

Fachbereich Elektrotechnik und Technische Informatik  
*Department of Electrical Engineering and Computer Science*

**Studien- und Bachelorarbeit**  
**Tim Simon Leßmann**

# **Untersuchung der Funkausbreitungseigenschaften und des Koexistenzverhaltens von 868-MHz-Funkmodulen**

## **Konzeptionierung, Vermessung und Spezifikation eines regionalen Funknetzwerkes**

### **Kurzfassung**

Funksysteme werden meist ohne genaue Kenntnis über ihr Koexistenzverhalten und die Bedingungen für eine erfolgreiche Installation in Betrieb genommen. Daraus können Funktionsstörungen in der Anwendung resultieren, die das Vertrauen in Funktechnologien erheblich schwächen.

Ziel dieser Arbeit ist das Koexistenzverhalten von 868-MHz-Funkmodulen theoretisch und messtechnisch zu analysieren, um daraus eine Installationsrichtlinie für die fehlerfreie Koexistenz der Funkmodule zu entwickeln. Außerdem wird mit der Konzeptionierung, Vermessung und Spezifikation eines realen und regionalen 868-MHz-Funknetzwerkes das Ziel verfolgt, Anwendern reale Beispiele für Funkstrecken zu liefern. Anhand derer die Bedingungen und Grenzen für eine erfolgreiche Installation abgeleitet werden können.

Um die Beeinflussung auf die Koexistenz von zwei an einem Mast montierten, koexistierenden 868-MHz-Funksystemen festzustellen, wird in einem Absorptionsraum der Übertragungsfaktor zwischen den montierten Antennen gemessen. Der Einfluss der Ergebnisse auf die Koexistenz wird, unter Berücksichtigung verschiedener Entkopplungsmethoden, in weiteren Messaufbauten bestimmt. Die Konzeptionierung des Funknetzwerkes erfolgt mit 'Radio Mobile'®. Alle theoretisch bestimmten Funkstrecken werden, auf Grundlage der theoretischen Realisierbarkeit, vermessen und bewertet.

In der vorliegenden Studie wird festgestellt, dass die Verwendung von Antennen mit Richtstrahl-Charakteristik die Koexistenz von zwei an einem Mast montierten Funksystemen positiv beeinflusst. Unter der Bedingung, dass eine Antenne vertikal und die Andere horizontal installiert wird, können Konstellationen erreicht werden, die eine bedingungslose Koexistenz ermöglichen. Wiederlegt wird hingegen, dass die reine Vergrößerung der Distanz zwischen Antennen jeglicher Art die Koexistenz in jedem Fall positiv beeinflusst. Des Weiteren wird gezeigt, dass eine annähernd fehlerfreie Konzeptionierung eines Funknetzwerkes bei korrekter Verwendung von 'Radio Mobile' möglich ist. Durch die Messungen wird zusätzlich bewiesen, dass Funkstrecken über mehr als 25 km mit Funksystemen im lizenzfreien ISM-Band unter realen Bedingungen realisierbar sind.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die fehlerfreie Koexistenz von 868-MHz-Funksystemen, unter der Berücksichtigung spezifischer Bedingungen, möglich ist. Es wird darüber hinaus gezeigt, dass die Realisierung eines regionalen 868-MHz-Funknetzwerkes, auch ohne genaue Kenntnis über die Einflüsse in realen Funkkanälen möglich ist. Für die Anwender bedeuten diese Befunde, dass die Planung und Realisierung eines Funknetzwerkes mithilfe der vorliegenden Arbeit fehlerfrei möglich ist. Es wird erwartet, dass durch die Publizierung der Installationsrichtlinien und Beispielfunkstrecken das Vertrauen der Anwender maßgeblich gesteigert wird.

## **Abstract**

Radio systems are often installed by users without any knowledge about the coexistence performance and the requirements for a successful installation. As a result, the radio applications are subject to malfunctions. Furthermore, the users are losing their trust in radio technologies.

The aim of this study is to analyze the coexistence performance of 868-MHz radio systems in theory and by measurement to develop an installation guideline for a faultless and functional installation. In addition to this guideline, the concept for a regional radio network is conceptualized. The concept and the specifications of the radio network are proved by field measurements. The radio channels will be used as examples to show the possibilities and requirements of an 868-MHz radio channel in a practical way.

To determine the influence on the coexistence of two 868-MHz stations, which are mounted on one mast, the propagation factor of the two antennas is measured in an absorption chamber. The influence of all measured propagation factors on the coexistence performance is tested with a selection of possible decoupling methods. The theoretical concept and the specification is based on calculations with the program 'Radio Mobile'. All theoretically defined radio channels are tested by measurements for their reliability and are rated for their practical relevance.

The following study confirms that the use of directional antennas has a positive effect on the coexistence performance of radio systems. In addition to this confirmation is discovered that, if one antenna is installed horizontally and the other one vertically a constellation is possible which fulfills a faultless coexistence unconditionally. On the other hand, the prevailing opinion that a higher distance between the antennas always has a positive effect on the coexistence performance is disproved. Contrary to this, it is proved that the practical realization of a radio network with a concept created with 'Radio Mobile' is possible. Furthermore, the maximum range of more than 25 km with an 868-MHz radio system in the license free ISM frequency band is proved by measurements of such a radio channel.

In conclusion, the faultless coexistence of 868-MHz radio systems is possible, taking into account several conditions. Additionally, the realization of a regional 868-MHz radio network without specific knowledge about the practical influences on radio channels is possible.

These results means for the user, that the planning and the realization of a radio network is faultless possible with the help of this study. It is expected that the publication of the installation guideline and the summary of the example radio channels will enhance users trust in radio technologies.

**Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Uwe Meier**