

# Alterung von Freileitungen

**Michael Muhr, Robert Schwarz, Stefan Jaufer**

Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement,  
Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18, 8010 Graz,  
[nachname@hspt.tu-graz.ac.at](mailto:nachname@hspt.tu-graz.ac.at)

Kurzfassung: Elektrische Energie ist aus der heutigen technisierten Gesellschaft eine nicht mehr wegzudenkende Selbstverständlichkeit. Meist wird erst im Fehlerfall die Bedeutung einer zuverlässigen Versorgung erkannt. Nicht nur die bedarfsgerechte Erzeugung von elektrischer Energie, sondern auch die zuverlässige Weiterleitung dieser, ermöglicht für den Kunden eine ausreichende Versorgungssicherheit und -qualität.

Durch die Öffnung des elektrischen Energiemarktes und Unbundling der Erzeugung und Übertragung in Europa sind sowohl die Energieerzeuger wie auch die Betreiber von Übertragungs- und Verteilnetze wesentlich stärker als früher gezwungen ihre Herstellungskosten, die Wartungs- und Instandhaltungskosten zu optimieren, gegebenenfalls zu senken.

Durch diese gewinnorientierte Betriebsweise der Kraftwerke werden große Lastflüsse über die Transportnetze Europas verschoben. Bei diesen nur schwer kontrollierbaren, rasch veränderlichen Lastflüssen werden einzelne Leitungen bis an ihre thermische Grenzleistung belastet.

Infolge der äußeren Einwirkungen aber auch durch den Betrieb unterliegen die Komponenten einer Alterung. Eine Alterung die sich massiv auf das Betriebsverhalten einer Leitung auswirken kann, ist die irreversible Seillängung infolge von Feinkornkriechen. Neben der reversiblen Längung in Folge Temperatur und mechanischer Seilspannung, wirkt sich diese irreversible Längung auf den Seildurchhang und damit auf den einzuhaltenden Sicherheitsabstand von Objekten zum spannungsführenden Leiter aus. Je nach den ursprünglichen Abstandsreserven wird mit fortschreitender Alterung ein Punkt erreicht, an dem die Leitung die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände bei Nennbelastung unterschreitet und damit nicht mehr den Vorschriften entspricht. Als Abhilfemaßnahmen können Belastungsreduktion wie auch bauliche Maßnahmen getroffen werden.

Im Hinblick auf die langen und umfangreichen Behördenverfahren in Österreich für Leitungsneuerrichtungen ist gerade der gegenwärtige Zustand des österreichischen Freileitungsnetzes, das in den Nachkriegsjahren entstanden ist, ein signifikanter Parameter der Versorgungssicherheit, welche damit auch die Attraktivität des Wirtschaftsstandortes Österreichs beeinflusst.

Keywords: Freileitung, Alterung, Seile, Durchhangsvergrößerung

# 1 Einleitung

Elektrische Energie ist aus der heutigen technisierten Gesellschaft eine nicht mehr wegzu-denkende Selbstverständlichkeit. Meist wird erst im Fehlerfall die Bedeutung einer zuverlässigen Versorgung erkannt. Systembedingt lässt sich elektrische Energie nicht im Netzwerk, wie z.B. in Öl- oder Gasleitungen, speichern. Die abgenommene Energie muss zeitgleich eingespeist werden. Die Verbindungen zwischen Erzeugern und Verbrauchern von elektrischer Energie werden großteils mit Freileitungen hergestellt. Nicht nur die bedarfsgerechte Erzeugung von elektrischer Energie, sondern auch die zuverlässige Weiterleitung dieser, garantiert für den Kunden eine ausreichende Versorgungssicherheit und -qualität. Um dies noch zu verbessern, werden die Kraftwerke über ein vermaschtes Übertragungsnetz mit den Endabnehmern verbunden. Mit diesem Kraftwerks- und Leitungsverbund kann somit eine noch zuverlässigere und ausfallssichere Versorgung gewährleistet werden.

Durch die Öffnung des elektrischen Energiemarktes und Unbundling der Erzeugung und Übertragung in Europa sind sowohl die Energieerzeuger wie auch die Betreiber von Übertragungs- und Verteilnetze wesentlich stärker als früher gezwungen ihre Herstellungskosten, die Wartungs- und Instandhaltungskosten zu optimieren, gegebenenfalls zu senken. Dies hat in der letzten Zeit dazu geführt, dass einerseits unrentable Kraftwerke stillgelegt wurden, andererseits eine regionale Überproduktion von hochrentablen Kraftwerken auftritt. In beiden Fällen muss über regionalen Freileitungen das Energiedefizit wie auch das Überangebot ausgeglichen werden.

Vor der Liberalisierung diente das Hochspannungsverbundnetzwerk zur Stützung der Energieversorgung im Fehlerfall. Die Leitungen wurden meist mit vorbestimmter bzw. vorhersehbarer Belastung genutzt, um im Fehlerfall noch ausreichende Sicherheitsreserven aufzuweisen. Heute werden die Transportnetze hoch dynamisch belastet, entsprechend den Regeln der Spotmarktbörse für elektrische Energie. Durch diese gewinnorientierte Betriebsweise der Kraftwerke werden große Lastflüsse über die Transportnetze Europas verschoben. Bei diesen nur schwer kontrollierbaren, rasch veränderlichen Lastflüssen werden einzelne Leitungen bis an ihre thermische Grenzleistung belastet. Sie können in einem Fehlerfall keine zusätzliche Belastung mehr übernehmen und werden im Überlastungsfall aus Sicherheitsgründen vom Netz getrennt. Durch diesen Ausfall von Leitungen wird aber auch das Verbundnetzwerk geschwächt und kann im schlimmsten Fall einen kompletten Zusammenbruch der Energieversorgung zur Folge haben (Dominoeffekt). Die Netzbetreiber sind daher gezwungen die zuverlässige Übertragung zu gewährleisten. Eine Aufgabe, die konträr mit der Vorgabe einer Kostensenkung einhergeht. Deshalb werden heutzutage verstärkt moderne Diagnosemethoden eingesetzt, um kostengünstig eine zustandorientierte Instandhaltung der Leitungen zu ermöglichen.

## 2 Alterungseinflüsse

Neben den zufälligen Fehlern geht auch die Alterung der Freileitung in die Zuverlässigkeit des Systems ein. Die Alterungsursachen und die -geschwindigkeit sind hauptsächlich von den eingesetzten Werkstoffen und den lokalen Beanspruchungen abhängig. [1][6]

Je Teilkomponente einer Freileitung ist im wesentlichen ein Verschleißteil, das in kürzeren oder längeren Zeiträumen überprüft und gegebenenfalls getauscht werden muss.

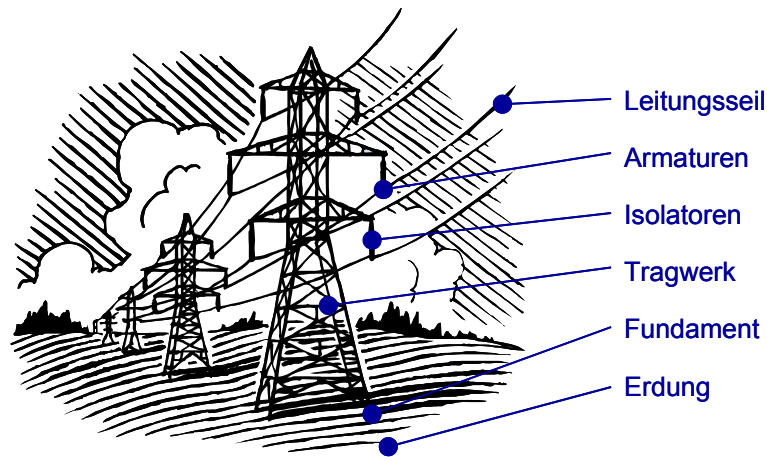


Abbildung 1: Hauptkomponenten einer Freileitung

## 2.1 Erdungsanlage

Die Erdungsanlage der Masten, die im Hoch- und Höchstspannungsbereich meist aus Stahlgitter bestehen, dient in erster Linie zur Sicherstellung der Personensicherheit während Erdschlüsse aber auch zur Vermeidung von Schäden an anderen Objekten.

Durch Bodenkorrosion, aber auch durch moderne Bodenbewirtschaftungsgeräte können vergrabene Erdungsleiter beschädigt werden und erfüllen damit nur mehr eingeschränkt Ihre Funktion.

## 2.2 Fundament oder Gründung

Das Fundament der Masten muss in der Lage sein, die aus den Lastfällen resultierenden Bauwerkslasten mit ausreichender Sicherheit in den vorhandenen Baugrund einzuleiten. Dabei dürfen keine unzulässigen Bewegungen der Gründungkörper auftreten. Durch die Bodenchemie, Bodenbewegung sowie Frost wird das Fundament angegriffen. Folglich können Rissen im Fundament auftreten, sodass die Armierung mit Feuchtigkeit in Kontakt tritt und korrodieren kann.

Die Folge ist, dass Teile des Fundaments keine tragfähige Verbindung mit dem Rest aufweisen und damit die Tragfähigkeit verringert wird.

## 2.3 Tragwerk

Das Tragwerk besteht in Mitteleuropa für Hoch- und Höchstspannungsleitungen meist aus einer Stahlgitterkonstruktion. Für den Korrosionsschutz sind die Profile größtenteils verzinkt und/oder mit einem wetterfesten Schutzanstrich versehen. Dieser Korrosionsschutz wird durch Wind und Wetter sowie durch die Sonnenbestrahlung im Laufe der Zeit abgetragen und verliert dadurch seine Funktion.

Ein Problem, das sich meist bei sehr alten Freileitungen ergibt, ist die Versprödung der Stahlprofile. Verwendet man heute bei der Stahlerzeugung reinen Sauerstoff, wurde in früheren Jahren Luft verwendet. Der darin enthaltene Stickstoff führt dazu, dass die Stahlprofile im Laufe der Zeit verspröden. Speziell der Bereich von Nieten und Verschraubungen ist dabei gefährdet. Durch die Versprödung kann die Konstruktion die auftretenden Belastungen nicht mehr standhalten und der Mast bricht.

## 2.4 Isolatoren

Der zwischen dem spannungsführenden Leiter und dem geerdeten Teil der Anlage eingebaute Isolator wird elektrisch und mechanisch beansprucht. Durch Verschmutzung an der Oberfläche wird in Verbindung mit Feuchtigkeit eine leitende Schicht aufgebaut. Die über diese Fremdschicht abfließenden Ströme führen zu lokalen Erwärmungen des Isolators wodurch thermische Spannungen aufgebaut werden können. Auch ist die Gefahr eines Überschlags entlang der Fremdschicht gegeben.

Bei älteren Quarzporzellanlangstabisolatoren führen mangelnde Brennprozesse zu einem nicht dicht gebrannten Kern. Diese inhomogenen Isolierkörper erfahren erhebliche Eigenspannungen durch Feuchtigkeit- und Temperaturwechsel und es bilden sich Risse aus, die zum Bruch des Isolators führen.

## 2.5 Armaturen

Armaturen dienen der mechanischen Befestigung, der elektrischen Verbindung und dem Schutz von Leitern und Isolatoren. Dazu werden Klemmen, Verbinder, Schwingungsschutzeinrichtungen, Verbindungsbolzen, Lichtbogenschutzarmaturen und Feldsteuerringe gezählt. Die stromübertragenden Einrichtungen wie Klemmen und Verbinder werden durch den Betriebsstrom thermisch beansprucht, was zu einem Anstieg des Übergangs- bzw. Kontaktwiderstandes führt. Die flexible Aufhängung der Isolatoren oder -ketten wird durch Windanregung in Bewegungen versetzt. Dadurch wird im Laufe der Zeit der Korrosionsschutz von den Armaturen, wie auch am Tragwerk, abgetragen, und es kann zu einem Durchscheuern der Verbindungen kommen. Ebenso sind Schwingungsschutzeinrichtungen, wie die gängigen Stockridge-Dämpfer oder Feldabstandshalter durch die mechanische Beanspruchung Verschleißteile, die rechtzeitig ersetzt werden müssen bevor Schwingungen den Leiter beschädigen.

## 2.6 Freileitungsseile

Seile auf Freileitungen haben zwei Aufgaben: zum einen dienen sie dem Stromtransport und zum anderen dem Schutz der Stromtransportleitungen (Erdseil). Infolge einer atmosphärischen Entladung können bei einem Einschlag in ein Seil die Oberflächendrähte derart beschädigt werden, dass diese durchtrennt werden. Neben einer zusätzlichen Koronastörquelle bei Phasenseilen bedeuten diese abstehenden Drähte eine Querschnittsverringeringung des Seiles und können in weiterer Folge auch Kurzschlüsse hervorrufen.

Infolge langjährigen Betriebs von Seilen verändert sich die Oberfläche der Deckdrähte. Durch Korrosion, die durch Koronaspaltprodukte verstärkt werden kann, wird die Oberfläche matt und zusätzlich kommt es zu einer anhaftenden Schmutzschicht bestehend aus verbranntem Seilfett, Staub, Ruß und ähnlichem. Diese Schwärzung bewirkt ein Ansteigen der des Emissionsfaktors der Seiloberfläche, wodurch sich eine geänderte Wärmebilanz ergibt.

Einerseits kann das Seil über die Oberfläche mehr Wärmeleistung abgeben andererseits steigt die aufgenommenen Sonnenenergie. Dies führt zu einer höheren Seiltemperatur und zu einer Minderung der Stromübertragungsfähigkeit speziell bei geringen Windgeschwindigkeiten (siehe Abbildung 1).

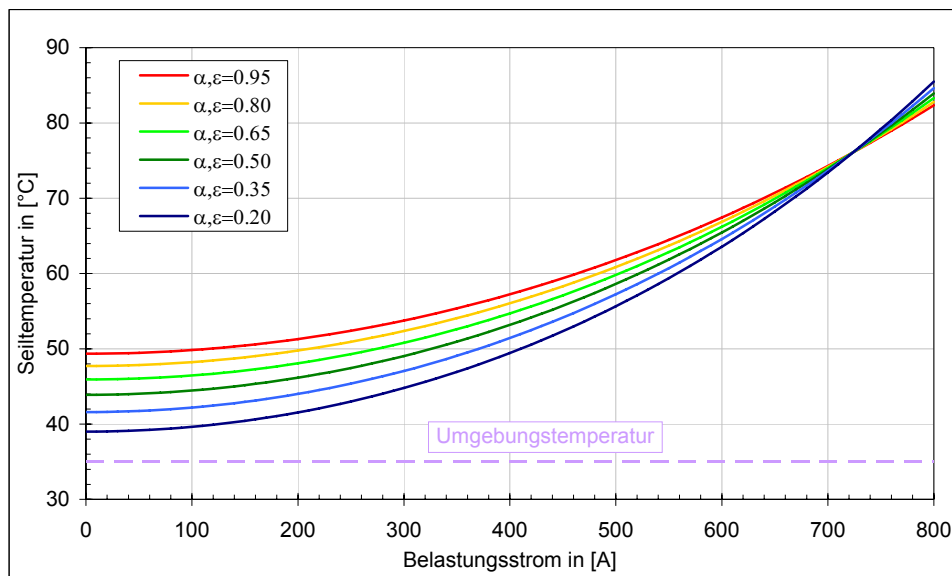


Abbildung 2: Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf die Seiltemperatur (ACSR 340/110, 0.6m/s Wind, 1045W/m<sup>2</sup> Sonneneinstrahlung)

In Mitteleuropa werden für Hochspannungsfreileitungen meist Stahl-Aluminium-Verbundseile (ACSR) verwendet. Der Stahlkern soll die mechanisch weiche, gut leitfähige Aluminiumhülle verstärken. Infolge der Seilkräfteaufteilung zwischen Stahl und Aluminium werden die Aluminiumdrähte mechanisch einer Dauerbeanspruchung ausgesetzt. Auf Grund des niedrigen Schmelzpunktes (ca. 660°C) neigt Aluminium zum Feinkornkriechen, dabei längt sich die Aluminiumhülle irreversibel. Der Stahlkern wird durch diese Längung mechanisch stärker belastet und dehnt sich reversibel mit. Die Folge des Feinkornkriechens ist, dass sich das Verbundseil im Laufe der Zeit, abhängig vom Seilaufbau, den Seilkräften und der Seiltemperatur längt und sich damit der Durchhang vergrößert. [2][3][4][5]

Um eine Kontaktkorrosion zwischen Stahl und Aluminium zu vermeiden, werden die Stahl-drähte verzinkt und zusätzlich gefettet. Bei älteren Freileitungen war die projektierte Seiltemperatur 40°C, später wurde sie auf 60°C bzw. heute auf 80°C für Standard - ACSR angehoben. Die niedrige Betriebstemperatur von 40°C oder 60°C bedeutete auch, dass es nicht notwendig war Seilfette mit einem Tropfpunkt von über 80°C zu verwenden. Meist wurden Fette mit einem Tropfpunkt von 50 bis 60°C eingesetzt. Werden nun alte Freileitung mit höheren Temperaturen betrieben, was mechanisch zulässig ist, kann die Seilfettung thermisch beschädigt werden (irreversible Fette) oder tritt an der Oberfläche aus (reversible Fette). In beiden Fällen ist der verzinkte Stahlkern ungeschützt in einer Aluminiumhülle. In Verbindung mit Wasser bildet sich ein galvanisches Element und der lasttragende Stahlkern korrodiert.

### 3 Irreversible Seillängung

Durch die permanente Seilspannung, die sich vom Zeitpunkt des Auflegens der Seile über die gesamte Nutzungsdauer erstreckt, längt sich das Verbundseil irreversibel. Diese Längung ist abhängig von den verwendeten Seilwerkstoffen, dem Seilaufbau, der Seilkraft, der durchschnittlichen Seiltemperatur, der maximalen Temperatur und der Nutzungsdauer.

### 3.1 Ursachen und Auswirkungen des Seilkriechens

Aluminium und Stahl haben unterschiedliche Materialeigenschaften und der kombinierte Einsatz kompensieren die jeweils negativen Eigenheiten. Eine davon ist, dass Aluminium bereits bei Raumtemperaturen unter Beanspruchung zur Kriechdehnung entlang der Korngrenzen neigt, während für den Stahlkern eine technisch relevante Längenzunahme durch Kriechen ausgeschlossen werden kann.

Die Zunahme des Seildurchhanges kann auf eine irreversible Verlängerung des Seiles durch Alterung in Folge der Kriechneigung des Aluminiums zurückgeführt werden. Dadurch kommt es zu einer (teilweisen) Lastübertragung von der Aluminiumhülle auf den Stahlkern. Dieser muss so ausgelegt sein, dass er die Gesamtlast des Seiles tragen kann. Die Alterung sollte – somit abgesehen von der unerwünschten Zunahme der Durchhänge – nicht sicherheitsrelevant sein.

Das Kriechen erfolgt durch ein Korngrenzen – Diffusionskriechen (Coble-Kriechen) und die Kriechrate steigt linear mit der angelegten mechanischen Spannung. Der Prozess ist thermisch aktiviert und eine Temperaturrate von weniger als 10K bewirkt eine Beschleunigung der Kriechrate auf mehr als das Doppelte. Thermische Überlasten, die zur Überschreitung der Temperaturlimits führen, bewirken somit eine drastische Beschleunigung der Alterung (siehe Abbildung 3).

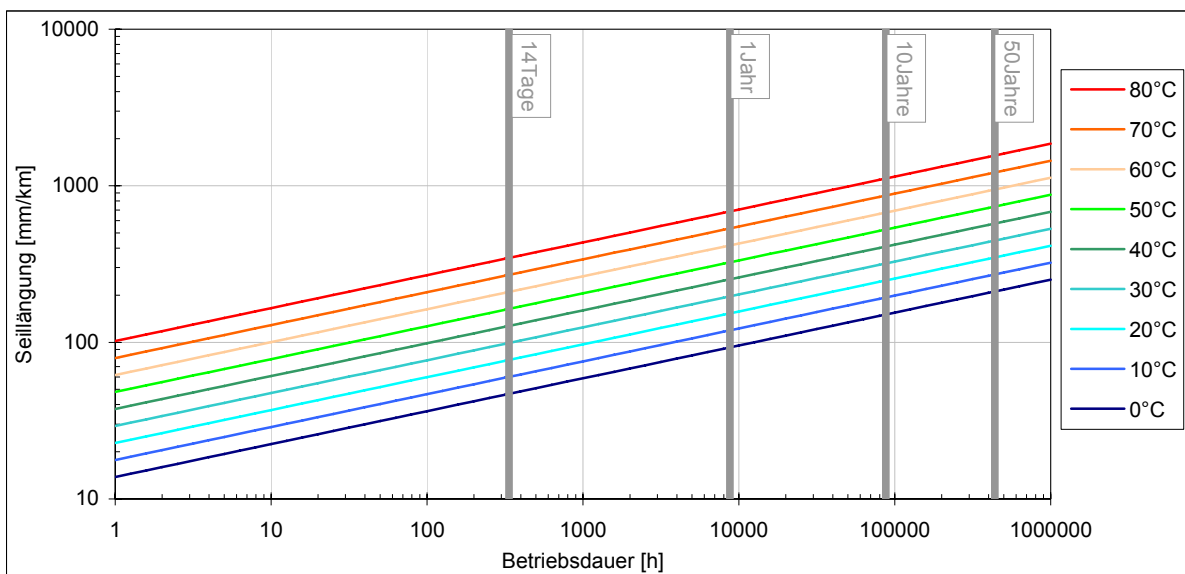


Abbildung 3: Seillängung als Funktion der Betriebsdauer bei unterschiedlichen Temperaturen (ACSR 340/110)

Am Beginn der Beanspruchung wird sich eine alterungsbedingte Verformungsrate einstellen, die mit zunehmender Lastübertragung (Spannungsrelaxation) abnimmt und schließlich gegen Null strebt. Die Alterung ist quasi erschöpft, wenn die Last von der Aluminiumhülle auf den Stahlkern übertragen wurde.

Mit der Längung der Aluminiumdrähte kann es bei Erwärmung des Seiles zu einem Abheben der Drähte kommen. Durch die dabei entstehenden Luftzwischenräume kommt es zu einer Reduktion der thermischen Querleitfähigkeit des Seilquerschnittes und damit zu einer stärkeren Erwärmung des stromführenden Stahlkernes. Durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit und den hohen Übergangswiderständen kommt es beim Bruch einem oder mehreren

Aluminiumdrähten zu einem sehr langen Heißstellenbereich. Damit verbunden ist auch unter Umständen eine Schädigung der Seilfettung und es kommt zur Kerndrahtkorrosion.

Eine höhere Seiltemperatur hat auf Grund der verstärkten Kriechneigung eine stärkere Längung des Seiles zur Folge. Damit ist auch eine Zunahme des Seildurchhanges verbunden.

In der Regel kann das Seil verfahrensbedingt beim Auflegen nicht sofort in die Endlage gebracht werden, da die Seilrollen durch die Seilklemmen getauscht werden müssen. Es ist daher realistisch, dass die Seildurchhänge 14 Tage nach der ersten mechanischen Beanspruchung eingeregelt werden und zu diesem Zeitpunkt dann die Klemmen montiert werden. Da sich das Seil in dieser Zeit am stärksten längt (höchste Längungsgeschwindigkeit) kann durch das spätere Einregeln ein Teil der alterungsbedingten Längung abgefangen werden (siehe Abbildung 4).

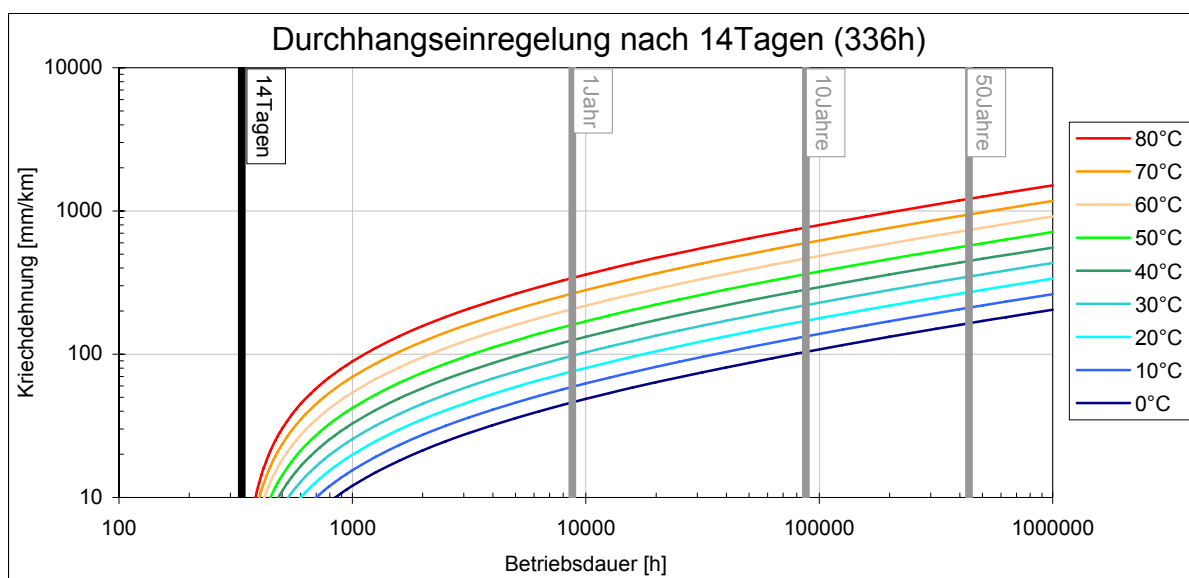


Abbildung 4: Seillängung als Funktion der Betriebsdauer, bei unterschiedlichen Temperaturen und einer Einregelzeit von 14 Tagen (ACSR 340/110)

### 3.2 Auswirkungen auf den Durchhang

In Folge der Kriechdehnung nimmt die Seillänge zwischen den Aufhängepunkten zu. Dies führt dazu, dass die Seilspannung abnimmt aber gleichzeitig der Durchhang zunimmt. In der folgenden Berechnung wird eine temperaturabhängige Seillängung durch Alterung für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren für eine typische 220kV Freileitung mit 300m Spannweite und einem 340/110 Verbundseil angenommen.

Tabelle 1: Bodenabstände und Änderungen bei 80°C Seiltemperatur und unterschiedlichen Alterungstemperaturen nach 50 Jahren

	Abstand zum Boden									
	ohne Alterung		Alterungstemperatur							
			20°C		40°C		60°C		80°C	
AM 1 ↔ TM 1	10.05m	0m	9.70m	0.347m	9.48m	0.569m	9.12m	0.925m	8.55m	1.496m
TM 1 ↔ TM 2	9.81m	0m	9.46m	0.349m	9.24m	0.573m	8.88m	0.933m	8.30m	1.510m
TM 2 ↔ TM 3	9.81m	0m	9.46m	0.351m	9.23m	0.575m	8.87m	0.937m	8.29m	1.516m
TM 3 ↔ TM 4	9.81m	0m	9.46m	0.349m	9.24m	0.573m	8.88m	0.933m	8.30m	1.510m
TM 4 ↔ AM 2	10.05m	0m	9.70m	0.347m	9.48m	0.569m	9.12m	0.925m	8.55m	1.496m

In Abhängigkeit von der mittleren Seiltemperatur während der 50jährigen Nutzungsdauer verringert sich der Bodenabstand in diesem Berechnungsbeispiel zwischen 35cm (20°C) und 93cm (60°C) (siehe Abbildung 5). Diese Abstandsverringeringen zehren die Sicherheitsreserven der Leitung auf.

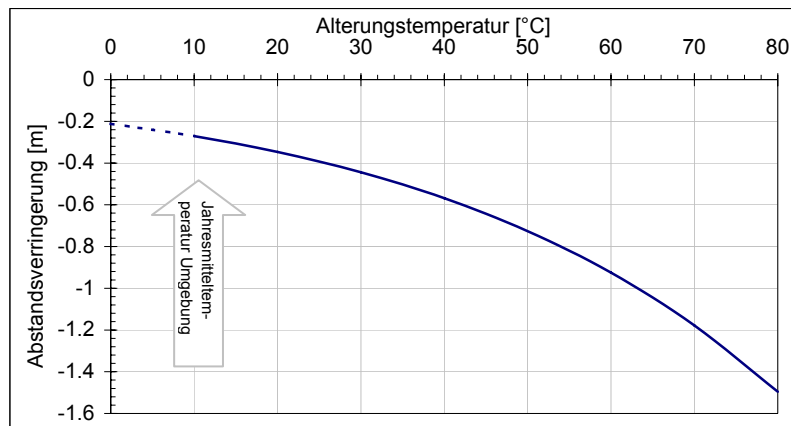


Abbildung 5: Abstandsverringering bei unterschiedlichen Alterungstemperaturen nach 50 Jahren gerechnet für 80°C Seiltemperatur (ACSR 340/110)

Ausgehend von der Jahresmitteltemperatur von 10°C würde eine unbelastete Leitung nach 50 Jahren eine Durchhangsvergrößerung um 27cm erfahren. Bei einer Leitung, die an ihre Belastungsgrenze von 80°C konstant betrieben wird, beträgt diese 150cm.

## 4 Abhilfemaßnahmen

Für den gesicherten Betrieb einer Freileitung müssen entsprechende Maßnahmen gesetzt werden um die Durchhangsalterungserscheinung zu eliminieren. Diese sind mit unterschiedlichem Aufwand verbunden und stellen nicht vorhergesehene Kosten innerhalb der ursprünglich geplanten Nutzungsdauer dar.

### 4.1 Belastungsreduktion

Wird bei Nennbetriebstemperaturen der vorgeschriebene Sicherheitsabstand nicht mehr eingehalten, so kann durch Absenkung der Betriebtemperatur der Seile der Durchhang reduziert werden. Eine Temperaturminderung bedeutet gleichzeitig eine Reduzierung der übertragbaren Leistung. Bei gleichem technischen Wartungsaufwand durch die eingeschränkte Betriebsweise kann weniger Profit erwirtschaftet werden bzw. der Erhaltungsaufwand pro übertragene Leistungseinheit steigt.

Mit der Belastungsreduktion kann es in Engpassregionen zu einer Verknappung des Energieangebotes kommen, bzw. internationale Übertragungsvereinbarungen können nicht erfüllt werden.

### 4.2 Tausch der Isolatorketten

Mit dem Austausch von mehrgliedrigen Isolatorketten durch kürzere einteilige Isolatoren kann das Seil ohne weitere bauliche Maßnahmen gehoben werden. Der Tausch kann in kurzer Zeit durchgeführt werden und ist unter gewissen Voraussetzungen während des Betriebes machbar. Von den Kosten her sind neben den Montagekosten, die Anschaffung der kürzeren Isolatoren und die Entsorgung der ausgebauten Isolatoren zu berücksichtigen.



### **4.3 Nachspannen der Seile**

Da sich das Seil im Laufe der Zeit längt, kann durch Nachspannen der Seile diese Längung kompensiert werden. Dazu müssen alle Tragklemmverbindungen in Rollen gelegt werden und an den Abspannketten entweder durch Nachsetzen der Abspannklemmen oder durch Verkürzen der Kettenschlösser eine entsprechende Reduktion der Seillänge erreicht werden. Diese Arbeiten können nur im spannungslosen Zustand der Freileitung durchgeführt werden und haben damit eine Nichtverfügbarkeit der Übertragungsstrecke für die Dauer der Arbeiten zur Folge.

Das Versetzen der Klemmen ist unter Umständen nicht unproblematisch, da der vorher geklemmte Seilbereich in der Tragklemme (Klemmungsdeformation, Schwingungsermüdung,...) nun in die freie Strecke des Spannungsfeldes wandert.

Das Nachspannen bewirkt eine Erhöhung der Seilkräfte, die von den Abspannmasten aufgenommen werden muss. Diese einseitige Belastung muss der Abspannmast standhalten können ansonsten muss der Mast ertüchtigt werden oder der gesamte Leitungszug der Freileitung nachgeregelt werden.

Sind die Voraussetzungen gegeben so ist diese Maßnahme vergleichsweise günstig durchzuführen.

### **4.4 Korrektur des Bodenprofils**

Wird der notwendige Bodenabstand nicht mehr eingehalten, besteht die Möglichkeit das Bodenniveau durch Grabungsarbeiten abzusenken. Diese Maßnahme ist nur in un bebauten Gebieten durchführbar und stellt einen großen Eingriff in die Umwelt dar. Ist zum Beispiel eine Bodenkorrektur von 0.5m auf einer Breite von 12m und einer Länge von 100m durchzuführen, so muss 600m<sup>3</sup> Erde bewegt und endgelagert werden. Auch ist die Frage welche Genehmigungen für diese Arbeiten notwendig sind.

Für sehr kleinräumige Stellen ist diese Methode überlegenswert und kann ohne Störung des Betriebes durchgeführt werden.

### **4.5 Mastaufstockung**

Durch Einfügen eines Elementes (Schuss) in die bestehenden Gittermasten kann ebenfalls der Bodenabstand erhöht werden. Diese Maßnahme wird zum Teil schon unter Spannung durchgeführt. Zu prüfen ist allerdings ob die Maststatik diesen Eingriff zulässt. Ebenso ist die Genehmigung um eine Masterrhöhung von der Flugsicherung einzuholen. Auch wirkt sich diese Maßnahme auf das Landschaftsbild aus.

### **4.6 Seiltausch**

Die gealterten Seile werden durch neue Seile ersetzt. Diese Methode ist nachhaltig, da damit neuwertige Betriebseigenschaften der Seile hergestellt werden. Infolge der vorgegebenen Maststatik können nur gleichwertige Seile mit meist gleichem Querschnitt aufgelegt werden. Durch die Verwendung von Hochtemperaturseilen (Betriebstemperaturen über 80°C) kann auch eine Vergrößerung der Übertragungsleistung erreicht werden.

## 4.7 Neubau

Die aufwendigste Methode ist der komplette Neubau der bestehenden Freileitung. Dabei wird zunächst die vorhandene Leitung demontiert und komplett mit Mastfundamente, Masten und Leitungsseilen neu errichtet. Neben der Nichtverfügbarkeit der Leitung während der Bauphase, den Kosten der Errichtung und Entsorgung sind auch die rechtlichen Aspekte zu klären, die einen Neubau zur Folge haben. Dem gegenüber stehen die Möglichkeiten des Neudesigns und der eventuelle Wechsel der Spannungsebene.

## 5 Zusammenfassung

Freileitungen sind das Rückgrad der Elektrischen Energieversorgung mit dezentralen Energieeinspeisungen. Infolge der äußeren Einwirkungen aber auch durch den Betrieb unterliegen die eingesetzten Komponenten einer Alterung. Eine Alterung, die sich massiv auf das Betriebsverhalten einer Leitung auswirken kann, ist die irreversible Seillängung infolge von Feinkornkriechen. Neben der reversiblen Längung, in Folge Temperatur und mechanischer Seilspannung, wirkt sich diese irreversible Längung auf den Seildurchhang und damit auf den einzuhaltenen Sicherheitsabstand von Objekten zum spannungsführenden Leiter aus. Je nach den ursprünglichen Abstandsreserven wird mit fortschreitender Alterung ein Punkt erreicht, an dem die Leitung die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände bei Nennbelastung unterschreitet. Als Abhilfemaßnahmen können Belastungsreduktion wie auch bauliche Maßnahmen getroffen werden.

Im Hinblick auf die langen und umfangreichen Behördenverfahren in Österreich für Leitungsneuerrichtungen ist gerade der gegenwärtige Zustand des österreichischen Freileitungsnetzes, das in den Nachkriegsjahren entstanden ist, ein signifikanter Parameter der Versorgungssicherheit, welche damit auch die Attraktivität des Wirtschaftsstandortes Österreichs beeinflusst.

## 6 Literatur

- [1] F. Kießling, P. Nefzger, U. Kaintzyk, „Freileitungen, Planung Berechnung Ausführung“, 5te Auflage, Springer Verlag Berlin, ISBN 3-540-42255-2
- [2] Electra Nr.: 24 - October 1972, „A Practical Method of Conductor Creep Determination, by Working Group 05 of SC No. 22 (Overhead Lines), 105ff
- [3] Electra Nr.: 75 - March 81, „Permanent elongation of conductors. Predictor equation and evaluation methods, by Working Group 22.05 of Study Committee Nr. 22 (Overhead Lines), 63ff
- [4] IEEE Std. 738-1993, „IEEE standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors“, IEEE 8 Nov 1993
- [5] M. Muhr, S. Pack, S. Jauer: Sag Calculation of Aged Overhead Lines, 14 International Symposium on High Voltage Engineering 2005, Peking, S206
- [6] H. Pohlmann, Alterung von Komponenten der Stromkreise in Freileitungen, i-Tagung, Mosdorfer Weiz 16.09.2004