

5. Anwendungen von Dioden in Stromversorgungseinheiten

Stromversorgungseinheiten („Netzgeräte“) erzeugen die von elektronischen Schaltungen benötigten Gleichspannungen. Sie bestehen oft aus den folgenden drei Blöcken:

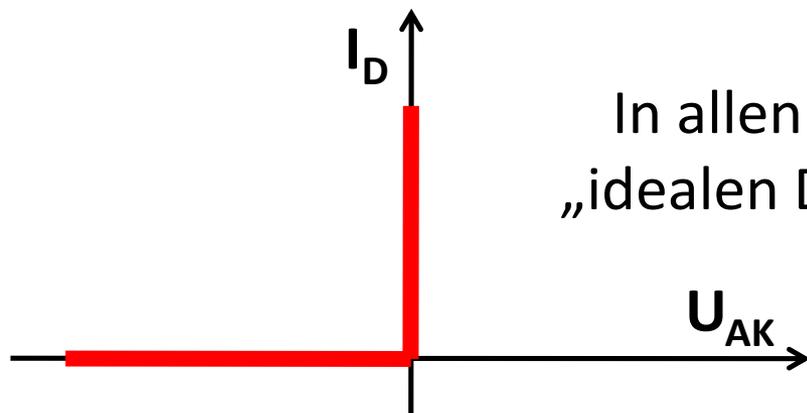
- **Transformator**
- **Gleichrichter und Glättungskondensator** (→Abschnitt 5.1)
- **Spannungsstabilisierung** (→Abschnitt 5.2)

Im **Transformator** wird die Netzwechselfspannung in eine Wechselspannung der benötigten Größe transformiert und im **Gleichrichter** gleichgerichtet. Der **Glättungskondensator** verringert die Welligkeit dieser Gleichspannung. Die **Spannungsstabilisierung** gleicht Schwankungen von Netzspannung und Belastung aus.

5.1. Netzgleichrichtung mit Dioden

In dieser Lehrveranstaltung werden folgende Gleichrichterschaltungen für Wechselstrom und Drehstrom betrachtet:

- **Einpuls-Mittelpunktschaltung** (M1, Einweggleichrichter)
- **Zweipuls-Brückenschaltung** (B2, Graetzschaltung)
- **Dreipuls-Mittelpunktschaltung** (M3)
- **Sechspuls-Brückenschaltung** (B6, Drehstrombrücke)



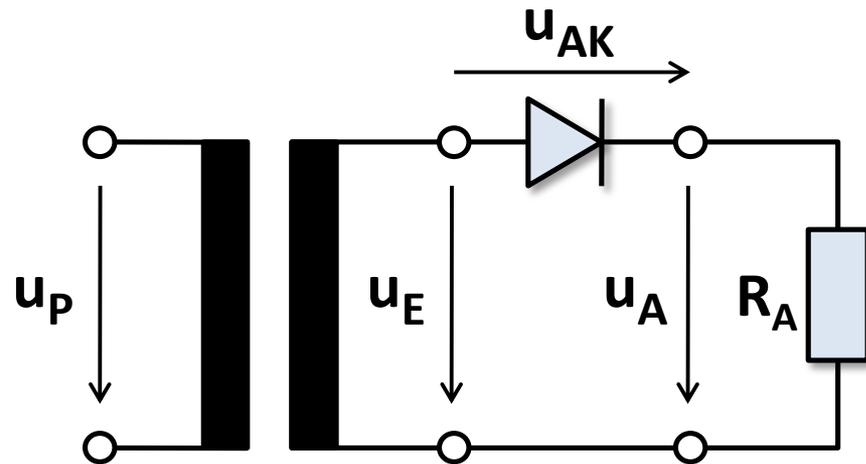
In allen Beispielen wird von „idealen Dioden“ ausgegangen.

Einpuls-Mittelpunktschaltung (a)

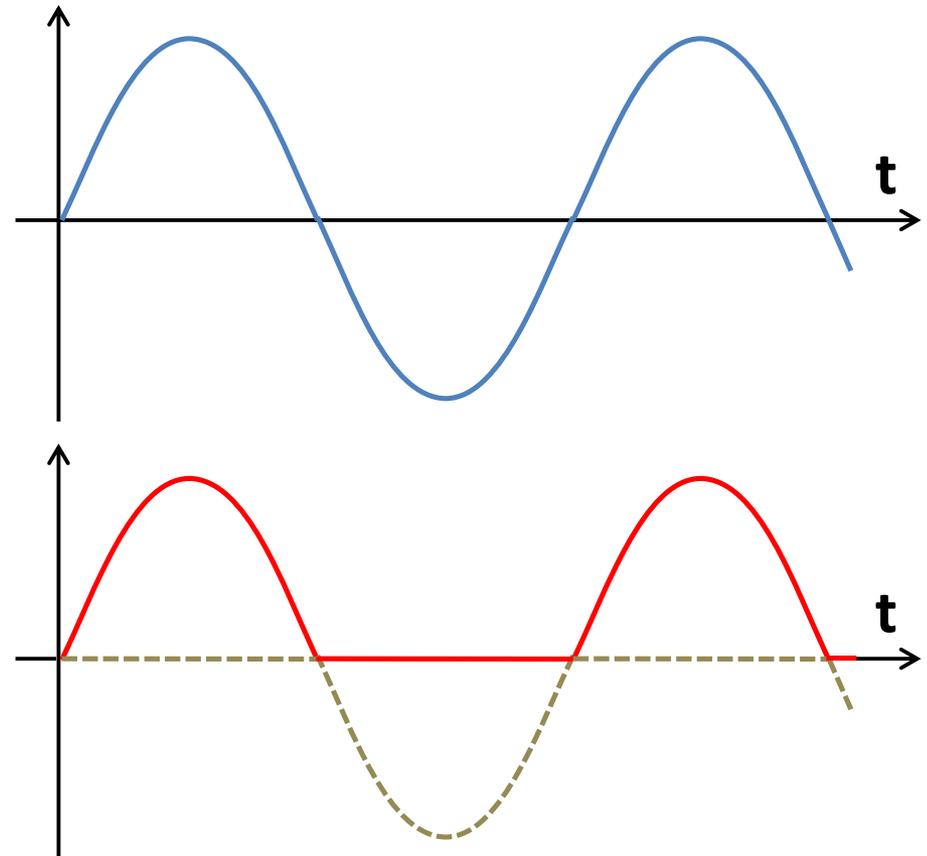
Bei der **Einpuls-Mittelpunktschaltung** (auch **M1-Schaltung**, Einweggleichrichter) leitet die Diode nur während der positiven Halbwelle der Wechselspannung u_E .

u_P = Spannung an der Primärseite des Transformators

u_E = Spg. am Gleichrichter-Eingang

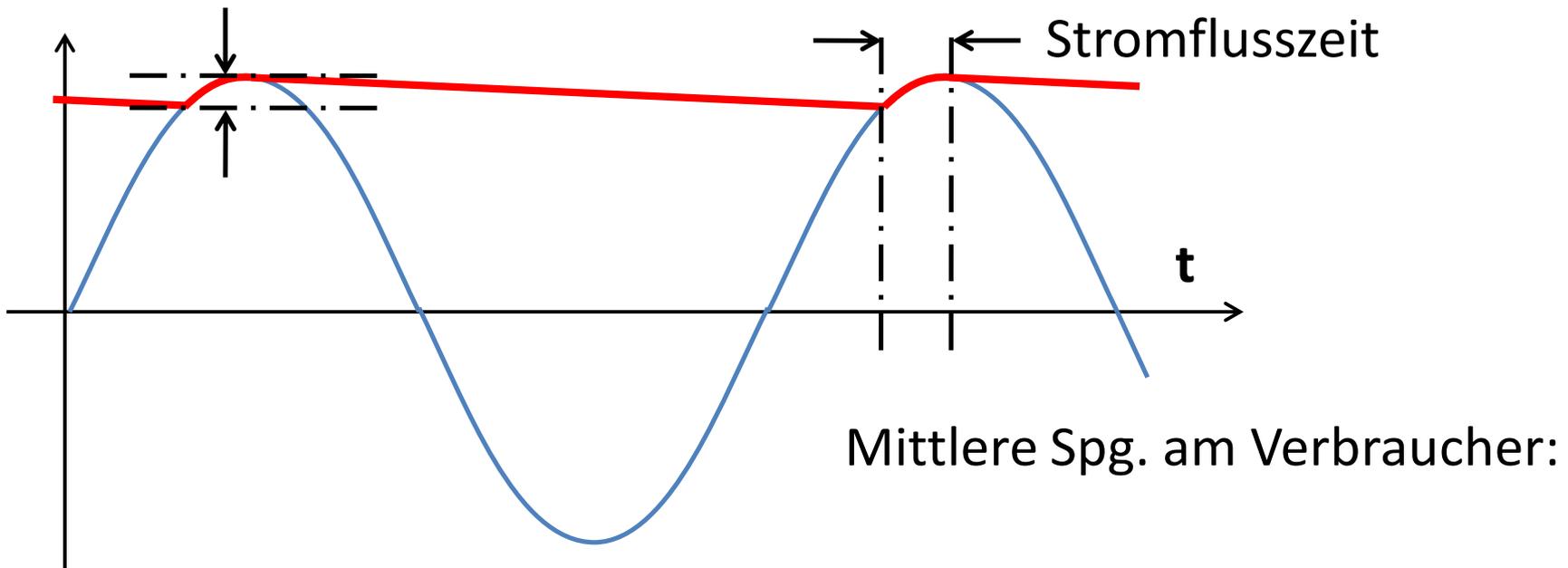
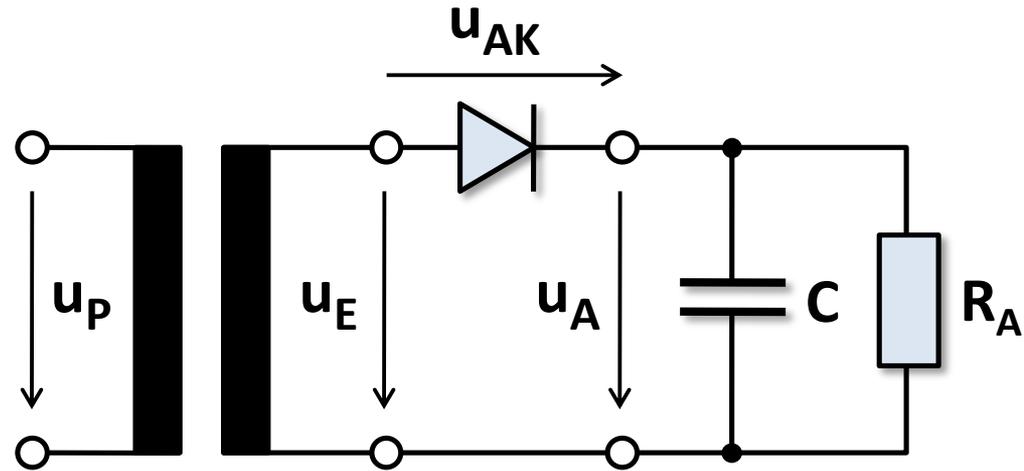


$$u_E(t) = \hat{u}_E \sin(\omega t + \varphi_0)$$



Einpuls-Mittelpunktschaltung (b)

Die Ausgangsspannung der Einpuls-Mittelpunktschaltung wird praktisch immer geglättet. Dies geschieht am einfachsten durch Parallelschaltung eines **Glättungskondensators**.



Scheitelwert der gleichgerichteten Spannung	Zeitl. Mittelwert der gleichgerichteten Spannung	Maximale Sperrspannung an der Diode
	Ohne Glättung:	Ohne Glättung: Mit Glättung:

Mit Glättungskondensator:

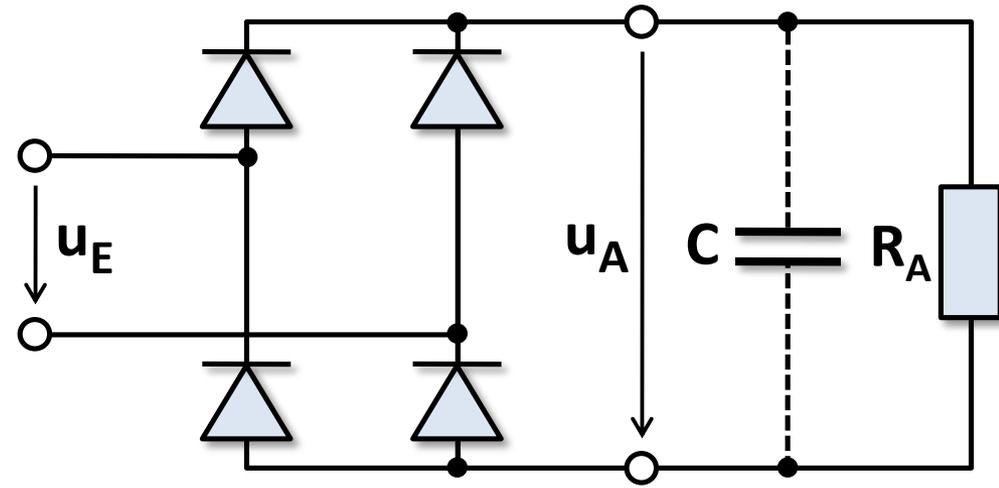
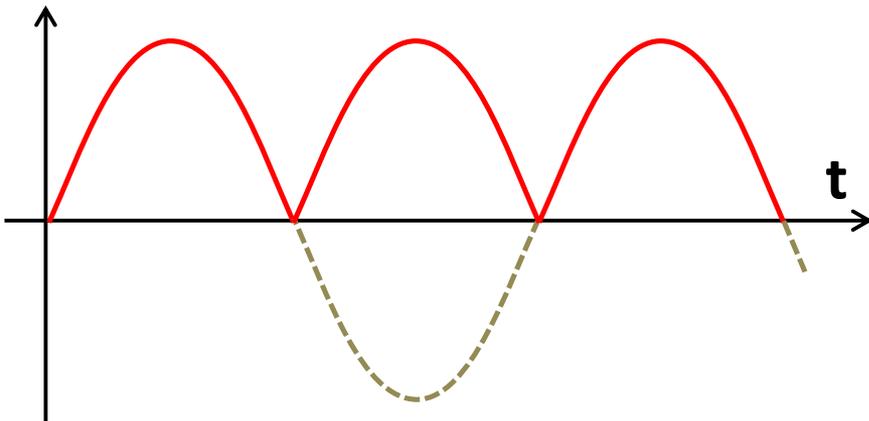
Periodische Spannungsdifferenz am Glättungskondensator

Mittelwert der gleichgerichteten Spannung

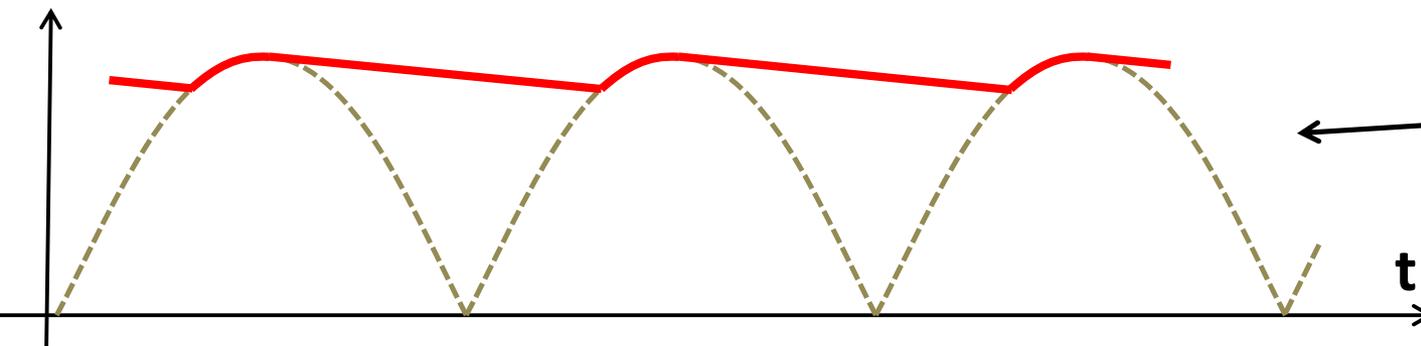
Zweipuls-Brückenschaltung (a)

Die **Zweipuls-Brückenschaltung** (auch **B2-Schaltung**, Graetzschaltung) ist die wichtigste Gleichrichterschaltung für Einphasen-Wechselstrom.

Ohne Glättungskondensator



Mit Glättungskondensator



Zweipuls-Brückenschaltung (b)

Scheitelwert der gleichgerichteten Spannung	Zeitl. Mittelwert der gleichgerichteten Spannung	Maximale Sperrspannung an den Dioden
	Ohne Glättung:	Mit und ohne Glättung:

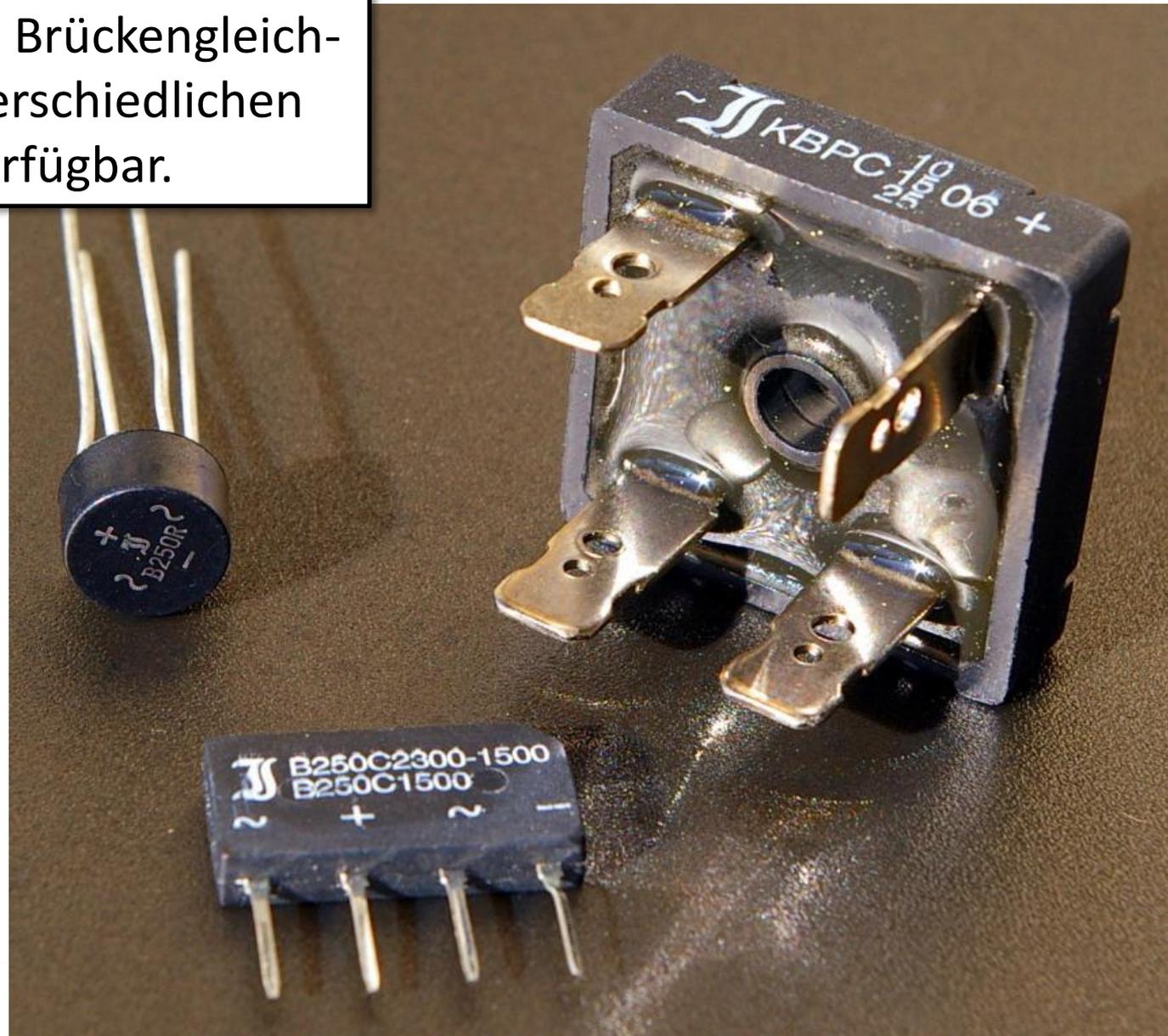
Mit Glättungskondensator:

Periodische Spannungsdifferenz am Glättungskondensator

Mittelwert der gleichgerichteten Spannung

Zweipuls-Brückenschaltung (d)

Fertig verschaltete Brückengleichrichter sind in unterschiedlichen Leistungsstufen verfügbar.

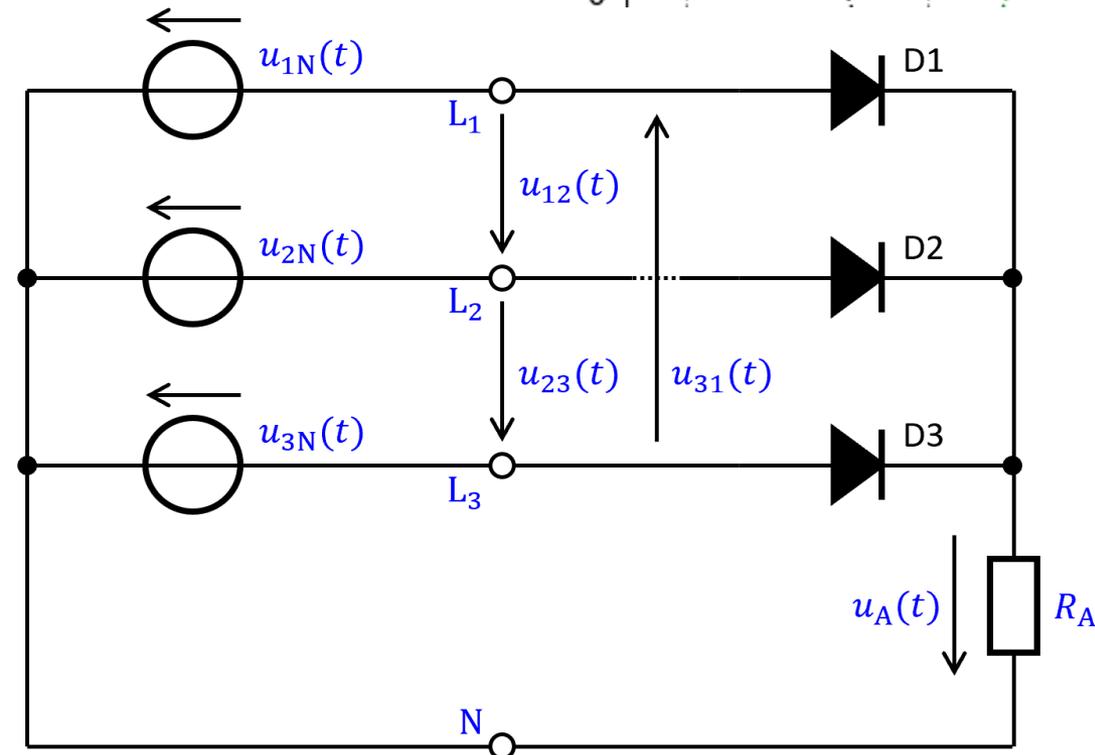
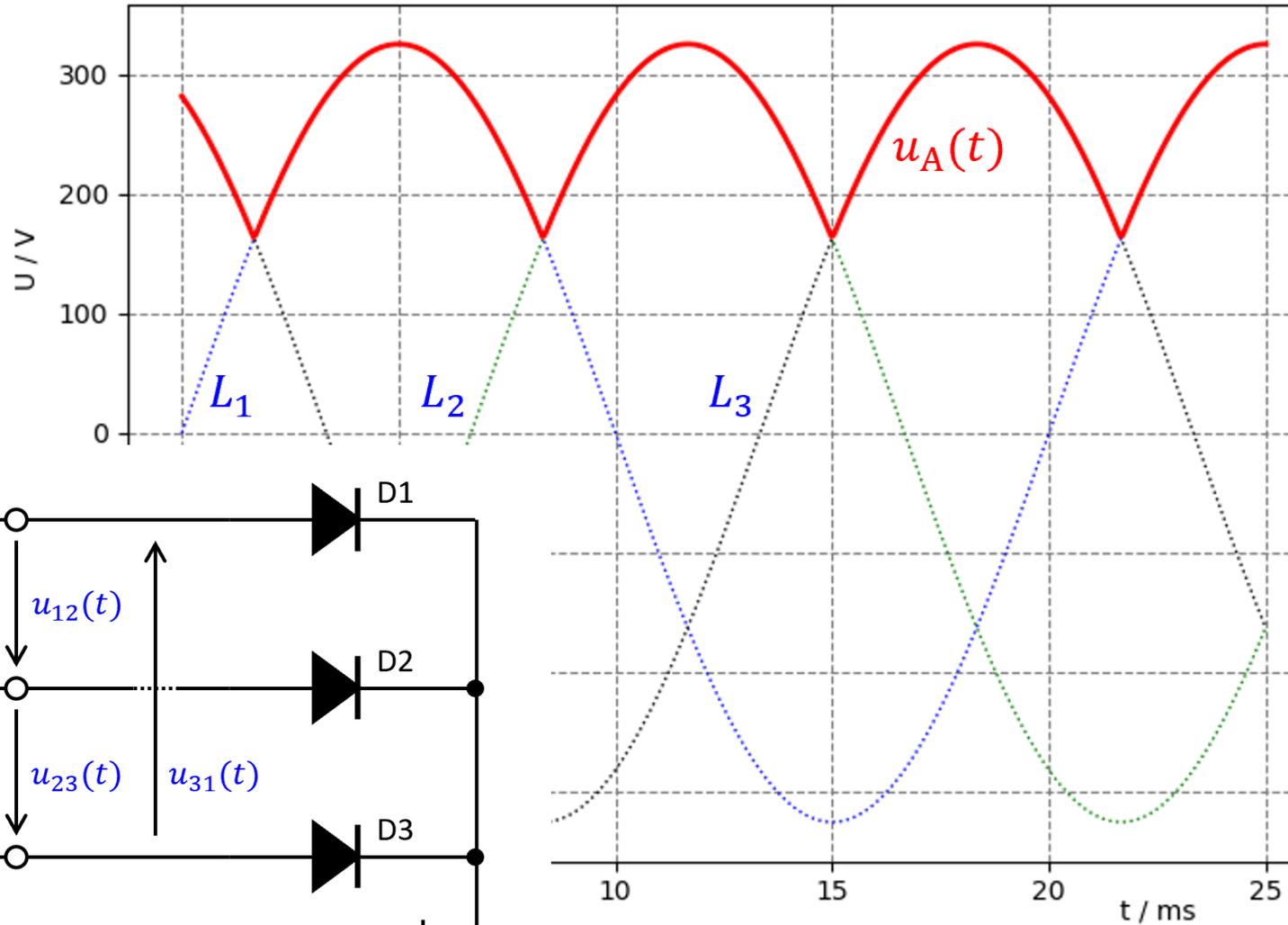


Für mittlere Leistungen ab einigen Kilowatt aufwärts werden **Drehstromgleichrichter** wie die Dreipuls-Mittelpunktschaltung (M3) oder die Sechspuls-Brückenschaltung (B6) eingesetzt:

- Im Vergleich zu den bisher betrachteten Gleichrichterschaltungen für einphasigen Wechselstrom ist die Welligkeit der gleichgerichteten Spannung kleiner.
- Der Aufwand für die Glättung ist aus diesem Grund geringer. Oft kann auf eine Glättung sogar ganz verzichtet werden.
- Eine typische Anwendung dieser Gleichrichterschaltungen findet sich bei Straßenbahnen, die oft mit Gleichspannungen von 500...750 V betrieben werden. Sie werden auch in den heute üblichen KFZ-Drehstromgeneratoren eingesetzt. (In beiden Fällen ohne weitere Glättung).

Dreipuls-Mittelpunktschaltung (b)

Weitere
Bezeichnung:
M3-Schaltung

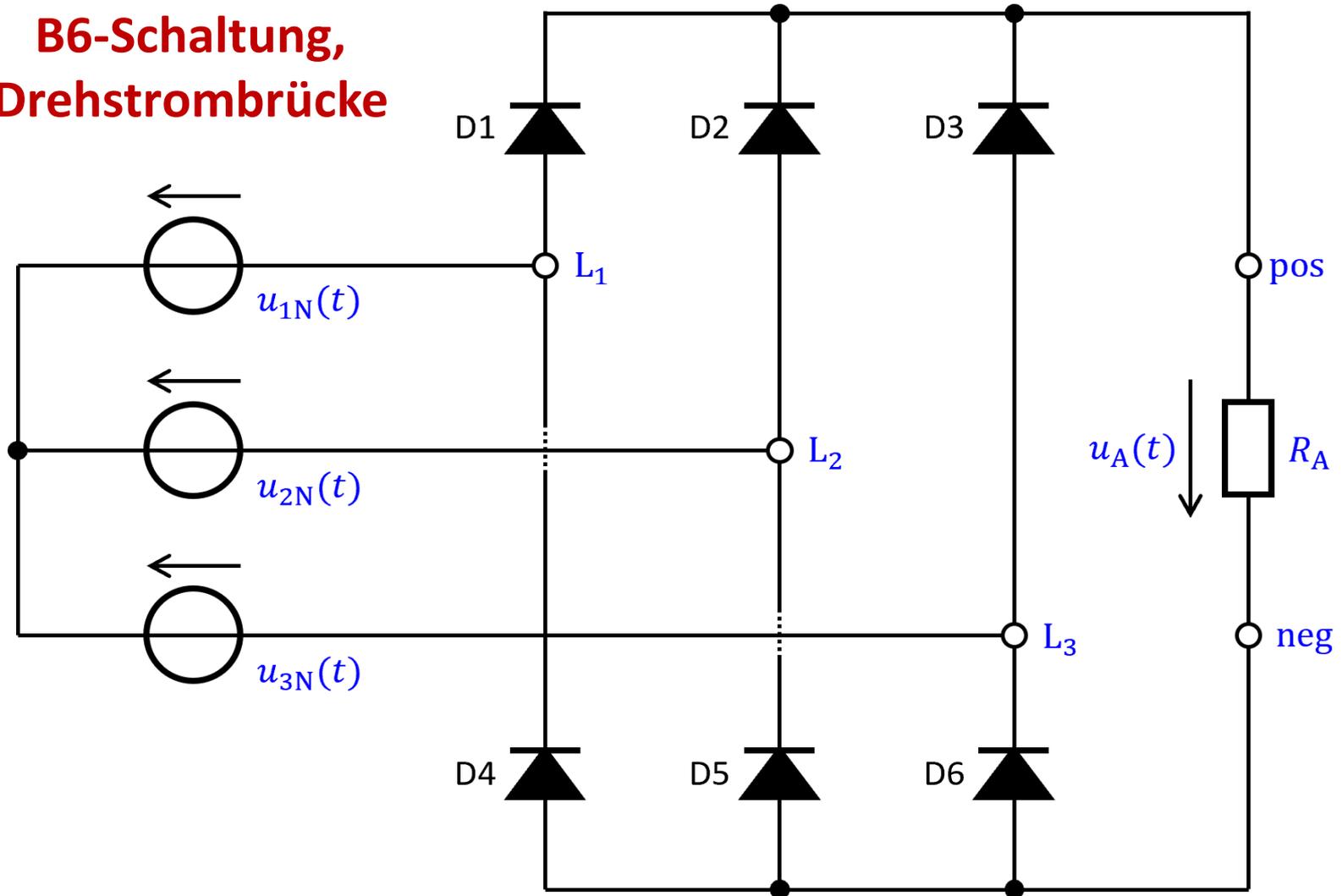


Scheitelwert der gleichgerichteten Spannung	Zeitl. Mittelwert der gleichgerichteten Spannung	Maximale Sperrspannung an den Dioden

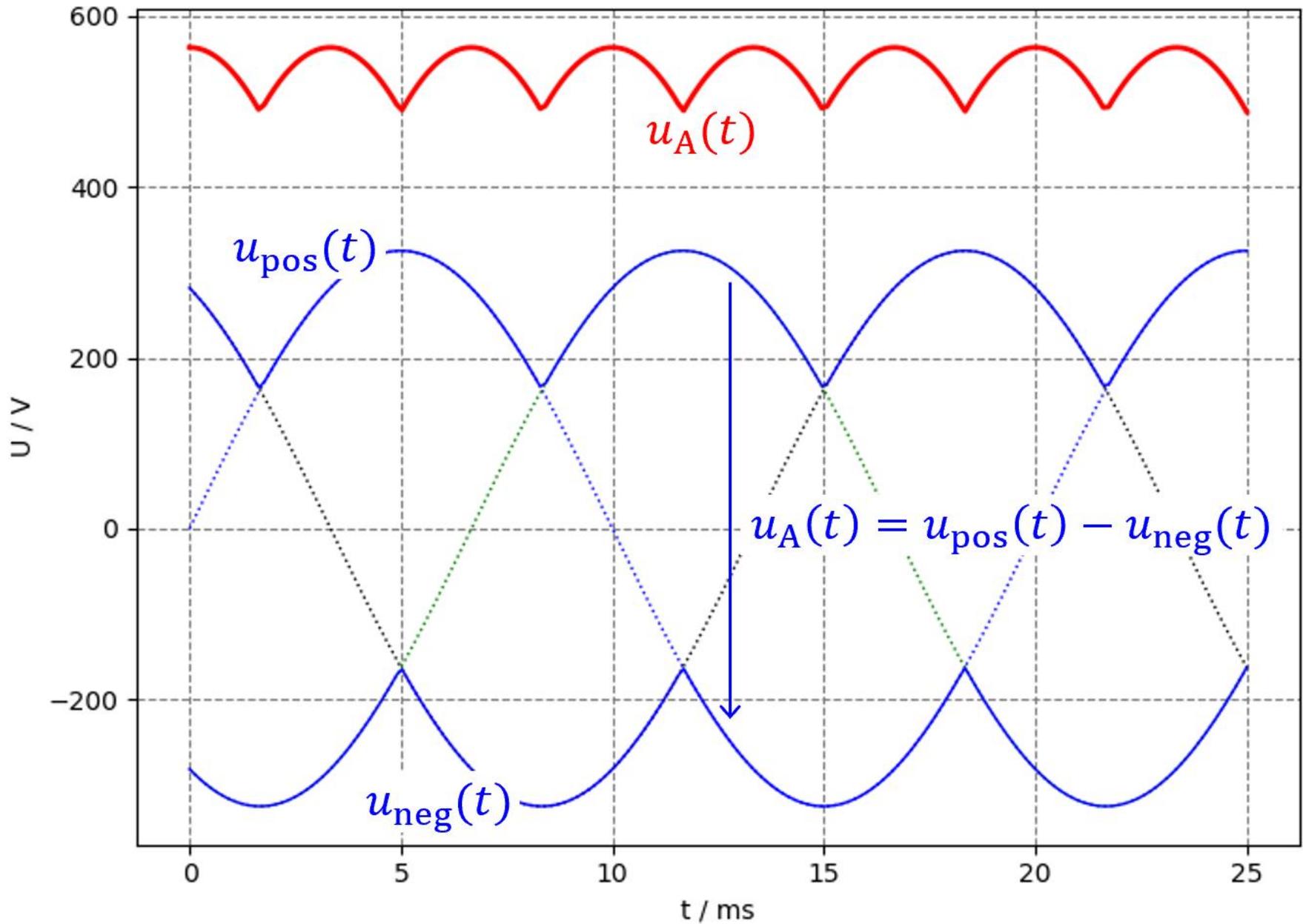
Sechspuls-Brückenschaltung (a)

Weitere Bezeichnungen:

**B6-Schaltung,
Drehstrombrücke**



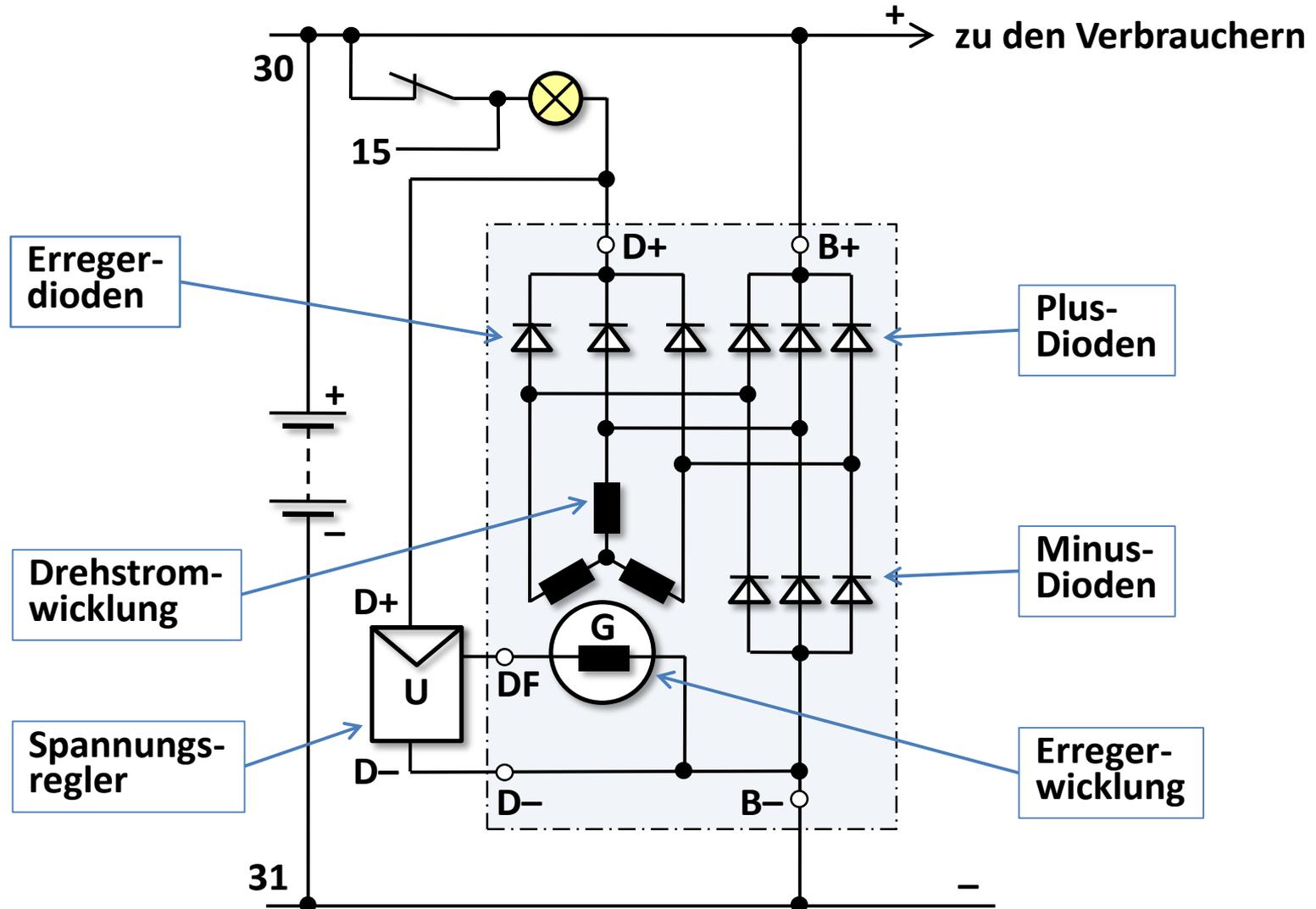
Sechspuls-Brückenschaltung (b)



Sechspuls-Brückenschaltung (c)

Scheitelwert der gleichgerichteten Spannung	Zeitl. Mittelwert der gleichgerichteten Spannung	Maximale Sperrspannung an den Dioden

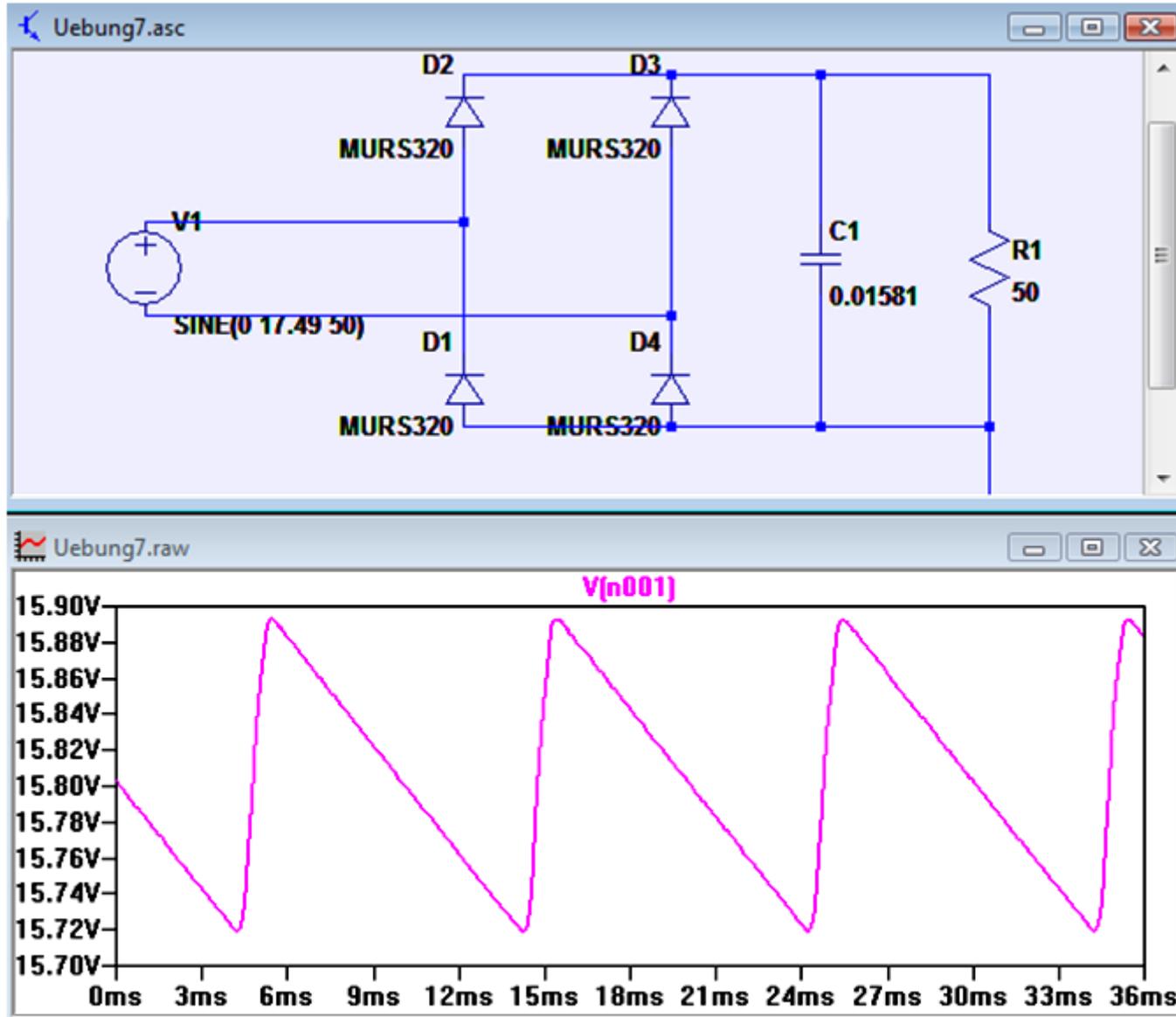
Beispiel: KFZ-Drehstromgenerator



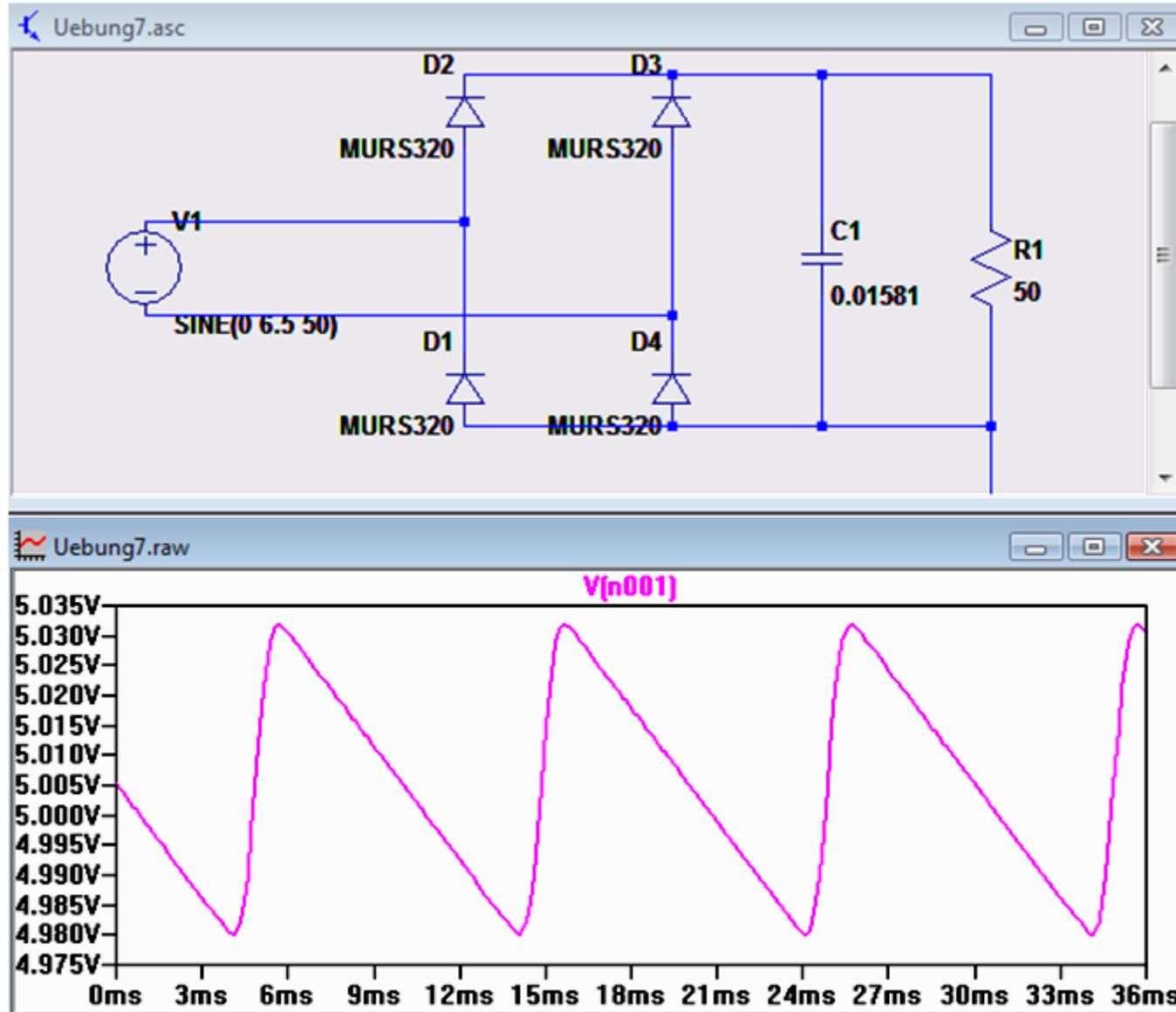
Die Ausgangsspannung einer B2-Schaltung versorgt einen Lastwiderstand $R_A = 50 \Omega$ und wird mit Hilfe eines Kondensators C geglättet. Die Wechselspannung am Eingang des Gleichrichters hat eine Frequenz von 50 Hz. Sie wird von einem Transformator geliefert, der Innenwiderstand des Trafos kann vernachlässigt werden. An den Dioden fällt eine Durchlassspannung von 0,75 V ab.

- i) Der Widerstand soll eine mittlere Leistung von $P = 5 \text{ W}$ aufnehmen. Wie groß muss der Kondensator C sein, damit die Spannung am Widerstand um maximal $\pm 0,1 \text{ V}$ schwankt?
- ii) Welchen Effektivwert muss der Trafo liefern, damit sich am Widerstand eine mittlere Gleichspannung von 5 V einstellt?
- iii) Welche Sperrspannung müssen die Dioden aushalten können?

Übungsaufgabe 5.1, Simulation zu (i)

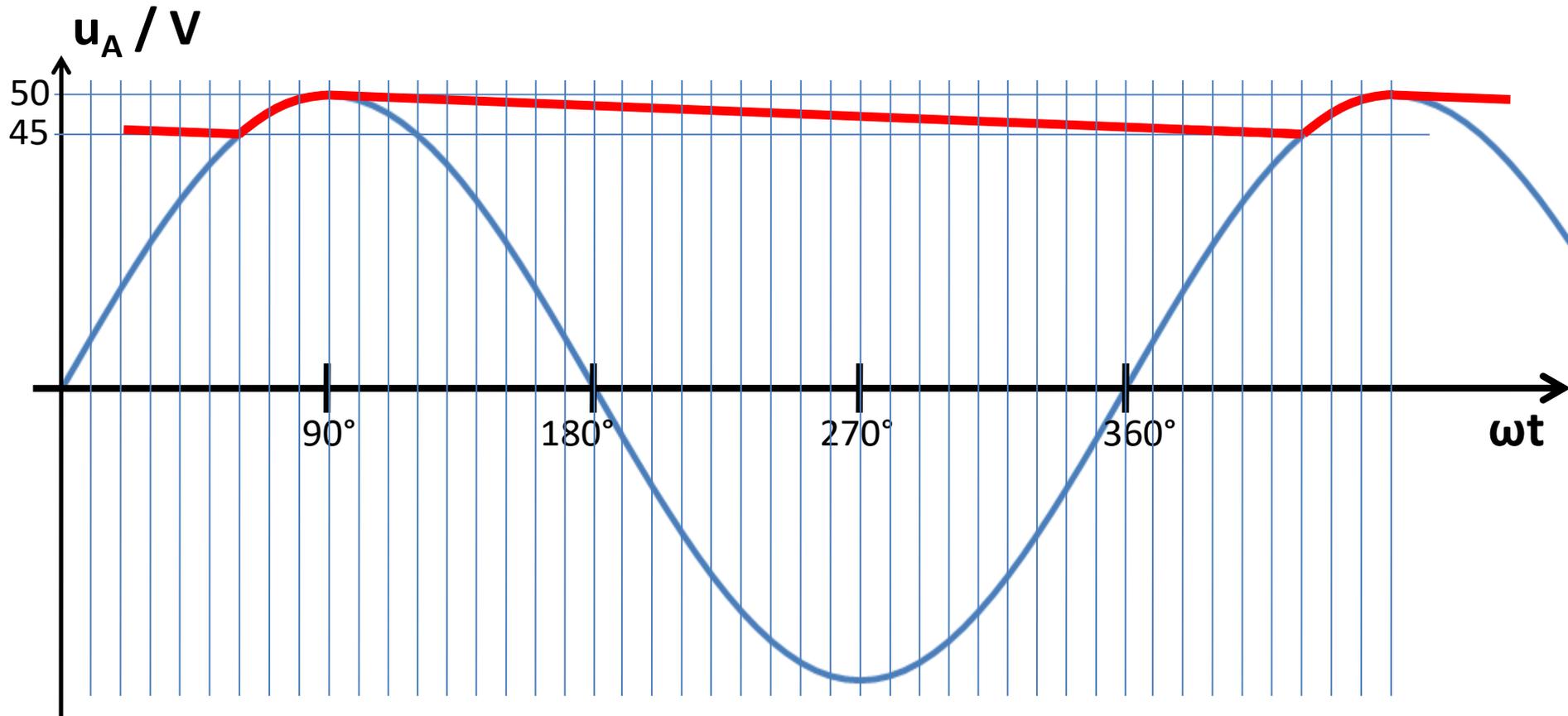


Übungsaufgabe 5.1, Simulation zu (ii)



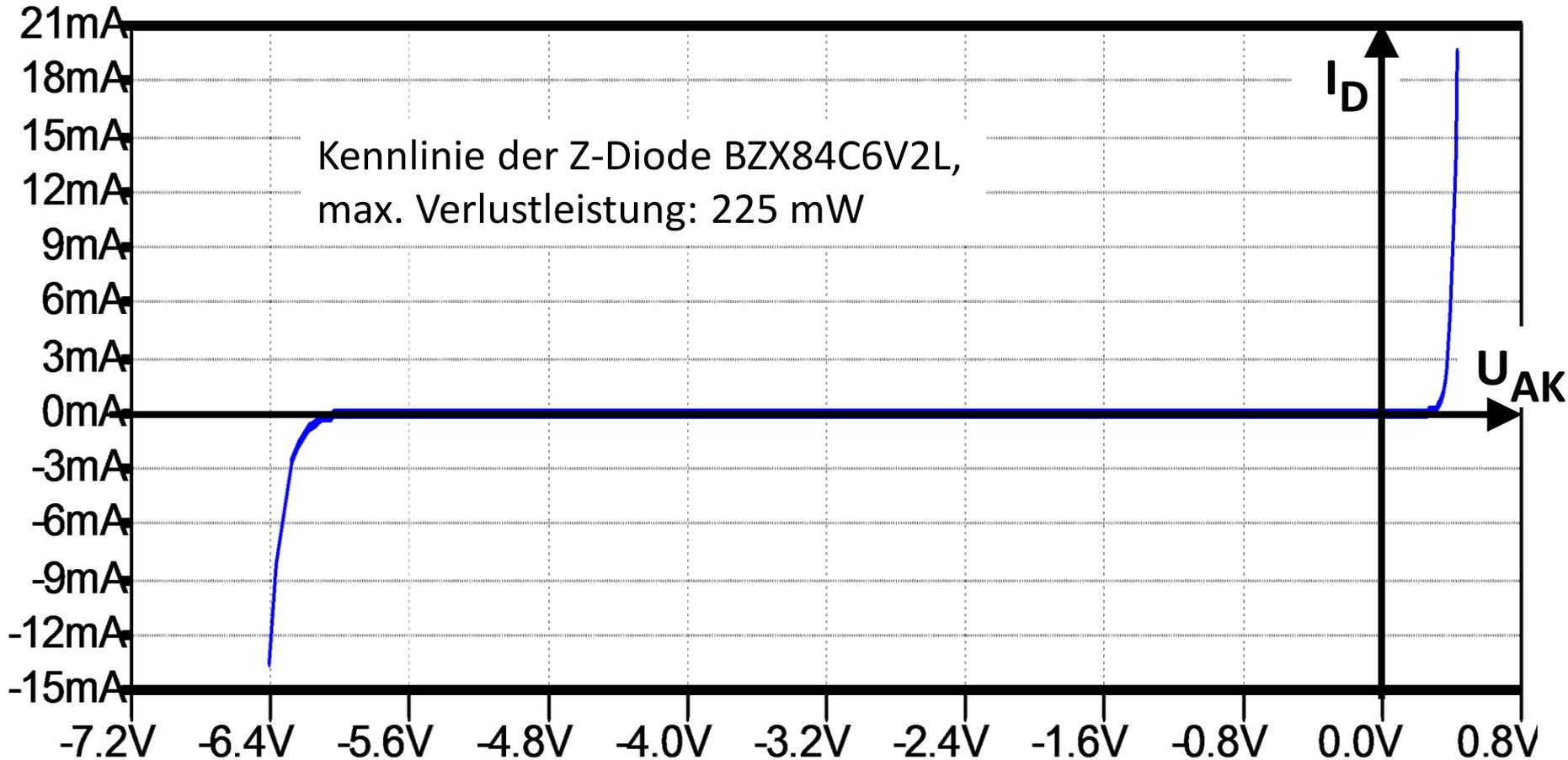
Übungsaufgabe 5.2 (a)

Eine Gleichrichterschaltung für Netzspannung mit $f = 50 \text{ Hz}$ ist als einpulsige Mittelpunktschaltung (M1) mit Lastwiderstand R_A und Glättungskondensator C ausgeführt. Auf dem Oszilloskop zeigt sich der folgende Verlauf der Ausgangsspannung:

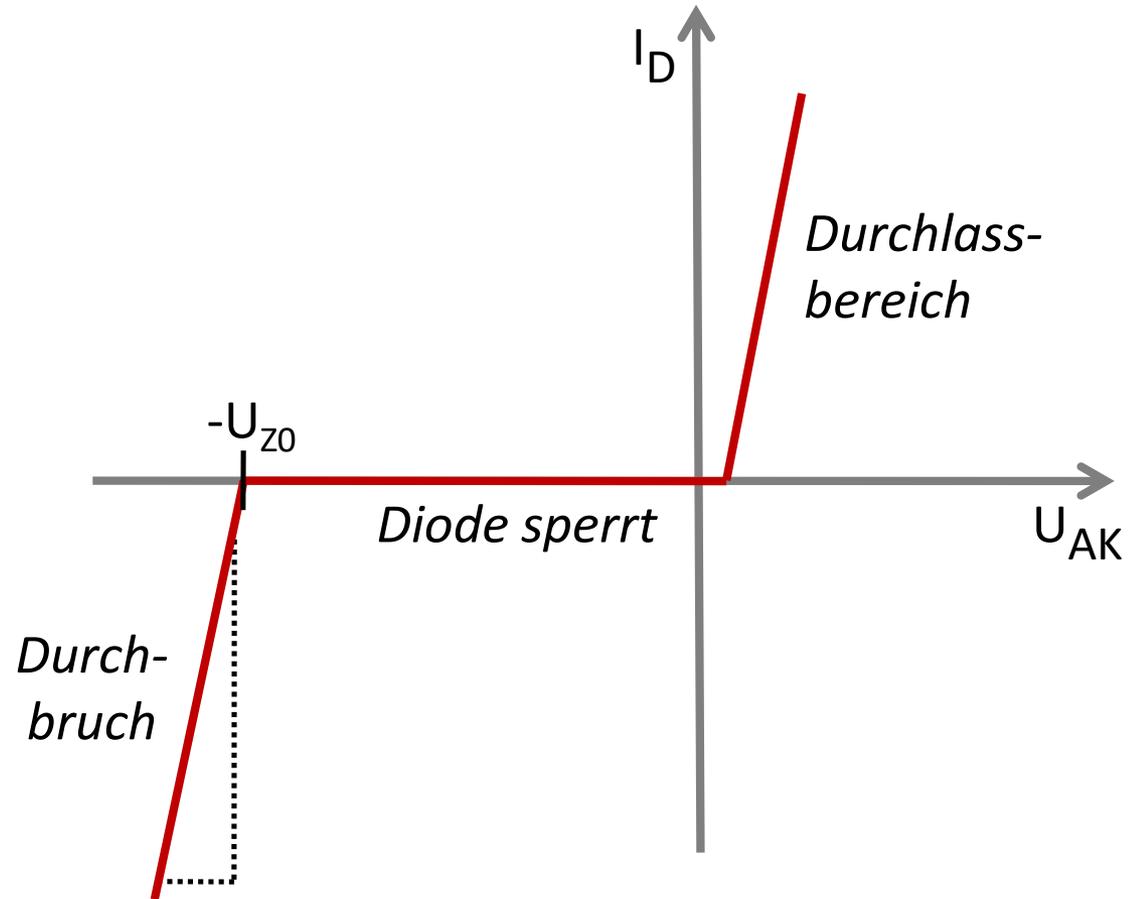
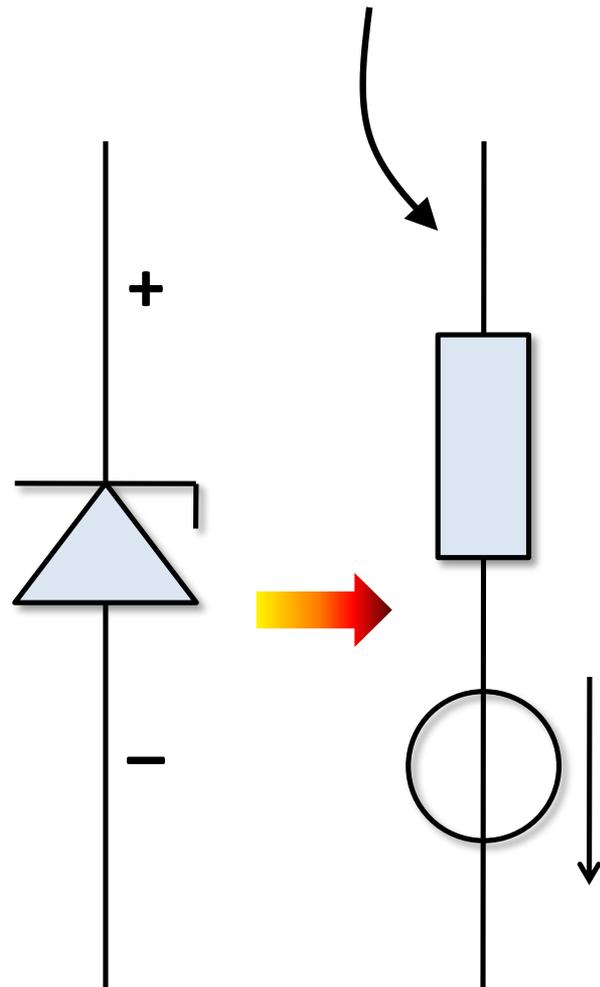


- i) Bestimmen Sie aus dem Diagramm den Stromflusswinkel Θ , die Stromflusszeit t_s sowie den Mittelwert der gleichgerichteten Spannung am Lastwiderstand R_A .
- ii) Welche Ladung ΔQ wird dem Glättungskondensator $C = 1000 \mu\text{F}$ während der Stromflussphase zugeführt?
- iii) Bestimmen Sie die Zeitkonstante τ des RC-Gliedes und die Größe des Lastwiderstands R_A .
- iv) Berechnen Sie den mittleren Strom I_A durch den Widerstand R_A .

5.2. Spannungsstabilisierung mit Z-Diode



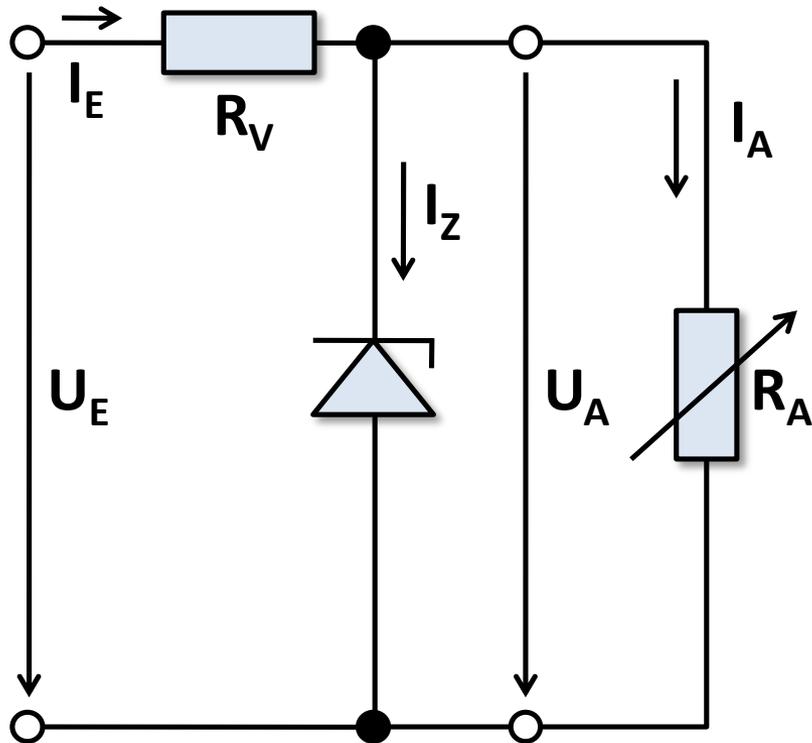
Lineares Ersatzschaltbild im Durchbruchbereich



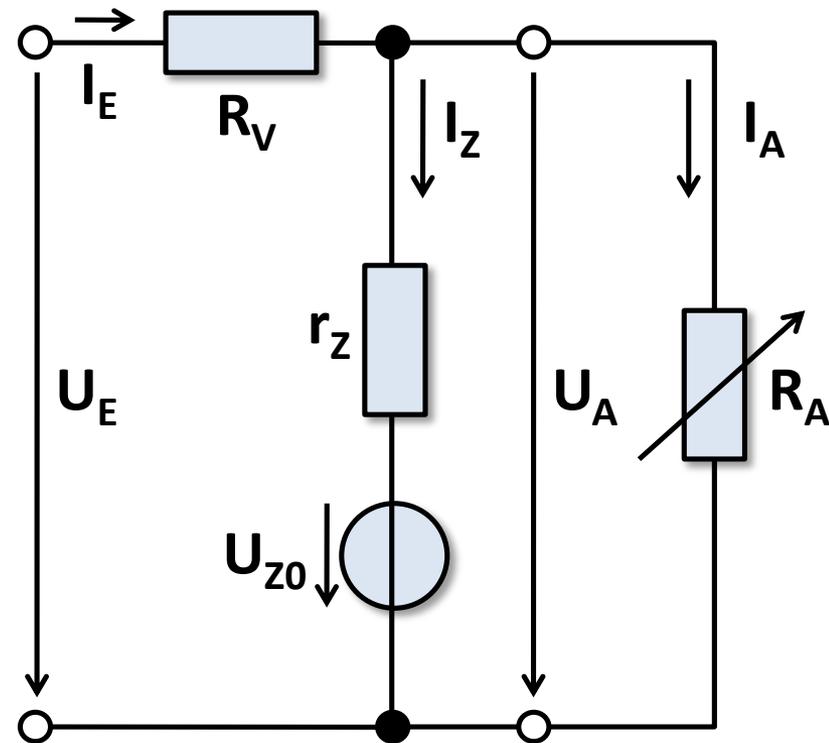
**Idealisierte, linearisierte
Kennlinie einer Z-Diode**

Spannungsstabilisierung mit Z-Diode (b)

Die Abbildung zeigt eine Schaltung zur **Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode**. Trotz schwankender Versorgungsspannung U_E und wechselnder Last R_A wird die Spannung U_A stabil gehalten.



Spannungsstabilisierungsschaltung



Lineares Ersatzschaltbild

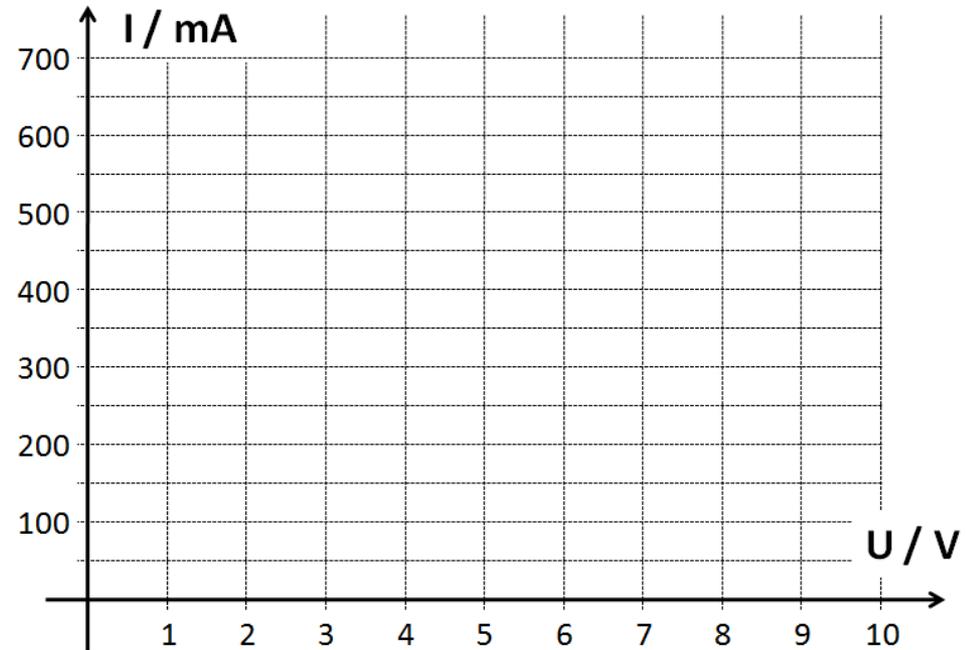
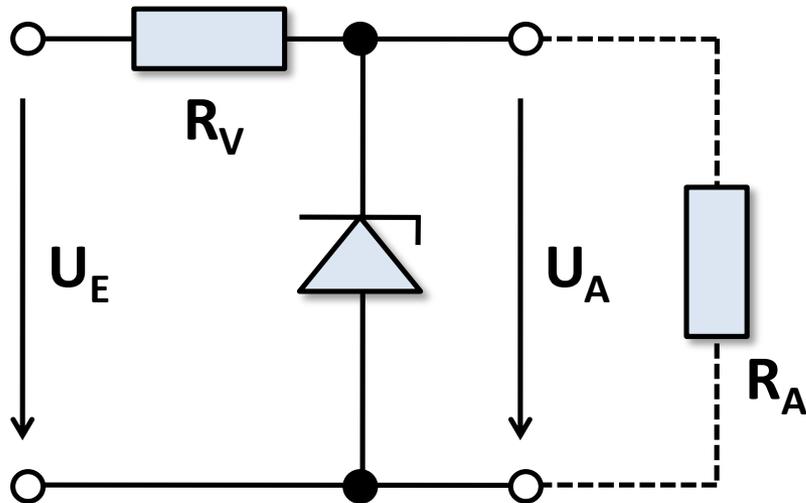
Schwankt die Eingangsspannung im Bereich $U_{E,\min} < U_E < U_{E,\max}$ und bewegt sich der Ausgangsstrom (Laststrom zum Verbraucher) im Bereich $I_{A,\min} < I_A < I_{A,\max}$, ergeben sich folgende Grenzen für R_V :

- Der größte zulässige Strom durch die Z-Diode ($I_{Z,\max}$) wird durch die max. Verlustleistung der Diode bestimmt.
- Für $I_{Z,\min}$ gilt näherungsweise: $I_{Z,\min} \approx 0,1 \cdot I_{Z,\max}$

Die Qualität der Spannungsstabilisierung wird durch den Glättungsfaktor G beschrieben:

Den besten Glättungsfaktor erhält man, wenn man den Vorwiderstand R_V unter Berücksichtigung der (auf der vorherigen Folie angegebenen) möglichen Grenzen möglichst groß macht.

Gegeben ist die nachfolgende Stabilisierungsschaltung mit einem Vorwiderstand R_V und einer Z-Diode ($U_{Z0} = 5 \text{ V}$, $r_Z = 5 \Omega$).

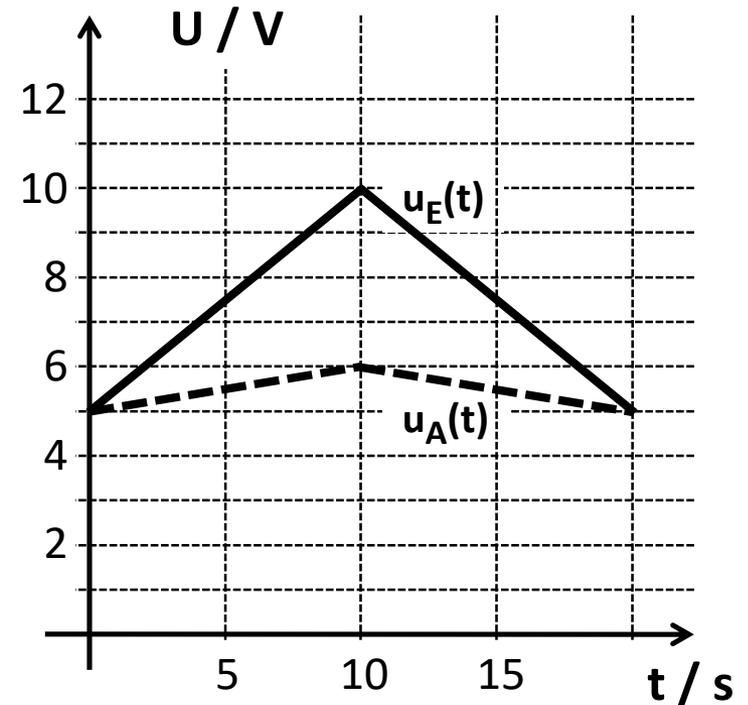


- a) Tragen Sie die linearisierte Kennlinie der Z-Diode in das Diagramm ein.

Übungsaufgabe 5.3 (b)

Die Schaltung wird in den Aufgabenteilen (b) bis (d) zunächst ohne Lastwiderstand R_A betrieben!

b) Im folgenden Diagramm ist für die variierende Eingangsspannung $u_E(t)$ die dazugehörige Ausgangsspannung $u_A(t)$ gegeben. Ermitteln Sie aus den Verläufen den Glättungsfaktor G .



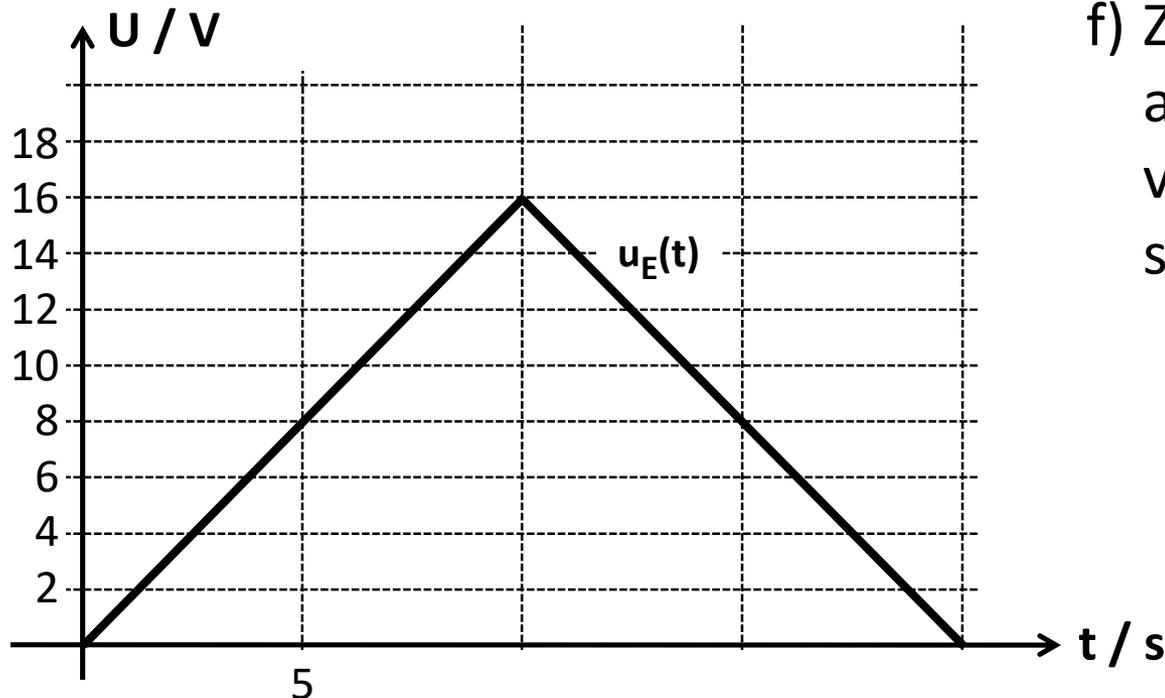
c) Bestimmen Sie die Größe des verwendeten Vorwiderstands R_V .

d) Tragen Sie die Arbeitsgeraden für $U_E = 5 \text{ V}$ und $U_E = 10 \text{ V}$ jeweils in das U-I-Diagramm von Aufgabenteil (a) ein.

Übungsaufgabe 5.3 (c)

Nun wird die Schaltung mit einem Vorwiderstand $R_V = 20 \Omega$ und einem Lastwiderstand $R_A = 20 \Omega$ betrieben. Lösen Sie die folgenden Unterpunkte ohne Verwendung von Näherungen.

- e) Wie groß ist die Eingangsspannung U_E , wenn die Ausgangsspannung $U_A = 6 \text{ V}$ beträgt?



- f) Zeichnen Sie für den angegebenen Verlauf von $u_E(t)$ die Ausgangsspannung $u_A(t)$ ein.