

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 136 613
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 84111040.6

(51) Int. Cl.⁴: C 21 D 9/04

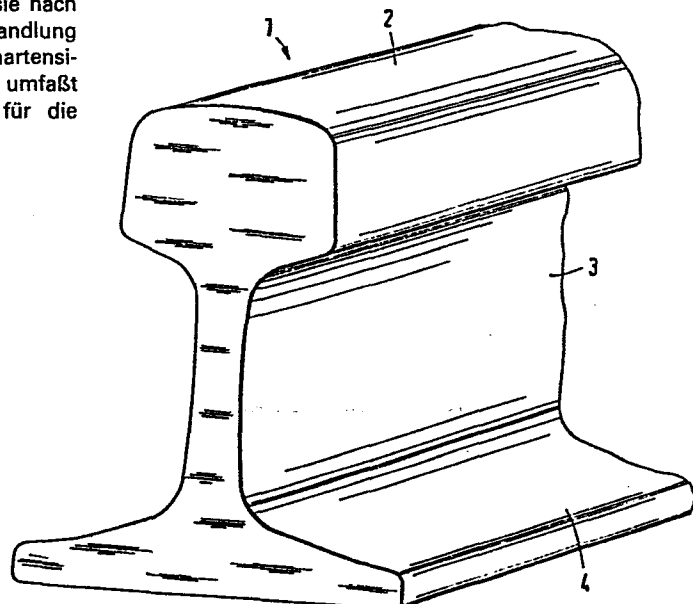
(22) Anmeldetag: 15.09.84

(30) Priorität: 04.10.83 DE 3336006

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.85 Patentblatt 85/15...(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT LU(71) Anmelder: Krupp Stahl AG
Alleestr. 165
D-4630 Bochum 1(DE)(72) Erfinder: Heller, Wilhelm, Dr.-Ing.
Elster Weg 8
D-4100 Duisburg 14(DE)(74) Vertreter: Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack
Postfach 14 01 47
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

(54) Schiene mit hoher Verschleißfestigkeit im Kopf und hoher Bruchsicherheit im Fuss.

(57) Der Erfindung betrifft eine Schiene mit hoher Verschleißfestigkeit im Schienenkopf und hoher Bruchsicherheit im Schienenfuß. Kennzeichen der Erfindung ist, daß sie nach dem Walzen und einer anschließenden Wärmebehandlung im Kopf ein feinerperlitisches Gefüge und im Fuß ein martensitisches Vergütungsgefüge aufweist. Die Erfindung umfaßt ferner bevorzugte Wärmebehandlungsverfahren für die Schiene.



EP 0 136 613 A2

COHAUSZ & FLORACK 0136613

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF 1

Telefon: (02 11) 68 33 46

Telex: 0858 6513 cop d

PATENTANWALTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ · Dipl.-Ing. R. KNAUF · Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ · Dipl.-Ing. D. H. WERNER

1 Krupp Stahl Aktiengesellschaft,
4630 Bochum

5 Schiene mit hoher Verschleißfestigkeit im Kopf
und hoher Bruchsicherheit im Fuß

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schiene mit hoher
Verschleißfestigkeit im Schienenkopf und hoher Bruch-
10 sicherheit im Schienenfuß.

Schienen für den schienengebundenen Verkehr sollen
einerseits im Schienenkopf einen hohen Verschleißwider-
stand und andererseits wegen der Biegezugbeanspruchung
15 im Gleis, im Schienenfuß eine hohe Bruchsicherheit auf-
weisen. Da mit steigender Festigkeit der Schienen der
Verschleißwiderstand zu- und die Bruchsicherheit ab-
nimmt, konnte man beide Eigenschaften bei einer Werk-
stoffzusammensetzung bisher nicht gleichzeitig verbes-
20 sern. Eine Lösung wurde in der sogenannten Zweistoff-
schiene gesehen. Sie weist durch Verbundguß im Schie-
nenkopf einen hochfesten Werkstoff mit hohem Verschleiß-
widerstand und im Schienensteg und -fuß einen weichen
Werkstoff mit guten Zähigkeitseigenschaften auf. Wegen
25 der geringen Festigkeit im Schienensteg und -fuß sind
solche Schienen jedoch nicht für hohe Beanspruchungen
geeignet, da sie sich unter hohen Achslasten (> 22 t)
plastisch verformen. Auch sind im Bereich des Werkstoff-
überganges metallurgische Störungen nicht mit hinrei-
30 chender Sicherheit vermeidbar. Von ihnen können Dauer-
brüche ausgehen. Verbundgußschienen kommen deshalb
seit längerem nicht mehr zum Einsatz.

- 1 Andere Lösungen versuchen, bei Schienen, die im natur-
harten luftabgekühlten Zustand ein perlitisches Gefüge
aufweisen, entweder durch nachträgliche Wärmebehand-
lung die Festigkeit im Schienenkopf zu erhöhen (so
5 z.B. DE-Z "Stahl und Eisen" 90, 1970, Nr. 17, S. 922/
928) oder die Zähigkeit im Schienenfuß durch Anlassen
des perlitischen Gefüges der naturharten Schienen zu
verbessern (OE-PS Nr. 259 610). Zu einer optimalen Lö-
sung gelangt man auch auf diese Weise nicht, da auch
10 über ein angelassenes perlitisches Gefüge im Schienen-
fuß nur eine geringe Verbesserung der Bruchsicherheit
zu erreichen ist.

Die Sicherheit von Schienen gegen Spröbruch wird bis-
15 her ausschließlich aufgrund der Spröbruchunempfind-
lichkeit des Schienenstahls beurteilt. Die Kennwerte
hierfür werden im Zugversuch und im Schienenschlagver-
such ermittelt. Sie sind ein Maß für das Verformungs-
vermögen des Stahles bis zum Bruch. Diese Versuche
20 werden im Rahmen der Schienen-Abnahme durchgeführt.
Sie haben sich für die Beurteilung der Bruchsicher-
heit von Schienen bewährt. In Einzelfällen werden wei-
tere Informationen aus Kerbschlagbiegeversuchen in
Abhängigkeit von der Prüftemperatur gewonnen. All
25 diese Prüfmethode ermöglichen aber nur eine verglei-
chende Einstufung der Stähle. Eine quantitative Über-
tragung auf das Verhalten des Bauteils, hier auf die
Schiene im Gleis, ist dagegen nicht möglich.

- 30 Um die Bruchsicherheit von Schienen quantitativ er-
fassen zu können, wird in jüngerer Zeit die in bruch-
mechanischen Untersuchungen als Werkstoffkennwert er-
mittelte Reißfähigkeit zur Beurteilung des Bruchver-
haltens herangezogen. Die Reißfähigkeit wird dabei
35 nach ASTM-Standard E 399-74 ermittelt.

- 1 Die Prüfung auf Rißzähigkeit ist ausführlich beschrieben in der DE-Z "Tech. Mitt. Krupp Werksberichte", Band 39 (1981), Heft 1, S. 33/42.
- 5 Aus dieser Literaturstelle ergibt sich ferner, daß Schienenstähle mit Festigkeiten über 900 N/mm^2 nach dem Stand der Technik, z.B. nach UIC-Kodex 860 V im walzharten oder in auf perlitisches Gefüge wärmebehandelten Zustand in der Regel Rißzähigkeitswerte von 1000
- 10 bis $2000 \text{ N/mm}^{3/2}$ haben. Im walzharten Zustand liegt die ^{Zug-}Festigkeit von Standardschienen bei über 900 N/mm^2 und die Streckgrenze über 450 N/mm^2 . Bei einer Wärmebehandlung mit anschließender Abkühlung auf feinperlitisches Gefüge im Kopf oder über den gesamten
- 15 Querschnitt der Schiene können diese Werte zwar auf $> 1100 \text{ N/mm}^2$ für die Zugfestigkeit und auf $> 600 \text{ N/mm}^2$ für die Streckgrenze angehoben werden, die Rißzähigkeit verändert sich jedoch kaum. Allgemein ist festzustellen, daß Schienenstähle, die aufgrund ihrer
- 20 Analyse höhere Festigkeitswerte besitzen, schlechtere Rißzähigkeitswerte im unteren Streubereich aufweisen. Das bedeutet, daß diese Schienen im Gleis zwar ein besseres Verschleißverhalten zeigen, jedoch insbesondere bei hohen Achslasten über 22 t eine erhöhte Sprödbrech-
- 25 neigung besitzen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Schienen mit einer optimalen Kombination hoher Festigkeit im Schienenkopf und

30 hoher Rißzähigkeit im Schienenfuß bereitzustellen, die im Gleis auch bei hohen Achslasten über 22 t eine gute Verschleißfestigkeit im Kopf und eine so hohe Bruchsi-cherheit im Fuß aufweisen, daß plastische Deformationen und Sprödbüche vermieden werden.

- 1 Gelöst wird diese Aufgabe gemäß dem Kennzeichen des
Hauptanspruches dadurch, daß die Schienen nach dem
Walzen und einer anschließenden Wärmebehandlung im
Kopf ein feinperlitisches Gefüge und im Fuß ein mar-
5 tensitisches Vergütungsgefüge aufweisen.

Ausschlaggebend für die hohe Bruchsicherheit der
Schiene ist das im Fuß der Schiene eingestellte mar-
tensitische Vergütungsgefüge.

10

Bei diesem Gefüge haben Schienen mit einer Analyse ge-
mäß Anspruch 2 bei Zugfestigkeitswerten im Kopf von
 $> 1100 \text{ N/mm}^2$ und im Fuß von $> 900 \text{ N/mm}^2$ Rißzähig-
keitswerte von $> 3000 \text{ N/mm}^{3/2}$.

15

Schienen mit einer Grundanalyse gemäß Anspruch 3 wei-
sen bei Zugfestigkeitswerten von $> 1100 \text{ N/mm}^2$ im
Kopf und $> 1000 \text{ N/mm}^2$ im Fuß Rißzähigkeitswerte von
 $> 2000 \text{ N/mm}^{3/2}$ auf.

20

Ohne das martensitische Vergütungsgefüge im Fuß würde
eine Schiene mit der Analyse nach Anspruch 2 nur Riß-
zähigkeitswerte in der Größenordnung von 1500 bis
 $2000 \text{ N/mm}^{3/2}$, eine Schiene mit der Grundanalyse ge-
25 gemäß Anspruch 3 nur Rißzähigkeitswerte in der Größen-
ordnung von 1000 bis $1400 \text{ N/mm}^{3/2}$, aufweisen.

- Schienenstähle mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bis 3
weisen somit hohe Festigkeiten im Schienenkopf auf, was
30 gleichbedeutend ist mit einer hohen Verschleißfestig-
keit. Die gleichzeitig hohen Festigkeits- und guten
Rißzähigkeitswerte im Schienenfuß machen sie geeignet,
auch bei hohen Achslasten über 22 t eingesetzt zu wer-
den, ohne daß plastische Deformationen der Schienen
35 auftreten und eine hohe Sicherheit gegen Sprödbrüche
gegeben ist.

- 1 Vorteilhafte Verfahren zur Herstellung der Schienen
gemäß den Ansprüchen 1 bis 3 sind Gegenstand der An-
sprüche 4 bis 9.

Die Verfahrensmerkmale nach den Ansprüchen 4 bis 7
5 betreffen die Herstellung einer Schiene gemäß den
Ansprüchen 1 und 2. Schienen mit der im Anspruch 2
niedergelegten Analyse haben im naturharten, d.h. nach
dem Walzen an Luft abgekühlten Zustand ein perlitisches
Gefüge mit einer Festigkeit über 900 N/mm^2 . Es ist
10 daher erforderlich, sowohl den Schienenkopf als auch
den Schienenfuß entsprechend wärmezubehandeln, so daß
im Kopf ein feinperlitisches, im Fuß ein martensiti-
sches Vergütungsgefüge erzielt wird.

15 Die Verfahrensmerkmale nach den Ansprüchen 8 und 9 be-
treffen Schienen gemäß den Ansprüchen 1 und 3. Diese
Schienenstähle haben aufgrund ihrer Analyse im natur-
harten Zustand bereits nach Luftabkühlung ein fein-
perlitisches Gefüge. Aus diesem Grund ist nur eine
20 Wärmebehandlung auf ein martensitisches Vergütungsge-
füge im Fuß erforderlich. Bei der Endabkühlung der
Schiene stellt sich im Kopf der Schiene das feinper-
litisches Gefüge aufgrund der Stahlanalyse von alleine
ein.

25

Vorteilhafterweise wird bei der Wärmebehandlung der
erfindungsgemäßen Schienen die Wärmebehandlung aus der
Walzhitze heraus durchgeführt. Bei diesen Schienenstäh-
len liegen die Endwalztemperaturen oberhalb des Bereichs
30 der Austenitisierungstemperaturen, d.h. zwischen 800 bis
900°C. So kann vermieden werden, daß die Schienen nach
Abkühlung auf Raumtemperatur auf dem Kühlbett an Luft
erneut auf Temperaturen im Bereich von 810 bis 890°C
aufgeheizt werden müssen. Diese Maßnahme empfiehlt sich,
35 wenn in Walzwerken hinter den Walzgerüsten geeignete
Abkühlvorrichtungen direkt vorhanden sind oder geschaf-
fen werden können.

- 1 Die in den Verfahrensansprüchen niedergelegten Verfah-
rensparameter sind als Rahmenbedingungen zu verstehen.
Sie können je nach der vorgegebenen Analyse der Schie-
nenstähle anhand der dem Fachmann bekannten ZTU-Schau-
5 bilder, in denen die Abkühlgeschwindigkeiten in °C/s
für die jeweiligen Gefügezustände und Analysen festge-
legt sind, präzisiert werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Beispielen
10 näher erläutert:

Beispiel 1.

Bei den Versuchen nach der Erfindung wurde ein Stahl
mit folgender Zusammensetzung in Gew.% verwendet:

15

C	-	0,72
Si	-	0,35
Mn	-	1,28
Cr	-	-
20 V	-	-
P	-	0,022
S	-	0,018
Fe	-	Rest

Die aus diesem Werkstoff gefertigte Schiene kühlte nach
25 dem Walzen an Luft ab und wies im Walzzustand die in
Tafel 1, Spalte 1 aufgeführten mechanischen Eigenschaf-
ten auf. Nach einer Austenitisierung des gesamten Schie-
nenquerschnittes bei 830°C wurde der Kopf in 15 s mit
Preßluft auf 450°C an der Oberfläche abgekühlt. Die Ab-
30 kühlung des Schienenfußes erfolgte mit einem Preßluft/
Wassergemisch in 20 s auf Raumtemperatur. Der Schie-
nenfuß wurde anschließend bei 650°C angelassen. Durch
die Wärmebehandlung entstand im Schienenkopf bis 20 mm
Tiefe von der Oberfläche aus ein feinperlitisches Gefü-
35 ge und im Schienenfuß mit Ausnahme eines begrenzten Be-
reiches unterhalb des Steges ein martensitisches Vergü-
tungsgefüge. Die mechanischen Eigenschaften nach der
Wärmebehandlung sind für den Schienenkopf in Tafel 1,

- 1 Spalte 3 und für den Schienenfuß in Tafel 1, Spalte 4
angegeben. Die Zugfestigkeit war im Schienenkopf um 180
N/mm² auf 1150 N/mm² angestiegen. Der Verschleiß-
5 widerstand hatte sich in etwa verdoppelt. Bruchdehnung
und Rißzähigkeit hatte sich im Schienenkopf nur unwe-
sentlich verändert. Durch das Vergüten des Schienen-
fußes war die Streckgrenze in etwa gleicher Weise
angehoben worden wie im Schienenkopf. Auf diese Weise
wurde die Belastbarkeit der Schienen auch für hohe
10 Achslasten, bis zu 35 t, gesteigert. Die Rißzähigkeit
wurde durch das Vergüten mehr als verdoppelt.

- Während die Schiene im Walzzustand bei einer üblichen
Zugeigenspannung an der Schienenfußunterseite von ca.
15 240 N/mm² und einer zusätzlichen Biegezugspannung
durch Verkehrslasten von 200 N/mm² nur Oberflächen-
fehler bis zu 3 mm Tiefe erträgt, bevor sie spröde
bricht, erhöht sich durch die verbesserte Rißzähigkeit
im Schienenfuß die ertragbare Fehlertiefe auf über
20 25 mm. Fehler oder Schäden dieser Tiefe kommen nur
äußerst selten vor und können zudem leicht durch die
üblichen zerstörungsfreien Prüfungen im Gleis rechtzei-
tig erkannt werden. Die Bruchsicherheit der neuartigen
Schienen ist damit gegenüber herkömmlichen, hochfesten
25 Schienen wesentlich verbessert worden.

Beispiel 2

Ein in der Zusammensetzung abgeänderter Werkstoff mit
der folgenden Zusammensetzung in Gew.%.
30

	C	-	0,77
	Si	-	0,80
	Mn	-	1,05
	Cr	-	0,98
35	V	-	0,011
	S	-	0,023
	Fe	-	Rest

- 1 weist aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung bereits
im Walzzustand eine hohe Festigkeit auf.

Der Schienenkopf wurde deshalb nicht mehr wärmebehandelt. Der Schienenfuß wurde bei 860°C austenitisiert und
5 anschließend mit einem Preßluft/Wassergemisch in 120 s
auf 100°C abgeschreckt. Die Anlaßtemperatur betrug
680°C. Durch das Vergüten wurde im gesamten Fußquerschnitt ein martensitisches Vergütungsgefüge eingestellt. Die an der Schiene gemessenen mechanischen
10 Eigenschaften sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Die hohe Festigkeit des Schienenkopfes verleiht der Schiene einen hohen Verschleißwiderstand. In Verbindung mit den hohen mechanischen Eigenschaften, insbesondere
15 der hohen Streckgrenze im Schienenfuß, ist die Schiene für den Einsatz im Schwerlastverkehr mit hohen Achslasten (ca. 35 t) besonders geeignet. Unter den in
Beispiel 1 genannten Beanspruchungsbedingungen (Zug-
eigenspannung an der Schienenfußunterseite und Biege-
20 zugspannung durch Verkehrslasten) erhöht sich die ertragbare Rißtiefe von ca. 2 mm im Walzzustand auf ca. 20
mm nach der Wärmebehandlung des Schienenfußes. Auch bei dieser Schiene ist die Bruchsicherheit damit wesentlich
verbessert.

25 Durch gezielte Einstellung der chemischen Zusammensetzung, der Wärmebehandlung des Schienenfußes oder des Schienenkopfes und Schienenfußes ergibt sich eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten von unterschied-
30 lichen mechanischen Eigenschaften im Schienenkopf und Schienenfuß und damit die Freiheit im Hinblick auf die jeweiligen Anforderungen optimale Kombinationen von Verschleißfestigkeit und Bruchsicherheit einzustellen. Dabei sind auch andere chemische Zusammensetzungen als
35 die in Anspruch 2 und 3 genannten möglich. Die in Beispiel 1 und 2 genannten chemischen Zusammensetzungen beziehen sich auf heute gebräuchliche Schienenstähle.

- 1 Bei Werkstoffen für Schienen, die aufgrund ihrer Analyse
bei schroffer Abschreckung spannungsrißanfällig sind,
empfiehlt es sich Kühlmedien zu verwenden, die die
Spannungsrißanfälligkeit mindern, wie beispielsweise
5 Öl.

Die Zeichnung zeigt die Schiene 1 mit ihrem Kopf 2, Steg 3
und Fuß 4.

10

15

20

25

30

35

Tafel 1

Mechanische Eigenschaften der Schienen nach Beispiel 1:

	Walzzustand Kopf/Fuß	wärmebehandelt Kopf Fuß	
$R_{p0,2}$ = Streckgrenze N/mm^2	510	810	830
R_m = Zugfestigkeit N/mm^2	970	1150	980
A_5 = Bruchdehnung %	12,5	12,8	22
K_{Ic} = Reißfähigkeit $N/mm^{3/2}$	1300	1400	3100

Tafel 2

Mechanische Eigenschaften der Schienen nach Beispiel 2:

	Walzzustand Kopf/Fuß	wärmebehandelt Kopf Fuß	
$R_{p0,2}$ = Streckgrenze N/mm^2	720	720	960
R_m = Zugfestigkeit N/mm^2	1210	1210	1100
A_5 = Bruchdehnung %	9,8	9,8	19
K_{Ic} = Reißfähigkeit $N/mm^{3/2}$	1100	1100	2500

COHAUSZ & FLORACK 0136613

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF I

Telefon: (02 11) 68 33 46

Telex: 0858 6513 cop d

PATENTANWALTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ

Dipl.-Ing. R. KNAUF

Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ

Dipl.-Ing. D. H. WERNER

- 11 -

1 Ansprüche:

1. Schiene mit hoher Verschleißfestigkeit im
5 Schienenkopf und hoher Bruchsicherheit im Schienen-
fuß,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß sie nach dem Walzen und einer anschließenden Wärme-
behandlung im Kopf ein feinerperlitisches Gefüge und im
10 Fuß ein martensitisches Vergütungsgefüge aufweist.

2. Schiene nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß sie bei einer Analyse von 0,60 bis 0,82 % Kohlen-
15 stoff, bis 0,5 % Silizium, 0,70 bis 1,70 % Mangan,
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,
im Kopf die Zugfestigkeit über 1100 N/mm² und im Fuß
bei Zugfestigkeiten von > 900 N/mm² RiBzähigkeitswerte
von > 3000 N/mm^{3/2} aufweist.

20 3. Schiene nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß sie bei einer Analyse von 0,65 bis 0,82 % Kohlen-
stoff, 0,10 bis 1,20 % Silizium, 0,70 bis 1,50 % Man-
25 gan, 0,40 bis 1,30 % Chrom, bis 0,2 % Vanadium, bis
0,15 % Molybdän, Rest Eisen und erschmelzungsbedingte
Verunreinigungen, im Kopf eine Zugfestigkeit von über
1100 N/mm² und im Fuß bei Zugfestigkeiten von über
1000 N/mm² RiBzähigkeitswerte > 2000 N/mm^{3/2} auf-
30 weist.

1 4. Verfahren zur Herstellung einer Schiene nach
den Ansprüchen 1 und 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Schiene nach dem Walzen und Abkühlen an Luft
5 auf Raumtemperatur im Temperaturbereich von 810 bis 890° C
austenitisiert und anschließend beschleunigt abgekühlt
wird, wobei in Anpassung an die jeweilige Werkstoffzu-
sammensetzung die Abkühlgeschwindigkeit im Bereich des
Kopfes so gewählt wird, daß nach Abkühlen auf Raum-
10 temperatur feinperlitisches Gefüge vorliegt, und wo-
bei in Anpassung an die jeweilige Werkstoffzusammen-
setzung die Abkühlgeschwindigkeit im Bereich des Fußes
so gewählt wird, daß ein martensitisches Gefüge ent-
steht, das anschließend bei Temperaturen von 600 bis
15 700°C angelassen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß im Bereich des Kopfes die mittlere Abkühlgeschwin-
20 digkeit 15 bis 50°C/s bis zu einer Temperatur von
450 °C und im Bereich des Fußes 5 bis 60°C/s bis zu
einer Temperatur von 100°C beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ;
daß die Schiene im Durchlauf auf Austenitisierungs-
temperaturen erwärmt und anschließend im Durchlauf
über Düsen mit Preßluft oder Preßluft/Wassergemischen
oder Preßluft/Wasserdampfgemischen abgeschreckt wird.

30

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Schiene aus der Walzhitze heraus abgeschreckt
wird.

35

1 8. Verfahren zur Herstellung einer Schiene nach
den Ansprüchen 1 und 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß nach dem Walzen der Schiene und Abkühlen an Luft
5 auf Raumtemperatur der Schienenfuß im Durchlauf auf
Temperaturen von 810 bis 890°C austenitisiert und an-
schließend im Durchlauf beschleunigt bei mittleren Ab-
kühlgeschwindigkeiten von 5 bis 60°C/s über Düsen
mittels Preßluft/Wasser oder Wasser/Wasserdampfgemi-
10 schen auf ein martensitisches Gefüge abgekühlt wird,
das anschließend bei Temperaturen von 600 bis 700°C
angelassen wird.

 9. Verfahren nach Anspruch 8,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Schiene aus der Walzhitze heraus im Fuß be-
schleunigt abgekühlt wird und die weitere Abkühlung
der Schiene bis auf Raumtemperatur zur Erzielung eines
feinperlitisches Gefüges im Schienenkopf durch Ablegen
20 der Schiene an Luft erfolgt.

25

30

35

1/1

0136613

