

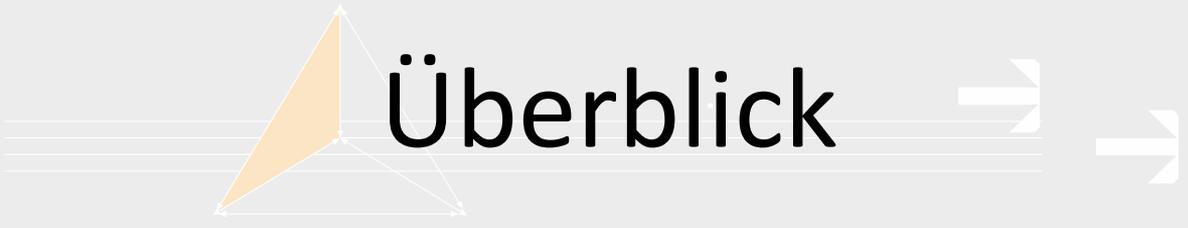
Spannungsqualität...

...am **[EXTREME]** (N) Rand der Verteilnetze

Ein Sensor in jedem Haus...



Überblick



1. Spannungsqualität Grundlagen, Expertengeräte
2. PQ-Forschungsprojekt VEREDELE mit WeSense: Fokus Niederspannung
3. Produkt WeSense: Ihr Handy als PQ Basismessgerät



A. Eberle GmbH & Co. KG

Unternehmensdaten:

Firmensitz in Nürnberg
Entwicklung, Vertrieb, Einkauf und
Produktion in Nürnberg
Erfahrung im Energieversorgungsbereich
seit über 35 Jahren
Mitarbeiter: ca. 80
Weltweite Tätigkeit

Produktübersicht:

1. Spannungsregelung (HS/MS)
2. Niederspannungsregelung (LVRSys)
3. Erdschlussortungsrelais + Petersenspulenregelung
4. Lettechnikarten
5. Power- Quality-Analyzer

Service und Dienstleistungen:

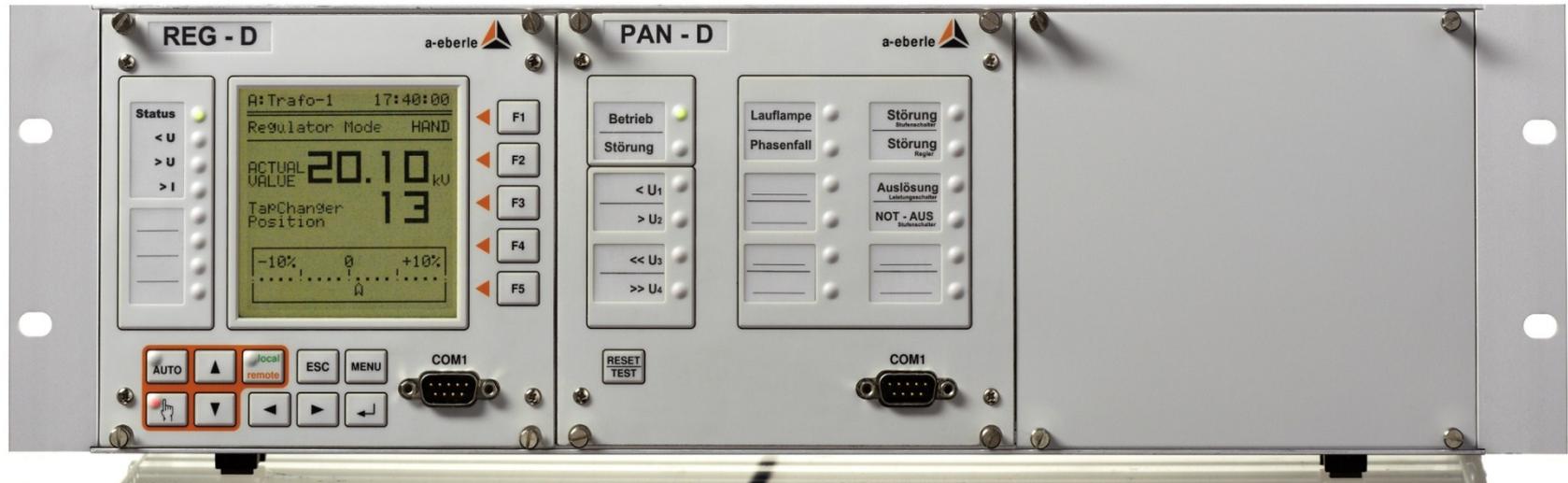
...Seminare, Anwendertreffen, Produktsupport + Schulungen,
Kalibrationsservice, Simulationsunterstützung

REGSys - Spannungsregelung

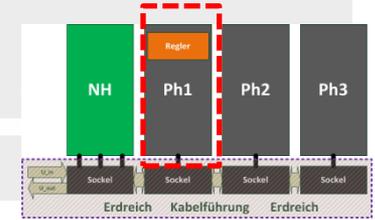
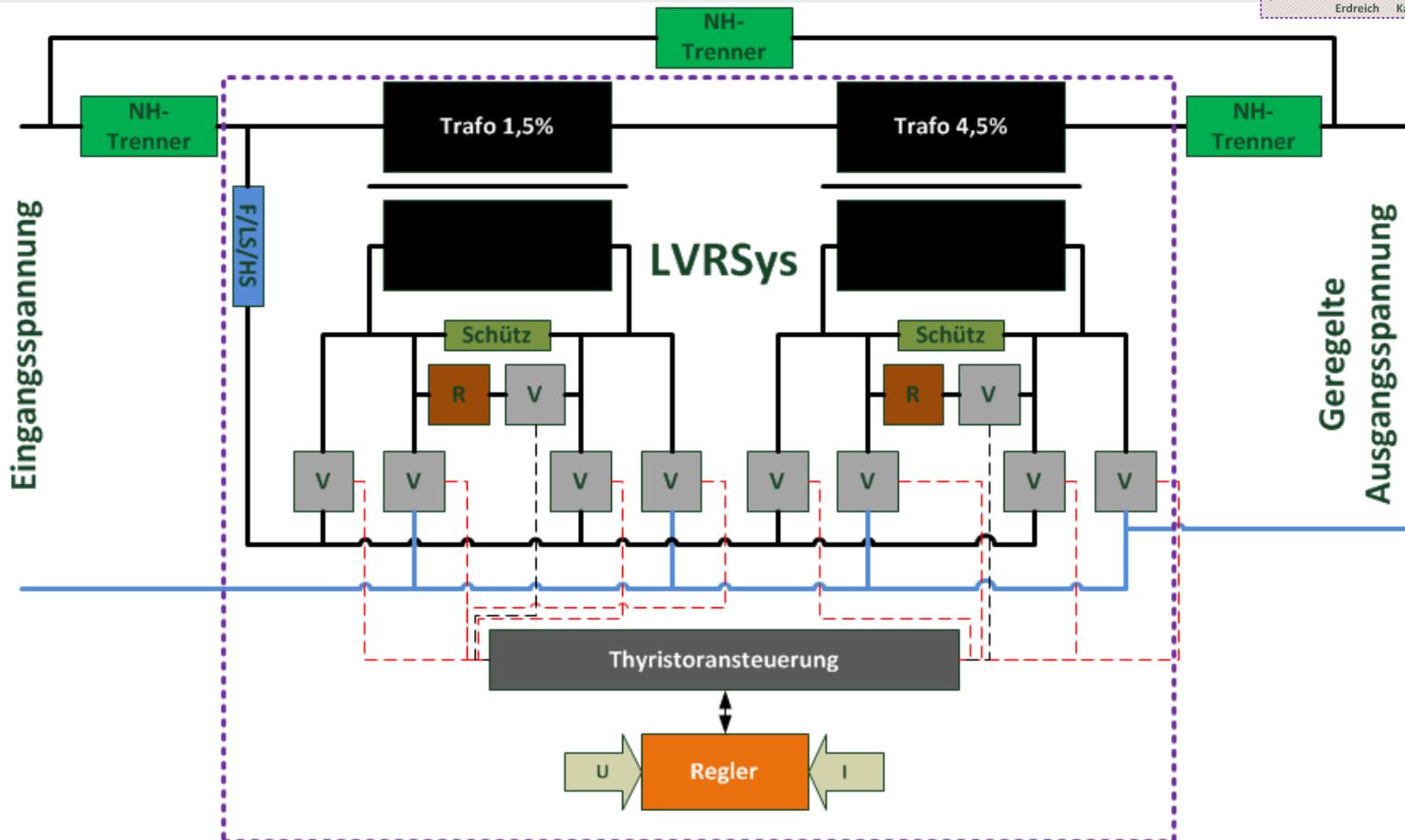
Spannungsregelungssysteme REG-D (19" Technik)

Spannungsregelungssysteme REG-DA
(Kompaktgehäuse)

Spannungsregelung LVRSys



Technische Übersicht LVRSys



EORSys - Erdschlusssortung

Erdschlusssortungsrelais EOR-D (19" Technik)

Kombinierter Erdschlusssortungs- und Kurzschlussanzeiger EOR-3D



Wir regeln das.

Grundlagen Spannungsqualität



Was ist Spannungsqualität ?

“Gute Spannungsqualität bedeutet 230 V / 50 Hz“

... und was sonst noch so erlaubt ist :

IEC61000-2-x

Verträglichkeitspegel (Spannungen) im Netz

- IEC 61000 -2-2
- IEC 61000 -2-4
 - Klasse 1 / 2 / 3
- IEC 61000-2-12
- **EN50160**

IEC61000-3-x

Produktnormen / Grenzwerte-Störaussendung

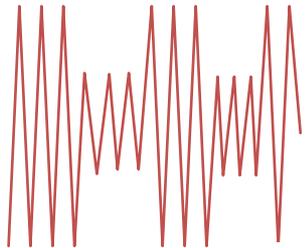
IEC61000-4-x

Prüfnormen (Störfestigkeit / EMV Grundnormen)

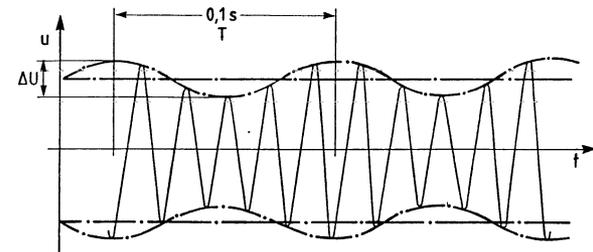
– **IEC61000-4-30**

Prüfnorm für Power Quality Messgeräte

Störungsarten

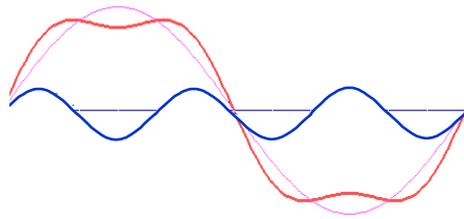


Spannungsänderungen,
Einbrüche, Überhöhungen,
Unterbrechungen

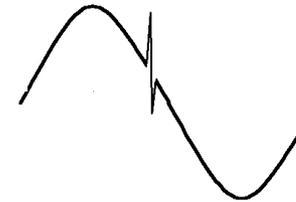


Flicker

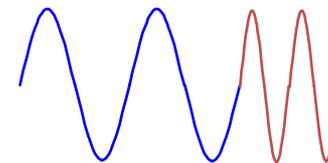
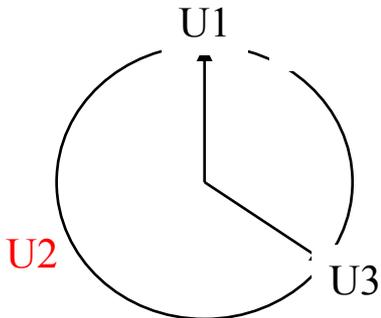
Oberwellen



Transienten

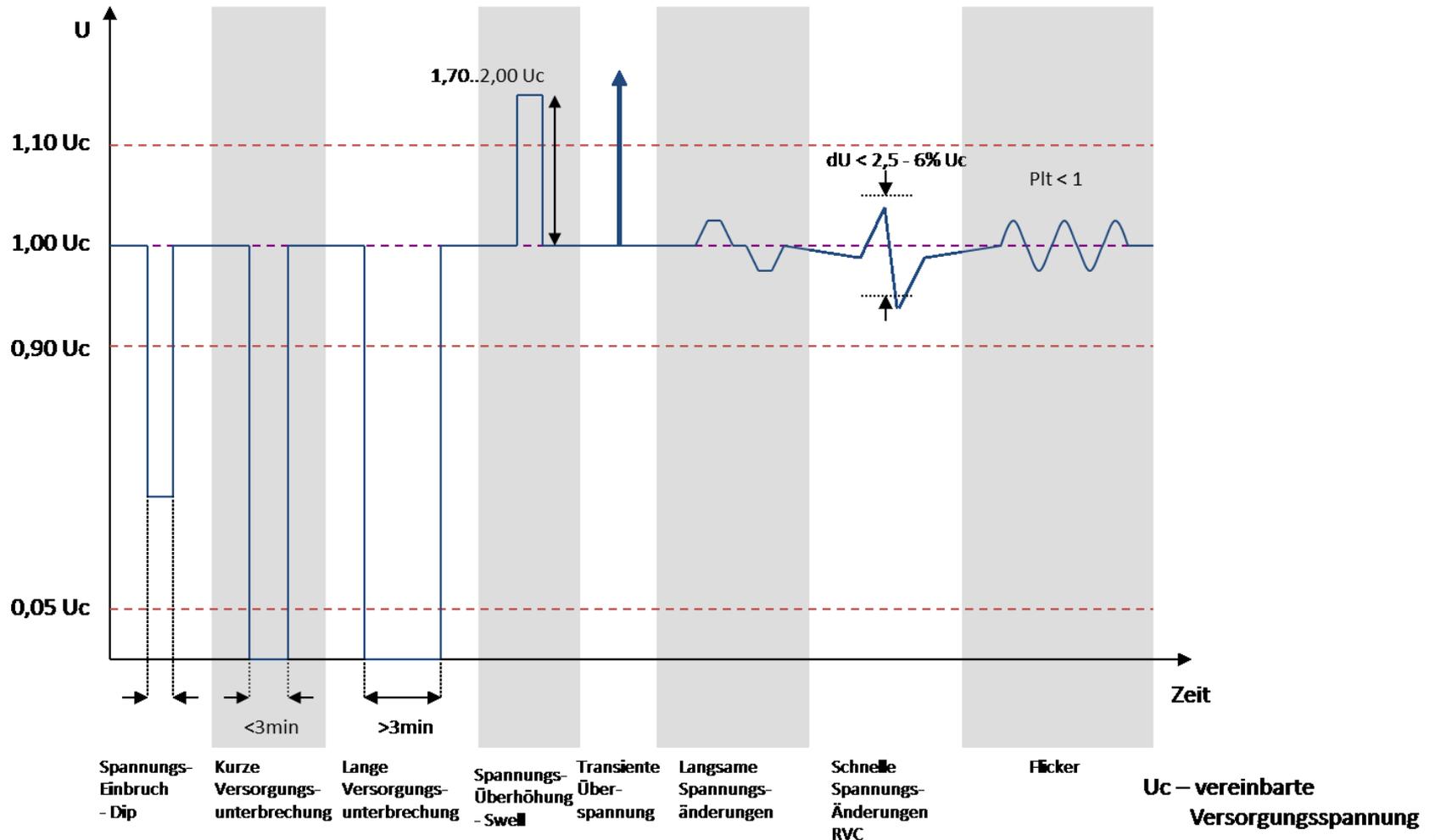


Unsymmetrie

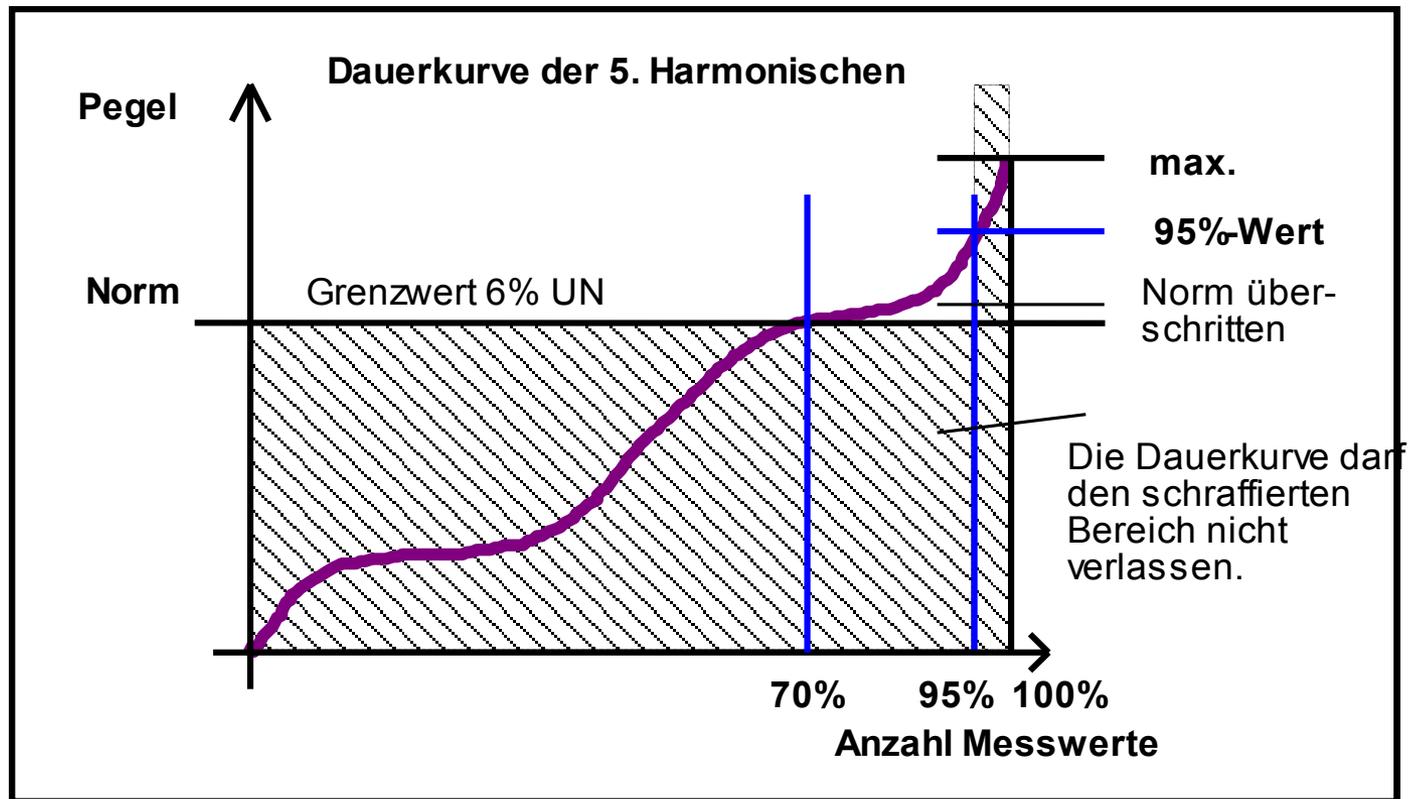


Frequenz-
schwankung

PQ Ereignisse messen: Spannungsabweichungen



PQ Ereignisse messen: Oberwellen / Harmonische



Nur 70% der Messwerte liegen nur unterhalb des Grenzwertes !
Es müssen aber 95% sein - **DURCHGEFALLEN**

Messtechnik: PQ Analysatoren mobil + festinstalliert

Mobile Netzanalysatoren

Fest installierte Störschreiber
und PQ Netzmonitore

PQ Box 100

PQ Box 200

PQI-DA

PQ Box 150

PQI-DA smart



PQI-D

Wichtig dabei: Zertifizierung der Messweise

Certificate of Conformity IEC 61000-4-30 Class A



Power Standards Lab

A-Eberle PQI-DA and PQI-D
equipped with A-Eberle GPS Receiver
(or other GPS receiver with equivalent accuracy and functionality)

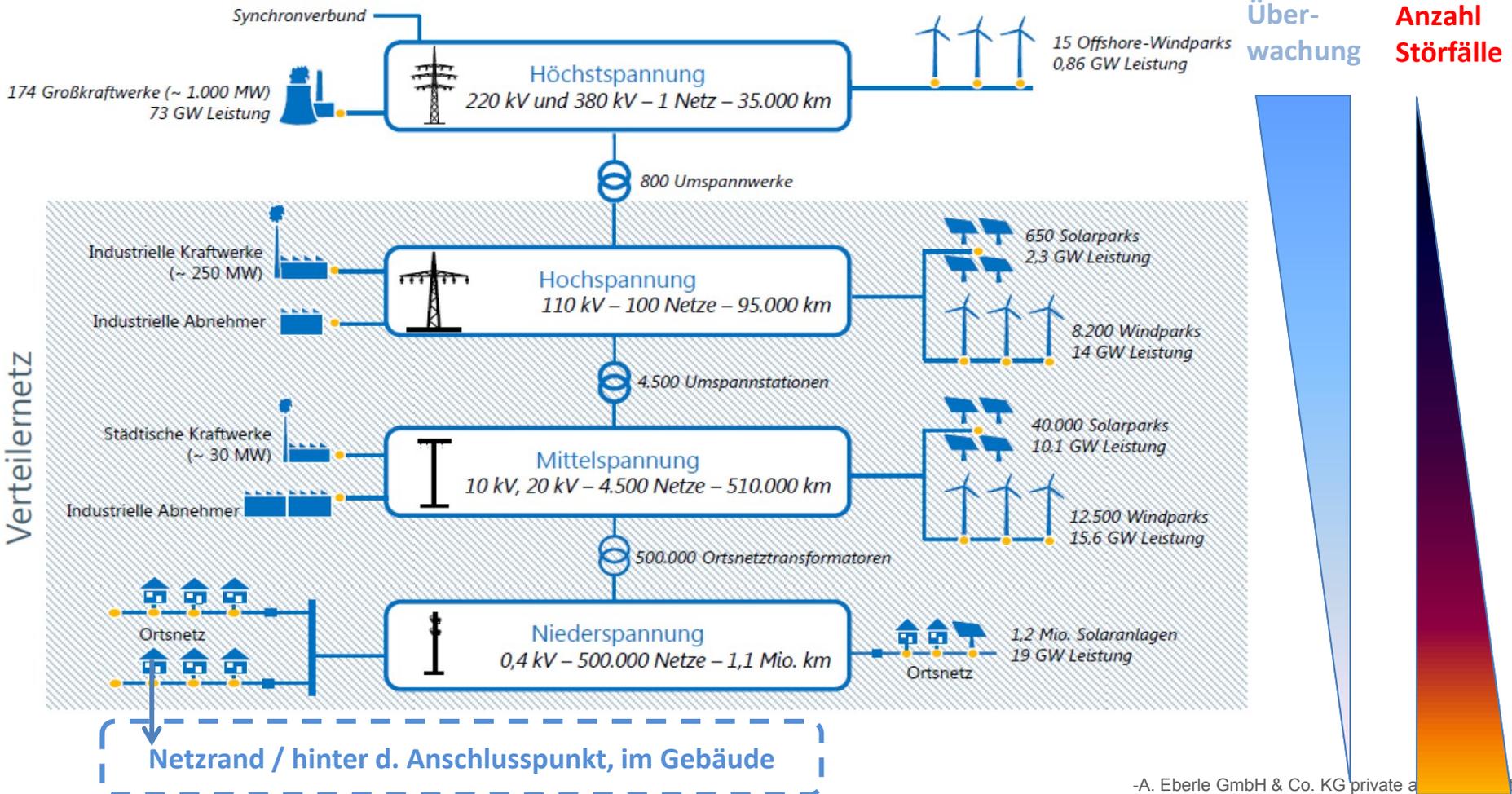
IEC 61000-4-30 Ed. 2
230V, 50/60 Hz, L-N U_{din}

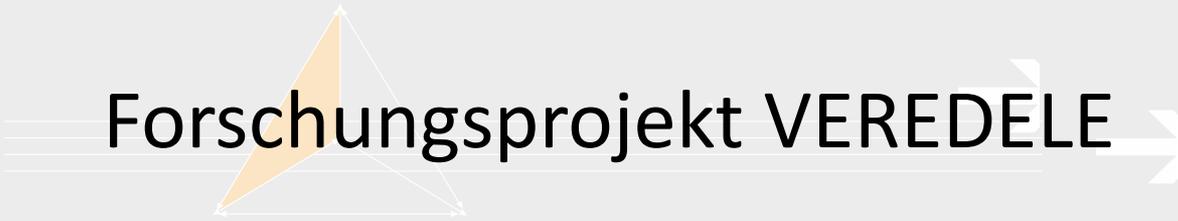
61000-4-30 Section	Power Quality Parameter	Class A Compliance	Class S Compliance	Class B Compliance	Remarks
5.1	Power frequency	Yes	Yes	Yes	
5.2	Magnitude of the supply voltage	Yes	Yes	Yes	
5.3	Flicker	Yes	Yes	(N/A)	See Note 1 below
5.4	Supply voltage dips and swells	Yes	Yes	Yes	
5.5	Voltage interruptions	Yes	Yes	Yes	
5.7	Supply voltage unbalance	Yes	Yes	Yes	
5.8	Voltage harmonics	Yes	Yes	Yes	
5.9	Voltage interharmonics	Yes	Yes	Yes	
5.10	Mains signaling voltage	Yes	Yes	Yes	
5.12	Underdeviation and overdeviation	Yes	Yes	Yes	
4.4	Measurement aggregation intervals	Yes	Yes	Yes	
4.6	Time-clock uncertainty	Yes	Yes	Yes	
4.7	Flagging	Yes	Yes	(N/A)	
6.1	Transient influence quantities	Yes	(N/A)	(N/A)	See Note 2

Sinn: Immer vergleichbare Messdaten, auch bei Beeinflussung durch Störgrößen

→ **Nachweis ist Gerichtsfest**

Wo wird heute (hauptsächlich) gemessen ?





Forschungsprojekt VEREDELE

PQ in der Tiefe der Netze mit WeSense

Projektstatus: WeSense bei A. Eberle

WeSense Serienprodukt



www.wesense-app.com

- ✓ Produkt zur Schnelldiagnose
Spannungsqualität an der Steckdose
- ✓ HW, FW, App Entwicklung in Nullserie
- ✓ Vorstellung auf HMI 2016
+ Livedemo Cloudanbindung
- ✓ Serie ab Juni 2016 (noch ohne Cloud)

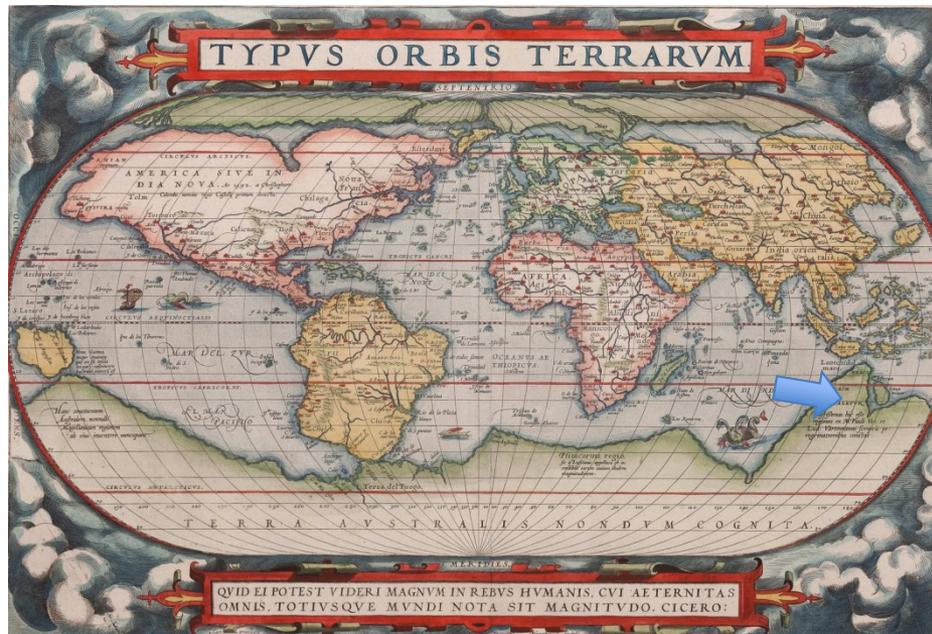
BMW Forschungsjekt Veredele (2015-2018)

„Flexible AC Distribution Systems“ (FACDS)

- ✓ Project start: Sep. 2015
- ✓ Zusammenarbeit:
DAI Labor / TU Berlin,
Fraunhofer IOSB,
TU Ilmenau, TEN ...
- ✓ Ziele: Feldversuch
überwachung in
ländlichem Netz
Thüringen
- ❖ **Sensor + Cloud Analyse**

Ausgangspunkt

Was passiert am Rande unserer Netze ?
Die Landkarte der PQ ist vielerorts noch „terra incognita“.



...Netzzustand am Rand der Verteilnetze:
das ist die Lücke die das Messsystem **WeSense** schließen möchte.

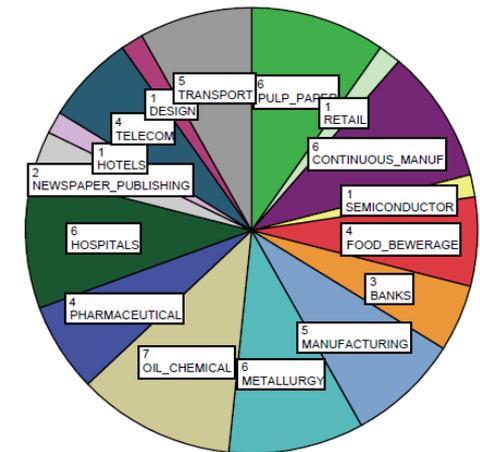
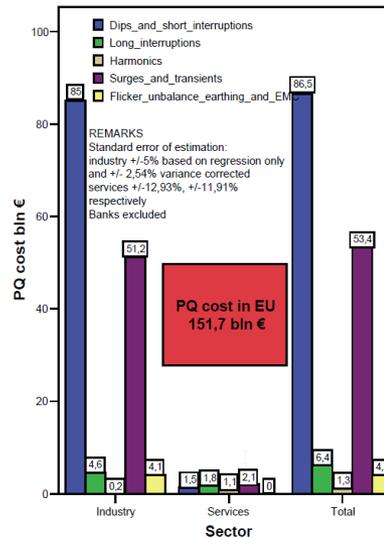
Zahlen Schäden durch schlechte Spannungsqualität

➤ **150 Mrd. EUR*** Schäden in EU durch schlechte Spannungsqualität (jährlich, 16 Industrien!)

➤ Störungen treten an den Verbrauchern auf:

- Computerausfälle/Datenverlust
- Produktionsausfälle
- Überhitzung von Trafos, Motoren

...



... (Umfrage von 2007)

Mehrere Gesellschaftliche Megatrends haben seither die PQ in der Niederspannung stark beeinflusst!

(1) Verteilnetz: Aufstieg der Erneuerbaren Erzeuger...



„...world to invest 7,7 trln. US \$ in new power stations till 2030, 65% of it will be for renewable energy...”



Das Netz wird **von unten nach oben** umgebaut. Betriebsparameter wie Spannung, Frequenz, Leistungsflüsse **verändern sich**.



Zu erwartende Auswirkungen auf **spezielle Parameter der Spannungsqualität...**

Große Kraftwerke

Große Kraftwerke werden gestrichen (Atom/Kohleausstieg), kleine verteilte Energieerzeuger nehmen zu



- ...das Netz verliert an „Masse / Trägheit“.
- ...Spannungseinbrüche im Fehlerfall werden länger und tiefer!

Kleine Kraftwerke / Lasten

Neuartige Lasten (Elektromobilität, elektr. Wärmepumpen, Solaranlagen...) und volatile Einspeisung in die Niederspannung



➤ ...die Spannungshaltung wird zum Problem.

Verbraucher Niederspannung

Siegeszug der Schaltnetzteile, Wechsel-, und Frequenzumrichter,
in Büro-, Industrie- und Wohngebäuden...



- Die Mehrheit der angeschlossenen Niederspannungslasten ist heute nichtlinear.
 - ...sich stetig erhöhender Oberwellenanteil.

Was passiert dann ?

...all diese Probleme finden am Rand der Netze statt

...Schädigungen hinter dem Anschlußpunkt, auf den letzten Metern in den Gebäuden

- „Hilfe mein Elektroherd pfeift“
- „Produktionsregler steigt aus“
- „Ich kann mein Elektroauto nicht schnell genug laden“
- „Ich kann meine PV Energie nicht verkaufen, das Netz ist verstopft“

Detektive im Netz

Hilfe, mein Elektroherd pfeift!

Die Erfassung der Spannungsqualität in den von EDN betreuten Ortsnetzen (Niederspannungsnetzen) erfolgt einerseits durch Stichprobenmessungen, andererseits durch Meldung bei Kundenanfragen bzw. Kundenreklamationen. Daraus werden dann zur eigentlichen Sicherung der Spannungsqualität geeignete Maßnahmen abgeleitet. Anlass für das nachfolgend geschilderte Fallbeispiel war eine solche Kundenanfrage:

Können Störgeräusche an einem Induktionskochherd durch das Stromnetz verursacht werden?

Mit dieser Anfrage wurde der EDN-Netzbetriebsmeister in Donaueschingen konfrontiert. Könnte die starke Geräuschentwicklung eines Induktionskochfeldes in Zusammenhang mit dem öffentlichen Versorgungsnetz stehen? (Bild 1)

Der Netzbetriebsmeister leitete diese Anfrage umgehend ans Team Spannungsqualität im Regional Center Rheinfelden weiter.

Bei der Überprüfung der Adressdaten konnte Herr Trefzer feststellen, dass es schon 2003 in diesem Netzversorgungsbereich zu Störungen bei Störungen von Heizungen, Waschmaschinen und Kaffeemaschinen gekommen war. Bei mehreren durchgeführten Netzqualitätsmessungen konnte zum damaligen Zeitpunkt kein eindeutiger Störer lokalisiert werden. In diesem Netzgebiet befindet sich eine Schreinerei mit CNC-Produktionsmaschinen. Auf Vermutung hin, wurden dort lokale Netzverstärkungsmaßnahmen durchgeführt. Nach dieser Maßnahme wurden für längere Zeit keine Reklamationen an EDN herangetragen.

Anschließend kam es jedoch zu erneuten Reklamationen. Daraufhin wurde zunächst eine Standardanalyse der Spannungsqualität nach DIN EN 50160 „Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“ vorgenommen.



Bild 1: Funktionsweise Induktionsherd

Was kann man dagegen tun? Weitbereichs-Spannungsqualität

1. **PQ Überwachung** überall
am **Rand der Netze** einführen



2. Die schlimmsten Stellen identifizieren.

3. PQ Probleme beheben

- Last reduzieren (Verbrauchssteuerung)
- Strang individuell regeln LVRSys™
- Aktive harmonische Filter...
- Netzausbau
- ...



Problem eines Ansatzes mit konventioneller Messtechnik:
... der Preis und die Komplexität.

Innovation: Messstelle günstiger werden. Auswertung muß einfacher werden.

Worum geht es also beim Innovationsprojekt WeSense?



Um die Überzeugung daß flächendeckende PQ in der NS ...

- **Technisch möglich** ist
- Geräte deutlich **günstiger** werden können, (Reduktion auf das Wesentliche: V, f, Hx)
- Datenauswertung **automatisiert und damit lückenlos** durchgeführt werden kann



Wie kann dies erreicht werden ? Innovative Technologien...

- Consumerhardware (Mobiltelefon, IOT Sensorknoten)
- Automatische Speicherung und Auswertung mittels **Big Data** und Cloudtechnologien
- Miteinbeziehung neuer Teilnehmer: **Crowdsourcing** von Messdaten



Bei WeSense geht es darum, zu demonstrieren dass all das möglich ist...
Spaß in die Power Quality zu bringen ...
Unsere Kunden mit einer neuen Idee zu überraschen und zu begeistern...

Die WeSense Vision ...

Entwicklung eines Netzwerks günstiger
Smartphone-basierter
 **Power Quality Sensoren,**
 angebunden an eine lückenlose,
 **cloudbasierte** Überwachungsfunktion für
Niederspannungsnetze.




Wir regeln das.

Ein Sensor pro Haus /
Straße...

Architektur Sensornetz



WeSense...

...ultimative Beobachtbarkeit
...zu minimalen Infrastrukturkosten

Überblick...
...Resultate Big Data

Industriebetrieb, Netzbetreiber ...

Digitalisierung der Energiewirtschaft: Stimmen/Entwicklungen ...



Prof. Dr. Jens Strüker
Director: Institute of Energy Economics



„The DNO of the future is an analytics driven utility, to save costs. (maximum grid utilization at minimum maintenance)...“

„Many Stadtwerke too small to do their own analytics – lacking experts! They will depend on external sources and services...“

„Even less than perfect status data helps - the alternative is no data“

„USA applications: Microgrids, demand response!“

VATTENFALL Sweden now trying to use their existing smart meters also for LV grid monitoring, not only for billing (but have problems with PLC)!



CIRED Workshop - Rome, 11-12 June 2014
Paper 0244

THE CHALLENGE OF ADAPTING YOUR AMI-SYSTEM FOR LV-GRID MONITORING

Lars GARPETUN
Vattenfall Eldistribution AB – Sweden
lars.garpetun@vattenfall.com

THE WALL STREET JOURNAL.  TECH

Google to Buy Nest Labs for \$3.2 Billion

Internet Company Extends Reach Into Home with Buy of Thermostat, Smoke Detector Maker

Jan.'14

Current interest of „big data companies“ to get live personalized data from people is HUGE!
Google just spent billions for a maker of thermostats – prime idea is not to sell HW but to look into your house and learn about your habits!



Gedankenspiele ...

Neue Möglichkeiten mit diesem Denkansatz?

Alt: Wenige gleichartige Geräte. Isolierte + manuelle Auswertung.

Neu: Verschiedene unterschiedliche Sensoren.
Automatisch ausgewertet in der Cloud.

Alt: Selektive, ereignisgetriebene Messkampagne, wenn es „schon weh tut“

Neu: Proaktive netzgebietsweite Auswertung –
Probleme entdecken „bevor sie schlimm werden“.

Alt: Der Netzbetreiber bringt alleine die Aufwände für Überwachung auf.

Neu: Crowdsourcing möglich ? Privatpersonen beteiligen sich.

Alt: Volle vertikale Integration – die ganze Servicekette beim Netzbetreiber.

Neu: Geschäftsmodell für cloudbasierten Big Data Servicepartner ?
Teure Analytik outsourcen ?

Produkt WeSense: Stand heute

Ihr Handy als PQ Basismessgerät.

Produktprofil

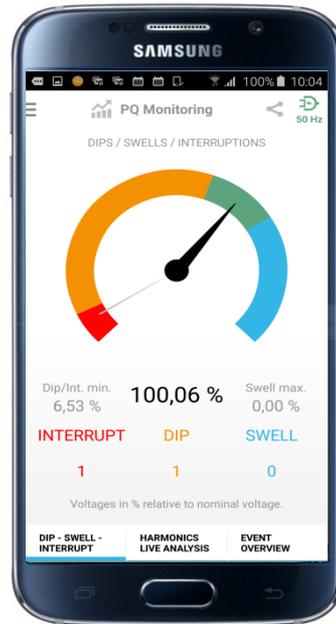


Erweiterung Portfolio für die Niederspannung

- Basismessgerät für Spannungsqualität
- PQ Erfassung an jeder Steckdose
- Schlankes und preisgünstiges Werkzeug
- einfache und verständliche Darstellung
- Schnelldiagnose für breite Anwenderschaft



WeSense Das System im Überblick



Lader

Gleichzeitig Laden und Messen

Android App
Auswertung und Visualisierung

Cloud
Datenupload und Browserdarstellung

Messadapter - Hardware

Stromversorgung mit Weitbereichsnetzteil



In (nominal):

100-240V AC 50 / 60 Hz

Out:

5 V DC, bis zu 1500 mA

Schnell-Laden nach USB Battery
Charging Specification 1.2

Laden+USB 2.0 Kommunikation
gleichzeitig

Tatsächlicher Arbeitsbereich viel größer (Test):

- Dauerbetrieb <50V ... >264V
- Messen von Interrupts 0V bis ca. 100 ms Länge

Messadapter - Hardware



Analog/digital Wandlung

Hochwertige Komponenten zur Netzabtastung

A/D Wandler: 24 bit Auflösung

Abtastrate: 10 kHz

Spannungsteiler: Dünnschichtwiderstände

Toleranz bis +/- 0,1%

10 ppm/°C Drift



Genauigkeit vergleichbar mit Klasse A PQ Gerät

WeSense App

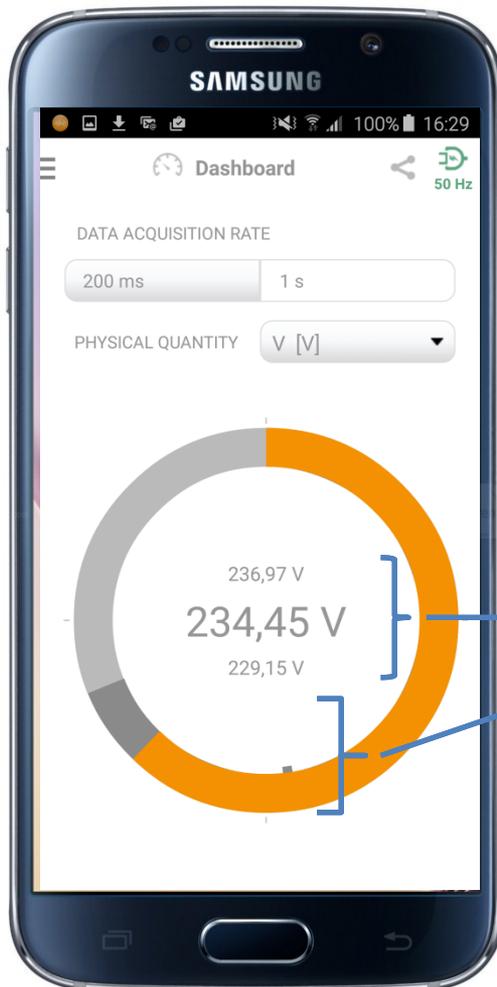


Fokus auf die wesentlichen Themen der Niederspannung

- Live-Anzeige von Spannung, Netzfrequenz, Oberwellen
- PQ Analyse mit Grenzwertüberwachung:
 - Dips, Swells, Interrupts
 - Harmonische (ungerade, bis H15)
 - PQ Eventliste / Logbuch
 - Daten einfach via „Teilen“ Funktion exportieren
- Keine Kompromisse bei der Genauigkeit
- Signalverarbeitung orientiert sich am Klasse A Gerät

App-Funktion: Anzeige von Onlinewerten (analog)

Analoges Zeigerinstrument / „Dashboard“
Zur Anzeige von Onlinewerten



Automatische Netzerkennung 50Hz / 60Hz

Auswahl Datenklasse 200ms / 1s

Auswahl Messwert:

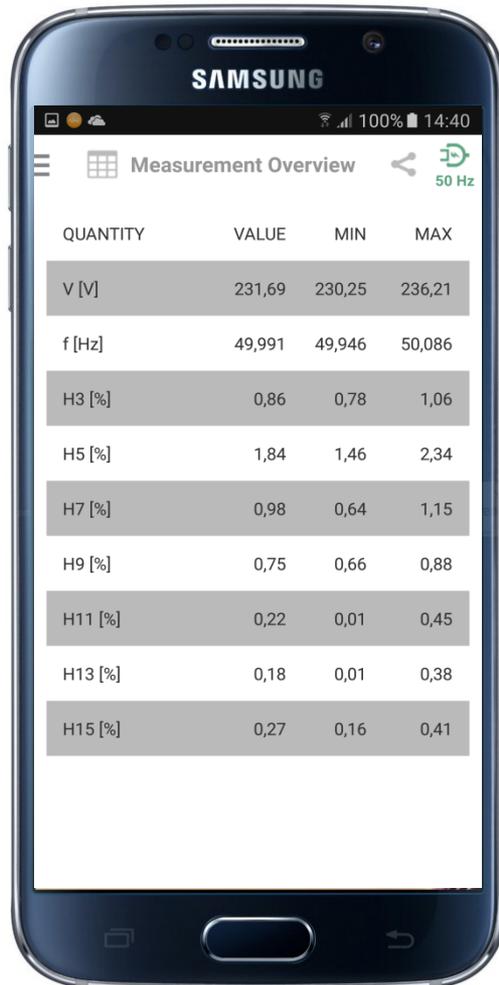
V, f	(200 ms und 1 s)
Hx	(nur 1 s)

Max. Wert (Schleppzeiger seit Einstecken)

Aktueller Wert

Min. Wert (Schleppzeiger seit Einstecken)

App-Funktion: Messung Überblick



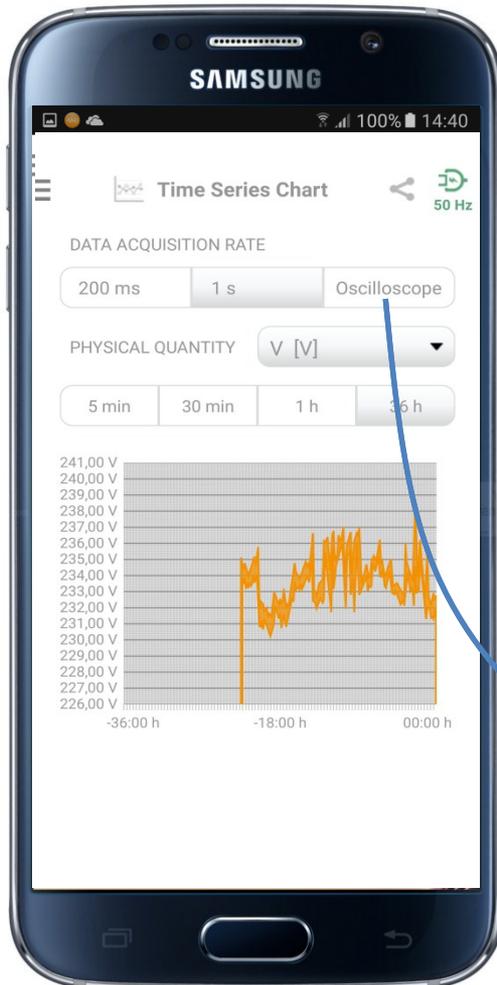
Übersicht über alle Messwerte

Live-Anzeige aller Messwerte

- Aktueller Wert
- Extremwerte seit dem Einstecken

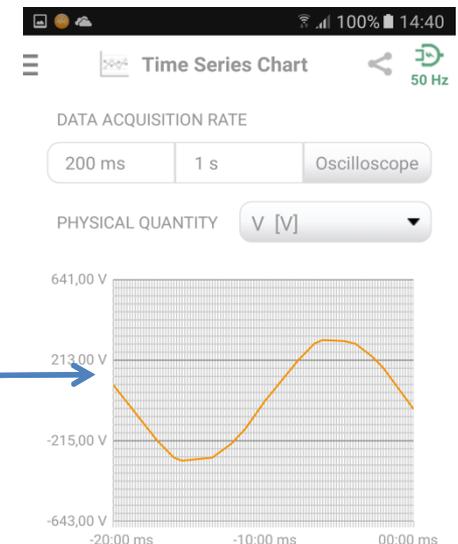
App-Funktion: Langzeitdaten anzeigen

Im Hintergrund: 36 h Ringspeicher für Daten

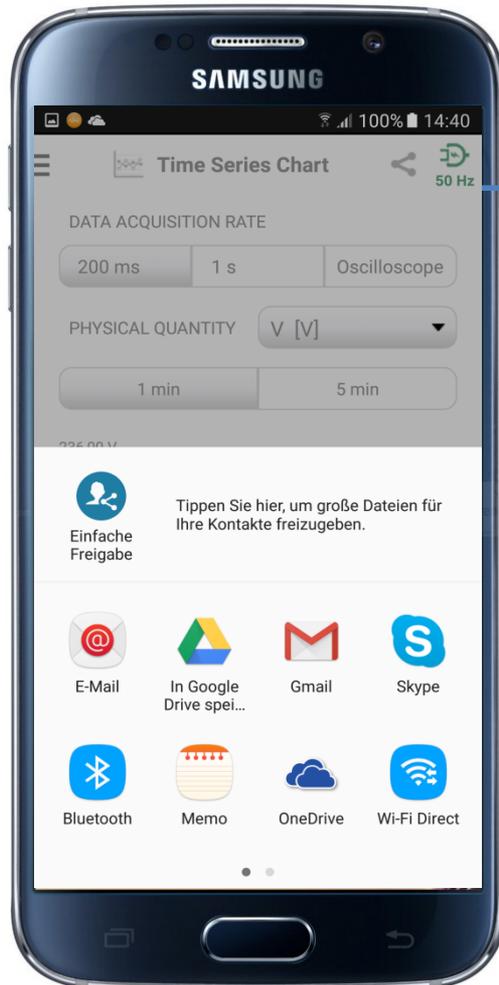


- Verschiedene Zeitbereiche
- Wählen: Messgrößen im zeitlichen Verlauf
- Autoskalierung + zoombar mit zwei Fingern

→ Oszilloskopdarstellung



App-Funktion: Datenexport



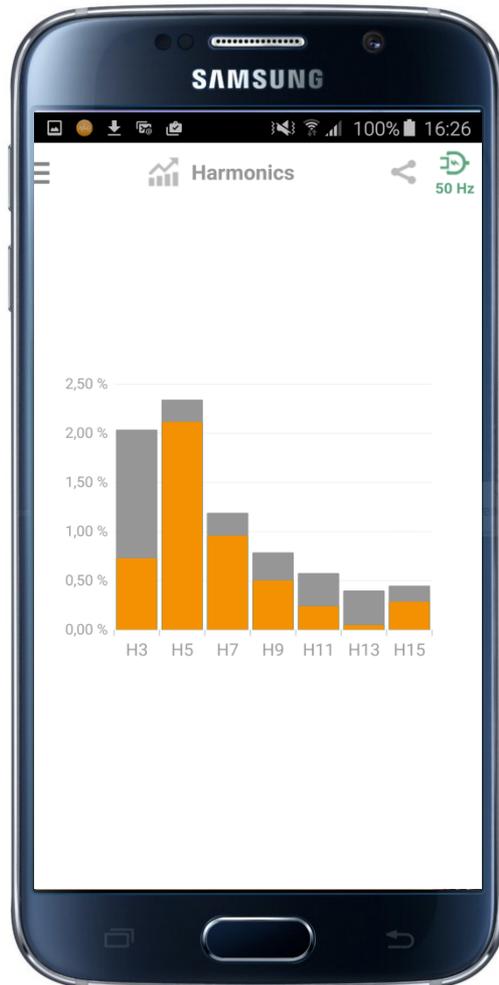
Daten bequem exportieren mit Android
„Teilen-Funktion“

Alle Daten versenden: Email, Google Drive, ...

- Langzeitdaten
- PQ Ereignisse
- GPS Koordinaten
- Aktueller Screenshot

Störschriebversand war noch nie so einfach 😊

App-Funktion: Online Oberwellenanzeige



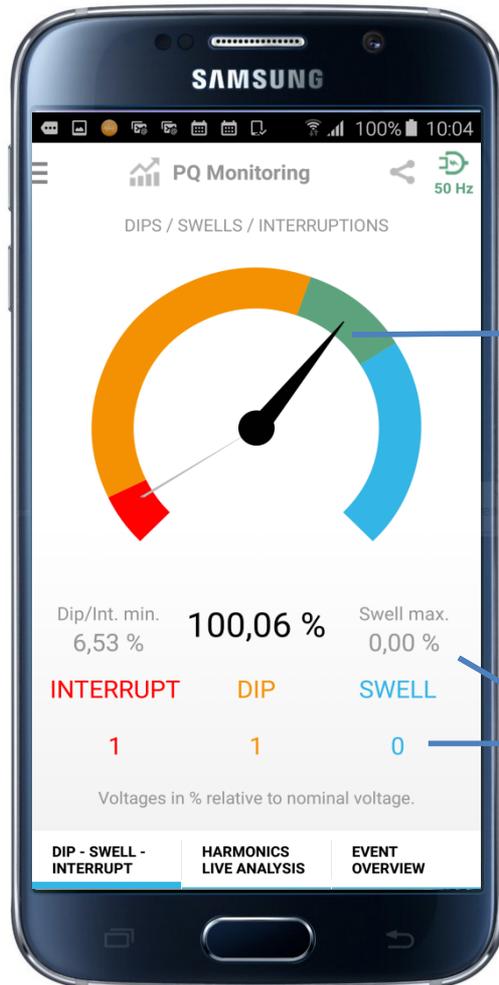
Mit einem Blick die wichtigsten Oberwellen erfasst

Live-Anzeige aller Messwerte

- Aktueller Wert
- Extremwerte seit dem Einstecken

In der Regel besonders H15 kritisch
(Grenze:0,5%)

App-Funktion: PQ Analyse – Dip/Swell/Interrupt



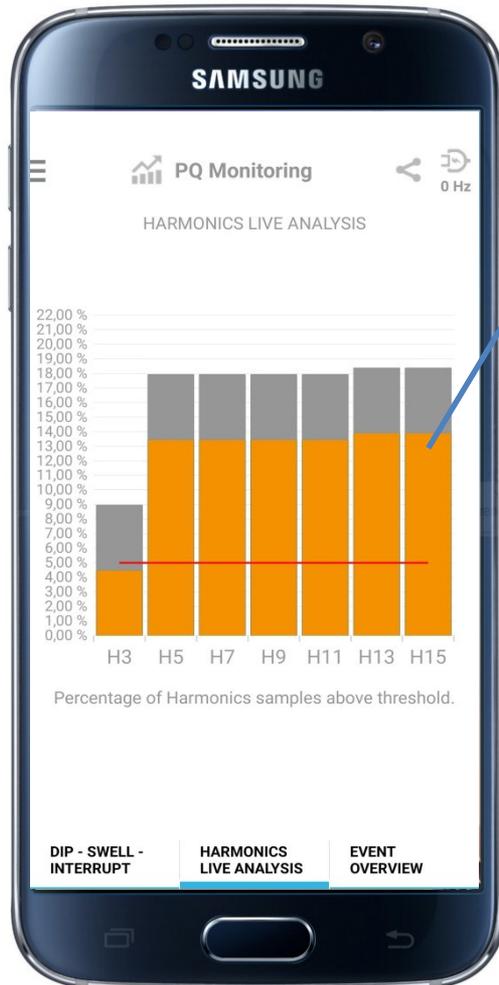
Zur Bewertung kurzzeitiger Spannungsabweichungen
(seit dem Einstecken)

Live-Anzeige des 200 ms Spannungswertes
(Halbperiodenwerte, Anzeige normiert auf V_{nom})

OK	$90\% < V < 110\%$
DIP	$10\% < V < 90\%$
INTERRUPT	$V < 10\%$
SWELL	$V > 110\%$

PQ Event Zähler
Globale Min./Max. Anzeige (auch grafisch)

App-Funktion: PQ Analyse – Oberwellen



Zur Grenzwertüberwachung für Oberwellen

Live-Anzeige:

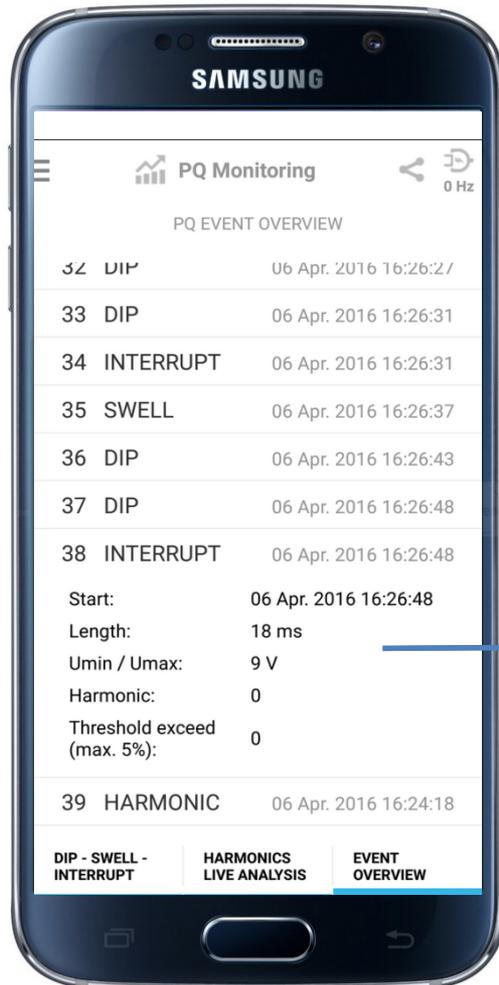
Prozentsatz der gemessenen Hx Werte, die oberhalb des jeweiligen EN50160 Grenzwertes lagen

EN 50160

H3	5 %	H5	6 %	H7	5 %
H9	1,5 %	H11	3,5 %	H13	3,0 %
H15	0,5 %				

Als Verletzung gilt, wenn am Ende mehr als 5 % der Messwerte über dem Grenzwert liegen!

App-Funktion: PQ Logbuch



Überblick über alle PQ Events / Verletzungen seit dem letzten Einstecken des Laders

Tippen auf ein Event → Details
Zeitstempel
Event-Länge
Extremwert / welche Oberwelle

Nützliches

88% 08:51

Contact 50 Hz

+ 49 (0)911 62 81 08 - 0
 wesense@a-eberle.de
 www.wesense-app.com

Name

E-Mail

Your Message *

SEND

Kontaktaufnahme
per Mail

88% 08:51

Info 50 Hz

 sense
powered by a-eberle

Grid Frequency	50 Hz
Calibration Offset	-57.220703
Calibration Scale	0.012203743
PowerQuality Version	01.01.01
App Version	1.8
Firmware Version	0.3
Hardware Version	1
Serial Number	1514-028
Info	Online

[Privacy Information](#)

Infoscreen mit
Versionsinfo

88% 08:51

Imprint 50 Hz

 sense
powered by a-eberle

A.Eberle GmbH & Co. KG
 Frankenstraße 16
 D-90461 Nürnberg

Telefon: +49 (0)911 62 81 08 - 0
 Fax: +49 (0)911 62 81 08 - 99
 E-Mail: info@a-eberle.de

Sitz der KG: Nürnberg
 Registergericht: Amtsgericht Nürnberg HRA
 13236
 Pers. haft. Gesellschafter:
 A.Eberle Verwaltungs GmbH
 Sitz der GmbH: Nürnberg
 Registergericht: Amtsgericht Nürnberg HRB
 20438
 Geschäftsführer: Lothar Mayer, Till Sybel,
 Harald Straußberger
 USt.-IdNr.: DE232253686

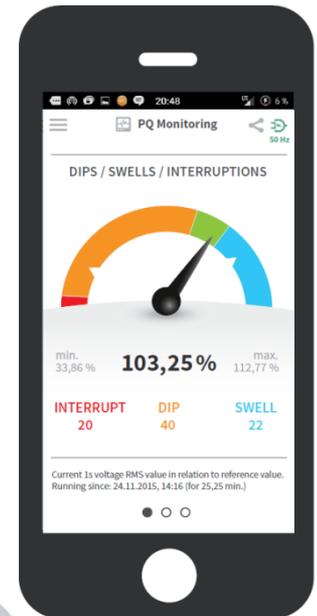
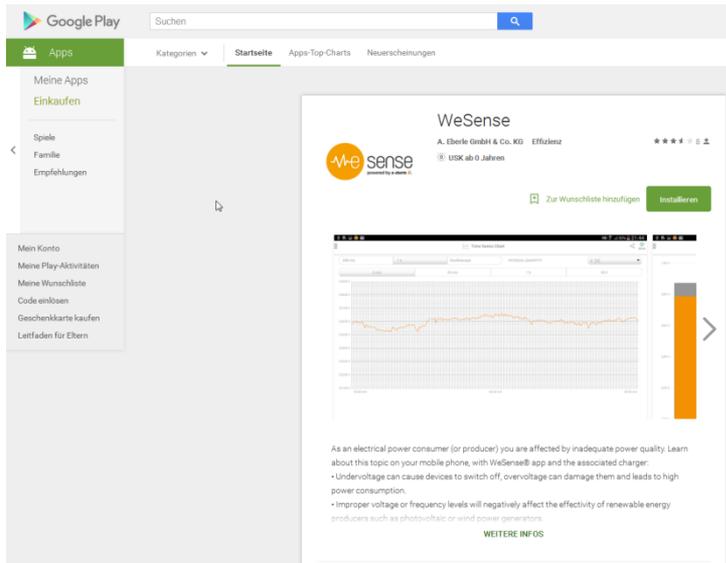
APP development: www.planetcreativ.de

Impressum

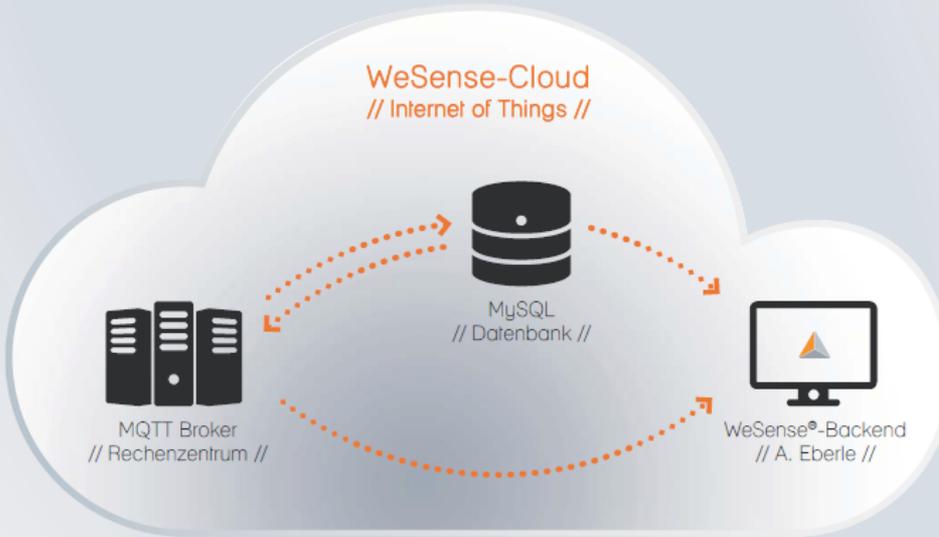
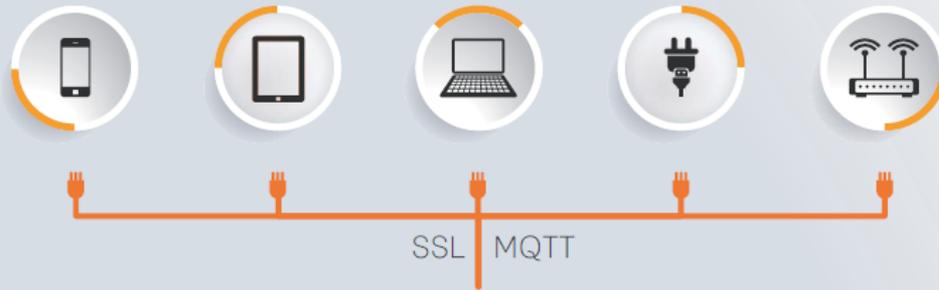
Wir regeln das.

App / Firmware Update

Google Playstore als Quelle



...eine beliebige Anzahl von Geräten kann bei Bedarf automatisch geupdatet werden!



DDS-Grid Control



ENERGIEVERSORGER



VERDELE

Ausblick: WeSense Cloud Architektur

MQTT

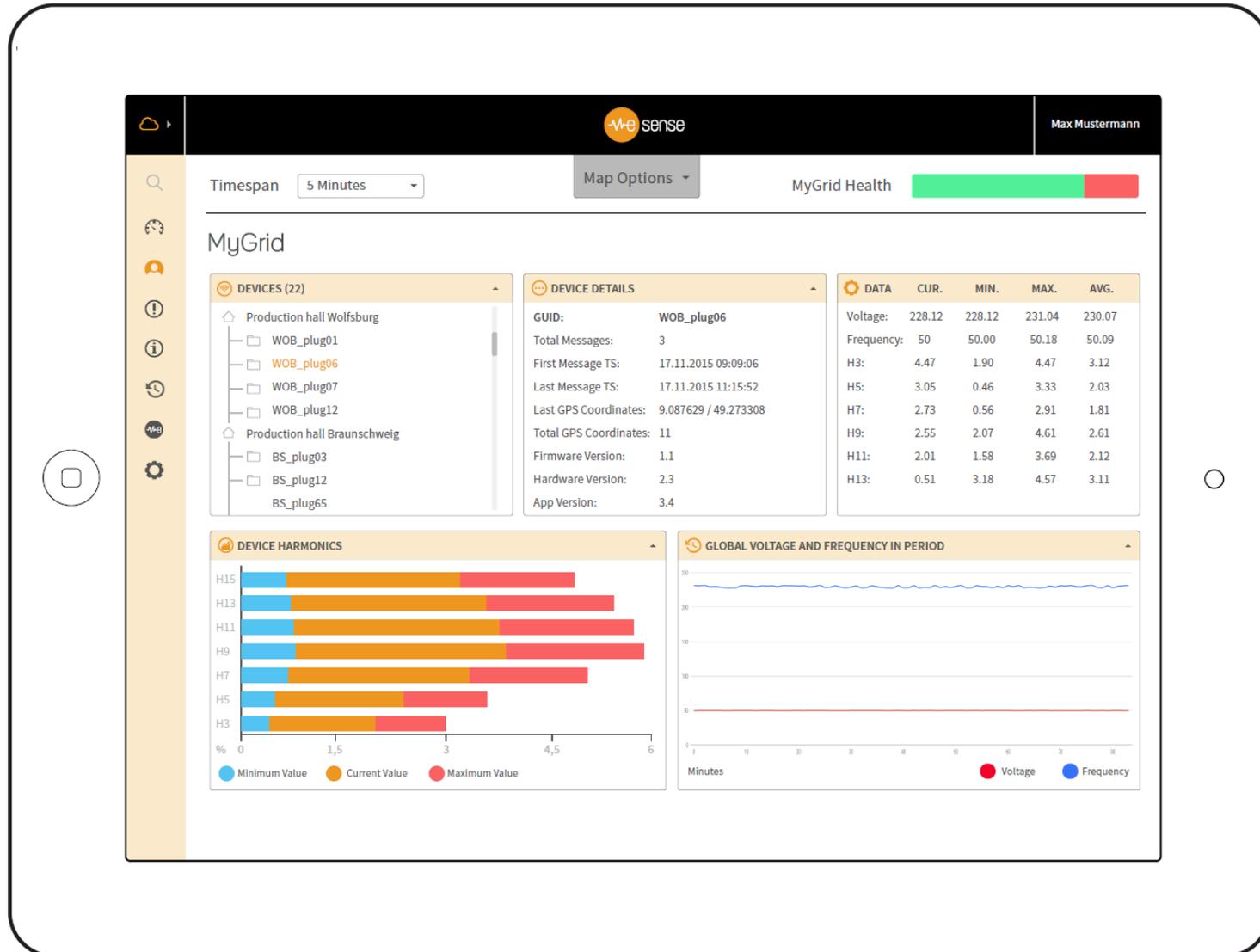
- IOT Standard – z.B. Facebook Messenger
- Sicher durch TSL Verschlüsselung
- Leichtgewichtig – niedrige Bandbreite
- Robust – Daten unter widrigen Umständen abliefern
- (Cloud-Anbindung in Vorbereitung für Forschungsprojekt – aber noch keine Produktfunktion)

Wir regeln das.

Konzept MyGrid



Maßgeschneiderte Visualisierung



Wir regeln das.

Konzept Spannungslandkarte



Max Mustermann
max.mustermann@volkswagen.de



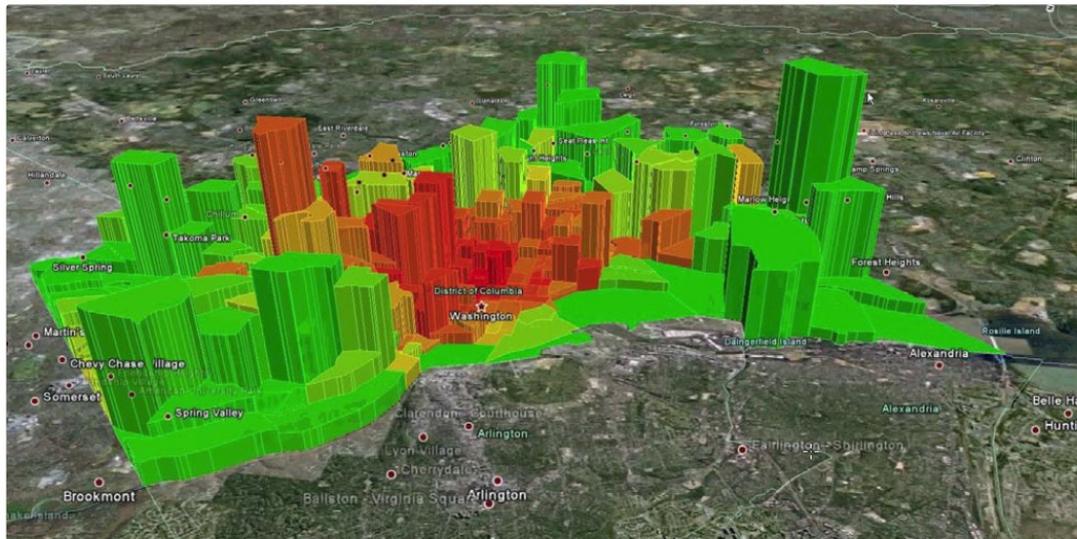
Timespan 5 Minutes

Quantity Voltage

Map Options

Smart Grid Health

Dashboard



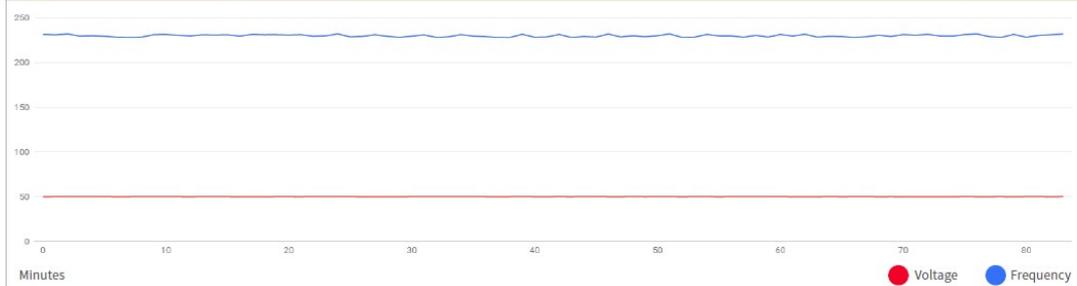
GLOBAL DETAILS

Total Devices online:	23		
Total Messages:	335		
Total GPS Coordinates:	234		
Last Message:	16.11.2015 15:55:39		
Last Message Coordinates:	11.090023 / 49.45887		
	min.	max.	average
Voltage:	228.00	231.99	230.01
Frequency:	49.95	50.25	50.11
H3:	0.30	4.98	2.46
H5:	3.80	4.98	2.54
H7:	2.13	4.95	2.45
H9:	0.68	4.90	2.27
H11:	4.06	4.98	2.52
H13:	3.64	4.92	2.40

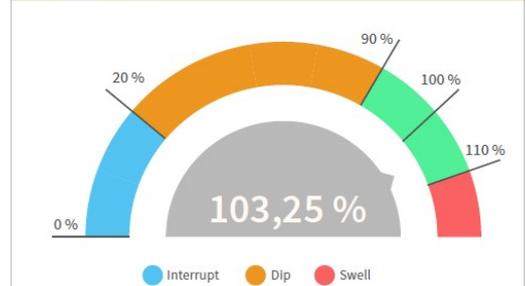
PQ EVENTS

12:27:16	1 Event	Line 1 Rapid Voltage Change	> +5%, -5%
12:27:14	1 Event	Line 2 Rapid Voltage Change	> +5%, -5%
12:27:14	No Events	Line 3 Rapid Voltage Change	> +5%, -5%
15:22:46	1 Event	Line 1 Supply Voltage dps	
15:22:18	2 Events	Line 2 Supply Voltage dps	
14:35:21	FEHLER	Line 1 voltage variationstest	> +10%, -15%
14:34:47	FEHLER	Line 2 voltage variationstest	> +10%, -15%
08:35:55	FEHLER	Frequency Test	> +1%, -1%

GLOBAL VOLTAGE AND FREQUENCY IN PERIOD



DIPS / SWELLS / INTERRUPTIONS



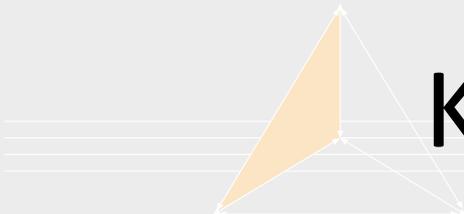
Wir regeln das.



Vielen Dank

Für Ihre Aufmerksamkeit!

Wir regeln das.



Kontakt



Dr. Christian Rüster

Leiter Geschäftsbereiche PQSys, EORSys
Innovationsmanager
A. Eberle GmbH & Co. KG
Frankenstraße 160
D-90461 Nürnberg