

**eXamen.press**

**eXamen.press** ist eine Reihe, die Theorie und Praxis aus allen Bereichen der Informatik für die Hochschulausbildung vermittelt.

Klaus Chantelau · René Brothuhn

# Multimediale Client-Server-Systeme

 Springer

Prof. Dr. Klaus Chantelau  
FH-Schmalkalden  
Fachbereich Informatik  
Blechhammer 4-9  
98574 Schmalkalden  
k.chantelau@fh-sm.de

Dipl. Inform.(FH)René Brothuhn  
FH-Schmalkalden  
Fachbereich Informatik  
Blechhammer 4-9  
98574 Schmalkalden  
r.brothuhn@fh-sm.de

ISSN 1614-5216  
ISBN 978-3-540-79748-7 e-ISBN 978-3-540-79749-4  
DOI 10.1007/978-3-540-79749-4  
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Einbandentwurf:* KünkelLopka, Werbeagentur Heidelberg

Printed on acid-free paper

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

# Vorwort

Das vorliegende Buch richtet sich an Leser, die auf der Basis von Grundkenntnissen der objektorientierten Programmierung (z.B. in den Sprachen Java, C++ oder C#) ihre Fach- und Methodenkenntnisse in der Medieninformatik mit Schwerpunkt auf dem Bereich Webentwicklung vertiefen möchten. Der Leser soll nach der Lektüre die Implementierung der wichtigsten Funktionalitäten multimedialer Internetdienste vornehmen können. Darüber hinaus soll er aber auch in der Lage sein, einen komplexen, multimedial geprägten Dienst konzipieren und hierfür die geeigneten Technologien auswählen zu können. In dieser Hinsicht unterscheidet sich das vorliegende Buch von Werken, die sich dem Themenkreis „Rich-Internet-Applications“ dadurch nähern, dass ausgewählte Technologien, wie z.B. AJAX, Flash oder Java, detailliert und umfassend vorgestellt werden. Die einzelnen miteinander konkurrierenden Technologien weisen unterschiedliche Vorzüge auf, die für die Entwicklung eines multimedialen Client-Server-Systems zu berücksichtigen sind. Andererseits gibt es viele Gemeinsamkeiten, welche auf grundlegende Prozesse bei multimedialen verteilten Systemen zurückzuführen sind. Um die konkurrierenden Technologien vergleichen und bewerten zu können, ist ein umfangreiches Verständnis der theoretischen Grundlagen aus dem Bereich der verteilten Systeme und der Medienverarbeitung erforderlich. Diese werden daher stärker thematisiert, als in Büchern, die eine Technologie detailliert vorstellen. Zentrale Anwendungsfälle werden an Hand von drei Softwarebibliotheken bzw. Programmierschnittstellen mit unterschiedlicher technologischer Ausrichtung bis in die Details ausgearbeitet. Das Buch ist auf der Basis von Vorlesungen in den Studiengängen Informatik und Wirtschaftsinformatik entstanden. Der behandelte Stoff bildet die Grundlage von zwei Vorlesungen in Bachelor-Studiengängen mit einem Umfang von jeweils 4 Semesterwochenstunden. Die weitere Einarbeitung in eine ausgewählte Technologie kann vom Leser auf der Basis dieses Buches unter Zuhilfenahme weiterführender Dokumentationen, z.B. im Internet, leicht selbst vorgenommen werden.

Schmalkalden,  
August 2009

*Klaus Chantelau  
René Brothuhn*

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung</b> .....	1
Anwendungsszenarien multimedialer Client-Server Systeme .....	1
Aufbau des Buches .....	2
Die Entwicklung des multimedialen Internets .....	4
<b>1 Multimediale Client-Server-Systeme</b> .....	7
1.1 Einleitung .....	7
1.2 Multimediale Daten in Client-Server-Systemen .....	8
1.2.1 Fotografien und Rasterbilder .....	9
1.2.2 Computergrafisch erzeugte Einzel- und Bewegtbilder .....	9
1.2.3 Audio- und Videomedien .....	11
1.3 Interaktion mit Client-Systemen .....	12
1.3.1 Grafische Nutzeroberflächen .....	13
1.3.2 Rich-Clients .....	14
1.4 Technologien zur Entwicklung multimedialer Client-Server-Systeme	14
1.4.1 Internationale Standards, Protokolle, Empfehlungen und Programmierschnittstellen .....	15
1.4.2 Standards zur Entwicklung von Rich-Clients .....	16
1.4.3 Programmierschnittstellen für die Entwicklung von Rich-Clients .....	17
1.4.4 Standards für die Client-Server-Interaktion .....	21
1.4.5 Programmierschnittstellen für die Client-Serverinteraktion .	23
1.4.6 Standards für die Verarbeitung von Audio- und Videomedien	24
1.4.7 Programmierschnittstellen für Audio- und Videomedien ....	30
1.4.8 Programmierschnittstellen zur Entwicklung von Serversystemen .....	32
1.5 Vergleich der Technologien zur Entwicklung multimedialer Client-Server Systeme .....	33
1.5.1 AJAX in Kombination mit PHP, JSP oder ASP .....	34
1.5.2 Die Java-Plattform .....	35
1.5.3 Die FLEX / Flash Plattform .....	36

Literaturverzeichnis .....	36
<b>2 Grundlagen verteilter Systeme</b> .....	<b>37</b>
2.1 Einleitung .....	37
2.2 Schichten-Modell .....	38
2.2.1 Mehrschichtige Architekturen .....	39
2.3 Client-Server-Modell .....	40
2.3.1 Fat- und Thin-Clients .....	41
2.4 Client-Server-Interaktion .....	42
2.4.1 Kommunikationsmodell .....	43
2.4.2 Serveraktivierung .....	47
2.4.3 Serverzustände .....	48
2.4.4 Caching .....	49
2.4.5 Vermittlung und Lastverteilung .....	52
2.5 Parallelverarbeitung .....	55
2.5.1 Parallele Server .....	56
2.5.2 Prozesse und Threads .....	57
2.5.3 Synchronisation .....	60
2.6 Synchronisation in verteilten Systemen .....	67
2.6.1 Zentrale Koordination .....	67
2.6.2 Verteilte Synchronisationsalgorithmen .....	71
Literaturverzeichnis .....	73
<b>3 Client-Server-Programmierung</b> .....	<b>75</b>
3.1 Einleitung .....	75
3.2 Einführung in Java .....	75
3.2.1 Die Programmiersprache Java .....	76
3.3 Datenströme in Java .....	80
3.3.1 Eigenschaften von Datenströmen .....	80
3.3.2 Basisklassen zur Verarbeitung von Datenströmen .....	81
3.3.3 Byteorientierte Datenströme .....	86
3.3.4 Zeichenorientierte Datenströme .....	99
3.4 Socket Programmierung .....	105
3.4.1 Kommunikation über IP .....	106
3.4.2 Sockets in Java .....	112
3.4.3 Stream Sockets .....	114
3.4.4 Datagramm Sockets .....	123
3.5 Kommunikation mit HTTP .....	131
3.5.1 URL Aufbau .....	132
3.5.2 Ablauf der Kommunikation zwischen Client und Server .....	133
3.5.3 Ein einfacher HTTP-Server .....	143
3.6 Thread-Programmierung in Java .....	154
3.6.1 Parallele Abarbeitung .....	159
3.6.2 Warten auf Threads .....	161
3.6.3 Unterbrechen von Threads .....	162

3.6.4	Thread-Pools .....	163
3.6.5	Paralleler HTTP-Server .....	165
3.7	Synchronisation in Java .....	167
3.7.1	Java Monitor .....	170
3.7.2	Semaphore in Java .....	175
3.7.3	Locks - Sperren in Java .....	178
	Literaturverzeichnis .....	179
<b>4</b>	<b>Entwicklung von Rich Clients .....</b>	<b>181</b>
4.1	Graphische Komponenten, Ereignisverarbeitung und das MVC-Muster .....	181
4.1.1	Nutzeroberflächen und das MVC-Muster .....	181
4.2	Entwicklung von Rich Clients mit Java .....	186
4.2.1	Graphische Komponenten mit Java-Swing .....	186
4.2.2	Zeichnen mit der Graphics-Klasse .....	199
4.2.3	Die Ereignisverarbeitung mit Java .....	201
4.2.4	HTTP-Kommunikation und graphische Nutzeroberflächen ..	205
4.3	Entwicklung von Rich Clients mit HTML, CSS, JavaScript und AJAX .....	211
4.3.1	Graphische Komponenten mit HTML und CSS .....	211
4.3.2	Grundlagen JavaScript .....	222
4.3.3	JavaScript und das Document Object Model (DOM) .....	226
4.3.4	Ereignisverarbeitung mit JavaScript .....	231
4.3.5	Interaktive Graphiken mit JavaScript .....	235
4.3.6	Interaktive Anwendungen mit AJAX .....	239
4.4	Entwicklung von Rich Clients mit FLEX/Flash/ActionScript .....	247
4.4.1	Graphische Komponenten mit MXML und FLEX .....	248
4.4.2	MXML- Tags und Attribute .....	249
4.4.3	ActionScript 3.0 und FLEX .....	257
4.4.4	Ereignisverarbeitung mit ActionScript .....	262
4.4.5	ActionScript 3.0 und Flash .....	265
4.4.6	Zeichnen mit der Graphics-Klasse .....	267
4.4.7	Animierte Bewegtbildfolgen und Synchronisation .....	271
4.4.8	Erzeugung von Klassen mit dem Flash-Autorenwerkzeug ..	273
4.4.9	Asynchrone Client-Server-Kommunikation mit FLEX/Flash	274
4.4.10	Interaktive Graphiken mit FLEX/Flash .....	279
	Literaturverzeichnis .....	282
<b>5</b>	<b>Audio-, Bild- und Videomedien in Client-Server-Systemen .....</b>	<b>283</b>
5.1	Audio-, Bild- und Videocodierung .....	283
5.1.1	Kompression von audio-visuellen Daten .....	284
5.1.2	Irrelevante Information in Audiosignalen und mp3-Audiocodierung .....	287
5.1.3	Irrelevanzreduktion in visuellen Daten .....	292
5.1.4	Redundanzreduktion .....	296



5.1.5	Prädiktionscodierung .....	299
5.1.6	JPEG-Bildcodierung .....	302
5.1.7	MPEG-Videocodierung .....	306
5.2	Java Media Framework und Microsoft DirectShow .....	312
5.2.1	Progressive Download von Audio-Videomedien mit dem JMF .....	315
5.2.2	Anzeige eines Live-Videos von einer Webcam .....	324
5.2.3	RTP-Streaming von Audio- und Videodaten mit dem JMF ..	326
5.2.4	Progressive Download und Streaming von Audio-Video Medien mit DirectShow .....	334
5.2.5	Komplexität der Anwendungsentwicklung mit dem JMF, DirectShow und Flash .....	337
5.2.6	Erweiterbarkeit des JMF .....	337
5.3	Verarbeitung von Audio- und Videomedien mit dem Flash-API ....	338
5.3.1	Progressive Download oder Streaming von Audio- und Videomedien mit Flash .....	338
5.3.2	Anzeige eines Live-Videos einer Webcam .....	343
5.3.3	Encodierung mit der <code>NetStream Klasse</code> .....	343
5.3.4	Streaming mit dem <code>Flash Media Server</code> .....	344
	Literaturverzeichnis .....	349
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>351</b>

# Einführung

## Anwendungsszenarien multimedialer Client-Server-Systeme

Die zentralen Bausteine des Internets, das HTML-Dokumenten-Format und das HTTP-Übertragungsprotokoll, waren ursprünglich lediglich für eine dezentrale Nutzung von wissenschaftlichen Dokumenten und deren Verknüpfung entwickelt worden und wurden Anfang der 1990er Jahre veröffentlicht. Seitdem hat sich das Internet schneller verbreitet als alle anderen Massenmedien jemals zuvor. Dabei wurden immer umfangreichere Interaktionsmöglichkeiten und Funktionalitäten bereitgestellt, so dass man schnell von Internet-Anwendungen und -Diensten sprechen konnte. Darüber hinaus wurden im Laufe der Zeit immer mehr multimediale Inhalte in die angebotenen Dienste und Anwendungen integriert. Insbesondere ist die dominierende Stellung des Fernsehens als Unterhaltungsmedium verschwunden. Jüngere Gesellschaftsschichten nutzen das Internet zu Unterhaltungszwecken im gleichen Umfang wie das Fernsehen. Im Folgenden sollen einige Anwendungsszenarien für multimediale Client-Server-Systeme konkretisiert werden:

**Medienanbieter** Ereignisse und Reportagen (z.B. Sportveranstaltungen wie die Fussball-Europa- oder Weltmeisterschaften) werden in Form von Live-Übertragungen auch über das Internet angeboten. Fernsehsender stellen über Video On Demand-Angebote eine Videothek über das Internet zur Verfügung. In Ergänzung zu den kostspieligen Produktionen von Sendeanstalten werden durch das Audio-Videostreaming über Videoplattformen (z.B. YouTube) auch die Verbreitung von „kleinsten“ Produktionen möglich. Hierbei werden neue ästhetische Ausdrucksformen (meist Kurzfilme) gefunden, welche von einem Massenpublikum ebenso wie von kleinen Zielgruppen wahrgenommen werden.

**Informationsdienste** Wettervorhersagen, geografische Informationen (Google Maps, Google Earth), Reiseinformationen (Deutsche Bahn) usw. werden an Hand von Grafiken, Fotomaterialien oder Animationen und Simulationen für den Nutzer bereitgestellt. Durch die spielerisch-komfortablen Interaktionen mit Grafiken können die gewünschten Informationen abgerufen werden.

**Präsentation von Produkten, Dienstleistungen und Unternehmen** Über reine Photodarstellungen hinaus werden computergraphische Animationen und Simulationen zur Darstellung von Produkten verwendet. Große Unternehmen z.B. aus den Bereichen der Automobil- und Möbelindustrie bieten dem Nutzer attraktive Präsentationen über das Internet an, welche die Aufmerksamkeit durch ästhetische und spielerische Elemente auf sich ziehen. Beispiele hierfür sind Konfiguratoren, mit denen sich der Nutzer sein Wunschprodukt selbst zusammensetzen kann. Internetbasierte Präsentationen von Dienstleistungsangeboten, z.B. aus dem Bereich Tourismus, verwenden oft ebenso wie Produktpräsentationen neben der reinen Informationsdarstellung multimediale Inhalte, um ein intensives Lebensgefühl zu vermitteln. Interaktive Grafiken informieren über die Anfahrt, Sportmöglichkeiten und das Wetter. Fotografien und Audio-Videomedien vermitteln einen Eindruck von der Landschaft, den Sportangeboten, den touristischen Ereignissen und dem Nachtleben. Ständig aktualisierte Video-On-Demand- als auch Live-Videobeiträge mit hoher Qualität repräsentieren den Erlebniswert der Tourismusregion. Ähnliche Zielsetzungen führen zur Integration von umfangreichen Medien zur Vermittlung eines besonderen Images bei Unternehmen und Institutionen.

## **Aufbau des Buches**

### ***Kapitel 1***

Die hier skizzierten Dienste und Webanwendungen setzen sich aus mehreren Computersystemen zusammen und bilden damit ein verteiltes System, welches darüber hinaus für die Verarbeitung von unterschiedlichen Medien ausgelegt sein muss. Das verteilte System besteht aus Client- und Serversystemen, die miteinander kommunizieren. In Kapitel 1 wird zunächst ein Überblick über die derzeit vorhandenen Technologien zur Medienverarbeitung sowie zur Entwicklung von Client- und Serversystemen gegeben. Anschließend werden hinsichtlich unterschiedlicher technologischer Ausrichtungen wichtige Stellvertreter ausgewählt (die Java Plattform, die FLEX/Flash Plattform sowie das Bündel HTML/CSS/JavaScript/AJAX). Die Leistungsmerkmale dieser Vertreter, welche in dem Buch durchgängig Verwendung finden, werden abschließend dargestellt.

### ***Kapitel 2***

In Kapitel 2 erfolgt eine theoretisch ausgerichtete Darstellung der Strukturmerkmale und der wesentlichen Prozesse bei verteilten Systemen. Unterschiedliche Client-

und Servermodelle sowie zentrale Fragen der Kommunikation, Parallelisierung und Synchronisation in verteilten Systemen werden hier vorgestellt.

### ***Kapitel 3***

Die praktische Umsetzung der theoretischen Konzepte aus Kapitel 2 wird in Kapitel 3 behandelt. Dabei werden die wichtigsten Internetprotokolle wie IP, TCP, UDP und HTTP und eine darauf aufsetzende Programmierung am Beispiel der Sprache Java detailliert vorgestellt. Es wird hierbei ein einfacher Server auf der Basis von Datenströmen und der Socketprogrammierung entwickelt. Zur Umsetzung der Parallelisierung und der Synchronisation wird eine detaillierte Einführung in die Softwareentwicklung mit Threads vorgestellt. Abschließend wird der einfache Server durch die Parallelisierung hinsichtlich seiner Performanz weiterentwickelt.

### ***Kapitel 4***

Für die zunehmende multimediale Nutzung des Internets wie in den betrachteten Beispielen sind leistungsstarke Clientsysteme auf der Nutzerseite erforderlich, die einen hohen Bedienkomfort, die Integration interaktiver visueller Medien und eine leistungsstarke Client-Serverkommunikation gewährleisten. Für diese Clientsysteme ist der Begriff Rich Client und für die gesamte Anwendung der Begriff Rich Internet Application geprägt worden. Die Programmierung dieser Systeme wird am Beispiel der Java Plattform, der FLEX/Flash Plattform und dem Bündel HTML/CSS/JavaScript/AJAX an Hand von zentralen Anwendungsbeispielen in Kapitel 4 vorgestellt.

### ***Kapitel 5***

Die Möglichkeit Audio- und Videomedien mit einer hohen Qualität in kurzer Zeit über das Internet übertragen zu können, hängt entscheidend von einer aufwändigen Datenkompression ab. Geeignete Rich-Client-Systeme müssen die komprimierten Daten in Echtzeit dekomprimieren und anzeigen können. Nur wenige Technologien unterstützen dies mit hoher Qualität. Eine Einführung in die theoretischen Grundlagen und in die Programmierung auf der Basis der Java-, DirectShow und der FLEX/Flash-Plattform erfolgt in Kapitel 5.

## ***Materialien zu diesem Buch***

Über die folgende Webseite können die im Buch besprochenen Beispielprogramme heruntergeladen werden:

*[http://www.fh-schmalkalden.de/Buch\\_MMCS](http://www.fh-schmalkalden.de/Buch_MMCS)*

## **Die Entwicklung des multimedialen Internets**

Die technische Entwicklung des Internets wird durch viele, teilweise unabhängige Bewegungen vorangetrieben und geht daher in ihren Details oft überraschende und unvorhergesehene Wege. Es stellt sich damit die Frage, ob auch die umfangreiche Medienintegration nur eine kurzfristige Modeerscheinung ist. Diese Fragestellung kann hier nicht umfassend erörtert werden, da hierfür neben den technischen Einflussfaktoren vielfältige gesellschaftliche Prozesse zu betrachten sind. Einen wichtigen Aspekt in diesem Zusammenhang zeigt die Bedeutung des Begriffes „Erlebnisgesellschaft“.

Doch diese interessante Frage motiviert zu einem kurzen Blick auf die parallele technische Entwicklung der beiden Medien digitales Fernsehen und multimediales Internet. Die Erweiterung des Internets von einer anfänglichen Verbreitung von Texten hin zu einer umfangreichen multimedialen Nutzung war seit den Anfängen beabsichtigt und wurde mit umfangreichen Projekten unterstützt. Ausgangspunkt hiervon war die gleichzeitige Entwicklung des digitalen Fernsehens, für die mit Veröffentlichung des MPEG 2 Standards zur Kompression und Übertragung von Fernsehsignalen im Jahre 1994 die wesentlichen Grundlagen geschaffen wurden. Als Nachfolgestandard von MPEG 2 ist speziell für multimediale Internetanwendungen Ende der 1990er Jahre der MPEG 4 Standard erarbeitet und in seinen größten Teilen 1999 veröffentlicht worden (der ursprünglich geplante MPEG 3 Standard ist gestrichen worden, da MPEG 2 die geplanten Einsatzzwecke von MPEG 3 bereits abdeckte).

Die Zielsetzung des MPEG 4 Standards betraf eine Erweiterung des klassischen HTML/HTTP basierten Internets zur Dokumentenübertragung um die Möglichkeiten des digitalen Fernsehens und von computergrafischen Darstellungen. Der Erlebnischarakter des Fernsehens und von Computerspielen sollte in Verbindung mit einem hohen Bedienkomfort für jede Webanwendung ermöglicht werden. Dieses Ziel ist nun erreicht worden und entsprechende Webanwendungen werden als Rich-Internet-Applications bezeichnet. Obwohl mit MPEG 4 die technischen Grundlagen für Rich-Internet-Applications schon 1999 vorhanden waren, hat die Verbreitung von audio-visueller Information über das Internet erst in den letzten Jahren den Durchbruch gefunden. Diese Zeitverzögerung liegt an einer zunächst mangelnden Verbreitung von breitbandigen Internetanschlüssen. Bis 2002 gab es weniger als 2 Mio. DSL-Anschlüsse. In den Folgejahren haben sich die Anschlüsse alle zwei Jahre mehr als verdoppelt, so dass 2008 über 19 Mio. Anschlüsse vorhanden waren.

Die Verbreitung und das Empfangen von multimedialen Daten in Fernsehqualität ist damit für breite Bevölkerungsschichten möglich geworden. Video-On-Demand sowie Livevideoübertragungen finden in den letzten Jahren eine zunehmende Akzeptanz. Für eine dem analogen Fernsehen vergleichbare Qualität ist eine Datenrate von ca. 2 bis 5Mb/s erforderlich, welches heute zu den Standardangeboten der Netzbetreiber (z.B. DSL 6000 mit einem realen Datendurchsatz von ca. 5,6 Mbit/s) gehört. Große Softwareunternehmen wie Adobe, Microsoft und Sun erarbeiten unter großen Anstrengungen konkurrierende Softwareprodukte zur Entwicklung von Rich-Internet-Applications. Diese beständig zunehmende Integration von multimedialen Inhalten in Webanwendungen über zwei Jahrzehnte hinweg und das derzeitige Engagement der einflussreichsten Unternehmen sind ein wichtiger Indikator dafür, dass die multimediale Nutzung eine nachhaltige Entwicklung des Internets darstellt, die ihren Durchbruch gefunden hat.

## **Nichtbehandelte Themengebiete**

Viele angrenzende Themen müssen auf Grund der Komplexität der gesamten Thematik unbehandelt bleiben. Dies betrifft einen tieferen Einblick in die Anwendungslogik und die Datenhaltungsschicht zur Abwicklung von Geschäftsprozessen (z.B. auf der Basis von Java EE). Ebenso kann eine Einführung in die vielfältigen Werkzeuge und Frameworks, welche die Entwicklungsprozesse vereinfachen und effizienter werden lassen, im Rahmen dieses Buches nicht mehr vorgenommen werden.