

STATISTIK ÜBER DIE SPANNUNGSQUALITÄT IN ÖSTERREICH

**Ergebnisse 2019 und
Vergleich der Jahre 2016-2019**

Inhalt

1. Kurzfassung	3
2. Einleitung	4
3. Erhebungsumfang	4
4. Ergebnisse Berichtsjahr 2019.....	7
4.1. Beschreibung des Auswertungsverfahrens	7
4.2. Langsame Spannungsänderung	8
4.3. Langzeitflicker P_{It}	10
4.4. Oberschwingungen.....	11
4.4.1. Gesamtoberschwingungsgehalt THDu	11
4.4.2. Harmonische Oberschwingungen	12
4.5. Spannungsereignisse	15
5. Auswertung PQ-Messungen „fixe Messorte“	21
6. Entwicklung Power Quality 2016 - 2019	24
6.1. Langsame Spannungsänderungen	24
6.2. Langzeitflicker P_{It}	27
6.3. Oberschwingungen.....	28
6.3.1. Gesamtoberschwingungsgehalt THDu.....	28
6.3.2. Harmonische Oberschwingungen	30
6.4. Spannungsereignisse-Trends über mehrere Jahre	32
7. Auswertung PQ-Messungen im 5-Jahres-Intervall.....	33
8. Datenschutz	36
ANHANG A Detailauswertungen DIPs.....	37
ANHANG B Fehlende Messwerte.....	40
ANHANG C PQ-Monitoring und Auswertung in Österreich	41
C.1 Allgemeines	41
C.2 Festlegung der Messorte	41
C.3 Messung und Datenübermittlung	49
C.4 Statistik über die Spannungsqualität	52

1. Kurzfassung

Seit dem Jahr 2008 werden in Österreich in einzelnen Netzbereichen Spannungsqualitätsmessungen in der Mittelspannung durchgeführt. Die Auswertung der Spannungsqualität und die zu erstellende Statistik zeigen die typische Spannungsqualität in den gemessenen Netzbereichen und für das gesamte Bundesgebiet für den Betrachtungszeitraum.

Die Spannungsqualität in Österreich kann – ähnlich wie in den Vorjahren – auf Basis der zugrundeliegenden Statistik als sehr gut bewertet werden. Wie die Auswertungen der Langsamem Spannungsänderungen, Flicker und Oberschwingungen sowohl in Abbildung 1 als auch in den Detailauswertungen zeigen, werden die zulässigen Grenzwerte der EN 50160 typischerweise nicht überschritten.

Erstmals wurde im Jahr 2014 der Erfassungsaufwand für die Power-Quality Messung in Österreich von rund 300 1-Wochenmessungen auf 400 3-Wochenmessungen entsprechend END-VO 2012 erhöht. Der Vergleich der Ergebnisse in Abbildung 1 aus den einzelnen Berichtsjahren weist, wie in den vergangenen Jahren, nur geringe Schwankungen für die einzelnen PQ-Parameter auf. Die leicht steigende Tendenz beim THDU, Plt sowie bei der 5. und 7. Oberschwingung des Vorjahres zeigt sich auch in den aktuellen Zahlen für 2019.

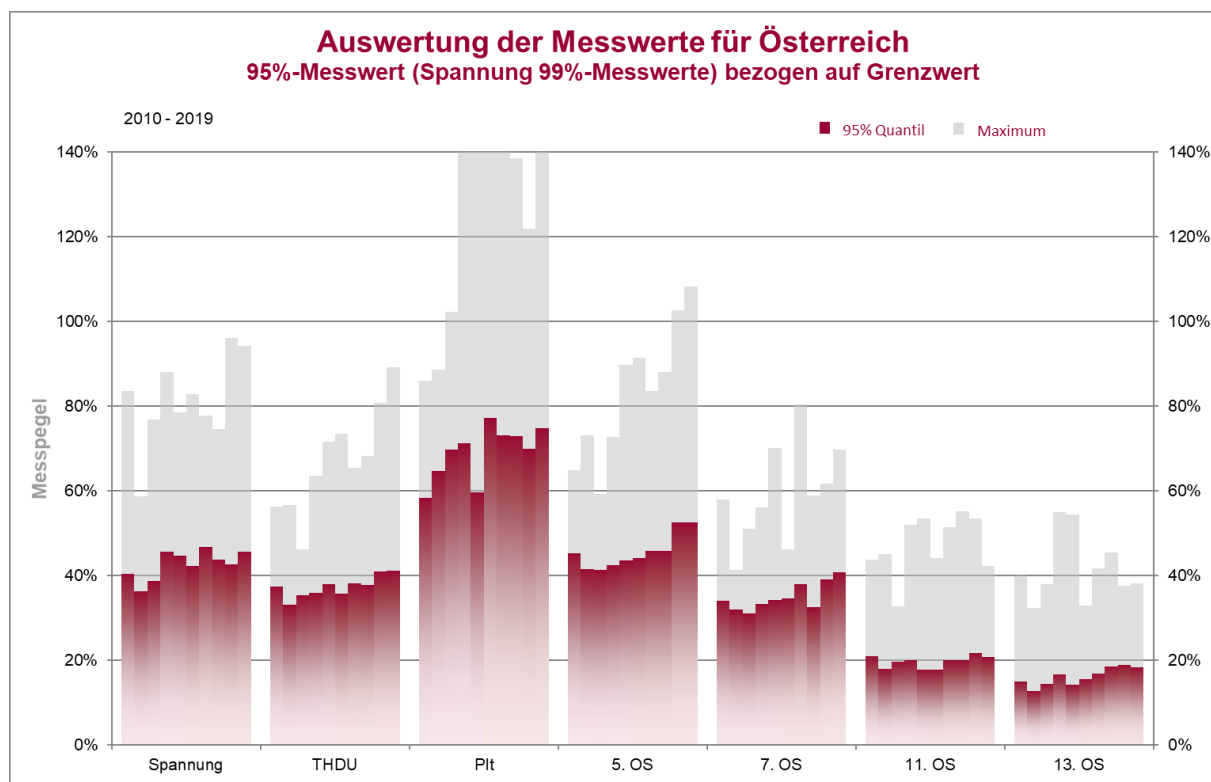


Abbildung 1 Power-Quality in Österreich¹ (mobil/fix je 3 Wochen)

Zusätzlich zu den mobilen und fixen, zeitlich jeweils auf 3 Wochen beschränkten Spannungsqualitäts-Messungen wurden im aktuellen Berichtsjahr in rund 50% der österreichischen Umspannwerke die Spannungsereignisse ganzjährig erfasst.

¹ THDU...Total Harmonic Distortion (Gesamtsumme aller Oberschwingungen); OS...Oberschwingung
 Plt Langzeitflicker

2. Einleitung

Der vorliegende Bericht wurde unter Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen² erstellt. Die Spannungsqualität stellt ein Teilgebiet der Versorgungsqualität dar. Sie beschreibt die Parameter der Spannung, wie Langsame Spannungsänderungen, Flicker und Oberschwingungen. Die Einhaltung der Verträglichkeitspegel für diese PQ-Parameter im Verteilernetz und die Störfestigkeit der Endverbrauchergeräte garantieren die ordnungsgemäße Funktion der Geräte.

Abgesehen von den langsamen Spannungsänderungen wird die Spannungsqualität im Wesentlichen durch die Emissionen von Endverbrauchergeräten selbst beeinflusst. Dabei sind nicht ausschließlich leistungsstarke Geräte, sondern vor allem die Vielzahl von Geräten <16 A maßgebliche Verursacher. Ist es dem Verteilernetzbetreiber möglich, bei Geräten >16 A eine Beurteilung für Netzurückwirkungen durchzuführen und so den geeigneten Anschluss herzustellen oder die Emissionsgrenzwerte für die Anlage/Gerät festzulegen, so ist dies bei Massengeräten <16 A nicht möglich und vorgesehen. Hier kommt vor allem der Geräternormung, den Geräteherstellern und der normgerechten Prüfung der Geräte eine wesentliche Rolle zu.

In Österreich werden seit dem Jahr 2008 auf Anordnung der Energie-Control Austria Erhebungen der Spannungsqualität in allen österreichischen Netzbereichen durchgeführt. Anhand dieser Daten erfolgt die Beurteilung der Spannungsqualität des Landes.

Weitere Details zur Durchführung der Erhebung finden sich im Methodenpapier „PQ-Monitoring Österreich“.

3. Erhebungsumfang

Seit dem Jahr 2008 werden in allen österreichischen Netzbereichen³ Spannungsqualitätsmessungen in der Mittelspannungsebene durchgeführt. Die jährliche Auswahl der Messorte erfolgt dabei nach einem statistischen Auswahlverfahren. Dabei wird aus den potentiellen Messorten (alle Mittelspannungsknoten der Netzebene 5 mit vorhandenen Messwandlern und angeschlossenen Endverbrauchern, siehe Abbildung 2) für jeden Netzbereich durch „Partition und systematische Reihung der Anordnung der Stichprobe“ eine Auswahl an Messorten mit einer gegebenen Stichprobenanzahl getroffen. Durch die Auswahlmethode wird erreicht, dass die ausgewählten Messorte möglichst gleichmäßig über den Netzbereich verteilt sind und einen möglichst großen Abstand zueinander haben.

In den Jahren 2008 – 2013 wurde jährlich an rund 300 Messorten die Spannungsqualität mit einer 1-wöchigen Messung gemessen. Ab dem Berichtsjahr 2014 werden an 400 Messorten (davon 40 Messorte immer am gleichen Ort zur jeweils selben Zeit) über 3-Wochen die PQ-Parameter (Langsame Spannungsänderungen, Oberschwingungen, Flicker) entsprechend EN 50160⁴ erfasst. Zudem erfolgt ab 1. Jänner 2014 eine ganzjährige Erfassung der Spannungsereignisse in rund 10 % der Umspannwerke sowie ab 1. Jänner 2016 in rund 50 % der Umspannwerke.

² Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 (EIWOG 2010), die Elektrizitätsstatistikverordnung 2016 und die NetzdienstleistungsVO Strom 2012 in der Fassung der Novelle 2013 (END-VO 2012 idF Novelle 2013)

³ Netzbereiche entsprechend ELWOG 2010 §64 für Netzebene 5

⁴ EN 50160: 2010 Ausgabe: 2011-03-01

Spannungsparameter	Bezeichnung	Bedingung	Grenzwert
Langsame Spannungsänderung	U_{RMS}	<ul style="list-style-type: none"> 99% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche (bis 2013 95% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche) 100% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche 	$\pm 10\%$ von U_c $+10\% / -15\%$ von U_c
Flicker	P_{It}	95% der P_{It} -Werte einer Woche	$P_{It} < 1$
Gesamtüberschwingungsgehalt	THDu	95% der THDu-Werte einer Woche	$THDu \leq 8\%$
5. Harmonische OS	U_5	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 6\%$
7. Harmonische OS	U_7	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 5\%$
11. Harmonische OS	U_{11}	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 3,5\%$
13. Harmonische OS	U_{13}	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 3\%$

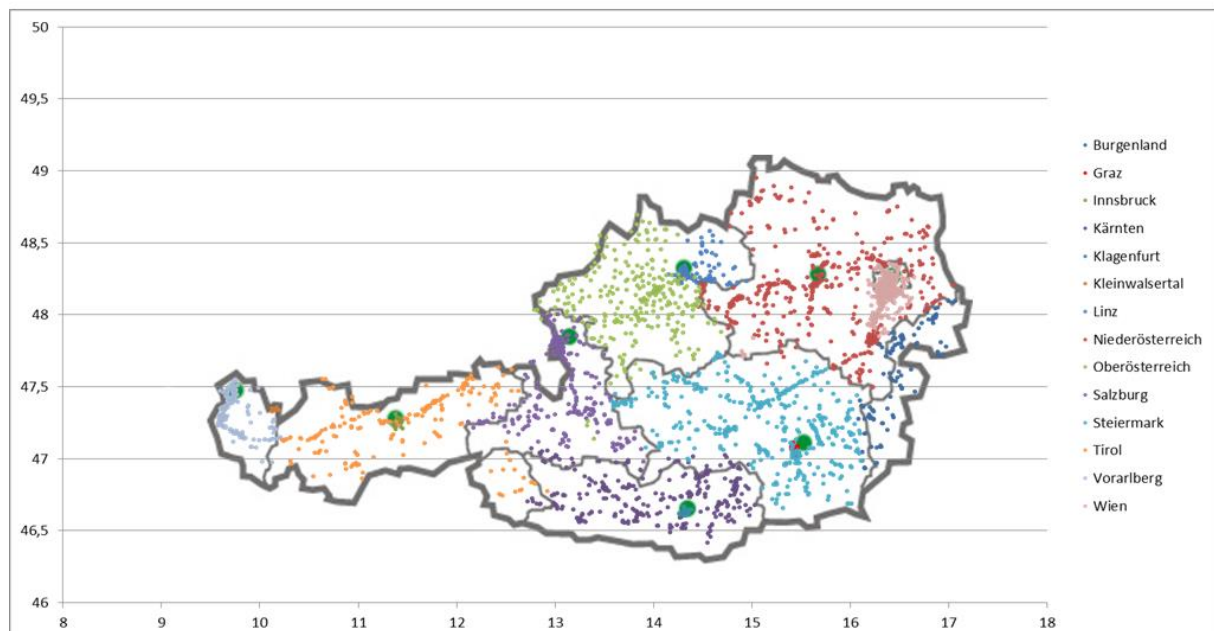


Abbildung 2 Potentielle Messorte in der Mittelspannungsebene

Anzahl durchgeführter Messungen⁵

Der Zeitraum der Erfassung bzw. der Berichtszeitraum ist:

- 1. Jänner bis 31. Dezember des Berichtsjahres

<i>Anzahl Messwochen</i>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Netzbereich Burgenland	20	25	19	21	75	66	70	64	74	66
Netzbereich Graz	17	16	17	13	18	57	75	75	72	63
Netzbereich Innsbruck	14	14	6	12	41	44	39	3	45	48
Netzbereich Kärnten	36	21	20	23	93	102	97	102	102	102
Netzbereich Klagenfurt		21	21	14	39	45	39	44	40	42
Netzbereich Kleinwalsertal				2	6	6	6	6	6	6
Netzbereich Linz	25	24	24	25	99	99	99	99	99	99
Netzbereich Niederösterreich	26	25	25	26	107	109	107	108	108	108
Netzbereich Oberösterreich	28	26	25	21	97	74	131	103	101	110
Netzbereich Salzburg	26	25	25	26	105	108	108	108	107	108
Netzbereich Steiermark	27	22	23	18	102	101	104	103	101	98
Netzbereich Tirol	25		27	26	93	99	84	105	90	106
Netzbereich Vorarlberg	25	24	24	25	96	102	102	102	102	102
Netzbereich Wien				15	111	111	111	111	111	111
Gesamtergebnis	269	243	256	267	1082	1123	1172	1133	1158	1169

Tabelle 1 Anzahl Messwochen 2010 – 2019 („mobile Messungen“)

<i>Anzahl Fixe Messwochen</i>	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Netzbereich Burgenland	0	0	0	0	9	6	9	0	9	9
Netzbereich Graz	0	0	0	0	0	6	15	15	15	6
Netzbereich Innsbruck	0	0	0	0	6	5	6	3	3	3
Netzbereich Kärnten	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9
Netzbereich Klagenfurt		0	0	0	6	6	6	6	6	6
Netzbereich Kleinwalsertal				0	3	3	3	3	3	3
Netzbereich Linz	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9
Netzbereich Niederösterreich	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12
Netzbereich Oberösterreich	0	0	0	0	9	6	9	9	9	9
Netzbereich Salzburg	0	0	0	0	9	12	12	12	12	12
Netzbereich Steiermark	0	0	0	0	12	9	9	13	9	9
Netzbereich Tirol	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9
Netzbereich Vorarlberg	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9
Netzbereich Wien				0	0	12	12	12	12	12
Gesamtergebnis	0	0	0	0	102	113	129	121	126	117

Tabelle 2 Anzahl Messwochen 2010 – 2019 („fixe Messorte“)

⁵ siehe ANHANG B

MESSORTE BERICHTSJAHR 2019



Abbildung 3 fixe und mobile Messorte (je 3 Wochen) in der Mittelspannungsebene Berichtsjahr 2019

4. Ergebnisse Berichtsjahr 2019

Die Auswertungen der langsamen Spannungsänderung, Langzeitflicker und Oberschwingungen beziehen sich auf fixe und mobile Messungen mit einer Messdauer von je 3 Wochen.

Die Auswertung der „fixen Messorte“ erfolgt nochmals getrennt in Kapitel 1.

Die Auswertung der Spannungsereignisse basiert auf den ganzjährigen Erfassungen in 50% der österreichischen Umspannwerke.

4.1. Beschreibung des Auswertungsverfahrens

Die Auswertung für Österreich beinhaltet die verfügbaren Daten der österreichischen Netzbereiche (14 Netzbereiche siehe Tabelle 1). Die Ergebnisse der Spannungsqualitätsstatistik 2019 beziehen sich österreichweit auf die Mittelspannungsnetze.

Die Auswertung der Spannungsqualität (langsame Spannungsänderung, Spannungshub, Gesamtoberschwingungsgehalt, harmonische Oberschwingungen 5., 7., 11., 13. OS und Langzeitflicker) erfolgt über statistische Methoden. Mittels der statistischen Kenngrößen wie Median, 5%-Quantil, 95%-Quantil, Minimal- und Maximalwerte sowie Häufigkeitsverteilungen können robuste Aussagen über die einzelnen PQ-Parameter getroffen werden. Ziel ist es, eine für den Netzbereich typische Qualität zu bestimmen. Einzelne erheblich abweichende Messergebnisse sind an einem bestimmten Messort real, jedoch nicht als typische Qualität anzusehen.

Die Auswertung der DIPS erfolgt entsprechend der Klassifikation nach EN 50160. Für den Vergleich der Netzbereiche und den internationalen Vergleich werden durchschnittliche DIP-Anzahlen je Messstelle und Jahr angegeben.

4.2. Langsame Spannungsänderung

Langsame Spannungsänderungen sind durch die Netzbelastung, Einspeisungen und die Spannungsregelung HS/MS beeinflusst. Die Darstellung der langsamen Spannungsänderungen ist jedoch auch von der Bezugsgröße U_c (Vereinbarte Spannung) abhängig. Es ist daher schwierig einen direkten Vergleich der Netzbereiche durchzuführen. Wesentlich für die Einhaltung der Spannungsgrenzen bei den Kundenanlagen ist der Spannungshub. Die absolute Höhe der Versorgungsspannung kann und wird durch die MS/NS Transformatoren eingestellt (Ausnahme: Direkt an die MS angeschlossene Motoren und Generatoren).

Für das Berichtsjahr 2019 sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 die 1%-Messwerte und 99%-Messwerte der Abweichung von U_c dargestellt. Typischerweise liegt die Abweichung in Österreich bei -2,55% bis +4,57% von U_c . In allen Netzbereichen wird die zulässige Spannungsabweichung von $\pm 10\%$ eingehalten.

Wird bei den Spannungsmessungen ein unterschiedliches U_c zur Berechnung der prozentualen Spannungshöhe gewählt, ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse in der Auswertung. Es ist daher schwierig einen Vergleich zwischen den Netzbereichen durchzuführen. Es wird deshalb der Spannungshub innerhalb der Messwoche berechnet. Dieser ist gegenüber der Bewertung mit U_c aussagekräftiger, da er die Spannungsänderung die der Kunde wahrnimmt wiedergibt.

Der Spannungshub ist definiert als die Differenz zwischen höchster und tiefster Spannung innerhalb des Beobachtungszeitraums. Für die Auswertung der Messergebnisse werden die beiden Werte $\text{Hub}_{\max} = Q_{100\%} - Q_{0\%}$ und $\text{Hub}_{99} = Q_{99\%} - Q_{1\%}$ berechnet und sind in Abbildung 6 und Abbildung 7 ersichtlich. Typischerweise liegt der Spannungshub Hub_{99} in Österreich bei 1,48% bis 3,11%.

Die Spannungsabweichung in nachfolgender Abbildung 4 vergleicht den höchsten Wert einer Messung mit dem tiefsten Wert einer anderen Messung in Bezug auf das vereinbarte U_c des jeweiligen Netzbereichs. Wohingegen der Spannungshub in nachfolgender Abbildung 6 die Messung mit der höchsten Spannungsabweichung in einem Netzbereich bezogen auf die Versorgungsspannung darstellt.

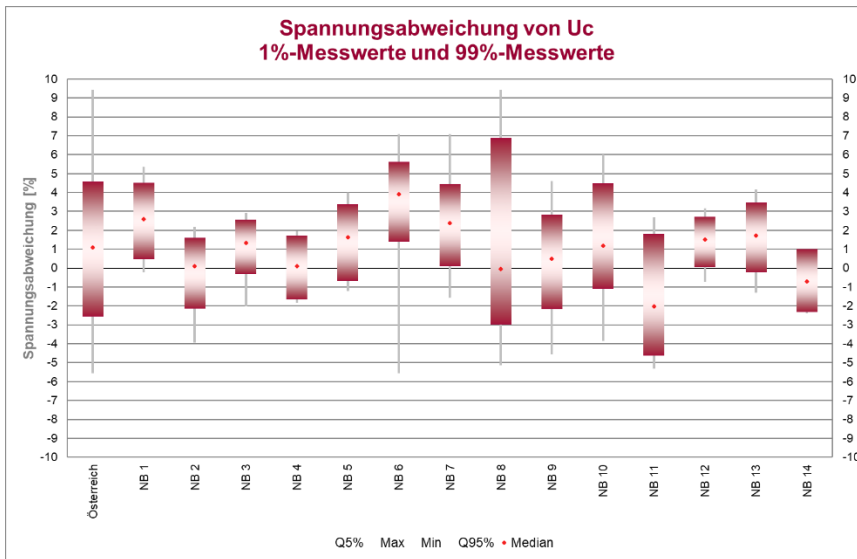


Abbildung 4 Abweichung der Spannung von U_c für die Netzbereiche und Österreich

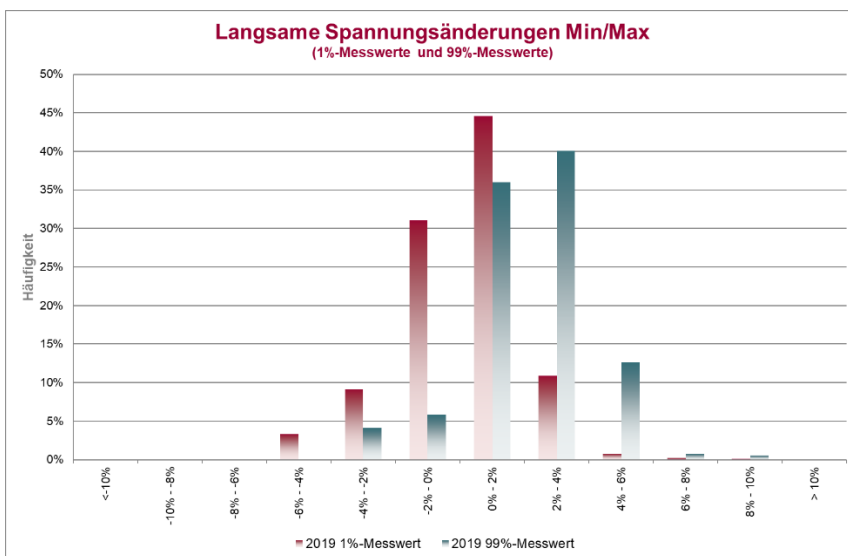


Abbildung 5 Histogramm Min/Max Spannungsänderung für Österreich

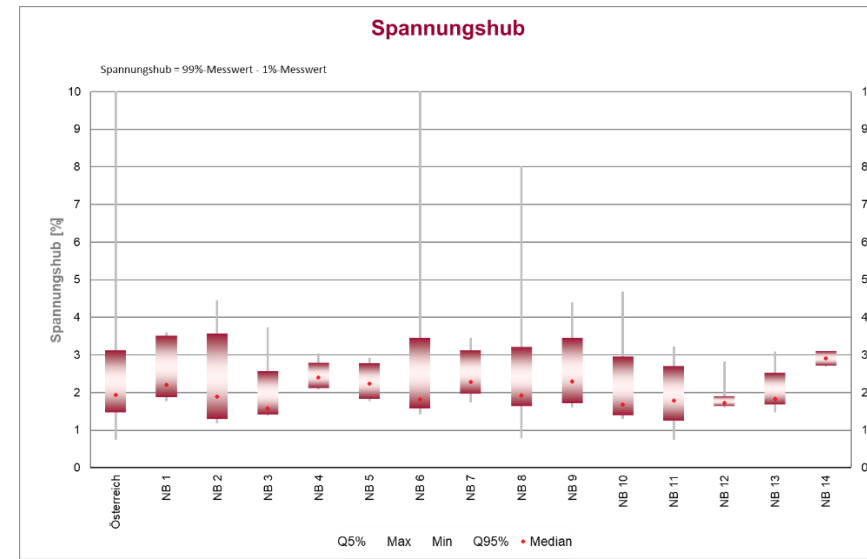


Abbildung 6 Spannungshub für die Netzbereiche und Österreich

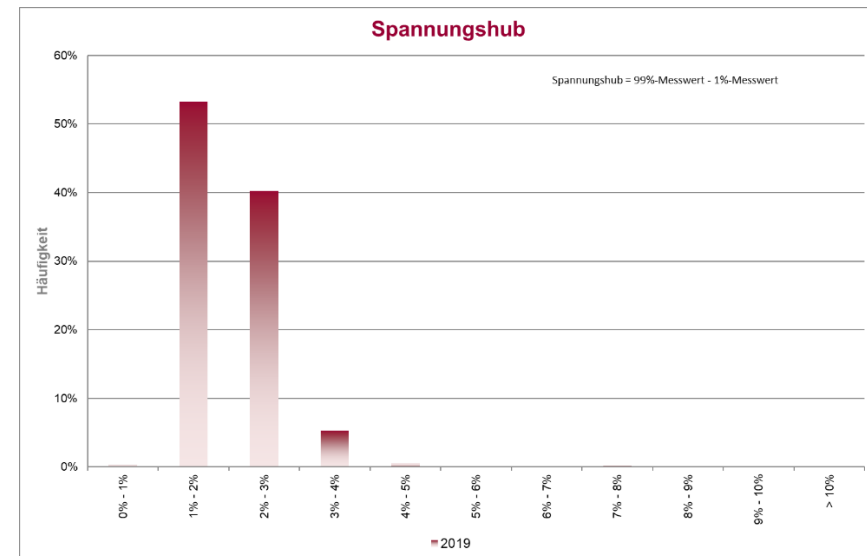


Abbildung 7 Histogramm Spannungshub für Österreich

4.3. Langzeitflicker P_{It}

Die Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen die 95 %- P_{It} -Messwerte der einzelnen Netzbereiche und für Österreich beziehungsweise die Häufigkeitsverteilung. Typischerweise liegen die P_{It} -Werte für Österreich bei 0,11 – 0,75. In einzelnen Netzbereichen und einzelnen Messstellen wird der $P_{It}=1$ überschritten, wobei die Häufigkeit sehr gering ist und es sich um einzelne lokale Messstellen handelt.

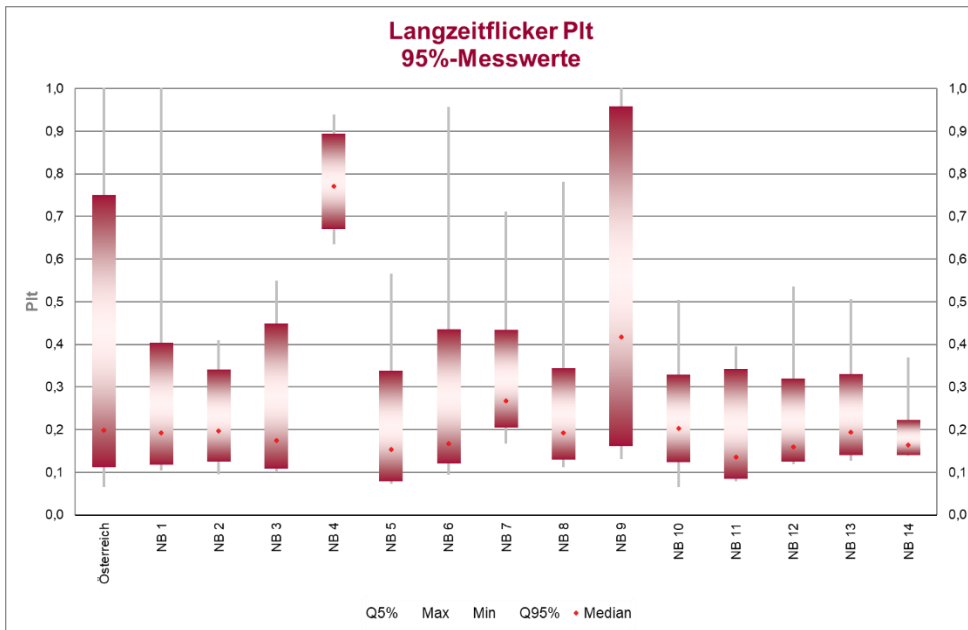


Abbildung 8 Langzeitflicker P_{It} (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich

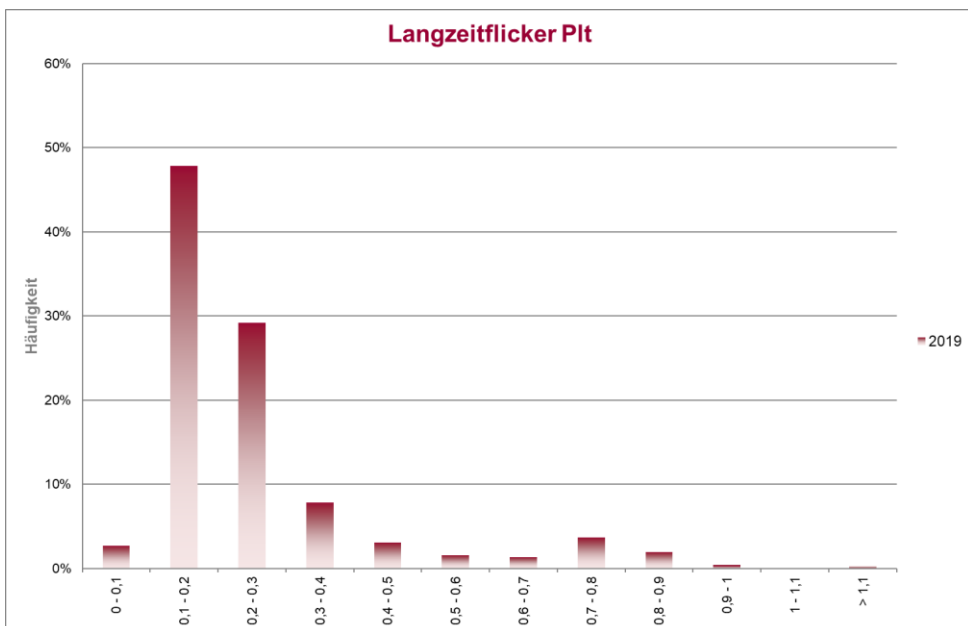


Abbildung 9 Histogramm Langzeitflicker P_{It} (95%-Messwerte) für Österreich

4.4. Oberschwingungen

4.4.1. Gesamterschwingungsgehalt THDu

Der Gesamterschwingungsgehalt THDu ist ein Maß für die Summe aller harmonischen Oberschwingungen bis zur 40. Oberschwingung. Die Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigt die 95%-THDu-Messwerte für die einzelnen Netzbereiche und Österreich beziehungsweise die Häufigkeitsverteilung.

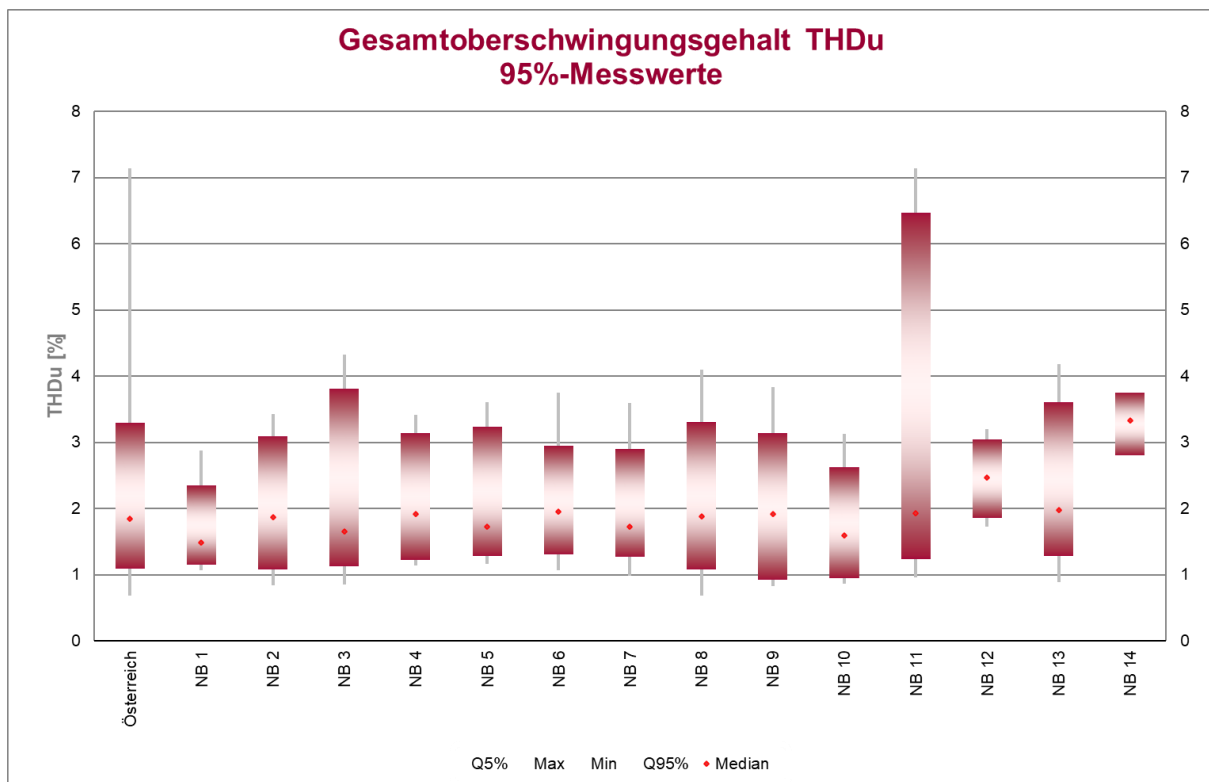


Abbildung 10 Gesamterschwingungsgehalt THDu (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich

Der typische Gesamterschwingungsgehalt liegt für Österreich bei etwa 1,1% bis 3,3%. Einzelne Messorte weisen einen THDu bis 7,14 % auf, wobei es sich dabei um lokale Erscheinungen handelt (4 Messstellen von einem Netzbereich). Jedoch liegen sowohl die 95%-Quantile als auch sämtliche Maximalwerte unterhalb des zulässigen Grenzwerts von $THDu \leq 8\%$.

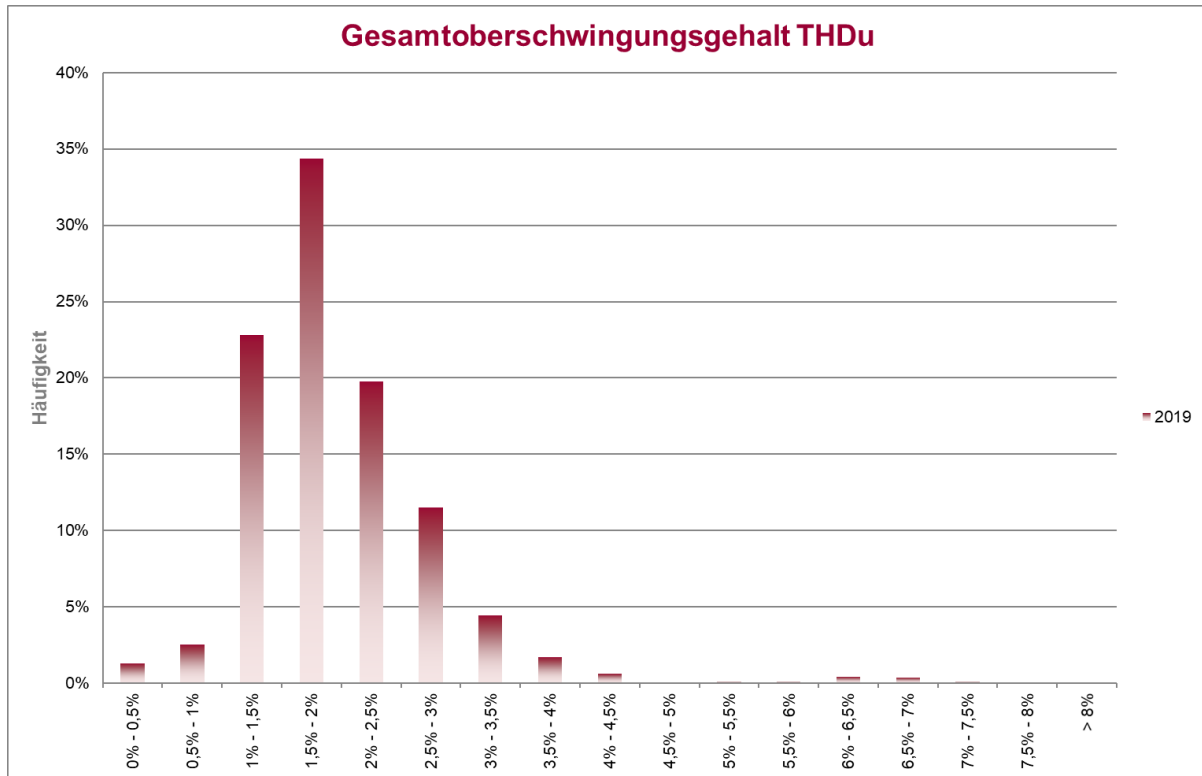


Abbildung 11 Histogramm Gesamtberschwingungsgehalt THDu (95%-Messwerte) für Österreich

4.4.2. Harmonische Oberschwingungen

Für die Auswertung der harmonischen Oberschwingungen sind vor allem die 5., 7., 11. und 13. OS von besonderem Interesse. In der Abbildung 12 und Abbildung 13 sind die 95%-Messwerte für die einzelnen Netzbereiche und Österreich beziehungsweise die Häufigkeitsverteilungen für diese Oberschwingungen dargestellt.

Typischerweise liegen die Oberschwingungspegel für Österreich bei

Oberschwingung	Pegel
5. OS	0,78% - 3,15%
7. OS	0,5% - 2,05%
11. OS	0,12% - 0,73%
13. OS	0,09% - 0,55%

Für alle Oberschwingungen liegen die 95%-Quantile unterhalb der zulässigen Grenzwerte.

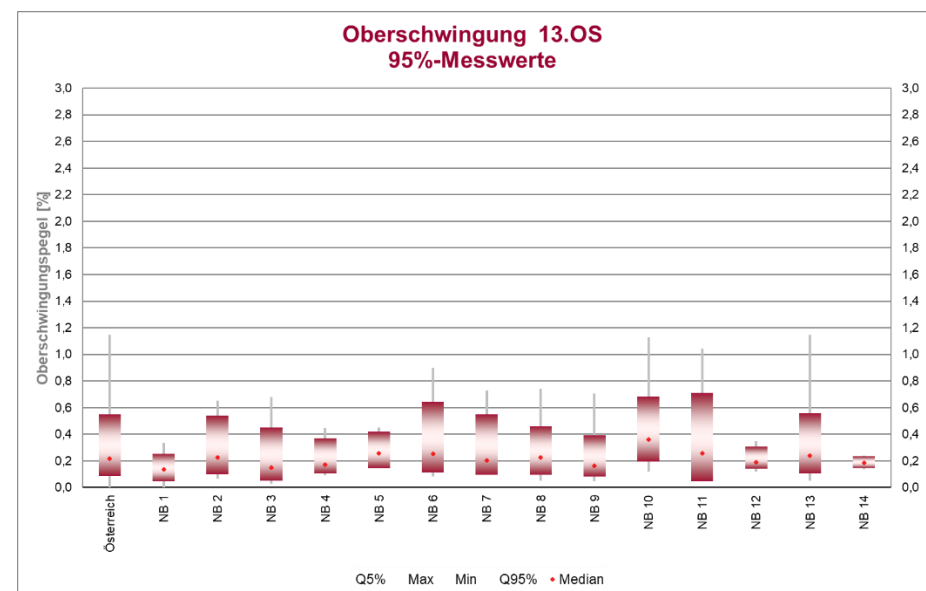
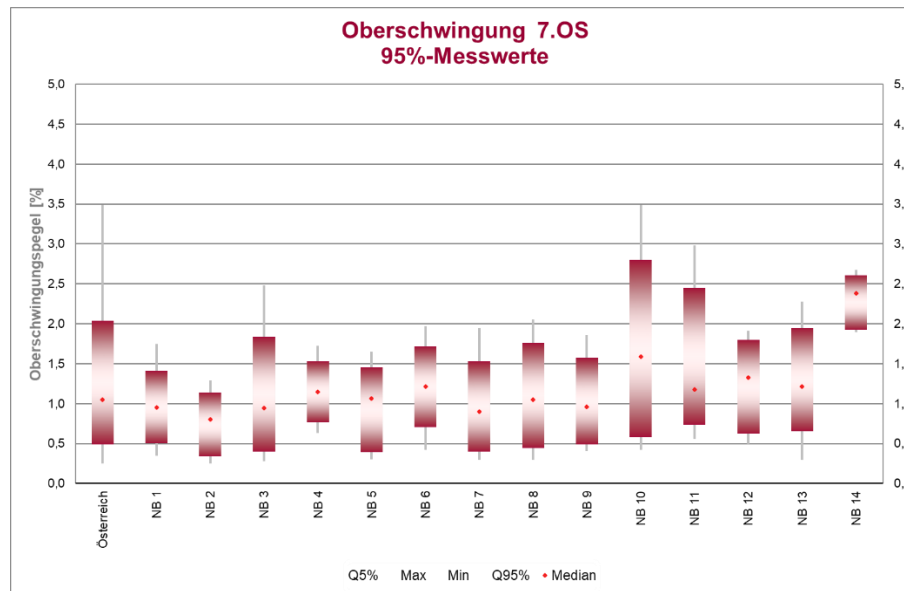
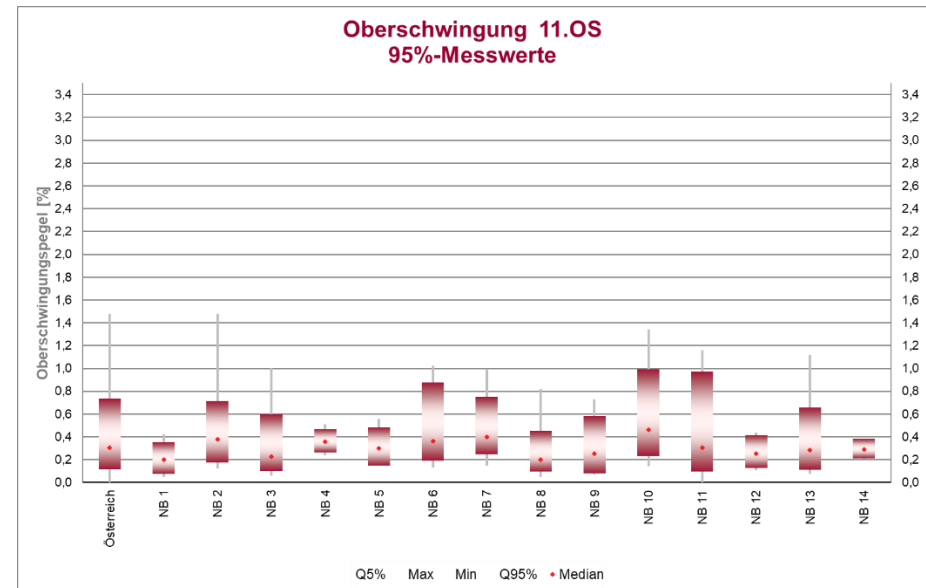
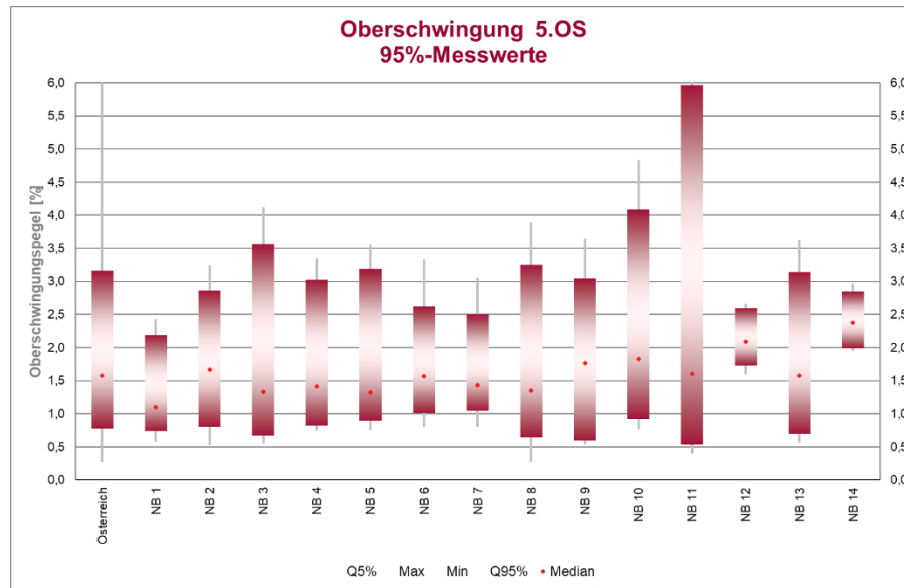


Abbildung 12 Oberschwingungspegel (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich (siehe Anhang B)

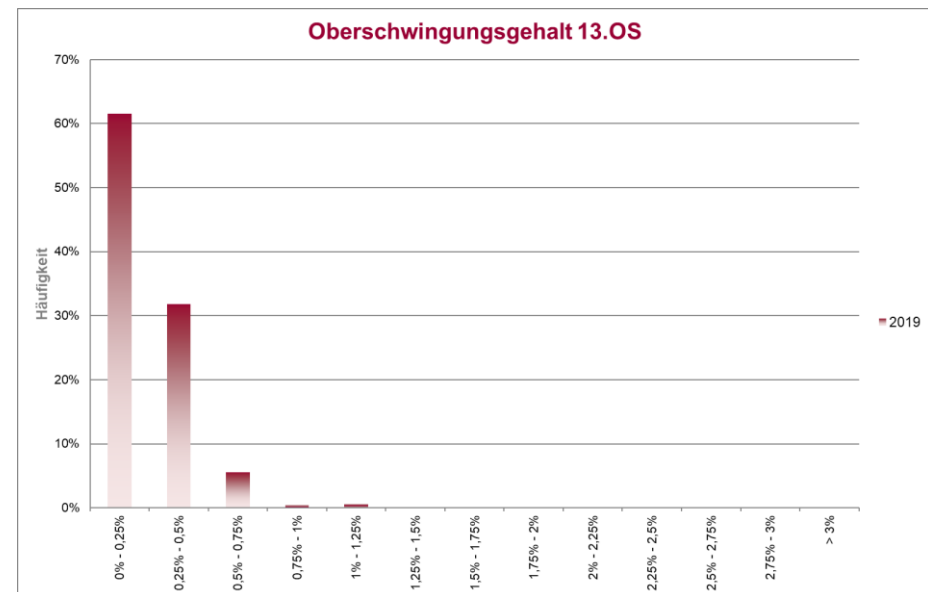
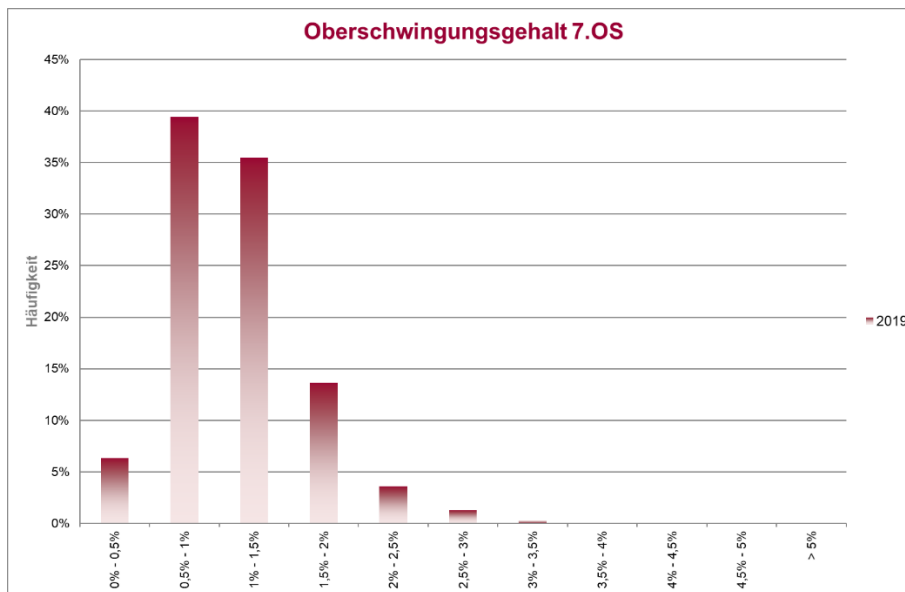
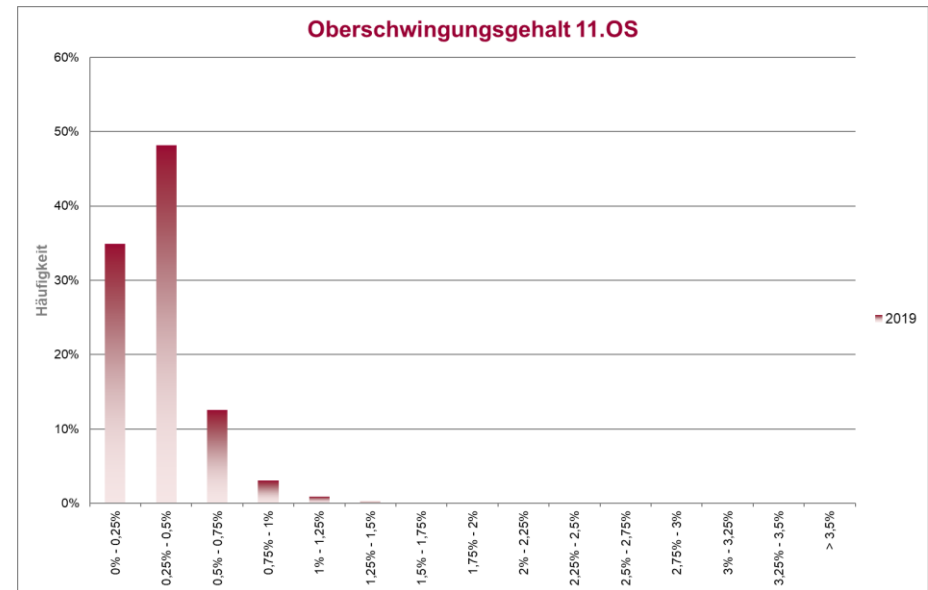
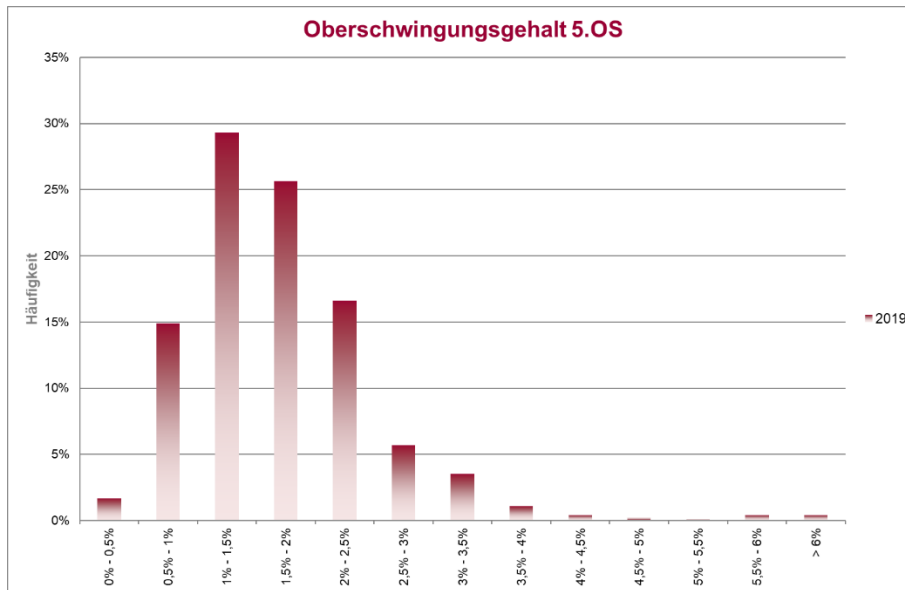


Abbildung 13 Histogramm Oberschwingungspegel (95%-Messwerte) für Österreich

4.5. Spannungseignisse

Spannungseinbrüche (DIP) in den MS-Umspannwerken sind im Wesentlichen durch das Störungsgeschehen im Mittelspannungsnetz begründet. Zusätzlich wirken sich Spannungseinbrüche im vorgelagerten Netz (Störung in den NE 1-3) auf die Mittelspannungsebene aus. Spannungsüberhöhungen (SWELLS) entstehen typischerweise durch Schalthandlungen und Lastabtrennungen

In Österreich wurden **im Berichtsjahr 2019 an rund 50% der MS-Umspannwerke die Spannungseignisse ganzjährig erfasst**. Die Anzahl, Tiefe und Dauer der DIPs hängt dabei von der Sternpunktbehandlung, Entfernung des Fehlerortes und vom Schutzkonzept ab.

Bei den Auswertungen der DIP-Anzahl handelt es sich um Systemkennzahlen, die keinen Rückschluss auf einen einzelnen Anschlusspunkt im Netz zulassen.

Die Auswertung der gemessenen Spannungseignisse erfolgt einerseits für alle Ereignisse und andererseits für eine Aggregation im 10-Min Intervall⁶. Diese Aggregation bildet das Ereignisgeschehen aus der Sicht der Kundenbetroffenheit realistischer ab.

Detaillauswertungen für die einzelnen Netzbereiche sind im Anhang A dargestellt.

Netzbereich Nr.	Anzahl Messstellen	Event-Anzahl Summe	Anzahl DIPs	Anzahl SWELLS	Durchschnittliche Anzahl DIPs pro Messstelle und Jahr	Durchschnittliche Anzahl SWELLS pro Messstelle und Jahr	Durchschn. Anzahl DIPs außerhalb Produktnorm Klasse 3 Geräte
ÖSTERREICH	289	8520	8328	192	28,82	0,66	3,66
NB 1	19	662	659	3	34,68	0,16	3,58
NB 2	39	1248	1246	2	31,95	0,05	6,90
NB 3	40	1443	1398	45	34,95	1,13	3,15
NB 4	3	163	163	0	54,33	0,00	2,67
NB 5	4	119	115	4	28,75	1,00	3,25
NB 6	23	634	634	0	27,57	0,00	3,70
NB 7	13	357	332	25	25,54	1,92	9,08
NB 8	12	453	453	0	37,75	0,00	9,33
NB 9	27	576	528	48	19,56	1,78	2,11
NB 10	30	859	804	55	26,80	1,83	4,07
NB 11	22	436	436	0	19,82	0,00	1,50
NB 12	4	129	129	0	32,25	0,00	3,25
NB 13	53	1441	1431	10	27,00	0,19	0,66

Tabelle 3 Auswertung aller Spannungseignisse⁷

⁶ Guidelines of Good Practice on the Implementation and Use of Voltage Quality Monitoring Systems for Regulatory Purposes; Ref: C12-EQS-51-03

⁷ Fehlende Werte siehe ANHANG B

Netzbereich Nr.	Anzahl Messstellen	Event-Anzahl Summe	Anzahl DIPS	Anzahl SWELLS	Durchschnittliche Anzahl DIPS pro Messstelle und Jahr	Durchschnittliche Anzahl SWELLS pro Messstelle und Jahr	Durchschn. Anzahl DIPS außerhalb Produktnorm Klasse 3 Geräte
ÖSTERREICH	289	6848	6760	88	23,39	0,30	2,79
NB 1	19	580	580	0	30,53	0,00	2,26
NB 2	39	890	890	0	22,82	0,00	5,59
NB 3	40	1252	1223	29	30,58	0,73	2,38
NB 4	3	50	50	0	16,67	0,00	0,67
NB 5	4	42	42	0	10,50	0,00	1,00
NB 6	23	545	545	0	23,70	0,00	3,35
NB 7	13	180	175	5	13,46	0,38	5,15
NB 8	12	407	407	0	33,92	0,00	7,83
NB 9	27	522	484	38	17,93	1,41	2,04
NB 10	30	561	554	7	18,47	0,23	2,70
NB 11	22	292	292	0	13,27	0,00	1,14
NB 12	4	115	115	0	28,75	0,00	3,00
NB 13	53	1412	1403	9	26,47	0,17	0,62

Tabelle 4 Auswertung der Spannungsereignisse Aggregation 10-Min

DIPS ÖSTERREICH	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	16,097	0,564	0,343	0,291	0,547
80% > u ≥ 70%	4,038	0,474	0,298	0,135	0,035
70% > u ≥ 40%	2,799	0,581	0,384	0,087	0,003
40% > u ≥ 5%	0,965	0,183	0,121	0,024	0,007
5% > u	0,190	0,087	0,183	0,114	0,266

Tabelle 5 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich (alle DIPS); je Tiefe (in % von U_c) und je Dauer (in ms)

DIPS ÖSTERREICH	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	13,969	0,450	0,263	0,270	0,176
80% > u ≥ 70%	3,221	0,408	0,260	0,111	0,010
70% > u ≥ 40%	1,844	0,516	0,346	0,083	0,003
40% > u ≥ 5%	0,626	0,152	0,121	0,031	0,000
5% > u	0,080	0,076	0,156	0,076	0,142

Tabelle 6 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich (Aggregation 10-Min); je Tiefe (in % von U_c) und je Dauer (in ms)

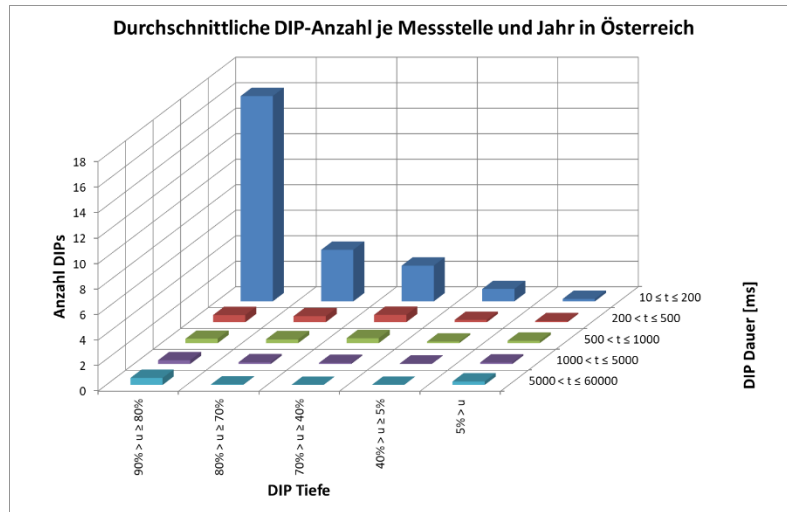


Abbildung 14 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich (alle DIPs); Tiefe (in % von U_c) und Dauer (in ms)

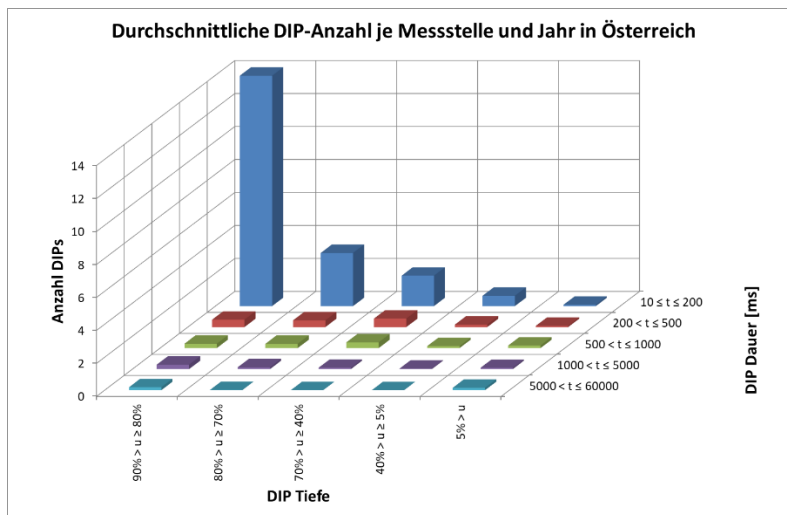


Abbildung 15 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich (Aggregation 10-Min); Tiefe (in % von U_c) und Dauer (in ms)

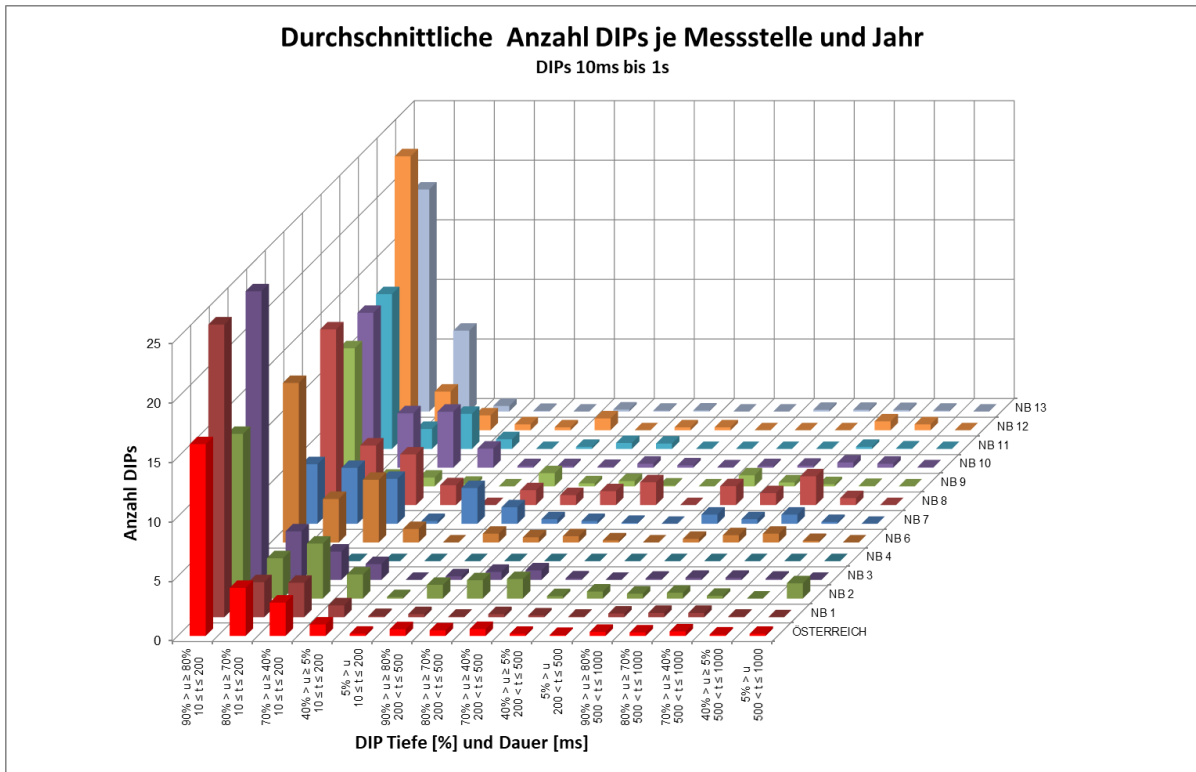


Abbildung 16 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich und den Netzbereichen (alle DIPs); Tiefe (in % von U_c) und Dauer (in ms)

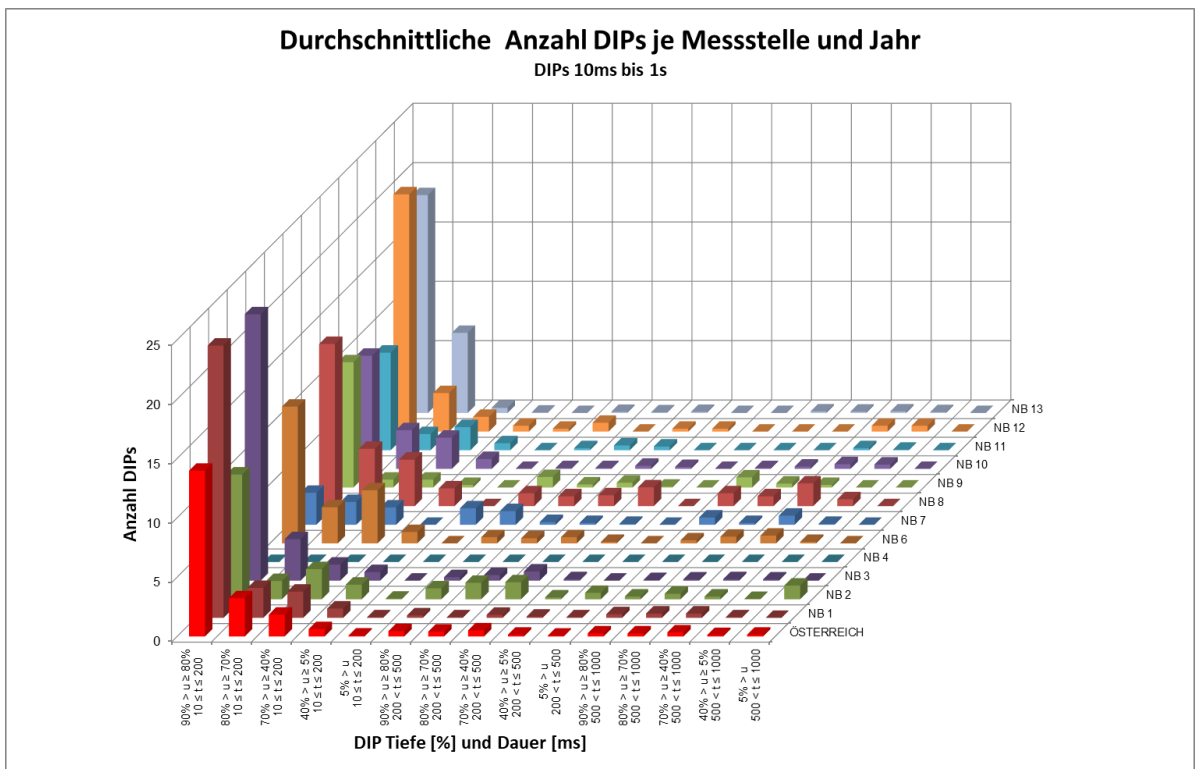


Abbildung 17 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich und den Netzbereichen (Aggregation 10-Min); Tiefe (in % von U_c) und Dauer (in ms)

Die Auswertungen in Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen die durchschnittliche Anzahl DIPs (Summe über alle Tiefen und Dauern) je Messstelle und Jahr. Zusätzlich ist die durchschnittliche DIP-Anzahl angegeben, die außerhalb der Grenze der Produktnorm für Klasse 3 Geräte⁸ liegen (siehe dazu EN 50160).

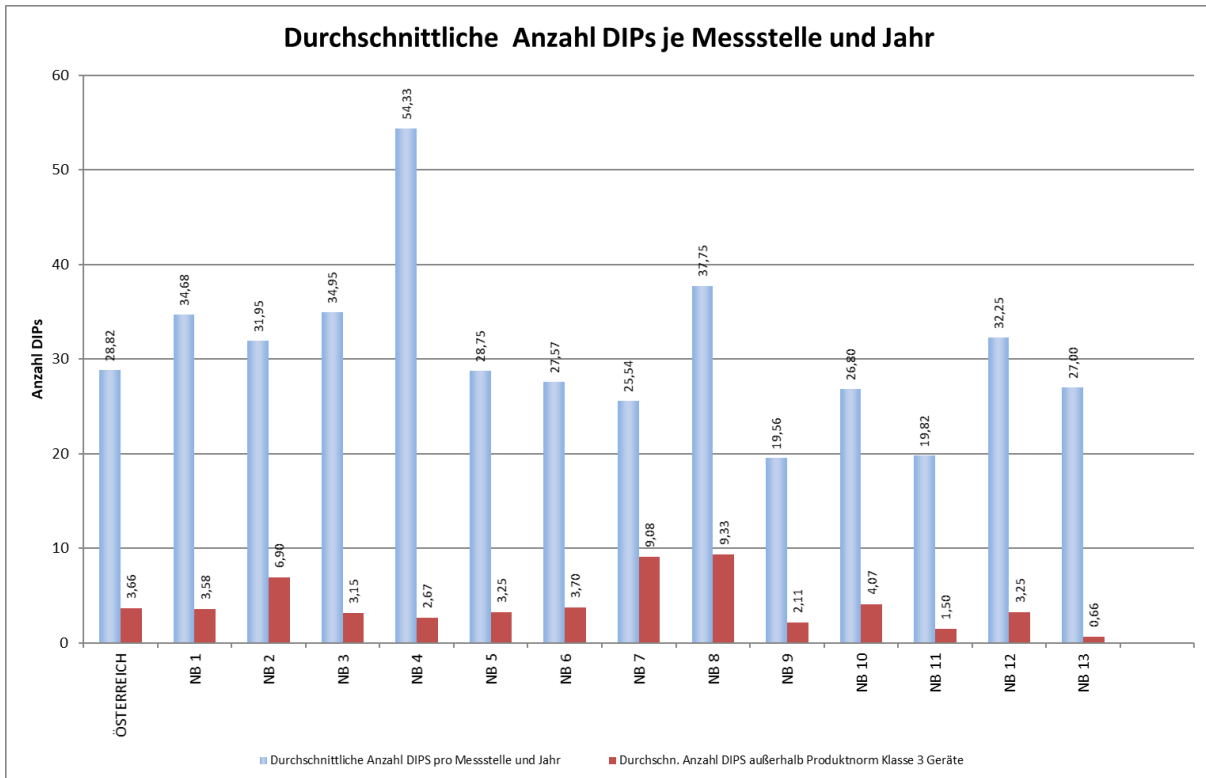


Abbildung 18 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich und den Netzbereichen (alle DIPs)

⁸ Spannungseinbrüche mit größerer Tiefe und Dauer können den Betrieb von Geräten und Anlagen beeinträchtigen. Die Anzahl, Tiefe und Dauer der DIPs ist jedoch unvorhersehbar und halten diese Grenzen nicht notwendigerweise ein.

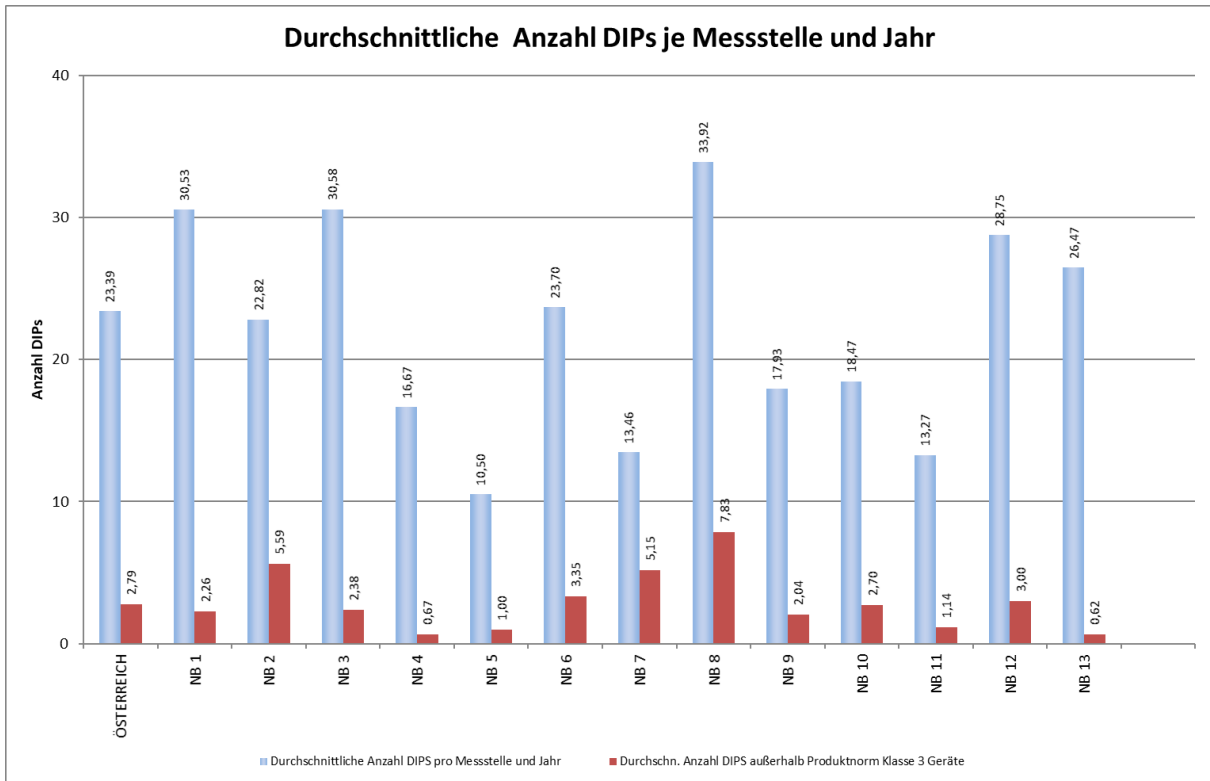


Abbildung 19 Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr in Österreich und den Netzbereichen (Aggregation 10-Min)

5. Auswertung PQ-Messungen „fixe Messorte“

Seit dem Berichtsjahr 2014 wird entsprechend der END-VO 2012 idF Novelle 2013 an fixen Messorten jährlich in den jeweils gleichen 3 Kalenderwochen die Spannungsqualität gemessen. Es erfolgt daher eine getrennte Auswertung.

Wie die Auswertungen der Langsamen Spannungsänderungen, Flicker und Oberschwingungen in Abbildung 20 zeigen, werden die zulässigen Grenzwerte der EN 50160 typischerweise nicht überschritten. Der Vergleich der Ergebnisse aus den einzelnen Berichtsjahren weist nur geringe Schwankungen für die einzelnen PQ-Parameter auf.

Ein Vergleich der Auswertung für „fixe Messorte“ mit der Auswertung der „mobilen/fixe Messorte“, entsprechend Kapitel 6, weist keine grundlegenden Unterschiede im Ergebnis auf. Die Bewertung der Spannungsqualität für Österreich und die einzelnen Netzbereiche mittels Messung an den ausgewählten „fixen Messorten“ kann daher als repräsentativ angesehen werden. Beide Auswertungen weisen naturgemäß geringe Schwankungen für die einzelnen PQ-Parameter auf und zeigen auch, dass die zulässigen Grenzwerte der EN 50160 typischerweise nicht überschritten werden.

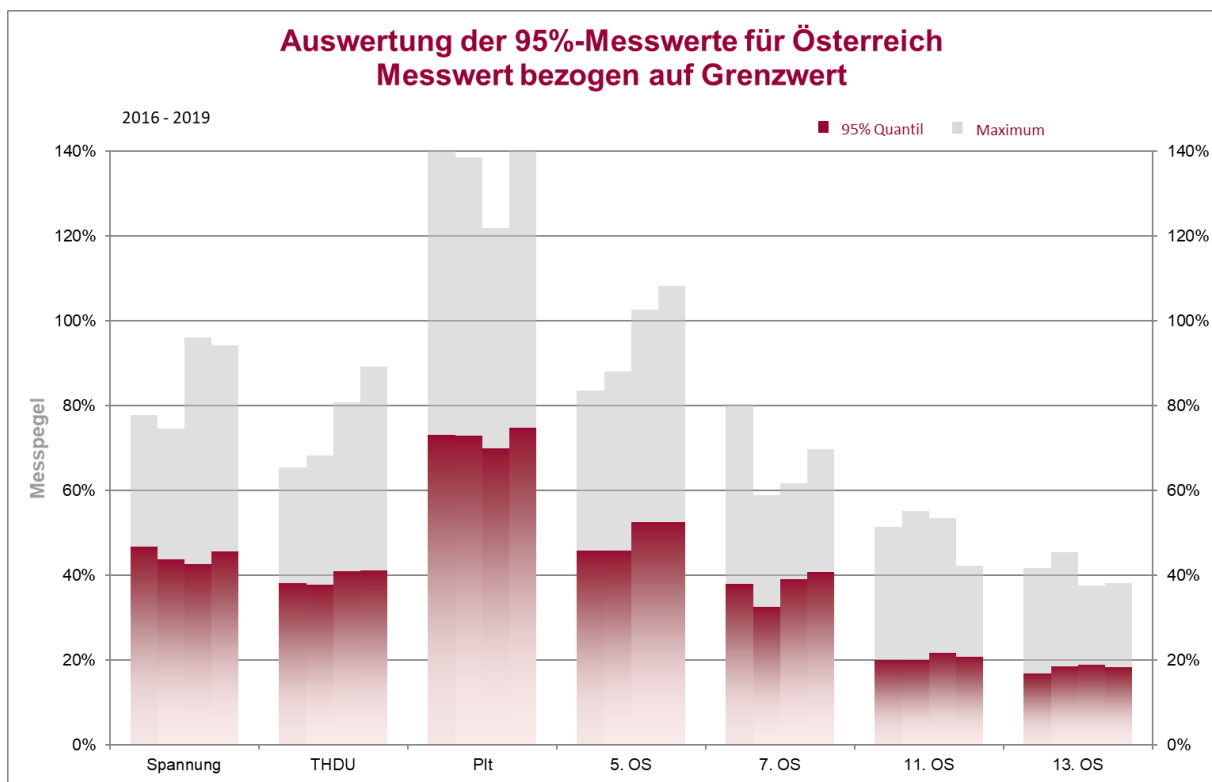


Abbildung 20 Power-Quality in Österreich „fixe Messorte“ je 3 Wochen

Abbildung 21 Spannungsabweichung, Spannungshub, P_{lit} , THDu „fixe Messorte“

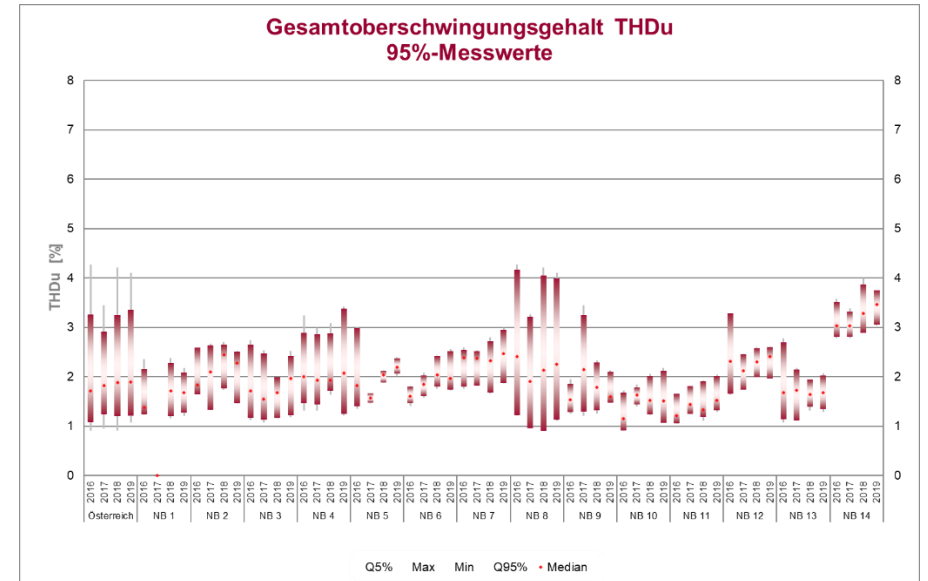
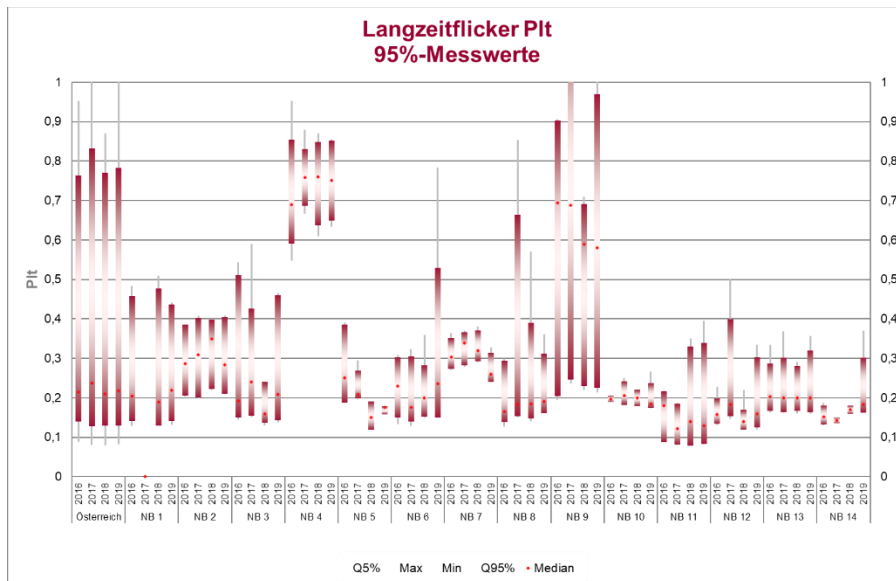
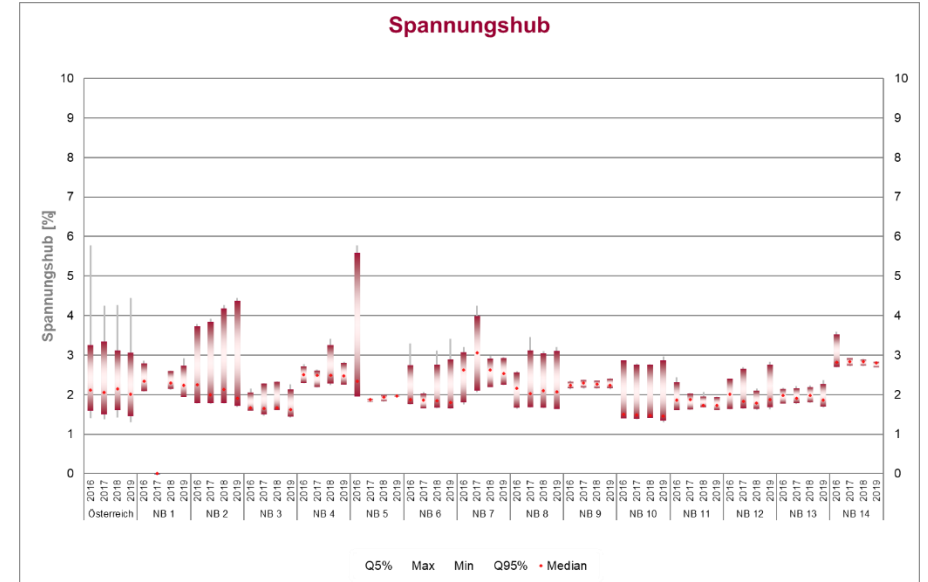
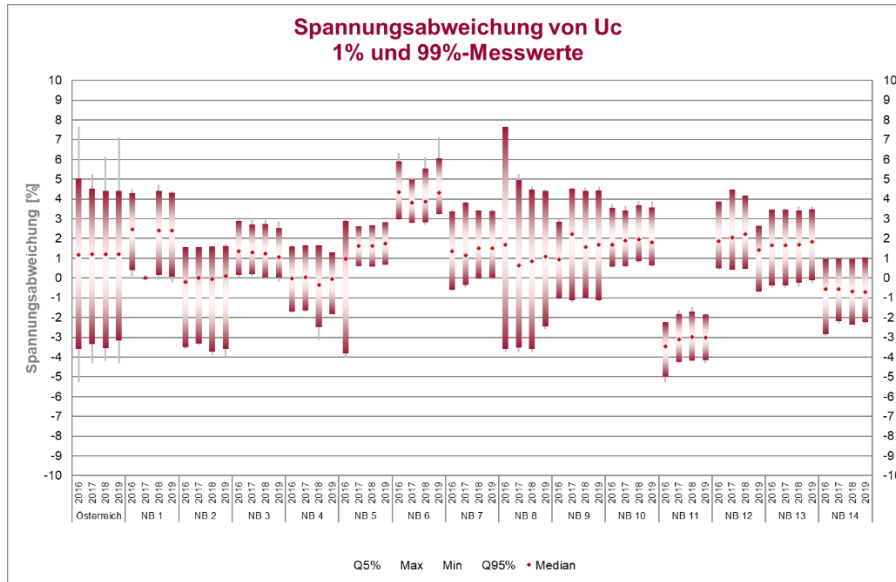
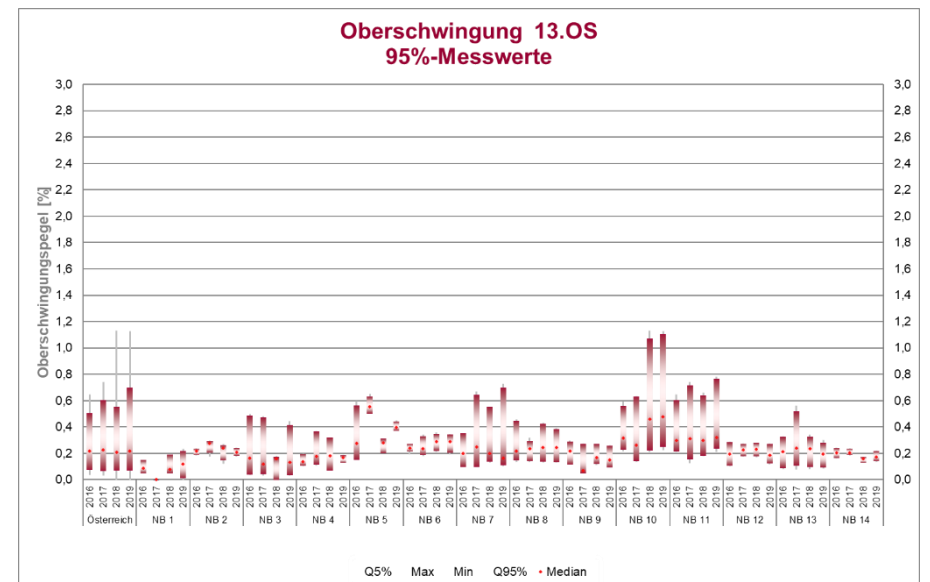
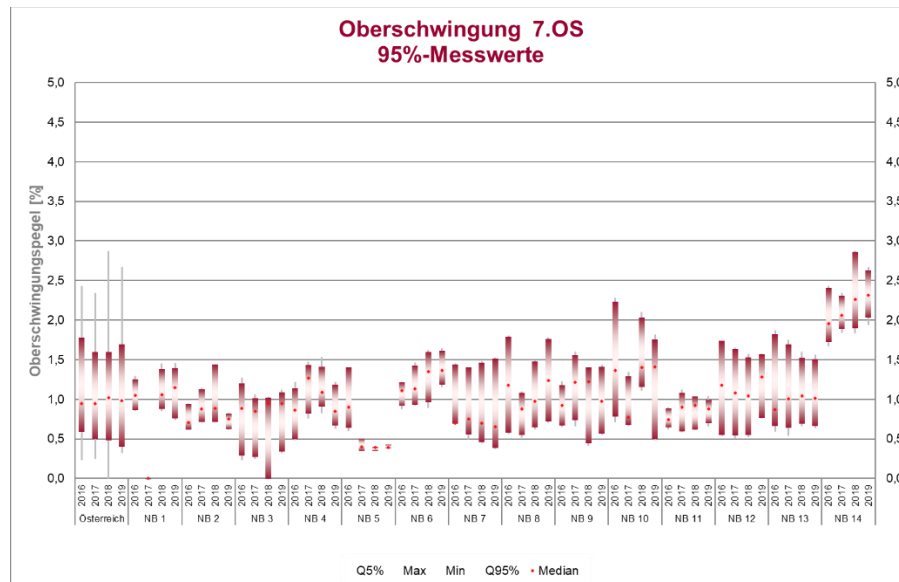
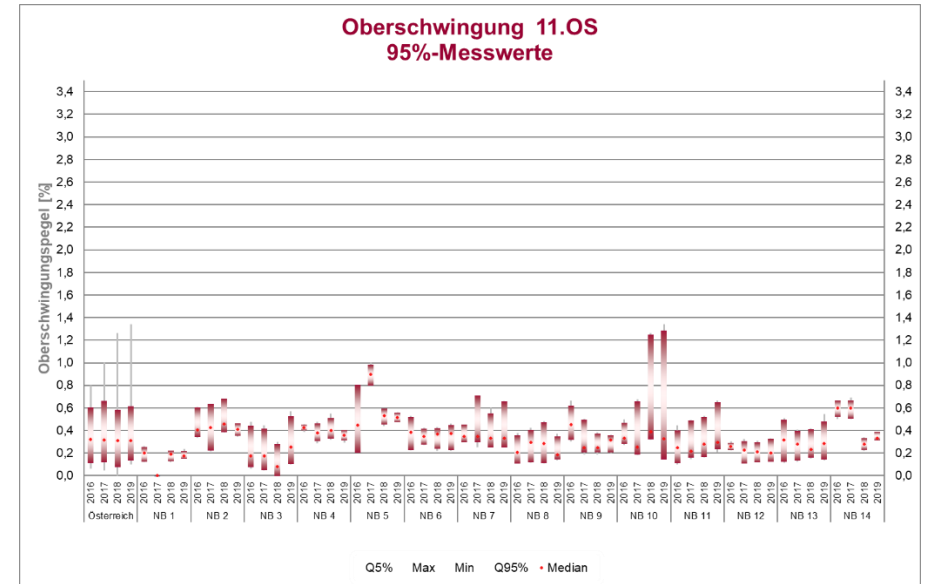
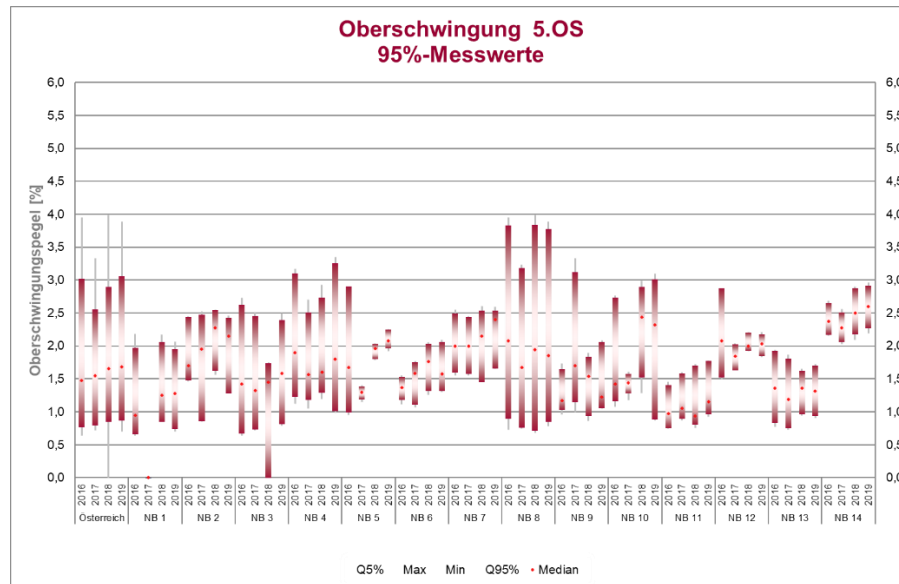


Abbildung 22 Harmonische Oberschwingungen „fixe Messorte“



6. Entwicklung Power Quality 2016 - 2019

Auf den folgenden Seiten ist die Entwicklung der Power Quality in den Jahren 2016 bis 2019 für die einzelnen Netzbereiche und Österreich dargestellt.

Die Auswertungen der langsamen Spannungsänderung, Langzeitflicker und Oberschwingungen beziehen sich auf fixe und mobile Messungen jeweils 3 Wochen.

Die Auswertung der Spannungsereignisse basiert auf den ganzjährigen Erfassungen in den Umspannwerken (ab 1.1.2014 in 10% der Umspannwerke und ab 1.1.2016 in 50% der Umspannwerke).

Ab dem 1.1.2020 umfasst die Erfassung 100 % der Umspannwerke.

6.1. Langsame Spannungsänderungen

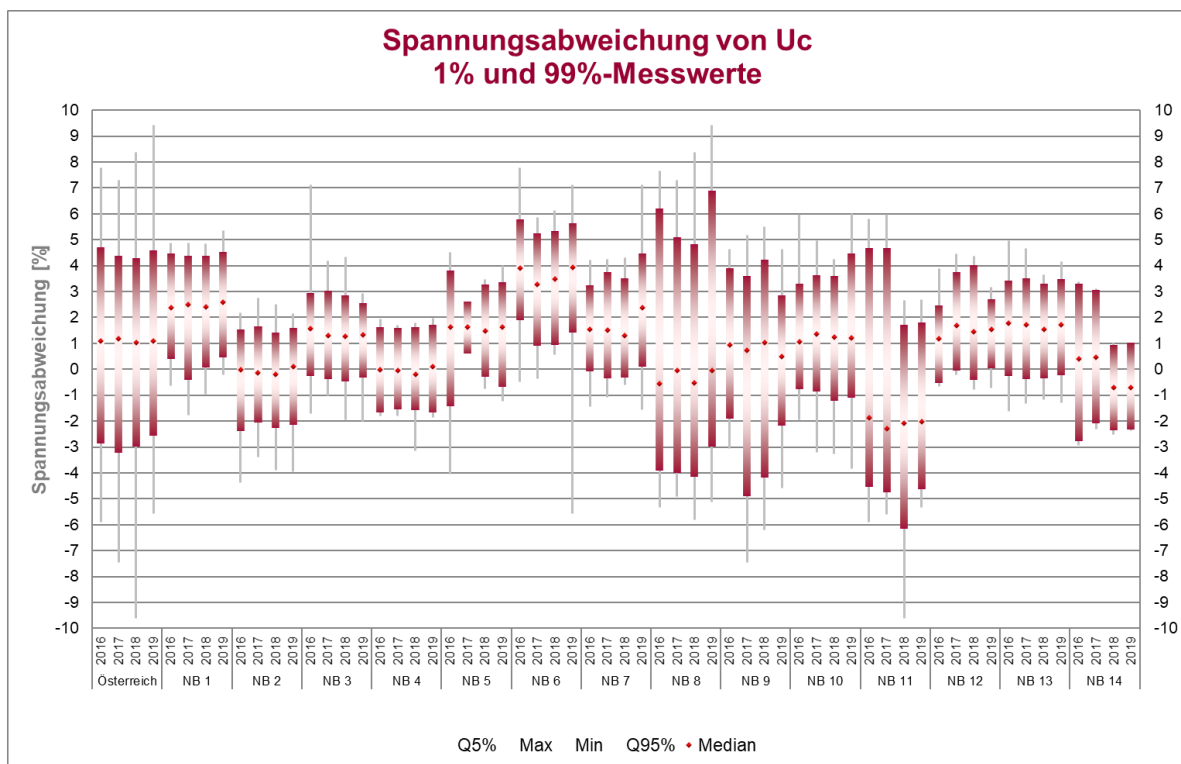


Abbildung 23 Abweichung der Spannung (1%/99%-Messwerte) von U_c für die Netzbereiche und Österreich

Wie in Kapitel 4.2 ausgeführt, ergeben sich durch die unterschiedlichen U_c zur Berechnung der prozentualen Spannungshöhe sehr unterschiedliche Ergebnisse in der Auswertung. Für einen Vergleich ist der Spannungshub aussagekräftiger.

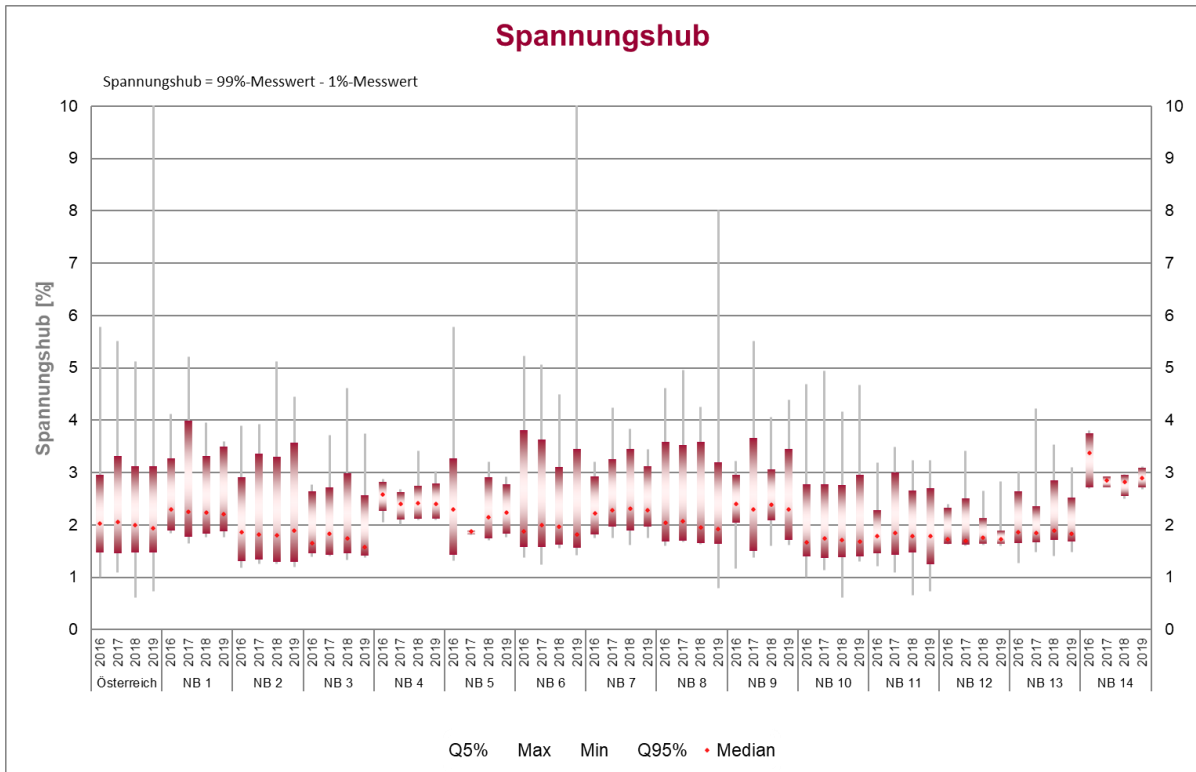


Abbildung 24 Spannungshub für die Netzbereiche und Österreich

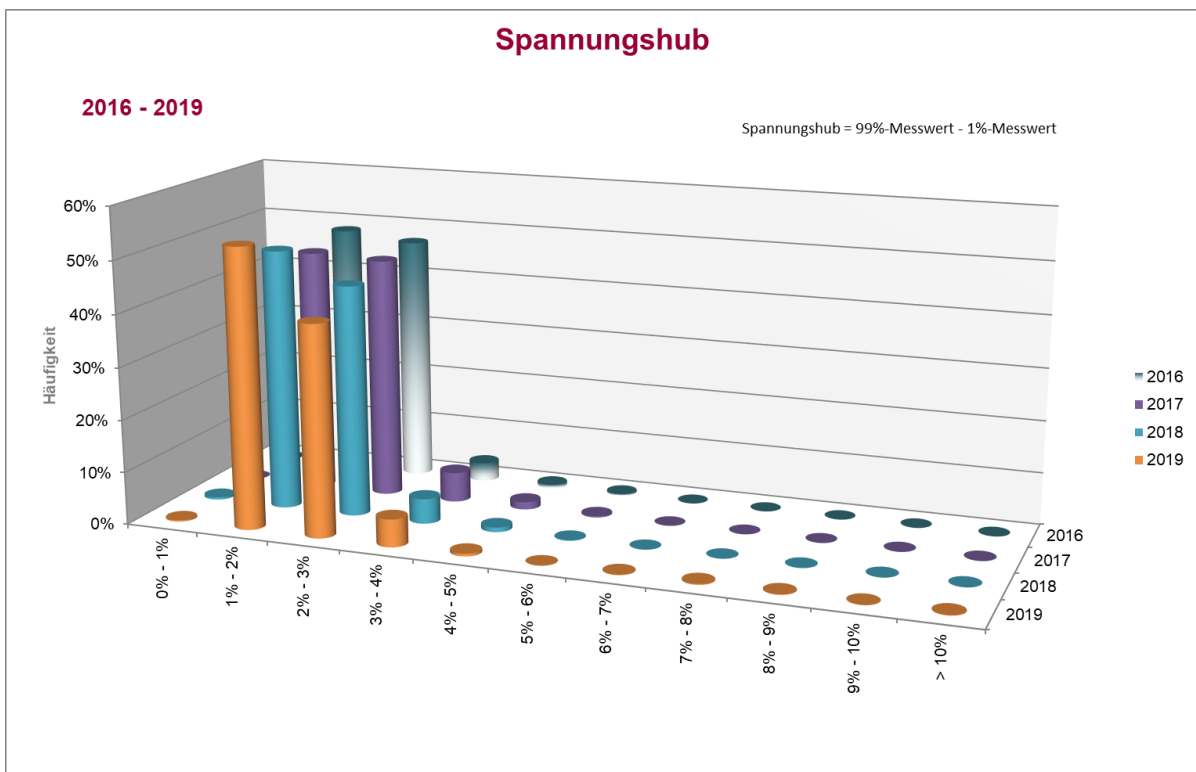


Abbildung 25 Histogramm Spannungshub für Österreich

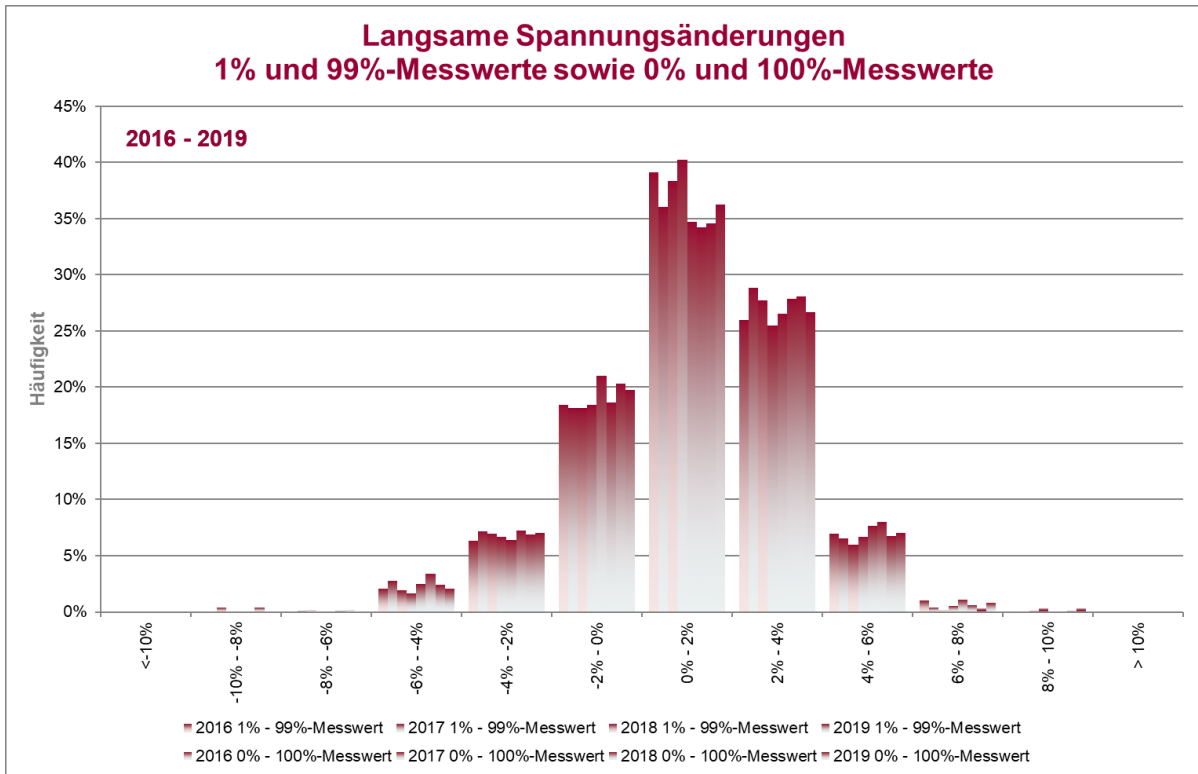


Abbildung 26 Histogramm Min/Max Spannungsänderung für Österreich (1% und 99%-Messwerte)

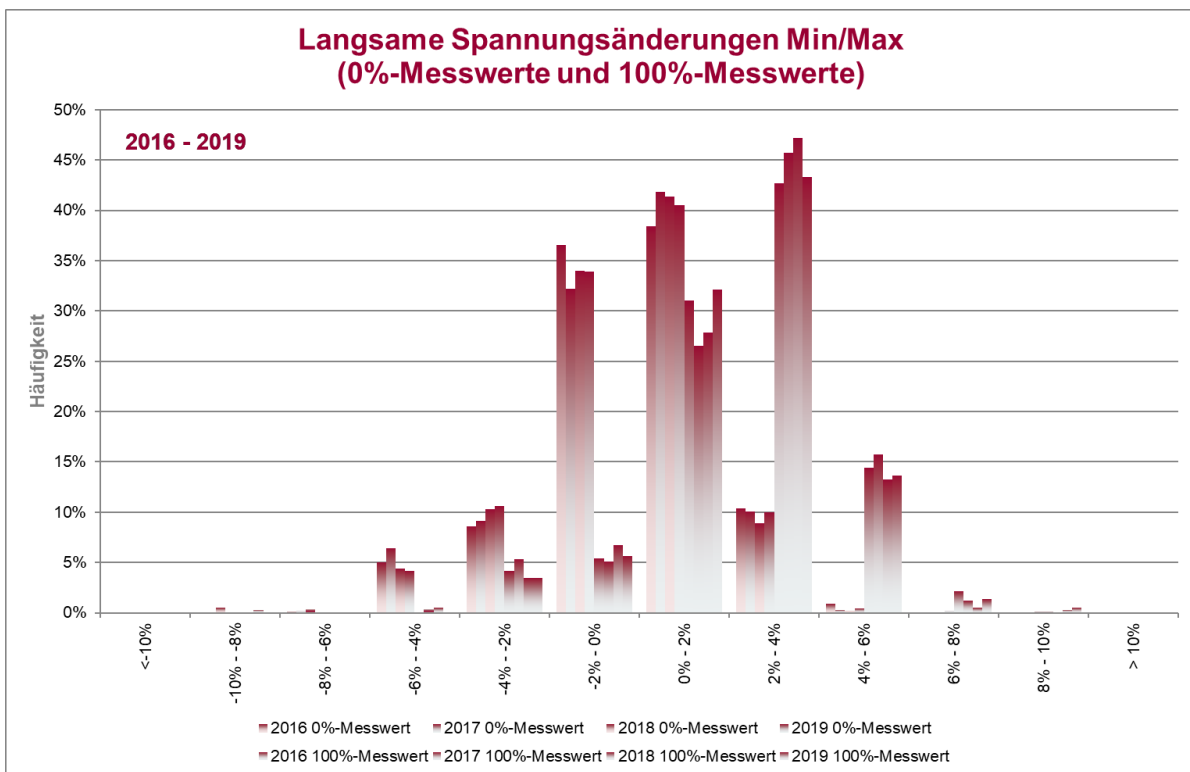


Abbildung 27 Histogramm Min/Max Spannungsänderung für Österreich (0% und 100%-Messwerte)

6.2. Langzeitflicker P_{lt}

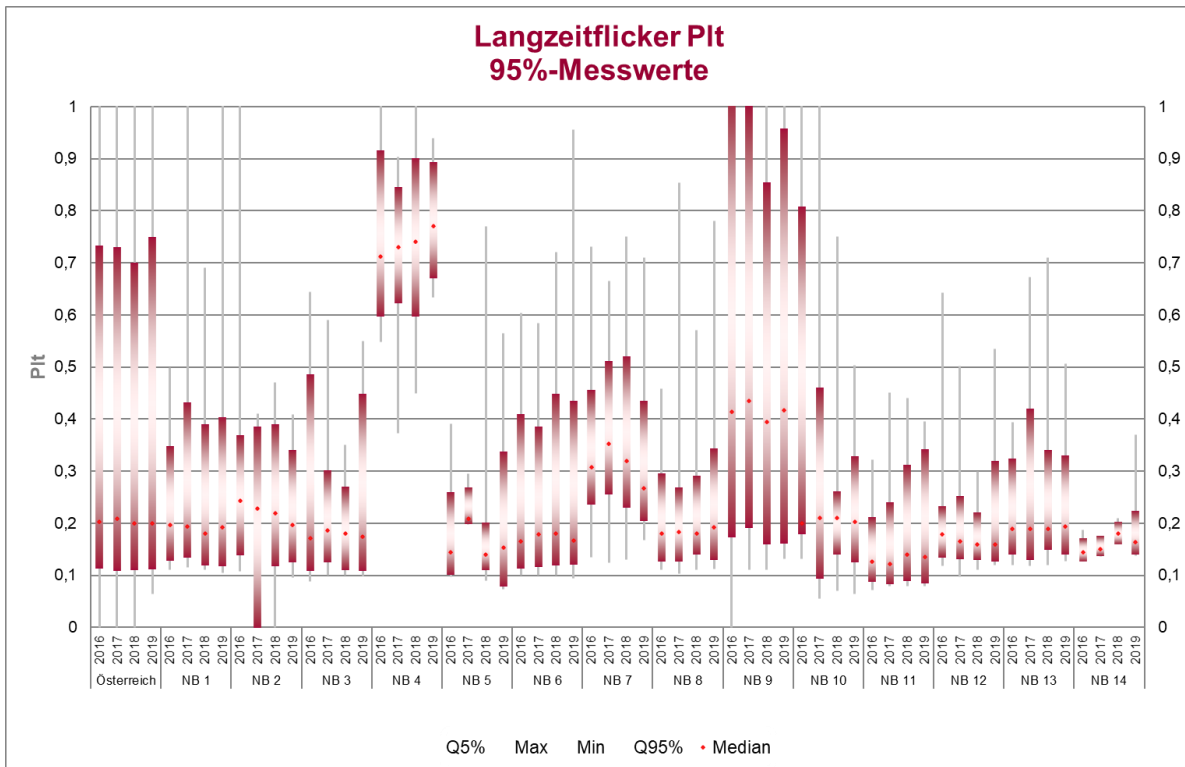


Abbildung 28 Langzeitflicker P_{lt} (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich

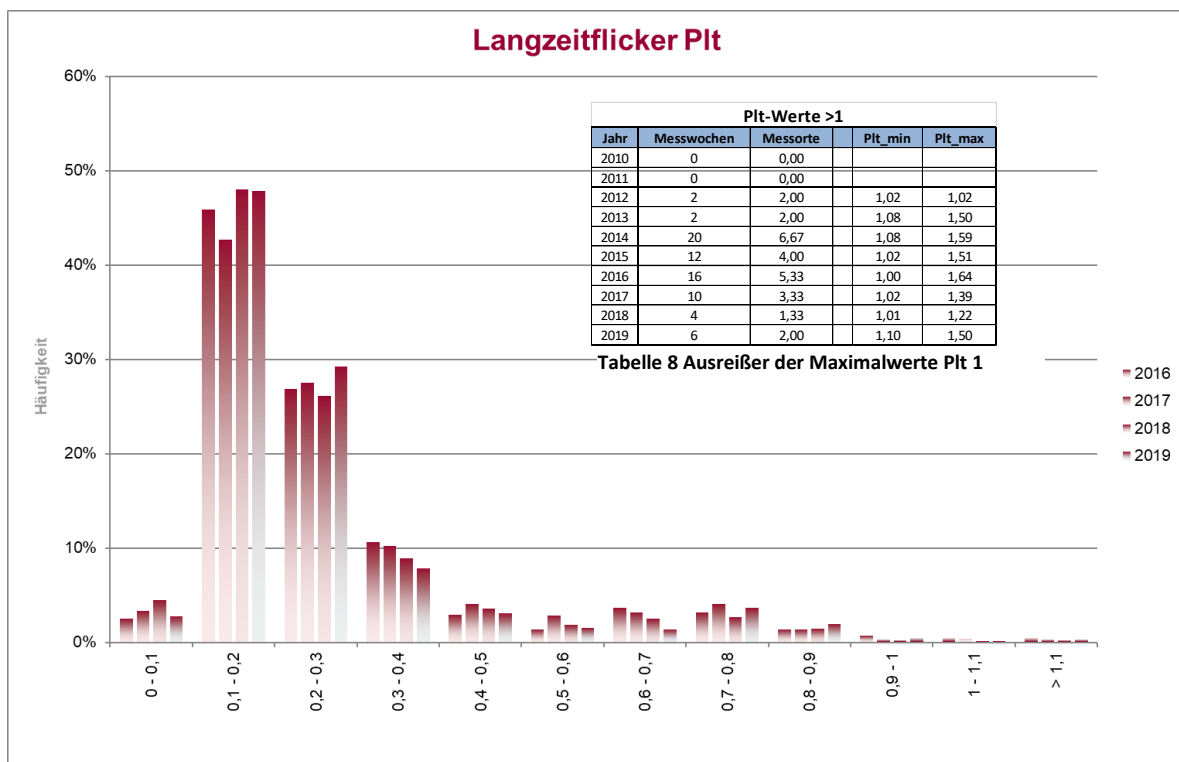


Abbildung 29 Histogramm Langzeitflicker P_{lt} (95%-Messwerte) für Österreich

Die Messwochen mit Ausreißer der Maximalwerte P_{it} 1 sind im aktuellen Berichtsjahr auch recht niedrig. Da diese auch in den letzten Jahren sehr schwankend waren ist noch keine genauere Aussage über mögliche Ursachen möglich.

6.3. Oberschwingungen

6.3.1. Gesamterschwingungsgehalt THDu

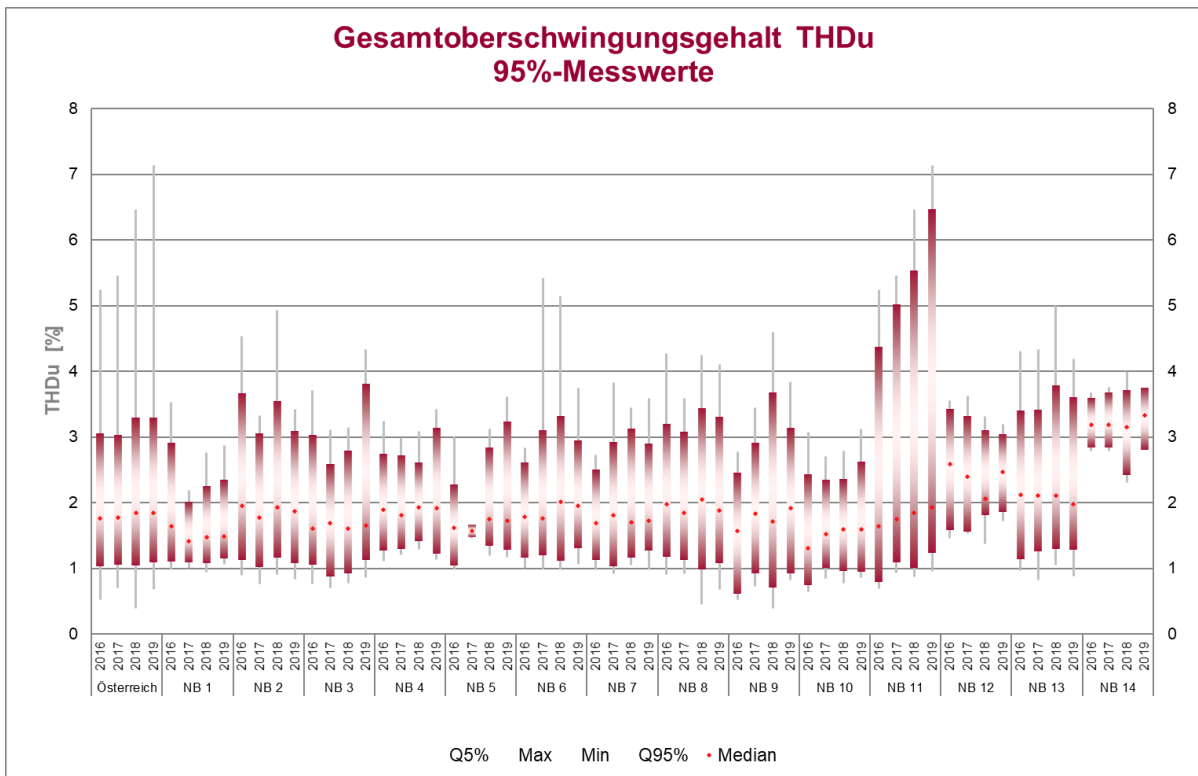


Abbildung 30 Gesamterschwingungsgehalt THDu (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich

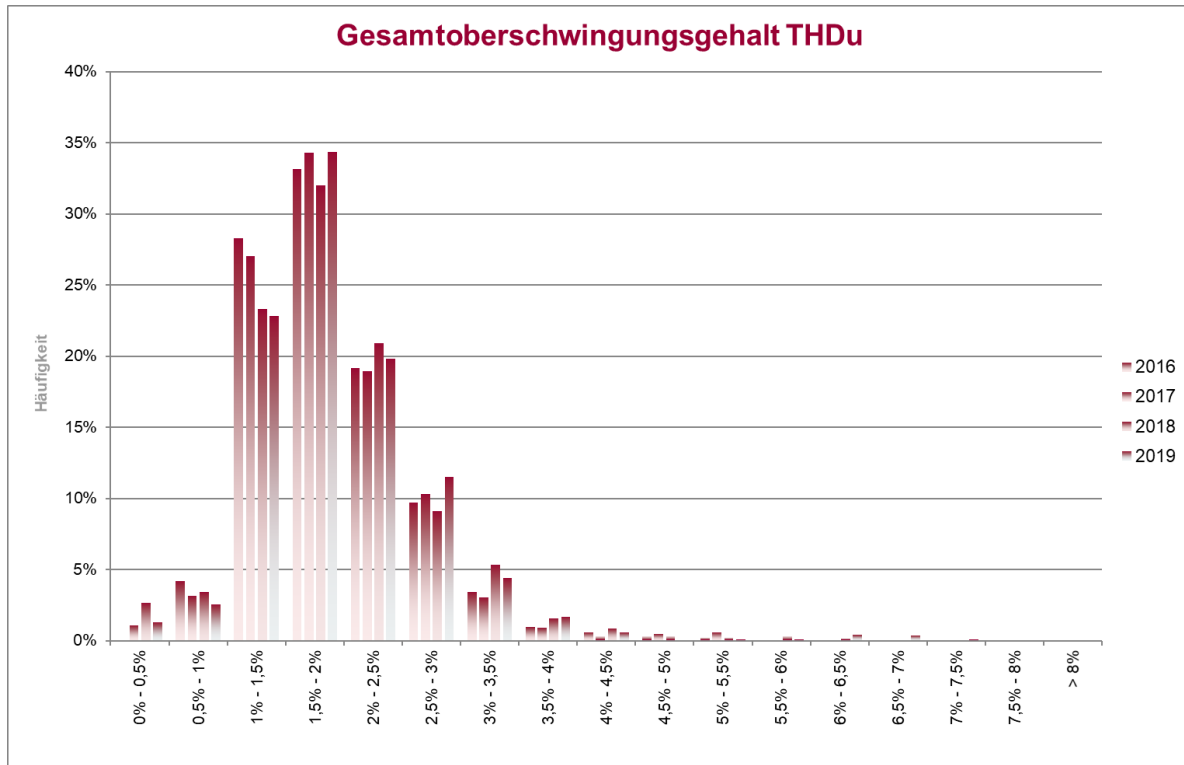
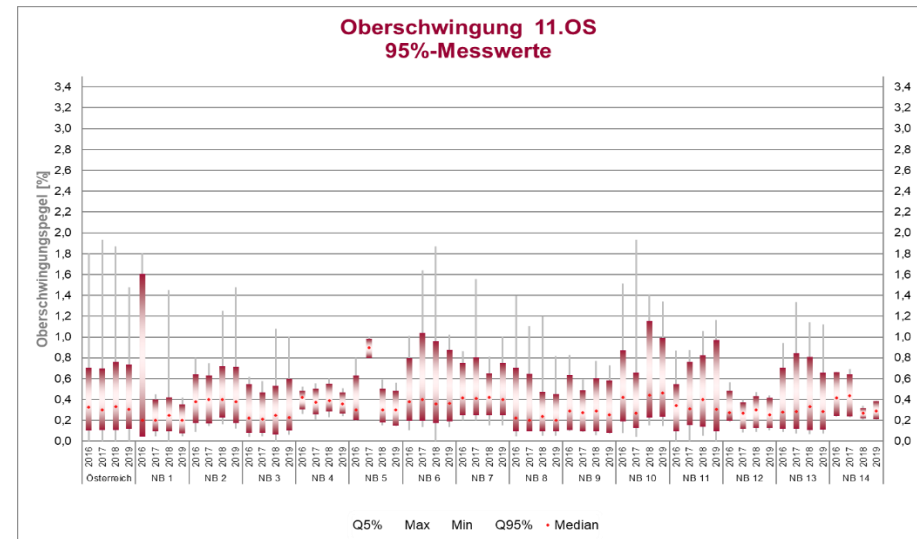
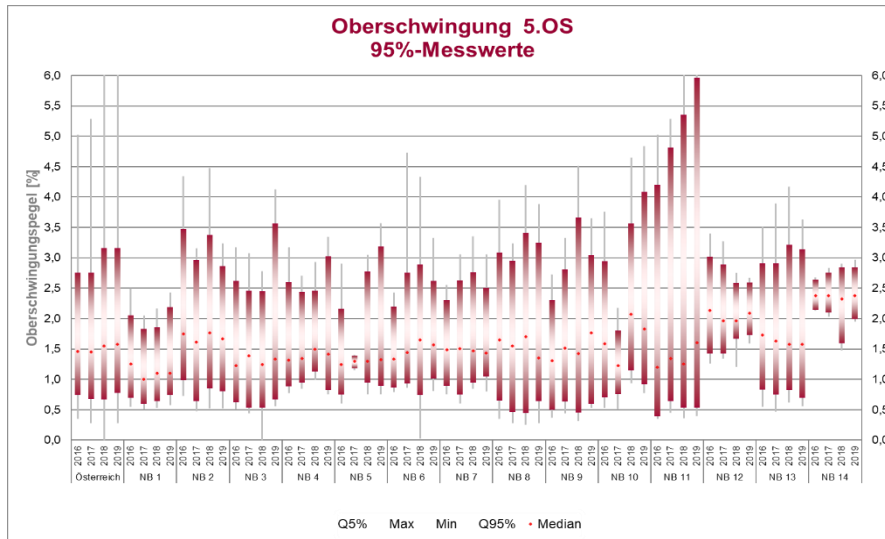


Abbildung 31 Histogramm Gesamtüberschwingungsgehalt THDu (95%-Messwerte) für Österreich

6.3.2. Harmonische Oberschwingungen



Anmerkung: Die Werte der 5.OS im NB 11 liegen noch innerhalb der Vorgaben der EN 50160, stammen von einer Messstelle und werden gegenwärtig näher analysiert.

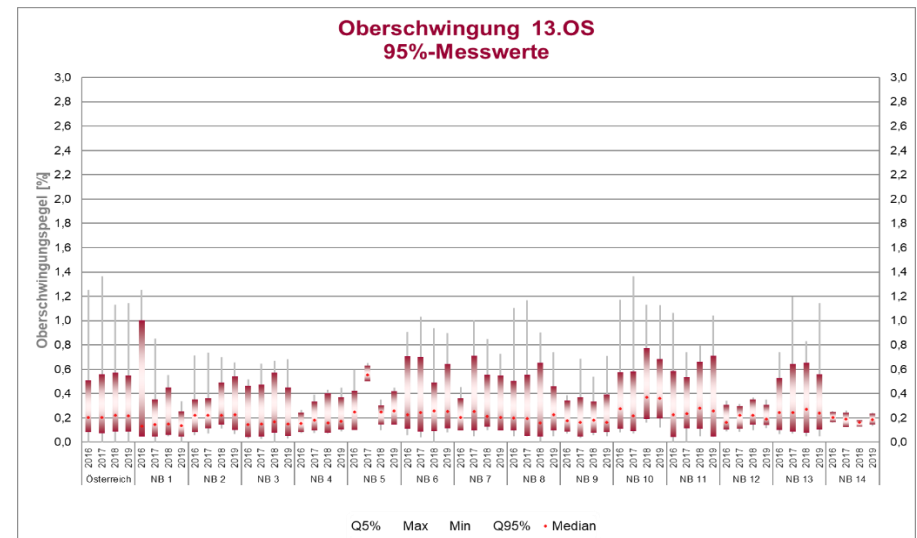
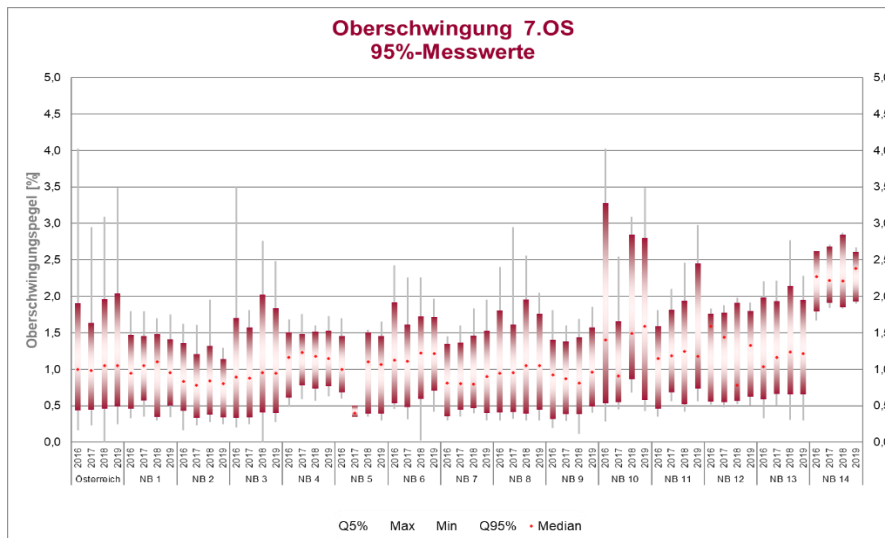


Abbildung 32 Oberschwingungspegel (95%-Messwerte) für die Netzbereiche und Österreich

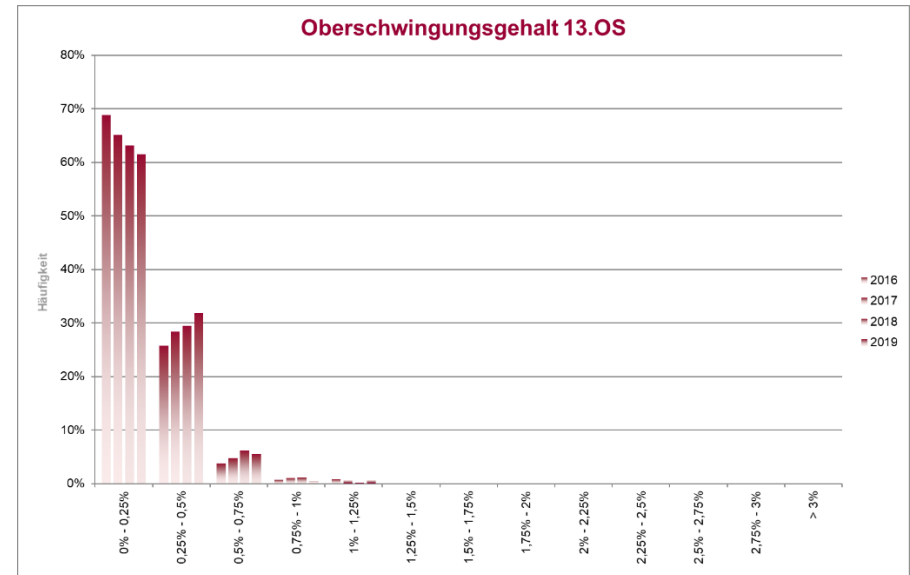
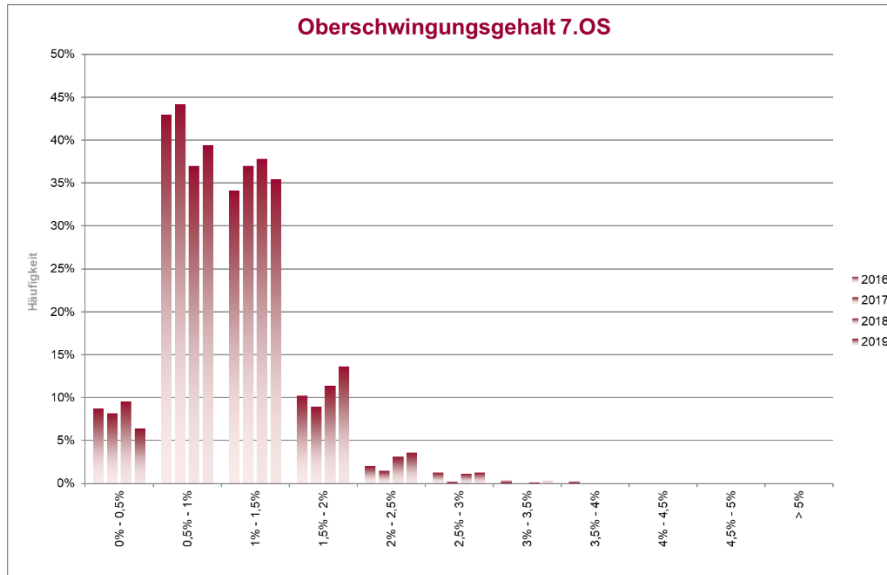
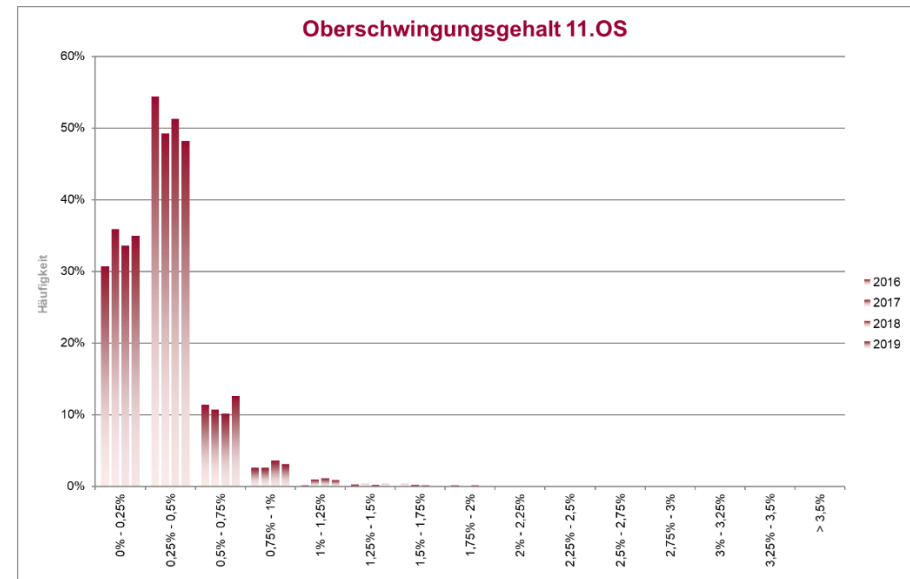
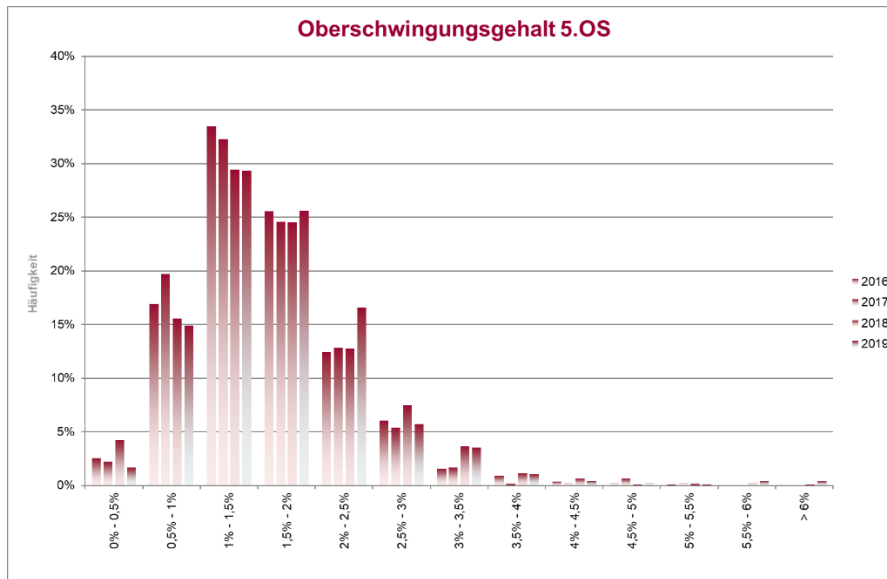


Abbildung 33 Histogramm Oberschwingungspegel (95%-Messwerte) für Österreich

6.4. Spannungsereignisse⁹-Trends über mehrere Jahre

Entsprechend der END-VO 2012 i.d.F 2013 wurden für die Jahre 2014 und 2015 an rund 10% der Umspannwerke sowie ab 1. Jänner 2016 in rund 50% der Umspannwerke ganzjährige Ereigniserfassungen durchgeführt. Die Auswertungen in Abbildung 34 und Abbildung 35 zeigen den Jahresvergleich der durchschnittlichen DIP-Anzahl in Österreich hinsichtlich deren Tiefe und deren Dauer.

Im Jahr 2017 traten bei einem Netzbetreiber innerhalb von 14-Minuten 6000 DIPs auf. Die Abbildung 34 und Abbildung 36 werden dadurch verfälscht und sind nicht repräsentativ. Für den Kunden stellt sich eine derartige Häufung als ein wahrnehmbares Ereignis/Fehler im Netz dar. Daher ist die Aggregation im 10-Min Intervall, wo sich dieses Messergebnis als zwei DIPs darstellen, realistischer.

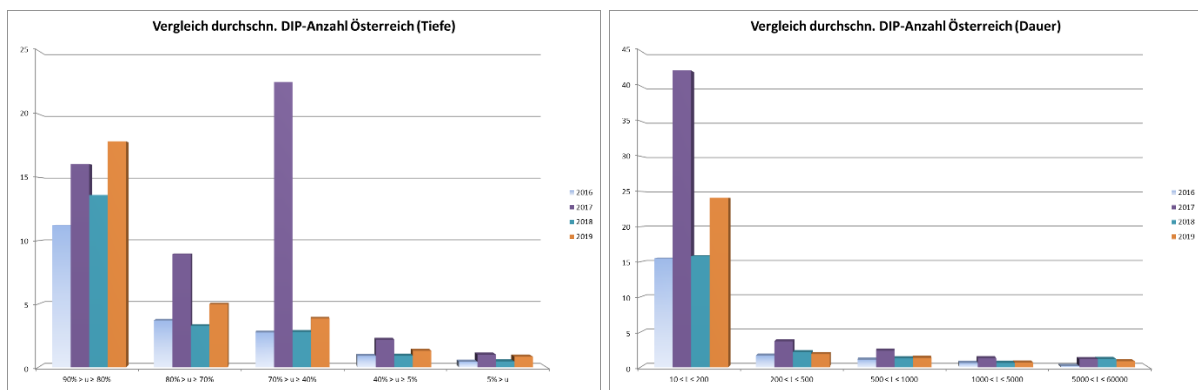


Abbildung 34 Vergleich durchschnittliche DIP-Anzahl Österreich gruppiert nach Dauer in ms und Tiefe in % von U_C (alle DIPs)

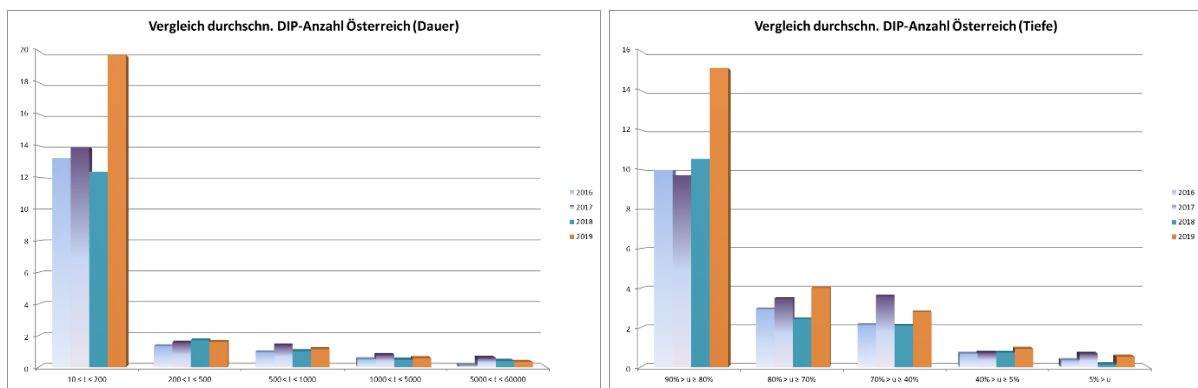


Abbildung 35 Vergleich durchschnittliche DIP-Anzahl Österreich nach Dauer in ms und Tiefe in % von U_C (Aggregation 10-Min)

In der Abbildung 36 und Abbildung 37 werden die einzelnen DIP Kategorien dargestellt und über die Berichtsjahre verglichen. Jährliche Veränderungen ergeben sich vor Allem in der Einbruchstiefe. Dies ist jedoch bei stochastisch auftretenden Ereignissen mit unterschiedlichen Fehlerortentfernungen zu erwarten. Weitere Analysen müssen untersuchen, ob die augenscheinliche Zunahme der DIPS tatsächlich ein österreichweites Phänomen sind,

⁹ Bei den Auswertungen der DIP-Anzahl handelt es sich um Systemkennzahlen, die keinen Rückschluss auf einen einzelnen Anschlusspunkt im Netz zulassen.

möglicherweise auch in anderen Ländern registriert werden, oder vielmehr durch einzelne Ereignisse etwa aufgrund fehlerhafter Einzelgeräte zustande kommen.

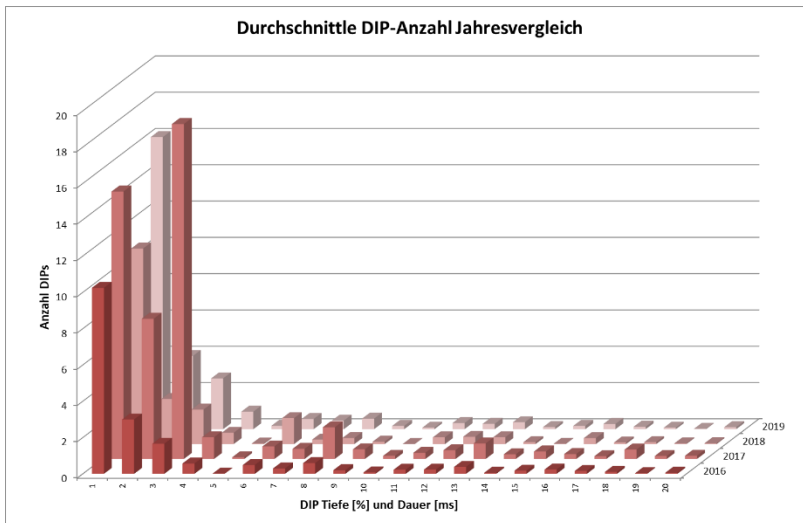


Abbildung 36 Vergleich durchschnittliche DIP-Anzahl Österreich (alle DIPs)

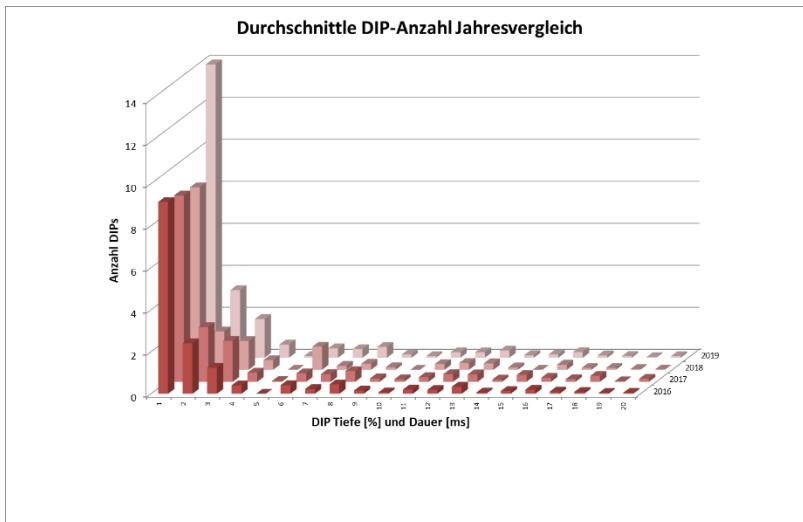


Abbildung 37 Vergleich durchschnittliche DIP-Anzahl Österreich (Aggregation 10-Min)

7. Auswertung PQ-Messungen im 5-Jahres-Intervall

Wie die Auswertungen in Kapitel 1 zeigen, unterliegen die PQ-Parameter teilweise steigenden aber wenig signifikanten Veränderungen. Zur Beobachtung der PQ sind daher lange Zeiträume notwendig um eventuelle Trends erfassen zu können. Die jährliche Darstellung wie in Kapitel 1 ist jedoch dazu nicht geeignet und ab einer größeren Anzahl von Jahren unübersichtlich.

Zur Langzeitbeobachtung wird daher eine zweckmäßige Darstellung im 5-Jahres-Intervall wie in der Abbildung 38 und Abbildung 39 gewählt. Durch die große Anzahl von 7872 Messwochen für Österreich in den Jahren 2010 bis 2019 beziehungsweise Messwochen laut Tabelle 1 je Netzbereich ist diese Darstellung robust gegen außergewöhnliche lokale PQ-Phänomene und zeigt die typische Spannungsqualität in den Netzbereichen und für Österreich.

Wie in den folgenden Abbildungen ersichtlich, gibt es keine wesentlichen Veränderungen bei den einzelnen PQ-Parametern und sie liegen weit unterhalb der zulässigen Grenzwerte. Einzelne Überschreitungen des Grenzwertes $P_{IT}=1$ werden durch einige wenige Messorte hervorgerufen (siehe Abbildung 39).

Abbildung 38 Spannungsabweichung, Spannungshub, Pit, THDu

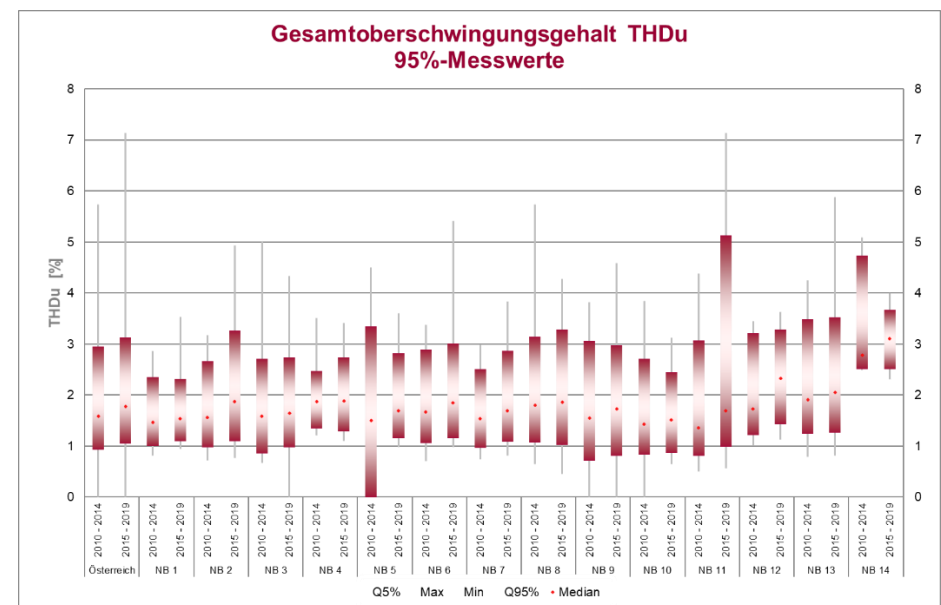
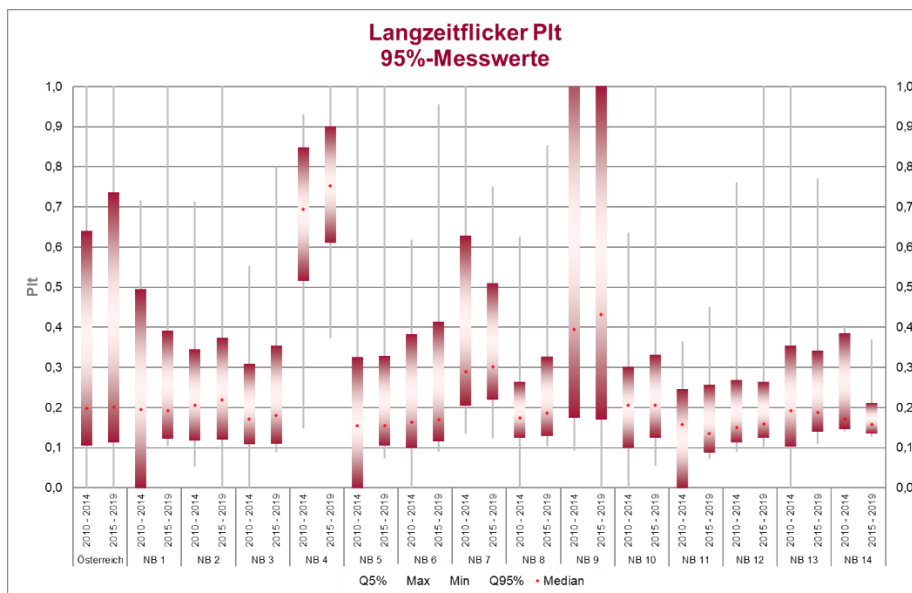
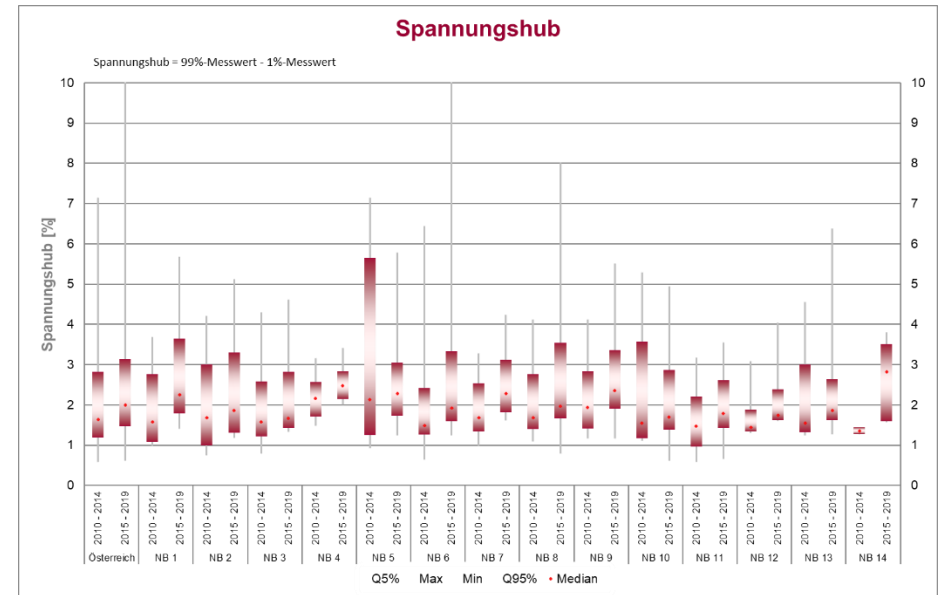
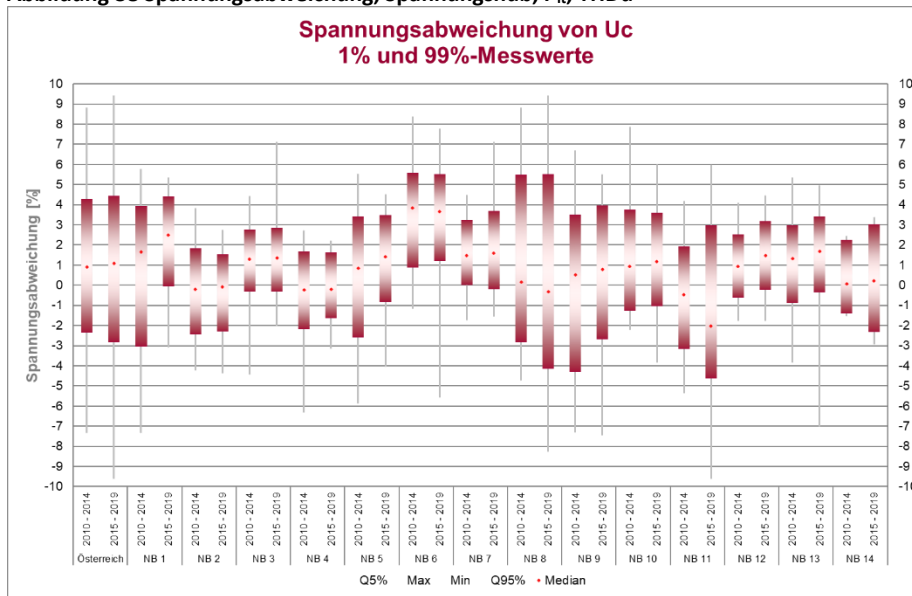
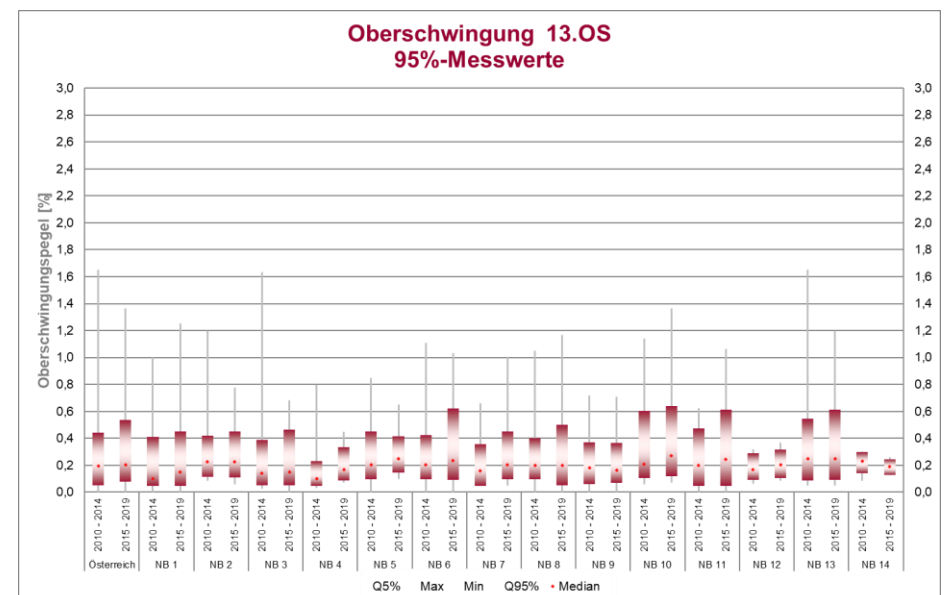
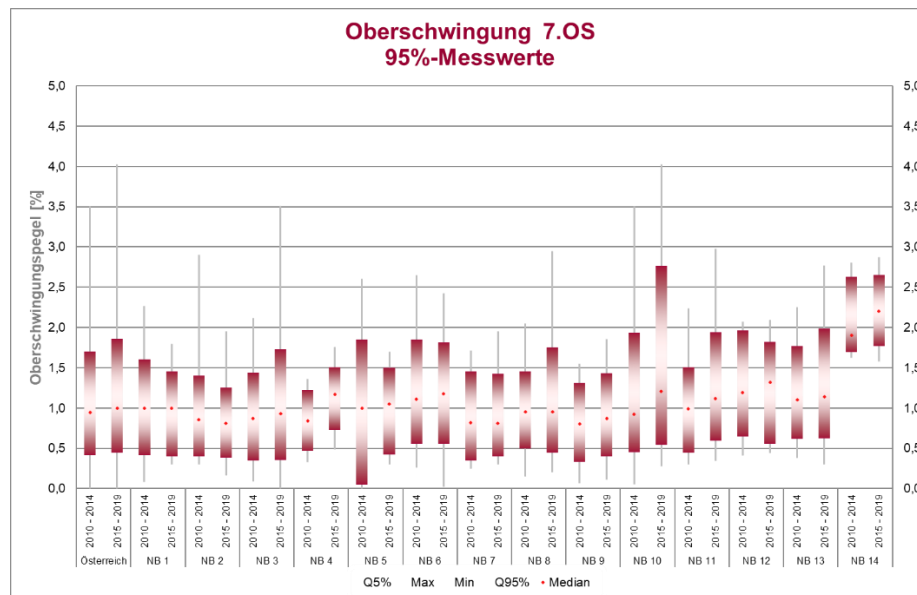
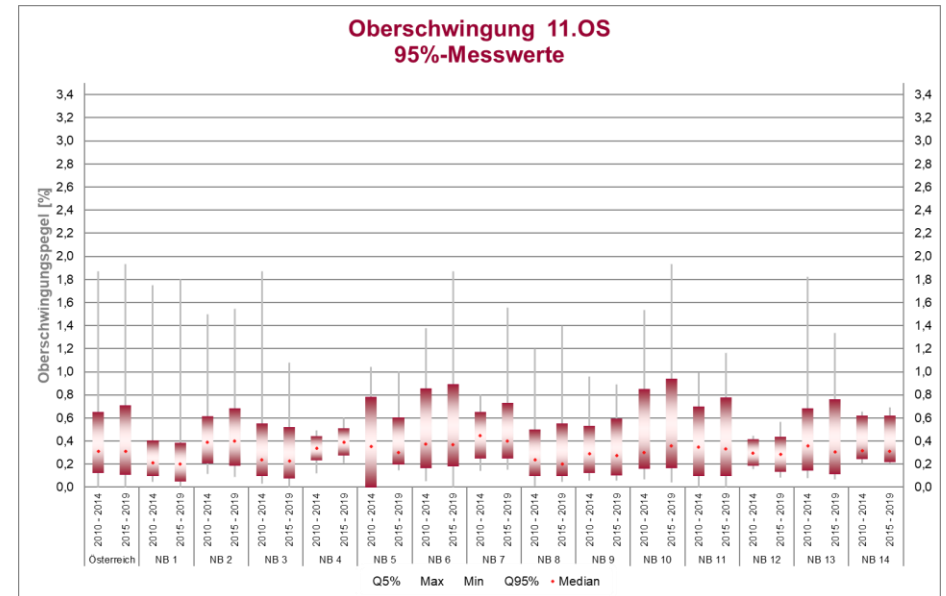
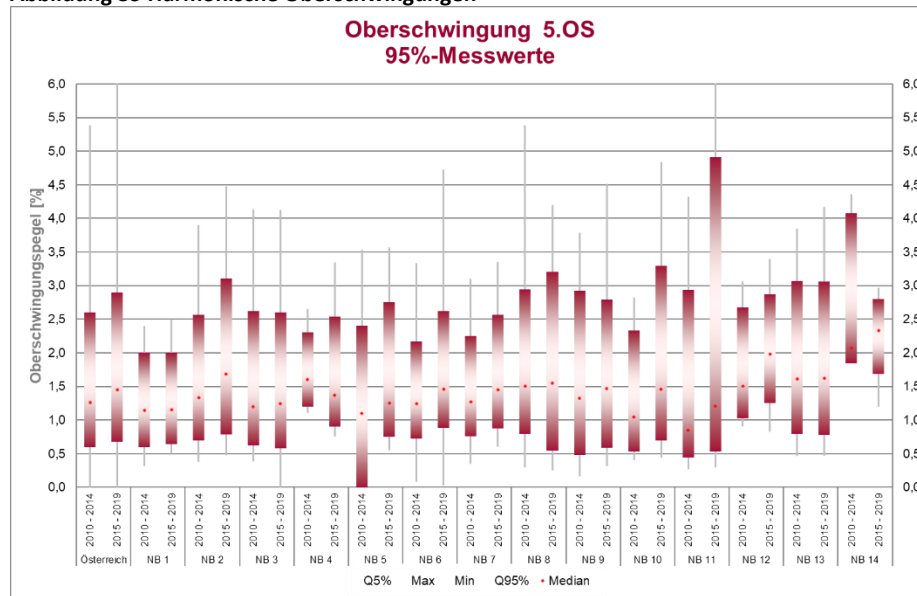


Abbildung 39 Harmonische Oberschwingungen



8. Datenschutz

Die Auswertungen der Spannungsqualität im vorliegenden Bericht werden nur in anonymisierter Form veröffentlicht. Dies bedeutet, dass die Netzbereiche nur durch Nummerierung aber nicht durch Klartext-Benennung bezeichnet werden. Zum Zwecke der Erfüllung der END-VO 2012 idF. Novelle 2013 werden die relevanten Messdaten sowie die namentliche Bezeichnung der NB1 bis NB14 an die E-Control weitergeleitet.

ANHANG A Detailauswertungen DIPs

Durchschnittliche DIP-Anzahl je Messstelle und Jahr für Österreich und einzelne Netzbereiche (Dauer in ms und Tiefe in % von U_c)

Alle DIPs

DIPS ÖSTERREICH	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	16,097	0,564	0,343	0,291	0,547
80% > u ≥ 70%	4,038	0,474	0,298	0,135	0,035
70% > u ≥ 40%	2,799	0,581	0,384	0,087	0,003
40% > u ≥ 5%	0,965	0,183	0,121	0,024	0,007
5% > u	0,190	0,087	0,183	0,114	0,266

DIPS NB 1	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	24,579	0,263	0,316	0,000	0,053
80% > u ≥ 70%	2,947	0,053	0,368	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	2,895	0,263	0,368	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	1,000	0,158	0,053	0,000	0,000
5% > u	0,105	0,053	0,000	0,316	0,895

DIPS NB 2	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	13,821	1,154	0,410	0,128	0,000
80% > u ≥ 70%	3,385	1,538	0,487	0,026	0,000
70% > u ≥ 40%	4,615	1,641	0,231	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	2,026	0,205	0,000	0,000	0,000
5% > u	0,128	0,590	1,282	0,179	0,103

DIPS NB 3	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	24,225	0,300	0,100	0,025	0,025
80% > u ≥ 70%	4,075	0,675	0,175	0,050	0,000
70% > u ≥ 40%	2,375	0,800	0,175	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	1,325	0,125	0,100	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400

DIPS NB 4	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	0,000	0,000	0,000	0,000	51,667
80% > u ≥ 70%	0,000	0,000	0,000	0,000	2,667
70% > u ≥ 40%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPs Aggregiert 10-min

DIPS ÖSTERREICH	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	13,969	0,450	0,263	0,270	0,176
80% > u ≥ 70%	3,221	0,408	0,260	0,111	0,010
70% > u ≥ 40%	1,844	0,516	0,346	0,083	0,003
40% > u ≥ 5%	0,626	0,152	0,121	0,031	0,000
5% > u	0,080	0,076	0,156	0,076	0,142

DIPS NB 1	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	22,947	0,211	0,316	0,000	0,000
80% > u ≥ 70%	2,526	0,053	0,368	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	2,211	0,263	0,368	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,789	0,105	0,053	0,053	0,000
5% > u	0,053	0,053	0,000	0,000	0,158

DIPS NB 2	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	10,513	0,923	0,231	0,103	0,000
80% > u ≥ 70%	1,538	1,385	0,462	0,026	0,000
70% > u ≥ 40%	2,538	1,436	0,231	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	1,231	0,154	0,026	0,000	0,000
5% > u	0,051	0,538	1,154	0,179	0,103

DIPS NB 3	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	22,450	0,300	0,050	0,025	0,050
80% > u ≥ 70%	3,500	0,475	0,100	0,025	0,000
70% > u ≥ 40%	1,350	0,775	0,125	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,725	0,125	0,100	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400

DIPS NB 4	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	0,000	0,000	0,000	0,000	16,000
80% > u ≥ 70%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667
70% > u ≥ 40%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Alle DIPS

DIPS NB 5	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	14,500	0,000	0,000	0,000	0,000
80% > u ≥ 70%	10,500	0,000	0,000	0,000	0,500
70% > u ≥ 40%	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
5% > u	1,000	0,000	0,500	0,000	0,750

DIPS NB 6	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	13,391	0,739	0,304	0,087	0,000
80% > u ≥ 70%	3,652	0,435	0,609	0,130	0,000
70% > u ≥ 40%	5,261	0,522	0,739	0,217	0,000
40% > u ≥ 5%	1,130	0,174	0,130	0,043	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 7	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	5,000	1,385	0,769	0,385	0,077
80% > u ≥ 70%	4,692	0,385	0,385	1,538	0,000
70% > u ≥ 40%	3,769	0,231	0,769	0,154	0,000
40% > u ≥ 5%	0,231	0,077	0,154	0,077	0,154
5% > u	3,000	0,000	0,000	0,385	1,923

DIPS NB 8	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	14,750	1,250	1,583	0,750	0,000
80% > u ≥ 70%	5,000	0,833	1,000	0,083	0,000
70% > u ≥ 40%	4,250	1,167	2,417	0,167	0,000
40% > u ≥ 5%	1,667	1,917	0,583	0,250	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,083	0,000

DIPS NB 9	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	11,593	1,111	0,926	2,000	0,000
80% > u ≥ 70%	0,815	0,259	0,333	0,370	0,000
70% > u ≥ 40%	0,741	0,444	0,185	0,444	0,000
40% > u ≥ 5%	0,222	0,074	0,037	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS Aggregiert 10-min

DIPS NB 5	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80% > u ≥ 70%	3,250	0,000	0,000	0,000	0,250
70% > u ≥ 40%	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000
5% > u	0,250	0,000	0,000	0,000	0,250

DIPS NB 6	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	11,522	0,522	0,261	0,087	0,000
80% > u ≥ 70%	3,043	0,435	0,565	0,130	0,000
70% > u ≥ 40%	4,478	0,522	0,652	0,217	0,000
40% > u ≥ 5%	0,957	0,130	0,130	0,043	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 7	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	2,692	1,154	0,615	0,154	0,077
80% > u ≥ 70%	1,923	0,231	0,154	1,077	0,000
70% > u ≥ 40%	1,462	0,154	0,769	0,231	0,000
40% > u ≥ 5%	0,000	0,077	0,077	0,154	0,000
5% > u	1,385	0,000	0,000	0,231	0,846

DIPS NB 8	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	13,667	1,083	1,083	0,667	0,000
80% > u ≥ 70%	4,833	0,833	0,833	0,083	0,000
70% > u ≥ 40%	3,917	0,917	1,917	0,167	0,000
40% > u ≥ 5%	1,500	1,583	0,583	0,167	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,083	0,000

DIPS NB 9	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	10,556	0,889	0,852	2,000	0,000
80% > u ≥ 70%	0,667	0,259	0,333	0,370	0,000
70% > u ≥ 40%	0,667	0,407	0,222	0,370	0,000
40% > u ≥ 5%	0,222	0,074	0,000	0,037	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Alle DIPS

DIPS NB 10	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	13,000	0,133	0,133	0,133	0,000
80% > u ≥ 70%	4,567	0,067	0,167	0,067	0,000
70% > u ≥ 40%	4,700	0,333	0,433	0,100	0,000
40% > u ≥ 5%	1,600	0,200	0,333	0,000	0,000
5% > u	0,133	0,033	0,033	0,233	0,400

DIPS NB 11	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	13,000	0,182	0,000	0,000	0,000
80% > u ≥ 70%	1,682	0,500	0,000	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	2,955	0,455	0,182	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,818	0,000	0,045	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 12	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	23,000	1,000	0,000	0,500	0,000
80% > u ≥ 70%	3,250	0,000	0,000	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	1,250	0,250	0,750	0,000	0,250
40% > u ≥ 5%	0,500	0,250	0,500	0,500	0,000
5% > u	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 13	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	18,642	0,170	0,151	0,038	0,000
80% > u ≥ 70%	6,792	0,075	0,151	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	0,472	0,094	0,132	0,019	0,000
40% > u ≥ 5%	0,057	0,000	0,075	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000

DIPS Aggregiert 10-min

DIPS NB 10	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	9,533	0,067	0,067	0,133	0,000
80% > u ≥ 70%	3,267	0,067	0,200	0,033	0,000
70% > u ≥ 40%	2,633	0,267	0,400	0,100	0,000
40% > u ≥ 5%	0,833	0,167	0,367	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,133	0,200

DIPS NB 11	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	8,227	0,182	0,000	0,000	0,000
80% > u ≥ 70%	1,364	0,409	0,000	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	1,955	0,318	0,182	0,000	0,000
40% > u ≥ 5%	0,591	0,000	0,045	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 12	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	20,000	0,750	0,000	0,500	0,000
80% > u ≥ 70%	3,250	0,000	0,000	0,000	0,000
70% > u ≥ 40%	1,250	0,250	0,500	0,000	0,250
40% > u ≥ 5%	0,500	0,250	0,500	0,500	0,000
5% > u	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000

DIPS NB 13	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90% > u ≥ 80%	18,358	0,094	0,132	0,019	0,000
80% > u ≥ 70%	6,755	0,057	0,113	0,019	0,000
70% > u ≥ 40%	0,434	0,094	0,132	0,019	0,000
40% > u ≥ 5%	0,038	0,000	0,075	0,000	0,000
5% > u	0,000	0,000	0,000	0,132	0,000

ANHANG B Fehlende Messwerte

Die meisten Datenverluste bei Jahresmessungen im Beobachtungszeitraum traten aufgrund von individuellen Problemen mit einzelnen Messgeräten auf. Da in vielen Fällen noch keine online-Anbindung der Messgeräte existiert, werden beispielsweise schadhafte Datenspeicher erst beim Auslesen entdeckt, was zumeist zu einem Totalverlust der Daten des gesamten Beobachtungszeitraumes führt.

Soweit dies möglich ist, sind die Netzbetreiber bemüht, geeignete Ersatzmessungen durchzuführen und die entsprechenden Daten der Auswertung zuzuführen.

Insgesamt ist zu beobachten, dass ein erheblicher Teil des im Feld befindlichen Messequipments langsam in die Jahre kommt und laufend ersetzt wird. Somit sollten gerätebedingte Ausfälle in Zukunft seltener vorkommen.

ANHANG C PQ-Monitoring und Auswertung in Österreich

C.1 Allgemeines

Zur Überwachung der Einhaltung der Spannungsqualität gemäß §12 der Elektrizitätsstatistikverordnung 2016 und §8 der END-VO 2012 idF Novelle 2013 sind in §14 Abs.3 END-VO 2012 idF Novelle 2013 die zu ermittelnden Kennzahlen und Modalitäten zur Durchführung der Erhebung definiert.

END-VO 2012 idF Novelle 2013

§14 (3) Der Verteilernetzbetreiber hat der Regulierungsbehörde den gemäß § 8 vorgegebenen Standard jährlich zum 31. März für das vorangegangene Kalenderjahr in geeigneter Weise nachzuweisen. Jeder Verteilernetzbetreiber, der keine eigene Messung durchführt, hat zumindest eine für sein Netzgebiet repräsentative Messung nachzuweisen. Koordinierte Messungen der Verteilernetzbetreiber im gesamten Bundesgebiet sind zulässig. Die Messungen sind in folgendem Modus durchzuführen

1. Es sind jährlich Messungen an 360 verschiedenen Messstellen im gesamten Bundesgebiet für mindestens drei auf einander folgende Wochen durchzuführen. Die Auswahl dieser Messstellen erfolgt jährlich basierend auf einem statistischen, dem Stand der Technik entsprechenden Auswahlverfahren, das der Regulierungsbehörde vorzulegen und mit ihr abzustimmen ist. 40 weitere Messstellen sind jedes Jahr in den gleichen drei Kalenderwochen zu messen. Die Auswahl dieser Messstellen ist zu begründen und der Regulierungsbehörde vorzulegen und mit ihr abzustimmen.

2. In allen Umspannwerken des gesamten Bundesgebiets sind gemäß § 16 Abs. 3 die Messungen von Spannungseinbrüchen, -erhöhungen sowie -unterbrechungen ganzjährig und durchgehend durchzuführen.

§16 (3) Messungen gemäß § 14 Abs. 3 Z 2 haben in 10 % der Umspannwerke ab 1. Jänner 2014 zu erfolgen, in 50 % der Umspannwerke ab 1. Jänner 2016 und in 100 % der Umspannwerke ab 1. Jänner 2020. Die jeweilige Auswahl der Messstellen ist mit der Regulierungsbehörde abzustimmen.

C.2 Festlegung der Messorte¹⁰

C.2.1 Bestimmung der Stichprobengröße

Als potentielle Messorte N in der Mittelspannung sind alle Mittelspannungsknoten der Netzebene 5 mit vorhandenen Messwandlern und angeschlossenen Endverbrauchern definiert. Für das gesamte Bundesgebiet stehen damit etwa 4300 potentielle Messpunkte zur Verfügung (Abbildung 40). Um nicht alle Messpunkte messen zu müssen, aber dennoch eine Aussage über die Spannungsqualität mit einer gewählten Genauigkeit treffen zu können, ist eine repräsentative Stichprobengröße erforderlich.

¹⁰ (Quelle: „Erstellung eines Verfahrens für die Ermittlung repräsentativer Stichproben“, Dipl.-Ing. Dr. Rudolf Dutter, o.Universitätsprofessor am Institut f. Statistik, Technische Universität Wien)

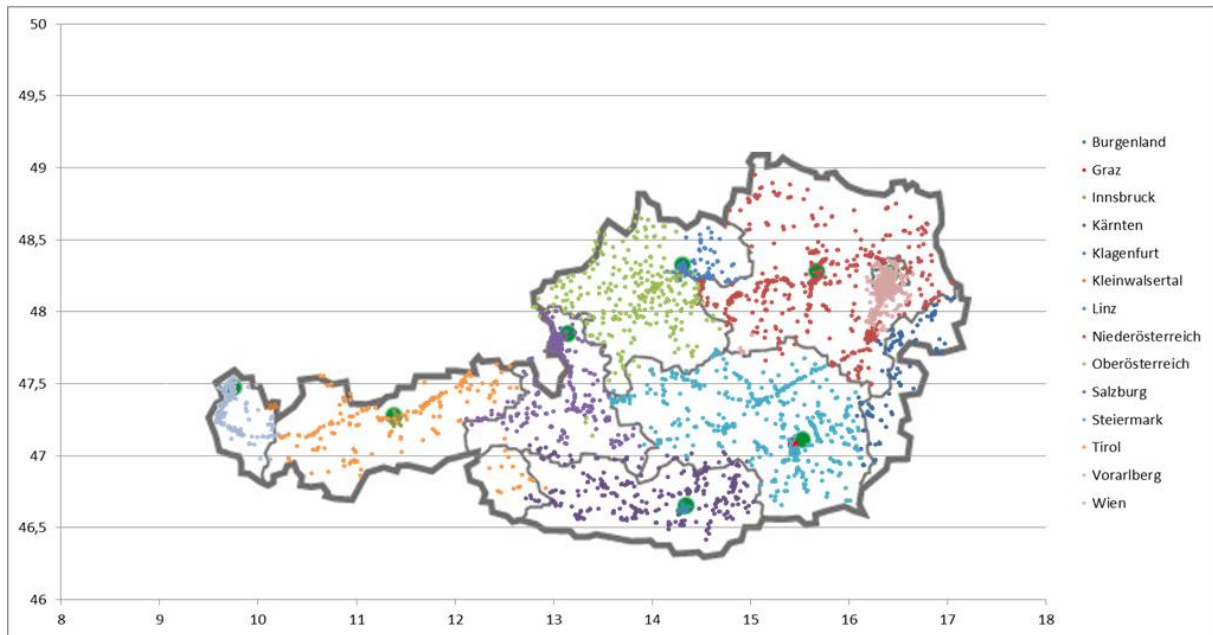


Abbildung 40 Potentielle Messorte in der Mittelspannungsebene

Zur Ermittlung der Stichprobengröße M wird die Formel von Cochran [W.G. Cochran. Sampling Techniques. Wiley & Sons, New York, third edition, 1977] angewendet.

$$M = \frac{\frac{n_0}{n_w}}{1 + \frac{\frac{n_0}{n_w} - 1}{N}} \quad \text{mit} \quad n_0 = \frac{z_1^2 - p(1-p)}{e^2}$$

z α – Quantil aus der Standardnormalverteilung für die gewünschte Sicherheit des Vertrauensintervalls

p Stichprobenanteil mit Grenzwertverletzung ($p=0,01 \rightarrow 1\%$ Messwerte mit Grenzwertverletzung)

e (halbe) Toleranz bei 2-seitigem Konfidenzintervall

n_w Anzahl Messwerte ($n_w = 3024$ für alle 10-Minuten-Mittelwerte einer 3-Wochenmessung)

N Potentielle Messorte der Netzebene 4 und 5

e bedeutet dabei die tolerierte maximale Überschreitung der Grenze des Anteils der „schlechten“ Messungen p . Das Signifikanzniveau α ist die Wahrscheinlichkeit, dass $p-e$ unterschritten wird, wobei die Spannungsqualität den Vorgaben entspricht ($1 - \alpha$ kann also auch als Sicherheit der Aussage interpretiert werden).

Zur Ermittlung der Stichprobengröße steht die Programmfunktion `f.bt` auf Basis des Statistikprogramms R¹¹ zur Verfügung.

Entsprechend der Vorgabe in §14 Abs.3 der END-VO 2012 idF Novelle 2013 wurde die Stichprobengröße für „mobile“ Messungen bei einer Messdauer von 3 Wochen auf 360 Messstellen je Jahr festgelegt.

¹¹ Statistikprogramm R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008. URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.

Zusätzlich zu diesen 360 Messstellen sind 40 weitere Messstellen jedes Jahr an der gleichen Stelle und zum gleichen Zeitpunkt als „Fixe“ Messungen bei einer Messdauer von 3 Wochen zu messen. Damit ergeben sich 400 Messorte für das Bundesgebiet wobei 10% als fixe Messorte zu bestimmen sind.

Um eine Aufteilung der „mobilen“ und „fixen“ Messorte auf die 13 Netzbereiche (Kleinwalsertal ausgenommen) zu erhalten, wird die oben angeführte Formel auf jeden Netzbereich angewendet. Von der Stichprobengröße M je Netzbereich werden 10% als „fixe“ Messorte festgelegt.

Damit ergibt sich entsprechend den angegebenen potentiellen Messstellen folgende Aufteilung:

Tabelle 7 Stichprobengröße je Netzbereich

Netzbereich	Potentielle Messstellen	Anzahl Messungen /Jahr	fixe Messungen / Jahr	mobile Messungen / Jahr
Burgenland	128	29	3	26
Kärnten	363	34	3	31
Niederösterreich	560	36	4	32
Oberösterreich	315	34	3	31
Salzburg	471	35	3	32
Steiermark	582	36	4	32
Tirol	232	33	3	30
Vorarlberg	338	34	3	31
Wien	1007	37	4	33
Graz	40	20	2	18
Innsbruck	30	17	2	15
Klagenfurt	44	21	2	19
Linz	278	33	3	30
Kleinwalsertal	5	2	1	1
	4393	401	40	361

C.2.2 Auswahlverfahren der Messorte

(1) „Mobile“ Messorte

Die Auswahl der „mobilen“ Messorte mit der gegebenen Stichprobenanzahl M (Tabelle 7 Spalte „mobile Messungen/Jahr“) erfolgt jährlich für jeden der 13 Netzbereiche durch Partition und systematische Reihung in der Anordnung der Stichprobe. Damit wird erreicht, dass die ausgewählten Messorte möglichst gleichmäßig über den Netzbereich verteilt sind und einen möglichst großen Abstand zueinander haben.

Die Messorte im Kleinwalsertal werden zufällig ausgewählt.

Verteilernetzbetreiber für die im aktuellen Berichtsjahr keine Auswahl getroffen wurde (*keine Auswahl entsprechend Auswahlverfahren*) und daher keine eigenen Messungen durchführen, haben der ECA zum Zeitpunkt der Messdatenübermittlung ein Anerkennungsschreiben zu übermitteln. In diesem Anerkennungsschreiben werden vom Verteilernetzbetreiber die Kennzahlen der Spannungsqualität des überlagerten Netzbereiches als repräsentativ anerkannt.

(a) Methode der Partition und systematischen Reihung in der Anordnung

1. Bestimmung einer Partition der N Messorte in M (annähernd) gleich große Gruppen (Klassen).

N potentielle Messorte in der Mittelspannung

M Stichprobengröße entsprechend Punkt C.2

a) Bei gestreckten (länglichen) Versorgungsgebieten:

i. Bestimmung der ersten Hauptkomponente (PCA) als Haupt-Ausrichtung der Punktwolke der Messstellen.

ii. Über die Projektion auf die erste Hauptkomponente (Score-Werte) ergibt sich eine eindeutige Reihenfolge und somit die Zuordnung zu einer der M Gruppen wobei die Gruppengrenzen durch die $0, 1/M, 2/M, \dots, M/M$ –Quantile gegeben sind.

b) Bei kompakten Versorgungsgebieten:

i. Bestimme das Zentrum der Punktwolke der Messstellen als $P = (\bar{x}, \bar{y})$, d.h. der komponentenweise Median der geografischen Koordinaten.

ii. Die Positionen der Messstellen werden in der Polarkoordinatendarstellung mit dem Ursprung P , dem Winkel α und dem Radius r betrachtet.

A. Bei kleinen M : α definiert eine Reihenfolge und somit die Zuordnung zu einer der M Gruppen mit den $0, 1/M, 2/M, \dots, M/M$ – Quantilen als Gruppengrenzen.

B. Bei großen M : Die $\lfloor N/M \rfloor$ Punkte mit den kleinsten Radien r bilden die erste, zentrale Gruppe. Die restlichen Punkte werden den Gruppen nach α mit den Grenzen der $0, 1/M-1, 2/M-1, \dots, M-1/M-1$ - Quantile zugeordnet.

Jeder Gruppe wird genau ein aktueller Messort zugeordnet.

2. Bestimme die Ordnungszahlen der Messstellen innerhalb der Gruppen. Im Fall 1a (gestrecktes Versorgungsgebiet) ist diese durch die Score-Werte der Hauptkomponentenanalyse gegeben, im Fall 1b (kompaktes Versorgungsgebiet) entweder durch den Winkel α oder durch die x - oder y -Werte.

3. Bestimmung der Reihenfolge der Wechsel der Messorte. Die Reihenfolge ist eine zufällige, aber in allen Gruppen gleiche Permutation der Ordnungszahlen.

4. In jeder Messperiode t_i (Berichtsjahr), ist in jeder Gruppe der Messort mit der Reihenfolge-Kennzahl $(i \bmod [N/M]) + 1$ besetzt.

Für die Auswahl der jährlichen Messorte gibt es zwei Möglichkeiten

- a. Einmalige Durchführung der Auswahl durch Anwendung der Schritte 1-4 und Festlegung der Messorte für die Berichtsjahre 1 bis $[N/M] + 1$
- b. Jährliche Durchführung der Auswahl durch Anwendung der Schritte 1-4 und Festlegung der Messorte für das aktuelle Berichtsjahr. Dabei werden die bereits gemessenen Messorte aus den potentiellen Messorten N entfernt.

Nach Messung aller potentiellen Messorte oder falls M kein Teiler von N ist, werden wiederum alle potentiellen Messorte in die Auswahl mit einbezogen.

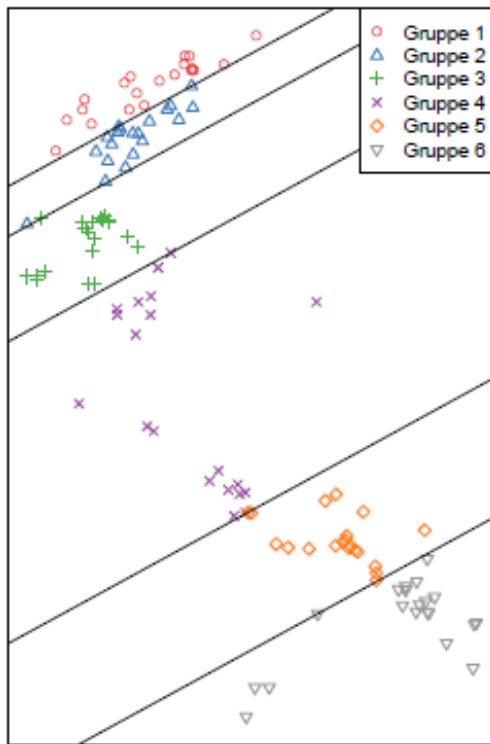
Zur Durchführung der Auswahlsschritte 1-4 stehen Programmfunktionen auf Basis des Statistikprogramms R¹² zur Verfügung.

- Funktion f.gruppenL Messortauswahl für gestreckte Versorgungsgebiete
- Funktion f.gruppenK Messortauswahl für kompakte Versorgungsgebiete

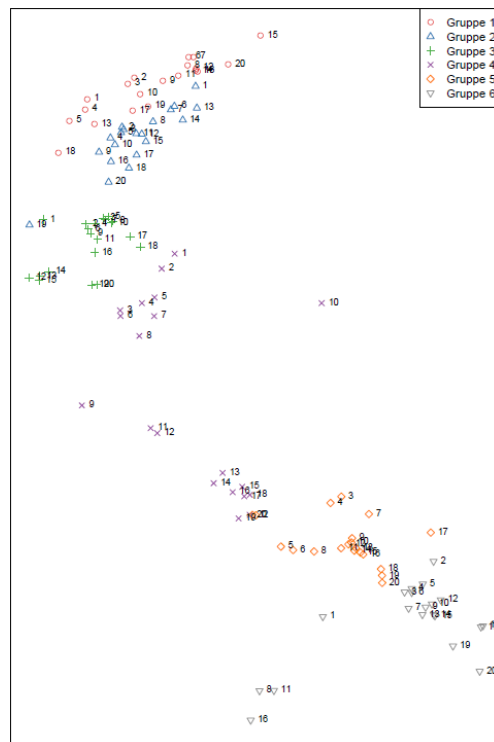
In den nachfolgenden Abbildungen wird die Methode der „Partition und systematischen Reihung in der Anordnung“ anhand eines länglich gestreckten und eines kompakten Versorgungsgebietes mit einer Stichprobengröße $M=6$ illustriert.

¹² Statistikprogramm R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008. URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.

Illustration Messstellenauswahl für gestreckte (längliche) Versorgungsgebiete



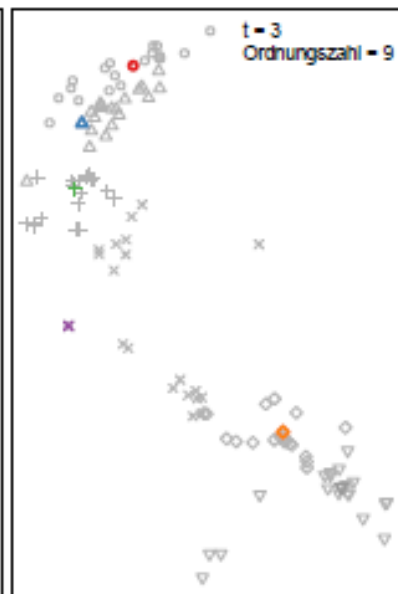
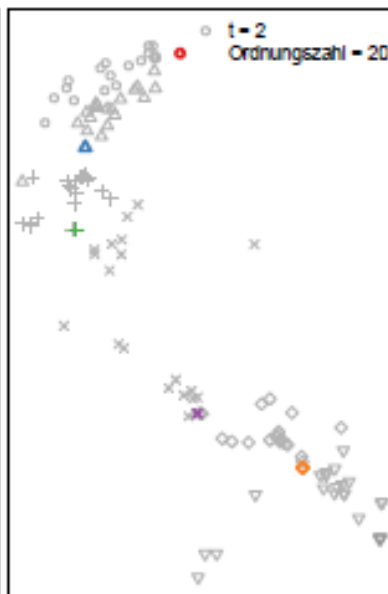
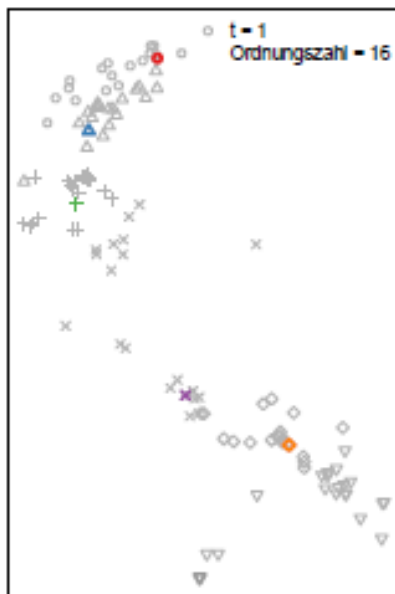
des



Partition

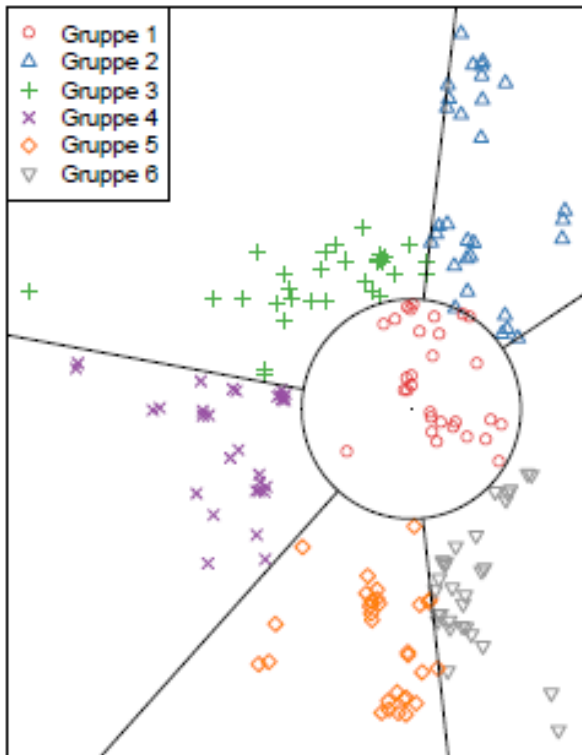
Versorgungsgebietes

Zufällige Reihenfolge innerhalb der Gruppen

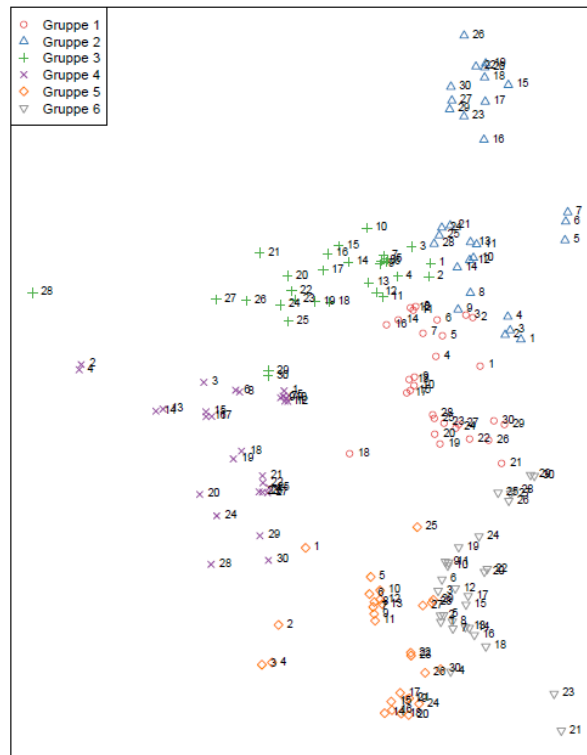


Reihenfolge der Messorte für die z.B. die Jahre 1 -3 bei einer Stichprobengröße von M=6

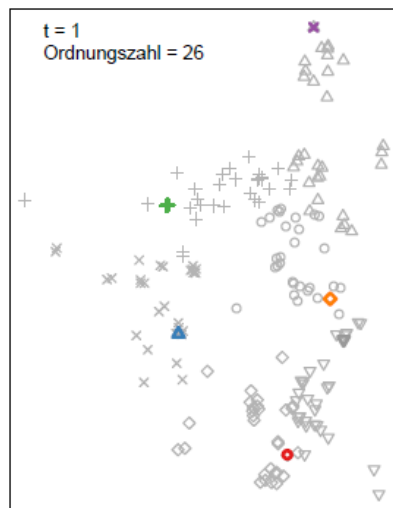
Illustration Messstellenauswahl für kompakte Versorgungsgebiete



Partition des Versorgungsgebietes



Zufällige Reihenfolge innerhalb der Gruppe



Reihenfolge der Messorte für die z.B. die Jahre 1 -3 bei einer Stichprobengröße von M=6

(2) „Fixe“ Messorte

Im Gesamten Bundesgebiet werden zusätzlich 40 Messorte einmalig ausgewählt und sind jedes Jahr in den gleichen drei Kalenderwochen zu messen. Für die einzelnen Netzbereiche ergibt sich die Anzahl der Messorte entsprechend der Tabelle 7 Spalte „fixe Messungen/Jahr“.

Die Auswahl der „fixen“ Messorte erfolgt nach strukturellen Merkmalen wie z.B.

- industriellastig
- Wintersportregion
- Kabel / Freileitungsnetz
- Umspannwerke mit erheblicher Rückspeisung durch Erzeugungsanlagen

(3) Umspannwerke

In jedem Umspannwerk ist ein Messgerät zur Erfassung der DIPs und SWELs nach EN 50160 einzubauen. Die Erfassung ist ganzjährig und durchgehend durchzuführen.

Die Umsetzung erfolgt in folgenden Schritten:

Ab 1. Jänner 2014 10% der Umspannwerke
Ab 1. Jänner 2016 50% der Umspannwerke
Ab 1. Jänner 2020 100% der Umspannwerke

Die Auswahl der Umspannwerke erfolgt nach strukturellen Merkmalen wie z.B.

- industriellastig
- Wintersportregion
- Kabel / Freileitungsnetz
- Umspannwerke mit erheblicher Rückspeisung durch Erzeugungsanlagen

C.3 Messung und Datenübermittlung

C.3.1 Durchführung der Messung

Die unter Punkt C.2.2(1) ausgewählten „mobilen“ Messorte werden innerhalb des Berichtsjahres jeweils für einen Messzeitraum von 3 Wochen gemessen. Zur optimalen Integration in den bestehenden Messprozess werden diese Messungen zeitlich abgestimmt. Auf Grund der Anzahl und Messdauer ist eine etwa gleichmäßige Verteilung der Messungen über das Jahr zu erwarten.

Die unter Punkt C.2.2(2) ausgewählten „Fixen“ Messorte werden jährlich in den gleichen drei Kalenderwochen gemessen.

Bei der Durchführung der Messung („mobil“ und „fix“) sind folgende PQ-Parameter zu erfassen:

1. Langsame Spannungsänderung
2. Flicker
3. Oberschwingungen:
 - a. THDu bis mindestens 40.OS
 - b. ungeradzahlige OS (nicht vielfache von 3) 5., 7., 11., 13. OS

Die Messung der PQ-Parameter ist zwischen den Phasenleitern (verkettete Spannung) durchzuführen.

Ist eine Messung an einem ausgewählten Messort nicht möglich (z.B. Umbau, Abtragung), so ist ein Ersatzmessort auszuwählen.

In den unter Punkt C.2.2(3) ausgewählten Umspannwerken werden ganzjährig und durchgehend die DIPs und SWELLS entsprechend der Kategorisierung nach EN 5060 erfasst.

C.3.2 Datenübermittlung an ECA

„Fixe“ Messorte

Die Auswahl der „Fixen“ Messorte erfolgt einmalig und wird an die ECA in Form einer EXCEL-Liste übermittelt und abgestimmt. Sollte ein Messort im Laufe der Zeit nicht mehr zur Verfügung stehen, erfolgt eine neuerliche Übermittlung und Abstimmung.

Daten „Fixe“ Messorteliste

- Netzbereich
- Netzbetreiber
- Messort Nummer
- Messort Bezeichnung
- Koordinate X
- Koordinate Y
- Kabel/Freileitung
- Versorgungsstruktur (Wohngebiet, Landwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Wintersportregion)

- Erzeugungslastig
- Kalenderwoche (Beginn der 3-Wochenmessung)
- Begründung für Auswahl (individueller Text)

Messstellenliste

Die Messstellenliste wird jährlich zum 31. März für das vorangegangene Kalenderjahr an die ECA in Form einer EXCEL-Liste übermittelt.

Darin enthalten sind

- Grundgesamtheit der potentiellen Messstellen in der NE5
- Markierung der gemessenen Messorte
- Markierung der im aktuellen Messjahr geplanten Messorte

Daten Messstellenliste:

- Nummer
- Bezeichnung
- x-Koordinate (Länge)
- y-Koordinate (Breite)
- Postleitzahl
- Name des (untergeordneten) Netzbetreibers
- Netzbereich
- Messjahr-i (Messung durchgeführt)
- Messung geplant im aktuellen Messjahr

Umspannwerksliste

Die Liste der ausgewählten Umspannwerke wird jeweils Ende 2013, Ende 2015 und Ende 2019 erstellt und an die ECA in Form einer EXCEL-Liste übermittelt.

Daten Umspannwerksliste:

- Netzbereich
- Netzbetreiber
- Umspannwerk Nummer
- Umspannwerk Bezeichnung
- Koordinate X
- Koordinate Y
- Kabel/Freileitung
- Versorgungsstruktur (Wohngebiet, Landwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Wintersportregion)
- Erzeugungslastig

Messergebnisse

Die Messergebnisse werden jährlich zum 31. März für das vorangegangene Kalenderjahr an die ECA in Form einer EXCEL-Liste übermittelt. Es wird jede Woche des 3-wöchigen Messintervalls getrennt aufgelistet.

Verteilernetzbetreiber für die im aktuellen Berichtsjahr keine Auswahl getroffen wurde (keine Auswahl entsprechend Auswahlverfahren Punkt C.2.2(1)(a)) und daher keine eigenen Messungen durchgeführt haben, übermitteln der ECA ein Anerkennungsschreiben. In diesem

Anerkennungsschreiben werden vom Verteilernetzbetreiber die Kennzahlen der Spannungsqualität des überlagerten Netzbereiches als repräsentativ anerkannt.

Daten Messergebnisse („mobile“ und „fixe“ Messungen):

- Messung
- Netzbereich gemäß EIWOG
- Netzbetreiber
- Netzebene
- Messstelle
- Anzahl 10 Minuten Mittelwerte
- Koordinaten
- Versorgungsspannung
- Jahr
- Kalenderwoche (Start)

- Langsame Spannungsänderungen
 - o 10 Minuten Mittelwerte 0% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 10 Minuten Mittelwerte 5% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 10 Minuten Mittelwerte 95% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 10 Minuten Mittelwerte 100% Quantil [L12, L23, L31]

- Oberschwingungen
 - o 5. OS 95% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 7. OS 95% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 11. OS 95% Quantil [L12, L23, L31]
 - o 13. OS 95% Quantil [L12, L23, L31]

- THDu 95% Quantil [L12, L23, L31]

- Flicker Plt 95% Quantil [L12, L23, L31]

Daten Messergebnisse (Umspannwerke):

- Messung
- Netzbereich gemäß EIWOG
- Netzbetreiber
- Netzebene
- Messstelle (Umspannwerks Nummer)
- Koordinaten
- Versorgungsspannung
- Jahr
- Anzahl Dip und Swell klassifiziert nach EN 50160

C.4 Statistik über die Spannungsqualität

C.4.1 Allgemeines

Entsprechend §12 der Elektrizitätsstatistikverordnung 2016 ist jährlich eine Statistik über die Spannungsqualität zu erstellen. Basis für diese Statistik sind die nach Kapitel C.3 erfassten Messergebnisse.

Ziel ist es, für jeden Netzbereich und für Österreich die vorherrschende Spannungsqualität vergleichbar darzustellen.

C.4.2 Auswertung der kontinuierlichen PQ-Parameter

Die Spannungsqualität nach EN 50160 ist durch Erfassung des 95% bzw. 99% Messwertes einer Woche definiert. Die Auswertung der Messerwerte für jeden Messort erfolgt entsprechend den EN50160 Quantilwerten je Messwoche (Tabelle 8) für die Kenngrößen Spannung, THDu, 5.7.11.13.OS, Plt.

Spannungsparameter	Bezeichnung	Bedingung	Grenzwert
Langsame Spannungsänderung	U_{RMS}	<ul style="list-style-type: none"> 99% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche (bis 2013 95% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche) 100% der 10-Minuten Spannungsmittelwerte einer Woche 	$\pm 10\%$ von U_c $+10\% / -15\%$ von U_c
Flicker	P_{It}	95% der P_{It} -Werte einer Woche	$P_{It} < 1$
Gesamtüberschwingungsgehalt	THDu	95% der THDu-Werte einer Woche	$THDu \leq 8\%$
5. Harmonische OS	U_5	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 6\%$
7. Harmonische OS	U_7	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 5\%$
11. Harmonische OS	U_{11}	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 3,5\%$
13. Harmonische OS	U_{13}	95% der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes der Oberschwingung	$\leq 3\%$

Tabelle 8 Messbedingungen entsprechend EN 50160

Systematik der Auswertung

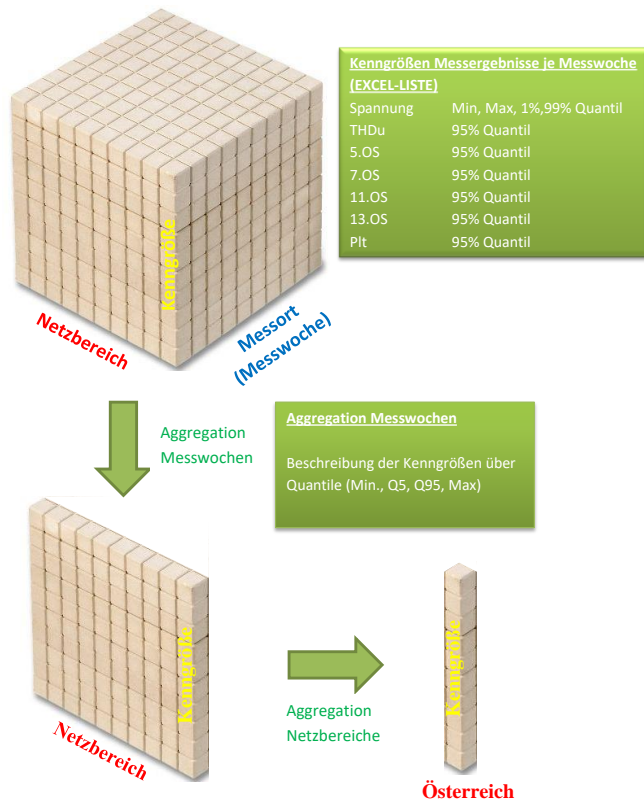


Abbildung 41 Ermittlung quantilsbasierter PQ-Kennzahlen

Ermittlung der Spannungsqualität je Netzbereich und Österreich

Auf Basis der nach EN 50160 gemessenen 95%-Quantile für Plt, THDu und Oberschwingungen bzw. 99%-Quantile der Spannung erfolgt die Auswertung durch Aggregation der Messwochen und Beschreibung jeder Kenngröße durch Quantilwerte (Min, Q5%,Median, Q95%, Max) und Histogrammdarstellungen.

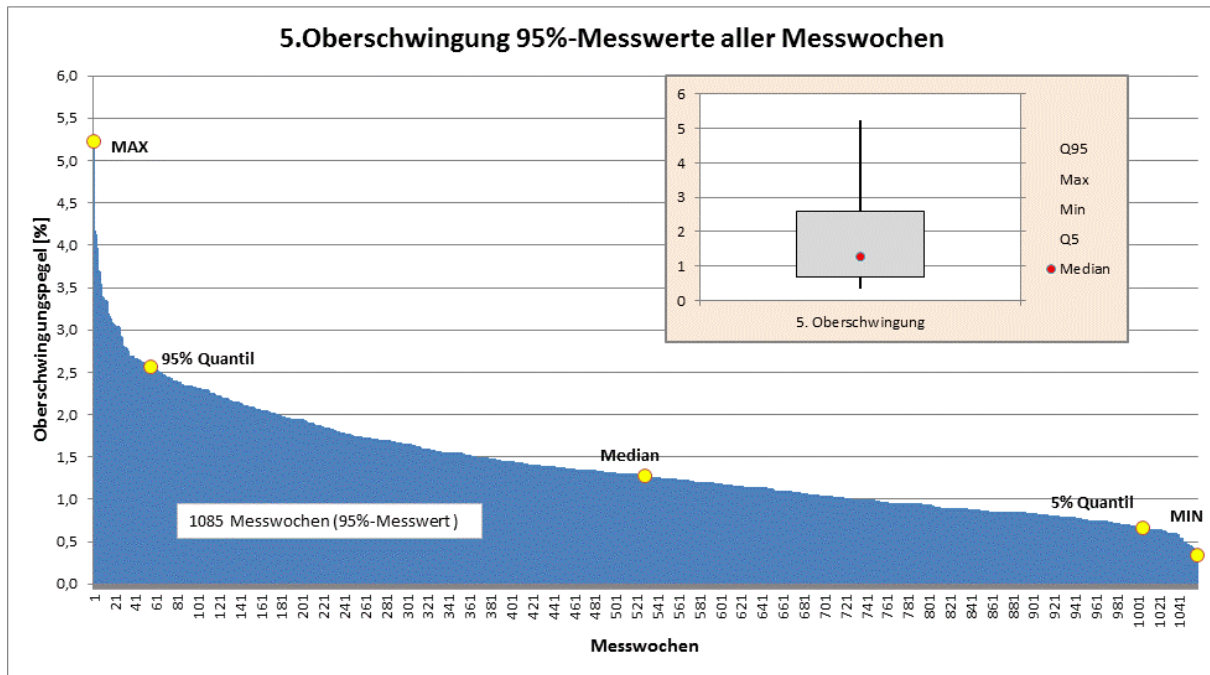


Abbildung 42 95%-Messwerte aller Messwochen (geordnet) und quantilsbasierte Auswertung

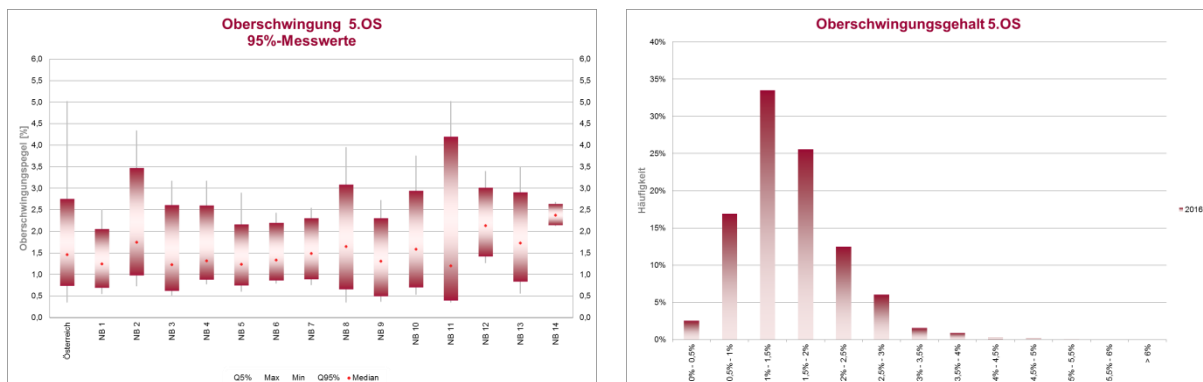


Abbildung 43 Beispiele Auswertung der 5. Oberschwingung

Berechnung eines INDEX- bzw. Kennzahlenwertes

Die Berechnung des Kennzahlenwertes erfolgt durch Normalisierung (Messgröße bezogen auf den Grenzwert). Im Bericht wird für jeden Parameter die Ausnutzung des Grenzwerts in Prozent dargestellt.

Für THDu, Plt, Oberschwingungen

$Index_{95} = m_{95} / g$ m_{95} Aggregierte Messergebnis (95%-Quantil) g Grenzwert

$Index_{max} = m_{max} / g$ m_{max} Aggregierte Messergebnis (100%-Quantil) g Grenzwert

Für Spannung

$$\text{Index}_{99} = \max(m_1/g_u ; m_{99}/g_o) \quad \text{Index}_{\max} = \max(m_{\min}/g_u ; m_{\max}/g_o)$$

- m_1 Aggregierte Messergebnis (1%-Quantil)
- m_{99} Aggregierte Messergebnis (99%-Quantil)
- m_{\min} Aggregierte Messergebnis (0%-Quantil)
- m_{\max} Aggregierte Messergebnis (100%-Quantil)
- g_u Grenzwert unten
- g_o Grenzwert oben

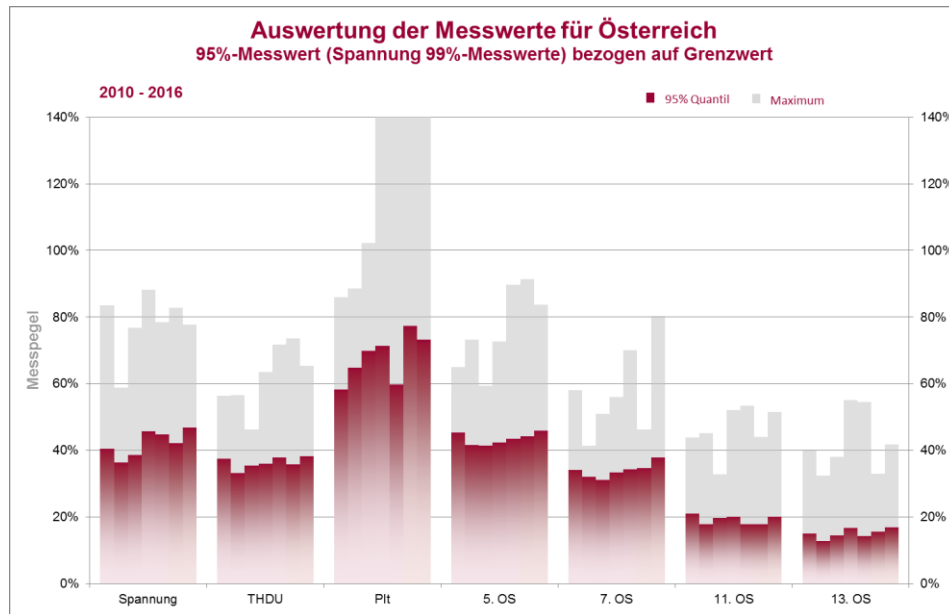


Abbildung 44 Beispiel PQ-Kennzahl Österreich

(1) Typische Qualität

Betrachtet man die 95%-Messwerte der 5.OS aller Messwochen in Österreich (siehe dazu Abbildung 42), so liegen die Ergebnisse im Bereich zwischen 0,4% und 5,3%.

Für die Aussage über die PQ-Qualität in Österreich bzw. in den einzelnen Netzbereichen sollte ein repräsentativer Bereich gewählt werden (in der Statistik gängige Größe Q5% und Q95%). Der Maximalwert, der bei ~1100 Messwochen 1x aufgetreten ist, soll und wird dargestellt, aber beschreibt nicht die PQ-Qualität in Österreich.

(2) Berechnung Spannungshub

Wird bei den Spannungsmessungen ein unterschiedliches U_c zur Berechnung der prozentualen Spannungshöhe gewählt ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse in der Auswertung. Es ist daher schwierig einen Vergleich zwischen den Netzbereichen durchzuführen. Es wird deshalb der Spannungshub innerhalb der Messwoche berechnet.

Der Spannungshub ist definiert als die Differenz zwischen höchster und tiefster Spannung innerhalb des Beobachtungszeitraums. Für die Auswertung der Messergebnisse werden die beiden Werte $\text{Hub}_{\max} = Q_{100\%} - Q_{0\%}$ und $\text{Hub}_{99} = Q_{99\%} - Q_{1\%}$ berechnet.

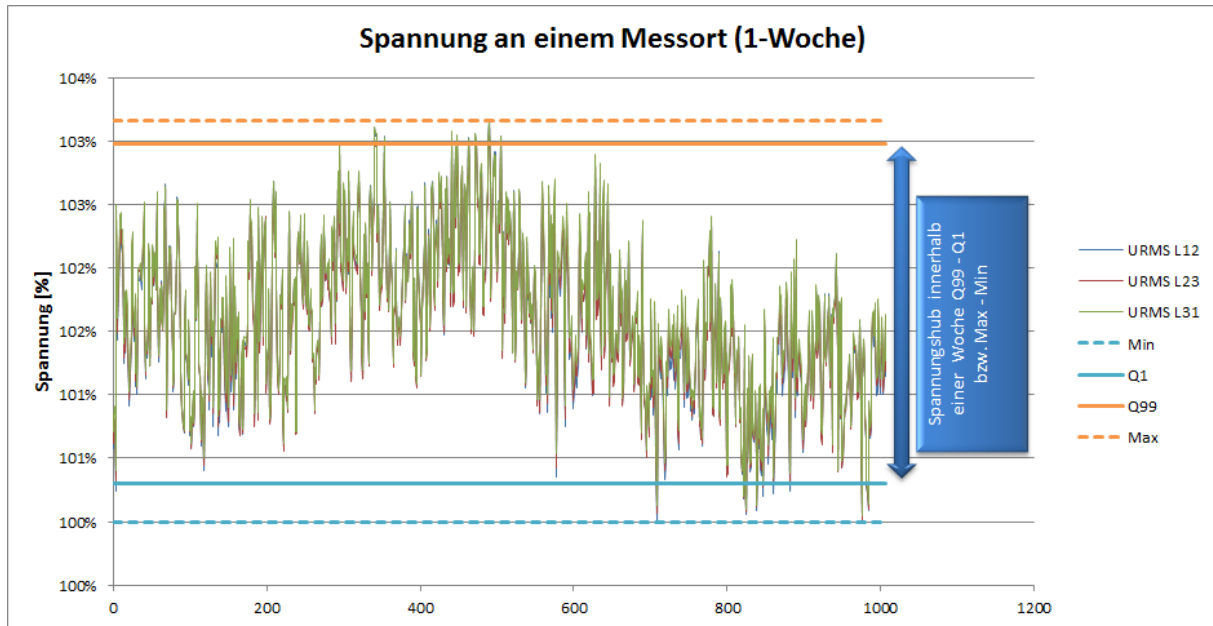


Abbildung 45 Definition Spannungshub

C.4.3 Spannungseignisse

Spannungseinbrüche (DIP) in den MS-Umspannwerken sind im Wesentlichen durch das Störungsgeschehen im Mittelspannungsnetz begründet. Zusätzlich wirken sich Spannungseinbrüche im vorgelagerten Netz (Störung in den NE1-3) auf die Mittelspannungsebene aus.

Spannungsüberhöhungen (SWELL) entstehen typischerweise durch Schalthandlungen und Lastabtrennungen. Bei der Messung am Umspanner oder Sammelschiene kann auch die Freischaltung des Umspanners oder der Sammelschiene ein SWELL auftreten. Diese SWELLS sind jedoch nicht kundenrelevant.

Aktuell werden SWELLS auf Grund ihrer geringen Anzahl graphisch nicht ausgewertet.

Auf Grund der fehlenden Aussagekraft einer Messung von Spannungsunterbrechungen im Umspannwerk und der Tatsache, dass diese Ausfälle in der Ausfall- und Störstatistik erfasst werden, wird auf die Erfassung der Spannungsunterbrechungen und die Auswertung verzichtet (siehe dazu Anhang C).

Systematik der Auswertung

Die Spannungseignisse werden ganzjährig erfasst und nach EN 50160 mit deren Tiefe und Dauer kategorisiert. Um eine Mehrfachfassung eines Spannungseignisses zu vermeiden, werden in den Auswertungen 10-min Aggregate gebildet. Dabei werden Spannungseignisse in einem Umspannwerk die innerhalb von 10 Minuten auftreten nur als ein Spannungseignis gezählt.

Ziel der Auswertung ist es, eine vergleichbare Kennzahl zu erhalten. Dafür wird eine durchschnittliche DIP-Anzahl ermittelt.

$$\text{DIP}_{\text{mittel}} = \text{Anzahl DIPs} / \text{Anzahl Messgeräte}$$

(Anzahl Messgeräte -> Messgeräte die DIPs erfasst haben)

DIPS ÖSTERREICH	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
90% > u ≥ 80%	9,137	0,412	0,206	0,198	0,011
80% > u ≥ 70%	2,408	0,229	0,191	0,111	0,004
70% > u ≥ 40%	1,244	0,454	0,344	0,092	0,000
40% > u ≥ 5%	0,405	0,156	0,065	0,046	0,011
5% > u	0,008	0,073	0,137	0,053	0,080

Abbildung 46 Beispiel Durchschnittliche DIP-Anzahl

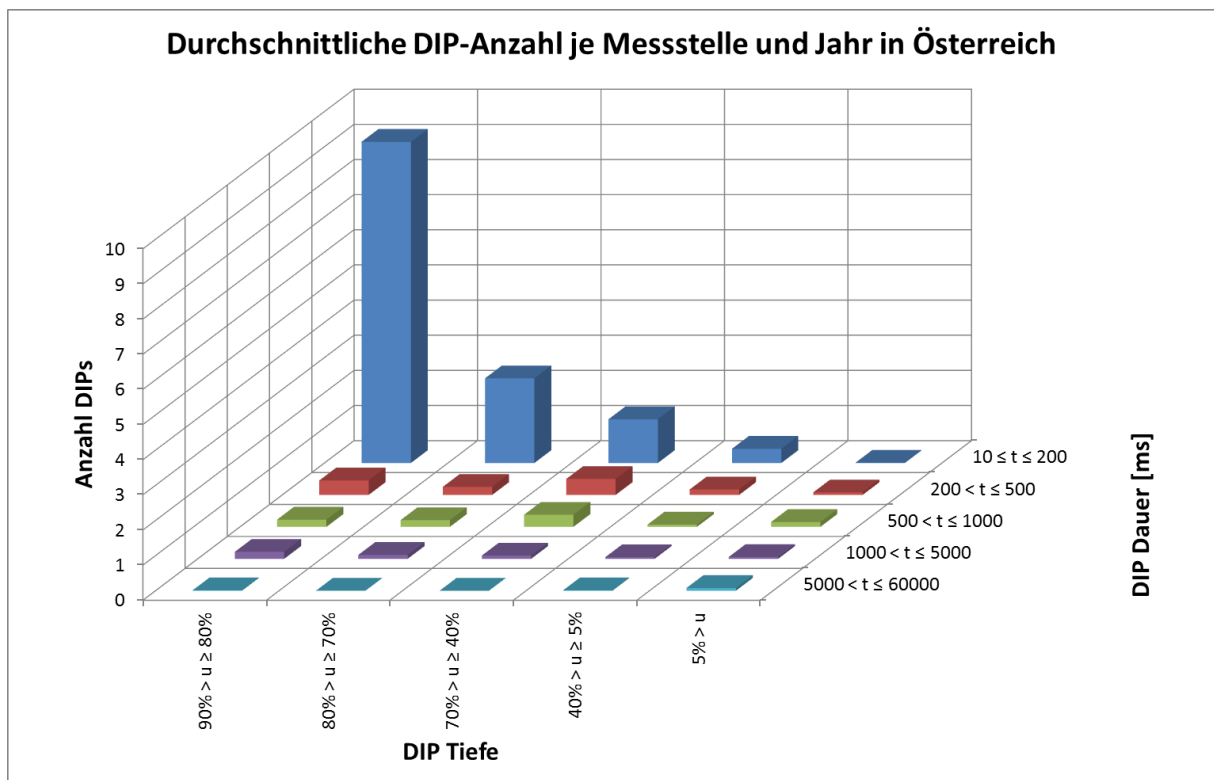


Abbildung 47 Beispiel Grafik Durchschnittliche DIP-Anzahl

Anhang Beschreibung der Funktionen

Die Funktion f.bt

Beschreibung

Die Funktion f.bt berechnet die Stichprobengröße M mit Endlichkeitskorrektur.

Verwendung

f.bt(p=0.05, nW=1008, alpha=0.01, e=0.001, N=100)

Argumente

p Geschätzte Auftretenswahrscheinlichkeit
nW Anzahl der Messungen pro Messstelle
alpha Signifikanzniveau
e Halbe Breite des Konfidenzintervalls
N Anzahl der Messstellen

Rückgabewert

Die Anzahl der benötigten Messstellen M.

R-Code¹³

```
1 f.bt <- function(p=0.05, nW=1008, alpha=0.01, e=0.001, N=100) {  
2 z <- qnorm(1-alpha)  
3 n <- z^2 * p * (1-p) / e^2  
4 h <- n / nW  
5 nc <- h / (1+(h-1)/N)  
6 M <- nc  
7 return(ceiling(M))  
8 }
```

¹³ R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008. URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.

Die Funktion f.gruppenL

Beschreibung

Die Funktion f.gruppenL realisiert die Partition der Menge der N möglichen Messstellen in M Teilmengen für gestreckte (längliche) Gebiete.

Verwendung

f.gruppenL(xy, M)

Argumente

xy Datensatz (data.frame) mit N Zeilen und mindestens 2 Spalten, wobei sich in den ersten beiden Spalten die Koordinaten der Messstellen befinden. Die übrigen Spalten können weitere Informationen, z. B. die Standortnamen enthalten und werden von dieser Funktion nicht verwendet.

M Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Messstellen; $0 < M < N$

Rückgabewert

Eine Liste mit den folgenden Elementen:

- xy Original-Datensatz, wobei aber die Reihenfolge der Zeilen geändert ist
- g Vektor der Länge N mit Zahlen die die Gruppenzugehörigkeit der Messstellen anzeigen
- r Vektor der Länge N mit Zahlen die die Reihenfolge der Messstellen angeben (= zufällige Permutation der Ordnungszahlen)
- o Vektor der Länge N mit den Ordnungszahlen der Messstellen
- pc1 Das Resultat der Hauptkomponentenanalyse: Ein Objekt der Klasse princomp

R-Code

```
1 f.gruppenL <- function(xy, M) {  
2 pc1 <- princomp(xy[,1:2])  
3 xy <- xy[order(pc1$scores[,1], decreasing=TRUE),]  
4 gruppe <- sort(rep(1:M, ceiling(nrow(xy)/M)))[1:nrow(xy)]  
5 ordnungszahl <- rep(NA, nrow(xy))  
6 for(i in 1:M) {  
7 ordnungszahl[gruppe==i] <- 1:sum(gruppe==i)  
8 }  
9 tmp <- sample(1:max(ordnungszahl))  
10 reihenfolge <- tmp[ordnungszahl]  
11 return(list(xy=xy, g=gruppe, r=reihenfolge, o=ordnungszahl, pc1=pc1))  
12 }
```

Die Funktion f.gruppenK

Beschreibung

Die Funktion f.gruppenK realisiert die Partition der Menge der N möglichen Messstellen in M Teilmengen für kompakte Gebiete.

Verwendung

f.gruppenK(xy, M, z=4, ord="w")

Argumente

- xy Datensatz (data.frame) mit N Zeilen und mindestens 2 Spalten, wobei sich in den ersten beiden Spalten die Koordinaten der Messstellen befinden. Die übrigen Spalten können weitere Informationen, z.B. die Standortnamen enthalten und werden von dieser Funktion nicht verwendet
- M Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Messstellen; $0 < M < N$
- z Wenn $M \geq z$ wird die Partition mit einer zentrale kreisförmigen Teilmenge ausgeführt
- ord Nach welchem Kriterium die Ordnungszahlen zu bestimmen ist. Mögliche Werte sind: "w": nach dem Winkel, "x": nach den x-Koordinaten und "y": nach den y-Koordinaten.

Rückgabewert

Eine Liste mit den folgenden Elementen:

- xy Original-Datensatz, wobei aber die Reihenfolge der Zeilen geändert ist
- g Vektor der Länge N mit Zahlen die die Gruppenzugehörigkeit der Messstellen anzeigen
- r Vektor der Länge N mit Zahlen die die Reihenfolge der Messstellen angeben (= zufällige Permutation der Ordnungszahlen)
- rad Der Radius der "zentralen" Gruppe
- o Vektor der Länge N mit den Ordnungszahlen der Messstellen
- qua Die Quantile (Grenzen) der Winkel aller Punkte außer jener in der "zentralen" Gruppe
- x0 Der Median der x-Koordinaten
- y0 Der Median der y-Koordinaten

Anmerkung: Im wesentlichen sind die Vektoren g und r von Interesse. Die Listenelemente rad, qua, x0 und y0 werden nur benötigt, falls man die Grenzen der Gruppen zeichnen möchte.

R-Code

```
1 f.gruppenK <- function(xy, M, z=4, ord="w") {
2   N <- nrow(xy)
3   gruppe <- rep(0, N)
4   ordnungszahl <- rep(NA, N)
5   reihenfolge <- rep(NA, N)
6   tmpData <- xy
7   tmpData[,1] <- tmpData[,1] - median(tmpData[,1])
8   tmpData[,2] <- tmpData[,2] - median(tmpData[,2])
9   comp <- complex(real=tmpData[,1], imaginary=tmpData[,2])
10  arg <- Arg(comp)
11  arg[arg < 0] <- 2*pi + arg[arg < 0]
12  rad <- NULL
13  if(M >= z) {
14    mod <- Mod(comp)
15    rad <- quantile(mod, probs=1/M)
16    gruppe[mod <= rad] <- 1
17    qua <- quantile(arg[gruppe == 0], probs = seq(0, 1, length=M))
18    for(i in 1:(M-1)) {
```

```
19 gruppe[gruppe != 1][arg[gruppe != 1] >= qua[i] & arg[gruppe != 1] < qua[i+1]] <- i+1
20 }
21 } else {
22 qua <- quantile(arg, probs = seq(0, 1, length=M+1))
23 for(i in 1:M) {
24 gruppe[arg >= qua[i] & arg < qua[i+1]] <- i
25 }
26 }
27 gruppe[arg == qua[length(qua)]] <- M
28 tmp <- xy[,1]
29 if(ord == "w") tmp <- arg
30 if(ord == "x") tmp <- xy[,1]
31 if(ord == "y") tmp <- xy[,2]
32 for(i in 1:M) {
33 ordnungszahl[gruppe == i][order(tmp[gruppe == i])] <- 1:sum(gruppe == i)
34 }
35 tmp <- sample(1:max(ordnungszahl))
36 reihenfolge <- tmp[ordnungszahl]
37 return(list(xy=xy, g=gruppe, r=reihenfolge, rad=rad,
38 o=ordnungszahl, qua=qua, x0=median(xy[,1]), y0=median(xy[,2])))
39 }
```

ANHANG: Mengengerüst PQ-Messungen und Auswertungen

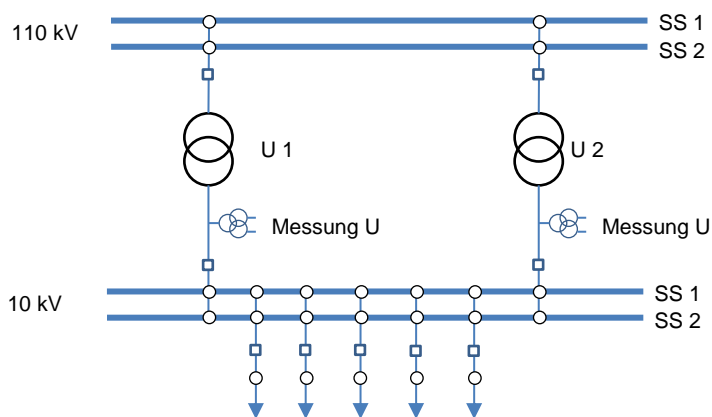
MESSUNG	
400 Messorte je 3-Wochen	1200 Messwochen
1008 10-min Intervalle je Woche	1.209.600 10-min Messintervalle
7 Messparameter je 3 Phasen U_{RMS} , THDu, 5.OS, 7.OS, 11.OS, 13.OS, P_{It}	25.401.600 Messwerte
AUSWERTUNG der Messwerte Quantilswerte entsprechend EN50160 je Messwoche	
1200 Messwochen, 10 Messparameter je 3 Phasen U_{RMS_min} , $U_{RMS_Q1\%}$, $U_{RMS_Q99\%}$, U_{RMS_max} THDu _{Q95%} , 5.OS _{Q95%} , 7.OS _{Q95%} , 11.OS _{Q95%} , 13.OS _{Q95%} , $P_{It_Q95\%}$	36.000 Messergebnisse
AUSWERTUNG der Messergebnisse	
Aggregation Messwochen (Messorte) je Netzbereich 14 Netzbereiche, 8 Messparameter, 5 Quantilswerte (Q0,Q5,Q50,Q95,Q100) (U_{RMS_min} , $U_{RMS_Q1\%}$, $U_{RMS_Q99\%}$, U_{RMS_max} werden zu 2 Spannungsbereichen zusammengefasst)	560 Quantilswerte, 70 Quantilswerte/Messparameter
Aggregation Netzbereiche 8 Messparameter, 5 Quantilswerte (Q0,Q5,Q50,Q95,Q100)	50 Quantilswerte, 5 Quantilswerte/Messparameter
INDEX bzw. KENNZAHL der Power Quality für Österreich	
Kennzahlenermittlung durch Normalisierung der Messparameter (Messparameter Q95 bzw. Q100 bezogen auf den Grenzwert)	14 INDEX- bzw. Kennzahlenwerte

ANHANG: Messung von Spannungsunterbrechungen

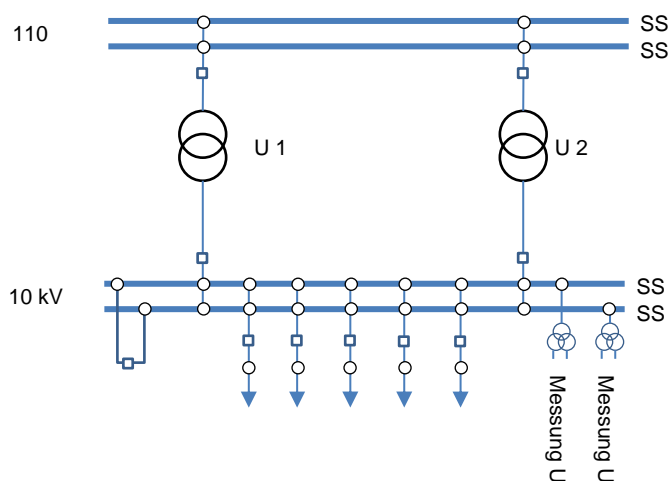
Spannungswandler in den Umspannwerken sind üblicherweise in den Umspannerfeldern oder/und in einer Messzelle (SS-Messung) vorhanden.

PQ-Messgeräte die an diesen Spannungswandlern messen, registrieren folgende Spannungsunterbrechungen. (Spannungsunterbrechung/Ausfall definiert lt. EN 50160 als unterschreiten von 5% der Spannung)

Bei der Messung am Trafo wird in der Regel nur die Abschaltung des Trafos registriert, wobei es aber zu keiner Unterbrechung bei den Kunden kommt. Im Verhältnis zu diesen Betriebsschaltungen sind Ausfälle der 110kV-Ebene und Ausfälle beider Trafos sehr gering und werden über die Ausfall- und Störstatistik erfasst. Um kundenrelevante Spannungsunterbrechungen aus den Messungen herauszufiltern, wäre eine aufwändige Nachbearbeitung notwendig.



Bei der Messung an den Sammelschienen wird in der Regel nur die Abschaltung der Sammelschiene registriert, wobei es aber zu keiner Unterbrechung bei den Kunden kommt. Im Verhältnis zu diesen Betriebsschaltungen sind Ausfälle der 110kV-Ebene und Ausfälle der Sammelschiene sehr gering und werden über die Ausfall- und Störstatistik erfasst. Um kundenrelevante Spannungsunterbrechungen aus den Messungen herauszufiltern, wäre eine aufwändige Nachbearbeitung notwendig.



➔ **Spannungsunterbrechungen werden daher nicht ausgewertet**