

Datenkommunikation

Teil 1.4: Netzstrukturen und Topologien

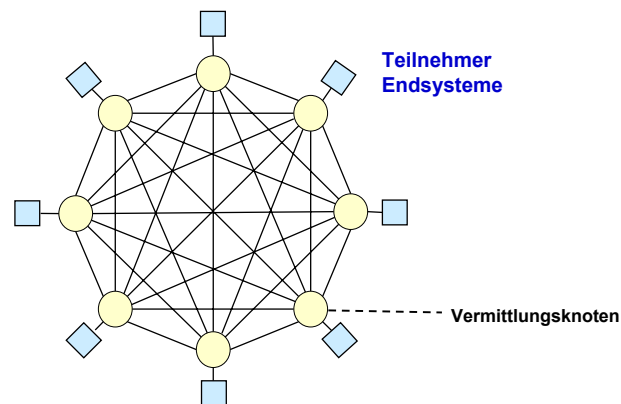
O.Univ.Prof.Dr. Harmen R. van As

Übersicht

1.4 Grundlagen: Netzstrukturen und Netztopologien

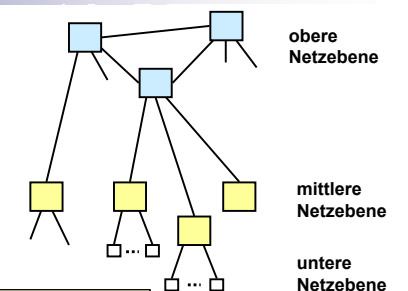
- Geografische Netzstrukturen
- Geschichte Darstellung der Netzstrukturen
- Bus, Stern, Baum, Ring, vermascht, hierarchisch
- Verkabelungsstruktur von Gebäuden und Netzen
- Physikalische und logische Struktur von Netzen
- Netzverfügbarkeit
- Adressierung

Vollvermaschtes Netz



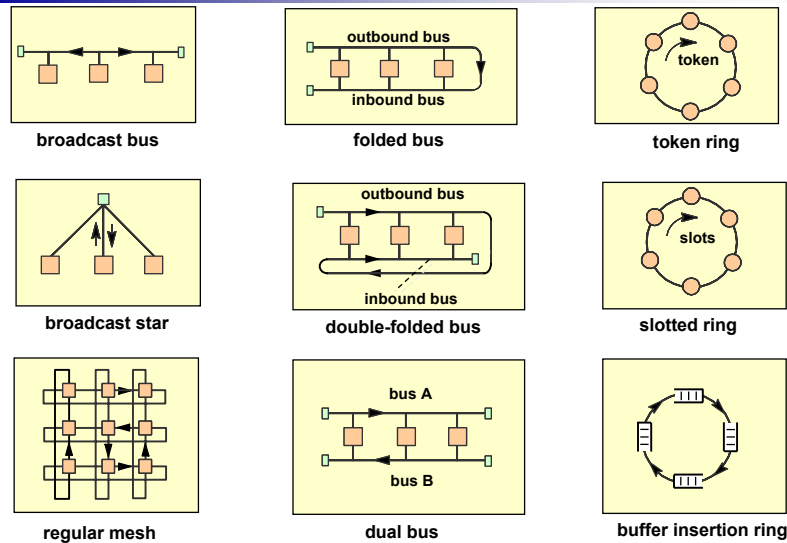
Prinzip der Netzebenen

Hierarchisches Netz mit Stern-Grundstruktur

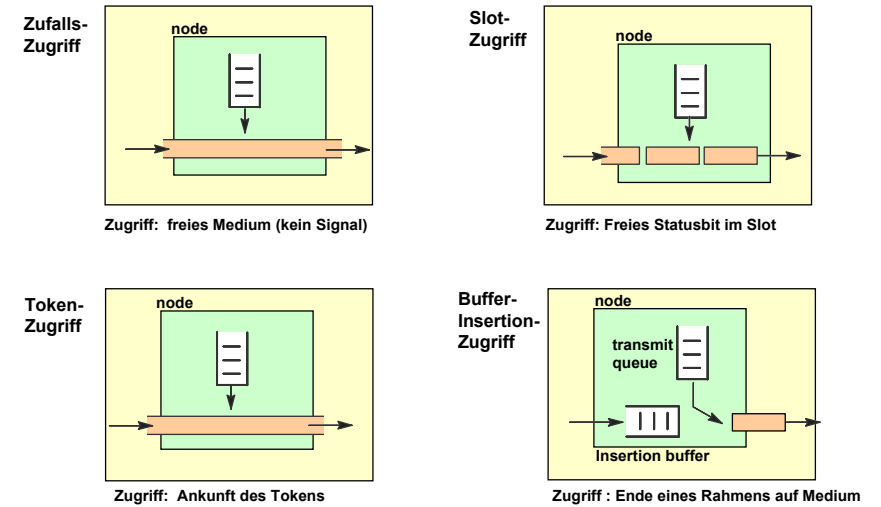


- Einführung von Netzebenen
- Sternförmige Verbindung der Netzebenen in hierarchischer Ordnung
- Sammlung und Bündelung des Fernverkehrs
- Anwendungen: Orts- und Fernnetze
- Mischformen
 - Vermaschung in oberster Ebene
 - Querwege zur Abkürzung

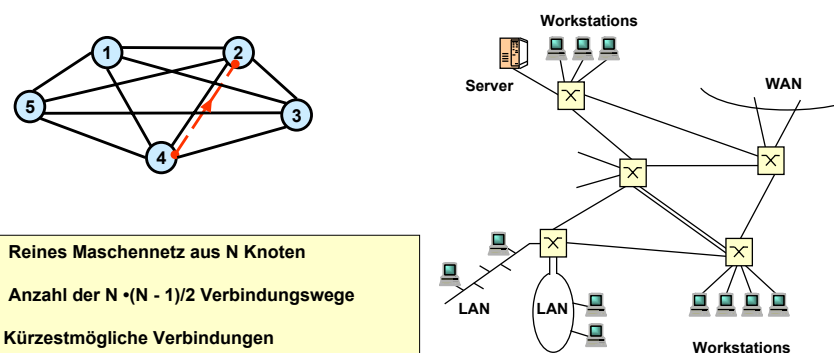
Netztopologien



Zugriff auf gemeinsames Medium

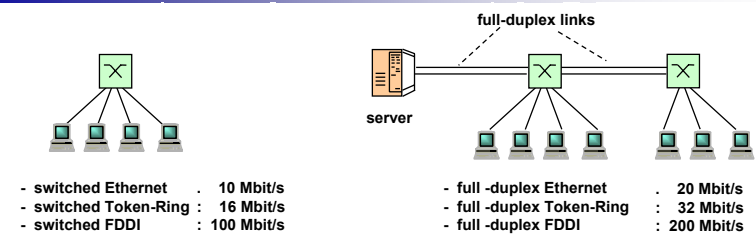


Maschennetz

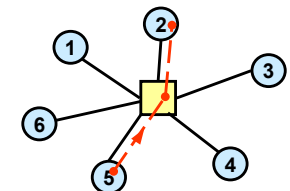


- Reines Maschennetz aus N Knoten
- Anzahl der $N \cdot (N - 1) / 2$ Verbindungswege
- Kürzestmögliche Verbindungen
- Unwirtschaftlich für großes N, wegen
 - Anzahl der Verbindungsleitungen
 - schlechter Ausnutzung der Verbindungsleitungen
- Anwendung**
 - in höheren Netzebenen

Sternnetz

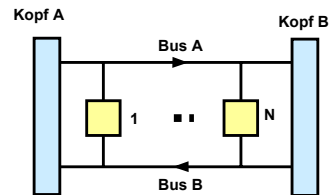
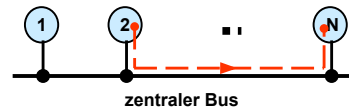


- Einführung eines Zentralknotens als Durchgangsknoten d.h. Einführung einer höheren Netzebene
- N Verbindungsleitungen
- 2 Verbindungsleitungen pro Verbindung erforderlich
- unwirtschaftlich für großes N
- Anwendung**
 - in lokalen Netzen
 - in Zugangsnetzen
 - in zellulären Mobilfunknetzen (Funkkanalanbindung von Mobilstationen an Basisstation)

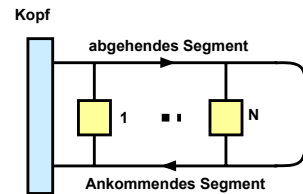


Linien-/Busnetze

- Zentraler Bus als Breitband-Übertragungssystem mit passiver oder aktiver Ankopplung
- Betrieb mit Vielfachzugriffsverfahren
- Anwendungen in lokalen Netzen mit Paketvermittlung

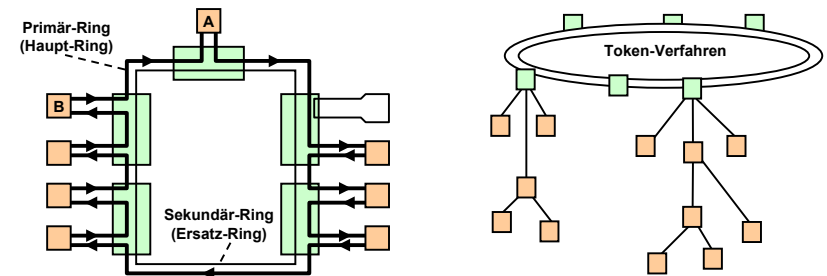


- Paar unidirektionaler Busse
- Buswahl je nach Zielstation



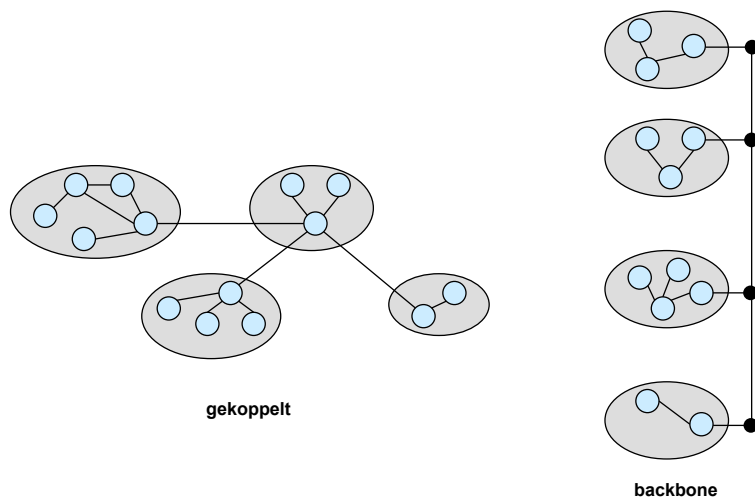
- Bus mit abgehendem (outbound) und ankommendem (inbound) Segment

Ringnetz

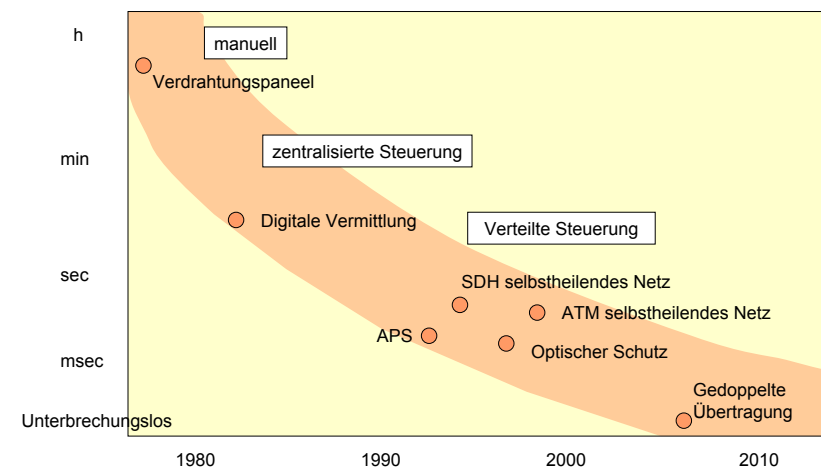


- Zentraler Ring als Breitband-Übertragungssystem mit aktiven Knoten
- Betrieb mit zentralem Takt und synchronem TDM oder dezentral im Paketmode (Token-Verfahren)
- Strukturelle/betriebliche Vorkehrungen bei Unterbrechung des Ringes möglich, um Teilbetrieb aufrechtzuerhalten
- Doppelringstruktur mit zwei gegenläufigen unidirektionalen Ringen zur Ausfallsicherung (Selbsteheilungsprinzip bei Unterbrechungen)
- Anwendungen in lokalen Netzen mit Durchschaltvermittlung oder Paketvermittlung

Netztopologien



Netzschutzmechanismen

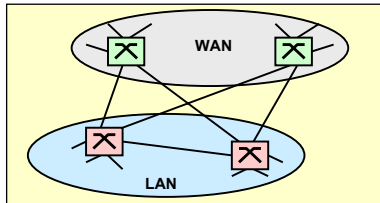


SDH : Synchronous Digital Hierarchy
ATM : Asynchronous Transfer Mode

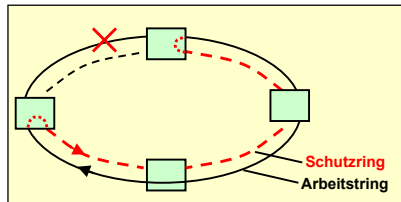
APS : Automatic Protection Switching

Netzschutzmechanismen

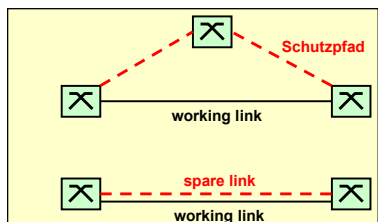
Dual homing



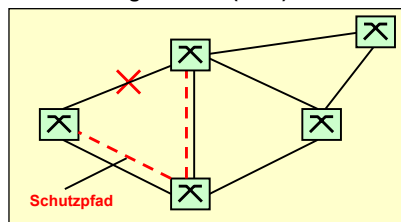
Self-healing ring (SHR)



Automatic protection switching (APS)

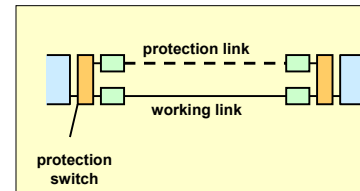


Self-healing network (SHN)

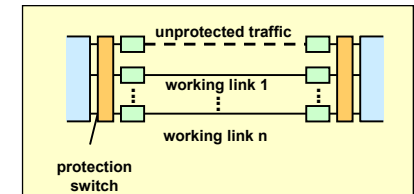


Automatic Protection Switching (APS)

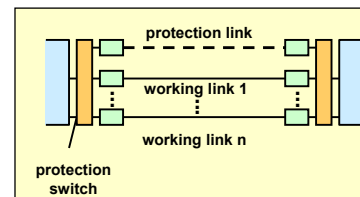
1 + 1 Schutz



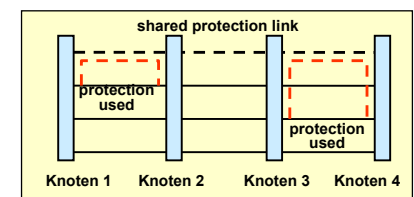
1 : n mit extra Verkehr auf Schutzlink



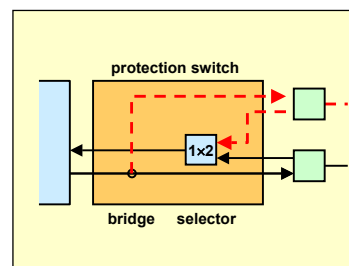
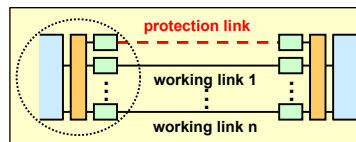
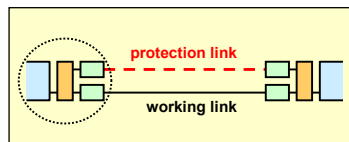
1 : n Schutz



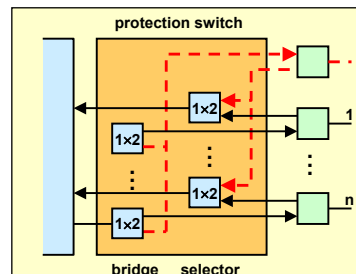
1 : n mit gemeinsamer Ausnutzung



Automatic Protection Switching (APS)

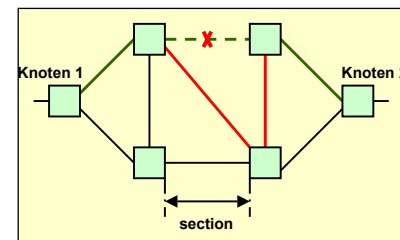


1 + 1 protection

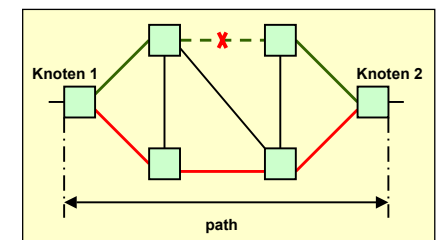


1 : n protection

Abschnitt- und Pfadschutz



Section protection

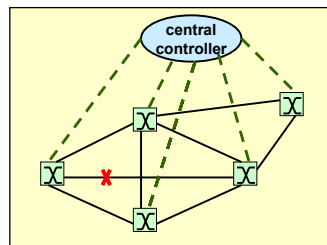


Path protection

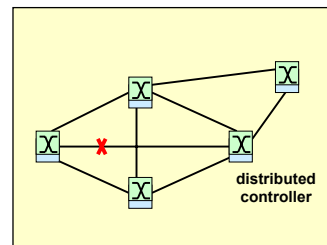
Restaurationsgeschwindigkeit +
Algorithmische Komplexität +
Netzauslastung -

Restaurationsgeschwindigkeit -
Algorithmische Komplexität -
Netzauslastung +

Zentrale versus Dezentrale Steuerung



Zentrale Steuerung

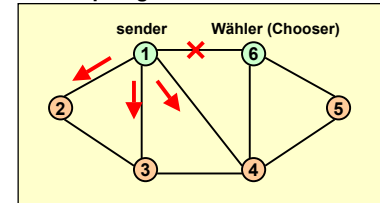


Verteilte Steuerung

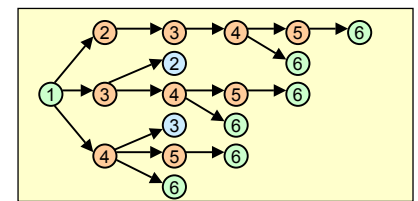
	Zentrale Steuerung	Verteilte Steuerung
Netzkomplexität	+	-
Standardisierungsbedarf	+	-
Lokaler Speicherplatz	+	-
Restaurationszeit	-	+
Netzverfügbarkeit	-	+
Steuerungsmehraufwand	-	+

Selbstheilende Netze : Restaurationsprinzip

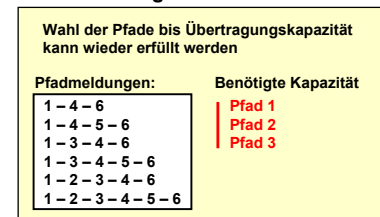
Netztopologie



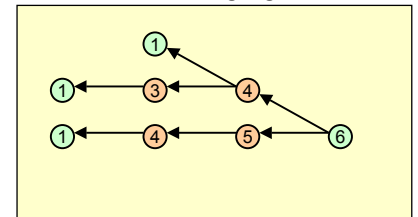
Phase 1 : message broadcasting



Phase 2 : Wegeauswahl

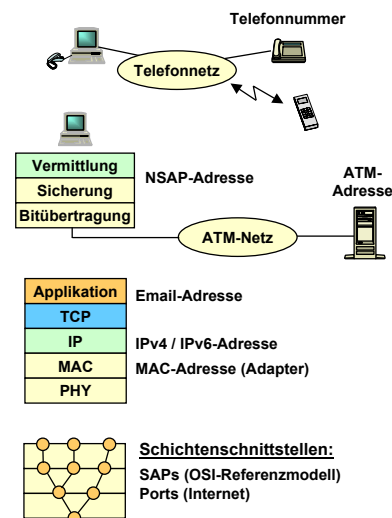


Phase 3 : Pfadbestätigung

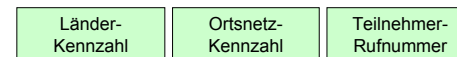


Adressierungsschemata

POTS	Telefonnetz
ISDN	Integrated Services Digital Network
NSAP	Network Service Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
Email	Electronic Mail
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv6	Internet Protocol Version 6
IEEE MAC	IEEE Medium Access Control
Identifier	interne Netzadressierung
SAP	Service Access Point (Protokoll-Pfade)



Rufnummernsysteme in der Telefonie



Rufnummer

netzgebunden
(abhängig von Netzstruktur)

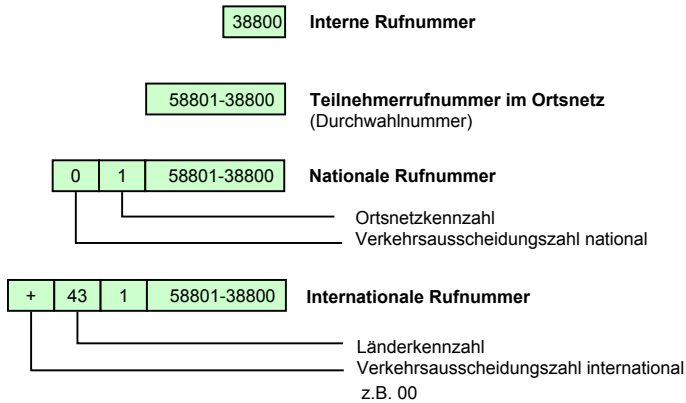
Verdeckt: Eingabe der ganzen Nummer

Offen: Wahl der Kennzahlen und Teilnehmernummer

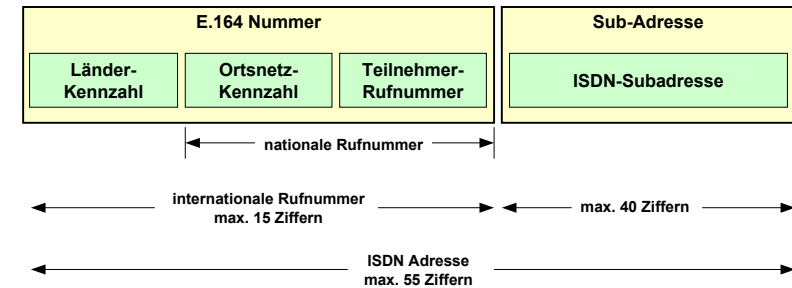
Gemischt: Einzelne Bereiche mit verdeckten, andere mit offenen Nummern

frei
(beliebige Vergabe)

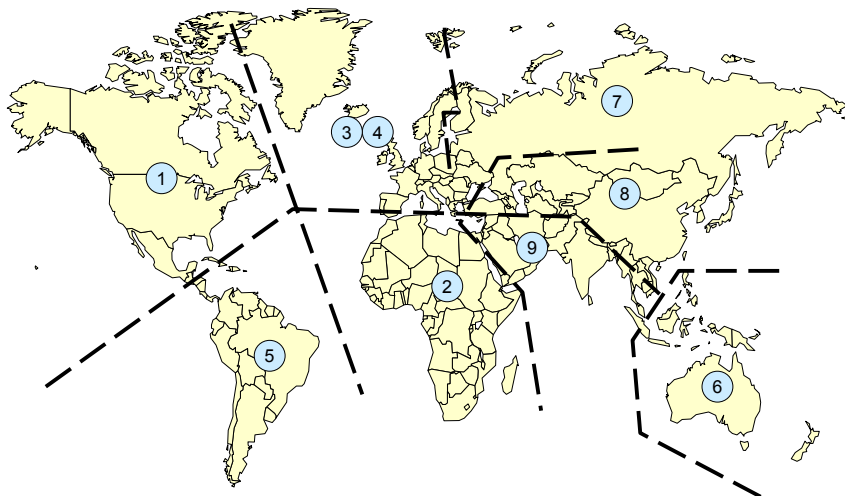
Telefonnetz - Offene Nummerierung



ISDN Adressstruktur nach E.164



Internationaler Nummerierungsplan



Nordamerikanischer Nummerierungsplan



Internationale Vorwahlnummern



Afrika 002

Ägypten	20
Algerien	213
Angola	244
Äthiopien	251
Benin	229
Botsuana	267
Burundi	257
Ivorküste	225
Dschibuti	253
Eritrea	291
Gabun	241
Gambia	220
Ghana	233
Guinea	224
Kamerun	237
Kap Verde	238
Kenia	254
Kongo	242
Liberia	231
Libyen	218
Malawi	265
Mauritius	230
Mosambik	258
Namibia	264
Niger	227
Nigeria	234
Ruanda	250
Sambia	260

Senegal	221
Simbabwe	263
Somalia	252
Sudan	249
Südafrika	27
Swasiland	268
Tunesien	216
Tschad	235
Uganda	256

Europa 003 / 004

Albanien	355
Andorra	376
Armenien	374
Belarus	375
Belgien	32
Bosnien	387
Bulgarien	359
Dänemark	45
Deutschland	49
Finnland	358
Frankreich	33
Gibraltar	350
Griechenland	30
UK	44
Irland	353
Island	354
Italien	39
Jugoslawien	381

Kroatien	365
Lettland	371
Litauen	370
Luxemburg	352
Malta	356
Moldau	373
Monaco	377
Niederlande	33
Norwegen	47
Österreich	43
Polen	48
Portugal	351
Rumänien	40
Schweden	46
Schweiz	41
Slowakei	421
Slowenien	386
Spanien	34
Tschechien	429
Ukraine	380
Ungarn	36
Vatikan	39
Zypern	357

Süd-Amerika 005

Argentinien	54
Brasilien	55
Bolivien	591

Chile	56
Costa Rica	506
Ecuador	593
El Salvador	503
Guayana	592
Laos	856
Honduras	504
Kuba	53
Mexiko	52
Nicaragua	5505
Panama	507
Peru	51
Surinam	597
Uruguay	598
Venezuela	58

Ozeanien 006

Australien	61
Indonesien	62
Malaysia	60
Neuseeland	64
Philippinen	63
Samoa	685
Thailand	66

Russland 007

Russland	7
Kasachstan	7
Tadschikistan	7

Fern-Asien 008

China	86
Hongkong	852
Japan	81
Korea	82
Taiwan	886
Vietnam	84

Nahost-Asien 009

Aserbaidshan	994
Bahrain	973
Georgien	995
Indien	91
Irak	964
Iran	98
Israel	972
Jemen	967
Jordanien	962
Libanon	961
Mongolei	976
Nepal	977
Oman	968
Pakistan	92
Saudi Arabien	966
Sri Lanka	94
Syrien	963
Türkei	90
Turkmenistan	993

Internationale Vorwahlnummern



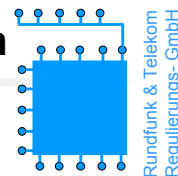
Satellitennetze

881 0 / 1	ICO
881 2 / 3	Ellipso
881 4 / 5	
881 6 / 7	Iridium
881 8 / 9	Globalstar

Globale Netzbetreiber

882 10	BT
882 11	ST Telecommunications PTE
882 12	WorldCom
882 13	Telespazio
882 14	Verizon
882 15	Telstra
882 16	Thuraya
882 17	AT&T
882 18	Teledesic
882 19	Telecom Italia
882 20	ACeS
882 21	Ameritech
882 22	Cable & Wireless
882 23	Sita-Equant
882 24	Telia
882 25	Constellation Comms
882 26	SBC Communications Inc.
882 27	Williams Communications Inc.
882 28	Deutsche Telekom
882 29	Q-Tel (NZ) Ltd
882 30	Singapore Telecom
882 31	Telekom Malaysia

Netzvornahlnummern in Österreich

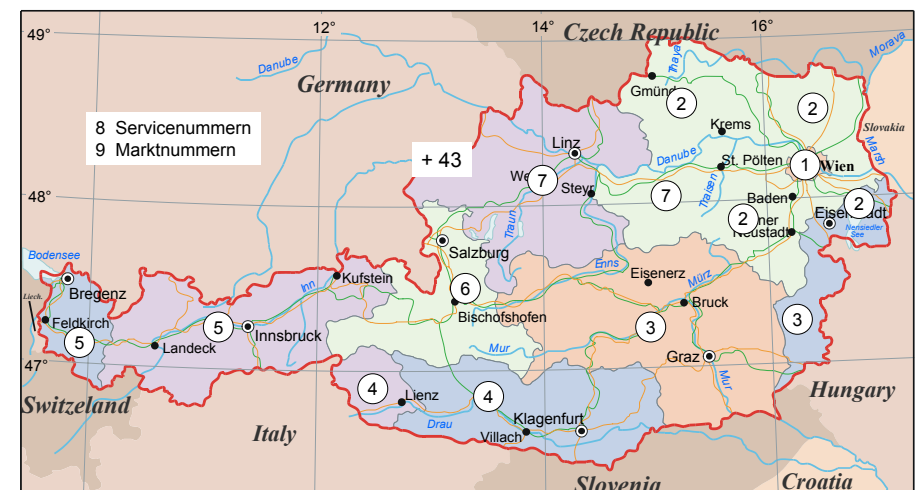


RTR

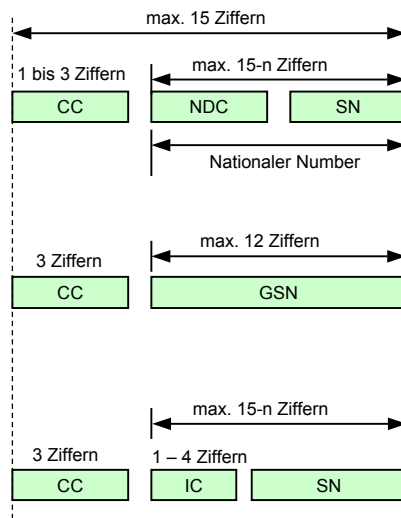
1001	Telekom Austria
1002	UTA Telekom
1003	Multikom Austria Telekom
1004	Global One Telekommunikationsdienste
1005	Tele2 Telecommunication Services
1007	European Telecom International
1009	Vocalis Telekom-Dienste
1011	eTel Austria
1012	tele.ring Telekom Service
1013	NETnet Telekommunikation
1014	MCN Millennium Communication Network
1015	ConnSpec Telekom
1016	Techno-Z Braunau Technologiezentrum
1018	MCI WorldCom Telecommunication Services Austria
1019	Econophone
1021	Carrier1 International
1022	----
1023	VarTec Telekom (Deutschland)
1024	3 U Telekom
1025	COLT Telekom Austria
1027	BroadNet Austria

1028	Raiffeisen Datennetz
1029	CyberTron Telekom
1032	Star Telecommunications
1033	TeleCom-Info-Service
1034	Informations-Technologie Austria
1035	Alltrade Informationstechnologie
1036	Teleport Consulting und Systemmanagement
1038	FacilCom International
1041	Real Voice Communication-Services
1043	atms Telefon- und Marketing Services
1044	ATEL network service provider
1045	Callino Gesellschaft für Telekommunikationsdienste
1046	Mobilkom Austria
1048	LIWEST Kabelmedien
1052	Interline Telekommunikations
1053	master-talk Austria Telekom Service
1055	Priority Telekom
1056	NETWAY
1066	CyberTron mit 1066 Telekom
1067	max.mobil.
1069	Connect Austria

Festnetznummernplan in Österreich



E.164 Nummernsystem



Geographische Bereiche

CC: Country Code
NDC: National Destination Code (optional)
SN: Subscriber Number
n: Anzahl der Stellen im Country Code

Globale Dienste

CC: Country Code für den globalen Dienst
GSN: Global Subscriber Number

Netze

CC: Country Code für Netze
IC: Identification Code
SN: Subscriber Number
n: Anzahl der Stellen im Identification Code

Mobilnetzvorwahlnummern in Österreich

GSM-Netze

650 GSM-Netz der tele.ring
664 GSM-Netz der Mobilkom Austria
676 GSM-Netz der T-Mobile Austria
699 GSM-Netz der Firma Connect Austria

Weitere Mobilfunknetze

660 Hutchison 3G Austria
663 Mobilfunknetz D der Mobilkom Austria
666 Pagerdienst der Mobilkom Austria
669 Pagerdienst der Mobilkom Austria
678 TETRA-Netz der TetraCall Bündelfunk
680 3G Mobile Telecommunications

Mobilnetz-Ländervorwahl (E.212)



Europa 2xx

Albanien	276
Andorra	213
Armenien	xxx
Belarus	257
Belgien	206
Bosnien	218
Bulgarien	284
Dänemark	233
Deutschland	262
Estland	248
Finnland	244
Frankreich	208
Georgien	282
Gibraltar	266
Griechenland	202
Irland	272
Island	274
Italien	222
Jugoslawien	220
Kroatien	219
Lettland	247
Litauen	246
Luxemburg	270
Malta	278
Moldau	259
Monaco	212
Niederlande	204
Norwegen	242

Österreich	232
Polen	260
Portugal	268
Rumänien	226
Russland	250
Schweden	240
Schweiz	228
Slowakei	231
Slowenien	293
Spanien	214
Türkei	286
Tschechien	230
UK	234 + 235
Ukraine	255
Ungarn	216
Zypern	280

Nordamerika 3xx	
Haiti	372
Kanada	302
Kuba	368
Mexiko	334
USA	310-316

Asien 4xx	
Afghanistan	412
Bangladesch	470
Bahrain	426
China	460

Hongkong	454
Indien	404
Irak	418
Iran	432
Israel	425
Japan	440-441
Jemen	421
Jordanien	416
Laos	457
Libanon	415
Mongolei	428
Nepal	429
Nord-Korea	467
Oman	422
Pakistan	410
Saudi Arabien	420
Sri Lanka	413
Süd-Korea	450
Syrien	417
Taiwan	466
Vietnam	452

Ozeanien 5xx	
Australien	505
Indonesien	510
Malaysia	502
Neuseeland	530
Philippinen	515
Singapur	525
Thailand	520

Afrika 6xx

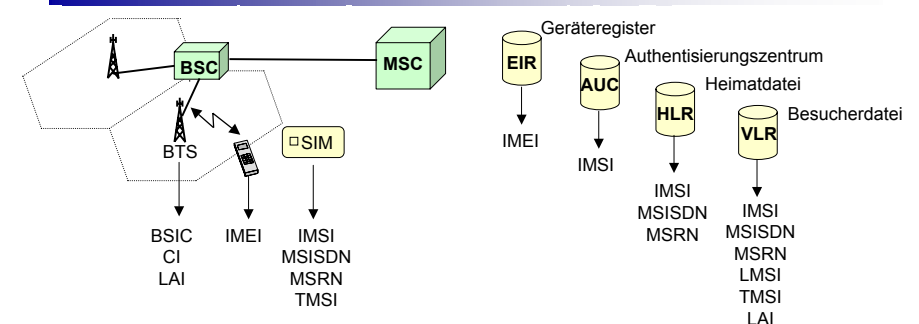
Ägypten	602
Algerien	603
Angola	631
Äthiopien	636
Benin	616
Botsuana	652
Burundi	642
Ivorküste	612
Dschibuti	638
Eritrea	636
Gabun	628
Gambia	607
Ghana	620
Guinea	611
Kamerun	624
Kap Verde	625
Kenia	639
Kongo	629
Liberia	618
Libyen	606
Malawi	650
Mauritius	617
Mosambik	643
Namibia	649
Niger	614
Nigeria	621
Ruanda	635
Sambia	645

Senegal	608
Simbabwe	648
Somalia	637
Sudan	634
Südafrika	655
Swasiland	653
Tansania	640
Tunesien	605
Tschad	622
Uganda	641

Süd-Amerika 7xx

Argentinien	722
Brasilien	724
Bolivien	736
Chile	730
Costa Rica	712
Ecuador	740
El Salvador	706
Guayana	738
Honduras	708
Kolumbien	732
Nicaragua	710
Panama	714
Paraguay	744
Peru	716
Surinam	746
Uruguay	748
Venezuela	734

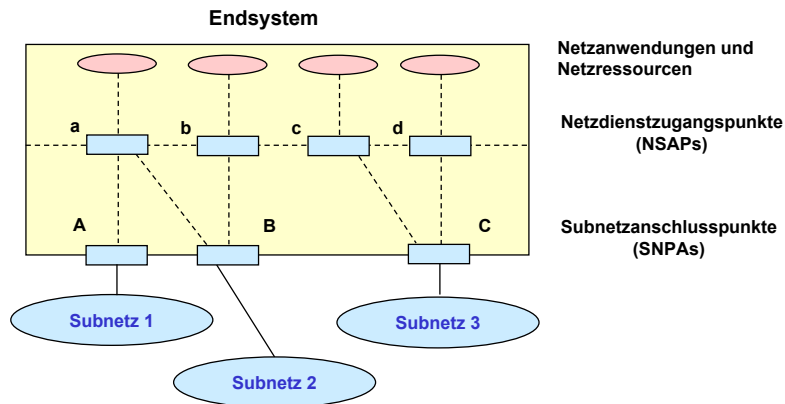
Adressen in GSM



SIM - Subscriber Identity Module
EIR - Equipment Identity Register
AUC - Authentication Centre
HLR - Home Location Register
VLR - Visitor Location Register
BSC - Base Station Controller
BTS - Base Transceiver Station
MSC - Mobile Switching Centre

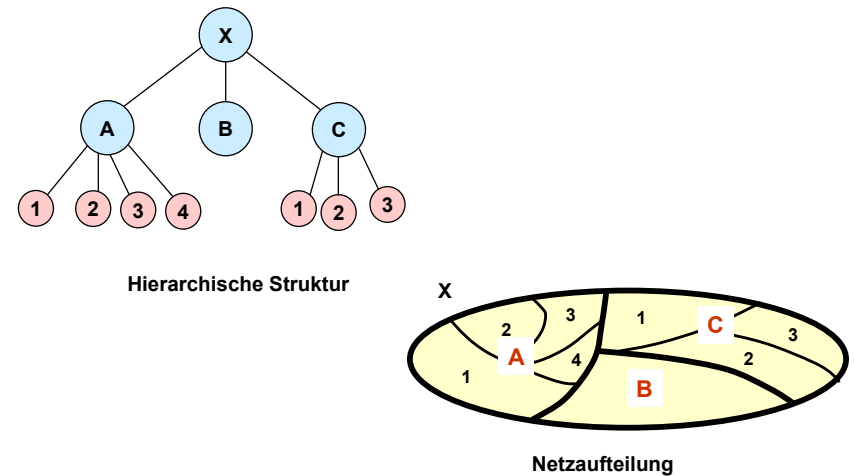
MSISDN - Mobile Subscriber ISDN Number
TMSI - Temporary Mobile Subscriber Identity
MSRN - Mobile Station Roaming Number
LMSI - Local Mobile Station Identity
IMEI - International Mobile Equipment Identity
IMSI - International Mobile Subscriber Identity
BSIC - Base Transceiver Station Identity Code
CI - Cell Identity
LAI - Location Area Identity

OSI-Adressierungskonzept

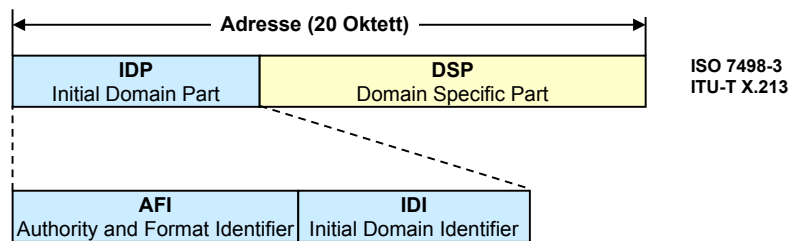


NSAP: Network Service Access Point
SNPA: Subnetwork Point of Attachment

OSI-Domänen und Subnetze



Adress-Struktur nach OSI



AFI

- zweistellige Dezimalzahl 0-99
- bestimmt das IDI-Format und die zuständige Institution
- bestimmt die Syntax des DSP
- Werte: 00-09 nicht benutzt
- 10-35 reserviert
- 36-59 ITU-T und ISO
- 60-69 neue IDI-Formate (ISO)
- 70-79 neue IDI-Formate (ITU-T)
- 80-99 Referenzen

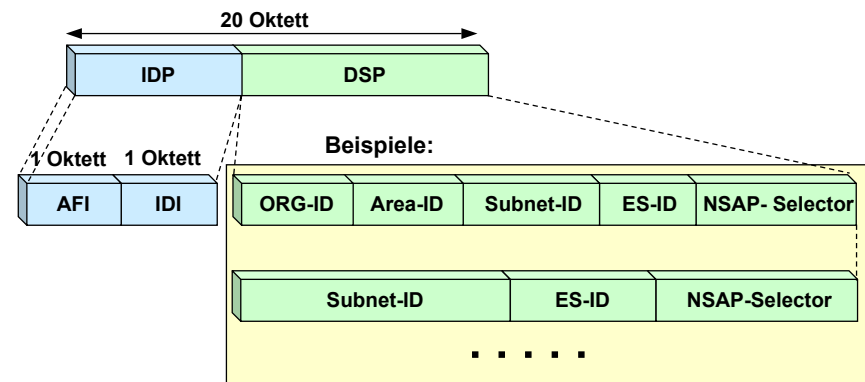
IDI

- bestimmt Adressdomäne z.B. E.164
- bestimmt die für den DSP zuständige Institution

DSP

- Adresse innerhalb Adressdomäne
- wird von der Institution vergeben z.B. Teilnehmernummer

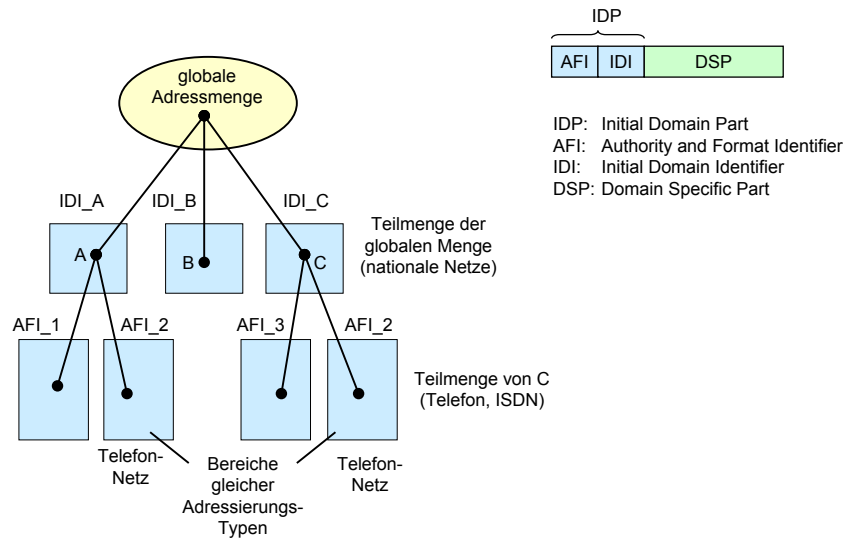
Network Service Access Point (NSAP)



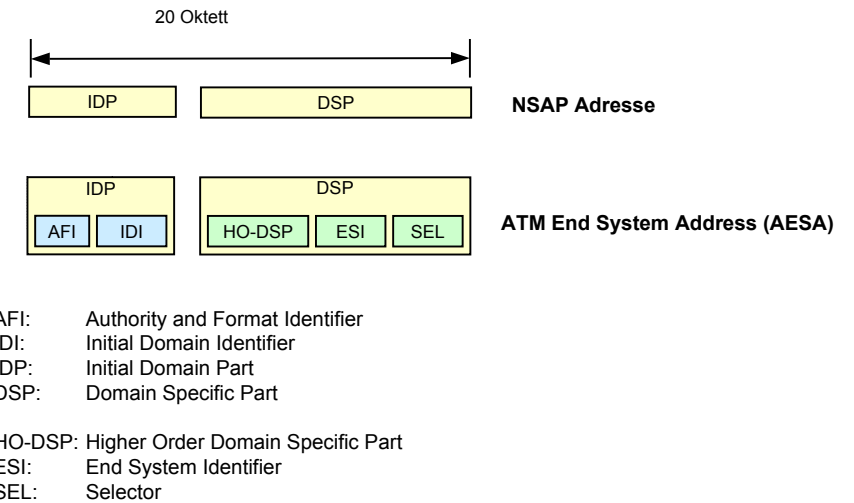
IDP: Initial Domain Part
DSP: Domain Specific Part
AFI: Authority and Format Identifier
IDI: Initial Domain Identifier

ES: End System
NSAP: Network Service Access Point

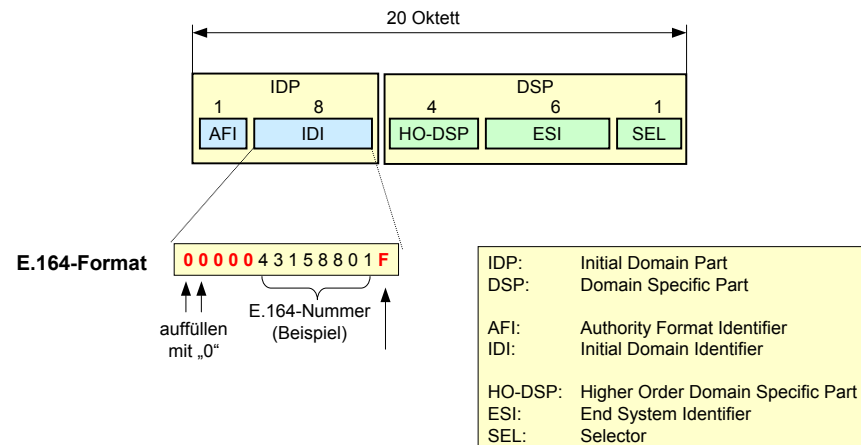
Adressierungssystem



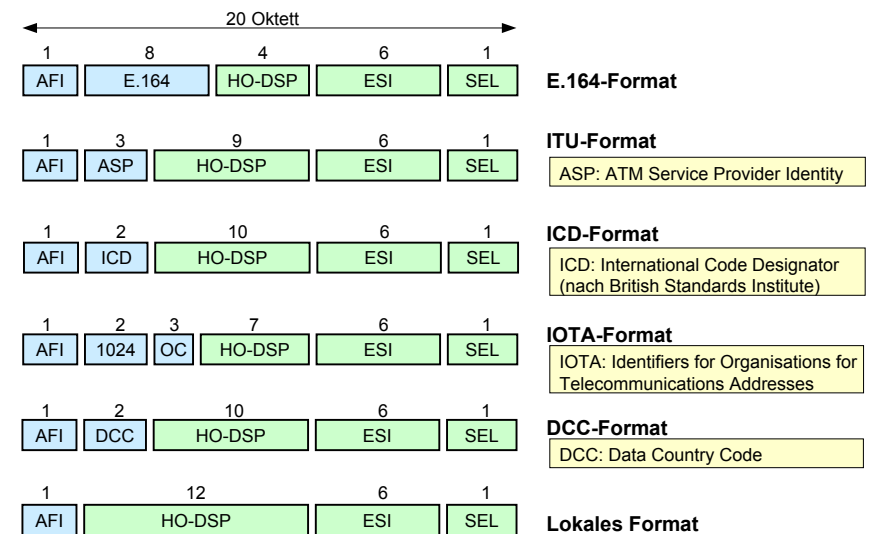
Schema der NSAP Adresse



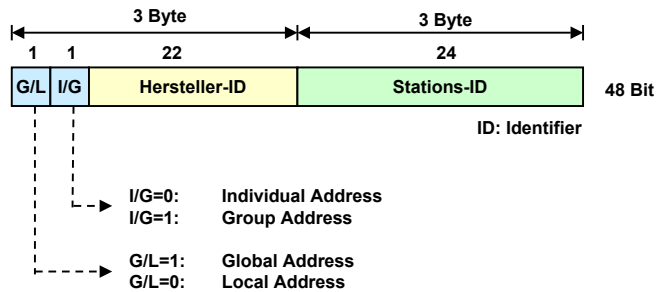
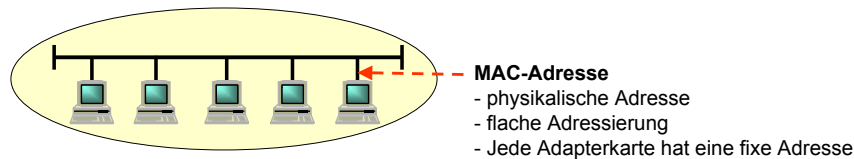
AESA: ATM End System Address



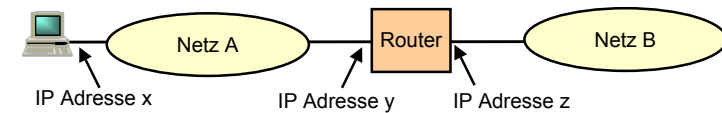
AESA: ATM End System Address



Struktur der IEEE MAC-Adresse



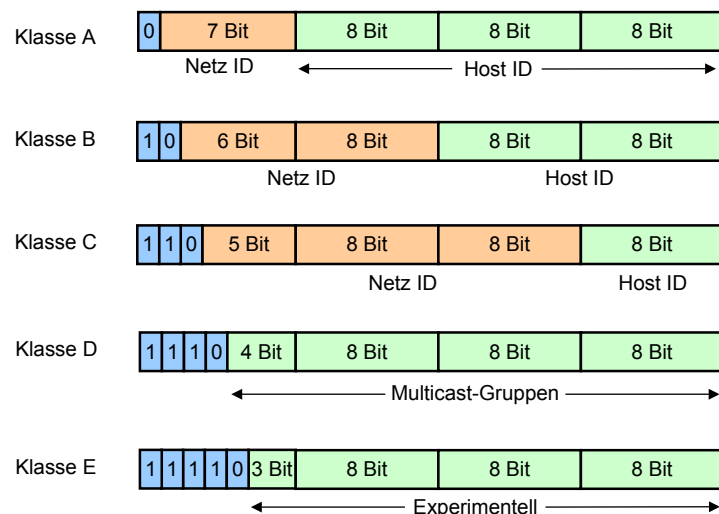
IP-Adressen



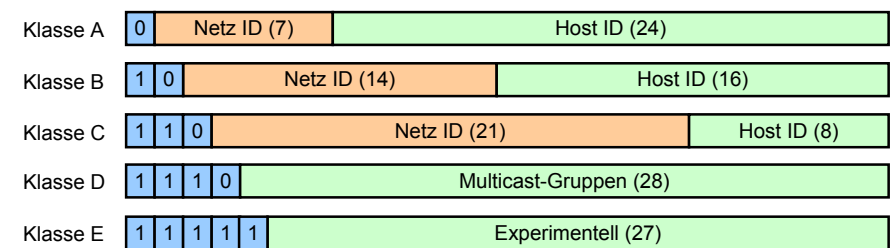
Applikation	Email-Adresse
TCP	
IP	IPv4 / IPv6-Adresse
MAC	MAC-Adresse (Adapter)
PHY	

IPv4 : 32 Bit $\Rightarrow 2^{32} = 4,0 \times 10^9$ Adressen
IPv6 : 128 Bit $\Rightarrow 2^{128} = 3,4 \times 10^{38}$ Adressen

IPv4-Adressklassen (1)



IPv4-Adressklassen (2)



Klasse	Anzahl Netze	Anzahl Hosts	Adressbereich
A	126 ($2^7 - 2$)	16.777.214 ($2^{24} - 2$)	1.0.0.0 – 126.0.0.0
B	16.384 (2^{14})	65.534 ($2^{16} - 2$)	128.1.0.0 – 191.255.0.0
C	2.097.152 (2^{21})	254 ($2^8 - 2$)	192.0.0.0 – 223.225.225.0
D			224.0.0.0 – 239.255.255.255
E			240.0.0.0 – 255.255.255.254

IPv4-Adresse

Beispiel: Klasse B

1	0	00 0000 1111 0000	0000 0001 0110 1101
---	---	-------------------	---------------------

Netz ID

Host ID

Notation

Binär: 1000 0000 1111 0000 0000 0001 0110 1101

Hexadezimal: 80 F0 01 6D

Gruppiert-dezimal 128.240.1.109

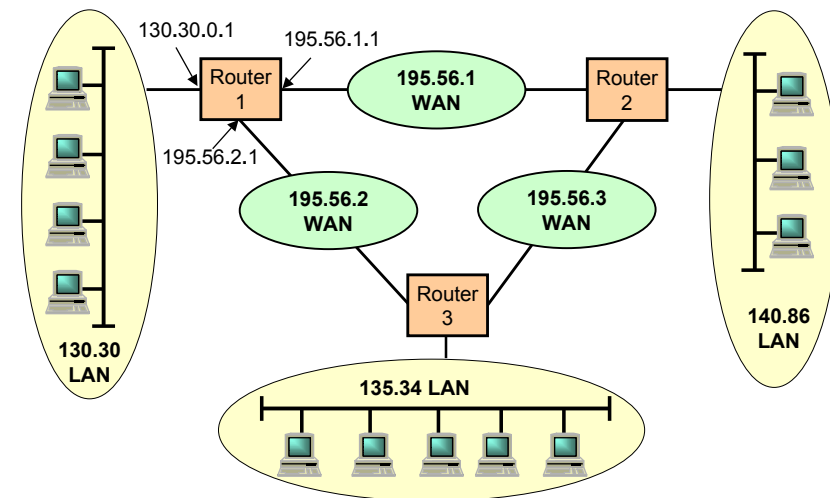
Binäre Zahl: $1011 \Rightarrow 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11$

$2^0 =$	1	$2^3 =$	8	$2^6 =$	64
$2^1 =$	2	$2^4 =$	16	$2^7 =$	128
$2^2 =$	4	$2^5 =$	32	$2^8 =$	256

Hexa-dezimal

Hexa-dezimal	Binär	Dezimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
A	1010	10
B	1011	11
C	1100	12
D	1101	13
E	1110	14
F	1111	15

Router-Netz



Spezielle IPv4-Adressen

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

8, 16, 24 Bit

Eigener Rechner

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Host-ID im eigenen Netz
---------------------------	-------------------------

Ein Host im eigenen Netz

8, 16, 24 Bit

Netz-ID	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
---------	---------------------------------------

Fremdnetz ohne Hostadressierung

8, 16, 24 Bit

Netz-ID	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
---------	---------------------------------------

Broadcast (Fremdnetz)

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Broadcast (eigenes Netz)

8 Bit

127	Host-ID
-----	---------

Loopback

Zusammenfassung von Klasse C Adressen

Bis 1992:

- keine Zusammenhang zwischen Adressen und geographischen Bereichen
- dadurch große Routing-Tabellen

Zuweisung der restlichen Klasse C Adressen

Region	Adressbereich
Multi-regional	192.0.0.0 – 193.255.255.255
Europa	194.0.0.0 – 195.255.255.255
Weitere geographische Bereiche	196.0.0.0 – 197.255.255.255
Nordamerika	198.0.0.0 – 199.255.255.255
Zentral- und Südamerika	200.0.0.0 – 201.255.255.255
Ozeanien	202.0.0.0 – 203.255.255.255
Weitere geographische Bereiche	204.0.0.0 – 205.255.255.255
Weitere geographische Bereiche	206.0.0.0 – 207.255.255.255

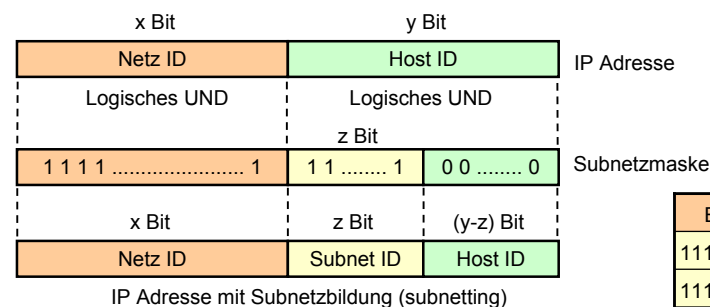
Netz und Host IPv4-Adressen

Klasse	Netzmaske	IP Adresse	Netz ID	Host ID	Host-Adressen
A	255.0.0.0	34.63.1.132	34.0.0.0	0.63.1.132	0.0.1 -- 255.255.254
B	255.255.0.0	148.33.22.5	148.33.0.0	0.0.22.5	0.1 -- 255.254
C	255.255.255.0	195.1.1.34	195.1.1.0	0.0.0.34	1 -- 254

Netzmasken

Klasse A	1111 1111	0000 0000	0000 0000	0000 0000
Klasse B	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
Klasse C	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000

Subnetzbildung (Subnetting)



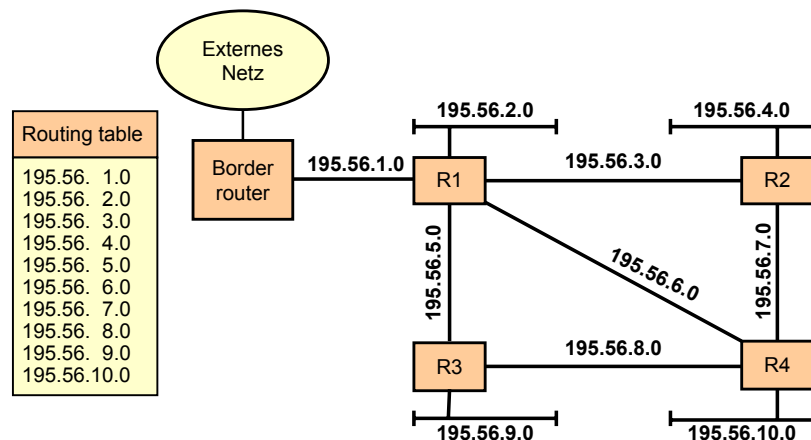
Subnetzbildung:

- Netz ID
- Subnet ID
- Host ID

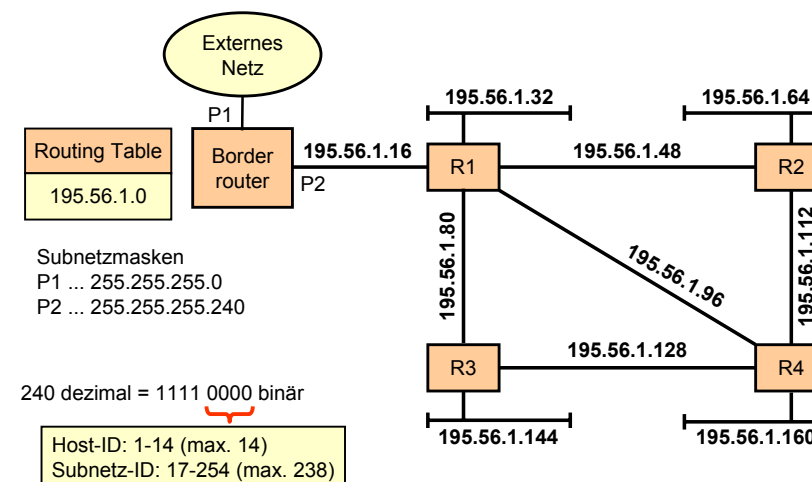
Subnetzmasken

Binär	Dezimal
1111 1111	255
1111 1110	254
1111 1100	252
1111 1000	248
1111 0000	240
1110 0000	224
1100 0000	192
1000 0000	128

Netzklasse C ohne Subnetzbildung



Netzklasse C mit Subnetzbildung



Subnetzmasken

Natürliche Subnetzmasken

Netzklasse A :	255.0.0.0
Netzklasse B :	255.255.0.0
Netzklasse C :	255.255.255.0

8-Bit Masken

Binär	Dezimal
1111 1111	255
1111 1110	254
1111 1100	252
1111 1000	248
1111 0000	240
1110 0000	224
1100 0000	192
1000 0000	128

0000 1001 0100 0011 0010 0110 0000 0001	9.67.38.1	Klasse A Adresse
1111 1111 1111 1111 1111 1111 11xx xxxx	255.255.255.192	Subnetzmaske
0000 1001 0100 0011 0010 0110 00xx xxxx	9.67.38.0	Subnetzbasissadresse
xxxx xxxx 0100 0011 0010 0110 00xx xxxx	68760	Subnetznummer

Klasse A ← Subnetz → Host

Subnetzbildung

Netzklasse A

IP Adresse 34.0.0.0

8-Bit Subnetzmaske
255.255.0.0

16-Bit Subnetzmaske
255.255.255.0

0010 0010	0000 0000	0000 0000	0000 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

Klasse A

Subnetz

Netzklasse C

IP Adresse 195.1.1.34

4-Bit Subnetzmaske
255.255.255.240

Netz-ID = 195.1.1.32

Host-ID = 0.0.0.2

1100 0011	0000 0001	0000 0001	0010 0010
-----------	-----------	-----------	-----------

1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

1100 0011	0000 0001	0000 0001	0010 0000
-----------	-----------	-----------	-----------

0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0010
-----------	-----------	-----------	-----------

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /26

2-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.192 (1100 0000)

Subnetze : $2^2 - 2 = 2$

Hosts pro Subnetz : $2^6 - 2 = 62$

Subnetz 1:	195.1.1	01 00 0000	Netz ID = 195.1.1.64
Subnetz 2:		10 00 0000	Netz ID = 195.1.1.128

- Nicht erlaubt ist Subnetz 0 (Netz ID.0)
- Nicht erlaubt ist Subnetz-Broadcast (Netz ID.192)
- 124 von 254 Host-Adressen werden verwendet (48,8%)

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /27

3-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.224 (1110 0000)

Subnetze : $2^3 - 2 = 6$

Hosts pro Subnetz : $2^5 - 2 = 30$

Subnetz 1:	195.1.1	001 0 0000	Netz ID = 195.1.1.32
Subnetz 2:		010 0 0000	Netz ID = 195.1.1.64
Subnetz 3:		011 0 0000	Netz ID = 195.1.1.96
Subnetz 4:		100 0 0000	Netz ID = 195.1.1.128
Subnetz 5:		101 0 0000	Netz ID = 195.1.1.160
Subnetz 6:		110 0 0000	Netz ID = 195.1.1.192

- Nicht erlaubt ist Subnetz 0 (Netz ID .0)
- Nicht erlaubt ist Subnetzbroadcast (Netz ID .224)
- 180 von 254 Host-Adressen werden verwendet (70,8%)

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /28

4-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.240
(1111 0000)
Subnetze : $2^4 - 2 = 14$
Hosts pro Subnetz : $2^4 - 2 = 14$

Subnetz	Subnetz-ID	Subnetz-ID
1	195.1.1. 0001 0000	195.1.1.16
2	195.1.1. 0010 0000	195.1.1.32
3	195.1.1. 0011 0000	195.1.1.48
4	195.1.1. 0100 0000	195.1.1.64
5	195.1.1. 0101 0000	195.1.1.80
6	195.1.1. 0110 0000	195.1.1.96
7	195.1.1. 0111 0000	195.1.1.112
8	195.1.1. 1000 0000	195.1.1.128
9	195.1.1. 1001 0000	195.1.1.144
10	195.1.1. 1010 0000	195.1.1.160
11	195.1.1. 1011 0000	195.1.1.176
12	195.1.1. 1100 0000	195.1.1.192
13	195.1.1. 1101 0000	195.1.1.208
14	195.1.1. 1110 0000	195.1.1.224

- Nicht erlaubt ist
Subnetz 0 (Netz ID .0)
Subnetzbroadcast (Netz ID .240)
- 196 von 254 Host-Adressen
werden verwendet (77,2%)

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /29

5-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.248
(1111 1000)
Subnetze : $2^5 - 2 = 30$
Hosts pro Subnetz : $2^3 - 2 = 6$

Subnetz	Subnetz-ID	Subnetz-ID
1	195.1.1. 0000 1 000	195.1.1.8
2	195.1.1. 0001 0 000	195.1.1.16
3	195.1.1. 0001 1 000	195.1.1.24
4	195.1.1. 0010 0 000	195.1.1.32
5	195.1.1. 0010 1 000	195.1.1.40
6	195.1.1. 0011 0 000	195.1.1.48
7	195.1.1. 0011 1 000	195.1.1.64
24	195.1.1. 1100 0 000	195.1.1.194
25	195.1.1. 1100 1 000	195.1.1.202
26	195.1.1. 1101 0 000	195.1.1.210
27	195.1.1. 1101 1 000	195.1.1.216
28	195.1.1. 1110 0 000	195.1.1.224
29	195.1.1. 1110 1 000	195.1.1.232
30	195.1.1. 1111 0 000	195.1.1.240

14 • 2 Subnetze

- Nicht erlaubt ist
Subnetz 0 (Netz ID .0)
Subnetzbroadcast (Netz ID .248)
- 180 von 254 Host-Adressen
werden verwendet (70,8%)

2•1 + 14•2 = 30 Subnetze

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /30

6-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.252
(1111 1100)
Subnetze : $2^6 - 2 = 62$
Hosts pro Subnetz : $2^2 - 2 = 2$

Subnetz	Subnetz-ID	Subnetz-ID
1	195.1.1. 0000 01 00	195.1.1.4
2	195.1.1. 0000 10 00	195.1.1.8
3	195.1.1. 0000 11 00	195.1.1.12
4	195.1.1. 0001 00 00	195.1.1.16
5	195.1.1. 0001 01 00	195.1.1.20
6	195.1.1. 0001 10 00	195.1.1.24
7	195.1.1. 0001 11 00	195.1.1.28
56	195.1.1. 1110 00 00	195.1.1.224
57	195.1.1. 1110 01 00	195.1.1.228
58	195.1.1. 1110 10 00	195.1.1.232
59	195.1.1. 1110 11 00	195.1.1.236
60	195.1.1. 1111 00 00	195.1.1.240
61	195.1.1. 1111 01 00	195.1.1.244
62	195.1.1. 1111 10 00	195.1.1.248

14 • 4 Subnetze

- Nicht erlaubt ist
Subnetz 0 (Netz ID .0)
Subnetzbroadcast (Netz ID .252)
- 124 von 254 Host-Adressen
werden verwendet (48,8%)

2•3 + 14•4 = 62 Subnetze

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /28

4-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.240 (1111 0000) Subnetze: $2^4 - 2 = 14$
Hosts pro Subnetz : $2^4 - 2 = 14$

Subnetz 1

Host number		
	195.1.1. 0001 0000	Netz ID = 195.1.1.16
Host 1	195.1.1. 0001 0001	Host ID = 195.1.1.17
Host 2	195.1.1. 0001 0010	Host ID = 195.1.1.18
-----	195.1.1. 0001 -----	-----
Host 14	195.1.1. 0001 1110	Host ID = 195.1.1.30
Broadcast	195.1.1. 0001 1111	Broadcast ID = 195.1.1.31

Subnetz 2

Host number		
	195.1.1. 0010 0000	Netz ID = 195.1.1.32
Host 1	195.1.1. 0010 0001	Host ID = 195.1.1.33
Host 2	195.1.1. 0010 0010	Host ID = 195.1.1.34
-----	195.1.1. 0010 -----	-----
Host 14	195.1.1. 0010 1110	Host ID = 195.1.1.46
Broadcast	195.1.1. 0010 1111	Broadcast ID = 195.1.1.47

Netzklasse C - Adresse 195.1.1.0 /28

4-Bit Subnetzmaske

Subnetzmaske: 255.255.255.240 (1111 0000)
 Subnetze : $2^4 - 2 = 14$
 Hosts pro Subnetz : $2^4 - 2 = 14$

195.1.1.0
195.1.1.1
195.1.1.2

195.1.1.15

Subnetz 0
 (Ungültige Host-Adressen)

195.1.1.16
195.1.1.32
195.1.1.48

195.1.1.224

Subnetz 1
Subnetz 2
Subnetz 3

Subnetz 14
 (Ungültige Host-Adressen)

195.1.1.31
195.1.1.47
195.1.1.63

195.1.1.239

Broadcast
 in Subnetz 1
 in Subnetz 2
 in Subnetz 3

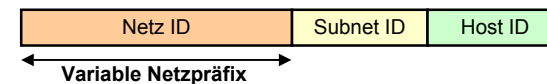
 in Subnetz 14
 (Ungültige Host-Adressen)

195.1.1.240
195.1.1.241

195.1.1.254
195.1.1.255

(Ungültige Host-Adressen)
Broadcast in allen Subnetzen

CIDR: Classless Inter-Domain Routing



Ersetzen der festen Netzklassen durch Netz-Präfixe variabler Länge (13 bis 27 Bit)

Beispiel: 129.24.12.0/14

Die ersten 14 Bit der IP-Adresse werden für die Netz-Identifikation verwendet

Einsatz in Verbindung mit hierarchischem Routing

- Backbone-Router betrachtet nur z.B. die ersten 13 Bit (kleine Routing-Tabellen, wenig Rechenaufwand)
- Router eines angeschlossenen Providers z.B. die ersten 15 Bit
- Router in einem Firmennetz mit 128 Hosts betrachtet 25 Bit

Durch geschickte Adressvergabe können mehrere ursprüngliche Netze der Klasse C durch ein einziges Präfix zusammengefasst werden

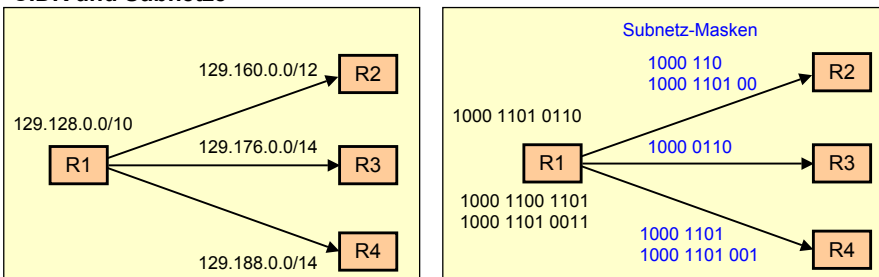
CIDR : Classless Inter-Domain Routing

Wiederholte Zusammenfassung führt zu kürzeren Präfixes der IP-Adressen

Vorteil: Reduzierung der Größe von Routingtabellen
 Auffinden des „Longest Matching Prefix“

Class C ist auch nach dem geographischem Vorkommen unterteilt
 Europa: 194.0.0.0 – 195.255.255.255

CIDR und Subnetze



IP-Adressendarstellung

IPv4: gruppiert Dezimal (Dotted-Decimal): 127.23.45.88

IPv6: gruppiert Hexadezimal (Colon-Hex)

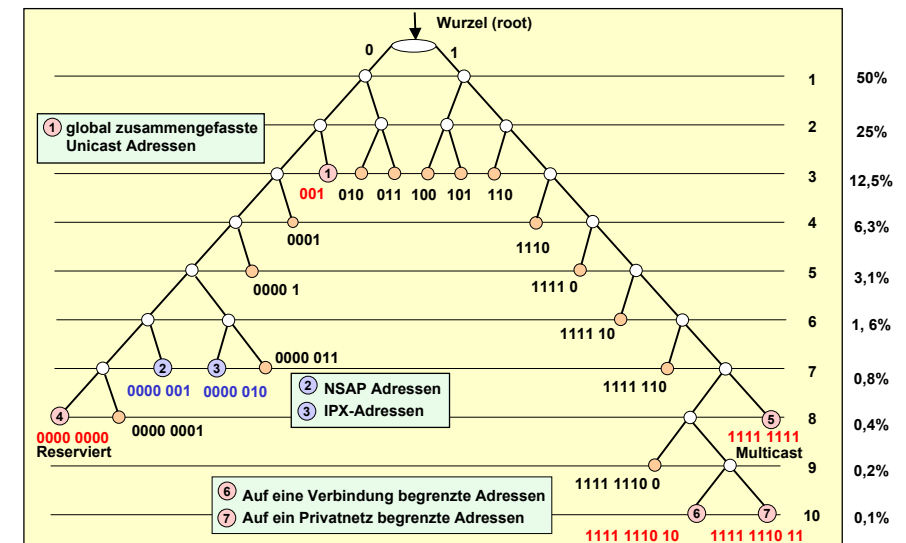
FEDC:0000:0000:3243:0000:0000:ABCD

- Nullen am Anfang jeder Gruppe dürfen weggelassen werden
- Nur eine Null-Zwischengruppe darf weggelassen werden
 FEDC::3243:0000:0000:ABCD
 FEDC:0000:0000:0000:3243::ABCD
- Letzte 4 Byte (32 Bit) können auch gruppiert dezimal (dotted-decimal) geschrieben werden (Kompatibilität mit IPv4)
 ::127.23.45.88
- Präfix Angabe durch /Maskenlänge
 2345:BA23:0007:0000:0000:0000:0000:0000 /40
 2345:BA23::/40

Anzahl IPv6-Adressen

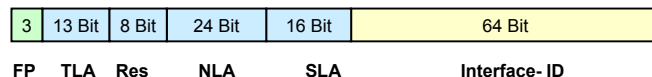
- **128 Bit (feste Länge)**
 - $2^{128} = 3.4 \times 10^{38}$ Adressen $\Rightarrow 665 \times 10^{21}$ Adressen pro m^2 der Erdoberfläche
 - 128 Bit anstatt 32 Bit
 - $\Rightarrow 340\ 282\ 366\ 920\ 938\ 463\ 463\ 374\ 607\ 431\ 768\ 211\ 456\ (3 \times 10^{38})$ Hosts
 - $\Rightarrow 665\ 570\ 793\ 348\ 866\ 943\ 898\ 599$ Hosts pro m^2 der Erdoberfläche
 - Bei einer Adresszuweisungsrate von $10^6 / \mu\text{s}$, würde es 20 Jahre dauern
-
- 32 Bit $\Rightarrow 4 \times 10^9$ Hosts (durch die Klasseneinteilung sind nicht alle Adressen vorhanden)
 - Hierarchische Zuweisung \Rightarrow verschnitt wie in der Telefonie
 - Erwartete Ausnutzungsgrad von 8×10^{17} bis 2×10^{33} Adressen
 - $8 \times 10^{17} \Rightarrow 1\ 564$ Adressen pro m^2 der Erdoberfläche
 - 85% noch nicht zugeordnet
-
- mehrere Schnittstellen (Interfaces) pro Host und mehrere Adressen pro Schnittstelle
 - Unicast, Multicast, Anycast
 - Adressenzuweisung: Provider-basierend, lokal pro Netzbereich, lokal pro Anschluss

IPv6: Binäre Präfixwerte



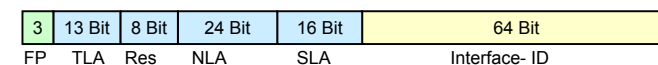
IPv6-Adressstruktur

Global zusammengefasste Unicast Adressen

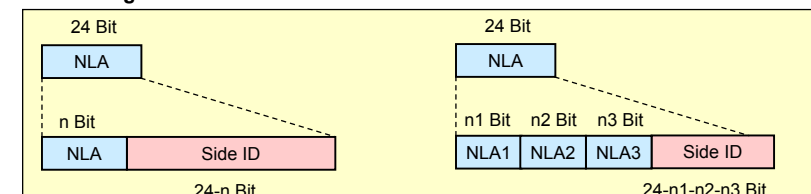


FP: Format Prefix (001)
TLA: Top Level Aggregator (Netzstrukturierung)
NLA: Next Level Aggregator (Provider)
SLA: Site Level Aggregator (Subnetz)

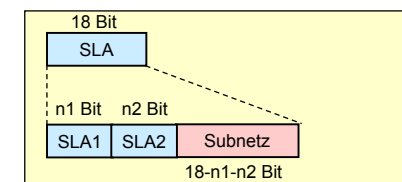
IPv6-Adressstruktur



Aufteilung von NLA-Adressen



Aufteilung von SLA-Adressen



FP: Format Prefix (001)
TLA: Top Level Aggregator (Netzstrukturierung)
NLA: Next Level Aggregator (Provider)
SLA: Site Level Aggregator (Subnetz)