

# Oberwellen

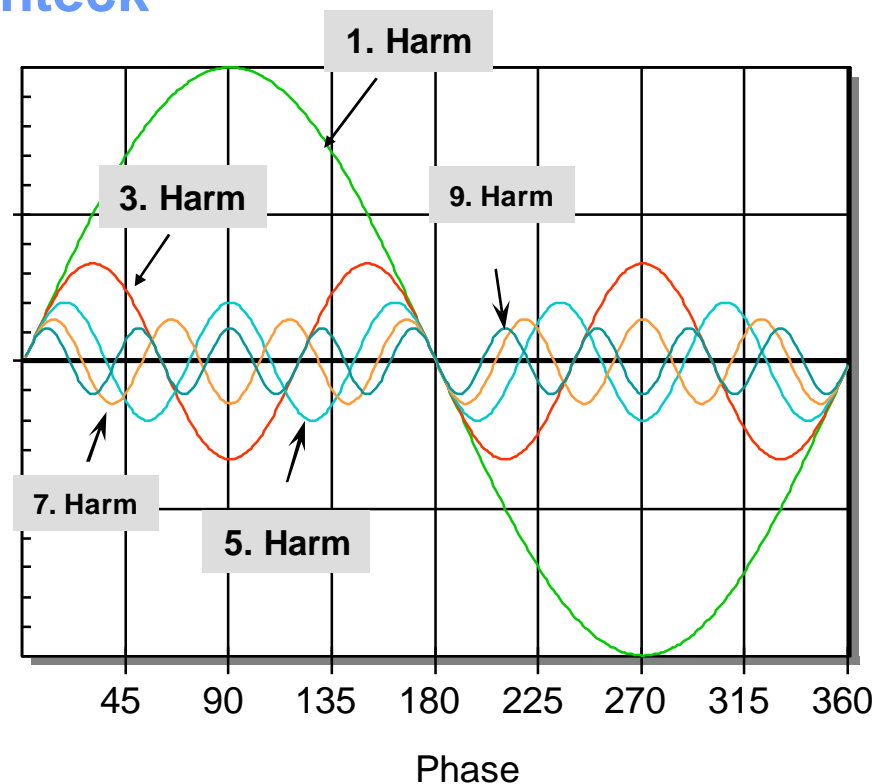
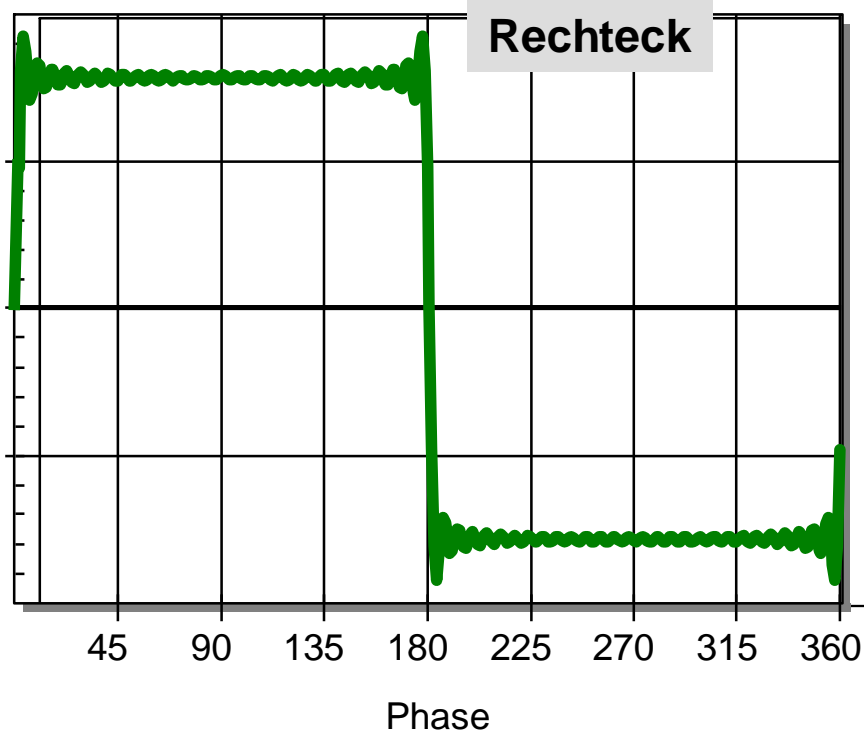
## Definition des Begriffs Oberwellen

**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*

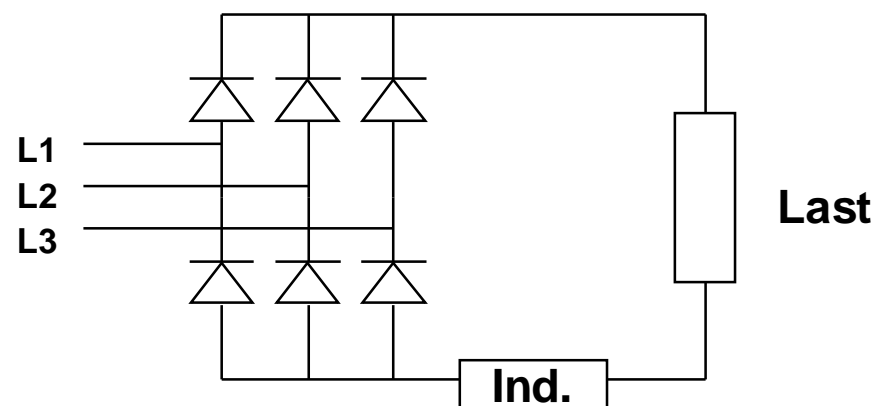
$p =$  *Ordnungsza hl*

$N = 1,2,3....n$

Beispiel:

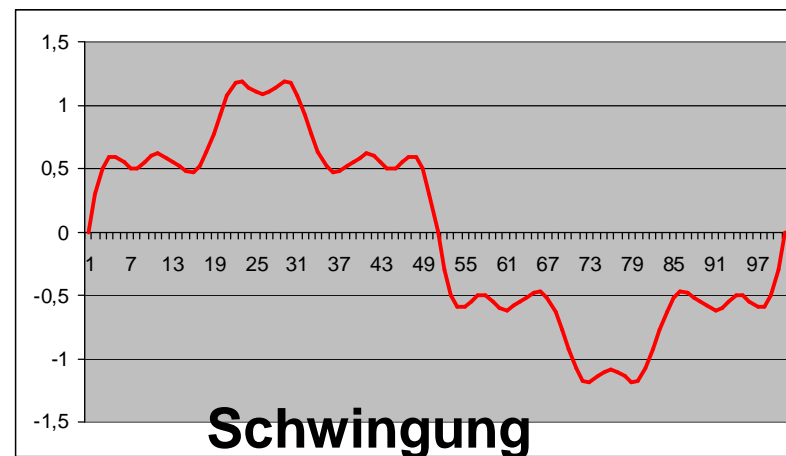
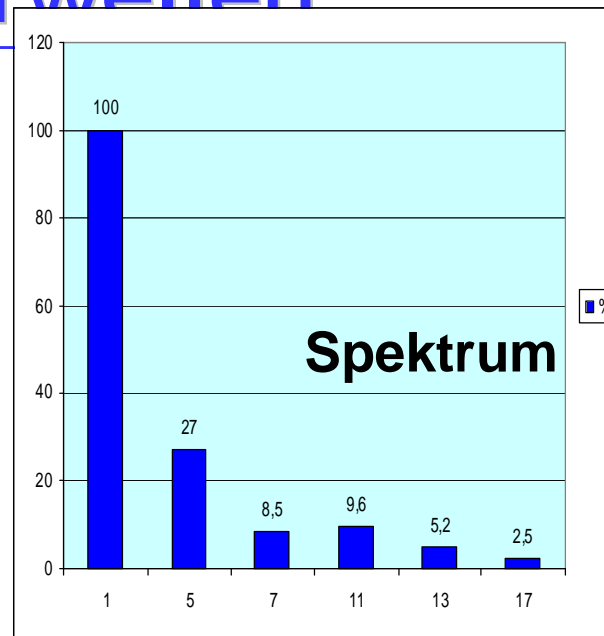
$p=6$ , für sechspulsige Brücke

$f_n = 5,7,11,13,17,19...$

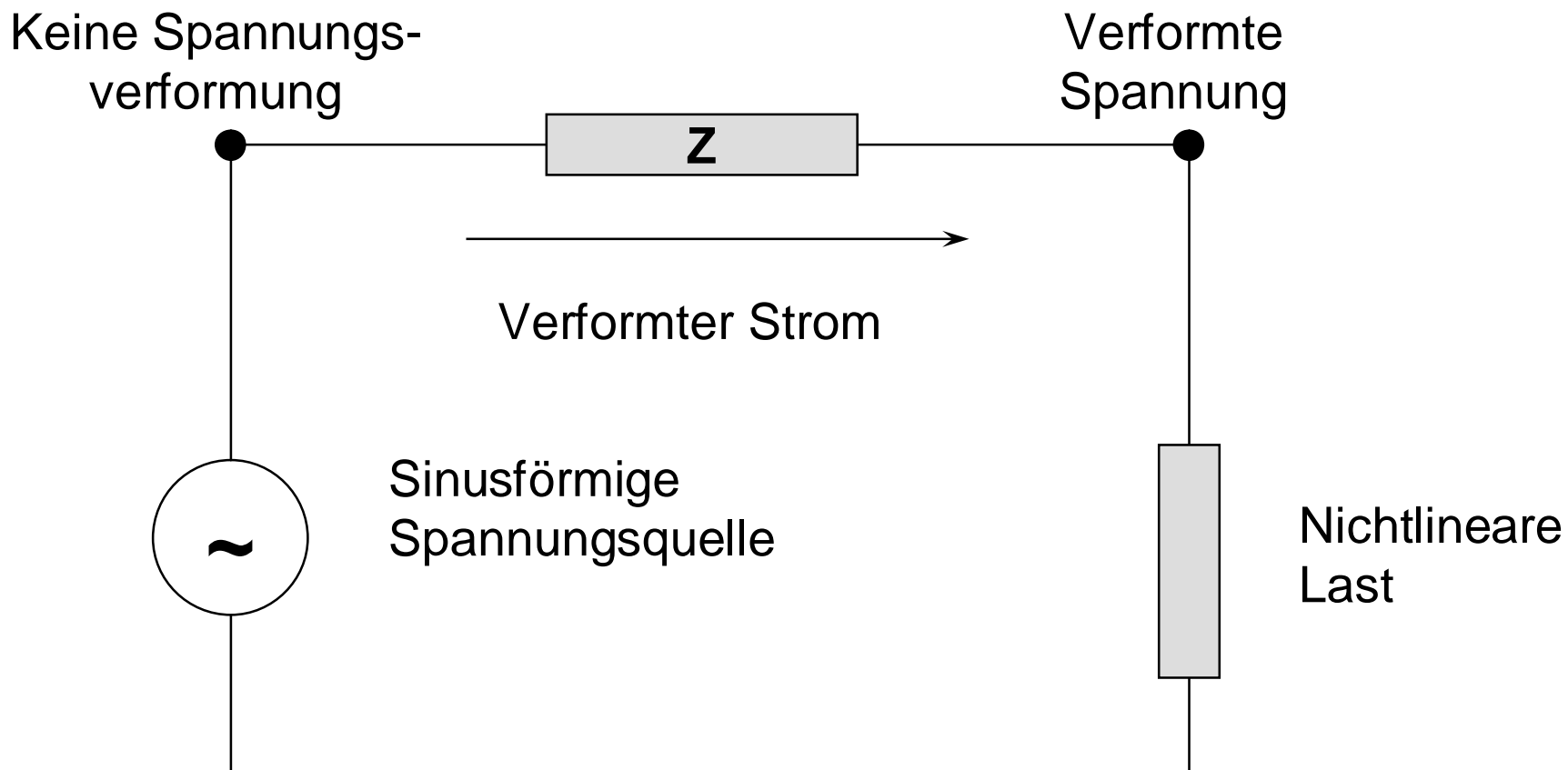


# Beispiel Oberwellen

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

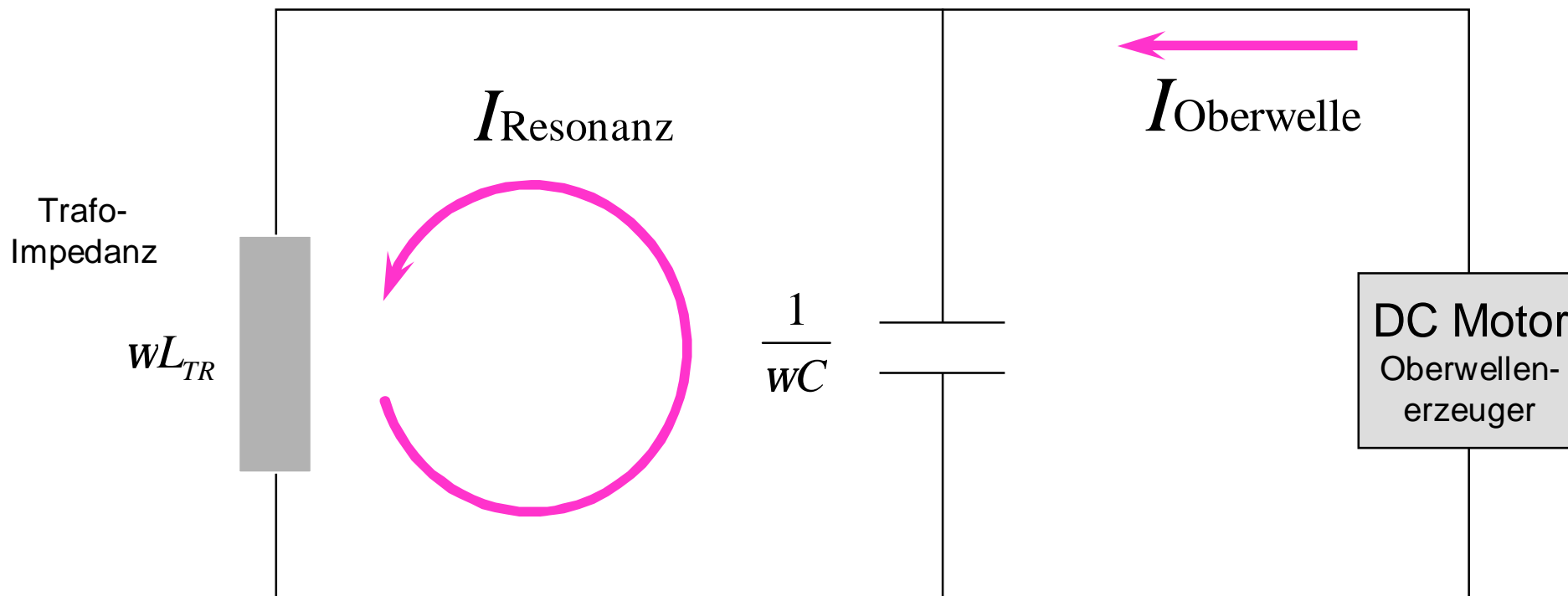


# Oberwellen der Spannung $H(V)$



Nichtlineare Lasten speisen  
Oberwellenströme in das System ein

# Theorie der Resonanz

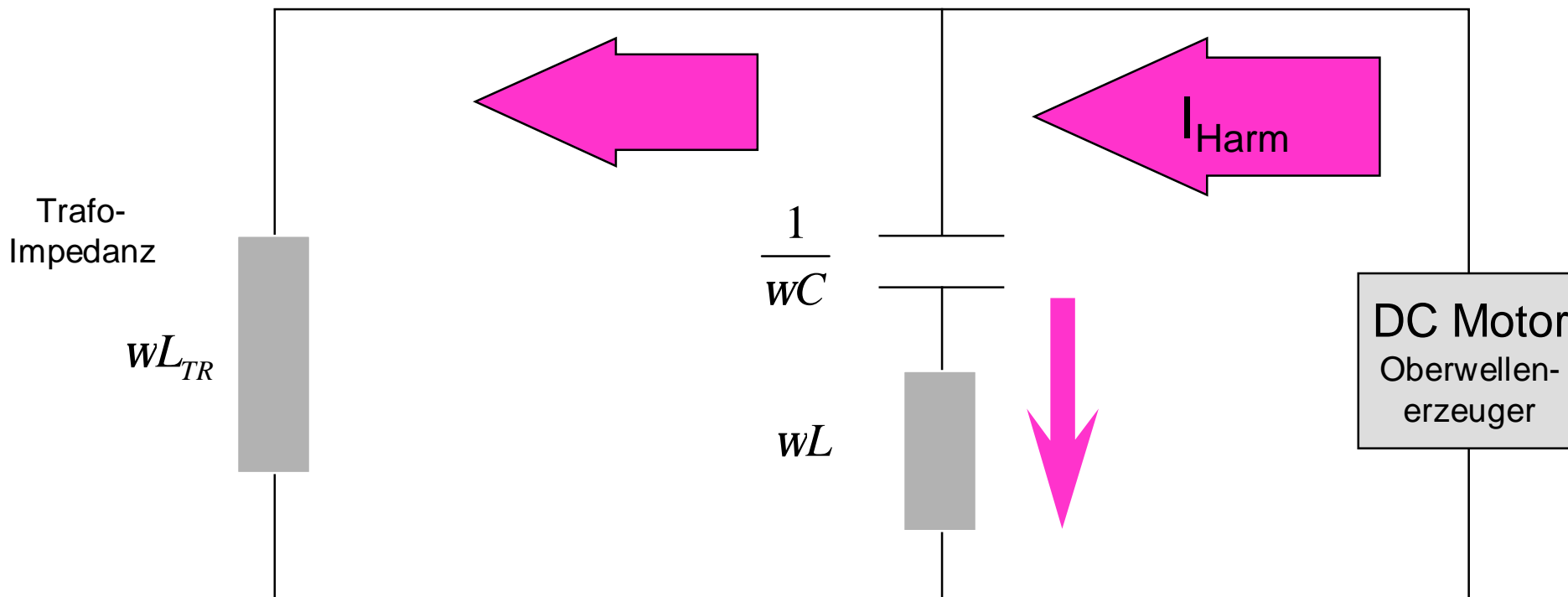


Parallelresonanz zwischen Transformator und Kondensatorgruppen

Voraussetzungen für Resonanz:

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

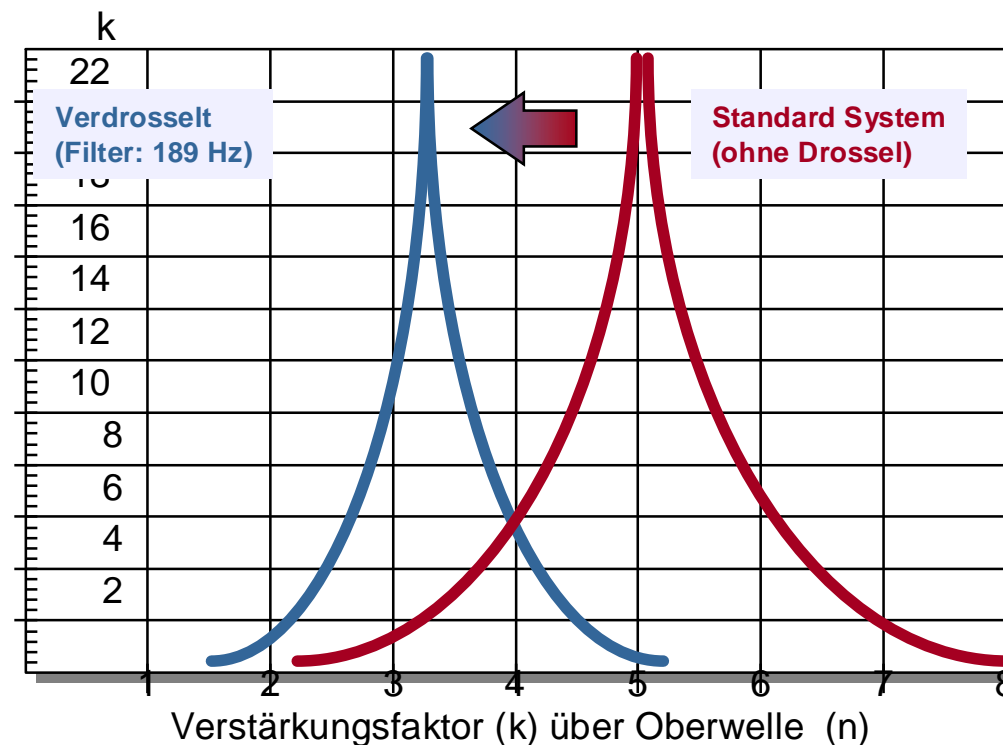
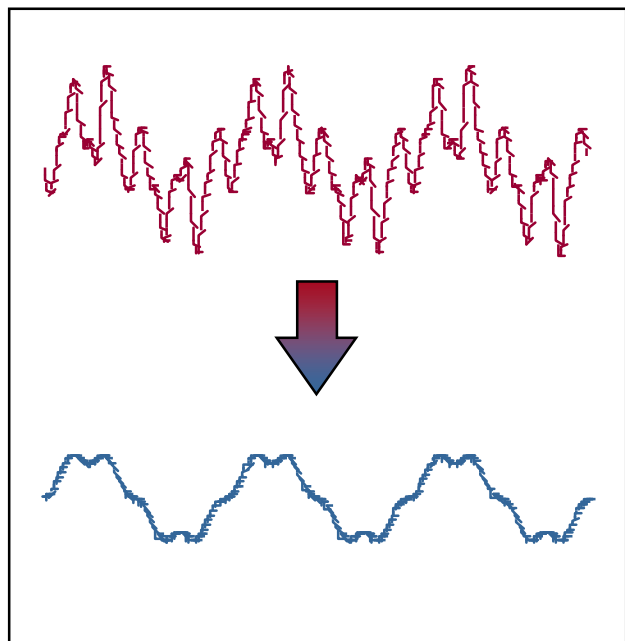
# Verdrosselte Kondensatoren - Struktur



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

Bedingung :  $wL_{TR} \leq wL$

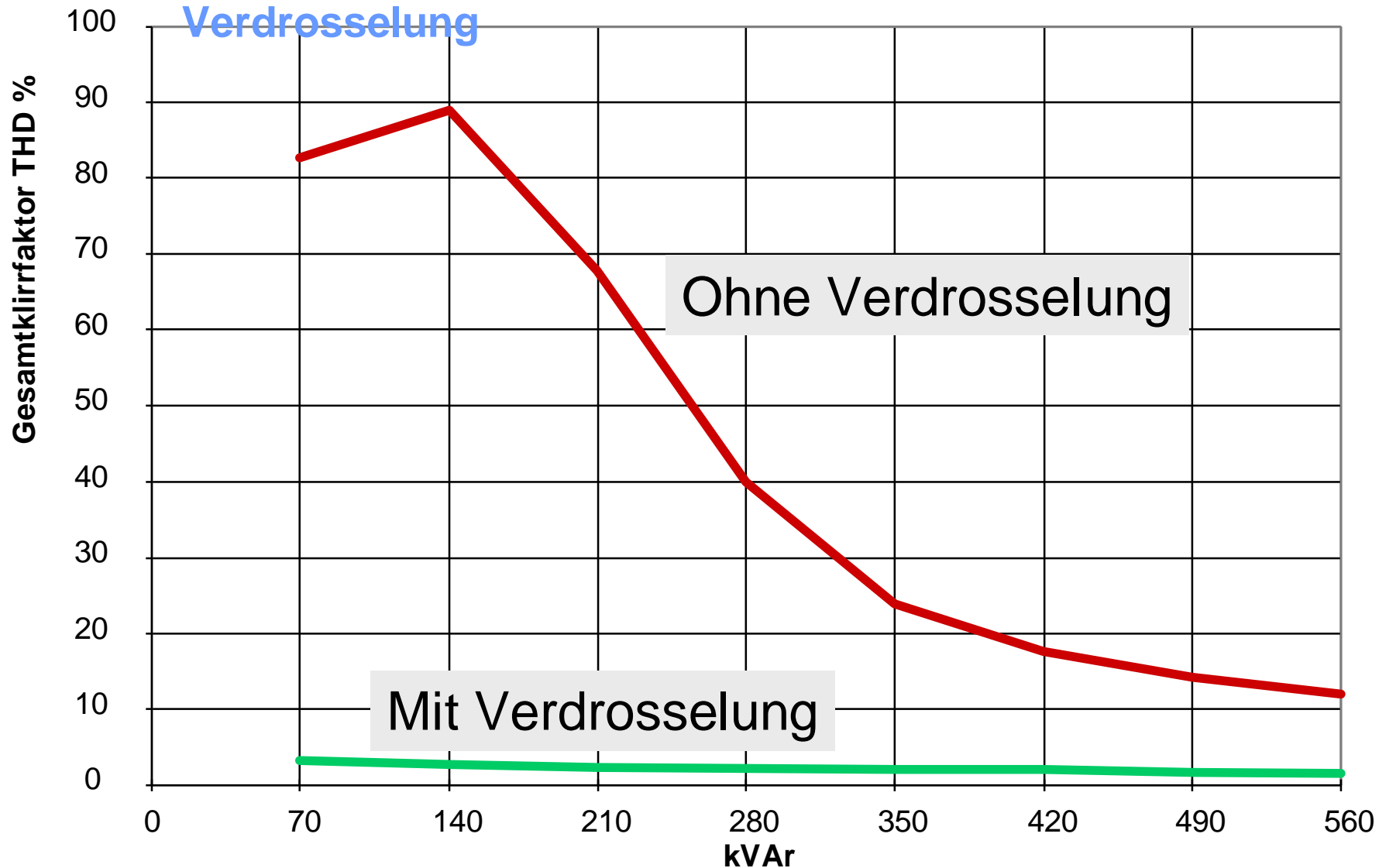
# Theorie der Verdrosselung



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

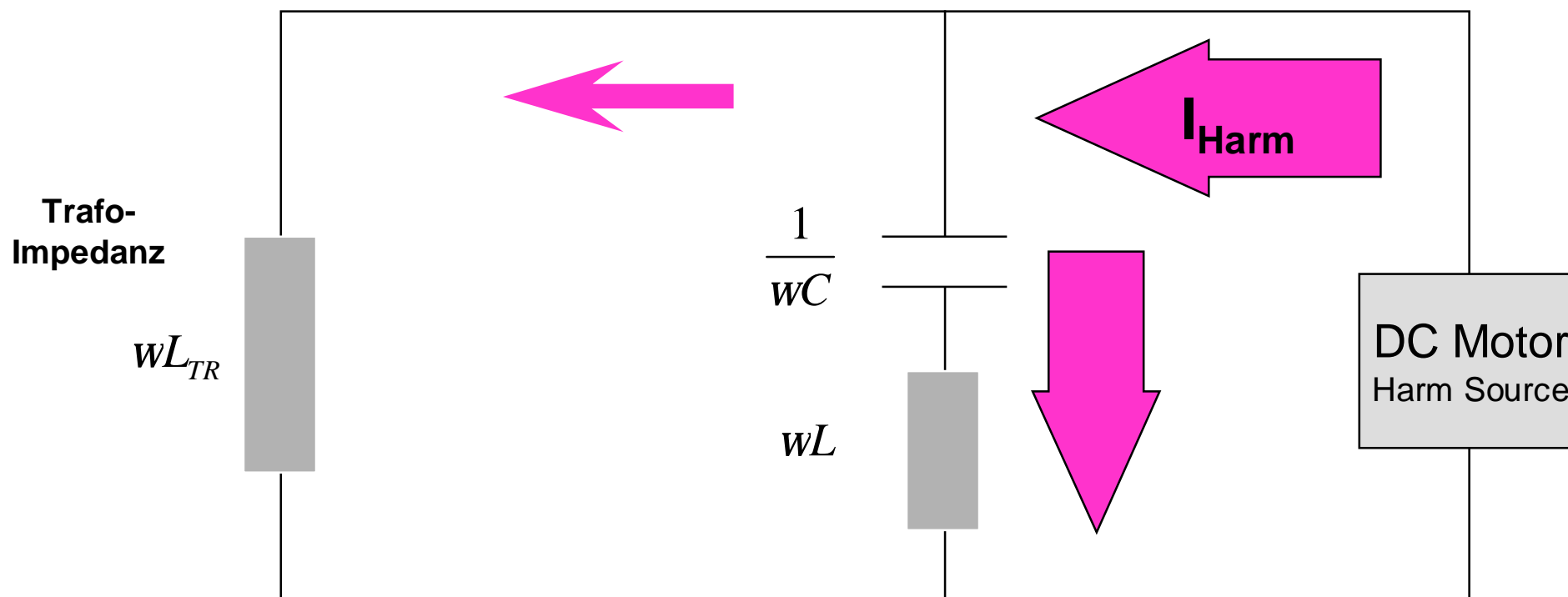
## Kurzfristige Wirkungen

- 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

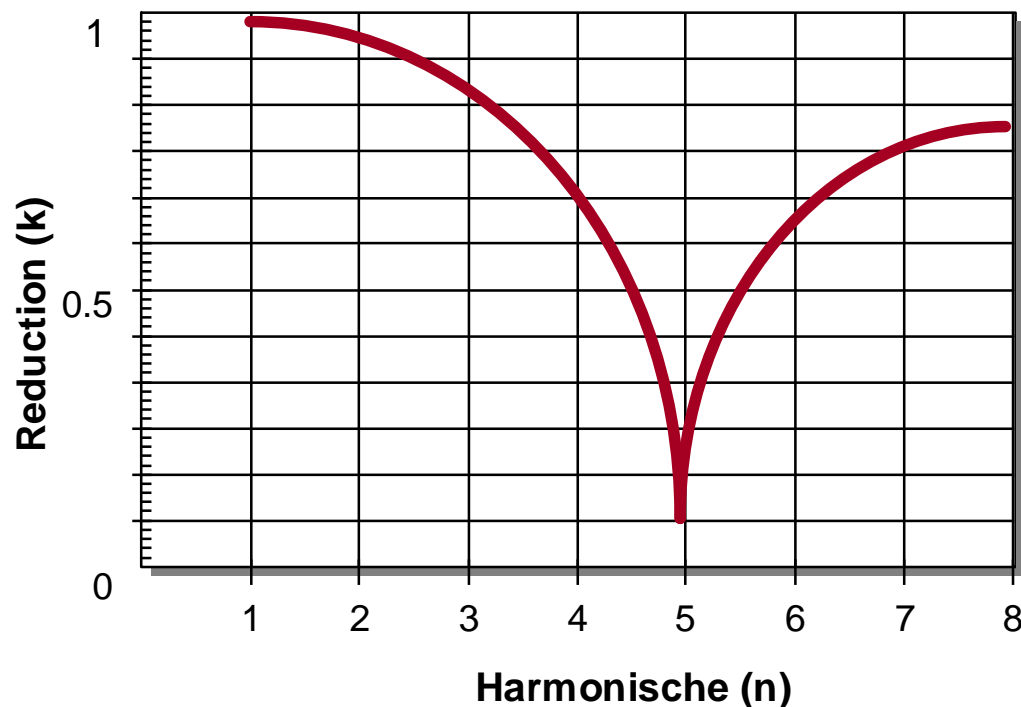
# Saugkreis - Struktur



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 <b>Dynamische Kompensation</b>
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 *
Spannungsänderung lang Dauer: >1 min Untersp.: 80 – 90% Übersp.: 110 –120%	Spannung über Zeit Statistik	Motor Start Laständerung Schutzeinrichtungen (Sicherheit, Schalter)	USV <b>Dynamische Kompensation</b> Notstromaggregat
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 <b>Dyn. Kompensation mit Filter</b>
Flicker	Spannung über Zeit	Punktschweißen	<b>Dynamische Kompensation</b>

# 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 %