

Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Winkler, Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences, Fakultät Elektro- und Informationstechnik

 win@hsmw.de  <https://www.telecom.hs-mittweida.de>

- Motivation und Ziel:

Der Dienst Fax ist neben dem Fernsprechen ein wichtiger Telekommunikationsdienst. Man unterscheidet Faxgeräte der Gruppen 1 bis 4. Derzeit dominieren Geräte der Gruppe 3. Für diese werden das Prinzip, der Aufbau, die Funktion und der Betrieb besprochen.

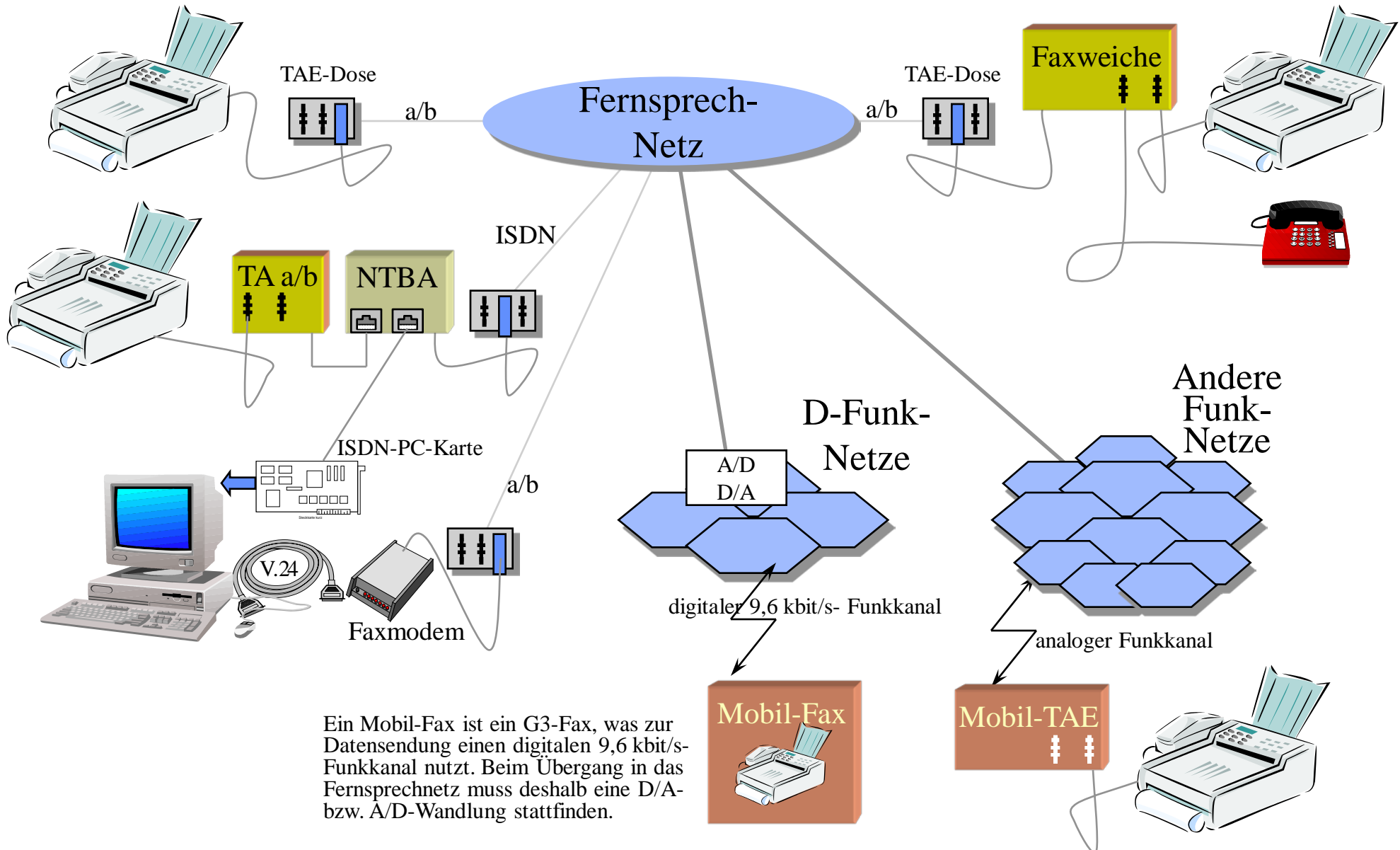
- Inhaltsübersicht :

• Übersicht	1
• Anschluss-Szenarien für G3-Faxgeräte	3
• Einteilung und Hauptfunktionsgruppen	4
• Modemfestlegungen	6
• Kommunikationsprotokoll: Betriebsarten, Call-Phases, Protokollnachrichten	7
• Betriebsabläufe	9
• Faxweichen	17
• Der PC als Faxgerät	20
• Abtastformate und Codierung	22
• Beispiele für Codierung und Decodierung	27
• Übungen und Fragen	30



- Der Dienst Telefax dient zur Übertragung von A4-orientiertem Schriftgut über das **Fernsprechnetz**. Der Vorteil ist, dass verschiedene Inhalte (Texte, Skizzen, Bilder und vor allem Unterschriften) unkompliziert weltweit übertragen werden können.
- Die zu übertragende Vorlage wird punktweise Zeile für Zeile optisch abgetastet. Die Abtastwerte werden digitalisiert (in "0" und "1").
- Um die Anzahl der zu übertragenden Bits zu minimieren, erfolgt nach der Digitalisierung eine Datenkompression. Anschließend werden die binären Informationen mittels eines speziellen Modems übertragen.
- International wurden 4 Gruppen standardisiert (G1 bis G4).
- Die Geräte der Gruppe 1 bis 4 unterscheiden sich durch:
 - die Abtastfeinheit (wieviel Bildpunkte pro Zeile, wieviel Abtastzeilen pro mm),
 - die Codierungsverfahren zur Datenreduktion,
 - die Übertragungsgeschwindigkeit und die Übertragungsverfahren.
- Geräte verschiedener Gruppen sind nicht kompatibel!
- Faxgeräte der Gruppe 3 wurden für das Fernsprechnetz konzipiert, Geräte der Gruppe 4 für das ISDN. Geräte der Gruppen 1 und 2 sind heutzutage unbedeutend.
- Die Standardisierung für Faxgeräte erfolgte durch das ITU-T. G3-Geräte werden in den Empfehlungen T.4 und T.6, Geräte der Gruppe 4 in der T.5 spezifiziert.

Anschluss-Szenarien für G3-Faxgeräte



Ein Mobil-Fax ist ein G3-Fax, was zur Datensendung einen digitalen 9,6 kbit/s-Funkkanal nutzt. Beim Übergang in das Fernsprechnetzt muss deshalb eine D/A- bzw. A/D-Wandlung stattfinden.

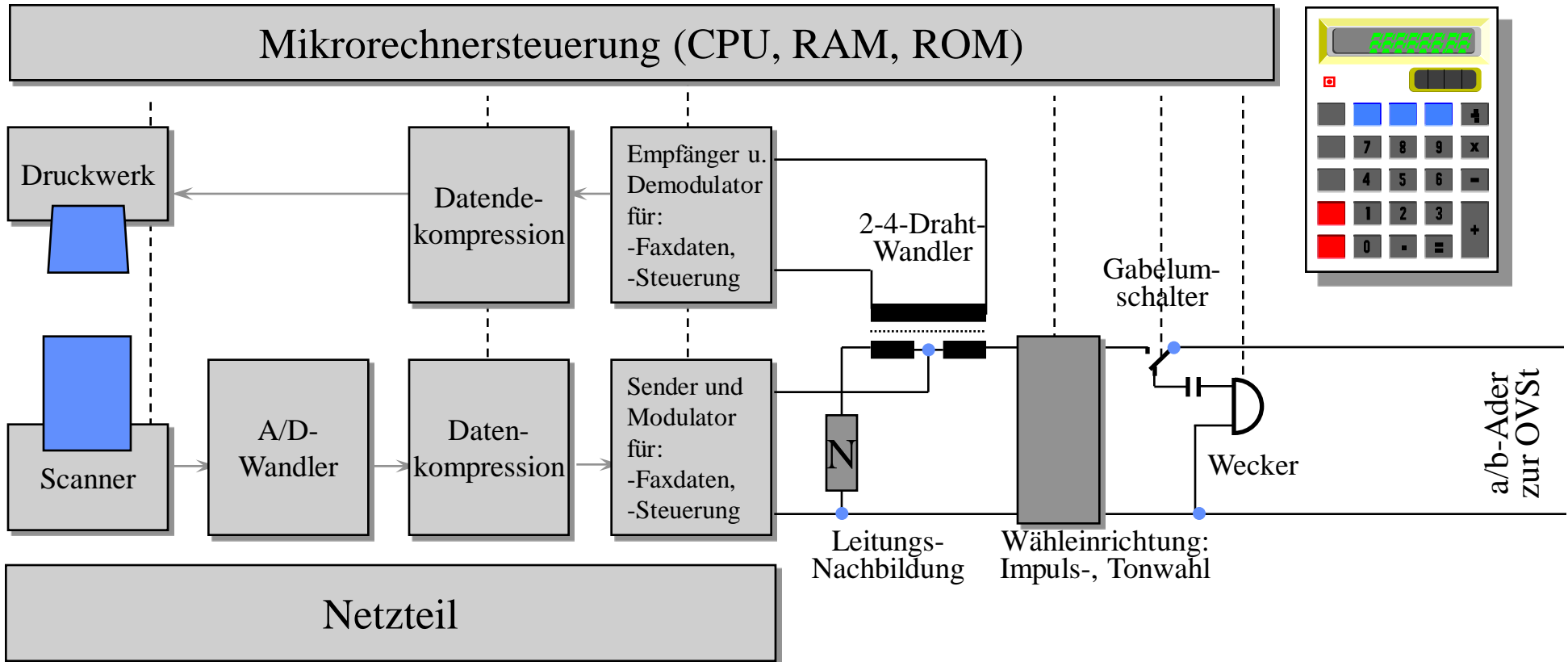
Gruppen-Einteilung von Fernkopierern nach ITU-T



ITU-T-Gruppe	Übertragungsverfahren	horizontale Auflösung in Punkte pro mm	vertikale Auflösung in Zeilen pro mm	Übertragungsdauer einer Seite
G1	Modem (analog)	3,85	3,85	ca. 6 Min.
G2	Modem (analog)	3,85	3,85	ca. 3 Min.
G3	Modem (analog)	8,00	normal: 3,85 fein: 7,70 superfein: 15,40	< 60 Sek.
G4/1	ISDN-B-Kanal (digital)	8,00 9,45	7,70 9,45	4..6 Sek.
G4/2	ISDN-B-Kanal (digital)	8,00 9,45 11,81	7,70 9,45 11,81	4..6 Sek.
G4/3	ISDN-B-Kanal (digital)	8,00 9,45 11,81 16,00	7,70 9,45 11,81 16,00	4..6 Sek.

Die Hauptfunktionsgruppen eines G3-Faxgerätes

- Ein Faxgerät besteht aus einem speziellen Modem, einer A4-Vorlagenabtasteinheit (Scanner genannt), einem Drucker und einer Bedieneinheit.
- Beim Faxgerät sind die DEE und die DÜE, ähnlich wie beim Telefon, in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht.





- In einem Faxgerät oder einem Faxmodem sind mindestens zwei Modemschaltkreise enthalten:
 - ein Modem für die Steuerung der Datenübertragung nach V.21 (300 bit/s),
 - ein oder mehrere Modems für die Datenübertragung, mindestens aber ein Modem nach V.27ter, welches 2400 bit/s unterstützt.
- Übersicht über Modems in G3-Faxgeräten:

ITU-Typ	Verwendung	Bit per second (bps)	Baud	Bit per step	Carrier in Hz	Bandwidth in Hz
V.21	Steuerung	300	300	1	1750	1450-2050
V.27ter	Datenübertragung	4800	1600	3	1800	950-2650
		2400	1200	2		1150-2450
V.29	Datenübertragung	9600	2400	4	1700	450-2950
		7200	2400	3		450-2950
V.17	Datenübertragung	14400	2400	6	1800	550-3050
		12000	2400	5		550-3050

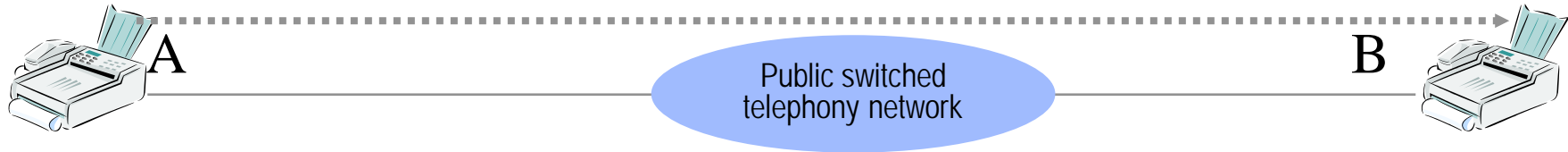


- Bei der Standardisierung bemühte man sich, die Bedienung einfach zu halten, angelehnt an den Telefoniedienst.
- Folgende Betriebsarten sind möglich:

	Operating method		Direction of facsimile transmission
	Calling Terminal (A)	Called Terminal (B)	
1	Manual	Manual	Transmit to called terminal
			Receive from called terminal
2	Manual	Automatic	Transmit to called terminal
			Receive from called terminal
3	Automatic	Manual	Transmit to called terminal
			Receive from called terminal
4	Automatic	Automatic	Transmit to called terminal
			Receive from called terminal

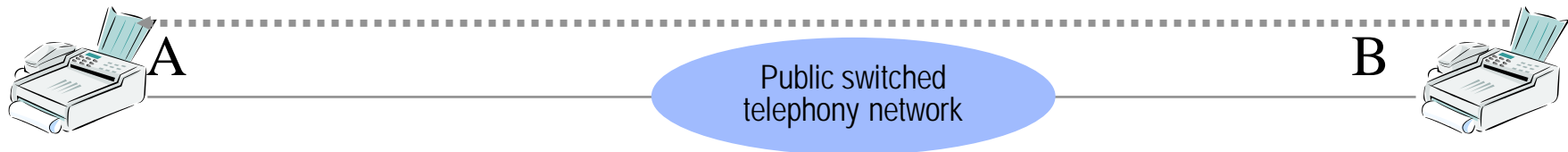


- **Fall 1: A wählt B und sendet an B ein Fax**



- **Fall 2: A wählt B und ruft von B ein Fax ab.**

- Voraussetzung: bei B wurde Fax gespeichert.
- Sicherheit:
 - gespeichertes Fax bei B wurde mit A-Rufnummer und zusätzlich mit Passwort versehen.
 - A überträgt bei Sendeaufforderung Rufnummer und Passwort. B prüft und sendet nur an berechtigte Abrufer.

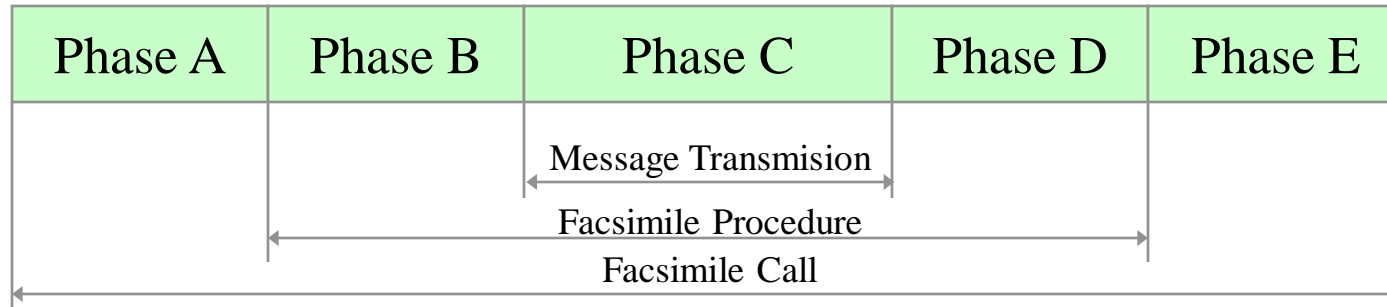


- Fall 2 wird als Fax-Abruf (Polling) bezeichnet:

- Fall 2a: Zentrales Faxterminal (A) ruft von mehreren B-Terminals Faxsendungen ab (z.B. Tagesberichte)
- Fall 2b: Mehrere A-Terminals rufen von einem zentralen B-Fax Nachrichten ab.



- Zeitlicher Ablauf eines Facsimile-Calls

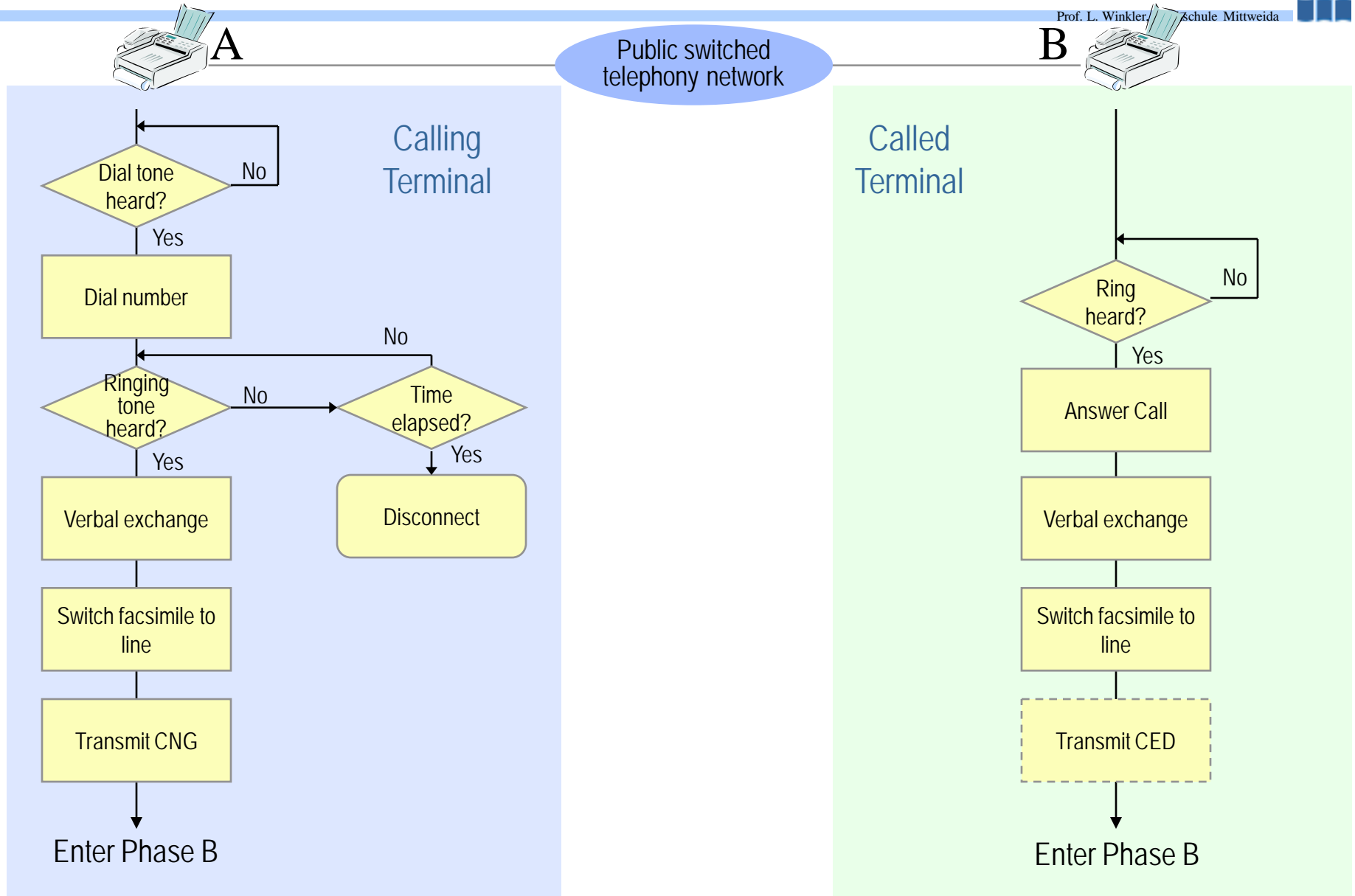


- **Phase A** - Verbindungsaufbau, eingeleitet durch das Wählen (Calling terminal) und abgeschlossen durch die Rufannahme (Called terminal)
- **Phase B** - Aushandeln der Abtast- und Datenübertragungsparameter zwischen Called und Calling Terminal, Identifikation durch Rufnummern (+49 ONKZ RufNr)
- **Phase C** - Senden der Faxnachricht
- **Phase D** - seitenweise Quittierung und wieder zurück zu Phase C, oder zu Phase E.
- **Phase E** - Auslösung der Verbindung.



<i>Abk.</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Signal bzw. Binärcode</i>	
CED	Called station identification	2100 Hz	
CIG	Calling subscriber identification	1000 0010 und +49372790700	
CFR	Confirmation to receive	X010 0001	
CNG	Calling tone	1100 Hz 0,5 sec ON, 3 sec OFF	
CSI	Called subscriber identification	0000 0010 und +493727581420	
DCN	Disconnect	X101 1111	
DCS	Digital command signal	X100 0001	Diese drei Signale verwenden identische Parameter für: Datenrate, Auflösung, Fehlerkorrektur usw.
DIS	Digital identification signal	0000 0001	
DTC	Digital transmit command	1000 0001	
EOL	End of Line	0000 0000 0001	
EOM	End of message	X111 0001	
EOP	End of procedure	X111 0100	
MCF	Message confirmation	X011 0001	
MPS	Multi Pagr Signal	X111 0010	
NSC	Nonstandard facilities command	1000 0100	
NSF	Nonstandard facilities	0000 0100	
NSS	Nonstandard setup	X100 0100	
RTC	Return to control	6* EOL	
TCF	Training check	Nullen für 1,5 sec.	
TSI	Transmitting subscriber identification	X100 0010 und +493727581420	

Kommunikationsprotokoll nach T.30: Operating mode 1, Phase A



Kommunikationsprotokoll nach T.30: Operating mode 4, Phase A



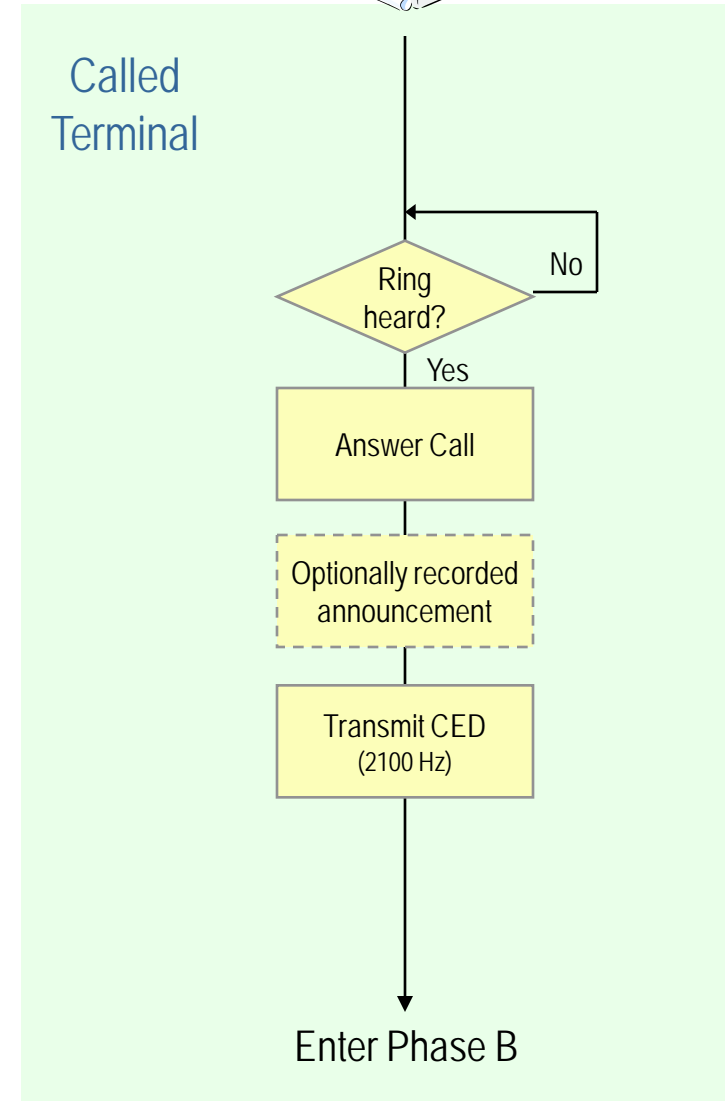
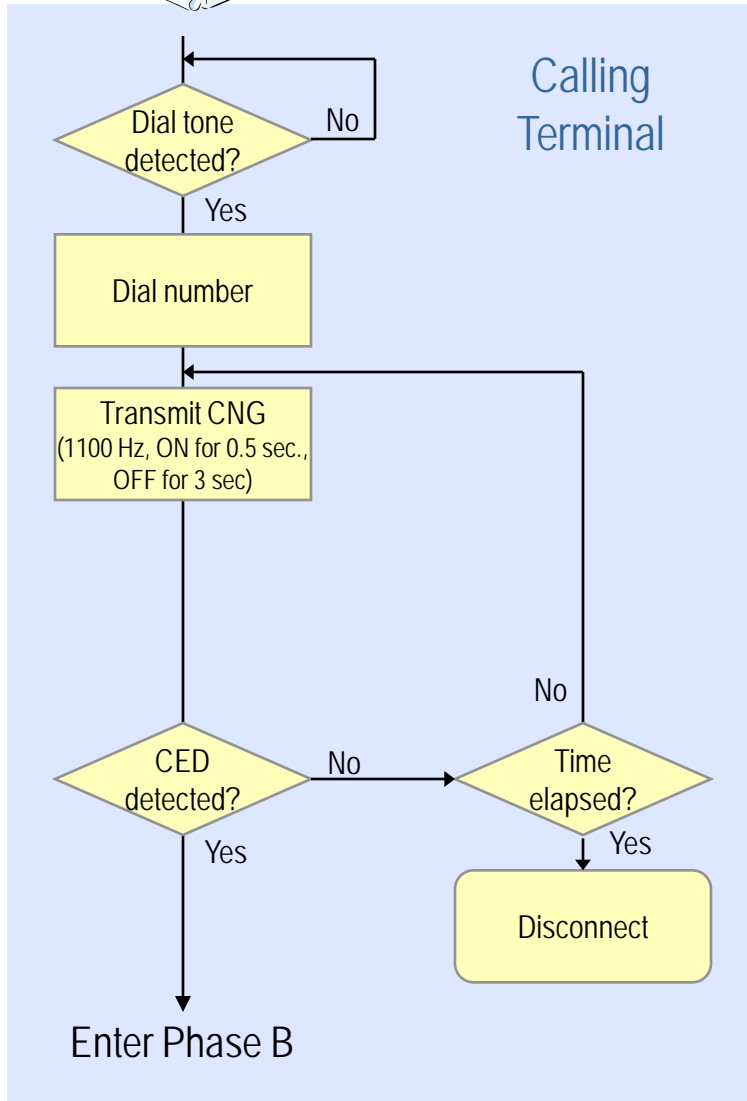
Prof. L. Winkler, Hochschule Mittweida



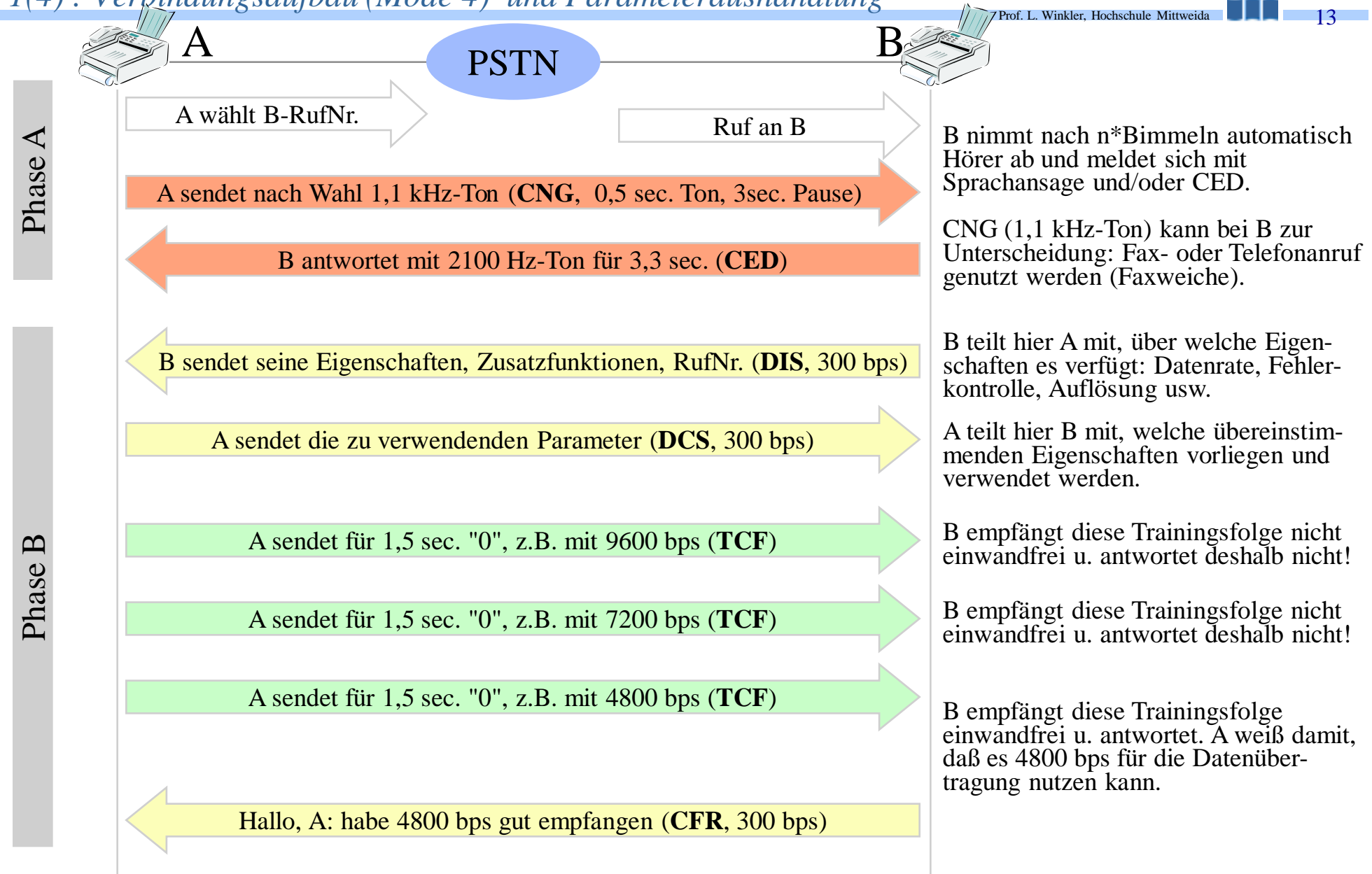
A

PSTN

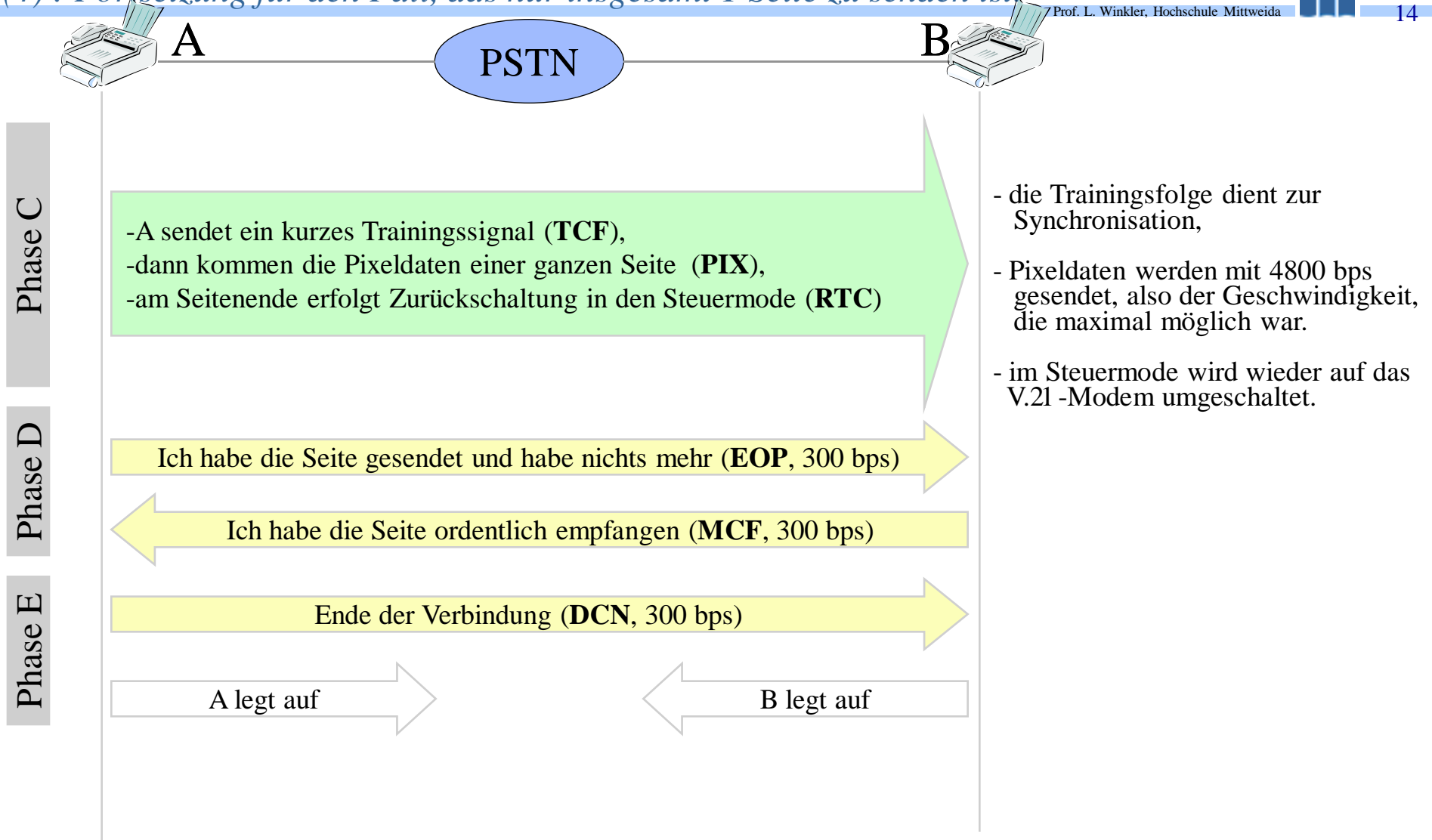
B



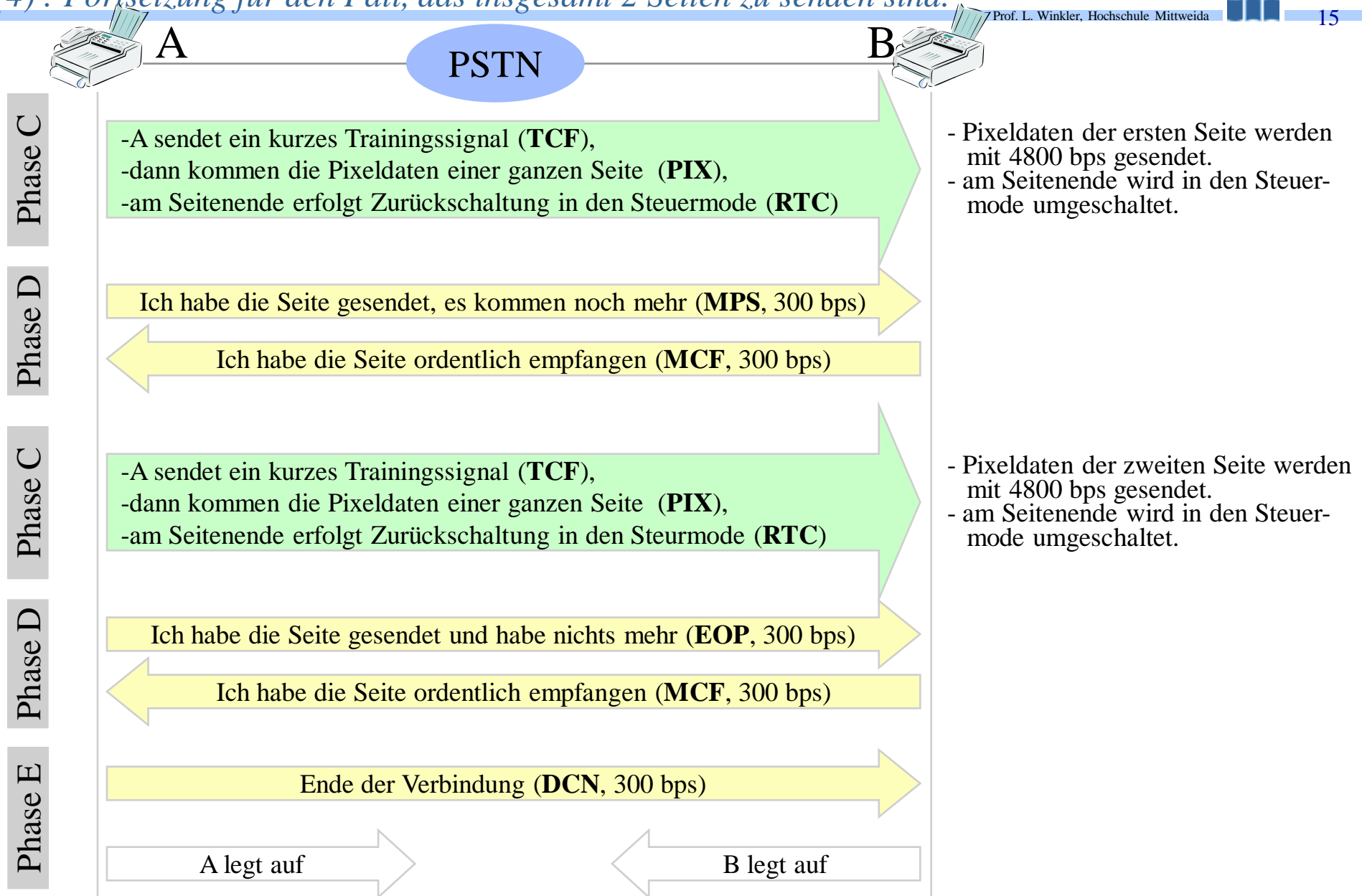
Kommunikationsprotokoll nach T.30: Calling Terminal wishes to transmit 1(4) : Verbindungsaufbau (Mode 4) und Parameteraushandlung



Kommunikationsprotokoll nach T.30: Calling Terminal wishes to transmit 2(4) : Fortsetzung für den Fall, das nur insgesamt 1 Seite zu senden ist.



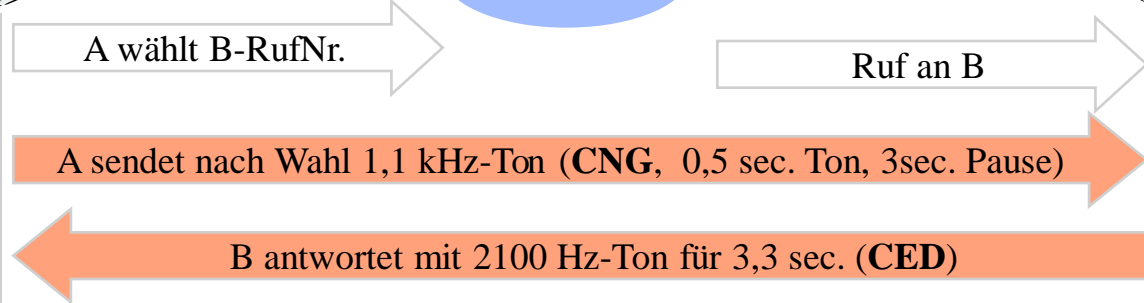
Kommunikationsprotokoll nach T.30: Calling Terminal wishes to transmit 3(4) : Fortsetzung für den Fall, das insgesamt 2 Seiten zu senden sind.



Kommunikationsprotokoll nach T.30: Calling Terminal wishes to receive Verbindungsaufbau (Mode 4) und Parameteraushandlung

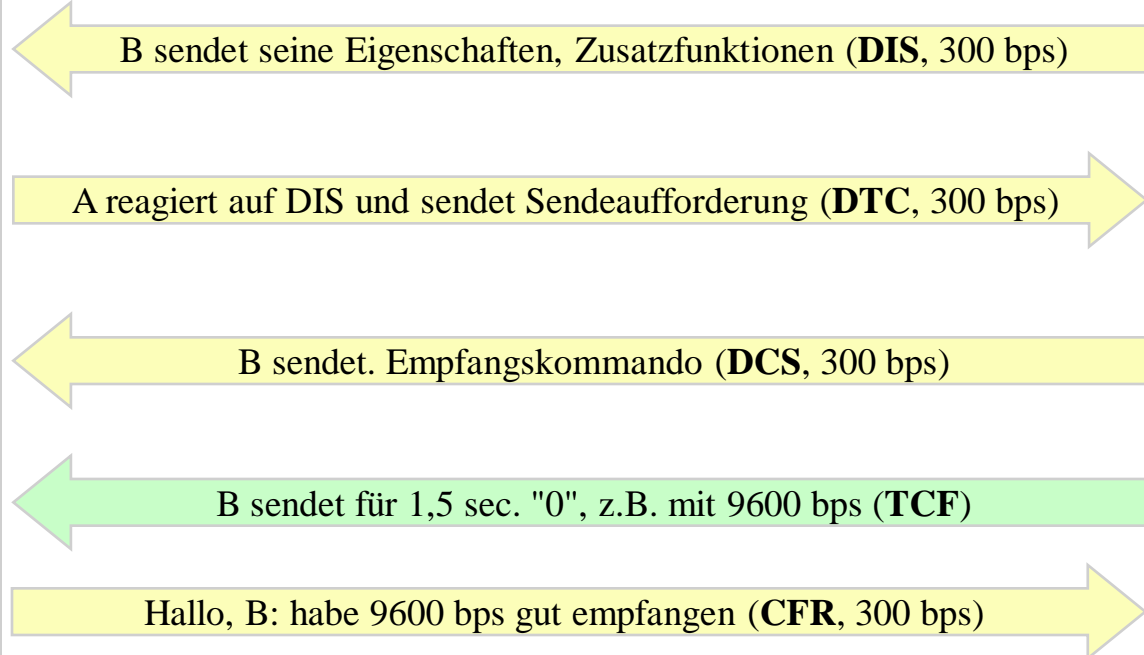


Phase A



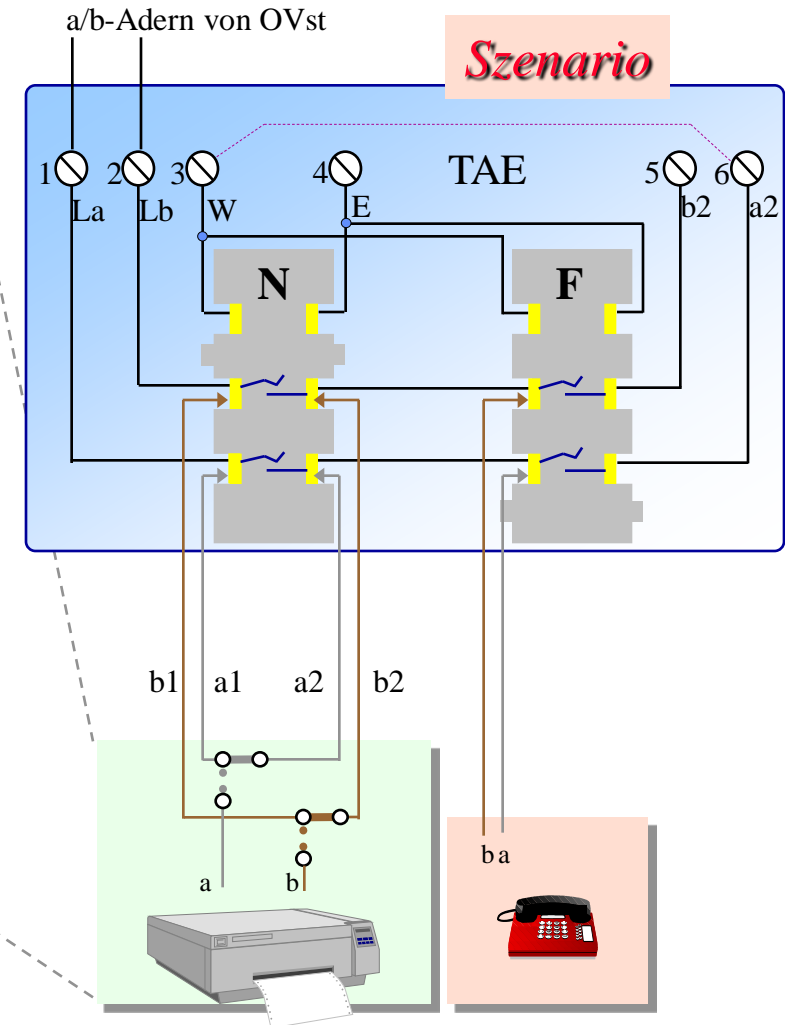
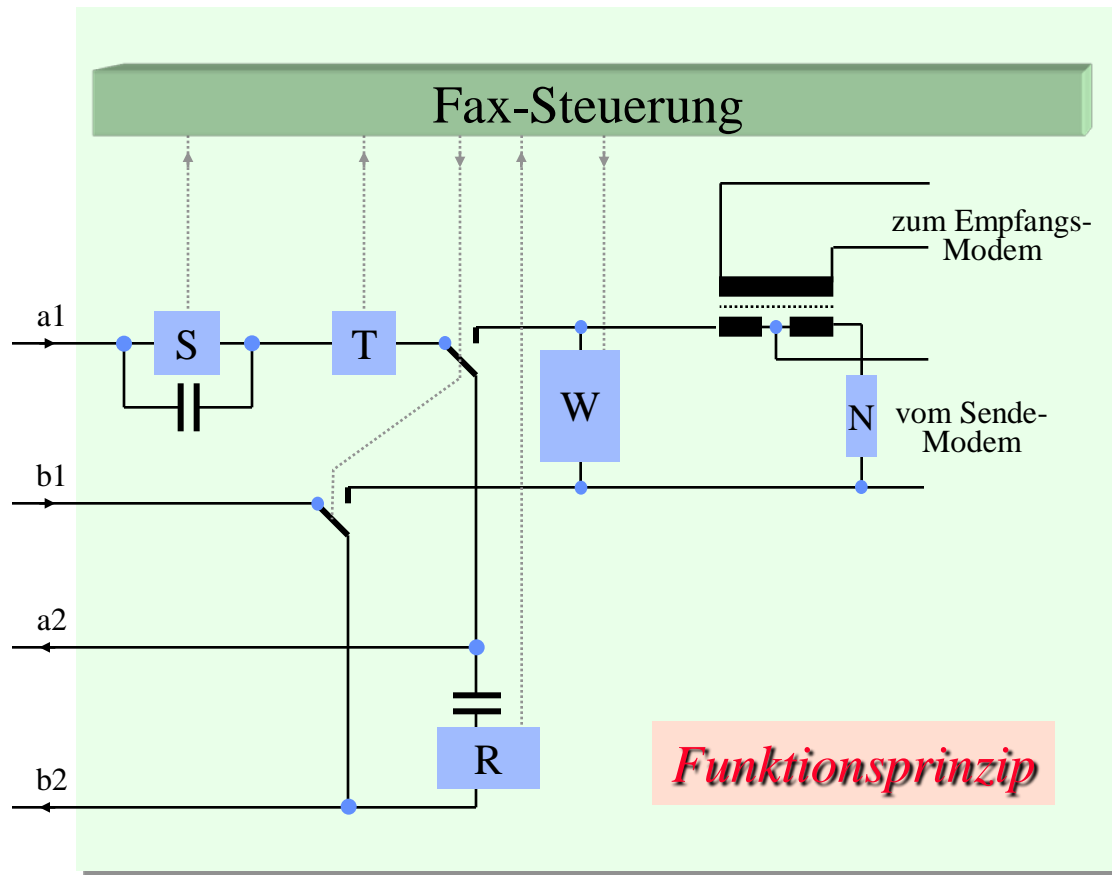
B nimmt nach n*Bimmeln automatisch Hörer ab und meldet sich mit Sprachansage und/oder CED.
CNG (1,1 kHz-Ton) kann bei B zur Unterscheidung: Fax- oder Telefonanruf genutzt werden (Faxweiche)

Phase B



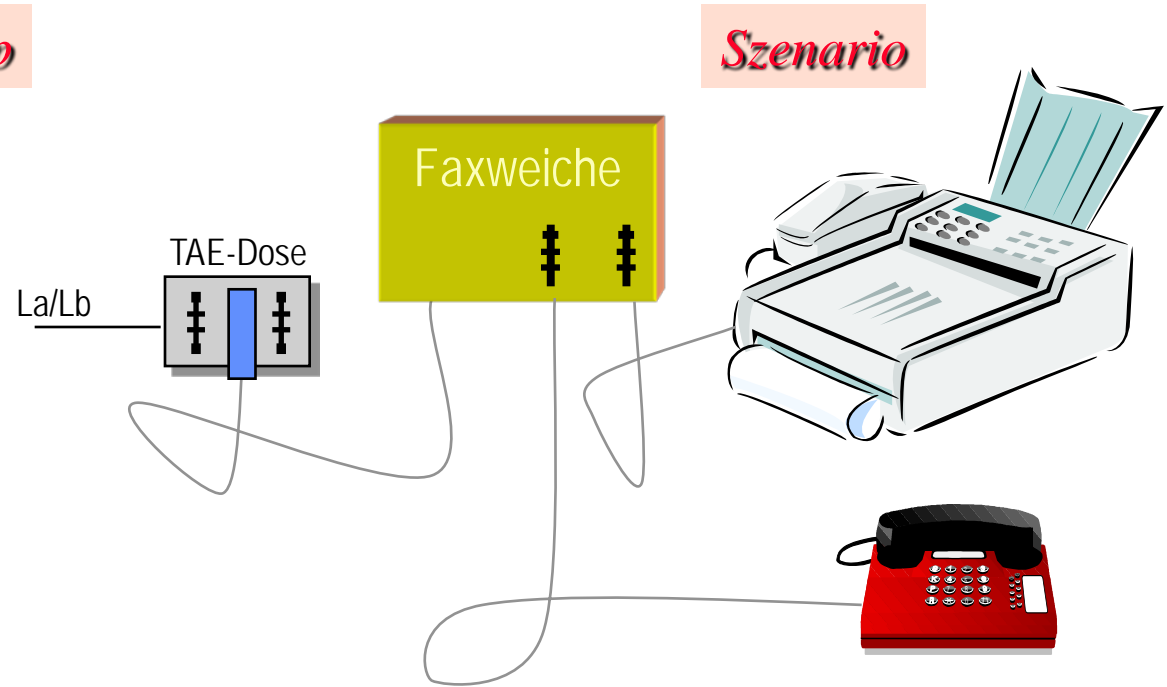
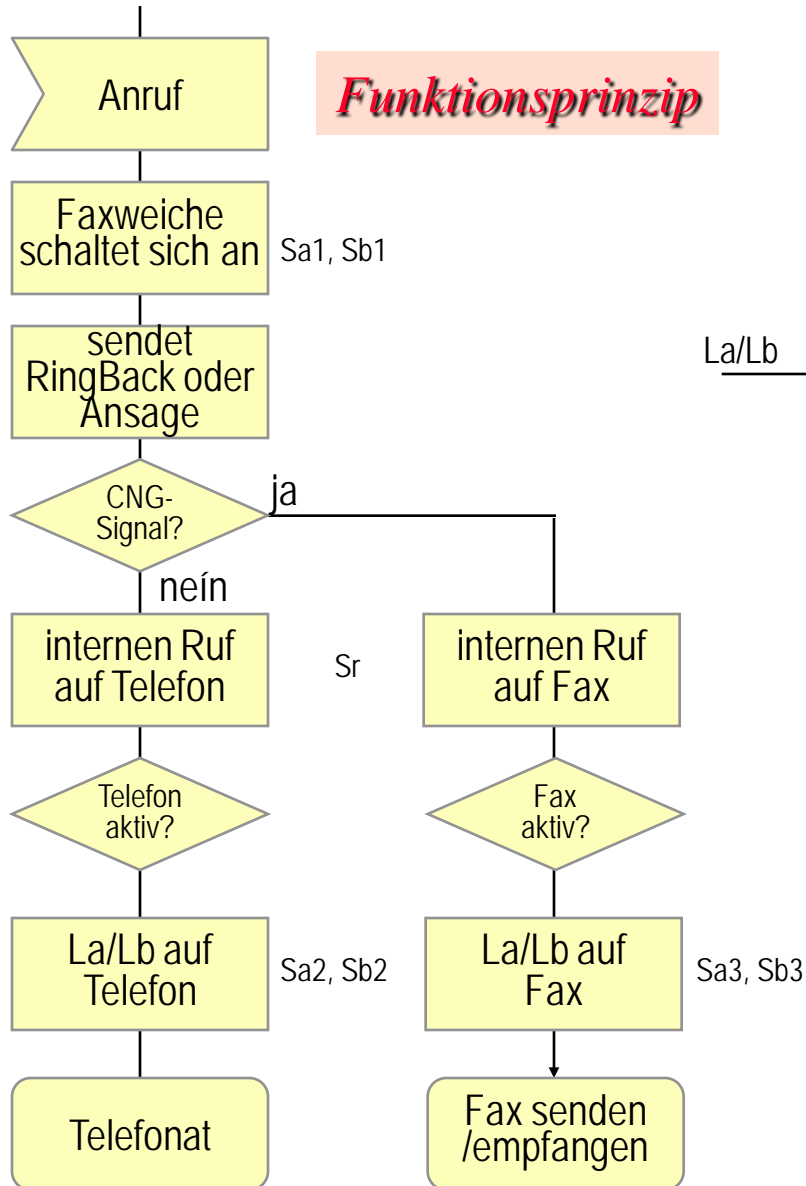
B teilt hier A mit, über welche Eigenschaften es verfügt: Datenrate, Fehlerkontrolle, Auflösung usw.
A fordert B auf, ein gespeichertes Fax zu senden. A teilt B mit, über welche Eigenschaften es verfügt: Datenrate, Fehlerkontrolle, Auflösung usw.
B teilt hier A mit, welche übereinstimmenden Eigenschaften vorliegen und verwendet werden.
B sendet an A Trainingsfolge.
A empfängt diese Trainingsfolge einwandfrei u. antwortet. B weiß damit, daß es 9600 bps für die Datenübertragung nutzen kann.

und so weiter



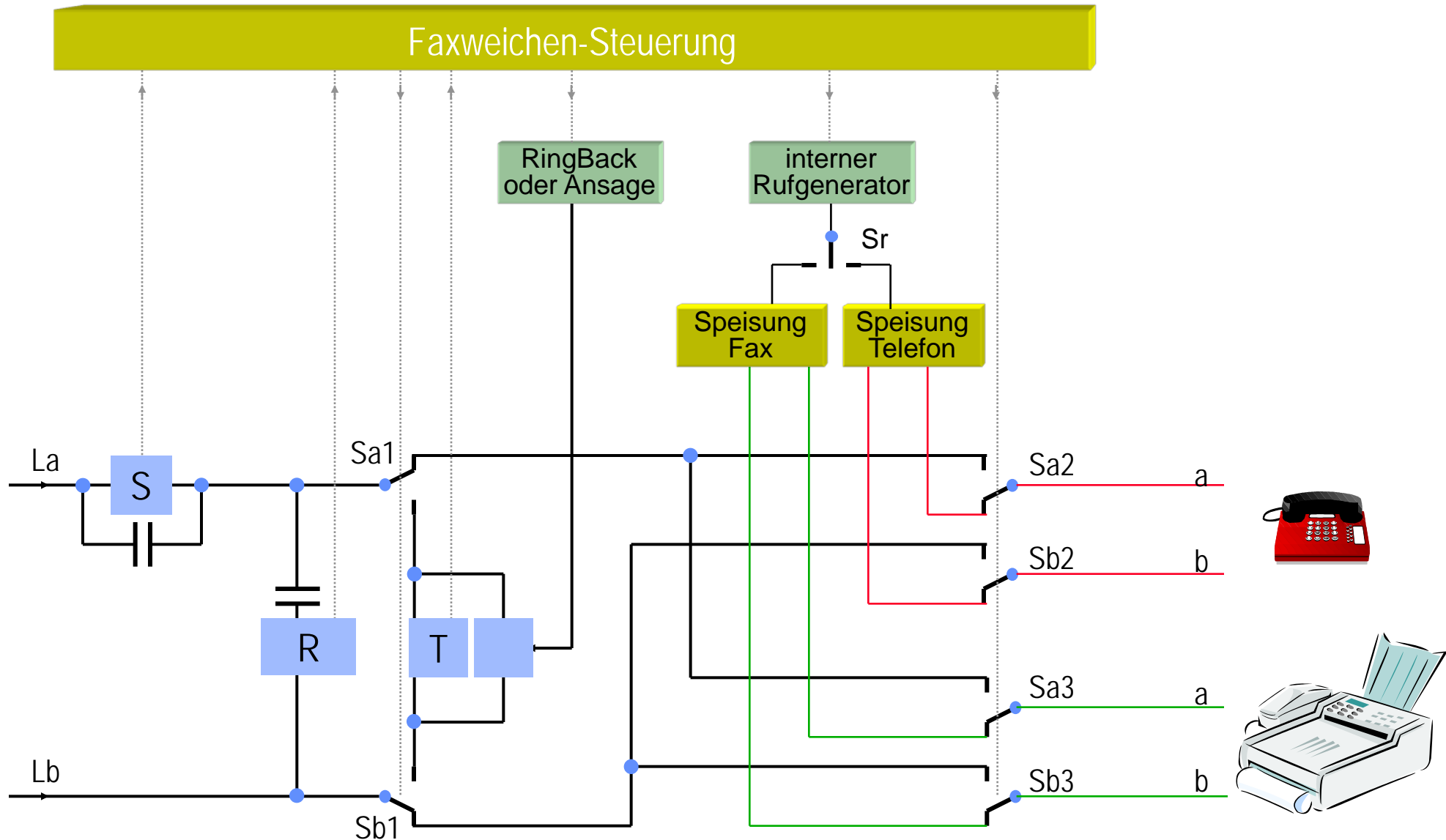
- R – Ruferkennung
- S – Schleifenstromerkennung (z.B. anderes Endgerät an TAE ist bereits aktiv)
- T – Tonerkennung CNG (Telefon nimmt beispielsweise zuerst ab. Kommt CNG, wird auf Fax umgeschaltet)
- W – Wahleinrichtung (Impuls- oder Tonwahl)

Prinzip einer aktiven Faxweiche



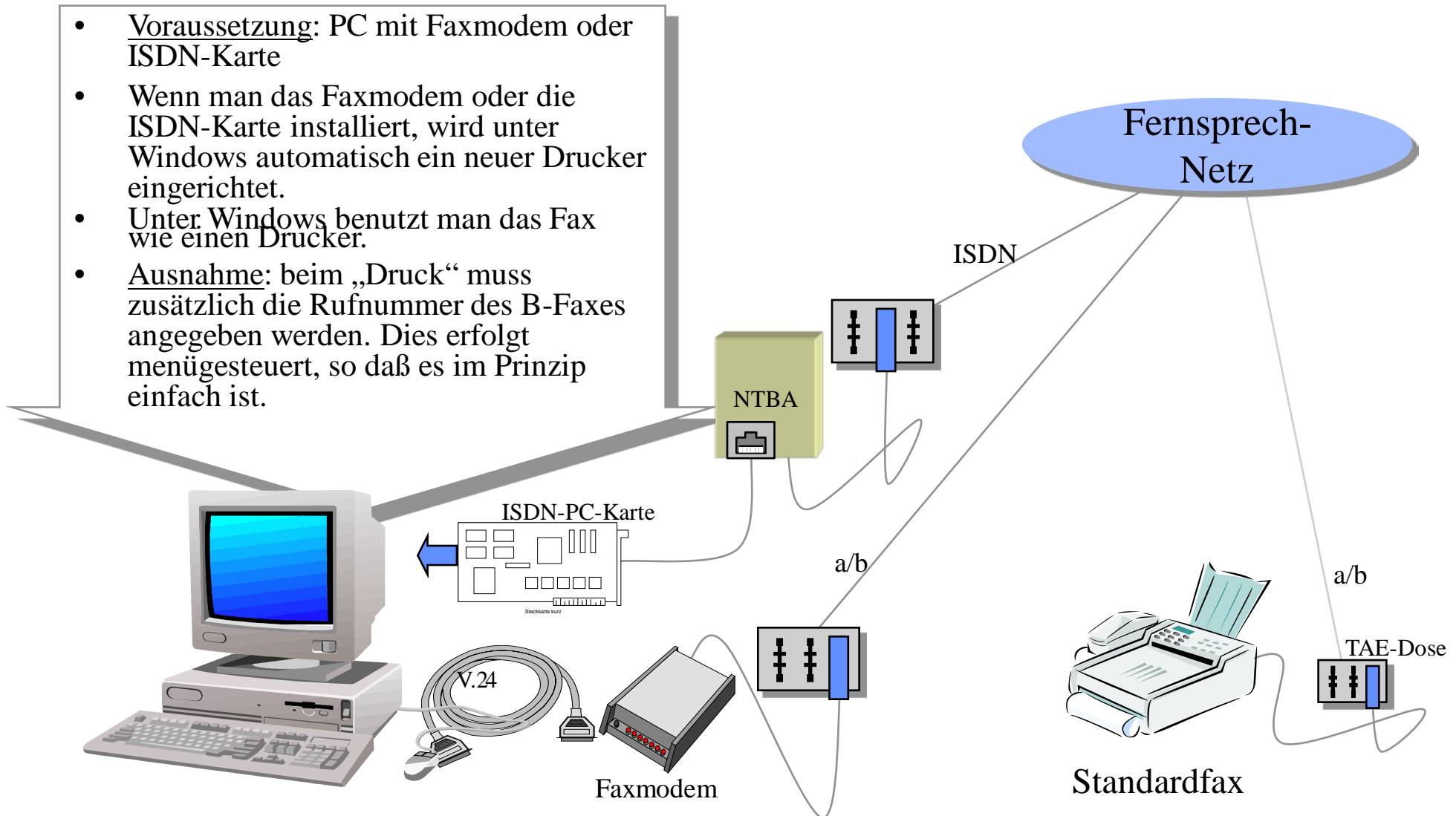
Eine aktive Faxweiche verursacht beim Anrufer in jedem Fall eine Gebühreneinheit, da sie den Call entgegen nimmt.

Schaltungsprinzip einer aktiven Faxweiche

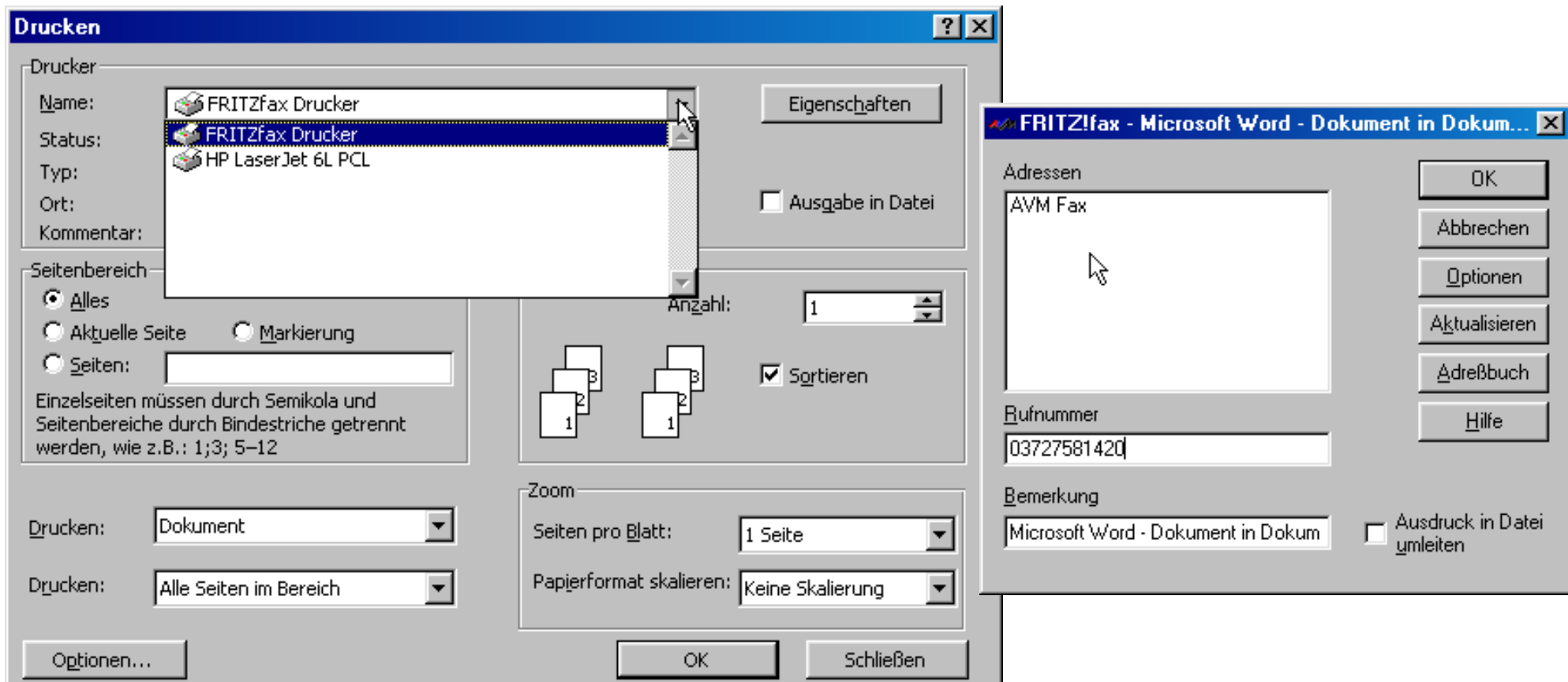


Der Personalcomputer (+Faxmodem/ISDN-Karte) als Faxgerät

- Voraussetzung: PC mit Faxmodem oder ISDN-Karte
- Wenn man das Faxmodem oder die ISDN-Karte installiert, wird unter Windows automatisch ein neuer Drucker eingerichtet.
- Unter Windows benutzt man das Fax wie einen Drucker.
- Ausnahme: beim „Druck“ muss zusätzlich die Rufnummer des B-Faxes angegeben werden. Dies erfolgt menügesteuert, so daß es im Prinzip einfach ist.

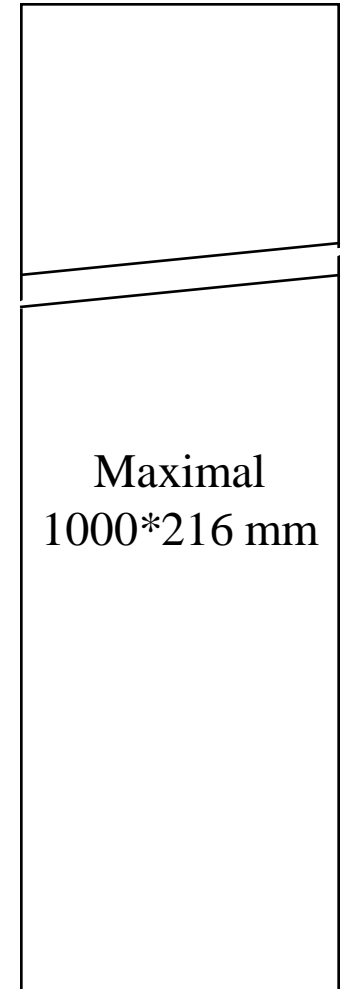
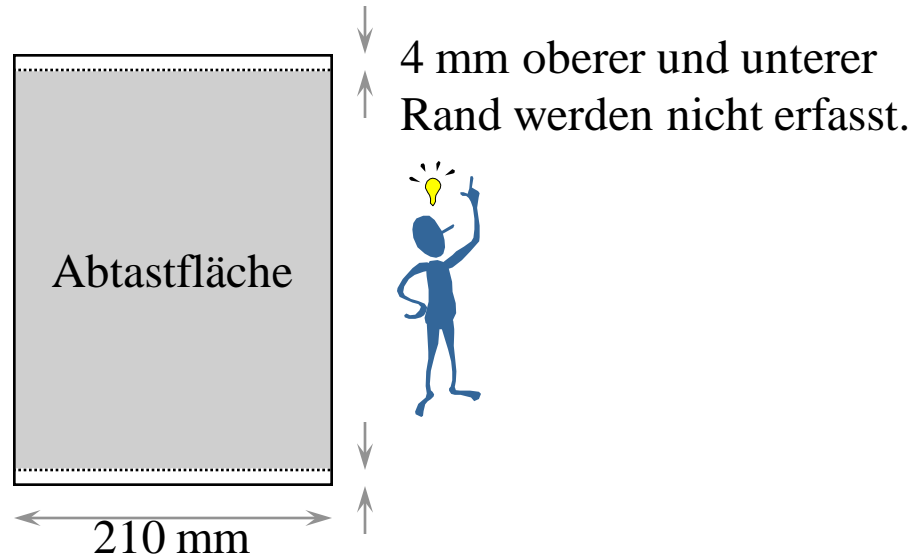


- Auf dem PC wurde eine ISDN-Karte installiert. Bei jedem Rechnerstart wird ein ISDN-Treiber geladen. Dieser Treiber+CAPI.DLL ermöglichen die Benutzung des ISDN-Anschlusses durch einen Faxserver, der unter Windows aktiviert sein muß. Damit sind Fax-Empfang und Fax-Sendung möglich.
- Das Fax, z.B. ein Worddokument, wird versendet, indem es “gedruckt” wird.

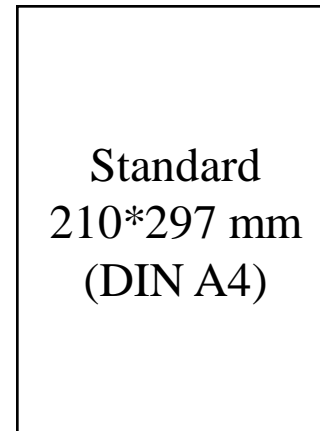
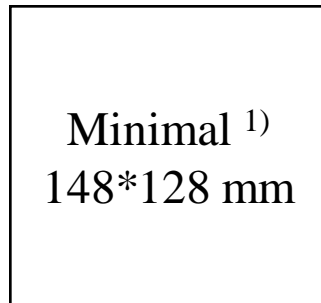


The image shows two overlapping windows from a Windows operating system. The background window is titled "Drucken" (Print) and is for a printer named "FRITZfax Drucker". It shows a list of printers, with "FRITZfax Drucker" selected. The "Ausgabe in Datei" (Print to file) checkbox is unchecked. The "Seitenbereich" (Page range) section has "Alles" (All) selected. The "Anzahl" (Number of copies) is set to 1, and the "Sortieren" (Sort) checkbox is checked. The "Zoom" section shows "Seiten pro Blatt" (Pages per sheet) set to 1 and "Papierformat skalieren" (Paper format scaling) set to "Keine Skalierung" (No scaling). The foreground window is titled "FRITZ!fax - Microsoft Word - Dokument in Dokum..." and is a configuration dialog for faxing. It has a text box for "Adressen" (Addresses) containing "AVM Fax". The "Rufnummer" (Phone number) field contains "03727581420". The "Bemerkung" (Remarks) field contains "Microsoft Word - Dokument in Dokum". There are buttons for "OK", "Abbrechen" (Cancel), "Optionen" (Options), "Aktualisieren" (Update), "Adreßbuch" (Address book), and "Hilfe" (Help). A checkbox for "Ausdruck in Datei umleiten" (Redirect print to file) is unchecked.

- Abtastbreite, Abtastlänge

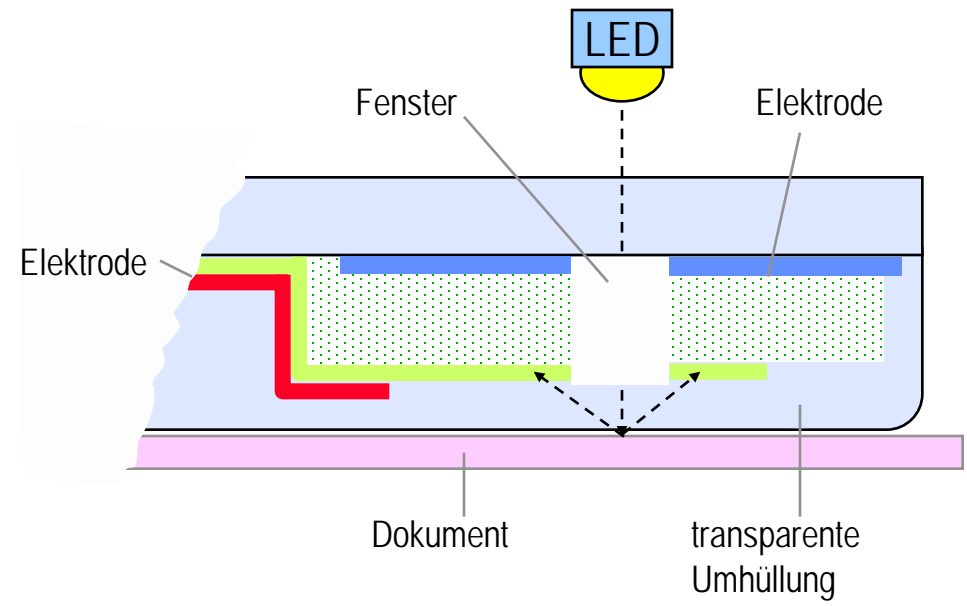
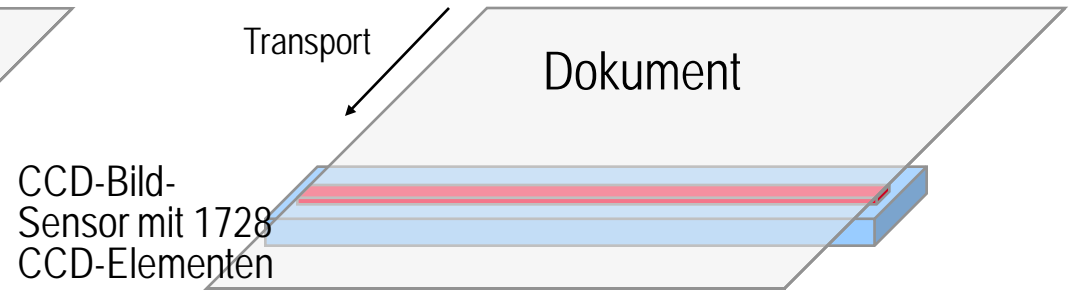
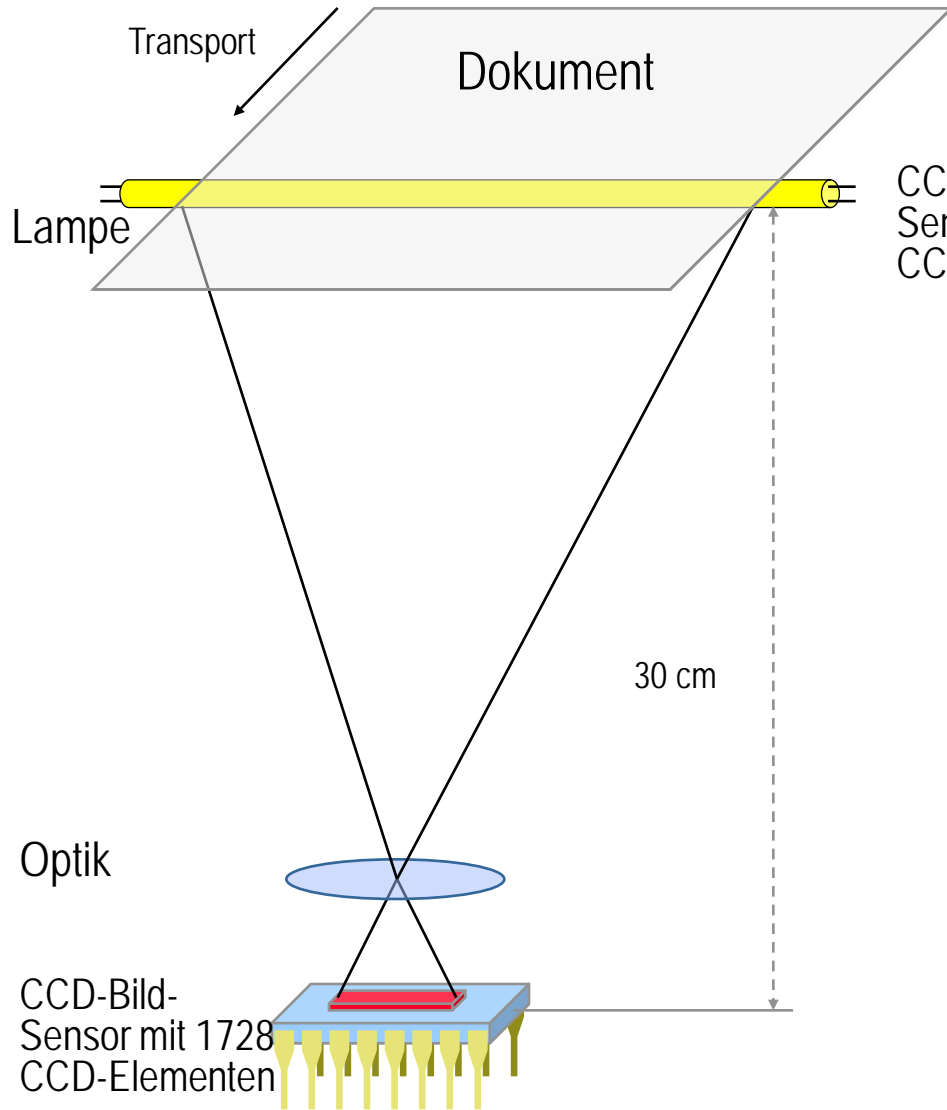


- zulässige Papierformate



¹⁾ noch kleinere Formate können in eine Spezialklarsichthülle gesteckt und dann gesendet werden

Fax-Scanner: Camera type, Contact image scanner (CIS)



CCD – Charge coupled device
LED - Light emitting diode

- Wenn man eine A4-Seite nach G3 normal abtastet, erhält man:
$$(297 \text{ mm} - 8 \text{ mm}) * 3,85 \text{ Zeilen/mm} = \underline{1112 \text{ Zeilen}}$$

- Jede Zeile wird in 1728 Pixel zerlegt. Daraus folgt die Anzahl der zu sendenden Bits:

$$1112 * 1728 = \underline{1.922.659 \text{ bit}}$$

- Wenn man diese mit 2400 bit/s senden würde, dauerte dies:

$$1.922.659 \text{ bit} / 2400 \text{ bit/s} = \underline{801 \text{ sec. bzw. } 13,3 \text{ min}}$$

- Aus diesem Grund werden die Pixeldaten komprimiert. Es kommen zwei Verfahren zum Einsatz:
 - Eine modifizierte **Huffman-Codierung** (MH), hier werden die Lauflängen für schwarze Pixel (Black) und weiße Pixel (White) codiert.
 - Eine modifizierter **Read-Code** (MR), wobei hier die starke vertikale Korrelation ausgenutzt wird. Man nimmt eine Zeile als Vergleichszeile und überträgt für die zweite Zeile nur die Abweichungen zur Vergleichszeile.



- Aus 8 Musterdokumenten wurden die Wahrscheinlichkeiten für alle Weiß- und Schwarz-Lauflängen innerhalb einer 1728-Pixel-Zeile ermittelt.
- Normalerweise erhielte man 1728 Codeworte. Um zu einer kleineren Codetabelle zu gelangen, werden die Lauflängen in Gruppen eingeteilt:
 - **Make Up Codes:** sind Codes für Vielfache von 64 (64, 128, 192, 256, ..., 1664, 1728),
 - **Terminating Codes:** sind Codes für Lauflängen von 0 bis 63,
 - **End of Line:** das Ende eine Zeile wird durch 11^*0 und 1^*1 codiert ($0000\ 0000\ 0001_B$).
- Der Sinn einer Huffmancodierung liegt darin, dass häufig auftretende Lauflängen kurze Codes erhalten und selten auftretende Lauflängen längere Codierungen.
- Es werden zwei Codetabellen mit identischen Symbolen verwendet:
 - Terminating Codes + Make up codes für **White run length** (WRL)
 - Terminating Codes + Make up codes für **Black run length** (BRL).
- Der Sender beginnt jede Zeile mit einer weißen Lauflänge zu codieren.
- Beachte: Jeder Make Up Code wird von einem Terminalcode ergänzt!

Lauf längencodes: Make-up-codes, Terminal-codes



Lauf länge	Make Up Codes für weiß	Make Up Codes für schwarz
64	11011	000001111
128	10010	000011001000
192	010111	000011001001
256	0110111	000001011011
320	00110110	000000110011
384	00110111	000000110100
448	01100100	000000110101
512	01100101	0000001101100
576	01101000	0000001101101
640	01100111	0000001001010
704	011001100	0000001001011
768	011001101	0000001001100
832	011010010	0000001001101
896	011010011	0000001110010
960	011010100	0000001110011
1024	011010101	0000001110100
1088	011010110	0000001110101
1152	011010111	0000001110110
1216	011011000	0000001110111
1280	011011001	0000001010010
1344	011011010	0000001010011
1408	011011011	0000001010100
1472	010011000	0000001010101
1536	010011001	0000001011010
1600	010011010	0000001011011
1664	011000	0000001100100
1728	010011011	0000001100101
EOL	000000000001	000000000001

Lauf länge	Terminalcodes für weiß	Terminalcodes schwarz
0	00110101	0000110111
1	000111	010
2	0111	11
3	1000	10
4	1011	011
5	1100	0011
6	1110	0010
7	1111	00011
8	10011	000101
9	10100	000100
10	00111	0000100
11	01000	0000101
12	001000	0000111
13	000011	00000100
14	110100	00000111
15	110101	000011000
16	101010	0000010111
17	101011	0000011000
18	0100111	0000001000
19	0001100	00001100111
20	0001000	00001101000
21	0010111	00001101100
22	0000011	00000110111
23	0000100	00000101000
24	0101000	00000010111
25	0101011	00000011000
26	0010011	000011001010
27	0100100	000011001011
28	0011000	000011001100
29	00000010	000011001101
30	00000011	000001101000
31	00011010	000001101001
32	00011011	000001101010

33	00010010	000001101011
34	00010011	000011010010
35	00010100	000011010011
36	00010101	000011010100
37	00010110	000011010101
38	00010111	000011010110
39	00101000	000011010111
40	00101001	000001101100
41	00101010	000001101101
42	00101011	000011011010
43	00101100	000011011011
44	00101101	000001010100
45	00000100	000001010101
46	00000101	000001010110
47	00001010	000001010111
48	00001011	000001100100
49	01010010	000001100101
50	01010011	000001010010
51	01010100	000001010011
52	01010101	000000100100
53	00100100	000000110111
54	00100101	000000111000
55	01011000	000000100111
56	01011001	000000101000
57	01011010	000001011000
58	01011011	000001011001
59	01001010	000000101011
60	01001011	000000101100
61	00110010	000001011010
62	00110011	000001100110
63	00110100	000001100111

- **Die Abtastung einer Zeile ergibt: $WWBBBBBWWWWBBB 1714*W$.**
 1. *Wie wird diese Zeile codiert?*
 2. *Welcher Kompressionsfaktor ergibt sich?*

zu 1 $2W: 0111_B$ $5B: 0011_B$ $5W: 1100_B$ $2B: 11_B$
 $1664W: 011000_B$ $50W: 01010011_B$ $EOL: 0000\ 0000\ 0001_B$.

zu 2 Anstelle 1728 Bit werden 40 Bit gesendet. Man erhält einen Kompressionsfaktor:
 $1728/40 = \underline{43,2}$

- **Die Abtastung einer Zeile ergibt: $BBBBBWWWWBBWWBBBB 1712*W$.**
 1. *Wie wird diese Zeile codiert?*
 2. *Welcher Kompressionsfaktor ergibt sich?*

zu 1 Jede Zeile muss mit weißer Lauflänge anfangen. Da real kein weiß am Anfang ist, wird Lauflänge 0 codiert:

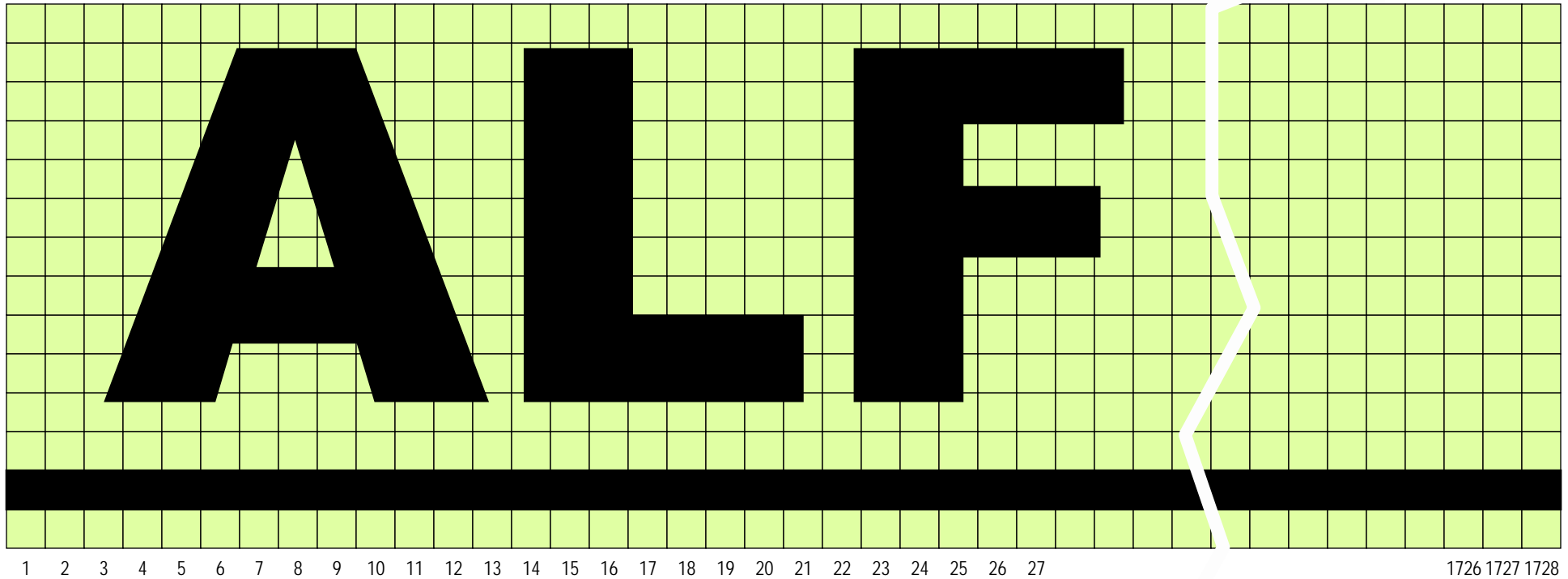
$0W: 00110101_B$ $5B: 0011_B$ $3W: 1000_B$ $2B: 11_B$
 $2W: 0111_B$ $4B: 011_B$ $1664W: 011000_B$ $48W: 00001011_B$
 $EOL: 0000\ 0000\ 0001_B$.

zu 2 Kompressionsfaktor: $1728/50 = \underline{34,5}$

1
2

3

4



1

1728*W: 010011011 00110101 000000000001

2

6*W 3*B 4*W 3*B 6*W 7*B

- Im ITU-Standard T.4 findet man folgende Festlegungen für die Auflösung von Faxgeräten

The following dimensions shall be used for ISO A4, ISO B4, ISO A3, North American Letter (279.4 mm) and Legal (355.6 mm):

- a) a standard resolution of 3.85 line/mm 1% **in vertical resolution;**
- b) optional higher resolution of 7.7 line/mm 1% and 15.4 line/mm 1% **in vertical direction;**
- c) 1728 black and white picture elements along the standard scan line length of 215 mm 1%;
- d) optionally, 2048 black and white picture elements along a scan line length of 255 mm 1%;
- e) optionally, 2432 black and white picture elements along a scan line length of 303 mm 1%;
- f) optionally, 3456 black and white picture elements along a scan line length of 215 mm 1%;
- g) optionally, 4096 black and white picture elements along a scan line length of 255 mm 1%;
- h) optionally, 4864 black and white picture elements along a scan line length of 303 mm 1%.

1. Berechnen Sie alle vertikalen Auflösungen in dot per inch (dpi)

$$\text{Auflösung}_{dpi} = \frac{3,85 \text{ pixel}}{\text{mm}} * \frac{25,4 \text{ mm}}{\text{inch}} = 97,79 \approx 100 \frac{\text{pixel}}{\text{inch}} \approx 100 \text{ dpi}$$

2. Berechnen Sie für A4-Formate die möglichen horizontalen Auflösungen in dot per inch (dpi)

$$\text{Auflösung}_{dpi} = \frac{1728 \text{ pixel}}{215 \text{ mm}} * \frac{25,4 \text{ mm}}{\text{inch}} = 204,14 \approx 200 \frac{\text{pixel}}{\text{inch}} \approx 200 \text{ dpi}$$



1. Faxgeräte werden in Gruppen eingeteilt. Welche gibt es?
2. Sind Faxgeräte verschiedener Gruppen kompatibel?
3. Faxgeräte haben mindestens zwei Modems. Warum ist das so?
4. Sie haben einen ISDN-Anschluss. Kaufen Sie ein G4- oder ein G3-Fax? Begründen Sie Ihre Wahl?
5. Wie schließt man ein G3-Fax an einen ISDN-Basisanschluss an?
6. An welche Netze lässt sich wie ein G3-Fax anschließen und betreiben?
7. Skizzieren Sie die Prinzipschaltung eines G3-Faxgerätes!
8. Welche Betriebsarten sind standardisiert?
9. Wie kann man einen Faxabruf schützen?
10. Welche Phasen durchläuft ein Fax-Call?
11. Wie handeln Faxgeräte die Übertragungsgeschwindigkeit aus?
12. Was ist eine Faxweiche und wie funktioniert sie?
13. Welche Hard- und Software sind notwendig, wenn man mit einem PC Faxe senden und empfangen will?
14. Was ist das Prinzip der Huffman-Codierung?
15. Was ist ein Make-Up-Code und was ein Terminalcode?
16. Sie entwerfen ein Faxformular. Was ist zu beachten?