



Brevet N°

87466

du 02.03.1989

Titre délivré

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



Monsieur le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes  
Service de la Propriété Intellectuelle  
LUXEMBOURG

## Demande de Brevet d'Invention

(1)

### I. Requête

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft (2)  
Kruppstrasse 5, D-4300 Essen 1, représentée par Monsieur Jean  
Waxweiler, 55 rue des Bruyères, Howald, agissant en qualité  
de mandataire (3)

dépose(nt) ce deux mars mil neuf cent quatre-vingt-neuf (4)  
à 15,00 heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg:

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant:

Verfahren zur Einrichtung und zum Betrieb einer Hochspan- (5)  
nungsfreileitung sowie für die Durchführung des Verfahrens  
ingerichtete Freileitungsseile

2. la description en langue allemande de l'invention en trois exemplaires;

3. / planches de dessin, en trois exemplaires;

4. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg, le 02.03.1989 ;

5. la délégation de pouvoir, datée de Essen le 20.02.1989 ;

6. le document d'ayant cause (autorisation);

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont): (6)

Arno KOHMEYER, Eschenburg 66, D-4300 Essen 14  
Hubert BRÜNINGHOFF, Händelstrasse 17, D-4284 Heiden

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de (7)

brevet déposée(s) en (8) Allemagne

le (9) 31 mars 1988

sous le N° (10) P 3810997.2-34

au nom de (11) Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft

élit(é lisent) domicile pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg

55 rue des Bruyères, Howald (12)

solicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes susmentionnées,

avec ajournement de cette délivrance à mois. (13)

Le déposant/mandataire: Waxweiler (14)

### II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes,  
Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du: 02.03.1989

à 15,00 heures



Pr. le Ministre de l'Économie et des Classes Moyennes,

P. d.

Le chef du service de la propriété intellectuelle,

A 68007

EXPLICATIONS RELATIVES AU FORMULAIRE DE DÉPÔT

(1) s'il y a lieu "Demande de certificat d'addition au brevet principal, à la demande de brevet principal No . . . . . au . . . . ." - (2) inscrire les nom, prénom, profession, adresse du demandeur, lorsque celui-ci est un particulier ou les dénomination sociale, forme juridique, adresse du siège social, lorsque le demandeur est une personne morale - (3) inscrire les nom, prénom, adresse du mandataire agréé, conseil en propriété industrielle, muni d'un pouvoir spécial, s'il y a lieu: "représenté par . . . . . agissant en qualité de mandataire" - (4) date de dépôt en toutes lettres - (5) titre de l'invention - (6) inscrire les noms, prénoms, adresses des inventeurs ou l'indication "(voir) désignation séparée (suivra)", lorsque la désignation se fait ou se fera dans un document séparé, ou encore l'indication "ne pas mentionner", lorsque l'inventeur signe ou signera un document de non-mention à joindre à une désignation séparée présente ou future - (7) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité, brevet européen (CBE), protection internationale (PCT) - (8) Etat dans lequel le premier dépôt a été effectué ou, le cas échéant, Etats désignés dans la demande européenne ou internationale prioritaire - (9) date du premier dépôt - (10) numéro du premier dépôt complet, le cas échéant, par l'indication de l'office receveur (CBE/PCT) - (11) nom du titulaire du premier dépôt - (12) adresse du domicile effectif ou élu au Grand-Duché de Luxembourg - (13) 2, 6, 12 ou 18 mois - (14) le nature du demandeur ou du mandataire agréé

1612

PRIORITÄTS-BEANSPRUCHUNG

L-3354

der Patent-Anmeldung

in Deutschland

vom 31. März 1988

unter Nr. P 3810997.2-34

B E S C H R E I B U N G

ZU EINER PATENTANMELDUNG

IM

GROSSHERZOGTUM LUXEMBURG

---

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk  
Aktiengesellschaft  
Kruppstrasse 5  
D-4300 Essen 1

---

Verfahren zur Einrichtung und zum Betrieb einer  
Hochspannungsfreileitung sowie für die Durchführung  
des Verfahrens eingerichtete Freileitungsseile

---

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einrichten und zum Betrieb einer Hochspannungsfreileitung mit einer Mehrzahl von Freileitungsseilen, die eine Dauerstrombelastbarkeit mit vorgegebenen Richtwerten aufweisen. Die Richtwerte sind normiert und werden nach Maßgabe definierter Bedingungen ermittelt. Die Erfindung betrifft fernerhin Freileitungsseile aus geeigneten Legierungen und geeignetem Verseilungsaufbau, die für das erfindungsgemäße Verfahren besonders geeignet sind.

Im Rahmen der aus der Praxis bekannten Maßnahmen, von denen die Erfindung ausgeht, können die vorgegebenen Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit im Netzbetrieb nicht ohne Einschränkung aufrechterhalten werden, es sei denn, es werden beachtliche Risiken in Kauf genommen. Das beruht darauf, daß der Dauerstrom zu Temperaturerhöhungen der Freileitungsseile führt, die Richtwerte aber nach Maßgabe einer zulässigen Seiltemperatur beschränkt sind. Die zulässige Seiltemperatur hängt von der Legierung und dem Verseilungsaufbau ab. Die unter Dauerstrom sich einstellende Seiltemperatur hängt demgegenüber von Umgebungseinflüssen, wie Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit und Emissionskoeffizient der Seile ab. Von diesen Parametern sind in DIN 48 204, Ausgabe April 1967, lediglich eine Windgeschwindigkeit von 0,6 m/s im Sinne eines Mindestwertes und eine Umgebungsausgangstemperatur von 35 °C im Sinne eines Maximalwertes genannt. Das hat zur Folge, daß z. B. bei starker Sonneneinstrahlung und Windstille die Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit bei bestimmungsgemäßem Netzbetrieb nicht ausgenutzt werden können, was die Dispositionsmöglichkeiten des Netzbetriebes erheblich beeinträchtigt.

Im einzelnen ist zu diesen Zusammenhängen in bezug auf die Bundesrepublik Deutschland folgendes vorzutragen: Im Hochspannungsfreileitungsbau werden Aluminium/Stahl-Seile und für besondere Anwendungsfälle auch Aldrey/Stahl-Seile bzw. auch reine Aldrey-Seile verwendet. Bei dem Werkstoff Aldrey handelt es sich um eine besondere Aluminiumlegierung erhöhter Festigkeit, die in die entsprechenden Normen Eingang gefunden hat. Die Freileitungsseile werden von den Herstellern als blanke Seile geliefert und werden auch als blanke Seile verlegt. In DIN 48 204, Ausgabe April 1967, werden den einzelnen Leiterquerschnitten erstmals feste Dauerstrombelastbarkeiten zugeordnet. Das gilt bis auf einige Ausnahmen noch heute und geht aus von Alfred Webs "Dauerstrombelastbarkeit von nach DIN 48 201 gefertigten Freileitungsseilen aus Kupfer, Aluminium und Aldrey" (Elektrizitätswirtschaft, 1962, Heft 23). Die in DIN 48 204 angegebenen Richtwerte für die Dauerstrombelastbarkeit unterliegen Einschränkungen. Es wird in DIN 48 204 ausdrücklich betont, daß die Richtwerte bis 60 Hz nur gültig sind bei einer Windgeschwindigkeit von 0,6 m/s und Sonneneinwirkung für eine Umgebungsausgangstemperatur von 35 °C und einer Seil-Endtemperatur von 80 °C. Für besonders gelagerte Fälle bei ruhender Luft sind die Richtwerte im Mittel um 30% herabzusetzen. In allen Fällen darf die Temperatur des Freileitungsseils im Dauerbetrieb 80 °C nicht überschreiten. Für den Kurzschlußfall gelten besondere Vorschriften. In den letzten Jahren sind

unter anderem in der Bundesrepublik Deutschland Freileitungsseile auf den Markt gekommen, für die die angegebenen Normen nicht gelten. Diese Freileitungsseile bestehen aus Drähten einer besonderen, temperaturstabilen Aluminiumlegierung sowie einer Stahlseele. Die mechanischen Festigkeitswerte sind bis zu einer Freileitungstemperatur von 150 °C stabil. Bei höheren Temperaturen treten jedoch erhebliche Probleme auf: Die mechanische Festigkeit fällt aufgrund irreversibler Veränderungen im kristallinen Aufbau der Drähte in beachtlichem Maße bleibend ab.

Im Ergebnis ist festzustellen, daß Freileitungsseile aus den heute üblichen und angegebenen Werkstoffen in betrieblichen Normalschaltungen nicht über längere Zeit mit den in DIN 48 204 oder vom Hersteller angegebenen Strömen belastet werden dürfen, wenn anders erhebliche Risiken auftreten würden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, anzugeben, wie vorzugehen ist, damit die vorgegebenen Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit im Netzbetrieb ohne störende Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen risikofrei genutzt werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden erfindungsgemäß die Freileitungsseile mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet sowie dadurch mit einem Emissionskoeffizienten von größer 0,60, vorzugsweise größer 0,90, versehen und werden die vorgegebenen

Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit im Netzbetrieb ohne störende Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen eingehalten. - Die Erfindung nutzt die bekannte physikalische Tatsache, daß ein sogenannter schwarzer Strahler seiner absoluten Temperatur entsprechende Wärmestrahlen in einer durch das Plancksche Strahlungsgesetz (spektrale Emission) bzw. das Stefan-Boltzmannsche Gesetz (Gesamtemission) gegebenen höchstmöglichen Stärke abstrahlt. Der Emissionskoeffizient des schwarzen Strahlers ist bekanntlich 1. Die Erfindung approximiert die Freileitungsseile durch die schwarze Oberfläche einem solchen schwarzen Strahler. Folglich findet erfindungsgemäß eine wesentlich verbesserte Wärmeabstrahlung statt, und zwar so, daß es überraschenderweise möglich ist, die vorgegebenen Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit im Netzbetrieb ohne störende Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen risikofrei einzuhalten. Es versteht sich, daß man sich bemühen wird, den schwarzen Strahler möglichst weitgehend zu approximieren. Schon mit einem Emissionskoeffizienten von 0,60 können die vorgegebenen Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit ohne wesentliche Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen eingehalten werden.

Im einzelnen bestehen im Rahmen der Erfindung mehrere Möglichkeiten der weiteren Ausbildung und Gestaltung. Im allgemeinen ist es ausreichend, daß lediglich die freiliegenden Flächen der Freileitungsseile mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet werden. Im Rahmen der Erfindung können die Freileitungsseile so auch im montierten Zustand mit der schwarzen Oberfläche ausgerüstet werden. Man kann aber auch die einzelnen Drähte in den Freileitungsseilen, d. h. in den verschiedenen Drahtlagen und/oder im Kern, umlaufend mit einer schwarzen Oberfläche ausrüsten.

Gegenstand der Erfindung sind auch Freileitungsseile für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, welche eine Dauerstrombelastbarkeit mit vorgegebenen Richtwerten aufweisen. Diese Freileitungsseile sind dadurch gekennzeichnet, daß sie vor der Montage mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet sind und einen Emissionskoeffizienten von größer 0,60, vorzugsweise größer 0,90, aufweisen. Im einzelnen bestehen im Rahmen dieser Grundkonzeption verschiedene Möglichkeiten. So kann mit Legierungen gearbeitet werden, die mit Hilfe besonderer Legierungselemente schwarz und folglich auch mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet sind. Man kann aber auch die schwarze Oberfläche durch eine Beschichtung bilden. Im einfachsten Falle lehrt die Erfindung, daß die Beschichtung aus einem Farbstoff besteht, der mechanisch aufgebracht ist. Die Beschichtung kann aber auch elektrolytisch aufgebracht sein. Dabei kann mit allen üblichen Methoden der Galvanotechnik gearbeitet werden, und zwar sowohl stromlos als auch unter Strom. Zu guten Ergebnissen in bezug auf den Emissionskoeffizienten kommt man auch dadurch, daß die einzelnen Drähte in den verschiedenen Drahtlagen und/oder im Kern bzw. der Kern mit der schwarzen Oberfläche ausgerüstet sind. Nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung ist die schwarze Oberfläche matt ausgebildet.

Im folgenden werden die Erfindung und erreichte Vorteile anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert:

Zunächst wurden übliche Freileitungsseile mit blanker Oberfläche untersucht, und zwar unter den realen Bedingungen,

denen ein Freileitungsseil unter atmosphärischen Einwirkungen unterliegt. Dabei wurden unter Dauerstrom gemäß DIN 48 204 Übertemperaturen bis zu 65 °C gemessen. Durch derartige Übertemperaturen kann die Festigkeit der üblichen Freileitungsseile auf 79% und weiter absinken. Je nach der Legierung treten dabei bleibende Beeinträchtigungen der Festigkeit auf, die ein Risiko darstellen.

Unter dergleichen Versuchsbedingungen wurden danach die Freileitungsseile gleicher Provenienz und Konstruktion untersucht, die jedoch mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet waren. Die Schwärzung wurde mit handelsüblichem, temperaturbeständigem Mattlack vorgenommen. Der Mattlack wurde aus Sprühdosen aufgetragen. Der Emissionskoeffizient der so behandelten Freileitungsseile lag bei 0,98. Die Versuche zeigten, daß durch die Schwärzung der Oberfläche der Freileitungsseile auch bei Windgeschwindigkeiten von unter 0,6 m/s die vom zulässigen Dauerstrom hervorgerufene Seiltemperatur erheblich abgesenkt werden konnte. Die Absenkung war stets so groß, daß die zulässigen Seiltemperaturen nicht überschritten wurden. Das bedeutet, daß die in DIN 48 204 angegebenen Richtwerte für die Dauerstrombelastbarkeit bzw. die vom Hersteller angegebenen Richtwerte für die Dauerstrombelastbarkeit ohne jede Einschränkung durch Umgebungsbedingungen im Netzbetrieb risikofrei eingehalten werden können. Es versteht sich, daß die Abstrahlung von Wärme aus einem mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüsteten Freileitungsseil umso intensiver ist, je höher die sich einstellende Temperatur ist, denn die Abstrahlung geht mit der vierten Potenz der Temperatur.

Die Versuche zeigen, daß erfindungsgemäß eine erhebliche Verbesserung in bezug auf den Netzbetrieb erreicht wird, der risikofrei ohne Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen möglich ist. Darüber hinaus erreicht die Erfindung weitere beachtliche Vorteile: Ein Vorteil ergibt sich bei der konstruktiven Auslegung einer Hochspannungsfreileitung, wenn diese erfindungsgemäß eingerichtet wird. Für die Ermittlungen der notwendigen Höhen der Leitungsmaste ist die Durchhangsvergrößerung der Freileitungsseile mit wachsender Seiltemperatur ein wichtiges Auslegungskriterium. Kann die nach den Bestimmungen zugrundezulegende Auslegungstemperatur niedriger angesetzt werden, so können die Masthöhen entsprechend vermindert werden, was im Rahmen der Erfindung in erheblichem Maße ausnutzbar ist. Von besonderer Bedeutung ist die Lehre der Erfindung auch bei der Umbeseilung vorhandener Hochspannungsleitungen, wenn zur Erhöhung des Übertragungsvmögens die Freileitungsseile mit höheren Strömen und damit mit höheren Temperaturen betrieben werden sollen. In aller Regel müssen wegen des dann größeren Durchhanges der Freileitungsseile eine größere Anzahl von Leitungsmasten durch Zwischenschüsse erhöht oder neu erstellt werden. Verfährt man nach der Lehre der Erfindung, so läßt sich die Zahl dieser Maste erheblich vermindern.

Es versteht sich, daß die Wärmeabstrahlung auch Einfluß auf die Ohmschen Verluste in einer Hochspannungsfreileitung hat. Über Temperaturkoeffizienten steigt der Ohmsche Widerstand

der Freileitungsseile bekanntlich linear mit der Seiltemperatur. Senkt man bei gegebenen Strömen durch Schwärzen der Oberfläche der Freileitungsseile deren Temperatur, so nehmen entsprechend die Verluste linear ab. Bei weitgehender Windstille, bei der das Wärmeabstrahlungsvermögen der Seile für die Wärmebilanz und damit für die Temperatur der Freileitungsseile dominierend ist, tritt dieser Effekt am deutlichsten zutage. Die Verminderung der Verlustleistung kann 8% und sogar 28% und mehr betragen, je nach der eingestellten Seiltemperatur, die erfindungsgemäß eingehalten wird, wenn der Netzbetrieb mit den Richtwerten der Dauerstrombelastung erfolgt. Insoweit ist Gegenstand der Erfindung auch ein Verfahren zur Reduzierung der Ohmschen Verluste der Freileitungsseile einer Hochspannungsleitung im üblichen Netzbetrieb.

---

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Einrichtung und zum Betrieb einer Hochspannungsfreileitung mit einer Mehrzahl von Freileitungsseilen, die eine Dauerstrombelastbarkeit mit vorgegebenen Richtwerten aufweisen, wobei die Freileitungsseile mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet sowie dadurch mit einem Emissionskoeffizienten von größer 0,60, vorzugsweise größer 0,90 versehen und die vorgegebenen Richtwerte der Dauerstrombelastbarkeit im Netzbetrieb ohne störende Einschränkungen durch Umgebungsbedingungen eingehalten werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei lediglich die freiliegenden Flächen der Freileitungsseile mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die einzelnen Drähte in den Freileitungsseilen umlaufend mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die montierten Freileitungsseile mit der schwarzen Oberfläche ausgerüstet werden.
5. Freileitungsseil für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welches eine Dauerstrombelastbarkeit mit vorgegebenen Richtwerten aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß es vor der Montage mit einer schwarzen Oberfläche ausgerüstet ist und einen Emissionskoeffizienten von größer 0,60, vorzugsweise größer 0,90, aufweist.
6. Freileitungsseil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die schwarze Oberfläche durch eine Beschichtung gebildet ist.
7. Freileitungsseil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung aus einem Farbstoff besteht, der mechanisch aufgebracht ist.

8. Freileitungsseil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung elektrolytisch aufgebracht ist.

9. Freileitungsseil nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Drähte in den verschiedenen Drahtlagen und/oder im Kern bzw. des Kerns mit der schwarzen Oberfläche ausgerüstet sind.

10. Freileitungsseil nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die schwarze Oberfläche matt ausgebildet ist.

---