



# Helligkeitssteuerung

---

## Das Steuern der Leistung von elektronischen Lichtquellen



# Inhalt

---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
3. Arten der Steuerung
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme



# Inhalt

---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
3. Arten der Steuerung
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme



# 1. Bedeutung

---

- Wirtschaftlichkeit
  - Reduktion der Energiekosten
  - längere Lampenlebensdauer
  - geringere Wartungskosten
  
- Komfortabilität
  - Beleuchtungsniveau konstant halten (Tag/Nacht)
  - gezielte Lichtinszenierungen (Lichtstimmung)



# 1. Bedeutung

---

- Umweltverträglichkeit
  - geringerer Energieverbrauch
  - Reduktion der grauen Energie  
(Energienmenge, welche für die Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird.)
- Sicherheit
  - gezielte Anpassung an unterschiedliche Beleuchtungsniveaus (Tunnelbeleuchtung)



# Inhalt

---

1. Bedeutung
2. **Allgemeines**
3. Arten der Steuerung
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme



## 2. Allgemeines

---

- Helligkeitssteuerung, Lichtstromregulierung, Lichtregelung und Dimmbetrieb sind gleichwertige Ausdrücke
- Steuerung der Leistungsaufnahme anderer elektrotechnischer Geräte (Staubsauger, Bohrmaschine)
- Helligkeit hängt von der umgesetzten Leistung ab

$$P = U \cdot I$$



## 2. Allgemeines

---

- Leistungsaufnahme sinkt und somit auch der Energieverbrauch
- Lebensdauer erhöht sich, da Glühfadentemperatur absinkt
- Lichtstrom  $\Phi$  verhält sich proportional zur dritten Potenz der angelegten Spannung bzw. zur 2,5-ten Potenz der elektrischen Leistung

$$\Phi \sim U^2, \Phi \sim P^{2,5}$$





## 2. Allgemeines

---

- bei kleinen Spannungsänderungen ergeben sich relativ große Lichtstromänderungen
- Lichtstrom lässt sich zwischen 0% bis 100% ohne Einschränkungen stufenlos einstellen



# Inhalt

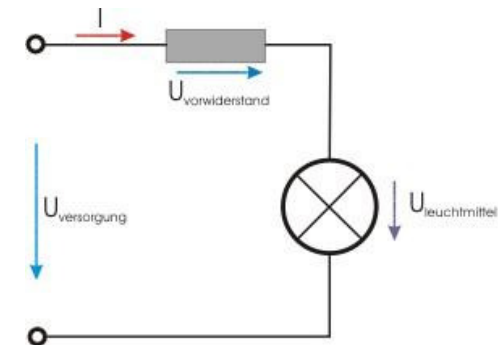
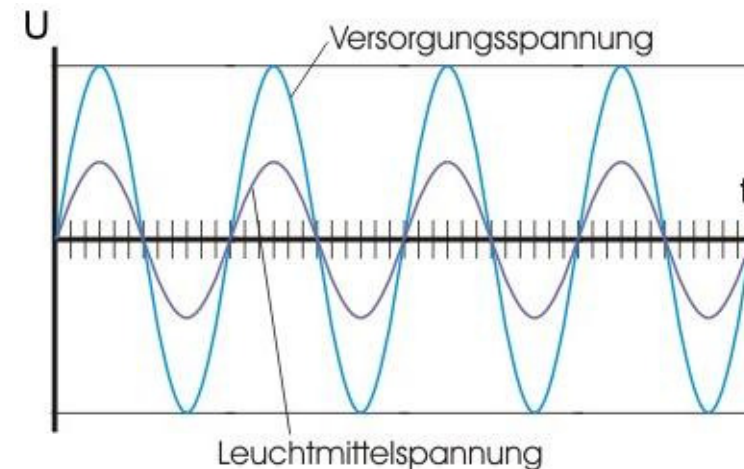
---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
- 3. Arten der Steuerung**
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme

# 3. Arten der Steuerung

## a) Vorwiderstand (regelbar)

- Veränderung der Leistung am Leuchtmittel durch Variation des in Reihe vorgeschalteten regelbaren Widerstandes
- Leistung geht am Vorwiderstand als Abwärme verloren (hoher Energieverbrauch)
- Sinusform der Spannung bleibt erhalten





# Inhalt

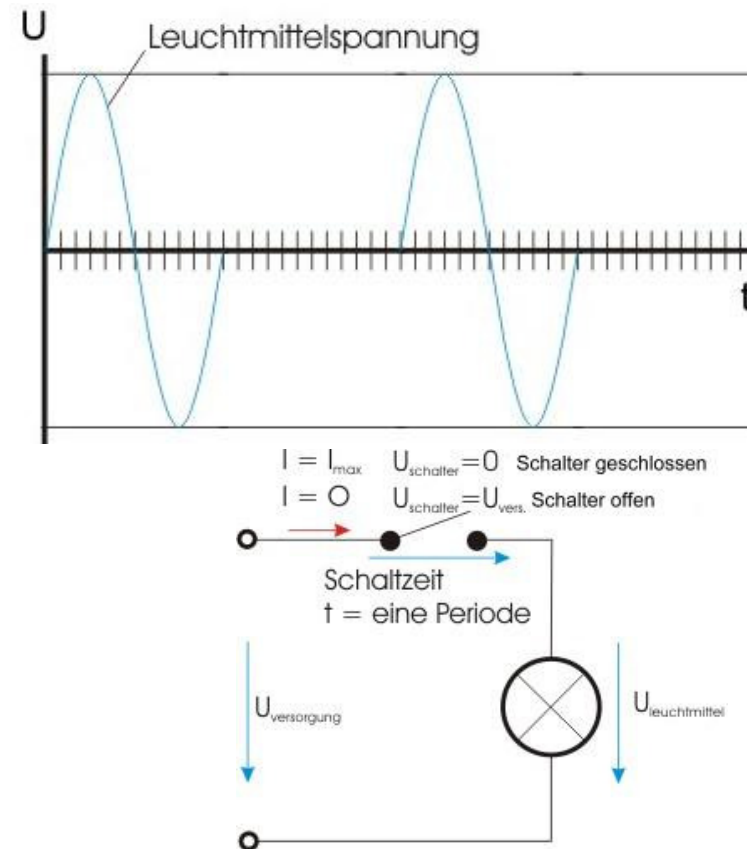
---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
- 3. Arten der Steuerung**
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket**
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme

# 3. Arten der Steuerung

## b) Schwingungspaket

- Nutzung vereinzelter Perioden des Sinus
- im Nulldurchgang wird mind. eine Halbwelle durchgeschaltet
- es entsteht kein Leistungsverlust durch Abwärme
- Schaltvorgänge sind für Leuchtmittel zu träge (Lampen flackern)





# Inhalt

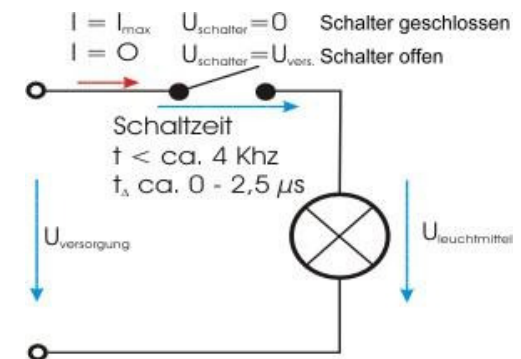
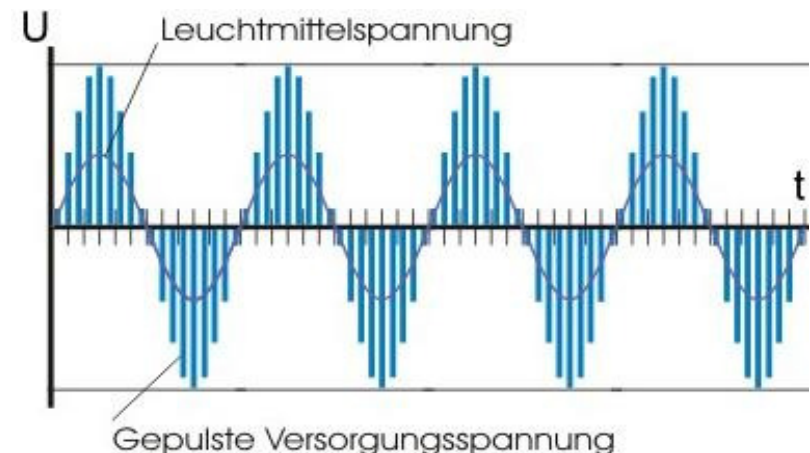
---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
- 3. Arten der Steuerung**
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)**
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme

# 3. Arten der Steuerung

## c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)

- Erzeugung von mehreren Spannungspulsen innerhalb einer Periode
- Lichtregelung erfolgt über die Variation der Breite der einzelnen Spannungspulse
- Spannung in Sinusform bleibt erhalten
- Beseitigung von harmonischen Oberwellen (Entstörung)





# Inhalt

---

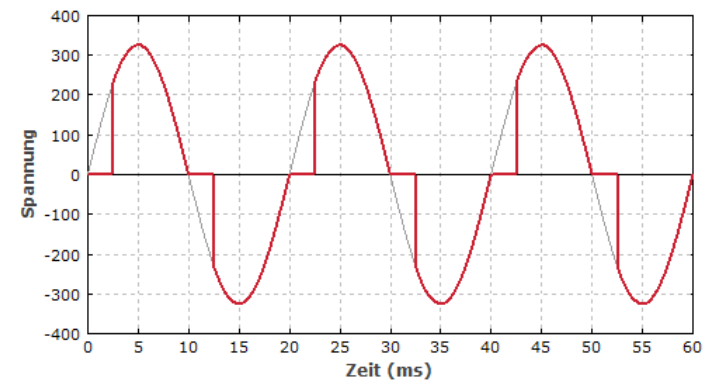
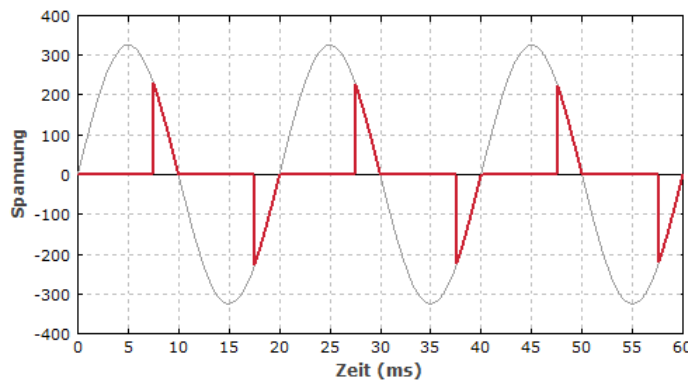
1. Bedeutung
2. Allgemeines
- 3. Arten der Steuerung**
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung**
  - e) Phasenabschnittsteuerung
4. Probleme



# 3. Arten der Steuerung

## d) Phasenanschnittsteuerung

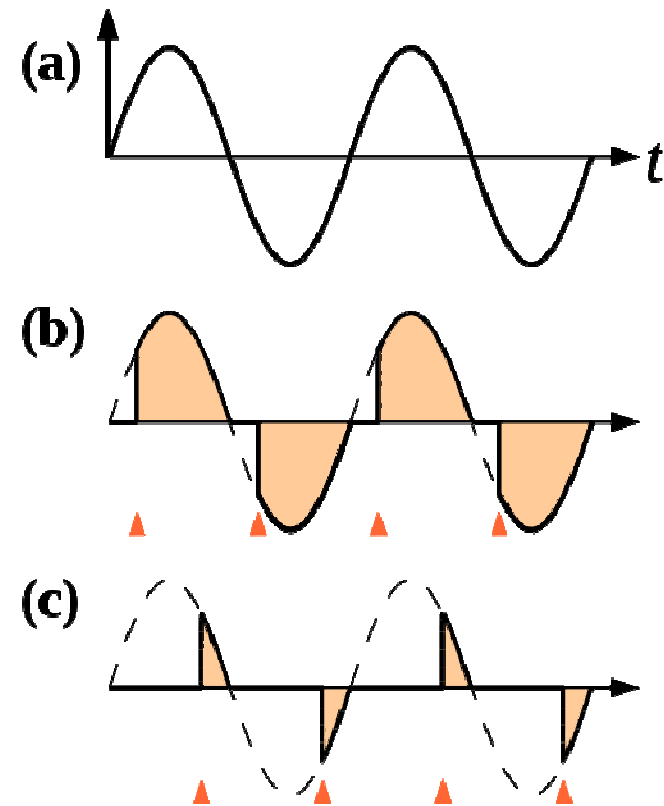
- Grundprinzip: Ein Verbraucher wird innerhalb jeder Halbwelle der oszillierenden Netzspannung mit einer einstellbaren Verzögerungszeit eingeschaltet.
- spätes Einschalten der Spannung (Leistung reduziert)
- frühes Einschalten der Spannung (Leistung erhöht)



# 3. Arten der Steuerung

## d) Phasenanschnittsteuerung

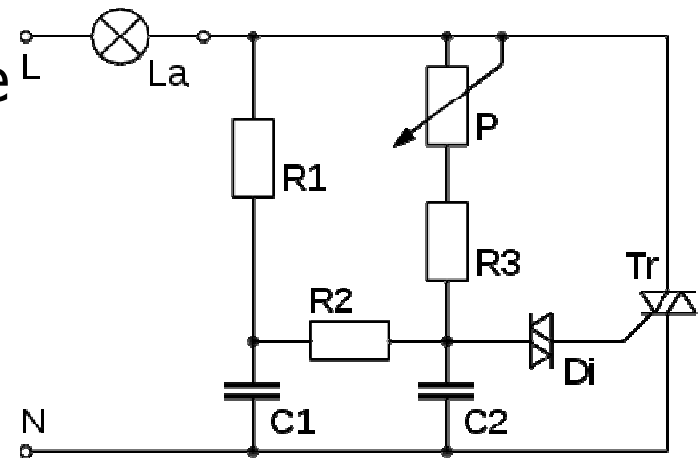
- Schaltung einer Phasenanschnittsteuerung
- ein TRIAC sind zwei antiparallel geschaltete Thyristoren (jeweils einer für eine Halbwelle zuständig)
- diese schalten erst, wenn ein kleiner (Start)Impuls sie leitend macht (roter Pfeil)
- sie leiten nicht mehr, wenn die Sinusspannung den Nulldurchgang erfährt (Durchlassspannung = 0V)



# 3. Arten der Steuerung

## d) Phasenanschnittsteuerung

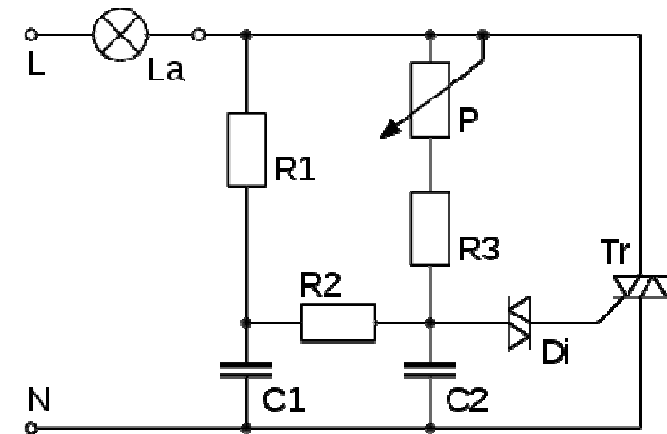
- je dunkler eine Lampe leuchten soll, umso später wird der TRIAC „gezündet“
- DIAC Di zündet (Steuerspannung) den TRIAC Tr, der die Lampe La steuert
- R1/C1 und R2/C2 vermindern die Hysterese und verzögern die Wechselfspannung (zwei Phasenschieber)
- Schwellenspannung des Di wird erst lange nach dem Nulldurchgang erreicht



# 3. Arten der Steuerung

## d) Phasenanschnittsteuerung

- Tr zündet daraufhin kurz vor dem Nulldurchgang der Wechselspannung
- mit Potentiometer P kann Zündzeitpunkt des Di verändert werden (verzögerte Wechselspannung „beimischen“)
- je kleiner der Widerstand von P, umso früher zündet der Di den Tr und desto heller leuchtet La
- geringe Verlustleistung / klein und einfach aufzubauen
- keine Sinuskurve des Stromes / Verzerrungsblindleistung / nicht für Leuchtstofflampen oder Energiesparlampen geeignet (Heiztransformatoren, vorheizen der Elektroden)





# Inhalt

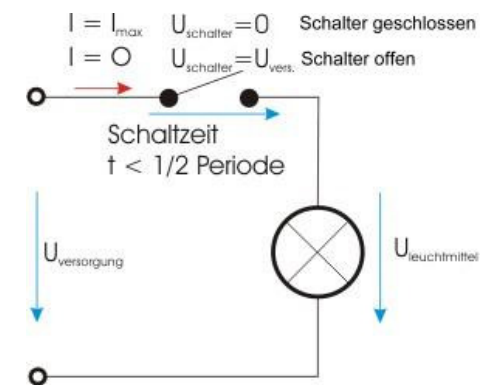
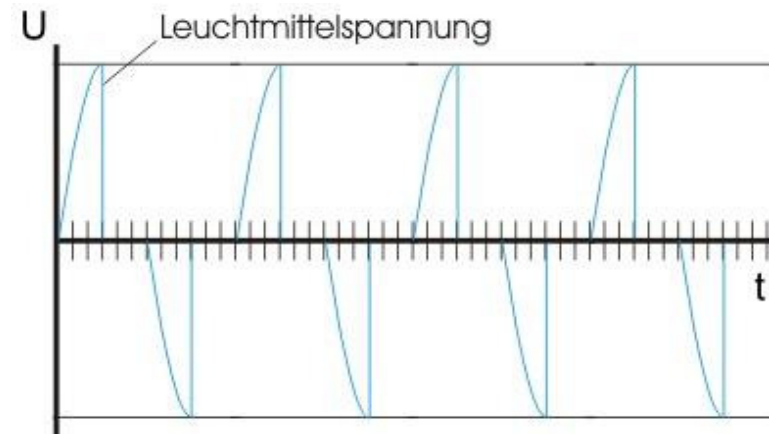
---

1. Bedeutung
2. Allgemeines
- 3. Arten der Steuerung**
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung**
4. Probleme

# 3. Arten der Steuerung

## e) Phasenabschnittsteuerung

- Unterbrechung des Stromflusses beim gewünschten Leistungswert nachdem die Phase ihren natürl. Anstieg begonnen hat (umgekehrter Phasenanschnitt)
- Stromspitzen an Kapazitäten werden vermieden
- aufwändige Schutzschaltungen für R-Lasten nötig (eingesetzte Schalter sehr empfindlich)





# Inhalt

---

1. Allgemeines
2. Bedeutung
3. Arten der Steuerung
  - a) Vorwiderstand (regelbar)
  - b) Schwingungspaket
  - c) Puls-Breiten-Modulation (PWM)
  - d) Phasenanschnittsteuerung
  - e) Phasenabschnittsteuerung
- 4. Probleme**



## 4. Probleme

---

- Helligkeit nimmt stärker ab als die Leistungsauf- bzw. Leistungsabnahme (Effizienz der Lichtausbeute)
- Veränderung der Lichtfarbe (Farbtemperatur sinkt)
  - Licht wirkt eher gelb-orange als weiß-gelb (nicht natürlich)





## 4. Probleme

---

- Entstörung

- durch abruptes Ein- und Ausschalten bei der Phasen- bzw. Phasenabschnittsteuerung entstehen sehr steile Flanken in Abhängigkeit ihrer Anstiegs- und Abfallzeiten (slew rate) im Stromfluss und der Spannung
- das entspricht einem hochfrequenten Frequenzspektrum (Oberschwingung) nach der Fourier-Transformation
- dies führt zu Störungen anderer elektrotechnischer Geräte im Video- und/oder Audiodbereich



## 4. Probleme

---

- Entstörung (Lösung)
  - steile Flanken müssen durch Snubber(RC-Glied), Drosseln und Filter begrenzt werden
  - je besser der Filter, desto größer sind die Anstiegszeiten und flacher die Flanken und die hochfrequenten Störanteile sinken herab
  - Entstörungsgrad ist u.a. ein Qualitätsmerkmal eines Dimmers



# Quellenangabe

---

- Buch

- [1] Ris, Hans Rudolf: Beleuchtungstechnik für Praktiker, VDE Verlag (4. Aufl., Berlin/Offenbach, 2008) S. 141 ff.

- [2] Sturm, C.H.; Klein, E.: Betriebsgeräte und Schaltungen für elektrische Lampen, Siemens AG (6. Aufl., München, 1992) S. 137 ff.

- [3] Tholl, H.: Bauelemente der Halbleiterelektronik Teil 2, B.G.Teubner Stuttgart (1. Aufl., Hamburg, 1977) S. 90 ff.

- [4] Beuth, K.; Schmusch, W.: Grundsaltungen, Vogel Buchverlag (12. Aufl., Freiburg/Br., 1994) S. 261 ff.



# Quellenangabe

---

- Internet

[5][http://de.wikipedia.org/wiki/Graue\\_Energie](http://de.wikipedia.org/wiki/Graue_Energie)

(Abruf: 22.04.2013)

[6]<https://de.wikipedia.org/wiki/Dimmen>

(Abruf: 22.04.2013)

[7]<http://de.wikipedia.org/wiki/Phasenanschnittsteuerung>

(Abruf: 22.04.2013)

[8]<http://www.hbernstaedt.de/knowhow/scheinwerfer/funktionen.htm> (Abruf: 22.04.2013)



# Quellenangabe

---

- Internet

[9]<https://service.projektlabor.tu-berlin.de/benv/sites/default/files/uploads/16900317224/Dimmerschaltungen.ppt>

(Abruf: 22.04.2013)

[10]<http://www.energielexikon.info/phasenanschnittsteuerung.html>

(Abruf: 22.04.2013)



Bestehen noch ein paar Fragen?

---

Herzlichen Dank für die  
Aufmerksamkeit!