

Willkommen bei Kommunikations- und Netztechnik!

Von Kupferkabel, Glasfaser und Mikrowelle über Telefon, Ethernet und TCP zu E-Mail, Webserver und REST.

Heute: Übersicht.



Meine Ziele für die Vorlesung

Erfahrung

Sie haben Erfahrung mit Netztechnik gesammelt und können sich in jede Schicht einarbeiten.

Überblick

Sie erkennen die wichtigsten Dienste aller Schichten und können ihre Eigenschaften und Aufgaben nennen. Sie haben eine konkrete Vorstellung des Weges von REST Client oder IMAP über DNS und IP, durch TCP, Fehlerkorrektur und Netzverbindung, bis hinunter auf die analoge Bitübertragung.

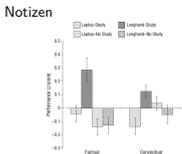
Verständnis

Sie können die Optimal-Leistung von Anwendungen abschätzen. Beispiel: Why your website should be under 14kB in size.

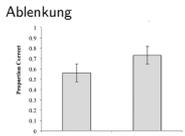
- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Erwartungen

Sammeln (Cryptpad — bleibt für die gesamte Vorlesung)

Laptops in Präsenz: Eigenverantwortlich



"even when laptops are used solely to take notes ... their use results in shallower processing." — Mueller and Oppenheimer (2014)



"Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers" — Sana et al. (2013)

- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Materialien

Wo wir bei selbstverantwortlich sind: Ich hoffe, dass Sie während der Vorlesung effektiver lernen als zu Hause. Sollte das nicht so sein, sprechen Sie mich bitte an, damit ich die Vorlesung für Sie effizienter gestalten kann. Und entscheiden Sie selbst, wie sie lernen.

Ziele heute II

- Sie können zwei Entwurfsaspekte von Schichten mit jeweils zwei Aufgaben nennen.
- Sie können Netztechnologien bestimmten Ausdehnungen zuordnen: Bluetooth: PAN, VPN: WAN (Unterscheidung zwischen LAN und MAN ist nicht nötig)
- Sie können 3 praktisch genutzte Übertragungsmedien nennen.
- Sie erkennen die Namen der wichtigsten Standardisierungsgremien
- Sie wissen, dass ein RFC (Request for Comment) unverbindlich ist.

Organisatorisches

Arne Babenhausenheide

- Physik (Dipl., Dr., Quellen u. Senken von CO2)
- Seit 2004 p2p Netze, seit 2013 Freenet / Hyphanet
- Seit 2017 Softwareentwickler bei Disney
- Scheme, Python, Java, JS, Fortran, Bash, Emacs, ...
- Kontakt: ... (in der Vorlesung)

Vorlesungen

Übersicht → Bitübertragung → Sicherung → MAC → Vermittlung → Transport → Anwendung 1 → Anwendung 2

Anforderungen während der Vorlesung

Vorlesung

- Präsenz: 36h
- Selbststudium: 39h

Übungen

- Zur Unterstützung des Selbststudiums
- Gruppen bis zu 3 Leuten

Klausur

- 60 oder 90 Minuten
- Notwendig laut Modulplan

Meine Fragen

Ansprache

- Sie und Vorname oder Du?
- Wie erreiche ich Sie? (Kontakt?)

Ihre Erfahrungen?

- Netztechnik
- Vorherige verwandte Kurse
- Sprachen

- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Laptops in Präsenz: Eigenverantwortlich

$$z\text{-score: } Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Wenn Sie wissen, dass Sie den Laptop aktiv haben wollen, achten Sie bitte darauf, dass die Inhalte auf dem Bildschirm nicht im Blickfeld Ihrer Kommilitonen sind. Vielleicht können Sie Ihre Vorgesetzten bewegen, Blickschutzfolien zu stellen.

Unterschied bei Online-Vorlesung:

- Notizen handschriftlich auf Ausdruck der Folien (18 pro Blatt).
- 3 Pausen statt einer.
- Wenn Sie eine Pause brauchen, machen Sie kurz die Augen zu und wechseln sie nicht auf ein anderes Programm, sondern pausieren Sie bewusst. — Ich habe mir für die Arbeit soziale Netze geblockt; außer dem firmeninternen Rocket-Chat.

Ablauf heute

- Einsatz von Netzen: Geschäftlich, Privat; Gesellschaftlicher Effekt
- Netz-Software: Schichten und Dienst-Arten
- Referenzmodelle: OSI und TCP/IP

Pause

- Netz-Hardware: Übertragungsmedien und Größenkategorien
- Geschichte: Internet, WLAN
- Standardisierung: Telekomm., Normen, Internetstandards
- Zusammenfassung

Heute von „oben“ (Ziele) nach „unten“ (Hardware), in folgenden Blöcken wieder von „unten“ nach „oben“. Mit mehr Verständnis.

Einsatz von Netztechnik

Privat

- Was war letzten Sommer ohne Netz?

Unternehmen

Wer könnte bei Ausfall des Internen Netzes noch arbeiten?

Warnungen: VW, MS Cloud, Bundestag

Quellen, Impressum

Carlo Götz

- Vorlesung mitentwickelt, bis 2020 mitgehalten
- An DHBW studiert
- Bis 2023 Softwareentwickler bei Disney Informationssysteme GmbH

Vorlesungsinfos

draketo.de/software/vorlesung-netztechnik

Quelldateien

https://hg.sr.ht/~arnebab/vorlesung-netztechnik

Erwartungen

Meine Wünsche

Ich will, dass Sie gerne kommen. Es ist Arbeit, und Arbeit sollte Spaß machen. Ich will, dass Sie Verständnis von Netztechnik mitnehmen.

Ihre Wünsche?

- Klausur bestehen

- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Meine Fragen

Programmiererfahrung: Bitte bleiben Sie stehen, solange es zutrifft:

- Hello World geschrieben?
- Kleines Werkzeug / Skript?
- Bezahlt?
- Programm bis zur Veröffentlichung gebracht?
- Projekt mit >5 Leuten geleitet?
- Projekt für >100.000 Euro (ein Personenjahr)
- Projekt für >1 Million Euro (10 Personenjahre)

Programmiersprachen sammeln

- Was kennen Sie bis Hello World?
- Was haben Sie produktiv verwendet?

Materialien

Computernetzwerke, 5. Auflage

- Andrew S. Tanenbaum (Minix), Amsterdam
- David J. Wetherall, Seattle
- Pearson Verlag, ISBN: 978-3-86894-137-1
- mit vielen Referenzen zum Weiterlesen (nach Eigeninteresse!).

- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Ziele heute I

Ziele heute I

- Sie verstehen die Bedeutung von Netztechnik für gesellschaftliche Kommunikation und können sie für Ihr eigenes Leben reflektieren.
- Die können mindestens 5 Einsatzgebiete von Netztechnik in kritischer Infrastruktur nennen.
- Sie können die Basisoperationen eines Sockets erkennen, beschreiben und nach Ausführungszeit anordnen.
- Sie können den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll erklären.
- Sie verstehen, dass Netz-Software in Schichten aufgeteilt ist und können Aufgaben logisch nach ihrer Nähe zur Hardware anordnen.

- 2023-10-03 Netztechnik 0: Übersicht
- Einstieg
- Einsatz von Netztechnik

Privat:

- connectivity: Metcalfe's Gesetz (Nutzen: O(N^2)), Soziale Netzwerke,
- Zugang: Unterhaltung (Musik, Fernsehen/Streams, Bücher, Spiele, ...), Information (Zeitungen, Videos, Blogs, ...), p2p-Netze
- Kreative Arbeit: Blog, Wiki, Video, Musik, ...
- E-Commerce: Kaufen, Verkaufen, Kontoführung, Bezahlen
- Rechnerallgegenwart (ubiquitous): Kopfhörer, Smartphones, RFID, QR, ...

Unternehmen:

- resource sharing: Drucker, Datensicherung, Datenbanken, Bugtracker, ...
- Verbindung von Standorten: VPN, ssh
- Kommunikation: E-Mail, IRC, VoIP, Desktop-Sharing
- E-Commerce: B2B oder Verkauf

Verbreitete Kürzel

Kürzel	Name	Beispiel
B2C	Business-to-Consumer	Bücher bestellen
B2B	Business-to-Business	Kfz-Teile für Hersteller
G2C	Government-to-Consumer	Finanzamt
C2C	Consumer-to-Consumer	Onlineauktionen
P2P	Peer-to-Peer	Torrents

Gemeinsamer Glossar: <https://cryptpad.digitalcourage.de/code/#/2/code/edit/FuYz+uPRNtY4jLiXRSakcw->

Gesellschaftliche Aspekte

Freier Austausch

- Ende der Informationshoheit?
 - ... oder Beginn einer Neuen?
- Recht und Redefreiheit
 - Urheberrecht
- Kontroverse Themen
- Werbefinanzierung und Engagement-Metrik
- Spam und Bots

Verantwortung

- Netzneutralität
- Empfehlungen und Filter
- Datenschutz und Privatsphäre
- Überwachung
- Sicherheitskritische Dienste
- Betrug
- Sucht
- Mobbing

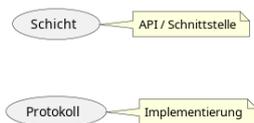
Begrenzte Teilnahme und Reichweite

- CAPTCHAs (Turing)
- SIM-Karten (Personen)
- Follower (Sozialstruktur)
- Promoted (Geld)

Ziele

- Sie können zwei Entwurfsaspekte von Schichten mit jeweils zwei Aufgaben nennen.
- Sie können die Basisoperationen eines Sockets erkennen, beschreiben und nach Ausführungszeit anordnen.
- Sie können den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll erklären.

API vs. Implementierung



Online-Pause

PAUSE

Sensornetze

- Informationen sammeln
- Oft selbstorganisiert
- Oft sicherheitskritisch
- Verfügbarkeit und Datenschutz

Beispiele

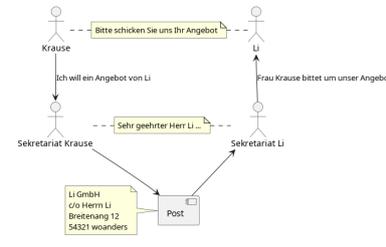
- Stau-Information aus Handy-Bewegung
- Vögelschwärme beobachten
- Parkuhren
- Pulsmessung
- Hirnwellen



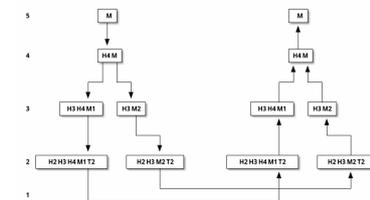
Zusammenfassung: Einsatz von Netztechnik

- Vielfältige Verwendung, Privat und Geschäftlich
 - B2C, B2B, G2C, C2C, P2P
- Drahtlos kann einfacher sein, Kabel schneller und sicherer
- Sensornetze machen Beobachtung zugänglich
- Gesellschaftlich: Informationsfluss und Verlässlichkeit

Funktionsweise von Schichten



Schichten praktisch



Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit	Weiterentwicklung
Resourcenzuteilung	Sicherheit

Anforderungen an Haushalts-Netze

Netz für Herd und Haustier.

- Einfach aufzusetzen
- Erweiterbar
- Zuverlässig
- Langlebig
- Günstig
- Sicher

Fahrrad oder Solaranlage mit Cloudabhängigkeit?

Herd mit Firmware Upgrade?

Welche Schnittstelle funktioniert seit 20 Jahren?

Beleg: Groklaw-Schock

"There is now no shield from forced exposure... The foundation of Groklaw is over... the Internet is over" –Groklaw, *Forced Exposure* (2013-08-20)

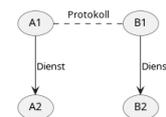
Neue Plattformen werden entwickelt. Aber: <https://akcd.com/2365>

Netz-Software

- Schichten
- Unterscheidung
- Entwurfsaspekte
- Basisoperationen

Mehrstufige Abstraktion

- Von tief (z.B. Kabel) bis hoch (z.B. Datei von URL)
- Tiefer liegende Schichten als Dienste
- Innerhalb der Schicht über Protokolle
- Ziel: Verlässliche Übertragung auf fehlerbehaftetem Medium
- Leaky Abstraction: Optimierung auf das Verhalten tieferer Schichten (z.B. Sharding im Webdesign)



Unterscheidung von Diensten

	Dienst	Beispiel
Verbindungsorientiert	Zuverlässiger Nachrichtenstrom Zuverlässiger Bytestrom Unzuverlässige Verbindung	Multipart-Upload Dateidownload VoIP
Verbindungslos	Unzuverlässiges Datagram Bestätigtes Datagram Anfrage/Antwort	Spam-Mail Empfangsbestätigung Datenbankabfrage

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit	Weiterentwicklung
Resourcenzuteilung	Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Ressourcenzuteilung

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Ressourcenzuteilung

- Multiplexing
- Flusskontrolle (Ziel)
- Netzüberlast (Congestion)
- Dienstgüte (Latenz, Bandbreite)

Sicherheit

Entwurfsaspekte auf jeder Schicht

Zuverlässigkeit

- Fehlererkennung (detection)
- Fehlerbehebung (correction)
- Garantien für Routing (Paket, Verbindung)

Weiterentwicklung

- Adressierung / Namensgebung
- Internetworking
- Skalierbarkeit

Ressourcenzuteilung

- Multiplexing
- Flusskontrolle (Ziel)
- Netzüberlast (Congestion)
- Dienstgüte (Latenz, Bandbreite)

Sicherheit

- Vertraulichkeit
- Authentifizierung
- Integrität

Basisoperationen: Verbindung

- LISTEN
- CONNECT
- ACCEPT
- RECEIVE
- SEND
- DISCONNECT

Wartet auf eine Verbindung
 Aufbau einer Verbindung
 Ankommende Verbindung akzeptieren
 Warte auf eingehende Nachricht
 Nachricht an verbundenen Peer senden
 Verbindung beenden

Berkeley Socket.

Zusammenfassung

- Schichten abstrahieren low-level Details
- Unterscheidung nach Art: Datagram vs. Nachrichtenstrom vs. Bytestrom,
- Entwurfsaspekte: Zuverlässigkeit, Weiterentwicklung, Ressourcenzuteilung, Sicherheit
- Basisoperationen: LISTEN, CONNECT, ACCEPT, RECEIVE, SEND, DISCONNECT

PAUSE

Referenzmodelle

Welche Schichten gibt es? Das hängt vom Modell ab:

- OSI
- TCP/IP
- Hybrid
- Kritik an OSI
- Kritik an TCP/IP

OSI: Das klare Design

„ISO/OSI Referenzmodell“

- ISO: International Standards Organization
- OSI: Open Systems Interconnection

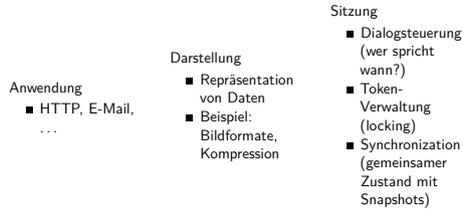
OSI Schichten

- Anwendungsschicht
- Darstellungsschicht
- Sitzungsschicht
- Transportschicht
- Vermittlungsschicht
- Sicherungsschicht
- MAC-Teilschicht
- Bitübertragungsschicht

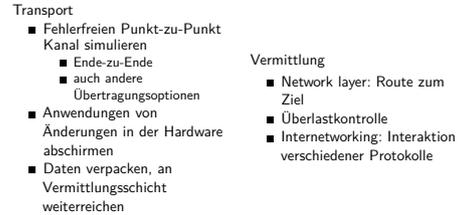
Grundgedanken

- Die Schichtgrenze dient als Abstraktion
- Genau eine Funktion pro Schicht
- Nutzt international genormte Protokolle
- Minimaler Informationsfluss zwischen Schichten

Anwendung, Darstellung, Sitzung



Transport und Vermittlung



Sicherung

- Bit in Rahmen zusammenfassen
- Fehlerfreie Übertragung simulieren
- Überlastung vermeiden
- MAC: Gemeinsame Nutzung von Kanälen

Bitübertragung

- Übertragung einzelner Bits
- Welche pins auf Netz-Stecker?
- Wie kodiere ich eine 1?
- Bidirektional?

TCP/IP: Die Wirklichkeit

OSI	TCP/IP	Beispiel-Protokolle
7 Anwendung	Anwendung	HTTP, SMTP, RTP, DNS
6 Darstellung	-	-
5 Sitzung	-	-
4 Transport	Transport	TCP, UDP
3 Vermittlung	Internet	IP, ICMP
2 Sicherung	Netzzugang	DSL, SONET, 802.11, Ethernet
1 Bitübertragung	-	-

ARPANET ursprünglich ein Forschungsnetz.

ARPA Advanced Research Projects Agency.
 Unsere ganzen Verteidigungs-Behörden reden nicht miteinander, also gründen wir eine noch eine, die aber nur für Forschung.

Tanenbaums Hybrid-Modell

- Vorteil OSI: Dienst vs. Schnittstelle vs. Protokoll
 - Vorteil TCP/IP: Protokolle, weniger Schichten
- | OSI | TCP/IP | Tanenbaum |
|------------------|------------|----------------|
| 7 Anwendung | Anwendung | Anwendung |
| 6 Darstellung | - | - |
| 5 Sitzung | - | - |
| 4 Transport | Transport | Transport |
| 3 Vermittlung | Internet | Vermittlung |
| 2 Sicherung | Netzzugang | Sicherung |
| 1 Bitübertragung | - | Bitübertragung |

2023-10-03

Netztechnik 0: Übersicht

- Referenzmodelle
- Tanenbaums Hybrid-Modell

Glossar:

- Dienst: Was eine Schicht für die darüberliegende Schicht anbietet
- Schnittstelle: Wie die darüberliegende Schicht auf den Dienst zugreifen kann
- Protokoll: Wie die Schicht ihre Aufgaben erfüllt

Ein Dienst bietet eine Schnittstelle an und nutzt ein Protokoll.

Kritik

- | | |
|---------------------------------------|---|
| OSI | TCP/IP |
| ■ Schlechte Implementierungen | ■ Nicht generisch. |
| ■ Zu spät (Unis nutzten schon TCP/IP) | ■ Bitübertragung und Sicherung gemischt |

Zusammenfassung

OSI	TCP/IP	Tanenbaum
7 Anwendung	Anwendung	Anwendung
6 Darstellung	-	-
5 Sitzung	-	-
4 Transport	Transport	Transport
3 Vermittlung	Internet	Vermittlung
2 Sicherung	Netzzugang	Sicherung
1 Bitübertragung	-	Bitübertragung

Netz-Hardware

- Ausdehnung: PAN, LAN, MAN, WAN, Internet
- Übertragungsmedien
- Struktur: Broadcast oder Punkt-zu-Punkt?
- Kanalzuteilung
- Anforderungen für Haushalts-Netze

Ausdehnung

1m	PAN	Bluetooth, RFID, USB
10m	LAN	Ethernet, Fernbedienung, WLAN
100m		Heimnetze: Sicherheit+Einfachheit
1km		
10km	MAN	Kabel-TV, WiMAX, IEEE 802.16
100km	WAN	Mikrowelle, VPN,
1000km		Handy-Funknetz, Satelliten-Netz
10.000km		
...	Internet	Netze verbunden über Gateways Netze mit Routern

Ausdehnung

Geostationärer Orbit in 35.800 km Höhe. Router als „ruher“ oder „rauter“: Der Name „Wouter“ wird in den Niederlanden „Wauter“ gesprochen, und Tanenbaum arbeitet seit 30 Jahren an der Vrije Universiteit Amsterdam. Ware sicherlich ein interessantes Feld für Linguisten. WAN: Verbindung zweier Netze gleicher Technologie. Starlink-Satelliten: 328km bis 614km Höhe, Phase 1: 550km

Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?
Auf Flipchart

Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?
Auf Flipchart

- Übung: Effektive Bandbreite Brieftaube mit 32GiB SD-Karte, 80km/h, 8 km Distanz.

Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle

Welche fehlen noch?
Auf Flipchart

- Übung: Effektive Bandbreite Brieftaube mit 32GiB SD-Karte, 80km/h, 8 km Distanz.
- Übung Ozeantanker voller Mikro-SD-Karten? Tanker: 9000 Tonnen, Mikro-SD-Karte: 0.25 Gramm, 1 TiB Speicher. Wo liegt das Problem?

2023-10-03 | Netztechnik 0: Übersicht | Hardware

Übertragungsmedien

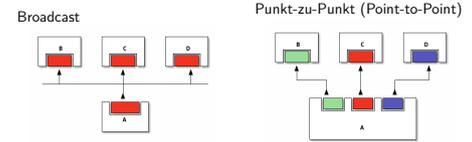
Liste von Übertragungsmedien

- Kupferkabel
- Glasfaser
- Mikrowelle
- Radiowelle
- Brieftaube
- Ultraschall
- Quantenkommunikation (Photonen ≈ Licht)
- Richtfunk
- LTE
- Morsezeichen
- Post
- Lastwagen
- ...

Online-Pause

PAUSE

Struktur



Kanalzuteilung

Statisch

- Feste Zeitscheiben (time slices), Round-Robin
- Feste Frequenzen
- Einzelne Kabel
- Ungenutzte Kapazität

Zentral

- Master/Slave, i.e. Bluetooth

Dynamisch

- An Bedarf angepasst
- Beispiel: Kollisionen erkennen und neu übertragen

Dezentral

- Jedes Gerät entscheidet

Hier in der Vorlesung?

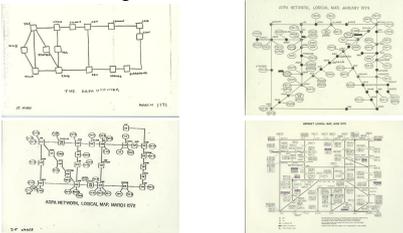
Zusammenfassung: Unterscheidung der Netze nach

- Ausdehnung (PAN, LAN, MAN, WAN, Internet)
- Struktur (Broadcast / Punkt-zu-Punkt)
- Kanalzuteilung (dynamisch/statisch, zentral/dezentral)

Beispielnetze

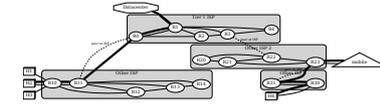
- Grundinfos zu Netzen

Internet Entwicklung: ARPANET 1971, 1972, 1974, 1978



Aus ARPA (1979).

Heutige Internet Struktur



Nach Tanenbaum and Wetherall (2012).

WLAN

- Erstmals standardisiert 1990
 - In 802.11
- ISM Band: Industrial, Scientific, Medical.
 - Auch Schnurlose Telefone, Fernsteuerungen, Mikrowellenherde
 - ⇒ Max-Distanz verringert Störungen

Standardisierung von Netzen

- Telekommunikation
- Internationale Normen
- Internetstandards
 - IETF
 - IEEE

ITU: International Telecommunication Union

- Genf, Sonderorganisation der UN
- Internationale Zuweisung und Registrierung von Send- und Empfangsfrequenzen
- Internationale Regelungen für die Nutzung von Frequenzen
- Internationale Zuweisung von Rufzeichenblöcken (Internationale Funk)
- Koordinierung der Entwicklung von Fernmeldeanlagen

ISO: International Standards Organisation

- in Genf, besteht aus den nationalen Standardisierungsorganisation der 157 Mitgliedsländer
 - DIN - Deutschland,
 - ANSI - Vereinigte Staaten,
 - BSI - Großbritannien
 - AFNOR - Frankreich
 - ...
- über 17 000 Standards (z.B. Fischernetze), darunter die OSI Standards.

