

# System zur Dokumentation und Optimierung der Stoffwechseleinstellung bei Typ-I-Diabetes mellitus

P. Kotanko<sup>1</sup>, H. Heiss<sup>1</sup>, W. Wild<sup>1</sup>, P. Wach<sup>2,3</sup>, G. Wießpeiner<sup>2</sup>, F. Skrabal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, Marschallgasse,

<sup>2</sup> Ludwig-Boltzmann-Institut für Technische Lebenshilfe und Institut für

<sup>3</sup> Biomedizinische Technik, Technische Universität Graz, Infeldgasse, 8020 Graz.

## Zusammenfassung

Basierend auf einem handelsüblichen Pocketcomputer mit 32 KByte Speicherplatz (Sharp 1403) entwickelten wir ein elektronisches Dokumentationssystem für Typ I Diabetiker. Für dieses Gerät wurde ein bidirektionales Interface zur Kommunikation mit dem Host-PC (AT-kompatibler PC) entwickelt. Der Pocketcomputer wird Typ I Diabetikern zur Verfügung gestellt und ermöglicht dem Patienten die tägliche Dokumentation von relevanten Parametern (Uhrzeit, Blutzuckerkonzentration, Kohlenhydratzufuhr, körperliche Aktivität, Insulingaben, Hypoglykämie) für einen Zeitraum von 2 Monaten. Bei den ambulanten Kontrollen werden die Daten auf den PC überspielt und mittels eines interaktiven Präsentationsprogrammes dargestellt. Der Patient und sein behandelnder Arzt haben die Möglichkeit mittels Wochengrafik, 2-Tages-Grafik, Durchschnittsdiagrammen und statistischer Analysen die Daten zu besprechen und therapeutische Verbesserungen gemeinsam zu erarbeiten. Darüber hinaus werden die Daten verwendet, um mittels dreier verschiedener Methoden ("expert rules", iterativer Verfahren und neuronaler Netzwerke) Therapievorschlüsse für die Insulindosierung auszuarbeiten. Diese Vorschläge werden wiederum in den Pocketcomputer überspielt und dienen als Grundlage der Insulintherapie bis zur nächsten ambulanten Kontrolle, bei der der Therapievorschlag aufgrund der zwischenzeitlich dazugewonnenen Daten neuerlich angepaßt wird. So entwickelt sich langsam ein individuelles Behandlungskonzept, das für den einzelnen Patienten "maßgeschneidert" ist.

## Einleitung

Zur Dokumentation seiner Stoffwechselkontrolle, insbesondere der zugeführten Nahrungseinheiten (Broteinheiten) und der applizierten Insulinmenge bedienen sich Diabetiker üblicherweise händischer Eintragungen in Tabellen oder graphischer Darstellungen der Zuckerverläufe in Standardformularen. In den letzten Jahren wurden mehrere Systeme zur elektronischen Dokumentation verschiedener für den Diabetiker relevanter Variablen (Aktivität, Insulinbedarf, Broteinheiten, Blutzuckerwerte) entwickelt. Diese Systeme basieren auf kleinen, taschenrechnerähnlichen Geräten, die über spezielle Funktionstasten die genannten Variablen aufnehmen können. Im deutschen Sprachraum werden im wesentlichen 2 derartige Systeme verwendet, einerseits das Diva-System

und andererseits das Camit-System (Fa. Boehringer). Beide Systeme dienen der elektronischen Datenspeicherung und verfügen über Schnittstellen zu Personal Computern. Nach der Datenübernahme in den PC können die gespeicherten Daten graphisch am Bildschirm dargestellt werden.

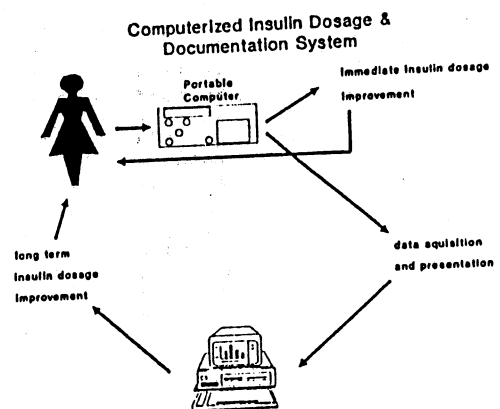
Die beiden erwähnten, elektronischen Systeme sind ausschließlich zur Dokumentation von Stoffwechselfparametern geeignet. Keines der genannten Systeme verfügt über die Möglichkeit eine Stoffwechsoptimierung herbeizuführen.

Ein derartiges System zur Stoffwechsoptimierung ist gegenwärtig von der Firma Becton&Dickinson am Markt erhältlich. Eine Datenspeicherung zur Übernahme auf einen PC ist jedoch nicht möglich, was die Fähigkeit zur Datendarstellung erheblich einschränkt.

In dieser Situation haben wir uns zur Entwicklung eines eigenen Systems entschlossen, welches beide Fähigkeiten in sich vereinigen soll, einerseits die Fähigkeit zur Dokumentation der stoffwechselrelevanten Daten bei Diabetikern mit einer entsprechenden graphischen Darstellung am PC und die Fähigkeit zur Optimierung der Stoffwechselkontrolle auf der Basis von Empfehlungen hinsichtlich der Insulintherapie.

## Methoden

Unser System besteht aus 3 Hardware-Komponenten und 3 Software-Komponenten (siehe schematische Abbildung).



## A) Hardware

1. Patientenrechner: dieser besteht aus einem modifizierten, handelsüblichen Rechner (Sharp 1403) mit einem Speicher von 32 KByte. Mit Hilfe eines einfach zu bedienenden interaktiven Programms kann der Patient alle stoffwechselrelevanten Parameter eingeben.

2. Interface zum PC: Für unseren Zweck wurde von uns eigens eine bidirektionale Schnittstelle zum Datentransfer von und zum PC entwickelt.

3. Handelsüblicher PC: in unserem Fall ein Mikrocomputer mit einem 80286 Mikroprozessor und einem Mathematik-Coprozessor 80287. An Hardware-Voraussetzungen sind 640 KByte RAM erforderlich. Das Interface wird über die serielle Schnittstelle angeschlossen.

## B) Software:

1. Programm am Patientenrechner: dieses ist zum Großteil in Maschinensprache geschrieben, es bewerkstelligt die Kommunikation mit dem Patienten.

2. Präsentations-Software am PC: dieses von uns entwickelte Programm ist in Turbo Pascal 5.5 geschrieben, es ermöglicht die Darstellung von Blutzuckerverläufen, Insulinalgaben, BE-Aufnahmen, Aktivität, weiters eine statistische Bearbeitung der Daten, Mittelwertdarstellungen und eine funktionelle Darstellung der Werte (präprandial versus postprandial).

3. Software zur Therapieoptimierung: In unserem System verwenden wir neuronale Netze zur Analyse der Daten und zur Durchführung der Therapieoptimierung. Die dafür notwendige Software wurde auf der Grundlage des Professional II der Firma Neuralware Inc. geschrieben.

## Ergebnisse

Gegenwärtig laufen Feldversuche bei 6 Patienten, diese benutzen die Geräte mittlerweile zwischen 2 und 6 Monate. Es erwies sich der Patientenrechner als benutzerfreundlich, es traten keine nennenswerten Probleme mit der Datendokumentation auf. Die Patienten suchen alle 4 bis 6 Wochen die Ambulanz unseres Hauses (Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, Marschallgasse, Graz) auf, es erfolgt dann die Datenübernahme in den PC. Auch die Datenübernahme war, abgesehen von einem Fall, stets problemlos. Diese eine Fehlfunktion war durch den Bruch einer Lötstelle begründet. Gemeinsam diskutieren bei jeder ambulanten Sprechstunde Patient und Arzt am PC die erhobenen Profile, die instruktive Software ermöglicht es dem Arzt und dem Patienten Fehler zu erkennen. Im Versuchstadium befindet sich derzeit noch die Aufbereitung der Daten mittels neuronale Netzwerke. Erste vorläufige Ergebnisse zeigen, daß eine Beschreibung des metabolischen Zustandes mittels neuronale Netzwerke möglich ist.

## Diskussion

Im vorliegenden Beitrag stellen wir ein neues System zur Dokumentation und Therapieoptimierung bei Typ I-Diabetes mellitus vor. Das System besteht aus neu entwickelten bzw. speziell adaptierten Hardware und Software-Komponenten. Das System vereinigt in sich die Möglichkeiten mehrerer auf dem Markt befindlicher Systeme, wobei zwei wesentliche Unterschiede bestehen:

1) Es erfolgt die Therapieoptimierung am PC, was auf Grund der größeren Rechenkapazität

die Anwendung komplexer Modelle erlaubt. Das auf dem Markt erhältliche Optimierungssystem der Firma Becton & Dickinson führt die Therapieoptimierung am Patientenrechner durch, was naturgemäß zu erheblichen Limitationen führt.

2) Der zweite große Unterschied besteht in der verwendeten Methode zur Therapieoptimierung. In der gesamten internationalen Literatur zu diesem Thema werden ausschließlich Therapievorschlüsse auf der Basis von sogenannten "expert rules" gegeben (1). Diese Methode weist zahlreiche Nachteile auf. Ein wesentlicher Nachteil liegt darin, daß sich eine Reihe von Stoffwechselfvorgängen beim Diabetiker nicht exakt beschreiben lassen. So unterliegt z.B. die Insulinfreigabe aus dem subkutanen Gewebe, die Bindung von Insulin an Antikörper, die Glukoseaufnahme in die Zellen und auch die Nahrungsaufnahme im Darm, großen individuellen Schwankungen. Die zur Verfügung stehenden Variablen beschreiben das metabolische System nicht hinreichend, die individuellen Unterschiede machen die Verwendung von generalisierten Regeln äußerst problematisch. Dieser Nachteil wird von neuronalen Netzwerken nicht geteilt, neuronale Netzwerke sind in hohem Maße in der Lage, individuelle Muster zu erkennen (2). Der Nachteil neuronaler Netzwerke besteht darin, daß sie einen erheblichen Rechenaufwand besitzen, ein Umstand, der die Verwendung von leistungsfähigen Computeranlagen notwendig macht. Dieser Rechenaufwand kann z.B. durch rasche Mikrocomputer geleistet werden.

Die zukünftige Forschung auf diesem Gebiet wird sich insbesondere mit der Erfassung zeitabhängiger Schwankungen im Ansprechen auf Insulin, individueller Unterschiede und in der Suche nach geeigneten Datentransformationen und mit dem Design entsprechender neuronaler Netze befassen.

Gefördert vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.

## Literatur

(1) Skyler JS, Skyler DL, Seigler DE, O'Sullivan MJ. Algorithms for adjustment of insulin dosage by patients who monitor blood glucose. Diab Care 4 (1981) 311-318.

(2) Lippmann RP. An introduction to computing with neural nets. IEEE ASSP Mag 4/1987; 4-22.