



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 34 136 A1** 2005.03.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 34 136.6**

(22) Anmeldetag: **23.07.2003**

(43) Offenlegungstag: **03.03.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G06K 9/62**

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
53175 Bonn, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489
Berlin**

(72) Erfinder:

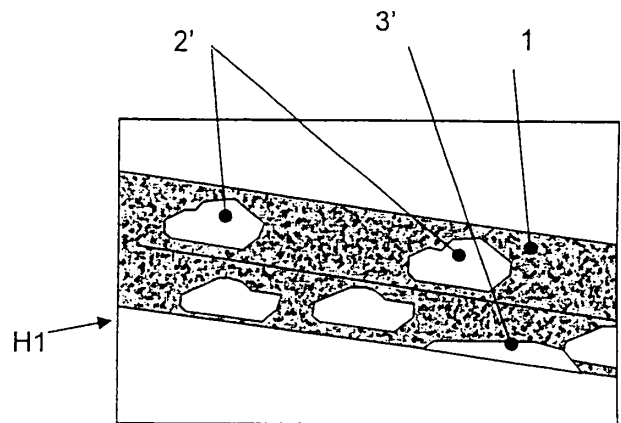
Hetzheim, Hartwig, 12439 Berlin, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung eines Hintergrundbildes bei bildgebenden Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Hintergrundbildes bei bildgebenden Verfahren, wobei aus einem zum Zeitpunkt t_1 aufgenommenen Bild (B1) verdeckte (21) und freie Gebiete ermittelt werden, mindestens für die freien Gebiete das Hintergrundbild (H1) erstellt wird, eine erste Maske (M1) erstellt wird, wobei zum Zeitpunkt t_1 verdeckte Gebiete (21) maskiert werden, aus mindestens einem zu einem Zeitpunkt t_1 aufgenommenen Bild (B2, B3, B(n)) verdeckte Gebiete (22, 23) ermittelt werden, mindestens eine zweite Maske (M2, M3, M(n)) erstellt wird, wobei zum Zeitpunkt t_i verdeckte Gebiete (22, 23) maskiert werden, durch einen Vergleich der Masken freigewordene Gebiete bestimmt werden, aus dem zum Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild (B2, B3, B(n)) der Hintergrund der freigewordenen Gebiete ermittelt wird und das Hintergrundbild (H1) um den Hintergrund der freigewordenen Gebiete erweitert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Hintergrundbildes bei bildgebenden Verfahren. Bildgebende Verfahren werden beispielsweise zur Entdeckung und/oder Charakterisierung von Fahrzeugen, Fußgängern und/oder anderen Verkehrsteilnehmern in einer Verkehrsbeobachtung eingesetzt.

Stand der Technik

[0002] Für die Steuerung des Straßenverkehrs sind Vorrichtungen mit einfachen Sensoren ohne Intelligenz bekannt, beispielsweise Induktionsschleifen oder Laseraltimeter. Vermehrt kommen jedoch bildgebenden Verfahren und Vorrichtungen mit Feld programmierbaren Gate-Arrays (FPGA), Digitalen Signalprozessoren (DSP) und/oder Bildkameras mit eingebauten Rechnern (Imputern) sowie mit intelligenter Hardware (intelligenten Sensoren) zum Einsatz. Dabei werden Differenzbilder aus aufgenommenem Bild und Hintergrundbild in Hardware erzeugt. Anhand dieser Differenzbilder sind Verkehrsteilnehmer, wie Fußgänger und/oder Fahrzeuge leicht erkennbar. Die Differenzbilder erlauben eine schnelle Verarbeitung der erfassten Daten. Durch die schnelle Datenverarbeitung ist eine Fahrzeugerkennung in Echtzeit realisierbar, so dass die Daten in einer automatischen Verkehrskontrolle verwendbar sind.

[0003] Das benötigte Hintergrundbild ist beispielsweise aus statischen Daten, wie Karten und/oder manuell bearbeiteten Bildern, erzeugbar. Für eine verbesserte Erkennung der Verkehrsteilnehmer ist das statisch erzeugte Hintergrundbild an Änderungen aufgrund von Lichtverhältnissen etc. anzupassen. Schattenbildungen aufgrund von Wolken und ähnliche Effekte sind durch derartige Hintergrundbilder jedoch nur bedingt berücksichtigbar. Außerdem ist der Einsatz einer entsprechenden Vorrichtung zur Verkehrsbeobachtung auf einen oder mehrere bekannte Straßenzüge beschränkt.

[0004] Daneben ist es bekannt, dass Hintergrundbild aus erfassten Bildern zur extrahieren. Verkehrsbeobachtungen und/oder -regelungen werden zu meist bei dicht befahrenen Verkehrswegen eingesetzt. Die Straße wird daher im Regelfall nur kurz zwischen zwei Fahrzeugen sichtbar. Aufgrund dieser kurzen Sichtbarkeit sind zur Bestimmung des Hintergrundbildes Differenzakkumulationen, Aufadditionen von Bildern oder andere mittelnde Verfahren, Verteilungsfunktionen und/oder Histogramme nur bedingt einsetzbar.

[0005] So ist es beispielsweise aus Fathy, M.; Siyal, M. Y. „An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real time traffic analysis" In: Pattern Recogni-

tion Letters, 16 (1995) pp. 1321–1330 bekannt, für die Bestimmung des Hintergrundes global agierende oder summierende Verfahren zu benutzen. Kurzzeitige Änderungen werden bei diesen Verfahren nur unzureichend wiedergegeben. Sie sind daher für eine Anpassung an schnelle Änderungen, wie sie beispielsweise bei dicht befahrenen Straßen oder Schattenbildungen durch Wolken auftreten, ungeeignet. Dieser Mangel tritt auch bei Analysen per statistischer Methoden, Kantenanalysen, verschiedenen Filtermethoden, morphologischen Operationen, Histogramm- Analysen, Wavelettverfahren und/oder Verfahren auf Basis von Verteilungsfunktionen auf. Allen Verfahren ist gemeinsam, dass schnelle Änderungen entweder nicht berücksichtigt werden oder bei nachfolgenden Schritten gute Ergebnisse wieder verschlechtert werden.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, durch welche ein Hintergrundbild ermittelbar ist, wobei der Hintergrund nur kurzzeitig und in kleinsten Bereichen sichtbar sein kann.

[0007] Die Lösung des Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 9. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Hierfür werden aus einem zum Zeitpunkt t_1 aufgenommenen Bild verdeckte und freie Gebiete ermittelt. Aus dem aufgenommenen Bild wird ein Hintergrundbild bestimmt, das durch nachfolgend aufgenommene Bilder sukzessive verbessert wird. Als Eingangswert für das Hintergrundbild ist es denkbar, das zum Zeitpunkt t_1 aufgenommene Bild unverändert zu übernehmen. Daneben ist es denkbar, in dem aufgenommenen Bild Gebiete zu ersetzen, welche als verdeckte Gebiete identifiziert werden, und das so modifizierte Bild als Eingangswert für das Hintergrundbild zu verwenden. Die Ersetzung der verdeckten Gebiete erfolgt beispielsweise durch Farbdatenwerte, welche aus der unmittelbaren Umgebung ermittelbar sind. Dabei sind a priori-Kenntnisse berücksichtigbar, beispielsweise zur strukturellen Gleichförmigkeit eines Straßenbelages. Vorzugsweise werden jedoch im Hintergrundbild die unbestimmten Gebiete maskiert und dadurch bei einer Verwendung des Hintergrundbildes ausgelassen. Es wird weiter eine ersten Maske erstellt, in welcher die verdeckten Gebiete maskiert werden. Aus einem zu einem nachfolgenden Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild werden ebenfalls die verdeckten Gebiete ermittelt. Hierfür ist es denkbar, das bereits grob ermittelte Hintergrundbild zu verwenden und verdeckte Gebiete durch Differenz zu ermitteln. In einer zweiten Maske werden die Gebiete maskiert, welche zum Zeitpunkt t_i verdeckt sind.

Durch einen Vergleich der Masken werden freigewordene Gebiete bestimmt. Aus dem zum Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild wird der Hintergrund der freigewordenen Gebiete ermittelt und das Hintergrundbild um Farbdatenwerte für den Hintergrund der freigewordenen Gebiete erweitert. Das Hintergrundbild wird sukzessive verbessert, so dass eine sehr genaue Bestimmung möglich ist. Farbdatenwerte sind beispielsweise Grauwerte oder rgb-Werte. So sind beispielsweise bei einer Verkehrsbeobachtung mit einer Grauwertkamera auch Fahrzeuge oder Personen erkennbar oder auffindbar, die sich durch ihren Grauwert nur unwesentlich von der Straße unterscheiden und deren Bestimmung über Differenzbilder nicht möglich ist, da sie vorübergehend stehen. Die Bilder werden von einer Kamera erfasst. Die Kamera ist mit einer Recheneinheit zur Auswertung der erfassten Bilder und einer Speichereinheit zum Ablegen erfasster und/oder bearbeiteter Bilder ausgebildet und/oder verbunden. Die Kamera ist vorzugsweise als Grauwertkamera ausgebildet. Es sind jedoch andere Ausbildungen der Kamera denkbar.

[0009] Vorzugsweise wird die Ermittlung der verdeckten Gebiete auf einen Erwartungsbereich beschränkt. Durch eine derartige Beschränkung auf einen Erwartungsbereich bewegter Objekte ist eine notwendige Rechenzeit für die Bildverarbeitung reduzierbar. Der Erwartungsbereich von Objekten ist beispielsweise bei einer Verkehrsbeobachtung aus bekannten Straßenverläufen ermittelbar. Bei einer Überwachung von Plätzen ist beispielsweise eine Beobachtung auf die Umgebung relevanter Gebäude beschränkbar. Der Erwartungsbereich kann beispielsweise aufgrund von Tageszeiten etc. angepasst werden.

[0010] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Erwartungsbereich bewegter Objekte aus Zeitdifferenzbildern ermittelt, wobei eine Summe der Zeitdifferenzbilder gebildet und die Summe auf eine binarisierte Form gebracht wird. Als Zeitdifferenzbild wird ein Differenzbild zwischen zwei zeitlich versetzt aufgenommenen Bildern bezeichnet. Die Anzahl an Zeitdifferenzbildern ist dabei ausreichend groß zu wählen, so dass Rauschen, Schwankungen etc. unterdrückt werden. Dem durch die Summe erhaltenen Bild sind aktuell benutzte Bewegungsbahnen der Objekte zu entnehmen.

[0011] Der Erwartungsbereich wird daher auch als aktiver Bereich des Bildes bezeichnet. Der Bereich ist kontinuierlich verbessert- und/oder anpassbar. Das durch Summierung erhaltene Bild wird in eine binarisierte Form auf Grenzen zwischen m und $m + 1$, gebracht. Vorzugsweise wird $m = 0$ gewählt, so dass der erwartete aktive Bereich im Bild mit Eins gekennzeichnet wird und die übrige Fläche mit Null. Durch Multiplikation des Bildes mit dem aufgenommenen Bild wird dieses auf die aktive Bereiche reduziert. Ist der

zeitliche Abstand zwischen den zeitlich versetzt aufgenommenen Bildern zu hoch gewählt und/oder die Bewegung der Objekte sehr schnell, so können Lücken in der ermittelten Bewegungsbahn auftreten. Diese werden durch Mittelungen und/oder smoothing-Verfahren überbrückt. Die Farbdatenwerte für den nicht aktiven Bereich des Hintergrundbildes sind bei Kenntnis des Erwartungsbereichs direkt der ersten Aufnahme und/oder jeder anderen Aufnahme entnehmbar.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform werden verdeckte Gebiete in einem Ausgangsbild aus Differenzbildern zwischen dem Ausgangsbild und einem Mittelwertbild ermittelt, wobei das Mittelwertbild durch eine Mittelung über einen Bereich erzeugt wird, welcher in etwa der Größe zu erwartender Verdeckungen entspricht. Durch Verwendung eines Hintergrundbildes sind verdeckte Bereiche leicht durch Erzeugen von Differenzbildern ermittelbar. Liegt jedoch kein Hintergrundbild vor oder weist das vorliegende Hintergrundbild eine mangelnde Qualität auf, so sind die verdeckten Gebiete durch andere Verfahren zu ermitteln. Ausgangsbild ist dabei das aufgenommene Bild und/oder ein vorverarbeitetes Bild, beispielsweise das auf den Erwartungsbereich beschränkte Bild. Die ermittelten Flächen werden vorzugsweise vergrößert, um sicher zustellen, dass verdeckte Bereiche ganz erfasst sind. Bei der Bestimmung verdeckter Bereiche sind vorzugsweise weitere vorliegende Informationen einsetzbar. Für eine Verkehrsbeobachtung zählen dazu beispielsweise die immer vorhandenen Strukturen von Fenstern und Rädern der Fahrzeuge, eine äußere "Zerfranstheit" der Struktur von Personen aufgrund der Kleidung und Informationen aus Wiederholungsintervallen von Signaländerungen (Ampeln, drehende oder blinkende Reklame).

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Maskierung der verdeckten Bereiche, indem der Betrag des Differenzbildes gebildet wird und Werte unterhalb eines Schwellwertes zu Null gesetzt werden, während die übrigen Werte zu Eins gesetzt werden.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt der Vergleich der Masken durch eine OR-Verknüpfung. In jeder Maske ist der verdeckte Bereich maskiert. Durch eine OR-Verknüpfung ist der Bereich bestimmbar, welcher in einer Aufnahme verdeckt und in einer zweiten Aufnahme frei ist. Durch Vergleich mit einer der beiden Aufnahmen ist weiter festzustellen, zu welcher der Aufnahmen der freigebene Bereich gehört.

[0015] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Maskierung der ersten Maske sukzessive um ersetzte Gebiete verkleinert. Dadurch wird sukzessive der zu bearbeitende Bereich verringert. Die Ersetzung erfolgt solange, bis die erste Maske

keinen maskierten Bereich mehr aufweist und/oder der maskierte Bereich nicht weiter verringerbar ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Flächen fälschlicherweise als bewegte Objekte angenommen wurden und/oder aufgrund von zeitlichen Abständen zwischen zwei Bildern Konturen nicht erfasst werden. Sind die verbleibenden Maskierungen gering, so werden die entsprechenden Stellen im Hintergrundbild durch Mittelwerte ersetzt. Es ist weiter denkbar, dass in bestimmten Bildbereichen schon frühzeitig erkannt wird, dass die Maskierung nicht weiter verringerbar ist, so dass diese Bereiche nicht weiter betrachtet werden. Vorzugsweise wird bei jedem neuen Bildeingang neben dem aktuell ermittelten Hintergrundbild als Referenz ein aktuelles binäres Bild, vorzugsweise die bereits vorhandene erste Maske, abgespeichert. Anhand der Referenz ist feststellbar, ob noch Änderungen möglich sind.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden kleine, in aufeinander folgenden Aufnahmen häufig wechselnde Gebiete erfasst und im Hintergrundbild maskiert. Bei derartigen Gebieten handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Leuchtreklamen, Ampeln o.ä. Die Gebiete verfälschen im Regelfall ein durch Differenz zwischen Hintergrundbild und Aufnahme erhaltenes Bild. Durch die Maskierung werden sie bei der weiteren Verarbeitung daher vorzugsweise ausgeblendet.

[0017] Das Hintergrundbild wird so- sukzessive aus einem zunächst noch ungenauen Eingangswert bestimmt. Die Bestimmung des Hintergrundbildes ist mit neuen Startwerten wiederholbar und dadurch weiter verfeinerbar. Damit sind außerdem auch Anpassungen an Beleuchtungsänderungen (Schatten von Wolken, Wetteränderungen, Tagesänderungen) möglich.

[0018] Für eine gute Realisierung in Hardware und/oder über die FPGA werden einfache logische Operationen genutzt. Divisionen sind vermeidbar und/oder durch shift-Operationen ersetzbar.

Ausführungsbeispiel

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei werden für gleiche Objekte gleiche Bezugszeichen verwendet. Die Figuren zeigen:

[0020] Fig. 1a schematische Darstellung einer Aufnahme zum Zeitpunkt t_1 ,

[0021] Fig. 1b schematische Darstellung eines ermittelten Verkehrsstroms,

[0022] Fig. 1c schematische Darstellung eines aktiven Bereichs der Aufnahme gemäß Fig. 1a,

[0023] Fig. 1d eine erste Maske,

[0024] Fig. 1e ein erstes Hintergrundbild,

[0025] Fig. 1f ein schematische Darstellung eines Schaltungsprinzips zur Ermittlung eines fahrzeugfreien Bildes,

[0026] Fig. 1g ein schematische Darstellung eines Schaltungsprinzips zur Ermittlung der ersten Maske gemäß Fig. 1d,

[0027] Fig. 1h ein schematische Darstellung eines Schaltungsprinzips zur Ermittlung des Hintergrundbildes gemäß Fig. 1e,

[0028] Fig. 2a schematische Darstellung einer Aufnahme zum Zeitpunkt t_2 ,

[0029] Fig. 2b eine zweite Maske,

[0030] Fig. 2c eine gemeinsame Darstellung der ersten und der zweiten Maske,

[0031] Fig. 2d eine verbessertes Hintergrundbild,

[0032] Fig. 2e die erste Maske mit reduzierten Maskierungen,

[0033] Fig. 2f ein schematische Darstellung eines Schaltungsprinzips zur Ermittlung eines zu ersetzenden Bereichs im Hintergrundbild,

[0034] Fig. 3a schematische Darstellung einer Aufnahme zum Zeitpunkt t_3 ,

[0035] Fig. 3b eine dritte Maske,

[0036] Fig. 3c eine gemeinsame Darstellung der ersten und der dritten Maske,

[0037] Fig. 3d eine verbessertes Hintergrundbild,

[0038] Fig. 3e die erste Maske mit weiter reduzierten Maskierungen und

[0039] Fig. 3f ein schematische Darstellung eines Schaltungsprinzips zur Ermittlung eines zu ersetzenden und/oder zu maskierenden statischen Bereichs im Hintergrundbild.

[0040] Fig. 1a zeigt schematisch ein mit einer nicht dargestellten Kamera aufgenommenes Bild B1 einer Straße 1 für eine Verkehrsbeobachtung. Die Straße 1 wird von Fahrzeugen 2 befahren und teilweise für die Kamera durch Bäume 3 verdeckt. Bei einer Verkehrsbeobachtung sind in erster Linie Straßen, Fußgängerwege und/oder andere Wege für Verkehrsteilnehmer von Interesse. Die Beobachtung ist daher auf diesen aktiven Bereich beschränkbar. In einem pas-

siven Bereich des Bildes befinden sich beispielsweise die Straßen umgebende Häuser, Bäume usw. Im passiven Bereich sind Änderungen nur gelegentlich zu erwarten, beispielsweise das Öffnen eines Fensters, und/oder die Bewegungen sind klein, wie bei bewegten Ästen der Bäume. Großflächigere Gegenstände, die sich mit einer erfassbaren Regelmäßigkeit ändern, können maskiert und damit aus der Betrachtung ausgeschlossen werden.

[0041] Farbdatenwerte des passiven Bereichs sind einer beliebigen Aufnahme entnehmbar und/oder durch eine Maskierung bei der Bildbearbeitung ausblendbar.

[0042] Der eigentliche Straßenverlauf und der aktuelle Fußgängerstrom werden aus einer Summation von Zeitdifferenzbildern bestimmt. Damit nur die wirklichen Fahrzeugbewegungen und/oder Fußgängerbewegungen aufsummiert werden, zufällige kleine Beleuchtungsänderungen und/oder Bewegungen der Blätter der Bäume dagegen keine verkehrsrelevanten Bereiche vortäuschen, wird eine Schwelle S1 festgelegt, oberhalb der die Bilder betrachtet werden. Ein geeigneter Schwellwert ist bei Grauwertbildern in etwa ein fünfzigstel des maximalen Grauwertes. Die Kennzeichnung des aktiven Bereiches des Verkehrs wird über eine Digitalisierung erreicht, wobei nur Werte zwischen zwei Schwellen S2, S3 berücksichtigt werden. Die Schwelle S3 ist dabei als $S2 + 1$ wählbar. Um eine kontinuierliche Kennzeichnung zu erhalten, werden die Werte in der Umgebung gemittelt. Hierfür ist ein smooth-Verfahren einsetzbar. Dadurch sind kleinere Lücken überbrückbar, die beispielsweise durch ein zu grobes Zeitraster bei sich schnell bewegendes Fahrzeugen entstehen können. Derartige Lücken entstehen insbesondere dann, wenn die Straßen seltener befahren und/oder begangen werden. Die Werte R zur Bestimmung des aktiven Bereichs ergeben sich aus

$$R = (\sum \text{Absolutbetrag}(\text{smooth}(\text{Bild}(t_2)) > S1 - \text{smooth}(\text{Bild}(t_1)) > S1)) > (S2) < (S3)$$

[0043] Fig. 1b zeigt schematisch eine binäre Darstellung des ermittelten aktiven Bereichs 1' bei einer Beobachtung auf dem in Fig. 1a dargestellten Abschnitt der Straße 1. Durch Multiplikation des Bildes gemäß Fig. 1b mit dem aufgenommenen Bild B1 gemäß Fig. 1a wird dieses auf die aktiven Bereiche reduziert. Fig. 1c zeigt schematisch ein entsprechend reduziertes Bild B1'.

[0044] Fig. 1d zeigt eine erste Maske M1, wobei Flächen 21 maskiert sind, welche als verdeckte Flächen aus dem Bild B1' gemäß Fig. 1c ermittelt wurden. Dabei sind neben den dargestellten von Fahrzeugen verdeckten Straßenteile im aktiven Bereich beispielsweise auch Teile des passiven Bereichs bei der Maskierung berücksichtigbar, wie Häuser, Bü-

sche, Bäume usw., die von LKWs verdeckt werden.

[0045] Fig. 1f zeigt schematisch ein Schaltungsprinzip zur Bestimmung eines ersten fahrzeugfreien Bildes BF.

[0046] Zunächst wird durch einen nicht dargestellten Block ein Mittelwertbild MB erzeugt. Für eine Bestimmung der Maske M1 wird aus dem Bild B1' gemäß Fig. 1c ein zunächst ein gemittelt Bild MB erzeugt. Dabei wird angenommen, dass die Straße 1 verhältnismäßig homogen ist. Der aktive Bereich 1' wurde in der Vorverarbeitung bereits bestimmt. Die Mittelung des Bildes erfolgt durch eine smooth Operation mit einer Größe, die der mittleren zu erwartenden Größe der Fahrzeuge 2 entspricht. Für die Berechnung eines Mittelwertes der Farbdaten, d.h. des mittleren Grauwertes oder bei Farbkameras des entsprechenden mittleren rgb-Wertes, wird die Summe von allen Pixelwerten des interessierenden Bereichs gebildet. Gleichzeitig werden die Werte des Bereichs, als „1“ gesetzt, summiert. Eine shift-Operation über den Speicher mit den summierten Farbdatenwerten mit dem Stellenwert des MSB (most significant bit) in dem Speicher für die Summe der Markierungspixel ergibt den mittleren Farbdatenwert der Straße 1. Daneben ist auch eine Division zur Berechnung denkbar, diese ist aber schaltungstechnisch schwerer zu realisieren und zeitaufwendiger.

[0047] Das gemittelte Bild MB wird von dem aufgenommenen Bild B1' gemäß Fig. 1c in einem Block SUB abgezogen. Dadurch werden Flächen kenntlich, an welche Fahrzeuge und/oder andere Verkehrsteilnehmer erwartet werden. Die ermittelten Flächen werden durch eine Einarisierung BIN maskiert. Der maskierte Bereich wird anschließend vergrößert, um sicher zu gehen, dass die Fahrzeuge und/oder anderen ermittelten Objekte vollständig durch die Maske abgedeckt werden. Hierfür wird die Maske in horizontaler Richtung durch eine Shift-Operation SH gezerrt und das Ergebnis durch eine OR-Operation OR mit der bereits erzeugten Maske verknüpft. Anschließend wird die erweiterte Maske in einem Block ROT gedreht, erneut durch eine Shift-Operation SH gezerrt und das Ergebnis mit der bereits erweiterten Maske verknüpft. Durch den Block -ROT wird die Maske wieder zurück gedreht. Vorzugsweise erfolgt eine Drehung um 90°, es sind jedoch Drehungen mit anderen Winkeln denkbar und/oder eine Vielzahl an Drehungen. Durch eine Dilate und/oder eine Erosions-Funktion werden in einem Block DIL Löcher und Zacken an den Rändern der Maske ausgefüllt. Die so ermittelte Maske M' wird mit einem bereits bekannten und/oder geschätzten Farbdatenmittelwert MF für die Fahrstrasse verknüpft. Außerdem wird in einem Block 1-M' ein Negativ der Maske M' erzeugt und mit dem Bild B1' verknüpft. Die beiden so erhaltenen Bilder werden zu dem fahrzeugfreien Bild BF verknüpft, wobei grob ermittelten Flächen erwarteter Verkehrs-

teilnehmer durch einen Mittelwert ersetzt sind.

[0048] Fig. 1g zeigt schematisch ein Schaltungsprinzip zur Bestimmung der Maske M1 aus dem fahrzeugfreien Bildes BF und dem reduzierten Bild B1' gemäß Fig. 1c. Mit einer Subtraktion des auf den aktiven Bereich reduzierten Originalbildes B1' von dem Bemittelten fahrzeugfreien Bild in einem Block SUB werden strukturierte Objekte, wie die Fahrzeuge 2 und/oder nicht dargestellte Fußgänger, hervorgehoben. Da Abweichungen von den Werten sowohl in negativer als auch in positiver Richtung denkbar sind, wird das Ergebnis durch einen Block QUAD quadriert. Der Maximalwert der quadrierten Abweichungen wird mit einem Faktor kleiner 1 multipliziert, um so in einem Block FK einen geeigneten Faktor für die anschließende smooth-Operation im Block SM zu ermitteln. Durch eine Einarisierung mit einer geeignet gewählten Schwelle wird die Maske M1 erhalten.

[0049] In der ersten Maske M1 gemäß Fig. 1d sind alle Flächen 21 mit noch nicht bestimmten Farbdatenwerte des Hintergrundbildes mit der Notation „1“ gekennzeichnet.

[0050] Neben dieser Bestimmung der Fahrzeuge, insbesondere der ruhenden Fahrzeuge, ist eine Bestimmung bewegter Fahrzeuge durch Zeitdifferenzbilder durchführbar. Zeitdifferenzbilder ergeben sich aus einer Differenz zeitlich aufeinander folgender Bilder. Die Bestimmung bewegter Fahrzeuge ist sensibler, da die Zeitdifferenzbilder eine höhere Treffsicherheit gewährleisten.

[0051] Fig. 1e zeigt schematisch ein erstes Hintergrundbild H1. Das erste Hintergrundbild gemäß Fig. 1e wird ermittelt, indem die Gebiete 2', 3' von erwarteten Fahrzeugen in dem Bild gemäß Fig. 1c maskiert werden, d.h. mit dem Wert „Null“ gekennzeichnet werden. Damit werden Flächen für die Erstellung des Hintergrundbildes nicht berücksichtigt, die wahrscheinlich keine Straßensicht und/oder Fußgängerwege wiedergeben. Für die sukzessive Ersetzung dieser maskierten Flächen im Hintergrundbild durch Farbdatenwerte des Hintergrundes, beispielsweise eine Grauwertverteilung, wird in den folgenden Schritten die Bewegung der Fahrzeuge und/oder der anderen Verkehrsteilnehmer betrachtet.

[0052] Fig. 1h zeigt ein schematisch ein Schaltungsprinzip zur Bestimmung des Hintergrundbildes H1. Zunächst wird das Negativ der Maske M1 in einem Block 1-M1 erzeugt und dieses Negativ anschließend mit dem Bild B1' verknüpft.

[0053] Bei einer Bewegung eines Verkehrsteilnehmers wird Straßenuntergrund freigegeben. Die Bewegung, die den Straßenuntergrund freigibt, ist aus Zeitdifferenzbildern ermittelbar. Für eine kürzere Rechenzeit werden jedoch nur die Bildausschnitte be-

trachtet, an denen Verkehrsteilnehmer erwartet werden. Fig. 2a zeigt schematisch eine auf den aktiven Bereich reduzierte Aufnahme zu einem Zeitpunkt t2. Aus dem Bild B2' gemäß Fig. 2a sind ebenfalls verdeckte Bereiche ermittelbar. Die Ermittlung erfolgt dabei analog zur oben beschriebene Ermittlung der Bereiche 21 gemäß den in den Fig. 1f – 1h dargestellten Schaltungsprinzipien. Daneben ist es auch denkbar, das Hintergrundbild gemäß Fig. 1e zur Bestimmung heranzuziehen und Objekte aus Differenzbildern zwischen dem Hintergrundbild und der aktuellen Aufnahme zu ermitteln. Fig. 2b zeigt schematisch eine zweite Maske M2, wobei Gebiete 22 gekennzeichnet sind, welche zum Zeitpunkt t2 durch Fahrzeuge 2 verdeckt werden.

[0054] In Fig. 2c sind die erste Maske gemäß Fig. 1e und die zweite Maske gemäß Fig. 2b gemeinsam dargestellt. Die Markierungsflächen 21, 22 für die Fahrzeuge „bewegen“ sich und überdecken neue Bereiche. Andere Bereiche werden freigegeben und können im Hintergrundbild H1 ersetzt werden. Dabei werden im Hintergrundbild H1 gemäß Fig. 1d nur die Bereiche ersetzt, die ursprünglich maskiert waren.

[0055] Die Ermittlung dieser Bereich erfolgt durch das in Fig. 2f schematisch dargestellte Schaltprinzip. Dabei wird eine Maske M(n), die zu einem Zeitpunkt n ermittelt wird, in einem Block AND durch eine AND-Verknüpfung mit einer Maske M(n – 1), die zum vorangegangenen Zeitpunkt n – 1 ermittelt und gespeichert wurde, verknüpft. Masken M(n – 1) werden dabei geeignet gespeichert, wobei zu jedem Zeitschritt eine Maske aktualisiert wird. Vorzugsweise sind dafür zwei Speicher für gerade und ungerade Bildnummern vorgesehen, so dass eine schnelle Abarbeitung möglich ist. Der erhaltene Schnittbereich der Masken M(n) und M(n – 1) wird mit einer Maske De(n) durch eine XOR Verknüpfung kombiniert. Die Maske De(n) spiegelt dabei den noch zu ermittelnden Bereich des Hintergrundbildes wieder. Im ersten Schritt mit M(n) = M2 und M(n – 1) = M1 entspricht somit De(n) der Maske M1. Durch Mehrfach-Verknüpfungen wird erreicht, dass bereits ermittelte Bereiche nicht wieder ersetzt werden, sondern nur ein ermittelter Hintergrundbereich He, der bislang Teil der Maske De(n) war und nun aufgrund der Fahrzeugbewegung freigeworden ist.

[0056] Andere Verknüpfungen sind denkbar. Bereiche, die nur von einer Markierungsfläche 21, 22 überdeckt werden, sind beispielsweise über eine XOR-Verknüpfung ermittelbar. In einem zweiten Schritt muss unterschieden werden, ob es sich um einen freigegebenen oder einen neu bedeckten Straßenuntergrund handelt. Die Ermittlung erfolgt unter Verwendung der ursprünglich maskierten Flächen 21.

[0057] Die Farbdatenwerte der „freigewordenen“ Hintergrundbereiche H_e sind der Aufnahme gemäß **Fig. 2a** entnehmbar. Das Hintergrundbild H_1 gemäß **Fig. 1e** wird um diese Werte ergänzt und/oder verbessert und es ergibt sich ein Hintergrundbild H_2 gemäß **Fig. 2d**.

[0058] Die Maskierung der Bereiche **21** in der Maske $De(n)$, d.h. im ersten Schritt der Maske M_1 , wird um die ersetzten Gebiete verringert. Die überarbeitete Maske $De(n+1)$ ist in **Fig. 2e** dargestellt.

[0059] Das stückweise Ersetzen der Bereiche **21** wird wiederholt. **Fig. 3a** zeigt schematisch ein Bild B_3' , eine auf den aktiven Bereich reduzierte Aufnahme zu einem Zeitpunkt t_3 . Vorzugsweise werden Bilder mit einer festgelegten Frequenz aufgenommen. Die Zeitintervalle zwischen t_1 und t_2 sowie t_2 und t_3 sind jedoch nicht zwingendermaßen gleich. Aus dem Bild gemäß **Fig. 3a** sind ebenfalls verdeckte Bereiche ermittelbar. **Fig. 3b** zeigt schematisch eine dritte Maske M_3 , wobei Gebiete **23** gekennzeichnet sind, welche zum Zeitpunkt t_3 durch Fahrzeuge **2** verdeckt werden.

[0060] In **Fig. 3c** sind die erste Maske $De(n+1)$ mit den reduzierten Bereichen **21** gemäß **Fig. 2e** und die dritte Maske M_3 gemäß **Fig. 3b** gemeinsam dargestellt. Die Ermittlung des neu freigewordenen Hintergrundes erfolgt mit dem in **Fig. 2f** dargestellten Schaltungsprinzip, wobei $M(n)$ gleich der Maske M_3 und $M(n-1)$ gleich der Maske M_2 ist. Im Hintergrundbild werden erneut die freigewordenen Bereiche ersetzt, so dass sich ein Hintergrundbild gemäß **Fig. 3d** ergibt.

[0061] Das fortwährenden Ersetzen von Flächen im Hintergrundbild wird bei einer Verkehrsbeobachtung so lange fortgesetzt, bis zumindest einmal alle im relevanten Verkehrsbereich gelegenen Ampeln geschaltet haben. Im Idealfall sind nach einem bestimmten Zeitintervall alle Bereiche **2', 3'** im Hintergrundbild ersetzt. Im Regelfall bleibt aber ein Restteil zur Ersetzung übrig. Wenn dieser Bereich in einer inaktiven Zone liegt, dann ist dort der momentane Hintergrund einsetzbar. Liegt dieses Gebiet in einem aktiven Bereich, dann wird die Maskierung aufrechterhalten. Der Bereich **3'** wird weiter mit „Null“ markiert und bleibt für die Verkehrsbeobachtung unberücksichtigt. Sind die Bereiche auf dem ermittelten verkehrsaktiven Bereich schmal, so ist dort der für die Straße **1** erfasste Mittelwert des Farbdatenwertes, beispielsweise des Grauwertes, einsetzbar.

[0062] **Fig. 3f** zeigt schematisch ein Schaltungsprinzip für die iterative Ermittlung eines statischen Bereichs $Mg(n)$. In einem Block SUB werden aufeinanderfolgende Bilder $B(n)$ und $B(n-1)$ verglichen und dadurch Bereiche ermittelt, welche sich zwischen den Bildern verändert haben. Diese Bereiche

werden in einem Block MULT mit Bereichen **2', 3'** verknüpft, welche im aktuellen Hintergrundbild noch maskiert sind. Dadurch werden sich verändernde Bereiche **2', 3'** ermittelt. Das Ergebnis wird mit Werten des aktuell verdeckten Bereichs in einem Block AND verknüpft. Die Werte des aktuell verdeckten Bereichs werden durch einen Verknüpfung in einem Block MULT von Werten $BA(n)$, die gemäß **Fig. 1g** ermittelt werden und den aktuell verdeckten Bereich wiedergeben, und dem aktuellen Bild $B(n)$ erhalten. Durch Schwellen SW werden die Ergebnisse jeweils vor der Verknüpfung im Block AND binarisiert. Das Ergebnis BG der Verknüpfung im Block AND gibt Bereiche wieder, die zu noch ersetzt werden sollen, aktuell verdeckt sind, sich aber noch ändern. Die durch die Verknüpfung im Block AND erhaltenen Werte BC werden geglättet und in einem Block $1-BC/const$ wird ein korrespondierendes Negativ ermittelt, das um einen konstanten Faktor vermindert wird. Das Negativ wird mit dem aktuell verdeckten Bereich $BA(n)$ in einem Block MULT verknüpft und so Bereiche ermittelt, welche noch nicht bestimmt, im aktuellen Bild verdeckt und unverändert zum Vorgängerbild sind. Das Ergebnis wird in einem Block AND mit einem Wert verknüpft, der im vorangegangenen Iterationsschritt als statischer Bereich $HS(n-1)$ im Hintergrund ermittelt wurde. Der Bereich $Mg(n)$, der im Hintergrundbild ersetzt werden darf, wird so iterativ ermittelt. Startwert für die Iteration ist beispielsweise die erste Maske M_1 . Einen Austausch des Bereichs $Mg(n)$ im Hintergrundbild erfolgt erst, wenn das Verfahren auf einen konstanten Wert $Mg(n)$ iteriert ist. Dadurch ist beispielsweise der in **Fig. 3d** dargestellte Bereich **3'** iterativ bestimmbar.

[0063] Das sukzessive durch die beschriebenen Verfahren erhaltene Hintergrundbild kann herangezogen werden, um in einer zweiten Iteration mit besser angepassten Flächengrößen der Fahrzeuge die Fahrzeuge exakter zu isolieren. Dadurch lässt sich die Qualität des Hintergrundbildes weiter steigern. Bei nachfolgenden Bestimmungen sind die maskierte Bereiche **21** in der ersten Maske kleiner. Damit werden auch eventuell übrig bleibende Flächen, die durch den Mittelwert ersetzt werden, kleiner. Selbst im Falle eines sehr dichten Verkehrsaufkommens ist ein Hintergrundbild dadurch sukzessive ermittel- und verbesserbar.

[0064] Die Ermittlung eines Hintergrundbildes kann in bestimmten Zeitabständen wiederholt werden und/oder bei Veränderungen der Licht- und Wetterbedingungen. Es ist auch denkbar, mit bestimmten Bildinhalten eine Bestimmung des Hintergrundbildes zu triggen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Hintergrundbildes bei bildgebenden Verfahren, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass

aus einem zum Zeitpunkt t_1 aufgenommenen Bild (B_1) verdeckte (21) und freie Gebiete ermittelt werden, mindestens für die freien Gebiete das Hintergrundbild (H_1) erstellt wird, eine erste Maske (M_1) erstellt wird, wobei zum Zeitpunkt t_1 verdeckte Gebiete (21) maskiert werden, aus mindestens einem zu einem Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild ($B_2, B_3, B(n)$) verdeckte Gebiete (22, 23) ermittelt werden, mindestens eine zweite Maske ($M_2, M_3, M(n)$) erstellt wird, wobei zum Zeitpunkt t_i verdeckte Gebiete (22, 23) maskiert werden, durch einen Vergleich der Masken freigewordene Gebiete bestimmt werden, aus dem zum Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild ($B_2, B_3, B(n)$) der Hintergrund der freigewordenen Gebiete ermittelt wird und das Hintergrundbild (H_1) um den Hintergrund der freigewordenen Gebiete erweitert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der verdeckten Gebiete (21, 22, 23) auf einen Erwartungsbereich beschränkt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Erwartungsbereich aus Zeitdifferenzbildern ermittelt wird, wobei eine Summe der Zeitdifferenzbilder gebildet und die Summe auf eine binarisierte Form gebracht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass verdeckte Gebiete (21, 22, 23) in einem Ausgangsbild aus mindestens einem Differenzbild zwischen dem Ausgangsbild und mindestens einem Mittelwertbild ermittelt werden, wobei das Mittelwertbild durch eine Mittelung über Bereiche erzeugt wird, welche in etwa der Größe zu erwartender Verdeckungen entsprechen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierung für die verdeckten Bereiche erfolgt, indem der Betrag des Differenzbildes gebildet wird und Werte unterhalb eines Schwellwertes zu Null gesetzt werden, während die übrigen Werte zu Eins gesetzt werden.

6. Verfahren nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich der Masken durch eine OR-Verknüpfung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierung der erste Maske sukzessive um ersetzte Gebiete verkleinert wird.

8. Verfahren nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Gebiete erkannt werden, die klein sind und häufiger wechseln, wobei

die Gebiete im Hintergrundbild maskiert werden und nicht für eine Bildverarbeitung genutzt werden.

9. Vorrichtung zur Bestimmung eines Hintergrundbildes bei bildgebenden Verfahren, umfassend mindestens eine Kamera, mindestens eine Recheneinheit und mindestens eine Speichereinheit, wobei durch die Kamera zum Zeitpunkt t_1 ein Bild aufnehmbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Recheneinheit aus dem zum Zeitpunkt t_1 aufgenommenen Bild (B_1) verdeckte (21) und freie Gebiete ermittelbar sind, mindestens für die freien Gebiete das Hintergrundbild (H_1) erstellbar und in der Speichereinheit ablegbar ist, eine erste Maske (M_1) erstellbar und in der Speichereinheit ablegbar ist, wobei zum Zeitpunkt t_1 verdeckte Gebiete (21) maskiert werden, durch die Kamera mindestens zu einem weiteren Zeitpunkt t_i ein weiteres Bild ($B_2, B_3, B(n)$) aufnehmbar ist, durch die Recheneinheit aus mindestens dem zu dem weiteren Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild ($B_2, B_3, B(n)$) verdeckte Gebiete (22, 23) ermittelbar sind, mindestens eine zweite Maske ($M_2, M_3, M(n)$) erstellbar und in der Speichereinheit ablegbar ist, wobei zum Zeitpunkt t_i verdeckte Gebiete (22, 23) maskiert werden, durch einen Vergleich der Masken freigewordene Gebiete bestimmt werden, aus dem zum Zeitpunkt t_i aufgenommenen Bild ($B_2, B_3, B(n)$) der Hintergrund der freigewordenen Gebiete ermittelbar ist und das Hintergrundbild (H_1) um den Hintergrund der freigewordenen Gebiete erweiterbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der verdeckten Gebiete (21, 22, 23) auf einen Erwartungsbereich beschränkbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Erwartungsbereich aus Zeitdifferenzbildern ermittelbar ist, wobei eine Summe der Zeitdifferenzbilder bildbar ist und die Summe binarisierbar ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass verdeckte Gebiete (21, 22, 23) in einem Ausgangsbild aus mindestens einem Differenzbild zwischen dem Ausgangsbild und mindestens einem Mittelwertbild ermittelbar sind, wobei das Mittelwertbild durch eine Mittelung über Bereiche erzeugt wird, welche in etwa der Größe zu erwartender Verdeckungen entsprechen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die verdeckten Bereiche maskierbar sind, indem der Betrag des Differenzbildes gebildet wird und Werte unterhalb eines Schwellwertes zu Null gesetzt werden, während die übrigen Wer-

te zu Eins gesetzt werden.

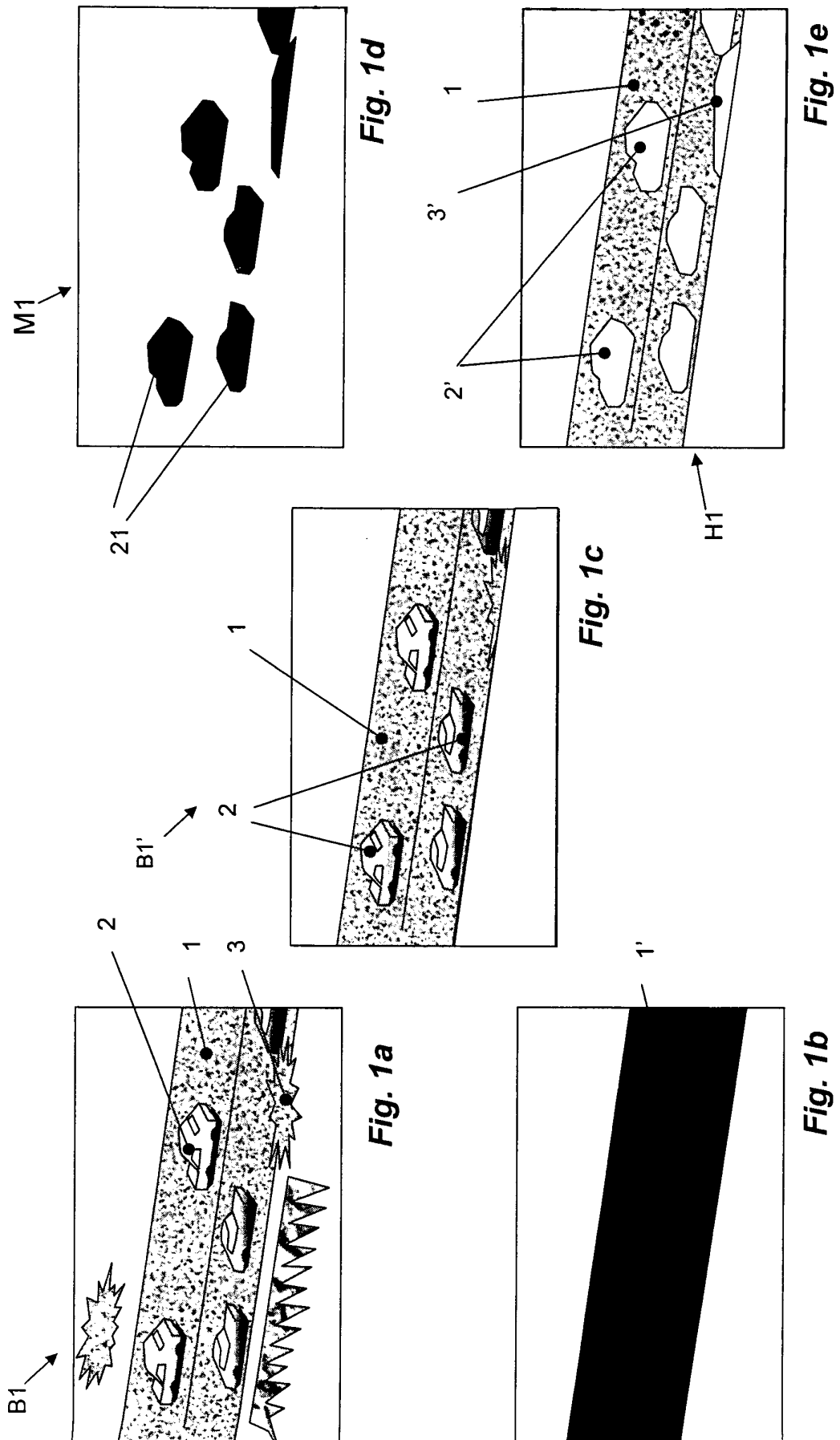
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Masken durch eine OR-Verknüpfung vergleichbar sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierung der erste Maske sukzessive um ersetzte Gebiete reduzierbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass kleine Gebiete erkennbar sind, die häufiger wechseln, und die Gebiete im Hintergrundbild maskierbar sind werden und für eine Bildverarbeitung ausblendbar sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



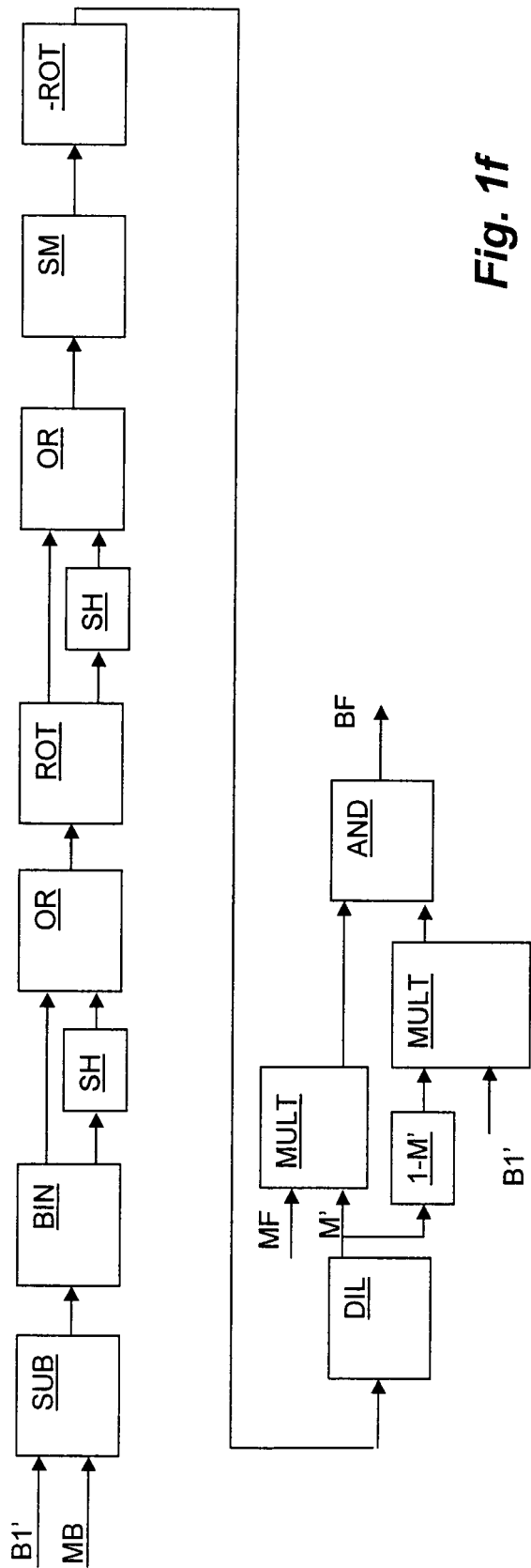


Fig. 1f

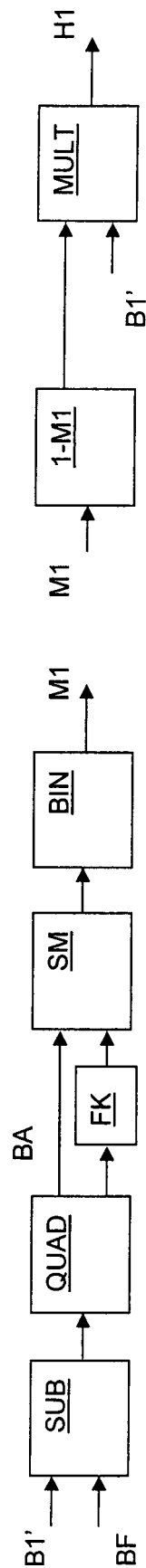


Fig. 1h

Fig. 1g

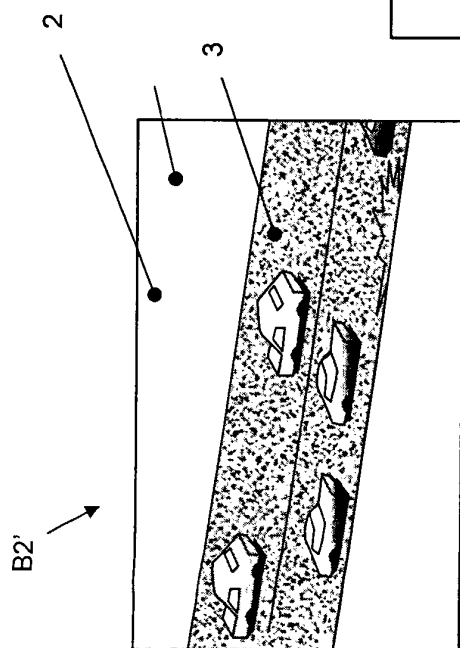


Fig. 2a

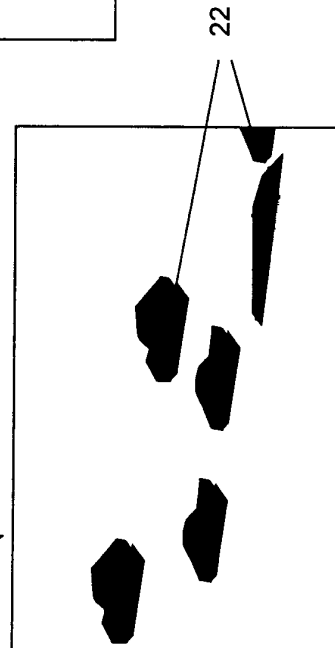


Fig. 2b

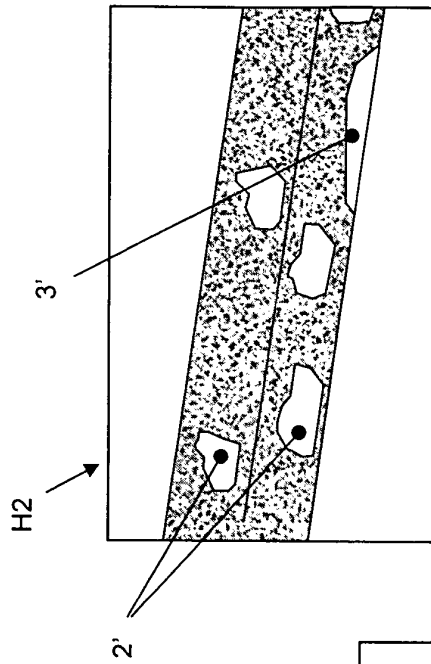


Fig. 2d

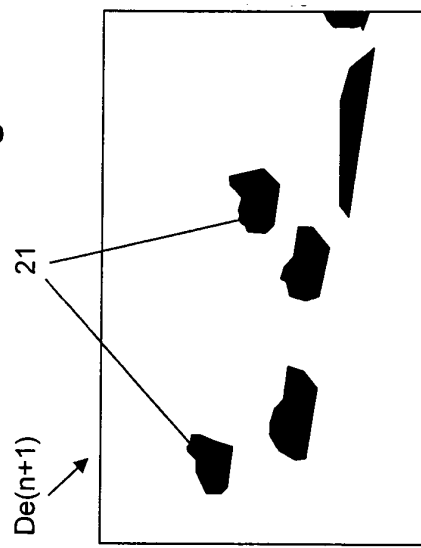


Fig. 2e

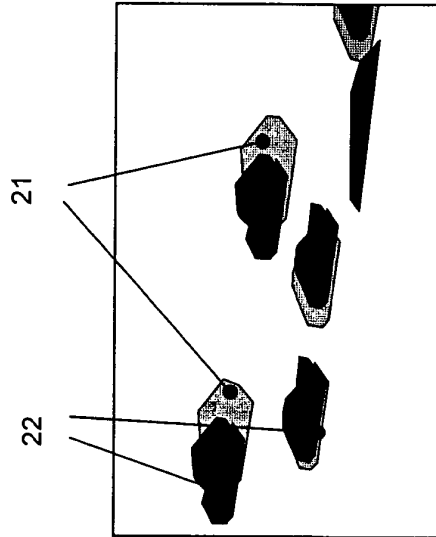


Fig. 2c

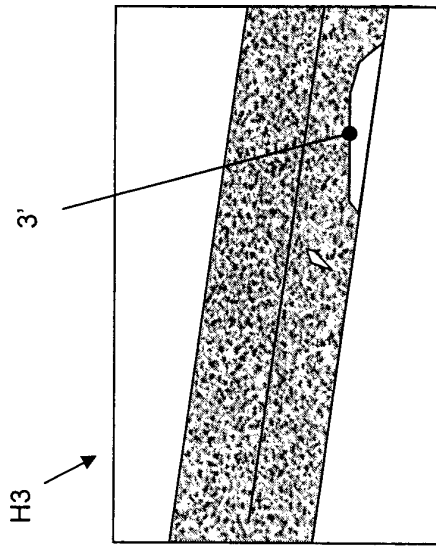


Fig. 3d

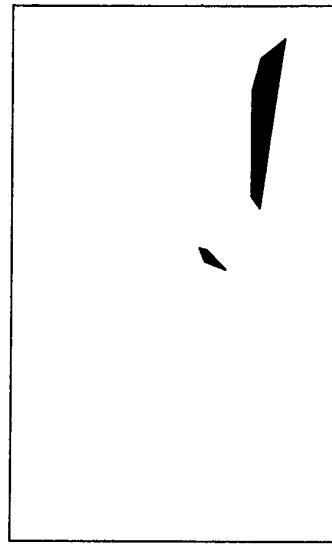


Fig. 3e

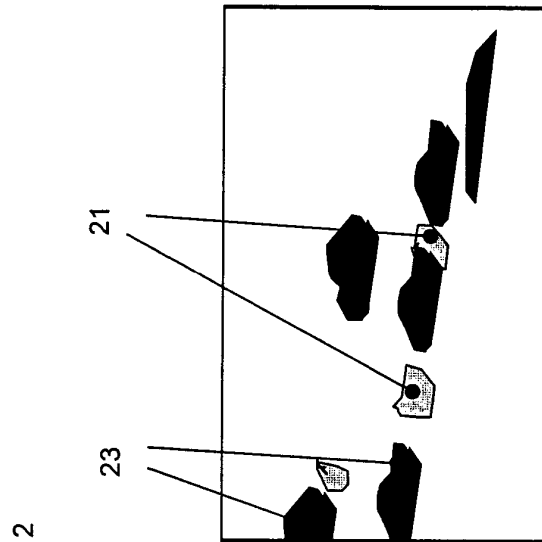


Fig. 3c

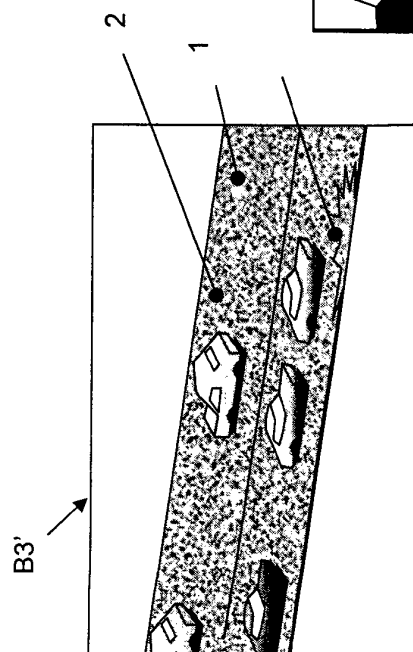


Fig. 3a

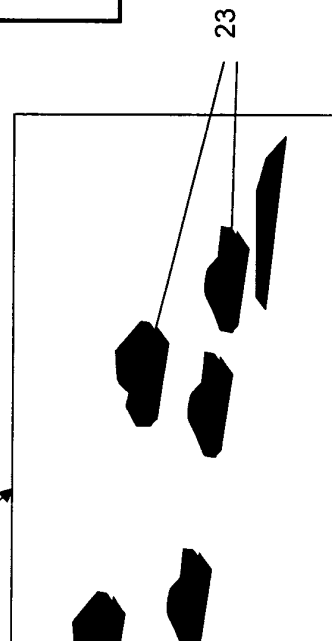


Fig. 3b

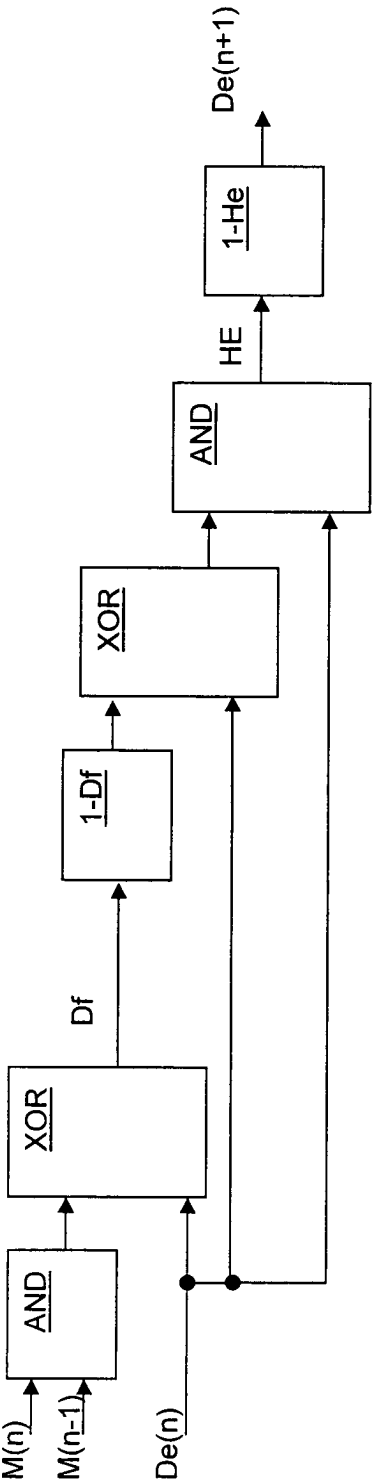


Fig. 2f

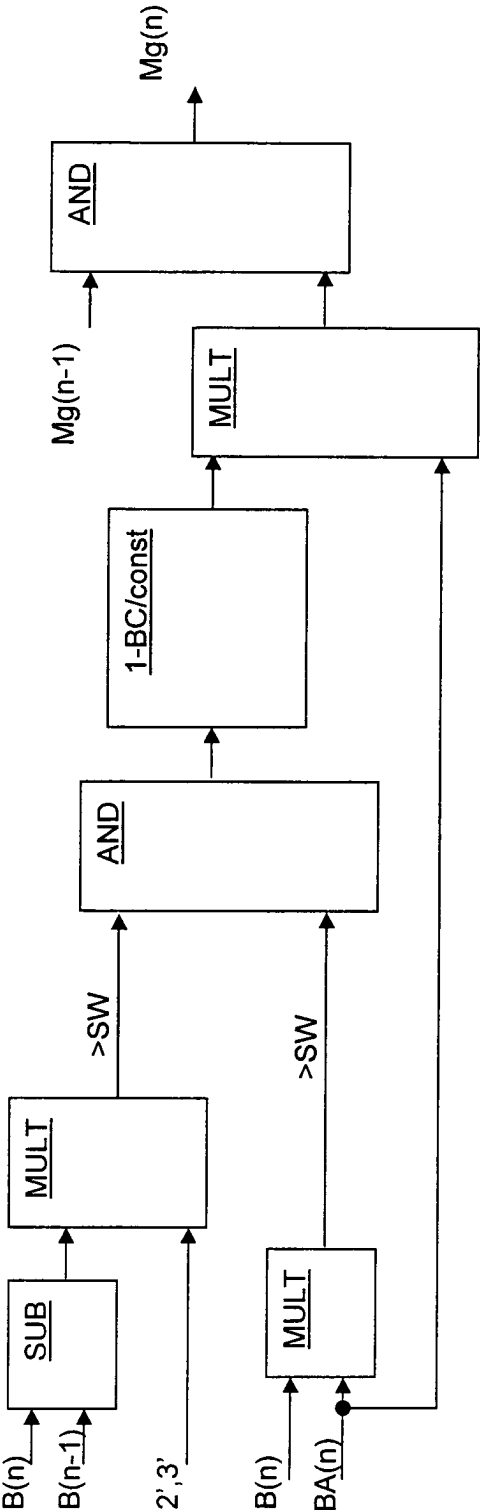


Fig. 3f