

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 105 (2014)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Der Weg zur temperaturbasierten Netzführung  
**Autor:** Steinegger, Urs / Notter, Roland / Sattinger, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856245>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Der Weg zur temperaturbasierten Netzführung

## Wetterinformationen ermöglichen optimale Ausnutzung des Netzes

Die Auslastung des Schweizer Übertragungsnetzes hat in den letzten Jahren zugenommen. Dieser Anstieg ist auf die steigende Nachfrage nach Strom, den wachsenden Stromhandel und Verzögerungen beim Bau neuer Leitungen zurückzuführen. Neue Entwicklungen in der Messtechnik, der Datenübertragung und -verarbeitung sowie entsprechende Verknüpfungen mit meteorologischen Informationen schaffen die Grundlage für eine zukünftige temperaturbasierte Netzführung, die das Übertragungsnetz wirtschaftlicher und sicherer machen soll.

Zurzeit wird im schweizerischen Übertragungsnetz je nach Saison – Winter (Oktober bis März), Zwischensaison (April, September) und Sommer (Mai bis August) – ein entsprechend angepasster statischer Grenzstrom angewandt. Mit einem dynamischen Verfahren könnten die realen Wetterbedingungen besser für die Berechnung des Grenzstromes berücksichtigt werden.

Swissgrid verfügt über langjährige Erfahrung in der Leiterseiltemperaturüberwachung und der Ermittlung der meteorologischen Einflüsse auf die Leiterseiltemperatur.[2,3] Zusätzlich wendet Swissgrid seit 2005 Temperaturprognosedaten für sieben Regionen der Schweiz an, die spezifisch für das Höchstspannungsnetz erstellt werden. Die Prognosedaten werden von der Firma Meteodat GmbH geliefert und laufend verifiziert und verbessert. Innerhalb eines aktuellen, vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützten, Forschungsprojektes werden zusätzlich die Grundlagen für eine Prognose der Vereisung von Leiterseilen erarbeitet.

Die thermische Belastbarkeit eines Leiters ist abhängig von den Materialeigenschaften des Leiters. Die Auswirkungen auf das Leiterseil bei einer kurz-

### Urs Steinegger, Roland Notter, Walter Sattinger

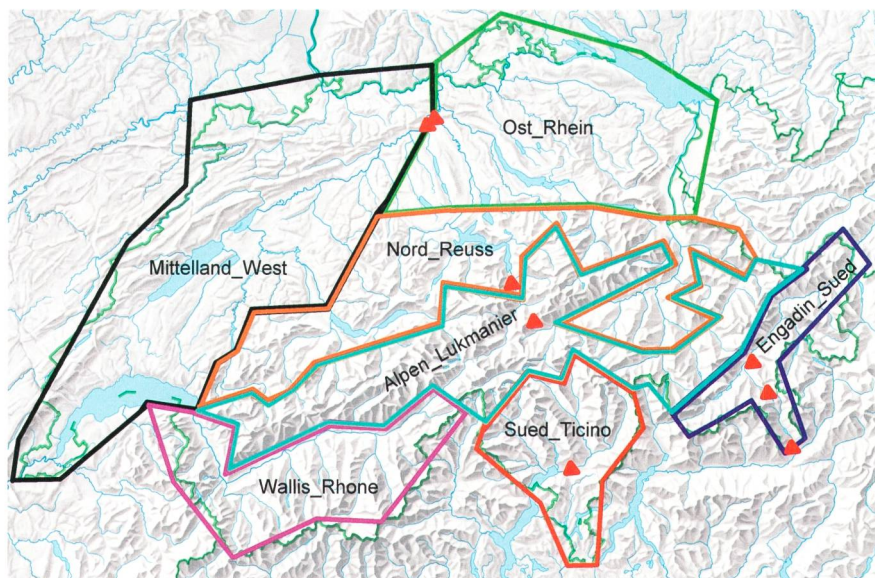
Für einen sicheren Betrieb des Übertragungsnetzes muss gewährleistet sein, dass der Ausfall einer Leitung nicht zur Überlastung weiterer Leitungen führt. Dieses sogenannte (n-1)-Kriterium muss jederzeit erfüllt sein.

Das Leitermaterial bestimmt die maximale thermische Belastbarkeit einer Leitung. Sie beträgt bei den im Schweizer Übertragungsnetz eingesetzten Aldrey-Leiterseilen 80 °C. Die Leiterseiltemperatur ergibt sich aus der Erwärmung durch den transportierten Strom, den Eigenschaften des Leiterseils sowie den meteorologischen Umgebungsbedingungen (Wärmeaufnahme durch die Sonne, Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion). Diese Zusammenhänge sind bereits mehrfach untersucht worden und in den gängigen Formeln von IEEE, Cigré und IEC [1] beschrieben.

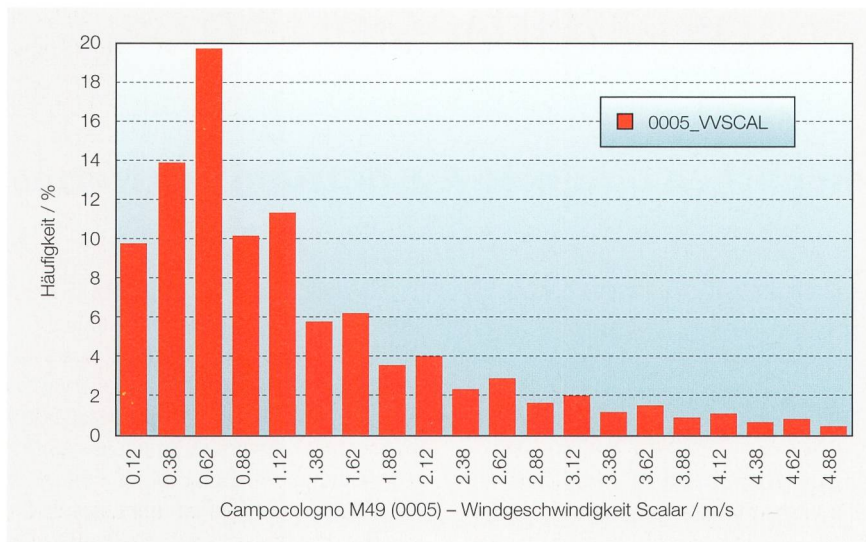
Bei einer temperaturbasierten Netzführung wird der maximale Grenzstrom so berechnet, dass die maximale Leiterseiltemperatur nicht überschritten wird. Dazu müssen die meteorologischen Randbedingungen bekannt sein, d.h. Sonneneinstrahlung, Wind, Windrichtung und Umgebungstemperatur. Diese Randbedingungen tragen entweder zu einer zusätzlichen Erwärmung oder aber auch zur Kühlung der Leiterseile bei.

In der Praxis ist es jedoch nicht möglich, örtlich genaue Prognosen für die Windgeschwindigkeit, Windrichtung und

Sonneneinstrahlung für einzelne Leitungsabschnitte zu erstellen. Hingegen ist es möglich, relativ genaue Temperaturprognosen für Teilgebiete der Schweiz zu erstellen. Für die sieben in Bild 1 dargestellten Gebiete liegen bereits operationell Temperaturprognosen vor. Damit die schlecht voraussagbare und örtlich stark variierende Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit in die dynamische Berechnung des Grenzstromes mit einfließen können, wird versucht, dafür entsprechend allgemeine konservative Annahmen zu machen.



**Bild 1** Aufteilung der Schweiz in 7 Prognosezonen. Standorte der Messstationen auf Leiterseilmasten (rote Dreiecke).



**Bild 2** Histogramm der horizontalen Windgeschwindigkeit in Campocologno im Jahr 2013. Die Klassenbreite beträgt 0,25 m/s; dargestellt sind nur die Werte unter 5 m/s (Daten in 2-Minuten Auflösung).

fristigen Überlastung sind allerdings noch wenig bekannt. Dies wird in einem weiteren aktuellen Forschungsprojekt untersucht.

### Meteodaten

Bereits im September 2003 startete die Atel Netz AG in Zusammenarbeit mit der Etrans AG (heute Swissgrid) ein Pilotprojekt, um die Belastungsverhältnisse des Nord-Süd-Korridors zu untersuchen. Zu den drei damals errichteten spezifischen Messstellen an der Lukmanierleitung sind im März 2012 zwei weitere Messstellen an der Habsburgleitung und im August 2012 drei an der Berninalerleitung dazugekommen (Bild 1). Die meteorologischen Daten erlauben Aussagen zum Einfluss der Witterung auf die Leiterseiltemperatur und den Seildurchhang. Die Messung dieser beiden Größen ermöglicht die Eichung und Verifikation von Leiterseilmodellen.

Der Fokus der aktuellen Arbeiten liegt auf der Leiterseiltemperatur. An den fünf im Jahr 2012 erstellten Messstationen wird diese Grösse mit dem EMO-System (easy monitoring overhead transmission) direkt gemessen. An der Lukmanierleitung wurden verschiedene Systeme eingesetzt und getestet. [2,3] Die erfassten meteorologischen Grössen sind die Lufttemperatur, die Strahlung (Global- und teilweise Nettostrahlung), der Wind und die relative Feuchte. Im Rahmen eines vom BFE unterstützten Projektes wird basierend auf diesem einmaligen Datensatz der Einfluss der Witterung auf die Leiterseiltemperatur im Detail untersucht. Neben der Differenz zwischen der

Lufttemperatur und der Leiterseiltemperatur sind die Annahmen betreffend Globalstrahlung und Wind bei der hier vorgestellten Methodik wesentlich. Daher wird im Folgenden auf diese beiden Parameter eingegangen.

### Windmessung

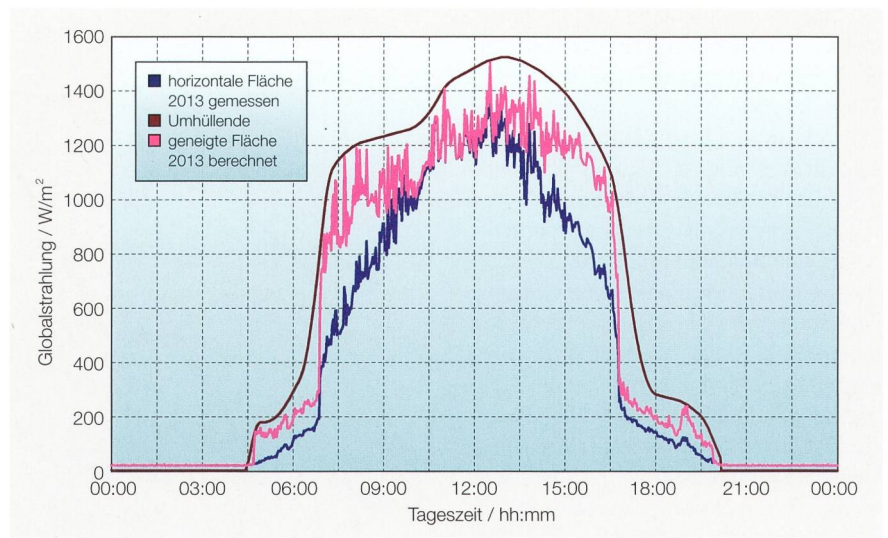
In der Vergangenheit wurden mechanische Geräte zur Bestimmung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung eingesetzt. Schalenanemometer und Windplatten werden heute durch Ultraschall-Windsensoren ersetzt. Die modernen Messgeräte weisen keine beweglichen Teile mehr auf, somit entfällt das Problem des Anlaufwiderstandes. Wäh-

rend früher Windgeschwindigkeit und Windrichtung bei geringen Luftbewegungen unter etwa 0,5 m/s nicht messbar waren, können mit dem an den 8 Messstationen verwendeten Gill WindMaster auch sehr geringe Luftbewegungen erfasst werden. Die Qualität der gängigen Berechnungsformeln (Cigré, IEEE, IEC) für die Kühlung durch den Wind wird im Rahmen des BFE-Projektes auf diesen Aspekt hin untersucht.

Je nach Lage liegen zwischen 10 und 50% aller Messwerte auf Leiterseilhöhe unter 0,5 m/s. Dies gilt selbst für Standorte nahe Passhöhen wie der Lagalb am Berninapass. Schwachwind-Situationen können in der Schweiz häufig auftreten. Diese Situationen sind für eine temperaturbasierte Netzfürung bzw. der zu erwartenden minimalen Kühlung des Leiterseils wesentlich.

Die Kühlung des Leiterseils durch den Wind ist nicht nur abhängig von der Windgeschwindigkeit, sondern auch von der Windrichtung. Die Kühlwirkung ist optimal bei einer rechtwinkligen Anströmung und minimal bei parallelem Verlauf, wobei aufgrund von Turbulenzen die Kühlwirkung auch bei parallelem Verlauf nicht gegen null geht.

Bild 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit in Campocologno (südöstlichster Messpunkt in Bild 1) für das Jahr 2013. Dargestellt sind Häufigkeitsklassen mit der Breite von 0,25 m/s für Messwerte unter 5 m/s. Bei etwa einem Viertel aller Werte liegt die Windgeschwindigkeit an dieser Station unter 0,5 m/s.



**Bild 3** Maximale Globalstrahlungswerte für jeden 2-Minuten-Termin im Tagesverlauf am Standort Campocologno. Maxima der Messwerte der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche für das Jahr 2013 (blau); Maxima der täglich berechneten Werte für das Leiterseil mit Verlauf 145° (violett) sowie abgeschätzte Umhüllende (braun); Tageszeitangabe in Europäischer Winterzeit.

Ort	Höhe, m ü. M.	Globalstrahlung, W/m <sup>2</sup>	Direktstrahlung, W/m <sup>2</sup>	Diffusstrahlung, W/m <sup>2</sup>	Datenherr
Campocologno	625	1423	1309	113	Swissgrid
Robbia	1078	1322	876	446	MeteoSchweiz
La Punt	1686	1446	1331	115	Swissgrid
Lagalb <sup>1)</sup>	2110	1267	1166	101	Swissgrid
Corvatsch	3305	1464	977	487	MeteoSchweiz

**Tabelle 1** Höchste Globalstrahlungswerte auf horizontale Fläche von Messstellen im Engadin für das Jahr 2013 sowie deren Anteile an Direkt- und Diffusstrahlung. Für die Messstellen auf Hochspannungsmasten (Datenherr Swissgrid) handelt es sich bei der Direkt- und Diffusstrahlung um berechnete Werte. <sup>1)</sup> Von der Lagalb liegen nur Daten ab dem 6. August vor.

6,7‰ dieser Momentanwerte von 2013 weisen keine messbare horizontale Windgeschwindigkeit aus.

Abgeleitet aus den obigen Ausführungen wird in dieser Arbeit für die Berechnung des dynamischen Grenzwertes beispielhaft mit minimalen Werten für die Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s, 0,25 m/s und 0,5 m/s gerechnet.

**Strahlungseinfluss**

An acht Messstellen auf Hochspannungsmasten wird die Globalstrahlung gemessen. Die Messung der Strahlung erfolgt mit SP Lite2 oder mit SMP11 Pyranometern. Diese Geräte liefern die einfallende Solarstrahlung auf eine horizontale Fläche mit einer Genauigkeit von etwa ±10 W/m<sup>2</sup>. Die Globalstrahlung setzt sich aus der kurzwelligen direkt einfallenden Strahlung (Direktstrahlung) und der kurzwelligen gestreuten Strahlung (Diffusstrahlung) zusammen.

Die Erwärmung des Leiterseils durch die Globalstrahlung ist abhängig vom Sonnenstand und von der Ausrichtung des Leiterseils. Ein Leiterseil empfängt meist mehr Direktstrahlung als eine horizontale Fläche, da das Seil als geneigte Fläche betrachtet werden kann, welche oft optimaler zum Einfallswinkel der Sonne (Höhenwinkel) steht.

Die Diffusstrahlung kann von allen Seiten auf das Seil treffen. Insbesondere bei Reflektion durch eine Schneeoberfläche oder bei hohen Wolken kann die effektive Einstrahlung daher wesentlich höher sein als die Direktstrahlung und sogar die Solarkonstante übertreffen.

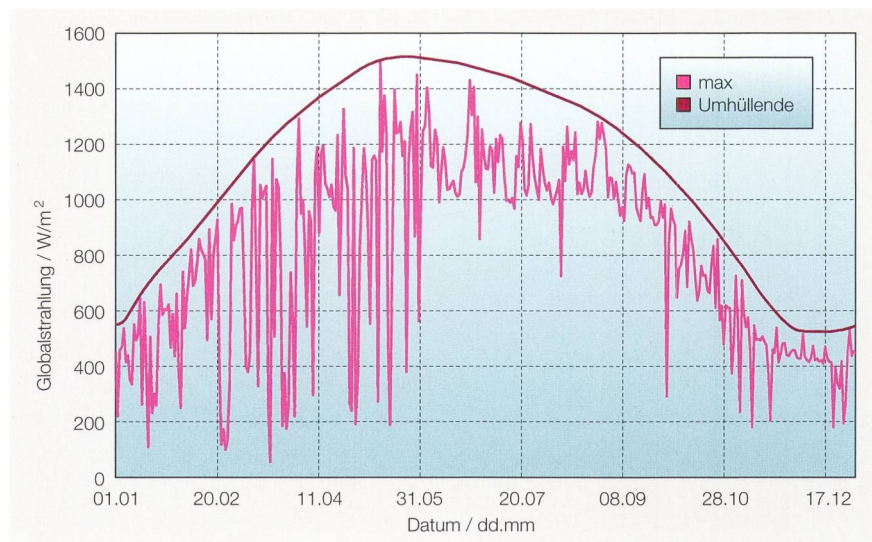
MeteoSchweiz betreibt ein Messnetz von 39 Stationen mit dem Strahlungsmessgerät SPN1 von Delta-T. Dieses Gerät liefert Messwerte für die Globalstrahlung sowie Diffusstrahlung auf eine horizontale Fläche. Die Direktstrahlung lässt sich anhand dieser Daten aus der Differenz dieser beiden Grössen bestimmen. Basierend auf der Analyse der Da-

ten von 2012 und 2013 wurden für alle Standorte an den Hochspannungsmasten die Anteile der diffusen und der direkten Strahlung mittels multipler Regression basierend auf den gemessenen

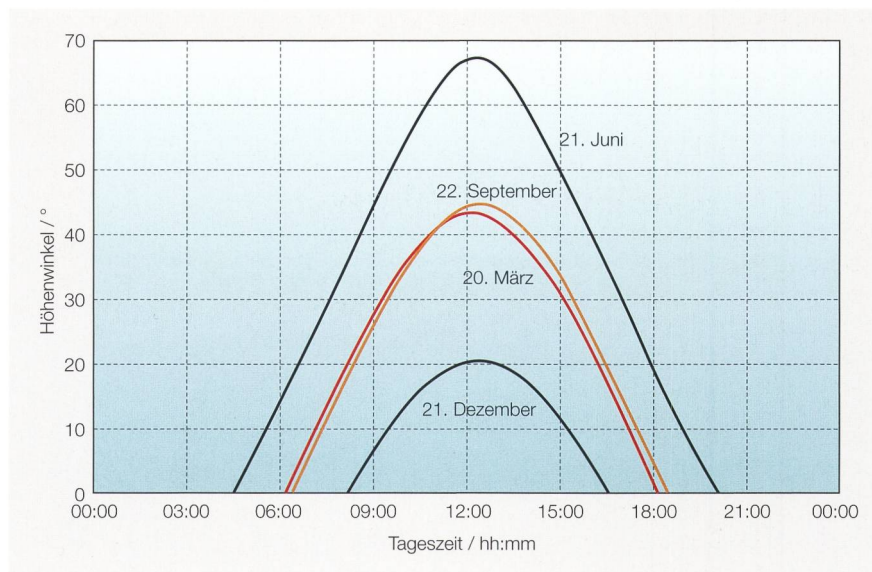
Daten der Globalstrahlung, der relativen Feuchte und dem Höhenwinkel der Sonne abgeschätzt.

**Bild 3** zeigt Resultate für den Standort Campocologno und das Jahr 2013. Von den Messdaten und den berechneten Werten für das Leiterseil (geneigte Fläche; Daten in 2-Minuten-Auflösung) wurde für jeden Zeitpunkt des Tages der maximale Wert bestimmt. Anschliessend wurde visuell eine Umhüllende über die berechneten Werte gelegt. Der Maximalwert dieser Umhüllenden beträgt 1520 W/m<sup>2</sup>.

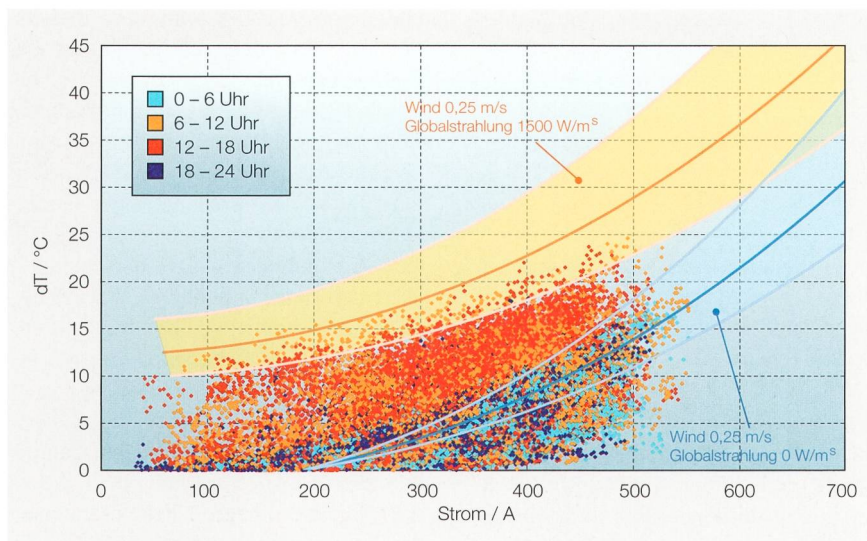
Die höchsten Globalstrahlungs-Messungen (blaue Kurve in **Bild 3**) in Campocologno erreichen im Jahr 2013 Werte, die leicht höher liegen als die Extraterrestrische Solarkonstante (1367 W/m<sup>2</sup>).



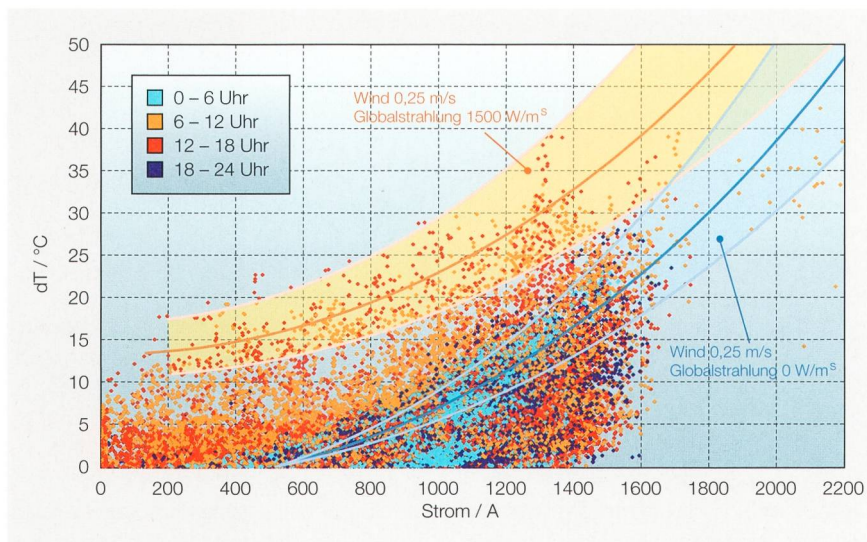
**Bild 4** Maximale Globalstrahlungswerte im Jahresverlauf am Standort Campocologno; Tagesmaxima der auf das Leiterseil umgerechneten Globalstrahlung (violett) sowie abgeschätzte Umhüllende (braun).



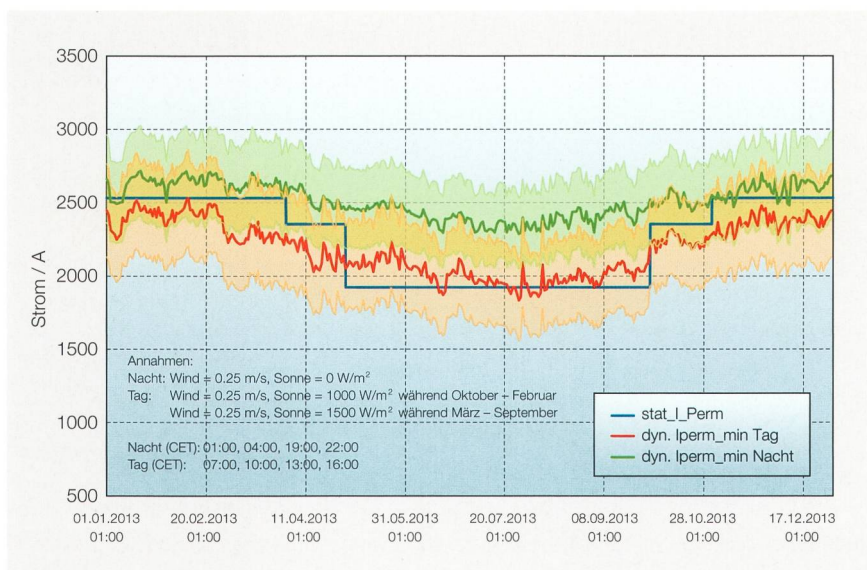
**Bild 5** Verlauf der Sonnenbahn für den Messstandort Campocologno ohne Horizontberücksichtigung; Zeitpunkte des Sonnenaufgangs und -untergangs für vier Termine des Jahres; Tageszeitangabe in Europäischer Winterzeit.



**Bild 6** Beziehung zwischen Stromfluss und gemessener Leitererwärmung (Rauten) an der 220-kV-Habsburgleitung Ost (Beznau – Birr), Mast 39 sowie berechnete Leitererwärmung (Linien).



**Bild 7** Beziehung zwischen Stromfluss und gemessener Leitererwärmung (Rauten) an der 380-kV-Predaleitung (La Punt – Robbia) in Lagalb sowie berechnete Leitererwärmung (Linien).



**Bild 8** Vergleich statischer (blau) und dynamischer Grenzwerte Berninalleitung (rot: Tag; grün Nacht).

Dies ist nur möglich bei hoher Direktstrahlung sowie zusätzlich erheblicher Diffusstrahlung. Die Werte von Campocologno werden durch die talaufwärts gelegene MeteoSchweiz-Messstelle in Robbia bestätigt. Die höchsten Globalstrahlungswerte in der Region Puschlav-Engadin sind in **Tabelle 1** gelistet.

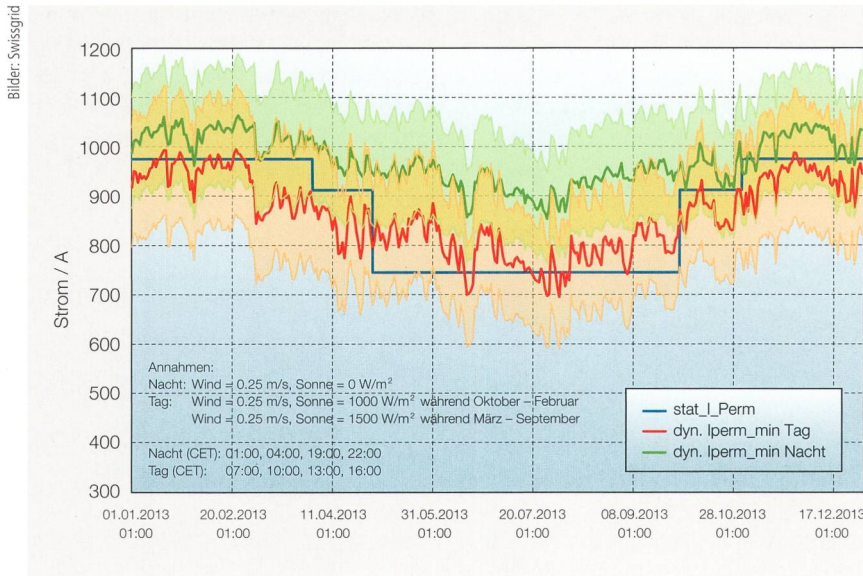
In Robbia setzt sich der höchste im Jahr 2013 gemessene Globalstrahlungswert aus 876 W/m<sup>2</sup> Direktstrahlung und 446 W/m<sup>2</sup> Diffusstrahlung zusammen. Der höchste gemessene Wert der Direktstrahlung betrug 935 W/m<sup>2</sup> bei einem Globalstrahlungswert von 1292 W/m<sup>2</sup>.

Bei der Berechnung der Seiltemperatur mit den gängigen Formeln (IEEE, ICE) wird die Globalstrahlung auf eine geneigte Fläche als Input erwartet. Üblicherweise werden Werte von 900 bis 1050 W/m<sup>2</sup> empfohlen.

In dieser Arbeit wurde die für die horizontale Fläche abgeschätzte Direktstrahlung auf die geneigte Fläche und den konkreten Seilverlauf hochgerechnet. Diese berechnete Direktstrahlung wurde mit der unveränderten Diffusstrahlung zur auf die geneigte Fläche berechneten Globalstrahlung addiert. Die Strahlung auf die geneigte Fläche ist immer gleich oder grösser als die Strahlung auf die horizontale Fläche.

Die in **Bild 3** dargestellten Werte werden in der Regel bei grossem Sonnenhöhenwinkel (Sommersonnenwende) realisiert. Je tiefer der Höhenwinkel, desto länger ist der Weg der Strahlung durch die Atmosphäre. Dadurch nimmt die Abschwächung der kurzwelligeren Strahlung zu. Trotz der wesentlich tiefer stehenden Sonne in der Winterperiode können um die Mittagszeit aber auch dann hohe Strahlungswerte auftreten. Diese Werte sind in **Bild 4** dargestellt. Der Jahresgang der maximalen Globalstrahlung ist für die auf das Leiterseil umgerechneten Globalstrahlungswerte mit einer violetten Linie dargestellt. Es wurde aus der Periode September 2012 bis Februar 2014 jeweils für jeden Tag des Jahres der höchste Wert bestimmt. Aufgrund der kurzen ausgewerteten Datenreihe ist aus dem Kurvenverlauf die Witterung noch deutlich zu erkennen. Um dies zu eliminieren, wurde eine Umhüllende abgeschätzt.

**Bild 5** zeigt die Sonnenbahnen zu vier Terminen 2013 für den Standort Campocologno. Bei der Berechnung des Zeitpunkts des Sonnenauf- und -untergangs wurde das natürliche Relief nicht berücksichtigt. In Realität geht die Sonne wegen



**Bild 9** Vergleich statischer (blau) und dynamischer Grenzwerte Habsburgleitung (rot: Tag; grün Nacht).

der umliegenden Berge also später auf und früher unter. Dies widerspiegelt sich auch in den in **Bild 3** dargestellten Werten.

Die gezeigten Berechnungen des Sonnenauf- und Unterganges ermöglichen eine scharfe Unterscheidung zwischen Perioden mit Erwärmung des Leiterseils durch kurzweilige Strahlung am Tag und Perioden ohne kurzweilige Einstrahlung in der Nacht.

Die Messungen und Berechnungen legen nahe, dass die maximalen Werte der Globalstrahlung wesentlich höher ausfallen können, als bisher üblicherweise verwendet. Im IEEE-Standard wird in unseren Breiten mit einem Wert von 1020 W/m<sup>2</sup> bei klarer Luft gerechnet. Für Campocologno kann dieser Wert um die Sommersonnenwende bis 50% zu tief liegen. In der aktuellen Betrachtung wird für die Berechnung des dynamischen Grenzwertes beispielhaft ein Maximalwert von 1500 W/m<sup>2</sup> angenommen.

Durch die Unterscheidung zwischen Tag, mit potenzieller Erwärmung durch die Globalstrahlung, und Nacht, ohne kurzweilige Strahlungserwärmung, sowie durch Berücksichtigung des Jahresganges der Globalstrahlung können die Berechnungen der Grenzströme näher an die Realität angepasst werden, ohne ein Sicherheitsrisiko einzugehen.

### Temperaturbasierte Netzführung

Diese Erkenntnisse in Bezug auf Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit liefern einen wichtigen Beitrag zur Berechnung des dynamischen Grenzwertes. In **Bild 6** und **7** sind die Zusammenhänge

anhand von Messdaten des Jahres 2013 dargestellt. In den Diagrammen sind alle gültigen Messpunkte mit einer Auflösung von 10 Minuten aufgetragen. Die Erwärmung des Leiterseils gegenüber der Umgebungstemperatur ist auf der y-Achse, der durchflossene Strom auf der x-Achse aufgetragen. Die einzelnen Messpunkte sind durch bläulich eingefärbte Rauten (Nacht) und rötlich eingefärbte Rauten (Tageszeit) gekennzeichnet. Die relativ grosse Streuung der Messpunkte ist vorwiegend durch die unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen gegeben. Die Linien zeigen die berechneten Leiterseilerwärmungen in Abhängigkeit des Stromes, mit den angegebenen meteorologischen Annahmen für Tag und Nacht auf.

Messpunkte oberhalb der berechneten Linie bedeuten, dass die gemessene Leiterseilerwärmung grösser als die berechnete war. Mit Hilfe der getroffenen Annahmen in Bezug auf maximaler Globalstrahlung und minimalem Wind, versucht man dies zu vermeiden. Zusätzlich zu den getroffenen Annahmen wird jeweils um die 0,25 m/s-Hauptlinie der Einfluss des Windes im Bereich von 0,1-0,5 m/s in **Bild 6 bis 9** miteingezeichnet. Dadurch wird versucht, jenem Anteil der Kühlung der Leiterseile Rechnung zu tragen, der mit dem gewählten vereinfachten Ansatz (Hauptlinien) in Betracht zu ziehen ist.

In einem weiteren Schritt wurden die Grenzströme mit den getroffenen Annahmen in Bezug auf die Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit, der Umgebungstemperatur gemäss 24-h-Prognose im Raster von 3 h und einer maximalen Leiterseiltemperatur von 80 °C berechnet. Pro Tag wurde jeweils der kleinste berechnete Grenzstrom für die Tages- und die Nachtzeit verwendet. Die Berücksichtigung des kleinsten Grenzstroms ist eine zusätzliche Sicherheit, damit die thermische Belastbarkeit des Leiterseils nicht überschritten wird.

In **Bild 8** und **Bild 9** sind die berechneten dynamischen Grenzwerte den statischen Grenzwerten für die Bernina- respektive Habsburgleitung gegenübergestellt. Man erkennt deutlich, dass die statischen Grenzwerte unter den getroffenen Annahmen ziemlich gut mit den berechneten dynamischen Grenzwerten übereinstimmen.

### Résumé Vers une conduite du réseau en fonction de la température

#### Les données météorologiques permettent une exploitation optimale du réseau

La sollicitation du réseau suisse de transport d'électricité a augmenté au cours de ces dernières années. Ce phénomène s'explique par la hausse de la demande d'électricité, la croissance de ce marché et les retards pris dans la construction de nouvelles lignes. Les nouvelles évolutions dans les domaines de la technique de mesure, de la transmission et du traitement des données, ainsi que les corrélations avec les informations météorologiques forment la base de la future conduite du réseau en fonction de la température qui doit accroître la rentabilité et la sécurité du réseau de transport.

D'après les analyses actuelles, une conduite du réseau en fonction de la température permet de définir les valeurs limites avec plus de souplesse. Les calculs s'effectuent à l'aide de la formule établie et peuvent être validés par les données de mesure existantes. Les analyses sont réalisées par le biais d'enregistrements effectués sur deux sites avec quatre points de mesure sur la ligne Habsbourg à 220 kV, ainsi que sur deux sites avec six points de mesure sur la ligne Bernina à 380 kV. Ce processus s'est principalement concentré sur les influences de paramètres dont les prévisions peuvent être bien établies, soit la température de l'air extérieur, le rayonnement solaire et les conditions de vent complexes de la Suisse. Les résultats actuels montrent que, dans le réseau, une partie de la marge de manœuvre prévue est déjà exploitée par les valeurs limites adaptées aux saisons. No

Liegt der berechnete dynamische Grenzwert über dem statischen Grenzwert, bedeutet dies, dass die Leiterseiltemperatur beim Erreichen des statischen Grenzstromes die 80°C nicht erreicht hätte und somit der statische Grenzwert zu tief war.

Umgekehrt sind die Verhältnisse in den Fällen, bei denen der dynamische Grenzwert unterhalb des statischen Grenzwertes lag. Bei diesen Fällen hätte man beim Erreichen des maximal zulässigen Grenzstromes das Leiterseil thermisch zu stark belastet (> 80°C). Die dynamische Berechnung würde in diesem Fall die Kapazität der Übertragungsleistung einschränken und somit eine Überlastung des Leiterseiles verhindern.

### Schlussfolgerung

Die aktuellen Analysen zeigen auf, dass die temperaturbasierte Netzführung es ermöglicht, den Netzbetrieb flexibler bezüglich bisheriger Grenzwerte zu gestalten. Die Berechnung erfolgt anhand der etablierten Formel und kann mit den vorhandenen Messdaten

bestätigt werden. Die weitreichende Gültigkeit der verwendeten Formel wird im Laufe der aktuellen Projekte durch den Abgleich mit Messungen in Extremsituationen weiter verifiziert. Die Analysen wurden durch die Messaufzeichnungen an zwei Standorten mit vier Messpunkten der 220-kV-Habsburgleitung und an drei Standorten mit sechs Messpunkten der 380-kV-Berninalleitungen durchgeführt. Dabei wurde hauptsächlich auf die Einflüsse der gut prognostizierbaren Aussenlufttemperatur, der Solareinstrahlung und der in der Schweiz komplexen Windverhältnisse fokussiert. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass im Netz mit den bisher saisonal abgestimmten Grenzwerten ein Teil des vorhandenen Spielraums bereits ausgenutzt wurde.

Durch die Analyse von weiteren Messstellen in anderen Klimazonen kann die vorgeschlagene Methode weiter überprüft werden. Zudem kann diese Methode durch die Resultate der zu Beginn angesprochenen Projekte zusätzlich verfeinert, optimiert und abgesichert werden.

Anschliessend ist geplant, die temperaturbasierte Netzführung im Systembetrieb umzusetzen. Bis dies so weit ist, werden die gewonnenen Erkenntnisse im Betrieb berücksichtigt und in aussergewöhnlichen Situationen als Entscheidungsgrundlage verwendet.

### Referenzen

- [1] IEEE, IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors, IEEE Std 738-1993.
- [2] Joachim Bertsch, Gerhard Biedenbach, Mark Bucher, Volker Hinrichsen, Philippe Rothermann, Walter Sattinger, Urs Steinegger, Renata Teminova, Martin Weibel, Leitererwärmung im Hochspannungsübertragungsnetz, Bulletin SEVVSE 17/2007.
- [3] Martin Weibel, Martin Bucher, Urs Steinegger, Walter Sattinger, Jürgen Schmitt, Matthias Bucher, Leiterseiltemperaturmessung am Lukmanier, Bulletin SEVVSE 5/2010.

### Angaben zu den Autoren

**Urs Steinegger**, dipl. Natw. ETH, ist Geschäftsleiter der Meteodat GmbH.

Meteodat GmbH, 8005 Zürich, [steinegger@meteodat.ch](mailto:steinegger@meteodat.ch)

**Roland Notter**, Dipl.-Ing FH, ist Fachexperte innerhalb des Asset Design Teams bei Swissgrid AG.

Swissgrid AG, 5080 Laufenburg  
[roland.notter@swissgrid.ch](mailto:roland.notter@swissgrid.ch)

Dr.-Ing. **Walter Sattinger** ist Fachexperte innerhalb des Grid Management Teams bei Swissgrid AG.

[walter.sattinger@swissgrid.ch](mailto:walter.sattinger@swissgrid.ch)

Anzeige

# IS - E

## die starke Softwarelösung für Energieversorger

- > Abrechnung aller Energiearten und Dienstleistungen
- > Flexible Produktgestaltung
- > Ein- / Zwei-Vertragsmodell
- > Unbundling
- > CRM / Marketing
- > Vertragsmanagement
- > Business Intelligence (BI) / Management-Informationssystem (MIS)
- > Integration von EDM-Systemen, Fernablesesystemen, Ablesegeräten, Smart Metering

Über 420 Energieversorger mit mehr als 2 Mio. Messgeräten setzen auf das führende Informationssystem IS-E.