

**Ökonomische Evaluierung von Präventionsmaßnahmen zur  
Reduzierung von Spätkomplikationen des Typ-2 Diabetes in  
Österreich mittels Markov Monte-Carlo Simulation**

**Diplomarbeit**

**zur Erlangung des akademischen Grades**

**Magister rerum socialium oeconomicarumque**

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

der Universität Wien

Studienrichtung: Internationale Betriebswirtschaftslehre

Betreuung: ao.Univ.-Prof. Dr. Marion S. Rauner

Johannes Zsifkovits

Wien, April 2008

*Meinen Eltern,*

*als Dank für die beispiellose Unterstützung.*

*Od svega srca hvala.*

# **I. Vorwort**

Im Rahmen meines Studiums der Internationalen Betriebswirtschaftslehre an der Universität Wien, weckte das Gebiet des Innovations- und Technologiemanagements bereits im ersten Semester mein Interesse. Aus diesem Grund fiel die Wahl der ersten Kernfachkombination (KFK) auf Innovations- und Technologiemanagement. Nachdem ich die Lehrveranstaltungen "Innovations- und Technologiemanagement im Gesundheitswesen" und "OR im Gesundheitswesen" abgeschlossen hatte, entschloss ich mich meine Diplomarbeit in diesem Themengebiet zu verfassen. Daraufhin wurde gemeinsam mit Frau ao.Univ.-Prof. Dr. Marion Rauner ein passendes Thema gefunden. Die Auseinandersetzung mit einer ökonomischen Problemstellung in Zusammenhang mit der Stoffwechselerkrankung Diabetes Mellitus, lag mir - als betroffener Diabetiker - sehr am Herzen.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglichten und in jedem Augenblick mit voller Kraft hinter mir gestanden sind. Obwohl ich in der Vergangenheit mein Studiums oft als selbstverständlich verstand, ist mir stets bewusst, dass ich ohne die Hilfe meiner Eltern meinen Bildungsweg nicht in dieser Form absolvieren hätte können. Außerdem danke ich meinen Geschwistern, Freunden, Bekannten und Verwandten für die moralische Unterstützung während meines Studiums.

Danken möchte ich auch Frau ao.Univ.-Prof. Dr. Marion Rauner, für die Betreuung im Rahmen der KFK und besonders für die Betreuung meiner Diplomarbeit.

## II. Inhaltsverzeichnis

<b>I. Vorwort.....</b>	<b>III</b>
<b>II. Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>III. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>IV. Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1. Aufbau der Diplomarbeit .....	1
1.2. Aufgaben der Ökonomie im Gesundheitswesen .....	2
1.3. Ziele dieser Arbeit .....	2
<b>2. Überblick zu Diabetes Mellitus .....</b>	<b>3</b>
2.1. Definition und Diagnose .....	3
2.2. Klassifikation.....	6
2.2.1. Diabetes Mellitus Typ 1.....	8
2.2.2. Diabetes Mellitus Typ 2.....	8
2.2.3. Unterschiede zwischen Typ-1 und Typ-2 .....	10
2.3. Epidemiologie .....	11
2.3.1. Inzidenz .....	11
2.3.2. Prävalenz .....	13
2.3.3. Mortalität .....	17
2.4. Risikofaktoren .....	22
2.5. Komplikationen .....	23
2.6. Prävention des Diabetes Mellitus .....	27
<b>3. Kosten des Diabetes Mellitus.....</b>	<b>30</b>
3.1. Klassifizierung von Kosten .....	31
3.2. Untersuchte Kosten des Diabetes Mellitus .....	33
<b>4. Methoden der Gesundheitsökonomie zur Bewertung von Präventionsmodellen .....</b>	<b>37</b>
4.1. Ökonomische Modellansätze .....	37
4.2. Epidemiologische Modellansätze .....	40
<b>5. Literaturüberblick.....</b>	<b>44</b>
<b>6. Das Präventionsmodellmodell.....</b>	<b>53</b>
6.1. Modellvorlage von Eastman et al. (1997).....	53
6.2. Markov Modell.....	57
6.2.1. Modell-Design .....	57
6.3. Kosten-Wirksamkeits-Analyse.....	64
6.3.1. Modellaufbau der Kosten-Effektivitäts-Analyse .....	64
6.3.2. Kosten der konkurrierenden Behandlungsarten.....	68
<b>7. Ergebnisse .....</b>	<b>70</b>
7.1. Ergebnisse des Markov Monte-Carlo Modells.....	70

7.2. Ergebnisse der Kosten-Effektivitäts-Analyse .....	73
<b>8. Resümee .....</b>	<b>79</b>
<b>9. Quellenverzeichnis.....</b>	<b>81</b>
9.1. Literaturverzeichnis .....	81
9.2. Verzeichnis der Internetquellen.....	84
<b>10. Anhang.....</b>	<b>86</b>

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation des Diabetes Mellitus .....	7
Tabelle 2: Unterschiede zwischen Typ-1- und Typ-2-Diabetes .....	10
Tabelle 3: Entwicklung der Prävalenz in Österreich über die Jahre 1995, 2000 und 2025 .....	17
Tabelle 4: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002) .....	18
Tabelle 5: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Altersgruppen und Geschlecht in Österreich (2002) .....	19
Tabelle 6: Diabetische Spätkomplikationen, Manifestation und Ursachen.....	25
Tabelle 7: Häufig verwendete Evaluierungsverfahren .....	40
Tabelle 8: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 1981-2002.....	46
Tabelle 9: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002 (1/3) .....	47
Tabelle 10: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002 (2/3) .....	48
Tabelle 11: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002 (3/3) .....	49
Tabelle 12: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 2003-3.2008 (1/2) .....	50
Tabelle 13: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 2003-3.2008 (2/2) .....	51
Tabelle 14: Aktuelle Markov Modelle zur Prävention des Diabetes Mellitus .....	52
Tabelle 15: Änderungen des Eastman Modells .....	55
Tabelle 16: Altersgruppen in % der Kohortengröße .....	58
Tabelle 17: Gesundheitszustände des Modells .....	59
Tabelle 18: Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Gesundheitszustände.....	60
Tabelle 19: Multiplikator-Tabelle .....	61
Tabelle 20: Sterbewahrscheinlichkeiten nach Alter und Geschlecht .....	62
Tabelle 21: Beta-Werte für die Wahrscheinlichkeiten bei Komplettbehandlung .....	65
Tabelle 22: Wahrscheinlichkeiten für Standard- und Komplettbehandlung .....	66
Tabelle 23: Die Nutzenwerte für den jeweiligen Gesundheitszustand .....	67
Tabelle 24: Kosten der Behandlungen (in Euro) .....	69
Tabelle 25: Modellvorhersagen für Standard- und Komplettbehandlung .....	71
Tabelle 26: CER, Kosten und QALYs von Standard- und Komplettbehandlung .....	74
Tabelle 27: Vergleich der konkurrierenden Behandlungen der Simulations-Software, bei 3% Diskontierung .....	78
Tabelle 28: Zusammenfassung der Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeits-Analyse.....	79
Tabelle 29: Vollständige Sterbetafel der Statistik Austria .....	86

## IV. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anzahl Diabetiker Weltweit 2007 .....	14
Abb. 2: Prävalenzrate Weltweit 2007.....	15
Abb. 3: Prävalenzrate Weltweit 2025.....	15
Abb. 4: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002) .....	19
Abb. 5: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus Typ 2 nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002) .....	20
Abb. 6: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus Typ 2 nach Altersgruppen und Geschlecht in Österreich (2002) .....	21
Abb. 7: Stationär versorgte Erkrankungsfälle an Diabetes Mellitus Typ – 2 nach Komplikationen und Geschlecht, Österreich 2001 .....	26
Abb. 8: Präventionsebenen bei Typ 2-Diabetes.....	29
Abb. 9: Verteilung der direkten Kosten des Diabetes Mellitus .....	32
Abb. 10: Entwicklung der Kosten von Antidiabetika in Österreich von 1993 bis 2003 .....	35
Abb. 11: Darstellung eines vereinfachten Markov-Modells mittels Entscheidungsbaum .....	42
Abb. 12: Algorithmus des Eastman Modells .....	55
Abb. 13: Algorithmus des Markov Modells .....	58
Abb. 14: Darstellung als Entscheidungsbaum .....	63
Abb. 15: Verteilung des Sterbealters bei Standardbehandlung .....	72
Abb. 16: Verteilung des Sterbealters bei Standardbehandlung .....	72
Abb. 17: Verteilung der Kosten der konkurrierenden Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung), bei 3% Diskontierung .....	76
Abb. 18: Streudiagramm der konkurrierenden Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung), bei 3% Diskontierung .....	76
Abb. 19: Kosten-Effektivitäts Streudiagramm der konkurrierenden Behandlungen, bei 3% Diskontierung .....	77
Abb. 20: Kosten-Effektivitäts-Diagramm für die konkurrierenden Behandlungen, bei 3% Diskontierung .....	78

## V. Abkürzungsverzeichnis

ADA	American Diabetes Association
BMI	Body-Mass-Index
CER	Cost-Effectiveness-Ratio
CVD	Cardiovascular Disease
DCCT	Diabetes Control and Complications Trial
EAGLE	Economic Assessment of Glycemic Control and Long-Term Effects of diabetes
ICE	Incremental Cost-Effectiveness
IDDM	Insulin-Dependent Diabetes-Mellitus
IDF	International Diabetes Federation
KFK	Kernfachkombination
MG/DL	Milligramm pro Deziliter
NIDDM	Non-Insulin-Dependent Diabetes-Mellitus
NDDG	National Diabetes Data Group
OÖGKK	Oberösterreichische Gebietskrankenkasse
QALY	Quality Adjusted Life Year
US	United States (Vereinigte Staaten)
WHO	World Health Organization

# 1. Einleitung

## 1.1. Aufbau der Diplomarbeit

Im *ersten Abschnitt* wird zunächst der Aufbau der Diplomarbeit erklärt. Darauf folgt eine Definition der Aufgabe der Ökonomie im Gesundheitswesen und die Ziele dieser Diplomarbeit.

Der folgende, *zweite Abschnitt* gibt einen Überblick zur Stoffwechselerkrankung Diabetes Mellitus. Zunächst wird eine Krankheitsdefinition gegeben, um anschließend die verschiedenen Typen zu erläutern und gegenüberzustellen. Danach wird auf die Epidemiologie, die Risikofaktoren sowie die Komplikationen eingegangen. Abschließend wird die Prävention des Diabetes Mellitus in Theorie und Praxis beschrieben.

*Abschnitt drei* schafft einen Übergang vom medizinischen- zum ökonomischen Teil und widmet sich den Kosten des Diabetes Mellitus. Zuerst werden die verschiedenen Kostenarten klassifiziert, um danach die tatsächlichen Kosten der Krankheit und die Gesamtbelastung von Wirtschaft, Gesundheitssystem und der Gesellschaft zu besprechen.

Im Anschluss daran werden im *vierten Abschnitt* die verschiedenen Methoden der Gesundheitsökonomie zur Bewertung von Präventionsmaßnahmen vorgestellt. Abgerundet wird dieser Teil durch *Abschnitt 5*, einem Literaturüberblick über Studien zur Prävention im Zusammenhang mit Diabetes Mellitus.

Bevor die Ergebnisse des Präventionsmodells in *Abschnitt sieben* erläutert und besprochen werden, erklärt *Abschnitt sechs* das Präventionsmodell im Detail um die Nachvollziehbarkeit der Resultate zu gewährleisten und den Aufbau des Modells transparent darzustellen.

Abschließend gibt der *achte Abschnitt* ein Resümee und weist auf die Notwendigkeit der Ökonomie im Gesundheitswesen hin.

## 1.2. Aufgaben der Ökonomie im Gesundheitswesen

Obwohl es für die junge Wissenschaftsdisziplin der Gesundheitsökonomie noch keine allgemein gültige und konsensfähige Definition gibt, existieren in der Literatur bereits einige Versuche dieses Gebiet der Ökonomie zu erklären. Breyer und Zweifel (2007) beispielsweise stellen fest, dass die Gesundheitsökonomie die Mechanismen der Erbringung von Gesundheitsleistungen und ihrer Aufteilung auf die Nachfrager untersucht, die angesichts der Knappheit der zu ihrer Herstellung benötigten Ressourcen ökonomisch zweckmäßig sind<sup>1</sup>. Außerdem meint Rychlik (1999), dass neben der optimalen Finanzierung „...auch die Untersuchung von Angebot und Nachfrage nach Gesundheitsleistungen, d.h. die Analyse des Gesundheitsmarktes mit der Verfügbarkeit von, sowie Zugang zu Gesundheitsleistungen und –gütern im Mittelpunkt der gesundheitsökonomischen Forschung“<sup>2</sup> beachtet werden muss. Eine vereinfachte Definition gibt von der Schulenburg (1998) mit der Darstellung der Gesundheitsökonomie als „...eine einfache Analyse der wirtschaftlichen Aspekte des Gesundheitswesens unter Verwendung von Konzepten der ökonomischen Theorie.“<sup>3</sup>

Das Ziel der Ökonomie im Gesundheitswesen, dessen Erkenntnisse für Ärzte, Krankenkassen, Gesundheitspolitik und Patienten von großer Bedeutung sind, soll nicht die Minimierung der Kosten, sondern vor allem der bestmögliche Einsatz der vorhandenen Mittel sein.<sup>4</sup>

## 1.3. Ziele dieser Arbeit

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist eine auf den österreichischen Raum abgestimmte Kosten-Wirksamkeits-Analyse um die Präventionsmaßnahmen des Diabetes Mellitus zu evaluieren. Es soll weiters auf die Notwendigkeit des sinnvollen Umgangs mit Ressourcen im Gesundheitswesen aufmerksam gemacht und ein Denkanstoß für weitere Modelle und Studien gegeben werden.

---

<sup>1</sup> vgl. Breyer F., Zweifel P., 2007, S. 14

<sup>2</sup> Quelle: Rychlik R., 1999, S. 15

<sup>3</sup> Quelle: Schulenburg, Graf v.d. J.M., 1996, S. 71

<sup>4</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 18ff.

## 2. Überblick zu Diabetes Mellitus

Der folgende Abschnitt soll einen kurzen und für den Laien verständlichen Überblick zur Stoffwechselkrankheit Diabetes Mellitus geben. Das Kapitel enthält eine Definition von Diabetes Mellitus, Diagnosekriterien sowie Risikofaktoren und eine Klassifikation. Außerdem werden das Krankheitsvorkommen (Epidemiologie), die Risikofaktoren, etwaige Komplikationen und Vorsorgemaßnahmen (Prävention) beschrieben. Kenntnisse von Grundbegriffen und Ursachen der Erkrankung sind notwendig, um das im Anschluss angewandte Modell der Kosten-Wirksamkeits-Analyse zu verstehen.

### 2.1. Definition und Diagnose

Obwohl das Problem von erhöhtem Blutzucker bereits in der Antike<sup>5</sup> bekannt wurde, leisteten Wissenschaftler und Mediziner des neunzehnten Jahrhunderts den größten Beitrag zum Verständnis von Diabetes Mellitus.<sup>6</sup> Nachdem die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO) im Jahre 1965 seine erste Richtlinie zur Diagnose und Klassifikation von Diabetes<sup>7</sup> veröffentlichte, herrschte am Ende der Siebzigerjahre große Verwirrung bezüglich der Themen Klassifikation sowie Anwendung passender diagnostischer Tests und deren Interpretation<sup>8</sup>. Mit dem Ziel einen einheitlichen Standard zu schaffen, folgten Veröffentlichungen der National Diabetes Data Group (NDDG) (1979) und der WHO (1980). Da es allerdings enorme Variationen in den diagnostischen Kriterien der NDDG und WHO gab und danach eine chaotische Situation entstand, modifizierte die WHO im Jahr 1985 ihrer Kriterien und näherte sich den Aussagen der NDDG.<sup>9</sup>

---

<sup>5</sup> „Bezeichnung für das griechisch-römische Altertum...von den schriftlosen Anfängen im 2. Jahrtausend v. Chr. bis zum Untergang des weströmischen Reiches im 5. und 6. Jahrhundert n. Chr.“ Quelle: Brockhaus Enzyklopädie Online, (Zugriff am 03.02.2007)

<sup>6</sup> vgl. Ekoé J.M., Zimmert P., B, 2001, S. 7

<sup>7</sup> vgl. World Health Organization, 1965, S. 5ff.

<sup>8</sup> vgl. Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R., 2001, S. 1

<sup>9</sup> vgl. World Health Organization, 1999, S.1

Die aktuelle Definition der WHO (1999) beschreibt Diabetes Mellitus als „...a metabolic disorder of multiple aetiology characterized by chronic hyperglycaemia with disturbances of carbohydrate, fat and protein metabolism resulting from defects in insulin secretion, insulin action, or both.“<sup>10</sup> Eine andere, sehr verständliche Definition beschreibt die Ursache von Diabetes folgendermaßen: *“Alle Körperzellen benötigen Insulin, um Zucker aus der Blutbahn aufzunehmen. In der Zelle wird der Zucker zu Energie verbrannt. Kann der Zucker nicht von den Zellen aufgenommen werden, steigt die Zuckerkonzentration im Blut an. Ist eine bestimmte Konzentration des Zuckers im Blut überschritten, gelangt der Zucker in den Harn und wird ausgeschieden.“*<sup>11</sup> Die Tatsache, dass der menschliche Körper kein oder zu wenig Insulin produziert, kann aus verschiedenen Ursachen resultieren<sup>12</sup> und zu einer Vielzahl von Komplikationen führen<sup>13</sup>.

Je nach Art des Diabetes, der Dauer der Krankheit und der Höhe des Blutzuckerspiegels können folgende Symptome auftreten.<sup>14 15</sup>

- Starker Durst (Polydipsie)
- Häufiges Wasserlassen (Polyurie)
- Geringer Appetit und Gewichtsverlust
- Heißhungerattacken
- Abgeschlagenheit, Müdigkeit und Kraftlosigkeit
- Mundtrockenheit und nächtliche Wadenkrämpfe
- Schlecht heilende Wunden (besonders an Beinen und Füßen)
- Sehverschlechterung (Rethinopathie)
- Nervenschädigungen (Polyneuropathie)

---

<sup>10</sup> Quelle: World Health Organization, 1999, S. 2

<sup>11</sup> Quelle: Eigler B., 2004, S.1ff.

<sup>12</sup> s. Kapitel 2.2., S. 6

<sup>13</sup> s. Kapitel 2.5., S. 23

<sup>14</sup> vgl. World Health Organization, 1999, S. 2

<sup>15</sup> vgl. Eigler B., 2004, S. 1ff.

Die Diagnose kann anhand verschiedener Methoden gestellt werden. In der Praxis geschieht die Bestimmung des Blutzuckerspiegels am Häufigsten durch die Messung des Nüchternblutzuckers. Hierbei wird durch einen Stich in die Fingerkuppe des Patienten ein Tropfen Blut entnommen und in das Messgerät eingeführt. Übersteigt der Blutzuckerwert 126 mg/dl<sup>16</sup> (der Normalwert liegt zwischen 70 mg/dl bis maximal 110 mg/dl) an zwei verschiedenen Tagen, leidet der Patient an Diabetes.<sup>17</sup> Eine weitere Form der Diagnose ist der Glucosebelastungstest<sup>18</sup>, welcher in der Praxis allerdings selten zur Anwendung kommt. Bei dieser Form der Diagnose wird dem Patienten eine größere Menge an Zucker zugeführt um anschließend in genau festgelegten Zeitintervallen den Blutzucker zu messen. Sinkt der Zucker im Blut zu langsam oder gar nicht, leidet der Patient an Diabetes. Die dritte, und aufgrund ihrer schmerzfreien Anwendung sehr beliebte Methode der Diagnose, ist die Harnzuckeruntersuchung. Der im Körper vorhandene Zuckeranteil wird mittels Harnstreifentest durchgeführt.<sup>19</sup> Dieser Test eignet sich wegen seiner Ungenauigkeit allerdings nicht für eine präzise Diagnose und ersetzt die Blutuntersuchung nicht.

Wichtig für Diabetiker ist außerdem der Hämoglobin-Anteil (HbA1c-Wert) im Blut. Dieser Hämoglobinwert, umgangssprachlich auch „Langzeitzucker“ oder „Blutzuckergedächtnis“ genannt, spiegelt die Blutzuckerwerte der vergangenen drei Monate wieder und sollte bei Diabetikern unter 6,5 Prozent liegen.<sup>20</sup> Von großer Bedeutung ist der HbA1c-Wert auch in der anschließend angewandten Kosten-Wirksamkeits-Analyse<sup>21</sup>.

---

<sup>16</sup> Milligramm pro Deziliter

<sup>17</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 222

<sup>18</sup> vgl. Reuter P., 2007, S. 688

<sup>19</sup> vgl. Eigler, B., 2004, S. 1 ff.

<sup>20</sup> vgl. Hien P., 2007, S. 21

<sup>21</sup> s. *Kapitel 6.*, S. 51

## 2.2. Klassifikation

In ihrem Diabetes Report des Jahres 1980 veröffentlichte die WHO erstmals eine auf große Akzeptanz stoßende Klassifikation des Diabetes Mellitus.<sup>22</sup> Die Stoffwechselerkrankung wurde lediglich in insulinabhängig (*Insulin-Dependent Diabetes-Mellitus, IDDM*) oder Typ-1-Diabetes, beziehungsweise in nichtinsulinabhängig (*Non-Insulin-Dependent Diabetes-Mellitus, NIDDM*) oder Typ-2-Diabetes gegliedert.<sup>23</sup> Fünf Jahre danach wurden die Bezeichnungen Typ-1 und Typ-2 von der WHO fallen gelassen, weshalb Diabetes in IDDM und NIDDM unterteilt wurde.<sup>24</sup> Als die WHO im Jahre 1999 schließlich ihre bislang letzte Klassifikation publizierte, verwarf diese die Bezeichnungen IDDM beziehungsweise NIDDM und führte wieder die bereits bekannten Formulierungen Typ-1-Diabetes sowie Typ-2-Diabetes ein.<sup>25</sup>

Tabelle 1 zeigt eine ausführliche Klassifikation des Diabetes Mellitus, welche den Richtlinien der American Diabetes Association (ADA) folgt und ebenfalls von der WHO (1999) vorgeschlagen wird.<sup>26</sup> Der Diabetes Mellitus wird danach in vier Gruppen unterteilt. Die bekanntesten Arten der Stoffwechselerkrankung, der Typ-1-beziehungsweise der Typ-2-Diabetes, bilden die ersten beiden Klassifizierungspunkte. In der Praxis weniger bekannt und in seinem Vorkommen seltener ist eine dritte Art, welche als „Andere spezifische Diabetes-Typen“ bezeichnet wird. Unter diesen Sammelbegriff fallen u.a. genetische Defekte, Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse und Infektionen. Als eine vierte und letzte Art des Diabetes Mellitus wird der Gestationsdiabetes (Schwangerschaftsdiabetes) genannt.

---

<sup>22</sup> vgl. World Health Organization, 1999, S. 8

<sup>23</sup> vgl. World Health Organization, 1980, S. 13

<sup>24</sup> vgl. Rieder A., Rathmann T., Kiefer I., et al., 2004, S. 224

<sup>25</sup> vgl. World Health Organization, 1999, S. 11

<sup>26</sup> vgl. Ekoé J.M., Zimmert P., A, 2001, S. 14

**Tabelle 1: Klassifikation des Diabetes Mellitus**

1	<b>Typ-1-Diabetes</b>
	Beta-Zellzerstörung die zum absoluten Insulinmangel führt
	A. Immunologisch
	B. Idiopathisch
2	<b>Typ-2-Diabetes</b>
	Insulinresistenz oder sekretorischer Defekt die zu relativem Insulinmangel führen
3	<b>Andere spezifische Diabetes-Typen</b>
	A. Genetische Effekte der Beta-Zellfunktion
	B. Genetische Defekte der Insulinwirkung
	C. Erkrankungen des Pankreas
	D. Endokrinopathien
	E. Medikamenten- oder Chemikalieninduziert
	F. Infektionen
	G. Seltene Form des Immunvermittelten-Diabetes
	H. Andere, gelegentlich mit Diabetes assoziierte genetische Symptome
4	<b>Gestationsdiabetes<sup>27</sup></b>

Quelle: Ekoé J.M., Zimmert P., A, 2001, S. 15

Obwohl, wie in Tabelle 1 ersichtlich, in der Literatur zwischen einer Vielzahl von diversen Typen des Diabetes Mellitus unterschieden wird, beschäftigt sich diese Arbeit lediglich mit den am Häufigsten vorkommenden Fällen, dem Typ-1-Diabetes und Typ-2-Diabetes. Da in der anschließend angewandten Kosten-Wirksamkeits-Analyse<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Schwangerschaftsdiabetes, vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 228

<sup>28</sup> s. Kapitel 6, S. 51

jedoch ausschließlich Personen mit Typ-2-Diabetes berücksichtigt werden, liegt auch im folgenden Abschnitt besonderes Augenmerk auf dem Typ-2-Diabetes.

### **2.2.1. Diabetes Mellitus Typ 1**

Der unheilbare Typ-1-Diabetes ist durch absoluten Insulinmangel gekennzeichnet. Die für die Insulinproduktion verantwortlichen Inselzellen (auch Beta-Zellen genannt) werden vom Immunsystem zerstört.<sup>29</sup> Auch diese Art des Diabetes Mellitus kann in zwei weitere Typen gegliedert werden. Beim Typ-1-A wird die Zerstörung der Inselzellen durch eine Autoimmunabwehrreaktion des Körpers begünstigt. Ursachen sind beispielsweise virale Infekte, wobei die Zerstörung der Beta-Zellen beim Typ-1-B selbstständig auftritt und keine Folge einer etwaigen Infektion oder Krankheit ist.<sup>30</sup>

Da die Autoimmunreaktion des Körpers genetisch bedingt ist, spielen Erbfaktoren beim Typ-1-Diabetes eine große Rolle. So liegt die Wahrscheinlichkeit, dass Kinder von männlichen Typ-1-Diabetikern auch an Diabetes erkranken bei rund 2,5% - 5%, und bei bis zu 25% bei weiblichen Typ-1-Diabetikerinnen.<sup>31</sup>

Behandelt werden kann der Typ-1-Diabetes ausschließlich mittels Insulintherapie<sup>32</sup>, wobei der Patient je nach Art der Behandlung mehrmals täglich den Blutzuckerspiegel misst und selbständig Insulin injiziert.

### **2.2.2. Diabetes Mellitus Typ 2**

Der Typ-2-Diabetes wird durch relativen Insulinmangel ausgelöst. Gründe für diesen Insulinmangel sind entweder Insulinresistenz oder sekretorische Defekte.<sup>33</sup> Übergewicht als häufigste Ursache ist neben hohem Alter, daher der umgangssprachliche Begriff „Alterszucker“, der Auslöser von Insulinmangel im Körper. Einerseits kann die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) bei übergewichtigen Personen die enormen Mengen an

---

<sup>29</sup> vgl. Ekoé J.M., Zimmert P., A, 2001, S. 19

<sup>30</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 3

<sup>31</sup> *Gedächtnisprotokoll*

<sup>32</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 222

<sup>33</sup> vgl. Ekoé J.M., Zimmert P., A, 2001, S. 19

Zucker und Kohlehydraten nicht verwerten und beendet in Folge die Insulinproduktion, andererseits verringert sich die Insulinproduktion der Bauchspeicheldrüse mit zunehmendem Alter.<sup>34</sup>

Diabetes Mellitus ist unter Patienten und Fachärzten als außergewöhnlich gefährliche Krankheit bekannt. Das Problem liegt darin, dass die an Diabetes erkrankte Person bei zu hohen Blutzuckerwerten nur leichte Beschwerden wie Durst oder Müdigkeit verspürt, wobei hingegen schwerwiegende Folgeerkrankungen<sup>35</sup> erst viele Jahre später zum Vorschein kommen. Diese Tatsache lässt suboptimale Blutzuckerwerte bei Patienten zu, weil diese aufgrund mangelnder Beschwerden keine Notwendigkeit verspüren ihre Blutzuckertherapie zu optimieren. Speziell der Typ-2-Diabetes wird oft nur zufällig und im Rahmen einer Folgeerkrankung<sup>36</sup> diagnostiziert, weil die Beschwerden im Vergleich zum Typ-1-Diabetes nur sehr milde auftreten.<sup>37</sup>

Behandelt wird der Typ-2-Diabetes sowohl mittels Lebensstilmodifikation<sup>38</sup> (Diäten und körperliche Aktivität), als auch medikamentös. Speziell bei übergewichtigen Patienten kann eine Änderung des Lebensstils<sup>39</sup> zur vollständigen Heilung des Diabetes führen, soweit der Pankreas nicht bereits beschädigt ist. Durch Gewichtsreduktion und eine kohlehydrat-arme Diät wird in diesem Fall die Bauchspeicheldrüse entlastet, das produzierte Insulin reicht für die dem Körper zugeführten geringeren Mengen an Kohlehydraten beziehungsweise Zucker aus und regelmäßige körperliche Aktivität senkt den Blutzuckerspiegel zusätzlich.

---

<sup>34</sup> vgl. Eigler B., 2004, S. 1ff.

<sup>35</sup> s. Kapitel 2.5., S. 23

<sup>36</sup> vgl. Eigler B., 2004, S. 1ff.

<sup>37</sup> *Gedächtnisprotokoll*

<sup>38</sup> s. Kapitel 2.2.6., S. 27

<sup>39</sup> vgl. World Health Organization, 2002, S. 41

### 2.2.3. Unterschiede zwischen Typ-1 und Typ-2

Da die Hauptmerkmale des Typ-1- und Typ-2-Diabetes im vorangegangenen Abschnitt bereits kurz erläutert wurden, soll die Gegenüberstellung der beiden Arten zum Verständnis beitragen und die Unterschiede klar hervorheben.

Gegenstand der Gegenüberstellung in Tabelle 2 sind die Ursache der Erkrankung, die Verteilung, das Manifestationsalter sowie die Manifestationsfaktoren, das Körpergewicht der Patienten, die Art des Auftretens, die häufigsten Symptome und der Grad der Insulinabhängigkeit.

**Tabelle 2: Unterschiede zwischen Typ-1- und Typ-2-Diabetes**

	<i>Typ-1-Diabetes</i>	<i>Typ-2-Diabetes</i>
Ätiologie <sup>40</sup>	Zerstörung der Beta-Zellen, die zu absolutem Insulinmangel führt	Relativer Insulinmangel
Verteilung	5 - 15%	80 - 95%
Manifestationsalter	Meist unter 35 Jahren	Meist über 35 Jahren
Manifestationsfaktoren	Unbekannt	Übergewicht, hohes Alter, u.a.
Körpergewicht	Zumeist Ideal- bis Normalgewicht	Zumeist Übergewicht, selten Unter- oder Normalgewicht
Art des Auftretens	Meist abrupt	Schleichend
Häufige Symptome	Durst, Polyurie, Gewichtsabnahme	Durst, Polyurie, Gewichtsabnahme; jedoch oft fehlend
Insulinabhängigkeit	Immer	Bei 20-30%, meist später im Krankheitsverlauf

Quellen: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 222ff; Mehnert H., 2000, S. 38; World Health Organization, 2002, S. 40

---

<sup>40</sup> Lehre von den Ursachen der Krankheiten

## 2.3. Epidemiologie

Der folgende Abschnitt soll sowohl Fakten als auch Zukunftsprognosen zur Epidemiologie des Diabetes Mellitus präsentieren, um das weltweite Ausmaß der Krankheit sowie seine hohe Relevanz in medizinischer, gesellschaftlicher und ökonomischer Hinsicht zu verdeutlichen. Als Epidemiologie bezeichnet man den *„Wissenschaftszweig, der sich mit der Verteilung von übertragbaren und nichtübertragbaren Krankheiten und deren physikalischen, chemischen, psychischen und sozialen Determinanten und. Folgen in der Bevölkerung befasst.“*<sup>41</sup>

Es werden zuerst die fundamentalen Konzepte der Epidemiologie<sup>42</sup>, Inzidenz sowie Prävalenz und anschließend die Mortalität behandelt. Alle Determinanten der Epidemiologie des Diabetes Mellitus werden in internationalem Ausmaß sowie Österreichweit besprochen.

### 2.3.1. Inzidenz

Als Inzidenz bezeichnet man im Gesundheitswesen die *„Anzahl der Neuerkrankungsfälle einer bestimmten Erkrankung innerhalb eines bestimmten Zeitraums...“*, welche als *„...Maß zur Charakterisierung des Krankheitsgeschehens in einer bestehenden Population“*<sup>43</sup> dient. Mittels Inzidenzrate, diese entspricht der Anzahl von Neuerkrankten pro Zeiteinheit im Verhältnis zur Anzahl der exponierten Personen<sup>44</sup>, wird die Inzidenz dargestellt.

---

<sup>41</sup> Quelle: Reuter P., 2007, S. 893

<sup>42</sup> vgl. Williams R., 2001, S. 65

<sup>43</sup> Quelle: Reuter P., 2007, S. 893

<sup>44</sup> vgl. Reuter P., 2007, S. 233

Die exakte Dokumentation von Inzidenzraten ist für den Typ-2-Diabetes aufgrund folgender Gründe mit Schwierigkeiten verbunden:<sup>45</sup>

- Da die typischen Symptome beim Typ-2-Diabetes oft fehlen, leben Personen mit der Stoffwechselerkrankung ohne davon zu wissen.
- Auch wenn der Patient von seiner Erkrankung weiß, muss er nicht zwangsläufig als solcher registriert sein. Im Gegensatz zum Typ-1-Diabetiker, der eine Insulintherapie benötigt, kann ein Typ-2-Diabetiker seinen zu hohen Blutzucker auch ohne Medikamente behandeln.
- Wenn auch nur in den wenigsten Fällen, kann es sehr wohl vorkommen, dass ein Typ-2-Diabetiker durch umfangreiche Gewichtsreduktion vom Diabetes Mellitus geheilt wird. Die Löschung aus Datenbanken erfolgt jedoch nicht.

Trotz erschwelter Datenerhebung wurde in einem epidemiologischen Modell (Bagust et al., 2002) die Inzidenz von Diabetes Mellitus Typ-2 in Großbritannien bis zum Jahr 2060 errechnet.<sup>46</sup> Die Inzidenz soll im Jahr 2033 mit plus 19% im Vergleich zum Jahr 2000 ihr Maximum erreichen. Obwohl die Rate anschließend sinkt, wird der Wert im Jahr 2060 immer noch 9% über dem des Jahres 2000 liegen.

In Österreich liegen Zahlen zur Inzidenz für Typ-1 und Typ-2 Diabetiker mit Ausnahme von Kindern und Jugendlichen unter 15 Jahren nicht vor. Die Inzidenzrate beträgt 0,25 pro 100.000<sup>47</sup> Einwohnern.<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> vgl. Williams R., 2001, S. 65f.

<sup>46</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 135f.

<sup>47</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 65 *zitiert nach* Rami et al., 2003

<sup>48</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 64ff.

### 2.3.2. Prävalenz

Die Prävalenz einer Krankheit gibt die Anzahl der derzeit Erkrankten an. Als einheitliche Kennzahl wird die Prävalenzrate (Anzahl der erkrankten Personen in Relation zur Gesamtanzahl der betrachteten Personen)<sup>49</sup>, angegeben.

#### **International**

Wie schnell sich die Stoffwechselerkrankung Diabetes Mellitus ausbreitet, verdeutlicht der folgende Rückblick. Wurde die Zahl der Diabetiker im Jahre 1995 auf 135 Millionen<sup>50</sup> weltweit geschätzt, betrug die Anzahl der Erkrankten zum Jahrtausendwechsel bereits 171 Millionen<sup>51</sup>. In ihrem „Diabetes Atlas 2007“ geht die International Diabetes Federation (IDF) bereits von 246 Millionen Diabetikern weltweit aus und stellt für das Jahr 2025 eine globale Prognose von 380 Millionen Betroffenen. Weiters stellt die IDF fest dass jährlich zusätzliche 7 Millionen Menschen an Diabetes Mellitus leiden, oder im Abstand von zehn Sekunden jeweils zwei Menschen an Diabetes erkranken.<sup>52</sup>

In Europa leiden laut WHO 22,5 Millionen Erwachsene an Diabetes Mellitus (Da Kinder meist am Typ-1 erkranken und diese Art des Diabetes Mellitus nur zu ca. 5-15% verbreitet ist kann man in Europa von rund 22,5 Millionen Menschen ausgehen).<sup>53</sup>

Die IDF schätzt die Zahl der Erkrankten sogar auf 33,3 Millionen.<sup>54</sup> Genaue Zahlen zur Epidemiologie in Europa sind mangels einheitlicher Registrierung schwierig zur Verfügung zu stellen.<sup>55</sup>

---

<sup>49</sup> vgl. Reuter P., 2007, S. 1502

<sup>50</sup> vgl. King H., Aubert R. E., Herman W. H., 1998, S. 1417

<sup>51</sup> vgl. World Health Organization, 2006, S. 5

<sup>52</sup> vgl. International Diabetes Federation, atlas (Diabetes Atlas Online), (Zugriff am 03.03.2007)

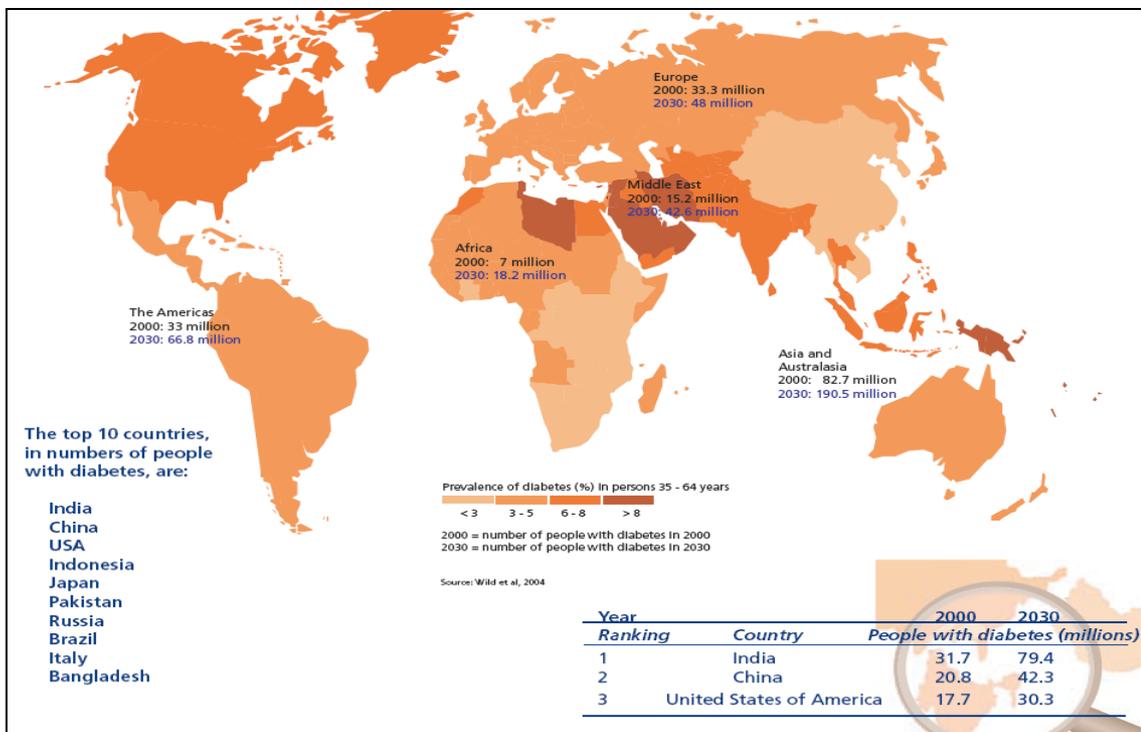
<sup>53</sup> vgl. World Health Organization, 2002, S. 40

<sup>54</sup> vgl. International Diabetes Federation, atlas (Diabetes Atlas Online), (Zugriff am 03.03.2007)

<sup>55</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 58

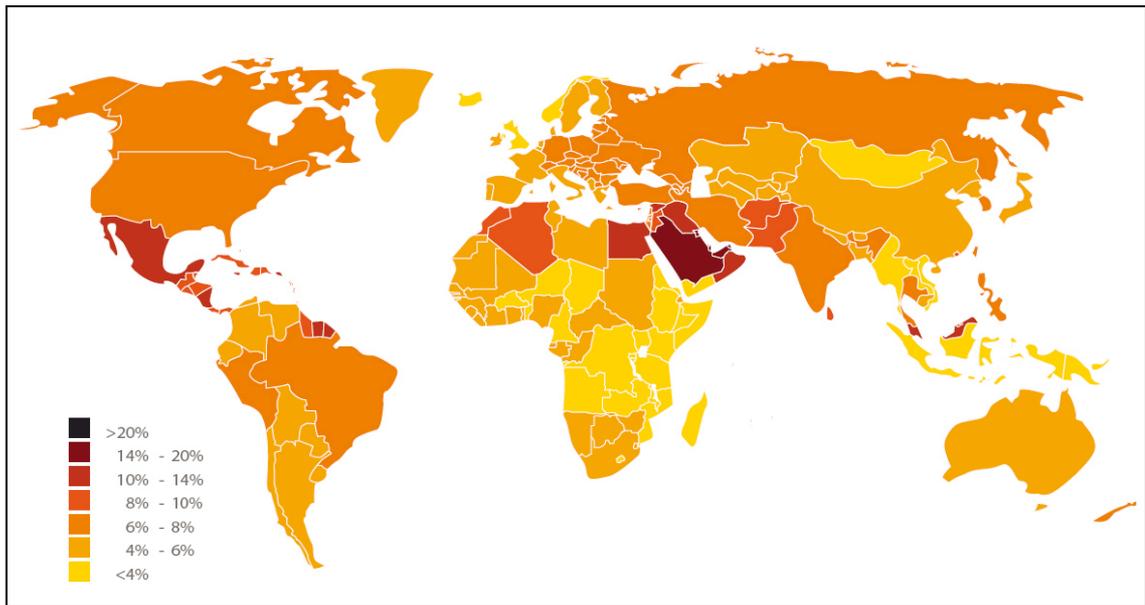
Die folgenden Abbildungen sollen die eben genannten Zahlen und somit auch die hohe Anzahl an Diabetikern weltweit untermauern. Abbildung 1 veranschaulicht eine Weltkarte mit den dazugehörigen Prävalenzzahlen für das Jahr 2007 und gibt einen Ausblick auf das Jahr 2030. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die weltweite Prävalenzrate, ebenfalls für die Jahre 2007 und 2030. Dabei ist an der farblichen Gestaltung sehr gut zu erkennen wie sich die Zahl der Diabetiker in den nächsten 20 Jahren erhöhen wird.

**Abb. 1: Anzahl Diabetiker Weltweit 2007**



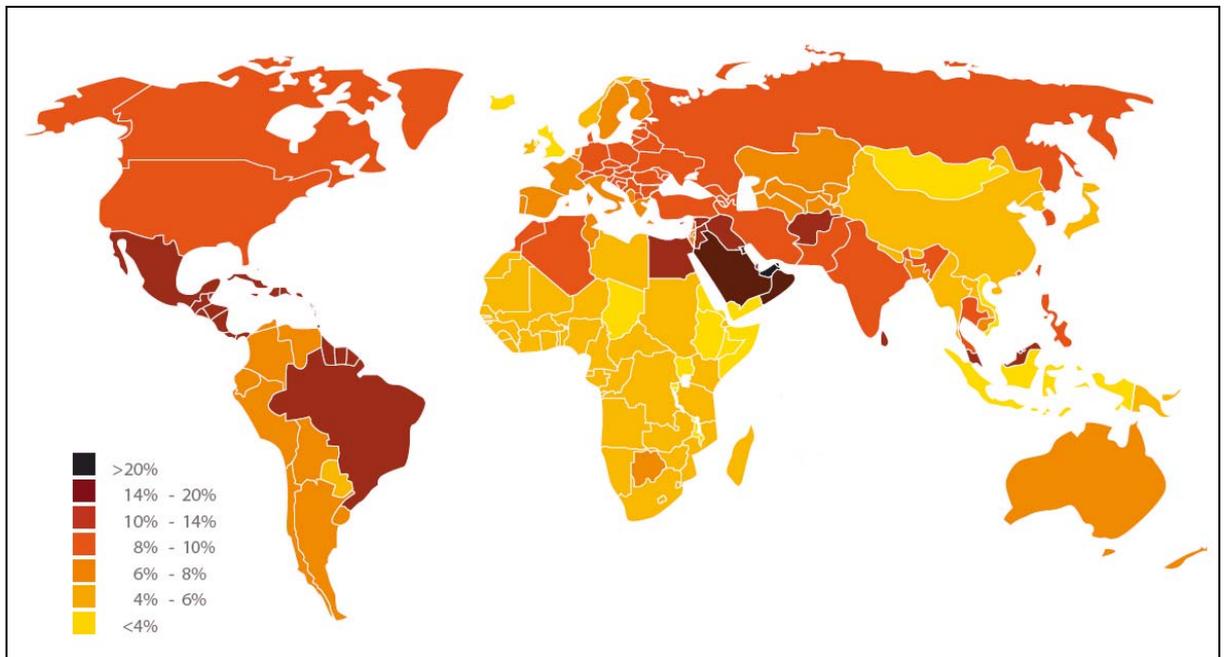
Quelle: International Diabetes Federation, eatlas (Diabetes Atlas Online), <http://www.eatlas.idf.org/media/>, (Zugriff am 03.03.2007)

**Abb. 2: Prävalenzrate Weltweit 2007**



Quelle: International Diabetes Federation, eatlas (Diabetes Atlas Online), <http://www.eatlas.idf.org/media/>, (Zugriff am 03.03.2007)

**Abb. 3: Prävalenzrate Weltweit 2025**



Quelle: International Diabetes Federation, eatlas (Diabetes Atlas Online), <http://www.eatlas.idf.org/media/>, (Zugriff am 03.03.2007)

## Österreich

Eine genaue Angabe bzw. Schätzung der Prävalenz des Diabetes Mellitus in Österreich ist nur bedingt möglich. Die uneinheitliche Erfassung der Daten, sowie eine hohe Anzahl von nicht-diagnostizierten Typ-2 Diabetikern machen eine exakte Aussage nahezu unmöglich. So gehen King et al. (1998) von 130.000<sup>56</sup> Diabetikern in Österreich im Jahr 2000 aus. Der Österreichische Diabetesbericht aus dem Jahr (2004) spricht von 300.000<sup>57</sup> Patienten im Jahr 2004 und das „Diabetes Forum Austria“ geht sogar von 400.000<sup>58</sup> Patienten aus (Diabetes Typ-1 und Typ-2).

Obwohl die Daten für Österreich nicht eindeutig sind, soll die Studie von King et al. (1998) als Basis für folgende Tabelle dienen. Dargestellt werden die Prävalenzrate, die Gesamtprävalenz, sowie die Aufteilung nach Geschlecht und Altersgruppen in den Jahren 1995, 2000 und 2050. Es ist ein deutlicher Anstieg der Patienten über die Jahre, eine leicht positiver Trend bei Frauen, sowie ein hoher Anteil an Diabetikern in der Altersgruppe über 64 Jahren zu erkennen. Betrachtet man allerdings die Gesamtprävalenz im Jahr 2025 und vergleicht diese mit aktuellen Angaben im Österreichischen Diabetesbericht und dem „Diabetes Forum Austria“, dann ist eine gewisse Unregelmäßigkeit zu erkennen, welche die Aussage bestätigt, dass eine genaue Ermittlung der Patienten in Österreich schwierig sei.

Tabelle 3 stellt die Entwicklung der Prävalenz in Österreich über die Jahre 1995, 2000 und 2025 dar. Die Einteilung erfolgt in Altersgruppen bzw. Geschlecht. Es ist erkennbar, dass die Anzahl der Diabetiker in der Zukunft ansteigt und Frauen eher an Diabetes leiden als Männer

---

<sup>56</sup> vgl. King H., Aubert R. E., Herman W. H., 1998, S. 1421

<sup>57</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 1

<sup>58</sup> vgl. Diabetes Forum Austria, (Zugriff am 21.02.2007)

**Tabelle 3: Entwicklung der Prävalenz in Österreich über die Jahre 1995, 2000 und 2025**

	1995		2000		2025	
Prävalenzrate	2,0		2,1		2,7	
<b>Gesamt</b>	<b>123.000</b>		<b>130.000</b>		<b>178.000</b>	
Männer	54.000	44%	59.000	45%	88.000	49%
Frauen	69.000	56%	71.000	55%	91.000	51%
20-44 Jahre	6.200	5%	6.900	5%	52.000	3%
45-64 Jahre	49.000	40%	54.000	42%	74.000	42%
> 65 Jahre	68.000	55%	69.000	53%	99.000	55%

Quelle: King H., Aubert R. E., Herman W. H., 1998, S. 1421

### 2.3.3. Mortalität

Weltweit starben im Jahr 2002 etwa 988.000 Menschen (davon 441.000 Männer und 547.000 Frauen), das entspricht 1,7% aller Todesfälle, an den Folgen des Diabetes Mellitus. Der Anstieg vom Jahr 2001 beträgt 10%.<sup>59</sup> Da Patienten mit Diabetes in den meisten Fällen an Herzinfarkten oder einem Nierenversagen sterben und nicht an für die Krankheit einzigartigen Komplikationen wie Hypo- oder Hyperglycemia (ein zu niedriger bzw. zu hoher Blutzuckerspiegel)<sup>60</sup>, wird die Mortalität von Diabetes stark unterschätzt.<sup>61</sup>

Studien aus dem US-Amerikanischen Raum belegen, dass die folgenden Komplikationen, mit der jeweiligen Häufigkeit, die Ursachen für das Eintreten des Todes bei Diabetikern sind:

- Herzinfarkt durch Verengung der Blutgefäße 40%
- Andere Art von Herzinfarkt 15%
- Diabetes 13%
- Bösartige Neoplasmen 13%

<sup>59</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 114 zitiert nach WHO Report, 2004

<sup>60</sup> s. Kapitel 2.2.5., S. 23

<sup>61</sup> vgl. Roglic G., Unwin N., Bennett P.H., 2005, S. 2130

- Zerstörung von Blutgefäßen 10%
- Lungenentzündung/Grippe 4%
- Andere 5%<sup>62</sup>

Im Jahr 2002 wurden in Österreich 2.028 Todesfälle im Zusammenhang mit Diabetes Mellitus beklagt, was 2,7% der Gesamttodesfälle ausmacht und den internationalen Durchschnitt um 1% übersteigt. Davon waren 874 Männer und 1.154 Frauen betroffen. Die folgende Tabellen 4 und 5, sowie die Abbildungen 4, 5, und 6 zeigen die Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Bundesland und Geschlecht. Man erkennt, dass die Bundesländer Niederösterreich, Steiermark und Wien die meisten Todesfälle verzeichnen. Als einzige Unregelmäßigkeit fällt auf, dass in Oberösterreich mehr Männer als Frauen an Diabetes Mellitus sterben. In allen anderen Bundesländern ist das Gegenteil der Fall. Ursachen für diesen Umstand werden in der Literatur nicht genannt<sup>63</sup>

**Tabelle 4: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002)**

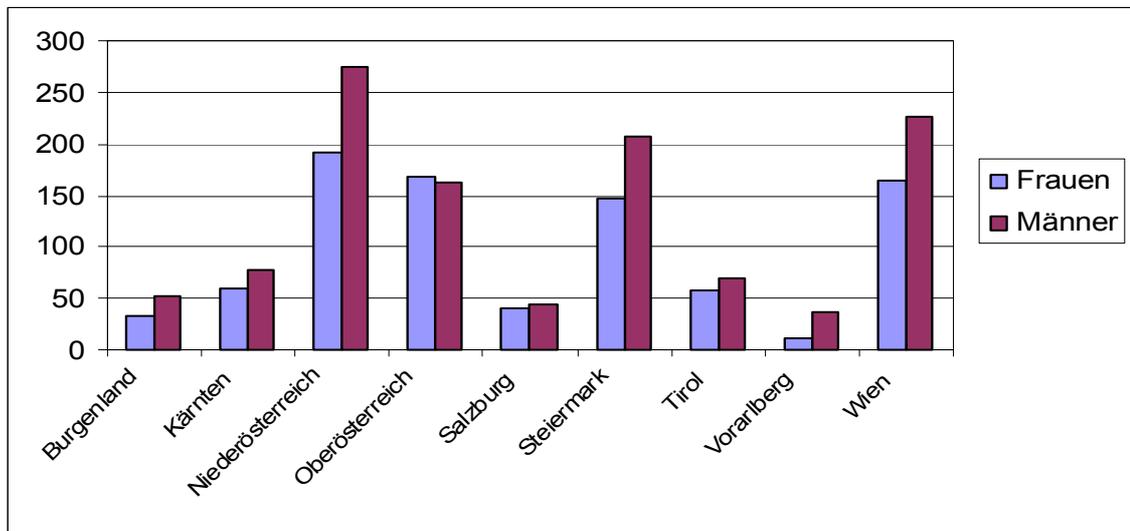
<b>Bundesland</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Männer</b>	<b>Frauen</b>
Burgenland	85	33	52
Kärnten	138	60	78
Niederösterreich	466	191	275
Oberösterreich	331	168	163
Salzburg	85	40	45
Steiermark	354	147	207
Tirol	129	59	70
Vorarlberg	48	11	37
Wien	392	165	227
<b>Gesamt</b>	<b>2.028</b>	<b>874</b>	<b>1.154</b>

Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 122

<sup>62</sup> vgl. Welborn T.A., 2001, S. 373

<sup>63</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 122

**Abb. 4: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002)**



Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 122

Eine Einteilung in Altersgruppen zeigt ein wenig überraschendes Ergebnis (siehe Tabelle 5). Die Todesfälle bei den unter Dreißigjährigen sind minimal. Mit steigendem Alter erhöhen sich jedoch die Sterbezahlen und erreichen somit bei der Gruppe der über Siebzigjährigen ihr Maximum.

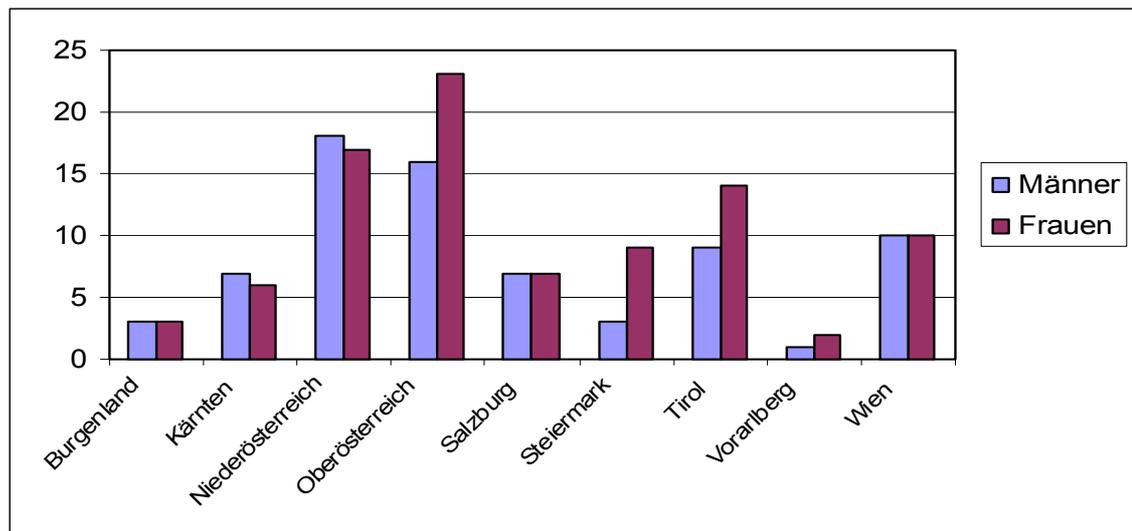
**Tabelle 5: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus nach Altersgruppen und Geschlecht in Österreich (2002)**

Altersgruppe	Gesamt	Männer	Frauen
0-14 Jahre	1	1	0
15-29 Jahre	4	4	0
30-44 Jahre	28	22	6
45-59 Jahre	129	93	36
60-74 Jahre	570	337	233
75 Jahre und älter	1.296	417	879
<b>Gesamt</b>	<b>2.028</b>	<b>874</b>	<b>1.154</b>

Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 123

Bei den Patienten mit Typ-2-Diabetes zeigt sich ein sehr ähnliches Bild wie bei den Diabetes Patienten im Allgemeinen. Aus Abbildung 5 ist zu erkennen, dass die meisten Todesfälle in Nieder- und Oberösterreich zu verzeichnen sind. Im Burgenland, in Salzburg und in Wien ist der Anteil von Männern und Frauen ausgeglichen. Jedoch überwiegt in Kärnten und Niederösterreich der männlich- und in Oberösterreich und in der Steiermark der weibliche Anteil an Todesopfern. Auch bei der Einteilung nach Altersgruppen sind bei den Typ-2-Diabetikern die Todeszahlen ähnlich jenen im Gesamtüberblick. Selbstverständlich erscheint die Tatsache, dass Typ-2-Diabetiker erst vermehrt im hohen Alter, ab dem 45. Lebensjahr versterben (wie bereits besprochen umgangssprachlich „Alterszucker“ genannt).<sup>64</sup>

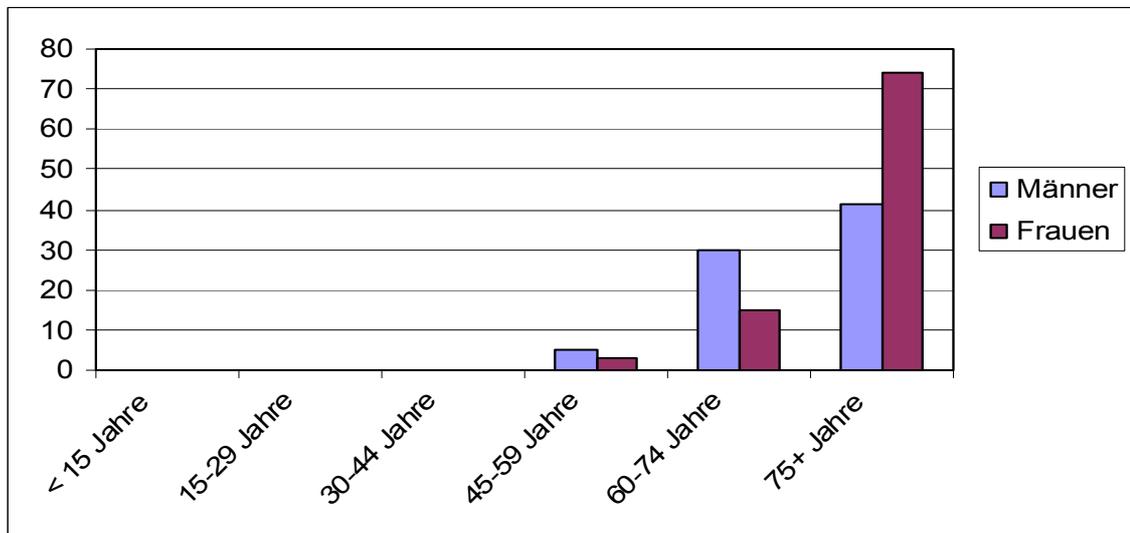
**Abb. 5: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus Typ 2 nach Bundesland und Geschlecht in Österreich (2002)**



Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 128

<sup>64</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 128

**Abb. 6: Anzahl der Todesfälle mit der Diagnose Diabetes Mellitus Typ 2 nach Altersgruppen und Geschlecht in Österreich (2002)**



Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 128

Abschließend soll noch auf die Eingangs erwähnte Tatsache hingewiesen werden, wonach die tatsächliche durch Diabetes Mellitus verursachte Todeszahl viel höher ist als die in den meisten Studien angenommene. Betrachtet man die oben präsentierten österreichspezifischen Daten, so fällt beispielsweise auf, dass die Anzahl der im Jahr 2002 in Wien verstorbenen Diabetiker bei 165 liegt. Die Zahl der verstorbenen Typ-2-Diabetiker liegt jedoch bei 10. D.h. 155 dieser verstorbenen Diabetiker waren Typ-1-Diabetiker (oder in seltenen Fällen eine andere Form von Diabetes). Da der Anteil der Typ-2-Diabetiker jedoch 80-95%<sup>65</sup> aller Diabetiker ausmacht, sind diese Zahlen jedoch mit größter Vorsicht zu genießen und immer kritisch zu hinterfragen.

---

<sup>65</sup> s. Kapitel 2.2.3., S. 10

## 2.4. Risikofaktoren

In den westlichen Industrienationen sind Übergewicht oder Adipositas<sup>66</sup>, Bewegungsarmut und das metabolische Syndrom (eine Stoffwechselstörung die durch die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer Risikofaktoren für Typ-2-Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen charakterisiert ist<sup>67</sup>), eine falsche Ernährungsweise, Alkoholkonsum und Rauchen, hohes Alter sowie genetische Prädisposition die bedeutendsten Risikofaktoren für Diabetes Typ-2. Doch auch sozioökonomische Unterschiede wie Bildung, Berufsstand oder Einkommen können Gründe für ein erhöhtes Risiko sein.<sup>68</sup>

Der österreichische Diabetesbericht<sup>69</sup> vom Jahr 2004 nennt folgende für Österreich relevanten Risikofaktoren:

- Alter
- Genetische Prädisposition
- Adipositas (9,1% aller Österreicher sind adipös, weitere 37% übergewichtig<sup>70</sup>)
- Metabolisches Syndrom
- Sozioökonomische Faktoren
- Gestationsdiabetes
- Lebensstilfaktoren: hoher BMI<sup>71</sup>, Rauchen, Bewegungsmangel
- Niedriges Geburtsgewicht

---

<sup>66</sup> Synonym für Fettleibigkeit, Fettsucht oder Obesitas. Von Adipositas spricht man bei einem BMI ab 30, von Übergewicht bei einem BMI von 25-30. Quelle: Gedächtnisprotokoll

<sup>67</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 5

<sup>68</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 174

<sup>69</sup> Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 175

<sup>70</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 174

<sup>71</sup> Abk. für Body-Mass-Index. Maß für das Verhältnis von Körpergewicht zu Körpergröße beim Menschen. vgl. Brockhaus Enzyklopädie Online, (Zugriff am 03.02.2007)

- Bei Kindern werden außerdem die Zugehörigkeit zu einer ethnischen Minderheit, die Pubertät, weibliches Geschlecht und Merkmale des metabolischen Syndroms als Risikofaktoren genannt.<sup>72</sup>

## 2.5. Komplikationen

In erster Linie wird bei Diabetikern zwischen Akutkomplikationen und Spätkomplikationen unterschieden. Durch eine sehr einfache Gegenüberstellung kann der Unterschied folgendermaßen erklärt werden. Akutkomplikationen treten bei einem gegenwärtig zu hohem/geringen Blutzuckerspiegel auf. Im Gegensatz dazu sind Spätkomplikationen des Diabetes Mellitus auf einen über mehrere Jahre permanent erhöhten Blutzuckerspiegel zurückzuführen.<sup>73</sup>

### Akutkomplikationen

Zu den Akutkomplikationen zählt einerseits die Hyperglycämie, welche zum diabetischen Koma führen kann und in den meisten Fällen Typ 2 Diabetiker betrifft. Gekennzeichnet ist diese Komplikation durch einen zu hohen Blutzuckerspiegel, also durch Insulinmangel. In Folge einer Hyperglycämie „...kommt es zu einer extremen hypertonen Dehydratation mit Verschiebungen von Wasser vom Intrazellulär- in den Extrazellulärraum, zur osmotischen Diurese aufgrund der Glucosurie und in Folge zu einer extrem hohen Hyperosmolarität des Plasmas.“<sup>74</sup> In den schlimmsten Fällen führt eine Hyperglycämie zum diabetischen Koma. Benommenheit bis Bewusstlosigkeit, obstartiger Geruch der Ausatemluft, Hyperventilation, Polyurie und Exsikkose sind die häufigsten im Vorfeld eines diabetischen Komats auftretenden Symptome.<sup>75</sup>

---

<sup>72</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 4

<sup>73</sup> Quelle: Gedächtnisprotokoll

<sup>74</sup> Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 150

<sup>75</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 150

Als Pendant zur Hyperglycämie wird ein zu niedriger Blutzuckerspiegel als Hypoglycämie oder hyperglycämischer Schock bezeichnet, umgangssprachlich auch Hypo genannt. Der niedrige Blutzuckerspiegel erklärt sich entweder durch zu viel Insulin, oder eine körperliche Anstrengung (Sport), ohne die zusätzliche Zufuhr von Kohlehydraten. Ein Hypo äußert sich in Form von Schweißausbrüchen, Zittern und Bewusstlosigkeit.<sup>76</sup>

### **Spätkomplikationen**

Zu den Langzeitfolgen des Diabetes Mellitus zählen makro- und mikrovaskuläre Komplikationen. Die folgende Tabelle zeigt die Spätkomplikationen des Diabetes Mellitus, ihre Manifestation sowie deren Ursachen.

Als makrovaskuläre Spätkomplikationen sind koronare Herzerkrankungen, zerebrovaskuläre Erkrankungen und periphere Verschlusskrankungen bekannt. Besonders beachtenswert sind makrovaskuläre Komplikationen, da sie die häufigste Todesursache<sup>77</sup> von Diabetikern sind.<sup>78</sup>

Mikrovaskuläre Erkrankungen betreffen das Nervensystem (64%), die Augen (17%), das Diabetische-Fuß-Syndrom (14%) und die Nieren (6%).<sup>79</sup>

Tabelle 6 zeigt die verschiedenen diabetischen Spätkomplikationen, deren Manifestation und die Ursachen.

---

<sup>76</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 150f.

<sup>77</sup> s. *Kapitel 2.3.3.*, S. 17

<sup>78</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 167

<sup>79</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 151ff.

**Tabelle 6: Diabetische Spätkomplikationen, Manifestation und Ursachen**

Spätkomplikation	Manifestation	Ursachen	
<b>Makroangiopathie</b>	Koronare Herzerkrankung, Schlaganfall, Periphere Durchblutungsstörungen, Gefäßverschluss der unteren Extremitäten	Atherosklerose	
<b>Mikroangiopathien</b>			
Retinopathie und Makulopathie	Diffuse Wandverdickungen an Auge und Augenhintergrund, reduziertes Sehvermögen bis zur Erblindung	Dauerhaft erhöhter Blutzuckerspiegel bzw. HbA1c führt zu Gefäßanomalien an der Retina, Nieren und Herz	
Nephropathie	Erhöhung des intraglomerulären Filtrationsdrucks, Verdickung der Basalmembranen, Mikroalbuminurie, Nephropathie mit Proteinurie, Hypertonie, Niereninsuffizienz		
<b>Neuropathie</b>			
Sensomotorische Neuropathie	Symmetrische Missempfindungen, Taubheitsgefühle und Schmerzen in den unteren Extremitäten		
Diffuse motorische Polyneuropathie	Generalisierte Muskelatrophie und -schwäche, meist ohne Schmerzen und Sensibilitätsstörungen		
Autonome Neuropathie	Störungen der Organe, die vom autonomen Nervensystem innerviert werden: Herz, Gastrointestinaltrakt, Harnblase, sowie männliche Geschlechtsorgane		
<b>Diabetisches Fuß-Syndrom</b>	Läsionen, Ulkusbildung, mangelndes Abheilen	Neuropathie und/oder periphere Durchblutungsstörungen	

Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 151

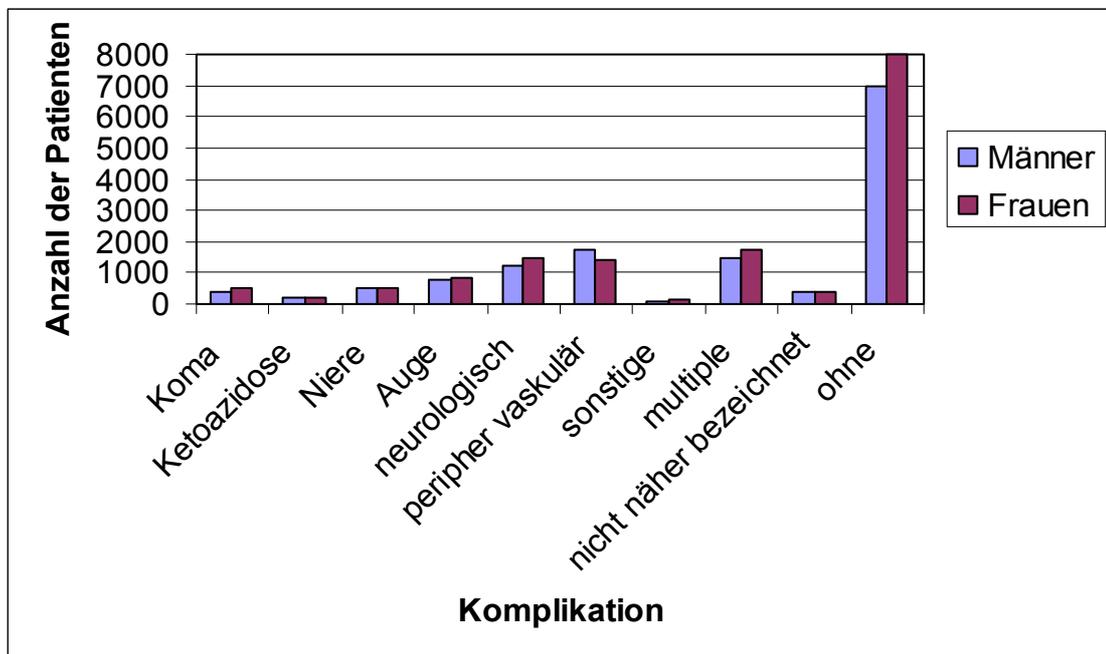
### Situation in Österreich

Abschließend soll die Situation der diabetischen Komplikationen in Österreich kurz besprochen werden. Die folgende Abbildung 7 zeigt stationär versorgte Erkrankungsfälle an Diabetes Mellitus Typ-2 nach Komplikationen und Geschlecht im Jahr 2001. Die häufigste Entlassungsdiagnose lautet mit 52,9%, „keine Komplikation“.

Multiple Komplikationen (11,1%) und vaskuläre Komplikationen (10,7%) zählen zu den größten Schwierigkeiten.<sup>80</sup>

Wie bereits bei den Mortalitätsdaten erwähnt wurde, sind diese Daten immer kritisch zu betrachten und mit Vorsicht zu genießen. Auch in diesem Fall werden nicht alle Patienten mit der Diagnose Diabetes Mellitus entlassen, obwohl dies der Fall sein könnte.

**Abb. 7: Stationär versorgte Erkrankungsfälle an Diabetes Mellitus Typ – 2 nach Komplikationen und Geschlecht, Österreich 2001**



Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 166

<sup>80</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 166

## 2.6. Prävention des Diabetes Mellitus

Im umgangssprachlichen Gebrauch wird der Terminus Prävention oft als die Verhinderung einer Krankheit bezeichnet. In der Wissenschaft hat sich jedoch die Klassifizierung nach Gerald Caplan (1964) durchgesetzt, welche die Prävention in die Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention gliedert.<sup>81</sup> Als Synonyme für Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention können alternativ die Begriffe „health promotion“ (Gesundheitsförderung), „early detection“ (Früherkennung) sowie „rehabilitation“ (Rehabilitation) verwendet werden.<sup>82</sup>

Das große Potenzial von Diabetesprävention wurde in den letzten Jahren durch eine Vielzahl von internationalen Studien belegt. So geht aus der „Nurses’ Health Study“ aus dem Jahr 2003 hervor, dass ein Großteil der Neuerkrankungen durch eine Lebensstilmodifikation vermeidbar wären. Bei Frauen mit einer bewussten Ernährungsweise, körperlicher Aktivität, Nichtrauchen etc. ist die Inzidenz um erstaunliche 90% geringer als bei Frauen, die diesen Lebensstil nicht aufweisen. Weiters zeigt die Studie, dass rund 30% aller Adipositas- und 43% aller Diabetes Mellitus Typ-2 Fälle durch einen geringen Fernsehkonsum und regelmäßige Bewegung verhindert werden können.<sup>83</sup> Weitere Beobachtungen prognostizieren eine Verringerung der Diabetes Typ-2 Inzidenz um 60% bei intensiven Lebensstilinterventionen.<sup>84</sup> Außerdem sinkt das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, Nephropathie, Retinopathie und autonomer Neuropathie mit adäquater Lebensstilmodifikation zwischen 50% und 63%.<sup>85</sup>

---

<sup>81</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 6

<sup>82</sup> vgl. Heidenberger K., 1996, S. 2

<sup>83</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 270

<sup>84</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 270

<sup>85</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 270

## **Primärprävention**

Bei der Primärprävention geht es darum, Risikopopulationen zu definieren und zu identifizieren um sie, die Population, anschließend entweder in eine Risikokategorie überführen zu können, oder ihren gesunden Lebensstil beizubehalten.<sup>86</sup> Als Risikopopulation kann man einen bestimmten Personenkreis (Gesamtbevölkerung, Zielgruppen) oder konkrete Personen (im Rahmen einer Vorsorgeuntersuchung) definieren. Die Primärprävention zielt daher darauf ab, bestimmte Erkrankungen vor Eintritt einer fassbaren biologischen Schädigung zu vermeiden und etwaige Risikofaktoren zu reduzieren (siehe Abbildung 8).<sup>87</sup>

## **Sekundärprävention**

Die Sekundärprävention soll zur Früherkennung bzw. zum Screening dienen und dem Patienten rechtzeitig eine entsprechende Therapie zukommen lassen, um Folgeschäden zu verhindern.<sup>88</sup> Neben der Verhinderung einer Retinopathie, einer Neuropathie, einer Nephropathie oder Arteriosklerose können Sekundärpräventionsmaßnahmen auch zur Reduktion von Risikofaktoren (wie auch bei der Primärprävention) oder dem Vermeiden der Krankheit dienen.<sup>89</sup>

## **Tertiärprävention**

Abbildung 8 zeigt, dass die tertiären Präventionsmaßnahmen zum Einsatz kommen, wenn bereits Folgeschäden aufgetreten sind. Daher ist es Aufgabe der Tertiärprävention Funktionseinbußen zu verhindern (z.B. Dialysepflichtigkeit, Amputationen, frühzeitige Erblindung, etc.).

---

<sup>86</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 263

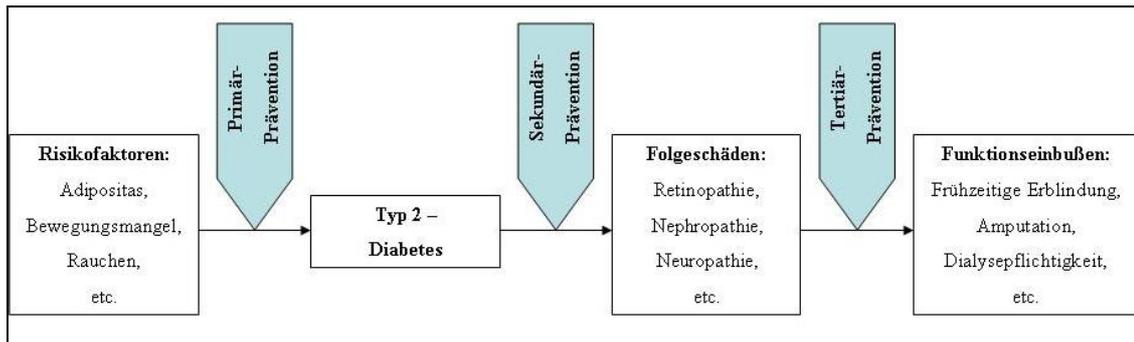
<sup>87</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 6

<sup>88</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 263

<sup>89</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 6

Diese Maßnahmen könne auch analog zur Sekundärprävention ansetzen<sup>90</sup>. Somit wäre es denkbar, dass ein Patient Schwierigkeiten mit seinen Nieren hat und mittels Tertiärprävention Schlimmeres verhindert werden soll. Trotzdem würde Sekundärprävention betrieben werden, um ein Netzhautleiden oder das Diabetische-Fuß-Syndrom zu verhindern.

**Abb. 8: Präventionsebenen bei Typ 2-Diabetes**



Quelle: Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 7

<sup>90</sup> vgl. Unger T., Gollmer A., Haas S., 2005, S. 7

### 3. Kosten des Diabetes Mellitus

Schätzungen der WHO zufolge belaufen sich die Kosten des Diabetes Mellitus weltweit pro Jahr auf umgerechnet rund 162 Milliarden Euro<sup>91</sup> (250 Milliarden US – Dollar).<sup>92</sup> Aufgrund mangelnder Dokumentation und schwieriger kostenmäßiger Aufschlüsselung liegen die Kosten für Österreich nur fragmentarisch vor.<sup>93</sup>

Durch die steigende Anzahl von Patienten, die Knappheit der Ressourcen und die stetig steigende Anzahl an Interventionen erlangt die genaue Bestimmung von Kosten eine besondere Bedeutung, um die strategische Verteilung der Ressourcen zu optimieren, die Behandlungseffizienz zu verbessern, Einsparpotenziale zu identifizieren und Betreuungskonzepte zu evaluieren.<sup>94</sup>

Im folgenden Abschnitt wird zunächst eine Klassifizierung der Kosten des Diabetes Mellitus vorgenommen. Anschließend folgt eine Zusammenfassung von anfallenden Kosten im internationalen Vergleich sowie in Österreich. Abschließend wird anhand aktueller Daten sowie dem Krankheitsverlauf ein Ausblick über die Kostenentwicklung gegeben.

---

<sup>91</sup> Wechselkurs US-Dollar/Euro = 0,6467, stand 12. März 2008

<sup>92</sup> vgl: Website der International Diabetes Federation, (Zugriff am 14.05.2007)

<sup>93</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 256f.

<sup>94</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 249

### 3.1. Klassifizierung von Kosten

Die zentrale Frage, welche nun geklärt werden soll lautet: Was sind die Kosten des Diabetes Mellitus? In der gesundheitsökonomischen Literatur werden die drei Typen direkte-, indirekte- und Opportunitätskosten unterschieden.<sup>95</sup>

#### Direkte Kosten

Als direkte Kosten bezeichnet man die Inanspruchnahme von medizinischen bzw. nichtmedizinischen Ressourcen zur Behandlung der Krankheit. Die drei wesentlichsten Komponenten der direkten Kosten sind Hospitalisierungskosten, Ambulanzkosten sowie Medikamentenkosten.<sup>96</sup> Diese grobe Einteilung der direkten Kosten enthält natürlich Bestandteile wie Kosten von Labor-Tests, Hauskrankenpflege, Blutzuckermessgeräte, Insulinspritzen, u.s.w.<sup>97</sup>

Die folgende Abbildung 9 zeigt die prozentuelle Verteilung der direkten Kosten auf die drei Hauptkomponenten, welche durch diverse Studien und Umfragen eher leicht gemessen werden können<sup>98</sup>. Dabei entfallen 54% auf die Hospitalisierungskosten, 28% auf Medikamentenkosten (wobei nur 7% auf diabetes-spezifische Medikamente wie Insulin entfallen) und 18% auf Ambulanzkosten. Im Originalbericht von Jönsson<sup>99</sup> aus dem Jahr 2002 entfallen auf die Hospitalisierungskosten 55%. Dadurch würde die Summe der drei Kostenarten jedoch 101% ergeben. Daher wurde der Anteil der größten Kostenart von 55% auf 54% reduziert.

---

<sup>95</sup> vgl. Songer T.J., 2001, S. 384

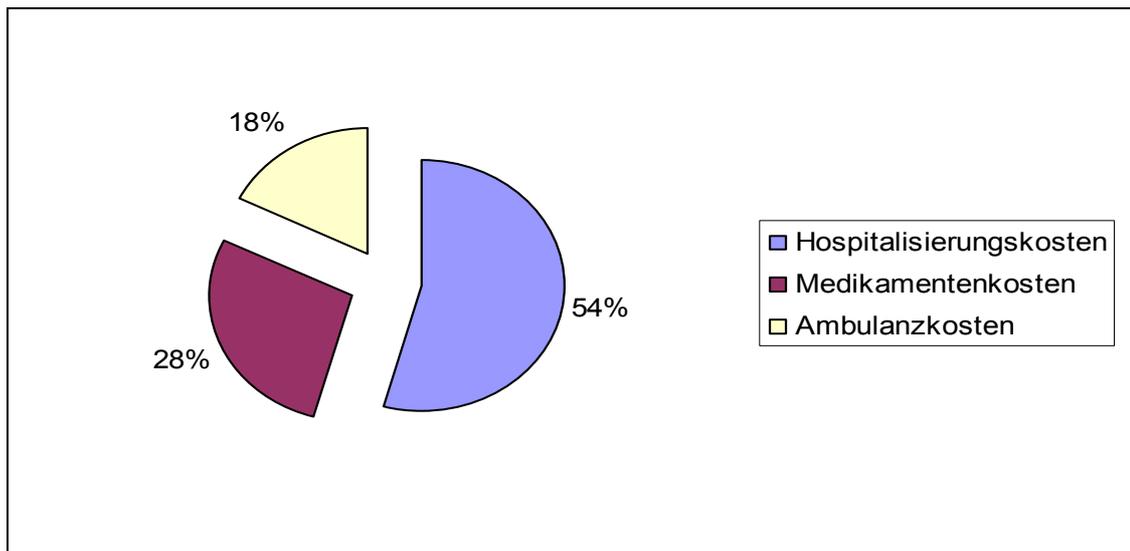
<sup>96</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 251

<sup>97</sup> vgl. Songer T.J., 2001, S. 384

<sup>98</sup> vgl. Songer T.J., 2001, S. 384

<sup>99</sup> Jönsson B., 2002, S. 5ff.

**Abb. 9: Verteilung der direkten Kosten des Diabetes Mellitus**



Quelle: eigene Darstellung nach Jönsson B., 2002, S. 11

### **Indirekte Kosten**

Der Verlust von potentiellen Ressourcen, also ein Produktivitätsverlust aufgrund von Krankenständen, einer Behinderung, Frühpensionierung oder aufgrund des frühzeitigen Todes wird unter dem Sammelbegriff der indirekten Kosten zusammengefasst.<sup>100</sup> Diese nicht medizinischen Kosten sind im Gegensatz zu den direkten Kosten nicht leicht zu erfassen<sup>101</sup>, deren Wichtigkeit ist jedoch unbestritten. Dies stellen auch Rieder et al. (2004) fest: „Die durch Diabetes verursachten indirekten Kosten sind gemäß mehrerer europäischer und US-amerikanischer Studien gleich oder sogar höher als die entsprechenden direkten Kosten.“<sup>102</sup>

---

<sup>100</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al, 2004, S. 251

<sup>101</sup> vgl. Songer T.J., 2001, S. 384

<sup>102</sup> Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 251

## **Opportunitätskosten**

Neben den direkten- und indirekten Kosten sind die Opportunitätskosten der dritte Typ von Kosten, welcher in Verbindung mit Diabetes verwendet wird. Eine einfache Erklärung dieser Kostenart wäre, dass sie Kosten beinhaltet, welche nicht im Gesundheitswesen anfallen. Beispiele hierfür sind höhere Lebensversicherungs- oder Kfz-Versicherungsprämien, schlechtere Chancen auf dem Arbeitsmarkt, oder die Tatsache, dass sich Diabetiker vermehrt ihrer Gesundheit widmen müssen (dies erfordert den Einsatz von Zeit und Geld).<sup>103</sup>

## **3.2. Untersuchte Kosten des Diabetes Mellitus**

### **Internationaler Stand**

Die CODE-2-Studie („*The Cost of Diabetes in Europe – Type 2 Study*“) ist ein erster Versuch, die Kosten des Diabetes Typ 2 auf internationaler Ebene zu dokumentieren. Medizinische-, demographische- und ökonomische Daten von mehr als 7.000 Patienten in den Ländern Belgien, Frankreich, Deutschland, Italien, Niederlande, Spanien, Schweden und dem Vereinten Königreich wurden erhoben, um die direkten Kosten zu bestimmen.

Das Resultat der CODE-2-Studie ist die Schätzung der direkten Kosten des Diabetes Typ-2 auf 29 Milliarden Euro in einem Kalenderjahr. Pro Patient ergeben sich Kosten von 2.834 Euro, wobei die Aufteilung der Kostenarten gleich jener in Abbildung 9 ist. Eine dramatische Kostensteigerung ergibt sich durch Komplikationen und Spätfolgen der Krankheit. In Industrieländern machen diese Kosten die Hälfte der direkten Kosten aus. Vergleicht man die Kosten für einen Patienten ohne Komplikationen mit jenen für einen Patienten mit mikrovaskulären Komplikationen ergibt sich eine Kostensteigerung von 70%. Bei Vorliegen von makrovaskulären Komplikationen sind die Kosten bereits doppelt so hoch, und leidet ein Patient sowohl an mikro- als auch an makrovaskulären Komplikationen, beträgt die Kostensteigerung bereits 350%, d.h. die Kosten sind um

---

<sup>103</sup> vgl. Songer T.J., 2001, S. 386

das Dreieinhalbfache höher als bei einem Patienten ohne Komplikationen. Außerdem steigen die Kosten mit fortgeschrittener Krankheitsdauer. Überschreitet diese die Dauer von zehn Jahren<sup>104</sup>, dann ist sogar eine deutliche Steigerung der Kosten zu erkennen. Auch die Hospitalisierungskosten steigen bei vorhandenen Komplikationen. Leidet ein Patient an mikro- oder makrovaskulären Komplikationen, erhöhen sich die Kosten bis auf das Doppelte. Treten beide Arten von Komplikationen gleichzeitig auf, steigen die Ausgaben sogar um 450%, also um das Viereinhalbfache<sup>105</sup>.

### **Österreichspezifische Daten**

Wie bereits am Beginn dieses Abschnitts erwähnt, ist die Kostenanalyse der österreichspezifischen Daten schwierig. Einerseits liegt dies an den nur fragmentarisch vorliegenden Daten. Andererseits ist eine Hochrechnung aufgrund regionaler Unterschiede (Großstädte versus ländlicher Bereich, Verteilung von Übergewicht von Ost- nach Westösterreich, etc.) äußerst schwierig.<sup>106</sup>

Bei den Hospitalisierungskosten als Teil der direkten Kosten gibt die Oberösterreichische Gebietskrankenkasse (OÖGKK) Gesamtkosten von 8.845.236 Euro pro Jahr bzw. Kosten pro Person und Jahr von 1.941 Euro an. Tatsächlich sind die wahren Kosten jedoch mindestens doppelt so hoch, da die OÖGKK nur die Hälfte der Kosten deckt. Im ambulanten Bereich liegen die Daten der sieben Diabetesambulanzen in Österreich aus dem Jahr 2002 vor. Die Kosten liegen hier im Bereich von rund 2,1 Millionen Euro pro Jahr. Der Verband der Sozialversicherungsträger nennt Kosten für Medikamente im Jahr 2003 von 67.293.422 Euro, wobei Insulinpräparate mit 35.285.552 Euro den größten Anteil ausmachen. Diese Aufwendungen für Antidiabetika entsprechen 3,3% aller Medikamentenkosten im Jahr 2003.

---

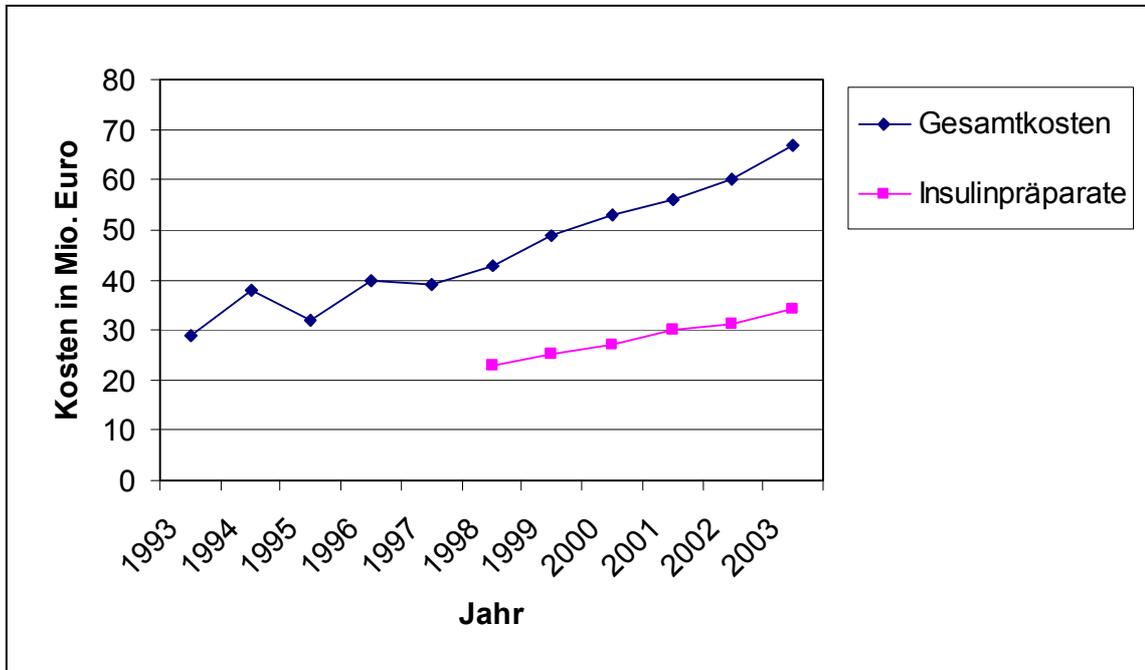
<sup>104</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 253

<sup>105</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 251ff.

<sup>106</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 256

Auch die Entwicklung der Kosten im Bereich der Medikamente nimmt stetig zu (siehe Abbildung 10). Betrug die Kosten im Jahr 1993 noch rund 29 Millionen Euro, so wurde bis zum Jahr 2003 ein Anstieg von 131% verzeichnet.<sup>107</sup>

**Abb. 10: Entwicklung der Kosten von Antidiabetika in Österreich von 1993 bis 2003**



Quelle: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 261

Bei den indirekten Kosten liegen Zahlen von den Gebietskrankenkassen aus Nieder- und Oberösterreich für die Kosten von Arbeitsunfähigkeit/Krankengeld vor. Danach belaufen sich die Kosten pro Jahr auf 348.123 Euro in Oberösterreich im Jahr 2002 und 336.863 Euro in Niederösterreich im Jahr 2003. Der im internationalen Vergleich festgestellte Kostenanstieg mit anhaltender Dauer der Krankheit bestätigt sich auch in Österreich. Demnach steigen die Ausgaben für Krankengelder mit zunehmendem Alter der Patienten.<sup>108</sup>

<sup>107</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 256ff.

<sup>108</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 256f.

## **Ausblick auf die Entwicklung der Kosten**

Wie bereits am Beginn dieser Arbeit festgestellt wurde, steigt die Anzahl der Diabetiker weltweit rasant an. Daher ist es eine logische Schlussfolgerung, dass auch die Kosten rapide ansteigen und der wirtschaftliche Umgang mit Ressourcen noch wichtiger wird.

Laut einer Studie von Bagust et al. (2002) werden die Gesamtkosten des Diabetes Mellitus Typ-2 in den Jahren von 2000 bis 2060 um 25% ansteigen. Der Anstieg der relevanten ökonomischen Belastung wäre jedoch signifikant höher und würde sich um 40-50% erhöhen.<sup>109</sup>

---

<sup>109</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 254f. *zitiert nach* Bagust et al. (2002)

## 4. Methoden der Gesundheitsökonomie zur Bewertung von Präventionsmodellen

Wie bereits im ersten Teil dieser Arbeit<sup>110</sup> erläutert wurde, befasst sich die Gesundheitsökonomie mit dem rationalen Umgang und der Knappheit von Ressourcen im Gesundheitswesen auf der einen und mit der Untersuchung von Angebot und Nachfrage nach Gesundheitsleistungen auf der anderen Seite.<sup>111</sup>

Der folgende Abschnitt stellt die beiden am Häufigsten angewandten Methoden vor, mit deren Hilfe GesundheitsökonomInnen arbeiten um „...*konkurrierende Maßnahmen in ihrer Kostenstruktur und Wirtschaftlichkeit zu beurteilen...*“<sup>112</sup>. Auch hier wird den Methoden besondere Aufmerksamkeit geschenkt, welche anschließend in der Kosten-Wirksamkeits-Analyse<sup>113</sup> zur Anwendung kommen.

### 4.1. Ökonomische Modellansätze

In der Praxis findet sich eine Vielzahl methodischer Ansätze, die versuchen das Input-Output-Verhältnis in vergleichbaren Einheiten zu bewerten. Die wesentlichen Unterschiede der einzelnen Arten liegen darin, dass die Ergebnisse in monetären-, nicht-monetären- oder naturalistischen Einheiten dargestellt werden können.<sup>114</sup> Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf der Kosten-Wirksamkeits-Analyse, da diese einerseits bei der Bewertung der Präventionsmaßnahmen von Diabetes Mellitus häufig angewandt wird<sup>115</sup>, und andererseits auch Gegenstand des anschließenden Evaluierungsverfahrens<sup>116</sup> ist.

---

<sup>110</sup> s. Kapitel 1.2.2., S. 2

<sup>111</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 15

<sup>112</sup> Quelle: Rychlik R., 1999, S. 35

<sup>113</sup> s. Kapitel 6, S. 49

<sup>114</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 46

<sup>115</sup> s. Kapitel 5., S. 44

<sup>116</sup> s. Kapitel 6, S. 53

## **Kosten-Wirksamkeits-Analyse**

Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse, in der englischsprachigen Literatur „*Cost-Effectiveness-Analysis*“<sup>117</sup> genannt, wird auch als Kosten-Effektivitäts-Analyse bezeichnet. Aufgrund der Verbreitung in der deutschsprachigen Literatur wird in dieser Diplomarbeit ausschließlich der Begriff Kosten-Wirksamkeits-Analyse verwendet.

Aufgabe der Kosten-Wirksamkeits-Analyse, sowie aller anderer Analysearten, ist die Evaluierung von Präventionsmaßnahmen im Gesundheitswesen. Dabei werden die Kosten aufgebrauchter Ressourcen mit der erreichten Gesundheitsveränderung verglichen.<sup>118</sup> Die Zentrale Frage, welche sich Ökonomen stellen lautet daher: „*How much health benefit do we get for our money?*“<sup>119</sup>, also welchen Nutzen bekommen wir für unser Geld. Der Zweck einer solchen Analyse ist es, Entscheidungsträger bei der effektiven Allokation von Ressourcen zu unterstützen<sup>120</sup> und das Abwägen verschiedener Alternativen zu erleichtern<sup>121</sup>.

Bei der Kosten-Effektivitäts-Analyse werden die Kosten in monetären Einheiten dem Nutzen in nicht-monetären Einheiten gegenübergestellt. Um diese nicht-monetären Einheiten darzustellen, wird häufig, so auch in dieser Arbeit, das Konzept der Qualitätsbereinigenden Lebensjahre (*Quality Adjusted Life Years*, QALYs) angewandt. QALYs bezeichnen den Zusammenhang zwischen Einschätzungen zu dem gewünschten Gesundheitszustand und dessen Dauer. Bewertet wird die Lebensqualität auf einer Skala von 0 bis 1 („Tod“ bis „bestmöglicher Gesundheitszustand“) wobei eine Präventionsmaßnahme erfolgreich ist, wenn die gewonnen QALYs die verlorenen übersteigen.<sup>122</sup>

---

<sup>117</sup> vgl. Hanusch H., 1994, S.159

<sup>118</sup> vgl. Russel L.B., Gold M.R., Siegel J.E., et al., 1996, S. 1173

<sup>119</sup> Quelle: Owens D., 1998, S. 716

<sup>120</sup> vgl. Russel L.B., Gold M.R., Siegel J.E., et al., 1996, S. 1173

<sup>121</sup> vgl. Owens D., 1998, S. 716

<sup>122</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 44

Um das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis darzustellen, wird folgende Kosten-Wirksamkeits-Rate (*cost-effectiveness-ratio*) berechnet<sup>123</sup>:

$$CER = \frac{(Kosten\ mit\ Behandlung - Kosten\ ohne\ Behandlung)}{(Gesundheitsnutzen\ mit\ Behandlung - Gesundheitsnutzen\ ohne\ Behandlung)}$$

Die oben angeführte Darstellung zeigt, wie Kosten (beispielsweise in der Währungseinheit Euro) einem Nutzen (beispielsweise in QALYs) gegenübergestellt werden. Das Ergebnis dieses Kosten-Effektivitätsverhältnisses würde dann investierte Geldeinheiten pro QALY lauten.

Obwohl die Kosten-Wirksamkeits-Analyse in der Praxis häufig Anwendung findet, ist sie nicht für den Vergleich von Maßnahmen mit verschiedenartigen Ergebniseinheiten geeignet.<sup>124</sup>

### **Kosten-Nutzen-Analyse**

Der wesentliche Unterschied zur Kosten-Wirksamkeits-Analyse liegt darin, dass sowohl die Kosten als auch der Nutzen in monetären Einheiten bewertet werden. Aufgrund dieser Tatsache ermöglicht die Kosten-Nutzen-Analyse (*cost-benefit-analysis*) eine mehrdimensionale Nutzenmessung. Die Problematik der monetären Bewertung des Nutzens, sowie die als unethisch empfundene Reduzierung eines Nutzens im Gesundheitswesen auf ihren monetären Wert sind die Hauptgründe, warum diese Methode eher selten angewandt wird.<sup>125</sup>

---

<sup>123</sup> vgl. Owens D., 1998, S. 716

<sup>124</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 50

<sup>125</sup> vgl. Rychlik R., 1999, S. 48f.

**Tabelle 7: Häufig verwendete Evaluierungsverfahren**

<b>Kosten-Wirksamkeits-Analyse</b>	
	Überprüft die monetären Kosten einer Intervention in Relation zu ihrem Gesundheits-Outcome
	Vergleicht dieses Ergebnis mit einem alternativen Ergebnis (meist mit einer vorhandenen „Standard-Behandlung“)
	Geht davon aus, dass sich das Ziel lohnt und überprüft welche Behandlung die Zielsetzung am besten trifft
<b>Kosten-Nutzen-Analyse</b>	
	Überprüft die Kosten, sowie den Nutzen der Zielsetzung in monetären Einheiten
	Vergleicht diese Ergebnis mit einem alternativen Programm
	Überprüft, ob die Zielsetzung lohnend ist, um eventuell alternative Programme auszuüben

Quelle: Songer T.J., 2001, S. 388

## 4.2. Epidemiologische Modellansätze

Für den Ausdruck „Modell“ kennt man eine Vielzahl verschiedener Definitionen und Gebrauchsformen. So wird der Begriff beispielsweise in der Architektur (ein Modell eines Bauwerks), in der Statistik (z.B. ein Regressions-Modell) oder in der elektronischen Datenverarbeitung (ein Computermodell) verwendet.

Im Zusammenhang mit der Gesundheitsökonomie versteht man unter einem Modell jegliche mathematische Struktur, welche gesundheitsbezogene- sowie wirtschaftliche Ergebniseinheiten von Patienten oder einer Bevölkerung unter verschiedenen Szenarien repräsentiert.<sup>126</sup>

---

<sup>126</sup> vgl. Kuntz, K.M., Weinstein M. C., 2001, S. 142

## **Markov-Modell**

Markov-Modelle sind mathematische Modelle und beinhalten analytische Strukturen, welche die Hauptcharakteristika von Krankheiten darstellen.<sup>127</sup> Diese Art von Modellen wird in der Gesundheitsökonomie oft angewandt und eignet sich besonders zur Darstellung von Krankheiten mit wiederholenden Ereignissen.<sup>128</sup>

Ein Markov Modell besteht aus einer endlichen Anzahl von Gesundheitszuständen, wobei sich jede Person, bzw. jeder Patient während der Simulation in einem dieser Gesundheitszustände befinden muss. Anhand von fix vorgegebenen- oder mit der Zeit variierenden Übergangswahrscheinlichkeiten durchläuft jede Person gewisse Gesundheitszustände, bis ein absorbierender Gesundheitszustand erreicht wird. Ein absorbierender Gesundheitszustand wird dadurch charakterisiert, dass dieser nicht wieder verlassen werden kann. In den meisten Fällen wird dieser Zustand auch mit dem Tod des Patienten gleichgesetzt. Der Übergang von Gesundheitszuständen erfolgt in einem fix festgelegten Zeitintervall, welcher häufig ein Jahr beträgt.<sup>129</sup>

## **Monte Carlo Simulation**

Ein großer Nachteil der Markov-Modelle liegt in der Markov-Bedingung, welche besagt, dass es nicht möglich ist, zukünftige Ereignisse von vergangenen abhängig zu machen.<sup>130</sup> In der Fachliteratur verwendet man auch oft die Redewendung, ein Markov-Modell habe keine Erinnerung. Doch gerade in der Gesundheitsökonomie wäre es wichtig über die Vorgeschichte des Patienten informiert zu sein. Mit Hilfe der Monte-Carlo Simulation kann dieses Problem gelöst werden.

Die Monte Carlo Simulation wählt die Größe der Kohorte für eine große Anzahl von Patienten. Jeder Patient beginnt die Simulation im gesunden Zustand. Am Ende jedes Durchlaufes wird mittels Zufallsgenerator und Übergangswahrscheinlichkeiten

---

<sup>127</sup> vgl. Sonnenberg, F. A., Beck, J. R., 1993, S. 322

<sup>128</sup> vgl. Kuntz, K.M., Weinstein M. C., 2001, S. 148

<sup>129</sup> vgl. Kuntz, K.M., Weinstein M. C., 2001, S. 148

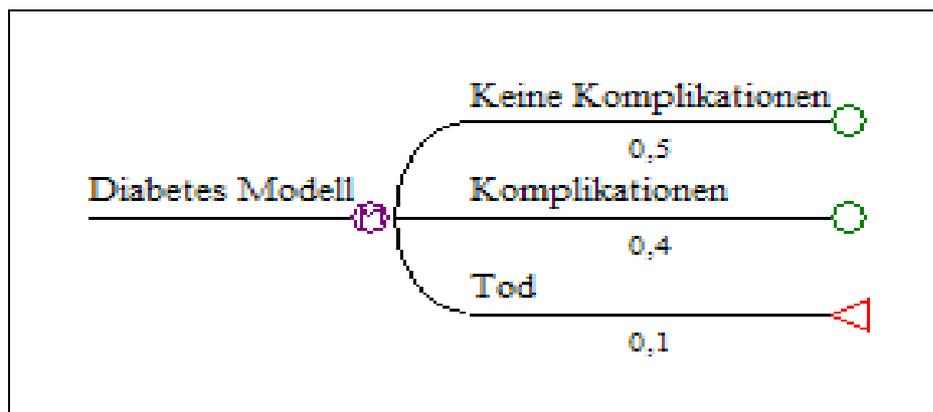
<sup>130</sup> vgl. Sonnenberg, F. A., Beck, J. R., 1993, S. 326

entschieden, in welchem Gesundheitszustand der Patient den nächsten Durchlauf starten wird. Die Simulation endet mit dem Tod des Patienten.<sup>131</sup>

Um ein Markov-Modell in Verbindung mit einer Monte Carlo Simulation grafisch zu veranschaulichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Neben einem Blasendiagramm und einer Übergangsmatrix repräsentiert ein Entscheidungsbaum (*markov cycle tree*) die wohl attraktivste Darstellungsform.<sup>132</sup>

Die folgende Abbildung 11 soll anhand eines vereinfachten Beispiels einen Entscheidungsbaum illustrieren. Aufgrund der simplen Form des Entscheidungsbaumes wäre bei dieser Modellvariante nur die Simulation einer Periode möglich.

**Abb. 11: Darstellung eines vereinfachten Markov-Modells mittels Entscheidungsbaum**



Quelle: eigene Darstellung

Diese Darstellung eines Markov-Modells in der Form eines Entscheidungsbaumes zeigt ein denkbares, wenn auch sehr vereinfachtes Diabetes Modell. Der Patient kann drei Gesundheitszustände durchlaufen: „Keine Komplikationen“, „Komplikationen“ oder

<sup>131</sup> vgl. Sonnenberg, F. A., Beck, J. R., 1993, S. 331

<sup>132</sup> vgl. Sonnenberg, F. A., Beck, J. R., 1993, S. 331

„Tod“. Die jeweiligen, frei gewählten Wahrscheinlichkeiten, dass der Patient einen der Zustände durchläuft sind 0,5 (50%), 0,4 (40%) und 0,1 (10%). Die Simulation endet sobald der Patient in den absorbierenden Zustand eintritt, nämlich „Tod“ (gekennzeichnet durch das Dreieck).

Ein möglicher Krankheitsverlauf wäre folgender: Ein Patient hat seinen Blutzuckerhaushalt im Griff und somit in der ersten Periode, im ersten Jahr keine Komplikationen. In der zweiten Periode jedoch verschlechtern sich die Blutwerte des Patienten, woraufhin seine Blutgefäße angegriffen werden. Schlussendlich führen die Komplikationen mit den Blutgefäßen zu einem Herzinfarkt, der Patient stirbt in der dritten Periode.

### **Diskontierung**

Zum Abschluss dieses, der Modellierung gewidmeten Kapitels wird kurz die Relevanz der Berücksichtigung von Diskontierung in gesundheitsökonomischen Modellen erläutert.

Betrachten wir die Behandlung eines Patienten im Gesundheitswesen, dann ist es ersichtlich, dass Nutzen und Kosten nicht immer zum selben Zeitpunkt realisiert werden bzw. anfallen. Es wird der Nutzen möglichst rasch bevorzugt (die Heilung eines diabetischen Fußes) und die Zahlung der Kosten nach dem Grundsatz „eine Geldeinheit morgen ist mehr wert, als eine Geldeinheit heute“ weit in die Zukunft verlagert. Aufgabe der Diskontierung ist es daher, unter Berücksichtigung einer positiven Zahlungspräferenz, die Kosten sowie den Nutzen auf den heutigen Zeitpunkt zu diskontieren. Eine wesentliche Rolle bei der Diskontierung spielt der Diskontsatz, dessen Einfluss mit der Länge des Betrachtungszeitraumes wächst. In der Praxis beträgt die Diskontierungsrate meist 3-5%<sup>133</sup>. Auch die Wahl des aktuellen Kapitalmarktzinssatz stellt eine Möglichkeit dar, eine angemessene Diskontierungsrate zu wählen.

---

<sup>133</sup> vgl. Greiner W., Schöffski, O., 2007, S. 216

## 5. Literaturüberblick

Nachdem im *vierten Kapitel* die verschiedenen Methoden zu Präventionsmodellen für Diabetes Mellitus erläutert wurden, wird nun ein Literaturüberblick zur behandelten Thematik gegeben.

Im ersten Schritt werden drei Werke vorgestellt, welche sich mit der Zusammenfassung bestehender Studien befassen. Anschließend daran werden ein aktuelles Generalmodell mit dem Ziel einer langzeitigen Blutzuckerkontrolle sowie zwei österreichspezifische Studien vorgestellt. Am Ende des Kapitels folgt eine Aufzählung von Präventionsmodellen für Diabetes Mellitus. Zur Unterstützung der Literaturrecherche diente die *National Library of Medicine*.<sup>134</sup>

Die Studie „*Economic aspects of diabetic foot care in a multidisciplinary setting: a review*“ (2007) von Matricali G.A., Dereymaeker G., Muls E., et al. vergleicht englischsprachige Werke zum Thema Diabetisches-Fuß-Syndrom. Obwohl eine Vereinheitlichung der Ergebnisse nicht möglich ist, erkennen die Autoren positive Korrelationen im Bereich der Kosten, der Zeitverzögerung und der Krankheitsstadien. Einen Überblick zu Screening-Modellen geben Icks A., Rathmann W., Haastert B., et al. in „*Cost-effectiveness of type 2 diabetes screening: results from recently published studies*“ (2005). Die Ergebnisse von sieben Modellen zeigen, dass Screening-Maßnahmen für Diabetes Mellitus Typ-2 kosten-wirksam sind. Die Kosten-Wirksamkeit der Maßnahmen bei der Früherkennung und Behandlung des Diabetes Mellitus Typ-2 wird jedoch nicht bestätigt. Als dritter Übersichtsartikel untersucht „*Cost-effectiveness of irbesartan in diabetic nephropathy: a systematic review of published studies*“ (2005) von Palmer A.J., Tucker D.M., Valentine W.J., et al. den kosten-wirksamen Einsatz von Irbesartan zur Behandlung diabetischer Nephropathie. Die Ergebnisse von unterschiedlichen Studien aus den Jahren 1995 bis 2005 zeigen, dass der Wirkstoff Irbesartan im Vergleich zu konkurrierenden Maßnahmen kosten-wirksam ist.

---

<sup>134</sup> National Library of Medicine, (Zugriff am 18.03.2008)

Ein aktuelles und valides Generalmodell zu diabetischen Spätkomplikationen wird in *“Development and validation of the Economic Assessment of Glycemic Control and Long-Term Effects of diabetes (EAGLE) model”* (2006) von Mueller E., Maxion-Bergemann S., Gulyaev D., et al. vorgestellt. Die Annahmen der EAGLE-Studie basieren auf den Ergebnissen von zahlreichen publizierten Modellen. Dadurch können die einzelnen Wahrscheinlichkeiten und Krankheitsverläufe von diabetischen Spätkomplikationen sehr genau bestimmt werden, was eine wichtige Voraussetzung für ein genaues Modells ist. Die Ergebnisse des EAGLE-Studie zeigen, dass sich die Ergebnisse des Modells mit den tatsächlichen Prävalenzraten (Abweichung +/- 10%) decken.

Präventionsmodelle mit österreichspezifischen Daten liefern die Artikel *„A model to analyse costs and benefit of intensified diabetic foot care in Austria“* (2007) von Habacher W., Rakovac I., Görzer E., et al. und *„Model-based evaluation of diabetic foot prevention strategies in Austria“* (2005) von Rauner M.S., Heidenberger K., Pesendorfer E.M.. Beide Studien analysieren ökonomische Präventionsmodelle des Diabetischen-Fuß-Syndroms unter Anwendung eines Markov Modells.

Zum Abschluss dieses Kapitels folgt eine Dokumentation von ökonomischen Präventionsmodellen. Zuerst zeigen die Tabellen 8 - 11 einen Überblick zu Modellen aus den Jahren 1981 bis 2002. In Tabelle 8 werden, in alphabetischer Reihenfolge der Autoren, zunächst Kosten-Wirksamkeits-Studien vorgestellt. Die Tabellen 9 – 11 listen unterschiedliche Studien auf, welche nach Komplikationen geordnet sind (Neuropathie und Diabetisches Fuß-Syndrom, Retinopathie, Nephropathie, Herzerkrankungen, zerebrale Gefäßerkrankungen, Untersuchung mehrerer Komplikationen).

Anschließend zeigen die Tabellen 12 bis 14 Präventionsmodelle für Diabetes Mellitus Typ 2 aus den Jahren 2003 bis März einschließlich 2008. Dabei wird in den Tabellen 12 und 13 auf Kosten-Wirksamkeits-Analysen hingewiesen, Tabelle 14 zeigt aktuelle Markov Modelle für diabetische Präventionsmodelle. Die einzelnen Studien werden mit den Autoren und dem Titel bzw. der Methode angeführt. Geordnet wurden die Listen nach abfallendem Erscheinungsjahr. Da in den letzten Jahren eine Vielzahl an Studien im Zusammenhang mit Diabetes Mellitus veröffentlicht wurde, konzentriert sich der Literaturüberblick der Jahre 2003 bis 2007 ausschließlich auf Markov Modelle für Präventionsmaßnahmen des Diabetes Typ-2.

**Tabelle 8: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 1981-2002**

Studie	Thema	Ergebnis
Bentkover (1993)	Kosten-Wirksamkeit der Behandlung eines nichtheilenden diabetischen Fußes	Behandlung mit Salzlösung US\$ 36.000 pro geheilter Person
DCCT Research Group (1996)	Kosten-Wirksamkeit einer intensiven Insulin-Behandlung am Verhältnis zur Standardbehandlung	zusätzliche Kosten pro gewonnenem Lebensjahr: US\$ 30.400
Eckman (1995)	Kosten-Wirksamkeit der Behandlung der Patienten mit Fußinfektion mit Verdacht auf Osteomyelitis	allgemeines Ergebnis: lange Antibiotika-Therapien sind besser als Amputationen
England (1981)	Kosten-Wirksamkeit einer Impfung zur Verhinderung von Typ-1-Diabetes	Impfung aller Kinder im Alter von 3 Jahren ist besser als Impfung von Hochrisikopatienten aller Altersstufen. Kostenersparnis: US\$ 30 Mio. jährlich an direkten Kosten
Fendrick (1992)	Kosten-Wirksamkeit der Behandlung und Kontrolle von Retinopathie bei Typ-1-Patienten in Schweden	Behandlung und Untersuchung spart 22-37 Mio. Schwedische Kronen. 2.300-3.200 Jahre ohne Erblindung
Franz (1995)	Kosten-Wirksamkeit von Leitlinien über Ernährung für Typ-2-Patienten	Verbesserung der Stoffwechselkontrolle zu vernünftigen Kosten
Javitt (1989)	Kosten-Wirksamkeit der Behandlung und Kontrolle von Retinopathie bei Typ-1-Patienten	Kosten pro Lebensjahr ohne Erblindung: US\$ 966
Javitt (1996)	Kosten-Wirksamkeit der Behandlung und Kontrolle von Retinopathie bei Typ-1-Patienten	Kosten der Erkennung und Behandlung: US\$ 3.190 pro QALY (US\$ 1.196 Typ-1-Patienten und US\$ 3.530 für Typ-2-Patienten)
Le Floch (1994)	Kosten-Wirksamkeit der Untersuchung auf Mikro-Albuminurie	\$ 6.600 pro QALY bei Verwendung von Harnstreifen und Labortests im Vergleich zu alleinigen Labortests
Scheffler (1992)	Kosten-Wirksamkeit einer Schwangerschafts-Intervention	US\$ 5 Ersparnis an Krankenhaus Ausgaben bei US\$ 1 Ausgaben durch das Programm

Quelle: Songer T.J., 2001, S. 390f.

**Tabelle 9: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002  
(1/3)**

<b>Studie (Land, Jahr)</b>	<b>Autoren</b>	<b>Methode</b>
<b>Neuropathie und Diabetisches Fuß-Syndrom</b>		
Foot Infections in Diabetic Patients: Decision and Cost-effectiveness Analyses (USA, 1995)	Eckman, Greenfield, Mackey et al.	Entscheidungsbaum, Kosten-Effektivitäts-Analyse
Topical Treatment of Diabetic Foot Ulcers: an Economic Analysis of Treatment Alternatives and Strategies (Schweden, 1995)	Apelqvist, Ragnarson-Tennvall, Larsson	Kostenevaluation
The Cost of Diabetes-related Lower Extremity Amputations in the Netherlands (USA/Niederlande, 1995)	Houtum, Lavery, Harkless	Kostenevaluation
Diabetic foot ulcers in a multidisciplinary setting: An economic analysis of primary healing and healing with amputations (Schweden, 1994)	Apelqvist, Ragnarson-Tennvall, Persson, Larsson	Kostenevaluation
Long-Term Cost for Foot Ulcers in Diabetic Patients in a Multidisciplinary Setting (Schweden, 1995)	Apelqvist, Ragnarson-Tennvall, Larsson et al.	Kostenevaluation
Prevention of diabetes-related footulcers and amputations: a cost utility analysis based on Markov model simulations (Schweden, 2001)	Ragnarson-Tennvall, Apelqvist	Kosten-Nutzwert-Analyse, Markov Simulationsmodell
Disease progression and cost of insulin dependent diabetes mellitus: development and applications of a simulation model (USA, 1998)	Tomar, Lee, Wu et al.	Markov Simulationsmodell
Potential Economic Benefits of Lower-Extremity Amputation Prevention Strategies in Diabetes (USA, 1998)	Ollendorf, Kotsanos, Wishner, et al.	Simulationsmodell und Kohorten-Analyse

Quelle: Pesendorfer E. M., 2003, S. 82ff.

**Tabelle 10: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002 (2/3)**

<b>Studie (Land, Jahr)</b>	<b>Autoren</b>	<b>Methode</b>
<b><u>Retinopathie</u></b>		
The evaluation of screening policies for diabetic retinopathy using simulation (UK, 2002)	Davies, Roderick, Canning, Brailsford	Discrete Event Simulation
Cost-effectiveness of detecting and treating diabetic retinopathy (USA, 1996)	Lambert	Kosten-Nutzwert-Analyse, Monte Carlo Simulation
Continuous computer simulation analysis of the cost-effectiveness of screening and treating diabetic retinopathy (Erasmus University, 1999)	Crijns, Casparie, Hendrikse	Markov Modell, Monte-Carlo-Simulation
<b><u>Nephropathie</u></b>		
Screening to prevent renal failure in insulin dependent diabetic patients: an economic evaluation (Kanada, 1995)	Kiberd, Jindal	Kosten-Nutzwert-Analyse, Markov Simulationsmodell
Erhöhter klinischer und wirtschaftlicher Nutzen durch PROSIT bei Typ-2 diabetischen Patienten (Deutschland, 2002)	Gozzoli, Palmer, Brandt et al.	Kosten-Wirksamkeits-Analyse, Markov Simulationsmodell
<b><u>Herzerkrankungen</u></b>		
Lifetime costs of complications resulting from type 2 diabetes in the U.S. (USA, 2002)	Caro, Ward, O'Brien	Kostenevaluation
<b><u>Zerebrale Gefäßerkrankungen</u></b>		
Cost-effectiveness of the lower treatment goal (of JNC VI) for diabetic hypertensive patients. Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (USA, 2000)	Elliot, Weir, Black	Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Quelle: Pesendorfer E. M, 2003, S. 82ff.

**Tabelle 11: Ökonomische Evaluationen geordnet nach Komplikationen 1992-2002 (3/3)**

<b>Studie (Land, Jahr)</b>	<b>Autoren</b>	<b>Methode</b>
<b>Untersuchung mehrerer Komplikationen</b>		
A simulation model of the cost of the meidence of IDDM in Spain (Spanien, 1997)	Hart, Espinosa, Rovia	Discrete Event Simulation
An Economic Analysis of Interventions for Diabetes (USA, 2001)	Klonoff, Schwarz	Kosten-Nutzen-Analyse
Model of Complications of NIDDM I (USA, 1997)	Eastman, Javitt, Herman et al.	Kosten-Effektivitäts-Analyse
Model of Complications of NIDDM II (USA, 1997)	Eastman, Javitt, Herman et al.	Kosten-Effektivitäts-Analyse
The cost-effectiveness of screening for type 2 diabetes	CDC Diabetes Cost-Effectiveness Study Group, Centers for Disease Control and Prevention	Kosten-Effektivitäts-Analyse, Monte Carlo Simulation
Computer simulated cost effectiveness of care management strategies on reduction of long-term sequelae in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus (USA, 1997)	Demers, Clark, Tolzmann et al.	Kosten-Effektivitäts-Analyse, Simulationsmodell
Eine Krankheitskostenstudie zum Diabetes Mellitus (Deutschland, 1997)	Ferber, Köster Hauner	Krankheitskostenstudie
A computer simulation model for cost-effectiveness analysis of mass screening for Type 2 diabetes mellitus (Taiwan, 2001)	Chen, Yen, Tung	Markov Simulationsmodell
Lifetime benefits and costs of intensive therapy as practised in the diabetes controland complications trial (USA, 1996)	The Diabetes Control and Complications Trial Research Group	Monte Carlo Simulation
Quality assessment of Diabetes care according to the recommendations of the St. Vincent Decleration-study in a rural area in Austria (Österreich/Deutschland 1992)	Mühlhauser, Sulzer, Berger	Statistische Patientendaten

Quelle: Pesendorfer E. M., 2003, S. 82ff.

**Tabelle 12: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 2003-3.2008 (1/2)**

<b>Autoren</b>	<b>Titel</b>	<b>Jahr</b>
Minshall M.E., Oglesby A.K., Wintle M.E., et al.	Estimating the long-term cost-effectiveness of exenatide in the United States: an adjunctive treatment for type 2 diabetes mellitus.	2008
Hoerger T.J., Hicks K.A., Sorensen S.W., et al.	Cost-effectiveness of screening for pre-diabetes among overweight and obese U.S. adults.	2007
Valentine W.J., Palmer A.J., Nicklasson L., et al.	Improving life expectancy and decreasing the incidence of complications associated with type 2 diabetes: a modelling study of HbA1c targets.	2006
Hayashino Y., Shimbo T., Tsujii S., et al.	Cost-effectiveness of coronary artery disease screening in asymptomatic patients with type 2 diabetes and other atherogenic risk factors in Japan: factors influencing on international application of evidence-based guidelines.	2006
Herman W.H., Hoerger T.J., Brandle M., et al.	The cost-effectiveness of lifestyle modification or metformin in preventing type 2 diabetes in adults with impaired glucose tolerance.	2005
Hayashino Y., Nagata-Kobayashi S., Morimoto T., et al.	Cost-effectiveness of screening for coronary artery disease in asymptomatic patients with Type 2 diabetes and additional atherogenic risk factors.	2004
Palmer A.J., Roze S., Valentine W.J., et al.	The CORE Diabetes Model: Projecting long-term clinical outcomes, costs and cost-effectiveness of interventions in diabetes mellitus (types 1 and 2) to support clinical and reimbursement decision-making.	2004
Hoerger T.J., Harris R., Hicks K.A., et al.	Screening for type 2 diabetes mellitus: a cost-effectiveness analysis.	2004
Caro J.J., Getsios D., Caro I., et al.	Economic evaluation of therapeutic interventions to prevent Type 2 diabetes in Canada.	2004
Ortegon M.M., Redekop W.K., Niessen L.W., et al.	Cost-effectiveness of prevention and treatment of the diabetic foot: a Markov analysis.	2004

Quelle: eigene Darstellung

**Tabelle 13: Bestehende Kosten-Wirksamkeits-Analysen 2003-3.2008 (2/2)**

<b>Autoren</b>	<b>Titel</b>	<b>Jahr</b>
Shearer A., Scuffham P., Gordois A., et al.	Predicted costs and outcomes from reduced vibration detection in people with diabetes in the U.S.	2003
Scuffham P., Carr L., et al.	The cost-effectiveness of continuous subcutaneous insulin infusion compared with multiple daily injections for the management of diabetes.	2003

Quelle: eigene Darstellung

Wie bereits zuvor erwähnt wurde, ist die Zahl der Publikationen im Zusammenhang mit der ökonomischen Evaluierung von Präventionsmaßnahmen des Diabetes Mellitus in den letzten Jahren gestiegen. Diese Tatsache zeigt das steigende Bewusstsein von Ökonomen für die Gesundheitsökonomie. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Studien stellt sich heraus, dass es keinen eindeutig zu erkennenden Trend gibt. Die Behandlung von einzelnen diabetischen Spätkomplikationen, eine globale Betrachtung der Komplikationen sowie die Auseinandersetzung mit Screening-Maßnahmen finden in der Gesundheitsökonomie häufig Anwendung. Auch die Darstellung der Ergebnisse streckt sich über ein weit gestreutes Feld von Kosten-Wirksamkeits-Analysen bis zu Kosten-Nutzwert-Analysen und Kostenevaluationen.

Die Studien in Tabelle 14 beschreiben aktuelle Markov Modelle für diabetische Präventionsmodelle. Rosato et al. (2007) vergleichen in „*Evaluating cardiovascular mortality in type 2 diabetes patients: an analysis based on competing risks Markov chains and additive regression models.*“ ein Markov Modell mit einem Regressions-Modell, um die CVD Mortalität im Zusammenhang mit dem Typ-2 Diabetes zu evaluieren. Dabei liefern die Modelle annähernd gleiche Ergebnisse, nur bei Patienten im fortgeschrittenem Krankheitsstadium weichen die Daten ab. In „*Effect of BMI on lifetime risk for diabetes in the U.S.*“ von Narayan et al. (2007) wurden Daten zum Alter, Rasse, Geschlecht, BMI spezifischen Inzidenz- und Prävalenzraten, und Diabetes spezifische sowie BMI spezifische Mortalitätsdaten gesammelt. Die Studie von Narayan et al. vereint die vorhandenen Daten in einem Markov Modell zur Schätzung von Risikofaktoren des Diabetes Mellitus in den USA. Zhou et al. stellen in „*A computer simulation model of diabetes progression, quality of life, and cost.*“ (2005) ein Markov

Modell zu diabetischen Spätkomplikationen, der Lebensqualität und den Kosten des Diabetes Mellitus Typ 2 vor. Die Daten wurden sowohl von veröffentlichten Studien, als auch von klinischen Tests herangezogen. Das Modell beschreibt den Einfluss von Screenings und Präventionsmaßnahmen auf Spätkomplikationen, Mortalität, Lebensqualität und Kosten des Typ-2 Diabetes.

**Tabelle 14: Aktuelle Markov Modelle zur Prävention des Diabetes Mellitus**

<b>Autoren/Jahr</b>	<b>Titel</b>	<b>Methode</b>
Rosato R., Ciccone G., Bo S., et al. (2007)	Evaluating cardiovascular mortality in type 2 diabetes patients: an analysis based on competing risks Markov chains and additive regression models.	Vergleich von Markov Modell und Regressions-Modell
Narayan K.M., Boyle J.P., Thompson T.J., et al. (2007)	Effect of BMI on lifetime risk for diabetes in the U.S.	Markov Modell
Zhou H., Isaman D.J., Messinger S., et al. (2005)	A computer simulation model of diabetes progression, quality of life, and cost.	Markov Modell

Quelle: eigene Darstellung

## 6. Das Präventionsmodellmodell

In diesem Abschnitt, welcher zweifelsfrei das Kernstück der Arbeit darstellt, wird das ökonomische Präventionsmodell exakt beschrieben. Es werden einerseits alle relevanten Daten bekannt gegeben um eine Überprüfung der Ergebnisse zu ermöglichen. Andererseits soll die genaue Erläuterung des Modells und der dazu gehörigen Daten zum Verständnis und Nachvollziehbarkeit beitragen.

Der erste Unterabschnitt stellt die Vorlage für das angewandte Modell von Eastman et al. (1997) kurz vor. Außerdem wird auch auf die Änderungen eingegangen, welche im Rahmen des ökonomischen Modells vorgenommen wurden. Danach folgt eine ausführliche Beschreibung des ökonomischen Modells. Abschließend wird der Aufbau der Kosten-Wirksamkeits-Analyse mit ihren konkurrierenden Maßnahmen und den dazu gehörigen Kosten beschrieben. Die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeits-Analyse werden im folgenden Kapitel 7 präsentiert.

### 6.1. Modellvorlage von Eastman et al. (1997)

Die Vorlage für das ökonomische Modell dieser Arbeit stammt von den US-Amerikanischen Autoren Eastman, Javitt, Herman et al. (1997). In der Fachzeitschrift *Diabetes Care* erschienen im Mai 1997 zwei Artikel der oben genannten Autoren. Im ersten der beiden Artikel, *Model of Complications of NIDDM I. Model construction and assumptions*<sup>135</sup>, wird das Modell-Design erklärt. Der zweite Artikel, *Model of Complications of NIDDM II. Analysis of the health benefits and cost-effectiveness of treating NIDDM with the goal of normoglycemia*<sup>136</sup>, beschreibt zunächst den Aufbau der Kosten-Wirksamkeits-Analyse und präsentiert anschließend die Ergebnisse.

---

<sup>135</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 725-734

<sup>136</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 735-744

Das Markov Modell wurde in Verbindung mit Monte Carlo Techniken entwickelt. Dabei werden mögliche Patienten am Beginn der Simulation zufällig ausgewählt. Jeder Patient durchläuft dabei vierzehn Gesundheitszustände. Stirbt ein Patient, wählt das Modell den nächsten Patienten, bis die Kohortengröße von 10.000 Patienten erreicht ist.

Abbildung 12 zeigt den originalen Algorithmus für das Eastman Modell. Nachdem ein Patient ausgewählt wurde (der Modelleintritt geschieht bei der klinischen Diagnose von Diabetes Mellitus Typ 2), durchläuft dieser drei mögliche Komplikationsmodelle. Die verschiedenen Szenarien sind Komplikationen mit der Retina, Nephropathie oder Neuropathie. Danach durchläuft der Patient das CVD<sup>137</sup> Modell. Hier wird anhand unterschiedlichster Daten (Alter, Geschlecht, BMI, usw.) das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung errechnet. Leidet der Patient an CVD, erhöht dies automatisch die Wahrscheinlichkeit im nächsten Schritt, dem Mortalitäts-Modell, zu sterben. Weist der Patient hingegen kein CVD Risiko auf, wählt das Modell eine dem Alter angepasste Sterbewahrscheinlichkeit. Überlebt der Patient diesen Durchlauf, beginnt er die Simulation erneut bei den Gesundheitszuständen. Bei jedem weiteren Durchlauf altert der Patient, was eine Änderung der einzelnen Übergangswahrscheinlichkeiten mit sich bringt. Stirbt ein Patient jedoch, wählt das Modell den nächsten Patienten bis die Anzahl von 10.000 Patienten erreicht ist.<sup>138</sup>

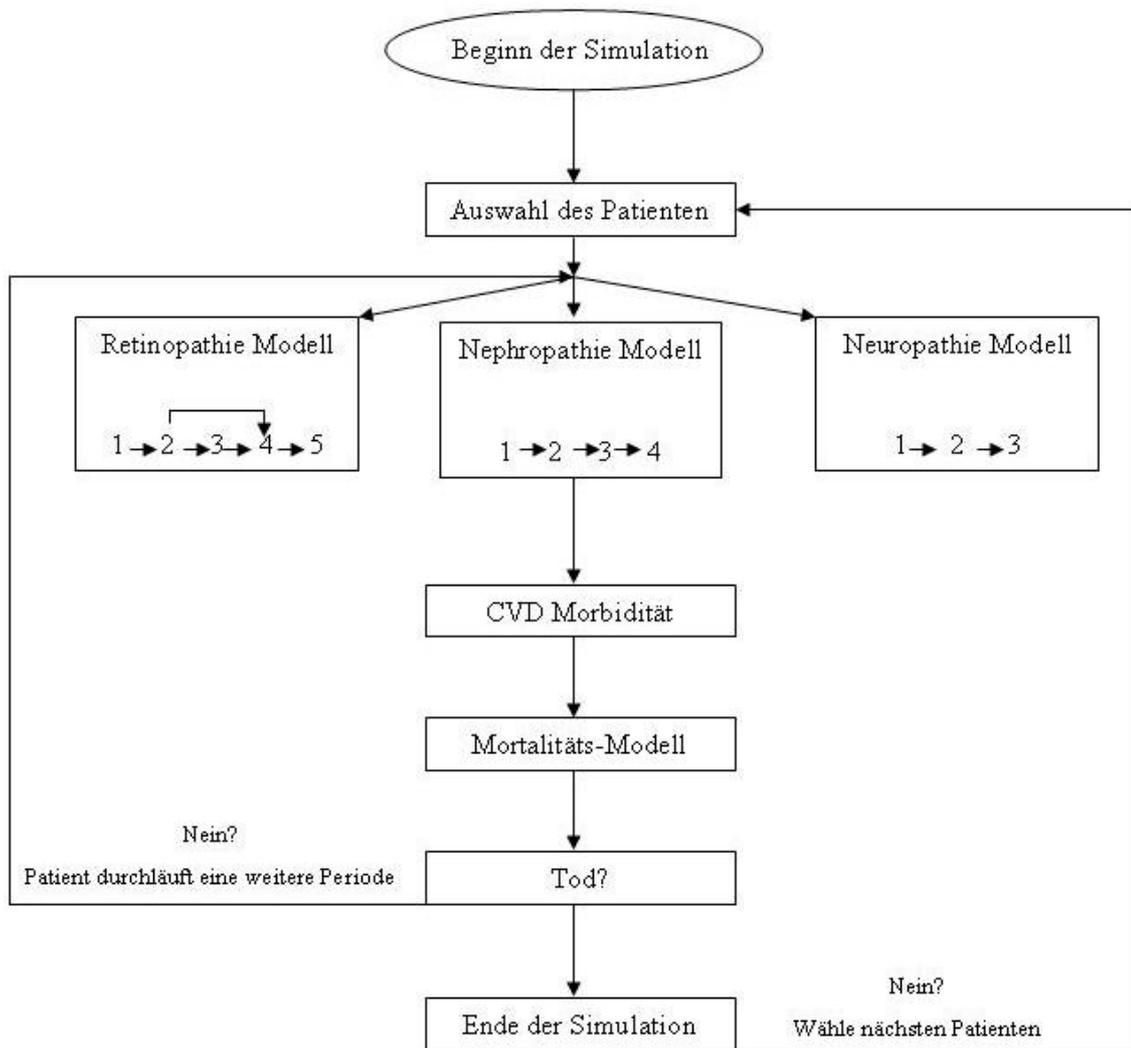
Nach intensiver Arbeit mit dem Eastman Modell wurden für das ökonomische Modell in dieser Arbeit einige Anpassungen bzw. Änderungen vorgenommen. Einerseits resultieren diese Änderungen aus dem Vorhandensein aktueller und österreichspezifischer Daten. Andererseits mussten gewisse Anpassungen aufgrund von Softwarelimitierungen durchgeführt werden. Tabelle 15 listet die Änderungen und ihre Gründe auf.

---

<sup>137</sup> Herz-Kreislauf-Komplikationen

<sup>138</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 725ff.

**Abb. 12: Algorithmus des Eastman Modells**



Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 726

**Tabelle 15: Änderungen des Eastman Modells**

Änderung	Grund
Verzicht auf Unterscheidung zwischen ethischen Gruppen	Keine Unterscheidung zwischen ethischen Gruppen bei österreich-spezifischen Daten
Keine Anwendung des CVD Modells	Softwarelimitierung
Keine Komplikationen bei Modelleintritt	Softwarelimitierung
Änderung der Sterbewahrscheinlichkeiten	Zugang zu aktuellen österreich-spezifischen Daten
Änderung der Nutzenwerte	Zugang zu aktuelleren Daten

Quelle: eigene Darstellung

Der Verzicht auf die Unterscheidung zwischen ethnischen Gruppen wirkt sich keineswegs auf die Ergebnisse des Modells aus, da in Österreich keine ethnischen Unterschiede für den Krankheitsverlauf von Komplikationen bekannt sind. In der originalen Studie von Eastman et al. jedoch wurden beispielsweise amerikanische Ureinwohner und Afroamerikaner berücksichtigt. Es ist bekannt, dass diese ethnischen Gruppen andere Mortalitätszahlen o.ä. aufweisen.

Auf den Einsatz des CVD Modells musste verzichtet werden, da die Software die dafür vorgesehene Verteilung nicht anbietet und der Entscheidungsbaum die maximal zulässige Gesamtanzahl der Entscheidungsknoten überschreiten würde. Auch hier ist die Auswirkung auf die Ergebnisse nicht spürbar. Die Anpassung der Sterbewahrscheinlichkeit für Diabetiker in den entsprechenden Altersgruppen beinhaltet auch das CVD Risiko. Außerdem haben die konkurrierenden Behandlungsmaßnahmen der Kosten-Wirksamkeits-Analyse keine Auswirkungen auf das CVD Risiko<sup>139</sup> im Originalmodell.

Das Modell von Eastman et al. geht davon aus, dass Patienten bereits beim Modelleintritt an Komplikationen leiden können. Berücksichtigt man diese Annahme, würde der Entscheidungsbaum erneut die maximal zulässige Gesamtanzahl der Entscheidungsknoten überschreiten. In Bezug auf die Authentizität der Ergebnisse ist an diesem Punkt festzuhalten, dass nur ein marginaler Anteil der diagnostizierten Diabetiker bereits an Spät komplikationen leidet. Begründet wird diese Annahme mit den Unterschieden im österreichischen und amerikanischen Gesundheitssystem und der Tatsache dass sich im Bezug auf die Aufmerksamkeit auf Diabetes seit 1997 von Seiten der Patienten und Ärzte sehr vieles geändert hat.

Als letzte Änderungen wurden die Wahrscheinlichkeiten des Sterberisikos geändert. Da die aktuellen Sterbetafeln der Statistik Austria<sup>140</sup> aus dem Jahr 2006 stammen und nur den österreichischen Raum abdecken, wurde auf diese Quelle zurückgegriffen. Auch die Nutzenwerte für die jeweiligen Gesundheitszustände wurden aktuelleren Daten angepasst.

---

<sup>139</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 736

<sup>140</sup> vgl. Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at), (Zugriff am 01.12.2007)

## **6.2. Markov Modell**

### **6.2.1. Modell-Design**

Abbildung 16 zeigt in Form eines Algorithmus den Ablauf des Modells. Der Algorithmus ist bis auf das CVD Modell mit dem Eastman Modell identisch. Anhand dieser Abbildung wird das Modell Schritt für Schritt erklärt. Am Ende des Abschnitts wird außerdem das Modell in Form eines Entscheidungsbaumes dargestellt (siehe Abbildung 14). Die Äste des Entscheidungsbaumes repräsentieren alle möglichen Zustände (von „gesund“ bis „tot“). Oberhalb eines jeweiligen Astes befindet sich die Bezeichnung des Zustandes, darunter ist die Übergangswahrscheinlichkeit in den nächsten Zustand angegeben. Hier handelt es sich nicht um absolute Zahlen, sondern um Variablen welche Funktionen darstellen, da sich die Wahrscheinlichkeiten im Laufe der Simulation verändern.

Zur Modellierung des Modells wurde das Programm „Data 4.0 Student“ des Softwareherstellers „Treeage Software Inc.“<sup>141</sup> verwendet. Neben einer begrenzten Anzahl von Entscheidungsknoten bestand die Limitierung auch im Fehlen einiger wichtiger Verteilungen

### **Auswahl des Patienten**

Am Beginn der Simulation wird im ersten Schritt ein Patient anhand seines Alters und Geschlechts ausgewählt. Der Modelleintritt geschieht bei klinischer Diagnose des Diabetes Mellitus Typ-2. Die Altersgruppen, dargestellt in Tabelle 13, repräsentieren 85%<sup>142</sup> der Typ-2 Diabetiker in den USA. Personen welche das 75. Lebensjahr erreicht haben werden aufgrund ihrer kurzen Lebenserwartung nicht mehr in das Modell aufgenommen. Stirbt ein Patient im Laufe der Simulation, wählt das Modell den nächsten Patienten, bis die Anzahl von 10.000 Patienten erreicht ist. Überlebt ein Patient den Durchlauf, startet er erneut beim Komplikations-Model. Dabei erhöht sich

---

<sup>141</sup> s. Treeage Software Inc, [www.treeage.com](http://www.treeage.com), (Zugriff am 30.06.2007)

<sup>142</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 725

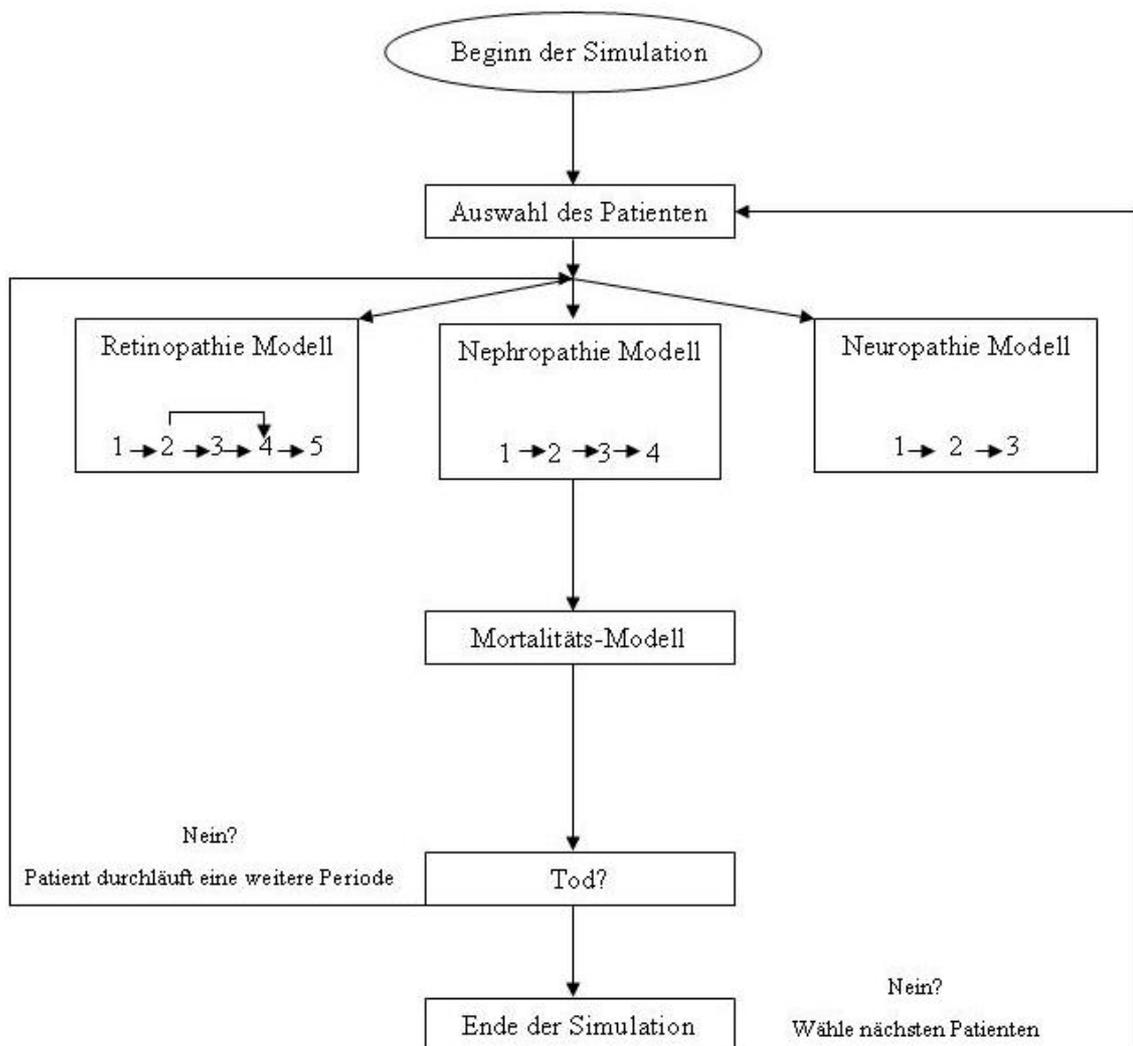
sein Alter um ein weiteres Jahr, was eine Änderung vieler Übergangswahrscheinlichkeiten bedeutet.

**Tabelle 16: Altersgruppen in % der Kohortengröße**

Alter	Anteil an der Kohorte (%)
25-44	30
45-54	22
55-64	18
65-74	30

Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 727

**Abb. 13: Algorithmus des Markov Modells**



Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 726

## Gesundheitszustände

Nachdem ein Patient ausgewählt wurde, durchläuft dieser zwölf mögliche Gesundheitszustände (Tabelle 17). Bei der Darstellung des Modells als Entscheidungsbaum wurden allerdings die Zustände ohne Komplikationen (R1, Nep1 und Neu1) zu einem zusammengefasst, um die Anzahl der Entscheidungsknoten geringer zu halten.

**Tabelle 17: Gesundheitszustände des Modells**

Gesundheitszustand	Klinische Diagnose
Retinopathie (R1)	Keine Retinopathie
Retinopathie (R2)	Non-Proliferative-Retinopathie
Retinopathie (R3)	Proliferative-Retinopathie
Retinopathie (R4)	Macular Ödem
Retinopathie (R5)	Blindheit
Nephropathie (Nep1)	Keine Nephropathie
Nephropathie (Nep2)	Mikroalbuminurie
Nephropathie (Nep3)	Proteinurie
Nephropathie (Nep4)	Nierenleiden im letzten Stadium
Neuropathie (Neu1)	Keine Neuropathie
Neuropathie (Neu2)	Symptomatische Neuropathie
Neuropathie (Neu3)	Erste Amputation

Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S.

726

Der Ablauf durch die verschiedenen Gesundheitszustände hängt vom jeweilig aktuellen Zustand ab, und geschieht anhand von Übergangswahrscheinlichkeiten (Tabelle 18). Ein Patient kann beispielsweise zuerst erblinden, danach an einer Nierenkomplikation leiden und anschließend eine Amputation haben. Die Amputation kann aber auch zuerst eintreten. Es gibt also keine zusammengesetzten Gesundheitszustände. Monte Carlo Techniken führen den Patienten durch das Modell. An jeder Stelle wird eine Zufallszahl gewählt. Der Übergang zum nächsten Gesundheitszustand tritt ein, wenn die Zufallszahl kleiner oder gleich der Übergangswahrscheinlichkeit in den folgenden Zustand ist.

Dieses Feature ermöglicht eine simultane Modellierung mehrerer Gesundheitszustände.<sup>143</sup>

**Tabelle 18: Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Gesundheitszustände**

Komplikation	Dauer des Diabetes (in Jahren)	Wahrscheinlichkeit (jährlich)
<b>Retinopathie Modell</b>		
Non-Proliferative-Retinopathie (R2)	1 – 4	0,073
	5 – 9	0,129
	10 – 14	0,116
	15+	0,113
Proliferative-Retinopathie (R3)	1 – 4	0,0025
	5 – 9	0,009
	10 – 14	0,0095
	15+	0,0026
Macular Ödem (R4)	1 – 4	0,047
	5 – 9	0,095
	10 – 14	0,092
	15+	0,08
Von R3 zu Blindheit (R5)	jede Dauer	0,088
Von R4 zu Blindheit (R5)	jede Dauer	0,05
<b>Nephropathie Modell</b>		
Mikroalbuminurie (Nep2)	jede Dauer	0,0267
Proteinurie (Nep3)	jede Dauer	0,1572
Nierenleiden im letzten Stadium (Nep4)	1 – 11	0,0042
	12 – 20	0,0385
	21+	0,074
<b>Neuropathie Modell</b>		
Symptomatische Neuropathie (Neu2)	jede Dauer	0,0144
Erste Amputation (Neu3)	1 – 8	0,028
	9 – 13	0,035
	14 – 19	0,0467
	20+	0,14

Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 727f.

<sup>143</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 725f.

## Mortalitäts-Modell

Bei jedem Durchlauf des Modells wird nach dem Komplikations-Modell geprüft, ob der Patient stirbt. Diese Überprüfung geschieht mittels Mortalitäts-Modell. Dabei dient die Sterbetafel der Statistik Austria (siehe Tabelle 20, die vollständige Sterbetafel ist im Anhang zu finden) als Grundlage für die Wahrscheinlichkeit eines Todeseintritts. Leidet ein Patient an keinen Komplikationen, wählt das Modell eine dem Alter und Geschlecht angepasste Wahrscheinlichkeit für einen „gesunden“ Österreicher. Wurden aber bereits Komplikationen festgestellt, werden die Wahrscheinlichkeiten mit einem für die Altersgruppe und das Geschlecht modifizierten Faktor multipliziert (Tabelle 19). Die Werte für die Altersgruppen „25-44“ sowie „75+“ stammen aus dem Österreichischen Diabetesbericht<sup>144</sup>. Alle anderen Multiplikatoren wurden anhand der vorhandenen Daten geschätzt. Das Todesrisiko durch eine Herz-Kreislauf-Erkrankung (CVD) ist in diesem Multiplikator enthalten, was das Fehlen des CVD-Modells rechtfertigt.

Leidet ein Patient an einem Nierenleiden im letzten Stadium (Nep4), beträgt das Sterberisiko 50%.<sup>145</sup>

**Tabelle 19: Multiplikator-Tabelle**

Altersgruppe	Multiplikator
25 - 44	4,35
45 - 54	3,2
55 - 64	3,2
65 - 74	2,1
75 +	1,25

Quelle: eigene Darstellung nach: Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 112ff., eigene Schätzungen basierend auf Literaturangaben

<sup>144</sup> vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 112ff.

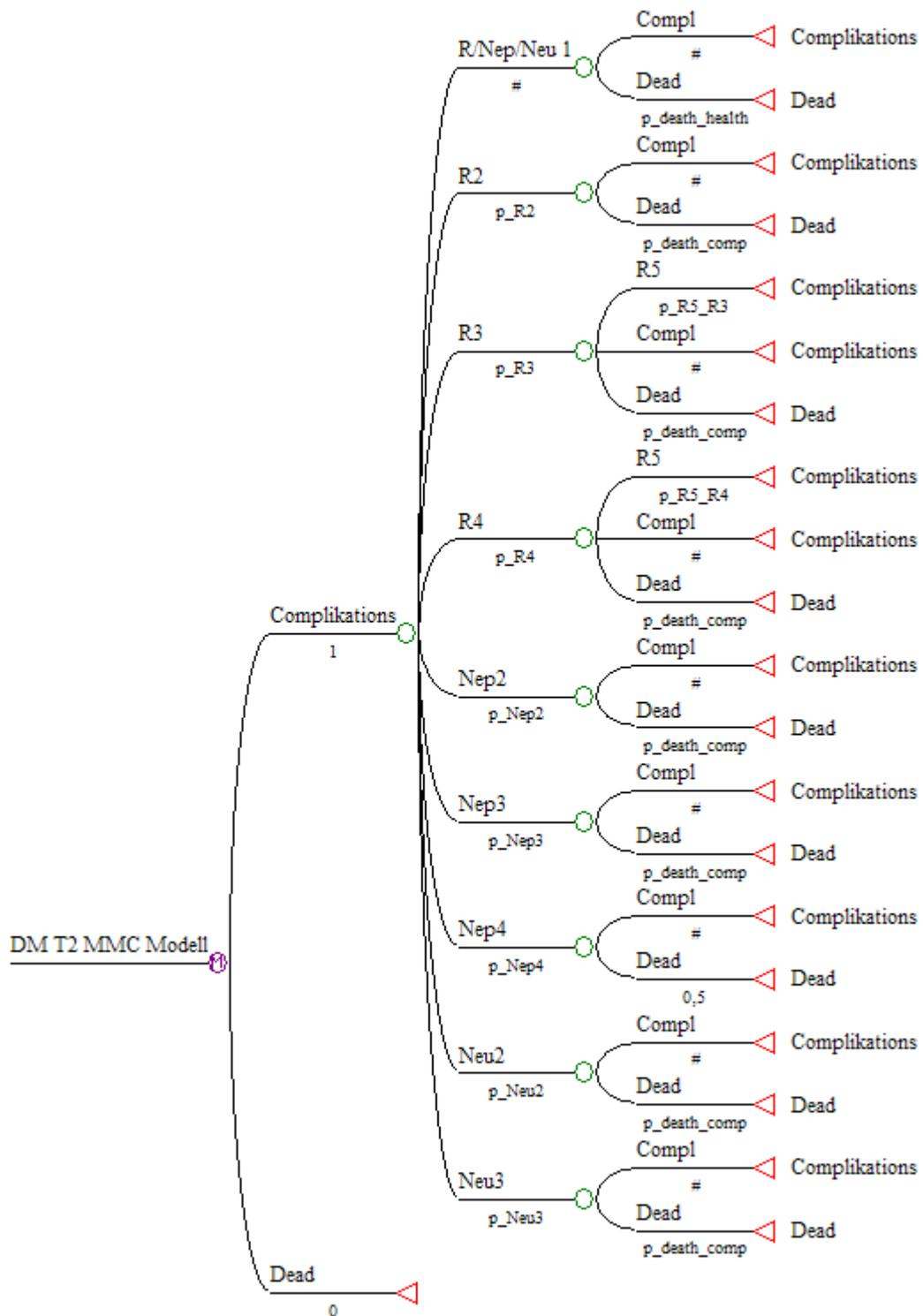
<sup>145</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S. 729

**Tabelle 20: Sterbewahrscheinlichkeiten nach Alter und Geschlecht**

Alter	Sterbewahrscheinlichkeit		Alter	Sterbewahrscheinlichkeit	
	Männer	Frauen		Männer	Frauen
25	0,0006663	0,0002940	61	0,0120940	0,0055936
26	0,0006366	0,0002700	62	0,0132346	0,0057448
27	0,0007295	0,0002953	63	0,0133308	0,0058788
28	0,0007380	0,0002772	64	0,0132174	0,0067911
29	0,0006977	0,0003123	65	0,0151227	0,0071359
30	0,0008061	0,0002654	66	0,0167076	0,0079936
31	0,0006879	0,0003241	67	0,0171439	0,0087832
32	0,0007369	0,0004062	68	0,0201841	0,0101815
33	0,0009176	0,0004275	69	0,0204284	0,0119154
34	0,0009153	0,0004874	70	0,0232917	0,0118872
35	0,0008209	0,0003467	71	0,0245689	0,0135599
36	0,0010633	0,0005293	72	0,0281951	0,0146430
37	0,0011092	0,0005494	73	0,0318148	0,0167626
38	0,0010955	0,0005002	74	0,0369383	0,0191244
39	0,0017005	0,0006449	75	0,0387102	0,0209980
40	0,0011899	0,0006441	76	0,0444745	0,0252102
41	0,0014426	0,0008681	77	0,0501786	0,0293002
42	0,0015389	0,0008551	78	0,0519164	0,0331043
43	0,0019260	0,0010054	79	0,0576568	0,0343319
44	0,0022493	0,0013555	80	0,0661560	0,0418388
45	0,0023962	0,0011781	81	0,0752214	0,0481027
46	0,0029842	0,0011304	82	0,0870003	0,0575571
47	0,0025544	0,0013489	83	0,0897857	0,0649344
48	0,0028537	0,0017394	84	0,1032856	0,0722164
49	0,0038311	0,0017311	85	0,1133574	0,0873984
50	0,0035001	0,0019601	86	0,1284683	0,0993545
51	0,0049617	0,0024337	87	0,1516054	0,1145777
52	0,0050567	0,0025542	88	0,1462951	0,1213953
53	0,0050851	0,0024376	89	0,1680517	0,1404623
54	0,0065806	0,0026037	90	0,1930202	0,1597743
55	0,0060581	0,0035072	91	0,2151273	0,1743899
56	0,0079494	0,0032975	92	0,2239965	0,1930028
57	0,0084890	0,0036242	93	0,2481833	0,2122368
58	0,0090503	0,0046251	94	0,2647887	0,2398190
59	0,0101269	0,0051009	95	0,3089779	0,2845598
60	0,0105605	0,0049921			

Quelle: eigene Darstellung nach: Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at) (Zugriff am 01.12.2007)

Abb. 14: Darstellung als Entscheidungsbaum



Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

### 6.3. Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Im vierten Kapitel<sup>146</sup> wurden die verschiedenen ökonomischen Modellansätze vorgestellt. Dabei wurde festgehalten, dass bei der Kosten-Wirksamkeits-Analyse die Kosten aufgebrauchter Ressourcen mit der erreichten Gesundheitsveränderung verglichen werden.<sup>147</sup> Die Analyse dieser Arbeit ist folgendermaßen aufgebaut: Es werden die Kosten und die Nutzenwerte von standardisierten Diabetes Mellitus Typ-2 Behandlungen jenen einer verbesserten Behandlung gegenübergestellt.

#### 6.3.1. Modellaufbau der Kosten-Effektivitäts-Analyse

Gegenstand der Kosten-Wirksamkeits-Analyse ist, wie eingangs erwähnt, die Gegenüberstellung zweier konkurrierender Behandlungen. Die genauen Bestandteile von Standard- und Komplettbehandlung wurden vom „*Diabetes Control and Complications Trial*“<sup>148</sup> (USA, 1993) nach zehnjähriger Dauer der Studie festgelegt. Ziel der Komplettbehandlung ist es den HbA1c des Patienten mit verbesserter Insulintherapie, Schulungen, usw. <7% zu halten. Im Gegensatz dazu beträgt der HbA1c Wert bei Standardbehandlung 10%. Bei Nicht-Diabetikern liegt dieser Wert zwischen 4 – 6%.<sup>149</sup>

Im Markov Modell machen sich die Unterschiede der Behandlungsarten in zwei Punkten bemerkbar. Die Wahrscheinlichkeit (siehe Tabelle 22) an einer Komplikation zu leiden ist bei der Komplettbehandlung geringer als bei der Standardbehandlung (bis auf eine Ausnahme, Nep4). Die Kosten<sup>150</sup> der Komplettbehandlung sind höher als jene der Standardbehandlung.

---

<sup>146</sup> s. Kapitel 4.1., S. 37

<sup>147</sup> vgl. Russel L.B., Gold M.R., Siegel J.E., et al., 1996, S. 1173

<sup>148</sup> vgl. Diabetes Control and Complications Trial, (Zugriff am 20.11.2007)

<sup>149</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 735

<sup>150</sup> s. Kapitel 6.3.2., S. 68

Tabelle 21 zeigt die Wahrscheinlichkeiten unter Standard- und Komplettbehandlung. Die Daten der Standardbehandlung sind identisch mit den Zahlen des Markov Modells<sup>151</sup>. Die Wahrscheinlichkeiten für ein Nierenleiden im letzten Stadium (Nep4) ändern sich unter Komplettbehandlung nicht. Das Risiko bei verbesserter Behandlung zu erblinden wurde genau angegeben, alle anderen Wahrscheinlichkeiten (p) wurden mit folgender Formel<sup>152</sup> errechnet:

$$P = P ( \text{Komplettbehandlung} ) = c^{\beta} * p ( \text{Standardbehandlung} )$$

Der Wert  $c$  steht für die Konstante 0,72 (HbA1c 7,2/10).<sup>153</sup> Die jeweiligen  $\beta$  sind in Tabelle 18 angeführt.

**Tabelle 21: Beta-Werte für die Wahrscheinlichkeiten bei Komplettbehandlung**

Komplikation	$\beta$
Non-Proliferative-Retinopathie (R2)	10,1
Proliferative-Retinopathie (R3)	1,2
Macular Ödem (R4)	6,3
Mikroalbuminurie (Nep2)	3,25
Proteinurie (Nep3)	7,95
Neuropathie (Neu2 und Neu3)	5,3

Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S.

736

<sup>151</sup> s. Kapitel 6.2.1., S. 57

<sup>152</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 736

<sup>153</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 736

**Tabelle 22: Wahrscheinlichkeiten für Standard- und Komplettbehandlung**

Komplikation	Dauer des Diabetes (in Jahren)	Wahrscheinlichkeit (jährlich)	Wahrscheinlichkeit (jährlich)	Differenz
		Standard-Behandlung	Komplett-Behandlung	
<b>Retinopathie Modell</b>				
Non-Proliferative-Retino. (R2)	1 – 4	0,073	0,0026	0,0704
	5 – 9	0,129	0,0047	0,1243
	10 – 14	0,116	0,0042	0,1118
	15+	0,113	0,0041	0,1089
Proliferative-Retinopathie (R3)	1 – 4	0,0025	0,0003	0,0022
	5 – 9	0,009	0,0011	0,0079
	10 – 14	0,0095	0,0012	0,0083
	15+	0,0026	0,0003	0,0023
Macular Ödem (R4)	1 – 4	0,047	0,0317	0,0153
	5 – 9	0,095	0,0641	0,0309
	10 – 14	0,092	0,0620	0,0300
	15+	0,08	0,0539	0,0261
Von R3 zu Blindheit (R5)	jede Dauer	0,088	0,0148	0,0732
Von R4 zu Blindheit (R5)	jede Dauer	0,05	0,0330	0,0170
<b>Nephropathie Modell</b>				
Mikroalbuminurie (Nep2)	jede Dauer	0,0267	0,0092	0,0175
Proteinurie (Nep3)	jede Dauer	0,1572	0,0115	0,1457
Nierenleiden i. l. Stadium (Nep4)	1 – 11	0,0042	0,0042	0
	12 – 20	0,0385	0,0385	0
	21+	0,074	0,074	0
<b>Neuropathie Modell</b>				
Symptomatische Neuro. (Neu2)	jede Dauer	0,0144	0,0025	0,0119
Erste Amputation (Neu3)	1 – 8	0,028	0,0049	0,0231
	9 – 13	0,035	0,0061	0,0289
	14 – 19	0,0467	0,0082	0,0385
	20+	0,14	0,0245	0,1155

Quelle: eigene Darstellung nach: Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, S. 736,

1997

Tabelle 23 zeigt die Nutzenwerte für die jeweiligen Gesundheitszustände. Wegen der Existenz aktuellerer Daten und aufgrund lückenhafter Dokumentation in der Studie von Eastman et al. (1997)<sup>154</sup>, wurden die Daten von aktuelleren Studien berücksichtigt bzw. geschätzt. Die Nutzenwerte für die Gesundheitszustände „keine Komplikation“ (R1, Nep1, Neu1) sowie Neuropathie (Neu2, Neu3) stammen von Ragnarson Tennvall, Apelqvist (2001)<sup>155</sup>. Die Studie von Huang et al. (2006)<sup>156</sup> liefert die Werte für Blindheit (R5) und ein Nierenleiden (Nep4) im letzten Stadium. Die übrigen Nutzenwerte wurden unter Rücksichtnahme aller bekannten Daten geschätzt.

**Tabelle 23: Die Nutzenwerte für den jeweiligen Gesundheitszustand**

Komplikation	Nutzenwert
Keine Komplikation, R1, Nep1, Neu1	0,80
R2	0,70
R3	0,60
R4	0,50
R5	0,39
Nep2	0,60
Nep3	0,50
Nep4	0,36
Neu2	0,60
Neu3	0,45

Quelle: eigene Darstellung nach: Ragnarson Tennvall, G., Apelqvist, J., 2001, S. 2079; Huang E.S., Shook M., Jin K., et al., 2006, S. 259-264, eigene Schätzung

<sup>154</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 735-744

<sup>155</sup> vgl. Ragnarson Tennvall, G., Apelqvist, J., 2001, S. 2077-2087

<sup>156</sup> vgl. Huang E.S., Shook M., Jin K., et al., 2006, S. 259-264

### 6.3.2. Kosten der konkurrierenden Behandlungsarten

Die Kosten der konkurrierenden Behandlungsarten in der Originalstudie von Eastman et al. (1997)<sup>157</sup> wurden in Dollar zum Jahr 1997 angegeben. Daher sind die Kosten (siehe Tabelle 21) für dieses Modell dem österreichischen Raum angepasst.

Für die Behandlungskosten von Standard- und Komplettbehandlung, wurden als Ausgangswert pro Kopf Kosten von 2.540<sup>158</sup> Euro jährlich angenommen. Die Werte für die jeweiligen Behandlungen wurden danach im Verhältnis der Originalstudie angepasst. Als Grundlage für die Kosten von Augenkomplikationen (R2-R5) dienen die veröffentlichten Zahlen des „Kongress für Gesundheit und Gesellschaft 2007“<sup>159</sup> (Deutschland). Die Kosten für Nephropathie (Nep2 – Nep4) stammen von der Techniker Krankenkasse<sup>160</sup> (Deutschland). Um die Kosten der Neuropathie (Neu2 und Neu3) zu ermitteln, wurden die sehr ausführlich angegebenen Kosten der Arbeit *„Ökonomische Evaluation von Präventionsmaßnahmen zur Vermeidung von Spätkomplikationen des Diabetes mellitus“*<sup>161</sup> von Pesendorfer (2003) übernommen. Da dieses Modell die Neuropathie nicht sehr detailliert betrachtet, wurden die Daten von Pesendorfer angepasst.

Betrachtet man die Kosten in Tabelle 24, fällt auf, dass die Kosten für Augenkomplikationen im Vergleich zu den anderen Beschwerden relativ gering sind. Die Kosten für ein Nierenleiden im letzten Stadium (Nep4) sind, gefolgt von den Kosten für Nep3 und Neu3, die höchsten im Modell.

---

<sup>157</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 737

<sup>158</sup> vgl. OECD Library, (Zugriff am 29.10.2007)

<sup>159</sup> vgl. Heymans L., Köster I., Schubert I., (Zugriff am 29.10.2007)

<sup>160</sup> vgl. Techniker Krankenkasse, (Zugriff am 29.10.2007)

<sup>161</sup> Pesendorfer E. M., 2003, S. 107

**Tabelle 24: Kosten der Behandlungen (in Euro)**

<b>Zustand</b>	<b>Kosten</b>
Standardbehandlung	5.080
Komplettbehandlung	10.540
R2	109
R3	1.904
R4	552
R5	407
Nep2	2.050
Nep3	30.000
Nep4	69.500
Neu2	2.983
Neu3	20.600

Quelle: eigene Darstellung

## 7. Ergebnisse

### 7.1. Ergebnisse des Markov Monte-Carlo Modells

Die Ergebnisse des Markov Monte-Carlo Modells behandeln die konkurrierenden Maßnahmen, und werden ohne die Einbeziehung von Kosten präsentiert. Gegenstand der Betrachtung sind die Inzidenz für die verschiedenen Gesundheitszustände, sowie das Durchschnittsalter bei der Diagnose Diabetes Mellitus Typ-2, die durchschnittliche Lebenserwartung nach der Diagnose des Diabetes Mellitus Typ-2 und das durchschnittliche Todesalter der Patienten.

Tabelle 28 zeigt die Ergebnisse des Markov Monte-Carlo Modells. Der Modelleintritt eines Patienten erfolgt mit durchschnittlich 36 Jahren bei Standard- und 38 Jahren bei Komplettbehandlung. Die Auswirkungen von Standard- und Komplettbehandlung zeigen sich einerseits in der Lebenserwartung (4 gewonnene Jahre) und dem Todesalter (3 gewonnene Jahre). Erklärt wird diese Veränderung hauptsächlich durch den Rückgang der Nierenleiden im letzten Stadium (Nep4), welche erheblichen Einfluss auf die Sterbewahrscheinlichkeit des Patienten hat. Bei den verschiedenen Gesundheitszuständen ist zu erkennen, dass die Komplettbehandlung in jedem Gesundheitszustand eine Verbesserung bringt. Die Maßnahmen der Komplettbehandlung machen sich also im Bezug auf die Inzidenz bemerkbar.

Im Vergleich zum Modell von Eastman et al. (1997)<sup>162</sup> liefert das Markov Monte-Carlo Modell sehr ähnliche Ergebnisse. Es ist jedoch erkennbar, dass die Änderungen dieser Arbeit Auswirkungen auf die Ergebnisse haben. Hervorzuheben ist an dieser Stelle der Verzicht auf das CVD Modell und die Anpassung der Sterbewahrscheinlichkeit an österreichspezifische Daten. Die durchschnittliche Lebenserwartung nach Diagnose Diabetes Mellitus Typ-2 beträgt unter Standardbehandlung<sup>163</sup> bei Eastman rund 17 Jahre. Bei einem durchschnittlichen Modelleintritt von 51 Jahren, beträgt das durchschnittliche Todesalter eines Diabetikers 68 Jahre. Im Gegensatz dazu liefern die Ergebnisse des Markov Monte-Carlo Modells einen durchschnittlichen Modelleintritt im Alter von 35 Jahren, eine durchschnittliche Lebenserwartung nach Diagnose

---

<sup>162</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, 1997, S. 735-744

<sup>163</sup> vgl. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, 1997, S.730

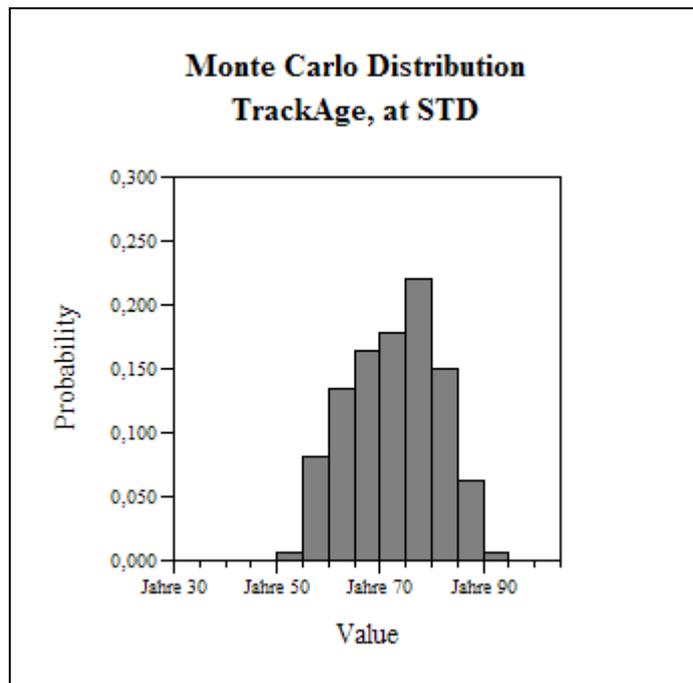
Diabetes Mellitus Typ-2 von 36 Jahren und ein Todesalter von 71 Jahren. Diese Fakten sprechen eindeutig für die aktuelleren Daten dieser Arbeit, wonach anzunehmen ist, dass im Zeitraum zwischen 1997 und 2007 eine Verbesserung der Behandlung des Diabetes Mellitus stattgefunden hat. Die Verteilungen des Sterbealters (Einteilung in Sterbealter und Wahrscheinlichkeit) werden in den Abbildungen 15 und 16 dargestellt. Es ist durch eine Verschiebung nach rechts zu erkennen, dass die Lebenserwartung bei Komplettbehandlung höher ist, als bei Standardbehandlung.

**Tabelle 25: Modellvorhersagen für Standard- und Komplettbehandlung**

	Standard-Behandlung	Komplett-Behandlung	Differenz
Durchschnittsalter bei Diagnose DM Typ-2 (in Jahren)	35	34	1
Durchschnittliche Lebenserwartung nach Diagnose DM Typ-2 (in Jahren)	36	40	4
Durchschnittliches Todesalter	71	74	3
	Prävalenz in %		
Gesundheitszustand	Standard-Behandlung	Komplett-Behandlung	Differenz
R2	91	27	64
R3	23	13	10
R4	72	1	71
R5	15	4	11
Nep2	43	35	8
Nep3	33	9	24
Nep4	16	4	12
Neu2	35	20	15
Neu3	16	6	10

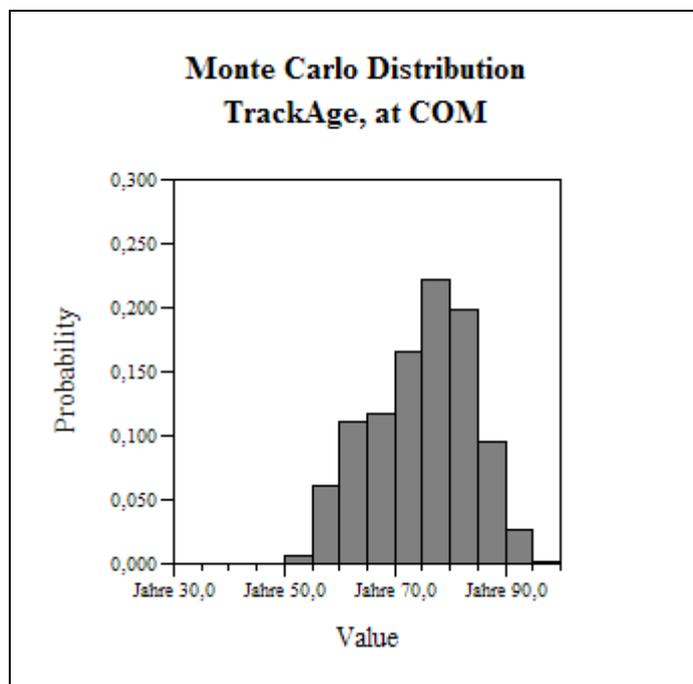
Quelle: eigene Darstellung

**Abb. 15: Verteilung des Sterbealters bei Standardbehandlung**



Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

**Abb. 16: Verteilung des Sterbealters bei Standardbehandlung**



Quelle: eigene Darstellung (Treeage Output)

## 7.2. Ergebnisse der Kosten-Effektivitäts-Analyse

Die Kosten-Effektivitäts-Analyse wird aus Sicht eines Patienten gesehen, welcher für alle direkten, medizinischen Kosten aufkommt. Dargestellt werden die Ergebnisse als Unterschied der Kosten von Standard- und Komplettbehandlung, dividiert durch die Differenz des Nutzens, welcher in Form von QALYs angegeben wird:

$$CER = \frac{\text{Kosten(Komplettbehandlung)} - \text{Kosten(Std. - Behandlung)}}{\text{QALY(Komplettbehandlung)} - \text{QALY(Std. - Behandlung)}}$$

Sowohl die QALYs, als auch die Kosten wurden mit einer Diskontierungsrate von 3% berechnet. Um die Sensitivität des Diskontierungssatzes zu überprüfen, wurden die Werte auch mit 0%, 3%, 5% und 7,5% diskontiert.

Tabelle 26 zeigt die Durchschnittskosten sowie minimale- und maximale Kosten für Standard- und Komplettbehandlung, die durchschnittlichen QALYs und die Kosten-Wirksamkeits-Rate (CER) für alle berechneten Diskontierungsraten. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf den Ergebnissen mit der empfohlenen Diskontierungsrate von 3%<sup>164</sup>. Die Durchschnittskosten betragen 222.782 bzw. 443.604 Euro bei 47,28 bzw. 53,58 QALYs. Daher entstehen Kosten pro QALY von rund 4.700 Euro bei Standardbehandlung und rund 8.300 Euro bei Komplettbehandlung. Die CER beträgt rund 35.000 Euro/QALY und liegt im kosten-effektiven Bereich von maximal 50.000/QALY<sup>165</sup>. Bei den Diskontierungsraten von 0%, 5% und 7,5% beträgt die jeweilige CER rund 24.000, 41.000 und 44.000 Euro/QALY. Diese Daten bestätigen, dass die Komplettbehandlung in jedem der durchgerechneten Szenarien im kosten-wirksamen Rahmen liegt.

---

<sup>164</sup> vgl. Greiner W., Schöffski, O., 2007, S. 216

<sup>165</sup> vgl. Rauner, M.S., Heidenberger, K., Pesendorfer, E.M., 2005, S 261, zitiert nach M.R. Gold, J.E. Siegel, L.B. Russel, et al., 1996

**Tabelle 26: CER, Kosten und QALYs von Standard- und Komplettbehandlung**

	<b>Std.behandlung</b>	<b>Komplettbehandlung</b>	<b>Differenz</b>
<b>Diskontierung 0%</b>			
Durchschnittskosten	€ 222.797	€ 443.623	€ 220.826
Min. Kosten	€ 5.081	€ 10.541	€ 5.460
Max. Kosten	€ 599.930	€ 937.591	€ 337.661
Durchschnittliche QALYs	62,82	72,03	9,11
<b>CER</b>			€ 24.230
<b>Diskontierung 3%</b>			
Durchschnittskosten	€ 222.782	€ 443.604	€ 220.822
Min. Kosten	€ 5.081	€ 10.541	€ 5.460
Max. Kosten	€ 599.890	€ 937.546	€ 337.656
Durchschnittliche QALYs	47,28	53,58	6,30
<b>CER</b>			€ 35.051
<b>Diskontierung 5%</b>			
Durchschnittskosten	€ 222.776	€ 443.598	€ 220.822
Min. Kosten	€ 5.081	€ 10.541	€ 5.460
Max. Kosten	€ 599.881	€ 937.536	€ 337.655
Durchschnittliche QALYs	42,19	47,56	5,37
<b>CER</b>			€ 41.121
<b>Diskontierung 7,5%</b>			
Durchschnittskosten	€ 222.773	€ 443.549	€ 220.776
Min. Kosten	€ 5.081	€ 10.541	€ 5.460
Max. Kosten	€ 599.875	€ 937.530	€ 337.655
Durchschnittliche QALYs	38,38	43,42	5,04
<b>CER</b>			€ 43.804

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 17 zeigt die Verteilung der *Incremental Cost* (Kosten der Komplettbehandlung minus Kosten der Standardbehandlung) bei 3%iger Diskontierung. Es ist zu erkennen, dass sich die Werte zwischen 80.000 und 320.000 Euro einpendeln. Diese grafische Darstellung wird auch durch den Durchschnittswert von rund 220.000 Euro in Tabelle 23 bestätigt.

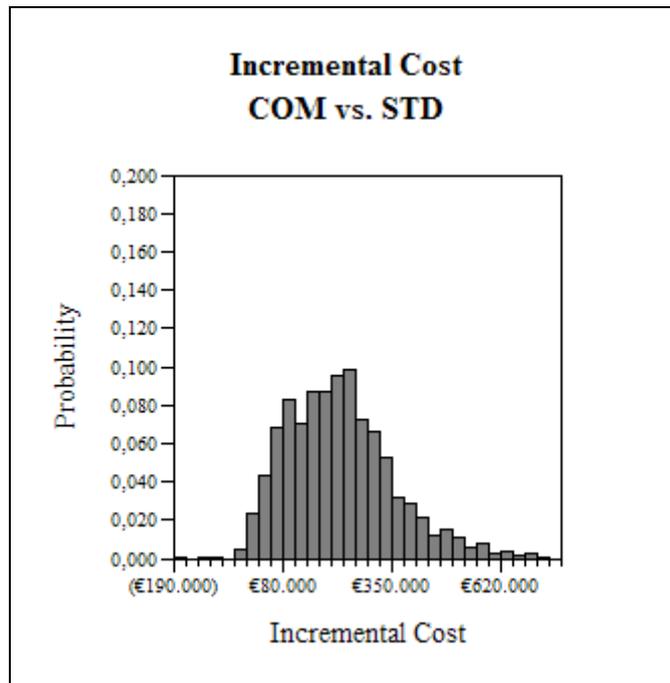
Ein Streudiagramm der konkurrierenden Behandlungen (ICE „*Incremental Cost-Effectiveness*“), also die Differenz der Kosten und QALYs bei Standard- und Komplettbehandlung, zeigt Abbildung 18. Das Diagramm kann in vier Quadranten eingeteilt werden: Quadrant I (rechts oben), Quadrant II (links oben), Quadrant III (links unten) und Quadrant IV (rechts unten). Dabei kann der erste Quadrant als kosten-wirksam bezeichnet werden, und die Quadranten II und III als nicht-kosten-wirksam. Der dritte Quadrant stellt den kosten-ersparnis Bereich dar.<sup>166</sup> Wie man in der Abbildung sieht, befinden sich die Daten fast ausschließlich im ersten Quadranten. Nur einige Punkte siedeln sich im nicht-kosten-wirksamen zweiten Quadranten an. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Markov Monte-Carlo Simulation, wie eingangs erwähnt, mit 10.000 Patienten durchgeführt wurde. Jedoch liefert TreeAge eine maximale Anzahl von 1000 Punkten pro Diagramm.

Abbildung 19 liefert ein Streudiagramm für beide Behandlungsarten. Dargestellt werden die Kosten, sowie die QALYs der Standard- und Komplettbehandlung. Das Streudiagramm zeigt, dass die Komplettbehandlung höhere Kosten verursacht, aber auch eine höhere Anzahl an QALYs liefert. Auffallend ist außerdem die geringere Streuung der Daten bei Komplettbehandlung.

---

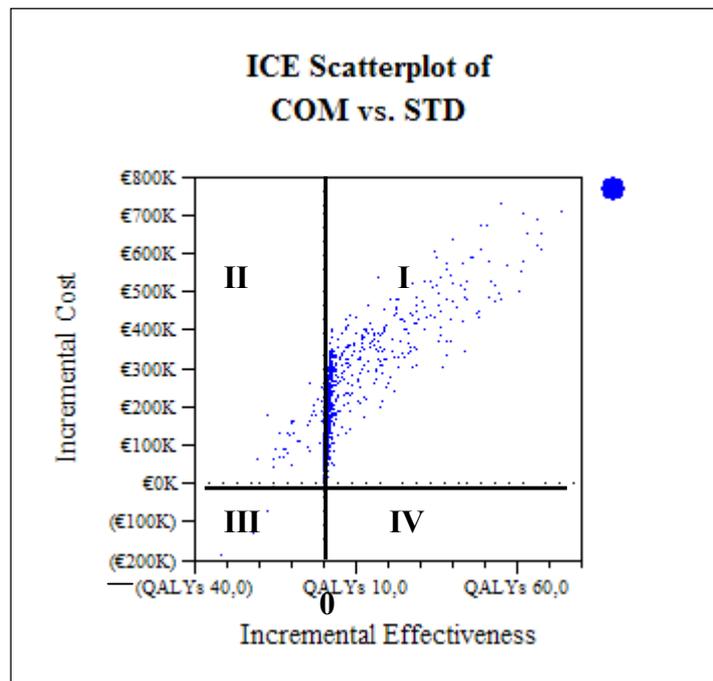
<sup>166</sup> vgl. Rauner, M.S., Heidenberger, K., Pesendorfer, E.M., 2005, S 260

**Abb. 17: Verteilung der Kosten der konkurrierenden Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung), bei 3% Diskontierung**



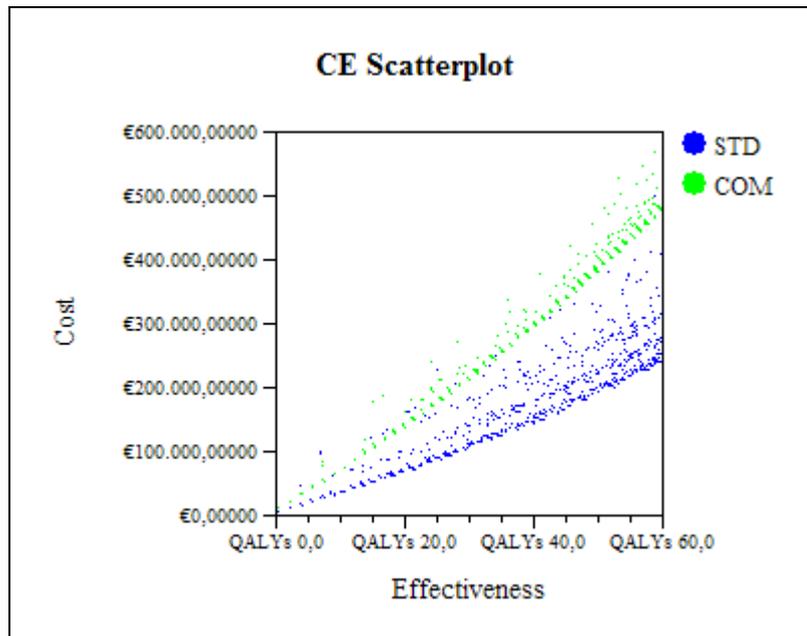
Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

**Abb. 18: Streudiagramm der konkurrierenden Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung), bei 3% Diskontierung**



Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

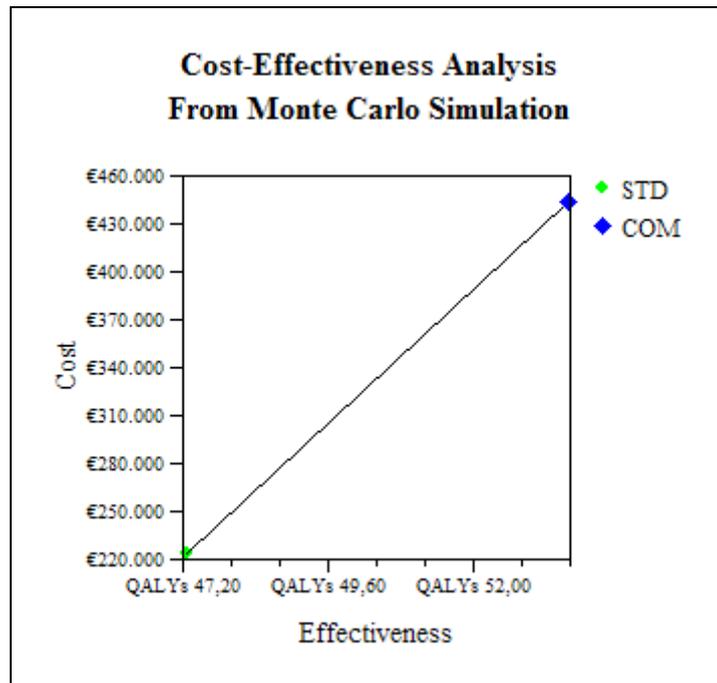
**Abb. 19: Kosten-Effektivitäts Streudiagramm der konkurrierenden Behandlungen, bei 3% Diskontierung**



Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

Die beiden letzten Darstellungen zeigen eine Handlungsempfehlung der Simulations-Software TreeAge. Abbildung 20 zeigt jeweils einen Punkt für Kosten pro QALY bei Standard- und Komplettbehandlung. Tabelle 27 vergleicht die konkurrierenden Maßnahmen (STD – „*Standard Care*“, Standardbehandlung; COM – „*Comprehensive Care*“, Komplettbehandlung) anhand von Kosten und QALYs. Die Daten in Tabelle 26 sind gerundet und entsprechen den genauen Werten in Tabelle 27.

**Abb. 20: Kosten-Effektivitäts-Diagramm für die konkurrierenden Behandlungen, bei 3% Diskontierung**



Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

**Tabelle 27: Vergleich der konkurrierenden Behandlungen der Simulations-Software, bei 3% Diskontierung**

Cost-Effectiveness Analysis						
Strategy	Cost	Incr Cost	Eff	Incr Eff	C/E	Incr C/E
STD	€223K		QALYs 47,27		€/QALY 4.713	
COM	€444K	€221K	QALYs 53,58	QALYs 6,31	€/QALY 8.280	€/QALY 34.994

Quelle: eigene Darstellung (TreeAge Output)

## 8. Resümee

Um die Inzidenz des Diabetes Mellitus Typ-2 in einem ökonomischen Modell darzustellen, wurde ein bestehendes Markov Monte-Carlo Modell adaptiert, und an den österreichischen Raum angepasst. Unter Einbeziehung von Simulations-Software durchliefen 10.000 Patienten das Modell mit elf Gesundheitszuständen.

Das Markov Monte-Carlo Modell spiegelt die Inzidenz-Zahlen der Realität sehr gut wieder, und lässt darauf schließen, dass das Modell korrekt arbeitet. Im Vergleich zur Standardbehandlung verringert sich die Inzidenz für jeden Gesundheitszustand bei Komplettbehandlung. Auch die Lebenserwartung nach Diagnose Diabetes Mellitus Typ-2 sowie das Sterbealter wirken sich bei Komplettbehandlung positiv aus.

Gegenstand der Kosten-Wirksamkeits-Analyse ist die Gegenüberstellung zweier konkurrierender Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung). Die Bestandteile der Behandlungen wurden vom DCCT 1997 („Diabetes Control and Complications Trial“) festgelegt, und definieren das Ziel der Komplettbehandlung im Vergleich zur Standardbehandlung als die Senkung des HbA1c <7%. Die Kosten für das Modell wurden von bestehenden Studien aus dem Raum Österreich und Deutschland übernommen. Die Nutzenwerte konnten einerseits übernommen werden, andererseits wurden bei lückenhaft vorliegenden Zahlen die Daten geschätzt.

**Tabelle 28: Zusammenfassung der Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeits-Analyse**

	Diskontierungsrate			
	0%	3%	5%	7%
Standard-Behandlung				
Durchschnittskosten	€ 222.797	€ 222.782	€ 222.776	€ 222.773
QALY	62,82	47,28	42,19	38,38
Komplett-Behandlung				
Durchschnittskosten	€ 443.623	€ 443.604	€ 443.598	€ 443.549
QALY	72,03	53,58	47,56	43,42
<b>CER</b>	<b>€ 24.230</b>	<b>€ 35.051</b>	<b>€ 41.121</b>	<b>€ 43.804</b>

Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse der Kosten-Effektivitäts-Analyse werden in Tabelle 21 zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass alle Ergebnisse im kosten-wirksamen Bereich von 50.000 Euro pro QALY liegen. Unter Rücksichtnahme dieser Ergebnisse steht fest, dass die Ziele des DCCT in Österreich mit kosten-effektiven Maßnahmen erreicht werden können.

Abschließend soll aufgrund der rasanten Verbreitung des Diabetes Mellitus und dessen Kosten auf die Notwendigkeit der Ökonomie im Gesundheitswesen hingewiesen werden.

Wurde die Zahl der Diabetiker im Jahre 1995 auf 135 Millionen<sup>167</sup> weltweit geschätzt, betrug die Anzahl der Erkrankten zum Jahrtausendwechsel bereits 171 Millionen. Die IDF geht von 246 Millionen Diabetikern weltweit aus und stellt für das Jahr 2025 eine globale Prognose von 380 Millionen Betroffenen. Der Österreichische Diabetesbericht aus dem Jahr (2004) spricht von 300.000<sup>168</sup> Patienten im Jahr 2004 und das „*Diabetes Forum Austria*“ geht sogar von 400.000<sup>169</sup> Patienten aus. Betrachtet man die Entwicklung des Diabetes Mellitus weltweit und in Österreich, steht fest, dass die Ökonomie im Gesundheitswesen weiter forciert werden muss, um einen ökonomischen Umgang mit Ressourcen zu gewährleisten.

---

167 vgl. King H., Aubert R. E., Herman W. H., 1998, S. 1417

168 vgl. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., 2004, S. 1

169 vgl. Diabetes Forum Austria, (Zugriff am 21.02.2007)

## 9. Quellenverzeichnis

### 9.1. Literaturverzeichnis

1. Breyer F., Zweifel P., Kiffmann M., *Gesundheitsökonomik*, 5. überarbeitete Auflage, Springer Verlag (2007)
2. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., A, Model of Complications of NIDDM, I. Model construction and assumptions, *Diabetes Care*, vol. 20 no. 5, 1997, S. 725-734
3. Eastman R.C., Javitt J.C., Herman W.H., B, Model of Complications of NIDDM, II. Analysis of the health benefits and cost-effectiveness of treating NIDDM with the goal of normoglycemia, *Diabetes Care*, vol. 20 no. 5, 1997, S. 735-744
4. Ekoé J.M., Zimmert P., A, *Diabetes Mellitus: Diagnosis and Classification*, in Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R. (Hrsg.), *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 11-29
5. Ekoé J.M., Zimmert P., B, *The Clinical Syndrome and the Biochemical Definition*, in Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R. (Hrsg.), *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 7-10
6. Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R., *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international Perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 1-3
7. Greiner W., Schöffski, O., *Grundprinzipien einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung*, in Schöffski, O., Graf v. d. Schulenburg, J. M. (Hrsg.), *Gesundheitsökonomische Evaluationen*, Springer, Berlin Heidelberg, (2007), S. 205-229
8. Hanusch H., *Nutzen-Kosten-Analyse*, 2. Auflage, Verlag Vahlen, München (1994)
9. Heidenberger K., Strategic investment in preventive health care: quantitative modelling for programme selection and resource allocation, *Operations Research Spectrum*, Jg. 18, 1996, S 1-14
10. Hien P., Böhm B., *Diabetes-Handbuch – Eine Anleitung für Praxis und Klinik*, 5. Auflage, Springer Verlag (2007)

11. Huang E.S., Shook M., Jin K., et al., The Impact of Patient Preferences on the Cost-Effectiveness of Intensive Glucose Control in Older Patients With New-Onset Diabetes, *Diabetes Care*, Vol. 29, Nr. 2, 2006, S. 259-264
12. Jönsson B., *Revealing the cost of Type 2 Diabetes in Europe*, *Diabetologia*, H 45 (7), 2002, S. 5-12
13. King H., Aubert R. E., Herman W. H., Global Burden of Diabetes, 1995-2025 – Prevalence, numerical estimates and projections, *Diabetes Care*, H.21, 1998, S. 1414-1431
14. Kuntz, K.M., Weinstein M. C., *Modelling in economic evaluation*, in: Drummond, M., McGuire, A., *Economic Evaluation in Health Care: Merging theory with practise*, Oxford University Press, New York (2001), S. 141-171
15. Mehnert H., *Typ-2-Diabetes. Pathogenese - Diagnostik - Therapie – Folgeschäden*, München (2000)
16. Owens D., *Interpretation of cost-effectiveness analysis*, *Archives of Internal Medicine*, Vol. 13, 1998, S. 716-717
17. Pesendorfer E. M., *Ökonomische Evaluation von Präventionsmaßnahmen zur Vermeidung von Spätkomplikationen des Diabetes mellitus*, 2003
18. Ragnarson Tennvall G., Apelqvist J., Prebention of diabetes-related foot ulcers and amputations: a cost-utility model based on Markov model simulations, *Diabetologia*, Jg. 44, H. 11, 2001, S. 2077-2087
19. Rauner, M.S., Heidenberger, K., Pesendorfer, E.M., Using monte carlo simulation to evaluate diabetic foot prevention strategies in Austria, *Health Care Management Science*, Vol. 8, No. 4, 2005, S. 253-265
20. Reuter P., *Klinisches Wörterbuch 2007/2008*, Springer Medizin-Verlag (2007)
21. Rieder A., Rathmanner T., Kiefer I., et al., *Österreichischer Diabetesbericht 2004. Daten, Fakten, Strategien.*, Wien (2004)
22. Roglic G., Unwin N., Bennett P.H., et al., *The Burden of Mortality Attributable to Diabetes- Realistic estimates for the year 2000*, , American Diabetes Association, *Diabetes Care* 28 (9), 2005, S. 2130-2135

23. Russel L.B., Gold M.R., Siegel J.E., et al., „*The role of cost effectiveness analyses in health and medicine*”, *Journal of the American Medical Association*, Vol. 276, 1996, S. 1172-1177
24. Rychlik R., *Gesundheitsökonomie: Grundlagen und Praxis*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1999)
25. Songer T.J., *Economic Cost*, in Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R. (Hrsg.), *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 383-397
26. Schulenburg, Graf v.d. J.M., *Ökonomische Bewertung von Leistungen im Gesundheitswesen*, in: Walter U., Paris W. (Hrsg.), *Public Health*, Meran (1996), S 71-77
27. Sonnenberg, F. A., Beck, J. R., *Markov Models in Medical Decision Making: A Practical Guide*, *Medical Decision Making*, Hanley & Belfus, Inc., Jg. 13, H. 4, Philadelphia (1993), S. 322-338
28. Torrance, G.W., Siegel J.E., Luce B.R., *Framing and Designing the Cost-Effectiveness Analysis*, in: Gold M.R., Russel L.B., Siegel J.E., Weinstein M.C., (Hrsg.), *Cost-Effectiveness in Health and Medicine*, Oxford University Press, New York (1996), S. 54-81
29. Unger T., Gollmer A., Haas S., *Diabetes Mellitus als gesundheitspolitische Herausforderung – Bestandsaufnahme und Analyse von Maßnahmen in Österreich und Europa*, Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (Hrsg.), Wien (2005)
30. Welborn T.A., *Diabetes Mortality*, in Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R. (Hrsg.), *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 369-379
31. Williams R., *Ascertainment, Prevalence, Incidence and Temporal Trends*, in Ekoé J.M., Zimmert P., Williams R. (Hrsg.), *The Epidemiology of Diabetes Mellitus – an international perspective*, John Wiley and sons Ltd., Chichester (2001), S. 65-70
32. World Health Organization, Department of Noncommunicable Disease Surveillance, *Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications*, Genf (1999)

33. World Health Organization, *Diabetes Mellitus – Report of a WHO Expert Committee. Second Report*, Genf (1980)
34. World Health Organization, *Diabetes Mellitus – Report of a WHO Expert Committee*, Genf (1965)
35. World Health Organization, *The European Health Report 2002*, Kopenhagen (2002)
36. World Health Organization, International Diabetes Federation, *Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycemia*, Genf (2006)

## 9.2. Verzeichnis der Internetquellen

37. Brockhaus Enzyklopädie (Zugriff am 03.02.2007): <http://www.brockhaus-encyklopaedie.de>
38. Diabetes Control and Complications Trial, (Zugriff am 20.11.2007), <http://diabetes.niddk.nih.gov/dm/pubs/control/>
39. Eigler B., Diabetes Mellitus, 2004, (Zugriff am 05.02.2007), [www.netdokter.at/krankheiten/fakta/diabetes\\_allgemein.htm](http://www.netdokter.at/krankheiten/fakta/diabetes_allgemein.htm)
40. Heymans L., Köster I., Schubert I., Diabetische Augenkomplikationen – Häufigkeit, Versorgung und Kosten. Ein Blick nach Hessen mit Schätzungen für Deutschland, (Zugriff am 29.10.2007), German Medical Science GMS Publishing House, [www.egms.de](http://www.egms.de)
41. International Diabetes Federation, *The Cost of Diabetes*, <http://www.idf.org>, (Zugriff am 14.05.2007)
42. International Diabetes Federation, *eatlas* (Diabetes Atlas Online), (Zugriff am 03.03.2007): <http://www.eatlas.idf.org/media/>
43. Laborlexikon.de, (Zugriff am 05.02.2007): <http://www.laborlexikon.de/Lexikon/Infoframe/g/Glukose-Toleranz-Test.htm>
44. National Library of Medicine, (Zugriff am 18.03.2008), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
45. OECD Library, (Zugriff am 29.10.2007), [www.sourceoecd.org](http://www.sourceoecd.org)

46. Statistik Austria, (Zugriff am 01.12.2007): [www.statistik.at](http://www.statistik.at)

47. Techniker Krankenkasse (TK), (Zugriff am 29.10.2007), [www.tk-online.de](http://www.tk-online.de)

48. TreeAge Software Inc., (Zugriff am 30.06.2007): [www.treeage.com](http://www.treeage.com)

## 10. Anhang

**Tabelle 29: Vollständige Sterbetafel der Statistik Austria**

Genaueres Alter (am x-ten Geburtstag) in Jahren	Männliches Geschlecht					
	Sterbe- wahr- schein- lichkeit im Alters- intervall x bis x+1	Über- lebende im Alter x	Gestorbene im Alters-intervall x bis x+1	Von den Überlebenden im Alter x		Fernere Lebens- erwartung im Alter x in Jahren
				bis x+1	insgesamt	
				noch zu durch- lebende Jahre		
x	q(x)	l(x)	d(x)	L(x)	T(x)	e(x)
0	0,0041011	100000	410	99703	7712510	77,13
1	0,0005339	99590	53	99563	7612807	76,44
2	0,0001947	99537	19	99527	7513243	75,48
3	0,0001207	99517	12	99511	7413716	74,50
4	0,0001700	99505	17	99497	7314205	73,51
5	0,0001447	99488	14	99481	7214708	72,52
6	0,0000713	99474	7	99470	7115227	71,53
7	0,0001402	99467	14	99460	7015756	70,53
8	0,0001133	99453	11	99447	6916296	69,54
9	0,0000859	99442	9	99437	6816849	68,55
10	0,0000849	99433	8	99429	6717412	67,56
11	0,0001044	99425	10	99420	6617983	66,56
12	0,0001009	99414	10	99409	6518563	65,57
13	0,0002554	99404	25	99392	6419154	64,58
14	0,0000973	99379	10	99374	6319762	63,59
15	0,0002736	99369	27	99356	6220388	62,60
16	0,0005568	99342	55	99314	6121032	61,62
17	0,0006523	99287	65	99254	6021718	60,65
18	0,0011258	99222	112	99166	5922464	59,69
19	0,0009747	99110	97	99062	5823297	58,76
20	0,0009202	99014	91	98968	5724235	57,81
21	0,0007265	98923	72	98887	5625267	56,87
22	0,0009806	98851	97	98802	5526381	55,91
23	0,0007558	98754	75	98716	5427578	54,96
24	0,0007932	98679	78	98640	5328862	54,00
25	0,0006663	98601	66	98568	5230222	53,04
26	0,0006366	98535	63	98504	5131654	52,08
27	0,0007295	98472	72	98437	5033150	51,11
28	0,0007380	98401	73	98364	4934713	50,15
29	0,0006977	98328	69	98294	4836349	49,19
30	0,0008061	98259	79	98220	4738055	48,22
31	0,0006879	98180	68	98146	4639836	47,26
32	0,0007369	98113	72	98077	4541689	46,29
33	0,0009176	98040	90	97995	4443613	45,32
34	0,0009153	97950	90	97906	4345617	44,37
35	0,0008209	97861	80	97821	4247712	43,41
36	0,0010633	97780	104	97728	4149891	42,44
37	0,0011092	97676	108	97622	4052163	41,49

38	0,0010955	97568	107	97515	3954541	40,53
39	0,0017005	97461	166	97378	3857026	39,57
40	0,0011899	97295	116	97238	3759648	38,64
41	0,0014426	97180	140	97110	3662410	37,69
42	0,0015389	97040	149	96965	3565300	36,74
43	0,0019260	96890	187	96797	3468336	35,80
44	0,0022493	96704	218	96595	3371539	34,86
45	0,0023962	96486	231	96370	3274944	33,94
46	0,0029842	96255	287	96111	3178573	33,02
47	0,0025544	95968	245	95845	3082462	32,12
48	0,0028537	95722	273	95586	2986617	31,20
49	0,0038311	95449	366	95266	2891031	30,29
50	0,0035001	95084	333	94917	2795765	29,40
51	0,0049617	94751	470	94516	2700847	28,50
52	0,0050567	94281	477	94042	2606332	27,64
53	0,0050851	93804	477	93565	2512289	26,78
54	0,0065806	93327	614	93020	2418724	25,92
55	0,0060581	92713	562	92432	2325704	25,09
56	0,0079494	92151	733	91785	2233272	24,23
57	0,0084890	91419	776	91031	2141487	23,43
58	0,0090503	90643	820	90232	2050457	22,62
59	0,0101269	89822	910	89367	1960224	21,82
60	0,0105605	88913	939	88443	1870857	21,04
61	0,0120940	87974	1064	87442	1782414	20,26
62	0,0132346	86910	1150	86335	1694972	19,50
63	0,0133308	85759	1143	85188	1608638	18,76
64	0,0132174	84616	1118	84057	1523450	18,00
65	0,0151227	83498	1263	82866	1439393	17,24
66	0,0167076	82235	1374	81548	1356526	16,50
67	0,0171439	80861	1386	80168	1274978	15,77
68	0,0201841	79475	1604	78673	1194810	15,03
69	0,0204284	77871	1591	77075	1116137	14,33
70	0,0232917	76280	1777	75392	1039062	13,62
71	0,0245689	74503	1830	73588	963670	12,93
72	0,0281951	72673	2049	71648	890082	12,25
73	0,0318148	70624	2247	69500	818434	11,59
74	0,0369383	68377	2526	67114	748934	10,95
75	0,0387102	65851	2549	64577	681820	10,35
76	0,0444745	63302	2815	61894	617243	9,75
77	0,0501786	60487	3035	58969	555349	9,18
78	0,0519164	57452	2983	55960	496380	8,64
79	0,0576568	54469	3141	52899	440419	8,09
80	0,0661560	51328	3396	49631	387521	7,55
81	0,0752214	47933	3606	46130	337890	7,05
82	0,0870003	44327	3856	42399	291760	6,58
83	0,0897857	40471	3634	38654	249361	6,16
84	0,1032856	36837	3805	34935	210707	5,72
85	0,1133574	33032	3744	31160	175773	5,32
86	0,1284683	29288	3763	27407	144613	4,94
87	0,1516054	25525	3870	23590	117206	4,59
88	0,1462951	21655	3168	20071	93616	4,32
89	0,1680517	18487	3107	16934	73544	3,98
90	0,1930202	15381	2969	13896	56610	3,68

91	0,2151273	12412	2670	11077	42714	3,44
92	0,2239965	9742	2182	8651	31638	3,25
93	0,2481833	7560	1876	6621	22987	3,04
94	0,2647887	5683	1505	4931	16365	2,88
95	0,3089779	4179	1291	11434	11434	2,74
Weibliches Geschlecht						
Genaueres Alter (am x-ten Geburtstag) in Jahren	Sterbe- wahr- schein- lichkeit im Alters- intervall x bis x+1	Über- lebende im Alter x	Gestorbene im Alters-intervall x bis x+1	Von den Überlebenden im Alter x		Fernere Lebens- erwartung im Alter x in Jahren
				bis x+1	insgesamt	
				noch zu durch- lebende Jahre		
x	q(x)	l(x)	d(x)	L(x)	T(x)	e(x)
0	0,0030915	100000	309	99776	8268305	82,68
1	0,0003572	99691	36	99673	8168529	81,94
2	0,0001794	99655	18	99646	8068856	80,97
3	0,0001019	99637	10	99632	7969210	79,98
4	0,0000770	99627	8	99623	7869578	78,99
5	0,0000514	99620	5	99617	7769954	78,00
6	0,0001497	99614	15	99607	7670337	77,00
7	0,0000491	99600	5	99597	7570730	76,01
8	0,0000238	99595	2	99593	7471133	75,02
9	0,0001348	99592	13	99586	7371540	74,02
10	0,0000890	99579	9	99574	7271954	73,03
11	0,0000877	99570	9	99566	7172380	72,03
12	0,0000844	99561	8	99557	7072814	71,04
13	0,0001248	99553	12	99547	6973257	70,05
14	0,0001029	99540	10	99535	6873711	69,05
15	0,0001032	99530	10	99525	6774175	68,06
16	0,0002919	99520	29	99505	6674650	67,07
17	0,0003335	99491	33	99474	6575145	66,09
18	0,0002710	99458	27	99444	6475671	65,11
19	0,0002901	99431	29	99416	6376227	64,13
20	0,0004060	99402	40	99382	6276810	63,15
21	0,0002756	99361	27	99348	6177429	62,17
22	0,0002117	99334	21	99324	6078081	61,19
23	0,0002613	99313	26	99300	5978757	60,20
24	0,0002915	99287	29	99273	5879457	59,22
25	0,0002940	99258	29	99244	5780184	58,23
26	0,0002700	99229	27	99216	5680941	57,25
27	0,0002953	99202	29	99188	5581725	56,27
28	0,0002772	99173	27	99159	5482538	55,28
29	0,0003123	99145	31	99130	5383379	54,30
30	0,0002654	99114	26	99101	5284249	53,31
31	0,0003241	99088	32	99072	5185147	52,33
32	0,0004062	99056	40	99036	5086075	51,35
33	0,0004275	99016	42	98995	4987039	50,37
34	0,0004874	98973	48	98949	4888045	49,39
35	0,0003467	98925	34	98908	4789095	48,41
36	0,0005293	98891	52	98865	4690187	47,43
37	0,0005494	98839	54	98811	4591322	46,45

38	0,0005002	98784	49	98760	4492511	45,48
39	0,0006449	98735	64	98703	4393751	44,50
40	0,0006441	98671	64	98639	4295048	43,53
41	0,0008681	98608	86	98565	4196409	42,56
42	0,0008551	98522	84	98480	4097844	41,59
43	0,0010054	98438	99	98388	3999364	40,63
44	0,0013555	98339	133	98272	3900976	39,67
45	0,0011781	98206	116	98148	3802704	38,72
46	0,0011304	98090	111	98034	3704556	37,77
47	0,0013489	97979	132	97913	3606522	36,81
48	0,0017394	97847	170	97762	3508609	35,86
49	0,0017311	97677	169	97592	3410847	34,92
50	0,0019601	97508	191	97412	3313255	33,98
51	0,0024337	97316	237	97198	3215843	33,05
52	0,0025542	97080	248	96956	3118645	32,12
53	0,0024376	96832	236	96714	3021690	31,21
54	0,0026037	96596	252	96470	2924976	30,28
55	0,0035072	96344	338	96175	2828506	29,36
56	0,0032975	96006	317	95848	2732331	28,46
57	0,0036242	95690	347	95516	2636483	27,55
58	0,0046251	95343	441	95122	2540967	26,65
59	0,0051009	94902	484	94660	2445845	25,77
60	0,0049921	94418	471	94182	2351185	24,90
61	0,0055936	93946	526	93684	2257003	24,02
62	0,0057448	93421	537	93153	2163319	23,16
63	0,0058788	92884	546	92611	2070167	22,29
64	0,0067911	92338	627	92025	1977556	21,42
65	0,0071359	91711	654	91384	1885531	20,56
66	0,0079936	91057	728	90693	1794147	19,70
67	0,0087832	90329	793	89932	1703455	18,86
68	0,0101815	89535	912	89080	1613523	18,02
69	0,0119154	88624	1056	88096	1524443	17,20
70	0,0118872	87568	1041	87047	1436347	16,40
71	0,0135599	86527	1173	85940	1349300	15,59
72	0,0146430	85354	1250	84729	1263360	14,80
73	0,0167626	84104	1410	83399	1178631	14,01
74	0,0191244	82694	1581	81903	1095232	13,24
75	0,0209980	81112	1703	80261	1013329	12,49
76	0,0252102	79409	2002	78408	933068	11,75
77	0,0293002	77407	2268	76273	854660	11,04
78	0,0331043	75139	2487	73896	778387	10,36
79	0,0343319	72652	2494	71405	704491	9,70
80	0,0418388	70158	2935	68690	633086	9,02
81	0,0481027	67222	3234	65605	564396	8,40
82	0,0575571	63989	3683	62147	498791	7,79
83	0,0649344	60306	3916	58348	436644	7,24
84	0,0722164	56390	4072	54354	378296	6,71
85	0,0873984	52318	4572	50031	323942	6,19
86	0,0993545	47745	4744	45373	273911	5,74
87	0,1145777	43001	4927	40538	228538	5,31
88	0,1213953	38074	4622	35763	188000	4,94
89	0,1404623	33452	4699	31103	152237	4,55
90	0,1597743	28754	4594	26456	121134	4,21

91	0,1743899	24159	4213	22053	94677	3,92
92	0,1930028	19946	3850	18021	72625	3,64
93	0,2122368	16097	3416	14388	54603	3,39
94	0,2398190	12680	3041	11160	40215	3,17
95	0,2845598	9639	2743	29055	29055	3,01

Quelle: Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at) (Zugriff am 01.12.2007)

# Curriculum Vitae

## **Daten:**

Name	Zsifkovits Johannes
Wohnort/Straße	7552 Stinatz / Kreuzgasse 2
Geburtsdatum	27.02.1984
Geburtsort	Oberwart, Burgenland
Staatsbürgerschaft	Österreich
Religionsbekenntnis	röm./kath.

## **Schulbildung:**

*1990 bis 1994* Zweisprachige Volksschule in Stinatz, Burgenland

*1994 bis 2002* Zweisprachiges Bundesgymnasium in Oberwart, Burgenland

(Schwerpunkt Kroatisch)

## **Universitätsausbildung:**

*ab 2002* Diplomstudium der Internationalen Betriebswirtschaftslehre an der  
Universität Wien

- Wirtschaftsfremdsprachen:
  - Englisch
  - Kroatisch
  
- Kernfachkombinationen:
  - Innovations- und Technologiemanagement
  - International Marketing

## **Kurzzusammenfassung**

In ihrem „Diabetes Atlas 2007“ geht die International Diabetes Federation (IDF) von 246 Millionen Diabetikern weltweit aus und stellt für das Jahr 2025 eine globale Prognose von 380 Millionen Betroffenen. In Europa leiden laut WHO 22,5 Millionen Erwachsene an Diabetes Mellitus. Die IDF schätzt die Zahl der Erkrankten sogar auf 33,3 Millionen. In Österreich sind laut österreichischem Diabetesbericht (2004) 300.000 und „*Diabetes Forum Austria*“ sogar 400.000 Patienten betroffen. Die Kosten des Diabetes Mellitus betragen rund 6% der Gesamtausgaben für das Gesundheitswesen in westlichen Industrieländern.

Um die Inzidenz des Diabetes Mellitus Typ-2 in einem ökonomischen Modell darzustellen, durchliefen unter Einbeziehung von Simulations-Software 10.000 Patienten das Modell mit elf Gesundheitszuständen. Das Markov Monte-Carlo Modell spiegelt die Inzidenz-Zahlen der Realität sehr gut wieder, und lässt darauf schließen, dass das Modell korrekt arbeitet. Im Vergleich zur Standardbehandlung verringert sich die Inzidenz für jeden Gesundheitszustand bei Komplettbehandlung. Auch die Lebenserwartung nach Diagnose Diabetes Mellitus Typ-2 sowie das Sterbealter wirken sich bei Komplettbehandlung positiv aus.

Gegenstand der Kosten-Effektivitäts-Analyse ist die Gegenüberstellung zweier konkurrierender Behandlungen (Standard- versus Komplettbehandlung). Die Bestandteile der Behandlungen wurden vom DCCT 1997 („Diabetes Control and Complications Trial“) festgelegt, und definieren das Ziel der Komplettbehandlung im Vergleich zur Standardbehandlung als die Senkung des HbA1c  $<7\%$ . Die Kosten für das Modell wurden von bestehenden Studien aus dem Raum Österreich und Deutschland übernommen. Die Nutzenwerte konnten einerseits übernommen werden, andererseits wurden bei lückenhaft vorliegenden Zahlen die Daten geschätzt.

Die Ergebnisse der Kosten-Effektivitäts-Analyse wurden mit Diskontierungsraten von 0%, 3%, 5%, und 7,5 Prozent berechnet, wobei die Ergebnisse der 3%igen Diskontierung im Mittelpunkt liegen. Das Modell liefert eine CER von rund 24.000, 35.000, 41.000 sowie 43.000 Euro. Alle Ergebnisse liegen im kosten-effektiven Bereich von 50.000 Euro pro QALY.

## **Executive Summary**

The International Diabetes Federation (IDF) estimates 246 million patients with diabetes worldwide and places a prognosis of 380 million affected in 2050. In Europe from 22,5 million adults (WHO) to 33,3 million adults (IDF) suffer from diabetes. The Austrian Diabetes Report (2004) estimates 300.000 patients, and the “Diabetes Forum Austria” 400.000 patients in Austria. The cost of diabetes mellitus accounts for approximately 6% of the total health care expenditures in western countries.

To represent the incidence of type-2 diabetes in an economic model, the lives of 10.000 patients were simulated, passing eleven health states. The markov monte-carlo model reflects reality in an appropriate way, which indicates a well working model. In comparison to standard care, incidence rates reduced for each health state with comprehensive care. Life expectancy after the diagnosis of diabetes mellitus type-2 as well as the patient’s age at death had a positive effect under comprehensive care.

The purpose of the cost-effectiveness-analysis was to compare two competing treatments (standard- versus comparative care). The properties of the treatments have been fixed by the DCCT (Diabetes Control and Complications Trial) in 1997. Target of the trial was an HbA1c < 7%. Costs for the model have been taken over from existing studies from Austria and Germany. Utilities have been taken over on the one hand, and on the other hand they had to be estimated.

The results of the cost-effectiveness-analysis have been discounted at 0%, 3%, 5%, and 7,5% rates, whereas the focus lies on the results at 3% discounting rate. CER (Incremental Cost/QALY) is ~24.000 Euros (0%), ~35.000 Euros (3%), ~41.000 Euros (5%) and ~43.000 Euros (7,5%). All results are in the cost-effective range of below 50.000 Euros/QALY