

# Automatische hämodynamische Optimierung von Schrittmachern und ICDs durch einen neuen, IEGM-basierten Algorithmus

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Optimierung der Hämodynamik durch die Programmierung von AV- und VV-Intervallen bei ICDs ist sinnvoll, wird aber in der Praxis aus Zeitmangel nicht immer durchgeführt. Durch einen neuen, Programmier-basierten Algorithmus, QuickOpt, können solche Optimierungen schnell durch IEGM-Messungen durchgeführt werden. Die optimalen Einstellungen werden angezeigt und können einfach programmiert werden. Auf diese Weise wird Zeit eingespart und jeder Patient kann von einer Optimierung profitieren. Der Artikel stellt den Algorithmus vor und erklärt dessen Funktion.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Automatische hämodynamische Optimierung, IEGM, Algorithmus, Schrittmacher, ICD, CRT

## SUMMARY

Hemodynamic optimization in ICDs through programming of AV- and VV-delays is useful. However, due to lack of time it is not done in all patients. A new programmer-based algorithm, QuickOpt, is capable to optimize patients by utilising IEGM measurements. The optimized settings are displayed and can be programmed so that time is saved and optimization is available for all patients. The article explains how this new algorithm works.

## KEY WORDS

Automatic, hemodynamic, optimization, algorithm, pacemaker, ICD

## Einleitung

Die hämodynamische Optimierung von Schrittmachern und ICDs, z. B. durch die Echokardiographie, ist sinnvoll, benötigt allerdings zusätzliche Zeit. In der Praxis wird sie deshalb bei Schrittmachern nur äußerst selten durchgeführt und ist bei der kardialen Resynchronisation (CRT) oft auf Patienten beschränkt, die initial nicht auf die Therapie ansprechen. Mit einem neuen, auf dem Programmier basierenden

Algorithmus, QuickOpt™, kann die Optimierung jetzt innerhalb einer Minute automatisch durchgeführt werden. Die durch IEGM-Messungen ermittelten Werte können direkt programmiert werden. Der Arzt kann jeden Patienten ohne großen Mehraufwand bei jeder Nachsorge optimieren. Dies ist besonders bei CRT-Patienten sinnvoll, deren optimale Einstellungen durch die Therapie kontinuierlichen Änderungen unterworfen sind [13]. Die genaue Funktionsweise von QuickOpt soll in diesem Artikel erläutert werden.

Patienten mit bradykarden Rhythmusstörungen oder Störungen im Reizleitungssystem des Herzens können durch die Implantation von Zweikammer-Schrittmachern therapiert werden und dadurch eine deutliche Steigerung ihrer Lebensqualität erfahren. Etwa 18 % der ICD-Patienten benötigen ebenfalls die antibradykarde Stimulation [4].

Bei der Implantation eines Zweikammersystems wird eine Elektrode im rechten Vorhof platziert und eine zweite im rechten Ventrikel. Beide Elektroden dienen dem Schrittmacher/ICD dabei sowohl zur Wahrnehmung herzeigener Signale als auch zur Stimulation. Durch Studien wurde bewiesen, dass ein hoher ventrikulärer Stimulationsanteil die Mortalität der Patienten erhöht [18, 21]. Deshalb sollte die ventrikuläre Stimulation auf den absolut notwendigen Anteil reduziert werden, ohne dabei zu lange ventrikuläre Pausen zuzulassen, die im Einzelfall proarrhythmisch und für den Patienten symptomatisch sind [9, 19].

## Optimierung der AV/PV-Zeit

Beim Herzgesunden schließt sich am Ende der Vorhofsystole die Mitralklappe und die Kontraktion des Ventrikels beginnt. Die notwendige Verzögerung zwischen Vorhof- und Kammerkontraktion wird durch den AV-Knoten erzeugt. Für den Fall der notwendigen Stimulation, wie sie z. B. bei Patienten mit intermittierendem AV-Block notwendig ist, kann durch eine angepasste Programmierung eine Verbesserung des Cardiac Output und damit eine Steige-

rung der Lebensqualität erreicht werden. Ziel ist dabei eine Optimierung des Intervalls zwischen wahrgenommener P-Welle und Stimulation des Ventrikels (PV-Zeit) bzw. dem Intervall zwischen Stimulation des Vorhofes und Stimulation des Ventrikels (AV-Zeit) [1]. Nicht optimierte AV/PV-Zeiten können für den Patienten zu unangenehmen Nebenwirkungen führen:

Zu kurze AV/PV-Zeiten führen zu einer Kammerkontraktion vor dem Ende der Vorhofsystole, die Mitralklappe schließt zu früh und der Vorhof kontrahiert gegen die geschlossene Klappe. Die Folge sind Pfropfungserscheinungen, der Patient verspürt Palpitationen durch die zurückschlagende Druckwelle aus dem Vorhof. Dieses Phänomen ist auch bekannt als Schrittmachersyndrom [17]. Auf der anderen Seite führt eine zu lange AV/PV-Zeit zu mitraler Regurgitation mit einer daraus resultierenden Verringerung des enddiastolischen ventrikulären Volumens und damit zu einer Reduktion des Schlagvolumens [5, 14].

Es ist offensichtlich, dass elektrische Vorgänge (ausgenommen bei der elektromechanischen Dissoziation) am Herzen eine Entsprechung in der mechanischen Arbeit haben müssen. Die R-Zacke zeigt den Beginn der isovolumetrischen Kontraktion und damit den Mitralklappenschluss an [8]. Das Ende der P-Welle kann mit dem Ende der mechanischen Kontraktion des Vorhofs in Zusammenhang gebracht und die optimale AV-Zeit daraus berechnet werden [6, 8, 22].

Ein neuer, eleganter Algorithmus, QuickOpt, bestimmt das optimale AV/PV-Intervall durch eine automatische intrakardiale EKG-Messung (IEGM) innerhalb einer halben Minute. Der Algorithmus misst zuerst die Länge der P-Welle (Abb. 1). Auf die elektrisch gemessene Länge der P-Welle (AS) wird die Zeit aufaddiert, die bis zum Ende der mechanischen Kontraktion des Vorhofs vergeht ( $\Delta$ ). Das optimale AV-Intervall ( $SAV_{opt}$ ) ergibt sich aus:

$$P\text{-Welle} > 100 \text{ ms} \rightarrow SAV_{opt} = A_s + 60 \text{ ms}$$

$$P\text{-Welle} < 100 \text{ ms} \rightarrow SAV_{opt} = A_s + 30 \text{ ms}$$

Die unterschiedlichen Werte bei verschiedenen P-Wellen ergeben sich aus den

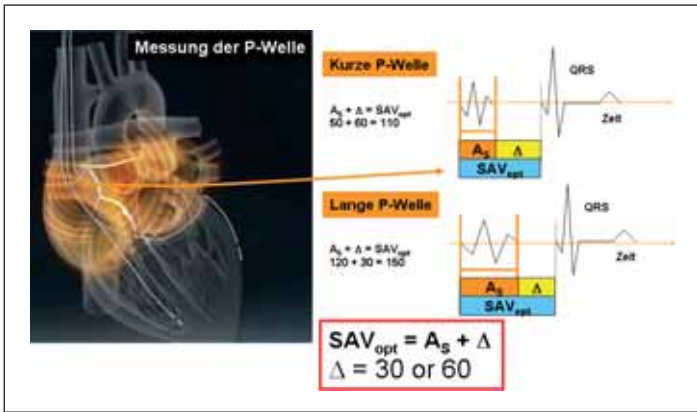


Abb. 1: Messung der Länge der P-Welle. Die optimale AV ( $SAV_{opt}$ ) errechnet sich aus der Länge der gemessenen P-Welle ( $A_p$ ) und einem Latenzwert  $\Delta$  (30 oder 60 ms), der sich nach der Länge der gemessenen P-Welle richtet.

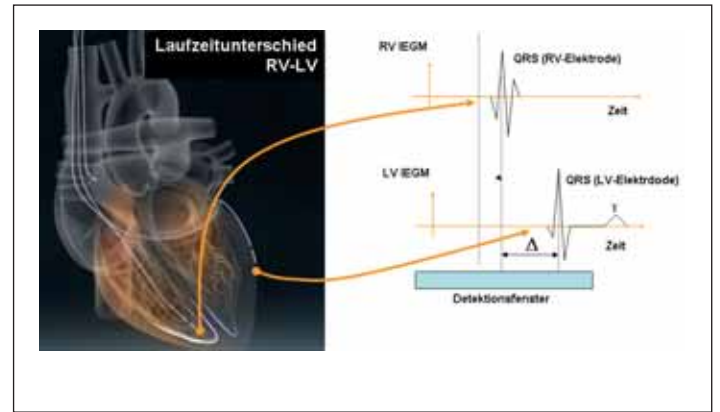


Abb. 2: Der Laufzeitunterschied zwischen der Wahrnehmung des QRS-Komplexes rechts- und linksventrikulär ergibt ein  $\Delta$ , dessen Wert ein Teil der späteren Berechnung bildet.

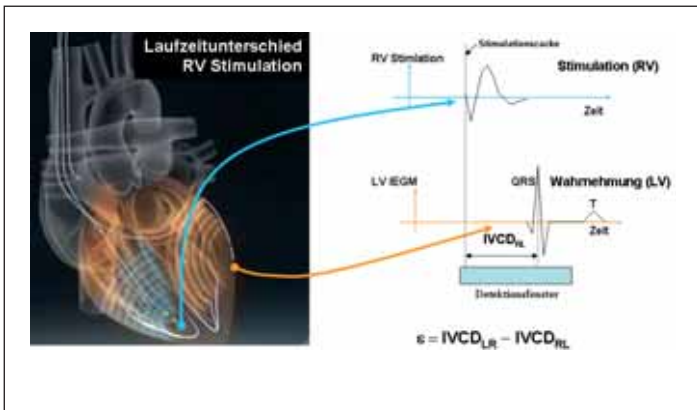


Abb. 3: Die Zeit zwischen rechtsventrikulärer Stimulation und linksventrikulärer Wahrnehmung ( $IVCD_{RL}$ ) wird gemessen.

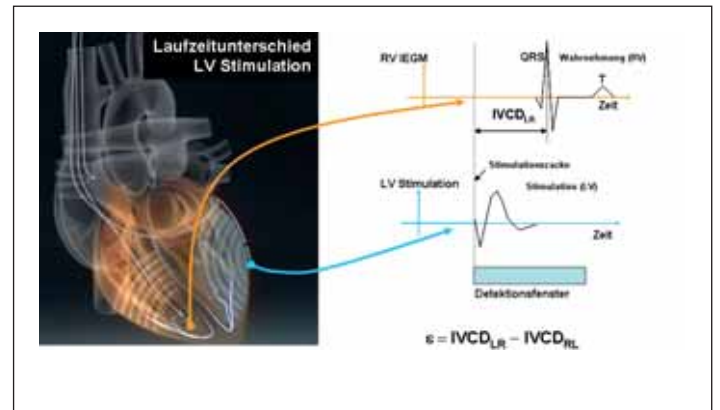


Abb. 4: Die Zeit zwischen linksventrikulärer Stimulation und rechtsventrikulärer Wahrnehmung ( $IVCD_{LR}$ ) wird gemessen. Der Wert  $\varepsilon$  wird durch die Differenz von  $IVCD_{RL}$  und  $IVCD_{LR}$  berechnet. Das optimale VV-Intervall ( $VV_{opt}$ ) wird aus dem Mittelwert der Summe von  $\Delta$  und  $\varepsilon$  gebildet.

empirischen Ergebnissen präklinischer Studien [10, 11].

In Arbeiten von Iser und Worley [7, 22] wurde als Latenzzeit nach Stimulation zwischen 40 und 60 ms gemessen. Der QuickOpt-Algorithmus addiert auf das ermittelte optimale wahrgenommene AV-Intervall ( $SAV_{opt}$ ) 50 ms, um das optimale stimulierte PV-Intervall ( $PAV_{opt}$ ) zu bestimmen:

$$PAV_{opt} = SAV_{opt} + 50 \text{ ms}$$

Alle für die Messung temporär benötigten Einstellungen, auch die für die VV-Zeit, können verändert und an die Bedürfnisse angepasst werden.

Die resultierenden Werte werden auf dem Programmiergerät angezeigt und können vom Arzt einfach per Knopfdruck programmiert werden.

### OPTIMIERUNG DER VV-ZEIT

Der Ablauf der Erregung des Herzmuskels ist essenziell für ein optimales Schlagvolumen. Bei Patienten mit Herzinsuffizienz findet sich oft eine Dyssynchronität zwischen der Kontraktion der linken und rechten Kammer, eine sogenannte interventri-

kuläre Dyssynchronität, die sich im EKG oft als Schenkelblock darstellt. Verzögerungen der Erregung zwischen den zwei Kammern verschlimmern die bestehende Pumpschwäche des Herzens durch in den Kammern pendelndes Blut, welches nicht ausgeworfen wird. Im UKG zeigt sich ein charakteristisches Flattern des Septums in der Systole. Ziel der kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) ist die Wiederherstellung der interventrikulären Synchronisation. Zu diesem Zweck wird eine Stimulationselektrode im rechten Ventrikel platziert und eine zweite durch den Koronarsinus des Herzens vorgeschoben und über der linken Kammer platziert. Auf diese Weise kann die rechte und linke Kammer getrennt stimuliert werden.

Verschiedene IEGM-basierte Laufzeitmessungen zwischen der links- und rechtsventrikulären Elektrode ermöglichen die Berechnung der optimalen Stimulationskonfiguration für eine synchronisierte Kontraktion der Kammern [10]. Der QuickOpt-Algorithmus benötigt drei verschiedene Messungen für diese Berechnung:

1. Messung des Laufzeitunterschieds bei intrinsischer Erregung der Kammern (Abb. 2). Die Zeit zwischen der Wahrnehmung des Kammerkomplexes im IEGM ( $\Delta$ ) wird gemessen.

2. Messung der Zeit zwischen rechtsventrikulärer Stimulation und linksventrikulärer Wahrnehmung ( $IVCD_{RL}$ ) (Abb. 3).

3. Messung der Zeit zwischen linksventrikulärer Stimulation und rechtsventrikulärer Wahrnehmung ( $IVCD_{LR}$ ) (Abb. 4).

Aus der Messung 2. und 3. wird die Differenz gebildet:

$$\varepsilon = IVCD_{LR} - IVCD_{RL}$$

Das optimale VV-Intervall ergibt sich aus dem Mittelwert von  $\Delta$  und  $\varepsilon$ :

$$VV_{opt} = 0,5 \times (\Delta + \varepsilon)$$

Das Vorzeichen des Ergebnisses bestimmt, ob zuerst rechts oder links stimuliert wird.

#### Beispiel:

$\Delta = +40 \text{ ms}$  (Wahrnehmung zuerst rechts – positives Vorzeichen)

$IVCD_{LR} = 60 \text{ ms}$  und  $IVCD_{RL} = 50 \text{ ms}$

In diesem Falle benötigt die Depolarisation von links nach rechts länger.

$$\varepsilon = \text{IVCD}_{\text{LR}} - \text{IVCD}_{\text{RL}} = 60 - 50 = 10 \text{ ms}$$

$$\text{VV}_{\text{opt}} = 0,5 \times (\text{D} + \varepsilon) = 0,5 \times (40 \text{ ms} + 10 \text{ ms}) = 50 \text{ ms} / 2 = +25 \text{ ms}$$

Ergebnis: Stimulation links zuerst mit 25 ms

QuickOpt benötigt zur Optimierung der AV/PV- und VV-Zeit etwa eine Minute.

## KLINISCHE ERFAHRUNGEN

In verschiedenen Studien wurde der QuickOpt-Algorithmus auf seine Leistungsfähigkeit untersucht. Baker et al. [2] untersuchte die Übereinstimmung mit dem VTi-Parameter der echokardiographischen Optimierung. Es zeigte sich eine Übereinstimmung von über 96 %. In einer 2008 in PACE veröffentlichten Studie von Porciani et al. [15] wurde der Ablauf der Kontraktion vor und nach der Optimierung durch QuickOpt bei CRT-Patienten gemessen. Es zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Synchronität. „Eine einfache IEGM-basierte Methode der CRT-Optimierung reduziert die linksventrikuläre Dyssynchronie und verbessert die systolische Funktion.“ [15]

## SCHLUSSBEMERKUNG

Über die Notwendigkeit einer hämodynamischen Optimierung besteht allgemeiner Konsens. In verschiedenen Untersuchungen wurde eine Steigerung der EF um 23 % [3], des Herzminutenvolumens um 27 % [16] und des Schlagvolumens um 20 % [12] durch eine Optimierung nachgewiesen. Zusätzlich wurde der Anteil der CRT-Patienten, die nicht von der Therapie profitieren, um 67 % reduziert [20]. Aufgrund des hohen Zeitaufwandes der echokardiographischen Untersuchung konnten bisher nicht alle Patienten optimiert werden. QuickOpt bietet dem Arzt eine einfache, schnelle und praktische Methode der Optimierung für alle Patienten bei jeder Nachsorge. Der automatische Algorithmus ist im Ergebnis vom Untersucher unabhängig und kann zusammen mit jeder Nachsorge innerhalb einer Minute durchgeführt werden. Der Arzt sieht die berechneten Werte auf dem Bildschirm und kann sie einfach per Knopfdruck programmieren.

## LITERATUR

[1] Auricchio A, Stellbrink C, Block M, Sack S, Vogt J, Bakker P, Klein H, Kramer A, Ding J, Salo R, Tockman B, Pochet T, Spinelli J: Effect of pacing chamber and atrioventricular delay on acute systolic function of paced patients with congestive heart failure. *The*

*Pacing Therapies for Congestive Heart Failure Study Group. The Guidant Congestive Heart Failure Research Group. Circul* 1999; 99 (23): 2993–3001

[2] Baker JH, McKenzie J, Beau S, Greer GS, Porterfield J, Fedor M, Greenberg S, Daoud EG, Corbisiero R, Bailey JR, Porterfield L: Acute evaluation of programmer-guided AV/PV and VV delay optimization comparing an IEGM method and echocardiogram for cardiac resynchronization therapy in heart failure patients and dual-chamber ICD implants. *J Cardiovasc Electrophys* 2007; 18 (2): 185–191

[3] Bordachar P, Lafitte S, Reuter S, Sanders P, Jais P, Haissaguerre M, Roudaut R, Garrigue S, Clementy J: Echocardiographic parameters of ventricular dyssynchrony validation in patients with heart failure using sequential biventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44 (11): 2157–2165

[4] Geelen P, Lorga FA, Chauvin M, Wellens F, Brugada P: The value of DDD pacing in patients with an implantable cardioverter defibrillator. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997; 20 (1): 177–181

[5] Ishikawa T, Kimura K, Miyazaki N, Tochikubo O, Usui T, Kashiwagi M, Ishii M: Diastolic mitral regurgitation in patients with first-degree atrioventricular block. *Pacing Clin Electrophysiol* 1992; 15 (11): 1927–1931

[6] Ismer B, Von Knorre GH, Voß W: Approximation des individuell optimalen AV-Delays mittels linksatrialer Elektrokardiographie. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2004, 15, Suppl. 1: i33–i38

[7] Ismer B, Von Knorre GH, Voss W, Grille W, Klenke G, Pulya K, Koglek W, Suntinger A, Luessow H: Exercise induced sympathetic influences do not change interatrial conduction times in VDD and DDD pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 1996; 19 (11): 1786–1790

[8] Koglek W, Kranig W, Kowalski M, Kronski D, Brandl J, Oberbichler A, Suntinger A, Wutte M, Grimm G, Grove R, Lüdorff G: Eine einfache Methode zur Bestimmung des AV-Intervalls bei Zweikammerschrittmachern. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2007, 11 (4): 244

[9] Mansour F, Talajic M, Thibault B, Khairy P: Pacemaker troubleshooting: when MVP is not the most valuable parameter. *Heart Rhythm* 2006; 3 (5): 612–614

[10] Meine et al: EGM based method for estimating optimal VV delay in cardiac Resynchronization therapy. *Europace Supplements* 2004, 149 (2)

[11] Meine M, Ming X, Paris M, Park E: An intracardiac EGM method for VV optimization during cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2006; 3 (5): AB 30–35

[12] Mortensen PT, Sogaard P, Mansour H, Ponsonaille J, Gras D, Lazarus A, Reiser W, Alonso C, Linde CM, Lunati M, Kramm B, Harrison EM: Sequential biventricular pacing: evaluation of safety and efficacy. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004; 27 (3): 339–345

[13] O'Donnell D, Nadurata V, Hamer A, Kertes P, Mohamed U: Long-term variations in optimal programming of cardiac resynchronization therapy devices. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005; 28 (Suppl 1): S24–S26

[14] Panidis IP, Ross J, Munley B, Nestico P, Mintz GS: Diastolic mitral regurgitation in patients with atrioventricular conduction abnormalities: a common finding by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7 (4): 768–774

[15] Porciani MC, Rao CM, Mochi M, Cappelletti F, Bongiorno G, Perini AP, Lilli A, Ricciardi G, Hashtroudi L, Silvestri P, Barold SS, Padeletti L: A real-time three-dimensional echocardiographic validation of an intracardiac electrogram-based method for optimizing cardiac resynchronization therapy. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008, 31 (1): 56–63

[16] Rosanio et al: Non-simultaneous pacing of the right and left ventricles for heart failure: Is it worth it? AHA Abstract: 1618, AHA 76<sup>th</sup> Scientific Sessions, Orlando 2003, Nov. 9–12

[17] Schuller H, Brandt J: The pacemaker syndrome: old and new causes. *Clin Cardiol* 1991; 14 (4): 336–340

[18] Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, Greenspon AJ, Freedman RA, Lee KL, Lamas GA: Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *Circul* 2003; 107 (23): 2932–2937

[19] van Mechelen R, Schoonderwoerd R: Risk of managed ventricular pacing in a patient with heart block. *Heart Rhythm* 2006; 3 (11): 1384–1385

[20] Vanderheyden M, De Backer T, Rivero-Ayerza M, Geelen P, Bartunek J, Verstreken S, De Zutter M, Goethals M: Tailored echocardiographic interventricular delay programming further optimizes left ventricular performance after cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2005; 2 (10): 1066–1072

[21] Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, Greene HL, Hallstrom AP, Hsia H, Kutalek SP, Sharma A: Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. *JAMA* 2002; 288 (24): 3115–3123

[22] Worley SJ, Gohn DC, Smith TM: Optimization of cardiac resynchronization: left atrial electrograms measured at implant eliminates the need for echo and identifies patients where AV optimization is not possible. *J Cardiac Fail* 2004; 10 (4, Suppl. 1): S62

Frank Amberger  
St. Jude Medical GmbH  
Helfmann-Park 1  
65760 Eschborn  
E-Mail: famberger@sjm.com