

# **Versorgungsqualität von Stromnetzen - was kann das GIS zur Sicherung der Versorgungsqualität beitragen?**

Günther GLEIXNER

## **Zusammenfassung**

Elektrizität unterliegt wie jedes andere Produkt bestimmten Qualitätsvorschriften - und diese werden im Wettbewerb neben dem Preis immer wichtiger. Daher gilt: Ist die Versorgungsqualität nicht ausreichend, müssen Maßnahmen zur Verbesserung der Versorgungsqualität eingeleitet werden!

Versorgungsqualität (Power Quality) - darunter verstehen wir sowohl Spannungsqualität als auch Verfügbarkeit - ist durch Messen, Registrieren und Analysieren der wichtigen Kenngrößen ständig zu überwachen und, wenn die Qualität den Anforderungen nicht entspricht, ist Abhilfe zu schaffen.

Der Beitrag verdeutlicht, wie mit GIS die Analyse der Qualitäts-Kenngrößen durchgeführt und die Ergebnisse dargestellt werden können. Dies dient sowohl der Dokumentation des Qualitätsprozesses als auch dem Aufzeigen von Qualitätsdefiziten. Durch die Verknüpfung dieser Ergebnisse mit Informationen über die Anlagenwichtigkeit (in Abhängigkeit der versorgten Kunden, Menge der übertragenen Energie, Versorgung von Kunden mit garantierter Versorgungsqualität etc.) werden daraus Maßnahmen zur Erhöhung der Versorgungsqualität abgeleitet.

## **1 Einleitung**

Die Versorgung mit elektrischer Energie war vor der Deregulierung als öffentliche Dienstleistung der EVU definiert und wurde durch die Aufsichtsbehörde reguliert und überwacht, war immer ausreichend und in Mitteleuropa entsprach die Qualität einem allgemein hohen Standard. Nach der Deregulierung wird die elektrische Energie als Produkt betrachtet, das freizügig angeboten, gehandelt, verkauft, übertragen und verteilt werden kann. Es sind viele Marktteilnehmer an diesem Prozess beteiligt.

Der Wandel von einer monopolistischen zu einer wettbewerbsorientierten Marktstruktur zwingt die Unternehmen, vorhandene Kostensenkungspotenziale auszuschöpfen und Maßnahmen zur Effizienzsteigerung umzusetzen. Dabei ist auch eine Reduktion von Investitionen in den technischen Bereichen der Unternehmen festzustellen. Das Netz stellt den letzten monopolartigen Bereich dar, der als einziger einer Kontrolle durch eine Aufsichtsbehörde bzw. eines von ihr beauftragten Regulators unterliegt.

## **2 Versorgungsqualität im deregulierten Markt**

Die Liberalisierung hat zu keiner fixen Definition von Mindestkennwerten für die Versorgungsqualität geführt. In den entsprechenden österreichischen, aber auch

internationalen Gesetzen wird eine zuverlässige Versorgung gefordert, ohne dass hierfür Kennwerte angegeben werden. Aufgrund der unterschiedlichen Netzformen und Versorgungsaufgaben wäre dies auch nicht möglich, es müsste eine Unterscheidung von ländlichen und städtischen Netzen und eine Berücksichtigung der Siedlungsdichte erfolgen. Die Qualität der Stromversorgung gewinnt zunehmend wirtschaftliche Bedeutung, wobei bereits kleine Schwankungen der Versorgungsqualität wie kurzzeitige Spannungseinbrüche, sowie Flicker und Oberschwingungen, verursacht durch Nichtlinearitäten, große Schäden nach sich ziehen können. So ist die Sicherheit der Stromqualität für Computersysteme, Rechenzentren oder komplexen industriellen Steuerungsprozessen von größter Wichtigkeit. Eine jüngste Studie des Electric Power Research Institute (EPRI) besagt, dass Versorgungsunterbrechungen und Ausfälle aufgrund mangelnder Versorgungsqualität, der amerikanischen Wirtschaft bereits mehr als 119 Milliarden USD jährlich kosten.

Sowohl die weite Verbreitung von Computern in den Bereichen Produktion, Verwaltung, Handel und Kleingewerbe, als auch die mangelhafte Störfestigkeit dieser Einrichtungen - selbst bei nur kurzen Unterbrechungen - hat die Qualitätsanforderungen an die Versorgung drastisch erhöht.

Derzeit kommen als weitere extrem empfindliche Verbraucher die Telekommunikationszentren hinzu.

In einer Studie schätzt EPRI (Electric Power Research Institute; EPRI-Journal 4/2000) die Verluste pro Ausfall wie folgt:

- Papierfabrik 30.000 \$
- Kompressorhersteller 100.000 \$
- Automobilindustrie und Chemische Industrie 50-500.000 \$
- Halbleiterhersteller 250.000 - 1 Mio. \$

Aus der Sicht der Verteilungsnetzbetreiber ist es daher sicherlich zweckmäßig, den heutigen Standard im Bereich der Versorgungsqualität auch zukünftig auf dem gleichen Niveau aufrecht zu erhalten, da die Kosten der nicht gelieferten Energie aus Kundensicht erheblich über den bezahlten Energiepreisen liegen und daher hohe Qualitätsstandards von großen Interesse sind.

### **3 Kenngrößen für Qualitätsanforderungen**

Der Begriff Versorgungsqualität umfasst alle Merkmale, deren Erfüllung, innerhalb von vorgegebenen Toleranzbändern, eine störungsfreie Versorgung ermöglicht.

International werden die Versorgungsqualitätsmerkmale in Merkmale der Spannungsqualität und der Versorgungszuverlässigkeit unterteilt. Die Europeanorm EN 50160 beschreibt die Qualität der Versorgungsspannung und gilt für Mittelspannungs- und Niederspannungsnetze. Durch die unterschiedlichen Netzstrukturen, die z.B. vom sicher versorgten großstädtischen Netz mit hoher Verbraucherdichte bis zur strahlenförmig über Ausläufernetze versorgten Streusiedlung reichen, kann kein einheitlicher Qualitätsstandard eingehalten werden. Die EN 50160 definiert daher die Bereiche mit oberen Grenzen, in denen die Qualitätsmerkmale mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (z.B. 95 %) liegen können und beschreibt (Tabelle 1) die wesentlichen Merkmale der Versorgungsqualität,

wie sie in öffentlichen Netzen zu erwarten sind. Sie dient hauptsächlich zur Beurteilung von Kundenbeschwerden.

Die an der Steckdose des Kunden vorhandene Versorgungsqualität wird im wesentlichen durch das Niederspannungsnetz und das vorgelagerte Mittelspannungsnetz bestimmt. Aus der Sicht der Kunden sind insbesondere die Spannungseinbrüche (Voltage Dips) und die kurz- und längerfristigen Unterbrechungen von Bedeutung.

- Voltage Dips entstehen in der Regel durch Kurzschlussvorgänge, die durch Schutzabschaltungen oder automatische Wiedereinschaltungen geklärt werden und dauern 100 bis 800 ms.
- Kurze Unterbrechungen bis zu 3 Minuten werden in der Regel durch das Elektrizitätsversorgungssystem verursacht und durch automatisches oder manuelles Schalten beendet.
- Unterbrechungen länger als 3 Minuten werden häufig durch Vor-Ort-Schaltungen in den Stationen beseitigt oder benötigen im ländlichen Verteilungsnetz teilweise Instandsetzungsarbeiten.

**Tab. 1:** Auszug aus Parametern der Versorgungsqualitätsdefinition nach EN 50160

Merkmale der Versorgungsspannung	Werte bzw. Wertebereiche		Meß- und Auswertparameter			
	Niederspannung	Mittelspannung	Basisgröße	Integrations- interval	Beobacht.- periode	Grenze
Frequenz im Verbundbetrieb	49,5 bis 50,5 Hz 47 bis 52 Hz		Mittelwert	10 s	1 Woche	95 % 100 %
langsame Spannungsänderungen	230 V $\pm$ 10 % $U_c \pm 10$ %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
schnelle Spannungsänderungen	5 % max. 10 %	4 % 6 %	Effektivwert	10 ms	1 Tag	100 %
Flicker (Langzeitflicker)	$P_N = 1$		Flicker- algorithmus	2 h	1 Woche	95 %
Spannungseinbrüche < 1 min	unter 85 % $U_c$ 10 bis 1000 pro Jahr		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
kurze Versorgungsunter- brechungen < 3 min	unter 1 % $U_c$ einige 10 bis mehrere 100 pro Jahr		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
zufällige Versorgungsunter- brechungen > 3 min	unter 1 % $U_c$ einige 10 bis 50 pro Jahr		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
zeitweilige netzfrequente Überspannungen (Leiter- Erde)	meist < 1,5 kV	1,7 bis 2,0 $U_c$ (Stempunktart)	Effektivwert	10 ms	keine Angabe	100 %
Spannungsunsymmetrie	meist 2 % in Sonderfällen bis 3 %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
Oberschwingungen	5. 6,0 % 7. 5,0 % 11. 3,5 % 13. 3,0 % usw. THD $\leq$ 8 %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
Signalspannung	bis 500 Hz: < 9 % darüber fallend		bis 500 Hz: < 9 % darüber fallend			

Die Klassifizierung der Unterbrechungen erfolgt über folgende Kennwerte:

- Unterbrechungshäufigkeit in Zahl der Unterbrechungen pro Kunde und Jahr
- Mittlere Nichtverfügbarkeit in Minuten pro Jahr und Kunde

## 4 Versorgungsqualität und GIS

Viele in den Normen festgehaltenen Versorgungsqualitätsmerkmale können geostatistisch sehr gut und übersichtlich ausgewertet werden.

Die Energie AG Oberösterreich hat gemeinsam mit GRINTEC ein Projekt gestartet, in dem unterschiedliche Aspekte der Versorgungsqualität mit Hilfe des Einsatzes von GE Smallworld GIS ausgewertet wurden.

Im Zuge dieses Projektes wurde festgestellt, dass das GIS dabei unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen kann:

- GIS als Werkzeug zur Dokumentation und Visualisierung von Versorgungsqualitätsmerkmalen, wobei als Beispiele die Unterbrechungshäufigkeit, mittlere Nichtverfügbarkeit in Minuten oder Schaltzeitendokumentation zu erwähnen sind.
- GIS bietet gute Voraussetzungen, das Netz zu analysieren und Schwachstellen im Netz herauszufiltern, um frühzeitig – also noch bevor etwas passiert – entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.
- Wesentlich trägt das GIS auch dazu bei, Ursachen externer Störfälle zu analysieren, die dann zur Klärung bzw. im besten Falle zur Behebung der Schwachstellen führen.

## 5 Beispiele

### 5.1 Stationsausfallszeiten

Als ein Beispiel für die Dokumentation von Qualitätsmerkmalen kann die Auswertung der Stationsausfallszeiten erwähnt werden. In einer eigenen Datenbank werden die Ausfallszeiten pro Station und Jahr dokumentiert. Diese Informationen müssen in Österreich dem Regulator übermittelt werden. Mit Hilfe von GE Smallworld Spatial Intelligence (SI) wurden dann entsprechende geostatistische Auswertungen erstellt.

Die Grafik belegt sehr anschaulich die bekannte Tatsache, dass

- die Versorgungsqualität nicht gleichmäßig verteilt und
- die Qualität in Ballungsgebieten viel höher als in Überlandbereichen ist.

Zusätzlich steht dem Experten eine Visualisierung zur Verfügung, die ihm ermöglicht, fundierte Aussagen über die zu erwartende Versorgungsqualität in einem bestimmten Gebiet zu tätigen.

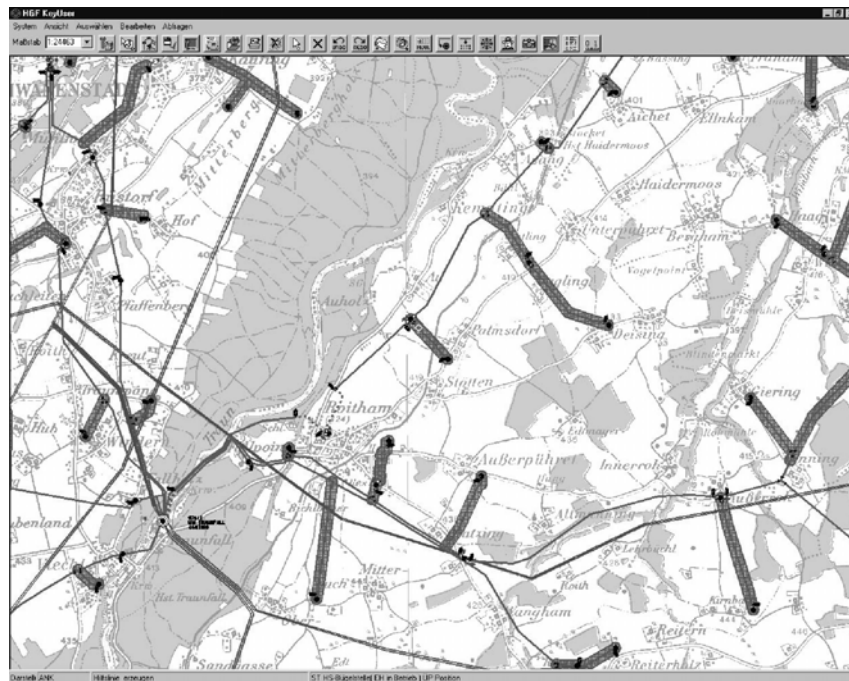
## 5.2 Stationsanbindungsqualität

Wie schon erwähnt, kann man durch gezielte Netzanalyse Qualitätsschwachstellen aufdecken. Ein Beispiel dafür liefert die Prüfung nicht abgesicherter Stationen. Dabei handelt es sich um Stationen, die nur von einer Seite versorgt werden und wo keine Ersatzversorgung verfügbar ist. Die dahinterliegenden Stränge der MSP und NSP sind also hinsichtlich Störungen hoch gefährdet. Derartige Situationen findet man vor allem bei Überlandversorgern. Eine Untersuchung der Energie AG beleuchtet folgende Tatsachen:

- Identifikation der nicht abgesicherten Stationen
- Identifikation und Analyse der dahinter liegenden Folgestationen
- Ermittlung der Gesamtlast der nicht abgesicherten Station
- Ermittlung der Anzahl der betroffenen Anschlüsse; zukünftig wird mit der Integration mit SAP IS-U die Ermittlung der betroffenen Kunden möglich sein

Aufgrund dieser Ausföhrung werden je nach Gewichtung wieder Maßnahmen zur Verbesserung der Versorgungsqualität gesetzt.

Basis dieser Analysen ist ein von GRINTEC entwickeltes Modul zur Netzwerkanalyse und Störungsinformation. Wir haben entsprechende Komponenten für die Fachschalen Wasser, Gas, Fernwärme und nun auch Strom Mehrstrich entwickelt.



**Abb. 1:** Beispiel der Visualisierung Stationsanbindungsqualität.

### 5.3 Ursachenanalyse

Immer bedeutender wird, die Ursachen für häufig auftretende Störungen zu analysieren. Netzbetreiber werden immer ständig damit konfrontiert, Erklärungen über die Versorgungsqualität des Netzes gegenüber den Kunden und der Regulierungsbehörde abgeben zu müssen. Eine nicht zu vernachlässigende Komponente dabei sind Störungen aufgrund schlechter Wetterbedingungen. So wurde bei der Energie AG festgestellt, dass das Versorgungsgebiet der Energie AG im Einflussbereich zweier Hauptwetterfronten im Süden (Alpenhauptkamm) und im Nordosten ausgesetzt ist. Die daraus resultierenden starken Westwinde sind oft Verursacher von Störungen.

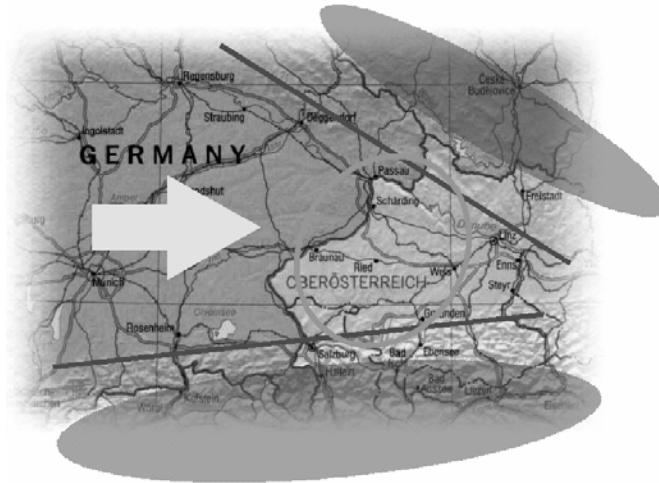


Abb. 2: Visualisierung der Wittereinflüsse in Oberösterreich.

## 6 Schluss

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bisherige Erfahrungen sehr positive Ergebnisse gebracht haben:

- Geografische Auswertungen verschaffen ein übersichtliches Bild vom Stand der Qualität des Netzes und können helfen, kritische Stellen rascher zu finden und die entsprechenden qualitätsverbessernden Maßnahmen zu setzen.
- Mit Hilfe des GIS erhält der Kunde fundiertere Aussagen über die zu erwartende Versorgungsqualität.
- Die Kosten des Energietransportes sind für den Regulator genauer/informativer zu begründen
- Die geografische Analyse hilft, Zusammenhänge besser zu erkennen und die Ursachen von Störungen zu erfassen.
- Mit diesen Komponenten konnte man bei der Energie AG zeigen, dass das GIS ein effizientes Werkzeug zur Dokumentation und Analyse der Versorgungsqualität des Netzes ist.