



Deutsches
Kupferinstitut
Copper Alliance

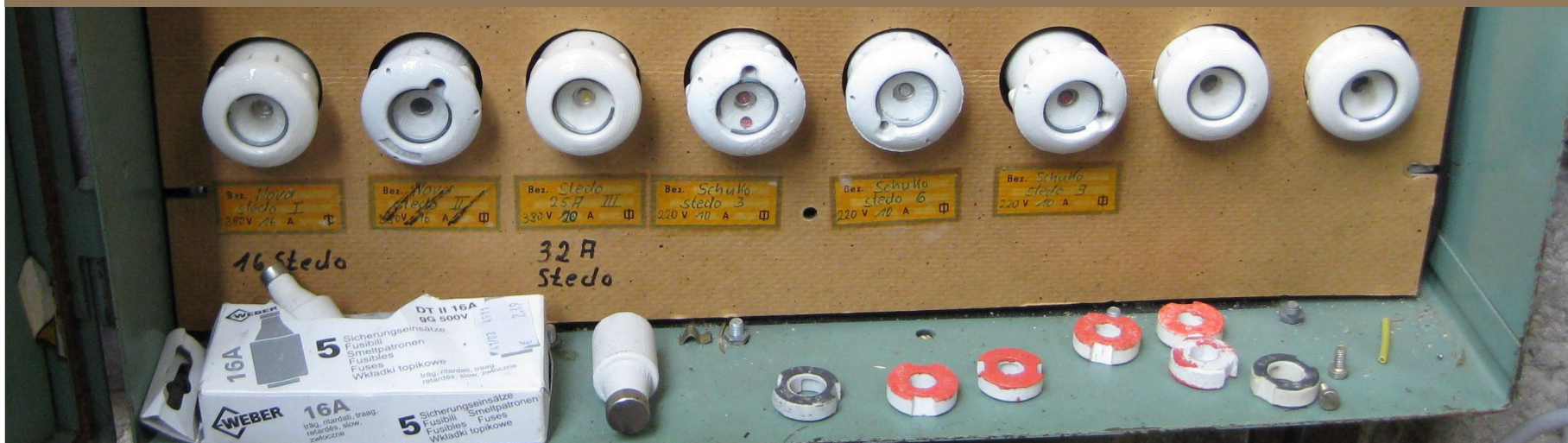
Der Spannungsfall als Problemfall

Stefan Fassbinder

Deutsches Kupferinstitut

www.copperalliance.de

<https://www.kupferinstitut.de/de/werkstoffe/anwendung/e-energie/stromnetze/spannungsfall.html>



Der Spannungsfall – Ursache u. a. für Spannungseinbrüche

Cu

DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2013-06

Anhang G (informativ)

Spannungsfall in Verbraucheranlagen

Maximal zulässiger Spannungsfall

Der Spannungsfall vom Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage bis zum Anschlusspunkt eines Verbrauchsmittels sollte bezogen auf die Nennspannung der Anlage nicht größer als die in Tabelle G.52.1 genannten Werte sein.

Tabelle G.52.1 – Spannungsfall

	Beleuchtung %	Andere elektrische Verbrauchsmittel %
A – Niederspannungsanlage, unmittelbar versorgt von einem öffentlichen Energieversorgungsnetz	3	5
B – Niederspannungsanlage, versorgt von einem privaten Energieversorgungsnetz ^a	6	8

Vom Spannungsfall in die Spannungsfälle

Cu

Spannungsfälle können mittels der nachstehenden Gleichung bestimmt werden:

$$u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi) I_B$$

Falle 1 liegt auf der formalen Ebene.

Laut internationaler Festlegung (SI-Einheiten – IEC 60027) steht:

S für Scheinleistung; Querschnittsfläche müsste A sein.

L für Induktivität; Länge müsste l sein.

λ für Leistungsfaktor; induktive Reaktanz müsste X_L sein
(x_L für längenbezogene Beläge).

Offensichtlich war **dies** in der **alten** Version noch richtig →

Vom Spannungsfall in die Spannungsfalle – ein Fehler in der Norm? Ein Nutzer fragt:

Cu

Sehr geehrter Herr Barthel,

in der neuen Ausgabe von DIN VDE 0100-520 findet sich in Anhang A der Spannungsfall auf Leitungen. In dieser wird als spezifischer elektrischer Widerstand ρ berücksichtigt. Daneben wird der Blindwiderstand je Längeneinheit des Leiters berücksichtigt. Für den $\cos \varphi$ wird – wenn nicht bekannt – ein Wert von 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$) angenommen.

Aha, also damals waren die Formelzeichen noch richtig!

Eine Berechnung mit der alten Formel $A = \frac{2 \times l \times I \times \cos \varphi \times \mu}{\kappa \times U_v}$ ergibt für eine Wechselstromleitung, 16A

Nennstrom, 1,5 mm², bei einem Spannungsfall von 3% ($U_v = 6,9$ V) bei einem κ von 56 m/Ohm mm² eine maximale Leitungslänge von ca. 18 m. Bei Berechnung mit der neuen Formel komme ich auf eine Länge von 14,375 m.

Verändere ich jetzt jedoch den $\cos \varphi$ auf 0,8, so erhalte ich nach der alten Formel eine maximale Leitungslänge von 22,6 m, nach der neuen Formel jedoch nur noch 3,59 m.

Hier scheint in der Formel ein Fehler vorzuliegen. Könnten Sie das bitte mal prüfen?

Herzlichen Dank für Ihre Bemühungen.

Vom Spannungsfall in die Spannungsfälle

Cu

Spannungsfälle können mittels der nachstehenden Gleichung bestimmt werden:

$$u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi) I_B$$

Dabei sind

u Spannungsfall in Volt;

b Koeffizient 1 bei dreiphasigen Stromkreisen und
2 bei einphasigen Stromkreisen.

ρ_1 **Fallen 3 und 4 heben sich weitgehend gegenseitig auf.** im ungestörten Betrieb. Dabei wird als spezifischer elektrischer Widerstand der Wert für die im ungestörten Betrieb vorhandene Temperatur genommen, d. h. 1,25-mal der spezifische elektrische Widerstand bei 20 °C, oder 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ für Kupfer und 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ für Aluminium;

L **Falle 3: Kein Spannungsfall auf der Gegenphase?** Länge des Kabels in Meter;
 S Querschnitt des Leiters in mm^2 ;

$\cos \varphi$ Leistungsfaktor; falls nicht bekannt, wird ein Wert von 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$) angenommen;

λ Blindwiderstand je Längeneinheit des Leiters; falls nicht bekannt, wird ein Wert von 0,08 $\text{m}\Omega/\text{m}$ angenommen;

I_B **Falle 4: Auch da, wo gar kein Neutralleiter angeschlossen ist?** Betriebsstrom (in Ampere);

der entsprechende Spannungsfall in Prozent ergibt sich nach: $\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$;

U_0 Spannung zwischen Außen- und Neutralleiter, in Volt.

Falle 2 war allerdings hausgemacht:

Vom Spannungsfall in die Spannungsfalle

Cu

Auch Falle 5 war »normal«:

Dabei sind

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

u Spannungsfall in Volt;

b Koeffizient 1 bei dreiphasigen Stromkreisen und
2 bei einphasigen Stromkreisen.

ρ_1 spezifischer elektrischer Widerstand der Leiter im ungestörten Betrieb. Dabei wird als spezifischer elektrischer Widerstand **Der Last!** die im ungestörten Betrieb vorhandene Temperatur genommen, d. h. 1,25-mal der spezifische elektrische Widerstand bei 20 °C, oder 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ für Kupfer und 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ für Aluminium;

L gerade Länge der Kabel- und Leitungsanlage in Meter;

S Querschnitt des Leiters, in mm^2 ;

$\cos \varphi$ Leistungsfaktor; falls nicht bekannt, wird ein Wert von 0,8 ($\sin \varphi = 0,6$) angenommen;

λ Blindwiderstand je Längeneinheit des Leiters; falls nicht bekannt, wird ein Wert von 0,08 $\text{m}\Omega/\text{m}$ angenommen;

I_B Betriebsstrom (in Ampere);

der entsprechende Spannungsfall in Prozent ergibt sich nach: $\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$;

U_0 Spannung zwischen Außen- und Neutraleiter, in Volt.

Vom Spannungsfall in die Spannungsfalle

Cu

Will uns da jemand ein X_L für ein U_0 vormachen?

Ergebnis:

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

Speist man hiermit z. B.

- eine Blindstrom-Kompensations-Anlage ($\varphi = -89^\circ$; $\cos \varphi = 0,0175$),

so ergibt sich bei

- einem Bemessungsstrom von **16 A** und
- einem Leiterquerschnitt von **2,5 mm²**
- eine zulässige Leitungslänge von **2 km!**

Dabei hat diese Leitung schon

- einen Wirkwiderstand von **37 Ω** , also
- einen Kurzschlussstrom von **kaum über 6 A!**

Vom Spannungsfall in die Spannungsfalle – doch dies war ja erst Falle Nr. 5

Cu

Das erinnert stark an die »Kurzschlussleistung«:

Man multipliziere die Leerlaufspannung mit dem Kurzschlussstrom.

Was man erhält, ist **nicht** die Bemessungsleistung der Anlage!

Gerade so gut könnte man
die Transportkapazität (z. B. eines Ozeanriesen)
mit der Geschwindigkeit (z. B. eines Flugzeugs)
multiplizieren.

Was man bekäme, wäre eine gigantische Verkehrsleistung
– aber wovon? Von einem fliegenden Schiff!

(»Luftschiff«: Raus mit dem unnützen Helium – das gibt 100.000 m³ Frachtraum her).

Falle Nr. 6 lauert nicht auf mathematischer, sondern auf sprachlicher Ebene



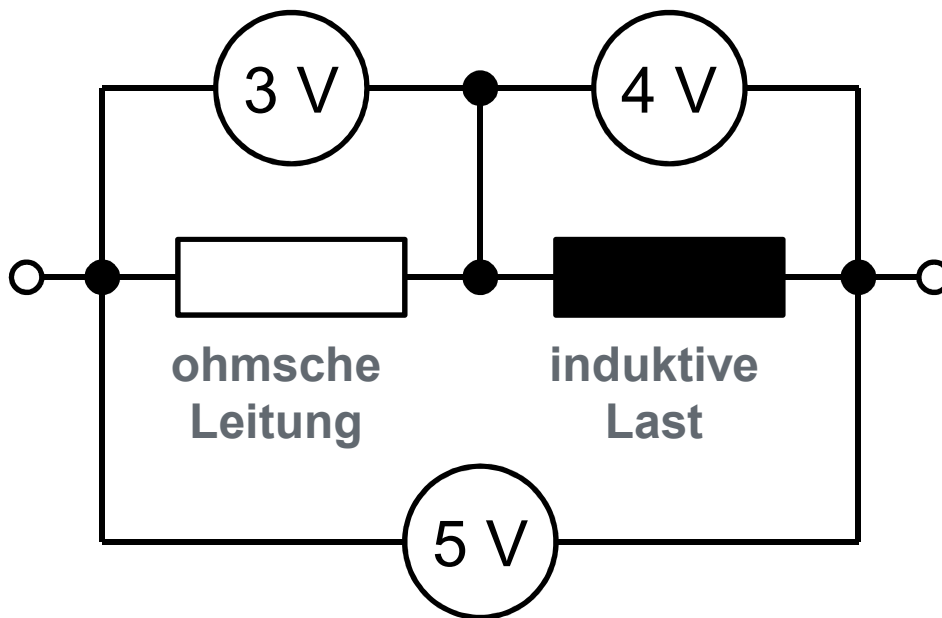
Der Spannungsfall ist ein schwieriger Fall

Falle 6: Was ist das denn nun eigentlich?

Cu

- Die zwischen Anfang und Ende einer Leitung gemessene Spannung?
- Oder der Betrag / das Verhältnis, um wie viel die Spannung einbricht?

Nein, das ist **nicht** notwendigerweise das gleiche!



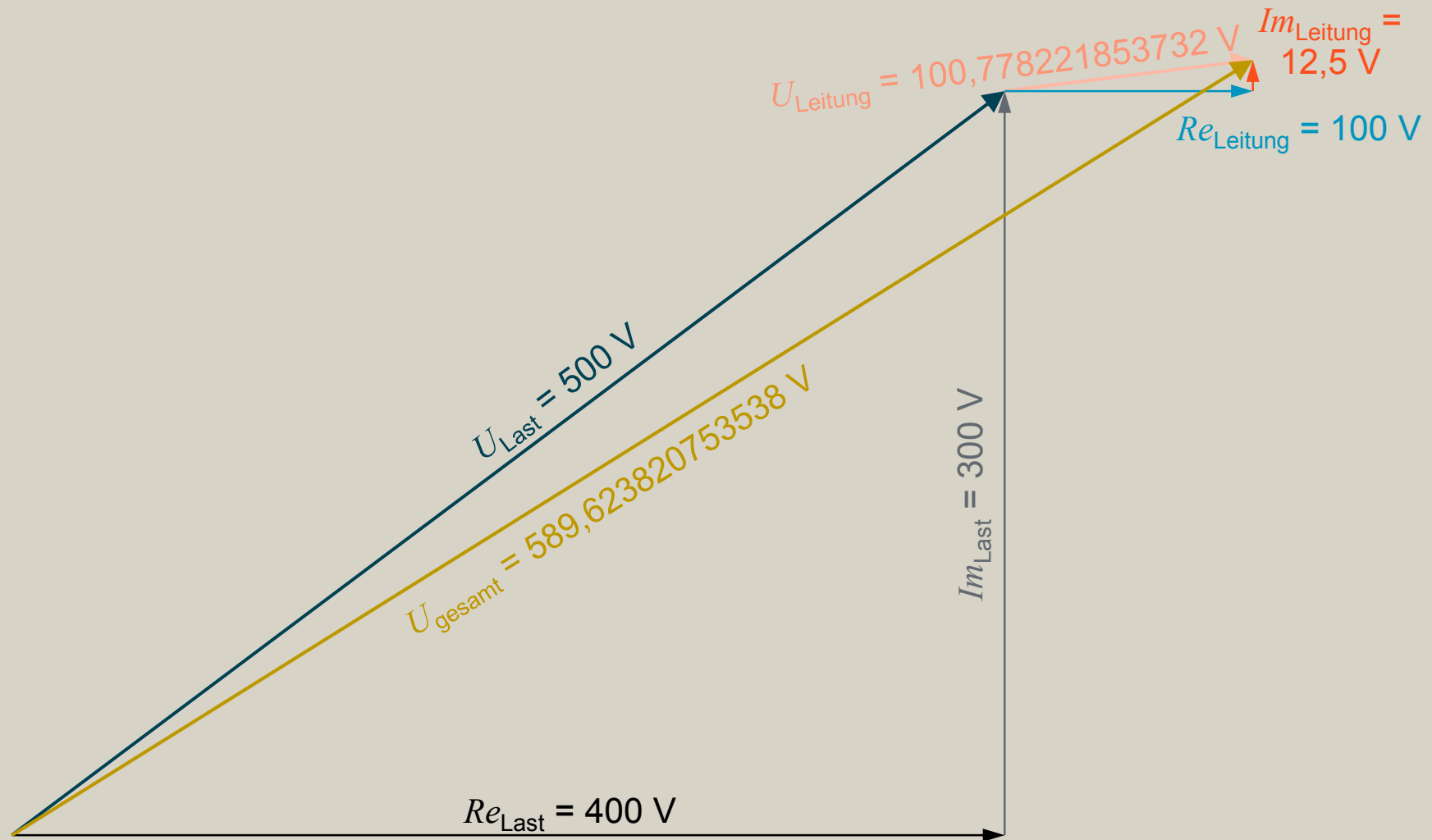
Tücke der
Wechselstromtechnik:

$$3 + 4 = 5 ? !$$

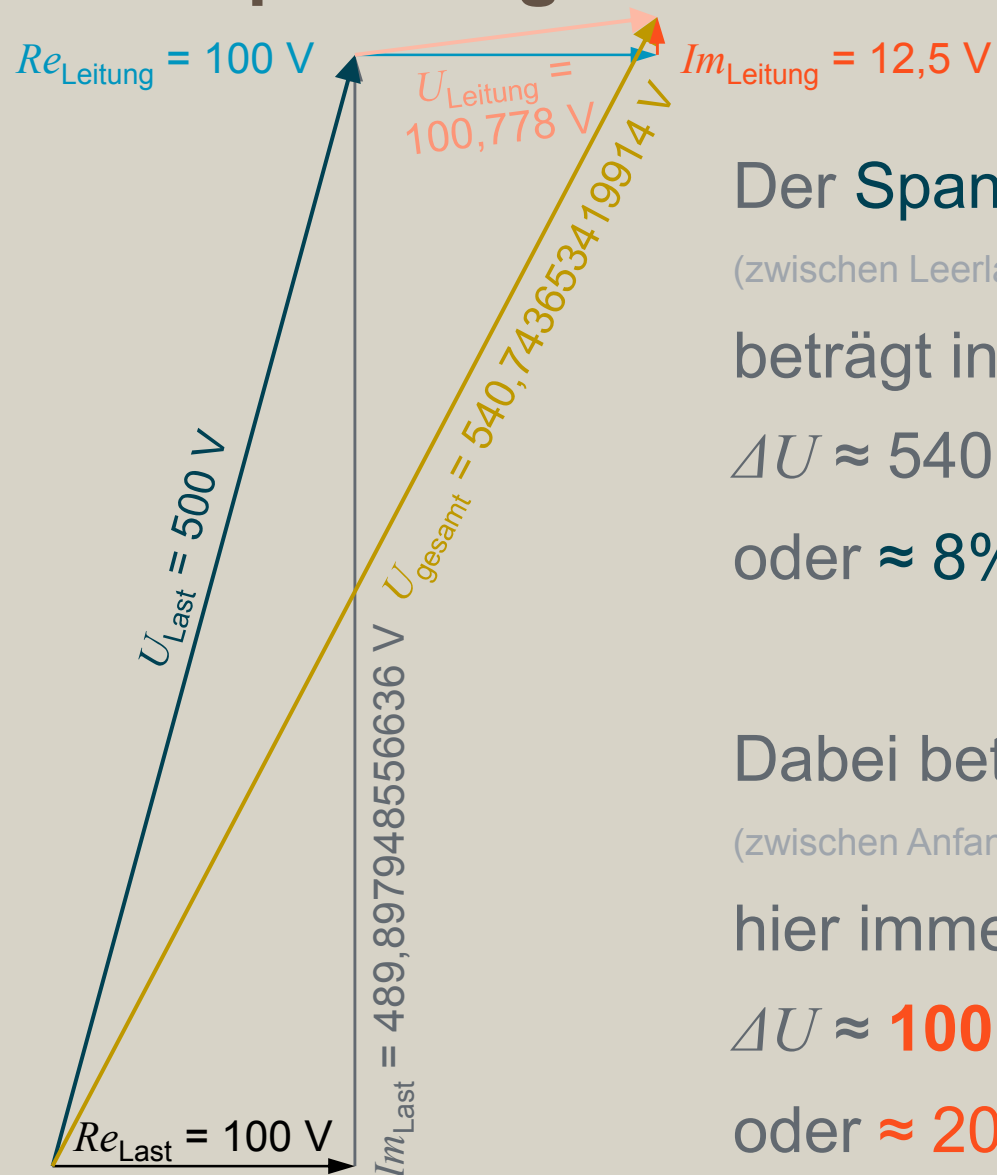
$$U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$$

Der Spannungsfall ist ein schwieriger Fall

$$\Delta U = 589,624 \text{ V} - 500,000 \text{ V} = \mathbf{89,624 \text{ V} < 100,7 \text{ V}}$$



Der Spannungsfall ist ein zweideutiger Fall



Der Spannungsfall

(zwischen Leerlauf und voller Last an der Steckdose)

beträgt in diesem Beispiel nur:

$$\Delta U \approx 540,7 \text{ V} - 500,0 \text{ V} = \mathbf{40,7 \text{ V}}$$

oder $\approx 8\%$.

Dabei beträgt der Spannungsfall

(zwischen Anfang und Ende der Leitung)

hier immerhin:

$$\Delta U \approx \mathbf{100,778 \text{ V}}$$

oder $\approx 20\%$!

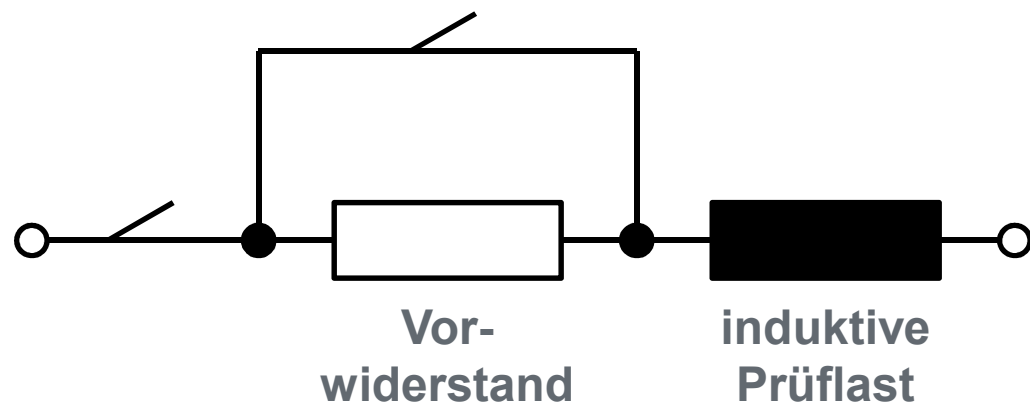
Der Spannungsfall an der Steckdose gemessen mit einer großen induktiven Last

Cu

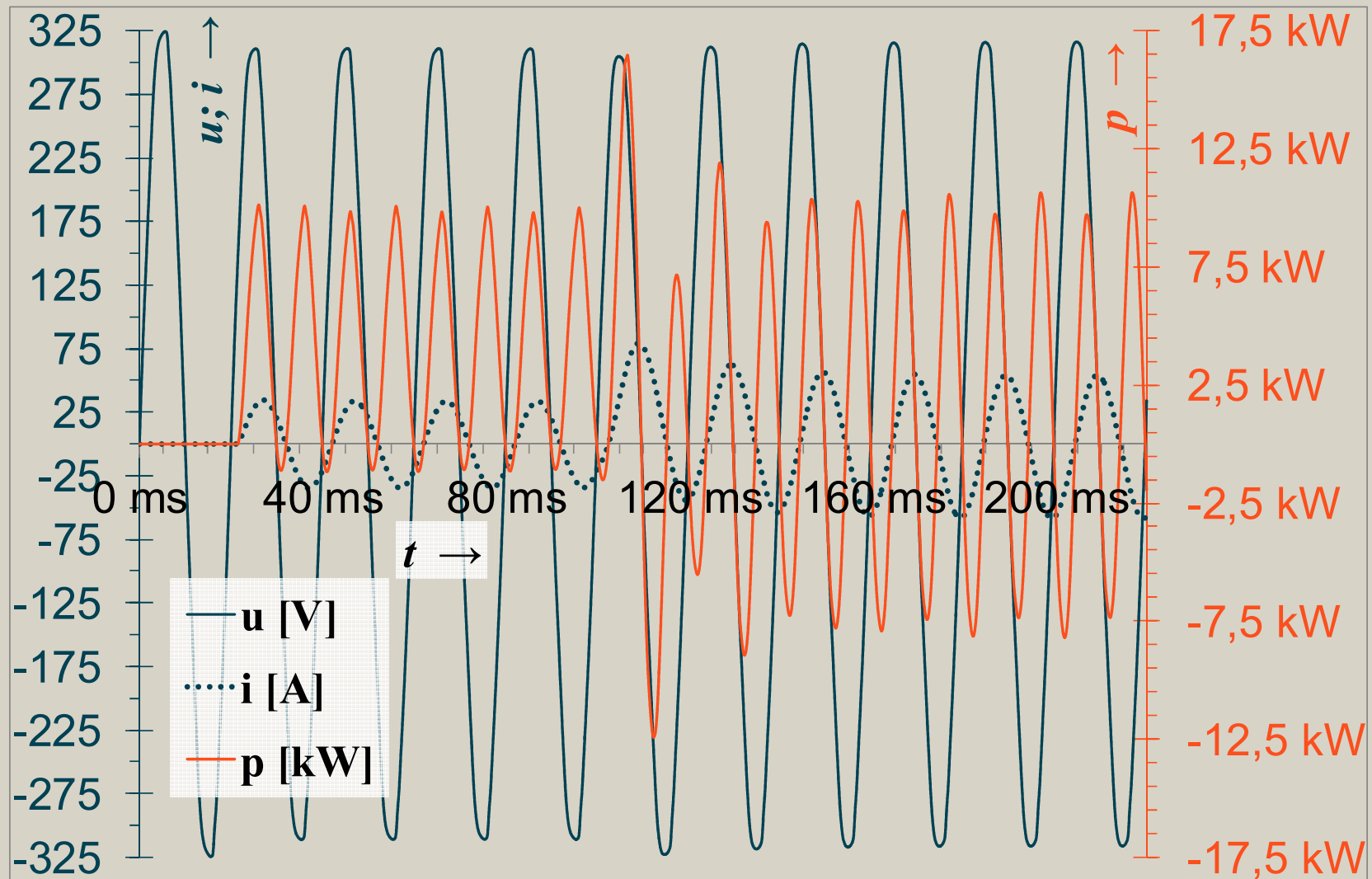


Diese hier lässt sich nur über einen Einschaltstrom-Begrenzer (Vorwiderstand) in Betrieb setzen.

Das sieht dann aus wie folgt:



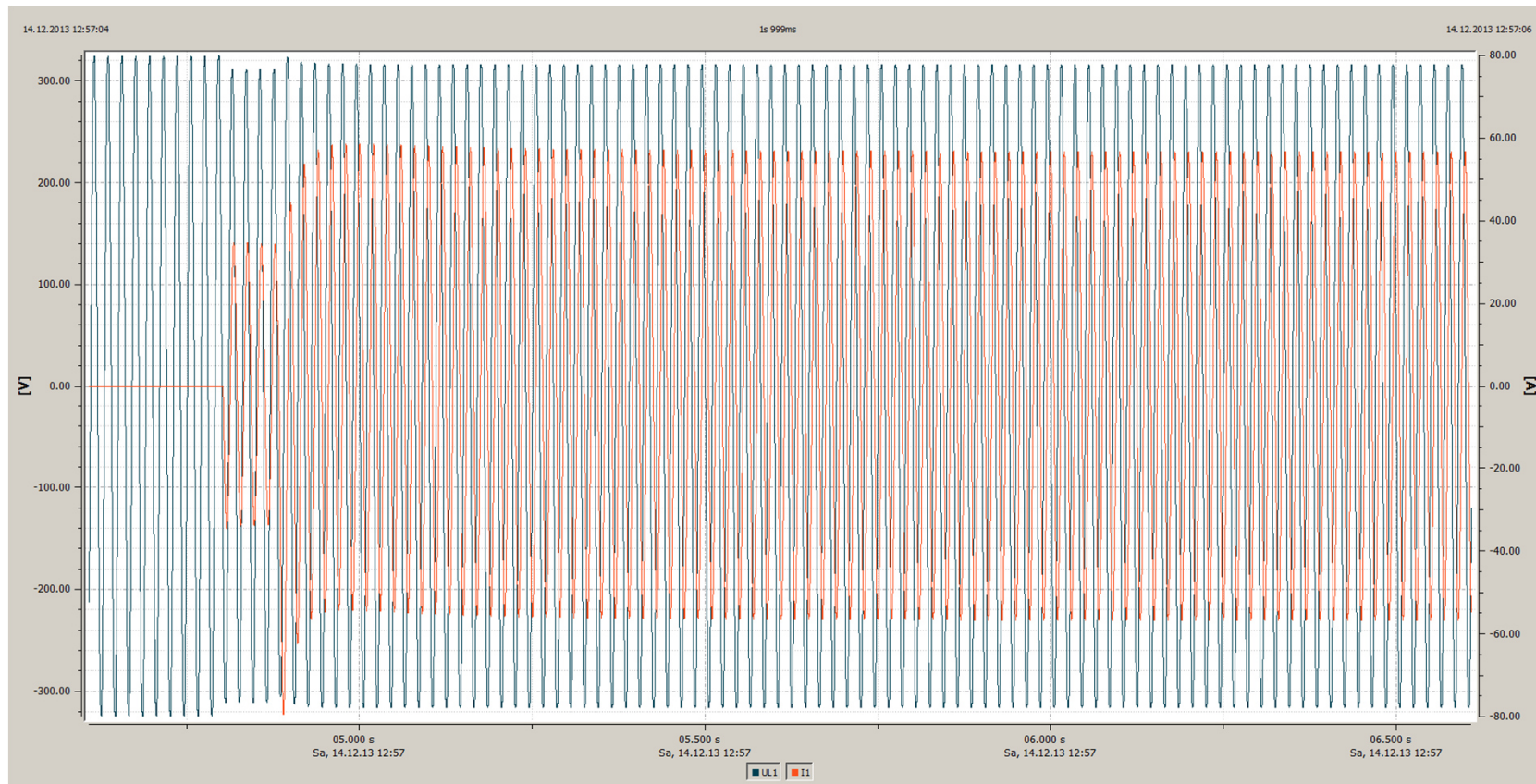
Der Spannungsfall an der Steckdose gemessen mit einer großen induktiven Last



Der Spannungsfall an der Steckdose gemessen mit einer großen induktiven Last

Cu

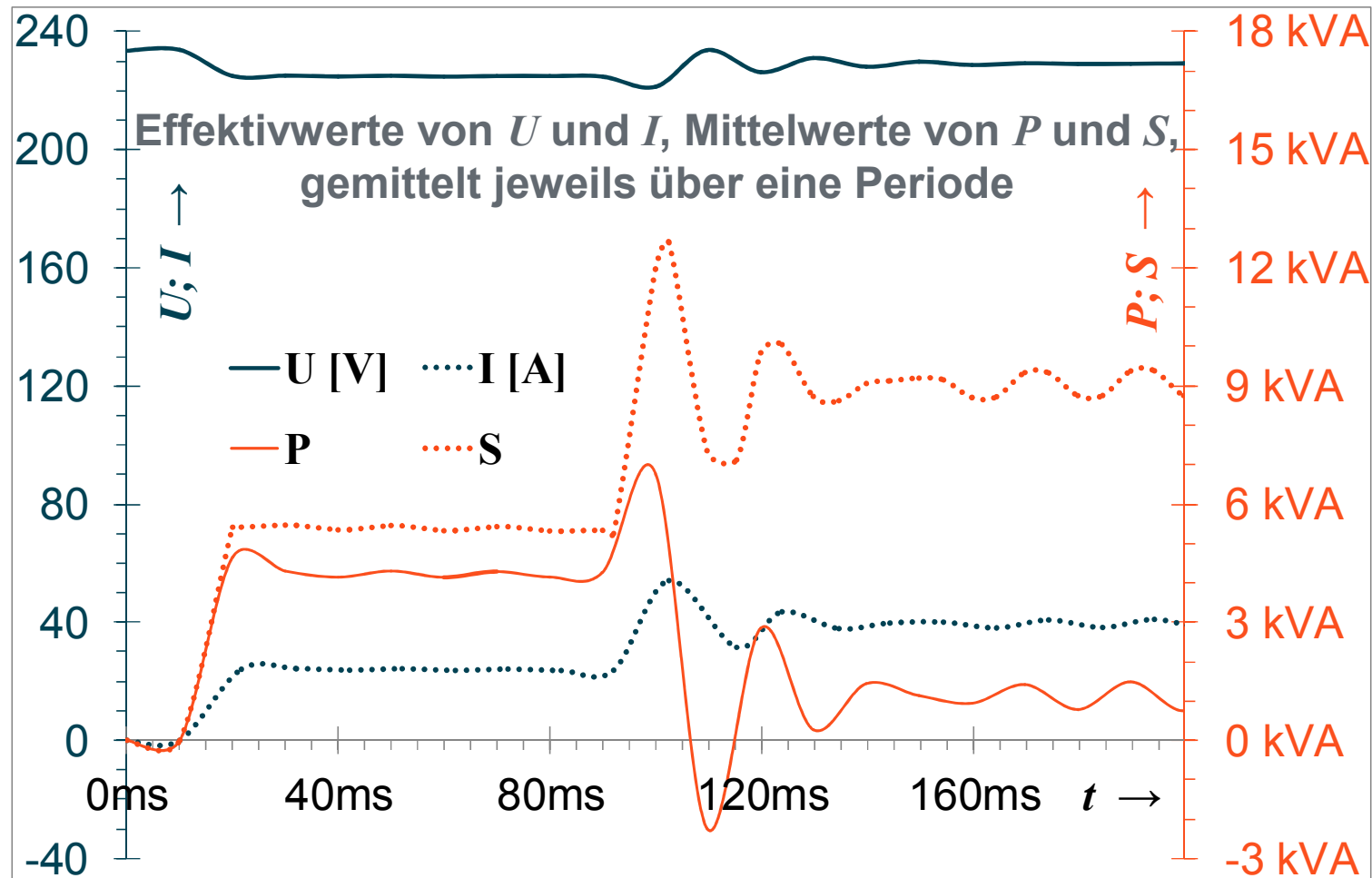
Eine Darstellung in der Totale, über 2 s betrachtet, zeigt es ganz genau:



Und das ist logisch, denn der Verbraucher wird zeitweise zum Erzeuger.

Der Spannungsfall an der Steckdose – gemessen mit einer großen induktiven Last

Cu



Der Spannungsfall an der Steckdose – berechnet mit einem korrigierten Verfahren

Cu

Berechnung des Spannungsfalls in Kabel- und Leitungsanlagen alternativ zu VDE 0100-520, Anhang G				
ρ	Spez. Widerstand (warm)	für Cu: 0,0225 $\mu\Omega\text{m}$ für Al: 0,0360 $\mu\Omega\text{m}$	0,0225 $\mu\Omega\text{m}$	
I_B	Stromkreis	Betriebsstrom	16,00A	
U_0		Bemessungsspannung	230,00V	
l	Leitung	Länge	14,38m	
A		Leiterquerschnitt	1,5mm ²	
x_L		Reaktanzbelag	0,08 $\Omega\text{/km}$	
$U_{R\text{Leitung}}$		Ohmscher Fall	6,90V	
$U_{X\text{Leitung}}$		Induktiver Fall	0,02V	
$\cos\varphi_{\text{Leitung}}$			1,00000	
$\sin\varphi_{\text{Leitung}}$			0,00267	
φ_{Leitung}			0,15°	
$\cos\varphi_{\text{Last}}$	Last		1,00000	
$\sin\varphi_{\text{Last}}$			0,00000	
φ_{Last}			0,00°	
$\Delta U_{\text{Leitung}}$	Spannungsfall	abs.	entlang der Leitung	6,90V
$\Delta U_{\text{Leitung}}/U$		rel.		3,00%
$\Delta U_{\text{Steckd.}}$		abs.	an der Steckdose	6,90V
$\Delta U_{\text{Steckd.}}/U$		rel.		3,00%

Berechnung des Spannungsfalls in Kabel- und Leitungsanlagen alternativ zu VDE 0100-520, Anhang G				
ρ	Spez. Widerstand (warm)	für Cu: 0,0225 $\mu\Omega\text{m}$ für Al: 0,0360 $\mu\Omega\text{m}$	0,0225 $\mu\Omega\text{m}$	
I_B	Stromkreis	Betriebsstrom	16,00A	
U_0		Bemessungsspannung	230,00V	
l	Leitung	Länge	14,38m	
A		Leiterquerschnitt	1,5mm ²	
x_L		Reaktanzbelag	0,08 $\Omega\text{/km}$	
$U_{R\text{Leitung}}$		Ohmscher Fall	6,90V	
$U_{X\text{Leitung}}$		Induktiver Fall	0,02V	
$\cos\varphi_{\text{Leitung}}$			1,00000	
$\sin\varphi_{\text{Leitung}}$			0,00267	
φ_{Leitung}			0,15°	
$\cos\varphi_{\text{Last}}$	Last		0,80000	
$\sin\varphi_{\text{Last}}$			0,60000	
φ_{Last}			36,87°	
$\Delta U_{\text{Leitung}}$	Spannungsfall	abs.	entlang der Leitung	6,90V
$\Delta U_{\text{Leitung}}/U$		rel.		3,00%
$\Delta U_{\text{Steckd.}}$		abs.	an der Steckdose	5,57V
$\Delta U_{\text{Steckd.}}/U$		rel.		2,42%

Der Spannungsfall: Angaben der Hersteller beachten!

Cu

R/X gibt den Ausschlag – und ist sehr stark vom Querschnitt abhängig
(www.faberkabel.de/upload/datenblaetter/Datenblaetter/DE/DBL_NYY.PDF):

Kabeldaten (nach www.faberkabel.de/upload/datenblaetter/Datenblaetter/DE/DBL_NYY.PDF)														Rechenwerte						
Typ	Adern	A Leiter	A Schirm	R'	L'	I Luft	I Erde	I _K (1 s)	d Isol	d Mantel	D _a	M _{Cu} '	M _{Cges} '	M _{Cu} h'	ΔM _{Cu}	M _{Cu,rel}	X'	Z'	φ	cosφ
NYN-O 1*1,5 SW RE	1	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km		19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	7,0 mm	14,4 kg/km	63,0 kg/km	13,4 kg/km	93,0%	22,9%				
NYN-O 1*2,5 SW RE	1	2,5 mm ²		7,4100 Ω/km		28 A	39 A	0,29 kA	0,8 mm	1,8 mm	7,9 mm	24,0 kg/km	105,0 kg/km	22,3 kg/km	93,0%	22,9%				
NYN-J 1*4 SW RE	1	4,0 mm ²		4,6100 Ω/km	0,459 mH/km			0,46 kA	1,0 mm	1,8 mm	9,1 mm	38,0 kg/km	110,0 kg/km	35,7 kg/km	94,0%	34,5%	0,1442 Ω/km	4,6123 Ω/km	1,79°	0,99951
NYN-O 1*4 SW RE	1	4,0 mm ²		4,6100 Ω/km	0,459 mH/km	37 A	50 A	0,46 kA	1,0 mm	1,8 mm	9,1 mm	38,0 kg/km	110,0 kg/km	35,7 kg/km	94,0%	34,5%	0,1442 Ω/km	4,6123 Ω/km	1,79°	0,99951
NYN-O 1*500 SW RMv	1	500,0 mm ²		0,0366 Ω/km	0,272 mH/km	747 A	693 A	51,50 kA	2,8 mm	2,1 mm	38,0 mm	4800,0 kg/km	5200,0 kg/km	4465,0 kg/km	93,0%	92,3%	0,0855 Ω/km	0,0930 Ω/km	66,81°	0,39372
NYN-O 1*630 SW RMv	1	630,0 mm ²		0,0283 Ω/km	0,271 mH/km	858 A	777 A	64,00 kA	2,8 mm	2,2 mm	42,5 mm	6048,0 kg/km	6650,0 kg/km	5625,9 kg/km	93,0%	90,9%	0,0851 Ω/km	0,0897 Ω/km	71,61°	0,31543
NYN-O 2*1,5 SW RE	2	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km		19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	11,0 mm	29,0 kg/km	170,0 kg/km	26,8 kg/km	92,4%	17,1%				
NYN-O 2*2,5 SW RM	2	2,5 mm ²		0,7270 Ω/km		106 A	133 A	2,87 kA	1,2 mm	1,8 mm	23,0 mm	480,0 kg/km	940,0 kg/km	446,5 kg/km	93,0%	51,1%				
NYN-J 3*1,5 SW RE	3	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km	0,343 mH/km	19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	11,2 mm	43,0 kg/km	190,0 kg/km	40,2 kg/km	93,5%	22,6%	0,1078 Ω/km	12,1005 Ω/km	0,51°	0,99996
NYN-O 3*1,5 SW RE	3	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km	0,343 mH/km	19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	11,2 mm	43,0 kg/km	190,0 kg/km	40,2 kg/km	93,5%	22,6%	0,1078 Ω/km	12,1005 Ω/km	0,51°	0,99996
NYN-O 3*185 SW SMv	3	185,0 mm ²		0,0991 Ω/km	0,233 mH/km	374 A	406 A	21,30 kA	2,0 mm	2,5 mm	46,0 mm	5328,0 kg/km	6500,0 kg/km	4956,2 kg/km	93,0%	82,0%	0,0732 Ω/km	0,1232 Ω/km	36,45°	0,80437
NYN-J 3*240 SW SMv	3	240,0 mm ²		0,0754 Ω/km	0,231 mH/km	445 A	473 A	27,60 kA	2,2 mm	2,7 mm	51,0 mm	6912,0 kg/km	8300,0 kg/km	6429,6 kg/km	93,0%	83,3%	0,0726 Ω/km	0,1047 Ω/km	43,90°	0,72050
NYN-J 3*35/16 SW SM	3,457	35,0 mm ²	16,0 mm ²	0,5240 Ω/km	0,248 mH/km	129 A	159 A	4,02 kA	1,2 mm	1,8 mm	24,5 mm	1162,0 kg/km	1700,0 kg/km	1080,5 kg/km	93,0%	68,4%	0,0779 Ω/km	0,5298 Ω/km	8,46°	0,98913
NYN-J 3*150/70 SW SMv	3,467	150,0 mm ²	70,0 mm ²	0,1240 Ω/km	0,233 mH/km	326 A	359 A	17,20 kA	1,8 mm	2,4 mm	45,0 mm	4992,0 kg/km	5600,0 kg/km	4643,6 kg/km	93,0%	89,1%	0,0732 Ω/km	0,1440 Ω/km	30,55°	0,86115
NYN-J 3*16/10 SW RE	3,625	16,0 mm ²	10,0 mm ²	1,1500 Ω/km	0,262 mH/km	79 A	103 A	1,84 kA	1,0 mm	1,8 mm	21,2 mm	557,0 kg/km	1030,0 kg/km	517,9 kg/km	93,0%	54,1%	0,0823 Ω/km	1,1529 Ω/km	4,09°	0,99745
NYN-J 3*25/16 SW RM	3,640	25,0 mm ²	16,0 mm ²	0,7270 Ω/km	0,257 mH/km	106 A	133 A	2,87 kA	1,2 mm	1,8 mm	24,5 mm	874,0 kg/km	1500,0 kg/km	812,6 kg/km	93,0%	58,3%	0,0807 Ω/km	0,7315 Ω/km	6,34°	0,99389
NYN-J 4*1,5 SW RE	4	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km	0,366 mH/km	19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	12,2 mm	58,0 kg/km	220,0 kg/km	53,6 kg/km	92,4%	26,4%	0,1150 Ω/km	12,1005 Ω/km	0,54°	0,99995
NYN-O 4*2,5 SW RE	4	2,5 mm ²		7,4100 Ω/km	0,340 mH/km	25 A	36 A	0,29 kA	0,8 mm	1,8 mm	13,2 mm	96,0 kg/km	290,0 kg/km	89,3 kg/km	93,0%	33,1%	0,1068 Ω/km	7,4108 Ω/km	0,83°	0,99990
NYN-J 4*4 SW RE	4	4,0 mm ²		4,6100 Ω/km	0,339 mH/km	34 A	47 A	0,46 kA	1,0 mm	1,8 mm	15,3 mm	154,0 kg/km	400,0 kg/km	142,9 kg/km	92,8%	38,5%	0,1065 Ω/km	4,6112 Ω/km	1,32°	0,99973
NYN-J 4*6 SW RE	4	6,0 mm ²		3,0800 Ω/km	0,321 mH/km	43 A	59 A	0,69 kA	1,0 mm	1,8 mm	16,3 mm	230,0 kg/km	510,0 kg/km	214,3 kg/km	93,2%	45,1%	0,1008 Ω/km	3,0817 Ω/km	1,88°	0,99946
NYN-J 4*10 SW RE	4	10,0 mm ²		1,8300 Ω/km	0,301 mH/km	59 A	79 A	1,15 kA	1,0 mm	1,8 mm	18,3 mm	384,0 kg/km	720,0 kg/km	357,2 kg/km	93,0%	53,3%	0,0946 Ω/km	1,8324 Ω/km	2,96°	0,99867
NYN-J 4*16 SW RE	4	16,0 mm ²		1,1500 Ω/km	0,285 mH/km	79 A	103 A	1,84 kA	1,0 mm	1,8 mm	21,4 mm	614,0 kg/km	1050,0 kg/km	571,5 kg/km	93,1%	58,5%	0,0895 Ω/km	1,1535 Ω/km	4,45°	0,99698
NYN-J 4*25 SW RM	4	25,0 mm ²		0,7270 Ω/km	0,280 mH/km	106 A	133 A	2,87 kA	1,2 mm	1,8 mm	25,5 mm	960,0 kg/km	1600,0 kg/km	893,0 kg/km	93,0%	60,0%	0,0880 Ω/km	0,7323 Ω/km	6,90°	0,99276
NYN-J 4*50 SW SMv	4	50,0 mm ²		0,3870 Ω/km	0,270 mH/km	157 A	188 A	9,57 kA	1,4 mm	1,9 mm	29,8 mm	1920,0 kg/km	2300,0 kg/km	1786,0 kg/km	93,0%	83,5%	0,0848 Ω/km	0,3962 Ω/km	12,36°	0,97681
NYN-J 4*95 SW SMv	4	95,0 mm ²		0,1930 Ω/km	0,261 mH/km	246 A	280 A	10,90 kA	1,6 mm	2,2 mm	38,9 mm	3648,0 kg/km	4200,0 kg/km	3393,4 kg/km	93,0%	86,9%	0,0820 Ω/km	0,2097 Ω/km	23,02°	0,92038
NYN-J 4*150 SW SMv	4	150,0 mm ²		0,1240 Ω/km	0,256 mH/km	326 A	359 A	17,20 kA	1,8 mm	2,5 mm	47,0 mm	5760,0 kg/km	6400,0 kg/km	5358,0 kg/km	93,0%	90,0%	0,0804 Ω/km	0,1478 Ω/km	32,97°	0,83898
NYN-J 4*185 SW SMv	4	185,0 mm ²		0,0991 Ω/km	0,256 mH/km	374 A	406 A	21,30 kA	2,0 mm	2,7 mm	52,0 mm	7104,0 kg/km	8050,0 kg/km	6608,2 kg/km	93,0%	88,2%	0,0804 Ω/km	0,1276 Ω/km	39,06°	0,77647
NYN-J 4*240 SW SMv	4	240,0 mm ²		0,0754 Ω/km	0,254 mH/km	445 A	473 A	27,60 kA	2,2 mm	2,9 mm	58,0 mm	9216,0 kg/km	11000,0 kg/km	8572,8 kg/km	93,0%	83,8%	0,0798 Ω/km	0,1098 Ω/km	46,62°	0,68860
NYN-J 4*300 SW SMv	4	300,0 mm ²		0,0601 Ω/km	0,254 mH/km	511 A	535 A	34,50 kA	2,4 mm	3,0 mm	62,4 mm	11520,0 kg/km	13127,0 kg/km	10716,0 kg/km	93,0%	87,8%	0,0798 Ω/km	0,0999 Ω/km	53,01°	0,60162
NYN-J 5*1,5 SW RE	5	1,5 mm ²		12,1000 Ω/km	0,375 mH/km	19 A	27 A	0,17 kA	0,8 mm	1,8 mm	13,2 mm	72,0 kg/km	270,0 kg/km	67,0 kg/km	93,0%	26,7%	0,1178 Ω/km	12,1008 Ω/km	0,56°	0,99995
NYN-J 5*2,5 SW RE	5	2,5 mm ²		7,4100 Ω/km	0,349 mH/km	25 A	36 A	0,29 kA	0,8 mm	1,8 mm	14,2 mm	120,0 kg/km	350,0 kg/km	111,6 kg/km	93,0%	34,3%	0,1096 Ω/km	7,4108 Ω/km	0,85°	0,99989
NYN-J 5*4 SW RE	5	4,0 mm ²		4,6100 Ω/km	0,348 mH/km	34 A	47 A	0,46 kA	1,0 mm	1,8 mm	16,3 mm	192,0 kg/km	480,0 kg/km	178,6 kg/km	93,0%	40,0%	0,1093 Ω/km	4,6113 Ω/km	1,36°	0,99972
NYN-J 5*6 SW RE	5	6,0 mm ²		3,0800 Ω/km	0,330 mH/km	43 A	59 A	0,69 kA	1,0 mm	1,8 mm	18,3 mm	288,0 kg/km	610,0 kg/km	267,9 kg/km	93,0%	47,2%	0,1037 Ω/km	3,0817 Ω/km	1,93°	0,99943
NYN-J 5*10 SW RE	5	10,0 mm ²		1,8300 Ω/km	0,310 mH/km	59 A	79 A	1,15 kA	1,0 mm	1,8 mm	20,4 mm	480,0 kg/km	880,0 kg/km	446,5 kg/km	93,0%	54,5%	0,0974 Ω/km	1,8326 Ω/km	3,05°	0,99859
NYN-J 5*16 SW RE	5	16,0 mm ²		1,1500 Ω/km	0,294 mH/km	79 A	103 A	1,84 kA	1,0 mm	1,8 mm	22,4 mm	768,0 kg/km	1250,0 kg/km	714,4 kg/km	93,0%	61,4%	0,0924 Ω/km	1,1537 Ω/km	4,59°	0,99679
NYN-J 5*25 SW RM	5	25,0 mm ²		0,7270 Ω/km	0,289 mH/km	106 A	133 A	2,87 kA	1,2 mm	1,8 mm	27,5 mm	1200,0 kg/km	1950,0 kg/km	1116,3 kg/km	93,0%	61,5%	0,0908 Ω/km	0,7326 Ω/km	7,12°	0,99229
NYN-J 5*35 SW RM	5	35,0 mm ²		0,5240 Ω/km	0,285 mH/km	129 A	159 A	4,02 kA	1,2 mm	1,8 mm	33,6 mm	1680,0 kg/km	2400,0 kg/km	1562,8 kg/km	93,0%	70,0%	0,0895 Ω/km	0,5316 Ω/km	9,70°	0,98571
NYN-J 5*50 SW RMv	5	50,0 mm ²		0,3870 Ω/km	0,280 mH/km	157 A	188 A	9,57 kA	1,4 mm	1,8 mm	40,0 mm	2400,0 kg/km	3500,0 kg/km	2232,5 kg/km	93,0%	68,6%	0,0880 Ω/km	0,3969 Ω/km	12,81°	0,97513
NYN-J 5*70 SW RMv	5	70,0 mm ²		0,2680 Ω/km	0,275 mH/km	199 A	232 A	8,05 kA	1,6 mm	2,1 mm	42,4 mm	3360,0 kg/km	4450,0 kg/km	3125,5 kg/km	93,0%	75,5%	0,0864 Ω/km	0,2816 Ω/km	17,87°	0,95177
NYN-J 5*95 SW RMv	5	95,0 mm ²		0,1930 Ω/km	0,273 mH/km	246 A	280 A	10,90 kA	1,6 mm	2,1 mm	50,0 mm	4560,0 kg/km	6134,0 kg/km	4241,8 kg/km	93,0%	74,3%	0,0858 Ω/km	0,2112 Ω/km	23,96°	0,91383
NYN-J 5*120 SW RMv	5	120,0 mm ²		0,1530 Ω/km	0,270 mH/km	285 A	318 A	13,80 kA	1,6 mm	2,4 mm	51,3 mm	5760,0 kg/km	7483,0 kg/km	5358,0 kg/km	93,0%	77,0%	0,0848 Ω/km	0,1749 Ω/km	29,00°	0,87459

Der Spannungsfall: Angaben der Hersteller beachten!

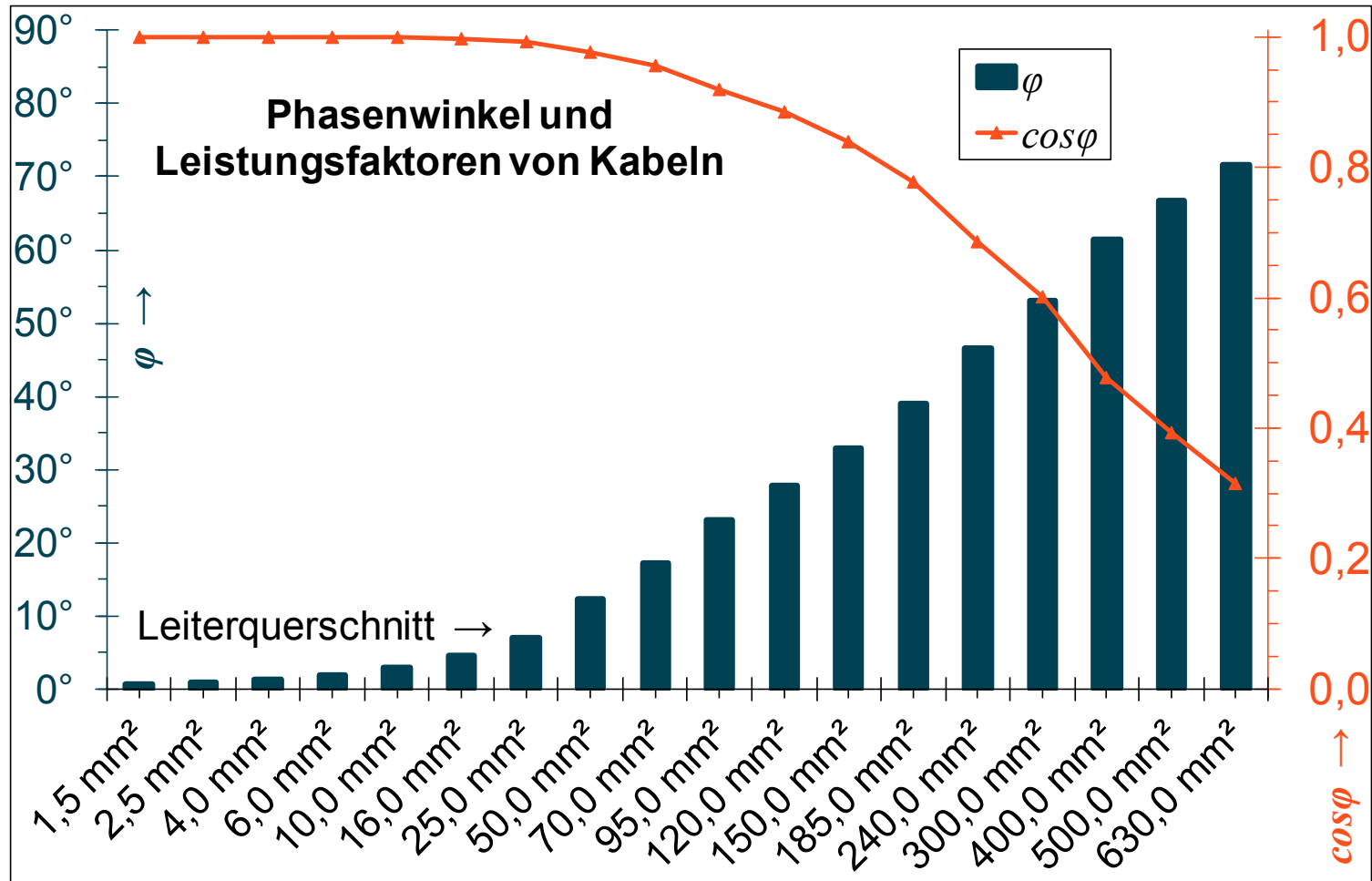
Cu

Kabeldaten								
nach www.faberkabel.de/upload/datenblaetter/Datenblaetter/DE/DBL_NYY.PDF								
Typ	Adern	A_{Leiter}	R'	L'	X'	Z'	φ	$\cos\varphi$
NY-Y-J 4*1,5 SW RE	4	1,5 mm ²	12,1000 Ω/km	0,366 mH/km	0,1150 Ω/km	12,1005 Ω/km	0,54°	0,99995
NY-Y-O 4*2,5 SW RE	4	2,5 mm ²	7,4100 Ω/km	0,340 mH/km	0,1068 Ω/km	7,4108 Ω/km	0,83°	0,99990
NY-Y-J 4*4 SW RE	4	4,0 mm ²	4,6100 Ω/km	0,339 mH/km	0,1065 Ω/km	4,6112 Ω/km	1,32°	0,99973
NY-Y-J 4*6 SW RE	4	6,0 mm ²	3,0800 Ω/km	0,321 mH/km	0,1008 Ω/km	3,0817 Ω/km	1,88°	0,99946
NY-Y-J 4*10 SW RE	4	10,0 mm ²	1,8300 Ω/km	0,301 mH/km	0,0946 Ω/km	1,8324 Ω/km	2,96°	0,99867
NY-Y-J 4*16 SW RE	4	16,0 mm ²	1,1500 Ω/km	0,285 mH/km	0,0895 Ω/km	1,1535 Ω/km	4,45°	0,99698
NY-Y-J 4*25 SW RM	4	25,0 mm ²	0,7270 Ω/km	0,280 mH/km	0,0880 Ω/km	0,7323 Ω/km	6,90°	0,99276
NY-Y-J 4*50 SW SMv	4	50,0 mm ²	0,3870 Ω/km	0,270 mH/km	0,0848 Ω/km	0,3962 Ω/km	12,36°	0,97681
NY-Y-J 4*95 SW SMv	4	95,0 mm ²	0,1930 Ω/km	0,261 mH/km	0,0820 Ω/km	0,2097 Ω/km	23,02°	0,92038
NY-Y-J 4*150 SW SMv	4	150,0 mm ²	0,1240 Ω/km	0,256 mH/km	0,0804 Ω/km	0,1478 Ω/km	32,97°	0,83898
NY-Y-J 4*185 SW SMv	4	185,0 mm ²	0,0991 Ω/km	0,256 mH/km	0,0804 Ω/km	0,1276 Ω/km	39,06°	0,77647
NY-Y-J 4*240 SW SMv	4	240,0 mm ²	0,0754 Ω/km	0,254 mH/km	0,0798 Ω/km	0,1098 Ω/km	46,62°	0,68680
NY-Y-J 4*300 SW SMv	4	300,0 mm ²	0,0601 Ω/km	0,254 mH/km	0,0798 Ω/km	0,0999 Ω/km	53,01°	0,60162

Kabeldaten								
nach www.faberkabel.de/upload/datenblaetter/Datenblaetter/DE/DBL_NYY.PDF								
Typ	Adern	A_{Leiter}	R'	L'	X'	Z'	φ	$\cos\varphi$
NY-Y-O 1*400 SW RMv	1	400,0 mm ²	0,0470 Ω/km	0,275 mH/km	0,0864 Ω/km	0,0984 Ω/km	61,45°	0,47788
NY-Y-O 1*500 SW RMv	1	500,0 mm ²	0,0366 Ω/km	0,272 mH/km	0,0855 Ω/km	0,0930 Ω/km	66,81°	0,39372
NY-Y-O 1*630 SW RMv	1	630,0 mm ²	0,0283 Ω/km	0,271 mH/km	0,0851 Ω/km	0,0897 Ω/km	71,61°	0,31543

Das Verhältnis R/X gibt den Ausschlag –
und ist sehr stark vom Querschnitt abhängig!

Cu



Wie reduziert man den Spannungsfall?

Cu

Größerer Querschnitt oder Blindstrom-Kompensation? Kommt drauf an:

Leiter-Überdimensionierung oder Blindstrom-Kompensation?							
Beispiellasten: →				Kleiner Motor		Großer Motor	
Motor	Daten	U_N		400 V			
		P_N		7,5 kW		500 kW	
		$\cos\varphi$		0,87		0,90	
		I_N	unkomp.	13,81 A		837,03 A	
	Rechenwerte	I_{ges}	komp.	12,01 A		753,33 A	
		S		9,6 kVA		579,9 kVA	
		Q		4,7 kvar		252,8 kvar	
Kabel	Daten			minimum	überdim.	minimum	überdim.
		A		1,5 mm ²	2,5 mm ²	500 mm ²	630 mm ²
		$\cos\varphi$		1,00	1,00	0,39	0,32
	Rechenwerte	l		63 m		138 m	
		ΔU	unkomp.	5,76% → 3,46%		5,94%	5,46%
			komp.	5,68% → 3,41%		2,59%	2,10%

Nur eines ist sicher:

Die gegenwärtig zur Berechnung des Spannungsfalls angegebenen Formeln sind größtenteils falsch.

In eine korrekte Berechnung müssen die Phasenwinkel bzw. die Leistungsfaktoren von Leitung **und** Last **separat** eingehen.

Für eine **vereinfachte** Rechnung können stets **beide** Teile, Leitung **und** Last, als ohmsch angesehen werden.

Damit liegt man immer auf der **sicheren** Seite.

Mit Mischmasch dagegen nicht!