

# Technischer Projektbericht

## „Innovationsprojekt\_LOR11 Netzabdeckung Test“

Abschlussbericht Projekt: 7.704.40001

### 1 Zusammenfassung

Das gegenständliche Projekt zielt darauf ab, ein genaueres Bild der Mobilfunk-Netzabdeckung innerhalb des AIRlabs-Testgebietes LOR 11 Frauschereck zu gewinnen. Das Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen und bot allen beteiligten Parteien zahlreiche Lernmöglichkeiten. Zudem unterstützt die erstellte Visualisierung der Netzabdeckung AIRlabs in der Kommunikation mit Kunden und den Kooperationspartner Dimetor bei der Optimierung dessen Modells.

### 2 Projektziele

Die Testfluggebiete von AIRlabs bieten vielen innovativen Unternehmen die Möglichkeit, in Bereichen zu testen, welche von Wohngebieten entfernt liegen. Die Testflüge wurden im aktivierten Luftraum mit einer Betriebsbewilligung in der Kategorie SPECIFIC durchgeführt.

Für AIRlabs ist das Verständnis der Netzabdeckung in ihren Testgebieten von größter Bedeutung, um zukünftigen Kunden zuverlässige Daten zur Verfügung stellen zu können.

Derzeit stehen relativ detaillierte Daten zur Netzabdeckung in Städten und entlang der Hauptverkehrswege zur Verfügung. In der Luft kann die Abdeckung jedoch erheblich von der am Boden abweichen. Besonders in bewaldeten Gebieten außerhalb der Städte können größere Unterschiede auftreten. Zudem variiert die empfangene Signalqualität entsprechend der Flughöhe stark. Dies ist auf Abschirmungen und Interferenzen zurückzuführen.

Der Kooperationspartner Dimetor stellt das mobile Messgerät und das Messprogramm für die Erhebungen bereit. Ziel des Projekts für Dimetor ist es, ihr statisches Modell (basierend auf terrestrischen Antennen) mit Daten aus Drohnenflügen zu optimieren.

A1 ist sowohl AIRlabs- wie auch Dimetor-Partner und stellte die statischen Daten von A1 zur Verfügung, um den Algorithmus mit weiteren Daten zu ergänzen.

### 3 Projektdurchführung

#### 3.1 Eingesetzte Hauptwerkzeuge/Genehmigungen:

- Handy + Software: Wir nutzten das von Dimetor bereitgestellte, speziell für Netzabdeckungstests vorbereitete Gerät.
- AIRlabs Betriebsgenehmigung: Da der Test im BVLOS-Modus durchgeführt werden sollte, wurde die Operation unter der SPECIFIC-Betriebsgenehmigung von AIRlabs durchgeführt.
- A1/Drei SIM-Karten: Verwendung mehrerer SIM-Karten für die Gewinnung von Ergebnissen dieser Mobilfunk-Anbieter.
- DJI M300: Der Test wurde mit der Industrie-Drohne von AIRlabs durchgeführt. Das Mobilgerät wurde an der Drohne befestigt. **(Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)**
- AIRborn RF Software: Die Dimetor-Plattform, mit deren Hilfe die Visualisierungen erstellt wurden.



Abbildung 1: M300 RTK mit Handy

## 3.2 Das Projekt konnte in drei Phasen unterteilt werden:

### 3.2.1 Planung

Um in möglichst kurzer Zeit möglichst viele Daten zu sammeln, musste der Flug genau geplant werden. Es wurden Vorbereitungen für den Fall getroffen, dass die Netzabdeckung im Gebiet keine Verbindung mit dem Internet zulässt. Daher wurde der Flugplan vorab erstellt. Die Software der Drohne bietet die Möglichkeit, eine Offline-Karte auf einfachem Niveau zu nutzen. Diese wurde ebenfalls heruntergeladen, damit im Bedarfsfall die Mission vor Ort modifiziert werden konnte.

In der Planung wurden hauptsächlich die drei Start- und Landeplätze berücksichtigt. Die Flughöhe wurde auf etwa 200 Meter festgelegt, um auch im BVLOS-Modus in einer ausreichend sicheren Höhe zu fliegen.

### 3.2.2 Testflüge

Der Flug wurde unter der Betriebsgenehmigung von AIRlabs im Testgebiet LOR 11 durchgeführt. Ein RPIC (Remote Pilot in Command) und ein VO (Visual Observer) waren anwesend. Die Aufgabe des Piloten bestand darin, die Drohne zu steuern, die Software auf dem Mobilgerät zu starten und bei Bedarf die Mission zu überarbeiten oder zu ändern. Die Aufgabe des VO bestand darin, den Funkkontakt mit möglicherweise in den Luftraum eindringenden Luftfahrzeugen aufrechtzuerhalten, die Akkus kontinuierlich zu laden und die Umgebung ständig zu beobachten. Beide Personen unterstützten sich gegenseitig mit verschiedenen Informationen, insbesondere bei den BVLOS-Flügen.

An jedem Start- und Landeplatz wurden zwei Arten von Missionen durchgeführt. Die erste war ein manueller vertikaler Flug, bei dem die Drohne kontinuierlich über dem Start- und Landeplatz auf- und abstieg.

Auf dem Messgerät wurden laufend Messdaten erhoben, um möglichst viele Daten zu sammeln, wobei abwechselnd die SIM-Karten von A1 und Drei verwendet wurden.

Danach folgten eine oder mehrere vorab programmierte BVLOS-Missionen rund um die Start- und Landeplätze mit definierten Rastern.

### ***Durchführung der BVLOS-Mission:***

Alle Missionen wurden durch das Starten vorab programmierter Flüge durchgeführt. Eine Herausforderung war, dass in vielen Fällen Bäume oder Hügel den Bereich zwischen der Drohne und der Fernsteuerung abschirmten, was das Risiko eines Signalverlusts erhöhte. Es wurde laufend darauf geachtet, den Signalverlust zu minimieren, indem die vorab programmierten Flugrouten gelegentlich angepasst wurden (hier war es nützlich, dass während der Vorbereitung die Offline-Karte auf den Controller heruntergeladen wurden), und die Flughöhe wurde auf etwa 200 Meter eingestellt, um sicherzustellen, dass die Fernsteuerung möglichst lange in Funkverbindung mit der Drohne stand.

Es kam in 1-2 Fällen zu Signalverlusten, woraufhin die Drohne gemäß den vorher festgelegten Parametern sicher zum Ausgangspunkt zurückkehrte.

### ***3.2.3 Auswertung***

#### ***3.2.3.1 Messaufbau:***

- Flüge: Insgesamt wurden 11 Flüge im Bereich Frauschereck durchgeführt.
- Software: Azenqos
- Gemessene Technologie: LTE/LTEa
- Band Lock: Es wurde kein LTE-Band-Lock erzwungen.
- Gemessene MNOs: A1 (fünf Flüge) und Drei (sechs Flüge)
- Gerät: OnePlus 8
- Gemessene RF KPIs usw.: Messproben wurden mit einer Abtastrate von ca. 2 Hz gesammelt. Die folgenden Metriken wurden erfasst und in AirborneRF importiert: Abdeckungsmetriken (d.h. RSRP); Signalqualitätsmetriken (d.h. SINR, RSRQ); Verzögerungsmetriken (Latenz durch Round-Trip-Delay, gemessen durch Pings mit einer Paketgröße von 1250 Byte). Alle KPIs wurden gleichzeitig über ein vorkonfiguriertes Skript gesammelt, das auf dem Gerät in wiederholter Weise ausgeführt wurde. Das Skript zur Erfassung von Latenzproben wurde angepasst, um das im 3GPP TR 36.777 vorgeschlagene C2-Verkehrsmodell zu simulieren.

### 3.2.3.2 Integration in AirborneRF:

- Alle durchgeführten Messungen wurden in die jeweiligen MNO-Instanzen hochgeladen. Zunächst konvertierte AirborneRF die Rohmessungen aus dem Azeqos-Format in das AirborneRF (ARF.v2)-Format.
- Während dieses Prozesses werden die RF-Messungen mit Telemetriedaten korreliert (in diesem Fall unter Verwendung von GPS-Quelldaten). Die verarbeiteten Messungen wurden dann für die Modellanpassung verwendet, wobei nur die Messproben importiert wurden, für die die Zellen in unserer Datenbank vorhanden waren.

### 3.2.3.3 Modellanpassung in AirborneRF:

- Nach dem Hochladen der Messungen werden die in AirborneRF verwendeten 3D-Ausbreitungsmodelle durch eine Kombination aus historischen und aktuellen Messungen angepasst. Dafür wird das Netzwerkdatensatz mit den Messungen korreliert, indem die über das Messgerät gesammelten Zellidentifikatoren verwendet werden. Für jeden Punkt entlang der Flugroute und eine aufgezeichnete Messprobe für diesen Punkt werden die entsprechenden Netzwerksdaten (Zellstandort, Zelleistung, Antennenausrichtung, Antennenmuster, ...) ausgewählt, wodurch ein Probenpunkt für den Abstimmungsprozess erstellt wird.
- Es ist dabei entscheidend, dass der Netzwerkdaten-Snapshot dem Zeitpunkt entspricht, zu dem die Messung durchgeführt wurde. In der Webanwendung wird die Leistung der Vorhersagemodelle in Form von "Model-Performance"-Analysen angezeigt, die den Unterschied zwischen gemessenen und vorhergesagten Netzwerkanalysen (für RSRP, SINR, RSRQ) darstellen. Der Begriff "Model-Performance" bezieht sich darauf, dass in dieser Analyse der identifizierte Zellbezug als Eingabe in den Berechnungen verwendet wird - sodass die Berechnungen für jede Kommunikationsverbindungsmessprobe Zell-Messung bewertet werden.
- Die Analysen zeigen die Berechnungen vor und nach der Anpassung mit der Messung. Die Unterschiede zwischen berechneten und gemessenen Werten werden in Form von verschiedenen Fehlerstatistiken (Mittelwert, RMSE, STDE), Quantilen und Diagrammen entlang der Flugstrecke veranschaulicht. Beispiele und Screenshots werden im Folgenden gezeigt.

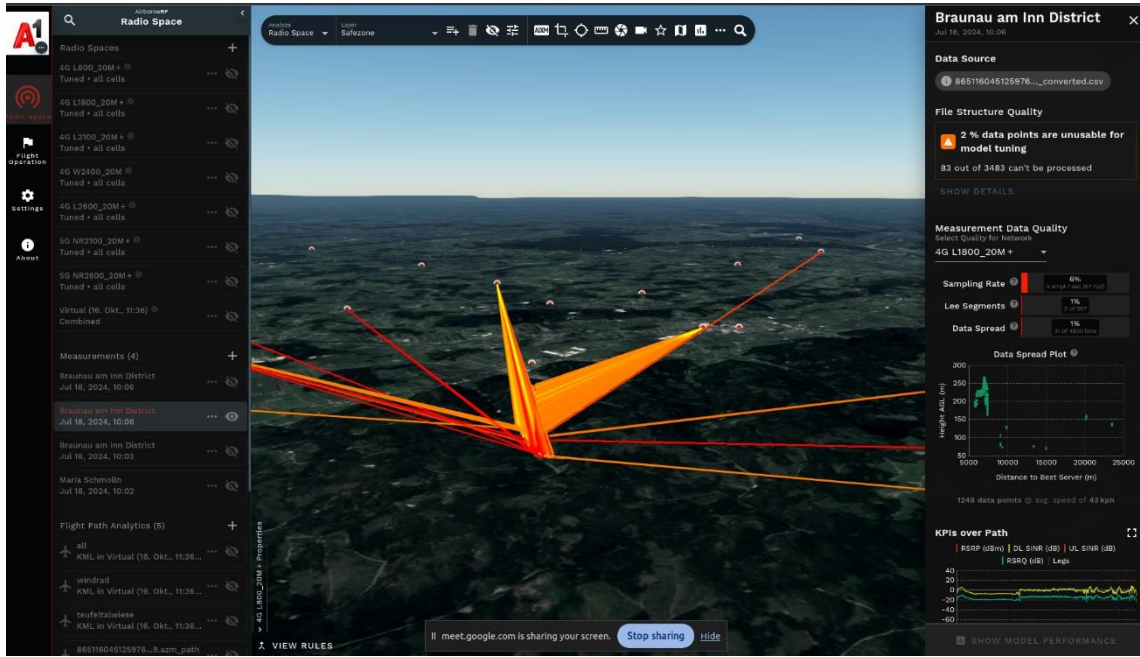


Abbildung 2

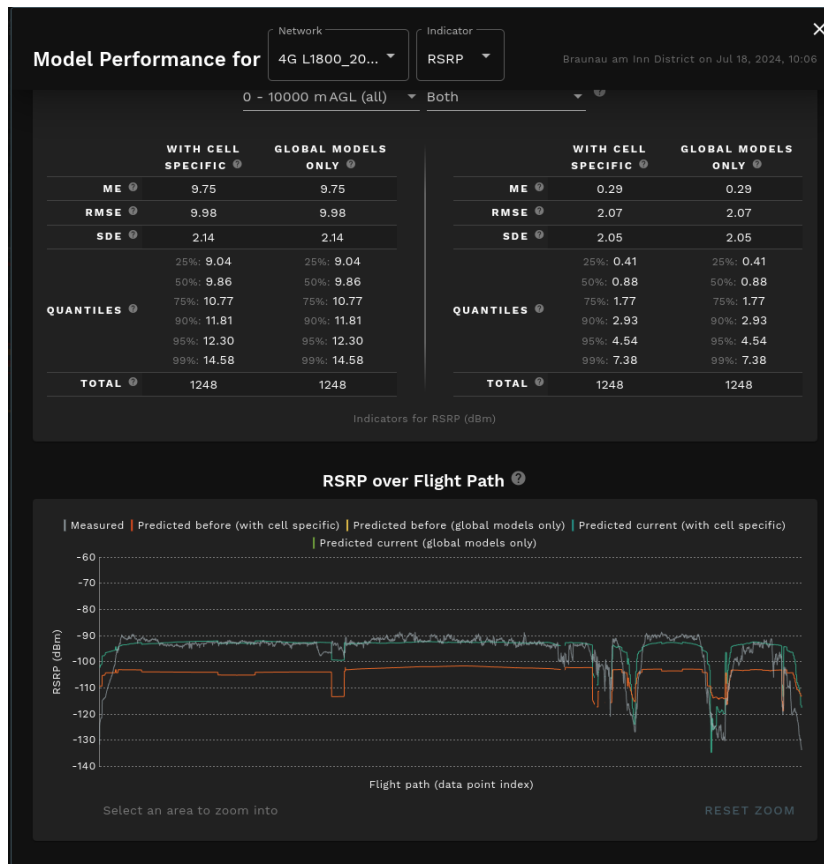


Abbildung 3

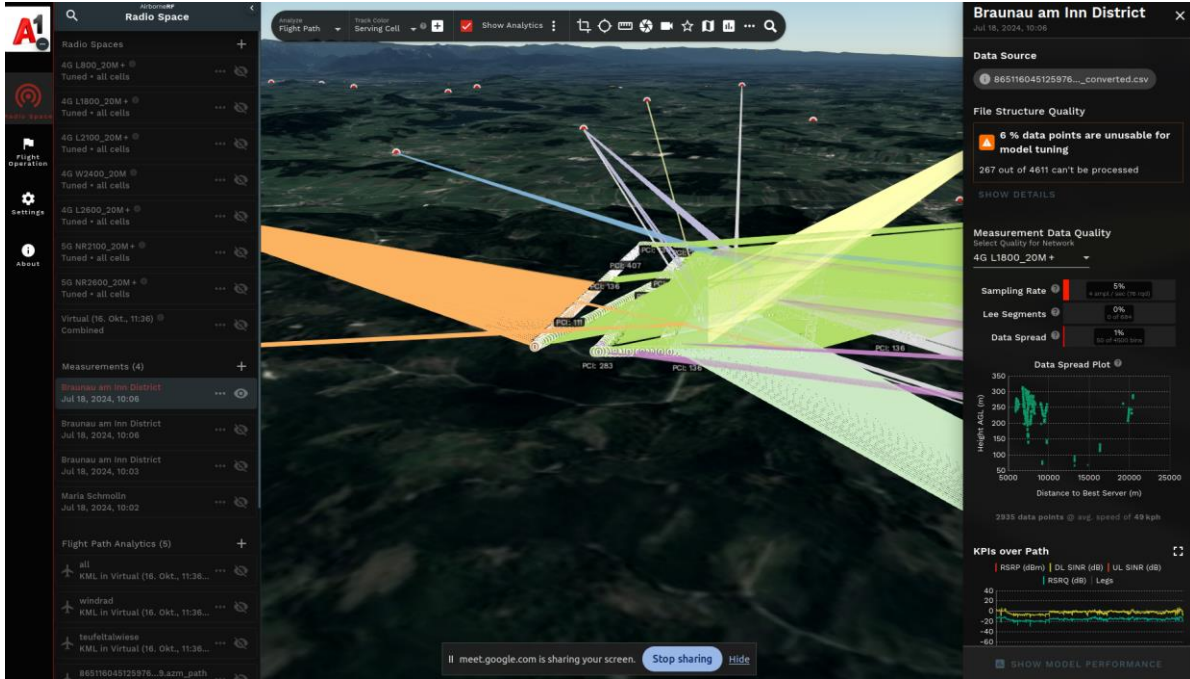


Abbildung 4

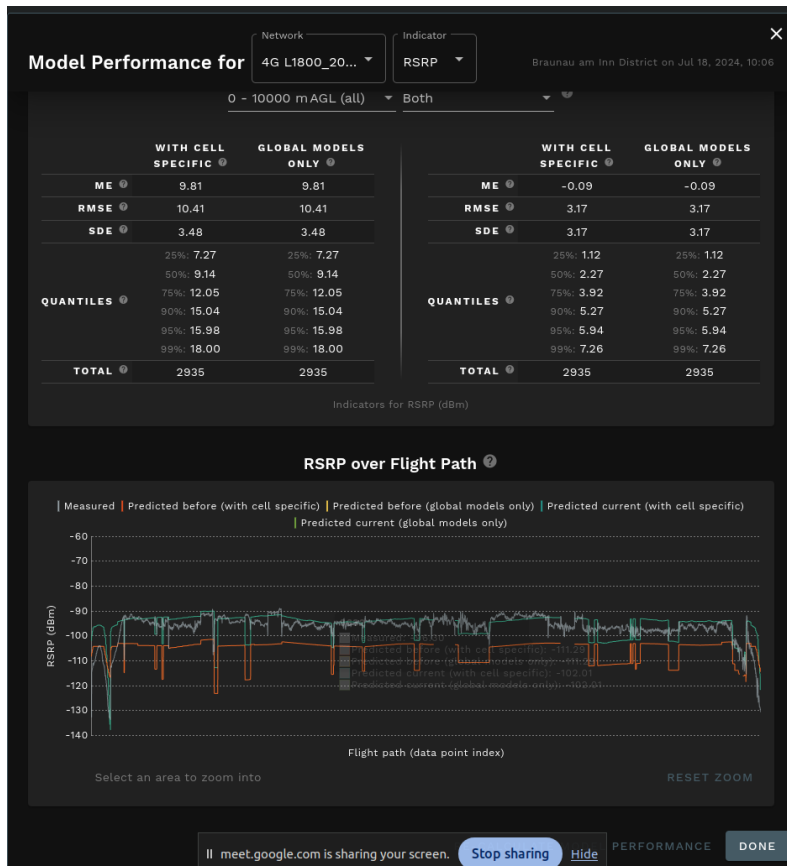


Abbildung 5

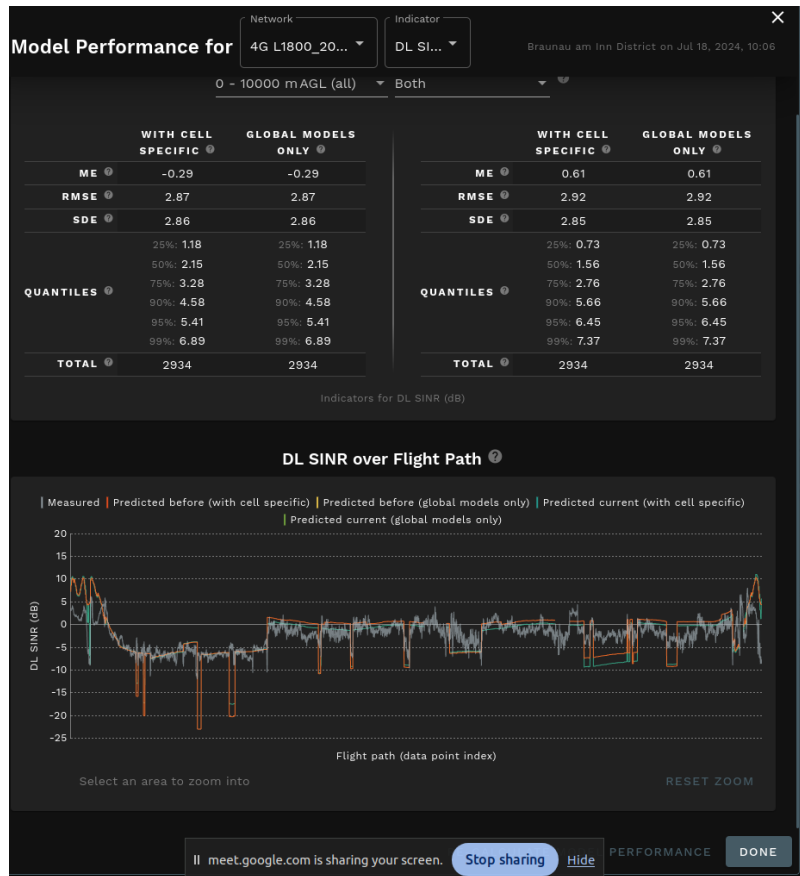


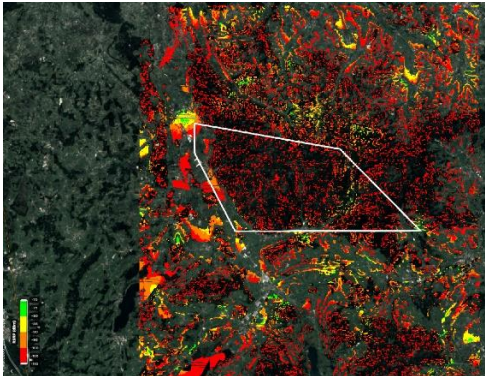
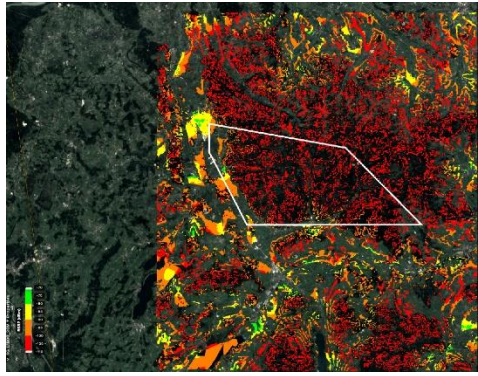
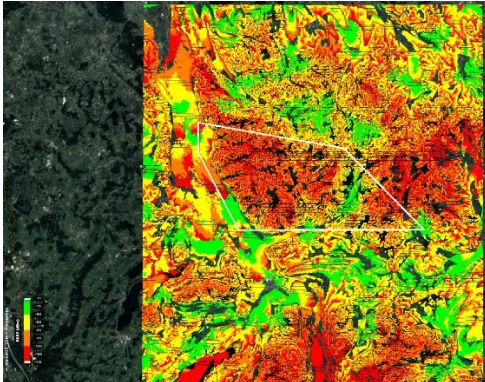
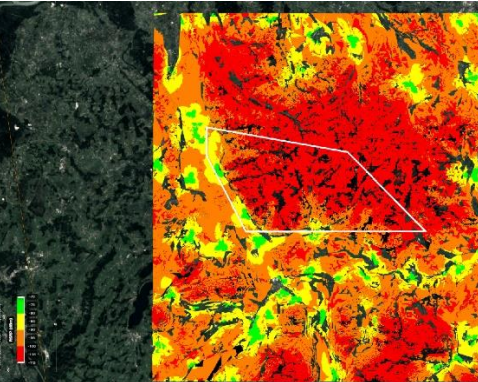
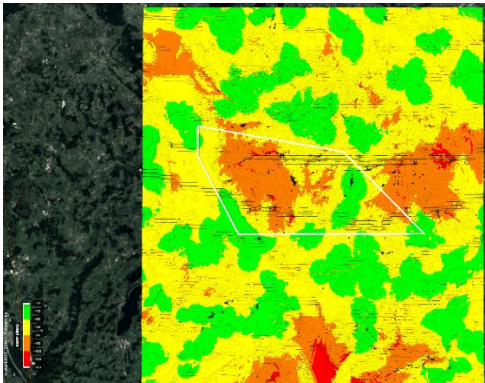
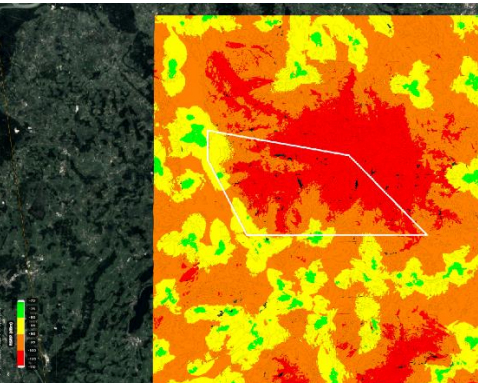
Abbildung 6

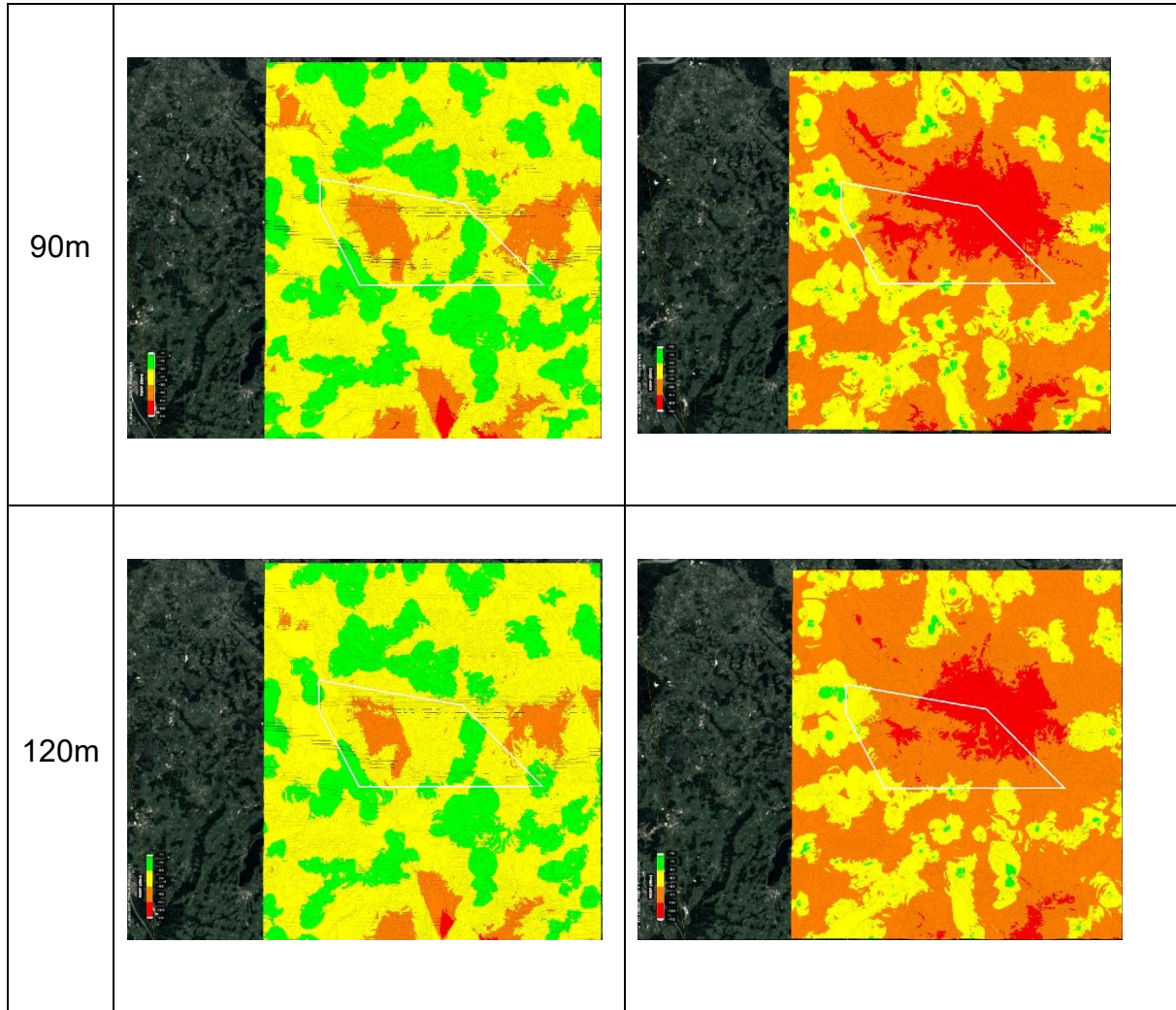
### 3.2.3.4 Visualisierung

Die Daten wurden mit dem von Dimetor eigens entwickelten System analysiert, um herauszufinden, wie die Signalstärke in verschiedenen Höhen (10-30-60-90-120m) war.

Die Simulation wurde von Dimetor auf zwei verschiedenen Layern durchgeführt: auf 800 MHz und auf 1800 MHz. (Tabelle 1) Es ist festzustellen, dass die Werte bei 800 MHz deutlich besser sind.

Tabelle 1: Ergebnisse

AGL	800 MHz	1800 MHz
10m		
30m		
60m		



Zur Bestimmung der Signalqualität wurde der RSRP-Wert (Reference Signal Received Power) herangezogen (Tabelle 2).

Die Auswertung zeigt, dass die Signalqualität umso besser ist, je höher die Flughöhe.

		RSRP (dBm)
RF Conditions	Excellent	$\geq -80$
	Good	-80 to -90
	Mid Cell	-90 to -100
	Cell Edge	$\leq -100$

Tabelle 2: RSRP Klassifizierung

#### 4 Schlussfolgerung/Ausblick

In Zukunft sind weitere Flüge in dem Gebiet geplant, um mehr reale Daten zu sammeln und das Modell weiter zu verbessern. Ein weiteres wichtiges Ziel für AIRlabs ist es, solche Messungen auch in den anderen Testgebieten durchzuführen.

Das Projekt führte außerdem zu einem internen AIRlabs "Lessons-Learned"-Dokument für BVLOS-Flüge.

## **IMPRESSUM**

### **Redaktion / Text:**

*Kristóf Gombás, MBA / AIRlabs Austria*

*Paul Dolejschi / Dimetor*

*August 2024*

### **Fotos / Bilder:**

*Kristóf Gombás, MBA / AIRlabs Austria*

*Paul Dolejschi / Dimetor (Screenshots)*