



EIN NEUER ANALOGER KANALEMULATOR

Dipl.-Ing. Olaf Albert

Institut für Automation und Kommunikation – ifak e. V.

Werner-Heisenberg-Str. 1

39106 Magdeburg

olaf.albert@ifak.eu

+49 (0)391 9901 454

www.ifak.eu

EMILIA

GEFÖRDERT VOM

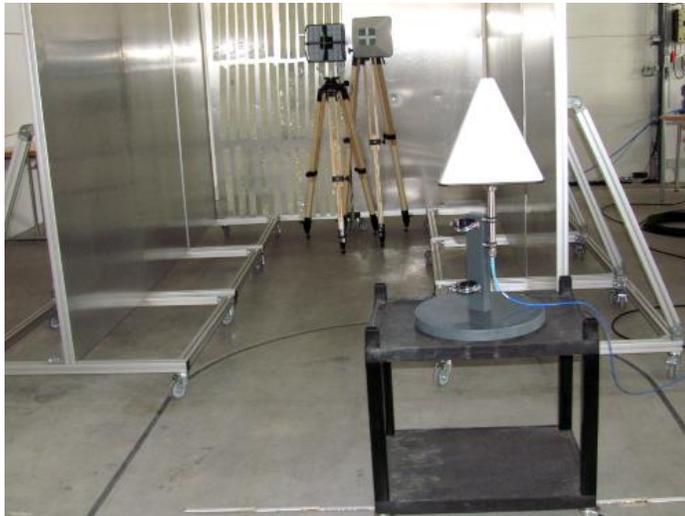


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FKZ: 01IS19036B

INHALT

- Motivation für Kanalemulatoren
 - Wer sollte darüber bescheid wissen?
 - Warum?
- Wie ist ein Emulator aufgebaut?
- Stand der Arbeiten
- Schlussfolgerungen und Ausblick auf zukünftige Messungen



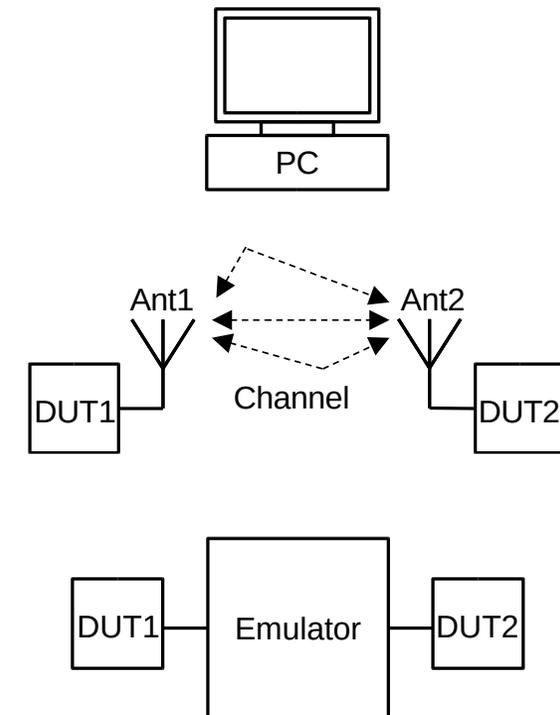
DIE BEDEUTUNG VON KANALEMULATOREN FÜR INDUSTRIEKANÄLE: WER SOLLTE DAS WISSEN?

- Die IC-Hersteller, weil
 - Für Industriekanäle evtl. die Datenverarbeitung modifiziert werden muss
 - Nur sie können die Messwerte (CSI, ...) im Produkt liefern
- Die Gerätehersteller von Modems, Sensoren, Aktuatoren, ..., weil
 - Die Datenverarbeitung im Gerät Zeit braucht (Echtzeitforderung)
 - Probleme detektieren z.B. Seiteneffekte durch unterschiedliche Zyklen im Gerät
- Die Hersteller von Systemen, weil
 - Die Endkunden mit Ihren Problemen zu ihnen kommen werden, wenn die Funkverbindung abreißt

- Die Systemanforderungen in der Industrie
 - Zum Teil harte Echtzeitanforderungen
 - Hohe Zuverlässigkeitsanforderungen (Datenverluste können den Prozess, die Fertigung stoppen und Kosten verursachen)
- Der industrielle Funkkanal besitzt besondere ‚Herausforderungen‘
 - Häufig keine direkte Sichtverbindung
 - Es gibt viele Echos durch die stark metallhaltige Umgebung
 - Die Echos verändern sich durch Bewegungen ständig

WARUM WIRD EMULIERT? MÖGLICHKEITEN ZUM TESTEN, TESTEN, TESTEN...

- Die Industriekunden erwarten einsatzbereite funktionierende Lösungen (nicht wie die β -Tester des consumer markets ;-)
- Dies kann erfolgen durch:
 - Extensive Simulation (was hohen Aufwand und den Einbau von Kanalmessungen in diese erfordert, Simulationsergebnisse entsprechen nur bedingt der Ergebnisse in der Implementierung)
 - Vor-Ort-Messungen (dies gibt sehr praxisrelevante Ergebnisse, aber erst sehr spät, die Wiederholbarkeit von Tests ist z. B. in der Fabrik nicht gegeben, schlecht automatisierbar)
 - Dazwischen liegt: die Emulation (z. B. während des Geräte-Systemtests mit praktisch relevanten, gut wiederholbaren Funkkanälen)

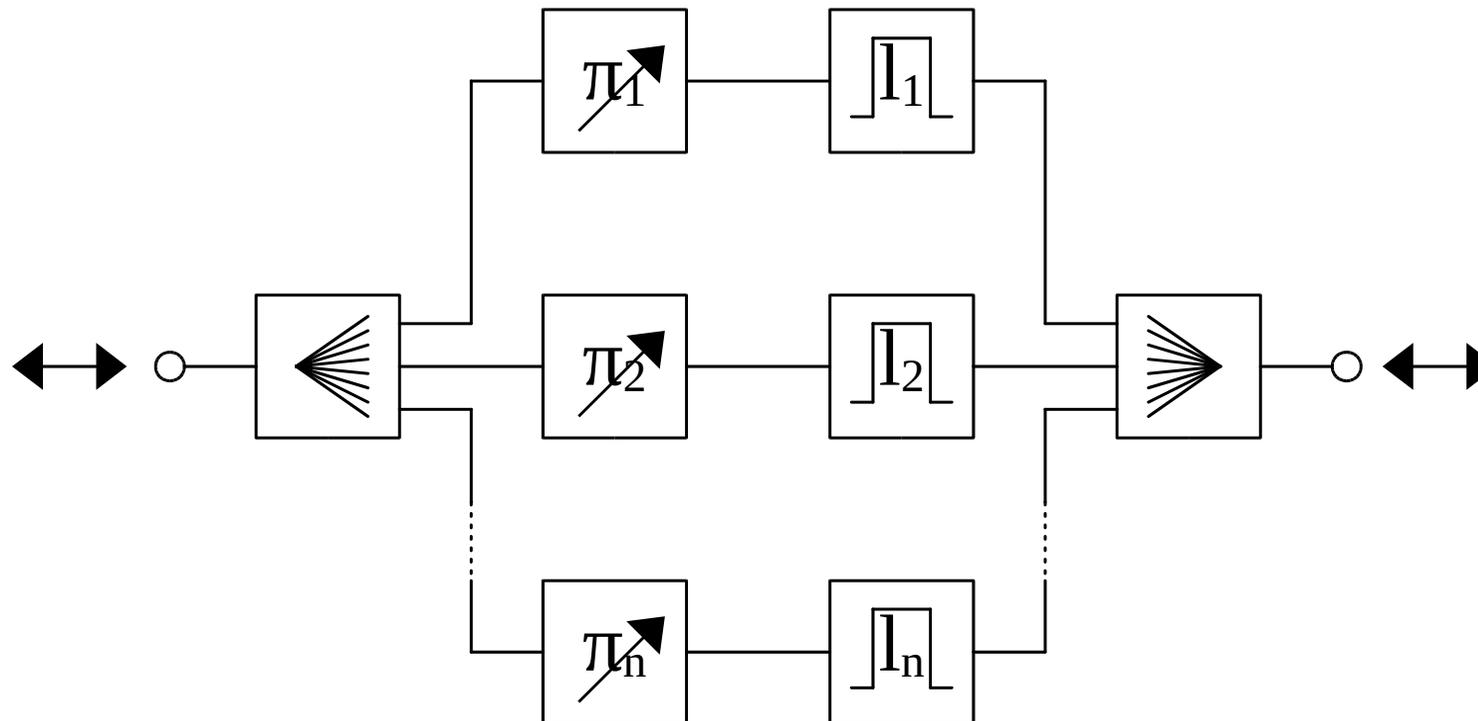


WIE SIEHT EIN EMULATOR AUS? ZWEI HAUPTPFADE DER REALISIERUNG: DIGITAL ODER ANALOG

Parameter	Digitale Realisierung	Analoge Realisierung
Aufbau	HF-Teil → ADC → FPGA → DAC → HF-Teil	Splitter → Kabel → programmierbare Dämpfungsglieder → Combiner
Bidirektional	Ja (zum Teil), sonst externe Schaltung notwendig	,inherent by design‘
Echtzeitfähig	Laufzeit min. 2,6 μs – ohne Kanal	,inherent by design‘, Maximale Laufzeit abhängig von Kabel
Dynamische Kanäle	Ja	?
Bandbreite	Limitiert durch ADC/DAC	Leicht erweiterbar
Eigene Kanäle emul.	-	+
Kosten	-	+

EMILIA: DER ANALOGE EMULATOR. BLOCKDIAGRAMM

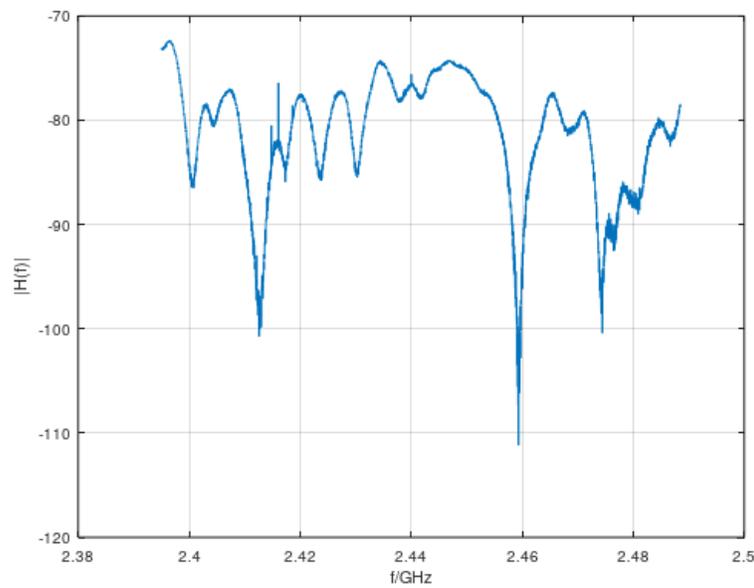
- Eingestellt wird: die Abschwächung, (evtl. die feine Verzögerung),
→ Input von den Kanalmessungen
- Fest sind: die Länge der Leitungen, die maximale Anzahl der Pfade



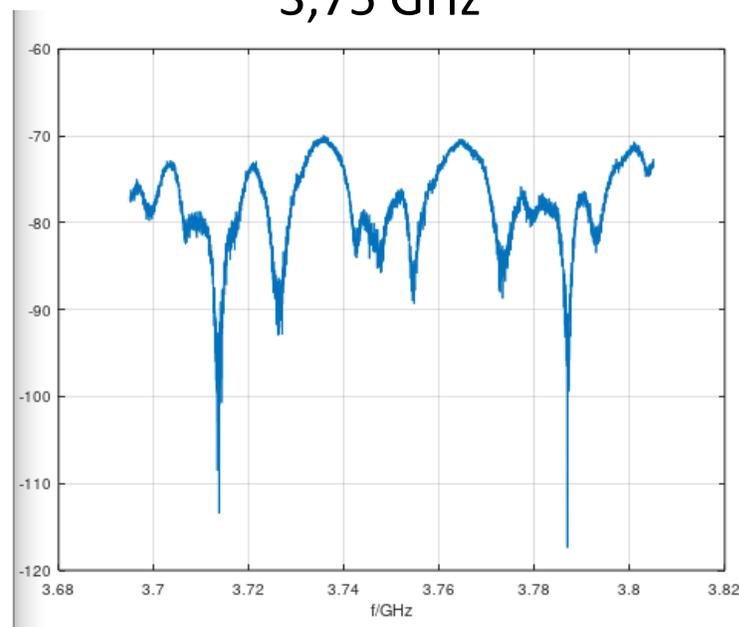
EXEMPLARISCHES TRAININGSMATERIAL FÜR DEN KANALEMULATOR

- Trainingsmaterial der Emulatorsoftware und Vorlage für den Emulator
- Mess-Herausforderungen: Störer und Rauschen

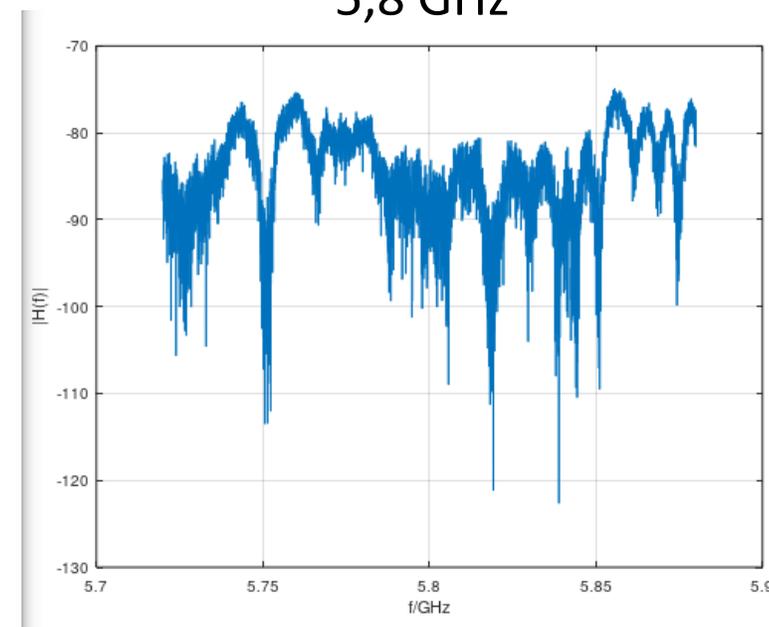
2,45 GHz



3,75 GHz

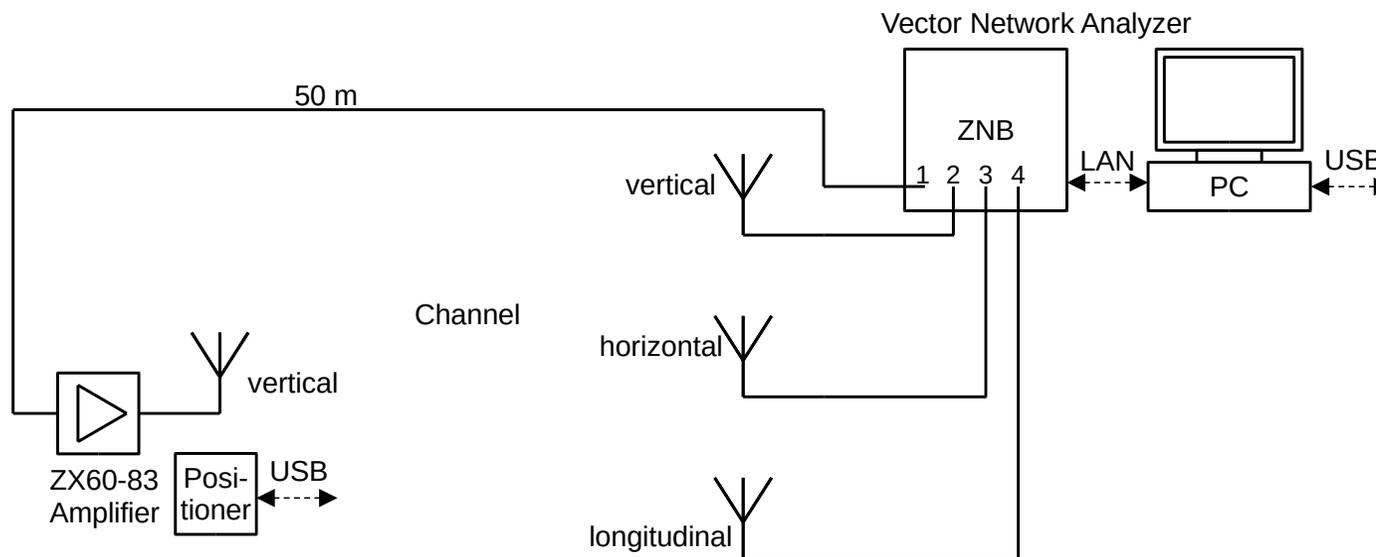


5,8 GHz



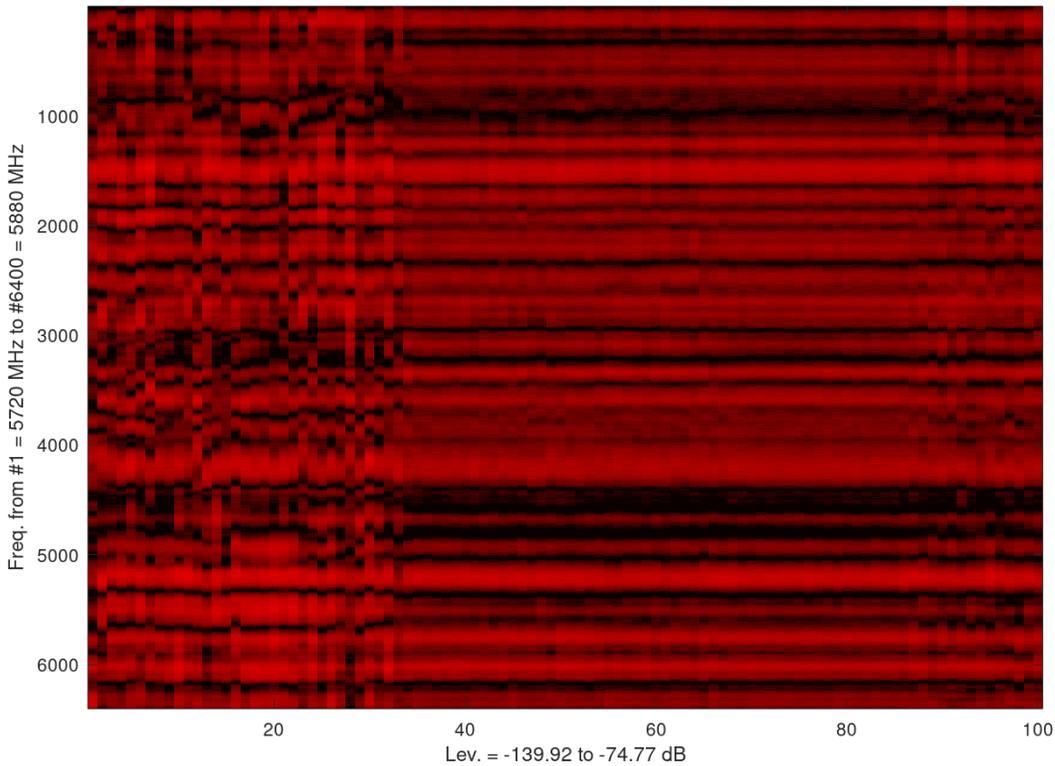
MESSAUFBAU: BLOCKDIAGRAMM UND FOTOS

Möglichst viele unterschiedliche Beispielkanäle messen



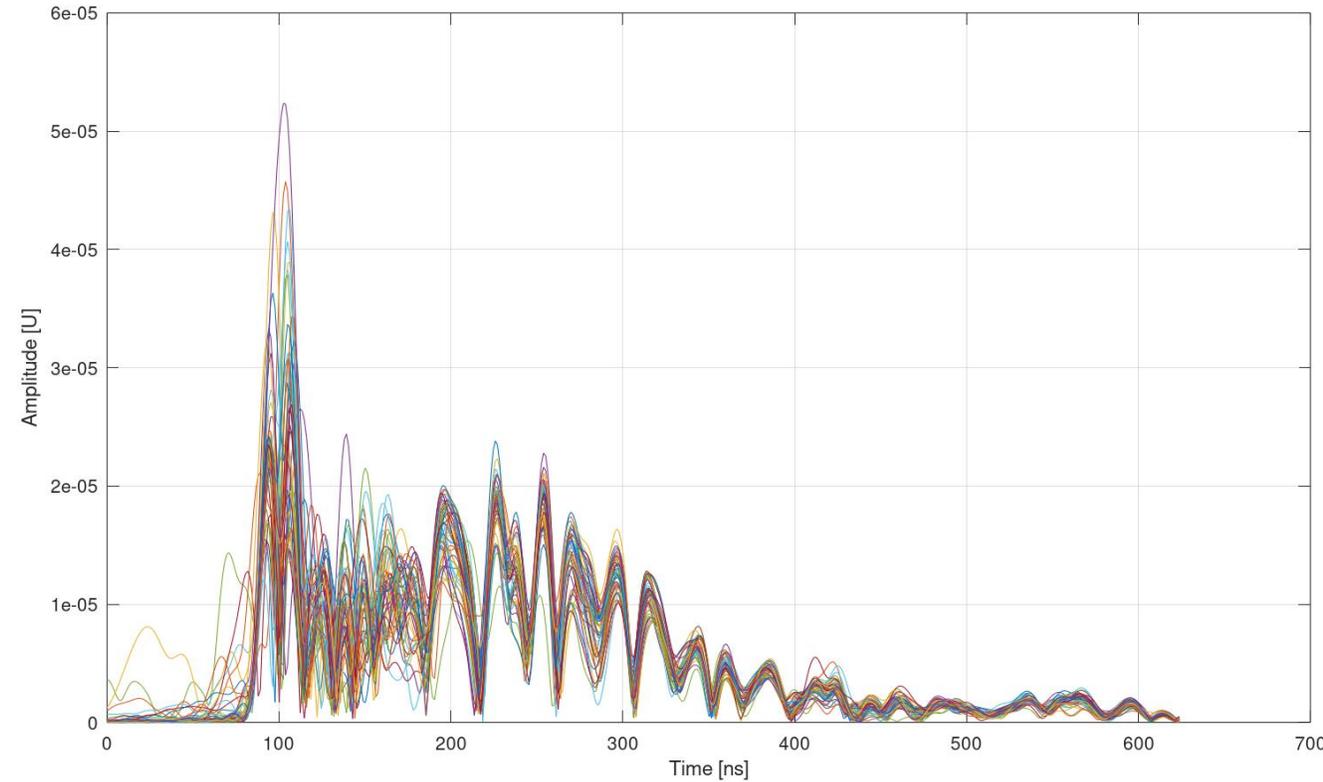
Frequenzbereich

S21dB F-Seg = 5G80



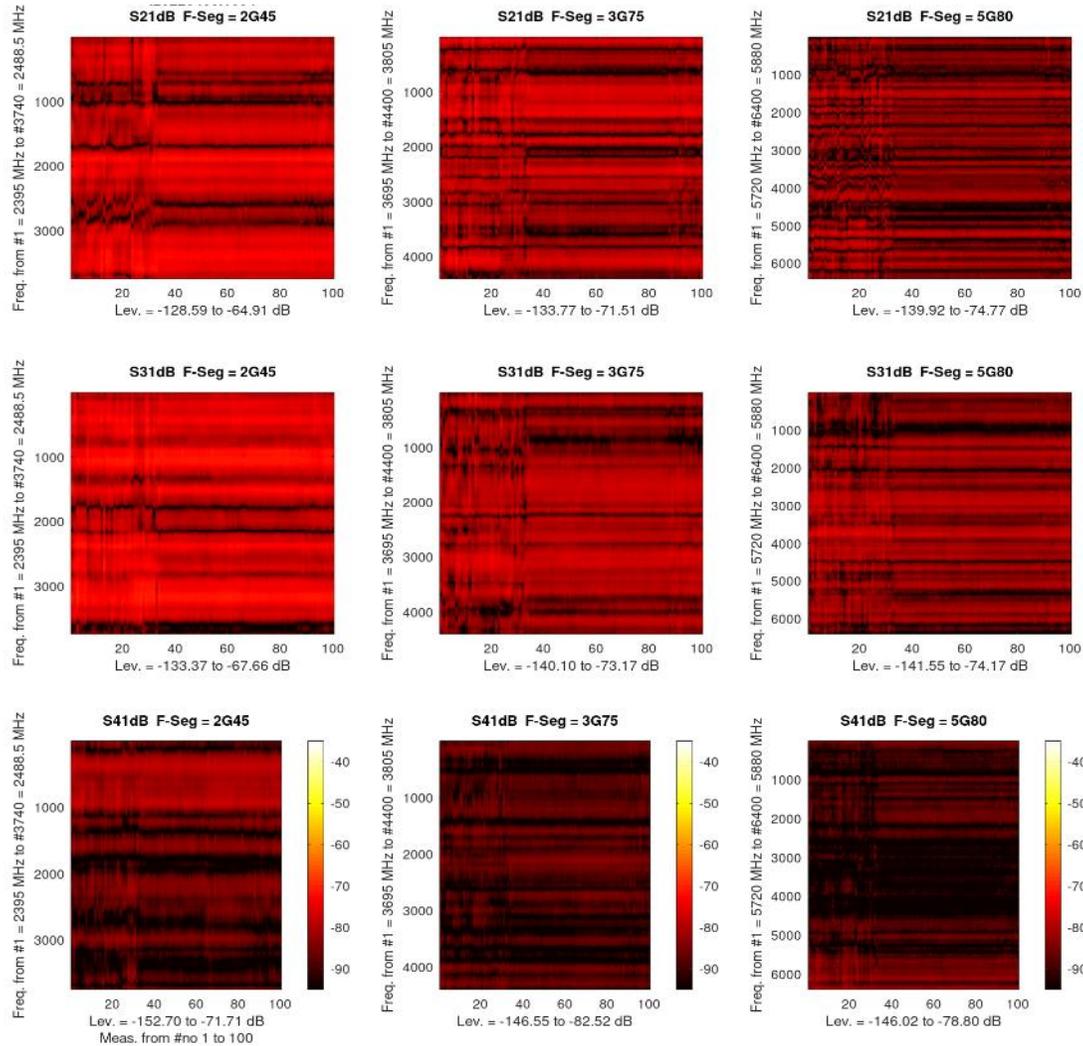
Zeitbereich

IFFT(S21) F-Seg = 5G80

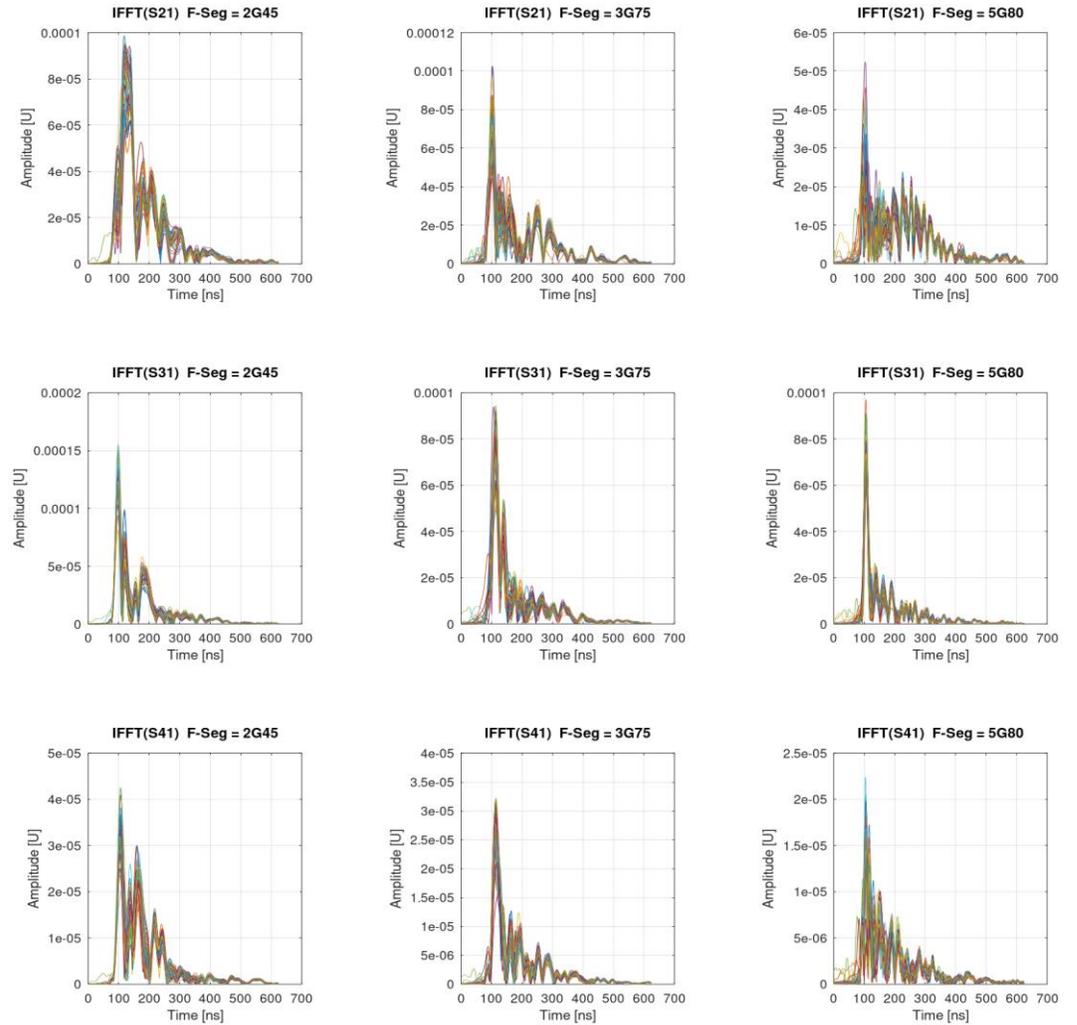


AUSWERTUNG DER MESSUNGEN: BETRAG, PHASE UND ANTENNENPOLARISATION

Frequenzbereich

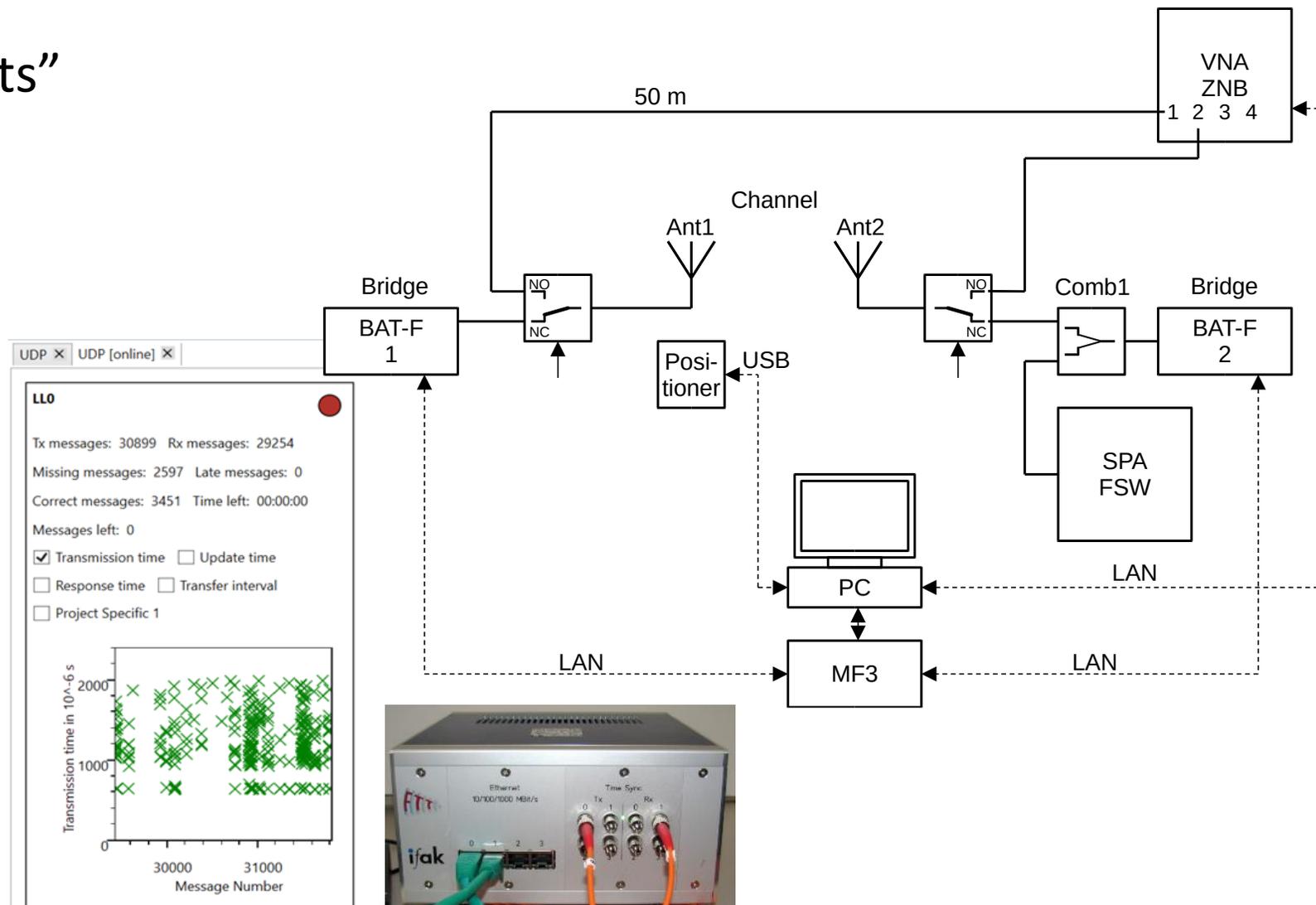
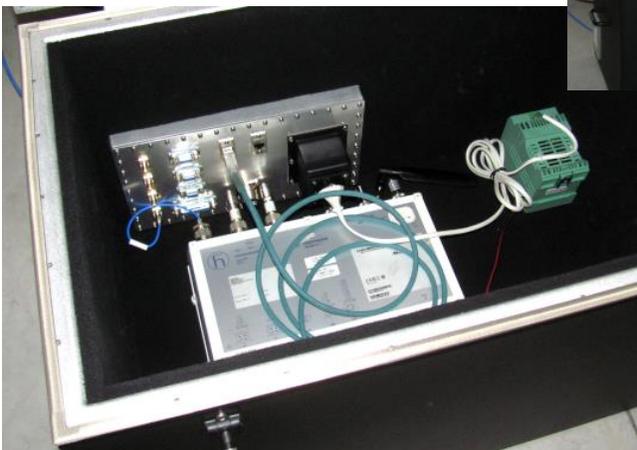


Zeitbereich



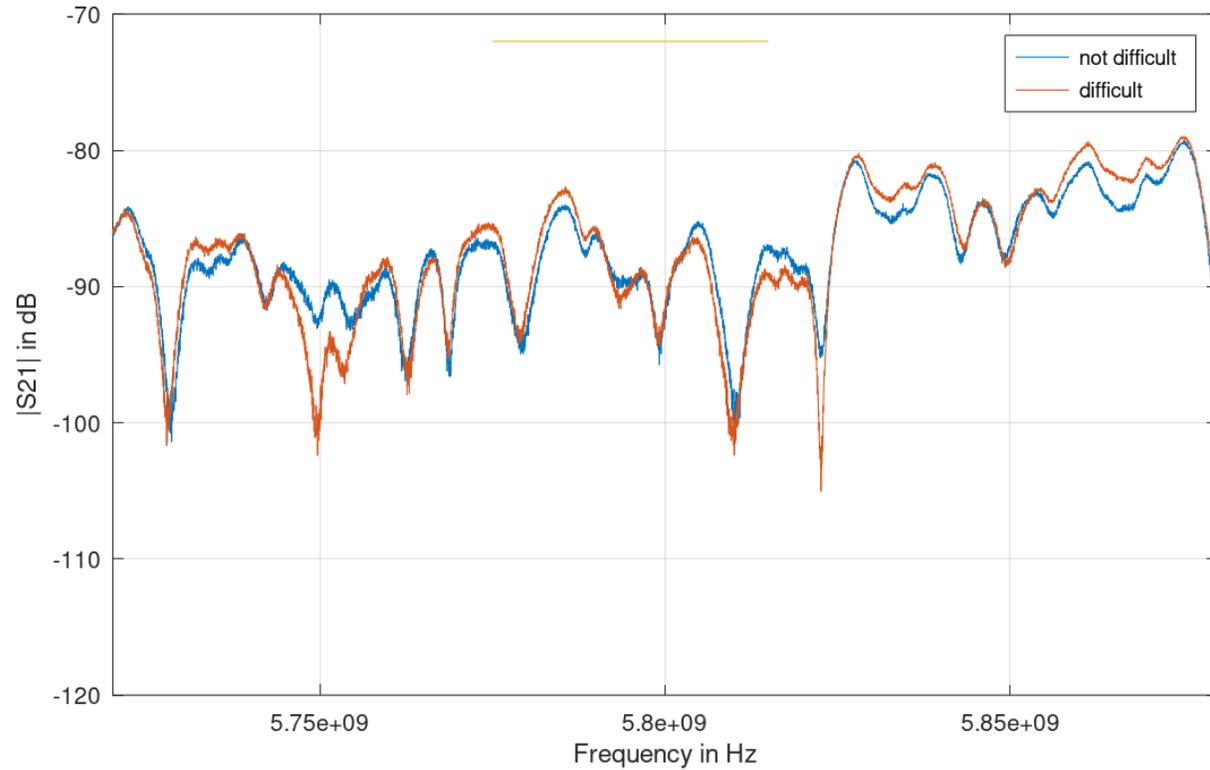
AKTUELLE MESSUNGEN: FUNKSYSTEM + NETZWERKANALYSATOR IM SELBEN KANAL

- “Channel Co Measurements”
- ifak Funk Transfer Tester
- WLAN Router

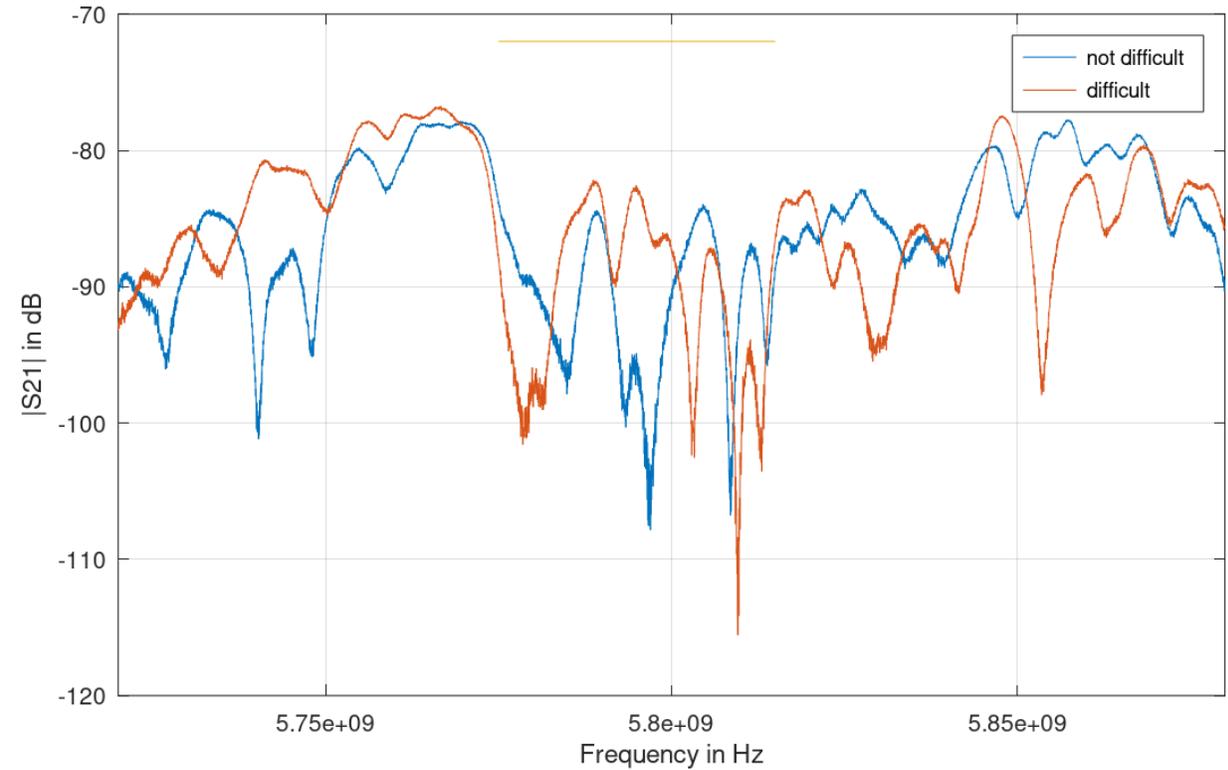


ERSTE ERGEBNISSE DER CHANNEL CO MEASUREMENTS: MEHR MESSERGEBNISSE GERNE BEI INTERESSE IN DER PAUSE...

S21 raw data of nDifficult-16.m and Difficult-16.m



S21 raw data of nDifficult-30.m and Difficult-30.m



- Weitere Auswertung der Messergebnisse (Protokoll-bezogen)
- Test des Emulator-Prototyps
- Automatisierung der Messung (FTT → MQTT → GNU Octave)
- Erweiterung des Messaufbaus für MIMO, Beamforming
- Messungen an reproduzierbaren dynamischen Kanälen



Vielen Dank!

olaf.albert@ifak.eu

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FKZ: 01IS19036B

ifak - Institut für Automation
und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Str. 1
39106 Magdeburg

www.ifak.eu

EINE LETZTE FRAGE: SPIELT NACHHALTIGKEIT EINE ROLLE BEI IHRER ARBEIT?

- Ressourcenverbrauch bei der eigenen Arbeit
 - Energieverbrauch
 - Anschaffung von Messgeräten
 - ...
- Ressourcenverbrauch bei den Projektergebnissen
 - Dient das Projekt dem Verkauf von immer mehr Produkten?
 - Werden beliebig viele Daten erzeugt?
 - ...

Wenn Sie das interessiert: bitte melden!