

**Aus dem Zentrum für Operative Medizin der Universität zu  
Köln**

**Klinik und Poliklinik für Herz-und Thoraxchirurgie**

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med Th. Wahlers

**Präoperative Risikoscores können die Kosten in der  
Herzchirurgie nicht vorhersagen**

**-Eine prospektive Studie-**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der  
Hohen Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

vorgelegt von

Cyrus Bagestani Moghaddam

aus Teheran / Iran

Promoviert am:

28.11.2012

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. h. c. Th. Krieg

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. K. Hekmat
2. Berichterstatter: Frau Privatdozentin Dr. med. S. A. K. Stock

**Erklärung:**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswertung der Daten und der Anfertigung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistung erhalten.

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder mittelbare noch unmittelbare geldwerte Leistungen erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Köln, den 02.08.2012

Cyrus Bagestani Moghaddam

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Patientendaten der Quartale 4/2004-3/2005 wurden unter der Anleitung von Prof. Dr. Khosro Hekmat von Amir Bayan-Zadeh (Quartal 4/2004), Andreas Lamkowski (Quartal 1/2005), Sabine Bagestani Moghaddam (Quartal 3/2005) und mir selbst (Quartal 2/2005) jeweils eigenständig erhoben und anschließend ausgewertet. Die Patientendaten der Quartale wurden mir zur Auswertung freundlicherweise von den oben genannten Personen zur Verfügung gestellt.

## **Danksagung**

Für meine Doktorarbeit schulde ich sehr vielen Menschen einen herzlichen Dank. Besonders möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med Khosro Hekmat bedanken, denn Sie brachten mir sehr viel Geduld entgegen und sorgten mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit. Ohne Sie hätte ich niemals ein Licht am Ende der Doktorarbeit gesehen. Vielen Dank.

Herrn Universitätsprofessor Dr. med. Th. Wahlers, Direktor der Klinik und Poliklinik für Herz- und Thoraxchirurgie der Universität zu Köln danke ich für die freundliche Überlassung des Themas dieser Arbeit.

**Diese Arbeit ist meiner Frau Sabine und meinem Sohn Aryan gewidmet.**

# Inhaltsverzeichnis

## Abkürzungsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>10</b>
2.1	Datenerhebung	10
2.2	Präoperative Parameter	10
2.3	Intraoperative Parameter	14
2.4	Postoperative Parameter	16
<b>3</b>	<b>Statistik</b>	<b>21</b>
3.1	Pearson-Korrelation	21
3.2	Spearman-Korrelation	22
<b>4</b>	<b>Präoperative Scoresysteme</b>	<b>23</b>
4.1	EuroSCORE	23
4.2	Parsonnet Score	26
4.3	Ontario Province Risk Score	29
4.4	French Score	31
4.5	Pons Score	33
4.6	CABDEAL Score	35
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>41</b>
6.1	Risikoscoremodelle im Vergleich	41
6.2	Intensivaufenthaltsdauer und Gesamtkosten	47
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>55</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AICD	Automatic implantable cardioverter defibrillator
CCS	Canadian Cardiovascular Society
cm	Centimeter
COPD	chronical ostructive pulmonary disease
CVVH	kontinuierliche venovenöse Hämofiltration
CABG	Coronary artery bypass graft
€	Euro
EEG	Elektroenzephalogramm
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EF	Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiogramm
EP	evozierte Potentiale
et al.	et alii
d	Tage
dl	Deziliter
g	Gramm
h	Stunden
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
HLM	Herz-Lungen-Maschine
IABP	Intraaortale Ballonpumpe
ICU	intensive care unit

I.E.	Internationale Einheiten
i.v.	intravenös
j	ja
kg	Kilogram
l	Liter
LZ-EKG	Langzeit-Elektrokardiogramm
LHB	Linksherzypass
LUFU	Lungenfunktionsprüfung
MRSA	Multiresistenter Staphylococcus aureus
µl	Mikroliter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol	Millimol
n	nein
n	number
NYHA	New York Heart Association
OP	Operation
PTCA	perkutane transluminale Koronarangioplastie
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
p.o.	per os
%	Prozent
‰	Promille



RHB	Rechtsherzbypass
SM	Schrittmacher
SPSS	Statistical package for the social sciences
TEE	Transösophageale Echokardiographie
TTE	Trasthorakale Echokardiographie
TSH	Thyreotropin
T3	Trijodthyronin
T4	Thyroxin
VAD	Ventricular assist device

## 1 Einleitung

Verschiedene präoperative Risikoscores wurden in der Vergangenheit entwickelt, um die Mortalität nach einem herzchirurgischem Eingriff vorhersagen zu können (10). Unterschiedliche Studien zogen hieraus die Schlussfolgerung, dass man diese Risikoscores nutzen könnte, um die Kosten nach einem herzchirurgischem Eingriff abschätzen zu können (15, 20, 21, 31, 34, 43). Ein zugelassenes Score-Model, welches Patientenkosten präoperativ bestimmen könnte würde eine bessere Planbarkeit der Ressourcen ermöglichen. In der vorliegenden Studie wurden sechs präoperative Risikoscores (EuroSCORE, Parsonnet, Ontario, French, Pons und CABDEAL) im Hinblick auf ihre Vorhersagekraft der Kosten bei herzchirurgischen Patienten analysiert.

## **2 Material und Methoden**

In der vorliegenden Studie wurden alle Patienten, die sich einer herzchirurgischen Operation unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine in der Universitätsklinik Köln im Zeitraum vom 01.10.2004-30.09.2005 unterzogen haben, analysiert. Alle notwendigen Patientendaten wurden während des Aufenthaltes gesammelt, um die erforderlichen Kriterien der sechs Scores zu erfüllen: EuroSCORE (39), Parsonnet (32), Ontario (45), French (38), Pons (35) und CABDEAL (23). Die Gesamtkosten des Krankenhauses wurden für jeden Patienten täglich prospektiv berechnet. Mit Hilfe des Kalkulationshandbuches 3.0 wurden die Kosten der präoperativen Diagnostik, der operativen Prozedur, der Verbrauchsmaterialien, der Medikamente, der Blutprodukte, der Personalkosten sowie die Fixkosten des Krankenhauses innerhalb der Analyse berücksichtigt.

### **2.1 Datenerhebung**

Die Datenerhebung erfolgte mittels einer Microsoft® Access® Datenbank, die eigens für diese Studie entwickelt wurde. Die Dokumentation der Patientendaten enthielt allgemeine Informationen, präoperative, intraoperative und postoperative Daten. Diese wurden zum einen zur Risikobestimmung als auch zur Kalkulation der Kosten verwendet.

### **2.2 Präoperative Parameter**

Hierbei wurden persönliche Daten des Patienten sowie präoperative Parameter bezüglich des Gesundheitszustandes abgefragt. Zusätzlich erfolgte eine Auflistung aller präoperativ durchgeführten Untersuchungen. Die Daten wurden anhand der Patientenakte erhoben.

Im Folgenden eine Auflistung:

**Allgemeine Patientendaten:**

- Name
- Alter
- Adresse
- Geschlecht (m/w)
- Größe (cm)
- Gewicht (kg)
- Aufnahme­nummer
- Aufnahme­datum
- Operations­datum
- Verlegung von intern (j/n)

**Allgemeine präoperative Begleiterkrankungen:**

- arterielle Hypertonie (j/n)
- Diabetes mellitus (j/n)
- pulmonale Hypertonie (j/n)
- pulmonalarterieller Druck (mmHg)
- Asthma bronchiale (j/n)
- Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (j/n)
- Lebererkrankung (j/n)
- Zustand nach Ulcus ventriculi/duodeni (j/n)
- akute Sepsis (j/n)

**Präoperativer Gefäßstatus:**

- vorliegende Arteriopathie (j/n)
- periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) (j/n)
- akute Aortendissektion (j/n)
- Zustand nach Gefäßoperation (j/n)

**Neurologische Parameter:**

- zerebrovaskuläre Dysfunktion (j/n)
- Paraplegie (j/n)
- Zustand nach Apoplex (j/n)

**Laborparameter:** vermerkt wurde jeweils der aktuelle Parameter vor der OP.

- Hämatokrit (%)
- Kreatinin im Serum (mg/dl)
- Leukozytenzahl ( $\times 10^3/\mu\text{l}$ )
- Thrombozytenzahl ( $\times 10^3/\mu\text{l}$ )

**Renale Erkrankungen:**

- akutes Nierenversagen (j/n)
- Dialysepflicht (j/n)
- kompensierte Niereninsuffizienz (j/n)

**Allgemeine kardiale Parameter:**

- Z.n. Myokardinfarkt (j/n)
- Datum des letzten Myokardinfarktes
- Ventrikelseptumdefekt nach Myokardinfarkt (j/n)
- Ejektionsfraktion (%)
- linksventrikulärer enddiastolischer Druck (mmHg)
- New York Heart Association (NYHA) Klasse(I-IV)
- Canadian Cardiovascular Society (CCS) Klasse(I-IV)
- kardiogener Schock (j/n)
- Herzrhythmusstörungen (j/n)
- instabile Angina Pectoris (j/n)
- angeborener Herzfehler (j/n)
- linksventrikuläres Aneurysma (j/n)
- floride Endokarditis (j/n)
- Aortenklappenstenose (j/n)
- Gradient der Aortenklappenstenose (mmHg)
- Aortenklappeninsuffizienz (j/n)
- Grad der Aortenklappeninsuffizienz (I-IV)
- Mitralklappenstenose (j/n)
- Grad der Mitralklappenstenose (I-IV)
- Mitralklappeninsuffizienz (j/n)
- Grad der Mitralklappeninsuffizienz (I-IV)
- Schrittmacher (SM) vorhanden (j/n)
- Automatisch implantierbarer Cardioverter und Defibrillator (AICD)-Träger (j/n)

### **Präoperative Untersuchungen:**

- Elektrokardiogramm (EKG)
- Langzeit-EKG (LZ-EKG)
- Lungenfunktionsprüfung (LUFU)
- transthorakale Echokardiographie (TTE)
- transoesophageale Echokardiographie (TEE)
- Röntgen des Thorax
- Standardlabor
- Bestimmung von TSH und freiem T3/T4
- virologische Untersuchungen auf Hepatitis A, B, C sowie HIV
- Abstriche zur mikrobiologischen Untersuchung
- Gastroskopie
- Phlebographie
- Dopplersonografie der Arteria radialis
- Dopplersonografie der Arteria carotis interna und externa

### **Interventionsspezifische Parameter:**

- präoperative Beatmungspflicht (j/n)
- intraaortale Ballonpumpe (IABP) (j/n)
- elektive Operation (j/n)
- Re-Operation (j/n)
- Anzahl bisher stattgefundener kardiochirurgischer Eingriffe
- Notfalloperationen (j/n)
- Notfall nach perkutaner transluminaler Coronarangioplastie (PTCA) (j/n)
- Herzbypass (Coronary Artery Bypass Graft (CABG)) (j/n)
- CABG nur mit Vena saphena Graft (j/n)
- dringliche Operation (stabiler Patient unter Medikation j/n)
- Klappentyp
- Aortenklappenoperation (j/n)
- Mitralklappenoperation (j/n)
- Trikuspidalklappenoperation (j/n)
- Kombinationseingriff (j/n)
- Operation an der thorakalen Aorta (j/n)
- Herztransplantation (j/n)
- Lungenembolektomie (j/n)
- Lungenoperation (j/n)

- Carotidesobliteration (j/n)
- Schrittmacher-Operation (j/n)
- Automatisch implantierbarer Cardioverter und Defibrillator (AICD)-Operation (j/n)
- sonstige Operation

## 2.3 Intraoperative Parameter

In diesem Teil werden die intraoperativ durchgeführten Maßnahmen und verwendeten Materialien analysiert. Die benötigten Daten wurden dem OP-Protokoll, dem Anästhesieprotokoll sowie der krankenhausinternen Patientendatenbank „ORBIS“ entnommen.

Im Einzelnen handelte es sich um folgende Parameter:

### Zeiten:

- Einleitungszeit
- Rüstzeit
- Schnittzeit
- Nahtzeit
- Übergabezeit
- Maschinenzeit
- Gleichzeitigkeitsfaktor

### Material:

- Drainagen (Anzahl)
- Drainagekästen (Anzahl)
- Herz-Lungen-Maschinen (HLM)-Set (j/n)
- Kardioplegie: Bretschneider (ml)/ Calafiore (j/n)
- CellSaver (j/n)
- Fibrinkleber (ml)
- BioGlue (Anzahl)
- Sieb (Anzahl)
- Aortenstanze (Anzahl)
- Tabotamp (Anzahl)
- Kollagenfließ

**Implantate:**

- Klappen
- Prothesen und Patchmaterial mit genauer Bezeichnung und Artikelnummer
- Schrittmacher mit genauer Typbezeichnung
- Automatisch implantierbarer Cardioverter und Defibrillator (AICD) mit genauer Typbezeichnung
- Sonden mit genauer Typbezeichnung
- Linksherzbypass (LHB) (j/n), LHB-Typ
- Rechtsherzbypass (RHB) (j/n), RHB-Typ
- Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) (j/n)
- Intraaortale Ballonpumpe (IABP) (Anzahl)

**Präparate für die Pathologie: (j/n)**



## 2.4 Postoperative Parameter

Dieser Abschnitt beschäftigte sich mit dem Patienten ab dem Zeitpunkt des OP-Endes bis zu seiner Entlassung. Die erforderlichen Daten konnten zum einen aus der klinikinternen Datenbank „Sunrise Critical Care“ bezüglich der Intensivpflege sowie der auf Station geführten Patientenakte erhoben werden.

### Allgemeine Parameter:

- Tage auf Normalstation (Anzahl)
- Verlegung nach intern (Zeitpunkt)
- Entlassungsdatum

### Morbiditätsspezifische Parameter:

- Linksherzbypass (LHB) (j/n), LHB-Typ
- Rechtsherzbypass (RHB) (j/n), RHB-Typ
- Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) (j/n)
- Intraaortale Ballonpumpe (IABP) (Anzahl)
- Apoplex (j/n)
- tiefe Sternuminfektion (j/n)
- instabiles Sternum (j/n)
- Herzkatheter im gleichen Aufenthalt (j/n)
- Rethorakotomie (Anzahl)
- Rückverlegung auf Intensivstation (Anzahl)
- Intensivstationsstunden (h)
- Pneumonie radiologisch gesichert (j/n)
- Pneumonie mikrobiologisch gesichert (j/n)
- Pneumonie durch MRSA (j/n)
- Keim/ Erreger
- perioperativer Myokardinfarkt (j/n)
- Reintubation (Anzahl)

**Letalitätsspezifische Parameter:**

- verstorben (j/n)
- 30 Tage Letalität

**Postoperative Untersuchungen und Prozeduren:**

- Blutgasanalyse (Anzahl)
- Laboruntersuchungen (Anzahl)
- Elektrokardiogramm (EKG) (Anzahl)
- Langzeit (LZ)-EKG (Anzahl)
- Transthorakale Echokardiographie (TTE) (Anzahl)
- Transösophageale Echokardiographie (TEE) (Anzahl)
- Röntgen Thorax (Anzahl)
- Computertomographie (Anzahl)
- Sonografie (Anzahl)
- Blutkulturen (Anzahl)
- mikrobiologische Untersuchungen (Anzahl)
- virologische Untersuchungen
- Konsile
- arterieller Zugang (Anzahl)
- zentralvenöser Katheter (Anzahl)
- Shaldon-Katheter (Anzahl)
- Arteria pulmonalis-Katheter (Anzahl)
- Beatmungstunden (Anzahl)
- Tubus (Anzahl)
- Tracheostomie (j/n)
- Trachealkanüle (Anzahl)
- Pleura- oder Pericarddrainage (Anzahl)
- Schrittmacher-Kontrolle (Anzahl)
- Jejunalsonde (Anzahl)
- Gastroskopie (Anzahl)
- Koloskopie (Anzahl)
- Bronchoskopie (Anzahl)
- Elektroenzephalogramm (EEG) oder evozierte Potentiale (EP) (Anzahl)
- Kontinuierliche venovenöse Hämofiltration (CVVH) (Anzahl)

- Dialyse (Anzahl)

**Intra- oder postoperativ erhaltene Blutprodukte:**

- Eigenblut-Erythrozytenkonzentrat (Anzahl)
- Erythrozytenkonzentrat (Anzahl)
- Thrombozytenkonzentrat (Anzahl)
- Eigenblut-gefrorenes Frischplasma (Anzahl)
- gefrorenes Frischplasma (Anzahl)

**Antibiotika, Antimykotika, Virostatika:**

- Aciclovir i.v. (mg)
- Amphotericin B i.v.(mg)
- Ciprobay i.v. (mg)
- Ciprobay p.o. (mg)
- Claforan i.v.(g)
- Clont i.v. (g)
- Combactam i.v. (g)
- Cotrim i.v. (mg)
- Diflucan i.v. (mg)
- Erythromycin i.v.(g)
- Fortum i.v. (g)
- Maxipime i.v.(g)
- Penicillin i.v. (Mega IE)
- Pipril i.v. (g)
- Refobacin i.v.(mg)
- Rocephin i.v. (g)
- Sobelin i.v. (mg)
- Staphylex i.v. (g)
- Targocid i.v. (mg)
- Tavanic i.v. (mg)
- Tavanic p.o. (mg)
- Unacid i.v. (g)
- Vancomycin i.v. (g)
- Zienam i.v. (g)
- Zinacef i.v.(g)

### Medikamente und Ernährung:

- Aggrastat i.v.(mg)
- Arterenol (d)\*
- AT 3 (Ampullen á 500 I.E.)
- $\beta$ -Mimetikum Dosieraerosol (j/n)
- Catapressan(d)\*
- Cellcept (g)
- Cordarex i.v.(mg)
- Cyklokapron (Ampullen á 500mg)
- Cymeven i.v. (mg)
- Cymeven p.o. (mg)
- Decortin i.v. (mg)
- Decortin p.o. (mg)
- Dipidolor (Ampullen)
- Disoprivan (ml)
- Dobutrex (d)\*
- Dolantin (Ampullen)
- Dopamin (d)\*
- Dormicum (d)\*
- Fibrogammin  
(Ampullen á 1250 I.E.)
- Fraxiparin (ml)
- Haemocomplettan (g)
- Hydromedin i.v. (mg)
- Ilomedin i.v.( $\mu$ g)
- Imurek i.v. (mg)
- Insulin (I.E.)
- Ketanest (d)\*
- Lasix i.v. (mg)
- Mucosolvan i.v.(d)\*
- Nebacetin (d)\*
- Nitro(d)\*
- Pantozol i.v. (mg)
- Pantozol p.o. (mg)
- parenterale Ernährung (d)\*
- Pentaglobin i.v. (mg)
- Perfán i.v.(mg)
- Polyglobulin (g)
- PPP (Anzahl)
- Pulmicort Dosieraerosol (j/n)
- Rhythmonorm i.v. (mg)
- Sandimun i.v. (mg)
- Sandimun p.o. (mg)
- Schmerztropf (Anzahl)
- Sondenkost (d)\*
- Sufentanil (d)\*
- Suprarenin (d)\*
- Takus (Ampullen)
- Theophyllin(d)\*
- Trasylol  
(Ampullen á 500.000 I.E.)
- Urbason i.v. (mg)
- Vitamine i.v. (d)\*
- Xylocain (d)\*

-\* „d“ entspricht der Applikation des jeweiligen Medikaments als Perfusor i.v. pro Tag.

### 3 Statistik

Im Anschluss an die Erhebung der Daten erfolgte die Auswertung mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS® Version 18 (Chicago, IL, USA). Berechnet wurden der Pearson- und Spearmankoeffizient, um feststellen zu können, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Scorepunkten und den Kosten besteht.

#### 3.1 Pearson-Korrelation:

Der Korrelationskoeffizient kann nach Pearson als Produktmoment-Koeffizient oder als Rangkoeffizient nach Spearman errechnet werden. Zur Anwendung nach Pearson müssen die folgenden Kriterien erfüllt sein (46):

1. die Werte der Zufallsvariablen müssen intervallskaliert sein
2. beide Zufallsvariablen müssen Daten aus einer normalverteilten Grundgesamtheit beschreiben
3. die Zufallsvariablen müssen in einem proportionalen Zusammenhang erster Ordnung stehen

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ( $r$ ) misst den linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen (in dieser Studie die Scorepunkte und die gesamten Krankenhauskosten). Eine eindeutig positive (zunehmende) lineare Korrelation wird durch  $+1$  und eine eindeutig negative (abnehmende) lineare Beziehung wird durch  $-1$  dargestellt (1, 5, 25, 46). Werte gegen Null zeigen eine schwächere Korrelation, Null bedeutet keinerlei Korrelation. Im Allgemeinen werden Korrelationswerte über  $0,80$  als hoch bewertet (25). Darüber hinaus wird der t-Test verwendet, um festzustellen, ob der Korrelationskoeffizient signifikant von Null abweicht oder nicht und ob somit ein Zusammenhang zwischen zwei Variablen besteht. Das Signifikanzniveau bezeichnet die maximal zulässige Irrtumswahrscheinlichkeit. Bei einer oberen Grenze der Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) von  $<0,01$  (1%) oder  $0,001$  (1‰) spricht man von einem hochsignifikanten Testergebnis. Wenn der p-Wert signifikant ausfällt, zeigt dies, dass eine lineare Beziehung zwischen den beiden Variablen besteht. Über die Stärke der Korrelation kann der p-Wert keine Auskunft geben. Der p-Wert wird durch die Stichprobengröße beeinflusst. Mit wachsender Stichprobenzahl wird die Stärke der Korrelation geschwächt. Eine Normalverteilung der Daten für beide Variablen ist Voraussetzung für die Durchführung des Pearson Test. Ein großer Nachteil des Pearsonkoeffizienten

ist die Sensibilität gegenüber Werten der Zufallsvariable, die stark von der Norm abweichen. Auf der anderen Seite ist die Pearsonkorrelation in der Anwendung optimal, wenn ein Anstieg in der ersten Variablen von einer gleichen Änderung (Anstieg oder Abfall) in der anderen Variablen begleitet wird.

### **3.2 Spearman-Korrelation:**

Sind die oben genannten Voraussetzungen nicht erfüllt oder bekannt kann man die Korrelation nach Spearman berechnen (17, 46, 49). Ferner ist der Spearmankoeffizient nicht so sensibel gegenüber Werten der Zufallsvariable, die stark von der Norm abweichen. Bei eindeutig positiver Korrelation nach Spearman zeigt sich bei Abändern einer Variablen (Risikoscores in dieser Studie) auch immer eine Änderung der anderen Variable (gesamte Krankenhauskosten).

## 4 Präoperative Scoresysteme

Wie oben beschrieben, wurden in der Vergangenheit zur Einschätzung des Patientenrisikos an einer herzchirurgischen Operation zu versterben, präoperative Scoresysteme entwickelt. Im Folgenden eine Auflistung der einzelnen Scores.

### 4.1 EuroSCORE

Entwickelt wurde der Score von Nashef et al. im Jahre 1998. Gesammelt wurden Daten von insgesamt 13.302 Patienten. Die Erhebung erfolgte von September bis Dezember 1995 in insgesamt 148 herzchirurgischen Kliniken in acht europäischen Ländern (29). Einbezogen wurden alle erwachsenen Patienten, die mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine operiert wurden. Ziel der Erhebung war es, einen Score zu entwickeln, der die Frühmortalität vorhersagen kann. Mittels weiterer 1.479 Patienten erfolgte die Validierung des Scores (29). Der Score umfasst 17 Variablen, die durch unterschiedliche Gewichtung einen Gesamtpunktwert und somit das statistische Risikoprofil des einzelnen Patienten ergeben. Im Standard-EuroSCORE werden die Scorepunkte addiert und das Risiko abgeschätzt. Der sogenannte logistische EuroSCORE erlaubt eine fiktive prozentuale Abschätzung des Risikos. Um eine bessere Kompatibilität mit den anderen Scoremodellen zu erzielen, wurde hier der additive EuroSCORE verwendet. In der anschließenden Tabelle sind die einzelnen Variablen aufgelistet (29, 30, 39, 40). An dieser Stelle sollte erwähnt werden, dass es seit Oktober 2011 die weiterentwickelte Version EuroSCORE II gibt. Dieser findet jedoch aufgrund des Zeitpunktes der Datenerhebung und deren Auswertung keine Anwendung in dieser Arbeit.



**Tabelle 1: EuroSCORE**

<b>Faktor</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
Alter	pro 5 Jahre über 60 Jahren je	1
Geschlecht	weiblich	1
Chronische obstruktive Lungenerkrankung	unter Medikation	1
Extrakardiale Arteriopathie	pAVK mit Claudicatio, Carotisstenose >50%, Z.n. oder geplante Gefäßoperation	2
Chronische Niereninsuffizienz	Serumkreatinin >200µmol/l	2
Re-Operation		3
Neurologische Dysfunktion		2
Aktive Endokarditis		3
Kritischer präoperativer Zustand	Ventrikuläre Tachykardie oder Flimmern, präoperative intraaortale Ballonpumpe, präoperative Beatmung, akutes Nierenversagen	3
Instabile Angina pectoris		2
Linksventrikuläre Funktion	EF 30-50% <30%	1 3
Früher Myokardinfarkt	<90 Tage	2
Pulmonaler Hypertonus	>60mmHg	2
Notfalloperation	Operation vor dem nächsten Werktag	2
Art der Operation	jede, ausgenommen isolierte Bypass-OP	2
Operation der thorakalen Aorta		3
Septumruptur nach Myokardinfarkt		4

Abschließend wird das EuroSCORING-System in drei Gruppen unterteilt. Gruppe eins umfasst die Patienten mit 1-2 Punkten, was mit einem geringen Risiko der postoperativen Mortalität vergesellschaftet ist. Gruppe zwei weist Punktwerte von 3-5 Punkten auf und zählt zu der Patientengruppe, die ein etwas höheres Risiko der postoperativen Mortalität aufweist. Die dritte Gruppe mit sechs oder mehr Punkten gehört der Hochrisikogruppe an und weist ein hohes Risiko auf, postoperativ zu versterben.

**Tabelle 2:** Risikogruppen des EuroSCORE

<b>Risikogruppe</b>	<b>Scorepunkte</b>	<b>erwartete Mortalität [%]</b>
1	0-2	0,56-1,1
2	3-5	2,62-3,51
3	> 6	10,25-12,16

## 4.2 Parsonnet Score

Parsonnet et al. entwickelte im Newark Beth Israel Medical Center den Parsonnet-Score (32). Ziel der Score-Entwicklung sollte eine Vorhersage des Mortalitätsrisikos nach einer herzchirurgischen Operation mit Herz-Lungen-Maschine auf der Basis von objektivem Datenmaterial sein. Zuerst betrachtete man 3.500 Operationen retrospektiv, um prädiktive Variablen zu identifizieren (32). Im Anschluss erfolgte die Validierung in einer prospektiven Studie an 1.332 Herz-Lungen-Maschinen-Operationen im gleichen Krankenhaus. Um das gleiche Haus als Einflussfaktor ausschließen zu können wurde der Score ergänzend in zwei anderen Krankenhäusern angewandt. Die Fallzahl fiel geringer aus, die Zuverlässigkeit der Vorhersagekraft blieb aber erhalten (16). In der folgenden Tabelle zeigen wir das Parsonnet Scoring System (9, 32).

**Tabelle 3:** Parsonnet Scoring System

<b>Faktor</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
Alter in Jahren	70-74	7
	75-79	12
	≥ 80	20
Geschlecht	weiblich	1
Übergewicht	> 1,5x „Idealgewicht“	3
Diabetes mellitus		3
Arterieller Hypertonus	systolischer Blutdruck > 140 mmHg	3
Ejektionsfraktion	30% - 49%	2
	< 30%	4
Re-Operation	erste	5
	zweite	10
Präoperativ intraaortale Ballonpumpe		2
Linksventrikuläres Aneurysma		5
Notfalloperation	nach PTCA	10
Dialysepflichtigkeit		10
Schlechter Gesamtzustand	z.B. kardiogener Schock, akutes Nierenversagen	10 - 50
andere seltene Umstände	d.h. Paraplegie, Schrittmacherabhängigkeit, 2-10 angeborener Herzfehler, schweres Asthma	
Mitralklappenoperation		5
Pulmonalarterieller Bluthochdruck	≥ 60 mmHg	8
Aortenklappenoperation		5
Druckgradient über der Aortenklappe	> 120 mmHg	7
Herzbypass plus Klappen- Operation		2

Die Einteilung der Patienten erfolgt in fünf Klassen. Patienten der Gruppe 1 haben eine Mortalitätsrate von 0-4%, Gruppe 5 hingegen weist eine Mortalitätsrate  $\geq 20\%$  auf. Folgend eine detaillierte Auflistung.

**Tabelle 4:** Risikogruppen des Parsonnet Score

<b>Risikogruppe</b>	<b>Scorepunkte</b>	<b>erwartete Mortalität [%]</b>
1	0-4	2
2	5-9	7
3	10-14	11
4	15-19	17
5	$\geq 20$	32

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 4.3 Ontario Province Risk Score

Dieser Score wurde von Tu et al. in Kanada entwickelt (45). Alle neun Kliniken in der Provinz Ontario, die herzchirurgische Operationen an Erwachsene durchführten, waren an der Datensammlung beteiligt. Ziel war es, Aussagen über die postoperative Mortalität, die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und die postoperative Liegezeit treffen zu können. Zwischen dem 1. April 1991 und dem 31. März 1992 wurden Daten von insgesamt 6.213 operierten Patienten gesammelt. Die anschließende Validierung erfolgte auf der Grundlage von 6.885 Patienten, die zwischen dem 1. April 1992 und dem 31. März 1993 operiert wurden (45). Folgend das Ontario Province Score System.

**Tabelle 5:** Ontario Province Risk Scoring System

<b>Faktor</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
Alter in Jahren	65- 74	2
	≥ 75	3
Geschlecht	weiblich	1
Ejektionsfraktion	35%- 50%	1
	20%-34%	2
	< 20%	3
Operationsart	Ersatz einer Klappe	2
	Herzbypass plus Klappenoperation oder Ersatz mehrerer Klappen	3
Dringlichkeit der Operation	dringlich	1
	Notfall	4
Re-Operation		2

Aufgeteilt wird der Score in drei Gruppen mit nah beieinander liegenden Ergebnissen. Patienten mit 0-3 Punkten weisen ein geringes Risiko, Patienten mit 4-7 Punkten ein erhöhtes und Patienten mit mehr als 8 Punkten ein stark erhöhtes postoperatives Mortalitätsrisiko auf.

**Tabelle 6:** Risikogruppen des Ontario Province Risk Score

<b>Risikogruppe</b>	<b>Scorepunkte</b>	<b>erwartete Mortalität [%]</b>
1	0-3	0,5-1,4
2	4-7	2,7-10,4
3	8-16	20,6

## 4.4 French Score

Roques et al. entwickelten in Frankreich den French Score. 7181 erwachsene Patienten aus insgesamt 42 Krankenhäusern wurden in einer prospektiven Multicenterstudie von Januar bis April 1993 untersucht (38). Zielvorgabe war es, neben der Mortalität auch eine Aussagekraft über eine schwerwiegende postoperative Morbidität mit Hilfe des Scores zu erhalten. Folgend das French Scoring System.

**Tabelle 7:** French Scoring System

<b>Faktor</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
Alter in Jahren	70-74	3
	75-79	4
	≥ 80	5
chronische Niereninsuffizienz	Serumkreatinin ≥ 200µmol	5
	Dialysepflichtigkeit	6
Ejektionsfraktion	30%- 50%	2
	≤ 30%	5
CABG	nur Vena saphena Graft	2
Re-Operation		2
Trikuspidalklappenchirurgie		4
CABG plus Klappenoperation		2
kritische Situationen	Myokardinfarkt < 48 h	4
	Ventrikuläre Tachykardie/Flimmern	4
	Präoperative Beatmung	10
	Transplantation	9
	Ventrikelseptumdefekt nach Myokardinfarkt	8
	Akute Aortendissektion	13
	Lungenembolektomie	15



Die Einteilung erfolgt im Anschluss in insgesamt vier Gruppen. Gruppe A umfasst alle Patienten, die einen Punktwert < 2 erreichen. Gruppe B bilden die Patienten mit 2-3 Punkten. Gruppe C werden diejenigen zugeordnet, die 4-6 Punkte erhalten. Wer mehr als sechs Punkte aufweist wird zu Gruppe D gezählt. Mit steigender Punktzahl steigt das Risiko, nach der Operation zu versterben oder schwerwiegende Komplikationen zu erleiden.

**Tabelle 8:** Risikogruppen des French Score

<b>Risikogruppe</b>	<b>Score</b>	<b>erwartete Mortalität [%]</b>
A	0	2,0
B	2-3	3,9
C	4-6	6,1
D	7-89	21,4

## 4.5 Pons Score

Der Pons Score wurde in Spanien entwickelt (35). Er dient ebenfalls einer Abschätzung des Mortalitätsrisikos bei Patienten nach erfolgter OP unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Voraussetzung der Hospitalteilnahme an der Studie war eine Mindestanzahl von 150 Operationen pro Jahr. So wurden zwischen dem 14. Februar und dem 31. August 1994 insgesamt 1.309 Operationen aus sieben Krankenhäusern in die Studie aufgenommen. Die Patienten waren älter als 14 Jahre. 70% des Datenmaterials wurde zur Entwicklung des Scores, die restlichen 30% zur Validierung verwendet. Im Folgenden die Variablen des Pons Score.

**Tabelle 9:** Pons Score

<b>Faktor</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
Alter in Jahren	70- 79	7
	≥ 80	17
Myokardinfarkt	< 4 Wochen	10
New York Heart Association (NYHA)	Stadium III	4
	Stadium IV	10
Lebererkrankung	Leberzirrhose	8
Linksventrikuläres Aneurysma		11
Serumkreatinin	≥ 1,5 mg/dl	8
Kardiogener Schock		13
Präoperative Beatmung		7
Operation	dringlich oder Notfall	4
Re-Operation	erste	9
	zweite	15
Mitralklappenoperation		6
Trikuspidalklappenoperation		10
Thorakale Aorten Chirurgie		12
Herzbypass plus Klappenoperation		12

Die Einteilung erfolgt in fünf Gruppen, um das Risiko einschätzen zu können. Mit steigender Punktzahl steigt auch das Mortalitätsrisiko.

**Tabelle 10:** Risikogruppen des Pons Score

<b>Risikogruppe</b>	<b>Scorepunkte</b>	<b>erwartete Mortalität [%]</b>
1	0-10	4,2
2	11-15	7,3
3	16-20	13,2
4	21-30	19,2
5	31-138	54,4

## 4.6 CABDEAL Score

Im Herzzentrum des Deaconess Hospitals in Helsinki wurde zwischen 1990-1991 der CABDEAL Score durch Kurki et al. entwickelt (23). Ziel war eine Vorhersage der Patientenmorbidity. 386 Operationen dienten als Basis zur Scoreentwicklung. Zur Validierung untersuchte man retrospektiv 15.388 Patienten, die eine Bypassoperation erhalten hatten. Die Daten hierfür wurden aus dem New York State Statewide Planning and Research Cooperative System (SPARCS) entnommen (20). Die folgenden Tabellen zeigen das CABDEAL Scoring System mit der Unterteilung in die jeweiligen Risikogruppen und ihrer zu erwartenden Morbidity (19, 20, 22, 23).

**Tabelle 11:** Cabdeal Scoring System

	<b>Bedeutung</b>	<b>Punkte</b>
C	Kreatinin im Serum > 110 µmol/l	2
A	Alter > 70 Jahre	1
B	Body Mass Index > 28 oder krankhaftes Übergewicht	1
D	Diabetes mellitus	2
E	Notfalloperation	2
A	Arrhythmie, instabile Angina pectoris oder Myokardinfarkt	1
L	Chronische Lungenerkrankung	1

**Tabelle 12:** Risikogruppen des CABDEAL Score

<b>Risikogruppe</b>	<b>Scorepunkte</b>	<b>erwartete Morbidität [%]</b>
1	0-1	11
2	2	19
3	3	46
4	4	50
5	5	56
6	6	62
7	7-8	79
8	9-10	100

Mit steigender Punktzahl wächst das Risiko eines verlängerten Krankenhausaufenthaltes mit vergesellschafteter erhöhter Morbidität. Patienten mit mehr als acht Punkten weisen in 100% der Fälle eine Morbidität auf (19, 20, 22, 23).

## 5 Ergebnisse

Im untersuchten Zeitraum der Quartale 04/2004-03/2005 unterzogen sich 887 Patienten einer herzchirurgischen Operation unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Präoperativ erfasste Patientendaten mit durchschnittlicher Alters- und Gewichtsangabe sind in Tabelle 13 aufgeführt. Das mittlere Alter der Patienten lag bei  $68,3 \pm 9,9$  Jahre, 27,6% der Patienten waren weiblich. Tabelle 14 zeigt die Mittelwerte der präoperativen Risikoscores bei Aufnahme. Für die gesamte Studienpopulation belief sich die mittlere Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation (ICU) auf  $88,5 \pm 148,8$  Stunden (Median: 49 Stunden mit minimalem Aufenthalt von 14 Stunden und maximaler Behandlungsdauer bis 1776 Stunden). Im Schnitt verblieben die Patienten insgesamt  $16,7 \pm 8,9$  Tage im Krankenhaus. Die 30-Tage Mortalitätsrate lag bei 4,1%. Tabelle 15 zeigt die Intensiv- sowie die gesamte Krankenhausaufenthaltsdauer und die 30-Tage Mortalitätsrate getrennt für die einzelnen Eingriffe. Tabelle 16 zeigt die gesamten Krankenhauskosten und die Vergütungen für die verschiedenen Operationsverfahren. Die Erstattungen deckten und übertrafen die Summe der Kosten in allen Verfahren. Dies traf nicht für die Kunstherzgruppe (Ventricular assist device (VAD)) zu, in der weniger als 60% der Gesamtkosten abgedeckt werden konnten. Mit einem Korrelationskoeffizienten zwischen 0,122 und 0,264 nach Pearson und einem Koeffizienten zwischen 0,122 und 0,372 nach Spearman zeigt sich eine schwache Korrelation zwischen den präoperativen Risikoscoremodellen und den gesamten Krankenhauskosten. Trotz eines signifikanten Unterschiedes in beiden Gruppen mit einem p-Wert von  $<0,01$  in beiden Tests ist die Korrelation als niedrig einzustufen.

**Tabelle 13:** Präoperative Patientenmerkmale der Studienpopulation

<b>Patienten-Daten</b>	<b>Alle Patienten (n=887)</b>
Alter (Jahre)	68,3 ± 9,9
Weiblich	27,6%
Gewicht (kg)	80,6 ± 13,3
Größe (cm)	171,5 ± 8,5
Hypertension	82,6%
Auswurfraction (<50%)	8,0%
Herzschrittmacher	1,6%
Herzinsuffizienz	0,5%
Pulmonale Hypertonie	5,4%
Aktive Endokarditis	1,2%
Instabile Angina pectoris	38,9%
Aortendissektion	1,1%
Kurz zurückliegender Myokardinfarkt (< 90 Tage)	26,2%
Präoperative Herzmassage	2,0%
Extrakardiale Arteriopathie	7,8%
Ventrikuläre Tachykardie oder Kammerflimmern	2,0%
Chronisch obstruktive Lungenerkrankung	10,4%
Präoperative Beatmung	1,6%
Kreatinin > 1,6 mmol / l	10,3%
Akutes Nierenversagen	2,8%
Fokal neurologisches Defizit	11,3%
Diabetes mellitus	27,5%
Sepsis	0,2%
Vorherige Herzoperation	3,2%

**Tabelle 14:** Mittelwerte der präoperativen Risikoscores

<b>Score</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standard- abweichung</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
EuroSCORE	7,12	3,19	0	20
CABDEAL	2,65	1,77	0	9
French	6,07	3,65	0	26
Parsonnet	13,64	8,03	0	42
Ontario	5,22	2,57	0	14
Pons	9,73	9,05	0	42

**Tabelle 15:** Daten aus verschiedenen operativen Eingriffe während der Studiendauer

<b>Operation</b>	<b>n (%)</b>	<b>Intensiv- verweildauer (Stunden)</b>	<b>Krankenhaus- aufenthalt (Tage)</b>	<b>30 Tage- Mortalität (%)</b>
Herzbypass	608 (68,6)	71,3 ± 124,3	15,5 ± 7,9	3,1
Klappen- operation	142 (16,0)	83,2 ± 92,0	15,8 ± 6,7	3,5
Herzbypass + Klappe	100 (11,3)	134,8 ± 198,4	18,6 ± 15,4	9,0
Aorten- Operation	33 (3,7)	255,7 ± 320,9	19,9 ± 10,4	9,1
Kunstherz	4 (0,4)	359,0 ± 280,0	22,8 ± 11,7	0,0
Insgesamt	887 (100)	88,5 ± 148,8	16,7 ± 8,9	4,1



**Tabelle 16:** Gesamte Krankenhauskosten und Vergütung in Euro (€) für die verschiedenen operativen Verfahren

<b>Operation</b>	<b>Gesamtkosten</b>	<b>Kosten pro Patient</b>	<b>Gesamtvergütung</b>	<b>Vergütung pro Patient</b>
Herzbypass	6.542.864,32	10.761,29 ± 6.319,15	7.873.216,96	12.949,37 ± 6.922,07
Klappen- Operation	1.992.313,96	14.030,38 ± 5.211,57	2.426.718,94	17.089,57 ± 6.635,17
Herzbypass + Klappe	1.744.030,0	17,440,30 ± 11.261,86	1.945.560,0	19.455,60 ± 9.502,96
Aorten- Operation	789.729,27	23.931,19 ± 16.721,23	846.656,58	25.656,26 ± 20.727,58
Kunstherz	330.178,6	82.544,65 ± 15,885,09	187.413,50	46.853,25 ± 37.3305,62
Insgesamt	11.399.111,97	12.851,31 ± 9.428,97	13.304.405,71	14.999,33 ± 9.292,13

## 6 Diskussion

Ursprünglich waren die Risikoscores zur Prädiktion der Mortalität entwickelt worden. In verschiedenen Studien kam man zu dem Schluss, dass man hiermit auch eine Vorhersage über die Ressourcennutzung bei herzchirurgischen Patienten gewährleisten könnte (15, 20, 21, 31, 34, 43). Ob die genannten sechs Risikoscores zur Abschätzung der Kosten bei Herzchirurgischen Patienten genutzt werden können, soll in der folgenden Diskussion näher betrachtet werden. Hierzu werden die einzelnen Scoresysteme aufgeführt und verglichen. Vorweg sei bereits erwähnt, dass die Ergebnisse eine niedrige Korrelation zwischen Krankenhauskosten und Vergütung mit  $r < 0,4$  aufweisen.

### 6.1 Risikoscoremodelle im Vergleich

Erstmals auf die Fähigkeit zur Kostenvorhersage getestet wurde der EuroSCORE 1998 von Sokolovic et al. (43). Unter Verwendung der Regressionsanalyse ermittelten sie den Zusammenhang zwischen dem Score und den Krankenhauskosten. 201 Patienten wurden analysiert, 191 hiervon erhielten eine Bypass-Operation oder einen operativen Klappenersatz. Der hierbei berechnete Korrelationskoeffizient nach Pearson (25) belief sich auf 0,430 bei einem Signifikanzniveau von 0,0001. In unserer Studie konnte dieser Zusammenhang nicht bestätigt werden.

**Tabelle 17:** Risikoscoresysteme im Vergleich

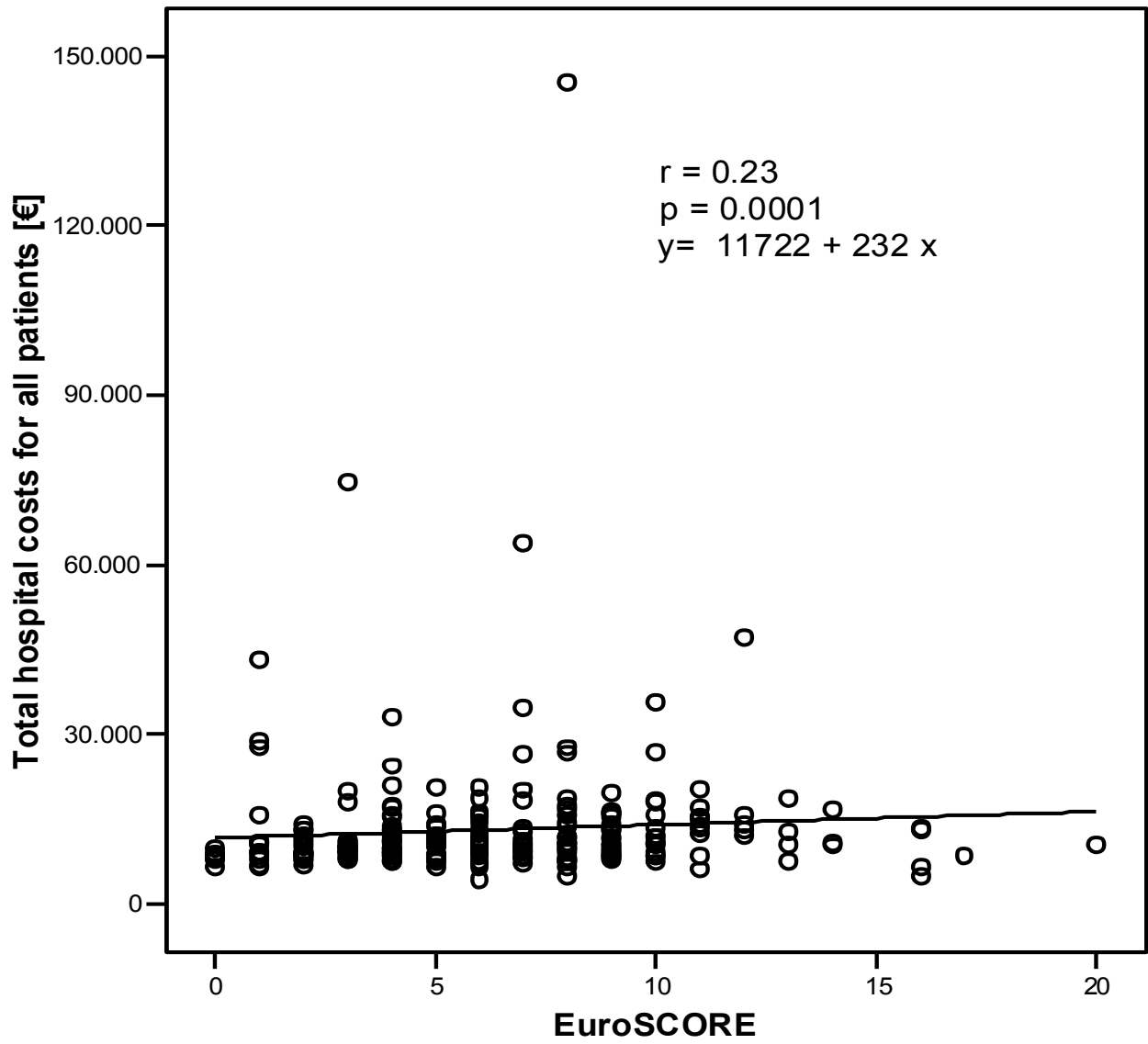
	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>Signifikanzniveau</b>
Sokolovic et al., Schweiz (43)	0,430	0,0001
Köln, Deutschland (n=887)	0,225	< 0,01

**Tabelle 18:** EuroSCORE-Berechnung Köln

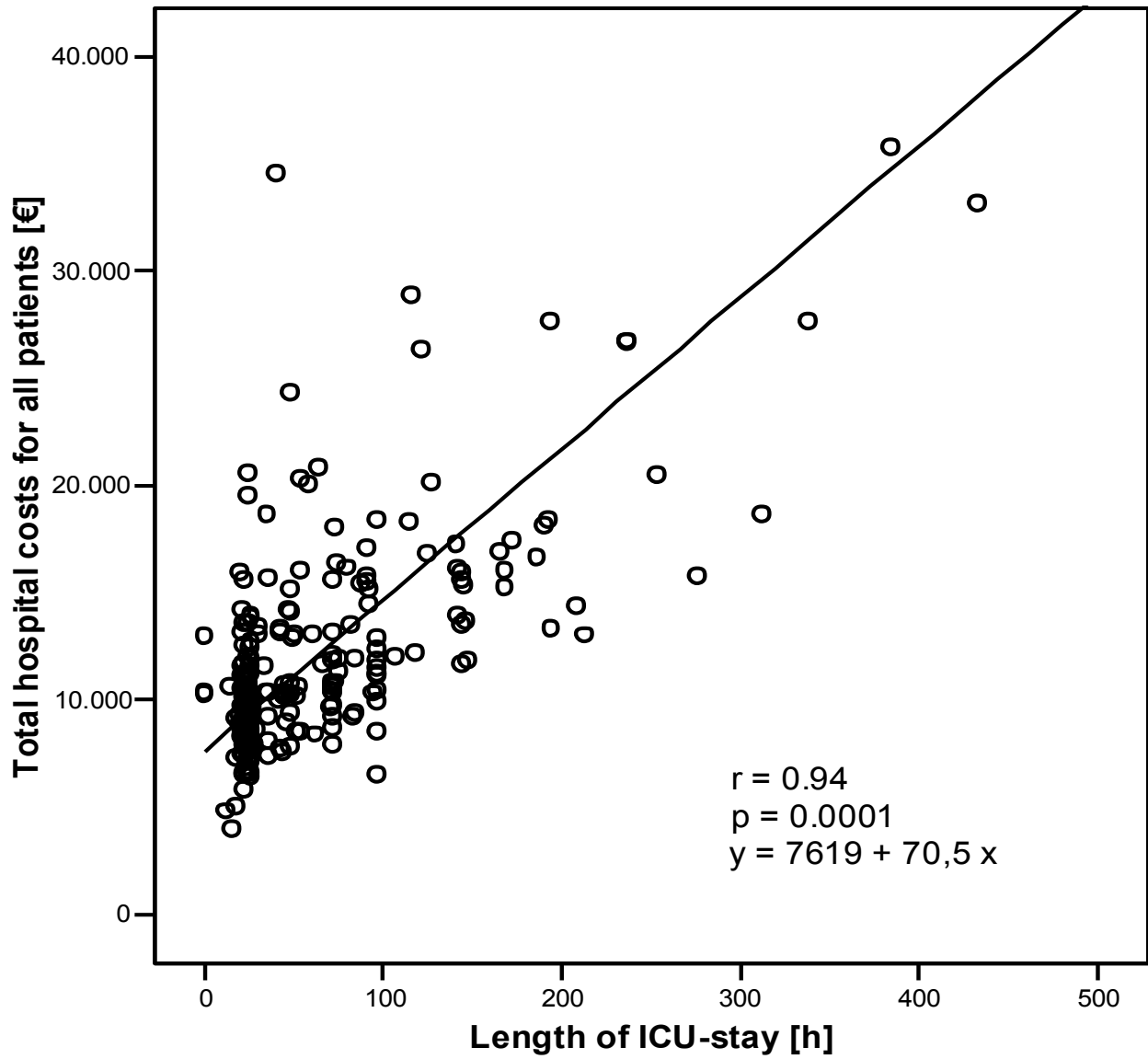
<b>Score</b>	<b>Pearson (r)</b>	<b>Pearson (p)</b>	<b>Spearman (r)</b>	<b>Spearman (p)</b>
EuroSCORE	0,225	< 0,01	0,254	< 0,01

Pintor et al. (34) betrachteten insgesamt 488 Patienten, die von März 2000 bis März 2001 eine herzchirurgische Operation in Turin erhielten. Die Analyse erbrachte Ergebnisse mit sehr guter Korrelation zwischen den EuroSCORE-Punkten und den entstandenen Krankenhauskosten. Die Kölner Studie entspricht der Studie von Pintor et al. bezüglich des Designs, da keine Patienten aufgrund von besonderen operativen Eingriffen ausgeschlossen wurden. Bei der Kostenkalkulation wurden allerdings im Gegensatz zu unserer Studie die Kosten des Operationsteams und die Krankenhausfixkosten weggelassen. Nilsson et al. (31) analysierte die Daten von 3.404 herzchirurgischen Patienten, die zwischen 1999 und 2002 in Lund operiert wurden. Aus der Studie ausgeschlossen wurden Patienten, die eine Herztransplantation erhalten hatten, intraoperativ verstarben oder von denen Daten vermisst wurden. Hier wurde der Zusammenhang zwischen dem EuroSCORE und den Krankenhauskosten unter Verwendung der linearen Regressionsanalyse analysiert. Die Ergebnisse stimmten mit Pintor et al. überein. Der Korrelationskoeffizient belief sich auf 0,470 bei einem Signifikanzniveau von 0,0001. Im Gegensatz zu unserer Studie verwendeten Pintor et al. (34) sowie Nilsson et al. (31) eine logarithmische Transformation der abhängigen Variable (Krankenhauskosten). Der Vorteil hiervon ist, dass extreme Ausreißer ausgeschlossen werden. Sowohl die Studie von Pintor et al. sowie von Nilsson et al. weisen in ihren Ergebnissen eine positive Korrelation auf und tätigen die Aussage, der EuroSCORE könne die Kosten gut vorhersagen. Das Signifikanzniveau alleine besitzt jedoch ohne Berücksichtigung der Korrelationsstärke keine Aussagekraft. Das Signifikanzniveau gibt lediglich an, ob eine Abweichung von Null existiert. Dies wird verdeutlicht, wenn man Abbildung 1 und 2 der Kölner Studie vergleicht. Abbildung 1 zeigt die niedrige Korrelation zwischen EuroSCORE und Krankenhauskosten trotz eines p-Wertes von 0,0001. Abbildung 2 demonstriert den Zusammenhang zwischen Intensivaufenthaltsdauer und den entstandenen Krankenhauskosten. Hierbei zeigt sich eine deutlich positive Korrelation mit  $r = 0,94$  bei einem p-Wert von  $< 0,01$ . Laut Bühl et al. (2) ist eine Korrelationsstärke von 0,470 sehr gering. Statistisch gesehen sind Koeffizienten  $> 0,8$  ein Indikator für eine gute Korrelation. Somit sind nach unserer Meinung Korrelationskoeffizienten  $< 0,50$  nicht im klinischen Alltag verwertbar.

**Abbildung 1:** Zusammenhang zwischen EuroSCORE und Krankenhauskosten (n = 887)



**Abbildung 2:** Zusammenhang zwischen Intensivaufenthalt und Krankenhauskosten (n=887)



Sokolovic et al. analysierten in ihrer Studie aus dem Jahr 1998 (43) die Daten von insgesamt 201 Patienten und prüften die Vorhersagemöglichkeit der Kosten. Neben dem EuroSCORE wurde auch der Parsonnet Score zur Prognosestellung genutzt. Im untersuchten Patientengut erreichten diese einen mittleren Wert von 8 Punkten, womit sie in die Risikogruppe 2 fielen. Bei dem von uns untersuchten Patientengut erreichte man einen durchschnittlichen Wert von  $13 \pm 9$  Punkten, womit das präoperative Risiko im Vergleich deutlich höher lag. Allerdings fiel der Korrelationskoeffizient nicht hoch genug aus, so dass eine Kostenvorhersage anhand des Scores nicht möglich scheint.

**Tabelle 19:** Parsonnet-Score-Berechnung Köln

Score	Pearson (r)	Pearson (p)	Spearman (r)	Spearman (p)
Parsonnet	0,149	< 0,01	0,296	< 0,01

Der Ontario Province Score wurde von Tu et al. entwickelt, um unter anderem die postoperative Mortalität und die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation vorhersagen zu können (45). Das Patientengut bestand aus Bypass- und Klappenoperationen. Da wie bereits oben erwähnt die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation stark mit den Krankenhauskosten korreliert ( $r = 0,94$ ,  $p = 0,0001$ ) erscheint eine Kostenvorhersage mit Hilfe des Ontario Province Score möglich. Leider zeigen die von uns berechneten Ergebnisse eine niedrige Korrelation mit  $r = 0,256$  nach Pearson und  $0,372$  nach Spearman. Eine mögliche Erklärung wäre, dass bei der Entwicklung des Ontario Province Score Patienten mit anderen herzchirurgischen Operationen außer der Bypass- und Klappenoperation ausgeschlossen wurden.

Weder der Ontario Province-, noch der French- oder der Pons-Score wurden bisher auf ihre Kostenprädiktionsfähigkeit hin untersucht. Unsere Ergebnisse erbringen bei keinem Score weder in der Berechnung nach Pearson noch nach Spearman eine hohe Korrelation, womit wir zu dem Schluss kommen, dass eine Kostenprädiktion nicht möglich ist.

**Tabelle 20:** Ontario Province Score, French Score, Pons Score

Score	Pearson (r)	Pearson (p)	Spearman (r)	Spearman (p)
Ontario	0,256	< 0,01	0,372	< 0,01
French	0,250	< 0,01	0,237	< 0,01
Pons	0,264	< 0,01	0,345	< 0,01

Die Möglichkeit zur Kostenvorhersage durch den CABDEAL Score wurde von Kurki et al. 1994 anhand von insgesamt 15.388 Patienten und deren Daten untersucht. Das gesamte Patientengut hatte sich einer Bypassoperation unterzogen (20). Hierbei hatte man einen Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,85$  bei einem p-Wert von  $< 0,0001$  berechnet. Unsere Ergebnisse zeigen von allen berechneten Scores das niedrigste Korrelationsergebnis.

**Tabelle 21:** Risikoscoresysteme im Vergleich

	<b>Korrelationskoeffizient (Pearson)</b>	<b>Signifikanzniveau</b>
Kurki et al., New York (20)	0,850	$< 0,0001$
Köln, Deutschland (n=887)	0,122	$< 0,01$

**Tabelle 22:** CABDEAL-Berechnung Köln

<b>Score</b>	<b>Pearson (r)</b>	<b>Pearson (p)</b>	<b>Spearman (r)</b>	<b>Spearman (p)</b>
CABDEAL	0,122	$< 0,01$	0,122	$< 0,01$

Die Studie nach Kurki weist mehrere Schwachstellen auf. Zum einen handelt es sich um eine retrospektive Studie (20). Des weiteren sind drei Parameter (Arrhythmie, Body mass index und Kreatinin) von insgesamt sieben Variablen des CABDEAL Score nicht konstant in den 30 teilnehmenden Krankenhäusern dokumentiert worden. Die Krankenhauskosten wurden nach dem „top-down“-Prinzip berechnet, wobei man einen Durchschnittskostenwert pro Patient berechnete. Dieser Sachverhalt hatte eine ungenaue Kostenrekonstruktion zur Folge. In der Kölner Studie berechneten wir nach dem „bottom-up“-Prinzip jeden Patienten einzeln, wodurch eine repräsentative Kostenbemessung abgebildet wurde (6).

## 6.2 Intensivaufenthaltsdauer und Gesamtkosten

Mehrere Studien (7, 15, 20, 21, 31, 34, 37, 43) zeigten einen deutlichen Zusammenhang zwischen Länge des Intensivaufenthaltes und den Krankenhauskosten. Dies wurde auch durch unsere Ergebnisse eindeutig bestätigt ( $r = 0,94$ ,  $p = 0,0001$ ). Das OP-Zeitintervall stellte den teuersten Anteil der Gesamtkrankenhauskosten dar; gefolgt von der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation. Die Spannweite der Zeit, die unsere Patienten auf der Intensivstation verbrachten lag zwischen 14-1776 Stunden. Eine Korrelationsberechnung zwischen Intensivaufenthaltsdauer und Kosten kann immer erst nach Entlassung von der Intensivstation erfolgen. Die Intensivaufenthaltsdauer ist natürlich zum Aufnahmezeitpunkt des Patienten noch nicht bekannt und kann somit nicht zur präoperativen Kostenvorhersage herangezogen werden.

Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen zeigte die von Welcker durchgeführte Studie mit thoraxchirurgischen Patienten (47) eine nur schwache Korrelation zwischen Intensivaufenthalt und Gesamtkosten ( $r = 0,24$ ). Parviainen (33) beschrieb in einer Veröffentlichung aus dem Jahre 2000, dass die tägliche Versorgung auf der Intensivstation um das 4-6-fache teurer ist als der Aufenthalt auf der Normalstation. In den von Parviainen untersuchten Krankenhäusern machten die Intensivbetten 5-10% der gesamten Bettenzahl aus, die anteiligen Kosten für die Intensivstationen beliefen sich jedoch auf bis zu 30% des Krankenhausbudgets. Kvale (24) hatte in einer 10-jährigen Studie festgestellt, dass die Patientenzahl auf den Intensivstationen zwischen 1987 bis 1997 deutlich angestiegen war, sich die Aufenthaltsdauer jedoch durchschnittlich von 6,0 auf 5,9 Tage verkürzt hatte. Ob man versuchte, durch eine erhöhte Durchlaufquote die Kosten zu senken blieb in dieser Studie unbeantwortet. Riordian (37) hatte im Jahr 2000 eine Studie über die Kostenverteilung von insgesamt 628 Bypassoperierter Patienten veröffentlicht. Hier zeigte sich ein Korrelationskoeffizient von  $r = 0,69$  zwischen der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und den Kosten. Sokolovic (43) konnte in seiner Studie in Zürich eine hochsignifikante Korrelation mit einem mittelstarken Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,62$  ( $p < 0,001$ ) zwischen der Intensivaufenthaltsdauer und dem Gesamtpreis herstellen. Graf et al. (12) wies im Jahr 2003 eine starke Korrelation von  $r = 0,889$  ( $p < 0,001$ ) zwischen der Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation und den angefallenen Gesamtkosten nach.

Insbesondere wird die Kombination aus Intensivaufenthalt und vielen Beatmungsstunden in der Literatur immer wieder als entscheidender Kostenfaktoren erwähnt (3, 4, 7, 11, 13, 18, 21, 24, 26, 27, 28, 33, 36, 41, 42, 48). So ließ sich 1997 durch Habib et al. (14) ein Zusammenhang zwischen verlängertem Intensiv- sowie postoperativem Stationsaufenthalt und späterer Extubation (> 8 Std.) bei Patienten nach erfolgter Bypass-OP nachweisen. Untersucht



wurden 507 Patienten, von denen 53% innerhalb von 8 Stunden, die restlichen 47% nach >8 Stunden extubiert wurden. Suematsu et al. (44) publizierte 2000 eine retrospektive Studie mit 167 Patienten, die sich zwischen 1994-1998 einer Bypass-OP unterzogen hatten. Bei 44% der Patienten wurde eine Beatmungsdauer >24 Std. notwendig. Der Intensivaufenthalt innerhalb dieser Gruppe war hochsignifikant länger ( $p < 0,001$ ) und es wurden vermehrt Rethorakotomien ( $p < 0,004$ ) durchgeführt. Diese beiden Faktoren trugen maßgeblich zur Steigerung der Gesamtkosten bei.

Die Kosten einer nicht letalen Komplikation im Rahmen einer herzchirurgischen Operation sind mit den Scoresystemen schwer vorhersagbar. Dies scheint dadurch bedingt zu sein, dass die Scores entwickelt wurden, um die Mortalität statt der Morbidität vorhersagen zu können (22, 23, 29, 35, 38, 45). Sicherlich wäre es im Umkehrschluss sinnvoll, Scoresysteme zur Vorhersagbarkeit der Morbidität zu entwickeln.

## 7 Zusammenfassung

Das Ziel dieser prospektiven Studie war herauszufinden, ob präoperative Risikoscores die Kosten in der Herzchirurgie vorhersagen können. Zwischen dem 01.10.2004-30.09.2005 wurden Daten von insgesamt 887 Patienten analysiert, die sich einer herzchirurgischen Operation unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine unterzogen hatten. Sie wurden mittels sechs verschiedener Risikostratifizierungsscores klassifiziert: EuroSCORE, Parsonnet, Ontario, French, Pons und CABDEAL. Die Gesamtkosten wurden für jeden Patienten täglich prospektiv berechnet. Hier flossen Kosten der präoperativen Diagnostik, der Operation, der Verbrauchsmaterialien, Medikamente, Blutersatzprodukte, Personalkosten und Fixkosten des Krankenhauses ein. Die Korrelationsberechnung zwischen Scorepunkten und entstandenen Kosten erfolgte nach Pearson und Spearman.

608 der 887 Patienten unterzogen sich einer Bypass-OP, 142 einer Klappenoperation, 100 einer Kombination aus beiden, 33 wurden an der thorakalen Aorta operiert und 4 Patienten erhielten ein Kunstherz. Das mittlere Alter der Patienten belief sich auf  $68,3 \pm 9,9$  Jahre, 27,6% der Patienten waren weiblich. Die 30-Tage Mortalitätsrate lag bei 4,1%. In der Korrelationsberechnung zeigte sich ein schwaches Ergebnis mit  $r < 0,3$  nach Pearson und  $r < 0,4$  nach Spearman. Aus den Ergebnissen ist der Schluss zu ziehen, dass die Kosten der Herzchirurgie mit Hilfe der Risikoscores nicht adäquat vorhergesagt werden können. Eine deutliche Korrelation ( $r = 0.94$ ,  $p = 0,0001$ ) konnte jedoch zwischen der Intensivverweildauer und den Gesamtkosten ermittelt werden. Somit können die Krankenhauskosten mit der Länge des Intensivaufenthaltes gut prognostiziert werden.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Bender, Lange (2001) Was ist der P-Wert? Dtsch med Wschr. 126:T39-T40.
2. Bühl, Zöfel, SPSS Version 10. 7 ed. München: Addison Wesley Verlag, 2000: 319-332.
3. Cullen DJ (1977). Results and costs of intensive care. *Anaesthesiology* 47:203-216.
4. Dickie H, Vedio A, Dundas R, Treachers DF, Leach RM (1998). Relationship between TISS and ICU cost. *Intensive Care Med* 24:1009-1017.
5. Dowdy, Wearden (1983). "Statistics for Research", Wiley.
6. Edbrooke, Nightingale (1998). Relationship between TISS and costs in intensive care. *Intensive Care Med* 24(10):995-6.
7. Ferraris, Ferraris SP, Singh (1998). Operative outcome and hospital cost. *J Thorac Cardiovasc Surg* 115(3): 593-602; discussion 602-3.
8. Ferraris (2004). Invited commentary. *Ann Thorac Surg*; 78(5):1534-5.
9. Gabrielle F, Roques F, Michel P, Bernard A, de Vicentis C, Roques X, Brenot R, Baudet E, David (1997). Is the Parsonnet's score a good predictive score of mortality in adult cardiac surgery? Assessment by a French multicentre study. *Eur J Cardiothorac Surg*.;11:406-14.
10. Geissler HJ, Holzl P, Marohl (2000). Risk stratification in heart surgery: comparison of six score systems. *Eur J Cardiothorac Surg*; 17(4):400-6.
11. Ghali, Hall RE, Ash AS, Moskowitz MA (1999). Identifying pre- and postoperative predictors of cost and length of stay for coronary artery bypass surgery. *Am J Med Qual* 14(6): 248-54.
12. Graf J, Graf C, Janssens (2002). Analysis of resource use and costgenerating factors in a German medical intensive care unit employing the TISS 28. *Intensive Care Med* 2002; 28:324-31.

13. Gyldmark M (1995). A review of cost studies of intensive care units: problems with the cost concept. *Crit Care Med* 23(5): 964-72.
14. Habib RH, Zacharias A, Engoren M (1996). Determinants of prolonged mechanical ventilation after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 62(4):1164-71. *Ann Thorac Surg.* 1997 Apr;63(4):1219.
15. Haehnel JC, Roth P, Lohmann E, Meisner H, Hehrlein FW (1996). Implications of the introduction of fixed reimbursement rates in Germany. *Thorac Cardiovasc Surg;* 44(2):97-102.
16. Hajian-Tilaki KO, Hanley JA, Joseph L, Collet JP (1997). A comparison of parametric and nonparametric approaches to ROC analysis of quantitative diagnostic tests. *Med Decis Making;*17:94-102.
17. Kendall MG (1955). *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin & Co.
18. Kern H, Redlich U, Hotz H, von Heymann C, Grosse J, Konertz W, Kox WJ (2001). Risk factors for prolonged ventilation after cardiac surgery using APACHE II, SAPS II, and TISS: comparison of three different models. *Intensive Care Med* 27(2): 407-15.
19. Kurki TS (2002). Prediction of outcome in cardiac surgery. *Mt Sinai J Med.*;69:68-72.
20. Kurki TS, Kataja MJ, Reich DL (2002). Validation of a preoperative risk index as a predictor of perioperative morbidity and hospital costs in coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.*;16:401-4.
21. Kurki TS, Hakkinen U, Lauharanta J, Ramo J, Leijala M (2001). Evaluation of the relationship between preoperative risk scores, postoperative and total length of stays and hospital costs in coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg;* 20(6):1183-7.
22. Kurki TS, Jarvinen O, Kataja MJ, Laurikka J, Tarkka M (2002). Performance of three preoperative risk indices; CABDEAL, EuroSCORE and Cleveland models in a prospective coronary bypass database. *Eur J Cardiothorac Surg;* 21(3):406-10.
23. Kurki TS, Kataja M (1996). Preoperative prediction of postoperative morbidity in coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg;* 61(6):1740-5.

24. Kvale R, Flaatten H (2002). Changes in intensive care from 1987 to 1997: has outcome improved? A single center study. *Intensive Care Med* 28:1110-16.
25. Lange S, Bender R (2001). Lineare Regression/Korrelation. *Dtsch. Med. Wschr.*;126:T33-T35.
26. Lazar HL, Fitzgerald C, Gross S, Heeren T, Aldea GS, Shemin RJ (1995). Determinants of length of stay after coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 92(9 Suppl): II20-4.
27. MaWhinney S, Brown ER, Malcom J, VillaNueva C, Groves BM, Quaife RA, Lindenfeld J, Warner BA, Hammermeister KE, Grover FL, Shroyer AL (2000). Identification of risk factors for increased cost, charges, and length of stay for cardiac patients. *Ann Thorac Surg* 70(3): 702-10.
28. Michalopoulos A, Tzelepis G, Pavlides G, Kriaras J, Dafni U, Geroulanos S (1996). Determinants of duration of ICU stay after coronary artery bypass graft surgery. *Br J Anaesth* 77(2): 208-12.
29. Nashef SA, Roques F, Michel P (1999). European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg*; 16(1):9-13.
30. Nashef SA, Roques F, Hammill BG, Peterson ED, Michel P, Grover FL, Wyse RK, Ferguson TB (2002). Validation of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) in North American cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.*;22:101-5.
31. Nilsson J, Algotsson L, Höglund P, Lühns C, Brandt J (2004). EuroSCORE Predicts Intensive Care Unit Stay and Costs of Open Heart Surgery. *Ann Thorac Surg*; 78:1528-35.
32. Parsonnet V, Dean D, Bernstein AD (1989). A method of uniform stratification of risk for evaluating the results of surgery in acquired adult heart disease. *Circulation.*;79:13-12.
33. Parviainen A, Herranen A (2004). Results and costs of intensive care in a tertiary university hospital from Acta Anaesthesiologica Scand 48.
34. Pinna Pintor P, Bobbio M, Colangelo S, Veglia F, Marras R, Diena M (2003). Can EuroSCORE predict direct costs of cardiac surgery? *Eur J Cardiothorac Surg.*;23(4):595-8.

35. Pons JM, Granados A, Espinas JA (1997). Assessing open heart surgery mortality in Catalonia (Spain) through a predictive risk model. *Eur J Cardiothorac Surg*; 11(3):415-23.
36. Ridley S, Biggam M, Stone P (1993). A cost-benefit analysis of intensive therapy. *Anaesthesia* 48(1): 14-9.
37. Riordan CJ, Engoren M, Zacharias A (2000). Resource utilization in coronary artery bypass operation: does surgical risk predict cost? *Ann Thorac Surg*; 69(4):1092-7.
38. Roques F, Gabrielle F, Michel P, De Vincentiis C, David M, Baudet E (1995). Quality of care in adult heart surgery: proposal for a self-assessment approach based on French multicenter study. *Eur J Cardiothorac Surg*.;9:433-9; discussion 439- 40.
39. Roques F, Nashef SA, Michel P, Gauducheau E, de Vincentiis C, Baudet E, Cortina J, David M, Faichney A, Gabrielle F, Gams E, Harjula A, Jones MT, Pintor PP, Salamon R, Thulin L (1999). Risk factors and outcome in European cardiac surgery: analysis of the EuroSCORE multinational database of 19030 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*.;15:816-22; discussion 822-3.
40. Roques F, Nashef SA, Michel P, Pinna Pintor P, David M, Baudet E (2000). The Euro SSG. Does EuroSCORE work in individual European countries? *Eur J Cardiothorac Surg*.;18:27-30.
41. Shwartz M, Young DW, Siegrist R (1995). The ratio of costs to charges: how good a basis for estimating costs? *Inquiry* 32(4): 476-81.
42. Slayter MA, James OF, Moore PG, Leeder SR (1986). Costs, severity of illness and outcome in intensive care.
43. Sokolovic E, Schmidlin D, Schmid ER, Turina M, Ruef C, Schwenkglenks M, Szucs TD (2002). Determinants of costs and resource utilization associated with open heart surgery. *Eur Heart J*.23:574-8.
44. Suematsu Y, Sato H, Ohtsuka T, Kotsuka Y, Araki S, Takamoto S (2000). Predictive risk factors for delayed extubation in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Heart Vessels*. 15(5):214-20.59.
45. Tu JV, Jaglal SB, Naylor CD (1995). Multicenter validation of a risk index for mortality, intensive care unit stay, and overall hospital length of stay after cardiac surgery. *Steering*

Committee of the Provincial Adult Cardiac Care Network of Ontario. *Circulation*. 1995;91:677-84.

46. Harms (1998). *Biomathematik, Statistik und Dokumentation*, 7. Überarbeitete Auflage

47. Welcker K, Marian P, Thetter O, Siebeck M (2003). Cost and quality of life in thoracic surgery-a health economic analysis in a German center. *Thorac Cardiovasc Surg* 51(5):260-6.

48. Xu J, Ge Y, Pan S, Liu F, Shi Y (2006). A preoperative and intraoperative predictive model of prolonged intensive care unit stay for valvular surgery. *J Heart Valve Dis.*15(2):219-24.

49. Yule, GU and Kendall MG (1950). *An Introduction to the Theory of Statistics*, 14th Edition (5th Impression 1968). Charles Griffin & Co. pp 258–270.

## 9 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Bagestani Moghaddam

Vorname: Cyrus

Geburtsdatum und -ort: 25.01.1976 in Teheran

Familienstand: Verheiratet

### Hochschulbildung

06/2009 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (nach neuer ÄAppro)

2002-2009 Studium der Humanmedizin an der Universität zu Köln

### Schulbildung

1991-1997 Europaschule Köln, Abitur

1988-1991 Gymnasium in Teheran

1983-1988 Grundschule in Teheran

Köln, den 02.08.2012

Cyrus Bagestani Moghaddam