

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50546/2017
(22) Anmeldetag: 03.07.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2018

(51) Int. Cl.: **G01N 3/10** (2006.01)
G01N 33/42 (2006.01)
C08L 95/00 (2006.01)
E01C 11/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2013182729 A2
CN 105181478 A
CN 106769437 A
US 2001037687 A1

(71) Patentanmelder:
Technische Universität Wien
1040 Wien (AT)
(72) Erfinder:
Smesnik Mathias Dipl.Ing.Dr.techn.
1150 Wien (AT)
(74) Vertreter:
Patentanwaltskanzlei Matschnig & Forsthuber
OG
1010 Wien (AT)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR FLEXIBILITÄTSPRÜFUNG VON BITUMINÖS GEBUNDENEN DICHTSCHICHTEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (20) zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend eine Auflageplatte (27) zur Auflage eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30), wobei die Auflageplatte (27) mittig eine kreisförmige Ausnehmung (28) mit einer konkav abgerundeten Oberkante (29) aufweist sowie der lichte Innendurchmesser (s) der Ausnehmung (28) einer Weite (s) einer Setzungsmulde des Asphaltprobekörpers (30) entspricht. Oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) ist eine auf diesen wirkende Presseinrichtung (24) angeordnet, wobei unterhalb der Auflageplatte (27) sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung (28) ein zur Ausnehmung (28) offenes Unterdruckgefäß (21) angeordnet ist, welches mit einer Unterdruckeinrichtung (34) kommunizierend verbindbar ist. Außerdem wird ein erfindungsgemäßes Prüfverfahren zur Flexibilitätsprüfung angegeben, bei welchem die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung (20) eingesetzt wird.

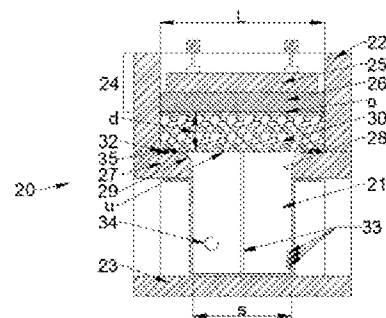


Fig. 2A

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (20) zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend eine Auflageplatte (27) zur Auflage eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30), wobei die Auflageplatte (27) mittig eine kreisförmige Ausnehmung (28) mit einer konkav abgerundeten Oberkante (29) aufweist sowie der lichte Innendurchmesser (s) der Ausnehmung (28) einer Weite (s) einer Setzungsmulde des Asphaltprobekörpers (30) entspricht. Oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) ist eine auf diesen wirkende Presseinrichtung (24) angeordnet, wobei unterhalb der Auflageplatte (27) sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung (28) ein zur Ausnehmung (28) offenes Unterdruckgefäß (21) angeordnet ist, welches mit einer Unterdruckeinrichtung (34) kommunizierend verbindbar ist. Außerdem wird ein erfindungsgemäßes Prüfverfahren zur Flexibilitätsprüfung angegeben, bei welchem die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung (20) eingesetzt wird.

Fig. 2A

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR FLEXIBILITÄTSPRÜFUNG VON BITUMINÖS GEBUNDENEN DICHTSCHICHTEN

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphalt oder Asphaltbeton, welche eine Auflageplatte zur Lagerung eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers umfasst, wobei die Auflageplatte mittig eine kreisförmige Ausnehmung mit einer konkav abgerundeten Oberkante aufweist sowie der lichte Innendurchmesser der Ausnehmung einer Weite einer Setzungsmulde des Asphaltprobekörpers entspricht. Außerdem wird im Rahmen der Erfindung ein Prüfverfahren zur Flexibilitätsprüfung angegeben, bei welchem die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung eingesetzt wird.

Oberflächendichtungen aus Asphalt oder Asphaltbeton zeichnen sich besonders durch ihr hohes Verformungsvermögen aus, ohne dabei durch Rissbildung oder dergleichen beschädigt zu werden. Dieses hohe Verformungsvermögen der Dichtschichten wird im Weiteren als Flexibilität bezeichnet. Im Weiteren wird nicht zwischen Asphalt und Asphaltbeton unterschieden. Aufgrund der hohen Flexibilität von Asphaltbeton eignet sich dieses Material ideal für den Dichtungsbau im Wasser- und Deponiebau. Die Flexibilität ist ein Maß für die schadlose Verformbarkeit bzw. Deformation von Asphaltbetonoberflächendichtungen aufgrund von Setzungsmulden. Die schadfrei zu kompensierenden Spannungen werden beispielsweise im Dammbau durch Temperaturveränderungen sowie durch Dammsetzungen hervorgerufen. Die Flexibilität von Asphaltoberflächendichtungen wird nachteilig durch Alterungsprozesse beeinflusst, wobei das Altern zur Versprödung und Versteifung des Asphaltbetons, im Speziellen des darin enthaltenen Bindemittels (Bitumen), führt. Der Prozess der Alterung ist kumulativ sowie irreversibel und wird in Kurzzeit- und Langzeitalterung unterteilt.

Flexibilitätsprüfungen, also die Prüfung von Flexibilitätseigenschaften von Asphaltoberflächendichtungen sind während des gesamten Lebenszyklus dieser Dichtungen von Interesse. So sind derartige Flexibilitätsprüfungen beispielsweise bei der Eignungsprüfung von Asphaltbeton oder einem entsprechenden Dichtungsmaterial beim Materialdesignprozess sowie vor deren Anwendung bzw. Aufbringen auf abzudichtende Flächen oder Bauwerke durchzuführen. Außerdem sind Flexibilitätsprüfungen zur Kontrolle der korrekten Herstellung von Oberflächendichtungen sowie zur laufenden Zustandskontrolle von bereits verlegten Oberflächendichtungen erforderlich. Dabei gilt es zu beachten, dass der angewandte Herstellungsprozess durch thermische und damit verbundene oxidative Prozesse direkt die Materialflexibilität derartiger Oberflächendichtungen

beeinflusst. Im Schadensfall lassen sich mögliche Schadensursachen mittels geeigneter Flexibilitätprüfungen erkennen und zukünftig vermeiden. Überdies sind Flexibilitätprüfungen zur Planung von Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen von Oberflächendichtungen wichtig.

Zur Prüfung von Oberflächendichtungen sind unterschiedliche Messmethoden bekannt. Beispielsweise ist aus dem Dokument DE 3814132 A1 ein Verfahren zur Dichtheitsbestimmung bzw. zur Bestimmung der Durchlässigkeit von Flächendichtungen aus Asphaltbeton unter Anwendung von Infrarot-Thermographie bekannt geworden. Hierbei handelt es sich um ein zerstörungsfreies Verfahren mit Hilfe einer Wärmebildkamera, wobei Unterschiede in der Wärmeabstrahlung bzw. der Temperaturverteilung der zu untersuchenden Flächendichtung durch Infrarot-Thermographie sichtbar gemacht werden. Um die qualitative Verteilung der unterschiedlichen Temperaturen der Dichtungsoberfläche zu zeigen, können von Infrarotkameras hergestellte Thermogramme ausreichend sein. Um Undichtigkeiten in der Flächendichtung auch quantitativ beurteilen zu können, sind zweckmäßigerweise zusätzlich noch Bilder der Isothermen aufzunehmen. Wobei als Referenzwerte auch die Referenztemperaturen der Flächendichtung ermittelt werden müssen und deren Wärmebilder mit jenen der übrigen Dichtungsabschnitte zu vergleichen sind. Eine direkte Materialprüfung, also eine direkte Untersuchung eines Probekörpers, ist bei diesem Verfahren nicht vorgesehen. Aufgrund der aufwendigen und ungenauen Messmethode hat sich dieses Verfahren allerdings bisher nicht durchgesetzt.

Das Dokument CN 202330170 U zeigt eine Vorrichtung zur Bestimmung des Speichermoduls von Asphaltbeton. Dabei wird der dynamische Elastizitäts-Modul, also die Steifigkeit unter dynamischer Belastung des Asphalts bzw. Asphaltbetons, bestimmt. Eine Flexibilitätprüfung des zu untersuchenden Materials, um daraus Angaben zu erhalten, wie weit eine Dichtung aus Asphaltbeton verformt werden kann, bis Undichtheiten auftreten, ist mit dieser Vorrichtung zur Bestimmung des Speichermoduls nicht möglich und auch nicht vorgesehen. Oberflächendichtungssysteme aus Asphaltbeton unterliegen größtenteils keinen dynamischen Belastungen mit hohen Frequenzen, die Mehrzahl der Einwirkungen ist statisch.

Zur Bestimmung der Flexibilität von Oberflächendichtungen während deren Eignungsprüfung hat sich bereits vor vielen Jahren der Flexibilitätstest nach van Asbeck durchgesetzt. Eine detaillierte Beschreibung dieses Flexibilitätstests bzw. der dazu erforderlichen Testapparatur ist der Veröffentlichung van Asbeck, W.F.: „Bitumen in Hydraulic Engineering“; Band 1, London 1955, Shell Petroleum Co., zu entnehmen. Bei diesem Versuch nach van Asbeck wird eine kreisförmige Platte des zu prüfenden Dichtungsbelages mit einem Durchmesser von 50 cm in einem Drucktopf auf eine Sandunterlage oder

Glasperlenunterlage gelegt, der Dichtungsbelag durch Mastix, Bitumen etc. gegen die Seitenwände des Drucktopfs abgedichtet, anschließend mittels Wasserdruck bei gleichzeitigem Ablassen des Sandes bzw. der Glasperlen zu einer Setzungsmulde verformt und zugleich auf Dichtheit geprüft. Die Tiefe der unter diesen Bedingungen erzielbaren, noch wasserdichten Setzungsmulde h wird – auf die Muldenweite s bezogen – als Maß der Verformbarkeit benutzt und mit einem Grenzwert $h/s = 1/10$ zur Beurteilung ausreichender Verformbarkeit des zu prüfenden Dichtungsbelages herangezogen. Der Grenzwert $h/s = 1/10$ findet sich als Prüfbedingung in diversen einschlägigen Richtlinien.

Dazu hat sich Hans Haas kritisch in seinem Artikel „Zur Verformbarkeit von Dichtungsbelägen aus Asphalt“, erschienen in der Fachzeitschrift Bitumen, Ausgabe 4 (1992), Seiten 163-166, geäußert. Der im Asphaltwasserbau seit langem bekannte van Asbeck-Versuch entspricht demnach nach Berücksichtigung einiger Korrekturen zwar prinzipiell den Gegebenheiten bei der Herstellung entsprechender Oberflächendichtungen. Allerdings werden beim van Asbeck-Modellversuch die bei der Entstehung von Setzungsmulden erzwungenen Flächenvergrößerungen bzw. Längendehnungen für alle Mulden gleicher Tiefen-Weiten-Verhältnisse gleichwertig nachgestellt, wobei die mit der Muldenbildung verbundenen Biegebeanspruchungen bei den vergleichsweise kleinen Modellmulden stark überzogen werden. Bei sehr flachen Mulden ist diese Abweichung von der Realität noch gering. Bei zunehmendem Verhältniswert h/s , gebildet aus der Muldentiefe h und der Muldenweite s , entwickelt sich aber die Biegebeanspruchung im Modellkörper zu der im Modellversuch dominierenden, maßgebenden Beanspruchung des zu prüfenden Dichtungsbelages, wogegen sie bei praxisnahen Muldenweiten weitgehend unbedeutend bleibt (siehe Haas, H.: „Zur Verformbarkeit von Dichtungsbelägen aus Asphalt“, Bitumen 4/92, Seite 166).

Die bei Dichtungsbelägen maßgebende Art der Verformung wird also durch Setzungsmulden erzeugt, wobei deren Form und nicht deren absolute Größe die entscheidenden Beanspruchungen hervorrufen.

Außerdem ist bei diesem Versuchsaufbau nach van Asbeck von Nachteil, dass die Asphaltbetondichtplatte als zu prüfender Dichtungsbelag innerhalb des Drucktopfs händisch verdichtet bzw. gegen die Wandung des Drucktopfes abgedichtet werden muss. Dies ist jedenfalls zeitaufwendig und arbeitsintensiv. Präzise Kontrollmöglichkeiten zur Überprüfung oder Steuerung der Verdichtungsarbeit und damit eine Korrekturmöglichkeit, um während des Flexibilitätsversuches auch einen Bezug zum tatsächlichen Einbauprozess des Dichtungsbelages unter Einsatz von entsprechenden Verdichtungsmaschinen zu schaffen, sind beim Flexibilitätstest nach van Asbeck nicht vorgesehen. Mit dem Flexibilitätstest nach

van Asbeck können also keine realen Einflüsse unterschiedlicher Verlege- und Verdichtungstechniken und den daraus resultierenden Verdichtungsenergien von Dichtungsbelegen auf der Baustelle beispielsweise einer Deponie oder eines Staudammes mit Asphaltbetonoberflächendichtung berücksichtigt werden.

Außerdem ist beim Versuchsaufbau nach van Asbeck nachteilig, dass eine Klimatisierung, also eine Prüfung des Asphaltbetonprobekörpers in variierenden Temperaturbereichen nicht vorgesehen ist bzw. nur sehr schwer durchführbar ist. Dazu müsste der gesamte Versuchsaufbau in einer Klimakammer durchgeführt werden, was aufgrund der großen Abmessungen des Versuchsaufbaus sehr aufwendig wäre. Die Prüfung der Durchlässigkeit des Probekörpers innerhalb des Drucktopfs wird mittels druckbeaufschlagtem Wasser durchgeführt. Aufgrund des thermo-visko-elastischen Materialverhaltens von Asphaltbeton ist eine Prüfung in variierenden Temperaturbereichen von essenzieller Bedeutung. Überdies sind die Probekörper im Versuchsaufbau nach van Asbeck während der Messung weder sichtbar noch zugänglich, weshalb nachteilig eine kontinuierliche Überwachung bzw. eine digitale Aufzeichnung des Kraft-Verformungsverhaltens des Probekörpers während der Messung nicht möglich ist.

Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, für einen Flexibilitätstest von bituminös gebundenen Dichtschichten, Binderschichten oder Tragschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton der eingangs genannten Art eine Prüfvorrichtung zu schaffen, die die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile vermeidet. Diese Aufgabe wird bei einer Prüfvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teiles des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Erfindungsgemäß ist bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, der eingangs genannten Art oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers eine auf diesen wirkende Presseinrichtung angeordnet sowie zumindest ein Dichtungsmittel zum Abdichten einer Dichtungsebene zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper und der Auflageplatte vorgesehen, wobei unterhalb der Auflageplatte sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung ein zur Ausnehmung offenes Druckgefäß angeordnet ist, welches mit einer Unterdruckeinrichtung kommunizierend verbindbar ist.

Der lichte Innendurchmesser der Ausnehmung bildet die Weite einer Setzungsmulde unter dem Asphaltprobekörper ab, wobei die Ausnehmung aufgrund des freien Durchmessers eine Verformung des Asphaltprobekörpers zu einer Setzungsmulde ermöglicht. Weiters ist

oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers eine auf diesen wirkende Presseinrichtung angeordnet, welche einen isotropen Druck erzeugt. Unterhalb der Auflageplatte sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung ein zur Ausnehmung offenes Unterdruckgefäß angeordnet, welche im Betrieb mit einer Unterdruckeinrichtung, beispielsweise einer Vakuumpumpe oder Unterdruckpumpe, kommunizierend verbunden ist.

Vorteilhaft weist eine erfindungsgemäße Prüfvorrichtung eine Auflageplatte mit einer kreisförmigen Ausnehmung auf, die an ihrer Oberkante konkav abgerundet ist. Zweckmäßigerweise umfasst die Prüfvorrichtung weiters entsprechende Gehäusebauteile bzw. Stative, welche unter anderem die Auflageplatte in ihrer Position vorzugsweise in waagrecht Lage fixieren. Derartige Gehäusebauteile wie Stative, Gestelle oder dergleichen, welche üblicherweise zum Aufbau eines Prüfstands erforderlich sind und die erforderlichenfalls auch rasch zerlegt werden können, sind dem Fachmann hinreichend bekannt, weshalb auf Details solcher Gehäusebauteile im Weiteren nicht näher eingegangen wird.

Ein zu prüfender Asphaltprobekörper wird dabei in seiner Grundfläche so bemessen, dass dieser auf der Auflageplatte flächig aufliegt und die mittige Ausnehmung überlappt und diese gleichzeitig auch mit dem zwischen Auflageplatte und Probekörper liegenden zumindest einen Dichtungsmittel abdichtet. Es können mit der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung sowohl Eignungsprüfungen für bituminös gebundene Dichtungsmaterialien, als auch Asphaltprobekörper aus bereits bestehenden Oberflächendichtungen untersucht werden. Der Asphaltprobekörper kann dazu bereits vorher im Labor oder auf einer Baustelle an einem Probefeld in Abstimmung auf die entsprechend geplante Verdichtungsarbeit hergestellt werden. In Verbindung mit Methoden zur künstlichen Materialalterung, sogenannten Kurzzeitalterungsmethoden, ist es weiters möglich, mit der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung Prognosen zur Flexibilitätsentwicklung von fertig eingebauten Asphaltbetondichtungen zu erstellen. Dies bezieht sich auf im Labor hergestellte Probekörper. Durch eine maschinelle Verdichtung der zu prüfenden Asphaltprobekörper in einem Walzsegmentverdichter kann die reale Verdichtungsarbeit bzw. Energie abhängig von dem auf der Baustelle eingesetzten Verdichtungsgerät bei der Flexibilitätsprüfung realitätsnah abgebildet werden.

Erforderlichenfalls kann ein vorbereiteter Asphaltprobekörper an seinen Rändern auch entsprechend zugeschnitten werden, um auf der Auflageplatte mit deren vorgegebenen Abmessungen aufgelegt zu werden, ohne dabei die Auflageplatte zu überragen. Nach dem Auflegen des unverformten Asphaltprobekörpers auf der Auflageplatte wird oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers eine auf diesen wirkende Presseinrichtung angeordnet, die

vorzugsweise an einem Gehäuseteil der Prüfvorrichtung befestigt wird. Vorzugsweise wird von der Presseinrichtung ein isotroper Prüfüberdruck erzeugt. Während einer Flexibilitätprüfung können mit Hilfe der Presseinrichtung in einem beliebigen, vordefinierten Belastungszyklus unterschiedliche Drücke als Belastungen auf die Oberseite des Asphaltprobekörpers aufgeprägt werden. Mit diesen Druckbelastungen können im Versuchsmodus in einem Belastungszyklus reale Belastungssituationen simuliert werden, wie diese in der Realität auf eine Flächendichtung aus Asphaltbeton beispielsweise im Wasser- oder Deponiebau einwirken. Beispielsweise können so der Einstauvorgang eines Reservoirs, Wasserspiegelschwankungen in einem Pumpspeicherreservoir oder der Befüllvorgang einer Deponie von der Prüfvorrichtung während einer Flexibilitätprüfung der Flächendichtung simuliert werden.

Im Vergleich mit der bekannten Versuchsapparatur nach van Asbeck ist bei einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung besonders vorteilhaft kein Drucktopf samt hermetisch schließendem Deckel erforderlich, innerhalb dessen der zu untersuchende Asphaltprobekörper mühsam eingebaut und auch abgedichtet werden muss. Die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung kann also besonders kompakt gestaltet werden und lässt sich somit besonders vorteilhaft auch in Standard-Klimakammern unterbringen, welche üblicherweise in jedem Prüflabor vorhanden sind. Somit können erfindungsgemäße Prüfvorrichtungen für eine Vielzahl an Versuchen auch parallel nutzen. Somit können mit der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung auch Flexibilitätprüfungen von Asphaltbetondichtungen bei unterschiedlichen Temperatur- und Klimabedingungen durchgeführt werden. So ist es beispielsweise möglich, mit der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung in Kombination mit einer Standard-Klimakammer Flexibilitätprüfungen von Dichtungsprobekörper bei realen Prüftemperaturen etwa von -30°C bis 80°C durchzuführen.

Außerdem ist bei einer Prüfvorrichtung gemäß der Erfindung von Vorteil, dass unterhalb der Auflageplatte sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung ein zur Ausnehmung offenes Unterdruckgefäß angeordnet ist, das mit einer Unterdruckeinrichtung kommunizierend verbindbar ist. Somit kann die Durchlässigkeit bzw. Dichtheit der Asphaltprobekörper mittels Unterdruck von Luft durch Druckausgleich im Falle von Rissen im Probekörper bestimmt werden. Aufgrund der höheren Luftdurchgängigkeit im Vergleich zu Wasser ist das erfindungsgemäße Prüfverfahren zur Flexibilitätprüfung daher auch konservativer als die aus dem Stand der Technik bekannten Prüfverfahren wie jenes nach van Asbeck, bei dem die Wasserdichtheit der Oberflächendichtung geprüft wird.

Besonders vorteilhaft kann bei einer Prüfvorrichtung gemäß der Erfindung die Presseinrichtung zumindest ein Druckkissen umfassen, welches Druckkissen zumindest abschnittsweise an einer Oberseite des zu prüfenden Asphaltprobekörpers anliegt. Vorzugsweise liegt das zumindest eine Druckkissen vollflächig an jener Oberseite des Asphaltkörpers an, welche während der Flexibilitätsprüfung oberhalb der Ausnehmung der Auflageplatte gelegen ist und die von der Auflageplatte abgewandte Seite des Asphaltkörpers bildet. Vorzugsweise ist das zumindest eine Druckkissen ein Druckluftkissen. Als Druckkissen (auch Hebekissen, Hubkissen, Druckluftkissen oder pneumatischer Hebesatz genannt) bezeichnet man üblicherweise zwei an den Kanten verbundene (vulkanisierte oder mit Klemmplatten verschlossene) Gummi/Gewebe-Matten, bzw. Schläuche, die man standardmäßig mit Druckluft befüllen bzw. aufblasen und sie so zum Heben von Lasten verwenden kann. Druck- bzw. Hebekissen sind ein Teil der flexiblen Drucklufttechnik mit aufblasbaren Elementen. Anstelle von Druckluft oder in Ergänzung dazu ist auch die Verwendung von Wasserdruck zum Befüllen eines Druckkissens möglich. Bei hohen Drücken über 10 bar ist anstelle von Wasser allerdings die Verwendung einer Wasser-/Glykol-Mischung erforderlich wird diese von den Herstellern solcher Hebekissen empfohlen.

In dieser Ausführung werden von der Prüfvorrichtung die Belastungen eines beliebigen Belastungszyklus durch ein oder mehrere Druckkissen, vorzugsweise Druckluftkissen, auf den Asphaltprobekörper aufgeprägt. Das zumindest eine Druckkissen ist dabei oberhalb des Asphaltprobekörpers positioniert und liegt an dessen Oberseite vorzugsweise vollflächig an. Vorteilhaft kann eine Pressplatte, die an der entgegengesetzten Seite des Druckkissens beispielsweise an einem Gehäuseteil der Prüfvorrichtung befestigt ist, zu einer besonders gleichmäßigen Druckverteilung des Druckkissens auf den darunter befindlichen Probekörper beitragen, sobald dieses beispielsweise mittels Druckluft aufgepumpt wird. In dieser beispielhaften Ausführungsvariante ist also das zumindest eine Druckkissen bzw. Druckluftkissen zwischen einer Pressplatte und dem zu untersuchenden Asphaltprobekörper angeordnet.

Zweckmäßig kann bei einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung mit der Presseinrichtung ein Prüfüberdruck von 0 bar bis 15 bar, bevorzugt von 0 bar bis 8 bar, besonders bevorzugt von 0 bar bis 3 bar, einstellbar sein, wobei der Prüfüberdruck auf die Oberseite des zu prüfenden Asphaltprobekörpers einwirkt. Somit können mit der Prüfvorrichtung je nach Ausrüstung der verwendeten Presseinrichtung sowohl Wasserdrücke von bis zu 15 bar simuliert werden. Ebenso können Flexibilitätsprüfungen bei einem Standard-Prüfüberdruck bis 3 bar durchgeführt werden, wie dies auch mit der Versuchsanordnung nach van Asbeck vorgesehen ist. Durch den Einsatz von an sich bekannten digitalen Druckaufnehmern lässt sich der

tatsächliche Prüfüberdruck in Echtzeit erfassen und mittels geeigneter Auswertegeräte samt der entsprechenden Messdatenerfassungs-Software aufzeichnen und auswerten.

In der Prüfeinrichtung werden kontinuierlich Prüfdruck, Verformung sowie Unterdruck aufgezeichnet und in Echtzeit an einen PC gesendet wo die Parameter überwacht sowie aufgezeichnet werden.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung kann bei einer Prüfvorrichtung innerhalb des Sauggefäßes zumindest ein Sensor zur Deformationserfassung einer Tiefe einer Setzungsmulde des verformten Asphaltprobekörpers angeordnet sein. In dieser Ausführungsvariante dienen ein Sensor oder mehrere Sensoren zur konstanten Deformationserfassung des verformten Asphaltprobekörpers. Zweckmäßig ist zumindest ein derartiger Deformationssensor innerhalb des nach oben offenen Unterdruckgefäßes angeordnet und mit der Unterseite des Asphaltprobekörpers in Kontakt. Während der Flexibilitätsprüfung wird durch die von der Presseinrichtung einwirkende Belastung der Asphaltprobekörper im Bereich der kreisförmigen Ausnehmung in der Auflageplatte verformt, wobei sich eine Setzungsmulde mit einer bestimmten Tiefe bildet. Vorteilhaft wird von dem zumindest einen Sensor zur Deformationserfassung das Kraftverformungsverhalten in der Mitte des Asphaltprobekörpers digital erfasst und die Sensorsignale üblicherweise von einem Computer mittels einer entsprechenden Messdatenerfassungs-Software aufgezeichnet und ausgewertet. Vorteilhaft lässt sich damit in Echtzeit der Verformungsvorgang des untersuchten Asphaltprobekörpers abhängig vom jeweils gewählten Belastungszyklus erfassen und auswerten. Parallel dazu kann eine visuelle Überwachung der Verformung mittels in das Unterdruckgefäß integrierten digitalen Videokamera erfolgen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung kann bei einer Prüfvorrichtung innerhalb des Unterdruckgefäßes und/oder eines Saugleitungsanschlusses der Unterdruckeinrichtung zumindest ein Sensor zur Druckerfassung angeordnet sein. Mit einem digitalen Sensor zur Druckerfassung, der auch zum Aufnehmen von Unterdrücken vorgesehen ist, kann vorteilhaft bereits vor Beginn einer Flexibilitätsprüfung eine Dichtheitsprüfung des Versuchsaufbaus durchgeführt werden. Dazu wird im Sauggefäß, das unterhalb der kreisförmigen Ausnehmung in der Auflageplatte angeordnet ist, und das oberhalb der Auflageplatte mit dem zu untersuchenden Asphaltprobekörper bedeckt bzw. abgedichtet ist, mittels einer Unterdruckeinrichtung wie beispielhaft einer Vakuumpumpe ein entsprechenden Unterdruck erzeugt. Während eines definierten Zeitraums beispielsweise von wenigen Minuten wird der eingestellte Unterdruck überprüft, um so mögliche Leckagen im Versuchsaufbau detektieren zu können. Ebenso kann vor dem Versuchsbeginn, also bevor der eigentliche Belastungszyklus startet, ein zuvor definierter Unterdruck im Unterdruckgefäß

eingestellt werden. Außerdem kann während der Versuchsdurchführung von dem zumindest einen digitalen Sensor zur Druckerfassung der Unterdruck im Sauggefäß digital aufgezeichnet werden. Üblicherweise werden die digitalen Sensorsignale von einem Computer mittels einer entsprechenden Messdatenerfassungs-Software aufgezeichnet und ausgewertet. Vorteilhaft lässt sich damit in Echtzeit die Änderung des Unterdrucks und somit die Dichtheit im Unterdruckgefäß des untersuchten Asphaltprobekörpers abhängig vom jeweils gewählten Belastungszyklus erfassen und auswerten.

Zweckmäßig können mit entsprechenden Messgeräten wie beispielsweise Messsensoren noch weitere Versuchsparameter wie beispielsweise die Temperatur und/oder Luftfeuchte während der Flexibilitätsprüfung digital aufgezeichnet werden. Temperatursensoren sind meist elektronische Bauelemente, die ein elektrisches Signal als Maß für die Temperatur liefern. Ein Messsensor, der auch als Detektor, Messgrößen-Aufnehmer oder Messfühler bezeichnet wird, ist ein technisches Bauteil, das bestimmte physikalische (z. B. Wärmemenge, Temperatur, Feuchtigkeit, Druck) oder chemische Eigenschaften und/oder die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen kann. Diese Größen werden mittels physikalischer oder chemischer Effekte erfasst und in ein weiterverarbeitbares elektrisches Signal umgeformt. Für die Messtechnik wird in DIN 1319-1 der Begriff Aufnehmer bzw. Messgrößen-Aufnehmer verwendet und als der Teil einer Messeinrichtung definiert, der auf eine Messgröße unmittelbar anspricht. Damit ist der Aufnehmer das erste Element einer Messkette. Gemäß DIN 1319-2 gehört der Aufnehmer zu den Messumformern, bei gleicher physikalischer Größe an Eingang und Ausgang auch zu den Messwandlern. Die Abgrenzung der Begriffe Messsensor und Messgrößen-Aufnehmer, Messfühler, Messgerät, Messeinrichtung etc. ist fließend, da dem Messsensor zusätzlich zum eigentlichen Aufnehmer teilweise weitere Elemente der Messkette zugeordnet werden.

Besonders zweckmäßig kann es sein, wenn bei einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung das Unterdruckgefäß zumindest abschnittsweise durchsichtig ist. In dieser Ausführungsvariante lassen sich vorteilhaft Rissbilder, die an der Unterseite der zu untersuchenden Asphaltprobekörper bei deren Verformung auftreten können, bereits während ihrer Entstehung beobachten. Beispielsweise können dazu Videokameras eingesetzt werden, die von außen durch das Sauggefäß hindurch die Bildung der Setzungsmulde aufzeichnen. Ebenso kann eine Kamera auch direkt im Unterdruckgefäß angeordnet sein.

Vorteilhaft kann bei einer Prüfvorrichtung gemäß der Erfindung der zu untersuchende Asphaltprobekörper eine quadratische Grundfläche aufweisen, wobei eine Seitenkantenlänge des Asphaltprobekörpers von 200 mm bis 500 mm, vorzugsweise von 250 mm, beträgt. Besonders vorteilhaft können bei der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung auch quadratische

Asphaltprobekörper untersucht werden, die wesentlich einfacher herzustellen oder aus einem Testfeld oder einer bestehenden Oberflächendichtung auszuschneiden sind als die beim Versuch nach van Asbeck zwingend vorgeschriebenen kreisförmigen Probekörper mit einem Durchmesser von 500 mm. Vorzugsweise können beim erfindungsgemäßen Prüfverfahren quadratische Asphaltprobekörper geprüft werden, die eine Seitenkantenlänge von 250 mm aufweisen. Die Dicke eines solchen prismatischen Asphaltprobekörpers hängt von der tatsächlichen, realen Dichtungshöhe der geplanten Asphaltflächendichtung ab. In diesem Fall wird der lichte Innendurchmesser der Ausnehmung in der Auflageplatte beispielsweise mit 150 mm gewählt. Die Dichtheit des Asphaltprobekörpers wird bei einer maximalen Muldentiefe h der Setzungsmulde auf die Muldenweite s bezogen, welche dem gewählten Innendurchmesser der Ausnehmung in der Auflageplatte entspricht. Als Maß der Verformbarkeit wird analog zum Prüfverfahren nach van Asbeck ein Grenzwert des Verhältnisses von Tiefe zu Weite der Setzungsmulde im Asphaltprobekörper $h/s = 1/10$ zur Beurteilung ausreichender Verformbarkeit des zu prüfenden Dichtungsbelages herangezogen. Bei einem gewählten Innendurchmesser der Ausnehmung respektive einer Weite s der Setzungsmulde von 150 mm wird als Kriterium für eine positive Flexibilitätsprüfung eine Tiefe h der Setzungsmulde von zumindest 15 mm angesehen, wenn bei dieser Verformung der verformte Asphaltprobekörper noch dicht ist.

Es wird festgehalten, dass neben diesem Endzustand, der bei einer Verformung des Asphaltprobekörpers bis zu $1/10$ des freien Innendurchmessers der verwendeten Prüfvorrichtung nicht endet, auch beliebige andere Endzustände der Flexibilitätsprüfung definiert werden können.

In einer weiteren zweckmäßigen Ausführung nach der Erfindung kann bei einer Prüfvorrichtung das zumindest eine Dichtungsmittel zum Abdichten einer Dichtungsebene zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper und der Auflageplatte ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassend: Dichtmembran, Dichtmembran aus Kunststoff, Dichtungsring, Dichtungspaste, Schaumstoffdichtung, Bitumendichtung.

Der Einsatz einer Dichtmembran als Dichtungsmittel zwischen dem Asphaltprobekörper und der Auflageplatte hat den Vorteil, dass diese wiederverwendbar ist, den Probekörper beim Ein- und Ausbau in die Prüfvorrichtung nicht behindert und eine hohe Dichtheit aufweist. Allerdings ist Voraussetzung, dass die Auflageplatte eine ebene, plane Auflagefläche bietet, um eine solche Dichtmembran einsetzen zu können. Bei den bisherigen Untersuchungen haben sich deshalb Paarungen von Auflageflächen aus Metall sowie Dichtmembrane aus Kunststoff bewährt. Alternativ oder in Ergänzung dazu können beispielsweise ein oder mehrere Dichtungsringe verwendet werden, die vorzugsweise konzentrisch zur

kreisförmigen Ausnehmung sowie von dieser beabstandet auf der Auflageplatte aufgelegt werden. Gegebenenfalls kann durch Einsatz von Dichtpaste die Dichtwirkung solcher Dichtungsringe weiter erhöht werden. Ebenso können im Rahmen der Erfindung Auflageplatten zum Einsatz kommen, welche entsprechende Dichtungsnuten zur teilweisen Aufnahme von Dichtungsmitteln wie beispielsweise Dichtungsringen aufweisen. Der Einsatz von Dichtungsmaterialien auf bituminöser Basis bietet wiederum den Vorteil, dass diese Dichtungsmittel sehr kostengünstig sind und eine hohe Dichtheit gewährleisten. Weiters müssen die zu untersuchenden Probekörper nicht sehr eben sein, da die Bitumendichtung Unebenheiten ausgleicht. Nachteilig ist dabei allerdings, dass der Ein- und Ausbau von Bitumendichtungen aufwendig ist und eine gewisse Abkühlphase vor dem eigentlichen Versuchsbeginn einer Flexibilitätprüfung erforderlich macht.

Weiters ist es eine der Aufgaben der Erfindung, ein Prüfverfahren zur Flexibilitätprüfung anzugeben, bei welchem die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung eingesetzt wird. Diese Aufgabe wird von einem Prüfverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Flexibilitätprüfung von bituminös gebunden Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- a- Bereitstellen einer Prüfvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8;
- b- Aufbringen zumindest eines Dichtungsmittels auf eine Auflageplatte mit einer mittig angeordneten kreisförmigen Ausnehmung, wobei das Dichtungsmittel von der Ausnehmung beabstandet aufgebracht wird;
- c- Auflegen eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers auf eine Auflageplatte, wobei eine Unterseite des Asphaltprobekörpers eine mittig der Auflageplatte angeordnete kreisförmige Ausnehmung überdeckt;
- d- Auflegen einer Presseinrichtung auf eine Oberseite des Asphaltprobekörpers;
- e- Anlegen von Unterdruck in einem Unterdruckgefäß unterhalb der Ausnehmung der Auflageplatte;
- f- Durchführen einer Dichtheitskontrolle des Versuchsaufbaus, indem der Unterdruck im Unterdruckgefäß während eines definierten Zeitintervalls kontrolliert wird, wobei der Unterdruck konstant bleiben soll,
- g- Durchführen eines definierten Belastungszyklus, indem von der Presseinrichtung vordefinierte Prüfüberdrücke vorzugsweise isotrop auf die Oberseite des Asphaltprobekörpers und/oder definierte Unterdrücke auf die Unterseite des Asphaltprobekörpers einwirken,

- h- Erfassen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers während des Belastungszyklus mittels eines oder mehrerer Messsensoren, vorzugsweise Deformationssensoren, Drucksensoren und/oder Temperatursensoren,
- i- Optionales Aufzeichnen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers während des Belastungszyklus mittels zumindest einer Videoaufnahme.

Die zuvor bereits zur erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung genannten Vorteile und vorteilhaften Wirkungen gelten sinngemäß gleichwertig auch für das erfindungsgemäße Prüfverfahren. Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, wird entweder ein im Labor hergestellter Asphaltprobekörper oder ein Asphaltprobekörper, der einer bereits hergestellten Flächendichtung entnommen wurde, künstlich mit Druck verformt, bis dieser aufgrund von Deformationsrissen undicht wird und durch diesen Luft hindurchströmen kann. Bei Erreichen dieses Endzustands wird unter anderem die Verformung gemessen – gemäß dem bereits zuvor genannten Dichtheitskriteriums 1/10 - wobei der Probekörper bei der Prüfung zerstört wird.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Prüfverfahrens wird eine Presseinrichtung bereitgestellt, welche zumindest ein Druckkissen, vorzugsweise ein Druckluftkissen, umfasst, wobei das zumindest eine Druckkissen zumindest abschnittsweise, vorzugsweise vollflächig, an einer Oberseite des zu prüfenden Asphaltprobekörpers anliegend angeordnet wird und die während des Belastungszyklus auf die Oberseite des Asphaltprobekörpers einwirkenden Prüfüberdrücke durch das Druckkissen hervorgerufen werden. Vorteilhaft kann durch den Einsatz eines oder mehrerer Druckkissen direkt an der Oberseite des zu prüfenden Asphaltprobekörpers ein entsprechender Prüfüberdruck aufgeprägt werden, ohne das dazu der gesamte Asphaltprobekörper samt der Auflageplatte in einem Drucktopf unter Druck gesetzt werden müssen, wie dies bei der Apparatur nach van Asbeck der Fall ist.

Zusammenfassend sind zumindest die folgenden Vorteile des erfindungsgemäßen Prüfverfahrens im Vergleich zu dem Flexibilitätstest nach van Asbeck hervorzuheben:

- Definierte Probekörpergeometrie und definierte Eigenschaften des Asphaltprobekörpers (z.B. hinsichtlich Verdichtungsarbeit, Hohlraumgehalt, etc.);
- Die Asphaltprobekörper können in Abstimmung auf die geplante reale Verdichtungsarbeit auf der Baustelle hergestellt werden. Es stehen jedenfalls zwei Möglichkeiten der Herstellung eines Asphaltprobekörpers offen:
 - aufgrund des Versuchs werden Mindestanforderungen an die Verdichtungsgeräte auf der Baustelle definiert, oder
 - das Mischgut und dessen Verdichtbarkeit wird in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Geräte entwickelt, verdichtet und getestet;

- Durch die flexible Probekörperherstellung entsprechen diese den zu erwartenden Asphalteigenschaften der fertigen Dichtung in der Realität;
- Kombinierbar mit einem Materialalterungsverfahren zur Simulation der herstellungsbedingten Materialversprödung und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Dichtungseigenschaften. Somit können Anforderungen an den Herstellungsprozess der Dichtung definiert werden (z.B.: maximale Materialmanipulationszeit, Mischtemperatur, Maschinentypen etc.);
- Das erfindungsgemäße Prüfverfahren kann zur Eignungsprüfung von bituminös gebundenen Oberflächendichtungen (Mischgutdesign) sowie für die Beurteilung in verschiedenen Alterungszuständen während der Liegezeit von Flächendichtungen sowie direkt nach deren Fertigstellung (Qualitätskontrolle) eingesetzt werden;
- Digitale Darstellung des Probekörperverhaltens (Kraftverformungsverhalten etc.) während der Belastungszyklen in Echtzeit;
- Die Durchlässigkeit (Dichtheit) der Probekörper wird mittels Unterdruck (Luft) bestimmt (Luftdurchgängigkeit ist höher als jene von Wasser);
- Beliebige Belastungen bzw. Belastungszyklen für verschiedene Anwendungsbereiche der Asphaltoberflächendichtung (z.B.: Dichtungen von Wasserreservoirs, Dichtungen für Deponien, etc.) können definiert werden;
- Mit dem erfindungsgemäßen Prüfverfahren sind sehr variable Prüftemperaturen (thermo-viscoelastisches Materialverhalten von Asphaltbeton) möglich;
- Realitätsnahe Abbildung von Materialeigenschaften;
- Extrem kurze Versuchsdauer beim erfindungsgemäßen Prüfverfahren im Vergleich zur Prüfung nach van Asbeck; rascher und leichter Ein- und Ausbau des Probekörpers, wogegen beim Prüfverfahren nach van Asbeck der ausgehärtete Asphaltprobekörper nach Abschluss der Flexibilitätsprüfung aus dem Drucktopf herausgestemmt werden muss;
- hohe Reproduzierbarkeit der Flexibilitätsprüfungen, da diese weitestgehend automatisiert ablaufen.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Erläuterung eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen zeigen:

- **Fig. 1** in einer Schnittansicht von der Seite die aus dem Stand der Technik bekannte Prüfvorrichtung nach van Asbeck;
- **Fig. 2A** in einer Schnittansicht von der Seite eine Ausführung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung zur Flexibilitätsprüfung mit zu prüfendem Asphaltprobekörper vor Beginn der Prüfung;

- **Fig. 2B** in einer Schnittansicht von der Seite die in Fig. 2A dargestellte Ausführung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung zur Flexibilitätsprüfung nach Abschluss der Prüfung;
- **Fig. 3** in einer Draufsicht die in Fig. 2A dargestellte Ausführung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung zur Flexibilitätsprüfung ohne Asphaltprobekörper;
- **Fig. 4** in einer Vorderansicht eine Versuchsanordnung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung zur Flexibilitätsprüfung samt peripheren Apparaturen.

In **Fig. 1** ist eine an sich bekannte Prüfvorrichtung 1 nach van Asbeck veranschaulicht. Die Prüfvorrichtung 1 umfasst einen zylindrischen Drucktopf 2 mit einem Deckel 3, welcher mittels Schraubverschlüssen 4 druckfest verschließbar ist. Im Innenraum des Drucktopfes 2 ist Platz für einen zu prüfenden etwa kreisscheibenförmigen Probekörper aus Asphaltbeton vorgesehen, der mit einer seitlichen Dichtung 5 beispielsweise aus Mastixasphalt, Bitumen bzw. aus Gussasphalt gegen die zylindrische Innenwand des Drucktopfes 2 abgedichtet wird. Ein Auflagering 6, der hier beispielsweise aus Epoxidharz gefertigt ist, dient als kreisringförmige Auflage für den zu prüfenden Probekörper. Der Auflagering 6 weist einen Außendurchmesser auf, der dem Innendurchmesser des Drucktopfes 2 entspricht. Der Auflagering 6 weist eine konkave Abrundung zur zentralen inneren Ausnehmung auf, welche während des nachfolgend beschriebenen Versuchsablaufs als Setzungsmulde 7 an der Unterseite des zu prüfenden Probekörpers dient. Außerdem sind an der Unterseite des Drucktopfes 2 ein Ablassventil 8 sowie im Deckel 3 des Drucktopfes 2 ein Druckventilanschluss 9 vorgesehen. Der Druckventilanschluss 9 dient zum Befüllen des verschlossenen Drucktopfes 2 mit Wasser und Druckluft und umfasst hier beispielsweise auch eine Wasserstandsanzeige sowie ein Manometer, welche in Fig. 1 der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt sind.

Während der Versuchsdurchführung der Flexibilitätsprüfung nach van Asbeck befindet sich innerhalb des Drucktopfs 2 ein zu prüfender Asphaltprobekörper 10 mit einem Durchmesser D von 500 mm. Der kreisscheibenförmige Asphaltprobekörper 10 muss dazu händisch auf dem Auflagering 6 innerhalb des Drucktopfes 2 aufgesetzt und gegen diesen festgedrückt werden. Wobei ein gleichmäßiger Ringspalt zwischen dem Asphaltprobekörper 10 und der Innenwand des Drucktopfes 2 freibleibt. Anschließend wird die kreisringförmige Dichtung 5 in den Ringspalt zwischen die zylindrische Innenwand des Drucktopfes 2 und den Asphaltprobekörper 10 eingefüllt und diese händisch durch Festdrücken abgedichtet. Als Dichtungsmaterial 5 wird beispielsweise erhitzter Mastixasphalt bzw. Gussasphalt verwendet, der aufgrund des hohen Bitumenanteils bei Temperaturen über zirka 50°C flüssig wird. Wobei nachteilig das flüssige Bitumen bereits mehrere Stunden vor

Versuchsbeginn vergossen werden muss, um rechtzeitig zu Versuchsbeginn im abgekühlten Zustand auch seine Dichtwirkung zu erfüllen.

Der Bereich des Drucktopfes 2 unterhalb des Asphaltprobekörpers 10 ist zu Versuchsbeginn plan mit einem Auflagematerial 12 befüllt. Das Ablassventil 8 ist dazu anfangs verschlossen. Als Auflagematerial 12 dienen bevorzugt kleine Glasperlen oder Sand. Die innere Ausnehmung des Auflagerings 6 weist einen Innendurchmesser von 300 mm auf, der einer Weite s der Setzungsmulde des Asphaltprobekörpers 10 entspricht. Zu Versuchsbeginn wird also der unverformte scheibenförmige Asphaltprobekörper 10 durchgehend unterstützt: an seinem äußeren Randabschnitt liegt der Asphaltprobekörper 10 auf dem Auflagering 6 auf, während der mittlere bzw. innere Bereich des Asphaltprobekörpers 10 anfangs auf dem eingefüllten Auflagematerial 12 aufliegt.

Nach Verschließen des Deckels 3 des Drucktopfes 2 wird der oberhalb des Asphaltprobekörpers 10 befindliche Innenraum mit Wasser 13 befüllt. Dazu dient der Druckventilanschluss 9 an der Oberseite des Deckels 3. Das im geschlossenen Drucktopf 2 oberhalb des Asphaltprobekörpers 10 befindliche Wasser 13 wird mit Druckluft unter einen Anfangsdruck beispielsweise von bis zu 3 bar Überdruck gesetzt. Anschließend wird das Ablassventil 8 geöffnet und das Auflagematerial 12 mit einer definierten Ablassrate während eines definierten Zeitintervalls kontinuierlich abgelassen, worauf sich unterhalb des Asphaltprobekörpers 10 eine Setzungsmulde 7 mit einer Tiefe h beispielsweise von 50 mm Tiefe bildet. Die konkave Kontur der Setzungsmulde 7 ist in Fig. 1 dargestellt. Der Wasserüberdruck oberhalb des Asphaltprobekörpers 10 wird daraufhin während eines definierten weiteren Zeitraums beispielsweise von 5 Stunden konstant gehalten, während der sich der Asphaltprobekörper 10 aufgrund der fehlenden Auflage im Bereich der Setzungsmulde 7 verformt und als verformter Asphaltprobekörper 11 etwa die Kontur der Setzungsmulde 7 annimmt.

Wie bereits eingangs erwähnt können nachteilig beim Flexibilitätstest nach van Asbeck die kreisförmigen bzw. scheibenförmigen Asphaltprobekörper 10 aufgrund der erforderlichen Dimension mit einem Durchmesser D von 500 mm nur mittels Handverdichtung in ihrer kreisrunden zylindrischen Form hergestellt werden. Außerdem ist bei diesem Flexibilitätstest nach van Asbeck nachteilig, dass keine präzise Möglichkeit der Steuerung der Verdichtungsarbeit bei der Herstellung des Asphaltprobekörpers 10 und somit kein Bezug zum tatsächlichen Einbauprozess auf der Baustelle unter Einsatz eines entsprechenden Maschinenparks vorgesehen sind. Die Entnahme eines repräsentativen Asphaltprobekörpers 10 aus einer bereits bestehenden Dichtung beispielsweise eines Staudammes oder einer

Mülldeponie ist aufgrund der erforderlichen Größe und des kreisförmigen Ausschnitts nicht bzw. nur sehr schwer unter extrem hohen technischen Aufwand möglich.

Weiters ist von Nachteil, dass die Prüfvorrichtung 1 nach van Asbeck sehr schwer ist und vergleichsweise große Abmessungen hat. Allein der Drucktopf 2 samt Deckel 3 hat beispielsweise einen äußeren Durchmesser von rund 700 mm sowie eine äußere Bauhöhe von rund 1000 mm sowie ein Leergewicht von rund 100 bis 200 kg. Für die Durchführung von Flexibilitätsprüfungen nach van Asbeck bei verschiedenen Temperaturen müsste demnach eine dementsprechend große Klimakammer vorhanden sein, in der die gesamte Prüfvorrichtung 1 Platz findet, was zwar technisch möglich ist, aber unpraktisch und jedenfalls aufwendig. Weshalb derartige Versuche meist nur bei Raumtemperatur durchgeführt werden.

Jedenfalls ist aufgrund des hier verwendeten Druckmediums Wasser 13 der Temperaturbereich für Flexibilitätsprüfungen nach van Asbeck begrenzt, da die Gefrierpunkttemperatur von Wasser bei 0°C nicht unterschritten werden darf. Umgekehrt ist zu beachten, dass das Bitumen im Dichtungsmaterial 5 bereits bei Temperaturen ab 50°C niedrigviskos wird bzw. zu verflüssigen beginnt. Weshalb Flexibilitätsprüfungen nach van Asbeck bei höheren Temperaturen über 50°C nicht mehr zuverlässig durchführbar sind.

Bei der Versuchsdurchführung zur Flexibilitätsprüfung nach van Asbeck ist zu beachten, dass während der Prüfung vom Bedienungspersonal ständige Manipulationen an der Prüfvorrichtung 1 durchgeführt werden müssen. Weshalb auch aus diesem Grund Flexibilitätsprüfungen nach van Asbeck unter extremen Temperaturbedingungen in einer Klimakammer praktisch nicht durchführbar sind, da sich sonst das Bedienungspersonal ebenfalls während der gesamten Versuchsdauer in der Klimakammer aufhalten müsste und über lange Zeiträume den jeweils vorgegebenen Klimabedingungen ausgesetzt wäre.

So muss der zu untersuchende Asphaltprobekörper 10 in den Drucktopf 2 eingebaut und anschließend durch Verguss mit Gussasphalt als Dichtungsmaterial 5 seitlich gegenüber der Innenwand des Drucktopfs 2 abgedichtet werden. Nachteilig ist eine Dichtungskontrolle des Dichtungsmaterials 5 aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit während der Flexibilitätsprüfung nicht präzise möglich, was sowohl bei der Versuchsdurchführung als auch bei der Auswertung der Ergebnisse problematisch ist.

Die Belastung wird durch das über dem Asphaltprobekörper 10 befindliche Wasser, welches mit Druckluft unter Druck gesetzt wird, generiert. Damit keine zu rasche Verformung des Asphaltprobekörpers 10 erfolgt, muss das unterhalb befindliche Auflagematerial 12 zur

Erzeugung der Setzungsmulde 7 schrittweise abgelassen werden, um solcherart den Gegendruck für den Asphaltprobekörper 10 zu verringern. Die Verformung des verformten Asphaltprobekörpers 11 muss mit einem Messstab intervallmäßig bestimmt und händisch dokumentiert werden. Nachteilig sind der Asphaltprobekörper und damit auch dessen Verformungsverhalten während des Versuchs nicht sichtbar. Es kann nur der Endzustand des verformten Asphaltprobekörpers 11 beurteilt werden. Bei nicht lotrechtem, sondern schiefwinkeligem Ansetzen des Messstabes zur Bestimmung der Tiefe h der Setzungsmulde des verformten Asphaltprobekörpers 11 kann es dabei zu falschen Messergebnissen kommen, da der Messstab bzw. der Kontaktpunkt des Messstabs am Probekörper 11 nicht sichtbar sind.

Die Bestimmung der Verformbarkeit des Asphaltprobekörpers 11 bis zum Verlust der Dichtheit erfolgt hier in Abhängigkeit von der Belastung. Nachteilig kann mit dem Prüfverfahren nach van Asbeck nur der verformte Endzustand des Asphaltprobekörpers 11 beurteilt werden, jedoch nicht das Verformungsverhalten während der Prüfung, da der Probekörper bzw. dessen Verformung während der Messung nicht sichtbar ist.

Die beiden Abbildungen **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen jeweils dieselbe Ausführung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung 20 zur Flexibilitätsprüfung. Fig. 2A zeigt die Prüfvorrichtung 20 vor Beginn der Flexibilitätsprüfung mit einem anfangs unverformten Asphaltprobekörper. Fig. 2B zeigt dieselbe Prüfvorrichtung 20 zu einem späteren Zeitpunkt nach Abschluss der Flexibilitätsprüfung mit einem verformten Asphaltprobekörper.

Die Prüfvorrichtung 20 umfasst ein Unterdruckgefäß 21, das zweckmäßigerweise ein oben offener Unterdruckzylinder 21 ist. Weiters umfasst die hier schematisch dargestellte Prüfvorrichtung 20 einen Gehäuseoberteil 22 sowie einen Gehäuseunterteil 23, die dafür sorgen, dass die Einzelteile des Versuchsstands der Prüfvorrichtung 20 statisch in ihrer jeweils vorgesehenen Position gehalten werden. Eine Presseinrichtung 24 umfasst hier eine Pressplatte 25 sowie ein Druckkissen 26, welches hier als Druckluftkissen 26 ausgeführt ist. Die für die Bereitstellung von Druckluft erforderlichen Einrichtungen wie beispielsweise ein externer Druckluftanschluss bzw. ein zur Erzeugung von Druckluft erforderlicher Kompressor samt den zugehörigen Druckluftleitungen, Ventilen, Kupplungsanschlüssen oder Druckanzeigern, sind dem Fachmann an sich bekannt. Weshalb diese Drucklufteinrichtungen der besseren Übersichtlichkeit wegen in den Figuren 2A und 2B nicht veranschaulicht sind.

Weiters umfasst die Prüfvorrichtung 20 eine Auflageplatte 27 mit einer kreisförmigen Ausnehmung 28, welche mittig in der Auflageplatte 27 vorgesehen ist. Die Ausnehmung 28 weist eine abgerundete Oberkante 29 auf. Die Auflageplatte 27 dient mit ihrer Oberseite, also jener Seite der Auflageplatte 27, an der die Ausnehmung 28 die abgerundete Oberkante 29

aufweist, als Auflagefläche für den zu untersuchenden, anfangs unverformten Asphaltprobekörper 30. Der hier dargestellte Asphaltprobekörper 30 hat beispielsweise eine quadratische Grundfläche mit einer Seitenkantenlänge L beispielsweise von 250 mm sowie eine individuelle Dicke d des Asphaltprobekörpers 30. Die jeweilige Dicke d des Asphaltprobekörpers 30 entspricht der jeweiligen realen Dichtungshöhe der zu prüfenden Oberflächendichtung aus Asphaltbeton. Übliche Dicken d eines Asphaltprobekörpers 30 sind beispielsweise von 50 mm bis 120 mm. Der anfangs unverformte Asphaltprobekörper 30 hat eine im Wesentlichen plane Oberseite o sowie eine ebenfalls im Wesentlichen plane Unterseite u .

Während der Flexibilitätsprüfung wird der Asphaltprobekörper 30 deformiert bzw. nach Abschluss dieser wird ein verformter Asphaltprobekörper 31 erhalten, dessen Konturen in Fig. 2 angedeutet sind. Der verformte Asphaltprobekörper 31 hat eine Oberseite o' mit einer Setzungsmulde im Bereich der kreisförmigen Ausnehmung 28. Die Setzungsmulde weist eine Weite s auf, welche dem lichten Innendurchmesser der Ausnehmung 28 entspricht. Die Setzungsmulde weist in ihrer Mitte eine maximale Tiefe h auf. Der verformte Asphaltprobekörper 30 weist an seiner Unterseite u' eine entsprechende Auswölbung mit einer Tiefe h auf, welche ebenfalls der Tiefe h der Setzungsmulde entspricht.

Fig. 3 zeigt die in Fig. 2A dargestellte Ausführung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung zur Flexibilitätsprüfung ohne Asphaltprobekörper von oben. Die Oberseite der Auflageplatte 27 bildet mit dem darauf liegenden Asphaltprobekörper in seiner unverformten Ausgangslage 30 bzw. in verformter Lage 31 eine Dichtungsebene 32. Durch Einsatz entsprechender Dichtungsmittel 35, die in der Dichtungsebene 32 zwischen der Auflageplatte 27 und dem zu prüfenden Asphaltprobekörper 30 eingelegt bzw. eingefügt sind, wird die Dichtheit zwischen Asphaltprobekörper 30, 31 und Auflageplatte 27 sichergestellt. Gegebenenfalls kann es auch erforderlich sein, den zu untersuchenden Asphaltprobekörper 30 vor Beginn der Flexibilitätsprüfung an dessen Unterseite, welche also direkt auf der Auflageplatte 27 aufliegen wird, zuvor einer speziellen Oberflächenbehandlung zu unterziehen. Beispielsweise kann es erforderlich sein, die Unterseite des Asphaltprobekörpers 30 zu glätten.

Hier werden beispielsweise zwei Dichtungsringe 35 als Dichtungsmittel 35 verwendet, wobei die Dichtungsringe 35 in Dichtungsnuten 36, die an der Oberseite der Auflageplatte 27 angeordnet sind bzw. in die Auflageplatte 27 eingelassen sind, teilweise eingelegt werden. In vorbereiteter Lage befinden sich die Dichtungsringe 35 hier beispielsweise jeweils etwa zur Hälfte ihres Querschnitts in die jeweiligen Dichtungsnuten 36 der Auflageplatte 27 eingelegt, bevor anschließend der zu prüfende Asphaltprobekörper 30 darauf gelegt wird. Die jeweils andere Querschnittshälfte der Dichtungsringe 35, welche wulstartig über die Dichtungsnuten

36 bzw. über die Dichtungsebene 32 der Auflageplatte 27 hervorsteht, wird in die Unterseite des zu untersuchenden Asphaltprobekörpers 30 eingedrückt und dichtet somit möglichst luftdicht ab.

Fig. 4 zeigt dazu in einer Vorderansicht eine Versuchsanordnung einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung 20 zur Flexibilitätsprüfung samt entsprechenden peripheren Apparaturen.

Im Inneren des Unterdruckgefäßes 21, welches hier zweckmäßigerweise durchsichtig ist und beispielsweise aus Glas oder aus durchsichtigem Kunststoff hergestellt sein kann, befinden sich mehrere Messsensoren 33, nämlich ein Deformationssensor 33, ein Drucksensor 33 sowie ein Temperatursensor 33. Der Deformationssensor 33 steht mit der Unterseite u , u' des Asphaltprobekörpers 30, 31 in Kontakt. Während der Flexibilitätsprüfung wird durch die von der Presseinrichtung 24 einwirkende Belastung der Asphaltprobekörper 30, 31 im Bereich der kreisförmigen Ausnehmung 28 in der Auflageplatte 27 verformt, wobei sich eine Setzungsmulde mit einer bestimmten Tiefe h bildet. Die Tiefe h der Setzungsmulde ist abhängig von der jeweiligen Belastung, also dem Druck, der Belastungsgeschwindigkeit etc. Vorteilhaft wird von dem zumindest einen Sensor 33 zur Deformationserfassung das Kraftverformungsverhalten in der Mitte des Asphaltprobekörpers 30, 31 digital erfasst und die Sensorsignale üblicherweise von einem Computer mittels einer entsprechenden Messdatenerfassungs-Software aufgezeichnet und ausgewertet. Ebenso werden vom Drucksensor 33 sowie dem Temperatursensor 33 entsprechende Druckdaten und Temperaturdaten erfasst und die digitalen Signale von dem in Fig. 4 dargestellten Computer 42 aufgezeichnet. Zumindest eine luftdichte Anschlussöffnung 34 im Unterdruckgefäß 21 dient dabei zur Durchführung von entsprechenden Signalleitungen 40 der Sensoren 33 zu den entsprechenden Messdatenerfassungsgeräten 41 bzw. zu einem Computer 42. Optional können die Messdaten auch per Funkverbindung an die entsprechenden Messdatenerfassungsgeräte 41 bzw. zum Computer 42 übertragen werden.

Ebenfalls dient die Anschlussöffnung 34 als Saugleitungsanschluss zum Anschließen an eine Unterdruckeinrichtung 43 bzw. Vakuumpumpe 43.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- Bereitstellen der Prüfvorrichtung 20, wie diese zuvor bereits ausführlich beschrieben wurde;

- Aufbringen zumindest eines Dichtungsmittels 35 auf eine Auflageplatte 27 der Prüfvorrichtung 20, wobei das Dichtungsmittel 35 von der mittig angeordneten kreisförmigen Ausnehmung 28 möglichst gleichmäßig beabstandet aufgebracht wird;
- Anschließendes Auflegen eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers 30 auf die Auflageplatte 27, wobei eine Unterseite u des Asphaltprobekörpers 30 die mittige Ausnehmung 28 der Auflageplatte 27 überdeckt;
- Auflegen der Presseinrichtung 24 auf der Oberseite o des Asphaltprobekörpers 30, wobei das Druckluftkissen 26 direkt an der Oberseite o des Asphaltprobekörpers 30 aufgelegt wird und darüber bzw. oberhalb des Druckluftkissen 26 eine Pressplatte 25 am Gehäuseoberteil 22 befestigt wird;
- Anlegen von einem versuchsabhängigen Unterdruck im Unterdruckgefäß 21 unterhalb der Ausnehmung 28 der Auflageplatte 27;
- Durchführen einer Dichtheitskontrolle des Versuchsaufbaus, indem der Unterdruck im Sauggefäß 21 während eines definierten Zeitintervalls kontrolliert und möglichst konstant gehalten wird;
- Durchführen eines definierten Belastungszyklus, indem von der Presseinrichtung 24 vordefinierte Prüfüberdrücke auf die Oberseite o des Asphaltprobekörpers 30 und/oder definierte Unterdrücke auf die Unterseite u im Bereich des Asphaltprobekörpers 30 einwirken;
- Erfassen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers 30, 31 während des Belastungszyklus mittels eines oder mehrerer Messsensoren 33, vorzugsweise Deformationssensoren, Drucksensoren und/oder Temperatursensoren; sowie
- Optionales Aufzeichnen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers 30, 31 während des Belastungszyklus mittels zumindest einer Videoaufnahme.

Vorteilhaft lassen sich damit in Echtzeit die Versuchsparameter des Verformungsvorgangs des untersuchten Asphaltprobekörpers 30, 31 abhängig vom jeweils gewählten Belastungszyklus erfassen und auswerten.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

- 1 Prüfvorrichtung nach van Asbeck
- 2 Drucktopf
- 3 Deckel des Drucktopfs
- 4 Schraubverschluss
- 5 Dichtungsmaterial, z.B.: Mastixasphalt, Bitumen
- 6 Auflagering
- 7 Setzungsmulde
- 8 Ablassventil
- 9 Druckventilanschluss
- 10 (unverformter) Asphaltprobekörper
- 11 verformter Asphaltprobekörper
- 12 Auflagematerial, z.B.: Glasperlen oder Sand
- 13 Wasser
- 20 erfindungsgemäße Prüfvorrichtung
- 21 Unterdruckgefäß, Unterdruckzylinder
- 22 Gehäuseoberteil
- 23 Gehäuseunterteil
- 24 Presseinrichtung
- 25 Pressplatte
- 26 Druckkissen bzw. Druckluftkissen
- 27 Auflageplatte
- 28 kreisförmige Ausnehmung in der Auflageplatte
- 29 abgerundete Oberkante der Ausnehmung
- 30 (unverformter) Asphaltprobekörper
- 31 verformter Asphaltprobekörper
- 32 Dichtungsebene
- 33 Sensor, z.B.: Messsensor, Deformationssensor, Drucksensor, Temperatursensor
- 34 Anschluss für Unterdruckeinrichtung bzw. Vakuumpumpe, Kabeldurchführung
- 35 Dichtungsmittel, z.B.: Dichtungsring
- 36 Dichtungsnut
- 40 Signalleitung
- 41 Messdatenerfassungsgerät
- 42 Computer
- 43 Unterdruckeinrichtung, z.B.: Vakuumpumpe

LISTE DER BEZUGSZEICHEN (FORTSETZUNG)

D	Durchmesser des Asphaltprobekörpers
d	Dicke des Asphaltprobekörpers
h	Tiefe der Setzungsmulde
L	Seitenkantenlänge des Asphaltprobekörpers
o	Oberseite des (unverformten) Asphaltprobekörpers
o'	Oberseite des verformten Asphaltprobekörpers
s	Weite der Setzungsmulde, Innendurchmesser der Ausnehmung
u	Unterseite des (unverformten) Asphaltprobekörpers
u'	Unterseite des verformten Asphaltprobekörpers

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung (20) zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend eine Auflageplatte (27) zur Lagerung eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30), wobei die Auflageplatte (27) mittig eine kreisförmige Ausnehmung (28) mit einer konkav abgerundeten Oberkante (29) aufweist sowie der lichte Innendurchmesser (s) der Ausnehmung (28) einer Weite (s) einer Setzungsmulde des Asphaltprobekörpers (30) entspricht, **dadurch gekennzeichnet, dass** oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) eine auf diesen wirkende Presseinrichtung (24) angeordnet ist sowie zumindest ein Dichtungsmittel (35) zum Abdichten einer Dichtungsebene (32) zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper (30) und der Auflageplatte (27) vorgesehen ist, wobei unterhalb der Auflageplatte (27) sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung (28) ein zur Ausnehmung (28) offenes Unterdruckgefäß (21) angeordnet ist, welches mit einer Unterdruckeinrichtung (34) kommunizierend verbindbar ist.
2. Prüfvorrichtung (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Presseinrichtung (24) zumindest ein Druckkissen (26), vorzugsweise ein Druckluftkissen (26), umfasst, welches Druckkissen (26) zumindest abschnittsweise an einer Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) anliegt.
3. Prüfvorrichtung (20) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Presseinrichtung (24) ein Prüfüberdruck von 0 bar bis 15 bar, bevorzugt von 0 bar bis 8 bar, besonders bevorzugt von 0 bar bis 3 bar, einstellbar ist, welcher Prüfüberdruck auf die Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) einwirkt.
4. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Unterdruckgefäßes (21) zumindest ein Sensor (33) zur Deformationserfassung einer Tiefe (h) einer Setzungsmulde des verformten Asphaltprobekörpers (31) angeordnet ist.
5. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Unterdruckgefäßes (21) und/oder eines Saugleitungsanschlusses der Unterdruckeinrichtung (34) zumindest ein Sensor (33) zur Druckerfassung angeordnet ist.
6. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Unterdruckgefäß (21) zumindest abschnittsweise durchsichtig ist.

7. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu untersuchende Asphaltprobekörper (30) eine quadratische Grundfläche hat, wobei eine Seitenkantenlänge (L) des Asphaltprobekörpers (30) von 200 mm bis 500 mm, vorzugsweise von 250 mm, beträgt.
8. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine Dichtungsmittel (35) zum Abdichten einer Dichtungsebene (32) zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper (30) und der Auflageplatte (27) ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend: Dichtmembran, Dichtmembran aus Kunststoff, Dichtungsring, Dichtungspaste, Schaumstoffdichtung, Bitumendichtung.
9. Verfahren zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen einer Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
 - Aufbringen zumindest eines Dichtungsmittels (35) auf eine Auflageplatte (27) mit einer mittig angeordneten kreisförmigen Ausnehmung (28), wobei das Dichtungsmittel (35) von der Ausnehmung (28) beabstandet aufgebracht wird,
 - Auflegen eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) auf die Auflageplatte (27), wobei eine Unterseite (u) des Asphaltprobekörpers (30) die mittige Ausnehmung (28) der Auflageplatte (27) überdeckt,
 - Auflegen einer Presseinrichtung (24) auf eine Oberseite (o) des Asphaltprobekörpers (30),
 - Anlegen von Unterdruck (34) in einem Unterdruckgefäß (21) unterhalb der Ausnehmung (28) der Auflageplatte (27),
 - Durchführen einer Dichtheitskontrolle des Versuchsaufbaus, indem der Unterdruck im Unterdruckgefäß (21) während eines definierten Zeitintervalls gehalten und kontrolliert wird,
 - Durchführen eines definierten Belastungszyklus, indem von der Presseinrichtung (24) vordefinierte Prüfüberdrücke auf die Oberseite (o, o') des Asphaltprobekörpers (30, 31) und/oder definierte Unterdrücke auf die Unterseite (u, u') des Asphaltprobekörpers (30, 31) einwirken,
 - Erfassen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers (30, 31) während des Belastungszyklus mittels eines oder mehrerer Messsensoren, vorzugsweise Deformationssensoren, Drucksensoren und/oder Temperatursensoren,
 - Optionales Aufzeichnen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers (30, 31) während des Belastungszyklus mittels zumindest einer Videoaufnahme.

10. Prüfverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Presseinrichtung (24) bereitgestellt wird, welche zumindest ein Druckkissen (26), vorzugsweise ein Druckluftkissen (26), umfasst, wobei das Druckkissen (26) zumindest abschnittsweise an einer Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) anliegend angeordnet wird und die während des Belastungszyklus auf die Oberseite (o, o') des Asphaltprobekörpers (30, 31) einwirkenden Prüfüberdrücke durch das Druckkissen (26) hervorgerufen werden.

1/3

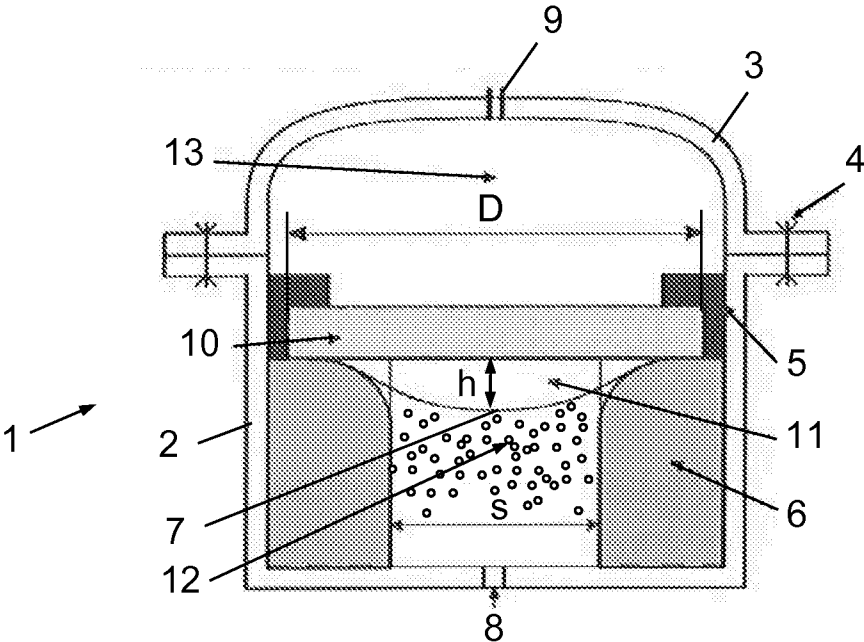


Fig. 1

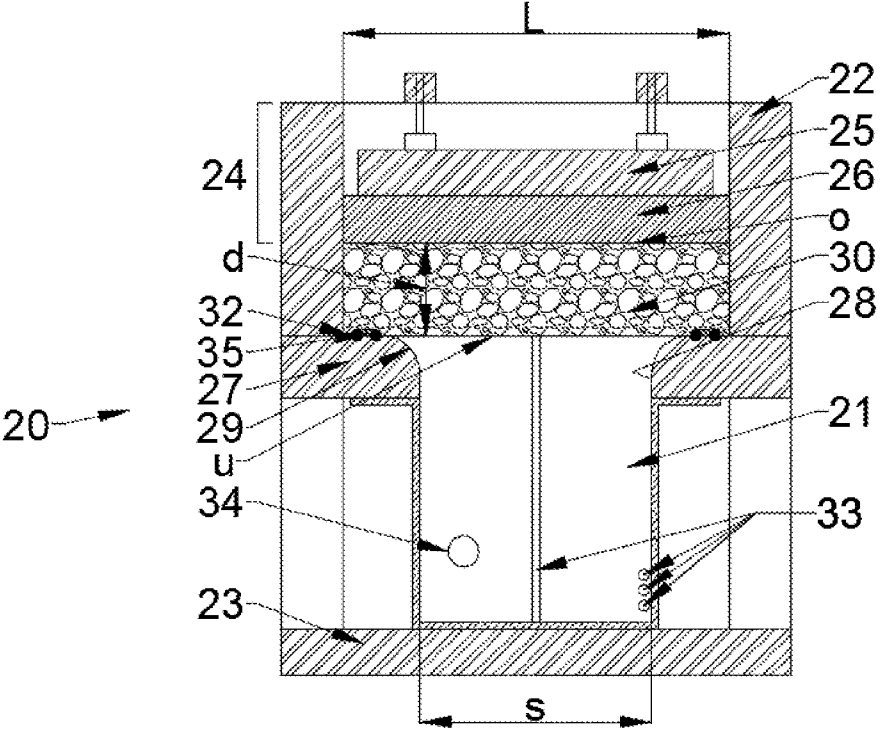


Fig. 2A

2/3

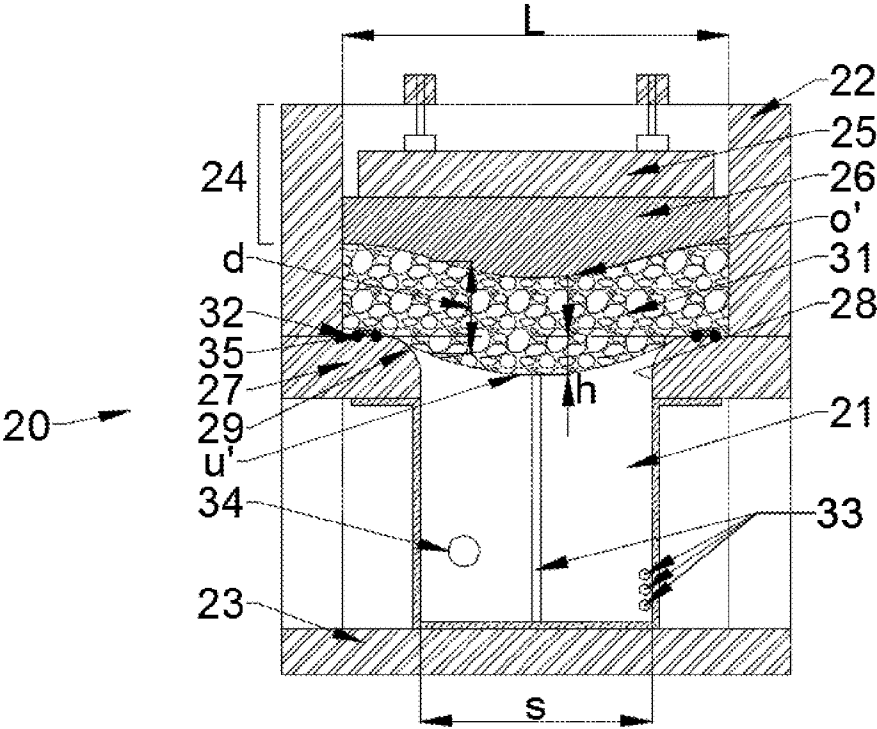


Fig. 2B

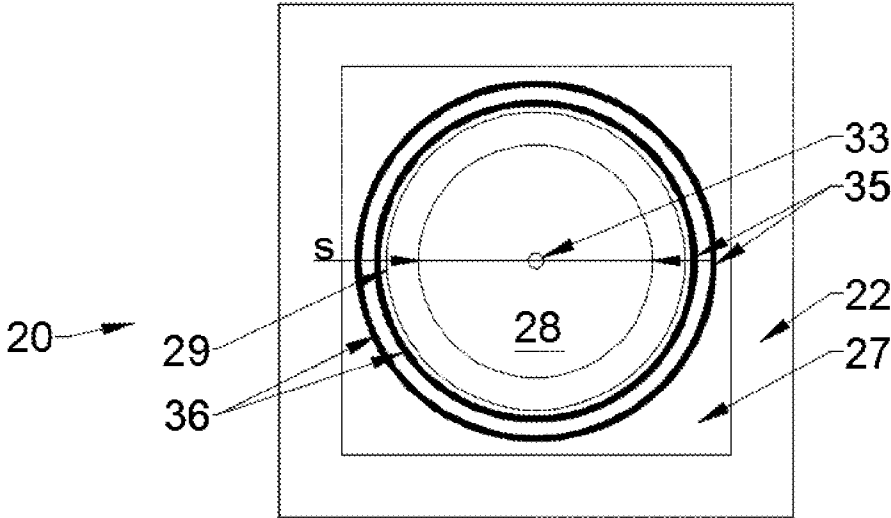


Fig. 3

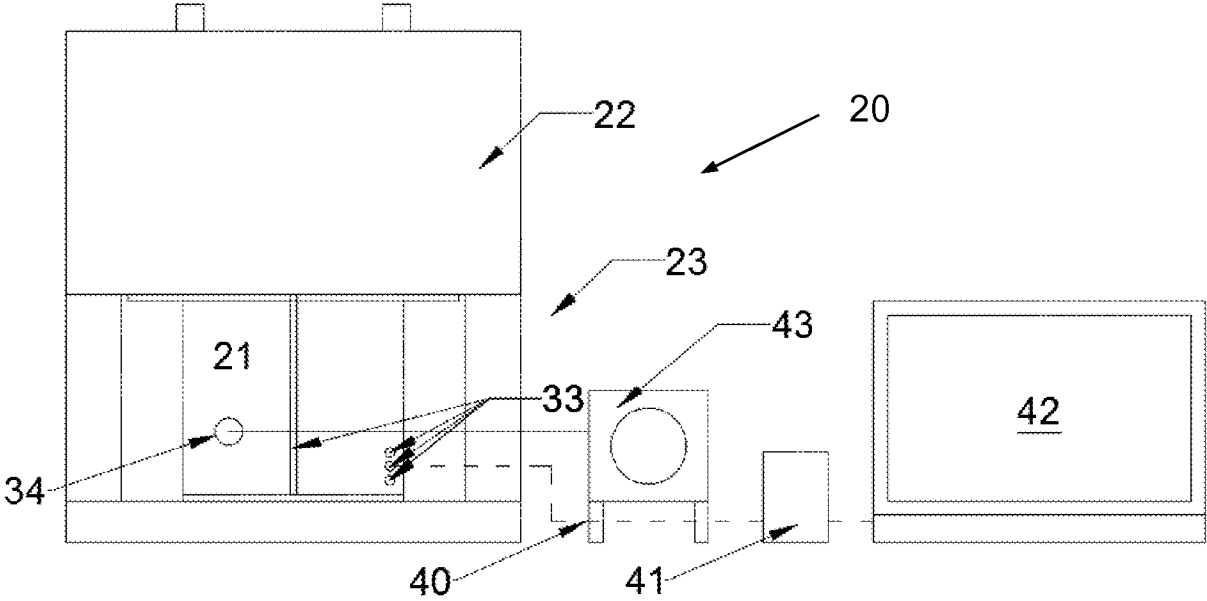


Fig. 4

GEÄNDERTE PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung (20) zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend eine Auflageplatte (27) zur Lagerung eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30), wobei die Auflageplatte (27) mittig eine kreisförmige Ausnehmung (28) mit einer konkav abgerundeten Oberkante (29) aufweist sowie der lichte Innendurchmesser (s) der Ausnehmung (28) derart gewählt ist, dass dieser einer Weite (s) einer Setzungsmulde unterhalb des während der Flexibilitätsprüfung mit dem auf der Auflageplatte (27) aufgelegten zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) entspricht, wobei die Ausnehmung (28) während der Flexibilitätsprüfung eine Verformung des Asphaltprobekörpers (30) zu einer Setzungsmulde ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (20) ferner eine Presseinrichtung (24) aufweist, welche während der Flexibilitätsprüfung oberhalb des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) zur Ausübung eines auf diesen wirkenden Prüfdrucks anordenbar ist sowie zumindest ein Dichtungsmittel (35) zum Abdichten einer Dichtungsebene (32) zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper (30) und der Auflageplatte (27) vorgesehen ist, wobei unterhalb der Auflageplatte (27) sowie konzentrisch mit deren Ausnehmung (28) ein zur Ausnehmung (28) offenes Unterdruckgefäß (21) angeordnet ist, welches mit einer Unterdruckeinrichtung (34) kommunizierend verbindbar ist.
2. Prüfvorrichtung (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Presseinrichtung (24) zumindest ein Druckkissen, vorzugsweise ein Druckluftkissen (26), umfasst, welches Druckkissen dazu eingerichtet ist, während der Flexibilitätsprüfung mit aufgelegtem Asphaltprobekörper (30) zumindest abschnittsweise an einer Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) anzuliegen.
3. Prüfvorrichtung (20) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Presseinrichtung (24) während der Flexibilitätsprüfung mit aufgelegtem Asphaltprobekörper (30) ein Prüfüberdruck von 0 bar bis 15 bar, bevorzugt von 0 bar bis 8 bar, besonders bevorzugt von 0 bar bis 3 bar, einstellbar ist, welcher Prüfüberdruck auf die Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) einwirkt.
4. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Unterdruckgefäßes (21) zumindest ein Sensor (33) zur Deformationserfassung einer Tiefe (h) einer Setzungsmulde des verformten Asphaltprobekörpers (31) angeordnet ist.

5. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Unterdruckgefäßes (21) und/oder eines Saugleitungsanschlusses der Unterdruckeinrichtung (34) zumindest ein Sensor (33) zur Druckerfassung angeordnet ist.
6. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Unterdruckgefäß (21) zumindest abschnittsweise durchsichtig ist.
7. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu untersuchende Asphaltprobekörper (30) eine quadratische Grundfläche hat, wobei eine Seitenkantenlänge (L) des Asphaltprobekörpers (30) von 200 mm bis 500 mm, vorzugsweise von 250 mm, beträgt.
8. Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine Dichtungsmittel (35) zum Abdichten einer Dichtungsebene (32) zwischen dem zu prüfenden Asphaltprobekörper (30) und der Auflageplatte (27) ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend: Dichtmembran, Dichtmembran aus Kunststoff, Dichtungsring, Dichtungspaste, Schaumstoffdichtung, Bitumendichtung.
9. Verfahren zur Flexibilitätsprüfung von bituminös gebundenen Dichtschichten, insbesondere von Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen einer Prüfvorrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
 - Aufbringen zumindest eines Dichtungsmittels (35) auf eine Auflageplatte (27) mit einer mittig angeordneten kreisförmigen Ausnehmung (28), wobei das Dichtungsmittel (35) von der Ausnehmung (28) beabstandet aufgebracht wird,
 - Auflegen eines zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) auf die Auflageplatte (27), wobei eine Unterseite (u) des Asphaltprobekörpers (30) die mittige Ausnehmung (28) der Auflageplatte (27) überdeckt,
 - Auflegen einer Presseinrichtung (24) auf eine Oberseite (o) des Asphaltprobekörpers (30),
 - Anlegen von Unterdruck (34) in einem Unterdruckgefäß (21) unterhalb der Ausnehmung (28) der Auflageplatte (27),
 - Durchführen einer Dichtheitskontrolle des Versuchsaufbaus, indem der Unterdruck im Unterdruckgefäß (21) während eines definierten Zeitintervalls gehalten und kontrolliert wird,

- Durchführen eines definierten Belastungszyklus, indem von der Presseinrichtung (24) vordefinierte Prüfüberdrücke auf die Oberseite (o, o') des Asphaltprobekörpers (30, 31) und/oder definierte Unterdrücke auf die Unterseite (u, u') des Asphaltprobekörpers (30, 31) einwirken,
 - Erfassen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers (30, 31) während des Belastungszyklus mittels eines oder mehrerer Messsensoren, vorzugsweise Deformationssensoren, Drucksensoren und/oder Temperatursensoren,
 - Optionales Aufzeichnen des Kraft-Verformungsverhaltens des Asphaltprobekörpers (30, 31) während des Belastungszyklus mittels zumindest einer Videoaufnahme.
10. Prüfverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Presseinrichtung (24) bereitgestellt wird, welche zumindest ein Druckkissen, vorzugsweise ein Druckluftkissen (26), umfasst, wobei das Druckkissen zumindest abschnittsweise an einer Oberseite (o, o') des zu prüfenden Asphaltprobekörpers (30) anliegend angeordnet wird und die während des Belastungszyklus auf die Oberseite (o, o') des Asphaltprobekörpers (30, 31) einwirkenden Prüfüberdrücke durch das Druckkissen hervorgerufen werden.