

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 120 493 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

01.08.2001 Patentblatt 2001/31

(51) Int Cl.7: **E01B 35/00**

(21) Anmeldenummer: **00126143.7**

(22) Anmeldetag: **30.11.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

• **Maurer, Michael**

39175 Biederitz (DE)

• **Eschenbach, Wolfgang**

39245 Gommern (DE)

• **Voigt, Wolfgang**

39245 Gommern (DE)

(30) Priorität: **01.12.1999 DE 19957931**

(71) Anmelder:

• **Deutsche Bahn AG**

10782 Berlin (DE)

• **Brunnen-und Bohrlochinspektion Gmbh**

39245 Gommern (DE)

(74) Vertreter: **Zinken-Sommer, Rainer**

Deutsche Bahn AG,

Forschungs- und Technologiezentrum,

Patent-/Lizenzwesen,

Völckerstrasse 5

80939 München (DE)

(72) Erfinder:

• **Ebel, Manfred**

14774 Brandenburg (DE)

(54) **Verfahren zur Untersuchung des Zustandes des Oberbaus von Schienenwegen durch Bestimmung der Verschmutzung sowie des Verschleißes der eingebauten Schotter und/oder Kiese**

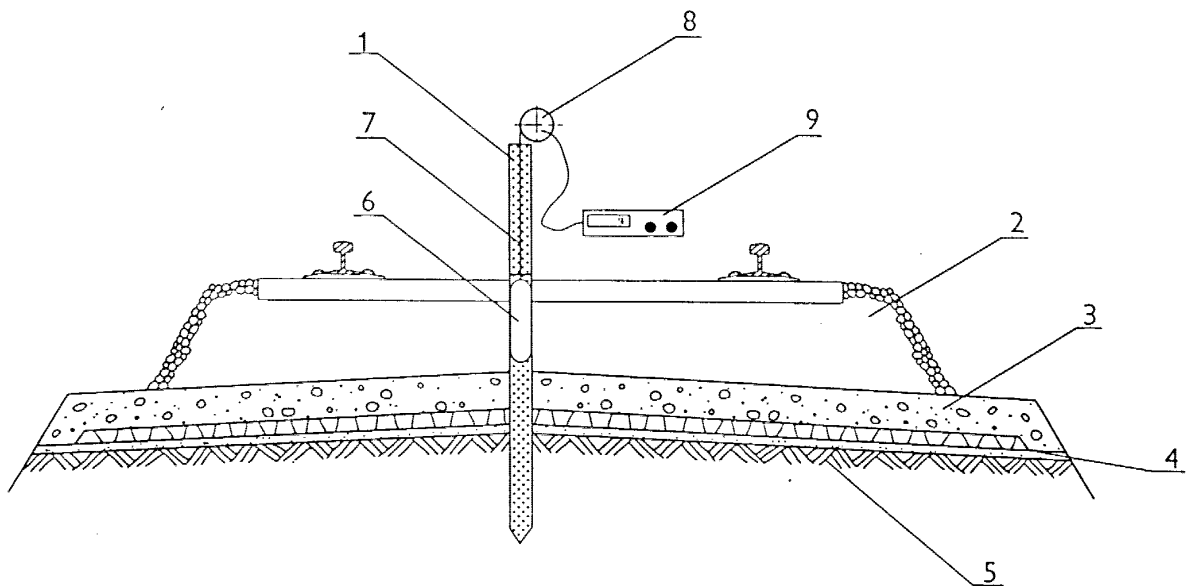
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Zustandes des Oberbaus von Schienenwegen, wobei zum Oberbau die Schotterbettung, das Platum sowie das Erdplanum gerechnet werden. Die Erfindung dient insbesondere der Bestimmung des Verschmutzungsgrades sowie des Verschleißes des Oberbaus. Zweck der Erfindung ist es, ohne massiven Eingriff in den Oberbau seine Verschmutzung mit Fremdstoffen sowie den Grad der Zerstörung der eingebauten Schotter- und Kieskörner festzustellen.

Dazu wird ein am unteren Ende verschlossenes Rohr in den Oberbau eingedrückt, daß als Führung für eine Gammastrahlungsquelle und eine Detektoreinheit aufweisende Sonde (6) dient. Die Sonde wird mittels einer Hubeinrichtung (8) innerhalb des Rohres stetig bzw. schrittweise auf- und abbewegt. Dabei erfolgt mittels

Gamma-Gamma-Log-Verfahren die schichtweise Bestimmung der Dichte des Oberbaus. Anhand des Vergleiches der so gewonnenen Ergebnisse mit Untersuchungen von analogen neu gebauten Oberbauen kann auf den baulichen Zustand des Oberbaus geschlossen werden.

Die erzielten Ergebnisse sind von hoher Aussagekraft und ermöglichen eine ausreichend genaue Bestimmung der im Oberbau enthaltenen Verunreinigungen sowie des Verschleißgrades der eingebauten Schotter und Kiese. Die Ergebnisse entsprechen qualitativ denen von hochwertigen genauen Aufschlüssen, wobei der erforderliche Aufwand und der Eingriff in den Oberbau wesentlich geringer sind.

EP 1 120 493 A2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Zustandes des Oberbaus von Schienenwegen durch Bestimmung der Verschmutzung sowie des Verschleißes der eingebauten Schotter und/oder Kiese. Dabei wird zum Oberbau die Schotterbettung, das Plenum sowie das Erdplanum gerechnet. Die Erfindung dient insbesondere der Bestimmung des Verschmutzungsgrades sowie des Verschleißes des Oberbaus insgesamt bzw. einzelner Schichten des Oberbaus in Form von Zerkleinerung auf Grund mechanischer Beanspruchung der eingebauten Kies- und/oder Schottermaterialien. Die erfindungsgemäße Ermittlung des Zustandes des Oberbaus wird dabei insbesondere verwendet, um auf dieser Grundlage fundierte Aussagen über notwendige Umbau- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen bei bestehenden Schienenwegen zu treffen.

[0002] Zur Überwachung der Sicherheit von Schienenwegen wird regelmäßig deren baulicher Zustand überprüft, wobei in der Regel zunächst eine Messung des Schienenweges erfolgt und bei Überschreitung vorgegebener Toleranzwerte der Oberbaus, das heißt die Schotterbettung, das Plenum sowie das Erdplanum kontrolliert bzw. überprüft werden. Erforderlich ist dies, weil die eingebauten Schotter und Kiese im Laufe der Zeit durch Verschmutzung sowie Zerknüllen infolge mechanischer Belastung ihre Eigenschaften verändern und damit ihrer Funktion nur noch bedingt gerecht werden. Besonders bei hochbelasteten Schienenwegen sind entsprechende Überprüfungen in kurzen, regelmäßigen Abständen notwendig und vorgeschrieben.

Die gegenwärtig im allgemeinen praktizierte Methode der Ermittlung des Zustandes des Oberbaus besteht darin, bei vermutetem hohem Verschmutzungsgrad bzw. großem Verschleiß an ausgewählten Punkten den Oberbau aufzuschließen und schichtweise ausgehobenes Material zu klassieren. Anhand der bestimmten Korngrößenverteilung der ausgehobenen Materialien wie z. B. Schotter, Kies, Verschmutzung, Abrieb usw. in den einzelnen Schichten des Oberbaus werden Rückschlüsse auf dessen Zustand gezogen. Die Untersuchungen werden örtlich verteilt an vorher bestimmten Punkten vorgenommen, wobei aus der Erfahrung heraus besonders belastete Bereiche des Schienenweges eine besondere Berücksichtigung erfahren.

Die wesentlichen Nachteile dieser auf Aufschlüssen basierenden Methode liegen darin, daß sie einen massiven Eingriff in den Schienenweg darstellen und mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind, der um so größer wird, je dichter die Aufschlußpunkte liegen und je höher die Forderung nach Präzision der Parameter in Abhängigkeit von der Aufschlußtiefe ist.

Es wurde deshalb in der DE 43 40 254 A1 vorgeschlagen, zur Bestimmung des Zustandes des Oberbaues, des Unterbaues und des Untergrundes von Eisenbahngleisen Probenahmen mit Georadarmessungen zu

kombinieren, wobei die Georadarmessungen weitgehend kontinuierlich entlang der Bettung erfolgen und mit punktuell vorgenommenen Probenahmen abgeglichen werden. Damit soll eine ausreichend präzise Zustandsbestimmung des Oberbaues, des Unterbaues und des Untergrundes von Eisenbahngleisen erreicht werden. Grundsätzlich wird mit diesem Verfahren der massive Eingriff in den Verkehrsweg aufgrund der notwendigen Probenahmen nicht beseitigt. Hinzu kommt, daß es mittels Georadarmessungen nicht möglich ist, den Zustand des Oberbaues, des Unterbaues und des Untergrundes als Funktion der Tiefe zu bestimmen. Festgestellt werden lediglich bestimmte Veränderungen im Oberbau, im Unterbau sowie im Untergrund insgesamt, ohne daß diese einer bestimmten Tiefe zugeordnet werden können. Die festgestellten Veränderungen betreffen insbesondere Einschlüsse oder Bereiche, die im Vergleich zu Nachbarbereichen Diskontinuitäten der elektrischen Materialeigenschaften aufweisen. Bevorzugt können feuchte bzw. schlammige Einschlüsse oder Zonen geortet werden, wobei deren Lage in Bezug zur Tiefe kaum bestimmt werden kann. Ein weiterer wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist der hohe Einfluß, den Feuchtigkeit auf die erzielten Meßergebnisse ausübt. Letztlich ist dies auch ein Grund dafür daß die Messungen ständig anhand von Probenahmen kalibriert werden müssen. Insgesamt bedarf das Verfahren aufgrund der notwendigen kontinuierlichen Probenahmen eines hohen Aufwandes und liefert in den Gleisabschnitten zwischen den Probenahmen aufgrund des Meßprinzips Georadar nur bedingt repräsentative Aussagen über den Zustand des Oberbaues, des Unterbaues bzw. des Untergrundes.

Aus der DE 38 79 129 T2 sowie der DE 195 24 119 C2 ist bekannt, zur Erkundung des Zustandes bzw. der Beschaffenheit von Erdformationen in geologische Bohrungen Sonden einzuführen, die eine Gammastrahlungsquelle und eine Detektoreinheit aufweisen, die das Bohrloch umgebende Erdformation mit Gammastrahlung zu bestrahlen und anhand der rückgestreuten Gammastrahlung Rückschlüsse auf den Zustand der Erdformation zu ziehen. Dabei kann es sowohl, wie in der DE 38 79 129 T2 besonders beschrieben, um die Erkundung der Lage und der Größe von Frakturen in der Erdformation, beispielsweise im Zusammenhang mit der Erdöl- oder Erdgasförderung gehen, als auch um die Bestimmung der Dichte des das Bohrloch umgebenden vorzugsweise Gesteines selbst oder die Untersuchung lithologischer Formationen. Grundsätzlich ist es möglich, daß das Bohrloch dabei ganz oder abschnittsweise mit einer Auskleidung, beispielsweise einem Eisenrohr, versehen ist.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, mit geringerem Aufwand als bisher und ohne wesentliche Eingriffe in den Oberbau von Schienenwegen deren Zustand hinreichend repräsentativ zu untersuchen, um fundierte Aussagen über Umfang und Art' notwendiger Umbau- und Instandhaltungsmaßnahmen treffen zu können,

wobei Verschmutzungsgrad und Verschleiß des Oberbaus, d. h. der Schotterbettung, des Planums sowie des Erdplanums schichtweise ermittelt werden können soll.

[0004] Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren dem I Patentanspruch gemäß gelöst. Die weiteren Patentansprüche beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß eine eine Gammastrahlungsquelle sowie eine Detektoreinheit aufweisende Sonde innerhalb eines in den Oberbau eingebrachten Rohres stetig bzw. schrittweise auf- bzw. abwärts bewegt wird, dabei Gammastrahlung in den Oberbau ausgesandt wird, die vom Material des Oberbaus gestreute Gammastrahlung mittels der Detektoreinheit empfangen wird, die so registrierten Signale mit im Vorfeld anhand repräsentativer Kalibrierungsuntersuchungen an einem unverschmutzten sowie unverschlissenen Vergleichsoberbau ermittelten Signalen verglichen werden und daraus Rückschlüsse auf den Zustand des Oberbaus, d.h. den Grad der Verschmutzung sowie des Verschleißes gezogen werden, die Grundlage fundierter Aussagen zu notwendigen Umbau- und Instandsetzungsarbeiten sind.

Zur Durchführung des Verfahrens ist es zunächst erforderlich, ein oder mehrere Meßrohre an vorgegebenen Stellen in den Oberbau einzubringen. Zweckmäßigerweise werden dazu mechanisch stabile, am unteren Ende verschlossene Rohre verwendet. Diese werden in den Oberbau so tief eingedrückt, daß sie durch die zu untersuchenden Schichten, Schotterbettung, Planum und Erdplanum hindurchgehen. In den Oberbau eingebrachte Meßrohre können entweder ständig im Oberbau verbleiben, so daß sie für beliebig viele Ermittlungen des Zustandes des Oberbaus zur Verfügung stehen, sie können aber auch nach der Ermittlung wieder aus dem Oberbau entfernt und ggf an anderer Stelle für weitere Ermittlungen verwendet werden.

Denkbar ist selbstverständlich auch eine Verfahrensweise bei der nur mit einem Meßrohr gearbeitet wird, wobei dieses dann nacheinander an den zu untersuchenden Stellen in den Oberbau einzubringen ist.

Verbleiben Meßrohre innerhalb des Oberbaus, ist es zweckmäßig, sie kurz oberhalb des Oberbaus teilbar auszuführen, so daß der aus dem Oberbau herausragende Teil nach einer Ermittlung abgenommen werden kann. Das obere offene Ende von im Oberbau verbleibenden Meßrohren sollte durch Verschließen gegen Verschmutzung gesichert werden.

Besonders vorteilhaft wird die Erfindung bei neu gebauten Schienenwegen anzuwenden sein, wenn mit dem Neubau an exponierten Stellen des Schienenweges Meßrohre in den Oberbau eingebracht und dort für regelmäßige Ermittlungen des Zustandes belassen werden. Es können dann zunächst an diesen Stellen Kalibrierungsermittlungen durchgeführt werden, die als Referenz für spätere Ermittlungen des Zustandes des Oberbaus zur Verfügung stehen.

Zur stetigen bzw. schrittweisen Auf- und Abwärtsbewegung der Sonde innerhalb des Meßrohres sollte dieses

eine geeignete Vorschubeinrichtung, beispielsweise eine mit einem Antrieb versehene Seilrolle, die zweckmäßigerweise eine Einrichtung zur Erfassung der Lage der Sonde innerhalb des Meßrohres enthält, aufweisen.

5 Die Einbringung von Meßrohren in den Oberbau ist verglichen mit bisher üblichen Aufschlüssen zur Untersuchung nur ein unwesentlicher Eingriff in den Oberbau. Selbstverständlich können Meßrohre in einem beliebigen von der Senkrechten abweichenden Winkel in den
10 Oberbau eingebracht werden, um spezielle Ermittlungen vorzunehmen, wobei natürlich zum Vergleich entsprechende Kalibrierungsermittlungen notwendig sind. Zur Durchführung der Ermittlung wird die Sonde zunächst definiert innerhalb einer Schicht, zweckmäßigerweise am oberen Rand des Oberbaus, positioniert. Sie
15 wird dann stetig oder schrittweise in den Oberbau hineinbewegt, wobei von der Gammastrahlungsquelle in Richtung des die Sonde umgebenden Materials Gammastrahlung ausgesandt wird, die auf das Material trifft, von diesem gestreut bzw. absorbiert und die rückge-
20 streute Strahlung von der Detektoreinheit erfaßt und in auswertbare elektrische Signale umgewandelt wird, die mit einer Auswerteeinheit angezeigt bzw. zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Die Intensität
25 der rückgestreuten Strahlung ist ein Maß für die Dichte des die Sonde an der jeweiligen Stelle umgebenden Materials. Parallel zur Dichtemesung wird die Position der Sonde innerhalb des Oberbaus erfaßt. Auf diese Weise wird die Dichte des Materials des Oberbaus als Funktion der Tiefe bestimmt. Es hat sich gezeigt, daß
30 von der Dichte direkt auf den Verschmutzungsgrad sowie den Verschleiß des jeweiligen Schotter- bzw. Kiesmaterials geschlossen werden kann, wenn man diese mit der Dichte eines analogen neu gebauten Oberbaus vergleicht. Dabei wurde überraschenderweise festge-
35 stellt, daß das erfindungsgemäße Verfahren derart genaue Ergebnisse liefert, wie sie vergleichbar nur mit aufwendigen Aufschlüssen und präzisen Klassierungen des aufgeschlossenen Materials erreicht werden. Von besonderem Vorteil ist, daß eine zentimetergenaue Tiefen-
40 zuordnung der Ergebnisse vorgenommen werden kann. Dies erlaubt besonders genaue Aussagen über räumliche Lage und Ausmaß von Verschmutzung und Verschleiß und ermöglicht damit eine besonders sichere und fundierte Festlegung notwendiger Umbau- und
45 Instandsetzungsmaßnahmen.

Kalibrierungsermittlungen werden zweckmäßigerweise an einem neu gebauten Verkehrsweg, der in Analogie zum zu untersuchenden in gleicher Weise aus gleichem
50 Schotter bzw. Kies aufgebaut ist, oder an einer entsprechend des zu untersuchenden Oberbaus erstellten Kalibrieraufschüttung durchgeführt. Dabei können einmal für bestimmte Schotter- und Kiesarten bzw. Oberbauformen und -aufbauten ermittelte Kalibrierungen stän-
55 dig wiederverwendet werden. Denkbar ist selbstverständlich auch die Durchführung von Kalibrierungsermittlungen an einem gereinigten Oberbau. Allerdings muß hierbei beachtet werden, daß diese Kalibrierungs-

ermittlungen fehlerbehaftet sind, weil je nach Reinigungsverfahren nach der Reinigung eine nicht exakt zu bestimmende Restverschmutzung des Oberbaus verbleibt.

Zur Untersuchung des gesamten Oberbaus eines Schienenweges wird in einem repräsentativen Abstand erfindungsgemäß verfahren, wobei natürlich an exponierten Stellen zusätzliche Ermittlungen vorgenommen werden sollten. Der räumliche und zeitliche Abstand, in dem die Ermittlungen vorzunehmen sind, ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Diese betreffen sowohl die Belastung des Oberbaus, die von der Verkehrsdichte und der Masse der Fahrzeuge herrührt, als auch die Beschaffenheit des natürlichen Untergrundes.

Obwohl das erfindungsgemäße Verfahren im Prinzip nur punktuell eine Ermittlung des Zustandes des Oberbaus zuläßt, ist diese jedoch aufgrund ihrer präzisen Ergebnisse über jede einzelne Schicht des Oberbaus von hoher Aussagekraft und liefert ohne wesentlichen Eingriff in den Oberbau hinreichend genaue Ergebnisse. Weil der notwendige Aufwand je Untersuchungsstelle vergleichbar gering ist, können bei vertretbarem Aufwand an wesentlich mehr, d.h. in kürzerer örtlicher und/oder zeitlicher Folge, Ermittlungen vorgenommen werden.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist auch, daß gezielt einzelne oder mehrere Schichten des Oberbaus untersucht werden können. Das Verfahren erlaubt die ortsgenaue Ermittlung des Zustandes mit hoher Präzision, wobei selbst geringe Verschmutzungen und Verschleißerscheinungen der eingebauten Schotter oder Kiese festgestellt werden können. Es ist damit hinsichtlich seiner Aussagekraft exakt durchgeführten Aufschlüssen gleichzusetzten.

[0005] Nachfolgend soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt den Oberbau eines Eisenbahnschienenweges mit einem Meßrohr 1. Der Oberbau besteht aus einer Schotterbettung 2, einem Planum 3, einer Zwischenlage 4 und einem Erdplanum 5. Das Meßrohr 1 wurde so tief in den Oberbau eingedrückt, daß die eine Gammastrahlungsquelle und eine Detektoreinheit aufweisende Sonde 6 alle Schichten des Oberbaus erreichen kann. Die Sonde 6 wird innerhalb des Meßrohres 1 an einem Seil 7 geführt und kann mittels der Hubeinrichtung 8 stetig bzw. schrittweise auf- und abwärts bewegt werden.

Zur Ermittlung des Zustandes des Oberbaus wird die Sonde 6 beginnend an der oberen Kante des Oberbaus stetig innerhalb des Meßrohres 1 nach unten bewegt, wobei die das Meßrohr 1 umgebenden Schichten mit Gammastrahlung beaufschlagt werden. Die rückgestreute Strahlung wird von der in der Sonde 6 befindlichen Detektoreinheit erfaßt. Die detektierten Signale werden einer Auswerteeinheit 9 zugeleitet. Hier erfolgt im Vergleich mit einer im Vorfeld durchgeführten Kalibrierungsermittlung eine Auswertung der Meßsignale und die Ermittlung des Zustandes des Oberbaus Ver-

schmutzung, Verschleiß etc.).

Das Meßrohr 1 ist kurz oberhalb der Oberbauoberkante teilbar ausgeführt, so daß nach erfolgter Ermittlung der obere Teil des Meßrohres 1 samt Sonde 6 und Hubeinrichtung 8 abgenommen und zur nächsten Untersuchungsstelle transportiert werden können.

Um qualifizierte Aussagen über die Funktionsfähigkeit und Sicherheit eines Schienenweges treffen zu können, ist es zweckmäßig, den Grad der Verschmutzung und des Verschleißes als Funktion der Zeit und der Belastung durch Verkehr und Umwelt an repräsentativen Stellen zu erfassen und in einem Streckenprofil zu dokumentieren. Zweckmäßig ist es dabei, bereits beim Bau des Schienenweges entsprechende Meßrohre an exponierten Stellen zu installieren und in durch Verkehrs- und Umgebungsbedingungen bestimmten Zeitabständen eine erfindungsgemäße Ermittlung des Zustandes des Oberbaus vorzunehmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Zustandes des Oberbaus (2 - 5) von Schienenwegen durch Bestimmung der Verschmutzung sowie des Verschleißes der eingebauten Schotter und/oder Kiese, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gammastrahlungsquelle und eine Detektoreinheit aufweisende Sonde (6) innerhalb eines in den Oberbau eingebrachten Meßrohres (1) auf- bzw. abwärts bewegt wird, wobei von der Gammastrahlungsquelle in den Oberbau (2 - 5) Gammastrahlung ausgesandt wird, der vom Material des Oberbaus (2 - 5) gestreute Gammastrahlungsanteil von der Detektoreinheit erfaßt wird, die detektierten Signale mit im Vorfeld vorgenommenen Kalibrierungsermittlungen verglichen werden und daraus auf den Zustand des Oberbaus geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des Zustandes des Oberbaus (2 - 5) durch schrittweise Auf- bzw. Abwärtsbewegung der Sonde (6) schichtweise erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßrohr (1) je nach Bedarf senkrecht oder in einem anderen Winkel zur Oberfläche des Oberbaus (2 - 5) eingebracht wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßrohr (1) beim Bau des Oberbaus oder zu einem späteren Zeitpunkt in den Oberbau (2 - 5) eingebracht wird und in diesem verbleibt und die

Gammastrahlenmessung zu den jeweils erforderlichen Zeitpunkten durchgeführt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

