

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Oktober 2009 (01.10.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/118183 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G06F 3/01 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/002229
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2009 (26.03.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2008 015 730.9 26. März 2008 (26.03.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **IDENT TECHNOLOGY AG** [DE/DE]; Arzelsrieder Feld 5, 82234 Wessling (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RICHTER, Wolfgang** [DE/DE]; Fraziskusweg 14, 82310 Starnberg (DE). **ANBAUER, Roland** [DE/DE]; Sommerstrasse 21 g, 81543 München (DE).
- (74) Anwalt: **RÖSSIG, Rolf**; Beck & Rössig, Cuvilliesstrasse 14, 81679 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

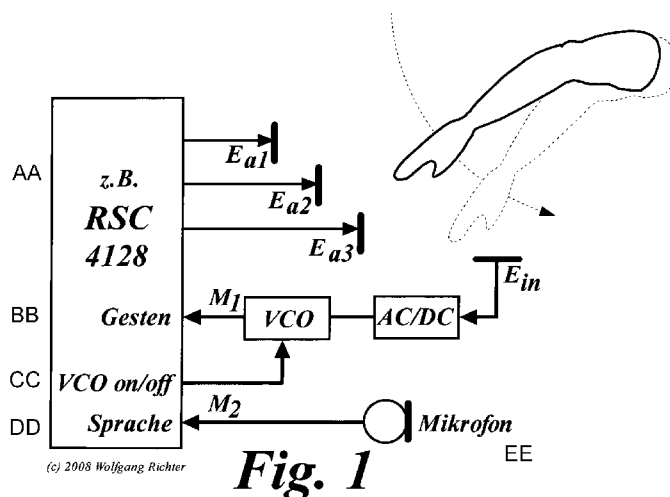
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, 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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR THE MULTIDIMENSIONAL EVALUATION OF GESTURES

(54) Bezeichnung: SYSTEM UND VERFAHREN ZUR MULTIDIMENSIONALEN GESTENAUWERTUNG



AA... E.g.
BB... Gestures
CC... //
DD... Speech
EE... Microphone

(57) Abstract: The invention relates to a system and a method for generating control signals by way of gestures, especially hand and/or finger gestures which are made by a user relative a detection device. The aim of the invention is to find solutions allowing a reliable detection and interpretation of gestures using as little hardware as possible and reliably processing a broad scope of input gestures. According to a first embodiment of the invention, this aim is achieved by a method for carrying out the signal processing of input signals that are generated as such by hand gestures that are made by a user relative a detection device and that correlate with the spatial movement of the hand or the fingers thereof, the input signals being generated or transformed in such a manner as to represent transfer signals the frequency band of which comprises the frequency band of audio signals accessible to a speech recognition system. The hand gestures are interpreted via the speech recognition system using said transfer signals.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung richtet sich auf ein System und ein Verfahren zur Generierung von Steuersignalen anhand

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/118183 A2



von Gesten, insbesondere Hand- und/oder Fingergesten die als solche von einem Anwender gegenüber einer Detektionseinrichtung ausgeführt werden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen durch welche es möglich wird, eine zuverlässige Erfassung und Interpretation von Gesten mit einem möglichst geringen Hardwareaufwand zu bewerkstelligen und ein breites Spektrum von Eingabegesten zuverlässig zu verarbeiten. Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Abwicklung einer Signalverarbeitung von Eingangssignalen die als solche nach Maßgabe von Hand-Gesten generiert werden die seitens eines Anwenders gegenüber einem Detektionssystem vollführt werden und mit der räumlichen Bewegung der Hand oder deren Finger korrelieren, wobei die Eingangssignale derart generiert oder transformiert werden, dass diese Transfersignale darstellen, deren Frequenzband das Frequenzband der einem Spracherkennungssystem zugänglichen Klangsignale erfasst, wobei die Interpretation der Hand-Gesten über das Spracherkennungssystem auf Grundlage jener Transfersignale erfolgt.

System und Verfahren zur multidimensionalen Gestenauswertung

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung richtet sich auf ein System und ein Verfahren zur Generierung von Steuersignalen anhand von Gesten, insbesondere Hand- und/oder Fingergesten die als solche von einem Anwender gegenüber einer Detektionseinrichtung ausgeführt werden.

Hintergrund der Erfindung

Aus der auf die Anmelderin zurückgehenden internationalen Patentanmeldung PCT/EP2007/00355 ist ein Steuersystem für ein Fahrzeug bekannt das eine Elektrodenanordnung umfasst über welche die räumliche Bewegung einer Hand des Fahrers oder Beifahrers erfasst werden kann und nach Maßgabe dieser Bewegung Schalt- und Eingabeoperationen beispielsweise zur Bedienung eines Navigationsgerätes veranlasst werden können.

Aus der ebenfalls auf die Anmelderin zurückgehenden Patentanmeldung DE 10 2007 016 408.6 ist ein Mobiltelefon bekannt das mit einer Sensoreinrichtung ausgestattet ist über welche berührungslos Eingabeoperationen über einen Finger des Anwenders vorgenommen werden können.

Weiterhin ist aus der auf die Anmelderin zurückgehenden Patentanmeldung DE 10 2007 039 163.5 ist eine Computermaus bekannt die es ermöglicht, Maus- und Menuesteuerungsfunktionen durch Hand-Gesten gegenüber der Computermaus vorzunehmen.

Aus der auf die Anmelderin zurückgehenden Patentanmeldung DE 10 2007 036 636.3 sowie der Patentanmeldung DE 10 2008 009 956.2 ist eine Puppe bekannt die als solche mit mehreren Elektroden versehen ist über welche eine Detektion der Gesten eines Spielkinds gegenüber der Puppe erfasst und damit einhergehend eine Ansteuerung von Sprachwiedergabefunktionen der Puppe, sowie ggf. eine

Ansteuerung mechatronischer Komponenten der Puppe abgewickelt werden kann. Durch diese Technik wird es möglich einen besonders realitätsnahen und nicht monoton erscheinenden Dialog mit dem Spielzeug abzuwickeln.

Bei den vorgenannten Systemen erfolgt die Erfassung der räumlichen Bewegung einer Hand gegenüber dem Detektionssystem auf Grundlage feldelektrischer Wechselwirkungseffekte. Das Detektionssystem ist hierzu mit Elektroden ausgestattet die als solche in LC-Netzwerke eingebunden sind und Signale liefern die Aufschluss über den Abstand der Hand zu der Elektrode geben. Anhand dieser Signale kann der Bahnverlauf einer Geste errechnet werden. Aus dem errechneten Bahnverlauf wiederum können Gesten ermittelt werden.

Die Errechnung von Abstands- und Bahninformationen kann über eine elektronische Schaltung bewerkstelligt werden auf welcher in einem elektronischen Speicher charakteristische Gestenbahnen hinterlegt sind.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen zu schaffen durch welche es möglich wird, eine zuverlässige Erfassung und Interpretation von Gesten mit einem möglichst geringen Hardwareaufwand zu bewerkstelligen und ein breites Spektrum von Eingabegesten zuverlässig zu verarbeiten.

Erfindungsgemäße Lösung

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Abwicklung einer Signalverarbeitung von Eingangssignalen die als solche nach Maßgabe von Hand-Gesten generiert werden die seitens eines Anwenders gegenüber einem Detektionssystem vollführt werden und mit der räumlichen Bewegung der Hand oder deren Finger korrelieren, wobei die Eingangssignale derart generiert oder transformiert werden, dass diese Transfersignale darstellen, deren Frequenzband das Frequenzband der einem Spracherkennungssystem zugänglichen Klangsignale erfasst, wobei die

Interpretation der Hand-Gesten über das Spracherkennungssystem auf Grundlage jener Transfersignale erfolgt.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, unter Rückgriffnahme auf bewährte und für den Bereich der Spracherkennung entwickelte Schaltungs- und Auswertungssysteme auch eine Gestenerkennung und Auswertung vorzunehmen. Es sind hierbei Anwendungen möglich, bei welchen die für Spracherkennung entwickelten Konzepte und Chipsätze ausschließlich zur Gesteninterpretation verwendet werden. Weiterhin ist es möglich, Spracherkennungssysteme zusätzlich mit der Funktion der Gestenerkennung auszustatten, wobei der Mikrophoneingang auch unmittelbar als Eingang für die Gestensignale fungieren kann. Das erfindungsgemäße Konzept der Umwandlung von Gestenbahnverläufen in klangartige Sequenzen kann bei verbreiteten Rechnersystemen und anderen Systemen in denen Spracherkennung implementiert werden kann, insbesondere Mikrocontrollern unter relativ geringem Aufwand an Zusatzhardware realisiert werden. Die erfindungsgemäß generierten klangartigen Sequenzen können so generiert werden, dass diese bei entsprechenden Systemen, ggf. in Überlagerung mit Mikrofonsignalen mit einem Zwischensstecker in den akustischen Eingang des Systems eingekoppelt werden. Durch dieses Konzept wird es möglich, Spracherkennungsprogramme auf besonders vorteilhafte Weise um Gesteninterpretationsfunktionen zu erweitern. Die zur Gestenaufzeichnung, bzw. zur Erfassung der räumlichen Bewegung der Gestenhand, oder ggf. auch lediglich von Fingern vorgesehenen Erfassungselektroden können insbesondere in ein Headset, eine Tastatur, ein Mousepad, eine Computermaus, oder auch einen Bildschirmrahmen eingebunden sein. Die Erfassungselektroden können auch in andere Strukturen eingebunden sein die sich als typischer Bezugspunkt für eine Gestenerfassung eignen. Im Fahrzeugbereich eignen sich hierbei insbesondere Strukturen im Bereich des Armaturenbretts, des Lenkrads, der Mittelkonsole und der Türverkleidungen.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung kann auch so gestaltet sein, dass durch diese überwiegend statische Gesten, z.B. statische Handformen erfasst und in hierfür hinreichend eindeutige Klangsequenzen konvertiert werden können. Derartige statische Gesten können beispielsweise als „flache Hand“, „Faust mit

ausgestrecktem Daumen“, „Victory Zeichen“ ausgeführt werden. Bei diesen statischen Gesten kann anhand der während der statischen Phase generierten Sensorsignale eine bestimmte Klangsequenz generiert werden. Es ist auch möglich, den für den Aufbau und den Abbau der statischen Gesten typischen Bewegungsvorgang klanglich abzubilden und bei der Erkennung dieser Gesten zu berücksichtigen.

Über die Konvertierung der mit der Geste korrelierenden Bahnverlaufssignale in klangartige Signalsequenzen wird auch eine Übermittlung der Gesteninformationen über Telekommunikationssysteme und VOIP-Systeme innerhalb des Klangdatenfrequenzbereiches ermöglicht. Die Gesteninformationen können damit unter Nutzung von Sprachübertragungssystemen auch an einem vom Operator, d.h. dem gestikulierenden Anwender entfernten Ort zur Verfügung gestellt werden. Durch das erfindungsgemäße Konzept kann auch eine Konversion einer Handgestensprache in eine klangbehaftete Sprache erfolgen.

Erkennungsmuster für die einzelnen Gesten können durch Teachverfahren, oder auch zu bestimmten Bahnverläufen errechnet und zur Auswertung hinterlegt werden.

Erfindungsgemäß werden Gesten, die von Lebewesen stammen (vorzugsweise Menschen) mit Hilfe eines Detektors erfasst und in Tonfolgen (Klang-Sequenzen) konvertiert. Diese können dann mit aktuellen Methoden der Sprach- oder Tonfolgenverarbeitung analysiert und ausgewertet werden. Verbal gesprochene Kommandos können ggf. parallel hierzu über den gleichen Kanal in dieselbe Verarbeitung gelangen und lassen sich mit den Gesten zusammen, einzeln oder nacheinander auswerten.

Vorzugsweise werden die von der Gestenerkennungsschaltung generierten Tonsequenzen im gleichen Frequenzband wie die Spracheingabe erzeugt, sodass auch die in der Sprachverarbeitung vorhandenen Filtermethoden benutzt werden können. Es ist jedoch auch möglich, einen anderen, beispielsweise zum Randbereich des verarbeiteten Frequenzbereichs hin versetzten Frequenzbereich zu wählen. Ähnlich oder genauso wie Sprachkommandos lassen sich dann Gesten in das System eintrainieren und bei deren Wiederkehr in Funktionen ausführen, die z.B. in

einer Tabelle gespeichert wurden. So lässt sich bis auf den Gestentonfolgewandler dieselbe Hard- und Software benutzen wie bei der Sprachverarbeitung, was gegenüber getrennt arbeitenden Systemen einen ökonomischen und schaltungstechnischen Vorteil bedeutet. Die betreffenden Gesten können dabei vor einer Erfassungseinrichtung dreidimensional in einem bestimmten Zeitintervall durchgeführt werden und sind weitgehend bedienerunabhängig.

Grundsätzlich eignet sich das erfindungsgemäße Konzept für verschiedenste Techniken der Gestenerfassung, wie optische, kapazitive oder bildverarbeitende Techniken. Es ist vorteilhaft, wenn die Ermittlung der Gesten in Sequenzen erfolgt und für jede Sequenz ein bestimmter Ton erzeugt werden kann. Somit erzeugt eine einfache oder komplexe Geste eine mehr oder weniger andauernde unterschiedliche Tonfolge. Da nie jemand die gleiche Geste zweimal exakt genau eingeben kann, weist das System vorzugsweise eine tolerante Erkennung auf. Dies geschieht vorzugsweise programm basiert. Eine hierfür geeignete Software kann erfindungsgemäß unter Nutzung der in Sprachverarbeitungssystemen vorgesehenen Erkennungs- und Interpretationsprozeduren bereitgestellt werden, insbesondere wenn die erfindungsgemäß mit der Geste, insbesondere der Gestenbahn korrelierende Tonfolge eine ähnliche Ausprägung hat wie ein gesprochenes Wort oder ein Satz.

Aufnahme der Gestensignale

Die Aufnahme der Gestensignale erfolgt vorzugsweise mithilfe eines oder mehrerer kapazitiver (E-Feld) Sensoren. Diese Sensoren sind vorzugsweise so aufgebaut, dass diese Veränderungen in einem künstlich erzeugten elektrischen Feld detektieren und hiermit einhergehend Signale liefern die mit der Position oder Bewegung der Hand oder eines Fingers hinreichend eng korrelieren.

Vorzugsweise erfolgt eine Vorverarbeitung der Gestensignale. Diese Vorverarbeitung kann in vorteilhafter Weise auf eine bereits erkannte Geste abgestimmt sein. Die Gestenerfassung kann unter Aufsplitten / Demultiplexen des vom jeweiligen Sensor

gelieferten Signals bzw. bei der bevorzugten Verwendung mehrerer Sensoren – der Signale erfolgen.

Die Interpretation der Gesten erfolgt vorzugsweise indem Sensorsignale für mindestens zwei, vorzugsweise drei Raumkoordinaten generiert werden. Diese Sensorsignale werden vorzugsweise in einem mehrkanaligen Messsystem gewonnen, wobei die Sensorsignale mehrkanalig parallel oder im Zeitmultiplex erfasst werden können. Ebenfalls möglich ist eine Anregung des Systems im Zeitmultiplex oder auch Frequenzmultiplex.

Die Umsetzung der trägermodulierten (Elektrodenempfangs) Signale der verschiedenen Sensor-Kanäle kann insbesondere durch Hüllkurvendetektion bzw. Gleichrichtung und Tiefpassfilterung (Bewegungsfrequenz < Tiefpassfrequenz < Trägerfrequenz) in niederfrequente Empfangssignale erfolgen, deren Amplitude proportional zur Annäherung / Entfernung vom Empfangsensor ist.

Es ist möglich, einen Gestenanfang und eine Gestenende mithilfe einer oder Kombinationen der folgenden Verfahren zu erkennen:

- a. Annäherungsdetektion: Als Gesten werden die Signale der E-Feld Sensoren erkannt, bei welchen mindestens ein Sensorsignal einen bestimmten bzw. einen sich adaptiv einstellenden Pegel überschreitet oder unterschreitet.
- b. Bewegungsdetektion: Als Gesten werden Signale der E-Feldsensoren mit einer Mindestveränderungsgeschwindigkeit erkannt. Hierzu ist es vorteilhaft die mathematische Ableitung dieser Signale zu bilden. Alternativ ist es auch möglich eine Hochpassfilterung, die der Ableitung entspricht durchzuführen.
- c. Die vorgenannten Maßnahmen nach a. und b können auch in Kombination durchgeführt werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt eine Normierung der Gestensignale. z. B. durch die Subtraktion des zeitlichen Mittelwerts bzw. des Gleichsignalanteils aller Sensorsignale von den jeweiligen einzelnen Sensorsignalen.

Weiterhin ist es möglich, Koordinatentransformation der detektierten Sensorsignale vorzunehmen, so dass die korrespondierenden Gesten in einer räumlichen Referenzebene abgebildet werden.

Diese Referenzgestenebene liegt vorzugsweise im wesentlichen parallel zu den Elektrodenflächen und senkrecht zur Sensorachse, sodass die korrespondierenden Gesten immer in einem bestimmten Abstand zum Sensorursprung abgebildet werden. Der Schwerpunkt der durch die Geste aufgespannten Fläche liegt vorteilhaft auf der Sensorachse.

Die Umsetzung der so transformierten mehrdimensionalen Sensorsignale erfolgt vorzugsweise durch eine Spannungs-Frequenzumsetzung (z.B. VCO) in geeignete Tonfolgen, die im Sprachfrequenzbereich von typischerweise 50Hz – 8000Hz bzw. 300-3400Hz (Telefonbandbereich) liegen, so dass die verschiedenen (typischerweise 3) Sensorsignale in ein einziges auszuwertendes Gestensignal (1 Kanal) überführt werden. Dieses wird dem Gestenerkennung im nächsten Schritt zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

Die Sensorsignale können als Zeitmultiplex-Signale generiert werden. Die Umwandlung oder Transformation der Sensorsignale mittels VCO Wandlung führt vorzugsweise zu Signalen in jeweils unterschiedlichen Frequenzbändern im Sprachfrequenzbereich.

Gestenerkennung

Die Erkennung der Gesten erfolgt vorzugsweise unter Verwendung eines DTW (Dynamic Time Warping) Mustererkenners zur Erkennung gesamter Gesten, analog zur Worterkennung bei Spracherkennern. Diese Erkennertypen zeichnen sich durch eine für zahlreiche Anwendungsfälle ausreichende Trennschärfe gegenüber ähnlich ausgeführter Gesten und damit eine bei einem kleineren Gestenspektrum mit relativ markanten Gesten ausreichende Erkennungsrate aus.

Alternativ zu dem vorgenannten Ansatz der DTW-Mustererkennung ist es auch möglich ein ebenfalls als Spracherkennungskonzept bekanntes Verfahren des Hidden Markov Modell (HMM) Erkenners zu verwenden. Bei dieser Art der Spracherkennung werden Wörter in Phoneme, atomare quasistationäre Laute der Sprache zerlegt. Analog werden Gesten in Gestenfragmente zerlegt, die im HMM

durch Zustände repräsentiert werden. Als Gestenfragmente können beliebige Teile einer Geste verwendet werden, also beliebige Gesten vorzugsweise Finger/Hand/Arm . Insbesondere geradlinige oder gekrümmte Bewegungen, Veränderungen der Orientierung (z.B. Drehung der Hand), Veränderungen der Form (wie Öffnen der Hand), sowie jeweils beliebig weit abgeleitete und integrierte Formen dieser Änderungen (Bewegungslängen, -geschwindigkeiten, etc.). Diese Gestenfragmente werden einzeln hintereinander erkannt und von dem HMM Erkennen wieder den definierten (in einem Trainings oder Beschreibungsprozess) Gesamtgesten zugeordnet (für dieses Beispiel: L Geste).

Die erfindungsgemäß als klangartige Signalsequenzen generierten und mit der Handgeste korrelierenden Signale können weiterhin auch durch einen Neuronalen Netzwerkerkenner und Gestenfragment Klassifizierer, analog zur Spracherkennung (Phonem Classifier) ausgewertet werden.

Die vorgenannten Maßnahmen, sowie anderweitige verbreitete Spracherkennungsverfahren können auch in Kombination ausgeführt werden um aus den erfindungsgemäß als klangartige Signalsequenzen generierten Gestensignale auszuwerten und dabei zu interpretieren.

3 Unterscheidung von Trainings- und Erkennungsphase,

Die zu erkennenden Gesten werden vorzugsweise mindestens einfach, ggf. auch mehrfach trainiert und im Gestenerkenner als Referenzmuster abgelegt. Gesten gleicher Aussage, die jedoch beim Training als zu unterschiedlich erkannt werden, werden vorzugsweise abgewiesen. Nicht abgewiesene, hinreichend ähnliche und damit eindeutige Gesten können durch Mittelwertbildung der entsprechenden Referenzsignale zusammengefasst werden.

Alternativ zum Trainingsprozess kann auch eine grafische – z.B. Maus/Menue-basierte - Eingabe von Referenzgesten (Pfeil von rechts nach links, oben nach unten, Kreis, usw) erfolgen. Zu diesen eingegebenen Gesten können die

entsprechend erwarteten Sensorsignale ermittelt und im Gestenerkennung als Referenzmuster hinterlegt werden.

Erkennungsphase

Während der Erkennungsphase werden vorzugsweise die Gestensignale mit den im Trainings / Beschreibungsprozess abgelegten Referenzsignalmuster verglichen und die wahrscheinlichste Geste ausgegeben. Falls die Gestensignale zu weit von allen Referenzsignalen abweicht wird ein „nicht erkannt“ ausgegeben. Hier kann in Abhängigkeit der Abweichung ein Schwellwert definiert werden, mit dem die Wahrscheinlichkeit für Fehldetektionen (die erkannte Geste wird falsch zugeordnet) und irrtümliche Abweisung (im Englischen Miss) (eine Geste wird nicht erkannt und abgelehnt) je nach Applikation angepasst werden können.

Bei einem HMM Erkennung erfolgt die Suche nach der besten Geste vorteilhaft durch einen Viterbi-Algorithmus.

Durch das erfindungsgemäße Konzept wird es möglich, Gestensignale einem Spracherkennungssystem zuzuführen und auf überraschend wirkungsvolle Weise durch die bereits für die Spracherkennung entwickelten Erkennungsverfahren auszuwerten. Die Sensorik unter Verwendung niederfrequenter elektrischer Felder (E-Feldsensorik) im Bereich bis ca. 100 kHz ermöglicht eine sichere Erkennung von Bewegungen im Abstand von typischerweise bis zu 50cm von den entsprechenden Detektionselektroden.

Für eine räumliche Abbildung der Geste werden vorzugsweise wenigstens drei Elektroden verwendet die beispielsweise drei jeweils mit der Dynamik der Abstandsänderung korrelierende Tonbeiträge liefern. Um insbesondere auch die Form der Hand zu erkennen, und insgesamt die Auflösung zu erhöhen und ggf. eine gewisse Redundanz zu schaffen ist es vorteilhaft mehr als drei Elektroden zu verwenden und damit ein bzgl. der Koordinaten ggf. überbestimmtes System zu schaffen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

- Figur 1** eine Schemadarstellung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Gestenerkennungskonzeptes bei welchem die räumliche Bewegung einer Hand durch drei Sendelektroden und eine Empfangselektrode erfasst wird und das über die Empfangselektrode erfasste Signal derart generiert oder modifiziert wird, dass dieses über ein Spracherkennungssystem hinreichend eindeutig erkannt werden kann;
- Figur 2** eine weitere Schemadarstellung zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Gestenerkennungskonzeptes;
- Figur 3** eine photographische Darstellung zur Veranschaulichung einer erfindungsgemäßen Erfassungsschaltung durch welche in Korrelation mit einer gegenüber einer Elektrodenanordnung vorgenommenen Geste klangartige Signale generiert werden können.
- Figur 4** einen Schaltplan zur Veranschaulichung des Aufbaus der Erfassungsschaltung nach Figur 3;
- Figur 5** ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung der Hinterlegung von zu erkennenden Gesten durch grafische Eingaben;
- Figur 6** ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Beispielsystems mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Lernmodus;
- Figur 7** ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Beispielsystems mit mehreren Empfängern und einem Sender im Lernmodus;

- Figur 8** ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Beispielsystems mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Erkennungsmodus;
- Figur 9** ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Beispielsystems mit einem Sender und mehreren Empfängern im Erkennungsmodus;
- Figur 10** eine Skizze zur Veranschaulichung eines Computersystems mit einer Gestenerkennungseinrichtung bei welchem die Einkopplung der Gestensignale in einen Mikrophoneingang erfolgt und die Gestenerkennung über ein Spracherkennungsprogramm mit erweitertem Vokabular bewerkstelligt wird;
- Figur 11** eine Schemadarstellung zur Veranschaulichung weiterer Einzelheiten des erfindungsgemäßen Konzepts der Generierung klangartiger und mit der Gestenkontur und der Gestendynamik korrelierender Signale die durch ein Spracherkennungssystem mit leicht erweitertem Vokabular identifiziert werden.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 veranschaulicht eine erste Variante einer erfindungsgemäßen Schaltung. Ein elektronisches Bauelement, welches für Sprachverarbeitung grundsätzlich geeignet und ausgestattet ist (z.B. der Baustein RSC 4128) beinhaltet einen programmierbaren Controller. Dieser wird per Firmware angewiesen, an mindestens einem IO Port ein wechselndes Signal zu erzeugen (1-0 Folge). Dieses Signal kann entweder optisch, z.B. durch Leuchtdioden, oder auch kapazitiv, z.B. auf eine Koppelfläche, ausgegeben werden. Im letzteren Fall erzeugt es ein elektrisches Wechselfeld. Ein, vorzugsweise mit einem Transimpedanzverstärker ausgestatteter Detektor kann dieses Feld oder eine von der Leuchtdiode stammende Lichtmenge empfangen. Diese wird in eine Gleichspannung gewandelt, die einen

spannungsgesteuerten Oszillator **VCO** betreibt. Eine Änderung der Lichtstärke oder des elektrischen Feldes, z.B. durch das Einbringen menschlicher Gliedmaßen in den Erfassungsbereich, ändert die Tonhöhe. Diese kann absinken oder ansteigen. Wird der entsprechende Controllerpin nur kurzzeitig aktiviert (z.B. 40 Millisekunden), so wird auch die Tonänderung nur in dieser Zeit stattfinden. Letztlich kann der betreffende **VCO** über einen anderen IO Pin ein- oder ausgeschaltet werden, sodass im Leerlauf kein Ton hörbar ist. Die durch Annäherung erzeugte Tonfolge wird der eigentlich für die Sprachverarbeitung vorgesehenen Analyseschaltung, die typischerweise aus einer Kombination von Hard- und Software besteht, zugeführt und zwar vorzugsweise im gleichen Chip, der auch das Feld- oder Lichtsignal generiert. Will man mehrere Dimensionen erfassen, so werden erforderlichenfalls mehrere feldgebende Elektroden oder Leuchtdioden vorgesehen. Dies kann mit Hilfe anderer IO Pins desselben Controllers geschehen, die nacheinander (= Sequenz) aktiviert werden können.

Die Signalverarbeitung und Auswertung erfolgt erfindungsgemäß durch an sich verbreitete Analysetechniken zur Sprachverarbeitung. Diese Spracherkennungstechniken werden erfindungsgemäß zur Gestenerkennung genutzt indem zunächst in Korrelation mit den Gesten klangartige, sprachähnliche Signalsequenzen gebildet werden. Die Auswertung dieser klangartigen Signalsequenzen ist vergleichsweise zuverlässig, da die Töne so generiert werden können, dass diese beispielsweise eher wie eine Folge von Vokalen erscheinen und Konsonanten und Zischlaute fehlen können (aber nicht müssen). Damit ist es auch möglich, sprachliche Kommandos und Gestenkommandos miteinander zu mischen und gleichzeitig oder nacheinander auszuführen. Mit Hilfe neuronaler Netze oder anderer lernenden Algorithmen ist es möglich, ein derartiges System zu trainieren und Toleranzschwellen einzustellen.

Bei dem in Figur 1 dargestellten elektronischen Baustein sind an dessen IO Ports beispielsweise drei feldabgebende Elektroden (z.B. Kupferflächen) angekoppelt. In ihrer Nähe befindet sich eine feldaufnehmende Elektrode E-in. Diese ist an einem Buffer (z.B. Transimpedanzverstärker), einer nachfolgenden Gleichrichterschaltung, bestehend aus Diode und Kondensator und einem spannungsgesteuerten Oszillator (**VCO**, hier ein Nadelimpulsgenerator) dargestellt. Mit Hilfe dieser Schaltung ist es

möglich, Tonfolgen (Tonsequenzen) zu generieren, die durch Annähern, vorzugsweise menschlicher Gliedmaßen, in ihrer Höhe verändert werden. Mit Hilfe einer Sequenzerschaltung (Software oder Hardware) werden nun die einzelnen Elektrodenflächen **E1** bis **E3** nacheinander aktiviert und zwar mit einem Wechselfeld aus 1-0 Folgen zeitlicher Länge, z.B. 100 kHz für jeweils 20 Millisekunden. Es entstehen elektrische Wechselfelder. Das Einbringen von Gliedmaßen kann das Feld abschwächen zur Eingangselektrodenfläche **Ke** oder als Überbrückung wirken. Beide Effekte verändern die Tonhöhe des angeschalteten **VCO**. Dessen Ausgang ist in den Chip zurückgeführt, wo die Sprachverarbeitung integriert ist. Somit lässt sich eine Bewegungsfolge einfach eintrainieren und auswerten. An denselben (oder einen anderen Eingang) kann auch ein Mikrophon angeschaltet werden, welches sprachliche Kommandos auf gleiche Weise verarbeitet.

Figur 2 zeigt die einfache Ausführung des Detektors mit Transistoren. Es ist auch möglich, diese Schaltung in den Chip zu integrieren und lediglich z.B. den Ladekondensator extern anzubringen, falls dies erforderlich ist. Ein **VCO** kann auch als Softwarefunktion im Chip realisiert werden.

Die vorliegende Erfindung kann äußerst kostengünstig realisiert werden und eignet sich insbesondere für die Integration in Spielzeuge, um diese mit Sprache und Gesten zu steuern und um den Spielreiz anhaltend zu verstärken. Vom Nutzer lassen sich immer neue Sprachkommandos und/oder Gesten trainieren.

Die Erfindung eignet sich jedoch auch für technische Zwecke sowie für den Bereich der Daten- und Textverarbeitung sowie für Kommunikationsgeräte. Beispielsweise kann bei einem Haushaltsgerät, z.B. einem Trockner, eine derartige Anordnung innerhalb der Trommel angebracht werden. Beim Einbringen von Wäsche entstehen andere Folgen Signalfolgen, als wenn z.B. ein Kind in die Trommel klettert und sich darin bewegt (oder ein Tier). Zusätzlich wird durch die Erfindung auch auf Geräusche geachtet. Somit ist es möglich, Lebewesen in Haushaltsgeräten zu erkennen, bevor diese durch den Betrieb zu Schaden kommen. Mit Hilfe dieser Schaltung ist es auch möglich (bei zeitweiligem Betrieb), diese aus einem Schlafzustand zu wecken und/oder nur durch ein bestimmtes Sprachkommando oder eine bestimmbar Geste zu aktivieren (Wake-up Schaltung).

Die beschriebene Elektrodenanordnung lässt sich auch in Möbel integrieren, um z.B. Sitzhaltungen oder Gesten in Verbindung mit diesen Möbeln zu analysieren oder auf sprachliche Kommandos zu reagieren, z.B. verstellbare Massageliegen usw.

Navigationsgeräte können mit Hilfe der Erfindung einfacher bedienbar gemacht werden. Das Einbringen und Steuern per Gesten erlaubt, auch Zoomfunktionen, die per Touchscreen gerade während einer Fahrt nur schwer realisierbar sind. Wenn mehrere Personen ein derartiges System bedienen wollen, ist es möglich, Bediener abhängige Kommandos vorzusehen oder zu analysieren, aus welcher Richtung eingebrachte Gesten erfolgen.

Die Erfindung ist überall dort vorteilhaft einsetzbar, wo aufgrund eines hohen Kostendrucks keine aufwendigeren Einzelschaltungen verwendet werden können.

Die Blockdiagramme nach den Figuren 5 bis 9 sind aus sich selbst heraus verständlich. Figur 5 zeigt hierbei ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung der Hinterlegung von zu erkennenden Gesten durch grafische Eingaben. Figur 6 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Beispielsystems mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Lernmodus. Figur 7 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Beispielsystems mit mehreren Empfängern und einem Sender im Lernmodus. Figur 8 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Beispielsystems mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Erkennungsmodus. Figur 9 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Beispielsystems mit einem Sender und mehreren Empfängern im Erkennungsmodus.

Alternativ zu der vorangehend beschriebenen Detektionstechnik mit mehreren Sendern und einem Empfänger, bzw. mehreren Empfängern und einem Sender ist es auch möglich die einzelnen Elektroden wechselweise als Sender und Empfänger zu betreiben und den Überbrückungsgrad zwischen den jeweils als Sender oder Empfänger fungierenden Elektroden, bzw. die Änderung des Überbrückungsgrades in Form eines entsprechend modulierten klangartigen Signales auszugeben.

In Figur 10 ist ein EDV-System veranschaulicht das eine mit einem Gestensensor ausgestattete Computermaus 1 sowie ein ebenfalls mit einem Gestensensor ausgestattetes Headset 2 umfasst. Sowohl die seitens der Computermaus 1, als auch die seitens des Headsets 2 generierten und hinsichtlich der Bewegung einer Hand H in die drei Raumrichtungen x, y, z indikativen Signale werden in klangartige Signale konvertiert und direkt auf den Eingang einer Soundkarte 3 eines PCs gegeben. Der Mausstecker 4 ist hierbei als Zwischenstecker ausgeführt, so dass auf diesen auch noch der Headsetstecker 5 aufgesteckt werden kann. An dem Mausstecker 4 ist weiterhin auch ein USB-Stecker 6 angebunden über welchen die Mausbewegungen in an sich bekannter Weise dem PC-System 7 zugeführt werden können.

Die Kommunikation mit dem PC-System 7 kann alternativ zu der hier zum einfacheren Verständnis gezeigten Verkabelung auch drahtlos erfolgen. Die erfindungsgemäßen Gestenerfassungseinrichtungen können auch in anderweitige Peripheriesysteme des PCs – oder z.B. im Falle eines Notebooks unmittelbar in – diesen z.B. in den Bildschirm oder das Touchpad eingebunden sein.

Das System kann so abgestimmt sein, dass dieses feststellt durch welche Gesteneingabeeinrichtung eine Eingabe der Gesten erfolgt ist. Der jeweiligen Gesteneingabeeinrichtung können bestimmte Funktionen zugeordnet sein. Z.B. kann über die Maus-Gestensensoreinrichtung überwiegend die Navigation innerhalb eines Dokumentes oder innerhalb von Dateien abgewickelt werden. Über die Headset-Gestensensoreinrichtung können insbesondere die Schrifformatierung sowie Satzzeichen und Korrekturmaßnahmen koordiniert werden. Beide Gestensensoreinrichtungen können ggf. gleichzeitig bedient werden. Die Mausgestensensoreinrichtung kann beispielsweise mit der feinmotorisch geübteren (über wiegende der rechten Hand) angesteuert werden. Mit der verbleibenden freien Hand kann die zweite Gestensensoreinrichtung, z.B. die Headsetgestensensoreinrichtung angesteuert werden. Bestimmte Gesten, z.B. Einfachstgesten in Form einer geradlinigen Abstandsänderung gegenüber der Mausgestensensoreinrichtung können als Dauertonsignal übertragen werden komplexere Gesten mit ausgeprägten Bahnverlaufs- und Dynamikmerkmalen können mit einem bestimmten Delay als „Einzelwort“ übertragen werden wenn ein

Gestenabschlussmerkmal erkannt wird. Die Erkennung des Gestenabschlussmerkmals kann ggf. noch durch Zusatzfunktionen der dem Spracherkennungssystem erfindungsgemäß vorgeschalteten Konvertereinrichtung bewerkstelligt werden. Das Gestenabschlussmerkmal kann beispielsweise darin bestehen, dass innerhalb einer Zeitspanne von 10% einer zurückliegenden, durch die Eingabegeste verursachten Phase mit ausgeprägter Dynamik keine besondere Signaldynamik auftritt.

Durch das erfindungsgemäße Konzept wird es möglich Gestensignale in synergetischer Weise mit Sprachsignalen zu verarbeiten.

Bei Anwendungen bei welchen keine Spracheingabe erforderlich ist, kann das Spracherkennungstool ausschließlich zur Gesteninterpretation herangezogen werden.

Auf Grundlage des erfindungsgemäßen Konzepts kann durch Chipsätze oder ASICS die an sich für Spracherkennungsaufgaben entwickelt wurden auf besonders effiziente Weise ein Gestenerkennungssystem realisiert werden.

Die vorliegende Erfindung kann insbesondere in Kombination mit den Techniken verwendet werden die aus den eingangs genannten, auf die Anmelderin zurückgehenden Patentanmeldungen hervorgehen. Der Offenbarungsumfang dieser älteren eingangs genannten, auf die Anmelderin zurückgehenden Anmeldungen ist durch diese Bezugnahme vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung eingebunden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abwicklung einer elektronischen Signalverarbeitung von Eingangssignalen die als solche nach Maßgabe von Hand-Gesten generiert werden,

wobei:

-a.) jene Hand-Gesten seitens eines Anwenders gegenüber einem Detektionssystem vollführt werden,

-b.) die Eingangssignale derart generiert oder transformiert werden, dass diese Transfersignale darstellen die mit der räumlichen Bewegung einer Hand oder deren Finger korrelieren,

-c.) die Transfersignale hierbei derart generiert werden, dass das Frequenzband der Transfersignale das Frequenzband der einem Spracherkennungssystem zugänglichen Klangsignale erfasst, und

-d.) die Interpretation der Hand-Gesten über das Spracherkennungssystem auf Grundlage jener Transfersignale unter Anwendung von Sprachanalyseprozeduren erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangssignale durch ein Tongeneratorsystem (z.B. VCO Spannungsgesteuerter Oszillator) generiert werden

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangssignale durch eine Schaltung in der Art einer Tereminschaltung generiert werden.

4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfersignale derart generiert werden, dass diese die räumliche Bewegung der Gestenhand abbilden.

5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das tonartige Signal aus drei Tönen (Dreiklang) zusammengesetzt wird, wobei sich die Zusammensetzung der Einzeltöne durch die Bewegung der Gestenhand oder eines Fingers nach Maßgabe eines Bewegungs-Abbildungsgesetzes verändern.

6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Entfernung von einem Detektionspunkt die Tonhöhe des Signals für diesen Bezugspunkt zunimmt.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Annäherung zu einem Detektionspunkt die Tonhöhe des Signals für diesen Bezugspunkt abnimmt.
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfersignale derart gebildet werden, dass diese die Änderung des Abstands der Gestenhand gegenüber einem, vorzugsweise wenigstens drei Bezugspunkte enthaltenden Bezugssystem beschreiben
9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Gesten nur die Signale von E-Feld Sensoren erkannt werden, bei welchen mindestens ein Sensorsignal einen bestimmten bzw. einen sich adaptiv einstellenden Pegel überschreitet.
10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass als Gesten Signale der E-Feldsensoren mit einer Mindestveränderungsdynamik erkannt werden.
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine mathematische Ableitung dieser Signale gebildet wird.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Normierung der Gestensignale erfolgt, z. B. durch die Subtraktion eines zeitlichen Mittelwerts bzw. des Gleichsignalanteils aller Sensorsignale von den jeweiligen einzelnen Sensorsignalen.
13. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Koordinatentransformation der detektierten Sensorsignale erfolgt, so dass die korrespondierenden Gesten in einer räumlichen Referenzgestenebene abgebildet werden.
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass diese Referenzgestenebene derart festgelegt wird, dass diese im wesentlichen parallel zu den Elektrodenflächen und senkrecht zur Sensorachse,

verläuft, sodass die korrespondierenden Gesten immer in einem bestimmten Abstand zum Sensorursprung abgebildet werden.

15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwerpunkt der durch die Geste aufgespannten Fläche im wesentlichen auf der Sensorachse liegt.

16. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung der so transformierten mehrdimensionalen Sensorsignale durch eine geeignete Spannungs-Frequenzumsetzung (z.B. VCO) in geeignete Tonfolgen, die im Sprachfrequenzbereich von typischerweise 50Hz – 8000Hz bzw. 300-3400Hz (Telefonbandbereich) liegen, so dass die verschiedenen (typischerweise 3) Sensorsignale in ein einziges auszuwertendes Gestensignal (1 Kanal) überführt werden.

17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorsignale über einen Zeitmultiplexer erfasst werden.

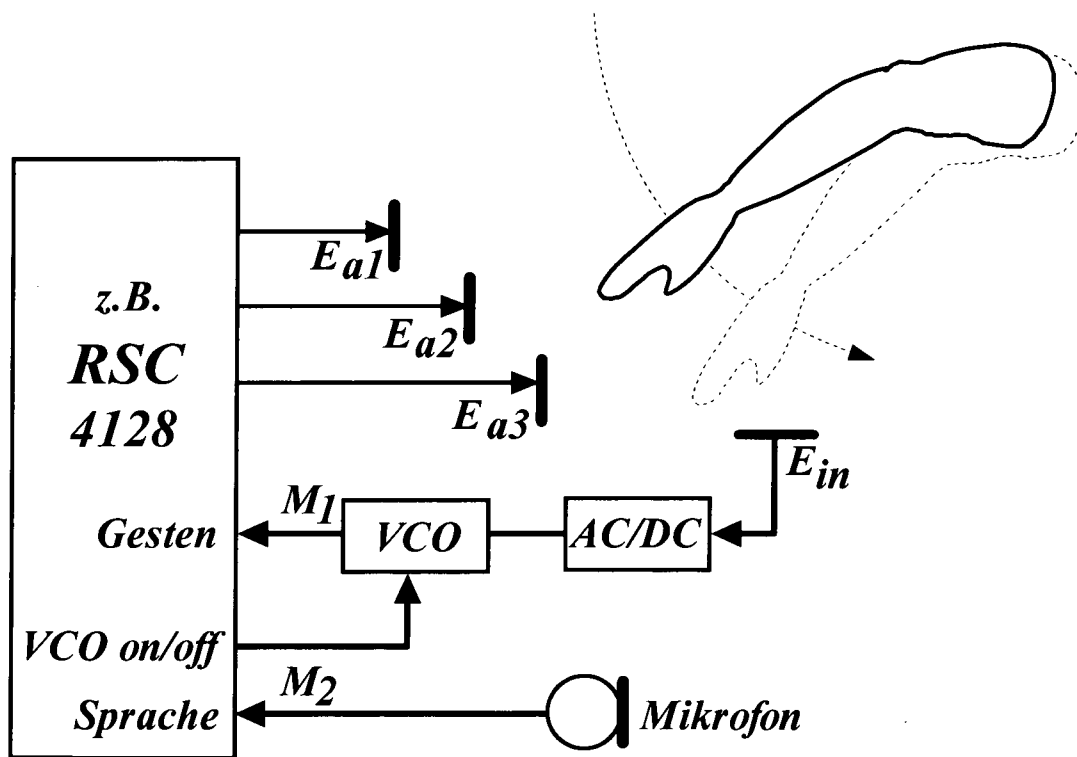
18. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorsignale mittels VCO Wandlung in jeweils unterschiedliche Frequenzbänder im Sprachfrequenzbereich transformiert werden

19. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Gestenerkennung unter Verwendung eines DTW (Dynamic Time Warping) Mustererkennters zur Erkennung gesamter Gesten, analog zur Worterkennung bei Spracherkennern bewerkstelligt wird.

20. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Gestenerkennung unter Verwendung eines aus der Spracherkennung bekannten Hidden Markov Modell (HMM) Erkenners bewerkstelligt wird.

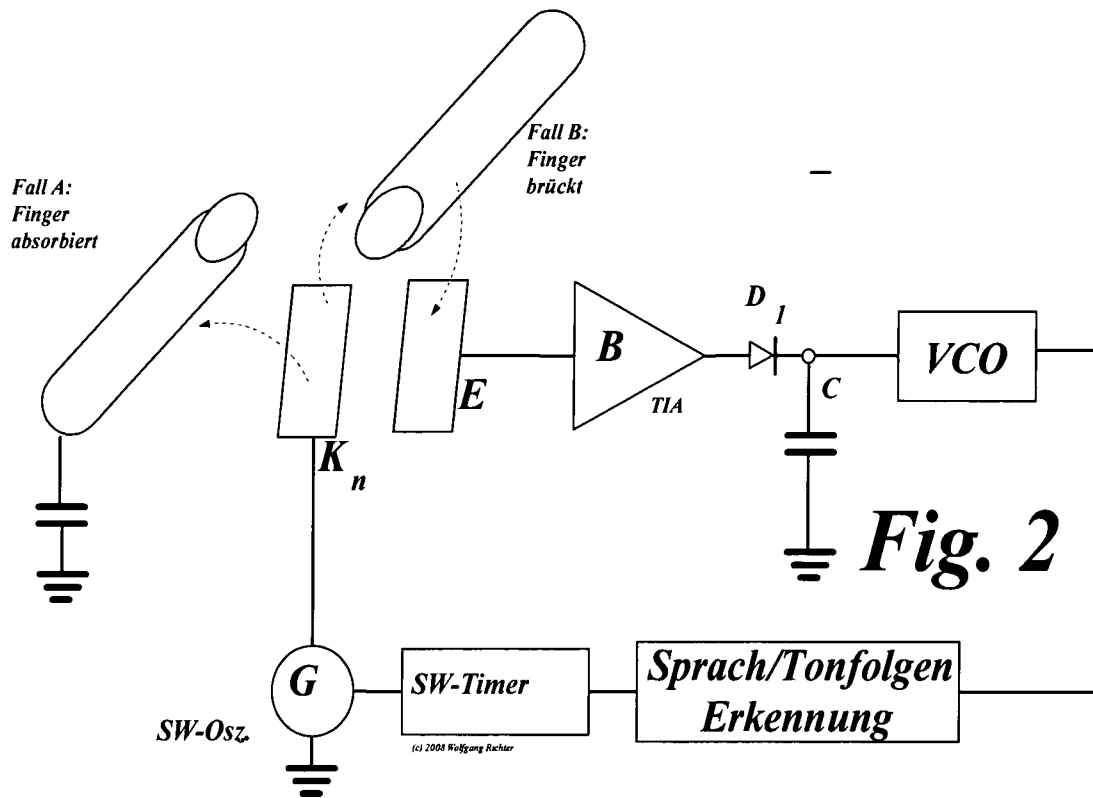
21. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die zu erkennenden Gesten eintrainiert und als Referenzmuster abgelegt werden.

22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass Gesten, die beim Training als zu unterschiedlich erkannt werden, als unzulässig abgewiesen werden.
23. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass nicht-abgewiesene, ähnliche Gesten werden durch Mittelwertbildung der entsprechenden Referenzsignale zusammengefasst werden.
24. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Gestentrainingsprozess durch visuelle Vorgaben, oder visuelles Feedback unterstützt wird.
25. System zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 24.
26. System nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Erfassung der räumlichen Bewegung einer Hand oder eines Fingers eines Anwenders in ein Computerperipheriesystem, insbesondere eine Maus, ein Mauspad, ein Headset, eine Tastatur, und/oder einen Bildschirm eingebunden ist.
27. System nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass dieses in ein technisches Gerät z.B. Haushaltsgerät, oder eine Maschine zur Abwicklung von Eingabeoperationen eingebunden ist.
28. System nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass dieses in ein mobiles Kommunikationsgerät eingebunden ist.
29. System nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass dieses in ein Kraftfahrzeug eingebunden ist, insbesondere an ein Navigationssystem desselben angebunden ist.
30. System nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass dieses in ein elektronisches Spielzeug eingebunden ist.



(c) 2008 Wolfgang Richter

Fig. 1



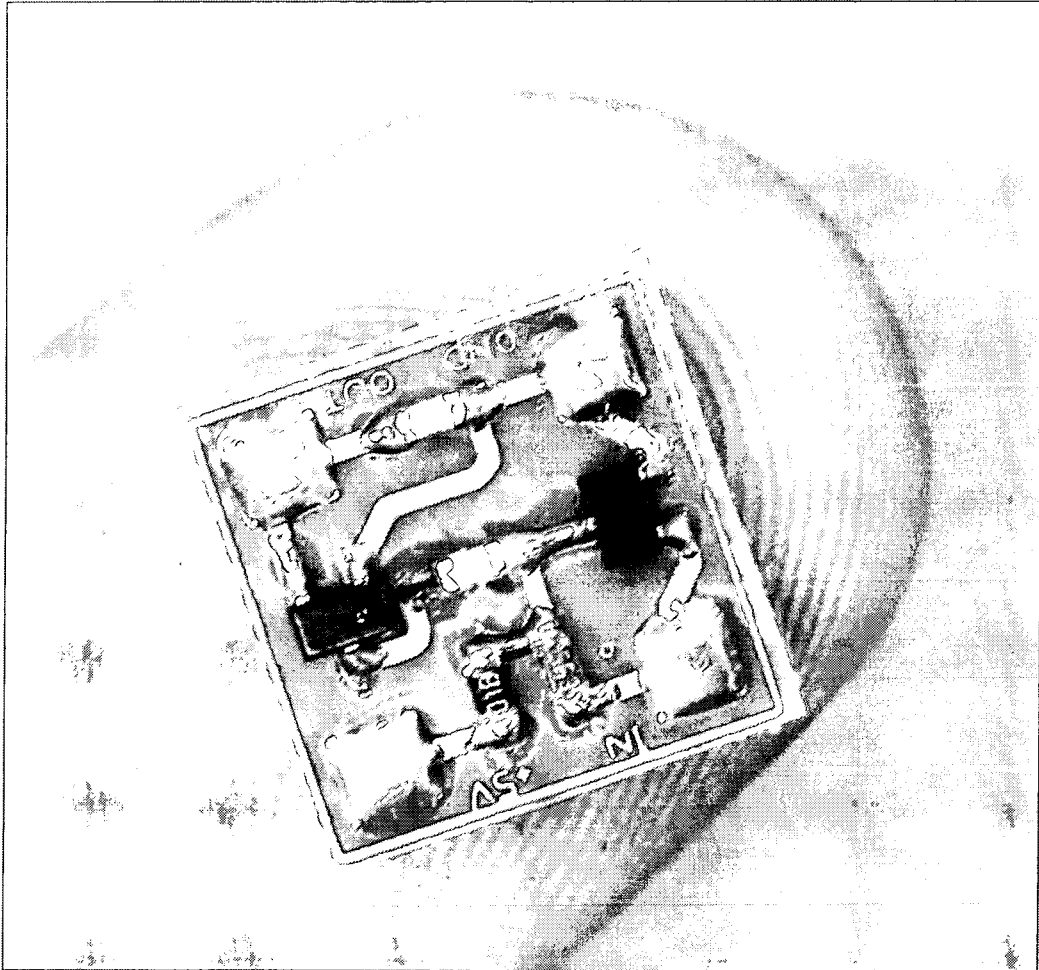


Fig. 3

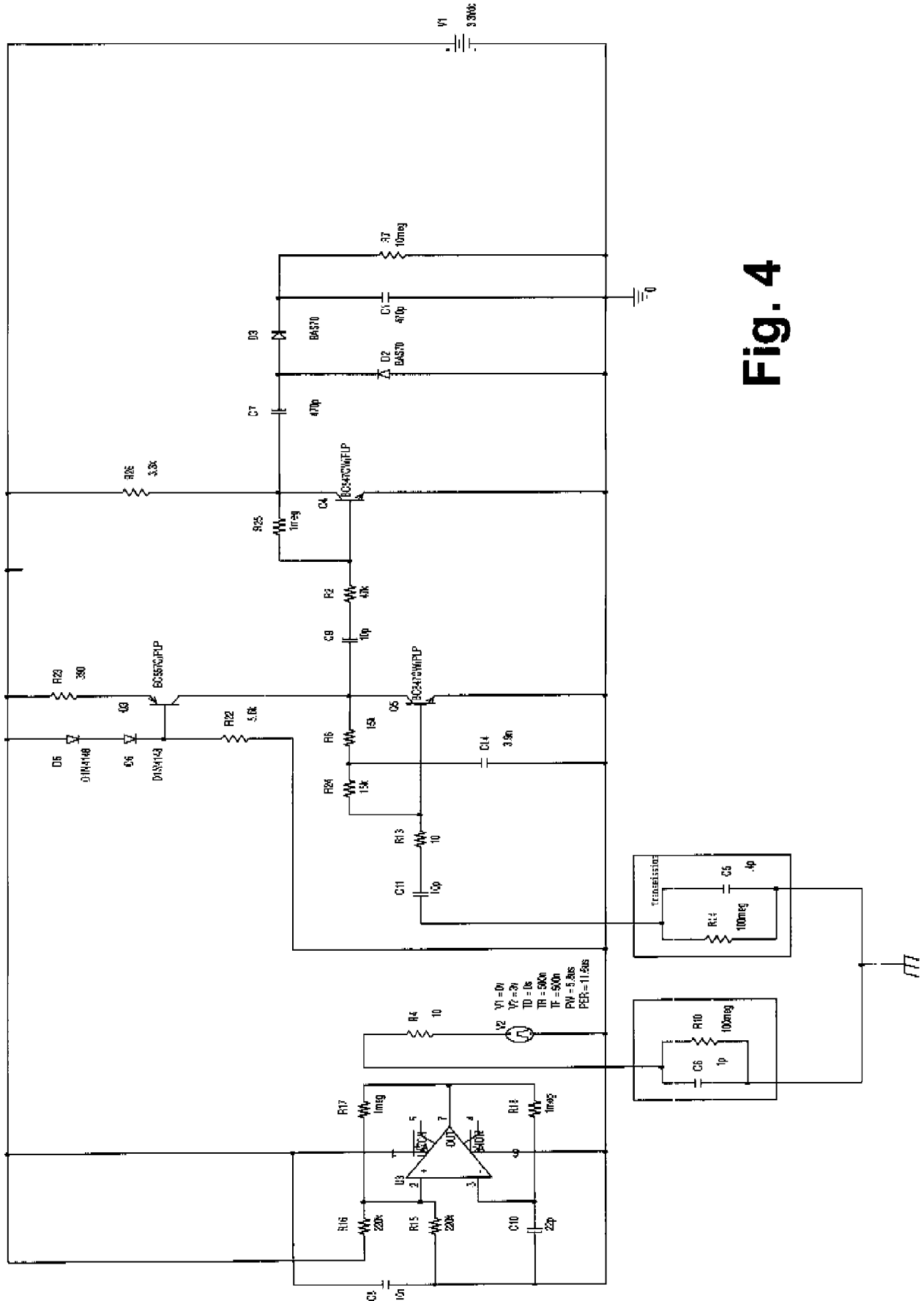


Fig. 4

Hinterlegen von zu erkennenden Gesten durch grafische Eingabe

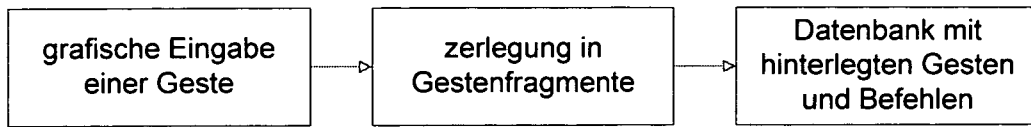


Fig. 5

Beispielsystem mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Lernmodus

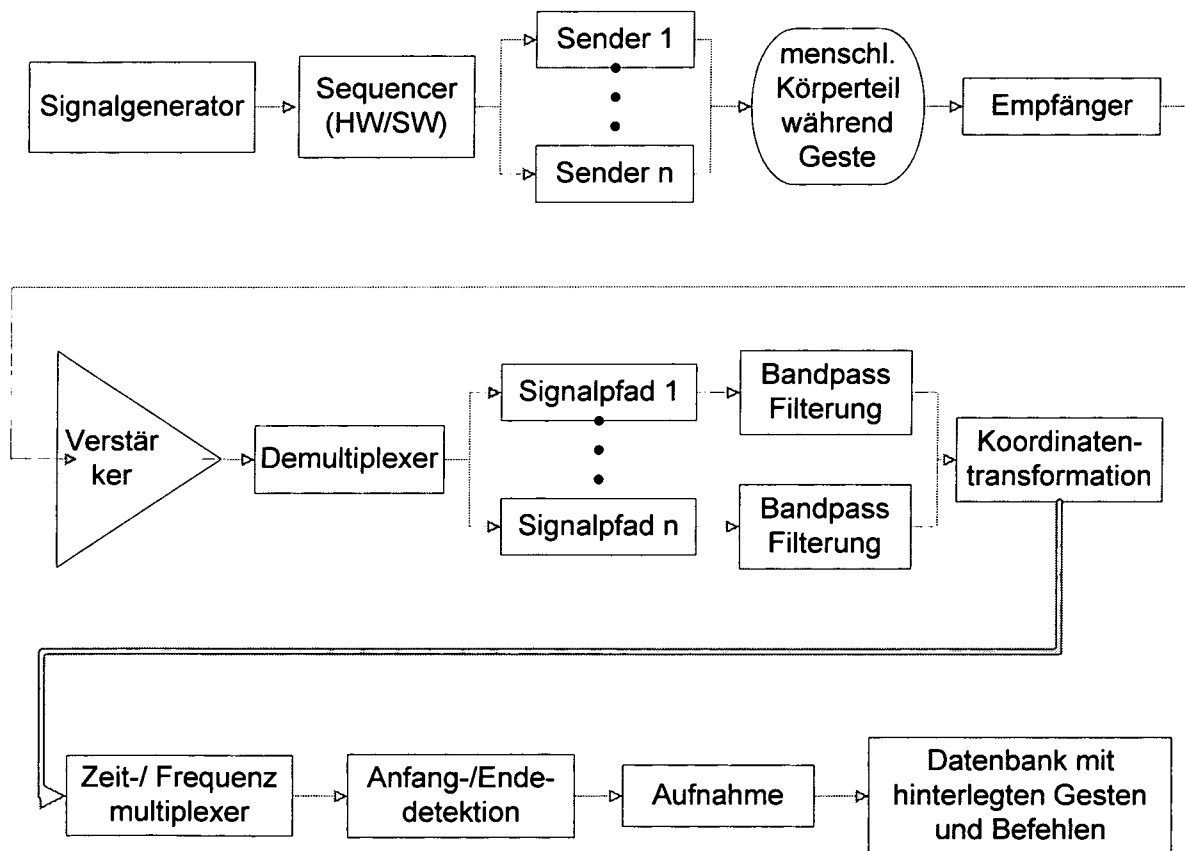


Fig. 6

Beispielsystem mit einem Sender und mehreren Empfängern im Lernmodus

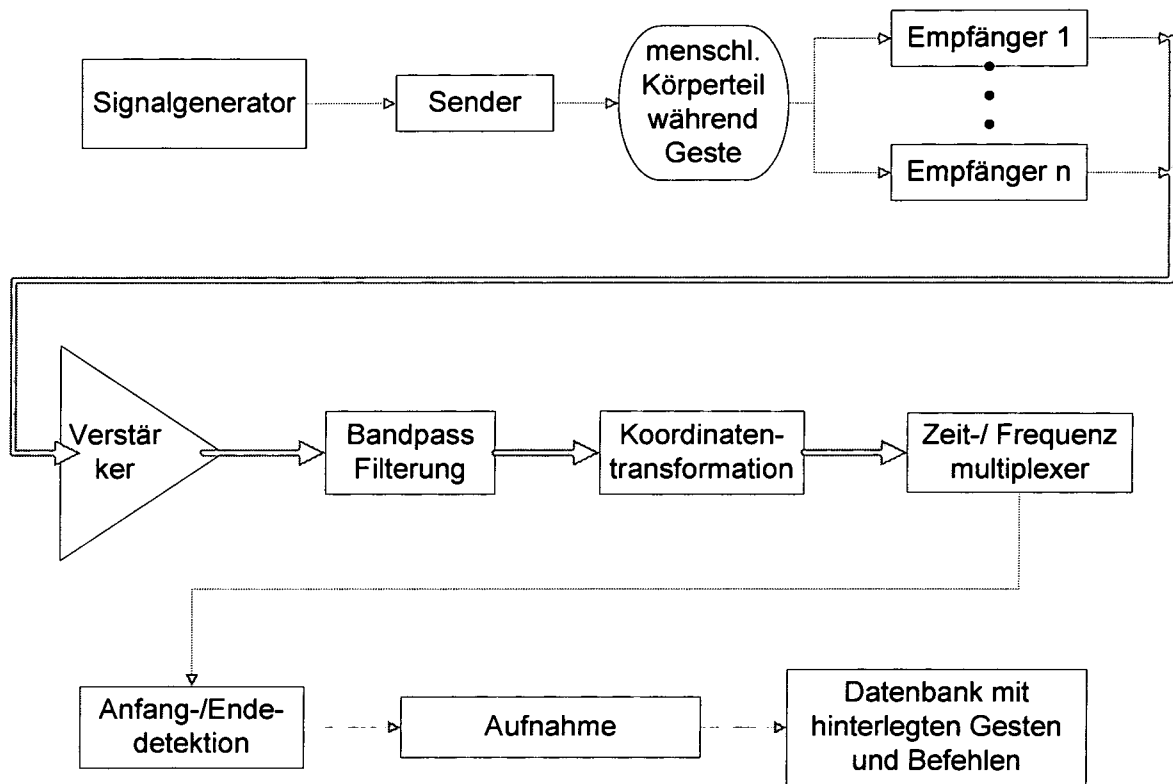


Fig. 7

Beispielsystem mit mehreren Sendern und einem Empfänger im Erkennungsmodus

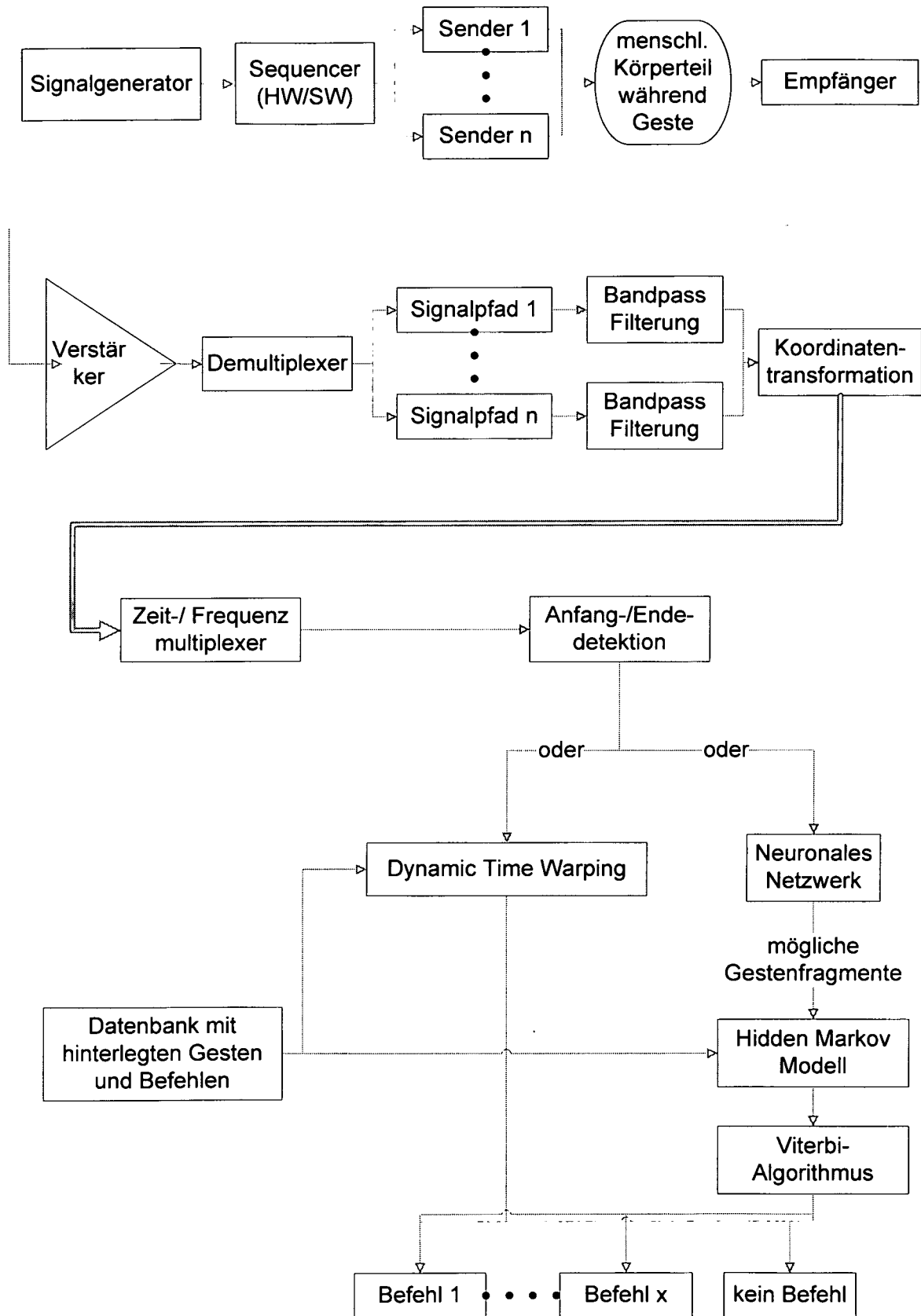


Fig. 8

Beispielsystem mit einem Sender und mehreren Empfängern im Erkennungsmodus

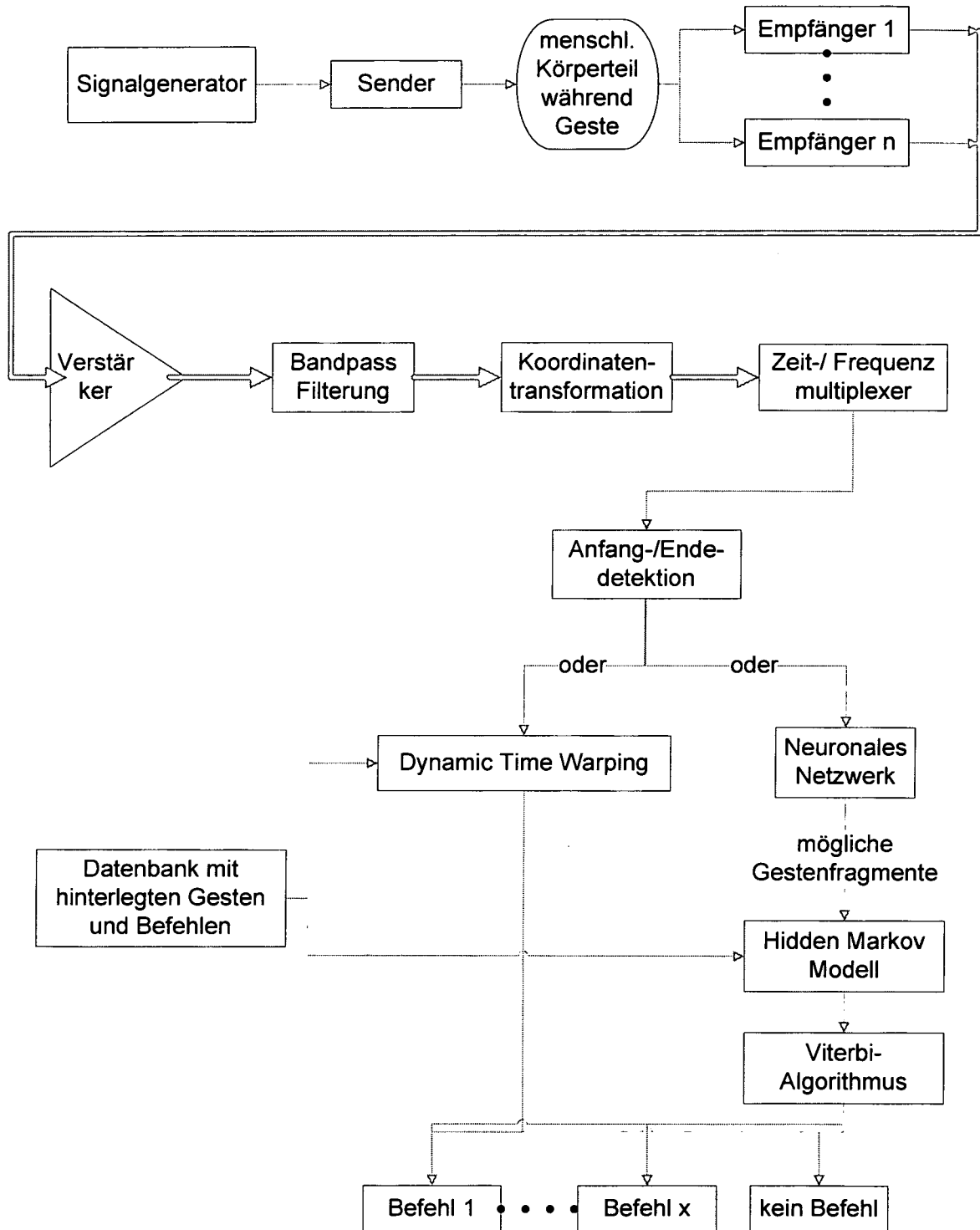


Fig. 9

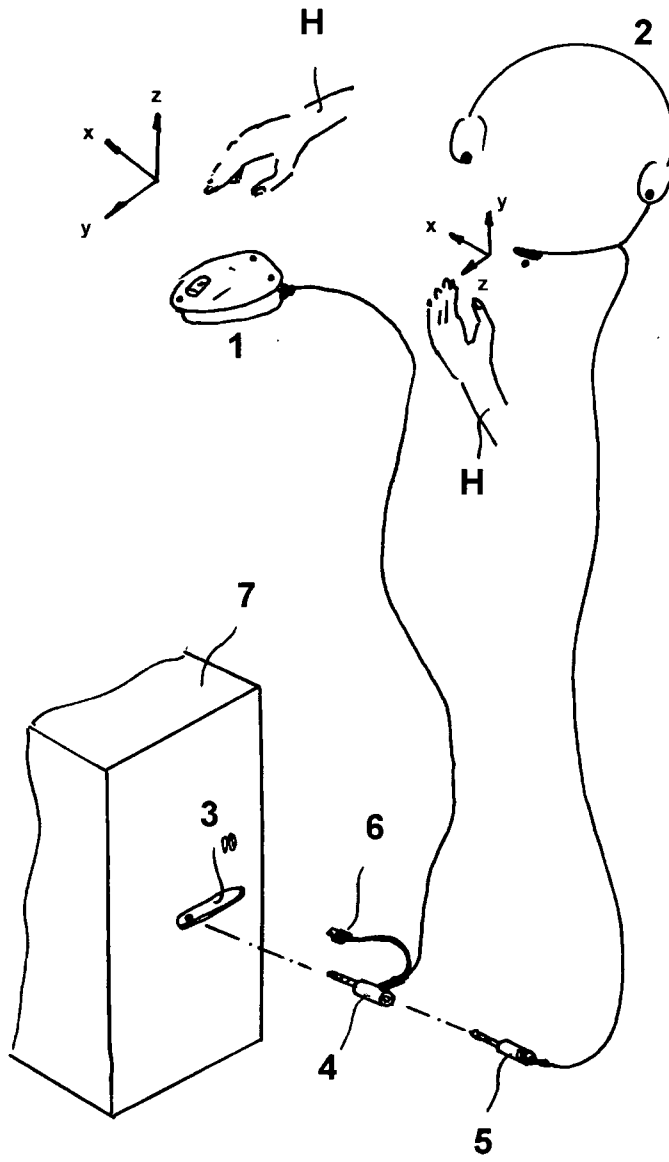


Fig. 10

Fig. 11

