



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 19 031 T2 2004.06.17

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 036 337 B1

(51) Int Cl.⁷: G08B 23/00

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 19 031.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US98/25243

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 959 611.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 99/032889

(86) PCT-Anmeldetag: 25.11.1998

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 01.07.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 20.09.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 15.10.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 17.06.2004

(30) Unionspriorität:

982952 02.12.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Lynx System Developers, Inc., Woburn, Mass., US

(72) Erfinder:

WIDDING, Erik, Ithaca, US; DEANGELIS, Douglas,
Woburn, US; BARTON, Andrew, East Wittering,
West Sussex PO20 8DD, GB

(74) Vertreter:

Grosse, Bockhorni, Schumacher, 81476 München

(54) Bezeichnung: REAKTIONSZEIT-MESSSYSTEM

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zum Beurteilen der Startreaktion eines Athleten oder der Startleistung bei Wettbewerb oder Training.

[0002] In einer Reihe von Athletikwettbewerben wie z. B. Wettkämpfen starten alle Wettkampfteilnehmer in einem festgelegten Augenblick, und die Leistung jedes Teilnehmers wird nach der Reihenfolge des Überquerens der Ziellinie beurteilt. Typischerweise nehmen die Läufer bei einem Laufwettbewerb zunächst eine „Bereitschafts“-Position auf einem Startblock ein und drücken sich dann ab, wenn das Startsignal, gewöhnlich ein Schuss aus einer Startpistole, gegeben wird. Bei einigen Arrangements im Zusammenhang mit Schwimmveranstaltungen drücken sich Schwimmer von einer Wand ab oder lassen sich von einer Haltevorrichtung los.

[0003] Bei längeren Bahnveranstaltungen, bei denen jeder Läufer auf eine Bahn begrenzt ist und die Strecke Kurven hat, müssen die Läufer an verschiedenen Stationen starten, die sich an versetzten Stellen im Abstand von mehreren Metern befinden, um die auf den Außenbahnen inkremental zunehmenden Bahnlängen auszugleichen. Dadurch wird gewährleistet, dass alle Läufer nach der vollen festgelegten Distanz an einer gemeinsamen Ziellinie ankommen. Aufgrund der voneinander beabstandeten Startpositionen entlang der Bahn, und weil die Schallgeschwindigkeit etwa 350 Meter pro Sekunde beträgt, ist zwischen dem Moment, in dem das Startsignal den vorderen Startblock erreicht, und dem, in dem es den hinteren Startblock erreicht, eine Verzögerung bis zu einem Zehntel einer Sekunde möglich. Diese Verzögerung kann dadurch minimiert werden, dass die Startpistole an einer geeigneten Stelle platziert wird, um die Distanz und somit die Schallsignaltransportzeit zu den verschiedenen Positionen zu vereinheitlichen. Über diese intrinsische räumliche Verzögerung hinaus hat jeder Läufer eine finite Reaktionszeit, die gewöhnlich etwa ein bis mehrere Zehntel einer Sekunde beträgt, zwischen dem Hören des Schalls und dem Abdrücken vom Startblock. Außerdem ist der Start eines Rennens eine Zeit extremer Nervenanspannung, und es ist nicht unüblich, dass sich ein Läufer abdrückt, bevor er die Startpistole hört oder sogar bevor die Startpistole abgefeuert wird.

[0004] Im Allgemeinen wird, wenn ein solches Verhalten beobachtet wird, ein Fehlstart ausgerufen und alle Läufer müssen wieder zum Start zurück und sich neu vorbereiten. Mehrere Fehlstarts können zur Disqualifikation eines Läufers führen. Da jedoch die Startaktivität auftritt, wenn die Wettkampfteilnehmer über eine Reihe verschiedener Startpositionen verteilt sind, die möglicherweise weiter voneinander beabstandet sind, und weil ein Fehlstart typischerweise Zeitintervalle in der Größenordnung eines geringen

Bruchteils einer Sekunde involviert, wird ein Fehlstart möglicherweise vom Starter oder von Kampfrichtern einfach nicht gesehen und kann unerkannt bleiben.

[0005] Es gibt verschiedene automatisierte Systeme, die mit spezialisierter Ausrüstung zum Erkennen von Fehlstarts arbeiten, indem genau der Zeitpunkt ermittelt wird, an dem sich ein Läufer abdrückt. Außerdem haben einige Bahnassoziationsregeln die Definition eines Fehlstarts als einen Start festgelegt, der innerhalb von weniger als 100 ms nach dem Startsignal auftritt. Dieses Intervall entspricht sowohl der Distanz zwischen der vordersten und hintersten Startposition entlang einer Standardbahn als auch einer allgemein akzeptierten Mindestreaktionszeit. Es entspricht auch grob der Genauigkeit, mit der ein menschlicher Beobachter in der Lage wäre, einen solchen Start zu erkennen. Kampfrichter haben beim Ausrufen eines Fehlstarts auch einen gewissen Ermessensspielraum.

[0006] Die allgemeine Methodik für die Erkennung eines Fehlstarts besteht in den verfügbaren automatisierten Erkennungssystemen darin, einen Sensor einzusetzen, der die Kraft misst, die von einem Läufer auf den Startblock ausgeübt wird, und dann die Form der Kraftkurve zu analysieren, um einen Moment zu erkennen, der als der Moment angesehen wird, an dem sich der Athlet abgedrückt hat. Dieser Moment wird dann mit dem Moment verglichen, an dem das Startsignal gegeben wurde, um zu ermitteln, ob der Start des Athleten zu früh war. Das Startsignal selbst kann durch einen elektronischen Auslöser an der Startpistole erzeugt werden, oder durch ein Zeit-Signal, das durch Erfassen des Startschusses mit einem in der Nähe der Pistole befindlichen Mikrofon abgeleitet wird. Der mit einem Kurvenanalysealgorithmus ermittelte Startmoment des Läufers wird typischerweise als ein Zeitpunkt angesehen, an dem die Kraft auf den Startblock einen sehr hohen Schwellenwert passiert, oder als ein Moment, an dem die Kraft einen Spitzenwert erreicht. Automatisierte Starterkennungssysteme dieses Typs erfordern im Allgemeinen die Modifikation der Startblöcke oder die Bereitstellung speziell konfigurierter Startblöcke, die, anstatt die gesamte Kraft direkt auf die Bahnoberfläche zu übertragen, auf einem Schlitten sitzen und so angeordnet sind, dass die Kraft, die von dem Athleten auf den Startblock ausgeübt wird, ganz oder teilweise auf oder durch einen Kraftsensor, z. B. ein Dehnungsmessgerät, übertragen wird, das beispielsweise zwischen Block und Schlitten montiert ist.

[0007] Bei einem solchen kommerziell erhältlichen System ist der Kraftsensor an einer Stelle positioniert, an der er in Rückwärtsrichtung ausgeübte Kraft erkennt und den Ausgang analysiert, um zu ermitteln, wann der Athlet eine Schwellenkraft von etwa 250 Newton aufbringt, die hoch genug ist, um als eine Anzeige dafür akzeptiert zu werden, dass der Athlet reagiert hat und sich abdrückt. Ein solches Erkennungsprotokoll kann jedoch ein gewisses Maß an Ungleichheit zwischen Läufern einführen, insofern, als

ein Athlet mit einer hoch angesetzten Absprungposition, der normalerweise eine Kraft von 240 Newton aufbringt, den Sensor mit einer relativ geringen Spannungsverschiebung oder einer geringfügigen Veränderung seiner Starthaltung auslöst, während ein anderer Athlet, der nur 100 Newton in seiner Bereitschaftsposition ausübt, möglicherweise mehr Bewegung einleiten kann, ohne die Fehlstart-Kraftschwelle zu übersteigen oder einen Alarm auszulösen. Ferner verlangt eine kommerzielle Ausgestaltung dieses Systems, dass eine Bahnorganisation einen proprietären Satz von Startblockbaugruppen kauft.

[0008] Ein weiteres ähnliches System basiert auf speziell modifizierten Startblöcken. Dieses System erkennt auch die Änderung der Kraft, die auf die Startblöcke aufgebracht wird, arbeitet aber mit einem anderen Algorithmus, um den Reaktionsmoment des Athleten zu ermitteln.

[0009] Noch ein weiteres derzeit in Gebrauch befindliches System kann an verschiedene Startblöcke angebracht werden, indem der Startblock zerlegt und ein spezielles lastaufnehmendes hinteres Ende am Block angebracht wird. In diesem System werden die Kraftänderungen in eine Ausgangsspannung umgewandelt, die digitalisiert wird. Wenn sich der Läufer abdrückt, dann wird die von dem Athleten erzielte maximale Kraftänderung ermittelt, und der Reaktionsmoment, oder die tatsächliche Startzeit, wird als der Moment angenommen, an dem die Kurve einen Schwellenprozentanteil wie z. B. zwanzig Prozent des Maximalwerts erreicht.

[0010] Jeder der obigen Ansätze verlangt entweder eine spezielle proprietäre Startblockanordnung, bei der Block und Kraftsensor auf einem speziellen Schlitten oder auf andere Weise aus mehreren Komponenten gebildet sind, um die Dehnungserkennungsstruktur aufzunehmen, oder eine anderweitige eingreifende Montage an dem bereits existierenden Startblock, die das Zerlegen des Blockes und das Anbringen eines speziellen lastaufnehmenden hinteren Endes an dem Block beinhaltet. Um also eines der obigen Reaktionszeitmesssysteme verwenden zu können, muss die existierende Ausrüstung entweder ersetzt oder extensiv angepasst werden. Diese Anforderungen bedeuten eine recht hohe Kapitalauslage zum Aktualisieren eines Bahnsystems, um auf zuverlässige Weise Fehlstarts zu erkennen, und sie begrenzen umgekehrt die Fähigkeit einer Organisation zu stark, nach dem Erstehen einer Startblockausrüstung auf eine andere umzusteigen oder die existierende zu ersetzen.

[0011] Im Allgemeinen ist der Moment des Startens ein wichtiger Augenblick. Die Reaktionszeit von einem bis mehreren Zehnteln einer Sekunde ist ein relativ großes Intervall, das für Kurzstreckenwettkämpfe mit der Verteilung zwischen einer Siegeszeit und einer Zeit vergleichbar ist, bei der der Wettkampfteilnehmer nicht einmal platziert ist. Es ist daher wichtig, dass ein Athlet eine Position einnimmt, in der er den Block mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit ver-

lässt, und seine Starttechnik so perfektioniert, dass er sie zuverlässig mit kürzester Reaktionszeit und ohne Fehlstarts erzielt. Das Trainieren der Starttechnik bedeutet jedoch eine aufwändige Folge von Tätigkeiten und beinhaltet typischerweise die genaue Beobachtung durch einen Trainer. Daher kann, im Gegensatz zu vielen anderen Aspekten der Leistung eines Athleten, die Startreaktion nicht im Alleintraining eingeübt werden. Während der Start eines Athleten bei einem tatsächlichen Wettbewerb objektiv mit den oben beschriebenen Systemen gemessen werden kann, ist eine solche Ausrüstung an sich für individuelles Training und für die gelegentliche Benutzung durch einen Athleten, um seine Reaktionszeit zu verbessern, zu unhandlich und erfordert einen Monitor oder Operator.

[0012] Es wäre daher wünschenswert, ein Reaktionszeiterkennungssystem zu haben, das einfach auf diverse existierende Startblöcke angewendet werden kann.

[0013] Es wäre auch wünschenswert, ein Reaktionszeiterkennungssystem zu haben, das in einem System für mehrere Wettkampfteilnehmer einfach und zuverlässig eingerichtet werden kann.

[0014] Es wäre auch wünschenswert, ein Reaktionszeiterkennungssystem zu haben, das für individuelles Training nützlich ist.

[0015] Es wäre weiterhin wünschenswert, ein Reaktionszeiterkennungssystem mit erweiterten Warn-, Alarm- oder Signalgabefähigkeiten zu haben.

[0016] Es wäre ferner wünschenswert, ein Reaktionszeiterkennungssystem bereitzustellen, das automatisch Fehlstartermittlungen durchführt und mit Aufzeichnungs- oder Anzeigegeräten der Gastgeberorganisation verbunden werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0017] Diese und andere wünschenswerte Ziele werden mit einem Reaktionszeitmesssystem gemäß der vorliegenden Erfindung erreicht, bei dem ein Startblock oder eine Startplattform, die an sich konventionell sein kann, fest verankert wird, und ein Beschleunigungsmesser an dem Block angebracht wird, um die Beschleunigung in einer oder mehreren Richtungen während des Startintervalls zu erkennen. Der Beschleunigungsmesser erzeugt ein Ausgangssignal, das die momentane Beschleunigung anzeigt, und ist vorzugsweise in einem robusten Blocksensormodul montiert, das entfernbare am Startblock montiert wird. In dem Modul empfängt ein Filter oder Prozessor das Ausgangssignal und konditioniert oder verarbeitet das Signal, um eine Reaktionszeitanzige oder ein spezielles Erkennungssignal zu erzeugen, wenn der Athlet den Block verlässt. In einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Blocksensormodul auf praktische Weise mit einer mechanisch steifen oder starren Kupplung am Startblock angebracht, die sich leicht entfernen lässt, wie z. B. mit einer Bajonettschaltung oder Schwalbenschwanzkupplung. Der Prozes-

sor verarbeitet und speichert die Signalkurve des Beschleunigungsmessers, und eine Link oder ein Verbindelement kommuniziert mit einer zentralen Sicht- oder Überwachungsstation, zu der der Prozessor sofort die erfassten Reaktionszeitdaten mit ihrer Bahn- oder Blockadresse sendet.

[0018] Ein Lautsprecher kann zusammen mit Mitteln zum Empfangen eines Startsignals und/oder anderer Zeitdaten an dem Blocksensormodul angebracht oder darin integriert werden, es kann ein Leistungsverstärker, Oszillator oder ein anderes Mittel zum Betätigen des Lautsprechers vorgesehen werden, um einen lokalen Ton zu erzeugen, so dass die Startblöcke an allen Positionen betätigt werden können, um ein hörbares Startsignal lokal und gleichzeitig zu emittieren. Für den Einsatz in einem Bahnsystem hat jeder Blocksensor eine elektronische Adresse, die in verschiedenen Ausgestaltungen vorteilhaftweise zunächst selektiv so eingestellt wird, dass sie die Bahnnummer anzeigt, oder von einer Programmsteuerung mit einer Initialisierungsprozedur in einem zentralen Monitor eingestellt wird, mit dem alle Blöcke kommunizieren. Die Module beinhalten ferner vorzugsweise Timing-Mittel in den Verarbeitungseinheiten, um einen verarbeiteten Ausgang zu erzeugen, der das Intervall zwischen dem Zeitsignal und der erfassten Reaktionszeit auf der aufgezeichneten Beschleunigungsausgangssignalkurve für die Periode um das Startsignal anzeigt. Das Modul antwortet auf ein Abfragesignal, das von der Überwachungsstation gesendet wird, und sendet die gespeicherten Messdaten, so dass die tatsächliche Beschleunigungskurve visuell inspiziert werden kann, um eine Fehlstartfeststellung zu überprüfen, und kann ausgedruckt oder auf andere Weise zur Aufzeichnung gespeichert werden. Die Einheit ist vorzugsweise so konfiguriert, dass sie die erfasste Reaktionszeit oder den Startmoment des Athleten mit geeigneten Zeitangaben verarbeitet und meldet, die auf dem lokalen Oszillator oder der Zeituhr des Prozessors basieren, aber als Referenzzeitnotation das Startpistolensignal und/oder einen anderen Anfangsmoment beinhaltet, der dem gesamten Event gemeinsam ist, wie z. B. das „Fertig“-Signal, oder ein von einem Mikrofon abgeleitetes oder elektrisch geschaltetes Startliniensignal.

[0019] Zu diesem Zweck hat das Modul einen oder mehrere Zeitsignaleingangsleitungen oder – ports, die mit den anderen Blockmodulen verkettet werden können, so dass alle Module über einen gemeinsamen Bus oder ein Leitungspaar kommunizieren und eine gemeinsame Zeitreferenz besitzen. Vorzugsweise sendet das Modul jedoch, anstatt einen Fehlstart direkt am Blocksensor zu erfassen, die erfasste Reaktionszeit zur Überwachungsstation, die auf einen extern bereitgestellten Zeitpunkt referenziert ist, und die Überwachungsstation empfängt die Zeitreferenz und die Reaktionszeiten von allen anderen Blocksensoren, ODER-verknüpft die Signale, um ein einziges Signal zu erzeugen, das in dem Moment in den H-Zu-

stand geht, in dem die früheste Reaktion erfasst wird. Wenn dies früher als ein Zehntel einer Sekunde nach dem START-Signal auftritt, dann wird festgestellt, dass ein Fehlstart aufgetreten ist. Nach dem Auftreten eines Fehlstarts sendet der Monitor einen akustischen Alarm. Er fragt auch die Blocksensoren ab und empfängt deren gespeicherten Beschleunigungsmesser-Signalkurven, so dass der/die Fehlstarts) der beteiligten Athleten überprüft werden können. Der Monitorausgang hat auch vorzugsweise Verbindung mit anderen computergestützten Athletikeventzeitmess- oder -anzeigegeräten eines konventionellen Typs, um anzusehen, dass ein Fehlstart aufgetreten ist, sowie Bahn, Name oder Nummer des verantwortlichen Athleten. Der Monitor überwacht verschiedene automatisierte Ermittlungen. Die Monitorzentrale und/oder jedes Modul kann Mittel zum Empfangen eines ersten Signals beinhalten, das die „Fertig“-Anzeige des Starters anzeigt, und beinhaltet vorzugsweise Mittel zum Einstellen einer Maskierungszeit nach dem Fertig-Signal, in der relativ große Störungen oder Beschleunigungen des Blocks zulässig sind, wenn der Athlet seine Haltung korrigiert, ohne das Fehlstartsignal auszulösen. Der Monitor empfängt auch ein „Start“-Signal und stellt ein Verzögerungs- oder Fehlstarterkennungsintervall nach dem Startsignal ein, in dem ein erfasster Start als zu früh angesehen wird. Er kann ferner so eingerichtet werden, dass er einen Fehlstart nach dem Maskierungsintervall und vor dem Abfeuern der Pistole registriert, obwohl Funktionäre im Allgemeinen solche sehr frühen Bewegungen lieber durch direkte Beobachtung als durch eine automatisierte Zeiterfassung erkennen.

[0020] In einer Ausgestaltung sind die Blocksensoren mit dem zentralen Monitor festverdrahtet und übertragen ihre Reaktionszeitermittlungen und Beschleunigungswellenformdaten zu diesem. In dieser Ausgestaltung können sie Strom über die Kommunikationsleitungen empfangen und können ein gemeinsames START-Signal empfangen und gleichzeitig ihre anfänglichen Reaktionszeitermittlungen übertragen. In einer alternativen Ausgestaltung haben die Blocksensoren ihre eigenen Batteriestromquellen und kommunizieren per Drahtlosübertragung mit dem Monitor. Eine bevorzugte drahtlose Verbindung unterteilt die Rundsendezeit in zwei Sätze von verschachtelten Kommunikationssubintervallen. Während der ersten Subintervalle sendet das System Audiodaten zum Erzeugen eines isochronen Tonausgangs, der beispielsweise zum Emittieren eines lokalen Startpistolenschalls verwendet wird, während das System während der zweiten Subintervalle digitale Zeit- und Signaldaten mit einer Meldungsverifizierung zum Erzeugen und Rekonstruieren von präzisen Startdatensätzen sendet und empfängt. Der Monitor hat vorzugsweise weitere Systemdaten-Schnittstellenverbindungen zum Heraufladen der Reaktionszeit jeder Position oder optional der vollen Wellenformen von allen Blocksensoren zu einem weiteren Computer. Die Datensätze beinhalten vorzugs-

weise jeweils eine Anzeige des Zeitpunkts des Fertig-Kommandos und des Abfeuerns der Startpistole. Eine Benutzeroberflächen-Steuerzentrale erlaubt auch die Eingabe einer Kennung für den Wettbewerb und das zu laufende Rennen und druckt diese Information auf der Kopfzeile einer Liste der Reaktionszeiten der Läufer aus.

[0021] Die Erfindung sieht ferner eine Einzelmodulsystemausgestaltung vor, die für persönliches Training angepasst ist. In dieser Ausgestaltung ist ein persönlicher Adapter so konfiguriert, dass er am Blocksensormodul angebracht werden kann, um Informationen an einem seriellen Port auszutauschen, Abfragen zu senden und die aufgezeichneten Beschleunigungsreaktionskurven zu empfangen und anzuzeigen, so dass der Athlet oder Trainer die Fertig- und Los-Reaktionen des Athleten ersehen kann. Das Blocksensormodul ist mit den Systemblockmodulen identisch, braucht aber keine Adressierfähigkeiten zu haben. Ferner kann der Startzeiteingang stattdessen einfach einen sprachausgelösten Impuls empfangen oder kann durch ein Selbststartsystem ersetzt werden, in dem der Benutzer eine Taste drückt und das Gerät selbst einen Startton und Zeitimpuls nach einer kurzen, aber vorzugsweise randomisierten Verzögerung emittiert. In einer bevorzugten Implementation und einem bevorzugten Protokoll für die Verwendung des individuellen Trainingsgerätes misst das Modul sowohl die Reaktionsbeschleunigung des Startblocks als auch die Anfangsgeschwindigkeit des Athleten. Dies erfolgt vorzugsweise durch Anordnen eines Fotozellendetektors vor dem Läufer, z. B. in einem Abstand von zehn Metern, und das Anlegen des Detektorausgangs an das Beschleunigungsmesser-Blockmodul am Zeiteingabeport. Der Modulprozessor zeichnet dann sowohl die Reaktionszeit als auch die erfasste Überquerungszeit auf und gibt so ein direktes Maß für die in diesem Moment erzielte Gesamtqualität oder effektive Geschwindigkeit des Starts. In einer Ausgestaltung kann das persönliche Trainingssystem auch lokal die Beschleunigungsmesser-Signalkurve verarbeiten, um das Reaktionszeitintervall ΔT zu erfassen und einen akustischen Alarm für jeden Fehlstart auszulösen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0022] Diese und andere Merkmale der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor, die in Verbindung mit Figuren zu sehen ist, die Elemente der Erfindung sowie deren Konfiguration in einem System illustrieren. Dabei zeigt:

[0023] **Fig. 1** ein Blockdiagramm eines Reaktionszeiterfassungssystems der vorliegenden Erfindung;
 [0024] **Fig. 2** ein Blocksensormodul der vorliegenden Erfindung, das in dem System von **Fig. 1** nützlich ist;

[0025] **Fig. 2A** eine weitere Sensormodulausgestaltung;

- [0026] **Fig. 3** ein ausführlicheres Schema eines Sensormodul-Prototyps wie dem von **Fig. 2**;
- [0027] **Fig. 4** Merkmale eines persönlichen Trainingssystems mit dem Sensormodul der Erfindung;
- [0028] **Fig. 4A** Elemente eines persönlichen Moduls zum Anpassen des Sensormoduls in dem System von **Fig. 4**;
- [0029] **Fig. 5** eine repräsentative gespeicherte Signalkurve; und
- [0030] **Fig. 6** ein Kommunikationsprotokoll eines bevorzugten drahtlosen Systems Bemaß der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung

[0031] Die Erfindung wird besser mit Bezug auf **Fig. 2** verständlich, die einen Reaktionszeitblocksensor oder ein Reaktionszeitmodul **10** der vorliegenden Erfindung zeigt. Das Modul **10** wird an einem Startblock oder an einer anderen Sportplattform **1** angebracht, die, wie gezeigt, mit dem Boden, der Bahn oder einer anderen festen Struktur verankert oder starr verbunden wird. Der Startblock **1** ist daher ein stationärer Block, d.h. einer, der im Wesentlichen unbeweglich ist. Die Anmelderin hat jedoch gefunden, dass trotz der Verankerung und Unbeweglichkeit im grob beobachtbaren Sinne der Impuls der Startreaktion eines Athleten eine Ablenkung und Vibration des Blocks selbst verursacht, und dies erzeugt Beschleunigungen, die auf eine Weise erfasst werden können, von der die Anmelderin gefunden hat, dass sie auf zuverlässige Weise die Reaktionszeit reflektiert und den Startmoment des Athleten definiert, der sich beim Abstoßen am Block abstützt. Somit hat die Anmelderin erkannt, dass sie, anstatt einen ausgefeilten mechanischen Schlitten oder eine strukturelle Baugruppe zu erfordern, die so konfiguriert ist, dass sie Kraft vom Block aufnimmt, die Reaktionszeit analysieren und die Startzeit bestimmen könnte, indem sie einfach einen an dem Block angebrachten Beschleunigungsmesser benutzt.

[0032] Dies erfolgt gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung durch Anbringen eines Microchip-Beschleunigungsmessers in oder an dem Block sowie durch Erkennen und Verarbeiten seines Ausgangs. In einer in **Fig. 2A** gezeigten Ausgestaltung wird ein Beschleunigungsmesser-Chip direkt innerhalb des Blocks montiert, z. B. durch Bohren eines Lochs in den Block und Einzementieren des Chips **15** darin, Vorsehen eines Klinkensteckers oder Klemmenleistenverbinder zum Anbringen eines separaten Verarbeitungsschaltungsmoduls. Vorzugsweise wird die Erfindung jedoch wie in **Fig. 2** gezeigt durch Bereitstellen eines Sensormoduls **10** implementiert, das sowohl eine Beschleunigungsmessereinheit **15** als auch einen gewissen Verarbeitungsschaltkomplex enthält und am Block **1** angebracht wird. Das gezeigte Modul **10** wird vorzugsweise mit einer Sperrklinken- oder Verriegelungsbaugruppe **11** geschlossen, die in eine passende Halterung **2** am

Startblock eingreift, um das Sensormodul **10** starr am Startblock **1** zu befestigen. Die Sperrklinken- und Halterungsbaugruppe kann beispielsweise einen schwalbenschwanzähnlichen Vorsprung oder eine Aussparung umfassen, die durch die Sperrlinke **11** definiert wird, die mit einer entsprechenden Aufnahmeform der Halterung **2** zusammengesteckt wird, um das Sensormodul **10** fest, aber entfernbare am Startblock zu befestigen. Der konische Keileingriff (für eine Schwalbenschwanzkupplung) oder eine andere feste Passung von zwei zusammenpassenden Komponenten gewährleistet eine starre Kupplung ohne Lockerheit, so dass jede Bewegung des Startblocks **1** direkt und unmittelbar auf den Blocksensor **10** übertragen wird.

[0033] Wie gezeigt, beinhaltet der Blocksensor **10** in seinem Innern einen Beschleunigungsmesser **15**, bei dem es sich um einen kleinen, vorzugsweise Halbleiter-, Sensorchip handelt, der auf Beschleunigung mit einem entsprechenden Signalausgang reagiert, und beinhaltet auch einen Prozessor **18**, der ein Ausgangssignal über die Leitung **16** vom Beschleunigungsmesser empfängt, und einen Ausgangsport oder eine Kommunikationsverbindung **20**, die Ausgangsdaten vom Prozessor empfängt und sie an eine externe Verbindung **21** anlegt. Die externe Verbindung kann eine festverdrahtete Verbindung oder eine drahtlose Verbindung sein. In einigen Ausgestaltungen, die nachfolgend näher erläutert werden, beinhaltet der Sensorblock **10** auch ein Tonerzeugungsmodul wie z. B. einen Lautsprecher **30** oder einen piezoelektrischen Summer oder Tongenerator. Eine Stromquelle **12**, bei der es sich um eine Batterie oder eine festverdrahtete Eingangsstromleitung handeln kann, führt Strom für den Schaltkomplex zum Speisen des Prozessors **18** und eventuelle Zusatzschaltungen zum Digitalisieren, Konditionieren oder Verarbeiten des von dem Beschleunigungsmesser **15** erzeugten Messsignals zu.

[0034] Wie in **Fig. 2** weiter illustriert ist, überträgt eine Signaleingangsleitung **S** ein oder mehrere externe Signale, die als Zeitreferenzen verwendet werden. Wie nachfolgend ausführlicher erörtert wird, können diese ein Fertig-Signal, das anzeigen, dass die Wettkampfteilnehmer eine Startbereitschaftsposition einnehmen, und ein Startsignal beinhalten, das anzeigen, dass die Startpistole abgefeuert wurde. Diese Leitung kann ein einfacher verdrahteter Eingang oder eine serielle Zweidrahtdatenleitung sein, so dass der selbe Port oder dieselbe Leitung Anweisungs- oder Statusabfragesignale empfangen kann, die in digitalem Format bereitgestellt werden, um den Prozessor **18** zu veranlassen, entweder verarbeitete Signale oder die Rohdaten zu übertragen, die er über die Leitung **16** vom Beschleunigungsmesser empfangen hat. In dem Fall, dass es sich bei Kommunikationsmodul **20** um ein drahtloses Modul handelt, kann die [0035] Systemeingangssignalleitung **S** Teil der Kommunikationsverbindung anstatt einer Drahtverbindung sein. In diesem Fall handhabt ein nachfol-

gend in Verbindung mit **Fig. 6** ausführlich erörtertes Protokoll sowohl Audio-Starttöne als auch präzise Zeitdatenmeldungen, die vom Prozessor auf geeignete Weise verarbeitet werden.

[0036] Wie in **Fig. 2** illustrativ dargestellt, ist der Startblock **1** für eine Bahnveranstaltung ausgerichtet, bei der sich ein Läufer in der durch den Pfeil D_x ange deuteten Richtung abdrückt. Für die Zwecke der nachfolgenden Erörterung wird diese Richtung als die x-Richtung bezeichnet. Wie nachfolgend leicht verständlich wird, erzeugt die Kraft des sich abdrückenden Läufers einen Impuls in der starr gekoppelten Konstruktion, die aus Sensorblock **10** und Startblock **1** besteht, so dass eine geringfügige Störung oder Vibration, deren Frequenz, Amplitude und Dämpfungseigenschaften weitgehend von der Starrheit der Materialien von Block **1** sowie der Wirksamkeit seiner Verankerung im Boden abhängig sind, entstehen wird. Diese Bewegung sollte eine Beschleunigungskomponente in der x-Richtung haben. Demgemäß wird, wie in der Figur weiter angedeutet ist, der Beschleunigungsmesser **15** so montiert, dass er Beschleunigungssensitivität in der x-Richtung hat, und ferner wird er auf wirksame Weise starr mit dem Gehäuse des Blocks **10** oder dem Teil davon gekoppelt, der direkt mit dem Flansch **11** verbunden ist. In einem weiteren Aspekt der Erfindung hat die Anmelderin jedoch gefunden, dass die im Startblock erfass te Beschleunigung nicht unbedingt vorherrschend in x-Richtung ausgerichtet ist, sondern beispielsweise primär in einer Richtung quer zur Startrichtung D_x gerichtet sein kann. Während die physikalischen Ursachen dieser scheinbaren Anormalität noch nicht vollständig untersucht sind, so ist man doch der Ansicht, dass sie von mehreren Faktoren herrühren, wie z. B. von Differenzen der Fußpositionen und versetzten oder scherungsartigen Startimpulsen, die von verschiedenen Athleten erzeugt werden, oder von Strukturmerkmalen der Blockgeometrie und der Verankerungsteile, die zu einer Stimulation bestimmter Modi oder Reflexionen von Impulsen im mechanischen System resultieren, das aus Montagebaugruppe, Block, Anker und Bodenoberfläche besteht. Der Nettoeffekt ist, dass einige Starts durch eine steile Beschleunigung entlang der x-Achse gekennzeichnet sind, während andere eine geringere x-Achsen-Bewegung haben und ihre größte Störung in einer Querrichtung wie der vertikalen Achse aufweisen. Demgemäß kann die Erfindung, wie nachfolgend näher erörtert wird, auch einen zwei- oder dreiachsigen Beschleunigungsmesser zur Erzeugung der Grundsignaldaten einsetzen. Für die Zwecke der Erörterung hierin wird jedoch eine einzige Dimension der Beschleunigungsmesser-Signalkurve illustriert, wobei zu verstehen ist, dass in Fällen, bei denen eine mehrachsige Erfassung erfolgt, der Prozessor im Allgemeinen jeden Kanal separat empfängt und verarbeitet oder sie zu einer Vektorgröße zur Durchführung seiner Reaktionszeit-Schwellenbeschleunigungser mittlung kombiniert.

[0037] Der Beschleunigungsmesser **15** kann eine beliebige aus einer Reihe von Formen annehmen, wird aber vorzugsweise als planares Halbleiterbauelement implementiert, das mit mikrolithografischen Techniken mit einer verschiebbaren oder oszillierenden Membran, einem Brett oder Balken mit einer geringen daran hängenden Prüfmasse hergestellt wird, das die Frequenz oder Position als Reaktion auf eine Beschleunigung ändert, die in einer Messrichtung ausgeübt wird, die lotrecht zur Ebene des Bauelementes verlaufen kann. So kann der Beschleunigungsmesser **15** beispielsweise ein flacher mikrolithografischer Chip sein, der im Wesentlichen parallel zur Verbindungsfläche des Sensormoduls **10** ausgerichtet ist. Für die Zwecke der Erörterung hierin wird einfach angenommen, dass der Beschleunigungsmesser **14** mit einem geeigneten Konditionierungsschaltkomplex versehen ist, so dass er ein Ausgangssignal mit einer Spannung erzeugt, die proportional zur Größe der Beschleunigung ist, die, wie oben erwähnt, in der x-Richtung sein kann, oder das mehrere Ausgangsspannungen haben kann, die eine Beschleunigung über mehrere Achsen repräsentieren.

[0038] **Fig. 5** zeigt ein typisches solches Signal für einen mit einem Startblock beim Gebrauch gekoppelten Beschleunigungsmesser **15**. Die vertikale Skala ist für eine Beschleunigung von 0 bis 3 g kalibriert, während die Zeitskala auf der horizontalen Achse arbiträr ist. Wie gezeigt, wird das Ausgangssignal in häufigen Intervallen abgetastet, vorzugsweise mehrere tausend Mal pro Sekunde, und hat einen Jitter, der für den Rauschpegel verschiedener Systemkomponenten Indikativ ist, einschließlich Schaltungsrauschen sowie das Vibrations- oder Strukturrauschen des Blocks selbst. Das Signal hat mehrere verschiedene Amplitudenfluktuationsmuster, einschließlich dem makroskopischen Rauschpegel oder Jitter zwischen benachbarten Messpunkten, wobei eine größere Variation bei einer weitaus niedrigeren Frequenz auftritt, die physikalischen Low-Level-Oszillationen und beaufschlagten Kräften entspricht, wie in Region **62** dargestellt ist, und einer Region mit weit aus höherer Beschleunigung, die in der Figur mit **63** bezeichnet ist. Die in Region **62** dargestellte Wellenform ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine signifikante, aber nicht extreme Größe erreicht und ein relativ stabiles Gesamtaussehen hat, da sie diskrete Störungen von niedriger bis mäßiger Amplitude haben kann, die sich mehrere Male wiederholen können, oder sie kann einfach zum Hintergrundsignalpegel zurückkehren, ähnlich wie in der Jitter-Region **61** gezeigt. In der Region **63** kommt es andererseits zu einem signifikanten Anstieg der Beschleunigung, die über einen Schwellenpegel, illustrativ 1 g, hinaus bis zu einem Peak **64** geht und dann abfällt, was bedeutet, dass die beaufschlagte Kraft einen anfänglichen scharfen strukturellen oder vibratorischen Impuls erzeugt hat. Danach können eine oder mehrere kleinere Peaks **65**, **66** (aber nicht unbedingt) auftreten, mit

allgemein abnehmender Amplitude aufgrund einer Restoszillation der Startblockbaugruppe. Anwesenheit oder Form eines solchen Post-Peak-Abfalls, sowie die Anwesenheit zusätzlicher Peaks können im Wesentlichen von den Materialien des Startblocks und der Bahnoberfläche sowie von der Natur der Verankerung am Boden und anderen Faktoren abhängig sein, die eine strukturelle Dämpfung der Blockbaugruppe und die Steifigkeit der Verbindung zwischen dieser Konstruktion und dem Erfassungsbeschleunigungsmesser bewirken.

[0039] Wie in der Beschleunigungsmesserkurve von **Fig. 5** weiter zu sehen ist, werden mehrere zusätzliche Zeitpunkte auf der horizontalen Zeitachse zusätzlich zu der Zeit des Beschleunigungspeaks **64**, mit T_{peak} bezeichnet, markiert. Dazu gehören eine erste Zeitannotation T_{set} , die in der Region **61** eines typischen Hintergrund-Beschleunigungsmesser-Signalpegels auftritt, wenn der Starter das „Fertig“-Signal gibt, auf das die Läufer ihre Startpositionen einnehmen. Dies ist ein extern erzeugter Zeitimpuls, der einen Referenz- oder Nullpunkt für die Zeitskala des Moduls **10** erzeugt, so dass seine Daten auf alle anderen am System angeschlossenen Module referenziert werden können. Kurz danach beginnen die mäßigen Pegelstörungen von Region **62**, wenn die Läufer ihre Füße in Bereitschaft am Block abstützen und beginnen, Kraft gegen den Startblock **1** aufzubauen. Danach wird ein zweiter Zeitpunkt T_{start} gezeigt, der illustrativ während eines der geringfügigen Störungspeaks von Region **62** auftritt. Diese mäßigen Beschleunigungspegel bedeuten, dass der Läufer seine Haltung noch korrigierte, aber zum Zeitpunkt des Signals noch nicht reagiert hatte. Dieses T_{start} ist auch ein Zeitsignal das extern an das Sensormodul von der Startpositin erzeugt wird, und bildet eine weitere Zielzeitreferenz, um zu gewährleisten, dass die von allen Modulen erzeugten Signalkurven auf einer gemeinsamen Zeitskala miteinander verglichen werden können. Wie in dieser besonderen Signalkurve ferner dargestellt ist, ist der Ausgangspegel des Beschleunigungsmessers für eine kurze Zeit nach dem Startsignal T_{start} wieder unter seinen Zwischenpegel abgefallen, was bedeutet, dass der Läufer jetzt in Bereitschaft verharrt und noch nicht auf die Startpistole reagiert hat. Danach beginnt jedoch die Beschleunigung anzusteigen, sie überquert einen Schwellenwert, illustrativ bei etwa 1,5 g, und wächst bis auf einen scharfen Peak, bevor sie in eine Periode mit hoher Amplitudenoszillation abfällt.

[0040] Die obige Kurve ist lediglich illustrativ und soll zum einen die Zeitannotationen in der gespeicherten verarbeiteten Signalkurve und zum anderen repräsentative Signalausgänge in Verbindung mit verschiedenen Zuständen von Entspannung oder Störung zeigen, wenn sich der Läufer positioniert und auf das Startsignal reagiert. In der Praxis wird das unannotierte Beschleunigungsmesserausgangssignal digitalisiert und zum Prozessor gespeist, der die externen Zeitsignale empfängt und die Ausgangskurve

des Beschleunigungsmessers verarbeitet und sie dann zusammen mit einem oder mehreren dieser Zeitsignale als annotierte Signalkurve speichert.

[0041] **Fig. 3** ist ein ausführlicheres Schema eines Prototypmoduls **100** der vorliegenden Erfindung. Wie gezeigt, beinhaltet das Modul **100** dieser Ausgestaltung eine primäre Funktionsgruppe **100a** mit dem Beschleunigungsmesser **115** und einem Microcontroller/Prozessor **118**, und beinhaltet ferner eine sekundäre Funktionsgruppe **100b**, die eine Stromversorgung bildet, und eine dritte Funktionsgruppe **100c**, die eine Schallquelle bildet. Unter „Funktionsgruppe“ ist einfach eine Komponente oder eine Gruppe von Komponenten zu verstehen, die die beschriebene Funktion implementiert. Somit wird die Stromversorgungsfunktionsgruppe in einer Ausgestaltung mit einer Batterie und einem Stromschalter implementiert, entweder als separater Stromversorgungskasten, der in das Sensormodul eingesteckt wird, oder als im Modul montierte Komponenten, d.h. einem Schalter und einer entfernbaren Batterie. Diese Gruppe kann jede beliebige Zahl von gewöhnlichen Formen oder Variationen beinhalten und beispielsweise eine aufladbare Batterie und einen geeigneten Ladeschaltkomplex, Indikator-LEDs und dergleichen beinhalten. Die Funktionsgruppe **100b** könnte alternativ einfach aus einem Stromeingangsport bestehen, der eine Verbindung bereitstellt, über die der Schaltkomplex Strom von einer externen Quelle empfängt, z. B. als Vorspannungspotential, das über Datenleitungen angelegt wird, die für externe Kommunikationen oder Datenübertragungen verwendet werden. Ebenso kann die Audiosignalfunktionsgruppe **100c**, die mit einem Leistungsverstärker und einem Lautsprecher oder einem anderen Tonwandler dargestellt ist, im Beschleunigungsmesserteil **100a** integriert sein, z. B. als Bechereinheit, oder sie kann eine Einsteckbaugruppe sein, die als Option zum Erweitern des Sensorgroundmoduls bereitgestellt wird.

[0042] In einer solchen Ausgestaltung wird die Reaktionszeiteinheit in einem System mit mehreren Einheiten für Athletikwettbewerbe eingesetzt, und jedes Modul hat einen externen Eingang XLR1 (**Fig. 4**), an dem sie eine „Start“-Zeitsignalmeldung empfängt. In dieser Ausgestaltung steuert der Microcontroller die Tonquelle **100c**, um einen lokalen „Start“-Schall zu erzeugen, z. B. einen lauten Tonimpuls oder einen Explosionsschall, der mit dem Schall einer Startpistole vergleichbar ist. In einer weiteren Ausgestaltung, die nachfolgend näher beschrieben wird, wird das Modul alleine, d.h. als einzelne Einheit, von einem Athleten als persönliches Trainingsgerät verwendet, um seine Vorbereitungs- und Starttechnik zu üben. In diesem Fall können die Audioeinheit und der Controller so eingerichtet werden, dass sie einen „Fertig“-Ton emittieren, auf den nach einem kurzen, aber vorzugsweise randomisierten Intervall ein „Start“-Ton folgt, während der Beschleunigungsmesserausgang aufgezeichnet wird. Die Einheit führt somit einen „Trainingsstart“ oder, wie nachfolgend ausführlicher

beschrieben wird, eine Reihe von Trainingsstarts durch, die vorzugsweise auch einen oder mehrere weitere Aspekte der Leistung des Athleten signalisieren und aufzeichnen können, wie z. B. seine Startgeschwindigkeit, um die kombinierten Auswirkungen von Reaktionszeit und Starteffizienz oder Kraft effektiver zu beurteilen.

[0043] Ein solcher Betrieb wird mit einer vierten Funktionseinheit **200** erzielt, die in **Fig. 4** dargestellt ist. Einheit **200** erweitert ein einzelnes Sensormodul so, dass es ein individuelles System für persönliches Training wie soeben beschrieben bildet. Wie oben erwähnt, digitalisiert und speichert das in einem Multieinheitssystem eingesetzte Sensorgrundmodul **10** oder **100** die Beschleunigungsmesser-Signalkurve während des Zeitintervalls um das Startsignal und annotiert diese Kurve mit wenigstens einem gemeinsamen externen Zeitsignal, vorzugsweise dem Startsignal. Die Einheit **200** ist so gestaltet, dass sie an einem Kommunikationsport SP1 des Sensormoduls angebracht wird, illustrativ einem seriellen Datenport, und es zulässt, dass der Sensorblock als alleinstehende Einheit für individuelles Training fungiert. Die persönliche Adaptereinheit **200** kann eine Startsequenz im Sensorblock aktivieren und empfängt danach gespeicherte Informationen, um dem Athleten Daten für ein sofortiges Feedback anzuzeigen. Das Sensormodul empfängt vorzugsweise ein Lichtschrankensignal, illustrativ an einem Eingangsport XLR2, von einer Überquerungslinien-Fotozelle, die sich in der Nähe des Blocks befindet, z. B. in einem Abstand von zehn Metern von der Startposition, und auch die Zeit dieses Signals wird in die vom Modul gespeicherte Beschleunigungsmesserkurve eingebaut. In einer Grundausgestaltung eines solchen Systems, das an einem Überquerungsdetektor angebracht ist, zeigt die persönliche Adaptereinheit **200** die Zeit vom Startsignal bis zu dem Moment an, an dem der Athlet die Zehn-Meter-Marke erreicht, so dass er ein objektives Maß für die Gesamteffektivität – die durchschnittliche Startgeschwindigkeit einschließlich einer eventuellen Reaktionsverzögerung – in Verbindung mit jedem Start erhält. Dies kann mit einem einfachen alphanumerischen Display in Verbindung mit Grundschaltungseinheiten in der Einheit **200** angezeigt werden.

[0044] **Fig. 4A** zeigt relevante Komponenten des Adapters **200**. Wie gezeigt, ist ein Stecker und/oder Drahtklemmenleistenverbinder **202** mit einer seriellen Datenleitung **202a** und einer Mehrzahl von individuellen Spannungspegelsignalleitungen **202b**, **202c**, **202d** ... verbunden. Jede der Signalpegelleitungen ist mit einem entsprechenden Knopfschalter **205b**, **205c** bzw. **205d** verbunden, und der Athlet drückt die entsprechende Taste, um die Verarbeitungsvorgänge zu aktivieren, die zuvor in den Sensorblock **10** eingeprägt wurden. Zum Beispiel, Taste **205b** kann ein simuliertes Startprogramm aktivieren, in dem das Modul ein paar Sekunden wartet, dann über einen Lautsprecher einen speziellen „Fertig“-Ton emittiert,

um den Athleten aufzufordern, in die Startposition zu gehen, und dann nach mehreren weiteren Sekunden den Lautsprecher veranlasst, einen explosionsartigen Schallimpuls als Startsignal zu emittieren. Die ganze Zeit zeichnet, wie oben erwähnt, das Modul **10** oder **100** die Beschleunigungsmesser-Signalkurve auf, und die Zeiten der simulierten Startsignale werden in diese Kurvendaten eingebaut, genauso wie bei extern erzeugten „Fertig“- und „Start“-Signalen in der oben beschriebenen Multieinheitsevent-Systemkonfiguration. Eine solche Speicherung und Annotation wird auf eine unkomplizierte Weise implementiert. So kann bspw. das Beschleunigungsmessersignal digitalisiert und zu einem Rezirkulationspuffer gesendet werden, und die mehreren aktuellen Sekunden der Signalkurve von den Beschleunigungsmesser-Ausgangsdaten werden bei jedem Empfang eines START-Signals gespeichert.

[0045] Zurückkehrend zu einer Beschreibung von **Fig. 4A**, die zweite Drucktaste **205c** kann die zentrale Monitorabfragemeldung des Vollrennen-Mehrmoduls ersetzen und wird vom Athleten gedrückt, nachdem er ein oder mehrere Trainingsstarts absolviert hat, um das Sensormodul zu veranlassen, seine gespeicherte Signalkurve oder Startzeitintervalldaten zu einem Display **210** im persönlichen Adapter **200** zu senden. Die dritte Taste kann eine WEITER-Meldung, wenn der Mikrocontroller so konfiguriert ist, dass er mehrere Sätze von Startdaten speichert, oder eine RESET-Meldung implementieren. Wenn eine der Tasten Zeitdaten vom Sensormodul **100** abruft, dann werden die empfangenen Daten zu einem Schieberegister **208** gesendet und an einen Satz von vier alphanumerischen Fünfzehn-Segment-Anzeigeelementen **210**; angelegt. Der Benutzer liest somit seine Zehn-Meter-Zeit direkt von der Anzeigefläche der Einheit **200** ab. Bei Bedarf kann der Mikroprozessor des Blocksensors **100** so programmiert werden, dass er die tatsächliche Reaktionszeit von den Beschleunigungsmesserdaten anhand einer Schwellenwertbildung, einer Peak-Erkennung oder einer anderen automatisierten numerischen Analyse oder eines Signalbeurteilungstests ermittelt. In diesem Fall können die zur Adaptereinheit **200** gesendeten Daten die START-Zeit, die erfassete Reaktionszeit und die Zehn-Meter-Fotozellenüberquerungszeit beinhalten, oder sie können die Reaktionszeit gefolgt von einem verarbeiteten oder abgeleiteten Datenmaß wie z. B. der Startgeschwindigkeit beinhalten, die entweder vom START-Signal gemittelt oder im Hinblick auf die Reaktionszeitverzögerung korrigiert wurde. Der Mikrocontroller von Modul **100** wird in mehreren verschiedenen Ausgestaltungen vorzugsweise so programmiert, dass die Datenausgänge für persönliches Training implementiert werden. Das derzeit bevorzugte System gibt einfach das Zeitintervall zwischen dem Startimpuls und der von der Fotozelle erfassten Zehn-Meter-Überquerungszeit aus. Dies erlaubt es dem Athleten, lediglich seine Starts zu trainieren und zu optimieren, ohne dass ein Trainer oder eine ande-

re Person seine Technik betrachten müsste oder Signale zum Gerät oder Anweisungen zum Athleten senden muss. Wie oben erwähnt, ist dieser Startimpuls Teil einer Folge von programmierten Zeitsignalen, die speziell für das Trainingssystem erzeugt wurden, und dies lässt sich leicht durch einen analogen Trigger und Schaltelemente oder mit einem Satz von programmierten Intervallzählern mit pseudozufälligem Zittern erzeugen, das hinzugefügt wird, um zu gewährleisten, dass das Startsignal nicht an einem vorhersehbaren Zeitpunkt erfolgt. In weiteren Ausgestaltungen kann der Prozessor des Sensormoduls die Grundanalyse der oben beschriebenen Beschleunigungsmesser-Signalkurve durchführen, um die Reaktionszeit oder den Startmoment zu ermitteln, und kann dem Adapter **200** diese Reaktionszeit als digitales Ausgangssignal anzeigen. In diesem Fall kann der Athlet den Zusammenhang zwischen seiner Zeit vom Block weg und der resultierenden Anfangsgeschwindigkeit inspizieren. Das Modul kann auch einen Fehlstartalarm am Lautsprecher auslösen, wenn es im persönlichen Trainingsmodus verwendet wird und ein vorzeitiger Start erfasst wird. In noch einer anderen Ausgestaltung kann das persönliche Adaptermodul **200** eine Graphikanzeige anstatt der oder zusätzlich zu der alphanumerischen Anzeige beinhalten, um die komplette Beschleunigungsmesserkurve zu zeigen, die vom Sensormodul **100** erzeugt und gespeichert wurde. Diese Informationen können eine nützliche Charakterisierung der frühen Phase der Starttechnik eines Athleten ergeben und können dabei helfen, Haltungsmängel in seiner Startposition aufzuzeigen. Somit können die Ausgänge des Sensormoduls nicht nur ein sofortiges Maß für die Reaktionszeit für Trainingszwecke bereitstellen, sondern auch ein Analysewerkzeug zum Studieren und Verbessern der Beziehung zwischen Reaktionszeit und effektiver Starttechnik bilden.

[0046] Wir kehren jetzt zu einer Beschreibung des vollen Startliniensystems mit mehreren Sensorblockmodulen (**Fig. 1 bis 3**) bei Implementation als festverdrahtetes System zurück. Die Sensormodule sind vorzugsweise zu einer Schleife zusammengeschlossen und verarbeiten jeweils kontinuierlich ihre Beschleunigungsmesserdaten und senden ein Signal, sobald sie eine Reaktion erfassen, die den Start des Athleten anzeigt. Der zentrale Monitor empfängt das START-Signal sowie diese Reaktionszeitsignale von allen Modulen **10** und stellt fest, dass ein Fehlstart aufgetreten ist, wenn ein solches Reaktionssignal von einem Modul zu früh nach dem START-Signal empfangen wird. Bei Bedarf empfängt der zentrale Monitor **40** und/oder jedes Sensormodul **10** auch ein erstes Signal, das die „Fertig“-Anzeige des Starters anzeigt, und reagiert auf dieses Signal durch Starten einer Maskierungszeit nach dem Fertig-Signal, in der relativ große Störungen oder Beschleunigungen zulässig sind (an den Modulen **10**) oder Reaktionszeit-Signale ignoriert werden (am Monitor **40**), während die Athleten ihre Haltung korrigieren, ohne den Reak-

tionszeitausgang der Module oder das Fehlstartausgangssignal des zentralen Monitors auszulösen. Im Allgemeinen empfängt der Monitor, wenn das Maskierungsintervall verstrichen ist, die eingehenden Signale von allen Modulen, unterzieht sie einer ODER-Verknüpfung, um ein Signal zu erzeugen, dessen Anwesenheit anzeigt, dass sich jemand bewegt hat, und betätigt den Fehlstartalarm, wenn dieses Signal auftritt, bevor einhundert Millisekunden seit dem Startpistolsignal verstrichen sind. Bei Bedarf kann der Monitor, wenn die Kampfrichterbehörde beschließt, mit automatisierter anstatt visueller Erkennung vorzeitiger Aktionen zu arbeiten, die auftreten, bevor die Startpistole abgefeuert wurde, „scharf“ gemacht werden, so dass sie sogar vor dem Startpistolenmoment ausgelöst wird, z. B. durch eine Drucktaste, die die logische ODER-Eingangsalarmschaltung aktiviert oder die das Fertig-Signal an den START-Signaleingang anlegt. An der zentralen Monitorstation ist der Mikroprozessor so konfiguriert, dass er nach dem Erfassen eines Fehlstarts den vollen Beschleunigungsmesser-Datensatz und die Blockadresse oder eine andere Kennung von den ansprechenden Sensormodulen anfordert und dann speichert. Eine Benutzeroberfläche lässt auch die Eingabe einer Identifikation des Wettbewerbs und des zu laufenden Rennens zu, und diese Informationen werden in der Kopfzeile einer Liste der Reaktionszeiten der Läufer ausgedruckt. Somit dient der Monitor zum Vergleichen und Durchführen von Ermittlungen für die Ausgänge der mehreren Blocksignale und zum Erzeugen von Datensätzen, Erzeugen von Alarmen und Bereitstellen einer digitalen Datenschnittstelle zu solchen Anzeige- oder Darstellungssystemen, die möglicherweise in der Sportanlage installiert sind.

[0047] Die Implementation dieser Merkmale ist eine relativ einfache Programmierungssache, und die Verwendung einer Drahtdatenleitung oder eines komplexeren Ringbusprotokolls lässt die Ermittlung von Fehlstarts sowie das effektive Er tönenlassen eines Alarms innerhalb eines geringen Bruchteils einer Sekunde zu. Es kann auch ein gemeinsamer Zeitstandard zu allen Einheiten gesendet werden. In anderen Hinsichten ist das Monitorsystem so konfiguriert, dass es auf einer kleinen Zahl von Signalen beruht, die wesentliche Zeit- oder Adress-/Bahninformationen enthalten. Somit erkennt das System, durch Kommunizieren mit einer Datenrate von fünfzig bis mehreren hundert Kilobit pro Sekunde, leicht Fehlstarts mit unmerklicher Verzögerung, und erfasst die relevanten Kurven und zeigt sie an, so dass sie sofort inspiert werden können. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden diese Daten mit anderen Athletikmess- oder -anzeigedaten von anderen Systemen verbunden oder kombiniert. So können beispielsweise die Moduladressen auf die Bahnummern indexiert oder mit diesen identisch eingestellt werden, oder sie können auf die Namen der Wettkampfteilnehmer indexiert werden, so dass die „Fehlstart“-Meldung umgewandelt, mit der Identität des

Athleten aktualisiert und zum Anzeigesystem der Anlage gesendet wird, um eine Meldung anzuzeigen, die den verantwortlichen Wettkampfteilnehmer identifiziert. Die Daten können ferner zu dem System gesendet werden, um die relativen Startzeiten der Wettkampfteilnehmer anzuzeigen, was als zusätzliches Leistungsmaß dient, das für die Zuschauer von Interesse ist.

[0048] Wenn die Module zu einer Schleife mit dem zentralen Monitor festverdrahtet sind, dann kann jedes einen Eingangssport und einen Ausgangssport haben, der mit dem nächsten Modul **10** verbunden wird. Die Daten und Meldungen können in einem hinlänglich bekannten Kommunikationsprotokoll zirkulieren, indem die Adresse empfangen und geprüft und jede Kommunikation so weitergesendet und/oder erweitert wird, dass jede Meldung ihren beabsichtigten Empfänger in kurzer Zeit erreicht. In einer bevorzugten verdrahteten Ausgestaltung wird jedoch ein weit aus einfacheres und direktes Protokoll verwendet. Da die anfängliche Ermittlung lediglich verlangt, dass der zentrale Monitor erkennt, dass ein Modul ein Reaktionszeitsignal ausgesendet hat, können diese Daten von allen Modulen parallel gesendet werden; die Leitung wird einfach in den H- oder L-Zustand gesetzt, um eine erfasste Reaktion anzuzeigen. Ferner wird bei einem solchen festverdrahteten Kommunikationsweg der zentrale Monitor vorzugsweise so programmiert, dass automatisch die Adresse hergestellt und die Bahnummer jedes Moduls identifiziert wird. Dies erfolgt mit einem einfachen Initialisierungsverfahren, in dem das erste Modul abgefragt und veranlasst wird, mit seiner mit dem nächsten Modul verbundenen Ausgangsleitung zu "wackeln", und das Modul, das ein "gewackeltes" Signal auf seiner Eingangsleitung erfasst, sendet dann seine Adresse aus. Der Prozess wird fortgesetzt, um die Adressen aller Sensormodule in der Reihenfolge ihres Auftretens auf der Leitung zu ermitteln. Danach erfolgen, wenn der zentrale Monitor Beschleunigungsmesser-Signalkurven und Zeitdaten anfordert, die Kommunikationen als formatierte Meldungen, in der Moduladresse, Framing-Bits und Datenbits übertragen werden, so dass der Monitor den vollen Datensatz von jedem Modul zusammenfügen kann.

[0049] Daraus wird ersichtlich, dass die einzige kritische Anforderung zum Gewährleisten, dass die Beschleunigungsmesserkurven äußerst genau sind, die ist, dass eine gemeinsame Zeitreferenz vorhanden ist, die das START-Signal enthält. Da dieses Signal über den Drahtkommunikationsbus gleichzeitig an alle Module angelegt wird, ist diese Bedingung erfüllt. Jeder Mikroprozessor hat einen lokalen Taktgeber oder Kristalloszillator mit definierter Frequenz, der das Lesen und Speichern von verarbeiteten Beschleunigungsmessersignalen steuert, und diese Taktgeber sind genau genug, damit eventuelle Abweichungen während der mehreren Sekunden an Beschleunigungsmesser-Signalkurve weit unter einer Millisekunde liegen. Zum Bereitstellen des loka-

len START-Schalls zu den Lautsprechern in jedem Modul sendet das bevorzugte System vorzugsweise das tatsächliche Audio- oder digitale Audio-Signal über den gemeinsamen Leitungsbus zu allen Modulen. Die gespeisten Lautsprecher verstärken und emittieren den Schall dann lokal alle zur selben Zeit.

[0050] Das gesamte System aus Blocksensormodulen und zentralem Monitor wird vorzugsweise mit drahtlosen Kommunikationsverbindungen zwischen den Einheiten konfiguriert. Für einen großen Teil der beteiligten Daten reichen konventionelle Paket-Funktionsprotokolle aus. In einer derzeit bevorzugten Ausgestaltung werden die Funkkommunikationen jedoch in einem Sender/Empfänger-System bewirkt, das sowohl garantierte als auch nicht garantierte Nachrichtenübermittlung auf einem einzigen Übertragungskanal oder einer einzigen Hardware-Einheit implementiert. Die Einheit erzielt eine gleichzeitige Datenübertragung/-rekonstruktion für eine Datenklasse sowie eine äußerst genaue Datenübertragung/-rekonstruktion für eine andere Datenklasse. Dies erfolgt wie in **Fig. 6** gezeigt.

[0051] Wie in **Fig. 6** illustriert, wird die RF-Kommunikation als Zeitgetrenntlage-Meldungssequenz gesendet, in der erste Intervalle „a“ mit zweiten Intervallen „b“ auf regelmäßige Weise alternieren. In jedem Intervall a, b werden digital codierte Daten übertragen, wobei die Empfangseinheiten mit den Übertragungen auf eine hinlänglich bekannte Weise mittels Framing- oder Timing-Bits, synchroner Demodulation und Zeitsynchronisierungs- oder Phasenrastungs-Feedback-Schleifen oder anderer geeigneter Techniken synchronisiert bleiben.

[0052] Zum Beispiel, die Intervalle a, b können jeweils eine feste Dauer haben, die typischerweise zwischen etwa dem Zehn- und Tausendfachen der Periode der RF-Grundträgerfrequenz liegt. Gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die Intervalle a alle zu einem konsekutiven Datenstrom am Empfängerausgang zusammengesetzt, während die Intervalle b zu einem zweiten Datenstrom abgesondert werden. Ferner wird der erste Datenstrom zum Führen von digitalisierten Audiosignalen der Startpistole oder des Startimpulses verwendet. Dies ergibt einen Datenstrom a out, der im Wesentlichen kontinuierlich ist und der gleichzeitig und identisch von allen Blocksensormodulen empfangen wird. Während es bei jedem Empfang zu Ausfällen kommen kann, sind die individuellen Intervalle a so kurz, dass der Ausfall von individuellen Intervallen, die ordnungsgemäß empfangen oder demoduliert werden sollen, den Gesamtton nicht beeinträchtigt, der für mehrere Millisekunden über mehrere Sendeintervalle verläuft. Die a Meldungen werden daher einfach gesendet, ohne Bestätigungsprotokolle, oder bei Bedarf ohne Fehlercodierung, und die empfangenen a Meldungen werden D/A-gewandelt, durch einen Analogfilter geleitet, verstärkt und von den Blockmodullautsprechern als das Startsignal emittiert. Der Filter kann sogar weggelassen werden, weil die Verwen-

dung von analogen Elektronik- oder Lautsprecherelementen den eingefangen Schall ausreichend glättet.

[0053] Der b Meldungsstrom wird andererseits für Kommunikationen in Bezug auf Zeitdaten, Signaldaten, Moduladressen und dergleichen verwendet, und die b Meldungen können – und werden es vorzugsweise auch – allgemein mit einem Fehlererkennungs- oder -korrekturcode codiert werden, der geprüft wird, um die Intaktheit der Meldung zu gewährleisten; die Empfangseinheit bestätigt dann den Empfang der b Meldung, und wenn keine rechtzeitige Meldungsbestätigung eingeht, dann wird die Meldung neu gesendet, wie dies gewöhnlich für digitale Zeitgetrenntlage-Übertragungen und Paketfunkkommunikationen erfolgt. So kann der Empfänger akkurat relativ große Datenblöcke wie z. B. die Beschleunigungsmesser-Signalkurven erfassen und die Genauigkeit der Moduladressen überprüfen oder gewährleisten. Diese b Meldungen führen nicht nur die digitalen Signalkurvendatensätze und dergleichen, sondern sie können auch zum Übertragen von Zeitsynchronisationssignalen zu den Modulen verwendet werden, so dass jedes Modul periodisch seine lokale Zeit aktualisiert, so dass die gespeicherten Datensätze jedes Moduls eine gemeinsame Zeitskala mit einer Genauigkeit von weit unter einer Millisekunde nutzen. In einer derzeit bevorzugten Implementation unterliegen die Zeitstandardsignale, obwohl als b Meldungen rundgesendet, jedoch keinem Meldungsbestätigungsprotokoll. Stattdessen werden sie viele Male pro Sekunde rundgesendet, und das Empfangsmodul prüft nach dem Empfang einfach den Fehlercode, leitet die Daten zu seinem Zeitsynchronisations-Update-Händler weiter, wenn sie genau sind, und verwirft die Daten, wenn sie ungenau sind. Dementsprechend werden die Zeitsynchronisationsdatenmeldungen am Sendeende so gehandhabt, als würden sie automatisch bestätigt, und es erfolgt keine Prüfung oder WeiterSendung. Somit beinhalten die b Daten zwar garantierte Meldungen, aber es braucht sich nicht unbedingt vollkommen um verifizierte Übertragungen zu handeln, und die Kommunikationen nehmen auch auf flexible Weise die Übertragung von anderen Meldungen auf, um Geschwindigkeit, Genauigkeit oder Synchronität zu optimieren. Somit beinhaltet die drahtlose Kommunikation zwischen Monitor und Blockmodulen einen kontinuierlichen, isochronen Datenkanal von nicht garantierten Daten sowie einen garantierten Datenkanal, der zwar nicht momentan ist, aber die Intaktheit der Meldungen erzielen und gewährleisten kann, dass die Systemzeit an allen Empfangsorten genau eingehalten wird.

[0054] In der Ausgestaltung mit drahtloser Übertragung haben die Module jeweils ihre eigene Leistungsquelle, und das Funkkommunikationsprotokoll gewährleistet, dass alle Meldungen innerhalb eines kurzen Zeitintervalls gehört werden. In dieser Ausgestaltung wird der tatsächliche Bahnhof jedes Moduls vorzugsweise durch extrinsische Mittel festgestellt –

entweder einprogrammiert und am Modulgehäuse markiert oder nach jedem Einrichten manuell festgestellt. In jedem Fall wird, während die Mikroprozessoren der Sensormodule jeweils eine Systemuhr haben, bevorzugt, dass die Zeitreferenz zu allen Modulen rundgesendet und von ihnen gespeichert werden, so dass dann, wenn sie später Daten senden, die Zeitskala entweder einen gemeinsamen Referenzpunkt hat oder intern auf ein gewünschtes Maß an Genauigkeit korrigiert wird.

[0055] Damit ist die Beschreibung einer Grundausgestaltung der Erfindung beendet, von der illustrative Variationen auf ein Startblock-Reaktionszeitmesssystem angewendet wurden. Man wird feststellen, dass die Erfindung aufgrund ihres einfachen physikalischen Ausbaus und ihrer elektronischen Datenannotation und Ausgabesignale auf praktische Weise an diverse existierende Ausführungen von Trainings- und Sportgeräten anpassbar ist und für eine Reihe von Erkennungs-, Mess-, Timing- und Anzeigesystemen nützlich ist, an denen sie montiert oder mit denen sie verbunden wird. Auf der Basis dieser Offenbarung und Beschreibung der Erfindung werden für die Fachperson Variationen und Modifikationen offensichtlich sein, und alle solchen Variationen und Modifikationen werden als in den Umfang der Erfindung gemäß Darlegung und Definition in den beiliegenden Ansprüchen fallend angesehen.

Patentansprüche

1. Reaktionszeiterfassungssystem zum Ermitteln der Startreaktion eines Athleten, wobei das Erfassungssystem folgendes umfasst:
eine Erfassungseinheit, die an einem festen Block oder einer festen Plattform angebracht werden kann, an dem/der sich ein Athlet in einer Startposition abstützt, wobei die Erfassungseinheit einen in der genannten Einheit integrierten Beschleunigungsmesser aufweist, der sich mit dem genannten festen Block oder der festen Plattform bewegt und ein dessen/deren Bewegung anzeigenches Beschleunigungsmessignal erzeugt, und
einen Prozessor zum Verarbeiten des genannten Beschleunigungsmesssignals zum Erfassen der Startreaktionszeit des Athleten.

2. System nach Anspruch 1, bei dem sich der genannte Prozessor in der genannten anbringbaren Erfassungseinheit befindet, ferner mit Mitteln zum Speichern des Signals von dem Beschleunigungsmesser über ein Zeitintervall, zusammen mit einem Anfangszeitsignal, wobei das Anfangszeitsignal ein gemeinsames Zeitsignal ist, das zu mehreren Erfassungseinheiten gesendet wird, so dass die Startreaktionen mehrerer Wettkampfteilnehmer zeitlich verglichen werden können, und wobei der Beschleunigungsmesser bei Bedarf eine Messachse hat, die auf eine Startrichtung ausgerichtet ist, und wobei der Beschleunigungsmesser vorzugsweise mehrere Mess-

achsen hat und eine der genannten Achsen quer zu einer Startrichtung ausgerichtet ist.

3. System nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem die Erfassungseinheit:

- (a) einen Schallsender aufweist, der so konfiguriert ist, dass er einen für den Athleten hörbaren Startton aussendet, so dass Wettkampfteilnehmer ein Startsignal gleichzeitig hören; oder
- (b) die identifizierte Startreaktion mit einem gemeinsamen empfangenen Startzeitpunkt vergleicht, um einen Fehlstart zu erkennen, und wobei der genannte Schallsender einen Alarmton aussendet, um zu signalisieren, wenn ein Fehlstart erkannt wurde; oder
- (c) einen Schwellenwert des genannten Beschleunigungssignals ermittelt, um die genannte Reaktionszeit zu erkennen; oder
- (d) das Beschleunigungssignal filtert, um Rauschen zu beseitigen.

4. System nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem die Erfassungseinheit ein Startzeitintervall ermittelt.

5. System nach Anspruch 4, ferner mit einem an der genannten Erfassungseinheit anbringbaren persönlichen Mittel zum Betrachten des erfassten Zeitintervalls.

6. System nach Anspruch 5, bei dem die Erfassungseinheit ferner Mittel zum Empfangen eines Ziellinienüberquerungssignals aufweist und bei dem der genannte Prozessor das genannte Zeitintervall bis zum Zeitpunkt des Überquerens der Ziellinie ermittelt, so dass der Athlet die Wirksamkeit des Starts beurteilen kann.

7. System nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, bei dem der genannte Prozessor mehrere Sätze von Reaktionszeit- und Ziellinienüberquerungsdaten speichert, und das genannte persönliche Mittel solcher Sätze anzeigt, so dass der Athlet die Wirksamkeit des Starts beurteilen kann.

8. System nach einem der Ansprüche 5–7, bei dem das persönliche Mittel ferner Mittel zum Erkennen und Signalisieren eines Fehlstarts beinhaltet.

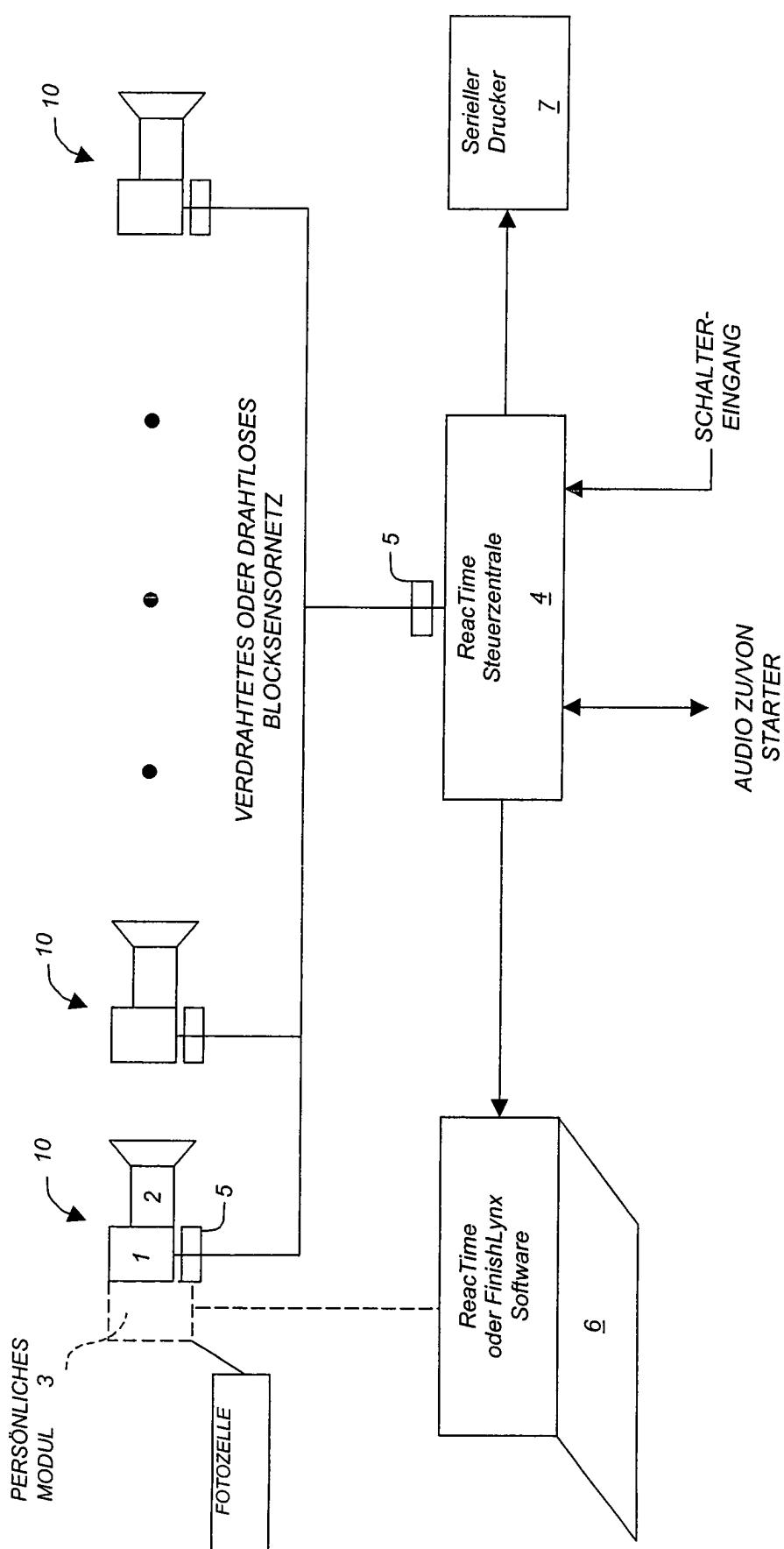
9. System nach einem der Ansprüche 1–8, ferner umfassend einen zentralen Monitor in Verbindung mit dem genannten Erfassungssystem, der die folgenden Aufgaben hat: Empfangen der von mehreren Erfassungseinheiten erzeugten Reaktionszeitermittlungsergebnisse, und
Erkennen eines Fehlstarts, wobei der genannte zentrale Monitor nach der Erkennung eines Fehlstarts ein Alarmsignal erzeugt.

10. System nach Anspruch 9, bei dem der genannte zentrale Monitor auf einem drahtlosen Kom-

munikationsweg mit der genannten Erfassungseinheit kommuniziert und bei dem die genannte drahtlose Kommunikation vorzugsweise einen ersten und einen zweiten Satz von Kommunikationsintervallen beinhaltet, wobei die genannten Intervalle regelmäßig abwechseln, so dass ein erster Datensatz von isochronem Ton, der von allen Erfassungseinheiten gleichzeitig empfangen wird, und ein zweiter Datensatz von Zeitdaten entstehen, die von garantierten Kommunikationsmeldungen rekonstruiert wurden, wobei die genannten ersten und zweiten Sätze über einen gemeinsamen Empfangskanal übertragen werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**Fig. 1**

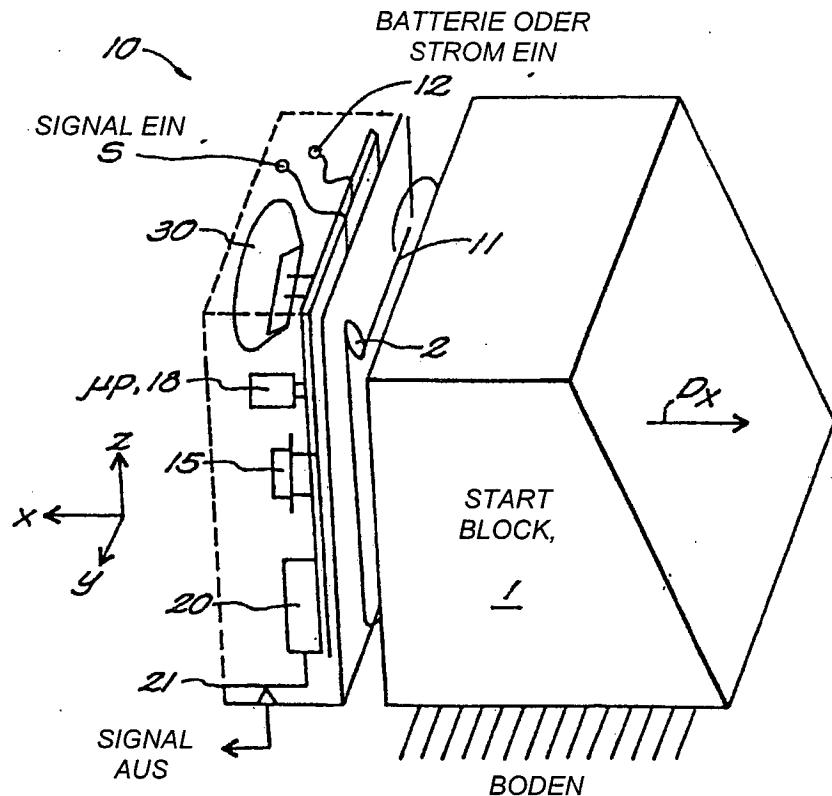


Fig. 2

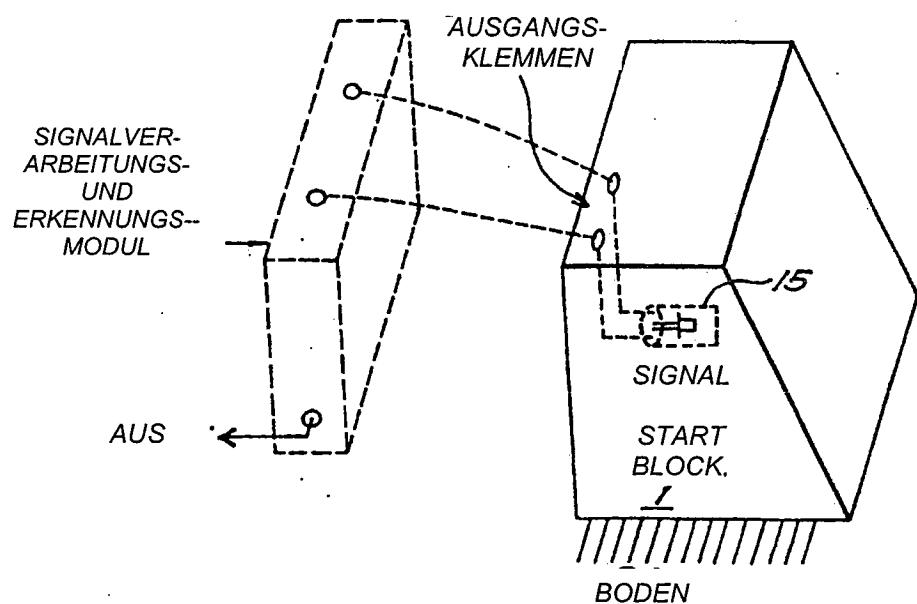
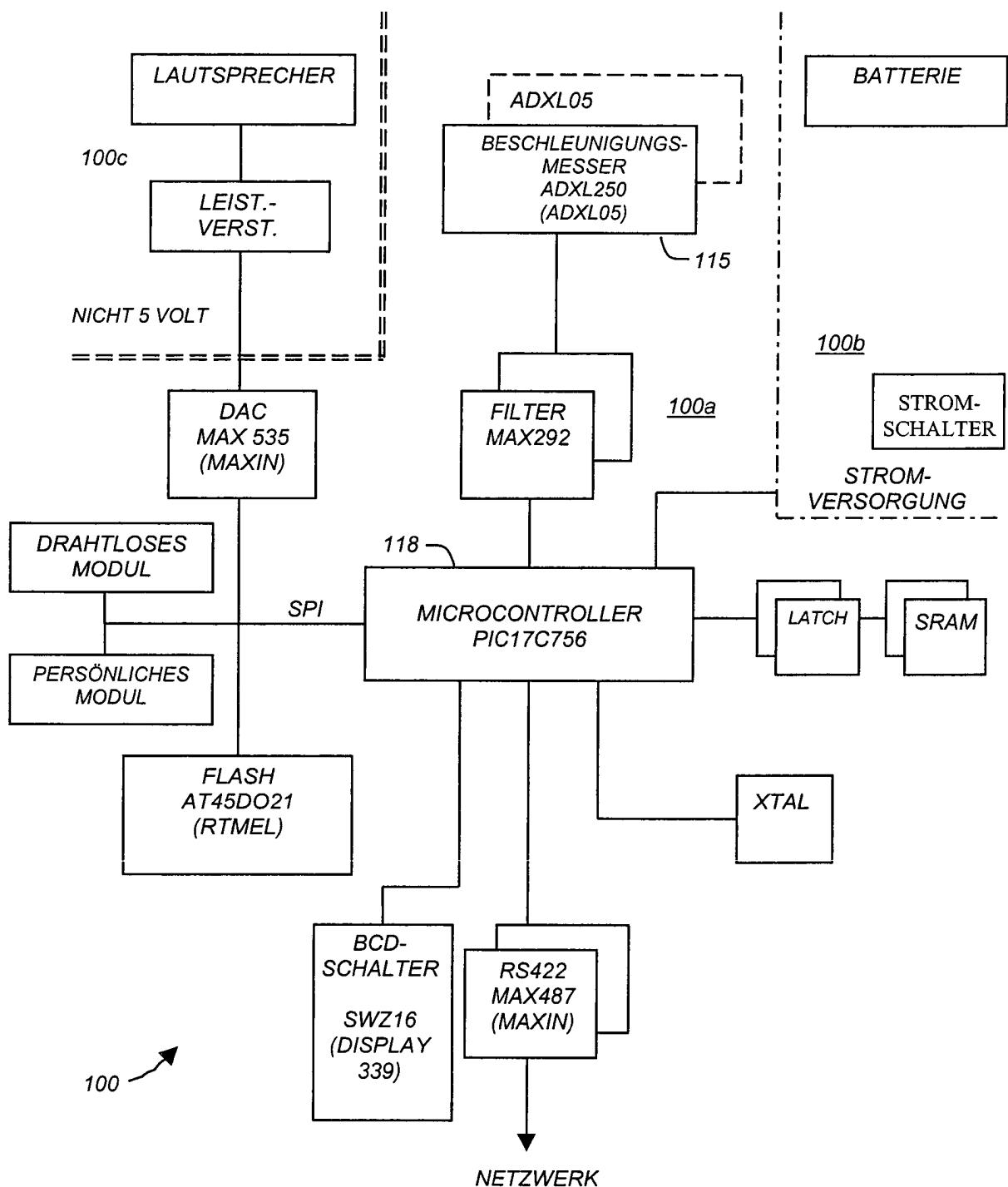


Fig. 2A

*Fig. 3*

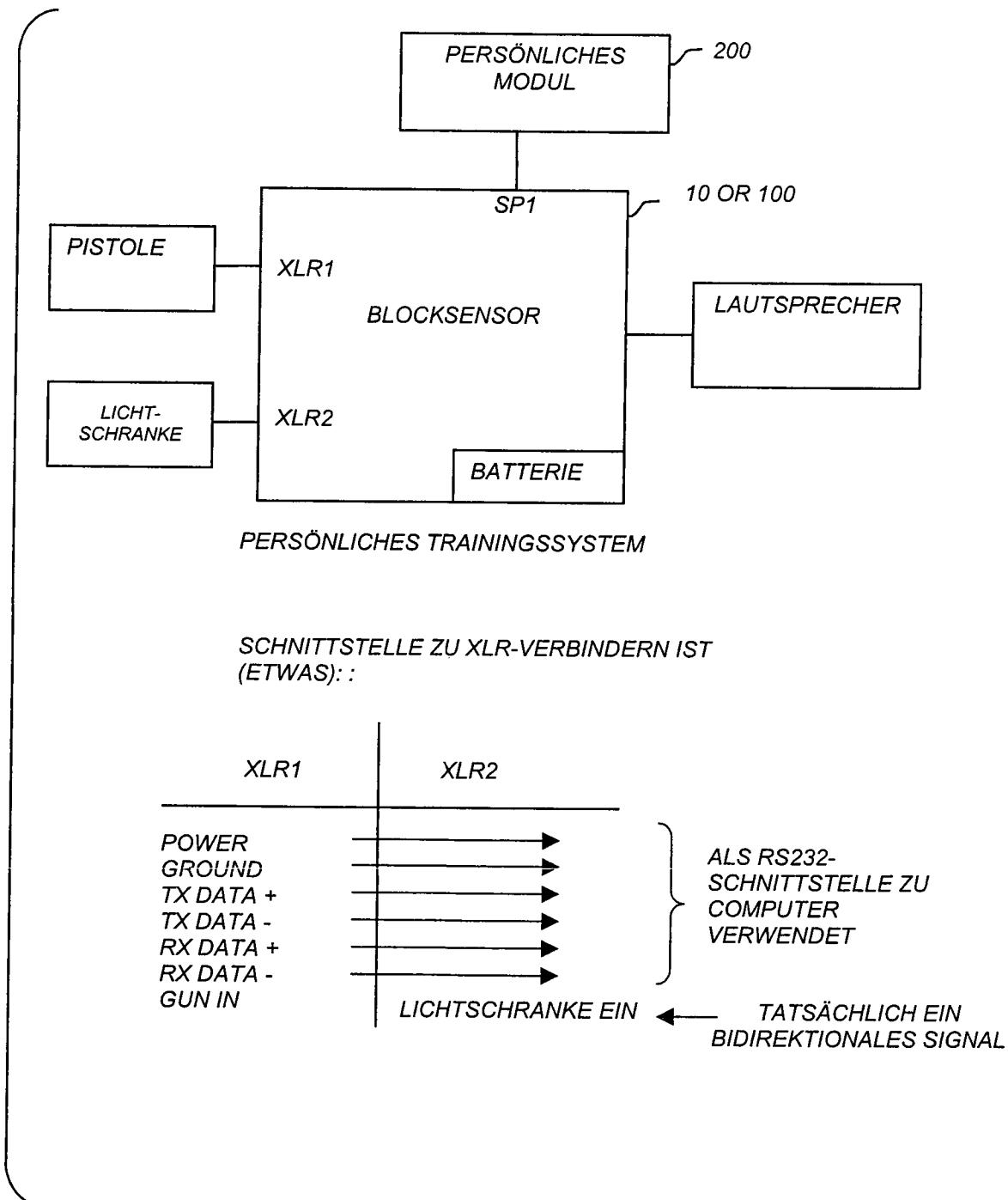


Fig. 4

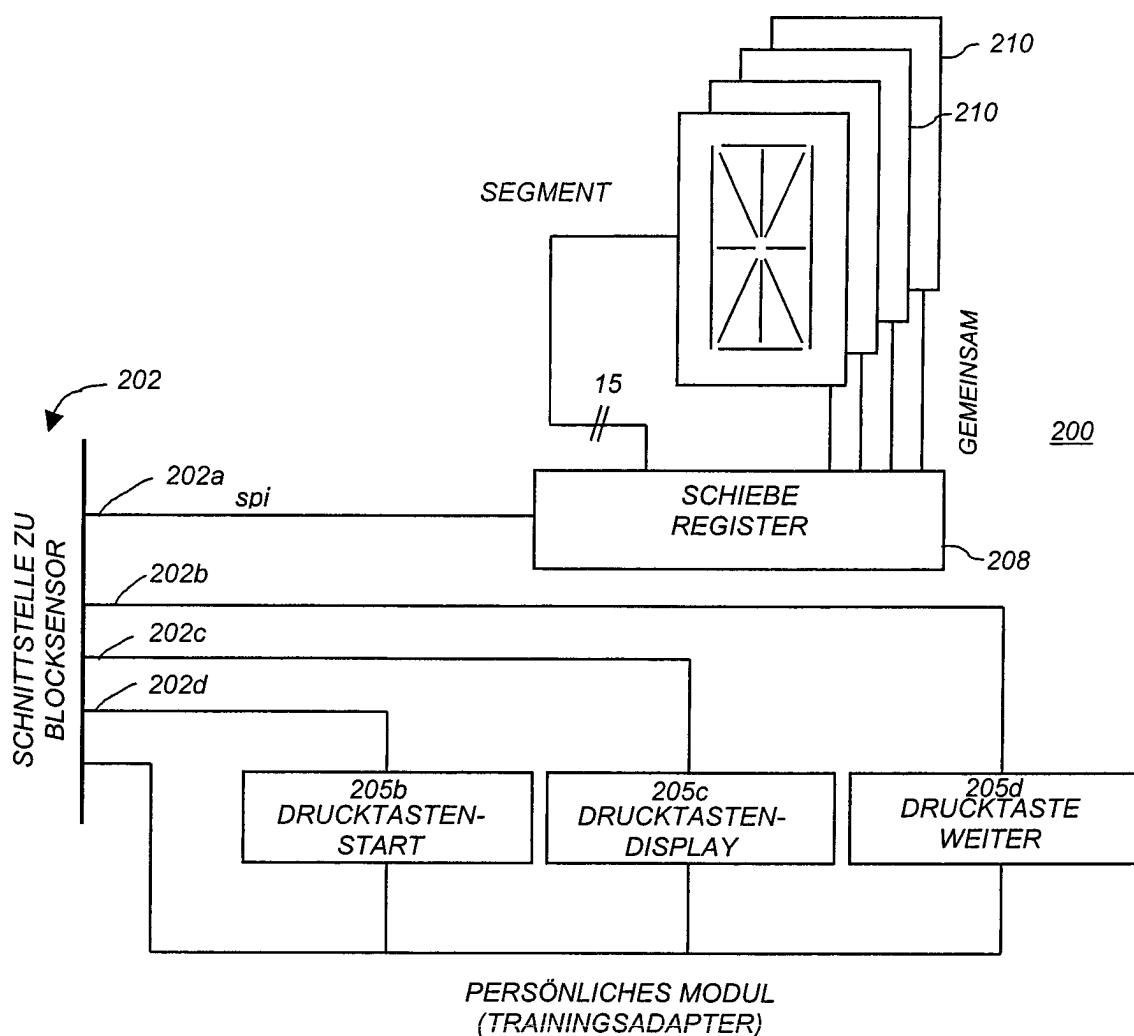


Fig. 4A

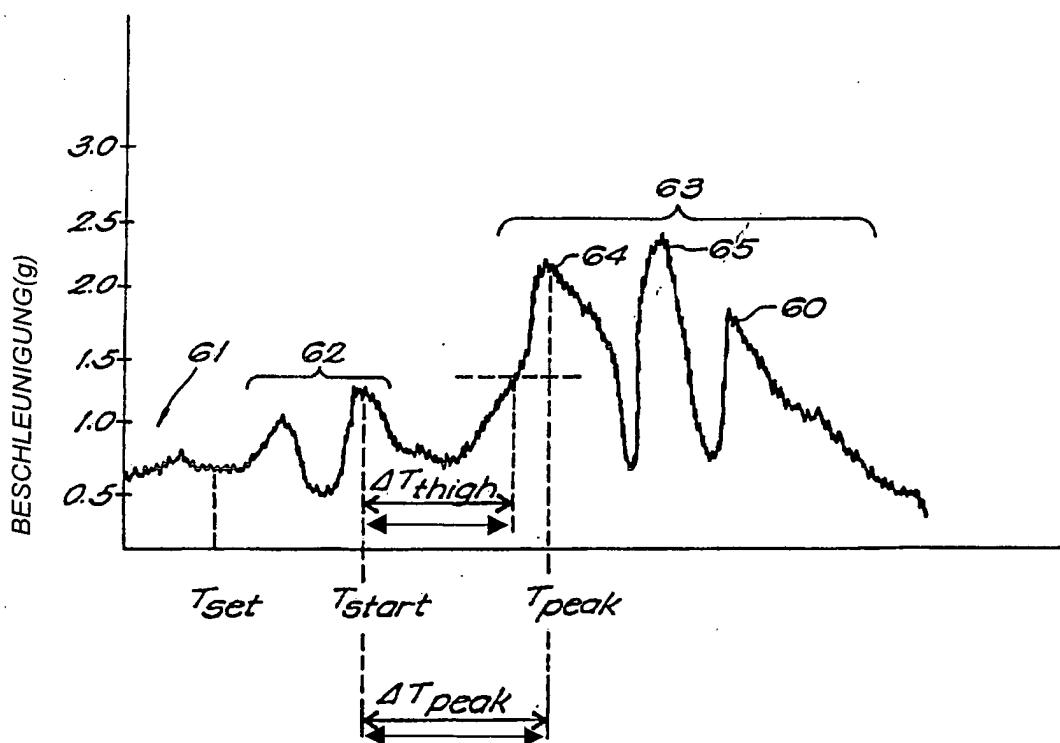


Fig. 5

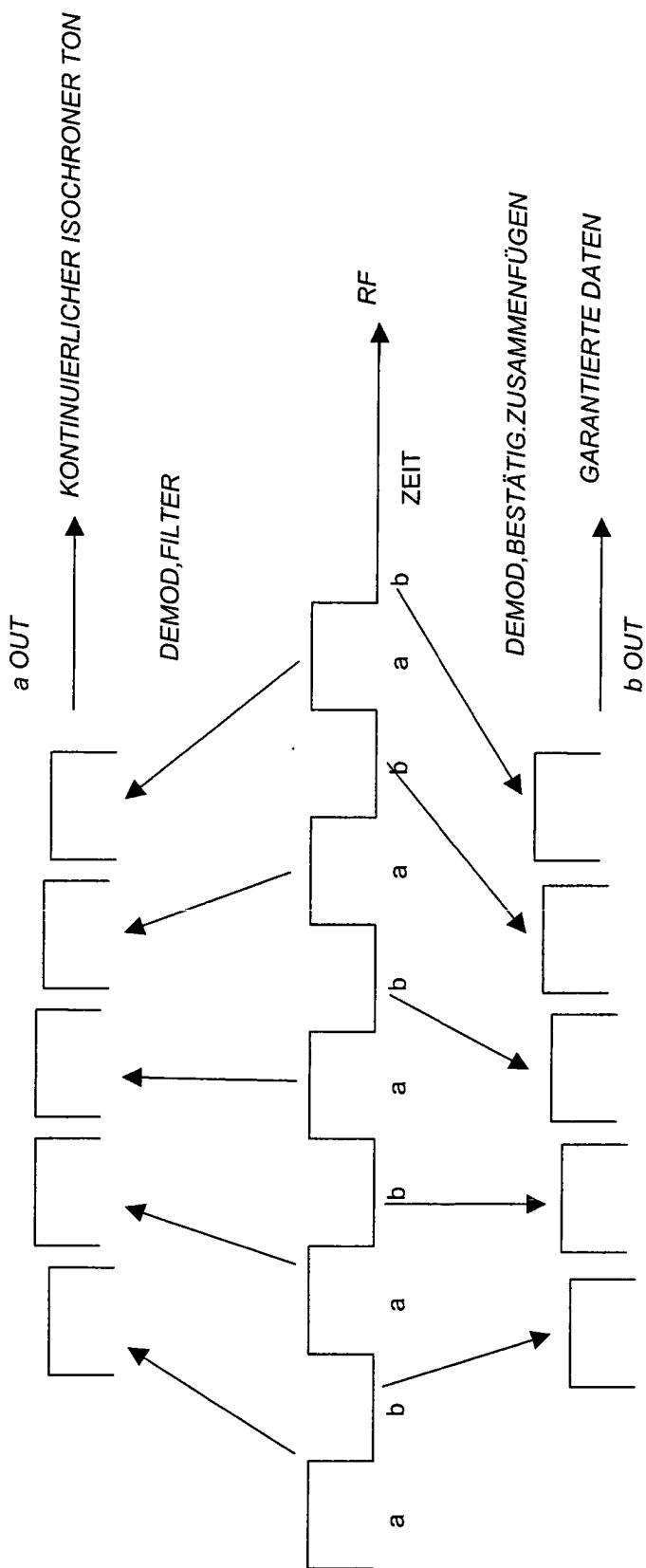


Fig. 6