





NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Rechenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Die dynamische Kalibrierung des Touchscreens beruht auf der Basis von Bildschirmberührungen des Benutzers. Dabei läuft die Kalibrierung im Hintergrund ab, ohne den Arbeitsprozess des Benutzers zu unterbrechen oder zu stören oder auch nur seine Aufmerksamkeit zu fordern. Durch die dynamische Kalibrierung wird das Verfahren den Veränderungen im Benutzerverhalten gerecht. Obwohl der Benutzer den Kalibrierungsprozess nicht bemerkt, werden realistische Ergebnisse geliefert und die Usability wird nicht beeinträchtigt. Jedes Bildschirmobjekt dient mit seinem Mittelpunkt als Referenz, wodurch eine grosse und repräsentative Menge von Werten zur Verfügung steht, die die präzise Berechnung der notwendigen Kalibrierung ermöglicht. Unter Anwendung verschiedener gleitender Mittelwerte wird eine aktuelle Augenposition bezüglich des Touchscreens ermittelt und diese laufend mitberücksichtigt.

## **Verfahren zur dynamischen Kalibrierung von Kontaktbildschirmen**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur dynamischen Kalibrierung von Kontaktbildschirmen gemäss Patentanspruch 1.

Im IBM Technical Disclosure Bulletin Vol. 32, No. 9B, February 1990, New York US, S. 250 - 253 ist eine benutzergeführte Kalibrierungsmethode beschrieben, die - anders als die meisten bekannten Methoden, für die Pen-Down ausschlaggebend ist - das Abheben des Stiftes oder Fingers zur Grundlage ihrer Berechnungen macht. Der Benutzer muss dazu allerdings mehrere Durchläufe eines geführten Tests absolvieren.

Im Patentdokument US005801941A wird ein mobiles Gerät beschrieben, das über ein sogenanntes "Soft Keyboard" verfügt. Dieses besteht aus sechseckigen Tasten, die besonders Platz sparend sein sollen, was nur bedingt einleuchtet, da 16 von 32 Tasten beschnitten und daher gar nicht sechseckig sind. Um die Treffsicherheit der User beim Benutzen der Tastatur zu verbessern, wird ein Kontrollprogramm eingesetzt. Es geht hierbei ausdrücklich nicht darum, das bekannte Parallaxe-Problem zu lösen, sondern lediglich um die Korrektur der vom User absichtlich oder unbewusst herbeigeführten horizontalen oder vertikalen Abweichungen vom Tastenmittelpunkt. Es wird davon ausgegangen, dass Benutzer die Tasten entweder zu weit unten treffen, weil sie sich selbst mit dem Eingabemittel (Stift oder auch Finger) nicht die Sicht auf die angepeilte Taste verstellen wollen, oder aus dem gleichen oder einem anderen Grunde die Tasten zu weit links oder rechts treffen, je nachdem, ob sie Links- oder Rechtshänder sind. Das Treffverhalten wird anhand von einem einmaligen Test (einer vorgegebenen Zeichenfolge) berechnet. Hierbei wird ein Durchschnittswert ermittelt. Danach gleicht das Kontrollsystem jede Eingabe unter Zuhilfenahme der errechneten durchschnittlichen Abweichung aus. Damit wird ein Benutzer sozusagen zum '5-Pixel-nach-unten-Abweicher', dessen Eingaben alle 5 Pixel nach oben korrigiert werden. Die Prämisse, dass ein Benutzer Tasten standardmässig "falsch" trifft, erscheint für

genau so uneinsichtig wie die Annahme, dass dieses Problem auch nur annähernd so relevant ist wie die während der Eingabe jeweils sich verändernde Parallaxe.

Das Patentdokument US6256021B1 beschreibt ein Gerät bzw. eine Methode zur Berechnung der Zielflächen auf Bedienelementen, abhängig von dem Winkel bzw. der Richtung der Eingabe durch den Benutzer.

Hierbei wird der Benutzer vorab gebeten, einzugeben, ob er Links- oder Rechtshänder ist. Abhängig von dieser Eingabe werden die Zielflächen für alle berührbaren Elemente auf dem Display berechnet, wobei auch die jeweilige Position des Elements auf dem Display berücksichtigt wird. Hierbei handelt es sich um eine einmalige Berechnung, die einmalig pro Log-In erfolgt, falls es sich um einen öffentlichen Terminal handelt. Dies ist somit kein dynamisches Verfahren. Das Parallaxe-Problem beispielsweise wird davon nicht berührt bzw. gelöst.

Das Patentdokument US20020070926A1 beschreibt eine Methode zur Touchscreen-Kalibrierung, welche eine Ergebnisdatenbank benutzt. Die Kalibrierung erfolgt mit Benutzerführung, d.h. entsprechend bekannter Touchscreen-Kalibrierungsmethoden gibt das System Zielpunkte vor, die als Kalibrierungsreferenzen dienen. Der Punkt, den der vom System dazu aufgeforderte Benutzer berührt, wird mit dem Referenzpunkt verglichen. In diesem Patent wird zwischen gültigen und ungültigen Eingaben unterschieden. Die Einschätzung der Gültigkeit kann nach unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen, z.B. abhängig davon, ob der vom Benutzer "getroffene" Punkt innerhalb oder ausserhalb eines bestimmten um den Referenzpunkt befindlichen Radius liegt. Erst vom System als gültig bewertete Eingaben setzen den dem Patent wesentlichen Prozess in Gang, der auf der Berücksichtigung einer Ergebnisdatenbank beruht. Die Datenbank enthält nur frühere gültige Ergebnisse von Kalibrierungsvorgängen mit Benutzerführung. Es berücksichtigt also nur das Treffverhalten am Beginn des Eingabeprozess unter geführten Bedingungen.

Die Gewichtung der Ergebnisse aus der beschriebenen Datenbank kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen, z.B. nach deren Alter. Wesentlich ist, dass aus der Datenbank ein Ergebnis ermittelt wird, welches das Ergebnis des durch die als ungültig bewertete Benutzereingabe abgebrochenen aktuellen Kalibrierungsvorgangs ersetzt.

In EP0618528B1 ist eine dynamische Ausrichtungsvorrichtung für Berührungsanzeigeknöpfe beschrieben, die das Problem der genauen Bedienung von Berührungsanzeigeknöpfen an öffentlichen Touchscreens lösen soll. Anhand von zwei nacheinander zu bedienenden Buttons richtet sich der Touchscreen nach Grösse bzw. Berührungsrichtung des Bedienenden aus (eine grosse Person berührt z.B. den Button eher in der oberen Region). Die Punkte, an denen die beiden Ausrichtungsbuttons berührt werden, dienen als Kalibrierungsorientierung. Auf diese Weise können mehr und kleinere Bedienflächen zur Auswahl stehen, weil sich die Treffgenauigkeit der Benutzer verbessert. Da die erzielte Genauigkeit allerdings nur auf der Auswertung von zwei Eingaben, beruht, ist sie nicht sehr verlässlich. Zudem handelt es sich um einen geführten Kalibrierungsprozess, der einen zusätzlichen Aufwand für den User bedeutet, was nachteilig ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, unter Vermeidung der erwähnten Nachteile ein Verfahren zur dynamischen Kalibrierung von Kontaktbildschirmen anzugeben, das die Veränderungen im Benutzerverhalten laufend berücksichtigt und das als Hintergrundfunktion abläuft ohne dass der Benutzer etwas bemerkt.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäss Patentanspruch 1.

Das Verfahren soll die Eingabe auf Touchscreengeräten hinsichtlich der Treffgenauigkeit verbessern. Hier besteht ein grosser Bedarf, da die bisherigen Kalibrierungsmethoden das drängende Parallaxen-Problem nicht haben lösen können. Nach wie vor weichen die Koordinaten vom Berührungspunkt des Eingabemittels (Stift oder Finger) und die Koordinaten des Cursors deutlich voneinander ab. Dies kann sich nach einiger Zeit des Arbeitens und der Positionsveränderung des Users noch verschlimmern. Die standardmässige einmalige Kalibrierung auf der Basis von nur vier Eingaben, die noch dazu in einer "Laborsituation" erfolgt, bietet da keine Abhilfe. Zudem merken viele Benutzer häufig nicht, wenn eine Neukalibrierung nötig ist. Mit Hilfe des Verfahrens wird die räumliche Augenposition (x/y/z) über dem Bildschirm ermittelt um eine "Positions-dynamische Parallaxen-Korrektur" auszuführen.

Mit Hilfe des Strahlensatzes, dem fixen Abstand zwischen Kontaktfläche und Bild-

schirmfläche sowie der Augenposition ( $x/y/z$ ) wird für jedes Bildschirmobjekt gemäss der Position seines Mittelpunkts eine "Positions-dynamische Parallaxen-Korrektur" berechnet. Diese Korrektur lässt sich für jedes Bildschirmobjekt, auch neu hinzukommende oder verschobene, anhand ihrer Bildschirmkoordinate fortwährend berechnen.

Das Verfahren wird im Folgenden anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 Einführende Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit einem Bildschirmobjekt und einem Kontaktflächen-Punkt
- Fig. 2A Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten und Mittelung
- Fig. 2B Datentabelle zu Fig. 2A
- Fig. 2C Zweite Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten und Mittelung
- Fig. 3A-3D Tabellen zur 1D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 1 Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten mit Mittelung und vorgängiger Gewichtung
- Fig. 4 Flussdiagramm für eine 1D-Kalibrierung
- Fig. 5 Einführende Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und Augenposition
- Fig. 6  $(x,z)$ -Kalibrierungs-Graph mit Kalibrierungskomponente  $b_x$
- Fig. 7 Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und je einem Kontaktflächen-Punkt
- Fig. 8  $(x,z)$ -Kalibrierungs-Graph zentriert im Punkt  $S'$
- Fig. 9 Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit den Schnittpunkten für 3 Bildschirmobjekte
- Fig. 10 Ausschnitt aus einer Tabelle einer 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit einer dritten Mittelung über die Schnittpunkte von 3 und mehr Bildschirmobjekten

In der vorliegenden Erfindung werden folgende Begriffe definiert:

1D-Kalibrierung:

Kalibrierung eines Punktes A in der x-Richtung bezüglich einem Bildschirmobjekt.

2D-Kalibrierung:

Kalibrierung von Punkten A, B in der x-Richtung und z-Richtung bezüglich  $\geq 2$  Bildschirmobjekten.

3D-Kalibrierung:

Kalibrierung von Punkten A, B, C in der x,y-Richtung und z-Richtung bezüglich  $\geq 3$  Bildschirmobjekten.

Zyklopauge:

Hypothetisches Auge des Bedieners in einer Position, die sich zwischen den beiden Augen des Bedieners befindet.

Positionsdynamische Parallaxen-Korrektur:

Korrekturgrößen des erfindungsgemässen Verfahrens, die die Parallaxe und die Augenposition des Bedieners berücksichtigen und kontinuierlich in einem Hintergrundprogramm ermittelt werden. Sie stellen die zentralen Größen für die Kalibrierung des Kontakt-Bildschirmes dar.

Fig. 1 zeigt eine einführende Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und einem Kontaktflächen-Punkt.

Die x-Achse eines (X,Z)-Koordinatensystems ist parallel zu einer Kante eines Kontaktbildschirms ausgerichtet und liegt in dessen Bildschirmfläche BF. Über der Bildschirmfläche BF liegt mit einem Abstand d eine Kontaktfläche KF, die in der (x,z)-Ebene als Linie KF dargestellt ist und parallel zur x-Achse verläuft. Die z-Achse verläuft senkrecht zur x-Achse und ist zweckmässigerweise in einer Ecke des Kontaktbildschirms angeordnet, wo auch der Nullpunkt des (X,Z)-Koordinatensystems liegt. Auf der Kontaktfläche KF befindet sich ein Berührungspunkt A, dessen Projektion auf die Bildschirmfläche den Punkt A' bildet. Den Punkten A und A' sind im (X,Z)-Koordinatensystem die Koordinaten  $A(x,z)$  und  $A'(x,z)$  zugeordnet. Die z-Komponente des Punktes A' ist null, während die z-Komponente des Punktes A die Distanz d beträgt.

Die Kontaktfläche und die Bildschirmfläche liegen nahe aufeinander, sodass die Distanz  $d$  in der Regel 0,5 - 4,0 mm beträgt. In Fig. 1 ist die Distanz  $d$  aus Gründen der Übersichtlichkeit überhöht dargestellt. Auf der Bildschirmfläche BF befindet sich ein Bildschirmobjekt BO, das in der Regel eine Taste oder ein Balken ist, aber auch eine beliebige Form aufweisen kann. Bildschirmobjekte stehen auf dem Kontaktbildschirm mit verschiedenster Herkunft zur Verfügung. Entweder stammen sie von einem Betriebssystem oder von einem weiteren Programm. Bildschirmobjekte beliebiger Art bilden die Basis für eine dynamische Kalibrierung.

Wenn nun die Eingabe durch den Benutzer, bzw. den Bediener im Berührungspunkt A erfolgt ist, wird geprüft, ob sich der Punkt A, bzw. der Punkt A' innerhalb des Bildschirmobjektes BO befindet, bzw. ob der Punkt A' zum Bildschirmobjekt BO gehört. Da auch den Begrenzungen des Bildschirmobjektes BO Koordinaten zugeordnet sind, wird die Zugehörigkeit des Punktes A' zum Bildschirmobjekt in bekannter Weise ermittelt. Wenn der Punkt A' nicht zum Bildschirmobjekt BO gehört, bzw. ausserhalb diesem liegt, wird der Punkt A' für das Kalibrierungsverfahren nicht beigezogen, bzw. er wird verworfen. Wenn der Punkt A' jedoch zum Bildschirmobjekt BO gehört, wird der Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O, bzw. Bildschirmobjekt-Schwerpunkt berechnet. Anschliessend wird ein Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'$  berechnet, der vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O zum Punkt A' führt und dessen x-Komponente  $a'_x$  beträgt. Mit dem Fettdruck  $\mathbf{a}'$  wird eine Vektorgrösse dargestellt, was auch im weiteren der Fall sein wird. Der Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'$  definiert nun einen Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}$ , indem er den Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'$  mit negativem Vorzeichen darstellt, nämlich  $-\mathbf{a}'$  und dessen x-Komponente  $-a_x$ . Somit ergibt sich der elementare Kalibrierungsschritt als:  $A_{x,cal} = A_x + a_x = A_x - a'_x$ , wobei  $A_{x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente des Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Ziel des Bedieners ist es, das Bildschirmobjekt immer in der Mitte zu treffen. In der Realität ist dies jedoch nicht der Fall. So liegen die Trefferbilder auf einem Bildschirmobjekt meist nicht zentriert um die Mitte, sondern einseitig exzentrisch. Tatsache ist, dass der Bediener die Bildschirmobjekte grossmehrheitlich trifft.

Es kann vorkommen, dass der Bediener ein Bildschirmobjekt nicht trifft, bzw. sich vertippt und den unerwünschten Vorgang erkennt. Für diesen Fall ist eine Ignorierfunktion vorgesehen, mittels derer der Bediener in der Lage ist, den fehlerhaften

Berührungspunkt zu löschen, bzw. zu ignorieren und damit dessen Eingang in die Ergebnisdatenbank zu unterbinden oder abzublocken. Dies erfolgt in der Regel über irgendeinen Befehl, der z.B. über eine Hilfstaste ausgelöst werden kann. Dies ist jedoch nicht zwingend nötig.

Fig. 2A zeigt eine Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten und Mittelung.

In einer ähnlichen Anordnung wie in Fig. 1 befinden sich auf der Kontaktfläche die Berührungspunkte A(1), A(2) und A(3), deren Projektionen auf die Bildschirmfläche die Punkte A'(1), A'(2) und A'(3) bilden. Den Punkten A(1), A(2), A(3) und A'(1), A'(2), A'(3) sind im (X,Z)-Koordinatensystem die Koordinaten A(1;x,z), .... und A'(1;x,z), ... zugeordnet. Die Punkte A(1), A(2) und A(3) sind entstanden durch die Eingabe des Bedieners mit dem Ziel das Bildschirmobjekt zu treffen, was gelungen ist, denn die drei Punkte liegen innerhalb des Bildschirmobjektes. Für jeden der Punkte A'(1), A'(2), A'(3) werden Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(1)$ ,  $\mathbf{a}'(2)$ ,  $\mathbf{a}'(3)$  berechnet, die vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O zum den Punkten A'(1), A'(2), A'(3) führen und deren x-Komponenten  $a'_x(1)$ ,  $a'_x(2)$  und  $a'_x(3)$  betragen. Aus den drei Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(1)$ ,  $\mathbf{a}'(2)$ ,  $\mathbf{a}'(3)$  wird anschliessend ein gemittelter Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_m$  berechnet, dessen gemittelte x-Komponente  $a'_{m,x}$  ist. Analog zum bereits Beschriebenen definiert der Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_m$  nun einen Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}_m$ , indem er den Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_m$  mit negativem Vorzeichen darstellt, nämlich  $-\mathbf{a}'_m$  und dessen x-Komponente  $-a'_{m,x}$ . Analog ergibt sich als Kalibrierungsschritt:  $A_{m,x,cal} = A_{m,x} + a_{m,x} = A_{m,x} - a'_{m,x}$ , wobei  $A_{m,x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente eines gemittelten Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Fig. 2B zeigt eine Tabelle der abgespeicherten Daten zur 1D-Kalibrierung mit Mittelung. Die Ereignisse 1, 2, 3 haben die Werte +12, +4 und -12 als x-Komponenten der Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(1)$ ,  $\mathbf{a}'(2)$  und  $\mathbf{a}'(3)$  geliefert. Nach Vorliegen von einer Anzahl N von Ereignissen mit  $N = 3$  wurde erstmals ein erster Mittelwert, bzw. ein Mittelwert (I) berechnet, was den Wert 1,33 für die x-Komponente  $a'_{m,x}$  des gemittelten Abweichungsvektors  $\mathbf{a}'_m$  geliefert hat. Mit umgekehrtem Vorzeichen ergab sich ein Wert von -1,33 für die x-Komponente  $-a'_{m,x}$  des gemittelten Kalibrierungsvektors  $\mathbf{a}_m$ . Die Zahl N ist in der Regel kleiner als 100, vorzugsweise 8 bis 30. Die Zahl N stellt

gleichzeitig auch eine sog. 'Fenstergrösse' dar, wie sie in bekannter Weise bei gleitenden Mittelwerten (moving average) verwendet werden (M. R. Spiegel, L. J. Stephens, Statistik, S. 529-530, Verlag Moderne Industrie (2003)).

Fig. 2C zeigt eine zweite Darstellung einer 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten und Mittelung.

In einer ähnlichen Anordnung wie in Fig. 1 befinden sich auf der Kontaktfläche die Berührungspunkte A(1), A(2) und A(3), deren Projektionen auf die Bildschirmfläche die Punkte A'(1), A'(2) und A'(3) bilden. Von den Punkten A(1), A(2), A(3) zum Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O führende Linien A(1)-O, A(2)-O, A(3)-O bilden zur Bildschirmflächenlinie BF Winkel  $\alpha(1)$ ,  $\alpha(2)$  und  $\alpha(3)$ . Aus den drei Winkeln  $\alpha(1)$ ,  $\alpha(2)$ ,  $\alpha(3)$  wird anschliessend ein gemittelter Winkel  $\alpha_m$  berechnet, dem auf der Kontaktflächenlinie KF ein gemittelter Berührungspunkt  $A_m$  entspricht, der durch eine zum Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O führende Linie  $A_m$ -O zur Bildschirmflächenlinie BF den Winkel  $\alpha_m$  bildet. Für den Punkt  $A_m$  wird der Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_m$  berechnet, der vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O zum Punkt  $A_m$  führt, und dessen gemittelte x-Komponente  $a'_{m,x}$  ist. Analog ergibt sich wie in Fig. 2A beschrieben die kalibrierte x-Komponente  $A_{m,x,cal}$  des gemittelten Punktes  $A_m$ . Diese Kalibrierungskomponente ist nicht immer identisch mit der in Fig. 2A ermittelten, aber sie kann in gleicher Weise zur Kalibrierung herangezogen werden. Hiermit wurde eine zweite Art der Herleitung (und keinesfalls abschliessend) beschrieben, wie ein Abweichungsvektor berechnet werden kann, der zu einem Kalibrierungsschritt führt.

Fig. 3A zeigt eine Tabelle zur 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkt mit Mittelung (I) und vorgängiger Gewichtung.

In der Tabelle sind die gleichen 3 Punkte wie in Fig. 2A berücksichtigt mit den x-Komponenten  $a'_x$  ihrer Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'$ . Jeder der x-Komponenten  $a'_x$  wird nun vor der Mittelung ein Gewichtungsfaktor G zugeordnet und zwar nach Massgabe der Abweichung vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O. Die mit den Werten +12 und -12 weiter vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O liegenden Punkte A(1) und A(3) erhalten den Gewichtungsfaktor  $G = 0,2$ , während der näher liegende Punkt A(2) einen Gewichtungsfaktor  $G = 0,9$  erhält. Die Gewichtung kann linear zum Abstand der Punkte A zum Bildschirmobjekt-Mittelpunkt O erfolgen oder nicht-linear, bzw. sogar beliebig. Massgebend dafür

ist eine Gewichtungskennlinie, an Hand der die Gewichtungsfaktoren über den gesamten Verlauf des Bildschirmobjektes festgelegt vorliegen. Vor der Mittelung werden nun die Produkte  $G \cdot a'_x$  gebildet, die zur Mittelung (I) herangezogen werden.

Aus den drei gewichteten Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'_g(1)$ ,  $\mathbf{a}'_g(2)$ ,  $\mathbf{a}'_g(3)$  wird anschliessend ein gewichteter, gemittelter Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_{gm}$  berechnet, dessen gewichtete, gemittelte x-Komponente  $a'_{gm,x}$  ist. Analog zum bereits Beschriebenen definiert der Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_{gm}$  nun einen Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}_{gm}$ , indem er den Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_{gm}$  mit negativem Vorzeichen darstellt, nämlich  $-\mathbf{a}'_{gm}$  und dessen x-Komponente  $-a'_{gm,x}$ . Analog ergibt sich als Kalibrierungsschritt:  $A_{gm,x,cal} = A_x + a_{gm,x} = A_x - a'_{gm,x}$ , wobei  $A_{gm,x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente eines gewichteten, gemittelten Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Der Zweck dieser vorgängigen Gewichtung geht dahin, dass weiter entfernt liegende Punkte A vom Bildschirmobjekt-Mittelpunkt mit einem tieferen Gewicht in das Verfahren eingehen, was sich vor allem bei hoch- oder querformatigen Bildschirmobjekten, wie z.B. der SPACE-Taste auf der Qwerty-Tastatur oder dem vertikalen Scroll-Balken, vorteilhaft erweist. Tatsache ist, dass der Bediener in diesen Fällen meistens das Bildschirmobjekt in der kleineren Dimension in die Mitte trifft und in der grösseren Dimension vielfach sehr einseitig trifft, was wohl auch absichtlich erfolgt. Somit kann die beschriebene Gewichtung als 'Abweichungs-Gewichtung', bzw. 'Ort-Gewichtung' bezeichnet werden.

Fig. 3B zeigt eine Tabelle zur 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten mit Mittelung (I) und vorgängiger Zeitgewichtung.

In der Tabelle sind die gleichen 3 Punkte wie in Fig. 2 berücksichtigt mit den x-Komponenten  $a'_x$  ihrer Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'$ . Jeder der x-Komponenten  $a'_x$  wird nun vor der Mittelung ein Gewichtungsfaktor  $G^*$  zugeordnet und zwar nach Massgabe der Erfassungsreihenfolge. Der ersterfasste und zeit-ältere Berührungspunkt 1 erhält einen kleineren Gewichtungsfaktor  $G^*$  als die zeit-jüngeren Berührungspunkte 2 und 3. Die Gewichtung kann linear oder in einer beliebigen Art erfolgen. Massgebend dafür ist eine Gewichtungskennlinie, an Hand der die Gewichtungsfaktoren über den gesamten Bereich der zur Mittelung vorgesehenen N Berührungspunkte festgelegt vorliegen. Vor

der Mittelung werden nun die Produkte  $G^* \cdot a'_x$  gebildet, die zur Mittelung (I) herangezogen werden.

Aus den drei zeit-gewichteten Abweichungsvektoren  $a'_{g^*}(1)$ ,  $a'_{g^*}(2)$ ,  $a'_{g^*}(3)$  wird anschliessend ein zeit-gewichteter, gemittelter Abweichungsvektor  $a'_{g^*m}$  berechnet, dessen zeit-gewichtete, gemittelte x-Komponente  $a'_{g^*m,x}$  ist.

Analog ergibt sich als Kalibrierungsschritt:  $A_{g^*m,x,cal} = A_x + a_{g^*m,x} = A_x - a'_{g^*m,x}$ , wobei  $A_{g^*m,x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente eines zeit-gewichteten, gemittelten Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Der Zweck dieser vorgängigen Zeit-Gewichtung geht dahin, dass zeit-ältere Berührungspunkte mit einem tieferen Gewicht in das Verfahren eingehen, was sich vor allem bei Änderungen der Augenposition des Bedieners vorteilhaft erweist. Damit wird die aktuelle Augenposition stärker gewichtet. Diese Art der Gewichtung kann auch als 'Reihenfolge-Gewichtung' bezeichnet werden.

Fig. 3C zeigt eine Tabelle zur 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten mit Mittelung (I) und vorgängiger Ort-Zeit-Gewichtung.

Wie in Fig. 3A als Ort-Gewichtung bereits beschrieben, werden nun die Grössen  $G \cdot a'_x$  mit dem Zeit-Gewichtsfaktor  $G^*$  versehen, die Produkte  $G^* \cdot G \cdot a'_x$  gebildet und über diese der Mittelwert berechnet. Es resultiert ein ort-zeit-gewichteter, gemittelter Abweichungsvektor  $a'_{g^*gm}$ , dessen ort-zeit-gewichtete, gemittelte x-Komponente  $a'_{g^*gm,x} = +0,56$  ist.

Als Kalibrierungsschritt ergibt sich:  $A_{g^*gm,x,cal} = A_x + a_{g^*gm,x} = A_x - a'_{g^*gm,x}$ , wobei  $A_{g^*gm,x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente eines ort-zeit-gewichteten, gemittelten Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Der Zweck dieser vorgängigen Ort-Zeit-Gewichtung geht dahin, dass sie die beiden in Fig. 3A und 3B beschriebenen Gewichtungen vereinigt.

Fig. 3D zeigt eine Tabelle zur 1D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einem Bildschirmobjekt und 3 Kontaktflächen-Punkten mit Mittelung (I) und vorgängiger Zeit-Ort-Gewichtung.

Wie in Fig. 3B als Zeit-Gewichtung bereits beschrieben, werden nun die Grössen  $G^* \cdot a'_x$  mit dem Ort-Gewichtsfaktor  $G$  versehen, die Produkte  $GG^* \cdot a'_x$  gebildet und über

diese der Mittelwert berechnet. Es resultiert ein zeit-ort-gewichteter, gemittelter Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'_{gg^*m}$ , dessen zeit-ort-gewichtete, gemittelte x-Komponente  $a'_{gg^*m,x} = +0,56$  ist.

Als Kalibrierungsschritt ergibt sich:  $A_{gg^*m,x,cal} = A_x + a_{gg^*m,x} = A_x - a'_{gg^*m,x}$ , wobei  $A_{gg^*m,x,cal}$  die kalibrierte x-Komponente eines zeit-ort-gewichteten, gemittelten Punktes A auf der Kontaktfläche KF darstellt.

Der Zweck dieser vorgängigen Zeit-Ort-Gewichtung geht dahin, dass sie die beiden in Fig. 3A und 3B beschriebenen Gewichtungen vereinigt.

Wie aus Fig. 3C und 3D hervorgeht, sind die Resultate für die kalibrierten x-Komponenten identisch. Es ist irrelevant, ob zuerst ort-gewichtet oder zeit-gewichtet wird: Die Operationen der Ort-Gewichtung und Zeit-Gewichtung sind vertauschbar.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm für eine 1D-Kalibrierung. Die Werte, bzw. die Koordinaten die in eine Ergebnisdatenbank aufgenommen werden und die Basis zur Kalibrierung darstellen, werden mit Bezug auf die Schritte im Flussdiagramm folgendermassen gewonnen:

Jedes Mal, wenn der Kontaktbildschirm berührt wird, z.B. bei einem Pen-Down oder einem Mouse-Click (Schritt 4.1), werden im System eines Computers, z.B. eines mit einem Windows-Betriebssystem, eine oder mehrere standardisierte spezifische Benachrichtigungen erzeugt, welche unter anderem x-Koordinaten (später auch y-Koordinaten) enthalten (Schritt 4.2).

Jedes Mal, wenn eine solche Benachrichtigung vom erfindungsgemässen Verfahren erkannt wird, wird im System nach Aktivierungs-Benachrichtigungen gesucht, welche durch Aktivieren eines Bildschirmobjekts z.B. einer Schaltfläche erzeugt werden. Dies erfolgt auch unabhängig der Kontakt-Benachrichtigungen, z.B. bei Tastaturbefehlen und deren visuelles Feedback auf dem Bildschirm.

Falls diese Aktivierungs-Benachrichtigungen gefunden werden, wurde der Bildschirm-Kontakt auf einem Bildschirmobjekt (Schaltfläche) ausgeführt und erkannt (Schritt 4.3) und ist somit für eine fortlaufende Kalibrierung nutzbar. Mit Hilfe Fachpersonen bekannter Methoden können diese Aktivierungs-Benachrichtigungen zurückverfolgt und die Position des aktivierten Bildschirmobjekts sowie dessen Höhe und Breite ermittelt werden. Anhand dieser drei Informationen kann die Lage, d.h. die x-Koordinate (später

auch y-Koordinate) des Zentrums des aktivierten Bildschirmobjekts, bzw. des Bildschirmobjekt-Mittelpunktes ermittelt werden (Schritt 4.4).

Anhand dieser Zentrums-Koordinate und der Kontakt-Koordinate kann die horizontale (und vertikale) Abweichung - oder auch Richtung und Entfernung der Abweichung des Pen-Down-Ereignisses - bezüglich der Bildschirmobjektmitte berechnet werden (Schritt 4.5). Die Abweichungsdaten werden gespeichert und zur fortlaufenden Durchschnittsberechnung, bzw. Mittelung verwendet, z.B. sobald die gewünschte Mindestanzahl von Abweichungsdaten vorhanden ist (Schritt 4.6).

Jedes Pen-Down-Ereignis, bzw. jede Bildschirmberührung auf einem Bildschirmobjekt liefert einen gültigen, bzw. verwertbaren Wert. Die berechneten Ergebnisse, bzw. Abweichungen können aber unterschiedlich gewichtet werden (Schritt 4.7, 4.8), je nach Alter und/oder ihrer Entfernung, bzw. Abweichung vom Mittelpunkt des Bildschirmobjektes und/oder je nach Anzahl der pro Bildschirmobjekt zur Verfügung stehenden Ergebnisse.

Über die letzten N Ereignisse wird nun ein Mittelwert (I) gebildet (Schritt 4.9), der die gewichtete und gemittelte x-Komponente des Abweichungsvektors darstellt.

Auf der Basis der kontinuierlich neu erzeugten Werte wird die x-Komponente eines Kalibrierungsvektors berechnet (Schritt 4.10), d.h. es wird ermittelt, wie viel Pixel auf der x-Achse (und später auch y-Achse) der Cursor (oder Eingabemittel-Positionsanzeiger) verschoben werden muss, um in der aktuellen Situation, d.h. unter dem aktuellen Blickwinkel, dem aktuellen Bedienverhalten und der aktuellen Stiftposition, auf dem Bildschirm die Angleichung von Kontakt-Koordinate und Cursor herbeizuführen (Schritt 4.11). Mit diesem letzten Schritt liegt dann ein bezüglich der x-Achse (später auch bezüglich der y-Achse) kalibrierter Kontaktbildschirm vor.

Die beschriebene 1D-Kalibrierung erläutert, wie mehrere Berührungspunkte bei einem einzigen Bildschirmobjekt über die x-Komponenten der Abweichungsvektoren zu einer gewichteten und gemittelten x-Komponente eines Kalibrierungsvektors führen. An Hand dieser x-Komponente kann der elementare Kalibrierungsschritt vollzogen werden. Sobald jedoch ein zweites Bildschirmobjekt vorliegt, liegen andere Verhältnisse vor, die im Folgenden beschrieben werden.

Fig. 5 zeigt eine einführende Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und Augenposition.

Ein Punkt P, senkrecht oberhalb des Bildschirmobjektes BO1 liegend, stellt die Augenposition des Bedieners dar. Auf der Bildschirmfläche BF befindet sich ein zweites Bildschirmobjekt BO2, das ebenfalls vom Punkt P aus betrachtet wird. Die Linien P-O1 und P-O2 stellen die Betrachtungslinien, bzw. die Sichtlinien zu den Bildschirmobjekten BO1 und BO2, bzw. zu deren Mittelpunkten O1 und O2 dar.

In der vorliegenden (x,z)-Ebene stellt der Punkt P die Position eines einzelnen Auges dar. Dies ist vergleichbar mit einem Schützen, der sein Ziel mit einem Auge verfolgt. Meistens mit dem besseren, währenddem das andere geschlossen oder abgedeckt wird. Im Weiteren wird im Punkt P immer die Position eines einzelnen Auges, eines 'Einzelauges', bzw. eines sog. 'Zyklopauges' verstanden. Und zwar auch später, wenn von einem (x,y,z)-Raum die Rede ist.

Die beiden Sichtlinien durchqueren die Kontaktfläche KF in den Punkten A und B. Die Projektion des Punktes A ist A' und ist identisch mit O1. Die Projektion des Punktes B ist B' und liegt innerhalb des Bildschirmobjektes BO2 aber abseits des Mittelpunktes O2. Die Distanz O2-B' wird als Parallaxenabweichung, bzw. Parallaxenfehler bezeichnet, während die Situation entlang der Sichtlinie P-O1 für den Punkt A als parallaxenfrei bezeichnet wird.

Die Kontaktfläche KF ist eine dünne, durchsichtige Schicht, die auf Grund ihres Aufbaus einen anderen Brechungsindex als die sie umgebende Luft aufweist. Demzufolge wird die Sichtlinie P-O2 beim Eintritt in das Medium Kontaktfläche unterschiedlich gebrochen. Dieses unterschiedliche Brechungsverhalten wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt, sondern generell vernachlässigt.

Wenn die Punkte A und B gleichzeitig Berührungspunkte sind, ergibt sich die x-Komponente  $a'_x = 0$  für den Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'$  und die x-Komponente  $b'_x$  für den Abweichungsvektor  $\mathbf{b}'$ . Mit den entsprechenden Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}$  und  $\mathbf{b}$  ergeben sich die kalibrierten x-Komponenten der Punkte A und B wie folgt:

$$A_{x,\text{cal}} = A_x; \quad B_{x,\text{cal}} = B_x + b_x$$

womit der Punkt B als parallaxen-korrigiert gilt.

Fig. 6 zeigt einen (x,z)-Kalibrierungs-Graphen KG(x,z) mit der Kalibrierungskomponente  $b_x$ . Der Kalibrierungsvektor kann für den Aufbau eines (x,z)-Kalibrierungs-Graphen verwendet werden, indem vom Punkt A', dem Projektionspunkt von P ausgehend, die x-Komponente des Kalibrierungsvektors linear zunehmend mit dem

Abstand vom Punkt A' berücksichtigt wird. So wird in einem Punkt M der Bildschirmfläche, der in der Mitte vom Abstand  $O_2 - A'$  liegt, nur die Hälfte der x-Komponente des Kalibrierungsvektors berücksichtigt, nämlich  $b_x/2$ . Auch in einem Punkt M', der in entgegengesetzter Richtung von A' aber in gleichem Abstand wie M von A' liegt, wird  $b_x/2$  berücksichtigt. Der Punkt A' selber ist korrekturfrei.

Auf diese Weise wird mit der ermittelten x-Komponente  $b_x$  des Kalibrierungsvektors  $\mathbf{b}$  eine proportional zum Abstand vom Punkt A' wachsende Kalibrierungsgrösse definiert, die über die ganze Ausdehnung des Kontaktbildschirmes für einen beliebigen Punkt, bzw. Berührungspunkt berücksichtigt wird. Hieraus ergibt sich eine sog. 'optimierte Kalibrierung'.

Der dargestellte Kalibrierungs-Graph  $KG(x,z)$  kann linear-symmetrisch bezüglich der Projektionslinie P - A' bezeichnet werden. Selbstverständlich sind ebenfalls nicht-linear-symmetrische, nicht-linear-asymmetrische und linear-asymmetrische Kalibrierungs-Graphen denkbar.

Fig. 7 zeigt eine Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und je einem Kontaktfläche-Punkt.

Wie in Fig. 6 sind die Bildschirmobjekte BO1 und BO2, der Punkt P mit den Sichtlinien zu den Mittelpunkten O1 und O2 erkennbar. Die Berührungspunkte A und B mit ihren Projektionen A' und B' liegen innerhalb der Bildschirmobjekte BO1 und BO2. Der Punkt A liegt nicht mehr auf der Sichtlinie P-O1. Er stellt einen beliebigen Berührungspunkt für das Bildschirmobjekt BO1 dar. Der Punkt B stellt ebenfalls einen beliebigen Berührungspunkt für das Bildschirmobjekt BO2 dar.

Mit Hilfe des Strahlensatzes wird eine (x,z)-Augenposition als Schnittpunkt  $S(x,z)$  ermittelt, indem der fixe Abstand d zwischen Kontaktfläche und Bildschirm-Oberfläche, sowie die x-Koordinaten der Bildschirmobjekt-Mittelpunkte O1 und O2 mit je dazugehörigen x-Abweichungen, bzw. dazugehörigen x-Komponenten  $a'_x$  und  $b'_x$  der Abweichungsvektoren herangezogen werden.

Eine Strahllinie O1-A schneidet sich mit einer zweiten Strahllinie O2-B in einem Schnittpunkt S, der die ermittelte Augenposition darstellt und dessen Projektion auf der Bildschirmfläche BF ein Punkt S' ist. An Hand des Strahlensatzes ergeben sich aus den Gleichungen (I) bis (IV) die Koordinaten  $S_x$  und  $S_z$  des Schnittpunktes  $S(x,z)$  zu:

$$S_z = (d \cdot S'O1) / A'O1 = (d \cdot S'O2) / B'O2 \quad (I)$$

$$S'O1 / A'O1 = S'O2 / B'O2 \quad (II)$$

$$S'O1 + O2S' = O2O1 \quad (III)$$

$$S_x = OO1 + S'O1 \quad (IV)$$

Damit ist die  $S(x,z)$ -Augenposition relativ zum Kontaktbildschirm ermittelt.

In Anlehnung an die Beschreibung der Fig. 2A kann die 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und mehreren Kontaktflächen-Punkten mit Mittelung (I) erfolgen. Anstelle der Berührungspunkte A und B treten die Berührungspunkte A(1), A(2), ..., A(N) und B(1), B(2), ..., B(N). Es resultieren für jedes Bildschirmobjekt gemittelte Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_m$  und  $\mathbf{b}_m$ , deren gemittelte x-Komponenten  $a_{m,x}$ ,  $b_{m,x}$  und mit Hilfe des Strahlensatzes ein gemittelter Schnittpunkt  $S_m(x,z)$ , bzw. eine gemittelte  $(x,z)$ -Augenposition.

In Anlehnung an die Beschreibung der Fig. 3A kann die 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und mehreren Kontaktflächen-Punkten mit vorgängiger Gewichtung und mit anschliessender Mittelung (I) erfolgen. Anstelle der Berührungspunkte A und B treten die Berührungspunkte A(1), A(2), ..., A(N) und B(1), B(2), ..., B(N). Es resultieren gewichtete, gemittelte Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_{gm}$  und  $\mathbf{b}_{gm}$ , deren gewichtete, gemittelte x-Komponenten  $a_{gm,x}$ ,  $b_{gm,x}$  und mit Hilfe des Strahlensatzes ein gewichteter, gemittelter Schnittpunkt  $S_{gm}(x,z)$ , bzw. eine gewichtete, gemittelte  $(x,z)$ -Augenposition.

In Anlehnung an die Beschreibung der Fig. 3C und 3D kann die 2D-Kalibrierung in der  $(x,z)$ -Ebene mit 2 Bildschirmobjekten und mehreren Kontaktflächen-Punkten mit vorgängiger Ort-Zeit-Gewichtung oder Zeit-Ort-Gewichtung und mit anschliessender Mittelung (I) erfolgen. Es resultieren:

a) Bei Ort-Zeit-Gewichtung:

- Ort-zeit-gewichtete, gemittelte Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_{g^*gm}$  und  $\mathbf{b}_{g^*gm}$ ,
- ort-zeit-gewichtete, gemittelte x-Komponenten  $a_{g^*gm,x}$ ,  $b_{g^*gm,x}$  und
- ein ort-zeit-gewichteter, gemittelter Schnittpunkt  $S_{g^*gm}(x,z)$ , bzw.
- eine ort-zeit-gewichtete, gemittelte  $(x,z)$ -Augenposition.

b) Bei Zeit-Ort-Gewichtung:

- zeit-ort-gewichtete, gemittelte Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_{gg^*m}$  und  $\mathbf{b}_{gg^*m}$ ,
- zeit-ort-gewichtete, gemittelte x-Komponenten  $a_{gg^*m,x}$ ,  $b_{gg^*m,x}$ , und
- ein zeit-ort-gewichteter, gemittelter Schnittpunkt  $S_{gg^*m}(x,z)$ , bzw.
- eine zeit-ort-gewichtete, gemittelte (x,z)-Augenposition.

Vorteilhaft ist es, pro Bildschirmobjekt einen Mittelwert (I) zu bestimmen und diesen dann für die weitere Berechnung zu verwenden. Dies ist jedoch keineswegs zwingend. Allerdings ist ohne eine Mittelung (I) mit erheblich grösserem Rechenaufwand zu rechnen.

Fig. 8 zeigt einen im Punkt S' zentrierten Kalibrierungs-Graphen. Analog zu Fig. 6 wird an Hand der x-Komponenten  $a_x$  und  $b_x$  ein Kalibrierungs-Graph  $KG(x,z)$  gebildet, indem vom Punkt S', der Projektion des Schnittpunktes  $S(x,z)$ , bzw. der ermittelten Augenposition weglaufend die Kalibrierungsgrössen proportional zum Abstand des Punktes S' zunehmen. Sobald ein neuer Schnittpunkt  $S(x,z)$  berechnet vorliegt, wird der Kontaktbildschirm neu kalibriert. In der Regel gelangt ein linear-symmetrischer Kalibrierungs-Graph zur Anwendung.

Der Schnittpunkt  $S(x,z)$  hat gewisse Anforderungen zu erfüllen, d.h. er muss sich in einem definierten Umfeld zur Bildschirmlinie OD, bzw. Bildschirmfläche befinden: Z.B. innerhalb eines Halbkreises mit Radius 95 cm, dessen Zentrum sich in der Mitte der Bildschirmlinie OD befindet. Ist dies nicht der Fall, so wird der Schnittpunkt  $S(x,z)$  verworfen, bzw. für die weitere Kalibrierung nicht weiter verwendet. Ein derartiges Ausschlusskriterium bewirkt eine Selektion der Schnittpunkte, was sich auf das Verfahren vorteilhaft auswirkt.

Zu den Fig. 7 und 8 ergeben sich die Kalibrierungsschritte wie folgt:

1. Ohne  $S_z$ -Abhängigkeit (entsprechend einer x-Positions-Parallaxen-Korrektur):

Für die Punkte A und B:

$$A_{x,cal} = A_x + a_x; \quad B_{x,cal} = B_x + b_x$$

Für einen beliebigen Punkt R:

$$R_{x,cal} = R_x + (R_x - S_x) \cdot [(a_x/(|R_x(a_x) - S_x|) + b_x/(|R_x(b_x) - S_x|))/2] \quad (V)$$

Für den beliebigen Punkt R wird eine gemittelte Steigung des (x,z)-Kalibrierungs-Graphen verwendet, indem die Kalibrierungskomponenten  $a_x$  und  $b_x$  sowie deren Abstand von S' berücksichtigt werden. Diese zweite Mittelwertbildung zur Berechnung einer mittleren Steigung wird auch als 'Mittelung (II)' bezeichnet. Der beliebige Punkt R ist demnach parallaxen-korrigiert.

## 2. Mit $S_z$ -Abhängigkeit (entsprechend einer (x,z)-Positions-Parallaxen-Korrektur):

Für die Punkte A und B:

$$A_{x,cal} = A_x + (S_0/S_z) \cdot a_x; \quad B_{x,cal} = B_x + (S_0/S_z) \cdot b_x$$

Für einen beliebigen Punkt R:

$$R_{x,cal} = R_x + (S_0/S_z) \cdot (R_x - S_x) \cdot [(a_x/(|R_x(a_x) - S_x|) + b_x/(|R_x(b_x) - S_x|))/2] \quad (VI)$$

$S_0$  ist ein Standardwert für den Abstand der Augenposition über der Bildschirmmitte, z.B. etwa 35 cm. Hiermit ist der beliebige Punkt R positions- und parallaxen-korrigiert.

Die in den Kalibrierungsschritten (V) und (VI) verwendeten Kalibrierungskomponenten  $a_x$  und  $b_x$  können entweder lediglich gemittelte Grössen (Mittelwerte (I)) oder zusätzlich in beliebiger Art gewichtete Grössen sein, wie bereits beschrieben.

Fig. 9 zeigt eine Darstellung einer 2D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit den Schnittpunkten für 3 Bildschirmobjekte.

Wie in Fig. 6 sind die Bildschirmobjekte BO1 und BO2, deren Strahllinien  $s_1$  und  $s_2$  zum Schnittpunkt  $S_{12}$ , bzw.  $S_{12}(x,z)$  erkennbar. Ein drittes Bildschirmobjekt BO3 liegt in der Bildschirmfläche BF. In analoger Weise ergeben sich mit der weiteren Strahllinie  $s_3$  die Schnittpunkte  $S_{13}$  und  $S_{23}$ .

Fig. 10 zeigt den Ausschnitt aus einer Tabelle einer 2D-Kalibrierung in der (x,z)-Ebene mit einer dritten Mittelung über die Schnittpunkte von 3 und mehr Bildschirmobjekten. Die Kolonne A(I) stellt einen Ausschnitt aus der Reihenfolge der Ereignisse, bzw. die Berührungspunkte 21-29 dar. Im nächsten Kolonnenblock, die Bildschirmobjekte BO1, ..., BOK betreffend, sind die x-Komponenten der Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(1)$ , ...,  $\mathbf{a}(K)$ , nämlich  $a_x(1)$ , ...,  $a_x(K)$  eingetragen. Die verwendeten Kalibrierungskomponenten  $a_x(1)$ ,

...,  $a_x(K)$  können entweder lediglich gemittelte Grössen (Mittelwerte (I)) oder zusätzlich in beliebiger Art gewichtete Grössen sein, wie etwa  $a_{m,x}(1), \dots, a_{m,x}(K)$  oder  $a_{gm,x}(1), \dots, a_{gm,x}(K)$  usw.. Vorteilhafterweise werden ort-zeit-gewichtete, gemittelte x-Komponenten  $a_{g^*gm,x}(1), \dots, a_{g^*gm,x}(K)$ , bzw. zeit-ort-gewichtete, gemittelte x-Komponenten  $a_{gg^*m,x}(1), \dots, a_{gg^*m,x}(K)$  eingetragen. Die in Fig. 10 eingetragenen Komponenten entsprechen den ort-zeit-gewichteten, gemittelten x-Komponenten  $a_{g^*gm,x}(1), \dots, a_{g^*gm,x}(K)$ , wie sie in Fig. 3C beschrieben wurden.

In Kolonne B01 wird beim Ereignis 21 erstmals der Wert -1,24 eingetragen, während in Kolonne B02 bereits aus früheren Ereignissen der Wert +2,05 vorlag und in den Kolonnen B03, ..., BOK noch keine Werte verfügbar waren. Es wird der Schnittpunkt  $S_{12}$  aus dem Wert -1,24 des Bildschirmobjektes B01 und dem bereits anstehenden Wert +2,05 des Bildschirmobjektes B02 berechnet. Genauer bezeichnet ist dies ein ort-zeit-gewichteter, gemittelter Schnittpunkt  $S_{g^*gm}(12)$ .

In Kolonne B03 wird beim Ereignis 22 erstmals der Wert +4,10 eingetragen, während in den Kolonnen B01 und B02 bereits aus früheren Ereignissen die Werte -1,24 und +2,05 vorlagen und in den Kolonnen B03, ..., BOK noch keine Werte verfügbar waren. Es werden die Schnittpunkte  $S_{13}$  und  $S_{23}$  berechnet.

Auf diese Weise werden mit fortschreitenden Ereignissen immer wieder neue Schnittpunkte berechnet, nämlich beim Ereignis 23 die Schnittpunkte  $S_{12}$  und  $S_{13}$ , usw..

Unter der Voraussetzung  $N' = 5$ , d.h. dass beim Vorliegen von 5 Schnittpunkten  $S_{g^*gm}(KK')$  eine dritte Mittelwertbildung, bzw. Mittelung (III) zulässig ist, wird nach dem Ereignis 23 der gemittelte Schnittpunkt  $S_M(KK')$ , bzw.  $S_M(KK';x,z)$  berechnet (Kolonne  $S_M(KK')$ ). Die Zahl  $N'$  ist in der Regel kleiner als 18, vorzugsweise 4 oder 5.

Gleichzeitig gilt die Voraussetzung, dass alle bisherigen Schnittpunkte verwertbar sind, d.h. die Ausschlusskriterien erfüllen.

Mit zunehmender Zahl von Bildschirmobjekten wächst die Anzahl der zu berechnenden Schnittpunkte rasch an. Bei  $K$  Bildschirmobjekten sind dies  $K(K-1)/2$  Schnittpunkte. So ergeben sich mit einem weiteren Bildschirmobjekt B04 zusätzlich die Schnittpunkte  $S_{14}$ ,  $S_{24}$  und  $S_{34}$ .

Zweckmässiger wird die Anzahl der Bildschirmobjekte begrenzt. Zudem wird in der Regel unter den Bildschirmobjekten noch eine Auswahl getroffen, bei der ein Bildschirmobjekt ausgeschlossen wird, falls es quasi-redundante Informationen liefert. Dies

ist z.B. der Fall, wenn ein Bildschirmobjekt nahe einem bereits ausgewerteten Bildschirmobjekt liegt. Durch derartige Auswahlkriterien erfolgt eine Selektion von Bildschirmobjekten, die sich vorteilhaft auf das Verfahren auswirkt.

Wenn der erste, durch Mittelung (III) ermittelte Schnittpunkt  $S_M(KK')$  vorliegt, kann der Kontaktbildschirm zum ersten Mal neu-kalibriert werden. Andererseits kann auch für eine vierte Mittelwertbildung, bzw. Mittelung (IV) der Schnittpunkte  $S_M(KK')$  eine Zahl  $N''$  vorgegeben werden, die erst erreicht werden muss, bevor neu-kalibriert wird (Positionsdynamische Parallaxen-Korrektur). Die Zahl  $N''$  ist in der Regel kleiner als 45, vorzugsweise 4 bis 7.

Die Mittelung (IV) über  $S_M(KK')$  erfolgt mit den  $N''$  jüngsten Schnittpunkten. Falls  $(N''+1)$  Werte für  $S_M(KK')$  vorliegen wird der erste, d.h. der zeit-älteste, zuerst ermittelte Wert von  $S_M(KK')$  eliminiert (gleitendes Mittel (IV); moving average (IV)). Auch für die Werte  $S_M(KK')$ , bzw.  $S_M(KK';x,z)$  ist eine zweite Zeit-Gewichtung denkbar. Mit der Zahl  $N''$  und einer zweiten Zeit-Gewichtung kann auf die Dynamik des Verfahrens direkt und wirkungsvoll Einfluss genommen werden.

Damit ist nun wiederum die  $S(x,z)$ -Augenposition relativ zum Kontaktbildschirm ermittelt worden, nämlich eine gemittelte  $S(x,z)$ -Augenposition.

Zu den Fig. 9 und 10 ergeben sich die Kalibrierungsschritte wie folgt:

1. Ohne  $S_z$ -Abhängigkeit, für einen beliebigen Punkt R:

$$R_{x,cal} = R_x + (R_x - S_x) \cdot [\sum(a_x(K) / (|R_x(K) - S_{M,x}|))] / K \quad (VI)$$

Für den beliebigen Punkt R wird eine gemittelte x-Komponente der Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(1)$ , ...,  $\mathbf{a}(K)$  verwendet (Mittelung (II)) und diese proportional zum Abstand von  $S'$  berücksichtigt. Der beliebige Punkt R ist demnach parallaxen-korrigiert.

2. Mit  $S_z$ -Abhängigkeit für einen beliebigen Punkt R:

$$R_{x,cal} = R_x + (S_0/S_{M,z}) \cdot (R_x - S_x) \cdot [\sum(a_x(K) / (|R_x(K) - S_{M,x}|))] / K \quad (VIII)$$

$S_0$  ist ein Standardwert für den Abstand der Augenposition über der Bildschirmmitte,

z.B. etwa 35 cm. Hiermit ist der beliebige Punkt R wiederum positions- und parallaxen-korrigiert.

Die in den Kalibrierungsschritten (VII) und (VIII) verwendeten Kalibrierungskomponenten  $a_x(K)$  sind vorteilhafterweise gemittelte und in beliebiger Art gewichtete Grössen (Mittelwerte (I)), wie bereits beschrieben.

Solange noch zu wenig Werte für die Berechnung von  $S_M(KK';x,z)$  vorliegen, wird eine Default-Kalibrierung verwendet, die mit Standardwerten arbeitet, z.B. mit Werten die einer Augenposition von 35 cm über der Kontaktbildschirmmitte entspricht.

Sämtliche in der (x,z)-Ebene anhand der Fig. 1-10 beschriebenen Vorgänge gelten auch in einer (y,z)-Ebene. Somit gilt etwa für die Formel (VI) eine Formel (IX) für einen beliebigen Punkt R mit  $S_z$ -Abhängigkeit wie folgt:

$$R_{y,cal} = R_y + (S_0/S_{M,z}) \cdot (R_y - S_y) \cdot [\sum(a_y(K) / (|R_y(K) - S_{M,y}|))] / K \quad (IX)$$

Dies kann allein durch eine Vertauschung der Indices x und y erreicht werden. Allerdings braucht der frühere Schnittpunkt  $S_M$ , der aus der  $S(x,z)$ -Berechnung hervorgegangen ist, nicht identisch zu sein mit dem Schnittpunkt  $S_M$  der Formel (IX), der aus der  $S(y,z)$ -Berechnung folgt.

Die Grössen  $R_{x,cal}$  und  $R_{y,cal}$  werden gewissermassen unabhängig voneinander ermittelt und liefern je nach Vorgabe der gewünschten, bzw. angestrebten Dynamik Korrekturen in den beiden Richtungen x und y, und somit für einen beliebigen Punkt des Kontaktbildschirms.

Die Schnittpunkte  $S(y,z)$  wie auch  $S(x,z)$  haben gewisse Anforderungen zu erfüllen, d.h. sie müssen sich in einem definierten Umfeld zur Bildschirmfläche BF befinden: Z.B. innerhalb einer Halbkugel mit Radius 95 cm, deren Zentrum sich in der Mitte der Bildschirmfläche befindet. Ist dies nicht der Fall, so werden die Schnittpunkte  $S(x,z)$  oder  $S(y,z)$  verworfen, d.h. sie werden für die weitere 3D-Kalibrierung nicht verwendet.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist leicht zu handhaben, indem es eine 3D-Kalibrierungsfunktion verwendet, deren Berechnung in den Richtungen x und y grundsätzlich unabhängig voneinander erfolgt. Zwischen den x- und y-Daten, die erfasst, verarbeitet und zur Kalibrierung verwendet werden, erfolgen keine Verknüpfungen. Das dreidimen-

sionale Problem wird somit auf die Dimensionen  $x$  und  $y$  reduziert.

Erfindungswesentlich ist, dass die dynamische Kalibrierung des Touchscreens auf der Basis der Bildschirmberührungen des Benutzers beruht. Dabei läuft die Kalibrierung im Hintergrund ab, ohne den Arbeitsprozess des Benutzers zu unterbrechen oder zu stören oder auch nur seine Aufmerksamkeit zu fordern. Durch die dynamische Kalibrierung wird die Methode den Veränderungen im Benutzerverhalten gerecht. Dadurch dass der Benutzer den Kalibrierungsprozess nicht bemerkt, werden realistische Ergebnisse geliefert und die Usability wird nicht beeinträchtigt. Dadurch dass jedes Bildschirmobjekt mit seinem Mittelpunkt als Referenz dient, steht eine grosse und repräsentative Menge an Werten zur Verfügung, die die präzise Berechnung der notwendigen Kalibrierung ermöglicht.

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur dynamischen Kalibrierung von Kontaktbildschirmen, bei dem der Kontaktbildschirm eine Vielzahl von Bildschirmobjekten  $B(K)$  aufweist und bei dem jede Berührung des Kontaktbildschirms zu Koordinaten eines Berührungspunktes  $A$  führt, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine  $l$ -te Berührung des Kontaktbildschirms ein Berührungspunkt, bzw. ein Punkt  $A(l)$  generiert wird, dass der Punkt  $A(l)$  auf die Zugehörigkeit zu einem Bildschirmobjekt  $B(K)$  geprüft wird, dass bei positiver Zugehörigkeit die Lage des Punktes  $A(l,K)$  bezüglich des Bildschirmobjektes  $B(K)$  ermittelt wird, dass daraus ein Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}(l,K)$  berechnet wird, und dass mit dem Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}(l,K)$  der Kontaktbildschirm neu-kalibriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Punktes  $A(l,K)$  als Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'(l,K)$  vom Mittelpunkt  $O(K)$  des Bildschirmobjektes  $B(K)$  zum Punkt  $A(l;x,y)$  berechnet wird und dass aus dem Abweichungsvektor  $\mathbf{a}'(l,K)$  der Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}(l,K)$  gebildet wird, wobei die Komponenten beider Vektoren abgespeichert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wiederholte Berührung des Kontaktbildschirms eine zeitliche Reihenfolge von Punkten  $A(l)$  mit den Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(l,K)$ , resp. den Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(l,K)$  gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(l,K)$ , resp. aus den Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(l,K)$  in einer ersten Mittelung ( $l$ ) ein mittlerer Abweichungsvektor  $\mathbf{a}_m'(K)$ , resp. ein mittlerer Kalibrierungsvektor  $\mathbf{a}_m(K)$  berechnet wird, sobald für eines der Bildschirmobjekte  $B(K)$  ein Wert  $l = N$  erreicht wird, bzw.  $N$  Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(l,K)$  oder  $N$  Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(l,K)$  gespeichert vorliegen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass vorgängig zur ersten Mittelung (I) mindestens eine Gewichtung der Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(\mathbf{l},\mathbf{K})$ , bzw. der Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(\mathbf{l},\mathbf{K})$  erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Gewichtung als Ort-Gewichtung, als Zeit-Gewichtung, als Ort-Zeit-Gewichtung oder als Zeit-Ort-Gewichtung erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass für die Gewichtung eine Gewichtungskennlinie verwendet wird, die linear, nicht-linear oder beliebig ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Mittelung (I) über die Abweichungsvektoren  $\mathbf{a}'(\mathbf{l},\mathbf{K})$ , bzw. über die Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(\mathbf{l},\mathbf{K})$  als gleitendes Mittel (I) mit einer Fenstergrösse N erfolgt, wobei N kleiner 100, vorzugsweise 8 bis 30 beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, dass aus den mittleren Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_m(\mathbf{K})$  in einer zweiten Mittelung (II) eine mittlere Steigung eines Kalibrierungs-Graphen KG berechnet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, dass vorgängig zur zweiten Mittelung (II) eine zweite Gewichtung (II) der mittleren Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_m(\mathbf{K})$  erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kalibrierungs-Graph KG mit einer linear-symmetrischen, nicht-linear-symmetrischen, nicht-linear-asyymmetrischen und linear-asyymmetrischen Charakteristik bezüglich dem Projektionspunkt S' verwendet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}(\mathbf{K})$ , bzw. aus den mittleren Kalibrierungsvektoren  $\mathbf{a}_m(\mathbf{K})$  die Schnittpunkte  $S(\mathbf{K},\mathbf{K}')$ , bzw. ein mittlerer Schnittpunkt  $S_m(\mathbf{K},\mathbf{K}')$  mit  $\mathbf{K} \neq \mathbf{K}'$  berechnet

werden, welche Positionen eines Auges, bzw. eine Zyklopauges über der Bildschirmfläche BF entsprechen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Schnittpunkten  $S_m(K, K')$  in einer dritten Mittelung (III) ein mittlerer Schnittpunkt  $S_M(K, K')$  berechnet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Mittelung (III) als gleitendes Mittel (III) mit einer Fenstergrösse  $N'$  erfolgt, wobei  $N'$  kleiner 18, vorzugsweise 4 oder 5 beträgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 14, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Schnittpunkt  $S_M(K, K')$  berechnet wird, sobald für die Schnittpunkte  $S_m(K, K')$  ein Wert  $K = N'$  erreicht wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 15, dadurch gekennzeichnet, dass aus den mittleren Schnittpunkten  $S_M(K, K')$  in einer vierten Mittelung (IV) über die Schnittpunkte  $S_m(K, K')$  ein zweifach-gemittelter Schnittpunkt  $S_{MM}(L)$  berechnet wird als gleitendes Mittel (IV) mit einer Fenstergrösse  $N''$ , wobei  $N''$  kleiner 45, vorzugsweise 4 bis 7 beträgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 16, dadurch gekennzeichnet, dass vorgängig zur vierten Mittelung (IV) eine dritte Gewichtung (III) der mittleren Schnittpunkte  $S_M(K, K')$  erfolgt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittpunkte mittels Ausschlusskriterien selektioniert werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Bildschirmobjekte begrenzt wird und unter den Bildschirmobjekten mittels Auswahlkriterien eine Selektion erfolgt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 19, dadurch gekennzeichnet, dass von

einem Projektionspunkt  $S'$  der Schnittpunkte  $S_M(K,K')$  aus an Hand eines Kalibrierungs-Graphen der Bildschirm beim Vorliegen neuer Schnittpunkte  $S_M(K,K')$  laufend über Kalibrierungsgrößen  $R_{x,cal}$  und  $R_{y,cal}$  je nach Vorgabe der gewünschten, bzw. angestrebten Dynamik in den beiden Richtungen  $x$  und  $y$  unabhängig voneinander neu-kalibriert wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 20, dadurch gekennzeichnet, dass die  $I$ -te Berührung des Kontaktbildschirms mittels einer Ignorierfunktion annulliert wird, wenn die Berührung vom Bediener als offensichtlich fehlerhaft erkannt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Standardverfahren zur Kalibrierung als Default-Kalibrierung verwendet wird, solange noch zu wenig Werte für die Berechnung der Schnittpunkte  $S_M(K,K')$  vorliegen.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 22, dadurch gekennzeichnet, dass es als Hintergrundfunktion erfolgt, ohne dass der Benutzer diese bemerkt.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 23, dadurch gekennzeichnet, dass Bildschirmobjekte verschiedenster Herkunft und beliebiger Art als Basis für die dynamische Kalibrierung verwendet werden.

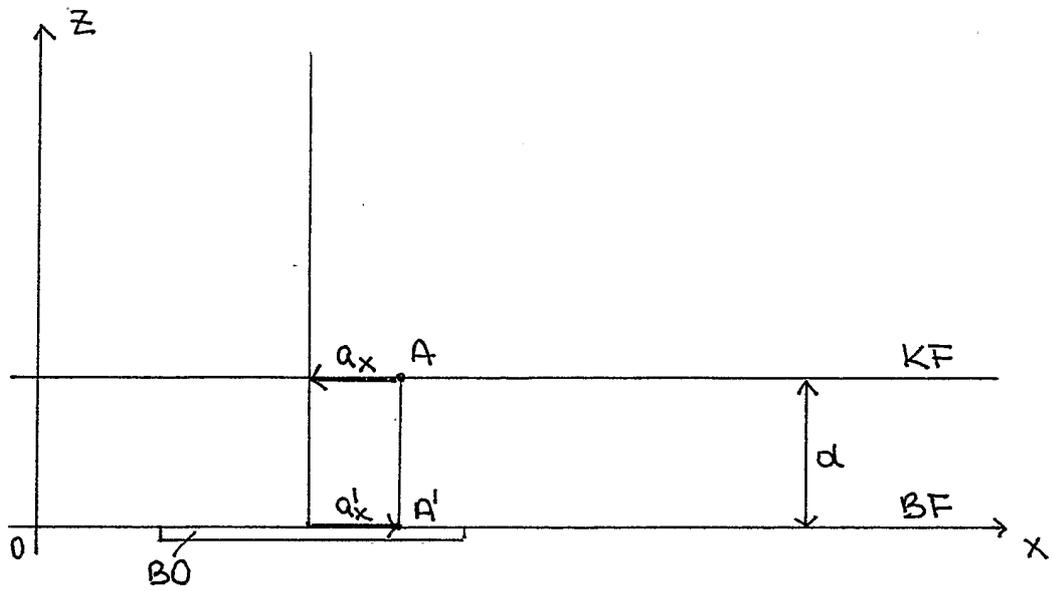


Fig. 1

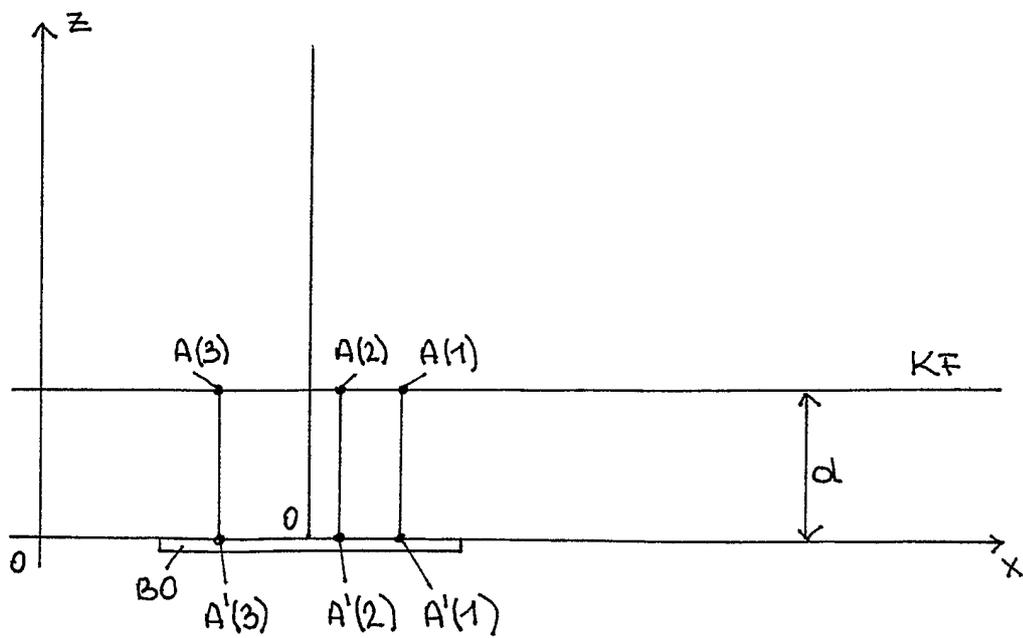


Fig. 2A

A(l)	$a'_x$	$\Sigma a'_x$	$a'_{m,x}$	$-a'_{m,x}$	$a_{m,x}$
1	+12				
2	+4				
3	-12	+4	1,33	-1,33	-1,33

Fig. 2B

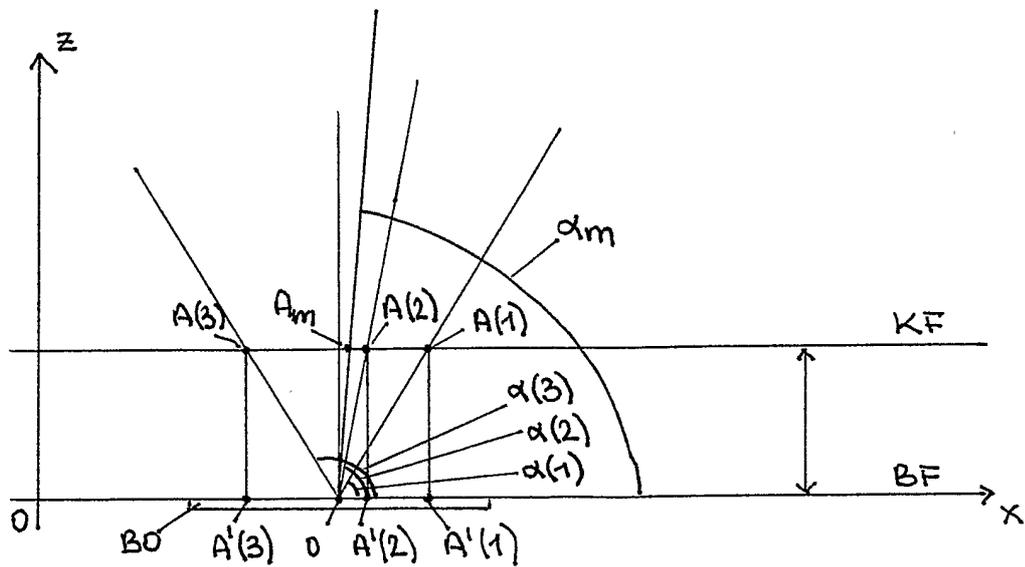


Fig. 2C

3/8

A(l)	$a'_x$	G	$G \cdot a'_x$	$\Sigma G \cdot a'_x$	$a'_{gm,x}$	$-a_{gm,x}$
1	+12	0.2	2.40			
2	+4	0.9	3.60			
3	-12	0.2	-2.40	3.60	1.2	-1.2

Fig. 3A

A(l)	$a'_x$	$G^*$	$G^* \cdot a'_x$	$\Sigma G^* \cdot a'_x$	$a'_{g^*m,x}$	$-a_{g^*m,x}$
1	+12	0.5	+6			
2	+4	0.8	+3.2			
3	-12	1.0	-12	-2.80	-0.93	+0.93

Fig. 3B

A(l)	$a'_x$	G	$G \cdot a'_x$	$G^*$	$G^* \cdot a'_x$	$\Sigma G^* \cdot a'_x$	$a'_{g^*gm,x}$	$-a_{g^*gm,x}$
1	+12	0.2	2.40	0.5	1.20			
2	+4	0.9	3.60	0.8	2.88			
3	-12	0.2	-2.40	1.0	-2.40	+1.68	+0.56	-0.56

Fig. 3C

A(l)	$a'_x$	$G^*$	$G^* \cdot a'_x$	G	$GG^* \cdot a'_x$	$\Sigma GG^* \cdot a'_x$	$a'_{gg^*m,x}$	$-a_{gg^*m,x}$
1	+12	0.5	+6	0.2	1.20			
2	+4	0.8	+3.2	0.9	2.88			
3	-12	1.0	-12	0.2	-2.40	+1.68	+0.56	-0.56

Fig. 3D

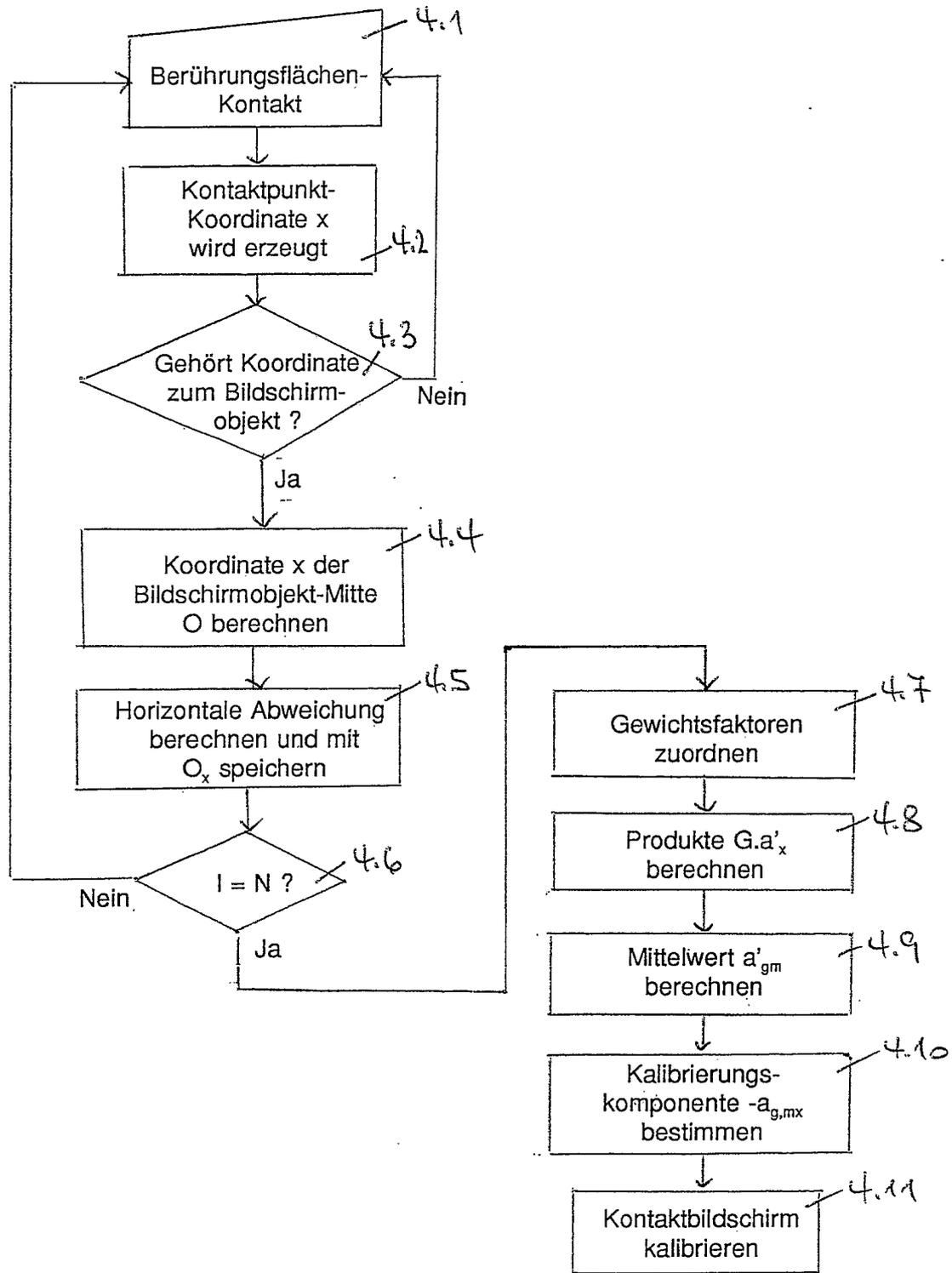


Fig. 4

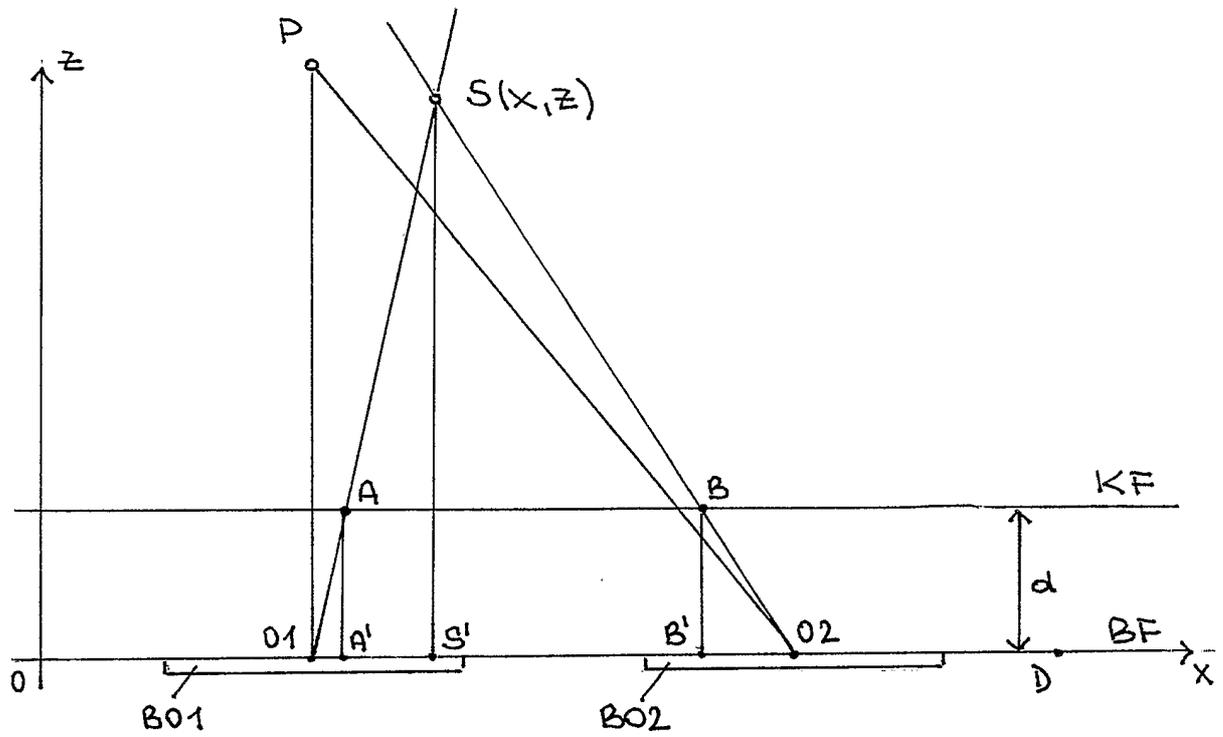


Fig. 5

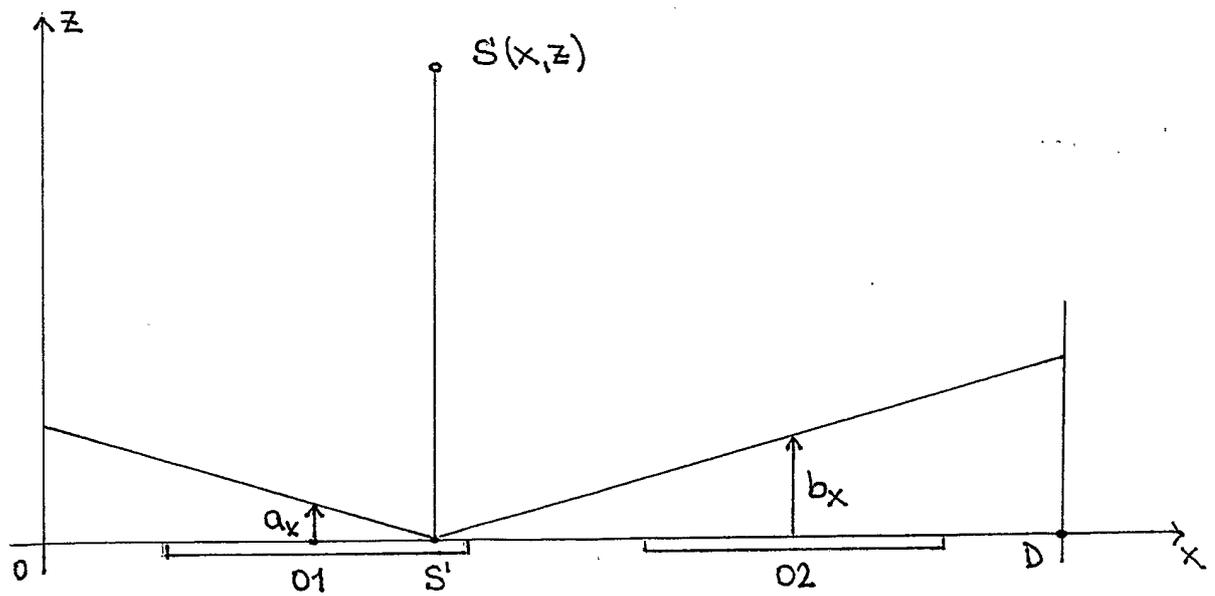


Fig. 6

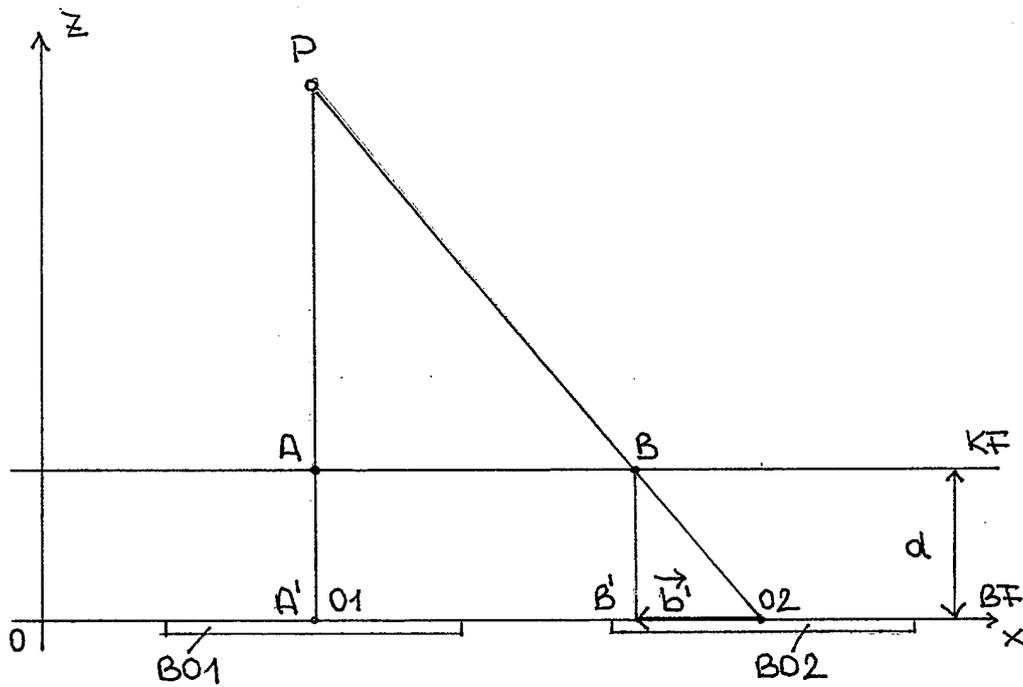


Fig. 7

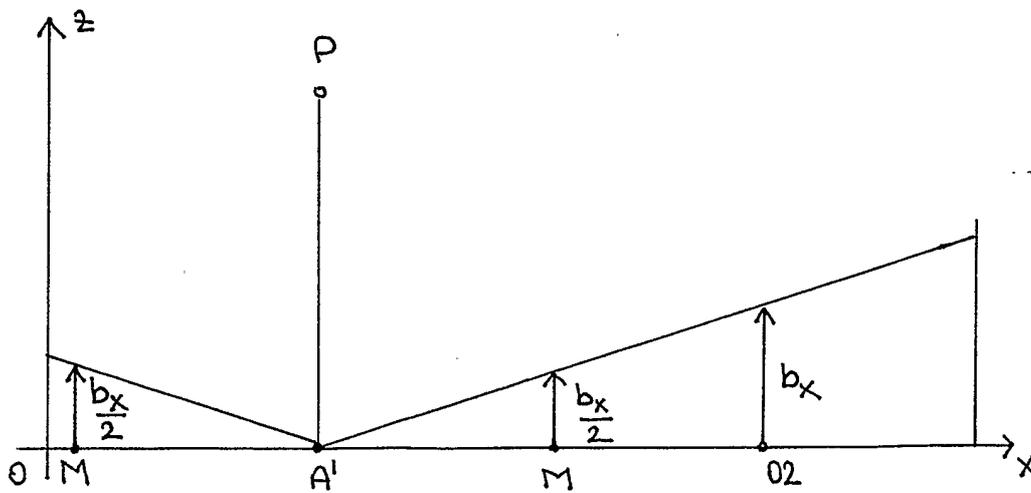


Fig. 8

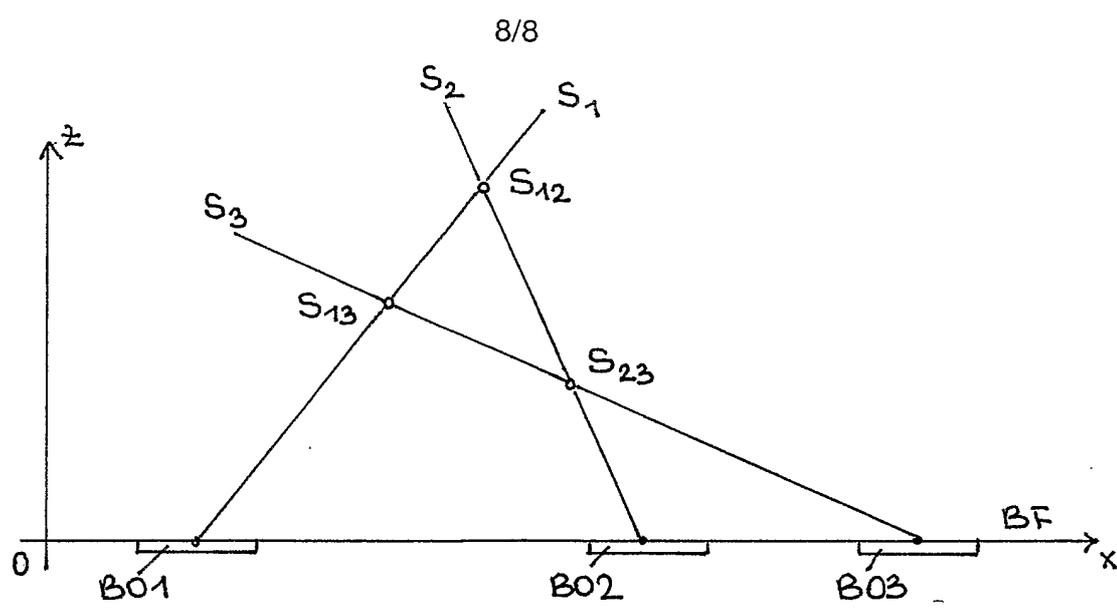


Fig. 9

A(l)	BO1	B02	BO3	BO4...BOK	$S_{12}$ $S_{13}...S_{1k}$ $S_{23}...S_{2k}$ ..... $S_{k-1,k}$	$S_M(KK')$
.	2.05					
21	-1.24				$S_{12}$	
22			4.10		$S_{13}$ $S_{23}$	
23	-1.43				$S_{12}$ $S_{13}$	$S_M(1)$
24			3.91		$S_{13}$ $S_{23}$	$S_M(2), S_M(3)$
25		2.02			$S_{12}$ $S_{23}$	$S_M(4), S_M(5)$
26		2.00			$S_{12}$ $S_{23}$	$S_M(6), S_M(7)$
27	-1.50				$S_{12}$ $S_{13}$	$S_M(8), S_M(9)$
28			3.85		$S_{13}$ $S_{23}$	$S_M(10), S_M(11)$
29	-1.53				$S_{12}$ $S_{13}$	$S_M(12), S_M(13)$
.						
.						
.						

Fig. 10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/CH2005/000760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G06F3/033

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 618 528 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 5 October 1994 (1994-10-05) cited in the application column 2, lines 25-49 column 3, line 13 - column 7, line 19; figures 7-9	1-24
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 477 (P-1118), 17 October 1990 (1990-10-17) & JP 02 193215 A (RICOH CO LTD), 30 July 1990 (1990-07-30) abstract	1
	----- -/-- -----	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 May 2006

Date of mailing of the international search report

16/05/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Arranz, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/CH2005/000760

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 16, 8 May 2001 (2001-05-08) & JP 2001 014106 A (AMADA ENG CENTER CO LTD; AMADA CO LTD), 19 January 2001 (2001-01-19) abstract  -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/CH2005/000760
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0618528	A	05-10-1994	AT 188302 T 15-01-2000
			CN 1095498 A 23-11-1994
			DE 69422323 D1 03-02-2000
			DE 69422323 T2 21-06-2000
			JP 3292267 B2 17-06-2002
			JP 6309102 A 04-11-1994
			KR 9706397 B1 28-04-1997
			US 5565894 A 15-10-1996
JP 02193215	A	30-07-1990	NONE
JP 2001014106	A	19-01-2001	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2005/000760

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G06F3/033		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RESEARCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) G06F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 618 528 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 5. Oktober 1994 (1994-10-05) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeilen 25-49 Spalte 3, Zeile 13 - Spalte 7, Zeile 19; Abbildungen 7-9	1-24
X	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 014, Nr. 477 (P-1118), 17. Oktober 1990 (1990-10-17) & JP 02 193215 A (RICOH CO LTD), 30. Juli 1990 (1990-07-30) Zusammenfassung ----- -/--	1
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		*&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 9. Mai 2006		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 16/05/2006
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Arranz, J

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 16, 8. Mai 2001 (2001-05-08) & JP 2001 014106 A (AMADA ENG CENTER CO LTD; AMADA CO LTD), 19. Januar 2001 (2001-01-19) Zusammenfassung -----	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
**PCT/CH2005/000760**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0618528	A	05-10-1994	AT 188302 T 15-01-2000
		CN 1095498 A	23-11-1994
		DE 69422323 D1	03-02-2000
		DE 69422323 T2	21-06-2000
		JP 3292267 B2	17-06-2002
		JP 6309102 A	04-11-1994
		KR 9706397 B1	28-04-1997
		US 5565894 A	15-10-1996
-----			
JP 02193215	A	30-07-1990	KEINE
-----			
JP 2001014106	A	19-01-2001	KEINE
-----			