

## Künstliche Intelligenz im Verteilnetz der Stuttgart Netze

# Mit moderner Messtechnik und Data Science Störungen detektieren

Mit moderner Messtechnik und Data Science lassen sich Niederspannungsnetze automatisiert überwachen und optimieren. Dies zeigt ein gemeinsames Projekt der Stuttgart Netze, Smight und Omega-LambdaTec. Untersucht wurde unter anderem, wie sich Netzanomalien wie Kabelbrüche vor einem kritischen Netzausfall detektieren lassen und somit frühzeitig behoben werden können.

Verteilnetzbetreiber sind heute neuen Herausforderungen ausgesetzt. Die Netze unterliegen aufgrund der Zunahme direkter Einspeisung durch erneuerbare Energien und dem dynamischen Energiebedarf von E-Fahrzeugen einer hohen Volatilität. Dies erfordert ein besseres Verständnis der Auslastung, eine datengetriebene Optimierung und eine kontinuierliche Überwachung der Niederspannungsnetze. Die Nutzung moderner Sensorik ermöglicht neue IoT-basierte Anwendungen für Netzbetreiber, allen voran eine kontinuierliche Überwachung und Optimierung des Stromnetzes.

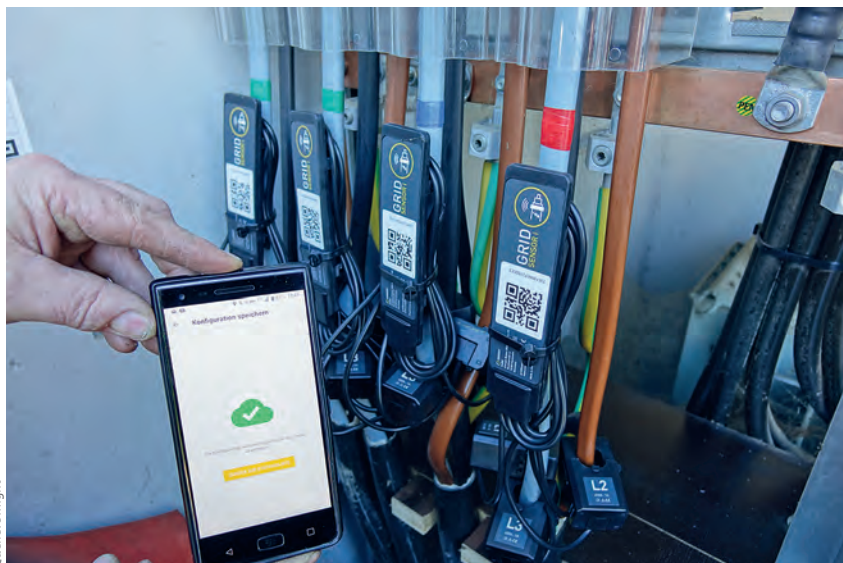
### Herausforderung vermaschtes Netz

Stuttgart Netze, Smight und Omega-LambdaTec haben deshalb ein gemeinsames Projekt gestartet. In diesem Rahmen soll geprüft werden, ob und wie sich Netzanomalien, zum Beispiel Kabel-



Quelle: Stuttgart Netze

Bild 1. Betriebsmonteur der Stuttgart Netze beim Einbau der Smight-Sensorik in Kabelverteilerschränke



Quelle: Smight

Bild 2. Direkt nach Einbau der Sensorik, der durch eine App unterstützt wird, beginnt die Datenübertragung an eine IoT-Plattform.

brüche, im Niederspannungsnetz vor einem kritischen Netzausfall detektieren lassen und somit frühzeitig behoben werden können. Für das vermaschte Stuttgarter Niederspannungsnetz ist das besonders relevant, da der Verbraucher in der Regel von zwei unterschiedlichen Leitungsverbindungen mit Strom versorgt wird. Fällt ein Kabel aufgrund einer Störung aus, bekommt der Kunde davon nichts mit. Defekte Kabel können somit lange unentdeckt bleiben und gefährden so die Integrität des Netzes. Fällt auch die stärker belastete zweite Zuleitung aus, sind auf einen Schlag viele Verbraucher ohne Strom. Die folgende Fehlersuche und Wiederherstellung der Versorgung ist für den Netzbetreiber sowohl zeit- als auch arbeitsintensiv.

Um dem künftig vorzubeugen, braucht es eine robuste Messtechnik, die ver-

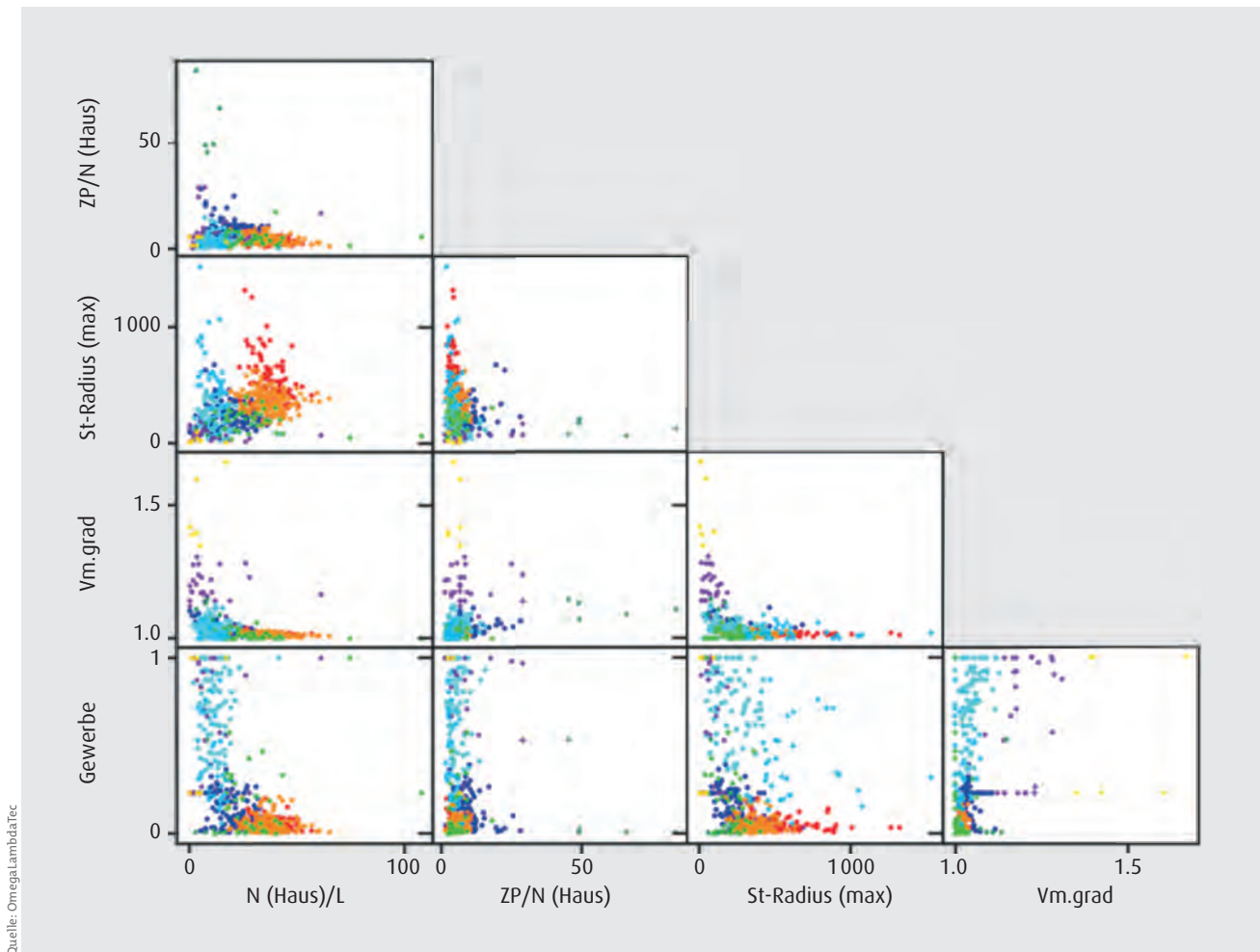


Bild 3. Clustering-Analyse: Alle 550 Stuttgarter Netzinseln wurden anhand ihrer Infrastruktur-Charakteristika (unter anderem Stationsradius, Anzahl Knoten, Vermaschungsgrad) ausgewertet und in die drei Hauptgruppen aus Wohnsiedlungen (rund 54 %), Gewerbegebiet (rund 21 %) und Industriegebiet (rund 25 %) sowie deren Unterklassen aufgeteilt und analysiert.

lässlich Daten liefert, sowie geeignete Analyse-Methoden und virtuelle Netzmodelle. Ebenso legten die Partner fest, wo und wie viel Messtechnik installiert werden muss, um mit hoher Genauigkeit Kabelbrüche zu identifizieren, aber auch Aufwände und Kosten so gering wie möglich zu halten.

### Messtechnik maßgeschneidert für Netzbetreiber

»An den operativen Einsatz der Messtechnik hatten wir klare Anforderungen: Schnell und einfach. Aber auch die beengten Platzverhältnisse in Kabelverteilerschränken durften kein Hindernis sein«, berichtet Christian Körner, Leiter Anlagenmanagement der Stuttgart Netze. Die Wahl fiel schnell auf Smight Grid, eine Sensor-IoT-Lösung der EnBW-Tochter Smight. Diese wurde speziell für den Retrofit, also den nachträglichen

Einbau in bestehende Ortsnetzstationen (ONS), entwickelt. Durch kleinere Anpassungen ist sie auch in Kabelverteilerschränken (KVS) einsetzbar. Konkret wurde die Stromversorgung des Gateways für die Datenübertragung optimiert, um definierte Messpunkte mit Sensorik auszustatten (Bild 1).

Ein großer Pluspunkt aus Sicht der Monteur: die Versorgung der Sensoren läuft über Klappwandler und die Übertragung an das Gateway über Funk, sodass eine aufwendige Verdrahtung entfällt. »Bei der Entwicklung von Smight Grid flossen von Beginn an konkrete Anforderungen aus dem Netzbetrieb ein«, so Oliver Deuschle, Chef von Smight. »Die Installation kann daher auch vom eigenen Personal durchgeführt werden.« Unterstützt wird der Einbau durch eine App, mit der QR-Codes auf den Hardware-Komponenten gescannt und dem

KVS auf einer IoT-Plattform zugewiesen werden (Bild 2). Sobald dieses Pairing erfolgt ist, beginnt die Datenübertragung (1 bis 15 Minuten Mittelwerte, Strom in Ampere). »Die Datenaufzeichnung und -übermittlung ist sehr robust. Wir erhalten vollständige und zeitsynchrone Datensätze. Das ist eine gute Voraussetzung für die geplanten Analysen«, sagt Körner. Damit war die Grundlage für die weitere Nutzung der Messwerte durch die Analytics-Experten von OmegaLambdaTec geschaffen.

### Auswahl geeigneter Netzinseln

Ausgehend vom Stuttgarter Netz, das 550 Netzinseln mit rund 170 möglichen Messpunkten je Netzinsel umfasst, ist eine fundierte Planung der Analysen notwendig. Die Ausstattung aller Messpunkte im Stuttgarter Stromnetz mit Sensorik würde jedoch neben hohen

Quelle: OmegaLambdaTec

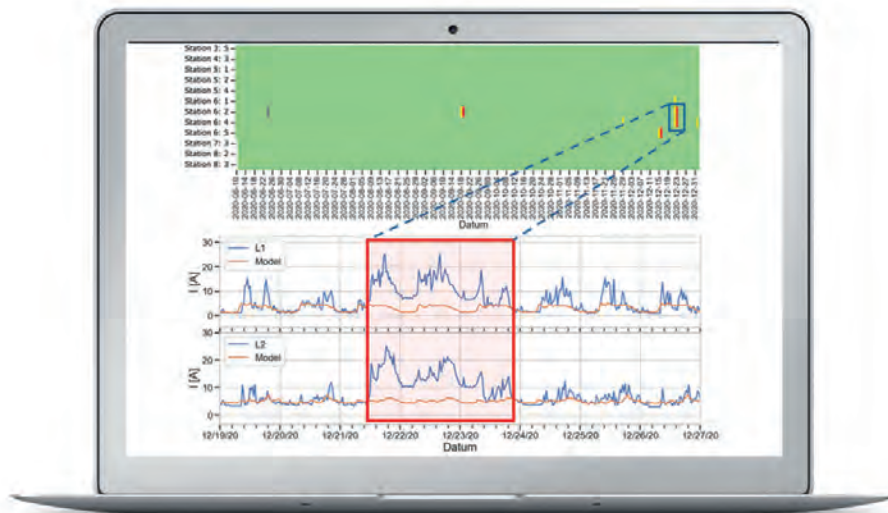


Bild 4. Dashboard-Visualisierung mit automatisierter Detektion und Lokalisation eines Kabelbruchs in einer Netzinsel. Der manuell induzierte Kabelbruch konnte mithilfe der KI-Algorithmen von OmegaLambdaTec erfolgreich räumlich in Station 6 detektiert (blaues Rechteck) und im Signal zeitlich eingegrenzt werden (rotes Rechteck). Aus dem unterschiedlichen Stromverlauf zwischen dem Digital-Twin-Simulationsmodell (orange) und dem Stromsignal (blau) lässt sich der Kabelbruch identifizieren.

Investitionen auch einen deutlichen Personalaufwand verursachen. Daher bestimmten die Experten im Vorfeld, wie viele Sensoren an welchen Positionen notwendig sind, um eine hohe flächendeckende Detektierbarkeit von Netzanomalien sicherzustellen. Gleichzeitig sollten auch Wirtschaftlichkeit und technische Durchführbarkeit berücksichtigt werden.

Ausgangspunkt hierfür war der Aufbau einer realitätsnahen Digital-Twin-Simulationsumgebung von repräsentativen Netzinseln des Niederspannungsnetzes basierend auf Shape-Dateien und GIS-Reports. Um zu entscheiden, welche Netzinseln mit Messtechnik ausgestattet werden, wurden verschiedene relevante Netz- (zum Beispiel maximaler Stationsradius, Anteil Gewerbe) und Graph-Parameter (zum Beispiel Anzahl Knoten, Vermaschungsgrad, Ausfallrate) für jede Netzinsel bestimmt. Anhand dieser Parameter wurde in nur einer Woche eine detaillierte, hochdimensionale Clustering-Analyse durchgeführt (Bild 3). Diese ermöglicht eine automatische, datengetriebene Charakterisierung aller Netzinseln mittels Machine Learning. »Mit diesen Ergebnissen können Netzinseln identifiziert werden, die ein hohes Potenzial für eine Optimierung der Netzstruktur aufweisen und die ideal für den Einsatz von Sensorik sind«, erläutert Rene Fassbender, Geschäftsführer von OmegaLambdaTec.

»Für uns schafft diese umfassende Analyse grundlegend neue Perspektiven. Bisher gab es das nur für kleine Netzausschnitte. Jetzt können wir unsere Netzstruktur vollständig betrachten und bewerten«, hebt Körner hervor.

Neben der Frage, welche Netzinseln für die Messungen besonders relevant sind, wurde auch die Frage beantwortet, wie viele Messpunkte mit Smight-Sensorik ausgestattet werden müssen, um defekte Kabel mit hoher Wahrscheinlichkeit aufzuspüren. Hierzu ergaben die Analysen von OmegaLambdaTec, dass bei einer Ausstattung von lediglich 15 bis 30 % der ONS-Abgänge und 10 bis 20 % der KVS-Abgänge eine Detektierbarkeit von mehr als 80 % garantiert werden kann. Somit wurden im Stuttgarter Stadtteil Bergheim (Weilimdorf) in einem klassischen Wohngebiet in mehreren KVS und ONS zwanzig Messpunkte mit Smight-Sensorik ausgerüstet.

#### Automatisiertes Erkennen von Anomalien

Um aus den Sensordaten Erkenntnisse zu gewinnen und tatsächlich Kabelbrüche zu detektieren und zu lokalisieren, kommen intelligente, automatische Analysealgorithmen von OmegaLambdaTec zum Einsatz. Dabei wird der Sensor-Datenstrom von Smight zunächst in eine Cloud-Lösung von OmegaLambdaTec eingelesen und dort für weitere

Analysen aufbereitet. Danach wird mittels KI-Verfahren (künstliche Intelligenz) ein sich kontinuierlich anpassendes Prognosemodell für die Strommessdaten erstellt. Über den Vergleich von Messdaten und Prognosemodell lassen sich dann gezielt Anomalien, die die Charakteristiken eines Kabelbruches aufweisen, im Datenstrom erkennen und per E-Mail an den Netzbetreiber melden.

In der Proof-of-Concept-Phase wurde diese Analytics-Lösung dem Praxistest unterzogen. Da Kabelbrüche im Netz glücklicherweise selten sind, wurden im Stuttgarter Netz manuell mehrere künstliche Kabelbrüche induziert, indem über einige Tage ein Kabel abgeklemmt wurde. Die Software konnte dabei mithilfe von Lastflussberechnungen alle induzierten Kabelbrüche erfolgreich aufspüren (Bild 4). »Unsere automatisierte KI-Anomalie-Detektions-Pipeline ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring aller Leistungsschwankungen des Niederspannungsnetzes, eine exakte zeitliche und räumliche Detektion und Lokalisierung sowie Lastflussanalysen potenzieller Kabelbrüche«, erläutert Alexander Fritz, COO & CISO bei OmegaLambdaTec. Aus dem Vergleich der Messungen mit dem Simulationsdatensatz lässt sich die Signalstärke von detektierbaren Fehlstellen ermitteln und diese anhand einer Heatmap visualisieren (Bild 5).

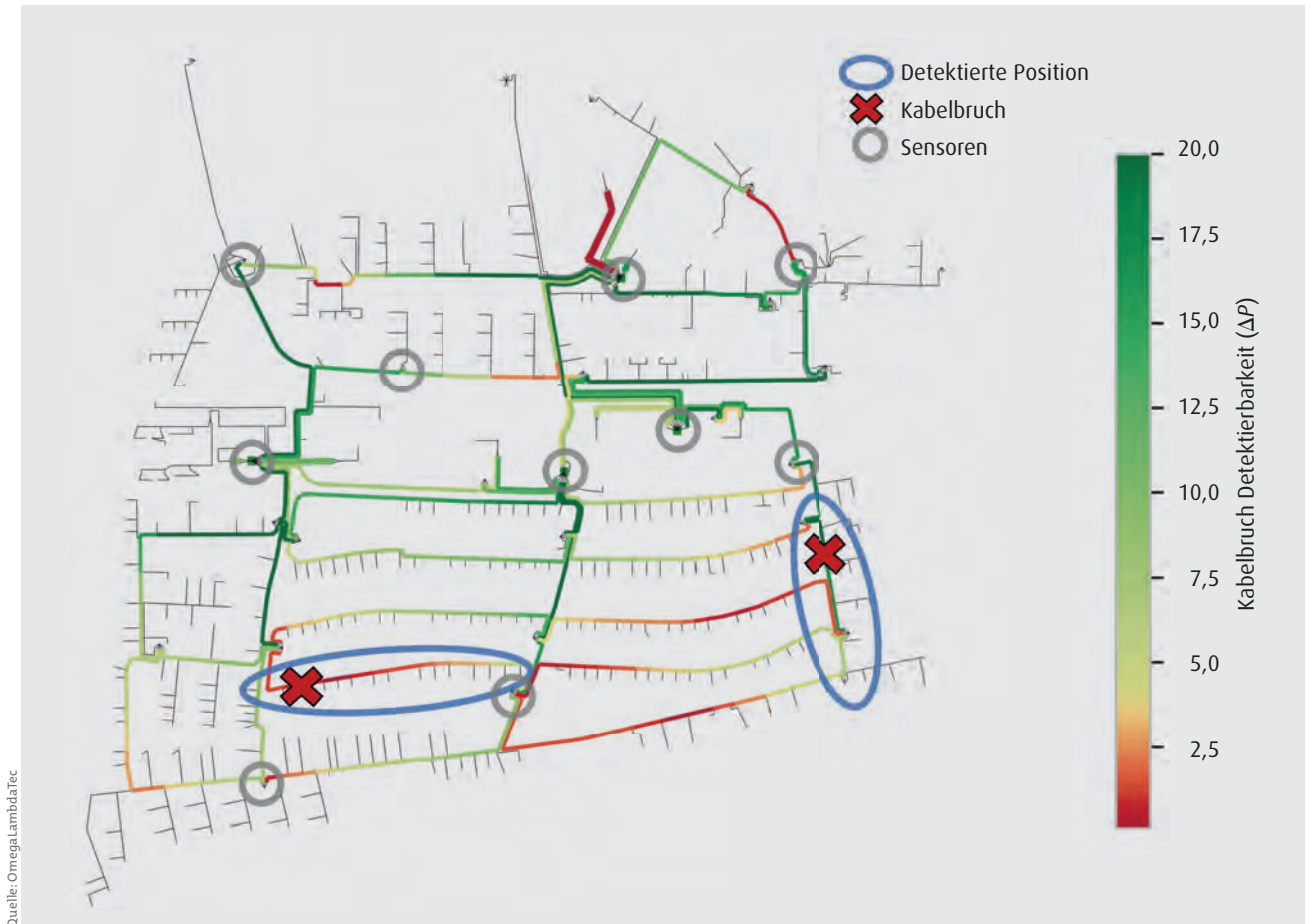


Bild 5. Detektionsheatmap der Stuttgarter Netzinsel, die mit Smight-Sensorik ausgestattet wurde (graue Kreise). Die manuell induzierten Kabelbrüche (rote Kreuze) konnten mithilfe der Algorithmen von OmegaLambdaTec erfolgreich detektiert und räumlich eingegrenzt werden (blaue Ovale). Die Farbe der Leitungen zeigt die Detektierbarkeit von Kabelbrüchen, von gering (rot) zu hoch (grün), basierend auf einem von OmegaLambdaTec erstellten Digital Twin des Stromnetzes.

### Neue Potenziale durch künstliche Intelligenz

Die entwickelte Datenanalyse- und Anomalie-Detektions-Pipeline kann somit das Niederspannungsnetz automatisch überwachen und instandhalten. »Gefundene und evaluierte Kabelbrüche können per E-Mail direkt an Netzbetreiber gemeldet werden. Das Personal muss also nicht rund um die Uhr Messdaten analysieren, um nichts zu verpassen«, erklärt Deuschle. Die Ergebnisse der Anomaliedetektion können auch in einem Dashboard dargestellt und dort näher bewertet werden. Dies ermöglicht dem Netzbetreiber die kontinuierliche Überwachung des Netzes. Aktuell arbeiten die Partner Smight und OmegaLambdaTec an der weiteren Optimierung der Datenvisualisierung, sodass unter anderem auch Monats- und Jahresberichte je Netzinsel möglich sind.

Mit den Messungen und Analysen in der Niederspannung gehört die Stuttgart Netze in Deutschland zu den Vorreitern.

»Der mit KI kombinierte Einsatz ebnet uns neue Wege, das Niederspannungsnetz gezielt datengetrieben zu optimieren. So können wir die Potenziale der Ausstattung mit moderner Sensorik voll ausschöpfen«, kommentiert Arvid Blume, Vorsitzender der Geschäftsführung der Stuttgart Netze. Aktuell ist die Ausrüstung weiterer Bereiche im Stuttgarter Stromnetz mit Sensorik in Planung. Dabei will man vorausschauend berücksichtigen, wo in den nächsten Jahren mit einem Zuwachs an E-Mobilität und erneuerbaren Einspeisern zu rechnen ist. Solche Netzbereiche unterliegen einer hohen Dynamik und sind eher für Störungen anfällig, auf die Stuttgart Netze dann schneller reagieren kann. Mit den vorhandenen Netzzustandsdaten kann das Tochterunternehmen der Stadtwerke Stuttgart auch Baumaßnahmen bedarfsorientiert priorisieren, Netzanschlussfragen schneller bearbeiten und die Versorgungssicherheit dauerhaft gewährleisten. All diese Aspekte führen schließlich auch zu größerer Kundenzu-

friedenheit – und zahlen sich langfristig im Konzessionswettbewerb aus.

>> **Dr. Anja Martin**,  
Manager Marketing & Kommunikation,  
Smight, Karlsruhe

**Dr. Andreas Schulze**,  
Data Scientist,  
OmegaLambdaTec GmbH, Garching

**Dr. Alexander Fritz**,  
COO & Data Scientist,  
OmegaLambdaTec GmbH, Garching

**Dr. Rene Fassbender**,  
Geschäftsführer,  
OmegaLambdaTec GmbH, Garching

**Christian Körner**,  
Teamleiter Anlagenmanagement,  
Stuttgart Netze GmbH, Stuttgart

>> [a.martin@enbw.com](mailto:a.martin@enbw.com)  
[info@omegalambdatec.com](mailto:info@omegalambdatec.com)  
[c.koerner@stuttgart-netze.de](mailto:c.koerner@stuttgart-netze.de)

>> [www.smight.com](http://www.smight.com)  
[www.omegalambdatec.com](http://www.omegalambdatec.com)  
[www.stuttgart-netze.de](http://www.stuttgart-netze.de)