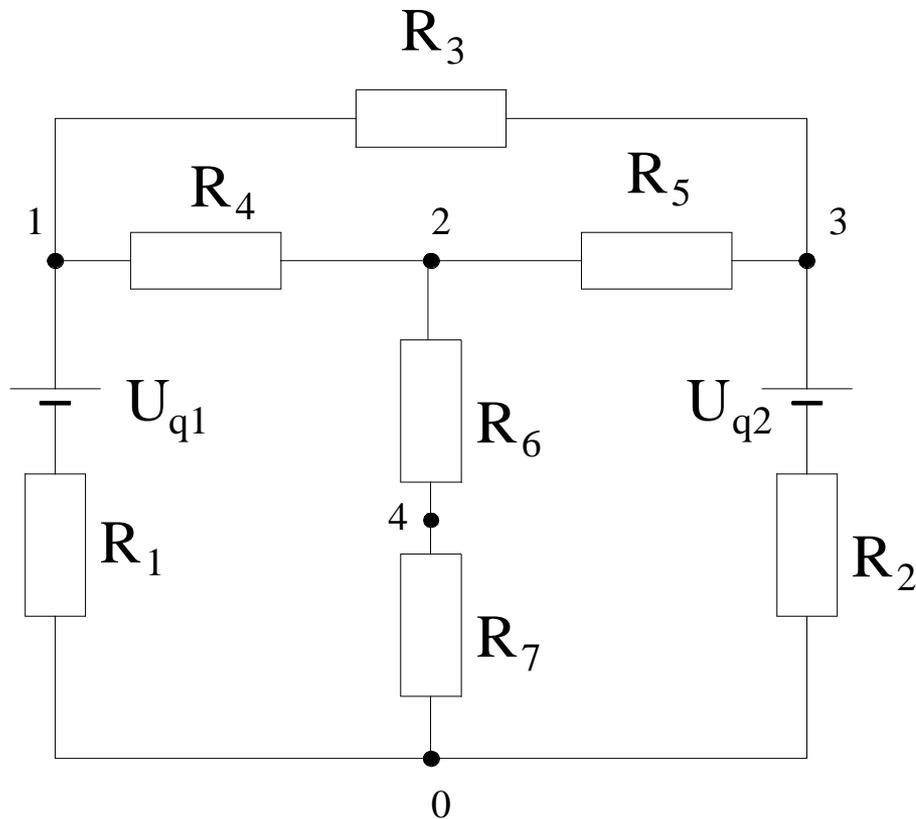


## 1 Organisatorisches

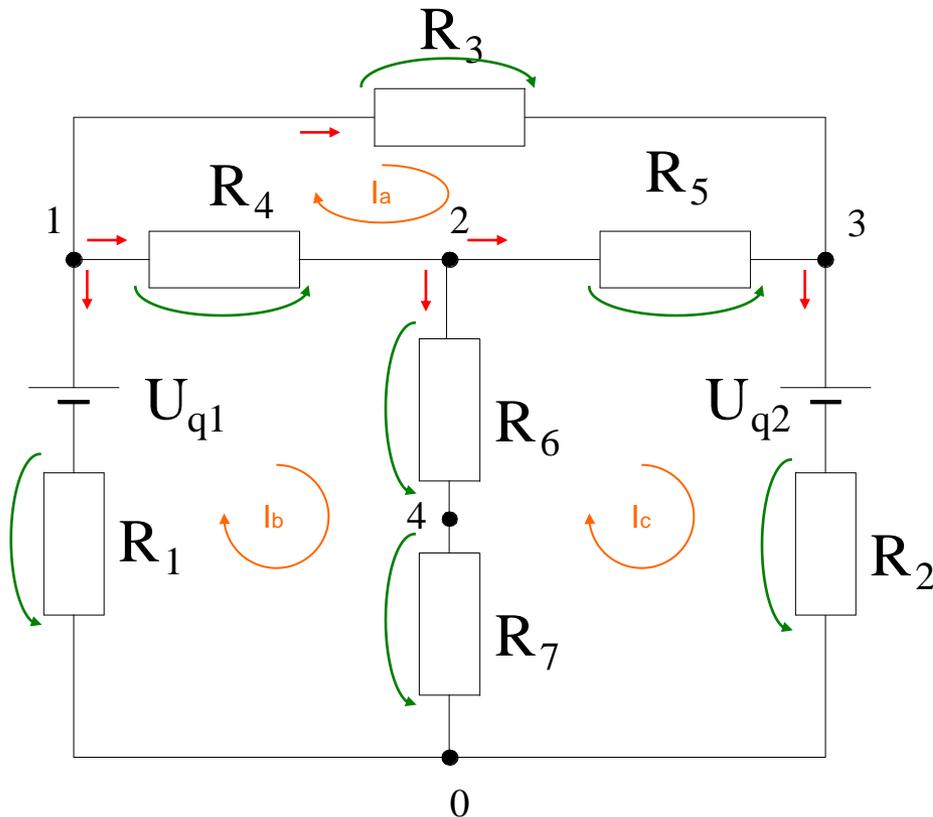
- ✓ Vorbereitungsaufgaben zur Netzwerkberechnung
- ✓ Eingangstestat
- ✓ Protokollabgabe: spätestens 2 Wochen nach Versuchsdurchführung per Mail beim Laboringenieur:  
[R.Holz@hszg.de](mailto:R.Holz@hszg.de)
- ✓ Dateiname: Einreichername Studienjahrgang.pdf oder Einreichername Studienjahrgang.docx (z.B. **Schmidt KIA-EAb16.pdf**)
- ✓ Protokollrückgabe: per Mail an alle Gruppenmitglieder
- ✓ Nachweisführung der erfolgreichen Teilnahme: durch das testierte Protokoll

# Gleichstromnetzwerk



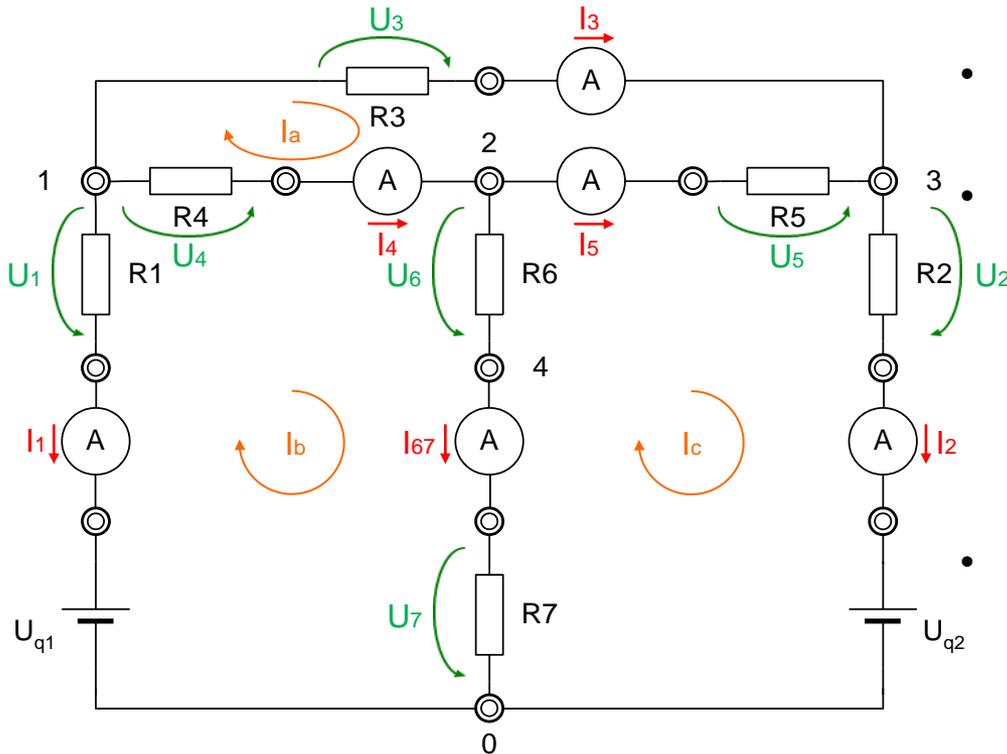
- 5.1 Aufbau der Messschaltung
- 5.2 Messen Sie alle Zweigströme
- 5.3 Messen Sie alle Spannungsfälle
- 5.4 Bestimmen Sie nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke im Zweig x
- 5.5 Entfernen Sie den Widerstand  $R_7$ . Betrachten Sie dann diese Schaltung zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4 als **aktiven Zweipol**
- 5.6 Messen Sie die  $U$  und den  $I$  in Abhängigkeit vom Außenwiderstand  $R_a$  ( $R_a$  entspricht  $R_7$ )

# Gleichstromnetzwerk



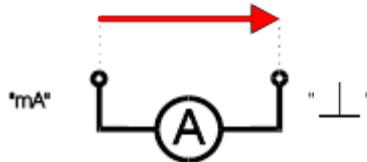
- 5.1 Aufbau der Messschaltung
- 5.2 Messen Sie alle Zweigströme
- 5.3 Messen Sie alle Spannungsfälle
- 5.4 Bestimmen Sie nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke im Zweig x
- 5.5 Entfernen Sie den Widerstand  $R_7$ . Betrachten Sie dann diese Schaltung zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4 als **aktiven Zweipol**
- 5.6 Messen Sie die  $U$  und den  $I$  in Abhängigkeit vom Außenwiderstand  $R_a$  ( $R_a$  entspricht  $R_7$ )

# Messschaltung

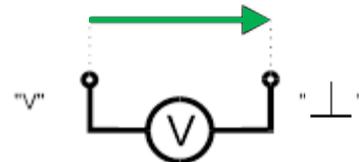


- 5.1 Aufbau der Messschaltung
- 5.2 Messen Sie alle Zweigströme  
Hinweis:  
Nur das Messgerät in dem der Strom erfasst wird belassen.  
Die restlichen deaktivieren usw.!
- 5.3 Messen Sie alle Spannungsfälle  
Hinweis:  
Alle Strommessgeräte deaktivieren!

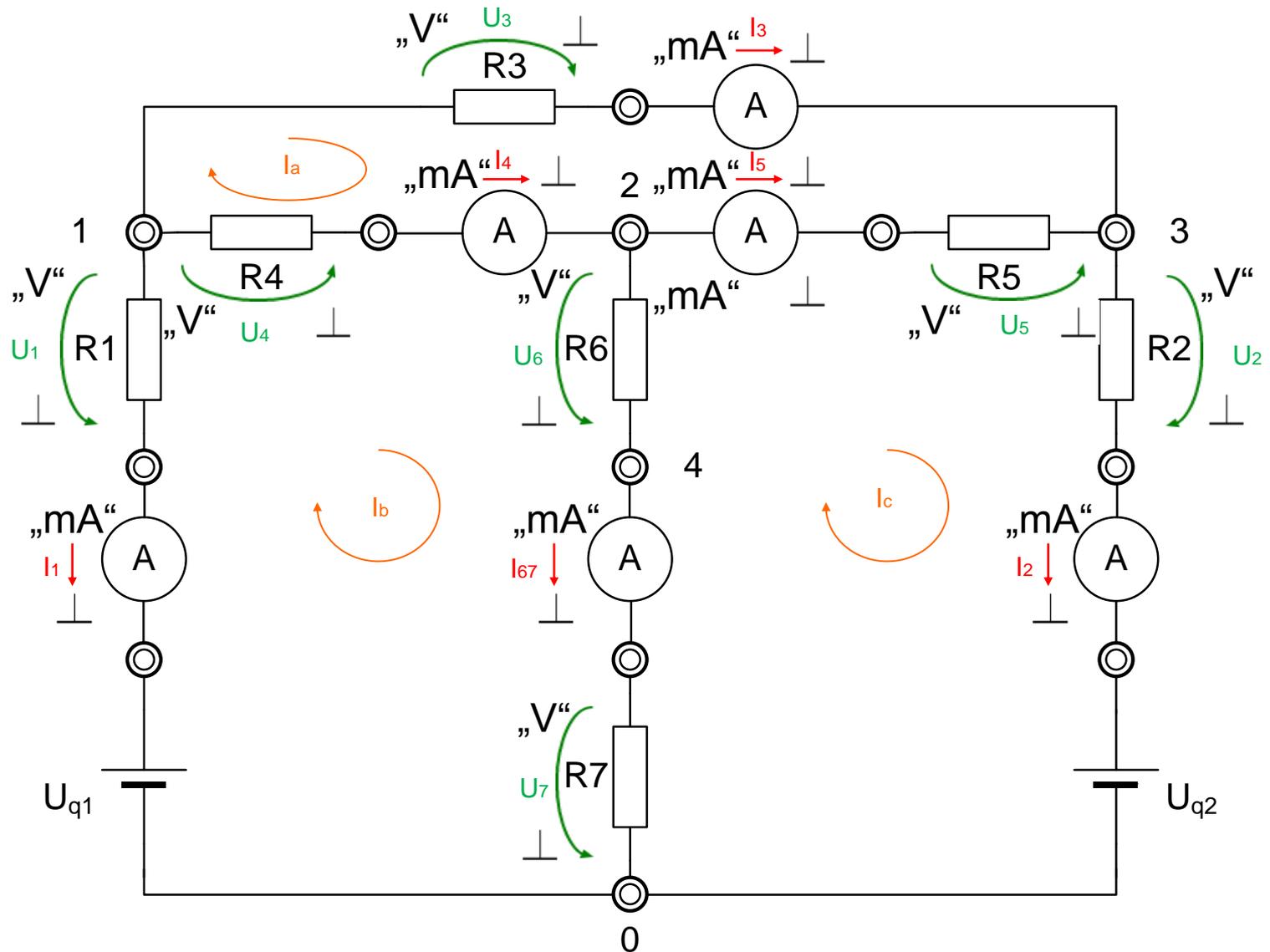
festgelegter Stromzählpfeil



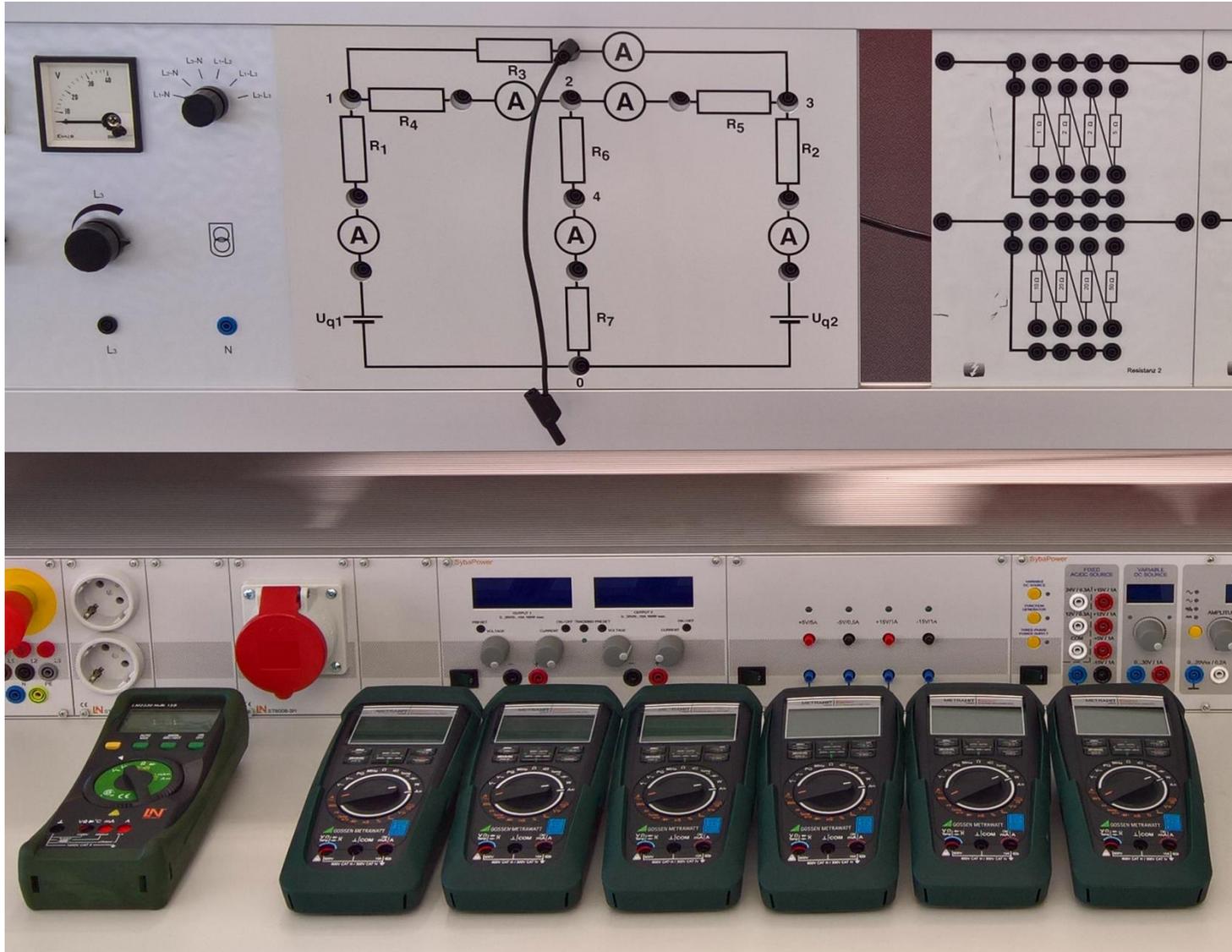
festgelegter Umlaufsinn



# Messschaltung



# Arbeitsplatz

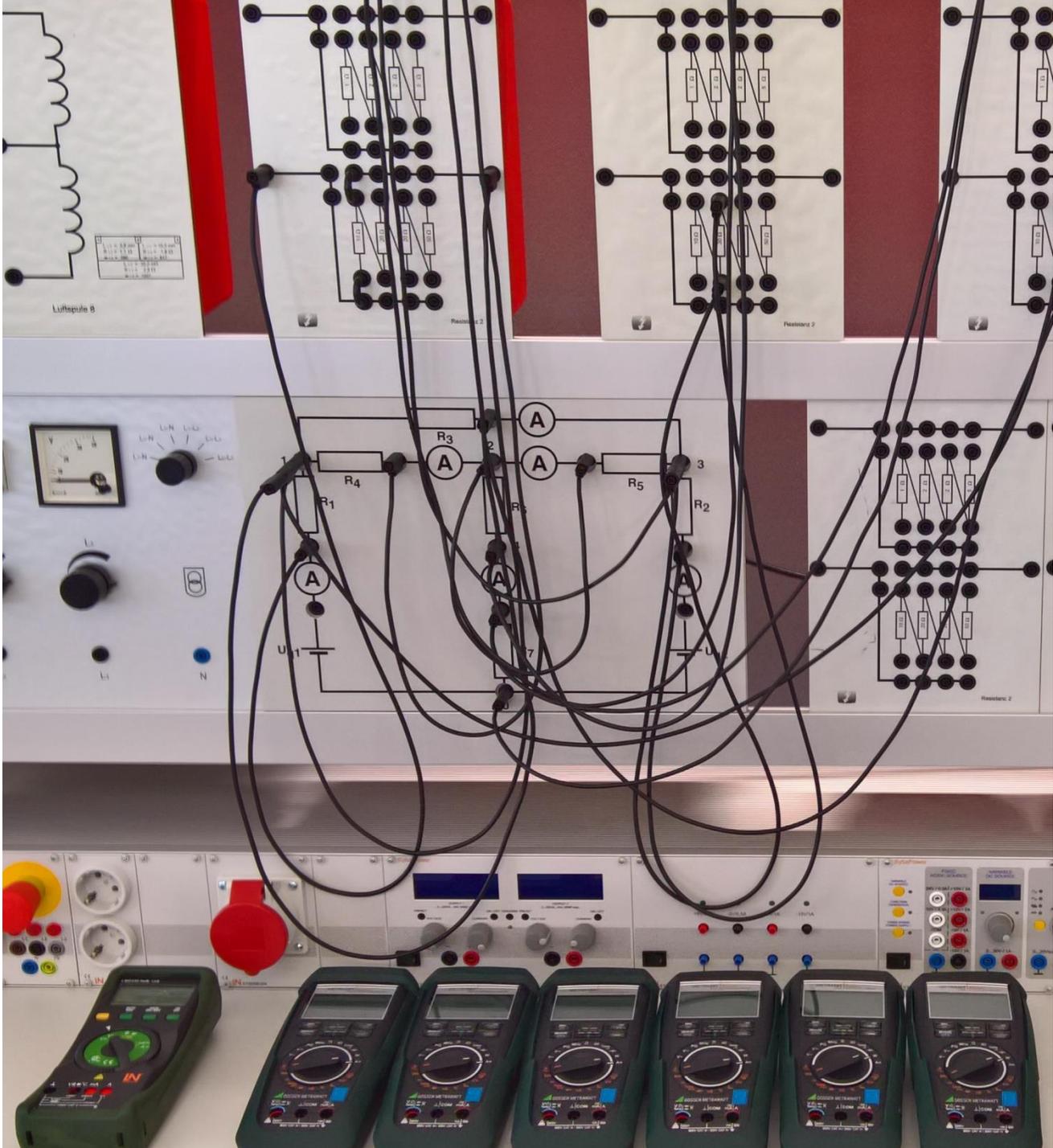


W  
i  
d  
e  
r  
s  
t  
ä  
n  
d  
e  
s  
t  
e  
c  
k  
e  
n



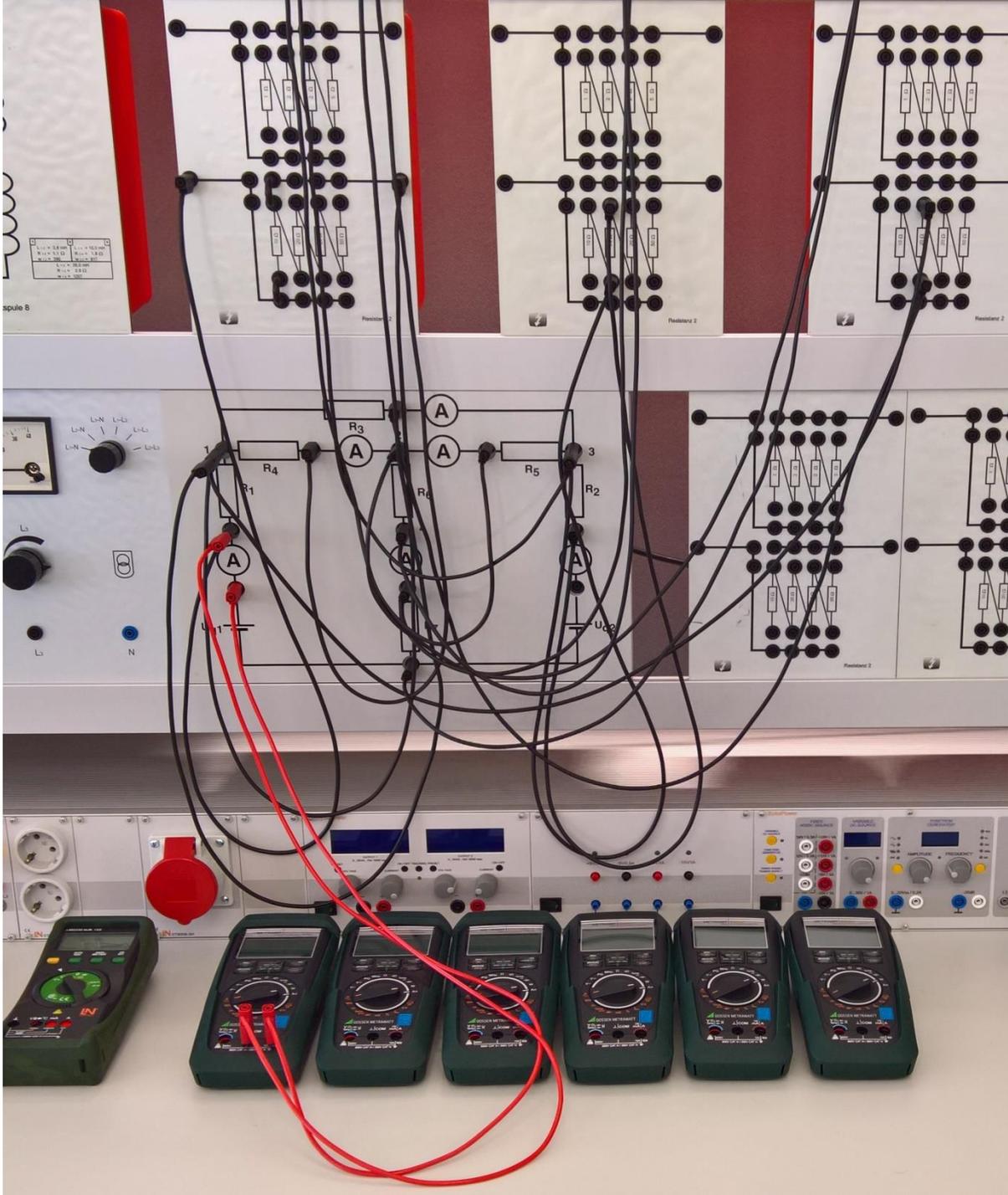
n  
a  
c  
h  
v  
e  
r  
s  
u  
c  
h  
s  
g  
r  
u  
p  
p  
e

W  
i  
d  
e  
r  
s  
t  
ä  
n  
d  
e  
s  
t  
e  
c  
k  
e  
n



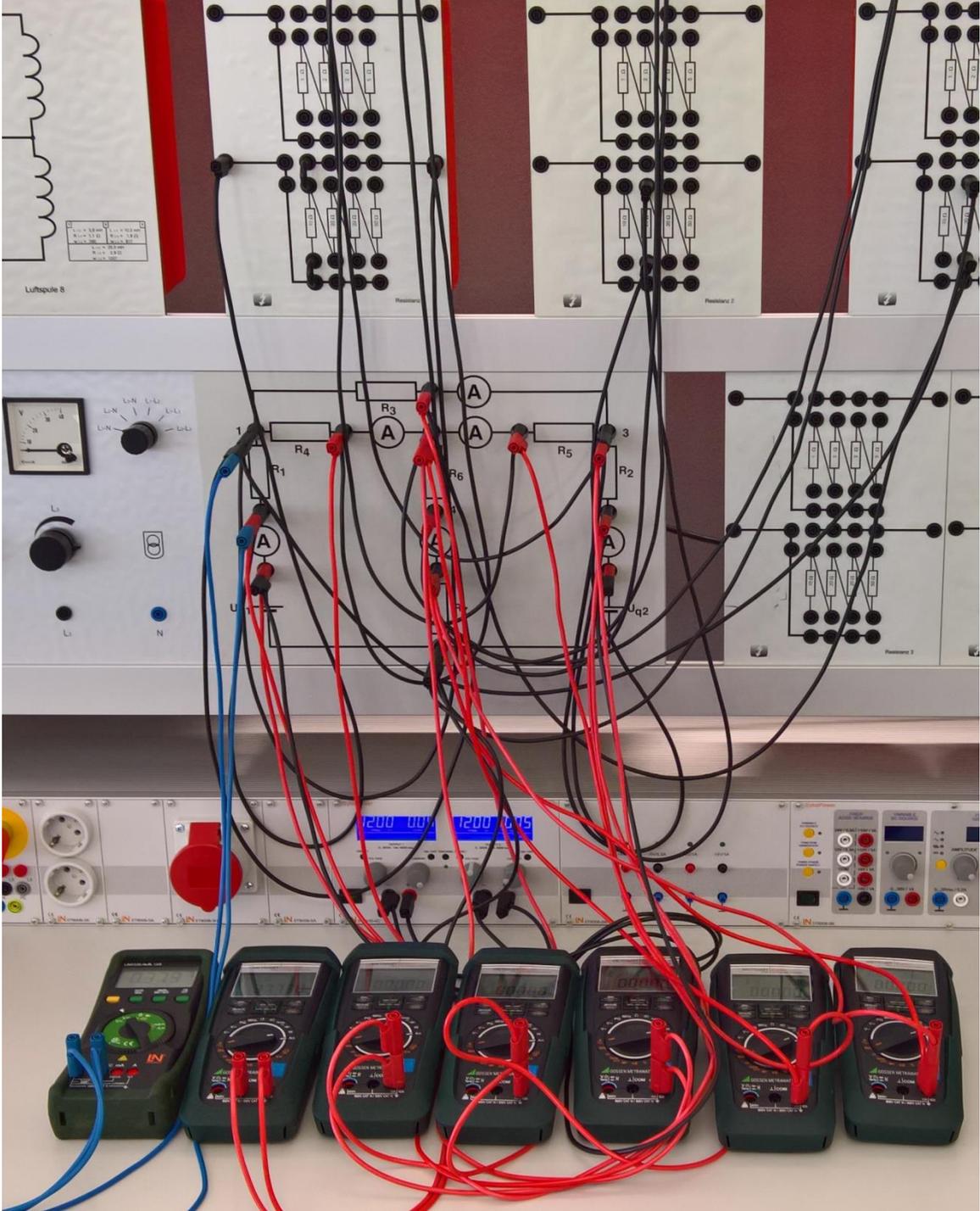
n  
a  
c  
h  
v  
e  
r  
s  
u  
c  
h  
s  
g  
r  
u  
p  
p  
e

S  
t  
r  
o  
m  
m  
e  
s  
s  
a  
g  
e  
:  
K  
a  
t  
e  
g  
o  
r  
y  
:  
E  
l  
e  
c  
t  
r  
i  
c  
i  
t  
y

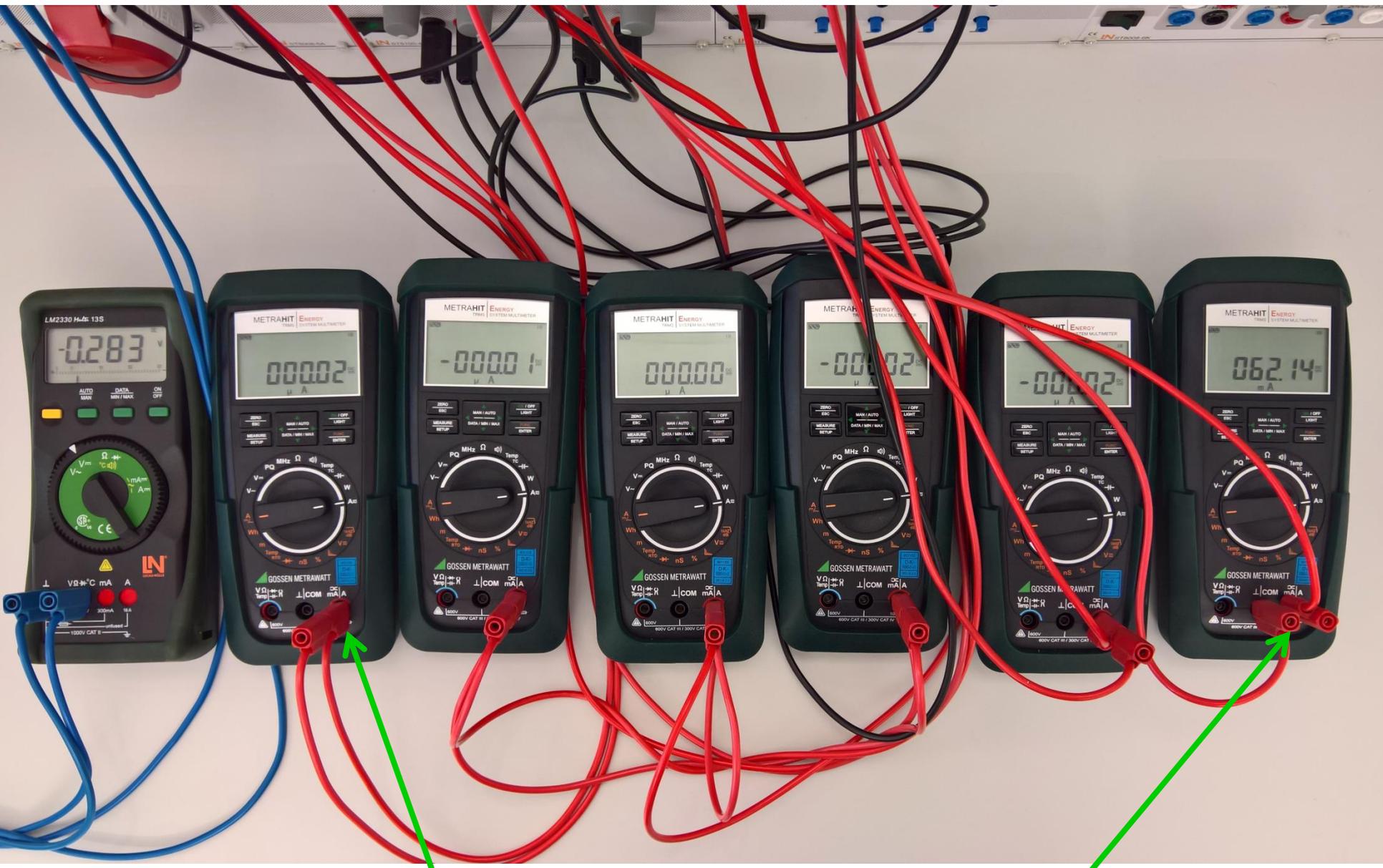


V  
o  
l  
u  
m  
e  
:  
E  
l  
e  
c  
t  
r  
i  
c  
i  
t  
y

S  
t  
r  
o  
m  
m  
e  
s  
s  
e  
n  
z  
l  
e  
t  
e  
c  
n  
i  
c  
h  
e  
r  
e



V  
o  
r  
n  
e  
i  
c  
h  
e  
r  
e  
i  
c  
h  
e  
r  
e  
g



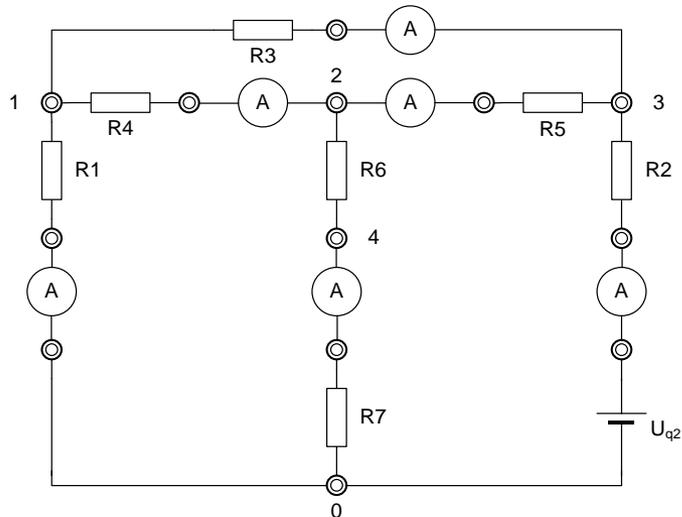
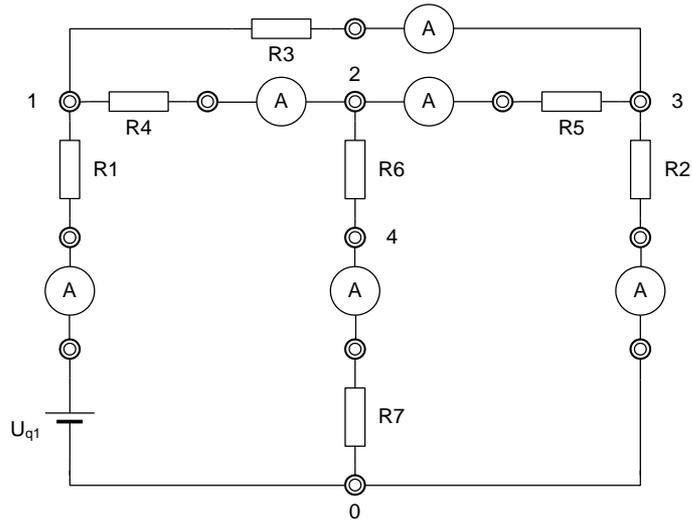
„deaktiviertes Messgerät“

„aktiviertes Messgerät“

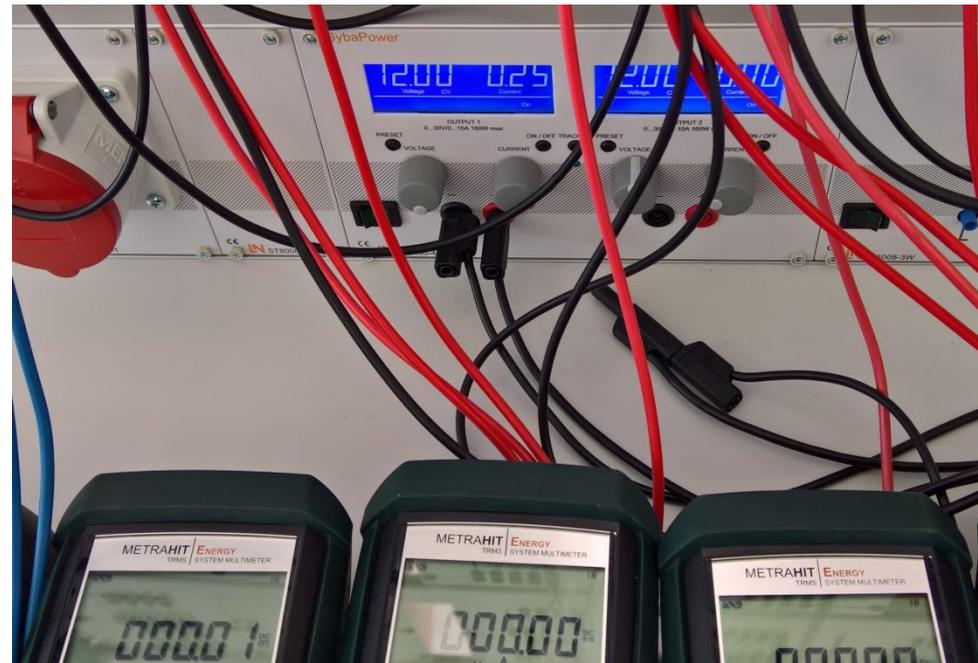


Alle Messgeräte „aktiviert“ → größerer Messfehler!

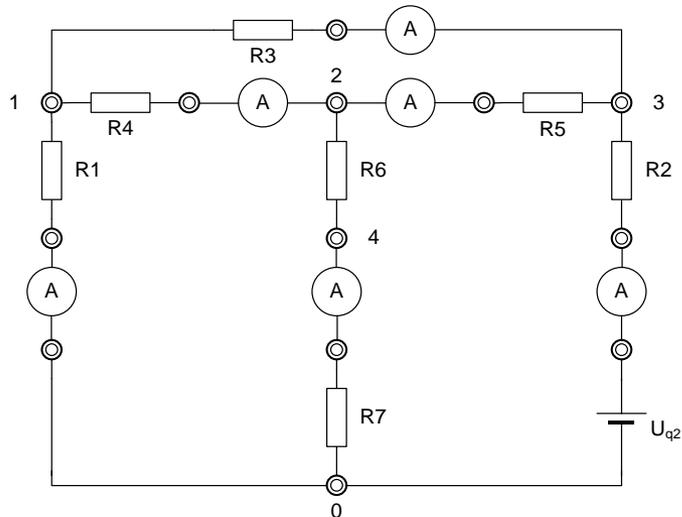
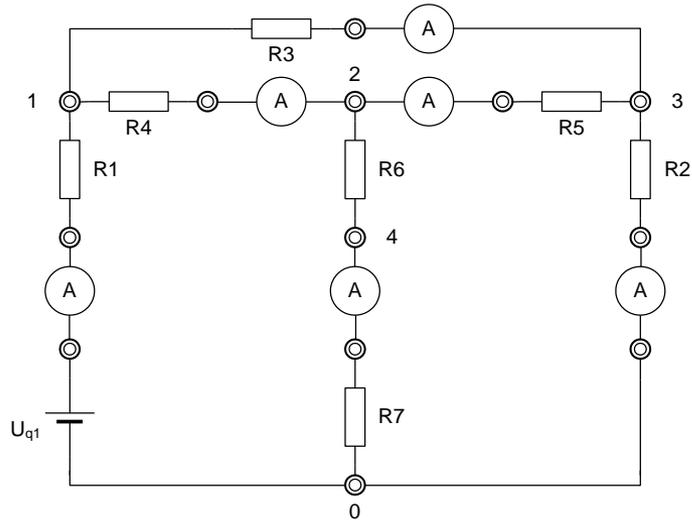
# Überlagerungsmethode



- 5.4 Bestimmen Sie nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke im Zweig x  
Hinweis:  
Nur das Messgerät im Zweig x aktiv belassen. Die restlichen „deaktivieren“!



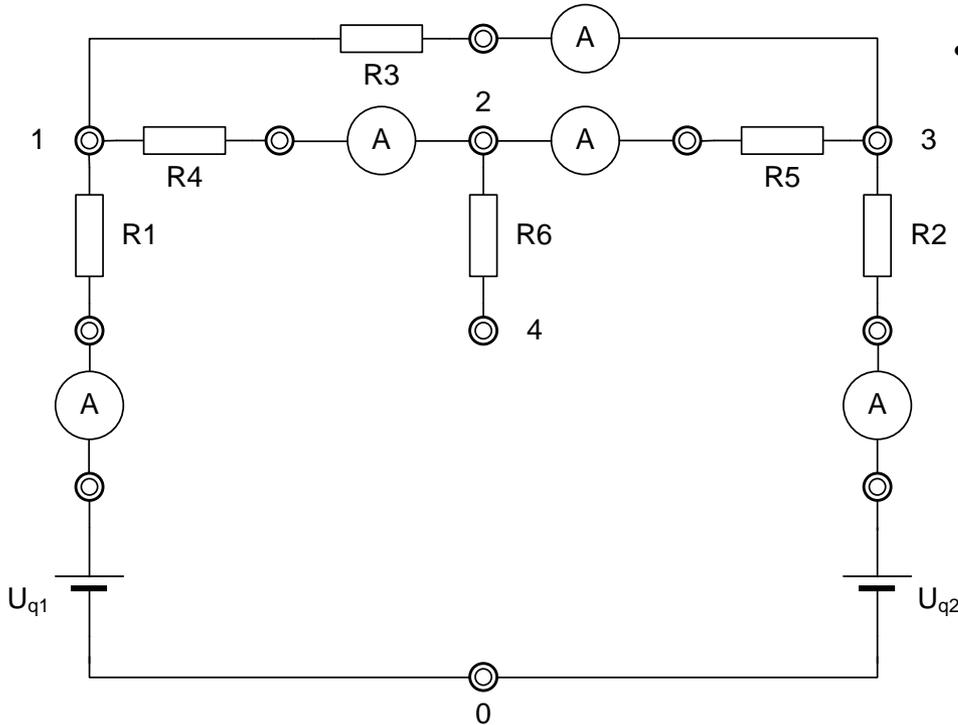
# Überlagerungsmethode



- 5.4 Bestimmen Sie nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke im Zweig x  
Hinweis:  
Nur das Messgerät im Zweig x aktiv belassen. Die restlichen „deaktivieren“!

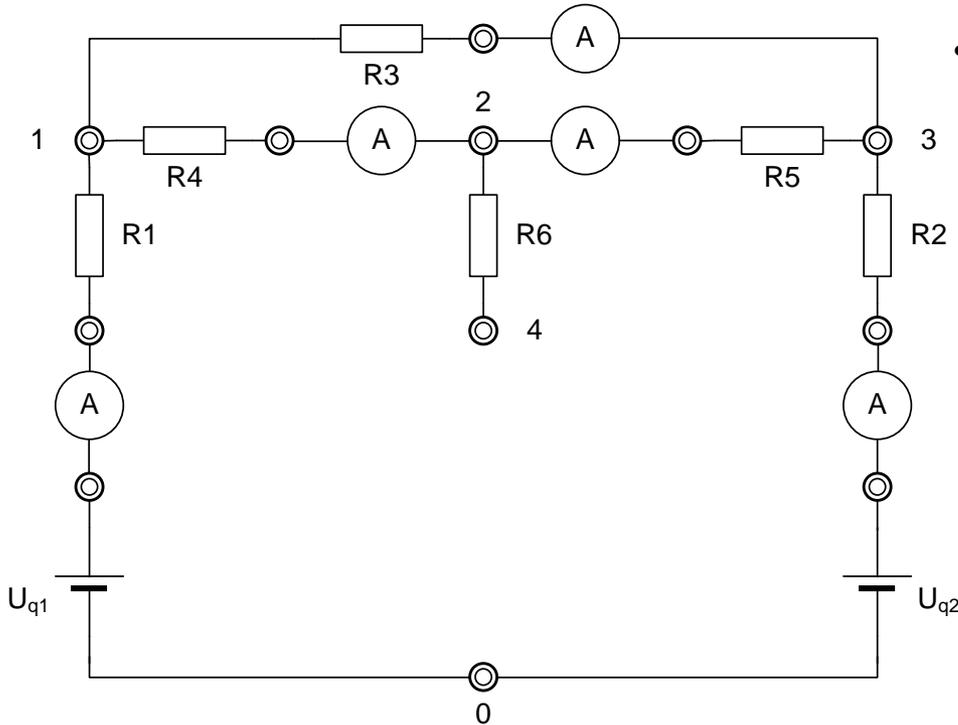


# Zweipolverfahren

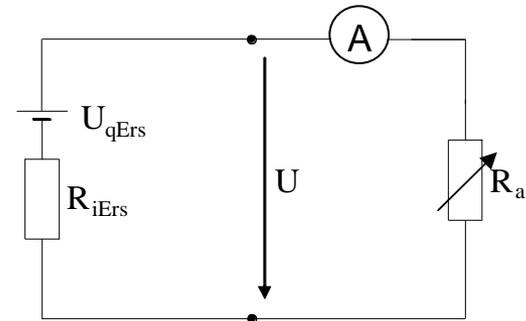


- 5.5 Entfernen Sie den Widerstand  $R7$   
Betrachten Sie dann diese  
Schaltung zwischen dem  
Knotenpunkt 0 und der Klemme 4  
als **aktiven Zweipol**  
Hinweis:  
Alle Strommessgeräte deaktivieren!

# Zweipolverfahren



- 5.6 Messen Sie die  $U$  und den  $I$  in Abhängigkeit vom Außenwiderstand  $R_a$  ( $R_a$  entspricht  $R_7$ )



$$U = U_{qErs} - I R_{iErs}$$

Leerlauf:  $R_a = \infty$       Kurzschluss:  $R_a = 0$

$$I = 0$$

$$I = I_K$$

$$U = U_{qErs}$$

$$U = 0$$

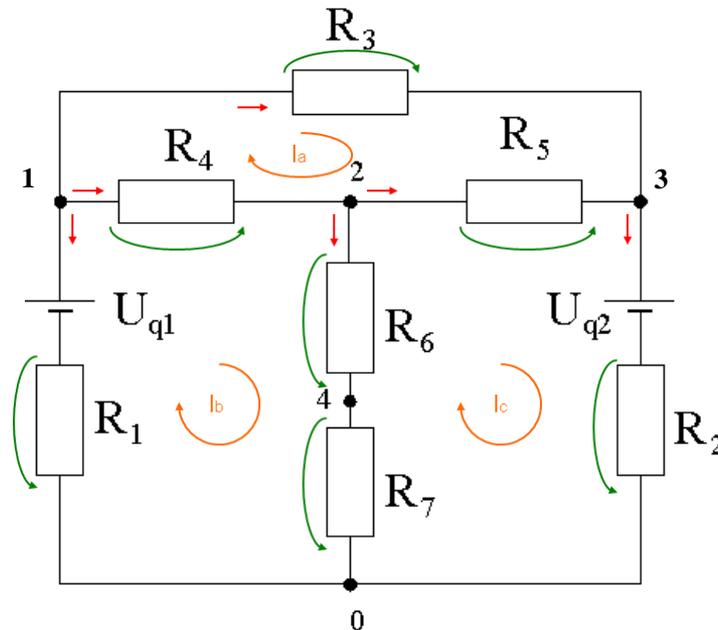
# Messwertetabellen

Versuchsvariante Nr.	$R_3$ in $\Omega$	$R_4$ in $\Omega$	$R_5$ in $\Omega$	$R_6$ in $\Omega$	$R_7$ in $\Omega$	$I_1$ in mA	$I_2$ in mA	$I_3$ in mA	$I_4$ in mA	$I_5$ in mA	$I_6$ in mA
1	20	500	100	50	50	-27,24	-31,50	16,91	10,92	-50,53	62,02
2	500	100	20	50	50	-25,13	-66,80	1,89	23,27	-68,78	92,46
3	100	20	500	50	50	-78,57	-12,77	-7,81	86,65	-4,88	91,69
4	20	50	200	100	100	-32,37	-13,47	-2,77	37,90	-9,94	48,06
5	50	200	20	100	100	-16,53	-33,44	9,78	6,96	-44,14	51,46
6	200	20	50	100	100	-35,16	-17,06	-0,30	35,73	-16,82	53,38
7	50	100	200	200	200	-15,52	-8,87	-0,29	16,58	-8,47	25,17
8	100	200	50	200	200	-8,61	-17,27	2,11	5,80	-20,02	26,46
9	200	50	100	200	200	-17,58	-9,03	-0,04	17,79	-9,04	27,13

$$U_{q1} = U_{q2} = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 20 \Omega$$



Versuchsvariante Nr.	R <sub>3</sub> in Ω	R <sub>4</sub> in Ω	R <sub>5</sub> in Ω	R <sub>6</sub> in Ω	R <sub>7</sub> in Ω	U <sub>1</sub> in V	U <sub>2</sub> in V	U <sub>3</sub> in V	U <sub>4</sub> in V	U <sub>5</sub> in V	U <sub>6(0)</sub> in V	U <sub>7</sub> in V
1	20	500	100	50	50	-0,28	-0,62	0,33	5,52	-5,06	3,10	3,10
2	500	100	20	50	50	0,33	-1,34	0,95	2,33	-1,38	4,62	4,62
3	100	20	500	50	50	-1,04	-0,26	-0,78	1,74	-2,44	4,59	4,59
4	20	50	200	100	100	-0,33	-0,27	-0,06	1,90	-1,99	4,81	4,81
5	50	200	20	100	100	-0,17	-0,67	0,49	1,40	-0,89	5,15	5,15
6	200	20	50	100	100	-0,43	-0,34	-0,08	0,72	-0,83	5,34	5,34
7	50	100	200	200	200	-0,19	-0,18	-0,01	1,66	-1,70	5,03	5,03
8	100	200	50	200	200	-0,09	-0,35	0,21	1,16	-1,01	5,29	5,29
9	200	50	100	200	200	-0,18	-0,18	-0,01	0,89	-0,91	5,43	5,43

Versuchsvariante Nr.	U <sub>q1</sub> = 0 V						U <sub>q2</sub> = 12 V					
	I <sub>1</sub> in mA	I <sub>2</sub> in mA	I <sub>3</sub> in mA	I <sub>4</sub> in mA	I <sub>5</sub> in mA	I <sub>6</sub> in mA	I <sub>1</sub> in mA	I <sub>2</sub> in mA	I <sub>3</sub> in mA	I <sub>4</sub> in mA	I <sub>5</sub> in mA	I <sub>6</sub> in mA
1	224,69	-257,36	-222,66	-1,87	-34,55	32,58	-253,46	224,34	239,58	12,82	-15,91	28,33
2	73,51	-140,03	-16,37	-56,15	-123,67	66,75	-101,46	74,89	18,80	80,65	53,42	25,37
3	91,29	-106,11	-88,66	-5,32	-17,47	10,86	-176,90	94,97	82,41	94,99	12,64	82,28
4	229,22	-247,45	-255,54	-5,85	-20,84	14,10	-264,35	230,26	219,28	44,36	10,76	33,90
5	156,58	-190,89	-130,24	-26,27	-60,03	34,28	-173,63	156,18	140,04	33,11	15,82	17,05
6	130,94	-146,01	-36,36	-95,68	-112,23	16,37	-169,22	132,25	36,74	128,15	92,25	35,67
7	157,77	-165,54	-140,25	-17,63	-26,07	8,45	-174,42	157,66	140,08	34,34	17,67	16,79
8	111,88	-129,37	-82,47	-29,24	-46,53	17,53	-120,67	111,66	85,00	35,50	26,52	8,94
9	97,30	-106,43	-43,95	-52,25	-62,15	9,06	-115,30	97,17	43,88	71,09	52,28	18,06

Versuchs- variante Nr.	$I_{1q1+I_{1q2}}$ in mA	$I_{2q1+I_{2q2}}$ in mA	$I_{3q1+I_{3q2}}$ in mA	$I_{4q1+I_{4q2}}$ in mA	$I_{5q1+I_{5q2}}$ in mA	$I_{6q1+I_{6q2}}$ in mA	$\Delta I_1$ in %	$\Delta I_2$ in %	$\Delta I_3$ in %	$\Delta I_4$ in %	$\Delta I_5$ in %	$\Delta I_6$ in %
1	-28,77	-33,02	16,92	10,95	-50,46	60,91	-5,32	-4,60	-0,06	-0,27	0,14	1,82
2	-27,95	-65,14	2,43	24,5	-70,25	92,12	-10,09	2,55	-22,22	-5,02	-2,09	0,37
3	-85,61	-11,14	-6,25	89,67	-4,83	93,14	-8,22	14,63	24,96	-3,37	1,04	-1,56
4	-35,13	-17,19	-36,26	38,51	-10,08	48	-7,86	-21,64	-92,36	-1,58	-1,39	0,13
5	-17,05	-34,71	9,8	6,84	-44,21	51,33	-3,05	-3,66	-0,20	1,75	-0,16	0,25
6	-38,28	-13,76	0,38	32,47	-19,98	52,04	-8,15	23,98	-178,95	10,04	-15,82	2,57
7	-16,65	-7,88	-0,17	16,71	-8,4	25,24	-6,79	12,56	70,59	-0,78	0,83	-0,28
8	-8,79	-17,71	2,53	6,26	-20,01	26,47	-2,05	-2,48	-16,60	-7,35	0,05	-0,04
9	-18	-9,26	-0,07	18,84	-9,87	27,12	-2,33	-2,48	-42,86	-5,57	-8,41	0,04

Versuchsvariante Nr.	$U_i = U_{qErs} =$ in V	$I_k =$ in mA	$R_{i\text{ ber.}} =$ in $\Omega$ ( $U_i/I_k$ )	$R_{i\text{ Meßbr.}} =$ in $\Omega$	$R_{i\text{ err.}} =$ in $\Omega$ (aus R-Werten)	$\Delta R_i$ in %	$\Delta R_i$ in %
1	12	83,67	143,42	143,10	142,94	-0,11%	-0,33%
2	12	150,89	79,53	79,28	79,06	-0,28%	-0,59%
3	12	153,04	78,41	77,94	77,82	-0,15%	-0,75%
4	12	81,38	147,46	147,10	146,87	-0,16%	-0,40%
5	12	91,55	131,08	131,00	130,58	-0,32%	-0,38%
6	12	98,70	121,58	122,20	121,00	-0,98%	-0,48%
7	12	43,44	276,24	273,60	273,33	-0,10%	-1,05%
8	12	47,23	254,08	252,00	251,27	-0,29%	-1,11%
9	12	48,86	245,60	240,20	240,00	-0,08%	-2,28%

- Zweipol

1 Rechnung						2 Messung					
$R_i = 142 \ \Omega$						$U_i = 12,06 \ V$			$I_k = 82 \ mA$		
Stufe	$R_a / \Omega$	$R_a / R_i$	$U / U_i$	$I / I_k$	$P / P_{max}$	$U / V$	$U / U_i$	$I / mA$	$I / I_k$	$P / mW$	$P / P_{max}$
0	0	0	0	1	0	0	0	82	1	0	0
1	20	0,14	0,12	0,88	0,43	1,6	0,13	73,6	0,90	117,76	0,47
2	40	0,28	0,22	0,78	0,69	2,73	0,23	65,52	0,8	178,87	0,71
3	60	0,42	0,30	0,70	0,84	3,53	0,29	58,85	0,72	207,74	0,83
4	80	0,56	0,36	0,64	0,92	4,3	0,36	53,6	0,65	230,48	0,92
5	100	0,70	0,41	0,59	0,97	4,92	0,41	49,24	0,6	242,26	0,97
6	120	0,85	0,46	0,54	0,99	5,66	0,47	44,09	0,54	249,55	0,996
7	142	1	0,5	0,5	1	5,98	0,5	41,88	0,51	250,44	1
8	160	1,13	0,53	0,47	0,996	6,33	0,52	39,5	0,48	250,03	0,998
9	200	1,41	0,58	0,42	0,97	6,99	0,58	34,9	0,43	243,95	0,97
10	300	2,11	0,68	0,32	0,87	8,13	0,67	27,1	0,33	220,32	0,88
11	400	2,82	0,73	0,26	0,77	9,35	0,78	18,7	0,23	174,85	0,7
12	1000	7,04	0,88	0,12	0,43	10,55	0,87	10,39	0,13	109,61	0,44
13	2000	14,8	0,93	0,07	0,25	11,15	0,92	5,47	0,07	60,99	0,24
14	10000	70,42	0,99	0,01	0,05	11,85	0,98	1,17	0,01	13,86	0,06
15	$\infty$	$\infty$	1	0	0	12,06	1	0	0	0	

Tabelle Zweipol

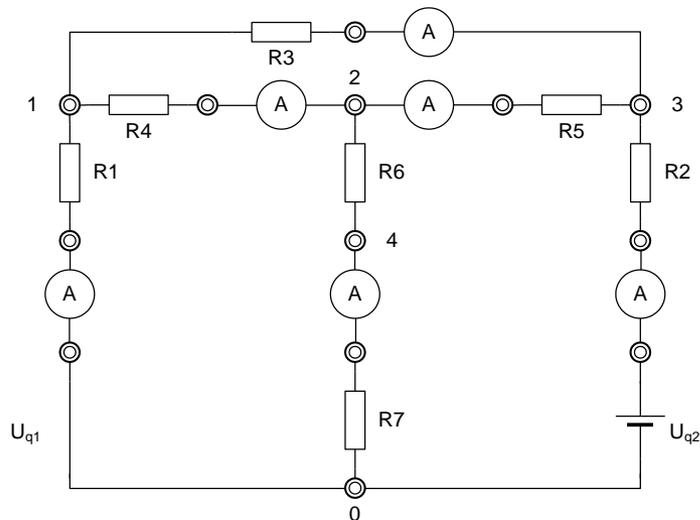
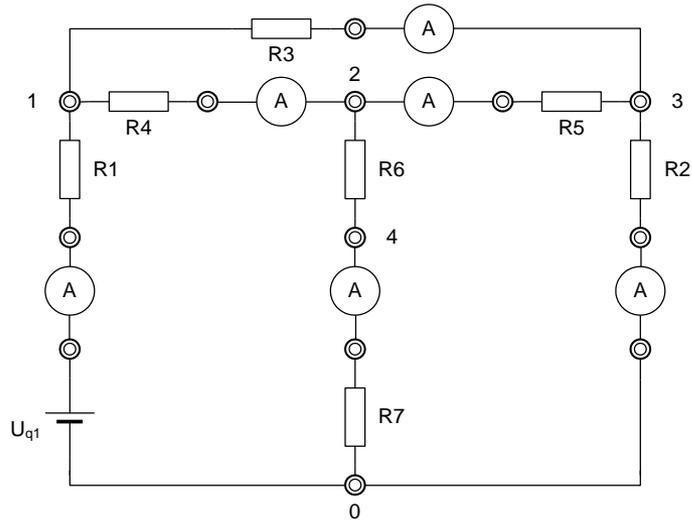
# Rechengrößen

Versuchsvariante Nr.	R <sub>3</sub> in Ω	R <sub>4</sub> in Ω	R <sub>5</sub> in Ω	R <sub>6</sub> in Ω	R <sub>7</sub> in Ω	I <sub>1</sub> in mA	I <sub>2</sub> in mA	I <sub>3</sub> in mA	I <sub>4</sub> in mA	I <sub>5</sub> in mA	I <sub>6</sub> in mA
1	10	500	100	50	50	-29,27	-32,90	18,30	10,98	-51,22	62,20
2	500	100	10	50	50	-26,50	-66,50	2,10	24,37	-68,61	92,98
3	100	10	500	50	50	-82,98	-10,90	-6,12	89,10	-4,79	93,88
4	20	50	200	100	100	-35,14	-13,6	-3,6	38,71	-10,03	48,74
5	50	200	20	100	100	-16,75	-35,5	9,8	6,97	-45,3	52,27
6	200	20	50	100	100	-38,02	-16,4	-0,2	38,25	-16,22	54,46
7	50	100	200	200	200	-16,93	-8,5	0	16,93	-8,46	25,39
8	100	200	50	200	200	-8,74	-17,9	2,4	6,3	-20,35	26,65
9	200	50	100	200	200	-18,21	-9,1	0	18,21	-9,1	27,31

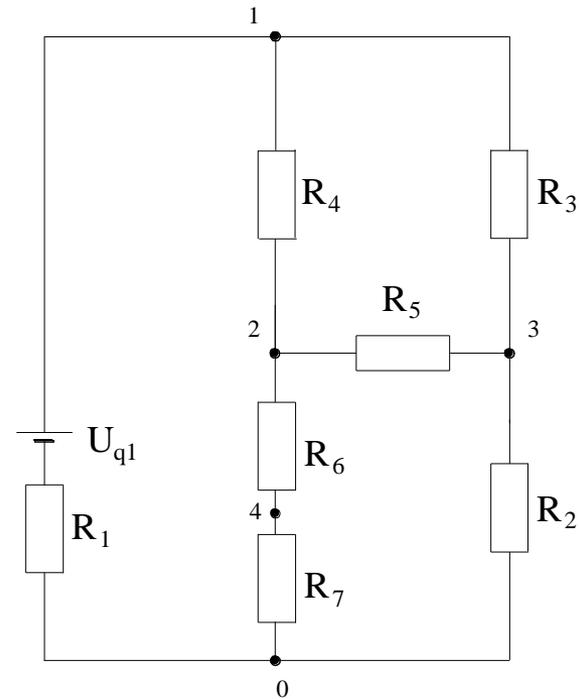
Versuchsvariante Nr.	R <sub>3</sub> in Ω	R <sub>4</sub> in Ω	R <sub>5</sub> in Ω	R <sub>6</sub> in Ω	R <sub>7</sub> in Ω	U <sub>1</sub> in V	U <sub>2</sub> in V	U <sub>3</sub> in V	U <sub>4</sub> in V	U <sub>5</sub> in V	U <sub>6(0)</sub> in V	U <sub>7</sub> in V
1	10	500	100	50	50	-0,29	-0,66	0,37	5,49	-5,12	3,11	3,11
2	500	100	10	50	50	-0,26	-1,33	1,06	2,44	-1,37	4,65	4,65
3	100	10	500	50	50	-0,83	-0,22	-0,61	1,78	-2,39	4,70	4,70
4	20	50	200	100	100	-0,35	-0,27	-0,07	1,94	-2,01	4,88	4,88
5	50	200	20	100	100	-0,17	-0,71	0,49	1,39	-0,91	5,23	5,23
6	200	20	50	100	100	-0,38	-0,33	-0,05	0,76	-0,81	5,45	5,45
7	50	100	200	200	200	-0,17	-0,17	0	1,69	-1,69	5,08	5,08
8	100	200	50	200	200	-0,09	-0,36	0,24	1,26	-1,02	5,33	5,33
9	200	50	100	200	200	-0,18	-0,18	0	0,91	-0,91	5,47	5,47

**Vertiefung**

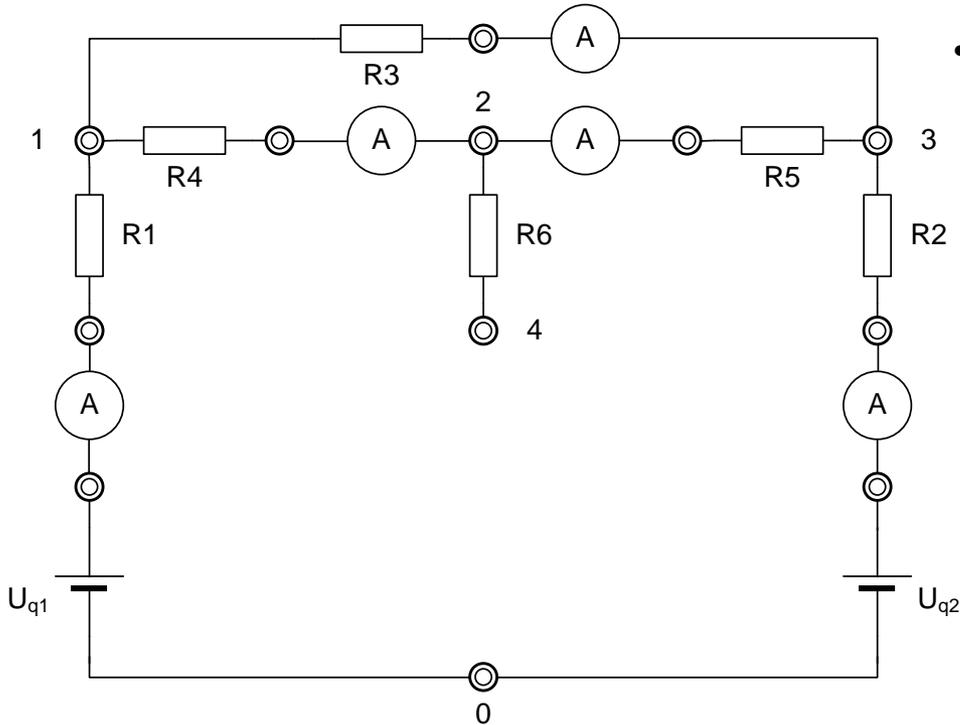
# Überlagerungsmethode



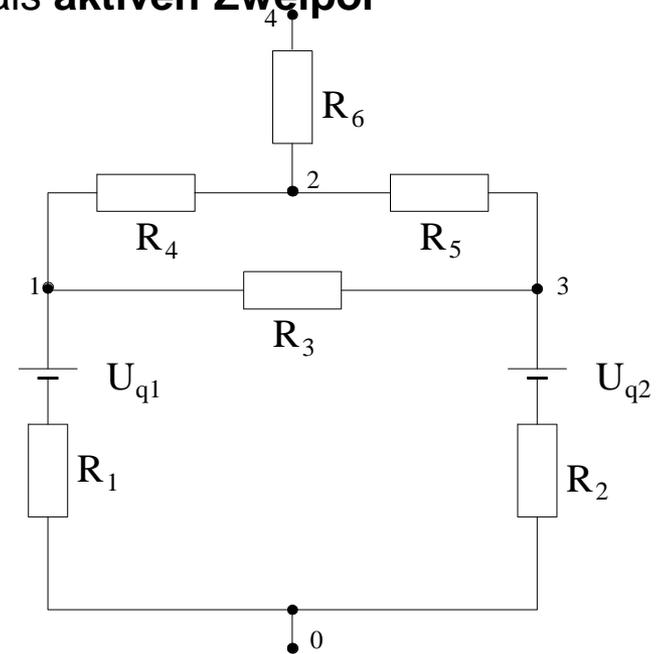
- 5.4 Bestimmen Sie nach der Überlagerungsmethode die Stromstärke im Zweig x



# Zweipolverfahren

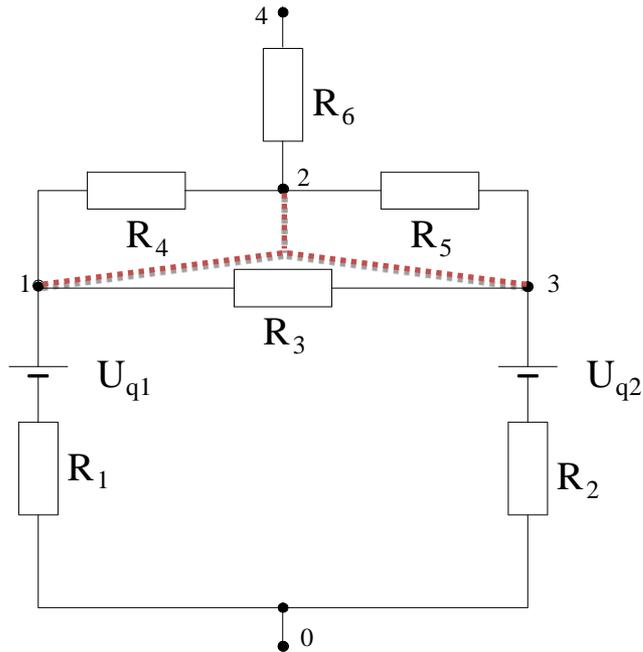


- 5.5 Entfernen Sie den Widerstand  $R_7$   
Betrachten Sie dann diese  
Schaltung zwischen dem  
Knotenpunkt 0 und der Klemme 4  
als **aktiven Zweipol**



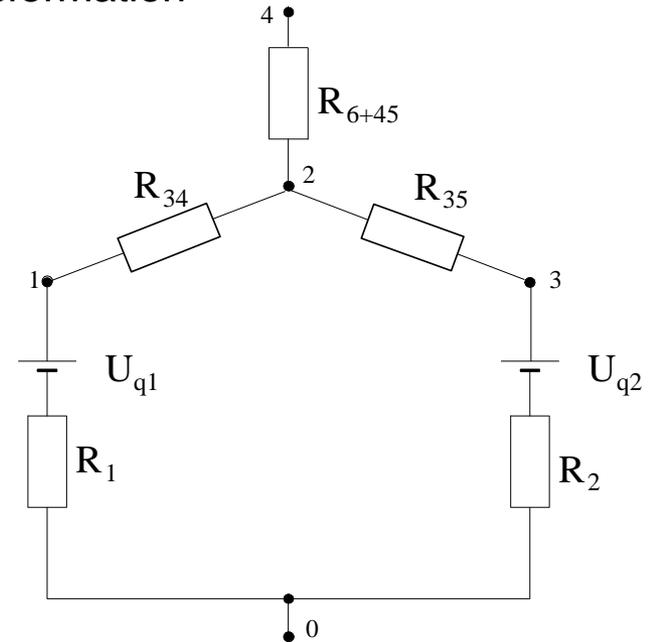
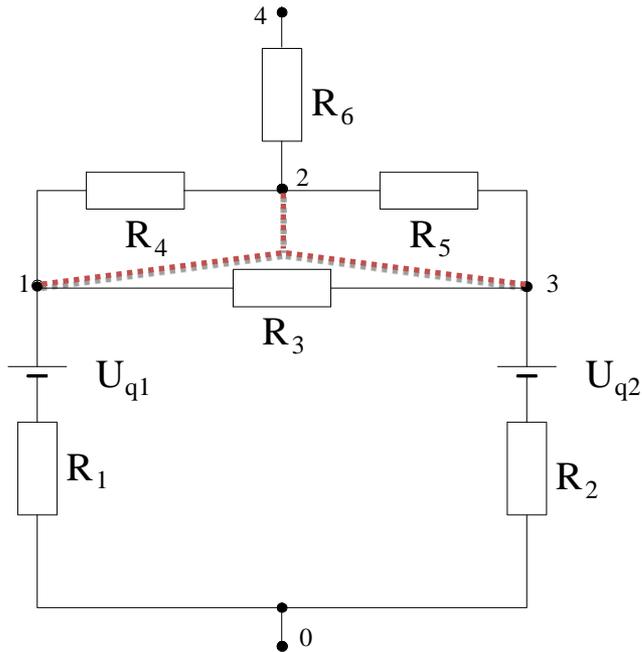
# Zweipolverfahren

Ermittlung des Ersatzinnenwiderstandes  $R_{iErs}$  zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4 durch z.B. Dreieck-Stern-Transformation

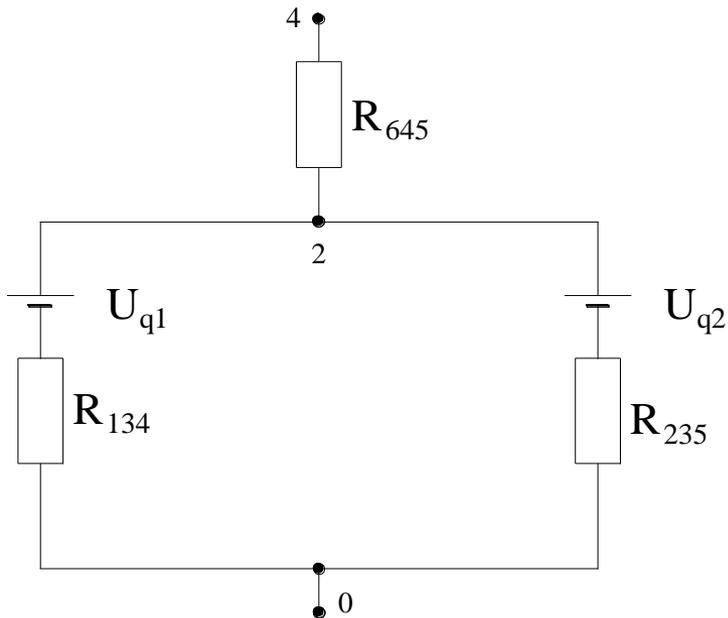
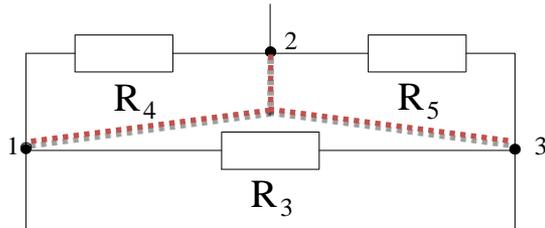


# Zweipolverfahren

Ermittlung des Ersatzinnenwiderstandes  $R_{iErs}$  zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4 durch z.B. Dreieck-Stern-Transformation



# Zweipolverfahren



Ermittlung des Ersatzinnenwiderstandes  $R_{iErs}$  zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4

$$R_{45} = \frac{R_4 R_5}{R_3 + R_4 + R_5}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4 + R_5}$$

$$R_{35} = \frac{R_3 R_5}{R_3 + R_4 + R_5}$$

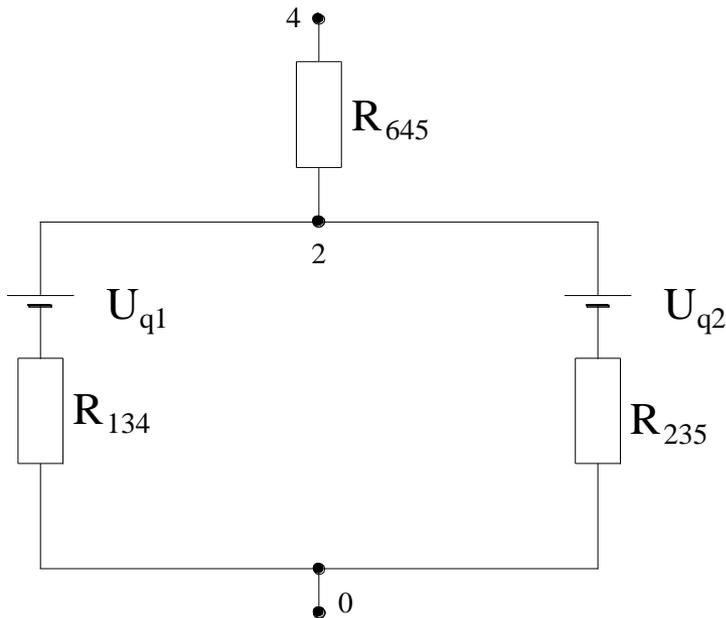
$$R_{iErs} = R_6 + R_{45} + (R_1 + R_{34}) \parallel (R_2 + R_{35})$$

# Zweipolverfahren

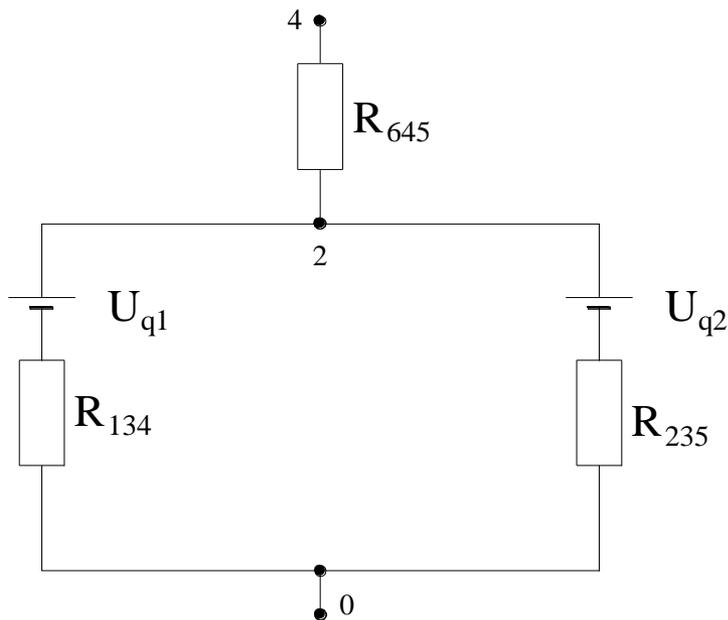
Ermittlung des Ersatzinnenwiderstandes  $R_{iErs}$  zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4

$$R_{iErs} = R_6 + R_{45} + (R_1 + R_{34}) \parallel (R_2 + R_{35})$$

Umwandlung der Spannungsquellen in Ersatzstromquellen:



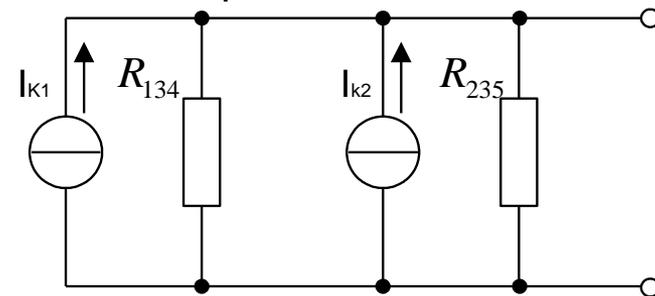
# Zweipolverfahren



Ermittlung des Ersatzinnenwiderstandes  $R_{iErs}$  zwischen dem Knotenpunkt 0 und der Klemme 4

$$R_{iErs} = R_6 + R_{45} + (R_1 + R_{34}) \parallel (R_2 + R_{35})$$

Umwandlung der Spannungsquellen in Ersatzstromquellen:

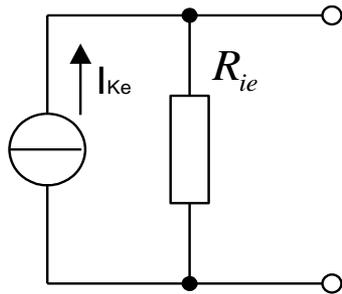


$$I_{k1} = \frac{U_{q1}}{R_{134}} \quad I_{k2} = \frac{U_{q2}}{R_{235}}$$

Parameter der Ersatzstromquelle:

# Zweipolverfahren

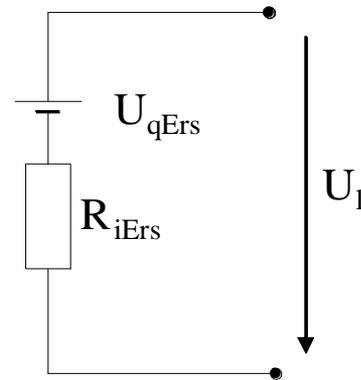
Parameter der Ersatzstromquelle:



$$\underline{I_{ke}} = \sum_1^2 I_{kev} = I_{k1} + I_{k2}$$

$$\frac{1}{R_{ie}} = \underline{G_{ie}} = \sum_1^2 G_{iv} = \frac{1}{R_{134}} + \frac{1}{R_{235}}$$

Umwandlung der Ersatzstromquelle in die Ersatzspannungsquelle:

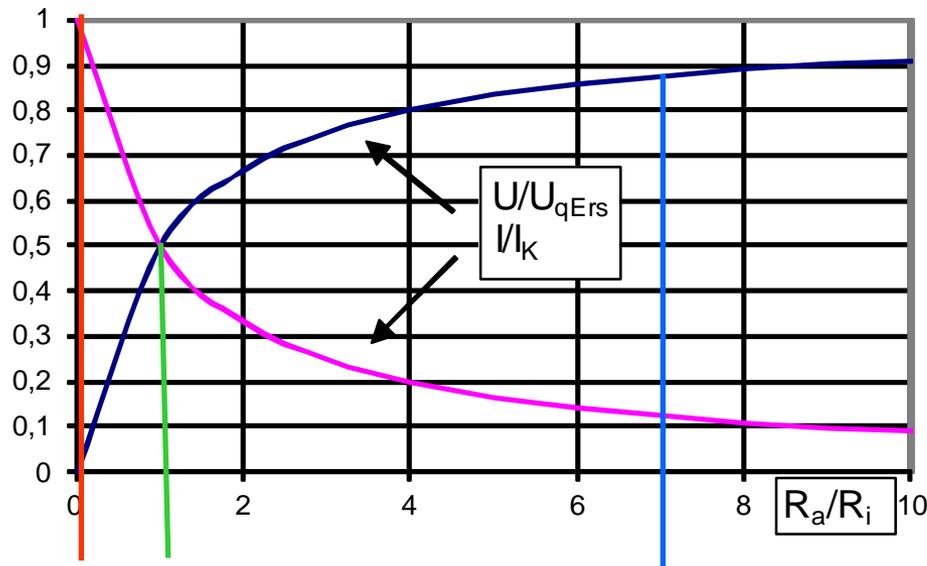


$$I_{ke} \cdot R_{ie} = \underline{U_{qErs}} = \frac{I_{ke}}{G_{ie}}$$

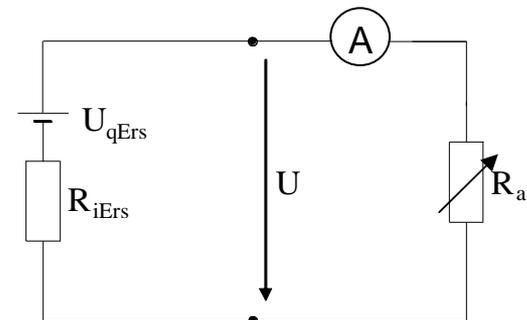
$$R_{iErs} = R_{ie} + R_{645} \quad I_k = \frac{U_{qErs}}{R_{iErs}}$$

# Zweipolverfahren

- 5.6 Messen Sie die U und den I in Abhängigkeit vom Außenwiderstand  $R_a$  ( $R_a$  entspricht  $R_7$ )



Anpassung:  
 $R_a = R_i$



$$U = U_{qErs} - I R_{iErs}$$

Leerlauf:  $R_a = \infty$       Kurzschluss:  $R_a = 0$

$$I = 0$$

$$I = I_K$$

$$U = U_{qErs}$$

$$U = 0$$