

SIMULATIONSMODELL ZUR KOSTENABSCHÄTZUNG IN DER TELEMEDIZINISCHEN VERSORGUNG VON HERZINSUFFIZIENZPATIENTEN

Schröttner J¹, Lassnig A¹, Liebmann A¹, Kastner P², Schreier G²

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird ein Modell beschrieben, welches nach der Methode der ereignisorientierten Modellierung entwickelt wurde, um die Betreuungsabläufe der konventionellen Behandlung und der telemedizinischen Betreuung herzinsuffizienter Patienten sowohl außerhalb als auch in der Klinik nachzubilden und die dabei anfallenden Kosten zu berechnen. Das entwickelte Modell bietet die Möglichkeit eine Vielzahl an Szenarien zu simulieren. Anhand der Analyse erster Simulationen für unterschiedliche Finanzierungsvarianten konnten aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

Abstract

By using the discrete event modelling simulation method the aim of this work was to compare conventional medical care and telemonitoring care of patients suffering from chronic heart failure. The model takes account of outpatient care as well as inpatient care for the calculation of the incurred costs. The developed model provides the opportunity to simulate various scenarios, whereby cost estimations for future health care solutions with telemedicine can be compared with each other. First analyses of simulations for different financing alternatives show meaningful results.

Keywords – Modellierung, Simulation, Telemonitoring, Herzinsuffizienz, Kosten

1. Einleitung

Aus der demographischen Entwicklung ist erkennbar, dass sich die österreichische wie auch die europäische Gesellschaft im Wandel befindet. Nach Abschätzungen der Bevölkerungsentwicklung ist in der Altersgruppe 60 Jahre und älter ein starker Zuwachs zu erwarten [9]. Es wird prognostiziert, dass Österreich in 20 Jahren 9 Mio. Einwohner zählen wird, wobei jeder Vierte über 60 Jahre und jeder Neunte über 75 Jahre alt sein wird. Dieser zu erwartende Anstieg älterer Personen in der Bevölkerung stellt eine ungemeine Herausforderung für das Gesundheitssystem dar, da damit auch ein Anstieg der chronisch kranken Patienten einhergeht. Knapp 70% der zwischen 70 und 79 Jahre alten Menschen werden zumindest eine der fünf meistverbreiteten chronischen Krankheiten erleiden, wie z.B. Herzinsuffizienz, die zu den häufigsten internistischen Erkrankungen zählt. Im Alter zwischen 45 und 55 Jahren leiden rund 1% der Bevölkerung an einer Herzinsuffizienz, zwischen

1 Institute of Health Care Engineering, University of Technology Graz, Graz

2 Information Management & eHealth, Austrian Institute of Technology GmbH, Graz

dem 65. und 75. Lebensjahr sind es bereits 2 bis 5% und im Alter über 80 Jahren etwa 10% [4, 5]. Die für die Betreuung dieser Patienten entstehenden Kosten werden dementsprechend ansteigen. Neue Versorgungsformen wie zum Beispiel die Betreuungsmöglichkeit mittels Telemedizin können für die zukünftige Finanzierung eine wichtige Rolle spielen.

Der Vorteil der telemedizinischen Betreuung von Patienten die an Herzinsuffizienz leiden liegt darin, dass Symptome und anormale medizinische Parameter früher festgestellt werden können als bei Routine- oder Notfalluntersuchungen. Dadurch wird eine frühzeitige Behandlung ermöglicht, der Krankheitszustand kann eher stabilisiert werden und häufige Arztbesuche und/oder Krankenhausaufenthalte können vermieden und/oder verkürzt werden [6]. Dies wird beispielsweise durch das Telemedizin-Projekt Zertiva der Techniker Krankenkasse unterstrichen, dessen Ergebnisse einer durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalyse sowohl verringerte Kosten im stationären Sektor als auch einen erhöhten Behandlungserfolg zeigen [3].

Im Zuge dieser Arbeit wurden daher die Betreuungsverläufe der konventionellen Behandlung und der telemedizinischen Betreuung sowohl außerhalb als auch in der Klinik in einem Modell nachgebildet, um neue Betreuungs- und Finanzierungsvarianten hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz miteinander vergleichen zu können.

2. Methoden

Die Erstellung des Modells erfolgte mit Hilfe der Simulationssoftware AnylogicTM® (XJ Technologies, Russische Föderation) nach der Methode der ereignisorientierten Modellierung. Es handelt sich hierbei um eine Methode mit mittleren bis niedrigem Abstraktionsgrad mit welcher unter zu Hilfenahme von Objekten und Ressourcen ereignisorientierte Abläufe beschrieben werden können. Der Behandlungsablauf der konventionellen und der telemedizinischen Betreuung ist nicht ident, daher wurde jeweils ein eigenständiges Modell programmiert [10]. Die Modelle sind aus jeweils vier Modulen aufgebaut, wobei in jedem Modul Patienten aus einer der 4 modellierten NYHA-Klassen (New York Heart Association) abgehandelt werden [1]. Jedes dieser Module besteht wiederum aus zwei Blöcken, wobei der erste Block die Betreuung des Patienten außerhalb der Klinik darstellt, während im zweiten Block die Betreuung des Patienten innerhalb des Krankenhauses modelliert wurde. Die Unterschiede, die sich auf Grund des Einsatzes des Telemonitoringsystems bei der Betreuung der Patienten gegenüber der konventionellen Behandlung ergeben, betreffen im Modell ausschließlich den Ablauf außerhalb der Klinik. Der Behandlungsablauf in der Klinik ist für beide Betreuungsvarianten gleich aufgebaut.

2.1. Telemedizinische Betreuung

Der Behandlungsablauf für die telemedizinische Betreuung ist entsprechend dem Ablauf der randomisierten, multizentrischen MOBITEL-Studie [8] modelliert. Der Patient wird mit Hilfe eines Telemonitoringsystems regelmäßig überwacht, und ist angehalten sein Körpergewicht, den Blutdruck, die Herzfrequenz und die Medikation einmal pro Tag an ein Telemedizinisches Zentrum zu übermitteln. Wird eine Verschlechterung der Vitalparameter erkannt, wird der behandelnde Arzt benachrichtigt, um eine geeignete Intervention einzuleiten. Der vereinfachte Ablauf der telemedizinischen Betreuung ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Übernahme der Patienten in einen möglichen stationären Behandlungsprozess ist als Block 2 in der Abbildung 1 dargestellt.

Die Kosten der Telemedizinanwendung können einerseits über eine monatliche Pauschale berücksichtigt werden, andererseits besteht auch die Möglichkeit die Kosten für das Patientenequipment, monatliche Fixkosten sowie Extrakosten für zusätzliche Aufwendungen individuell festzulegen.

2.2. Modellierung der Betreuung der Patienten innerhalb der Klinik

Das Modell unterscheidet bei der Betreuung in der Klinik zwischen der Aufnahme in den stationären Bereich und der Aufnahme in den Intensivbereich. Die Berechnung der anfallenden Kosten pro Patient erfolgt nach dem LKF Modell 2009 [2]. Neben den stationären Aufenthalten und Aufenthalten in Intensivstationen wurde im Modell auch die Möglichkeit implementiert Kosten von medizinischen Einzelleistungen zu berücksichtigen.

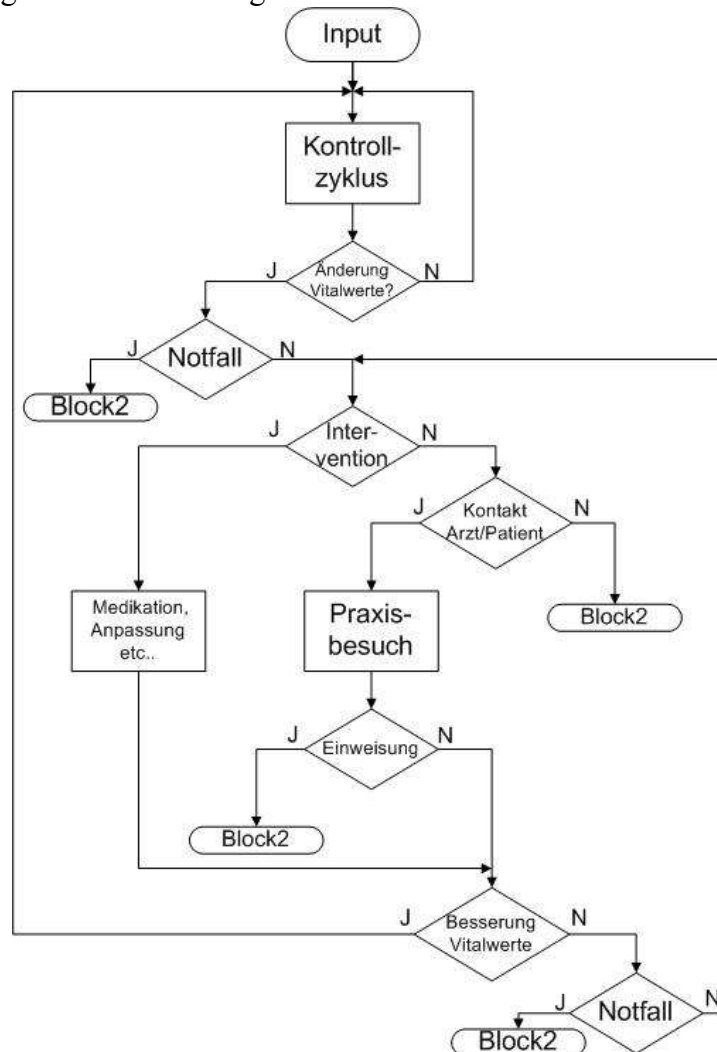


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des Behandlungsablaufs mittels telemedizinischer Betreuung

2.3. Modellsimulationen

Basierend auf der NYHA Verteilung der Telemedizinerguppe der MOBITEL Studie [8] und der NYHA Verteilung des Herzinsuffizienz-Register- (HIR) Austria [7] wurden Modellsimulationen für unterschiedliche Finanzierungsvarianten der telemedizinischen Betreuung im Vergleich zur konventionellen Betreuung analysiert. In der *Tabelle 1* sind die Verteilungen für die NYHA Klassen II bis IV angegeben. Ausgehend von diesen Daten wurde für die Simulationen mit einem Probandenkollektiv von insgesamt 1000 Patienten gerechnet. Als Finanzierungsvarianten wurde einerseits die Möglichkeit einer monatlichen Pauschale zur Abgeltung der Telemedizinikosten berücksichtigt und andererseits wurde mit monatlichen Fixkosten für Wartung und Service, Anschaffungskosten und einer zusätzlichen Pauschale für den Monitoring-Arzt gerechnet. Die Kosten hierfür wurden

mit 2.000 € für die Anschaffungskosten, 10.000 € für die Wartung und Service sowie 50 € für die ärztliche Betreuung für die Simulationen angenommen. Hierbei ist anzumerken, dass diese angenommenen Detailkosten für die beiden Finanzierungsvarianten als Anhaltspunkt für zukünftige Simulationen dienen sollen.

Tabelle 1: In der Simulation verwendete prozentuelle Patientenverteilung nach NYHA Klassen

NYHA Stadium	Patientenanzahl [%]	
	MOBITEL Studie [6]	HIR AUSTRIA[9]
NYHA II	13,0%	60,7%
NYHA III	61,0%	37,2%
NYHA IV	26,0%	2,1%

3. Ergebnisse

3.1. Modellentwicklung

Das Modell bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten Szenarien zu erstellen, um so unterschiedliche Betreuungsvarianten hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz miteinander vergleichen zu können. Das entwickelte Modell berücksichtigt sowohl die Behandlung der Patienten außerhalb wie auch innerhalb der Klinik, wobei auch eventuelle Aufenthalte von Patienten auf Intensivstationen und die Durchführung medizinischer Einzelleistungen zur Berechnung der Gesamtkosten mitberücksichtigt werden könnten. Die Ergebnisse der Gesamt- und Einzelkosten können getrennt für jede NYHA - Klasse sowohl numerisch als auch graphisch dargestellt werden.

3.2. Simulationsergebnisse

Das Diagramm in *Abbildung 2* zeigt den Vergleich der entstehenden Gesamtkosten der telemedizinischen Betreuung über alle NYHA Gruppen bezogen auf die Gesamtkosten, die aufgrund der konventionellen Behandlung entstehen würden. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass sich die Gesamtkosten zwischen den in den Simulationen angenommenen NYHA Verteilungen für die Betreuung durch die konventionelle Methode nach 5 Jahren Simulationszeit um das 1,5fache unterscheiden.

Die Finanzierungsvariante mit einer Pauschale (angenommen mit 90€) zur Abrechnung liegt für die NYHA Verteilung der Mobitel Studie bei 96% bzw. für eine NYHA-Verteilung nach dem HIR Austria bei 150% bezogen auf die Kosten der konventionellen Behandlung. Eine Finanzierung mit getrennter Berücksichtigung von Anschaffungskosten, monatlichen Fixkosten für die Wartung und den Monitoring-Arzt liegen bei 98% bzw. 154% bezogen auf die Kosten der konventionellen Behandlung.

4. Diskussion

Die in dieser Arbeit für die Simulationen herangezogenen Finanzierungsvarianten haben gezeigt, dass die Gesamtkosten wesentlich von der NYHA-Verteilung des zu betreuenden Patientenkollektivs abhängig sind. Für die Simulation mit einer Patientenverteilung nach der Mobitel Studie ergibt sich für beide Finanzierungsvarianten der telemedizinischen Betreuung eine Kostenreduzierung, wogegen sich bei einer NYHA Verteilung bezogen auf das HIR Austria Mehrkosten im simulierten Zeitraum von 5 Jahren ergeben. Der Kostenbeitrag seitens der Behandlung innerhalb der Klinik spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund sollen basierend auf Daten klinischer Stu-

dien zukünftig genauere Untersuchungen hinsichtlich der einzelnen Kostenbeiträge der Patienten unter Berücksichtigung der NYHA Klassenzuordnung mit Hilfe des Simulationsmodells durchgeführt werden. Betrachtet man beispielsweise die entstehenden Gesamtkosten bereits vor Ablauf der Simulationszeit, so zeigt sich, dass die Finanzierungsvariante A (Pauschale) nach 3,5 Jahren die Kosten der konventionellen Betreuung unterschreitet, was für die Variante B erst ein halbes Jahr später zutrifft.

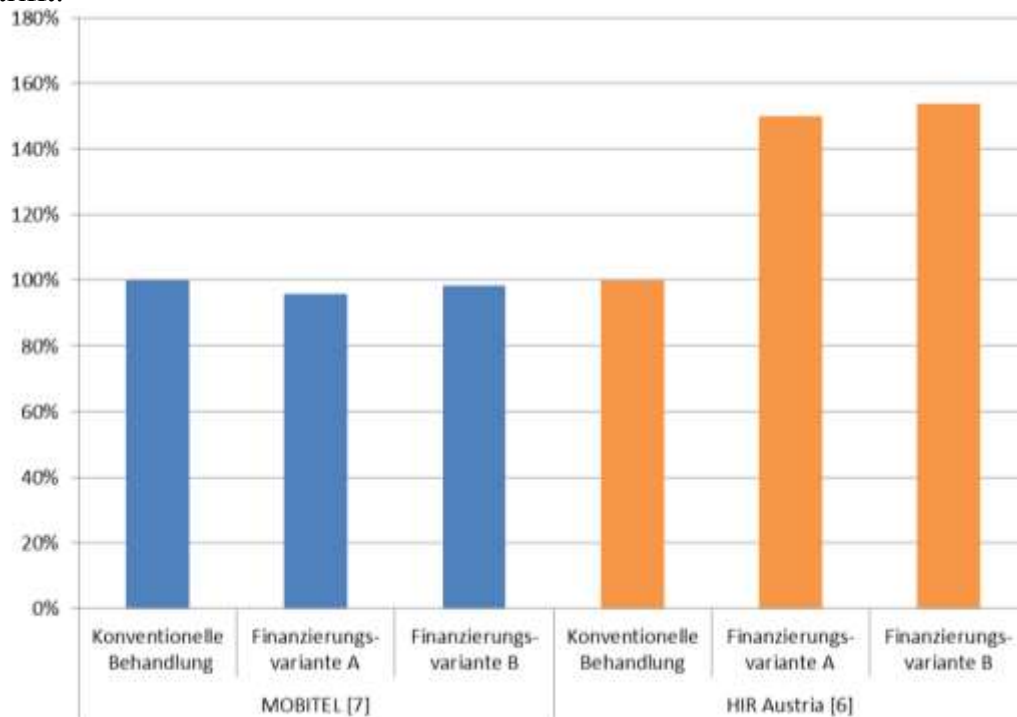


Abbildung 2: Entstehende Gesamtkosten bezogen auf die Kosten der konventionellen Betreuung; Finanzierungsvariante A: Pauschale; Finanzierungsvariante B: getrennte Berücksichtigung von Anschaffungskosten, Kosten für Wartung und Service und Kosten für ärztliche Betreuung

Aus dem Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsanalyse des Zertiva Projektes [3] geht hervor, dass durch die telemedizinische Betreuung eine erheblich höhere Kostenreduktion im Vergleich zur konventionellen Betreuung beim Zertiva Projekt entsteht. Es ist hierbei jedoch zu berücksichtigen, dass einerseits wesentliche Unterschiede in der Patientenverteilung nach den NYHA Klassen vorliegen, und andererseits die in dieser Arbeit für die Szenarien angenommenen Kosten für die Unterhaltung des telemedizinischen Systems wesentlich höher angesetzt wurden. Die Ergebnisse des Zertiva Projektes stehen jedoch grundsätzlich nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Arbeit, da sich in beiden Fällen eine wesentliche Reduktion der stationären Kosten ergeben hat. Durch Simulationen mit reduzierten Anschaffungskosten und/oder Kosten für Service und Wartung im vorliegenden Modell wäre es möglich insgesamt eine weitere Reduktion der Gesamtkosten zu erreichen. Beispielsweise zeigen Ergebnisse von Simulationen der Finanzierungsvariante A mit einer um nur 10% reduzierten Pauschale bereits einen wesentlichen Einfluss auf die Kostenreduzierung durch die telemedizinische Betreuung.

Modelle stellen Abbildungen der Wirklichkeit dar. Da diese aber nicht detailgetreu sind, sind auch bei der Erstellung der beschriebenen Modelle Vereinfachungen getroffen worden. So wird zum Beispiel in den Modellen nicht berücksichtigt, dass eine Verbesserung des Gesundheitszustandes auch mit einer Änderung der Zuordnung des Patienten zu den NYHA – Klassen verbunden sein kann. Auch durch die entstehenden Arzneimittelkosten kann je nach Interventionsstrategie ein we-

sentlicher Beitrag zu den Gesamtkosten entstehen, was bisher in den vorliegenden Modellversionen nicht berücksichtigt wurde. Trotz dieser Einschränkungen bieten die entwickelten Modelle die Möglichkeit unterschiedliche Szenarien seitens der Betreuung und Finanzierung zu simulieren, womit Kostenabschätzungen für zukünftige Versorgungsformen im Bereich der Telemedizin durchgeführt werden können.

5. Literatur

- [1] DICKSTEIN, K.; COHEN-SOLAL, A.; FILIPPATOS, G.; MCMURRAY, J.J.V.; PONIKOWSKI, P.; POOLE-WILSON, P.A.; STRÖMBERG, A.; VAN VELDHUISEN, D.J.; ATAR, D.; HOES, A.W.; KEREN, A.; MEBAZAA, A.; NIEMINEN M.; PRIORI, S.G.; SWEDBERG, K.: ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008. *European Heart Journal* 29: 2388-2442 (2008).
- [2] EMBACHER, Leistungsorientierte Krankenanstaltenfinanzierung. Modell 2009, Wien, 2008.
- [3] HEINEN-KAMMERER, T.; KIENCKE, P.; MOTZKAT, K.; LIECKER, B.; PETEREIT, F.; HECKE, T.; MÜLLER, H.; RYCHLIK, R.: Telemedizin in der Tertiärprävention: Wirtschaftlichkeitsanalyse des Telemedizin-Projektes Zertiva bei Herzinsuffizienz-Patienten der Techniker Krankenkasse, in: W.Kirch, B.Badura (Hrsg.). Springer. Prävention, Berlin Heidelberg 2006.
- [4] HOPPE, U.C.; BÖHM, M.; DIETZ, R.; HANRATH, P.; KROEMER, H.K.; OSTERSPEY, A.; SCHMALTZ, A.A.; ERDMANN, E.: Leitlinien zur Therapie der chronischen Herzinsuffizienz. *Z Kardiologie* 94: 488-509 (2005).
- [5] KIELBLOCK, B.; FRYE, C.; KOTTMAIR, S.; HUDLER, T.; SIEGMUND-SCHULTZE, E.; MIDDEKE, M.: Impact of telemetric management on overall treatment costs and mortality rate among patients with chronic heart failure. *Dtsch Med Wochenschr* 2007, 132: 417-422 (2007).
- [6] KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über den Nutzen der Telemedizin für Patienten, Gesundheitssysteme und die Gesellschaft. Brüssel, KOM 689 (2008).
- [7] PÖLZL, G.; PACHER, R.; ALTENBERGER, J.; DORNAUS, C.; EBNER, C.; EHMSSEN, U.; WIESER, M.; STEFENELLI, T.; REITER, S.; LECHNER, P.; JAKL, G.; GROEBNER, H.; KERÖ, D.; HALLAS, A.; GRANDER, W.; ULMER, H.; FRUHWALD, F.: Herzinsuffizienz-Register- (HIR-) Austria 2006-2009: Erfahrungen und Konsequenzen. *Austrian Journal of Cardiology* 2010; 17 (3-4), 85-92 (2010).
- [8] SCHERR, D.; KASTNER, P.; KOLLMANN, A.; HALLAS, A.; AUER, J.; KRAPPINGER, H.; SCHUCHLENZ, H.; STARK, G.; GRANDER, W.; JAKL, G.; SCHREIER, G.; FRUHWALD, F.M., THE MOBILTEL INVESTIGATORS: Effect of Home-Based Telemonitoring Using Mobile Phone Technology on the Outcome of Heart Failure Patients After an Episode of Acute Decompensation: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*; 11(3):e34 (2009).
- [9] SCHRÖTTNER, J.; KÖNIG, E.; LEITGEB, N.: A population Prospect for Future Health Care Models based on a System Dynamics Model, Proceedings of the European Medical & Biological Engineering Conference, IFMBE Proceedings (2008), CD.
- [10] SCHRÖTTNER J, LIEBMANN A: Entwicklung eines Modells zur Beurteilung der Kosteneffizienz von Telemedizinischen Diensten bei Herzinsuffizienz, Proceedings Biomedizinische Technik 2010, 55 (Supplement 2010), 2010.

Corresponding Author

Jörg Schröttner

Institute of Health Care Engineering, University of Technology Graz

Kopernikusgasse 24/I, A-8010 Graz

Email: schroettner@tugraz.at