

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 501 962 A1 2006-12-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer:

A 1701/2002

(51) Int. Cl.⁸: G06T 7/60 (2006.01)

(22) Anmeldetag:

12.11.2002

G01N 27/447 (2006.01)

(43) Veröffentlicht am:

15.12.2006

(73) Patentanmelder:

ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH
A-1010 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

BAJLA IVAN
EBREICHSDORF (AT)
HOLLÄNDER IGOR
HIMBERG B. WIEN (AT)

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR AUSWERTUNG VON BILDERN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Auswertung von Gelbildern von Banden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Bestimmung der in einer Spur eines Bildes ($g_{(i,j)}$) enthaltenen Banden

a) eine Anzahl von Referenzmustern als Bandenbegrenzungskandidaten (BB) vorgegeben wird,

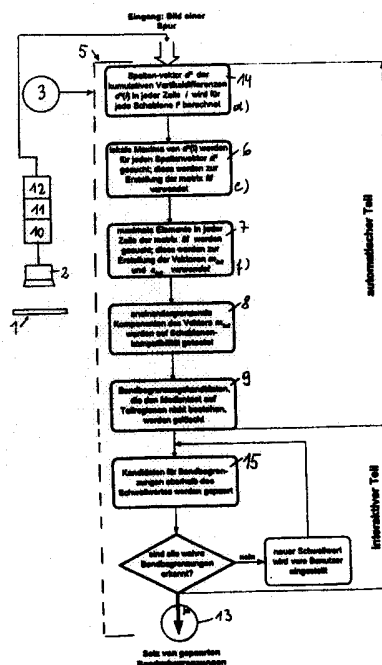
b) in jede Zeile (i) der Spur jedes der vorgegebenen Referenzmuster platziert wird,

c) spaltenweise die Differenz der Helligkeitswerte zwischen dem durch das jeweilige Referenzmuster bestimmten Pixel und dem benachbarten Pixel der Bildmatrix ($g_{(i,j)}$), bestimmt wird,

d) für jede Zeile (i) für jeden der unterschiedlichen Vektoren (t^s) der Referenzmuster die ermittelten Differenzen der Helligkeitswerte summiert werden,

e) für jedes Referenzmuster ein Spaltenvektor (d^s) der für die einzelnen Zeilen (i) ermittelten kumulativen Vertikaldifferenzen ($d^s(i)$) gebildet wird und die lokalen Maxima dieser Spaltenvektoren (d^s) ermittelt werden und

f) für jede Zeile (i) das Zeilenmaximum unter den lokalen Maxima der Spaltenvektoren (d^s) ermittelt und als Bandenbegrenzungskandidat (BB) angesehen wird.



AT 501 962 A1 2006-12-15

010414

5

re: ~~Österreichische Patentanmeldung A 1701/2002~~
~~ARC Seibersdorf research GmbH~~

~~11540~~

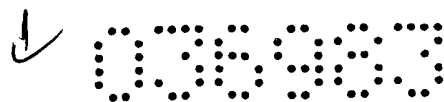
Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Auswertung von Gelbildern von Banden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Bestimmung der in einer Spur eines Bildes ($g_{(i,j)}$) enthaltenen Banden

- a) eine Anzahl von Referenzmustern als Bandenbegrenzungskandidaten (BB) vorgegeben wird,
- b) in jede Zeile (i) der Spur jedes der vorgegebenen Referenzmuster platziert wird,
- c) spaltenweise die Differenz der Helligkeitswerte zwischen dem durch das jeweilige Referenzmuster bestimmten Pixel und dem benachbarten Pixel der Bildmatrix ($g_{(i,j)}$), bestimmt wird,
- d) für jede Zeile (i) für jeden der unterschiedlichen Vektoren (t^s) der Referenzmuster die ermittelten Differenzen der Helligkeitswerte summiert werden,
- e) für jedes Referenzmuster ein Spaltenvektor (d^s) der für die einzelnen Zeilen (i) ermittelten kumulativen Vertikaldifferenzen ($d^s(i)$) gebildet wird und die lokalen Maxima dieser Spaltenvektoren (d^s) ermittelt werden und
- f) für jede Zeile (i) das Zeilenmaximum unter den lokalen Maxima der Spaltenvektoren (d^s) ermittelt und als Bandenbegrenzungskandidat (BB) angesehen wird (Fig. 4).

NACHGEREICHT



Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 12.

Die Erfindung betrifft vor allem ein Verfahren zur Bandenerkennung, gegebenenfalls mit folgender Mobilitätsdistanz- und Bandendichteberechnung für digitalisierte Bilder von Gelen, welche insbesondere mit Hilfe molekularbiologischer Methoden bzw. DNS-Elektrophorese gewonnen und mit Bildaufnahme- und/oder Bildverarbeitungseinrichtungen erstellt werden. Die Bilder liegen damit in digitaler Form vor. Die annähernd rechteckigen Bandenstrukturen befinden sich in senkrechten Spuren des Bildes und sind überwiegend waagrecht ausgerichtet (ein typisches Beispiel für ein Ethidiumbromid und Silber gefärbtes Gelbild ist in Fig. 1 abgebildet). Das Bild veranschaulicht die angehäuften Ablagerungen von DNS-Fragmenten, die von speziellen Restriktionsenzymen zu Makromolekülen verschiedener Größe aufgespaltet wurden. Die vertikalen Positionen der Banden (elektrophoretische Mobilitätsdistanzen) entsprechen dem Molekulargewicht (Basenpaare) der aufgespaltenen DNS-Fragmente.

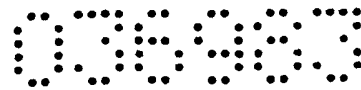
Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl für Routine-Gelanalysen von gentechnischen und molekularbiologischen Forschungslabors, als auch für industrielle Anwendungen eingesetzt werden. Die Algorithmen des Verfahrens können auch für Antidoping- und forensische Testlabors eingesetzt werden. Prinzipiell lassen sich beliebige bandenähnliche Strukturen auswerten, z.B. auch Spektralbanden.

Für Molekularbiologen gehört die DNS-Analyse mit elektrophoretischen Gelen zur alltäglichen Routine, wofür benutzerfreundliche und zuverlässige Software Verfahren und Einrichtungen benötigt werden, um Ergebnisse mit größtmöglicher Genauigkeit und vernünftigem Zeitaufwand zu erhalten, kleine und kontrastarme Banden des Gelbildes zu erkennen und Artefakte nicht als korrekte Banden zu werten.

Fig. 1 zeigt als Beispiel ein typisches Gelbild, welches nach der Digitalisierung einer Filmaufnahme eines elektrophoretischen Experiments erhalten wurde. Es gibt drei grundlegende Begriffe bezüglich der Gelbilder: (i) *Spuren*, womit vertikale Streifen bezeichnet werden, von denen jeder eindeutig zuordenbare Informationen über die Molekülaufspaltung einer DNS-Probe darstellt, (ii) *Banden*, womit horizontal ausgerichtete Bildbereiche in jeder Spur bezeichnet werden, welche DNS-Molekül-Ablagerungen im Gel darstellen, und (iii) *Mobilitätsdistanzen*, deren Werte die Bandenpositionen in passenden Einheiten (Molekulargewichte oder Basenpaare) angeben.

Die digitalisierten Gelbilder leiden in der Praxis unter einer Vielzahl von Schäden und Beeinträchtigungen, die wie folgt zusammengefasst werden können:

1. komprimierte dynamische Größenverhältnisse
2. Inhomogenität der räumlichen Helligkeit
3. Rauschen:



- nach Gauß
 - Impulsrauschen
4. lokale Flecken (Artefakte) von extrem hohen oder niedrigen Intensitäten
 5. geometrische Verzerrungen der senkrechten Spuren (abgeschrägte oder gebogene Spuren)
 6. geometrische Verzerrungen der Bandenpositionen (sogenannte smiles)
 7. geometrische Verzerrungen von einzelnen Banden (z.B. geneigte Banden)
 8. verlaufende oder verschwommene Banden entlang der Spuren.

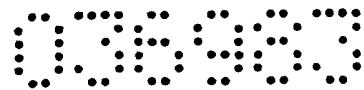
Manche dieser Fehler können in üblichen Gelbild-Analyse-Systemen (GIA-Systemen) korrigiert werden, jedoch verursachen einige davon - im besonderen niedriger Kontrast und nicht einheitliche Bandendichte - grundlegende Probleme bei deren sauberer Erkennung. Das Scheitern der Standard-Software, die bei perfekten Gelbildern zufriedenstellend arbeitet, begründet sich in den Eigenschaften der 1D-Signal-Dekonvolutionsoperation, die üblicherweise in solchen Systemen Verwendung findet. Diese Gründe können anhand des theoretischen Gerüsts der 1D-Signal-Dekonvolution beschrieben werden. Die Operation ist herkömmlicherweise als Lösung eines linearen Fredholm-Integrals erster Ordnung mit Faltungskern $K(s, t)$ definiert:

$$\int_0^1 K(s, t) f(t) dt = g(s), \quad 0 \leq s \leq 1. \quad (1)$$

In bekannten Verfahren werden die 2D-Bandenstrukturen einer Spur durch ein gemittelt 1D-Profil $g(s)$ der Intensitäten entlang der Spur dargestellt. Die Lösung $f(t)$ der Gleichung (1) wird als eine 1D-Gauß-Dekonvolution, angewandt auf das Profil $g(s)$, gesucht. Die Dekonvolution von Signalen, welche durch Rauschen und andere Schäden gestört wurden, stößt auf die folgenden kritischen Probleme: (i) schlechte Voraussetzungen für dieses inverse Problem, (ii) die Funktion $K(s, t)$ ist nicht bekannt und kann nur mit geeigneten Funktionsklassen geschätzt werden. Darüber hinaus kann diese Funktion im Fall der Gelbilder nicht als Model für Unschärfemechanismen dienen und das eigentliche 2D-Problem der Gelbild-Analyse wird auf ein vereinfachtes 1D-Problem reduziert.

Der nächste Nachteil von GIA-Systeme ist das eingebundene Multiparameter-Interaktionsmodell. Infolge der hohen Veränderlichkeit der Qualität von Gelen, ist es nicht möglich, einen universellen Bandenerkennungsalgorithmus zu entwerfen, der im Stande wäre, alle praktischen Situationen vollautomatisch und ohne Eingreifen des Benutzers zu lösen.

Deshalb wurden in bestehenden Softwaresystemen spezielle Hilfsprogramme eingebaut, welche interaktive Einstellungen der Parameter des



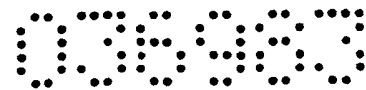
Bandenerkennungsalgorithmus vornehmen. Diese Hilfsprogramme basieren auf dem Multiparameter-Interaktionsmodell: (i) Der Benutzer wird im Regelfall dazu aufgefordert drei elementare Parameter einzustellen, minimales Profil, minimale Fläche und Randempfindlichkeit, um die Gauß'sche Dekonvolutionsoperation zu kontrollieren, (ii) wird ein komplexes Ergebnis der wiederholten Bandenerkennungsversuche (ein wiederhergestelltes Spurprofil und das Bild mit graphischen Markierungen, welche die einzelnen Bandenpositionen zeigen) dargestellt. Wenn der Benutzer manche Erkennungen als falsch und/oder einige korrekte Erkennungen als fehlerhaft erachtet, so muss der vorangegangene Schritt wiederholt werden. Der Benutzer hat keine Möglichkeit, den Bandenerkennungsvorgang, in bezug auf ein oder zwei kritische Arten von Fehlern, separat zu kontrollieren. Die Suche nach einer optimalen Kombination der numerischen Parameter stellt dadurch einen beschwerlichen Prozess dar. Die einzige Alternative zur unterstützten Gesamterkennung ist das manuelle Kennzeichnen jeder einzelnen Bande, was sehr mühsam und ungenau ist.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren der eingangs genannten Art durch die Merkmale des Anspruchs 1 charakterisiert. Eine Einrichtung der eingangs genannten Art ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 12 charakterisiert. Die Erfindung ermöglicht vor allem eine automatische Erkennung einer Maximalanzahl korrekter Bandenbegrenzungen, ohne irgendeinen numerischen Parameter einstellen zu müssen und ermöglicht gegebenenfalls eine anschließende, vorläufige Löschung von als unrichtig gewerteten Bandenbegrenzungen sowie eine Darstellung aller Bandenbegrenzungskandidaten, die vor einem Ausscheiden interaktiv geprüft werden können. In allen Schritten können zweidimensionale Bildverarbeitungsoperatoren eingesetzt werden.

Erfindungsgemäß ergeben sich ein erhöhter Durchsatz und eine erhöhte Verlässlichkeit der Bandenerkennung, eine verbesserte Positionsgenauigkeit, eine verringerte Notwendigkeit von Benutzereingriffen, ein geradliniges, graphisches, einparametriges Interaktionsmodell sowie zuverlässige Operationen auch für stark verrauschte und beschädigte Gelbilder.

Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorgangsweise anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Gelbild, das in Form einer digitalen Intensitäts-Matrix vorliegt und in Spuren angeordnete Banden enthält. Fig. 2 zeigt eine Anzahl von Referenzmustern, aus denen Bandbegrenzungskandidaten ausgewählt werden. Fig. 3a, 3b, 3c und 3d zeigen Spuren des Gelbildes mit Bandenbegrenzungskandidaten, die sukzessive entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren durch Ausscheiden von nicht entsprechenden Bandenbegrenzungskandidaten bestimmt werden. Fig. 4 zeigt schematisch den Aufbau



einer erfindungsgemäßen Anordnung, wobei die Verfahrensabläufe in Form eines Flussdiagrammes wiedergegeben werden. Fig. 5 zeigt eine Zuordnung von Bandenbegrenzungskandidaten zu den Banden, so wie dies auf einer Anzeigeeinheit ersichtlich gemacht werden kann.

Es ist zweckmäßig, wenn vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungen zur Entfernung von lokalen Artefakten auf die Bildmatrix ein Rauschfilter, vorzugsweise ein auf einer geometrischgesteuerten Diffusion (GDD) basierter Rauschfilter, angewendet wird. Diese Regulierung des originalen Gelbildes mit Hilfe eines nichtlinearen 2D-Rauschfilters, der auf geometrischgesteuerten Diffusion von Bildern basiert, kann z.B. durch folgende partielle Differentialgleichung beschrieben wird:

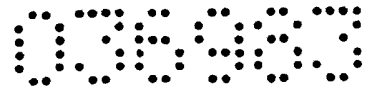
$$\partial I / \partial t = \text{div} [c(|\nabla I(x, y, t)|) \nabla I(x, y, t)] \quad (2)$$

Dabei ist $I(x, y, t)$ der Gradient einer Bildintensitätsfunktion $I(x, y, t)$, der Leitwert $c(\bullet)$ ist eine Funktion in räumlichen Koordinaten x, y und der Zeit t , die der diskreten Implementierung des Index für den Iterationsschritt entspricht.

Es ist zweckmäßig, wenn vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungen eine Bildkorrektur, z.B. durch Entzerren, Verschieben und/oder Größenänderung, des Intensitätsbildes bzw. der Bildmatrix vorgenommen wird.

Wesentlich für die vorliegende Erfindung ist die Anwendung eines Algorithmus der vorgeschlagenen Methode besteht in der Anwendung des TEDEBBY-Algorithmus, der die Bandenbegrenzungen als kurvenförmige Segmente findet, wobei die Segmente aus einer Reihe von Schablonen ausgewählt werden (im Gegensatz zu allen aktuellen Methoden, welche die Bandenbegrenzungen als gerade Linie erkennen). Im speziellen beinhaltet der TEDEBBY (TEmplate DETection of Band BoundarY)-Algorithmus, der den ersten Schritt der Spuranalyse realisiert, die folgenden Funktionen:

- Erstellung einer Reihe von Referenzmustern bzw. "Schablonen" von Bandenbegrenzungsformen.
- Berechnung der Werte eines vertikalen Differenzoperators entlang jeder der gegebenen Schablonen und die Suche lokaler Maxima dieses Operators, welche eine Anfangsauswahl der kurvenförmigen Bandenbegrenzungskandidaten repräsentieren (Erkennung).
- Reduktion der Auswahl von lokalen Maxima durch Ausschluss inkompatibler, benachbarter Maxima.
- Berechnung von Medianwerten in Teilgebieten für die, durch ein Paar von Begrenzungskandidaten eingeschränkten ("Submediane"), Gebiete und vorläufige

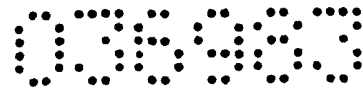


Streichung all jener Kandidaten, deren beide benachbarte Medianwerte identisch sind.

-Berechnung von Median-Repräsentanten (durch neue Submedianen) der Gebiete (beschränkt durch angrenzende Bandenbegrenzungskandidaten der reduzierten Kandidatenauswahl) für jeden vorgegebenen Wert eines Schwellwertes, welcher vom Benutzer gewählt werden kann.

-Anwendung eines Operators TOODIS (TOOth DIScrimination), der passende Bandenbegrenzungskandidaten (BB-Kandidaten) miteinander verbindet; verbleibende, einzelne BB-Kandidaten werden automatisch als falsch erkannt und gelöscht.

Die auszuwertenden Bilder liegen in Form von Helligkeits- bzw. Intensitätsmatrixen mit einer entsprechenden Pixelanzahl vor.



Mit dem TEDEBBY-Operator erkennt man Bandenbegrenzungen (BBs) im Bild einer Spur.

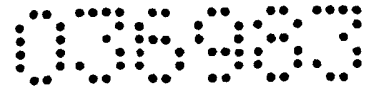
Sei $[g(i, j)]$ eine $m \times n$ Pixelmatrix, welche das Bild einer Spur darstellt. (i, j) wird *das Index-Paar* genannt. Das Index-Paar beschreibt *die Pixelposition*. Mit 'pixel (i, j) ' wird das Pixel mit der Position (i, j) bezeichnet. *Der Wert des Pixels* mit Position (i, j) ist $g(i, j)$. Sei $\{(i, j)\}$ die Menge aller möglichen Index-Paare der Matrix $[g(i, j)]$. Dann wird jede Untermenge von $\{(i, j)\}$ als Bildregion bezeichnet. *Die (digitale) Kurve* im Bild wird ebenfalls als Bildregion angesehen.

Beispiel 1 : Die Bildmatrix einer Spur für das in Fig.3a gezeigte Spurbild ist :

$$[g(i, j)] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & 3 & 6 & 0 \\ 4 & 5 & 6 & 7 & 5 \\ 3 & 5 & 6 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 5 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 6 \\ 0 & 2 & 6 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & 0 & 4 & 0 \\ 3 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 6 & 5 & 1 \\ 0 & 3 & 4 & 4 & 7 \\ 0 & 0 & 4 & 5 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix}.$$

Hier gilt $m = 15$, $n = 5$.

Die möglichen Formen von BBs sind durch *Schablonen* bzw. Referenzmuster vorgegeben. Die *Schablone des Typs s* für die Spurbreite n ist ein Vektor $\mathbf{t}^s = (t_1^s, t_2^s, \dots, t_n^s)$, wobei t_j^s kleine ganze Zahlen sind. Die Zahl t_j^s stellt die relative Zeilenposition des Pixels, welches zur Bandenbegrenzungskurve der Spalte j gehört, in bezug auf die Referenzposition dar. Es ist sinnvoll $t_1^s = 0$ für jedes s zu fordern, damit die Position der Bandenbegrenzungskurve in der ersten Spalte identisch zur Referenzposition der Bandenbegrenzung ist. Im speziellen gibt es zwei grundlegende Schablonenkategorien: (i) *geneigte Geraden (slanted lines)* und (ii) *Bögen bzw. Kurven (arcs)*. Diese Schablonenkategorien können mit Hilfe eines ganzzahligen Parameters, welcher deren *Krümmung (skewness)* definiert, genauer beschrieben werden. Wenn die Krümmung durch die Zahl S beschränkt wird, so ergeben sich dadurch $4S + 1$ verschiedene Schablonen (für beide Kategorien kann die *Krümmung*



die Werte $\pm 1, \pm 2, \dots, \pm S$ annehmen, und weiters gibt es eine triviale Schablontyp für *Krümmung* = 0). Die Schablonen werden durch gleichmäßige Wiederholung von Zahlenänderungen erzeugt, deren Absolutwert die Krümmung nicht übersteigt. In Fig.2 ist die Menge aller Schablonen für $S = 3$ graphisch durch stückweise Geraden dargestellt.

Beispiel 2 : Für $S = 2, n = 5$, werden die folgenden Schablonen erhalten :

$$\begin{aligned} t^1 &= t_{\text{arc}}^{\text{skew}=-2} = (0, -1, -2, -1, 0), \\ t^2 &= t_{\text{arc}}^{\text{skew}=-1} = (0, -1, -1, -1, 0), \\ t^3 &= t_{\text{arc}}^{\text{skew}=1} = (0, 1, 1, 1, 0), \\ t^4 &= t_{\text{arc}}^{\text{skew}=2} = (0, 1, 2, 1, 0), \\ t^5 &= t_{\text{slanted}}^{\text{skew}=-2} = (0, 0, -1, -1, -2), \\ t^6 &= t_{\text{slanted}}^{\text{skew}=-1} = (0, 0, 0, -1, -1), \\ t^7 &= t_{\text{slanted}}^{\text{skew}=1} = (0, 0, 0, 1, 1), \\ t^8 &= t_{\text{slanted}}^{\text{skew}=2} = (0, 0, 1, 1, 2), \\ t^9 &= t_{\text{skew}=0} = (0, 0, 0, 0, 0). \end{aligned}$$

In der Beschreibung werden die Notationen für die Basiskategorie (*arc* oder *slanted*) und für den Parameter *Krümmung* zu einem Symbol kombiniert. Das hochgestellte s in t^s (und in ähnlichen Notationen) bezeichnet eine der $4S + 1$ Kombinationen der Basiskategorie und des Parameters *Krümmung*. Der Wertebereich von s ist $\{1, 2, 3, \dots, 4S + 1\}$.

Für jede Schablone wird die *kumulative vertikale Intensitäts- bzw. Helligkeits-Differenz* $d^s(i)$ definiert:

$$d^s(i) = \sum_{j=1}^n |g(i + t_j^s, j) - g(i + t_j^s - 1, j)|. \quad (1)$$

Diese Größe repräsentiert die Stärke einer potentiellen Bandenbegrenzung der gegebenen Form mit Referenzposition in der Zeile i .

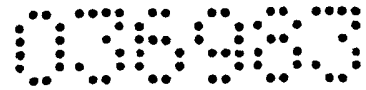
Im erfindungsgemäßen Verfahren wird $d^s(i)$ nur für diejenigen Zeilen (i) berechnet, wo alle Größen der rechten Seite definiert sind. Für andere Zeilen wird $d^s(i) = 0$ gesetzt. Beim Rest wird analog vorgegangen.

Für jede ausgewählte (entworfene) Schablone t^s wird die Spur $[g(i, j)]$ durch den Spaltenvektor $\mathbf{d}^s = (d^s(1), d^s(2), \dots, d^s(m))'$ charakterisiert. Es wird nach allen lokalen Maxima der Komponenten des Vektors $\mathbf{d}^s$ gesucht, d.h. nach all jenen $d^s(i)$ ($i \in \{1, 2, \dots, m\}$), für die gilt $d^s(i-1) < d^s(i) > d^s(i+1)$, da diese Maxima auf Bandenbegrenzungen hinweisen können. Anschließend werden diese Maxima wie folgt in einer Matrix $[M_{i,s}]$ angeordnet:

$$M_{i,s} = \begin{cases} d^s(i) & \text{falls } d^s(i-1) < d^s(i) > d^s(i+1), \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Beispiel 3 : Für das Spurbild aus Beispiel 1 und den Schablonen aus Beispiel 2 ergeben sich die folgenden Spaltenvektoren kumulativer Differenzen:

$$\begin{aligned} \mathbf{d}^1 &= (0, 0, 0, 26, 7, 10, 11, 10, 8, 12, 13, 14, 13, 0, 0)', \\ \mathbf{d}^2 &= (0, 0, 0, 23, 8, 7, 12, 12, 9, 14, 7, 20, 9, 0, 0)', \\ \mathbf{d}^3 &= (0, 0, 0, 12, 7, 13, 14, 14, 8, 15, 7, 12, 12, 0, 0)', \\ &\vdots \\ \mathbf{d}^9 &= (0, 0, 0, 14, 6, 8, 17, 9, 14, 8, 14, 13, 8, 0, 0)'. \end{aligned}$$



Die Matrix $[M_{i,s}]$ lautet

$$[M_{i,s}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 26 & 23 & 12 & 13 & 13 & 14 & 13 & 11 & 14 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 11 & 0 & 0 & 16 & 11 & 0 & 0 & 13 & 17 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14 \\ 0 & 14 & 15 & 0 & 17 & 0 & 0 & 21 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 14 \\ 14 & 20 & 0 & 15 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

In jeder Zeile i der Matrix $[M_{i,s}]$ interessieren die Zeilenmaxima bzw. jene Schablone, welche die maximale Reaktion hervorbringt, als auch der Wert der Reaktion selbst. Es werden die m -dimensionalen Spaltenvektoren $\mathbf{m}_{\text{init}} = (m_{\text{init}}(1), m_{\text{init}}(2), \dots, m_{\text{init}}(m))$ und $\mathbf{a}_{\text{init}} = (a_{\text{init}}(1), a_{\text{init}}(2), \dots, a_{\text{init}}(m))$ derart definiert, dass

$$m_{\text{init}}(i) = \max_s (M_{i,s}),$$

$$a_{\text{init}}(i) = \arg \max_s (M_{i,s}).$$

Sollten mehrere gleichwertige Maxima in der Zeile i vorkommen, so wird von diesen ein zufälliges s für $a_{\text{init}}(i)$ ausgewählt. Falls $m_{\text{init}}(i) = 0$, wird $a_{\text{init}}(i) = 0$ definiert.

Ein von Null verschiedener Wert $a_{\text{init}}(i)$ repräsentiert die wahrscheinlichste Form der Bandenbegrenzung (kurz: *den BB-Kandidaten*), die in Zeile i positioniert ist. Wenn $a_{\text{init}}(i) = 0$, wird erwartet, dass sich in Zeile i keine BB befindet. Der entsprechende Wert $m_{\text{init}}(i)$ repräsentiert die 'Stärke' (Wahrscheinlichkeit) der potentiellen Bandenbegrenzung.

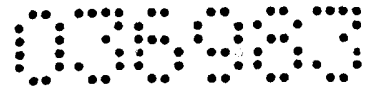
Beispiel 4 : Aus der Matrix in Beispiel 3 ergibt sich

$$\mathbf{m}_{\text{init}} = (0, 0, 0, 26, 0, 0, 17, 13, 14, 21, 15, 20, 11, 0, 0)',$$

$$\mathbf{a}_{\text{init}} = (0, 0, 0, 1, 0, 0, 9, 7, 4, 8, 7, 2, 8, 0, 0)'. \quad \cdot$$

In Fig.3b werden die erhaltenen BB-Kandidaten, welche durch die Vektoren $m_{\text{init}}(i)$ und $a_{\text{init}}(i)$ repräsentiert werden, durch über das Eingangsbild gelegte Linien dargestellt. Die digitale Kurve, welche die Bandenbegrenzung für die gegebenen Vektoren $\mathbf{m}_{\text{init}}$ und $\mathbf{a}_{\text{init}}$ beschreibt, wird als $B_{\text{init},k}$ bezeichnet. Wenn $1 \leq k_1 < k_2 < \dots < k_p \leq m$ die Indizes der von Null verschiedenen Komponenten des Vektors $\mathbf{m}_{\text{init}}$ benennen, so lauten die BB-Kandidaten

$$\begin{aligned} B_{\text{init},1} &= \{(b_1^1, 1), (b_2^1, 2), \dots, (b_n^1, n)\}, \\ B_{\text{init},2} &= \{(b_1^2, 1), (b_2^2, 2), \dots, (b_n^2, n)\}, \\ &\vdots \\ B_{\text{init},p} &= \{(b_1^p, 1), (b_2^p, 2), \dots, (b_n^p, n)\}, \end{aligned}$$



wobei

$$\begin{aligned} b_1^1 &= k_1 + t_1^{a_{\text{init}}(k_1)}, \\ b_2^1 &= k_1 + t_2^{a_{\text{init}}(k_1)}, \\ &\vdots \\ b_n^1 &= k_1 + t_n^{a_{\text{init}}(k_1)}, \\ &\dots \\ b_j^k &= k + t_j^{a_{\text{init}}(k)}, \\ &\dots \\ b_n^p &= k_p + t_n^{a_{\text{init}}(k_p)}. \end{aligned}$$

Da t_1^s immer Null ist, kann b_1^k als die Referenzposition des BB-Kandidaten $B_{\text{init},k}$ interpretiert werden.

Beispiel 5 : In diesem Beispiel ergeben sich $p = 8$ Bandenbegrenzungskandidaten:

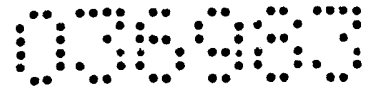
$$\begin{aligned} B_{\text{init},1} &= \{(4, 1), (3, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5)\}, \\ B_{\text{init},2} &= \{(7, 1), (7, 2), (7, 3), (7, 4), (7, 5)\}, \\ B_{\text{init},3} &= \{(8, 1), (8, 2), (8, 3), (9, 4), (9, 5)\}, \\ B_{\text{init},4} &= \{(9, 1), (10, 2), (11, 3), (10, 4), (9, 5)\}, \\ B_{\text{init},5} &= \{(10, 1), (10, 2), (11, 3), (11, 4), (12, 5)\}, \\ B_{\text{init},6} &= \{(11, 1), (11, 2), (11, 3), (12, 4), (12, 5)\}, \\ B_{\text{init},7} &= \{(12, 1), (11, 2), (11, 3), (11, 4), (12, 5)\}, \\ B_{\text{init},8} &= \{(13, 1), (13, 2), (14, 3), (14, 4), (15, 5)\}. \end{aligned}$$

Die Referenzpositionen dieser BB-Kandidaten sind 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 bzw. 13. Zu beachten ist, dass dies die Indizes der von Null verschiedenen Elemente in den Vektoren $\mathbf{m}_{\text{init}}$ und $\mathbf{a}_{\text{init}}$ aus Beispiel 4 sind. Die angewandten Schablonen sind $t^1, t^9, t^7, t^4, t^8, t^7, t^2, t^8$.

Vorteilhafterweise folgt eine Kompatibilitätsprüfung der Bandenbegrenzungsnäherungen durch Schablonen. Die angrenzenden BB-Kandidaten $B_{\text{init},k}$ und $B_{\text{init},k+1}$ dürfen einander nicht schneiden oder berühren. Zwei benachbarte BB-Kandidaten, welche diese Voraussetzung erfüllen, werden *paarweise kompatibel* genannt. Es wird nun die paarweise Kompatibilität aller BB-Kandidaten geprüft. Das Ziel ist, neue Vektoren $\mathbf{m}_{\text{comp}}$, $\mathbf{a}_{\text{comp}}$, (und damit neue BB-Kandidaten) aufzubauen, welche mit Sicherheit paarweise kompatibel sind. Die neuen Vektoren werden von den ursprünglichen Vektoren $\mathbf{m}_{\text{init}}$ und $\mathbf{a}_{\text{init}}$ gebildet, indem einige der von Null verschiedenen Komponenten Null gesetzt werden (was effektiv bedeutet, dass einige BB-Kandidaten gelöscht werden).

Aufgrund des begrenzten Umfangs der Schablonen ist es ausreichend, die Kompatibilität derjenigen BB-Kandidaten zu prüfen, deren Referenzpositionen nicht mehr als $\pm 2S$ voneinander abweichen. Sollten sich zwei BB-Kandidaten als paarweise inkompatibel herausstellen, so muss einer davon (bevorzugterweise der weniger wahrscheinliche) gelöscht werden. Dazu wird folgenderweise vorgegangen :

- die Komponenten des Vektors $\mathbf{m}_{\text{init}}$ werden in absteigender Ordnung sortiert, diese Permutation bringt den Vektor $\mathbf{m}_{\text{init}}^*$ hervor; die Komponenten des Vektors $\mathbf{a}_{\text{init}}$ werden entsprechend dem Vektor $\mathbf{m}_{\text{init}}^*$ umgeordnet; der Ergebnisvektor wird als $\mathbf{a}_{\text{init}}^*$ bezeichnet;



- die Kompatibilitätsprüfung beginnt bei den ersten Komponenten von $\mathbf{m}_{init}^*$ und $\mathbf{a}_{init}^*$, welche der Begrenzungsnaheerung der hellsten Bande entsprechen; diese Naheerung wird gegenueber ihren Nachbarn geprueft und entsprechend der inkompatiblen Nachbarn werden die betreffenden Komponenten aus $\mathbf{m}_{init}^*$ und $\mathbf{a}_{init}^*$ durch Nullen ersetzt;
- die entsprechenden Komponenten in $\mathbf{m}_{init}$ und $\mathbf{a}_{init}$ werden ebenfalls durch Nullen ersetzt;
- es wird bei den naechsten von Null verschiedenen Komponenten von $\mathbf{m}_{init}^*$ und $\mathbf{a}_{init}^*$ fortgesetzt;
- die Pruefung und Loeschung wird bis zur letzten von Null verschiedenen Komponente von $\mathbf{m}_{init}^*$ fortgesetzt.

Auf diese Art werden groeessere Komponenten von $\mathbf{m}_{init}$ bevorzugt. Der, nach diesem Prozess erhaltene, modifizierte Vektor $\mathbf{m}_{init}$ wird mit $\mathbf{m}_{comp}$ bezeichnet. Die entsprechenden BB-Kandidaten werden mit B_{comp} benannt.

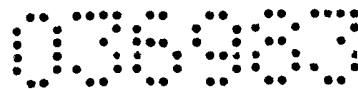
Beispiel 6 : *Durch die Anwendung dieser Vorgangsweise auf die Vektoren aus den Beispielen 4 und 5, erhalten wir die folgenden, neu geordneten und modifizierten Vektoren*

$$\begin{aligned}\mathbf{m}_{init}^* &= (26, 21, 20, 17, 15, 14, 13, 11, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)', \\ \mathbf{m}_{init}^{**} &= (26, 21, 0, 17, 0, 0, 13, 11, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)', \\ \mathbf{m}_{comp} &= (0, 0, 0, 26, 0, 0, 17, 13, 0, 21, 0, 0, 11, 0, 0)', \\ \mathbf{a}_{init}^* &= (1, 8, 2, 9, 7, 4, 7, 8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)', \\ \mathbf{a}_{init}^{**} &= (1, 8, 0, 9, 0, 0, 7, 8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)', \\ \mathbf{a}_{comp} &= (0, 0, 0, 1, 0, 0, 9, 7, 0, 8, 0, 0, 8, 0, 0)'\end{aligned}$$

Die reduzierte Menge der BB-Kandidaten, welche nach der Kompatibilitaetspruefung erhalten wurde und durch den Vektor $\mathbf{a}_{comp}$ beschrieben wird, ist in Fig.3c dargestellt.

Die bislang beschriebene Vorgangsweise gemae Phase I hat die Anzahl korrekter Erkennungen von Bandenbegrenzungen auf Kosten falscher Erkennungen maximiert. Deshalb koennte die Menge der BB-Erkennungen, die dem Vektor $\mathbf{m}_{comp}$ entspricht, auch falsche BB-Erkennungen (-Kandidaten) umfassen. Der groeessere Teil der falschen BB-Kandidaten kann bereits in Phase I automatisch entfernt werden. Dies kann die notwendigen Benutzereingriffe in Phase II vereinfachen oder unnuetig machen. Die folgende Vorgangsweise ermoeglicht eine solche Entfernung von falschen BB-Kandidaten in zwei Schritten. Die

BB-Kandidaten $B_{comp,k}$, welche aus der oben beschriebenen Vorgangsweise resultieren und durch den Vektor $\mathbf{m}_{comp}$ beschrieben werden, unterteilen das Spurbild in disjunkte Pixelregionen, welche Teilregionen des Hintergrundes oder eines Bandes bilden koennen. Sei mit R_{k-1} jene Region bezeichnet, die durch die BB-Kandidaten $B_{comp,k-1}$ und $B_{comp,k}$ begrenzt ist. Die Homogenitaetseigenschaft der Hintergrundhelligkeit in Gelbildern (gemessen durch die statistische Kennzahl *Stichproben-Median*) kann fuer die weitere, automatische Entfernung von falschen Begrenzungskandidaten verwendet werden. Um den Einfluss

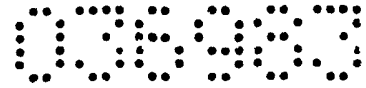


benachbarter Strukturen (nämlich kontrastreicher Banden mit kurvenförmigen Bandengrenzen) auf Mediane zu vermeiden, werden die Regionen zwischen den Bandengrenzen durch eine digitale Kurve C in Teilregionen aufgespalten, welche wie folgt definiert ist. Für jeden Spaltenindex $j = 1, 2, \dots, n$ und zwei aufeinanderfolgende BB-Kandidaten $(k-1)$, k wird der Index $l_j = \left\lfloor \frac{b_{j,k-1}^{k-1} + b_{j,k}^k}{2} \right\rfloor$ berechnet. Dann wird die *Teilungskurve* C durch die Menge von Indexpaaren $\{(l_1, 1), (l_2, 2), \dots, (l_n, n)\}$ repräsentiert.

Diese Kurve teilt die Region R_{k-1} zwischen den BB-Kandidaten $B_{\text{comp},k-1}$ und $B_{\text{comp},k}$ in zwei annähernd symmetrische Teilregionen $S_{k-1,u}$, $S_{k-1,l}$ auf, wobei u (upper) die obere Teilregion und l (lower) die untere Teilregion bezeichnet. Weiters gilt $R_{k-1} = S_{k-1,u} \cup S_{k-1,l} \cup C$, wobei $S_{k-1,u}$, $S_{k-1,l}$ und C paarweise disjunkt sind. Angenommen, zwei benachbarte Regionen R_{i-1} , R_i werden von den BB-Kandidaten $B_{\text{comp},k-1}$, $B_{\text{comp},k}$ und $B_{\text{comp},k+1}$ begrenzt. Es ergeben sich vier Teilregionen, deren Mediane $\text{med}(S_{k-1,u})$, $\text{med}(S_{k-1,l})$, und $\text{med}(S_{k,u})$, $\text{med}(S_{k,l})$ berechnet werden. (Für eine Statistik stat und eine Region S bedeutet das Symbol $\text{stat}(S)$: $\text{stat}(S) = \text{stat}(\{g(i, j)\})$, wobei $(i, j) \in S$.) Wenn für benachbarte Teilregionen $S_{k-1,l}$, $S_{k,u}$ zweier verschiedener Regionen R_{k-1} und R_k gilt, dass $\text{med}(S_{k-1,l}) = \text{med}(S_{k,u})$, so wird angenommen, dass diese Teilregionen Untermengen einer einzelnen, homogenen Region (Hintergrund oder Bande) sind. Somit wird der i -te BB-Kandidat gelöscht. Diese Prozedur wird für alle BB-Kandidaten in $\mathbf{m}_{\text{comp}}$ wiederholt. Die sich daraus ergebende Kandidatenmenge wird durch den Vektor $\mathbf{m}_{\text{med}}$ repräsentiert.

Nach der automatischen Entfernung der grundsätzlich unakzeptablen BB-Kandidaten (Erkennungen) im ersten Schritt, setzt der Benutzer im graphischen Modus den flexiblen Schwellwert thr auf ein lokales Maximum für den Wert des *TEDEBBY*-Operators, wodurch all jene Komponenten des Vektors $\mathbf{m}_{\text{med}}$ ausgeschlossen werden, die kleiner oder gleich dem eingestellten Schwellwert thr sind. Das Layout dieses graphischen Modus für den Benutzereingriff wird rechts in Fig.5 gezeigt. Der Ergebnisvektor $\mathbf{m}_{\text{med}}^{\text{thr}}$ wird erstellt. Das grundlegende Ziel des *TOODIS*-Operators ist es, geeignete BB-Kandidaten miteinander zu verbinden. Er arbeitet auf der Basis der Vektoren $\mathbf{m}_{\text{med}}^{\text{thr}}$, welche durch die speziellen Werte des Schwellwertes thr erstellt werden.

Für jede Menge $\{B_{\text{comp},k}\}_{\text{thr}}$ der BB-Kandidaten, die durch den vom Schwellwert thr abhängigen Vektor $\mathbf{m}_{\text{med}}^{\text{thr}}$ repräsentiert werden, kann eine Menge von Bildregionen R_k betrachtet werden, wobei jede durch zwei angrenzende BB-Kandidaten $B_{\text{comp},k}$, $B_{\text{comp},k+1}$ ($k \in \{1, 2, \dots, m-1\}$) begrenzt wird. Diese Regionen können erneut durch eine passende, statistische Kennzahl f der Helligkeiten in der Region $f(R_k)$ charakterisiert werden, sowie das gesamte Spurbild durch den Vektor $\mathbf{f}_{\text{lane}} = (f(R_1), f(R_2), \dots, f(R_p))$, für $p \leq m-1$. Die Verbindung von benachbarten BB-Kandidaten gründet sich auf der folgenden Annahme: Bezeichnen wir hierfür die drei aneinandergrenzenden Komponenten (Tripel) des Vektors $\mathbf{f}_{\text{lane}}$ mit $f(R_{k-1})$, $f(R_k)$, $f(R_{k+1})$. Sind nun die Bandenstrukturen des Bildes heller als der Hintergrund (was die Standardsituation in der Gelbildanalyse darstellt) und gilt darüberhinaus die Relation $f(R_{k-1}) < f(R_k) > f(R_{k+1})$, so wird angenommen, dass die zentrale Region heller ist als die beiden benachbarten Regionen. Somit wird die Region R_k als Bande interpretiert, die von Hintergrund umgeben ist, und die Komponente $f(R_k)$ stellt einen *positiven Zahn* dar. Erneut wird dieses Schema nicht direkt auf die Regionen R_k angewendet, um den Einfluss umgebender Bildstrukturen zu vermeiden. Stattdessen wird die Region, ähnlich der Vorgangsweise im vorangegangenen Schritt, in zwei annähernd symmetrische Teilregionen $S_{k,u}$, $S_{k,l}$ zerlegt und es wird die Kennzahl einer dieser Teilregionen als Repräsentant für die ganze Region R_k ausgewählt.

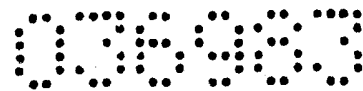


Die Mediane $med(S_{k,u})$ $med(S_{k,l})$ werden für diese Teilregionen errechnet. Es kann in jedem Medianwertpaar das Minimum oder das Maximum als repräsentativer Wert für die gesamte Region R_k verwendet werden. Da die Erkennung korrekter Bandenbegrenzungen maximiert wird (auf Kosten zusätzlicher, falscher Erkennungen, die schließlich in Phase II gelöscht werden), wird das folgende Schema zur Auswahl repräsentativer Mediane vorgeschlagen. Im weiteren werden folgende Abkürzungen verwendet: $m_{ku} = med(S_k, u)$ und $m_{kl} = med(S_k, l)$, weiters wird $f_{k-1} = \min\{m_{k-1,u}, m_{k-1,l}\}$, $f_k = \max\{m_{ku}, m_{kl}\}$ und $f_{k+1} = \min\{m_{k+1,u}, m_{k+1,l}\}$ gesetzt.

Dann wird für alle relevanten k :

- ein Wertetripel (f_{k-1}, f_k, f_{k+1}) für die Zentralposition k erstellt;
- geprüft, ob $f_{k-1} < f_k > f_{k+1}$ gilt;
- trifft dies zu, so entspricht das BB-Kandidatenpaar $B_{comp,k}, B_{comp,k+1}$ einem positiven Zahn und es wird das nächste Tripel für die Zentralposition $k + 2$ erstellt;
- trifft dies nicht zu, so entspricht das BB-Kandidatenpaar $B_{comp,k}, B_{comp,k+1}$ keinem positiven Zahn und es wird das nächste Tripel für die Zentralposition $k + 1$ erstellt.

Die erhaltenen (zahlenmäßig reduzierten) BB-Kandidaten werden mit $B_{med,k}$, $B_{med,k+1}$ bezeichnet. Der letzte Schritt des *TOODIS*-Operators besteht aus dem Verbinden all jener BB-Kandidatenpaare, die einen positiven "Zahn" bilden. Das Endergebnis des *TOODIS*-Operators, angewandt auf das Bild aus Beispiel 1 ist in links in Fig.3d dargestellt.

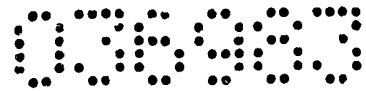


Der Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung wird in Fig. 4 schematisch dargestellt. Ein Gelbild 1 mit in Spuren 4 enthaltenen Banden 15 (Fig. 1) wird mittels einer Bildaufnahmeeinheit 2 aufgenommen und es werden digitale Bilder, insbesondere Grauwertbilder, erstellt. Es kann vorgesehen sein, dass die Anordnung eine Bildkorrekturereinheit 10, z.B. zum Entzerren, zum Verschieben und/oder zur Größenänderung des Intensitätsbildes bzw. der Bildmatrix, vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten, umfasst. Des weiteren kann vorgesehen sein, dass die Anordnung zur Entfernung von lokalen Artefakten in der Bildmatrix vor Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten einen Rauschfilter 11, vorzugsweise einen auf einer geometrisch gesteuerten Diffusion basierten Rauschfilter, umfasst. Schließlich kann vorgesehen sein, dass die Anordnung eine Einheit 12 aufweist, mit der vor Bestimmung der Bandenbegrenzungen die Spuren 4 mit den in ihnen aufscheinenden Banden 15 festgelegt bzw. abgegrenzt und definiert werden.

Des Weiteren ist ein Referenzmuster-Bildner 3 vorgesehen, der eine Anzahl von untereinander unterschiedlichen Referenzmustern (Schablonen) RM als Bandenbegrenzungskandidaten (BB) erstellt und vorgibt oder gespeichert enthält, wobei der Vektor t^s jedes Referenzmusters RM quer zur Spur 4 verläuft und in jeder aufeinanderfolgenden Spalte (j) der Spur jeweils ein Pixel bestimmt, wobei, ausgehend von einem am Zeilenanfang gelegenen Anfangspixel die quer zur Spur 4 aufeinander folgenden Pixel einen vorgegebenen Zeilenunterschied zu dem jeweils vorangehenden Pixel aufweisen, der insbesondere 0 oder ± 1 ist. In jeder Zeile (i) der Spur 4 wird jedes der vorgegebenen Referenzmuster RM platziert, derart, dass das Anfangspixel des Vektors t^s mit dem ersten Pixel der Zeile (i) übereinstimmt.

Dieser Referenzmusterbildner 3 kann Teil einer Recheneinheit 5 sein bzw. die Daten des Referenzmusterbildners 3 werden der Recheneinheit 5, ebenso wie die Daten der Bildaufnahmeeinheit 2 zugeführt.

In der Recheneinheit 5 erfolgt eine spaltenweise Bestimmung der Differenz der Helligkeitswerte zwischen den durch das jeweilige Referenzmuster RM bestimmten Pixel und dem benachbarten, insbesondere dem jeweils in der Spalte der Spur 4 vorangehenden bzw. oberhalb dieses Pixels gelegenen Pixel der Bildmatrix $g(i, j)$. Ferner ist vorgesehen, dass für jede Zeile (i) für jeden der unterschiedlichen Vektoren t^s der Referenzmuster die ermittelten Differenzen der Helligkeitswerte summiert werden bzw. eine kumulative vertikale Differenz $d^s(i)$ gebildet und dieser Zeile (i) zugeordnet wird, wozu eine Subeinheit 14 der Recheneinheit 5 vorgesehen ist. Es ist weiters vorgesehen, dass für jedes Referenzmuster t^s ein Spaltenvektor d^s der für die einzelnen Zeilen (i) ermittelten kumulativen Vertikaldifferenzen $d^s(i)$ gebildet wird und die lokalen Maxima



dieser Spaltenvektoren d^s ermittelt und gegebenenfalls in einer Matrix $M_{i,s}$ angeordnet werden, wozu eine Subeinheit 6 der Recheneinheit 5 vorgesehen ist.

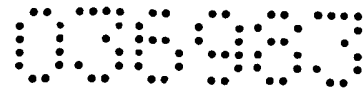
Des weiteren ist vorgesehen, dass für jede Zeile (i) das Zeilenmaximum unter den lokalen Maxima der Spaltenvektoren d^s ermittelt wird und – sofern ein derartiges Zeilenmaximum aufgefunden wird – das dieses Maximum enthaltende Referenzmuster t^s der jeweiligen Zeile (i) als Bandenbegrenzungskandidat BB angesehen und gegebenenfalls weiter ausgewertet und/oder zur Anzeige gebracht und/oder gespeichert wird, wozu eine Subeinheit 7 vorgesehen ist.

An sich könnte das Verfahren hier abgebrochen werden, da bereits eine ausreichende Anzahl von Bandenbegrenzungskandidaten zur Verfügung gestellt wurde. Allerdings können diese Bandenbegrenzungskandidaten vorteilhafterweise weiter ausgewertet werden, um die Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten genauer durchführen zu können.

Für die Anzeige der ausgewählten Bandenbegrenzungskandidaten kann eine Anzeigeeinheit 13 vorgesehen sein, der allenfalls eine Speichereinheit für die ausgewählten Bandenbegrenzungskandidaten zugeordnet ist.

Die Subeinheit 6 kann als Vergleichseinheit ausgebildet sein, in der diejenigen Maxima als lokale Maxima gewertet werden, bei denen beidseitig kumulative Differenzen $d^s(i)$ geringeren Wertes gelegen sind, wobei gegebenenfalls von der Vergleichseinheit beim Auftreten von mehreren lokalen Maxima für eine Zeile eines dieser lokalen Maxima nach Zufallskriterien für das Zeilenmaximum ausgewählt wird.

Die Subeinheit 7 stellt im Wesentlichen eine Sortiereinheit dar zur Ermittlung von miteinander kompatiblen Bandbegrenzungskandidaten, wobei die Sortiereinheit 7 einen Vektor (m_{init}) mit den Werten der den Helligkeitsdifferenzen bzw. den kumulativen vertikalen Differenzen $d^s(i)$ entsprechenden Zeilenmaxima erstellt und die Zeilenmaxima nach deren Größe in absteigender Ordnung zu einem modifizierten Vektor m_{init} sortiert. Des Weiteren ist ein Vergleicher 8 vorgesehen, der beginnend mit dem das größte Zeilenmaximum aufweisenden, d.h. hellsten, Bandenbegrenzungskandidaten BB überprüft, ob einer der folgenden weniger hellen Bandenbegrenzungskandidaten das Referenzmuster RM dieses größeren Helligkeitsdifferenzen entsprechenden Bandenbegrenzungskandidaten schneidet und/oder berührt, wobei im Falle eines Schneidens und/oder Berührens der weniger helle Bandenbegrenzungskandidat verworfen wird bzw. seine Werte auf Null gesetzt werden und wobei diese Überprüfung jeweils für den verbleibenden bzw. nicht verworfenen und den dem helleren Bandenbegrenzungskandidaten nächstfolgenden Bandenbegrenzungskandidaten wiederholt wird. Die Maximalwerte der verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten

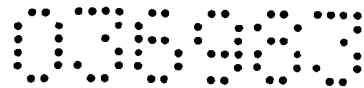


werden zu einem Vektor m_{comp} und die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten BB zu einem Vektor a_{comp} zusammengefasst.

Die Recheneinheit 5 umfasst eine Prüfeinheit 9, mit der für durch zwei benachbarte Bandenbegrenzungskandidaten BB des Vektors m_{comp} begrenzte Regionen der Spur eine Teilungskurve C ermittelt wird, indem spaltenweise, insbesondere nach einer vorgegebenen Definition, der mittlere Abstand der Pixel der beiden Bandenbegrenzungskandidaten ermittelt wird, wobei die Mediane der Helligkeitswerte für die mit den Teilungskurven C gebildeten Teilregionen $S_{k,u}$; $S_{k,l}$ ermittelt werden, und wobei bei Übereinstimmung oder Übereinstimmung innerhalb vorgegebener Grenzen der Mediane von zwei aneinander grenzenden Teilbereichen unterschiedlicher Regionen R_k der diese Teilbereiche trennende Bandenbegrenzungskandidat gelöscht bzw. ausgeschieden wird.

Nicht dargestellt ist, dass die Recheneinheit 5 einen Schwellwertbildner umfasst, der für die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten einen weiteren Vektor m_{med} erstellt und für die darin enthaltenen Zeilenmaxima einen allenfalls einstellbaren Schwellwert vorgibt und nur diesen Schwellwert übersteigende Zeilenmaxima und die damit festgelegten Bandenbegrenzungskandidaten für die weitere Auswertung zulässt. Zur Suche von paarweise zusammengehörigen Bandenbegrenzungskandidaten dient eine Einheit 15 zur Ermittlung der Helligkeit von drei in der Spur unmittelbar aufeinander folgenden, durch Bandenbegrenzungskandidaten begrenzten Regionen R_k , wobei jede Region R_k durch einen quer zur Spur 4 verlaufenden Median med $S_{k,u}$ in annähernd symmetrische Teilregionen S_k zerlegt und für jede Teilregion $S_{k,u}$; $S_{k,l}$ der Median für die Helligkeitswerte der Pixel errechnet wird, wobei für die jeweils erste Region das Minimum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert für die Region genommen wird, für die folgende, zweite Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird und für die dritte Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird. Mit der Einheit 15 erfolgt ein Vergleich der Repräsentativwerte, wobei die mittlere Region (R_k) dann als Bande angesehen wird, wenn ihr Repräsentativwert größer ist als der Repräsentativwert der beiden benachbarten Regionen.

Es ist zur rechnerischen Auswertung von Vorteil, wenn die Referenzmuster bzw. Schablonen bezüglich der Mittelachse der Spur symmetrisch aufgebaut sind. Von Vorteil ist es ferner, wenn die Anordnung eine Steuereinheit aufweist; mit der die einzelnen Einheiten kontrollierbar bzw. steuerbar sind, und dass gegebenenfalls die einzelnen Einheiten von Recheneinheiten gebildet sind, in denen die Funktionen der Einheiten mit Rechnerprogrammen verwirklicht sind. Die Anordnung weist zumindest eine

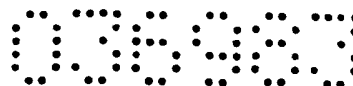


Anzeigeeinheit 13 für die als überprüft bzw. als verifiziert geltenden Bandenbegrenzungen auf, wobei die graphische Darstellung der Bandenbegrenzungen vorteilhafterweise gemeinsam mit einer graphischen Darstellung der ursprünglich aufgenommenen Spur 4 des untersuchten Gebildes erfolgt.

Die vorgesehene Steuereinheit kann in die Recheneinheit 5 integriert werden bzw. stellt die Funktion der erfindungsgemäßen Anordnung sicher.

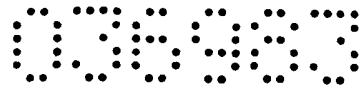
~~Patentansprüche:~~

~~-17-~~
-1- ↙



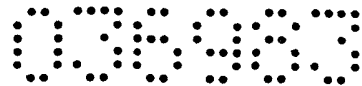
Patentansprüche:

1. Verfahren zur Auswertung bzw. Rektifizierung von in Form einer digitalen Intensitäten (Helligkeiten)-Matrix vorliegenden Bildern, insbesondere Grauwertbildern, von Banden, insbesondere von Gelbildern bzw. Gel-Elektrophorese-Bildern von DNA-Analysen, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der in einer Spur eines Bildes ($g_{(i,j)}$) enthaltenen Banden
 - a) eine Anzahl von untereinander unterschiedlichen Referenzmustern (Schablonen) als Bandenbegrenzungskandidaten (BB) vorgegeben wird, wobei der Vektor (t^s) jedes Referenzmusters quer zur Spur verläuft und in jeder aufeinander folgenden Spalte (j) jeweils ein Pixel bestimmt, wobei, ausgehend von einem am Zeilenanfang gelegenen Anfangspixel die quer zur Spur aufeinander folgenden Pixel einen vorgegebenen Zeilenunterschied zu dem jeweils vorangehenden Pixel aufweisen, der insbesondere 0 oder ± 1 ist,
 - b) in jede Zeile (i) der Spur jedes der vorgegebenen Referenzmuster platziert wird, derart, dass das Anfangspixel des Vektors (t^s) mit dem ersten Pixel der Zeile (i) übereinstimmt,
 - c) spaltenweise die Differenz der Helligkeitswerte zwischen dem durch das jeweilige Referenzmuster bestimmten Pixel und dem benachbarten, insbesondere dem jeweils in der Spalte vorangehenden bzw. oberhalb dieses Pixels gelegenen Pixel der Bildmatrix ($g_{(i,j)}$), bestimmt wird,
 - d) für jede Zeile (i) für jeden der unterschiedlichen Vektoren (t^s) der Referenzmuster die ermittelten Differenzen der Helligkeitswerte summiert werden bzw. eine kumulative vertikale Differenz ($d^s(i)$) gebildet und dieser Zeile (i) zugeordnet wird,
 - e) für jedes Referenzmuster ein Spaltenvektor (d^s) der für die einzelnen Zeilen (i) ermittelten kumulativen Vertikaldifferenzen ($d^s(i)$) gebildet wird und die lokalen Maxima dieser Spaltenvektoren (d^s) ermittelt und gegebenenfalls in einer Matrix ($M_{i,s}$) angeordnet werden und
 - f) für jede Zeile (i) das Zeilenmaximum unter den lokalen Maxima der Spaltenvektoren (d^s) ermittelt wird und – sofern ein derartiges Zeilenmaximum aufgefunden wird – das dieses Maximum enthaltende Referenzmuster (RM) der jeweiligen Zeile (i) als Bandenbegrenzungskandidat (BB) angesehen und gegebenenfalls weiter ausgewertet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Differenzen ($d^s(i)$) der Helligkeitswerte mit 0 bewertet werden, bei deren – insbesondere für



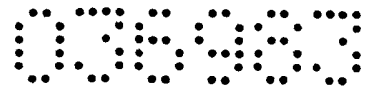
Randbereiche erfolgenden - Berechnung kein Pixel der Bildmatrix ($g_{(i,j)}$) zur Verfügung steht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Maxima als lokale Maxima gewertet werden, bei denen beidseitig kumulative Differenzen ($d^s(i)$) geringeren Wertes gelegen sind und/oder dass beim Auftreten von mehreren lokalen Maxima für eine Zeile eines dieser lokalen Maxima nach Zufallskriterien für das Zeilenmaximum ausgewählt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
 - dass zur Ermittlung von miteinander kompatiblen Bandenbegrenzungskandidaten ein Vektor (m_{init}) mit den Werten der den Helligkeitsdifferenzen bzw. den kumulativen vertikalen Differenzen ($d^s(i)$) entsprechenden Zeilenmaxima erstellt und die Zeilenmaxima nach deren Größe in absteigender Ordnung zu einem modifizierten Vektor (m_{init}') sortiert werden,
 - dass beginnend mit dem das größte Zeilenmaximum aufweisenden, d.h. hellsten, Bandenbegrenzungskandidaten (BB) überprüft wird, ob einer der folgenden weniger hellen Bandenbegrenzungskandidaten das Referenzmuster dieses größeren Helligkeitsdifferenzen entsprechenden Bandenbegrenzungskandidaten schneidet und/oder berührt,
 - dass im Falle eines Schneidens und/oder Berührens der weniger helle Bandenbegrenzungskandidat verworfen wird bzw. seine Werte auf Null gesetzt werden, und
 - dass diese Überprüfung jeweils für den verbleibenden bzw. nicht verworfenen und den dem helleren Bandenbegrenzungskandidaten nächstfolgenden Bandenbegrenzungskandidaten wiederholt wird und gegebenenfalls die Maximalwerte der verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten zu einem Vektor (m_{comp}) und die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten (BB) zu einem Vektor (a_{comp}) zusammengefasst werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
 - dass für durch zwei benachbarte Bandenbegrenzungskandidaten (BB) des Vektors (m_{comp}) begrenzte Regionen der Spur eine Teilungskurve (C) ermittelt wird, indem spaltenweise, insbesondere nach einer vorgegebenen Definition, der mittlere Abstand der Pixel der beiden Bandenbegrenzungskandidaten ermittelt wird,
 - dass die Mediane der Helligkeitswerte für die mit den Teilungskurven (C) gebildeten Teilregionen ($S_{k,u}; S_{k,l}$) ermittelt werden, und



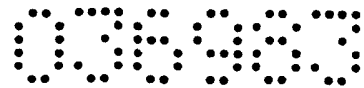
- dass bei Übereinstimmung oder Übereinstimmung innerhalb vorgegebener Grenzen der Mediane von zwei aneinander grenzenden Teilbereichen unterschiedlicher Regionen (R_k) der diese Teilbereiche trennende Bandenbegrenzungskandidat gelöscht bzw. ausgeschieden wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten ein weiterer Vektor (m_{med}) erstellt und für die darin enthaltenen Zeilenmaxima ein allenfalls einstellbarer Schwellenwert vorgegeben wird und nur diesen Schwellenwert übersteigende Zeilenmaxima und die damit festgelegten Bandenbegrenzungskandidaten für die weitere Auswertung zugelassen werden.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Suche von paarweise zusammengehörigen Bandenbegrenzungskandidaten diejenigen Bandenbegrenzungskandidaten ausgeschieden werden, die nicht an den beiden Grenzen einer Fläche mit einem lokalen Maximalwert von Repräsentativwerten der Intensität liegen, wozu eine Überprüfung der Helligkeit von drei in der Spur unmittelbar aufeinander folgenden, durch Bandenbegrenzungskandidaten begrenzten Regionen (R_k) erfolgt, wobei jede Region (R_k) durch einen quer zur Spur verlaufenden Median ($med(S_{k,u})$) in annähernd symmetrische Teilregionen (S_k) zerlegt und für jede Teilregion ($S_{k,u}; S_{k,l}$) der Median für die Helligkeitswerte der Pixel errechnet wird, wobei für die jeweils erste Region das Minimum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert für die Region genommen wird, für die folgende, zweite Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird und für die dritte Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird und dass die mittlere Region (R_k) dann als Bande angesehen wird, wenn ihr Repräsentativwert größer ist als der Repräsentativwert der beiden benachbarten Regionen.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten eine Bildkorrektur, z.B. durch Entzerren, Verschieben und/oder Größenänderung des Intensitätsbildes bzw. der Bildmatrix vorgenommen wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten zur Entfernung von lokalen

~~-20-~~
~~-4-~~

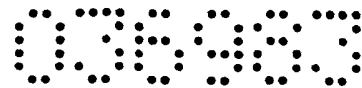


Artefakten auf die Bildmatrix ein Rauschfilter, vorzugsweise ein auf einer geometrisch gesteuerten Diffusion basierter Rauschfilter, angewendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass vor Bestimmung der Bandenbegrenzungen die Spuren mit den in ihnen aufscheinenden Banden festgelegt bzw. abgegrenzt und definiert werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer mittigen Teilung einer ungeraden Anzahl von in einer Spalte liegenden Pixeln die Pixelzahl des dem Spurbeginn näheren Bereiches größer gewählt wird.
12. Anordnung zur Auswertung bzw. Rektifizierung von in Form einer digitalen Intensitäten (Helligkeiten)-Matrix vorliegenden Bildern, insbesondere Grauwertbildern, von Banden, insbesondere von Gelbildern bzw. Gel-Elektrophorese-Bildern von DNA-Analysen mit einer Auswerte- und/oder Anzeigeeinheit, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der in einer Spur (4) eines Bildes ($g_{(i,j)}$) enthaltenen Banden (15)
 - a) ein Referenzmuster-Bildner vorgesehen ist, der eine Anzahl von untereinander unterschiedlichen Referenzmustern (Schablonen) (RM) als Bandenbegrenzungskandidaten (BB) erstellt und vorgibt oder gespeichert enthält, wobei der Vektor (t^s) jedes Referenzmusters (RM) quer zur Spur (4) verläuft und in jeder aufeinanderfolgenden Spalte (j) der Spur jeweils ein Pixel bestimmt, wobei, ausgehend von einem am Zeilenanfang gelegenen Anfangspixel die quer zur Spur (4) aufeinander folgenden Pixel einen vorgegebenen Zeilenunterschied zu dem jeweils vorangehenden Pixel aufweisen, der insbesondere 0 oder ± 1 ist, wobei
 - b) in jede Zeile (i) der Spur (4) jedes der vorgegebenen Referenzmuster (RM) platziert wird, derart, dass das Anfangspixel des Vektors (t^s) mit dem ersten Pixel der Zeile (i) übereinstimmt,
 - c) dass zur spaltenweisen Bestimmung der Differenz der Helligkeitswerte zwischen dem durch das jeweilige Referenzmuster (RM) bestimmten Pixel und dem benachbarten, insbesondere dem jeweils in der Spalte der Spur (4) vorangehenden bzw. oberhalb dieses Pixels gelegenen Pixel der Bildmatrix ($g_{i,j}$), eine Recheneinheit (5) vorgesehen ist, mit der
 - d) für jede Zeile (i) für jeden der unterschiedlichen Vektoren (t^s) der Referenzmuster die ermittelten Differenzen der Helligkeitswerte summiert werden bzw. eine kumulative vertikale Differenz ($d^s(i)$) gebildet und dieser Zeile (i) zugeordnet wird,



- e) für jedes Referenzmuster (t^s) ein Spaltenvektor (d^s) der für die einzelnen Zeilen (i) ermittelten kumulativen Vertikaldifferenzen ($d^s(i)$) gebildet wird und die lokalen Maxima dieser Spaltenvektoren (d^s) ermittelt und gegebenenfalls in einer Matrix ($M_{i,s}$) angeordnet werden und
- f) für jede Zeile (i) das Zeilenmaximum unter den lokalen Maxima der Spaltenvektoren (d^s) ermittelt wird und – sofern ein derartiges Zeilenmaximum aufgefunden wird – das dieses Maximum enthaltende Referenzmuster (t^s) der jeweiligen Zeile (i) als Bandenbegrenzungskandidat (BB) angesehen und gegebenenfalls weiter ausgewertet und/oder zur Anzeige gebracht und/oder gespeichert wird.
13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (5) diejenigen Differenzen ($d^s(i)$) der Helligkeitswerte mit 0 bewertet, bei deren – insbesondere für Randbereiche erfolgenden – Berechnung kein Pixel der Bildmatrix ($g(i,j)$) zur Verfügung steht.
14. Anordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (5) eine Vergleichseinheit (6) umfasst, in der diejenigen Maxima als lokale Maxima gewertet werden, bei denen beidseitig kumulative Differenzen ($d^s(i)$) geringeren Wertes gelegen sind und/oder dass von der Vergleichseinheit beim Auftreten von mehreren lokalen Maxima für eine Zeile eines dieser lokalen Maxima nach Zufallskriterien für das Zeilenmaximum ausgewählt wird.
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
- dass die Recheneinheit (5) eine Sortiereinheit (7) zur Ermittlung von miteinander kompatiblen Bandenbegrenzungskandidaten umfasst, die einen Vektor (m_{init}) mit den Werten der den Helligkeitsdifferenzen bzw. den kumulativen vertikalen Differenzen ($d^s(i)$) entsprechenden Zeilenmaxima erstellt und die Zeilenmaxima nach deren Größe in absteigender Ordnung zu einem modifizierten Vektor (m_{init}) sortiert,
 - dass ein Vergleicher (8) vorgesehen ist, der beginnend mit dem das größte Zeilenmaximum aufweisenden, d.h. hellsten, Bandenbegrenzungskandidaten (BB) überprüft, ob einer der folgenden weniger hellen Bandenbegrenzungskandidaten das Referenzmuster (RM) dieses größeren Helligkeitsdifferenzen entsprechenden Bandenbegrenzungskandidaten schneidet und/oder berührt,
 - wobei im Falle eines Schneidens und/oder Berührens der weniger helle Bandenbegrenzungskandidat verworfen wird bzw. seine Werte auf Null gesetzt werden, und



- wobei diese Überprüfung jeweils für den verbleibenden bzw. nicht verworfenen und den dem helleren Bandenbegrenzungskandidaten nächstfolgenden Bandenbegrenzungskandidaten wiederholt wird, und der gegebenenfalls die Maximalwerte der verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten zu einem Vektor (m_{comp}) und die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten (BB) zu einem Vektor (a_{comp}) zusammenfasst.
16. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet,
- dass die Recheneinheit (5) eine Prüfeinheit (9) umfasst, mit der für durch zwei benachbarte Bandenbegrenzungskandidaten (BB) des Vektors (m_{comp}) begrenzte Regionen der Spur eine Teilungskurve (C) ermittelt wird, indem spaltenweise, insbesondere nach einer vorgegebenen Definition, der mittlere Abstand der Pixel der beiden Bandenbegrenzungskandidaten ermittelt wird,
 - wobei die Mediane der Helligkeitswerte für die mit den Teilungskurven (C) gebildeten Teilregionen ($S_{k,u}$; $S_{k,l}$) ermittelt werden, und
 - wobei bei Übereinstimmung oder Übereinstimmung innerhalb vorgegebener Grenzen der Mediane von zwei aneinander grenzenden Teilbereichen unterschiedlicher Regionen (R_k) der diese Teilbereiche trennende Bandenbegrenzungskandidat gelöscht bzw. ausgeschieden wird.
17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (5) einen Schwellwertbildner umfasst, die für die verbleibenden Bandenbegrenzungskandidaten einen weiteren Vektor (m_{med}) erstellt und für die darin enthaltenen Zeilenmaxima einen allenfalls einstellbaren Schwellwert vorgibt und nur diesen Schwellwert übersteigende Zeilenmaxima und die damit festgelegten Bandenbegrenzungskandidaten für die weitere Auswertung zulässt.
18. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Suche von paarweise zusammengehörigen Bandenbegrenzungskandidaten eine Einheit (15) zur Ermittlung der Helligkeit von drei in der Spur unmittelbar aufeinander folgenden, durch Bandenbegrenzungskandidaten begrenzten Regionen (R_k) aufweist, wobei jede Region (R_k) durch einen quer zur Spur (4) verlaufenden Median ($med(S_{k,u})$) in annähernd symmetrische Teilregionen (S_k) zerlegt und für jede Teilregion ($S_{k,u}$; $S_{k,l}$) der Median für die Helligkeitswerte der Pixel errechnet wird, wobei für die jeweils erste Region das Minimum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert für die Region genommen wird, für die folgende, zweite Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser

Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird und für die dritte Region das Maximum der beiden Mediane der Helligkeitswerte dieser Teilregionen als Repräsentativwert genommen wird und dass mit der Einheit ein Vergleich der Repräsentativwerte erfolgt, wobei die mittlere Region (R_k) dann als Bande angesehen wird, wenn ihr Repräsentativwert größer ist als der Repräsentativwert der beiden benachbarten Regionen.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung eine Bildkorrektureinheit (10), z.B. zum Entzerren, zum Verschieben und/oder zur Größenänderung des Intensitätsbildes bzw. der Bildmatrix, vor der Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten, umfasst.
20. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zur Entfernung von lokalen Artefakten in der Bildmatrix vor Bestimmung der Bandenbegrenzungskandidaten einen Rauschfilter (11), vorzugsweise einen auf einer geometrisch gesteuerten Diffusion basierten Rauschfilter, umfasst.
21. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung eine Einheit (12) aufweist, mit der vor Bestimmung der Bandenbegrenzungen die Spuren mit den in ihnen aufscheinenden Banden festgelegt bzw. abgegrenzt und definiert werden.
22. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzmuster bzw. Schablonen bezüglich der Mittelachse der Spur symmetrisch aufgebaut sind.
23. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung eine Steuereinheit aufweist; mit der die einzelnen Einheiten kontrollierbar bzw. steuerbar sind, und dass gegebenenfalls die einzelnen Einheiten von Recheneinheiten gebildet sind, in denen die Funktionen der Einheiten mit Rechnerprogrammen verwirklicht sind.
24. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zumindest eine Anzeigeeinheit (13) für die als überprüft bzw. als verifiziert geltenden Bandenbegrenzungen aufweist, wobei die graphische Darstellung der Bandenbegrenzungen vorteilhafterweise gemeinsam mit einer graphischen

↓
~~-24-~~

~~-8-~~

035983

Darstellung der ursprünglich aufgenommenen Spur (4) des untersuchten Gebildes erfolgt.

~~Wien, am 12. November 2002~~

~~ARC Seibersdorf research GmbH~~

durch:

~~PATENTANWÄLTE~~

~~Dipl.-Ing. Dr. Helmut WILDHACK~~

~~Dipl.-Ing. Dr. Gerhard JELLINEK~~

1

000000

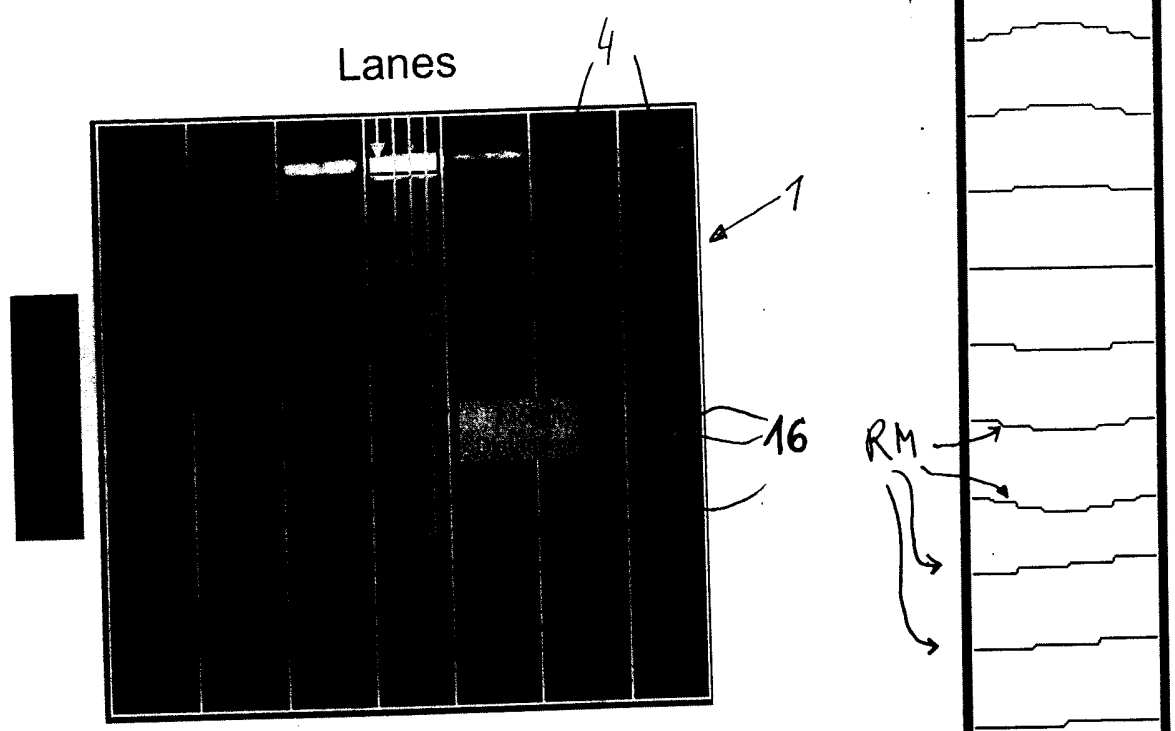


Fig. 1

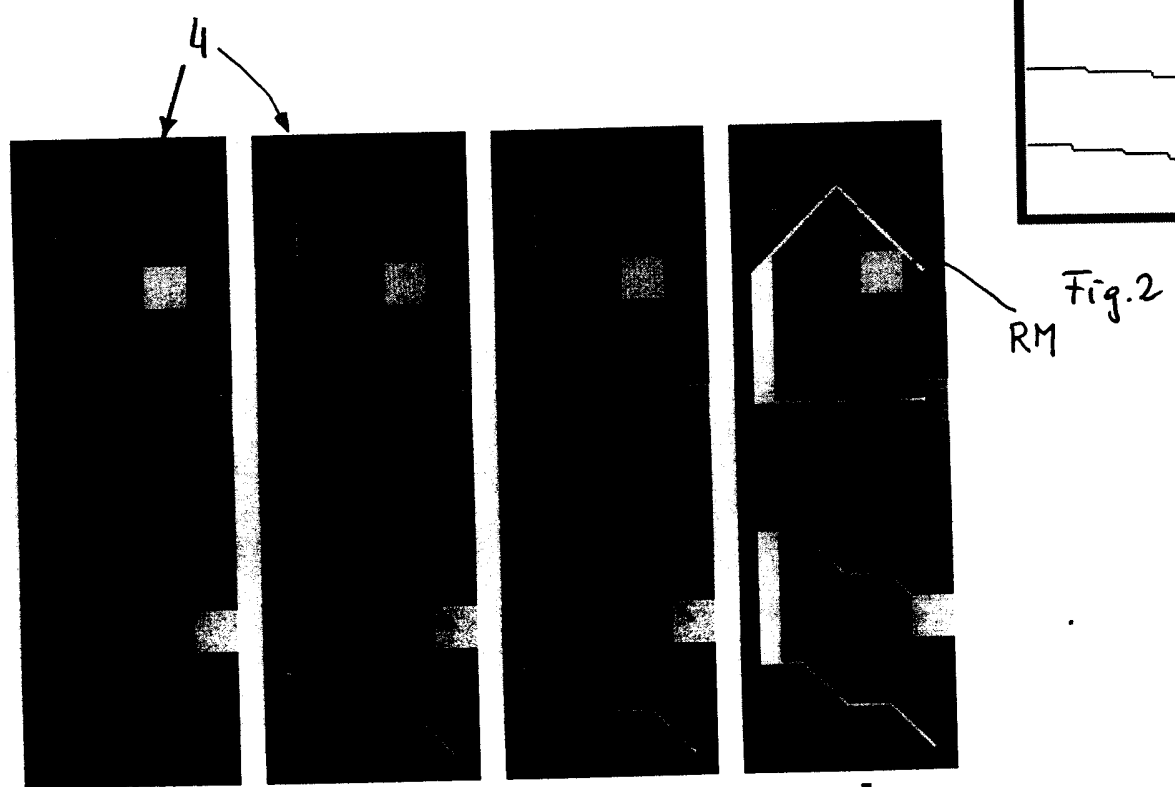


Fig. 2

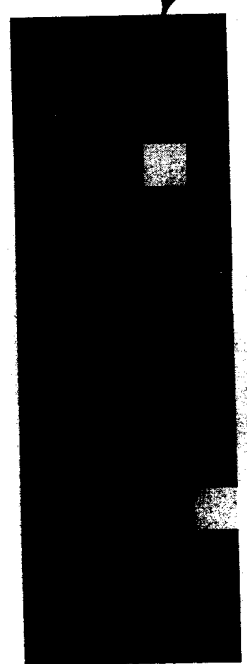


Fig. 3a

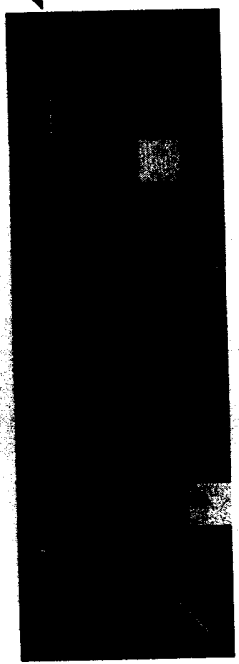


Fig. 3b

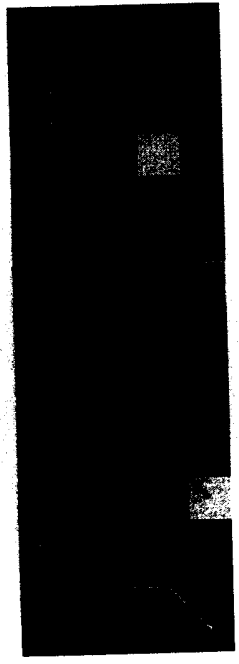


Fig. 3c

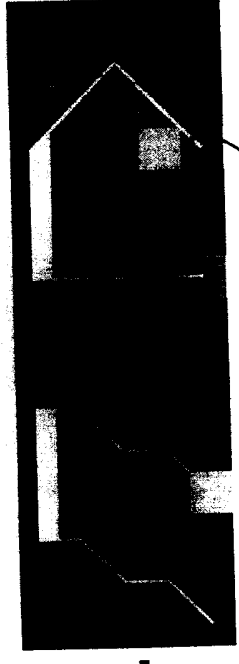


Fig. 3d

Eingang: Bild einer Spur

038983

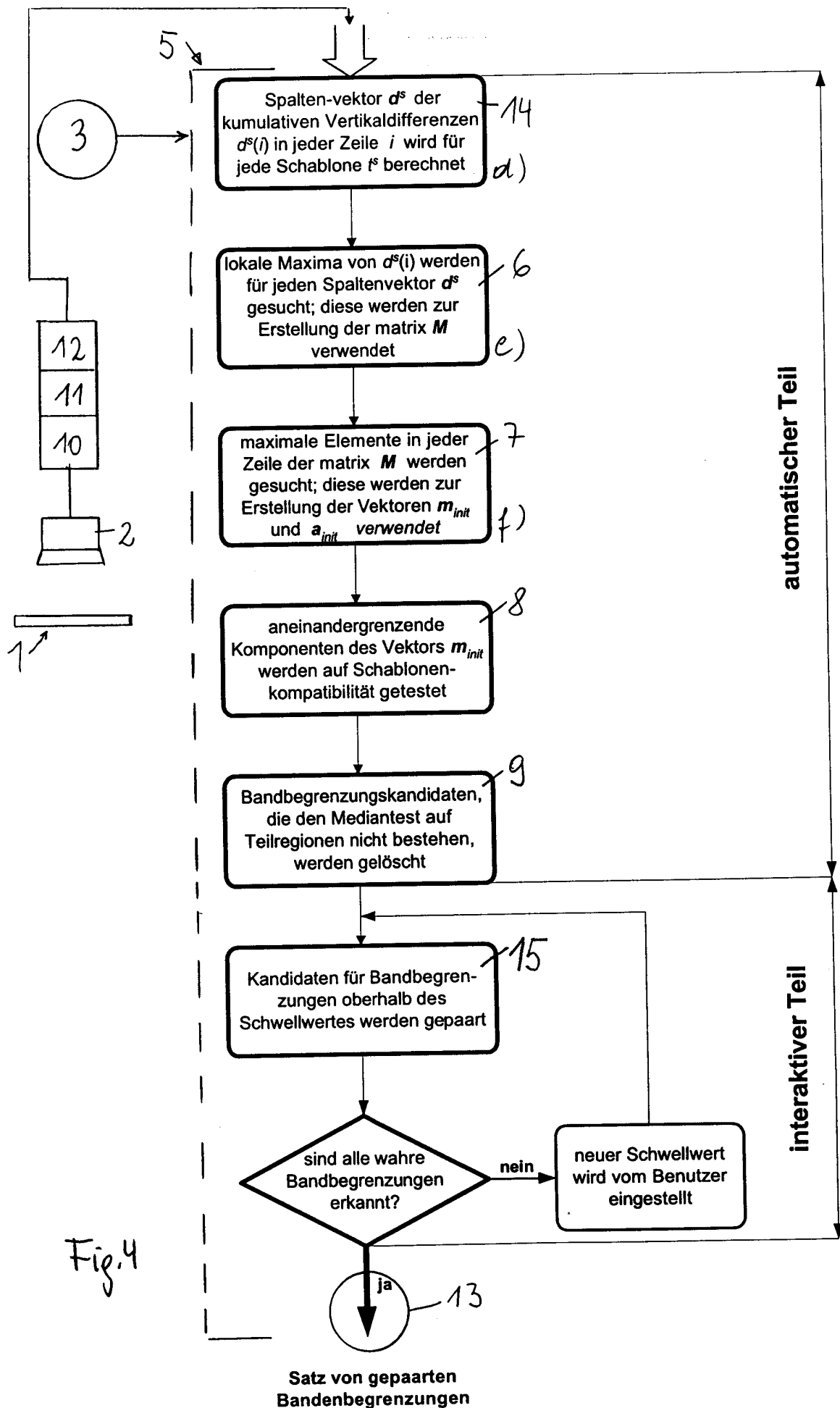
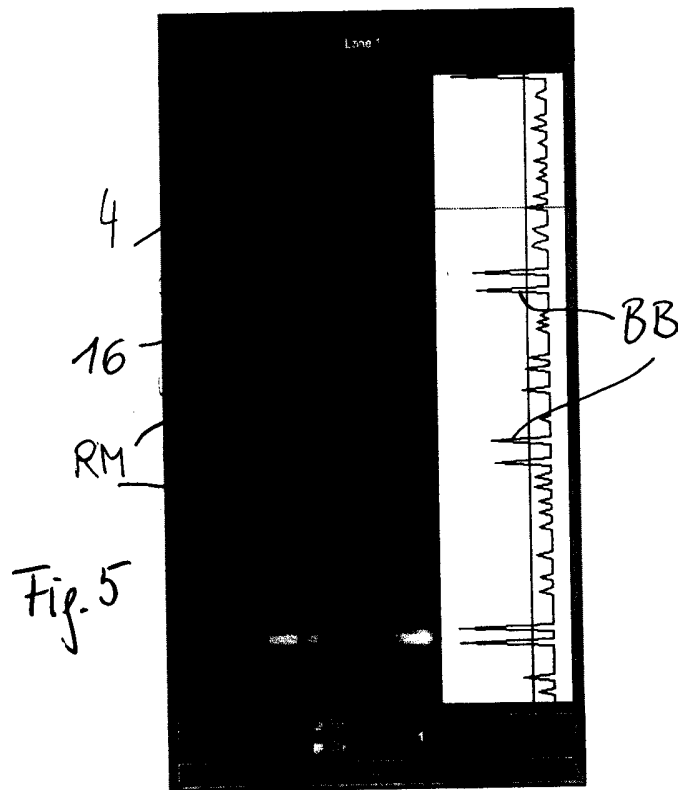


Fig.4

↓ 038983





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : G06T 7/60 (2006.01); G01N 27/447 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA:		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G06T, G01N		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, PAJ		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 12. November 2002 eingereichten Ansprüchen 1-24 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	DE 44 09 211 A1 (OLYMPUS OPTICAL Co. LTD) 22. September 1994 (22.09.1994) Zusammenfassung, Fig. 3, 6 --	1, 12
A	US 5 949 899 A (NG, DAVID) 7. September 1999 (07.09.1999) Zusammenfassung, Fig. 1, 5 ----	1, 12
Datum der Beendigung der Recherche: 13. März 2006		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dipl.-Ing. KOVACS
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		