



(10) **DE 10 2014 106 839 B4** 2019.02.07

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 106 839.4**
(22) Anmeldetag: **15.05.2014**
(43) Offenlegungstag: **19.11.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.02.2019**

(51) Int Cl.: **G06F 3/0354 (2013.01)**
G01B 21/04 (2006.01)
G01B 21/22 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**STABILO International GmbH, 90562 Heroldsberg,
DE**

(72) Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

(74) Vertreter:
**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG
mbB, 80802 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

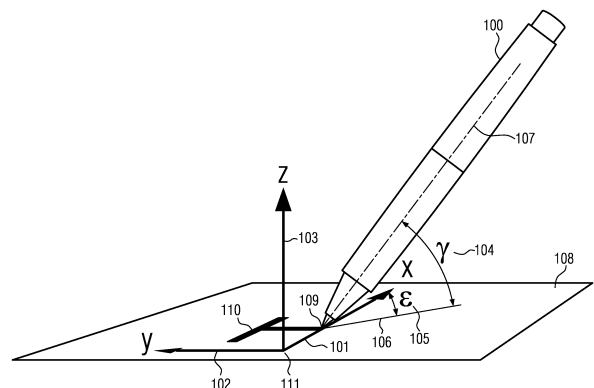
US	2004 / 0 140 962	A1
US	2006 / 0 279 549	A1

(54) Bezeichnung: **Driftkompensation für einen elektronischen Schreibstift**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erkennung und Auswertung von Bewegungsmustern und Schreibstiftpositionen eines elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) mit inertialer Messsensorik beim Schreiben auf einem zweidimensionalen Schreibsubstrat (108, 205) umfassend:

Initiale Festlegung zweier orthogonal zueinander stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202) auf dem Schreibsubstrat und einer Achse Z (103) senkrecht zum zweidimensionalen Schreibsubstrat (108, 205), wobei die X-Achse (101, 201) die vorherrschende Schreibrichtung definiert, Kompensation von unerwünschter Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal des elektronischen Schreibstiftes, umfassend:

Bereinigung der Sensordaten mit einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter um die Frequenzen oberhalb und unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz des Anwenders vor Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung eines Ortssignals des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) und der Extraktion seiner Bewegung in Schreibrichtung, Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung des Ortssignals des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300), Gleitende Mittelwertbildung über ein vorgegebenes Zeitintervall der durch die inertiale Messsensorik während des Schreibens durch Integration der Sensordaten der Messsensorik bestimmten Schreibstiftbewegungen auf dem Schreibsubstrat (108, 205) entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202), Periodischen Vergleich von aktuell ermittelten gleitenden ...



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Auswertung von Bewegungsmustern und Schreibstiftpositionen eines elektronischen Schreibstiftes der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art, sowie einen elektronischen Schreibstift der im Oberbegriff des Patentanspruchs 13 angegebenen Art und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 14.

[0002] Bei der Erfassung von Bewegungen eines elektronischen Schreibstiftes durch inertielle Messsysteme, wie beispielsweise Beschleunigungssensoren oder Drehratensensoren, müssen die Daten besagter Sensoren einfach bzw. zweifach integriert werden, um ein Geschwindigkeitssignal (erste Integration) oder ein Ortssignal (zweite Integration) des elektronischen Schreibstiftes zu erhalten. Kleine Fehler in den Messungen von Beschleunigungen und/oder Winkelgeschwindigkeiten durch die inertielle Messsensorik des elektronischen Schreibstiftes können bei der ersten Integration zu größeren Fehlern in der Bestimmung der Geschwindigkeit führen, welche wiederum zu noch größeren Fehlern im Ortssignal nach Integration des Geschwindigkeitssignals führen können.

[0003] Mögliche Fehlerquellen können dabei neben inhärenten Ungenauigkeiten von numerischen Integrationsmethoden unter anderem auch Ungenauigkeiten von Analog-Digital-Umwandlungen von Messsensordaten, Nullpunktsfehler z.B. durch Temperaturdrift, zufällige Störeinflüsse oder systeminhärente Rauschteile umfassen.

[0004] Da beispielsweise eine neue Position des elektronischen Schreibstiftes ermittelt wird, ausgehend von einer vorherbestimmten ermittelten Position, können sich Fehler in der Geschwindigkeitsbestimmung und Ortsbestimmung des elektronischen Schreibstiftes weiter akkumulieren und unerwünschterweise zu einer sogenannten Drift des Bewegungssignals des elektronischen Schreibstiftes führen.

[0005] Bekannte Techniken eine unerwünschte Drift eines Bewegungssignals eines elektronischen Schreibstiftes zu detektieren und zu kompensieren sind beispielsweise in der US 2004/0140962 A1, sowie in der US 2006/0279549 A1 beschrieben.

Aufgabe

[0006] Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen elektronischen Schreibstift zu verbessern, insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit, mit der Bewegungen des elektronischen Schreibstiftes erfasst werden können.

Lösung

[0007] Dies wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Erkennung und Auswertung von Bewegungsmustern und Schreibstiftpositionen eines elektronischen Schreibstiftes der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art, sowie einen elektronischen Schreibstift der im Oberbegriff des Patentanspruchs 13 angegebenen Art und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 14 erreicht.

[0008] Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Zur Erfassung der Position der Spitze bzw. Schreibminenspitze eines elektronischen Schreibstiftes kann dieser mit Inertialmesssensorik ausgerüstet werden, und über die Integration der Messdaten besagter Sensorik kann die Bewegung rekonstruiert werden.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Erkennung und Auswertung von Bewegungsmustern und Schreibstiftpositionen eines elektronischen Schreibstiftes mit inertialer Messsensorik beim Schreiben auf einem zweidimensionalen Schreibsubstrat kann dabei folgende Schritte umfassen:

Eine initiale Festlegung zweier orthogonal zueinander stehender Achsen X, Y auf dem Schreibsubstrat und einer Achse Z senkrecht zum zweidimensionalen Schreibsubstrat, wobei die X-Achse eine bzw. die vorherrschende Schreibrichtung definieren kann, sowie

eine Kompensation von unerwünschter Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal des elektronischen Schreibstiftes, umfassend:

eine gleitende Mittelwertbildung über ein vorgegebenes Zeitintervall der durch die inertielle Messsensorik während des Schreibens durch Integration der Sensordaten der Messsensorik bestimmten Schreibstiftbewegungen bzw. Schreibstiftpositionen entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y,

und ferner einen periodischen Vergleich von aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten mit Ausgangsmittelwerten und/oder mit vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, und Subtraktion von bei besagtem Vergleich auftretenden Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und Ausgangsmittelwerten und/oder Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, von einem auszugebenden Schreibstiftpositionssignal.

[0011] Die in der Schreibsubstratebene liegenden Achsen X, Y und die senkrecht zur Schreibsubstratebene Achse Z können also ein Bezugskoordinatensystem X, Y, Z für den elektronischen Schreibstift definieren.

[0012] Die entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y aktuell ermittelten Mittelwerte des Schreibstiftpositionssignals können also fortlaufend mit vorher ermittelten Mittelwerten des Schreibstiftpositionssignals und/oder mit vorher festlegbaren, erwarteten Ausgangsmittelwerten verglichen werden.

[0013] Dabei sei angemerkt, dass der Begriff eines Schreibstiftpositionssignals sowohl Ortssignale als auch Bewegungs- bzw. Beschleunigungssignale des elektronischen Schreibstiftes umfassen kann.

[0014] Mit anderen Worten können so vorteilhafterweise Abweichungen der aktuell ermittelten Schreibbewegung, insbesondere Abweichungen der ermittelten Schreibbewegungsrichtung, von einer, ausgehend von vorher ermittelten oder festgelegten Mittelwerten des Schreibstiftpositionssignals, postulierten Bewegung bzw. postulierten Schreibbewegungsrichtung, als Drift interpretiert werden und vor Ausgabe des Schreibstiftpositionssignals, d.h. z.B. des Ortssignals, z.B. auf einer graphischen Darstellungseinheit, vom ermittelten Schreibstiftpositionssignal, d.h. z.B. vom ermittelten Ortswert, subtrahiert werden.

[0015] Die Sensordaten der Messsensorik können dabei bevorzugterweise vor der Integration zur Bestimmung der Schreibstiftbewegungen auf dem Schreibsubstrat in das initial festgelegte Koordinatensystem X, Y der Schreibsubstratebene transformiert werden.

[0016] Ebenfalls zur Steigerung der Genauigkeit der Bestimmung der Schreibstiftbewegungen kann beispielsweise die Erdbeschleunigung vor der Integration der Sensordaten der Messsensorik von den Sensordaten, insbesondere von den Beschleunigungssensordaten abgezogen werden.

[0017] Hierzu kann vorteilhafterweise die Orientierung der Messsensorik zur Richtung der Schwerkraft, beispielsweise ermittelt durch Magnetfeld- und Drehratensensoren sowie Sensorfusionsverfahren, berücksichtigt werden.

[0018] Das Zeitintervall der gleitenden Mittelwertbildung über die aus den Sensordaten durch Integration ermittelten Schreibstiftbewegungen kann z.B. größer als 1 s, 2 s oder 5 s sein.

[0019] Die Inertialmesssensorik und etwaige andere Sensoren (wie Schreibkraftdrucksensor, Magnetfeldsensor, Drehratensensor, usw.) können bei Gebrauch des elektronischen Schreibstiftes beispielsweise wenigstens alle 50 ms Messdaten aufnehmen, damit sichergestellt werden kann, dass die Abtastfrequenz über der Schreibbewegungsfrequenz oder Eigenfrequenz (z.B. 3 Hz bis 7 Hz) der Hand des schreibenden Nutzers liegt, um alle Bewegungen der Hand bzw. des elektronischen Schreibstiftes hinreichend genau erfassen zu können.

[0020] Mit anderen Worten kann die Abtastfrequenz gleich oder höher der durch das Nyquist-Shannon-Theorem bestimmten minimalen Abtastfrequenz sein.

[0021] Je nach Betriebsart des elektronischen Schreibstiftes können verschiedene Initialisierungen des verwendeten Koordinatensystems zur Auswertung der Schreibstiftpositionen erfolgen. Während es sinnvoll sein kann, bei einer Zeichnung die absolute Position des elektronischen Schreibstiftes auf dem Schreibsubstrat (bzw. die relative Position zu Bezugspunkten auf dem Schreibsubstrat, z.B. Papier) zu kennen, kann beispielsweise eine Schrifterkennung bereits allein aus dem dynamischen Bewegungsvorgang des elektronischen Schreibstiftes selbst heraus möglich sein.

[0022] Eine initiale Festlegung zweier auf dem Schreibsubstrat orthogonal zueinander stehenden Achsen, beispielsweise besagter X-Achse und besagter Y-Achse, kann in Abhängigkeit des Höhenwinkels oder Neigungswinkels γ der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes bezüglich des Schreibsubstrats und/oder in Abhängigkeit eines Azimuthalwinkels ϵ der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes oder einer Projektion der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes erfolgen.

[0023] Beispielsweise kann bei einer typischen Schreibhaltung der Azimuthalwinkel ϵ als der Winkel zwischen der X-Achse des festzulegenden Koordinatensystems und der Schnittlinie einer Ebene, die durch die Stiftlängsachse und einer Schreibsubstratsenkrechten gebildet wird, mit der Schreibsubstratebene, definiert werden.

[0024] Aus einer festgelegten ersten Koordinatenachse auf dem Schreibsubstrat kann dann über die geforderte Orthogonalität eine zweite Koordinatenachse auf dem Schreibsubstrat festgelegt werden, wobei wahlweise ein links- oder rechtshändiges Koordinatensystem festgelegt werden kann.

[0025] Der Azimuthalwinkel ϵ kann zu Beginn der Aufzeichnung der Schreibstiftpositionsdaten mit einem festen Wert angenommen werden, der beispielsweise aus empirischen Daten ermittelbar ist.

[0026] Als ein bevorzugter Ausgangswert des Azimuthalwinkels ϵ kann beispielsweise ein Wert von $+30^\circ \pm 10^\circ$ festgelegt werden.

[0027] Wenn als X-Richtung z.B. eine vorherrschende Schreibrichtung und als Y-Richtung die Richtung senkrecht dazu in der Blattebene definiert wird, kann man eine gemittelte konstante Bewegung in X-Richtung und kleine, temporäre Ausschläge in X- und Y-Richtung unterstellen.

[0028] Dabei kann angenommen werden, dass die Geschwindigkeiten der Schreibminenspitze beispielsweise bei etwa $1 \pm 0,5$ m/s liegen und mit der typischen Schreibbewegungsfrequenz zwischen 3 bis 7 Hz oszillieren. Die gemittelte, bzw. erwartete Schreibgeschwindigkeit in X-Richtung kann also bei $1 \pm 0,5$ m/s liegen und die gemittelte Schreibgeschwindigkeit in Y-Richtung bei 0 m/s.

[0029] Bei einer ermittelten Überschreitung besagter Schreibminengeschwindigkeit kann eine Drift in der Messsensorik die Ursache sein.

[0030] Eine Korrektur bzw. Kompensation einer Drift kann unter anderem durch eine Plausibilitätsprüfung der Schreibminenspitzenposition erzielt werden. Steht z.B. die Schreibminenspitze unter der X-Achse (also unter der Schreibrichtung), ist annehmbar, dass die nächste Bewegung nach oben erfolgt und das Positionssignal kann z.B. mit einer Rampe, die dieses Ergebnis erzwingt, korrigiert werden.

[0031] Analog kann mit dem Signal der X-Position verfahren werden: Läuft es langfristig dem Erwartungswert zu sehr vor oder nach, kann es ebenfalls mit einer Rampe korrigiert werden.

[0032] Da durch das Schreiben der Blick des Schreibenden in der Regel auf das Schreibsubstrat gerichtet ist und z.B. auf nicht auf ein Anzeigegerät, stehen im Allgemeinen ein paar Sekunden zur Korrektur der Schrift zur Verfügung.

[0033] Daher ist es z.B. möglich, die letzten geschriebenen Buchstaben mit (beispielsweise quadratisch ansteigenden) Rampen (gleichbedeutend mit Nullpunktverschiebungen der Integrationsergebnisse des Schreibstiftpositionssignals) zu verzerren bzw. zu korrigieren, ohne dass dies vom Schreibenden wahrgenommen wird.

[0034] Im weiteren Verlauf kann besagter Azimuthalwinkel ϵ weiter überprüft, präzisiert und angepasst werden, indem z.B. die Hauptachse der Schreibbewegungen, welche beispielsweise mit einer Schreibbewegungsfrequenz von 3 bis 7 Hz erfolgen, bezüglich eines biometrischen Neigungswinkels β relativ zur Schreibrichtungssachse (z.B. X-Achse), definiert wird.

[0035] Besagter biometrische Neigungswinkel β kann beispielsweise durch die Drehachse des Mittelgelenks des Zeigefingers der Schreibhand festgelegt werden.

[0036] Die Zeigefingermittelgelenksdrehachse wird durch die Biomechanik der Schreibhand vorgegeben und ihre Ausrichtung zur X-Achse ist ein typischer Parameter, durch den die individuelle Handschrift charakterisiert werden kann.

[0037] Der biometrische Neigungswinkel β kann unter anderem vom Anwender z.B. in Voreinstellungen der signalverarbeitenden Software des elektronischen Schreibstifts eingestellt werden, um so eine gewünschte Neigung der Schrift relativ zur Schreibrichtung einstellen zu können.

[0038] Die Geschwindigkeit der gemittelten konstanten Bewegung in Schreibrichtung kann als Maß für die Streckung oder Stauchung der wiedergegebenen Schrift bezüglich einer Referenzgeschwindigkeit der gemittelten konstanten Schreibbewegung dienen.

[0039] Zur Verbesserung der aus den Sensordaten des elektronischen Schreibstifts ermittelten Geschwindigkeit der gemittelten konstanten Bewegung in Schreibrichtung kann der Anwender einen für seine Handschrift typischen Schreibgeschwindigkeits-Ausgangswert, beispielsweise 0.1 bis 2 cm/s, bevorzugt 1 ± 0.5 cm/s, einstellen.

[0040] Vor der Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung des Ortssignals des elektronischen Schreibstifts und der Extraktion seiner Bewegung in Schreibrichtung, d.h. X-Richtung, können erfindungsgemäß die Sensordaten mit einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter um die Frequenzen oberhalb und unterhalb der typischen Schreibbewegungsfrequenz des Anwenders (3 bis 7 Hz) bereinigt werden.

[0041] Mit anderen Worten können vor einer Integration der Sensordaten, die Sensordaten bereits gefiltert bzw. geglättet werden und wenigstens teilweise bereits Driftsignale der Messsensorik korrigiert und kompensiert werden.

[0042] Diese Glättung bzw. Filterung kann das Rauschen in den Sensordaten reduzieren, und damit eine bessere Integration der Sensordaten ermöglichen, sowie ein mögliches verbleibendes Driftsignal nach der Integration verringern.

[0043] Die Filterung der Sensordaten kann bewährte Verfahren der gleitenden Mittelwertbildung umfassen. Neben Verwendung von klassischen Filtertechniken wie der schnellen Fourier Transformation (Fast Fourier Transformation), kann z.B. eine vorteilhafte numerische Umsetzung insbesondere durch Wavelet-Filter erfolgen, wobei bereits mit einem einfachen Grundmuster oder Basis-Wavelet, wie z.B. dem Haar-Wavelet, gute Erfolge erzielt werden können.

[0044] Bei einer Wavelet-Filterung wird eine Folge von Sensordatenwerten mit einem Grundmuster kombiniert, wobei in mehreren Schritten der Maßstab, d.h. die Skalierung, zur Anwendung des Grundmusters vergrößert werden kann.

[0045] Das Ergebnis sind Folgen von Koeffizienten und von Mittelwerten, die je nach gewünschter Filterung durch eine Inversion der Kombination mit dem Grundmuster eine gewünschte Zeit-Frequenz-Darstellung der Sensordatenwerte repräsentieren können.

[0046] Dabei können die Koeffizienten der zu hochfrequenten Anteile, d.h. Koeffizienten von Frequenzanteilen oberhalb der Schreibbewegungsfrequenz, und die Mittelwerte der zu niederfrequenten Anteile, d.h. die Mittelwerte der Frequenzanteile unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz, vor besagter Inversion zu Null gesetzt werden.

[0047] Bei Anwendung der Wavelet-Transformationen pro Richtung ergeben sich dann z.B.: $n=2^m$ Meßpunkte, 2^{m-1} Koeffizienten 1. Ordnung, usw. bis zu einem einzigen Koeffizienten m -ter Ordnung, oder allgemein ausgedrückt ergeben sich 2^{m-i} Koeffizienten i -ter Ordnung und ein Koeffizient m -ter Ordnung.

[0048] Bei der Wahl von n ist es vorteilhaft, Potenzen von 2 zu wählen. In Abhängigkeit von der Datenrate kann durch die Wahl von n das Zeitfenster gesteuert werden, über das gefiltert werden kann.

[0049] Für typische Sensordatenraten zwischen 60 Hz bis 100 Hz können typische Werte von n zwischen 64 und 256 liegen, also z.B. $n = 64$ oder 128 bei einer Datenrate von 60 Hz oder $n = 128$ oder 256 bei einer Datenrate von 100 Hz.

[0050] Unter Verwendung des besagten Haar-Wavelets ergeben sich beispielsweise folgende Koeffizienten und Mittelwerte, wobei S_i = Sensordatenpunkte bzw. Messwerte, $K_{k,i}$ = Koeffizienten k -ter Ordnung, $M_{k,i}$ = Mittelwerte k -ter Ordnung, k = Ordnung bzw. Ebene der Koeffizienten, i =Zähler der Koeffizienten einer Ordnung bzw. Sensordatenpunktindex, und wobei k, i natürliche Zahlen größer 0 sind.

$$K_{1,i} = (S_{2i-1} - S_{2i}) / \sqrt{2} \text{ und } M_{1,i} = (S_{2i-1} + S_{2i}) / \sqrt{2} \text{ für } i = 1 \text{ bis } n/2$$

$$K_{2,i} = (M_{1,2i-1} - M_{1,2i}) / \sqrt{2} \text{ und } M_{2,i} = (M_{1,2i-1} + M_{1,2i}) / \sqrt{2} \text{ für } i = 1 \text{ bis } n/2$$

...

$$K_{k,i} = (M_{k-1,2i-1} - M_{k-1,2i}) / \sqrt{2} \text{ und } M_{k,i} = (M_{k-1,2i-1} + M_{k-1,2i}) / \sqrt{2}$$

für $k > 1$ und $i = 1, 2^{m-k}$.

[0051] Koeffizienten erster Ordnung werden also direkt aus den Sensordatenpunkten bzw. Messwerten gebildet, während Koeffizienten höherer Ordnung aus Mittelwerten gebildet werden.

[0052] Mit R_i = rekonstruierte Sensordaten, $\log_2(n)$ = Logarithmus von n zur Basis 2, lassen sich die rekonstruierten Sensordaten wie folgt darstellen.

$$R_{\log_2(n)-1,1} = (M_{\log_2(n),i} - K_{\log_2(n),i}) / \sqrt{2} \text{ und } R_{\log_2(n)-1,2} = (M_{\log_2(n),i} + K_{\log_2(n),i}) / \sqrt{2}$$

$$R_{2i-1} = (R_{1,i} - K_{1,i}) / \sqrt{2} \text{ und } R_{2i} = (R_{1,i} + K_{1,i}) / \sqrt{2} \text{ für } i = 1 \text{ bis } n.$$

[0053] Indem der verbleibende Mittelwert und, je nach einer vorbestimmten Grenzfrequenz, für Frequenzanteile unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz, z.B. einer Grenzfrequenz unter der Hälfte der Schreibbewegungsfrequenz, auch die Koeffizienten höherer Ordnung zu Null gesetzt werden, kann vorteilhafterweise eine unerwünschte, z.B. auf Integrationsfehlern beruhende Drift des auszugebenden Bewegungssignals des elektronischen Schreibstiftes kompensiert bzw. korrigiert werden.

[0054] Darüber hinaus kann durch das Null-Setzen der Koeffizienten niedriger Ordnung, z.B. für Frequenzanteile vom Doppelten der Schreibbewegungsfrequenz oder mehr, unter anderem das Rauschen des Sensordatensignals reduziert werden.

[0055] Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass wenn die Schreibbewegung auf einer zweidimensionalen Schreibsubstratfläche wie z.B. einem Papierblatt geschieht, die Drift einer Richtung senkrecht zur Blattebene sofort detektiert und einfach ausgeglichen werden kann.

[0056] Informationen aus einer detektierten Drift senkrecht zur Blattebene können zudem auch benutzt werden Fehler bei der räumlichen Lageermittlung des elektronischen Schreibstiftes zu korrigieren.

[0057] Weitere Stützwerte für die Ermittlung und Kompensation einer unerwünschten Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal bezüglich der Schreibrichtung sind durch Hinzunahme eines Schreibdruck-Signals, beispielsweise von einem an die Schreibmine gekoppelten Schreibdruckkraftsensors, möglich.

[0058] Ein kurzer (beispielsweise kürzer als 0,3 s), hoher Druckimpuls ist in der Regel die Folge eines Punktes (Satzende oder i-Punkt), bei dem die Stiftspitze momentan zur Ruhe kommt, d.h. sich die Stiftspitze nicht in der Schreibsubstratebene bewegt.

[0059] An diesem Ruhepunkt der Schreibminenspitze des elektronischen Schreibstiftes bezüglich der Schreibsubstratebene, z.B. in Folge besagter Punktsetzung, kann lokal die Drift in X- und Y-Richtung aus dem aufintegrierten Geschwindigkeitssignal abgelesen werden und so das auszugebende Schreibstiftpositionssignal korrigiert werden.

[0060] Ferner kann eine Schriftneigungskorrektur des ermittelten Schreibstiftpositionssignals erfolgen, d.h. Fehler in der ermittelten Schriftneigung bzw. eine unerwünschte Drift des Schriftneigungssignals können ebenfalls korrigiert und kompensiert werden durch Vergleich der ermittelten Schriftneigung mit einer postulierten Schriftneigung. Mögliche aus besagtem Vergleich resultierende Abweichungen können dann vor Ausgabe des Schreibstiftpositionssignals, d.h. des Ortssignals, durch eine entsprechende Transformation des ermittelten Schreibstiftpositionssignals, d.h. des ermittelten Ortswertes, korrigiert werden.

[0061] Die postulierte oder gewünschte Schriftneigung, kann dabei z.B. vom Anwender voreingestellt werden, z.B. als Eingabe für eine digitale Steuereinheit des elektronischen Schreibstiftes oder als Parameter für eine Datenauswertungseinheit. Dabei kann die postulierte oder gewünschte Schriftneigung als die charakteristische Neigung der Handschrift eines Benutzers aufgefasst werden.

[0062] Besagte postulierte oder gewünschte Schriftneigung kann dabei aus einer Analyse auf eine Vorzugsrichtung der Häufigkeitsverteilung der Richtung von Schreibeibewegungen des elektronischen Schreibstiftes mit der Schreibeigenfrequenz (3 Hz bis 7 Hz) der Schreibhand erfolgen und beispielsweise durch einen Schriftvorzugsrichtungswinkel η , wie dem Winkel zwischen einer Schriftzeichenachse und der Schreibrichtungssachse, z.B. der X-Achse, charakterisiert werden.

[0063] Der Winkel zwischen dieser ermittelten Vorzugsrichtung und der gewünschten Schriftneigung kann dann als Grundlage für die Schriftneigungskompensation dienen. Dafür kann beispielsweise zunächst ein Rechteck festgelegt werden, welches die Schrift einer geschriebenen Zeile entlang der Schreibrichtung umfasst, und welches dann mit dem gewünschten Schriftneigungskompensationswinkel geschert werden kann.

[0064] Darüber hinaus kann die Neigung des elektronischen Schreibstiftes im Raum, d.h. der bereits oben eingeführte Neigungswinkel γ z.B. über den Tiefpaß-gefilterten Beschleunigungssensor gemessen und kurzzeitige Änderungen von γ durch Magnetfeldsensoren und Drehratensensoren verfolgt werden.

[0065] Ist beispielsweise der auf diese Weise ermittelte Neigungswinkel γ korrekt, erhält man nach Koordinatentransformation der z.B. von der inertialen Messsensorik gemessenen Beschleunigungen in die Schreibsubstratkoordinaten x , y , beschrieben durch die zueinander orthogonalen Schreibsubstratkoordinatenachsen X , Y , neben den Beschleunigungen des elektronischen Schreibstiftes in den Koordinaten der besagten Achsen X , Y als Beschleunigungswert in der zur Schreibsubstratebene senkrechten Achse Z den Wert der Erdbeschleunigung.

[0066] Sollte der so ermittelte Wert der Z -Beschleunigung vom Wert der Erdbeschleunigung abweichen, obwohl z.B. die Stiftspitze das Blatt bzw. Schreibsubstrat berührt, was beispielsweise über einen Schreibdruckkraft-Sensor leicht festgestellt werden kann, liegt aller Wahrscheinlichkeit nach ein Fehler im ermittelten Schreibstiftpositionssignal bzw. ermittelten Neigungswinkel γ vor. Ein solcher Fehler kann z.B. durch eine unerwünschte Sensordrift in der Messsensorik des elektronischen Schreibstiftes, aber auch unter anderem durch Anomalien des den Stift bzw. das Schreibsubstrat umgebenden Magnetfelds verursacht werden.

[0067] Wenn z.B. die Erdbeschleunigung vor Integration der Beschleunigungssensordaten von den gemessenen Beschleunigungssensordaten subtrahiert wurde, ist die Beschleunigung in Z , bzw. das Z -Signal im Schreibsubstratkoordinatensystem, bzw. wenn z.B. ein Schreibdruckkraft-Sensor Schreibsubstratkontakt signalisiert, idealerweise gleich Null.

[0068] Ist dies nicht der Fall, kann dies daran liegen, dass das Schreibsubstrat nicht waagrecht liegt, und es kann ein mit dem X - und Y -Signal korrelierter, kleiner Wert verbleiben, aus dem man die Neigung des Schreibsubstrats (bzw. den Fehler bei der Erdbeschleunigungs-Berechnung) ermitteln kann.

[0069] Abweichungen von einem zu erwartenden Z -Wert, z.B. dem Wert der Beschleunigung in Z , können also Indikationen für Fehler bei der Lageberechnung des Stiftes sein und beispielsweise durch Nullsetzen des Z -Wertes, bzw. des Beschleunigungswertes in Z , bei Kontakt des Schreibstiftes mit dem Schreibsubstrat korrigiert werden.

[0070] Eine Korrektur der ermittelten Beschleunigungen in Z kann darüber hinaus wie folgt erreicht werden.

[0071] Indem beispielsweise die Koordinatentransformation parallel für mehrere Werte von Neigungswinkel γ und Azimutwinkel ϵ des Stiftes durchgeführt wird, kann in einem nachfolgenden Rechenschritt die Linearkombination von Neigungs- und Azimutswinkeln γ , ϵ festgestellt werden, für die der Fehler der ermittelten Z -Beschleunigung, d.h. Abweichungen von einem zu erwartenden Z -Wert der Beschleunigung, z.B. einem zu erwartenden Z -Wert der Beschleunigung gleich Null oder gleich der Erdbeschleunigung, minimal wird.

[0072] Unter einer Linearkombination von Werten von Azimutwinkel ϵ und Neigungswinkel γ , kann dabei ein Wertepaar verstanden werden, umfassend jeweils einen Wert des Azimutwinkels ϵ sowie jeweils einen Wert des Neigungswinkels γ .

[0073] Ein auf diese Weise korrigierte Neigungsinformation bzw. korrigierter Neigungswinkel γ kann vorteilhafterweise ebenfalls Fehler in den X- und Y-Achsen des Beschleunigungssignals reduzieren.

[0074] Mit dieser Korrektur ist es ferner denkbar, eine Kartierung der magnetischen Anomalien über den Schreibsubstratkoordinaten vorzunehmen und anhand dieser Anomalien eine Absolutreferenzierung zu ermöglichen.

[0075] Indem man z.B. bewusst das lokale Magnetfeld verzerrt (z.B. durch einen nahen Permanentmagneten), kann diese Absolutreferenzierung realisiert werden. Ein Permanentmagnet kann hierzu z.B. in der Kappe des Stiftes untergebracht sein und beim Schreiben in der Nähe des Schreibsubstrats an einem wohldefinierten Ort abgelegt werden, beispielsweise am Rand des Schreibsubstrats, z.B. am Rand eines Schreibsubstrats mit DIN A4 Format, wobei bevorzugterweise eine Mindestentfernung zwischen Permanentmagnet und dem elektronischen Schreibstifts, von z.B. mehr als 1, 2 oder 3 cm, eingehalten werden kann, um eine Überbelastung eines Magnetfeldsensors vermeiden zu können.

[0076] Die Stärke des Magnetfeldes bzw. die Änderung in dessen Stärke erlaubt dann Rückschlüsse auf die Entfernung zum Magneten, und die Richtung des Magnetfeldes erlaubt Rückschlüsse auf die Position des elektronischen Schreibstifts, welche sich dann vorteilhafterweise in Polarkoordinaten ausdrücken lassen kann.

[0077] Mit anderen Worten erlaubt die Bestimmung des Neigungswinkels γ zusammen mit der Messung der Stärke bzw. der Änderung des natürlichen oder eines künstlichen Magnetfelds eine Absolutreferenzierung der Positionssignals, d.h. des Orts, des elektronischen Schreibstiftes auf dem Schreibsubstrat.

[0078] Ein erfindungsgemäßer elektronischer Schreibstift mit Schreibstiftpositionserkennung kann demnach eine Schreibmine, wenigstens eine elektrische Spannungsquelle, wenigstens eine digitale Steuereinheit, wenigstens ein Datenübertragungsmodul, sowie eine inertielle Messsensorik umfassen und dadurch gekennzeichnet sein, dass die digitale Steuereinheit konfiguriert sein kann zur initialen Festlegung zweier orthogonaler zueinander stehenden Achsen X, Y auf dem Schreibsubstrat und einer Achse Z senkrecht zum zweidimensionalen Schreibsubstrat, wobei die X-Achse die initiale Schreibrichtung definiert, sowie ferner konfiguriert sein kann zu einer Kompensation von unerwünschter Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal des elektronischen Schreibstiftes

[0079] Dabei kann die digitale Steuereinheit erfindungsgemäß zudem konfiguriert sein zur Filterung der Sensordaten mit einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter um die Frequenzen oberhalb und unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz des Anwenders vor Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung eines Ortssignals des elektronischen Schreibstifts und der Extraktion seiner Bewegung in Schreibrichtung, sowie zur Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung des Ortssignals des elektronischen Schreibstifts, für eine gleitende Mittelwertbildung über ein vorgegebenes Zeitintervall der durch die inertielle Messsensorik während des Schreibens durch Integration der Sensordaten der Messsensorik bestimmten Schreibstiftbewegungen auf dem Schreibsubstrat entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y, sowie für einen periodischen Vergleich von aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten mit Ausgangsmittelwerten und/oder mit vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, und auch konfiguriert sein für die Subtraktion von bei besagtem Vergleich auftretenden Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und Ausgangsmittelwerten und/oder Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, von einem auszugebenden Schreibstiftpositionssignal.

[0080] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur elektronischen Erkennung von Schreibstiftpositionen kann unter anderem dazu dienen, die vom elektronischen Schreibstift durchgeführten Berechnungen und Korrekturen zur Bestimmung von Schreibstiftpositionen und Driftkorrekturen zu überprüfen oder zu wiederholen, und wenn nötig zu ergänzen und/oder zu korrigieren, sowie es darüber hinaus vor allem ermöglichen, die verarbeiteten Daten des elektronischen Schreibstiftes auf einer Datenausgabereinheit auszugeben und/oder auf einer Datenspeichereinheit zu speichern.

[0081] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur elektronischen Erkennung von Schreibstiftpositionen, kann also einen wie oben beschriebenen elektronischen Schreibstift umfassen, welcher konfiguriert sein kann zur Ausführung eines wie oben beschriebenen Verfahrens und wenigstens ein Datenempfangsmodul zum Empfang von durch das Datenübertragungsmodul des elektronischen Schreibstiftes ausgesandten Daten, eine Datenauswertungseinheit zur Auswertung und Verarbeitung der empfangenen Daten, eine Datenausgabereinheit und eine Datenspeichereinheit aufweisen und dadurch gekennzeichnet sein, dass die Datenauswertungsein-

heit eine Aufintegration und Fehlerkorrektur der empfangenen Daten durchführen kann, und die verarbeiteten Daten auf der Datenausgabereinheit ausgeben und/oder auf einer Datenspeichereinheit speichern kann.

[0082] Folgende Figuren stellen beispielhaft dar:

Fig. 1a: Schematische räumliche Ansicht eines beispielhaften Schreibsubstrat-Koordinatensystems eines elektronischen Schreibstifts.

Fig. 1b: Schematische Draufsicht eines beispielhaften Schreibsubstrat-Koordinatensystems eines elektronischen Schreibstifts.

Fig. 2: Schematisches Beispiel für Festlegung eines biometrischen Neigungswinkels β .

[0083] Die **Fig. 1a** stellt beispielhaft eine räumliche Ansicht eines beispielhaften Schreibsubstrat-Koordinatensystems **111** eines elektronischen Schreibstiftes **100** dar, welcher auf einem zweidimensionalen Schreibsubstrat **108** Zeichen **110** schreiben kann.

[0084] Die wie oben beschrieben erfindungsgemäß festlegbaren Achsen X (**101**), Y (**102**) in der Schreibsubstratebene stehen orthogonal zueinander und die Achse Z (**103**) steht senkrecht auf dem Schreibsubstrat **108**.

[0085] Der Höhenwinkel oder Neigungswinkel γ (**104**) des elektronischen Schreibstiftes **100** kann dabei z.B. definiert werden als der Winkel zwischen der Längsachse **107** des elektronischen Schreibstiftes **100** und dem Schreibsubstrat **108**, d.h. der zweidimensionalen Schreibsubstratebene.

[0086] Der Azimuthalwinkel ϵ (**105**) des elektronischen Schreibstiftes **100** kann definiert werden als Winkel zwischen der Längsachse **107** des elektronischen Schreibstiftes **100** mit der X-Achse **101** oder als Winkel zwischen einer Projektion **106** der Längsachse **107** des elektronischen Schreibstiftes **100** auf das Schreibsubstrat **108** und der X-Achse **101**.

[0087] Wie erwähnt kann die initiale Festlegung der auf dem Schreibsubstrat **108** orthogonal zueinander stehenden Achsen X (**101**), Y (**102**) in Abhängigkeit des Höhenwinkels oder Neigungswinkels γ (**104**) der Längsachse **107** des elektronischen Schreibstiftes **100** bezüglich des Schreibsubstrats **108** erfolgen.

[0088] Bei einer typischen Schreibhaltung kann z.B. der Azimuthalwinkel ϵ (**105**) als der Winkel zwischen der X-Achse **101** des zu verwendenden / festzulegenden Koordinatensystems **111** und der Projektion **106** der Stiftlängsachse **107** auf das Schreibsubstrat **108**, d.h. der Schnittlinie einer Ebene, die durch die Stiftlängsachse **107** und einer Schreibsubstratsenkrechten gebildet wird, mit der Schreibsubstratebene, definiert werden.

[0089] Aus einer beispielsweise nach Festlegung des Azimuthalwinkel ϵ (**105**) festgelegten ersten Koordinatenachse, z.B. die X-Achse **101**, auf dem Schreibsubstrat **108** kann dann über die geforderte Orthogonalität eine zweite Koordinatenachse, z.B. die Y-Achse **102**, auf dem Schreibsubstrat **108** festgelegt werden, wobei wahlweise ein links- oder rechtshändiges Koordinatensystem **111** festgelegt werden kann. Auch eine dritte auf dem Schreibsubstrat **108** senkrechte stehende Achse, die Z-Achse **103** kann aus den festgelegten Achsen X (**101**), Y (**102**) durch eine geforderte Orthogonalität bezüglich der Achsen X (**101**), Y (**102**) hergeleitet werden.

[0090] Das hier in **Fig. 1a** dargestellte Koordinatensystem X, Y, Z (**111**) ist beispielsweise ein rechtshändiges Koordinatensystem.

[0091] Auch ist es denkbar für von 90° verschiedene Neigungswinkel γ (**104**) der Stiftlängsachse **107** die Projektion **106** der Stiftlängsachse **107** auf das Schreibsubstrat **108** zur Festlegung einer ersten Koordinatenachse, z.B. der Y-Achse (**102**) zu nutzen.

[0092] Die Schreibrichtung des elektronischen Schreibstiftes **100** kann beispielsweise durch die X-Achse **101** definiert sein.

[0093] Darüber hinaus ist in der **Fig. 1a** beispielhaft ein mit der Schreibminenspitze **109** des elektronischen Schreibstiftes **100** auf dem Schreibsubstrat **108** geschriebenes Schriftzeichen **110**, beispielsweise ein „T“ dargestellt.

[0094] Die **Fig. 1b** stellt beispielhaft die schematische Draufsicht eines zu **Fig. 1a** analogen oder identischen Schreibsubstrat-Koordinatensystems **207** eines elektronischen Schreibstiftes **200** dar.

[0095] Der Azimuthalwinkel ε (**203**) des elektronischen Schreibstiftes **200** ist hier beispielsweise definiert als Winkel zwischen der Längsachse **204** des elektronischen Schreibstiftes **200** mit der X-Achse **201**. Mit anderen Worten legt beispielsweise also eine Wahl des Azimuthalwinkels ε (**203**) die X-Achse **201** fest und wie oben beschrieben folgt aus einer festgelegten ersten Koordinatenachse auf dem Schreibsubstrat **205** dann durch eine Orthogonalitätsforderung die Festlegung der zweiten Koordinatenachse auf dem Schreibsubstrat **205**, z.B. der Y-Achse **202**, sowie auch die Festlegung der auf dem Schreibsubstrat **205** senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse, z.B. der Z-Achse (nicht dargestellt).

[0096] Wie in **Fig. 1a** ist zudem auch in **Fig. 1b** beispielhaft ein mit dem elektronischen Schreibstiftes **100** auf dem Schreibsubstrat **108** geschriebenes Schriftzeichen **110**, nämlich ein beispielhaftes „T“ dargestellt, welches eine erste Schriftzeichenachse oder Hauptachse **209**, z.B. einen Längsstrich, und eine zweite Schriftzeichenachse oder Nebenachse **206**, z.B. einen Querstrich, aufweisen kann.

[0097] Dabei kann beispielsweise ein Schriftvorzugsrichtungswinkel η (**208**) definiert werden als Winkel zwischen einer Schriftzeichenachse **209** und der Schreibrichtungssachse, z.B. der X-Achse **201**.

[0098] Die **Fig. 2** stellt beispielhaft eine räumliche Ansicht der Schreibhand **302** eines Anwenders eines elektronischen Schreibstiftes **300** dar.

[0099] Der elektronische Schreibstift **300** mit Schreibminenspitze **310** befindet sich hier beispielhaft zwischen dem Zeigefinger **312** und dem Daumen **313** des Anwenders.

[0100] Zudem sind beispielhaft schematisch der erste **303**, zweite **304**, dritte **305** und vierte **306** Gelenkknochen des Zeigefingers **312**, einschließlich seines ersten (Grundgelenk) **307**, zweiten (Mittelgelenk) **308** und dritten (Endgelenk) **309** Gelenks dargestellt.

[0101] Der Wert eines wie oben definierten Azimuthalwinkels ε kann beispielsweise durch einen biometrischen Neigungswinkel β **311**, aufgespannt zwischen einem ersten Gelenkknochen **303** des Schreibhandzeigefingers **302** und einem zweiten Gelenkknochen **304** des Schreibhandzeigefingers **302** und zusätzlich charakterisiert durch die räumliche Ausrichtung der Drehachse (nicht dargestellt) des Mittelgelenks **308** des Zeigefingers **312** der Schreibhand **302** des Anwenders beim Schreiben, festgelegt werden.

[0102] Die Zeigefingermittelgelenksdrehachse wird durch die Biomechanik der Schreibhand vorgegeben und ihre Ausrichtung zur X-Achse (nicht dargestellt) ist ein typischer Parameter, durch den die individuelle Handschrift charakterisiert werden kann.

[0103] Der biometrische Neigungswinkel β (**303**) kann z.B. unter anderem vom Anwender z.B. in Voreinstellungen der signalverarbeitenden Software des elektronischen Schreibstiftes **300** eingestellt werden.

[0104] Der Vollständigkeit halber sei explizit erwähnt, dass die in den Figuren beispielhaft beschriebenen Merkmale, Definitionen und/oder Größen erfindungsgemäß kombinierbar sein können.

[0105] Es folgen 3 Blatt mit 3 Figuren. Die Bezugszeichen sind dabei wie folgt belegt.

100	Elektronischer Schreibstift
101	Erste Koordinatenachse, z.B. X-Achse
102	Zweite Koordinatenachse, z.B. Y-Achse
103	Dritte Koordinatenachse, z.B. Z-Achse
104	Höhenwinkel oder Neigungswinkel γ der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes bezüglich des Schreibsubstrats
105	Azimuthalwinkel ε
106	Projektion der Längsachse 107 des elektronischen Schreibstiftes 100 auf das Schreibsubstrat 108 bzw. Schnittlinie einer Ebene, die durch die Stiftlängsachse 107 und einer Schreibsubstrat-senkrechten gebildet wird, mit der Schreibsubstratebene.
107	Längsachse des elektronischen Schreibstifts
108	Schreibsubstrat / Schreibsubstratebene

- 109 Schreibminenspitze
- 110 Schriftzeichen geschrieben mit dem elektronischen Schreibstift
- 111 Koordinatensystem X, Y, Z, beispielhaftes Bezugskordinatensystem
- 200 Elektronischer Schreibstift
- 201 Erste Koordinatenachse, z.B. X-Achse
- 202 Zweite Koordinatenachse, z.B. Y-Achse
- 203 Azimuthalwinkel ε
- 204 Längsachse des elektronischen Schreibstifts
- 205 Schreibsubstrat / Schreibsubstratebene
- 206 Zweite Schriftzeichenachse oder Nebenachse
- 207 Koordinatensystem X, Y, Z, beispielhaftes Bezugskordinatensystem
- 208 Schriftvorzugsrichtungswinkel η
- 209 Erste Schriftzeichenachse oder Hauptachse
- 300 Elektronischer Schreibstift
- 301 Längsachse des elektronischen Schreibstifts
- 302 Schreibhand eines Anwenders eines elektronischen Schreibstiftes 300
- 303 Erster Gelenkknochen von Zeigefinger der Schreibhand
- 304 Zweiter Gelenkknochen von Zeigefinger der Schreibhand
- 305 Dritter Gelenkknochen von Zeigefinger der Schreibhand
- 306 Vierter Gelenkknochen von Zeigefinger der Schreibhand
- 307 Erstes Gelenk (Grundgelenk) von Zeigefinger der Schreibhand
- 308 Zweites Gelenk (Mittelgelenk) von Zeigefinger der Schreibhand
- 309 Drittes Gelenk (Endgelenk) von Zeigefinger der Schreibhand
- 310 Schreibminenspitze
- 311 Biometrischer Neigungswinkel β
- 312 Zeigefinger der Schreibhand eines Anwenders
- 313 Daumen der Schreibhand eines Anwenders

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung und Auswertung von Bewegungsmustern und Schreibstiftpositionen eines elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) mit inertialer Messsensorik beim Schreiben auf einem zweidimensionalen Schreibsubstrat (108, 205) umfassend:

Initiale Festlegung zweier orthogonal zueinander stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202) auf dem Schreibsubstrat und einer Achse Z (103) senkrecht zum zweidimensionalen Schreibsubstrat (108, 205), wobei die X-Achse (101, 201) die vorherrschende Schreibrichtung definiert,

Kompensation von unerwünschter Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal des elektronischen Schreibstiftes, umfassend:

Bereinigung der Sensordaten mit einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter um die Frequenzen oberhalb und unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz des Anwenders vor Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung eines Ortssignals des elektronischen Schreibstifts (100, 200, 300) und der Extraktion seiner Bewegung in Schreibrichtung,

Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung des Ortssignals des elektronischen Schreibstifts (100, 200, 300), Gleitende Mittelwertbildung über ein vorgegebenes Zeitintervall der durch die inertielle Messsensorik während des Schreibens durch Integration der Sensordaten der Messsensorik bestimmten Schreibstiftbewegungen auf dem Schreibsubstrat (108, 205) entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202),

Periodischen Vergleich von aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten mit Ausgangsmittelwerten und/oder mit vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten,
 Subtraktion von bei besagtem Vergleich auftretenden Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und Ausgangsmittelwerten und/oder Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, von einem auszugebenden Schreibstiftpositionssignal.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Zeitintervall der gleitenden Mittelwertbildung größer als 1 s, 2 s oder 5 s ist.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die initiale Festlegung der beiden auf dem Schreibsubstrat (108, 205) orthogonal zueinander stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202) in Abhängigkeit des Höhenwinkels oder Neigungswinkels γ (104) der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) bezüglich des Schreibsubstrats (108, 205) und/oder in Abhängigkeit eines Azimuthalwinkels ϵ (105, 203) der Längsachse (107, 204, 301) des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) oder einer Projektion (106) der Längsachse des elektronischen Schreibstiftes erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Azimuthalwinkel ϵ (105, 203) als der Winkel zwischen der X-Achse des festzulegenden Koordinatensystems (111, 207) und der Schnittlinie (106) einer Ebene, die durch die Stiftlängsachse und einer Schreibsubstratsenkrechten gebildet wird, mit der Schreibsubstratebene, definiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei als Ausgangswert des Azimuthalwinkels ϵ (105, 203) ein Wert von $+30^\circ \pm 10^\circ$ festgelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der Azimuthalwinkels ϵ (105, 203) angepasst wird in Abhängigkeit eines biometrischen Neigungswinkels β (311) relativ zur Schreibrichtungsachse und welcher durch die Drehachse des Mittelgelenks (308) des Zeigefingers der Schreibhand festgelegt ist.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Anwender einen für seine Handschrift typischen Schreibgeschwindigkeits-Ausgangswert, beispielsweise zwischen 0.1 bis 2 cm/s, bevorzugt 1 ± 0.5 cm/s, einstellt.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Filterung durch ein Wavelet-Filter erfolgt und als Basis-Wavelet das Haar-Wavelet angewandt wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei an einem Ruhepunkt der Schreibminenspitze des elektronischen Schreibstiftes bezüglich der Schreibsubstratebene, z.B. in Folge einer Punktsetzung, lokal die Drift in X- und Y-Richtung aus dem aufintegrierten Geschwindigkeitssignal abgelesen wird und so das auszugebende Schreibstiftpositionssignal korrigiert wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Fehler in der ermittelten Schriftneigung korrigiert und kompensiert werden durch Vergleich der ermittelten Schriftneigung mit einer postulierten Schriftneigung.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Koordinatentransformation von Azimuthwinkel ϵ (105, 203) und Neigungswinkel γ (104) zu Schreibsubstratkoordinaten x, y parallel für eine Vielzahl von Werten für Azimuthwinkel ϵ (105, 203) und Neigungswinkel γ (104) durchgeführt wird, und diejenige Linearkombination von Azimuthwinkel ϵ (105, 203) und Neigungswinkel γ (104) bestimmt wird, bei der ein Fehler in der ermittelten Beschleunigung in Z-Richtung minimal wird.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Absolutreferenzierung der Position, d.h. des Ortssignals, des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) auf dem Schreibsubstrat (108, 205) durchgeführt durch Bestimmung des Neigungswinkels γ (104) zusammen mit der Messung der Stärke bzw. der Änderung des natürlichen Magnetfelds oder eines lokalen künstlichen Magnetfelds.

13. Elektronischer Schreibstift (100, 200, 300) mit Schreibstiftpositionserkennung, umfassend eine Schreibmine, wenigstens eine elektrische Spannungsquelle, wenigstens eine digitale Steuereinheit, wenigstens ein Datenübertragungsmodul, sowie eine inertielle Messensorik,

dadurch gekennzeichnet, dass

die digitale Steuereinheit konfiguriert ist zur initialen Festlegung zweier orthogonal zueinander stehenden Achsen X, Y (101, 102, 201, 202) auf dem Schreibsubstrat (108, 205) und einer Achse Z senkrecht zum zweisei-

mensionalen Schreibsubstrat, wobei die X-Achse (101, 201) die initiale Schreibrichtung definiert, sowie ferner konfiguriert ist zu einer Kompensation von unerwünschter Drift im auszugebenden Schreibstiftpositionssignal des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300), umfassend eine Konfiguration der digitalen Steuereinheit: zur Filterung der Sensordaten mit einem Hochpassfilter und einem Tiefpassfilter um die Frequenzen oberhalb und unterhalb der Schreibbewegungsfrequenz des Anwenders vor Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung eines Ortssignals des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) und der Extraktion seiner Bewegung in Schreibrichtung,

zur Aufintegration der Sensordaten zur Ermittlung des Ortssignals des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300),

für eine gleitende Mittelwertbildung über ein vorgegebenes Zeitintervall der durch die inertielle Messsensorik während des Schreibens durch Integration der Sensordaten der Messsensorik bestimmten Schreibstiftbewegungen auf dem Schreibsubstrat (108, 205) entlang beider besagter zueinander orthogonal stehenden Achsen X, Y(101, 102, 201, 202), sowie

für einen periodischen Vergleich von aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten mit Ausgangsmittelwerten und/oder mit vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, und konfiguriert ist

für die Subtraktion von bei besagtem Vergleich auftretenden Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und Ausgangsmittelwerten und/oder Abweichungen zwischen aktuell ermittelten gleitenden Mittelwerten und vorher ermittelten gleitenden Mittelwerten, von einem auszugebenden Schreibstiftpositionssignal.

14. Vorrichtung zur elektronischen Erkennung von Schreibstiftpositionen, umfassend einen elektronischen Schreibstift (100, 200, 300) nach dem vorherigen Anspruch und konfiguriert zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 12, wenigstens ein Datenempfangsmodul zum Empfang von durch das Datenübertragungsmodul (111) des elektronischen Schreibstiftes (100, 200, 300) ausgesandten Daten, eine Datenauswertungseinheit zur Auswertung und Verarbeitung der empfangenen Daten, eine Datenausgabereinheit und eine Datenspeichereinheit, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenauswertungseinheit eine Aufintegration und Fehlerkorrektur der empfangenen Daten durchführen kann, und die verarbeiteten Daten auf der Datenausgabereinheit ausgeben und/oder auf einer Datenspeichereinheit speichern kann.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

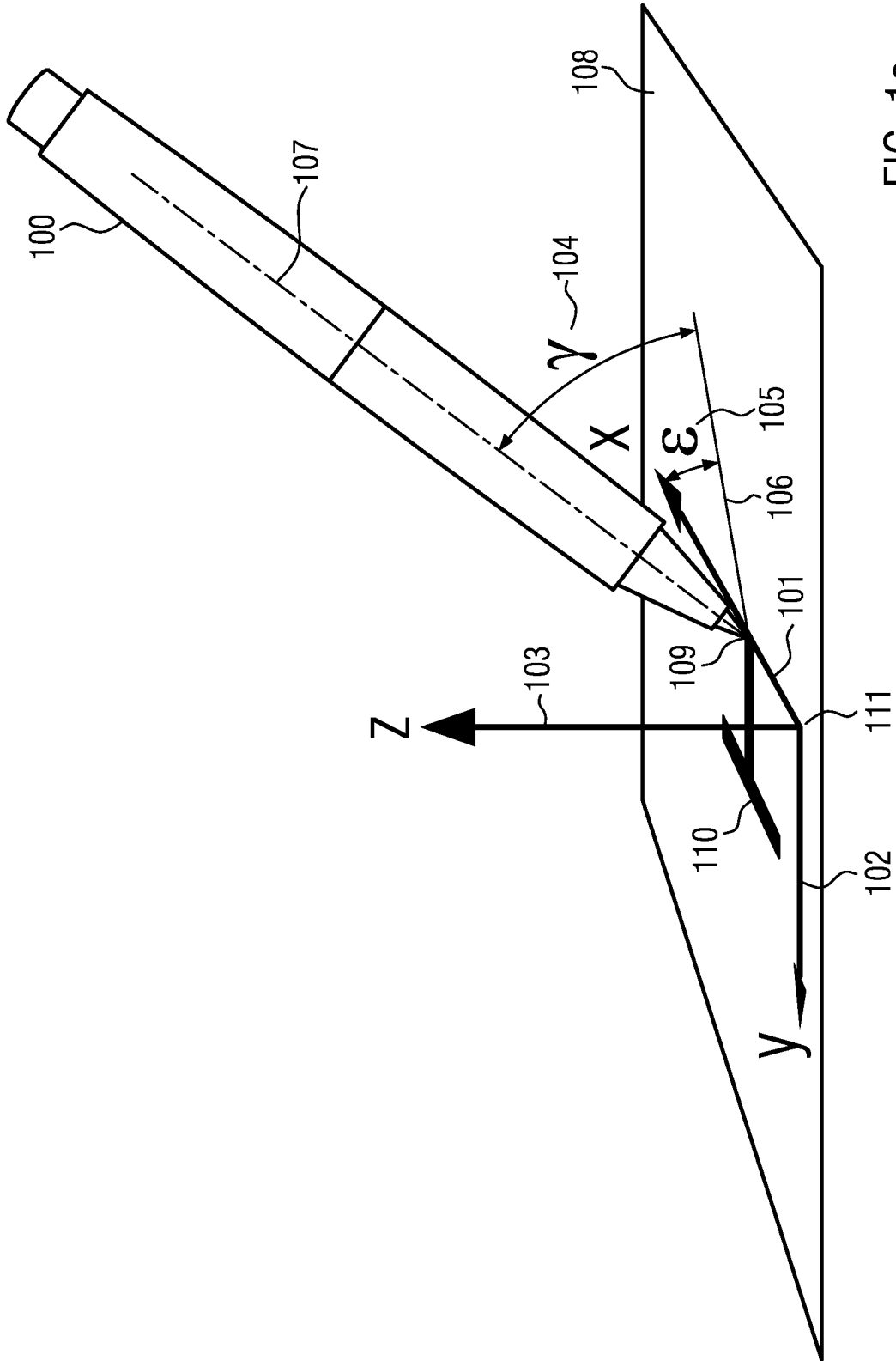


FIG. 1a

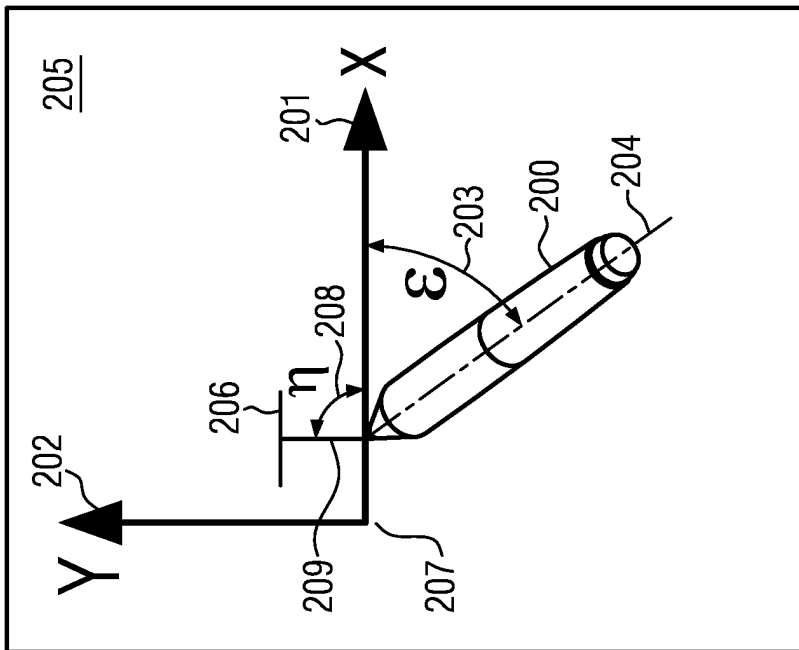


FIG. 1b

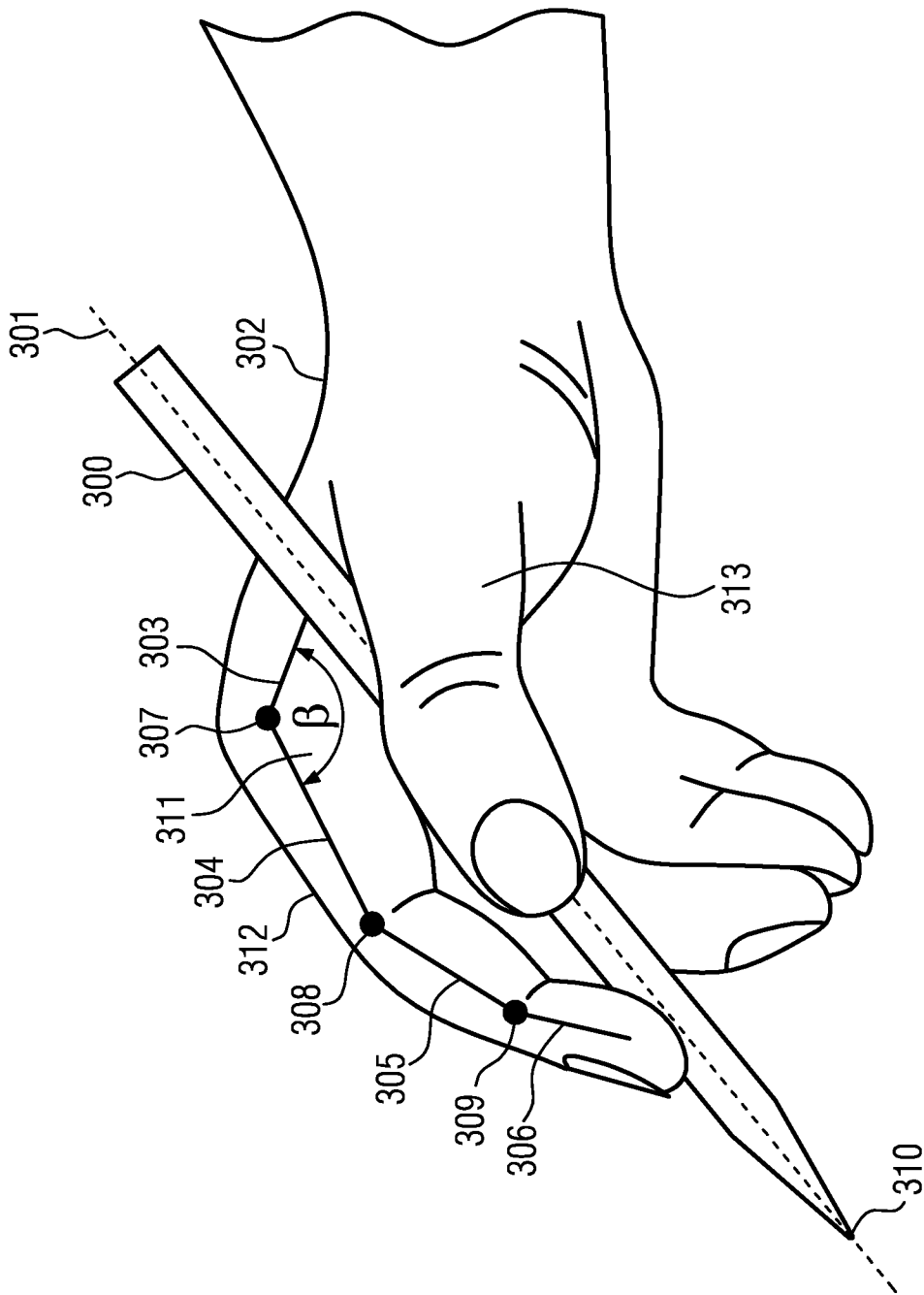


FIG. 2