

# Frequenzumrichter Chancen und Risiken beim Energiesparen

Prof. Dr. Adrian Omlin

Hochschule Luzern

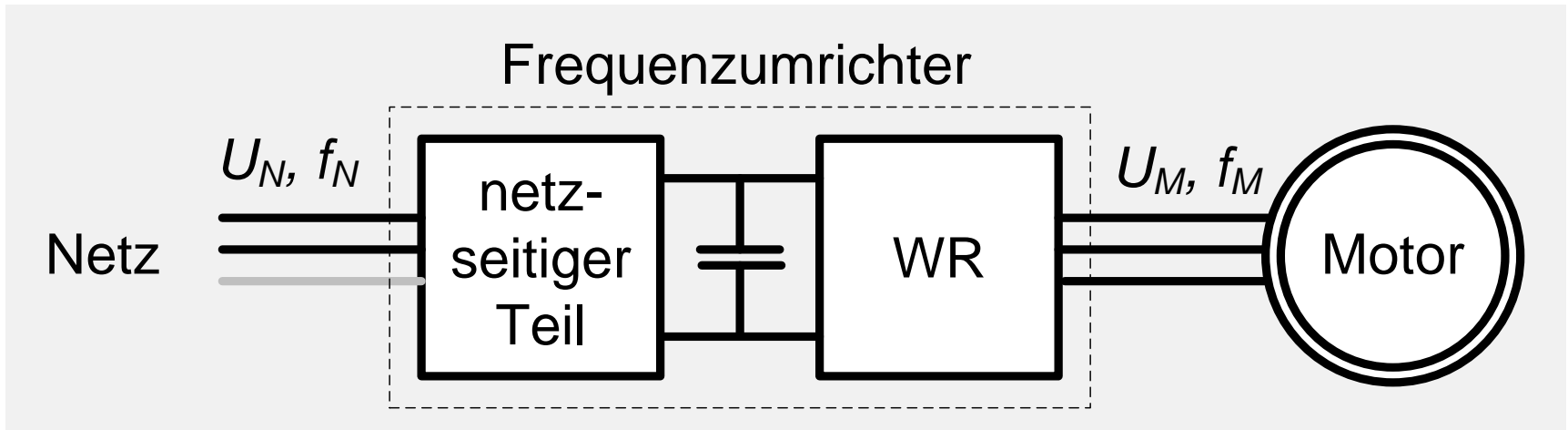
Tel. 041 349 33 63

E-Mail: [adrian.omlin@hslu.ch](mailto:adrian.omlin@hslu.ch)

# Inhalt

- Der Frequenzumrichter (FU)
- Anwendungsbeispiel
- Vorteile, Nachteile, Bauarten
- Alternativen zum FU
- Entscheidungsweg, Fazit

# FU mit Spannungszwischenkreis



Wechselspannung

Gleichspannung

Wechselspannung

Netz:

$f_N = \text{konstant}$

$U_N = \text{konstant}$

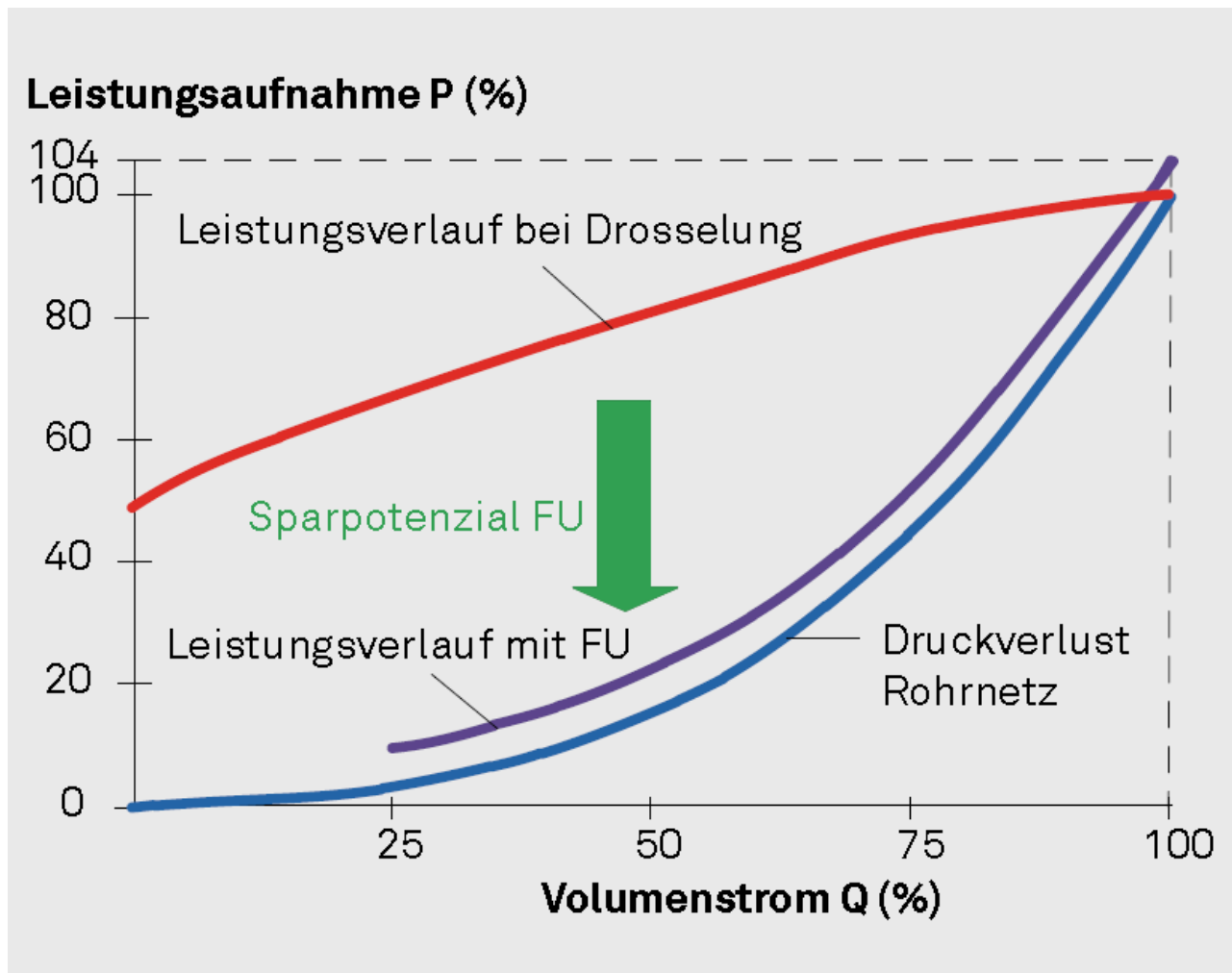
Maschinenseite:

$f_M = \text{einstellbar}$

$n = \text{einstellbar}$

$U_M = \text{einstellbar}$

# Nutzen eines FU



Volumenstrom:

$$Q \sim n$$

Drehmoment:

$$M \sim n^2$$

Leistung:

$$P \sim n^3$$

Pumpe mit geschlossenem Kreislauf, Quelle: Topmotors, Merkblatt Pumpen, 2012

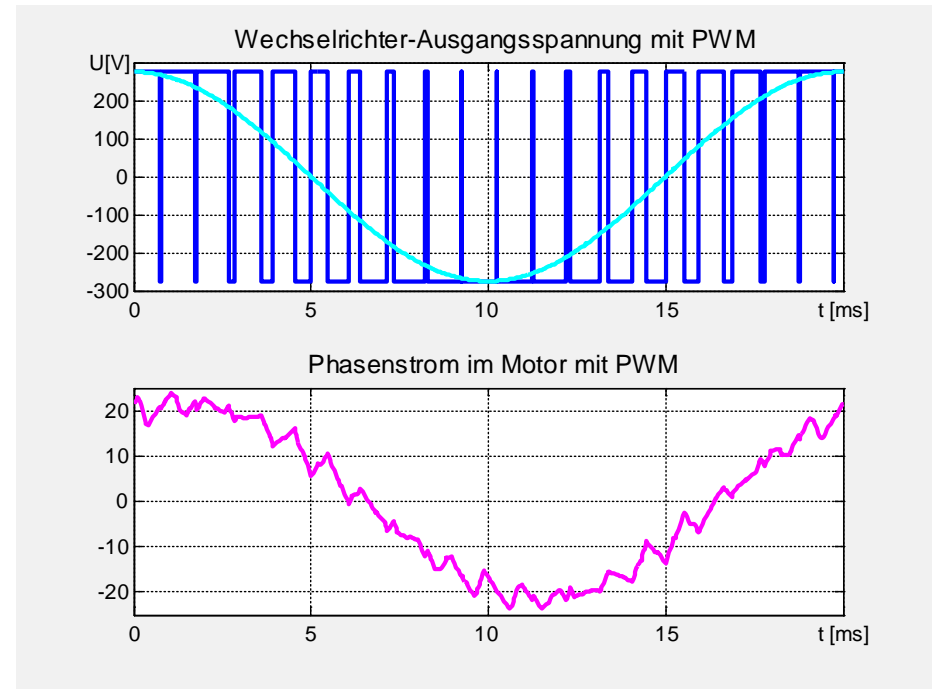
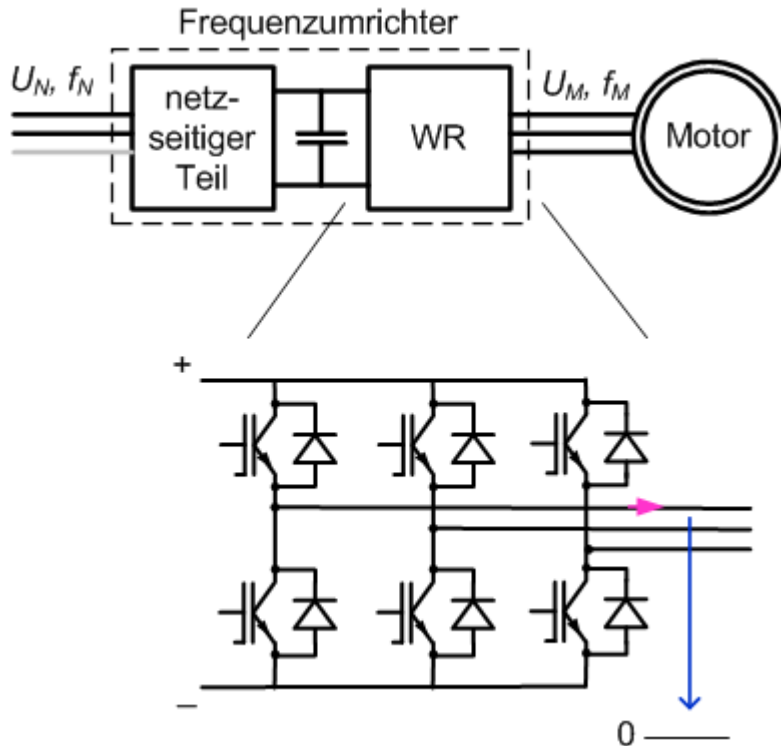
# FU Vorteile

- Ein FU ist da sinnvoll, wo durch einstellbare Drehzahl der Leistungsbezug verringert und die Bedürfnisse des Prozesses dennoch abgedeckt werden.
- Einstellen der Drehzahl nach einem eindeutigen Bedarfskriterium
- Einstellbare Drehzahl oft notwendig / vorteilhaft

# FU Nachteile

- Kosten
- Verluste
- Harmonische
  - > Netzurückwirkungen
  - > Zusatzverluste im Motor

# Funktionsprinzipi WR (Wechselrichter)



Die Halbleiter arbeiten als Schalter. Die Ausgangsspannung und damit der Motorstrom sind nicht sinusförmig.

# FU Taktfrequenz, Harmonische

Harmonische im Strom: Zusatzverluste im Motor

Eine höhere Taktfrequenz bewirkt:

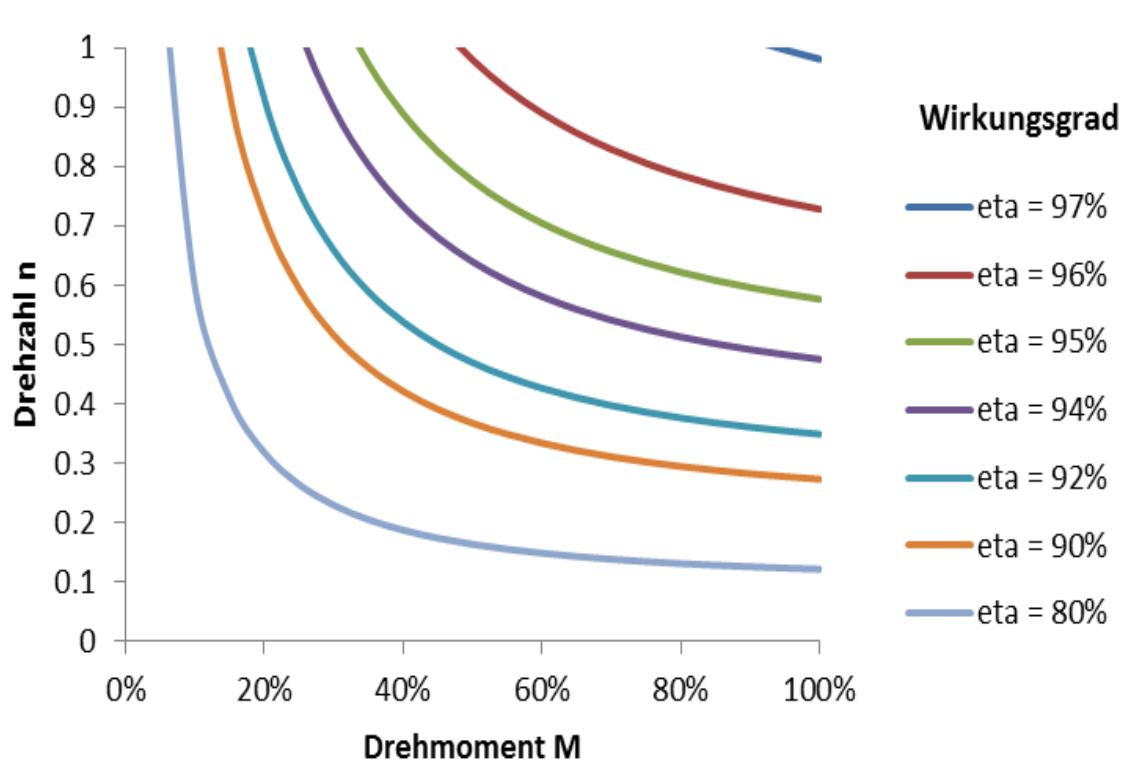
- kleinere Harmonische im Strom
- und damit geringere Verluste im Motor
- dafür grössere Schaltverluste im WR

Weiterverwendung von Motoren, die nicht für Umrichterbetrieb gebaut wurden:

- Gefahr von Isolationsdefekten
- Einsatz von Sinusfiltern: auch diese machen Verluste
- Einsatz von einem neuen, energieeffizienten Motor macht sich oft bezahlt



# Wirkungsgrad FU



Der Wirkungsgrad eines FU ist sehr gut, nimmt aber bei sehr geringer Auslastung stark ab.

-> Richtiges Dimensionieren

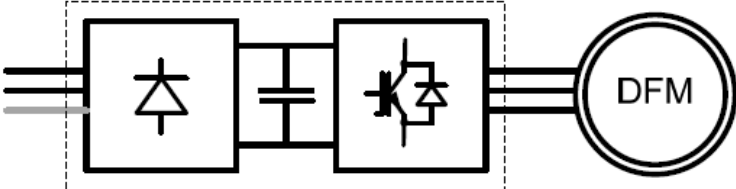
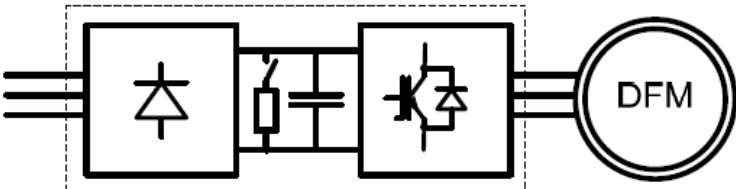
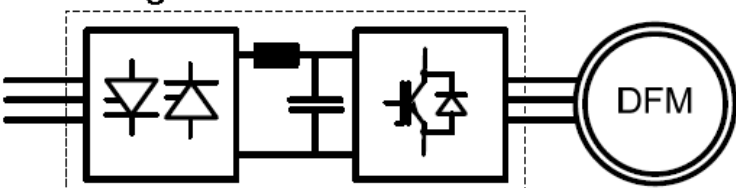
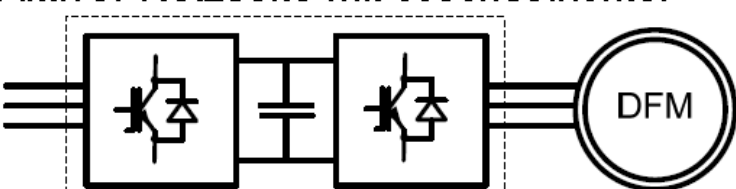
# Rückspeisefähigkeit

Sinnvoll, wenn häufig grosse kinetische Energien gebremst werden. Z.B. bei:

- Kränen (Senken der Last)
- Zentrifugen, die schnell abgebremst werden
- Prüfständen
- Fahrzeugen
- Seilbahnen

Wird die Bremsenergie ins Netz zurückgespeist, muss keine Wärme abgeführt werden.

# Bauarten

FU mit	Elektrisches Bremsen	$\cos\phi$	Harmonische im Netzstrom
<p>Diodengleichrichter</p> 	Nein	Sehr gut	Alle Ungeraden Dreiphasige fehlen die Vielfachen von drei
<p>Diodengleichrichter mit Brems-Chopper</p> 	Ja, Bremsenergie wird im Bremswiderstand des Brems-Choppers verheizt	Sehr gut	Wie oben
<p>Umkehrgleichrichter</p> 	Ja, mit Rückspeisen der Bremsenergie ins Netz	Gut	Ähnlich wie oben. Bedingt durch die Glättungsinduktivität im ZK etwas kleiner
<p>Aktiver Netzseite mit Wechselrichter</p> 	Ja, mit Rückspeisen der Bremsenergie ins Netz	Sehr gut, einstellbar, sogar Kompensation möglich	Je höher die Taktfrequenz, desto kleiner

# Alternativen zum FU

## **Betrieb direkt am Netz**

- eine feste Drehzahl
- brüskes Anlaufen
- sehr guter Wirkungsgrad im Nennarbeitspunkt

## **Sanftanlasser**

- Anlauf effizient und schonend
- im Betrieb eine feste Drehzahl
- ev. mit Regler: Energieeinsparung bei kleinem Drehmoment möglich

## **Getriebe, Transmission**

- eine feste, nicht der Netzfrequenz entsprechende Drehzahl

# Entscheidungsweg

## Ist ein FU sinnvoll?

- Alternativen? Regelkriterium

## Neuer oder bestehender **Motor**?

## Welcher **FU** ist am besten geeignet?

- Elektrisches Bremsen, Rückspeisen, Regelung.....

## Richtiges Dimensionieren

- Häufigster Betrieb bei gutem Wirkungsgrad
- Erfüllt die Bedingungen, hohe Lebensdauer

## Umgebungsbedingungen, Wo steht der FU?

- Temperatur, Schutzklasse, Erschütterungen
- Unterhalt, Lebenserwartung

# Fazit

- Der Einsatz eines FU ist da sinnvoll, wo durch einstellbare Drehzahl der Leistungsbezug verringert und die Bedürfnisse des Prozesses dennoch abgedeckt werden.
- Der verringerte Leistungsbezug muss die (kleinen) Verluste des FU (mehr als) kompensieren.
- Bei «alten» Motoren: Gefahr von Isolationsdefekten (ev. Filter, aber auch die machen Verluste). Oft macht sich ein neuer, energieeffizienter Motor bezahlt.
- Richtiges Dimensionieren
- Mehr dazu im neuen Merkblatt Frequenzumrichter