



Karl – Heinz Otto

Dipl. –Ing. / Dipl. –Wirtschafts – Ing.
Mitglied im VDI – VDE - VSEH

SV-Büro Otto, Geibelstr. 8 D-40235 Düsseldorf

Geibelstr. 8

D – 40235 Düsseldorf

Mobil : +49 171 2765454

Mail. : info@sv-otto.de

Web : www.sv-otto.de

Samstag, 8. Juni 2024

Studie zur Untersuchung von Zählergenauigkeiten bei modernen elektronischen Verbrauchern oder „Wer viel misst, misst Mist“

Stromkosten sind in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Gleichzeitig fällt bei vielen Kunden auf, dass die neuen geeichten elektronischen Zähler manchmal nicht stimmen. Zwar sind die elektronischen Zähler geeicht und die Anschlüsse verplombt, so dass es den Anschein macht, dass alles seine Richtigkeit hat.

Bei Untersuchungen wurde an einigen Standorten festgestellt, dass die neuen elektronischen Zähler mal zu viel, aber auch manchmal zu wenig anzeigen.

Daraufhin wurden die Zählerstände mit den ebenfalls auf der Niederspannungsseite vorhandenen weitaus kostenintensiveren, leistungsfähigeren True-RMS-Meseinheiten verglichen.

Dabei stellte sich heraus, dass einige Verbrauchsmessungen völlig in Ordnung sind, andere aber zwischen 15% bis 18% von den tatsächlichen Verbrauchsmessungen zu hoch sind. An diesen Stromkreisen sind besonders viele elektronische Lasten angeschlossen.

Nach dem Einbau neuer elektronischer Zähler eines anderen Herstellers waren die Messwerte mit einem echt-effektiv-Wert-Netzanalysator fast wieder deckungsgleich.

Die neuen elektronischen Zähler haben viele Nebenaufgaben datentechnischer Art und Sicherheiten zu erledigen und die Datensicherheit nach dem BSI steht im Vordergrund. In der weiten Anwendung der Energieversorger dürfen sie auch nur wenig kosten.

Das eigentliche Messprinzip der Zähler wie True RMS oder mittelwertbildend bleibt in den meisten Prospektangaben und den Zähleranforderungen offen.

Im Zuge der politischen Energiewende wurden die neuen elektronischen Zähler mit „hohem Druck“ entwickelt und von verschiedenen Herstellern auf den Markt gebracht. Die Digitalisierung in der Abrechnung und die Genauigkeit der Ablesung sowie die Steuerung/Erfassung des Verbrauchsverhalten der Nutzer sollte damit geschaffen werden.

Die ersten elektronischen Zähler in 2011 mussten damals schon sehr schnell mit neuen Softwareänderungen ausgeliefert werden oder wurden vom Markt genommen.

Das Handwerksblatt und verschiedene Anwälte/Medien haben im Mai/Juni 2024 zum ‚Stoppen der Einbaupflicht von elektronischen Zählen‘ Gerichtstexte veröffentlicht.

Bis Ende 2032 sollen intelligente Stromzähler – auch Smart Meter genannt – flächendeckend zum Einsatz kommen und althergebrachte Stromzähler ersetzen: [Nach dem Bundestag hat auch der Bundesrat das Gesetz am 12. Mai 2023 gebilligt.](#)

Mit smarten Stromzählern können nicht nur die Zählerstände automatisch **digital** und verschlüsselt an die Stromerzeuger ermittelt werden. Denkbar ist auch eine **Steuerung** des Stromverbrauchs je nach Versorgungslage.

[Bis zum Jahr 2032 sollen nach den gesetzlichen Bestimmungen zur Energiewende alle analogen Stromzähler durch digitale Stromzähler ersetzt werden.](#) Dafür ist eine **Lizenzierung** der neuartigen Stromzähler durch das [Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik \(BSI\)](#) notwendig.

Nach Ansicht der OVG-Richter ist eine Verfügung des [BSI](#) voraussichtlich **rechtswidrig**. Mit dieser Verfügung hat das Amt festgestellt, dass es technisch möglich ist, Messstellen für Stromverbrauch und -erzeugung mit intelligenten Messsystemen (Smart-Meter-Gateways) auszurüsten.

Diese Feststellung beruht auf der Annahme, dass inzwischen auf dem Markt bestimmte, von verschiedenen Herstellern entwickelte intelligente **Messsysteme** verfügbar sind, die den gesetzlichen Anforderungen in Bezug auf **Sicherheit und Interoperabilität** (Funktionalität) genügen. Die Feststellung der technischen Möglichkeit löste bundesweit zum einen für Messstellenbetreiber (insbesondere Stadtwerke) die **Pflicht** aus, ihre Messstellen innerhalb gewisser Zeiträume mit diesen intelligenten Messsystemen auszurüsten. Zum anderen bewirkte die Feststellung **faktisch ein Verwendungsverbot** für andere Messsysteme.

Die Einbaupflicht ist damit gestoppt, aber bestehende Anlagen dürfen genutzt werden.

www.handwerksblatt.de/themen-specials/weg-frei-fuer-smart-meter/gericht-stoppt-einbaupflicht-fuer-smart-meter

Grund für die Entscheidung ist, dass die am Markt verfügbaren intelligenten Messsysteme nicht den gesetzlichen Anforderungen genügen. Sie seien hinsichtlich der Erfüllung der im [Messstellenbetriebsgesetz \(MsbG\)](#) und in Technischen Richtlinien normierten Interoperabilitätsanforderungen **nicht**, wie gesetzlich vorgeschrieben, **zertifiziert**. Diese Messsysteme können laut Gericht auch nicht zertifiziert werden, weil sie die Interoperabilitäts-Anforderungen nicht erfüllen.

Dass sie den Anforderungen der **Anlage VII der Technischen Richtlinie TR-03109-1** des BSI genügten, reiche nicht. Die Anlage VII sei **nicht formell ordnungsgemäß** zustande gekommen, weil die vorgeschriebene Anhörung des Ausschusses für Gateway-Standardisierung nicht erfolgt sei. Die Anlage VII sei auch materiell **rechtswidrig**, weil sie hinsichtlich der Interoperabilitäts-Anforderungen hinter den gesetzlich normierten Mindestanforderungen zurückbleibe. Bestimmte Funktionalitäten, die intelligente Messsysteme nach dem **Messstellenbetriebsgesetz** zwingend erfüllen müssten, sehe die Anlage VII nicht vor.

Gesetzgeber muss einschreiten

Dies habe unter anderem zur Konsequenz, dass Betreiber von Stromerzeugungsanlagen, die nach dem Gesetz mit intelligenten Messsystemen auszurüsten seien, nicht ausgestattet werden könnten. Die dem BSI zustehende **Kompetenz**, Technische Richtlinien entsprechend dem technischen Fortschritt abzuändern, gehe nicht so weit, dadurch gesetzlich festgelegte Mindestanforderungen zu unterschreiten. Seien die dortigen Mindestanforderungen nicht erfüllbar, müsse der **Gesetzgeber tätig** werden.

Oberverwaltungsgericht von NRW, Eilbeschluss vom 4. März 2021, [Az. 21 B 1162/20](#) (Das Hauptsacheverfahren, eine Klage gegen die Verfügung des BSI, ist noch beim Verwaltungsgericht Köln unter dem Aktenzeichen 9 K 3784/20 anhängig.)

Das **BSI erklärte** zu dem Eilbeschluss des OVG: "Nachdem das Verwaltungsgericht Köln in der Vorinstanz noch zugunsten des BSI entschieden hatte, kommt die Entscheidung des OVG für das BSI überraschend. Die Entscheidung des OVG Münster erging im vorläufigen Rechtsschutz, die Hauptsacheentscheidung durch das VG Köln steht noch aus. Das BSI wird daher die Entscheidungsgründe des OVG eingehend prüfen und hofft, die Bedenken des OVG im Hauptsacheverfahren umfassend entkräften zu können."

Der Vorgang ist immer noch offen!

Zur Historie der elektrischen Abrechnungszähler

Auf Grund des § 6 Abs. 2 und § 9 Satz 2 des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) in Verbindung mit Artikel 129 Abs. 1 des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland wird mit Zustimmung des Bundesrates verordnet:

§ 1

Meßgeräte dürfen bei der gewerbsmäßigen Abgabe elektrischer Arbeit, sofern sie nach den Lieferungsbedingungen zur Bestimmung der Vergütung dienen sollen, nur verwendet werden, wenn sie amtlich beglaubigt sind; dies gilt nicht für geeichte Meßgeräte. Die amtliche Beglaubigung wird von den auf Grund des § 9 des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten zugelassenen Prüfstellen durchgeführt. Sie besteht in der Prüfung und Stempelung des Meßgerätes. Zur amtlichen Beglaubigung zugelassen sind nur die Meßgeräte, die auch zur Eichung zugelassen sind.

Zähler haben die Eichbestimmungen der PTB in Braunschweig einzuhalten. Die örtlichen Eichämter sind die aufführenden Organe. Die Entwicklung der elektrischen Zähler ist sehr gut in den PTB-Mitteilungen 3 aus 2012 „Messtechnik im Wandel der Zeit“ aus der Historie wieder gegeben.
https://www.ptb.de/cms/en/presseaktuelles/journals-magazines/ptb-mitteilungen/verzeichnis-der-ptb-mitteilungen/ptb-mitteilungen-2012/heft-3-messtechnik-im-wandel-der-zeit.html#jfmulticontent_c50580-1

Das Dokument zeigt die Zählerentwicklung aus dem 19. Jahrhundert bis 2012.

Im Band 6_Teil_M.pdf PTB.pdf sind die Bedingungen festgelegt:

Eichtechnische Prüfung von Elektrizitätszählern nach § 7h der Eichordnung („MID- Zähler“).

https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/pruefregeln/Band6_Teil_M.pdf

Dort sind die Genauigkeitsklassen der elektrischen Zähler in 3 Stufen festgelegt.

| Prüfstrom | Phase | $\cos \varphi$ | Messabweichung (siehe Tabelle 5) | Genauigkeitsklasse | | |
|----------------------|----------|----------------|-------------------------------------|--------------------|-------|-------|
| | | | | A | B | C |
| I_{min} | L1,L2,L3 | 1 | $e_c(I, \cos \varphi)$ | 3,5 % | 2,0 % | 1,0 % |
| I_{tr} | L1,L2,L3 | 0,5i | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | 0,7 % |
| | L1,L2,L3 | 1 | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 0,8c | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 0,5i | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| I_{ref} bzw. I_n | L1,L2,L3 | 1 | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 0,8c | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 0,5i | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| I_{max} | L1,L2,L3 | 0,5i | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 1 | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |
| | L1,L2,L3 | 0,8c | $e_c(I, \cos \varphi)$ | | | |

Tabelle 7: Grenzen zulässiger Messabweichungen der Ein- und Mehrphasenzähler, symmetrische Last, Spannung symmetrisch

Die Verbraucherzentralen haben eine Zusammenstellung über die neuen elektronischen Zähler angefertigt, welche die mechanischen Ferraris-Zähler mit Drehscheibe ablösen sollen.

<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/smart-meter-was-sie-ueber-die-neuen-stromzaehler-wissen-muessen-13275>

Unter Wikipedia sind die Grundlagen über elektrische Abrechnungszähler zusammengefasst. <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromz%C3%A4hler>

Die Universität in Twente hat bereits 2017 Untersuchungen an einphasigen elektronischen Zählern durchgeführt und bei einigen der Zähler erhebliche Abweichungen bei gedimmten Leuchten/Lasten festgestellt.

https://storage.googleapis.com/files.dinside.no/9/maalere_rapport.pdf

Dort wurden unterschiedliche elektronischen Zähler in Reihe geschaltet und an einer gedimmten Last miteinander verglichen. Es wurden erhebliche Abweichungen festgestellt und auch in einem Bericht festgehalten.

Die Untersuchung wurde auch in Deutschland gelesen und heftig von den Herstellern der elektronischen Zähler bestritten, mit dem Argument, dass dies nicht die praxisnahen Lasten seien.

Die Abrechnungsprobleme mit elektronischen Zählern, welche keine True RMS-Messung haben, wurden auch von deutschen Verbänden veröffentlicht.

https://www.energieverbraucher.de/de/intelligente-zaehler_1845/NewsDetail_17560/
Diese sehr gute Netzseite ist mit vielen zusätzlichen Infos versehen.

Erst eine Doktor-Arbeit für ein Transfer-Normal für Wirkleistung im Frequenzbereich bis 150 kHz aus 2021 für die PTB mit dem Ziel auch nicht lineare Verhältnisse mitzuerfassen.

Doktor-Arbeit von Herrn Dr. Mario Schönecker-Baußmann:

https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr.rFrsXGBmYE8QhRRfCwx.;_ylu=Y29sbwMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1717620077/RO=10/RU=https%3a%2f%2fleopard.tu-braunschweig.de%2freceive%2fdbbs_mods_00070940/RK=2/RS=2KC53WH5icl5VxkUDXv4yHeBI9E-

Das Bundesamt PTB in Braunschweig hat daraufhin die Untersuchung kommentiert:

https://www.ptb.de/cms/en/gateways/press/press-releases/press-release.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=8113&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bday%5D=13&tx_news_pi1%5Bmonth%5D=3&tx_news_pi1%5Byear%5D=2017&cHash=7db9389d4ffed8ccf313a6e01e68f1ea

Das PTB kommt am 12.03.2017 zu dem Schluss, die festgestellten Messabweichungen betreffen Betriebssituationen mit Oberschwingungsgehalten im Frequenzbereich zwischen 2 kHz und 150 kHz von den Messgeräte Herstellern nach Report TR CLC TR 50579 behoben sein müssten. Seitdem sind die Eichbehörden besonders sensibilisiert für auffällig falsch messende elektronische Zähler, insbesondere in einer Umgebung stark verzerrter Ströme wie z. B. bei der Einspeisung von Solarenergie in das Netz.

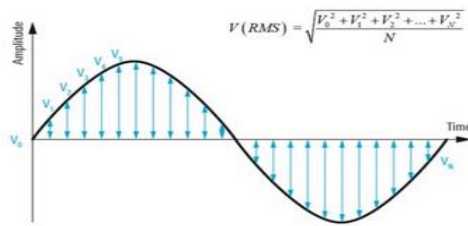
https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/buecher/Kohlrausch/Band_1/Elektrizitaet/Kohlrausch_1_Elektrizitaet_Niederfrequenz.pdf

Auf der Seite 596 sind schon 1971 treffende Aussagen über statische Zähler in der PTB-Zusammenstellung zu finden. Auch dass Zähler keine Präzisionsmessgeräte sind.

Neuere Untersuchungen der Zählergenauigkeit von elektronischen Zählern sind bei der PTB in Braunschweig und auch der Bundesnetzagentur in Bonn nicht zu finden.

Sehr früh in den 1990ern trat bei mir das Problem falscher Messungen mit Strom-Messzangen bei durchgeführten Stromanalysen auf.

Einmal waren die Messungen zweier Strommesszangen übereinstimmend, ein anderes Mal aber stark abweichend, wenn der Strom stark verzerrt war.



Berechnung des Effektivwerts mit Abtastwerten des A/D-Wandlers



Der Unterschied war, dass die einfachen Stromzangen mittelwertbildend sind und die RMS-Stromzangen durch AD-Wandler die Kurve zerlegen und wieder als Echtwert zusammensetzen. Aber auch Strommesszangen, die als True-RMS verkauft werden, zeigen Unterschiede auf. (siehe Foto links)



Das Fluke 324 Plus kostet 235€ als True RMS Meter und zeigt 12,86A an.

Das Triplet CM 1050 ebenfalls True RMS zu 110,95€, also 50% preisgünstiger, obwohl beide aus chinesischer Herstellung stammen, zeigt 13,3A.

Das sind 3,4% zu viel gemessen - von der Fluke-Messung aus gesehen.

Beides sind aber als True RMS Messgeräte bezeichnet.

<https://www.youtube.com/watch?v=o5ASEMN5WsM>

Komplexe Beschreibung von AD-Wandlern sind in den Datenblättern der IC-Hersteller zu finden.

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD736.pdf>

Genau diese Berücksichtigung der nicht-linearen Verbraucherströme wird in den Eichnormen für Zähler leider nicht festgelegt.

Für das Projekt Wien Aspern wurden diese einfachen Forderungen für Zähler gestellt, aber keiner der geeichten Zähler kann dies wirklich erfüllen.

- Stromzähler:





Tabelle 5: Messgenauigkeit Stromzähler

| Einsatz | Messprinzip | Genauigkeit |
|-----------|-------------|-------------|
| Allgemein | True RMS | +/- 0,5% |

Informationen zu dem Begriff True RMS sind bei Fluke zu finden.

<https://www.fluke.com/de-de/mehr-erfahren/blog/elektrik/was-versteht-man-unter-dem-begriff-echteffektivwert>

Die Abweichung von Mittelwertsbildenen Messungen und echte Effektiv-Wert-Messungen haben dazu geführt, dass sehr viele Strommessgeräte heute mit besseren RMS-Chips ausgerüstet werden, um eine integrale Messung, auch der nicht-linearen Ströme zu bekommen.

| Multimeter type | Response to sine wave | Response to square wave | Response to single phase diode rectifier | Response to 3 Ø diode rectifier |
|--------------------|---|---|--|---|
| |  |  |  |  |
| Average responding | Correct | 10 % high | 40 % low | 5 % to 30 % low |
| True-rms | Correct | Correct | Correct | Correct |

https://en.wikipedia.org/wiki/True_RMS_converter

Auch Wikipedia hat passende Erklärung zu dem Thema der nichtlinearen Ströme.

https://rfmw.em.keysight.com/spdhelpfiles/truevolt/webhelp/DE/Content/_F_Tutorial/Tutorial%2004%20AC.htm

Der in 2022 verstorbene Professor Dietmar Rudolf hat dazu gute Veröffentlichungen zu True RMS und deren Vergleichsmessungen geschrieben.

https://www.radiomuseum.org/forum/die_messung_des_effektivwertesttrue_rms.html

Das Wissen um die verzerrten Ströme und Spannungen ist heute noch nicht in den Köpfen der Planer, Errichter, Entwickler, Nutzer und „Abrechner“ angekommen. Nur sehr wenige Beschreibungen betrachten die heute nicht sinusförmigen Ströme.

In der Zählerfunktionsbeschreibung von Landis+Gyr sind, wenn man genau liest, auch Hinweise zur Genauigkeit zu finden.

3.4 kVAh Berechnungsmethode nach Landis+Gyr

D000031309 DE d – E350 Serie 2 ZxF100Ax/Cx / ZCF100Ax/Cx – Funktionsbeschreibung © Landis+Gyr

Vektorielle Methode

Die vektorielle Methode basiert auf kVar und kWh:

Die vektorielle Methode setzt sinusförmige Wellenformen voraus, ihre Genauigkeit verschlechtert sich, wenn Strom oder Spannung nicht sinusförmig verlaufen.

Effektivwert-Methode

Die Effektivwert-Methode verwendet die Effektivwerte (RMS) der Strom und Spannungswerte.

Obwohl die Effektivwert-Methode theoretisch die beste Methode ist, bewirkt in der Praxis die bei der Berechnung der Effektivwerte von Spannung und Strom angewandte Mittelwertbildung über eine Sekunde eine Verzögerung und somit einen implizierten Fehler bei dieser Methode.

Auch wenn die Effektivwert-Methode gewählt ist, wird bei kleinen Strömen die vektorielle Methode angewandt, um der Anfälligkeit der Effektivwert-Methode für Rauschsignale zu begegnen.

Würden die Abrechnungsfehler an elektronischen Zählern zu Ungunsten der EVUs erfolgen, so wäre längst schon etwas unternommen worden, um die teure Energie bezahlt zu bekommen. Da aber keine Untersuchungen zu dem Thema gemacht werden, unterbleibt eine Kontrolle, da doch alles „geeicht“ ist.

Die ETH in Zürich hat das bisherige Wissen über magnetische Felder speziell für Lebewesen und die Technik umfangreich und leider sehr wissenschaftlich auf 125 Seiten publiziert:

https://www.emf.ethz.ch/fileadmin/redaktion/public/downloads/3_angebot/wissensvermittlung/studien_fachartikel/Statusbericht_2017.pdf

Ausgehend von mir zu bearbeitenden Gerichtsfällen über Fehlmessungen an elektronischen Zählern und Kontrollmessungen wurde festgestellt, dass keine neueren Untersuchungen oder Veröffentlichungen zu der Genauigkeit der neuen elektronischen Zähler an realen Lasten seit 2017 existieren.

Konkrete Anfragen bei einem Zählerhersteller in Deutschland wurden mit der Begründung abgewiesen, da ich kein Vertragspartner sei.

Werden die elektronischen Zähler in einer Prüfstelle mit linearen Wechselströmen mit 50 Hz geprüft, ist wieder alles in Ordnung.

Der Kunde mit berechtigten Ansprüchen darf dann auch noch die Zähler-Überprüfung im Reklamationsfall bezahlen.

| | Rogowski-spule | Hallsensor | Shunt-Messung |
|-------------------------|----------------|---|---|
| EasyMeter (Disco-vergy) | | | Alle bekannten Modelle |
| EMH Metering | | | Alle bekannten Modelle |
| Iskraemeco | MT171 | MD300 | ME371 |
| | MT174 | MT300 | ME372 |
| | MT175 | | ME382 |
| | MT371 | | |
| | MT382 | | |
| MT681 | | | |
| Itron (Actaris) | | ACE3000 | EM214 |
| Kamstrup | | | Alle bekannten Modelle |
| Landis+Gyr | | Alle konventionellen elektronischen Haushaltszähler | Alle „modernen Messeinrichtungen“ nach MsbG |

Die Stromsensoren der elektronischen Zählerrichtungen können über einen Shunt, Rogowski Spule oder einen Hall-Generator erfolgen. Welcher Halbleiter die Erfassung der Ströme umsetzt, bleibt meist ein Betriebsgeheimnis der Zählerhersteller.

Je nach Erfassung der Ströme sind Genauigkeitsabweichungen möglich.

In der UNI in Twente wurden die größten Abweichungen bei Rogowski-Spulen ermittelt.

In den Veröffentlichungen der elektronischen Zähler sind aber kaum Angaben über die Sensorart oder gar True RMS-Messungen zu finden. Da alles geeicht ist und viele internationale Gremien sich mit den Zählern beschäftigt haben, wird es von den Nutzern als verlässliche Grundlage zur Abrechnung der Ströme genutzt.

Daher wurden von mir verschiedene reale Installationen, welche bereits mit True RMS-Messgeräten ausgerüstet sind, mit den Zählern verglichen.

Es stellte sich eindeutig heraus, dass je höher der Anteil der elektronischen Lasten ist, auch die Fehlerraten steigen. Gleiche Zähler an unterschiedlichen Lasten belegen dies.

Landis&Gyr gibt eine Meßmethoden-Beschreibung mit Hinweis auf die sinusförmige Kurvenform und dass bei Abweichungen von der Sinusform sich die Genauigkeit verschlechtert.

Die Stromkosten sind heute hoch geworden und Zähler-Abweichungen im höheren %-Bereich sind nicht hinnehmbar. Elektronische Verbraucher sind leider überall vorhanden. Die Forderung, die Netzteile wieder mit einer Power Korrektion wieder auf eine Sinusform zu bringen, gilt erst ab 65W. Daher werden die meisten kleinen Netzteile der Laptops und Beleuchtung unter 65W gebaut und betrieben.

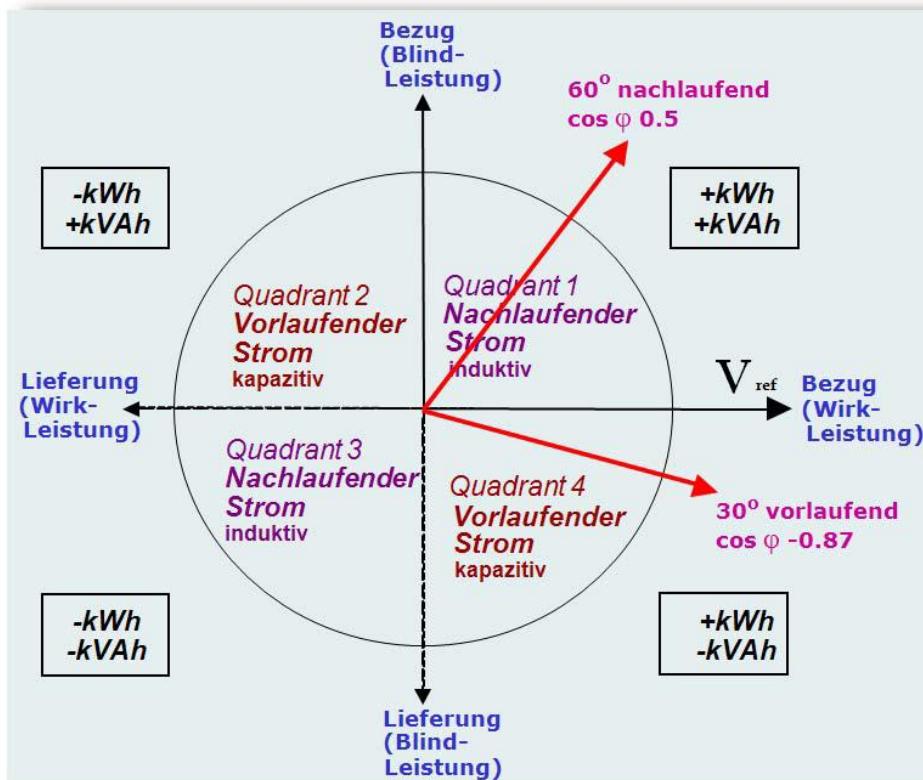
Es gilt immer noch der Grundsatz „wer viel misst, misst Mist“. Mich persönlich hat auch verunsichert, dass True RMS-Messungen mit einfachen RMS-Messungen unterschiedlich sind.

Daher empfehle und fordere ich, eine unabhängige Stelle mit der Klärung der Messung der elektronischen Zähler an elektronischen Normal-Lasten neu zu beauftragen.

Die Konsequenz muss sein, dass die Zähler-Hersteller zu True-RMS-Messungen verpflichtet werden.

Im Zeichen der Energiewende müssen, die in sehr großer Stückzahl eingesetzten elektronischen Zähler akzeptable Werte liefern.

Landis&Gyr hat ein geeignetes 4 Quadranten-Model in den Bedienungsanleitungen.



Eigene Untersuchungen über ca. 3 Monate

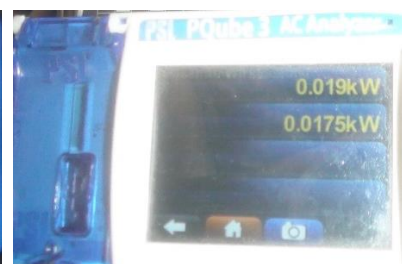
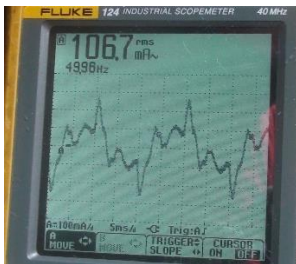


In meinem Lagerraum wurden verschiedene elektronische Abrechnungszähler mit meinen normalen einphasigen Lasten des Büros mit dem recht genauen PQ 3 aus den USA verglichen. Dabei sind es 1-2 Laptops, ein HP-PC und HP-Drucker und ein Sony Großbildschirm. Alle Geräte hingen am gleichen Strang und die Zähler wurden zeitgleich abgelesen.

| | Easy Meter 1 | Easy Meter 2 | Iskra | Kamstrup | L&G | EMH | PQ3 | |
|------------|--------------|--------------|----------|----------|-----------|---------|------------|-------------|
| SN | 63348857 | 60994473 | 66808324 | 12186873 | 108330425 | 4380381 | P3001403 | |
| Datum | | | | | | | | |
| 13.03.2024 | 10,3 | 14 | 3861,1 | 35269 | 27631 | 15124 | 211,82 | kWh |
| 21.05.2024 | 58 | 66 | 3915,3 | 35319 | 27681 | 15172 | | |
| 05.06.2024 | 68 | 77 | 3925,6 | 35329 | 27690 | 15181 | 268,76 | kWh |
| Verbrauch | 57,7 | 63 | 64,5 | 60 | 59 | 57 | 56,94 | kWh |
| | 0,76 | 6,06 | 7,56 | 3,06 | 2,06 | 0,06 | Referenz | kWh |
| | | | | | | | Abweichung | |
| | 1,33% | 10,64% | 13,27% | 5,37% | 3,61% | 0,10% | plus | ca 3 Monate |

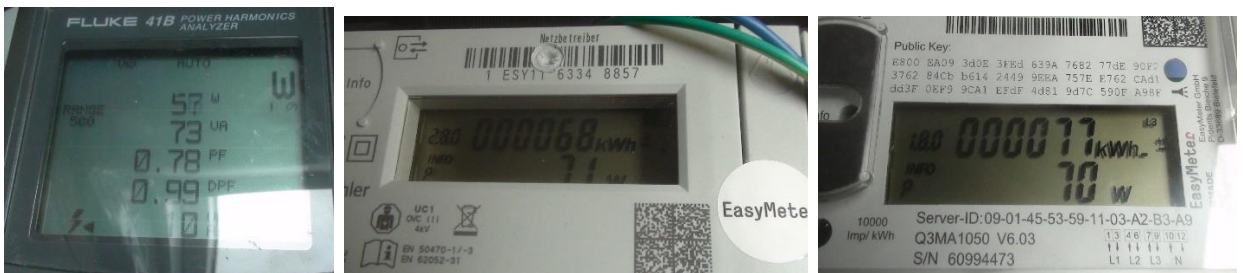
Es ist eine Messung mit unterschiedlichen elektronischen Lasten im kleinen Messbereich. Trotzdem sind die Abweichungen an der gleichen Last schon beachtlich. Die Referenzmessung erfolgte mit einem Netzqualitätsmessgerät PQ3 und nur einem 20 A Wandler. In der Einzelmessung sind bei linearer Last die Anzeigen fast gleich.

Kleine nicht-lineare Last mit 106,7mA zeigt 19W, 19W, 14W/22VA, 18W,18W,18W



Schon im kleinen Messbereich gibt es kleine Abweichungen. Es sind aber auch für die elektronischen Zähler Grenzbereiche, da der Messwert von 0,1 bis 5(60A) ausgelegt ist.

Höhere nicht-Lineare Last mit 399mA zeigt 70,2W, 67W, 57W 73VA,7 1W, 70W, 70W, 67W



Bei dieser Verbrauchssituation mit 400mA sind fast alle Messanzeigen in der Nähe bei 67W



Zusatzlast mit gedimmtem Staubsauger mit 4,06A, zeigt 576W,622W,540W,558W,571W 573W, 567W an

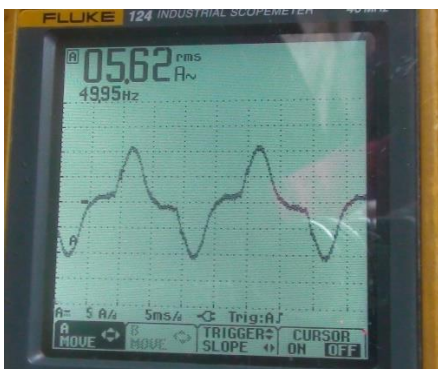




In der gedimmten Form zeigt das PQ3 sogar einen höheren Wert als die anderen Messgeräte an.

Die anderen Messwerte liegen nahe beieinander.

Zusatzlast mit voller Leistung 5,62A zeigt 1,09kW, 0,622kW, 0,54kW
1,085kW, 1,09kW, 0,567kW





sehr starke Abweichung zwischen den Echt-Effektiv-Wert-Messgeräten und der Zähleranzeige um fast 50%

Fallbeispiele:

1. Installation in einem Privathaushalt in Horn Bad Meinberg mit Solareinspeisung

Es handelt sich hier um Einfamilienhaus mit Solaranlage und normaler Ausstattung. Es ist ein **Zwei-Wege-Zähler PAFAL 2CEC3g** aus Polen installiert, welcher seit sechs Jahren, acht Monaten, 25 Tagen in Betrieb ist. Der Abrechnungs-Zähler ist eine Direktmessung ohne Außenwandler. Es sind typische elektronische Verbraucher und eine Strom-Einspeisung durch eine Solaranlage. Parallel dazu ist ein hochwertiges Janitza UMG 512 zeitgleich installiert.

<https://www.eximges.at/pdf/apator-pafal/EC3.pdf>



Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

Es wurden 1.8341,9 kWh durch die Solaranlage des Hauses in das Netz eingespeist. Vom Verbrauch abgezogen wurden 7.022,8 kWh als Verbrauch mit dem Janitza UMG 512 gemessen. Die Verbrauchsanzeige war mit 7.009,7 kWh sogar geringfügig niedriger am polnischen Verbrauchszähler angezeigt. Das Haus verfügt über eine Batteriespeicheranlage, sodass die aufgenommene Energie durch die Stadtwerke äußerst gering bleibt.

Die Differenz betrug über den sehr langen Zeitraum nur -13,1 kWh = - 0,186%. Das bedeutet, dass dieser elektronische Zähler mit Baujahr 2015 mit der Genauigkeit A = 3,5% oder B = 2% misst deckungsgleich trotz der nicht linearen Ströme im Vergleich UMG 512.

Diese Messung ist am 26.12.2023 mit Einspeisung durch die Solaranlage und Verbrauch durch LED und elektronische Verbraucher durchgeführt worden.

Es wurden nur 992 W aus dem Netz bezogen. Die Verbrauchssituation ist klein und völlig unterschiedlich. Nur die Phasen L1 u L2 sind mit knapp 3 A belastet.

Auffällig ist schon das kapazitive Verhalten der Verbraucher L4 = N= 1,66A.

Der N-Bedarf ist die Vektorsumme der drei Phasen mit N bed = 1,61A.



I=L1 ist stark nicht linear



I=L2 ist sinusförmig



I=L3 klein und nicht linear

In den gefundenen Unterlagen ist für den Zähler kein Hinweis auf eine True RMS-Messung oder Sensor zu finden. Trotzdem scheinen diese Messungen des Verbrauchszählers korrekt zu sein.

2. Wandler Messungen mit Elektronischen Zählern

Die Wandler sind für Messungen im höheren Strombereich notwendig. Es müssen mindestens Wandler der Klasse 0,5 verwendet werden. Höhere Frequenzen kann ein Wandler aber gar nicht übertragen. Auch die höheren Klassen werden manchmal vom EVU verlangt.

<https://mbs-ag.com/blog/verrechnungsmessung-mit-strom-und-spannungswandlern/>



Die Messleitungen müssen aber verdreht vom Wandler bis zum Verrechnungszähler geführt werden. Andernfalls können induktive Kopplungen der Schaltanlage in die Messadern ströme und Spannungen induzieren und zur Verfälschung der Messung beitragen. In den Mittelspannungsanlagen sind meist einadrige HV-Label mit Schirmung von der HV-Schaltanlage bis zum Trafo geführt. Der Erdungsbeidraht wird leider sehr oft auf beiden Seiten aufgelegt. So wirkt das Trafoprinzip auf die Erdschleife. 15-30% des HV-Arbeitsstromes wird so auf das Erdungssystem und alle PE/PA-Schienen induktiv eingekoppelt.

Die Erderbeidrähte gehören entweder kaskadiert = einseitig an der HV-Schaltanlage aufgelegt und bleibt am Trafo isoliert. Ganz Ängstliche können auch alle drei Erdungsbeidrähte zusammen auf einen Isolierbock setzen. So kann sich der eingekoppelte Strom nicht auf das PE/PA-System auswirken.

Die Schutzfunktion des Beidrahtes ein E-Feld zu verhindern und bei einer Beschädigung der HV-Seele einen Schutzmechanismus zum Auslösen einer Schutz durch Abschaltung bleibt erhalten.

| Genauigkeitsklasse | Übersetzungsmessabweichung ± % | | | | Phasenfehler ± Minuten | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------|-----|-----|-----------------------------------|----|-----|-----|
| | bei Strom (% von Bemessungsstrom) | | | | bei Strom (% von Bemessungsstrom) | | | |
| | 5 | 20 | 100 | 120 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 15 | 8 | 5 | 5 |
| 0,2 | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 30 | 15 | 10 | 10 |
| 0,5 | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 90 | 45 | 30 | 30 |
| 1 | 3 | 1,5 | 1 | 1 | 180 | 90 | 60 | 60 |

Tabelle 1: Grenzwerte für Übersetzungsmessabweichung und Phasenfehler für Stromwandler für Messzwecke (1)

Da die heutigen elektronischen Zähler kaum einen Verbrauch haben spielt die Bündung in der Veröffentlichung von MBS schon eine entscheidende Rolle.

In der Abbildung oben sind die Fehlerkurven des Stromwandlers EASK 31.3 aufgetragen. Der Wandler ist mit 5 VA in Klasse 0,5 S spezifiziert. Wird der Wandler jetzt mit nicht unüblichen 0,010 VA bebürdet „rutscht“ die Fehlerkurve im positiven Amplitudenfehlerbereich leicht aus der Klasse. Der Fehler liegt zwischen 0,5 und 0,6 Prozent. Es wird dementsprechend zwischen 0,5 und 0,6 Prozent mehr Strom mitverrechnet, als in der Kupferschiene tatsächlich fließt. Wird hingegen der Wandler mit 7,5 VA überbürdet, liegt die Fehlerkurve unterhalb der 5 VA-

Fehlerkurve im negativen Prozentfehlerbereich. Hier werden zwischen 0,2 und 0,5 Prozent weniger Strom in der Leistungsberechnung einbezogen. Um ein Gefühl für die monetären Auswirkungen zu bekommen, werden folgende Annahmen festgelegt:

- 600 Arms Nennstrom Kupferschiene
- 230 Vrms zwischen Leiter-Erde
- Betriebsdauer: 8.760 Stunden im Jahr
- Energiepreis: 0,2 EUR pro kWh

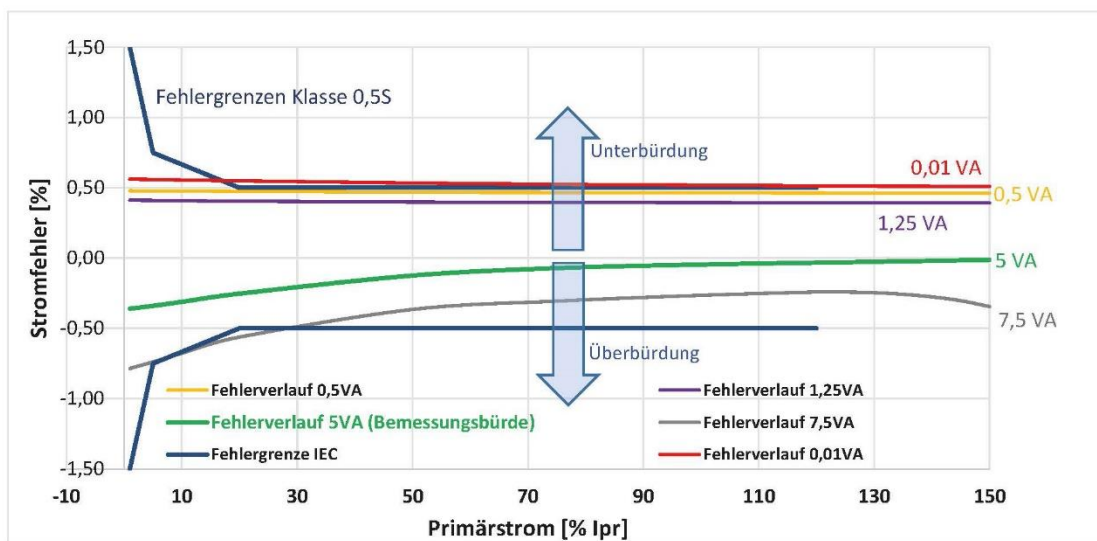


Abbildung 2: Stromfehlerverlauf EASK 31.3 ; 250/5 A 5 VA in Klasse 0,5S - Darstellung der Bürdenabhängigkeit

Bei diesen Randbedingungen werden bei einer Verschiebung von 0,1 Prozentpunkten (z.B. 0,3 Prozent statt 0,2 Prozent Amplitudenfehler) jährlich 1.214 kWh pro Phase mehr abgerechnet. Bei einem angenommenen Preis von 0,2 EUR/kWh ergeben sich 728 EUR pro Jahr im drei Phasen-System. In 20 Jahren sind es bereits 14.566 EUR. Bei einem generellen Fehler von 0,4 % ergeben sich in 20 Jahren bereits 58.263 EUR.

Kommen wir von der Niederspannungsebene in die Mittelspannungsebene. Hier sind die Auswirkungen noch dramatischer, da die Spannung bei den in Deutschland üblichen $20.000/\sqrt{3}$ Volt zwischen Leiter und Erde liegt. Hier führt die Verschiebung von 0,1 Prozentpunkten beim Stromwandlersignal bei gleichen Randbedingungen zu 36.415 EUR jährlich in den drei Phasen. Nach 20 Jahren kumulieren sich die Kosten bereits auf 728.293 EUR.

Dabei sind die Stromkosten aus 2020 nur mit den damaligen 0,2 Euro angesetzt. Der Strompreis ist seit daher weitaus höher geworden.

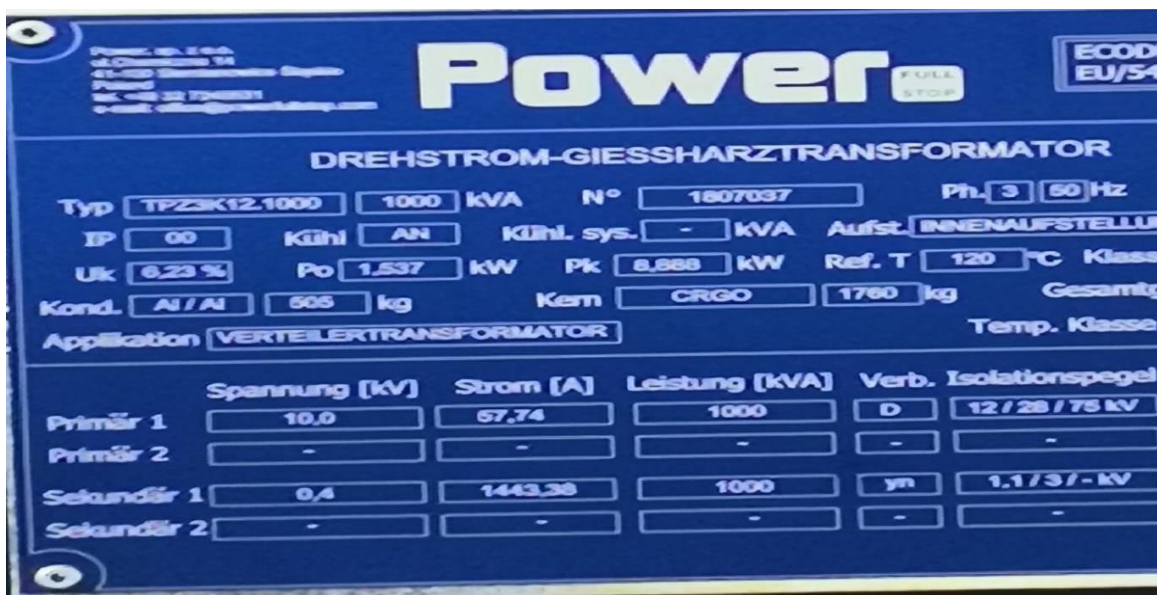
Der Artikel von MBS gibt Hinweise auf eine bessere Bürdung.

3. Trafoszähler mit Wandler an einer Mietanwendung hinter dem Trafo in Krefeld

In diesem Mietobjekt ist ein 1000 kVA verlustarmer Trockentransformator nach EN 505881 aus dem Baujahr 2021 eingesetzt, der momentan nur mit ca. 50kVA bis 150kVA im unteren Bereich der Leistungsfähigkeit belastet ist.

Im Traforaum vagabundieren Ströme bis 1 A auf dem Erdungssystem, welche die Mess-Wandler-Leitungen auch induktiv beeinflussen können.

Der Trafo ist verlustarm nach EN 505881, die Messung erfolgt über Messwandler auf der HV-Ebene, so dass die Trafoverluste mit gemessen werden.



Elektrische Daten

Effizienzklassen A0 Bk nach EN 50588-1

| Leistung (kVA) | PO : Leerlauf-verlust (W) | Pk : Last-verlust (W) | Uk (%) | Sekundär-Barnessungsstromstärke | | Drehphasen-Kurzschlussstrom US* | | Spannungsabfall bei Vollast | | Wirkungsgrad (%) | | | | Schallleistung dB (A) |
|----------------|---------------------------|-----------------------|--------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|------------------|-----------|----|--|-----------------------|
| | | | | A (400 V-Version) | kA (400 V-Version) | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | Last = 75% | | Last = 100% | | | | |
| | | | | | | | | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | | | |
| 50 | 90 (A0) | 875 (Bk) | 4 | 72 | 1,8 | 3,57 | 1,81 | 98,1 | 98,47 | 97,64 | 98,11 | 39 | | |
| 100 | 145 (A0) | 1475 (Bk) | 4 | 144 | 3,6 | 3,43 | 1,54 | 98,4 | 98,72 | 98,02 | 98,41 | 41 | | |
| 160 | 210 (A0) | 2000 (Bk) | 4 | 231 | 5,7 | 3,31 | 1,32 | 98,63 | 98,90 | 98,3 | 98,64 | 44 | | |
| 250 | 300 (A0) | 2750 (Bk) | 4 | 361 | 8,9 | 3,22 | 1,17 | 98,78 | 99,02 | 98,5 | 98,79 | 47 | | |
| 400 | 430 (A0) | 3850 (Bk) | 4 | 577 | 14,2 | 3,13 | 1,04 | 98,93 | 99,14 | 98,68 | 98,94 | 50 | | |
| 630 | 600 (A0) | 5400 (Bk) | 4 | 909 | 22,0 | 3,06 | 0,93 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,06 | 52 | | |
| 630 | 600 (A0) | 5400 (Bk) | 6 | 909 | 14,8 | 4,33 | 1,03 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,06 | 52 | | |
| 800 | 650 (A0) | 7000 (Bk) | 6 | 1155 | 18,7 | 4,35 | 1,05 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,05 | 53 | | |
| 1000 | 770 (A0) | 9000 (Bk) | 6 | 1443 | 23,3 | 4,36 | 1,07 | 99,04 | 99,23 | 98,79 | 99,03 | 55 | | |
| 1250 | 950 (A0) | 11000 (Bk) | 6 | 1804 | 28,9 | 4,35 | 1,05 | 99,06 | 99,24 | 98,82 | 99,05 | 56 | | |
| 1600 | 1200 (A0) | 14000 (Bk) | 6 | 2309 | 36,5 | 4,35 | 1,05 | 99,06 | 99,25 | 98,83 | 99,06 | 58 | | |
| 2000 | 1450 (A0) | 18000 (Bk) | 6 | 2887 | 45,1 | 4,36 | 1,07 | 98,04 | 99,23 | 98,8 | 99,04 | 60 | | |
| 2500 | 1750 (A0) | 22000 (Bk) | 6 | 3608 | 55,5 | 4,35 | 1,05 | 99,07 | 99,25 | 98,83 | 99,06 | 63 | | |

* Die angegebenen Drehphasen-Kurzschlussströme US sind die an den Anschlüssen des Transformators gemessenen Werte bei einer Kurzschlussleistung des vorgeschalteten MS-Netzes von 500 MVA und Kurzschluss-Nennspannung.

Der Wirkungsgrad ist bei der kleinen Last, die hauptsächlich Leerlaufverluste sind mit ca.99,23% angegeben, welche bei der Vergleichsmessung zu berücksichtigen sind.

Unter Umständen können die Leerlaufverluste und Lastverluste auch ein wenig höher sein und so die Differenz zwischen Iskra-Zähler und Janitza 512 erklären.

Der slowenische Zähler Iskra Typ MT 860 stammt - wie der Trafo auch - aus dem Fertigungszeitraum 2021.



Klasse 2 = B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

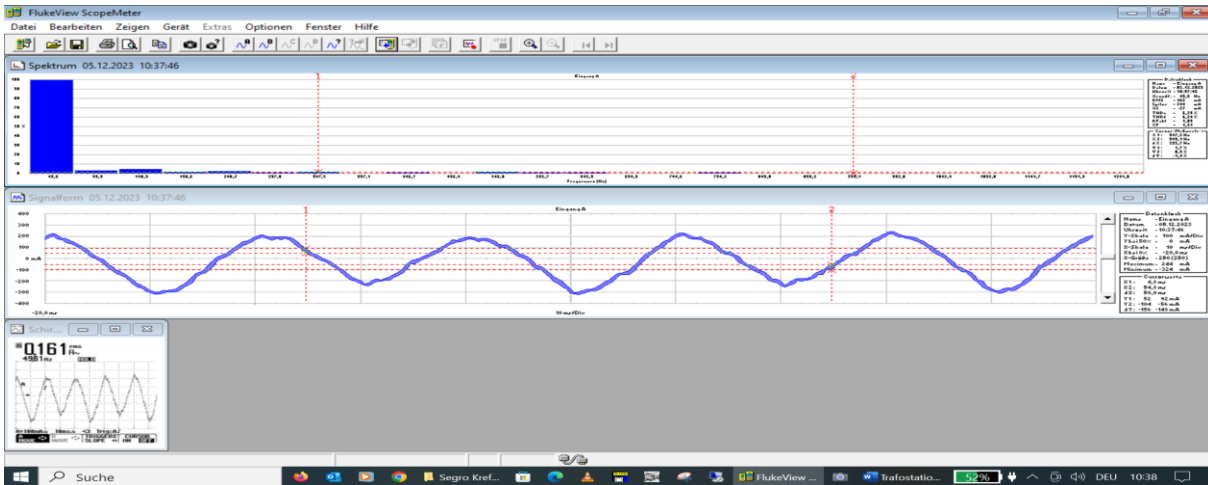
<https://res.cloudinary.com/fastron-electronics/image/upload/v1592553487/iskraemeco/MT860.pdf>

Iskra verwendet Rogowski Spulen zur Erfassung der Ströme. Hinweise zum Messprinzip sind nicht zu finden. Ein Anschreiben von mir nach Lubiana erbrachte keinen Erfolg.

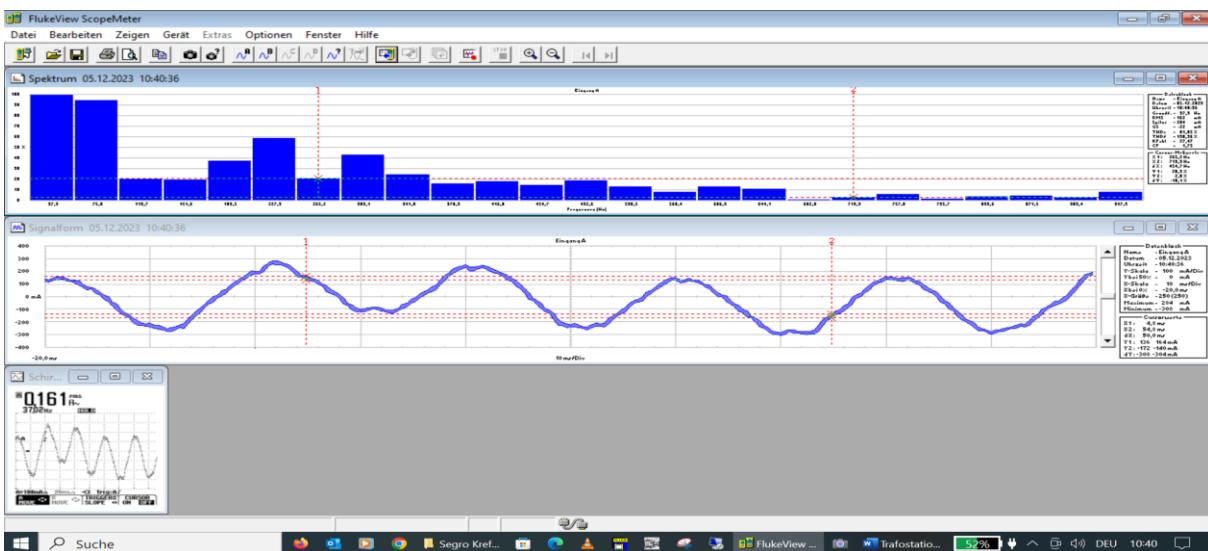
Die gemessenen Ströme der Stromwandler zum Iskra Zähler sind dagegen extrem niedrig im 100/150 mA-Bereich.

Die Ströme sehen in den Wandlerleitungen fast sinusförmig aus, haben aber auch auf dem Sinus HF-Oberschwingungsanteile.

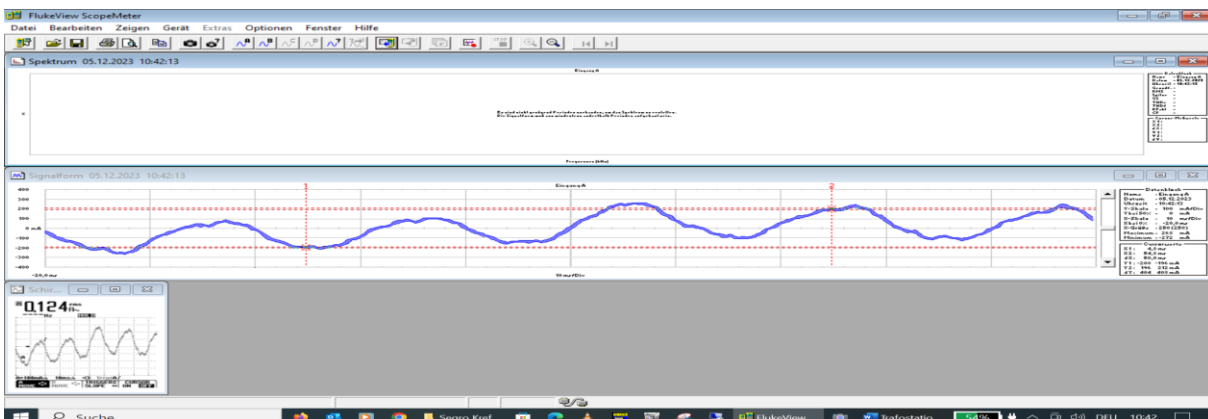
Die Zählwerte müssen mit einem hohen Faktor von 2000 multipliziert werden. So werden schon kleine Fehler zu sehr großen.



L1



L2



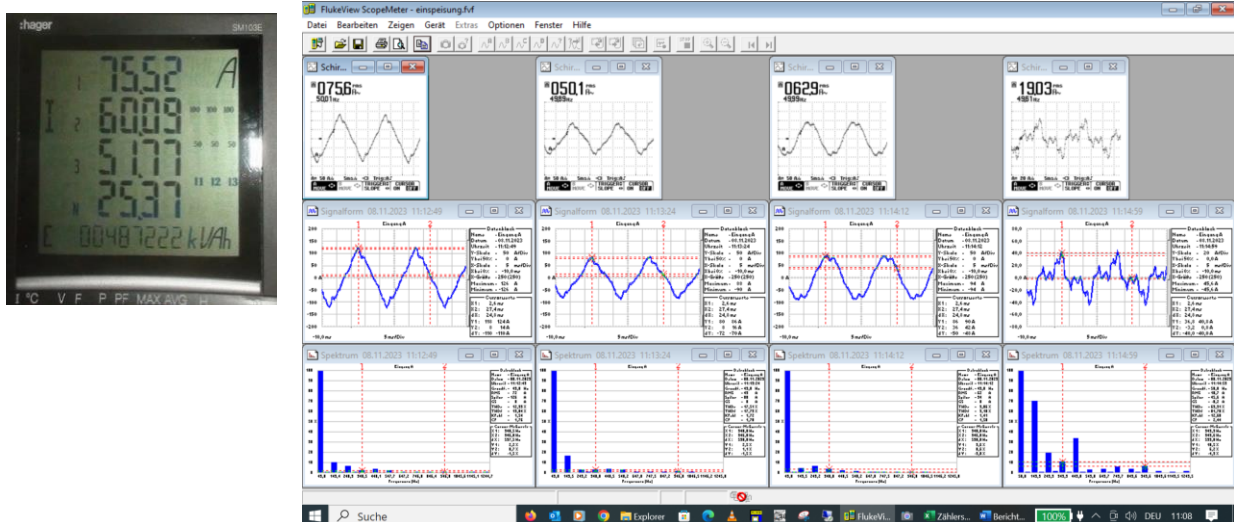
L3

Um eine Referenz zu erhalten, wurden am 08.11.2023 auch die Ströme über das Mittelspannungskabel 10 kV gemessen.

Diese sind aber durch den beidseitig aufgelegten Erdungsbeitrag mit einem Messfehler versehen. Die Belastung um 37,77 kW hinter dem 1000 kVA-Trafo konnte aber bestätigt werden.

| Trafozuleitung | Spg 1 in V | Spg 2 in V | Strom in A | Leistung KVA | Wandler in mA |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|--------------|---------------|
| L1 | 9950 | 5750 | 2,439 | 14,024 | 119 |
| L2 | 9950 | 5760 | 2,098 | 11,911 | 120 |
| L3 | 9930 | 5690 | 2,08 | 11,835 | 120 |
| Summe | | | | 37,77 | |
| Nachmessung 30.11.23 bei 48,77 kW | | | | | |
| L1 | | | | | 161 |
| L2 | | | | | 161 |
| L3 | | | | | 124 |

Als erste Referenz auf der sekundär-Seite wurden die Werte des Diris A40 genutzt und die Ströme mit einem Fluke 124 genutzt am Einspeisepunkt der NSHV genutzt.



Die momentane Belastung an der NSHV wurde mit nur 40 /50 kVA gemessen. In Spitzenzeiten wurden gerade 250 kVA gemessen. Es sind aber wechselnde Lasten vorhanden, wie sie für die normale Anwendung üblich sind.

Das Socomec Messgerät DIRIS A40 = Hager SM 301 M ist bereits ein RMS= Echt-Effektiv-Wert-Messgerät. Gleichzeitig ist ein MID-Zähler des Herstellers Hager am gleichen Einspeisepunkt der NSHV eingesetzt.

Sein Zählerstand lag ebenfalls bei 418 847 kWh und damit dicht beieinander. Beide können schon zum Vergleich der Gesamtmessung genutzt werden. Auch die Betriebsstundenzahl wird mit dem Socomec Diris A40 mit aufgezeichnet.

| | | | | |
|-----------------|---------|----------|--------|---------|
| Betriebsstunden | 23243,3 | 23771,68 | 528,38 | 22 Tage |
|-----------------|---------|----------|--------|---------|

Durch Zusatzmodule ist das Diris A40 sogar mit einer Rechneraufzeichnung möglich.



RMS-Messung 418 847 kWh
264 kWh

MID-Zähler 419 111 kWh = Differenz nur

487 222 kWh seit der Inbetriebnahme 2021



| | | | | |
|--------|--------------|--------|--------|-------|
| 7 NSHV | Hager ECM3C | 418847 | 432876 | 14029 |
| 8 NSHV | Hager SM103E | 419111 | 433148 | 14037 |

Beide Messungen stimmen überein und der MID-ECM 300C ist sogar für Abrechnungen zugelassen.

<https://hager.com/de/katalog/catalog/product/download/id/ECP300C>

<https://www.manualslib.de/manual/658185/Socomec-Diris-A40.html>

Über 22 Tage wurden mit beiden Messgeräten 14030 kWh ohne Trafoverluste verbraucht.

| | | | | | |
|-----------|--------------------|---------|----------|----------------|-----------------------|
| 16 Zähler | Trafo Gesamt ISKRA | 211864 | 219714 | 7850 7,85x2000 | 15700 incl. Trafo !!! |
| | Betriebsstunden | 23243,3 | 23771,68 | 528,38 22 Tage | |

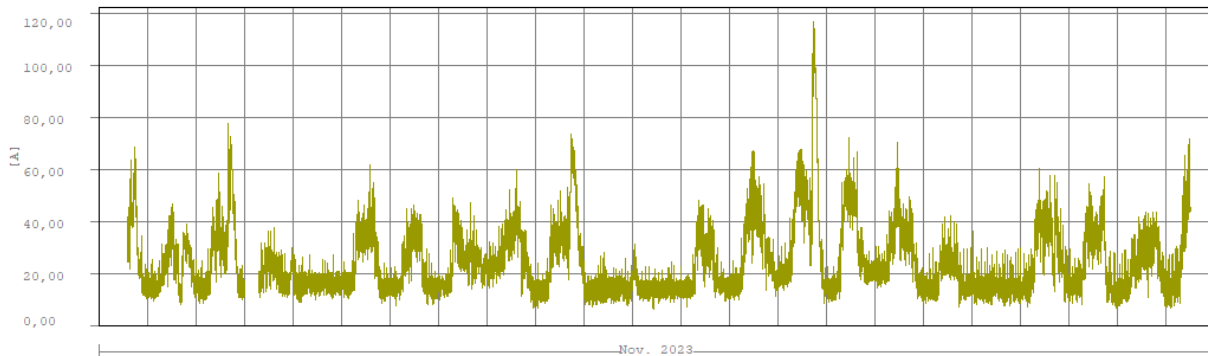
Der Wirkungsgrad des Trafos wird mit 99,23% angegeben und damit Verluste von 0,77%. Damit würden 15579 kWh vom Iskra Zähler angezeigt. So wurden 1549kWh zu viel in den 22 Tagen gemessen. Das würde eine Fehlmessung von +9,9% gegen DIRIS A40 bedeuten.

Das Janitza UMG 512 wurden im gleichen Zeitraum 14738 kWh gemessen.

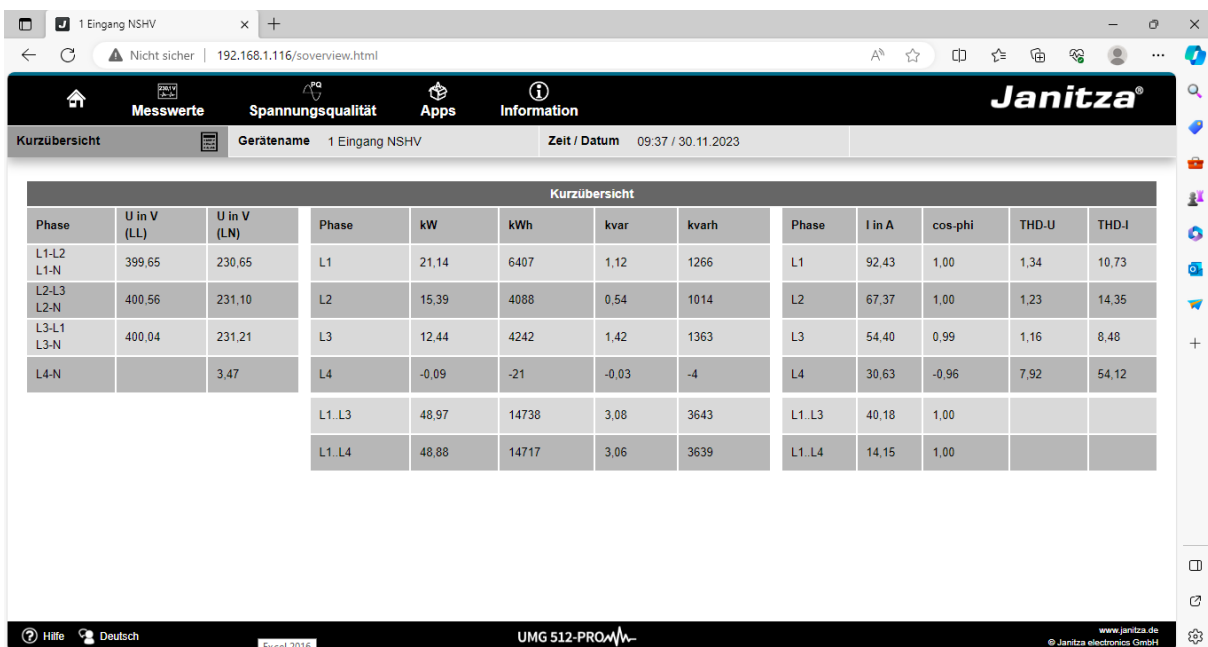
| MP Text | Messgerät | 08.11.2023 | 30.11.2023 | Differenz kWh |
|---------|-------------------|------------|------------|---------------|
| 1 NSHV | UMG512 (Tribicon) | 0 | 14738 | 14738 |

Der Unterschied der beiden gleich messenden Messgeräte zum UMG 512 beträgt +708 kVA.

Warum dieser Unterschied an gleicher Stelle gemessen wurde, bleibt weiter unklar. Die Fehlmessung des Iskra-Zählers zu der UMG 512 Messung wäre + 5,4%.

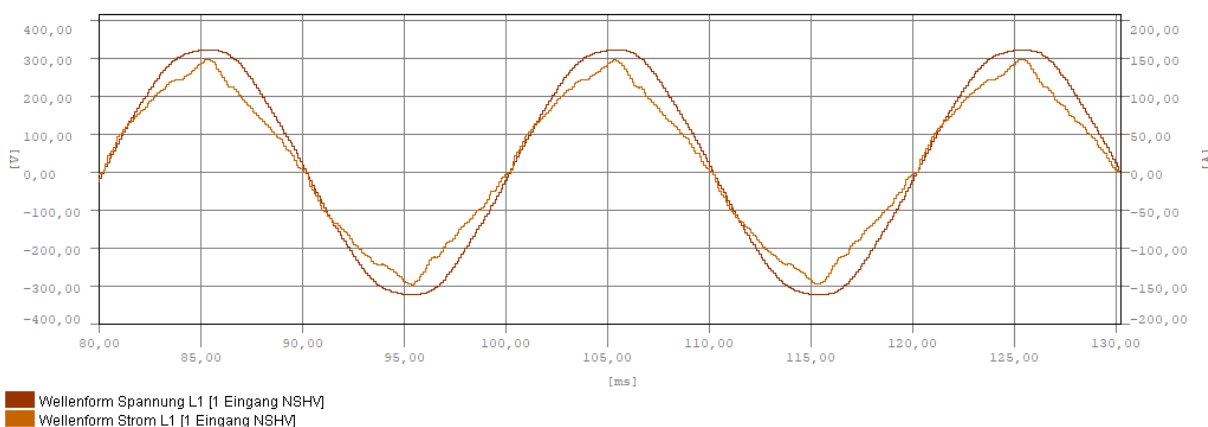


Strom effektiv Summe L1..L3 (1m) [1 Eingang NSHV]



Der Verbrauch wurde mit 14.717 kWh ermittelt. Die Oberschwingungswerte des Stromes lagen mit THDi unter 15%.

THD 1 wäre ein Sinusstrom. Die Spannung lag im sehr guten Bereich unter 1,4% = gut.



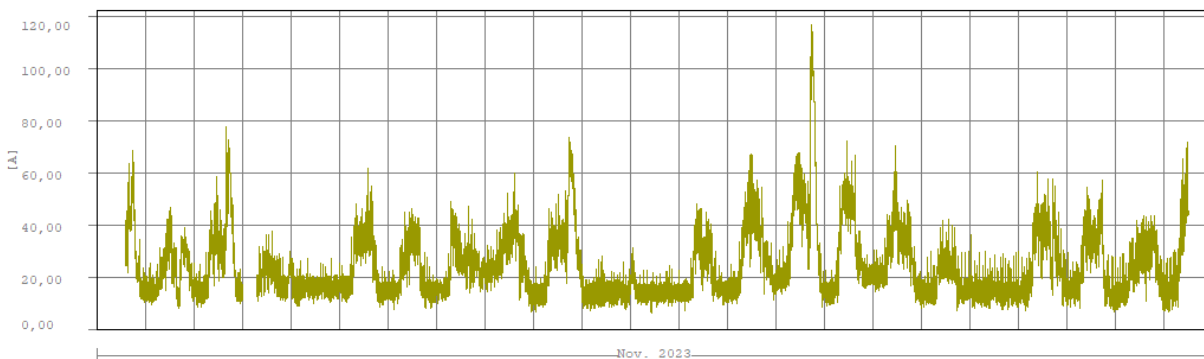
Wellenform Spannung L1 [1 Eingang NSHV]
Wellenform Strom L1 [1 Eingang NSHV]

An L1 mit Strom u Spannung kann die Stromverzerrung bei kleiner Last gut erkannt werden.

Es sind aber auch Ströme bis über 500A in Einschaltmomenten vorhanden gewesen und Oberschwingen des Stromes bis THDi 404%.

| Harmonische | | | | |
|----------------------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Klirrfaktor (Spannung) - (THD-U) | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Minimum Werte | Maximum Werte |
| L1 | 1,4 % | 1,4 % | 1,0 % | 3,7 % |
| L2 | 1,3 % | 1,3 % | 0,9 % | 4,2 % |
| L3 | 1,3 % | 1,3 % | 0,9 % | 5,9 % |
| L4 | 8,4 % | 8,5 % | 7,1 % | 18,2 % |
| Klirrfaktor (Strom) - (THD-I) | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
| L1 | 8,0 % | 6,8 % | 30,8 % | 104,0 % |
| L2 | 13,3 % | 13,4 % | 108,2 % | 404,1 % |
| L3 | 10,7 % | 10,7 % | 39,4 % | 143,6 % |
| L4 | 37,6 % | 35,2 % | 4076,1 % | 12015,7 % |
| Total Demand Distortion (TDD) | | | | |

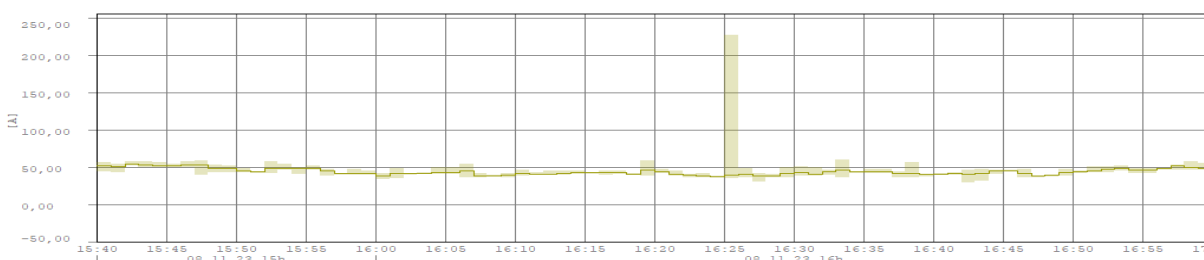
Die Langzeit-Stromverzerrung hat aber auch maximum-Werte bis 404 % und zeigt die Zählerproblematik der Messung der nicht-linearen Ströme auf.



Strom effektiv Summe L1..L3 (1m) [1 Eingang NSHV]

Lastverlauf über die 22 Tage und hohe Einschaltspitzen.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|-------------------|------------|------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| MP Text | Messgerät | 08.11.2023 | 30.11.2023 | Differenz kWh | | | | | | | |
| 1 NSHV | UMG512 (Tribicon) | 0 | 14738 | 14738 | | | | | | | |



Strom effektiv Summe L1..L3 (1m) [1 Eingang NSHV]

Peaklast am 08.11.2023 gegen 14:25 Uhr mit fast 240A für sehr kurze Zeit.

Die zu hohe Zählung liegt somit zwischen +5,4% und +9,9%.

4. Wandler-Zähler der Batterie-Ladestation in Krefeld

Dieser Stromkreis versorgt Ladestationen von Batterien dreiphasig mit sehr kleiner Belastung des N .

Es ist ein Landis + Gyr Zähler E650 im Einsatz, welcher mit Faktor 160 multipliziert werden muss. Der Messwandler-Zähler stammt auch aus 2017 und ist mit Klasse B = 2% gekennzeichnet.

<https://www.landisgyr.de/product/landisgyr-e650/>



In der Beschreibung von L&G wird nur von höchster Genauigkeit gesprochen.

Es könnte eine Shunt-Messung sein.

Ein Hinweis auf True RMS ist nicht dokumentiert.

Die Anschlüsse und der Wandler wurden mehrfach überprüft und waren in Ordnung.

Eine nicht erklärable Statusmeldung wurde angezeigt. Sie hätte Rückspeisungen bedeutet, was aber nicht sein kann.

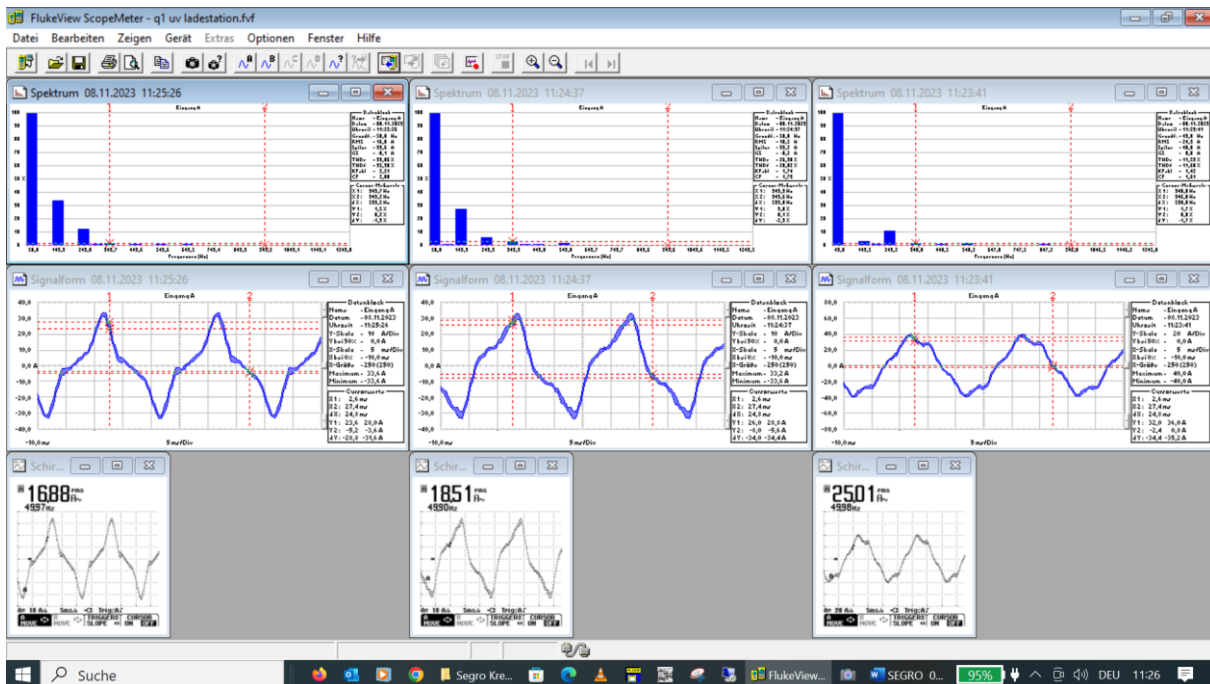
Als Vergleichsinstrument diente ein UMD 512, so dass auch alle übrigen Daten zugänglich sind.

Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

| | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------|------|------|-----------------|---------|------|--------|--------------|--------|
| 9 Zähler | UV Ladestation Zähler 1 | 3393 | 3409 | 16 16,502 x 160 | 2640,32 | 2226 | 414,32 | -0,186127583 | 18,60% |
|----------|-------------------------|------|------|-----------------|---------|------|--------|--------------|--------|

Dieser Zähler hat an dieser elektronischen Last die **größte Fehlmessung mit 18,6%**

Jede Phase ist schon im Leerlauf unterschiedlich in der Kurvenform des Stromes. Die Kurvenformen der momentanen Außen-Leiter-Ströme der Q1 = Ladestation wurden zusätzlich mit einem Fluke 124 im Leerlauf aufgenommen.



L3

L2

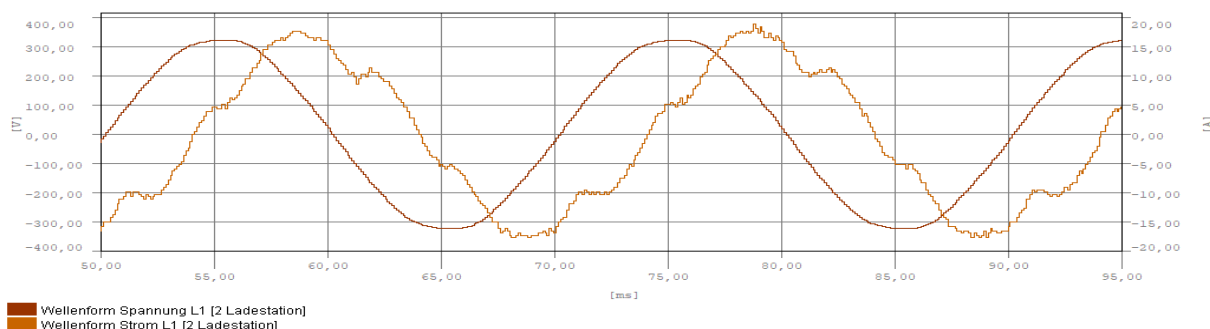
L1

Es sind ebenfalls stark nicht-lineare Ströme mit einem THDi von ca.36% bei kleiner Last.

| | | |
|---------------|--------------------------|---------------------------------|
| Kurzübersicht | Gerätename 2 Ladestation | Zeit / Datum 09:45 / 30.11.2023 |
|---------------|--------------------------|---------------------------------|

| Kurzübersicht | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|-------|--|
| Phase | U in V (LL) | U in V (LN) | Phase | kW | kWh | kvar | kvarh | Phase | I in A | cos-phi | THD-U | THD-I | |
| L1-L2 L1-N | 401,04 | 231,50 | L1 | 1,27 | 1148 | 4,64 | 3019 | L1 | 20,93 | 0,26 | 1,34 | 11,10 | |
| L2-L3 L2-N | 401,87 | 231,95 | L2 | 0,33 | -202 | -3,05 | -2217 | L2 | 13,84 | 0,11 | 1,24 | 30,37 | |
| L3-L1 L3-N | 401,65 | 232,02 | L3 | 1,62 | 1279 | 2,63 | 1929 | L3 | 14,20 | 0,53 | 1,20 | 36,78 | |
| L4-N | | 0,02 | L4 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | L4 | 4,30 | -0,64 | 206,66 | 31,09 | |
| | | | L1.L3 | 3,22 | 2226 | 4,22 | 2731 | L1.L3 | 29,30 | 0,61 | | | |
| | | | L1.L4 | 3,22 | 2226 | 4,22 | 2731 | L1.L4 | 31,47 | 0,61 | | | |

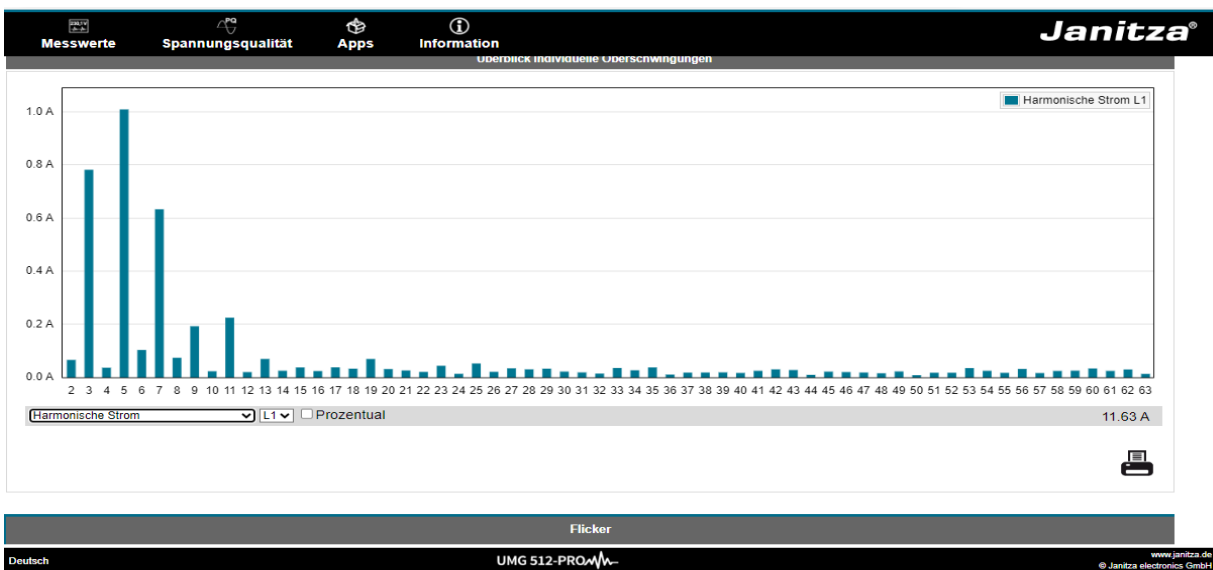
Das Janitza UMG 512 zählte 2228 kWh und zeigte weitaus höhere Oberschwingungen des Stromes an.



Wellenform Spannung L1 [2 Ladestation]
Wellenform Strom L1 [2 Ladestation]

| Strom | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Effektivwert | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
| L1 | 11,69 A | 11,70 A | 129,57 A | 568,73 A |
| L2 | 6,29 A | 6,33 A | 118,47 A | 413,02 A |
| L3 | 8,23 A | 8,27 A | 121,08 A | 487,30 A |
| L4 | 2,18 A | 2,20 A | 5,65 A | 7,48 A |
| L1..L3 | 15,93 A | 16,02 A | 239,28 A | 1013,60 A |
| L1..L4 | 15,67 A | 15,76 A | 242,41 A | 1013,58 A |
| Drehstromwert | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | | Maximum Werte |
| Unsymmetrie | 101,77 % | 99,71 % | | 143,72 % |

Die Maximum-Werte gehen weit von den Mittelwerten 10 A bis in den 500A Bereich.



Oberschwüngen gibt es schon im Kleinlast-Betrieb.
Diese Fehlmessung ist von allen untersuchten Zählerstromkreisen am höchsten

5. Wandler-Zähler zur Verbrauchstation 1.2 in Krefeld

Im gleichen Mietobjekt, aber bei einem anderen Mieter ist ein Landis + Gyr Zähler E650 im Einsatz, der mit Faktor 50 multipliziert werden muss. Der Messwandler-Zähler stammt auch aus 2017 und ist mit Klasse B = 2% gekennzeichnet.

<https://www.landisgyr.de/product/landisgyr-e650/>

Als Vergleichsgerät wurde ein Janitza UMG 605 verwendet.



Der Zähler ist zuständig für normale Büroräume mit elektronischer Ausrüstung und LED-beleuchtung.

Die Belastung ist nicht besonders hoch.

Der Faktor 50 ist zu berücksichtigen.

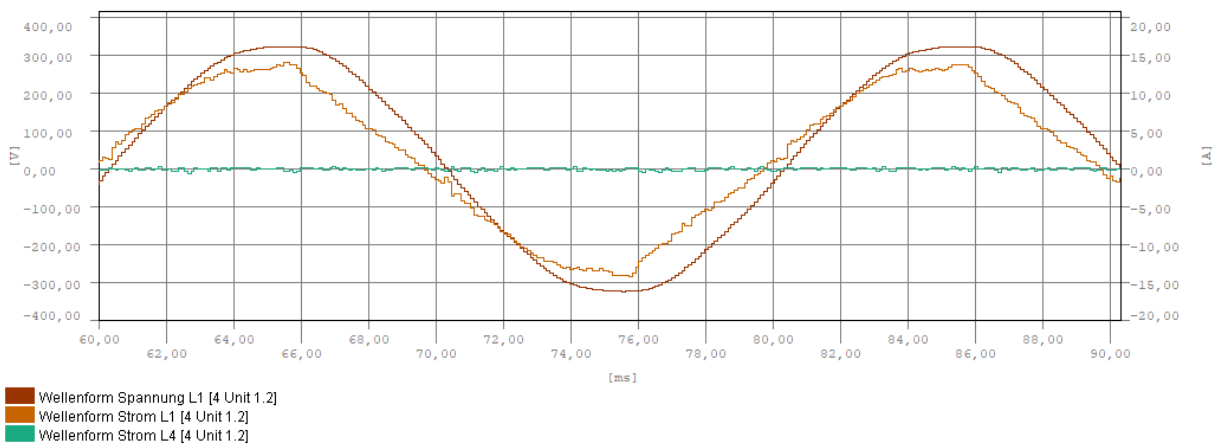
Die Cosinus-Phi-Werte liegen schon im kapazitiven Bereich.

Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

| Janitza® | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-----------------------|--------|---------------------------------|------|-------------|-------|--------|--------|---------|-------|--------|
| Messwerte | | Spannungsqualität | | Apps | | Information | | | | | | |
| Kurzübersicht | | Gerätename 4 Unit 1.2 | | Zeit / Datum 09:37 / 30.11.2023 | | | | | | | | |
| Kurzübersicht | | | | | | | | | | | | |
| Phase | U in V (LL) | U in V (LN) | Phase | kW | kWh | kvar | kvarh | Phase | I in A | cos-phi | THD-U | THD-I |
| L1-L2 L1-N | 399,97 | 230,86 | L1 | 2,20 | 456 | -0,49 | -113 | L1 | 9,76 | 0,98 | 1,30 | 5,62 |
| L2-L3 L2-N | 400,88 | 231,24 | L2 | 2,32 | 517 | -0,53 | -149 | L2 | 10,40 | 0,98 | 1,20 | 12,64 |
| L3-L1 L3-N | 400,12 | 231,28 | L3 | 1,98 | 458 | -0,39 | -116 | L3 | 8,79 | 0,98 | 1,16 | 11,34 |
| L4-N | | 36,41 | L4 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | L4 | 0,12 | -0,82 | 39,37 | 488,76 |
| | | | L1..L3 | 6,50 | 1433 | -1,41 | -380 | L1..L3 | 2,72 | 0,98 | | |
| | | | L1..L4 | 6,50 | 1433 | -1,41 | -380 | L1..L4 | 2,72 | 0,98 | | |

| Strom | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Effektivwert | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
| L1 | 10.89 A | 10.08 A | 16.23 A | 37.68 A |
| L2 | 10.49 A | 13.74 A | 24.19 A | 34.29 A |
| L3 | 13.96 A | 12.44 A | 17.18 A | 36.41 A |
| L4 | 0.15 A | 0.15 A | 0,17 A | 0,18 A |
| L1..L3 | 4.53 A | 6.49 A | 16.06 A | 25.32 A |
| L1..L4 | 4.53 A | 6.50 A | 16.06 A | 25.32 A |
| Drehstromwert | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | | Maximum Werte |
| Unsymmetrie | 8.65 % | 13.51 % | | 92.30 % |

Ströme gibt es bis fast 40 A, welche im Normalbereich nur um 10 A liegen.



Klirrfaktor (Strom) - (THD-I)

| Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| 7,5 % | 6,7 % | 79,0 % | 115,3 % |
| 12,4 % | 14,1 % | 61,9 % | 80,2 % |
| 8,3 % | 9,1 % | 120,2 % | 127,1 % |
| 626,8 % | 580,3 % | 632,7 % | 8099,5 % |

Die Oberschwingungen des Stromes THDi gehen von 6, /-14,1% aber auf Maximum-Werte bis 127 %.

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|------|------|------|-----------|--------|------|------|-------------|-------|
| 4 UV 1.2 | UMG 605 | 1 | 1433 | 1432 | | | | | | |
| 11 Zähler | Unit 1.2 | 9238 | 9268 | 30 | 29,722x50 | 1486,1 | 1432 | 54,1 | -0,03777933 | 3,77% |

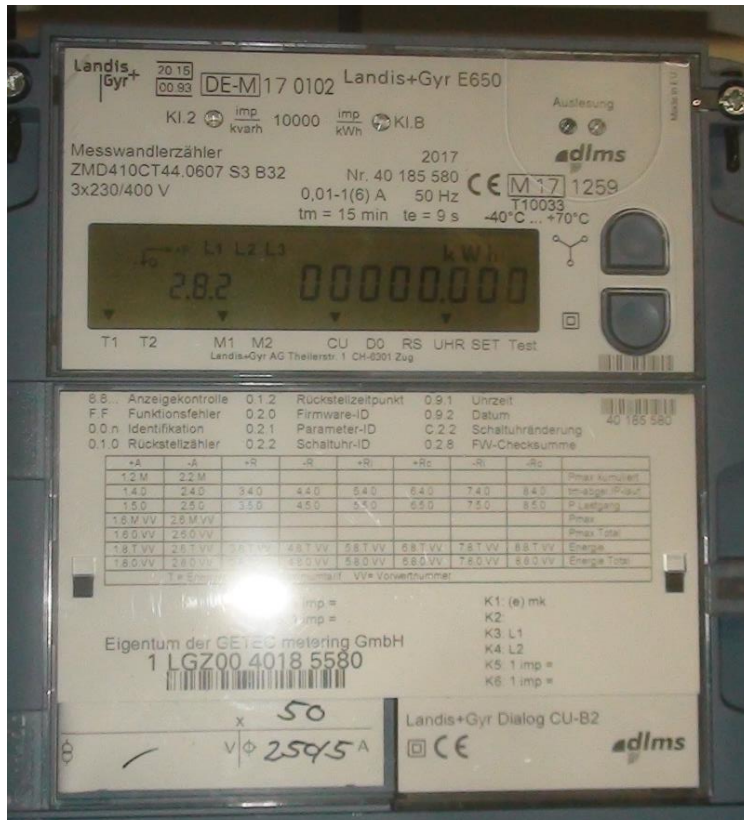
Die Zählerabweichung zu der True-RMS-Messung liegt bei +3,77% über den Messzeitraum.

6. Wandler-Zähler zur Verbrauchstation 1.2 in Krefeld

Bei einer anderen Gewerbeeinheit ist ebenfalls ein Landis + Gyr Zähler E650 im Einsatz, der mit Faktor 50 multipliziert werden muss. Der Messwandler-Zähler stammt auch aus 2017 und ist mit Klasse B = 2% gekennzeichnet.

<https://www.landisgyr.de/product/landisgyr-e650/>

Als Vergleichsgerät wurde ein Janitza UMG 604 verwendet.



Es sind normale Büroräume mit elektronischer Ausrüstung und LED-Beleuchtung im Einsatz.

Die Belastung ist nicht besonders hoch.

Der Faktor 50 ist zu berücksichtigen.

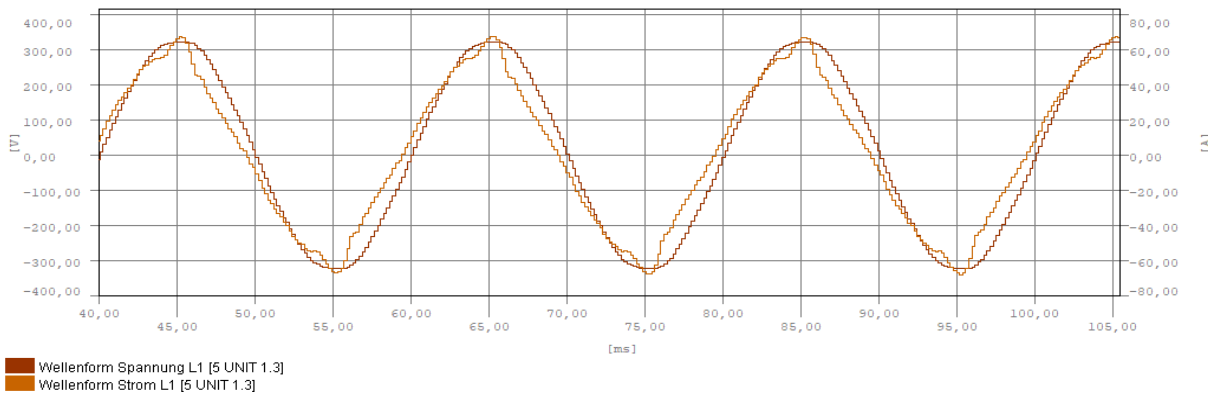
Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

Der Mieter hat LED-Beleuchtung und auch elektronische Geräte am Versorgungsnetz.

The screenshot shows the Janitza app interface with the following data:

| Kurzübersicht | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|-------|
| Phase | U in V (LL) | U in V (LN) | Phase | kW | kWh | kvar | kvarh | Phase | I in A | cos-phi | THD-U | THD-I |
| L1-L2 | 400,57 | 231,26 | L1 | 8,95 | 1985 | -1,77 | -778 | L1 | 39,85 | 0,98 | 1,34 | 13,99 |
| L1-N | | | L2 | 4,75 | 1290 | -1,63 | -642 | L2 | 21,80 | 0,95 | 1,24 | 12,52 |
| L2-L3 | 401,55 | 231,67 | L3 | 3,18 | 935 | -0,82 | -359 | L3 | 14,41 | 0,97 | 1,15 | 19,41 |
| L2-N | | | L4 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | L4 | 0,00 | 1,00 | 333,54 | --- |
| L3-L1 | 401,08 | 231,75 | L1.L3 | 16,87 | 4211 | -4,22 | -1781 | L1.L3 | 26,40 | 0,97 | | |
| L3-N | | | L1.L4 | 16,87 | 4211 | -4,22 | -1781 | L1.L4 | 26,40 | 0,97 | | |
| L4-N | | 0,09 | | | | | | | | | | |

Der Oberschwingungsanteil liegt mit 12-18% OS-Anteil schon entfernt vom Sinusstrom.



Janitza

Detailierte Messwerte | GeräteName: 6 Sprinkler | Zeit / Datum: 12:16 / 30.11.2023

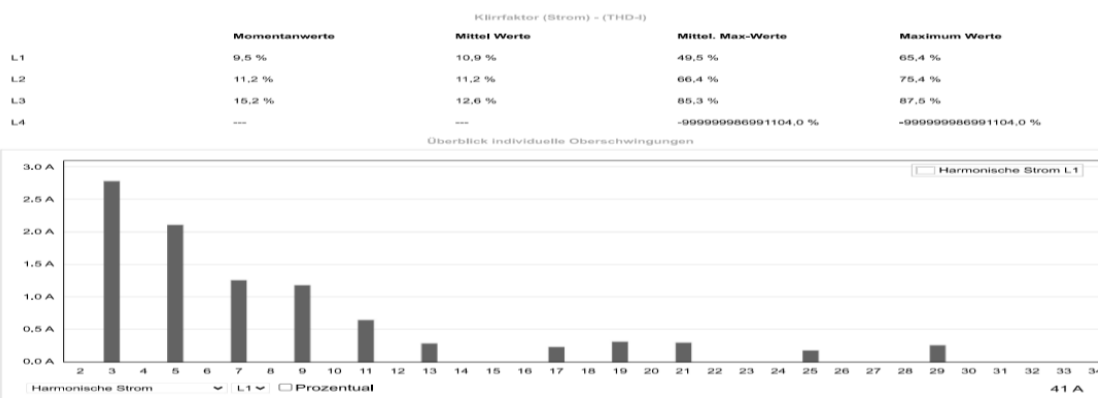
Strom

| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
|--------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| L1 | 6,71 A | 6,54 A | 19,20 A | 73,42 A |
| L2 | 0,00 A | 0,00 A | 6,93 A | 61,25 A |
| L3 | 0,00 A | 0,43 A | 18,12 A | 61,39 A |
| L4 | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A | 0,00 A |
| L1..L3 | 6,71 A | 6,82 A | 16,93 A | 19,95 A |
| L1..L4 | 6,71 A | 6,82 A | 16,93 A | 19,95 A |

UMG 604-PRO

Die kleinen „Zackelungen“ der Messung stammen vom Janitza-Messgerät UMG 604 und dessen einfacheren Abtastung

Die Ströme gehen auch bis fast 70 A hoch.

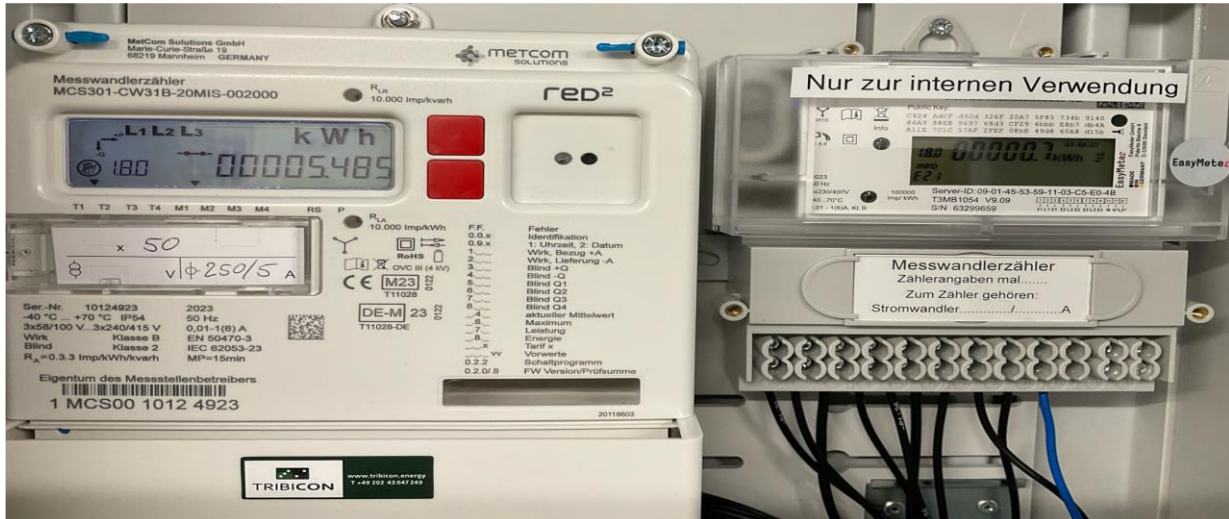


Die Oberschwingen gehen auch bis 75%.

| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-------|--------------|---------|------|-------|--------------|-------|
| 5 UV 1.3 | UMG 604 | 9 | 4211 | 4202 | | | | | |
| 12 Zähler | Unit 1.3 | 15299 | 15385 | 86 86,011x50 | 4300,55 | 4202 | 98,55 | -0,023453118 | 2,34% |

Die Abweichung Messung zur Zählung betrug + 2,34%

An der gleichen Installation wurden aufgrund der hohen Abweichungen eine Vergleichsmessung mit 2 neuen, anderen Zählern der Hersteller Medcom und EasyMeter parallel an gleichen Klasse 0,5 Wandlern durchgeführt.



EasyMeter bestätigt quasi dass ihre neuen Zähler die 150kHz Messung können.

In den Metcomunterlagen sind dazu keine Angaben gemacht worden

| Vergleichsmessung 22.02.2024 - 18.03.2024 | | | | | | | |
|--|---------------------|------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| UV Ladestation | | | | | | | |
| | Zählerstände | | Verbrauch in kWh | Wandlerfaktor | Verbrauch in kWh Berechnet | Differenz kWh | Übereinstimmung in % |
| | 22.02.2024 | 18.03.2024 | | | | | |
| metcom | 1,03 | 16,49 | 15,46 | 160 | 2473,6 | -6,4 | 99,74193548 |
| EasyMeter | 0,2 | 15,7 | 15,5 | 160 | 2480 | | |
| UMG512 | 1,1 | 2531,8 | 2527,1 | 1 | 2527,1 | 53,5 | 97,88294883 |
| Unit 1.3 | | | | | | | |
| | Zählerstände | | Verbrauch in kWh | Wandlerfaktor | Verbrauch in kWh Berechnet | Differenz kWh | Übereinstimmung in % |
| | 22.02.2024 | 18.03.2024 | | | | | |
| metcom | 5,485 | 71,058 | 65,573 | 50 | 3278,65 | 8,65 | 100,264526 |
| EasyMeter | 0,7 | 66,1 | 65,4 | 50 | 3270 | | |
| Unit 1.2 | | | | | | | |
| | Zählerstände | | Verbrauch in kWh | Wandlerfaktor | Verbrauch in kWh Berechnet | Differenz kWh | Übereinstimmung in % |
| | 22.02.2024 | 18.03.2024 | | | | | |
| metcom | 3,195 | 33,475 | 30,28 | 50 | 1514 | 9 | 100,5980066 |
| EasyMeter | 0,6 | 30,7 | 30,1 | 50 | 1505 | | |
| Unit 1.1 | | | | | | | |
| | Zählerstände | | Verbrauch in kWh | Wandlerfaktor | Verbrauch in kWh Berechnet | Differenz kWh | Übereinstimmung in % |
| | 22.02.2024 | 18.03.2024 | | | | | |
| metcom | 8,336 | 100,047 | 91,711 | 50 | 4585,55 | 25,55 | 100,560307 |
| EasyMeter | 1,6 | 92,8 | 91,2 | 50 | 4560 | | |

Bei diesen Nachmessungen mit neuen Zählern gab es auch mit den UMG 512 und den Vergleichszählern keine relevanten Unterschiede!!

Es scheint, als ob diese neuen elektronischen Zähler korrekter messen!! Ob sie tatsächlich die Forderungen der PTB bis 150 kHz erfüllen, ist an den beiden neuen Zählern nicht ablesbar.

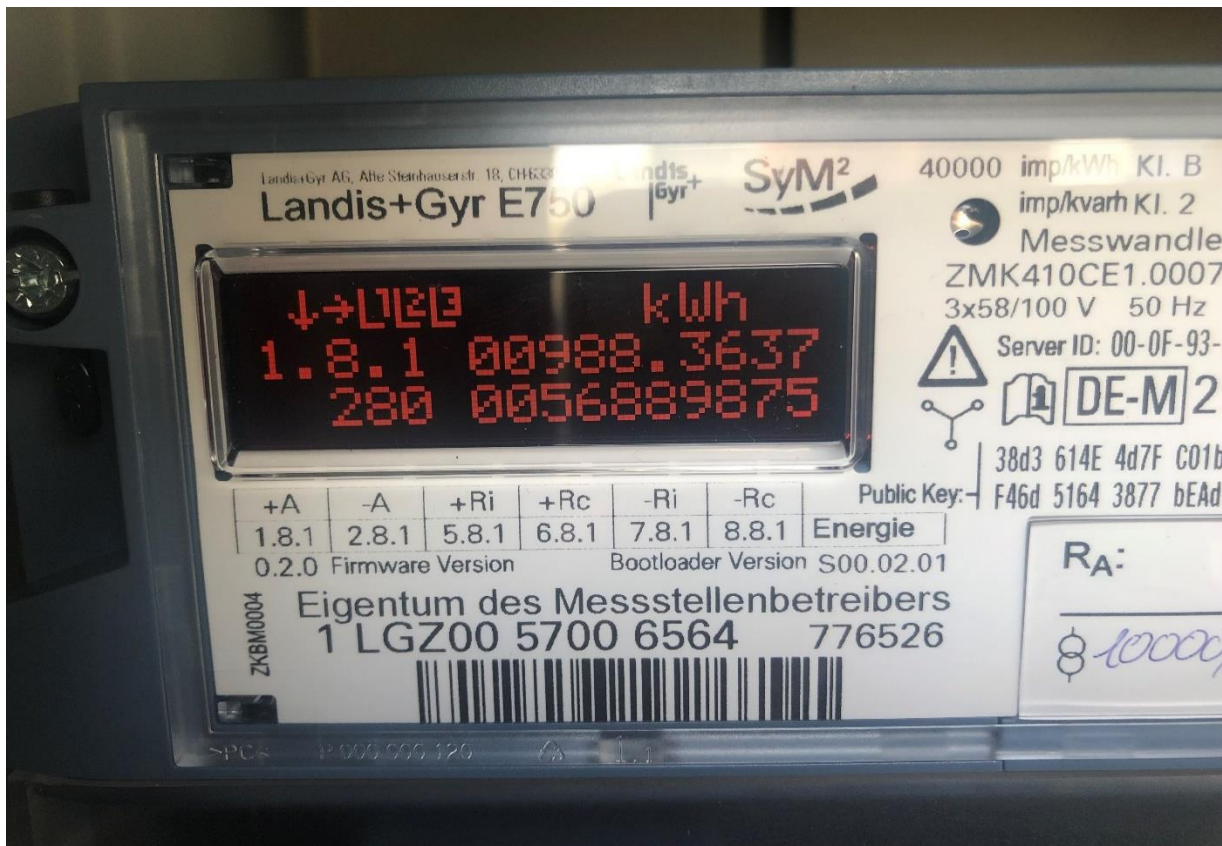
7. Wandler- Zähler an einer Universitätszentrale in Essen

Eine neue Trafostation wurde 2022 mit moderner Messtechnik ausgerüstet, so dass Vergleichsmessungen möglich sind.

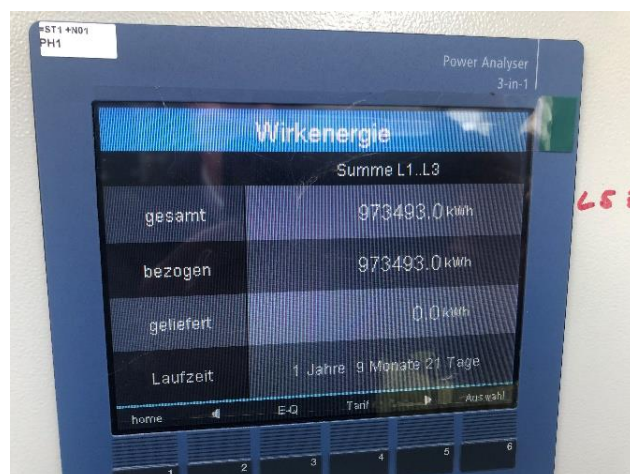
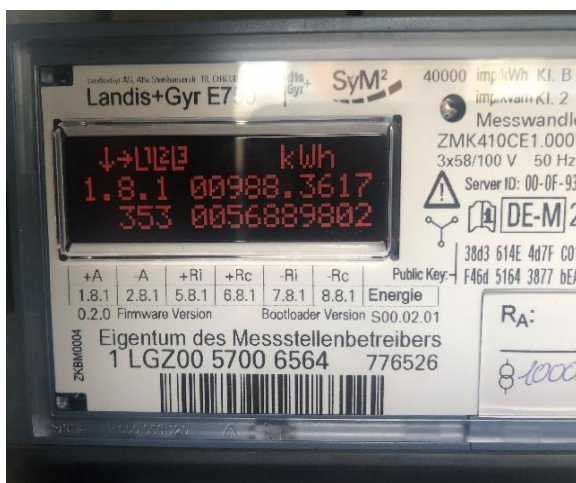
Der Landis&Gyr Zähler E750 Klasse B wurde mit einem Janitza UMG 509 überprüft.

[S750-GM-fact-sheet_de_2015.pdf \(landisgyr.de\)](#)

<https://www.landisgyr.eu/webfoo/wp-content/uploads/2016/02/D000056437-DE-c-Service-und-Konfigurationstool-SuK-S750-Benutzerhandbuch.pdf>



Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt



Der Zähler zeigt: 988.361,7 kWh

Der UMG 509 zeigt 973.493,0kWh

- Trafoverluste 7511,54 kWh
- = Verbrauch 980850,16 kWh

Differenz zu P ist 7.357,16 kW zu viel

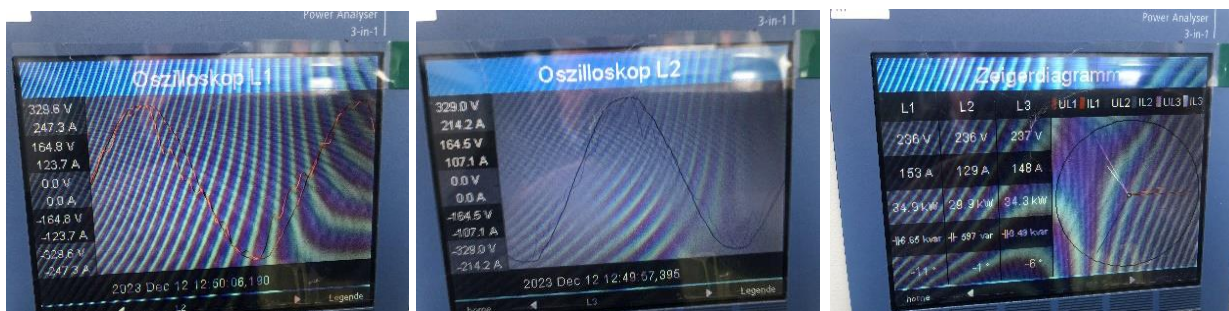
Das entspricht nur 0,755% zu viel abgerechneter Verbrauch.

Die Messung über den Verrechnungszähler erfolgt auf der Mittelspannungsseite, so dass auch die Trafoverluste zu Lasten der UNI gehen.

Der 630 kVA-Trafo ist verlustarm und hat Leerlaufverluste durch die Magnetisierung von 0,590kW/h. Die Kupferverluste sind bei Voll-Last mit 630kVA mit 5,258kW auf dem Typenschild angegeben. Die Trafomesseinrichtung und die True RMS-Einrichtung waren am 12.12.23 mit

einem Jahr, neun Monaten und 21 Tagen unter Spannung = 15.744 Std. Es ist ein diskontinuierlicher Betrieb zwischen 100 und 120 kW vorhanden.

Der Lastgang wurde von Beginn an aufgezeichnet. Die Ströme sind Oberschwingungshaltig und kapazitiv.



Die überschwingungshaltigen Ströme gehen auch bis THDi 40%. Die THDu bis 3,6% und sind Abweichung von der Sinusform, welche zur Mittelwertbildung herangezogen wird.

| Messwerte Spannungsqualität Apps Information | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Klirrfaktor (Spannung) - (THD-U) | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Minimum Werte | Maximum Werte |
| L1 | 1,9 % | 1,9 % | 0,2 % | 3,1 % |
| L2 | 1,9 % | 1,9 % | 0,2 % | 3,0 % |
| L3 | 1,6 % | 1,7 % | 0,2 % | 3,6 % |
| L4 | 511,5 % | 530,9 % | 24,8 % | 1045,8 % |
| Klirrfaktor (Strom) - (THD-I) | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte |
| L1 | 16,8 % | 16,6 % | 23,1 % | 28,9 % |
| L2 | 16,3 % | 15,8 % | 26,5 % | 28,5 % |
| L3 | 16,1 % | 15,4 % | 25,5 % | 40,0 % |
| L4 | 274,7 % | 262,2 % | 1053,2 % | 5145,0 % |
| Überblick individuelle Oberschwingungen | | | | |



Elektrische Daten

Effizienzklassen A0 Bk nach EN 50588-1

| Leistung (kVA) | PO : Leerlauf-verlust (W) | Pk : Last-verlust (W) | Uk (%) | Sekundär-Bemessungsstromstärke | | Drehphasen-Kurzschlussstrom US* | | Spannungsabfall bei Vollast | | | | Wirkungsgrad (%) | | | | Schallleistung dB (A) |
|----------------|---------------------------|-----------------------|--------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-------------|-----------|------------------|--|--|--|-----------------------|
| | | | | A (400 V-Version) | kA (400 V-Version) | cos φ = 0,8 | | cos φ = 1 | | Last = 75% | | Last = 100% | | | | |
| | | | | | | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | cos φ = 0,8 | cos φ = 1 | | | | | |
| 50 | 90 (A0) | 875 (Bk) | 4 | 72 | 1,8 | 3,57 | 1,81 | 98,1 | 98,47 | 97,64 | 98,11 | 39 | | | | |
| 100 | 145 (A0) | 1475 (Bk) | 4 | 144 | 3,6 | 3,43 | 1,54 | 98,4 | 98,72 | 98,02 | 98,41 | 41 | | | | |
| 160 | 210 (A0) | 2000 (Bk) | 4 | 231 | 5,7 | 3,31 | 1,32 | 98,63 | 98,90 | 98,3 | 98,64 | 44 | | | | |
| 250 | 300 (A0) | 2750 (Bk) | 4 | 361 | 8,9 | 3,22 | 1,17 | 98,78 | 99,02 | 98,5 | 98,79 | 47 | | | | |
| 400 | 430 (A0) | 3850 (Bk) | 4 | 577 | 14,2 | 3,13 | 1,04 | 98,93 | 99,14 | 98,68 | 98,94 | 50 | | | | |
| 630 | 600 (A0) | 5400 (Bk) | 4 | 909 | 22,0 | 3,06 | 0,93 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,06 | 52 | | | | |
| 630 | 600 (A0) | 5400 (Bk) | 6 | 909 | 14,8 | 4,33 | 1,03 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,06 | 52 | | | | |
| 800 | 650 (A0) | 7000 (Bk) | 6 | 1155 | 18,7 | 4,35 | 1,05 | 99,05 | 99,24 | 98,82 | 99,05 | 53 | | | | |
| 1000 | 770 (A0) | 9000 (Bk) | 6 | 1443 | 23,3 | 4,36 | 1,07 | 99,04 | 99,23 | 98,79 | 99,03 | 55 | | | | |
| 1250 | 950 (A0) | 11000 (Bk) | 6 | 1804 | 28,9 | 4,35 | 1,05 | 99,06 | 99,24 | 98,82 | 99,05 | 56 | | | | |
| 1600 | 1200 (A0) | 14000 (Bk) | 6 | 2309 | 36,5 | 4,35 | 1,05 | 99,06 | 99,25 | 98,83 | 99,06 | 58 | | | | |
| 2000 | 1450 (A0) | 18000 (Bk) | 6 | 2887 | 45,1 | 4,36 | 1,07 | 98,04 | 99,23 | 98,8 | 99,04 | 60 | | | | |
| 2500 | 1750 (A0) | 22000 (Bk) | 6 | 3608 | 55,5 | 4,35 | 1,05 | 99,07 | 99,25 | 98,83 | 99,06 | 63 | | | | |

* Die angegebenen Drehphasen-Kurzschlussströme US sind die an den Anschlüssen des Transformators gemessenen Werte bei einer Kurzschlussleistung des vorgeschalteten MS-Netzes von 500 MVA und Kurzschluss-Nennspannung.

Leerlaufverluste (P0) = 0,59 kW

Leerlaufverluste sind die aufgenommene Wirkleistung, wenn Bemessungsspannung bei Bemessungsfrequenz an die Anschlüsse einer Wicklung angelegt wird, während die andere Wicklung unbelastet bleibt. Sie bestehen aus den Verlusten im Eisenkern und Dielektrikum sowie den vom Leerlaufstrom in den Wicklungen hervorgerufenen Verlusten.

Die Verluste im Dielektrikum und in den Wicklungen sind im Allgemeinen unbedeutend. Die Eisenverluste – also der wesentliche Teil der Leerlaufverluste – setzen sich zusammen aus den Hysterese-Verlusten und den Wirbelstromverlusten. Die Hysterese-Verluste entstehen durch das Umklappen der Mikrokristalle, welche Elementarmagnete sind.

Jeder Drehung und Ausrichtung setzen sie einen Widerstand entgegen. Die damit verbundene Arbeit ist im Allgemeinen nicht rückgewinnbar, sie tritt als Verlustwärme innerhalb des Traforaums auf.

Die neben den Hysterese-Verlusten im Eisen auftretenden Wirbelstromverluste werden dadurch hervorgerufen, dass das zeitlich veränderliche Magnetfeld im Eisen Spannungen induziert. Infolge dieser Spannungen entstehen Ströme, die in wirbelförmigen Bahnen verlaufen.

Ohm'scher Widerstand des Eisens und die Wirbelströme ergeben aufgrund der Beziehung I^2R die Wirbelstromverluste. Durch die Verwendung von besonders dünnen und voneinander isolierten Blechen kann man die Wirbelstromverluste niedrig halten.

Kurzschlussverluste (Pk) = 5,258 kW bei Nennlast 630kVA

Kurzschlussverluste sind bei Bemessungsfrequenz aufgenommene Wirkleistung, wenn über den Leiteranschluss einer der Wicklungen der Bemessungsstrom fließt, während die Anschlüsse der anderen Wicklung kurzgeschlossen sind.

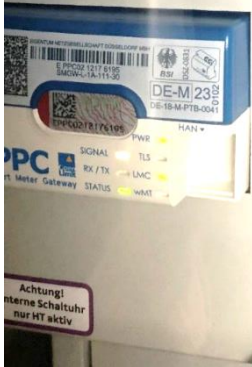
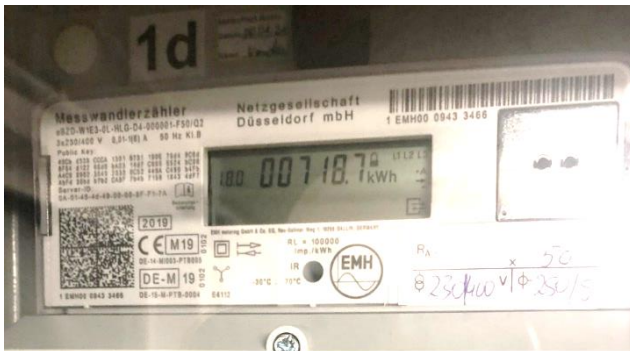
Die Kurzschlussverluste bestehen aus den Stromwärmeverlusten in den ohmschen Widerständen (I^2R) und den Zusatzverlusten, hervorgerufen durch Wirbelströme in den Wicklungen und in Konstruktionsteilen. Es wurden ca. 75% Belastung angesetzt.

Die Trafoverluste müssen vom L&G-Zähler abgezogen werden, um einen Vergleich zu haben. $P_0 = 0,59$ kW und stellen Leerlaufverluste durch die Magnetisierung und Eisenverluste da.

Der Wirkungsgrad ist mit 99,24% für die Bestimmung der Trafoverluste anzusetzen.

Somit sind die Trafoverluste 7511,55 kWh über den Messzeitraum von 15.744 Std angenommen.

8. Messung an Zählern mit 2 Doppel Mennekes KFZ-Ladestation in Düsseldorf



Klasse B = 2% Genauigkeit nach PTB-Eichamt

Diese vier Ladesäulen sind mit EMH eHZ Zählern ausgerüstet, die über einen EMH eB20 abgerechnet werden.

<https://emh-metering.com/wp-content/uploads/2020/08/eHZ-K-BIA-D-1-20.pdf>

| Janitza® | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------------|--------|-----------------------|-----|---------------------------------|-------|--------|--------|---------|--------|-------|--|
| Messwerte | | Spannungsqualität | | Apps | | Information | | | | | | | |
| Kurzübersicht | | | | Gerätename Ladesäulen | | Zeit / Datum 15:06 / 11.01.2024 | | | | | | | |
| Kurzübersicht | | | | | | | | | | | | | |
| Phase | U in V (LL) | U in V (LN) | Phase | kW | kWh | kvar | kvarh | Phase | I in A | cos-phi | THD-U | THD-I | |
| L1-L2 L1-N | 400,21 | 231,49 | L1 | 0,00 | 222 | 0,00 | -22 | L1 | 0,00 | 1,00 | 2,21 | --- | |
| L2-L3 L2-N | 400,50 | 231,03 | L2 | 0,00 | 344 | 0,00 | -37 | L2 | 0,00 | 1,00 | 2,33 | --- | |
| L3-L1 L3-N | 401,78 | 231,74 | L3 | 0,00 | 167 | 0,00 | -13 | L3 | 0,00 | 1,00 | 2,33 | --- | |
| L4-N | | 0,05 | L4 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | L4 | 0,00 | 1,00 | 424,26 | --- | |
| | | | L1..L3 | 0,00 | 734 | 0,00 | -74 | L1..L3 | 0,00 | 1,00 | | | |
| | | | L1..L4 | 0,00 | 734 | 0,00 | -74 | L1..L4 | 0,00 | 1,00 | | | |

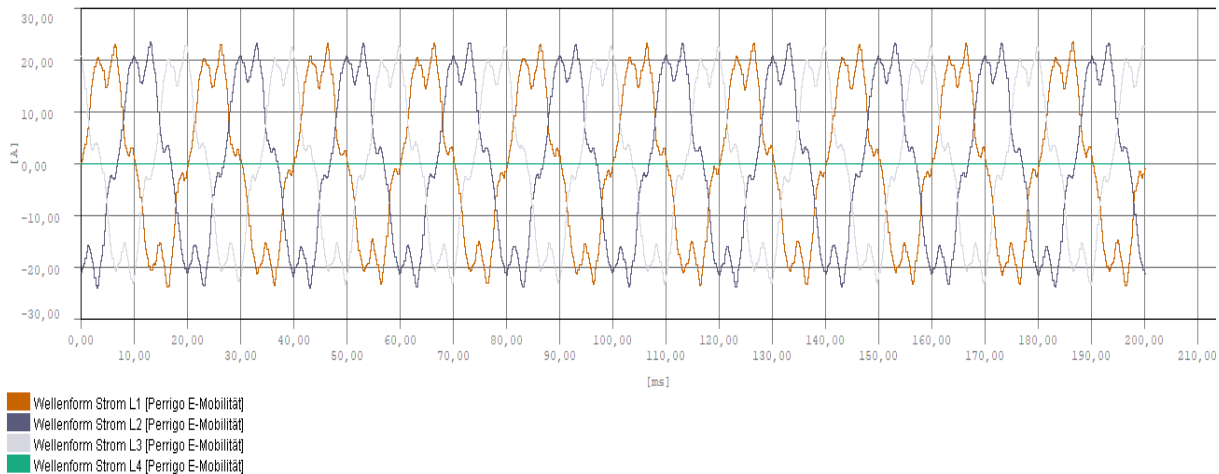
Auswertung vom 11.01.2024

| Janitza® | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|--|-------------|--|--|--|--|
| Messwerte | | Spannungsqualität | | Apps | | Information | | | | |
| Strom | | | | | | | | | | |
| Effektivwert | | | | | | | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte | | | | | | |
| L1 | 0,00 A | 0,00 A | 31,45 A | 31,65 A | | | | | | |
| L2 | 0,00 A | 0,00 A | 31,46 A | 31,73 A | | | | | | |
| L3 | 0,00 A | 0,00 A | 30,02 A | 31,08 A | | | | | | |
| L4 | 0,00 A | 0,00 A | 24,56 A | 26,71 A | | | | | | |
| L1..L3 | 0,00 A | 0,00 A | 24,39 A | 26,50 A | | | | | | |
| L1..L4 | 0,00 A | 0,00 A | 0,64 A | 0,91 A | | | | | | |

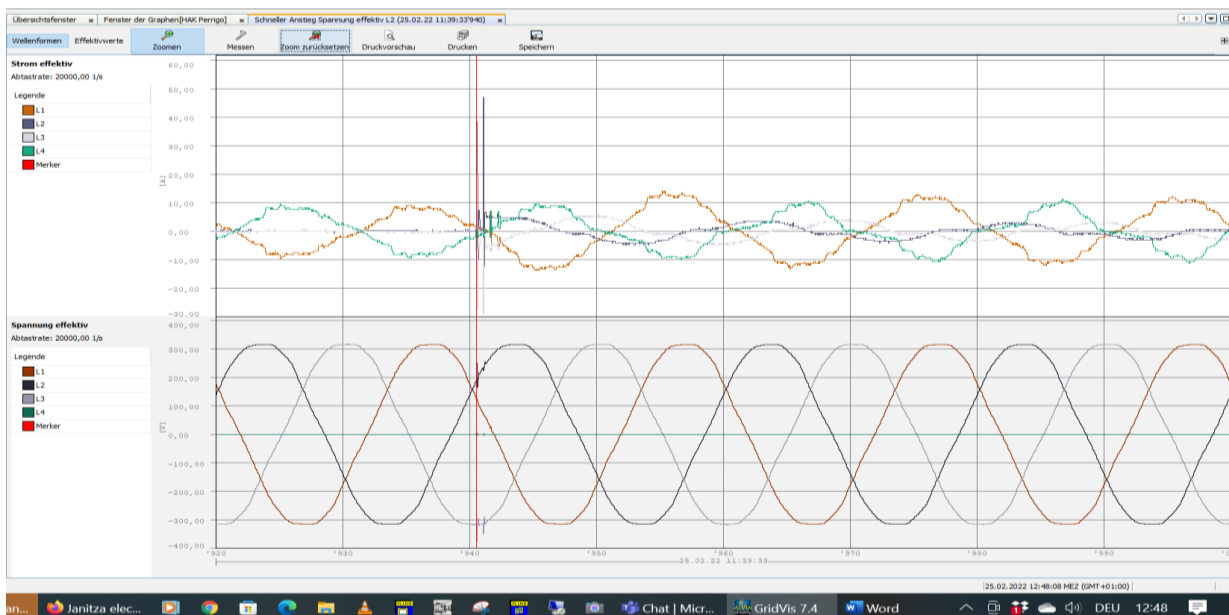
Die abgegebenen Ströme werden von der Ladeeinrichtung begrenzt.

| Janitza® | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|--|-------------|--|--|--|--|
| Messwerte | | Spannungsqualität | | Apps | | Information | | | | |
| Harmonische | | | | | | | | | | |
| Klirrfaktor (Spannung) - (THD-U) | | | | | | | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Minimum Werte | Maximum Werte | | | | | | |
| L1 | 2,5 % | 2,3 % | 0,9 % | 3,3 % | | | | | | |
| L2 | 2,6 % | 2,4 % | 0,9 % | 4,6 % | | | | | | |
| L3 | 2,5 % | 2,4 % | 0,9 % | 3,5 % | | | | | | |
| L4 | 429,0 % | 415,5 % | 194,7 % | 689,2 % | | | | | | |
| Klirrfaktor (Strom) - (THD-I) | | | | | | | | | | |
| | Momentanwerte | Mittel Werte | Mittel. Max-Werte | Maximum Werte | | | | | | |
| L1 | --- | --- | 112,3 % | 652,6 % | | | | | | |
| L2 | --- | --- | 433,8 % | 640,6 % | | | | | | |
| L3 | --- | --- | 834,0 % | 834,0 % | | | | | | |
| L4 | --- | --- | 608,3 % | 608,3 % | | | | | | |

Die THD u -Werte bleiben unter 4,6%. Die THD i-Werte sind mit 834% sehr hoch.



Die Kurvenform des Stromes weicht von der Sinusform stark ab.



Hohe Einschaltspitzen und nicht sinusförmige Ströme belasten den Zähler.

Die Auswertung ergab eine Differenz von

| | | | | |
|---------------------------|----------------------|------------------|--------------|-----------|
| Zählerstand am 14.12.2024 | 709,3 kWh x 50 = ... | 35.465.kWh..... | UMG 604..... | 0 kWh |
| Zählerstand am 11.01.2024 | 724,5 kWh x 50 = | 36.225 kWh | UMG 604 | 734,7 kWh |
| Zählerstand am 17.01.2023 | 728,4 kWh x 50 = | 36.429 kWh... .. | UMG 604 | 926,4 kWh |
| Zählerstand am 03.06.2023 | 811,1 kWh x 50 = | 40.555 kWh | UMG 604 | offen |

Differenz zwischen Zähler und Messung

33 Tage
6 Tage
135 Tage

37,6kWh = **4,05%**
12,3kWh = **6,416%**
= **offen**

Es werden unterschiedliche Fahrzeuge mit unterschiedlichen Ladeinrichtungen geladen.

Die Messung ist noch nicht abgeschlossen.

Zusammenfassung

Die PTB (Physikalische Technische Bundesanstalt) gibt für die elektronischen Zähler eine Genauigkeit von Klasse B vor. Dies entspricht einer Genauigkeit von 2 %. Von nichtlinearen Verbrauchern mit den normalen Abweichungen der Sinusform vom Strom oder Abweichungen von Einspeisungen von Photovoltaikanlagen ist nirgendwo etwas gefordert.

Die einfache sehr preiswerten Messtechnik, die dadurch entstanden ist, ist mittelwertbildend und absolut nicht mehr zeitgemäß. Dadurch entstehen Verbrauchern wie Rechenzentren, Krankenhäuser, Hotels etc. höhere Kosten als der tatsächliche Verbrauch der Wirkleistung ist. Es sind leider „Schätzereien“ entstanden!

Meist klappt diese Genauigkeit an normalen Haushalten bisher zu + 2 % und ist an einigen Messpunkten sogar eingehalten.

Aber sobald elektronische Lasten gemessen werden, kann es erhebliche Abweichungen geben.

Es ist ein komplexes Thema und die Zähler sind zu billig. Die normalen Haushaltszähler kosten für die EVUs unter 100€ und müssten alle 8Jahre ausgewechselt werden und als Elektronikschrott entsorgt werden. Den momentanen Verbrauch kann man meist nur ablesen, wenn der 4-stellige Eingabe-Code bekannt und eingegeben wird. So kann der Verbraucher meist nicht einmal den momentanen Verbrauch kontrollieren.

Damit ist auch kaum eine Kontrolle der „Schätzereien“ möglich. Die normalen sinusförmigen Lasten der Vergangenheit werden meist korrekt gezählt.

Die Politik scheint sich darüber nicht im Klaren zu sein, wenn sie die elektronischen Zähler einfordert. Das OLG-Münster hat die Einbaupflicht der elektronischen Zähler vorerst gestoppt.

Bei Solareinspeisungen kann dies zu wenig sein - bei elektronischen Lasten kann dies zu viel sein.

In der Messtechnik ist mittlerweile das True-RMS-Messverfahren umgesetzt. In den Unterlagen zu den Zählern ist an keiner Stelle eine Aussage dazu getroffen.

Das PTB in Braunschweig wurde von mir angeschrieben, um eine Auskunft über neue Veröffentlichungen oder praxisnahe Messungen zu bekommen. Die Antwort des PTB lautet: „Es sind keine neueren Studien bekannt.“

Weitere Nutzer mit bereits eingebauten elektronischen Zählern und zeitgleich ablesbaren True-RMS-Zählern werden in den nächsten Wochen ebenfalls Untersuchungen zu dem Vergleich der Verbrauchsdaten und den Genauigkeiten durchführen.

Bei Wandler-Zählermessungen hinter Transformatoren sind zusätzlich die Trafoverluste mit zu berücksichtigen. Schaltnetzteile müssen heute ab 65W durch Power Correction Faktor (PFC) einen fast sinusförmigen Strom aufnehmen, erzeugen aber hochfrequente Oberschwingungen.

Die einzelnen kleinen Leuchten/Verbraucher sind meist unter 65W.

Umrichter Ströme und elektronische Lasten verändern, aber die Sinusform der Stromaufnahme und können auch die Sinusform der Spannung durch Netzurückwirkung beeinflussen. Bei kleinen Lasten kann es zusätzlich Abweichungen geben.

Auch sind Beeinflussungen der Wandler-Ströme durch induktive Einkopplungen auf den Erdungssystem sind möglich. Die Wandler müssen hohe Genauigkeitsgrade erfüllen, welche sie leider nicht an die Zähler weitergeben. Aber im Frequenzbereich schneiden sie die höheren Frequenzen ab und die Zähler sind nicht dafür ausgelegt. Allein die korrekten AD-Wandler ICs kosten schon 14-18 €

Die untersuchten Abrechnungszähler habe unterschiedliche Stromsensoren und Erfassungs-ICs, welche ebenfalls zu Abweichungen führen können.

Die meist gebräuchliche Zählergenauigkeit der Klasse B ist mit 2% schon recht hoch und verursacht bei +2% auch erhöhte Abrechnungskosten. Bei Stromeinspeisungen führt dies zu Mindereinnahmen.

Mein Ansinnen ist es, dass die elektronischen Wandler ebenfalls mit True-RMS-fähigen Messtechniken ausgerüstet werden, um korrekte Abrechnungen des Verbrauches oder auch der Einspeisung zu erhalten.

Ob die elektronischen Zähler mit Oberschwingungsgehalten im Frequenzbereich zwischen 2 kHz und 150 kHz von den Messgeräte Herstellern nach Report TR CLC TR 50579 eine bessere Genauigkeit erreichen, werden erst weitere Versuche durch Parallel-Messung zeigen.

Die Messungen wurden wertfrei weitergeführt, um eine Verbesserung der Abrechnung der elektronischen Abrechnungszähler sicher zu stellen.

Seit der Untersuchung an der UNI in Twente sind keine neueren Praxismessungen bekannt.

Wenn schon über Gerichte eine Entscheidung über die elektronischen Zähler gemacht werden, dann muss auch die Genauigkeit bei elektronischen Lasten und deren nicht-sinusförmigen Ströme gemacht werden.

Wirkleistung muss Wirkleistung bleiben, egal wie die Kurvenformen aussehen. Leider müssen dann die Abrechnungs-Zähler auch True RMS-fähig sein.

Eine schnelle Diskussion über die Elektronischen Abrechnungszähler muss erfolgen.