

# A Flexible Spectrum Management Solution

Michael Karrenbauer, Jörg Schneider, Marcos Rates Crippa und Hans Schotten



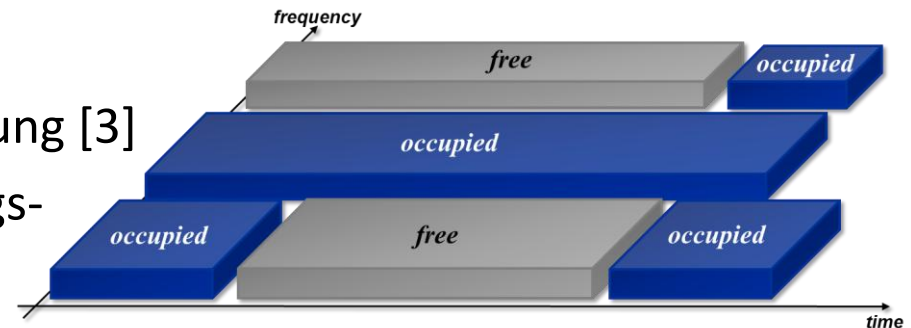
20. ITG Fachtagung  
Mobilkommunikation



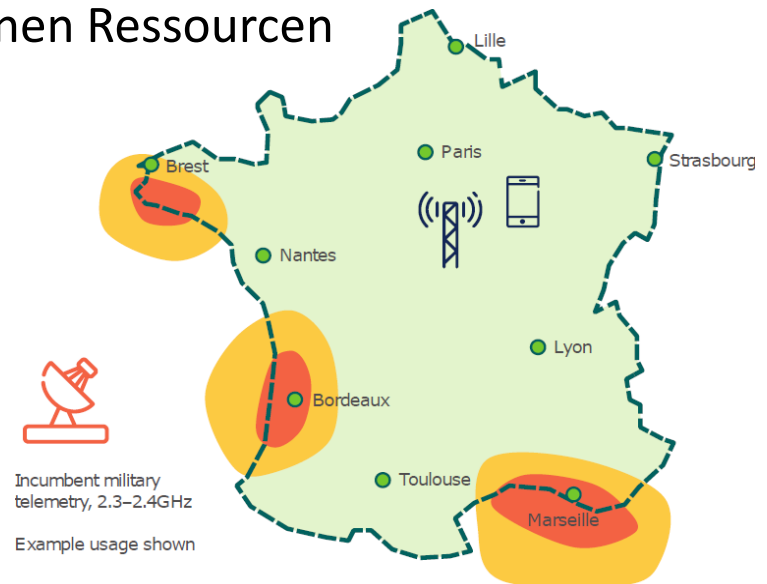
## Inhalt

- 1. Einleitung und Motivation**
- 2. Spectrum-Sharing-Verfahren**
- 3. Spectrum Sensing**
  - Sensing-Verfahren
  - Hardware
  - Kalibrierung
- 4. Fazit und Ausblick**

- Mobile Endgeräte bieten eine Vielzahl internetbasierter Anwendungen
- Rapide steigender Bedarf an hohen Datenraten und damit an hohen Bandbreiten [1]
- Gleichzeitig: Statische Zuweisung spektraler Ressourcen an einen Lizenzinhaber [2]
- Abhilfe:
  - Dynamische Spektrumszuweisung [3]
  - Cognitive Radio (CR) als Lösungsansatz [4]



- Unterteilung in lizenzierte und nicht lizenzierte Frequenzbereiche
- Anwendung unterschiedlicher Sharing-Verfahren
- Ziele des Spektrum-Sharings:
  - Effizientere Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen (z.B. 2,3 GHz Band in Frankreich [12])
  - Maximierung der Übertragungsgüte
  - Maximierung des Datendurchsatzes

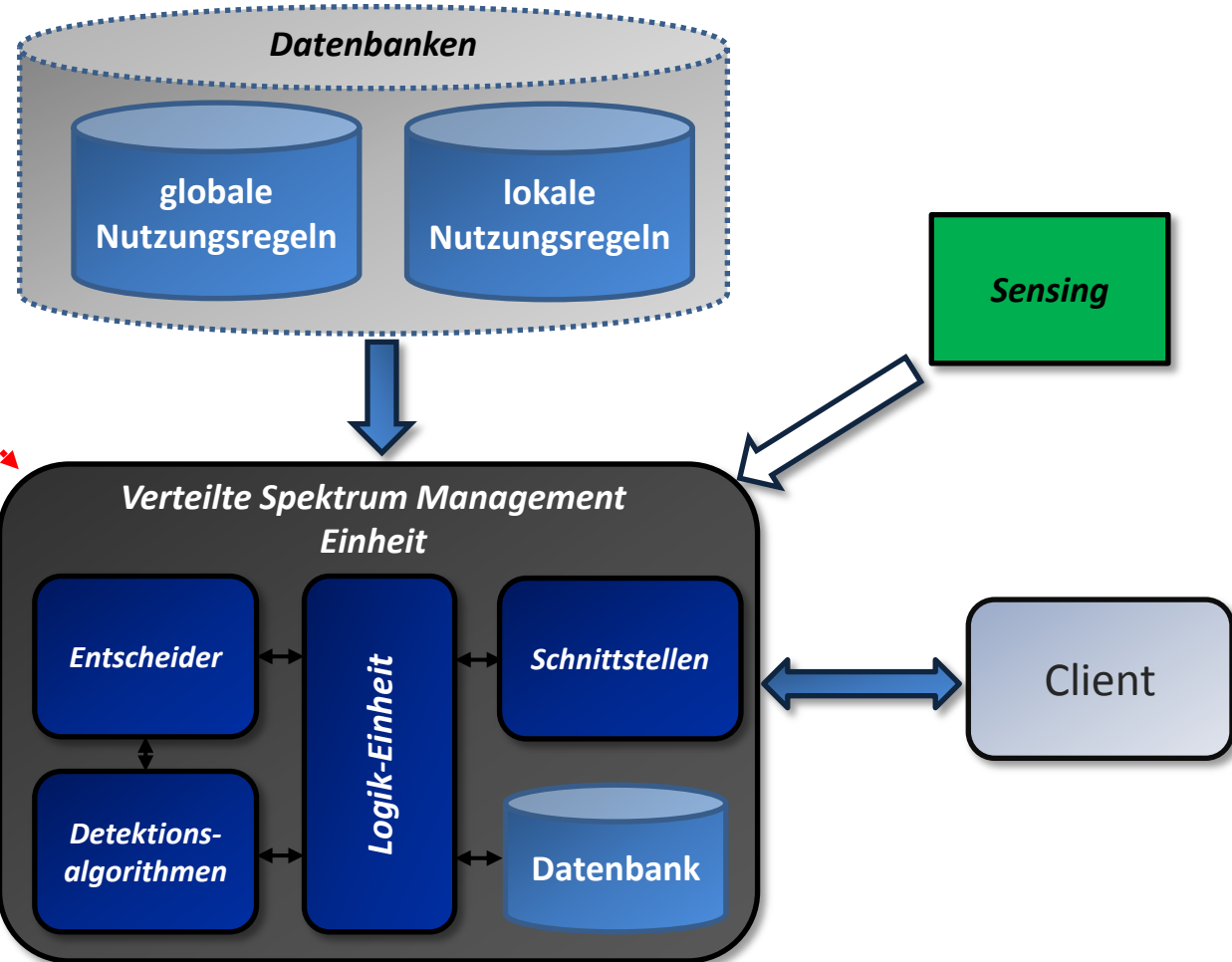


## Lizenzierte Frequenzbereiche

- ASA/LSA
- Co-Primary Shared Access und Licensing Light
- Secondary Horizontal Sharing Access

## Nicht lizenzierte Frequenzbereiche

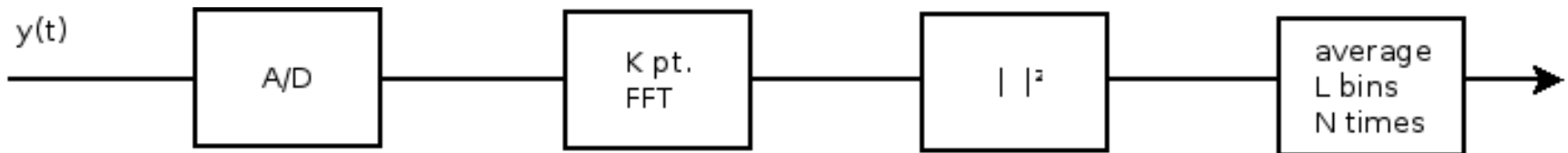
- Unlicensed Shared Access
- Unlicensed Primary Shared Access
- Spectrum Load Smoothing
- License Assisted Access



```
-<xs:complexType>
  -<xs:sequence>
    <xs:element name="latitude" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
    <xs:element name="longitude" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
    <xs:element name="description" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
-<xs:element name="spectrumSensingData">
  -<xs:complexType>
    -<xs:sequence>
      -<xs:element name="spectrumSensingDataEntry">
        -<xs:complexType>
          -<xs:sequence>
            <xs:element name="providerID" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="timestamp" type="xs:dateTime" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="expires" type="xs:dateTime" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="startFrequency" type="xs:string" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="stopFrequency" type="xs:string" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="centerFrequency" type="xs:string" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="frequencyUnit" type="FrequencyUnitType" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
            <xs:element name="sensingApproach" type="SensingType" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
          -<xs:element name="data" minOccurs="0" maxOccurs="1">
            -<xs:complexType>
              -<xs:sequence>
                <xs:element ref="dataEntry" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
              </xs:sequence>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

- Spectrum Sensing ist eine der Schlüsselfunktionen für CRs, um eine interferenzfreie Übertragung für den Lizenzinhaber zu gewährleisten [5]
- Zuverlässiges Sensing schwierig bei geringem SNR
- Lösungsansatz: Cooperative Sensing [6]
- Vorteile:
  - Bessere Sensing-Ergebnisse durch Auswertung von räumlich unkorrelierten Spektrumsdaten
  - Höhere Datenrate, da keine Pause für Sensing erforderlich [7]
  - Geringere Kosten durch geringere Empfängerkomplexität
  - Verlängerte Batterielaufzeit

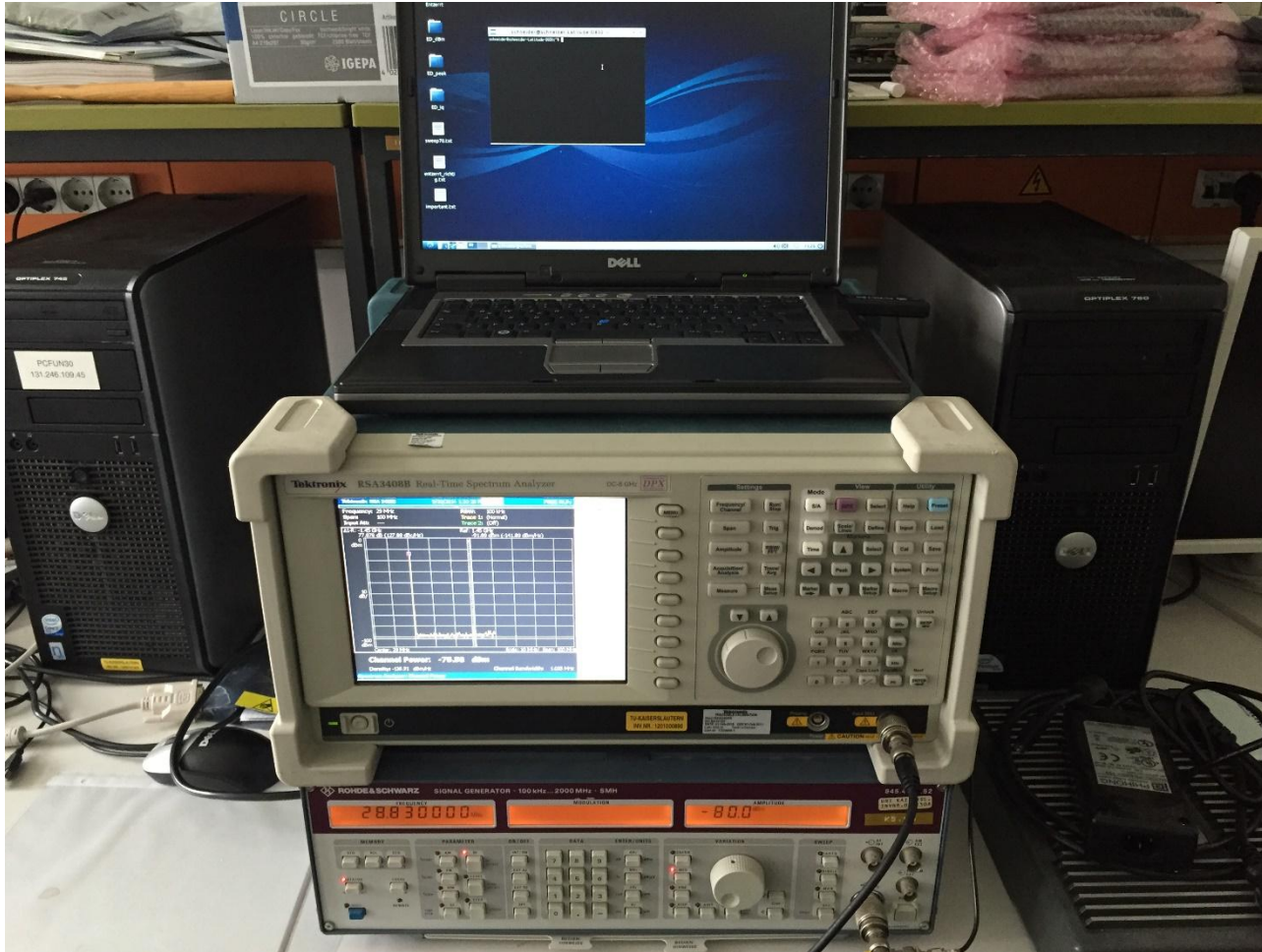
- Verschiedene Sensing-Verfahren in der Literatur bekannt
- Tradeoff zwischen Komplexität des Verfahrens und Erkennungsrate
- Energiebasiertes Sensing zeichnet sich durch gute Implementierbarkeit und geringe Rechenlast aus
- Keine a priori-Information benötigt

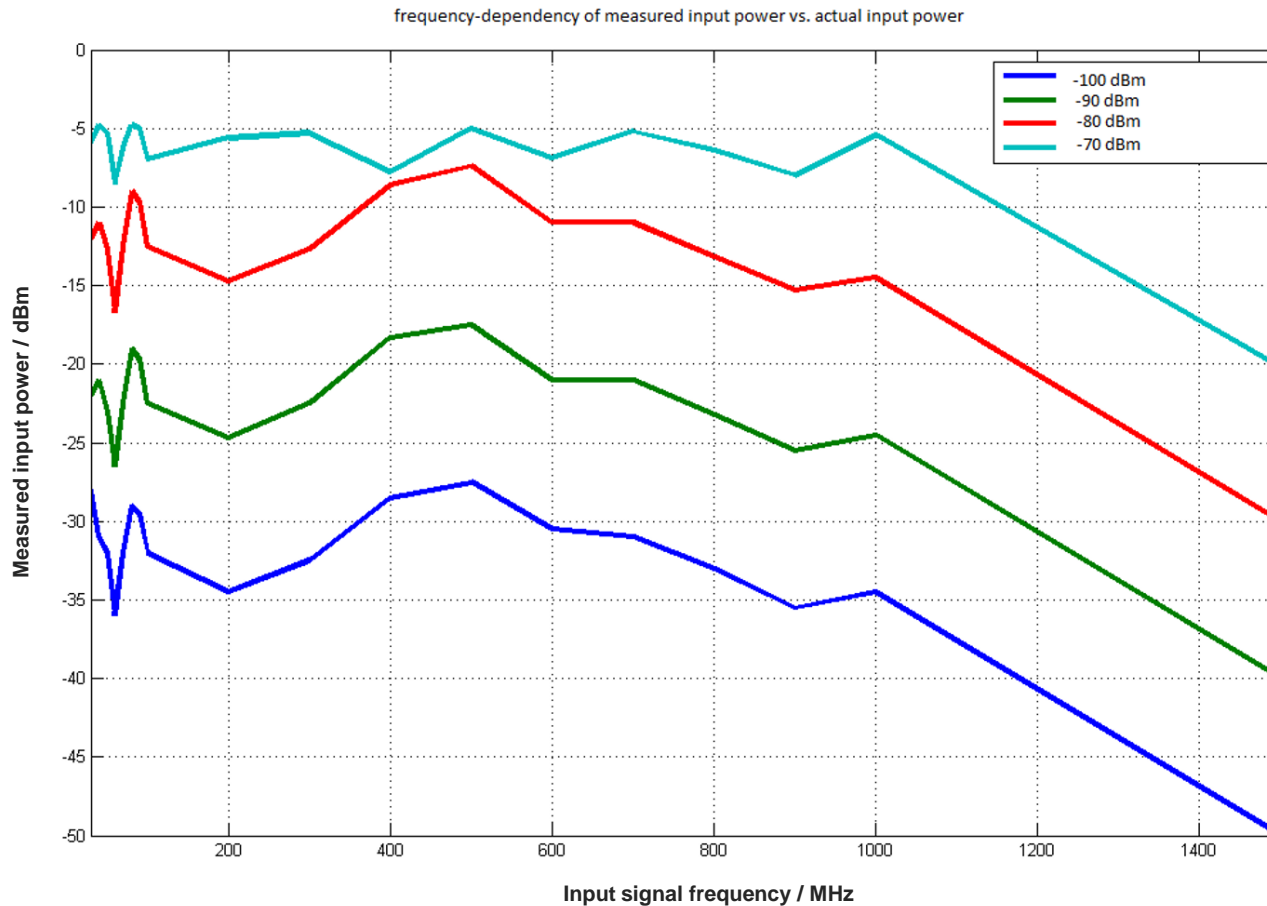


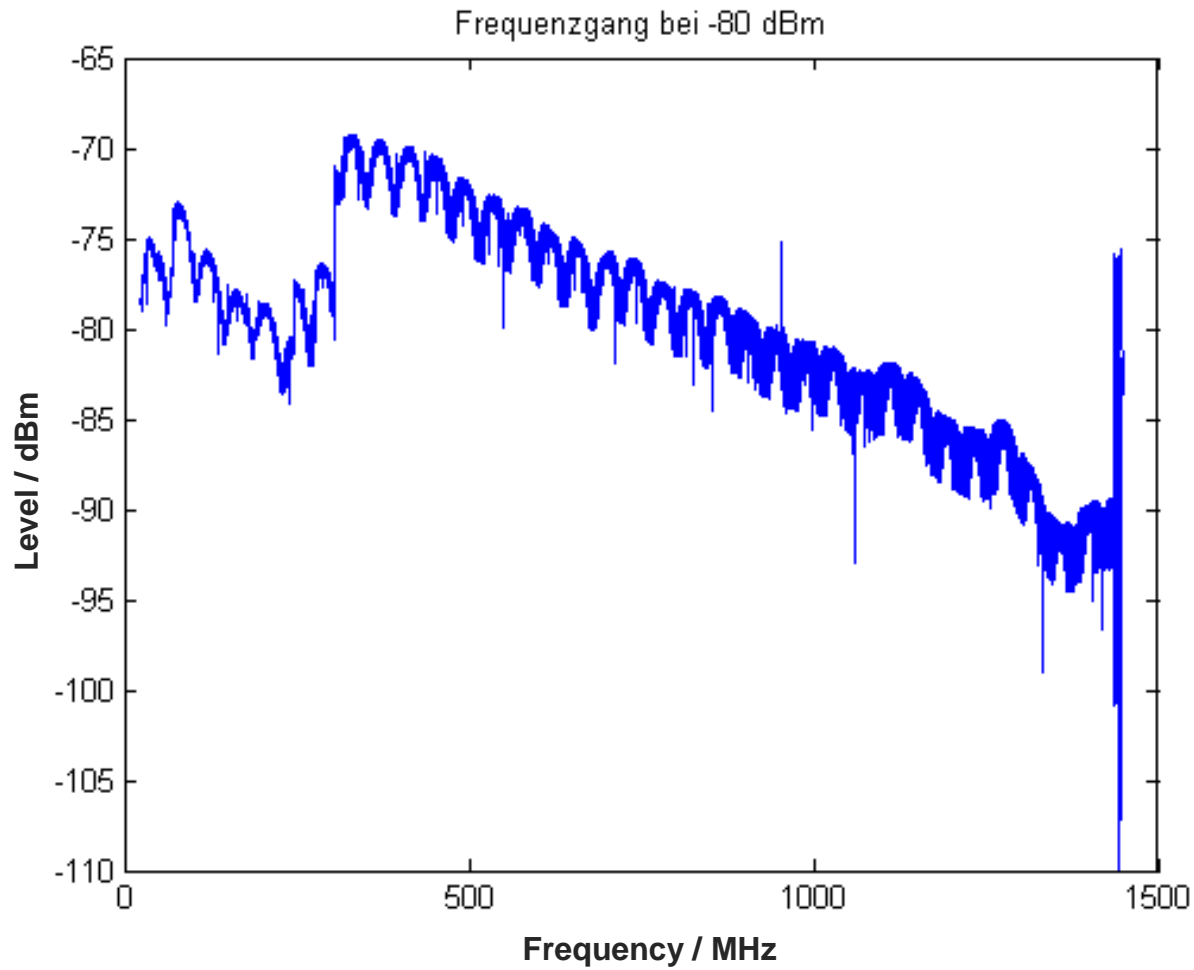


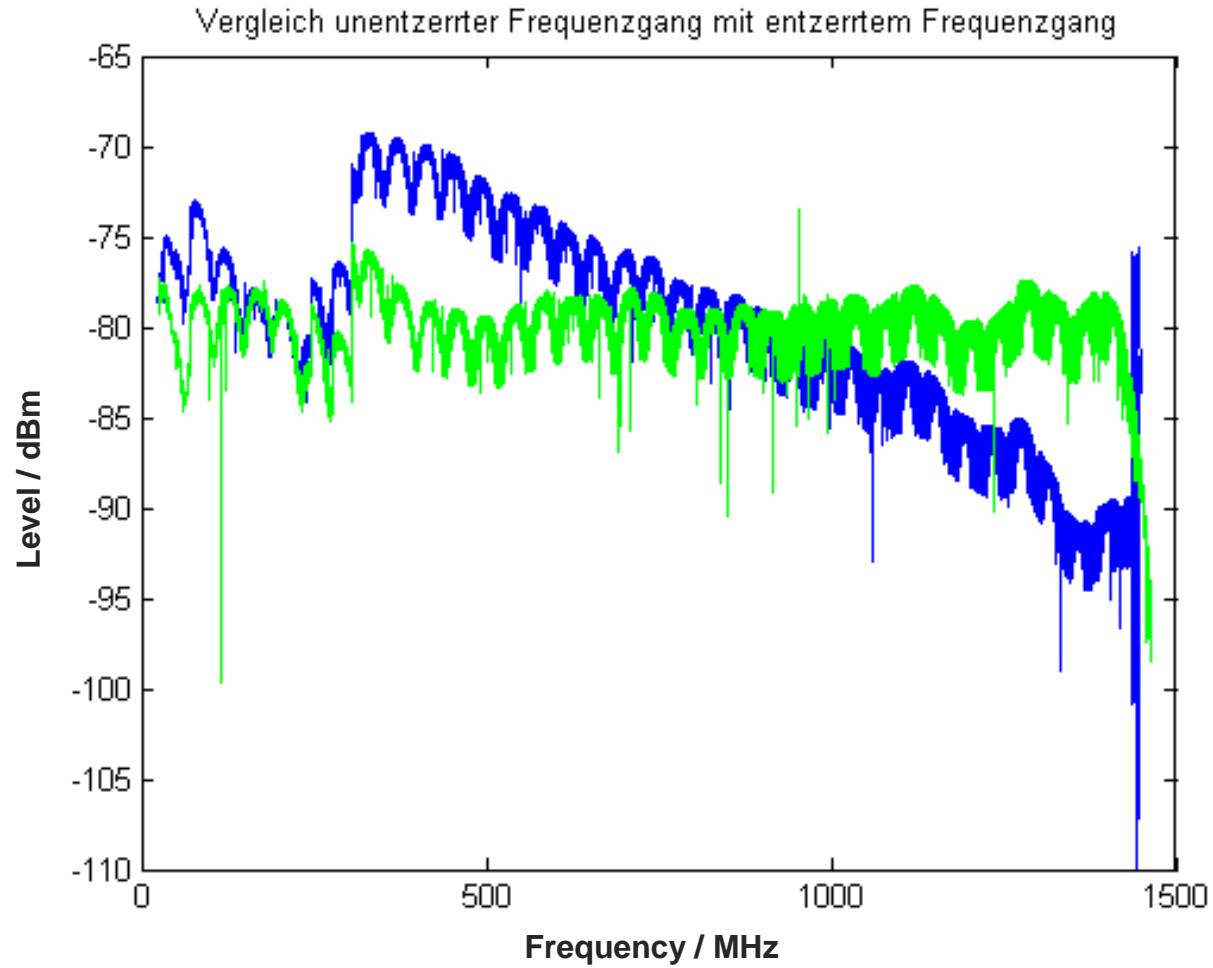
- Radio Interface:
  - DVB-T Stick (ca. 20 €)
  - RTL2832U Chip
  - Rafael Micro R820T Tuner [9][10]
  - Frequenzbereich: 24 MHz – 1.766 MHz
  - 8 Bit I/Q-Samples
  - 2.56 MS/s [8]
- Recheneinheit:
  - Raspberry PI [11]
  - Berechnung der Sensingdaten und Übermittlung an die Spectrum Management Unit











## Fazit:

- Einbindung von Spectrum-Sensing ermöglicht die effiziente Nutzung nicht lizenzierter Frequenzbereiche
- Low Cost Sensing Node mit Hilfe günstiger Hardware realisierbar
- Kalibrierung ermöglicht deutliche Verbesserung des Sensing-Ergebnisses

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- [1] Cisco, “Visual networking index: Global mobile data traffic forecast update, 2013-2018,” white paper, 2010.
- [2] “General survey of radio frequency bands 30 mhz to 3 ghz,” Shared Spectrum Company, Tech. Rep., September 2010.
- [3] J. M. Peha, “Approaches to spectrum sharing,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 43, no. 2, pp. 10–12, February 2005.
- [4] F. K. Jondral, “Software–defined radio—basics and evolution to cognitive radio,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2005.
- [5] A. Ghasemi and E. S. Sousa, “Spectrum sensing in cognitive radio networks: Requirements, challenges and design trade-offs,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 46, no. 4, pp. 32–39, April 2008.
- [6] K. B. Letaief and W. Zhang, “Cooperative communications for cognitive radio networks,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, no. 5, pp. 878–893, May 2009.
- [7] Y.-C. Liang, Y. Zeng, E. C. Peh, and A. T. Hoang, “Sensing-throughput tradeoff for cognitive radio networks,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, no. 4, pp. 1326–1337, April 2008.
- [8] [Online]. Available: <http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>
- [9] [Online]. Available: <http://www.rafaelmicro.com/downloads/R820T.pdf>
- [10] W. U. Schellenberg, “Some measurements on dvb-t dongles with e4000 and r820t tuners: Image rejection, internal signals, sensitivity, overload, 1db compression, intermodulation,” August 2013. [Online]. Available: [http://f6fvy.free.fr/rtl\\_sdr/Some Measurements on E4000 and R820 Tuners.pdf](http://f6fvy.free.fr/rtl_sdr/Some_Measurements_on_E4000_and_R820_Tuners.pdf)
- [11] [Online]. Available: <http://www.raspberrypi.org/>
- [12] Ericsson. Spectrum sharing. Oktober 2013