

Oberwellen

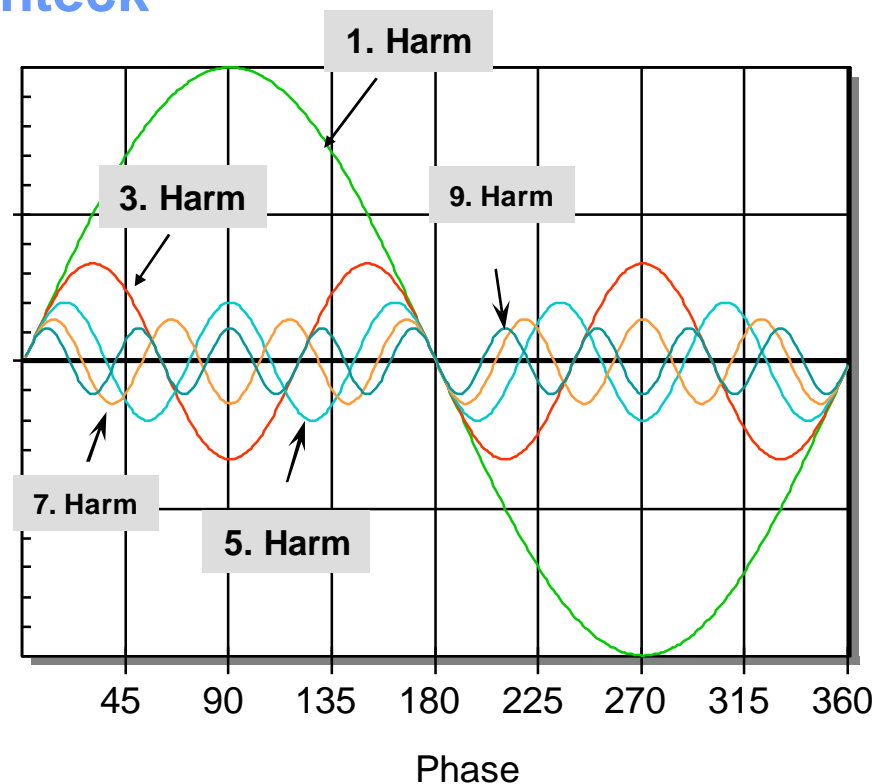
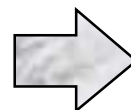
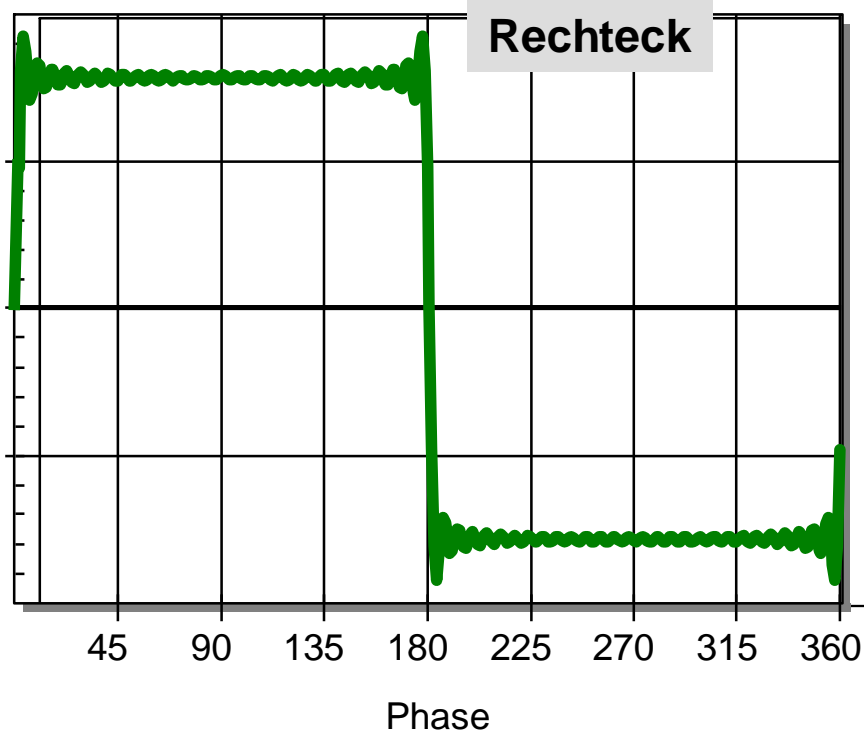
Definition des Begriffs Oberwellen

Vortrag von Dipl.Ing. Hermann Kirschner, GHK GmbH



Oberwellen - Definition

Spektrum Rechteck



Fourier Transformation:

- Eine periodische, komplexe Wellenform, zerlegt in eine resultierende Summe von Sinusschwingungen.
- Oberschwingungen, dargestellt durch ganzzahlige Vielfache der Frequenz der Grundschwingung

Erzeuger von Oberwellen

Geräte, die in Sättigung gehen

- Transformatoren
- Nichtlineare Drosseln

Geräte mit Lichtbogen

- Lichtbogenöfen
- Schweißgeräte
- Fluoreszenzlampen

Leistungselektronik

- Drehzahlveränderbare Motoren
- Gleichstromantriebe
- Elektronische Stromversorgungen, Netzgeräte
- Energiesparlampen

Frequenzen von Oberwellenerzeugern

$$f_n = f_0 \times (p \times N \pm 1)$$

$f_0 =$ *Gundschwinn gung*

$f_n =$ *Oberwelle*

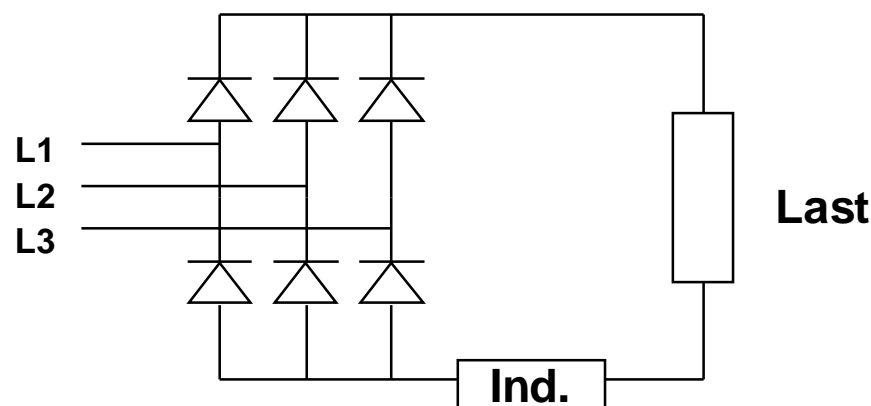
$p =$ *Ordnungsza hl*

$N = 1,2,3\dots n$

Beispiel:

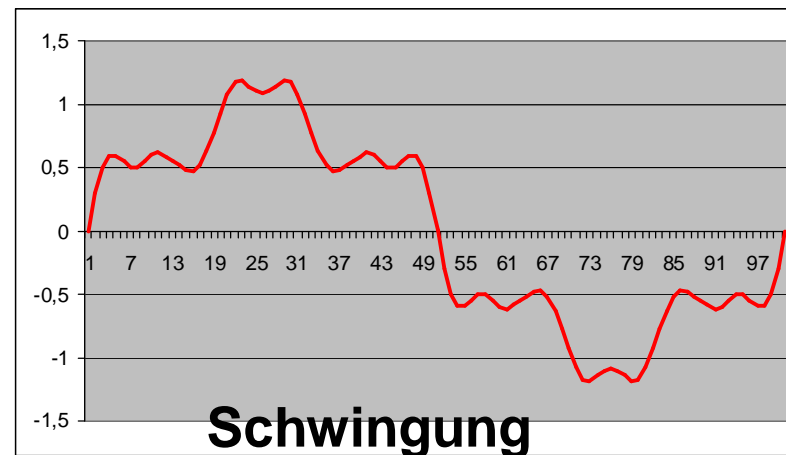
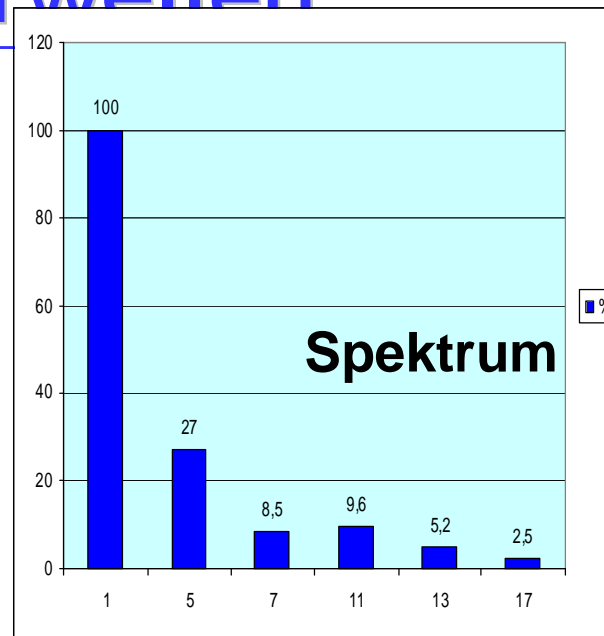
$p=6$, für sechspulsige Brücke

$f_n = 5,7,11,13,17,19\dots$

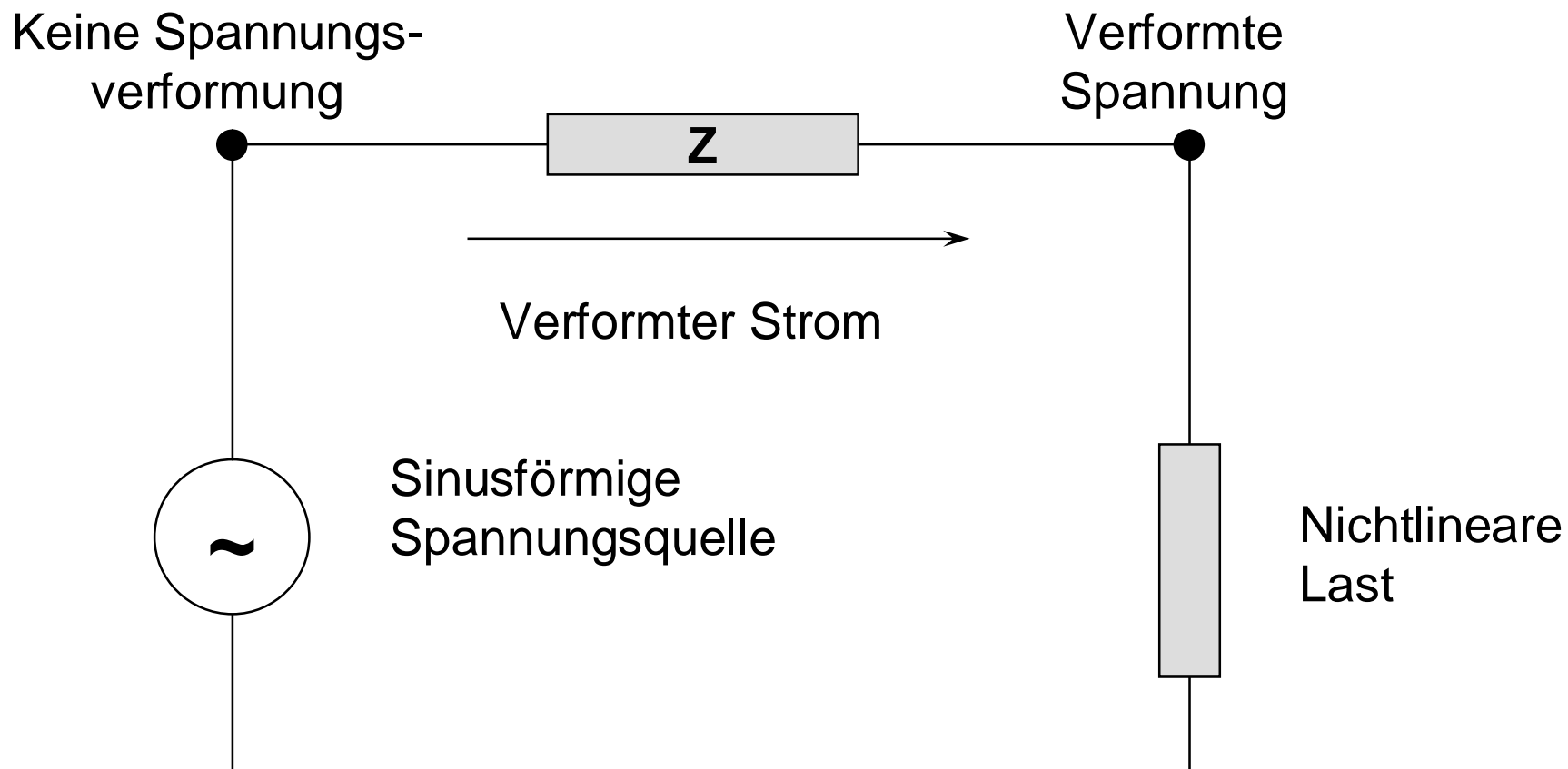


Beispiel Oberwellen

Har	m	%
1		100
5		27
7		8,5
11		9,6
13		5,2
17		2,5

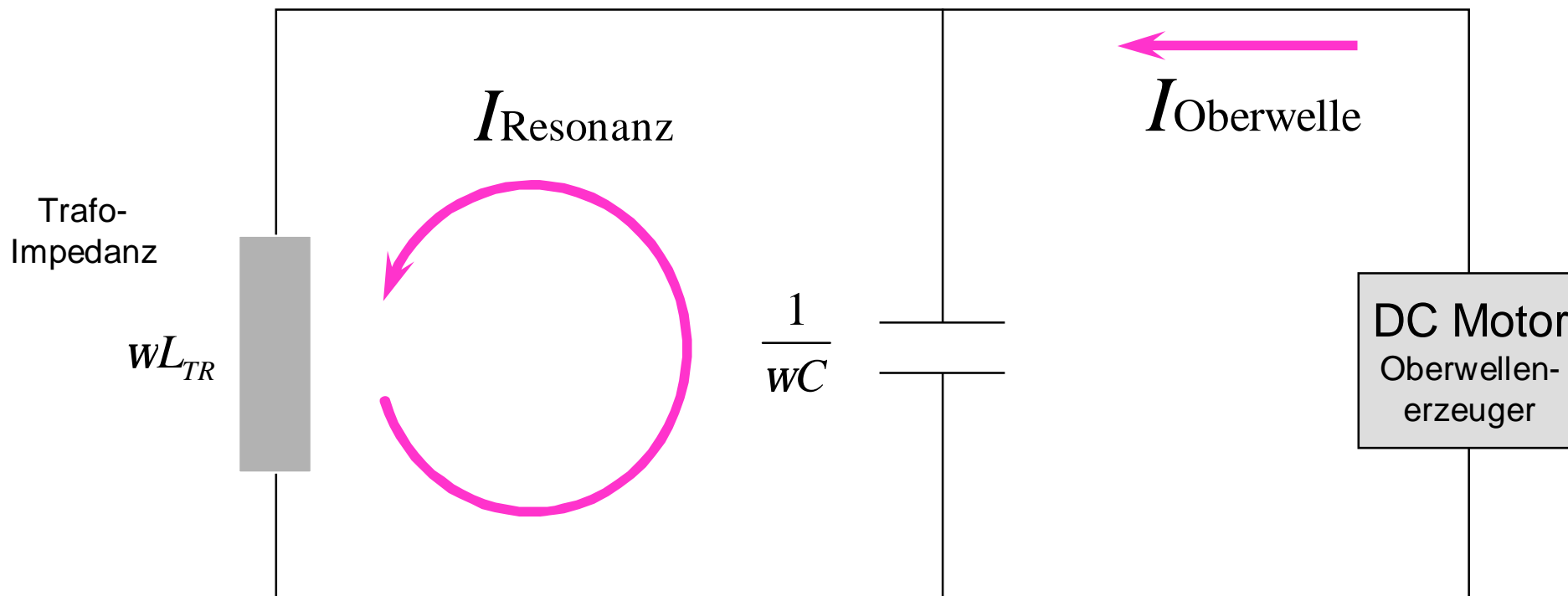


Oberwellen der Spannung $H(V)$



Nichtlineare Lasten speisen
Oberwellenströme in das System ein

Theorie der Resonanz

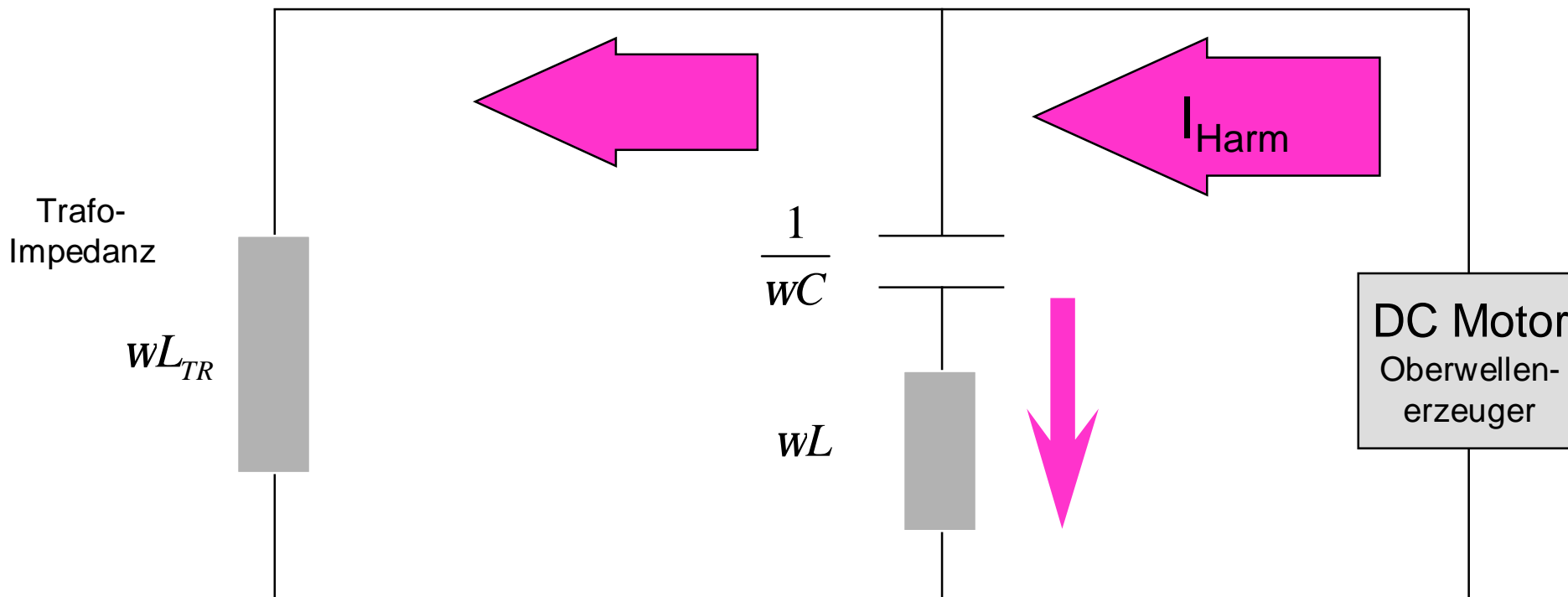


Parallelresonanz zwischen Transformator und Kondensatorgruppen

Voraussetzungen für Resonanz:

- Oberwellenerzeuger vorhanden
- Trafo/Kondensator mit hoher Impedanz für die Frequenz des Oberwellenerzeugers

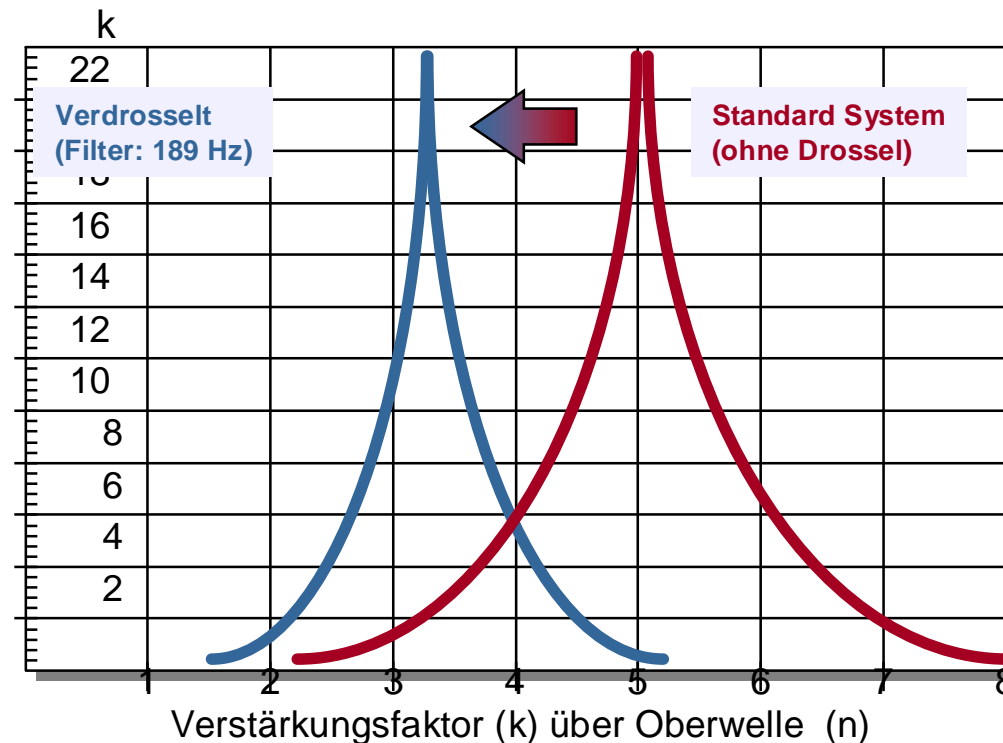
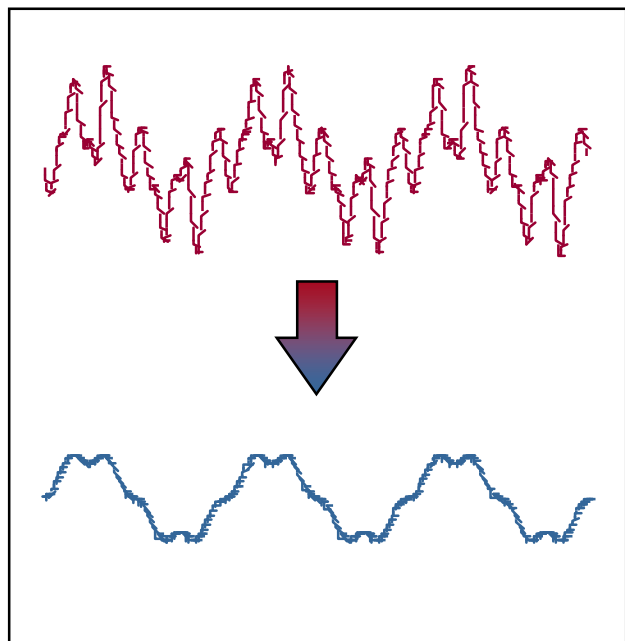
Verdrosselte Kondensatoren - Struktur



Drosseln in Reihe mit Kondensatoren, abgestimmt, die Resonanzfrequenz unterhalb der Frequenz der 5. Oberwelle zu verschieben.

Bedingung : $wL_{TR} \leq wL$

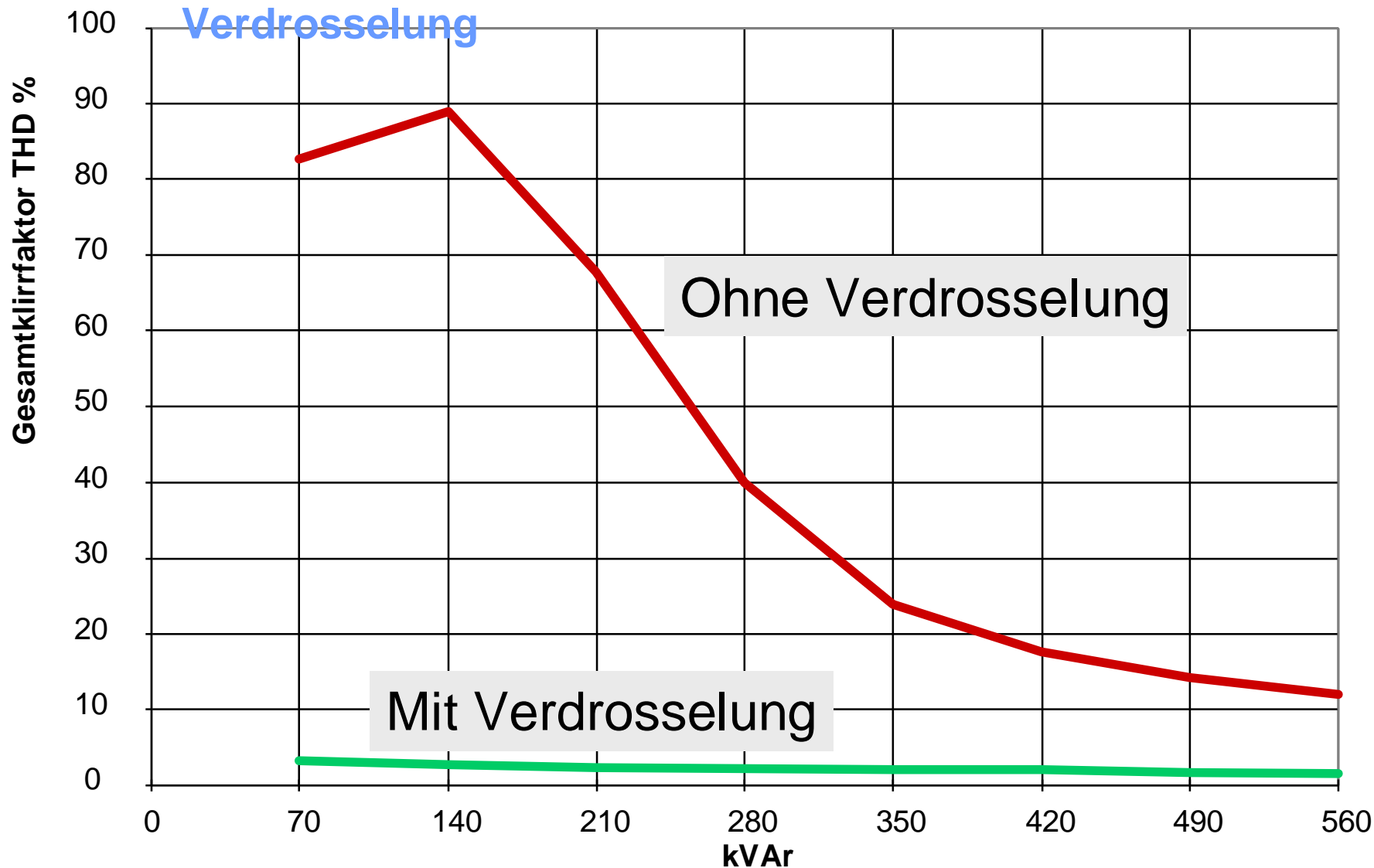
Theorie der Verdrosselung



Bei Resonanz muß eine Drossel die Resonanzfrequenz des Systems unterhalb der Frequenz der 5. Oberwelle verändern (die kleinste Oberwelle bei der Resonanz auftreten kann)

Resonanz vermeiden Beispiel

THD des Kondensatorstroms mit / ohne 7%
Verdrosselung



Auswirkungen der Oberwellen

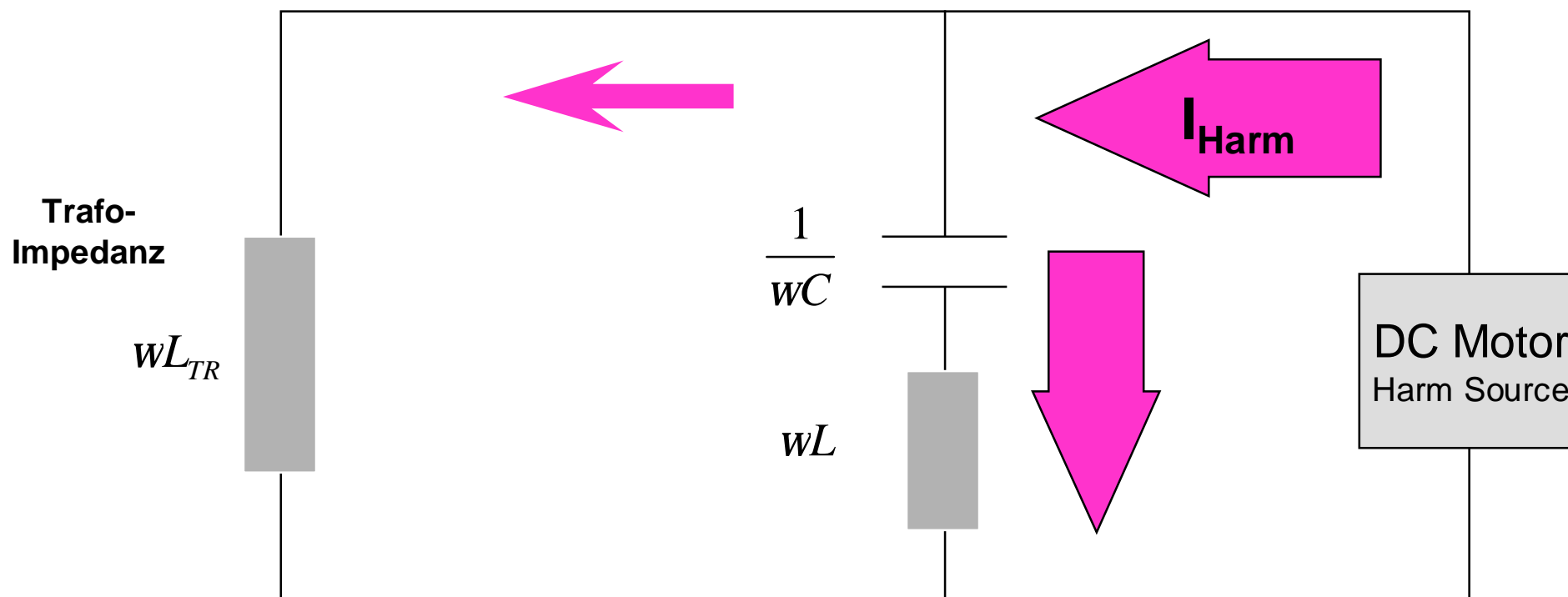
Kurzfristige Wirkungen

- Vibrationen und Geräusche
- Übersprechen auf Kommunikationsleitungen und in elektrische Schaltkreise

Langfristige Wirkungen

- Überhitzen der Kondensatoren
- Überhitzen von Transformatoren und Motoren durch die zusätzlichen Verluste
- Überhitzen von Kabeln und Schaltelementen

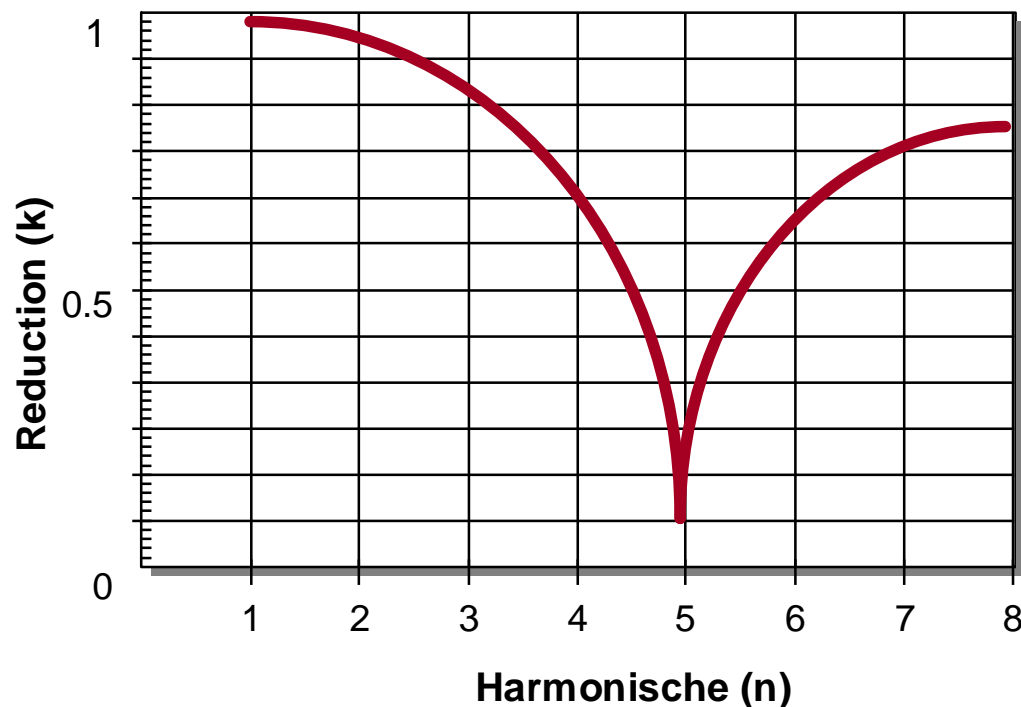
Saugkreis - Struktur



Drosseln in Reihe mit Kondensatoren, abgestimmt auf eine niedrige Impedanz für die Frequenz des Oberwellenerzeugers.

Bedingung : $wL \ll wL_{TR}$

Saugkreis - Theorie



Die Frequenz des Saugkreises wird meist auf 5%-10% unterhalb der Frequenz der abzusaugenden Oberwelle eingestellt.

Die Impedanz von Kondensator/Drossel ist kleiner als die des Trafo's. Der größte Teil des Oberwellenstroms wird durch den Kondensator „abgesaugt“ und fließt nicht zum Trafo.

Netzqualität - Begriffe und Definitionen

Netzurückwirkung	Erkennbar durch	Typische Ursachen	Gegenmaßnahmen
Impulsförmige Transienten Flanke: 5ns – 0,1 ms Dauer: <50ns - >1ms	Spitzenwert Anstiegszeit (Flankensteilheit) Dauer	Blitz Elektrostatische Entladung Schaltvorgänge (Netz, Kondensatoren)	Überspannungsableiter Filter
Periodische Transienten Frequ.: <5kHz – 5 MHz Dauer: 50ms - 5µs Ampl.: 0 – 400%	Signalform Spitzenwert Frequenz	Kabel/Leitungen/Konden- satoren schalten Last schalten (periodisch) Fehler im Netz	Trenntransformatoren Dynamische Kompensation
Spannungsänderung kurz 0,5 Perioden – 1 min Untersp.: 10 – 90% Übersp.: 110 –180%	Spannung über Zeit Amplitude Dauer	Fehler im Versorgungsnetz Punktschweißen Lichtbogenöfen	Spezialtrafo (ferroresonant) Spannungsstabilisatoren Energiespeicher * USV Dynamische Kompensation Notstromaggregat
Spannungsänderung lang Dauer: >1 min Untersp.: 80 – 90% Übersp.: 110 –120%	Spannung über Zeit Statistik	Motor Start Laständerung Schutzeinrichtungen (Sicherheit, Schalter)	
Unterbrechung Amplitude: <10% Dauer: > 1min	Dauer	Wartung	
Oberwellen Ordnung: 0 – 100 THD: 0 – 20%	Spektrum THD Statistik	Nichtlineare Verbraucher Resonanz Schiefast	Filter (aktiv/passiv) Saugkreise Spezialtrafo Dyn. Kompensation mit Filter
Flicker	Spannung über Zeit	Punktschweißen	Dynamische Kompensation

Oberschwingungen

*Verträglichkeitspegel für Oberschwingungen
in Niederspannungsnetzen nach IEC-Publikation 1000-2-2*

2.	100 Hz	2,0 %	11.	550 Hz	3,5 %
3.	150 Hz	5,0 %	12.	600 Hz	0,2 %
4.	200 Hz	1,0 %	13.	650 Hz	3,0 %
5.	250 Hz	6,0 %	14.	700 Hz	0,2 %
6.	300 Hz	0,5 %	15.	750 Hz	0,3 %
7.	350 Hz	5,0 %	16.	800 Hz	0,2 %
8.	400 Hz	0,5 %	17.	850 Hz	2,0 %
9.	450 Hz	1,5 %	18.	900 Hz	0,2 %
10.	500 Hz	0,5 %	19.	950 Hz	1,5 %