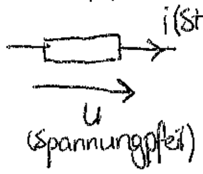
Kapitel 1:

- Konzentriertheitshypothese: Bereich von Schaltungstechnik

→ Bedingung: $d \ll \lambda$ ≡ räumliche Ausdehnung ≪ Wellenlänge der Signale
etwa 10-fach

Kapitel 2:

- Zählpfeile: zeigt die Richtung von Spannung und Strom



- Pfeile von Strom und Spannung sollen assoziiert sein (gleiche Richtung)
- $\xrightarrow[-u]{} \equiv \xleftarrow[+u]{}$

- Tore: Teil der Schaltung, wo die sog. Torbedingung erfüllt ist.

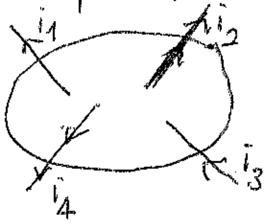
Torbedingung: In den Tor fließender Strom soll dem aus dem Tor fließenden Strom entgegengesetzt gleich sein.

- 2-Pol = Eintor aber 4-Pol ≠ Zweitor und für andere Mehrpole
im Allg.

- KCL:

Für eine geschlossene Hüllfläche, die kein Netzwerkelement durchtrennt gilt:

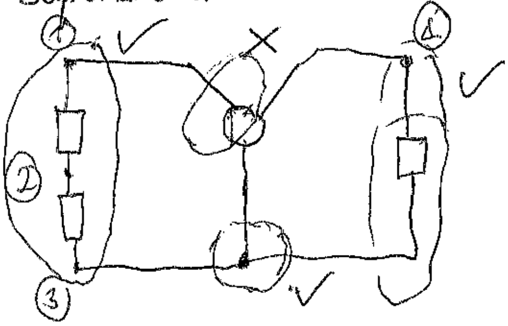
$$\boxed{\sum_{\text{Knoten}} i_J(t) = 0}$$



$\Rightarrow$ $i_1 + i_2 + i_4 - i_3 = 0$

(+): fließt raus
(−): fließt rein
(kann auch andersum sein)

gilt für:
- Knoten
- Superknoten



- KVL:

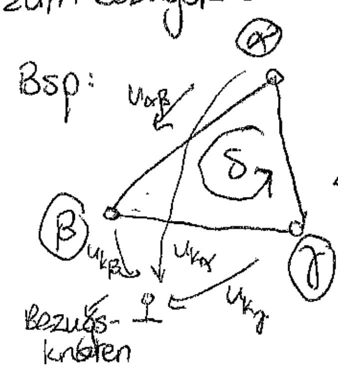
→ Knotenspannungen u_{k_i}: vom Knoten (i) zum Bezugsknoten

∗ Zwischen α-β $\boxed{u_{\alpha\beta} = u_{k\alpha} - u_{k\beta}}$

Für geschlossene Schleifen (Umläufe) gilt:

$$\boxed{\sum_{\text{Schleife}} u_J(t) = 0}$$

Bsp:



KVL für Schleife S:

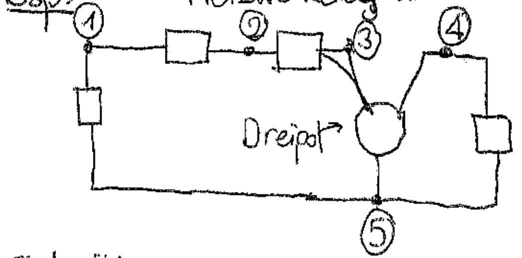
$u_{\alpha\beta} + u_{\beta\gamma} + u_{\gamma\alpha} = 0$

$\Leftrightarrow u_{k\alpha} - u_{k\beta} + u_{k\beta} - u_{k\gamma} + u_{k\gamma} - u_{k\alpha} = 0$

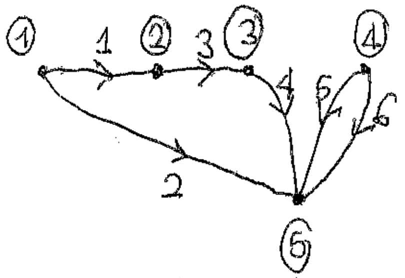
(+): in Richtung des Umlaufs
(−): gegen " " "

• Netzwerkgraph: Vorschrift, die einen Zweig zu einem Knotenpaar zuordnet.
Zeigt die Verbindungsstruktur.
→ Da alle Zweige mit Zählpfeilen ⇒ Digraph (directed (gerichtete) graph)

Bsp: Netzwerkdiagramm



⇒



Schritte:
1) Knoten nummerieren (willkürlich)
2) Alle Zweige richtig dazwischen zeichnen → 2-Pole trivial; → 3-Pole (willkürlich 2 Zweige)
3) Alle Zweige benennen (zunächst alle Zweige, die aus ① gehen, ...)
4) Zweige richten (vom Kleinen zum Großen)

• Inzidenzmatrizen

1) $\underset{\sim}{A}'$: Knoteninzidenzmatrix: Beinhaltet alle KCL-Gleichungen (für alle einzelne Knoten)

⇒ $\underset{\sim}{A}'$ hat für eine Schaltung mit n-Knoten und b-Zweige die Größe $n \times b$

→ Vorschrift

$$a'_{\beta\alpha} = \begin{cases} +1 & \text{Zweig } \alpha \text{ geht von Knoten } \beta \text{ aus} \\ -1 & \text{Zweig } \alpha \text{ geht zum Knoten } \beta \\ 0 & \text{Zweig } \alpha \text{ und } \beta \text{ haben miteinander nichts zu tun} \end{cases}$$

fürs obige Bsp:

$$\begin{array}{cc} & \\ \underset{\sim}{A}' = & \begin{bmatrix} +1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & +1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & +1 & +1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \\ \text{Zweige} & \begin{matrix} 1 & \;\;2 & \;\;3 & \;\;4 & \;\;5 & \;\;6 \end{matrix} \end{array} \begin{array}{c} \text{Knoten} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array}$$

Zeile 5 streichen

2) → Es gibt aber nur n-1 linear unabhängige KCL-Gleichungen : $\underset{\sim}{A}$ = reduzierte Knoteninzidenzmatrix
→ Von $\underset{\sim}{A}'$ zu $\underset{\sim}{A}$ eine willkürliche Zeile streichen.

$$\Rightarrow \underset{\sim}{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$(n-1) \times b$ $\quad \boxed{\underset{\sim}{A} \cdot \underline{i} = \underline{0} \quad \text{KCL in Matrixform}}$

3) $\underset{\sim}{M}'$
→ Alle Zweigspannungen durch die Differenz der Knotenspannungen u_{k_i} ausdrücken.
→ Vorschrift:

$$m'_{\alpha\beta} = \begin{cases} +1 & \text{Zweig } \alpha \text{ geht von Knoten } \beta \text{ aus} \\ -1 & \text{Zweig } \alpha \text{ geht zum Knoten } \beta \\ 0 & \text{kein Zusammenhang} \end{cases}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{bmatrix}}_{\underline{u}} = \underbrace{\begin{bmatrix} +1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ +1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & +1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & +1 & -1 \end{bmatrix}}_{\underset{\sim}{M}'} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} u_{k_1} \\ u_{k_2} \\ u_{k_3} \\ u_{k_4} \\ u_{k_5} \end{bmatrix}}_{\underline{u}_k} \Rightarrow \boxed{\underset{\sim}{M}' = \underset{\sim}{A}'^{T}}$$

4) $\underset{\sim}{A}^T$
→ Dem Bezugsknoten entsprechende Spalte streichen

$$\Rightarrow \boxed{\underline{u} - \underset{\sim}{A}^T \cdot \underline{u}_k = \underline{0} \quad \text{KVL in Matrixform}}$$

→ Es gibt $b-(n-1)$ linear unabhängige Schleifengleichungen.