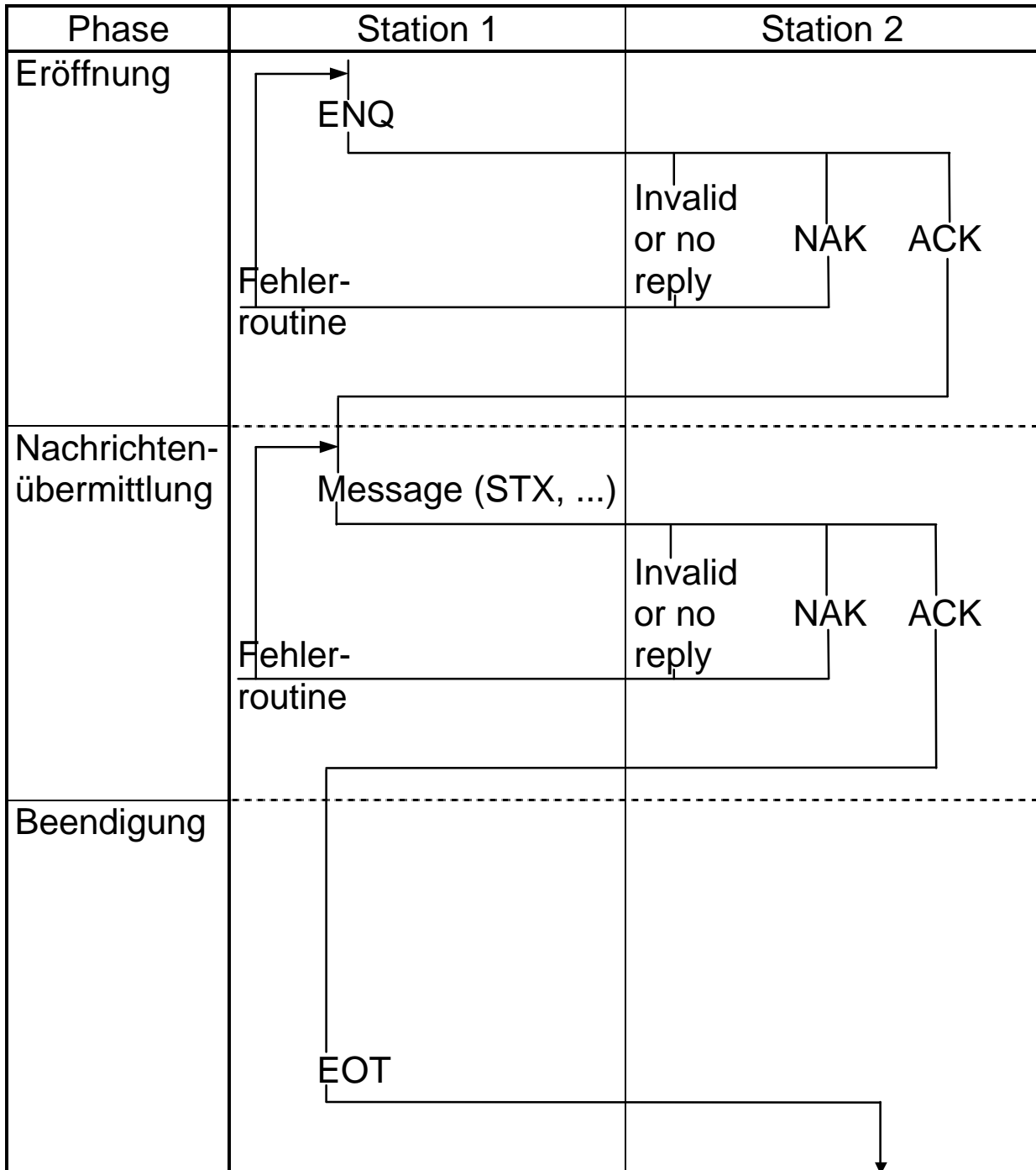
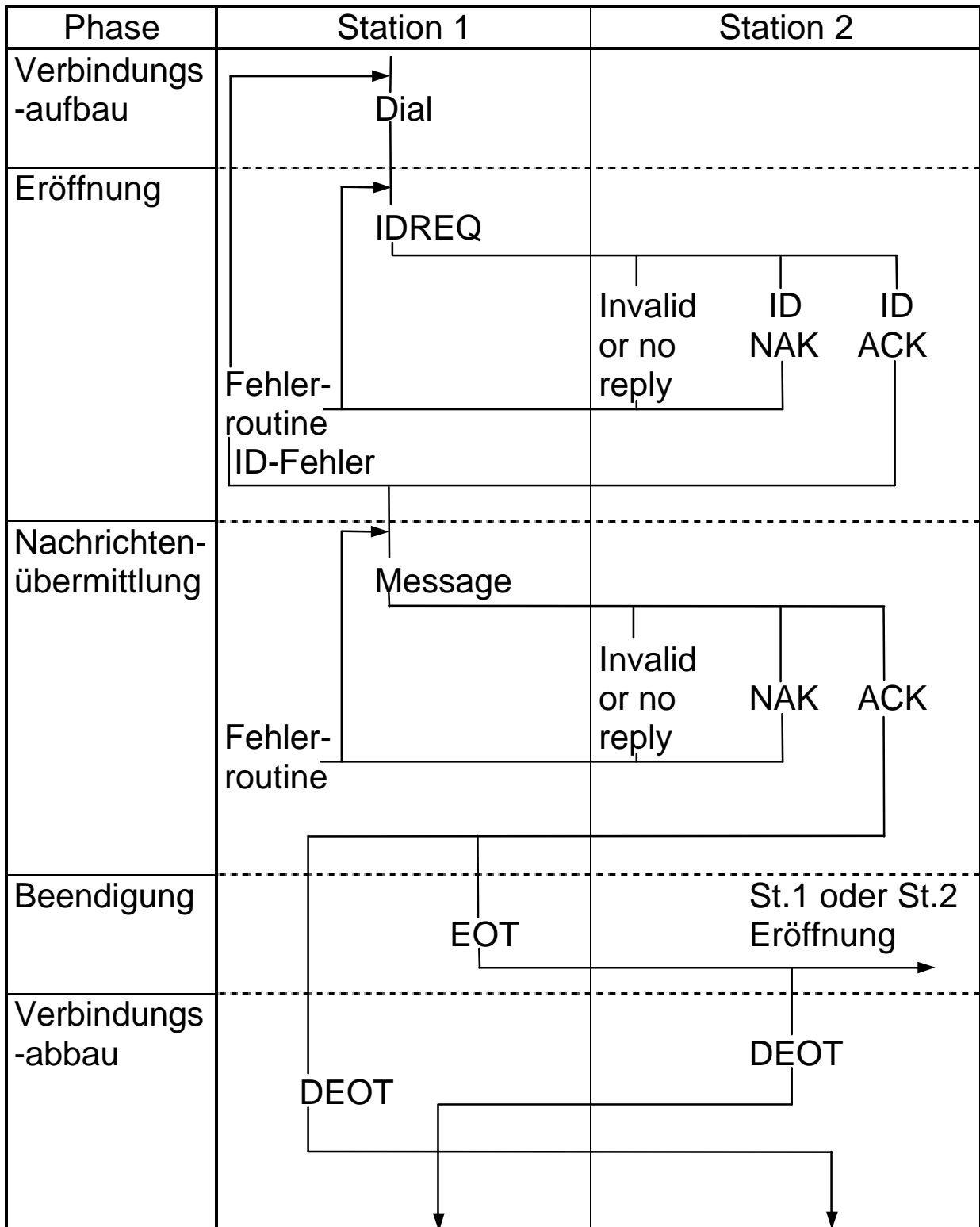


Protokollgrundlagen (Schicht 2)

Einfaches Kommunikationsprotokoll für eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung:



Einfaches Kommunikationsprotokoll für eine geschaltene Punkt-zu-Punkt-Verbindung:



Steuercodes am Beispiel IA5 (mit ASCII/DIN-Abweichungen):

b ₇ b ₆ b ₅ \ b ₄ b ₃ b ₂ b ₁	0 (000)	1 (001)	2 (010)	3 (011)	4 (100)	5 (101)	6 (110)	7 (111)
0 (0000)	NUL	DLE		0	@ (§)	P	`	p
1 (0001)	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2 (0010)	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3 (0011)	ETX	DC3	# (£)	3	C	D	c	s
4 (0100)	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5 (0101)	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6 (0110)	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7 (0111)	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8 (1000)	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9 (1001)	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A (1010)	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B (1011)	VT	ESC	+	;	K	[(Ä)	k	{ (ä)
C (1100)	FF	FS	,	<	L	\ (Ö)	l	| (ö)
D (1101)	CR	GS	-	=	M	] (Ü)	m	} (ü)
E (1110)	SO	RS	.	>	N	^	n	~ (ß)
F (1111)	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

NUL	Null
SOH	Start of Heading Beginn des Headers
STX	Start of Text Beginn der Nachricht
ETX	End of Text Ende der Nachricht (STX)
EOT	End of Transmission Ende der Übertragung
ENQ	Enquiry Anfrage (Bereitschaft, ID,)
ACK	Acknowledgement Positive Bestätigung
BEL	Bell
BS	Backspace
HT	Horizontal Tabulator
LF	Linefeed
VT	Vertical Tabulator
FF	Formfeed
CR	Carriage Return
SO	Shift Out

SI	Shift In	
DLE	Data Link Escape	Das unmittelbar folgende Zeichen hat eine andere Bedeutung
DC1	Device Control 1	
DC2	Device Control 2	
DC3	Device Control 3	
DC4	Device Control 4	
NAK	Negative Acknowledgement	Negative Bestätigung
SYN	Synchronous Idle	Synchronisationszeichen, das am Anfang bzw. in Pausen gesendet wird
ETB	End of Transmission Block	Ende eines Übertragungsblocks, der nicht das Ende der Nachricht ist
CAN	Cancel	
EM	End of Medium	
SUB	Substitute	
ESC	Escape	
FS	File Separator	
GS	Group Separator	
RS	Record Separator	
US	Unit Separator	

DLE-Paare

DEOT	DLE EOT	Mandatory disconnect
ACK0	DLE 0	Alternate ACK
ACK1	DLE 1	Alternate ACK
WABT	DLE ;	Wait Before Transmission
RVI	DLE <	Reverse Interrupt
	DLE STX	Start of Transparent Text
	DLE ETB	End of Transparent Transmission Block
	DLE ETX	End of Transparent Text
	DLE SYN	Transparent Synchronous Idle

HDLC

Betriebsarten

NRM	Normal Response Mode Primärstation → Sekundärstation, Halbduplex
ARM	Asynchronous Response Mode Primärstation → Sekundärstation, Fullduplex
ABM	Asynchronous Balanced Mode Beide Stationen gleichwertig, Fullduplex

Frameformat

01111110	Inhalt	01111110
Flag	Steuerzeichen und Text	Flag

Problem: Flag kommt im Inhalt vor

Lösung: Bitstuffing (nach 5*1 kommt immer eine 0)

Zusätzlich zum Flag zwei Sonderzeichen:

7 * „1“: frame abortion

15 * „1“: channel not active

Control-Feld

Commands und Responses			Controlbyte			
Format	Commands	Responses	Codierung			
I-Frame	I		N(R)	P	N(S)	0
S-Frame		RR	N(R)	F	00	01
		RNR	N(R)	F	01	01
		REJ	N(R)	F	10	01
U-Frame	SABM		001	P	11	11
	DISC		010	P	00	11
		UA	011	F	00	11
		FRMR	100	F	01	11

In jeder beteiligten Station existieren noch zwei Register
(mit der Größe 3 Bit):

V(S) Sendefolgeregister
V(R) Empfangsfolgeregister

Unnumbered Frame

01111110	Flag (1 Byte)
Adresse	Adresse (1 Byte)
Control 11	Kontrollfeld mit den letzten beiden Bits 1 (1 B.)
1	Daten (3 Byte)
2	
3	
FCS	Prüfsumme (2 Byte)
01111110	Flag (1 Byte)

SABM Set Asynchronous Balanced Mode
DISC DISConnect
UA Unnumbered Acknowledge
FRMR FRaMe Reject

Information Transfer Frame

01111110	Flag (1 Byte)
Adresse	Adresse (1 Byte)
Control 0	Kontrollfeld mit dem letzten Bit 0 (1 Byte)
...	Daten (beliebige Länge)
FCS	Prüfsumme (2 Byte)
01111110	Flag (1 Byte)

N(S) ← V(S) Nummerierung des I-Rahmens
N(R) ← V(R) Empfang der Rahmen bis V(R)-1 bestätigt

Supervisory Frames

01111110	Flag (1 Byte)
Adresse	Adresse (1 Byte)
Control 01	Kontrollfeld (letzten beiden Bits 01 ;1 Byte)
FCS	Prüfsumme (2 Byte)
01111110	Flag (1 Byte)

REJ REJect
 RNR Receive Not Ready
 RR Receive Ready

Beispiele

Standardübertragung

Station A				Station B			Bemerkung
V(S) _A	V(R) _A	C/R		C/R	V(S) _B	V(R) _B	
0	0	SABM	→	UA	0	0	A fordert Verbdg. an B bestätigt
1		I(0,0)	→			1	A → Daten
2		I(1,0)	→	RR(1)		2	B bestätigt
3		I(2,0)	→	I(0,2)	1	3	Beide schicken Daten und bestätigen im I-Rahmen
4	1	I(3,1)	→	I(1,3)	2	4	
	2	RR(2)	→	I(2,4)	3		
	3	RR(3)	→				
		DISC	→				Abbau (A)
			→	UA			B bestätigt

Ein I-Rahmen geht verloren

Station A			Station B			Bemerkung
V(S) _A	V(R) _A	C/R	C/R	V(S) _B	V(R) _B	
0	0	SABM				
			UA	0	0	A fordert Verbdg. an B bestätigt
1		I(0,0)			1	A → Daten
2		I(1,0)	RR(1)		2	B bestätigt
3		I(2,0)		1	3	Beide schicken Daten und bestätigen im I-Rahmen
4	1	I(3,1)		2	4	
	2	RR(2)		3		
	3	RR(3)		4		
			I(3,4)			Störung
			I(4,4)	5		Zurückweisung
		REJ(3)		6		
			I(5,4)			Ignorieren Wiederholung
	4	RR(4)		4		
	5	RR(5)		5		
	6	RR(6)		6		
			I(5,4)			
			I(4,4)			
		DISC				Abbau (A)
			UA			B bestätigt

Komplizierter Fehler und Empfänger nicht bereit

