



Leseprobe

Peter Leo Gorski, Luigi Lo Iacono, Hoai Viet Nguyen

WebSockets

Moderne HTML5-Echtzeitanwendungen entwickeln

ISBN (Buch): 978-3-446-44371-6

ISBN (E-Book): 978-3-446-44438-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44371-6>

sowie im Buchhandel.

Inhalt

Vorwort	IX
Danksagung	XI
1 Einleitung	1
1.1 Wie ist das Buch strukturiert?	3
1.2 Wer sollte das Buch lesen?	3
1.3 Wie sollte mit dem Buch gearbeitet werden?	4
2 HTTP: Hypertext Transfer Protocol	5
2.1 Grundlegendes	5
2.1.1 ISO/OSI-Referenzmodell für Kommunikationssysteme	6
2.1.2 Vereinfachtes OSI-Modell	8
2.1.3 Dienst	9
2.1.4 Protokoll	10
2.1.5 Kommunikationsfluss	11
2.2 HTTP en détail	13
2.2.1 Kommunikationsablauf	13
2.2.2 Textbasiert	14
2.2.3 Aufbau von Request-Nachrichten und Protokollelemente	16
2.2.4 Aufbau von Response-Nachrichten und Statuscodes	20
2.2.5 Zustandslos	24
3 Höhere Interaktivität und Echtzeitfähigkeit	25
3.1 XMLHttpRequest (XHR)	25
3.2 Polling	27
3.3 Long-Polling	28
3.4 Comet	29
3.5 Server-Sent Events	31
3.6 Bewertung der Verfahren	33

4	Die Leitung: Das IETF WebSocket-Protokoll	35
4.1	Was bisher geschah	35
4.2	Opening-Handshake – WebSocket-Verbindung aufbauen	36
4.3	WebSocket-Frames	39
4.4	Fragmentierung	42
4.5	Maskierung	43
4.6	Datenframes	45
4.6.1	Frames mit Textdaten	45
4.6.2	Frames mit Binärdaten	47
4.7	Control-Frames	48
4.7.1	Ping-Frame	48
4.7.2	Pong-Frame	49
4.7.3	Close-Frame	49
4.8	Closing-Handshake – WebSocket-Verbindung schließen	53
4.9	Tools zur Protokollanalyse	54
4.9.1	Wireshark	54
4.9.2	Fiddler	60
4.9.3	Chrome Developer Tools	68
4.9.4	Chrome Network Internals	70
5	Der Client: Die W3C WebSocket-API	75
5.1	Was bisher geschah	75
5.2	Browserunterstützung	76
5.3	Namensschema	79
5.4	Objekterzeugung und Verbindungsaufbau	80
5.5	Zustände	81
5.6	Event-Handler	83
5.7	Erstes vollständiges Programmchen	86
5.8	Attribute	89
5.9	Datenübertragung	92
5.9.1	Übertragung textbasierter Daten	93
5.9.2	Übertragung binärer Daten	94
5.10	Verbindungsabbau	96
5.10.1	Verbindung beenden	96
5.10.2	Close-Event	96
5.11	Ausblick: HTTP 2.0/SPDY	97

6	Der Server: Sprachliche Vielfalt	101
6.1	Übersicht verfügbarer WebSocket-Implementierungen	101
6.2	Node.js	102
6.2.1	Installation von Node.js	104
6.2.2	WebSocket.io	106
6.2.3	Socket.io	109
6.2.4	WebSocket-Node	113
6.3	Vert.x	119
6.4	Play Framework	122
6.4.1	Installation	122
6.4.2	Anlegen eines neuen Play-Projekts	123
6.4.3	Anatomie einer Play-Anwendung	123
6.4.4	Die Play-Konsole	124
6.4.5	Controller in Play	124
6.4.6	Views in Play	125
6.4.7	Routes in Play	126
6.4.8	Vom Controller zur View	127
6.4.9	Erstellen eines Echo-Servers in Play	129
6.5	JSR 356	132
6.5.1	JSR 356-basierender WebSocket-Server	136
6.5.2	JSR 356-basierender WebSocket-Client	140
7	WebSockets in der Praxis	147
7.1	Performance und Skalierbarkeit	147
7.1.1	Test-Echo-Server	148
7.1.2	Testclient für die Auslastung	151
7.1.3	Testclient für die Zeitmessung	152
7.1.4	Einrichtung der Testumgebung	153
7.1.5	Ergebnisse	157
7.2	Sicherheit	158
7.2.1	Same Origin Policy	158
7.2.2	Vertrauliche Kommunikation	159
7.2.3	Authentifizierung	162
7.2.4	Firewalls und Proxys	183
7.2.5	Mögliche Gefährdungen	186
7.2.6	Bewertung der Sicherheitslage	195
7.3	Mit Haken und Ösen	196
7.3.1	Pings und Pongs	196
7.3.2	Das Cache-Problem im Internet Explorer 10	197

8	Beispielanwendungen	201
8.1	Fernbedienung von Webanwendungen mit einer Smartphone-/Tablet-Fernbedienung	202
8.2	Chat-System	211
8.3	Heatmap für Usability-Tests	216
8.4	Überwachungskamera per Webcam	221
	Schlusswort	231
A	XHR-Objekt	233
B	Chrome Developer Tools auf Android	235
C	Umgebungsvariablen definieren	241
C.1	Mac OS/Linux mit Bash	241
C.2	Windows	242
D	Express.js	247
D.1	Anatomie einer Express.js-Anwendung	248
D.2	Die Anwendungslogik in der Datei app.js	250
D.3	Die Jade-Template-Engine	252
D.4	Express.js mit WebSocket-Servern verbinden	254
	Literatur	257
	Stichwortverzeichnis	263

Vorwort

Netzwerke umgeben uns quasi überall. Viele Dinge des täglichen Geschäfts- und Privatlebens sind ohne Kommunikation über ein digitales Datennetz nicht mehr vorstellbar. Zur Lingua franca der Protokolle der Anwendungsschicht hat sich in den letzten Jahren das HTTP gemausert. Angeschoben durch den immensen Erfolg des Web bedienen sich heute eine Vielzahl anderer Anwendungen dem HTTP. Darunter z.B. die Lokalisierung und Ansteuerung von Geräten im Hausnetz via UPnP, die Speicherung von Daten in der Cloud alla Dropbox und vermehrt auch das TV. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Der simple Aufbau von HTTP und die zahlreich verfügbaren Implementierungen spielen dabei sicherlich eine Hauptrolle. In den Nebenrollen finden sich Darsteller wie die durchgängige Firewall-Freundlichkeit und neuerlich auch die ubiquitäre Verbreitung von HTTP in Geräten jeden Couleurs. Ist man mit seinen Anwendungen und Diensten an Reichweite interessiert, führt derzeit kein Weg an HTTP vorbei.

Neben all dieser Euphorie ist es ratsam, alle Eigenschaften des neuen Gefährten zu kennen, da sich daraus auch seine Grenzen ableiten lassen. An der Zustandslosigkeit von HTTP lässt sich dies schön verdeutlichen. Erlaubt es auf der einen Seite ein vereinfachtes Caching und globale Skalierbarkeit durch Content Distribution Networks (CDN), erschwert es die Implementierung von Warenkörben in E-Commerce Anwendungen. Letzteres hat man im Laufe der Zeit gut in den Griff bekommen. Für andere Nachteile haben sich dagegen noch keine Patentrezepte etabliert. Hierzu zählt z.B. die unidirektional ausgelegte Kommunikation. Gemäß der Protokollspezifikation meldet sich immer der Client mit einer Anfrage an den Server, der auf diese mit einer entsprechenden Antwort reagiert. Dass sich der Server selbstinitiativ bei einem Client meldet, ist nicht vorgesehen. Dies liegt auch darin begründet, dass die Verbindung zwischen Client und Server nicht dauerhaft, sondern nur für die Zeit des Austausches von Anfragen und ihrer Antworten besteht. In modernen Anwendungen ist das Pushen von Nachrichten oder Daten vom Server zum Client eine häufige Anforderung, die es technisch umzusetzen gilt. Genau an dieser Stelle setzt die WebSocket-Technologie an.

Dem Wildwuchs an Ansätzen, die zum Aufbrechen der Kommunikationseinbahnstraße von HTTP vorgeschlagen wurden und uneinheitlich zur Verwendung gekommen sind, wird mit WebSockets eine standardisierte Lösung entgegengesetzt. Der Hunger nach einem derartigen Standard war groß. Dies lässt sich daran ablesen, dass die Unterstützung von WebSockets durch alle einschlägigen Industrie Größen bekannt gegeben wurde, als sich die Standardisierung noch in den Kinderschuhen befand. Bereits heute lässt sich kein Webbrowser vermissen, der nicht WebSockets mit an Bord hat. Obwohl die Standardisierung

zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen ist, kann davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei in nicht allzu langer Zeit um einen etablierten Standard handeln wird.

Das vorliegende Buch stellt diesen neuen Grundpfeiler für moderne Anwendungen auf Grundlage von HTTP vor. Dabei geht es auf alle Aspekte der WebSocket-Technologie in angemessener Tiefe ein. Meine vorweggenommene Motivation wird zu Beginn des Buches, angereichert mit dem notwendigen Background, aufgegriffen und somit auf das eigentliche Thema hingeführt. Dann stehen die WebSockets im Rampenlicht. Mit dem unter den Fittichen der IETF stehendem WebSocket-Protokoll geht es los. Hier wird Bit genau beleuchtet, wie sich die verschiedenen Frames zwischen Client und Server bewegen. Das zeigt unter anderem, wie viel effektiver die Übertragung mittels WebSockets im Vergleich zu HTTP ist, wenn der Overhead der HTTP-Header wegfällt. Im Anschluss lernt man die von der W3C verantwortete JavaScript API kennen, mit der sich die Clientseite einer verteilten WebSocket-Anwendung in einem Browser implementieren lässt. Das ist allerdings noch nicht alles, was für ein ganzheitliches Projekt benötigt wird. Die Serverseite fehlt und hier sieht das Bild nicht ganz so einheitlich aus. Fehlende Standards machen es erforderlich, sich die vom ausgewählten Framework entsprechend bereitgestellten APIs anzueignen. Diesem Umstand Rechnung tragend, werden in dem Buch verschiedene serverseitige Frameworks behandelt, die für Java und JavaScript bereitstehen. Abgerundet wird das Ganze durch zahlreiche Beispiele, die auch größere Zusammenhänge nachvollziehbar und verständlich machen.

Mir hat die Lektüre das notwendige Know-how und das Verständnis in die neuen Möglichkeiten vermittelt, mit dem ich nun spannenden neuen Projekten unter Verwendung von WebSockets entgegenblicke. Ich wünsche Ihnen ebenso viel Erkenntnisgewinn beim Lesen, Ihr

Alexander Leschinsky
Geschäftsführer der G&L Systemhaus GmbH

Köln, im November 2014

1

Einleitung

Einer der technischen Hauptakteure im Web ist HTTP, das *Hypertext Transfer Protocol* [FGM⁺99], und das ist so, weil HTTP den genauen Kommunikationsablauf zwischen Webbrowser und Webserver festlegt. Genau wie ein Protokoll für eine königliche Gala zu Hofe alle Regeln in Bezug auf Kleidung, Etikette und Umgangsformen zusammenfasst, so legt ein Kommunikationsprotokoll alle Regeln zum Nachrichtenaustausch fest. Anders als bei Hofe sind das bei einem Kommunikationsprotokoll aber vielmehr Regeln in Bezug auf den Aufbau, das Format und die Codierung der ausgetauschten Nachrichten. Außerdem muss in einem Protokoll festgelegt sein, wer die Kommunikation beginnt und wie diese dann Nachricht für Nachricht bis zum Kommunikationsende abläuft. HTTP verwendet hier einen einfachen Request-Response-Nachrichtenaustausch. Dieser wird immer vom Webclient durch eine Anfrage (engl. *Request*) initiiert und entsprechend vom Webserver mit einer Antwort (engl. *Response*) beantwortet. Sobald Sie also z. B. eine Webadresse – die URL – in die Adresszeile eines Webbrowsers eingeben oder einen Bookmark bzw. Link anklicken, setzen Sie damit eine Anfrage an einen Server ab, der diese dann bearbeitet und die Antwort daraufhin zurücksendet (siehe [Bild 1.1](#)).

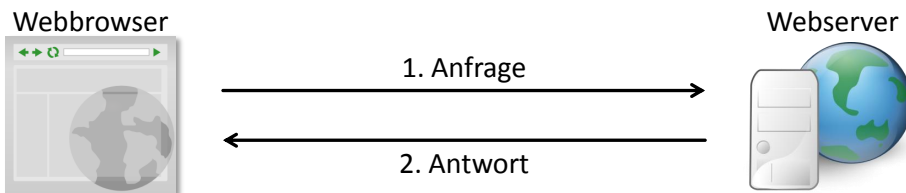


Bild 1.1 Grundlegender HTTP-Nachrichtenaustausch

In diesem einfachen Request-Response-Nachrichtenaustausch liegen viele Gründe für den großen Erfolg von HTTP und nicht zuletzt des Webs. Dazu zählen u. a. die guten Skalierungseigenschaften, denen wir die Größe des Webs verdanken. Wie Sie sich aber sicher jetzt schon denken, bringt das Nachrichtenpaar nicht nur Vorteile mit sich. Und tatsächlich ist die Protokollregel, dass der Request immer vom Client ausgehen muss, eine Zwangsjacke, die bestimmte Bewegungsfreiheiten in Form von Kommunikationsmustern nicht zulässt. Der Teil einer Webanwendung, der auf dem Server ausgeführt wird, kann sich nämlich nicht von sich aus an einen Client wenden. Diese Eigenschaft des Protokolls schränkt folglich Anwendungsfälle ein, in denen die Serverseite Statusänderungen an die betroffenen Clients weiterreichen können muss. Typische Beispiele hierfür sind Chatanwendun-

gen, Finanzdatenströme, Webmail, Sportticker, das Monitoring von Haushalt und Industrie oder auch Internetauktionen. All diese Anwendungen teilen die Gemeinsamkeit, dass (häufig in relativ kurzen Zeitabschnitten) Daten auf dem Server hinzukommen bzw. sich ändern und dies unmittelbar an die angeschlossenen Clients bekannt gegeben werden muss. Liegt Ihnen eine derartige Anforderung auf dem Tisch, dann würden Sie sich eine standardisierte Technik wünschen, mit der Sie die Schranken der Serverseite öffnen und die entsprechenden Clients ansprechen können.

HTTP bietet für derartige Kommunikationsmuster keine native Unterstützung. Wenn Sie sich in den letzten Jahren aus dieser Zwangsjacke hätten befreien und die Kommunikationseinbahnstraße zur Umsetzung von Serverbenachrichtigungen hätten aufbrechen wollen, so wären Sie auf Grundlage des Verfügbaren auf eine (selbst) konstruierte Lösung angewiesen gewesen. Die Konstruktionen, die findige Webentwickler dabei gefunden haben, sind vielfältig. Prinzipiell können Sie den Standardfunktionsumfang durch Browser-Plug-ins und serverseitige Erweiterungen aufbohren und damit proprietäre Lösungen zur Serverbenachrichtigung implementieren. Der erste Ansatz überhaupt kam tatsächlich auch aus dieser Technologiegattung und bediente sich Java Applets und der LiveConnect-Schnittstelle zur Anbindung an JavaScript-Funktionen im Browser. Seit HTML5 besteht allerdings ein starker Trend weg von Browsererweiterungen à la Plug-in oder Add-on. Schützenhilfe kam zudem aus dem Umfeld der Smartphones und Tablets, das sich gegen eine Unterstützung von Flash und Silverlight entschieden hat, was schließlich selbst Adobe und Microsoft dazu bewegt hat, die Entwicklungen ihrer Technologien für mobile Plattformen einzustellen. Daher wollen wir auch nicht weiter auf das Auslaufmodell der Plug-in-basierten Ansätze eingehen. Weitere Konstruktionen basieren auf Ansätzen, die den Webbrowser in regelmäßigen Zeitabständen beim Webserver nach Veränderungen fragen lassen. Diese aktuell weit verbreiteten Verfahren haben Nachteile, was das Kommunikationsaufkommen anbelangt. Dennoch haben sie unter Umständen ihre Berechtigung. Sie lernen diese Ansätze daher kennen und insbesondere diese zu bewerten, um die richtige Technologie für Ihr Entwicklungsvorhaben auswählen zu können. Nichtsdestotrotz handelt es sich aber weitestgehend um Notlösungen, die durch die in der HTML5-Standardisierung befindlichen alternativen Lösungswege abgelöst werden. Dazu gehören zum einen *Server-Sent Events* (SSE) [Hic12a] und zum anderen *WebSockets* (WS) [FM11a]. Die verschiedenen Bestandteile des Standards, die HTML5 einführt, sind thematisch gruppiert und mit einem Logo versehen worden [W3C14]. SSE und WS sind in der sogenannten Connectivity-Gruppe. Das Logo sehen Sie in einer leicht abgewandelten Form in Bild 1.2.



Bild 1.2 Das Logo für die Connectivity-Standards Server-Sent Events und WebSockets, platziert auf dem HTML5-Schild [W3C14]

WebSockets stehen im Fokus dieses Buches, da Sie damit neben den Serverbenachrichtigungen eine Vielzahl weiterer Anwendungsfälle realisieren können, zu denen z. B. Spiele, jegliche Art von Konversationen (Text, Sprache, Sprache mit zusätzlichem Video), Kollaborationen sowie das Benutzermonitoring im Rahmen von Usabilitystudien zählen.

■ 1.1 Wie ist das Buch strukturiert?

WebSockets und die damit einhergehenden neuen Entwicklungsmöglichkeiten stehen somit im Zentrum des vorliegenden Buches und an diese wollen wir uns mit Ihnen Schritt für Schritt ranpirschen. In [Kapitel 2](#) führen wir uns dazu zunächst die notwendigen Grundlagen in Bezug auf HTTP zu Gemüte. Kennen Sie diese schon, können Sie getrost die Abkürzung zu [Kapitel 3](#) nehmen, in dem wir uns mit den Mechanismen befassen, mit denen eine höhere Interaktivität und Echtzeitfähigkeit bei Webanwendungen erreicht werden kann. In [Kapitel 4](#) widmen wir uns dann dem WebSocket-Protokoll und in [Kapitel 5](#) geht es anschließend ans Eingemachte. Hier lernen wir die WebSocket API kennen und programmieren mit JavaScript erste Beispiele für WebSocket-Clientanwendungen in Webbrowsern. In [Kapitel 6](#) wenden wir uns den WebSocket Implementierungen auf der Serverseite sowie gebräuchlichen Frameworks zu. Weitere wichtige Aspekte folgen in [Kapitel 7](#), das das Testen von verteilten WebSocket-basierten Applikationen beschreibt und auf Eigenschaften der Performance eingeht. Was niemals vergessen werden darf, sind Sicherheitsaspekte, insbesondere wenn die Anwendung aus verteilten Komponenten zusammengesetzt ist, die über offene Netze miteinander gekoppelt sind, wie das im Web quasi immer der Fall ist. Daher wollen wir uns damit ebenfalls in [Kapitel 7](#) auseinandersetzen und die Besonderheiten von WebSockets in diesem Kontext herausstellen. In [Kapitel 8](#) werden wir dann das Gelernte einsetzen und verschiedene „größere“ und vollständige Anwendungen implementieren. Diese haben wir dabei so gewählt, dass damit ein möglichst großes Spektrum an Möglichkeiten aufgezeigt wird. Wir spannen den Bogen von einer generischen Fernsteuerung für Webanwendungen, über ein klassisches Chatsystem über eine Heatmap für Usability-Tests bis hin zu einer Überwachungskamera per Webcam.

■ 1.2 Wer sollte das Buch lesen?

In erster Linie richtet sich das vorliegende Buch an den Entwickler in Ihnen. Möchten Sie mehr über WebSockets wissen und verstehen, was Sie mit diesen so alles in Ihren Webprojekten anstellen können, dann sollten Sie hier fündig werden. Da der Koffer an Werkzeugen, Technologien und Sprachen kaum unterschiedlicher gefüllt ist als bei Webentwicklern, stellen wir auf keine spezifische Umgebung ab, sondern versuchen dieser farbenfrohen Vielfalt gerecht zu werden. So finden sich Beispiele auf Basis von Node.js, vertx und JSR 356 im Buch wieder. Als Programmiersprachen verwenden wir Java und JavaScript. Neben der gängigen Vorstellung und Erläuterung der Buchinhalte sind die zahlreichen Beispielanwendungen in [Kapitel 8](#) eine Stärke des vorliegenden Buches, mit denen das Erlernte geübt und nachvollzogen werden kann. Webentwickler sollten somit in die Lage versetzt werden,

einen umfassenden Einstieg in die Thematik zu bekommen und anhand der exemplarischen Anwendungen einen tief gehenden Einblick in den Einsatz von WebSockets zu erhalten.

Neben Webentwicklern eignet sich das Buch auch für Lehrveranstaltungen an Hochschulen und damit für Studierende verschiedener Fachrichtungen, die mit WebSockets innovative Anwendungen im Web entwickeln wollen. Zudem profitieren Informations- und Softwarearchitekten sowie Konzepter und (technische) Projektleiter vom vorliegenden Buch, da ein Grundverständnis der Kommunikationsmuster, die mit WebSockets realisiert werden können, für Architekturen und Konzepte von Bedeutung sein können. Auch hierfür haben wir versucht, mit den in [Kapitel 8](#) beschriebenen Beispielanwendungen den Horizont aufzuzeichnen.

■ 1.3 Wie sollte mit dem Buch gearbeitet werden?

Das Buch führt sukzessive in die Thematik ein und setzt nur wenige Vorkenntnisse voraus. Wenn Sie über kaum bis wenige Erfahrungen in der Webentwicklung verfügen, raten wir Ihnen, sich an diesem Aufbau zu orientieren und sich Kapitel für Kapitel einzuarbeiten. Nach den Grundlagen werden in den einführenden Kapiteln erste kleinere Beispielanwendungen gezeigt und erläutert. Wir empfehlen, diese nachzuprogrammieren und die Quelltexte im Detail nachzuvollziehen. Ist das Fundament gelegt, geht es mit weiterführenden Aspekten weiter, die selektiv durchgearbeitet werden können. Das Durcharbeiten der Beispielanwendungen ist wiederum sehr empfehlenswert. Es trainiert auf der einen Seite die im Buch vermittelten Inhalte. Bei Bedarf können Unklarheiten nochmals dediziert nachgelesen werden. Auf der anderen Seite zeigen sie die Potenziale von WebSockets auf. Leser mit fundiertem Vorwissen können sicherlich die Grundlagenkapitel überspringen und sich direkt mit den originären Inhalten und den Beispielanwendungen befassen.



<http://websocket101.org/>

Wir freuen uns von Ihnen zu hören! Ob Lob oder Kritik, ob Frage oder Anregung, ob Hinweis oder Verbesserung, wir glauben, dass das Buch von all dem profitieren kann, wenn es konstruktiv eingebracht wird. Dazu wollen wir unser Nötigstes tun und freuen uns auf Ihr Mitwirken. Aktuelles wird dabei zeitnah auf der buchbegleitenden Webseite bereitgestellt. Schauen Sie doch häufiger mal auf

<http://websocket101.org/>

vorbei. Dort finden Sie auch unsere Kontaktinformationen.

An dieser Stelle bleibt uns nur noch, Ihnen viel Spaß beim Lesen und Nachprogrammieren sowie viel Erfolg bei den eigenen Entwicklungen zu wünschen. ■

Stichwortverzeichnis

Symbole

100Base-TX [11](#)
802.11 [11](#)
802.3 [11](#)

A

ABNF → angereicherte Backus-Naur-Form
Add-on [2](#)
Administrationsseite [219](#)
Ajax [26](#), [172](#)
aktive Inhalte [158](#)
Alexa Top [187](#)
Amazon Web Services [148](#), [153](#)
Android [235](#)
angereicherte Backus-Naur-Form [79 f.](#)
Anmeldedialog [162](#)
Annotation [181](#)
Anwendungsschicht [6 f.](#), [12](#)
Apache-Webserver [185](#)
Application Layer ⇒ Anwendungsschicht
Applikationsserver [134](#)
ArrayBuffer [92](#), [94 f.](#)
ArrayBufferView [92](#), [94](#)
ASCII-Zeichen [57](#)
Auslastung [147 f.](#), [151](#)
Authentifizierung [162](#)
Authentizität [159](#)
AWS → Amazon Web Services

B

Base64-Codierung [16](#), [37](#), [163](#)
Bash [241](#)
Bayeux-Protokoll [30](#)
Betaversion [134](#)
BiDirectional or Server-Initiated HTTP [36](#), [78](#),
[91](#)
bidirektional [35](#)
Bild [15](#), [116](#)
Binärdaten [16](#), [47](#), [76](#), [94](#), [113](#)

binäre Codierung [14](#)
Binary Frame [119](#)
Binary Large Object → BLOB
Bitübertragungsschicht [6](#)
BLOB [92](#), [94](#), [116](#), [226](#)
Bösartige Services [194](#)
Bootstrap [219](#)
Botnetz [190](#)
Browserunterstützung [76](#)
Buffer [91](#), [93](#)
BufferedReader [15](#)
Button [115](#), [207](#), [213](#)

C

CA → Zertifizierungsstelle
Cache [22](#), [163](#), [198](#)
Caching-Poisoning [184](#), [187](#)
Callback-Funktion [103](#), [149](#), [151 f.](#), [176](#)
canvas [95](#)
<canvas>-Tag [206](#)
Cascading Style Sheets [158](#), [209](#)
Chat [211](#)
Chrome Developer Tools [68](#), [117](#), [235](#)
– Analyse [69](#)
– Installation [68](#)
Chrome Network Internals [70](#)
Clamp [96](#)
Client [13](#), [75](#)
Close-Event [96](#)
Close-Frame [41](#), [49](#), [53](#), [97](#)
– Statuscode [51](#), [96](#)
– Statuscodes [51](#)
Closing-Handshake [53](#)
CoffeeScript [119](#)
Comet [29](#)
Connectivity-Gruppe [2](#), [30](#)
Continuation Frames [119](#)
Control-Frames [48](#)
Cookie [122](#), [166 f.](#), [172](#), [176](#), [193](#)

CORS → Cross-Origin Resource Sharing
 Cross-Origin-Angriff 192
 Cross-Origin Resource Sharing 29
 Cross-Origin-Zugriffe 159
 Cross-Site-Request-Forgery 159, 193
 Cross-Site-Scripting 158 f., 188, 190, 194
 Cross-Site-Tracing 19
 Cross-Site WebSocket Hijacking 193
 CSRF → Cross-Site-Request-Forgery
 CSS → Cascading Style Sheets

D

Darstellungsschicht 6 f.
 Data Link Layer ⇒ Sicherungsschicht
 Datei-Handler 155
 Datenübertragung 92
 Datenframes 40, 45
 Datenkompression 91
 Datenvolumen-Overhead 16
 Deflate-Algorithmus 91
 Demaskierung 44
 Denial of Service 187, 188, 195
 Dienst 9
 DNS 11
 DNS-Anfragen 71
 Domain 16

E

Early Draft 132, 134
 EC2 153
 echo 242
 Echo-Server 58, 147
 Echtzeit-Kommunikation 202
 Echtzeit-Remote-Shell 191
 Echtzeitfähigkeit 25
 Eclipse 127
 ECMAScript → JavaScript
 Endpunkt 149 f., 205
 Entführung der Client-Authentifizierung 193
 Erweiterungen → Extensions
 Escape-Sequenz 15
 Ethernet 11
 Event-Server 202
 Executive Committee 132
 Express.js 216, 247
 – app.js 250
 – Formularbasierte Authentifizierung 168, 172, 176
 – Instanz 254
 – Layout 253
 – Methode
 – cookie.parse() 174

– listen() 254
 – Modul
 – session 168
 – store 168
 – Ordnerstruktur 248
 – package.json 249
 – Request-Handler 251
 – Route-Handler 169 f.
 – Webserver 205
 – WebSocket-Server 254
 Extended payload length 41, 47, 188
 Extensions 91

F

Fallback 33, 79, 109, 204
 Fehlerbegründung 85
 Fehlercode 85
 Fernbedienung 202
 Fiddler 60
 – Analyse 66
 – Einrichtung 61
 – Installation 61
 – Protokollierung 65
 FIN-Flag 40, 42
 Final Release 133
 Firewall 183 f.
 Formularbasierte Authentifizierung 166
 Fragment 17, 40
 Fragmentierung 42
 Framegröße 113 f.
 FTP 11

G

GlassFish 133, 135
 Globally Unique Identifier 38
 grep 157
 Groovy 119
 GUID → Globally Unique Identifier
 gzip 15

H

Hashfunktion 164
 Header 59
 Heartbeats 110
 Heatmap 216
 Hexdump 57
 HTML-Content 125
 HTML-Datei 107
 HTML-Element 89
 HTML-Formular 166
 HTML-Seite 150
 HTML5 2, 76

- HTTP → Hypertext Transfer Protocol
- HTTP 2.0 97
- HttpOnly 172
- HyBi → BiDirectional or Server-Initiated HTTP
- Hypertext Transfer Protocol 1, 5, 13, 97
 - Anfrage 1, 12 ff., 22, 25
 - Anfragezeile 16
 - Antwort 1, 12, 24, 60
 - Authentifizierung 162
 - Basic Authentication 163
 - Content-Type 32, 104
 - Digest Authentication 164
 - Header
 - Acces-Conroll-Allow-Origin 192
 - Allow 18
 - Authorization 163
 - Cache-Control 199
 - Connection 29, 36
 - Origin 36, 159, 190, 194
 - Sec-WebSocket-Accept 37 f.
 - Sec-WebSocket-Key 36 f.
 - Sec-WebSocket-Protocol 37, 81, 184
 - Sec-WebSocket-Version 36
 - Upgrade 21, 36, 161
 - WWW-Authenticate-Header 164
 - Methode
 - CONNECT 184
 - DELETE 18
 - GET 17, 25, 32
 - HEAD 18
 - OPTIONS 18
 - PATCH 19
 - POST 17
 - PUT 18
 - TRACE 19
 - Reason 20
 - Status 20
 - Status-Line 20
 - Statuscode 20, 104, 163
 - Streaming 30
 - Version 17, 20 f.
- I
- IANA 81
- ICMP 11
- IDS → Intrusion Detection Systems
- IETF → Internet Engineering Task Force
- ImageData-Objekt 95
- IMAP 11
- -Tag 206
- Injection 159
- Instanzen 103
- Integer Codierung 50
- Interaktivität 25
- International Organization for Standardization 6
- Internet Engineering Task Force 35, 75
- Interpreter 119
- Intranet 191
- Intrusion Detection Systems 184
- Intrusion Prevention Systems 184
- IP 9, 11
- IP-Hijacking 184, 187
- IPS → Intrusion Prevention Systems
- IPSec 11
- ISO → International Organization for Standardization
- ISO/OSI-Layers 6, 57
- ISO/OSI-Referenzmodell 6
- J
- Jade 204, 251
- Jade-Template 206
- Jade-Template-Engine 251 f.
- JAR-Datei 136
- Java 119 f., 122 f.
- Java API for WebSocket 133
- Java Community Process 132
- Java Enterprise 132
- Java Specification Request 132
- Java Virtual Machine 119
- JavaScript 25, 29, 75, 103, 109, 158
 - canvas-toBlob.js 224
 - getImageData() 95
 - Konsole 86 ff., 182
 - Objekt 213
 - sendFile() 115
 - takeSnapshot() 226
- JavaScript-API ⇒ W3C WebSocket-API
- JCP → Java Community Process
- JDK 122
- jQuery 206, 212
- JSON 209
- JSON-Objekt 214, 249
- JSON-Parser 251
- JSONP 29, 172
- JSR → Java Specification Request
- JSR 356 132, 136
 - Annotation 138
 - API 139
 - Konfigurationsklasse 139
 - Session 138
 - WebSocket-Client 140
 - WebSocket-Server 136

JVM → Java Virtual Machine

K

Kommunikation 10, 13
 Kommunikationsendpunkt 9
 Kommunikationsfluss 11
 Kommunikationskanal 10
 Komprimierungsverfahren 15
 kryptografische Schlüssel 160

L

Ladezeit 98
 Landing-Page 187
 Lasttest 153
 Latenz 48
 Login-Formular 167, 170
 Login-Maske 179
 Login-Seite 170
 Long-Polling 28, 110

M

MAC 7
 Malware 191
 Man in the Middle 187, 195
 Mask-Bit 59
 MASK-Flag 41
 Maskierung 43, 184
 Maskierungsschlüssel → Masking-Key
 Masking-Key 39, 41, 43
 Mausevents 218
 Mausposition 92
 Medienquellen 225
 Methode 16
 Mikro-Instanz 153
 MIME 11
 MIME-Typ 32
 Mobilfunknetze 161
 Modulo-Operator 44
 Mouse-Tracking 216
 Multiplexing Extension for WebSockets 91

N

Nachrichtengröße 113 f., 222
 Namensschema 79
 NetBeans 134 f.
 netstat 157
 Netty 122
 Network Layer ⇒ Vermittlungsschicht
 Network Scan 191
 Netzwerkanalysen 191
 Netzwerkschicht 12
 Netzwerkschnittstelle 55

nginx 165, 185
 Node.js 102, 148, 151, 204
 – Echo-Server 107
 – Installation 104
 – Modul
 – Express 204
 – Forever 156
 – Modulmanager 103, 105
 – Webserver 103
 Non-Control-Frames 40
 nonce 164

O

öffentlicher Schlüssel 160
 Opcode 40, 42, 48, 59
 Open Systems Interconnection 6
 Opening-Handshake 36, 60, 70
 – Request 36, 67, 72, 167
 – Response 37, 72
 Origin-Host 194
 OSI → Open Systems Interconnection
 OSI-Modell 6, 8, 11
 Overhead 27, 42

P

Paket 56
 Paketfilter 183
 Path 17
 Payload 19, 125
 Payload len 41
 Performance 98, 147
 Performancetest 157
 Persistent Connection 29
 Phishing-Mails 190
 Physical Layer ⇒ Bitübertragungsschicht
 Ping 113, 186, 196
 Ping-Frame 41, 48
 Ping-Intervall 197
 Play Framework 122
 – Action 125, 130, 179
 – activator 122, 124
 – Controller 124, 127, 178
 – Echo-Server 129
 – Event-Handler 129
 – Formularbasierte Authentifizierung 178
 – Helper-Klasse 179
 – Installation 122
 – Konsole 124
 – Layout-Template 125
 – Methode
 – close() 130
 – invoke() 130

- onClose() 130
- onMessage() 130
- onReady() 130
- render() 125 f.
- validate() 180
- WebSocket.reject 183
- write() 130
- Ordnerstruktur 123
- Projekt 123
- readyState 182
- Result 125
- Route 126, 128, 181
- Typparameter 130
- View 125, 127, 131, 179
- WebSocket.In 130
- WebSocket.Out 130
- Plug-In 2
- Polling 27
- Pong 186, **196**
- Pong-Frame 41, 49
- POP3 11
- Port 7, 17, 183, 192
- Port Scanner 187, **192**, 195
- PPPoE 11
- Presentation Layer ⇒ Darstellungsschicht
- PrintWriter 15
- privater Schlüssel 160
- Protokoll 1, 9 f.
- Protokollanalyse 54
- Proxy-Server 60, 159, 165, **183**
- Public Draft 132
- Python 119

Q

QR-Code 204, 206 f.
Query 17, 79

R

Referenzmodell 6, 8
Remote-Debugging 235
Remote Shell 187, **191**, 195
Request → Hypertext Transfer Protocol
Anfrage
Request For Comments 35
Response → Hypertext Transfer Protocol
Antwort
Response-Code 164
Response-Header 24
Ressource 16, 22
REST-Konzept 19
RFC → Request For Comments
RFC 6455 78, 91, 159, 162

Round-Trip-Zeit 147, 153, 157
Route-Matcher 212
RS-232 11
RSV-Flag 40, 42, 59
Ruby 119

S

Same Origin Policy 29, **158**, 193
Scala 122, 125
Script Tag Long Polling 29
SCTP → Stream Control Transmission Protocol
Secure Socket Layer 11, 159
Server 101
Server-Push 29, 31
Server-Sent Events 2, 31, 203

- EventSource-Objekt 31
- Handler
 - onerror 31
 - onmessage 31
 - onopen 31
- Kanal 31

Serverbenachrichtigung 33
Serverfehler 23
Session 168
Session-ID 166 f., 174, 176, 204, 206
Session Layer ⇒ Sitzungsschicht
Session-Token 194
SFTP 11
SHA-1 37
Sicherheit 158
Sicherungsschicht 6
Sichtbare Proxys 184
Signierungsschlüssel 174
Sitzungsschicht 6 f.
Skalierbarkeit 147
Smart-TV 202
SMTP 11
SOAP 80
Sockets 14
Socket.io **109**, 204, 216

- Echo-Server 110
- Event
 - connect 112
 - disconnect 112
 - error 112
 - message 112
- Formularbasierte Authentifizierung 172
- Methode
 - emit() 112
 - io.connect() 112, 206
 - send() 112

SOP → Same Origin Policy

SPDY 97
 SPDY-Session 71
 SSE → Server-Sent Events
 SSH 11
 SSL → Secure Socket Layer
 Startskript 153
 Stream Control Transmission Protocol 98
 String 93
 Subprotocol Name Registry 81
 Subprotokoll 39, 76, 80, 91
 Supervisor 154
 Switching Protocols 21, 37, 60

T

TCP 9, 11 f., 14, 53, 60, 73, 160
 TCP-Timeout 71
 Technology Classes 30
 Telnet 11, 14
 Testclient 151
 Testszenario 148
 Testumgebung 153
 textbasiert 14
 textbasierte Daten 93
 Textdaten 45
 Textframe 59
 Thread 103
 Timeout 54
 TLS → Transport Layer Security
 Token 166
 Touch-Events 207 f.
 Transfervolumen 15, 197
 Transparente Proxys 184
 Transport Layer ⇒ Transportschicht
 Transport Layer Security 160 f., 185
 – Handshake 160
 – Zertifikat 160
 Transportschicht 6, 12, 187
 Tyrus 133

U

UDP 9, 11
 Umgebungsvariablen 241
 Umleitung 22
 unidirektional 33
 Unverfälschtheit 159
 URL 1, 16 f., 79 f., 116
 URL-Schema 16, 79
 – https 160
 – ws 79
 – wss 80, 160, 185
 Usability-Test 216
 User 16

UTF-8 93

V

V8-Engine 103
 Validierung 219
 Verbindungsabbau 10, 13, 96
 Verbindungsaufbau 10, 13
 Vereinfachtes OSI-Modell 8
 Vermittlungsschicht 6 f.
 Vert.x 119, 148, 211
 – Closed-Handler 150
 – Echo-Server 120, 149
 – Installation 120
 – Paketmanager 120
 – WebSocket-Handler 121, 149
 Vertrauliche Kommunikation 159
 Vertraulichkeit 184
 virtueller Rechner 148, 153

W

W3C 30, 75
 W3C WebSocket-API 75, 151, 196
 – Attribut 89
 – binaryType 89, 92, 94
 – bufferedAmount 89, 91
 – code 96 f.
 – extensions 89, 91
 – protocol 89, 91
 – readyState 81, 88
 – reason 96 f.
 – url 89
 – wasClean 97
 – Candidate Recommendation 76
 – Editor's Draft 76
 – Event-Handler 83
 – onclose 83, 85, 87 f., 97, 108
 – onerror 83 f., 87
 – onmessage 83, 85, 87
 – onopen 83 f., 86 f., 89
 – Event-Objekt 97
 – Instanz 80, 87
 – Konstruktor 80, 87
 – Methode
 – addEventListener() 86
 – close() 82, 88, 96
 – send() 82, 92, 95
 – Objekt 80
 – Objekterzeugung 80, 88
 – Protokollversion 78
 – Verbindungsaufbau 80
 – Working Draft 75
 – Zustand

- CLOSED 81 f., 85, 87
- CLOSING 81 f.
- CONNECTING 81
- OPEN 81 f., 87

Webcam 221

WebIDL 80, 96

WebRTC 222

WebSocket-Client 75, 86

WebSocket-Datenverkehr 66

WebSocket-Element 76

WebSocket-Endpoint 139, 178

WebSocket-Frame 39, 42, 59, 70, 93, 118, 188

WebSocket-Handshake 36, 67, 159

WebSocket-Header 39 f.

WebSocket-Node 113, 151, 196

- Event
 - connect 151
 - onmessage 119
- Formularbasierte Authentifizierung 176
- message-Objekt 114
- Methode
 - connect() 151
 - send() 116
 - sendBytes() 115
- Server 114

WebSocket-Payload 39

WebSocket Per-frame Compression 91

WebSocket-Protokoll 35

WebSocket-Proxys 185

WebSocket.io 106

- Echo-Server 107

window-Objekt 76

Wireshark 54

WLAN 11

WLAN-Router 12

word count 157

X

XHR → XMLHttpRequest

XHR-Objekt 233

XMLHttpRequest 25, 233

- Methode
 - send() 26
 - setTimeout() 27
- Objekt 26

XOR 43

XSS → Cross-Site-Scripting

XST → Cross-Site-Tracing

Z

Zeitmessung 148, 152, 157

Zeitstempel 152

Zertifikat 185

Zertifikatswarnung 185

Zertifizierungsstelle 160, 185

Zufallszahl 43, 167

Zugriffskontrolle 167 f.

Zustandsdiagramm 82

Zustandsinformation 168

zustandslos 24