

Workshop Lichtmaschine BMW '69 - '96

31.01.2015
Rhein-Main

Hans-Günter Kahl
Stand 14.03.2015



Ziel des Workshop

Verständnis für Aufbau und Funktion der Lichtmaschine (LiMa) zur nachgelagerten Entstörung

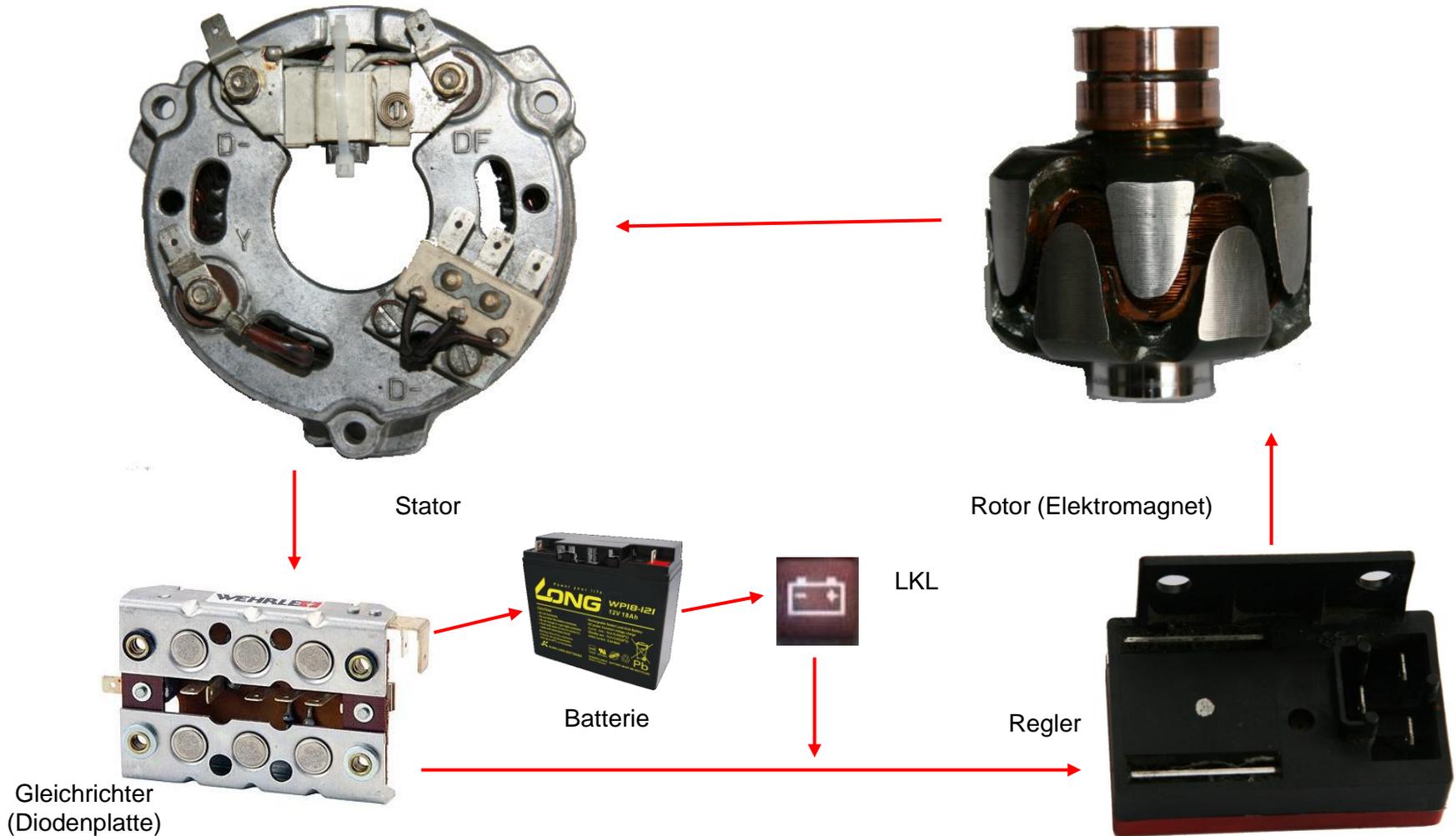
Inhalt:

- [Generataraufbau](#)
- [Spannungsverlauf bei Rotation des Magneten](#)
- [Funktionsprinzip](#)
- [Rotor](#)
- [Stator](#)
- [Gleichrichter: Diode](#)
- [Gleichrichter: Brückengleichrichter B2](#)
- [Gleichrichter: Brückengleichrichter B6](#)
- [Gleichgerichtete 3-Phasen Summenspannung](#)
- [Spannungsregelung](#)
- [Regler](#)
- [Vorerregung](#)
-
- [Weitere Dokumente](#)

Generator-Aufbau

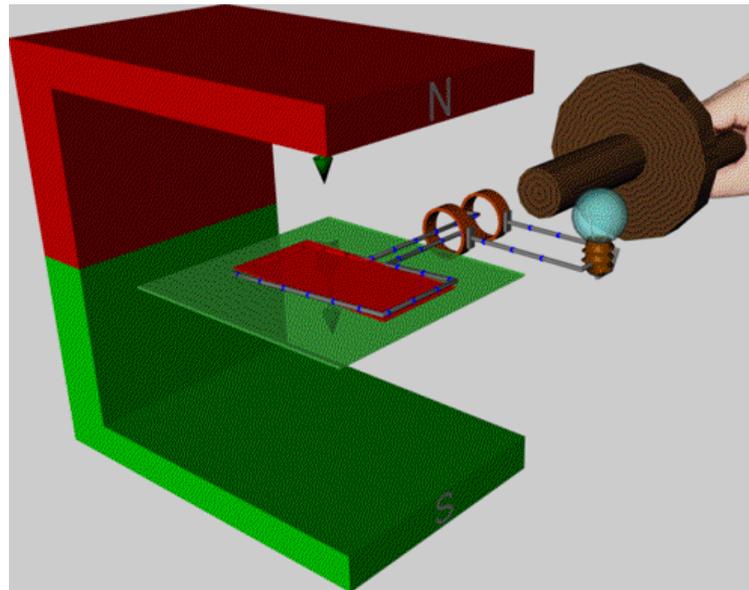
Grundprinzip (Wiki): Umwandlung mechanischer Leistung in elektrische Leistung.

Hauptbestandteil: Stator, Rotor, Gleichrichter, Regler, Ladekontrollleuchte, Batterie



Generator-Aufbau

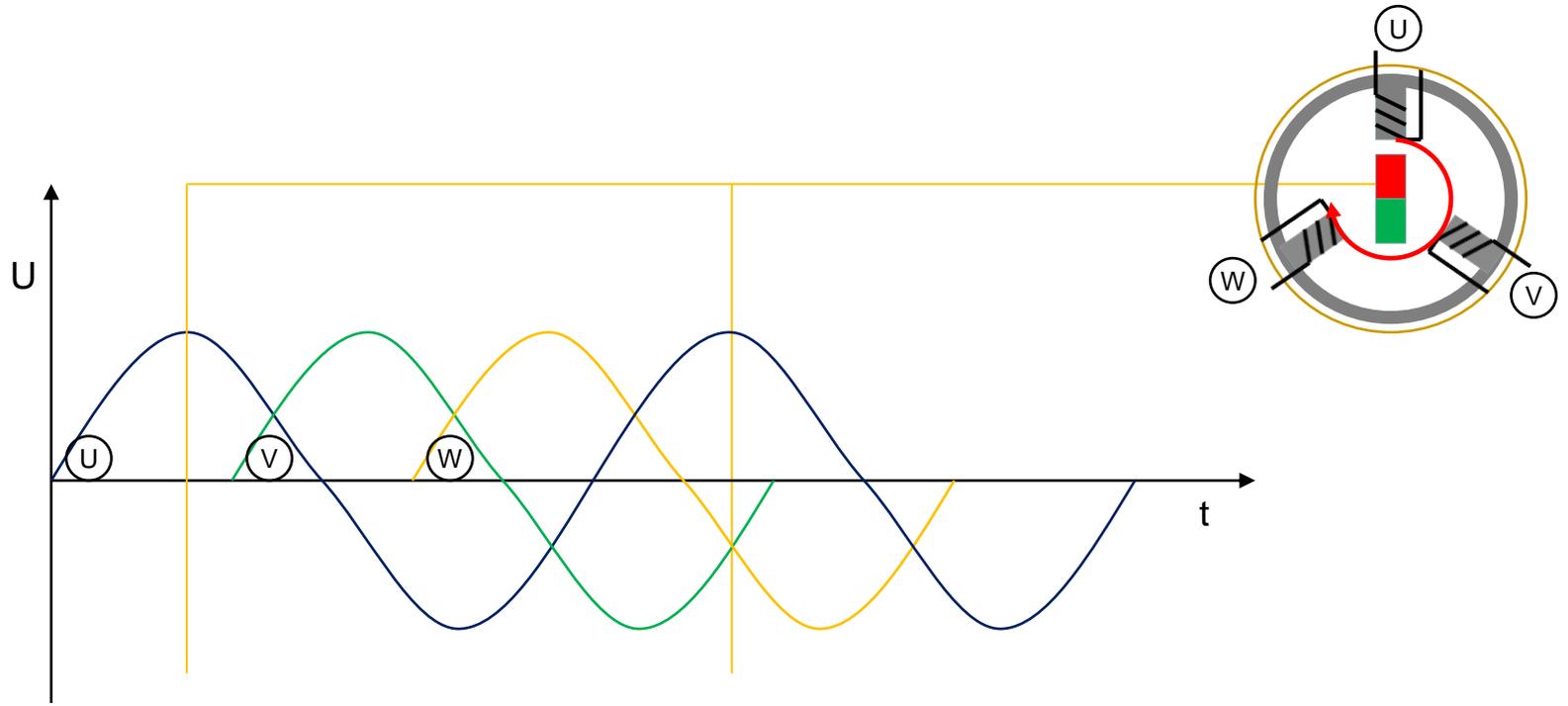
Grundprinzip (Quelle Wikipedia): Umwandlung mechanischer Leistung in elektrische Leistung. Die Umwandlung beruht auf der Lorentzkraft, die auf bewegte, elektrische Ladungen in einem Magnetfeld wirkt. Bewegt sich ein Leiter quer (senkrecht) zum Magnetfeld, wirkt die Lorentzkraft auf die Ladungen im Leiter in Richtung dieses Leiters und setzt sie so in Bewegung. Diese Ladungsverschiebung bewirkt eine Potentialdifferenz und erzeugt eine elektrische Spannung zwischen den Enden des Leiters.



Je größer die Flächenänderung pro Zeiteinheit (durchlaufene Strecke des Leiters) ist, desto stärker ist die Spannung. Um die Spannung zu erhöhen, werden mehrere in Form einer Spule in Reihe geschaltete Leiter verwendet.

Generator

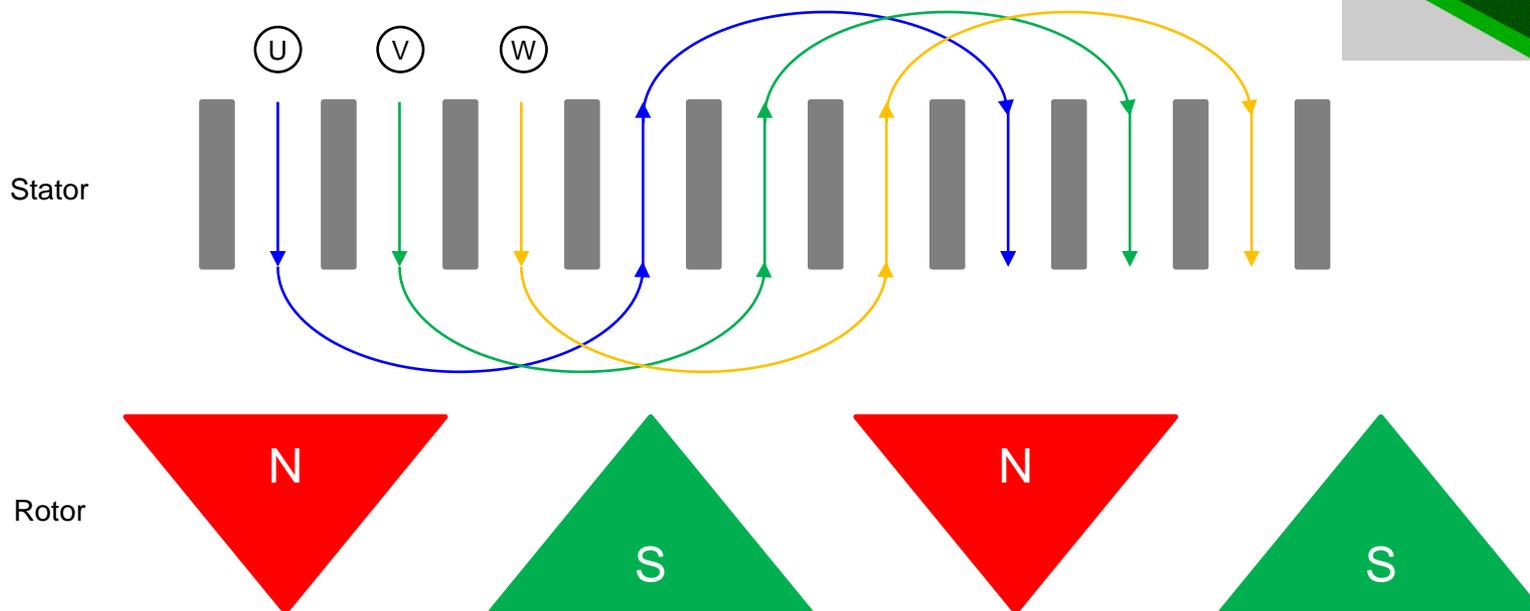
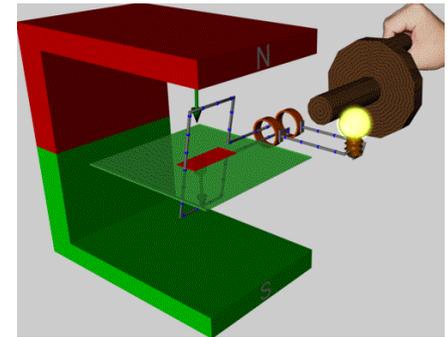
Spannungsverlauf (Strangspannung) der drei Spulen bei Durchlauf des Rotors (360°)



Generator

Funktionsprinzip:

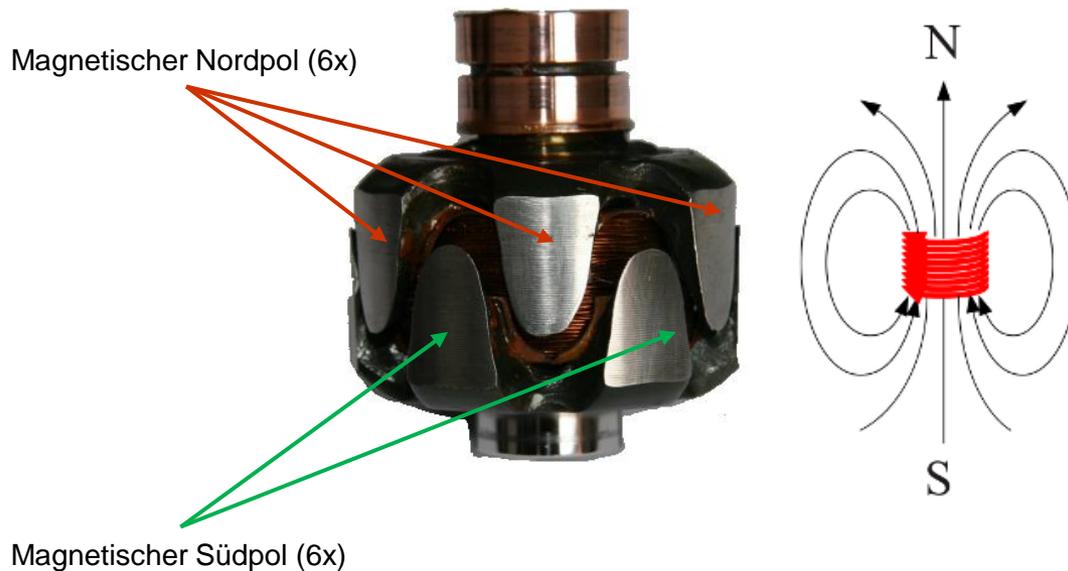
- Nordmagnet im Rotor -> Strominduzierung im Stator
- Südmagnet im Rotor -> entgegengesetzte Strominduzierung im Stator
- Bei gleichzeitiger Nutzung von Nord- und Südpol muss der Draht jeweils entgegengesetzt verlegt werden -> meanderförmige Verlegung



Klauenpolgenerator

Rotor = Elektromagnet mit 12 Klauenpole

- Mitte Spule
- Oberer Klauenteil mit 6 x Nordpol
- Unterer Klauenteil mit 6 x Südpol
- Nord-/Südpol-Eigenschaften abhängig von der Polarität der angelegten Spannung



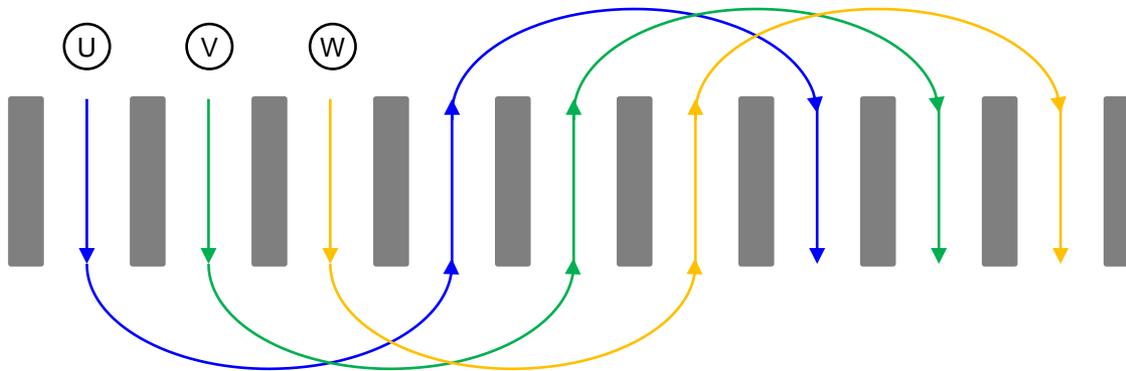
Abgewickelter Rotor
mit Nord-/Südpole



Klauenpolgenerator

Stator I:

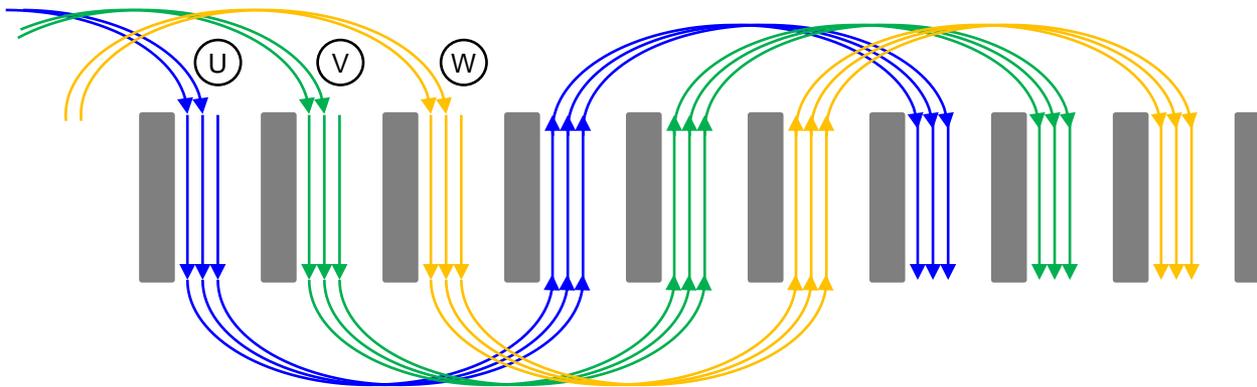
- 36 Zahnelemente, getrennt durch Nuten
- Wicklungsdraht (je einer für U, V, W) liegt meanderförmig in den Nuten
- U: Nut 1 ↓, 4 ↑, 7 ↓, 10 ↑, 13 ↓, 16 ↑, 19 ↓, 22 ↑, 25 ↓, 28 ↑, 31 ↓, 34 ↑
- V: Nut 2 ↓, 5 ↑, 8 ↓, 11 ↑, 14 ↓, 17 ↑, 20 ↓, 23 ↑, 26 ↓, 29 ↑, 32 ↓, 35 ↑
- W: Nut 3 ↓, 6 ↑, 9 ↓, 12 ↑, 15 ↓, 18 ↑, 21 ↓, 24 ↑, 27 ↓, 30 ↑, 33 ↓, 36 ↑
- In jeder Nut liegt immer der gleiche Draht (U oder V oder W)
- Pro Wicklung 6 x 2 Nutdurchgänge (entsprechend 6 x 2 Pole des Rotors)



Klauenpolgenerator

Stator II:

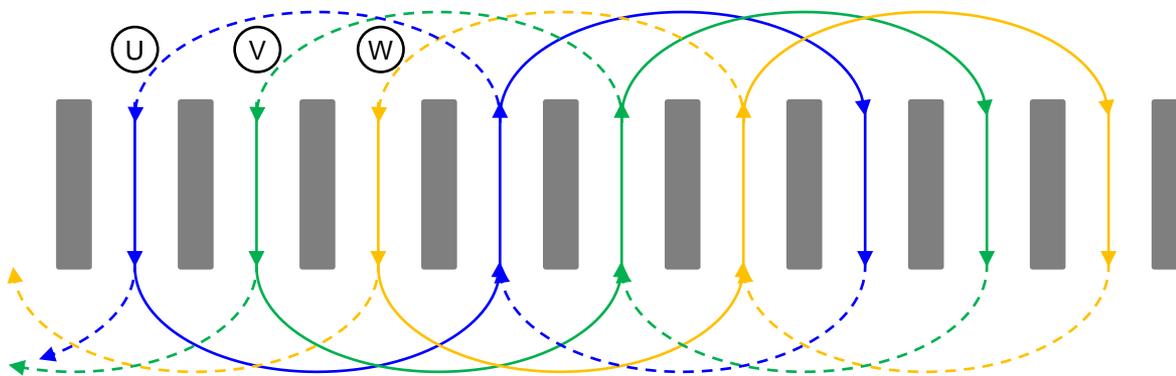
- 9 Lagen, d.h. nach einem Durchgang wird liegt der Draht wieder in der entsprechenden Anfangsnut
 - U: letzte Nut 34, nächste 1
 - V: letzte Nut 35, nächste 2
 - W: letzte Nut 36, nächste 3
- Zusammenfassung der drei Drähte auf der einen Seite -> Anschluss Y
- Auf der anderen Seite bleiben sie einzeln als U, V, W



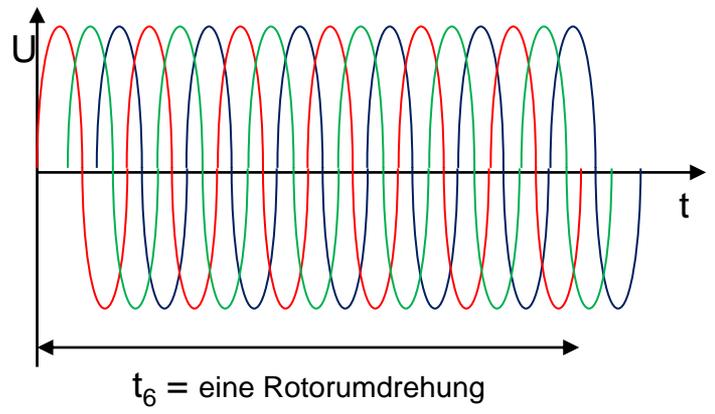
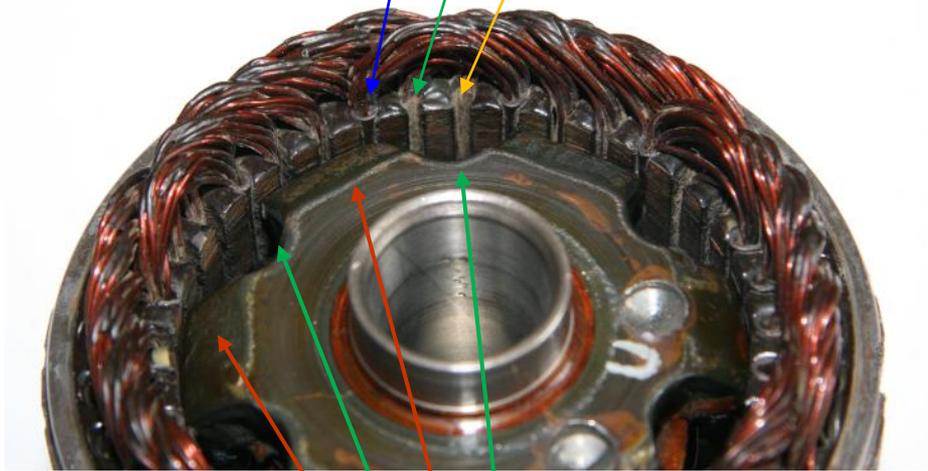
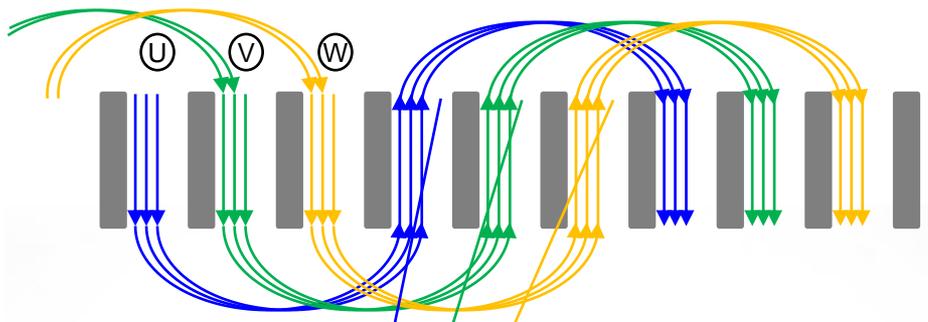
Klauenpolgenerator

Stator III:

- Statorbezeichnung G1 14V 10/17A
- Leistungssteigerung durch Verdoppelung der Lagen
- Lösung des Platzproblems durch „rückwärtige“ Lagenbildung
- U: Nut 34 ↑, 31 ↓, 28 ↑, 25 ↓, 22 ↑, 19 ↓, 16 ↑, 13 ↓, 10 ↑, 7 ↓, 4 ↑, 1 ↓
- V: Nut 35 ↑, 32 ↓, 29 ↑, 26 ↓, 23 ↑, 20 ↓, 17 ↑, 14 ↓, 11 ↑, 8 ↓, 5 ↑, 2 ↓
- W: Nut 36 ↑, 33 ↓, 30 ↑, 27 ↓, 24 ↑, 21 ↓, 18 ↑, 15 ↓, 12 ↑, 9 ↓, 6 ↑, 3 ↓



Klauenpolgenerator Stator und Rotor



Klauenpolgenerator

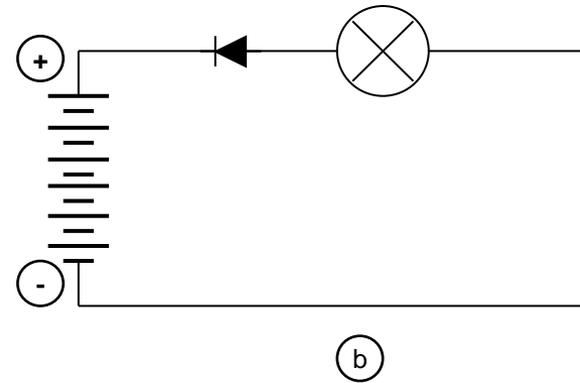
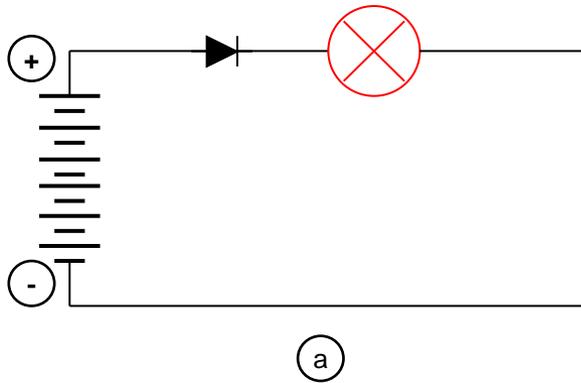
Stromrichtung durch die drei Phasenleitungen in Abhängigkeit des Magentfeldes

Wicklungsrichtung	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑
Nut	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	33	34	35	36
Phase	u	v	w	-u	-v	-w	u	v	w	-u	-v	-w	u	v	w	-u	-v	-w	u	v	w	-u	-v	-w	u	v	w	-u	-v	-w	u	v	w	-u	-v	-w
Stromrichtung	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑
0 Grad	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S
10 Grad	S	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S
20 Grad	S	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S
30 Grad	S	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S
40 Grad	N	S	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S
50 Grad	N	S	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S	S

Gleichrichter

Prinzip der Diode:

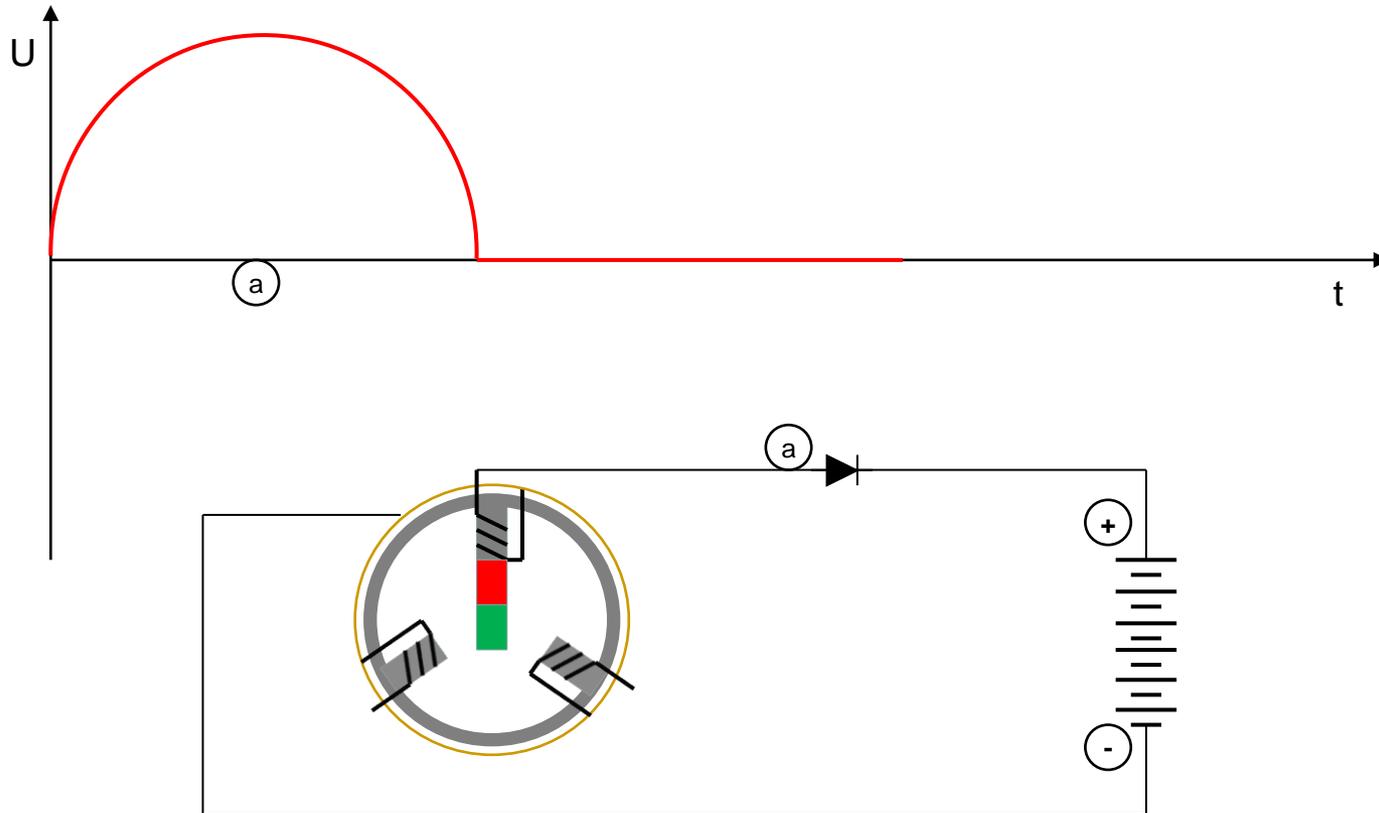
- In eine Richtung im Durchlassbetrieb (a)
- In die andere Richtung im Sperrbetrieb (b)
- Durchlassspannung: 0,7 Volt



Gleichrichter

Prinzip der Gleichrichtung mit einer Halbwelle:

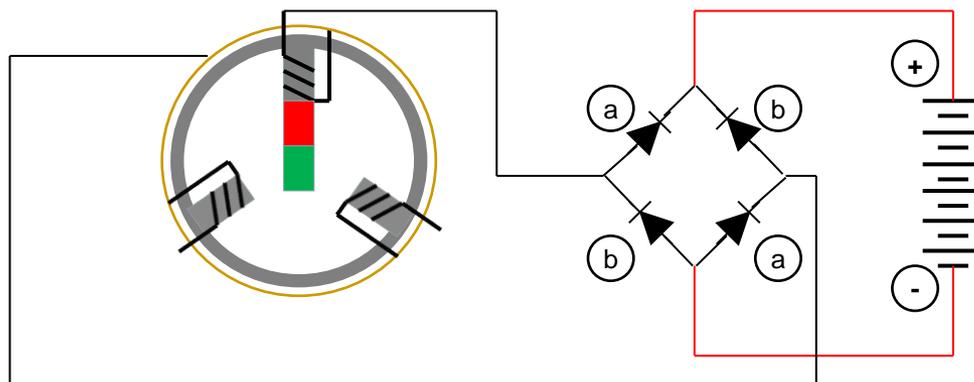
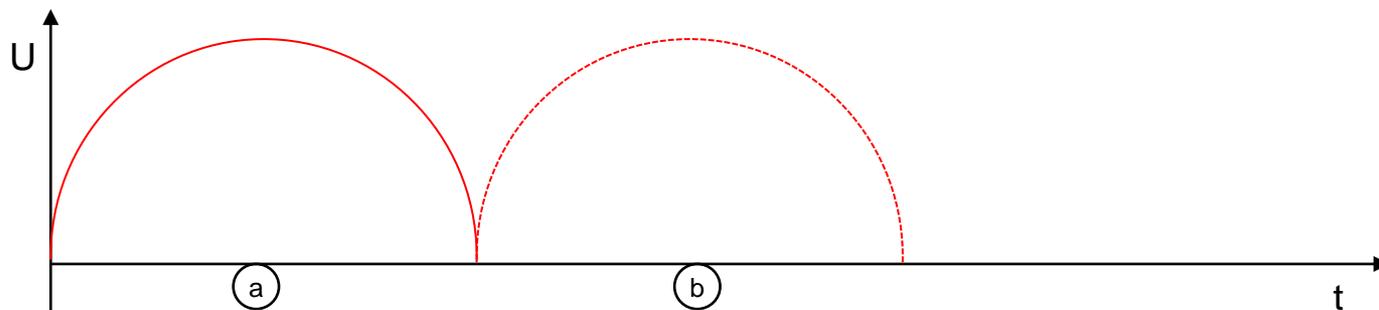
- Positive Halbwelle Diode (a) im Durchlassbetrieb
- Negative Halbwelle Diode (a) im Sperrbetrieb
- Schutz vor Batterieentladung/Kurzschluss bei nicht drehendem Rotor



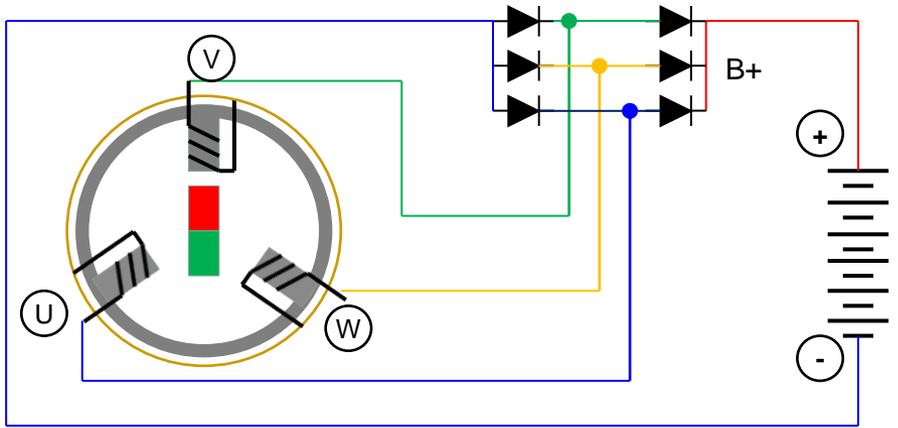
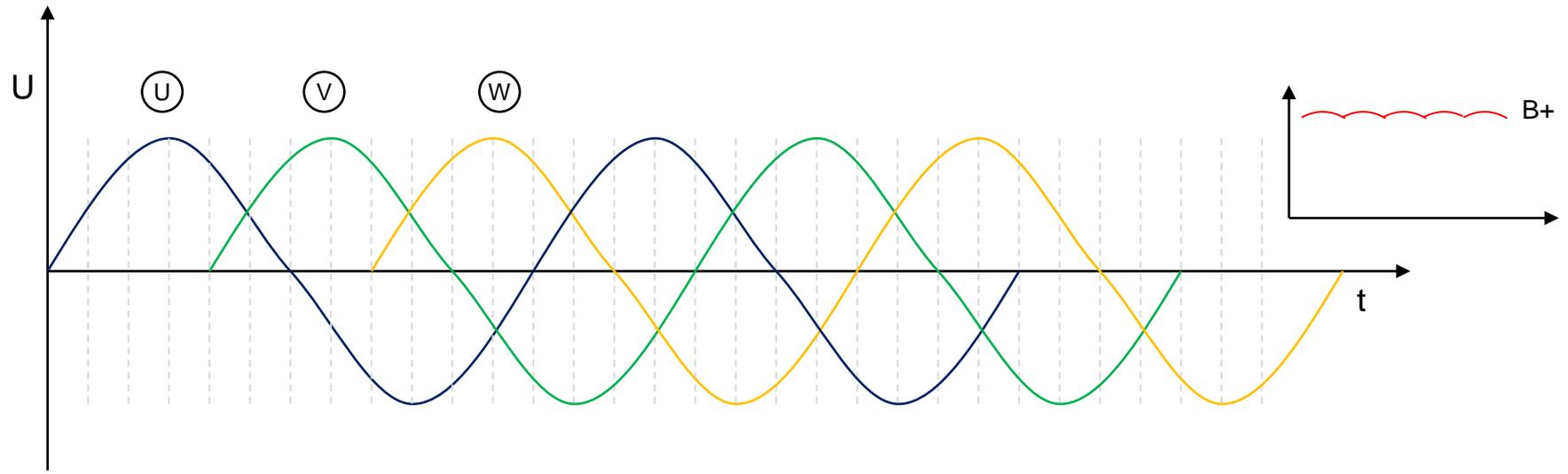
Gleichrichter

Prinzip der Gleichrichtung mit beiden Halbwellen:

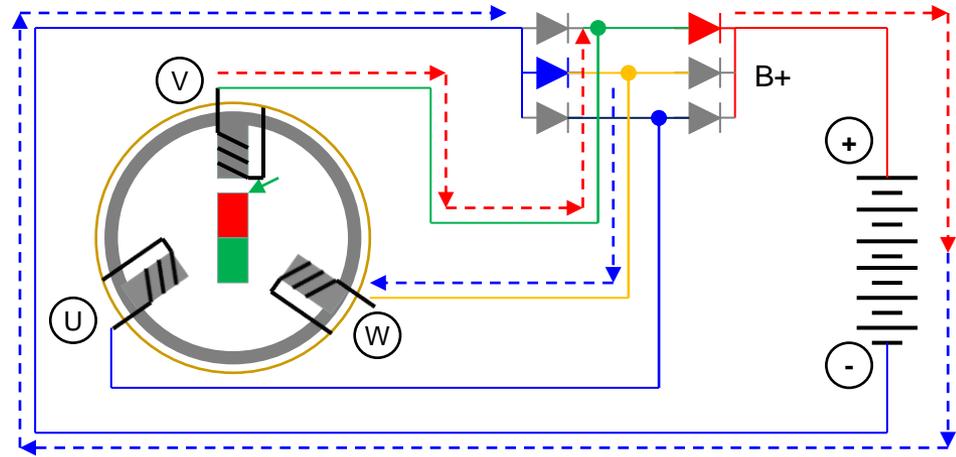
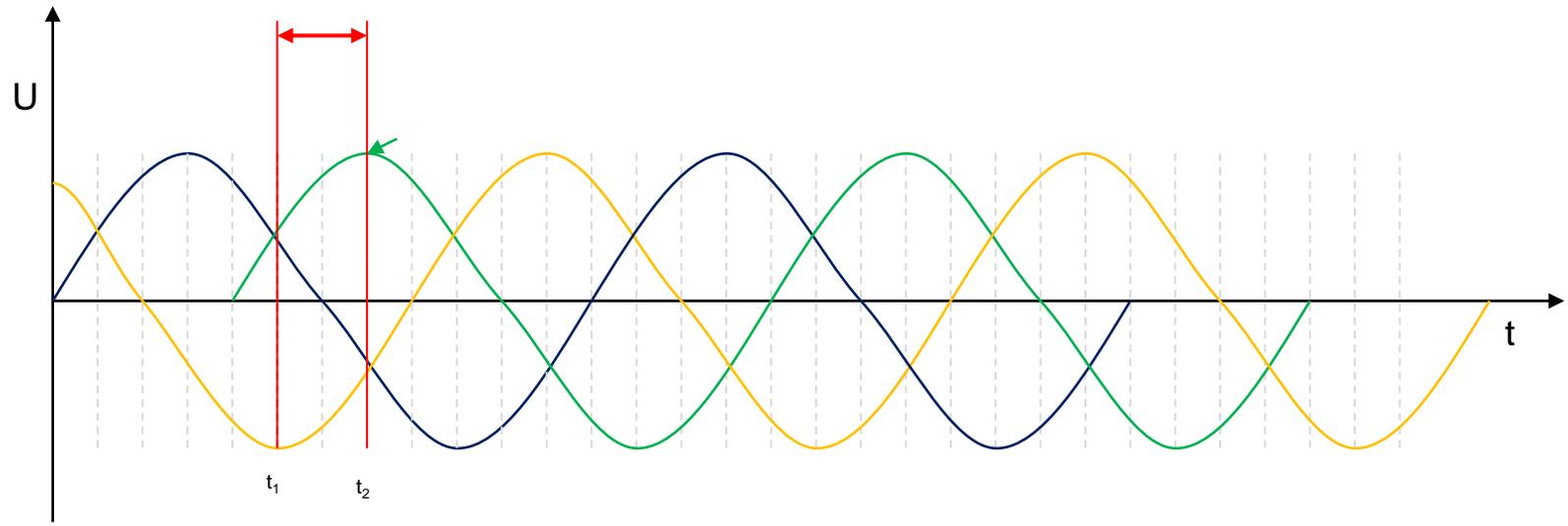
- Positive Halbwelle Dioden (a) im Durchlassbetrieb, (b) im Sperrbetrieb
- Negative Halbwelle Dioden (b) im Durchlassbetrieb, (a) im Sperrbetrieb
- Schutz vor Batterieentladung/Kurzschluss bei nicht drehendem Rotor
- Positive Halbwelle ——— Negative Halbwelle gleichgerichtet - - - - -



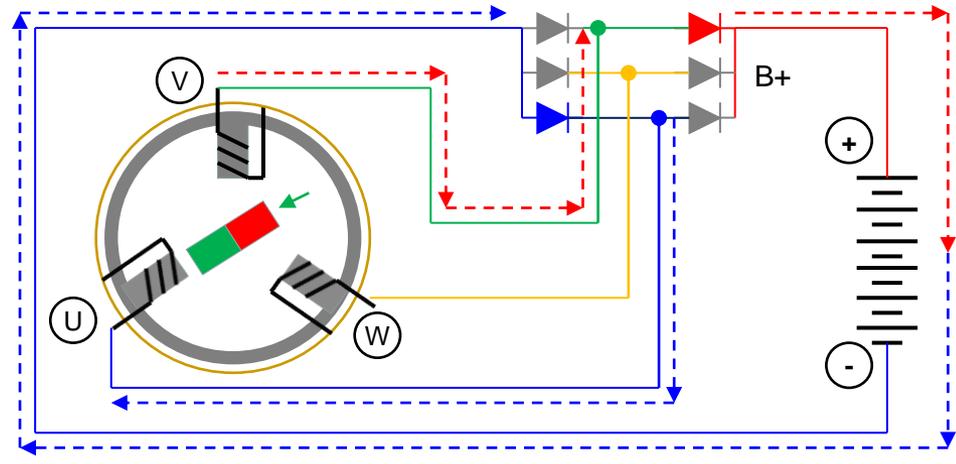
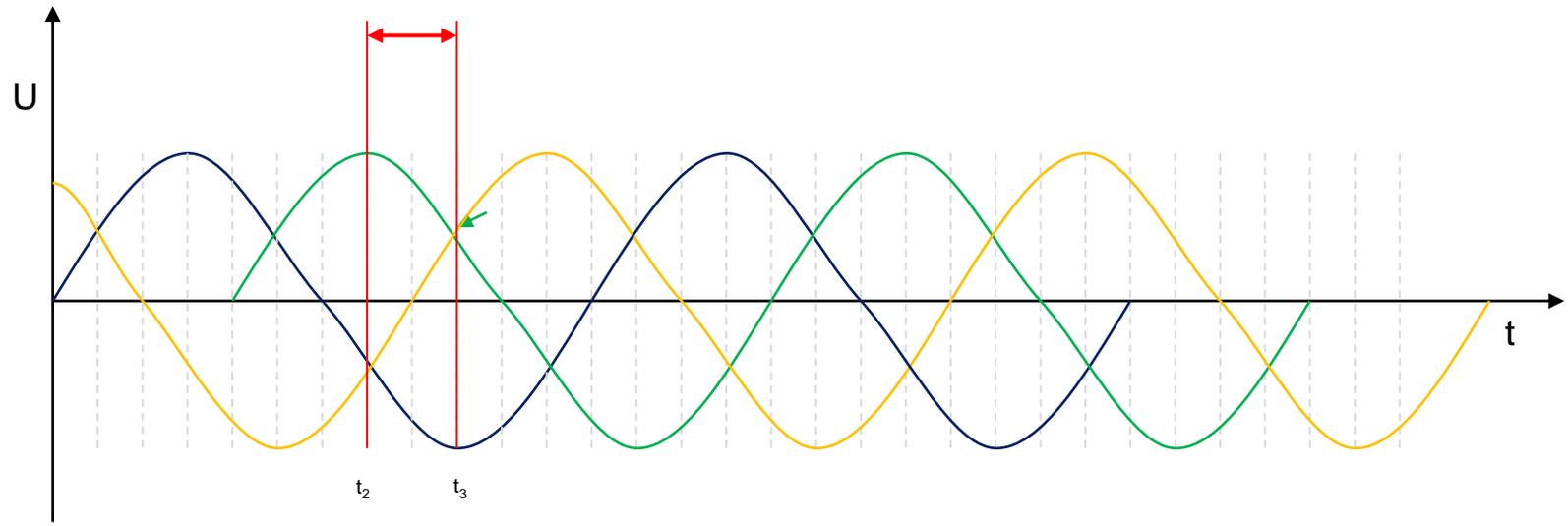
Gleichrichterschaltung für Drehstrom mit Sternschaltung (Sechs-Puls-Gleichrichter, B6U)
Sternschaltung: alle Spulen sind mit einem Ende an einem Sternpunkt verbunden



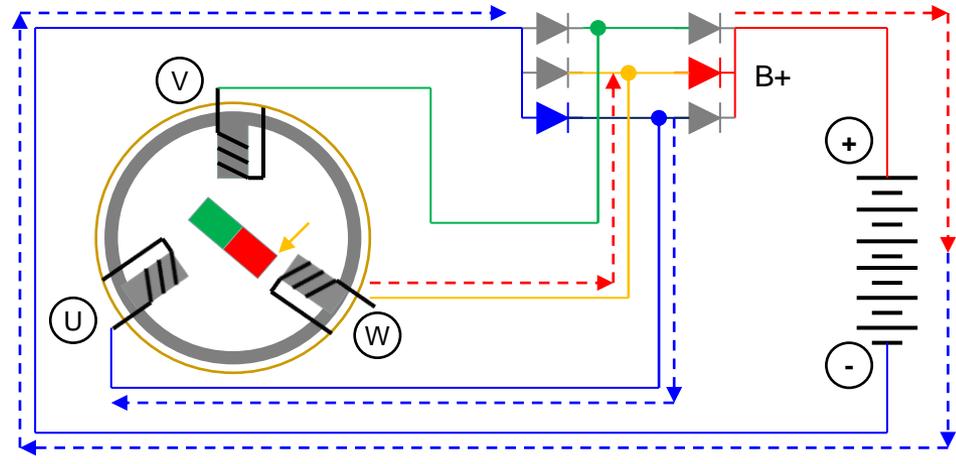
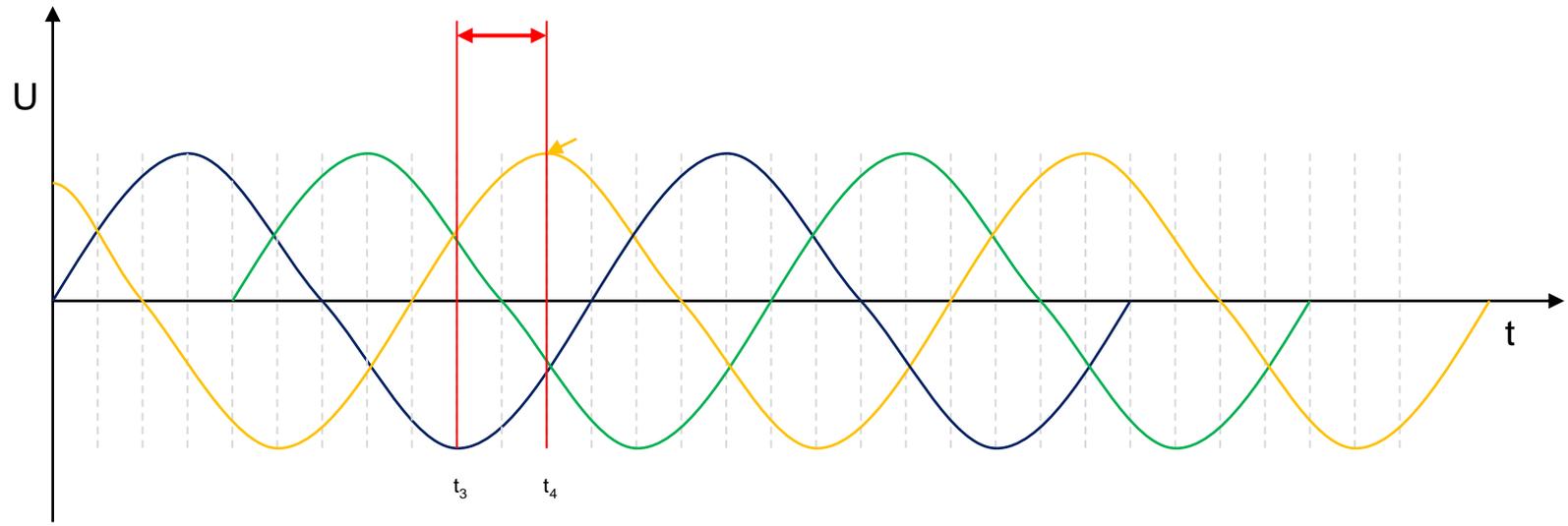
Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $30^\circ < \omega < 90^\circ$



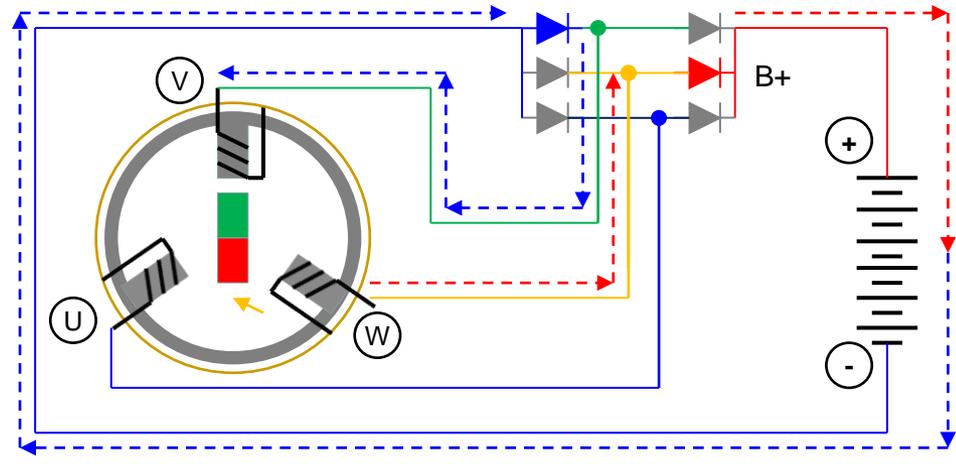
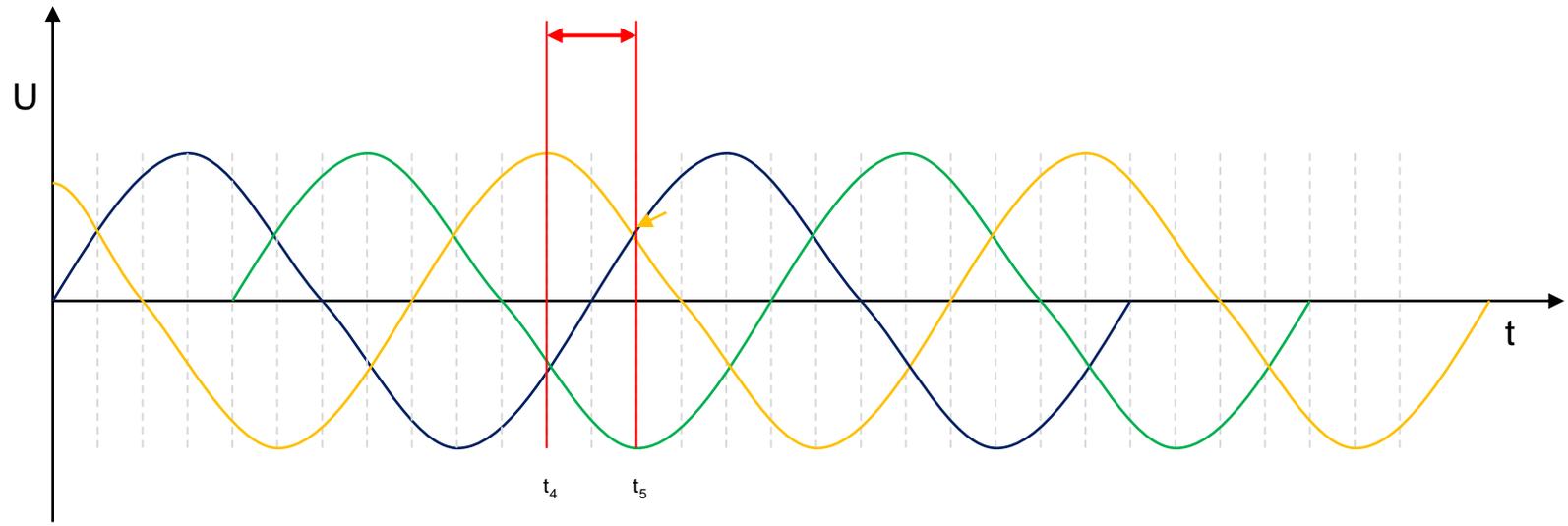
Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $90^\circ < \omega < 150^\circ$



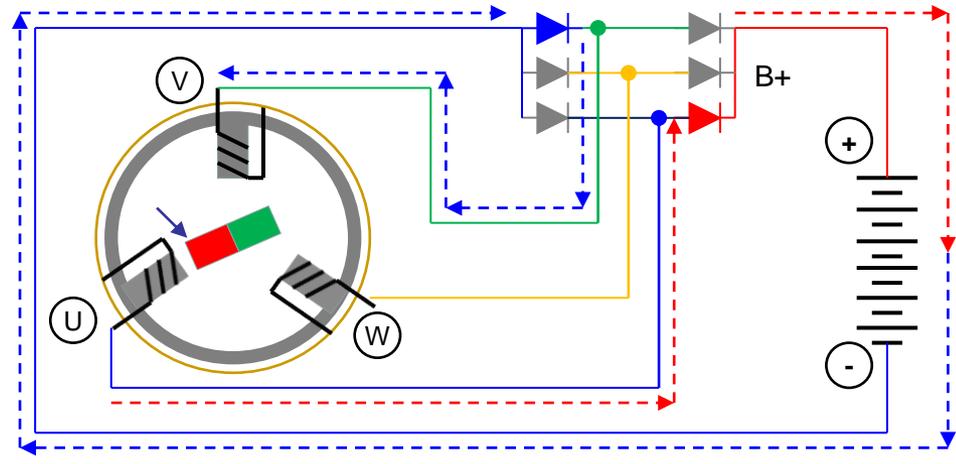
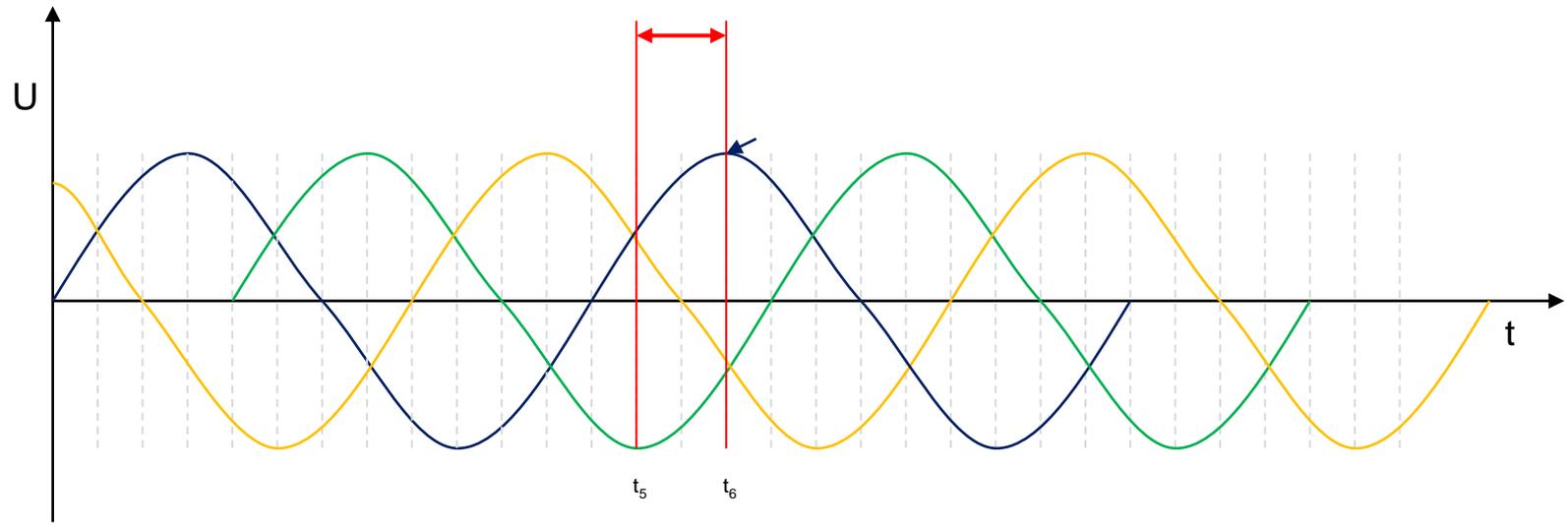
Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $150^\circ < \omega < 210^\circ$



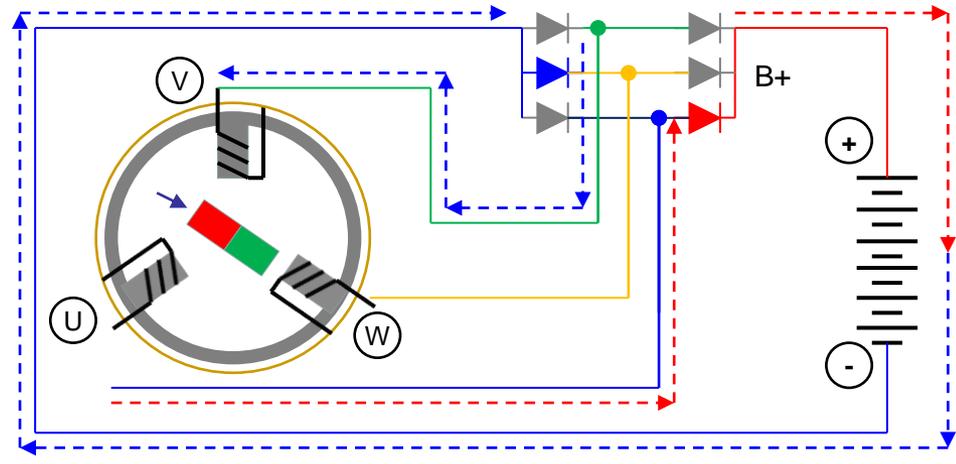
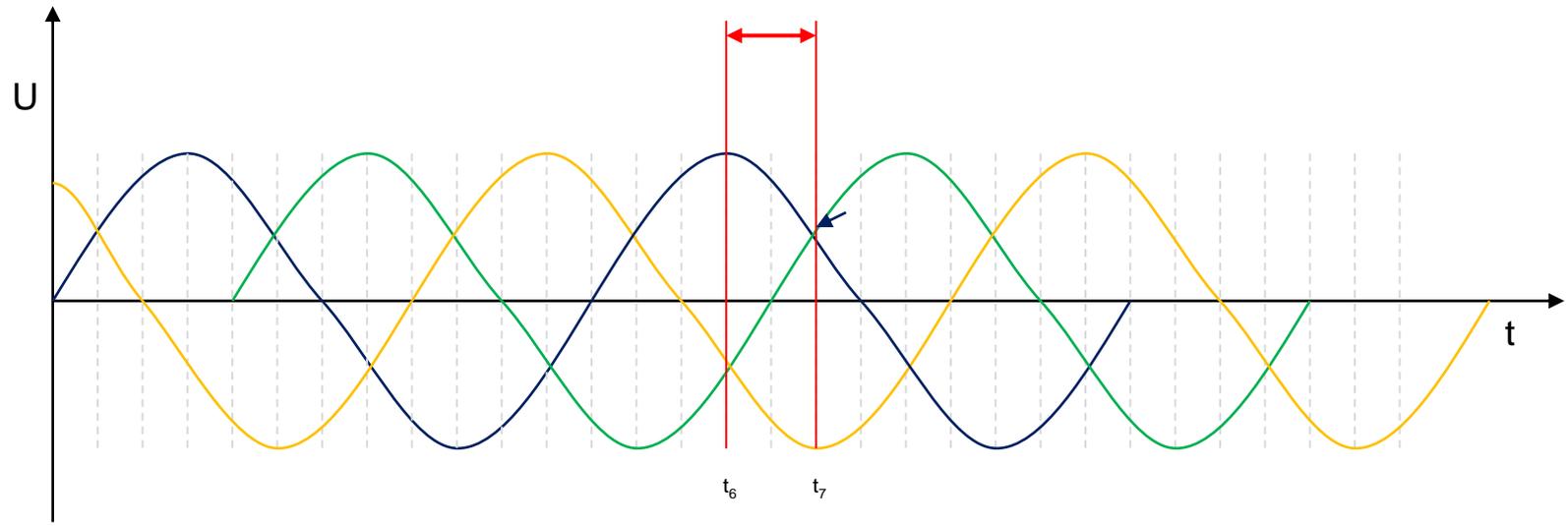
Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $210^\circ < \omega < 270^\circ$



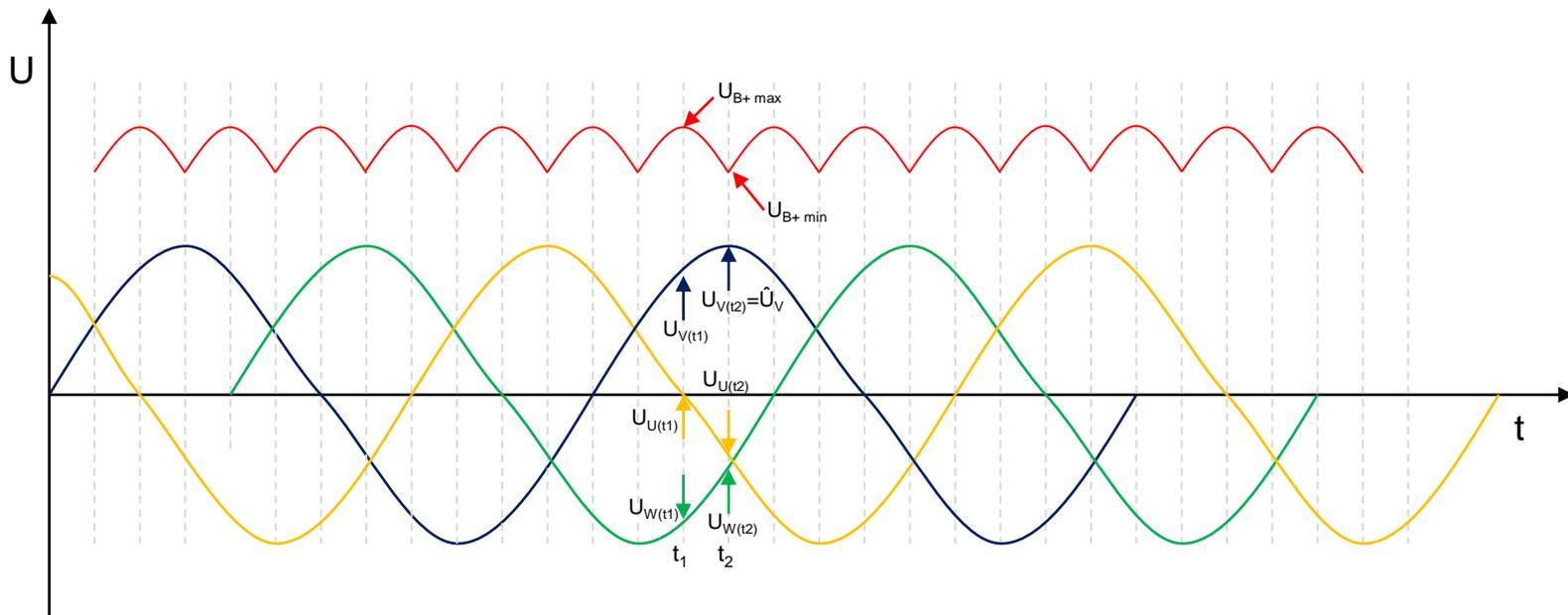
Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $270^\circ < \omega < 330^\circ$



Spannung Spule W (grüne Kurve): $\hat{U} * \sin(\omega t)$ mit $330^\circ < \omega < 30^\circ$



Gleichgerichtete Summenspannung:



$$U_{B+ \max} = |U_{V(t1)}| + |U_{W(t1)}| + |U_{U(t1)}| = |\hat{U}_V * \sin(60^\circ)| + |\hat{U}_W * \sin(300^\circ)| + |\hat{U}_U * \sin(180^\circ)|$$

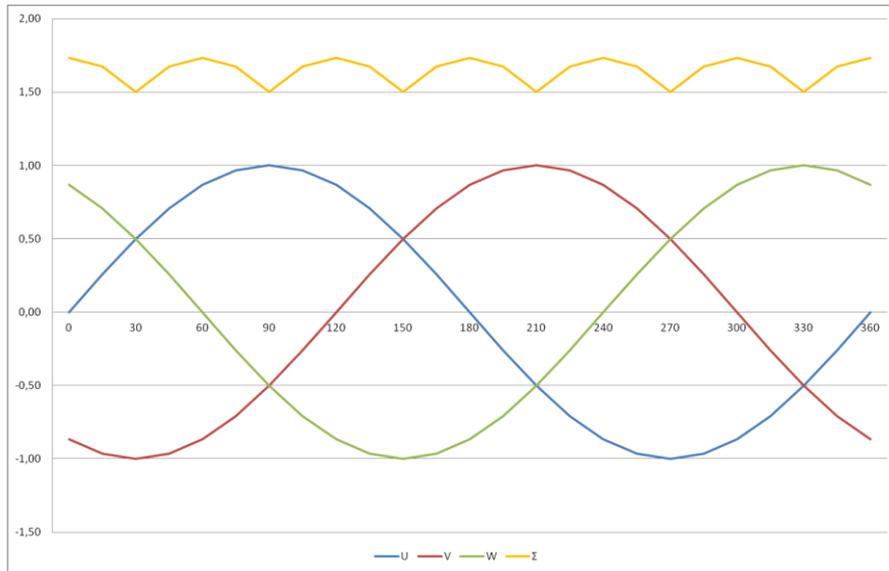
$$U_{B+ \max} = |\hat{U}_V * \sqrt{3}/2| + |\hat{U}_W * (-\sqrt{3}/2)| + |\hat{U}_U * 0| = \hat{U}_V * \sqrt{3} = \hat{U}_V * \mathbf{1,73}$$

$$U_{B+ \min} = |U_{V(t2)}| + |U_{W(t2)}| + |U_{U(t2)}| = |\hat{U}_V * \sin(90^\circ)| + |\hat{U}_W * \sin(330^\circ)| + |\hat{U}_U * \sin(210^\circ)| * 0$$

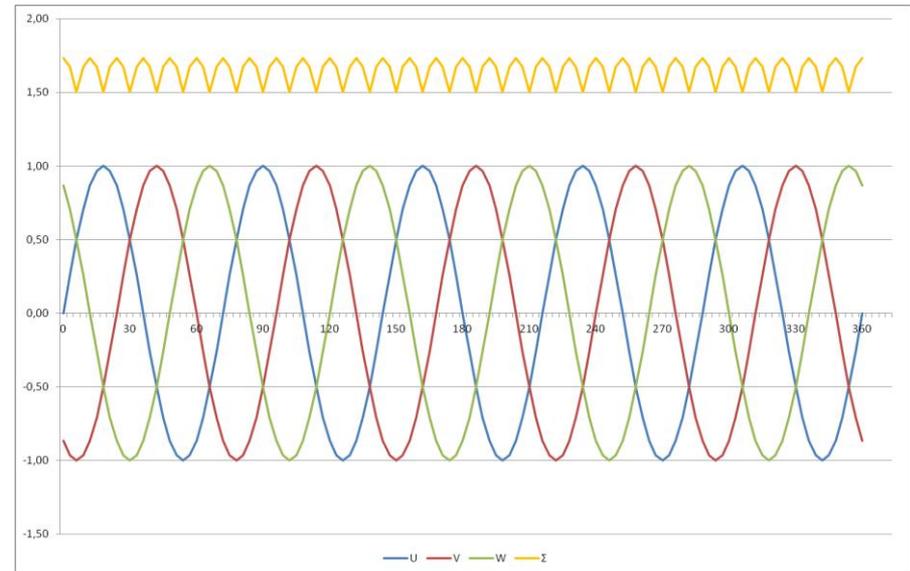
$$U_{B+ \min} = |\hat{U}_V * 1| + |\hat{U}_W * (-1/2)| + |\hat{U}_U * (-1/2)| * 0 = \hat{U}_V * \mathbf{1,5} \quad [U_{U(t2)} = 0, \text{ da Diode gesperrt}]$$

Gleichgerichtete Summenspannung:

Drei Phasen, Rotor mit 1 x Norpol, 1 x Südpol,
eine Rotordrehung 360 Grad



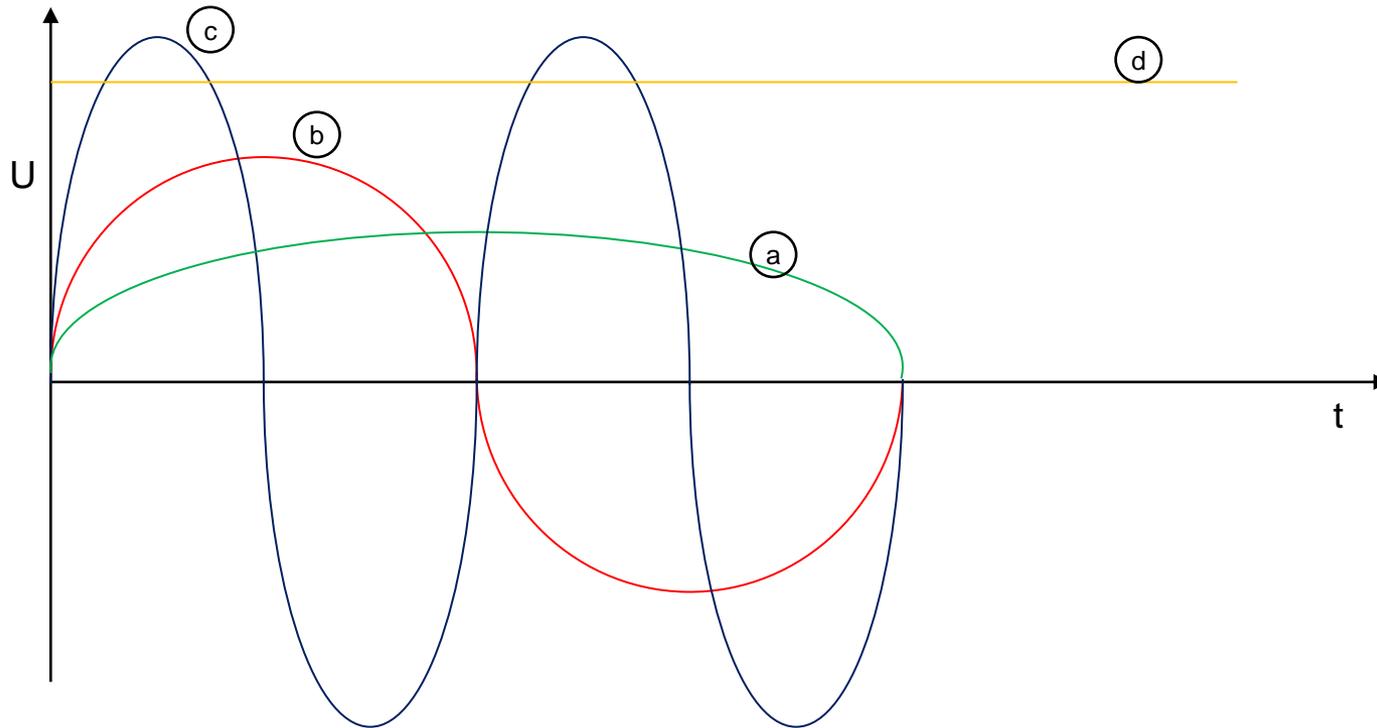
Drei Phasen, Rotor mit 6 x Norpol, 6 x Südpol,
eine Rotordrehung 360 Grad



Spannungsreglung

Mit wachsender Drehzahl erhöhen sich Frequenz und Spannung.

Problem: Spannung darf nicht höher als die Batterie-Sollspannung sein!



a = Spannung U_1 bei Drehzahl $n/2$

b = Spannung U_2 bei Drehzahl n

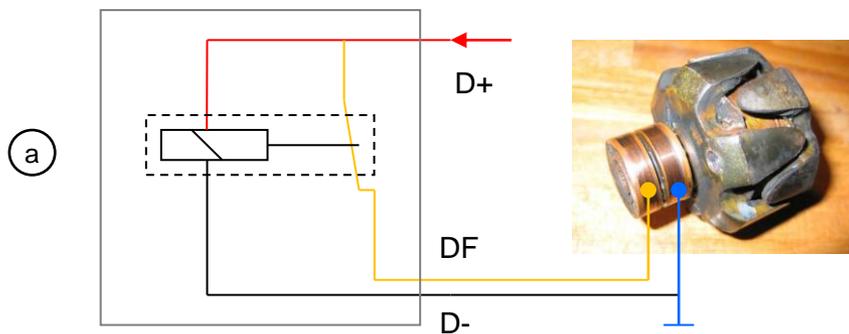
c = Spannung U_3 bei Drehzahl $n \cdot 2$

d = Batterie-Sollspannung

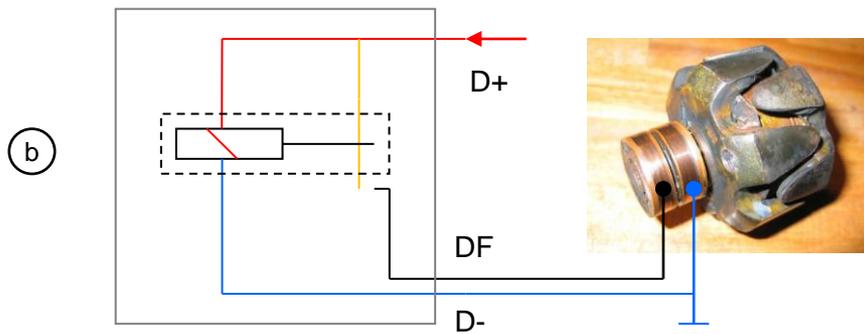
Spannungsreglung

Prinzip der Regelung:

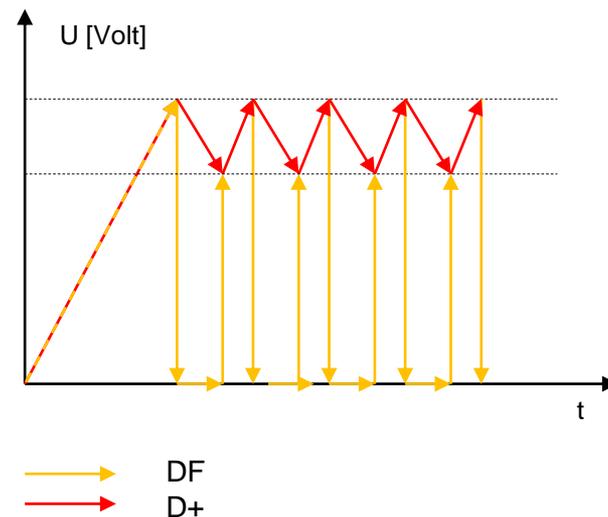
- über einen Öffner wird der Elektromagnet (Rotor) ein-/ausgeschaltet
- Öffner geschlossen, Generator im Wirkbetrieb (a)
- Öffner geöffnet, Generator im Leerlauf (b)
- Regler arbeitet als Spannungsbegrenzung (13,8-14,2 V bzw. 14,3-14,7 V Behördenregler)



Spannung D+ < 13,8 Volt → Öffner bleibt geschlossen → Elektromagnet „aktiv“



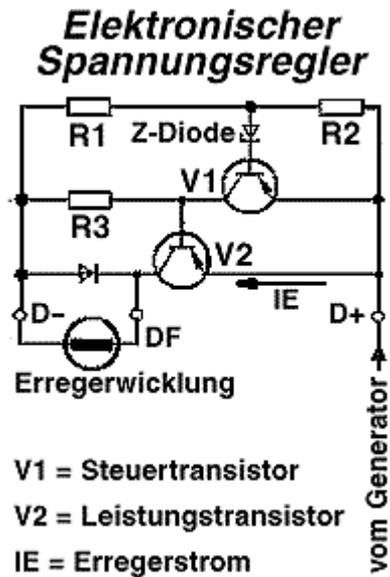
Spannung D+ >= 13,8 Volt → Öffner geöffnet → Elektromagnet „inaktiv“



Spannungsregelung

Prinzip Aufbau des elektronischen Regler

- Transistoren als Schalter
- Z-Diode zur Spannungsbegrenzung



Quelle: Motorrad online

Folgendes gilt für Behördenregler und Standardregler:

- Regler begrenzt nur die maximale Spannung
- Ladestart wird durch den Aufbau der LiMa, nicht durch Regler beeinflusst!

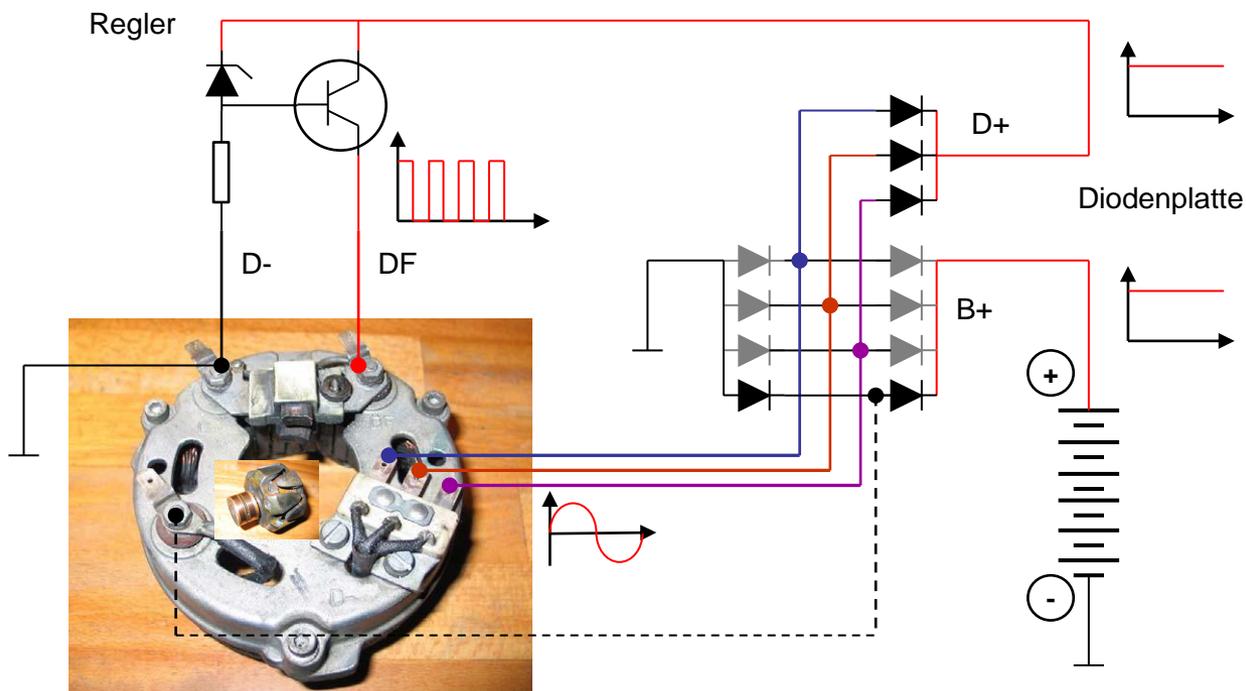
Spannungsregelung

Erweiterte Gleichrichterschaltung: separater Ausgang für Erregerwicklungsregelung im Rotor

- B+ für große Stromwerte zur Batterieaufladung
- D+ für kleine Stromwerte für Betrieb Elektromagnet (Rotor)

Batterie wird im Betrieb permanent geladen, d.h. Stromregelung durch Spannungsbegrenzung!

Keine Ladezustandsüberwachung der Batterie durch Regler/LiMa!

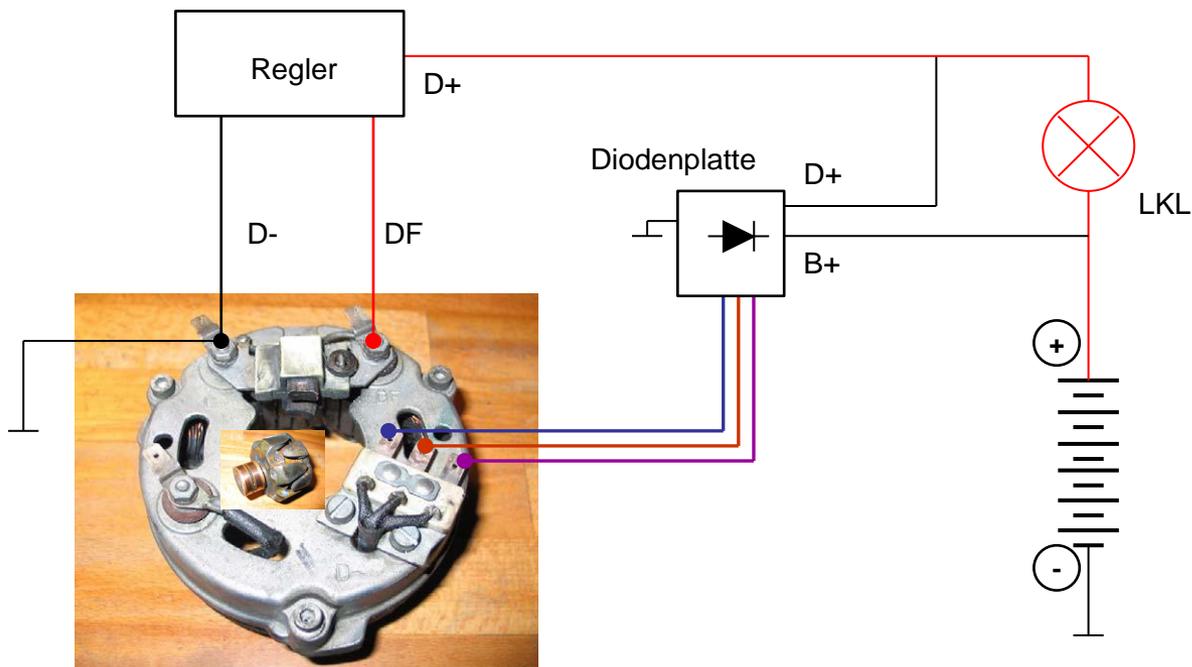


Vorerregung bei Motorstart

Bei Start der Maschine steht an D+ noch keine Spannung an, d.h. es wird eine Hilfsspannung benötigt, um den Elektromagneten zu aktivieren.

Zum Einsatz kommt eine 3 Watt Glühbirne, mit folgenden Eigenschaften:

- Anzeige Bereitschaft Generator
- Strombegrenzung für die Spule des Elektromagneten (Vorwiderstand)!



Weitere Dokumente zur Fehleranalyse, Meßmethoden

Link auf 2-ventiler.de:

- [Messungen an der LiMa](#)