

HANSER

Anatol Badach, Erwin Hoffmann

# Technik der IP-Netze

TCP/IP incl. IPv6 - Funktionsweise, Protokolle und Dienste

ISBN-10: 3-446-21935-8

ISBN-13: 978-3-446-21935-9

Vorwort

Weitere Informationen oder Bestellungen unter  
<http://www.hanser.de/978-3-446-21935-9>  
sowie im Buchhandel

# Vorwort

Das Internet ist inzwischen zum unabdingbaren Kommunikationsmedium geworden, über das jeder zu jeder Zeit Information über fast alles abrufen sowie E-Mails senden und empfangen kann. Unsere heutige Gesellschaft kann man sich ohne Internet kaum noch vorstellen. Voraussetzung zur Kommunikation zwischen Rechnern sind bestimmte Regeln, die vor allem die Datenformate und die Prinzipien der Datenübermittlung festlegen. Diese Regeln werden als *Kommunikationsprotokolle* bezeichnet. TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) stellt eine derartige Protokollfamilie dar, sie wird im weltweiten Internet, in privaten Intranets und in anderen Netzen verwendet. Netze, die auf dieser Protokollfamilie aufbauen, bezeichnet man als *IP-Netze*.

Ein IP-Netz – und insbesondere das Internet – besteht nicht nur aus mehreren Rechnern und IP/TCP dazwischen, sondern dahinter verbergen sich sehr komplexe Vorgänge. Das Internet stellt einen weltweiten Dienst für die Übermittlung von Informationen in Form von IP-Paketen dar. Vergleicht man diesen Dienst mit dem Briefdienst der Post, so entspricht ein IP-Paket einem Brief und die sog. *IP-Adresse* einer postalischen Adresse. Das massive Wachstum des Internet und die hierbei entstehenden Probleme und neuen Anforderungen haben die Entwicklung sowohl eines neuen Internet-Protokolls – des sog. *IPv6* – als auch von neuen Techniken – d.h. MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*) und GMPLS (*Generalized MPLS*) – für die Übermittlung der IP-Pakete über Hochgeschwindigkeitsnetze, insbesondere über optische Netze, vorangetrieben. Heute spricht man bereits von *Next Generation IP Networks*.

*Komplexität  
und Weiter-  
entwicklung*

Dieses Buch gibt eine detaillierte Darstellung von einzelnen Komponenten der TCP/IP-Protokollfamilie, wie z.B. IP, TCP, UDP, DNS, DHCP, und von Routing sowohl beim klassischen Protokoll IP als auch beim neuen Protokoll IPv6. Das Buch erläutert die Strategien für die Migration zum Einsatz von IPv6 und präsentiert die Konzepte für Aufbau der IP-Netze auf der Basis verschiedener Netztechnologien wie LANs, ATM, SDH und WDM. Hierbei wird insbesondere die neue Generation der IP-Weitverkehrsnetze mit (G)MPLS in den Vordergrund gestellt. Die Realisierung von Virtual Private Networks (VPN) in klassischen IP-Netzen mithilfe des IPsec (*IP Security*) und auch in IP-Netzen mit (G)MPLS wird ebenso präsentiert. Die Darstellung von Möglichkeiten für die Unterstützung der Mobilität in IP-Netzen rundet den Inhalt dieses Buches ab.

*Ziel  
des Buches*

Das Buch ist so aufgebaut, dass sowohl die notwendigen technischen Grundlagen fundiert dargestellt als auch Aspekte bei der Planung und Verwaltung der IP-Netze diskutiert werden. Damit eignet es sich nicht nur als Lehrbuch für Studenten und Neueinsteiger, sondern auch als Nachschlagewerk für alle Inte-

*An wen  
richtet sich  
das Buch?*

ressenten, die für die Planung, Realisierung, Verwaltung und Nutzung des Internet, von privaten Intranets und anderen IP-Netzen verantwortlich sind. Zurzeit ist kein Buch verfügbar, in dem die Technik der IP-Netze so breit dargestellt wäre. Daher kann dieses Buch als ein Handbuch für alle Netzwerk-Verantwortlichen dienen. Durch die praxisorientierte und fundierte Darstellung der Inhalte werden auch alle „Netzwerk-Fans“ mit diesem Buch beim Selbststudium unterstützt.

- Kapitel 1* **Kapitel 1** präsentiert die Entwicklung des Internet sowie die notwendigen Grundlagen der Rechnerkommunikation und der Kommunikationsprotokolle. Zur systematischen Erläuterung wird hier u.a. das sog. *ISO-Referenzmodell (Open System Interconnection)* präsentiert. Hier wird auch ein kompakter Überblick über alle Protokolle und Dienste in IP-Netzen gegeben sowie eine kurze Einführung in die Internet-Standards und die Struktur der Organisation IETF.
- Kapitel 2* **Kapitel 2** stellt sowohl IPv4 als auch die Protokolle ARP, ICMP und IGMP, die dem IPv4 zur Seite stehen, umfassend dar. Da die Nutzung des IP vor allem mit der Vergabe von *IP-Adressen* für die Rechner und mit der Bildung von Subnetzen verknüpft ist, werden hier die mit der Adressierung in IP-Netzen verbundenen Probleme ausführlich diskutiert. Ein weiteres Thema ist das Multicasting in IP-Netzen.
- Kapitel 3* Von großer Bedeutung in IP-Netzen ist die sog. *Transportschicht* mit den klassischen Protokollen TCP und UDP und dem neuen Protokoll SCTP. Da das Protokoll IP keine gesicherte Übermittlung seiner Pakete garantiert, verwendet man hauptsächlich das TCP und in einigen Fällen das SCTP, um die Übermittlung der IP-Pakete sicher zu machen. **Kapitel 3** präsentiert die Aufgaben der Transportschicht und geht detailliert auf die Funktionsweise der Transportprotokolle ein.
- Kapitel 4* Die Rechner in IP-Netzen werden zwar durch ihre IP-Adressen lokalisiert, aber es ist sinnvoll, statt einer IP-Adresse einen Rechner über seinen Namen anzusprechen – wie dies auch unter Menschen üblich ist. Dies ist mit dem *Domain Name System (DNS)* möglich. **Kapitel 4** liefert eine moderne Funktionsbeschreibung des DNS und geht auf die Möglichkeiten des DNS-Einsatzes ein. Zudem wird das Protokoll DHCP vorgestellt, mit dessen Hilfe ein Rechner sich eine IP-Adresse nach Bedarf selbst von einem speziellen Server ausleihen kann.
- Kapitel 5* Da die IP-Adressen knapp geworden sind, wurden verschiedene Konzepte entwickelt, um in privaten IP-Netzen die sog. *privaten IP-Adressen* nutzen zu können. Man spricht in diesem Zusammenhang von *Network Address Translation (NAT)*. **Kapitel 5** stellt die verschiedenen Konzepte für NAT vor und erläutert zusätzlich die Funktionsweise und die Anwendungen der Netzdienstprotokolle SOCKS, SSL und LDAP.

Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, wurde das IPv6 als „IP der nächsten Generation“ entwickelt. **Kapitel 6** stellt das IPv6 ausführlich dar und zeigt, welche neuen Möglichkeiten es mit sich bringt. Diese reichen von Sicherheitsfunktionen über mehr Flexibilität bis hin zur Unterstützung von neuartigen Anwendungen. Außerdem wird das Hilfsprotokoll ICMP beim IPv6 – das sog. *ICMPv6* – dargestellt. *Kapitel 6*

Das IPv6 bietet umfangreiche Unterstützung der automatischen Konfiguration von Rechnern, sodass man hierbei sogar von *Plug&Play-Konfiguration* spricht. Diese Aspekte werden in **Kapitel 7** präsentiert. Hier wird insbesondere der Einsatz des Protokolls NDP (*Neighbor Discovery Protocol*) dargestellt und es wird erläutert, welche neuen Möglichkeiten bei der automatischen Konfiguration von Rechnern mithilfe der Protokolle NDP und DHCPv6 entstehen. *Kapitel 7*

Da die Umstellung von allen Rechnern, in denen das klassische Internet-Protokoll IP verwendet wird, auf das neue Protokoll IPv6 nicht auf einen Schlag geschehen kann, benötigt man bestimmte Systemlösungen für die Migration zum IPv6-Einsatz. **Kapitel 8** gibt einen Überblick über verschiedene Ansätze und Systemlösungen für die Koexistenz von IPv4 und IPv6 in verschiedenen Netzstrukturen. Insbesondere auf *IPv6-in-IPv4-Tunneling* und *IPv4-in-IPv6-Tunneling* wird hier eingegangen. Die Integration der IPv4- und der IPv6-Netze durch die *Translation IPv4 ↔ IPv6* wird ebenfalls präsentiert. *Kapitel 8*

Router fungieren in klassischen IP-Netzen als Knoten. Sie ermitteln optimale Übermittlungswege, die sog. *Routen*, für die IP-Pakete und leiten die empfangenen IP-Pakete weiter. **Kapitel 9** bietet eine komprimierte Darstellung von Routing-Grundlagen und -Protokollen. Ausführlich werden hier die Routing-Protokolle RIP-1, RIP-2, OSPF und BGP-4 erläutert. Dieses Kapitel zeigt auch, wie eine redundante Router-Auslegung mit Hilfe der Protokolle HSRP und VRRP erfolgen kann, und es stellt die Protokolle PIM-SM und MSDP für das Multicast-Routing vor. *Kapitel 9*

In vielen Unternehmen werden heute noch gleichzeitig unterschiedliche Netztechnologien für die Rechnerkommunikation eingesetzt. Daher erläutert **Kapitel 10** die Konzepte für den Einsatz des IP in Netzen auf der Basis klassischer Netztechnologien wie LANs, X.25, Frame Relay und ATM. Die Möglichkeiten der IP-Kommunikation über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen nach dem PPP werden hier ebenfalls dargestellt. *Kapitel 10*

Next Generation IP Networks im Weitverkehrsbereich werden zukünftig auf der MPLS-Technik basieren. Das MPLS erleichtert die Konvergenz von Ethernets mit den Frame-Relay- und den ATM-Netzen. Um das MPLS in SDH- und in WDM-Netzen einsetzen zu können, wurde das MPLS zum GMPLS (*Generalized MPLS*) erweitert. **Kapitel 11** stellt die Konzepte und Protokolle für den Aufbau der IP-Netze mit dem MPLS und dem GMPLS vor. *Kapitel 11*

Mit Hilfe von Tunneling-Techniken lassen sich virtuelle Standleitungen für den Transport von vertraulichen Daten über öffentliche IP-Netze aufbauen. Dies hat zur Entstehung von VPNs (*Virtual Private Network*) geführt. Mit VPNs werden *Kapitel 12*

oft *Remote Access Services* (RAS) integriert. **Kapitel 12** präsentiert die Lösungen und Protokolle für den Aufbau von VPNs sowohl auf der Basis klassischer IP-Netze – also mithilfe des IPsec – als auch auf der Basis von IP-Netzen mit dem (G)MPLS, die auch als *Provider Provisioned VPNs* (PPVPN) bezeichnet werden.

*Kapitel 13*

Um die Mobilität in IP-Netzen zu ermöglichen, wurden die Protokolle *Mobile IPv4* (MIPv6) und *Mobile IPv6* (MIPv6) entwickelt. **Kapitel 13** zeigt, wie diese Protokolle funktionieren und was gemacht werden muss, damit ein mobiler Rechner ein Subnetz während bestehender Verbindungen zu anderen Rechnern wechseln kann, ohne die bestehenden Verbindungen abbrechen zu müssen. Auch die Integration von Hotspots mit dem Internet und die Möglichkeiten von Roaming zwischen Hotspots werden präsentiert.

In diesem Buch sind einige Manuskripte von Prof. Dr. Badach zu den Vorlesungen *Kommunikationsnetze und -protokolle*, *Integrierte Netze* und *Multiservice Networking* enthalten, die an der Hochschule Fulda im Fachbereich Angewandte Informatik gehalten wurden.

Ein so umfangreiches Buch kann ohne Anregungen von außen und Austausch von Erfahrung nicht geschrieben werden. An dieser Stelle danken wir deshalb allen Firmen und Personen, die uns mit ihren Anregungen unterstützt haben.

Für die gute und angenehme Zusammenarbeit mit dem Hanser Verlag möchten wir uns insbesondere bei Frau Margarete Metzger und Frau Irene Weilhart recht herzlich bedanken.

Bei Frau Ilse Walther bedanken wir uns für ihr Engagement, die letzten Fehler und Stilblüten aus dem Text zu entfernen.

Nicht zuletzt möchten wir unseren Familien für das Verständnis danken, das sie uns während unserer Arbeit am Buch entgegengebracht haben.

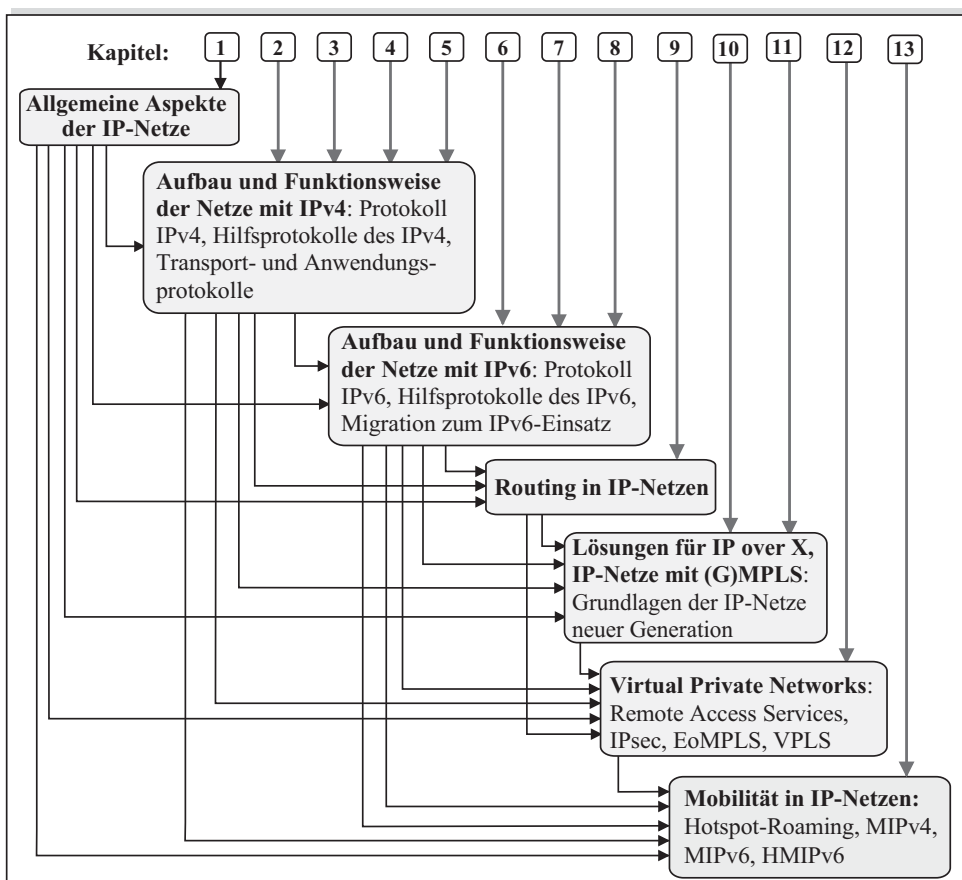
Fulda und Köln, im Juli 2007

*Anatol Badach*

*Erwin Hoffmann*

## Struktur des Buches

Dieses Buch präsentiert in seinen 13 Kapiteln unterschiedliche Aspekte der IP-Netze. Das folgende Bild zeigt die Struktur des Buches und die Abhängigkeiten zwischen den Inhalten der einzelnen Kapiteln. Diese Darstellung soll dem Leser eine Orientierung geben, welche Kenntnisse aus welchen Kapiteln nötig sind, um die im Buch dargestellten Themenbereiche noch besser verstehen zu können.



## Die Autoren

### ***Prof. Dr.-Ing. Anatol Badach***

ist seit über 30 Jahren auf den Gebieten *Informatik* und *Telekommunikation* tätig; Promotion (1975), Habilitation (1983). Seit 1985 ist er Professor im Fachbereich Angewandte Informatik an der Hochschule Fulda. Seine Schwerpunkte in Lehre und Forschung sind: Rechnerkommunikation, Netzwerktechnologien und Multiservice Networking. Er forscht im Bereich der Multimedia-Kommunikation über IP-Netze, u.a. VoIP, und insbesondere in der Entwicklung intelligenter und multimedialer TK-Dienste und Anwendungen auf der Basis von Web Services. Professor Badach ist Autor zahlreicher Veröffentlichungen und mehrerer Fachbücher, darunter *Voice over IP – Die Technik*, *Web-Technologien* (Mitautor), *Integrierte Unternehmensnetze*, *Datenkommunikation mit ISDN*, *High Speed Internetworking* (Mitautor). Seine Erfahrung vermittelt er auch als Leiter und Referent bei Fachkongressen und -seminaren.

Näheres unter: <http://www.hs-fulda.de/index.php?id=1156>  
[anatol.badach@informatik.hs-fulda.de](mailto:anatol.badach@informatik.hs-fulda.de)



### ***Dr. Erwin Hoffmann***

ist 1958 geboren und studierte Physik und Astrophysik an der Universität Bonn. Promoviert hat er am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München. Durch seine Tätigkeit in der experimentellen Teilchenphysik am CERN und Fermilab verschaffte er sich Kenntnisse über unterschiedlichste Rechnerbetriebssysteme. Beruflich war er zunächst im Bereich Hochgeschwindigkeitsnetze (FDDI) engagiert sowie mit der Implementierung von TCP/IP auf IBM-Großrechnern. Seit 1994 ist er Netzwerk- und Systemberater in Köln, mit den Schwerpunkten Unix, Prozessmanagement und ITIL. Neben dieser Beratungstätigkeit ist er aktives Mitglied der GUUG und entwickelt eigene (Public Domain) Software.

Homepage: <http://www.fehcom.de>  
[feh@fehcom.de](mailto:feh@fehcom.de)



Ihre Kritik, Verbesserungsvorschläge und eventuelle Korrekturen nehmen wir gerne entgegen. Für Lehr- und Ausbildungszwecke können wir Ihnen die Abbildungen zur Verfügung stellen.