



## FORSCHUNGSBERICHTSBLATT

Kurztitel:	<b>MOBCOM</b>
Thema:	Modellbasierte Zustandsschätzung elektrischer Betriebsmittel der Mittel- und Niederspannungsebenen
Zuwendungsempfänger:	<b>Hochschule Offenburg</b>
Laufzeit:	<b>01.11.2018 – 30.04.2021</b> (nach kostenneutraler Laufzeitverlängerung)
Förderkennzeichen:	<b>BWSGD 18008</b>

### 1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse:

Im Projekt MOBCOM wurde ein Prototyp auf Basis einer Powerline-Kommunikation (PLC) zur Netzüberwachung entwickelt. Der Prototyp basiert auf einem PLC-Empfänger, welcher den Kanal misst um Informationen über den PLC-Kanal und den aktuellen Zustand des Stromnetzes zu erhalten. Der PLC-Empfänger verwendet das Kommunikationssignal, um eine genaue Schätzung des Stromkanals zu erhalten und liefert Informationen zur Erkennung von Teilentladungen und anderen Anomalien im Netz. Diese Art der Überwachung des Stromnetzes macht sich die bestehende PLC-Infrastruktur zunutze und verwendet die ohnehin übertragenen Datensignale, um eine Echtzeitmessung der Kanalübertragungsfunktion und des empfangenen Rauschsignals zu erhalten. Da dieses Signal im Vergleich zu einfacheren Messsensoren mit einer hohen Abtastrate abgetastet wird, enthält es wertvolle Informationen über mögliche Beeinträchtigungen im Netz. Während die Kanalmessungen auf einem empfangenen PLC-Signal beruhen, können Informationen über Teilentladungen oder andere Störquellen allein durch einen PLC-Empfänger gesammelt werden, d. h. ohne eine PLC-Übertragung.

Es wurde ein Prototyp auf Basis von Software Defined Radio entwickelt, der die gleichzeitige Kommunikation und Erfassung unterschiedlicher Parameter eines Stromnetzes implementiert. Weiterhin wurde zur Verifizierung und für Tests ein Emulator entwickelt, der unterschiedliche Störszenarien und Belastungen des Netzes nachbildet.

Zur Verifikation theoretischer Modelle und der Betriebsüberwachung mittels PLC-Systemen, wurde eine Verteilnetznachbildung entwickelt und im Labor aufgebaut. Dieser Demonstrator bildet das Niederspannungsnetz mit den typischen elektrischen Betriebsmitteln wie Umspannwerke, Stromkabel und Verbraucher ab. Mittels einer elektronischen Lasteinheit lassen sich beliebige Lastverläufe abfahren. Dabei sind alle drei Phasen sowohl unterschiedlich und unabhängig in Amplitude und Phase als auch in ihrem elektrischen Verhalten programmierbar. Um reales Fehlerverhalten zu analysieren, kann die eingesetzte Lasteinheit besondere Fehlerfälle wie Lastsprünge und Spannungseinbrüche in den Lastzyklus einsteuern. Somit lassen sich reale Lastverhalten von Haushalten oder Unternehmen nachbilden. Des Weiteren wurde ein Teilentladungsgenerator entwickelt um verschiedene TE-Muster zu emulieren. Mittels des TE-Generator lassen sich, zu definierten Zeitpunkten, Teilentladungsimpulse in die verschiedenen Betriebsmittel einkoppeln. Grundlage für den TE-Generator bildet ein aus der Leistungselektronik abgewandelter Hochsetzsteller. Mit diesem lassen sich steilflankige Impulse mit hohen Spannungen und niedriger Ladung erzeugen. Ausgelöst werden die Impulse durch einen Mikrocontroller der den Spannungsverlauf der 50 Hz Grundschiwingung des Netzes erfasst und die Impulse zu verschiedenen Phasenlagen einsteuern kann. Im Rahmen des Projekts gab es zwei Veröffentlichungen. Eine im hochschulinternen Forschungsmagazin und eine weitere im Rahmen der IEEE-Konferenz „International Symposium on Power Line Communications and its Applications“ (ISPLC) in 2021.

**2. Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse:**

Im Rahmen des Projekts konnte gezeigt werden, wie mittels PLC-Technologie zusätzlich bzw. parallel zur Kommunikation auch eine zeitlich hochauflösende Messung möglich ist. Bei einem Standard-Sendesignal kann der Empfänger eine genaue Schätzung der Kanalübertragungsfunktion in Echtzeit liefern. Dies wird durch die Ausnutzung der Eigenschaften der Kanalcodierung und der zuverlässigen Fehlererkennung ermöglicht und ist mit Software Defined Radio implementiert. Zusätzlich zur Kanalübertragungsfunktion kann der Empfänger die spektrale Leistungsdichte des Rauschens liefern, während er gleichzeitig das PLC-Signal dekodiert. Mit dem entwickelten Demonstrator lassen sich verschiedene Szenarien (unterschiedliche Impulsmuster, Lastprofile, Netzstrukturen, PLC-Konzepte) nachbilden.

**3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen:**

Der Einsatz von SDR (software defined radio) als Empfängerkonzept ermöglicht maximale Flexibilität bei der Verarbeitung der Empfangssignale und ist nicht durch die Signalbandbreite des PLC-Signals begrenzt. Dies ist vor allem für die Detektion von breitbandigen Störsignalen, die z.B. durch Teilentladungen verursacht werden, von Bedeutung, da deren Spektralanteile zu einem großen Anteil außerhalb des Bereichs von PLC-Signalen liegen. Mithilfe von bereits im Stromnetz vorhandener Sensorik und PLC-Technologie werden Impulsstörer und Teilentladungsmuster gemessen. Die Auswertung von Teilentladungsspektren und den verfügbaren Netzdaten kann so Aufschluss über den Zustand von Betriebsmittel geben.

4. **Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen:**

Jede Messung liefert eine einmalige, ortsabhängige Information, ähnlich einem Fingerabdruck, des Netzes. Für die Zukunft ist geplant, weitere Informationen zu extrahieren, die für die Erkennung von Teilentladungen und die Lokalisierung möglicher Fehler nützlich sind. Es ist geplant mit der Klassifizierung der gesammelten Informationen und mit den Methoden maschinellen Lernens den Betriebszustand der elektrischen Betriebsmittel im Verteilnetz vorhersagen zu können.