Die Betriebs- und Investitionskosten von Windanlagen

Autor(en): **Romberg, Markus / Reiter, Ulrich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **104 (2013)**

Heft 3

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856460

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Betriebs- und Investitionskosten von Windanlagen

Das Spannungsfeld zwischen den Realisierungschancen und der Rentabilität

Bei Investitionen in Windanlagen gilt es, die Kosten über die gesamte Lebensdauer im Auge zu behalten. Dabei entpuppen sich bei genauerem Hinschauen oftmals einige in der Projektphase gefällte Entscheide wie Nabenhöhe, Zahlungsverpflichtungen an die Grundeigentümer oder Einschränkungen aus der Baugenehmigung als wirtschaftlich sehr belastend. Zu beachten sind auch die Personalkosten und der Aufwand für den Rückbau der Anlage.

Markus Romberg, Ulrich Reiter

Damit Windanlagen realisiert werden können, müssen unter anderem Grundstücke gesichert, eine Baugenehmigung erhalten und der Zuspruch der örtlichen Bevölkerung erlangt werden. Verzwickt wird die Lage dadurch, dass genau diese Erfolgsfaktoren [1] oft die Kosten in die Höhe treiben.

Sicherung von Grundstücken

Um Grundstücke für die Windkraft zu erschliessen, muss meist die weitere Nutzungen der Fläche möglich bleiben und der Flächenverbrauch – sprich die Flächenversiegelung – zum Schutz des Grundwassers möglichst gering ausfallen. Letzteres wird etwa durch Schotterung gut gelöst. Ersteres ist eine Frage der Nabenhöhe der Windanlagen.

Windparks in Waldgebieten

In flachen Landschaften mit geringer Oberflächenrauigkeit gilt eine Nabenhöhe von ±10 m um 100 m als etabliert [2]. Mittlerweile werden jedoch auch Windparks in Waldgebieten errichtet, dabei muss eine forstliche Nutzung des Gebietes bautechnisch durch entsprechende Nabenhöhe ermöglicht werden. Bei Nabenhöhen von 100 m streichen die Rotoren auf ihrer Unterfahrt auf einer Höhe von rund 50 bis 60 m über Grund. Baumhöhen von 40 m und mehr [3] verwirbeln die Luft in bis zu zweifacher Höhe, also bis 80 m, und stören dort die Ausbreitung einer gleichmässigen Luftströmung. Die Rotoren streichen durch die Turbulenzen, was erst geringeren Ertrag und dann erhöhte Abnutzung beziehungsweise mechanisch-bauliche Belastung zur Folge hat. Diese Belastung kann auch einen negativen Einfluss auf die Standfestigkeit haben.

Grössere Nabenhöhen implizieren höhere Produktion. Es gilt die Annahme ab 100 m Nabenhöhe, dass je 1 m zusätzlicher Bauhöhe eine um 0,5 % gestiegene Produktion zu erwarten ist. [4] Grössere Nabenhöhen bedeuten jedoch höhere Investitionen und derzeit besteht wegen geringer Produktionsdaten noch Validierungsbedarf, ob die vermutlich erhöhte Produktion die höhere Investition kompensiert. Gerne werden bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen auch die höheren Betriebskosten «vergessen». **Tabelle 1** zeigt die Wirkungen einer Nabenhöhe über 100 m auf.

Finanzielle Entschädigung

Grundstücke lassen sich in der Projektentwicklung leichter sichern, wenn die finanziellen Erwartungen der Grundstückseigentümer beachtet werden. Anderseits stellen Zahlungsbedingungen wie jährliche Vorauszahlung Anforderungen an die Liquiditätsplanung. **Tabelle 2** zeigt Beispiele, wie Grundstücke in einem ostdeutschen Windparkprojekt erfolgreich gesichert wurden. Dabei gilt natürlich: Je kleinteiliger und parzellierter die erforderlichen Flächen sind, desto vielseitiger können die Verträge ausfallen und desto höher ist der Verwaltungsaufwand beim Ver-

Kostenart	Kriterium	Geschätzte Folgekosten
Investitionskosten	Fundamente	Erhöhter Aufwand bei Herstellung durch mehr Masse und Verarbeitung
Investitionskosten	Hybridturm aus Beton und Stahl	Risiko bei Konstruktion, Herstellung, Transport und Errichtung
Investitionskosten	Rotoren und Spinner	Erhöhter Aufwand bei Transport und Errichtung
Betriebskosten	Wechselzone bei Hybridturm	Erhöhter Aufwand für Überwachung auf Torsion und Korrosion
Betriebskosten	Aufzugsanlage	Erhöhter Bau-, Betriebs- und Wartungsaufwand
Betriebskosten	Aufstiegszeit	Erhöhter Zeitbedarf im Aufzug für Monteure (derzeit 6 Min. für 100 m)
Betriebskosten	Rotoren und Spinner	Aufwendigere Abseiltechnik bei Prüfungen und Kontrollen
Betriebskosten	Witterungsschutz durch äussere Beschichtung	Erhöhter Aufwand für Kontrolle und Instandsetzungen
Betriebskosten	Schwingungsdämpfung, beispielweise aus Öl/Beton	Aufwand von Schwingungsdämpfern inklusive Umweltschutzarbeiten
Betriebskosten	Wechselwirkung von Turm und Fundament	Höherer Kontrollaufwand durch höhere Angriffsmomente

Tabelle 1 Wirkung der Steigerung der Nabenhöhe auf über 100 m auf die Kosten.

tragsmanagement. Die Betriebskosten in der Verwaltung werden demnach ansteigen.

Erhalt der Baugenehmigung

Genehmigungsbehörden prüfen im Rahmen ihres rechtlichen Auftrags die Umweltverträglichkeit. In einer detaillierten Baugenehmigung werden Auflagen zuerst im Allgemeinen für die Schutzgüter Mensch, Fauna und Flora definiert, und im Speziellen dann durch projektspezifische Auflagen ausgesprochen. Je nach Schutzgut kann direkt der Zuspruch der Bevölkerung gesteigert werden. Bei deutschen Windkraftprojekten wird der Genehmigungsbescheid nach Bundes-Immissionsschutzgesetz erteilt und Auflagen in den Nebenbestimmungen definiert. Bei Schweizer Windkraftprojekten wird das Verfahren der Baubewilligung im Aussenbereich durchgeführt.

Kehrseite von Auflagen

Bei allen Verfahren ist die Kehrseite gleich: Durch Auflagen wird die Projektierung, der Bau und Betrieb erst ermöglicht, aber die Nebenbestimmungen – beispielsweise nächtliche Abschaltungen als Schallschutzmassnahme – verschlechtern die Wirtschaftlichkeit. Auch saisonale Abschaltungen, etwa in einem Gebiet für Zugvögel, sind in den behördlichen Auflagen zu finden. Die Folgen sind aus Sicht des Windparkprojektes noch ärgerlicher als bei einer nächtlichen Abschaltung. Die Massnahmen bleiben aufgrund ihrer geringen Publikumswirksamkeit meist auf ein Fachpublikum beschränkt und begeistern nur selten die breite Bevölkerung.

Kosten des Rückbaus

Genehmigungsbehörden sind angehalten, mit der Baugenehmigung den Rückbau nach der üblichen Betriebsdauer von 20 Jahren zu regeln. Unter Rückbau wird die bodengleiche Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes verstanden, dabei muss die technische Infrastruktur nebst Zubehör wie Übergabestation rückgebaut werden. Die Behörde verlangt hierfür in den meisten Fällen eine Bankbürgschaft. Das Projekt muss wiederum während der Laufzeit eine buchhalterische Rückstellung, also eine interne Ansparung, für den Rückbau machen. Die Höhe der Bankbürgschaft und der Rückstellung orientiert sich am geschätzten Aufwand des Rückbaus.

Verpächter	Gegenstand der Vereinbarung	Regelung der Vereinbarung
Unternehmen (z.B. Landwirtsbetriebe) als Bewirtschafter der Flächen	Vereinbarung einer Pacht nach zukünftig entgehendem Ernteertrag für die versiegelten Flächen wie Fundamente und Wege	Jährliche, vorab gezahlte Pacht oder einmalig, abgezinste Vorauszahlung
Unternehmen (z.B. Landwirtsbetriebe) als Eigentümer der Flächen	Vereinbarung einer Pacht nach zukünftigem Ertrag aus der Windkraft	Jährlich gezahlte Pacht mit Ist-Abrechnung oder einmalige, abgezinste Vorauszahlung
bei Privatpersonen	Vereinbarung einer Pacht	Monatliche Pacht mit jährlicher Ist-Abrechnung oder Pauschale
bei Kommunen	Vereinbarung einer Pacht und/oder z.B. städtebaulicher Vertrag nach deutschem Baugesetzbuch §11	Jährliche, vorab gezahlte Pachtpauschale und Zusatzleistungen zum Unterhalt von Wegen, die vom Projekt berührt werden

Tabelle 2 Beispiele für finanzielle Vereinbarungen zur Sicherung von Grundstücken.

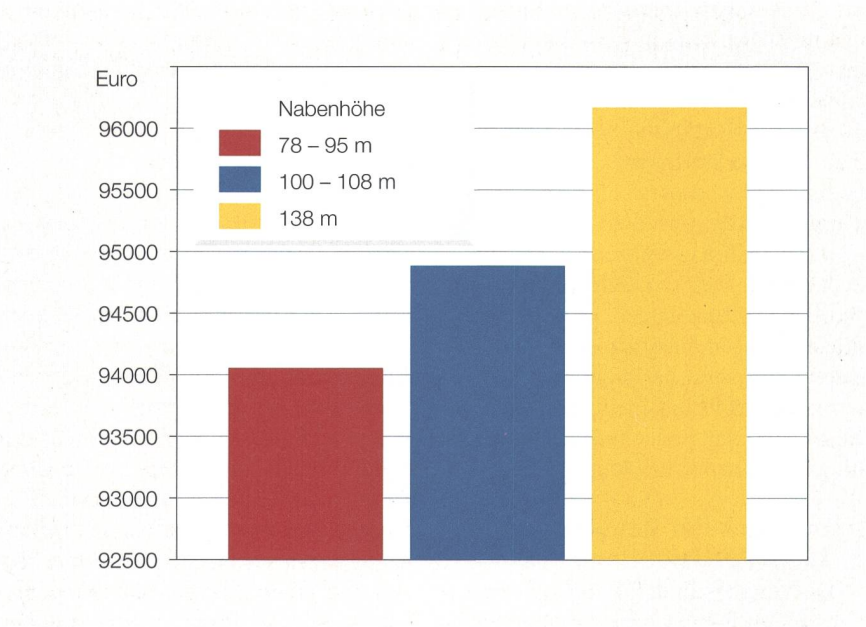


Bild 1 Rückbaukosten in € pro Windanlage, geclustert nach Nabenhöhe. [5]

Die Cluster haben keine zeitliche Komponente wie Inbetriebnahmejahr oder Zeitpunkt der Berechnung. Stichprobenumfang: 21 Windanlagen.

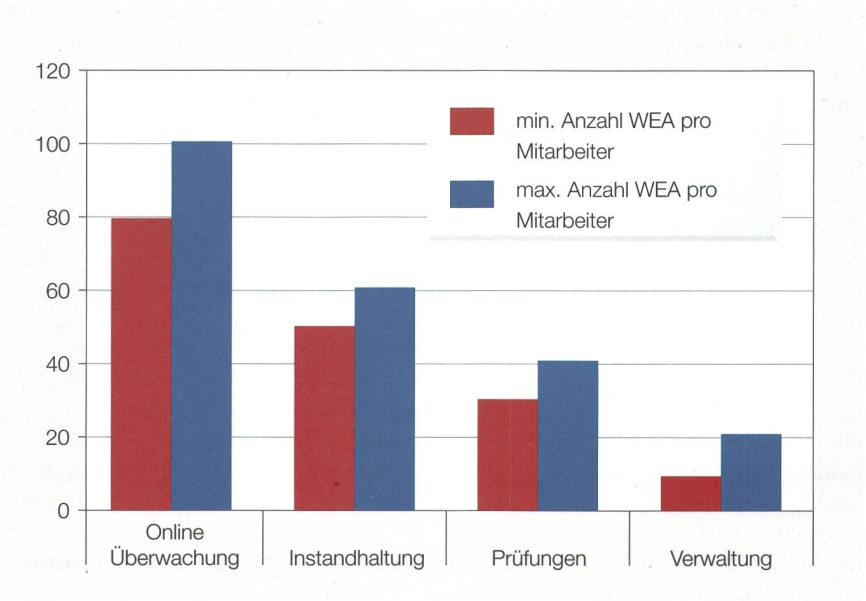


Bild 2 Anzahl betreuter Windanlagen (WEA) pro Mitarbeiter.

Bilder: Repower Wind Deutschland

Zielgruppe	Massnahmenart	Aktivität	Geschätzte Wirkung
Vereine, z.B. Sport- oder Folkloregruppen	Regelmässige Unterstützung	Monetäre oder organisatorische Unterstützung durch Auto-Fahrdienst	Klimas des Miteinanders und Teilnahme am Erfolg der Windkraft
Erwachsene	Besuche und Informationstage	Besteigung der Windanlage oder Schulung von Hilfskräften wie Feuerwehr	Förderung von Wissen und Verständnis für die Windkraft
Kinder- und Jugendliche	Spiele vor Ort und Aktionen rund um die Windkraft	Ökologische Begleitmassnahmen, Freilandaktionen	Kurze Anleitung und Verständnisförderung für die Windkraft
Kommunen	Unterstützung der Kommune	Übernahme der Betriebskosten von Wegen	Verantwortung durch das Verursacherprinzip
Landkreise	Unterstützung in der Gefahrenabwehr	Ausstattung mit vielseitigen Feuerlöschgeräten	Windkraft als Innovator der Region

Tabelle 3 Massnahmen bei einem mitteldeutschen Windparkprojekt, um den Zuspruch der Bevölkerung zu steigern.

Wie bereits erläutert, werden zunehmend Windkraftprojekte mit grösserer Nabenhöhe errichtet. Eine Analyse von 21 Projekten unterschiedlicher Nabenhöhen [5] lässt den Schluss zu, dass die monetäre Auswirkung mit der Nabenhöhe proportional ansteigt (Bild 1). Für die Projektentwicklung impliziert dies eine Erhöhung von Bankbürgschaften und folglich der Rückstellungen, was die Betriebskosten im engeren Sinn – die Finanzierungskosten – erhöhen wird.

Zudem kann es während der Projektlaufzeit zu besseren Schätzungen der Rückbaukosten kommen. Es wären dann Rückstellungen buchhalterisch zu korrigieren. Aufgrund der allgemeinen Kostensteigerung ist mit einer Erhöhung der Kosten und damit einer stärkeren Belastung der Wirtschaftlichkeit zu rechnen.

Zuspruch der Bevölkerung durch Partizipationsmodelle

Der Zuspruch der Bevölkerung zu einem Windprojekt kann unter anderem durch Partizipationsmodelle erhöht werden. Diese können entweder auf der Finanzierungseite liegen – und damit langfristiger Natur sein – oder kurzfristig angelegt sein, wie der in Tabelle 1 dargestellte städtebauliche Vertrag. Die langfristigen Modelle sind so angelegt, dass die Chancen und Risiken eher beim Projektentwickler liegen sollen. In Folge werden Finanzierungskosten und schlussendlich die Betriebskosten daraus steigen. In diesem Aspekt sind weitere Anpassungen zu erwarten, weshalb es für eine genaue Analyse noch sehr früh ist.

Eine weitere Möglichkeit ist es, die Bevölkerung vor Ort an Anlässen rund um die Windprojekte teilhaben zu lassen. Dies können Einmalevents sein wie Besteigungen, Feuerwehrübungen, Informationsanlässe oder monetäre Unterstützung von Vereinen durch Sponsoring. Solche Events bringen Projektentwickler und Bevölkerung zusammen, erhöhen jedoch die Betriebskosten. Sämtliche Veranstaltungen, die im Einzelnen nur einen geringen Anteil an den Betriebskosten ausmachen, können in der Summe aber einen ernstzunehmenden Kostenfaktor darstellen. Tabelle 3 zeigt Beispiele, wie Anlässe in einem mitteldeutschen Windparkprojekt umgesetzt wurden.

Arbeitsplätze und Arbeitsaufwand

Bei Windkraftprojekten erwartet die Bevölkerung zunehmend, dass Arbeitsplätze im Umfeld der Windkraft entstehen und weitere Wertschöpfung möglich ist. Tritt dies ein, steigert dies ebenfalls den Zuspruch der Bevölkerung.

Gemäss der Befragung von technischen Betriebsführern [6] kann ein Mitarbeiter mittels Online-Zugriff rund 80 bis 100 Windanlagen im Tagesgeschäft überwachen. Weiter sind ein bis zwei Mitarbeiter auf Abruf erforderlich. Beim Online-Zugriff produzieren die Windanlagen automatisch Strom und ein Mitarbeiter muss sich nur bei Störung auf die Steuerung aufschalten und die Steuerung manuell übernehmen.

Bei der Arbeitsplanung von Instandhaltungen gilt die Faustregel, dass ein Servicetechniker rund 50 bis 60 Windanlagen warten kann [6]. Technische Gutachter, die regelmässig Windanlagen von Gesetzes wegen auf Schadensfreiheit hin begutachten, melden, dass der Prüfaufwand etwa bei Woche im Jahr pro Windkraftanlage liegt [7]. Demnach kann ein Gutachter rund 30 bis 40 Windanlagen kontrollieren.

Als übergeordnete Stelle arbeitet der kaufmännische Betriebsführer, der den technischen Betriebsführer einsetzt und überwacht, Versicherungen managt und den Gutachter steuert sowie die Budgetierung und Geschäftsführung durchführt. Der kaufmännische Betriebsführer kann rund 10 bis 20 Windanlagen durch ein Betriebsjahr und Abrechnungsjahr begleiten. Bild 2 zeigt die Abstufung grafisch auf.

Die Zusammenstellung zeigt, dass neben der Überwachung auch gewerbli-

Résumé

Coûts des centrales éoliennes

Contradiction entre les chances de réalisation et la rentabilité

La protection des terrains, les permis de construire et l'approbation de la population sont autant de facteurs de réussite dans un projet éolien. Afin d'en assurer la réussite, il est souvent nécessaire d'accepter des contraintes qui entraînent une augmentation des coûts. La viabilité des terrains suppose qu'une autre utilisation de la surface reste possible. Ainsi, dans les régions forestières, l'utilisation forestière doit demeurer possible. Cependant, pour les hauteurs de nacelle usuelles, les arbres provoquent des turbulences qui augmentent l'usure et diminuent le rendement. Une hauteur de nacelle plus élevée augmente certes la production, mais également les coûts d'investissements et d'exploitation. En définitive, personne ne sait clairement si une nacelle plus élevée est rentable.

La viabilité des terrains nécessite des paiements supplémentaires aux propriétaires fonciers, ce qui engendre des coûts et des exigences pour la planification des liquidités.

En ce qui concerne les permis de construire, certaines obligations peuvent diminuer la rentabilité, car il faut par exemple arrêter les éoliennes la nuit en raison du bruit ou durant certaines saisons dans les régions où passent les oiseaux migrateurs. Il faut également tenir compte des coûts de démantèlement au terme de la durée de vie, qui sont la plupart du temps déjà fixés dans le permis de construire.

L'approbation de la population peut être renforcée grâce à des participations financières ainsi qu'au moyen d'événements et de parrainages. Dans l'ensemble, les manifestations et le parrainage peuvent représenter un facteur de coûts à prendre en considération. Mn

che, handwerkliche Tätigkeiten in der Wartung zu verrichten sind. Weiter beinhaltet die kaufmännische Verwaltung einige besondere Herausforderungen wie das Steuerrecht von Anlagengütern, die langfristigen Finanzierungen sowie die Vergütungsabrechnung. Zudem ist bei Windprojekten durch die Dezentralität und die Lage in ländlichen Gebieten von einer hohen Vor-Ort-Präsenz auszugehen. Daher überrascht es, dass gemeinhin bei Windkraftprojekten die personellen Aufwände eher vernachlässigt werden. Die Praxis zeigt, dass Windanlagen durch eben diese Besonderheiten einen erhöhten Betreuungsaufwand haben. Branchenexperten vergleichen die Windanlagen mittlerweile mit Intensivstationen von Krankenhäusern: «Extrem viel Technik, wenig Raum.»

Betriebswirtschaftlich gesehen ist der Anteil an nicht automatisierbaren Tätigkeiten gering. In der Praxis jedoch können selbst geringfügige Wartungen wie Getriebeölwechsel oder Abschmieren von Reibpunkten nicht automatisiert werden, da neben der eigentlichen Tätigkeit immer eine Sichtkontrolle gemacht werden muss. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass ein Potenzial für eine weitere Automatisierung sprich Kostensenkung beim Betrieb von Windanlagen als gering einzustufen ist. Eine Kostensenkung erscheint derzeit nur über den Skaleneffekt, sprich Stückzahlen, oder durch eine vorherige Zustandsbestimmung mittels Condition Monitoring System nachhaltig möglich.

Fazit

Die drei wesentlichen Faktoren wie Sicherung von Grundstücken, detaillierte Baugenehmigung und Zuspruch der Bevölkerung müssen unbedingt in der Projektentwicklung eines Windparks beachtet werden. Folglich können auch Arbeitsplätze geschaffen werden. Zusammen steigern sie die Umsetzungswahrscheinlichkeit eines Windparkprojektes.

Hier besteht jedoch ein Zielkonflikt zwischen Umsetzungswahrscheinlichkeit und der Rentabilität einer Windanlage. Es besteht das Risiko, dass Projektverträge um «jeden Preis» abgeschlossen werden. Der Konflikt bricht dann erst in der Betriebsphase durch hohe Betriebskosten auf.

Referenzen

[1] M. Romberg, H. Holik: Projektentwicklung bei der deutschen Windkraft, Bulletin SEV/VSE 11/2011, S. 8ff.
[2] Deutsche Wind Guard GmbH: Status des Windenergieausbaus in Deutschland, 2013. Abrufbar unter: www.windguard.de > Presse/Veröffentlichungen
[3] Forstliche Bildungsstätte der Bundesrepublik Deutschland: Der Forstwirt, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 5. Auflage 2011.
[4] Analyse von BET unter der Leitung von M. Romberg zu Windertrag und Nabenhöhe für die nächste Generation von Windkraftanlagen (Kundenauftrag), 2011.
[5] Analyse von Repower Wind Deutschland, Oktober 2012.
[6] Befragung durch die WSB Service unter der Leitung von Y. Mosler, Leiterin Marktentwicklung, Oktober 2012.
[7] Befragung des Ingenieurbüro Bauditz unter der Leitung von Jörn-Jakob Bauditz, Oktober 2012.

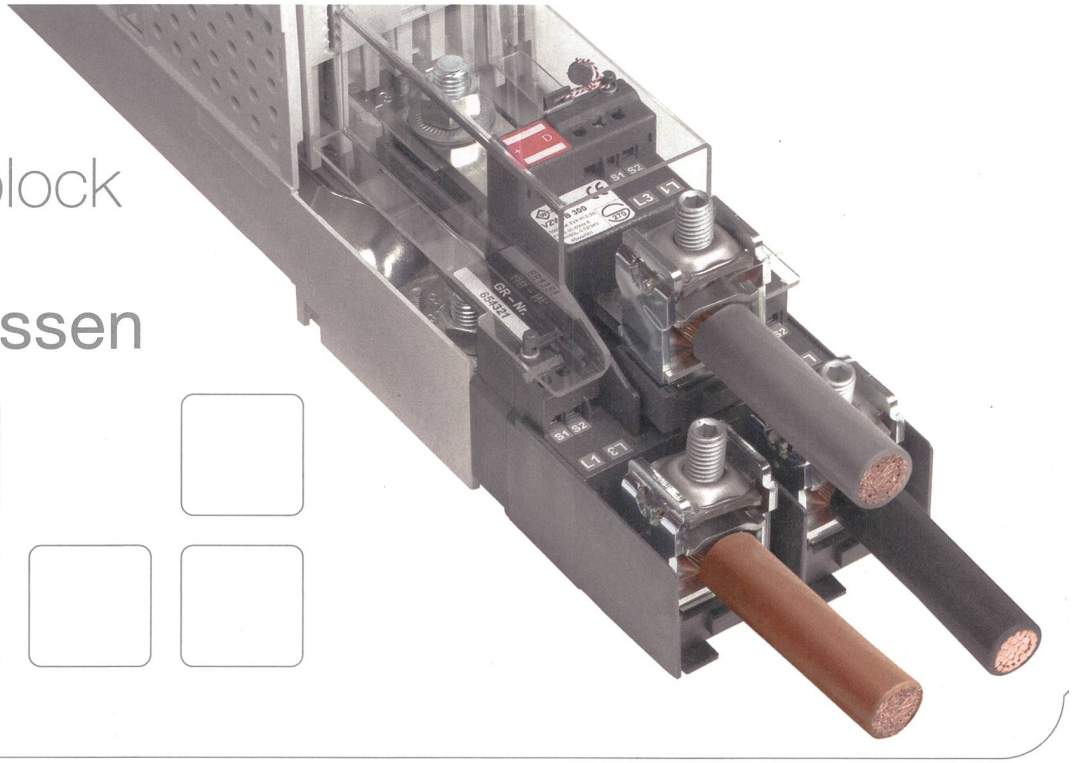
Angaben zu den Autoren

Markus Romberg ist Geschäftsführer bei der Repower Wind Deutschland GmbH und verantwortet den Betrieb zweier Windparks.
Repower Wind Deutschland GmbH, DE-44137 Dortmund
markus.romberg@repower.com

Ulrich Reiter, PhD, ist Leiter Projektentwicklung Neue Erneuerbare bei der Repower AG und entwickelt europaweit Windkraftprojekte.
Repower AG, 7302 Landquart
ulrich.reiter@repower.com

Anzeige

3-poliger
Stromwandlerblock
Gut geeicht
ist halb gemessen



Der 3-polige Stromwandlerblock mit Klasse 0,5 s ist eichfähig und erfüllt sämtliche Anforderungen der EVU-Messung. Der Stromwandler kann ohne andere Anlagenteile zu entfernen an eine weber.vertigroup Gr. 1-3 montiert oder ausgewechselt werden – auch nachträglich! Klickbare Kabelhalter schützen die verlegten Kabel. Die Anschlüsse für die Spannungsabnahme sind am Ein- oder Abgang des Standardgeräts vorbereitet. Weiter punktet der Stromwandlerblock mit leicht wechselbaren Anschlussvarianten: In der Standardausführung ist für die Kabel ein Schraubanschluss M12 vorgesehen. Ausserdem lässt sich mit der Stahl-Einlegeklemme anstelle des Kabelschuhs ein Direktanschluss realisieren.

hager

hager.ch