

## Netzqualitätsaufzeichnung und -analyse: Verfahren und Anwendungen

### Anwendungsbericht

Durch das Anschließen eines Netzqualitätsrekorders und das Sammeln von umfangreichen Daten erhalten Sie eine klare Abbildung der energetischen Parameter. In diesem Artikel werden verschiedene bei Power Loggern und Rekordern verfügbare Aufzeichnungstechniken vorgestellt. Ein solides Verständnis der Ihnen zur Verfügung stehenden Messgeräte und Verfahren ist der Schlüssel zu Ihrer Strategie. Auf was sollten Sie achten? Wann ist es sinnvoll, eine Aufzeichnung vorzunehmen?

### Aufzeichnungsverfahren

Um ein wirkliches Verständnis für Energie zu entwickeln, wollen Sie idealerweise jede einzelne Periode betrachten, um selbst die kleinsten Veränderungen wahrzunehmen. Da Spannung mehr als vier Millionen Perioden pro Tag durchläuft, wäre es sehr unpraktisch, auf jede kleine Veränderung zu achten, und das ist oft auch gar nicht notwendig. Nur bei wenigen Lasten wirken sich die gelegentlichen Spannungseinbrüche von ein oder zwei Perioden überhaupt aus. Wie lange Sie aufzeichnen, hängt vom Rhythmus Ihres entsprechenden Gebäudes ab. Wenn Sie an einem typischen Büro- oder Leichtindustrialgebäude arbeiten, dann ist eine Woche genug Zeit, um einen normalen Zyklus aufzuzeichnen. Wenn Sie dagegen in einem Werk arbeiten, das spezielle Maschinen nur periodisch einsetzt (wie zum Beispiel einen nur einmal im Monat eingesetzten Industrieofen), dann müssen Sie die Lasten zeitlich gut planen. Es wurden verschiedene Aufzeichnungsverfahren entwickelt, um auch kleinere Veränderungen über einen relativ langen Zeitraum betrachten zu können. Bei vielen Instrumenten werden verschiedene Verfahren vereint, um den Erfassungsbereich zu verbessern. Im Folgenden werden die typischsten Verfahren und deren Vor- und Nachteile näher erläutert. Wenn Sie die verschiedenen Verfahren besser verstehen, dann sind Sie auch besser in der Lage, das richtige Gerät für die bevorstehende Aufgabe auszuwählen.



Einrichten des Fluke 1735 Power Logger an der Einspeisung der Energieversorgung für eine 30-Tage-Lastgangstudie

## Verfahren zum Verfolgen von Trends

Verfolgen Sie den Verlauf von Netzqualitätsparametern über Stunden oder Tage. Power Logger messen Parameter wie Spannung, Strom oder Leistung und protokollieren diese über einen festgelegten Zeitraum. Trendaufzeichnungen eignen sich sehr gut zum Verfolgen von normaler Leistung, kleinsten Veränderungen und besonderen Umständen, doch verfügen je nach Situation nur über eingeschränkte Möglichkeiten beim Registrieren von schnellen Ereignissen. Doch die Hersteller von Messgeräten haben weitgehende Möglichkeiten entwickelt, um auch schnellere Ereignisse bei wochenlangen oder monatelangen Aufzeichnungen festzuhalten.

### Feste Intervallprotokollierung

Dies ist die einfachste Art der digitalen Aufzeichnung. Um eine digitale Aufzeichnung einzurichten, wählen Sie einen Zeitraum oder ein Intervall zwischen Messungen aus. Normalerweise beträgt dieses nur Sekunden oder Minuten. Das Instrument berechnet einen Mittelwert für die Effektivwerte während jedes Intervalls und legt diesen im Speicher ab. Dieses Verfahren ist sehr nützlich, wenn Veränderungen für einen Zeitraum verfolgt

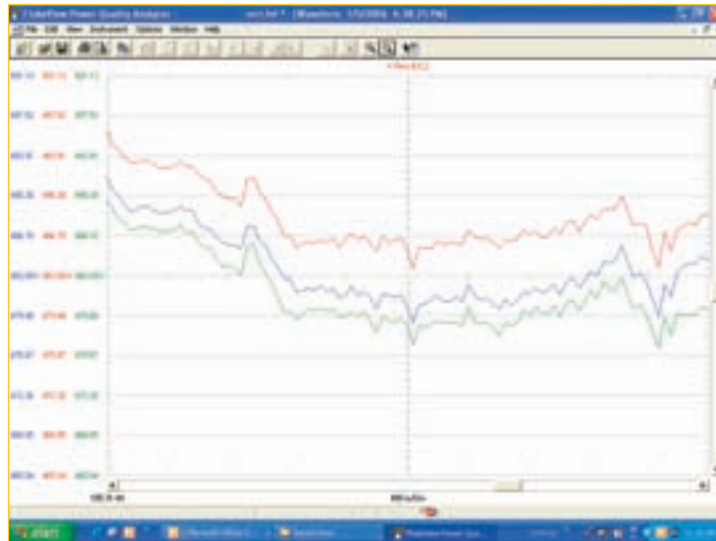


Abb. 2. Min/Max/Mittelwert-TrendPlot

werden sollen, der länger ist als das Protokollintervall. Bei sehr kurzen Messintervallen können schnelle Ereignisse erfasst werden, was aber leider mit entsprechend größerem Speicherbedarf erkauft wird. Auch wenn feste Intervallprotokollierung schnell eingerichtet werden kann, können keine schnellen Ereignisse über Stunden oder Tage erfasst werden.

### Protokollierung von Min/Max/Mittelwert

Dieses Verfahren ähnelt der festen

Intervallprotokollierung, da es ein voreingestelltes Intervall verwendet. Doch statt nur einen Messwert pro Intervall zu erfassen, werden hier in jedem Intervall viele schnelle Messungen durchgeführt. Die Prozessoren des Instruments verarbeiten die Messwerte und protokollieren drei Zahlen für jedes Intervall: das Minimum, das Maximum und den Mittelwert. Mit dem Minimum und Maximum werden die Extremwerte der kurzzeitigen Ereignisse gemessen, die bei manchen Instrumenten so kurz wie eine einzige Netzperiode sein können. Der Mittelwert ist ein Maß für den Trend. Bei diesen Instrumenten werden das Minimum, das Maximum und der Mittelwert oft auf der gleichen graphischen Darstellung angezeigt.

### Automatische Zeitkomprimierung, TrendPlot

TrendPlot ist ein Protokollierungsverfahren bei einigen Fluke-Instrumenten. TrendPlot ist eine Form der Min/Max/Mittelwert-Aufzeichnung, bei der die Zeitskala automatisch komprimiert wird, wenn der verfügbare Speicher zur Neige geht. Wenn der Speicherplatz im Rekorder knapp wird, werden sofort die Signalprozessoren aktiviert. Durch sie werden benachbarte Intervalle zu neuen Minima, Maxima und Mittelwerten kombiniert. Die Extremwerte und der Gesamttrend werden auch weiterhin dargestellt. Da der Benutzer festlegt, wann die Messung beendet werden soll, wird automatisch die beste Zeitauflösung in Bezug auf den verfügbaren Speicher ermittelt.

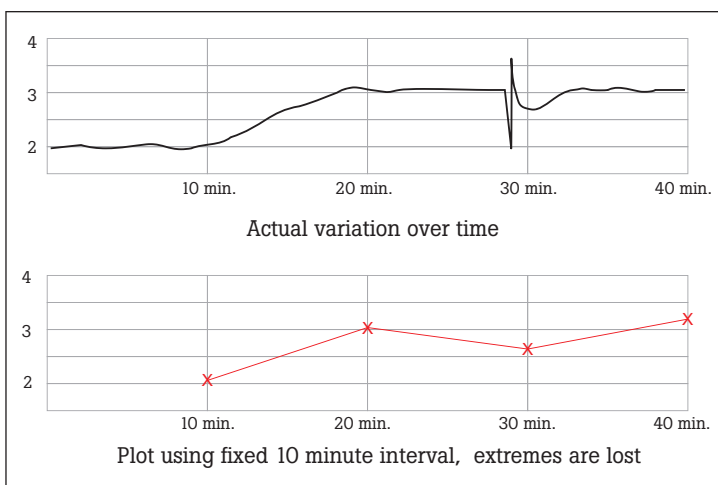


Abb. 1. Spannungsmessung in festem Intervall

## Ereignisaufzeichnung

Einbrüche, Erhöhungen (Swells), Unterbrechungen und Transienten sind alles Spannungsereignisse. Netzqualitätsergebnisse werden durch die Zeit und den Zeitpunkt, zu dem sie aufgetreten sind, durch das Ausmaß und die Dauer näher bestimmt. Benutzerdefinierte Schwellenwerte oder Trigger legen fest, was als ein Ereignis eingestuft wird. Die Ereignisaufzeichnung eignet sich besonders gut, um sicherzustellen, dass die Spannung im Toleranzbereich von  $\pm 10\%$  bleibt. Die Daten werden standardgemäß aufgelistet, wodurch es einfacher ist, alle außergewöhnlichen Zustände im Energienetz schnell zu erfassen. Ob ein Ereignis Probleme verursacht, hängt sowohl von dem Ausmaß als auch von der Dauer ab. So ist es zum Beispiel wahrscheinlicher, dass ein Einbruch um  $20\%$ , der 5 Sekunden dauert, mehr Probleme verursacht, als ein Einbruch um  $20\%$ , der nur 1 Periode dauert. So werden Ereignisdaten unter Umständen mit Standard-Toleranzkurven wie CBEMA-Kurven verglichen, welche Grenzwerte für Ausmaß und Dauer vorgeben. Wenn mehrere Grenzwerte spezifiziert werden müssen, kann dies das Einrichten von Aufzeichnungen schwierig gestalten. Wenn die Toleranzwerte zu sehr eingeschränkt werden, werden viele Ereignisse erfasst, und wenn die Toleranzwerte zu weit gefasst werden, wird unter Umständen gar nichts aufgezeichnet.

## Transienten-Signalform-Erfassung

Dieses Verfahren zeichnet die tatsächliche Sinuskurve der Spannung und des Stroms auf, wodurch jedes Ereignis,

DIPS & SWELLS EVENTS				
START 09/01/04 16:07:36			EVENT 29/29	
DATE	TIME	TYPE	LEVEL	DURATION
09/01/04	16:14:43:022	A DIP	107.7 U	0:00:09:500
09/01/04	16:14:43:022	A DIP	107.9 U	∞
09/01/04	16:14:52:530	A DIP	113.1 U	∞
09/01/04	16:15:13:130	A DIP	106.0 U	0:00:01:859
09/01/04	16:15:13:130	A DIP	106.4 U	∞
09/01/04	16:15:14:989	A DIP	112.5 U	∞
09/01/04	16:15:16:729	A DIP	106.4 U	0:00:00:767
09/01/04	16:15:16:729	A DIP	107.4 U	∞
09/01/04	16:15:17:496	A DIP	112.6 U	∞
09/01/04	16:15:17:930	A DIP	107.2 U	∞

09/01/04 16:16:20 120V 60Hz 1Ø EMS0160

NORMAL  
DETAIL BACK TREND

Abb. 3. In dieser Ereignistabelle werden mehrere kleine Einbrüche aufgelistet, die direkt hintereinander im Sekundenabstand auftreten.

das kürzer als eine Periode ist, sichtbar wird. Die Erfassung wird durch einen Trigger ausgelöst und setzt einen schnellen Wandler ein. Die Erfassung kann durch mehrere Trigger ausgelöst werden, doch die meisten Instrumente setzen die Triggerung auf einer Hüllkurve ein. Bei der Triggerung auf einer Hüllkurve werden Abweichungen in einer glatten Sinuskurve gefunden. Es wird dann eine Hüllkurve um die sinusförmige Spannungs-Signalform auf Basis eines benutzerdefinierten Toleranzwerts gebildet. Wenn sich die Signalform mit der Hüllkurve überschneidet, wird dies vom Instrument erfasst und gespeichert. Einige Instrumente, wie die Serie Fluke 430, können auch einen Snapshot von der Signalform auf Basis anderer Kriterien wie Effektivwert-Ereignisse oder Stromerhöhungen machen.

muss. Diese Messgeräte können Schwellenwerte für Ereignisse automatisch festlegen und während der Messung anpassen. Hierdurch ist es nicht mehr nötig, komplizierte Einstellungen von Schwellenwerten für Ereignisse vorzunehmen. Full Disclosure-Aufzeichnung ist sehr nützlich bei der Durchführung von umfassenden Studien über Tage, Wochen oder sogar Monate.

## Umfassende Erfassung aller Probleme (Full Disclosure Recording)

Bei diesem Verfahren werden zur gleichen Zeit die Aufzeichnung von Min/Max/Mittelwerten, Transienten und Ereigniserfassung kombiniert. So können gleichzeitig Einbrüche und Transiente erfasst werden, ohne dass vorher eine Entscheidung für eines der beiden getroffen werden

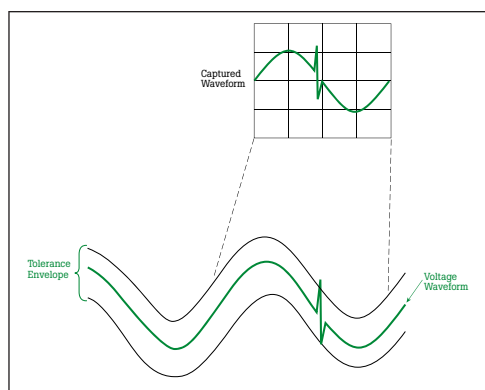


Abb. 4. Beispiel für Triggerung auf eine Hüllkurve





## Aufzeichnungsanwendungen

Die Netzqualität wird in verschiedenen allgemeinen Situationen aufgezeichnet. In diesem Abschnitt werden die häufigsten Anwendungen beschrieben.

### Störungssuche mit Langzeitanalyse

Die Störungssuche bei vorübergehenden Signaleinbrüchen ist sehr schwierig. Wenn ein Geräteteil ausfällt oder sich auf mysteriöse Weise selbst zurücksetzt, ist es verlockend das Gerät auszutauschen oder einen Leistungsschalter zurückzusetzen und auf das Beste zu hoffen. Bei Geräten mit hohen Ausfallkosten ist das Risiko eines wiederholten Versagens zu groß, um auf eine schnelle Lösung zu setzen. Nachdem die Geräte alle wieder funktionsbereit sind, kann das Beobachten der Leistung das Risiko von erneuten Ausfällen reduzieren, und Netzqualitätsprobleme können bei erneuten Ausfällen ausgeschlossen werden. Zuerst muss entschieden werden, wo der

Monitor oder Analysator angeschlossen werden soll. Normalerweise wird der Rekorder nah an der verdächtigen Last angebracht, also an dem Gerät, das Probleme bereitet. Auf diese Weise kann der Monitor das „sehen“, was auch die Last „sieht“. Falls mehrere Geräte zur Verfügung stehen, kann es hilfreich sein, an verschiedenen Stellen im Energienetz Aufzeichnungen vorzunehmen. Bevor mit der Aufzeichnung begonnen wird, sollten ein paar Punktmessungen vorgenommen werden, um einige grundlegende Fragen zu klären. Liegt der korrekte Spannungspegel an? Ist die Spannungssignalform eine glatte Sinuskurve oder ist sie verzerrt bzw. liegen elektromagnetische Störungen vor? Falls die verdächtige Last eine dreiphasige Last ist: Sind die Phasen symmetrisch? Wird durch die Last zu viel Strom gezogen? Die nächste zu klärende Frage ist: Was sollte aufgezeichnet werden. Falls nicht gerade ein hochmoderner

Leistungsanalysator zur Hand ist, muss vermutlich entschieden werden, ob mit dem Verfolgen von Trends oder mit dem Aufspüren von Transienten begonnen wird. Da Trends weitere Probleme aufdecken, sollte mit dem Aufzeichnen von Trends begonnen werden (hierfür sollte feste Intervallprotokollierung oder Min/Max/Mittelwerte verwendet werden). Das Aufzeichnen von Effektivspannungs-Trends bei allen relevanten Phasen ist hierbei der allererste Ansatz. Hierdurch wird festgestellt, ob die Versorgung durch Spannungseinbrüche oder Unterbrechungen gekennzeichnet ist, welche zu Lastenausfällen oder Resets führen können. Durch das Aufzeichnen der Spannung werden auch Erhöhungen oder Unsymmetrien aufgedeckt, die zur Überhitzung führen können. Die aktuellen Trends können auch bei der Störungssuche hilfreich sein. Eine übermäßige Stromaufnahme wird zur Überhitzung führen. Wenn die Spannung stabil, glatt und symmetrisch ist, zeigt ein erhöhter Strom an, dass ein Problem mit der Last selbst vorliegt. Durch den Vergleich der Spannungsaufzeichnungen mit den Stromaufzeichnungen wird ersichtlich, ob der Spannungsabfall durch eine überhöhte Stromaufnahme der verdächtigten Last oder durch irgendeine andere vorgeschaltete Last verursacht wurde. Eine Spannungsverzerrung kann ebenfalls zu Überhitzung führen und sollte nach Möglichkeit aufgezeichnet werden. Der einfachste Weg zur Verfolgung von Spannungsverzerrungen führt über das Aufzeichnen des Gesamtklirrfaktors (THD). Einige Analysatoren können auch einzelne Oberschwingungen verfolgen, was auf die Quelle des hohen Gesamtklirrfaktors (THD) hinweisen kann. Wenn die verdächtige Last Anzeichen eines Lichtbogenüberschlags oder von durchgebrannten Eingangsschaltungen aufweist, könnten die Transienten das Problem sein. Diesen Schluss sollte man allerdings nicht voreilig ziehen. Nachdem Trends verfolgt wurden oder die Anzeichen sehr deutlich auf Beschädigung durch Transienten hinweisen, wird es Zeit, die Transienten zu erfassen und die Signalformen genauer anzusehen.



Datenüberprüfung während des Aufzeichnens mittels der drahtlosen PDA-Funktion des Netzqualitäts- und Leistungsrekorders Fluke 1750.

## Qualität der Einspeisung

In manchen Fällen stimmen Versorgungsunternehmen zu, ein Netz mit vordefinierten Spezifikationen bereitzustellen. Die Spezifikationen können in Verträgen festgelegt sein oder in Form von Normen wie EN50160 festgehalten werden. In diesen Abkommen können Details über die Aufzeichnungsverfahren, Toleranzen und Aufzeichnungsdauer festgeschrieben sein. Die Norm EN50160 legt zum Beispiel Toleranzen für einwöchige Aufnahmen fest und bezieht sich auf die Norm IEC 61000-4-30 für Mess- und Aufzeichnungsverfahren. Prüfen Sie Ihr Netz, wenn Sie annehmen, dass das von Ihrem Versorgungsunternehmen bereitgestellte Netz nicht den vereinbarten Spezifikationen entspricht.

## Lastgangstudien, Studien über die Netz- und Spannungsqualität und die Inbetriebnahme

Diese Aufzeichnungsarten werden normalerweise vorgenommen, um das Netz vor der Installation oder dem Betrieb der Geräte zu beurteilen. Eine Lastgangstudie wird zur Bestimmung der Systembelastung durchgeführt, bevor weitere Lasten hinzugefügt werden. Dies kann aufgrund der Vorschriften der örtlichen Behörden und der örtlichen Normen notwendig sein. Oder Standards geben die notwendigen Messungen, Intervalle und die entsprechende Dauer vor. So gibt der NEC (US National Electrical Code) beispielsweise vor, dass Strom- und Leistungsmessungen mit

einer durchschnittlichen Intervalldauer von 15 Minuten über einen Zeitraum von 30 Tagen durchgeführt werden müssen. Zusätzlich zur Erfüllung der Anforderungen der Behörden kann es nützlich sein, vor umfangreichen Systemmodifikationen Aufzeichnungen vorzunehmen, um spätere Fehlerhebungen zu erleichtern. Studien über die Netzqualität und Studien über die Inbetriebnahme versuchen die folgende Frage zu beantworten: „Ist dieses System gesund“? Bei diesen Anwendungen besteht die Strategie darin, ein möglichst weites Netz abzubilden und so viel wie möglich aufzuzeichnen. Im Idealfall werden Trends von Spannung, Strom und Energie, Transienten und Ereignisprotokolle aufgezeichnet.

## Vor dem Drücken der Taste RECORD

- Fangen Sie nicht unmittelbar mit der Aufnahme an. Es sollten vorher so viele Informationen wie möglich über Punktmessungen von Spannungspegel, Spannungs-Signalforn/Verzerrung, Strom und Unsymmetrie vorgenommen werden. Dies hilft dabei, das Problem leichter zu finden, oder vermittelt eine Idee, wo als nächstes weitergearbeitet werden sollte.
- Überprüfen Sie die Verbindungen. Falls das Instrument über ein Zeigerdiagramm oder über Oszilloskopbilder verfügt, setzen Sie diese ein, um zu überprüfen, ob die Verbindungen korrekt sind.
- Um ein altes Sprichwort neu anzuwenden: Nehmen Sie Einstellungen lieber zweimal vor und messen Sie nur einmal. Falls Sie den Trend ermitteln möchten, überprüfen Sie die Aufzeichnungsintervalle gründlich. Wenn Sie Ereignis- oder Transientenerfassung verwenden, überprüfen Sie erneut die Grenzwerte.
- Bevor Sie eine Überprüfung über einen längeren Zeitraum durchführen, ziehen Sie es in Betracht, einen kurzen Probelauf von einer Stunde zu machen. Dies hilft Ihnen dabei, eventuelle Fehler in Ihrem Messaufbau zu beheben, und wenn Sie Glück haben, finden Sie genau das, wonach Sie gesucht haben!

**Fluke.** *Damit Ihre Welt intakt bleibt.*

**Fluke Deutschland GmbH**  
Heinrich-Hertz-Straße 11  
34123 Kassel  
Telefon: (069) 2 22 22 02 00  
Telefax: (069) 2 22 22 02 01  
E-Mail: [info@de.fluke.nl](mailto:info@de.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.de](http://www.fluke.de)

**Beratung zu Produkteigenschaften und Spezifikationen:** Tel.: (07684) 8 00 95 45

**Beratung zu Anwendungen, Software und Normen:** Tel.: 0900 1 35 85 33

(€ 0,99 pro Minute aus dem deutschen Festnetz, zzgl. MwSt., Mobilfunkgebühren können abweichen)  
E-Mail: [hotline@fluke.com](mailto:hotline@fluke.com)

**Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.**  
Liebermannstraße F01  
A-2345 Brunn am Gebirge  
Telefon: (01) 928 95 00  
Telefax: (01) 928 95 01  
E-Mail: [info@as.fluke.nl](mailto:info@as.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.at](http://www.fluke.at)

**Fluke (Switzerland) GmbH**  
Industrial Division  
Hardstrasse 20  
CH-8303 Bassersdorf  
Telefon: 044 580 75 00  
Telefax: 044 580 75 01  
E-Mail: [info@ch.fluke.nl](mailto:info@ch.fluke.nl)  
Web: [www.fluke.ch](http://www.fluke.ch)

© Copyright 2009 Fluke Corporation.  
Alle Rechte vorbehalten.  
Gedruckt in den Niederlanden 12/2009.  
Änderungen vorbehalten.  
Pub\_ID: 11583-ger

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.