



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP E 01 B / 310 245 8	(22)	10.12.87	(44)	10.05.89
(71)	Zentrales Forschungsinstitut des Verkehrswesens, Zentrum für Material- und Energieökonomie, Kirchmöser, 1802, DD				
(72)	Bohnewitz, Wilfried, Dipl.-Ing.; Abel, Wulf-Dietrich, Dipl.-Chem.; Thimjahn, Annelie; Meifert, Thilo, DD				
(54)	Verfahren zur Verbesserung der elektrischen Isolierung von Schwellen				

(55) Eisenbahn, Betriebsdienst, Oberbau, Dübel, Schwellen, Schwellenschrauben, Isolierstörungen, Isolierung, Gleisstromkreis, Sicherungstechnik

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des elektrischen Widerstandes des Eisenbahnoberbaues, das auch beim Straßenoberbau anwendbar ist. Ziel ist es, den elektrischen Widerstand so zu verbessern, daß trotz Nässe und Salzbelastung der geforderte Mindestwert nicht unterschritten wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Schwellenschrauben im oberen Bereich mit organischem Harz, gegebenenfalls mit textilem Stützgerüst, beschichtet werden. Weiterhin werden die Schwellenschrauben im Gewindebereich, die Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern, die Oberseite der stählernen Unterlagsplatten, deren Ränder und die der Gummi- oder Plastunterlagen mit einem wasserabweisenden elektrisch nichtleitenden Fett und/oder Öl beschichtet und die Schwellenschrauben mit einem abdichtenden Federelement verspannt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Verbesserung der elektrischen Isolierung von Schwellen, insbesondere bei Oberbauarten mit stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten für die Schienenauflagerung, mit Schwellenschrauben und mit an sich bekannten isolierenden Konstruktionselementen, wie elastische elektrisch nichtleitende Gummi- oder Plastunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern, Isolierdübeln oder gemäß DD 214639 instandgesetzten Dübeln, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich die Schwellenschrauben am Schaft und bis zu drei Gewindegängen im oberen Gewindebereich, gegebenenfalls auch einschließlich des Schraubenkopfes mit Schraubenteller, mit einem elektrisch nichtleitenden Überzug aus Teerepoxidharz oder Epoxidharz oder Polyurethanharz oder Alkyd-Aminharz-Einbrennsystem oder gesinterter Plaste beschichtet und die so behandelten Schwellenschrauben vor dem Einbauen im unteren Bereich, maximal bis zur Hälfte ihrer Länge, mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl beschichtet werden, gegebenenfalls die Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl vor dem Zusammenbauen beschichtet werden, die Schwellenschrauben jeweils mit einem abdichtenden geschlossenen Federelement gegen die stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten gespannt und gegebenenfalls die stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten, insbesondere deren Ränder einschließlich der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummi- oder Plastunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern oberflächlich mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl beschichtet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß unmittelbar vor dem Einbau das elektrisch nichtleitende wasserabweisende Fett und/oder Öl, vorzugsweise Silikonfett oder polyharnstoffeingedicktes Schmierfett mit einer Penetration bei 20°C von $85 \text{ bis } 475 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$ oder Silikonöl mit einer Viskosität bei 20°C von $10000\text{--}300000 \text{ mm}^2/\text{s}$ durch Spritzen, Streichen oder Tauchen auf die Schwellenschrauben aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektrisch nichtleitende Überzug der Schwellenschrauben durch ein Stützgerüst, vorzugsweise textiles Gewebe, verstärkt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als elektrisch nichtleitendes wasserabweisendes Fett und/oder Öl für die Beschichtung der Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern und das oberflächliche Beschichten der stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten, insbesondere deren Ränder einschließlich der elektrisch nichtleitenden Gummi- oder Plastunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern Silikonfett oder polyharnstoffeingedicktes Schmierfett, vorzugsweise mit einer Penetration bei 20°C von $250\text{--}475 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$ oder Silikonöl oder Bautenschutzmittel auf Silikonbasis, vorzugsweise mit einer Viskosität bei 20°C von 10 bis $1000 \text{ mm}^2/\text{s}$ verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das wasserabweisende elektrisch nichtleitende Fett und/oder Öl zum Beschichten der Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern und der stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten, insbesondere deren Ränder einschließlich der elektrischen nichtleitenden elastischen Gummi- oder Plastunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern in konzentrierter Form oder mit organischen Lösungsmitteln, vorzugsweise Siedegrenzenbenzin, im Volumenverhältnis max. 1:2 verdünnt, aufgebracht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als geschlossenes abdichtendes Federelement eine Tellerfeder oder mehrere Tellerfedern, maximal 2 und/oder eine elastische nichtleitende Textilkunststoffscheibe, vorzugsweise mit Epoxidharz oder Polyurethanharz getränktes Filzmaterial oder Stärke von 2–20 mm, vorzugsweise 5–10 mm, verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß je Schwelle nur eine Seite zusätzlich isoliert wird oder beide Seiten zusätzlich isoliert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß anstatt der Beschichtung des Gewindebereiches der Schwellenschrauben die Dübel mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl, vorzugsweise Silikonfett oder polyharnstoffeingedicktes Schmierfett, mit einer Penetration bei 20°C von $85 \text{ bis } 475 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$ gefüllt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Textilkunststoffscheibe aus mit Epoxidharz oder Phenolharz oder Polyurethanharz getränktem Filzmaterial zusätzlich mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl, vorzugsweise Silikonöl mit einer Viskosität bei 20°C von 100 bis 10000 mm²/s getränkt wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der elektrischen Isolierung und von Schwellen, insbesondere bei Gleisstromkreisen von Eisenbahnen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Gleisstromkreise dienen zur Rationalisierung und Automatisierung der Betriebsführung bei Eisenbahnen. Gefordert wird für Gleisstromkreise bei der DR ein Mindestwiderstand von $1 \Omega \cdot \text{km}$ und bei der Einzelschwelle ein Mindestwert von mind. 5Ω . Sinkt der Wert unter den zulässigen Mindestwert ab, ist eine Betriebsführung nur noch bei Außerkraftsetzung der vorhandenen Sicherungstechnik, d. h. Aufhebung der Signalabhängigkeit möglich. Dadurch wird die Sicherheit der Strecken erheblich reduziert. Das Absinken des elektrischen Widerstandes tritt besonders bei Salzbelastung, Nässe oder auch bei starkem Sonnenschein auf. Auf Grund der großen Bedeutung der Funktionsfähigkeit der Gleisstromkreise hat es bereits verschiedene Versuche zur Bewältigung dieses Problems gegeben, die insgesamt jedoch keine befriedigende Lösung brachten. Als konstruktive Maßnahme werden elastisch nichtleitende Unterlagen zwischen Schwellendeckfläche am Schienenaufleger und stählerner Unterlagsplatte oder Führungsplatte und Isolierdübel bei Betonschwellen vorgeschlagen. Zusätzliche Isoliermaßnahmen sind Schienenfußmanschetten aus elastischem nichtleitendem Material, Isolierringe für die Bohrungen der stählernen Unterlagsplatten sowie die doppelte Beschichtung der Rippenunterlagsplatten mit einer nichtleitenden härtenden Masse und einer stark hydrophoben elektrisch nichtleitenden pastösen Masse nach DD 225 459. Diese zusätzlichen Maßnahmen zielen alle auf eine Isolierung der Unterlagsplatten bzw. der Schiene gegen die Schwellenschraube und Schwelle ab. Schienenfußmanschette und Isolierring haben sich als nur begrenzt wirksam erwiesen. Die Schienenfußmanschette verringert den Durchschubwiderstand für die Schiene, erhöht damit das Sicherheitsrisiko, insbesondere bei lückenlosen Gleisen, und ist bei der Schiene R65 nur unter aufwendigen Veränderungen der stählernen Unterlagsplatten und hohem Arbeitsaufwand bei der Nachrüstung vorhandener Gleise und Weichen einsetzbar. Die bisherige Praxis zeigt, daß, bedingt durch die hohe mechanische Beanspruchung, die Standzeit der Schienenfußmanschette unzureichend ist. Der Isolierring besitzt ebenfalls eine geringe mechanische Stabilität. Außerdem ist für die Nachrüstung vorhandener Gleise und Weichen ein hoher Arbeitsaufwand erforderlich, Auswechseln der vorhandenen stählernen Unterlagsplatten gegen solche mit größeren Bohrungen und dadurch bedingte Sperrpausen, so daß sich dieses Verfahren nicht durchsetzen konnte. Das Verfahren nach DD 225 459 hat den großen Nachteil, daß die gesamte stählerne Unterlagsplatte beschichtet werden und an den Montagestellen das gesamte Sortiment, etwa 20 Arten von stählernen Unterlagsplatten, vorrätig gehalten werden muß. Die Beschichtung der Unterlagsplatten ist mit erheblichem Materialtransport, mehrmaliger Transport der stählernen Unterlagsplatten, und Materialeinsatz an Beschichtungsmaterial verbunden. Bei Weichen, bei denen in der Regel nur eine Schiene isoliert zu werden braucht, müssen ebenfalls beide Schienen mit den nach dem Verfahren nach DD 225 459 beschichteten stählernen Unterlagsplatten versehen werden, da die Stromführung nicht immer vorher festgelegt und eine Nachrüstung, insbesondere bei Parabelweichen, nicht immer möglich ist. Bei einschieniger Isolierung von Strecken sind außerdem teilweise zusätzlich Fahrten, Dreiecksfahrten, mit den Jochwagen erforderlich, um die Gleisjoche in die zur Montage notwendige Lage zu bringen. Bei nachträglicher Isolierung im Gleis ist die Auswechselung der stählernen Unterlagsplatten, ebenso wie beim Isolierring, mit einem Anheben der Schiene und mit einer Sperrpause für Zugverkehr und einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Ein weiterer Nachteil ist die Herabsetzung des Querverschiebewiderstandes durch die Beschichtung der Unterseite der stählernen Unterlagsplatten mit der stark hydrophoben pastösen Masse. Für den gesamten TUL-Prozeß kommt als erschwerend hinzu, daß die beschichteten Platten nicht beschädigt werden dürfen, so daß die bisherige Praxis des Werfens der Platten bzw. Verladen mittels Magnetkran nicht ausgeübt werden kann. Aus den genannten Gründen wird das Verfahren nach DD 225 459 nur auf Problemstrecken mit hoher Salzbelastung bzw. isolierten Schienenabschnitten bis zu 30 m Länge, sogenannten Räummeldern, beschränkt bleiben.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den elektrischen Widerstandswert der Isolierschwellen, der in der Praxis nicht ausreichend ist, durch einfache Maßnahmen, die sowohl bei neuen Schwellen als auch bei der Nachrüstung von Gleisen und Weichen angewendet werden können, so zu verbessern, daß die Gleisstromkreise stabil arbeiten. Dabei treten erheblich ökonomische Vorteile, wie etwa 10% Materialeinsparung, Nachrüstung ohne Sperrpausen, einfache Lagerhaltung und Handhabung, einfacher Transport und Mechanisierbarkeit im Vergleich zu den bisher vorgeschlagenen Lösungen auf.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die häufig auftretenden Isolierstörungen bei Gleisstromkreisen, deren Funktionsstörungen zu Einschränkungen der Sicherheit im Eisenbahnverkehr durch Außerbetriebsetzung der Sicherungstechnik sowie zu erheblichen Verringerungen der Transportleistungen, z. B. durch Langsamfahren, mit Befehl oder Zusatzsignal am „Halt“ zeigenden Signal vorbeifahren bzw. zur Entgegennahme des schriftlichen Befehls anhalten, führen und die Inbetriebnahme von automatisierten Streckenabschnitten unmöglich macht, mit möglichst einfachen Mitteln zu verhindern. Die bisherigen Verfahren haben sich entweder auf Grund der geringen Wirkungsdauer oder des hohen technischen und ökonomischen Aufwandes nicht durchsetzen können. So ist beispielsweise die Haltbarkeit des Isolierringes nicht ausreichend, so daß häufig beim Einbau Zerstörungen auftreten, die zur Metall-Metall-Berührung führen. Außerdem ist die Nachrüstung vorhandener Strecken sehr aufwendig, da aufgebohrte Platten benötigt werden und somit die gesamten stählernen Unterlagsplatten ausgetauscht werden müssen. Gleiches gilt auch für das Verfahren nach DD 225459, bei dem ebenfalls die gesamten stählernen Unterlagsplatten ausgewechselt werden müssen. Das Verfahren ist außerdem sehr materialintensiv, da die stählernen Unterlagsplatten vollständig beschichtet werden müssen. Es erfordert ferner einen hohen Aufwand an Transport und Lagerung der verschiedensten Bauformen der stählernen Unterlagsplatten.

Es bestand daher das dringende Bedürfnis, ein einfacheres Verfahren zu finden, das auch mechanisierbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zusätzlich zu bekannten isolierend wirkenden Konstruktionselementen, wie elastische nichtleitende Gummi- oder Plastunterlage zwischen stählerner Unterlagsplatte und Schwellendeckfläche am Schienenaufleger, Isolierdübel oder gemäß DD 214639 instandgesetztem Dübel, die Schwellenschraube am Schaft und bis zu 3 Gewindegängen im oberen Gewindebereich, gegebenenfalls auch die Unterseite des Schraubentellers mit einem elektrisch nichtleitenden Überzug aus Teerepoxidharz oder Polyurethanharz oder Alkyd-Aminharz-Einbrennsystem oder gesintertem Plastüberzug beschichtet werden und die so behandelten Schwellenschrauben vor dem Einbauen im unteren Bereich, maximal bis zur Hälfte ihrer Länge, und gegebenenfalls die Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl vor dem Zusammenbau beschichtet werden, die Schwellenschrauben jeweils mit einem abdichtenden geschlossenen Federelement gegen die stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten verspannt und gegebenenfalls die Oberseite der stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und deren Ränder, einschließlich der der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummi- oder Plastunterlage zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern oberflächlich mit einem elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fett und/oder Öl überzogen werden.

Die angegebenen Verfahrensschritte sind prinzipiell ohne Inanspruchnahme von Sperrpausen durchführbar. Die als gegebenenfalls bezeichnete Beschichtung der Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern, die einen größeren Aufwand bedeutet, ist nur bei stehender Nässe unter den elektrisch nichtleitenden Gummi- oder Plastunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten oder Führungsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern erforderlich. Sind bei der Nachisolierung die Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern trocken, kann das Beschichten dieser Flächen entfallen. Die gleichfalls nicht unbedingt erforderliche Mitbeschichtung des Schwellenschraubkopfes, einschließlich des Schraubentellers, erfolgt, wenn die Schrauben durch Tauchen vom Kopf aus beschichtet werden. Ist der Isolierdübel defekt, muß eine elastische nichtleitende Textilkunststoffscheibe, vorzugsweise mit Epoxid- oder Polyurethanharz getränktes Filzmaterial, verwendet werden. Die Tellerfeder kann dabei entfallen. Entsprechend den Anforderungen des Sicherungswesens kann das Verfahren so angewendet werden, daß entweder eine Seite oder beide Seiten der Schwelle isoliert werden.

Für das Verfahren eignen sich alle elektrisch nichtleitenden wasserabweisenden Fette und/oder Öle, gegebenenfalls mit entsprechender Verdünnung, vorzugsweise mit Siedegrenzenbenzin. Am besten haben sich jedoch elektrisch nichtleitendes wasserabweisendes Silikonfett bzw. elektrisch nichtleitendes wasserabweisendes polyharnstoffeingedicktes Schmierfett bewährt. Ersterem ist dabei der Vorzug zu geben. Als Öl eignet sich am besten elektrisch nichtleitendes Silikonöl oder Bautenschutzmittel auf Silikonbasis. Bei hochviskosem Öl ist die Viskosität entsprechend der gewählten Beschichtungsart, wie Spritzen oder Streiche, mit einem organischen Lösungsmittel, vorzugsweise Siedegrenzenbenzin, auf eine bei der jeweiligen Temperatur anwendbare Viskosität einzustellen.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll an einigen Beispielen näher erläutert werden:

Beispiel 1

Eine Einzelschwelle mit Isolierdübeln und elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten und Schwellendeckflächen wurde wie folgt beiderseitig zusätzlich isoliert: Schwellenschrauben, die einschließlich Schraubenkopf durch Tauchen bis einschließlich des 3. Gewindeganges mit Teerepoxidharz beschichtet wurden, wurden mit je einer Tellerfeder versehen, mit dem unteren Teil bis etwa $\frac{1}{3}$ der Schraubenlänge in Silikonfett NP 11 vom VEB Chemiewerk Nünchritz getaucht, anschließend durch die Bohrlöcher der stählernen Unterlagsplatten in die Dübel eingesetzt und mit einem Schraubgerät fest mit den stählernen Unterlagsplatten verspannt. Anschließend wurden die stählernen Unterlagsplatten, insbesondere deren Ränder, einschließlich der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern mit Silikonöl NM 1-350 vom VEB Chemiewerk Nünchritz, das mit 20 Vol.-% Siedegrenzenbenzin verdünnt wurde, mittels einer Baustrahlspritze äußerlich besprüht.

Beispiel 2

Eine Schwelle wurde wie im Beispiel 1 zusätzlich isoliert, außerdem wurden die elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlagen zwischen stählernen Unterlagsplatten und Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern gegen vergrößerte elektrisch nichtleitende elastische Plastunterlagen, deren Ränder etwa 1–2 cm über die Begrenzung der stählernen Unterlagsplatten herausragten, ausgetauscht und die Schwellendeckflächen an den Schienenauflagern mit Silikonöl NM 1-350 beschichtet.

Beispiel 3

Eine Schwelle mit Isolierdübeln und elastischer elektrisch nichtleitender Gummiunterlage wurde wie folgt einseitig weiter vervollständigt. Die Schwellenschrauben wurden am Schaft einschließlich der ersten 3 Gewindegänge und des Schraubentellers mit einem textilen Stützgewebe aus Kunstfasern (2 Lagen) versehen und mit Epoxidharz bis zur Sättigung getränkt. Anschließend wurden sie mit Tellerfedern, je eine pro Schraube, versehen, mit dem unteren Teil bis zu etwa der Hälfte der Schraubenlänge in Silikonfett NP 11 des VEB Chemiewerk Nünchritz getaucht, durch die Bohrlöcher der stählernen Unterlagsplatten in die Dübel gesteckt und festgezogen. Die stählernen Unterlagsplatten, einschließlich der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlagen, wurden anschließend mit Silikonöl NM 1-500 des VEB Chemiewerk Nünchritz besprüht.

Beispiel 4

Eine Schwelle mit defektem Isolierdübel und elektrisch nichtleitender elastischer Gummiunterlage wurde wie folgt einseitig weiter vervollständigt:

Die Schwellenschrauben wurden am Schaft mit einem textilen Stützgerüst (etwa 2 Lagen) versehen, das mit Epoxidharz getränkt wurde. Anschließend wurden bei der Hälfte der Schrauben zunächst je eine Tellerfeder aufgesteckt und danach je eine elastische nichtleitende Textilkunststoffscheibe von etwa 8 mm und bei der anderen Hälfte der Schrauben wurden erst die o. g. Textilkunststoffscheibe und danach die Tellerfedern aufgesteckt. Vor dem Einbau wurden die Schrauben mit dem unteren Teil bis etwa zur Hälfte der Gewindelänge in Silikonfett NP 11 des VEB Chemiewerk Nünchritz getaucht, die Schwellendeckfläche am Schienenaufleger vor dem Zusammenbau mit Silikonöl NM 1-350 eingestrichen, die Schrauben durch die Bohrlöcher der stählernen Unterlagsplatten in die Dübel gesteckt, mittels Schwellenschraubenschlüssel fest angezogen und die stählernen Unterlagsplatten, insbesondere an deren Ränder einschließlich der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlage ebenfalls mit Silikonöl NM 1-350 des VEB Chemiewerk Nünchritz eingestrichen.

Beispiel 5

Eine Einzelschwelle mit Isolierdübel und elastischer elektrisch nichtleitender Gummiunterlage wurde wie folgt einseitig vervollständigt:

Die Schwellenschrauben wurden am Schaft bis einschließlich 3. Gewindegang und Schraubenteller mit Alkyd-Aminharz-Einbrunnssystem des VEB Farben- und Lacke Leipzig beschichtet, mit einer Tellerfeder versehen und vor dem Einbau bis zu etwa der Hälfte ihrer Länge mit dem unteren Teil in polyharnstoffeingedicktes Schmierfett der Bezeichnung SWL 313 vom VEB Hydrierwerk Zeitz, Ceritolwerk Mieste, getaucht. Vor dem Zusammenbau wurde die Schwellendeckfläche am Schienenaufleger ebenfalls mit SWL 313 bestrichen. Die Schwellenschrauben wurden durch die Bohrlöcher der stählernen Unterlagsplatten in die Dübel gesteckt und mit dem Schwellenschraubenschlüssel fest angezogen. Anschließend wurden die Ränder der stählernen Unterlagsplatte einschließlich der elastischen elektrisch nichtleitenden Gummiunterlage mit SWL 313 bestrichen. Bei den in den Beispielen 1 bis 5 beschriebenen Schwellen wurden die Widerstandswerte im Trocken- und Naßzustand ermittelt. Gemessen wurde der Stromfluß jeweils zwischen den beiden stählernen Unterlagsplatten.

Die nachstehende Tabelle gibt die gemessenen Werte wieder:

Zustand der Schwellen vor der zusätzlichen Isolierung	Meßergebnisse in Kiloohm				
	1	2	3	4	5
trocken	18,5	25	20	2,1	28
naß	0,8	1,4	0,8	0,2	1,5
nach den zusätzlichen Maßnahmen					
trocken	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
naß	90	95	95	55	90

Beispiel 6

Ein Streckenabschnitt von 178 m wurde gemäß Beispiel 2 ausgerüstet. Dabei wurde nur eine Seite der Schwellen zusätzlich isoliert.

Die Meßwerte sind folgende:

	vor dem Nachisolieren	nach dem Nachisolieren
trocken	0,87 Ohm · km	1,30 Ohm · km
naß (37,4 l Wasser/m ²)	0,65 Ohm · km	1,20 Ohm · km

Wie die Beispiele zeigen, erfüllen alle erfindungsgemäß ausgerüsteten Schwellen und der Streckenabschnitt die Mindestanforderungen, bei den Einzelschwellen wurden sie weit übertroffen (Mindestanforderung trocken 5 Kiloohm). Außerdem sind die Unterschiede zwischen Trocken- und Naßwert trotz erheblicher Wasserbelastung nur noch sehr gering. Beispiel 4 zeigt, daß trotz fehlender Isolierdübel der Widerstand der Schwelle ein Mehrfaches der Mindestanforderung trocken sogar beim Naßwert erreicht wird, so daß praktisch der Isolierdübel entfallen kann. Vorteilhaft ist weiterhin, daß die genannten Verfahren ohne aufwendige Maßnahmen, wie Auswechseln der stählernen Unterlagsplatte oder Aufbohren der Bohrlöcher der stählernen Unterlagsplatte durchgeführt werden können.