

Synchronisation eines LTE-Empfängers mit mehreren Empfangsantennen

Vortrag zur Bachelorarbeit

Kristian Maier

Betreuer: Sebastian Koslowski

Communications Engineering Lab
Prof. Dr.rer.nat. Friedrich K. Jondral



Überblick

- Motivation
- LTE Standard – Physical Layer
 - Framestruktur
 - MIMO
 - Primary Synchronisation Signal (PSS)
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Zeitsynchronisationsverfahren
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

Motivation

- Long Term Evolution (LTE)
 - Neuester Mobilfunkstandard (4G)
 - Hohe Leistungsfähigkeit

- Erweiterung für mehrere Empfangsantennen
 - Zuverlässigere Übertragung
 - Höhere Datenrate
 - Gleichbleibende Bandbreite

- Erweiterter Synchronisationsalgorithmus
 - Mehrkanal fähig
 - Ziel: Geringerer Rechenaufwand



Grundlagen LTE

- OFDM(A) im Downlink
 - Unterträgerabstand $\Delta f = 15 \text{ kHz}$
 - Cyclic Prefix 7%

- Variabler Signalaufbau
 - Verschiedene Systembandbreiten
 - 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
 - Antennenkonfiguration (z.B. 1x1, 2x1, 2x2, 4x2, 4x4)
 - Frequency Division Duplexing (FDD) vs. Time Division Duplexing (TDD)

- viele zu schätzende Parameter
 - Bandbreite
 - Symboltakt, Rahmen
 - Kanalkoeffizienten
 - Cell-ID = 0...503

Grundlagen - MIMO

■ Transmit Diversity

- Basisstation mit 2 oder 4 Antennen
- Alamouti-Code
- Linearer Empfänger

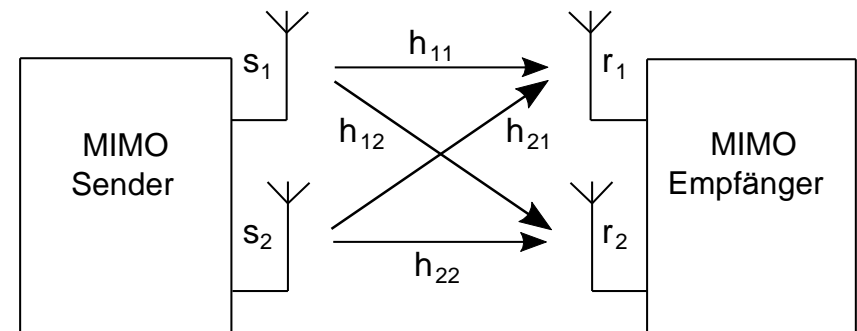
■ Receive Diversity

- Mehrere Empfangsantennen
- Höhere Empfangsleistung
- Maximum Ratio Combining

■ Unabhängiges Fading

➡ zuverlässigere Übertragung

		Antenne	
		1	2
Unterträger	f_1	s_1	s_2
	f_2	$-s_2^*$	s_1^*



Primary Synchronisation Signal

■ Zadoff-Chu Sequenz im Frequenzbereich

■ Länge 62

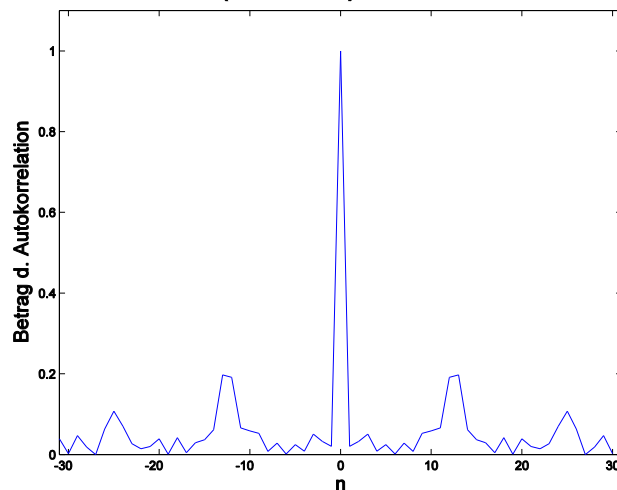
$$P_u(n) = \begin{cases} e^{-j \frac{\pi u n(n+1)}{N_{ZC}}} & n = 0..30 \\ e^{-j \frac{\pi u (n+1)(n+2)}{N_{ZC}}} & n = 31..61 \end{cases} \quad N_{ZC} = 63$$

■ 3 verschiedene Sequenzen (u = 25, 29, 34)

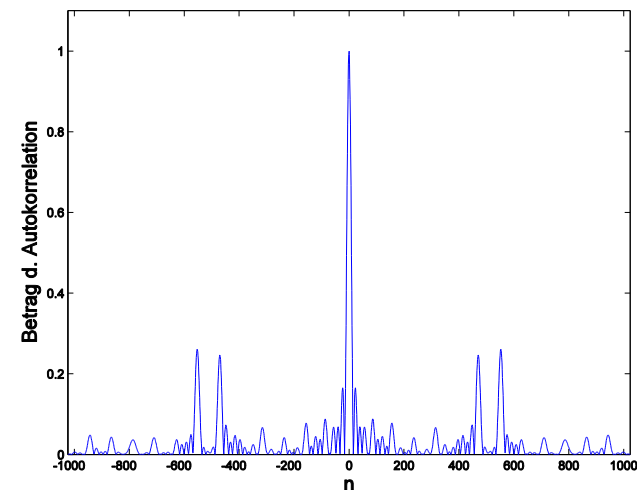
■ Abhängig von Cell-ID

■ Halbframetak (5 ms)

Cell-ID =
 $3 \cdot (\text{Cell-ID group})$
 $+ (\text{Cell-ID number})$



Frequenzbereich

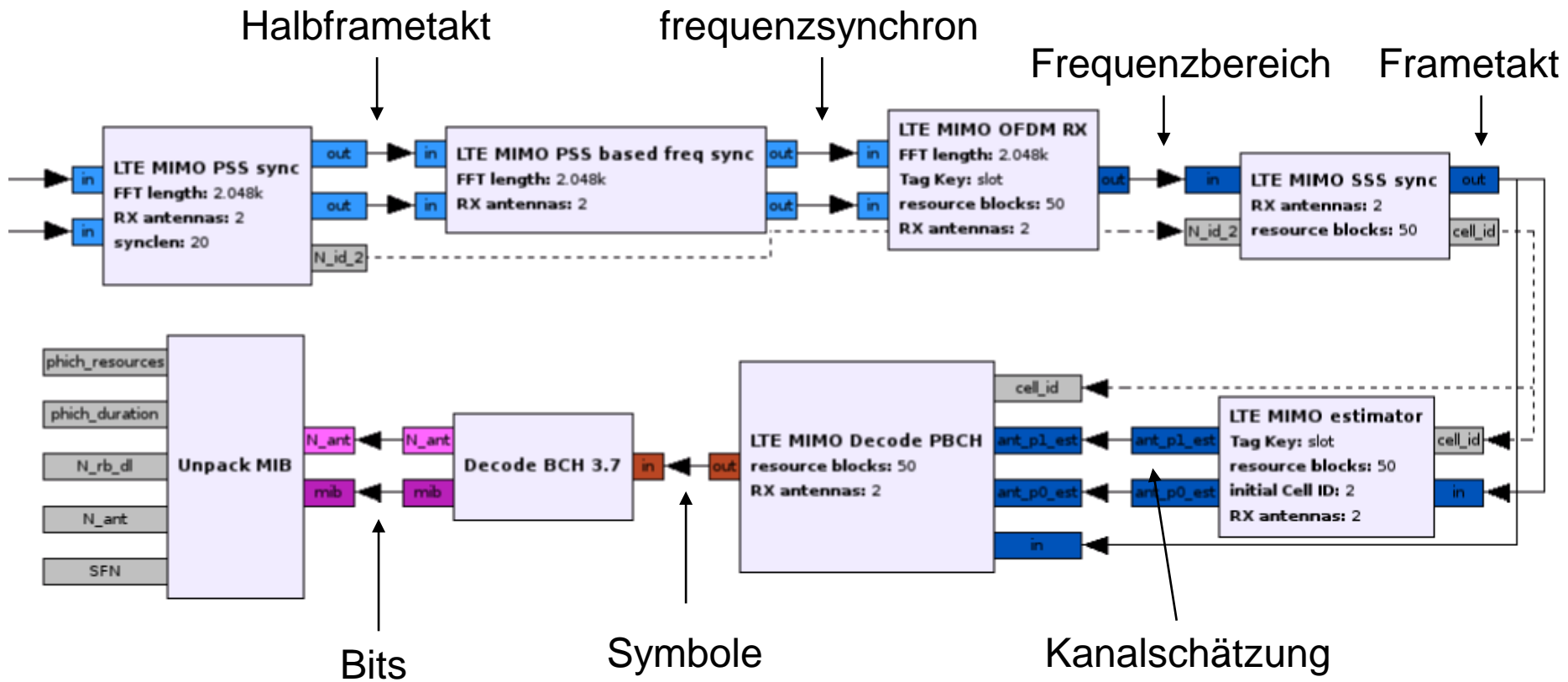


Zeitbereich

Überblick

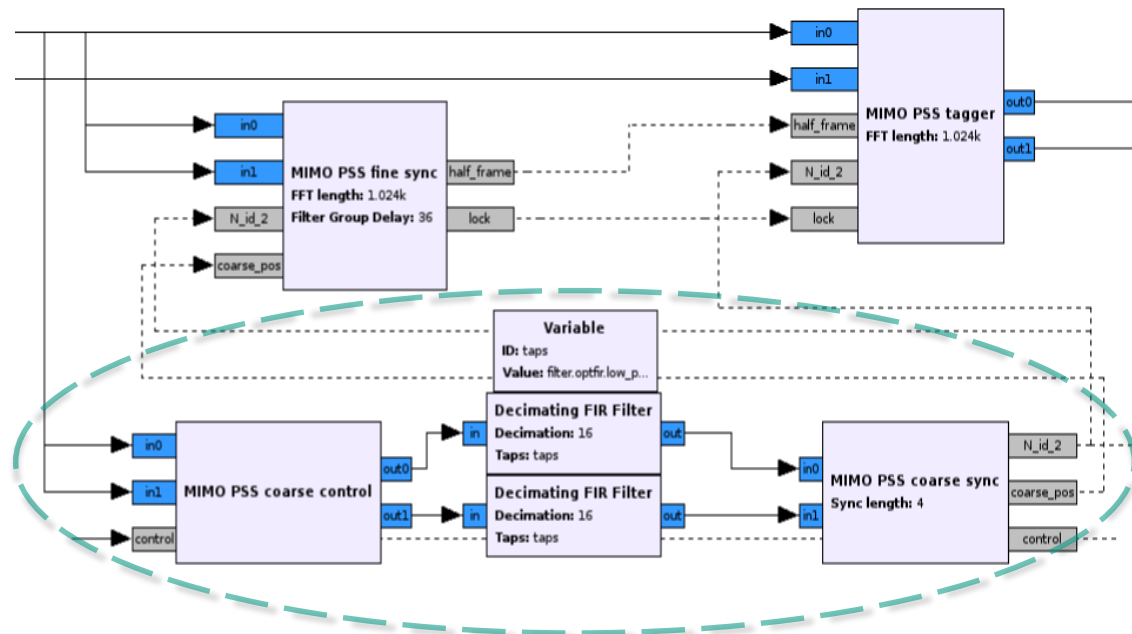
- Motivation
- LTE Standard – Physical Layer
 - Framestruktur
 - MIMO
 - Primary Synchronisation Signal (PSS)
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Zeitsynchronisationsverfahren
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

Überblick



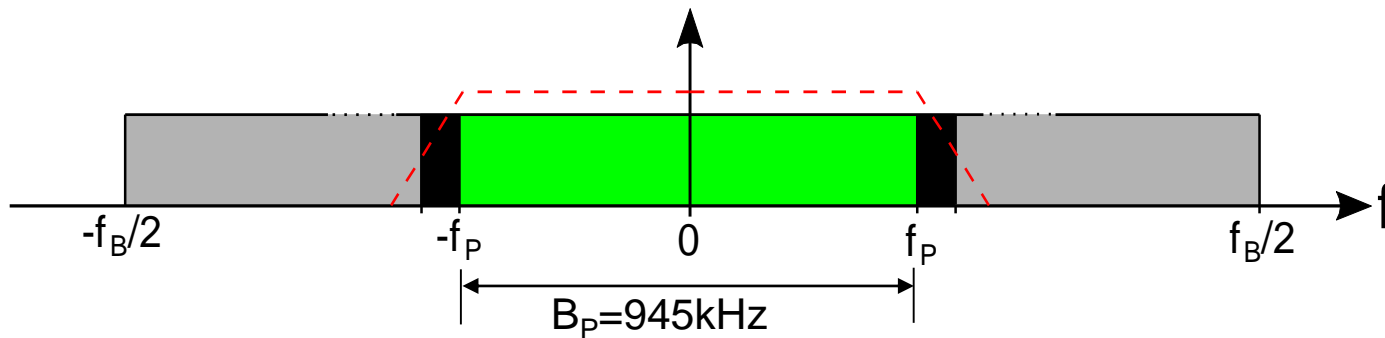
Synchronisation mit PSS

- Bisher im Frequenzbereich
 - FFT notwendig
 - Symbolsynchronisation mit CP
- Jetzt: Multiratensignalverarbeitung im Zeitbereich
- 1. Schritt
 - Antialiasing-Filterung
 - Dezimation
 - Grobe Suche



Antialiasing Filter

- FIR-Filter (linearer Phasenverlauf)
 - Geringes Aliasing



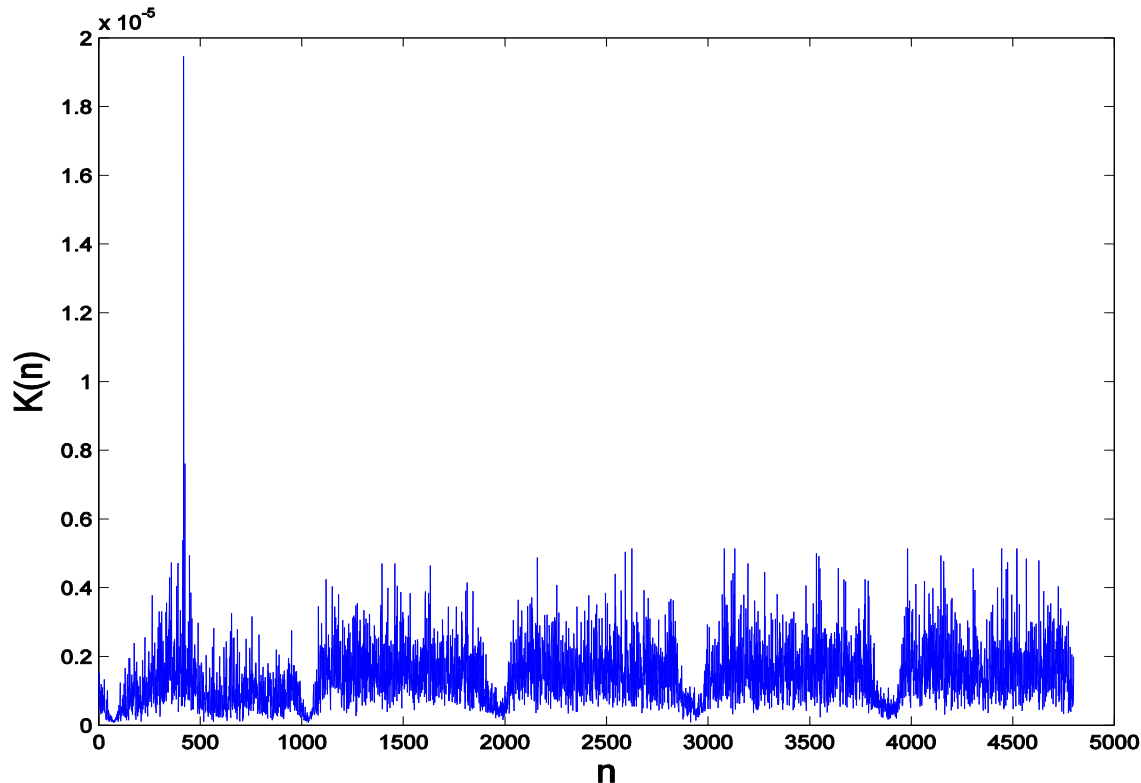
Parameter	Wert
Grenzfrequenz	472.5 kHz
Stopfrequenz	960 kHz
Stopband Dämpfung	40 dB

- Dezimation auf 0.96 MS/s

Korrelation bei geringerer Rate

$$K(n) = \sum_{k=0}^{N_r-1} \left| \sum_{m=0}^{N_{\text{FFT},1}-1} r_k(m+n) \cdot p^*(m) \right|$$

$$n_{P,l} = \arg \max_n K(n)$$



Synchronisation mit PSS

2. Schritt

- Feine Korrelation bei voller Rate
- Grobe Position

$$n'_P = n_{P,l} \cdot d - g$$

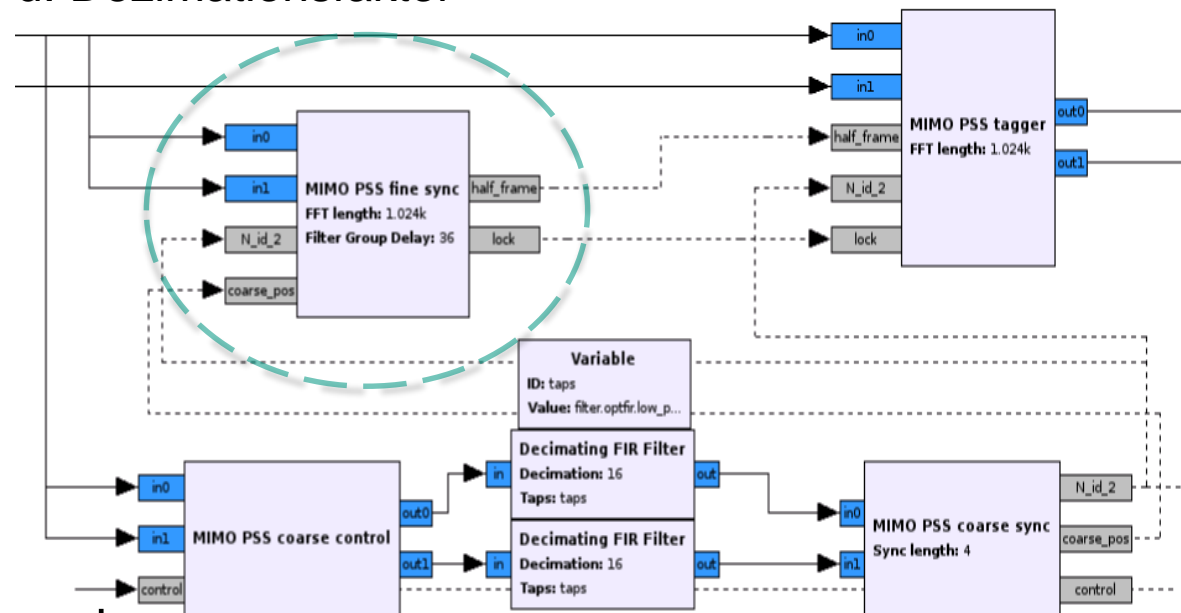
g: Gruppenlaufzeit Filter, d: Dezimationsfaktor

Suchfenster

$$n'_P \pm d$$

Tracking

➔ Geringerer Rechenaufwand

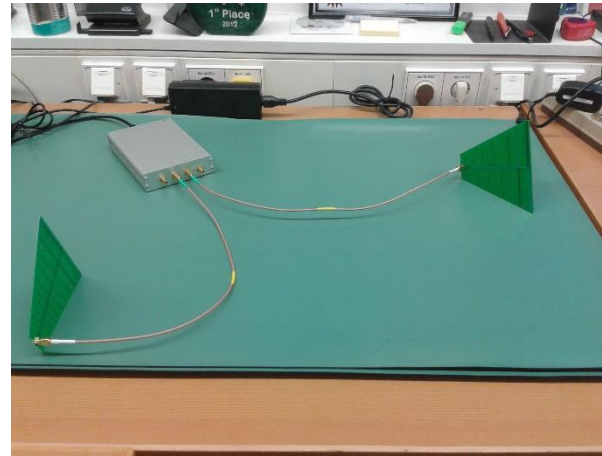


Überblick

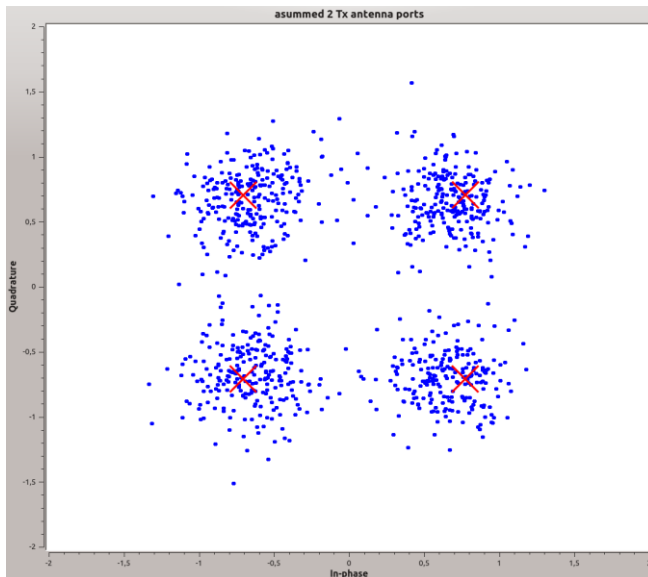
- Motivation
- LTE Standard – Physical Layer
 - Framestruktur
 - MIMO
 - Primary Synchronisation Signal (PSS)
- Implementierung in GNU Radio
 - Übersicht Flowgraph
 - Zeitsynchronisationsverfahren
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

Messergebnisse

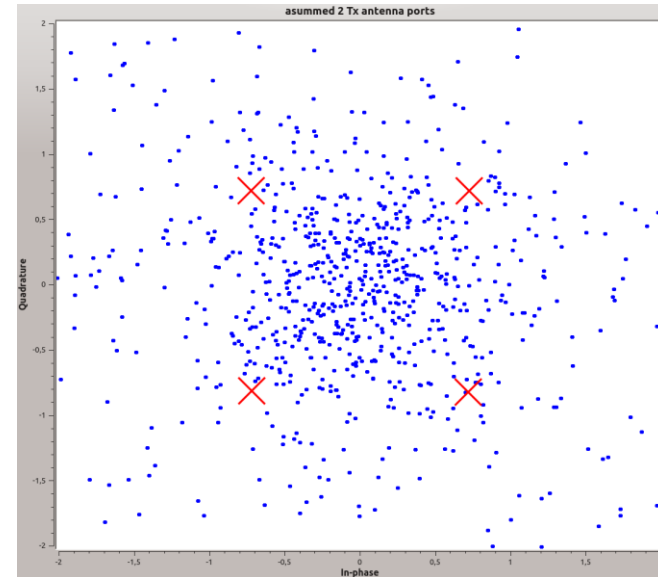
- Ort: Funklabor
- 2 Empfangsantennen
 - Zeit- und Frequenzsynchron



Telekom: 1815 MHz



E-Plus: 1870.5 MHz



Messergebnisse

■ Dekodierungsraten MIB

	Telekom 1815 MHz	E-Plus 1870.5 MHz
Nur Antenne 1	100 %	67.8 %
Nur Antenne 2	100 %	72.8 %
Antenne 1 und 2	100 %	96.1 %

■ Ergebnisse

	Telekom 1815 MHz	E-Plus 1870.5 MHz
Cell – ID	215	486
Sendeantennen	2	2
Bandbreite	20 MHz	10 MHz
PHICH Duration	Normal	Normal
PHICH Resources	1	1/6

Zusammenfassung

- Erweiterung des Empfangs für mehrere Empfangsantennen
 - Gemeinsame Synchronisation
 - OFDM-Operationen
 - Kanalschätzung

- Verbessertes Synchronisationsverfahren
 - Multiratensignalverarbeitung
 - Geringerer Rechenaufwand

- Verifikation mit simulierten und gemessenen Daten
- Ausblick
 - Ratenumschaltung mit USRP

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Communications Engineering Lab
Prof. Dr.rer.nat. Friedrich K. Jondral

