



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 195 06 550 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 N 33/18**  
G 01 N 21/55  
G 01 N 21/59  
G 01 N 33/42  
G 08 G 1/09  
G 08 B 7/00  
G 01 W 1/02  
G 01 J 3/42  
B 60 Q 9/00

21 Aktenzeichen: 195 06 550.6  
22 Anmeldetag: 24. 2. 95  
43 Offenlegungstag: 29. 8. 96

DE 195 06 550 A 1

71 Anmelder:  
Institut für Chemo- und Biosensorik Münster e.V.,  
48149 Münster, DE

74 Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER, 80336 München

72 Erfinder:  
Huth-Fehre, Thomas, Dr., 48165 Münster, DE;  
Cammann, Karl, Prof. Dr., 48155 Münster, DE;  
Kantimm, Thomas, Dr., 48149 Münster, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 42 05 629 A1  
DE 40 08 280 A1  
DE 39 06 281 A1  
DE 38 16 416 A1  
CH 6 53 134 A5

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur verzugsfreien Feststellung von und zur Warnung vor durch Glättebildung bedingte Gefahren und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57 Beschrieben wird ein Verfahren zur verzugsfreien Feststellung von und zur Warnung vor durch Glättebildung, wie beispielsweise überfrierende Nässe bedingte Gefahren auf Verkehrswegen. Auch an frostungeschützten Bauteilen von Flugzeugen und Maschinen sich bildendes Eis soll rechtzeitig erkannt werden. Durch spektralanalytische Messung und computergestützte chemometrische Auswertung der Transmissions- und Reflexionseigenschaften von Wasser bzw. einer sich wie Wasser verhaltenden erstarrungsfähigen protischen Flüssigkeit oder Lösung wird der Kristallisationsgrad, der im flüssigen und/oder festen Aggregatzustand vorliegenden Molekülstruktur ermittelt. Die spektralanalytischen Messungen finden in einem oder mehreren Wellenlängenbereichen zwischen 700 nm und 10 µm statt, wobei auch diskrete Wellenlängenbereiche für die Auswertung der Spektraleigenschaften verwendet werden können.

DE 195 06 550 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur verzugsfreien Feststellung von und zur Warnung vor durch Glättebildung, wie überfrierende Nässe auf Verkehrswegen und dergl. bedingte Gefahren gemäß Patentanspruch 1 sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Insbesondere unmittelbar vor Wintereinbruch, aber auch vor einem beginnenden Frühling verzeichnet die Straßenunfallstatistik oft erschreckend hohe Zahlen, die weit über den Durchschnittswerten der Unfallhäufigkeiten stabiler Winterwittersituationen oder gar trockener Sommerperioden liegen. Die Ursachen hierfür sind unzweideutig die sich in diesen Übergangszeiten rasch und auch zum Teil unverhofft wechselnden Straßenverhältnisse, auf die sich die Lenker der am Verkehr teilnehmenden Fahrzeuge noch nicht, nicht schnell genug oder, weil praktisch unvorhersehbar, nicht mehr eingestellt haben. Nicht nur der Straßenverkehr leidet unter solchen wetterbedingten Phänomenen plötzlich auftauchender Glätteisstellen, auch im Schienenverkehr und bei der Luftfahrt ist in solchen Eis/Wasserzeiten erhöhte Aufmerksamkeit geboten, um die durch gefrierendes Wasser bedingten Gefahren möglichst gering zu halten. Vereiste Tragflächen bringen die Zeitpläne im Luftverkehr erheblich durcheinander und eingefrorene Signalanlagen zeigen, daß auch im Bahnbetrieb extreme Wetterlagen als "Gesprächsthema" nicht gänzlich entfallen können.

Insbesondere im Straßenverkehr ist die durch Glätteis, unterfrorene und nur teilweise aufgetaute Straßenoberfläche, aber auch kleinere Eispfützen bedingte Schwere der Unfälle nicht selten tödlich für die Fahrzeuginsassen oder führt zu lebenslanger Lähmung oder Entstellung der Unfallopfer. Von den menschlichen Tragödien abgesehen, sind die damit verbundenen volkswirtschaftlichen und auch ökologischen Schäden enorm hoch. Die bisher stets gestiegene Zahl an Verkehrsteilnehmern zwingt alle Beteiligten, also Industrie, Staat und jeden einzelnen Verkehrsteilnehmer selbst, zu hoher Verantwortung für Vorsorge und Gefahrenbeseitigung.

Permanent über das gesamte Jahr oder temporär für die Saisonübergangszeiten an besonders gefährdeten Stellen aufgestellte Verkehrswarnschilder bringen hier nur wenig Abhilfe, da sie keinen Anspruch auf Dauergrültigkeit haben und insofern nur von hypothetisch vorwarnender Aussagekraft sind. Ähnlich den mit mehr oder weniger Erfolg, aber einem hohen finanziellen Aufwand auf Teilstrecken der Autobahn eingeführten elektronischen Nebelwarneinrichtungen, die dem Verkehrsteilnehmer rechtzeitig vor aktuellen Nebelbänken warnen sollen, sind Versuchsreihen bekannt geworden, Verkehrsteilnehmer optisch über die Niederschlagsituation und die jeweils aktuelle Straßenoberflächentemperatur zu informieren. Auch diese Versuchsreihen haben jedoch noch nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt, da die eingesetzte Sensorik für Feuchtigkeit und Temperatur nicht zwangsläufig zu einer richtigen Aussage über vorhandene oder nicht vorhandene Straßenglätte führt.

PKW's, insbesondere der gehobenen Preisklasse, informieren mittels eines Bordcomputersystems über die jeweiligen Außentemperaturen in unmittelbarem Abstand über der Straßenoberfläche. Ein plötzlicher Temperaturwechsel, wie er in Übergängen von einer Straße mit gewachsenem Untergrund zu einem Brückabschnitt

oder beim Einfahren in eine Waldschneise auftritt, wird mit dieser Sensorik jedoch zu spät angezeigt und somit vom Fahrzeuglenker nicht rechtzeitig erkannt. Durch Streuen von Salzen oder Sprühen geeigneter organischer Lösungen beabsichtigte Gefrierpunktsniedrigungen können gar nicht detektiert werden.

Hier setzt die vorliegende Erfindung ein, der die Aufgabe zugrunde liegt, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu entwickeln, daß u. a. auf mit sehr hohem Kostenaufwand verbundene Gefahrenleitsysteme, wie sie für die Nebelwarnung auf Autobahnleitstrecken bekannt geworden sind, verzichtet werden kann und dennoch eine praktisch verzögerungsfreie Feststellung und damit Warnung vor Glättegefahren möglich wird.

Die Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 angeführten Merkmale erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen dieser Aufgabenlösungen ergeben sich für das Verfahren, wie auch die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Vorrichtung aus den Unteransprüchen.

Mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren ist es erstmals möglich, eine praktisch momentane Erkennung von Eis- und Reifbildung an festen Oberflächen beliebiger Art mittels spektralanalytischer Messung festzustellen und zwar in Abhängigkeit von dem jeweiligen Kristallisationsgrad, wobei die Flüssigkeit nicht ausschließlich Wasser sein muß, sondern es sich auch um eine andere erstarrungsfähige protische Flüssigkeit oder Lösung handeln kann, also beispielsweise auch um eine gefrierpunktsniedrigte Salzwasserlösung. Besonders vorteilhaft ist das vorliegende Verfahren auch deshalb, weil für die Auswertung ausschließlich das Reflexionsspektrum einer vorwählbaren elektromagnetischen Strahlung und damit ein Meßverfahren mit exakter Aussagefähigkeit verwendet wird. Je nach Anwendungsfall und geforderter Aussagegenauigkeit können sowohl bestimmte unterschiedliche Spektralbereiche der Reflexion als auch der Strahlungsquelle vorgewählt werden. Der Kristallisationsgrad des Wassers läßt sich so aus der Verschiebung einer oder mehrerer Absorptionsbanden von einer oder mehreren Spektralabschnitten ermitteln, wobei vorteilhaft nur Spektralbereiche herausgegriffen werden, bei denen der Unterschied des Reflexionsspektrums zwischen flüssigem und festem Aggregatzustand besonders deutlich hervortritt. Mehrere Absorptionsbanden können sowohl parallel als auch seriell spektrometrisch gemessen und auch ausgewertet werden. Hierfür genügen Meßzeiten des Reflexionsspektrums im Millisekundenbereich und entsprechend verzögerungsfrei ist auch die Anzeige der Meßauswertung für den Beobachter möglich. Besonders vorteilhaft für das vorliegende Verfahren ist es auch, daß für die Meßauswertung jeweils auf eine Referenzgröße zurückgegriffen wird, die unabhängig etwa von Intensitätsschwankungen der Lichtquelle der verwendeten elektromagnetischen Strahlungen der durch Verschmutzung oder Oberflächenrauigkeit bedingten unterschiedlichen Reflexionsmöglichkeit der zu messenden Oberflächenbeschaffenheit oder anderen Meßsystem immanenten Verlusten ist. Die Licht-Rückstreuungseffizienz kann um Zehnerpotenzen schwanken, ohne daß die Meßgenauigkeit hiervon signifikant beeinflusst würde. Die Kompensationsmessung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die geeignete Referenzgröße für die Auswertemimik in einen Wellenlängenbereich gelegt wird, der invariant gegenüber dem Kristallisationsgrad der protischen Flüssigkeit oder Lösung ist. Fremd-

strahleneinflüsse lassen sich beim erfindungsgemäßen Verfahren ohne größeren Aufwand durch geeignete Intensitäts- oder Wellenlängenmodulationen ausschalten. Insbesondere bei der Überprüfung und fahrtechnischen Ausnutzung Schneematsch gefährdeter Straßenabschnitte ist es auch vorteilhaft die spektralanalytischen Messungen sowohl vor als auch hinter der Radlauffläche eines Fahrzeuges vorzunehmen und die computergestützten chemometrischen Auswertungen dann zueinander in Relation zu setzen, womit zusätzliche, die Gefahrenstelle analysierende, Aussagen getroffen werden können.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung sollen anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert werden, die nur schematisch beispielsweise Ausführungsformen zeigen.

Hierbei stellen dar:

Fig. 1 eine skizzierte Meßanordnung mit Lichtquelle Kondensoroptik, Sammelohtik für reflektierte Strahlungsanteile mit rechnergestützter spektralanalytischer Meßanordnung,

Fig. 2 eine Anordnung gemäß Fig. 1, jedoch mit einer Mehrzahl vorgeschalteter Filter für bestimmte ausgewählte Spektralbereiche,

Fig. 3 eine Anordnung gemäß Fig. 2 für drei verschiedene Spektralbereiche mit nachgeschalteter Filteranordnung und

Fig. 4 eine noch weitere mögliche Anordnung unter Verwendung schmalbandig emittierender Halbleiterdioden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform einer Meßanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist stark vereinfacht in Fig. 1 dargestellt. Danach wird die elektromagnetische Strahlung einer beliebigen Lichtquelle 1, beispielsweise einer diffusen Weißlichtquelle, mit einem für die Messung ausreichenden Anteil über eine Kondensoroptik 2 als parallel gerichtete Strahlung auf die zu überprüfende Oberfläche 3 und hier auf ein definiertes Beleuchtungsfeld gegeben. Für vereisungsgefährdete, gegeneinander bewegliche Bauteile, etwa im Tragflächenbereich von Flugzeugen, kann es sich hierbei um kleinere beleuchtete Feldflächen handeln, bei der Glätteüberprüfung von Straßenoberflächen ist es sinnvoll größere Bereiche auszuleuchten. Derjenige Anteil der elektromagnetischen Strahlung, der von der Oberfläche 3 reflektiert wird, wobei es sich je nach Oberflächenbeschaffenheit in aller Regel um eine diffuse Reflexion handeln wird, wird über die optische Anordnung 4, die als Sammelohtik ausgebildet ist, unter einem möglichst großen Winkel eingefangen und einem räumlich dispersiven Element 5, etwa einer Gitteroptik, einer Prismaanordnung, einer optischen Filtereinrichtung oder dergl. zugeführt. Hierbei wird darauf geachtet, daß das komplette Spektrum des Reflexionslichtes für den jeweiligen Spektralbereich optimiert bzw. das räumlich disperse Element 5 einen möglichst großen Spektralbereich der verwendeten elektromagnetischen Strahlung aufnimmt. Durch eine möglichst vollständige Erfassung des reflektierten Strahlungsanteils über die optische Anordnung 4 zum Element 5 ergibt sich ein hoher auswertbarer, reflektierter Anteil der Strahlung der Lichtquelle 1 für einen dem räumlichen dispersiven Element 5 nachgeschalteten Arraydetektor 6. Durch die Verwendung von schnellansprechenden, hochlichtempfindlichen Arrays, wie z. B. Diodenarrays, CCD-Arrays, durch Restlichtverstärkung und dergl. mehr wird eine hohe Auflösungsempfindlichkeit für die Meßanordnung vorgegeben. Durch triggierte

Messung lassen sich fortlaufend aufeinanderfolgende Einzelmessungen im Millisekundenabstand durchführen und auswerten. Die so im Abstand weniger Millisekunden aufgenommenen, d. h. jeweils verzögerungsfrei aktuellen Reflexionsspektren der Prüfoberfläche 3 werden ausgangsseitig vom Arraydetektor 6 einer Computerauswertung zugeführt, wobei der Computer 7 mit einer Software ausgestattet ist, die sich an sich bekannter multivariater Kalibrationsmethoden bedient. In Abhängigkeit von der Temperatur und damit dem mehr oder weniger vorhandenen kristallinen Zustand der Oberfläche 3, d. h. hier des Fest/Flüssigwassers verändert sich charakteristisch das reflektierte Spektrum und der Gefrierpunkt des Wassers bzw. einer anderen protonischen Flüssigkeit läßt sich chemometrisch exakt auswerten und damit bestimmen. Im Ausführungsbeispiel erfolgt die computergestützte, chemometrische Auswertung 7 über auf neuronalen Netzwerken basierenden Algorithmen, zusammen mit einer Entscheidungslogik, die auf der Fuzzi-Logik basiert, also aufbauend auf der Theorie unscharfer Mengen, so daß sich hier die Möglichkeit der Auswertung bei hoher Aussagegenauigkeit auch für sehr verwischte Spektrenbilder ergibt. Für die Vorgabe signifikanter Meßergebnisse werden bei der Anordnung gemäß Fig. 1 nicht nur eine Absorptionsbandenverschiebung ausgewertet, sondern möglichst eine Mehrzahl solcher Verschiebungen, wobei der im Infrarotgebiet liegende Wellenlängenbereich  $< 700 \text{ nm}$ , jedoch möglichst unterhalb  $10 \mu\text{m}$  zur Auswertung der spektralanalytischen Messungen herangezogen wird.

Bei Auswertung eines möglichst breiten Spektralbandes und damit einer größeren Zahl an möglichen Absorptionsbandenverschiebungen und unter Einbeziehung einer möglichst großen Redundanz verkomplizieren sich zwar Meßauswertung und Meßaufwand, hierdurch ergibt sich jedoch der wesentliche Vorteil, daß nicht nur der Zustand der unmittelbaren Oberfläche 3 detektierbar ist, sondern auch die Auswertung über eine sinnvolle Eindringtiefe der elektromagnetischen Strahlung in die Oberfläche, wodurch beispielsweise teilaufgetaute aber noch untergrundgefrorene Gefahrenstellen erkannt werden können. Ein derart verfeinerter aber damit auch erheblich erhöhter Meßaufwand wäre beispielsweise für besonders gefährdete oder lebenswichtige Fahrzeuge, wie die Feuerwehr, den Krankentransport, aber auch den Transport von explosiven oder anderen Gefahrgütern durchaus zu rechtfertigen. Eine solche softwaremäßig differenzielle Betrachtung einer Vielzahl von Spektralbanden des reflektierten Lichtes ermöglicht sogar das Erkennen unterschiedlich dicker Wasserschichten über Eis oder Schneematsch. Werden zwei derartige Anordnungen an einem Fahrzeug befestigt und zwar einmal in Fahrtrichtung vor der Spur und zum anderen in Fahrtrichtung hinter der Spur, so lassen sich hier durch Vergleichsmessungen auch Schlüsse ziehen, die gegebenenfalls nicht nur auf Glättegefahr hinweisen, sondern beispielsweise auch auf solche, die durch Aquaplaning entstehen können.

Die Fig. 2 und 3 zeigen Meßanordnungen, bei denen das räumlich disperse Element 5 durch ein möglichst verzögerungsfrei durchstimmbares Filter bzw. mehrere solcher Filter 9 ersetzt ist. Hierbei wird beispielsweise an akusto-optische Filter, aber auch elektrochromatische Filter (LDLCD) gedacht. Bei dieser Meßanordnung wird auf die Aufnahme eines vollständigen Spektrums, bzw. eines breiten Spektralbereiches, verzichtet und für die Meßauswertung eine, bzw. im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und 3, jeweils drei Wellenlängen benutzt.

Hierbei ist wesentlich, daß die diskreten Wellenlängen über die Meßanordnung dort detektieren, wo im Reflexionsspektrum beim Auskristallisieren des Wassers, also beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand und umgekehrt, besonders signifikante Bandenverschiebungen auftreten. Für die Auswertung ist dabei unerheblich, ob das monochromatische Licht bereits vor der Kondensatoroptik 2 und damit vor Auftreffen auf die zu überprüfende Oberfläche 3 oder, wie in Fig. 3 dargestellt, erst hinter der durch die Sammeloptik 4 zusammengefaßten diffusen Reflexionsstrahlung erzeugt bzw. vorgegeben wird. Wesentlich ist bei diesen Meßanordnungen nur, daß ausreichend schmalbandige, optische Filter 9 zur Anwendung kommen, die möglichst exakt im Wellenlängenbereich der Bandenverschiebung beim Übergang der protischen Flüssigkeit vom festen in den flüssigen Aggregatzustand oder umgekehrt liegen. Bei der Realisierung der Anordnung gemäß Fig. 3 lassen sich besonders vorteilhaft schmalbandige Interferenzfilter einsetzen. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann die Lichtquelle 1 eine Weißlichtquelle mit ausreichend hohem Anteil an Infrarotstrahlung sein. Als Weißlichtquellen können sowohl Halogenscheinwerfer als auch Glühstrahler mit großem Infrarotlichtanteil, beispielsweise auch Hochdruckgasentladungslampen (Nernst-Lampen), wie z. B. Xenondrucklampen, verwendet werden. Die Referenzlichtmessung zur Ausschaltung schwankender Strahlungsintensität aus den verschiedensten Gründen, d. h. das Prinzip der Zweistrahlmessung, muß dann für den Referenzlichtstrahl selbstverständlich in einem Wellenlängenbereich liegen, in dem keine Bandenverschiebung in Abhängigkeit vom kristallographischen Zustand der protischen Flüssigkeit beobachtet werden kann, d. h. dort, wo das reflektierte Licht an einer gegenüber der Flüssigkeitserstarrung in varianten Wellenlängenposition seine diffuse Reflexion an der Oberfläche 3 vorgibt. Eine Normierung des reflektierten Strahls bzw. die Vorgabe eines Referenzsignals für jede Messung kompensiert nicht nur Schwankungen in der Intensität der Lichtquelle, sondern darüber hinaus auch Verschmutzungen oder andere in der Meßoptik sich einstellende ungewollte Absorptionen oder Reflexionen an unterschiedlichsten Flächen, insbesondere aber auch an der zu überprüfenden Oberfläche 3. Das auszuwertende Meßsignal ist dann jeweils der Quotient aus der Intensität der ausgewählten Meßwellenlänge und dem Referenzsignal an der Arraydetektorschaltung. Bei der Variante nach Fig. 2 und 3 werden im übrigen die hier nur beispielsweise angegebenen drei unterschiedlichen Wellenlängen nacheinander gemessen, so daß anstelle des Arraydetektors 6 für jede diskrete Wellenlänge ein Einkanal-detektor 6a dem jeweiligen Filter nachgeschaltet werden kann.

Schließlich soll bezüglich der unterschiedlichen Meßanordnungen in Fig. 2 und 3 noch darauf hingewiesen werden, daß anstelle einer einzigen Lichtquelle 1 in der Version gemäß Fig. 2 mehrere, hier drei Strahlungsquellen 1 eingesetzt werden können, deren Licht jeweils durch ein eigenes Interferenzfilter 9 über die Kondensatoroptik 2 die Oberfläche 3 beleuchtet. Wenn von der einen Lichtquelle 1 gemäß Fig. 3 ausgegangen wird und anstelle eines räumlich dispersen Elementes 6 mehrere schmalbandige, optische Filter 9 zum Einsatz kommen, werden die Informationsinhalte der hierdurch ausgesuchten, diskreten Wellenlängen über die Einzeldetektoren 6a erfaßt und dann parallel oder seriell der computergestützten Auswerteelektronik 7, 8 zugeführt.

Schließlich zeigt Fig. 4 noch eine weitere Ausführungsform einer Meßanordnung zur Durchführung des Verfahrens für die verzugsfreie Feststellung von Glättebildung bzw. überfrierender Nässe, bei der anstelle einer Weißlichtquelle, wie eines Halogenstrahlers oder eines Xenonbrenners oder breitbandig emittierender Halbleiterdioden, hier schmalbandig emittierende Halbleiterdioden 1a, verwendet werden, deren Spektren derart schmalbandig sind, daß auf Filter, wie Interferenzfilter oder dergl., vollständig verzichtet werden kann. Bei den Halbleiterdioden 1a kann es sich vorteilhaft um schmalbandig emittierende Halbleiterdiodenlaser handeln. Selbstverständlich müssen die Emissionsmaxima der schmalbandigen elektromagnetischen Strahler im wesentlichen dort liegen, wo entsprechend dem sich ändernden Kristallisationsgrad und damit der chemometrischen Auswertungsmöglichkeit der Reflexionseigenschaften Bandenverschiebungen im Spektrum zu verzeichnen sind. Preiswerte monochromatische Laserlichtquellen hoher Strahlungsintensität sind auf dem einschlägigen Markt erhältlich. Für die Referenzmessung sind Laserlichtquellen mit ausgesuchten Emissionswellenlängen zu verwenden, deren diskreter Spektralbereich invariant gegenüber dem Fest/Flüssigzustand des Wassers oder dergl. protischen Flüssigkeit sind.

Des weiteren kann eine Intensitätsmodulation der Lichtquellen 1 mittels eines Chopperrades vorgenommen werden und die Lichtimpulse lassen sich mittels eines darauf abgestimmten Lockin-Verstärkers verarbeiten. Auch über eine elektronische Leistungsregelung der Lichtquellen 1 läßt sich, falls gewünscht, eine Intensitätsmodulation durchführen. Die neben der Intensitätsmodulation vorstehend erwähnte Wellenlängenmodulation ist stets so vorzunehmen, daß bei einer Veränderung des Spektrums vom Übergang des einen zum anderen Aggregatzustand des Wassers über die genannte Bandenverschiebung ein möglichst auswertbares, also deutlich signifikantes Wechselstromsignal aus dem Photostrom gewonnen werden kann oder ein zuvor entsprechend hohes Signal signifikant verkleinert wird. Wenn der Modulationsbereich so festgelegt wird, daß er jeweils an einer steilen Absorptionsbandenflanke liegt oder im Bereich einer schmalen Absorptionsbande, dann arbeitet die Meßanordnung besonders zuverlässig.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur verzugsfreien Feststellung von und zur Warnung vor durch Glättebildung, wie überfrierende Nässe und/oder unterfrorrene Oberflächen bedingte Gefahren auf Verkehrswegen, nämlich Straßen, Schienen und dergl., aber auch an frostungeschützten Bauteilen von Flugzeugen und Maschinen aller Art durch spektralanalytische Messung und computergestützte chemometrische Auswertung der Transmissions- und Reflexionseigenschaften von Wasser bzw. einer sich wie Wasser verhaltenden erstarrungsfähigen protischen Flüssigkeit oder Lösung in Abhängigkeit vom Kristallisationsgrad, der im flüssigen und/oder festen Aggregatzustand vorliegenden Molekülstruktur.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die spektralanalytische Messung ein Wellenlängenbereich zwischen 700 nm und 10 µm vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diskrete Wellenlängenbereiche für die Auswertung der Spektraleigenschaften verwendet werden, wobei diese Wellenlängen im Be-

reich deutlich meßbarer Absorptionsbanden bzw. deren Flanken liegen, die sich beim Übergang von einen in den anderen Aggregatzustand einer protischen Flüssigkeit spektralanalytisch meßbar verschieben.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mittelwertbildung einer Mehrzahl von Messungen vorgenommen wird, wobei die Meßzeitintervalle im Millisekundenbereich liegen.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die spektralanalytischen Messungen für mehrere diskrete elektromagnetische Wellenlängen seriell oder parallel spektralanalytisch verarbeitet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Reflexionseffizienzen und/oder Intensitätsschwankungen der Lichtquelle mittels Referenzstrahlmessung nach dem Doppelstrahlprinzip in vom Kristallisationsgrad der protischen Flüssigkeit in varianten Wellenlängenbereichen kompensiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Messungen an Fahrzeugen vor und/oder hinter einer Fahrzeugspur durchgeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Weißlichtquellen, spektralbreite Leuchtdioden und/oder monochromatische Strahler zur Ausleuchtung begrenzter Oberflächenbereiche verwendet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1 und wenigstens einem der nachfolgenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der Lichtquelle (1) wahlweise intensitäts- oder wellenlängenmoduliert ist.

10. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die spektralanalytische Messung im Wellenlängenbereich zwischen 800 und 1.100 nm durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die spektralanalytische Messung im Wellenlängenbereich zwischen 900 und 1.700 nm erfolgt.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bestehend aus wenigstens einer Lichtquelle (1), einer Kondensoroptik (2) im Strahlengang vor der zu prüfenden Oberfläche (3), einer den reflektierenden Anteil der elektromagnetischen Strahlung sammelnden optischen Anordnung (4), einem räumlich dispersiven Element (5) in Form wenigstens eines Gitters, Prismas und/oder Filters, wenigstens einem diesem nachgeschalteten Detektor (6) und einer computergestützten Auswertungslogik (7) und Anzeigeelement (8).

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (6) ein Arraydetektor ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß dem räumlich dispersiven Element (5) mehrere Einkanalidetektoren (6a) zugeordnet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Filter (9) in den Strahlengang der Lichtquelle (1) vor oder nach der Reflexion an der Oberfläche (3) eingeschaltet werden.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter (9) akusto-optische Fil-

ter oder Filter auf der Basis elektrochrome Substanzen (LCD) bzw. beliebige optisch schmalbandige Filter sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen (1) mit großem Infrarotanteil verwendet werden.

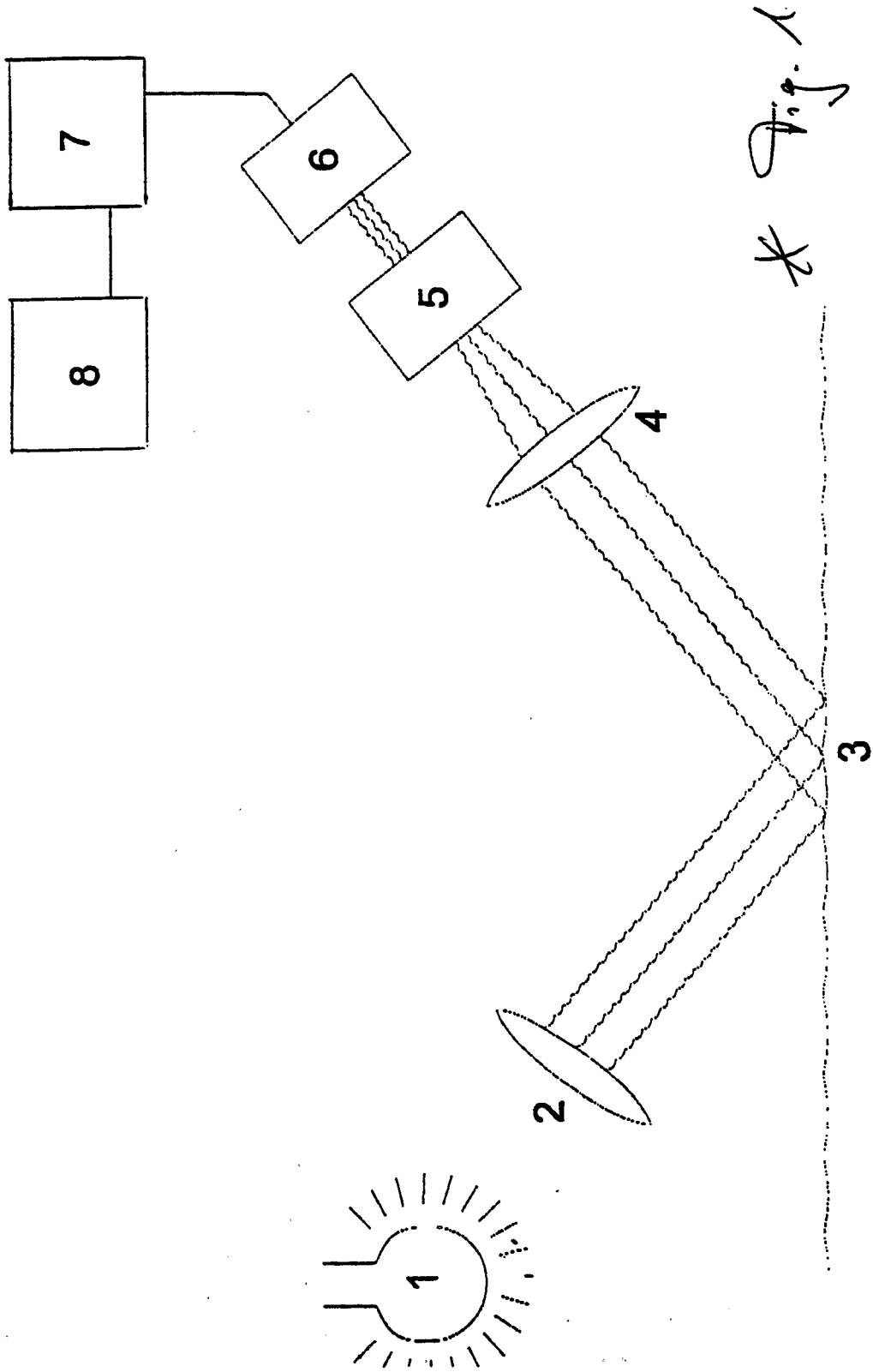
18. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Anzeigeelement (8) ein akustisches und/oder optisches Warnelement ist, das in geeigneter Symbolik (Bildlogo) die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer auf die Gefahr aufmerksam macht.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



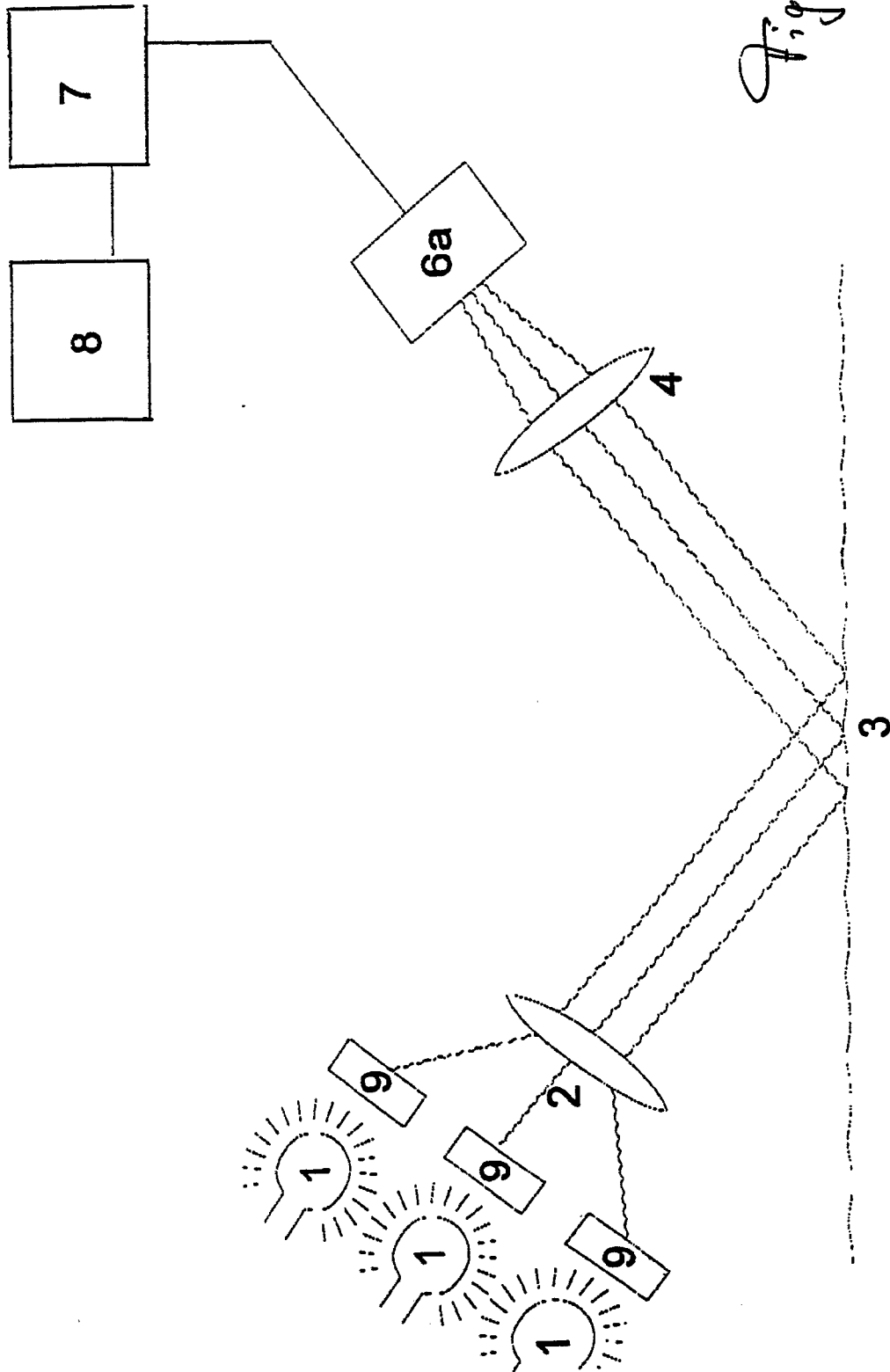
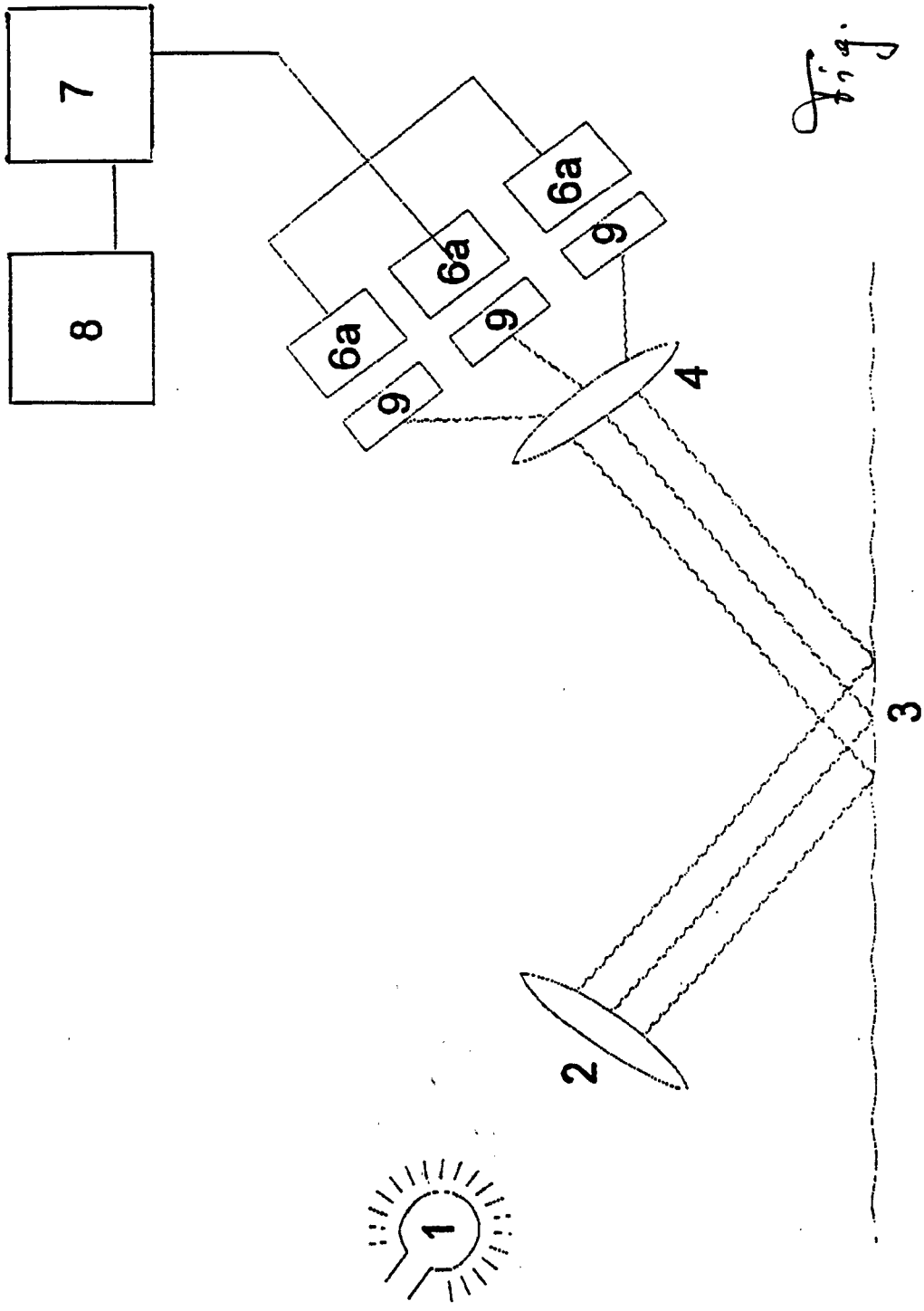


Fig. 2





*Fig. 3*

