Spannungs-einbrüche

verstehen und beherrschen

Ein Whitepaper von Optec und Janitza



Quelle:
Janitza electronics GmbH
VOLTAGE SAGS AN EXPLANATION CAUSES, EFFECTS AND CORRECTION
Ian K.P. Ross, MIEE

POWER QUALITY, OVER SPANNING STROOM EN HUN INTERACTIE
Dr.ir. J.F.G. Cobben & Ir. J.N. Luttjehuizen

Originalautor:
Arjan Pit von forTop Automation & Energycontrol B.V.

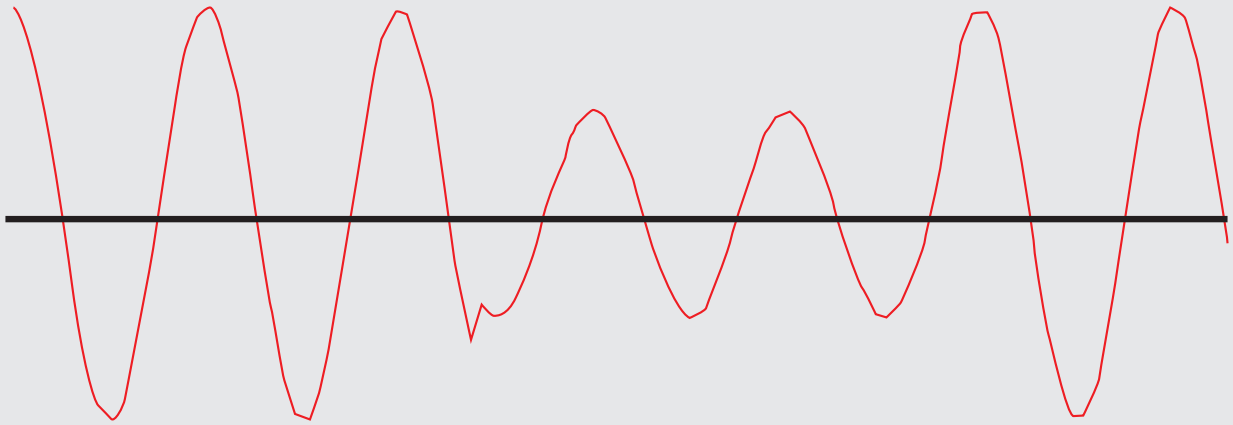
Überarbeitet & kommentiert für die Schweiz durch die Optec AG

optec

Risiken erkennen. Ausfälle vermeiden. Versorgungssicherheit erhöhen.

Spannungseinbrüche gehören zu den häufigsten Störungen in elektrischen Netzen. Sie treten d**eutlich häufiger auf als vollständige Unterbrechungen** und bleiben im Betrieb oft unbemerkt. Die Auswirkungen sind jedoch erheblich. **Produktionsstillstände, Qualitätsprobleme oder der Ausfall sensibler Systeme** sind typische Folgen.

Dieses Whitepaper zeigt, was Spannungseinbrüche sind, wie sie entstehen und welche Massnahmen in der Praxis sinnvoll sind.



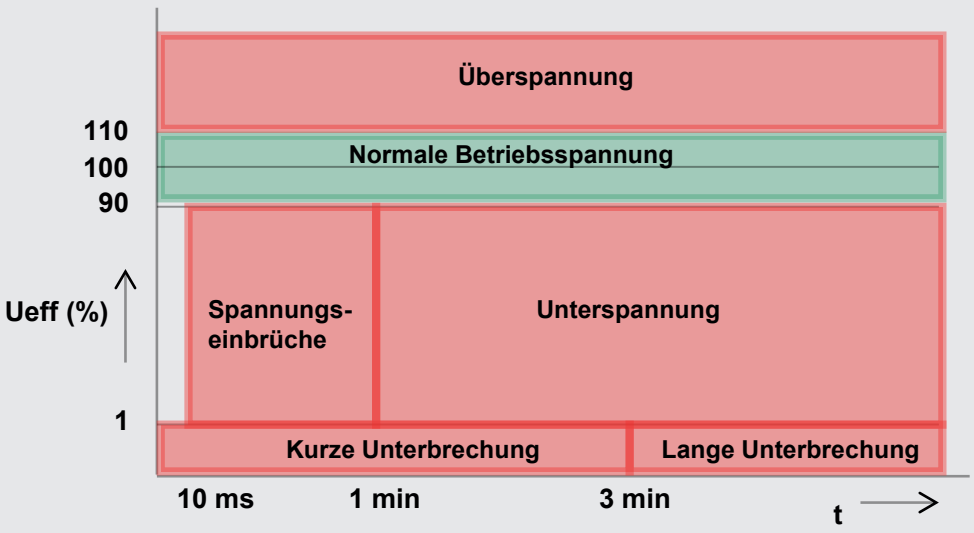
Beispiel für einen Spannungseinbruch

WAS IST EIN SPANNUNGSEINBRUCH?

Ein Spannungseinbruch ist ein plötzliches Absinken der Netzspannung auf einen Bereich zwischen **90 % und 1 % des Nennwerts,** gefolgt von einer schnellen Erholung. Die Dauer liegt zwischen **10 ms und einer Minute**.

Liegt die Spannung über 90 %, spricht man von Normalbetrieb. Sinkt sie unter 1 %, handelt es sich um eine Unterbrechung.

Wichtig ist die klare Abgrenzung: **Ein Spannungseinbruch ist keine Unterbrechung**. Während eine Unterbrechung beispielsweise durch das Auslösen einer Sicherung entsteht, breitet sich ein Spannungseinbruch im Netz aus und beeinflusst oft mehrere Anlagenteile gleichzeitig.



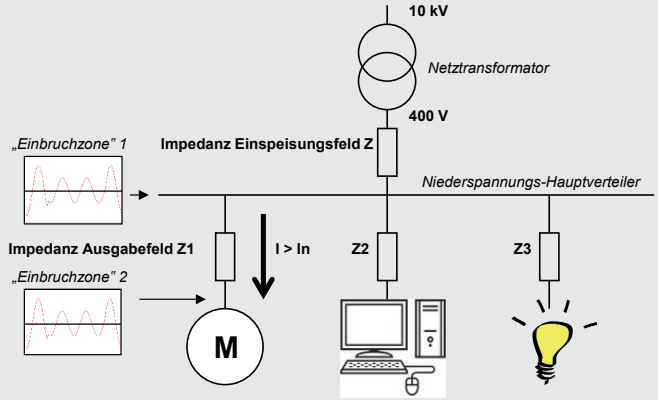
Unterschied zwischen Einbruch, Unterspannung und Unterbrechung

WIE ENTSTEHEN SPANNUNGSEINBRÜCHE?

Einschaltströme

Beim Start von Motoren oder beim Zuschalten von Verbrauchern treten kurzfristig hohe Ströme auf. Diese führen je nach vorhandener Netzimpedanz zu Spannungsabfällen.

Typisch sind **kurzzeitige Einbrüche beim Anfahren** von Motoren sowie verstärkte Effekte in weiter entfernten Netzbereichen. Die Ursache liegt im Verhalten der angeschlossenen Lasten. **Eine saubere Anlagenplanung kann solche Effekte reduzieren**.

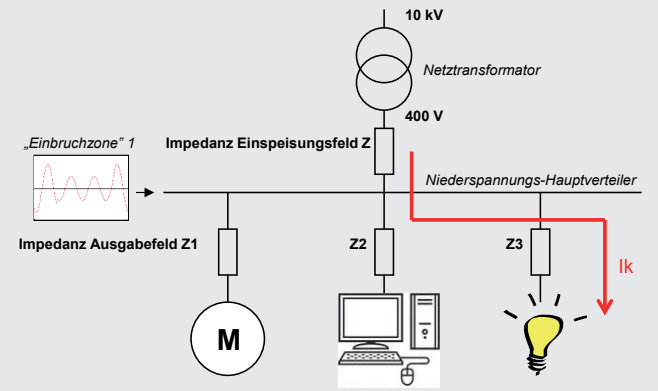


Das „Anlaufen von Motoren kann zu einem Spannungseinbruch führen

Kurzschlüsse im Niederspannungsnetz

Kurzschlüsse erzeugen hohe Fehlerströme, deren Höhe stark von Netzimpedanzen und Kabellängen abhängt. Diese Ströme führen zu Spannungsabfällen entlang der Versorgungsstruktur.

Entscheidend ist die Abschaltzeit der Schutzorgane. Wird ein Fehler beispielsweise erst nach 100 ms abgeschaltet, wirkt sich der Spannungseinbruch während dieser Zeit auf die gesamte Anlage aus.



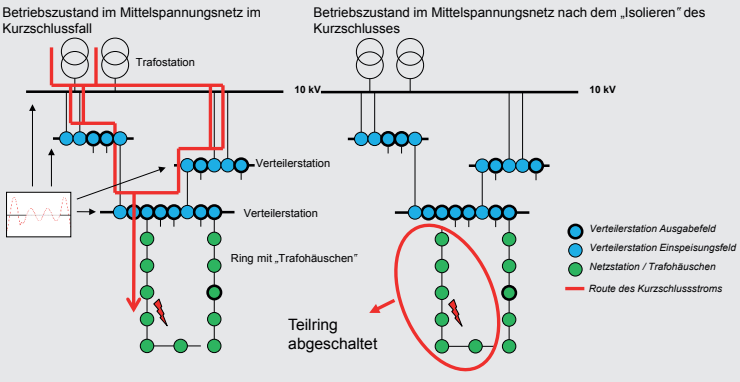
Typisches Beispiel für einen Betriebszustand, bei dem ein Spannungseinbruch durch einen Kurzschluss im Niederspannungsnetz entsteht

Kurzschlüsse im Mittelspannungsnetz

Der grösste Anteil aller Spannungseinbrüche entsteht im Mittelspannungsnetz. Ursachen sind unter anderem Bauarbeiten, Kabeldefekte oder Witterungseinflüsse.

Mittelspannungsnetze sind häufig ringförmig aufgebaut. Kommt es zu einem Fehler, fliesst ein Kurzschlussstrom, bis Schutzorgane den betroffenen Abschnitt abschalten. Während dieser Zeit sinkt die Spannung im gesamten Netzbereich.

Rund 75 % aller Spannungseinbrüche entstehen auf dieser Netzebene und sind für Betreiber in der Regel nicht vermeidbar.



Die meisten Spannungseinbrüche werden durch Kurzschlüsse im Mittelspannungsnetz verursacht

Ereignisse im Hochspannungsnetz

Auch im Hochspannungsnetz können Störungen auftreten, etwa durch Gewitter oder Schalthandlungen. Diese wirken sich ebenfalls bis in die nachgelagerten Netzebenen aus.

AUSWIRKUNGEN IM BETRIEB

Spannungseinbrüche betreffen insbesondere empfindliche Systeme wie IT-Infrastrukturen, SPS-Steuerungen, Frequenzumrichter oder Relais.

Kritisch wird es vor allem bei **kontinuierlichen Prozessen, automatisierten Anlagen oder unüberwachten Produktionsbereichen**. Bereits kurze Einbrüche können dazu führen, dass **Anlagen stoppen oder Prozesssteuerungen unbrauchbar werden**.

WIRTSCHAFTLICHE FOLGEN

Die Kosten entstehen selten durch den Einbruch selbst, sondern durch dessen Auswirkungen.

Dazu gehören Produktionsausfälle, Materialverluste, Lieferverzögerungen, Schäden an Anlagen sowie zusätzlicher Personal- und Wartungsaufwand.

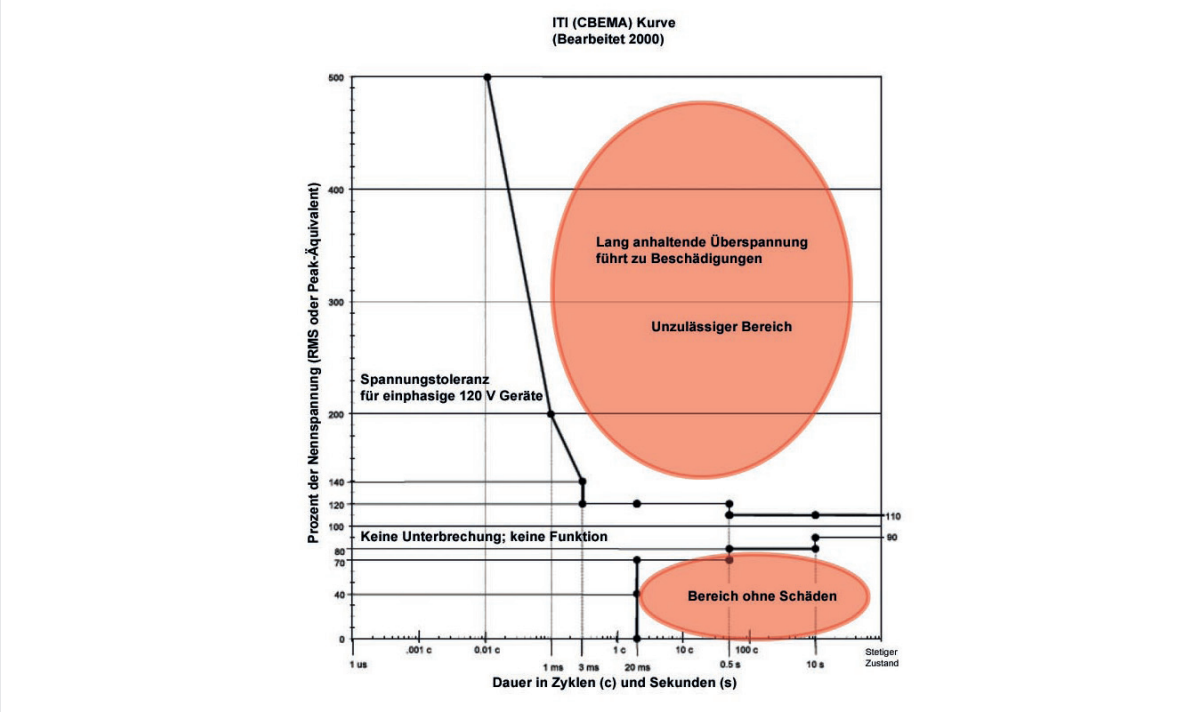
Die Höhe der Kosten für einen Spannungseinbruch ist stark branchenabhängig. In der Feinchemie können sie bei rund 190.000 Euro liegen, in der Mikroelektronik bei etwa 100.000 Euro, in der Metallverarbeitung bei rund 35.000 Euro und in der Lebensmittelindustrie bei etwa 18.000 Euro.

Besonders problematisch sind Ereignisse, die in automatisierten oder unbemerkten Prozessen auftreten und erst spät erkannt werden.

WARUM MODERNE ANLAGEN BESONDERS BETROFFEN SIND

Mit zunehmender Digitalisierung steigt die Empfindlichkeit von Systemen. Mikroprozessorbasierte Anwendungen reagieren schnell auf Spannungsabweichungen, während gleichzeitig die Toleranzen kleiner werden.

Die **ITI- beziehungsweise CBEMA-Kurve** zeigt, in welchen Bereichen Geräte ausfallen oder beschädigt werden und dient als Referenz zur Bewertung solcher Ereignisse.



Die ITI-Kurve (CBEMA) legt fest, wann ein Spannungseinbruch zum Ausfall von IT-Geräten führt

WAS KANN MAN DAGEGEN TUN?

Ursachen reduzieren
Einschaltströme lassen sich durch eine optimierte Anlagenplanung reduzieren. Kurzschlüsse im Niederspannungsnetz treten vergleichsweise selten auf. Die meisten Einbrüche entstehen im Mittelspannungsnetz und liegen ausserhalb des direkten Einflussbereichs.

Technische Massnahmen
Unterbrechungsfreie Stromversorgungen sind eine zentrale Massnahme. Statische USV-Systeme überbrücken Einbrüche mit gespeicherter Energie. Dynamische USV-Systeme kommen häufig in kritischen Infrastrukturen wie Data Centern zum Einsatz.

Zusätzlich können Steuer- und Regelungssysteme über stabilisierte Stromversorgungen abgesichert werden. Auch ein Ausbau der elektrischen Infrastruktur kann helfen, ist jedoch meist kostenintensiv.

REALITÄT

Ein grosser Teil der Spannungseinbrüche entsteht ausserhalb der eigenen Anlage und kann nicht verhindert werden.

DER WICHTIGSTE SCHRITT:

WER NICHT MISST, ERKENNT KEINE URSACHE



Zum Signalisieren vo Spannungseinbrüchen ist der kompakte Netzanalysator UMG 604 prädestiniert

Transparenz schaffen
Die gezielte Erfassung von Spannungseinbrüchen ermöglicht es, **Zusammenhänge zu verstehen, Massnahmen gezielt umzusetzen und unnötige Investitionen zu vermeiden**.

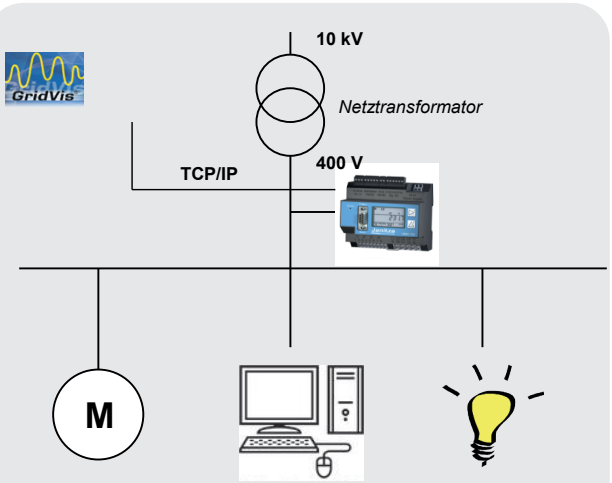
Spannungseinbrüche messen und analysieren
Moderne Netzanalysatoren erfassen Spannungseinbrüche mit hoher Genauigkeit. Sie arbeiten mit hohen Abtastraten und erkennen auch sehr kurze Ereignisse zuverlässig.

Zusätzlich ermöglichen sie eine automatische Alarmierung, beispielsweise per E-Mail oder SMS. Wird ein Messgerät im Einspeisepunkt installiert, entsteht **eine zentrale Sicht auf alle relevanten Ereignisse im Netz**.

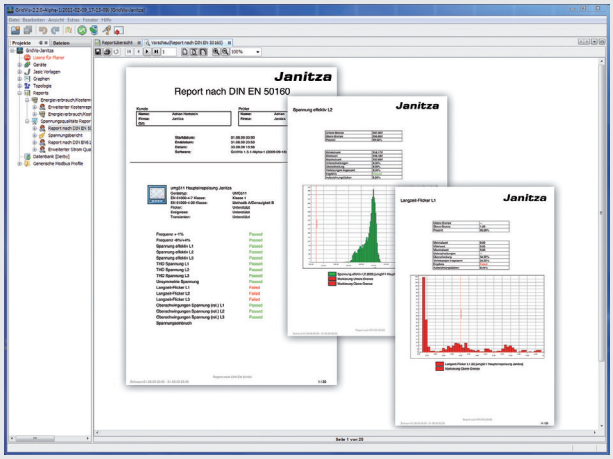
Analyse und Reporting

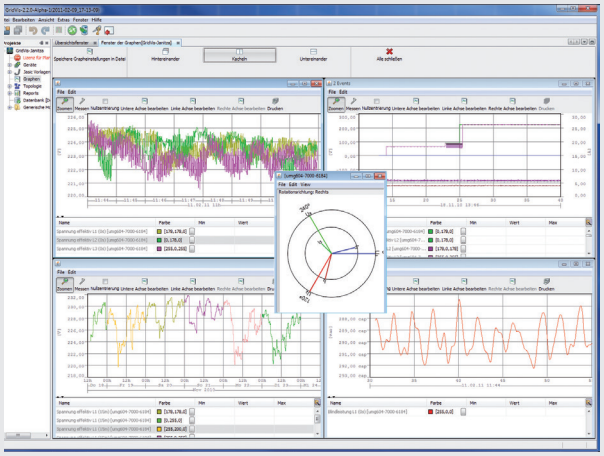
Mit Softwarelösungen lassen sich Echtzeitdaten überwachen, historische Verläufe analysieren und Ereignisse detailliert auswerten.

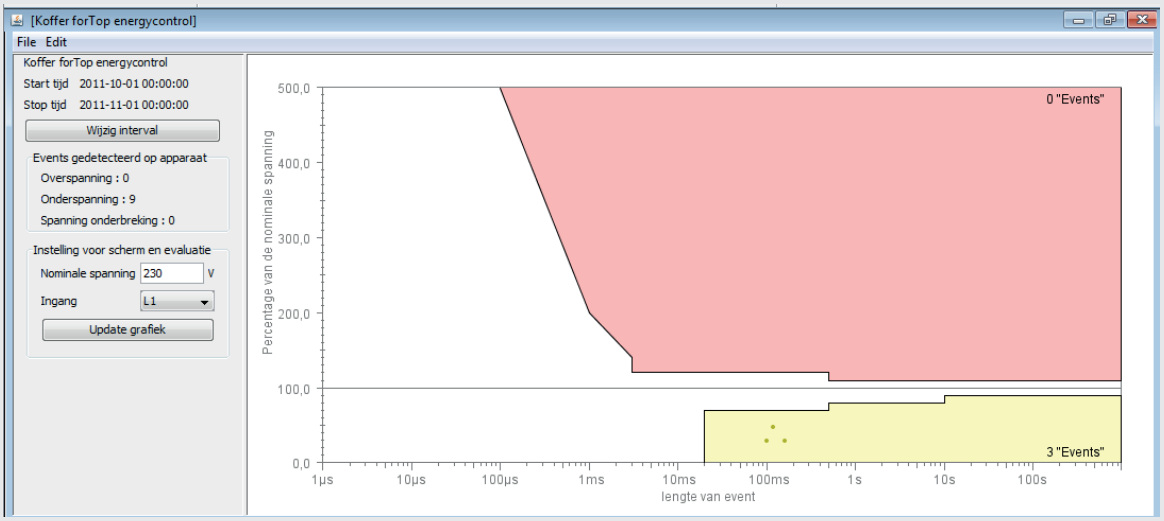
Auch normgerechte Berichte, etwa nach EN 50160, können erstellt werden. **Wiederkehrende Spannungseinbrüche werden sichtbar und können systematisch bewertet werden**.



Durch einen Netzanalysator im Einspeisungsfeld werden Spannungsabweichungen erkannt







Mit der GridVis lassen sich selbst umfassende Analysen durchführen.

FAZIT

Spannungseinbrüche treten häufig auf und werden oft unterschätzt. Gleichzeitig können sie erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen.

Nicht alle Ursachen lassen sich vermeiden. Umso wichtiger ist es, **Transparenz zu schaffen, Ereignisse zu analysieren und gezielt zu reagieren**.

Moderne Messtechnik bildet die Grundlage, um Risiken zu reduzieren, Prozesse stabil zu betreiben und die Versorgungssicherheit nachhaltig zu erhöhen.

Hinweis zur Herkunft dieses Whitepapers

Dieses Whitepaper basiert auf Inhalten der Janitza electronics GmbH sowie des Autors Arjan Pit von forTop Automation & Energycontrol B.V. Fachliche und technische Inhalte wurden nicht verändert.

Die vorliegende Fassung wurde von Optec für den Schweizer Markt erweitert, fachlich kommentiert und in den Kontext unserer Lösungen eingebettet.

Über Optec

Seit über 25 Jahren unterstützt die Optec AG Schweizer Unternehmen bei:

- Spannungsqualitätsmessungen & Netzanalysen
- Energiemanagement-Systemen
- Lastmanagement für Elektromobilität und Industrie
- zertifizierte Messinfrastrukturen (Janitza, Bender, Meanwave, u. a.)

Unsere Experten beraten, messen, analysieren und entwickeln nachhaltige Lösungen für sichere und effiziente elektrische Infrastrukturen.

Energie ist messbar.
Kunden-
zufriedenheit
auch.

Kontaktieren Sie uns

Optec AG

Guyer-Zeller-Strasse 14
CH-8620 Wetzikon ZH

+41 44 933 07 70
info@optec.ch
www.optec.ch

0520_Whitepaper Transiente Schaltvorgänge / 2026

© Optec AG - Änderungen vorbehalten! Wir übernehmen keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität der in dieser Broschüre wiedergegebenen Informationen.

optec
energie ist messbar