

NIS Monitoring Liechtenstein

NIS Messungen 2023

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Liechtensteinische Landesverwaltung Sebastian Gassner Gerberweg 5 9490 Vaduz
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen	04.07.2025 Schlussbericht
Datei	NISKataster_Liechtenstein_2023_Bericht.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Dr. Simona Trefalt, Fabio Fasel 04.07.2025 Dr. Michael Schmutz 04.07.2025 Jan Remund
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Zusammenfassung

Im Projekt NIS Monitoring Liechtenstein wurden Messungen der Sendefrequenzen von Mobil- und Rundfunk-Sendeanlagen an 16 verschiedenen Orten im Fürstentum Liechtenstein durchgeführt. Die Messungen waren temporär, jeweils einige Minuten lang, und nach Frequenz aufgelöst. Damit konnte die Belastung von nicht-ionisierender Strahlung (NIS) an diesen Orten überprüft werden.

Im Vorjahr wurden, bis auf zwei Orte, an den gleichen Orte Messungen durchgeführt, so dass die beiden Jahre miteinander verglichen werden konnten. Da es zwischen dem Zeitpunkt der Messungen 2022 und den Messungen 2023 im Betrieb der Sendeanlagen im Fürstentum Liechtenstein nur geringe Änderungen gegeben hat, wurden keine grossen Abweichungen zwischen den beiden Messungen erwartet. Dies wurde im Vergleich auch so festgestellt.

Man sieht anhand der Messungen, dass in den dichten Siedlungsgebieten die Exposition generell etwas höher ist als bei den Messungen auf dem freien Feld und im Siedlungsgebiet im Oberland.

Des Weiteren bestätigen die Messungen 2023 sowohl die Messungen von 2022 als auch dass die Abschattung durch Gebäude und Topographie in den berechneten Feldstärkekarten 2022 generell gut erfasst wurde. Eine leichte Unterschätzung des Modells bestätigt sich wie im Vorjahr.

Inhalt

1	Einleitung	8
2	Methodik	9
2.1	Messkampagne	9
2.1.1	Messgebiet und -orte	9
2.1.2	Messgerät	11
2.1.3	Frequenzen und Sendeanlagen	12
2.1.4	Messgerätrauschen	14
2.2	Auswertung der Messdaten	14
3	Sendeanlagen und Feldstärkekarten	15
3.1	Aktive Sendeanlagen im Oktober 2023	15
3.2	Verwendete Frequenzbänder und Funkdienste für Mobilfunk	16
3.3	Feldstärkekarten	17
3.3.1	Unterschiede Juli 2022 vs. Oktober 2023	17
3.3.2	Feldstärkekarten für Juli 2022	19
4	Resultate der Messkampagne	23
4.1	Messungen der einzelnen Standorte	23
4.1.1	Messungen bei Bendern-Rheinbrücke	24
4.1.2	Messungen in Gamprin	26
4.1.3	Messungen in Ruggell	28
4.1.4	Messungen in Schellenberg Süd	30
4.1.5	Messungen in Schellenberg Nord	32
4.1.6	Messungen in Mauren	34
4.1.7	Messungen in Nendeln	36
4.1.8	Messungen in Planken	38
4.1.9	Messungen in Schaan	40
4.1.10	Messungen in Vaduz	42
4.1.11	Messungen in Triesen	44
4.1.12	Messungen in Balzers	46
4.1.13	Messungen in Triesenberg	48
4.1.14	Messungen bei Steg-Tunnel	50
4.1.15	Messungen in Steg	52
4.1.16	Messungen in Malbun	54
4.2	Zusammenfassung Messungen	56
5	Fazit und Ausblick	57

Tabellen

Tabelle 1:	Messorte an Tag 1 und Tag 2 mit den jeweiligen Koordinaten.....	11
Tabelle 2:	Frequenzbänder der Validierungsmessungen.	13
Tabelle 3:	Anzahl Sendeanlagen nach Typ.	16
Tabelle 4:	Anzahl Funkzellen mit ERP (effective radiated power) grösser als 6 W gemäss Bewilligungsdaten im Juli 2022 und im Oktober 2023. Es sind alle Funkdienste der Mobiltelefonie (ohne GSM-R) im Fürstentum Liechtenstein gelistet. Ebenfalls angegeben ist das Total über alle Funkdienste.	17

Abbildungen

Abbildung 1:	Verteilung der Messpunkte im Fürstentum Liechtenstein (Hintergrundkarte: © swisstopo).	10
Abbildung 2:	Messpunktaufnahme mit dem NARDA SRM-3006 Messgerät bei Triesenberg mit Ausblick über das Tal.	12
Abbildung 3:	Im Oktober 2023 betriebene Sendeanlagen (grüne Punkte). Die Anlagen im Ausland sind Rundfunk oder Polycom zuzuordnen. ..	15
Abbildung 4:	Sendeanlagen mit Änderungen zwischen Juli 2022 und Oktober 2023 in Rot.	18
Abbildung 5:	Karte der Summenfeldstärke des hochfrequenten elektrischen Feldes für Juli 2022. Räumliche Auflösung 5 m. Beschriftet sind die grösseren Ortschaften von Liechtenstein.	20
Abbildung 6:	Karte der Feldstärke verursacht durch Rundfunk für Juli 2022.	21
Abbildung 7:	Karte der Feldstärke verursacht durch Mobilfunk für Juli 2022.	22
Abbildung 8:	Oben: Messungen bei BERNER-RHEINBRÜCKE im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.	24
Abbildung 9:	Messung am Rheinufer bei BERNER-RHEINBRÜCKE.	25
Abbildung 10:	Oben: Messungen in GAMPRIN im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.	26
Abbildung 11:	Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt bei GAMPRIN.	27
Abbildung 12:	Oben: Messungen in RUGGELL im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.	28
Abbildung 13:	Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in RUGGELL.	29

Abbildung 14: Oben: Messungen in Schellenberg Süd im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.	30
Abbildung 15: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schellenberg Süd.	31
Abbildung 16: Oben: Messungen in Schellenberg Nord im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund.....	32
Abbildung 17: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schellenberg Nord.	32
Abbildung 18: Oben: Messungen in Mauren im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	34
Abbildung 19: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Mauren.	35
Abbildung 20: Oben: Messungen in Nendeln im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	36
Abbildung 21: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Nendeln.	37
Abbildung 22: Oben: Messungen in Planken im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	38
Abbildung 23: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Planken.....	39
Abbildung 24: Oben: Messungen in Schaan im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	40
Abbildung 25: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schaan.	41
Abbildung 26: Oben: Messungen in Vaduz im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	42
Abbildung 27: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Vaduz.	43
Abbildung 28: Oben: Messungen in Triesen im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	44

Abbildung 29: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Triesen.	45
Abbildung 30: Oben: Messungen in Balzers im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	46
Abbildung 31: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Balzers.	47
Abbildung 32: Oben: Messungen in Triesenberg im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	48
Abbildung 33: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Triesenberg.	49
Abbildung 34: Oben: Messungen bei Steg-Tunnel im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund.....	50
Abbildung 35: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt bei Steg-Tunnel.	50
Abbildung 36: Oben: Messungen in Steg im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	52
Abbildung 37: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Steg.	53
Abbildung 38: Oben: Messungen in Malbun im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.....	54
Abbildung 39: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Malbun.....	55

1 Einleitung

Dieser Bericht enthält technische Details und Auswertungen für Messungen im Projekt NIS Monitoring Liechtenstein, welche im Oktober 2023 durchgeführt wurden. Die Exposition durch nicht-ionisierender Strahlung (NIS) von Sendeanlagen in Liechtenstein wurde mittels einer Messkampagne an 16 vordefinierten Orten gemessen, welche untereinander bezüglich Exposition variieren. Vierzehn Messorte entsprachen Messorten des Vorjahres. Das Projektgebiet umfasst das gesamte Gebiet von Liechtenstein.

In den gemessenen Frequenzbändern wird die Aktivität von Mobilfunkantennen in der Umgebung gemessen. Nicht berücksichtigt werden private Geräte wie Mobiltelefone, WLAN-Antennen oder Stromleitungen.

Das Zielpublikum dieses Berichts ist die NIS-Fachstelle des Amtes für Umwelt Liechtenstein.

2 Methodik

2.1 Messkampagne

Am 18. und 19. Oktober 2023 wurde eine Messkampagne im Fürstentum Liechtenstein durchgeführt. Während den zwei Tagen wurden an mindestens einem Messort pro Gemeinde des Fürstentum Liechtensteins Messungen getätigt. Es wurden 14 Messstandorte des Vorjahrs beibehalten und zwei weitere hinzugefügt.

Es wurde jeweils ein Datensatz von ca. 10 bis 15 Messpunkten entlang einer Messstrecke in Abständen von circa 10 m zwischen den einzelnen Punkten und in 1.5 m Höhe über Boden aufgenommen. Die einzelnen Messungen wurden über rund 10 Sekunden gemittelt.

Bei der Planung der Messkampagne wurde darauf geachtet, dass die einzelnen Messpunkte an einem Messort in unterschiedlicher Position zu den Sendeanlagen aufgenommen wurden, so dass diese möglichst unterschiedliche Expositionsbedingungen repräsentieren. Das bedeutet, dass sowohl Messpunkte mit direkter Sicht auf die Antenne (LOS: Line Of Sight), als auch in abgeschatteten Bereichen (non-LOS) aufgenommen wurden, damit eine repräsentative Statistik an Messdaten zu Stande kommt.

Die Messungen wurden sequentiell in einem Ort nach dem anderen durchgeführt. Gemessen wurde tagsüber und über den Tag verteilt. Wegen der zeitlichen Adaption der Leistung der Mobilfunksendeanlagen je nach Auslastung führt dies automatisch zu einer Streuung in der Statistik. Um eine statistisch belastbare Aussage zu den einzelnen Messorten machen zu können, ist es deshalb nötig, eine genügend grosse Stichprobe mit Messungen von verschiedenen Tageszeiten zu haben.

2.1.1 Messgebiet und -orte

Gemessen wurde an den Orten Bendern-Rheinbrücke, Gamprin, Ruggell, Schellenberg Nord und Süd, Mauren, Nendeln, Planken, Schaan, Vaduz, Triesenberg, Triesen, Balzers, Steg Tunnel, Steg und Malbun. Die geographische Verteilung der Messorte ist in Abbildung 1 zu sehen. Die genauen Koordinaten der 16 Messorte, sind in Tabelle 1 aufgelistet. In zwei Gemeinden, Schellenberg und Triesenberg wurde an verschiedenen Orten gemessen.

Es wurde sowohl im Unterland als im Oberland und an sich bezüglich Wohn-dichte stark unterscheidende Orten gemessen.

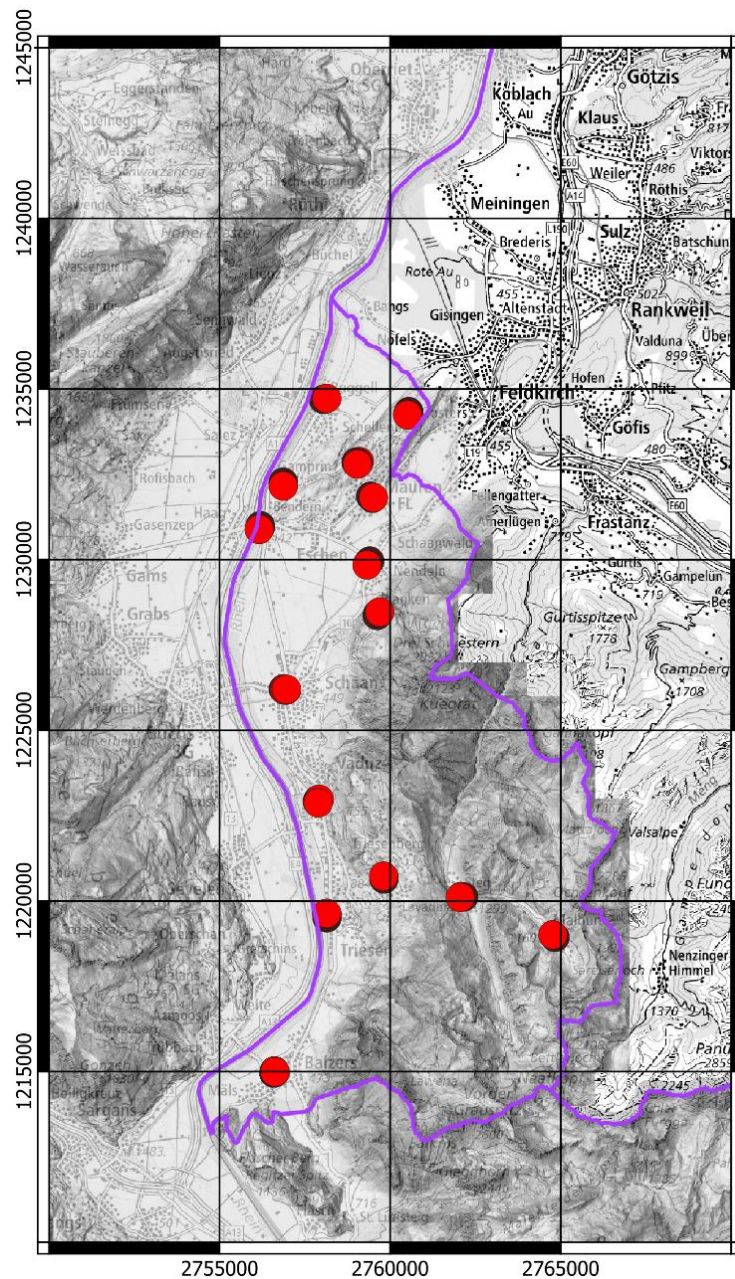


Abbildung 1: Verteilung der Messpunkte im Fürstentum Liechtenstein (Hintergrundkarte: © swisstopo).

Tabelle 1: Messorte an Tag 1 und Tag 2 mit den jeweiligen Koordinaten

	Nr.	Name	Koordinaten
Tag 1	1	BENDERN RHEINBRÜCKE Gem. Gamprin	47.21055, 9.50078
	2	GAMPRIN Gem. Gamprin	47.21967, 9.51244
	3	RUGGEL Gem. Ruggell	47.24429, 9.52666
	4	SCELLENBERG SÜD Gem. Schellenberg	47.22737, 9.53914
	5	SCELLENBERG NORD Gem. Schellenberg	47.24096, 9.55983
	6	MAUREN Gem. Mauren	47.21823, 9.54365
	7	NENDELN Gem. Eschen	47.20060, 9.54184
	8	PLANKEN Gem. Planken	47.18682, 9.54498
	9	SCHAAN Gem. Schaan	47.16786, 9.508764
	10	VADUZ Gem. Vaduz	47.13821, 9.52060
	11	TRIESEN Gem. Triesen	47.10884, 9.52235
	12	BALZERS Gem. Balzers	47.06753, 9.50061
Tag 2	13	TRIESENBERG Gem. Triesenberg	47.11757, 9.54479
	14	STEG TUNNEL Gem. Triesenberg	47.11599, 9.55957
	15	STEG Gem. Triesenberg	47.11247, 9.57544
	16	MALBUN Gem. Triesenberg	47.10120, 9.60990

2.1.2 Messgerät

Die Messungen erfolgten analog zu 2022 mit einem NARDA SRM-3006 Messgerät (Abbildung 2), im RMS-Modus, frequenzselektiv mit einer Auflösung von 200 kHz, jeweils integriert über die interessierenden Frequenzbänder.

Das Gerät kann sowohl Frequenzband-aufgelöste Messwerte, als auch ganzheitliche Spektren in höherer Auflösung messen und speichern.

Die Koordinaten der Messpunkte wurden im Gerät mit GPS bestimmt und zur Nachvollziehbarkeit allfälliger Abweichungen photographisch dokumentiert. Die GPS-Koordinaten zeigten, wie im Vorjahr, Unsicherheiten von 5-10 m. Während die Mess-Trajektorien 2022 anhand der Karten von Swisstopo zurecht geschoben wurden, wurden die Koordinaten des Messgerätes für die Messungen 2023 nicht abgeändert. Dies führt dazu, dass die Messreihe an einzelnen Standorten (siehe Plots für Mauren und Triesen) weniger präzise aussehen, was aber ein GPS-Messfehler des Geräts ist.

Das Gerät wurde Meteotest AG vom AWEL, Kt. Zürich für die Messungen ausgeliehen. Es ist dasselbe Gerät welches für die Messungen 2022 verwendet wurde. Es wurde vor den Messungen beim AWEL neu kalibriert.



Abbildung 2: Messpunktaufnahme mit dem NARDA SRM-3006 Messgerät bei Triesenberg mit Ausblick über das Tal.

2.1.3 Frequenzen und Sendeanlagen

Folgende Arten von Sendeanlagen und Funkeinrichtungen können in den gemessenen Frequenzbereichen vorkommen:

- **Mobilfunk:** Sendeanlagen der Mobilfunknetzbetreiber in Liechtenstein sowie GSM-Rail

- **Rundfunk/Broadcast:** Radiosender analog (UKW) und digital (DAB), sowie Fernsehsender (DVB-T). DVB-T ist vor allem in Österreich in Betrieb. In der Schweiz wird einzig auf dem Berg «Hoher Kasten» ein DVB-T Sender betrieben, welcher aber Liechtenstein abgewandt ins Appenzellerland strahlt
- **Polycom:** nationales Funksystem der Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit (BORS)
- **Funkruf:** allfällige Telepaging Sender

Die gemessenen Frequenzbänder sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die Bänder entsprechen denen von 2022. Das Messgerät wurde so konfiguriert, dass es auch die Frequenzbänder bei 700, 1'400 und 3'600 MHz abdeckt. Für DAB wird das ganze VHF III Band gemessen. Ebenso für DVB-T je im Band UHF IV und UHF V. WLAN bei 2.4 GHz wurde gemessen, wird aber nicht modelliert und deshalb auch nicht ausgewertet.

Tabelle 2: Frequenzbänder der Validierungsmessungen.

Funkdienst Frequenzband	Frequenzbereich [MHz]	Verwendung
UKW	87.5 – 108	Radio
TPS I+II	147 – 148	Funkruf
TPS III	169 – 170	Funkruf
DAB	174 – 230	Digitalradio (in VHF III)
Tetrapol	390 – 400	Polycom (Sicherheitsfunk)
UHF IV	470 – 582	DVB-T
UHF V	582 – 702	DVB-T
700 MHz	738 – 788	Mobilfunk Basisstationen ¹
800 MHz	791 – 821	Mobilfunk Basisstationen ¹
GSM-R	921 – 925	GSM-Rail (Bahn)
900 MHz	925 – 960	Mobilfunk Basisstationen ¹
1'400 MHz	1'427 – 1'518	Mobilfunk Basisstationen ¹
1'800 MHz	1'805 – 1'880	Mobilfunk Basisstationen ¹
2'100 MHz	2'110 – 2'170	Mobilfunk Basisstationen ¹
WLAN ²	2'400 – 2'483.5	Drahtlose Computernetzwerke
2'600 MHz TDD	2'570 – 2'620	Mobilfunk Basisstationen ¹
2'600 MHz	2'620 – 2'690	Mobilfunk Basisstationen ¹
3'600 MHz	3'500 – 3'800	Mobilfunk Basisstationen ¹

¹ Gemessen wird das Summenfeld für alle im jeweiligen Frequenzband verwendeten Technologien (GSM, UMTS, LTE, NR).

² WLAN wird in der Auswertung nicht behandelt. Weitere Bänder für WLAN existieren bei 5.15-5.35 GHz und bei 5.47-5.72 GHz, werden aber im NIS Kataster Projekt nicht gemessen.

2.1.4 Messgerätrauschen

In Gebieten mit schwachem Feld, meist an abgeschatteten Orten, sind die Rohwerte und das Eigenrauschen des Messgerätes in der gleichen Grössenordnung. Für die Auswertungen wurde das Rauschen $E_i(\text{Rauschen})$ vom Rohwert $E_i(\text{Rohwert})$ subtrahiert, um den wahren Messwert $E_i(\text{Messung})$ zu erhalten.

$$E_i(\text{Messung}) = \sqrt{E_i^2(\text{Rohwert}) - E_i^2(\text{Rauschen})} \quad (1)$$

Die Feldstärken werden quadratisch subtrahiert, da es sich um Effektivwerte (d.h. RMS-Mittelwerte) handelt. Wenn die Differenz unter der Wurzel in Gleichung (1) negativ ist, wird das Resultat auf null gesetzt, was bei sehr kleinen Messwerten gelegentlich vorkommt. Das Rauschen wird für jedes gemessene Band separat bestimmt. Es ist unter anderem abhängig von der Frequenz, der Bandbreite und dem eingestellten Messbereich.

Die Messung des Rauschens des Geräts wurde 2022 in einem Raum mit vernachlässigbarem Einfluss von Mobil- und Rundfunk im Tiefenlabor der Universität Bern durchgeführt.

2.2 Auswertung der Messdaten

Die Messdaten werden grafisch und numerisch ausgewertet und mit denen von 2022 verglichen. Die Messdaten 2023 werden zur einfacheren Analyse sowohl mit den Feldstärkekarten von 2022 als Hintergrund als mit einer Swisstopo Karte als Hintergrund dargestellt.

An einem einzigen Punkt pro Messort wurde auch ein gesamtes Spektrum gemessen. Dieses Bild ist für den ersten Messort, Bendern-Rheinbrücke, nicht verfügbar.

Es wird auf Scatterplots verzichtet, welche die Messwerte 2022 und 2023 direkt vergleichen, da die Messreihen zwar am gleichen Messort, aber nicht an der exakt gleichen Stelle getätigt wurden. Der Schwerpunkt liegt hingegen auf einem visuellen Vergleich.

3 Sendeanlagen und Feldstärkekarten

3.1 Aktive Sendeanlagen im Oktober 2023

Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung der Sendeanlagen im Oktober 2023 im Fürstentum Liechtenstein. Im Ausland (Österreich, Schweiz) haben die Rundfunksender, sowie eine Polycom Antenne in Sevelen Einfluss auf das berücksichtigte Gebiet. Die Anlagen pro Typ sind in Tabelle 3 aufgeführt.

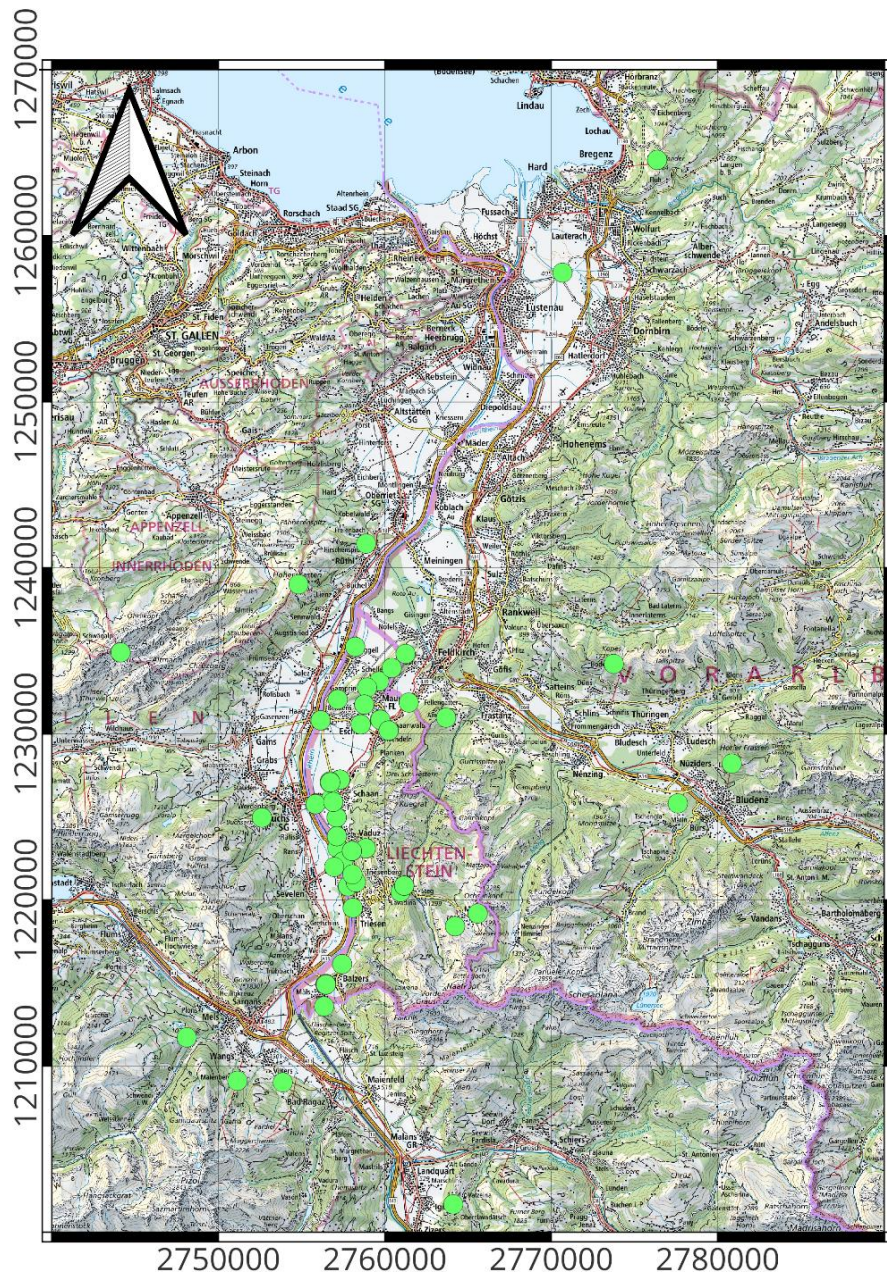


Abbildung 3: Im Oktober 2023 betriebene Sendeanlagen (grüne Punkte). Die Anlagen im Ausland sind Rundfunk oder Polycom zuzuordnen.

Tabelle 3: Anzahl Sendeanlagen nach Typ.

Typ	Anzahl Sendeanlagen (Änderung vs. Juli 2022)
Mobilfunk (inkl. Mikrozellen und GSM-Rail)	60 (+1)
Rundfunk	20 (=)
Polycom	5 (=)

3.2 Verwendete Frequenzbänder und Funkdienste für Mobilfunk

Im Oktober 2023 waren folgende Frequenzbänder definiert, mit Frequenzbereichsangaben jeweils für den Downlink:

- 700 (738 – 753 MHz und 758 – 788 MHz)
- 800 (791 – 821 MHz)
- 900 (925 – 960 MHz)
- 1'400 (1'427 – 1'517 MHz) → im Juli 2022 noch nicht konzessioniert
- 1'800 (1'805 – 1'880 MHz)
- 2'100 (2'110 – 2'170 MHz) → im Juli 2022 noch nicht konzessioniert
- 2'600 (2'620 – 2'680 MHz)
- 3'600 (3'410 – 3'800 MHz) → im Juli 2022 noch nicht konzessioniert

Für GSM-Rail für den Eisenbahnverkehr ist das Band 921 – 925 MHz reserviert.

Die Betreiber können frei entschieden in welchem Frequenzband welche Technologie verwendet wird. Im Oktober 2023 waren folgende Technologien konzessioniert:

- GSM (2G)
- UMTS (3G)
- LTE (4G)
- NR (5G) → im Juli 2022 noch nicht konzessioniert

54% der bewilligten Funkzellen im Oktober 2023 sind LTE, 35% UMTS und 11% GSM. Eine Auflistung nach Funkdienst ist in Tabelle 4 verfügbar.

Tabelle 4: Anzahl Funkzellen mit ERP (effective radiated power) grösser als 6 W gemäss Bewilligungsdaten im Juli 2022 und im Oktober 2023. Es sind alle Funkdienste der Mobiltelefonie (ohne GSM-R) im Fürstentum Liechtenstein gelistet. Ebenfalls angegeben ist das Total über alle Funkdienste.

Funkdienst	Juli 2022	Oktober 2023
GSM 900	74	66
UMTS 900	91	91
UMTS 2100	119	113
LTE700	0	0
LTE 800	36	36
LTE 900	32	32
LTE 1400	0	0
LTE 1800	104	104
LTE 2100	82	84
LTE 2600	56	61
NR 3600	0	0
Total GSM	74 (12.46%)	66 (11.24%)
Total UMTS	210 (35.35%)	204 (34.75%)
Total LTE	310 (52.19%)	317 (54.01%)
Total NR	0 (0.00%)	0 (0.00%)
Total	594	587

3.3 Feldstärkekarten

3.3.1 Unterschiede Juli 2022 vs. Oktober 2023

Es ist zu erwarten, dass im Oktober 2023 das Gesamtbild der Feldstärke über das Gebiet des Fürstentum Liechtenstein im Grossen und Ganzen dem von Juli 2022, d.h. das Stichdatum für das die letzten Feldstärkekarten berechnet wurden, entspricht. Dies ist so, da dazwischen nur wenige Unterschiede für die betriebenen Anlagen rapportiert bzw. bewilligt wurden. Im Detail, wurde zwischen den Stichdaten 01.07.2022 und 18.10.2023 (siehe Abbildung 4):

- keine neue Mobilfunkstationen (>6W) in Betrieb genommen
- die In-House Anlage FL_7514A (<6W) in Betrieb genommen
- eine neue Version (rev 1.11) in Betrieb genommen für die Station BABA (Gem. Balzers)
- eine neue Version (rev 2.3) in Betrieb genommen für die Station F650 (Gem. Mauren)
- eine neue Version (rev. 1.9) in Betrieb genommen für die Station KULT (Gem. Triesenberg)

- eine neue Version (rev. 1.113) in Betrieb genommen für die Station NEND (Gem. Nendeln)

Für Oktober 2023 wurde keine neue Feldrechnung durchgeführt; es werden im folgendem Unterkapitel deshalb die Karten von 2022 abgebildet und zusammenfassend beschrieben.

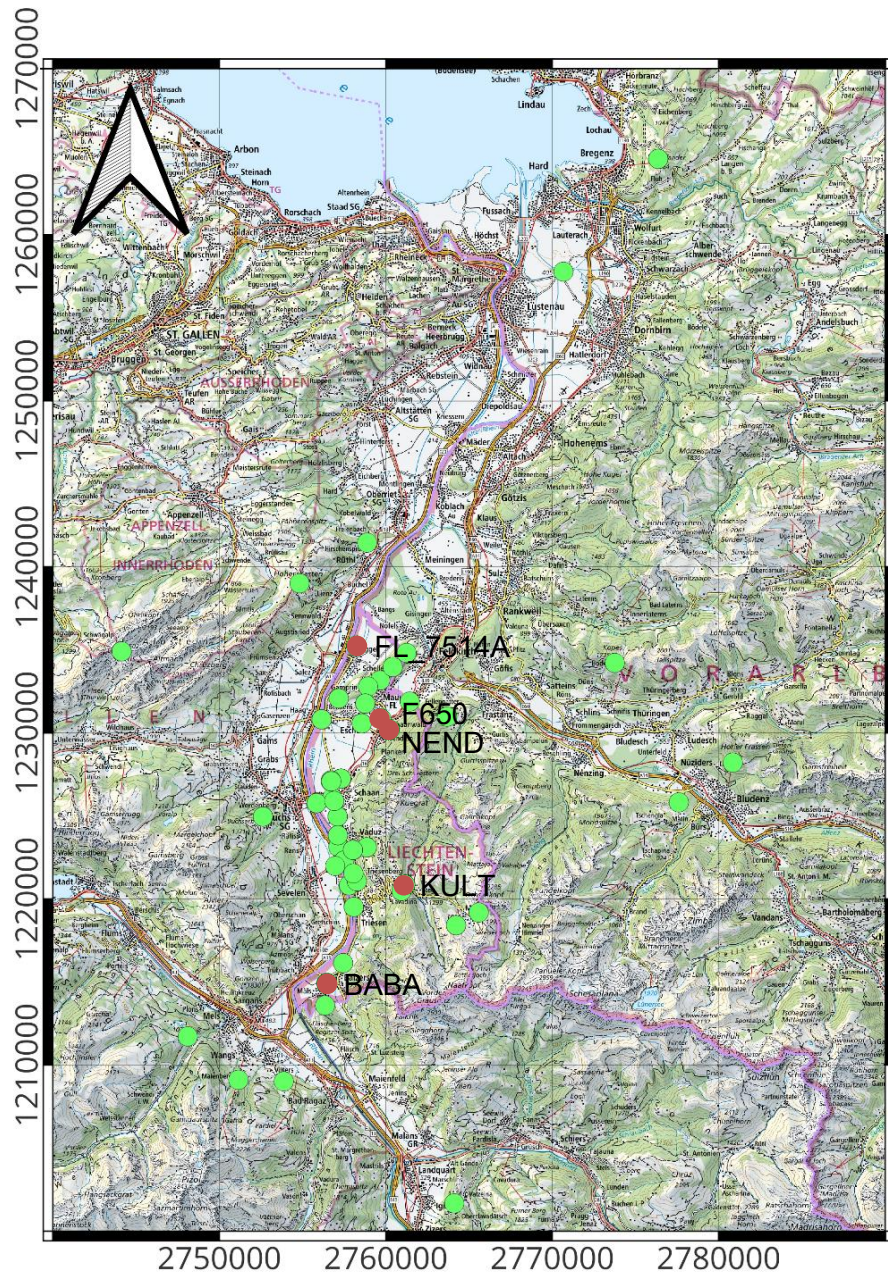


Abbildung 4: Sendeanlagen mit Änderungen zwischen Juli 2022 und Oktober 2023 in Rot.

3.3.2 Feldstärkekarten für Juli 2022

Abbildung 5 zeigt die Karte der **Summenfeldstärke** des hochfrequenten elektrischen Feldes in 1.5 m über Boden für Stichdatum 1. Juli 2022.

Die höchste Belastung von bis zu 16 V/m tritt lokal um den Sendemast auf dem Kulm auf. Dieser befindet sich auf dem Grat oberhalb von Steg, ausserhalb des Siedlungsgebiets.

Die Sendeanlage ist dafür ausgelegt, den Weiler Steg und das ganze Saminatal zu versorgen. Ansonsten lassen sich höhere Feldstärken in den Siedlungsgebieten der grösseren Ortschaften finden. Diese liegen allerdings in der Grössenordnung von 1 V/m in 1.5 m über Boden. Auf den Berggipfeln ist die Belastung sehr gering.

Die Summenfeldstärke lässt sich auch spezifisch nach Sendeanlagentyp aufteilen. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen dieselbe Karte wie Abbildung 5 aber mit den Anteilen für Rundfunk sowie für Mobilfunk.

Für **Rundfunk** (Abbildung 6) zeigt sich als einziger Hotspot der Sender bei Erbi oberhalb von Vaduz, der die ganze Region Vaduz mit Radio versorgt. Rundfunksender können grossflächig Einfluss haben. Dies zeigt sich am grünen Fleck bei den «Drei Schwestern» im Nordosten von Liechtenstein. Der über 2'000 m hohe Bergzug wird vom Radiosender auf dem Säntis in 19 km Entfernung angestrahlt. An der Nordspitze des Landes ist das Rundfunksignal von den österreichischen Sendeanlagen bemerkbar (grüner Fleck nördlich von Ruggell).

Auf der Karte für die Rundfunkanteile sind im Gebiet zwischen Schaan und Bendern/Eschen/Mauren zwei Diskontinuitäten erkennbar. Diese liegen an der Grenze der Kachel 4_2 zu 3_2 und 4_3. In letzteren beiden ist der Radiosender Buchs Hinterberg (Schweiz) nicht in der Liste der berücksichtigten Antennen enthalten. Diese Sendeanlage wurde auf Grund der Kriterien Distanz und Leistungsbeitrag bei diesen Kacheln nicht berücksichtigt. Die dadurch entstehende Unsicherheit liegt im 10 mV/m Bereich.

Der Anteil durch **Mobilfunk** (Abbildung 7) ist vor allem im Siedlungsgebiet leicht erhöht, während im Berggebiet nur ganz schwache Feldanteile zu finden sind.

Elektrische Feldstärke 2022

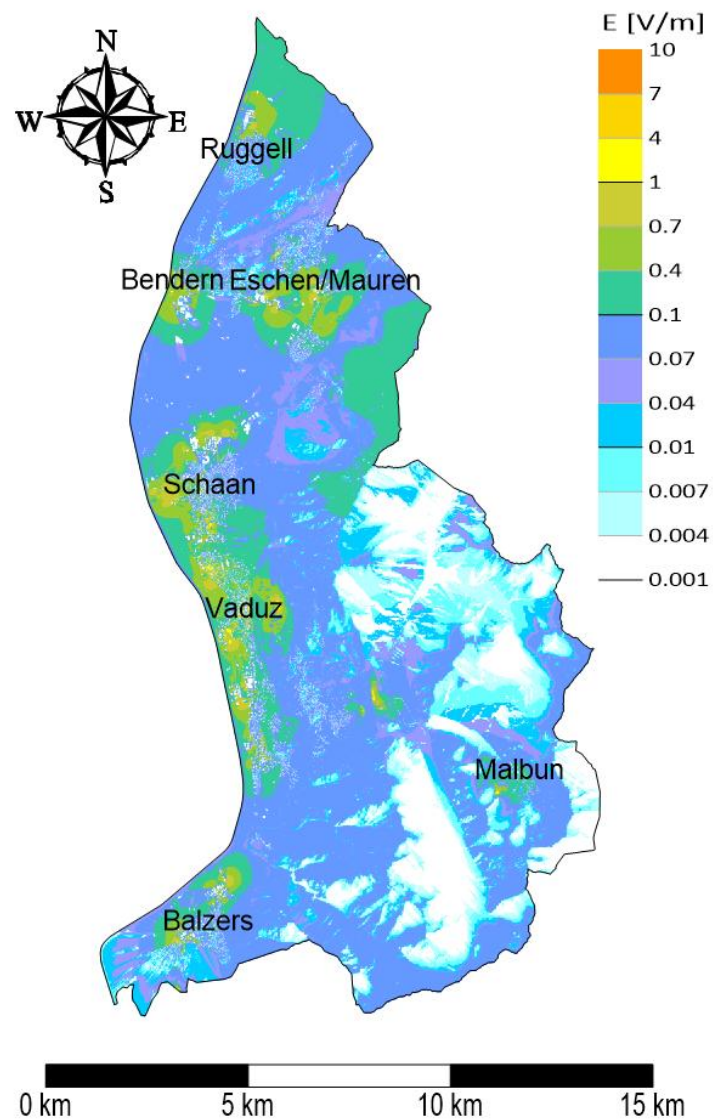


Abbildung 5: Karte der Summenfeldstärke des hochfrequenten elektrischen Feldes für Juli 2022. Räumliche Auflösung 5 m. Beschriftet sind die grösseren Ortschaften von Liechtenstein.

Elektrische Feldstärke Rundfunk 2022

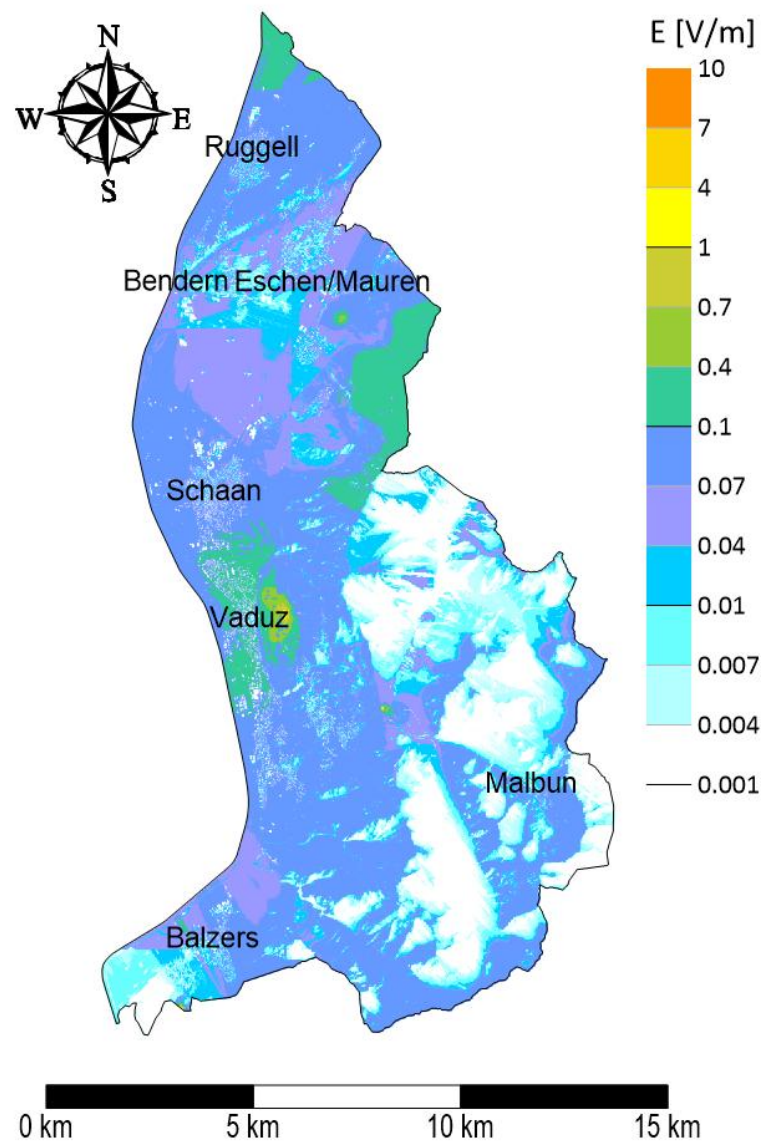


Abbildung 6: Karte der Feldstärke verursacht durch Rundfunk für Juli 2022.

Elektrische Feldstärke Mobilfunk 2022

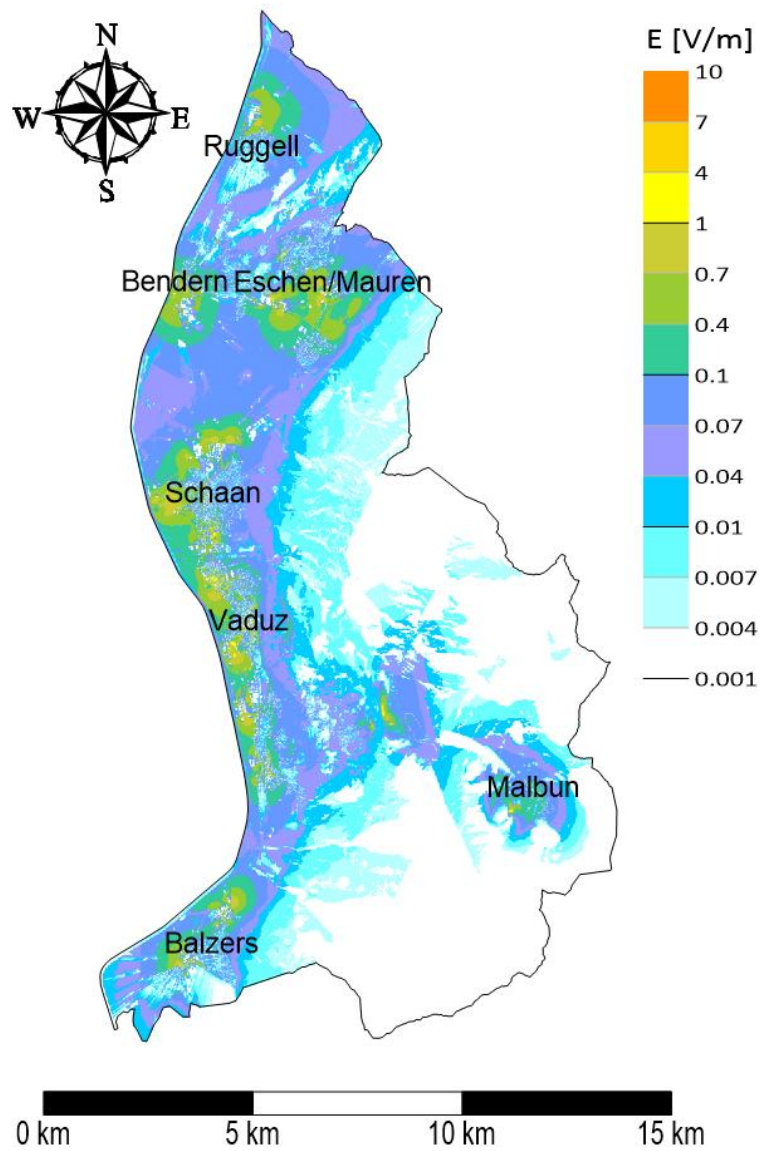


Abbildung 7: Karte der Feldstärke verursacht durch Mobilfunk für Juli 2022.

4 Resultate der Messkampagne

Bei der Messkampagne im Oktober 2023 wurden total 188 Messpunkte an 16 verschiedenen Messorten aufgenommen. Die Lage der Messpunkte ist in Abbildung 1 in Kapitel 2.1.1 ersichtlich und deren Koordinaten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Bei allen ausser einem Messpunkt wurden zwischen 9 und 15 Messungen durchgeführt. Die Anzahl der Punkte wurde je nach Expositionsbedingungen und deren Variabilität am Messort angepasst. Beim Messort am westlichen Tunnelportal in Steg (Kapitel 4.1.14) wurde nur eine Messung direkt unter der Antenne getätigt.

4.1 Messungen der einzelnen Standorte

Es werden nachfolgend Abbildungen mit den Messungen an den 16 verschiedenen Messorten gezeigt und kurz kommentiert. Wo verfügbar, werden sie jeweils mit der Feldstärkekarten und den Messungen von 2022 verglichen.

Es werden auch Plots des Spektrums an einem Messpunkt des jeweiligen Messortes gezeigt, welche einen Eindruck über die Verteilung der gesamten Strahlung über die verschiedenen Frequenzbänder bzw. -dienste gibt.

4.1.1 Messungen bei Benden-Rheinbrücke

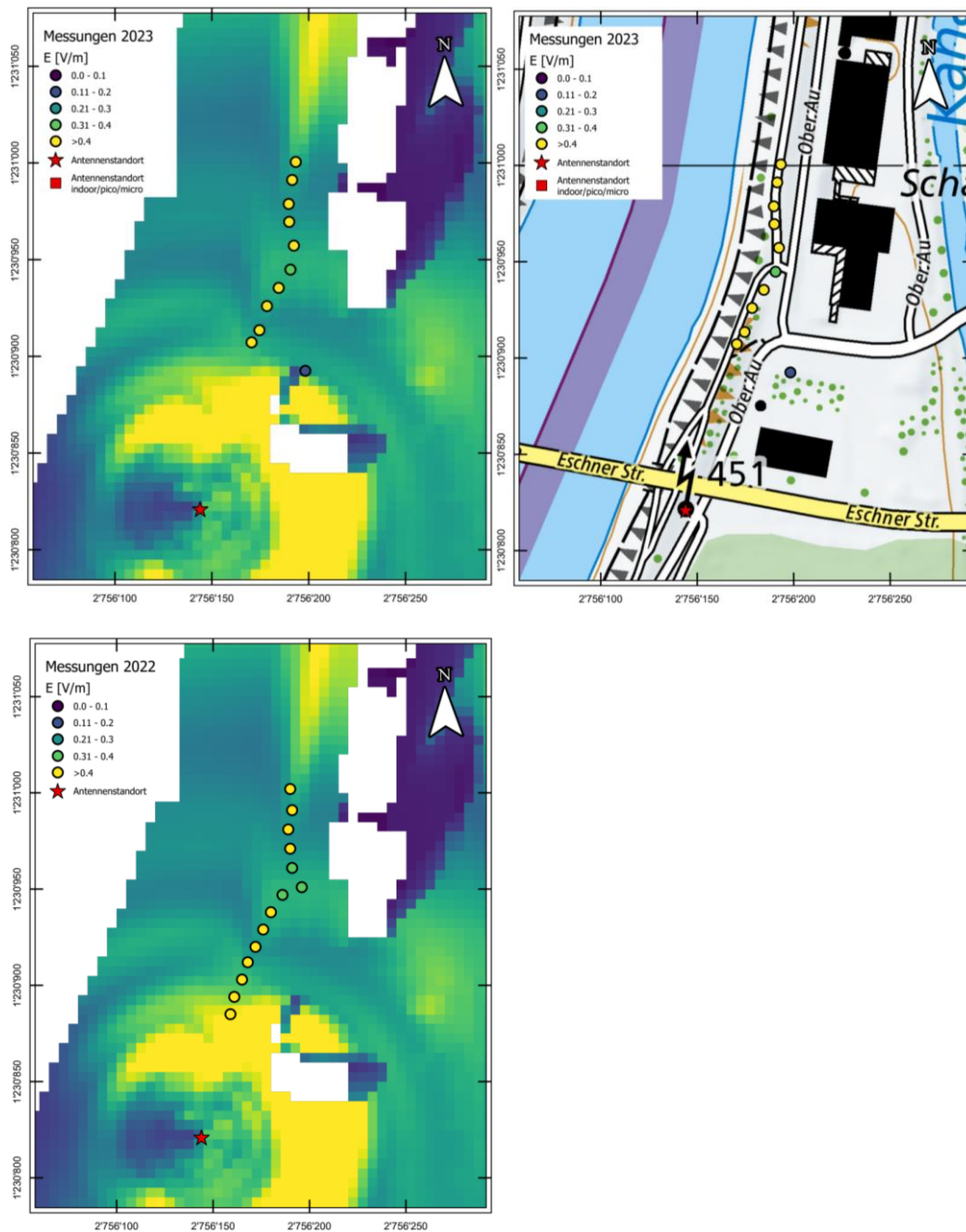


Abbildung 8: Oben: Messungen bei Benden-Rheinbrücke im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.



Abbildung 9: Messung am Rheinufer bei BERN-Rheinbrücke.

Dieser Sendeanlage, mit Stationen FL1 F602 und Salt FL_0602A, befindet sich auf einem freistehenden Mast südöstlich der Rheinbrücke. Die Messung wurde auf dem Uferweg entlang des Rheins durchgeführt. Das modellierte Feld zeigt einen Halbmond-förmiges gelbes Muster um den Mast, ein zweites kleines Maximum bei den drei grünen Messpunkten von 0.3-0.4 V/m und dann wieder ein stärkeres Maximum weiter nördlich (gelbes Muster im nördlichen Teil). Die Zu- und Abnahmen entlang des Messpfades sind auf die Nebenkeulen der Antennen zurückzuführen. Die Nebenkeulen bei -30° vertikalem Tilt erzeugen das Halbmondmuster. Die Nebenkeule bei -12° Tilt das kleine Maximum bei den mittleren Messpunkten und die Hauptkeule das wiederum stärkere Signal (gelbe Farbe) beim nördlichsten Messpunkt. An diesem Standort wurde probeweise auch im Parkplatz, der von einem Gebäude und von Vegetation von den Antennen geschildert ist, gemessen (siehe südlichste Messung). Diese Messung bestätigt die effiziente Abschirmung.

Die Messungen 2023 entsprechen denen von 2022 sehr gut. Beide Messreihen deuten auf eine Unterschätzung der modellierten Werte im Rahmen von 0.1 – bis 0.2 V/m.

4.1.2 Messungen in Gamprin

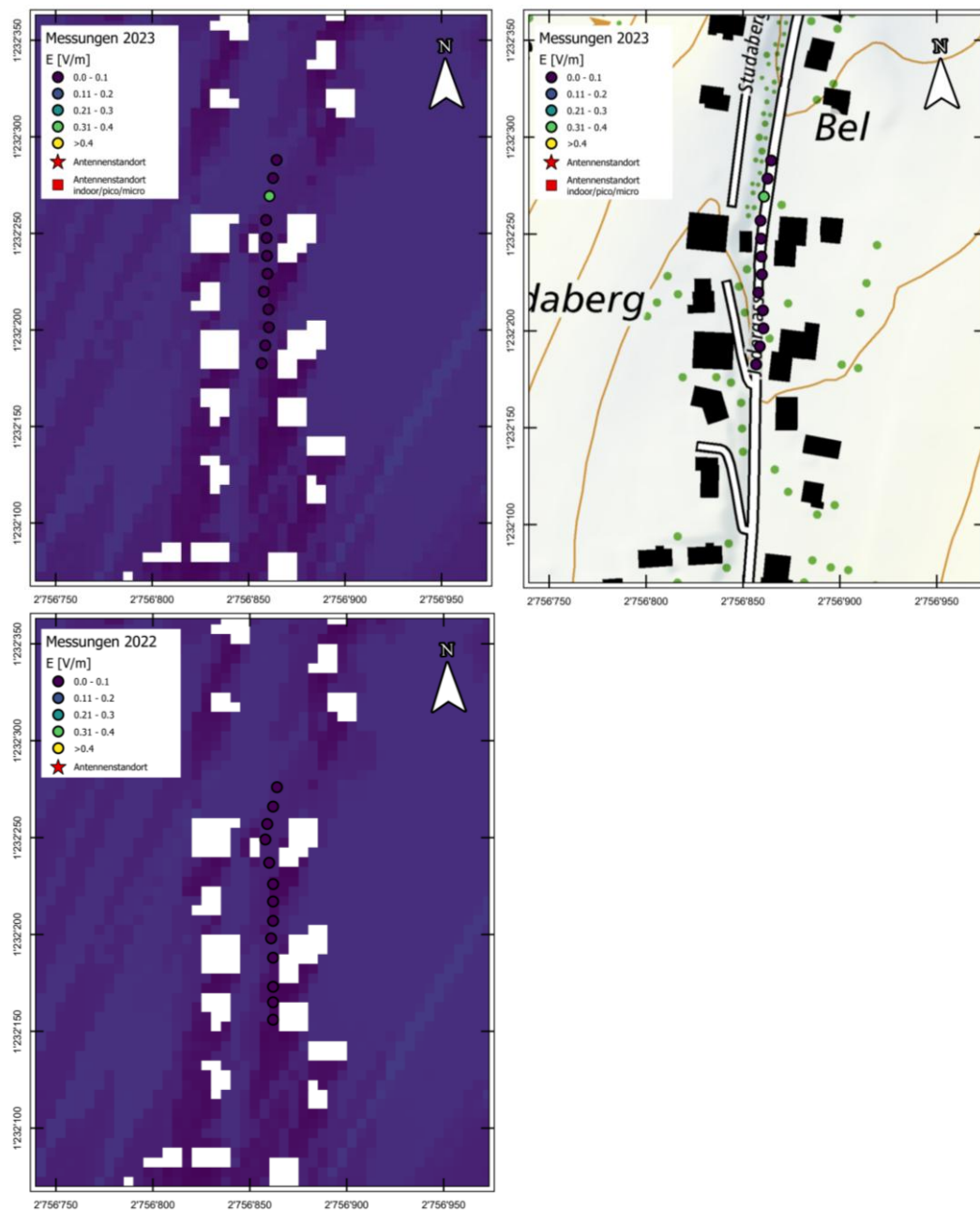


Abbildung 10: Oben: Messungen in Gamprin im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

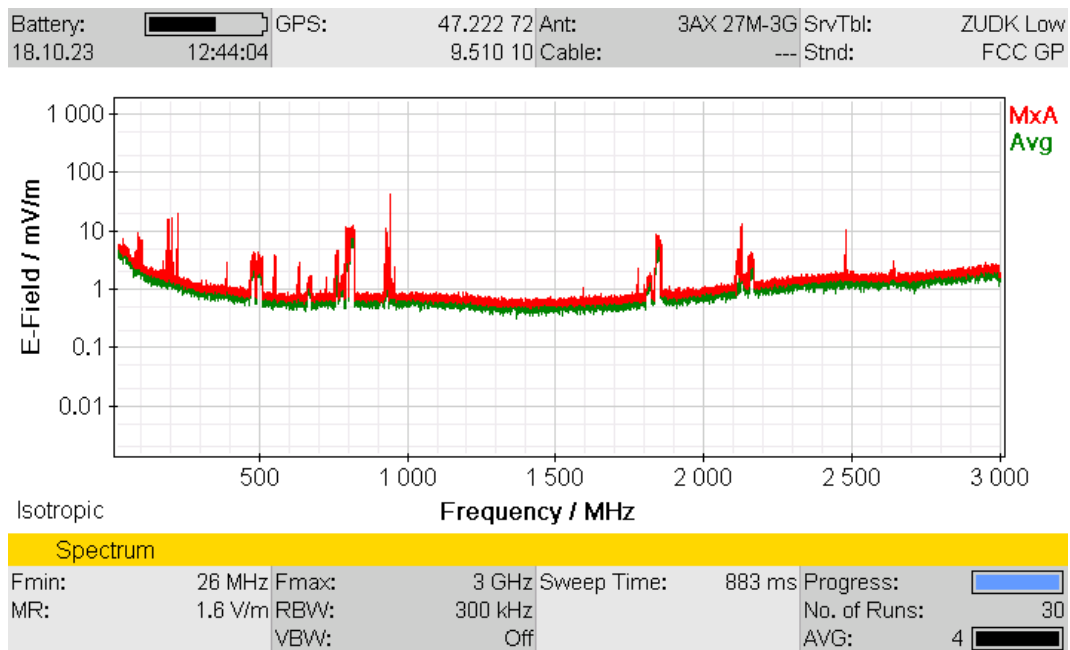


Abbildung 11: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt bei Gamprin.

In Gamprin wurde entlang einer Strasse zwischen Häusern gemessen. Es befinden sich keine Sendeanlagen in unmittelbarer Umgebung. Die nächstliegende Sendeanlage befindet sich in nordöstlicher Richtung, was am Abschattungsmuster hinter südwestlich der Gebäude zu erkennen ist. Entsprechend der Erwartung, wurden hier sehr niedrige Werte gemessen zwischen 0 – 0.1 V/m. Ein einziger Punkt weist einen Wert zwischen 0.31 – 0.4 V/m auf. Wegen dem grossen Unterschied zu den anderen Werten der Reihe, dem Fehlen einer Sendeanlage in der Nähe und dem Messwert am gleichen Ort 2022, wird angenommen, dass dies ein Messfehler ist.

Das Gesamtbild entspricht den modellierten Werten und den Messungen 2022 sehr gut.

4.1.3 Messungen in Ruggell

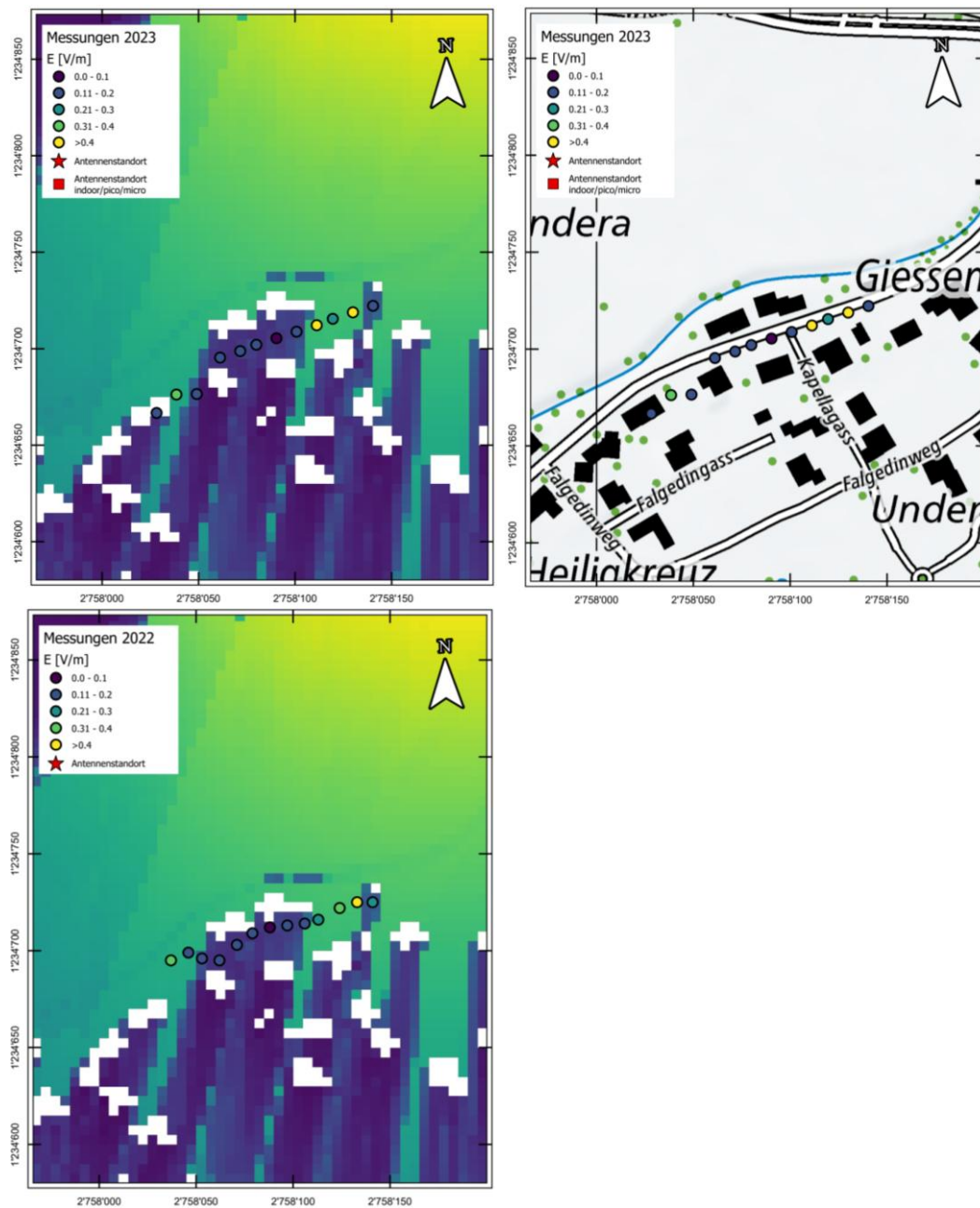


Abbildung 12: Oben: Messungen in Ruggell im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

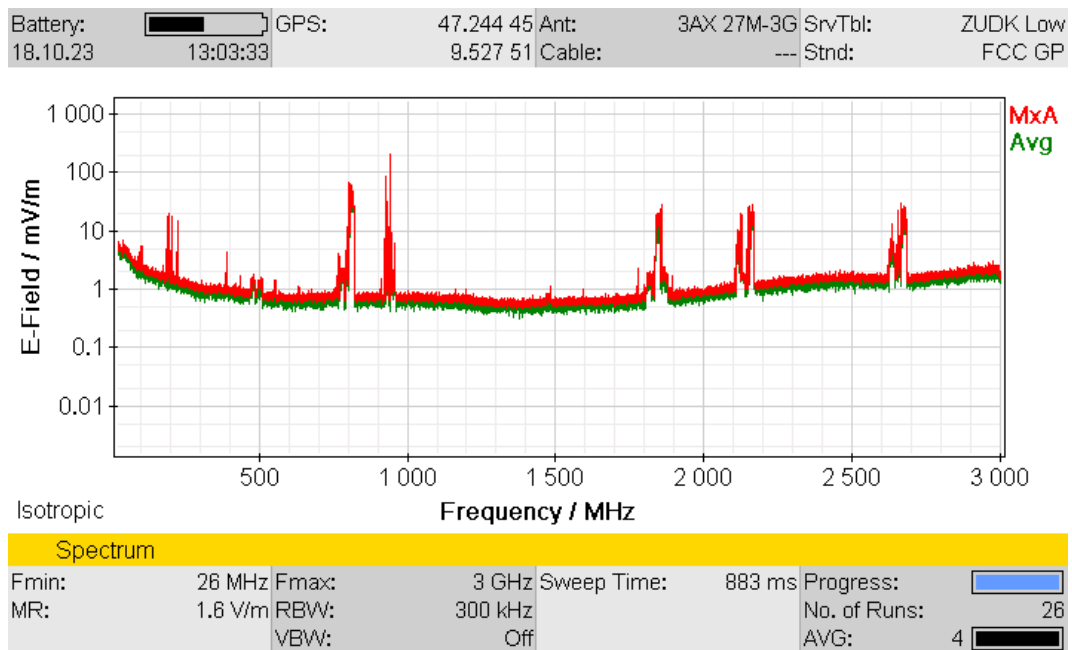


Abbildung 13: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Ruggell.

In Ruggell wurde am Siedlungsrand entlang einer Strasse gemessen. Es befinden sich in der Umgebung, u.a. im Ausland in der Schweiz, mehrere Sendeanlagen.

Drei Gebäude schirmen die Strahlung aus nördlicher Richtung ab: mit gemessenen Werte dahinter sind im Bereich bis 0.3 V/m. An den freien Messpunkten wurden einige höhere Werte >0.4 V/m gemessen.

Die Messungen 2023 entsprechen denen von 2022 sehr gut. Beide Messreihen deuten auf eine Unterschätzung der modellierten Werte im Rahmen von bis zu 0.1 V/m.

4.1.4 Messungen in Schellenberg Süd

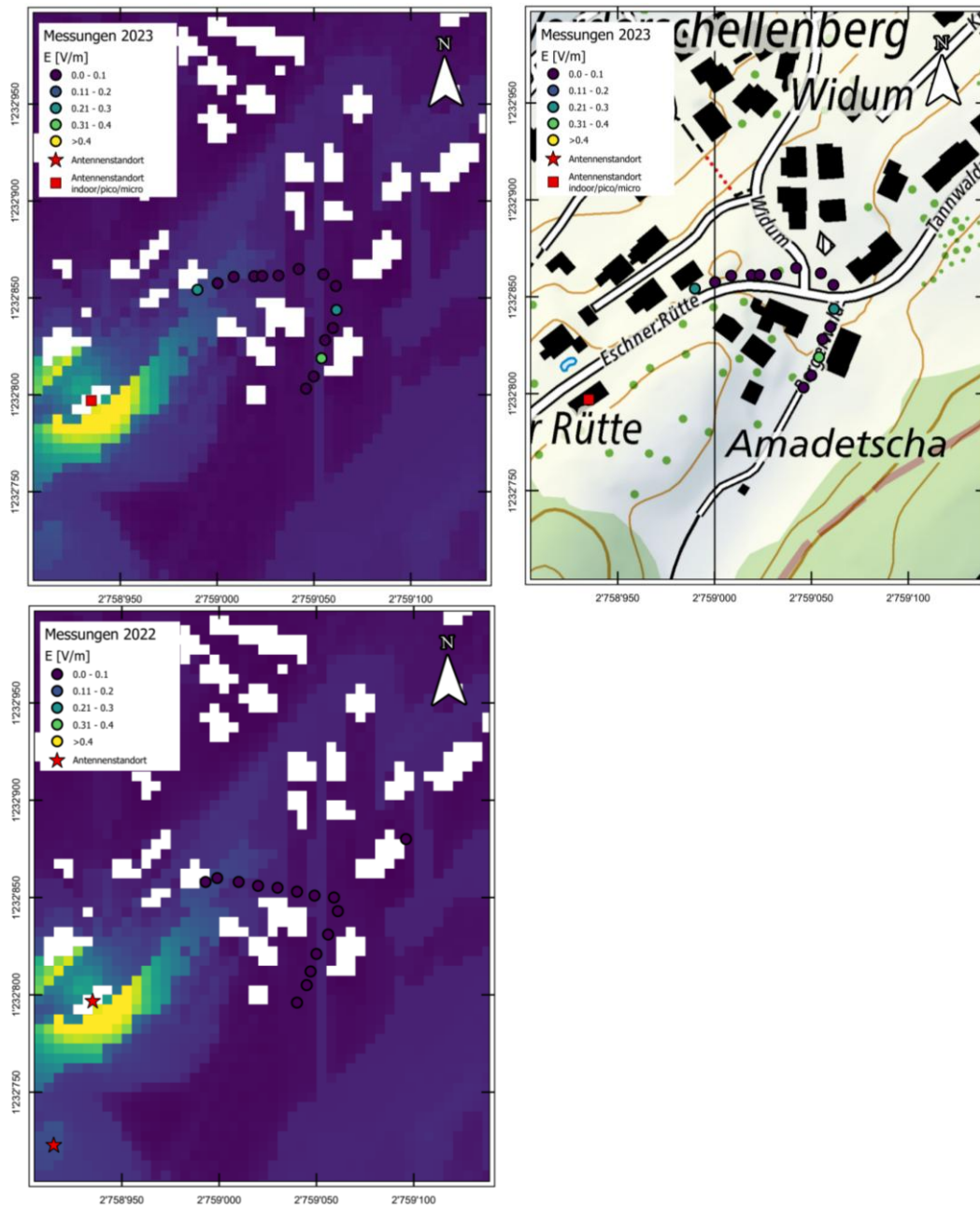


Abbildung 14: Oben: Messungen in Schellenberg Süd im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

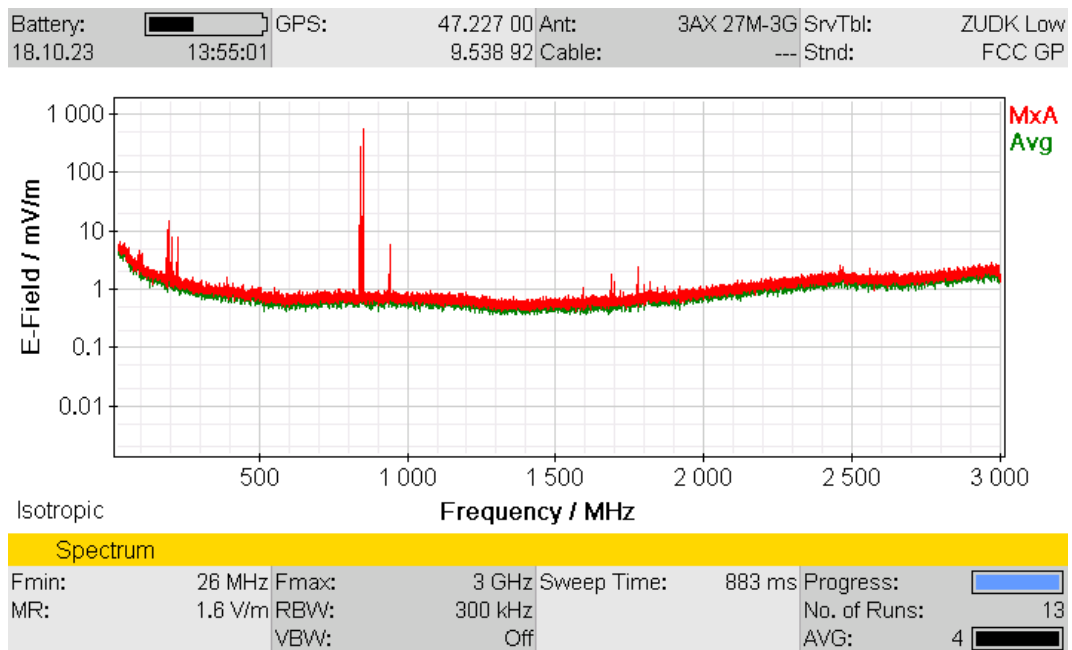


Abbildung 15: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schellenberg Süd.

In Schellenberg Süd wurde entlang einer Strasse im Siedlungsgebiet mit einer Sendeanlage <6W gemessen. Die meisten Punkte der Messreihe weisen Werte <0.1V/m auf, welche auch unter den modellierten Werten von 2022 liegen. Vereinzelt wurden 2023 höhere Werte im Bereich 0.2 – 0.4 V/m gemessen: an einem Ort mit direkter Sicht auf die Sendeanlage, sowie an zwei Orten im teilweise abgeschatteten Bereich. Obwohl die Messungen generell tief liegen, findet man im gemessenen Spektrum einen zwischenzeitlich starken Peak zwischen 800-900 MHz.

Die Messungen 2023 entsprechen denen von 2022 aber generell sehr gut.

4.1.5 Messungen in Schellenberg Nord

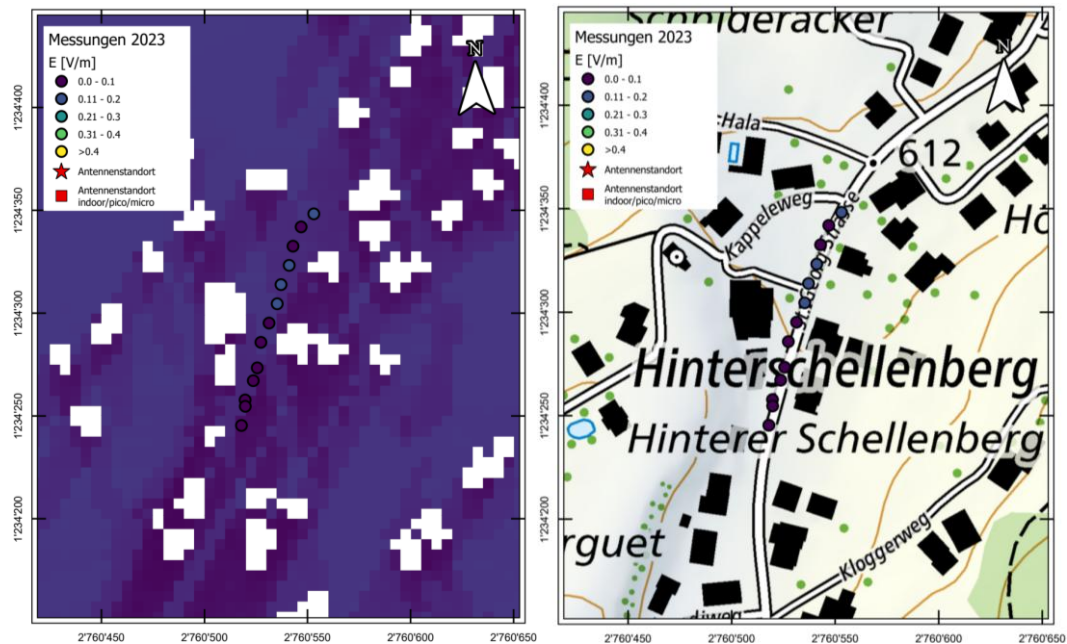


Abbildung 16: Oben: Messungen in Schellenberg Nord im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund.

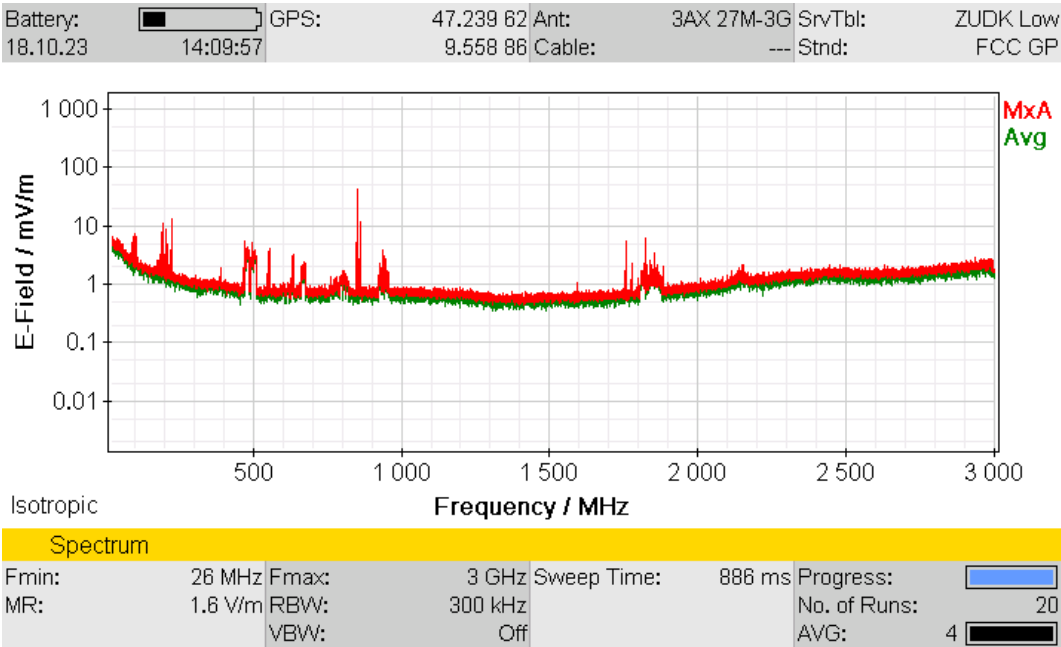


Abbildung 17: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schellenberg Nord.

In Schellenberg Nord / Hinterschellenberg wurde entlang einer Strasse im Siedlungsgebiet gemessen. Es sind hier keine Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe. Die gemessenen Werte sind im Bereich 0 – 0.2 V/m.

Die Messungen 2023 entsprechen den modellierten Werten von Juli 2022 sehr gut.

4.1.6 Messungen in Mauren

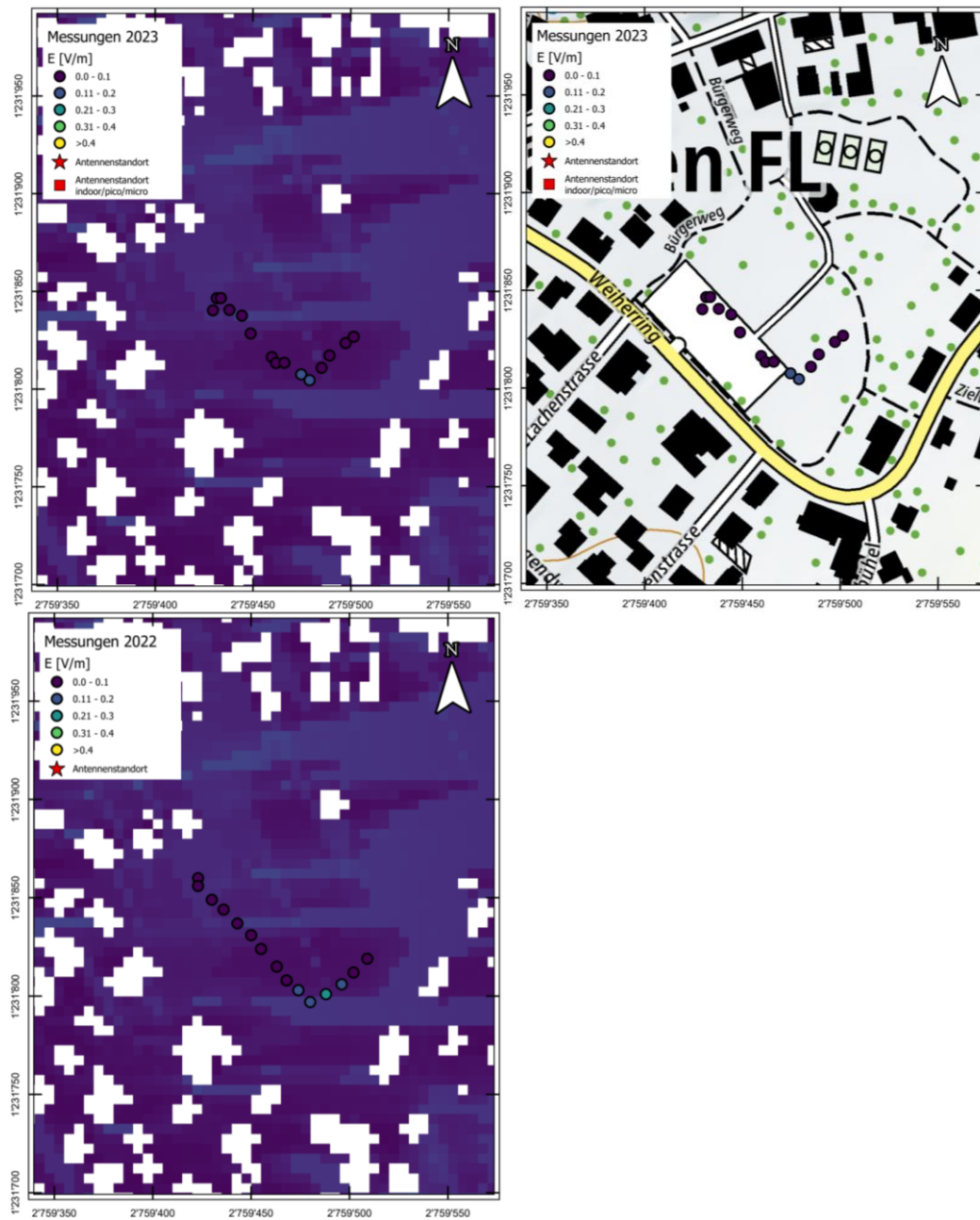


Abbildung 18: Oben: Messungen in Mauren im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

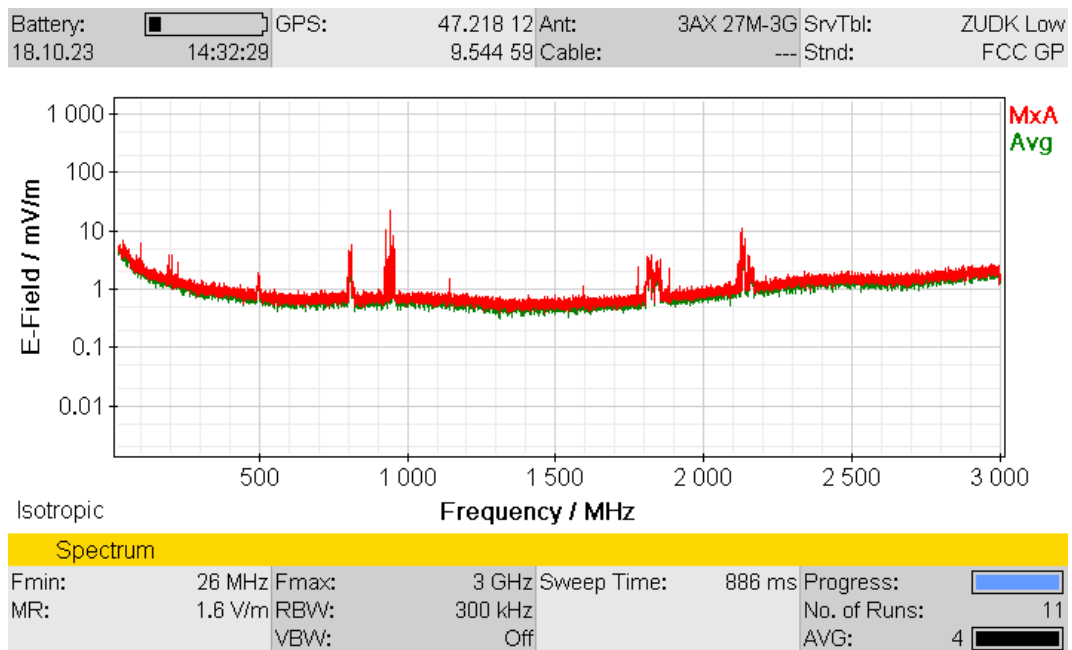


Abbildung 19: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Mauren.

In Mauren wurde in einem Parkplatz und in einer Wiese gemessen. Die nächstgelegene Sendeanlage befindet sich etwa in 1km Entfernung in südlicher Richtung. Es gibt keine weiteren Sendeanlagen in unmittelbarer Umgebung. Dementsprechend wurden geringe Werte modelliert und sowohl 2022 als auch 2023 gemessen. Sowohl 2022 als 2023 wurden die höchsten Werte in der Messreihe am südlichen Rande gemessen.

4.1.7 Messungen in Nendeln

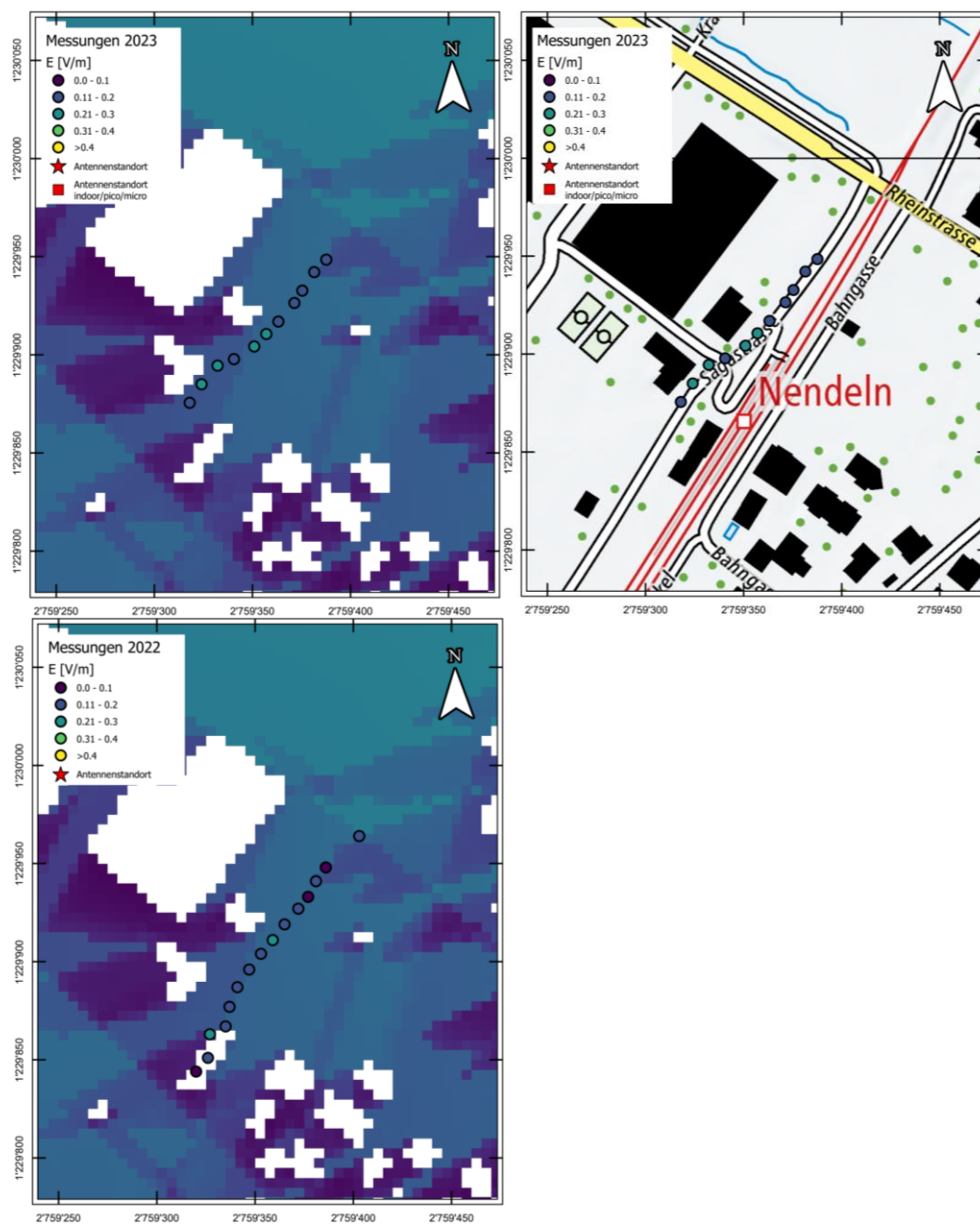


Abbildung 20: Oben: Messungen in Nendeln im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

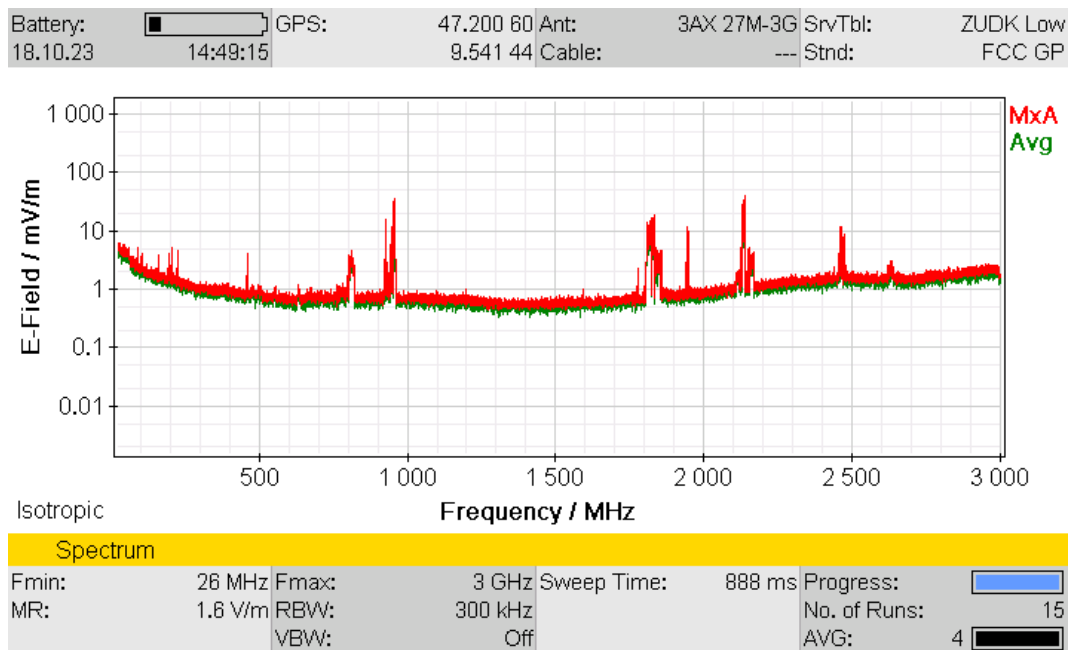


Abbildung 21: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Nendeln.

In Nendeln wurde entlang einer Strasse gemessen. Die nächstgelegene Sendeanlage (Swisscom NEND) befindet sich in über 500m Entfernung in nordöstlicher Richtung.

Das Gesamtbild entspricht sowohl den Messungen als auch der Modellierung von 2022.

4.1.8 Messungen in Planken

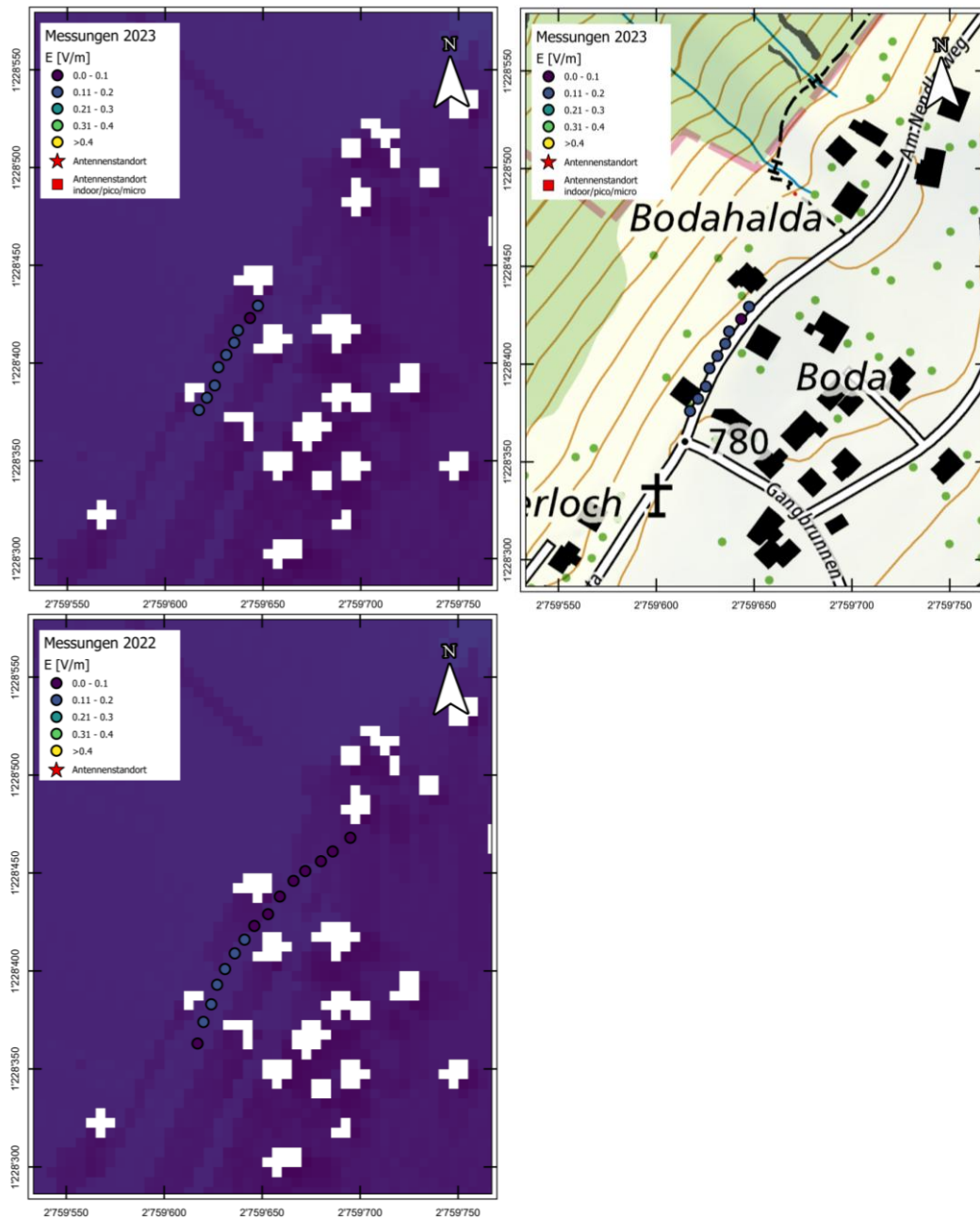
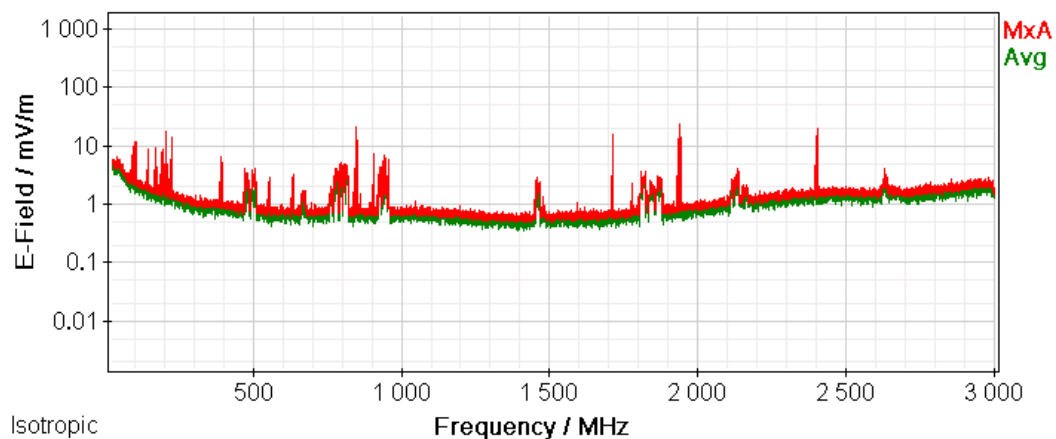


Abbildung 22: Oben: Messungen in Planken im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

Battery:		GPS:	47.187 52	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	ZUDK Low
18.10.23	15:19:48		9.545 31	Cable:	---	Std:	FCC GP



Spectrum							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Sweep Time:	885 ms	Progress:	
MR:	1.6 V/m	RBW:	300 kHz			No. of Runs:	31
		VBW:	Off			AVG:	4 

Abbildung 23: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Planken.

In Planken wurde entlang der vordersten Strasse über dem Tal gemessen. In unmittelbarer Umgebung befindet sich keine Sendeanlage.

Die Messreihe entspricht den 2022 gemessenen Werten sehr gut. Die Werte sind für beide Jahre im gleich abgedeckten Bereich jedoch um rund 0.1 V/m höher als die modellierten.

4.1.9 Messungen in Schaan

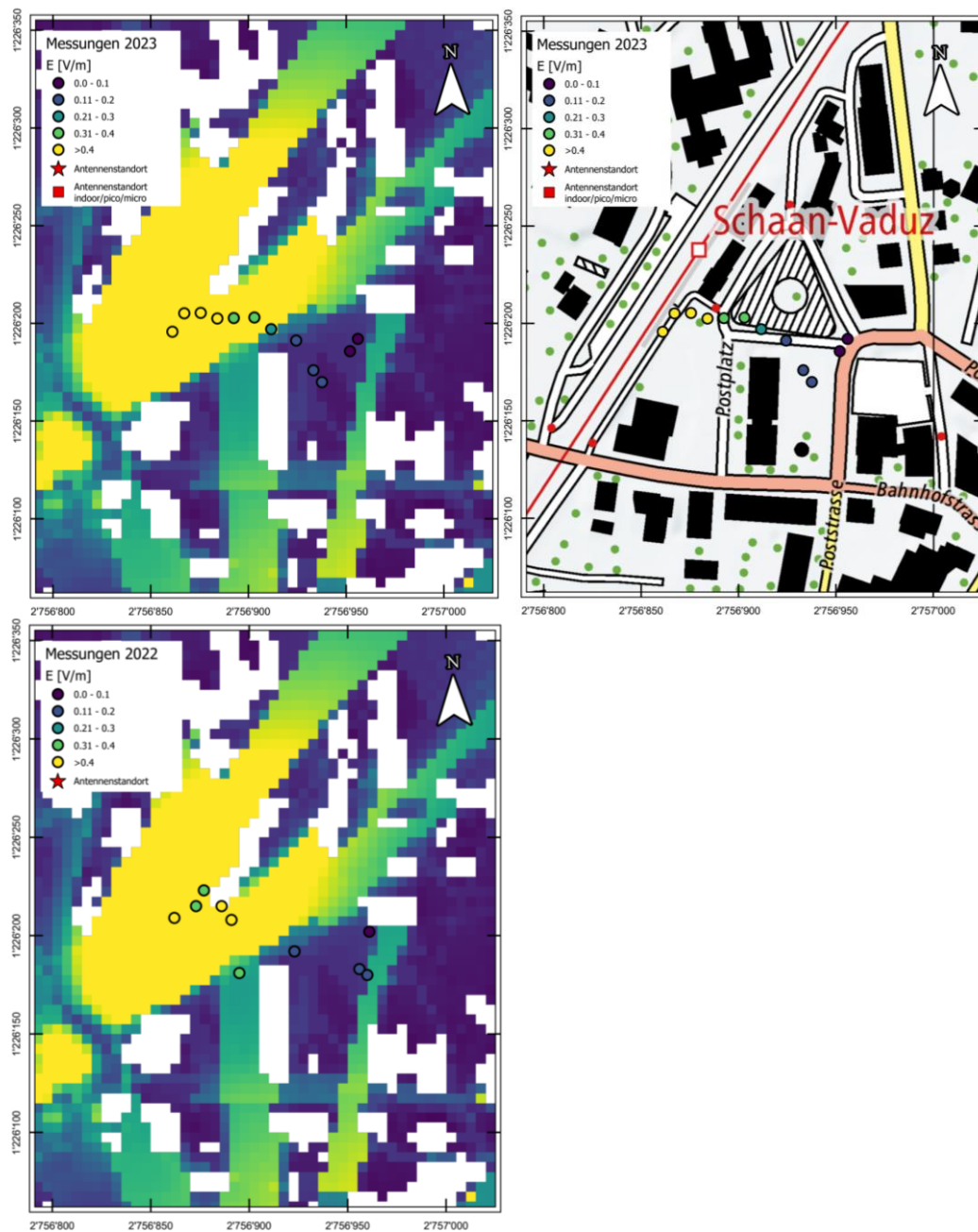


Abbildung 24: Oben: Messungen in Schaan im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

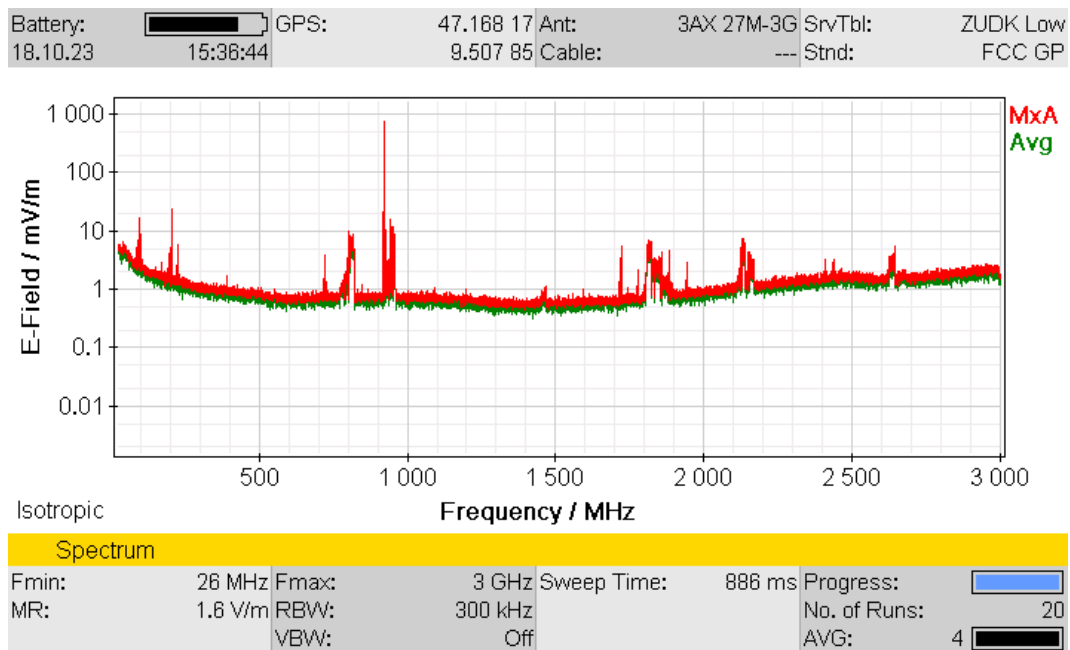


Abbildung 25: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Schaan.

In Schaan wurde an verschiedenen Punkten auf dem Postplatz gemessen. Es befinden sich hier mehrere Sendeanlagen in der Nähe: in etwa 100m südöstlicher Richtung befindet sich die Station OE6B6139, die in der modellierten Feldkarte dank dem Strahl mit erhöhten Werten (gelb, >0.4 V/m) erkennbar ist. In etwa 200m südlich von den Messpunkten befinden sich auch die Sendeanlagen Swisscom SHAA, Salt F627 und FL1 FL_0607A.

Die gemessenen Werte sind im westlichen Bereich des Postplatzes am höchsten, da keine Gebäude die Strahlung abschwächen und es somit einen direkten Sichtkontakt zur Sendeanlage der OE6B gibt. Hier werden Werte >0.4 V/m gemessen. Im südöstlichen Teil des Postplatzes, wo sich der Parkplatz befindet, wird die Strahlung besonders durch ein langes Gebäude gedämpft. Hier wurden hingegen tiefere Werte gemessen.

Obwohl die Messpunkte nicht exakt denen von 2022 entsprechen, erkennt man das gleiche Muster. Die Messungen 2023 bestätigen die modellierten Gradienten am Messort.

4.1.10 Messungen in Vaduz

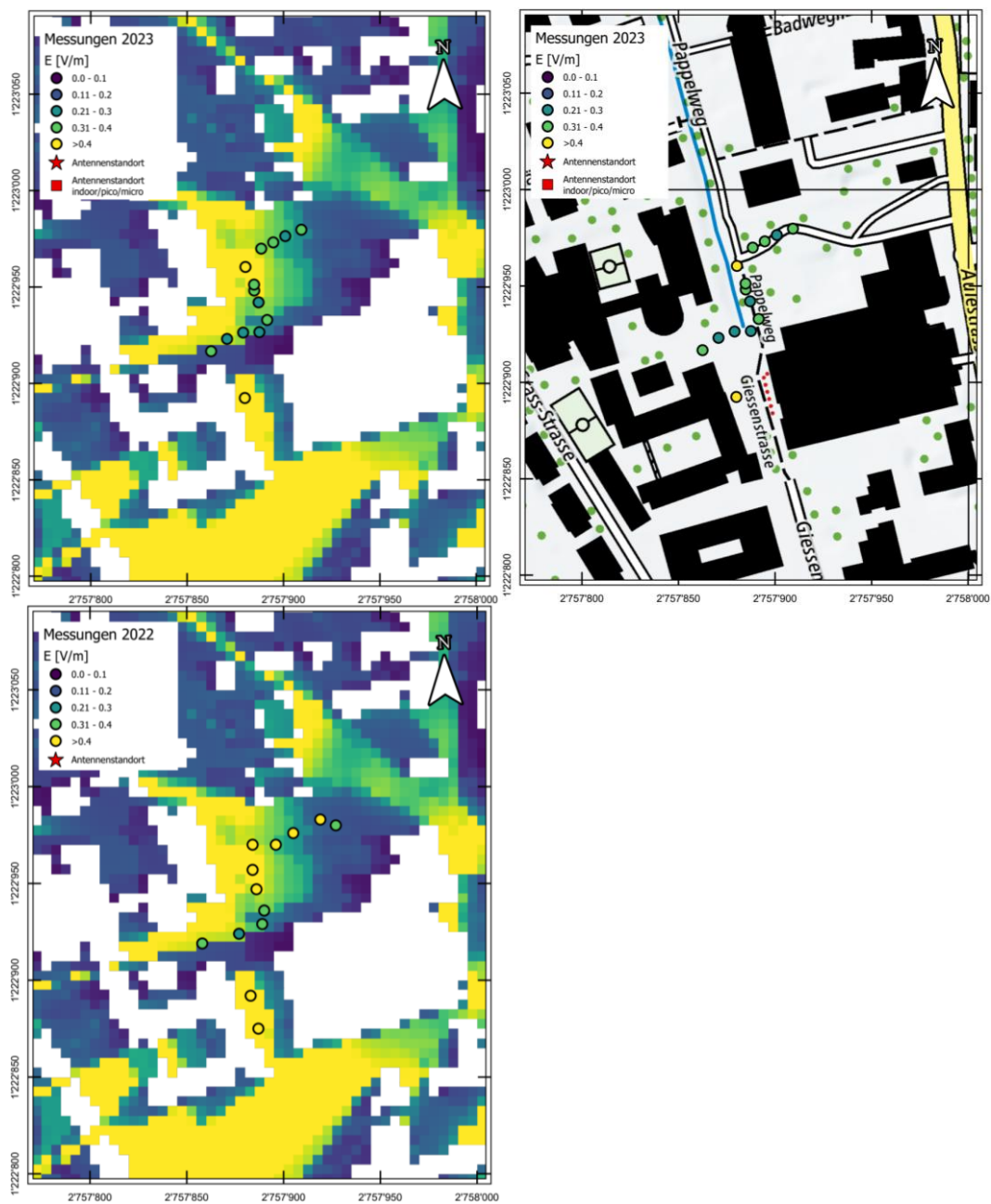


Abbildung 26: Oben: Messungen in Vaduz im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

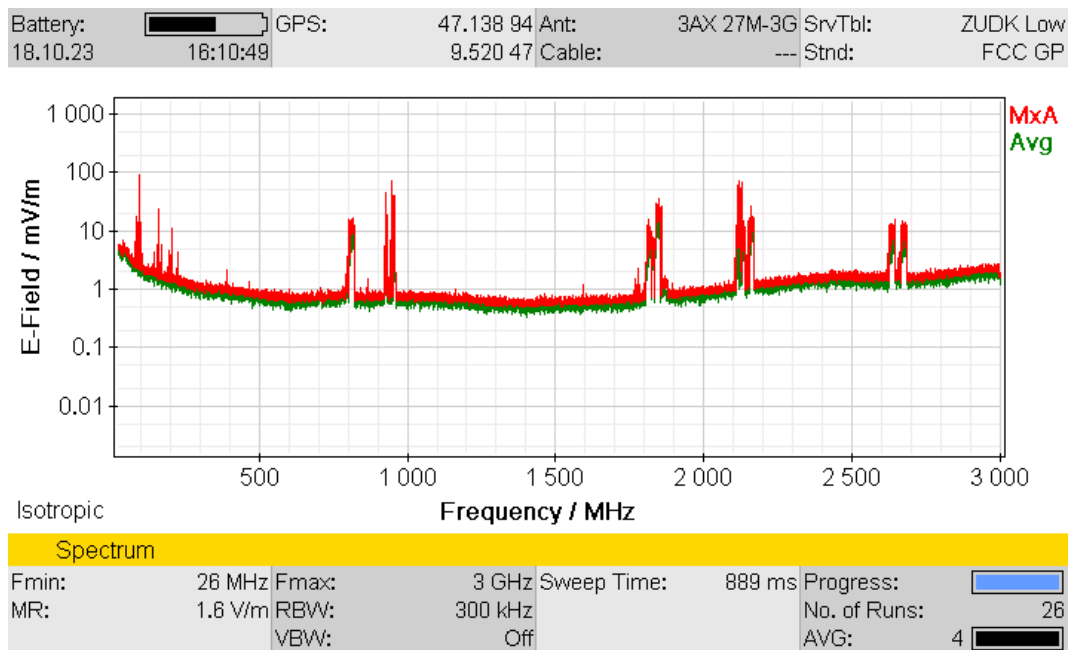


Abbildung 27: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Vaduz.

In Vaduz wurde um das mehrstöckige Gebäude der Marktplatzgarage gemessen, welches sich in der Nähe (<100m) der Sendeanlagen Swisscom VZLV, Salt F609 und FL1 FL_0609B befindet.

Die Messungen vom Oktober 2023 bestätigen die starken Gradienten die durch die Abschattung der Gebäude entstehen. Besonders die nördlichsten gemessenen Punkte bestätigen den modellierten Verlauf. Die beiden Messpunkte mit den höchsten Werten befindet sich wo auch 2022 ein «Hotspot» festgestellt und modelliert wurde.

4.1.11 Messungen in Triesen

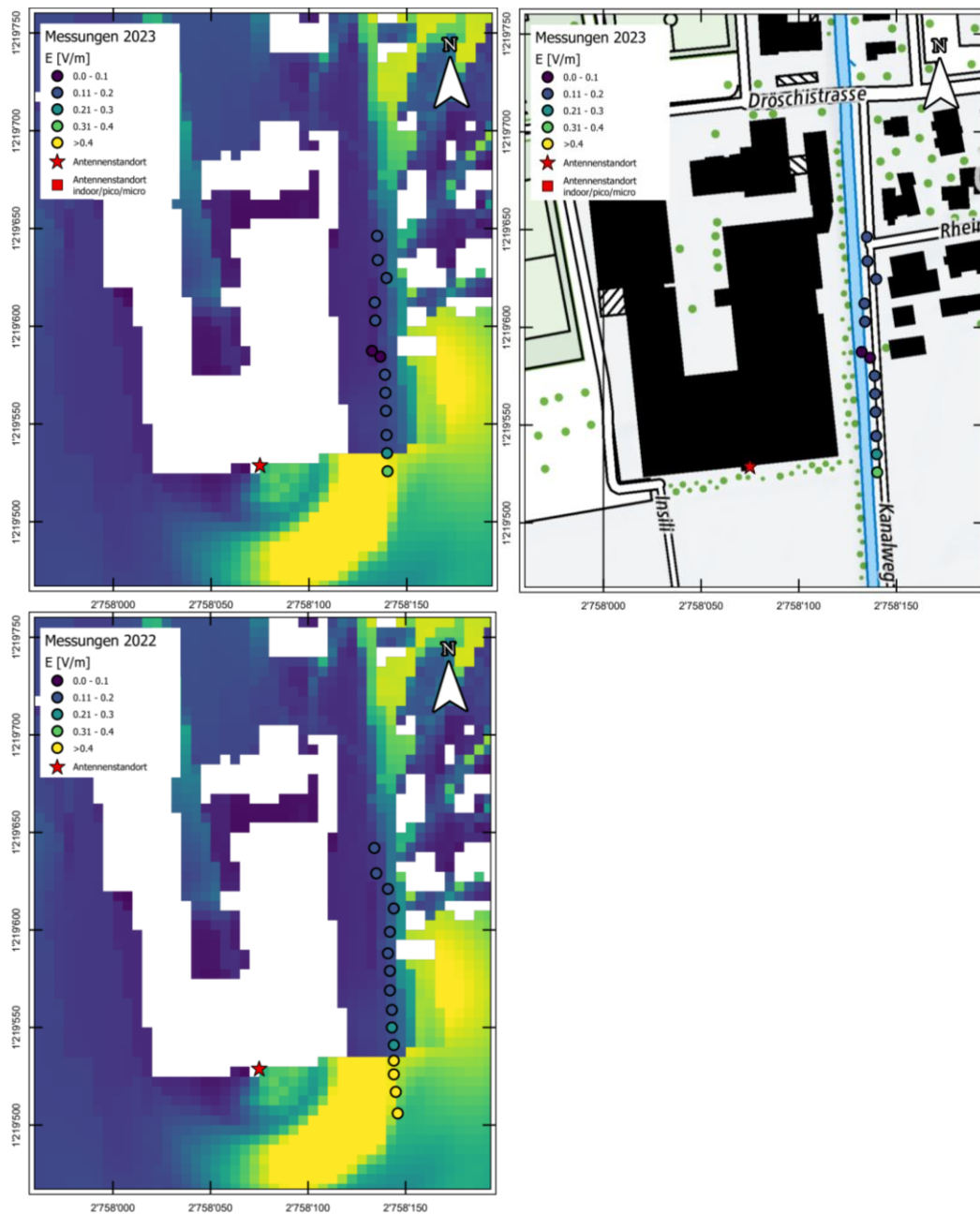
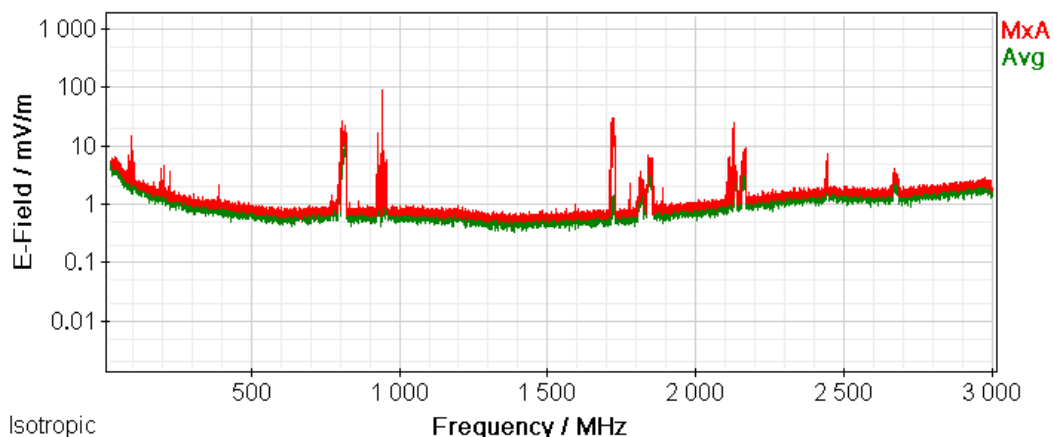


Abbildung 28: Oben: Messungen in Triesen im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

Battery:		GPS:	47.108 92	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	ZUDK Low
18.10.23	17:10:57		9.522 32	Cable:	---	Std:	FCC GP



Spectrum							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Sweep Time:	888 ms	Progress:	
MR:	1.6 V/m	RBW:	300 kHz			No. of Runs:	28
		VBW:	Off			AVG:	4 

Abbildung 29: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Triesen.

In Triesen wurde entlang eines Kanals gemessen. Die Sendeanlage steht auf dem Gebäude von Swarovski. Die meisten Punkte der Messreihe befanden sich im Schatten des Gebäudes, ohne Sicht auf die Antenne. Erst die Punkte am südlichen Ende, mit partieller bzw. direkter Sicht auf die Antenne zeigen höhere Werte auf.

Generell gibt es eine gute Übereinstimmung mit den modellierten und gemessenen Daten von 2022. Die Messungen am südlichen Ende sind aber tiefer als erwartet.

4.1.12 Messungen in Balzers

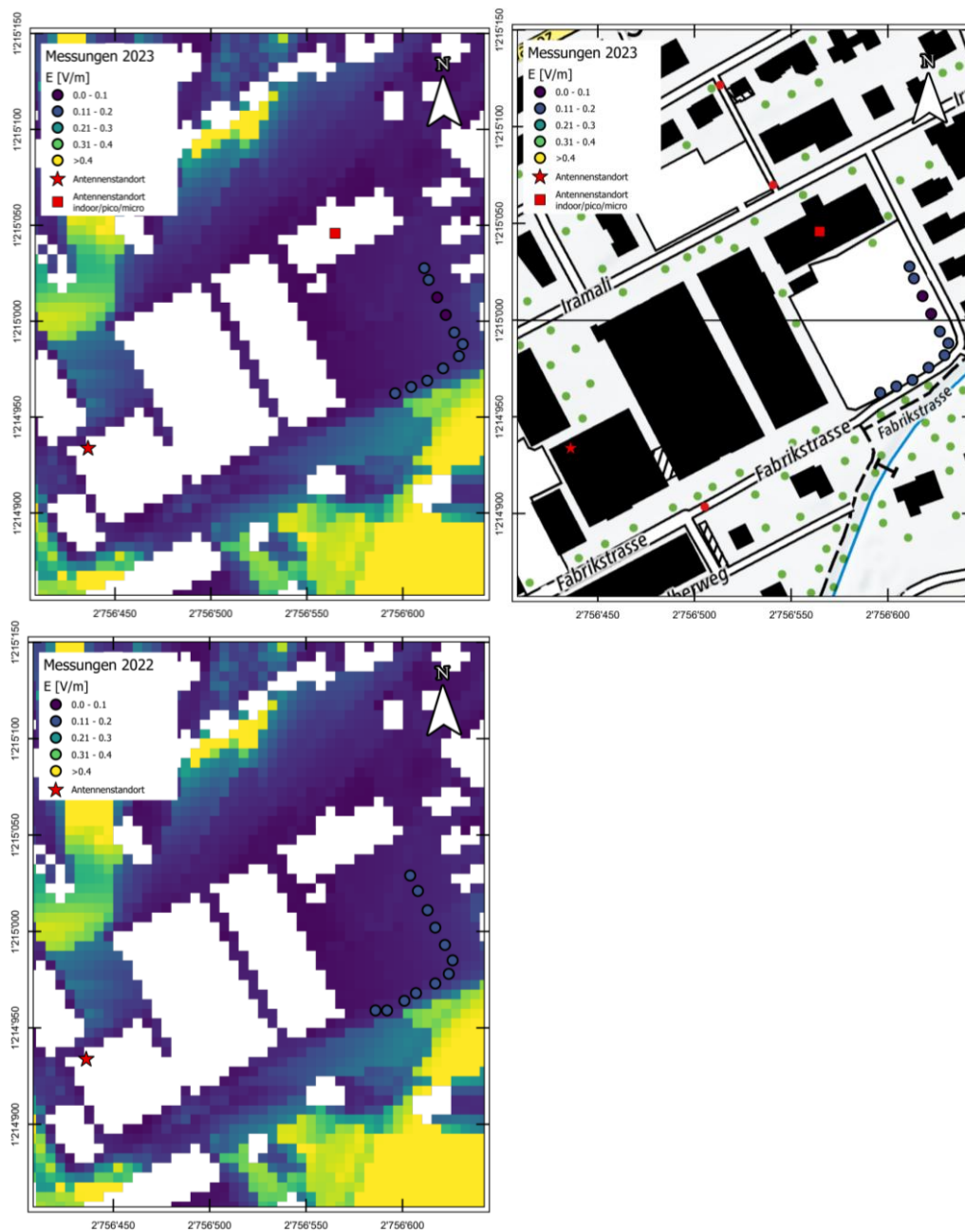


Abbildung 30: Oben: Messungen in Balzers im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

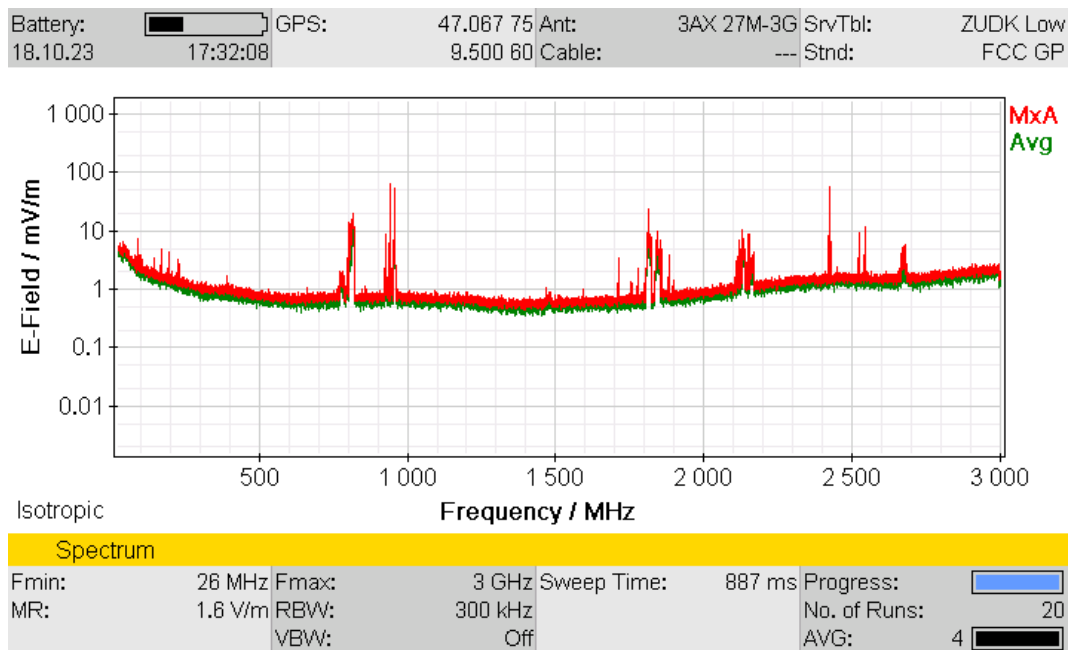


Abbildung 31: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Balzers.

In Balzers wurde auf einem grossen Parkplatz gemessen. Es befindet sich in der Nähe die Sendeanlage Swisscom BABA und Salt FL_0619B: diese steht auf dem Gebäude von Oerlikon Surface Solutions in ca. 75m Entfernung.

Man sieht, dass die Messpunkte alle von den Gebäuden abgeschattet sind. Das modellierte Feld unterschätzt den effektiven Wert generell um 0.1 – 0.2 V/m, was man sowohl bei der Messung 2022 als auch 2023 feststellt.

4.1.13 Messungen in Triesenberg

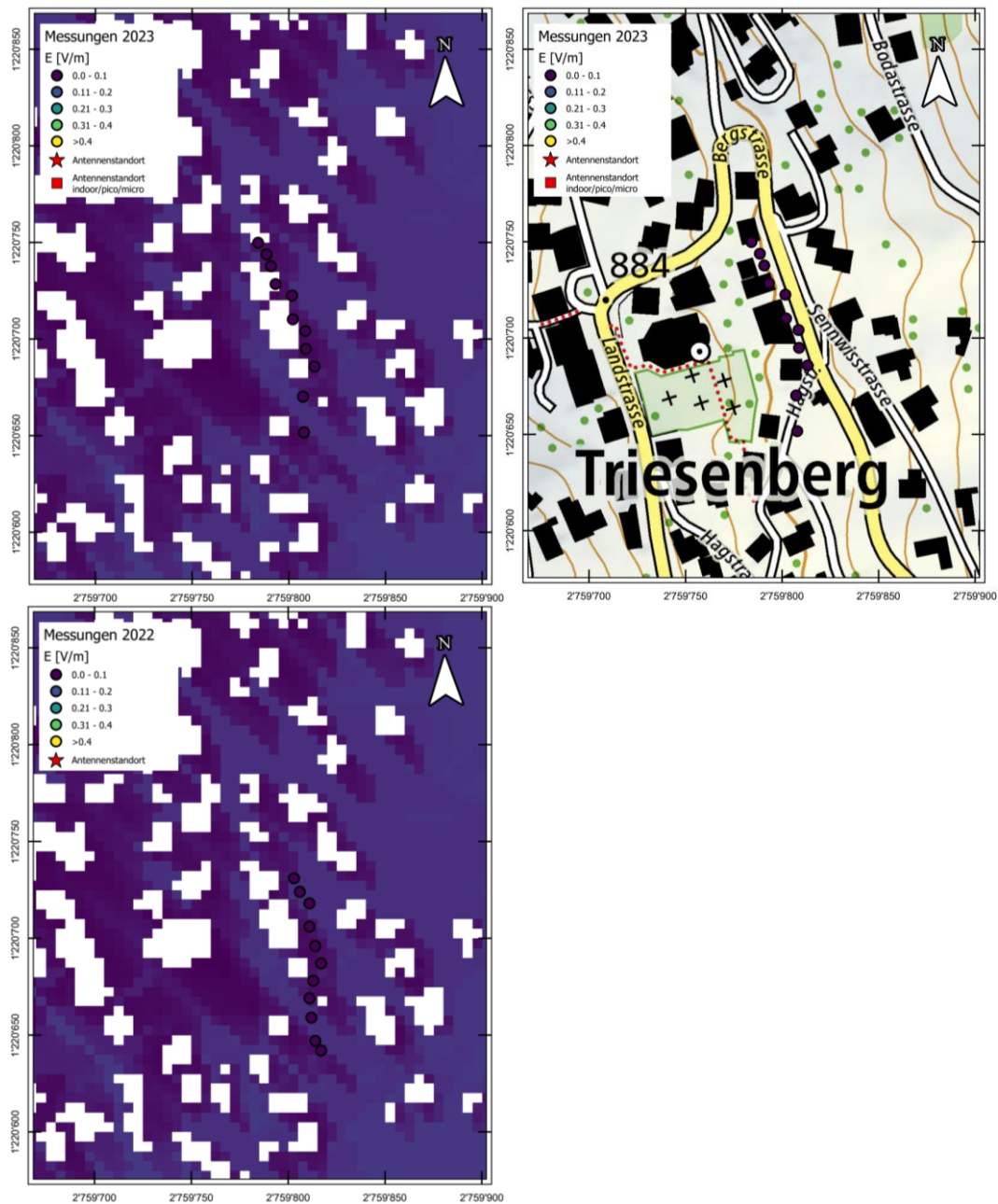


Abbildung 32: Oben: Messungen in Triesenberg im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

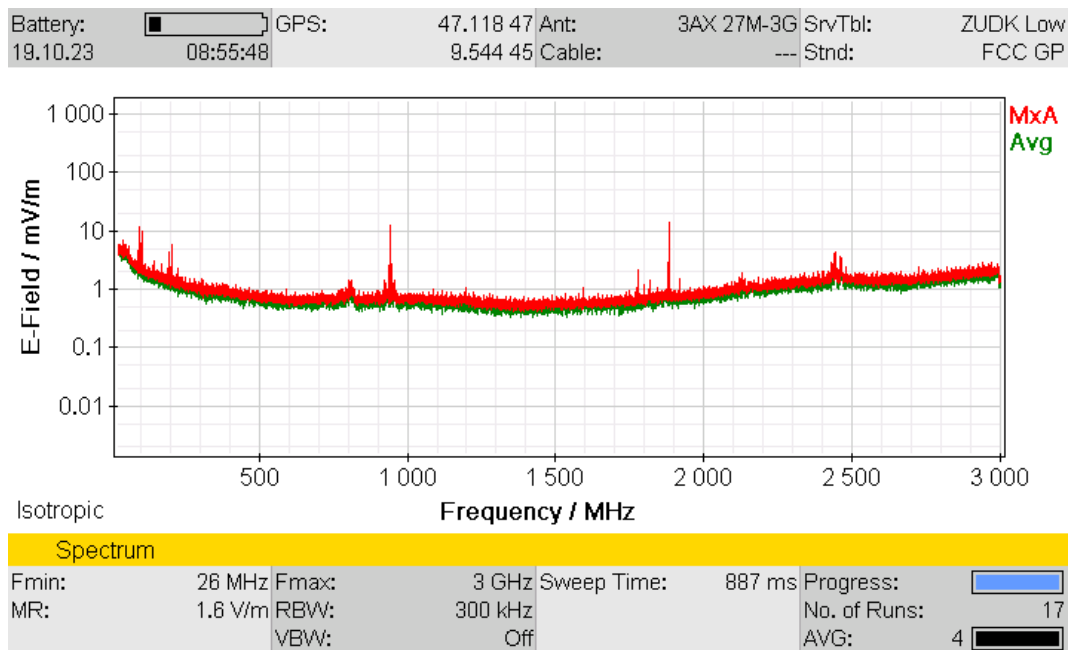


Abbildung 33: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Triesenberg.

In Triesenberg wurde entlang einer Strasse im Siedlungsgebiet gemessen. Die nächstgelegene Sendeanlage befindet sich beim Westportal des Tunnel Steg in über 500m Entfernung.

Die gemessenen Werte bedingen sich alle zwischen 0 – 0.1 V/m und bestätigen sowohl das Muster der Modellierung vom Juli 2022 als auch die Messungen.

4.1.14 Messungen bei Steg-Tunnel

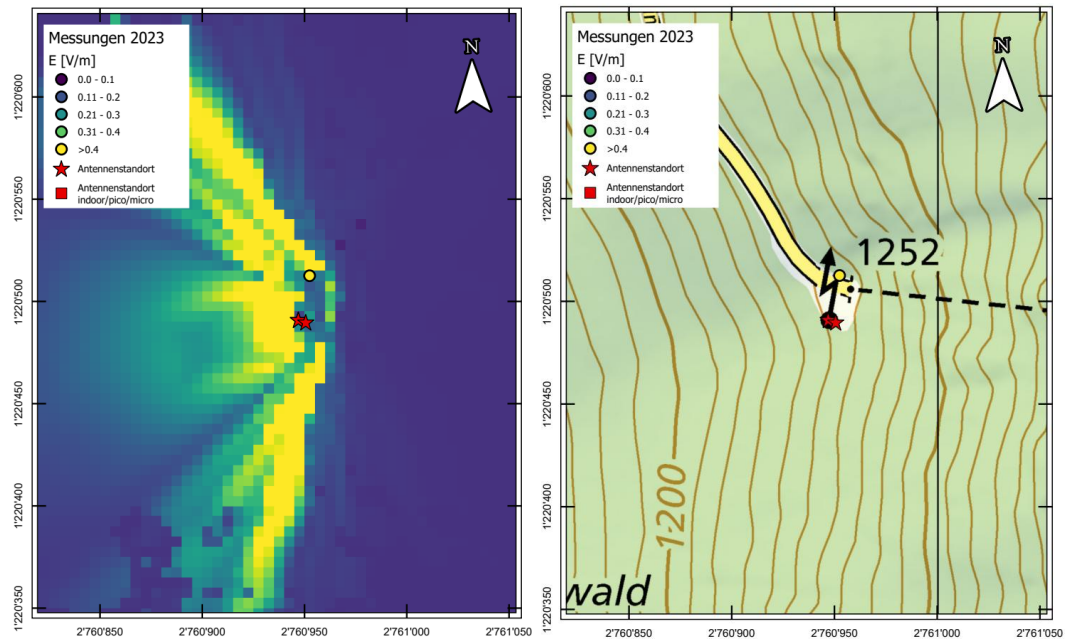


Abbildung 34: Oben: Messungen bei Steg-Tunnel im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund.

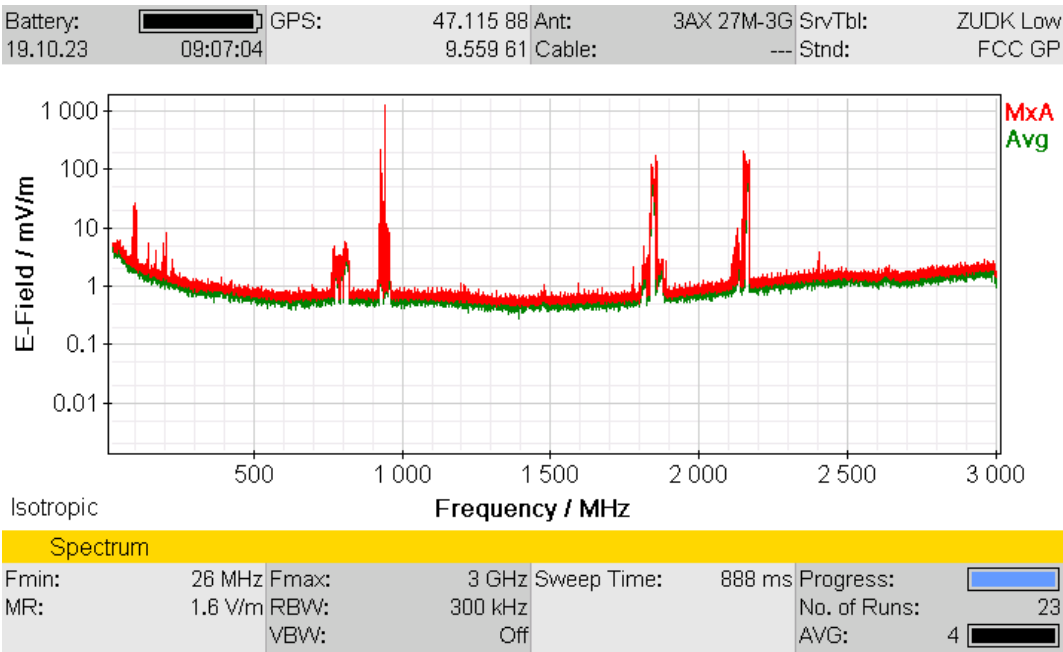


Abbildung 35: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt bei Steg-Tunnel.

Am westlichen Portal des Tunnels in Steg wurde eine einzige Messung direkt unter der Sendeanlage in zirka 10m Entfernung bzw. in direkter Sicht zur Antenne aufgenommen.

Der gemessene Wert beträgt hier knapp 1 V/m. Das Spektrum zeigt in diesem Falle Peaks, die im Vergleich zu den Messungen im Siedlungsgebiet etwa um einen Faktor 10 höher sind.

4.1.15 Messungen in Steg

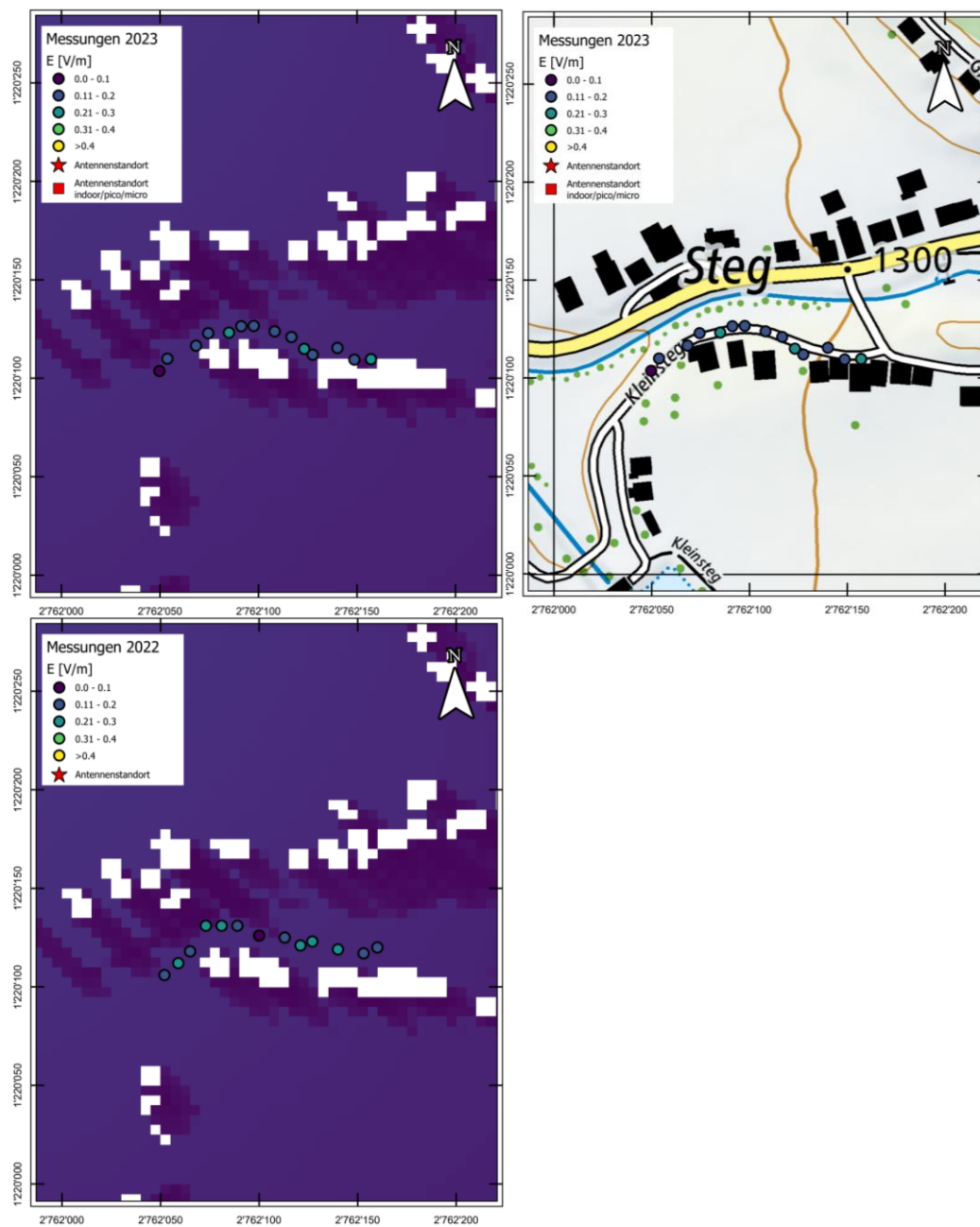


Abbildung 36: Oben: Messungen in Steg im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

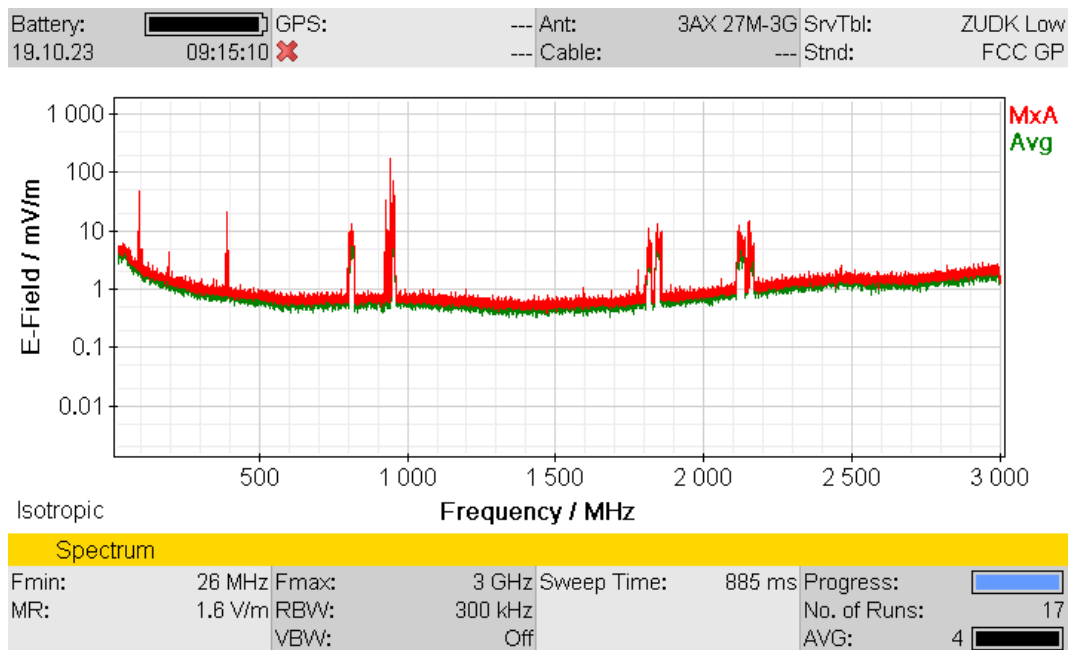


Abbildung 37: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Steg.

In Steg wurde entlang einer Strasse gemessen, welche sich unterhalb der nächstliegenden Sendeanlage (Swisscom KULT) und in etwa in 750 m Entfernung befindet. Die Sendeanlage liegt in nordwestlicher Richtung vom Messort, was man gut am Abschattungsmuster der Gebäude in dem modellierten Feldkarte erkennen kann.

Die gemessenen Werte, generell 0.1 – 0.3 V/m sind etwas höher als die modellierten, bestätigen aber die gemessenen Werte vom Vorjahr.

4.1.16 Messungen in Malbun

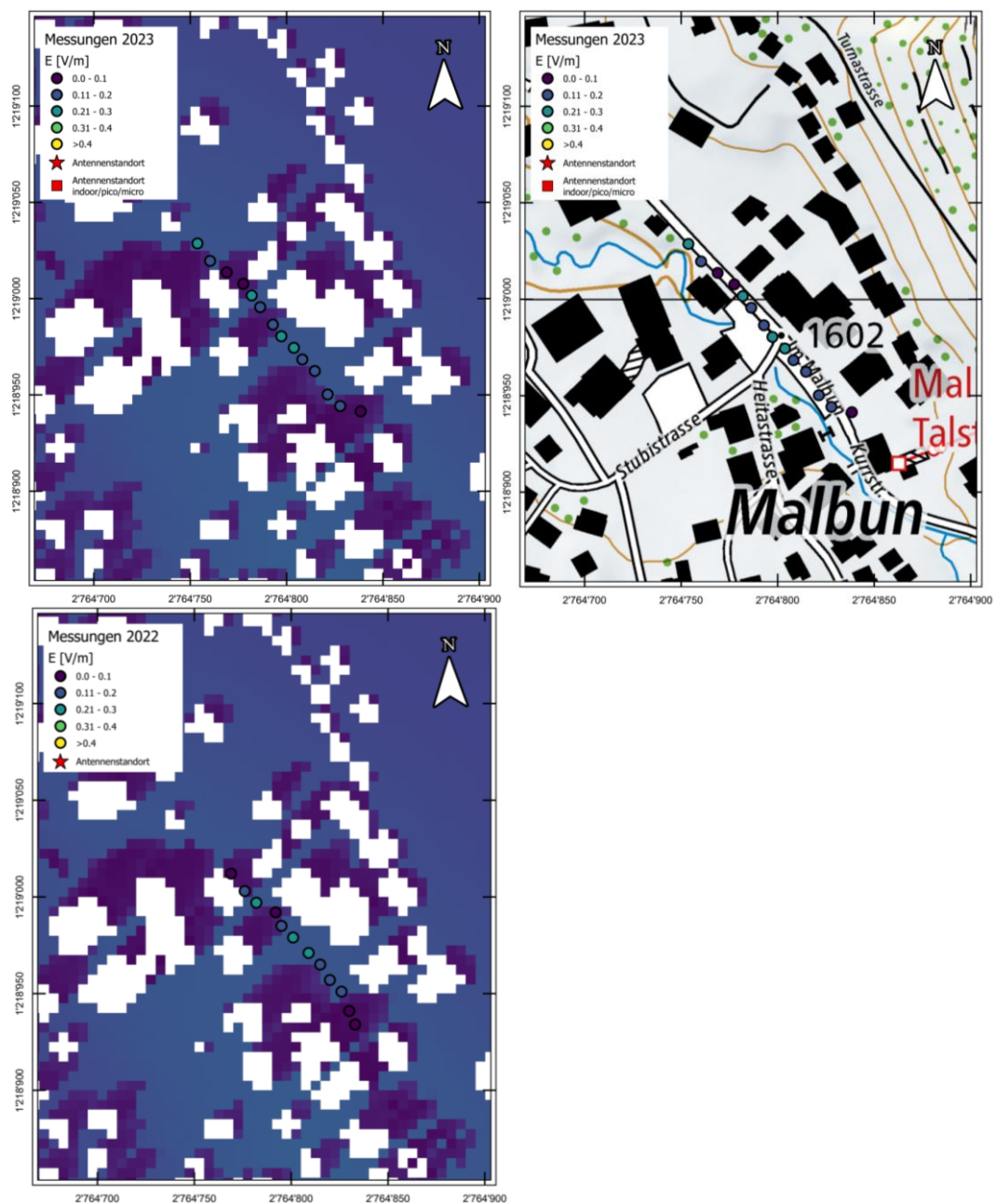
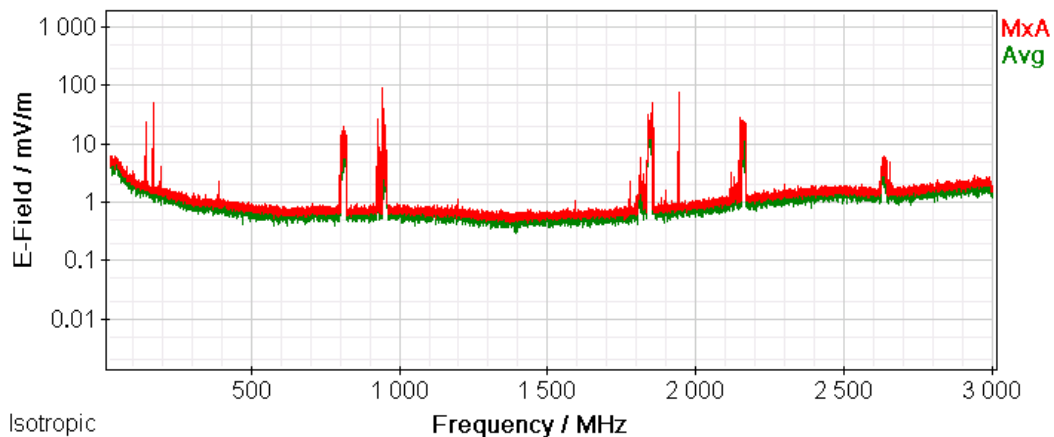


Abbildung 38: Oben: Messungen in Malbun im Oktober 2023 mit Feldstärke Juli 2022 (links) und Swisstopo Karte (rechts) als Hintergrund. Unten: Messungen im Jahre 2022 mit Feldstärke Juli 2022 als Hintergrund.

Battery:		GPS:	47.101 74	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	ZUDK Low
19.10.23	09:44:10		9.609 25	Cable:	---	Std:	FCC GP



Spectrum							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Sweep Time:	893 ms	Progress:	
MR:	1.6 V/m	RBW:	300 kHz			No. of Runs:	26
		VBW:	Off			AVG:	4 

Abbildung 39: Spektrum über die Frequenzen von 0-3000 MHz an einem Messpunkt in Malbun.

In Malbun wurde im Dorfkern entlang einer Strasse gemessen welche sich zirka 600m nordöstlich der Sendeanlage auf dem Hohegg befindet.

Das Abschattungsmuster nordöstlich der Gebäude ist auch hier in der Feldkarte sehr gut erkennbar. Die Messungen 2023 bestätigen dieses Muster und die Gradienten mit tieferen Werten direkt im Schatten der (höheren) Gebäude.

4.2 Zusammenfassung Messungen

Die Messwerte liegen im Bereich von 0.0 – 0.5 V/m, wie im Vorjahr sowohl mit der Modellierung der Feldstärkekarten als auch durch eine Messung festgehalten. Die durchgeführten Messungen an den verschiedenen Messorten zeigen interessante Effekte besonders bezüglich Abschattung von Gebäuden, aber auch bezüglich der Eigenschaften der Sendeanlagen in der Nähe (z.B. Nebenkeulen bei Bendern-Rheinbrücke).

Generell gilt, dass grössere Feldstärken mit direkter Sicht zu Sendeanlagen zugeordnet werden können, während kleinere Feldstärken in der Regel in abgeschatteten Bereichen zu finden sind. Bei Messpunkten mit indirekter Sicht zur Antenne wird die Feldstärke durch Hindernisse wie Gebäude, Gelände oder Bäume gemindert, was auch schwieriger zu modellieren ist.

Die Messungen von Oktober 2023 stimmen gut mit denen vom Vorjahr überein und zeigen ähnliche, im Grossen und Ganzen geringe, Abweichungen vom für Juli 2022 modelliertem Feld. Es hat sich erneut bestätigt, dass die Summenfeldstärke leicht unterschätzt war, obwohl sie in der richtigen Grössenordnung lag. Wie im Bericht für 2022 erklärt, könnte eine Unterschätzung des Rauschens bestehen, d.h., dass ein zu kleiner Betrag den rohen Messwerten abgezogen wurde. Dies könnte die Abweichung zwischen Modell und Messwerten von 2022 und 2023 erklären. Da die Messwerte von 2023 die von 2022 sehr gut bestätigen, wird dies als sehr wahrscheinlich eingestuft.

Wie man in den Spektren der einzelnen Messorten gut erkennen kann, stammen die grössten Beiträge zur gemessenen Feldstärke von den Mobilfunkbändern 900 MHz (42%), 2100 MHz (20%), 1800 MHz (14%) und 800 MHz (11%). Rundfunk (UKW, DAB, DVB-T) trägt mit einem Anteil von 6% bei. Einen spürbaren Anteil von DVB-T-Frequenzen konnte nur in den Regionen von Ruggel, Gamprin, auf dem Schellenberg und in Planken ermittelt werden. Diese Signale stammen aus dem Vorarlberg.

5 Fazit und Ausblick

Zum ersten Mal wurde 2022 ein Kataster der NIS-Exposition in Liechtenstein berechnet. Mit dem aktuellen Betriebszustand der Sendeanlagen für Mobil- und Rundfunk wurde in einer horizontalen Auflösung von 5 x 5 m frequenz aufgelöst die Beiträge der verschiedenen Bänder und Funkdienste berechnet. Ein digitales Höhenmodell und dreidimensionale Gebäudedaten wurden dem Modell hinterlegt. Die Sendeanlagen wurden in einer Datenbank erfasst. In einer zweitägigen Messkampagne wurde an 14 Orten im gesamten Gebiet des Fürstentum Liechtensteins das elektrische Feld frequenzselektiv ausgemessen und damit die Modellierung validiert. Im Oktober 2023 wurde eine Messkampagne an den gleichen Messorten und zwei weiteren Orten durchgeführt.

Die Messungen bestätigen diejenigen von 2022 und weichen voneinander nur wenig ab. Dies ist in den meisten Fällen darauf zurückzuführen, dass nicht exakt die gleichen Messpunkte bzw. -reihen gemessen wurden, und wenige Meter Abstand schon einen Unterschied in der Abschattung der Strahlung von Sendeanlagen bewirken können.

Es hat sich zwischen Juli 2022 und Oktober 2023 bei den Sendeanlagen wenig geändert, d.h. man konnte die Messwerte von 2023 mit den modellierten Karten für Juni 2022 vergleichen. Die gemessenen Werte bestätigen eine gewisse Unterschätzung der modellierten Werte, wie schon im Vorjahr festgestellt. Der Unterschied könnte aber auch an einer Unterschätzung der von den rohen Messdaten abgezogenen Rauschwerte liegen.