

Smart Grid

Effizienzsteigerung in Niederspannungsnetzen

Die Stromerzeugung in dezentralen Anlagen steigt in Deutschland enorm. Dies kann zur Verletzung des zulässigen Spannungsbands führen. Um dies zu vermeiden, sind Anpassungen des Netzes erforderlich. Die Elektro-Bauelemente GmbH und das norwegische Unternehmen Magtech haben eine Lösung entwickelt, die in einem Ortsnetz die Spannungshöhe selektiv beeinflusst.

Die steigende dezentrale Energieerzeugung beispielsweise durch Biomasse-, Windenergie- oder Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) kann bei geringem Verbrauch vor Ort und hoher Einspeiseleistung zu einer Änderung des horizontalen Lastflusses bis hin zu einer Lastflussumkehr auf der Niederspannungsebene führen. Dadurch ist ein vertikaler Lastfluss in die übergeordnete Spannungsebene möglich, was wiederum Auswirkungen auf deren Dimensionierung haben kann.

Während Spannungsänderungen in Mittel- und Hochspannungsnetzen durch die geregelten Leistungstransformatoren der Übertragungsnetze beherrscht werden, ergibt sich im Niederspannungsnetz eine andere Situation. In den Ortsnetzstationen sind üblicherweise keine unter Last regelbaren Transformatoren vorhanden. Deshalb wurde von der Elektro-Bauelemente GmbH (EBG) in Lünen und dem

norwegischen Unternehmen Magtech ein System zur Beeinflussung der Netzspannung entwickelt.

Dezentrale Erzeugung hat Folgen

Vor allem PV-Anlagen, die in das Niederspannungsnetz einspeisen, können aufgrund ihrer Vielzahl und der Gleichzeitigkeit ihrer Einspeisung zu Spannungserhöhungen im Verteilungsnetz beitragen. In ländlichen Netzstrukturen übersteigt die installierte Leistung dieser Anlagen zum Teil die Jahreshöchstlast um ein Vielfaches.

In öffentlichen Niederspannungsnetzen beträgt die Nennspannung in Deutschland 230/400 V (DIN IEC 38). Die EN 50160 »Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen« beschreibt die geforderte Spannungsqualität und gibt Bedingungen und Grenzwerte der

einzuhaltenden Parameter vor. Zulässig sind Abweichungen von $\pm 10\%$.

Eine mögliche Überschreitung des tolerierten Bereichs muss vom Netzbetreiber verhindert werden, was durch einen in der Regel teuren konventionellen Netzausbau geschieht. Dementsprechend sind alternative, intelligente und wirtschaftliche Lösungen erforderlich.

Intelligente und wirtschaftliche Lösung

Gleichmäßige Einspeisungen auf alle Kabelstrecken des Ortsnetzes können durch den Einsatz des im Folgenden beschriebenen Längsspannungsreglers von EBG direkt am Ortsnetztransformator beherrscht werden (Bild 1a).

Eine besonders effektive Herangehensweise ist jedoch, Spannungserhöhungen möglichst nah am Ort der Entstehung

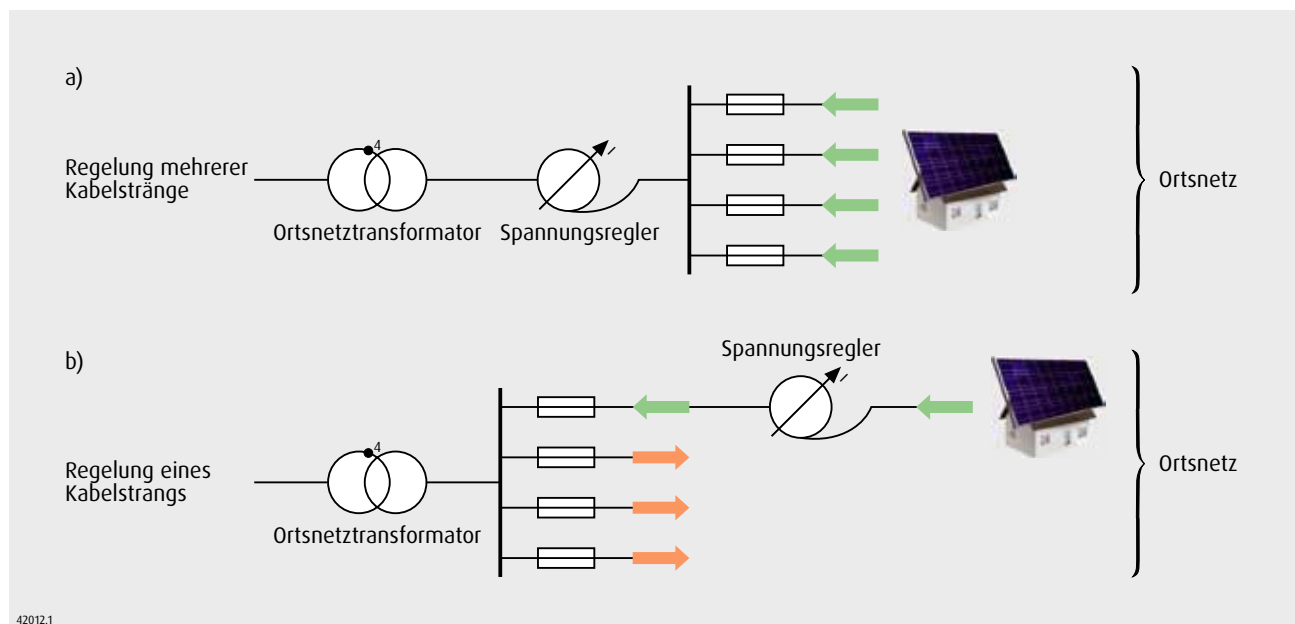


Bild 1. Einsatzvarianten eines Spannungsreglers; a) Einsatz direkt am Transformator, b) Einsatz auf betroffener Kabelstrecke

auszugleichen. Bei der Betrachtung von Ortsnetzen mit einer Vielzahl kleinerer PV-Anlagen, die ungleichmäßig in das Ortsnetz einspeisen, ist eine Lösung auf der Kabelstrecke sinnvoll. Damit wird nicht die Spannung im gesamten Ortsnetz verändert, sondern ausschließlich auf den betroffenen Kabelstrecken (Bild 1b).

Zur Anwendung kommt dabei ein luftgekühlter, intelligenter Längsregler auf Basis stufenlos gesteuerter Induktivitäten, mit dem das vorhandene Netz weiter genutzt werden kann. Zudem ist damit der Zubau weiterer PV-Anlagen auf einfache und wirtschaftliche Weise möglich.

Gesteuerte Induktivität (MCI)

Basis des Systems ist die Verwendung von gesteuerten Induktivitäten (Magnetic Controllable Inductance – MCI), wie sie in Bild 2 dargestellt sind. Eine Möglichkeit, Induktivitäten zu beeinflussen, besteht darin, einen Luftspalt in einen ansonsten geschlossenen Eisenkern einzubringen. Je breiter der Luftspalt (l_{Luft}), desto größer die Scherung der Hysterese. Damit wird der magnetische Widerstand ($R_m = R_{m, Luft} + R_{m, Eisen}$) im Eisenkern größer, der magnetische Fluß Φ und damit die Induktivität L werden geringer.

Die Änderung des Luftspalts nach Bild 2a mit mechanischen Mitteln ist sehr aufwendig. Deshalb kommt eine gleichstromgeregelt Spule zum Einsatz, mit der sich die Ausrichtung der magnetischen Dipole des Kernmaterials beeinflussen lässt (Bild 2b).

Diese Quermagnetisierung (virtueller Luftspalt) führt, ähnlich wie ein realer Luftspalt, zu einer Verringerung des magnetischen Flusses, zu einer Abnahme der relativen Permeabilität und damit zu einer Reduzierung der Induktivität beziehungsweise der Impedanz.

Längsspannungsregler

Eine Erhöhung des Gleichstroms i_{DC} am MCI führt zur Abnahme der Spannung u_{L1} , die Spannung u_{L2} steigt. Über das eingestellte Übersetzungsverhältnis des Spartransformators ergibt sich der Spannungsabfall u_B . Entsprechend der Kirchhoffschen Maschenregel stellt sich eine um u_B reduzierte Spannung u_2 ein, was die Einhaltung des zulässigen Spannungsbandes gewährleistet (Bild 3).

Bild 4 stellt den Spannungsverlauf entlang einer Kabelstrecke im Einspeisefall dar. Anhand der grauen Linie ist deutlich die Verletzung des Spannungsbandes zu

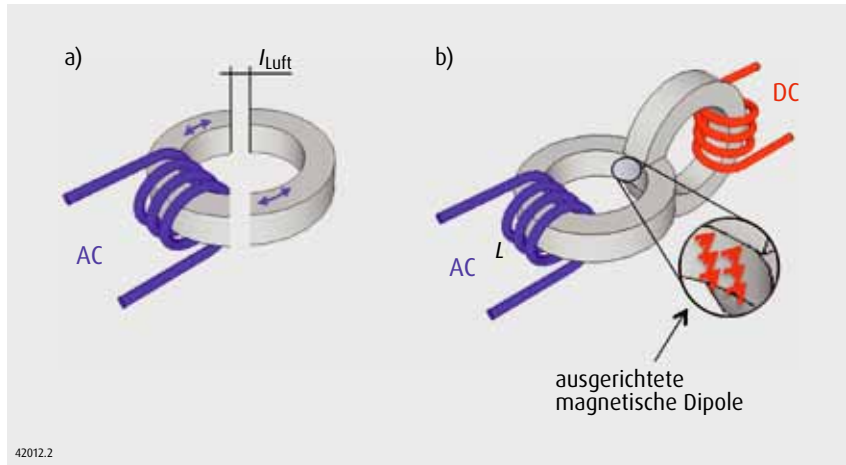


Bild 2. Prinzip des virtuellen Luftspalts; a) realer Luftspalt, b) virtueller Luftspalt

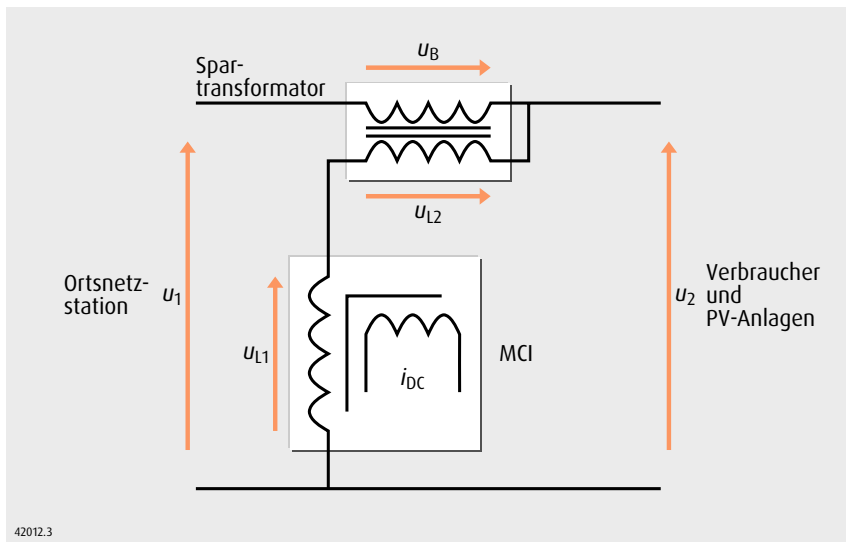


Bild 3. Prinzipschaltung und Wirkungsweise

erkennen. Erst durch Einsatz des Längsreglers (orangefarbene Linie) lässt sich die Spannung entlang der gesamten Kabelstrecke in den zulässigen Grenzen halten.

Durch zusätzliche Spannungsabsenkung ist darüber hinaus der Anschluss von weiteren PV-Anlagen möglich. Die Zahl zusätzlicher Anlagen wird bestimmt durch den Einbauort des EBG-Längsreglers, die bereits installierte und die zusätzlich gewünschte Rückspeiseleistung sowie die Höhe der Spannung an den Niederspannungsklemmen des Ortsnetztransformators.

Sowohl die Rückspeiseleistung als auch die Spannung an den Niederspannungsklemmen des Transformators können erheblich variieren. Die Rückspeiseleistung ist abhängig von der Zahl der PV-Anlagen und der installierten Leistung. Die Spannung an den Niederspannungsklemmen

des Ortsnetztransformators wird bestimmt von der Einstellung des Umschalters und der Spannung des vorgelagerten Mittelspannungsnetzes. Hohe Einspeisung zum Beispiel von Windenergieanlagen in das Mittelspannungsnetz kann die Spannung an den Mittelspannungsklemmen des Ortsnetztransformators erhöhen – dieser Effekt wird über das Übersetzungsverhältnis des Transformators unmittelbar ins Niederspannungsnetz weitergereicht.

Dadurch kommt es zu unterschiedlichen Situationen im Niederspannungsnetz der Ortsnetzstation, wie in Bild 5 beispielhaft dargestellt. Zu erkennen sind unterschiedliche Spannungshöhen auf Seite der Ortsnetzstation sowie verschiedenen starke Spannungsabsenkungen durch den Längsregler in Abhängigkeit der hinterlegten Regelkurve und der Sollwertvorgaben. Die Steilheit α ist hier das Maß

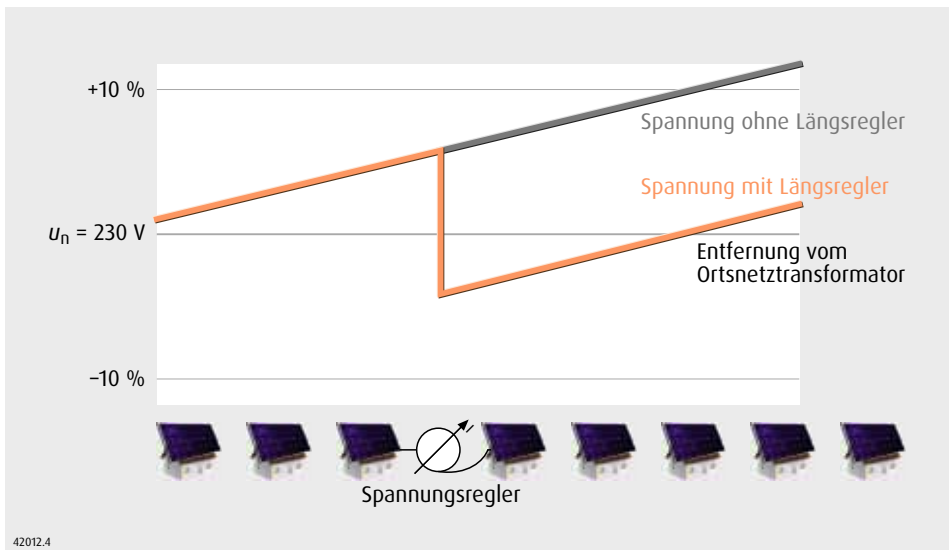


Bild 4. Spannungsverlauf ohne und mit Spannungsregler

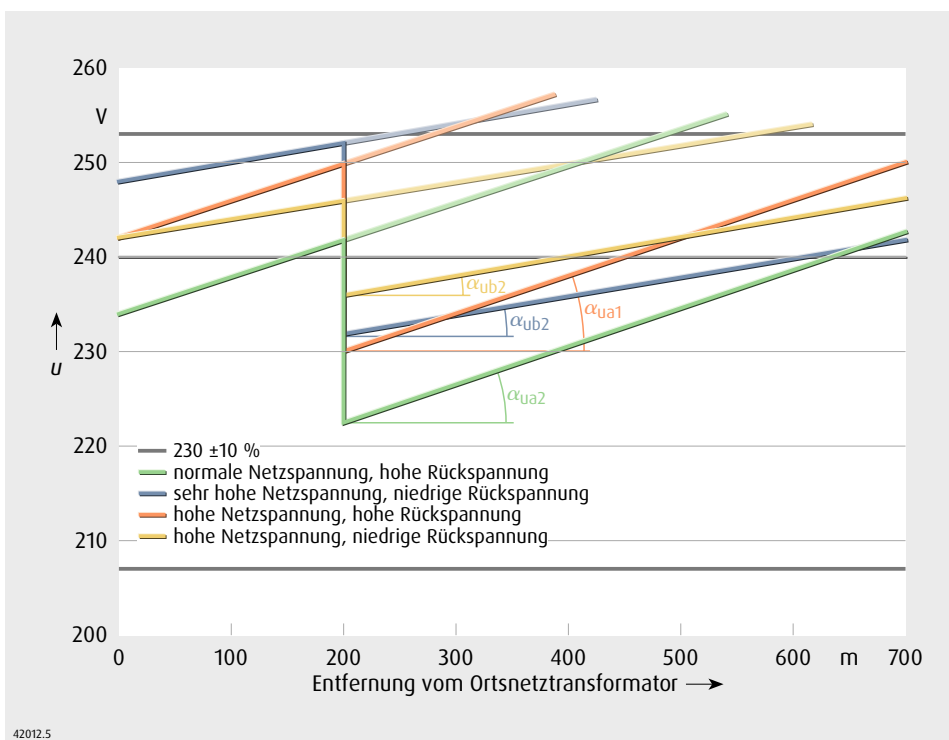


Bild 5. Unterschiedliche Situationen sind zu beherrschen

für die Höhe der Rückspeiseleistung. Mit größer werdender PV-Einspeisung nimmt der Winkel α zu. Mit dem beschriebenen Längsregler von EBG lassen sich die vielfältigen Netzsituationen beherrschen. Eine optimale Spannungsqualität mit stufenloser, magnetischer Regelung ist damit garantiert. Plötzliche Änderungen der Einspeisesituation werden beherrscht durch eine intelligente, kontinuierliche und schnelle Regelung. Bei vollständigem Ausbleiben der PV-Einspeisung schaltet

der Spannungsregler automatisch in Bypassbetrieb.

Anwendung

Exemplarisch für den Einsatz eines Längsreglers ist die Anwendung in der baden-württembergischen Gemeinde Wolpertswende, der dort von der EnBW Regional AG im Oktober 2012 installiert wurde. Der Ort liegt rund 10 km nördlich von Ravensburg und hat rund 4 100 Einwohner auf einer Gemarkungsfläche von

2 635 ha. Davon ist rund die Hälfte Wald oder Wasserfläche. Damit handelt es sich um eine typisch ländliche Gemeinde, in der ein großes Interesse der Bürger an Photovoltaikanlagen vorhanden ist.

Am Ende einer langen Kabelstrecke befinden sich zwei PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 30 kWp. Entsprechende Netzberechnungen der EnBW Regional ergaben, dass bei starker Sonneneinstrahlung das zulässige Spannungsband nicht eingehalten werden kann. Ohne den Einsatz eines Längsspannungsreglers wären der Bau einer zusätzlichen Transformatorstation und die Verlegung weiterer Mittelspannungskabel erforderlich geworden.

In Wolpertswende kamen zwei Rücken an Rücken montierte stochersichere Schrankgehäuse von EBG zum Einsatz (Bild 6). Bei den Schränken handelt es sich um aus witterungsbeständigem, glasfaserverstärktem Kunststoff gepresste Gehäuse, wie sie von EBG seit Jahrzehnten auch für Kabelverteilerschränke und weitere Anwendungen im Freien verwendet werden. Das Material ist selbstverlöschend, schlagfest, vollisolierend, kriechstromsicher und verzieht sich auch bei extremen Wetterbedingungen nicht.

Im Inneren der beiden Schränke sind alle drei Komponenten des Systems untergebracht:

1. Primärtechnik (Modul 1): die magnetisch steuerbaren Induktivitäten sowie die zugehörigen Spartransformatoren
2. Sekundärtechnik (Modul 2): die Mess-, Steuer- und Regeltechnik
3. Anschlusschnik (Modul 3): kundenspezifischer Netzanschluss.

Aufbau und Systemvorteile

Für unterschiedliche Einsatzszenarien stehen eine oberirdische Variante und eine Unterflurvariante zur Verfügung, bei der die Primärtechnik ins Erdreich eingelassen ist. Sämtliche Aufbauten sind modular ausgelegt. Die Systeme sind praktisch wartungsfrei. Zudem reduziert die Unterflurvariante (Bild 7) die Geräuschemission deutlich und hat ein passives Kühl- und Lüftungssystem.

Mit dem vorgestellten System erhält der Netzbetreiber eine Lösung, die wirtschaftlich und technisch anpassungsfähig ist. Sie bietet folgende Vorteile:

- zusätzlicher Netzausbau ist nicht erforderlich. Vor allem in ländlichen Gebieten mit entsprechender Topo-

grafie kann die Verlegung zusätzlicher Leitungen teuer und aufwendig sein. Für den Einbau des Längsreglers ist nur eine punktuelle Baustelle notwendig. Alternativ ist der Einbau neben einem bereits vorhandenen Kabelverteilerschrank möglich.

- kompakte Bauweise
- einfache und schnelle Montage
- keine langwierige Inbetriebsetzung und Justierung erforderlich
- flexibler Einsatz im Kabelstrang oder direkt am Ortsnetztransformator
- dynamische, stufenlose, schnelle Regelung
- keine mechanisch bewegten Komponenten
- Unterflurlösung ermöglicht einen besonders leisen Betrieb ohne zusätzliche Geräuschdämmung
- Einsatz in Wohngebieten möglich
- Das System ist luftgekühlt, daher sind keine Umweltschutzauflagen zu beachten.
- Während der fast wartungsfreie Energietechnikbereich einschließlich des passiven Kühl- und Lüftungssystems im Erdboden versenkt wird (Unterflurssystem), befindet sich die Mess- und Steuerungstechnik leicht zugänglich in einem Steuerschrank.
- Das System ist ausbaufähig: Sollen im Nachhinein zusätzliche Messeinheiten oder Kommunikationskomponenten zum Beispiel für eine Datenübertragung zur Leitwarte eingefügt werden, ist das jederzeit möglich. So ist der Längsregler auf künftige Anforderungen ausgerichtet.
- Der Längsregler ist extrem unempfindlich gegen Witterungseinflüsse. Die Unterflureinheit befindet sich in einem robusten Gehäuse, während der frei zugängliche Oberschrank aus schlagfestem und witterungsbeständigem, glasfaserverstärktem Kunststoff ebenfalls gegen alle Wetterverhältnisse gesichert ist. Er ist mit einer zuverlässigen Verriegelung verschlossen; eine bewährte Labyrinthbelüftung stellt sicher, dass sich keine Feuchtigkeit im Inneren sammeln kann.
- Die Mess-, Steuer- und Regeltechnik befindet in einem integrierten IP54-Gehäuse
- Das System ist kurzschlussfest und hat durch seine robuste Bauweise eine hohe Lebensdauer.
- Während der inaktiven Zeiten befindet sich das System im Bypassbetrieb.
- Zusätzliche Sensorik oder externe Messpunkte zur Ermittlung rege-



Bild 6. Installation in Wolpertswende

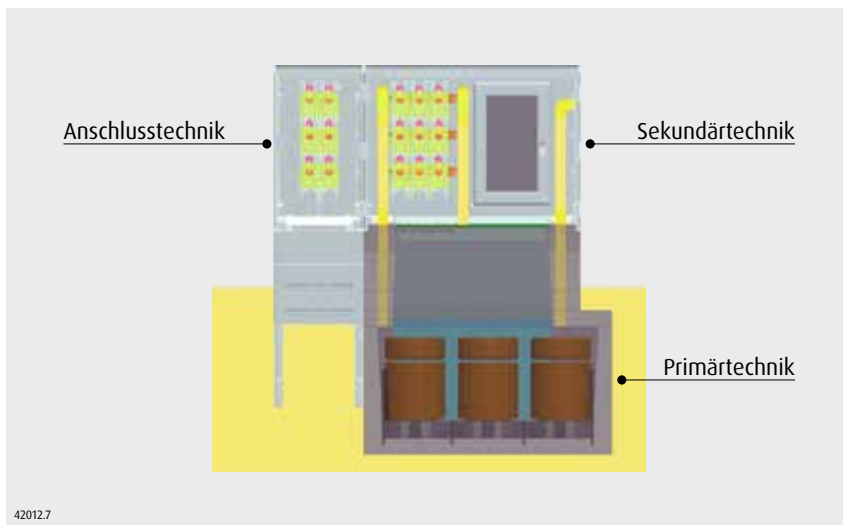


Bild 7. Prinzipieller Aufbau der Unterflurvariante

lungsrelevanter Parameter im Netz sind nicht erforderlich.

- Kommunikation zwischen verschiedenen Betriebsmitteln im Netz ist für eine funktionierende Spannungsabsenkung nicht nötig.
- Der Längsregler arbeitet autark ohne Einflussnahme von außen.

Fazit

Es handelt sich um eine Lösung, die von den Netzbetreibern flexibel eingesetzt werden kann und gleichzeitig hilft, zusätzliche Investitionen in den Netzausbau zu vermeiden. Der EBG-Längsregler wird in robuster Bauweise geliefert, die nur minimalen Wartungsaufwand erfordert und gleichzeitig sowohl umweltschonend als auch langlebig ist.



Dr. Hans-Dieter Storzer,
Geschäftsführer,
Elektro-Bauelemente GmbH,
Lünen



Jens Schnarr, Projekt- und
Key-Account-Manager,
Elektro-Bauelemente GmbH,
Lünen

>> storzer@ebg-luenen.de
schnarr@ebg-luenen.de

>> www.ebg-luenen.de