

2.9 IPv4 – Aufbau und Schreibweise

Eine IPv4-Adresse besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen: der eigentlichen IP-Adresse und der zugehörigen Subnetzmaske. Beide Teile werden entweder automatisch zugewiesen oder manuell in die **Netzwerkeinstellungen** des Computers eingegeben (Bild 2.17).

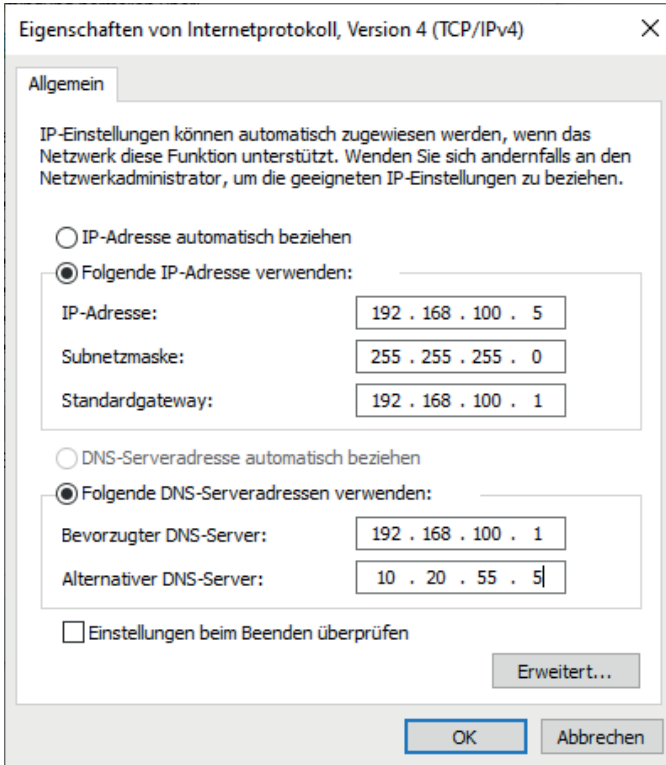


Bild 2.17 Netzwerkeinstellungen eines Computers

Zu Bild 2.17: Neben der eigenen IP-Adresse werden in den Netzwerkeinstellungen der Netzwerkteilnehmer noch zwei weitere IP-Adressen eingerichtet: die Adresse des Standard-Gateways und die des DNS-Servers.

Eine IPv4-Adresse wird in der **Dotted-Decimal-Schreibweise** angegeben, bei der die 32 Bit in 4 Gruppen zu jeweils 8 Bit aufgeteilt werden. Dadurch sind pro Gruppe jeweils 256 verschiedene Bitkombinationen von 0 bis 255 darstellbar. Aufgrund dieser Anordnung kann ein Nutzer die IP-Adresse relativ einfach verarbeiten. In binärer Schreibweise wird die IP-Adresse aus Bild 2.17 wie in Bild 2.18 dargestellt.

```

      192      .      168      .      100      .      10
1 1 0 0 0 0 0 0 . 1 0 1 0 1 0 0 0 . 0 1 1 0 0 1 0 0 . 0 0 0 0 1 0 1 0

```

Bild 2.18 IPv4-Adresse

IPv4-Adressen erfüllen zwei Funktionen. Zum einen legen sie den gemeinsamen Adressraum fest, in dem sich der Rechner befindet, und zum anderen dienen sie dazu, den Host im Netzwerk eindeutig zu identifizieren.

2.10 Die Subnetzmaske

Die **Subnetzmaske** hat ebenfalls eine Länge von 32 Bit und wird in derselben Dotted-Decimal-Schreibweise wie die IPv4-Adresse in der Form 255.255.255.0 dargestellt (Bild 2.19). Ihre Aufgabe besteht darin, die IPv4-Adresse in Netz- und Hostanteil aufzuteilen. Wie bei der IPv4-Adresse wird die binäre Schreibweise verwendet, um die Grenze zwischen Netz- und Hostanteil herauszuarbeiten.

```

      255      .      255      .      255      .      0
1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1 . 0 0 0 0 0 0 0 0

```

Bild 2.19 Subnetzmaske

Zu Bild 2.19: Die Bits auf der linken Seite der Subnetzmaske sind immer eine 1, während die Bits auf der rechten Seite eine 0 darstellen. Es gilt: Nach einer 0 darf keine weitere 1 folgen, denn der Wechsel von 1 zu 0 markiert die Grenze zwischen Netz- und Hostanteil.

Legt man die IP-Adresse in binärer Darstellung über die Subnetzmaske, so lässt sich anhand der Subnetzmaske die Grenze zwischen Netz- und Hostanteil erkennen.

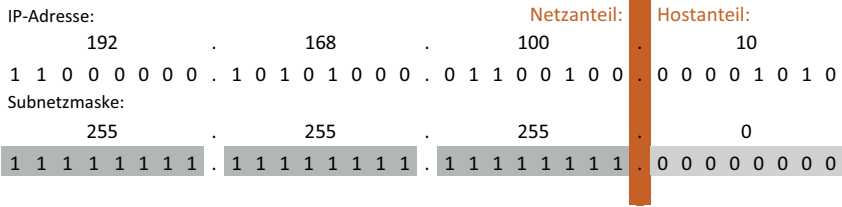


Bild 2.20 Netz- und Hostanteil

Die IPv4-Adresse besteht aus einem Adressteil, der auch als Netzanteil bezeichnet wird, und einem Hostanteil. Der Netzanteil wird an alle Hosts im selben Adressraum vergeben und bleibt innerhalb dieses Adressraums immer gleich. Der Hostanteil hingegen wird fortlaufend oder frei vergeben und darf innerhalb eines Adressraums nicht mehrfach verwendet werden, damit die Eindeutigkeit gewährleistet ist. Die Subnetzmaske bestimmt, an welcher Stelle die IP-Adresse in Netz- und Hostanteil aufgeteilt wird.

Um den Netzanteil schneller erkennen zu können, wird häufig auf eine alternative Schreibweise, die **CIDR-Schreibweise**, zurückgegriffen. CIDR steht für „Classless Inter Domain Routing“ und beschreibt ein Verfahren zur effizienten Nutzung des bestehenden IP-Adressraums. Bei der CIDR-Schreibweise wird direkt angegeben, wie viele Bits der Subnetzmaske auf „1“ gesetzt sind. Zur Verdeutlichung dieser Schreibweise betrachten wir erneut die binäre Darstellung der Subnetzmaske (Bild 2.21).

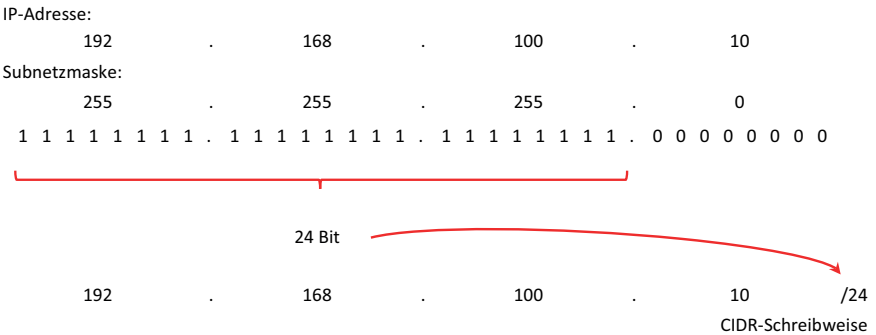


Bild 2.21 IP-Adresse in CIDR-Schreibweise

Die Darstellung der einzelnen Bits in der Subnetzmaske zeigt, dass in diesem Fall die ersten 24 Bits als „1“ angegeben sind. Die CIDR-Schreibweise vereinfacht die Darstellung der IP-Adresse in der Form 192.168.100.10 /24. Mit etwas Übung lässt sich aus dieser Schreibweise schnell der Host- bzw. der Netzanteil aus der IP-Adresse ablesen.

2.11 Gültige und ungültige IP-Adressen

Im vierten Oktett der IP-Adresse ergeben sich bei einer Subnetzmaske von /24 insgesamt 256 mögliche Bitkombinationen von 0 bis 255. Die jeweils erste und die jeweils letzte IP-Adresse eines Adressbereiches gelten als ungültige IP-Adressen, sodass noch 254 mögliche Bitkombinationen von 1 bis 254 als gültige IP-Adressen zur Verfügung stehen.

Netzadresse

Der Hostanteil, bei dem alle Bits auf 0 gesetzt sind, bezeichnet den eigentlichen Netzbereich und kann somit nicht als gültige IP-Adresse verwendet werden.

Netzadresse: 192.168.100.0 /24

Broadcast

Eine weitere Ausnahme bildet die Broadcast-Adresse, bei der im Hostanteil der IP-Adresse alle Bits auf „1“ gesetzt sind.

Broadcast: 192.168.100.255 /24

Das IP-Protokoll interpretiert den Wert der Broadcast-Adresse als Rundruf, bei dem alle Teilnehmer eines Netzwerkbereiches gleichzeitig angesprochen werden. Da die Broadcast-Adresse alle Bit im Hostanteil auf „1“ setzt, ist sie keine gültige IP-Adresse und kann keinem Teilnehmer im Netz zugeordnet werden.

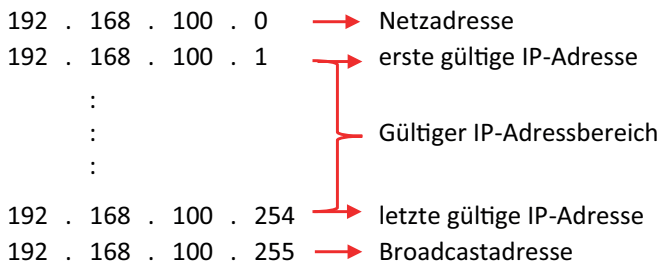


Bild 2.22 Überblick über einen IP-Adressbereich mit einer /24er Subnetzmaske

Das Zusammenspiel zwischen IP-Adresse und Subnetzmaske beschreibt den Netz- und Hostanteil der IP-Adresse, wobei die erste und letzte Bitkombination ausgeschlossen werden – unabhängig von der Länge der Subnetzmaske.

Klassenbasierte und private IP-Adressen

Vorweggenommen: Klassenbasierte IP-Adressen wurden bereits Anfang der 1990er Jahre abgeschafft, weshalb ich jedes Mal überlege, ob es noch sinnvoll ist, auf die IP-Klassen einzugehen; und in den meisten Fällen ist dies nicht der Fall. Stattdessen ist es weitaus zielführender, die flexibleren Ansätze des Subnettings zu betrachten, was im nächsten Abschnitt 2.12 behandelt wird. Trotzdem möchte ich kurz auf die IP-Klassen eingehen, da sie eine wichtige Frage beantworten.

Woher kommen die privaten IP-Adressen?

Die **IP-Klassen** wurden in den frühen Tagen des Internetprotokolls erstellt. Dabei unterscheiden wir zwischen den IP-Adressen der Klassen A, B und C sowie der Klasse D, die den Multicast-Bereich beschreibt (Bild 2.23).

Klasse	Adressbereich	Maske	Bitkombination (MSB)
A	0.0.0.0 - 127.255.255.255	255.0.0.0	0...
B	128.0.0.0 - 191.255.255.255	255.255.0.0	10...
C	192.0.0.0 - 223.255.255.255	255.255.255.0	110...
D	224.0.0.0 - 239.255.255.255	Multicast Bereich	1110...
E	240.0.0.0 - 255.255.255.255	Experimentell	1111...

Bild 2.23 Netzklassen

Zu Bild 2.23: In der binären Darstellung beginnt eine IP-Adresse der Klasse A stets mit einer 0..., eine der Klasse B mit 10..., die Klasse C mit 110... und die Klasse D mit 1110.... Klasse E ist experimentellen Entwicklungen vorbehalten und ist im heutigen Internet nicht vorgesehen.

Durch die klassenbasierte Aufteilung ergeben sich die in Bild 2.24 gezeigten Netz-möglichkeiten.

Die Einführung der klassenbasierten IP-Adressen hatte primär den Zweck, die vorhandenen IP-Adressen zu strukturieren und den Datenverkehr insbesondere bei Routing-Updates zu optimieren, da hierbei keine Netzmasken übertragen werden mussten. Durch die **Most-Significant-Bits** (MSB), also die hochwertigsten Bit am Anfang der IP-Adresse, konnte die jeweilige Netzwerkkategorie erkannt und entsprechende Routing-Einträge erstellt werden.

9.5 American Wire Gauge (AWG)

AWG steht für „American Wire Gauge“ und ist ein standardisiertes System zur Angabe der Drahtdicke oder des Durchmessers von elektrischen Leitern.

Die Angabe ist abgeleitet von der Anzahl der Ziehsteine, die benötigt werden, um einen bestimmten Querschnitt herzustellen. Je länger eine Leitung „gezogen“ wird, desto geringer ist der Drahtdurchmesser und desto höher ist die Nummerierung des AWG. Das bedeutet, ein Kabel mit der Bezeichnung AWG-23 hat eine häufiger gezogene und somit dünnere Ader als ein Kabel mit AWG-21. Auch hier gilt es die Herstellerangaben zu beachten. Die AWG-Nummern sind in der Regel in Handbüchern, Spezifikationen und auf den Drahtspulen selbst zu finden. Sie helfen bei der Auswahl der geeigneten Drahtgröße für spezifische Anwendungen, wie elektrische Installationen oder elektronische Schaltungen. In der Netzwerktechnik ist dies besonders wichtig, wenn der Einsatz von PoE (Power over Ethernet) in Betracht gezogen wird.

AWG-Nummern stehen in umgekehrtem Verhältnis zum Durchmesser des Drahts. Das bedeutet, dass ein Draht mit einer niedrigeren AWG-Nummer einen größeren Durchmesser hat als ein Draht mit einer höheren AWG-Nummer.

9.6 RJ45-Netzwerkanschluss

Für den Aufbau einer Netzwerkverkabelung gibt es unterschiedliche Netzwerkanschlussdosen, häufig als **Netzwerkports** oder in der Norm als **Teilnehmeranschlussdose (TA)** bezeichnet. Einige davon bieten die Möglichkeit, die Kabel mit der LSA-Technik aufzulegen.

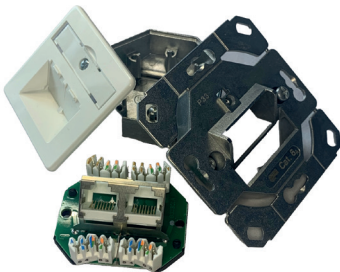


Bild 9.3 Netzwerkdose mit LSA-Anschlussleisten

LSA steht für löt-, schraub-, abisolierfrei und wurde ebenfalls für die Arbeit mit niederfrequenten Telekommunikationslösungen entwickelt. Allerdings ist in der Telekommunikationstechnik das Kommunikationskabel robuster ausgeführt als in der Netzwerktechnik.

Bei der Herstellung der Verlegekabel für die Netzwerktechnik wird die Isolierung der Einzeladern bei der Herstellung lediglich aufgeschäumt, um mit dem eingearbeiteten Luftanteil in der Isolierung bessere Übertragungstechnische Eigenschaften zu erreichen. Beim Auflegen mit LSA-Werkzeugen wird diese Isolierung allerdings stark beansprucht oder sogar beschädigt. Aus diesem Grund sollten netzwerktechnische Komponenten nicht mit LSA-Auflegewerkzeug verarbeitet werden.

Wie dann?

Die in der Netzwerktechnik verwendeten Verlegekabel werden mit RJ45-Modulen bestückt. Diese Module sind speziell für den Einsatz auf den starren Verlegekabeln ausgelegt und bieten im Gesamtkontext die besten Übertragungstechnischen Eigenschaften. Denn man sollte immer bedenken, dass die Gesamtheit der verwendeten Komponenten die Qualität der Übertragung beeinflusst. Es gilt: je höher die Kategorie des Steckers, desto besser die Übertragungstechnischen Eigenschaften.

9.7 Der RJ45-Stecker

Der dominante Steckverbinder in der Strukturierten Verkabelung ist der 8-polige Steckverbinder nach der Normenreihe EN60603-7. In der Kurzform als RJ45-Stecker (Registered Jack) oder umgangssprachlich schlicht als Netzwerkstecker bezeichnet.



Bild 9.4 RJ45-Modul und Stecker

Die Bauformen des RJ45-Steckers reichen von ungeschirmten Steckern (UTP Unshielded Twisted Pair) zu geschirmten Steckern (STP Shielded Twisted Pair) sowie passiver HF-Kompensation im Bereich von Kategorie 3 (100 KHz) bis Kategorie 6 (500MHz). Der RJ45 Stecker ist ein Massenprodukt, welches allerdings bei den stetig steigenden Datenraten irgendwann auf seine Grenzen trifft.

Das Prinzip stammt ursprünglich aus der Telefontechnik. Große Vorteile dieses Steckertyps sind der platzsparende und kostengünstige Aufbau, was vor allem für Hersteller von Routern, Switchen, Netzwerkkarten und Controllern wichtig ist. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Montage, die immer nach einem festgelegten Schema erfolgt.

EIA/TIA T568A oder T568B

Es gibt zwei Verdrahtungsschemata: EIA/TIA T568A und T568B, welche von der Electronic Industries Alliance/ Telecommunications Industry Association (EIA/TIA) eingeführt wurden. Alle Hersteller kennzeichnen ihre Produkte mit mindestens einem, in der Regel aber mit beiden Farbcodes. Die International Telecommunication Union (ITU), eine europäische Institution, folgt ebenfalls diesem Standard.

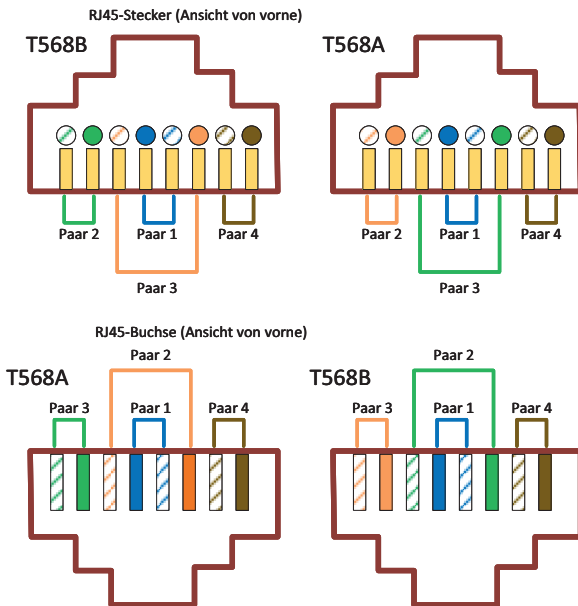


Bild 9.5 Pinbelegung RJ45-Buchse und Stecker

Jedes Verdrahtungsschema legt die Kontaktbelegung bzw. die Reihenfolge der Drahtverbindungen am Ende des Kabels fest. Dies wird mit einem Farbcode gekennzeichnet, der den Farben der Doppeladern im Netzkabel entspricht. Dabei gibt es zwei unterschiedliche Belegungen: Version A und Version B.

Es ist darauf zu achten, dass auf einem Kabel auf beiden Seiten dasselbe Schema zum Einsatz kommt, welches innerhalb der Netzwerkkumgebung durchgängig verwendet werden sollte. Werden die Stecker auf Kabelenden nach T586A oder T568B jeweils unterschiedlich belegt, spricht man von einem **Crossover-Kabel**.

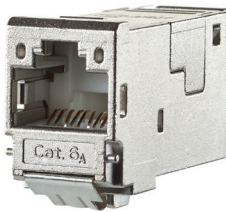


Bild 9.6 RJ-45 CAT6 Modul (Quelle: Metz Connect GmbH)

Straight-Through oder Crossover

Crossover-Kabel wurden verwendet, um zwei Geräte einer Netzebene, zum Beispiel die Netzwerkkarten zweier Computer, miteinander zu verbinden. Die Technik erforderte es, dass ein sendendes Adernpaar auf ein empfangendes Adernpaar geschaltet wurde und umgekehrt. Dazu wurde auf einer Seite des Kabels das sendende Adernpaar 1-2 mit dem empfangenen Adernpaar 3-6 vertauscht.

Es wird demnach zwischen dem einfachen Patchkabel, auch als **Straight-Through-Kabel** bezeichnet, und dem **Crossover-Kabel** unterschieden.

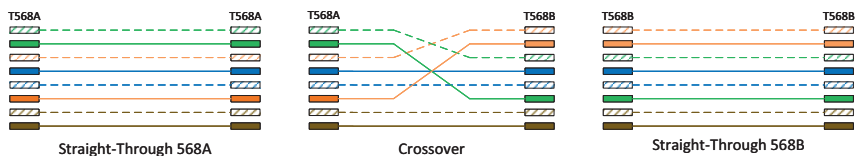


Bild 9.7 Straight-Through vs. Crossover – EIA/TIA A und B

Bei der Montage von Netzwerksteckern wird der Kabelaufbau so lange wie möglich in der Form aufrechterhalten, wie es der Hersteller vorgesehen hat. Erst bei der unmittelbaren Belegung eines der Anschlussmodule oder Steckers wird der Kabelaufbau verändert.

Beim Auflegen der Drähte kann es immer wieder zu Fehlern kommen, was der filigranen Bauweise der Komponenten geschuldet ist. Deshalb ist unbedingt anzuraten, unmittelbar nach der Montage die Strecke mit einem **Wiremap-Tester**, allgemein einfach als **Verdrahtungstester** bezeichnet, auf die korrekte Verdrahtung zu überprüfen.

Eine Kontrolle des Steckers ist in jedem Fall erforderlich. Denn nichts ist ärgerlicher, als wenn bei der Abnahmemessung mit dem teuren Zertifizierungsmessgerät ein einfacher Verdrahtungsfehler festgestellt wird. Der einzige Verdrahtungsfehler, der nicht mit einem Verdrahtungstester gemessen werden kann, ist der sogenannte **Split-Pair-Fehler**. Dieser ist nur mit hochwertigen Messgeräten über kapazitive Messverfahren zu ermitteln. Verdrahtungstester arbeiten meistens nur elektrisch durch Strom- und Widerstandsmessungen der Kupferdrähte. Es gibt nur wenige Wiremap-Tester, die kapazitive Fehler erkennen können.

9.8 Messungen

9.8.1 Messtechnische Bewertung von Verkabelungssystemen

Eine **Abnahmemessung** nach DIN EN 50174 soll sicherstellen, dass die installierte Verkabelung ordnungsgemäß funktioniert. Die detaillierte Dokumentation bietet allen Projektbeteiligten, sowohl Auftraggebern, Installateuren und Planern, die Gewissheit, dass die Verkabelung den Anforderungen entspricht und zuverlässig arbeitet.

Für den Monteur bietet die Abnahmemessung die Möglichkeit, eine einwandfrei funktionierende Anlage nachzuweisen, insbesondere, wenn Gewährleistungsansprüche geltend gemacht werden. Sie stellt somit die Grundlage für den Nachweis der fachgerechten Installation. Die einfachste Messung ist die **Verdrahtungsprüfung**, häufig als Wiremap bezeichnet.

9.8.2 Wiremap

Ein **Wiremap-Test** ist ein Netzwerktest, der die physische Verkabelung in einem Netzwerk überprüft und sicherstellt, dass sie korrekt auf dem Stecker aufgelegt ist.