

Geschichte und Systematik der Kommunikation



<https://iuk.one/1010-1000>

Clemens H. Cap

ORCID: 0000-0003-3958-6136

Department of Computer Science
University of **Rostock**
Rostock, Germany
clemens.cap@uni-rostock.de

Version 24



- Wir erkennen die **Bedeutung von Kommunikation** als zentralen Aspekt der menschlichen Kultur.
- Wir ordnen Kommunikation in die **menschliche Kulturgeschichte** ein.
- Wir erkennen die **zentralen Probleme** der Kommunikation.
- Wir realisieren, daß diese zumeist **unabhängig von der spezifischen Technologie** sind und dem Jahrhundert ihrer Anwendung.

1. Kommunikation in der menschlichen Kultur
2. Historische Verfahren der Kommunikation
3. Systematische Sicht auf Kommunikation

1. Kommunikation in der menschlichen Kultur

Ziel: Erkennen der Bedeutung von Kommunikation und ihrer Entwicklung in der menschlichen Kulturgeschichte.

1. Kommunikation in der menschlichen Kultur

2. Historische Verfahren der Kommunikation

3. Systematische Sicht auf Kommunikation

Abb. 1: Die ersten uns erhaltenen Codierungen von Information in der menschlichen Kulturgeschichte: Die Handabdrücke in der El-Castillo Höhle in Spanien um 40.000 v. Chr.

Deutlich eindrucksvollere Bilder der Handabdrücke, die aber fremdem Copyright unterliegen, finden sich im Internet: <https://duckduckgo.com/?q=H%C3%B6hlenmalerei+El+Castillo&iax=images&ia=images>.
Rechte s. Anhang.



Abb. 2: Höhlenmalereien in der Höhle von Lascaux, 15.000 v. Chr.
Rechte s. Anhang.



Alice beschmiert wieder die Wände ihres Jugendzimmers

Abb. 3: Karikatur, die über Herkunft und Sinn der Höhlenmalerei spekuliert. Für treffendere Motive, die allerdings aus Gründen des Copyright hier nicht reproduziert werden können, siehe <https://duckduckgo.com/?q=Karikatur+H%C3%B6hlenmalerei&ia=images> Rechte s. Anhang.



Sinn von Kommunikation

Warum Kommunikation?

- Mensch ist ein Wesen, das biologisch auf *Kooperation* angewiesen ist.
- Kooperation erfordert *Kommunikation*.
- Kommunikation wird durch Evolution zu einem menschlichen Grundbedürfnis.

Modi der Kommunikation: Zeit und Ort

- **Präsenz-Kommunikation:** Mit dem aktuellen Gegenüber
- **Tele-Kommunikation:** Gleiche Zeit aber verschiedener Ort
- **Speicherung:** Kommunikation über Grenzen der Zeit hinweg

Interpretationen der Höhlenmalerei:

- **Kommunikation:** Tafelbild zur Vorlesung "Jagen von Wildtieren"
- **Speicherung:** "Buch" über "Jagen" für spätere Generationen
- **Zufallsartefakt:** Langeweile im Winter in der Höhle ("Grafitti")

2. Historische Verfahren der Kommunikation

2.1. Erste Ansätze

2.2. Telegraphie

2.3. Telefonie

Fragen:

- Wie wurde früher kommuniziert?
- Welche Konzepte hat man verwendet?
- Wie lassen sich diese lebenden Konzepte mit neueren Technologien besser umsetzen?

1. Kommunikation in der menschlichen Kultur

2. Historische Verfahren der Kommunikation

3. Systematische Sicht auf Kommunikation



1



2

Ägyptischer König Sesostris I (1971 - 1928 v. Chr)

Einsatz von Boten zum Überbringen militärischer Nachrichten.

Genghis Khan (1162-1227 n. Chr)

System von Brieftauben, in weitgespanntem Relais-Netz.

Assoziation: "Internet", "Paket-Vermittlung", "Routing".

Pony Express (1860 n. Chr)

Pony Relais System von Missouri nach Kalifornien.

Alle 15 km ein neues Pferd, alle 150 km ein neuer Reiter.

Lockheed, Sunnyvale, Kalifornien (1981 n. Chr)

Brieftauben zum Transport von Skizzen zu einem 40 km entfernten Außenstandort.

1% Verlust, sehr gutes Preis-Leistungsverhältnis.

Abb. 4: Einsatz von Briefftauben in der Kommunikation. Rechte s. Anhang.



Briefbeförderung per Taubenpost, europäische Darstellung, 1451

Die Stellenanzeigen richten sich nach den jeweiligen Bedürfnissen in der Technologie.

Abb. 5: Stellenanzeige im Bereich der Kommunikationstechnologie im Jahre 1860. [Rechte s. Anhang.](#)



PONY EXPRESS
St. JOSEPH, MISSOURI to CALIFORNIA
in 10 days or less.

WANTED

YOUNG, SKINNY, WIRY FELLOWS
not over eighteen. Must be expert
riders, willing to risk death daily.
Orphans preferred.
Wages \$25 per week.

APPLY, **PONY EXPRESS STABLES**
St. JOSEPH, MISSOURI

Rauchzeichen

Codierung: Sehr viele Arten möglich:

- **Größe** der Wolke
- **Form** der Wolke
- **Anzahl** der Wolken
- **Zeit** zwischen zwei Wolken
- **Farbe** des Rauchs
- **Geruch** des Rauchs

Semantik: Ist die Bedeutung der Codierung:

- **3 Wolken** = Feind im Anmarsch – *oder*
- **3 Wolken** = Feind zieht ab
- Bedeutung der Kommunikation muß vorher festgelegt / standardisiert werden.

Präzision der Codierung:

- War das jetzt groß-klein-groß oder groß-groß-groß?

Störungen der Kommunikation:

- Ist das eine Rauchwolke oder eine Regenwolke?

Systematik der Telegraphie (1)

Telegraphie: Altgriechisch für fern-schreiben.

Übertragung von Zeichen, Symbolen und Bedeutungen über große Entfernungen.

(1) **Optische** Telegraphie: Über Licht vermittelt

- **Licht-Telegraphie:** Auswahl verschiedener Licht-Signale
- **Flaggen-Telegraphie:** Auswahl verschiedener Flaggen
- **Semaphor-Telegraphie:** Auswahl verschiedener Zeichenstellungen
Semaphor, griechisch für Zeichenträger; hat weitere Bedeutung bei Betriebssystemen.

Systematik der Telegraphie (2)

(2) Elektronische Telegraphie: Drahtgebunden vermittelt

- **Morse-Telegraph:** Stromfluß / Kein Stromfluß: 2 Symbole
- **Nadel-Telegraph:** Auslenkungen einer Nadel: Mehr als 2 Symbole
Nach den Erfindern auch **Cooke-Wheatstone-Telegraph** genannt

(3) Elektromagnetische Telegraphie: Über Funkwellen vermittelt

- **Heinrich Hertz:** Entdeckung der elektromagnetischen Wellen.
- **Marconi-Telegraph:** Nutzung der "Hertzschen" Wellen zum Morsen.

Xenophon, Hellenica (405 v. Chr.)

Einsatz von Sonnenreflexion an Schildern zur Übermittlung von Schiffsposition

Carl Friedrich Gauß (1810)

- Nutzung des Heliographen
- Einsatz zur Vermessung der Geometrie im Großen
- Informationsübertragung durch reflektiertes Sonnenlicht
- Unterbrechung des Strahlverlaufs für 0 / 1 Codierung nutzbar
- Hier: Semantik für lang-lang-kurz muß vorher festgelegt werden.

Abb. 7: Carl Friedrich Gauß (1777-1855), deutscher Mathematiker. Untersuchte unter anderem Fragen der sphärischen Geometrie und vermaß Winkel von Dreiecken, deren Eckpunkte durch Berggipfel gebildet wurden. Für die Kommunikation mit den Mitarbeitern am anderen Berggipfel nutzte er den Heliographen.

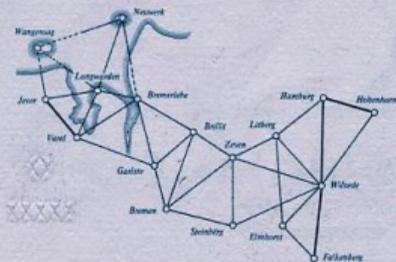
[Rechte s. Anhang.](#)



Abb. 8: Heliograph aus dem Museum für Kommunikation in Frankfurt.
Rechte s. Anhang.



Zehn
Deutsche Mark



10

ZEHN DEUTSCHE MARK



© DEUTSCHE BUNDESBANK 1991

Plutarch (46 - 120 n. Chr.)

- Antiker griechischer Schriftsteller.
- Beschreibt Einsatz von Flaggen in der Kriegsmarine des Feldherrn Alkibiades um 410 v. Chr.
- **Hier:** Beispiel für **militärische Nutzung von Kommunikation**

Sir Walther Raleigh (1617)

- Erste Standardisierung von Flaggenalphabeten.
- **Hier:** Beispiel für Normierung der Semantik in der Kommunikation.

FLAGGEN- ODER WINKERALPHABET

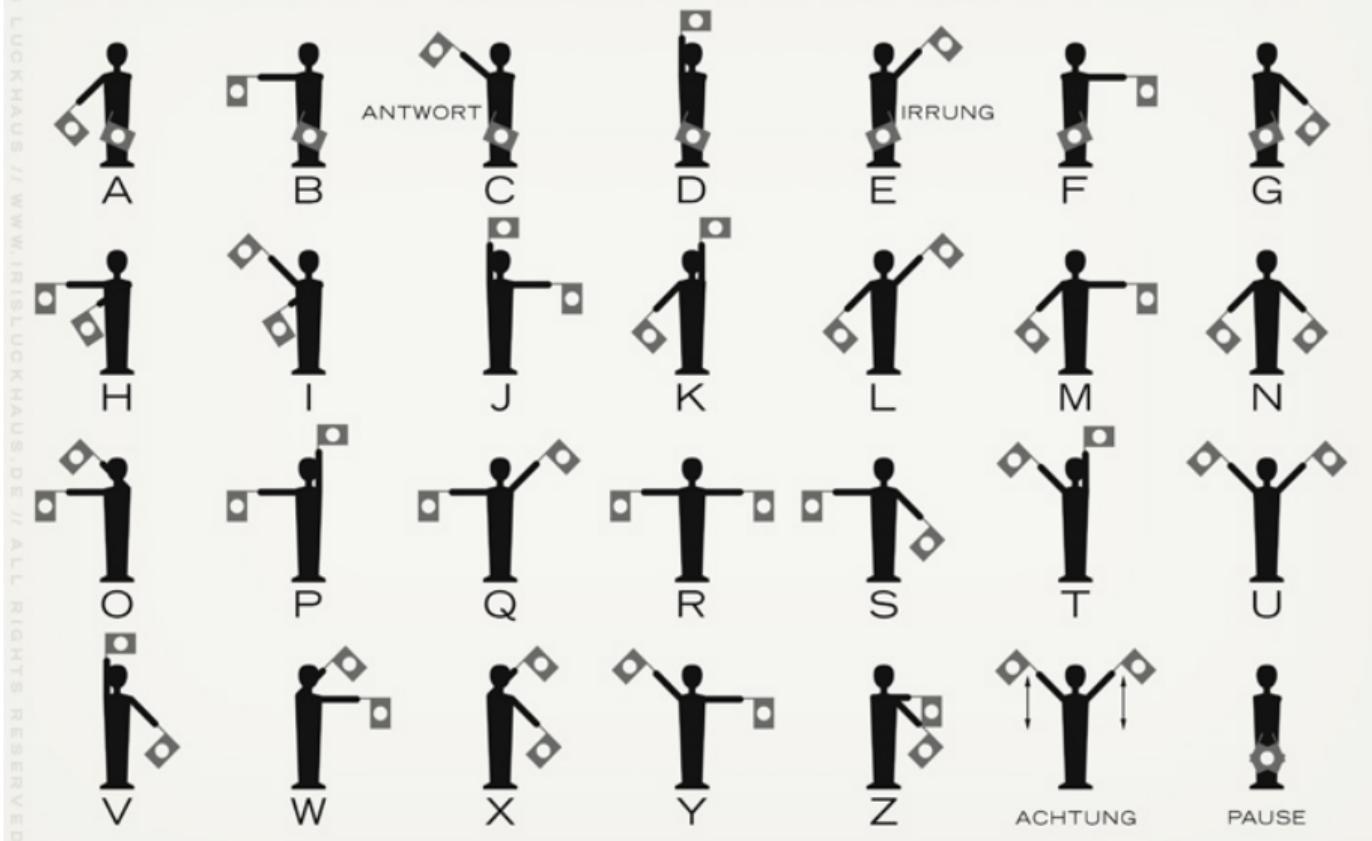


Abb. 9: Flaggen-alpha-
bet.
Rechte s. Anhang.

Abb. 10: Semaphor-Telegraph im Einsatz an der Küste. Unterschiedliche Positionen der Arme und der der Kugel sowie verschiedene Winkel zwischen den Armen signalisieren verschiedene Symbole oder Bedeutungen.

Rechte s. Anhang.

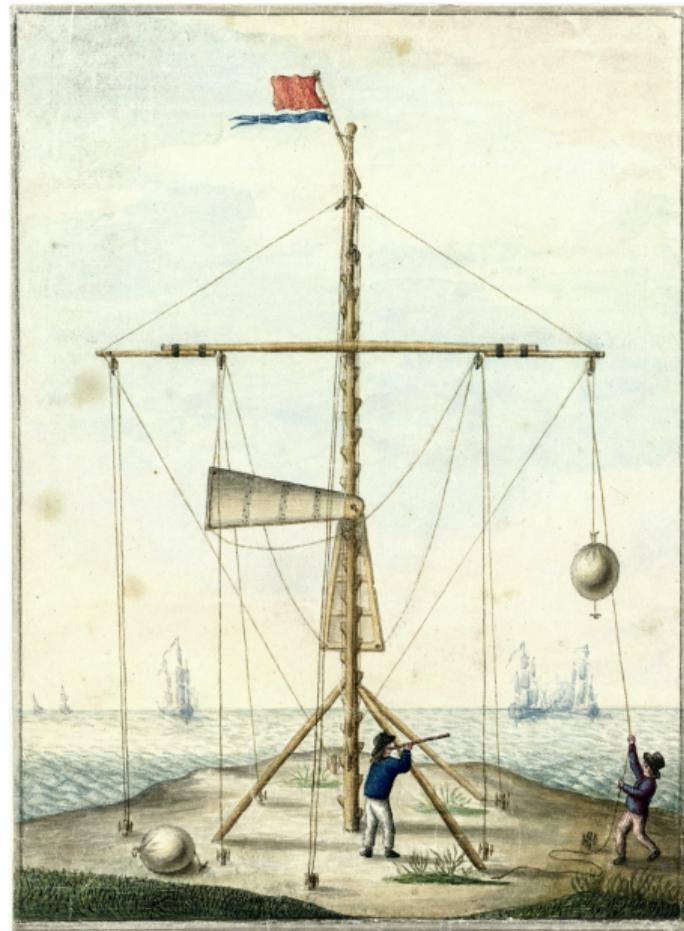
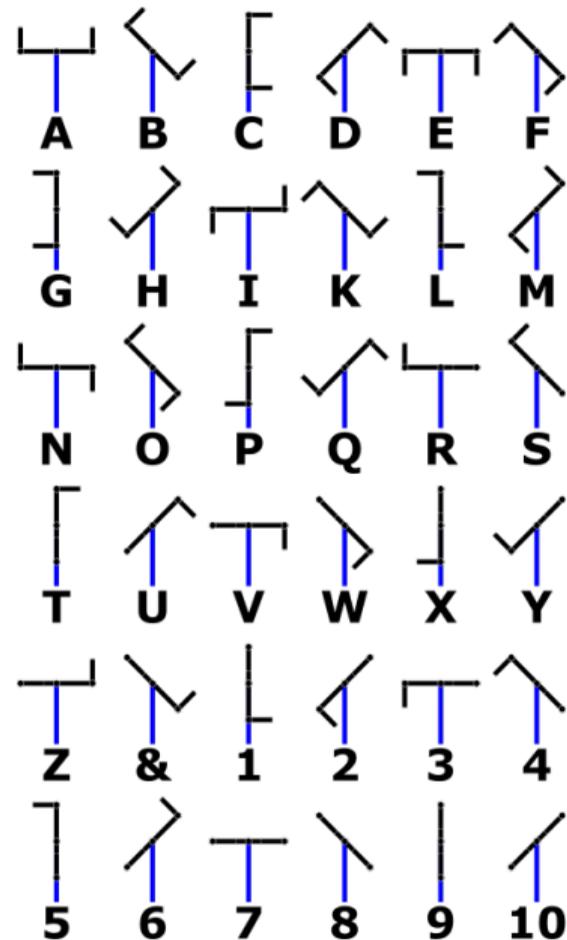


Abb. 11: Standardisierung in der Semaphor-Telegraphie.
 Rechte s. Anhang.



1. Grundlegende Limitierung: Signalvorrat

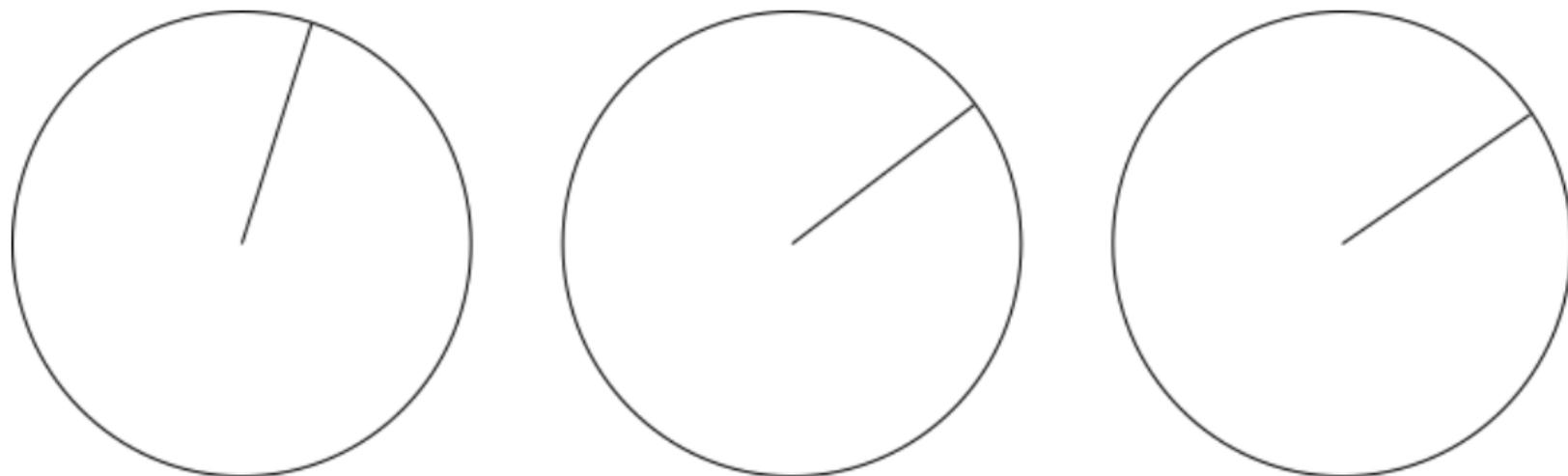


Abb. 12: Sind dies zwei oder drei verschiedene Semaphore-Positionen? Je mehr Positionen ("Symbole") wir unterscheiden können, umso effizienter kann die Datenübertragung sein. **1. grundlegende Limitierung: Signalvorrat.**

Rechte s. Anhang.

4



Abb. 13: Warum werden hier Abblendlamellen genutzt und nicht ein Stromschalter? Überlege: Wie schnell können Signalzustände zuverlässig gewechselt werden? **2. grundlegende Limitierung: Sendehäufigkeit** [Rechte s. Anhang.](#)

Entwicklung des Morsens:

1835 Erste Demonstration des Morse Telegraphen

1838 Telegraphenleitung von Baltimore nach Washington

Abb. 14: Samuel Morse, Erfinder der Morsetelegraphie.

[Rechte s. Anhang.](#)

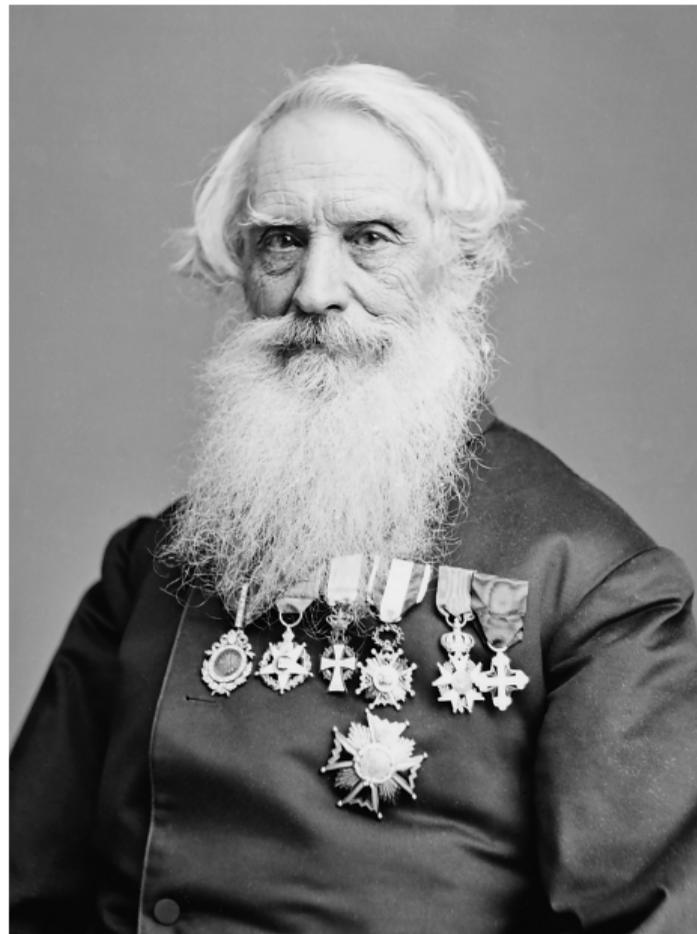




Abb. 15: Morsetaste der Schweizer Armee [Rechte s. Anhang.](#)

Abb. 16: Nadel-Telegraph mit fünf Nadeln.
Rechte s. Anhang.



Abb. 17: Nadel-Telegraph mit zwei Nadeln. Rechte s. Anhang.



Abb. 18: Guglielmo Marconi (1874–1937) testet den praktischen Einsatz der Hertz'schen elektromagnetischen Wellen für Telegraphie.

Rechte s. Anhang.



Telefonie: Altgriechisch für Fern-Ton oder Fern-Stimme.
Übertragung von Tonsignalen und Sprache über größere Entfernung.

Längere, mehrschrittige Erfindungsphase ab ca. 1830.

Wichtige Namen:

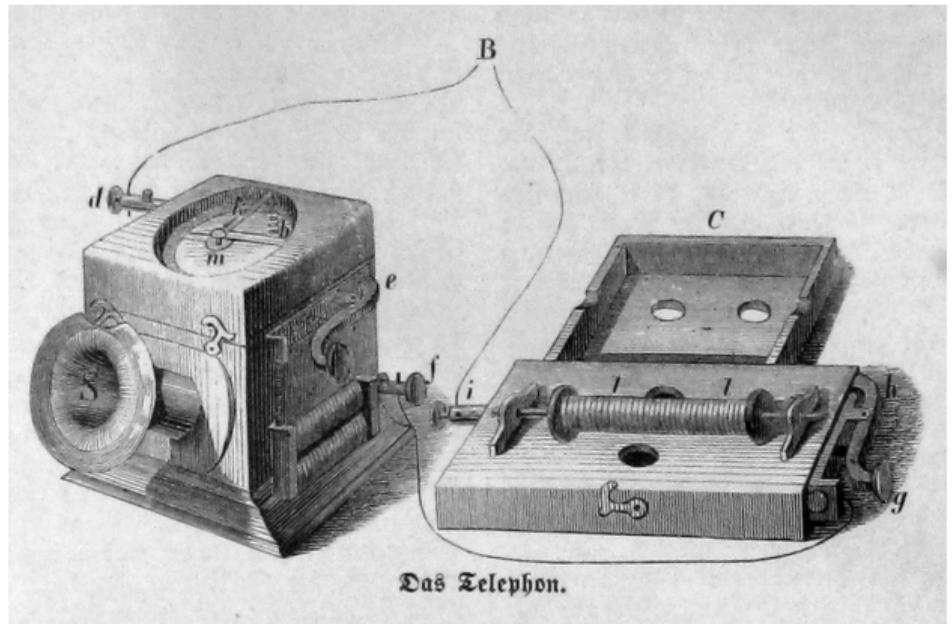
- **Philipp Reis:** Erster Prototyp der Sprachtelefonie
- **Alexander Graham Bell:** Erstes praktisch einsetzbares Gerät und Kommerzialisierung.

Abb. 19: Der deutsche Physiker und Erfinder **Philipp Reis**, 1834-1874, entwickelte um 1860 einen ersten Prototypen des Telefons.
[Rechte s. Anhang.](#)



Abb. 20: Einer der Prototypen des Telefons von Philipp Reis.

Leider konnte Reis nicht am späteren Erfolg seiner Erfindung partizipieren. Einen Überblick dazu gibt <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/iq-wissenschaft-und-forschung/technik/150-jahre-telefon100.html> Rechte s. Anhang.



Das Telefon.

Abb. 21: Die Weiterentwicklung zu einem praktisch einsetzbaren Gerät und weitere Kommerzialisierung des Telefons erfolgt durch den Amerikaner **Alexander Graham Bell**, 1847-1922. Rechte s. Anhang.



- 1880 Öffentliches Telefonnetz mit 30 km Ausdehnung
- 1881 Erstes deutsches Ortsnetz
- 1892 Verbindung New York - Chicago
- 1895 Wählscheibe
- 1918 Multiplexen einer Leitung für mehrere Gespräche
- 1935 Koaxialkabel für 200 Ferngespräche
- 1956 Transatlantik Kabel
- 1990 Integrated Services Digital Network (**ISDN**): Telefon, Fax, Daten

Abb. 22: Erste "Mobil"telefone ab 1956. Gewicht 45 Kilogramm [sic!].

Dargestellt ist das A-Netz-Funktelefon B72 von TeKaDe Nürnberg aus dem Fernmeldemuseum Aachen.

[Rechte s. Anhang.](#)

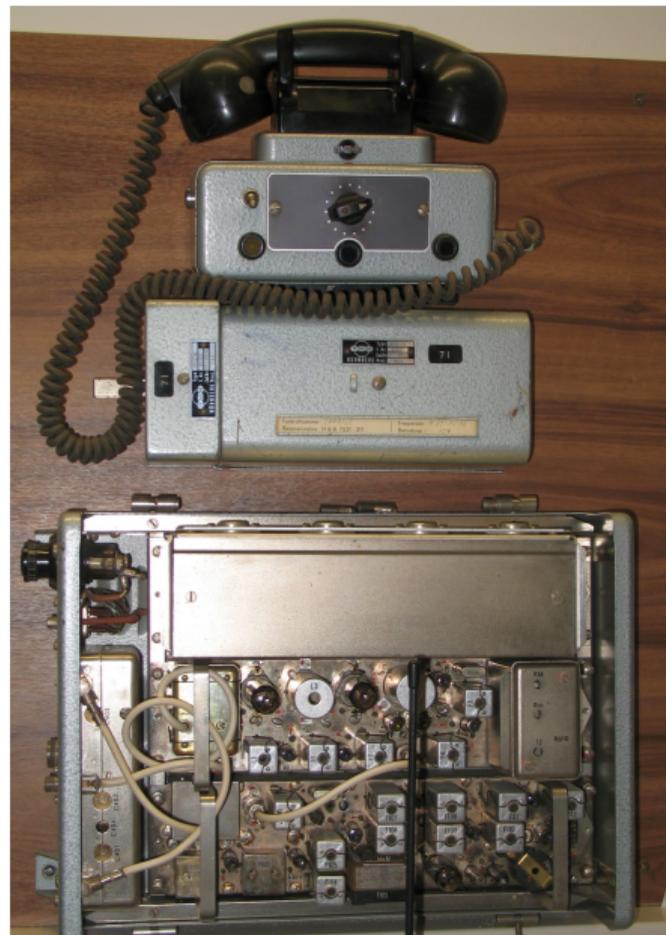


Abb. 23: Heutige Mobil“telefone”. Hier: Eine Applewatch aus 2020, die unter anderem auch als Telefon dienen kann. Gewicht 25 Gramm [sic!].

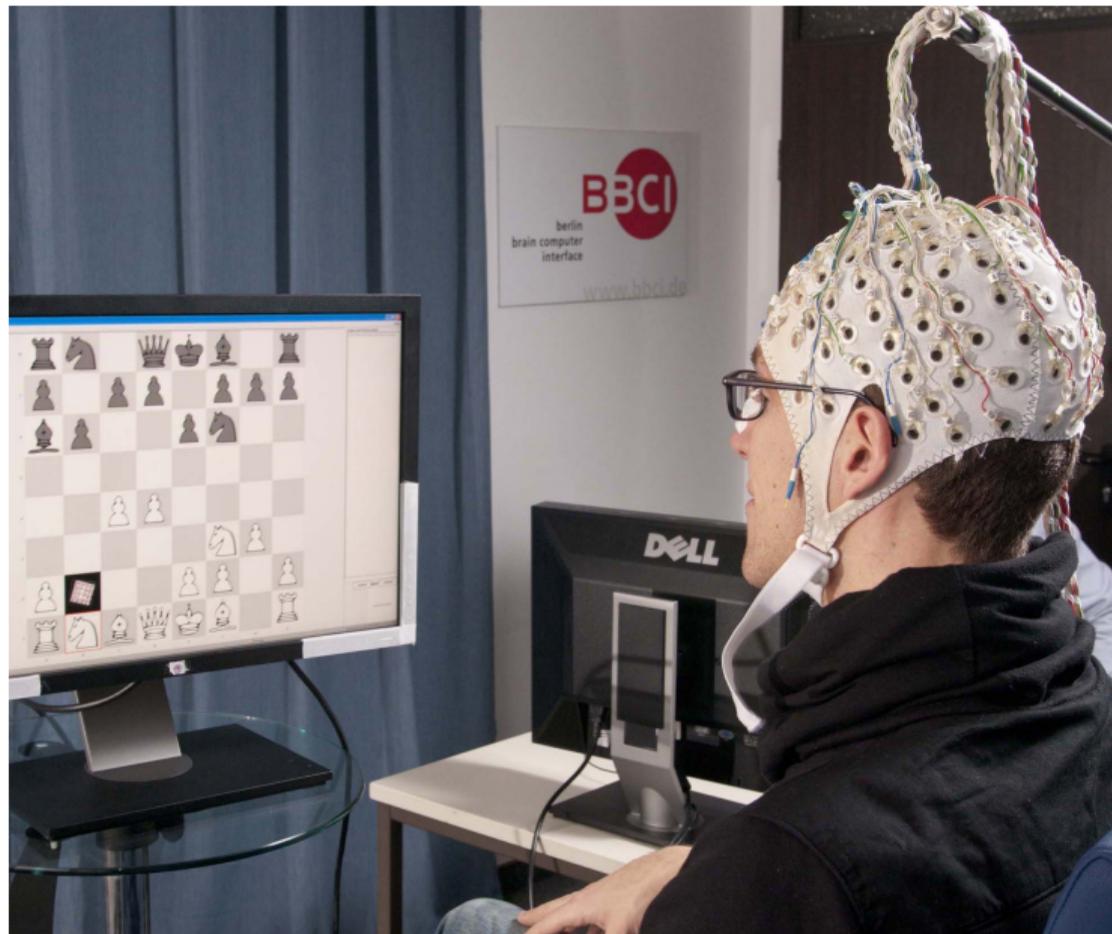
Enthält zusätzlich noch: GPS, Glonass, Galileo, Magnetfeld-Sensor, Beschleunigungs-Sensor, Kreiselkompaß, EKG-Sensor, Sauerstoff-Sättigungs-Sensor, Höhenmesser, Touchscreen, BLE, Wifi, NFC, 32 GB Speicher, Akku.

[Rechte s. Anhang.](#)



Abb. 24: Elektronische Gedankenübertragung könnte die Tele“phonie”5 der Zukunft darstellen.

Rechte s. Anhang.



3. Systematische Sicht auf Kommunikation

3.1. Drei Grundfragen

3.2. Zwei Limitierungen

3.3. Drei Probleme

3.4. Drei Leistungsparameter

Bobachtung: Die wichtigen Probleme der Kommunikation sind zumeist unabhängig von der spezifisch gewählten Technologie und der Zeit ihrer Anwendung

1. Kommunikation in der menschlichen Kultur

2. Historische Verfahren der Kommunikation

3. Systematische Sicht auf Kommunikation

Drei klassische Grundfragen der Kommunikation

Die drei "klassischen" Grundfragen der Kommunikation sind:

- ① **Codierung:** Wie wird eine Nachricht physikalisch dargestellt?
- ② **Übertragung:** Welcher physikalische Effekt wird zur Übertragung ausgenutzt?
- ③ **Bedeutung:** Welche Interpretation erfährt eine Kommunikation?

(1) Darstellung von Information (Codierung)

Frage: Wie wird eine Nachricht physikalisch dargestellt?

Beispiele:

- Durch Zeichen auf der Wand oder der Papyrusrolle
- Durch Auswendiglernen
- Auf dem Kopf des Boten als Tätowierung
- Durch die Größe einer Rauchwolke
- Sonnenstrahl verdeckt oder durchgängig
- Strom an / Strom aus
- Spannung $-3[V]$, $0[V]$, $3[V]$, $6[V]$
- Phasenlage 30° oder 60° oder 90° .
- Heute praktisch immer: Durch modulierte Signale.

Allgemein: Durch *unterscheidbare* physikalische Zustände.

Codierung von Information durch modulierte Signale

"Klassische" Modulationsverfahren:

- **Amplitude:** Die **Auslenkung** des Signals wird verändert.
- **Frequenz:** Die **Häufigkeit** des Signalwechsels wird verändert.
- **Phase:** Die **relative zeitliche Lage** des Signals wird verändert.

$$a(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

t Zeit

$a(t)$ Signal im Zeitverlauf

A Amplitude, typischerweise in \mathbb{R}^+

ω (Kreis)frequenz, typischerweise in \mathbb{R}^+

φ Phase, typischerweise in $[0, 2\pi)$



5

Weitere Möglichkeiten der Modulation:

- **Polarisation** transversaler Wellen.
Benötigt etwas mehr an Physik...
Transversal: Schwingung orthogonal zur Ausbreitungsrichtung.
Polarisation: Änderung der "Richtung" der Schwingung.
- **Dauer** oder **Zeitpunkte** einzelner Aussendungen.
- **Kombination** mehrerer Modulations-Verfahren.

3.1 Drei Grundfragen

Vollschwingung

1

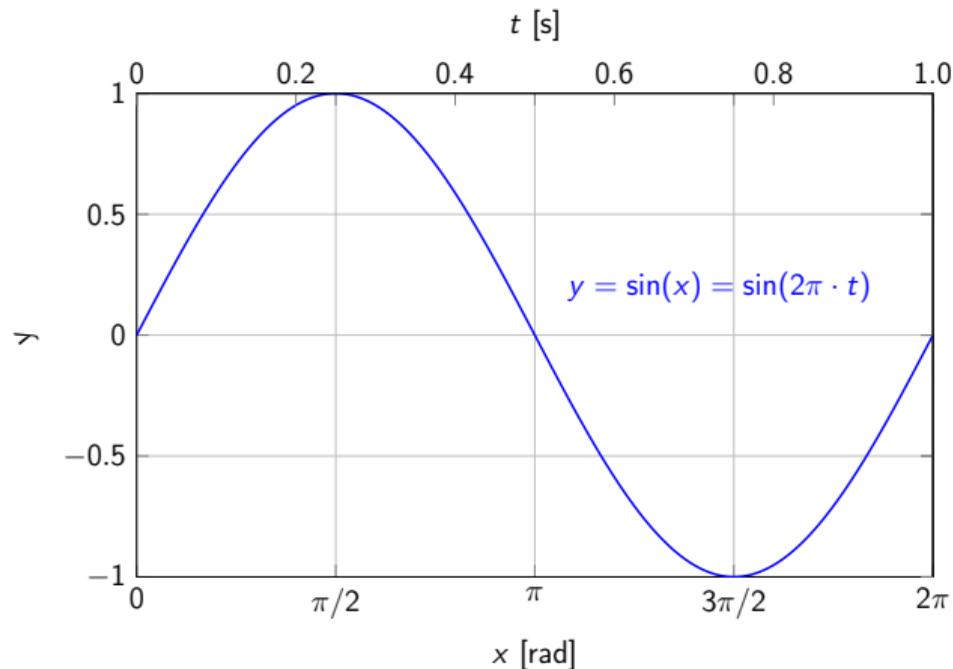


Abb. 25: Eine Vollschwingung pro Sekunde. Unterscheide Frequenz und Kreisfrequenz! [Rechte s. Anhang.](#)



Abb. 26: Heinrich Hertz, deutscher Physiker. Namensgeber der Einheit Hertz. 1 [Hertz] ist die Frequenz eines periodischen Vorgangs, der 1 Mal pro Sekunde abläuft. [Rechte s. Anhang.](#)



Abb. 27: Herz. Menschliches Organ, das mit 0.9–1.2 [Hertz] schlägt. [Rechte s. Anhang.](#)

Amplitudenmodulation

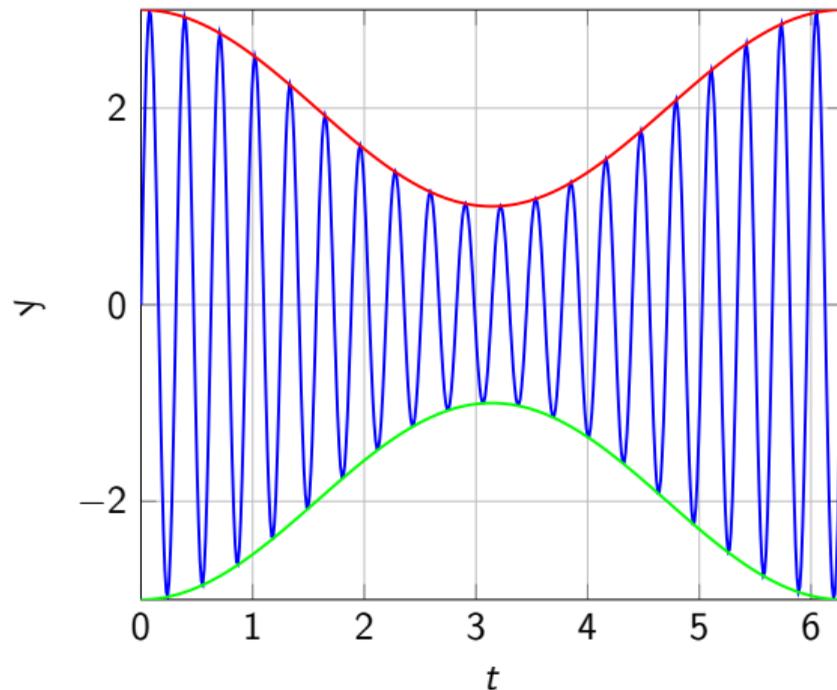


Abb. 28: Amplitudenmodulation. **Rot:** Aufgeprägtes Signal $A(t) = \cos(t) + 2$. **Blau:** Moduliertes Signal $a(t) = A(t) \sin(20 \cdot t)$. **Beachte** die zeitliche Veränderung der Auslenkung. **Grün** dargestellt ist das Negative des aufgeprägten Signals $-A(t)$. Beachte die sich ergebende Hüllkurve. Rechte s. Anhang.

Frequenzmodulation

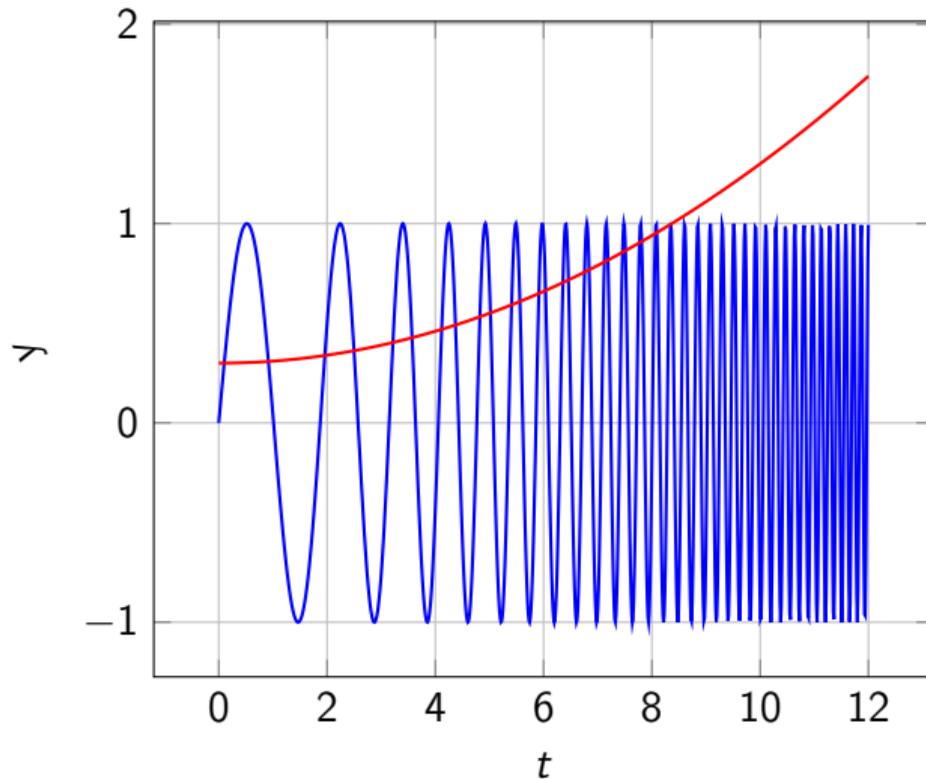


Abb. 29: Frequenzmodulation. Rot: Aufgeprägtes Signal. $\omega(t) = 0.01 \cdot x^2 + 0.3$ Blau: Moduliertes Signal $A(t) = \sin(10 \cdot \omega(t) \cdot t)$. Beachte die Zunahme der Frequenz bei steigender Zeit. Rechte s. Anhang.

Phasenmodulation

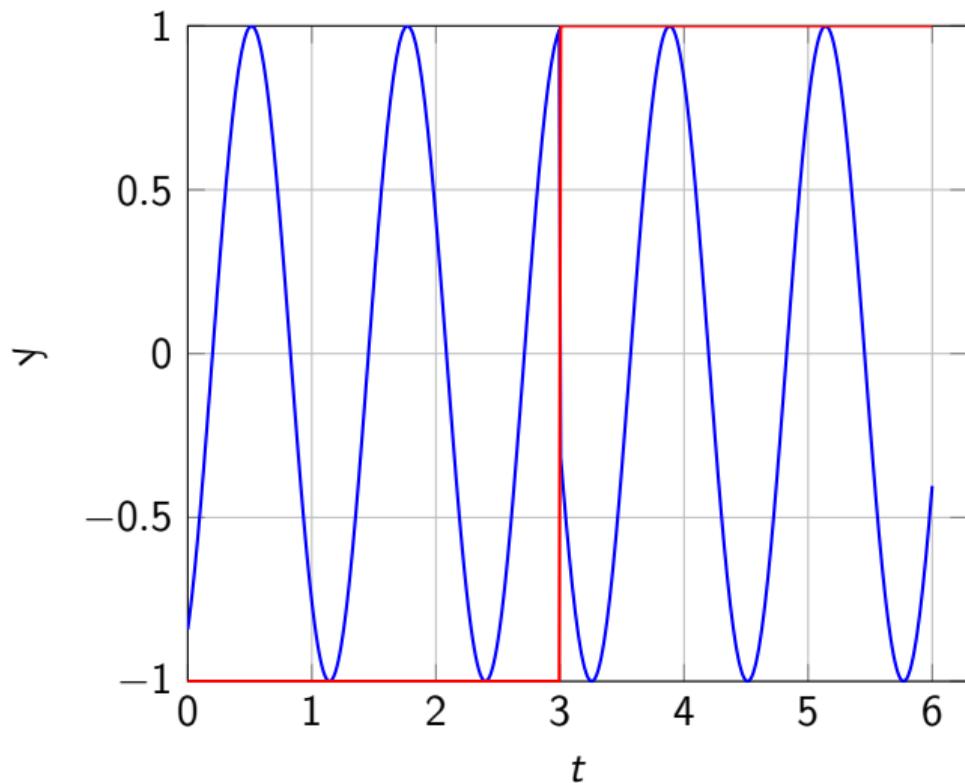


Abb. 30: Phasenmodulation. **Rot:** Aufgeprägtes Signal $\varphi(t) = \text{sig}(t - 3)$. **Blau:** Moduliertes Signal $a(t) = \sin(5 \cdot t + \varphi(t))$. **Beachte** den Phasensprung bei $t = 3$. Rechte s. Anhang.

(2) Übertragung von Information

Frage: Welcher physikalische Effekt wird zur Übertragung genutzt?

3 typische Mechanismen:

- **Materieller Transport:** Bsp: Trage Schiefertafel von A nach B
- **Mechanische Welle:** Bsp: Schwingungsimpuls in Luft oder Schiene
- **Elektromagnetische Welle:**
Bsp: Licht, Radiowelle

Allgemein: Durch einen physikalischen Zustand, der sich *in Raum-und-Zeit ausbreitet*.

(3) Bedeutung von Information ("Semantik")



Frage: Welche Interpretation für den Empfänger hat eine Kommunikation?

Viele nutzungsabhängige Beispiele:

- Bsp: – ist ein *Minus* oder ein *Bindestrich*?
- Bsp: Was bedeutet "00100000 10101100"?
 - Die Zahl 0x20AC In Hexadezimal-Interpretation einer Binärzahl
 - Die Zahl 8364 In Dezimal-interpretation einer Binärzahl
 - Ein Leerzeichen gefolgt von Ž In ISO-8859-1 Codierung
 - Das Euro Symbol € In UTF 8 Codierung
 - ...

Technologie-spezifische Probleme

Neben den 3 "klassischen" Grundfragen (Codierung, Übertragung, Bedeutung) bestehen Technologie-spezifische Probleme.

Eigenschaften Technologie-spezifischer Probleme:

- **Spezifisch:** Hängen von der konkreten physikalischen Umsetzung ab.
- **Kurzfristig:** Ändern sich mit der Technologie und daher häufig.
- **Bedeutung:** Sind für die jeweils austauschbare Realisierung wichtig, konzeptuell oft weniger spannend.

Beispiele:

- Ein Bote muß immer mal wieder etwas essen.
- Das Signal eines Lichtwellenleiters muß immer mal wieder verstärkt werden.
- Ein Lichtleiter darf nicht geknickt werden. (siehe Abschnitt Lichtleiter)
- Ein Stromleiter muß isoliert & abgeschirmt sein. (siehe Abschnitt Kabel)
- Ein Wifi / WLAN-Signal braucht freie Ausbreitung

(1) Limitierung des Signalvorrats

Frage: Wieviel verschiedene Zustände ("Symbole") sind pro "Einheit des Sendens" maximal möglich?

Einheit: 1 [Baud] = 1 Symbol pro Sekunde.

Problem: Ist der Signalvorrat zu groß, kann man einzelne Zustände nicht mehr (zuverlässig) unterscheiden.

Beispiele:

- 2 Zustände: Licht an – Licht aus
- 20 verschiedene Positionen des Semaphor Telegraphen
- 2 verschiedene Signalniveaus in RZ-Codierung
- 3 verschiedene Signalniveaus in NRZ-Codierung

(2) Limitierung der Sendehäufigkeit

Frage: Wie oft pro Zeiteinheit kann eine Einheit max. übertragen werden?

Einheit: 1 [Hertz] = 1 (mal) pro Sekunde

Problem: Herstellen & Weiterleiten in hoher Geschwindigkeit

Beispiele:

- Weltrekord im Morsen: 440 Buchstaben pro Minute.
- Licht-Telegraph mit Abblendlamellen statt mit Stromschalter wegen der Trägheit der Glühwendel beim Abdunkeln.
- WiFi mit 2.4 oder 5.2 GHz statt mit 300 GHz wegen Dämpfung.

Drei klassische Probleme der Kommunikation



9

Die drei "klassischen" Probleme der Kommunikation sind:

- ① **Fehler:** Aufgrund eines technischen Fehlers kommt die Nachricht anders an, als sie gesendet wurde.
- ② **Verluste:** Eine gesendete Nachricht kommt nicht an.
- ③ **Sicherheit:** Die gesendete Nachricht wurde von Unberufenen gelesen, verändert, zurückgehalten usw.

Unterscheide: Veränderungen aufgrund eines *technischen* Fehlers von Veränderungen aufgrund eines *menschlich verursachten* Angriffs.

(1) Fehler



Frage: Wird die gesendete Nachricht unverändert, ohne *übertragungstechnisch bedingte* Verfälschung empfangen?

Beispiele:

- Bote macht Fehler beim Auswendiglernen. Sende daher 2 Boten.
- Wind verweht Rauchzeichen. Sende daher 2 Mal.
- Telefon knackt stark. Lasse andere Seite meine Nachrichten wiederholen & prüfe sie.

Themen:

- **Vermeiden,** daß ein Fehler entsteht.
- **Erkennen,** ob ein Fehler passiert ist.
- **Beheben** des Fehlers, wenn einer passiert ist.
- **Vorbauen,** daß Fehler automatisch korrigiert werden können.

(2) Verluste

Frage: Wird die Nachricht tatsächlich empfangen oder geht sie verloren?

Beispiele:

- Der Bote verunglückt auf dem Weg von Rom nach Berlin.
- Ein Bagger beim Straßenbau reißt das Ethernet-Kabel raus.

Themen:

- Wie **erkennt** Empfänger, daß er eine Nachricht nicht erhalten hat?
Bsp: Dem Boten eine Taube mitgeben; diese fliegt bei Unfall heim.
- **Mehrfache Übertragung** zur Absicherung vornehmen.
Bsp: Zwei Boten auf verschiedene Wege lossenden.
Aber: *Eine* Bestellung soll auch bei *zwei* Boten nur *eine* Warenlieferung auslösen.

(3) Sicherheit

Frage: Wird Nachricht von *Unberufenen* gelesen / verändert / vorgetäuscht?

Angriff und Verteidigung (sog. Bedrohungsanalyse)

- Auswendiglernen (Aber: Bote foltern)
- Haare der Kopfhaut wieder wachsen lassen (Aber: Bote rasieren)
- Nachricht mit Wachssiegel versehen (Aber: Fälschen)
- Nachricht mit dem RSA Algorithmus verschlüsseln (Aber: Quantencomputer)

Leitsatz: Es gibt keine absolute Sicherheit!

Ziel bei Sicherheit ist: Den Aufwand des Angreifers möglichst hoch zu schrauben!

Drei klassische Leistungsparameter der Kommunikation

Die drei "klassischen" Leistungsparameter der Kommunikation sind:

- ① **Latenzzeit:** Wie schnell erreicht die Nachricht das Ziel?
- ② **Datenrate:** Welche Informationsmenge kann pro Zeiteinheit übertragen werden?
- ③ **Jitter:** Wie ändern sich Latenzzeit und Datenrate?

Zusammen mit weiteren Parametern (etwa: Häufigkeit eines Fehlers, grundsätzliche Verfügbarkeit des Dienstes u.a.) bestimmen sie die Qualität der Datenübertragung (sog. **Dienstqualität**).

(1) Latenzzeit

11

12 **Anschaulich:** Wie "*schnell*" erreicht die Nachricht das Ziel?

13 **Präziser:** Wie **lange** dauert es, bis die Nachricht am Ziel ist?

Dimension: Zeit vom Senden der Nachricht bis zu ihrem Empfang.

Einheit: 1 [Sekunde] (besser: Bruchteile davon)

Anschauliche Beispiele:

- Wie schnell läuft der Bote? (4 [km/h])
- Wie schnell wird der Knall des Signalböllers übertragen? (340 [m/s])
- Wie schnell läuft das Lichtsignal? (300 000 [km/s])

Beachte: Die anschaulichen Beispiele müssen für exakte Angaben von Latenzzeiten richtig übersetzt werden. (Etwa: Boten mit einer Geschwindigkeit 4 [km/h] ergeben eine Latenzzeit *erst*, wenn der Abstand bekannt ist.)

Ziel: Soll möglichst klein sein !

(2) Datenrate

 14 **Definition:** Welche *Informationsmenge* kann *pro Zeiteinheit* übertragen werden?

 15 **Dimension:** Informationsmenge pro Zeiteinheit.

Einheit: 1 [Bit/s].

Alternative Sicht (*vor* Einführung des Informationsbegriffs durch Shannon)

- **Dimension:** *Symbole* pro Zeiteinheit
- **Einheit:** 1 [Baud] = 1 [Symbol/s]
- Zusammenhang mit Informationsmenge geht über Größe des Symbolvorrats.

Anschauliche Beispiele:

- Wieviel Text kann ein Bote auswendig lernen? (??)
- Wieviel Text kann ein Bote mitnehmen? (500 Bluerau DVDs)
- Wie "schnell" sendet Ethernet? (10 Mbit - 400 Gbit/s)

Beachte: Die anschaulichen Beispiele müssen für exakte Angaben von Datenraten richtig übersetzt werden. (zB: 500 Bluerau DVDs sind keine Datenrate!)

(3) Jitter

Definition: Wie ändern sich Latenzzeit und Datenrate und ggf. weitere Qualitätsparameter mit der Zeit?

Dimension: Änderungsprozent pro Zeiteinheit

Achtung: Unscharfe Angabe, da unklar, was genau gemeint ist:

- mittlere Änderung (Median)
- mittlere Änderung (Durchschnitt)
- maximale Änderung
- momentane Änderung
- Verteilung der Änderung
- noch was anderes...

Anschauliche Beispiele:

- Bringt der Bote die Zeitung täglich oder wechselt das immer mal?
- Bleibt die Sprachqualität beim Telefonat gleich oder gibt es plötzliche Aussetzer?
- Läuft das YouTube Video immer mit 720p (Standard HD) oder läuft es in manchen Minuten auch mal mit 1080p (Full HD) Auflösung?

Anhang

Übersicht

Verzeichnis aller Abbildungen

Abb

Rechtsnachweise

©

Rechtliche Hinweise

§

Zitierweise dieses Dokuments

→

Index

Index

Verzeichnis aller Folien



Verzeichnis aller Abbildungen (1/3)

1	Handabdrücke der El-Castillo Höhle	5
2	Höhlenmalereien in der Höhle von Lascaux, 15.000 v. Chr.....	6
3	Karikatur, die über Herkunft und Sinn der Höhlenmalerei spekuliert	7
4	Einsatz von Brieftauben in der Kommunikation.....	11
5	Stellenanzeige im Bereich der Kommunikationstechnologie im Jahre 1860.....	12
6	Präzision der Codierung bei Rauchzeichen	13
7	Carl Friedrich Gauß, Nutzer des Heliographen	18
8	Heliograph aus dem Museum für Kommunikation in Frankfurt.....	19
9	Flaggenalphabet.....	22
10	Semaphor-Telegraph an der Küste.....	23

11	Standardisierung in der Semaphor-Telegraphie.....	24
12	Unterscheidung von Positionen im Semaphor-Telegraph	25
13	Abblendlamellen im Licht-Telegraph.....	26
14	Samuel Morse, Erfinder der Morsetelegraphie	27
15	Morsetaste der Schweizer Armee.....	28
16	Nadel-Telegraph mit fünf Nadeln.....	29
17	Nadel-Telegraph mit zwei Nadeln.....	30
18	Guglielmo Marconi, Erfinder der drahtlosen Telegraphie	31
19	Philipp Reis, Erfinder des Telefons	33
20	Einer der Prototypen des Telefons von Philipp Reis.....	34
21	Alexander Graham Bell, Erfinder und Kommerzialisierer des Telefons	35

22	Mobiltelefon aus dem Jahre 1956	37
23	Mobiltelefon aus dem Jahr 2020	38
24	Gedankenübertragung als Zukunft der Telefonie.....	39
25	Sinusfunktion	46
26	Heinrich Hertz, deutscher Physiker	47
27	Herz, menschliches Organ	47
28	Amplitudenmodulation	48
29	Frequenzmodulation.....	49
30	Phasenmodulation	50

Abb. 1 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cueva_del_Castillo_interior.jpg, Gabinete de Prensa del Gobierno de Cantabria, CC BY 3.0 ES <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/deed.en>

Abb. 2 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lascaux,_Megaloceros.jpg, Lascaux, gemeinfrei, via Wikimedia Commons.

Abb. 3 Quelle: <https://freesvg.org/replacement-13>, Nutzung nach <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>, Veränderung durch den Autor.

Abb. 4 Quelle <https://docplayer.nl/105171987-De-bongard-tijdschrift.html>

Abb. 5 Quelle: <https://practicalhorsemanmag.com/lifestyle/hoofprints-through-history-part-2-or-phans-preferred>

Abb. 6 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frederic_Remington_smoke_signal.jpg The Smoke Signal, Gemälde von Frederic Remington, 1905, gemeinfrei.

Abb. 7 Carl Friedrich Gauß nach einem Gemälde von Gottlieb Biermann 1887, gemeinfrei.

Abb. 8 Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heliograph_\(1\)-2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heliograph_(1)-2.jpg), derivative work: Macchess (talk)Heliograph (1).jpg: Jithra Adikari from Calgary, Canada, Nutzung nach CC BY-SA 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>

Abb. 9 Quelle: <http://luc.devroye.org/IrisLuckhaus-FlaggenAlphabet-2014.jpg>

Abb. 10 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/21/Coast_telegraph%2C_semaphore_or_signaling_post_at_Scheveningen%2C_1799.jpg Rijksmuseum, CC0, via Wikimedia Commons.

Abb. 11 Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chappe.svg>, Patrick87, Nutzung nach <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>

Abb. 12 Eigene Abbildung.

Abb. 13 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/US_Navy_030816-N-4055P-001_Signalman_3rd_Class_Jonathon_Lheureux%2C_from_Panama_City%2C_Fla.%2C_signals_another_ship_from_the_bridge_wing_ aboard_the_7th_Fleet_command_ship%2C_USS_Blue_Ridge_%28LCC_19%29.jpg, US Navy Foto, gemeinfrei.

Abb. 14 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Samuel_Morse.jpg, Mathew Brady, public domain.

Abb. 15 Quelle: Simon A. Eugster, CC BY-SA 3.0 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Morsetaste/media/Datei:Swiss_Army_Telegraph_Key.jpeg

Abb. 16 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Cooke_and_Wheatstone_electr_c_telegraph.jpg Geni, Nutzung nach <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> CC BY-SA 4.0

Abb. 17 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/GWR_Cooke_and_Wheatstone_double_needle_telegraph_instrument.jpg Geof Sheppard, Nutzung nach <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en> CC BY-SA 3.0

Abb. 18 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Guglielmo_Marconi_posing.jpg, gemeinfrei

Abb. 19 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Johann-philipp-reis_1.jpg, gemeinfrei.

Abb. 20 Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Die_Gartenlaube_\(1863\)_809_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Die_Gartenlaube_(1863)_809_1.jpg), Abbildung aus der Zeitschrift *Die Gartenlaube* von 1863, gemeinfrei.

Abb. 21 Quelle: http://www.americaslibrary.gov/jb/recon/jb_recon_telephone_1_e.html, Gilbert H. Grosvenor Collection, Prints and Photographs Division, Library of Congress, gemeinfrei.

Abb. 22 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A-Netz-Funktelefon_4967.jpg, Turelio, Nutzung nach <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode>

Abb. 23 Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apple_Watch_Series_4_40mm_space_gray_Aluminum.jpg, aconcagua, Nutzung nach CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Abb. 24 Quelle: <https://www.eecs.tu-berlin.de/fileadmin/f4/fkIVPresse/2012/Gedankenschach/TUB-Gedankenschach010312-09.jpg>

Abb. 25 Eigene Zeichnung in Tikz

Abb. 26 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Heinrich_Hertz.jpg

Abb. 27 Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Heart_frontally_PDA.jpg

Abb. 28 Eigene Abbildung in Tikz

Abb. 29 Eigene Abbildung in Tikz

Abb. 30 Eigene Abbildung in Tikz

Rechtliche Hinweise (1)

Die hier angebotenen Inhalte unterliegen deutschem Urheberrecht. Inhalte Dritter werden unter Nennung der Rechtsgrundlage ihrer Nutzung und der geltenden Lizenzbestimmungen hier angeführt. Auf das Literaturverzeichnis wird verwiesen. Das **Zitatrecht** in dem für wissenschaftliche Werke üblichen Ausmaß wird beansprucht. Wenn Sie eine Urheberrechtsverletzung erkennen, so bitten wir um Hinweis an den auf der Titelseite genannten Autor und werden entsprechende Inhalte sofort entfernen oder fehlende Rechtsnennungen nachholen. Bei Produkt- und Firmennamen können Markenrechte Dritter bestehen. Verweise und Verlinkungen wurden zum Zeitpunkt des Setzens der Verweise überprüft; sie dienen der Information des Lesers. Der Autor macht sich die Inhalte, auch in der Form, wie sie zum Zeitpunkt des Setzens des Verweises vorlagen, nicht zu eigen und kann diese nicht laufend auf Veränderungen überprüfen.

Alle sonstigen, hier nicht angeführten Inhalte unterliegen dem Copyright des Autors, Prof. Dr. Clemens Cap, ©2020. Wenn Sie diese Inhalte nützlich finden, können Sie darauf verlinken oder sie zitieren. Jede weitere Verbreitung, Speicherung, Vervielfältigung oder sonstige Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts bedarf der schriftlichen Zustimmung des Rechteinhabers. Dieses dient der Sicherung der Aktualität der Inhalte und soll dem Autor auch die Einhaltung urheberrechtlicher Einschränkungen wie beispielsweise **Par 60a UrhG** ermöglichen.

Die Bereitstellung der Inhalte erfolgt hier zur persönlichen Information des Lesers. Eine Haftung für mittelbare oder unmittelbare Schäden wird im maximal rechtlich zulässigen Ausmaß ausgeschlossen, mit Ausnahme von Vorsatz und grober Fahrlässigkeit. Eine Garantie für den Fortbestand dieses Informationsangebots wird nicht gegeben.

Die Anfertigung einer persönlichen Sicherungskopie für die private, nicht gewerbliche und nicht öffentliche Nutzung ist zulässig, sofern sie nicht von einer offensichtlich rechtswidrig hergestellten oder zugänglich gemachten Vorlage stammt.

Use of Logos and Trademark Symbols: The logos and trademark symbols used here are the property of their respective owners. The YouTube logo is used according to brand request 2-9753000030769 granted on November 30, 2020. The GitHub logo is property of GitHub Inc. and is used in accordance to the GitHub logo usage conditions <https://github.com/logos> to link to a GitHub account. The Tweedback logo is property of Tweedback GmbH and here is used in accordance to a cooperation contract.

Disclaimer: Die sich immer wieder ändernde Rechtslage für digitale Urheberrechte erzeugt ein nicht unerhebliches Risiko bei der Einbindung von Materialien, deren Status nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand abzuklären ist. Ebenso kann den Rechteinhabern nicht auf sinnvolle oder einfache Weise ein Honorar zukommen, obwohl deren Leistungen genutzt werden.

Daher binde ich gelegentlich Inhalte nur als Link und nicht durch Framing ein. Lt EuGH Urteil 13.02.2014, C-466/12 ([Pressemitteilung](#), [Blog-Beitrag](#), [Urteilstext](#)). ist das unbedenklich, da die benutzten Links ohne Umgehung technischer Sperren auf im Internet frei verfügbare Inhalte verweisen.

Wenn Sie diese Rechtslage stört, dann setzen Sie sich für eine Modernisierung des völlig veralteten Vergütungs- und Anreizsystems für urheberrechtliche Leistungen ein. Bis dahin klicken Sie bitte auf die angegebenen Links und denken Sie darüber nach, warum wir keine für das digitale Zeitalter sinnvoll angepaßte Vergütungs- und Anreizsysteme digital erbrachter Leistungen haben.

Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihren Rechtsanwalt oder Gesetzgeber.

Weitere Hinweise finden Sie im Netz [hier](#) und [hier](#) oder [hier](#).

Zitierweise dieses Dokuments

Wenn Sie Inhalte aus diesem Werk nutzen oder darauf verweisen wollen, zitieren Sie es bitte wie folgt:

Clemens H. Cap: Geschichte und Systematik der Kommunikation. Electronic document.
<https://iuk.one/1010-1000> 11. 10. 2021.

Bibtex Information: <https://iuk.one/1010-1000.bib>

```
@misc{doc:1010-1000,  
  author      = {Clemens H. Cap},  
  title       = {Geschichte und Systematik der Kommunikation},  
  year        = {2021},  
  month       = {10},  
  howpublished = {Electronic document},  
  url         = {https://iuk.one/1010-1000}  
}
```

Typographic Information:

Typeset on October 11, 2021

This is pdfTeX, Version 3.14159265-2.6-1.40.21 (TeX Live 2020) kpathsea version 6.3.2

This is pgf in version 3.1.5b

This is preamble-slides.tex myFormat©C.H.Cap

- 3 Grundfragen der Kommunikation, [41](#), [53](#)
- 3 Leistungsparameter der Kommunikation, [60](#)
- 3 Probleme der Kommunikation, [56](#)
- Amplitude, [43](#)
- Amplitudenmodulation, [48](#)
- Baud, [54](#)
- Bedeutung, [41](#), [52](#)
- Boten und Tiere, [10](#)
- Brieftauben, [10](#)
- Codierung, [14](#), [41](#), [42](#)
- Cooke-Wheatstone-Telegraphie, [16](#)
- Cosinus, [45](#)
- Datenrate, [62](#)
- Durchschnitt, [63](#)
- El-Castillo Höhle, [5](#)
- Elektromagnetische Telegraphie, [16](#)
- Elektronische Telegraphie, [16](#)
- Fehler, [57](#)
- Flaggen-Telegraphie, [15](#)
- Frequenz, [43](#), [45](#)
- Frequenzmodulation, [49](#)
- Funkwellen, [16](#)
- Heliograph, [17](#)
- Höhlenmalereien von Lascaux, [7](#)

Jitter, 63

Kreisfrequenz, 45

Kulturgeschichte, 2

Latenzzeit, 61

Licht-Telegraphie, 15

Limitierung der Sendehäufigkeit, 55

Limitierung des Signalvorrats, 54

Median, 63

Modi der Kommunikation, 8

Modulationsverfahren, 43

Morse-Telegraphie, 16

Nadel-Telegraphie, 16

Optische Telegraphie, 15

Phase, 43

Phasenmodulation, 50

Pony Relais System, 10

Präzision, 14

Rauchzeichen, 13

Relais-Netz, 10

Semantik, 14

Semaphor-Telegraphie, 15

Sendefrequenz, 26

Sendehäufigkeit, 26

Sicherheit, 59

Signalvorrat, 25

Sinn von Kommunikation, 8

Sinus, 45

Standardisierung, 24

Störungen, 14

Systematik der Telegraphie, 15

Telefonie, 32

Verluste, 58

Übertragung, 41, 51

Titelseite	1
Ziele	2
Inhaltsübersicht	3
1. Kommunikation in der menschlichen Kultur	
Erste erhaltene Codierungen von Information	5
Höhlenmalereien in Lascaux	6
Interpretation von Höhlenmalereien	7
Sinn von Kommunikation	8

2. Historische Verfahren der Kommunikation

2.1. Erste Ansätze

Boten und Tiere	10
Einsatz von Brieftauben in der Kommunikation	11
Stellenanzeige 1860	12
Rauchzeichen	13
Rauchzeichen	14

2.2. Telegraphie

Systematik der Telegraphie (1)	15
Systematik der Telegraphie (2)	16
Lichtsignale	17
Carl Friedrich Gauß	18
Heliograph	19
Heliograph auf dem 10 DM Schein	20
Flaggen	21
Flaggenalphabet	22
Semaphor Telegraphie	23
Standardisierung in der Semaphor Telegraphie	24
1. Grundlegende Limitierung: Signalvorrat	25
2. Grundlegende Limitierung: Sendehäufigkeit	26
Samuel Morse	27
Morsetaste	28
Nadel-Telegraph	29
Nadel-Telegraph	30
Guglielmo Marconi	31

2.3. Telefonie

Telefonie.....	32
Philipp Reis, Erfinder des Telefons.....	33
Telefon von Philipp Reis.....	34
Telefon von Alexander Bell.....	35
Telefonie: Weiterentwicklung.....	36
Erste "Mobil"telefone.....	37
Heutige Mobil"telefone".....	38
Telefonie der Zukunft: Gedankenübertragung?.....	39

3. Systematische Sicht auf Kommunikation

3.1. Drei Grundfragen

Drei klassische Grundfragen der Kommunikation.....	41
(1) Darstellung von Information (.....)	42
Codierung von Information durch modulierte Signale.....	43
Codierung von Information durch modulierte Signale.....	44
Zur Erinnerung: Periodische Vorgänge.....	45
Vollschwingung.....	46
Unterscheide: Herz und Hertz.....	47
 Amplitudenmodulation.....	48
 Frequenzmodulation.....	49
 Phasenmodulation.....	50
(2) Übertragung von Information.....	51

(3) Bedeutung von Information ("Semantik").....	52
Technologie-spezifische Probleme.....	53

3.2. Zwei Limitierungen

(1) Limitierung des Signalvorrats.....	54
(2) Limitierung der Sendehäufigkeit.....	55

3.3. Drei Probleme

Drei klassische Probleme der Kommunikation.....	56
(1) Fehler.....	57
(2) Verluste.....	58
(3) Sicherheit.....	59

3.4. Drei Leistungsparameter

Drei klassische Leistungsparameter der Kommunikation.....	60
(1) Latenzzeit.....	61
(2) Datenrate.....	62
(3) Jitter.....	63

Legende:

-  Fortsetzungsseite
-  Seite ohne Überschrift
-  Bildseite

- 1. Begriffsklärung:** Klären Sie für sich die Begriffe Internet, Paket-Vermittlung und Routing. Erläutern Sie dann die hier nur angedeutete Assoziation. 10
- 2. Brieftauben:** Nehmen Sie an, die Brieftauben von Lockheed transportieren USB-Sticks. Welche Datenrate und welche Latenzzeit ergibt sich? 10
- 3. Zeichenstandardisierung:** Welche Standardisierungen für Buchstaben sind in der heutigen Informatik wichtig? Denken Sie dabei auch an (1) deutsche Sonderzeichen wie etwa ö, ß (2) weitere nationale Sonderzeichen wie etwa ç ø (3) Akzente è (4) mathematische Symbole (5) weitere Anforderungen. 24
- 4. Begriffsklärung:** Statt Sendehäufigkeit findet man oft auch den Begriff Sendefrequenz. Das kann zu folgender Überlegung Anlaß geben: Der Deutschlandfunk in Berlin sendet mit 97,7 [MHz] während er in Rostock mit 97,3 [MHz] sendet. (1) Ist das die hier gemeinte Sendefrequenz bzw. Sendehäufigkeit? (2) Kann der Deutschlandfunk Berlin mehr Daten übertragen als der Deutschlandfunk Rostock? (3) Erkläre den Zusammenhang und den Unterschied der hier angedeuteten Standpunkte! 26
- 5. Arten von Wellen:** Gibt es auch andere Wellen als transversale Wellen – und wenn ja: Wie heißen die und welche physikalischen Phänomene wären Beispiele für diese Wellen? 44
- 6. Skalierung trigonometrischer Funktionen:** Sei $\alpha \mapsto f(\alpha)$ die Sinus-Funktion in Grad-Normierung. Was ist dann die Ableitung von f ? Hinweis: Das ist **nicht** der Kosinus. 45

- 7. Recherche:** Bei transversalen Wellen ist die Polarisationsrichtung ein weiteres physikalisches Merkmal der Welle. Was also könnte "Polarisationsmodulation" sein? Wird diese denn auch praktisch verwendet? Wenn ja: Wo? 50
- 8. Zahlumwandlung:** Stelle die Hexadezimalzahl $0xCAFEBABE$ als Dezimalzahl dar sowie als Zahl über der Basis $b = 3$. 52
- 9. Begriffsklärung:** Bedeuten die englischsprachigen Fachbegriffe *security* und *safety* dasselbe oder besteht hier ein Unterschied? 56
- 10. Nachdenkaufgabe:** Ist der hier gegebene Vorschlag, 2 Boten zu senden, wirklich hilfreich? Woher wissen wir denn, welcher der Boten die richtige Nachricht sendet? Überlege diese Frage auch im Kontext später eingeführter Mechanismen zur Fehlerbehebung! 57
- 11. Latenzzeit 1:** Eine Nachricht wird als Lichtsignal dargestellt und von New York zum Mars geschickt. Dort wird sie von einem Spiegel zurück nach Frankfurt reflektiert. Wie groß ist die Latenzzeit dieses Verfahrens? 61
- 12. Latenzzeit 2:** Die Raumsonde Voyager 1 ist das am weitesten von der Erde entfernte Objekt, das von Menschen geschaffen wurde. Bestimme die Latenzzeit eines Steuersignals, das von der Erde zur Voyager 1 gesendet wird. 61
- 13. Latenzzeit 3:** Alice ist auf Hawaii. Von dort aus telefoniert sie mit Bob, der sich gerade in Botswana aufhält. Zur Beendigung des Gesprächs sagt sie "Tschüß" und drückt auf die Stoppuhr. Wie lange dauert es mindestens, bis die Antwort auf ihr "Tschüß" von Bob wieder bei ihr eintrifft? 61

14. Unkonventionelle Transportmethode: Ein LKW transportiert Blu-ray DVDs von Rostock nach Warnemünde. Triff Annahmen und bestimme Latenzzeit und Datenrate. Vergleiche das mit Latenzzeit und Datenrate einer 1Gb Ethernet Verbindung. 62

15. Amazon Snow: Informieren Sie sich über die Amazon Snow Produktlinie. Was wird hier angeboten? Macht das Sinn? Wann? 62

Aufgabe 1: Zu Folie 46

Ableitung des Sinus

Betrachten Sie die Funktionen $x \mapsto \sin(x)$ und $t \mapsto \sin(2\pi \cdot t)$.

In unserer Abbildung sind die Funktionen über zwei verschiedenen Skalierungen der unabhängigen Variablen x und t dargestellt. Was passiert, wenn Sie beide unabhängige Variablen so zeichnen, daß die Achsenskalierungen gleich sind. (Anregung: Nutzen Sie das als Einstieg in das Zeichenprogramm $\text{\LaTeX}/\text{Tikz}$).

Bestimmen Sie die Ableitungen beider Funktionen. Warum sind sie unterschiedlich?

Erklären Sie, warum es bei der Bildung der Ableitung von Winkelfunktionen wesentlich ist, die Einheit zu beachten, in der das Argument dargestellt wird.