

Grundlagen: Rechnernetze und verteilte Systeme

Erste Woche: 16./19. April 2018

Schichtenmodelle, Entropie, Binärpräfixe

Leo Glavinić

netze@eo.gl

eo.gl/netze

Diese Übung

Mo-1200-D (Raum 01.09.014)

Do-1200-B (Raum 00.13.036)

Beginn um 12:15 (bis auf Weiteres)

E-Mail: netze@eo.gl

Folien online auf eo.gl/netze

Keine Infos zu Programmieraufgaben!

Vorsicht!

Diese Folien sind von mir erstellt worden und dienen nicht als Ersatz für das Vorlesungsskript. Weder Prof. Baumgarten noch die Übungsleitung haben daran mitgearbeitet; es können Fehler vorkommen!

Cheatsheet (sehr wichtig!)

Ethernet / IEEE 802.3 Header und Ethernet

EtherType	Keyword	Protocol
0x0800	IPv4	Internet Protocol, Version 4
0x0806	ARP	Address Resolution Protocol
0x080c	802.1Q	Wake-on-LAN Magic Packet
0x0835	RARP	Reverse Address Resolution Protocol
0x084c	SNMP	Simple Network Management Protocol
0x0854	IPv6	Internet Protocol, Version 6

IPv6 Header and IP Protocol Numbers (see Next Header)

No.	Protocol	No.	Protocol
0x01	ICMPv4 (Internet Control Management)	0x01	GRE (General Routing Encapsulation)
0x06	TCP (Transmission Control)	0x06	ICMPv6 (ICMP for IPv6)
0x11	UDP (User Datagram)	0x00	No Next Header
0x3c	Fragment Header	0x04	IGMP (Stream Control Transmission)

IPv6 Header and IP Fragmentation Header

No.	Protocol	No.	Protocol
0x01	ICMPv4 (Internet Control Management)	0x01	GRE (General Routing Encapsulation)
0x06	TCP (Transmission Control)	0x06	ICMPv6 (ICMP for IPv6)
0x11	UDP (User Datagram)	0x00	No Next Header
0x3c	Fragment Header	0x04	IGMP (Stream Control Transmission)

TCP/UDP Header and ausgewählte well-known Ports

Port	Service Name	Port	Service Name
2021	ftp	68	bootstrap
22	sftp	80	http
23	telnet	110	pop3
25	smtp	443	https
53	domain (dns)	543	dbpvt-client
67	bootstrap	547	dbpvt-server

ARP

ARP Packet Format

ICMPv4 Time Exceeded

ICMPv4 Destination Unreachable

Type	Code	Description
0 - Echo Reply	0	Echo reply
1 and 2		Reserved
3 - Destination Unreachable	0	Destination on network unreachable
	1	Destination host unreachable
	2	Destination protocol unreachable
	3	Destination port unreachable
4 - Source Quench	0	Source quench (congestion control)
5 - Redirect Message	0	Redirect-Subnet for the Network
	1	Redirect-Subnet for the Host
8 - Echo Request	0	Echo request
11 - Time Exceeded	0	TTL expired in transit
	1	Fragment Reassembly Time Exceeded

Zahlenysteme 12

Dec	Hex	Binär	ASCII	Dec	Hex	Binär	ASCII	Dec	Hex	Binär	ASCII
0	00	00000000	NUL	12	0C	00001100		24	18	00010000	
1	01	00000001	SOM	13	0D	00001101		25	19	00010001	A
2	02	00000010		14	0E	00001110		26	1A	00010010	B
3	03	00000011		15	0F	00001111		27	1B	00010011	C
4	04	00000100		16	10	00010000		28	1C	00010100	D
5	05	00000101		17	11	00010001		29	1D	00010101	E
6	06	00000110		18	12	00010010		30	1E	00010110	F
7	07	00000111		19	13	00010011		31	1F	00010111	G
8	08	00001000		20	14	00010100		32	20	00011000	H
9	09	00001001		21	15	00010101		33	21	00011001	I
10	0A	00001010		22	16	00010110		34	22	00011010	J
11	0B	00001011		23	17	00010111		35	23	00011011	K
12	0C	00001100		24	18	00011000		36	24	00011100	L
13	0D	00001101		25	19	00011001		37	25	00011101	M
14	0E	00001110		26	1A	00011010		38	26	00011110	N
15	0F	00001111		27	1B	00011011		39	27	00011111	O
16	10	00010000		28	1C	00011100		40	28	00010000	P
17	11	00010001		29	1D	00011101		41	29	00010001	Q
18	12	00010010		30	1E	00011110		42	2A	00010010	R
19	13	00010011		31	1F	00011111		43	2B	00010011	S
20	14	00010100		32	20	00011000		44	2C	00010100	T
21	15	00010101		33	21	00011001		45	2D	00010101	U
22	16	00010110		34	22	00011010		46	2E	00010110	V
23	17	00010111		35	23	00011011		47	2F	00010111	W
24	18	00011000		36	24	00011100		48	30	00011000	X
25	19	00011001		37	25	00011101		49	31	00011001	Y
26	1A	00011010		38	26	00011110		50	32	00011010	Z
27	1B	00011011		39	27	00011111		51	33	00011011	[
28	1C	00011100		40	28	00011100		52	34	00011100	\
29	1D	00011101		41	29	00011101		53	35	00011101]
30	1E	00011110		42	2A	00011110		54	36	00011110	^
31	1F	00011111		43	2B	00011111		55	37	00011111	_

ICMPv6

Hinweis: Die folgenden ICMPv6 Nachrichten sind zu ihren ICMPv6-Pendants identisch:

- Echo Request/Reply
- Destination Unreachable
- Time Exceeded

Es gelten jedoch für ICMPv6 Types/Codes (s. unten) die Prioritäten hinsichtlich der minimalen Länge bzw. des Alignment (Padding).

Neighbor Solicitation

Neighbor Advertisement

Type	Code	Description
0		Reserved
1 - Destination Unreachable	0	No route to destination
	3	Address unreachable
	4	Port unreachable
2 - Packet too big	0	Packet too big
3 - Time Exceeded	0	Hop limit exceeded in transit
	1	Fragment reassembly time exceeded
128 - Echo Request	0	Echo Request
129 - Echo Reply	0	Echo Reply
130 - Router Solicitation	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
131 - Router Advertisement	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
132 - Neighbor Solicitation	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
133 - Neighbor Advertisement	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)
137 - Redirect Message	0	Neighbor Discovery Protocol (NDP)

Zahlenysteme 22

Dec	Hex	Binär	Dec	Hex	Binär	Dec	Hex	Binär	Dec	Hex	Binär
128	80	10000000	152	98	11000000	176	AF	11000000	200	CF	11100000
129	81	10000001	153	99	11000001	177	B0	11000001	201	D0	11100001
130	82	10000010	154	9A	11000010	178	B1	11000010	202	D1	11100010
131	83	10000011	155	9B	11000011	179	B2	11000011	203	D2	11100011
132	84	10000100	156	9C	11000100	180	B3	11000100	204	D3	11100100
133	85	10000101	157	9D	11000101	181	B4	11000101	205	D4	11100101
134	86	10000110	158	9E	11000110	182	B5	11000110	206	D5	11100110
135	87	10000111	159	9F	11000111	183	B6	11000111	207	D6	11100111
136	88	10001000	160	A0	11001000	184	B7	11001000	208	D7	11101000
137	89	10001001	161	A1	11001001	185	B8	11001001	209	D8	11101001
138	8A	10001010	162	A2	11001010	186	B9	11001010	210	D9	11101010
139	8B	10001011	163	A3	11001011	187	BA	11001011	211	DA	11101011
140	8C	10001100	164	A4	11001100	188	BB	11001100	212	DB	11101100
141	8D	10001101	165	A5	11001101	189	BC	11001101	213	DC	11101101
142	8E	10001110	166	A6	11001110	190	BD	11001110	214	DD	11101110
143	8F	10001111	167	A7	11001111	191	BE	11001111	215	DE	11101111
144	90	10010000	168	A8	11010000	192	BF	11010000	216	DF	11110000
145	91	10010001	169	A9	11010001	193	C0	11010001	217	E0	11110001
146	92	10010010	170	AA	11010010	194	C1	11010010	218	E1	11110010
147	93	10010011	171	AB	11010011	195	C2	11010011	219	E2	11110011
148	94	10010100	172	AC	11010100	196	C3	11010100	220	E3	11110100
149	95	10010101	173	AD	11010101	197	C4	11010101	221	E4	11110101
150	96	10010110	174	AE	11010110	198	C5	11010110	222	E5	11110110
151	97	10010111	175	AF	11010111	199	C6	11010111	223	E6	11110111
152	98	10011000	176	B0	11011000	200	C7	11011000	224	E7	11111000
153	99	10011001	177	B1	11011001	201	C8	11011001	225	E8	11111001
154	9A	10011010	178	B2	11011010	202	C9	11011010	226	E9	11111010
155	9B	10011011	179	B3	11011011	203	CA	11011011	227	EA	11111011
156	9C	10011100	180	B4	11011100	204	CB	11011100	228	EB	11111100
157	9D	10011101	181	B5	11011101	205	CC	11011101	229	EC	11111101
158	9E	10011110	182	B6	11011110	206	CD	11011110	230	ED	11111110
159	9F	10011111	183	B7	11011111	207	CE	11011111	231	EE	11111111

Heutige Themen:

1. Schichtenmodelle

2. Quellenentropie

3. Binärpräfixe

1. Schichtenmodelle

In dieser Aufgabe soll ein Schichtenmodell aus insgesamt drei Schichten entwickelt werden, welches das Verfassen, Versenden, Empfangen und Lesen einer Werbebroschüre beschreibt. Da die meisten Empfänger Werbung nicht lesen, nehmen wir an, dass es sich um die überlebenswichtige Speisekarte des nächstgelegenen Pizzaservices handelt, an der der Empfänger großes Interesse hat.

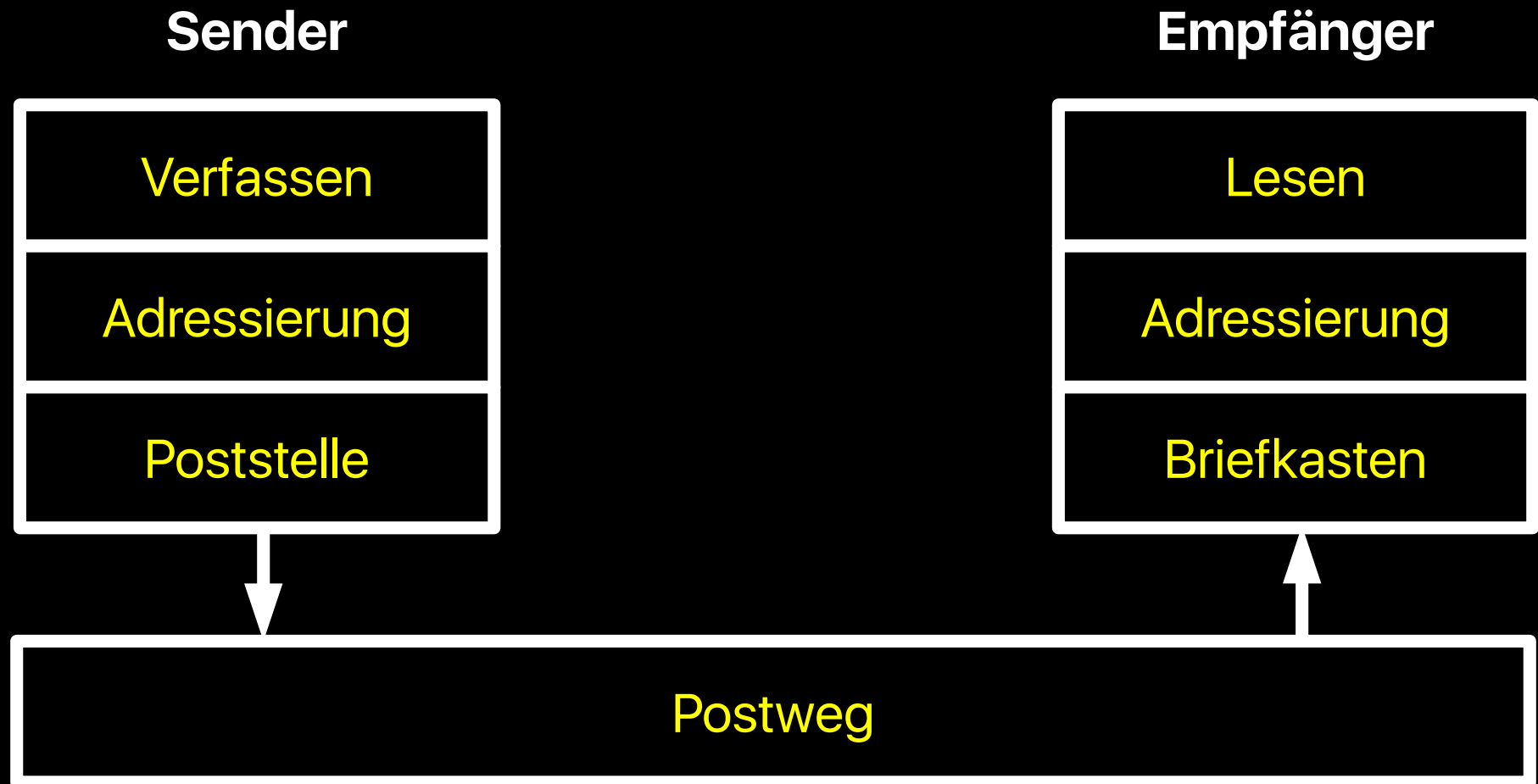
1. Schichtenmodelle

a. Bidirektionale Kommunikation?

Nein ㄟ(ツ)ㄟ

1. Schichtenmodelle

b. Benennung der Schichten und des Übertragungskanal



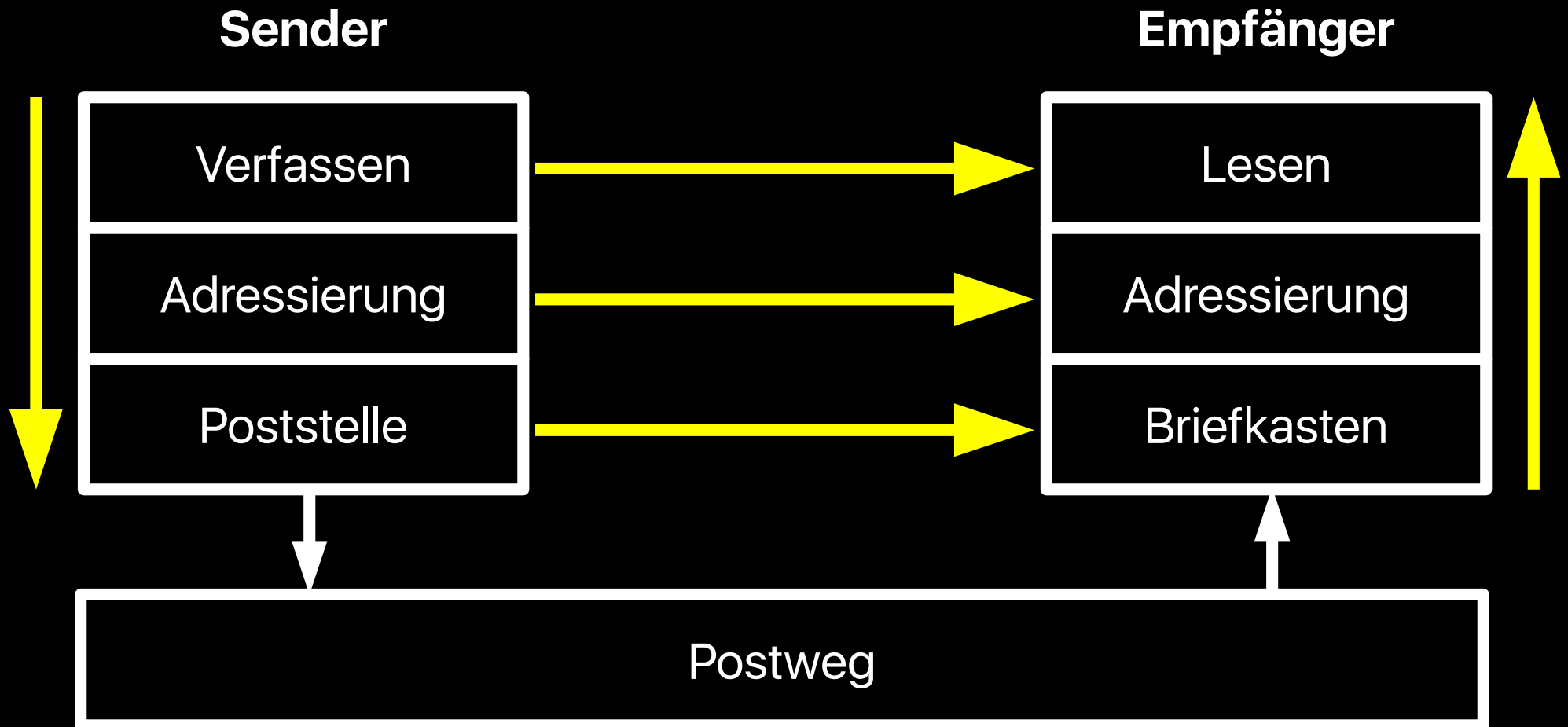
1. Schichtenmodelle

c. von den Schichten erbrachte Dienste

mehrere Lösungen, wir merken uns: jede Schicht erbringt bestimmte Dienste für die höheren Schichten und fordert Dienste der niedrigeren Schichten an

1. Schichtenmodelle

d. Horizontale und vertikale Kommunikation



1. Schichtenmodelle

d. Horizontale und vertikale Kommunikation

horizontale Kommunikation: Sender → Empfänger

vertikale ~: Schicht → benachbarte Schicht

1. Schichtenmodelle

PDU = PCI (Header) + SDU (Payload)

evtl. weitere PCIs höherer Schichten in der SDU

	Ethernet Header															
0x0000	00	16	3e	c7	6d	64	00	25	90	57	22	4a	86	dd	60	00
0x0010	00	00	00	58	3a	38	26	06	28	00	42	00	3f	ff	00	00
0x0020	00	00	00	00	00	15	20	01	4c	a0	20	01	00	13	02	16



	Type	Code	Ende ICMPv6-Header													
0x0000	03	00	58	94	00	00	00	00	60	00	00	00	00	28	3a	01
0x0010	ICMPv6-Header															
	20	01	4c	a0	20	01	00	13	02	16	3e	ff	fe	c7	6d	64
0x0020	IPv6 Header des verworfenen Pakets															
	26	06	28	00	02	20	00	01	02	48	18	93	25	c8	19	46
0x0030	80	00	e9	ab	3c	43	00	21	48	49	4a	4b	4c	4d	4e	4f
0x0040	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5a	5b	5c	5d	5e	5f
0x0050	60	61	62	63	64	65	66	67								

1. Schichtenmodelle

e. PCI, SDU und PDU im Brief?

PCI: Adressinformation auf dem Umschlag

SDU: Broschüre im Umschlag

PDU: verschlossener, beschrifteter Brief

1. Schichtenmodelle

Relevanz für uns: ISO/OSI-Modell mit sieben Schichten

2. Quellenentropie

Information: Unsicherheit, Signalveränderungen vorhersagen zu können

$I(x) = -\log_2 p(x)$ (Vorzeichenumkehrung wegen negativen Logarithmus; **Cheatsheet!**)

Einheit: bit

Informationsgehalt eines garantiert auftretenden Zeichens: 0 bit

2. Quellenentropie

Entropie: mittlerer Informationsgehalt einer Quelle

$$H(X) = \sum_{x \in \mathcal{X}} p(x) I(x) \text{ (Cheatsheet!)}$$

höhere Entropie ~ geringere Redundanz

2. Quellenentropie

Gegeben sei eine binäre, gedächtnislose Nachrichtenquelle Q , welche voneinander statistisch unabhängige Zeichen aus dem Alphabet $\mathcal{X}=\{a, b\}$ emittiert. Wir modellieren diese Nachrichtenquelle als diskrete Zufallsvariable X . Die Wahrscheinlichkeit, dass die Quelle das Zeichen $X=a$ emittiert, betrage $p_a = \Pr[X=a] = 0,25$.

2. Quellenentropie

a. Wahrscheinlichkeit, dass $X=b$ emittiert wird (p_b)

$$p_b = 0,75 \text{ (denn } p_a + p_b = 1)$$

2. Quellenentropie

b. Informationsgehalt von a und b

$$I(a) = -\log_2 p_a = 2,00 \text{ bit}$$

$$I(b) = -\log_2 p_b \approx 0,42 \text{ bit}$$

2. Quellenentropie

c. Entropie von Q

$$H(X) = 0,25 \cdot 2,00 \text{ bit} + 0,75 \cdot 0,42 \text{ bit} = 0,81 \text{ bit}$$

2. Quellenentropie

d. Auftrittswahrscheinlichkeiten p_0 und p_1 einer binären Quelle mit maximaler Entropie

Formel aufstellen, ableiten, gleich null setzen

$$p_0 = p_1 = 0,5$$

2. Quellenentropie

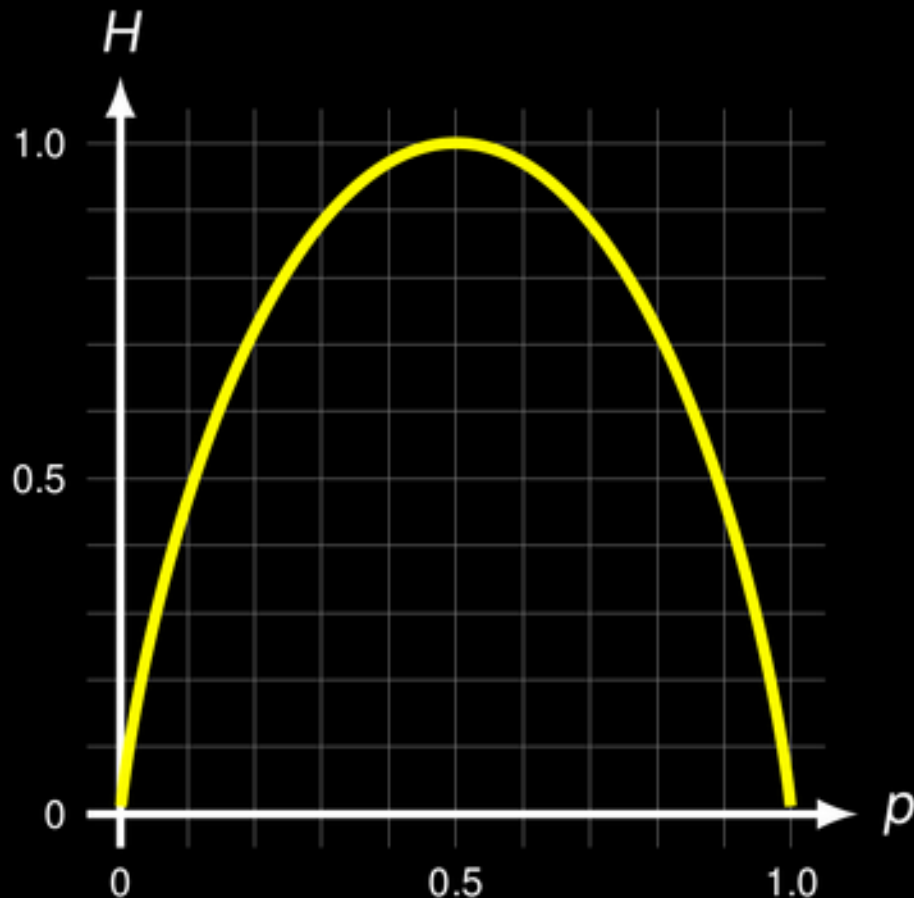
e. maximale Entropie einer binären Quelle

maximale Entropie bei $p_a = p_b = 0,5$

$$H_{max} = 2 \cdot (-0,5) \cdot \log_2 0,5 = 1 \text{ bit}$$

2. Quellenentropie

f. allgemeine Funktion für binäre Quellen:
Auftrittswahrscheinlichkeit $p \mapsto$ Entropie H



keine Parabel!

2. Quellenentropie

g. Redundanz bei Quelle Q mit $H(X) < 1$

emittierte Zeichenkette beinhaltet mehr oder weniger Redundanz

Darstellung mit durchschnittlich weniger als 1 bit pro Symbol möglich

Kompression: später in der Vorlesung

2. Quellenentropie

h. Entropie bei N -ärer Quelle (Emission N unterschiedlicher Zeichen)

maximale Entropie bei gleicher
Auftrittswahrscheinlichkeit aller Zeichen

$$p_i = p \Rightarrow p = 1/N$$

$$H = \sum_{x \in \mathcal{X}} I(x)p = - \sum_{i=1}^N \log_2 \left(\frac{1}{N} \right) \frac{1}{N} = \log_2(N)$$

2. Quellenentropie

Relevanz für uns: mehr oder minder gute verlustfreie Kompression möglich, je nach Entropie der Signalquelle

Möglichkeit zur sehr effizienten Reduktion der Datenmenge

3. Binärpräfixe

wichtiger Unterschied

SI-Präfixe: aus Schule bekannt, Zehnerpotenzen

Binärpräfixe: zur Angabe von Speichergrößen o.ä.
geeignet, Zweierpotenzen

(nur für Byte-Werte üblich; Bits meist in SI-Präfixen)

3. Binärpräfixe

SI-Präfix		Faktor		Binärpräfix		Faktor	
k	kilo	10^3	↓ ·10 ³ er-Schritte	Ki	Kibi	2^{10}	↓ ·2 ¹⁰ er-Schritte
M	Mega	10^6		Mi	Mebi	2^{20}	
G	Giga	10^9		Gi	Gibi	2^{30}	
T	Tera	10^{12}		Ti	Tebi	2^{40}	
P	Peta	10^{15}		Pi	Pebi	2^{50}	

3. Binärpräfixe

Sie kaufen eine Festplatte mit einer vom Hersteller ausgewiesenen Kapazität von 3 TB. Im Kleingedruckten auf der Verpackung finden Sie den Hinweis „1 TB = 10^{12} B“. Es handelt sich also klar um SI-Präfixe. Nehmen wir an, das verwendete Betriebssystem rechnet mit Binärpräfixen.

a. Kapazität der Festplatte in TiB

$$3 \text{ TB} = 3 \cdot 10^{12} \text{ B} = (3 \cdot 10^{12}) / 2^{40} \text{ TiB} \approx 2,73 \text{ TiB}$$

3. Binärpräfixe

b. prozentualer Unterschied zwischen entsprechenden SI- und Binärpräfixen (mit jeweils „gleicher Vorsilbe“)

(Tipp aus der Schule: Prozentwert = Grundwert · Prozentsatz)

3. Binärpräfixe

Präfixe	Umrechnung	Prozentsatz	Fehler
k/Ki	$10^3/2^{10}$	97,66%	2,34%
M/Mi	$10^6/2^{20}$	95,37%	4,63%
G/Gi	$10^9/2^{30}$	93,13%	6,87%
T/Ti	$10^{12}/2^{40}$	90,95%	9,05%
P/Pi	$10^{15}/2^{50}$	88,82%	11,18%

3. Binärpräfixe

mit anderem Grundwert...

Präfixe	Umrechnung	Prozentsatz	Fehler
Ki/k	$2^{10}/10^3$	102,4%	2,40%
Mi/M	$2^{20}/10^6$	104,9%	4,86%
Gi/G	$2^{30}/10^9$	107,4%	7,37%
Ti/T	$2^{40}/10^{12}$	110,0%	9,95%
Pi/P	$2^{50}/10^{15}$	112,6%	12,59%

3. Binärpräfixe

Relevanz für uns: sich nicht übers Ohr hauen lassen ;)

4. Daten per Lkw

„Hausaufgabe“

Datenraten sind wichtig!

Ausblick

Aufgabe 1: Schichtenmodell, ISO/OSI – wichtigstes Konzept dieser Vorlesung

Aufgabe 2: Information, Entropie – mögliche Kodierung und Kompression

Aufgabe 3: Binärpräfixe – „Informatisches Grundwissen“