

Technische Kurzübersicht: Verluste im Unternehmensnetz

Tabellarische Kurzfassung zum gleichnamigen technischen Whitepaper.

STÖRGRÖSSE	TYPISCHE URSACHEN	WIRKUNG IM UNTERNEHMENSNETZ	GRÖSSENORDNUNG
Schwacher Verschiebungsfaktor	Motoren, Transformatoren, Drosseln, Schweißtechnik ohne bedarfsgerechte Kompensation	Höherer Scheinstrom; I^2R -Verluste in Kabeln und Trafo; belegte Trafokapazität; höherer Spannungsfall; ggf. ein zusätzlicher Posten auf der Netzrechnung	Verluste proportional $1/\cos^2\varphi$ ($\cos\varphi$ = Verschiebungsfaktor): $\cos\varphi$ 0,90 $\approx$ +23 % der Leitungsverluste, $\cos\varphi$ 0,70 $\approx$ doppelte Leitungsverluste; zusammen mit der Verzerrung maßgeblich ist der Gesamtleistungsfaktor $\lambda = \cos\varphi / \sqrt{1 + \text{THD}^2}$ mit Verlustfaktor $1/\lambda^2$. Umgerechnet auf den Jahresverbrauch siehe Beiblatt „Verlustanteile“; deutschlandweit bis zu 1,7 TWh/a vermeidbar
Oberschwingungen	Frequenzumrichter, USV, Schaltnetzteile, LED-Beleuchtung, PV-Wechselrichter	Zusatzverluste in Leitungen und Trafowicklungen (Wirbelströme); Trafo-Derating; Tripel-Harmonische addieren sich im Neutralleiter	Installationsverluste bis mehr als 2-fach; Beispiel Sechspuls-Spektrum: Trockentrafo nur 77 % belastbar (Kapazitätsgröße, kein Mehrverbrauch); Neutralleiterstrom rund $1,61 \times$ Außenleiterstrom (Näherung), $1,73 \times$ bei gesteuerten Gleichrichtern ab 60 Grad Steuerwinkel
Schieflast	Ungleich verteilte einphasige Verbraucher, Schweißgeräte, einphasige Ladetechnik	Stromunsymmetrie 6 bis 10 $\times$ der Spannungsunsymmetrie; Motorerwärmung $\Delta T \approx 2 \cdot (\%U)^2$; Rückstrom im Neutralleiter; Motor-Derating ab 1 %	2,5 % Unsymmetrie: Wirkungsgrad -1,4 Punkte $\approx$ 9.500 kWh/a je 75-kW-Motor; bei halber Last -2,0 statt -1,4 Punkte, der Volllastwert ist also der konservative (U.S. DOE 2012a, Tab. 1); je +10 K halbiert sich die Isolationslebensdauer
Spannungslage	Netz- und Lastschwankungen innerhalb des zulässigen $\pm 10\%$ -Bandes (EN 50160)	Lastabhängig: Konstantimpedanzlasten nehmen proportional U^2 auf; Konstantleistungslasten ziehen bei Unterspannung mehr Strom; Motoren laufen wärmer und ineffizienter	Bei 90 % Spannung und Volllast: Motorstrom +11 %, Übertemperatur +23 %, Wirkungsgrad -1 bis -2 Punkte; bei drei Vierteln Last praktisch unverändert, bei halber Last +1 bis +2 Punkte (Bonnett und Boteler 2001, Tab. 2) - ein pauschaler Zuschlag lässt sich daraus nicht bilden, die Spannungslage geht in die Verlustrechnung nicht ein. Spannungsabsenkung wirkt zu 98 bis 99 % auf die Last, nicht auf die Verluste
Störimpulse (Transienten)	Schaltvorgänge von Pressen, Aufzügen, Schweißanlagen und Kompressoren; Blitzeinwirkung	Belasten Isolierungen und empfindliche Elektronik (Steuerungen, Frequenzumrichter); beschleunigte Alterung, Umrichterabschaltungen und Stillstände	Kein belegbarer direkter Mehrverbrauch; Kosten über Ausfälle und Alterung: in deutschen Betrieben im Mittel 19.101 € (2018) und 41.848 € (2019) Schaden je Vorfall

Quellen: Brückl und Haslbeck 2013; Key und Lai 1996; Lam 2022; Desmet und Baggini 2003; von Jouanne 2000; U.S. DOE 2012a; Bonnett und Boteler 2001; Schneider u. a. 2010; IEEE 2019; IEC 2014; Bundesnetzagentur 2021 (Vollständiges Literaturverzeichnis in der Vollversion)