

Kontinuierliche, breitbandige Analyse der Spannungsqualität bis 150 kHz

Continuous, Broadband Analysis of Power Quality up to 150 kHz

Christoph Kattmann, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland, christoph.kattmann@ieh.uni-stuttgart.de

Martin Siegel, BSS Hochspannungstechnik GmbH, Stuttgart, Deutschland, martin.siegel@bss-hs.de

Gerhard Walker, Netze BW GmbH, Stuttgart, Deutschland, g.walker@netze-bw.de

Stefan Tenbohlen, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland, stefan.tenbohlen@ieh.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Die Spannungsqualität ist eine wichtige Eigenschaft einer hochwertigen Energieversorgung. Zur Messung und Bewertung der Spannungsqualität gibt es Vorschriften und Normen über die zu messenden Werte und die geforderte Genauigkeit. In diesem Beitrag wird ein neu entwickeltes Messgerät vorgestellt, das weit über diese geforderte Genauigkeit hinausgeht. Im Fokus stehen dabei besonders die Mittelungsintervalle und Oberschwingungen mit Frequenzen von 2 kHz bis 150 kHz. Am Beispiel einer mehrtägigen Messung an einer Ladestation für Elektrofahrzeuge wird aufgezeigt, welche Effekte durch ein großes Mittelungsintervall verborgen bleiben können und welche Oberschwingungen im höheren Frequenzbereich gemessen werden.

Abstract

Power Quality is an important aspect of a secure energy supply. For power quality measurement and evaluation, there are norms and regulations about the values and the required accuracy. In this paper, a newly developed measurement device is presented, which enables measurements with a far greater precision. Special attention is given to the averaging intervals and harmonics from 2 kHz to 150 kHz. A three-day measurement at a charging station for electric vehicles is used as an example to show which effects can be hidden by a large averaging interval and which harmonics can be measured in the higher frequency range.

1 Einleitung

Eine hochwertige Energieversorgung ist für den Industriestandort Deutschland unverzichtbar. Dazu gehört neben einer unterbrechungsfreien Stromversorgung auch eine hohe Güte der Spannung, d.h. keine starken Spannungsschwankungen und eine geringe Oberschwingungsbelastung. Diese Eigenschaften werden durch die Spannungsqualität (englisch: Power Quality, PQ) beschrieben. Die Spannungsqualität ist durch einzelne Messwerte beschrieben, für die in diversen Normen Messverfahren und Grenzwerte festgelegt sind. Insbesondere für Oberschwingungen mit Frequenzen >2 kHz existieren Messverfahren aber nur in Ansätzen und keinerlei Grenzwerte. Durch die zunehmende Verbreitung von leistungselektronischen Komponenten mit in diesem Frequenzbereich taktenden Elementen wird dieser mittlerweile genauer betrachtet.

Vermutlich aufgrund der mangelnden Vorschriften für Messverfahren und der nicht vorhandenen Grenzwerte sind aktuell kaum Messgeräte vorhanden, die den Frequenzbereich >2 kHz bei Spannungsqualitätsmessungen abdecken. Im Bereich bis 150 kHz ist den Autoren kein

Messgerät bekannt, das längerfristig und zuverlässig in diesem Frequenzbereich aufzeichnen kann. Deshalb wurde ein eigenes Spannungsqualitätsmessgerät entwickelt, das die Spannung und Strom so genau wie möglich aufzeichnet.

Neben der Messung von hochfrequenten Störungen stand dabei auch die Aufzeichnung mit hoher zeitlicher Genauigkeit, d.h. Messwerten im 10-Perioden-Abstand, im Vordergrund. Dies ermöglicht die Detektion von schnellen Spannungs-, Strom-, und Leistungsschwankungen. Darüber hinaus ist auch der ständige direkte Zugriff auf die Rohdaten bei der Forschungstätigkeit von Nutzen.

Das Messgerät wurde unter anderem verwendet, um an einem Abgang mit mehreren angeschlossenen Ladesäulen von Elektrofahrzeugen eine mehrtägige Messung durchzuführen. Dabei wurden von allen drei Phasen sowie dem Neutralleiter die Effektivwerte von Spannung und Strom, der THD, die Schein- und Wirkleistung, der Leistungsfaktor sowie die Harmonischen von Strom und Spannung bis zur 3000sten in 10-Perioden-Mittelwerten aufgezeichnet.

Der Einfluss von Ladevorgängen bei elektrischen Fahrzeugen ist schon beachtlich lange Teil der Forschung. Orr et. al. untersuchten bereits 1982 [1] und 1984 [2] die Oberschwingungen im Strombezug von elektrischen

Fahrzeugen. 1996 betrachteten Berisha et. al. [3] das gleiche Thema und zeigen unter anderem bereits detaillierte Wellenformen.

In Deutschland werden die Auswirkungen elektrischer Fahrzeuge auf die Spannungsqualität erst seit einigen Jahren intensiver erforscht. Als Beispiel seien Arbeiten von Wenge et.al. (Fraunhofer IFF, Magdeburg) [4] und Meyer (TU Dresden) [5] genannt.

In Kapitel 2 des vorliegenden Papers wird ein Überblick über die relevanten Normen gegeben und insbesondere auf die Situation beim Mittelungsintervall und den hohen Harmonischen eingegangen.

In Kapitel 3 wird die Messmethodik und das entwickelte Messgerät näher vorgestellt.

In Kapitel 4 wird der Einfluss des Mittelungsintervalls anhand von Beispielen aufgezeigt.

In Kapitel 5 werden die höherfrequenten Anteile der Spannung und des Stromes diskutiert und die Messergebnisse vorgestellt.

In Kapitel 6 folgen eine Zusammenfassung und ein Ausblick über weitere geplante Aktivitäten.

2 Normative Situation

2.1 Überblick über relevante Normen

Die in diesem Kapitel diskutierten Normen werden Stand Juli 2016 betrachtet.

Die zentrale und in Deutschland maßgebliche und verbindliche Norm für die Spannungsqualität ist die **DIN EN 50160**, die in dieser Form seit 1994 existiert. Sie definiert und beschreibt die notwendigen Begriffe und Messgrößen. Im Einzelnen werden in der Norm behandelt:

- Frequenz der Versorgungsspannung,
- Spannungsänderungen in verschiedenen Zeitrahmen
- Oberschwingungen, d.h. Verzerrungen der Sinusform der Spannung,
- Symmetrie des Dreiphasensystems,
- Flicker, d.h. regelmäßige Änderungen der Spannung mit evtl. psychologischen Auswirkungen durch „Flackern“ der Beleuchtung,
- Versorgungsausfälle.

Es werden Grenzwerte für die Netzfrequenz, langsame Spannungsänderungen, Asymmetrie, Flicker und Oberschwingungen angegeben, jedoch nicht für Versorgungsausfälle, schnelle Spannungsänderungen und Transienten. Zudem werden zwar Aussagen über die Mittelungsintervalle gemacht, nicht aber nähere Aussagen zur Messmethodik oder der notwendigen Messzeiträume.

Diese und weitere Details zur Spannungsqualität sind in weiteren europäischen und internationalen Normen geregelt, auf die in der DIN EN 50160 auch teilweise verwiesen wird.

Die Anforderungen an die verwendeten Messverfahren sind in der Normenreihe IEC 61000 (harmonisiert als EN 61000), Teil 4 festgelegt und beschrieben. In der **EN 61000-4-30** wird detailliert beschrieben, wie die 10-

Minuten-Mittelwerte der einzelnen Messgrößen aus 10-Perioden-Mittelwerten berechnet werden müssen und welche Genauigkeiten bei der Zeitmessung verlangt werden. Es werden zudem drei Klassen (A, S und B) der Messgenauigkeit angegeben und definiert.

In der **EN 61000-4-15** werden Details zur Flickermessung beschrieben.

Die Norm **EN 61000-4-7** behandelt speziell die Messung von Oberschwingungen. Dabei wird die zu verwendende Art der diskreten Fourier-Transformation sowie Verfahren zur Filterung und Gruppierung festgelegt. Des Weiteren wird im informativen Anhang B die Messung von Oberschwingungen bis 9 kHz diskutiert.

In der **EN 61000-3-2** werden Grenzwerte für die Störaussendung für Haushaltsgeräte festgelegt, wobei es weitreichende Ausnahmen gibt. Diese Grenzwerte gelten für die Harmonischen des Bezugsstromes bis zur 40sten, d.h. bis 2 kHz.

Die **EN 61000-2-2** definiert Umgebungsklassen in Abhängigkeit von der Oberschwingungsbelastung von öffentlichen elektrischen Netzen. Auch sie enthält im informativen Anhang C Informationen zur Messung von Oberschwingungen bei 9 kHz.

Zusätzliche Informationen zur Messung der Spannungsqualität und Beispiele für viele Phänomene sind im **IEEE Std 1159** enthalten.

Der **IEEE Std 1459** enthält die Definitionen für Leistungsgrößen unter nicht-sinusförmigen Bedingungen sowie Erklärungen und Berechnungsformeln für Verschiebungs- und Verzerrungsblindleistung.

Weitere Erläuterungen und Empfehlungen für die praktische Durchführung von Spannungsqualitätsmessungen werden in der Joint Working Group „Guidelines for Power Quality Monitoring“ von CIGRE/CIGRE erarbeitet und sind in ihrem Abschlussbericht von Oktober 2014 enthalten [6].

Der Frequenzbereich von 3 kHz bis 148,5 kHz wird in der Norm **EN 50065** in fünf Frequenzbänder (CENELEC-Bänder) unterteilt und für die Verwendung von Kommunikationsdiensten (Power Line Communication) reserviert. Dabei sind die unteren zwei Bänder für Energieversorger vorgesehen, die oberen drei für die private Nutzung.

Allgemein liegen die Oberschwingungen im höheren Frequenzbereich (>2 kHz) nicht mehr im Einfluss- und Verantwortungsbereich der Netzbetreiber und sind im engeren Sinne nicht Teil der Spannungsqualität, sondern gehören zum Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit und sind somit eine Eigenschaft von einzelnen Geräten. Es gibt beispielsweise in der Norm **EN 55011** Grenzwerte für industrielle und medizinische Geräte für die Störspannung an einer Netznachbildung. Trotzdem sind die Auswirkungen dieser Störspannungen im Netz messbar.

2.2 Zeitliche Auflösung

Die meisten genannten Normen beschränken sich bei der Betrachtung von Messwerten stets auf 10-Minuten-

Mittelwerte. Lediglich bei der Frequenz werden 10-Sekunden-Mittelwerte betrachtet. Der Grund für ein Mittelungsintervall von 10 Minuten ist, das ein Eingriff in die Versorgungsspannung seitens des Netzbetreibers, in der Regel durch einen Schaltvorgang in einem Stufenschalter, auch nur im Zeitbereich von Minuten möglich ist.

Ein 10-Minuten-Mittelungsintervall wird aber auch häufig für Strom- und Leistungsdaten verwendet. Diese Werte sind jedoch wesentlich volatil, wie die Betrachtung in Kapitel 4 zeigt.

2.3 Oberschwingungen

Für die Oberschwingungen existieren in den Normen Grenzwerte auf zwei verschiedene Arten, für den prozentualen Anteil einzelner Harmonischer sowie die „Total Harmonic Distortion“, allgemein als THD abgekürzt.

Für die Harmonischen der 50 Hz-Grundschiwingung gelten von der 2ten (100 Hz) bis zur 25sten (1,25 kHz) einzelne Grenzwerte. Für den THD, der die Wurzel des quadratischen Mittelwertes (RMS) der Harmonischen von der 2ten bis zur 40sten (2 kHz) darstellt, gilt ein Grenzwert von 8%.

Der Oberschwingungsgehalt der Spannung bis 2 kHz ist somit von den geltenden Normen abgedeckt. Oberhalb dieses Wertes gibt es mehrere Frequenzabschnitte, die von unterschiedlichen Normen meist nur informativ beschrieben werden.

Im Bereich bis 9 kHz (die obere Grenze des ersten, namenlosen CENELEC-Bandes) gibt es Informationen über Störquellen und Messmethoden in den erwähnten Normen EN 61000-4-7 und EN 61000-2-2. Grenzwerte werden aber nicht festgelegt.

Im Frequenzbereich zwischen 9 kHz und 150 kHz wird die Oberschwingungsbelastung ebenfalls von keiner geltenden Norm beschränkt. Zusätzlich gibt es keine Vorgaben, Empfehlungen oder Ansätze zu Messmethoden.

Ab einer Frequenz von 150 kHz bis zu mindestens 30 MHz gelten für Geräte Grenzwerte aus der EN 55011. Diese Messungen finden mit einem definierten Aufbau im Labor statt.

Oberschwingungen im Verteilnetz sind wie erwähnt nur bis zu einer Frequenz von 2 kHz durch Grenzwerte geregelt und liegen im Verantwortungsbereich des Netzbetreibers. Messungen in höheren Frequenzbereichen können aber dabei helfen, fehlerhafte oder nicht EMV-konforme Geräte zu entdecken.

Darüber hinaus finden sich in mehreren Normen Bemerkungen zu kommenden Erweiterungen der Normen im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz. Die Notwendigkeit dafür ergibt sich durch die zunehmende Verbreitung von elektronischen Komponenten auch im Bereich großer Leistungen. Diese PWM-gesteuerte Leistungselektronik, z.B. Frequenzumrichter für Motoren oder Ladegleichrichter für Elektrofahrzeuge sind Anlagen mit großer Leistung und gleichzeitig einem hohen Oberschwingungsanteil im Strombezug. Gleichzeitig sind leistungselektronisch geregelte Geräte auch empfindlichere Störquellen.

3 Messmethodik

Die in dieser Veröffentlichung behandelten Messungen fanden Anfang Dezember 2015 am Anschlusspunkt von mehreren Ladestationen für Elektrofahrzeuge statt. Der hier verwertete Zeitraum wurde von Dienstagmorgen bis Freitag, 24:00 h gewählt.

Um die Auswirkungen der Mittelungsintervalle untersuchen und Oberschwingungen bis 150 kHz kontinuierlich über drei Tage messen zu können, wurde kein kommerzielles Spannungsqualitätsmessgerät verwendet, sondern eigens für diese Aufgabe konzipiertes Gerät. Die Messeingänge, 4 Spannungsabgriffe (3 Leiter + Neutralleiter) sowie 4 Strommesszangen, werden darin durch geeignete Vorschaltungen auf eine Signalspannung < 20 V gewandelt und zur Abtastung an ein Oszilloskop weitergereicht. Dieses tastet die Signale mit 500.000 Samples pro Sekunde kontinuierlich ab, welche dann in einem Messcomputer simultan nach Frequenz, RMS und Oberschwingungen ausgewertet werden. Die Auswertung der Oberschwingungen erfolgt für den gesamten Frequenzbereich dabei wie in EN 61000-4-7 für den Bereich bis 2 kHz, die im informativen Teil beschriebenen Vereinfachungen für höhere Frequenzbereiche werden nicht angewandt.

Die anfallende Datenmenge ist insbesondere bei den 3000 Oberschwingungen für 8 Kanäle alle 10 Perioden enorm, für einen Tag liegen insgesamt ca. 9 GB Daten vor. Dies ist aber kein Hindernis für langfristige Messungen. Eine heute (Juli 2016) übliche 4 TB-Festplatte würde die ununterbrochene Messung für ungefähr ein Jahr erlauben.

4 Bewertung der zeitlichen Auflösung

Die Wahl des Mittelungsintervalls beeinflusst die gemessenen Daten. Eine Messung mit einem Mittelungsintervall von 10 Minuten enthält weniger Details und verbirgt unter Umständen gravierende Schwankungen in der Versorgungsspannung oder anderen Werten der Spannungsqualität eher als eine Messung mit einem kleineren Mittelungsintervall. In Bild 1 sind zum Vergleich 5 verschiedene Mittelungsintervalle der Spannung für den gleichen Datensatz verglichen. Dabei zeigen die horizontalen Striche in jedem Boxplot die Quartile der Verteilung und den Median. Während der Median und die mittleren 50% der Werte, dargestellt durch die eingefärbte Fläche, sich kaum verändern, zeigen sich bei den Extremwerten deutliche Abweichungen. Insbesondere Spannungseinbrüche liegen oft nur kurze Zeit vor und verschwinden bei größeren Mittelungsintervallen im Mittelwert.

Tabelle 1 zeigt die Werte für den Minimal-, Mittel-, und Maximalwert sowie die Anzahl für die Werte über drei Tage Messzeit.

Bild 2 zeigt ein bei der Messung beobachtetes Phänomen, welches bei der Betrachtung mit einem zu großen Mittelungsintervall vermutlich nicht sichtbar wäre. Am Anfang des Ladevorganges am Freitagvormittag um ca. 6 Uhr ist in Bild 3 ein sofortiger Anstieg des bezogenen Stromes auf ca. 15 A zu sehen. Die genauere Betrachtung der 10-Perioden-Mittelwerte zeigt aber einige Sekunden danach ein mehrfaches und plötzliches Aus- und wieder Einschalten der kompletten Leistung. Eine derartige Leistungsschwankung könnte in schwächeren Netzen eine für den Flicker relevante Spannungsschwankung auslösen.

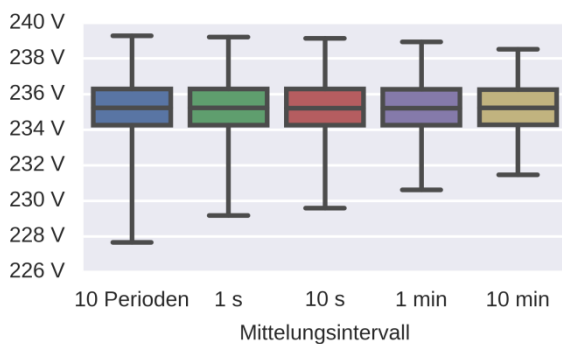


Bild 1 Quartile der Spannung in Phase 1 bei der Messung über drei Tage bei verschiedenen Mittelungsintervallen.

| | min / V | Ø / V | max / V | Anzahl |
|-------------|---------|--------|---------|----------|
| 10 Perioden | 227,68 | 235,61 | 239,29 | 1,6 Mio. |
| 1 s | 229,18 | 235,31 | 239,27 | 310.402 |
| 10 s | 229,60 | 235,27 | 239,14 | 31.041 |
| 1 min | 230,63 | 235,27 | 239,94 | 5.174 |
| 10 min | 231,48 | 235,26 | 238,54 | 518 |

Tabelle 1 Min-, Mittel-, und Max.-Werte der Spannung in Phase 1 der Messung nach verschiedenen Mittelungsintervallen sowie die resultierende Anzahl einzelner Messwerte

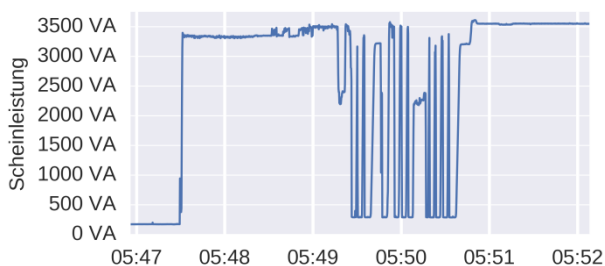


Bild 2 Genauere Betrachtung (10-Perioden-Mittelwerte) der bezogenen Leistung in Phase 1 zu Beginn des Ladevorganges am Freitagvormittag um ca. 6 Uhr

5 Bewertung der hohen Harmonischen

Durch die Messung an Ladestationen für Elektrofahrzeuge ist davon auszugehen, dass Oberschwingungen im Bereich über 2 kHz im Netz messbar sind. Diese ergeben sich aus der Ansteuerung der Leistungselektronik innerhalb der Ladegleichrichter, in denen die zur Verfügung gestellte 230 V-Wechselspannung in eine für die Batterie verträgliche Ladegleichspannung gewandelt wird. Dabei wird mit hoher Frequenz ein Zwischenkreis geladen, der am Ausgang des Wandlers gleichförmig wieder entladen wird. Dies sorgt für eine hohe Effizienz, aber auch für einen stark Oberschwingungsbelasteten Strombezug.

Ein Überblick über die Oberschwingungen des Stromes in Phase 1 gibt Bild 3. Es zeigt die Oberschwingungen, die im Strombezug der Ladesäulen auftreten. Während der Ladevorgänge sind deutlich Anteile bis ca. 12 kHz sichtbar. Darüber hinaus sind zeitweise einzelne Anteile bei höheren Frequenzen sichtbar. Außerdem sind konstant vorhandene Anteile in regelmäßigem Abstand vorhanden, die vermutlich von der ständig betriebenen LED-Beleuchtung stammen. Insgesamt unterscheiden sich die Oberschwingungen bei den verschiedenen Ladevorgängen unterschiedlicher Fahrzeugtypen.

Im ebenfalls in Bild 3 gezeigten Leistungsfaktor sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Ladevorgängen noch deutlicher. Bei einigen sinkt der Leistungsfaktor bis auf 0,55, bei anderen steigt er im Vergleich zur Leerlaufbelastung an, bis zu einem Wert von 0,99.

Die Auswirkung des Strombezugs auf die Spannung hängt wie auch bei den Effektivwerten von dem betrachteten Netz und dessen Impedanz ab. Für hohe Frequenzen gelten dabei andere Impedanzen als für die 50 Hz-Komponente. Ströme hoher Frequenzen werden durch Serieninduktivitäten wie Transformatoren gedämpft und fließen durch Parallelkapazitäten, wie sie in jedem Netzelement parasitär auftreten, ab. Dadurch ist nicht unbedingt zu erwarten, dass Ströme hoher Frequenzen auch Spannungen hoher Frequenzen nach sich ziehen. In der Tat ist bei der Spannung kein bemerkenswerter Anteil sichtbar, das Maximum einer Harmonischen oberhalb von 2 kHz liegt bei 0,05 % der Grundschwingung. Das betrachtete Netz zeichnet sich allerdings auch durch eine niedrige Impedanz aus. In schwächeren Netzen mit höherer Impedanz ist eventuell eine stärkere Präsenz von Störspannungen messbar.

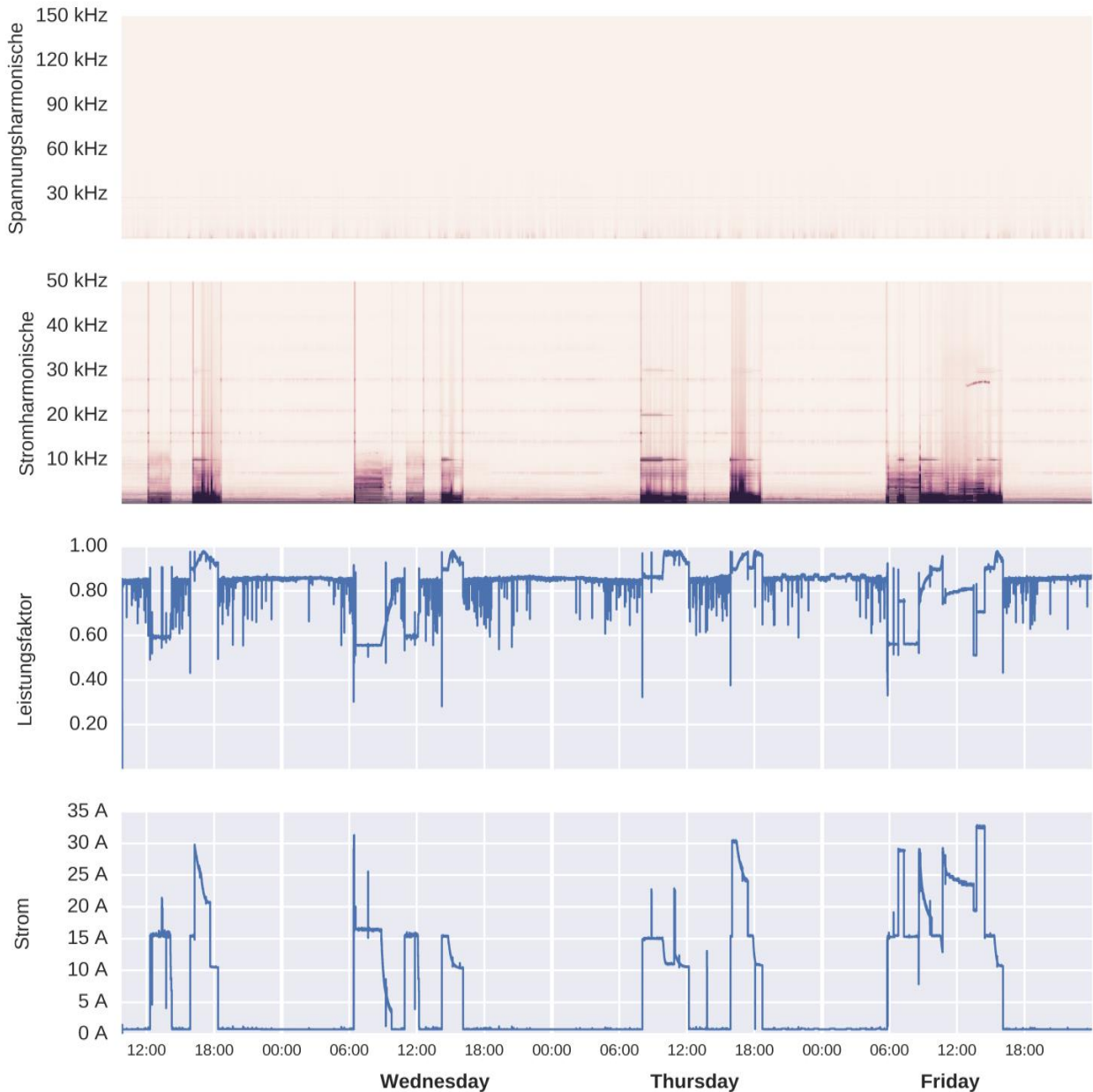


Bild 3 Harmonische der Spannung bis 150 kHz, des Stroms bis 50 kHz, Leistungsfaktor und Effektivwert des Stromes in Phase 1 der dreitägigen Messung an einer Ladestation für Elektrofahrzeuge in 10-Perioden-Auflösung

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Es wurde ein neu entwickeltes Messgerät und eine damit durchgeführte Messung vorgestellt. Die Ergebnisse sollen die Möglichkeit der detaillierten Messung von Parametern der Spannungsqualität aufzeigen. Insbesondere hochfrequente Anteile von Strom und Spannung sind mindestens bis 150 kHz auch in hoher zeitlicher Auflösung und über lange Zeiträume messbar. Durch die Verbreitung von leistungselektronischen Anlagen im Verteilnetz steht in diesem Frequenzbereich ein in Zukunft steigendes Störpotential zu erwarten.

Das beschriebene Messgerät wurde bereits an einem Anschlusspunkt von 17 Ladesäulen für Elektrofahrzeuge fest installiert und soll für mehrere Jahre konstant Messdaten aufzeichnen.

In einem weiteren Projekt sollen mehrere Geräte an verschiedenen Punkten im Verteilnetz installiert werden, um die Belastung durch PV-Wechselrichter und weitere Störquellen über lange Zeiträume zu messen.

7 Literatur

- [1] J. A. Orr, A. E. Emanuel and K. W. Oberg, "Current Harmonics Generated by a Cluster of Electric Vehicle Battery Chargers," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-101, no. 3, pp. 691-700, March 1982. doi: 10.1109/TPAS.1982.317284
- [2] J. A. Orr, A. E. Emanuel and D. J. Pileggi, "Current Harmonics, Voltage Distortion, and Powers Associated with Electric Vehicle Battery Chargers Distributed on the Residential Power System," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. IA-20, no. 4, pp. 727-734, July 1984. doi: 10.1109/TIA.1984.4504481
- [3] S. H. Berisha, G. G. Karady, R. Ahmad, R. Hobbs and D. Karner, "Current harmonics generated by electric vehicle battery chargers," *Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth, 1996., Proceedings of the 1996 International Conference on*, New Delhi, 1996, pp. 584-589 vol.1. doi: 10.1109/PEDES.1996.539678
- [3] J. A. Orr, A. E. Emanuel and K. W. Oberg, "Current Harmonics Generated by a Cluster of Electric Vehicle Battery Chargers," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-101, no. 3, pp. 691-700, March 1982. doi: 10.1109/TPAS.1982.317284
- [4] C. Wenge, T. Winkler, M. Stötzer and P. Komarnicki, "Power quality measurements of electric vehicles in the low voltage power grid," *Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU), 2011 11th International Conference on*, Lisbon, 2011, pp. 1-5. doi: 10.1109/EPQU.2011.6128866
- [5] J. Meyer *et al.*, "Future work on harmonics - some expert opinions Part II - supraharmonics, standards and measurements," *2014 16th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)*, Bucharest, 2014, pp. 909-913. doi: 10.1109/ICHQP.2014.6842871
- [6] J. Kilter, S. Elphick, J. Meyer and J. V. Milanovic, "Guidelines for Power quality monitoring - Results from CIGRE/CIREN JWG C4.112," *2014 16th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)*, Bucharest, 2014, pp. 703-707. doi: 10.1109/ICHQP.2014.6842924