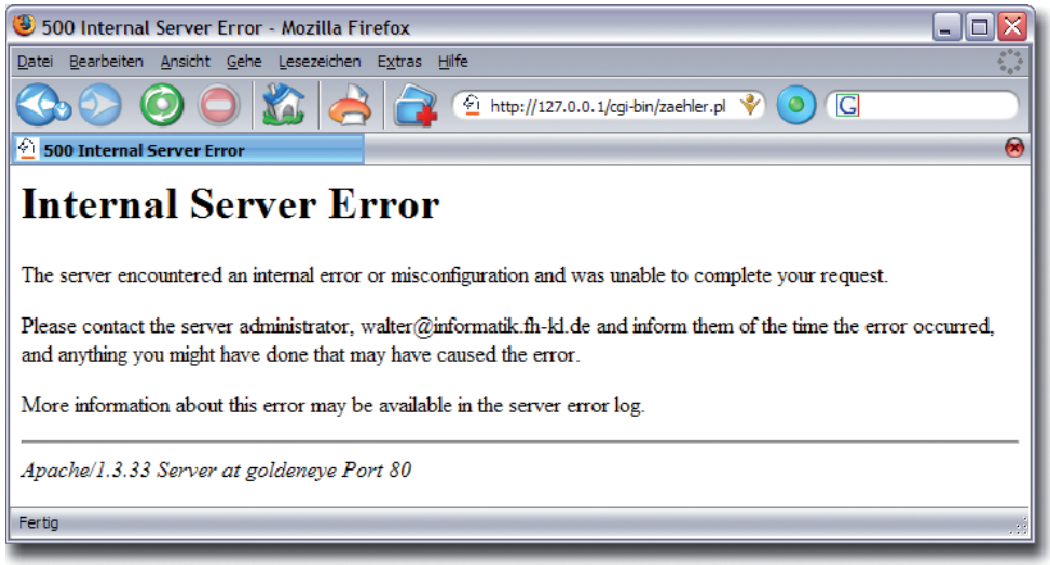


Abbildung 1.13: Alltag der Web-Programmierung: HTTP-Antwortcode 500 Internal Server Error

1.6.5.1 Datenübertragung mittels `GET` und `POST`

Ein wesentlicher Bestandteil des HTTP-Protokolls ist die Datenübertragung zum Webserver, konkret die Übertragung eines ausgefüllten Formulars zum Server. Neben der Zieladresse für die Verarbeitung der Daten – etwa dem Namen eines CGI-Scriptes – gehört zur Übertragung ein Datenteil. Der Übertragungsmechanismus ist bei `GET` und `POST` unterschiedlich.

Ein derartiger Datenteil hat den Aufbau einer „assoziativen Liste“, wie wir sie noch häufig finden werden: eine Ansammlung von Key-Value-Paaren, von Paaren bestehend aus dem Namen des Formularfeldes und dem eingetragenen Wert. Diese Struktur der Art

```
feld1  wert1
feld2  wert2
...
```

wird mit den zwei Verfahren `GET` und `POST` unterschiedlich übermittelt:

- Bei `GET` wird der Datenteil getrennt durch das Sonderzeichen `?` an die Adresse angefügt; die einzelnen Key-Value-Paare werden durch `&` getrennt, so dass etwa folgender Request generiert wird:

  ```
  http://rechnername/scriptname?feld1=wert1&feld2=wert2
  ```

  Dieses Verfahren hat Vor- und auch Nachteile. Die so erzeugten Requests sind vollständig sichtbar und werden in der Browser-History hinterlegt, was für Debugging vorteilhaft ist, aber etwa für die Übermittlung von Kennwörtern ausscheidet. Ferner gibt es Probleme mit der Übermittlung sehr langer Datenblöcke und Sonderzeichen wie `=` und `&` müssen maskiert werden.

  Es ist sehr leicht, mit einfachen Clientscripten – etwa mit Perl zusammen mit dem LWP-Modul, vgl. 10.8 – derartige Requests zu erzeugen und damit praktisch beliebig viele ausgefüllte Formulare zu einem Server zu schicken.
- Bei `POST` wird parallel zum HTTP-Request zur Adresse ein separater Übermittlungskanal für die Daten genutzt, was wegen der bei `GET` beschriebenen Probleme vorteilhaft ist.