

Internet und Networking

Die Komplexität der menschlichen Zusammenarbeit steigt mit der Weiterentwicklung der Maschinen und dem Wachstum an Informationen immer weiter. Das menschliche Wissen und die Notwendigkeit für immer komplexere Kommunikation führt dazu, dass auch diese Ressourcen und Prozesse digitalisiert werden. Das können Dokumente und Bücher auf Papier nicht mehr als Kommunikationsmedium leisten. Auch das klassische Telefonieren ist nicht mehr ausreichend für den Austausch großer Informationsmengen. Die Grundlage des heutigen Internets ist genau aus der Notwendigkeit entstanden, schnell wissenschaftliche Erkenntnisse auszutauschen. Mit dem Anstieg der Kommunikationsmöglichkeiten im 21. Jahrhundert ist das Internet das Medium der Kommunikation auch für alltägliche, profane oder sogar kriminelle Inhalte, wo jeder Benutzer Medien-Inhalte als ein Content-Produzent bereitstellen kann.

Die weltweite Vernetzung ist die für die viele Menschen erlebbare Form der Digitalisierung. Mit einer Orientierung an der zeitlichen Abfolge wird die Entwicklung des „world wide web“ beschrieben bis zum heutigen web2.0 und cloud basierten Diensten. Für ein Verständnis der informationstechnisch anspruchsvollen Zusammenhänge wird das ISO/OSI Modell mit 7 Schichten beschrieben.

Das Thema „Internet und Networking“ hat mit der philosophischen Frage nach dem „Sinn des Lebens“ zu tun. Einige Philosophen und Psychologen meinen, dass die zwischenmenschliche Kommunikation im Sinne von „Das Leben, das Universum und der ganze Rest“ (Teil 3 von „Per Anhalter durch die Galaxis“, Douglas Adams) genau das ist, was den Sinn des Lebens ergibt: Kommunikation! Und weil die Menschen immer neugierig waren und sind: „Wo können wir noch weiter hin gehen, aber dabei möglichst zu Hause bleiben“, ist die Sache mit der Kommunikation über weite Strecken und möglichst in Echtzeit notwendig geworden. Und weil die Menschen nicht nur im Raum, sondern, auch in der Zeit gehen, ja genau, der berühmte Spruch „Woher kommen wir? Wer sind wir? Wohin gehen wir?“, ist es notwendig geworden immer mehr Daten über uns in Raum und Zeit zu speichern, um uns besser auf diesem Weg zu orientieren. Das ist das menschliche Wissen und seine Geschichte. Technisch heißt das, dass wir immer mehr Daten über uns und „den ganzen Rest“ speichern, analysieren und überall zugänglich machen wollen. Das können Bücher auf Papier nicht mehr.

Im Großen und Ganzen ist das Internet der Ort unserer Fakten und Sehnsüchte geworden, und das Mittel diese Fakten und Sehnsüchte mit irgendwem auf der anderen Seite der Erde in Echtzeit zu kommunizieren, auch wenn wir ihn/sie/etwas nicht genau kennen. Dabei haben wir auch etliche Helferlein geschaffen, die für uns Daten suchen, bearbeiten und verschieben. Diese Helferlein, als unsere digitalen Kinder und Diener, kommunizieren wiederum auch mit einander, um uns Sicherheit, Geborgenheit, Spaß sowie nötige und nicht so dringend nötige Dienste zu gewährleisten.

Dazu werden auch weitere Netze zu Hause, im Auto, im Hotel, im Flugzeug benötigt und benutzt. Mit anderen Worten: unsere ganze Umgebung soll vernetzt werden und kommunizierend sein.

Geschichte des Internets²⁷.

Die Konzepte des globalen Netzes sind durch mehrere Forschungsarbeiten und Vorläufer teilweise parallel entstanden.

Die Vordenker

Als früheste Vision einer möglichen weltweiten Computer-Vernetzung gilt eine Kurzgeschichte des Science-Fiction-Autors Murray Leinster, der 1946 in seiner Geschichte „A Logic Named Joe“ als einer der ersten einen Personal Computer und eine frühe Vision des Internets geschildert hat; dort hat er geschrieben: „der Computer [...] erledigt die Verbreitung von vierundneunzig Prozent aller Fernsehprogramme, vermittelt alle Informationen über Wetter, Luftverkehr, Sonderangebote [...] und dokumentiert jedes geschäftliche Gespräch, jeden Vertrag [...]. Die Computer haben die Welt verändert. Die Computer sind die Zivilisation. Wenn wir die Computer abschalten, fallen wir in eine Art von Zivilisation zurück, von der wir vergessen haben, wie sie geht.“

Arpanet (1969–1983)

Das Internet begann am 29. Oktober 1969 als Arpanet. Es wurde zur Vernetzung der Großrechner von Universitäten und Forschungseinrichtungen genutzt. Das Ziel war zunächst, die Rechenleistungen dieser Großrechner effizienter zu nutzen, zuerst nur in den USA, später weltweit. Die Grundlage des heutigen Internets, d.h. die Technologie, mit denen die Daten übertragen werden, ist das TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Ein Protokoll ist für die Computer ein Regelwerk einer Sprache. So wie Menschen versuchen eine gemeinsame Sprache zu sprechen, um Verständigung zu erzielen, so werden auch für die maschinelle Kommunikation Sprachen und Protokolle entworfen und implementiert. Die Maschinen sie müssen sich miteinander verständigen können, um ihre Aufgaben zu erfüllen.

Vinton G. Cerf und Robert E. Kahn entwickelten 1973 und 1974 eine frühe Version von TCP, um andersartige Netze (auch außerhalb von Arpanet) miteinander zu verbinden. Nach Weiterentwicklungen in den folgenden Jahren wurde es als TCP/IP bekannt.“ Das IP (Internet Protocol) ist eine Spezifikation für eine einfache Adressierung aller Rechner dieser Welt, d.h. wenn kommuniziert werden soll, muss auch der Computer wissen mit wem er spricht!

²⁷ https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Internets, <https://de.wikipedia.org/wiki/Internet> und https://de.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web

Nach einer weit verbreiteten Legende bestand das ursprüngliche Ziel des Projektes vor dem Hintergrund des Kalten Krieges in der Schaffung eines verteilten Kommunikationssystems, um im Falle eines Atomkriegs eine störungsfreie Kommunikation zu ermöglichen. Tatsächlich wurden hauptsächlich zivile Projekte gefördert, obwohl die ersten Knoten von der DARPA finanziert wurden. Die DARPA („Defense Advanced Research Projects Agency“) ist eine Behörde des Verteidigungsministeriums der Vereinigten Staaten, die Forschungs-Projekte für die Streitkräfte der Vereinigten Staaten durchführt, u. a. auch Weltraumprojekte.

Die wichtigste Anwendung in der Anfangszeit war die E-Mail. In dem Jahr 1971 betrug die Datenmenge des E-Mail-Verkehrs mehr als die Datenmenge, die mit den anderen Protokollen des Arpanet übertragen wurde. Es war die Zeit gekommen, wo es notwendig wurde die Flut an Daten über E-Mail irgendwie logisch zentralisiert, aber räumlich dezentralisiert zu verwalten, um Kommunikationsabläufe zu sortieren und Datenordnungen zu ermöglichen.

Das World Wide Web (1980er Jahre)

Umgangssprachlich wird das World Wide Web oft mit dem Internet gleichgesetzt, es ist jedoch jünger und stellt nur eine von mehreren möglichen Nutzungen des Internets dar. Andere Internet-Dienste wie z.B. E-Mail, Suchdienste, Sicherheitsdienste, usw. sind nicht in das World Wide Web direkt integriert.

Das Web entstand 1989 als Projekt an der Forschungseinrichtung CERN (Conseil européen pour la recherche nucléaire – Europäische Organisation für Kernforschung), in der Nähe von Genf auf schweizerischem und französischem Gebiet liegend, an dem Tim Berners-Lee ein Hypertext-System aufbaute. Die Idee hierzu stellte er erstmals am 12. März 1989 in der Forschungseinrichtung vor. Das Konzept wurde von dem Belgier Robert Cailliau mit entworfen. Das ursprüngliche Ziel des Systems war es, Forschungsergebnisse auf einfache Art und Weise mit Kollegen auszutauschen. Eine Methode dafür war das „Verflechten“ von wissenschaftlichen Artikeln – also das Erstellen eines Netzes (Webs) aus Querverweisen. In Tim Berners-Lees eigenen Worten:

“The WorldWideWeb (W3) is a wide-area hypermedia information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.”

„Das World Wide Web ist eine großräumige Hypermedia-Initiative zur Informationsbeschaffung mit dem Ziel, den allgemeinen Zugang zu einer großen Sammlung von Dokumenten zu erlauben.“

TCP/IP, DNS und Usenet (1981–1993)

In der Zeit der 80er Jahre sind mehrere unabhängige Netzwerke entstanden und es wurde notwendig, diese Netzwerke und darin angebotene Dienste weiter mit einander zu verbinden. Dies

gilt als Geburtsstunde der Standardisierungsorganisation IETF²⁸. Die Internet Engineering Task Force (IETF, englisch für Internettechnik-Arbeitsgruppe²⁸) ist eine Organisation, die sich mit der technischen Weiterentwicklung des Internets befasst, um dessen Funktionsweise zu verbessern. Die IETF begann im Januar 1986 in San Diego mit einem je vierteljährlichen Treffen an dem zunächst von der US-Regierung bezahlter Forscher teilnahmen. Beginnend mit dem vierten IETF-Meeting im Oktober 1986 wurden auch Vertreter von Nicht-Regierungsorganisationen eingeladen. Seit dieser Zeit waren alle IETF-Meetings für jeden offen. Die Standardisierungsschriften von IETF heißen RFCs (Request for Comments, in Deutsch: Bitte um Kommentare), und sie sind offen für Diskussionen und Kommentare durch jeden der dazu mehr oder weniger kompetent beitragen möchte. Die Macht dieser offenen Gemeinschaft des Internets wird besonders deutlich, wenn man sich klar macht, dass neben teilweise wenig kompetenten Beiträgen auch rein humoristische Standardisierungsvorschläge gemacht werden wie zum 1. April 1990, Internet RFC 1149 für ein Internet mit Tauben „A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers“²⁹. Die Macht der offenen Gemeinschaft ist sehr kreativ, inhaltskritisch und kann für einen schnellen sachlichen Erkenntniszugewinn sorgen.

Die Internet-Protokoll-Standardisierung begann 1981 mit den IETF RFCs 790-793 IP und TCP Protokoll Spezifikationen, die bis heute die Grundlage der meisten Verbindungen im Internet sind. Diese sollten nach einer knapp zweijährigen Ankündigungszeit am 1. Januar 1983 auf allen beteiligten Computern, genannt Hosts, aktiv sein. Mit der Umstellung der Arpanet-Protokolle auf das Internet Protokoll begann sich auch der Name „Internet“ durchzusetzen. Dies stellt die erste globale Protokollumstellung in der Geschichte des Internets dar und dauerte laut Kahn fast sechs Monate. Die anfängliche Verbreitung des Internets ist eng mit der Entwicklung des Betriebssystems Unix verbunden. Die Entwicklung des Internet-Protokolls (IP) bis in heutige Zeiten hat zwei Versionierungen erfahren: IPv4 und IPv6.

Mit dem 1984 entwickelten DNS – Domain Name System³⁰ wurde es möglich, auf der ganzen Welt Rechner mit für Menschen verständlichen Namen anzusprechen. Für Menschen sind DNS-Namen wie z.B. „example.org“ lesbarer, als eine Reihe von Nummern (IP-Adressen). Beispielsweise ist „2606:2800:220:1:248:1893:25c8:1946“ die IPv6 Adresse von „example.org“. DNS funktioniert wie ein Telefonbuch für IP-Adressen und dazugehörige Namen, wobei die DNS-Namen eher so etwas wie Hausadressen sind, da diese sowohl für E-Mail, Web-Anwendungen, usw. benutzt werden. So wie in einem Haus mehrere Menschen wohnen können, so können unter einem Domain Name

²⁸ https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_Engineering_Task_Force

²⁹ <https://tools.ietf.org/html/rfc1149>

³⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System

mehrere Dienste existieren. Beispielsweise existiert unter der Domäne coreprog.de nicht nur eine www-Webseite sondern auch eine E-Mail.

Das Internet verbreitete sich über immer mehr Universitäten und weitete sich auch über die Grenzen der USA aus. Es bildeten sich erste Verhaltensregeln (Netiquette) und damit erste Anzeichen einer Netzkultur aus³¹. In USA fand das Usenet³² als ein sehr früher Vorläufer der sozialen Medien weite Verbreitung und wurde zeitweise zu der dominanten Anwendung des Internets. Das Usenet ist somit ein sehr früher Vorläufer von Twitter und Facebook.

Die Kommerzialisierung des Internets und die globale Verbreitung von WWW (1989)

Im Jahr 1990 beschloss die National Science Foundation der USA, das Internet für kommerzielle Zwecke nutzbar zu machen, wodurch es über die Universitäten hinaus öffentlich zugänglich wurde. Tim Berners-Lee entwickelte wie bereits dargestellt um das Jahr 1989 am CERN die Grundlagen des World Wide Web. Am 6. August 1991 machte er dieses Projekt eines Hypertext-Dienstes via Usenet mit einem Beitrag zur Newsgroup „alt.hypertext“ öffentlich und weltweit verfügbar. Der Beitrag von Tim Berners-Lee diente als Grundlage für die Entwicklung des Hypertext-Transfer Protokolls (HTTP) und Hypertext Markup Language (HTML), aber auch für unzählige anderen Skriptsprachen, wie z.B. JavaScript, die als Interface für die eigentliche Logik der Benutzer-Dienste angewendet wird (siehe unten „Web 2.0“).

Rasanten Auftrieb erhielt das Internet ab 1993, als der erste grafikfähige Webbrowser namens Mosaic veröffentlicht und zum kostenlosen Download angeboten wurde. Damit wurde die visuelle und textuelle Darstellung von Inhalten des WWW möglich. Insbesondere durch AOL und dessen Software-Dienste kam es zu einer wachsenden Zahl von Nutzern und vielen kommerziellen Angeboten im Internet. Da der Webbrowser fast alles andere verdrängte, wird er auch als die „Killerapplikation“ des Internets bezeichnet und somit wurde das Internet ein wesentlicher Katalysator der Digitalen Revolution.

Als sich eine Verknappung des noch freien IP-Adressraums abzeichnete, d.h. die ursprüngliche Internet-Protokoll-Variante IPv4 nicht mehr ausreichend war, um jeden Menschen eine oder mehrere Geräte mit IP-Adresse zuzuweisen, begann die Entwicklung eines Nachfolgeprotokolls. Die ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) als Vergabebehörde für Internetadressen, war gezwungen eine neue Benennung für die Adressen zu suchen. In der realen Welt müssen Wohnungen auch einzeln adressierbar sein, wenn an Stelle eines Einfamilienhauses ein Hochhaus mit mehreren Wohnungen entsteht. Dies kann entweder über die Namen der Bewohner oder über eine zusätzliche Nummerierung der Wohnungen erreicht werden.

³¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Netzkultur>

³² <https://de.wikipedia.org/wiki/Usenet>

Im Dezember 1995 wurde die erste Spezifikation von IPv6 veröffentlicht und fortan in Pilotprojekten getestet, etwa im globalen Testnetzwerk 6Bone und im deutschsprachigen Raum im JOIN-Projekt. Im Februar 2011 wies die ICANN die letzten IPv4-Adressblöcke an die Regional Internet Registries zur Weiterverteilung zu. Je nach Registry werden die restlichen IPv4-Adressblöcke noch zugeteilt oder sind bereits aufgebraucht. Infolge des World IPv6 Day und World IPv6 Launch Day im Juni 2011 und Juni 2012 stieg der Anteil von IPv6 am Internetverkehr. Zum Start des Systems in 2012 betrug der Anteil der IPv6 Adressen weniger als ein Prozent, der Anteil der Nutzer, die über IPv6 auf Google zugreifen liegt Anfang 2021 bei 35 %.

Web 2.0 und die Cloud (2003 bis heute)

Eine verbesserte Internet-Infrastruktur ermöglichte die Implementation von Audio- und Video Diensten. Die gestiegenen Datenübertragungsraten und die Einführung normierter Protokolle machte die Nutzung der Internet-Infrastruktur für die Telefonie attraktiv. Ende 2016 nutzten in Deutschland rund 25,2 Millionen Menschen die Voice-over-IP-Technologie (VoIP).

Mit Social-Media-Plattformen wie Facebook, Twitter oder YouTube trat das bidirektionale Austauschen von Inhalten unter den Nutzern (sogenanntem user-generated content) in den Vordergrund, allerdings jetzt auf zentralen, abgeschlossenen Plattformen und praktisch ausschließlich durch Nutzung eines Webbrowsers. Das Schlagwort Web 2.0 verweist auf die zunehmende Interaktivität, auch durch Audio- und Videoeinbindung, des Internets. Und seit der Corona-Pandemie 2020 hat Web 2.0 mit seinen Unterhaltungs- und Kommunikationsdiensten eine weiter beschleunigte Verbreitung erfahren.

Genau genommen sind die Plattformen nicht „zentral und abgeschlossen“. Es handelt sich um Infrastrukturen, die aus multiplen Server-Farmen bestehen, die irgendwo auf dieser Welt (überwiegend aber in USA) stehen und „Onkel Google“ kann mit seinen Suchmaschinen-Robotern (Bots) nahezu alles finden, was nicht unter sehr gut gesichert ist und ggf. als privater Inhalt deklariert ist. Man kann nicht oft genug betonen, welchen Stellenwert der Schutz der eigenen Daten hat. Die Daten sind das Öl und das Gold des 21. Jahrhunderts und müssen entsprechend behandelt werden!

Unter dem Sammelbegriff „Internet der Dinge/Internet of things“ (IoT) werden Technologien etabliert, die den direkten Anschluss von Geräten, Maschinen, Anlagen, mobilen Systemen usw. an das Internet erlauben. Sie dienen der Interaktion dieser „Dinge“ untereinander bzw. dem Fernzugriff auf sie durch den menschlichen Bediener oder Nutzer. Diese Anschlusstechnologien umfassen einerseits Cloud-basierte Dienste, andererseits geräteseitige Anbindungstechnologien. Unter „Internet der Dinge“ werden Dienste und Geräte verstanden, die autonom im Sinne menschlicher Bedürfnisse agieren und über gewisse Intelligenz verfügen (siehe auch Kapitel „Künstliche Intelligenz“). Der Kühlschrank kann selber die Einkäufe veranlassen, der Staubsauger kann sich selbsttätig in Bewegung versetzen und saugen, wenn das Hausbeobachtungssystem meldet, es

gebe Reinigungsbedarf und die Bewohner sind nicht zu Hause. Die zukünftige praktische Durchdringung unseres Alltagslebens mit IoT-Anwendungen wird auch abhängen von der individuellen Kosten-Nutzen-Risiken-Abwägung.

Zunehmende Bedeutung gewinnt die Speicherung von Daten und Verlagerung von Rechenleistung in Cloud-Plattformen. Cloud-Plattformen können hardwaremäßig mit einzelnen Servern beginnen und bis zu Server-Farmen (d.h. eine zentralisiert verwaltete Gruppe von Servern) anwachsen. Als Anwender und auch zum Teil als Administrator ist die genaue Kenntnis der physikalischen Lokation nicht mehr erforderlich. Der Zugriff auf die Cloud erfolgt über eine Applikation oder eine Adresse als Zugang dahin. Die Adressierung und der Zugriff erfolgen überwiegend über die DNS, HTTP und HTML Protokolle und Formate. Der Benutzer benötigt noch ein internetfähiges Gerät, um auf die Clouds zuzugreifen.

Die Plattformen, Dienste und Funktionen in der Cloud sind alle eine Form von Software. Das Ganze gleicht einer Groß-Baustelle mit Administratoren wie Architekten, Bauleitern, Bauarbeitern aber auch Werkzeugen („Tools“) wie Bagger, Betonmischer, Bohrer und auch Materialien („Resources“) Beton, Glass, Fliesen. Dazu kommen die eigentlichen Kunden und Anwender („user“). Um die Komplexität dieser Baustellen etwas zu ordnen, ist ein „Open Systems Interconnection model“ (OSI Model) durch internationale Standardisierungsgremien entwickelt worden, das im Folgenden erläutert wird.

Der Baum des Digitalen Lebens – Das ISO/OSI-Referenzmodell³³

Das ISO/OSI-Referenzmodell (englisch Open Systems Interconnection model) ist ein Referenzmodell für Netzwerkprotokolle als Schichtenarchitektur. Es wird seit 1983 von der International Telecommunication Union (ITU) und seit 1984 auch von der International Organization for Standardization (ISO) als Standard veröffentlicht.

³³ <https://de.wikipedia.org/wiki/OSI-Modell>

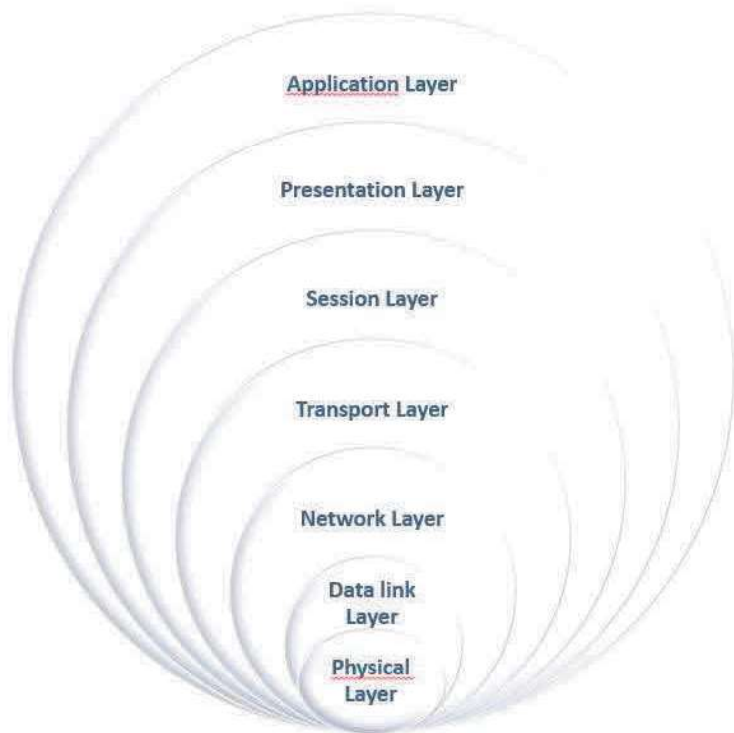


Abb. 16 - Die 7 Schichten des ISO/OSI Modells

Zweck des OSI-Modells ist, Kommunikation über unterschiedlichste technische Systeme hinweg zu beschreiben und die Weiterentwicklung zu befördern. Dazu definiert dieses Modell sieben aufeinanderfolgende Schichten (engl. layers) mit jeweils eng begrenzten Aufgaben. Die Protokolle in einer Schicht können untereinander austauschbar sein, dadurch dass zu den benachbarten Schichten standardisierte Schnittstellen definiert sind. Für mächtige Protokolle, wie das Internet-Protokoll, existieren keine austauschbaren Alternativen. Die ISO/OSI Spezifikation deckt alle Netzwerke und Telekommunikationsarten ab, wie Radio, Fernsehen, Telefonie, Satellit, aber eben auch das Internet. Im 21. Jahrhundert werden analoge Arten der Übertragung immer seltener, da viele klassische Informationsmedien über das Internet in ein digitales Format übertragen werden. Die Anzahl der Technologien und Protokolle nimmt mit zunehmender Schicht zu und stellte einen „Baum des Digitalen Lebens“ dar so wie bei einem Baum von der Wurzel bis zum Blatt die Zweige immer mehr werden. Von der Wurzel bis in die Blätter werden die Schichten des „Baums des Digitalen Lebens“ folgendermaßen bezeichnet und beschrieben:

- Wurzel/Stamm - Schicht 1 – Bitübertragungsschicht (Physical Layer)

Das ist die Verbindung zur physikalischen Welt in Form von Elektrizität, Licht, Schall, oder zu einem anderen physikalischen Medium, über das Informationen übertragen werden können. Die wichtigste Basis-Information für die Internet Übertragung in diesen Medien sind die Nullen und die Einsen, als vorhandenes oder nicht vorhandenes Signal, z.B. Licht an - Eins, Licht aus – Null. Und diese Nullen und Einsen sind die gesamte Basis, mit denen die Informationen beschrieben werden. Es handelt

sich um ein Binäres Zahlen System, also ein System mit nur 2 Zahlen. Solch eine Darstellung nennt sich auch Digital, da nur 2 Signal Arten als Nutzsignal berücksichtigt werden.

- Zweig - Schicht 2 – Sicherungsschicht (Data Link Layer)

Hier wird geregelt, wie ein Sender seine Signale zu senden hat, damit ein Empfänger die Nullen und die Einsen tatsächlich voneinander unterscheidet und diese auch fehlerfrei empfängt. Die physikalischen Medien bei einer Fernkommunikation sind störungsanfällig, daher gilt es hier zu regeln, wie man mit technischen Mitteln diese Fehler vermeidet und/oder korrigiert. Außerdem wird auf dieser Schicht festgelegt, wie man unterschiedliche Sender und Empfänger im gleichen Medium voneinander unterscheidet. Auch bei einer rein menschlichen Kommunikation wird das so geregelt, z.B. stelle man sich einen vollen Raum vor und mehrere Menschen reden gleichzeitig, der Zuhörer hört dann entweder nur denjenigen mit der lautesten Stimme (d.h. Lautstärke oder Amplitude des Signals), oder geht in die Nähe des Redners (d.h. Redner und Zuhörer beschaffen sich einen separaten Raum um sich zu verständigen, in der digitalen Welt nennt man so etwas Kanalcodierung), oder einige Redner werden zum Schweigen bzw. zum Reden in einem bestimmten Zeitraum aufgefordert (d.h. die Redner werden über die Zeit getrennt, d.h. technisch ist das Zeitkodierung). Schicht 1 und 2 regeln die Punkt-zu-Punkt Kommunikation zwischen Sender und Empfänger. Wenn allerdings die Kommunikationsstrecken sehr lang sind, ist eine Punkt-zu-Punkt Verbindung auf rein physikalischen Ebenen schwer möglich, daher werden auf den nächsten Schichten des OSI-Modells Vermittler und Vermittlungsregeln für die Kommunikation definiert.

- Zweig - Schicht 3 – Vermittlungsschicht (Network Layer)

Auf dieser Ebene fängt das eigentliche Internet an und das wichtigste Protokoll hier ist das Internet Protokoll (IP). Einfach erklärt funktioniert das wie bei der Post: ein Sender bereitet ein Paket vor, er beschriftet es mit seiner Absender-Adresse und mit der Adresse des Empfängers und schickt es über die Poststelle zum Empfänger. Es sind diverse Poststellen und Vermittler beteiligt, die dafür sorgen, dass das Paket zum Empfänger kommt. Diese Einheiten müssen auch wissen was zu tun ist, wenn das Paket beschädigt ist oder verloren geht. Diese Analogie wurde auch bei der Definition des Internet Protokolls verwendet, daher heißen die übertragenen Teil-Daten auch Pakete. Und so wie die Post ein Netzwerk aus Sender, Empfänger und Vermittler ist, so ist auch das Internet konstruiert.

- Zweig - Schicht 4 – Transportschicht (Transport Layer)

Auf dieser Ebene werden höhere Logik Funktionen des Netzes geregelt. So wie es bei der Post den normalen Brief, den Eilbrief, die Empfangsbestätigung mit Einwurf und die persönliche Übergabe gibt, so gibt es auch bei der Internet Transport Schicht verschiedene Geschwindigkeits- und Güte-Klassen der Übertragung. Verschiedene Dienstklassen (Type of Service) unterschiedlicher Güte sind in Schicht 4 definiert und können von den oberen Schichten (siehe weiter unten) benutzt werden. Je nach Dienstegüte und Dringlichkeit der Übertragung werden Multiplexmechanismen,

Fehlersicherungs- und Fehlerbehebungsverfahren angewandt. Die wichtigsten Protokolle in dieser Schicht sind:

- o TCP (Transmission Control Protocol) mit Paket-Übertragungs-Bestätigung, aber auch mit Eigenschaften wie Datenverluste-Erkennung und automatischer Behebung und Netzüberlastungs-Verhinderung.
- o UDP (User Datagram Protocol) unterstützt schnelle aber nicht durch diese Schicht garantierte Übertragung. Das ist aber bei manchen Radio-ähnlichen tolerabel, wenn ein vordefiniertes Signal-Rauschverhältnis noch eingehalten wird.

Die nächsten 3 Schichten stellen die Logik der Anwendung dar, die für die Fernkommunikation notwendig ist. Praktisch werden die Protokolle auf diesen 3 Schichten nicht wirklich getrennt.

- **Zweig - Schicht 5 – Sitzungsschicht (Session Layer)**

Diese Schicht gibt die Logik vor, nach der eine Unterhaltung zu einem bestimmten Thema zu führen ist. Das Wichtigste ist die komplette Sitzung („session“) zum Thema. Wenn z.B. eine Internetseite über einen Browser betrachtet wird und die Netzverbindung auf einer unteren Protokollebene abbricht, weiß der Browser trotzdem, dass diese eine Seite betrachtet wurde und kann nach Wiederherstellung der Verbindung nicht geladene Teile der Seite dazu holen. Das Thema hier ist der zusammengehörige Inhalt der Seite. Dies wird über das HTTP Protokoll gewährleistet (siehe auch Kap. „TCP/IP, DNS und Usenet (1981–1993)“). Oder wenn in einem Online-Shop mehrere Teile bestellt werden, so ist die Bestellnummer das Thema dieser Sitzung, und die Bestellung gilt beim Shop und beim Kunden erst dann als abgeschlossen, wenn alle Teile der Bestellung beim Kunden sind und bezahlt sind. Die Bestellnummer ist einerseits automatisch die Erkennung der Bestellung in dem Online-Shop- und den E-Mail-Systemen des Dienstes, andererseits gilt dieselbe Funktion und Information für die menschlichen Kunden des Systems als Erkennung der bestellten Ware.

- **Zweig - Schicht 6 – Darstellungsschicht (Presentation Layer)**

Die Darstellungsschicht setzt die systemabhängige Darstellung der Daten in eine unabhängige Form um und ermöglicht somit den syntaktisch korrekten Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen. Auch Aufgaben wie die Datenkompression und die Verschlüsselung gehören zur Schicht 6. Die Darstellungsschicht gewährleistet, dass Daten, die von der Anwendungsschicht eines Systems gesendet werden, von der Anwendungsschicht eines anderen Systems gelesen werden können. Dazu sind vereinbarte Formate notwendig. Das ist wie die Benutzung einer und der gleichen Sprache bei einer menschlichen Kommunikation. Andernfalls ist ein Dolmetscher (Entschlüsselungsfunktion) erforderlich. Bekannt sind Formate für die Bilder-Darstellung, wie JPEG, PNG, GIF usw., diese Formate sind dann die Protokolle der Darstellungsschicht für die Bilder-Darstellung. Man kann den gleichen Bild-Inhalt, z.B. das Bild einer Katze, in allen diesen Formaten darstellen und das ist die „die systemabhängige Darstellung“. Mehrere Bild-Formate sind notwendig, da wir eine Darstellung auf unterschiedlichen Empfangsgeräten benötigen, z.B. können

unterschiedliche Bildschirmgrößen oder Druckformate erforderlich sein. In den Browsern ist eine allgemeine Darstellungsform das HTML-Format (siehe Kap. „TCP/IP, DNS und Usenet (1981–1993)“) um Text und dazugehörige andere Inhalte einzubinden.

- Blatt – Schicht 7 – Anwendungsschicht (Application Layer)

Die Anwendungsschicht stellt Funktionen für die Anwendungen zur Verfügung. Es handelt sich um Software-Komponenten, die Text-, Bilder- und Video- Formate als Basis-Funktionen für Anwendungen zur Verfügung stellen. Solche Basis-Funktionen (genannt auch Plattform oder Engine) werden in der Logik der eigentlichen Anwendungen wie Browser, E-Mail-Programme, Chat-Dienste, Video-Konferenzen, etc. benutzt.

Auf Schicht 8 schließlich kommen die Nutzer dieser Architektur. Das kann der Mensch oder diverse künstliche Intelligenzen sein. Es gibt bekannte Beispiele aus der Kinowelt die solche Künstliche Intelligenzen darstellen³⁴.

Anonymisierung- und Sicherheits-Herausforderungen des globalen Netzes

Das Internet ist global und dezentralisiert, öffentlich und privat, aber auch missbraucht und missverstanden. Letztendlich sind die Technologien im offiziellen, öffentlichen Internet und in privaten sowie Firmen und Organisations-Netzwerken (DeepWeb)³⁵ und im Darknet³⁶ die gleichen. Die Systeme sind nicht wirklich voneinander abgetrennt – wie gut die Abtrennung in der Praxis funktioniert hängt davon ab, wie die schon vorhandenen Sicherheitsmechanismen der Protokolle und Systeme angewandt werden. Da die Technologie eben die gleiche ist, ist es nicht ausgeschlossen, dass absichtliche oder vielleicht auch zufällige Querverbindungen entstehen. Anonymisierung ist ein weiterer Sicherheitsaspekt, was den Austausch von Daten betrifft, sowohl für legale, als auch für illegale Zwecke. Firmengeheimnisse sollen möglichst nicht publik werden. Das gilt genauso für staatliche Dokumente wie NGOs oder rein private Inhalte. Daher stellen Anonymisierungs- und Sicherheitsaspekte eine der größten Herausforderungen des globalen Netzes dar.

Der größte Unterschied zwischen dem legalen Internet und DeepWeb oder Darknet besteht darin, dass die Netzwerk-Konfiguration im nicht standardisierten Internet-Bereich manuell, oder halb-automatisch, und zum Teil per nicht standardisierten Verfahren passiert (siehe zum Vergleich DNS in Kapitel „TCP/IP, DNS und Usenet (1981–1993)“). Die Computer und die Netzwerke im DeepWeb/Darknet bilden s.g. „Overlay Netzwerke“³⁷. Das sind logische Subnetze, die auf Basis des

³⁴ Skynet ([https://de.wikipedia.org/wiki/Terminator_\(Film\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Terminator_(Film))) oder Matrix ([https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_\(Film\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_(Film)))

³⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Web

³⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Darknet>

³⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Overlay-Netz>

IP-Protokolls oder höherer Protokolle wie TCP, UDP, FTP, HTTPS, usw. funktionieren. Der Netzaufbau eines logischen Netzwerkes wird durch zusätzliche standardisierte oder proprietäre Protokolle realisiert. Zum Beispiel sind derartige Netzaufbau- und Kontroll-Verfahren VPN (Virtual Private Network)³⁸, BitTorrent³⁹ (ein File-Sharing Verfahren für schnellen Datenaustausch), oder das Internet-of-Things Protokoll MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ⁴⁰, welches zum spontanen Verbinden zwischen Netzwerk-Teilnehmer-Geräten dient.

Im Darknet stehen nicht so viele Großrechner-Ressourcen zu Verfügung, daher benutzen die Betreiber solcher Netze die Ressourcen der einzelnen Rechner im Netz gemeinsam in einem s.g. „peer-to-peer“⁴¹ Netzwerk. Durch Schadsoftware (siehe auch unten in diesem Kapitel), können die Betreiber solcher Netzwerke Ressourcen und Daten anderer Rechner abgreifen, ohne Einverständnis des Eigentümers, und ein s.g. Botnet⁴² bilden, was technisch auch ein „Overlay Netzwerk“ ist. Nicht alle „peer-to-peer“ Netzwerke sind unbedingt böse, z.B. Dienste für Austausch von Medieninhalten, wie Musik oder Video, können von solchem kooperativen Verhalten des Netzes profitieren. Basierend auf derartigen Techniken sind die Musik-Dienste Napster⁴³ und Spotify⁴⁴ realisiert.

Der wichtigste Aspekt im Darknet ist die Anonymisierung der Teilnehmer-Rechner und der übertragenen Inhalte. Die Anonymität des teilnehmenden Gerätes wird durch die s.g. „Onion routing“⁴⁵ Technik erreicht, d.h. die Webinhalte werden geschnitten und über ständig wechselnde Routen geleitet. Die Router koordinieren sich als „peer-to-peer“ Netzwerk. Durch diese Technik erfahren die Router die Adresse des nächsten Netzwerkknotens erst, wenn sie die Nachricht des benachbarten Knotens entschlüsseln können. Die Technik wird Zwiebel („Onion“) genannt, weil jeder Router die Routing-Daten verschlüsseln und entschlüsseln muss, wie die Zwiebelschalen, die abgeschält werden. Ein teilnehmendes Gerät muss jedes zu sendende Paket mehrfach verschlüsseln und jedes empfangene Paket mehrfach entschlüsseln. Die Anzahl der Entschlüsselungs-/Verschlüsselungsoperationen entspricht der Anzahl der Knoten innerhalb der Route zwischen den End-Benutzer Rechnern (Sender und Empfänger). Eine technische Realisierung des „Onion Routings“ ist der TOR (The Onion Router)⁴⁶ -Browser und dessen Infrastruktur. Nicht alle

³⁸ https://de.wikipedia.org/wiki/Virtual_Private_Network

³⁹ <https://de.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>

⁴⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/MQTT>

⁴¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Peer-to-Peer>

⁴² <https://de.wikipedia.org/wiki/Botnet>

⁴³ [https://de.wikipedia.org/wiki/Napster_\(Online-Musikdienst\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Napster_(Online-Musikdienst)) und <https://www.britannica.com/topic/Napster>

⁴⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/Spotify>

⁴⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Onion_routing

⁴⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Tor_\(network\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tor_(network))

Dienste im TOR-Netzwerk stellen illegale Aktivitäten dar. Dienste im Bereich der Journalistik, Finanzwesen, Staatsorganisationen, usw., die auf besondere Geheimhaltung angewiesen sind, sind auch TOR Teilnehmer, siehe „Liste der bekannten Onion Services im Tor-Netzwerk“⁴⁷.

Da die Techniken der Verschlüsselung⁴⁸ und der Informationssicherheit⁴⁹ ein sehr komplexes Thema darstellen, werden sie hier nicht im Detail behandelt. Hier wird lediglich auf die Herausforderungen, die diese Systeme bewältigen müssen, hingewiesen. Wichtig ist daher auch das menschliche Verhalten im Bezug zu digitalen Systemen. Hinter unverdächtig erscheinenden Links in E-Mail oder Browser-Seiten hat sich schon oft bösartige Software verborgen, die großen Schaden angerichtet hat. Es ist daher neben allgemeiner Vorsicht bei unbekanntem Quellen absolut erforderlich permanent aktuellste Sicherheits-Software zu verwenden (z.B. Firewall⁵⁰ oder Virenschanner⁵¹). Große Vorsicht ist bezüglich betrügerischer Webseiten angebracht, die durch „phishing“-Emails erreichbar sind. E-Mails von bekannten Unternehmen und Organisationen sollen digital signiert und als solche im E-Mail-System erkennbar sein. Außerdem spricht ein Unternehmen oder eine staatliche Organisation üblicherweise seine Kunden nicht unaufgefordert an, und vor allem nicht über nicht sichere Kommunikationskanäle. Wenn eine solche Kontaktaufnahme dennoch erfolgt, muss sich der entsprechende Repräsentant als berechtigte Person ausweisen, d.h. „Der Enkeltrick“⁵² funktioniert auch Online, wenn nicht entsprechende Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden!

Als Fazit wird hier festgehalten, dass das Internet per se keine Vorteile oder Nachteile hat. Es ist einfach eine sehr mächtige Technologie, wie die Atomenergie. Ob die Menschen damit ihr Leben verbessern, ob sie verkümmern oder sich gar umbringen, liegt an den Menschen selbst. Unter Informatikerinnen ist bekannt, dass der Fehler nicht im Rechner ist, sondern der Fehler sitzt vor dem Rechner.

⁴⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Tor_onion_services und https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_bekanntem_Onion_Services_im_Tor-Netzwerk

⁴⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Verschl%C3%BCsselung>

⁴⁹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Informationssicherheit>

⁵⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Firewall>

⁵¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Antivirenprogramm>

⁵² <https://de.wikipedia.org/wiki/Enkeltrick>