

## Stromnetze in Ingolstadt

# Vorbereitung auf die künftige Entwicklung von Last und Erzeugung

Welche Last und Erzeugungszuwächse werden im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Ingolstadt Netz erwartet? Wie gut sind die Netze der Mittelspannungs- und Niederspannungsebene bereits heute darauf vorbereitet? Was muss in diesen Netzen noch getan werden? Welche Auswirkungen ergeben sich für die Netzanbindung ans vorgelagerte Netz? Diesen Fragen hat sich Consentec im Auftrag der Stadtwerke Ingolstadt Netze gewidmet.

Mit der Verabschiedung des Osterpakets wurden im Frühjahr 2022 die Ziele zur Umsetzung der Energiewende nochmals höhergesteckt. Aktuell ist ein beschleunigter Hochlauf der Elektromobilität und ein zügiger und weitgehender Übergang auf strombasierte Heizungen (Wärmepumpen) vorgesehen. Zudem wird ein beschleunigter Ausbau von PV-Dachanlagen angestrebt, die zu einem großen Teil in Kombination mit stationären Batteriespeichern errichtet werden. Diese Entwicklungen werden zu deutlich veränderten Anforderungen an die Stromverteilnetze führen.

Vor diesem Hintergrund haben die Stadtwerke Ingolstadt Netze GmbH (SWI) bereits frühzeitig die sich ergebenden Herausforderungen für ihre Netze identifiziert und diese in angepasste Planungsgrundsätze sowie eigene Zielnetzplanungen überführt. Consentec hat sich in den vergangenen Jahren intensiv mit den Auswirkungen der Energie-, Verkehrs- und Wärmewende auf Stromverteilnetze im Rahmen einiger Dutzend Untersu-

chungen für andere Verteilnetzbetreiber (VNB) befasst. Im Wissen um diese umfangreichen Erfahrungen hat SWI Consentec damit beauftragt, die SWI-eigenen Arbeiten kritisch zu beleuchten und bei Bedarf herauszuarbeiten, hinsichtlich welcher Aspekte Anpassungen der bestehenden Zielnetzkonzepte (Fokus Mittelspannung) und Planungsgrundsätze (Fokus Niederspannung) zu empfehlen sind.

### Welche Last- und Erzeugungszuwächse werden erwartet?

Zur Abschätzung der künftigen Versorgungsaufgabe ist zu analysieren, welche Last- und Einspeiseveränderungen zu erwarten sind. Der zu betrachtende Zeithorizont sollte ausreichend weit in der Zukunft liegen, um die Veränderungen der Versorgungsaufgabe vollständig abbilden zu können, die sich aus der von der Bundesregierung angestrebten Klimaneutralität im Jahr 2045 resultieren. In Bayern wird angestrebt, dieses Ziel bereits bis 2040 zu erreichen. Die wesentli-

chen Veränderungen ergeben sich durch den Zuwachs bei E-Mobilität, Wärmepumpen und PV-Anlagen. Um diese im Versorgungsgebiet der SWI abzuschätzen, wurden überregionale Entwicklungen entsprechend dem Szenariorahmen zum deutschen Netzentwicklungsplan zugrunde gelegt. Gleichzeitig wurden die spezifischen Bedingungen im Versorgungsgebiet der SWI berücksichtigt. Hierzu wurden Angaben zum Gebäudebestand herangezogen, aus denen entnommen werden konnte, wie viele Gebäude verschiedener Nutzungsarten (Ein- oder Mehrfamilienhaus, Gewerbegebäude etc.) vorhanden sind. Aus diesen Nutzungstypen ließ sich die zu erwartende räumliche Verteilung der verschiedenen Ladeinfrastrukturtypen (Heimladepunkte, öffentlich zugängliche Ladepunkte, Laden am Arbeitsplatz) und damit die räumliche Verteilung der installierten Nennladeleistungen ermitteln. Über Angaben zu Gebäudegröße und -alter wurde abgeschätzt, wie hoch der Wärmebedarf, und damit der Heizleistungsbedarf sein werden. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Anteile von Luftwärmepumpen und erdwärmegebundenen Wärmepumpen sowie den technologiespezifischen Leistungsfaktoren konnte die elektrische Nennleistung bestimmt werden.

Mit Blick auf die künftige Netzbelastung ist es wichtig, die Verbrauchscharakteristiken von E-Wärme- und E-Mobilitäts-Anwendungen zu berücksichtigen, da eine einfache Betrachtung der installierten Leistungen zu einer deutlichen Überschätzung der Höchstbelastungen der Netze führen würde. Deshalb wurden im Rahmen der Analysen für die verschiedenen Verbrauchertypen Gleichzeitigkeitsfaktoren herangezogen, um schließlich die zu erwartenden Höchstlastzuwächse zu ermitteln. Die Gleichzeitigkeitsfaktoren

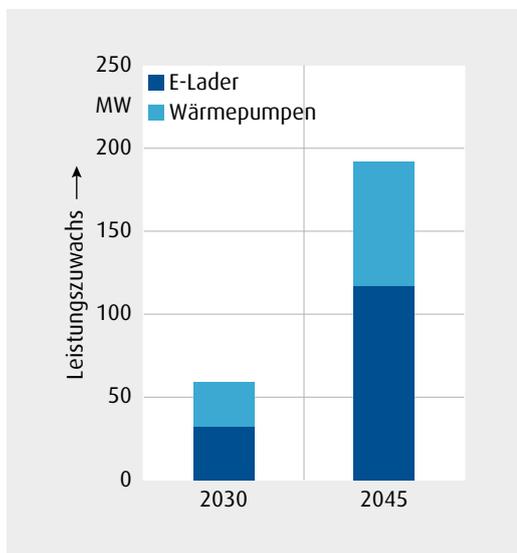


Bild 1. Erwarteter Lastzuwachs im Versorgungsgebiet der SWI

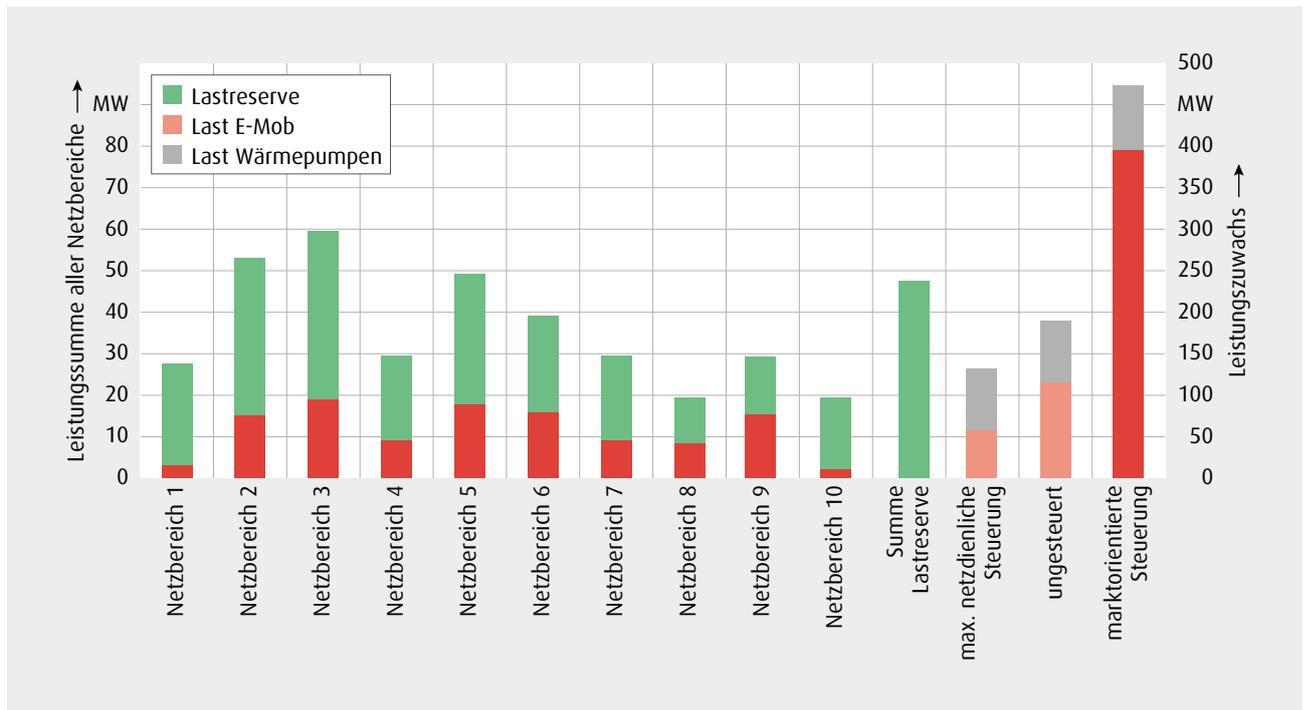


Bild 2. Gegenüberstellung der Reserven und der zu erwartenden Laststeigerungen im MS-Netz

hängen von der aus Sicht der verschiedenen Netzbetriebsmittel jeweils wirksamen Kollektivgröße ab und sind mindestens nach Netzebenen zu differenzieren.

Als Ergebnis dieser Betrachtungen hat sich gezeigt, dass im Versorgungsbe- reich der SWI bereits bis zum Jahr 2030 eine Erhöhung der Höchstlast um bis zu rund 60 MW und bis 2045, beziehungs- weise in Anbetracht der nochmals ver- schärften Ziele Bayerns gegebenenfalls sogar bis 2040 um bis zu rund 200 MW zu erwarten ist (Bild 1). Jeweils etwa die Hälfte des bis 2030 zu erwartenden Lastanstiegs entfällt auf Ladevorgänge beziehungsweise auf Wärmepumpen. Langfristig wird der Lastzuwachs von der E-Mobilität dominiert. Dies ist eine gewisse Besonderheit des Versor- gungsgebiets in Ingolstadt. Aufgrund des Audi-Hauptstandorts ist eine im Ver- gleich zur Einwohnerzahl besonders hohe Zahl an Fahrzeugen mit entsprechen- den Ladebedarfen im Versorgungsgebiet vorhanden. In anderen Versorgungsge- bieten wird der langfristige Lastzuwachs oft durch Wärmepumpen dominiert.

Die Prognosen der PV-Einspeisung ba- sieren ebenfalls auf den überregionalen Vorgaben aus dem Netzentwick- lungsplan, hier unter Berücksichtigung der erweiterten Ausbauziele durch das Osterpaket. Gleichzeitig wurden auch hier die lokalen Bedingungen im Versor- gungsgebiet berücksichtigt. Hierzu wur- de das Solarkataster herangezogen, in

dem die in Ingolstadt bestehenden PV- Potenziale im Detail beschrieben sind. Die entsprechenden Daten wurden von der Tetraeder.solar GmbH bereitgestellt.

Hieraus ließ sich ableiten, dass in Ingol- stadt bis 2030 eine PV-Leistung von rund 250 MW installiert sein wird. Das ent- spricht einem Zubau von rund 180 MW und rund 22 % aller vorhandenen Dach- flächen gemäß den Angaben des Solar- potenzialkatasters. Um die hiermit ver- bundene maximale Belastung auf die Netze in Rückspeiserichtung abzuschät- zen, ist es einerseits wichtig, Mindestlas- ten zu berücksichtigen, die der PV-Ein- speisung entgegenstehen. Zum anderen muss auch hier – analog zu den Wir- kungen auf Verbrauchsseite – berück- sichtigt werden, dass die installierten PV-Leistungen niemals vollständig zeit- gleich in den Netzen auftreten. Gründe hierfür sind unter anderem unterschied- liche Himmelsausrichtungen und Dach- neigungen der PV-Anlagen.

### Wie gut sind die Netze der MS-Ebene darauf vorbereitet?

Ausgangspunkt der Analysen waren Ziel- netze, die SWI bereits vor mehr als 10 Jahren erstellt hatte. Der ursprüngliche Fokus lag darauf, vor allem kosteneffi- ziente und zuverlässige Netze bereitzu- stellen. Steigende Anforderungen durch Last- und Einspeisenzuwächse sind zwar bereits mit einbezogen worden, aller- dings nicht in dem derzeit absehbaren

Ausmaß. Wesentliche Eigenschaften der Zielnetze sind: Übergang auf einfache Ringstrukturen, Auflösung eines Groß- teils der Schalthäuser und gezielter Ein- satz von Mess- und Fernwirktechnik in ausgewählten Ortsnetzstationen. Das Ziel der aktuellen Bewertung bestand da- rin, die Passfähigkeit der Zielnetzeigen- schaften hinsichtlich deutlich gestiege- ner Erwartungen an Last- und Erzeu- gungszuwächse zu bewerten. Im Kern wurde hierzu für jeden einzelnen MS- Ring analysiert, wie groß die jeweiligen Reserven sind und ob diese ausreichen, um die zu erwartenden Belastungszu- wächse zu beherrschen. Das Ergebnis dieser Analysen ist in Bild 2 in einer ag- gregierten Form dargestellt. Im linken Teil des Bildes ist die heutige Höchstlast (rote Säulenanteile) und die Summe der Belastungsreserven je Umspannungs- bereich (Bezeichnungen 1 etc.) darge- stellt. Im rechten Teil ist die Summe al- ler Reserven mit den zu erwartenden Lastzuwächsen gegenübergestellt – dif- ferenziert nach E-Mobilität und Wärme- pumpen. Bei einem nicht unerheblichen Teil der Lastzuwächse handelt es sich um steuerbare Lasten. Die Höhe der maximal zeitgleich zu erwartenden Lastzuwächse hängt vom Vorhandensein und Ziel einer Steuerung ab. Netzorientierte Steuerung führt im Vergleich zu ungesteuerten Las- ten zu einer niedrigeren Netzbelastung. Eine marktorientierte Steuerung kann zu einer deutlich höheren zeitgleichen Netzbelastung führen.

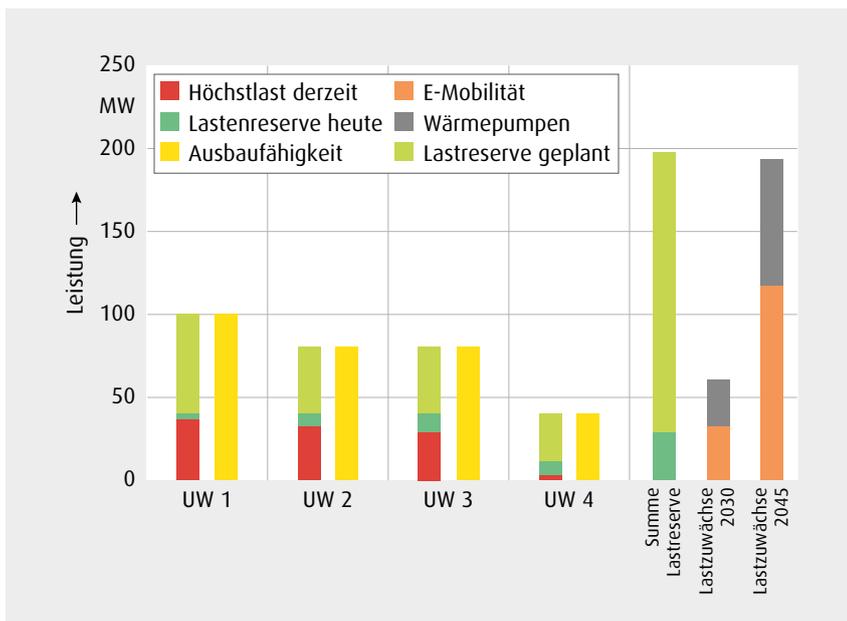


Bild 3. Gegenüberstellung der Reserven und der zu erwartenden Laststeigerungen an Umspannwerken

Wie diese vereinfachte Gegenüberstellung zeigt, reichen die in den Zielnetzen angelegten Lastreserven aus, um die zu erwartenden Lastzuwächse in den Netzen aufnehmen zu können, sofern die steuerbaren Lasten ungesteuert eingesetzt werden. Lediglich bei marktorientierter Steuerung könnten in ungünstigen Fällen Netzbelastungen auftreten, die über den Reserven liegen. Ein hierauf ausgerichteter Netzausbau ist aus heutiger Sicht allerdings nicht zu empfehlen, zumal mit dem novellierten § 14a EnWG den Netzbetreibern jüngst ein Instrument an die Hand gegeben wurde, mit dem es möglich ist, die Bezugsleistung steuerbarer Verbrauchseinrichtungen wie Ladeeinrichtungen und Wärmepumpen im Bedarfsfall zu reduzieren. Im Ergebnis hat sich also gezeigt, dass die von SWI erarbeiteten Zielnetzkonzepte im MS-Netz nach heutiger Einschätzung bereits ausreichend sind für die langfristig zu erwartenden Lastzuwächse.

Ähnliches gilt für die Aufnahmefähigkeit der Netze hinsichtlich der zu erwartenden Ein- und Rückspeiseleistungen. Für den langfristig zu erwartenden räumlich verteilten Zubau von PV-Dachanlagen sind die Zielnetzstrukturen bereits ausreichend. Anpassungsbedarf an den Zielnetzen besteht punktuell allenfalls dann, wenn Erzeugungsleistung in lokaler Ballung entsteht, zum Beispiel durch (derzeit nicht absehbare) große PV-Freiflächenanlagen.

Somit verbleibt als Ergebnis für die Netze der MS-Ebene zum einen, den bereits vor einigen Jahren begonnenen Weg, den letzten verbleibenden Netzbereich auf

die Zielnetzstrukturen anzupassen, konsequent und zeitnah weiter zu beschreiben und abzuschließen. Zum anderen sollten die sukzessive in den Ortsnetzstationen durchgeführten Messungen künftig regelmäßig ausgewertet werden, vor allem um die tatsächlichen Last- und Rückspeisezuwächse zu beobachten, diese laufend mit den erarbeiteten Prognosen abzugleichen und somit etwaige künftige Anpassungsbedarfe an den Netzstrukturen frühzeitig erkennen zu können.

### Wie ist die Situation in den Netzen der NS-Ebene?

Ausgangspunkt der Analysen für die Netze der NS-Ebene war die aktuelle und in der Vergangenheit von SWI laufend angepasste NS-Planungsrichtlinie. Das Ziel der aktuellen Bewertung bestand darin, die einzelnen Bestandteile der Planungsrichtlinie daraufhin zu überprüfen, inwieweit Netze, die nach deren Vorgaben errichtet und betrieben werden, den zu erwartenden Belastungszuwächsen gerecht werden. Es hat sich gezeigt, dass Anpassungsbedarfe vor allem hinsichtlich der Leistungsansätze bestehen, die für die einzelnen Netznutzer herangezogen werden. Konkret haben sich folgende Empfehlungen ergeben:

1. Die bestehende Richtlinie sollte um Leistungsansätze für E-Mobilität und Wärmepumpen ergänzt werden.
2. Die bestehende Richtlinie sollte auch um Leistungsansätze für PV-Anlagen ergänzt werden, um auch diesbezüglich einen vorbeugenden Netzausbau vornehmen zu können.

3. Aufbauend auf der überarbeiteten Planungsrichtlinie sollte eine Zielnetzplanung für die Netze der NS-Ebene erarbeitet werden, sodass auch in den NS-Netzen ein zwar weiterhin überwiegend anlassbezogener, aber dann konsequent langfristig vorausschauender Netzausbau ermöglicht wird.

### Welche Auswirkungen ergeben sich für die Netzanbindung ans vorgelagerte Netz?

Analog zur Vorgehensweise bei der Bewertung der MS-Netze wurde mit Blick auf die HS/MS-Umspannwerksebene und die sich ergebenden Anforderungen an die Anbindung an das vorgelagerte Netz für jedes der vier bestehenden Umspannwerke analysiert, wie groß die heute vorhandenen Reserven sind, um wie viel diese an den vorhandenen Umspannwerken maximal erhöht werden können (durch Tausch und/oder Errichtung weiterer Transformatoren) und ob diese ausreichen, um die zu erwartenden Belastungszuwächse zu beherrschen. Das Ergebnis dieser Analysen ist in Bild 3 dargestellt. Im linken Teil des Bildes ist die heutige Höchstlast (rote Säulenanteile), die Summe der bereits vorhandenen (dunkelgrün) und der durch konkret geplante Ausbaumaßnahmen in absehbarer Zeit umsetzbaren (hellgrün) Belastungsreserven je Umspannwerk dargestellt. Die geplanten Kapazitäten sind bereits mit dem vorgelagerten Netzbetreiber vertraglich festgelegt. Im rechten Teil ist die Summe aller Reserven mit den zu erwartenden Lastzuwächsen

gegenübergestellt, die auch hier nach E-Mobilität und Wärmepumpen differenziert sind. Die dargestellten Werte beziehen sich auf einen ungesteuerten Einsatz der flexiblen Verbrauchseinrichtungen.

Wie diese vereinfachte Gegenüberstellung zeigt, reichen die Planungen der angelegten Lastreserven auch an den Umspannwerken aus, um die langfristig zu erwartenden Lastzuwächse engpassfrei beherrschen zu können. Somit verbleibt als Empfehlung für die Anbindung an das vorgelagerte Netz zum einen, die geplanten Maßnahmen zum Ausbau der Umspannwerke konsequent umzusetzen. Zum anderen ist eine enge und kontinuierliche Abstimmung mit dem vorgelagerten Netzbetreiber über die zu erwartenden Zuwächse der Bezugs- und Rückspeiseleistungen unabdingbar, um die Netzbelastungszuwächse verzögerungsfrei und möglichst ohne unerwünschte netzorientierte Eingriffe ermöglichen zu können. Dies kann und sollte im Rahmen des im vergangenen Jahr mit dem novellierten § 14d gestarteten Prozess der VNB-übergreifenden Erstellung von Regionalszenarien und hierauf aufsetzenden Netzausbauplänen erfolgen.

### Fazit

Fundierte Prognosen zu den zu erwartenden Netzbelastungszuwächsen durch E-Mobilität, Wärmepumpen und PV-Anlagen sind eine unabdingbare Grundlage für einen optimalen Ausbau vorhandener Netze.

Die von SWI erarbeiteten MS-Zielnetze sind hinsichtlich Struktur, Betriebsmitteldimensionierung und Ausstattung kosteneffizient, bieten ein optimales Zuverlässigkeitsniveau und sind gleichzeitig zukunftsweisend im Hinblick auf die zu erwartenden Laststeigerungen durch E-Mobilität und Wärmepumpen. Abgesichert wird dies durch die aktuelle Novelle des § 14a EnWG, die den Netzbetreibern die Möglichkeit einräumt, die Bezugsleistung flexibler Verbrauchseinrichtungen bei Netzüberlastungen zu begrenzen. Bei räumlich gleichmäßigem Zubau von PV-Anlagen sind die Zielnetzstrukturen bereits ausreichend für die langfristig zu erwartenden Rückspeiseleistungen; vereinzelt können bei lokaler Ballung punktuell Ausbaubedarfe entstehen. SWI gehen ihre Zielnetz- und Netzausbauplanungen bereits seit vielen Jahren vorausschauend an und sind damit ein Vorreiter für VNB, die die Umsetzung der Energie-, Verkehrs- und Wärmewende proaktiv angehen. Die Hauptaufgabe besteht nun darin, die wenigen bisher noch nicht angepassten MS-Netzbereiche in die Zielnetzstrukturen konsequent zu überführen. Bezüglich der NS-Ebene ist die Planungsrichtlinie um Leistungsansätze für E-Mobilität, Wärmepumpen und PV-Anlagen zu erweitern. Hierauf aufbauend sind Zielnetze zu erarbeiten, die es ermöglichen, die Netze zwar weiterhin überwiegend anlassbezogen, dann aber konsequent langfristig vorausschauend auszubauen.

Eine enge Abstimmung mit dem vorgelagerten Netzbetreiber über die zu erwartenden Zuwächse der Bezugs- und Rückspeiseleistungen ist unabdingbar, um die mit der Energie-, Verkehrs- und Wärmewende in Ingolstadt verbundenen Netzbelastungszuwächse verzögerungsfrei und möglichst ohne unerwünschte netzorientierte Eingriffe ermöglichen zu können.



**Max Wertenbruch,**  
Junior Consultant,  
Consentec GmbH, Aachen



**Christian Linke,**  
Senior Consultant,  
Consentec GmbH, Aachen



**Christian Mögn,**  
Netzplanung und Simulation,  
Stadtwerke Ingolstadt Netze  
GmbH

- >> [wertenbruch@consentec.de](mailto:wertenbruch@consentec.de)
- >> [linke@consentec.de](mailto:linke@consentec.de)
- >> [christian.moegn@sw-i.de](mailto:christian.moegn@sw-i.de)
- >> [www.sw-i.de](http://www.sw-i.de)
- >> [www.consentec.de](http://www.consentec.de)

Anzeige

## Unsere Lösung für die modulare Messtechnik



## Das modulare System für alle Anforderungen der modernen Energiemesstechnik



**Praxis-Workshop**  
18.04.2024 / 10 - 17Uhr

PQ Plus GmbH  
Hagenauer Straße 6  
91094 Langensendelbach

Tel: (+49) 9133-60640-0  
Fax: (+49) 9133-60640-100  
E-Mail: [info@pq-plus.de](mailto:info@pq-plus.de)  
Internet: [www.pq-plus.de](http://www.pq-plus.de)

Vereinbaren Sie noch heute Ihren Termin mit den Spezialisten der PQ Plus GmbH.

Fordern Sie unseren neuen Katalog an oder blättern Sie in der Online-Version auf unserer Website.

