

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 26 (1935)
Heft: 22

Artikel: Zulässige Spannungsschwankungen in Licht-Netzen
Autor: Werdenberg, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060341>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:

A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Zürich 4
Stauffacherquai 36/40

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVI. Jahrgang

N^o 22

Mittwoch, 23. Oktober 1935

Zulässige Spannungsschwankungen in Licht-Netzen.

Von W. Werdenberg, Kilchberg.

621.3.015.2: 621.316.722

Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) führten mit einer Reihe von Personen Versuche durch, um festzustellen, wie gross und welcher Art die in den Verteilnetzen auftretenden Spannungsschwankungen sein dürfen, damit die Bezüger nicht über «schlechtes Licht» klagen. Die Versuche ergaben, dass die zulässige Spannungsschwankung je nach ihrer «Art» (Dauer des Ueberganges von einer Spannung zur andern) zwischen 1 % und 6 % der Normalspannung liegt; sie steigt praktisch nicht über 6 %, weil bei 6 % Spannungsschwankung der Bezüger nicht über die Schwankung, sondern über zu schwaches Licht überhaupt klagt.

Les Services électriques du Canton de Zurich ont procédé avec un certain nombre de personnes à des essais, en vue de constater de quelle grandeur et de quel genre peuvent être les variations de la tension des réseaux de distribution, sans que les usagers se plaignent d'une «mauvaise lumière». Ces essais ont montré que les variations admissibles de la tension peuvent atteindre 1 à 6 % de la tension normale selon leur «genre» (durée de la transition d'une tension à une autre). Cette limite ne dépasse pratiquement pas 6 %, car au-dessus l'usager ne se plaint plus de la variation, mais bien d'une lumière trop faible.

1. Einleitung.

Das Zu- und Abschalten von Anschlussobjekten sowie Belastungsänderungen verursachen im Netz Spannungsschwankungen, die für die Bezüger störend sein können. Das auf Spannungsschwankungen empfindlichste Anschlussobjekt ist in der Regel die Glühlampe. Da der Energiekonsument von den Werken eine möglichst konstante und auf keinen Fall schwankende oder zuckende Beleuchtung verlangt, versucht der Energielieferant, die zulässigen Stromstösse im Lichtnetz oder Licht-Kraftnetz vorzuschreiben.

Die von den Anschlussobjekten hervorgerufene Grösse und Art der Spannungsschwankung hängt vom Ausbau des Netzes und von der Art der Belastungsänderung des Anschlussobjektes ab. Welche Spannungsschwankungen mit Rücksicht auf die Beleuchtung noch erträglich sind, hängt von dem Empfinden des Bezügers ab. Ueber die Grösse und Art der von den verschiedenen Anschlussobjekten hervorgerufenen Spannungsschwankungen sind schon vielfach eingehende Versuche durchgeführt und die Resultate veröffentlicht worden. Dagegen finden sich in der Literatur über die Zulässigkeit der Spannungsschwankungen bei der heute gebräuchlichen Beleuchtung mit Metalldrahtlampen nur spärliche Angaben. Da die Kenntnis dieser Zulässigkeit die Grundlage aller diesbezüglichen Vorschriften sein muss, stellten die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) eingehende Versuche darüber an.

2. Durchführung der Versuche.

Die Versuche wurden so durchgeführt, dass sie möglichst über alle Arten und Grössen der praktisch vorkommenden Spannungsschwankungen Aufschluss geben. Als Grösse der Spannungsschwankung

wird die Spannungsdifferenz in % der Normalspannung zwischen der höchsten und der niedersten, längere Zeit konstant bleibenden Spannung bezeichnet. Sie ist in erster Linie abhängig von der Dimensionierung des Netzes und ändert mit dem Aufstellungsort des Anschlussobjektes. Als Art der Spannungsschwankung wird die Art des Uebergangs von einem stationären Zustand zum andern stationären Zustand der Spannung bezeichnet. Sie hängt vor allem von der Art des Anschlussobjektes und dessen Betriebsweise ab. Der Anlauf und das Still-

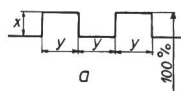
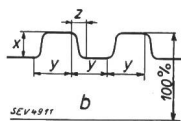


Fig. 1.

x Grösse der Spannungsschwankung in %.



y Dauer der Schwankung in Sekunden.

z Dauer des Ausgleichsvorganges.

setzen von Motoren erzeugen einen plötzlichen einmaligen Uebergang von einem zum andern Spannungszustand. Motoren mit stark wechselnder Belastung (z. B. Motoren von Gattersägen) verursachen einen allmählichen, sich stets wiederholenden Uebergang von einem zum andern Spannungszustand. Die Versuche wurden dementsprechend mit verschiedenen Schwankungsarten durchgeführt, indem die Dauer des allmählichen Uebergangs von 0 bis 2 Sekunden variiert wurde. Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Verlauf der bei den Versuchen verwendeten Spannungskurven. Die Kurve a ist ein Spezialfall der Kurve b , mit der Uebergangsdauer $z = 0$. Ferner wurde die Dauer der Schwankung, d. h. die Zeit vom Beginn der ersten bis zum Beginn der zweiten Spannungsänderung verändert. Da Vor-

versuche gezeigt haben, dass bei allen Spannungsschwankungen von über 30 Sekunden bis etwa 5 Minuten Dauer kein wesentlicher Unterschied in der Erträglichkeit auftritt, wurde die Dauer der Schwankung nur zwischen 1 und 30 Sekunden variiert. Die in längeren Zeitabschnitten nur einmal auftretenden Spannungsänderungen, die beim Zu- und Abschalten einzelner Motoren vorkommen können, wurden nicht näher untersucht, da vor allem kurzzeitig aufeinanderfolgende Schwankungen störend empfunden werden und in Netzen mit vielen Motoren stets mit einer kürzern Aufeinanderfolge der Schwankungen gerechnet werden muss.

Da ausserdem vermutet wurde, dass die Art der Beleuchtung von Einfluss sei, wurden Versuche mit Arbeitsplatz-Beleuchtung und mit Allgemein-Beleuchtung durchgeführt. Als Arbeitsplatzbeleuchtung wurde eine Tischlampe, in deren Licht die Versuchsperson zu lesen hatte, verwendet. Bei der Allgemein-Beleuchtung war die Versuchsperson nicht an die Betrachtung eines bestimmten Gegenstandes gebunden, sondern konnte ihren Blick auf beliebige Gegenstände richten. Da bekanntlich Beleuchtungsunterschiede an grell beleuchteten Körpern weniger gut bemerkt werden als an schwach beleuchteten Körpern, wurde ferner untersucht, ob ein Unterschied zwischen kleiner und grosser Lampenstärke bemerkbar ist. Ein Teil der Versuche wurde darum mit 40-Watt- und 150-Watt-Lampen vorgenommen.

Da bei diesen Versuchen die subjektiven, bei jeder Versuchsperson verschiedenen Empfindungen massgebend sind, wurden die Versuche an einer grössern Zahl Personen vorgenommen. Als Versuchsperson wurden Zeichner, Techniker, Kaufleute und weibliche Bureauangestellte herbeigezogen.

Jede dieser Versuchspersonen hatte jeweilen ohne Kenntnis der Grösse und Art der Spannungsschwankung anzugeben, wann sie die Spannungsschwankung bemerkte und wann diese sie zur Reklamation beim energieliefernden Werk veranlasst hätte. Die derart festgestellte Grenze der Bemerkbarkeit gibt die Grösse der Spannungsschwankungen, unter der man sicher keine Reklamationen zu

erwarten hat. Die Grenze der Reklamation gibt diejenigen Spannungsschwankungen an, bei welchen man im praktischen Betrieb mit dem sehr wahrscheinlichen Eingang von Reklamationen rechnen muss.

Alle Versuche wurden mit normalen, innenmatierten Metalldrahtlampen von 220 Volt Nennspannung vorgenommen.

3. Versuchsanordnung.

Um klar überblickbare Versuchsbedingungen zu erhalten, wurden die Spannungsschwankungen nicht mit in der Praxis vorkommenden Anschlussobjekten, sondern mit einem Ohmschen Spannungsteiler erzeugt, indem die der Untersuchung dienende Glühlampe gemäss Fig. 2 oder 3 angeschlossen wurde. Bei den Versuchen mit plötzlicher Aenderung wurde der Schalter a entsprechend der Dauer

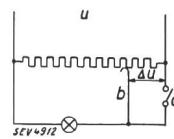


Fig. 2.

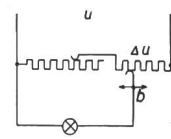


Fig. 3.

Versuchsanordnung für plötzliche (Fig. 2) und für allmähliche (Fig. 3) Spannungsschwankungen.

U Normalspannung.

ΔU Grösse der Spannungsschwankung.

der Schwankung eingeschaltet, bzw. ausgeschaltet. Mit dem Gleitschuh b wurde die Grösse der Schwankung solange verstellt, bis die Versuchsperson sich äusserte. Die Spannungsschwankungen mit allmählicher Aenderung wurden so erzeugt, dass der Gleitschuh b durch einen besonderen Antrieb entsprechend der Dauer z des Ausgleichsvorganges und der Grösse x der Schwankung hin und her bewegt wurde. Ferner wurde der Antrieb so ausgebildet, dass der Verlauf des Ausgleichsvorganges möglichst den in der Praxis vorkommenden Spannungsschwankungen entsprach; er war angenähert sinusförmig.

4. Versuchs-Resultate.

Die gefundenen Messwerte sind in den folgenden Tabellen I bis IV zusammengestellt. Tabelle I zeigt

Bemerkbare Spannungsschwankungen in % der Normalspannung bei plötzlicher Aenderung der Spannung.

Tabelle I.

Lampen-Leistung		40 Watt								150 Watt					
Beleuchtungsart		Platzbeleuchtung				Allgemein-Beleuchtung				Platzbeleuchtung			Allgemein-Beleuchtung		
Dauer der Schwankung in Sekunden		30	4	2	1	30	4	2		30	4	1	30	4	1
Versuchsperson	a	1,4	1,5	—	1,4	0,5	1	1,4		1,4	1	1	1	0,8	0,8
	b	1	1	0,8	0,9	—	—	—		—	—	—	—	—	—
	c	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,9	1,9		0,9	1,4	1,3	1,1	0,8	0,8
	d	1	1	1,3	1	1,3	1,3	1,4		—	—	—	—	—	—
	e	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5		0,9	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5
	f	0,9	1	0,9	0,7	—	—	—		—	—	—	—	—	—
	g	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1,4	1		—	—	—	—	—	—
	h	1	1	0,9	0,8	—	—	—		—	—	—	—	—	—
	i	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		1,1	1,4	0,8	0,7	0,9	0,8
	k	1,9	1	0,9	0,8	0,5	0,6	0,6		1,6	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Mittelwert		1,24	1,12	0,97	1,03	0,94	1,16	1,17		1,18	1,16	0,88	0,84	0,74	0,72

die niedersten noch bemerkbaren plötzlichen Spannungsschwankungen bei verschiedener Lampenstärke, verschiedenen Beleuchtungsarten und verschieden langer Dauer. Tabelle II enthält die Werte der niedersten noch bemerkbaren allmählichen

Bemerkbare Spannungsschwankungen in % der Normalspannung bei allmählicher Aenderung der Spannung.

Tabelle II.

Beleuchtungsart		Platzbeleuchtung			Allgemein-Beleuchtung		
Dauer des Ausgleichvorganges in Sek.		0,5	1	2	0,5	1	2
Versuchsperson	a	2	4	4,5	2,5	4	4
	b	2,5	4	3,5	2,3	4	4
	c	2,5	3,5	4	1,5	3,5	4
	e	1,5	3	3,5	1,5	—	—
	g	2	3	4	2,8	4	6
	i	2	3,2	3,5	1,5	3,7	4
	l	2	3	4	2,5	4	6
	m	1,5	3	3,5	1,0	3,8	4
Mittelwert		2,0	3,3	3,8	2,0	3,9	4,6

Spannungsschwankungen bei verschieden langer Dauer des Ausgleichvorganges, aufgenommen mit einer 40-Watt-Lampe. Da die Bemerkbarkeit praktisch von der Dauer der Schwankung unabhängig ist, wurden die Versuche nur mit einer einzigen Schwankungsdauer von ca. 15 Sekunden durchge-

führt. Tabelle III enthält die Werte von plötzlichen Spannungsänderungen, die die Versuchspersonen zur Reklamation veranlassten bei verschiedenen Lampenstärken, verschiedener Beleuchtungsart und verschieden langer Dauer. Tabelle IV zeigt die Werte der allmählichen Spannungsschwankungen, die die Versuchspersonen zur Reklamation veranlassten, bei verschieden langer Dauer des Ausgleichvorganges, aufgenommen mit einer 40-Watt-Lampe.

Nach diesen Tabellen bemerkt also beispielsweise die Versuchsperson c eine plötzliche Spannungsschwankung von 30 Sekunden Dauer bei einer als Allgemeinbeleuchtung verwendeten 40-Watt-Lampe, sobald die Spannung um mindestens 1,4 % ändert. Die gleiche Versuchsperson reklamiert bei einer allmählichen Spannungsschwankung mit der Dauer des Ausgleichvorganges von 1 Sekunde und mit der Dauer der Schwankung von 30 Sekunden, sobald die Spannung um 5 % oder mehr ändert.

Bei Betrachtung der in diesen Tabellen enthaltenen Zahlen fallen vor allem die grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen bei sonst gleichen Versuchsbedingungen auf. Diese haben ihren Grund darin, dass:

- a) bei den Versuchen mit der Arbeitsplatz-Beleuchtung die Spannungsschwankungen um so später, d. h. erst bei grösseren Werten bemerkt werden,

Spannungsschwankungen, die zu Reklamationen Anlass geben, in % der Normalspannung bei plötzlicher Aenderung der Spannung.

Tabelle III.

Lampen-Leistung		40 Watt							150 Watt					
Beleuchtungsart		Platzbeleuchtung				Allgemein-Beleuchtung			Platzbeleuchtung			Allgemein-Beleuchtung		
Dauer der Schwankung in Sekunden		30	4	2	1	30	4	2	30	4	1	30	4	1
Versuchsperson	a	—	—	—	—	4,2	4,2	3,8	3,2	2,3	2,3	3,3	2,1	1,9
	b	1,9	1,4	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	c	4,5	3,3	2,7	2,8	4,2	3,3	2,8	3,3	2,8	2,4	3,3	1,9	1,7
	d	1,9	1,4	1,4	1,3	2,8	1,5	1,9	—	—	—	—	—	—
	e	3,8	2,4	1,4	1,4	3,3	1,9	1,9	2,8	1,9	2,7	1,9	2,0	1,0
	f	—	3,7	3,2	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	g	5,7	4,7	4,7	4,2	5,2	2,8	2,4	—	—	—	—	—	—
	h	3,7	2,3	1,7	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	i	3,3	2,8	3,3	2,4	4,2	3,3	2,4	4,2	4,2	2,6	2,8	2,8	2,3
	k	3,7	1,9	1,4	0,8	2,8	1,4	1,0	4,3	2,7	1,6	3,2	1,4	1,4
Mittelwert		3,56	2,65	2,35	1,97	3,8	2,62	2,32	3,56	2,78	2,32	2,90	2,04	1,66

Spannungsschwankungen, die zu Reklamationen Anlass geben, in % der Normalspannung bei allmählicher Aenderung der Spannung.

Tabelle IV.

Beleuchtungsart		Platzbeleuchtung						Allgemein-Beleuchtung					
Dauer des Ausgleichvorganges in Sekunden		0,5		1		2		0,5		1		2	
Dauer der Schwankung in Sek.		30	4	30	2	30	4	30	4	30	2	30	4
Versuchsperson	a	5,3	4,7	7	6,5	8	6,5	4,5	4	7,5	6	9	6,5
	b	3,8	3	4	4,5	4	3,5	3,5	2	5	5	5	5,5
	c	4,2	3,5	5,5	4	6	7	3,8	3,5	5	4	5	4,5
	e	4,5	3	5	4	5,5	4	2,5	2	5	4	6	—
	g	5,2	4,8	8,5	6	9	7	5,3	4,3	—	7,5	9	10
	i	4,5	3,5	7,3	4,8	5,5	6,5	3	3,5	8	5	5	4,5
	l	3,5	3	4,5	4,5	5,5	5,5	3,5	2	—	4,5	7	5,5
	m	4,5	3	6,6	4,3	5,5	5,5	3	3	8,5	5	6	4,5
Mittelwert		4,4	3,5	6,0	4,8	6,1	5,7	3,6	3,0	6,5	4,3	6,5	4,6

- bzw. zu Reklamationen veranlassen, je interessanter der Lesestoff für die Versuchsperson ist; b) bei den Versuchen mit der Allgemeinbeleuchtung die Bemerkbarkeit und die Reklamation von der Farbe des gerade betrachteten Gegenstandes und davon abhängig ist, ob die Blickrichtung fixiert oder verändert wird;

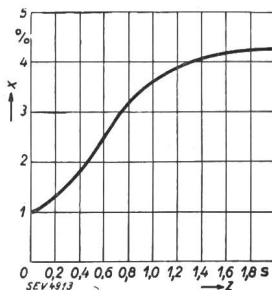


Fig. 4.
Grenze der Bemerkbarkeit von Spannungsschwankungen.
Grösse der Schwankungen (x) in % der Normalspannungen in Funktion der Dauer des Ausgleichsvorganges (z).

- c) das Eintreten der Reklamation vom Temperament und der Geduld der Versuchsperson abhängig ist.

Trotz diesen «störenden» Einflüssen können aus den Versuchen doch allgemein gültige Schlüsse gezogen werden. Zu diesem Zweck sind die Mittelwerte der Versuchsergebnisse in den Fig. 4 bis 6 von verschiedenen Gesichtspunkten aus graphisch dargestellt. Aus den Tabellen und diesen Figuren lässt sich folgendes erkennen:

1. Nach Tabelle I ist ein wesentlicher Unterschied bezüglich der Bemerkbarkeit bei verschiedenen Lampenstärken nicht feststellbar. Die Be-

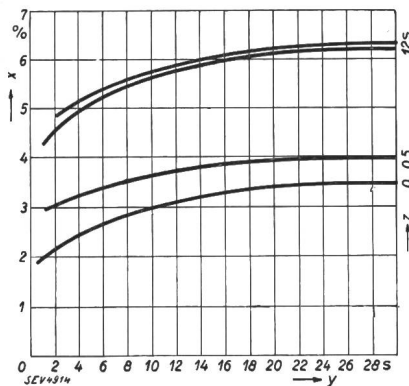


Fig. 5.
Zu Reklamationen Anlass gebende Spannungsschwankungen.
Grösse der Schwankungen (x) in % der Normalspannungen und Ausgleichsdauer (y) in Funktion der Dauer der Schwankungen (z).

merkbarkeit ist also bei den hier in Betracht fallenden Schwankungen von der Helligkeit unabhängig.

2. Auch die Reklamation erfolgt nach Tabelle III bei 40-Watt- und 150-Watt-Lampen angenähert bei gleich grossen Spannungsschwankungen; sie erfolgt also ebenfalls unabhängig von der normalen Helligkeit.

3. Ein wesentlicher Unterschied in der Bemerkbarkeit der Spannungsschwankungen zwischen Arbeitsplatzbeleuchtung und Allgemeinbeleuchtung tritt nach den Tabellen I und II nicht auf.

4. Auch das Eintreten der Reklamation ist nach Tabelle IV von der Art der Beleuchtung unabhängig.

5. Nach Fig. 4 sind die Spannungsschwankungen, die gerade noch bemerkt werden, abhängig von der

Dauer des Ausgleichsvorganges. Der Verlauf der Kurve zeigt, dass bei Vergrösserung des Ausgleichsvorganges von 0 auf 0,5 Sekunden Dauer die Grenze der Bemerkbarkeit von 1 % auf 2 % steigt, dass aber andererseits bei Ausgleichvorgängen von über 1 Sekunde Dauer die Grenze der Bemerkbarkeit konstant bleibt.

6. Die Veranlassung zur Reklamation ändert nach Fig. 5 und 6 mit der Dauer der Spannungsschwankung und mit der Dauer des Ausgleichsvorganges. Wird die Dauer der Schwankung grösser als 20 Sekunden, so tritt aber keine wesentliche Aenderung mehr auf. Andererseits sind die Schwankungen um so eher störend, je rascher sie aufeinanderfolgen. Die zur Reklamation Anlass gebende Grösse der Spannungsschwankung steigt im Anfang sehr stark mit der Dauer des Ausgleichsvorganges. Durch eine Vergrösserung dieser Dauer über 1 Sekunde wird

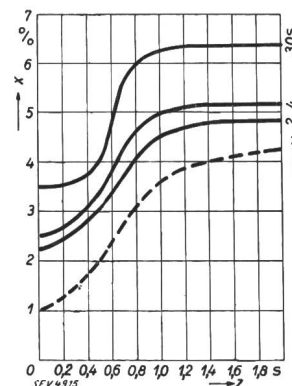


Fig. 6.
Zu Reklamationen Anlass gebende Spannungsschwankungen.
Grösse der Spannungsschwankungen (x) in % der Normalspannungen und Dauer der Schwankungen (y) in Funktion der Dauer des Ausgleichsvorganges (z).
— — — Grenze der Bemerkbarkeit.

aber die Grösse der zu Reklamationen Anlass gebenden Spannungsschwankung nicht mehr wesentlich erhöht.

5. Schlussfolgerungen.

Als zulässige Spannungsschwankungen können diejenigen Schwankungen bezeichnet werden, die unterhalb der Werte liegen, die zur Reklamation Anlass geben. Andererseits sind die zulässigen Spannungsschwankungen sicher grösser als die Werte der Bemerkbarkeit. Ein für alle Anschlussobjekte allgemein gültiger Wert kann nicht angegeben werden, weil die zulässige Schwankung von der Charakteristik und der Betriebsweise des Anschlussobjektes abhängt. Die zulässige Schwankung liegt je nach ihrer Art zwischen 1 % und 6 % der Nennspannung; sie steigt praktisch nie über 6 %, weil bei dieser Grösse der Schwankung die Reklamation nicht wegen der Schwankung als solcher, sondern wegen der unzulässig niedrigen Lichtstärke eintritt. Daraus folgt weiter, dass in Lichtnetzen auch keine grösseren Spannungsabfälle als 6 % zugelassen werden dürfen.

Sollen Objekte an das Lichtnetz angeschlossen werden, die unzulässig hohe Spannungsschwankungen hervorrufen würden, so kann unter Umständen der Anschluss ermöglicht werden, wenn dafür gesorgt wird, dass die Ausgleichdauer der Schwankungen vergrössert wird. Das kann beispielsweise bei Motoren durch Anbringen von Schwungmassen erreicht werden.