

**KLINIK** 44-jähriger beschwerdefreier Patient, keine bekannten kardialen Erkrankungen.

■ **EKG-Beurteilung? Wie beurteilen Sie den Rhythmus?**

Die P-Wellen fallen regelmäßig ein und sind normal konfiguriert, Frequenz 57/min.

■ **Wie ändern sich die QRS-Komplexe im Verlauf der Registrierung?**

Die QRS-Dauer der ersten 3 Aktionen ist mit 0,10 sec normal. Sie beträgt 0,12 sec bei den nächsten beiden Aktionen und 0,14 sec bei den letzten beiden.

Die QRS-Konfiguration der ersten 3 Aktionen fällt mit einem etwas trägen Anstieg der Kammeranfangsgruppe in I, II, aVF, V5 und V6 auf. Es liegt keine typische Präexzitation vor, sondern eine grenzwertige linksventrikuläre Verzögerung der Erregungsausbreitung mit einem verspäteten oberen Umschlagpunkt in V6 nach 0,06 sec.

Die Linksverspätung nimmt in Aktion 4 und 5 weiter zu und erreicht in den letzten beiden Kammeraktionen das Maximum. Die Konfiguration entspricht hier einem Linksschenkelblock mit breitem und plumpem R in I, aVL und V6.

Es handelt sich um einen intermittierenden Linksschenkelblock, wobei der Abstand der Kammerkomplexe während der ersten 3 normal übergeleiteten Aktionen etwas länger ist als in der Phase des Linksschenkelblocks. Somit scheint eine frequenzabhängige Blockierung der Leitung im linken Schenkel vorzuliegen mit offensichtlich sehr langer Refraktärzeit, die schon bei einem leicht verringerten R-R-Abstand unterschritten wird.

■ **Wie sind die Kammerendteile zu beurteilen?**

Bei Linksschenkelblock finden sich die dafür typischen diskordanten Kammerendteile (s. S. 52).

Auffällig sind die bei normaler QRS-Dauer terminal negativen T-Wellen in V2–V4 und die diskret gesenkten ST-Streckenverläufe mit Übergang in präterminal negative T-Wellen in V5. In V6 sind die ST-Strecken diskret horizontal gesenkt mit Übergang in ein positives T. Es handelt sich hierbei um funktionelle Veränderungen der Erregungsrückbildung bei intermittierendem Linksschenkelblock. In typischer Weise zeigen sich die negativen T-Wellen in den Ableitungen mit überwiegendem S bei Linksschenkelblock.

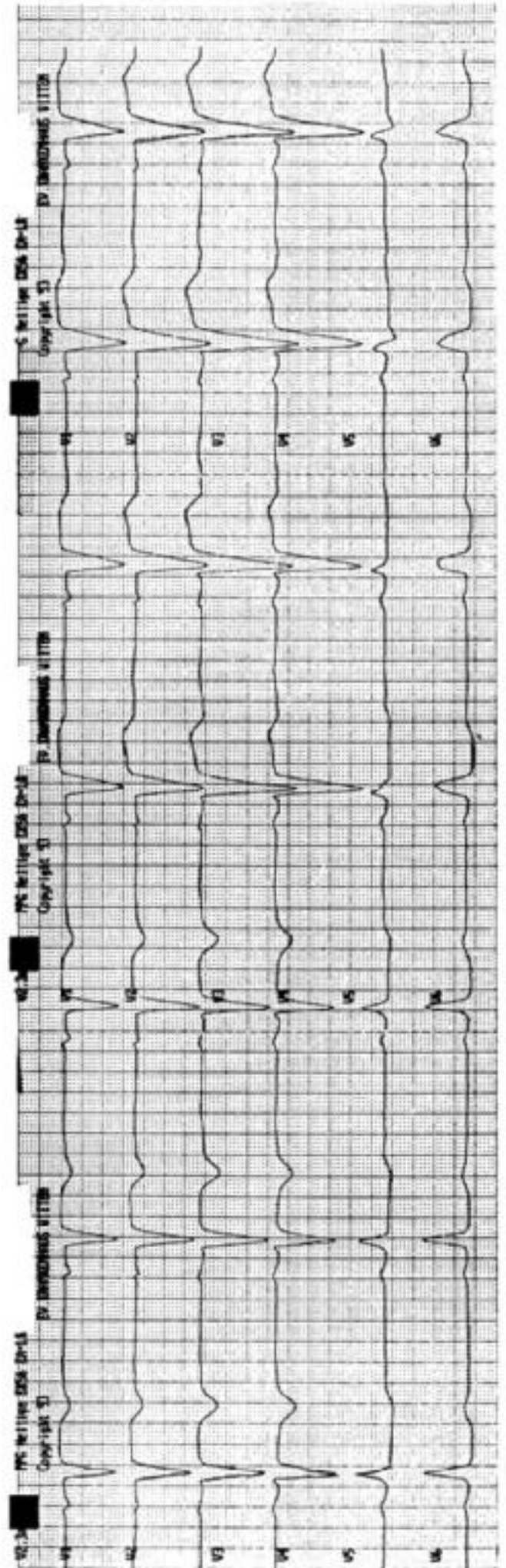
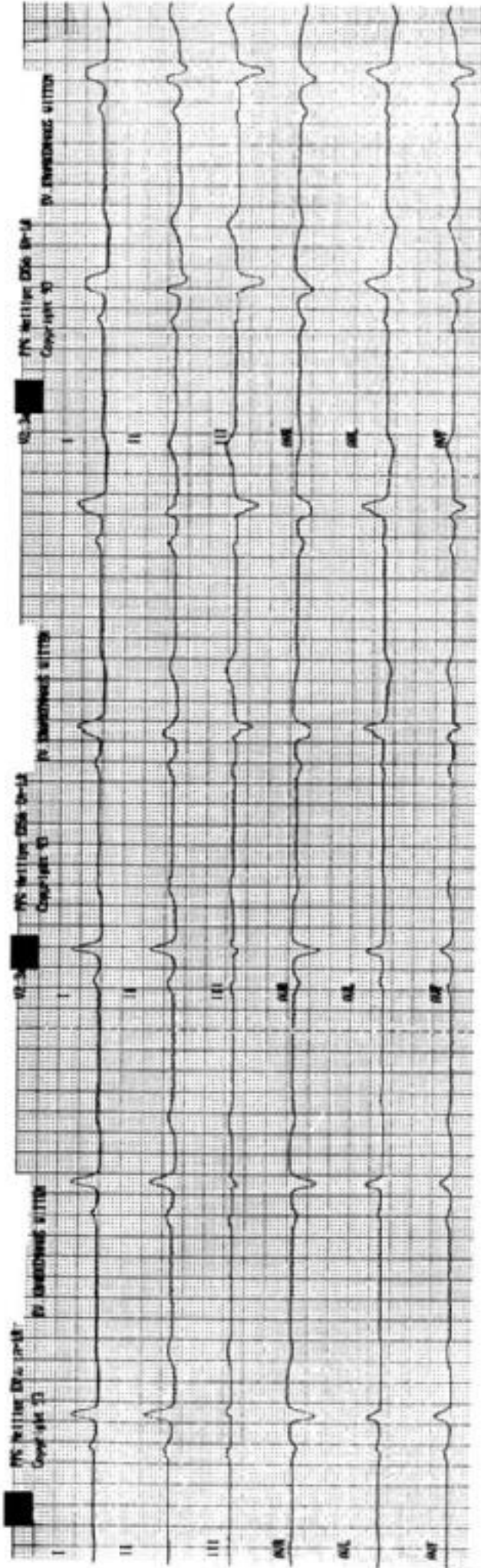
Die leicht gesenkten ST-Streckenverläufe mit Übergang in präterminal negative T-Wellen in V5 bzw. in flach positive T-Wellen in V6 sind hier nicht eindeutig einzuordnen.

■ **Wie kann man funktionelle Kammerendteilveränderungen bei Linksschenkelblock von ischämischen oder hypertrophiebedingten Veränderungen von ST-T unterscheiden?**

Dies ist nur schwer möglich: Prinzipiell ist die Annahme funktioneller Kammerendteilveränderungen eine Ausschlussdiagnose. Ein intermittierender Linksschenkelblock ist per se ein Hinweis auf eine organische Herzerkrankung, die in 80–90% der Fälle nachweisbar ist. Meist liegt eine Hypertrophie und/oder eine Dilatation vor, eine KHK kann im Spiel sein. Zur Differenzierung dienen insbesondere Anamnese und Echokardiographie, invasive Verfahren können notwendig werden.

! **Funktionelle Kammerendteilveränderungen können im Zusammenhang mit einem intermittierenden Linksschenkelblock auftreten und bei beschwerdefreien Patienten auffällige ST-Strecken und T-Wellen erklären.**

■ **Zusammenfassung:** Sinusrhythmus, Norm- bis Linkstyp; unter leichter Abnahme des R-R-Abstandes intermittierender Linksschenkelblock mit wechselnder QRS-Dauer (0,10–0,14 sec); funktionelle Kammerendteilveränderungen in der Phase der normalen Erregungsausbreitung. ■



**KLINIK** 49-jähriger Patient. Eine arterielle Hypertonie ist seit mehr als 8 Jahren bekannt.

### ■ EKG-Beurteilung?

Es liegt ein Sinusrhythmus vor, Frequenz 74/min, Linkstyp. Die Konfiguration der P-Wellen ist unauffällig, kein P mitrale.

### ■ Wie sind die Kammeranfangsgruppen in den Brustwandableitungen zu beurteilen? Ergeben sich Hinweise auf eine linksventrikuläre Hypertrophie?

Der **Sokolow-Lyon-Index** sollte als Hinweis auf eine linksventrikuläre Hypertrophie über 3,5 mV liegen. Im vorliegenden Fall beträgt die R-Amplitude in V4 2,6 mV, das S in V3 0,8–0,9 mV, der Index wird also grenzwertig erreicht. Der Index nach Gubner und Ungerleider ist negativ. Hinweisend auf eine mögliche linksventrikuläre Hypertrophie ist eine R-Amplitude in V4–V6 von mehr als 2,5 mV, hier in V4 erreicht.

### ■ Wie beurteilen Sie die Kammerendteile?

Bezogen auf die R-Amplitude ist das T in V4–V6 abgeflacht. Normal ist eine Relation von T zu R von 1/6–2/3. In V6 z. B. beträgt R 1,2 mV, T nur 0,1 mV.

Bei einer linksventrikulären Hypertrophie ist die T-Abflachung die Vorstufe zu den typischen Schädigungszeichen mit deszendierenden ST-Streckensenkungen und Übergang in meist präterminal negative T-Wellen.

Bei dem Patienten lag echokardiographisch eine linksventrikuläre Hypertrophie vor mit einer Dicke des septalen Myokards von 15 mm, der Hinterwand von 13 mm. Insoweit können die abgeflachten T-Wellen tatsächlich als beginnende Schädigungszeichen aufgefasst werden. Die Spezifität von T-Abflachungen ist aber gering; sie können auch rein funktionell auftreten.

**Zusammenfassung:** Sinusrhythmus, Linkstyp; diskrete Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie; abgeflachte T-Wellen linkspräkordial als mögliche beginnende Schädigungszeichen bei linksventrikulärer Hypertrophie. ■

### Linksventrikuläre Hypertrophie

Zur linksventrikulären Hypertrophie führen die arterielle Hypertonie, erworbene und angeborene Herzfehler sowie dilatative und hypertrophe Kardiomyopathien. Die möglichen EKG-Manifestationen einer linksventrikulären Hypertrophie umfassen

- eine Zunahme der linksventrikulären R-Amplituden
- eine Verschiebung des Hauptvektors nach hinten, oben und links

- eine Verlängerung der Depolarisation mit Zunahme der QRS-Dauer und
- eine diskordante Ausrichtung von ST und T.

Abb. 34 zeigt schematisch die EKG-Veränderungen im Rahmen der Entwicklung einer linksventrikulären Hypertrophie. Bei **leichter Kammerhypertrophie** nimmt zunächst nur die **R-Amplitude zu**, die Kammerendteile bleiben noch unauffällig. Mit Zunahme der Hypertrophie kann **T zunächst in Relation zur R-Amplitude abgeflacht** sein. Im weiteren Verlauf entwickelt sich eine **diskordante ST-Senkung** und eine **T-Negativierung**. Parallel nimmt die QRS-Dauer auf noch unter 0,12 sec leicht zu; häufig finden sich auch die Zeichen eines P mitrale. Bei schwerer Kammerhypertrophie kann sich ein **kompletter Linksschenkelblock** ausbilden. Erfahrungsgemäß tritt dies häufiger bei einer Dilatation des linken Ventrikels als bei konzentrischen Hypertrophien auf.

In Abb. 35 ist die **Vektorschleife bei ausgeprägter linksventrikulärer Hypertrophie** in ihrer Projektion auf je zwei Extremitäten- und Brustwandableitungen dargestellt. Zum Vergleich ist eine normale Vektorschleife mit abgebildet.

Der QRS-Hauptvektor wendet sich nach links hinten und oben. Im Vergleich zur normalen Vektorschleife sind die nach vorne und rechts weisenden frühen Vektoren deutlich vermindert, sodass in den Ableitungen V1 und V2 nach einem **meist kleinen R ein tiefes S** folgt. Es können in diesen rechtspräkordialen Ableitungen aber auch reine QS-Komplexe vorliegen, ohne dass ein anteroseptaler Myokardinfarkt abgelaufen ist.

**Hohe R-Amplituden** finden sich **in allen linkslateralen Ableitungen** (I, aVL, V5, V6, Nehb D und A). Bei ausgeprägter linksventrikulärer Hypertrophie kann der obere Umschlagpunkt in V6 auf mehr als 0,055 sec leicht verlängert sein bei einer QRS-Gesamtdauer von unter 0,12 sec.

Während bei leichten linksventrikulären Hypertrophien die Vektorschleife der Repolarisation noch konkordant ist, verläuft sie bei ausgeprägter linksventrikulärer Hypertrophie der QRS-Schleife entgegengesetzt. Folglich sind die **ST-Strecken in den rechtspräkordialen Ableitungen deutlich angehoben** mit Übergang in z. T. hochpositive T-Wellen. **Links-lateral sind die ST-Strecken dagegen abgesenkt** mit Übergang in präterminal negative T-Wellen. Der Ausdruck „**präterminal negativ**“ bezieht sich hier zum einen auf den flachen ersten Schenkel von T (aus ST kommend) im Vergleich zum aufsteigenden Schenkel. Andererseits kann auch noch ein positiver Anteil der T-Welle folgen. Normaler Lagetyp bei einer deutli-

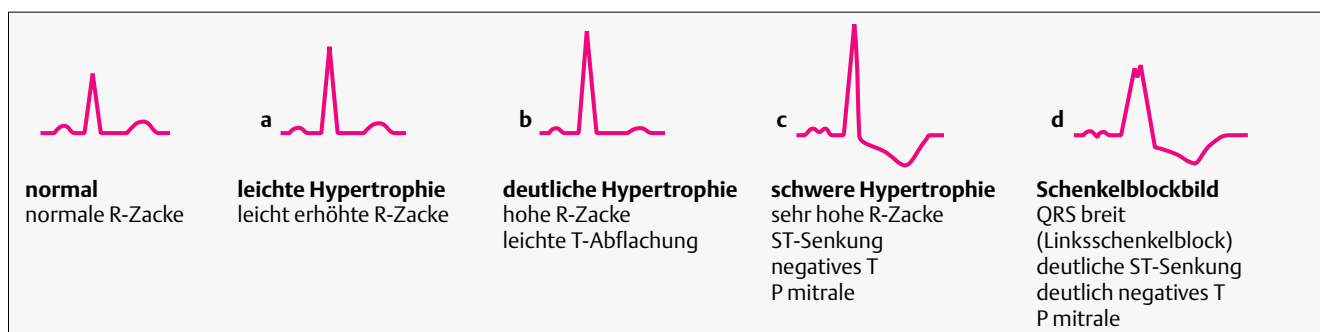
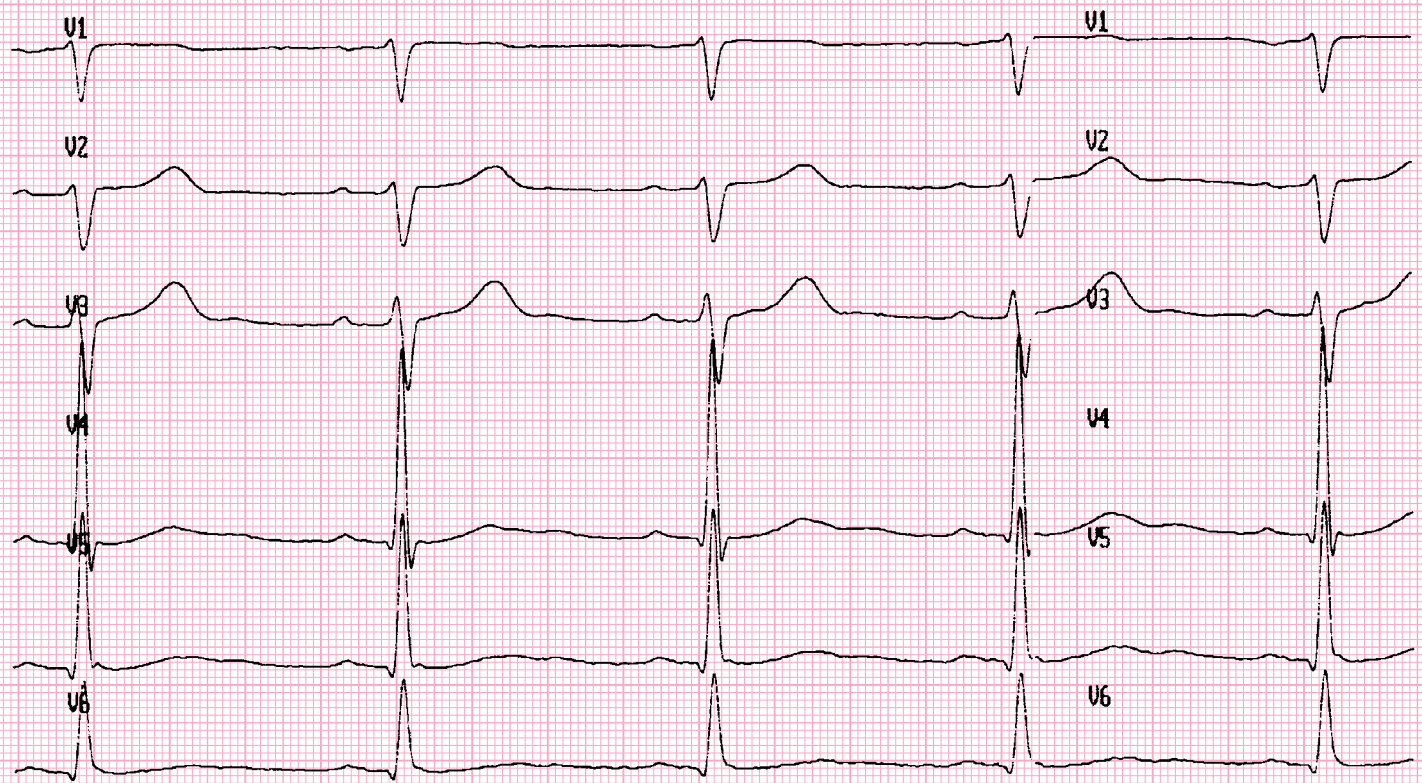
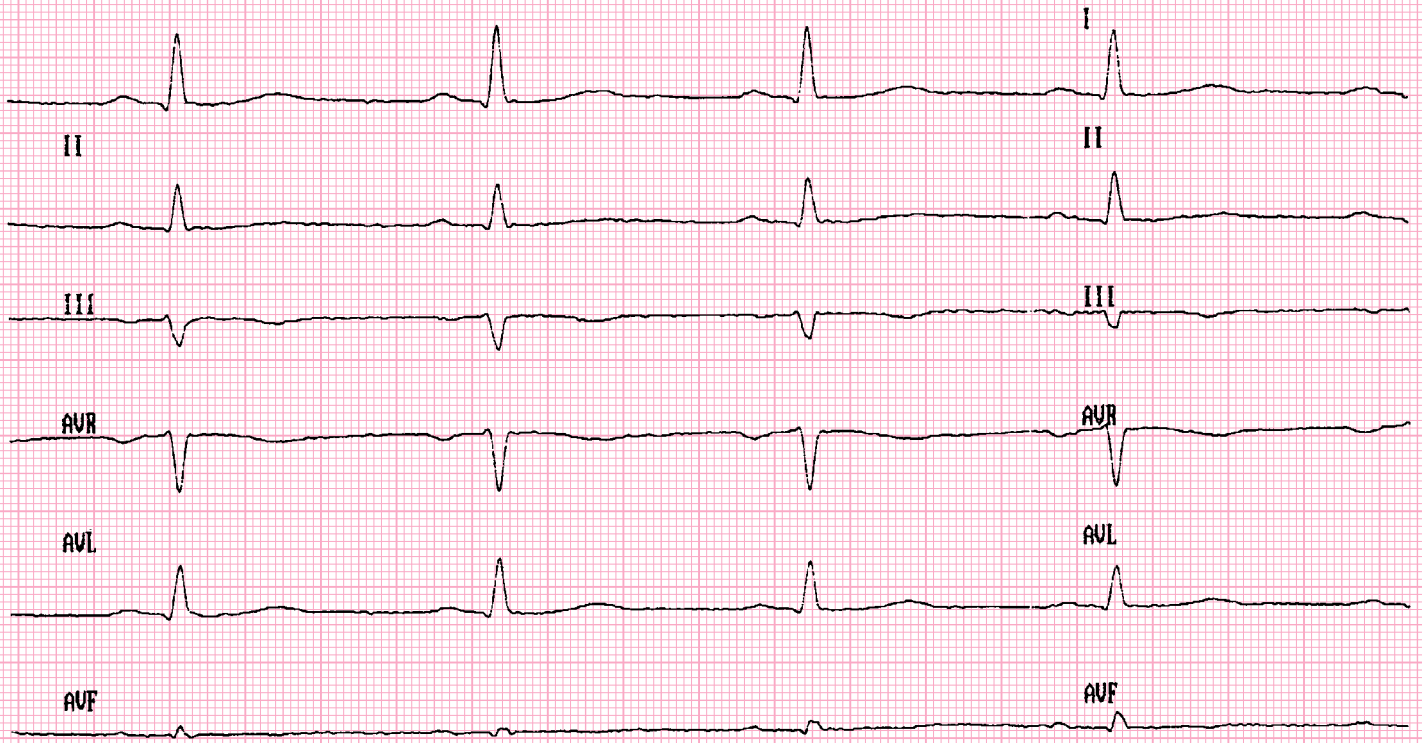


Abb. 34 EKG-Veränderungen bei linksventrikulärer Hypertrophie

Fortsetzung S. 70 ►





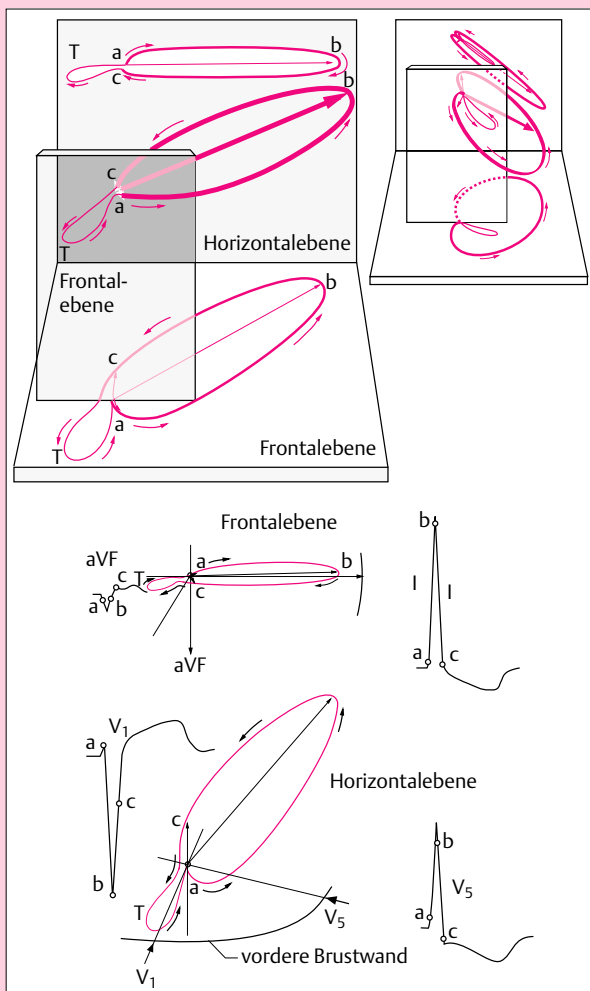


Abb. 35 Projektion der Vektorschleife bei ausgeprägter linksventrikulärer Hypertrophie auf die Frontal- und Horizontalebene (oben links). Oben rechts ist zum Vergleich die normale Vektorschleife aufgeführt. Unten: Konstruktion der QRS-Komplexe in je 2 Ableitungen der Frontal- und Horizontalebene aus den entsprechenden Vektorschleifen.

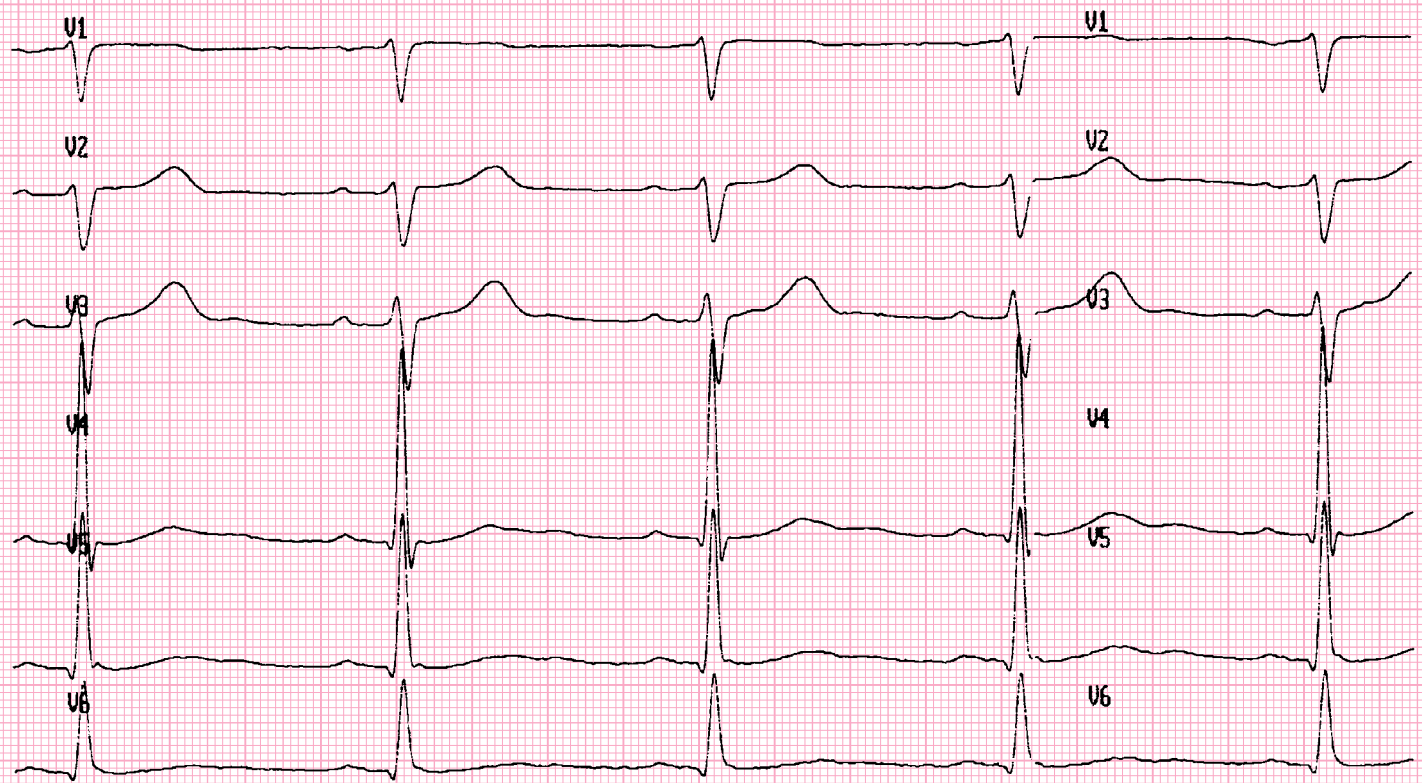
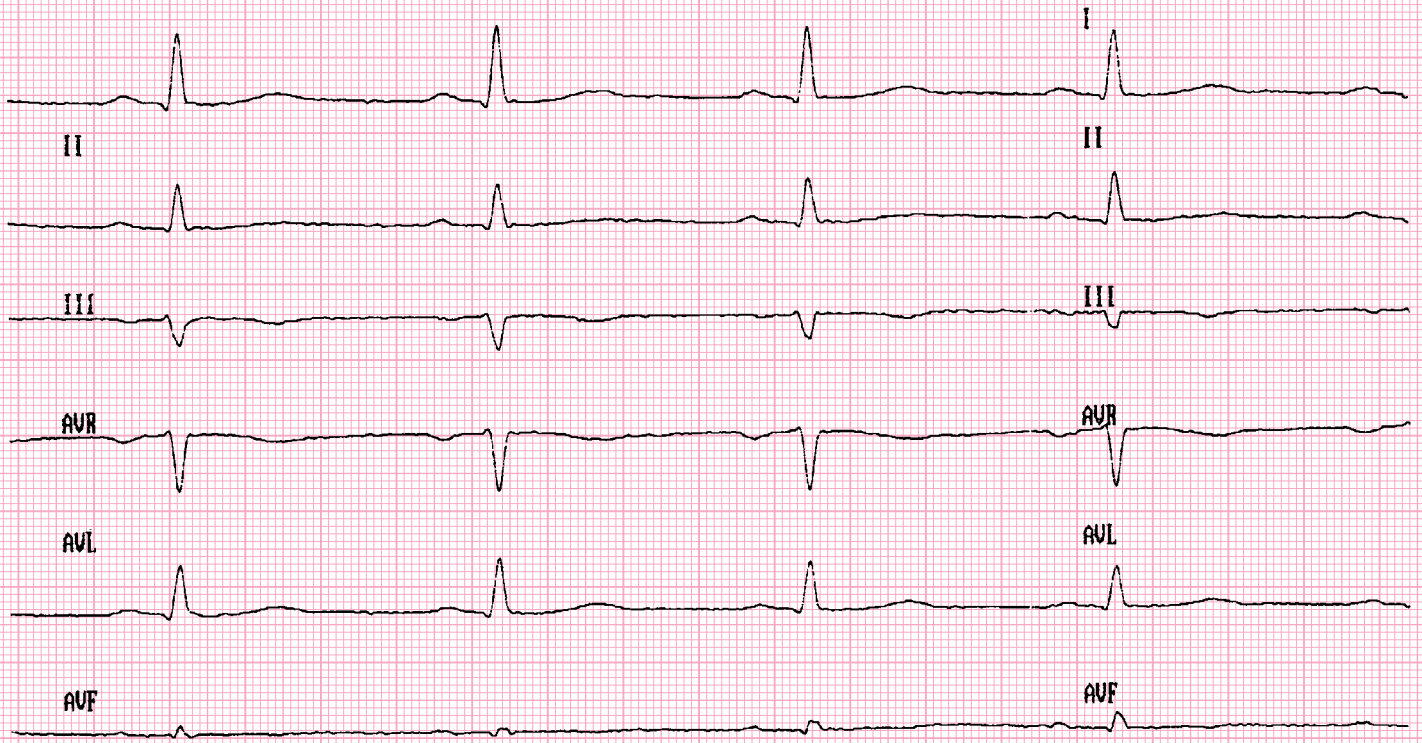
chen linksventrikulären Hypertrophie ist der **Linkstyp**, eventuell auch ein überdrehter Linkstyp.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Indizes erarbeitet, mit deren Hilfe eine linksventrikuläre Hypertrophie mit akzeptabler Spezifität und Sensitivität nachgewiesen oder ausgeschlossen werden sollte. Da bei Jugendlichen hohe QRS-Amplituden insbesondere in den Brustwandableitungen physiologisch sind, gelten die Indizes erst ab dem 30. Lebensjahr.

Die bekanntesten **Indizes einer linksventrikulären Hypertrophie** sind:

- **Sokolow-Lyon-Index:** Tiefstes S in V1–V3 und höchstes R in V4–V6  $> 3,5$  mV (validiert nur für Männer jenseits des 40. Lebensjahres!),
- **Index nach Gubner und Ungerleider:** R in I und S III  $> 2,5$  mV,
- **Punktsystem nach Romhilt und Estes:** Es bewertet ein höchstes R oder S in den Extremitätenableitungen von mehr als 2 mV oder in den Brustwandableitungen von mehr als 3 mV sowie diskordante Veränderungen der Kammerendteile, Zeichen eines P mitrale, einen überdrehten Linkstyp und einen verspäteten oberen Umschlagpunkt in V5 oder V6. Mit diesem System konnte die Sensitivität immerhin auf 60% angehoben werden bei einer Spezifität von über 95%.
- **Punktsystem nach Murphy:** Beurteilung der 3 Kriterien: Sokolow-Lyon-Index, P mitrale, verzögerter oberer Umschlagpunkt linkslateral.

**Zusammengefasst** besitzt das EKG jenseits des 30. Lebensjahres bei Anwendung bestimmter Kriterien zwar eine **hohe Spezifität**, jedoch nur eine **geringe Sensitivität** zur Feststellung einer linksventrikulären Hypertrophie. Hier ist die Echokardiographie eindeutig überlegen.



**KLINIK** 34-jährige Patientin, bekannte hochgradige Aortenklappenstenose (maximaler Druckgradient um 110 mmHg), keine frühere kardiale Symptomatik, nach Sectio akutes Lungenödem, in der Folgezeit nur mäßige Belastungsdyspnoe, Aortenklappenersatz geplant.

### ■ EKG-Beurteilung?

Es liegt ein Sinusrhythmus vor, Frequenz 90/min. Normtyp (positive Vektoren in I und II und überwiegend positive Vektoren in III).

### ■ Wie beurteilen Sie die P-Wellen?

P-Amplitude in II 0,2–0,25 mV, in Nehb D und A 0,25–0,3 mV. Zudem beträgt der negative Anteil von P in V1 mehr als 0,1 mV. Die P-Dauer beträgt 0,1 sec, die PQ-Dauer 0,14 sec. Die Zeichen eines P mitrale fehlen.

Die hohen P-Amplituden könnten differenzialdiagnostisch auf eine rechtsventrikuläre Belastung hinweisen, weitere Zeichen einer Rechtsbelastung fehlen aber.

**Bemerkung** Echokardiographisch war der rechte Vorhof normal groß.

Die grenzwertige Überhöhung der P-Wellen ist Folge der vermehrten Sympathikotonie mit leicht angehobener Ruheherzfrequenz.

### ■ Wie beurteilen Sie die Kammerkomplexe?

Die QRS-Dauer beträgt 0,10 sec. Als Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie ist der Sokolow-Lyon-Index (S in V3 und R in V6) deutlich positiv, zudem hohes R in Nehb D und tiefes S in Nehb I. Der Index nach Gubner und Ungerleider ist hier negativ.

Als deutliche linksventrikuläre Schädigungszeichen sind die ST-Strecken in V6 und Nehb D deszendierend gesenkt mit Übergang in präterminal negative T-Wellen. Zudem gesenkte ST-Streckenverläufe mit Übergang in positive T-Wellen in I und mit Übergang in angedeutet präterminal negative T-Wellen in II.

Beachten Sie in V6 und Nehb D die leichte Knotung im absteigenden Schenkel von R. Der obere Umschlagpunkt ist mit 0,04 sec normal, QRS beträgt nur 0,10 sec. Dennoch ist anhand der diskreten Knotung eine leichte Verzögerung der linksventrikulären Erregungsausbreitung bei linksventrikulärer Hypertrophie anzunehmen.

### ■ Wie ordnen Sie das Q in III ein?

Das Q in III ist mit 0,05 sec auffällig breit, und die Amplitude beträgt mehr als  $\frac{1}{4}$  des höchsten R in den Extremitätenableitungen, sodass die Kriterien eines Pardee-Q für einen Hinterwandinfarkt erfüllt wären (vgl. S. 180). Es findet sich in aVF nur ein zwar relativ breites, aber kleines Q; in II und in Nehb D fehlt ein Q. Damit ist die Spezifität des Q in III gering. Echokardiographisch und koronarangiographisch wurde ein Myokardinfarkt ausgeschlossen.

Wie Sie noch sehen werden, kann im Einzelfall der Nachweis oder Ausschluss eines abgelaufenen Hinterwandinfarkts sehr schwierig sein.

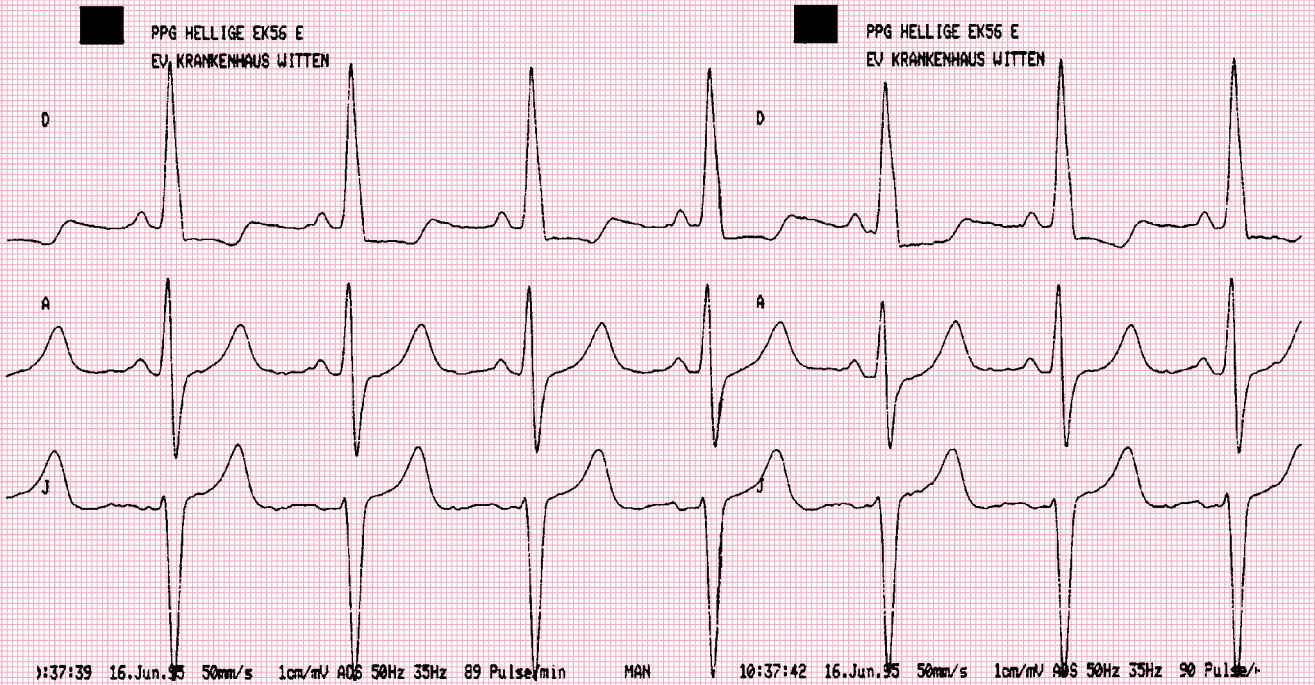
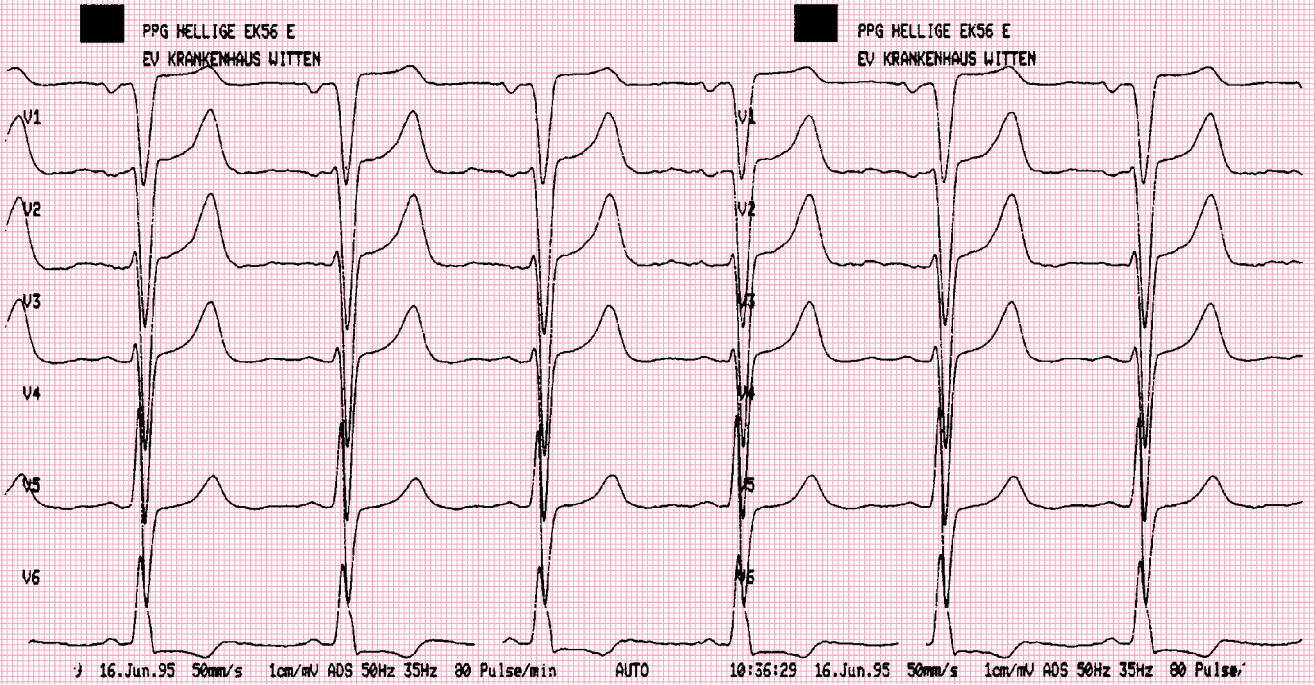
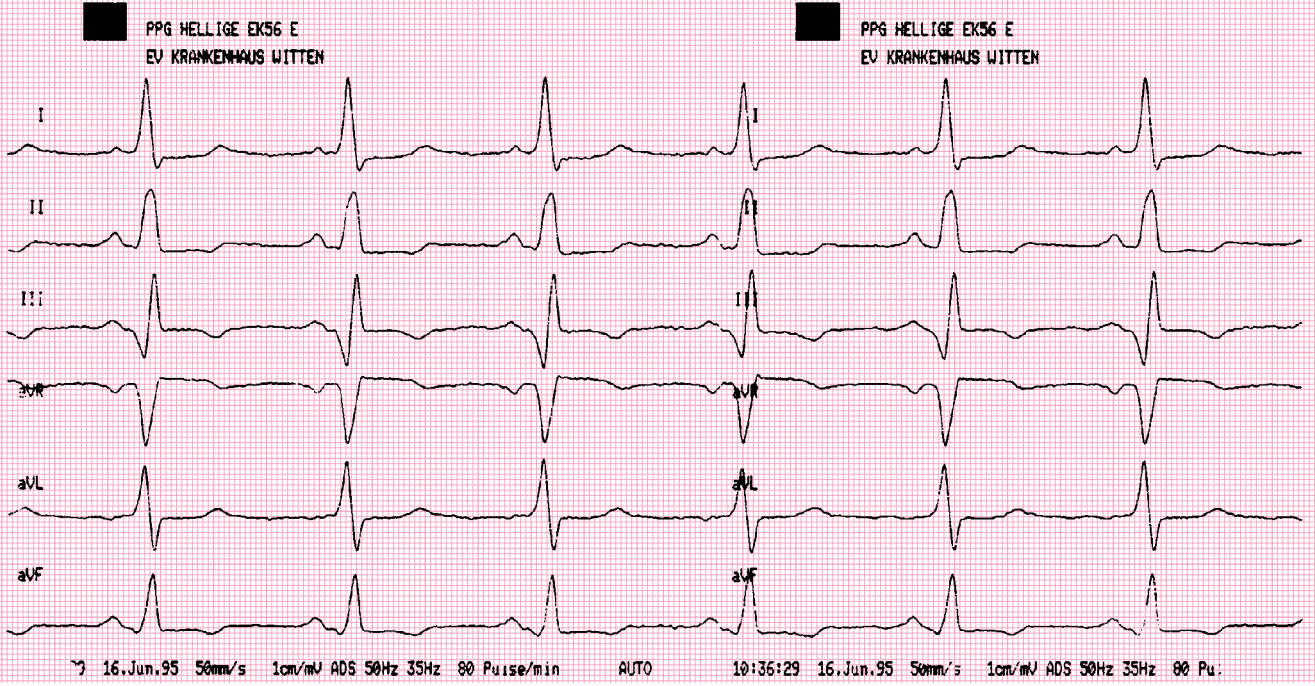
### ■ Welche Bedeutung hat der vorliegende so genannte SI-QIII-Typ?

Ein SI-QIII-Typ ist ein möglicher Hinweis auf eine abgelaufene Lungenembolie (vgl. S. 132). Dieses Zeichen hat allerdings eine sehr geringe Sensitivität von 10–15%, die Spezifität ist

ebenfalls sehr gering. Zu verwerten ist dieses Zeichen dann, wenn im Vergleich zu Vor-EKGs ein SI-QIII-Typ neu auftritt. Bei der Patientin zeigten die Elektrokardiogramme der letzten 2 Jahre vergleichbare Kammeranfangsgruppen. Klinisch bestand kein Hinweis auf eine Lungenembolie.

**Zusammenfassung:** Sinusrhythmus, Normtyp; grenzwertig hohe P-Wellen bei Sympathikotonie, Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie und Schädigung. ■







**KLINIK** 43-jähriger Patient, kardiale Vorerkrankungen nicht bekannt. Bei seltenen Blutdruckmessungen waren keine hypertonen Blutdruckwerte aufgefallen.

### ■ EKG-Beurteilung?

Es besteht ein Sinusrhythmus, Frequenz 71/min, atemabhängiger Norm- bis Linkstyp. Die Vektoren in I und II sind überwiegend positiv. In III Wechsel von überwiegend positiven Vektoren (4. Aktion) und überwiegend negativen Vektoren (1.–3. Aktion).

### ■ Wie beurteilen Sie die P-Wellen?

Die P-Amplitude in II beträgt 4 mm. Beachten Sie, dass die Nulllinie nicht die T-P-Strecke ist (in diesem Falle läge die P-Amplitude bei 3 mm), sondern die Strecke zwischen P und QRS unmittelbar vor Beginn der Kammeranfangsgruppe. Auch in I, aVR und aVF ist das P überhöht. Die P-Dauer beträgt 0,10 sec.

Bei einer Frequenz von 71/min ist eine deutliche Sympathikotonie als Ursache des hohen P weniger wahrscheinlich. Welche weiteren Hinweise auf eine Rechtsherzbelastung liegen vor? Der Lagetyp ist dafür untypisch. Es besteht zwar eine diskrete Rechtsverspätung mit einem rSr'-Typ in V1, aber kein weiteres Zeichen einer Rechtsbelastung. Wir werden auf das hohe P in II noch eingehen.

### ■ Wie beurteilen Sie die Kammeranfangsgruppen?

Auffällig ist insbesondere die R-Amplitude in V5 mit 45 mm, daneben in V4 29 mm und in V6 27 mm. Der Sokolow-Lyon-Index ist positiv.

Die Kammerendteile zeigen leicht angehobene ST-Streckenabgänge sowie ascendierende ST-Streckenverläufe mit Übergang in hochpositive T-Wellen, wobei die T-Amplitude für die Höhe von R akzeptabel ist. Die T-Wellen sind nicht so schmalbasig wie bei einer Hyperkaliämie (hier Normokaliämie).

### ■ Ergibt sich insgesamt gesehen der Verdacht auf eine linksventrikuläre Hypertrophie? Besteht vielleicht anhand der hohen P-Wellen und der diskreten Rechtsverspätung auch der Verdacht auf eine biventrikuläre Belastung?

Sehen Sie sich die **Eichzacke** an!

### ■ Wie ist das EKG dann zu beurteilen?

Die **Eichzackenhöhe** entspricht einer Signalamplitude von 1 mV. Normalerweise hat die Eichzacke eine Höhe von 10 mm/mV, hier von 20 mm/mV. Aus diesem Grunde müssen die oben angegebenen Amplituden halbiert werden. Damit sind z. B. die P-Amplituden in II mit 0,2 mV normal, ebenso die R-Amplituden in den Brustwandableitungen. Es ergeben sich damit auch keine Hinweise auf eine Rechts- oder Linksbelastung.

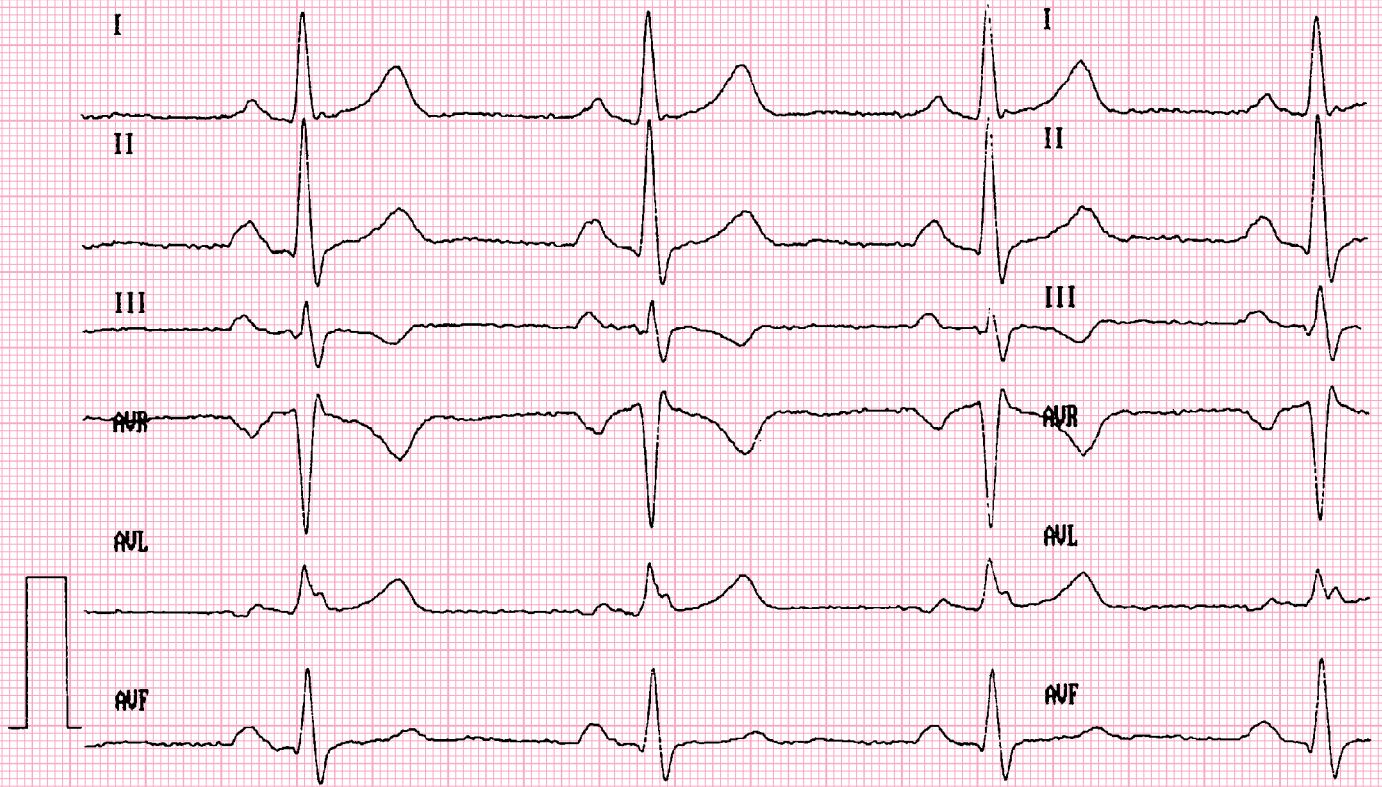
**Zusammenfassung:** Sinusrhythmus, Norm- bis Linkstyp; diskrete Verzögerung der rechtsventrikulären Erregungsausbreitung; unauffällige Kammeranfangsgruppe; diskrete vegetative ST-Streckenhebungen mit Übergang in positive T-Wellen in den linkspräkordialen und linkslateralen Ableitungen; abweichende Eichung mit 2 cm Schreibhöhe/mV Signalamplitude. ■

**Bemerkung** Neuere EKG-Geräte registrieren das EKG und stellen automatisch die Eichzackenhöhe so ein, dass die Abbildungshöhe der Stromkurven die Papierbreite optimal ausnutzt. In diesem Fall ist vor jeder EKG-Beurteilung ein Blick auf die Eichzacke notwendig. Für die Praxis hat sich bewährt, die Eichzacke auf 10 mm/mV zu fixieren und die obengenannte Automatik abzuschalten.

PPG Hellige EK56 EA-LR  
Copyright 93

EV. KRANKENHAUS WITTEN

V2.3a PPG Hellige EK56 EA-LR  
Copyright 93



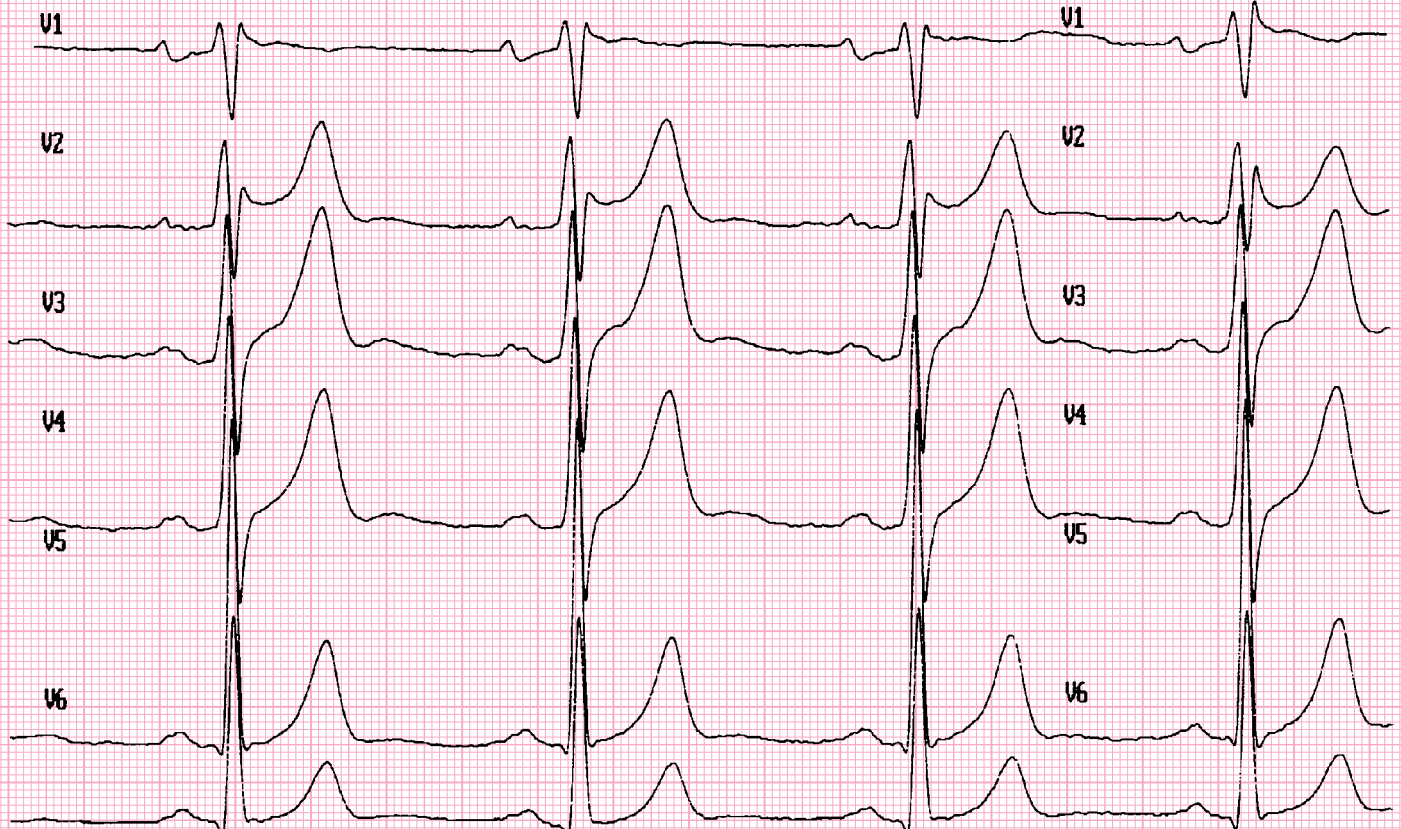
14:46:23 31.0kt.94 50mm/s 20mm/mV ADS 50Hz 35Hz HF 65/min AUTO

14:46:23 31.0kt.94 50mm/s

V2.3a PPG Hellige EK56 EA-LR  
Copyright 93

EV. KRANKENHAUS WITTEN

V2.3a PPG Hellige EK56 EA-LR  
Copyright 93



31.0kt.94 50mm/s 20mm/mV ADS 50Hz 35Hz HF 65/min AUTO

14:46:23 31.0kt.94 50mm/s