

EIN EXPERTENSYSTEM ZUR INTERPRETATION KARDIOVASKULÄRER BEFUNDE

Dorninger T^{1,2}, Krocza J², Rappelsberger A¹, Adlassnig KP¹

Kurzfassung

Als Ergänzung zu dem neuartigen Blutdruckmessgerät CardioMon™, das neben Blutdruckwerten und Herzfrequenz auch die kardiovaskulären Größen Schlagvolumen, totaler peripherer Widerstand und Pulswellengeschwindigkeit erfasst, wurde ein Expertensystem entwickelt, das diese Daten klinisch sinnvoll interpretiert. Dabei werden auch Verdachtsdiagnosen und Therapieempfehlungen ausgegeben. Die Verdachtsdiagnosen werden unter Zuhilfenahme von zuvor konstruierten Entscheidungsbäumen sowie einer kombinatorischen Verknüpfung der qualitativ bewerteten Eingangsgrößen (normal, erhöht, erniedrigt) erstellt. Das System ist zur Unterstützung für praktische Ärzte sowie für Internisten/Kardiologen vorgesehen. Weiters wurden im Zuge der Arbeit Verbesserungsvorschläge erstellt; diese beinhalten als Empfehlung eine Fuzzifizierung aller scharfen medizinischen Grenzwerte im System sowie eine Erweiterung der Methodik zur Erstellung von Differentialdiagnosen.

1. Einleitung

Laut [1] leidet in Österreich jeder vierte Mensch an Bluthochdruck. Obwohl man sich allgemein über die Ernsthaftigkeit einer Hypertonie im Klaren ist, kennen nur etwa 50% der Betroffenen ihre eigenen Blutdruckwerte. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass jede zweite Bluthochdruckkrankheit in Österreich nicht erkannt wird [1] (zum Vergleich: in den USA wissen circa 70% über ihre Hypertonie Bescheid).

Die DETECT-Studie [2] ergab, dass nur circa 55% der Patienten mit Bluthochdruck von ihrem Hausarzt medikamentös therapiert werden. Weiters wurde in dieser Studie festgestellt, dass Kardiologen sowie Hausärzte in 60% der Fälle einen Patienten als „optimal eingestellt“ einstufen, obwohl dies nur in 35% der Fälle zutrifft. Mit dem Ziel der Verbesserung der Qualität der Erkennung und Versorgung von Hypertoniepatienten, wurde von den Austrian Research Centers in Seibersdorf das Gerät CardioMon™ entwickelt, das von der Firma Medifina weiterentwickelt und vertrieben wird. Dieses Gerät ist ein Hilfsmittel, das dem Anwender zusätzliche, über die Messung mit herkömmlichen Blutdruckmessgeräten hinausgehende Parameter, die alle nicht-invasiv erfasst werden, bietet. So werden neben dem systolischen und diastolischen Blutdruck sowie der Herzfrequenz auch das Schlagvolumen, die Pulswellengeschwindigkeit und der totale periphere Widerstand bestimmt.

¹ Institut für Medizinische Experten- und Wissensbasierte Systeme, Medizinische Universität Wien, Wien

² Medifina Medizinprodukte-Vertriebs GmbH, Wien

Aufbauend auf dieser neuen Möglichkeit, diese hämodynamischen Parameter in der ärztlichen Praxis nicht-invasiv bestimmen zu können, wurde ein Expertensystem erstellt, das die gemessenen Daten klinisch sinnvoll interpretiert, Verdachtsdiagnosen erstellt und Therapieempfehlungen anbietet.

2. Methoden

Der erste Schritt bei der Anwendung besteht darin, die gemessenen Daten durch Vergleich mit Referenzbereichen als normal, erhöht oder erniedrigt zu klassifizieren und damit ein erstes, höheres Informationsniveau zu erreichen. Hierbei wird dem Benutzer sofort angezeigt, welche Werte außerhalb der Norm liegen. Weiters wurden vier Entscheidungsbäume erstellt, die jeweils einen Zusammenhang zwischen dem Blutdruck und den Messwerten der Parameter Herzfrequenz, Schlagvolumen, Pulswellengeschwindigkeit und totalem peripheren Widerstand herstellen (Abbildung 1). Dies bedeutet, dass sich für Blutdruck sowie jeden Messwert der vier zusätzlichen Parameter eine Verdachtsdiagnose ergibt. Zum Beispiel folgt aus Blutdruck erhöht und Herzfrequenz niedrig eine Verdachtsdiagnose, aus Blutdruck erhöht und Schlagvolumen erhöht eine zweite Verdachtsdiagnose, dann eine dritte und noch eine vierte. Das Ergebnis dieser Methode sind somit vier Verdachtsdiagnosen; aufgrund von Blutdruck und den anderen vier analysierten Messwerten. Diese können jedoch auch widersprüchlich sein. Mit diesem Vorgehen kann gut auf die Ursachen der Hyper- und Hypotonie eingegangen werden, da jene Parameter mit Blutdruck kombiniert werden, von denen bekannt ist, dass sie den Blutdruck ansteigen oder absinken lassen. Die Einteilung des Blutdrucks erfolgte hier in Anlehnung an die Klassifikation der Blutdruckwerte nach den Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Hypertensiologie, Wien, [3] und der WHO.

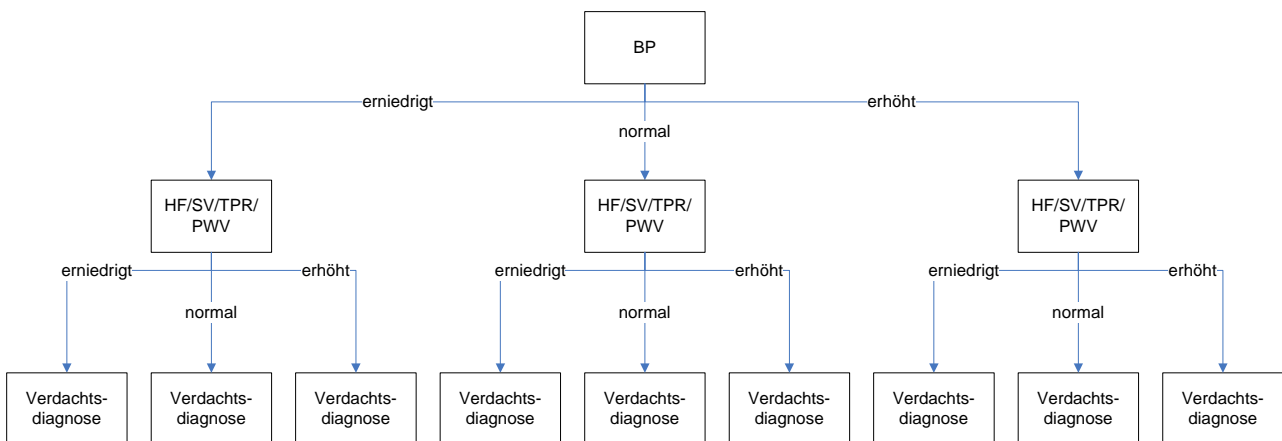


Abbildung 1: Zusammenfassende schematische Darstellung der vier konstruierten Entscheidungsbäume; BP Blutdruck, HF Herzfrequenz, SV Schlagvolumen, TPR totaler peripherer Widerstand, PWV Pulswellengeschwindigkeit

Um das Problem der zum Teil widersprüchlichen Verdachtsdiagnosen zu vermeiden, wurde vom ersten Ansatz Abstand genommen und ein kombinatorischer Ansatz gewählt. Dabei wurden die Parameter Herzfrequenz, Schlagvolumen, totaler peripherer Widerstand und die Pulswellengeschwindigkeit – im Gegensatz zur Methode der Entscheidungsbäume, bei der die Parameter einzeln in Relation zum Blutdruck bewertet werden – in einen gesamt-kombinatorischen Zusammenhang gesetzt. Dazu wurde jeder Messwert ebenfalls als normal, erhöht oder erniedrigt klassifiziert. Aus der Kombination der klassifizierten Messwerte ergeben sich 3^4 Möglichkeiten für Verdachtsdiagnosen.

sen, die jedoch nicht alle klinisch sinnvoll sind, da die Messwerte nicht gänzlich voneinander unabhängig sind.

Tabelle 1: Auszug aus der Diagnose- bzw. Verdachtsdiagnoseerstellung mittels Kombination der Parameter HF Herzfrequenz, SV Schlagvolumen, TPR totaler peripherer Widerstand, PWV Pulswellengeschwindigkeit, „-“ Wert im Normalbereich, „↑“ erhöhter Wert

Regel	HF	SV	TPR	PWV	Interpretation
11	-	↑	-	↑	Es ist abzuklären, aus welchem Grund das Schlagvolumen erhöht ist (Herzvergrößerung – dilatiert oder hypertrophiert – verstärkte sympatische Aktivität; verstärkter venöser Rückstrom; Änderung des Biochemismus aufgrund erhöhten Ausdauertrainings). Dies lässt sich am besten mit einem Echokardiogramm oder teilweise durch Auskultation feststellen. Die erhöhte Pulswellengeschwindigkeit ist ein Zeichen für eine atherosklerotische Erkrankung, die durch Eindämmung der atherosklerotischen Risikofaktoren (zuviel Cholesterin, Bewegungsmangel, Alkohol, Übergewicht, Hypertonie) oder medikamentös gesenkt werden kann.

Zusätzlich zu den Verdachtsdiagnosen wird bei konkreter Anwendung mittels anamnestischer Fragen abgeklärt, ob dieser Verdacht auf einer sekundären Form der Hypertonie beruht. Muss eine solche Annahme getroffen werden, wird dem Benutzer mitgeteilt, welches Vorgehen und welche Befunde notwendig sind, um diesen Verdacht entweder zu bestätigen oder zu widerlegen (siehe *Abbildung 2*). In beiden Konzepten – den Entscheidungsbäumen sowie dem kombinatorischen Ansatz – wurden die Regeln sowie die Verdachtsdiagnosen aus der Literatur abgeleitet und mit den Aussagen zweier Experten [4,5] abgeglichen. In *Abbildung 3* sind die Grenzwerte aufgelistet, mit deren Hilfe eine Kategorisierung der Messgrößen [6] in normal, erhöht oder erniedrigt vorgenommen wurde.

3. Ergebnisse

Im Zuge einer Diplomarbeit wurde ein Prototyp entwickelt, der die Grundfunktionen des Systems veranschaulicht. Das System beinhaltet die beschriebenen Methoden und dient als Diskussionsgrundlage sowie zur Anwendungsvalidierung (siehe *Abbildung 3*). Derzeit erfolgt der Import der Messwerte noch über ein vom Gerät CardioMon™ exportiertes CSV-File. Eine manuelle Eingabe der Patientendaten ist ebenfalls möglich. In weiterer Folge wird dieser Schritt automatisiert und die Verdachtsdiagnose sowie die Therapieempfehlung werden im Anschluss an die Messung präsentiert. Der Prototyp bietet weiters die Möglichkeit, wichtige differentialdiagnostische Fragestellungen anzukreuzen, worauf das Programm dann einen differentialdiagnostischen Verdacht formuliert und ggf. einen Vorschlag ausgibt, mit welchen weiteren Untersuchungen ein solcher Verdacht abgeklärt werden könnte.

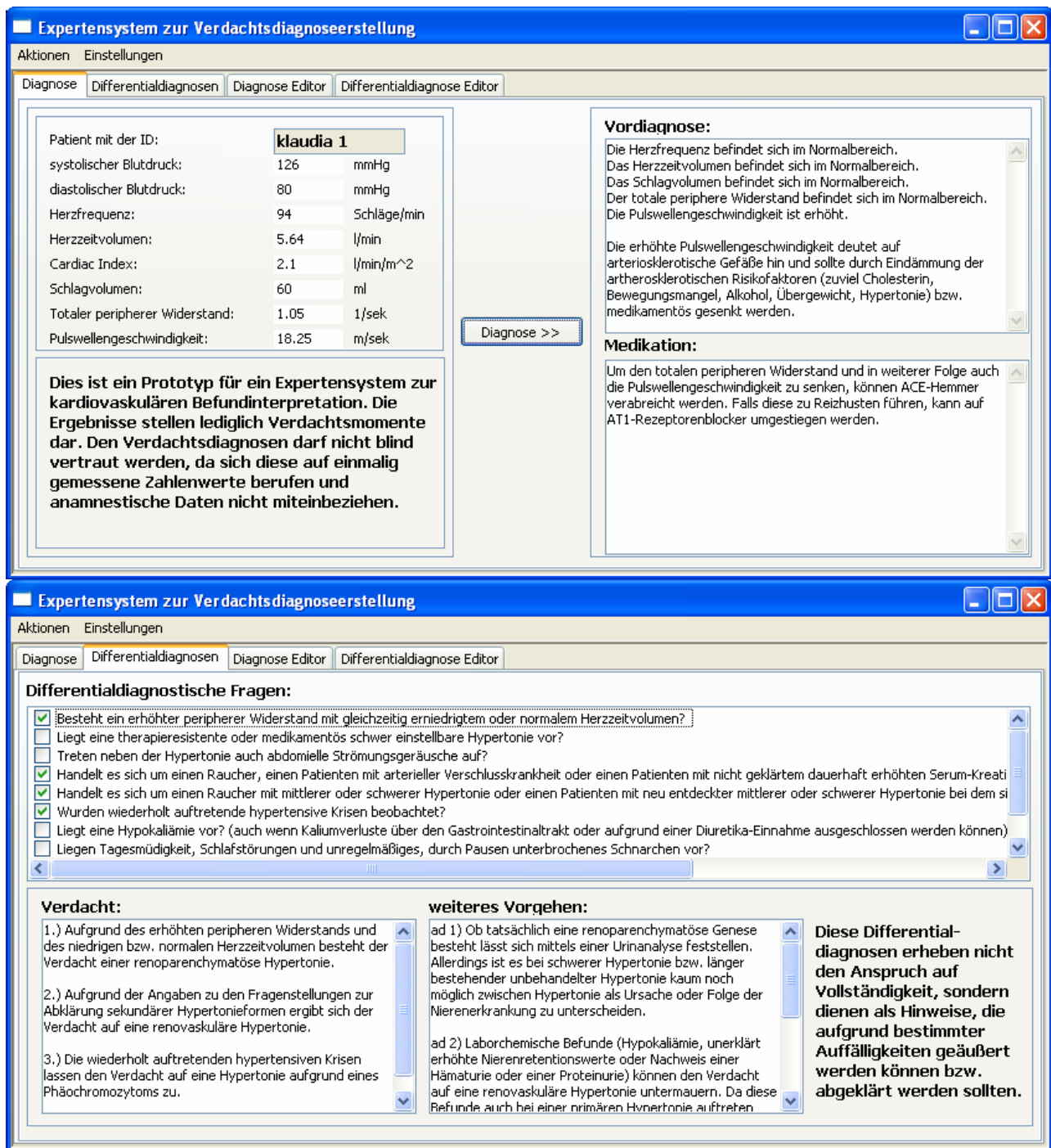


Abbildung 2: Beispielschirme des Expertensystems

4. Diskussion

Die Methode der Entscheidungsbäume berücksichtigt den Blutdruck sowie nur jeweils einen weiteren Parameter. Sie gibt für jeden Messwert eine zielgerichtete Empfehlung in Relation zu dem Blutdruck. Überschneidungen bzw. widersprüchliche Aussagen werden dabei zugelassen. Doch können so die einzelnen Werte zielgerichtet therapiert sowie Empfehlungen für weitere Untersuchungen angegeben werden.

	MIN	MAX
HF	60 $\frac{1}{sek}$	100 $\frac{1}{sek}$
SV	60 ml	90 ml
TPR	0,8 $\frac{mmHg*s}{ml}$	1,3 $\frac{mmHg*s}{ml}$
PWV	8 $\frac{m}{s}$	12 $\frac{m}{s}$

Abbildung 3: Grenzwerte der Parameter HF Herzfrequenz, SV Schlagvolumen, TPR totaler peripherer Widerstand, PWV Pulswellengeschwindigkeit

Der Vorteil der kombinatorischen Methode liegt darin, dass die einzelnen Messwerte in einem gemeinsamen Kontext betrachtet werden und so genaueren Aufschluss über den Zustand des Patienten geben können. Damit kann eine ganzheitliche Diagnose- und Therapieempfehlung erstellt werden. Weiters wird die Möglichkeit der Erstellung von Differentialdiagnosen erleichtert.

Das System beschränkt sich mit seinen Verdachtsdiagnosen auf Patienten, die entweder beschwerdefrei sind oder über Beschwerden klagen jedoch keine Medikamente einnehmen. Deshalb empfiehlt sich eine Erweiterung des Systems, so dass die Wechselwirkungen der Medikamente bzw. deren Auswirkungen auf die kardiovaskulären Parameter mit einbezogen werden, um so das System auch für Patienten mit bestehender Medikation anwendbar zu machen.

Obwohl eine Validierung noch aussteht, wurden die Methoden der Diagnosefindung und die Aussagen der Verdachtsdiagnosen gemeinsam mit Ärzten [4,5] erarbeitet und von diesen als valide und potenziell nutzbringend für den Einsatz im Bereich der praktischen Ärzte sowie für den Bereich der Inneren Medizin/Kardiologie bezeichnet. Bei einer initialen Diskussionsrunde hob auch ein Hypertoniespezialist [7] den Nutzen einer solchen Anwendung und dessen Beitrag zur Steigerung der Qualität bei der Behandlung des Bluthochdrucks hervor. Allgemein war während der Arbeit eine hohe Akzeptanz und großes Interesse auf Seiten der praktischen Ärzte und Internisten/Kardiologen feststellbar.

5. Schlussfolgerung

Das vorliegende System zeigt die Anwendbarkeit einer automatisierten Diagnoseunterstützung für kardiovaskuläre Erkrankungen. Um daraus ein klinisch einsetzbares Instrument zu schaffen, bedarf es weiterer Arbeiten. So können die noch derzeit scharfen Grenzwerte für die Klassifikation der Messwerte (normal, erhöht oder erniedrigt) fuzzifiziert werden (vgl. [8]).

In der Diplomarbeit wurden auch Möglichkeiten aufgezeigt, wie man das System noch weiter ausbauen kann, um dem Benutzer die Handhabung komfortabler und effizienter zu gestalten. So wären zum Beispiel für den Anwender nachvollziehbare Erklärungen der Diagnoseentscheidung wünschenswert und mittels Updates der Software könnte dem Anwender die Möglichkeit geboten werden, stets die aktuellen Medikamentenempfehlungen zur Therapie ins System einzuspeisen.

Im Gegensatz zu anderen Expertensystemen wie dem „SEC – Kardiologie-Expertensystem zur Vor-diagnose“ [9] liefert das für das Gerät CardioMon™ entwickelte System eine – wenn dies aufgrund der Daten möglich ist – spezifische Verdachtsdiagnose und eine konkrete weitere differentialdiagnostische Vorgehensweise sowie einen Therapievorschlag. Das Expertensystem SEC, das eben-

falls zur Unterstützung nicht-spezialisierter Allgemeinmediziner dient, liefert nach der Berechnung der EKG-Daten unter Einbeziehung von Anamnese, physikalischer Untersuchung, Risikofaktoren und Symptomen lediglich eine von drei möglichen Diagnosen: geringe, mittlere oder hohe Herzinfarkt-wahrscheinlichkeit.

Bisher gibt es noch keine Anwendung, die mit Hilfe der Parameter Schlagvolumen, totaler peripherer Widerstand und Pulswellengeschwindigkeit eine vergleichbare Interpretation der Daten ermöglicht. Zwar gibt es verwandte Produkte wie z. B. das Gerät CardioVision MS-2000 [10], das mit Hilfe des Arterien-Starre-Index, Cholesterinwerten und Anamnesedaten ein Risikoprofil nach Framingham [11] erstellt und somit wieder nur eine Kategorisierung des Risikos vornimmt, aber keine Interpretation der Messdaten durchführt.

Nach einer umfassenden Anwendungsvalidierung des Systems kann dieses zu einer erheblichen Verbesserung der Diagnose und der Therapieeinstellung, sowie – wenn es flächendeckend zum Einsatz kommt – zu einer Standardisierung der Therapie von Hyper- und Hypotonie beitragen.

6. Literatur

- [1] M. HEINRICH: Revolution in der Bluthochdruck-Definition, ÖAZ Aktuell 13, 2003; 608
- [2] MEDIZIN MEDIEN AUSTRIA (Hrsg.): Auch Kardiologe patzt beim Hypertonus, Medical Tribune 42, 4: 11 (2007)
- [3] J. SLANY, D. MAGOMETSCHNIGG, G. MAYER: Klassifikation, Diagnostik und Therapie der Hypertonie 2007 - Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Hypertensiologie, Journal für Hypertonie 2007; 11 (1), 7-11
- [4] DR. IRENE OHNUTEK, Fachärztin für Innere Medizin, 1. Medizinische Abteilung des Kaiserin Elisabeth Spitals, Wien, persönliche Kommunikation
- [5] DR. RAINALD MARTYS, Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie, 1. Medizinische Abteilung des Kaiserin Elisabeth Spitals, Wien, persönliche Kommunikation
- [6] H.W. STRIEBEL: Operative Intensivmedizin – Sicherheit in der klinischen Praxis, Schattauer Verlag, Stuttgart, 2007; 736
- [7] UNIV. PROF. DR. DIETER MAGOMETSCHNIGG, Institut für Hypertoniker, Wien, persönliche Kommunikation
- [8] K.-P. ADLASSNIG: Uniform Representation of Vagueness and Imprecision in Patient's Medical Findings Using Fuzzy Sets. In R. Trappl (Ed.) Cybernetics and Systems'88, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 685-692
- [9] C. TRAEGER: SEC – Kardiologie-Expertensystem zur Vordiagnose, Deutsches Ärzteblatt/PraxisComputer 1, 1999; 96 (11), 19
- [10] VITAL-AGE GMBH: CardioVision MS-2000, Online-Dokument, <http://www.vital-age.de>, Stand: 20. 3. 2009
- [11] P.W.F. WILSON: Prediction of Coronary Heart Disease Using Risk Factor Categories, Circulation 1998;97:1837-1847