

Power Quality

Supraharmonische Ober- schwingungen im Verteilnetz der BadenovaNetze GmbH

Hirsch Peter STM-S1

Fachreferent Strom Anlagen, IT Verantwortung Strom
Projekt 09/2017 Fördersumme 125t€

badenova

Energieversorger mit Hauptsitz in Freiburg.
„Für eine lebenswerte Zukunft gestalten wir die Energie- und Wärmewende. Mit der Region, für die Region.“



Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag.

Power Quality

Agenda

| 01

Power Quality

(Stromqualität) bezieht sich auf die Eigenschaften der elektrischen Energie, die für den Betrieb von elektrischen Geräten, Maschinen und Systemen wichtig sind. Es beschreibt, wie gut die elektrische Energie, die von einem Versorgungsnetz oder einer Quelle bereitgestellt wird, den Anforderungen der Verbraucher entspricht. Schlechte Power Quality kann zu Störungen, Schäden oder ineffizientem Betrieb von Geräten führen.

| 02

Motivation zum Projekt Supraharmonische Oberschwingungen

| 03

Kosten 2017-2024

| 04

Messgeräteauswahl

| 05

Messkampagnen 0,4kV 20kV

| 06

Zusammenfassung

Motivation zum Projekt Supraharmonische Oberschwingungen

Auswirkungen im Netz und Versorgung

- Erhöhte Energiekosten durch Strom-Wärmeverluste
- erhöhte CO₂-Belastung
- Rückwirkungen auf das Netz der allgemeinen Versorgung

Typische Verursacher

- Photovoltaik-Wechselrichter
- Gleich-/Wechselrichter von Batteriespeicheranlagen
- Ladegleichrichter von Elektrofahrzeugen
- Frequenzumrichter für Maschinen, Aufzüge, Pumpen etc.
- Schaltnetzteile mit aktiver Leistungsfaktorkorrektur

Typische Faktoren, die Power Quality beeinflussen

1. Spannungsschwankungen:

Abweichungen von der Nennspannung können Geräte beeinträchtigen. Sowohl Über- als auch Unterspannungen können Schäden verursachen.

2. Spannungseinbrüche

(Dips) u. Erhöhungen (Swells)

Kurze, aber signifikante Spannungsabfälle oder -erhöhungen können empfindliche Geräte beeinträchtigen oder Fehlfunktionen auslösen.

3. Harmonische Verzerrungen

Nichtlineare Lasten wie Computer oder Frequenzumrichter können Verzerrungen in der Sinuskurve der Spannung verursachen, was die Effizienz und Funktion von Geräten beeinflussen kann.

4. Flicker

Schnelle Änderungen der Spannung können als Flackern (Flicker) wahrgenommen werden und stören die Beleuchtung sowie empfindliche elektronische Geräte

5. Oberschwingungen (Harm.) Supraharmonische

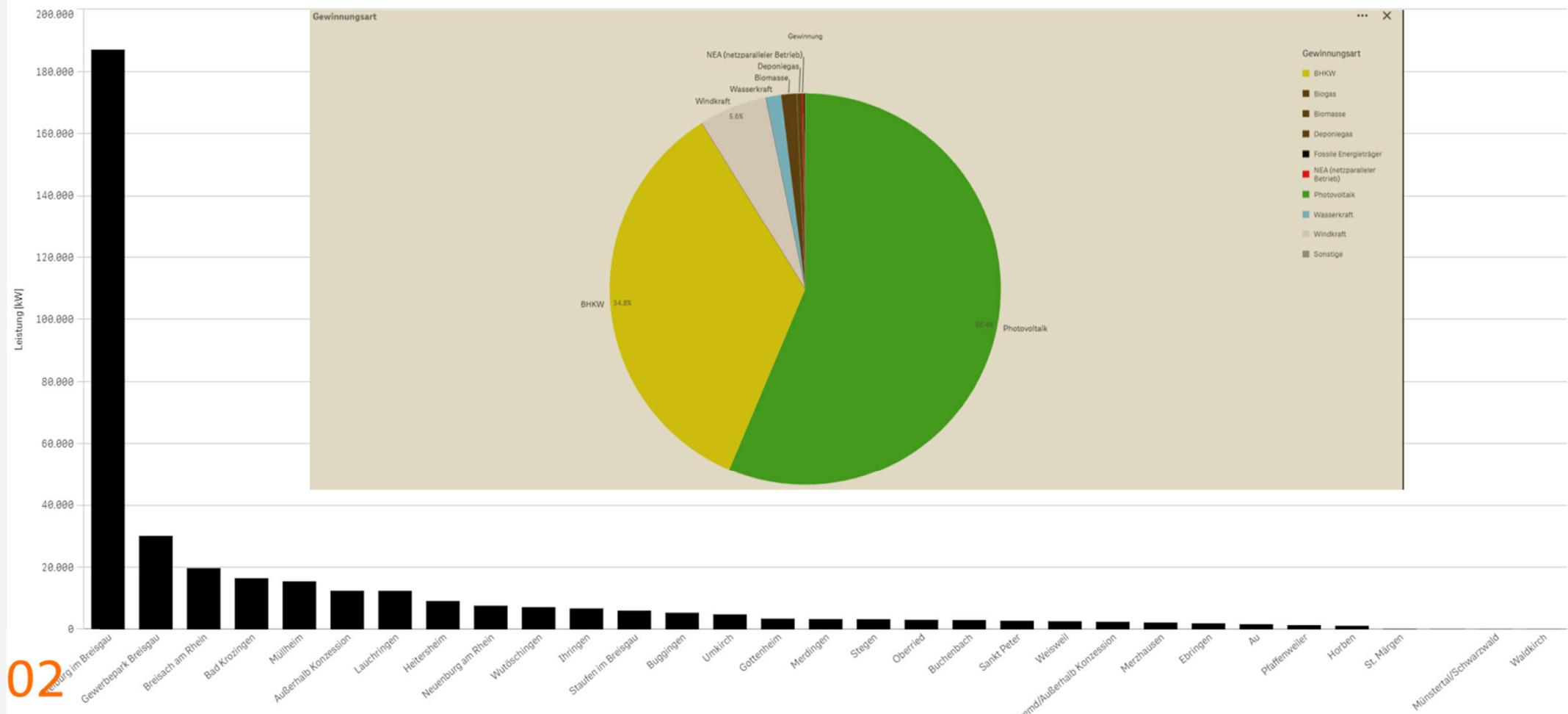
Durch nichtlineare Lasten verursachte höhere Frequenzkomponenten, die Störungen im Stromnetz erzeugen können

6. Unterbrechungen

Ein vollständiger Ausfall der Stromversorgung, auch wenn nur kurzzeitig, kann zu Ausfällen in Systemen und Geräten führen

Einspeiserstatistik

Installierte (Peak-)Leistung [kW] nach Gemeinde



Projektpartner



Lieferanten

Messgeräte:



Messwandler:



02

Normen und Richtlinien

Im Projekt zugrunde gelegt

IEC 61000-4-30, IEC Power Quality Berechnungen,
61000-4-7, Berechnung von Oberschwingungen,
IEC61000-4-15 Flickern usw.

EN50160, EN50163, Grenzwerte für die Stromqualität von
IEEE519, IEC 61000- öffentlichen Netzen, Industrien und
2-4 usw. Eisenbahnanwendungen

61400-21 IEC, Power-Quality-Analyse erneuerbarer
IEC61400-12, FGW, Energien
TR3, BDEW, VDE-
AR4105 usw.

IEC 61000-3-3, EMV von Spannungsänderungen und
IEC61000-3-11 Flickern

IEC 61000-3-2, IEC EMV von Oberschwingungsströmen
61000-3-12

Kosten Badenova NETZE GmbH 2017-2024

240T€

- 2017 1.800 €
- 2018 74.000 €
- 2019 66.000 €
- 2020 51.000 €
- 2021 54.000 €
- 2022 1.000 €
- 2023 0 €
- 2024 154 €

03

Zuschuss Badenova AG&Co.KG

80T€

- Anzahlung 40T€ 2018
- Anzahlung 40T€ 2019
- Schlusszahlung **offen**

Auswahl der Messgeräte und Wandler Technologie

	Dewetron	a-eberle	Dewesoft	Artemes	PSL	Hioki
Produktwebseite	https://www.dewetron.com/products/turnkey-daq-systems/polyphase-mixed-signal-power-analyzer/	https://www.a-eberle.de/de/produktgruppen/pq-mobil/komponenten/pq-box-300	https://www.dewesoft.com/applications/power-quality	https://store.artemes.org/power/energianalyse/37794/am-10-pa2-h	https://www.powerstandards.com/product/pgub-e-3/highlights/	https://www.hioki.com/en/products/detail/?product_key=5591
Vertrieb / Ansprechpartner	Sven Deckert		Helmut Behmüller	Fa. CalPlus		
Vertriebswebseite				https://www.calplus.de/		
Messgerät	egal, vorzugsweise Dewe2	PQ-Box 300	Egal	AM-10-PA2-H mit AM-60-Opt Wind	PQube3	PW3198
bis 9kHz Spannung (200 Hz Band)	○	✓	(✓)	✓	✓	
bis 9kHz Strom (200 Hz Band)	○	✓	(✓)	✓	✗	
bis 150kHz Spannung (2 kHz Band)	○	✓	(✓)	✓	✓	
bis 150kHz Strom (2 kHz Band)	○	✗	(✓)	✓	✗	
Einzelne Frequenzen in Betrag und Phase über 2 kHz	Online, keine DB	✗	bis 150kHz (nur online)	✓	✗	
auch als Oszilloskop / Transientenrecorder verwendbar	✓		✓	✓		
Messkategorie	CAT III 600V CAT IV 300V	CAT III 600V CAT IV 300V	CAT III 600V	CAT III (CAT IV nächstes Jahr)	CAT III 600V CAT IV 300V	CAT IV 600V (bis 2000m üNN)
Kommentar	Auch zeitgetriggerte Messungen möglich mit abgetasteten Rohdaten; nur PQ.	Nur online bis 20 kHz	Rohdatenaufzeichnung möglich	In Absprache mit Hersteller: gewünschter Funktionsumfang	Reines PQ-Messgerät für Spannung entspr. Norm.	Gerät gibt nur Messwerte in Echtzeit an Peripherie weiter

Geräteauswahl

Messgeräte

1

U -> 150kHz I-> 9kHz

Technische Daten



Netzanalysator /
Transientenrekorder

Modell PQ-Box 300

- Störungsaufklärung
- Bewertung der Spannungsqualität nach EN50160 und IEC61000-2-2/-4
- Permanente Frequenzanalyse DC bis 170kHz
- Lastanalysen und Energiemessungen
- Rundsteuersignalanalyse
- Hochwertige Software für PQ-Box 100/150/200/300



04

2

DEWESOFT U+I -> 150kHz



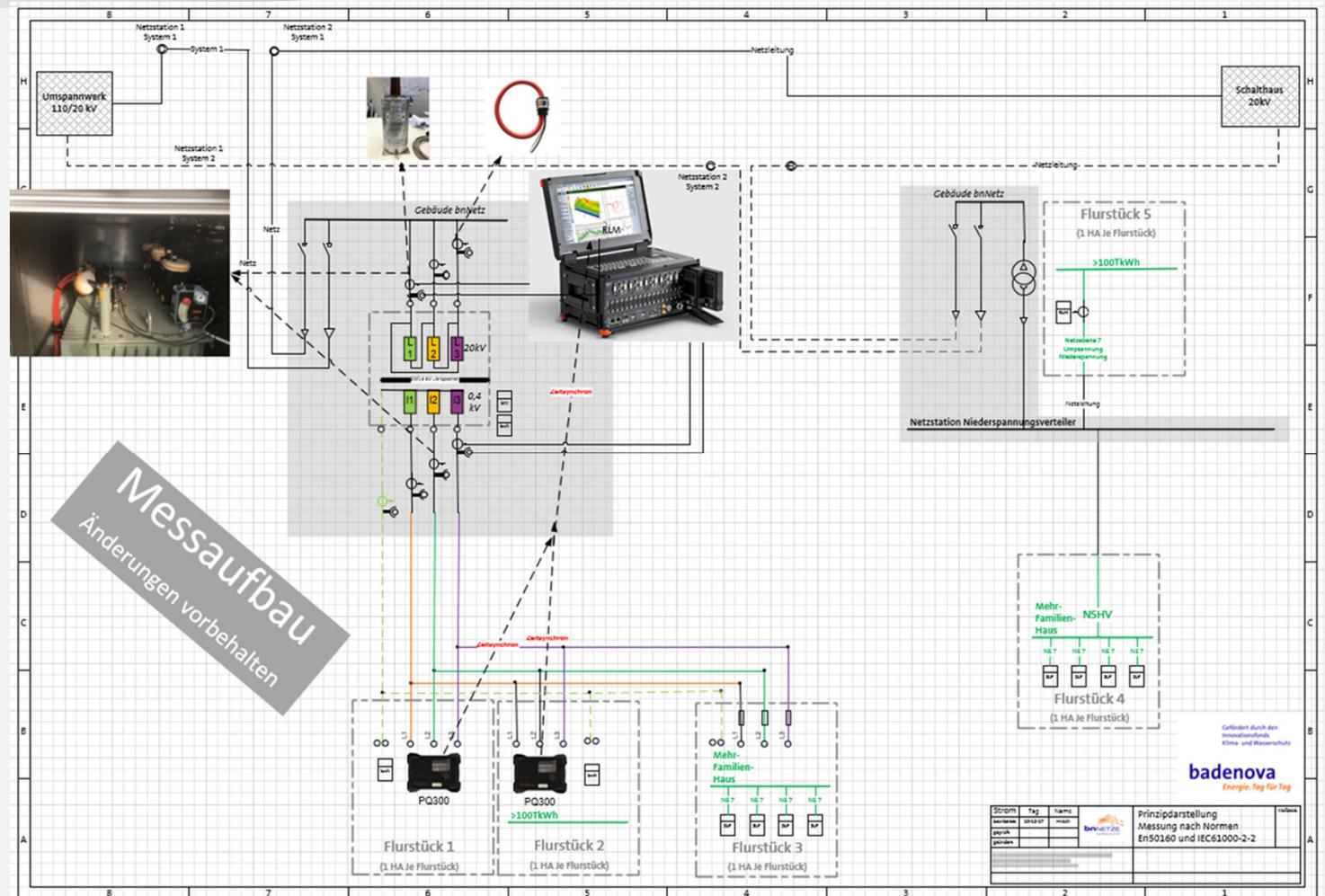
3

U-Wandler 20kV I-Wandler 0,4+20kV



10

Prinzipdarstellung Netzmessung



Zusammenfassung

Messkampagnen

1

Verbraucher im 0,4 kV-Niederspannungsnetz
Bezugsmessung



- Druckcenter Badenova
- IT-Verteiler Badenova
- Kantine Badenova
- Lade Park Badenova



2

Öffentliches 0,4 kV-Niederspannungsnetz
Trafostationen



- Innenstadt Freiburg
- Lade Park Stadt Freiburg



3

Erzeuger im 0,4 kV-Niederspannungsnetz



- Wasserkraftanlage
- Dieselaggregat SCF
- Batterieanlage Flowtex



4

Erzeuger im 20kV-Mittelspannungsnetz



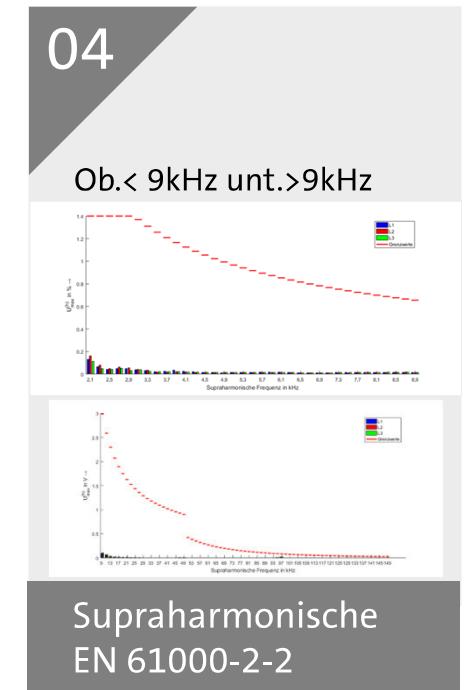
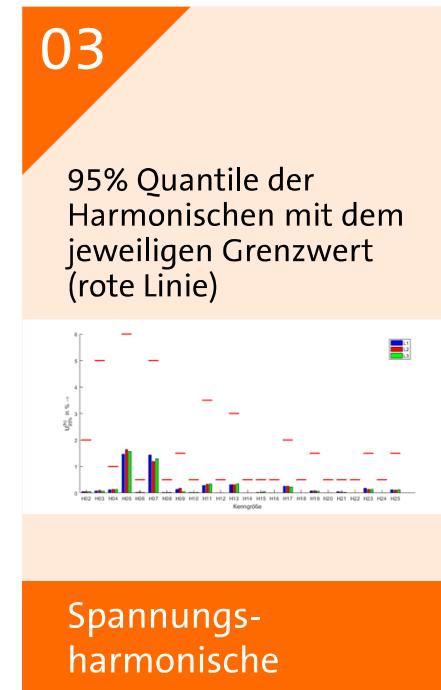
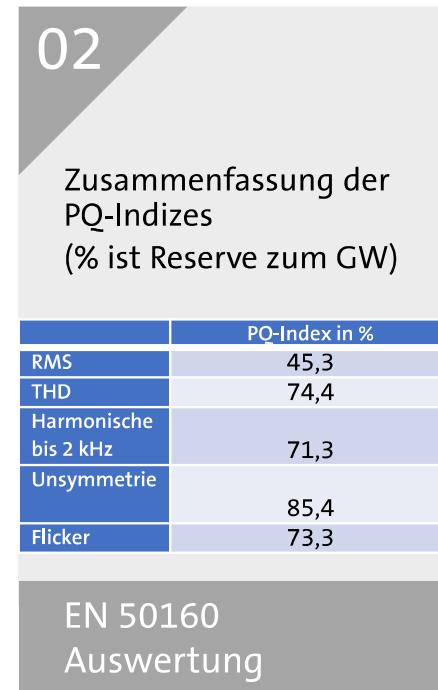
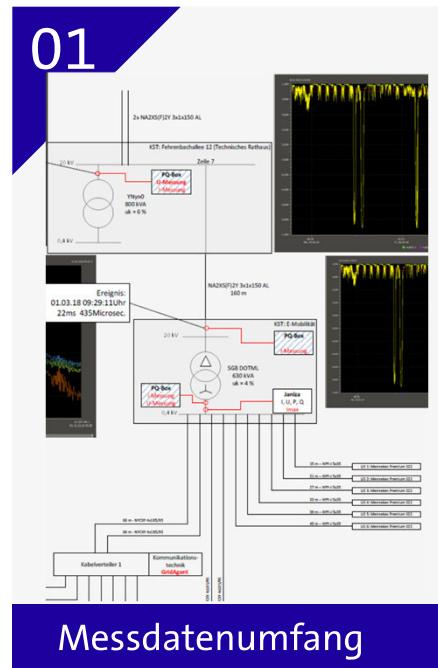
- Trafostation Hansbunte Str. 1 Badenova
Masterarbeit
Freiburger
Verkehrsbetriebe
Übergabemessung
- Windpark Schauinsland
- Wasserkraftanlage



intern

Spannungsqualitätsmessung im Niederspannungsnetz vom 17.2.2018 bis 23.2.2018

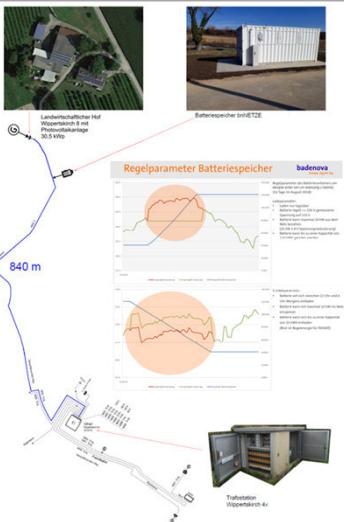
Ladepark techn. Rathaus Freiburg



Spannungsqualitätsmessung im Niederspannungsnetz vom 2.12.2019 bis 6.12.2019

Flowtex Batterieanlage Wipperstkirch 8

01



Messdatenumfang

02

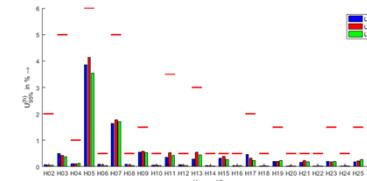
Zusammenfassung der
PQ-Indizes
(% ist Reserve zum GW)

	PQ-Index in %
RMS	48,3
THD	45,5
Harmonische bis 2 kHz	22,5
Unsymmetrie	55,5
Flicker	11,5

EN 50160
Auswertung

03

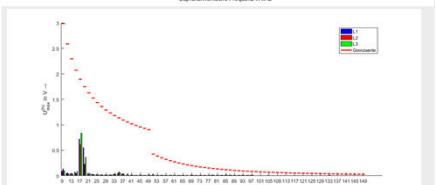
95% Quantile der
Harmonischen mit dem
jeweiligen Grenzwert
(rote Linie)



Spannungs-
harmonische

04

Ob.< 9kHz unt.>9kHz

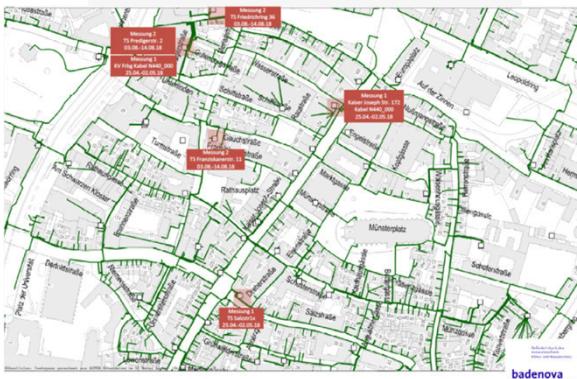


Supraharmonische
EN 61000-2-2

Spannungsqualitätsmessung im Niederspannungsnetz vom 25.4.2018 bis 2.5.2018

Station Kaiser Joseph Str. 172

01



Messdatenumfang

02

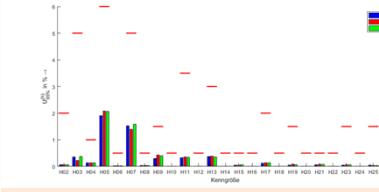
Zusammenfassung der
PQ-Indizes
(% ist Reserve zum GW)

	PQ-Index in %
RMS	45,4
THD	71,5
Harmonische bis 2 kHz	65,3
Unsymmetrie	89,3
Flicker	61,1

EN 50160
Auswertung

03

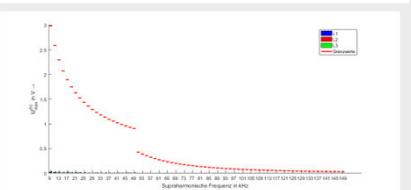
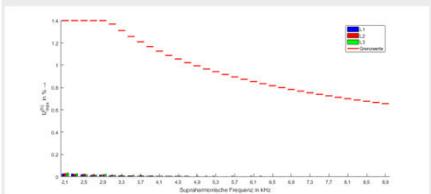
95% Quantile der
Harmonischen mit dem
jeweiligen Grenzwert
(rote Linie)



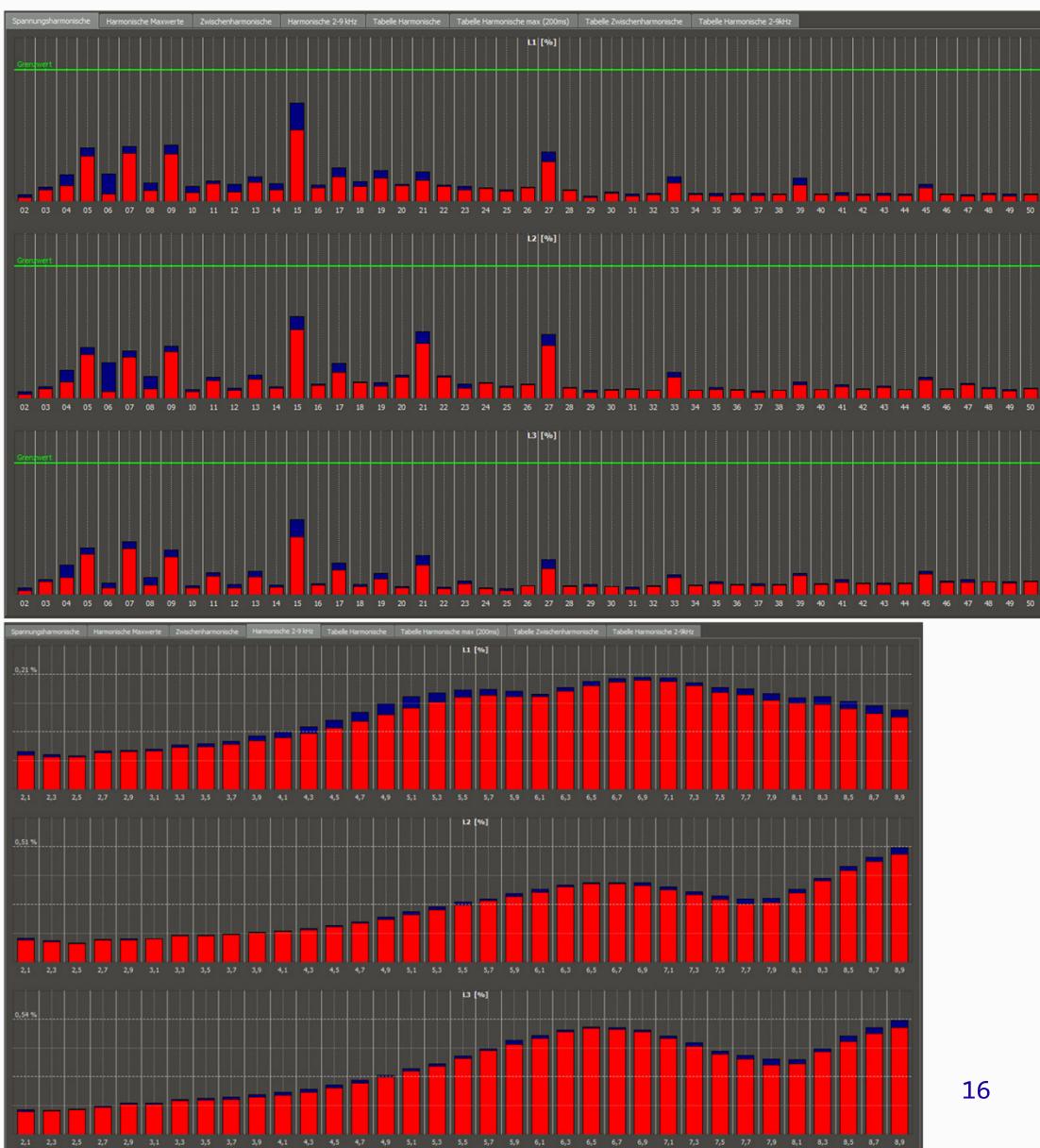
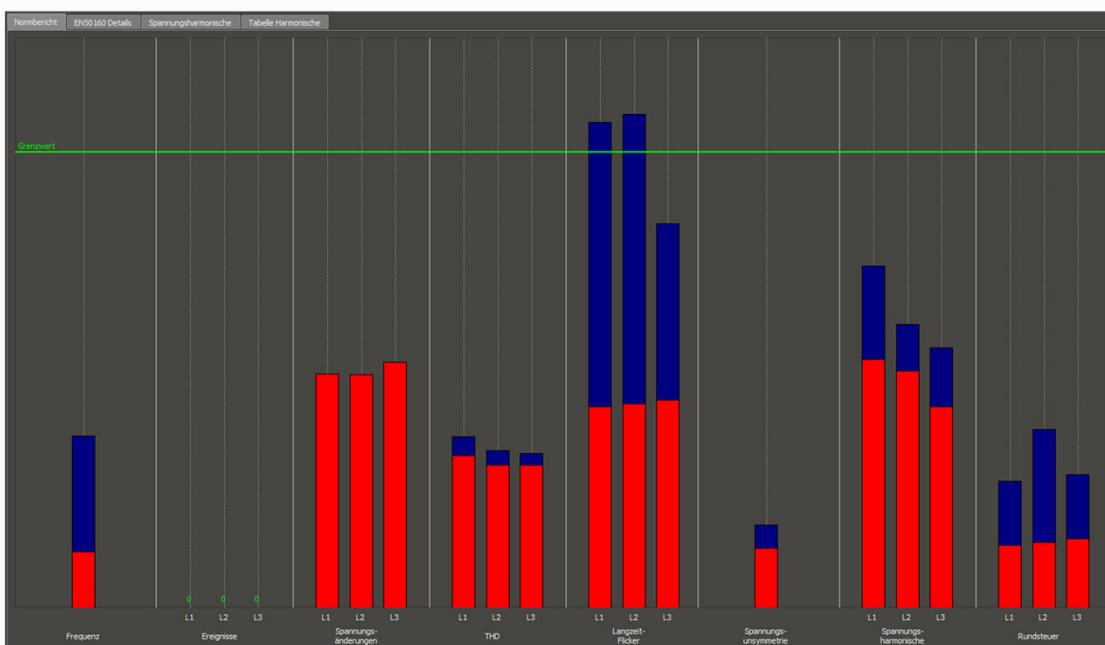
Spannungs-
harmonische

04

Ob.< 9kHz unt.>9kHz



Supraharmonische
EN 61000-2-2



05

Auswertung PQ-Box 300

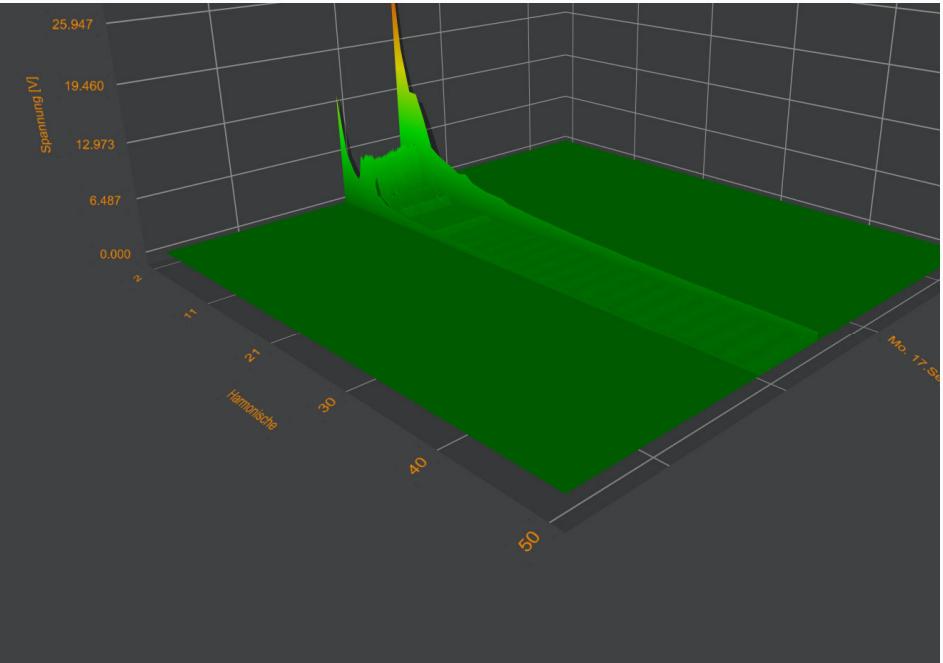
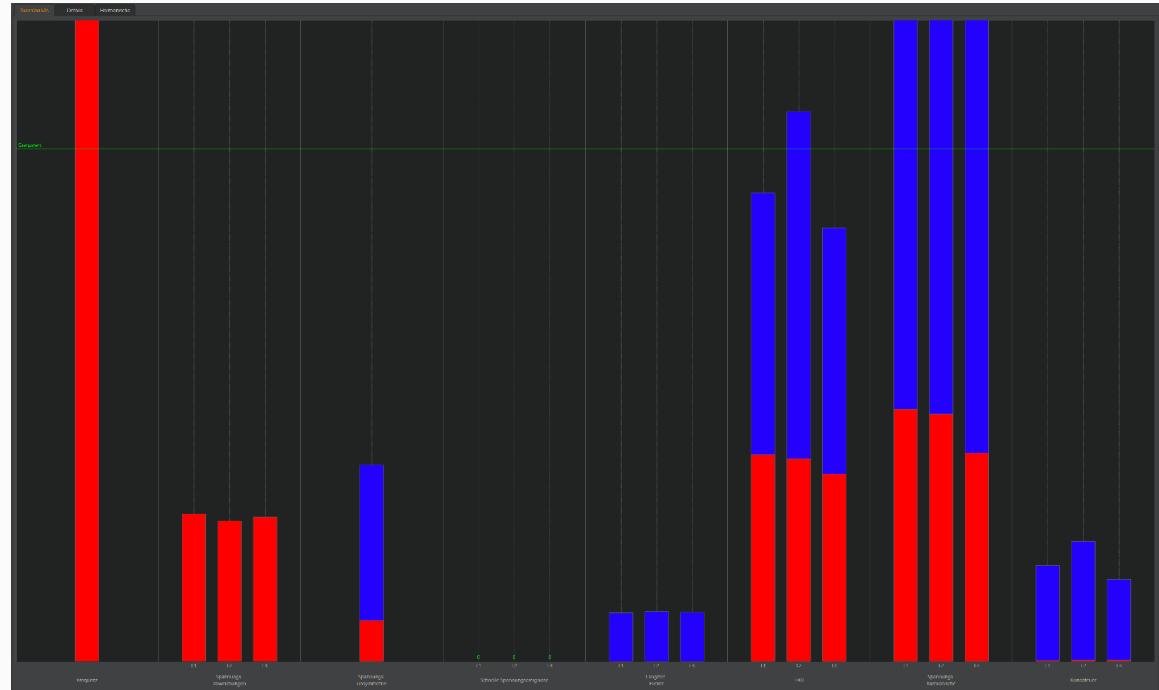
Wasserkraftwerk (Gewerbekanal)

Links oben: Normbericht mit Abstand zum Grenzwert (Grün)

(Blau sind Zwischenwerte die in der Norm toleriert werden)

Rechts oben: Spannungsharmonische bis 2,5 kHz

Rechts unten: Spannungsharmonische 2-9 kHz 200HZ-Band



05

Auswertung PQ-Box 300

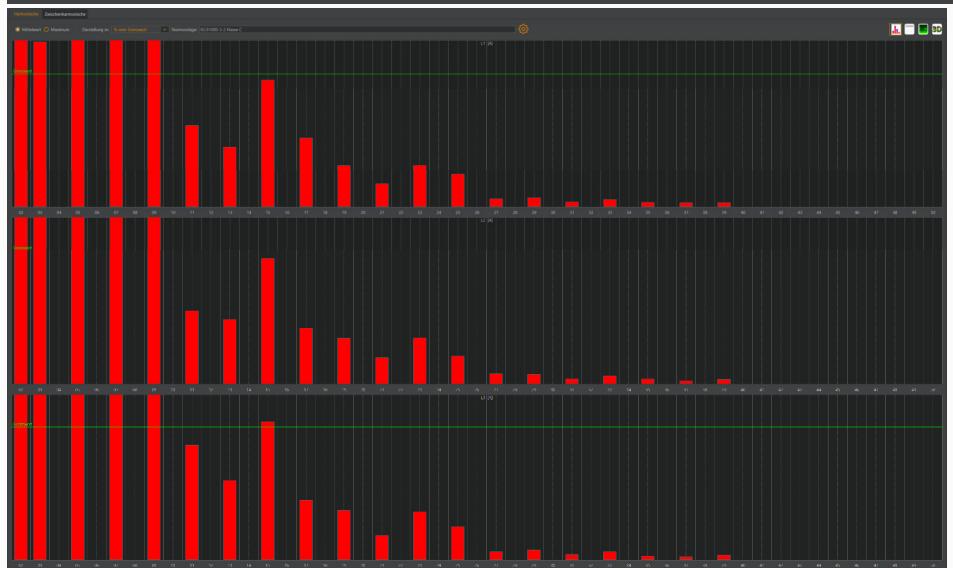
Dieselaggregat (altes SC Stadion)

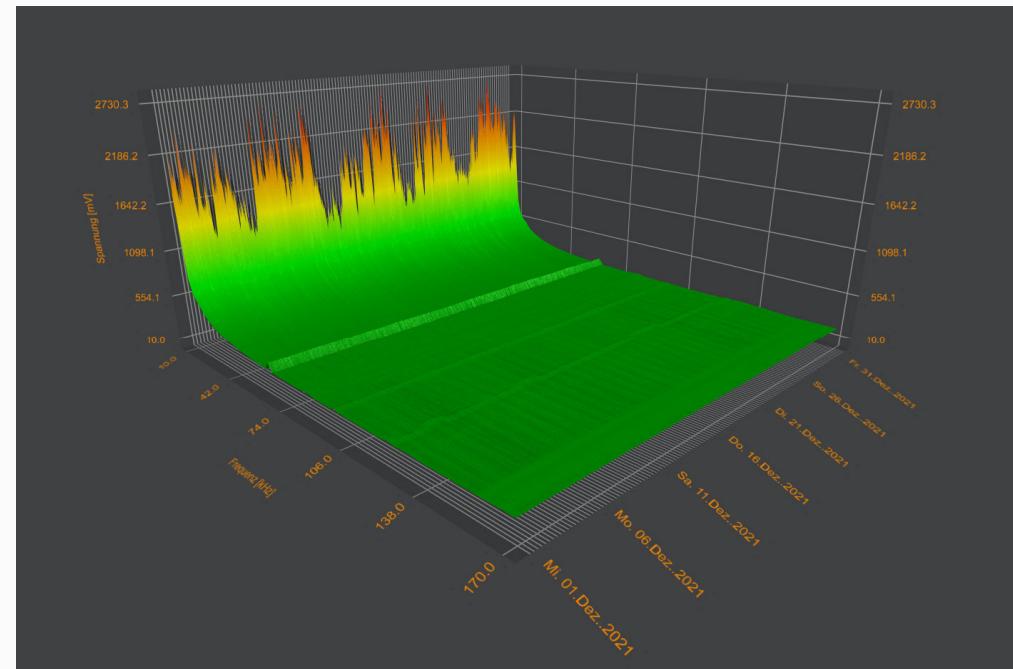
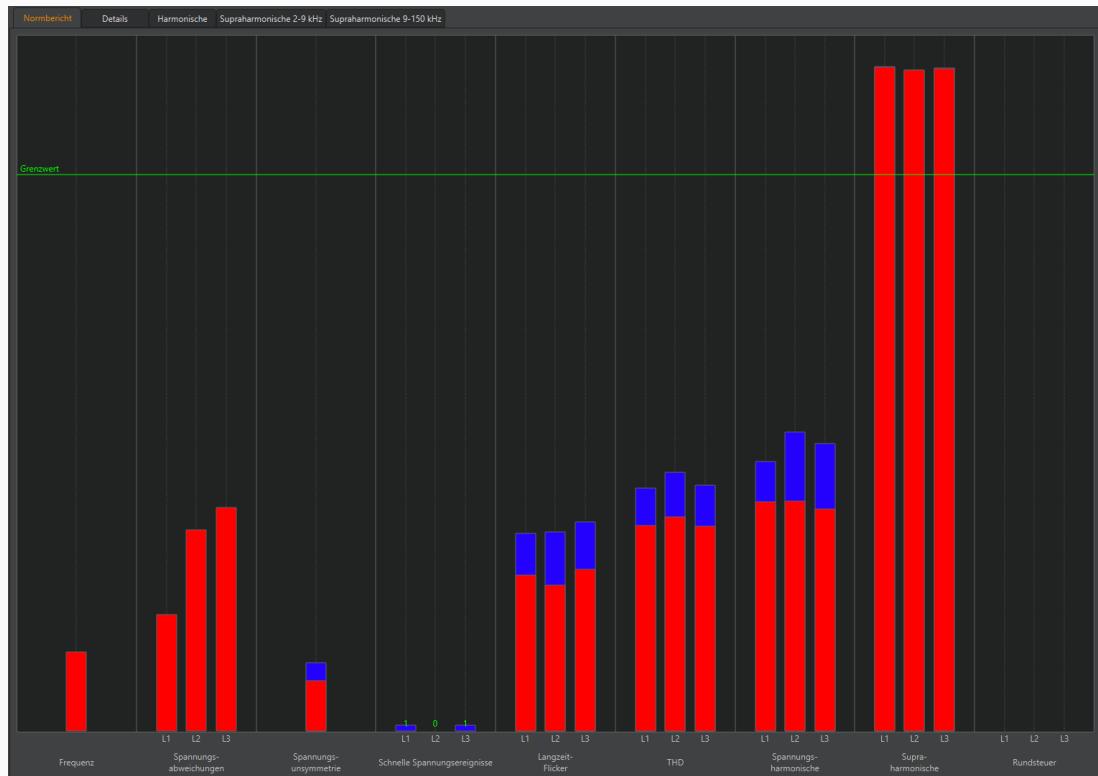
Links oben: Normbericht mit Abstand zum Grenzwert (Grün)

(Blau sind Zwischenwerte die in der Norm toleriert werden)

Rechts oben: Spannungsharmonische bis 150kHz?

Rechts unten: Spannungsharmonische 2-9 kHz





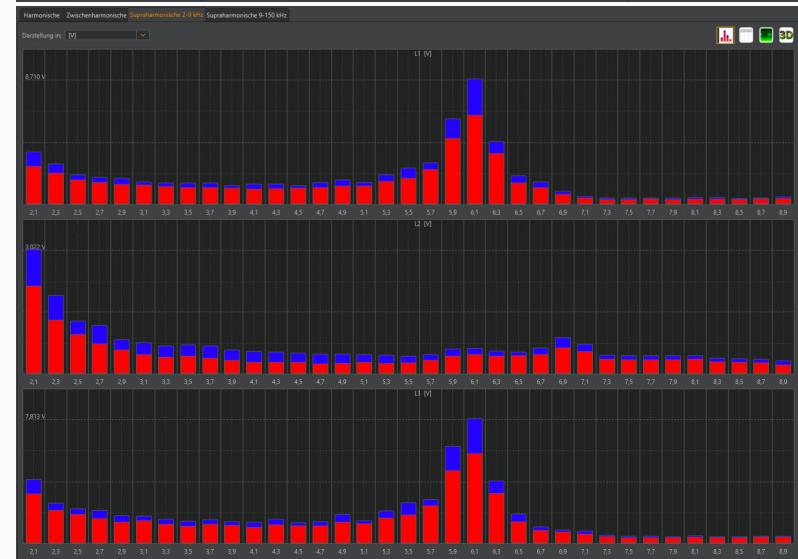
05 Auswertung PQ-Box 300 WEA Schauinsland (alt 3,6 MW)

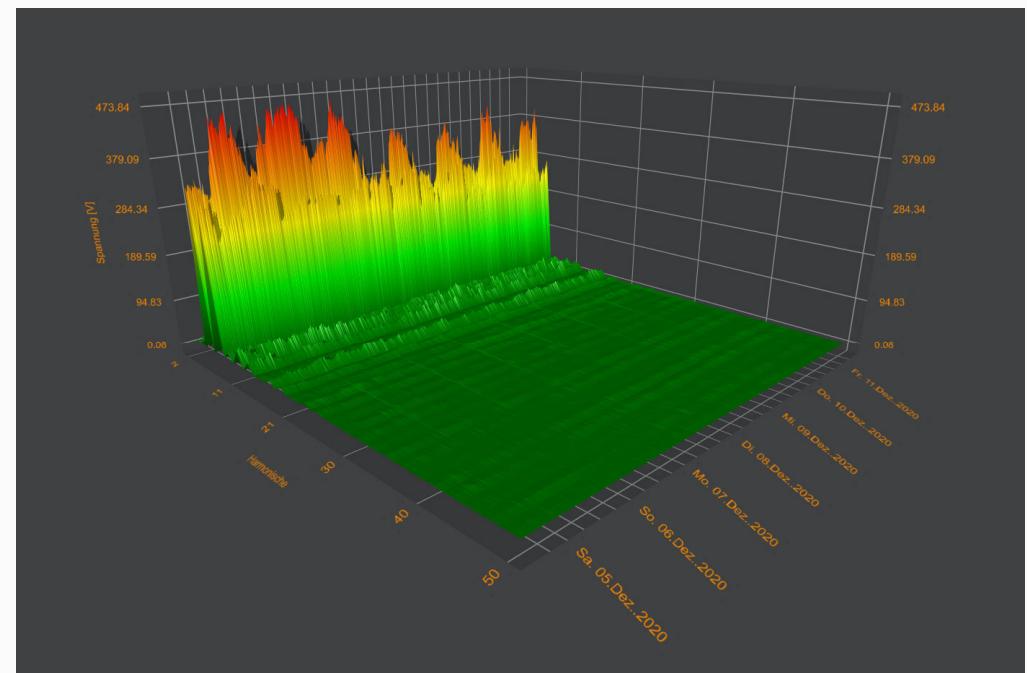
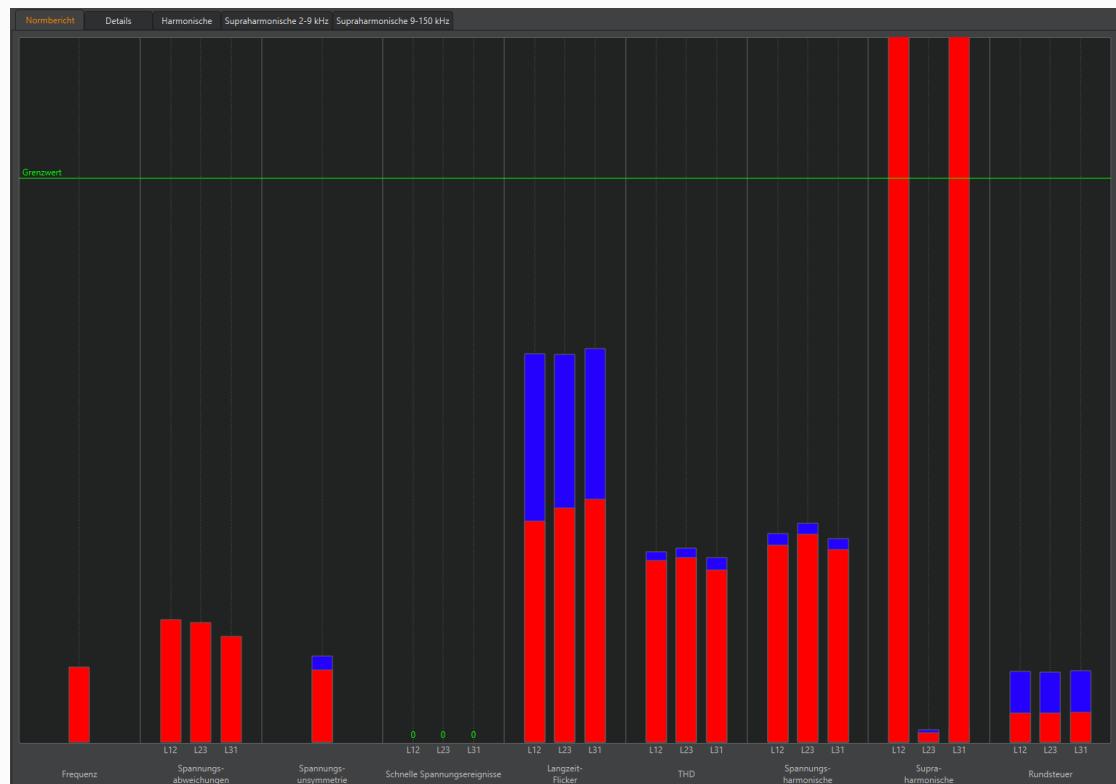
Links oben: Normbericht mit Abstand zum Grenzwert (Grün)

(Blau sind Zwischenwerte die in der Norm toleriert werden)

Rechts oben: Spannungsharmonische bis 150kHz?

Rechts unten: Spannungsharmonische 2-9 kHz





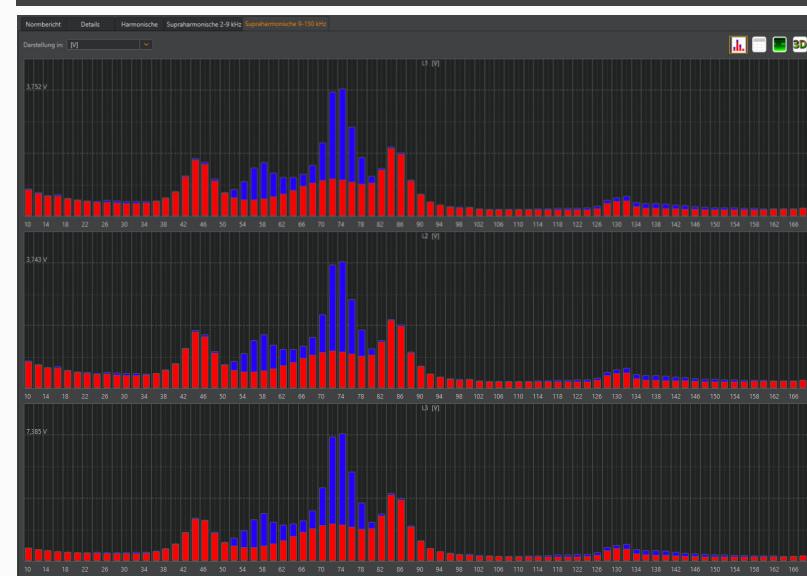
05 Auswertung PQ-Box 300 Wasserkraftanlage (0,96 MW)

Links oben: Normbericht mit Abstand zum Grenzwert (Grün)

(Blau sind Zwischenwerte die in der Norm toleriert werden)

Rechts oben: Spannungsharmonische bis 150kHz?

Rechts unten: Spannungsharmonische 9-150 kHz



Messung am Bürogebäude der badenova AG & Co. KG

Dach-PV-Installation mit 156 kW Peakleistung

Messung des Übertragungsverhaltens von höheren Frequenzanteilen (2 kHz bis 150 kHz)

Sammeln von Erfahrung mit RC-Teilern in MS-Netzen

Überprüfen der Einhaltung von Normen (EN 50160,)

Begriffe:

bis 2 kHz -> Normalharmonische in 50 Hz Schritte

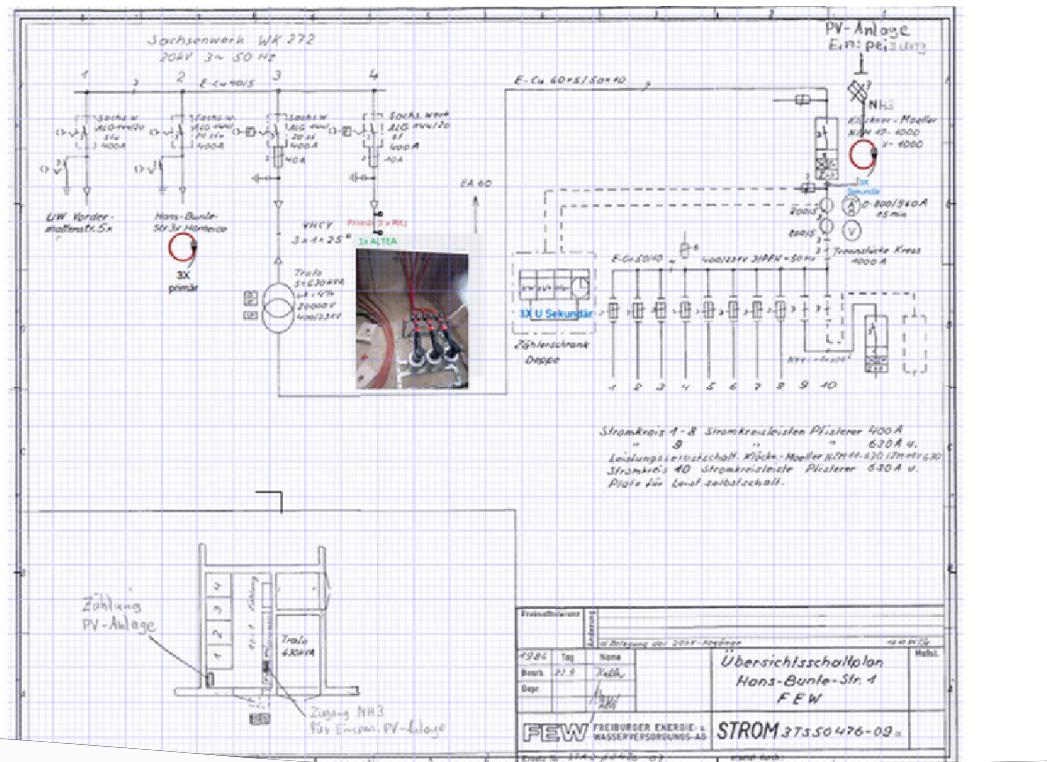
bis 10 kHz -> 200 Hz Bänder

bis 150 kHz -> 2 kHz Bänder

Dewesoft: bis 40 kHz -> 200 Hz Bänder



badenova
Energie. Tag für Tag



05

Supraharmonische Oberschwingungen im 20kV Netz

156 kW PV-Anlage Badenova

Messung am Bürogebäude der badenova AG & Co. KG

Dach-PV-Installation mit 156 kW Peakleistung

Messung primär- und sekundärseitig mit Dewesoft

Mittelspannungswandler als RC-Teiler



Zusammenfassung Transformator 20 kV Übertragungsverhalten von Harmonische- und Supraharmonische Oberschwingungen

- Keine starke Ausprägung von Frequenzanteilen oberhalb von 2 kHz
- Alle Pegel unterhalb von 1 V
- Stärkste Ausprägung um 20 kHz und in Leiter 3
 - 19,9 kHz und 20,1 kHz im 200 Hz Band
 - 21 kHz im 2 kHz Band
 - Keine Tageszeitabhängigkeit erkennbar
- Zusätzliche Frequenzanteile am 01.06.2021 bei 15 kHz
 - 15,3 kHz und 15,5 kHz im 200 Hz Band
 - 15 kHz im 2 kHz Band
 - Tageszeitabhängigkeit erkennbar
 - Pegel korreliert mit Wirkleistungseinprägung
- Auf Primärseite keine Ausprägung von höheren Frequenzanteilen

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind urheberrechtlich geschützt. ©2024 Alle Rechte vorbehalten.