Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 99 (2008)
Heft: 15

Artikel: EKG für Spitäler in Afrika
Autor: Adamczyk, Felix
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855870

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

EKG für Spitäler in Afrika

Die etwas anderen Anforderungen an ein EKG-Gerät

Was in Europa in jeder Ambulanz installiert ist, fehlt in Afrika und anderen Entwicklungsgebieten in vielen Spitälern: ein einfaches EKG-Gerät zur Aufzeichnung der Herzkurven von Patienten mit Herzproblemen. Ein modernes Produkt aus Europa würde beispielsweise in Afrika rasch ausfallen. Mangels Ersatzteilen, die in Entwicklungsländern oft aus alten Fernsehern und Unterhaltungselektronik ausgebaut werden müssen, können sie nicht mehr repariert werden. «Kadiri» ist der Prototyp eines mobilen EKGs für Afrika und Entwicklungsregionen, das aus einfachsten Bauteilen besteht und trotzdem der Hitze und Feuchtigkeit standhält – und auch dann läuft, wenn mal der Strom ausfällt.

«Kadiri» bedeutet «möglich machen» auf Kiswahili, die Sprache Ostafrikas. Und Kadiri heisst das Messgerät für Herzströme, das in Afrika und anderen Entwicklungsgegenden bei tropischen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und nur sporadischem Netzstrom zuverlässig ein EKG[1] messen soll – ohne dass das Personal eines Spitals speziell geschult werden muss. Denn in Ländern mit wenig Ärzten sind es meist die Krankenschwestern, die ein EKG aufnehmen. Es gibt zwar diverse Geräte auf dem europäischen Markt, diese sind aber zu teuer für Kliniken in armen Ländern oder taugen nicht für den harten Alltag von mobilen Ärzten in Regionen mit zerstörter oder fehlender Infrastruktur. Kadiri ist der Prototyp eines bezahlbaren EKGs, das exemplarisch für afrikanische Spitäler, vor allem jene in Tansania, entwickelt wurde.

Felix Adamczyk

Das technische Konzept eines EKGs ist einfach und wurde vor 90 Jahren durch den niederländischen Arzt Willem Einthoven entdeckt. Er erkannte, dass das Herz nicht nur mechanisch, sondern auch elektrisch aktiv ist. Die Spannungen, die sich messen lassen, gehen auf bioelektrische Effekte in den Muskelfasern zurück: Konzentrationsunterschiede von Kalium- und Natriumionen im Muskel bewirken eine Potenzialdifferenz. Wenn Nerven die Muskelfasern stimulieren, diffundieren die Ionen. Diese Konzentrationsänderung wirkt sich wiederum auf das elektrische Potenzial aus [1]. Bereits ein handelsübliches Oszilloskop und zwei Elektroden auf der Haut zeigen diese Spannungsänderungen im mV-Bereich als Herzkurve (Bild 2).

Die 12 Ableitungen

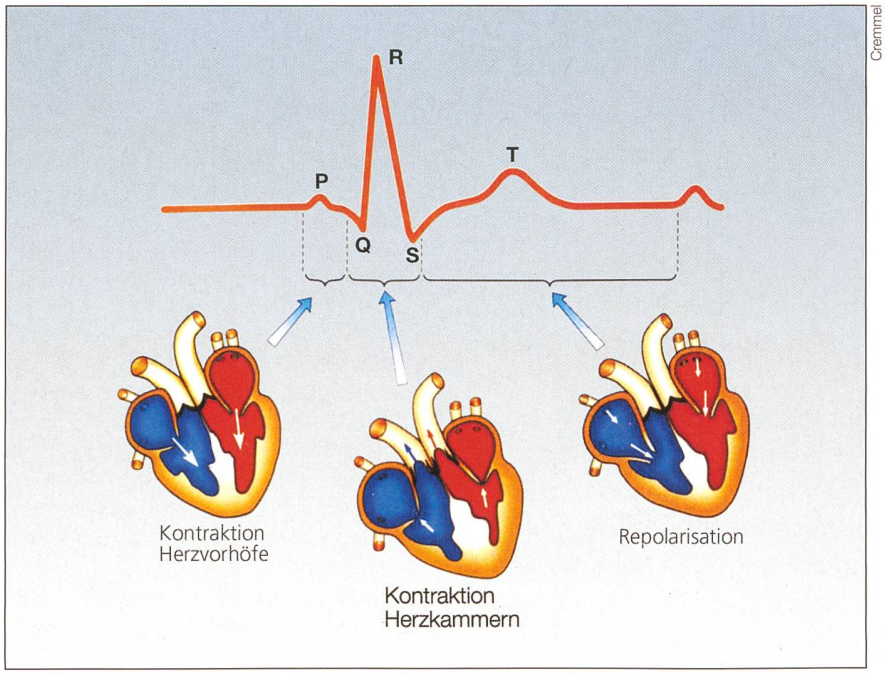
Da das Herz als dreidimensionales Gebilde im Brustkorb liegt, können die Spannungsvektoren, die im Herz auftreten, nur als Ableitungen auf der Haut gemessen werden. Eine Ableitung ist also die Projektion des Vektors im Innern des Brustkorbs auf die Messpunkte auf der Haut. Diese charakteristischen Spannungsänderungen bilden die EKG-Linie, die abhängig von der Lage der Elektroden ist [1]. Jede Ableitung untersucht durch verschiedene Elektrodenkombinationen unterschiedliche Bereiche des Herzens.

Heute sind 12 Ableitungstypen gebräuchlich: Einthoven misst die Spannungen zwischen den beiden Händen und einem Bein [2]. Daraus entstehen 3 Ableitungen (Bild 3a). Wilson arbeitet unipolar mit Sammelelektroden (Bild 3b). Hierbei legt er die drei freien Extremitäten über hochohmige Widerstände (jeweils 1 MΩ) zusammen. Die differente Elektrode wird dabei an standardisierten Stellen am Oberkörper angebracht (Präkordial). Für diese Brustwandableitung, kurz BWA, ergeben sich 6 verschiedene Messpunkte.

Goldberger entwickelte Wilsons Konzept weiter (Bild 3c). Er legt nur zwei Extremitäten über einen hochohmigen Widerstand zusammen. Die dritte Extremität bildet die differente Elektrode. Im Gegensatz zu Wilson hat Goldbergers unipolare Messung höhere Spannungsausschläge. Seine Ableitungen heissen daher auch aV, was für

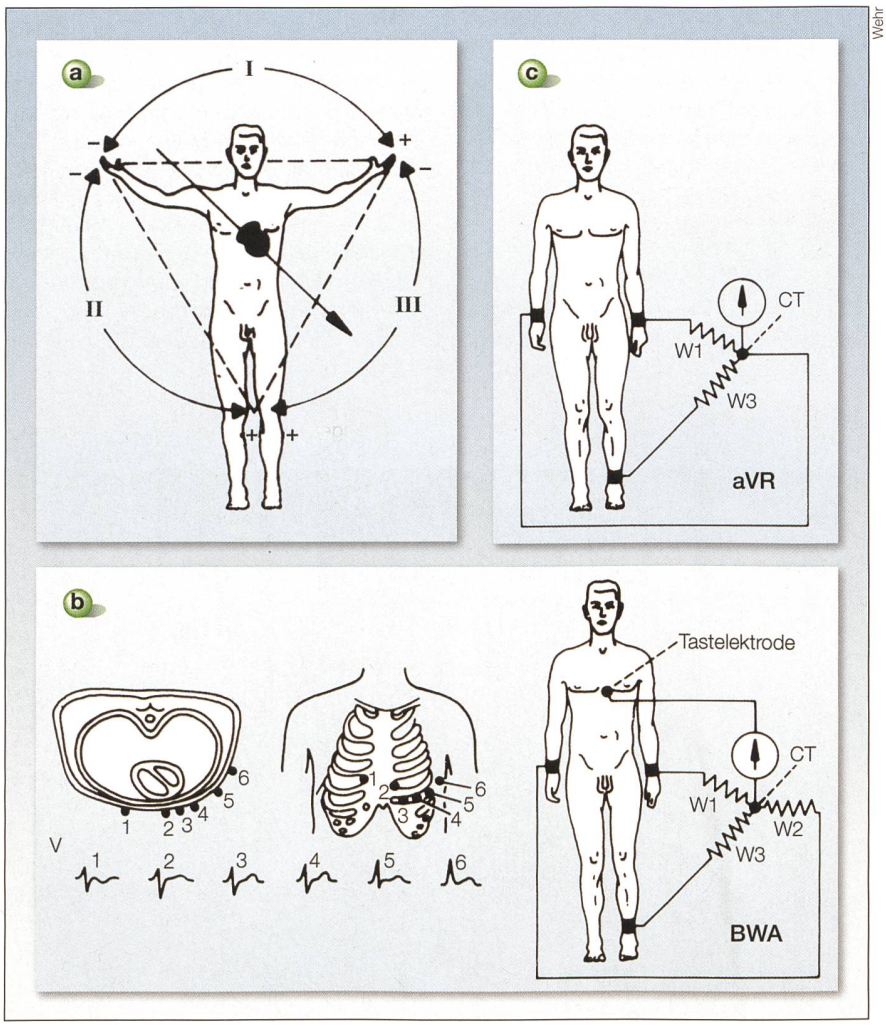
Adamczyk

Bild 1 Technische Geräte sind in afrikanischen Spitälern ein rares Gut.



Cremmel

Bild 2 Typische Herzkurve eines gesunden Menschen.



Wehr

Bild 3 Gebräuchliche Ableitungen der Herzkurven
3a: Einthoven-Ableitungen, 3b: Wilson-Ableitungen, 3c: Goldberger-Ableitungen.

verstärke Spannung (augmented voltage) steht [2].

Auswahl der Komponenten

Kadiri wird von einem Mikrocontroller der Firma Microchip gesteuert, einem PIC16F877A. Dieser arbeitet mit einem 14-bit-Kern und 35 Assemblerbefehlen. Assembler setzt zwar gute Hardwarekenntnisse voraus, der Code wird dafür schnell ausgeführt und birgt wenig Überraschungen. Der Befehlsspeicher ist beim 16F877A mit 8192 Befehlen gross ausgelegt, sodass auch spätere Erweiterungen problemlos Platz finden. Zudem hat er 8 A/D-Wandler mit einer Auflösung von 10 bit und 33 Ein-/Ausgänge in einem 40-Pin-Gehäuse. Getaktet ist er mit einem 20-MHz-Quarz, der Maximalgeschwindigkeit des Controllers.

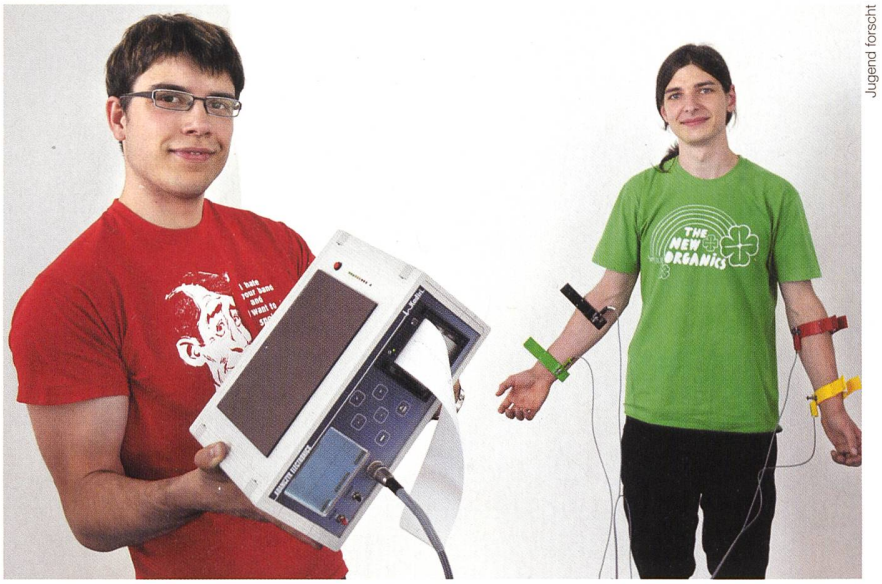
Für die Elektroden kommen nur einfachste Saug- und Klemmelektroden in Betracht, beispielsweise von Schiller (Bild 4). Mit diesen lassen sich auch ohne Kontaktspray (Alkohol) gute Ergebnisse erzielen, sie sind robust und zuverlässig. Die Brustwandelektroden werden durch einen integrierten Vakuumball und einen Wasserfilm auf der Haut fixiert. Die Klemmelektroden sind aufgebaut wie grosse Wäscheklammern. Einen festen Kontakt wie bei Klebeelektroden ist bei einem Kurz-EKG nicht notwendig.

Klebeelektroden kommen in Afrika nicht infrage, denn als Einwegprodukt sind sie zu teuer. Zudem entstehen durch die behaarte Brust der afrikanischen Männer Kontaktprobleme. Und diese weigern sich oft, sich die Brust rasieren zu lassen.

5 statt 10 Elektroden

Um ein grosses EKG mit allen 12 Ableitungen zu schreiben, benötigt man 10 Elektroden (4 Extremitäten- und 6 Brustwandelektroden) sowie 24 Signaleingänge. Da die Wilson-Ableitung jedoch immer dieselben Extremitäten misst und nur zwischen den 6 Brustwandelektroden durchschaltet, kann die Zahl der Elektroden auf 5 reduziert werden. Im Wilson-Modus erhält man also die einzelnen Ableitungen durch Versetzen der Brustwandelektrode. Durch diesen Kniff reduzierten sich die benötigten Eingänge von 24 auf 14 (Bild 6).

Wenn nun einzelne Eingänge des Controllers doppelt genutzt werden, verkleinert sich die Zahl der benötigten Eingänge auf 8 bei 3 gesteuerten Ausgängen. Dieses Konzept wurde nach einem Gespräch mit dem Berchtesgadener Arzt Thomas Weber entwickelt. Denn durch die 5 Elektroden erleichtert sich die Arbeit mit dem EKG: Bei nur einer Brustwandelektrode kann es nicht



Jugend forscht

Bild 4 Kadiri, hier als Prototyp für ein Projekt von Jugend forscht in Deutschland.

mehr zu Verwechslungen beim Anbringen kommen.

Signalanpassung

Über eine Kombination von 10 Schaltstufen, bestehend aus gesteuerten Reed-Relais, wählt der Controller die benötigte Elektrodenkombination. Da die Spannungen auf der Haut nur wenige mV betragen [3], müssen sie mit einem Faktor 1000 verstärkt werden – der Signalpegel des Controllers beträgt 5 V. Texas Instruments publiziert in seinem Manual zum Instrumentationsverstärker INA326 ein entsprechendes Schaltbild. Der beim EKG verwendete Analogverstärker entspringt dem Projekt von Marcel Cremmel, der auf einem Gameboy eine Einthoven-Ableitung darstellt [4]. Dieses Schaltbild unterscheidet sich von jenem von Texas Instruments nur in der Dimensionierung der Bauteile. Bild 7 erläutert das Messkonzept. Der Analogteil wurde für Kadiri durch die Elektrodenkombinationen erweitert, um die 12 gebräuchlichen Ableitungen zu messen.

Die Stromversorgungen von Analog- und Digitalteil sind durch Gleichtaktspulen voneinander getrennt. Dadurch wird die empfindliche Messelektronik nicht gestört. Die Stromversorgung jedes Operationsverstärkers ist zudem einzeln gefiltert. Die Signale werden in mehreren Stufen durch Operationsversträker an das Potenzial von 5 V angepasst. Sie bilden einen Instrumentationsverstärker im DIL-Gehäuse nach. Da die Signale der Elektroden durch mehrere Meter Kabel fliessen, die als Antennen wirken, werden Audiokabel verwendet, bei der jede Ader einzeln geschirmt ist. Ein Tiefpass mit einer Grenzfrequenz von 170 Hz filtert höherfrequente Störungen heraus.

Der zweite Teil der Schaltung gleicht den Offset an. Denn durch den Ionenaustausch zwischen Haut und Elektroden treten Gleichtaktstörungen auf, die den Offset des Signals empfindlich verschieben. Hierfür dient der automatische Nullabgleich, auch «driven ground» genannt. Dieser ermittelt den Mittelwert der beiden Eingangselektroden und verstärkt dessen Abweichung von 2,5 V. Das entstehende Signal wird als «Masse» auf das rechte Bein gelegt.

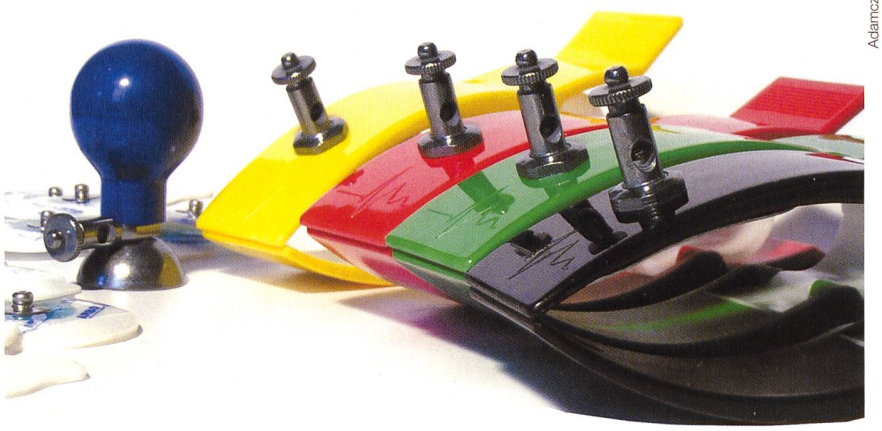
Der Operationsverstärker IC5A vergleicht nun den gemittelten Signalpegel mit der Referenzspannung von 2,5 V und integriert das Resultat. Mit einer Zeitkonstante von 2,2 s pendelt sich dadurch die EKG-Kurve bei einem Offset von 2,5 V ein [4].

Display

Beim Display bestand zunächst die Überlegung, ob es nicht ganz weggelassen und die EKG-Kurven nur im Ausdruck sichtbar gemacht werden sollten. Dies hätte Kosten und Entwicklungszeit erspart. Dennoch ist ein Display integriert, worüber die Mediziner die EKG-Kurven betrachten und den Patienten allenfalls anders lagern können, bevor sie die Kurve ausdrucken.

Die Suche nach einem geeigneten Modell war eine Herausforderung. Es galten drei Vorgaben: niedrige Kosten, hoher Kontrast und eine lange Lebensdauer. Die Lebensdauer ist insofern entscheidend, da durch die aggressive Sonne in Afrika und die UV-Strahlung die Displays zerstört werden [5]. Aufgrund der kurzen Lebensdauer waren OLEDs kein passendes Produkt. TFT-Displays bieten zwar einen hervorragenden Kontrast, sind jedoch als Farbdisplay komplexer in der Ansteuerung. EL-Displays (Elektrolumineszenz) schienen deshalb ideal. Die Firma Planar Systems vertreibt monochromatische EL-Displays mit oranger Farbe, die das Auge aufgrund der Physiognomie heller wahrnimmt als andere Farben. Durch den Aufbau sind sie konkurrenzlos lichtunempfindlich. Da jedoch der Preis für ein QVGA-Display bei 400 Euro liegt, wurde diese Option für ein afrikanisches Kadiri aufgegeben.

Schliesslich wurde ein transflektives monochromatisches Display von EDT verwendet, das durch den deutschen Distributor Glyn verkauft wird (EW50793FLWP). Mit einem Stückpreis von 32 Euro bei 1000 Stück [6], einem integriertem Polarisator, einer Pixelgrösse von ¼ mm, einer Betriebstemperatur von –20 bis 70 °C und 320×260 Pixel ist es das ideale Display für das Vorhaben [7]. Hinsichtlich des Kontrasts ist es den vergleichbaren Konkurenzmodellen überlegen. Da transflektive Displays auch ohne Hintergrundbeleuchtung gut lesbar sind, eignet es sich besonders für Regionen mit starkem Sonnenschein. Es wird gesteuert durch einen Epson-



Adamczyk

Bild 5 Elektroden, mit Saugnapf für die Brust und als Klammer für Arme und Beine.

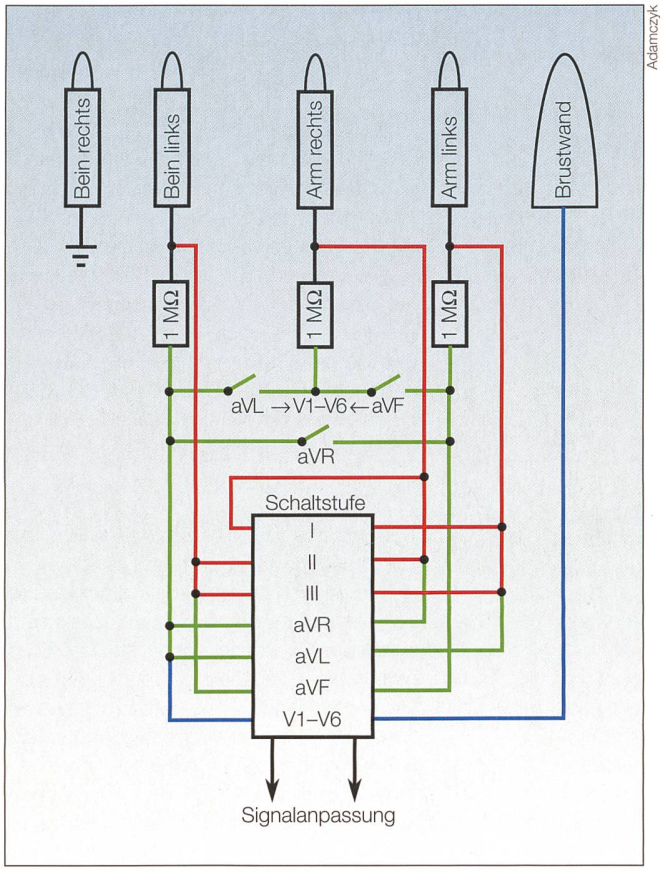


Bild 6 Signalelektroden auf 14 Schaltstufen.

S1D13700-Controller, wofür die Ansteuerung selbst entwickelt wurde [8].

Bild 8 zeigt einen möglichen Ausschnitt des Displays. Das Bild wird von oben nach unten in 8 bit breiten Zeilen aufgebaut. Ist eine Reihe fertig aufgebaut, wird die nächste Reihe rechts neben der ersten aufgebaut. Da immer 8 Linien gleichzeitig gezeichnet werden müssen, müssen jeweils 8 Messwerte vorliegen. Diese Messwerte werden verzögert aufgenommen und in 8 Variablen geschrieben. Zusätzlich wird der letzte Messwert von den vorherigen 8 Messwerten gebraucht.

Thermodrucker

Der Drucker ist ein zentrales Modul, denn in einigen afrikanischen Krankenhäusern kommt der Arzt nur 2- bis 3-mal pro Woche, obwohl wöchentlich 300 Patienten betreut werden. In der Regel pflegen die Krankenschwestern diese Patienten. Sie zeichnen die Herzkurve auf und legen diese dem Arzt vor, sobald er da ist [9]. Der Medizintechniker Stefan Raabe aus Dar es Salaam erklärte, dass das Thermopapier nachts aus den EKGs genommen und im Kühlschrank aufbewahrt wird. Dies wird gemacht, um bei 70% Luftfeuchtigkeit und 35 °C Aussentemperatur (durchschnittlicher Novembertag) einen reibungslosen Betrieb zu garantieren. Ferner erläuterte er, dass eine Papierversorgung für Standardgeräte gut möglich sei. Selbst einheimische Firmen würden Thermopapier herstellen, jedoch nur für Standardgeräte. Spezielles Material wäre nicht erhältlich [10].

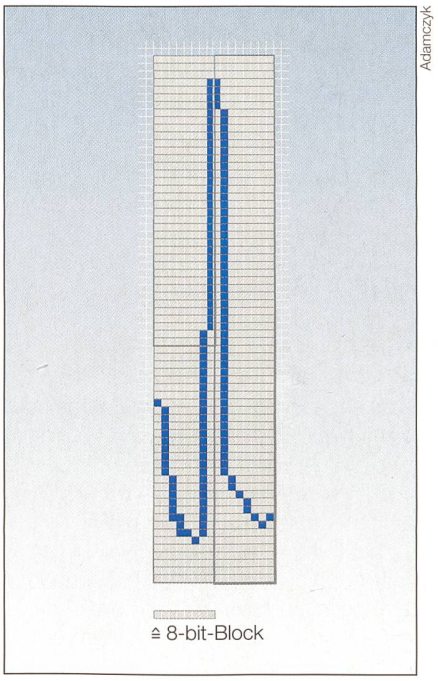


Bild 8 Bildaufbau des Displays.

Es wurde daher 57,5-mm-Thermopapier aus Kassen und Belegdruckern gewählt (Bild 9). Um dem Problem der täglichen EKG-Papierjustage entgegenzuwirken, wird unbedrucktes Papier verwendet, auf das das Raster mit der EKG-Kurve gedruckt wird. Der italienische Hersteller Custom produziert ein geeignetes Modell, dass über den Distributor Admatec aus Hamburg für 73 Euro (1000 Stück) erhältlich ist [11].

Ebenso wie das Display kann der Drucker nicht nur ASCII-Texte, sondern auch Grafiken drucken. Der Drucker erwartet 48 Byte an Daten, die einer dünnen, horizontalen Linie auf dem Thermopapier entsprechen. Kadiri nutzt bis jetzt nur die mittleren 32 Byte, da diese einfach mit dem 8-bit-Ergebnis des A/D-Wandlers zugeordnet werden können (Bild 10).

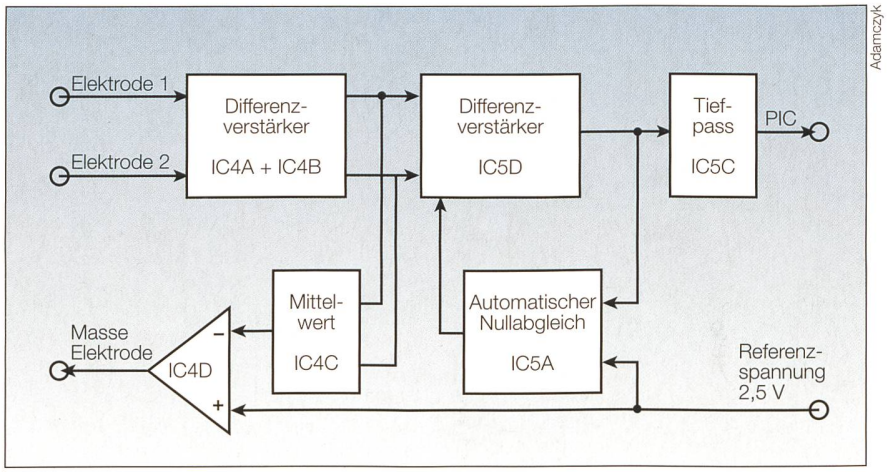
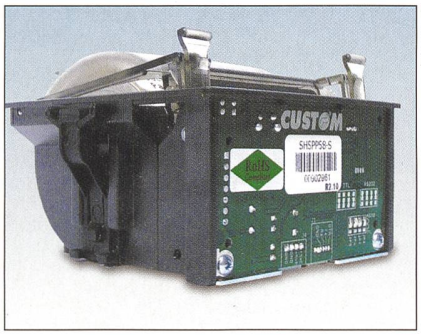


Bild 7 Die Messsignale im mV-Bereich werden an den Eingangspegel des Controllers von 5 V angepasst.



Adamczyk

Bild 9 Thermodrucker.

Der Energieverbrauch des Druckers ist nicht zu unterschätzen. Zwar ist dieser im Stand-by mit 100 mA gering, sobald jedoch gedruckt wird, kann er auf 3,3 A ansteigen [12]. Der Energieverbrauch ist hierbei direkt proportional zur bedruckten Fläche. Da Kadiri ausschliesslich Linien und Text druckt, liegt der Verbrauch bei 1–1,2 A.

Energiekonzept

Die Energieversorgung ist bei mobilen Geräten häufig der Schwachpunkt: Stille Verbraucher entladen den Akku. Für das EKG ist die autarke Energieversorgung wichtig. Denn im Christoph Le Blim Hospital in Dar es Salaam steht in der Regel für 2 bis 3 Stunden pro Tag das Stromnetz durch Generatoren. Diese werden eingeschaltet, um für Operationen die notwendige Energie für medizinische Geräte zu haben. Zudem nutzt man die Zeit, um sämtliche Akkugeräte zu laden [10].

Kadiri wird durch drei Energiequellen versorgt. Ein medizinisches Tischnetzteil (100–240 VAC), ein 1,5-W-Solarmodul und einen 7-Ah-Bleiakku (Bild 11). Die Spannung der Elektronik wurde auf 5 V konzipiert. Der Regelstromverbrauch liegt bei knapp 300 mA. Sobald der Thermodrucker druckt, steigt der Stromfluss auf 1,5 A.

Im Zentrum steht ein 7-Ah-Bleiakku, der über einen 5-A-Schaltregler eine Ausgangsspannung von 5 V mit einem Wirkungsgrad von 80% erzeugt. Sein Potenzial wird dabei von einem Spannungsmesser (LM3914) kontrolliert, der über einen Taster und 9 LEDs den Ladezustand angibt. Bevor eine Tiefentladung eintritt, ertönt ein akustisches Warnsignal. Ein Fotovoltaikmodul entlastet den Akku resp. lädt ihn stetig. Dieses amorphe Siliziummodul von Schott mit 1,5 W Nennleistung und einer nominellen Spannung von 18 V ist über den Laderegler mit dem Bleiakku verbunden [13, 14]. Es stellte sich heraus, dass amorphe Module widerstandsfähiger sind als glasgefasstes polykristallines Silizium.

Falls für das EKG ein Netzanschluss zur Verfügung steht, kann es über das Tischnetzteil bei Netzspannungen von 100 bis 240 V (Netzspannung Tansania 230 V) geladen werden.

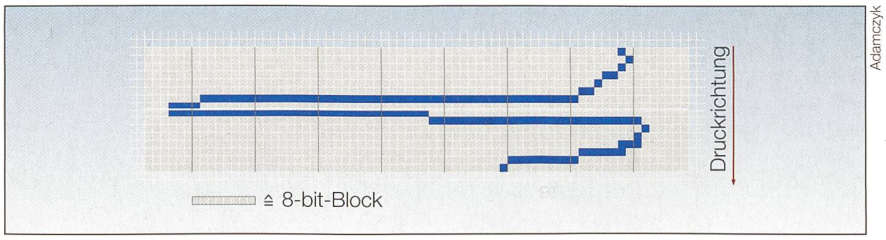
Charge-Funktion

Wenn das EKG über den Hauptschalter abgeschaltet wird und der Ladeschalter auf Off steht, läuft nur noch die Batterieüberwachung (Stromaufnahme 0,2 mA) [15]. Sobald der Ladeschalter auf On steht, lädt das Solarmodul den Akku schonend mit 100 mA über den Ladecontroller (UC3906). Sobald das EKG mit der Netzspannung verbunden ist, beginnt der Hauptladevorgang mit maximal 1,6 A. Ist der thermisch überwachte Ladeprozess abgeschlossen, wird dies durch die Kontroll-LED angezeigt. Wenn das EKG eines Patienten geschrieben wurde und die Krankenschwester das Gerät ausschaltet, lädt es sich automatisch, ohne dass sie das Laden erneut aktivieren muss. Versorgt das medizinische Tischnetzteil das EKG mit Energie, wird der Akku von den Stromverbrauchern per Relais getrennt. Die Energie für die Logik, den Display und den Drucker kommt dann nur noch aus der Steckdose, und der Akku wird parallel geladen.

Akku

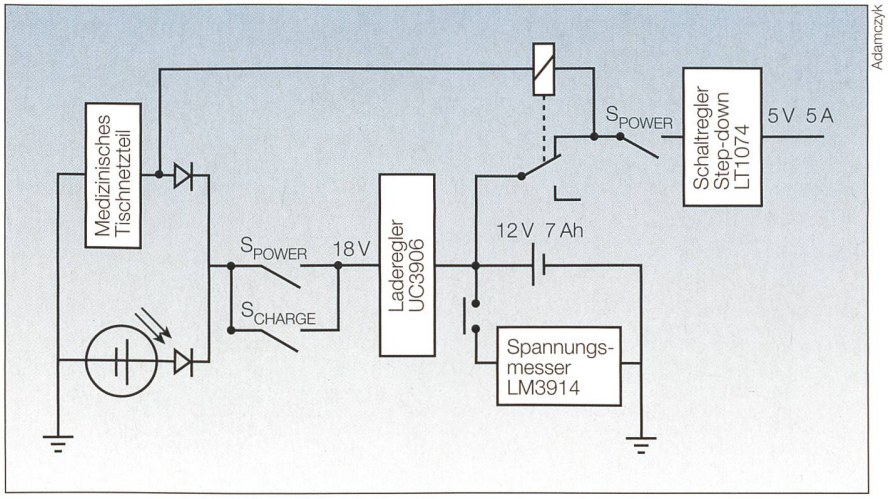
Für die Energieversorgung standen zwei Akkutypen zur Auswahl: NiCd und Blei. Aufgrund der höheren Kosten und des Wartungsbedarfs kamen Li-Ionen, Li-Polymer und NiMH nicht infrage [16]. Ein Nachteil von NiCd-Akkus ist ihre Umweltbelastung, weshalb die EU-Richtlinie 2002/95/EG ein Kadmiumverbot vorsieht [17]. NiCd-Akkus haben jedoch den Vorteil, dass ein voller Ladezyklus mit 1 h bis zu 16-mal kürzer ausfällt als der eines Bleiakkus. Zudem ist die Lebensdauer mit 1500 Ladezyklen fast 3-mal so hoch wie bei Bleiakkus [16]. Der Grund, weshalb dennoch Blei-Gel-Akkus eingesetzt werden, sind die Kosten und das Ladeverhalten für den Einsatz von Solarenergie. Im Einzelhandel sind standardisierte 12 V/7 A-Bleiakkus für 10 bis 15 Euro erhältlich (Bild 12). Bei NiCd wäre es etwa das 4-Fache.

Laut Stefan Raabe ist eine Akkuversorgung in grösseren Städten Tansanias möglich, jedoch nur für Standardmodelle und nicht für NiCd-Akkus. Die Basisspannung wurde deshalb mit 12 V gewählt. 9 V wären zwar aufgrund der 5-V-Hauptspannung effizienter (kleinerer Potenzialunterschied in der Spannungsreglung), jedoch würden Schwierigkeiten in der günstigen Akku-Beschaffung auftreten. Das EKG lässt sich so selbst mit dem Akku eines Jeeps betreiben. Aufgrund der hohen Temperaturen ist die Lebensdauer der Akkus im Vergleich zur Nutzbarkeit in Deutschland stark verkürzt. Erfahrungsgemäss lassen sie sich etwa ein Jahr nutzen [10].



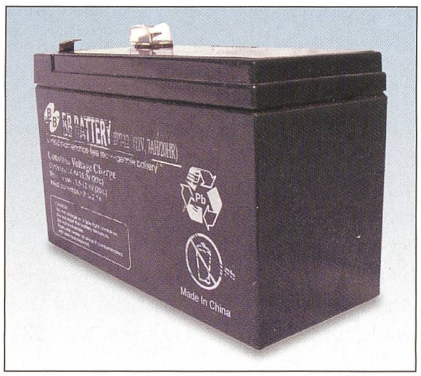
Adamczyk

Bild 10 Bildaufbau des Druckers.



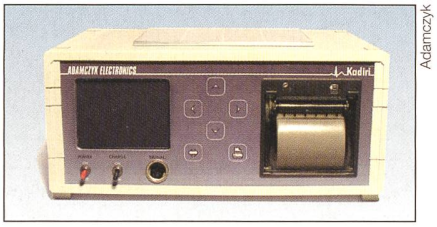
Adamczyk

Bild 11 Blockschaltbild der Spannungsversorgung.



Adamczyk

Bild 12 Im EGK wird ein weitverbreiteter Bleiakku eingesetzt.



Adamczyk

Bild 13 Bedienpanel des EKGs.

Messungen im Akkubetrieb durchzuführen. Netzspannungsschwankungen von 50 V und mehr sind vor allem in Grossstädten wie Dar es Salaam zu erwarten.

Kadiri ist im gegenwärtigen Zustand der Prototyp einer Forschungsarbeit und kein fertiges Industrieprodukt. Konzeptionell wurde es 2007 vor Ort in tansanischen Spitälern getestet, im Heart Institute in Dar es Salaam und im Lutheran Hospital im Inneren des Landes. Dies ist im Umkreis von 150 km die einzige Gesundheitsstätte und versorgt sich mit einer eigenen Solarstromversorgung. Aus den Erfahrungen in diesen Spitälern wurden Drucker und Energieversorgung überarbeitet.

Nächster Schritt für das EKG ist die medizingerätetechnische Lizenz und das CE-Zeichen. Kadiri entspricht als EKG-Monitor und -Schreiber der Gefährlichkeitsklasse 2a. Hierfür gelten die folgenden technischen Kriterien und Sonderbestimmungen: IED60601 und IED60601-1-2, IED60601-2-25, IED60601-2-51. Die Vorgehensweise für das CE-Kennzeichen ist in 93/42 EWG niedergeschrieben [18].

Erfahrungen in afrikanischen Spitälern

Bei den Bauelementen wurden DIL-Gehäuse gewählt. Da in ärmeren Regionen Ersatzteile häufig aus Altgeräten gelötet werden, ist eine Wartung bei DIL-Gehäusen im Vergleich zu SMD leichter. Auf der Forschungsreise in Tansania zeigte sich, dass möglichst auf Steckverbinder verzichtet werden sollte, da diese durch die Feuchtigkeit rasch korrodieren. Zudem empfiehlt es sich aufgrund der Störungen im Netz, die

Referenzen

[1] K. v. Olshausen und H.H. Börger: EKG-Information. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1987.

[2] R. Klinge: Das Elektrokardiogramm. Thieme Verlag, 1987.

[3] M. Wehr: Praktische Elektrokardiografie und Elektrophysiologie des Herzens. Gustav Fischer Verlag, 1988.

[4] M. Cremmel: Gameboy als Herzmonitor. Zeitschrift Elektor, Oktober 2006, S. 32–41.

[5] Gespräch mit Manfred Dornscheidt über die Lebensdauer von Displays in tropischen Ländern, November 2006 in München.

[6] Display-Angebot betreffend EW50793FLWP, 12/2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Glyn-EW50793FLWP.pdf.

[7] Spezifikationen EW50793FLWP, 09/2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Data-EW50793FLWP.pdf.

[8] Datenblatt LCD-Controller S1D13700, 09/2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Data-S1D13700.pdf.

[9] Gespräch mit Dr. Thomas Weber über Erfahrungen in Südafrika, November 2006 in Berchtesgaden.

[10] Telefonate mit Stefan Raabe in Dar es Salaam über die Situation in Tansania, November 2006.

[11] Drucker-Angebot betreffend PLUSIIP von Admatec, 12/2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Adamatec-PLUSIIP2B.pdf.

[12] Datenblatt DomeE-PlusII, Rev 1.00; 2007, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Data-PLUSII_eng.pdf

[13] Datenblatt Schott ASI OEM Outdoor Solar Modules, 2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/schott-data.pdf.

[14] Übersicht Schott ASI-OEM-Solarmodules for Outdoor, 06/2006, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/schott-modul.pdf.

[15] Datenblatt LM3914, 02/2003, http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/Data-lm3914.pdf.

[16] BatteryUniversity: Welches ist der beste Akku? http://felixad.ch/kadiri/jufo08/pdf/batteryuniversity.pdf, 7/2008.

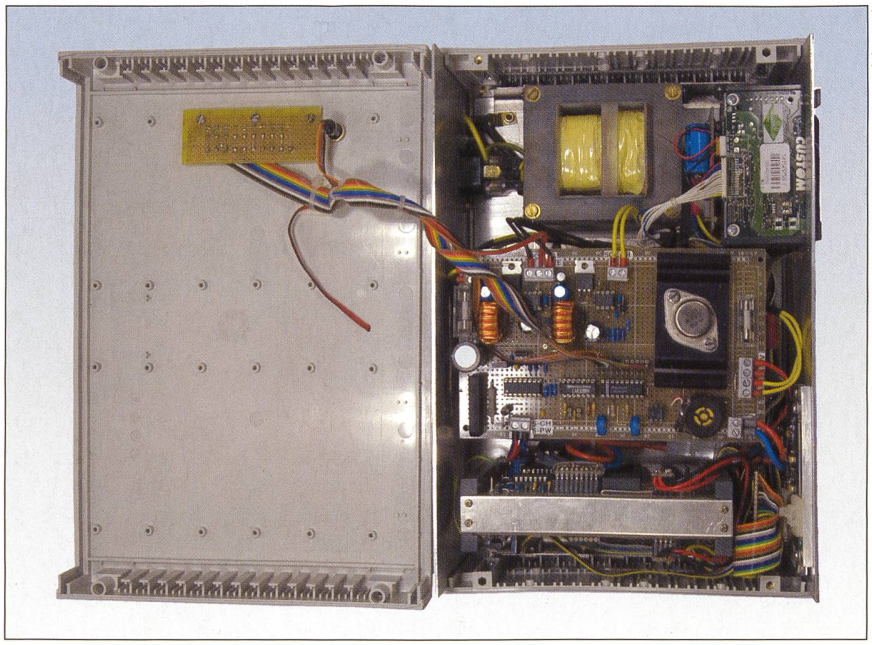
[17] Europäische-Union: Richtlinie 2002/95/EG, http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2003/l_037/l_03720030213de00190023.pdf.

[18] Telefonate mit Manfred Appel vom Tüv Süd und Tosja K. Zywietz von Biosigna Medical Diagnostics über Medizingerätezulassung, München, November 2006 und Mai 2008.

Angaben zum Autor

Felix Adamczyk machte 2006 sein Abitur in Bayern und studiert seit 2007 Elektrotechnik an der ETH Zürich. Neben dem Militärdienst und Industriepraktika verlief die Entwicklung von Kadiri von September 2006 bis Januar 2008.
Felix Adamczyk, 8050 Zürich, felixad@ee.ethz.ch

[1] EKG steht für Elektrokardiogramm. Im Prinzip ist es die Messung, man spricht im Alltag aber auch vom EKG als Messgerät.



Adamczyk

Bild 14 Geöffnetes EKG von oben, hier noch mit internem Netzteil.

Résumé

Un appareil ECG pour hôpitaux africains

Des exigences un peu différentes posées à un appareil ECG. Ce qui est installé dans toute ambulance en Europe manque à beaucoup d'hôpitaux d'Afrique et d'autres régions en voie de développement: un appareil ECG simple permettant d'enregistrer les cardiogrammes de patients ayant des problèmes cardiaques. Un produit européen moderne tomberait rapidement en panne en Afrique. Faute de pièces de rechange qui, dans les pays en voie de développement, doivent souvent être démontées de vieux téléviseurs et autres appareils d'électronique de loisirs, ils ne peuvent plus être réparés. «Kadiri» est un prototype d'ECG mobile pour l'Afrique et les régions en voie de développement, constitué de composants très simples, et néanmoins capable de résister à la chaleur et à l'humidité – et même de fonctionner en cas de panne de courant.