

6. Paketpost

Das Internet ist heute allgegenwärtig. Innerhalb von 10 Jahren wurde aus einem weitgehend wissenschaftlich genutzten Kommunikationsmittel ein Medium, das gleichberechtigt neben Fernsehen und Rundfunk steht.

Aber wissen Sie eigentlich, was dieses Gefüge aus Rechnern zusammenhält? Wie wird sichergestellt, dass eine Nachricht korrekt am Bestimmungsort ankommt – trotz einiger Millionen Kilometer Leitung und hunderttausender Vermittlungscomputer, die teilweise verwirrend miteinander vernetzt sind? Kommen Sie mit auf eine Erkundungstour!

Zu diesem Thema selbst Experimente durchzuführen, würde recht aufwendig. Ich möchte daher versuchen, es anhand einer Analogie anschaulich zu machen. Dafür möchte ich Sie in eine Zeit entführen, in der Telekommunikation noch aus dem Senden handschriftlicher Botschaften bestand:

Willkommen am Hof des Königs Informatix. Er mag seinen Hofstaat gerne gut organisiert und das erfordert wiederum eine hervorragende Kommunikation der Untertanen miteinander.

In kleinen Einheiten funktioniert das sowieso sehr gut – sozusagen auf Zuruf. Hören wir daher einmal kurz in ein typisches Gespräch des Hofküchenpersonals hinein. Küchenchef Tom führt dort mit seinen vier Gehilfen Adam, Bert, Chris und Dieter das Regiment.

Adam: „Chris, sollen die Mohrrüben für deinen Auflauf in Scheiben oder in Würfel geschnitten werden?“

Chris: „Weiß nicht. Hallo Meister Tom – ist es relevant, wie die Mohrrüben für den Karottenaufguss geschnitten werden?“

Tom: „Nein Chris, aber es sollte einheitlich sein!“

Tom: „Alle mal herhören – hat schon jemand Mohrrüben geschnitten?“

Dieter: „Ja, Tom, ich habe sie in Scheiben geschnitten!“

Tom: „Chris, wir sollten einheitlich Scheiben nehmen.“

Chris: „Adam, also Scheiben bitte.“

Adam: „Okay, Chris.“

Können Sie sich nach diesem Beispiel bereits denken, wie die Gespräche in der Küche allgemein ablaufen?

- Wer spricht zu wem?
- Wer kann zuhören?
- Wer hört tatsächlich zu?



Gesprochen wird abwechselnd. Jeder Sprecher wendet sich dabei eindeutig an:

- eine bestimmte Person („Chris, wir sollten ...“)
- oder alle Personen („Alle mal herhören – ...“)

Zuhören könnte prinzipiell jeder im Raum, allerdings sind nicht alle Gespräche für jeden interessant und so wird normalerweise nur der Angesprochene tatsächlich aufmerksam.

Genauso wie die Personen in der Hofküche können Sie sich das interne Computernetzwerk einer kleinen Firma oder zwischen den Rechnern eines Haushaltes vorstellen: Jeder Computer kann abwechselnd etwas sagen, also eine Nachricht senden. Alle anderen Computer können diese empfangen und darauf reagieren. In Abbildung 6.1 sehen Sie entsprechend das Netzwerk der „Küchenmeister GmbH“. Im Gegensatz zu Menschen bevorzugen Computer allerdings Zahlen statt Namen.

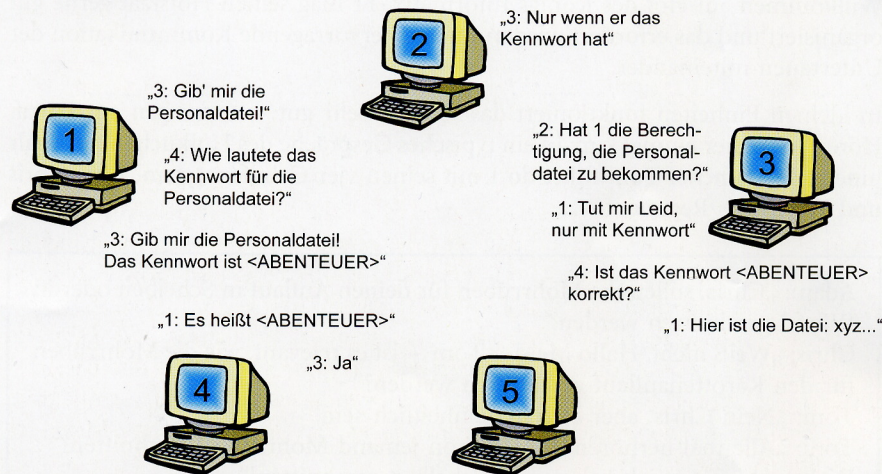


Abbildung 6.1 Gesprächige Computer

Versuchen Sie, den Sinn des Gesprächs der Computer aus den Gesprächsstücken herauszubekommen!



Offenbar möchte Nummer 1 von Nummer 3 die Personaldatei. Nummer 2 verwaltet die Zugriffsberechtigungen, Nummer 4 verwaltet die Kennworte.

Da Nummer 1 erst fragt, ohne das Kennwort zu nennen, wird ihm die Auskunft verweigert. Erst nachdem er Nummer 4 nach dem Kennwort fragt und dieses bei seiner Anfrage mitliefert, bekommt er von Nummer 3 die gewünschten Daten.

Zurück an den Hof: Wenn ein neuer Lehrling in die Küche kommt, stellt das kein Problem dar. Er stellt sich vor, zum Beispiel als „Emil“ und wird daraufhin in alle Gespräche eingebunden. Die Kommunikation funktioniert wie zuvor tadellos.

Was passiert aber nun, wenn König Informatix eine neue Rationalisierungsmaßnahme ausprobieren möchte: In der Hofküche ist viel ungenutzter Platz, daher soll die Hofbäckerei ebenfalls dort einziehen. Die alte Bäckerstube kann Informatix dann zur Unterbringung seiner Sammlung alter Rechenapparate nutzen. Bäckermeister Ulf wirkt mit seinen sieben Gesellen nun ebenfalls in der Hofküche, so dass nun 14 Menschen miteinander kommunizieren. Lauschen wir kurz hinein:

Gerd: „Inge, für den Kuchen benötigen wir einen dunklen Zuckerguss.“
Tom: „Dieter, die Schokolade gleichmäßig umrühren.“
Hans: „Gerd, ist der Ofen angeheizt?“
Tom: „Gerd, ich brauche ein paar Plätzchen als Verzierung für die Schoko-Speise!“
Gerd: „Ja Tom!“
Inge: „Okay, Gerd, kann ich anrühren!“
Gerd: „Nein, Hans.“

Sie sehen bereits an diesem sehr kleinen Beispiel, dass es schwierig wird, den Gesprächen zu folgen. Überlegen Sie, was passiert, wenn sich eine ganze Halle voller Menschen durch ständige Zurufe über ihre Arbeit austauschen muss. Wenn jeder nur selten etwas von jemand anderen möchte, funktioniert die Sache noch. Muss aber viel kommuniziert werden, wird die gegenseitige Störung so groß, dass man eventuell gar nicht mehr oder nur sehr verzögert zu Wort kommt. Die Leistungsfähigkeit des gesamten Betriebes leidet dann darunter. So passiert das auch am Hof von Informatix – seit der Zusammenlegung der Küche mit der Bäckerei muss der König den Gürtel deutlich enger schnallen, weil viel weniger produziert wird. Davon ist er natürlich alles andere als begeistert. Essen ist seiner Meinung nach die wichtigste Tätigkeit des Tages.

Helfen Sie dem hungrigen König! Wie könnte er – trotz Rationalisierungszwang – die Produktivität wieder steigern?



Die Analyse der Situation ist eindeutig: Zu viele Leute sind am Gespräch beteiligt. Die Gesprächskreise stören sich gegenseitig, weil sie das gleiche „Medium“, in diesem Fall denselben Raum, benutzen.

Lösung ist eine schalldämmende Trennwand! Die Küche wird aufgeteilt. Nun können beide Arbeitsgruppen wieder ungestört miteinander reden.

Allerdings ist das noch nicht die ganze Lösung! Wenn Sie den Dialog oben genau angeschaut haben, ist Ihnen sicher aufgefallen, dass zum Beispiel Tom und Gerd miteinander geredet haben – sie sind in unterschiedlichen Gruppen. Einen Vorteil hatte die Zusammenlegung nämlich schon: Köche und Bäcker konnten ihre Aufträge koordinieren und sich gegenseitig zuarbeiten. Die hierfür notwendige Kommunikation ist nun aber durch die Zwischenwand blockiert.

Eine Lösung ist, in die Wand ein kleines Fenster einzubauen, durch das sich gerade zwei Personen unterhalten können. Je ein Geselle aus den Gruppen wird dann zum „Kommunikator“ ernannt. Die Kommunikatoren sitzen vor dem Fenster und können sich durch die Wand unterhalten, ohne dass die Gespräche in den jeweiligen Räumen beeinträchtigt werden. Abbildung 6.2 zeigt das schematisch. In den vorangegangenen Kapiteln haben wir sehr ausführlich über Abstraktion gesprochen. Daher werde ich im Folgenden auch abstrakte Darstellungen verwenden, um die Sachverhalte möglichst klar darzustellen.

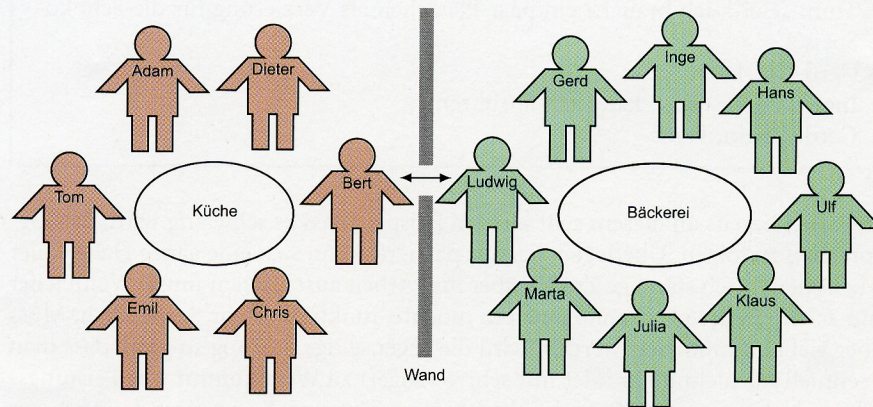
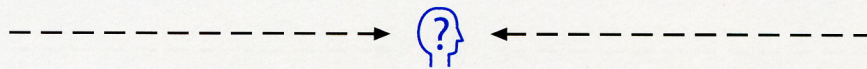


Abbildung 6.2 Wieder in zwei Werkstätten ...

Die Hofangestellten können nun wieder uneingeschränkt in ihren Gruppen miteinander reden. Um mit jemandem aus der anderen Gruppe zu sprechen, müssen sie über Bert und Ludwig gehen, die den Auftrag haben, die Verbindung zu halten.

Überlegen Sie nun, wie die letzte Kommunikation unter den neuen räumlichen Gegebenheiten abgelaufen wäre. Am besten notieren Sie es kurz.



Im Dialog sind die veränderten Passagen rot markiert. Es hat sich selbstverständlich nur dort etwas verändert, wo die Kommunikation nun zwischen zwei Räumen stattfindet.

Gerd: „Inge, für den Kuchen benötigen wir einen dunklen Zuckerguss.“
Tom: „Dieter, die Schokolade gleichmäßig umrühren.“
Hans: „Gerd, ist der Ofen angeheizt?“
Tom: „Bert, sag’ Gerd, ich brauche ein paar Plätzchen als Verzierung für die Schoko-Speise!“
Bert: „Ludwig, sag’ Gerd, Tom benötigt ein paar Plätzchen als Verzierung für eine Schoko-Speise!“
Ludwig: „Gerd, Tom benötigt ein paar Plätzchen als Verzierung für eine Schoko-Speise!“
Gerd: „Ludwig, sag’ Tom: Ja!“
Ludwig: „Bert, sag’ Tom von Gerd: Ja!“
Bert: „Tom, Gerd sagt: Ja!“
Inge: „Okay, Gerd, kann ich anrühren!“
Gerd: „Nein, Hans.“

Die Entlastung der einzelnen Räume hat also ihren Preis: Möchte man mit jemandem sprechen, der nicht mit im Raum sitzt, geht das immer über mehrere Ecken. In unserem Fall wird eine einfache Nachricht verdreifacht – sie muss jeweils von Bert und von Ludwig wiederholt werden, um den Adressaten zu erreichen.

Genau die gleichen Effekte kann man auch in Computernetzwerken beobachten: Statt einfacher Gespräche werden kurze Datenblöcke verschickt, die so genannten **Datenpakete**. Das Versenden eines Datenpakets blockiert das Netzwerk, genau wie die Kommunikation durch Worte andere Gespräche im Raum unterbricht.

Bei den ersten Computernetzwerken konnten prinzipiell alle angeschlossenen Rechner gleichzeitig miteinander reden, was sehr schnell zur Überlastung führte. Weiterer Malus war die Tatsache, dass prinzipiell jeder Teilnehmer alle Gespräche innerhalb eines Netzes belauschen konnte.

Oft waren die Programme auch noch sehr „gesprächig“. So fragten einige in kurzen Abständen das gesamte Netzwerk „Hallo, mein Name ist Hugo, wer ist denn noch so alles angeschlossen?“, woraufhin alle anderen Computer im Netz eine Antwort schickten. Auf diese Weise kam es häufig vor, dass ein Netzwerk mit zum Beispiel 20 Computern tadellos lief, schloss man jedoch einen einzigen weiteren Rechner an, ging gar nichts mehr: Die Leitungen waren komplett mit „Hallo“-Meldungen wie der obigen belegt, so dass sinnvolle Anfragen keine Chance hatten.

Die Lösung ist prinzipiell so einfach wie in Informatix' Hofküche: Kleine Computernetzwerke, in denen direkt jeder mit jedem anderen sprechen kann, dürfen eine gewisse Anzahl von Teilnehmern nicht überschreiten. Man spricht hier übrigens auch von **LAN oder Local Area Network**: Das sind die Computer, die in einer kleinen Firma oder eine Abteilung eng miteinander verbunden sind.

Ein **WAN oder Wide Area Network** verbindet mehrere LANs miteinander. In der Hofküche ist der Job von Bert und Ludwig, das WAN aufrechtzuerhalten.

Effektiv gibt es heute im Internet sehr viele Hierarchiestufen zwischen dem LAN, das Ihren Rechner vielleicht mit Ihrem Drucker verbindet und dem WAN, das die ganz großen Internet-Anbieter miteinander verbindet.

Zurück zum Hofstaat: König Informatix ist so begeistert von den Möglichkeiten, die die Trennwand mit Loch bietet und überträgt das sofort auf seinen gesamten Hofstaat: Nicht nur Bäcker und Köche sollen miteinander reden können, sondern alle anderen auch. Es würde sicher nicht funktionieren, alle in einen einzigen Raum mit Trennwänden zu setzen, daher wird pro Arbeitsgruppe ein Bote bestimmt, der als Kommunikator den Kontakt zu den anderen Kommunikatoren hält, indem er Nachrichten überbringt. Abbildung 6.3 zeigt, wie die Gruppen über ihre Kontaktpersonen Gunter, Olga, Bert, Ludwig, Lina und Rolf Nachrichten austauschen können – diese bilden quasi ein eigenes Netzwerk auf höherer Ebene.

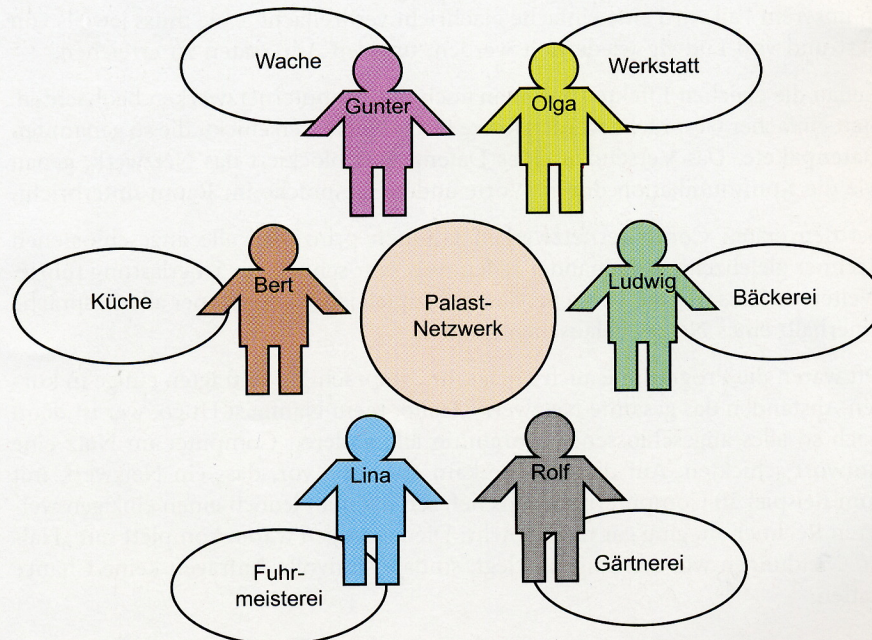


Abbildung 6.3 Alle Palastangestellten tauschen sich über ihre Kontaktpersonen aus

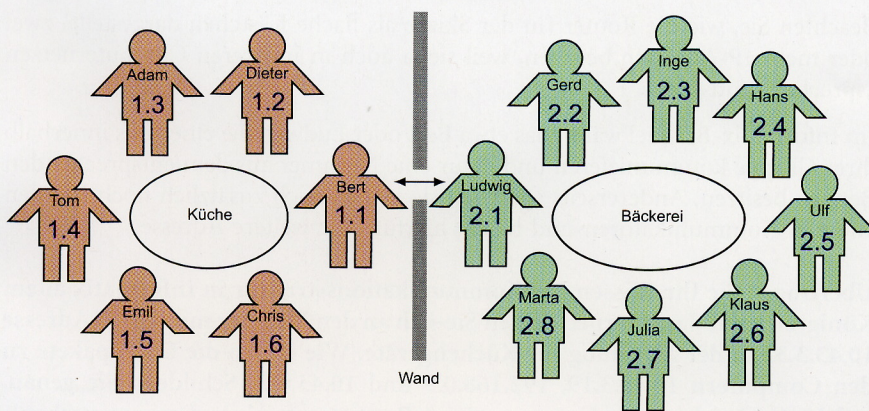
Stellen Sie sich vor, es soll nun auch Kontakt zu den Angestellten in den Palästen der benachbarten Könige Technokratix und Computix gehalten werden. Hierfür würden wiederum Kommunikatoren bestimmt, die die Verbindung herstellen. In diesem Netzwerk könnte dann jemand für die Kommunikation mit dem Kaiserpalast abgestellt werden usw. Auf diese Weise kann ein riesiges Netzwerk aufgebaut werden. Allerdings stoßen unsere Boten im Beispiel schnell auf ein Problem, das auch die Post in den Anfängen hatte: Auch wenn die hier verwendeten Vornamen eindeutig sind, kann man das für reale Verhältnisse kaum annehmen.

Selbst wenn man dies gewährleisten könnte, würde es für alle Beteiligten sehr verwirrend. So müsste sich jeder Beteiligte immer merken, mit welchen Gesprächspartnern er direkt reden kann und für welche er die Kontaktperson ansprache.

Die Post hat dieses Dilemma durch die Einführung von Zahlen als eindeutiges Identifikationsmerkmal gelöst – zumindest in Teilbereichen der Adresse: Postleitzahl und Hausnummer.

Es wäre nun möglich, einfach jedem möglichen Gesprächspartner zu seinem Namen eine beliebige Nummer zu verpassen. Dann hätte man allerdings die Vorteile der Zahlen nicht ausgenutzt: Postleitzahlen oder zum Beispiel auch Telefonnummern folgen zusätzlich auch einem Schema. Die ersten Ziffern grenzen die Region ein und erst die letzten Ziffern bestimmen den Ort bzw. die Person genauer.

Ein solches Verfahren kann sich auch König Informatix zunutze machen. Das kommt seinem Ordnungsdrang sehr entgegen. Schauen wir uns hierfür nochmals den kleinen Gesprächskreis in der Palastküche an. Jeder Angestellte bekommt eine Nummer zugewiesen. Dabei ist es sinnvoll, den Kommunikatoren eine einheitliche Nummer – zum Beispiel die 1 – zu geben. Eine vorangestellte weitere Nummer bestimmt dann, in welchem Küchenteil sich der Teilnehmer befindet – 1 für die eigentliche Küche und 2 für die Bäckerei. Sie sehen das in Abbildung 6.4. Auf diese Weise könnten auch die anderen Bereiche des Palastes ihre eigene Nummer erhalten: 3 für die Werkstatt, 4 für die Wache usw.



Übrigens: Die Postleitzahl gibt es für die Öffentlichkeit in Deutschland seit 1944, als die Bevölkerung aufgefordert wurde, zwecks schnellerer Beförderung die Nummer der Oberpostdirektion der Adresse anzugeben, zum Beispiel 5b für Oberpreußen.

Die Hausnummer wurde bereits viel früher „erfunden“: Kaiserin Maria Theresia verfügte sie 1770 zu Zwecken der leichteren Volkszählung in Wien.

Abbildung 6.4 Jeder Gesprächspartner hat nun eine Nummer

Wie helfen aber die Nummern bei der Kommunikation? Nehmen wir einmal an, Inge möchte mit Maria reden. Inge hat die Nummer 2.3, Maria die 2.8. Inge erkennt, dass Maria sozusagen die gleiche „Vorwahl“ hat wie sie, daher kann sie ihr Anliegen einfach in den Raum rufen, Maria hört sie.

Wenn Inge mit Dieter sprechen möchte, ist das etwas anderes: Dieter hat die Nummer 1.2, befindet sich also in einem anderen Gesprächsnetz. Daher sagt sie ihr Anliegen ihrem Kommunikator, der 2.1. Dieser weiß, dass der zuständige Kommunikator für Nachrichten an die 1.1 Bert ist und gibt die Nachricht an ihn weiter. Dieser leitet sie schließlich an Dieter mit der 1.2.

Auf die gleiche Weise funktioniert das Internet. Jeder Computer ist eindeutig anhand einer Zahlenkombination identifizierbar: Es handelt sich um vier Nummern zwischen 0 und 255, die meistens mit Punkt getrennt dargestellt sind, zum Beispiel 130.83.242.159. Die ganze Kombination nennt man IP-Nummer oder IP-Adresse.

Diese Art der Adressierung aus verschiedenen, hierarchisch geordneten Zahlen kennen Sie übrigens auch vom täglichen Gebrauch: Eine vollständige Telefonnummer besteht auch aus einer Landesvorwahl (49 für Deutschland), einer Ortsvorwahl (z. B. 6151 für Darmstadt) und einer Anschlussnummer (z. B. 123456). Die gesamte Nummer ist dann +49 6151 123456.

Genau wie in unserem Beispiel haben alle Rechner in einem kleinen Netzwerk, z. B. einer Firma, dieselben vorderen Zahlen als IP-Nummer. Sie unterscheiden sich lediglich in der hinteren Zahl. Die vorderen Zahlen bestimmen dann, um welches Netzwerk es sich handelt. Die Rolle der Kommunikatoren im obigen Beispiel übernehmen im Computernetz die so genannten Router. Es sind spezialisierte Rechner, die Datenpakete im Internet in die richtige Richtung weiterleiten.

Abbildung 6.5 zeigt schematisch einen Ausschnitt des Internet. Die Geschäftsführer der Informatix AG haben sich die Ordnung des alten Königs zunutze gemacht und sie auf ihre heutige Infrastruktur übertragen.

Beachten Sie, wie die Router (in der Skizze als flache Kästchen dargestellt) zwei oder mehr IP-Adressen besitzen, weil sie ja auch in mehreren Computernetzen „sprechen“ müssen.

Im Informatix-Beispiel wären das etwa Bert oder Ludwig, die einerseits innerhalb ihrer Gruppe kommunizieren und dafür eine Nummer aus dem entsprechenden Bereich besitzen. Andererseits sprechen sie jedoch auch zusätzlich noch mit den anderen Kommunikatoren und haben hierfür eine weitere Adresse.

Übertragen Sie Ihr Wissen der Kommunikationsstruktur in Informatix altem Königreich auf das Internet: Setzen Sie sich an den Rechner mit der IP-Adresse 10.43.3.32 in der Abteilung für Küchengeräte. Wie laufen die Datenpakete zu den Computern 10.43.3.19, 192.168.0.9 und 10.43.4.2? Schildern Sie genau, welche Nachrichten die Computer bzw. Router untereinander austauschen!



IP
Internet-Protokoll. Dieser Standard ist bereits im September 1981 bekanntgegeben worden. Ursprünglich für die Forschungsbehörde im amerikanischen Pentagon entwickelt, ist IP bis heute die Grundlage der Kommunikation zwischen Computern im Internet. Die 1998 veröffentlichte Weiterentwicklung IPv6 konnte sich trotz deutlich größerer Möglichkeiten bis heute nicht durchsetzen.

An diesem Beispiel sehen Sie, dass die eigentliche Nachricht nochmals Sender und Empfänger beinhalten muss. Ansonsten wüssten die Router nicht, an wen sie diese weiterleiten sollen. Der Empfänger kann auch nur so feststellen, wer der Absender eigentlich war, denn direkt empfängt er die Nachricht ja von seinem Router 192.168.0.1.

Fall 3: Ausgangs-Adresse: 10.43.3.32, Ziel-Adresse: 10.43.4.2

Dieser Fall funktioniert genau wie Fall 2.

Von: 10.43.3.32 – An: 10.43.3.1 – Nachricht von 10.43.3.32 für 10.43.4.2

Von: 10.43.250.5 – An: 10.43.250.3 – Nachricht von 10.43.3.32 für 10.43.4.2

Von: 10.43.4.1 – An: 10.43.4.2 – Nachricht von 10.43.3.32 für 10.43.4.2

Soweit ist die Sache sehr einfach: Die Nachricht wird so lange von Netzwerk zu Netzwerk geschickt, bis sie am Ziel ankommt. Anhand des Planes können Sie auch genau bestimmen, welche Stationen hierbei passiert werden müssen.

Allerdings besitzen die beteiligten Computer keinen solchen Plan und das ist auch gar nicht notwendig. Überlegen Sie daher, welche Informationen die einzelnen Computer (nicht die Router) benötigen, um am Internet teilzunehmen. Welche anderen Netzwerkadressen müssen sie kennen?



Tatsächlich muss natürlich jeder seine eigene IP-Adresse kennen. Hinzu kommt die Information, dass sich alle Computer mit gleichen ersten drei Zahlen in der IP-Adresse im selben Netzwerk befinden und man sie direkt ansprechen kann.

Zusätzlich ist nur noch die Adresse des zugeordneten Routers notwendig. An diesen werden alle anderen Nachrichten geschickt! Auch die normalen Bediensteten des König Informatix brauchten nur zu wissen, wem sie eine Nachricht geben mussten, wenn diese für jemanden außerhalb des Zimmers bestimmt war. Den Rest erledigten dann die Kommunikatoren. Im Internet sind das die Router.

Für die einzelnen Computer ist die Welt also einfach – die eigentliche Vermittlungsarbeit wird von den Routern erledigt. Diese besitzen Tabellen, in denen steht, wo sie eine Nachricht hinschicken müssen, damit diese näher zum Ziel kommt. So eine Tabelle kann sehr einfach sein.

Betrachten wir zum Beispiel die Tabelle für den grünen Router der Computix AG.

Nachricht von	Nachricht an	Schicke an
10.43.5.*	Irgendjemand	10.155.10.3
Irgendjemand	10.43.5.*	Zieladresse

Der zugeordnete Router ...
... heißt bei heutigen Computersystemen übrigens auch „Standardgateway“ oder einfach „Gateway“.

Die Tabelle ist so einfach, weil der Router nur zwei Netze miteinander verbindet. Alles, was von drinnen kommt, muss an den nächsten Router weitergeleitet werden. Das besagt die erste Regel. Das Sternchen ist hierbei ein Platzhalter, der so viel wie „irgendeine Zahl“ bedeutet.

Die zweite Regel legt dann fest, dass Pakete an ein bekanntes Ziel (nämlich eines aus dem inneren Netzwerk der Computix AG) direkt dorthin zugestellt werden. Mehr Regeln braucht der grüne Router nicht!

Vielleicht wundern Sie sich, warum nicht alle möglichen Fälle abgedeckt sind. Was macht der Router mit einer Nachricht von 192.168.0.7 an 10.43.69.2?



Diese Nachricht würde in keiner sinnvollen Konstellation beim grünen Router vorbeikommen! Entweder es handelt sich um einen Irrläufer oder ein Computer aus dem Netz der Computix AG hat einen falschen Absender angegeben (zum Beispiel um Zugang zu einer Webseite zu bekommen, die nur für Computer der Technokratix AG freigegeben ist). In beiden Fällen gibt es nur eine richtige Reaktion: Er ignoriert die Nachricht einfach.

Überlegen Sie nun, welche Tabelle der braune Router besitzen muss.



Diese Tabelle ist bereits etwas komplizierter. Der Router kennt drei weitere Router, an die er Nachrichten schicken kann. Für jeden dieser Router gibt es eine Regel.

Nachricht von	Nachricht an	Schicke an
10.43.3.*	10.43.69.*	10.43.250.4
10.43.3.*	10.43.4.*	10.43.250.3
10.43.3.*	Irgendjemand anderen	10.43.250.2
Irgendjemand	10.43.3.*	Zieladresse

Beachten Sie die dritte Zeile: Hier steht beim Empfänger „Irgendjemand anderen“, weil diese Regel nur greifen soll, wenn die Nachricht an jemanden geht, der nicht in den genauer gefassten Regeln der ersten beiden Zeilen enthalten ist.

So etwas kommt bei Computernetzen häufig vor: Man macht spezielle Regeln und allgemeine Regeln. Es wird dann die für den gegebenen Fall speziellste Regel angewendet.

Kleine Welt

Das Kleine-Welt-Phänomen ist 1967 vom Soziologen Stanley Milgram formuliert worden. Eigentlich sagt es etwas über die große Welt aus: Wenn man die Bekanntschaftsbeziehungen jedes Menschen aufzeichnet, dann sind überraschenderweise fast alle Menschen der Welt über sehr wenige „Umwege“ miteinander bekannt. Wir leben also sozusagen doch in einer kleinen Welt! Das Gleiche gilt auch für das Internet: Obwohl jeder Computer und Netzverbindungsknoten nur wenige andere kennt, sind alle über sehr wenige Strecken oder „Hops“ erreichbar. Das bringt nicht immer nur Vorteile mit sich: Zum Beispiel haben Computerviren sehr kurze „Übertragungswege“.

Steigern wir unseren Regulierungsdrang weiter: Stellen Sie nun die Tabelle für den grauen Router in der Mitte auf! Sie können davon ausgehen, dass alle Nachrichten für Computer außerhalb der Technokratix AG, der Computix AG und der Informatix AG über den Provider Telonet verschickt werden.



Hier ist die Sache erneut etwas komplizierter. Der Router hat sogar drei Anschlüsse in verschiedenen Netzen und in seinem Bereich steht auch der blaue Router, der die Verbindung mit allen nicht eingezeichneten Computern im Internet herstellen kann.

Nachricht von	Nachricht an	Schicke an
Irgendjemand	10.43.5.*	10.155.10.4
Irgendjemand	10.43.3.*	10.43.250.5
Irgendjemand	10.43.4.*	10.43.250.3
Irgendjemand	10.43.69.*	10.43.250.4
Irgendjemand	192.168.0.*	172.20.64.5
10.43.5.*	Irgendjemand anderen	172.20.64.4
10.43.4.*	Irgendjemand anderen	172.20.64.4
10.43.3.*	Irgendjemand anderen	172.20.64.4
10.43.69.*	Irgendjemand anderen	172.20.64.4

An diesen Beispielen sehen Sie, dass das Internet prinzipiell durch das Zusammenspiel sehr vieler Router funktioniert. Diese wiederum vermitteln Nachrichten aufgrund fester Routing-Tabellen. Solche Tabellen können kleiner oder größer ausfallen, da die Router jedoch immer nur einen kleinen Ausschnitt des Internet abdecken, bleiben diese übersichtlich.

Erkennen Sie, dass auch das Internet „typisch informatisch“ aufgebaut ist? Das Prinzip „Divide et impera“, das dieses Buch schon über mehrere Kapitel durchzieht, können Sie auch hier ganz deutlich erkennen: Das Internet als Ganzes ist unübersichtlich und kaum zu durchschauen. Es besteht jedoch aus einzelnen Komponenten, die jeweils nur einen kleinen Teil des Internet selbst kennen. Die Funktionsweise jeder dieser Komponenten ist recht leicht zu verstehen. Nur auf diese Weise kann ein solch riesiges Netz funktionieren!

Ach wie gut, dass jeder weiß ...

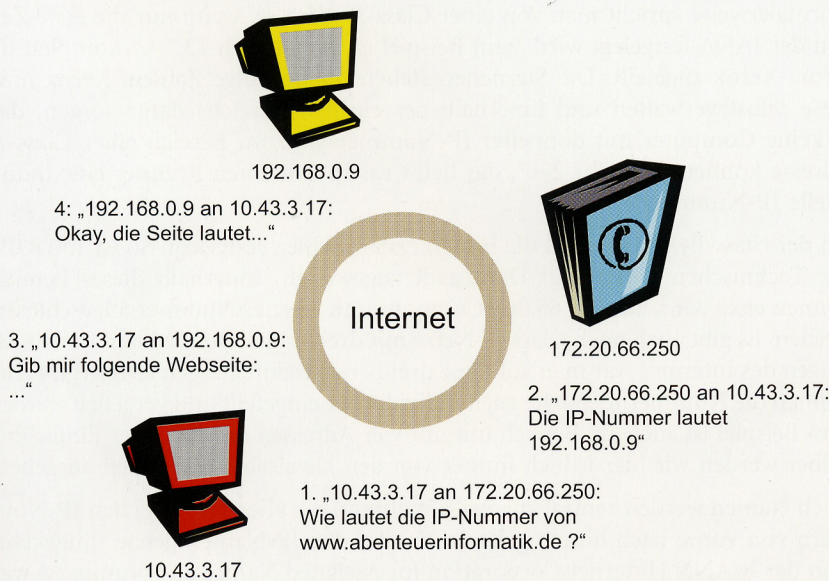
Rumpelstilzchen möchte im Märchen seinen Namen um jeden Preis verbergen. Genau das Gegenteil trifft auf die Computer im Internet zu – fast jeder Internet-Teilnehmer hat heute zusätzlich zur IP-Nummer noch einen IP-Namen.

Wofür braucht man diesen? Die Computer sind anhand ihrer Nummer eindeutig identifizierbar und außerdem arbeiten Computer doch sehr gerne mit Zahlen!

Stimmt! Tatsächlich kommunizieren die Rechner miteinander auch ausschließlich auf Basis der IP-Nummern. Ein Problem haben allerdings die Benutzer: Könnten Sie sich vorstellen, im Internet zu surfen und dabei ausschließlich mit IP-Nummern zu arbeiten? Wenn Sie auf die Seiten dieses Verlags schauen möchten, rufen Sie nicht <http://www.elsevier.de/> auf, sondern <http://194.175.173.45/>. Stellen Sie sich die riesigen Telefonbücher vor, in denen die IP-Nummern aller Computer im Internet verzeichnet sind.

Glücklicherweise können uns Computer aber Arbeit abnehmen und so hat man 1983 den so genannten „Domain Name Service (DNS)“ erfunden, übersetzt etwa „Namensbereichsdienst“. Spezielle Computer im Internet – die DNS-Server (oder einfach Nameserver) – übernehmen die Rolle des Telefonbuchs. Wenn Sie einen Namen in der Adresszeile Ihres Internet-Browsers eintippen, kann damit der Computer erst einmal gar nichts anfangen. Er benötigt zur Kommunikation mit diesem Rechner unbedingt die entsprechende IP-Nummer.

Er muss diese daher in Erfahrung bringen und fragt einen DNS-Server danach. Von diesem muss er allerdings die IP-Nummer kennen, sonst könnte er ihn ja auch nicht erreichen. Abbildung 6.6 zeigt die Kommunikation schematisch.



Wie groß ist das Internet?

Diese Frage beschäftigte schon mehrere Studien. Allerdings kann man sie ganz verschieden interpretieren: Wie viele Computer sind angeschlossen? Wie viele Computer haben eine eigene Adresse? Wie viele Computer sind „Server“, bieten also irgendwelche Dienste rund um die Uhr an? Wie viele Webseiten gibt es?

Die Grafik unten zeigt, wie viele Computer in den unterschiedlichen Jahren einen Namen hatten, der fest einer Adresse zugewiesen ist. Da nahezu jeder Computer, der zeitweise am Internet teilnehmen möchte, einen Namen bekommt, ist das ungefähr die Menge von Computern, die prinzipiell (aber nicht dauerhaft) am Internet angeschlossen sind. Die Skala ist in Millionen Computern eingeteilt.

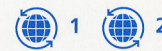
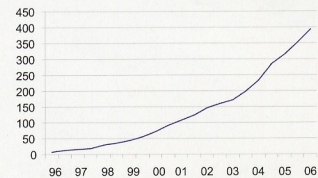


Abbildung 6.6 Kommunikation mit dem DNS-Server

Im Beispiel möchte der Benutzer des roten Computers die Internetseite von „www.abenteuerinformatik.de“ aufrufen. Der Computer kennt die IP-Nummer des Zielrechners nicht und fragt beim Nameserver (in der Grafik blau) nach. Dieser antwortet mit der korrekten Nummer, woraufhin die eigentliche Frage nach der Webseite gestellt werden kann.

Wenn Sie also beim Recherchieren im World-Wide Web eine Bezeichnung wie „www.irgendetwas.de“ benutzen, ist dies immer der Name eines Computers, nicht etwa die Bezeichnung für ein spezielles Dokument!

Jetzt wissen Sie auch, warum Ihr Computer die IP-Nummer eines Nameservers kennen muss, damit Sie sinnvoll im Internet arbeiten können!

Obwohl dieses Buch eher Verfahren der Informatik beschreibt, möchte ich der Vollständigkeit halber kurz auf die Verteilung von IP-Nummer und IP-Namen eingehen. Die gesamte Kommunikation im Internet beruht darauf, dass eine IP-Nummer bzw. ein IP-Name ganz eindeutig einem einzelnen Computer zugewiesen ist. Nur auf diese Weise können Nachrichten gezielt an den Adressaten zugestellt werden.

Das gleiche Problem gibt es auch bei der normalen Post: Wenn drei Herren mit dem Namen „Peter Müller“ in einem Hochhaus wohnen, weiß der Briefträger nicht, wem er entsprechende Post zustellen soll. Hier muss eine zusätzliche Angabe (z. B. „1. Stock“) für Klarheit sorgen. Während der Briefträger gegebenenfalls nachfragen könnte, würden im Internet die Nachrichten entweder falsch oder gar nicht zugestellt werden.

Eine Organisation namens IANA (Internet Assigned Numbers Authority) vergibt daher IP-Nummern auf Antrag an lokale Behörden, Internet-Provider oder Organisationen. Dabei werden nie einzelne Nummern, sondern immer ganze Blöcke zugeteilt. Diese können dann vom „Besitzer“ weiter unterteilt und vergeben werden.

Normalerweise spricht man von einer Class-A-Adresse, wenn nur die erste Zahl von der IANA festgelegt wird, zum Beispiel ist der Bereich 13.*.* komplett der Firma Xerox zugeteilt. Die Sternchen stehen für beliebige Zahlen. Xerox muss diese selbst verwalten und innerhalb des eigenen Bereichs dafür sorgen, dass es keine Computer mit doppelter IP-Nummer gibt. Im Bereich einer Class-A-Adresse können ungefähr 256^3 , das heißt ca. 16 Millionen Rechner eine individuelle IP-Nummer haben.

Bei der Class-B-Adresse sind die beiden ersten Zahlen festgelegt. So ist 130.83.*.* der Technischen Universität Darmstadt zugewiesen. Innerhalb dieses Bereichs können etwa 256^2 , also ca. 65.000 Computer mit eigener Nummer angeschlossen werden. Es gibt auch noch Class-C-Netze mit drei festgelegten Zahlen. In den Anfängen des Internets war man auf diese drei Bereichseinteilungen festgelegt. Heute können die Nummernbereiche auch individueller eingeteilt und vergeben werden, zum Beispiel ist auch ein Bereich mit nur vier Adressen möglich. Der Einfachheit halber werden wir hier jedoch immer von den klassischen Bereichen ausgehen.

Auch Namen werden zentral zugeteilt. Während die Hierarchie bei den IP-Nummern von vorne nach hinten geht, ist das bei den IP-Namen genau umgekehrt: Von der ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) wer-

Meilensteine der Internet-Verwaltung

1972 Gründung der IANA und einheitliche Vergabe von IP-Nummern.

1985 Erste IP-Namen werden vergeben.

1992 InterNIC wird gegründet, um die IP-Namen zu verwalten.

1998 Die ICANN wird gegründet, um InterNIC als oberste „Namensbehörde“ abzulösen.

2000 ICANN@large wird etabliert, eine Art Mitbestimmungsgremium: Zum ersten Mal kann jeder Internet-Benutzer Vorstandsmitglieder der ICANN wählen.

3



den Domains, also Namensbereiche, an Personen und Organisationen vergeben. Diese können dann innerhalb ihres Bereichs beliebig weitere Namen vergeben. Einzige Einschränkung: Der gesamte Name darf mit Punkten nicht mehr als 255 Zeichen haben.

Beispielsweise ist der gesamte Namensbereich mit Endung „.de“ der deutschen Organisation DENIC (Deutsches Network Information Center) übertragen worden. Möchte man den Bereich „schildbuerger.de“ für sich beanspruchen, kann man dies bei der DENIC anmelden. Diese reservieren dann gegen Gebühr die Domain und Sie können weitere Unterbereiche vergeben, zum Beispiel „verwaltung.schildbuerger.de“ oder „theater.schildbuerger.de“. An erster Position steht immer der Name des Computers, der auch oft die Bezeichnung seiner Funktion enthält, also zum Beispiel „www.verwaltung.schildbuerger.de“ für den Web-Server der Schildaer Verwaltung. Ein Computer kann auch mehrere Namen tragen, zum Beispiel wenn er gleichzeitig Web-Server und Mail-Server ist.

Alle Organisationen, die einen Namensbereich weiter administrieren und für andere Unterbereiche zur Verfügung stellen, betreiben einen DNS-Server oder teilen sich einen DNS-Server mit einem Partner. Dieser enthält dann das Telefonbuch mit der Name-Nummer-Übersetzung für die meisten Computer im Internet. Auf jeden Fall **muss** er die Name-Nummer-Übersetzungen für die Computer im eigenen Namensbereich enthalten. Auf diese Weise können die DNS-Server sich gegenseitig nach Nummer fragen, die sie selbst nicht gespeichert haben. Spätestens der DNS-Server der für den Namensbereich verantwortlichen Organisation kann dann eine korrekte Auskunft erteilen.

Das wird an einem Beispiel am klarsten:

Nehmen wir an, die Kantine der Informatix AG möchte selbst ins Internet und meldet daher den Namen „kantine.informatix.de“ an. Diese neue Domain ist anfangs lediglich dem DNS-Server der Informatix AG selbst bekannt. Was passiert nun, wenn ein Teilnehmer vom Rechner „king.technikratix.com“ aus auf die Seite „www.kantine.informatix.de“ abrufen?

1. king.technikratix.com an dns.technikratix.com: Wie lautet die IP-Nummer von www.kantine.informatix.de?
2. dns.technikratix.com an dns.com: Wie lautet die IP-Nummer von www.kantine.informatix.de?
3. dns.com an dns.de: Wie lautet die IP-Nummer von www.kantine.informatix.de?
4. dns.de an dns.informatix.de: Wie lautet die IP-Nummer von www.kantine.informatix.de?
5. dns.informatix.de an dns.de: Die Nummer lautet 10.49.88.17
6. dns.de an dns.com: Die Nummer lautet 10.49.88.17
7. dns.com an dns.technikratix.com: Die Nummer lautet 10.49.88.17
8. dns.technikratix.com an king.technikratix.com: Die Nummer lautet 10.49.88.17

Sie sehen also, dass unter Umständen eine einfache Anfrage nach einer Nummer DNS-Server quer durch die Welt beschäftigen kann. Vielleicht haben Sie auch schon einmal bemerkt, dass der Abruf der allerersten Web-Seite eines bestimmten Servers sehr lange dauert, während dann die folgenden Seiten sehr schnell geladen sind. In diesem Fall wurde die Verzögerung wahrscheinlich durch die langwierige Anfrage beim DNS-Server verursacht.

Was steckt dahinter?

Sie haben bisher in diesem Kapitel kennen gelernt, wie Nachrichten im Internet geroutet werden. Das ist ein für das Verständnis sehr wichtiger Teil, aber nicht das Einzige, was es zur Kommunikation zwischen Computern zu sagen gibt.

Wie bei allen komplexen Systemen muss auch das Internet so zerlegt werden, dass die einzelnen Teile handhabbar bleiben. So konnten wir erkennen, dass sowohl die einzelnen teilnehmenden Computer als auch die Verbindungsglieder – die Router – immer nur einen kleinen Ausschnitt der Vermittlungsarbeit übernehmen und daher auch immer nur einen Ausschnitt des gesamten Wissens um die Verbindungen im Internet benötigen.

Bisher haben wir immer von „Nachrichten“ oder „Datenpaketen“ gesprochen, die Computer austauschen. Damit die Kommunikation jedoch funktioniert, müssen alle Internet-Teilnehmer die gleiche Sprache sprechen. Und hier gibt es wiederum eine Vielzahl technischer Details auf verschiedenen Ebenen: vom Aufbau der WWW-Seiten bis hin zur elektrischen Spannung in den Kabeln, die zwischen einzelnen Komponenten verlaufen.

Auch das kann man in seiner Gesamtheit nicht überblicken und es muss daher aufgeteilt werden. Hier gilt das hierarchische OSI-Modell. Ausgeschrieben bedeutet das „Open Systems Interconnection Reference Model“, also sinngemäß übersetzt etwa „Allgemeines Modell zur Verbindung von Computersystemen“.

Es teilt die Kommunikation hierarchisch in sieben Schichten ein. Um diese zu verstehen, begeben wir uns ein weiteres Mal in das Königreich von Informatix. Seine Tochter Juliana hat sich in den Prinzen Romero des benachbarten Königreichs Technokratien verliebt und tauscht nun heiße Nachrichten mit diesem aus. Das funktioniert weitgehend über die normalen Botendienste des Palastes, da die Familien der Turteltauben kein Problem miteinander haben, im Gegensatz zu den Verwandten eines ähnlich klingenden Paares ...

Normalerweise nutzen die beiden hierfür Tinte und Papier. Die Botschaften werden dann von den jeweiligen Kommunikatoren der Paläste überbracht. Die Paläste befinden sich allerdings in Sichtweite und so kann Juliana nachts von ihrem Fenster aus auch Lichtzeichen mit einer hellen Laterne geben (Abbildung 6.7).

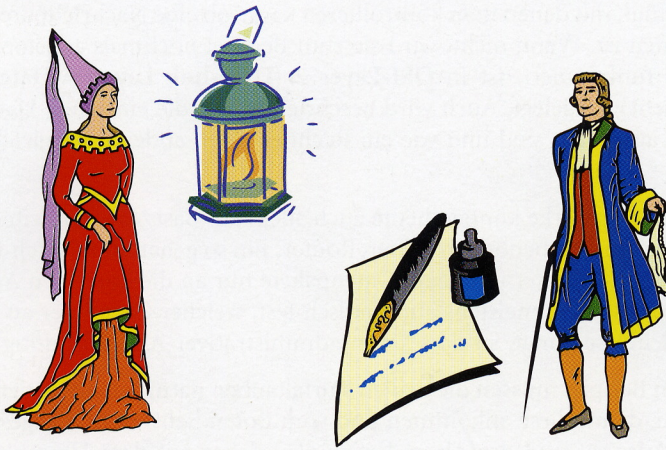


Abbildung 6.7 OSI-Layer 1: Die Physikalische Schicht beschreibt die Signale des Übertragungsmediums

Bei Papier und Tinte oder bei den Lichtzeichen handelt es sich um ein physikalisch vorhandenes Übertragungsmedium. Alle diesbezüglichen Aspekte sind im **OSI-Layer 1 (Physical Layer = Physikalische Schicht)** festgelegt. Bei Computern ist das zum Beispiel die genaue Beschreibung der verwendeten elektrischen Signale im Netzkabel oder die Farbe des verwendeten Lichtes in Glasfaserkabel.

Julianas und Romeros Nachrichten werden von unterschiedliche Boten transportiert, die die Nachrichten schneller oder langsamer weiterleiten. Manchmal passiert es auch, dass ein unzuverlässiger Zusteller im Wirtshaus hängen bleibt und am nächsten Morgen den Brief vergisst. Daher nummerieren die beiden Liebenden ihre Schreiben durch. Auf diese Weise können sie feststellen, wenn einer fehlt. Der andere kann ihn dann nochmals schicken (Abbildung 6.8).

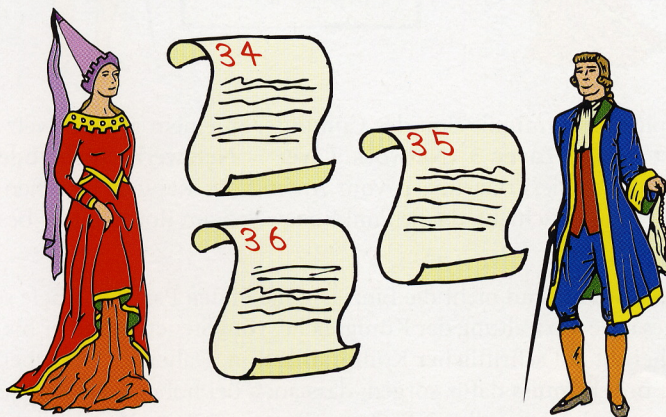


Abbildung 6.8 OSI-Layer 2: Die Datenverbindingsschicht sorgt für die zuverlässige Übertragung einer Nachricht

Die Nummerierung ist eine Art rudimentäre Fehlerkorrektur. Bei der Verbindung zwischen zwei Computern kann ebenfalls vieles schief gehen. Ein Datenpaket kann ganz verloren gehen oder aber auch durch Störungen auf der Leitung verfälscht ankommen. Daher werden zusätzliche Daten wie Nummern, Prüfsummen

usw. eingefügt, mit denen man kontrollieren kann, ob eine Nachricht unverändert angekommen ist. Wenn nicht, wird sie zum Beispiel nochmals angefordert. Wie das genau funktioniert, ist in **OSI-Layer 2 (Data-link Layer = Datenverbindungsschicht)** festgelegt. Auch wird beschrieben, wie die einzelnen Datenpakete prinzipiell aufgebaut sind und wie ein Rechner einen anderen im gleichen LAN anspricht.

Mittelgroße Netzwerke können heute auch allein auf Basis dieser zweiten Schicht effektiv arbeiten und benötigen keinen Router. Ein so genannter Switch verbindet die einzelnen Computer und leitet Datenpakete nur an die korrekten Adressaten weiter. Er stellt dabei meistens automatisch fest, welcher Computer an welchem seiner Anschlüsse hängt, so dass kaum administrativer Aufwand nötig ist.

In unserem Beispiel müssen die beiden Turteltauben natürlich ihre Briefe korrekt adressieren, damit diese ankommen und vom Botendienst richtig zugestellt werden. Der Adressat und der Absender müssen daher auf dem Umschlag stehen (Abbildung 6.9).

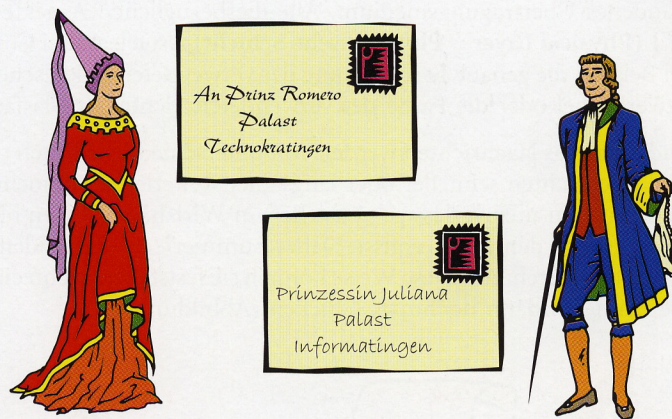


Abbildung 6.9 OSI-Layer 3: Die Netzwerkschicht sorgt für die Vermittlung der Nachrichten im Internet

Die prinzipielle Kommunikation der Computer in einem großen Netz wie dem Internet ist in **OSI-Layer 3 (Network Layer = Netzwerkschicht oder Paketschicht)** geregelt. Die Erklärungen vom Anfang des Kapitels beziehen sich fast alle auf die Netzwerkschicht, da die Funktionsweise von Routern hier beschrieben ist.

Juliana und Romero sind nicht die Einzigen, die in den Palästen Briefe schreiben. Auch die gesamte Verwaltung der Königreiche, vom Steuereintreiber bis zum Küchenchef, beruht auf schriftlicher Kommunikation. Daher hat der Oberpostmeister viel zu tun. Er muss dafür sorgen, dass auch bei hoher Belastung jeder Brief transportiert wird. Wenn alle verfügbaren Boten unterwegs sind, gibt er erst die Nachrichten mit einer hohen Priorität weiter, also etwa persönliche Briefe des Königs oder solche, die mit „Dringend“ beschriftet sind (Abbildung 6.10).

Bei den „echten“ Netzwerken wird dies von **OSI-Layer 4 (Transport Layer = Transportschicht)** erledigt. Hier wird die komplette Vermittlung der Datenpa-

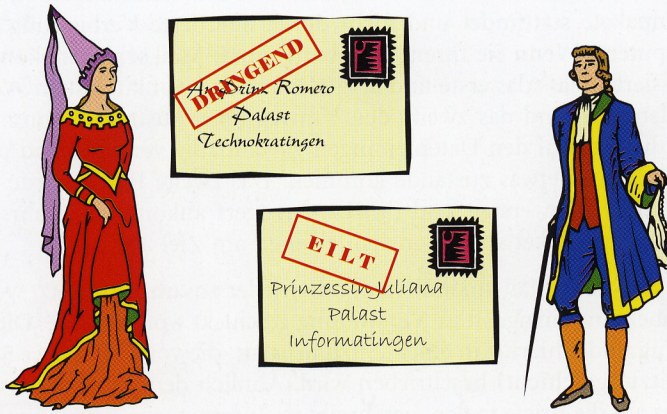


Abbildung 6.10 OSI-Layer 4:
Die Transportschicht regelt den
Verkehr der Datenpakete

kete vom Ursprung zum Ziel geregelt. Auch hier kann man bestimmte „Vorfahrtsregeln“ einplanen. Wenn Sie zum Beispiel mit jemandem über das Netzwerk telefonieren, enthalten die Datenpakete jeweils einen kleinen Teil Ihrer digitalisierten Sprache. Kleine Verzögerungen von Sekundenbruchteilen sorgen dann bereits zu einer Verstümmelung der Sprache. Andere Daten haben wiederum eine niedrigere Priorität: Ob eine WWW-Seite innerhalb einer zehntel oder einer halben Sekunde angezeigt wird, registrieren wir normalerweise gar nicht.

Romero hat sich ein Spiel ausgedacht: Er schreibt den ersten Absatz einer Geschichte und schickt ihn an Juliana, sie verfasst dann den nächsten Absatz und so weiter, bis einer von beiden die Geschichte beendet. Oft dauert es etwas, bis einer von beiden einen neuen Absatz geschrieben hat und daher schreiben beide sich währenddessen auch „normale“ Briefe. Manchmal kommt es sogar vor, dass die beiden zwei oder mehr Geschichten gleichzeitig anfangen. Damit man sofort erkennt, welche Fortsetzungsgeschichte in einem Brief weitergeführt wird, malen Romero und Juliana ein individuelles Symbol für jede ihrer Geschichten auf den Umschlag (Abbildung 6.11).



Abbildung 6.11 OSI-Layer 5:
Die Sitzungsschicht hält virtuelle
Verbindungen zwischen
zwei Computern im Internet

Das Internet ist paketorientiert. Das bedeutet, dass die Kommunikation über kleinere Datenpakete stattfindet und nicht durch eine feste Verbindung zwischen zwei Computern. Wenn Sie Ihrem Nachbarn eine E-Mail schicken, könnte theoretisch passieren, dass das erste und dritte Datenpaket auf kürzestem Wege zugestellt werden, während das zweite den Umweg über Australien nimmt. Router sollen oft die Last auf den Datenleitungen gleichmäßig verteilen und prinzipiell könnte dadurch so etwas zustande kommen. Das zweite Paket würde natürlich auch gegenüber dem ersten und dritten verzögert ankommen, wahrscheinlich kommt das dritte Paket sogar vor dem zweiten am Ziel an.

Trotzdem soll die E-Mail am anderen Ende wieder zusammengesetzt werden, als wenn sie über eine einzige, feste Verbindung geschickt worden wäre. Die gesamte Übertragung findet hierfür in einer „Sitzung“ statt, die von **OSI-Layer 5 (Session Layer = Sitzungsschicht)** beschrieben wird. Ähnlich dem Symbol, das Romero und Juliana auf die Briefe malen, beschreibt im Internet eine eindeutige Nummer die Zugehörigkeit eines Datenpakets zu einer Sitzung.

Nachts sind die Botendienste beider Königreiche geschlossen. Daher haben die beiden Liebenden ausgemacht, sich dann ihre Nachrichten anhand von Lichtzeichen mit einer starken Laterne zu schicken. Da nur „Licht an“ und „Licht aus“ erkennbar ist, verwenden sie das Morsealphabet (s. Kapitel „Von Kamelen und dem Nadelöhr“), um die einzelnen Zeichen zu Codieren (Abbildung 6.12).

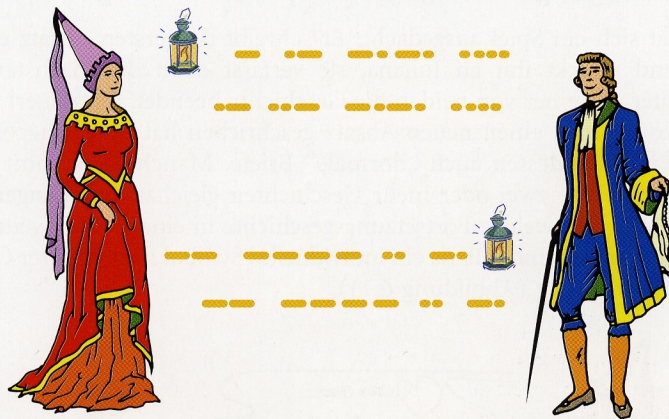


Abbildung 6.12: OSI-Layer 6: Die Darstellungsschicht beschreibt die Codierung der Nachrichten

Computer übermitteln untereinander in den bisherigen fünf OSI-Schichten prinzipiell nur Zahlen. Erst **OSI-Layer 6 (Presentation Layer = Darstellungsschicht)** legt fest, wie diese Zahlen in Buchstaben oder zum Beispiel auch Zeichnungen gewandelt werden, um für uns Menschen verständlicher zu sein. Eine wesentliche Vereinbarung ist hier zum Beispiel, welche Zeichentabelle genutzt wird (zwei sehr bekannte sind ASCII und Unicode). Auch die Komprimierung von Daten, um das Netz besser auszunutzen, wird in dieser Schicht beschrieben.

Glücklicherweise liegen die beiden Königreiche von Informatix und Technokratix so dicht zusammen, dass in ihnen die gleiche Sprache gesprochen wird. Allerdings

studiert Juliana Philosophie und Romero Physik. So kommt es manchmal zu kleinen Missverständnissen, wie sie zwischen Geistes- und Naturwissenschaftlern üblich sind. Am Ende können beide sich selbstverständlich immer in der Sprache der Liebe verständigen und verstehen sich wieder (Abbildung 6.13).

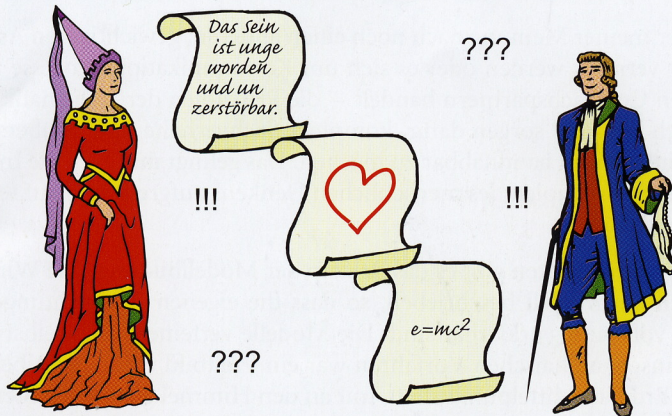


Abbildung 6.13 OSI-Layer 7: Die Anwendungsschicht interpretiert die Inhalte der Datenpakete

Menschen spezialisieren sich oft auf spezielle Fachgebiete und übernehmen die dort verbreiteten ganz eigenen Sprachen. So sind sie für Außenstehende manchmal kaum zu verstehen. In viel stärkerem Maße trifft das auf Computer zu. Für jede Art von Dienstleistung, die sie erbringen, kommunizieren sie mit einem ganz eigenen Vokabular (der Fachbegriff ist „Protokoll“). So gibt es eigene Sprachen für das Web (HTTP = Hypertext Transfer Protocol), E-Mail (SMTP = Small Mail Transfer Protocol), Austausch von Dateien (FTP = File Transfer Protocol) oder sogar für das Computer-Pendant der Zeitansage (NTP = Network Time Protocol). Diese sind in **OSI-Layer 7 (Application Layer = Anwendungsschicht)** spezifiziert. Damit zwei Computer miteinander reden können, müssen sie sich also auch auf dieser Ebene verstehen. Ein E-Mail-Programm hat zum Beispiel Schwierigkeiten, mit einem WWW-Server zu reden, weil es SMTP spricht und der Server aber nur HTTP versteht.

Für verschiedene Zwecke werden einer Nachricht also immer weitere Daten hinzugefügt, um sie im Internet zu verschicken – genau wie bei einem „echten“ Brief: Er wird geschrieben, unterschrieben, in einem Umschlag gepackt, mit den Adressen versehen. Eine Marke wird aufgeklebt. Die Post stempelt den Umschlag usw.

Sicherlich haben Sie auch in weiteren Bereichen einschlägige Erfahrung bezüglich der Kommunikation mit anderen Menschen gemacht. Nehmen Sie sich Romero und Juliana zum Vorbild und versuchen Sie, Ihnen bekannte Prozesse in das OSI-Modell einzuordnen.



Vielleicht fragen Sie nun, warum das OSI-Modell so wichtig ist, dass ich es hier in diesem populärwissenschaftlichen Buch aufgreife. Die erste Antwort ist, dass das Internet heute eines der wichtigsten Kommunikationsmittel geworden ist und das Wissen um den grundlegenden Aufbau viele Probleme mit der Bedienung oder dem Aufbau privater Netzwerkkomponenten vereinfacht.

Es gibt aber meiner Meinung nach noch einen anderen, gewichtigeren Aspekt: Ob Computer vernetzt werden oder es sich um Kommunikationsprozesse zwischen natürlichen Gesprächspartnern handelt – die Prinzipien der Informatik funktionieren auch hier und sorgen dafür, komplexe Sachverhalte und unübersichtliche Systeme einfach und handhabbar zu machen. Das gelingt nur, weil die Informatik immer wieder Prinzipien des menschlichen Denkens aufgreift und auf technische Systeme überträgt.

In vielen Wissenschaften gibt es das Prinzip der Modellbildung: Die Wirklichkeit wird durch ein Modell beschrieben, so dass die eigenen Beobachtungen damit möglichst vollständig erklärbar sind. Die Modelle verfeinern sich selbstverständlich. Für unsere archaischen Vorfahren war ein Weltbild völlig plausibel, in dem die flache Erde im Mittelpunkt steht, mit an den Himmel gehefteten Sternen und feurigen Rennwagen, die dort umherkreisen. Im Laufe der Zeit hat sich das Modell dann den neuen Erkenntnissen und Anforderungen angepasst: Zunächst rückte die Sonne in den Mittelpunkt, die Erde wurde auf die Umlaufbahn verwiesen. Im heutigen Modell ist auch unsere Sonne nur ein winziges Licht einer großen Galaxis.

Auch in der Informatik verwenden wir Modelle. Meistens nicht, um die Wirklichkeit möglichst exakt zu beschreiben, sondern um einen für die intendierte Problemlösung möglichst passenden Ausschnitt zu beschreiben (erinnern Sie sich noch an das Prinzip der Abstraktion)? So stellen wir unsere Welt zum Beispiel im Computer genau so dar, dass alle notwendigen Informationen zum Berechnen eines kürzesten Weges vorhanden sind.

Am Internet sehen Sie, dass dies auch umgekehrt möglich ist: Hier werden bekannte Strukturen der Realität verwendet, um ein technisches System nach dem gleichen Modell aufzubauen. Man folgt quasi dem Beispiel der Wirklichkeit und dafür gibt es einen speziellen Begriff: Paradigmenbildung.

Paradigma

Das Paradigma ist ein (Denk-)Muster oder Vorbild, anhand dessen ein technisches System oder ein abstraktes Konzept konstruiert wird. Dadurch wird es für die Anwender leichter, sich im System zurechtzufinden.

Bestes Beispiel für Paradigmenwechsel in der Informatik sind die Programmiersprachen: Zunächst sehr stark auf die direkte Umsetzung der Bedürfnisse der technischen Systeme zugeschnitten, wurde nach und nach immer mehr „menschliche“ Konzepte übernommen. Zum Beispiel mit der objektorientierten Programmierung.

Bei dieser besteht die Software in einer Ansammlung von Objekten, die miteinander kommunizieren – genau wie an einer „echten“ Arbeitsstelle: Dort sind die meisten Angestellten damit beschäftigt, Tätigkeiten an andere zu delegieren. Wenn sie das gut machen, läuft auch die Produktion gut (zugegebenerweise nur, wenn die Arbeit auch irgendwo unten in der Hierarchie wirklich verrichtet wird, idealerweise von Maschinen ...). Diesem Beispiel folgend, besteht die Programmierung weitgehend darin, den Objekten richtiges Delegieren „beizubringen“.

Resümee

Der Aufbau des Internet zeigt, wie menschlich letztlich die Informationstechnologie ist: Im Prinzip bedient sie sich jahrhundertalter Strukturen und Vorgehensweisen. Man darf dies auf keinen Fall mit einer Schwäche verwechseln:

Neue technische Möglichkeiten verlangen es zunächst immer von uns Menschen, dass wir uns anpassen, um die Vorteile zu genießen. Beispiel hierfür ist die Entwicklung der Computer, die zunächst nur von hoch spezialisierten Experten bedient werden konnten. Inzwischen sind die Computer der menschlichen Denkart weitgehend angepasst (wenn auch viele Menschen das stark anzweifeln, wenn der DVD-Player mal wieder nicht so funktioniert wie erwartet).

Genauso ist dies auch mit Datennetzen: Zunächst technisch sehr kompliziert und aufwendig gestaltet, waren sie nicht zuverlässig nutzbar. Man hat sich daher Strukturen ausgedacht, die „menschlicher“ ausgeprägt und dadurch beherrschbar sind. Das heutige, moderne Internet ist aus diesem Grund prinzipiell immer noch mit der Hierarchie einer mittelalterlichen Pferdepost vergleichbar! Nur viel größer und natürlich viel schneller ...

Literatur und weitere Informationen im Internet

Internetlink: <http://www.isc.org/>



Die Non-Profit-Organisation Internet System Consortium zählt regelmäßig, wie viele Computer im Internet einen Namen besitzen. Diese Statistik ist wichtig, um festzustellen, wann der bisherige IP-Adressbereich endgültig zu klein wird.

Internetlink: <http://www.ripe.net/info/stats/>



RIPE NCC (Réseaux IP Européens Network Coordination Centre) ist die Organisation, die für die Vergabe von IP-Namen in Europa, dem mittleren Osten und Zentralasien zuständig ist. Auch sie führt Statistiken über die Anzahl von Computern in ihrem Namensbereich.

Internetlink: <http://www.icann.org/>



Mehr Informationen zu der großen Organisation, die an oberster Stelle für die Vergabe von Namen und Adressen im Internet zuständig ist.