

WLAN@SmallStations

oder

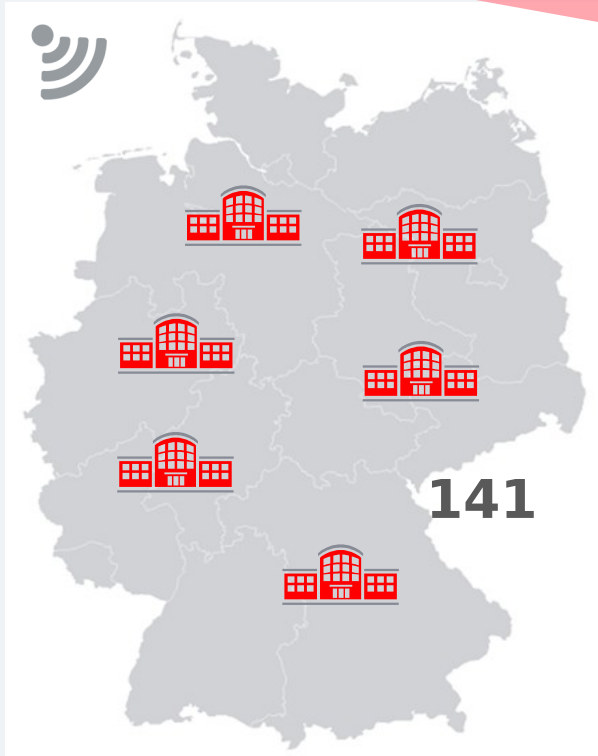
Der Weg zu einem WLAN für kleine
Bahnhöfe

@Flarp

Flächendeckendes WLAN am Bahnhof

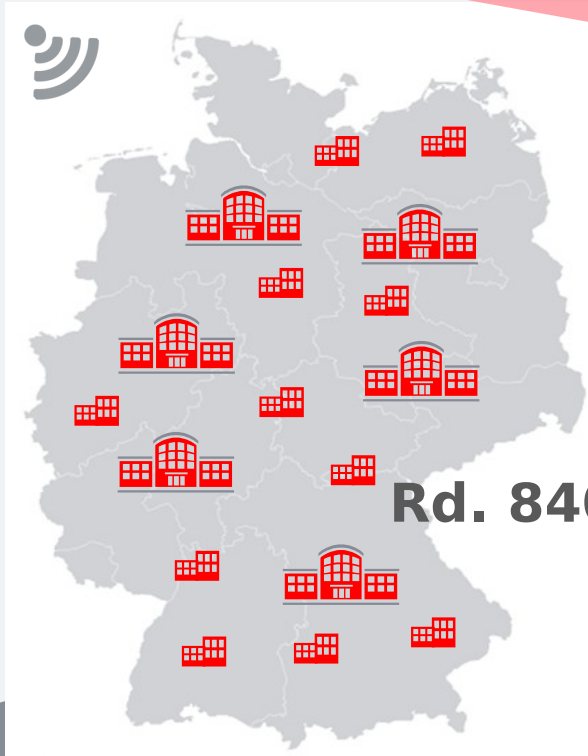
WLAN wird in drei Initiativen ausgebaut

WLAN
Eigenausbau



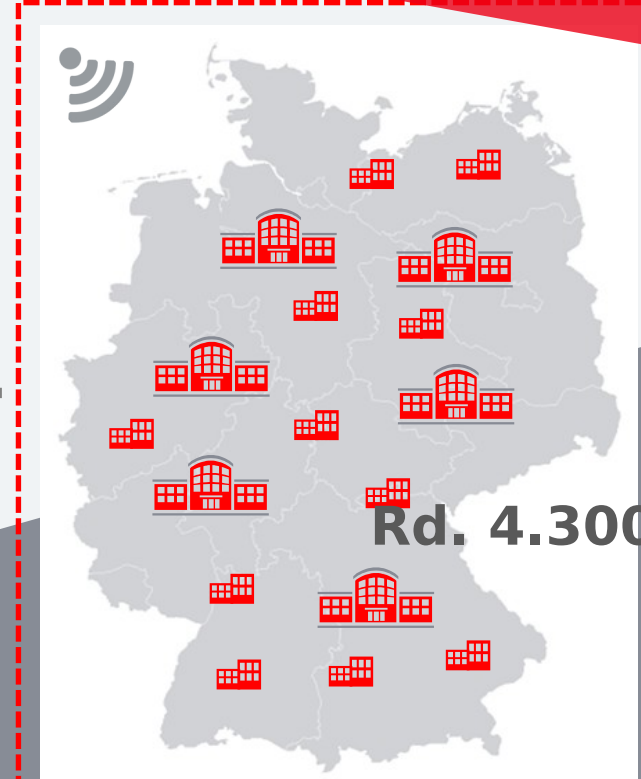
**Aktueller
WLAN-Ausbau**

WLAN
Konzessionsmodell



**WLAN-Ausbau an
mittelgroßen
Bahnhöfen**

WLAN@SmallStation



**WLAN-Ausbau an
kleinen Bahnhöfen**

Reichweite
„WIFI@DB“



Lass uns das
Produkt kurz
darstellen und
dann sehen, ob es
ein schnelles MVP
gibt!

Was bedeutet „kleine“ Stationen

- Regionale Zubringer
- Bahnhöfe und Haltepunkte mit wenig Verkehrsaufkommen
- S-Bahnhöfe (Berlin, Hamburg, Stuttgart, München etc)
- Meistens keine Vermietungsflächen
- Lange Aufenthaltsdauer auf Grund der Zugfrequenz
- Keine tragenden Businessmodelle zur Refinanzierung eines WLANs

Geringe Kosten für die
Installation und
Hardware und den
Betrieb

Was bedeutet „kleine“ Stationen aber auch noch?

- Verfügbarkeit von Internet meistens nur über ADSL
- Oft sehr lange Leitungen
- 50Hz Versorgung an beliebigen Punkten Kostenintensiv (>EUR5k)
- Oft keine vorhandenen Kabelwege
- Räume für Unterbringung von Technik oft nicht vorhanden
- Lange Aufenthaltsdauer auf Grund der Zugfrequenzen
- Keine tragenden Businessmodelle zur Refinanzierung eines WLANs

Welche Möglichkeiten haben wir für den Internet-Uplink

- DSL:
 - Leider meistens nur in ADSL (ohne „+“ und ohne 2 und ohne „V“ statt „A“)
- Starlink:
 - Ausrichtung benötigt Sicht zum Horizont
 - Muss höchster Punkt sein – Blitzschutz
 - Keine standardisierte Technik
 - Injektor und Router/Modem nicht Outdoor
 - W/I aufwändig, da bewegende Teile
- Mobilfunk:
 - 5G nicht Flächendeckend vorhanden
 - Netzkapazitäten variieren sehr stark
 - Oft nur 1 Anbieter vorhanden

Das klingt nicht
unbedingt
vielversprechend

Welches vorhandene
System kann ich für die
Spannungsversorgung
nutzen?

Da gab es doch eine
Ausschreibung für die
Erneuerung der DSA
(Digitalen Schrift Anzeiger)

DSA+



Jackpot! Jackpot?

- Spannungsversorgung:
 - PoE explizit für WLAN damals in die Anforderungen geschrieben
- Befestigung:
 - Direkt am Mast ist noch Platz
- Internet-Uplink:
 - Der DSA+ muss ja auch mit Daten versorgt werden

Das System ist durch Bundesmittel/Landesmittel
gefördert!

Ohoh!

Förderungen durch Bundes oder Landesmittel

- Zweckgebundenheit:
 - Eine Zweckentfremdung oder zusätzliche Nutzung ist nicht gestattet
 - Spezielle Ausschreibungsverfahren sind notwendig
 - Scope der Ausschreibung MUSS alle Funktionen enthalten
- ➔ Bye, Bye Nutzung des Internet-Uplinks
- ➔ Klärung, ob ich zusätzliche Komponenten an die Masten hängen darf
- ➔ Klärung, ob ich die Spannungsversorgung nutzen darf
- Rechtliche Klärung ergab:
 - Anbringung von zusätzlichen Komponenten ist erlaubt, solange diese den eigentlichen Zweck nicht sichtbar verändern
 - Nutzung der Spannungsversorgung ist gestattet

Damit können wir arbeiten

- Requirements
 - System welches den Internet-Uplink integriert
 - Spannungsversorgung über PoE – welcher Standard eigentlich?
 - Outdoorfähigkeit:
 - Erweiterter Temperaturbereich
 - Wasserdichtigkeit
 - Windlast unempfindlich
 - Montage über vorhandene Systeme möglich
- ➔ Klingt ein wenig nach einer ruggedized Fritz-Box!
- ➔ PoE ist leider nur 802.3af (15,4W)
- ➔ Welcher Hersteller hat Out-of-the-Box so etwas im Angebot?

Diskriminierungsfrei
heit!

Was brauchen wir noch

- Tunnel:
 - Router muss Tunnel zu Endpunkten aufbauen können für den Zugriff auf SSIDs für dritte
 - Entbindet uns auch von der Diensteanbieter Pflicht für diese SSID
- Monitoring:
 - Verfügbarkeit
 - Datentransport pro SSID
 - Anzahl der Benutzer pro SSID
 - Auslastung des Internet-Uplinks
 - CPU
 - Temperatur
 - Packet-Loss
 - Packet-Delay (falls möglich)

Silver Bullet

- WiFi Router mit integriertem LTE Modem

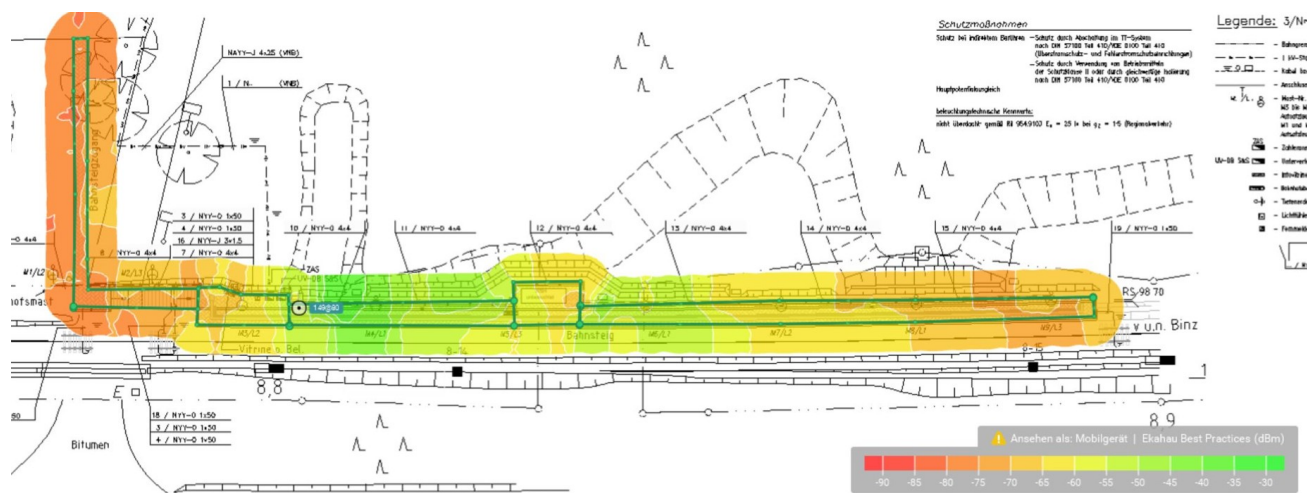
- Einfache, kostengünstige Hardware
- Unkomplizierte Montage

•Spannungsversorgung über

- Universale Verfügbarkeit
- Kosteneffiziente Installation

•Einbettung in Bahnnetz und Captive Portal

- Datenschutz durch VPN Verschlüsselung
- Vertrauenswürdige SSID mit Bahnidentität



Eigenschaften	Mindestvoraussetzungen
Spannungsversorgung	• PoE 802.3af (idealerweise M12 Buchse) • Leistungsaufnahme bis max. 15W
WLAN Standard	• IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5)
Uplink	• Integriertes LTE Modem • LAN/WAN Port
OS Features	• VPN für verschlüsselten Tunnelaufbau (IPsec, Wireguard) • Ausstrahlung mehrfacher virtueller SSIDs • Monitoring via SNMP • Automatisierbares Konfigurationsinterface (SNMP, Netconf) • Remote OS Upgrades • NAC fähig (IEEE 802.1x) • IPv4/IPv6 Firewall • IEEE 802.1Q VLAN
Zertifizierungen	• IP54/IP67 • RoHS • FCC-Konformität • CE-Kennzeichnung • IC • EAC • ROHS

Lass uns mal testen ob das taugt

- Endpunkt:
 - AWS
 - Linux Instanz
 - Internet-Breakout
- Monitoring:
 - Prometheus
 - Grafana
- Tunnel:
 - IPSec mit strongSwan
- Test mit iPerf
- SSID:
 - DB-Test mit WPA-Verschlüsselung
 - Test im Feld an einem geeigneten Bahnhof
- Stativ mit Spannungsversorgung über Batterie als mobiles Setup
- Überprüfung der Mobilfunkverfügbarkeit der einzelnen MNO durch entsprechende SIM-Karten und SmartPhone (RTR-Netzlast-App)

Ergebnisse der Tests

- Egal welche Parameter wir ändern, wir bekommen nicht mehr als 20mbit/s als Durchsatz (downstream) – eher weniger
- Mobilfunk mit den RTR Messungen ergeben deutlich höhere Bandbreiten
- 20mbit/s sind für WLAN heute eher nicht mehr zeitgemäß
- Keine Performance Verbesserungen durch Router-on-a-Stick Config

There is no SilverBullet ☹️

Reset - Restart

Anpassung der Anforderungen

- Welcher Hersteller hat einen AP mit 4G/5G Backhaul?
- Wer von diesen ist Outdoor-fähig?
- Welcher von diesen kommt (auch mit Abstrichen) mit 15W aus
- In welcher Form müssen die Hardwareanforderungen verändert werden?
- Subtrahiere Spannungsversorgung über active PoE (af) und Outdoorfähigkeit

Die Fritz-Box schied leider aus!

Der neue Kandidat für einen MVP



Was ist vorhanden und was fehlt

Was ist vorhanden:

- WLAN mit 4G/5G Backhaul
- Outdoor-Fähigkeit (erweiterter Temperaturbereich)

Was müssen wir hinzufügen:

- Active/Passive PoE Wandler oder Active PoE-Wandler auf PSU Anschluss
- Outdoorfähiges Gehäuse
- Integrierte Antennen für WLAN und Mobilfunk
- Montage Möglichkeiten

Ergebnisse des Funktionstests

- Router-on-a-stick config zeigt sehr gute Performance mit den mitgelieferten Duckys
- Leistungsaufnahme liegt zwischen 7 und 14W
- Eine Begrenzung der Leistung führte zu keinem erratischen Verhalten des Routers
- Active-PoE-Wandler mit Anschluss an PSU Stecker
- Es existiert ein Outdoorgehäuse mit integrierten Antennen
- Anpassung für die Spannungswandlung/Zuführung



Es gibt ein MVP!

Dann können wir ja
ein Projekt starten!

Wir müssen das
Ausschreiben!

Requirements Engineering

Requirmments-Engineering

Methode:

- Steven Schmidt hat das Thema Requirements-Engineering in seiner Dissertation für große Organisationen nerd-sniped
 - Ergebnis des Requirement-Engineerings soll die Grundlage für das Lastenheft sein
- ➔ 89 Anforderungen

ID	Attribut	Anforderung	Nachweis (Dokument)	Erfüllungszustand der Anforderung (unverändert, erfüllt oder nicht erfüllt)	Referenz auf Nachweis (Zeichnung, Verzeichnis der Daten, Kapitel im Text)	Kategorie	Unterkategorie	Inhalt
		Der AP bedient WLAN Access Point (LTE, 5G, Modem, Spannungsversorgung, WLAN und Ethernet Interfaces, Einbaueinheit/Steckverbindung inklusive Gehäuse und Antennen. Die SIM-Karten für die APs werden vom AN zur Verfügung gestellt. Im Falle einer Montage am GSM-Anschluss besitzt der AN die Montageplatte über den Rahmenvorgang des AG. Verklebung der SIM-Karte oder nach Spannungsversorgung und nicht Beendigung des WLAN AP und dieses durch den AN beenden.						
		Soweit in den Vorgaben des „Auftraggeber“ (AG) genannt wird, beschreibt dies den Konzeptionsgeber. Die „Auftraggeber“ (AG) beschreiben den Konzeptionsgeber. Beinhaltet können Daten sein, Topo, EVU und AT. Die Nutzer sind die Planer und Betreiber des Bahnhofs.						
1.1	mus	Für den AP muss durch den AN eine System- und Funktionsbeschreibung erstellt werden.	A Pflichtheft			Hardware	AP-Anforderung	System- und Funktionsbeschreibung
1.2	mus	Der AP muss für den Outdoor-Einsatz über einen erweiterten Temperaturbereich von 30°C bis +70°C ausgelegt sein. Eine aktive Kühlung oder Lüftung ist nicht vorgesehen.	A Pflichtheft			Hardware	AP-Anforderung	Temperatur
1.3	mus	Es muss durch den AN bestätigt werden, dass der AP und die Befestigungsmaterialien UV-beständig sind.	A Pflichtheft			Hardware	AP-Anforderung	UV-Beständigkeit
1.4	mus	Der AP hält Windlasten bis 160 km/h stand.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	Wind
1.5	mus	Das Gehäuse des AP darf maximal 360x60 mm (BxH) betragen.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise C System- und Funktionsbeschreibung			Hardware	AP-Anforderung	Gehäuse
1.6	mus	Der AP muss in weißer Farbe ausgeführt sein.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise C System- und Funktionsbeschreibung			Hardware	AP-Anforderung	Farbe
1.7	mus	Es muss sichergestellt werden, dass die MAC-Adresse(n) des AP im montierten Zustand nicht sichtbar sind.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	MAC-Adresse nicht sichtbar
1.8	mus	Ein outdoorfähiges (u.a. temperaturstabil, UV-beständig, dauerhaft) Label zur eindeutigen Identifikation des AP ist anzubringen. Folgende Daten stehen auf dem Label: Betreiber, eindeutige AP-ID.				Hardware	AP-Anforderung	Label
1.9	mus	Das Gewicht des AP darf max. 5 kg betragen, um die statischen Anforderungen an die vorhandenen Masten zu erfüllen.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise C System- und Funktionsbeschreibung			Hardware	AP-Anforderung	Gewicht
1.10	mus	Der AP muss über eine interne omnidirektionale Antenne (DIP) verfügen, die gilt jeweils für WLAN und Mobilfunk. Die vertikale Ausbreitung (Elevation) beträgt max. 50°.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	Antenne: omnidirektional + Elevation
1.11	soll	Die Polarisation für WLAN soll vertikal oder über eine Kreuzpolarisation erfolgen.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	WLAN: Polarisation
1.12	mus	Der AP muss über mindestens ein Wireless-GSM-Modul (IEEE 802.11b/g/n) für den 2,4 GHz-Bereich verfügen.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	WLAN Modul 2,4 GHz-Bereich
1.13	mus	Der AP muss über mindestens ein Wireless-GSM-Modul (IEEE 802.11a/n/ac) für den 5 GHz-Bereich verfügen.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	WLAN Modul 5 GHz-Bereich
1.14	mus	Der AP muss den Mobilfunkstandard 5G unterstützen. Eine Abwärtskompatibilität zu LTE muss sichergestellt werden können. Die Details sind im Kapitel „Gesetzliche Vorgaben, Dokumente“ ersichtlich.	A Pflichtheft B Technisches Datenblätter, Nachweise			Hardware	AP-Anforderung	Unterstützung Mobilfunkstandard 5G + Abwärtskompatibilität zu LTE

Die Methode kann in einem separaten Vortrag vorgestellt werden!

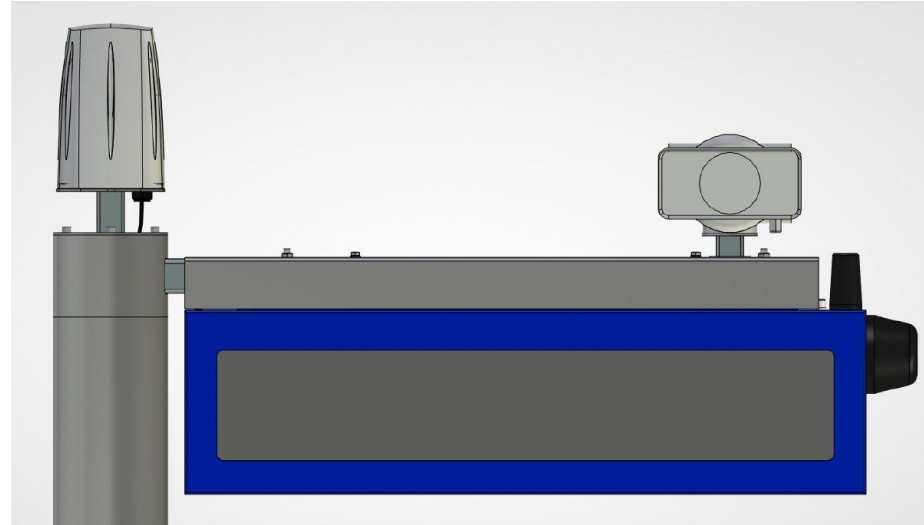
Highlights

- 4G oder 5G Modem mit der Möglichkeit der Spektrum Aggregation
- WIFI5 oder 6 (802.11ac/ax)
 - Wenige Möglichkeiten der Nutzung von Reflektionen
 - 2x2 MIMO
 - 2,4GHz und 5GHz Dual-Radio
 - 802.1x Fähigkeit mit Zertifikaten
 - WPA/WPA2 mit AES verpflichtend
 - WPA3 optional
- Tunnel:
 - IPSec
 - Wireguard
 - OpenSSL basiert (e.g. OpenVPN)

Highlights

- Hotspot 2.0 Fähigkeiten (I still dream of OpenRoaming)
- Monitoring über eine API und/oder SNMP
 - Entsprechende Parameter sind im Requirements-Engineering abgebildet
 - Monitoring für dritte auf z.B. einer SSID
- Mindestens 4 parallele SSIDs mit Wahl des Spektrums
- Einstellbarkeit der Sendeleistung pro Radio
- **Nutzung des vollen Spektrums sowohl im 2,4GHz als auch im 5GHz Band**
- Mindestens 100 gleichzeitige User (über alle Radios)
- Traffic-Shaping pro Client:
 - Volumen
 - Bandbreite
 - Zeit

Ausblick



Ausschreibung läuft!

Mit dem
Ausschreibungsergebnis
Ende Juni, wird es weitere
Details geben

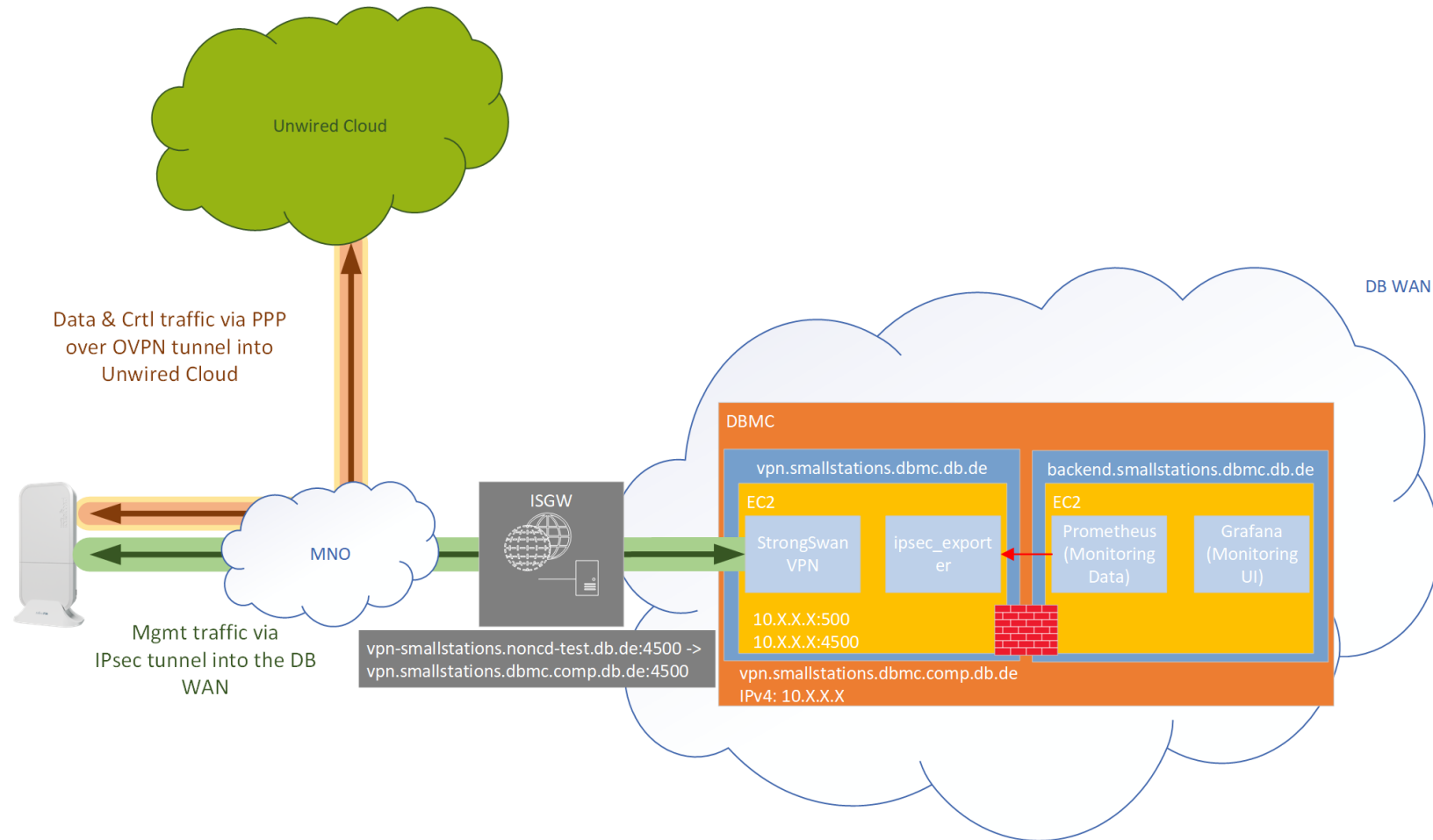
Was ich euch verschwiegen
habe

Warum wurde das Projekt wichtig

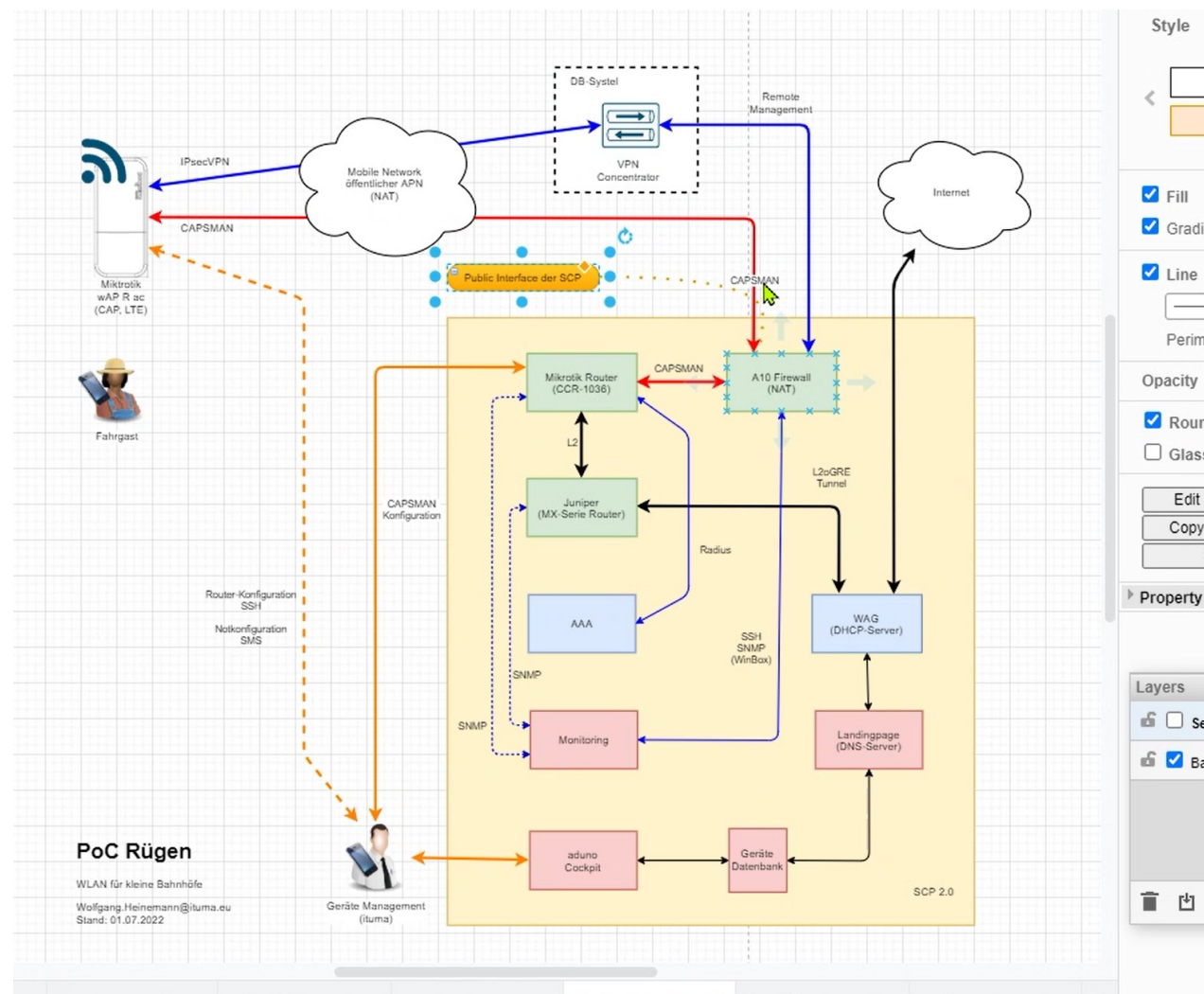
ODEG gewinnt den Vertrag zur Bedienung des Nahverkehrs auf Rügen:

- Vertragsbestandteil ist eine WLAN Versorgung der Züge und der Bahnhöfe
 - Die meisten Bahnhöfe fallen in die Kategorie SmallStations
 - Wir müssen eine WLAN Versorgung entweder dulden oder unterstützen
 - Nach einigen Planungen haben wir uns auf das Modell geeinigt, dass DB die Installation durchführt und eine entsprechende SSID für die ODEG zur Verfügung stellt, welche mittels eines Tunnels zu deren Dienstleister direkt abgeführt wird
 - Rügen ist ein sehr gut geeigneter Ort für einen Test ☺ (Sonnenschutz ist Arbeitsmittel)
 - Falls wir nicht unterstützen wäre das der Anfang eines BNetzA Verfahrens
- ➔ Diskriminierungsfreiheit ist ein guter Hebel

Architektur PoC



Architektur PoC



Wenn technische Details gibt es zum WLAN-Klassentreffen



<https://wlan-manufaktur.com/en/pages/wlan-klassentreffen-2025>

Danke für die
Aufmerksamkeit!

Mein Dank geht an das Team in dem Projekt

Business Development:

- Susann Fonfara
- Enikö Soujon

Vertrieb Mobility:

- Hannes Wilde

Technologiemanagement:

- Martin Fleischer (Insbesondere für das Cloud Setup)
- Adrian Bujaki (Projektsteuerung)

Region Ost:

- Lars Peter Viet

DB Services:

- Martin Behrens

Ausschreibung:

- Nils Harm
- Susann Fonfara

ODEG:

- Gregor Ulrich