

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. J. Becker**

**becker@kit.edu**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

**Digitaltechnik**

**Codewandlung/Umschaltung**

- Bei der Entwicklung **unabhängiger Teilsysteme** ist es oft der Fall, dass diese mit unterschiedlichen Codes arbeiten.  
Daher benötigt man diverse **Codewandlungen**
- **Hohe Systemzahl -> viele unterschiedliche Codewandlungen**

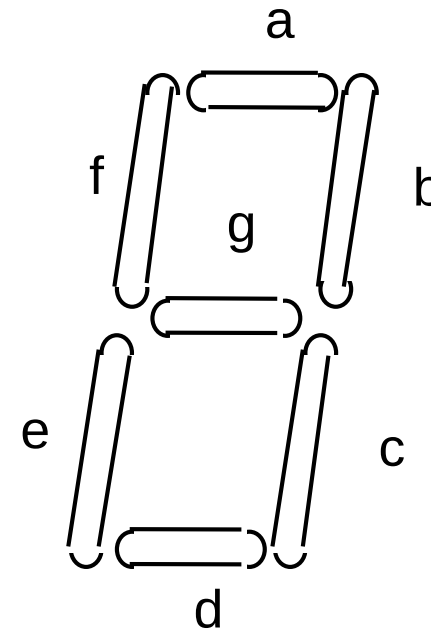
## Beispiel 1:    **BCD $\Rightarrow$ 7-Segment:**

- 7-Segment Anzeigen  
-> effiziente Art, Zahlen digital anzuzeigen
- Der 7-Segment-Code ordnet jedem **Segment ein Bit** zu
- Umwandlung:  
    → die **Zuordnung** der 7-Segment Bits      (Ausgabe der Wandlung)  
        zu dem Wert der Ziffer **im BCD-Code**      (Eingabe der Wandlung )

## Beispiel 1:    **BCD $\Rightarrow$ 7-Segment:**

### ■ Zuordnung: BCD-Codewörter $\rightarrow$ Segmentbitwerte

| Ziffer | BCD  | 7-Segment<br>(abcdefg) |
|--------|------|------------------------|
| 0      | 0000 | 1111110                |
| 1      | 0001 | 0110000                |
| 2      | 0010 | 1101101                |
| 3      | 0011 | 1111001                |
| 4      | 0100 | 0110011                |
| 5      | 0101 | 1011011                |
| 6      | 0110 | 1011111                |
| 7      | 0111 | 1110000                |
| 8      | 1000 | 1111111                |
| 9      | 1001 | 1111011                |



## Beispiel 2:    Gray-Code nach Dualzahl:

|           |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Gray-Code | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| Dualzahl  | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 |

## Beispiel 3:    ASCII nach BCD für Dezimalzahlen 0 ... 9:

|             |         |         |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Zeichen:    | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       |
| ASCII-Code: | 0110000 | 0110001 | 0110010 | 0110011 | 0110100 |
| BCD-Code:   | 0000    | 0001    | 0010    | 0011    | 0100    |

|             |         |         |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Zeichen:    | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| ASCII-Code: | 0110101 | 0110110 | 0110111 | 0111000 | 0111001 |
| BCD-Code:   | 0101    | 0110    | 0111    | 1000    | 1001    |

## ■ Verbreitete Code-Eigenschaft:

meistens ist die Anzahl der **Alphabetzeichen höchstens  $2^m$** ,  
wenn  $m$  die zur Codierung verwendeten Binärstellen sind

## ■ Jedoch: **Kostenmäßige**, **zeitliche** und **geometrische** Randbedingungen

→ **Anzahl an Binärstellen nicht ausreichend**

## ■ Mögliche Lösung: **Codeumschaltung**

→ **Codewörter** werden **mehrfach belegt**

→ **Codewortbedeutung** durch spezielle Umschaltzeichen **änderbar**

■ Solche Umschaltcodes arbeiten genauso wie die Umschalttasten auf der Tastatur oder beim Taschenrechner (shift, ctrl, 2nd,...)

## ■ Besonders effizient:

→ **Umschaltcodes**: eine Gruppe von Zeichen kommt sehr selten vor,  
oder Zeichen aus einer Gruppe treten häufig auf

- Bei der Codeumschaltung gibt es **drei verschiedene Arten** von Codewörtern:
  - Codewörter, deren **Bedeutung umgeschaltet** wird
  - Spezielle Codewörter, die eine **Umschaltung der Zeichengruppen** bewirken
  - Codewörter, die **unabhängig** von der Umschaltung **immer gleich** sind
- Die notwendige **Anzahl** der **speziellen Umschalt-Codewörter**, entspricht der **Anzahl** der **Gruppen** von Zeichen

Beispiel: **Fernschreibercode** (5 Bit, 32 Codewörter)

■ **Gruppen à 26 Codewörter** (hier zunächst ein Auszug dargestellt)

- Buchstaben (A-Z)
- Ziffern, Sonderzeichen,...

■ **Fernschreibcode** nach CCITT Nr.2:

■ **2 Hauptgruppen:** 2 spezielle **Umschaltzeichen** notwendig  
- Umschaltung auf Buchstaben, Umschaltung auf Ziffern

■ **4 feste Codewörter:** unabhängig von Umschaltung immer gleich  
- **Wagenrücklauf, Zeilenvorschub, Leerzeichen, unbenutztes Codewort**

**Code-Auszug:**

| CW | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Bu | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  | O  | P  |
| Zi |   |   |   |   | 3 |   |   |   | 8 |    |    |    |    |    | 9  | 0  |

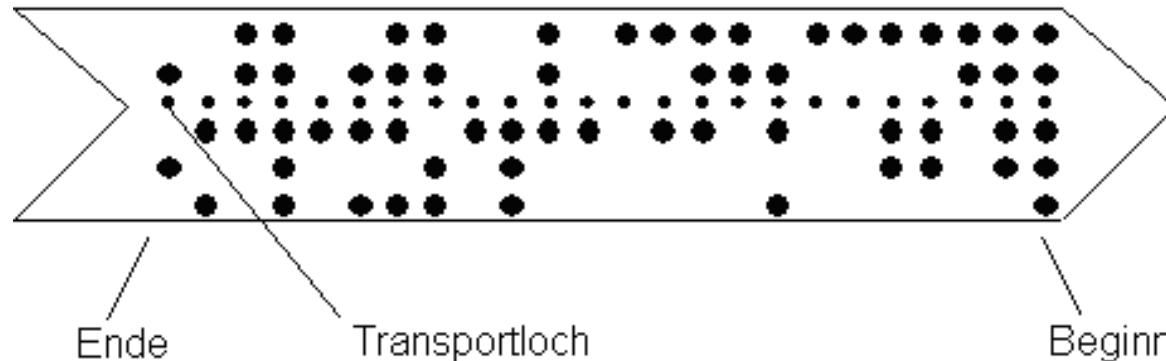
# Codeumschaltung: Fernschreibercode

Beispiel: **Fernschreibercode** (5 Bit, 32 Codewörter)

→ kompletter Code

|     | Codeworte mit Um schaltung |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Steuerzeichen |    |    |    |    |    |
|-----|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|
|     | 1                          | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1             | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 1                          | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1             | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|     | 0                          | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1             | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|     | 0                          | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1             | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0                          | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1             | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| Nr. | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27            | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| Bu  | A                          | B | C | D | E | F | G | H | I | J  | K  | L  | M  | N  | O  | P  | Q  | R  | S  | T  | U  | V  | W  | X  | Y  | Z  | Bu            | Zi | WR | ZL | ZR | LZ |
| Zi  |                            |   |   |   | 3 |   |   |   | 8 |    |    |    |    |    | 9  | 0  | 1  | 4  |    | 5  | 7  |    | 2  |    | 6  |    |               |    |    |    |    |    |

## Beispiel: Darstellung im Fernschreibcode



## Zahl der möglichen Codewörter

- N Zahl der Codewörter
- m Anzahl der Binärstellen der Codewörter
- i Zahl der allen Gruppen gemeinsamen Zeichen
- j Zahl der Gruppen und damit Umschaltzeichen
- N' Zahl der nutzbaren Codewörter je Gruppe
- N'' Zahl der mit Umschaltung darstellbaren Zeichen

- Es gilt:  $N' = 2^m - i - j$  und  $N'' = j * N' + i$

■ **Gesucht:** ist ein Code mit  $N'' \geq N$  mit minimalem j