

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

**0 305 556  
A1**

12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21

Anmeldenummer: 87112603.3

51

Int. Cl.4: **F41H 11/16 , F41H 11/12**

22

Anmeldetag: 29.08.87

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
08.03.89 Patentblatt 89/10

71

Anmelder: **Jastram-Werke GmbH KG**  
**Billwerder Billdeich 603**  
**D-2050 Hamburg 80(DE)**

84

Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE ES FR GB GR IT LU NL**

72

Erfinder: **Hoogen, Norbert, Dr.-Ing.**  
**Stormarring 38**  
**D-2056 Glinde(DE)**  
Erfinder: **Tischer, Heinz, Dr.-Ing.**  
**Billeweg 51a**  
**D-2057 Wentorf(DE)**  
Erfinder: **Giesler, Karl-Ottmar, Dipl.-Ing.**  
**Kampstrasse 82**  
**D-2000 Oststeinbek(DE)**

74

Vertreter: **Patentanwälte Dipl.-Ing. J. Richter**  
**Dipl.-Ing. F. Werdermann**  
**Neuer Wall 10**  
**D-2000 Hamburg 36(DE)**

54

**Verfahren zum Erkennen und/oder zur Neutralisation von oberflächenmässig verlegten oder getarnten Landminen und mobiles Gerät für die Durchführung des Verfahrens.**

57

Das Verfahren ermöglicht das Erkennen und/oder Neutralisieren von oberflächenmäßig verlegten oder getarnten Landminen unter Verwendung eines Laserstrahles, bei dem mittels des Laserstrahles vorhandene Landminen einer verminteten Fläche ohne detonative Zerstörung detektiert werden, wobei der Minensprengstoff bei entsprechend langer Einwirkung bzw. vorgegebener Verweilzeit des Laserstrahles auf die einzelnen Minen zur Verbrennung in sich ohne Detonation gebracht wird und die von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissions- und/oder Remissionsspektren aufgenommen sowie erfaßt werden und die erhaltenen Spektren zur Erkennung des Typs des jeweils in der detektierten Mine verwendeten Sprengstoffes durch vergleichende Messungen eingespeicherter Spektren bekannter Minensprengstoffe für einen Verbleib der erfaßten Mine in dem überprüften Minenfeld oder für eine sich an die spektralanalytische Erfassung der durch Laserstrahlen stimulierten Emission des Minensprengstoffes

anschließende detonative Zerstörung der Mine mit dem Laserstrahl des eingesetzten Laser-Aggregates ausgewertet werden.

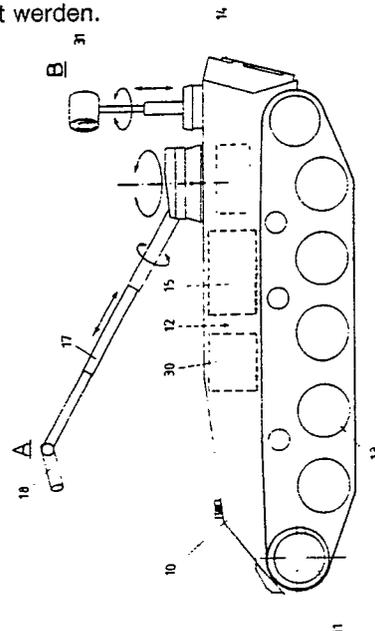


FIG. 1

**EP 0 305 556 A1**

**Verfahren zum Erkennen und/oder zur Neutralisation von oberflächenmäßig verlegten oder getarnten Landminen und mobiles Gerät für die Durchführung des Verfahrens.**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen und/oder zur Neutralisation von verlegten Landminen, bei dem ein Strahl eines Laser-aggregats selbsttätig oder von Hand systematisch über die von Landminen zu räumende Fläche, vorzugsweise in einem Raster, geführt wird, und ein mobiles Gerät für die Durchführung des Verfahrens.

Die Landmine ist ein aktives Hindernis, um gegnerische Bewegungen aufzuhalten, zu verzögern oder unmöglich zu machen Sie wird auch in Zukunft immer ein wichtiges Element der Kampfunterstützung sein. Durch den Einsatz von Elektronik ist nicht nur die Zuverlässigkeit, sondern auch die Wirksamkeit der Minen verbessert worden.

Bekannt sind verschiedene Arten von mechanischen Minenräumsystemen, wie Minenpflüge und/oder Minenwalzen wobei auch explosive Minenräumsysteme bekannt sind. Traditionelle Systeme, wie z.B. Sprengladungen, Sprengschnüre und -teppiche, werden zunehmend ergänzt und teilweise sogar ersetzt durch Kraftstoff-Luft-Explosivsysteme (FAE-systeme). Letztere können bereits über 90% aller bekannten Minen mit Druckzünder neutralisieren. Jedoch sind auch FAE-resistente Minen bekannt.

Moderne Minen sind weitaus schwieriger zu räumen, als dies bei den derzeit benutzten Minen mit Druckzündern der Fall ist. Eine integrierte Aufnahmesperre, die im Bedarfsfall auch abschaltbar ist, verhindert ein einfaches Räumen Seismische Sensoren schließen das Aufnehmen der Minen von Hand aus. Ein zur Räumung künstlich erzeugtes elektromagnetisches Feld bleibt ohne Wirkung, wenn vorher nicht der richtige Wecksensor angesprochen worden ist. Auch pyrotechnische Räummittel haben gegen moderne Minen kaum noch eine Wirkung, da diese eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen An- und Übersprengen haben. Solche plötzlichen und kräftigen Lageveränderungen, wie sie detonierender Sprengstoff erzeugt, werden von einer bei Landminen eingebauten Schocksperre aufgefangen und die Detonation wird dadurch verhindert. Mechanische Räummittel, wie Roller und Schlagketten, wirken dagegen nur gegen Drucksensoren und können Minen mit Sensorenkombinationen allenfalls zerstören, wobei jedoch eine hohe Risikorate bestehen bleibt. Diese Räummittel sind aber nicht nur sehr langsam und schwerfällig, sondern nach einer bestimmten Anzahl von Minendetonationen auch verschlissen. Die wirkungsvollste Räummethode besteht in der Entfernung des verminten Erdreiches in der gesamten Fahrzeugbreite, jedoch ist hierzu ein hoher technischer Aufwand erforderlich. Bei dieser Räumme-

thode werden Erde und Minen nach vorn und seitwärts geschleudert und somit absolut minenfreie Gassen geschaffen. Die Räumgeschwindigkeit bei dieser Räummethode ist jedoch nicht sehr hoch.

5 Zu den sichersten, aber auch besonders gefährlichen und zeitaufwendigen Räummethoden gehört die Verwendung einzelner Schlagladungen, die von Hand direkt auf oder an die Mine gelegt werden. Diese Räumtechnik ist jedoch für das rasche Überwinden von Minensperren gänzlich ungeeignet.

10 Moderne, sogenannte intelligente, Landminen zeichnen sich u.a. dadurch aus, daß diese mit herkömmlichen Mitteln nicht aufgefunden bzw. beseitigt werden können. Diese Art von Landminen besteht aus sehr schwer detektierbaren Materialien, wie z.B. Nichtmetallen, Kunststoffen od.dgl., und werden unter Umständen zur Tarnung mit ortsüblichen Stoffen überdeckt, u.a. auch mit Pflanzenteilen, Erdmaterial u.dgl.. Die zunehmende "intelligenz" der Landminen, z.B. ermöglicht durch den Einsatz von Mikroelektronik im Bereich des Zündmechanismus, führt dazu, daß traditionelle Mittel bei der Minenräumung versagen. Auch durch ein flächendeckendes Ansprengen mit Hilfe von Sprengschnüren, Sprengteppichen oder Kraftstoff-Luft-Explosionssystemen lassen sich intelligente Landminen nicht immer beseitigen.

25 Eine konventionelle Problemlösung könnte darin bestehen, daß mit üblicher Geschoßmunition durch systematisches flächendeckendes Beschießen jede vorhandene Landmine getroffen und durch Zünden des Zündmechanismus zur Detonation gebracht wird. Aus logistischen und auch aus Kostengründen ist eine derartige Methode jedoch undurchführbar.

30 Durch die EP-A-0224719 ist ein Verfahren zur Neutralisation von oberflächenmäßig verlegten oder getarnten Landminen und ein mobiles Gerät für die Durchführung dieses Verfahrens bekannt. Dieses Verfahren besteht darin, daß ein fokussierter Strahl eines leistungsstarken Laser-Aggregats selbsttätig oder von Hand systematisch über die von Landminen zu räumende Fläche in einem Raster zur Schaffung einer minenfreien Gasse geführt wird, wobei der Bewegungsablauf des fokussierten Strahlers programmgesteuert wird und der fokussierte Strahl durch Rechner unterstützt sowohl systematisch im SCAN-Verfahren als auch gezielt die verlegten Minen ansteuert und diese durch Energieeinbringung vermittels eines Laserstrahls entweder zur Detonation gebracht oder inertisiert werden. Dieses Verfahren ist durchführbar mit einem mobilen Gerät, das aus einem rahmenartigen Fahrge-

stell mit mindestens einem auf jeder Seite des Fahrgestells angeordneten Kettenlaufwerk und mit einem mittig in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse besteht, in dem über eine Fernlenkeinrichtung oder von Hand steuerbare Antriebs-  
einrichtungen für die Kettenlaufwerke und eine Laserstrahlerzeugungseinrichtung, z.B. CO<sub>2</sub>-Gaslaser mit mehreren kW Dauerstrich-Leistung oder gepulster Neodym-YAG-Laser, angeordnet sind, wobei auf dem Gerätegehäuse ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr zum systematischen Führen des Laserstrahles über die von Landminen zu räumende Fläche angeordnet ist.

Mit diesem Verfahren und dem hierfür ausgebildeten mobilen Gerät ist eine Detektion von Minen aus der Ferne kaum möglich, auch wenn ein fokussierter Laserstrahl und leistungsstarke Laser-Aggregate verwendet werden. Durch die Verwendung eines fokussierten Laserstrahles muß die verminte Fläche durch langsames Entlangführen des Laserstrahles abgetastet werden, um auch die gesamte verminte Fläche zu erfassen, was relativ zeitaufwendig ist, da die von einem fokussierten Laserstrahl getroffene Fläche relativ klein ist. Aus diesem Grunde befinden sich die Apparateile des mobilen Gerätes in unmittelbarer Nähe der untersuchten Bodenstelle, so daß es zu einer Gefährdung des Equipments durch eine mögliche Detonation kommen kann.

Hinzu kommt die Verwendung der verschiedensten Arten von neu entwickelten Sprengstoffen für Minen, wodurch Minen gegen äußere Einflüsse und gegen Fremdeinwirkung widerstandsfähig gemacht werden, so daß die Minen erst dann zur Detonation kommen, wenn sie durch Gewichtsbelastung durch auffahrende Fahrzeuge oder in unmittelbarer Nähe erzeugter Druckwellen aktiviert werden.

Die bekannten Neutralisationsverfahren von oberflächenmäßig verlegten oder getarnten Landminen reichen dann zur Räumung der Minen nicht mehr aus.

Die Erfindung löst die Aufgabe, ein Verfahren und ein mobiles Gerät zu schaffen, nach dem laserinduzierte Spektralanalysen, insbesondere Emissionsspektralanalysen, als Verfahren zur Detektion von Minen vorgenommen werden, um Detektionen von Minen aus der Ferne zur Vermeidung einer Gefährdung des Equipments durch eine mögliche und plötzliche Detonation zu ermöglichen, und zwar gegebenenfalls unter Einbeziehung der Möglichkeit einer detonativen Zerstörung, d.h. Räumung der Mine, wobei gleichzeitig die Flächenleistung erhöht werden soll.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die im Patentan-

spruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Nach diesem Verfahren werden vermittels eines Laserstrahles vorhandene Landminen einer verminten Fläche ohne detonative Zerstörung detektiert, wobei der Minensprengstoff bei entsprechend langer Einwirkung des Laserstrahles auf die einzelnen Minen zur Verbrennung in sich ohne Detonation gebracht wird und die von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissionsspektren und/oder Remissionsspektren aufgenommen sowie erfaßt werden und wobei die erhaltenen Spektren (Spektrallinien) zur Erkennung des Typs des jeweils in der detektierten Mine verwendeten Sprengstoffes durch vergleichende Messungen eingespeicherter Spektren bekannter Minensprengstoffe ausgewertet werden, wobei sich dann Entscheidungen für zwei Möglichkeiten anbieten, nämlich insofern, als auf der einen Seite die erfaßten Minen in dem überprüften Minenfeld verbleiben und der Verlegeort gespeichert wird oder auf der anderen Seite nach erfolgter spektralanalytischer Erfassung der durch Laserstrahl stimulierten Emission des Minensprengstoffes die Mine mittels der Laserstrahlen zur Detonation gebracht und somit zerstört werden.

Dadurch, daß eine laserinduzierte Emissionsspektralanalyse als Verfahren zur Detektion von Minen verwendet wird, ist eine Detektion der Minen aus der Ferne möglich, was den Vorteil erbringt, daß sich keine Apparateile in unmittelbarer Nähe der untersuchten Bodenstelle befinden, d.h. es ist keine unmittelbare Gefährdung des Equipments durch eine mögliche Detonation gegeben. Hinzu kommt, daß eine zeitgleiche Auswertung ohne Einhalten einer Analysedauer möglich ist, um den spektralanalytisch untersuchten Sprengstoff zu erfassen. Eine Auswertung der erhaltenen Spektrallinien vermittels der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) ist möglich. Das erfindungsgemäße Verfahren ist flexibel in der Anwendung und der Erkennung unterschiedlicher Stoffe durch Softwaresteuerung. Eine kombinierte Nutzung des Lasers zur Stimulierung der Emission und anschließend, falls gewünscht, zur Zerstörung bzw. Räumung der Mine ist möglich. Die Detektion der Mine ohne detonative Zerstörung erhöht die Flächenleistung des Systems mit der Möglichkeit einer Umgehung der identifizierten Mine durch Kenntnis des Verlegeortes, wobei das gesamte Gerät geschont wird. Die Detektionsapparate basieren auf optischen Prinzipien und sind somit auf einfache Weise rüttelfest in einem mobilen Gerät, wie z.B. Geländefahrzeug, integrierbar; es sind keine aufwendigen Hilfsgeräte, wie Hochvakuumpumpen, filigrane Glasküvetten oder Gasversorgungen und Thermostatisierungen erforderlich.

Die Erfindung sieht ferner vor, daß anstelle

einer spektralanalytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch erfaßt wird. Auch ist es möglich, neben der spektralanalytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch zu erfassen.

Darüber hinaus sieht die Erfindung zur Bestimmung der Lage der detektierten Landminen einer verminten Fläche vor, daß das Bodenprofil der mittels des Laserstrahles abgetasteten verminten Fläche gleichzeitig während des Laserstrahlabtastvorganges abgegriffen und die erhaltenen Daten mit den Daten einer gespeicherten Profilkarte des die verminten Fläche aufweisenden Geländes verglichen wird, so daß es dadurch möglich ist, den genauen Standort der einzelnen Minen der verminten Fläche bzw. der geräumten Minen zu bestimmen und kartographisch festzuhalten. Für die Durchführung dieses Verfahrens ist es von Vorteil, wenn das Höhenprofil des verminten Geländes von einem bemannten oder unbemannten Flugkörper gemessen wird, der das verminten Gelände überfliegt und der die gemessenen Werte an eine Bodenstation weiterleitet, die dann den abgetasteten Streifen des Höhenprofils z.B. mit dem entsprechenden Streifen in der digitalgespeicherten Höhenreferenzkarte vergleicht. Hierzu können bekannte Verfahren herangezogen werden, so z.B. das TERCOM-Verfahren.

Des weiteren wird die Aufgabe durch ein mobiles Gerät gelöst, das erfindungsgemäß aus einem rahmenartigen Fahrgestell mit einem an dem Fahrgestell angeordneten Kettenlaufwerk und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse besteht, in dem eine Antriebseinrichtung für das Kettenlaufwerk und eine Laserstrahlerzeugungseinrichtung angeordnet sind, wobei auf dem Gerätegehäuse ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels vorzugsweise programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr zum systematischen Führen des Laserstrahles über die mit Landminen versehene Fläche angeordnet ist und wobei in dem Gerätegehäuse eine spektralanalytische Einrichtung mit einer auf die Reaktion der laserbeaufschlagten Mine ausrichtbare Optik und mit einer Auswertungseinrichtung angeordnet ist, wobei die Optik auf dem Gerätegehäuse um eine senkrechte und eine waagerechte Achse höhen- und seitenverstellbar gehalten ist.

Die Erfindung sieht ferner ein mobiles Gerät zum Erkennen und/oder zur Neutralisation von verlegten Landminen vor, das aus einem ersten Trä-

gerfahrzeug aus einem rahmenartigen Fahrgestell mit einem an dem Fahrgestell angeordneten Kettenlaufwerk und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse, in dem eine Antriebseinrichtung für das Kettenlaufwerk und eine Laserstrahlerzeugungseinrichtung angeordnet sind, besteht, wobei auf dem Gerätegehäuse ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels vorzugsweise programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr zum systematischen Führen des Laserstrahles über die verminten Fläche angeordnet ist, und aus einem zweiten Trägerfahrzeug

a) aus einem rahmenartigen Fahrgestell mit einem an diesem vorgesehenen Kettenlaufwerk und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse, in dem eine Antriebseinrichtung für das Kettenlaufwerk angeordnet ist, oder

b) aus einem rahmenartigen Fahrgestell in Halbketten- oder Radausführung mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse, in dem eine Antriebseinrichtung für die Kettenlaufwerke und/oder die Räder angeordnet ist, wobei in dem Gerätegehäuse eine spektralanalytische Einrichtung zum Aufnehmen und Erfassen der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugten Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissionsspektren und/oder Remissionsspektren mit einer auf die Reaktion der laserbeaufschlagten Mine ausrichtbare Optik und mit einer Auswertungseinrichtung angeordnet ist, wobei die Optik auf dem Gerätegehäuse um eine senkrechte und eine waagerechte Achse höhen- und seitenverstellbar gehalten ist.

In dem zweiten Trägerfahrzeug sind alle Einrichtungen untergebracht, die zur analytischen Erfassung der Absorptions- und/oder Emissionsspektren erforderlich sind, die durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugt werden. Sowohl das erste als auch das zweite Trägerfahrzeug sind in Vollketten-, Halbketten- oder Radausführung einsetzbar.

Mit dem Verfahren und dem mobilen Gerät ist ein Minenerkennungs- und -räumsystem geschaffen, mit dem auch intelligente Landminen erfaßbar und neutralisierbar sind. Das mobile Trägersystem ist geeignet, Minen aus ausreichendem Sicherheitsabstand zu erfassen und, falls erforderlich, unschädlich zu machen. Dabei ist es nicht erforderlich, daß ein fokussierter Laserstrahl verwendet wird. Für die Detektion der Mine ohne detonative Zerstörung sind auch nicht fokussierte Laserstrahlen verwendbar. Soll allerdings die detektierte Mine durch Detonation beseitigt werden, dann ist es vorteilhaft, mit einem fokussierten Laserstrahl zu arbeiten. Die in dem mobilen Gerät vorgesehene Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung kann so ausgebildet sein, daß ein normaler Laserstrahl als auch ein

fokussierter Laserstrahl erzeugt werden kann. Zur Fokussierung des Laserlichtes wird dann lediglich ein Teleskop in den Bereich des Laserstrahles eingeschwenkt. Aufgrund des Eindringvermögens des verwendeten Laserstrahles in das Erdmaterial ist es auch möglich, im Erdreich vergrabene Landminen zu detektieren und gegebenenfalls zu neutralisieren.

Die Aufgabe, innerhalb eines verlegten Minenfeldes eine Schneise freizuräumen, kann nach erfolgter Detektion (Scan-Verfahren) hinsichtlich der Anzahl der für eine vorgegebene Schneisenbreite zu räumenden Minen computerunterstützt optimiert werden, so daß nur ein Mindestmaß an Minen, deren Verlegeort bekannt ist, geräumt werden müssen.

Neben der Aufgabe, eine unbekante, verminte Schneise in einem Minenfeld zu räumen, kann es auch erforderlich sein, von der eigenen Einheit verminte Gebiete wieder zu durchqueren. In Verbindung mit einer dokumentierten Minen-Verlegeprozedur, und zwar für den Bereich einer potentiellen Schneise, bietet das Verfahren die Option, gezielt, durch Rechner unterstützt, die verlegten Minen anzusteuern und die Minen ohne detonative Zerstörung zu detektieren, um zu gewährleisten, daß eine Übereinstimmung mit der dokumentierten Minen-Verlegeprozedur gegeben ist.

Das Verfahren ist auch anwendbar bei solchen Minenfeldern, bei denen je zwei Minen übereinanderliegend im Erdreich vergraben sind. Um derartige Minen erfassen zu können, wird der Laserstrahl nach Auftreffen auf eine Mine und nach der Verbrennung dessen Sprengstoff in einer vorgegebenen Zeiteinheit im Minenbereich verweilend gehalten, um eine eventuell im Verbrennungsbereich noch vorhandene Mine erfassen und auch gegebenenfalls neutralisieren zu können.

Für die Anwendung des Verfahrens eignen sich die bekannten Laserstrahlen-Erzeugungseinrichtungen. Besonders vorteilhaft hat sich ein CO<sub>2</sub> Gaslaser mit mehreren kW Dauerstrich-Leistung oder ein gepulster Neodym-YAG-Laser gezeigt, jedoch auch andere leistungsstarke Laser-Aggregate können zur Anwendung gelangen.

Die verwendete spektralanalytische Einrichtung zur Erfassung von Emissions-, Absorptions- oder Remissionspektren ist in an sich bekannter Weise ausgebildet und umfaßt eine Optik, einen optischen Sensor, einen Signalverstärker und eine Auswertungseinrichtung. Neben den bekannten konventionellen optisch-spektroskopischen Meßverfahren können auch bekannte laser-spektroskopische Verfahren eingesetzt werden, wobei die laser-spektroskopischen Verfahren ebenso wie die konventionellen spektroskopischen Verfahren direkt und berührungsfrei arbeiten, wobei das Meßergebnis nicht durch Meßsonden oder umständliche Pro-

benaufbereitung verfälscht wird, sondern sofort zur Verfügung steht. Der Laser emittiert jedoch sehr monochromatische Strahlung, deren Wellenlänge bei bestimmten Lasertypen außerdem kontinuierlich durchstimmbar ist, d.h. die gesamte vom Laser erzeugte Strahlung kann als nutzbare Meßstrahlung verwendet werden. Damit stehen extrem hohe spektrale Leistungsdichten zur Verfügung, die sich oftmals mit konventionellen, d.h. thermischen Lichtquellen nicht erreichen lassen. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn fokussiertes Laserlicht mit einer geeigneten Optik verwendet wird. Der weitere Vorteil besteht darin, daß sich Laserlicht auch auf große Entfernung bündeln bzw. kollimieren läßt. Damit ist die Möglichkeit zu einer echten Fernmessung gegeben. Hierbei dient dann das nahezu parallele Laserbündel quasi als Sonde, so daß extrem hohe Reichweiten überbrückt werden können.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig 1 in einer Ansicht ein mobiles Gerät mit einer Einrichtung für einer laserinduzierte Emissionsspektralanalyse als Verfahren zur Detektion von Minen, wobei in diesem Gerät ein Laser-Minendetektionssystem und ein Minendetektionsauswertungssystem miteinander kombiniert sind,

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung das Zusammenwirken des Laser-Minendetektionssystems und des Minendetektionsauswertungssystems und

Fig 3 in einer schematischen Darstellung das in je einem mobilen Gerät untergebrachte Minendetektionssystem und Minendetektionsauswertungssystem.

Das mobile Gerät 10 gemäß Fig. 1 besteht aus einem rahmenartigen Fahrgestell 11, welches bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem Kettenlaufwerk 13 versehen ist. Neben einer Vollkettenausführung ist auch eine Halbketten- oder Radausführung des mobilen Gerätes 10 möglich. Das Fahrgestell 11 des mobilen Gerätes 10 kann auch auf jeder Seite zwei in Reihe hintereinanderliegend angeordnete Kettenlaufwerke aufweisen. Der Antrieb des Kettenlaufwerkes 13 erfolgt mittels einer Antriebseinrichtung 14, die in einem in dem rahmenartigen Fahrgestell 11 ausgebildeten Gerätegehäuse 12 untergebracht ist. Diese Antriebseinrichtung 14 kann, wenn das Gerätegehäuse zur Aufnahme von Bedienungspersonen ausgebildet ist, von Hand bedient werden. Jedoch besteht auch die Möglichkeit, das mobile und dann unbemannte Gerät durch Impulse fernzulenken, die von einem Fernlenkstand ausgehen und mechanisch, elektromagnetisch, fiberoptisch oder akustisch übertragen werden. In dem zu lenkenden mobilen Gerät 10 werden dann die empfangenen Impulse zur Änderung der Stellung von Lenkein-

richtungen benutzt, wobei eine Kommandolenkung oder ein Leitstrahlverfahren angewendet werden können.

Das mobile Gerät 10 ist mit einer Laser-Erzeugungseinrichtung 15 versehen, die in dem Gerätegehäuse 12 oder auf dem Gerätegehäuse angeordnet sein kann. Mit dieser Laser-Erzeugungseinrichtung 15 steht ein Laserstrahlaustrittsrohr 18 in Verbindung, das an einem an dem mobilen Gerät 10 angeordneten Tragarm 17 befestigt ist, der mittels in der Zeichnung nicht dargestellter Stellmotoren in der Höhe und in der Seite verschwenkbar ist. Darüber hinaus kann der Tragarm 17 teleskopisch verschiebbar sein, um die Länge des Tragarmes 17 variieren zu können. Die Verschwenkbarkeit des Tragarmes 17 mit dem Laserstrahlaustrittsrohr 18 kann von Hand oder programmgesteuert sein.

Über die Stellmotoren für die Höhen- und Seitenverschwenkbarkeit des Tragarmes 17 mit dem Laserstrahlaustrittsrohr 18 und eines gegebenenfalls vorgesehenen Programmsteuerwerkes besteht die Möglichkeit, den Bewegungsablauf des gegebenenfalls fokussierten Laserstrahles gesteuert bzw. programmgesteuert über die zu räumende verminte Fläche zu führen, wobei der durch Rechner unterstützte Laserstrahl die verlegten Minen ansteuert und die einzelnen Minen ohne detonative Zerstörung detektiert, wobei der Minensprengstoff bei entsprechend langer Einwirkung bzw. einer entsprechenden und zum Teil auch vorgegebenen Verweilzeit des Laserstrahles auf die einzelnen Minen zur Verbrennung in sich ohne Detonation gebracht wird. Zum Erkennen der Minen eines Minenfeldes wird der Laserstrahl in einem vorgegebenen Raster über die verminte Fläche geführt, so daß der Laserstrahl über alle Abschnitte des verminten Feldes hinweggeführt wird, wobei das mobile Gerät 10 während des Abtast- und Suchvorganges keine Vorwärtsbewegung oder Standortveränderung durchführt, während bei einer weiteren Minenerfassungsmöglichkeit auch die Vorwärtsbewegung des mobilen Gerätes 10 mit in das Führen des Laserstrahles über die verminte Fläche mit einbezogen werden kann. Neben der Verwendung eines kontinuierlichen Laserstrahles während des Abtastvorganges besteht auch die Möglichkeiten den Laserstrahl blitzartig auszusenden, ohne daß dadurch die Minen-Erfassungssicherheit verringert wird.

Das mobile Gerät 10 nimmt die Laser-Erzeugungseinrichtung 15, eine bei 16 angedeutete Optik und das Laserstrahlaustrittsrohr 18 auf. Diese drei wesentlichen Bauteile bilden das Laser-Minendetektionssystem A.

In dem mobilen Gerät 10 ist ein weiteres System B zur Auswertung der Minendetektion untergebracht. Dieses Minendetektionsauswertungssystem B besteht aus einer in an sich bekannter Weise ausgebildeten spektralanalytischen Einrich-

tung (Spektralapparat) 30, einer Optik 31, einem optischen Sensor 32, einem Signalverstärker 33, einer Auswertungseinrichtung 34 und einem Display 35 (Fig.1 und 2). Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Optik 31 der spektralanalytischen Einrichtung 30 in dem Gerätegehäuse 12 des mobilen Gerätes 10 so angeordnet, daß die Optik 31 mittels in der Zeichnung nicht dargestellter Antriebseinrichtungen ein- und ausfahrbar ist, wobei im ausgefahrenen Zustand ein Verschwenken in der Höhe und in der Seite möglich ist. Wird von dem von dem mobilen Gerät 10 ausgesandten Laserstrahl eine Mine erfaßt und ohne detonative Zerstörung detektiert, dann wird der Minensprengstoff zur Verbrennung gebracht, ohne daß es dabei zu einer Detonation der Mine kommt. Die von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme wird von der Optik 31 der spektralanalytischen Einrichtung erfaßt und die von der Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissionsspektren aufgenommen. Die erhaltenen Spektren (Spektrallinien) werden zur Erkennung des Typs des jeweils in der detektierten Mine verwendeten Sprengstoffes mit den eingespeicherten Spektren bekannter Minensprengstoffe verglichen, um herauszufinden, um welchen Sprengstoff es sich bei der detektierten Mine handelt, so daß auch Minen eines Minenfeldes erfaßt werden können, dessen Minen unterschiedliche Sprengstofftypen aufweisen. Aufgrund der vergleichenden Messungen zwischen den erhaltenen Spektren aus der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugten Stich- und/oder Gasflamme mit den eingespeicherten Spektren bekannter Minensprengstoffe läßt sich dann herausfinden, um welchen Typ des Sprengstoffes es sich bei der detektierten Mine handelt, so daß dann die Entscheidung getroffen werden kann, ob die erfaßte Mine in dem überprüften Minenfeld verbleiben kann oder ob eine detonative Zerstörung der Mine mit einem Laserstrahl erforderlich ist, wobei hier auch der Laserstrahl der in dem mobilen Gerät 10 untergebrachten Laser-Erzeugungseinrichtung 15 verwendet werden kann, wobei es dann vorteilhaft ist, diesen Laserstrahl in an sich bekannter Weise zu fokussieren.

Anstelle von optisch-spektroskopischen Meßverfahren können auch die an sich bekannten laser-spektroskopischen Verfahren zur Anwendung gelangen. Es besteht auch die Möglichkeit, anstelle einer spektralanalytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch zu erfassen. Hierbei erfolgt eine fotografische Abtastung der detektierten Mine

zur Darstellung der unterschiedlichen Wärmeabstrahlung, wobei die Wärmeabstastung mit in an sich bekannter Weise ausgebildeten Thermografie-Einrichtungen erfolgt.

Es besteht auch die Möglichkeit, neben einer spektral analytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch zu erfassen. Das mobile Gerät 10 ist dann mit den entsprechenden thermografischen Einrichtungen versehen.

Es besteht darüber hinaus auch die Möglichkeit, in dem mobilen Gerät 10 alle diejenigen Einrichtungen und Geräte unterzubringen, mit denen eine Bestimmung der Lage der detektierten Landminen einer verminten Fläche möglich ist, wozu das Bodenprofil der mittels des Laserstrahls abgetasteten verminten Fläche gleichzeitig während des Laserstrahlabtastvorganges abgegriffen und die erhaltenen Daten mit den Daten einer gespeicherten Profilkarte des die verminten Fläche aufweisenden Geländes verglichen werden. Hierzu werden in an sich bekannte Verfahren herangezogen.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel besteht das mobile Gerät 100 aus einem ersten Trägerfahrzeug 101 und einem zweiten Trägerfahrzeug 201. Von den beiden Trägerfahrzeugen 101,201 umfaßt das Trägerfahrzeug 101 das Laser-Minendetektionssystem A und das Trägerfahrzeug 201 das Minendetektionsauswertungssystem B.

Das erste Trägerfahrzeug 101 des mobilen Gerätes 100 besteht aus einem rahmenartigen Fahrgestell 11 mit einem Kettenlaufwerk 13 und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse 12, in dem eine Antriebseinrichtung 14 für das Kettenlaufwerk 13 und eine Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung angeordnet sind, wobei auf dem Gerätegehäuse 12 ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels vorzugsweise programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr zum systematischen Führen des Laserstrahls über die verminten Fläche angeordnet ist. Das Laser-Minendetektionssystem A in dem Trägerfahrzeug 101 besteht auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 aus der Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung 15, der Optik 16, dem Laserstrahlaustrittsrohr 18 und dem Tragarm 17 für das Laserstrahlaustrittsrohr 18, das an dem Trägerfahrzeug 101 höhen- und seitenverschwenkbar angeordnet ist. Auch bei dieser Ausführungsform ist die Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung 15 so ausgebildet, daß auch fokussiertes Laserlicht erzeugt werden kann.

Das zweite Trägerfahrzeug 201 besteht ebenfalls aus einem rahmenartigen Fahrgestell 211 mit

einem Räderlaufwerk 213 und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse 212, in dem eine Antriebseinrichtung 214 für das Räderlaufwerk 213 angeordnet ist. Außerdem ist in dem Gerätegehäuse 212 eine spektralanalytische Einrichtung 30 zum Aufnehmen und Erfassen der von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugten Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissionsspektren und/oder Remissionsspektren mit einer auf die Reaktion der laserbeaufschlagten Mine ausrichtbare Optik 31 und mit einer Auswerteinrichtung 34 angeordnet, wobei die Optik 31 auf dem Gerätegehäuse 212 angeordnet ist. Die Anordnung der Optik 31 in dem Gerätegehäuse 212 des Trägerfahrzeuges 201 ist derart, daß die Optik 31 in das Gerätegehäuse 212 einfahrbar und aus diesem auch ausfahrbar ist. Darüber hinaus ist die Optik 31 so gelagert, daß sie um eine senkrechte und eine waagerechte Achse höhen- und seitenverschwenkbar ist.

Die beiden Trägerfahrzeuge 101, 201 können mit einem Kettenlaufwerk 13 oder auch mit einem Räderlaufwerk 213 versehen sein. Beide Trägerfahrzeuge 101 und 201 können in Vollketten-, Halbketten- oder Radausführung zum Einsatz gelangen. Das in dem Trägerfahrzeug 101 vorgesehene Laser-minendetektionssystem A und das in dem Trägerfahrzeug 201 vorgesehene Minendetektionsauswertungssystem B entsprechen den in dem mobilen Gerät 10 vorgesehenen Systemen A und B, während in dem mobilen Gerät 10 das Laser-Minendetektionssystem A und das Minendetektionsauswertungssystem B vereinigt sind, weist das mobile Gerät 100 zwei Trägerfahrzeuge 101,201 auf, von denen das eine Trägerfahrzeug das System A und das andere Trägerfahrzeug das System B aufnimmt. Die beiden Systeme A und B in den beiden Trägerfahrzeugen 101,201 entsprechen dem schematischen Bausteinaufbau in Fig. 2.

Fig. 3 läßt auch die Arbeitsweise des mobilen Gerätes 100 erkennen. Eine bei 50 angedeutete Mine wird von dem Laserstrahl LS des Trägerfahrzeuges 101 beaufschlagt und ohne detonative Zerstörung detektiert. Das von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme erzeugte emittierte Licht EL wird von dem System B in dem Trägerfahrzeug 201 erfaßt und die erhaltenen Absorptions- und/oder Emissionsspektren aufgenommen und in entsprechender Weise ausgewertet

## Ansprüche

1. Verfahren zum Erkennen und/oder zur Neutralisation von oberflächenmäßig verlegten oder getarnten Landminen, bei dem ein Strahl eines Laser-

Aggregats selbsttätig oder von Hand systematisch über die von Landminen zur räumende Fläche, vorzugsweise in einem Raster, geführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des Laserstrahles vorhandene Landminen einer verminten Fläche ohne detonative Zerstörung detektiert werden, wobei der Minensprengstoff bei entsprechend langer Einwirkung bzw. vorgegebener Verweilzeit des Laserstrahles auf die einzelnen Minen zur Verbrennung in sich ohne Detonation gebracht wird und die von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissions- und/oder Remissionsspektren aufgenommen sowie erfaßt werden und die erhaltenen Spektren (spektrallinien) zur Erkennung des Typs des jeweils in der detektierten Mine verwendeten Sprengstoffes durch vergleichende Messungen eingespeicherter Spektren bekannter Minensprengstoffe

a) für einen Verbleib der erfaßten Mine in dem überprüften Minenfeld oder

b) für eine sich an die spektralanalytische Erfassung der durch Laserstrahlen stimulierten Emission des Minensprengstoffes anschließende detonative Zerstörung der Mine mit dem Laserstrahl des eingesetzten Laser-Aggregates ausgewertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle einer spektralanalytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch erfaßt wird

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß neben der spektralanalytischen Erfassung der Stich- und/oder Gasflamme des durch Laserstrahlen detektierten und ohne detonative Zerstörung der Mine verbrannten Minensprengstoffes die von der Stich- und/oder Gasflamme ausgehende Wärmeabstrahlung thermografisch erfaßt wird

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Lage der detektierten Landminen einer verminten Fläche das Bodenprofil der mittels des Laserstrahles abgetasteten verminten Fläche gleichzeitig während des Laserstrahlabtastvorganges abgegriffen und die erhaltenen Daten mit den Daten einer gespeicherten Profilkarte des die verminten Fläche aufweisenden Geländes verglichen werden.

5. Mobiles Gerät zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät (10) aus einem rahmenartigen Fahrgestell (11) mit einem an dem Fahrgestell (11) angeordneten Kettenlaufwerk (13) und mit einem in

dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse (12) besteht, in dem eine Antriebseinrichtung (14) für das Kettenlaufwerk (13) und eine Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung (15) angeordnet ist, daß auf dem Gerätegehäuse (12) ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels vorzugsweise programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr (18) zum systematischen Führen des Laserstrahles über die mit Landminen versehene Fläche angeordnet ist, und daß in dem Gerätegehäuse (12) eine spektralanalytische Einrichtung (30) mit einer auf die Reaktion der laserbeaufschlagten Mine ausrichtbaren Optik (31) und mit einer Auswertungseinrichtung (34) angeordnet ist, wobei die Optik (31) auf dem Gerätegehäuse (12) um eine senkrechte und eine waagerechte Achse höhen- und seitenverstellbar gehalten ist.

6. Mobiles Gerät zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät (100) aus einem ersten Trägerfahrzeug (101) aus einem rahmenartigen Fahrgestell (11) mit einem an dem Fahrgestell angeordneten Kettenlaufwerk (13) und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse (12), in dem eine Antriebseinrichtung (14) für das Kettenlaufwerk (13) und eine Laserstrahl-Erzeugungseinrichtung (15) angeordnet sind, wobei auf dem Gerätegehäuse (12) ein um eine senkrechte und eine waagerechte Achse mittels vorzugsweise programmgesteuerter Stellmotoren höhen- und seitenverstellbares Laserstrahlaustrittsrohr (18) zum systematischen Führen des Laserstrahles über die verminten Fläche angeordnet ist, und aus einem zweiten Trägerfahrzeug (201)

a) aus einem rahmenartigen Fahrgestell (211) mit einem an diesem vorgesehenen Kettenlaufwerk (13) und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse (212), in dem eine Antriebseinrichtung (214) für das Kettenlaufwerk (13) angeordnet ist, oder

b) aus einem rahmenartigen Fahrgestell (211) mit einem Räderlaufwerk (213) und mit einem in dem Fahrgestellraum angeordneten Gerätegehäuse (212), in dem eine Antriebseinrichtung (214) für das Räderlaufwerk angeordnet ist,

wobei in dem Gerätegehäuse (212) eine spektralanalytische Einrichtung (30) zum Aufnehmen und Erfassen der von der durch die thermische Reaktion des Minensprengstoffes erzeugte Stich- und/oder Gasflamme gebildeten Absorptions- und/oder Emissionsspektren mit einer auf die Reaktion der laserbeaufschlagten Mine ausrichtbaren Optik (31) und mit einer Auswertungseinrichtung (34) angeordnet ist, wobei die Optik (31) auf dem Gerätegehäuse (212) um eine senkrechte und eine waagerechte Achse höhen- und seitenverstellbar gehalten ist, besteht.

7. Mobiles Gerät nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Laserstrahlaustrittsrohr (18) an dem freien Ende eines Tragarmes (17) angeordnet ist, der auf dem Gerätegehäuse (12) des rahmenartigen Fahrgestells (11) des mobilen Gerätes (10) bzw. des Trägerfahrzeuges (101) höhen- und seitenverstellbar angeordnet ist.

5

8. Mobiles Gerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragarm (17) mit dem Laserstrahlaustrittsrohr (18) zur Veränderung seiner Länge teleskopierbar ausgebildet ist.

10

9. Mobiles Gerät nach Anspruch 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (31) der spektralanalytischen Einrichtung (30) in dem Gerätegehäuse (12) des mobilen Gerätes (10) bzw. des Trägerfahrzeuges (201) des mobilen Gerätes (100) so angeordnet ist, daß die Optik (31) aus dem Gerätegehäuse ausfahrbar und in das Gerätegehäuse einfahrbar ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

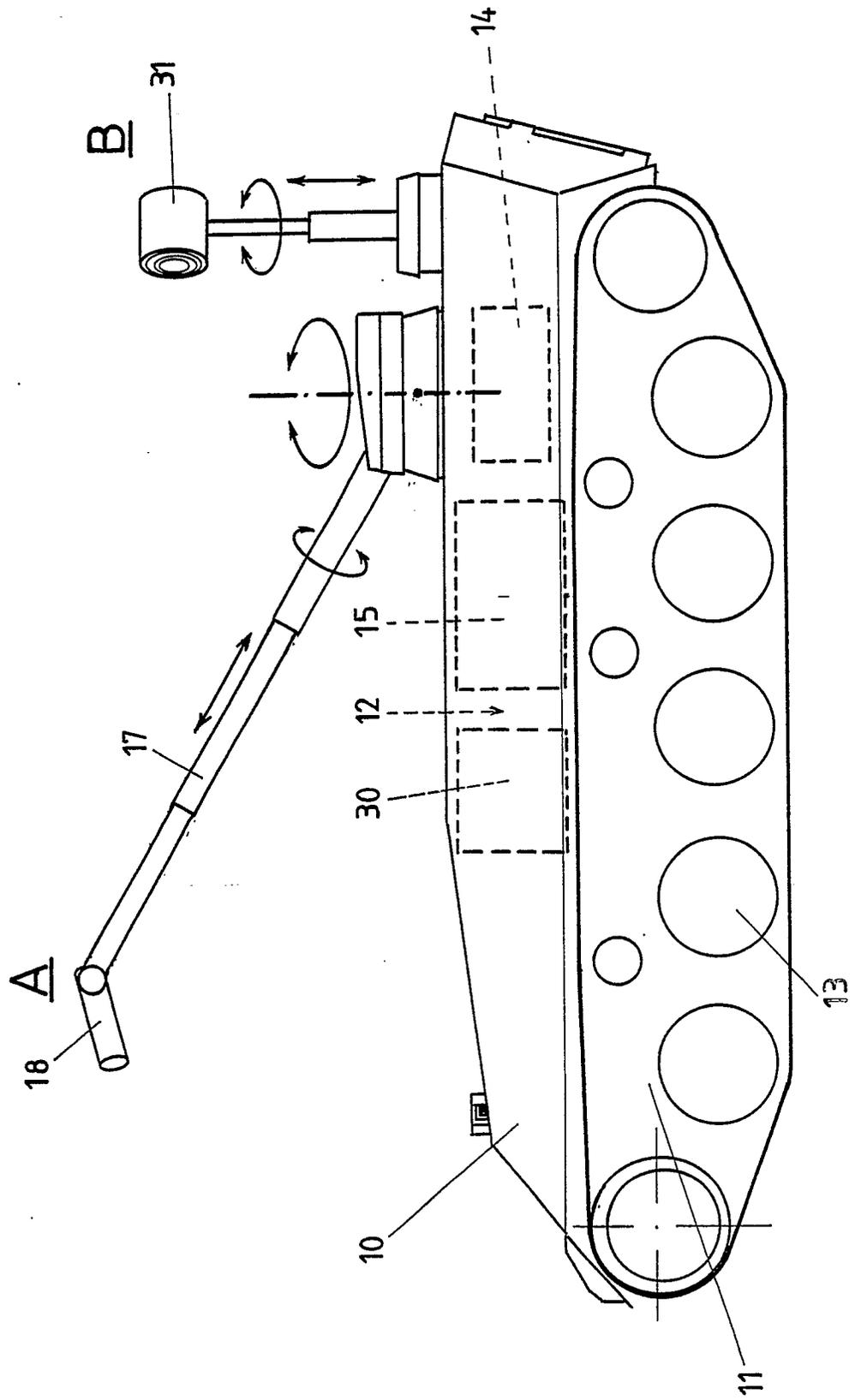


FIG. 2

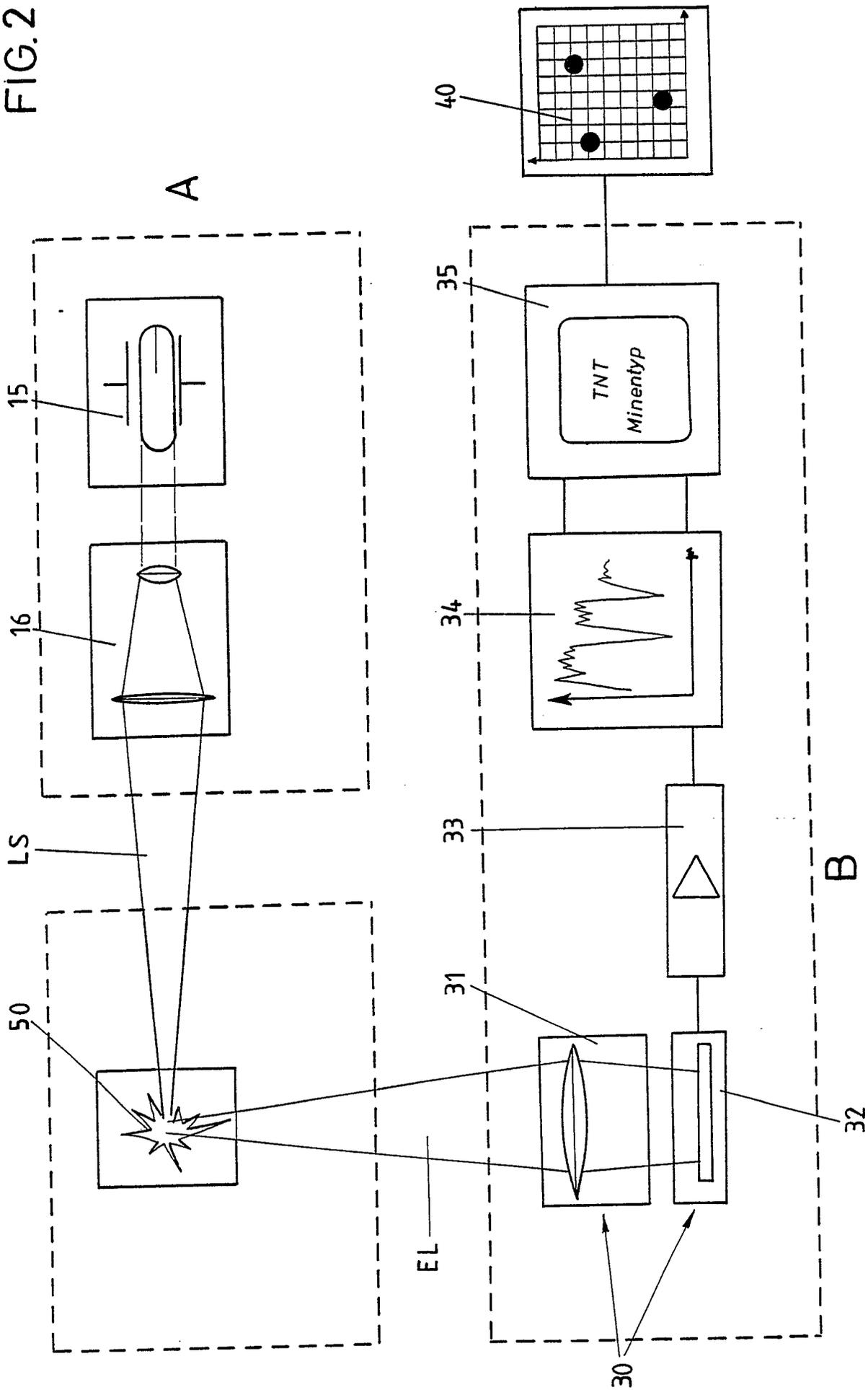
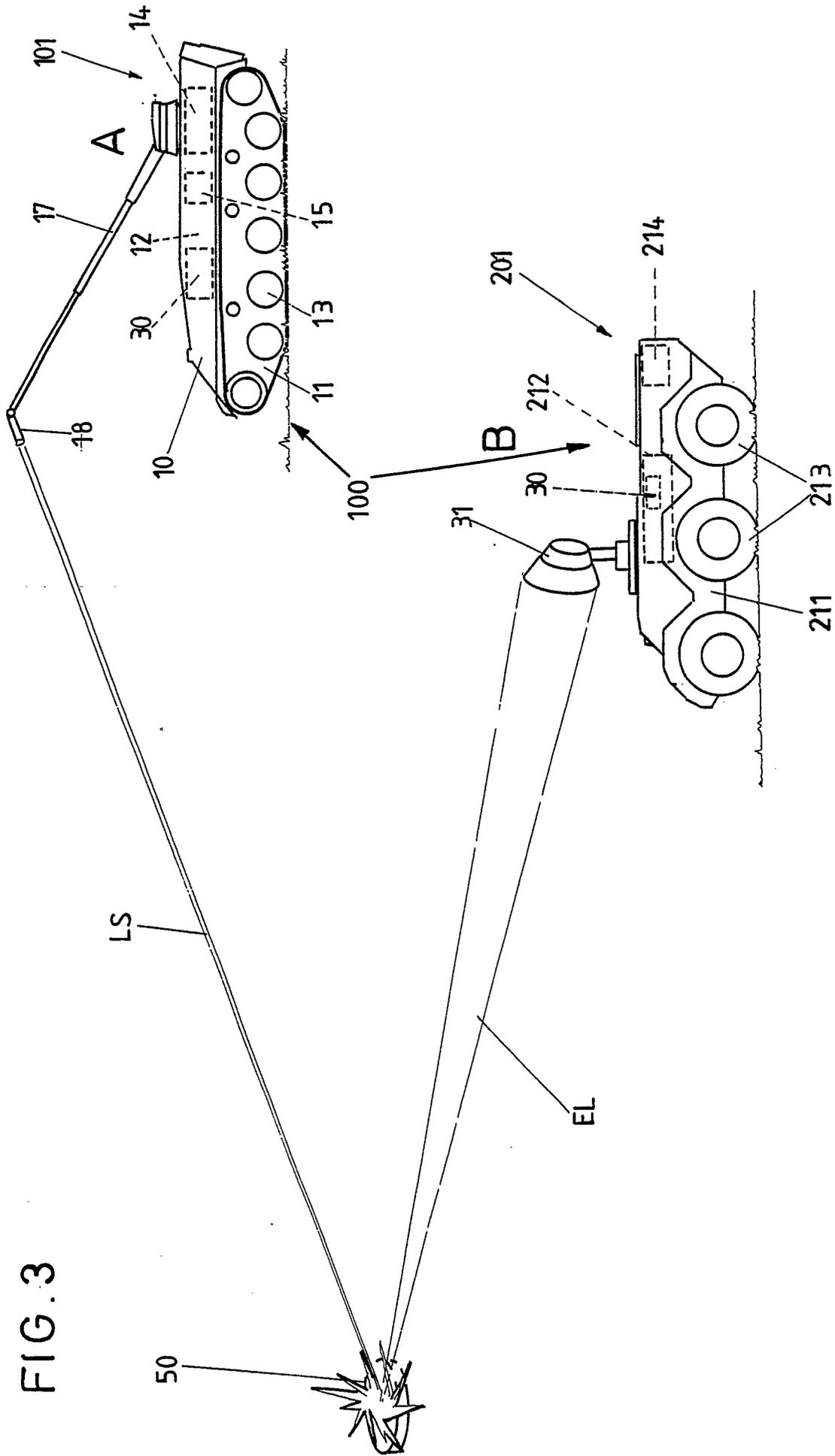


FIG. 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	GB-A-2 184 068 (KRAUSS-MAFFEI) * Seite 1, Zeilen 76-122 * ---	1-3	F 41 H 11/16 F 41 H 11/12
A, D	EP-A-0 224 719 (JASTRAM-WERKE) * Spalte 4, Zeilen 34-58; Spalte 5; Figur * ---	1-3, 5, 6	
A	FR-A-2 415 792 (PRECOUL) * Ansprüche * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			F 41 H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-04-1988	Prüfer RODOLAUSSE P. E. C. C.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			