



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 32 889 T2** 2007.04.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 965 361 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61N 1/368** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 32 889.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 109 246.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.04.2007**

(30) Unionspriorität:
98162 16.06.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:
Vitatron Medical B.V., Dieren, NL

(72) Erfinder:
Begemann, Malcolm J.S., 6881 CG Velp, NL; Van der Veen, Johannes S., 6951 MS Dieren, NL; Evers, Xander, 6951 BA Dieren, NL

(74) Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Sonnenberg & Fortmann, 80331 München

(54) Bezeichnung: **Herzschrittmacher mit verbessertem Verfahren zur Vermeidung und Unterdrückung von Vorhoffarrhythmien**

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 eingelegt, 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

[0001] Diese Erfindung liegt in dem Gebiet von Herzschrittmachern und insbesondere Schrittmachern, welche Stimulierungsbehandlungen bereitstellen, die ausgelegt sind, um gefährliche atriale Arrhythmien zu verhindern oder zu supprimieren.

[0002] Eine Arrhythmie, wie hier verwendet, wird beschrieben als eine Störung in der normalen Rate, dem Rhythmus oder der Leitung des Herzschlags. Insbesondere ist eine atriale Arrhythmie solch eine Arrhythmie, welche ihren Ursprungsort im Atrium hat. Eine atriale Tachykardie ist ein Zustand, wo das Atrium in einer hohen Rate kontrahiert, zum Beispiel 100 oder mehr Schläge pro Minute. In paroxystischer (temporaler) atrialer Tachykardie (PAT) wird ein ektopisches atriales Zentrum bzw. Reizbildungszentrum ein Schrittmacher für das Herz für die Dauer der Tachykardie. Diese Dauer kann von Sekunden bis zu mehreren Tagen variieren. Der empfindliche atriale Reizbildungszentrum, der die atriale Tachykardie verursacht, verursacht normalerweise in derselben Häufigkeit ventrikuläre Tachykardie, wenn AV-Überleitung normal ist. Eine andere Arrhythmie wird als „atriales Vorhofflattern“ bezeichnet, in welcher Situation ein Reentry-Kreislauf in der Atrium-Wand der Herzschrittmacher ist, der es mit einer Frequenz von annähernd 200 bis 300 Schlägen pro Minute stimuliert. In dieser Situation blockiert der AV-Knoten normalerweise jeden zweiten, dritten oder vierten Puls vom Atrium, und die ventrikuläre Frequenz variiert dadurch von 60 zu 50 Schlägen pro Minute; die ventrikuläre Frequenz ist regelmäßig, wenn die Blockierung konstant ist, aber unregelmäßig, wenn die Blockierung variiert.

[0003] In atrialer Fibrillation (AF) gibt es chaotische und turbulente Aktivierung des atrialen Wandgewebes. Die Anzahl von Depolarisationen pro Minute übersteigt 400 und die Reize bzw. Stimuli treten in der Refraktär-Periode des umliegenden atrialen Myokardiums auf. Unter diesen Bedingungen ist die Depolarisation der Atrium-Wand nicht koordiniert und eine chaotische und uneffektive Aktivierung steuert das Herz. Mit dieser irregulären atrialen Aktivierung leitet der AV-Knoten nicht jeden atrialen Reiz bzw. Stimulus, und der Ventrikel empfängt Pulse irregulär.

[0004] Eine andere Art von atrialer Arrhythmie ist die prämatüre Vorhofkontraktion (PAC) oder Vorhofextrasystole. Die PAC ist grundlegend eine Vorhofkontraktion, welche früh, bevor sie erwartet wird, eintritt. Während der Sinus-Knoten normalerweise der Schrittmacher des Herzens ist, übernimmt, wenn eine PAC auftritt, ein Reizbildungszentrum die Funktion des Sinus-Knotens für einen Schlag. Nach solch einer atrialen Extrasystole bzw. einem ektopischen atrialen Schlag wird der nächste Schlag vom Sinus-Knoten leicht verzögert. Folglich löst die PAC ei-

nen irregulären Herzrhythmus aus. Diese Irregularität kann, in bestimmten Situationen, regelmäßig sein, wie in Bigeminie oder Trigemini, das heißt ein oder zwei normale Schläge zwischen jeder PAC.

[0005] PACs können eine Einleitung zu atrialer Tachykardie sein. Wie bekannt ist, stellen Tachyarrhythmien eine Gefahr von Fibrillation dar, was dann lebensbedrohlich sein kann. Tachyarrhythmien werden auch mit anderen Low-Cardiac-Output-Syndromen (vermindertes Herzzeitvolumen) verbunden, wie Müdigkeit oder Ohnmacht und anderen unerwünschten Erscheinungen. Während viele supra-ventrikuläre Tachyarrhythmien (SVT) vorübergehend sind und durch abruptes Auftreten, aber auch abruptes Aufhören gekennzeichnet sind, verursachen sie beträchtliche Patientenleiden und können, wenn unbehandelt, zu gefährlichen lebensbedrohlichen Bedingungen führen. Die Hauptgefahr von supra-ventrikulären Tachyarrhythmien, speziell chronische atriale Fibrillation, ist die Entwicklung von Blutgerinnseln, welche einen Anfall oder möglicherweise den Tod verursachen können.

[0006] Bei Patienten, bei denen atriale Tachykardie das Ergebnis von ektopischem atrialen Reizbildungszentrum im Schrittmacher ist, besteht ein Behandlungsverfahren aus der Ablation des Herzgewebes, wo das Reizbildungszentrum zu finden ist. Jedoch ist dies ein teures und gefährliches Procedere. Andere Techniken umfassen Anti-Tachykardie- oder kardioversionsartige Stimulation, bei denen entweder eine Folge von Hochfrequenzpulsen oder einer oder mehrere Hochenergie Pulse an das Herz des Patienten abgegeben wird in einem Versuch, einen normaleren Rhythmus wiederherzustellen. Während diese Techniken wertvoll sein können und einigen Erfolgs erreicht haben, ist es eindeutig wünschenswerter, einen Patienten mit einem beginnenden atrialen Problem zu behandeln, um es zu supprimieren oder andererseits zu verhindern, dass die gefährliche atriale Arrhythmie auftritt. Folglich ist bekannt, dass Vorkommen von PACs, wenn sie nicht behandelt werden, sich zu einer gefährlicheren atrialen Arrhythmie, umfassend Tachykardie oder Fibrillation, entwickeln können.

[0007] Eine andere mögliche Ursache von atrialer Arrhythmie ist Ischämie, welche aufgrund von eingeschränkter Blutzirkulation zum Herzgewebe hervorgerufen wird. Wenn jemand körperliche Belastung ausübt, kann der Körper ein Sauerstoffdefizit oder eine Sauerstofferschöpfung aufbauen. Unter normalen Post-Belastungs-Umständen bleibt, für einen gesunden Patienten, die Herzfrequenz für eine Zeitperiode hoch, was einen ausreichenden Blutfluss zum Herzen sicherstellt. Jedoch, wenn die Post-Belastungs-Frequenz zu schnell sinkt, kann dies in Ischämie resultieren. Während der Effekt von dem Belastungslevel und der Dauer der körperlichen Belastung

abhängt, besteht für Patienten mit Risiko von atrialer Tachykardie oder Fibrillation die Notwendigkeit sicherzustellen, dass die Herzfrequenz nach den Belastungsphasen nicht zu schnell abnimmt.

[0008] Die US 5,312,453 offenbart einen auf Frequenzen reagierenden Herzschrittmacher, in welchem Verzögerung der Stimulation gemäß kürzlicher Aktivität oder Arbeit des Patienten moduliert ist.

[0009] Die US 5,134,997 offenbart einen auf Frequenzen reagierenden Schrittmacher und ein Stimulationsverfahren zur Optimierung der Stimulierungsverzögerungskurve nach einer Periode von gesteigerter Aktivität.

[0010] Was in der Stimulationskunst benötigt wird, ist ein neuer Therapieansatz, um Stimulationsbehandlungen bereitzustellen, welche die Ursachen von solchen gefährlichen atrialen Arrhythmien voraussehen bzw. vorausberechnen und welche, wenn benötigt, reagieren, um den Beginn einer solchen Arrhythmie zu supprimieren. Zum Beispiel gibt es einen Bedarf für eine Stimulationstherapie, die ausgelegt ist, um das Herz eines Patienten zu konditionieren, um stabile konsistente Leitungsbahnen und refraktäre Perioden im Atrium bereitzustellen, welche erreicht werden können mittels Stimulierung des Atriums von derselben Seite und bei stabilisierten Frequenzen. Ähnlich kann das Auftreten von PACs reduziert werden mittels Erhöhung der Herzfrequenz, wenn angebracht, zum Beispiel mittels Erhöhung der Herzfrequenz zu einer stabilisierten höheren Frequenz im Anschluss an das Auftreten einer PAC. Außerdem kann Herzrefraktärdispersion reduziert werden mittels Bereitstellen eines fließenden Übergangs von einem PAC-Kopplungs-Intervall zu der zu Grunde liegenden Herzfrequenz. Ferner kann im Anschluss an körperliche Belastung des Patienten die Gefahr von Ischämie und Refraktärdispersion reduziert werden durch Übernehmen der Stimulation und Limitierung der Verringerung der Stimulationsfrequenz, so dass eine höhere als intrinsische Frequenz für einige Zeitperioden aufrechterhalten wird, so dass folglich postbelastend eine höhere Abgabe von Sauerstoff an das Herz bereitgestellt wird.

[0011] Angesichts der o. g. Bedürfnisse zum Behandeln von Patienten, welche eine Neigung zur Entwicklung von gefährlicher atrialer Tachykardie aufweisen, wird ein Stimulationssystem, wie in Anspruch 1 beansprucht, bereitgestellt, welches eine Vielzahl von speziellen Stimulationsbehandlungsmerkmalen bzw. -funktionen, AFP(atriale Fibrillationsvorbeugung)-Funktionen genannt, umfassen kann. Jede dieser Funktionen kann in den implantierbaren Schrittmacher einprogrammiert werden und durch den behandelnden Mediziner bei einer Detektion von Bedingungen, die vermuten lassen, dass Behandlung wünschenswert sei, freigegeben werden. Alter-

nativ kann der Schrittmacher diagnostische Informationen sammeln und automatisch irgendeine der speziellen Behandlungsfunktionen freigeben.

[0012] Eine erste AFP-Steuerungsfunktion des Schrittmachers der bevorzugten Ausführungsform ist eine Stimulationskonditionierungsfunktion, wobei der Schrittmacher normale atriale Erfassung bzw. Abtastung überspringt und die Stimulation des Patienten bei einer Frequenz größer als die darunter liegende intrinsische Frequenz für einen hohen Prozentsatz der Zeit bereitstellt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird bei Abtastung eines physiologischen atrialen Schlags die Stimulationsfrequenz um eine vorbestimmte Stufe bzw. Schritt über der intrinsischen Frequenz erhöht, und bei einer programmierten Frequenzverringerng zum unteren bzw. tieferen Frequenzlimit zurück verringert, bis einer oder mehr zusätzliche intrinsische Schläge detektiert werden, woraufhin die höhere Konditionierungs-Stimulation wieder übernimmt.

[0013] Eine Routine wird offenbart, die jedoch keine Ausführungsform der Erfindung bildet, zur Post-PAC-Suppressions-Stimulation, wobei im Anschluss an eine abgetastete PAC oder ein vorbestimmtes Muster von PACs, die Stimulation um eine vorbestimmte Stufe angehoben wird, zum Beispiel 15 ppm über der darunter liegenden intrinsischen Frequenz. Die erhöhte Stimulationsfrequenz wird über ein vorbestimmtes Muster aufrechterhalten; die erhöhte Frequenz kann für eine vorbestimmte Anzahl von abgegebenen Stimulationspulsen gehalten werden und ihr dann ermöglicht werden, zum unteren Frequenzlimit zurückzusinken. Die Periode von Hochfrequenzstimulation kann beendet werden durch Abtastung eines normalen Sinus-Rhythmus, aber die Routine verhindert zusätzliche Schritte über die Schritte (für den Fall) hinaus, dass eine andere PAC während der Hochfrequenz-PAC-Suppressions-Stimulation detektiert wird.

[0014] In einer anderen Stimulationsbehandlung, die hier offenbart wird, jedoch keine Ausführungsform der Erfindung bildet, wird eine Routine bereitgestellt, welche auf eine erfasste bzw. abgetastete PAC antwortet, indem zuerst versucht wird, die PAC mit einem synchronen ventrikulären Stimulationspuls aufzuspüren bzw. zu verfolgen und dann einen oder mehr nachfolgende atriale Stimulationspulse zeitlich zu bestimmen, um die nachfolgenden Herzschlagintervalle auszugleichen. In dem nächsten Zyklus nach der PAC kann Stimulation bei einer Frequenz ausgeführt werden, die der Durchschnitt aus der zu Grunde liegenden intrinsischen Frequenz und der PAC-Frequenz ist (die Frequenz entsprechend dem Intervall vom letzten normalen atrialen Schlag bis zur PAC).

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt der Schrittmacher Post-Be-

lastungs-Stimulation bereit, welche bei einer höheren als normalen Frequenz ausgeführt wird, um einen höheren als normalen Blutfluss zum Herzen im Anschluss an körperliche Belastung bereitzustellen, dabei die Risiken resultierender Ischämie reduzierend. In der Post-Belastungs-Ausführungsform erzeugt der Schrittmacher kontinuierlich eine AFP-Stimulationsfrequenz, welche berechnet ist, um zu übernehmen und das Herz des Patienten zu stimulieren, bevor es eine wesentliche Verringerung in der Stimulationsfrequenz im Anschluss an das Ende körperlicher Belastung gibt. Nachdem die Post-Belastungs-Stimulation übernimmt, nimmt die Stimulationsfrequenz langsamer ab als die normale Frequenz abnehmen würde und die Verringerungsrate ist limitiert, um exzessiv hohe Stimulation für zu lange Zeit zu vermeiden, aber um Stimulation bei einer höheren als normalen Frequenz sicherzustellen, wenn die Frequenz nach unten zurück zur intrinsischen Frequenz driftet.

[0016] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nun nur lediglich beispielhaft beschrieben unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen.

[0017] [Fig. 1](#) zeigt ein Blockdiagramm eines Stimulationssystems gemäß dieser Erfindung, das die primären funktionellen Komponenten eines solchen Systems darstellt.

[0018] [Fig. 2](#) zeigt ein Flussdiagramm, das die primären Subroutinen darstellt, welche zyklisch zur Unterstützung von Stimulationsbehandlungen durchgeführt werden, die von dieser Erfindung bereitgestellt werden.

[0019] [Fig. 3](#) zeigt ein Flussdiagramm, das primäre Schritte in der Handhabung verschiedener Ereignisse als Teil des Ausführens von Stimulation in einer exemplarische Schrittmachersystemausführungsform dieser Erfindung darstellt.

[0020] [Fig. 4](#) zeigt ein Flussdiagramm, das eine Übersicht von repräsentativen Routinen zur Steuerung von Stimulation bereitstellt, um Prävention und Behandlung von atrialen Arrhythmien gemäß dieser Erfindung bereitzustellen.

[0021] [Fig. 5](#) zeigt ein detailliertes Flussdiagramm einer Stimulationskonditionierungsroutine gemäß dieser Erfindung.

[0022] [Fig. 6](#) zeigt ein detailliertes Flussdiagramm einer PAC-Suppressions-Routine.

[0023] [Fig. 7a](#) zeigt ein verallgemeinertes Flussdiagramm, das eine Routine für Post-Belastungs-Stimulation gemäß dieser Erfindung darstellt; [Fig. 7b](#) zeigt ein detailliertes Flussdiagramm einer spezifischen Ausführungsform einer Post-Belastungs-Routine;

und [Fig. 7c](#) zeigt ein Zeitdiagramm, das Veränderung der Post-Belastungs-Frequenz darstellt, mit einer langsamen Abnahmerate unter ungefähr 70 ppm.

[0024] [Fig. 8](#) zeigt ein detailliertes Flussdiagramm einer Routine zur Verringerung der Stimulationsfrequenz, wenn eine Frequenzverringerng von einem aus Stimulationskonditionierung, PAC-Suppression oder Post-Belastungs-Routinen aufgerufen wird.

[0025] [Fig. 9](#) zeigt ein Flussdiagramm einer Routine zur Bestimmung, ob die normale Stimulationsfrequenz von der AFP-Frequenz übersprungen wird, die durch eine der speziellen Routinen zur Prävention von atrialen Arrhythmien entwickelt wird.

[0026] [Fig. 10a](#) zeigt ein Flussdiagramm eines ersten PAC-Antwort-Routine-Durchlaufs nach einer abgetasteten PAC, um zu versuchen, die PAC zu verfolgen oder einen ersten atrialen synchronen Puls abzugeben; [Fig. 10b](#) zeigt ein Flussdiagramm einer zweiten PAC-Antwort-Routine, welche nach dem ventrikulären Ereignis ausgeführt wird, um die Herzfrequenz auszugleichen.

[0027] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 1](#), es ist ein Blockdiagramm der primären Komponenten eines illustrativen Schrittmachersystems dargestellt, welches die Merkmale bzw. Funktionen dieser Erfindung inkorporiert. Ein ventrikulärer Schrittmachergenerator **15**, der durch einen Steuerblock **20** gesteuert wird, erzeugt ventrikuläre Stimulationspulse und gibt sie an den Ventrikel durch eine Leitung, welche eine oder mehrere ventrikuläre Elektroden **16** trägt, ab.

[0028] Gleichermaßen werden atriale Stimulationspulse durch einen Generator **18** erzeugt, auch unter Steuerung von Block **20**, welche atrialen Stimulationspulse durch eine Leitung an eine oder mehrere atriale Elektroden **19** abgegeben werden. Abgetastete QRS-Signale von den ventrikulären Elektroden werden am QRS-Abtastungs-Block **24** bearbeitet und an Steuerungsblock **20** abgegeben. Steuerungsblock **20** umfasst entsprechend einen Mikroprozessor und ist mit Speicher **21** verbunden. Signale von den ventrikulären Elektroden sind auch mit T-Wellen-Abtastungs-Block **26** verbunden, zum Auswählen von T-Wellen und zum Verbinden dieser mit Block **20**. Die T-Wellen-Information wird zum Beispiel in einem auf QT-Frequenzen reagierenden Schrittmacher verwendet. Ähnlich sind P-Wellen, die von atrialen Elektroden aufgenommen werden, mit P-Wellen-Abtastungs-Block **25**, welcher P-Wellen-Signal-Daten an Steuerblock **20** bereitstellt, verbunden. Ein Sensor **28**, wie ein Aktivitätssensor, kann für einen auf Frequenzen reagierenden Schrittmacher eingesetzt werden, einen Ausgang bereitstellend, welcher mit Steuerblock **20** verbunden ist. Ebenso kann ein Programmierempfänger **29** Daten und/oder heruntergeladene Steuerungssoftware empfangen, welche mit Steue-

rungsblock **20** verbunden ist und von dort an Speicher **21** transferiert werden kann.

[0029] Speziell der Mediziner des Patienten kann programmieren, ob die jeweiligen Behandlungs-Routinen dieser Erfindung ausgeführt werden sollen oder nicht. In dem Schrittmachersystem dieser Erfindung wird die Software für die dargestellten Routinen in geeignetem RAM-Speicher gespeichert, zur Verwendung durch den Mikroprozessor bei der Bestimmung der atrialen und ventrikulären Escape-Intervalle bzw. Intervalle von Zyklus zu Zyklus. Die Wahl des Mikroprozessors und Art und Größe des Speichers ist eine Frage der Konstruktionswahl. Solche Softwaresteuerung von Schrittmacherfunktionen ist aus dem Stand der Technik bekannt und innerhalb der Fähigkeit von Schrittmacher-Konstrukteuren.

[0030] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 2](#), es ist ein Flussdiagramm der Hauptroutinen gezeigt, welche zyklisch als Teil der Steuerung des Schrittmacherbetriebs ausgeführt werden. Es ist zu beachten, dass dieses Flussdiagramm vereinfacht ist, um den Ort der primären Routinen, die für spezifische Stimulationsbehandlungen dieser Erfindung benötigt werden, anzuzeigen, und keine Routinen enthält, die zur Buchführung bzw. Buchhaltung oder anderen Steuerungszwecken benötigt werden.

[0031] Die Hauptflussroutine wird bei Block **31** eingeführt, wo der Mikroprozessor gemischte Routinen ausführt. Einige dieser Routinen sind von buchhalterischer Natur, für unsere Erklärung dieser Erfindung nicht wichtig. Eine andere Funktion kann Sammlung oder Analyse von diagnostischen Daten, zum Treffen von Entscheidungen, sein. Bei **32** updatet der Schrittmacher Entscheidungsdaten, zum Beispiel dynamisches Stimulationslimit bzw. -grenze, dynamisches Überwachungslimit bzw. -grenze und Phys_Frequenz. Bezug genommen wird auf U.S. Patent Nr. 5,247,930, welches eine ausführliche Diskussion von Entscheidungsfrequenzen enthält. Für gegenwärtige Zwecke ist es ausreichend zu beachten, dass die Phys_Frequenz im Grunde die zu Grunde liegende intrinsische Frequenz widerspiegelt, oder die atriale Frequenz, wenn Stimulation die intrinsische Frequenz übernimmt. Wie hiernach verwendet, kann der Begriff „zu Grunde liegende“ Frequenz die Phys_Frequenz sein oder irgendein Maß der gegenwärtigen Sinus-Frequenz. Aus praktischen Gründen ist jede Erhöhung in Phys_Frequenz auf 2 ppm pro Schlag limitiert. Ebenso ist zu beachten, dass das dynamische Stimulationslimit oder die Stimulationsfrequenz durch die Sensorfrequenz überlagert wird, wenn der Schrittmacher die auf Frequenzen reagierenden Funktionen inkorporiert.

[0032] Im Anschluss an das Updating von Entscheidungsfrequenzen bei Block **32**, führt der Schrittmacher bei **33** alle bis auf eine der speziellen atrialen Fi-

brillations-Präventions(AFP)-Routinen durch, welche gemäß dieser Erfindung inkorporiert sind. Wie hier verwendet, bezieht sich AFP auf all die Subjekt-Behandlungen zum Umgang mit verschiedenen gefährlichen atrialen Arrhythmien oder die Entstehung solcher Arrhythmien. Es ist zu beachten, dass diese Routinen nach dem ventrikulären Ereignis ausgeführt werden, entweder eine ventrikuläre Erfassung bzw. Abtastung (VS) oder eine ventrikuläre Stimulation (VP). Als nächstes, bei **34**, bereitet der Schrittmacher die atrialen und ventrikulären Escape-Intervalle vor und geht dann zu der normalen Stimulationsroutine, wie bei **35** angezeigt. Wie unten diskutiert, ist Teil der Stimulationsroutine eine PAC_Antwort_Pre-Routine auszuführen, welche nach einem atrialen Ereignis als Teil der Stimulationsroutine eingegeben wird.

[0033] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 3](#), es ist ein Blockdiagramm dargestellt, welches die Hauptlogikschritte illustriert, die in Stimulationsroutine **35** unternommen werden. Subroutine **40**, als „Ereignis-Detektion“ dargestellt, ist eine Routine zur Interpretation von Ereignissen und Bestimmung, auf welche Art der Schrittmacher antworten wird. Eine Anzahl von verschiedenen Ereignissen wird angezeigt, und es ist zu beachten, dass andere Ereignisse umfasst sein können, welche in diesem Flussdiagramm nicht dargestellt sind. Wenn das ventrikuläre Escape-Intervall (V_Esc) abgelaufen ist, zweigt die Routine zu **41** ab und bereitet eine VP zur Abgabe vor. Wenn es eine VS gegeben hat, geht die Routine zu Block **43** zur Verarbeitung bzw. Handhabung. Dann, bei **47**, führt die Routine gemischte Funktionen, wie Updating des AV-Intervalls, aus und beendet dann. Zu beachten ist, dass die Routine nur nach einem ventrikulären Ereignis endet.

[0034] Zu dem Ereignis-Detektions-Block **40** zurückkommend, wenn das atriale Escape-Intervall (A_Esc) abgelaufen ist, geht der Schrittmacher zu Block **44** und handhabt die Vorbereitung und Abgabe eines atrialen Pulses (AP). Danach geht der Schrittmacher zu Block **48** und kann die PAC_Antwort_Pre-Routine (wenn sie freigegeben ist) aktivieren, was in Verbindung mit [Fig. 10a](#) diskutiert wird. Andere Funktionen können dabei auch ausgeführt werden. Gleichermaßen, wenn eine atriale Erfassung bzw. Abtastung (AS) bei Block **40** detektiert wird, geht die Routine zu Subroutine **45** zur AS-Handhabung. Wenn das abgetastete atriale Signal angenommen wird, zweigt die Routine zu Block **48** ab; wenn es zurückgewiesen wird, kommt die Routine zu Block **40** zurück. Ebenso, wie dargestellt, wenn andere Ereignisarten detektiert werden, geht der Schrittmacher zu Block **46** zur spezifischen Handhabung. Solche anderen Ereignisse können die Detektion einer T-Welle, wo T-Wellen verwendet werden, umfassen; Ablauf des refraktären Intervalls, etc. In Antwort auf solch andere Ereignisse kommt der Schrittmacher zur Ereignis-Detektion bei **40** zurück.

[0035] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 4](#), es ist ein Übersichts-Flussdiagramm von einer Vielzahl von Routinen dargestellt, welche für spezielle Stimulation vorgesehen sind, entweder um gefährliche atriale Arrhythmien zu vermeiden oder um schnell auf eine PAC zu antworten. Diese Routinen werden als respektive Blöcke in [Fig. 2](#) dargestellt und werden einmal pro Zyklus, nach dem letzten ventrikulären Ereignis, gehandhabt bzw. verarbeitet. Wie in den spezifischen Flussdiagrammen, die die vier illustrativen Behandlungsroutinen erfassen, dargestellt, kann jede solche Routine an- oder aus-programmiert werden, zum Beispiel kann der Schrittmacher durch irgendwelche ausgewählte oder alle der Routinen, die in dem Schrittmacher zur Verfügung stehen, gehen. Die Routinen werden durch den Mediziner entsprechend an- oder aus-programmiert, basierend auf Evaluation von Daten, die die Herzgeschichte und -kondition des Patienten darstellen. Alternativ trifft der Schrittmacher die Entscheidung automatisch, basierend auf akkumulierten Ereignis-Daten (wie in [Fig. 2](#) bei Block **31** erlangt).

[0036] Weiter Bezug nehmend auf [Fig. 4](#) führt der Schrittmacher bei Block **50** die Verarbeite_AFP_Sprung-Routine aus. Diese Routine beobachtet verschiedene Schrittmacher-Bedingungen und bestimmt, ob die AFP-Routinen eingegeben werden sollten. Zum Beispiel prüft der Schrittmacher nach, um zu sehen, ob es dort ein Ende-der-Lebensdauer(EOL)-Signal gibt, und wenn es so ist, stoppt er die Aktivierung der AFP-Routinen für die verbleibende Lebensdauer des Schrittmachers. Gleichermäßen prüft die Routine nach, um zu sehen, ob der Schrittmacher in einem Magnet-Modus ist oder ob Programmierung aktiv ist, in welchem Fall er die AFP-Routinen temporär sperrt. Wenn die AFP-Routinen nicht übersprungen werden müssen, setzt diese Sprung-Routine den Erlaube_Dec-Flag bzw. -Merker ein, welches eine gesteuerte Frequenzverringering erlaubt, wann immer eine der AFP-Routinen bestimmt, dass die Frequenz verringert werden sollte.

[0037] Vorausgesetzt, dass die AFP-Routinen nicht übersprungen werden, ist die erste AFP-Routine, die eingegeben und ausgeführt wird, die Stimulation Konditionierungs-Routine **51**. Das Prinzip dieser Routine ist, das atriale Aktivierungs-Muster und die refraktäre Periode zu konditionieren mittels Einleitung bzw. Induzierung atrialer Stimulation in den meisten Herzzyklen während eines normalen Rhythmus, zum Beispiel in mehr als 95% der Herzzyklen. Wie im Detail in Verbindung mit dem Stimulation_Konditionierungs-Flussdiagramm bei [Fig. 5](#) diskutiert, reguliert die Routine die Stimulationsfrequenz, basierend auf der zu Grunde liegenden intrinsischen Frequenz, so dass die Stimulationsfrequenz gewöhnlich die zu Grunde liegende intrinsische Frequenz leicht übersteigt. Wann immer spontane Aktivität abgetastet wird, was als normal klassi-

fiziert oder interpretiert wird, wird die Frequenz um eine vorbestimmte Stufe, zum Beispiel 15 ppm, erhöht, um einen stimulierten Rhythmus zu erhalten. Die Frequenz wird dann anschließend sehr langsam verringert, bis entweder ein nächster normaler atrialer Schlag abgetastet wird oder bis die Sensorfrequenz oder das untere Frequenzlimit (LRL) erreicht wird. Um kumulative Frequenzenerhöhungen zu vermeiden, können folgende Stufen auf eine vorbestimmte Anzahl von Pulsen pro Minute, zum Beispiel 2 ppm, limitiert werden. Eine Stufenerhöhung ist durch eine abgetastete PAC oder einen Tachy-Schlag nicht induziert, und wird limitiert, wenn eine maximale Stimulations-Konditionierungs-Frequenz erreicht ist. Über diese Routine hinausgehend wurde ein AFP_Int, bezogen auf eine AFP-Frequenz, eingestellt, welche zur Vorbereitung der atrialen und ventrikulären Escape-Intervalle verwendet werden wird, wie in Block **34**, [Fig. 2](#), dargestellt, bis eine höhere AFP-Frequenz durch eine der nachfolgenden Routinen eingestellt wird.

[0038] Weiter Bezug nehmend auf [Fig. 4](#), führt der Schrittmacher die PAC_Suppressions-Routine **52** aus. Das Ziel dieser Routine ist, die Anzahl der PAC mittels Erhöhung der Stimulationsfrequenz zu unterdrücken. Diese Routine kann zum Beispiel angezeigt werden, wo einigermaßen reguläre PACs beobachtet werden. Wann immer eine PAC abgetastet wird, erhöht der Algorithmus die Frequenz um eine Stufe, zum Beispiel 15 ppm. Die Frequenz wird dann für eine bestimmte Periode stabilisiert, zum Beispiel 400–1.000 Schläge, wonach die Frequenz sehr langsam zur LRL verringert wird. Solch eine stabile Periode wird beendet werden, und die Frequenz wird vor dem Ende der Periode verringert, wenn eine stabile Sinusfrequenz (zum Beispiel fünf aufeinanderfolgende normale atriale Schläge) oder eine Tachykardie (zum Beispiel fünf Sekunden von atrialen Tachy-Erfassungen bzw. -Abtastungen) detektiert werden. Sukzessive Stufen könnten zugelassen werden. Jedoch ist, um exzessive Frequenzenerhöhungen zu vermeiden, eine zweite Stufenerhöhung (15 ppm in Bezug auf die Phys_Frequenz) vorzugsweise während der Periode von erhöhter Stimulationsfrequenz inhibiert bzw. gehemmt, bis eine stabile intrinsische Herzfrequenz eingreift, dabei einen unerwünschten kumulativen Effekt von Frequenzenerhöhungen vermeidend. Es wird bemerkt, dass die Erhöhung vorzugsweise mit einem festen ppm-Wert gemacht wird, zum Beispiel 15 ppm relativ zur Phys_Frequenz, um einen Erhöhungseffekt bei hohen Frequenzen zu eliminieren. Wenn der Algorithmus der PAC_Suppressions-Routine in Antwort auf eine PAC aktiviert worden ist und die Hochfrequenzstimulation nicht abgeschlossen wurde, überspringt der Schrittmacher die Post-Belastungs-Routine **53** und geht zur Prüfe_Verzögere-Routine **55**, wo bestimmt wird, ob die AFP-Frequenz verringert werden muss.

[0039] Die Post-Belastungs-Routine **53** hat zum Ziel die Limitierung der Geschwindigkeit der Frequenzverringerung, die der körperlichen Belastung durch den Patienten folgt, wobei das Limitieren von dem Level und der Dauer der körperlichen Belastung abhängt. Die Motivation dieser Routine ist, die Phys_Frequenz während körperlicher Belastung zu verfolgen mittels Einstellung der AFP-Frequenz ausreichend nahe der Phys_Frequenz, um einen signifikanten Frequenzenabfall im Anschluss an körperliche Belastung zu vermeiden; aber in einer Distanz, die groß genug ist, um potenzielle Fusionssystolen bzw. -schläge zu minimieren. Zum Beispiel wird eine Post-Belastungs(PE)-Ziel-Frequenz kontinuierlich bis auf 90% der Phys_Frequenz eingestellt. Wenn Stimulation bei der PE-Ziel-Frequenz übernimmt, wird diese Frequenz nur sehr langsam zum unteren Frequenzlimit verringert, um die Elimination des Sauerstoffdefizits zu beschleunigen und Ischämie und Refraktärdispersion nach körperlicher Belastung zu vermeiden. Folglich ist die Frequenzabnahme nach körperlicher Belastung programmierbar, um langsamer zu sein als der intrinsische Frequenzabfall und langsamer als der Frequenz-Antwort-Sensor ansonsten anzeigen würde. Die Frequenzabnahme wird bei hohen Frequenzen schneller vorgenommen als bei tiefen Frequenzen, um das Risiko, dass die Frequenz bei ungeeigneten Frequenzen für eine lange Zeitperiode stehen bleiben könnte, zu reduzieren, während der Prozentsatz der Stimulation bei tiefen Frequenzen erhöht wird. Dies kann erreicht werden mittels Definieren der Frequenzabnahme in ppm pro Schlag. Folglich wird eine Verringerung von 2 ppm pro 32 Schläge in einer Frequenzverringerung von 20 ppm in 2–3 Minuten resultieren, wenn die Durchschnitts-Stimulationsfrequenz 120 ppm ist; und in 4–5 Minuten, wenn die Durchschnitts-Stimulationsfrequenz **70** ppm ist.

[0040] Routine **57** PAC_Antwort_Post verbindet sich mit PAC_Antwort_Pre-Routine **48** ([Fig. 3](#)), um Post-PAC-Pausen zu eliminieren und einen fließenden Übergang von dem verkürzten PAC-Kopplungs-Intervall zu der zu Grunde liegenden Frequenz bereitzustellen. Das Ziel dieser PAC-Antwort ist, Refraktärdispersion in dem Atrium zu vermeiden mittels Bereitstellung eines fließenden Übergangs von dem PAC-Kopplungs-Intervall zu der zu Grunde liegenden Herzfrequenz. In der PAC_Antwort_Pre-Routine wird die PAC, wenn möglich, mit der AV-Verzögerung verfolgt bzw. aufgespürt, die von einer AV-Verzögerungs-Erweiterung verlängert wird, um Verfolgung der PAC zu erlauben. Wenn die PAC nicht verfolgt wird, wird das atriale Escape-Intervall modifiziert, um eine atriale Synchronisations-Stimulation (ASP) bei einem gesteuerten Kopplungs-Intervall nach der PAC bereitzustellen und auch V_Esc wird modifiziert, um eine korrekte AV-Verzögerung zwischen der ASP und der folgenden VP zu erlangen. Nach dem ventrikulären Ereignis bei Routine **57**, werden PACs (in der Ab-

wesenheit einer ASP) von einem atrialen Escape-Intervall gefolgt, entsprechend einer Frequenz, welche der Durchschnitt aus der zu Grunde liegenden Frequenz, wie durch die Phys_Frequenz bestimmt, und der Frequenz entsprechend dem PAC-Kopplungs-Intervall ist. Der zweite Schlag nach der PAC wird bei einer Frequenz gleich der Phys_Frequenz abgegeben.

[0041] Routine **58**, betitelt als Prüfe_Und_Verwende_AFP_Frequenz, bestimmt, ob die AFP-Frequenz innerhalb eines vorbestimmten oberen AFP-Limits (UAFPL) und des dynamischen Stimulationslimits (DPL) ist. Wenn die AFP-Frequenz höher als die bestehende DPL ist, wird die DPL von der AFP-Frequenz überschrieben, welche dann beim Definieren von Escape-Intervallen des nächsten Schlags verwendet wird (wie bei Block **34**, [Figur 2](#), durchgeführt).

[0042] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 5](#), es ist ein detailliertes Flussdiagramm einer Stimulations_Konditionierungs(PC)-Routine dargestellt, welche als Block **51** in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Bei **60** bestimmt der Schrittmacher, ob das AFP_Steuerungs.PC-Flag WAHR ist, zum Beispiel, ist der Schrittmacher programmiert, um diese Routine zu aktivieren? Falls nein, so endet die Routine direkt an der PAC-Suppressions-Routine **52**. Jedoch, wenn das Flag eingestellt ist, geht die Routine zu Block **61** und bestimmt, ob irgendeines der atrialen Tachy-Flags WAHR eingestellt ist, das bedeutet, dass es eine erste atriale Tachy-Abtastung gegeben hat. Falls ja, so geht die Routine zu Block **65** und stellt den Suspekt_PMT-Zähler auf Null zurück.

[0043] Zurückkommend zu **61**, wenn das atriale Tachy-Flag nicht WAHR eingestellt ist, geht die Routine zu **66** und bestimmt, ob das letzte atriale Ereignis eine normale atriale Abtastung (NAS) war. Falls ja, so springt die Routine zu Block **70**; falls nein, so prüft der Schrittmacher bei **68** nach, um zu bestimmen, ob die atriale Abtastung von einer Frequenz ist, die in das Wentkebach(WB)-Fenster fällt. Falls nein, so endet die Routine, da eine Stufenerhöhung nur nach einer NAS oder WB erlaubt ist. Jedoch, falls ja, so geht die Routine zu Block **70**, um zu bestimmen, ob ein VA-Test im Gang befindlich ist (nach PMT prüfend). Falls ja, so springt die Routine zu Block **65**, aber falls nein, so geht sie zu **71** weiter und bestimmt, ob das AFP-Intervall gleich oder geringer als das UAFPL-Intervall ist (entsprechend dem programmierten oberen Limit für die AFP-Frequenz). Falls ja, das bedeutet, dass die AFP-Frequenz größer ist als die obere AF-PL-Frequenz, endet die Routine. Falls nein, so geht die Routine zu Block **72** und überprüft das VA-Intervall in Bezug auf das retrograde bzw. rückläufige Leitungs(RC)-Kriterium. Falls das VA-Intervall geringer ist als das RC-Kriterium, wird schrittmachervermittelte Tachykardie vermutet und die Routine geht zu

Block **74** und erhöht den Suspekt_PMT-Zähler. Bei **76** wird bestimmt, ob dieser Zähler einen vorbestimmten Wert erreicht hat, zum Beispiel 15. Falls ja, so wird bei **77** ein VA-Test initiiert, um zu detektieren, ob dort PMT ist. Falls nein, zweigt die Routine zu Block **78** ab. Zurückkommend auf Block **72**, wenn das VA-Intervall nicht RC vorschlägt, zweigt die Routine zu **75** ab und stellt den Suspekt_PMT-Zähler auf Null. Bei Block **78** wird eine Subroutine, betitelt als „Jump_15“, initiiert. Der variable AKKU wird eingestellt, um eine Erhöhung in der Stimulationsfrequenz von 15 ppm relativ zu der Phys_Frequenz bereitzustellen. Diese Subroutine stellt das Intervall bereit, das einer Frequenz entspricht, welche 15 ppm über der Phys_Frequenz ist. Die ganze Stufe ist vorzugsweise mit einem festen ppm-Wert gemacht, um den Effekt von hohen Frequenzen zu eliminieren, verglichen mit dem Programmieren der Frequenzen in ms. Während eine Stufe von 15 ppm geeignet ist, ist zu beachten, dass die Stufe eine Ausführungsvariable sein kann, zum Beispiel kann sie in einem Bereich von 10–20 ppm, gemäß dem oberen Frequenzlimit, sein. Es ist zu beachten, dass es eine 2 ppm Limitierung der Veränderung der Phys_Frequenz pro Schlag gibt; infolgedessen kann im Anschluss an eine Stufe eine nächste Stufe die Frequenz nur um 2 ppm pro Schlag erhöhen, dabei exzessive kumulative Frequenzerhöhungen vermeidend. Diese nächste Erhöhung ist eine Ausführungswahl, zum Beispiel kann sie in dem Bereich von 1–3 ppm sein. Bei Block **79** ist AFP_Int auf die AKKU-Variable, eingestellt und bei Block **80** ist das Erlaube_Dec-Flag FALSCH eingestellt, um irgendeine Verringerung in der Stimulationsfrequenz zu verhindern, während die 15-ppm-Stufe im Gange ist.

[0044] Es ist zu beachten, dass beim Start jedes Zyklus das Erlaube_Dec-Flag WAHR in der AFP_Sprung-Routine eingestellt ist. Infolgedessen, wann immer die PC-Routine die AFP-Frequenz nicht stufenweise erhöht, ist das Erlaube_Dec-Flag WAHR. Nach Durchführung der PC-Routine geht der Schrittmacher zu der PAC_Suppressions-Routine; wenn diese Routine nicht die Einstellung der AFP-Frequenz steuert, kann der Schrittmacher zu der Prüfe_Verzögere-Routine **55** gehen, um die AFP-Frequenz zu verringern, wenn das Erlaube_Dec-Flag durch die PC-Routine nicht FALSCH eingestellt worden ist. Die maximale Stimulations_Konditionierungs-Frequenz ist entsprechend gleich zu der maximalen Sensor-Frequenz für einen auf Frequenzen reagierenden Schrittmacher eingestellt, mit einem Limit von 20 ppm unter dem oberen Verfolgungslimit, um Öffnung des Wenckebach-Fensters zu vermeiden.

[0045] Während die PC-Routine als eine Stufenfrequenzerhöhung bereitstellend illustriert, worden ist als Antwort auf eine einzelne NAS, ist zu entnehmen, dass die Stufenverringerung auf einem Muster von

ASs konditioniert werden kann, zum Beispiel 2–3 aufeinanderfolgende atriale Abtastungen, und nicht auf die spezifische Ausführungsform von **Fig. 5** beschränkt ist. Ferner kann, nach der Stufenerhöhung, die höhere Frequenz für eine Periode aufrechterhalten werden, zum Beispiel für n Schläge. Folglich kann die Frequenz nach der Stufenerhöhung in Übereinstimmung mit irgendeinem vorbestimmten Frequenzeinstellungsprogramm eingestellt werden, welches Erhalten der erhöhten Frequenz und dann Verringern der Frequenz beinhalten kann; alternativ Erhalten der Frequenz und Verringern; einfaches Verringern; etc.

[0046] Nun wird Bezug genommen auf **Fig. 6**, welche ein detailliertes Flussdiagramm der PAC_Suppressions-Routine zeigt, dargestellt als Block **52** von **Fig. 4**. Es ist das Ziel dieser Routine, das Auftreten von PACs zu reduzieren mittels Erhöhen der Stimulationsfrequenz nach einem vorbestimmten Muster von PACs; das Muster kann die Abtastung einer einzelnen PAC sein. Das Basisverfahren ist, eine Stufenerhöhung in der Stimulationsfrequenz (AFP-Frequenz) nach einer PAC bereitzustellen oder nach der ersten Tachy-Abtastung (TAS), die nicht durch eine PAC eingeleitet worden ist, wie es durch die Schrittmacherinterpretation bestimmt ist. Die Stufenerhöhung ist vorzugsweise eine vorbestimmte Anzahl von ppm in Bezug auf die Phys_Frequenz, zum Beispiel wird die Frequenz auf 15 ppm über der Phys_Frequenz angehoben. Die höhere Frequenz wird für eine vorbestimmte Periode weitergeführt, zum Beispiel 400–1.000 Schläge, aber wird beendet, wenn fünf aufeinanderfolgende normale atriale Schläge (NAS) abgetastet werden, oder wenn drei NAS abgetastet werden, während die Schrittmacher-Konditionierungs-Routine läuft. Die Detektion der Rückkehr zu einem normalen Sinusrhythmus kann variieren, zum Beispiel 2–50 Schläge, oder eine andere programmierte Sequenz, die normale atriale Abtastungen umfasst. Gleichermaßen wird, wie in **Fig. 6** gesehen, die stabile Periode von Hochfrequenzstimulation beendet, wenn atriale Tachykardie für eine vorbestimmte Zeit, zum Beispiel 5 Sekunden, abgetastet wird. Im Anschluss an diese stabile Periode wird die Frequenz bei einer Abnahmerate, welche in ppm pro Schlag, zum Beispiel 1–3 ppm pro 24–40 Schläge, definiert ist, verringert.

[0047] Speziell auf **Fig. 6** Bezug nehmend, prüft die Routine bei **82** nach, um zu sehen, ob das PAC_Suppressions(PS)-Flag WAHR ist. Dies kann zum Beispiel WAHR eingestellt sein, wenn der Patient PACs mit einiger Regelmäßigkeit erfahren hat. Falls nein, wird der Schrittmacher diese Routine nicht durchlaufen, und er schließt mit der Post-Belastungs-Routine. Aber wenn das Flag eingestellt ist, geht die Routine zu **83** und bestimmt, ob der PS_Status im LEERLAUF ist. Falls LEERLAUF, was bedeutet, dass der Algorithmus aufgrund des Auftretens einer PAC nicht aktiviert worden ist, zweigt die

Routine zu Block **84** ab, wo bestimmt wird, ob das Flag eingestellt wurde, um eine PAC oder eine erste TAS anzuzeigen. Falls nicht, so endet die Routine, doch falls ja, so geht die Routine weiter zu Subroutine **85**. Subroutine **85** führt die Jump-in-Stimulationsfrequenz auf 15 ppm über der Phys_Frequenz weiter, einen variablen AKKU definierend. Subroutine **85** bestimmt das Intervall entsprechend der AFP-Frequenz, welche 15 ppm über der Phys_Frequenz ist. Bei **88** wird das AFP_Int gleich dem variablen AKKU eingestellt, jegliches AFP-Intervall überlagernd, das durch die Stimulations_Konditionierungs-Routine von [Fig. 5](#) eingestellt ist. Das PAC_Suppressions-Intervall (PS_Int) wird gleich dem AFP_Int eingestellt. Bei **89** werden der PS-Zähler, der PS-Tachy-Zähler und die Normal-Sinusfrequenz(NSR)-Zähler gleich Null eingestellt. Bei **90** wird das Erlaube_Dec_Flag FALSCH eingestellt, was Verringerung in der AFP-Frequenz verhindert. Diesem folgend wird bei **91** das PS_Status_Flag auf PS-Therapie eingestellt, und die Routine schließt mit Prüfe_Verzögere-Routine.

[0048] Zu Block **83** von [Fig. 6](#) zurückkommend, wenn der PS-Status nicht im LEERLAUF ist, geht die Routine zu **94** und prüft nach, um zu sehen, ob es der PS_END_Status ist, das bedeutet, dass die stabile Periode zu einem Ende gelangt ist. Falls ja, so geht die Routine zu Block **95** und bestimmt, ob ein Flag eingestellt wurde, um anzuzeigen, dass eine andere PAC oder Tachy-Abtastung aufgetreten ist. Falls ja, so wird bei **96** eine Jump- bzw. Sprung-Routine eingegeben, um eine AKKU-Variable zu definieren, welche 15 ppm über dem unteren Stimulationslimit (LPL) ist. Bei **98** wird bestimmt, ob die gegenwärtige AFP_Frequenz kleiner als $LPL + 15$ ist. Falls ja, so zweigt die Routine zu Block **88** ab, wobei das PS_Int zurückgestellt wird, um dem $LPL + 15$ zu entsprechen, woraufhin der PS-Status auf den Therapie-Status bei Block **91** zurückgestellt wird. Wenn bei **98** die AFP-Frequenz höher als der $LPL + 15$ ist, geht die Routine zu Block **102**, um zu bestimmen, ob das atriale Tachy-Flag gesetzt ist, das heißt eine atriale Tachy-Arrhythmie vorliegt. Falls ja, so wird bei **104** der PS_Tachy-Zähler erhöht und bei **105** wird bestimmt, ob dieser Zähler ein vorbestimmtes Limit, zum Beispiel 10, erreicht hat. Falls nein, so wurde Tachy bis jetzt noch nicht bestätigt, und die Routine schließt mit zu der Verzögerungs-Subroutine. Falls der Zähler bei **105** das Limit erreicht hat, wird Tachy bestätigt und der PS_Status wird gleich der PS_Tachy, wie bei **106** dargestellt, eingestellt. Bei **108** wird der NSR(Normal-Sinusfrequenzen)-Zähler auf Null zurückgestellt.

[0049] Zu Block **94** zurückkommend, dann geht sie weiter zu Block **110** und bestimmt, ob er in PS_Therapie-Status ist. Falls nein, so kann der einzige Status, in dem er sein kann, der Tachy-Status sein, und die Routine zweigt zu **111** ab und bestimmt, ob das A_Tachy-Flag gesetzt ist. Falls ja, so endet

die Routine; falls nein, so wird bei **112** der PS_Status in den BS_End-Status gestellt. Zu **110** zurückkommend, wenn die Routine im Therapie-Status ist, das bedeutet, dass sie in eine höhere Frequenz gesprungen ist und für eine vorbestimmte Anzahl an Stimulationsschlägen aufrechterhalten werden muss, in Abwesenheit der Rückkehr eines intrinsischen Rhythmus. Die Routine geht zu **114** und bestimmt, ob das AFP_Int geringer als das PS_Int ist. Falls nein, das bedeutet, dass die PS-Frequenz höher als die bestehende AFP-Frequenz ist, geht die Routine zu Block **115** und setzt das Erlaube_Dec-Flag auf FALSCH. Dann wird der PS-Zähler bei **117** erhöht und bei **118** ist der PS-Zähler vergleichsweise bei **600**. Wenn der PS-Zähler **600** erreicht hat, das bedeutet, dass die stabile Periode abgeschlossen worden ist, geht die Routine zu Block **120** und setzt das Flag auf den PS_End_Status; wenn der PS-Zähler das vorbestimmte Limit nicht eingestellt hat, überspringt die Routine Block **120**.

[0050] Zu Block **102** zurückkommend, wenn bestimmt wird, dass das atriale Tachy-Flag nicht gesetzt worden ist, geht die Routine zu Block **124** und stellt den PS_Tachy-Zähler zurück auf Null. Bei **125** wird bestimmt, ob es eine normale atriale Abtastung gegeben hat. Falls nein, so prüft die Routine bei **126** nach, um zu sehen, ob eine atriale Abtastung in dem Wenckebach-Fenster aufgetreten ist. Falls nein, so geht die Routine zu **127** und bestimmt, ob die Stimulations_Konditionierungs-Routine gestartet worden ist. Falls ja, so endet die Routine; falls nein, so geht sie zu **108** und stellt den NSR-Zähler zurück auf Null. Falls jedoch bei **125** oder **126** bestimmt wird, dass die Antwort ja lautet, geht die Routine zu Block **128** und erhöht den NSR-Zähler, das heißt, zählt atriale Abtastungen, die bei einer normalen Sinusfrequenz hinzukommen. Bei **130** wird bestimmt, ob der Zähler die vorbestimmte Anzahl an Schlägen zur Detektion von NSR erreicht hat, zum Beispiel 5, und falls ja, wird bei **132** das Status-Flag auf LEERLAUF gesetzt, das Ende der Therapie anzeigend. Beachte, dass wenn die Stimulations_Konditionierungs-Routine nicht läuft, fünf aufeinanderfolgende normale atriale Abtastungen detektiert werden müssen, um die stabile Periode zu beenden. Dies ist so, weil das Fehlen von einer NAS oder WBS darin resultiert, dass die Routine durch **127** zu **108** abzweigt, den NSR-Zähler auf Null zurückstellend. Folglich wird eine Steuerungs-Routine bereitgestellt, zur Stufung der Stimulationsfrequenz auf ein Level über der normalen atrialen Frequenz (Phys_Frequenz), wann immer ein normales atriales Signal abgetastet wird, und dort für eine vorbestimmte Periode aufrechterhalten, oder bis ein normaler Sinusrhythmus detektiert wird. Solange die stabile Periode läuft, wird das Erlaube_Dec-Flag auf FALSCH gesetzt, damit die Frequenz nicht verringert wird. Sobald die stabile Periode vorüber ist, kehrt die Routine zu dem End-Status zurück, und in der Abwesenheit einer anderen PAC oder TAS wird das

Erlaube_Dec-Flag im nächsten Zyklus auf WAHR gesetzt, anschließende Verringerung der Stimulationsfrequenz erlaubend. Selbstverständlich steigt, wann immer der intrinsische Rhythmus wieder über die Stimulationsfrequenz steigt, die Konditionierungs-Routine sprunghaft wieder an und führt eine andere Stimulations-Konditionierungs-Episode über der intrinsischen Frequenz durch.

[0051] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 7a–Fig. 7c](#), sind verallgemeinerte und spezifische Ausführungsformen der Post-Belastungs-Behandlung gemäß dieser Erfindung illustriert. Die allgemeine Philosophie der Behandlung wird in dem Flussdiagramm von [Fig. 7a](#) dargelegt. Bei Block **140**, mit jedem Zyklus eingegeben, bestimmt der Schrittmacher, ob der Patient sich in Post-Belastung befindet. Wie hier verwendet, meint der Begriff „Post-Belastung“ das Folgen einer Periode von relativer Aktivität, während welcher die intrinsische Frequenz oder die Sensor-Frequenz des Patienten fällt. Folglich kann, wie in [Fig. 7c](#) gesehen, Post-Belastung Episoden relativ heftiger bzw. starker physischer Aktivität folgen, aber kann auch während Perioden von relativer Ruhe nach normaler Aktivität, wie Nachtschlaf oder kurzen Ruhe-Perioden während des Tages, auftreten. Die Art und Weise des Bestimmens von Post-Belastung basiert vorzugsweise auf Detektion von einer fallenden intrinsischen oder Sensor-Frequenz oder einer Kombination von beiden.

[0052] Wenn der Patient sich nicht in Post-Belastung befindet, dann erlangt der Schrittmacher bei **141** Belastungs-Daten, die die Länge und Stärke der Belastung oder Aktivität widerspiegeln. Diese Daten können von Sensoren erlangt werden, zum Beispiel Ansammeln von Aktivitäts-Zahlen für einen Schrittmacher, der einen Aktivitäts-Sensor aufweist. Also ist selbstverständlich auch die gegenwärtige Sensor-Frequenz und/oder intrinsische Frequenz und folglich Phys_Frequenz wichtig, um die Intensität der Dauer der Belastung widerzuspiegeln. Bei **142** wird die PE_Frequenz, welche eine Zielfrequenz für Stimulation am Ende der Belastung ist, abhängig von den angesammelten Belastungs-Daten bestimmt. Wie in der Ausführungsform, die in [Fig. 7b](#) illustriert ist, gesehen, ist die PE_Frequenz entsprechend gebildet, um sich kontinuierlich zur Phys_Frequenz zu bewegen, zum Beispiel sich zu einem bestimmten ppm-Differential unter der Phys_Frequenz zu bewegen.

[0053] Zurückkommend auf **140**, wenn sich der Patient in Post-Belastung befindet, geht die Routine zu **143** und verringert die PE-Frequenz mit einer langsameren als der intrinsischen Verfallfrequenz. Die Aufgabe ist hier eine höhere A-A-Frequenz für einige Zeit im Anschluss an eine Belastungs-Episode aufrechtzuerhalten, um das Herz zu regenerieren und Bedingungen zu vermeiden, welche zu einer atrialen

Tachykardie führen können. Die PE-Frequenz kann im Anschluss an Belastung bei einer konstanten Verfallfrequenz, zum Beispiel 1–3 ppm pro 24–40 Schläge, abgesenkt werden, oder einem komplexeren Algorithmus kann gefolgt werden. Ein Beispiel für einen komplexeren Algorithmus ist eine erste Abnahmerate, wann immer die PE-Frequenz über 90 ppm ist; eine zweite langsamere Abnahmerate, wenn die PE-Frequenz unter 90, aber über 70 ppm ist; und eine dritte noch langsamere Abnahmerate, wenn die PE-Frequenz unter 70 ppm ist. Indem man die Abnahmerate sehr langsam unter 70 ppm macht, kann die Post-Belastungs-Behandlung das Stimulationsverhalten anders als nach Belastung beeinflussen. Folglich kann dies, wie in [Fig. 7c](#) gesehen, als tägliche Frequenzsteuerung bzw. Frequenzkontrolle dienen, ein effektives dynamisches unteres Frequenzlimit bereitstellend. Für einen Patienten mit einer mittelmäßigen Höhe an Aktivität während des Tages, wird die PE_Frequenz das LRL nicht erreichen. Jedoch über längere Ruhezeiten hinweg, zum Beispiel Schlaf, geht die Frequenz graduell nach unten zum LRL. Durch Optimieren der Abnahme, so dass sie um unter 70 ppm sehr langsam ist, kann das effektive LRL während der Tageszeit zwischen 60 und 70 ppm aufrechterhalten werden, und unter diese nur bei Nacht oder nach einer anhaltenden Ruhedauer gehen.

[0054] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 7b](#), ist ein detaillierteres Flussdiagramm einer Post-Belastungs-Routine dargestellt, entsprechend Block **53** von [Fig. 4](#). Wenn die PE-Routine freigegeben wird, wird das PE-Flag bei Block **150** WAHR vorgefunden. Falls nicht, so endet die Routine und geht zu der Prüfe_Verzögere-Routine. Für PE_WAHR, bei **151**, stellt die Routine die PE_Frequenz auf ungefähr 90% der Phys_Frequenz ein. Folglich ist die PE gesteuert, um die Phys_Frequenz zu verfolgen, und PE_Int wird jeden Zyklus eingestellt, um einer Frequenz zu entsprechen, die 90% der Phys_Frequenz ist. Bei **152** wird PE_Int mit dem gegenwärtigen AFP_Int verglichen. Wenn das PE_Int größer ist, das bedeutet, dass die AFP-Frequenz höher als die PE-Frequenz ist, so beendet die Routine zu Prüfe Verzögere. Wenn bei **152** die Antwort nein ist, geht die Routine zu **154** und bestimmt, ob das AFP_Int dem PE_Int entspricht. Falls ja, so beendet die Routine zu PAC Antwort. Falls nein, das bedeutet, dass die AFP-Frequenz tiefer als die PE-Ziel-Frequenz ist und erhöht werden sollte. Bei **156** erzeugt die Routine eine Stufenerhöhung der AFP-Frequenz, welche proportional zu der Differenz der PE-Frequenz minus der AFP-Frequenz ist. Die Stufe wird in Form von ms erzeugt, und bei Block **158** wird die Stufe von dem gegenwärtigen AFP_Int subtrahiert, um das neue AFP_Int zu bekommen, entsprechend einer erhöhten AFP-Frequenz. Zum Beispiel, wenn die Differenz zwischen der AFP-Frequenz und der PE-Frequenz größer als eine vorbestimmte Höhe ist, kann die

AFP-Frequenz alle 8 Schläge erhöht werden; wenn diese Differenz kleiner ist, wird die AFP-Frequenz alle 32 Schläge erhöht. Auf diesem Wege wird die AFP-Frequenz kontinuierlich zu der Ziel-PE-Frequenz erhöht, wann immer detektiert wird, dass sie kleiner als diese Frequenz ist, während die Phys_Frequenz kontinuierlich verfolgt wird. Beachte selbstverständlich, dass wann immer körperliche Belastung endet oder abnimmt, Stimulation übernimmt und die Phys_Frequenz mit der Stimulationsfrequenz herunter geht. Als eine Folge sinkt die PE-Frequenz bei Block **151**. Das bedeutet, dass die Routine bei **152** postbelastend alsbald zu Prüfe_Verzögere abzweigt, die erwünschte langsame Verringerung in der AFP-Frequenz erlaubend.

[0055] Es ist zu beachten, dass in der Ausführungsform von [Fig. 7b](#) die effektive Entscheidung, wann der Patient sich in Post-Belastung befindet, durch die Natur der anhaltenden Einstellung der AFP-Frequenz zu der PE-Frequenz und die Übernahme der intrinsischen Frequenz durch Stimulation gefällt wird. Beachte, dass durch Stufung der AFP-Frequenz zu der Ziel-PE-Frequenz proportional zu der Differenz die AFP-Frequenz die Ziel-Frequenz nur mit einer relativ langen und heftigeren körperlichen Belastungsperiode erreicht. Für eine höhere Sinusfrequenz erhöht sich die Stimulationsfrequenz schneller und erreicht ein höheres Level als für tiefere Sinusfrequenz. Auch für länger andauernde körperliche Belastung wird die Stimulationsfrequenz (AFP-Frequenz) freigegeben, um einen höheren Wert zu erreichen. Durch Einstellung der Stufenerhöhung der AFP-Frequenz kann diese Frequenz freigegeben werden, um 90% der Phys_Frequenz in annähernd 5–10 Minuten zu erreichen. Die Beschleunigung der AFP-Frequenz durch Erhöhungen, die proportional zu der Frequenzdifferenz sind, stellt eine Annäherung einer exponentiellen Frequenzerhöhung bereit.

[0056] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 8](#), ist ein Flussdiagramm einer Prüfe_Verzögere-Routine dargestellt. Bei **160** wird der Zähler überprüft, um zu bestimmen, ob 32 Zyklen abgelaufen sind. Falls nein, so beendet die Routine zu der PAC_Antwort_Post-Routine, da die AFP-Frequenz nicht verringert werden kann. Wenn jedoch 32 Zyklen abgelaufen sind, dann wird bei **161** bestimmt, ob das Erlaube_Dec-Flag WAHR ist. Falls ja, so führt der Schrittmacher bei **162** eine Subroutine zur Kalkulation einer Stufe in ms zur Erhöhung der AFP-Frequenz aus. Die Stufe entspricht einer 2 ppm Frequenzverringerung für die dann gegenwärtige AFP-Frequenz. Im Anschluss daran wird das AFP_Int bei Block **165** um die kalkulierte bzw. berechnete Stufe erhöht, dabei die AFP-Frequenz um 2 ppm verringern.

[0057] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 9](#), es ist ein Flussdiagramm der Routine dargestellt zur Verwendung der passenden AFP-Frequenz, die durch eine

der jeweiligen Behandlungs-Routinen erzeugt worden ist. Bei **170** wird bestimmt, ob die PC, PS oder PE-Routinen WAHR sind, das heißt betriebsbereit bzw. tätig sind. Falls nein, so geht die Routine zu **181** und setzt die verschiedenen AFP-Flags auf FALSCH. Wenn jedoch eine oder mehrere der Routinen laufen, erhält der Schrittmacher bei **171** das Intervall entsprechend dem oberen Limit der AFP-Frequenz, das heißt UAFPL_Int. Bei **172** wird dies mit dem AFP_Int verglichen, das heißt, ist $UAFPL_Int > AFP_Int$? Falls nicht, bedeutet das, dass die AFP-Frequenz tiefer ist als das Limit, und die Routine zweigt zu **178**, **179** ab, um das untere Stimulationslimit (LPL) abzugleichen. Wenn die AFP-Frequenz bei **179** tiefer als das LPL vorgefunden wird, zweigt die Routine zu Block **174** ab; wenn sie höher vorgefunden wird, ist die AFP-Frequenz in einem verwendbaren Bereich und die Routine zweigt zu Block **176** ab. Beachte, dass bei Block **174** das AFP_Int eingestellt wird, um entweder dem hohen Limit oder dem LPL-Limit zu entsprechen. Bei **176** wird bestimmt, ob das AFP_Int größer oder gleich dem DPL_Int ist. Falls nein, bedeutet das, dass die AFP-Frequenz höher ist und die DPL-Frequenz überlagert und bei Block **180** das DPL_Int gleich dem AFP_Int eingestellt wird. Falls die Antwort bei **176** ja ist, bedeutet das, dass die dynamische Stimulationsfrequenz höher ist und die Routine endet. Der Wert der DPL, wie bei Block **32** von [Fig. 2](#) bestimmt, wird bei Block **34** verwendet, um die Escape-Intervalle zu bestimmen.

[0058] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 10a](#), es ist eine Routine dargestellt, welche im Anschluss an eine AS-Handhabung ausgeführt wird, wie bei Block **48** von [Fig. 3](#) gesehen. Diese Routine wird durch Detektion einer PAC initiiert und hat die Zielsetzung, die Herzzyklen im Anschluss an den verfrühten Schlag auszugleichen. Bei **200** bestimmt der Schrittmacher, ob die AFP-Steuerung übersprungen werden sollte. Falls nein, so wird bei **201** bestimmt, ob das TAS-Bit WAHR ist, was bedeutet, dass es eine PAC- oder eine Tachy-Abtastung gibt. Falls nein, ist keine Antwort gefordert und die Routine endet. Jedoch falls ja, so geht die Routine zu **202** und setzt ein Flag, um anzuzeigen, dass eine PAC oder TAS aufgetreten ist. In **203** wird bestimmt, ob die PAC_Antwort-Routine freigegeben wird. Falls ja, geht die Routine weiter zu **204** und bestimmt, ob das atriale Tachy-Flag WAHR gesetzt ist, das bedeutet, dass eine atriale Tachy-Episode identifiziert worden ist. Falls ja, so endet die Routine. Falls nein, bedeutet das, dass es eine PAC gibt und die Routine weiter zu **205** geht und bestimmt, ob sich die PAC_Antwort-Routine gegenwärtig im LEERLAUF-Zustand befindet. Falls ja, so bildet die Routine bei **206** ein minimales VV-Intervall, PR_min_VV , welches entsprechend als $Phys_Int/2+150$ ms berechnet wird, ungefähr 30 ppm über der Phys_Frequenz. Im Anschluss daran wird bei **207** dieses minimale VV-Intervall mit dem oberen Verfolgungs-Limit-Intervall verglichen. Wenn es nicht

größer ist, dann wird das Intervall bei **208** gleich dem UTL_Int eingestellt. Bei **209** wird eine variable „Zeit“ für das VV-Intervall eingestellt, das gleich dem VA_Int + PR_AV_Verzögerung ist. Dann wird bei **212** bestimmt, ob diese Variable größer ist als das vorher bestimmte Minimum. Falls ja, kann die PAC verfolgt werden und die Routine geht zu Block **232** und stellt das V_Escape-Intervall auf der Zeit-Variable ein. Bei **234** werden bestimmte Flags FALSCH eingesetzt, um mit den Verfolgungs-Bedingungen überein zu stimmen.

[0059] Zurückkommend auf **212**, wenn der VV-Wert nicht lang genug ist, um das minimale VV-Intervall aufrechtzuerhalten, geht die Routine zu **214**, um zu bestimmen, ob Verfolgung mit einer Erweiterung des AV-Intervalls durchgeführt werden kann. Falls ja, so zweigt die Routine zu **230** ab und stellt die Zeit-Variable auf PR_min_VV, da die vollständige AV-Erweiterung nicht gebraucht wird. Dann wird bei **232** das ventrikuläre Escape-Intervall entsprechend eingestellt.

[0060] Zu **214** zurückkommend, wenn die Bestimmung ergibt, dass die PAC selbst mit einer AV-Erweiterung nicht verfolgt werden kann, geht der Schrittmacher zu Block **216** und berechnet ein Intervall zur Abgabe eines atrialen synchronen Pulses, ASP_Int. ASP_Int wird entsprechend berechnet, um einem Durchschnitt aus der PAC-Frequenz und der Phys_Frequenz zu entsprechen. Bei **218** wird das atriale Escape-Intervall gleich dem ASP_Int eingestellt und bei **220** wird das ventrikuläre Escape-Intervall gleich A_Escape + AV_Verzögerung eingestellt, so dass die VP bei einem geeigneten Intervall im Anschluss an die ASP abgegeben wird. Im Anschluss daran wird bei **224** der Steuerungsmodus auf einen AP-Modus eingestellt und das ASP_Hängige-Flag wird bei **226** WAHR eingestellt, Abgabe der ASP erlaubend. Bei **228** wird der PR_Aktiv_Status eingestellt, das bedeutet, dass eine PAC gerade eben gehandhabt wurde, was den Betrieb der PAC_Antwort_Post-Routine informiert, welche nach dem ventrikulären Ereignis ausgeführt wird.

[0061] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 10b](#), ist ein detailliertes Flussdiagramm der PAC_Antwort_Post-Routine dargestellt. Der Zweck dieser Routine ist, die Herzzyklen im Anschluss an eine PAC zu verteilen. Kurz, wenn die PAC verfolgt oder von einer VS gefolgt wird, wird der erste Stimulationsschlag nach der PAC bei einer Frequenz abgegeben, welche der Durchschnitt aus der Phys_Frequenz und der PAC-Frequenz ist, während der zweite Schlag bei der Phys_Frequenz abgegeben wird. Wenn die PAC nicht verfolgt wurde, aber eine ASP im Anschluss an die PAC abgegeben wurde, dann wird der folgende Schlag bei der Phys_Frequenz abgegeben.

[0062] Bei **240** prüft der Schrittmacher nach, um zu sehen, ob das PAC_Antwort-Flag WAHR gesetzt ist. Falls ja, so geht die Routine weiter zu **242** und bestimmt, ob der PR Status im LEERLAUF ist. Falls ja, bedeutet das, dass es keine PAC gegeben hat, um die Routine zu initiieren, und diese daher endet. Falls jedoch nein, dann geht die Routine weiter zu **244** und prüft nach, um zu sehen, ob sie in dem PHYS-Status ist. Falls ja, bedeutet das, dass ein postatrialer Puls abgegeben wurde, und die Routine geht weiter zu **261** und stellt den PR_Status in LEERLAUF. Dann wird bei **264** die variable Zeit gleich dem Phys_Int eingestellt. Im Anschluss daran wird bei **260** das dynamische Stimulations-Limit-Intervall gleich dem Phys_Int eingestellt, wobei die zweite Stimulation im Anschluss an die PAC bei der Phys_Frequenz abgegeben wird.

[0063] Zu **244** zurückkommend, falls sich die Routine nicht im PHYS-Status befindet, muss sie im AKTIV-Status sein, und bei **245** prüft der Schrittmacher nach, um zu sehen, ob gerade eine ASP abgegeben worden ist. Falls ja, so zweigt die Routine zu **261** ab, so dass das Stimulationslimit gleich der Phys_Frequenz eingestellt wird. Wenn bei **245** bestimmt wird, dass es keine ASP gegeben hat, dann wird bei **246** bestimmt, ob es eine PAC gegeben hat. Falls ja, so wird bei **250** der PR-Status auf PR_PHYS eingestellt, und bei **252** wird die variable Zeit eingestellt, um dem Durchschnitt aus der Phys_Frequenz und der PAC_Frequenz zu entsprechen (wo PAC_Frequenz dem Intervall von dem vorherigen atrialen Ereignis bis zur PAC entspricht). Dieses Intervall wird mit UPL_Int bei **254** verglichen. Wenn es nicht größer ist, bedeutet das, dass die entsprechende Frequenz größer als das obere Stimulationslimit ist, geht die Routine zu **255** und stellt die Zeit auf UPL_Int. Wenn das Intervall größer als das UPL_Int ist, geht die Routine zu **256** und vergleicht es mit dem minimal zulässigen VV-Intervall. Wenn dieser Vergleich negativ ist, dann wird die Variable auf PR_min_VV bei **258** eingestellt, das bedeutet dann, dass das Stimulationslimit gleich dem minimalen VV-Wert bei **260** eingestellt wird. Falls jedoch der Vergleich positiv ist, dann wird das Durchschnitts-Intervall, das bei **252** erlangt wurde, bei **260** als Stimulationsintervall verwendet, so dass der erste Schlag im Anschluss an die PAC ein Intervall aufweist, das dem Durchschnitt aus der Phys_Frequenz und der PAC-Frequenz entspricht.

Patentansprüche

1. Schrittmachersystem mit einstellbarer Rate, umfassend eine Pulserzeugungseinrichtung (**15**, **18**) zur Erzeugung und Abgabe von Stimulationspulsen an das Herz eines Patienten, eine Einrichtung (**16**, **19**) zur Erfassung intrinsischer Herzschläge und eine Einrichtung (**24**, **26**, **25**) zur Erlangung eines Maßes der zu Grunde liegenden intrinsischen Rate des Pati-

enten, eine Ratensteuereinrichtung (**20**) zur Steuerung der Rate der Erzeugung und Abgabe der Stimulationspulse und eine Vorbeugungseinrichtung zur Vorbeugung einer hochfrequenten atrialen Arrhythmie, wobei die Vorbeugungseinrichtung Folgendes umfasst:

eine Post-Belastungs-Einrichtung zur Bestimmung, wann der Patient eine Belastungsepisode gehabt hat und dass die Episode geendet hat;
 eine Post-Raten-Einrichtung zur Errichtung einer Post-Belastungs-Stimulationsrate zur Steuerung der Stimulationsrate im Anschluss an ein Belastungsende, wobei die Post-Belastungs-Rate als Funktion der Belastung des Patienten bestimmt ist;
 eine Verringerungseinrichtung zur Verringerung einer Stimulationsrate im Anschluss an ein Belastungsende mit einer Verringerungsrate, die eine Funktion der Stimulationsrate ist; wobei
 die Post-Raten-Einrichtung eine Zieleinrichtung zur Bestimmung einer PE-Ziel-Rate als Funktion der Patientenbelastung mittels Verfolgung des Maßes der zu Grunde liegenden intrinsischen Rate umfasst; und
 eine Einrichtung zur Einstellung der Post-Belastungs-Rate hin zur PE-Ziel-Rate mit einer Änderungsrate, die proportional zur Differenz zwischen der PE-Ziel-Rate und der Post-Belastungs-Rate ist.

tion bei der Post-Belastungs-Rate wieder übernimmt.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

2. Schrittmachersystem gemäß Anspruch 1, das eine Programmierereinrichtung (**29**) zur Programmierung des Systems umfasst, um die Vorbeugungseinrichtung zu aktivieren.

3. System gemäß Anspruch 1, wobei die Zieleinrichtung eine Differential- oder Prozentsatzeinrichtung zur Einstellung der PE-Ziel-Rate auf ein vorbestimmtes Differential von dem Maß der zu Grunde liegenden intrinsischen Rate oder einen Prozentsatz von diesem umfasst.

4. System gemäß Anspruch 3, wobei die Zieleinrichtung eine Einrichtung zur Einstellung der Ziel-Rate auf einen Wert von ungefähr 90% der zu Grunde liegenden intrinsischen Rate des Patienten umfasst.

5. System gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Verringerungseinrichtung eine Begrenzungseinrichtung zur Begrenzung der Post-Belastungs-Rate-Verringerung auf n ppm alle N Schläge umfasst.

6. System gemäß Anspruch 5, wobei die Begrenzungseinrichtung eine Einrichtung zur Begrenzung der Post-Belastungs-Rate-Verringerung auf 1–4 bpm alle 8–64 Schläge umfasst.

7. System gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Post-Belastungs-Einrichtung eine Einrichtung zur Bestimmung des Endes einer Belastung umfasst, wenn die intrinsische Rate des Patienten unter die Post-Belastungs-Rate fällt und die Stimula-

Anhängende Zeichnungen

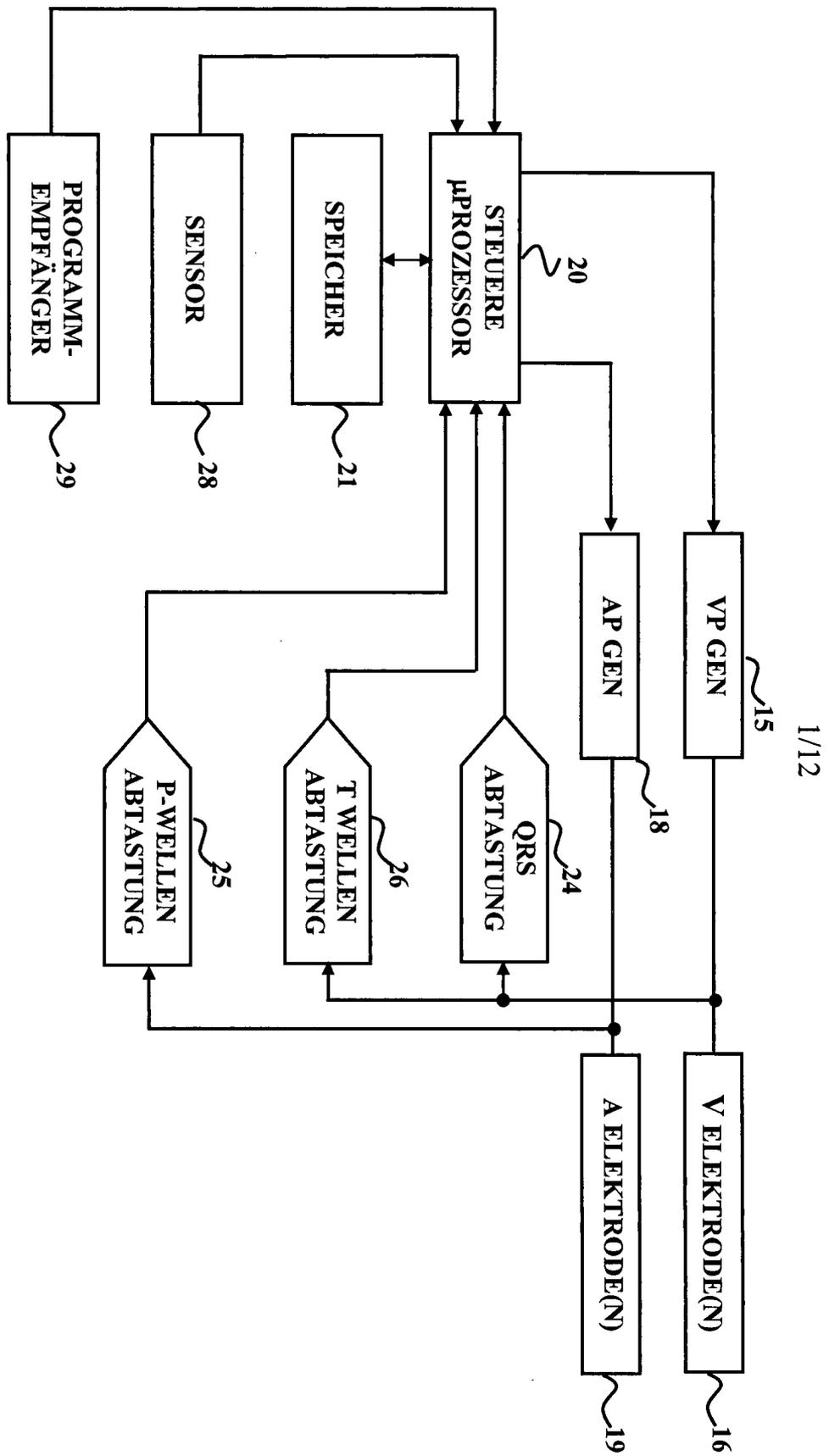


FIG. 1

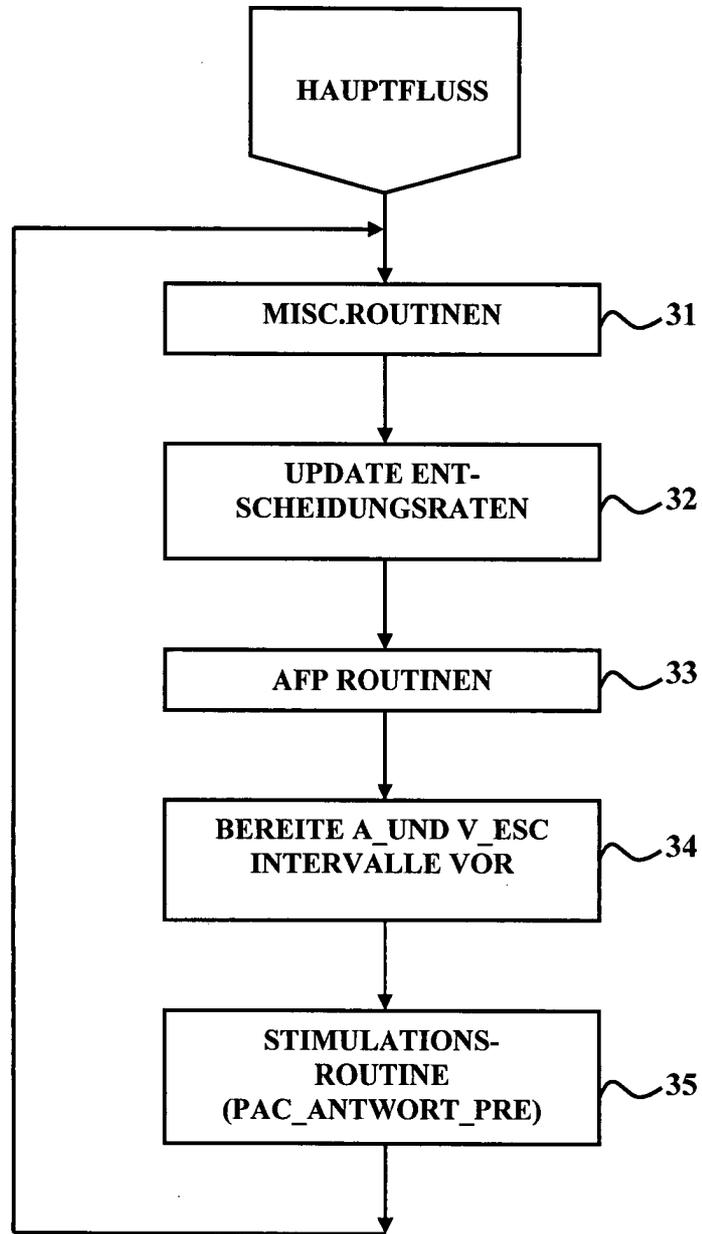


FIG. 2

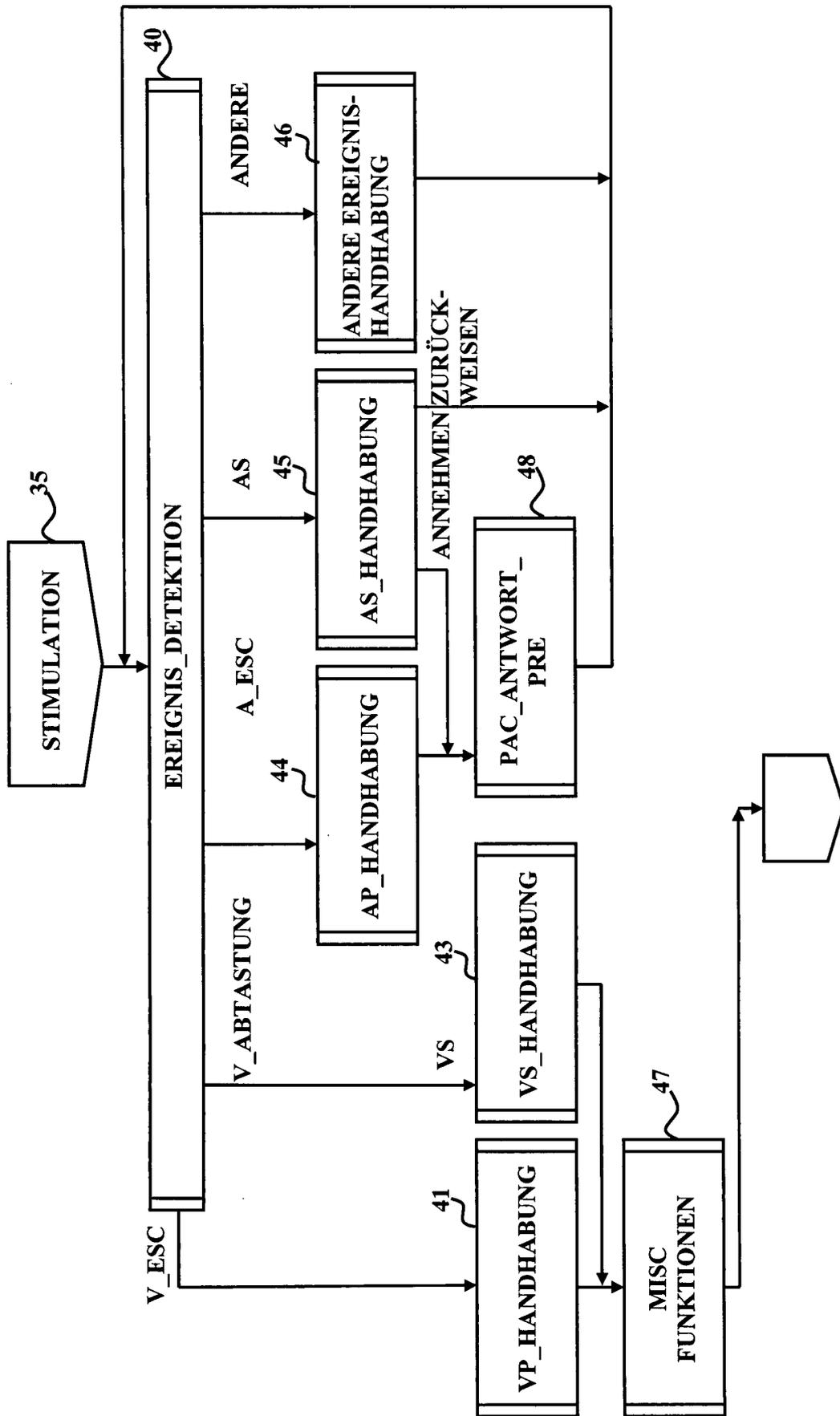


FIG. 3

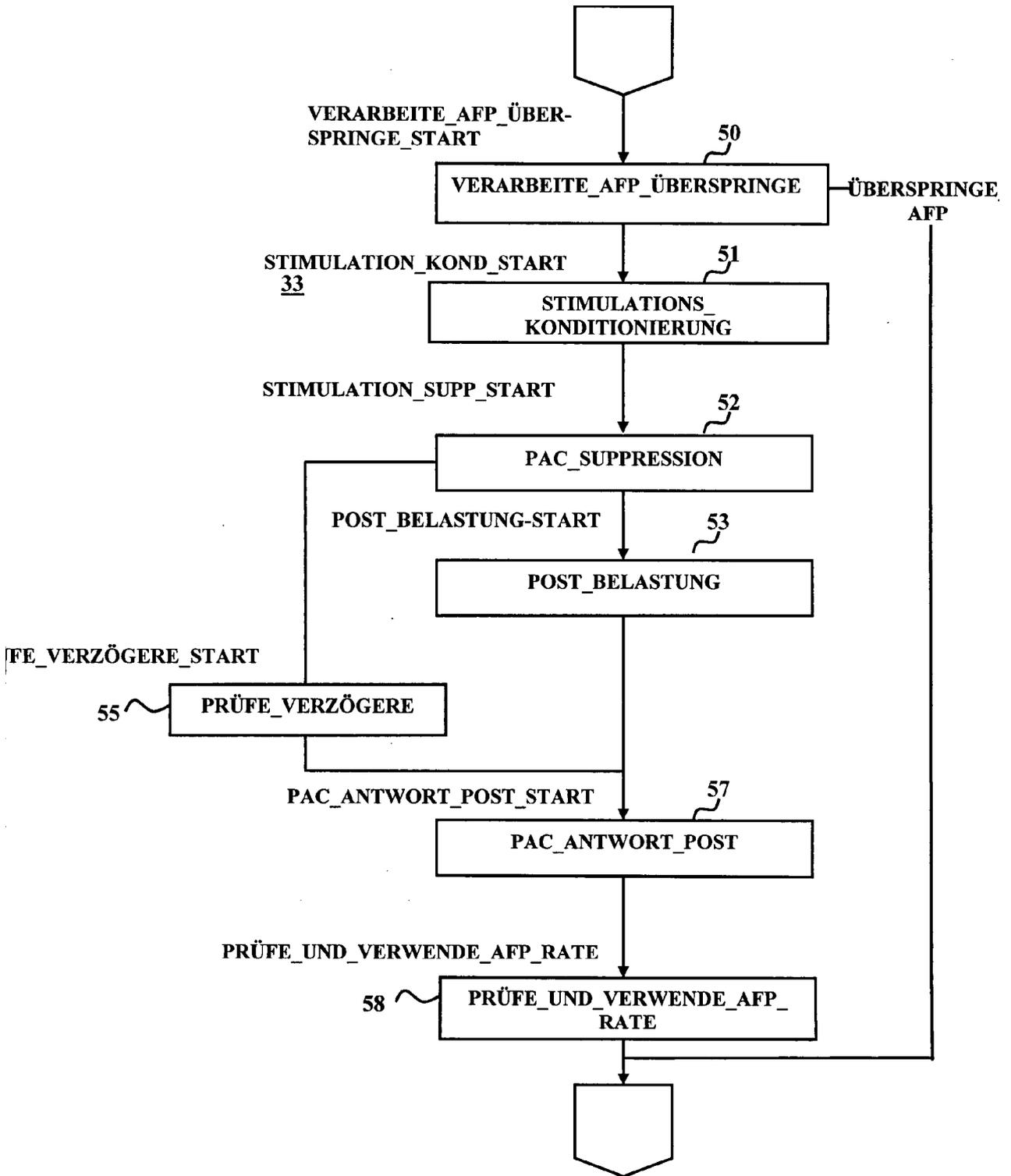


FIG. 4

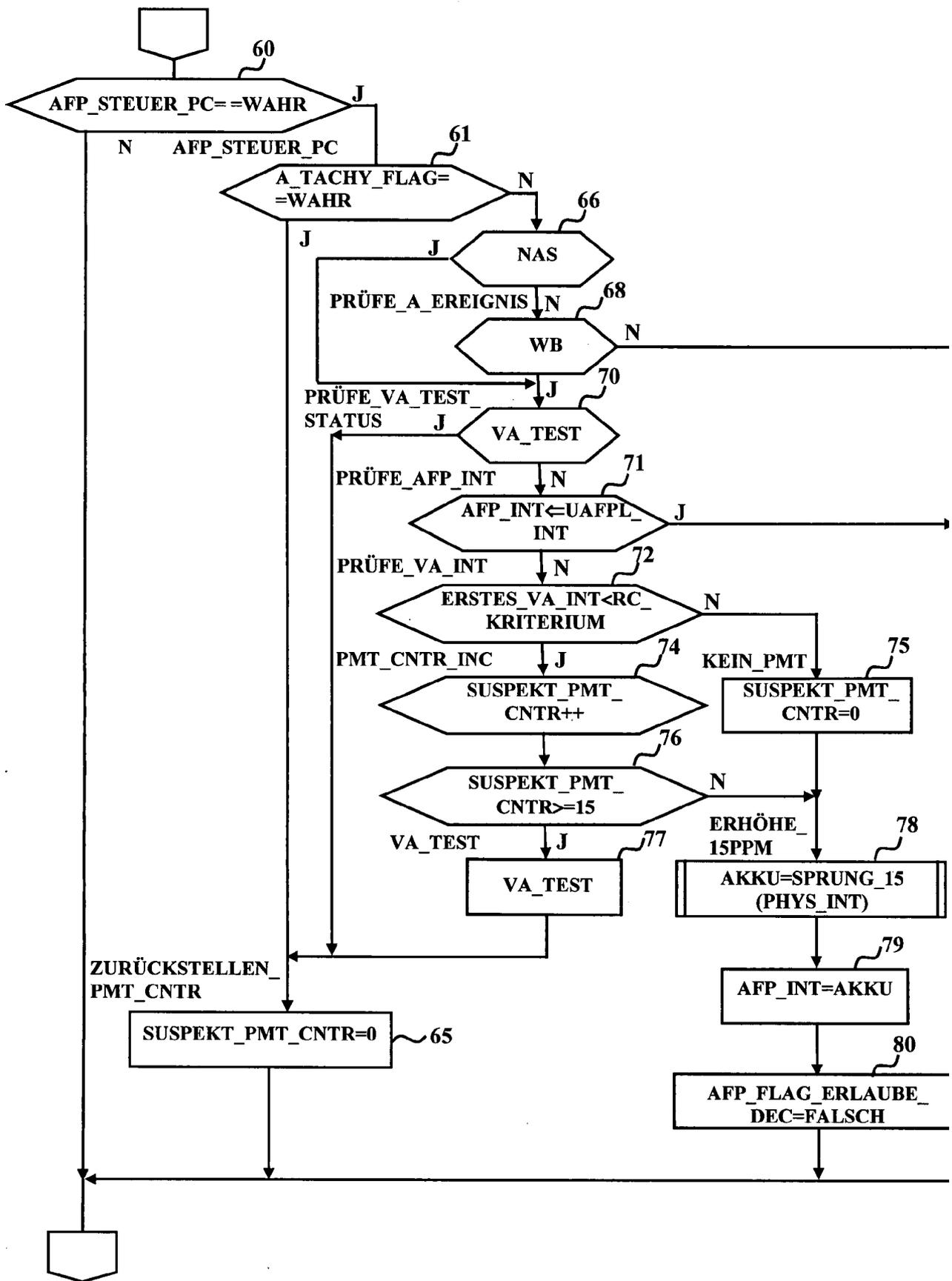


FIG. 5

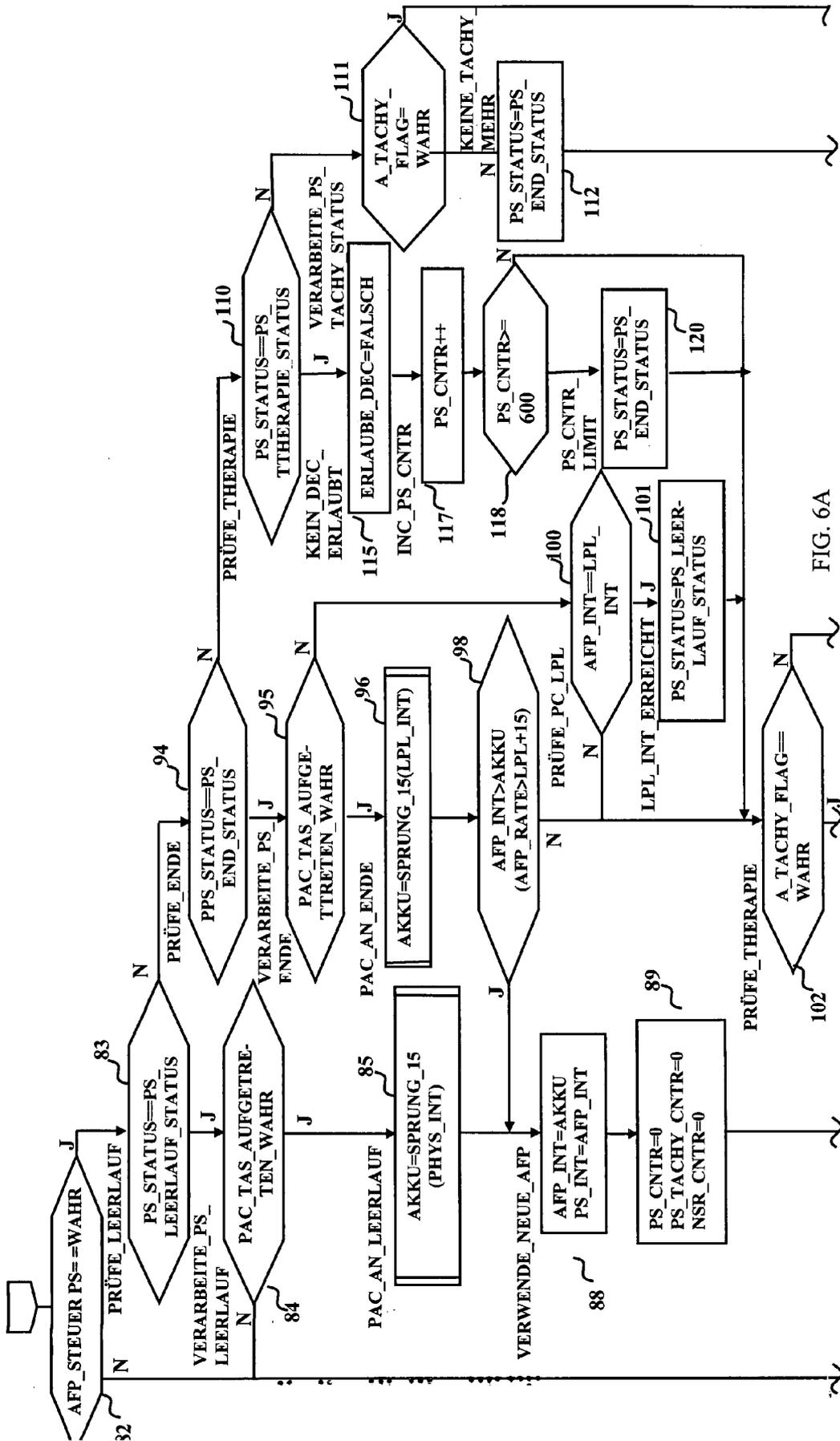


FIG. 6A

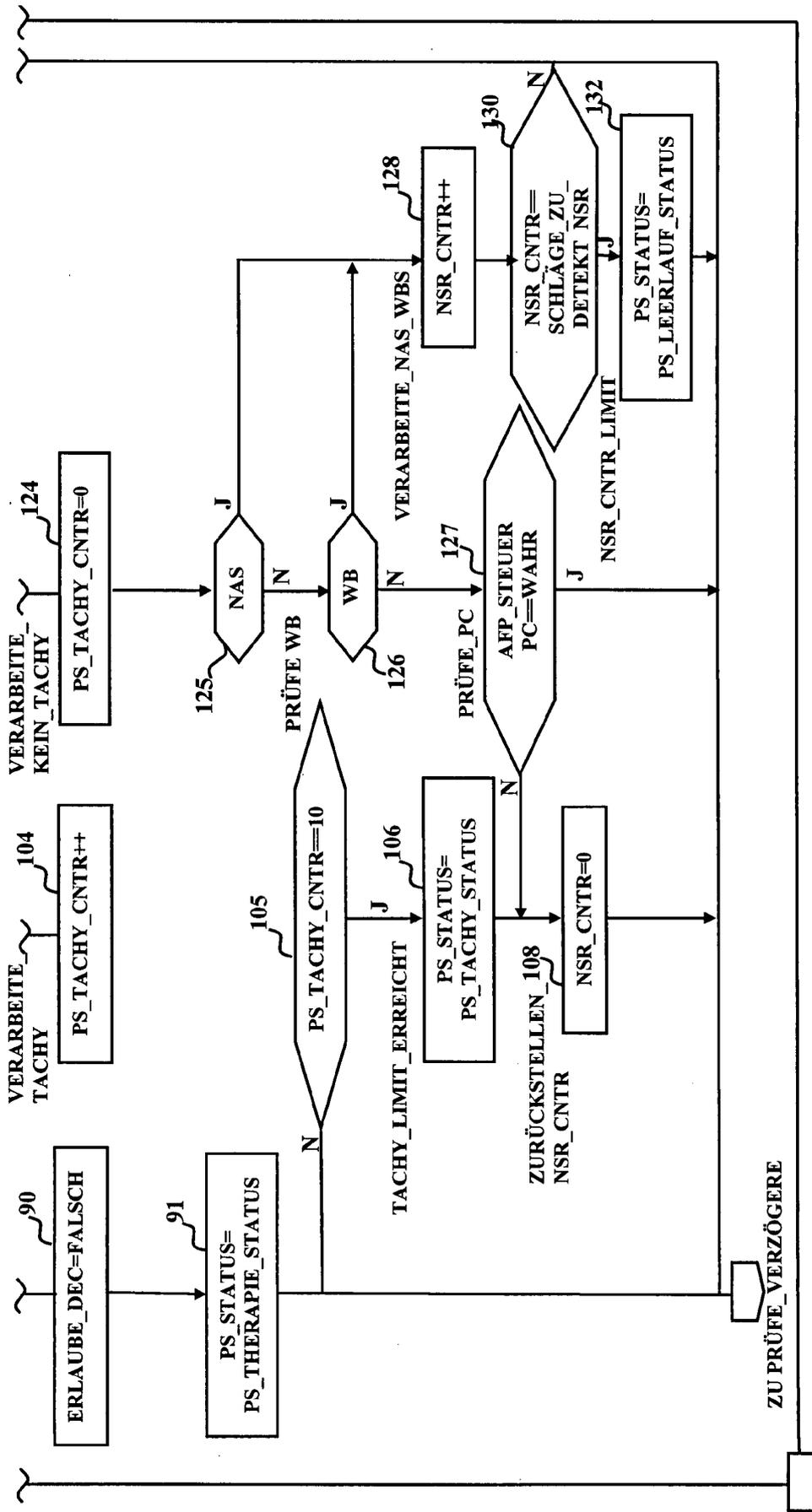


FIG. 6B

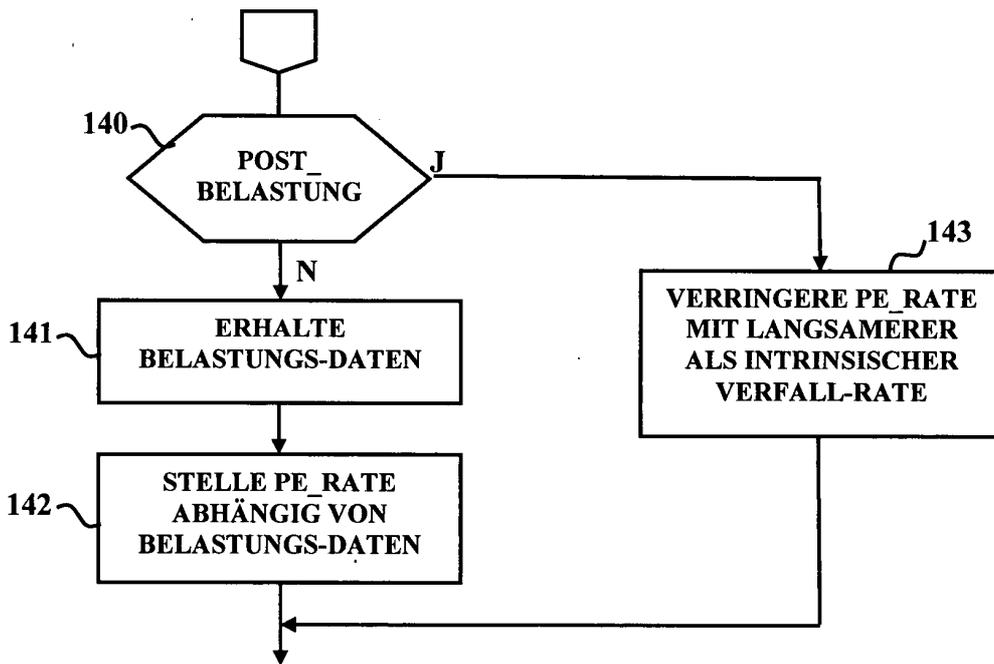


FIG. 7A

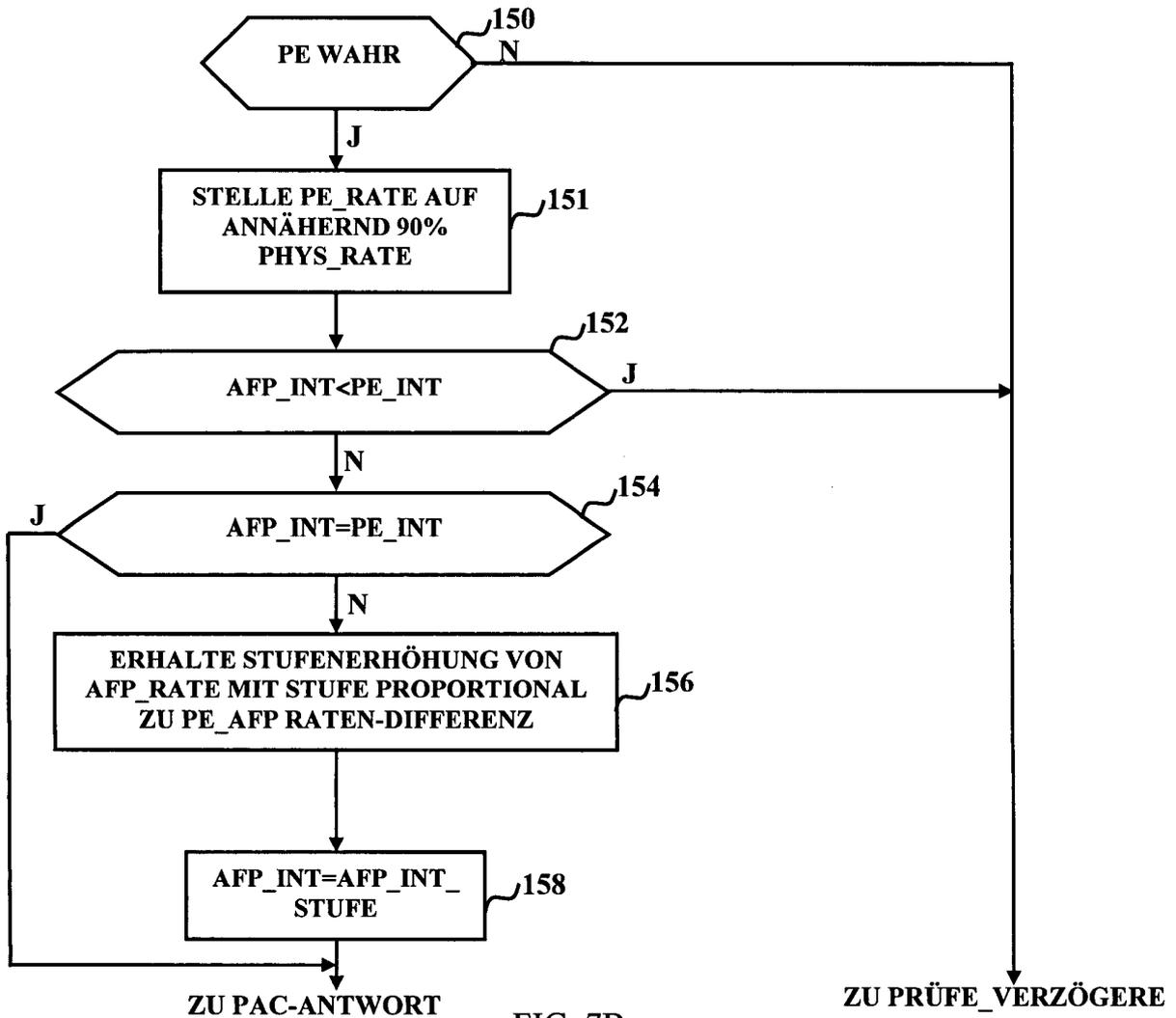


FIG. 7B

AFP RATE
POST-BELASTUNG

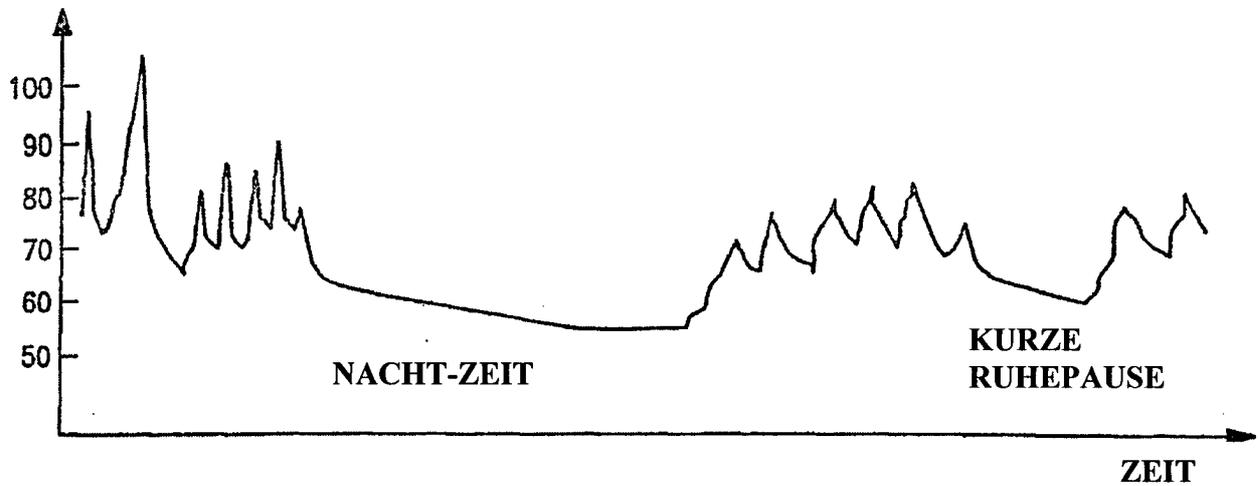


FIG. 7C

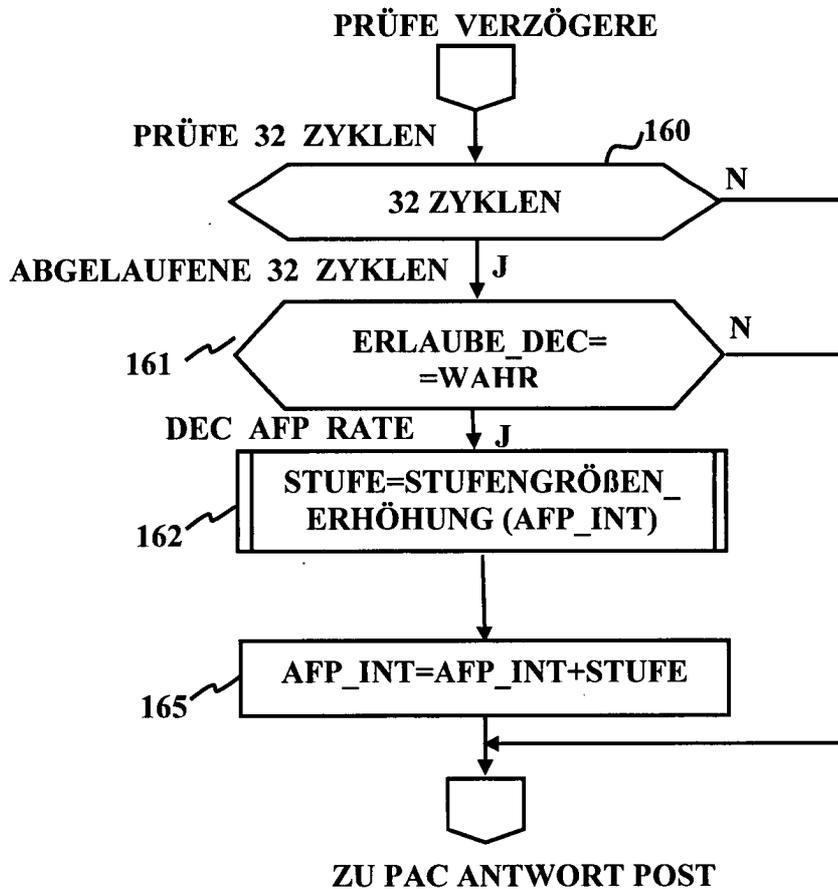


FIG. 8

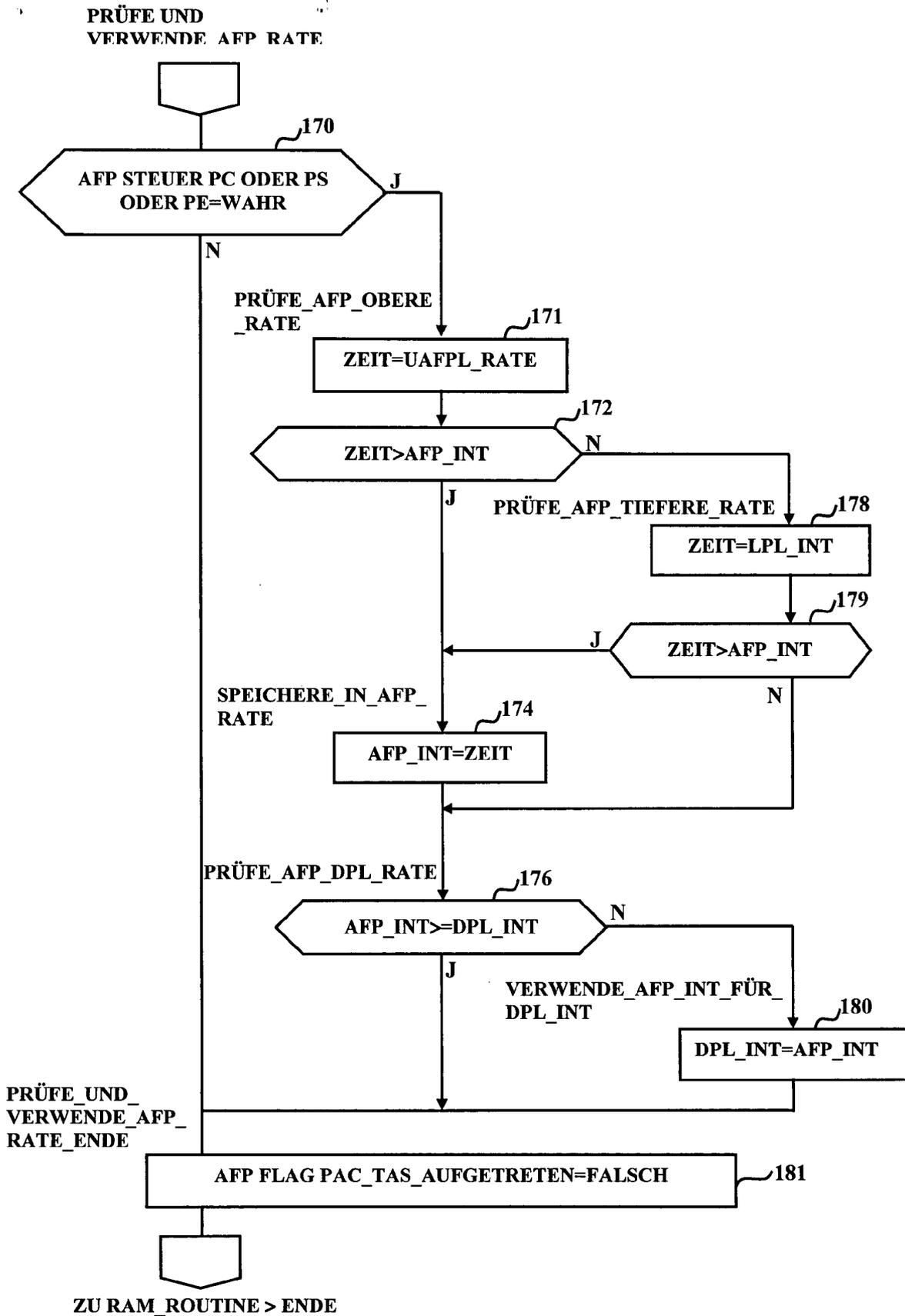


FIG. 9

