

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Das Barotrauma – Eine bibliometrische Studie**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Robert Garnew

Aus Schwerin

Gutachter: 1.Prof. Dr. med. Dr. h. c. mult. D. Groneberg

2. Prof. Dr. med. I. Fietze

3. Priv.-Doz. Dr. med. V. Harth

Datum der Promotion:

18.11.2011

## **Inhaltsübersicht**

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>34</b>
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>50</b>
<b>4 Diskussion.....</b>	<b>90</b>
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>108</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>112</b>
<b>7 Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>118</b>
<b>8 Lebenslauf .....</b>	<b>119</b>
<b>9 Danksagung .....</b>	<b>120</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>10</b>
1.1	Definition.....	10
1.1.1	Physikalische Grundlage und Auswirkung auf den menschlichen Körper.....	10
1.1.2	Explosionsverletzung (Blast Injury).....	11
1.1.3	Dekompressionskrankheit (DCI).....	13
1.1.4	Die Caissonkrankheit (DCS).....	14
1.1.4.1	DCS Typ I.....	14
1.1.4.2	DCS Typ II.....	15
1.1.5	Barotrauma vs. Caissonkrankheit.....	16
1.2	Formen des Barotraumas.....	16
1.2.1	Barotrauma des Mittelohres.....	16
1.2.1.1	Pathophysiologie.....	16
1.2.1.2	Therapie:.....	18
1.2.2	Barotrauma des Innenohres.....	19
1.2.2.1	Pathophysiologie.....	19
1.2.2.2	Therapie:.....	20
1.2.3	Barotrauma der Nasennebenhöhlen.....	22
1.2.3.1	Pathophysiologie.....	22
1.2.3.2	Therapie.....	23
1.2.4	Barotrauma der Lunge.....	24
1.2.4.1	Pathophysiologie.....	24
1.2.4.2	Therapie:.....	26
1.2.5	Barotrauma des Gastrointestinaltraktes.....	28
1.2.5.1	Pathophysiologie.....	28
1.2.5.2	Therapie.....	28
1.2.6	Barotrauma der Zähne (Barodontalgie).....	29
1.2.6.1	Pathophysiologie.....	29
1.2.6.2	Therapie.....	30
1.2.7	Barotrauma durch Schutzkleidung.....	30
1.2.7.1	Pathophysiologie.....	30
1.2.7.2	Therapie:.....	31
1.3	Bedeutung für die Arbeitsmedizin.....	31
1.4	Zielsetzung der Arbeit.....	32
<b>2</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>34</b>
2.1	Datenquellen.....	34
2.1.1	Institute for Scientific Information.....	34
2.1.2	ISI Web of Science und ISI Web of Knowledge.....	34
2.1.3	PubMed- Online Datenbank der National Library of Medicine der USA.....	35
2.1.4	Medical Subject Headings (MeSH)- Database.....	36
2.2	Suchstrategie in der Onlinedatenbank ISI - Web of Science und Datenexport.....	37
2.3	Aufarbeitung der exportierten Daten.....	38
2.3.1	h-Index.....	38
2.3.2	Kartenanamorphoten und Density Equalizing Map Projections (DEMP).....	39
2.3.3	Diffusionskartenanamorphoten und ihre Methodik.....	40
2.4	Bibliometrische Analysen.....	41
2.4.1	Analyse nach Sprachzugehörigkeit.....	41
2.4.2	Analyse nach Publikationsjahr.....	42

2.4.3	Analyse der Erscheinungsformen der Publikationen.....	42
2.4.4	Analyse nach Quellzeitschrift.....	42
2.4.5	Analyse des internationalen Publikationsaufkommen .....	42
2.4.6	Analyse des Publikationsaufkommens nach Autoren .....	43
2.4.7	Analyse nach publizierenden Institutionen.....	43
	2.4.7.1 Analyse der Internationalen Verteilung der Publizierenden Institutionen .....	43
2.4.8	Entwicklung der Größe des Literaturverzeichnis .....	44
2.4.9	Anzahl der Autoren pro Artikel über die Zeitperiode .....	44
2.4.10	Kooperationsanalysen .....	44
2.4.11	Analyse der Länderkooperationen .....	44
2.4.12	Analyse der Häufigkeit von Kooperationen benachbarter und nicht benachbarter Länder.....	46
2.4.13	Analyse der Autorenkooperationen.....	46
2.4.14	Analyse der Institutionskooperationen .....	46
2.4.15	Zitationsanalysen.....	46
	2.4.15.1 Analyse der Zitationen nach Publikationsjahr .....	46
	2.4.15.2 Analyse der Zitierungen nach Zitationsjahr.....	47
	2.4.15.3 Analyse der durchschnittlichen jährlichen Zitationsrate .....	47
	2.4.15.4 Analyse des internationalen Zitationsaufkommens.....	47
	2.4.15.5 Analyse der Zitationsrate der produktivsten Autoren .....	48
	2.4.15.6 Zitationsmuster und Selbstzitierungen der meist zitierten Autoren	48
	2.4.15.7 Analyse nach Themengebieten .....	48
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>50</b>
3.1	Analyse nach Sprachzugehörigkeit.....	50
3.2	Analyse der Publikationsjahre.....	50
3.3	Analyse der Erscheinungsformen der Publikationen.....	52
3.4	Analyse des durchschnittlichen Publikationsumfangs.....	53
3.5	Analyse der Fluktuation des Literaturverzeichnisvolumens über die Jahre....	53
3.6	Analyse nach Quellenzeitschriften .....	54
3.7	Analyse der Themengebiete (Subject Areas) .....	55
3.7.1	Publikationsstärkste Themengebiete .....	56
3.7.2	Meist zitierte Themengebiete.....	56
3.7.3	internationale Verteilung der Themengebiete .....	57
3.7.4	Menge der zugeordneten Themengebiete pro Publikation .....	58
3.7.5	Häufig kombinierte Themengebiete .....	59
3.7.6	Zeitliche Entwicklung der Themengebiete .....	62
3.8	Analyse der Publikationsländer.....	63
3.8.1	Internationales Publikationsaufkommen .....	63
3.8.2	Internationales Zitationsaufkommen .....	65
3.9	Analyse nach publizierenden Institutionen.....	67
3.10	Internationale Verteilung der Publizierenden Institutionen .....	69
3.11	Kooperationsanalyse .....	70
	3.11.1 Länderkooperationen .....	70
	3.11.2 Institutionskooperationen .....	76
	3.11.3 Autorenkooperationen.....	78
	3.11.4 Publikationsaufkommen nach Autoren.....	81
	3.11.5 Zitationsaufkommen der Autoren .....	81
	3.11.6 Analyse der Zitationsrate der produktivsten Autoren .....	82
	3.11.7 Autoren nach h-Index.....	83
	3.11.8 Analyse des Zitationsmusters und der Selbstzitierungsrate der Autoren .....	84

3.12	Sonstige Zitationsanalysen .....	86
3.12.1	Gesamtzitationsaufkommen nach Jahren .....	86
3.12.1.1	Analyse der Zitationsrate nach Publikationsjahr .....	87
3.12.1.2	Analyse der Literaturhalbwertszeit .....	88
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>90</b>
4.1	Methodische Diskussion .....	90
4.1.1	Bibliometrische Analysen.....	90
4.1.2	Beurteilung der Datenquellen .....	91
4.1.3	Inhalte und Struktur der verwendeten Datenquellen sowie Suchstrategien ...	93
4.1.4	Suchzeitraum .....	94
4.1.5	Qualitative Analysen wissenschaftlicher Arbeit.....	95
4.1.5.1	Journal Impact Factor.....	95
4.1.5.2	h-Index .....	95
4.1.5.3	Zitationsrate.....	96
4.1.5.4	Kartenanamorphen.....	97
4.1.6	Analyse der Länderkooperationen .....	97
4.1.7	Autorenbezogene Analysen .....	97
4.2	Inhaltliche Diskussion .....	98
4.2.1	Publikationsanalysen .....	98
4.2.2	Zitationsanalysen .....	100
4.2.3	Die Bedeutung des Veröffentlichungsformates .....	102
4.2.4	Bedeutung der Publikationssprache .....	102
4.2.5	Die wissenschaftliche Bedeutung der geographischen Verteilung des Publikationsaufkommens und der publizierenden Institutionen. ....	103
4.2.6	Die wissenschaftliche Bedeutung der Autoren.....	105
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>112</b>
<b>7</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>118</b>
<b>8</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>119</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>120</b>

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Pathogenese Unterdruckbarotrauma[4] .....	11
Abbildung 2: Druck-Zeit-Diagramm .....	12
Abbildung 3: Schema DCI .....	14
Abbildung 4: Barotrauma Zahn [91] .....	29
Abbildung 5: Publikationen nach Sprachzugehörigkeit .....	50
Abbildung 6: Analyse nach Jahr der Publikation .....	51
Abbildung 7: Publikationen nach Erscheinungsformen .....	52
Abbildung 8: Durchschnittler Umfang der Publikationen .....	53
Abbildung 9: Entwicklung der Größe der Literaturverzeichnisses .....	54
Abbildung 10: Rangliste der meistpublizierenden Quellenzeitschriften mit Gesamtzitationsaufkommen .....	55
Abbildung 11: Rangliste der meistpublizierenden Quellenzeitschriften mit Zitationsrate .....	55
Abbildung 12: Publikationsstärkste Themengebiete .....	56
Abbildung 13: Meistzitierte Themengebiete .....	57
Abbildung 14: internationale Verteilung der Themengebiete .....	58
Abbildung 15: Verteilung der Artikel nach Anzahl der Themengebiete .....	59
Abbildung 16: Netzdiagramm der Themengebiete .....	61
Abbildung 17: Entwicklung der Themengebiete .....	63
Abbildung 18: Publikationsaufkommen nach Ländern .....	64
Abbildung 19: internationales Publikationsaufkommen .....	64
Abbildung 20: internationales Zitationsaufkommen .....	65
Abbildung 21: h-Index der Länder .....	66
Abbildung 22: durchschnittliche Zitationsrate der Länder .....	67
Abbildung 23: Rangliste der meistpublizierenden Institutionen mit h-Indices .....	68
Abbildung 24: Rangliste der Länder mit den meisten publizierenden Institutionen ...	69
Abbildung 25: internationale Verteilung der publizierenden Institutionen .....	70
Abbildung 26: Kooperationsartikel über Jahre .....	71
Abbildung 27: Anzahl der kooperierenden Länder .....	72
Abbildung 28: Kooperationsaufkommen benachbarter Länder .....	73
Abbildung 29: Internationale Kooperationen .....	75
Abbildung 30: Kooperation der Institutionen .....	77
Abbildung 31: Entwicklung der durchschnittlichen Autorenzahl pro Artikel .....	78
Abbildung 32: Analyse der Autoren .....	80
Abbildung 33: Rangliste der produktivsten Autoren mit Gesamtzitationen .....	82
Abbildung 34: Rangliste der produktivsten Autoren mit Zitationsrate .....	83
Abbildung 35: Rangliste der produktivsten Autoren mit h-Index .....	84
Abbildung 36: Zitationsmuster der meistzitierten Autoren .....	85
Abbildung 37: Entwicklung de Gesamtzitationsaufkommens .....	86
Abbildung 38: Zitationsaufkommen nach Publikationsjahr .....	87
Abbildung 39: Entwicklung der Zitationsrate .....	88
Abbildung 40: Literaturhalbwertszeit .....	89

## Tabellenverzeichnis

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Teedklassifikation .....	18
Tabelle 2: Differenzialdiagnose DCS/Barotrauma des Innenohres.....	21
Tabelle 3: Differenzialdiagnose DCS Typ II/ AGE durch Lungenbarotrauma .....	27
Tabelle 4: Tag`s.....	38
Tabelle 5: Ländercodes .....	43
Tabelle 6: Kooperationsdaten.....	44
Tabelle 7: Kooperationsmatrix.....	45

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungsverzeichnis

DEMP	Density Equalizing Map Projektions
WoS	Web of Science
AGE	arterieller Gasembolie
CAGE	cerebrale arterielle Gasembolie
SAGE	spinale arterieller Gasembolie
DCS	Decompression sickness
JIF	Journal-Impact-Faktor
CT	Computertomogramm
ECMO	Extracorporale Membranoxygenierung
HBO	hyperbare Oxygenierung
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrom
COPD	Chronic Obstructive Pulmonal Disease
ISI	Institute for Scientific Information
WoS	Web of Science
MEDLINE	Medical Literature Analysis and Retrieval System Online
MeSH	Medical Subject Headings
h-Index	Hirsch-Index

### 1 Einleitung

#### 1.1 Definition

Der Begriff Barotrauma leitet sich aus dem Griechischen βάρος (báros) für Gewicht/Schwere und τραύμα (traúma) für Wunde her. Verletzungen, die durch den direkten oder indirekten Einfluss eines veränderten Umgebungsdrucks auf gasgefüllte Körperhöhlen bedingt sind werden als Barotrauma bezeichnet.

Neben den natürlichen gasgefüllten Körperhöhlen (z.B. Lunge, Nasennebenhöhlen, Gastrointestinaltrakt) sind jedoch auch krankheitsbedingte (Emphyseme, Abszesshöhlen) oder künstlich geschaffene gasgefüllte Hohlräume mit direkter Beziehung zum Körper (z.B. Taucherbrille, Trockentauchanzug) anfällig für das Entstehen von Barotraumata [1, 2].

##### 1.1.1 Physikalische Grundlage und Auswirkung auf den menschlichen Körper

Der von den beiden Physikern Robert Boyle und Edme Mariotte unabhängig von einander Ende des 17. Jahrhunderts postulierte Sonderfall des allgemeinen Gasgesetzes besagt, dass bei gleichbleibender Stoffmenge und konstanter Temperatur sich das Volumen eines idealen Gases stets antiproportional zu seinem Druck verhält.

Jede Änderung des auf ein Gaspaket ausgeübten Drucks resultiert folglich in einer entgegengesetzt proportionalen Veränderung des Volumens des selbigen.

Für den menschlichen Körper bedeutet dies, dass sämtliche gasgefüllte Hohlräume auf eine Veränderung des Umgebungsdrucks mit einer Veränderung ihres Volumens reagieren müssen, sofern sich das Gas nicht frei zwischen Hohlraum und Umwelt bewegen kann.

Ist eine Volumenänderung nicht oder nicht ausreichend schnell möglich, kommt es zu einer druckbedingten Gewebsverletzung.

Die drei entscheidenden Faktoren sind das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Volumenänderung und die Compliance des den Hohlraum umschließenden Gewebes. In der Regel können besonders schnell ablaufende Veränderungen des Umgebungsdrucks schlechter toleriert werden.

Man unterscheidet kausal in Überdruckbarotrauma und Unterdruckbarotrauma.

## Einleitung

Beim Überdruckbarotrauma kommt es durch den erhöhten Innendruck eines Hohlraumes in erster Linie zu einem Ein- bzw. Zerreißen des umgebenden Gewebes. Das Unterdruckbarotrauma hingegen ist eher durch Schleimhautödeme und sogbedingte Einblutungen gekennzeichnet. Eine Differenzierung ausschließlich nach Symptomen ist in den meisten Fällen nur schwer möglich. Daher ist es wichtig eine ausführliche Anamnese zu Unfallhergang und zeitlicher Abfolge der Symptome zu erheben. [3]

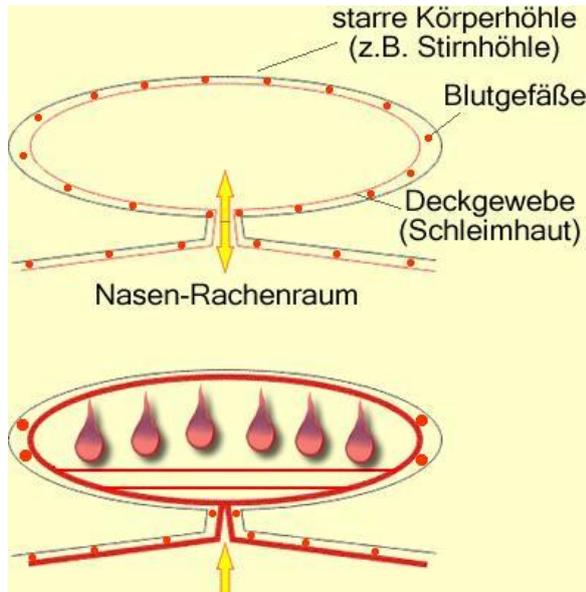


Abbildung 1: Pathogenese Unterdruckbarotrauma[4]

### 1.1.2 Explosionsverletzung (Blast Injury)

Explosionsbedingte Verletzungen werden grundsätzlich in vier Verletzungsmuster eingeteilt.[5]

Bei den primären Explosionsverletzungen handelt es sich um Traumen, welche direkt durch die Druckwelle der Detonation bedingt sind. [6]

Sekundäre Verletzungen sind Penetrations- bzw. Amputationsverletzungen, die durch weg geschleuderte Splitter oder Fragmente verursacht werden.[7] [8]

Verletzungen durch die Dislokation des Körpers durch den Explosionswind und den darauf folgenden Aufprall werden als tertiäre Explosionsverletzungen bezeichnet. [9] Alle übrigen äußeren und Inhalationstraumata durch thermische oder chemische bzw. toxische Einflüsse der heißen Detonationsgase, werden unter dem Begriff quartäre Explosionsverletzungen zusammengefasst.

## Einleitung

Pathophysiologisch sind primäre Explosionsverletzungen Barotraumen [10]. Bei der Detonation kommt es zu einer schlagartigen Freisetzung großer Mengen Gas und thermischer Energie.[11] Dadurch entsteht eine vom Explosionsherd ausgehende Schockwelle. Diese verursacht in der direkten Umgebung einen sprunghaften starken Anstieg des Luftdrucks, gefolgt von einem abrupten Druckabfall unterhalb des normalen atmosphärischen Druckes. [11]

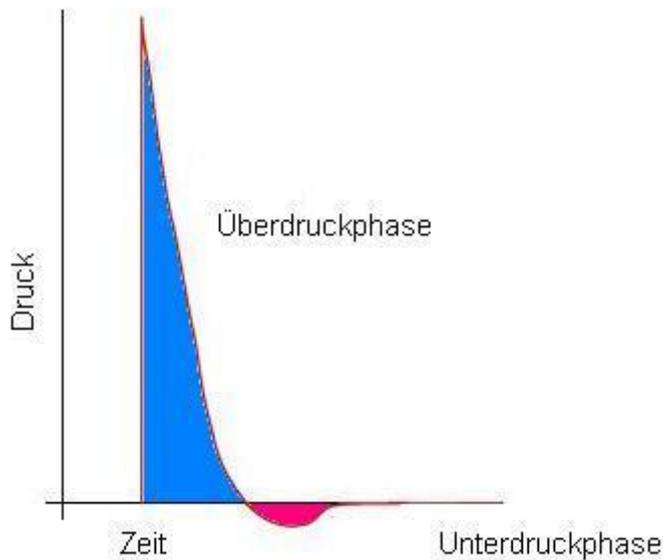


Abbildung 2: Druck-Zeit-Diagramm

Die Schockwelle breitet sich mit einer Geschwindigkeit von 3000 – 8000m/s aus und wird von der Luft auf den Körper weitergeleitet, was zwei verschiedenen Arten von Verletzungen verursacht. [12]

Beim Auftreffen der Schockwelle, wird diese im Körper durch die unterschiedliche Dichte und Rigidität der verschiedenen Gewebe unterschiedlich schnell weitergeleitet. Hierdurch entstehen transversal gerichtete Scherkräfte, die die Gewebscompliance überschreiten und zu Rissverletzungen im Körper führen. [6, 13]

Die zweite Verletzungsform ist durch den schnellen und enormen Anstieg des Luftdrucks bedingt.[10] Prädilektionsstellen sind dafür Grenzflächen zwischen Luft und Körpergewebe.[10, 14] Somit sind insbesondere Hohlorgane von dieser Traumaform betroffen. Am häufigsten kommt es zu Verletzungen der Ohren und der Lunge.[15, 16] Auch wenn Lungenverletzungen bei Explosionen nur am zweithäufigsten auftreten, stehen sie auf Grund ihrer hohen Letalität bei den primären Explosionsverletzungen im Vordergrund[16, 17].

## Einleitung

Die Mortalität von Lungenverletzungen, verursacht durch Überdrücke von 35 psi (ca. 2,4 bar), beträgt 1%. Bei Überdrücken von 65 psi (ca. 4,5 bar) wird bereits eine Letalität von 99% beobachtet. Zum Vergleich: Ein Sprengsatz mit einer Stärke von 25kg TNT verursacht Spitzendrücke von bis zu 150psi (ca. 10,3 bar) über einen Zeitraum von 2 ms.[12]

Die für die Schwere der primären Explosionsverletzungen entscheidenden Einflussfaktoren sind die Höhe des Überdrucks, die Länge der Überdruckphase und die räumliche Orientierung des Verletzten zur Detonationsquelle.

Ebenfalls ist es entscheidend, ob die Explosion im Freien oder in geschlossenen Räumen stattfindet.[18, 19] Durch Reflektion der Druckwelle kommt es in geschlossenen Räumen zu repetitiven Druckspitzen und einer Verlängerung der Überdruckphase[20].

### **1.1.3 Dekompressionskrankheit (DCI)**

Unter dem Überbegriff decompression illness werden im englischen Sprachraum zwei Krankheitsbilder zusammengefasst, die sich im Hinblick auf den Unfallhergang und die Symptomatik stark ähneln können, denen jedoch ein unterschiedlicher Pathomechanismus zu Grunde liegt[21]. Dies sind die Caissonkrankheit (engl. decompression sickness/DCS) und das Überdruckbarotrauma der Lunge mit arterieller Gasembolie (AGE). Auf Grund der deutschen Übersetzung der Worte „sickness“ und „illness“ werden beide Krankheitsbilder hier zu Lande oft, zwar nicht falsch, aber nur ungenau als Dekompressionskrankheit bezeichnet. In der Tauchmedizin wird allerdings auf eine genaue Unterscheidung Wert gelegt.[22]

## Einleitung

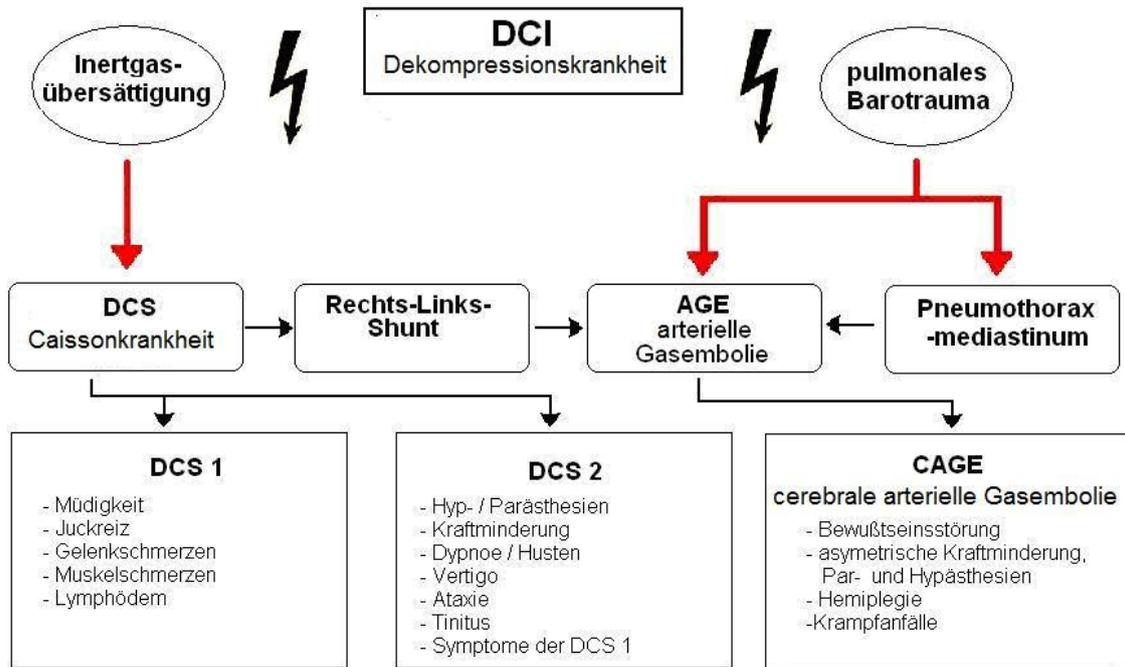


Abbildung 3: Schema DCI

### 1.1.4 Die Caissonkrankheit (DCS)

Das Henry-Gesetz besagt, dass die Konzentration eines Gases in einer Flüssigkeit im direkten Verhältnis zum Partialdruck des entsprechenden Gases über der Flüssigkeit steht. Für Organismen bedeutet dies, dass in Abhängigkeit des Umgebungsdruckes, neben Sauerstoff auch entsprechend mehr in der Atemluft enthaltene Inertgase (z.B. Stickstoff) im Blut und den Gewebsflüssigkeiten in Lösung gehen. Bei einem sehr schnellen, starken Druckabfall, kommt es aufgrund der ebenfalls sinkenden Gaslöslichkeit des Blutes und der Gewebsflüssigkeiten zur Bildung von Gasblasen, die je nach Menge im Gewebe mechanische Verletzungen verursachen und in den Blutgefäßen zu embolischen Verschlüssen führen können. Unterschieden wird die DCS in zwei Typen:

#### 1.1.4.1 DCS Typ I

Bei einer Dekompressionskrankheit vom Typ I kommt es zu einer Ablagerung von Bläschen in der Haut, der Muskulatur, den Knochen oder den Gelenken. Dies führt zu Hautödemen mit lokalisiertem Juckreiz, einer Druckempfindlichkeit der Muskeln, Schmerzen in den Gelenken und einer Einschränkung der Beweglichkeit (Bends).[3, 23, 24] In ca. 70% der Fälle wird die DCS innerhalb der ersten Stunde nach

Beendigung der Überdruckexposition symptomatisch. Es sind jedoch auch Fälle bekannt in denen es erst nach 24 Stunden zu einem Auftreten der Beschwerden kam.

Sobald sich diese Symptome manifestieren, sollte umgehend die Applikation von 100% Sauerstoff per Maske erfolgen. Weitere Erste-Hilfe-Maßnahmen umfassen die Flüssigkeitsgabe von 0,5-1l (p.o. beim bewusstseinsklaren Patienten, i.v. im Falle von Bewusstseinsintrübung) sowie den Schutz vor Unterkühlung oder Überhitzung. Die Beschwerden sind hierunter meist regredient. Ist die Symptomatik nach 30 Minuten jedoch noch persistent, kann eine DCS Typ I der Vorbote der lebensbedrohlichen DCS Typ II sein. In diesem Fall sollte, falls keine Kontraindikationen bestehen, eine hyperbare Oxygenierung (HBO) angestrebt werden.[3]

### **1.1.4.2 DCS Typ II**

Bei der DCS Typ II handelt es sich um einen vitalbedrohlichen Notfall. Die Ablagerung der Gasbläschen betrifft hierbei das Gehirn, das Rückenmark, Myokard und das Innenohr.[3, 23, 24]

Ebenfalls der DCS Typ II zugeordnet werden im venösen Schenkel des Körperkreislaufes ausperlende Gasbläschen, die fulminante Lungenembolien hervorrufen können. In bestimmten Fällen kann auch aus einer DCS eine AGE resultieren.[23, 24] Auf Grund des bei einer Lungenembolie gesteigerten Perfusionsdruckes in den Lungenkapillaren, können Luftblasen durch den Lungenfilter in die Lungenvenen und so in den arteriellen Körperkreislauf gepresst werden.[23, 24] Auch ist ein Übertritt von Luftbläschen vom venösen in den arteriellen Körperkreislauf durch ein persistierendes offenes Foramen Ovale der Herzwand möglich, das bei 30% der Bevölkerung zu finden ist.[24, 25]

Die Symptome des DCS Typ II reichen von Schwindel, Brechreiz, leichten Bewusstseins-, Harn-, Mastdarm-, Herzrhythmus- und Empfindungsstörungen bis hin zu Bewusstseinsverlust, Tetraplegie und Atemlähmung.

Neben den Maßnahmen der DCS Typ I umfasst die Therapie beim DCS Typ II eine i.v. Volumengabe von initial 1000–2000 ml/h welche im Verlauf auf eine Infusionsrate von 1,5 ml/kgKG/h reduziert wird. Bei der Infusionstherapie sind glukosefreie und kolloidale Lösungen zu bevorzugen.[24] Eine Druckkammerbehandlung sollte umgehend erfolgen, da es sich hierbei um die einzige Kausaltherapie handelt. Es

gibt Hinweise, dass sich die zusätzliche Gabe von Cortikosteroiden, Thrombozytenaggregationshemmern und Lidocain i.v. günstig auf das Outcome auswirken kann.[26-29] Da die Effektivität jedoch noch nicht eindeutig belegt ist handelt es sich hierbei bisher noch um eine umstrittene Maßnahme.[23, 24]

Ebenfalls zum Formenkreis des DCS gehören Spätschäden die durch langjährige wiederholte Exposition gegenüber Dekompressionsvorgängen und nicht bzw. nur unzureichende behandelte akute DCS hervorgerufen werden.

Dies sind vorwiegend Innenohr- und Netzhautschäden sowie die aseptische Knochennekrose. Letztere gehört in Deutschland zu den anerkannten Berufskrankheiten[30].

### **1.1.5 Barotrauma vs. Caissonkrankheit**

Aufgrund des ähnlichen Unfallhergangs und der Überschneidungen bei der Symptomatik stellt die Caissonkrankheit eine wichtige Differenzialdiagnose zu einigen Formen des Barotraumas dar.[23, 24, 31] Am Unfallort ist für den Ersthelfer bzw. den Notarzt eine Differenzierung zwischen DCS und Barotrauma meist nur schwer möglich. Da jedoch die Maßnahmen der ersten Hilfe in beiden Fällen gleich sind, ist dies bei der Initialbehandlung noch nicht dramatisch. Allerdings sollte vor der Behandlung in der Druckkammer wenn möglich abgeklärt werden, welcher der beiden Pathomechanismen ursächlich für die vorliegende Symptomatik ist. In bestimmten Fällen des Barotraumas müssen vor einer hyperbaren Behandlung Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um zusätzliche Schäden durch Überdruck vermeiden zu können. [32]

Neben der Bildgebung mittels Röntgen und CT ist es sehr wichtig den Unfallhergang zu kennen. Daher darf eine Befragung möglicher Augenzeugen und die Sicherstellung eventuell vorhandener Dokumentationsmaterialien, wie beispielsweise ein Tauchcomputer, nicht versäumt werden. [3, 24]

## **1.2 Formen des Barotraumas**

### **1.2.1 Barotrauma des Mittelohres**

#### **1.2.1.1 Pathophysiologie**

Beim gesunden Menschen besteht über die Eustachische Röhre (Tuba Auditiva Eustachii) eine anatomische Verbindung zwischen Mittelohr und Nasopharynx, über die ein Sekretabfluss aus der Paukenhöhle gewährleistet wird und bei Bedarf der

## Einleitung

Innendruck des Mittelohres an den Umgebungsdruck angepasst werden kann. Physiologisch ist die Eustachische Röhre kollabiert. Eine aktive Öffnung ist durch Anspannen des Musculus Tensor Veli Palatini und Salpingopharyngeus (Kauen, Schlucken) oder Durchführung des Valsalvamanövers möglich allerdings auch nur bis zu einem Unterdruck von ca. 90 mmHg im Mittelohr.[33]

Bei der überwiegenden Anzahl der Mittelohrbarotraumata handelt es sich um Überdruckbarotraumata.[34] Das Mittelohr ist eine knöchernerne Höhle. Es kann daher sein Volumen bei Ansteigen des Umgebungsdruckes nicht verkleinern, wodurch in seinem Inneren ein relativer Unterdruck zur Außenwelt und ein daraus resultierender Sog auf die Schleimhaut und die Angrenzenden Strukturen entsteht. Beim schnellen und starken Ansteigen des Umgebungsdruckes kommt es zu einer starken Retraction des Trommelfelles in die Paukenhöhle. Dabei kann die Compliance des Trommelfells überschritten werden und es kommt zur Trommelfellruptur. Ist ein Druckausgleich nicht möglich, bilden sich insbesondere beim langsameren, stetigen Anstieg des Umgebungsdruckes Schleimhautödeme im Mittelohr welche blutig-fibrinösen Sekret in die Paukenhöhle exsudieren. Hierbei spricht man dann von der sogenannten Bar- bzw. Aerotitis.

Nur selten entsteht bei sinkendem Aussendruck eine Schädigung des Mittelohres, da es bei relativem Überdruck zu einer passiven Öffnung der Eustachischen Röhre kommt. Ist der Abfall des Umgebungsdruckes jedoch sehr stark und schnell, ist eine Trommelfellruptur durch ein Barotrauma auch bei Druckabfall möglich.

Das Barotrauma des Mittelohres wird mit Hilfe der TEED Klassifikation in fünf Grade eingeteilt.[35]

## Einleitung

Tabelle 1: Teedklassifikation

Klassifikation des Mittelohrbarotraumas nach TEED	
Grad 0	Vorhandensein von Symptomen bei otoskopischen Normalbefund
Grad 1	Retraktion und Rötung der Shrapnellschen Membran und des Hammergriffes
Grad 2	Retraktion und Rötung des gesamten Trommelfells mit leichter Hämorrhagie innerhalb des Trommelfells
Grad 3	Grad 2 mit starker Hämorrhagie innerhalb des Trommelfells
Grad 4	Vorgewölbtes Trommelfell mit blutig - serösem Paukenerguß
Grad 5	Trommelfellperforation, sichtbare Hämorrhagie in den Gehörgang möglich

### 1.2.1.2 Therapie:

Das Mittelohrbarotrauma wird prinzipiell wie eine beginnende Mittelohrentzündung behandelt. Das Behandlungsregime umfasst die Applikation von vasokonstriktiven Nasentropfen, nicht gerinnungshemmenden Analgetika und ein absolutes Schnäuzverbot.[36] Bei mangelndem Ansprechen auf abschwellende Nasentropfen kann auch die vorsichtige Applikation systemisch wirksamer Vasokonstriktoren wie Pseudoepinephrin in Erwägung gezogen werden.[35-37]

Einige HNO-Ärzte sprechen sich für eine zusätzliche Behandlung mit oralen Cortikosteroiden aus.[38]

In schweren Fällen ist eine Parazentese gegebenenfalls mit Anlage eines Tympanostomas notwendig.[35, 39, 40] In diesem Fall und bei Barotraumata ab TEED Grad 5 sollte zusätzlich eine Antibiose vorgenommen werden, um eine bakterielle Superinfektion der offenen Paukenhöhle und des in ihr enthaltenen Sekretes zu verhindern. Liegt parallel zur Barotitis keine Infektion der oberen Atemwege vor und ist das Trommelfell unversehrt, kann von einer Antibiotikagabe abgesehen werden.[36]

Vom Ausmaß der Perforationsverletzung abhängig ist eine Trommelfellschienung oder bei großen Defekten eine Tympanoplastik angezeigt.[36] Zur

Trommelfellschienung werden die Wundränder des Trommelfells angefrischt, danach eine antibiotikabehafteten Silikonfolie aufgebracht und zur Schienung eine Gehörgangstamponade angelegt. Auf diese Weise kann das Trommelfell entlang der Folie abheilen und eine größere Narbenbildung wird verhindert.

Im Rahmen einer Tympanoplastik wird, bei größerem Gewebedefekt, das Trommelfell mit körpereigenem Material wie z.B. Muskelfaszie oder Knorpelhaut unterfüttert und so wieder verschlossen.[41]

### **1.2.2 Barotrauma des Innenohres**

#### **1.2.2.1 Pathophysiologie**

Das Innenohr ist ein mit Lymphflüssigkeit gefülltes Leitungssystem. Es gliedert sich funktionell in das aus den drei Bogengängen bestehende Gleichgewichtsorgan und die Gehörschnecke mit ihren empfindlichen Haarzellen. Daher hat eine Schädigung des Innenohres sowohl Auswirkungen auf das Hörvermögen als auch auf den Gleichgewichtssinn. Auch wenn es keine gashaltigen Hohlräume besitzt, kann es durch große Druckdifferenzen stark geschädigt werden.[36, 42]

Prinzipiell ist das Barotrauma des Innenohres ursächlich durch ein Mittelohrbarotrauma bzw. eine Belüftungsstörung des Mittelohres bedingt.[31] Ist im Mittelohr kein Druckausgleich möglich, wird häufig versucht, diesen mit Hilfe eines forcierten Valsalvamanövers gewaltsam herbeizuführen. Es werden zwei verschiedene Pathomechanismen diskutiert die bei einem Barotrauma des Innenohres zur Zerstörung der Membran des runden Fensters führen können[32]:

Herrscht im Mittelohr ein Unterdruck vor, kommt es durch die Retraktion des Trommelfells in die Paukenhöhle, weitergeleitet über die Gehörknöchelchenkette und das ovale Fenster, zu einer Steigerung des Drucks im Innenohr mit einer Auslenkung der Membran des runden Fensters ins Mittelohr. Durch das forcierte Valsalvamanöver kommt es zu einer Erhöhung des intrakraniellen Drucks mit konsekutiver Erhöhung des perilymphatischen Drucks im Innenohr. Die zusätzliche Drucksteigerung im Innenohr kann zur Überschreitung der Compliance der Rundfenstermembran führen, wodurch diese von innen nach außen reißt, was als explosives Barotrauma bezeichnet wird.[36]

Beim implosiven Barotrauma wird vermutet, dass alleine der Überdruck im Mittelohr genügen könnte die Rundfenstermembran von außen nach innen zu zerreißen und Luft ins Innenohr zu drücken.[43]

## Einleitung

Die Ruptur der Rundfenstermembran führt in beiden Fällen zu einem Austreten von Perilymphe in das Mittelohr,[31, 44] wodurch die Ernährung der Innenohrstrukturen gestört bzw. aufgehoben wird. Auch kommt es nun zum Eindringen von Luft ins Innenohr. Dies führt, insbesondere bei wieder abfallendem Umgebungsdruck, zu einer Ausdehnung der eingedrungenen Luft, die eine weitere Schädigung der Innenohrstrukturen verursacht. Unabhängig davon, ob die Rundfenstermembran rupturiert, kann bereits durch einen schlagartigen Druckausgleich eine zu schnelle und zu starke Auslenkung der Rundfenstermembran provoziert werden. Hierdurch entsteht eine Druckwelle im Innenohr, die zu einer Zerstörung von Innenohrstrukturen führen kann. [44-46]

### **1.2.2.2 Therapie:**

Ein Innenohrbarotrauma führt zu einer Störung der Innenohrfunktion. Diese umfasst nicht nur das Hören, sondern auch den Gleichgewichtssinn und bedarf daher umgehender Behandlung, um Langzeitschäden vorzubeugen.

Symptome können Drehschwindel, Schwerhörigkeit, Nystagmus, Tinnitus, Schmerzen oder Druckgefühl im Ohr sein. Diese müssen nicht vollständig vorhanden sein und treten meist zeitnah zur Schädigung ein.

Das Therapieziel ist, die Sauerstoffversorgung und Durchblutung der äußerst empfindlichen Innenohrstrukturen zu maximieren, um einer weiteren Gewebsschädigung vorzubeugen und, falls erforderlich, eine Deckung des Defektes des runden bzw. ovalen Fensters.[32, 47]

Die medikamentöse Therapie umfasst die Applikation durchblutungsfördernder Medikamenten wie Trental oder Dusodril, eine rheologische Infusionstherapie mit Longasteril bzw. Haes und die Gabe von Kortison und Sauerstoff. [32, 42, 48]

Was die operative Versorgung des Innenohrbarotraumas betrifft, existiert momentan kein einheitliches Therapiekonzept.[32] Die Empfehlungen der Autoren schwanken zwischen konservativ abwartendem Vorgehen unter oben genannter medikamentöser Therapie mit einer operativen Exploration der Paukenhöhle nur bei Persistenz der Symptome und Verschlechterung des Hörvermögens nach 24 bis 48h [31] und sofortiger operativer Paukenhöhlenexploration schon beim Verdacht einer rupturierten Rundfenstermembran.[44, 49-51]

Laut aktueller Lehrmeinung stellt das Vorliegen eines Barotraumas des Innenohres bisher eine Kontraindikation für eine Druckkammerbehandlung dar, da der

## Einleitung

erforderliche Druckausgleich im Mittelohr zu einem Progress der bereits bestehenden Innenohrschädigung führen kann.[32] Bei der, differentialdiagnostisch vom klassischen Barotrauma nur schwer zu unterscheidenden, DCS des Innenohres treten die gleichen Symptome auf. Laut tauchmedizinischer Standardwerke ist die DCS des Innenohres zwar sehr selten, jedoch stellt hierbei die beim klassischen Barotrauma kontraindizierte HBO die einzige kausale Therapie dar.[31, 48] Nur sie kann eine Verkleinerung der im Innenohr entstandenen Luftblasen herbeiführen und eine weitere Schädigung der Innenohrstrukturen vorbeugen. Kriterien, die die Differenzialdiagnose erleichtern können, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 2: Differenzialdiagnose DCS/Barotrauma des Innenohres

<b>Barotrauma des Innenohrs</b>	<b>Dekompressionserkrankung des Innenohrs</b>
problematischer Druckausgleich	Druckausgleich ohne Probleme
auffälliger Trommelfellbefund im Sinne eines Mittelohrbarotraumas	Kein pathologischer Trommelfellbefund
Tauchgängen bis 15 m Tiefe	DCS muss auf Grund von Tauchzeit und -tiefe in Frage kommen
viel Luft im Labyrinth (CT-Diagnostik)	Begleitsymptome (Hautjucken, Gelenkschmerzen, Sensibilitätsstörungen), unterlassene Dekompressionsstops
Apnoetauchgänge	Widerholungstauchgänge

In den vielen Fällen ist die Unterscheidung zwischen Innenohrbarotrauma und -DCS einfach. Manchmal ist jedoch eine Differenzierung zwischen beiden Pathomechanismen nicht möglich.[31, 44] In diesen Fällen wird eine Therapie mittels HBO unter vorher durchgeführter beidseitiger Parazentese empfohlen. Durch die Eröffnung beider Trommelfelle wird ein Druckausgleich überflüssig, da das Mittelohr beidseitig belüftet ist. Einem durch Überdruck bedingten Progress der Innenohrschädigung wird so vorgebeugt. Die Parazentese ist ein einfacher, schnell durchzuführender Eingriff und das Trommelfell verheilt in der Regel nach wenigen Tagen komplikationslos ohne bleibende Schäden.

Mittlerweile gibt es Überlegungen, ob nach Durchführung dieser Vorsichtsmaßnahme, nicht auch Patienten mit gesichertem Innenohrbarotrauma von

einer HBO profitieren könnten. Eine Verkleinerung des Volumens der eingedrunghenen Luft im Labyrinth, sowie die erhöhte Sauerstoffversorgung des Innenohres könnten sich positiv auf die Langzeitprognose auswirken. Studien hierzu stehen allerdings noch aus. [32]

### **1.2.3 Barotrauma der Nasennebenhöhlen**

#### **1.2.3.1 Pathophysiologie**

Physiologisch sind die Nasennebenhöhlen über eine knöcherne Verbindung stets zum Nasopharynx offen.

Auf Grund von vermehrter Schleimbildung und Schleimhautödemen oder -polypen, kann jedoch eine Blockade der Sinusostien bewirkt werden. Von ihrer Inzidenz sind Überdruckbarotraumata doppelt so häufig wie Unterdruckbarotrauma. [35] Da es sich bei den Sinussen ähnlich dem Mittelohr um von Schleimhaut ausgekleidete knöcherne Hohlräume handelt, können Druckschwankungen in der Außenwelt nicht durch Volumenänderungen ausgeglichen werden. So baut sich auch hier bei ansteigendem Umgebungsdruck ein relativer Unterdruck auf, der zu Schleimhautödemen mit blutig fibrinöser Exsudation führt.[31] Kleine Gefäße innerhalb der Schleimhaut dilatieren sich und können bei weiter absinkendem Druck rupturieren.

Sekret verkleinert das Volumen der Nasennebenhöhlen und kann in Verbindung mit der angeschwollenen Schleimhaut die Blockade der Sinusostien zusätzlich verstärken. Fällt der Umgebungsdruck nun wieder, verursacht das sich auf sein ursprüngliches Volumen ausdehnende Gas stärkste Schmerzen.[36, 48] In den meisten Fällen kommt es durch den in den Sinussen entstehenden Überdruck zu einem explosionsartigen Abgang von Blut und Sekret mit sofortiger Schmerzerleichterung. Tritt dies nicht ein, kann der sich weiter aufbauende Druck zu schwerwiegenden Komplikationen führen.[48]

An der Innenwand des Sinus Maxillaris verläuft, nur von einer dünnen Schleimhaut bedeckt der Nervus Maxillaris, der der mittlere Ast des Nervus Trigemini ist. Der relative Überdruck innerhalb des Sinus führt zu einer Reizung des Nervs, was stärkste Schmerzen im Bereich der Zähne und des Oberkiefers auslöst. Länger bestehender Überdruck kann zudem zu einer permanenten Nervenschädigung führen und dadurch wiederum, ein Taubheitsgefühl der Gesichtshaut im Innervationsgebiet bewirken.[48] Da die knöcherne Begrenzung zwischen Orbita und

Sinus Maxillaris nur sehr dünn ist, kann bei sehr starkem Überdruck Schleim, Luft und Blut in die Augenhöhle einbrechen.

Ein starker Überdruck im Sinus Ethmoidalis kann ebenfalls zu schwerwiegenden Komplikationen führen. Da die Begrenzung zwischen Sinus und Fossa Cranialis nur in der sehr dünnen Lamina Cribiformis besteht, kann durch ein starkes Unterdruckbarotrauma diese Knochenmembran gesprengt werden. Als Resultat davon, können Luft, Schleim und Krankheitserreger in die Schädelhöhle eindringen. Ein Pneumocephalus bzw. eine Meningoenzephalitis sind die Folge.[31, 36, 48]

### **1.2.3.2 Therapie**

Das Barotrauma der Nebenhöhlen ist zwar äußerst schmerzhaft, verläuft aber meist komplikationslos. Die frühzeitigen starken Schmerzen[36, 48], die durch den behinderten Druckausgleich verursacht werden, zwingen meist zum Abbruch der Tätigkeit die zur Exposition gegenüber des wechselnden Umgebungsdruckes führt. (z.B. Tauchen). Dadurch werden schwerwiegendere Komplikationen oftmals vermieden. Halten die Beschwerden nach Normalisierung des Umgebungsdruckes weiter an oder ist eine Beendigung der Exposition gegenüber des Über- bzw. Unterdruckes nicht zügig möglich (z.B. im Flugzeug), besteht die Therapie der Wahl in der Applikation abschwellender Nasensprays oder -tropfen.[31, 36, 48] Ebenso kann die Inhalation mit Kochsalzlösung hilfreich sein.

Wie bereits erwähnt, kann es in sehr seltenen Fällen zum Einbrechen von Luft in die Orbita und die Schädelhöhle kommen.[52] Dies sind sehr ernste Komplikationen und bedürfen umgehender stationärer Betreuung. Aus diesem Grund sollte beim Auftreten persistierender starker Kopfschmerzen und beginnender Bewusstseinsintrübung ein eventuelles Vorliegen eines Pneumocephalus mit Hilfe eines cranialen CT's ausgeschlossen werden.[53-55] Die Therapie besteht primär in einer intravenösen Antibiotikagabe und stationärer Überwachung.[52, 56-58] Die Resorption kleinerer Mengen Luft erfolgt meist komplikationslos innerhalb weniger Tage.[59]

In seltenen Fällen ist das Auftreten einer intrakraniellen Drucksteigerung mit massiver Symptomatik bis hin zur letal verlaufenden Einklemmung des Hirnstammes möglich. Dies erfordert umgehende operative Therapie zur Druckentlastung des Hirngewebes.[57]

### 1.2.4 Barotrauma der Lunge

#### 1.2.4.1 Pathophysiologie

Barotraumatata im Bereich der Lunge treten fast ausschließlich in Form des Überdruckbarotraumas auf.[23, 35, 60] Die Lunge als größter gasgefüllter Hohlraum des menschlichen Körpers ist in besonderem Maße anfällig für Verletzungen, verursacht durch Veränderung des Umgebungsdrucks.

Bei abfallendem Umgebungsdruck dehnt sich das in der Lunge und den Atemwegen enthaltene Gas aus und muss über letztere aus dem Körper entweichen können. Ist dies durch Verschluss der Atemwege willentlich (Luftanhalten) oder krankheitsbedingt (Fremdkörper, Schleimhautödeme) nicht möglich, kann es in den hinter der Obstruktion liegenden Lungenabschnitten zum Überschreiten der elastischen Kapazität der Lunge kommen. Dies resultiert in Rissverletzungen der Pleura und des Lungengewebes mit Übertritt von Gas in den Pleuraspalt und das Lungeninterstitium bzw. über die Lungenvenen in den Blutkreislauf. [23, 24, 35]

Je nach Lokalisation der Lungenverletzung kommt es zu unterschiedlichen Komplikationen:

Eher peripher gelegene Traumata führen meist zu Verletzungen der Pleura mit Eintritt von Gas in den Pleuraspalt. Der dadurch entstandene Pneumothorax verdrängt das Lungengewebe und vermindert dadurch das Lungenvolumen.[24, 35, 61] Bei fortgesetztem Abfall des Aussendruckes vergrößert sich nun nicht nur das Gasvolumen in der Lunge, sondern auch im Pleuraspalt und ein Spannungspneumothorax entsteht. Dies bewirkt wiederum eine Verdrängung des Mediastinums zur Gegenseite. Eine Kompression des gesunden Lungenflügels und der Vena Cava ist die Folge. Durch die Kompression der Vena Cava wird der venöse Rückstrom zum rechten Herz gedrosselt, was eine lebensbedrohliche Abnahme des Schlagvolumens provoziert.[24]

Ist die Verletzung des Lungengewebes eher zentral gelegen, kann es zu einer Mitbeteiligung von Lungenvenen kommen.[24, 35] Eine Folge dessen kann der Übertritt von Gas in die venöse Lungenstrombahn sein, ein ebenso lebensbedrohlicher Zwischenfall. Die hierdurch entstehenden Gasembolien(AGE) werden über das Herz in die arteriellen Endstrombahnen des großen Kreislaufs und des Herzens weitergetragen, wo sie in kleinen Arterien zu Gefäßverschlüssen mit Infarkten führen.[24] Besonders schwerwiegend sind dabei Embolisationen der Hirngefäße (CAGE) der Spinalarterien(SAGE) und der Koronarien.[23, 60]

## Einleitung

Auch kann Gas direkt von der Lunge aus ins Mediastinum eindringen und somit durch Expansion bei Umgebungsdruckabfall, analog zu einem Spannungspneumothorax, zur extrakardialen Herztamponade, Kompression der Vena Cava und der Lungenflügel führen.[24, 61] Ebenso ist das Entstehen einer Mediastinitis möglich. Bereits ein Druckunterschied von nur 13 - 20 kPa kann genügen um eine Schädigung des Lungengewebes herbeizuführen.[35]

Die Ursache für Überdruckbarotraumata mit der höchsten Relevanz für den intensivmedizinischen Alltag stellt die maschinelle Beatmung dar. Insbesondere bei Patienten im Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) kann es bei Spitzendrücken jenseits der 30-35mbar zu einem massiven Anstieg der Inzidenz pulmonaler Barotraumata kommen. Einige hierzu publizierte Studien beschreiben eine Inzidenz von bis zu 76%.[62]

Folgende Umstände sind prädisponierende Faktoren[23, 35]:

- Bullä oder subpleurale Bläschen
- bereits stattgehabter Spontanpneumothorax
- Stumpfes Thoraxtrauma
- Infektionen der Atemwege und der Lunge
- Vernarbungen des Lungengewebes nach Trauma oder Infektion
- bekannte obstruktive Lungenerkrankungen (COPD, Asthma)
- ARDS
- Lungenemphyseme

Unterdruckbarotraumata der Lunge sind äußerst selten [35]. In der Regel tritt dieses Barotrauma nur beim Tieftauchen ohne Atemgerät, dem so genannten Apnoetauchen, in Tiefen jenseits von 30m auf.[63] Ungeübte Personen ohne Atemgerät erreichen kaum Tiefen unterhalb von 10 m, womit sich die sehr geringe Inzidenz dieser Verletzung erklärt.

Überschreitet der Umgebungsdruck den Lungeninnendruck, muss sich das intrapulmonale Gasvolumen verkleinern, was nur auf zwei Arten erfolgen kann: entweder durch Hochwölben des Zwerchfells, in Folge einer Kompression des Bauchraums oder durch eine Steilstellung der Rippen zur Verkleinerung des gesamten Thoraxvolumens.

Hat sich so die Lunge bis auf ihr Residualvolumen verkleinert, ist die Grenze der Kompressionsfähigkeit erreicht. Steigt der Aussendruck weiter an, entsteht ein relativer intrapulmonaler Unterdruck. Es kommt zu einem Austritt von Gewebsflüssigkeit aus den Alveolen und es entsteht ein Lungenödem. Ebenfalls schwellen die Lungengefäße an. In seltenen Fällen geschieht dies sogar bis hin zur Gefäßruptur und intrapulmonalen Hämorrhagie [63-68]

### **1.2.4.2 Therapie:**

Bei der Behandlung des Lungenbarotraumas muss zwischen einem Über- und Unterdruckbarotrauma unterschieden werden.

Beim Unterdruckbarotrauma steht das Vorhandensein eines Lungenödems im Vordergrund. Dies wird primär mit Diuretikagabe behandelt. Ebenfalls sollte für eine ausreichende Oxygenierung des Patienten durch Gabe von 100% Sauerstoff gesorgt werden. In besonders schweren Fällen des Lungenödems kann die Indikation zur künstlichen Beatmung bestehen. [69-72]

Je nach Lokalisation der Lungenverletzung dominieren beim Überdruckbarotrauma der Lunge unterschiedliche Symptome.

Bei der durch zentral gelegene Läsionen verursachten AGE kommt es vorwiegend zu Symptomkomplexen, die Herz – bzw. Hirninfarkten entsprechen. Diese reichen von retrosternalen Schmerzen, Herzrhythmusstörungen, Gesichtsfeldausfällen und motorischen Störungen bis hin zu Atemlähmungen und Herzkreislaufstillstand.[23]

Besonders betroffen hiervon sind cerebrale Arteriolen mit einem Durchmesser von 200µm und kleiner.[73] Peripher gelegene Läsionen, die einen Pneumothorax bedingen, imponieren durch Symptome wie Hustenreiz, Atemnot, Zyanose, gestaute Halsvenen sowie stechendem Schmerz, verstärkter Klopfeschall, abgeschwächtes Atemgeräusch und Nachhängen der Atembewegung im Bereich der betroffenen Thoraxhälfte. Fulminanter Schock mit Herzkreislaufversagen ist möglich.[3, 23, 24] Das Lungenbarotrauma ist einer der bereits erwähnten Spezialfälle des Barotraumas, die manchmal differenzialdiagnostisch nur schwer vom DCS Typ II unterschieden werden können. [3, 23, 24]

## Einleitung

Tabelle 3: Differenzialdiagnose DCS Typ II/ AGE durch Lungenbarotrauma

<b>Barotrauma der Lunge</b>	<b>Dekompressionserkrankung Typ II</b>
problematischer Druckausgleich	Druckausgleich ohne Probleme
auffälliger Trommelfellbefund im Sinne eines Mittelohrbarotraumas	Kein pathologischer Trommelfellbefund
Tauchgängen bis 15 m Tiefe	DCS muss auf Grund von Tauchzeit und -tiefe in Frage kommen, Wiederholungstauchgänge
Pneumothorax (CT-Diagnostik/Röntgen)	Begleitsymptome (Hautjucken, Gelenkschmerzen), unterlassene Dekompressionsstops
Eintritt der Symptome nach wenigen Minuten	Symptomeintritt nach einigen Minuten bis Stunden

Therapieziele sind:

- Volumenreduktion der im Kreislaufsystem zirkulierenden Luftblasen
- Optimierung der Sauerstoffversorgung ischämisch geschädigten Gewebes
- Druckentlastung bei Pneumothorax/-mediastinum

Die initiale Behandlung besteht in allen Fällen in der Gabe von 100% Sauerstoff, Wärmeerhalt und Stabilisierung des Kreislaufs. Liegt ein Pneumothorax vor muss dieser schnellst möglich mit Anlage einer Drainage entlastet werden. Bei Symptomen einer AGE[74, 75] bzw. eines DCS Typ II ist in jedem Fall eine zügige Druckkammerbehandlung anzustreben.[76, 77] Um das Versorgungsmanagement zu optimieren, sollte vor Beginn der hyperbaren Oxygenierung, wenn möglich, ein Thorax-CT bzw. -Röntgen angefertigt werden, um einen Pneumothorax ausschließen zu können. Falls dieser vorliegt sollte der Patient noch vor Beginn der Überdrucktherapie mit einer Thoraxdrainage versorgt werden. Bei bewusstlosen Patienten sollte, wenn möglich, eine Parazentese zur Prävention eines Mittelohr- bzw. Innenohrbarotraumas während der HBO erfolgen.

Beim durch maschinelle Beatmung verursachten Barotrauma steht die Druckentlastung der Lunge im Vordergrund. So muss eine Reduktion des oberen Atemwegsdrucks bzw. des Atemzugvolumens angestrebt werden. Des Weiteren soll der PEEP bis auf minimal tolerable Werte zur suffizienten Oxygenierung

herabgesetzt werden, was unter Umständen eine permissive Hyperkapnie erforderlich machen.[62] Als Ultima Ratio ist, sofern Vorhanden, der Einsatz einer ECMO zu erwägen.[78, 79]

### **1.2.5 Barotrauma des Gastrointestinaltraktes**

#### **1.2.5.1 Pathophysiologie**

Auch wenn diese Art des Barotraumas sehr selten ist, sind im Gastrointestinaltrakt ebenfalls durch Veränderung des Umgebungsdruckes verursachte Verletzungen möglich. Kommt es nach dem vermehrten Schlucken von Luft oder dem Genuss kohlenensäurehaltiger Getränke zu einem Absinken des Umgebungsdrucks, ist durch die Expansion des eingeschlossenen Gases, eine Überdehnung des Magens bis hin zur Ruptur möglich.[14, 20, 80-83]

Besonders nach dem Verzehr blähender Speisen kann es im Bereich des Darms zu vermehrter Gasentwicklung kommen. Liegen beim Patienten Briden oder Hernien vor, können an diesen Stellen Abschnürungen der expandierenden Darmgase entstehen. Die Dekompression kann nun zu schmerzhaften Gewebsüberdehnung, bis hin zur Ruptur der betroffenen Darmabschnitte führen. Am empfindlichsten gegenüber Rupturen ist das Zäkum; hier reichen Drücke von ca. 80 mmHg aus, um eine Perforation zu provozieren.[84]

#### **1.2.5.2 Therapie**

Das gastrointestinale Barotrauma äußert sich durch Symptome wie Völlegefühl, Schmerzen, Krämpfe sowie häufiges Aufstoßen und Flatulenz.

Diese Beschwerden sind meist durch physiologischen Luftabgang selbstlimitierend. Sollte jedoch in seltenen Fällen eine Hernierung der expandierenden Luft bzw. Ruptur der betroffenen Darmabschnitte auftreten, ist zügiges Handeln geboten. Anzeichen hierfür sind stärkste abdominelle Schmerzen und Peritonismuszeichen. Diagnostisch sollten Röntgenaufnahmen von Thorax und Abdomen oder, falls möglich, ein CT zum Ausschluss freier Luft bzw. hernierter Luftblasen durchgeführt werden. Eine rasche operative Exploration mit Resektion der ischämischen Darmabschnitte bzw. Verschluss der Perforationsstelle ist therapeutisch angezeigt.[85, 86]

## 1.2.6 Barotrauma der Zähne (Barodontalgie)

### 1.2.6.1 Pathophysiologie

Diese Art des Barotraumas setzt das Vorhandensein pathologischer Veränderungen am Zahn oder den Kieferkochen voraus. Dies können Zysten, kariöse Abszesse oder Lufteingänge unter der Zahnkrone bzw. einer Füllung sein. [87-90]

Der Zahnschmelz ist die härteste Substanz des menschlichen Körpers. Daher sind Hohlräume inner- oder unterhalb der Zahnkrone äußerst starr, was bei Kompression oder Dekompression des eingeschlossenen Gases zum Aufbau hoher Druckgradienten zum Umgebungsdruck führt. Da das unterhalb gelegene Gewebe im Vergleich zum Zahnschmelz weicher ist, kommt es je nach Tiefe der vorhandenen Läsion, zur Reizung der im Zahnmark enthaltenen Nervenfasern bzw. der Odontoblasten des Dentins, die über die Tomesschen Fasern mit freien Nervenendigungen korrespondieren.

Je nach Dicke und Festigkeit der den Hohlraum begrenzenden Zahnschmelzsubstanz oder Füllungsmaterialien und Höhe des Druckgradienten zwischen Zahninnenraum und Umgebung kann es zur im- bzw explosionsartigen Zerstörung des Zahnes kommen.[90] Analog können auch durch gashaltige Abszesshöhlen und Zysten im Ober- und Unterkiefer in Folge einer Reizung der Nervi Mandibularis und Maxillaris Schmerzen verursacht werden, die auf die Zähne projizieren. [89]

Die auf diese Weise verursachten Schmerzen können von solcher Intensität sein, dass ein Bewusstseinsverlust eintreten kann.

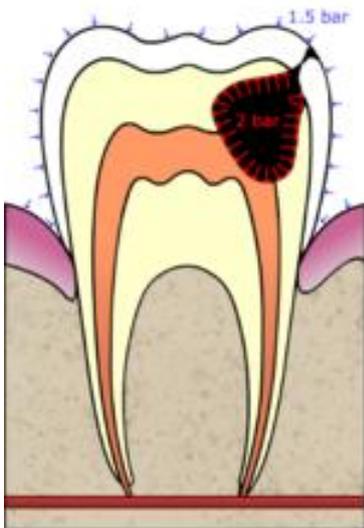


Abbildung 4: Barotrauma Zahn [91]

### **1.2.6.2 Therapie**

Die Behandlung der Barodontalgie erfolgt medikamentös durch Analgetika. Als Prophylaxe eines erneuten Auftretens sollten die bestehenden Hohlräume im Zahn eröffnet und zahnärztlich saniert werden, bevor der Patient sich wieder schwankenden Umgebungsdrücken exponiert.[31, 90]

### **1.2.7 Barotrauma durch Schutzkleidung**

#### **1.2.7.1 Pathophysiologie**

Je nach Arbeitsbereich werden beim Tauchen verschiedene Arten von Schutzkleidung benötigt. Bei nicht sachgerechter Handhabung, können diese selbst Barotraumata an den angrenzenden Körperteilen verursachen.

##### **1.2.7.1.1 Taucherbrillen und Taucherhelme**

Taucherbrillen und Helme stellen abgeschlossene gasgefüllte Hohlräume dar, die zu einer Seite von Körpergewebe begrenzt sind. Beim Abtauchen muss daher für einen ausreichenden Druckausgleich durch Einblasen von Luft gesorgt werden. Geschieht dies nicht, entsteht ein Unterdruck mit Sogwirkung auf das angrenzende Körpergewebe. Aufgrund ihrer wesentlich höheren Empfindlichkeit entsteht zunächst eine Beeinträchtigung der Bindehäute. Der Unterdruck kann von einer Gefäßinjektion bis hin zu Einblutungen in die Skleren führen. Bei weiterem Ansteigen des Umgebungsdrucks kommt es durch Dilatation der Hautgefäße zu einer Rötung und einem Anschwellen der Gesichtshaut. [1, 2, 92-94]

##### **1.2.7.1.2 Trockentauchanzüge**

Beim Tauchen in kaltem Wasser benötigt man zur besseren Wärmeisolierung so genannte Trockentauchanzüge. Im Gegensatz zum klassischen Nassanzug übernimmt nicht das Neopren sondern ein zwischen Körper und Nassanzug eingepulstes Gas die Schutzfunktion gegen Wärmeverlust. Bei steigendem Umgebungsdruck während des Abtauchens wird dieses Gas komprimiert und muss über ein Ventil ständig aufgefüllt werden, andernfalls saugt sich der weit geschnittene Anzug unter Faltenbildung ähnlich einer Vakuumverpackung an den Körper an. In

diese Falten kann Haut eingeklemmt werden, wodurch striemenartige Schwellungen und Einblutungen entstehen.

### **1.2.7.2 Therapie:**

Es existiert keine spezielle Behandlung, da die hierbei erlittenen Verletzungen meist nur leichter Natur sind.

## **1.3 Bedeutung für die Arbeitsmedizin**

Zu den Hauptaufgaben der Arbeitsmedizin gehören Prävention und Diagnostik arbeitsbedingter Gesundheitsschäden und Berufskrankheiten. Gemäß BKV §1 „Erkrankungen durch Arbeit in Druckluft (Nr. 2201)“ gehört das Barotrauma zu den Berufskrankheiten.[30] Von ihm sind folgende Berufe hauptsächlich betroffen:

- Caissonarbeiter an Druckluftbaustellen
- Berufstaucher
- Piloten und Beschäftigte in Luftfahrzeugen, deren Kabinendruck mehr als 10 kPa (0,1 bar) oberhalb des atmosphärischen Druckes liegt

Jedoch auch Forschungstaucher (Biologen, Archäologen) sowie medizinisches Personal das sich zur Patientenbetreuung im Rahmen der hyperbaren Oxygenierung im Inneren von Druckkammern aufhalten muss gehören zu jenen Berufsgruppen, die aufgrund ihrer Exposition gegenüber erhöhter Druckschwankungen besonderer Beachtung durch das Arbeitsschutzgesetz bedürfen.

Kaum eine Berufsaktivität ist mit größerer physiologischer Veränderung verbunden als die Arbeit bei schwankendem Umgebungsdruck. Daher ist es wichtig, Risikofaktoren frühzeitig zu erkennen, auszuschalten und Arbeitsabläufe so sicher wie möglich zu gestalten. Dies wird in Deutschland an Hand der berufsgenossenschaftlichen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (BGG904) und der Verordnung über Arbeiten in Druckluft (DruckLV) umgesetzt. Als ein konkretes Beispiel ist hier die Vorsorgeuntersuchung G 31 zu nennen. Ihr müssen sich alle Personen unterziehen, die an ihrem Arbeitsplatz gegenüber Umgebungsdrücken von mehr als 0,1 Bar Überdruck exponiert sind wie Taucher und Druckluftarbeiter. Sie ist sehr umfassend und beinhaltet einen Urinstatus, eine Blutentnahme, die Blutdruck- so wie Pulskontrolle in Ruhe und nach Belastung eine Ergometrie, eine Spirometrie, sowie eine Otoskopie und eine

Röntgenaufnahme des Thorax. Nachuntersuchungen sind in einer Frequenz von 12 Monaten durchzuführen

Des Weiteren existieren spezielle arbeitsmedizinische Leitlinien der DGAUM, die sich mit der Arbeit in Druckluft befassen und auch explizit auf das Barotraumata eingehen [95].

### **1.4 Zielsetzung der Arbeit**

Das Barotrauma ist eine Verletzung, die erst in den letzten 150 Jahren zunehmend an Relevanz gewann. Im Zuge der Entwicklung des Tief- und Unterwasserbaus mit Hilfe von Caissons hielten sich erstmals Menschen über längere Zeiträume unter verändertem Umgebungsdruck auf. Dies sowie das Erreichen immer größerer Höhen im Bereich der zivilen und militärische Luftfahrt, das Berufstauchen und der Tauchsport, welcher sich zunehmender Beliebtheit erfreut, haben zu einem vermehrten Auftreten von druckbedingten Verletzungen geführt. Auch die Fortschritte des letzten Jahrhunderts im Bereich der Anästhesiologie und Intensivmedizin mit der Entwicklung der Überdruckbeatmung haben zu einer steigenden Relevanz des Themas Barotrauma in diesem Fachgebiet der Medizin geführt.

Barotraumata lassen sich durch das Einhalten gewisser Vorsichtsmaßnahmen und Verhaltensregeln, zumindest im Bereich der Arbeitsmedizin und des Tauchsportes, in den meisten Fällen vermeiden.

Bisher gibt es nur verhältnismäßig wenig wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit den unterschiedlichen Aspekten des Barotraumas beschäftigen, bis zum jetzigen Zeitpunkt existiert auch noch keine exakte szientometrische Analyse der vorhandenen wissenschaftlichen Arbeit.

Daher ist das Ziel dieser Arbeit:

1. Einen Überblick über die geographische Verteilung der bisher durchgeführten Forschung zu bekommen, indem eine Zuordnung der Veröffentlichungen zu den einzelnen Publikationsländern vorgenommen wird.
- Die graphische Darstellung erfolgt dabei nach dem Prinzip der Density Equalizing Map Projections (DEMP), einer Darstellung in Form von Kartogrammen mit variablem Maßstab. Dabei werden unter Verwendung algorithmischer Verfahren unterschiedliche Parameter, wie die Anzahl der

## Einleitung

Publikationen und deren Zitierungen in Bezug zu einzelnen Ländern und Regionen gesetzt werden.

- Mittels detaillierter Kooperationsanalysen zwischen den einzelnen Publikationsländern werden die internationale Zusammenarbeit und deren Stellenwert untersucht.
  - Unter Einbeziehung der Zitationsrate sollen die Veröffentlichungen der verschiedenen Länder auf ihre Qualität hin überprüft werden.
  - Die Forschungsschwerpunkte unterschiedlicher Länder sollen miteinander verglichen und spezifiziert werden.
2. Zu analysieren, welche der wissenschaftlichen Artikel am häufigsten zitiert werden und welche Fachzeitschriften diese veröffentlicht haben.
  3. Die Publikationen auf ihren Veröffentlichungszeitpunkt hin zu untersuchen.
    - Um einen Überblick über die zeitliche Entwicklung zu erhalten, soll die Gesamtzahl der Veröffentlichungen in den einzelnen Jahren bestimmt werden.
    - Die Analyse und Bewertung der veröffentlichten Artikel erfolgt hinsichtlich ihrer Zitationsrate pro Jahr und der „Zitation nach Zitationsjahr“.
    - Veränderungen der Summe jährlicher Zitierungen im Vergleich zum Vorjahr sollen dargestellt werden und Aufschluss über mögliche Trendentwicklungen geben.
  4. Es soll untersucht werden, welche Forschungsbereiche und Zeitschriften den quantitativ bedeutsamsten Anteil an allen Veröffentlichungen einnehmen und deren Entwicklung dann über die einzelnen Jahre analysiert und veranschaulicht werden.
    - Mit einer Übersicht soll veranschaulicht werden, welchen quantitativen Anteil welche Zeitschriften an den einhundert meist zitierten barotraumaspezifischen Artikeln haben. Gleichzeitig sollen diese Zeitschriften auf ihren Impact-Faktor hin untersucht und mit den medianen Impact-Faktoren der zugeordneten Themenbereiche verglichen werden.
  5. Es gilt ferner die Autoren mit den meisten Veröffentlichungen zum Thema Barotrauma zu ermitteln und deren durchschnittliche Zitationsrate zu bestimmen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Datenquellen

Zwei der weltweit größten wissenschaftlichen Publikationsdatenbanken dienen als Basis für die Recherche dieser Arbeit. Dabei handelt es sich um das *Web of Science* (WoS) von *Thomson Scientific*, das dem *Institute for Scientific Information*(ISI) zugehörig ist und die PubMed-Online-Datenbank. Letztere wurde lediglich zur Eingrenzung der Suchparameter genutzt, da ihr die für diese Arbeit benötigte Fähigkeit zur qualitativen Datenanalyse fehlt.

#### 2.1.1 Institute for Scientific Information

1960 von Dr. Eugen Garfield in Philadelphia, Pennsylvania, USA gegründet, entwickelten sich die vom ISI erstellten Datenbanken zu den bedeutendsten internationalen, interdisziplinären Datenindices. Durch den Unterhalt umfangreicher Verweisindizes ermöglicht das ISI mit seinem Angebot vielfältiger Rechercheoptionen die Durchführung diverser bibliographischer Datenerhebungen. Diese von Dr. Garfield entwickelten Verweisindizes sind in Form des *Science Citation Index Expanded* des *Arts and Humanities Citation Index* und des *Social Sciences Citation Index* die Grundlage für den jährlich vom ISI veröffentlichten Journal-Impact-Faktor(JIF), an dessen Entwicklung er als einer der Urväter der Szientrometrie ebenfalls maßgeblich beteiligt war. [96]

Das ISI wurde im Jahre 1992 durch die *Thomson Corporation*, einem Anbieter von Informationsdienstleistungen und Softwareanwendungen, aufgekauft und als eine ihrer fünf Hauptgesellschaften unter dem Namen *Thomson Scientific* weitergeführt. Nach der Übernahme der Nachrichtenagentur *Reuters Group PLC* durch die *Thomson Corporation* im April 2008, ist es nun Bestandteil des neuentstandenen Medienkonzerns *Thompson Reuters*.

#### 2.1.2 ISI Web of Science und ISI Web of Knowledge

Als interdisziplinäre Suchplattform stellt das ISI Web of Knowledge (ISI-WoK) einen kostenpflichtigen Onlinezugang für die Datenbanken von *Thomson Scientific* dar. Es umfasst um die 23.000 Journale aus 256 wissenschaftlichen Fachbereichen und kann täglich über 57.000 Zugriffe verzeichnen. Damit dient es weltweit über 20 Millionen Forschern aus mehr als 3800 Institutionen in 98 Ländern der Welt als Grundlage ihrer Forschung.[97]

Ein Bestandteil des ISI-WoK ist das *Web of Science* (WoS). Hierbei handelt es sich um das direkte Onlineinterface für den Zugriff auf die sechs von *Thomson Scientific* geführten Zitationsdatenbanken aus den Bereichen Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften, Geisteswissenschaften und Kunst. Diese sind *Science Citation Index Expanded*, *Social Sciences Citation Index*, *Arts & Humanities Citation Index*, *Index Chemicus* und *Current Chemical Reactions*. [98]

Es bietet eine Vielzahl verschiedener Funktionen zur Analyse und Eingrenzung der ermittelten Suchergebnisse inklusive Weblinks zu den Volltextartikeln.

Diese Funktionen des WoS wurden zur Erhebung des größten Teils der für diese Arbeit benötigten Daten benutzt, wobei besonders der *Citation Report* hervorzuheben wäre. Hierbei handelt es sich um eine Option, die es ermöglicht, bis zu 10.000 Publikationen hinsichtlich ihrer zitierten Referenzen in einem Arbeitsschritt zu analysieren. So ist es möglich nachzuvollziehen, mit welcher Häufigkeit eine Veröffentlichung insgesamt, in den einzelnen Jahren, als auch im jährlichen Durchschnitt zitiert wurde. Dies eröffnet weitere Möglichkeiten, umfangreiche Zitationsanalysen vorzunehmen.

Inhaltlich umfasst das WoS mittlerweile Artikel aus über 10.000 wissenschaftlichen Journalen, deren Erscheinungsdatum von 1900 bis zur Gegenwart reicht. Nach strengen Kriterien wie regelmäßigem, fristgerechtem Erscheinen, Vollständigkeit bibliographischer Angaben in Fuß- und Endnoten, der routinemäßigen Anwendung von Peer-Review-Verfahren und einer gewissen Mindestanzahl an Zitierungen werden jährlich ca. 2000 Zeitschriften auf ihre Eignung für die Aufnahme in die Datenbanken überprüft. Auch müssen die enthaltenen Publikationen, um ins WoS aufgenommen zu werden, über Titel und *Keywords* sowie ab 1991 über ein *Abstract* in englischer Sprache verfügen.

Wöchentlich kommt es zu einem Update der Datenbanken, wobei durchschnittlich ca. 25.000 Publikationen und 500.000 zitierte Referenzen neu aufgenommen werden. [97, 99]

### **2.1.3 PubMed- Online Datenbank der National Library of Medicine der USA**

Die PubMed-Online-Datenbank ist eine Meta-Datenbank in englischer Sprache für medizinische Artikel aus dem gesamten Bereich der Biomedizin, der *National Library of Medicine* der USA (NLM). Sie wurde Mitte der 1990er Jahre durch das *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) entwickelt. Über PubMed ist die

gebührenfreie Recherche nicht nur von Artikeln der Datenbank von PubMed Central, sondern auch der MEDLINE- sowie der OLDMEDLINE-Datenbank möglich. Neben der systematischen Datenabfrage bietet PubMed zudem Weblinks zu Volltextartikeln für viele der recherchierten Publikationen an, welche jedoch größtenteils kostenpflichtig sind. Die Aktualisierung der Datenbank erfolgt täglich.

Mit Nachweisen von über 16 Millionen Artikeln aus mehr als 4500 verschiedenen wissenschaftlichen Fachzeitschriften aus allen Bereichen der Medizin, einschließlich Zahn- und Veterinärmedizin, Psychologie und des öffentlichen Gesundheitswesens, stellt das *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) die elektronische Fassung der *Index Medicus* dar. Diese im Jahre 1879 vom amerikanischen Militärarzt John Shaw Billings gegründete Fachbibliographie erschien 2004 letztmalig in schriftlicher Form. Sie wurde ebenfalls von der NML herausgegeben und katalogisierte medizinische Fachartikel und Bücher. In den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg war sie die wichtigste Informationsquelle für Wissenschaftler aus allen Bereichen der Medizin. Aktuell verfügt MEDLINE nicht nur über bibliographische Angaben, sondern auch über englischsprachige Abstracts zu einem Großteil der gelisteten Publikationen. Artikel mit einem Erscheinungsdatum vor 1966 sind in der OLDMEDLINE Datenbank erfasst.[100]

Teile der Analysen dieser Arbeit beruhen auf Daten, die aus der PubMed-Online-Datenbank extrahiert wurden.

### **2.1.4 Medical Subject Headings (MeSH)- Database**

Um möglichst alle für diese Arbeit relevanten Publikationen zu identifizieren, wurden mit Hilfe eines Thesaurus die Suchbegriffe ermittelt, die thematisch mit dem Terminus „Barotrauma“ assoziiert sind. Diese sind Grundlage der unter 2.2 beschriebenen Suchstrategien.

Hierbei handelt es sich um die MeSH-Datenbank, ein von der NML erstellter polyhierarchisch strukturierter Thesaurus, der jährlich aktualisiert wird. Sie ordnet alle über PubMed verfügbaren Artikel möglichst genau ihren Themengebieten zu. Dies geschieht durch speziell ausgebildete Mitarbeiter, die jeder Publikation im Schnitt 10 bis 12 MeSH-Begriffe aus einem 24.000 Termini umfassenden Pool zuordnen.

Bei diesen sogenannten *Medical Subject Headings* (MeSH) handelt es sich nicht nur um Synonyme für die betreffenden Suchbegriffe. Sie stellen auch definierte Schlagworte dar, um bestimmte Themengebiete möglichst genau zu beschreiben und miteinander zu vernetzen. Sie finden im Bereich der Medizin und

Biowissenschaften Verwendung, um beispielsweise Publikationen oder Teile von Büchern zu katalogisieren und Datenbanken zu indexieren

Unterteilt werden die MeSH-Termini in 16 Hauptkategorien, die sich in weitere Subkategorien aufspalten. Innerhalb dieser Subkategorien erfolgt eine hierarchische Strukturierung der Schlagworte auf bis zu elf Ebenen.

Neben der Suche nach themaassoziierten Schlagworten, bietet die MeSH-Datenbank zwei weitere Funktionen. Über die *MeSH-Subheadings* ist es möglich, Artikel, die einem MeSH-Terminus zugeordnet sind nach bestimmten thematischen Aspekten zu selektieren. Optional können auch über *MeSH-Major-Topic* die Publikationen identifiziert werden, die sich primär mit einem bestimmten MeSH-Schlagwort befassen.

In deutscher Sprache sind die MeSH über das *Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information* in Köln (DIMDI) verfügbar, das auch Herausgeber deutschsprachiger Fassungen diverser medizinischer Klassifikationen wie beispielsweise der ICD-10 und OPS ist. Neben der Übersetzung aller Main- und Subheadings wurde zusätzlich das Einstiegsvokabular um ca. 6.000 deutsche Bezeichnungen erweitert.

### **2.2 Suchstrategie in der Onlinedatenbank ISI - Web of Science und Datenexport**

Die Datenerhebung in der Onlinedatenbank ISI-WoS erfolgte am 27.02.2009

Eingegrenzt wurde die Suche auf Artikel aus den Jahren von 1900 bis 2008.

Suchbegriffe waren „*barotraum\**“, „*decompress\* ill\**“ und „*blast injur\**“.

Sie wurden mit der Option *or* verknüpft und in den Kategorien *title*, *abstract* und *keywords* *recherchiert*.

Im Zuge der Recherche im ISI-WoS konnten 3.279 Artikel identifiziert werden die den Suchkriterien entsprachen. Über die in der Onlinedatenbank integrierte Funktion *Output Records* wurden daraufhin die bibliometrischen Daten von je 500 Publikationen en bloc im Format „plain text file“ exportiert. Die Begrenzung auf jeweils 500 „records“ ist durch das ISI-WoS vorgegeben. Die Nummern der jeweils zu exportierenden Publikationen müssen im Feld „records“ manuell in der Form „1-500; 501-1000; etc.“ eingegeben werden.

## Material und Methoden

Um alle Zitationsindizes zu erhalten wurde der Datensatz jedes Artikels durch wählen der ebenfalls durch das Webinterface des ISI-WoS zur Verfügung stehenden Optionen „*full record*“ und „*cited reference*“ erweitert.

Die in den so erstellten sechs Datenblöcken enthaltenen bibliographischen Informationen liegen als Fließtext vor. Um die einzelnen Informationen voneinander trennen zu können sind diesen so genannte „*Tags*“ vorangestellt. Jede Zeile enthält jeweils nur eine Art von bibliographischer Information. In Tabelle 4 sind alle verwendeten Tags aufgelistet.

Tabelle 4: Tag`s

PT	Publikationsart (Publication Type); Als erste Information jedes Datensatzes wird es gleichzeitig als Begrenzung für neue Artikel verwendet
AU	Autoren
TI	Titel
SO	Name der Fachzeitschrift ( <i>Source</i> )
C1	Anschrift der Autoren
RP	Anschrift des Corresponding Authors
NR	Anzahl Literaturquellen (Zitate)
TC	Gesamtanzahl der erhaltenen Zitate
SN	ISSN-Nr. der Fachzeitschrift
PY	Erscheinungsjahr
SC	Subject Category

Zur effizienteren Aufarbeitung der so gewonnen bibliometrischen Daten wurde ein in MS Access Dot erstelltes Programm verwendet. Programmiert wurde diese Software mit in der Programmiersprache C++. Entwicklungsumgebung war der Borland C++ Builder 6.0®.

Die aufbereiteten Daten wurden dann in Tabellenform in einer neu erstellten MS Access Datenbank abgelegt.

### 2.3 Aufarbeitung der exportierten Daten

#### 2.3.1 h-Index

Vom amerikanischen Physiker Jorge E. Hirsch entwickelt und 2005 in den *Proceedings of the National Academy of Sciences* veröffentlicht, stellt der Hirschindex (h-Index, Hirschfaktor) ein einfaches und objektives bibliometrisches

Maß zur Bewertung wissenschaftlicher Leistungen dar. Er basiert auf der Zitationshäufigkeit der Publikationen eines Autors und besagt, dass ein Wissenschaftler einen Index  $h$  hat, sofern seine insgesamt  $N$  Veröffentlichungen jeweils mindestens  $h$  Zitierungen erhalten haben und die übrigen  $N-h$  Publikationen jeweils weniger als  $h$  Zitierungen bekommen haben. Um also den  $h$ -Index eines Autors zu ermitteln, muss man sämtliche seiner Publikationen nach ihrem Zitationsaufkommen sortiert betrachten. Hat ein Wissenschaftler beispielsweise unter allen seinen Veröffentlichungen zehn Schriften mit mindestens zehn oder mehr Zitierungen, entspräche dies einem  $h$ -Index von zehn. Prinzipiell wären diverse Datenquellen als Grundlage für die Berechnung des  $h$ -Index möglich. Hirsch selbst favorisierte jedoch das WoS des ISI, das nach seiner Ansicht derzeit die verlässlichste und umfassendste Datengrundlage darstellt.[101] So ist es, aufgrund des vergleichsweise hohen Publikationsaufkommens, bekannten Wissenschaftlern aus dem Bereich der Medizin- und Biowissenschaften möglich  $h$ -Indices im Bereich von 120 bis 191 zu erreichen.

### **2.3.2 Kartenanamorphoten und Density Equalizing Map Projections (DEMP)**

Bei einem Kartenanamorphoten handelt es sich um eine kartographische Darstellung einer Region mit mehreren Unterregionen. Das Größenverhältnis der einzelnen Teilregionen, wie Länder oder Städte, zueinander entspricht dabei jedoch nicht der topographischen Realität. Ihre Fläche wird proportional zur Größe eines spezifischen Parameters verzerrt wiedergegeben. Sie sind mittlerweile eine zuverlässige Methode die geographischen Verteilung eines bestimmten Merkmals wie beispielsweise des Publikationsaufkommens oder der Bevölkerungsdichte zu analysieren und verständlich darzustellen.[102, 103]

Historisch gesehen waren bereits viele Landkarten der Antike frühe Formen von Kartenanamorphoten. Wenig erkundete Gebiete waren meist flächenmäßig kleiner dargestellt als es der Realität entsprach, wohingegen Metropolen oder Stätten hoher kultureller oder religiöser Relevanz auf ihnen überdimensional vergrößert verzeichnet waren.

Mitte des 19 Jahrhunderts unternahmen Wissenschaftler erste Versuche erhobene Daten mit Hilfe von Kartenanamorphoten wiederzugeben. Aufgrund noch nicht

vorhandener Computertechnik waren die Darstellungen der einzelnen Teilregionen auf Vierecke beschränkt.

Mit Anbruch des digitalen Zeitalters boten sich neue Möglichkeiten der grafischen Darstellung. Durch die Weiterentwicklung der Kartenanamorphoten in Richtung der *Density Equalizing Map Projections* (DEMP) konnten nun die Konturen der einzelnen Teilregionen mit berücksichtigt werden. Auch erhöhte sich die Akkuratessse der nach dieser Technik erstellten Abbildungen deutlich.

Bei der Erstellung von DEMP`s wird zunächst eine durchschnittliche Dichte festgelegt ( $\rho_d = \text{Wert}/\text{Fläche}$ ). Um die gewünschte Verzerrung zu erreichen, werden Teilregionen, deren Dichtewert ( $\rho < \rho_d$ ) geringer ist als die Durchschnittsdichte, flächenmäßig soweit verkleinert, bis dieser ( $\rho$ ) dem Durchschnittswert ( $\rho_d$ ) entspricht. Analog wird mit der Fläche von Teilgebieten verfahren, deren Dichtewert über  $\rho_d$  liegt. Hierbei wird das Ziel verfolgt, dass nach dem Erstellen des Kartenanamorphoten an jedem Punkt der Karte der selbe Dichtewert besteht.

Im Bereich der medizinischen Forschung wurde die DEMP-Technik erstmals im Jahre 1985 von Dr. Deane W. Merrill zur Analyse der geographischen Verteilung von Erkrankungen genutzt. [104] Während seiner Tätigkeit im Populations at Risk to Environmental Pollution (PAREP) am Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) war Merrill maßgeblich an der Weiterentwicklung und Optimierung von DEMP Algorithmen beteiligt.

### 2.3.3 Diffusionskartenanamorphoten und ihre Methodik

Bei dem für die vorliegende Arbeit verwendeten Algorithmus zur Berechnung der verwendeten DEMP`s handelt es sich um die von Gastner und Newman entwickelten *Diffusion-based Method for Producing Density Equalizing Maps*. [102]

Die so entstandenen Abbildungen werden als Diffusionskartenanamorphoten bezeichnet. Sie wurde als Methode zur Analyse und gut verständlichen Präsentation der ermittelten Daten über die Distribution verschiedener Aspekte der barotraumaassoziierten Forschung verwendet.

Einer der allerersten computerbasierten Algorithmen zur Erstellung von kontinuierlichen DEMP`s war die in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts von Tobler etablierte *Rubber Map Method*.

Sie zeichnete sich durch geringe Überlappungen zwischen den benachbarten Teilregionen aus, ein Aspekt der über Jahrzehnte von keinem anderen Algorithmus in

dieser Form erreicht wurde. Ihre Nachteile bestanden in einer sehr hohen Datenfehlerquote und ihrem hohen Bedarf an Rechnerleistung.

Dies änderte sich mit der durch die US-amerikanischen Physiker Michael Gastner und Mark Newman 2004 vorgestellte Verfahren der *Diffusion-based Method for Producing Density Equalizing Maps*. [102] Dieser Algorithmus basierte auf dem aus der Elementarphysik bekannten Prinzip der Fickschen Diffusion.

Um an allen Punkten des DEMP`s eine einheitliche Dichte der darzustellenden Werte zu erreichen, werden diese als eine Dichtefunktion  $\rho(r,t)$  definiert bei denen  $r$  die geographische Position und  $t$  die verstrichene Zeit repräsentieren.

Nun lässt man sie von Bereichen hoher Wertedichte entlang des Wertegradienten hin zu Bereichen niedriger Wertedichte diffundieren. Am Zeitpunkt  $t \rightarrow \infty$  ist eine uniforme Dichte erreicht. Der Verlauf dieser Diffusion wird aufgezeichnet und das so entstandene Diffusionsmuster wird darauf hin auf die geographischen Originalobjekte übertragen. Großen Wasserflächen und Kartenbereichen, die von der Darstellung ausgeschlossen werden sollen, wird vor dem Diffusionsprozess die mittlere globale Wertedichte zugeordnet. Würde ihr mittlerer Dichtewert 0 betragen, wären die Regionsgrenzen zu stark verzerrt dargestellt und Ländergrenzen sowie eine sinnvolle Topographie wären nicht mehr zu erkennen.

Neben der hohen Genauigkeit der Flächengrößen unter Beibehalten möglichst originalgetreuer Konturen der Teilregionen, besticht die Technik durch ihren geringen Anspruch an die Rechnerleistung. Dies liegt an der Verwendung eines speziellen *Fast Fourier Transform* Algorithmus zur Lösung der komplexesten Gleichungen dieses Verfahrens. Somit sind auch schon kleinere Rechner in der Lage, die diffusionsbasierten DEMP`s in verhältnismäßig kurzer Zeit zu erstellen.

## 2.4 Bibliometrische Analysen

### 2.4.1 Analyse nach Sprachzugehörigkeit

Wie in Abschnitt 2.2 erläutert werden die relevanten Veröffentlichungen im ISI-WoS identifiziert. Hierauf folgt eine Untersuchung der Artikel auf ihre Sprachzugehörigkeit mittels der „*Analyse Results*“ Funktion des Webinterfaces.

### **2.4.2 Analyse nach Publikationsjahr**

Mit Hilfe der bereits in 2.2 erwähnten Methode werden die ermittelten barotraumaassoziierten Publikationen jeweils auf das Jahr ihrer Veröffentlichung hin untersucht.

### **2.4.3 Analyse der Erscheinungsformen der Publikationen**

Zur Ermittlung der Publikationsform („*Document Type*“) erfolgt die unter 2.2 beschriebene Recherche. Aufgeführt werden die Formate nach ihren englischen Originalbezeichnungen. Unter „Andere“ sind alle Erscheinungsformen zusammengefasst deren jeweiliger Anteil weniger als 5% aller Publikationen ausmachen.

### **2.4.4 Analyse nach Quellzeitschrift**

Hierbei werden alle im ISI-WoS ermittelten Publikationen analog zu 2.2 auf die Quelle ihrer Veröffentlichung („*Source Title*“) hin untersucht und auf diese Weise die Fachzeitschriften mit den meisten barotraumaassoziierten Publikationen ermittelt.

### **2.4.5 Analyse des internationalen Publikationsaufkommen**

Zunächst müssen alle für diese Arbeit relevanten Publikationen des ISI-WoS auf ihre Länderzugehörigkeit analysiert werden. Hierzu wird, das schon in Tabelle 4 beschriebene „C1-Tag“ ausgelesen und daraus die Anschriften der Autoren ermittelt. Sofern diese nicht angegeben wurde, muss sich, falls aufgeführt, des RP-Tags bedient werden, das die Adresse der publizierenden Universität bzw. Institution enthält. Mit Hilfe einer zuvor erstellten Tabelle (Tabelle 5) bestehend aus 251 Ländernamen, wird die so ermittelte Länderzugehörigkeit abgeglichen und bei uneinheitlichen Bezeichnungen für das selbe Land einem gemeinsamen landesspezifischen Identifikationscode zugeordnet. Diese Tabelle (Tabelle 5) findet später auch zur Erstellung der Kartenanamorphoten Verwendung. Ehemals aus Teilstaaten bestehende Länder, wie beispielsweise Deutschland, werden unter ihrem aktuellen Namen zusammengefasst. Durch die genauen Adressangaben der überwiegenden Anzahl von Artikeln, ist auch bei mittlerweile geteilten Ländern wie der ehemaligen Tschechoslowakei oder Jugoslawien eine präzise Zuordnung der

Publikationen zu den aktuellen Landesbezeichnungen möglich. Artikel, deren Datensatz keine Informationen im C1 oder RP Tag besitzen, werden von allen Analysen, die eine Bestimmung der Länderzugehörigkeit verlangen, ausgenommen. Mit Hilfe der so ermittelten Länderzugehörigkeit der einzelnen Artikel können nun die zum Thema Barotrauma meist veröffentlichenden Nationen identifiziert werden.

Tabelle 5: Ländercodes

<b>Ländercodes</b>	
<b>id</b>	<b>Country</b>
2731	Armenia
2732	Aruba
2733	Australia
...	...

### **2.4.6 Analyse des Publikationsaufkommens nach Autoren**

Nach der in 2.2 beschriebenen Methode wurden die zum Thema Barotrauma meistpublizierenden Autoren identifiziert.

### **2.4.7 Analyse nach publizierenden Institutionen**

Unter Verwendung der in 2.2 beschriebenen Methode wird die Herkunft aller Publikationen hinsichtlich ihrer veröffentlichenden Forschungseinrichtung ermittelt. Nach Erfassung aller für die barotraumaassoziierten Publikationen relevanten Institutionen, werden diese gesichtet und im Hinblick auf unterschiedliche Bezeichnungen und Abkürzungen für die gleiche Institution gefiltert, um Doppelnennungen zu vermeiden. Anhand der entsprechenden Tags der einzelnen Publikationen können auf diese Weise für jede Institution das Publikationsaufkommen, die Zitationsrate sowie der H-Index bestimmt werden.

#### **2.4.7.1 Analyse der Internationalen Verteilung der Publizierenden Institutionen**

Die in Kapitel 2.4.7 identifizierten Institutionen werden unter Verwendung der unter 2.2 beschriebenen Methode auf ihr Herkunftsland analysiert. So lässt sich die internationale Verteilung der zum Thema Barotrauma publizierenden Institutionen bestimmen. Die Ergebnisse werden mit Hilfe der unter 2.3.2 beschriebenen Kartenanamorphoten dargestellt.

#### 2.4.8 Entwicklung der Größe des Literaturverzeichnisses

Die Analyse der Entwicklung des durchschnittlichen Umfangs der Literaturverzeichnisse barotraumaassoziierter Publikationen erfolgte nach der unter 2.2 beschriebenen Methode unter Verwendung der über das *NR Tag* extrahierten Informationen.

#### 2.4.9 Anzahl der Autoren pro Artikel über die Zeitperiode

Als eine weitere Kooperationsanalyse wurde untersucht, wie sich die durchschnittliche Anzahl der an einer Publikation kooperierenden Autoren über die Jahre verändert. Verwendet wurde hierfür die unter 2.2 beschriebene Methode und die über das *AU Tag* extrahierten Informationen.

#### 2.4.10 Kooperationsanalysen

##### 2.4.11 Analyse der Länderkooperationen

Zur Erstellung von Kooperationsanalysen werden die bibliometrischen Informationen aus folgenden *Tags* benötigt:

PT J: Publikationsart

PY: Publikationsjahr

C1: Anschrift der einzelnen Autoren.

Die Extraktion der benötigten Informationen geschieht durch die für diese Methode speziell entwickelte unter 2.2 beschriebene Software, die Zeile für Zeile ausgelesene Textdaten zusammen mit der jeweils zugehörigen Artikelidentifikationsnummer in eine Tabelle (Tabelle 6) aufträgt.

Artikel		
id	country	year
10	#France##Belgium#	2008
12	#Canada##United States#	2008
...	...	...

Tabelle 6: Kooperationsdaten

## Material und Methoden

Die darin enthaltenen Ländernamen werden mit der bereits unter 2.4.5 verwendeten Tabelle 5 abgeglichen, um anhand der Länderidentifikationsnummer sicher zu gehen, dass keine Mehrfachnennungen vorliegen. Mit Hilfe dieser Tabellen und eines Algorithmus wird eine Kooperationsmatrix (Tabelle 6) befüllt. Sie enthält sowohl in Spalten- als auch in Reihenrichtung die Länderidentifikationsnummern aller nach 2.2 im ISI-WoS identifizierten Artikel, bei denen über das C1-Tag Informationen zum Herkunftsland abrufbar waren.

Nach Auftragen der Informationen aus Tabelle 6 repräsentiert der Inhalt jeder Matrixzelle die Anzahl der Publikationen, in deren C1-Tag die beiden dieser Zelle zugeordneten Länder aufgeführt waren.

Identifikationsnummer des Landes	1	2	...	N
1	X			
2		X		
...			X	
N				X

Tabelle 7: Kooperationsmatrix

Um die so erhaltenen Ergebnisse möglichst verständlich vermitteln zu können, wurde ein Netzdiagramm zur grafischen Darstellung erstellt. Dabei werden die miteinander kooperierenden Länder möglichst nebeneinander angeordnet und mit einem ihren Kooperationen entsprechenden Liniennetz versehen. Durchmesser und Farbe dieser Linien entsprechen der Häufigkeit der ermittelten Zusammenarbeiten. Um eine Übersichtlichkeit der Grafik gewährleisten zu können, wurde ein Schwellenwert für die Mindestanzahl an Kooperationen festgelegt. Alle Kooperationsverhältnisse unterhalb dieses Schwellenwertes wurden bei der Darstellung im Netzdiagramm nicht berücksichtigt. Analog hierzu wurden auch die Autoren- und Institutionskooperationen ermittelt. An Stelle der Länderidentifikationscodes wurden dabei für die Erstellung der Kooperationsmatrix die Autoren- bzw. die Institutionsnamen aus den entsprechenden *Tags* ermittelt.

### **2.4.12 Analyse der Häufigkeit von Kooperationen benachbarter und nicht benachbarter Länder**

Aus den mittels Tabelle 6 gewonnenen Daten wird darüber hinaus zudem der Einfluss der räumlichen Beziehung zwischen den Publikationsländern auf die Häufigkeit von Kooperationen zwischen diesen untersucht. Hierbei wird nicht die Menge der Kooperationsartikel, sondern die Anzahl der direkten Zusammenarbeiten zwischen ihnen gezählt. Diese liegt insgesamt also über der der Kooperationsartikel, da bei einer Beteiligung von mehr als zwei Ländern pro Publikation die Beziehung zwischen jedem der beteiligten Länder als eine Kooperation gezählt wird. Die so erhaltenen Länderkooperationen werden dann hinsichtlich der geographischen Beziehung zwischen den Ländern sortiert (benachbarte Länder vs. nicht benachbarte Länder). Die Entwicklung ihrer jeweiligen Häufigkeit wird ausserdem über die Jahre betrachte und miteinander verglichen. Als benachbart sind Länder definiert, sofern sie durch eine natürliche Landbrücke miteinander verbunden sind. So hat beispielsweise Großbritannien mit Irland nur ein einziges Nachbarland.

### **2.4.13 Analyse der Autorenkooperationen**

Die Analyse der Autorenkooperationen erfolgte analog zum unter 2.4.11 beschriebenen Verfahren. Beim Erstellen der Kooperationsmatrix wird hierbei an Stelle des Länderidentifikationscodes die Autorenidentifikationsnummer verwendet.

### **2.4.14 Analyse der Institutionskooperationen**

Die Institutionskooperationen wurden ebenfalls analog zum unter 2.4.11 beschriebenen Verfahren analysiert. Auch tritt hierbei an die Stelle des Länderidentifikationscodes die Institutionsidentifikationsnummer.

### **2.4.15 Zitationsanalysen**

#### **2.4.15.1 Analyse der Zitationen nach Publikationsjahr**

Unter Zuhilfenahme der bereits unter 2.1.2 erwähnten *Citation Reports* ist eine detaillierte Zitationsanalyse aller für diese Arbeit relevanten Publikationen möglich.

Auf diese Weise kann jede Publikation identifiziert werden, die mit einem Zitat auf eine der unter 2.2 ermittelten barotraumaassoziierten Veröffentlichungen verweist. Sortiert man die unter 2.2 identifizierten Publikationen wiederum mit Hilfe der *Analyse Results* Funktion des ISI-WoS nach ihrem jeweiligen Publikationsjahr, kann überdies ihr jeweiliges Zitationsaufkommen pro Publikationsjahr berechnet werden. Das hierfür zu analysierende Datenvolumen ist so massiv, dass es nur fraktioniert bearbeitet werden kann. Die jeweils erhaltenen Teilergebnisse werden in einer Exeltabelle gesammelt, um dann in einer abschließenden Analyse zusammengefasst werden zu können.

### **2.4.15.2 Analyse der Zitierungen nach Zitationsjahr**

Eine weitere durchgeführte, ebenfalls auf den *Citation Reports* basierende Analyse betrifft das absolute jährliche Zitationsaufkommen. Dazu wurden für die nach 2.2 gefundenen Publikationen mittels der *Citation Reports* sämtliche auf sie verweisende Zitationen identifiziert und nach dem Jahr der Zitation zusammengestellt.

### **2.4.15.3 Analyse der durchschnittlichen jährlichen Zitationsrate**

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über die Jahre 1978-2008. Die extrahierten Daten vor 1978 konnten für diese Analyse nicht verwendet werden, da erst in diesem Jahr ein Minimum von 30 Publikationen pro Jahr erreicht wurde. Erst ab diesem Artikelvolumen kann eine für statistische Berechnungen zufriedenstellende Normalverteilung erreicht werden.[105] Unter Verwendung der in 2.4.2 gewonnenen Daten und Analyse der *Citation Reports*, der nach 2.2 identifizierten relevanten Artikel für den gewählten Zeitraum, kann die Zitationsrate für jedes Jahr innerhalb des Untersuchungszeitraums errechnet werden. Hierzu wird die Anzahl der in dem jeweiligen Jahr ermittelten Zitate, die auf eine barotraumaassoziierte Publikation verweisen, durch die Menge der im selben Jahr veröffentlichten barotraumaassoziierten Artikel geteilt.

### **2.4.15.4 Analyse des internationalen Zitationsaufkommens**

Die nach der in 2.2 beschriebenen Methode exportierten Daten werden mit Hilfe der ebenfalls in 2.2 beschriebenen Software auf die Anzahl der Zitate hin untersucht, die

jedes der publizierenden Länder für sich verzeichnen kann. Zusätzlich wurde mittels der unter 2.4.5 ermittelten Ergebnisse die jeweilige Zitationsrate und der h-Index der einzelnen Länder berechnet. Die Grafische Darstellung der so erhaltenen Ergebnisse erfolgt mit Hilfe eines Kartenanamorphoten.

### **2.4.15.5 Analyse der Zitationsrate der produktivsten Autoren**

Analog zum unter 2.4.15.4 beschriebenen internationalen Zitationsaufkommen wurde anhand der durch 2.2 gewonnenen Daten die Menge der erhaltenen Zitate, die durchschnittliche Zitationsrate, sowie der h-Index der zehn produktivsten Autoren ermittelt.

### **2.4.15.6 Zitationsmuster und Selbstzitationen der meist zitierten Autoren**

Die folgende Analyse befasst sich mit den Zitationsverhältnissen der meist zitierten Autoren untereinander sowie dem Maß ihrer Selbstzitationen.

Hierfür wurden zunächst die zehn meistzitierten Autoren identifiziert und mit Hilfe der *Citation-Report*-Funktion des ISI-WoS ein Zitationsmuster für diese untereinander erstellt. Um die Ergebnisse repräsentativer zu gestalten und Autoren mit Beteiligung an nur wenigen, überdurchschnittlich häufig zitierten Arbeiten heraus zu filtern, wurde für die Aufnahme in diese Analyse ein Schwellenwert von mindestens zehn Veröffentlichungen pro Autor festgelegt. Bei der grafischen Darstellung dieses Zitationsmusters, verweisen Pfeile jeweils vom zitierenden zum zitierten Autor. Die Dicke der Pfeile ist proportional zur Menge der Zitate. Neben jedem Autor ist die jeweilige Anzahl an Selbstzitationen abzulesen. Dies erlaubt eine bessere Einschätzung des Einflusses von Selbstzitationen auf die jeweilige Zitationsrate der Autoren.

### **2.4.15.7 Analyse nach Themengebieten**

Wissenschaftliche Arbeiten werden ihrem Inhalt entsprechend nach diversen Themengebieten, den sogenannten *Subject Areas*, kategorisiert.

In den nach 2.2 exportierten Daten aus dem ISI-WoS sind diese unter dem *Tag* „Sc“ festgehalten.

## Material und Methoden

Durch das Auslesen dieser Daten ist es möglich, die der Anzahl der ihnen zugeordneten barotraumaassoziierten Publikationen nach am häufigsten vertretenen Themengebiete zu identifizieren. Diese Analyse kann kumulativ auf alle Publikationen erfolgen oder auch auf einzelne Publikationsjahre bezogen werden. Somit besteht auch die Möglichkeit, die Entwicklung der einzelnen Themengebiete in Bezug auf die barotraumaspezifischen Veröffentlichungen über die Zeit zu betrachten.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine kumulative Analyse über die zehn meistvertretenen Themengebiete durchgeführt. Die zeitliche Entwicklung wurde bei den fünf am häufigsten zugeordneten Themengebiete beobachtet.

Mit der bereits unter 2.4.5 beschriebenen Methode konnten die unter 2.2 identifizierten Artikel ihrem jeweiligen Publikationsland zugeordnet werden. So geordnet wurden die Artikel der zehn meist publizierenden Länder auf ihre Zuordnung zu den insgesamt häufigsten Themengebieten untersucht, um etwaige Unterschiede in der Verteilung der Themengebiete in verschiedenen Ländern repräsentativ aufzeigen zu können. Die Ergebnisse dieser Analyse wurden mit Hilfe eines Balkendiagramms dargestellt.

Oftmals sind die barotraumaassoziierten Publikationen mehr als einem Themengebiet zugeordnet. In dieser Arbeit wurden die relevanten Publikationen daher sowohl auf die Häufigkeit der Kombination zweier oder mehrerer Themengebiete pro Artikel, als auch auf die Struktur der interdisziplinären Vernetzung hin untersucht. Die Ergebnisse letzterer Analyse wurden im Anschluss mit Hilfe eines Netzdiagramms dargelegt.

### 3 Ergebnisse

Nach der in 2.2 beschriebenen Suchstrategie betrug die Anzahl der ermittelten Publikationen 3279.

#### 3.1 Analyse nach Sprachzugehörigkeit

Die 3279 im ISI-WoS ermittelten Veröffentlichungen wurden in 14 verschiedenen Sprachen verfasst. Mit ca. 94% ist der größte Anteil der Artikel der englischen Sprache zuzuordnen. Als Publikationssprache, spielen wie in Abbildung 5 ersichtlich neben dem Englischen nur noch die deutsche mit ca. 3% und die französische Sprache mit ca. 2% eine erwähnenswerte Rolle. Publikationen in den übrigen elf festgestellten Sprachen machen insgesamt nur ca. 1% der Gesamtveröffentlichungen aus und wurden daher unter der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst.

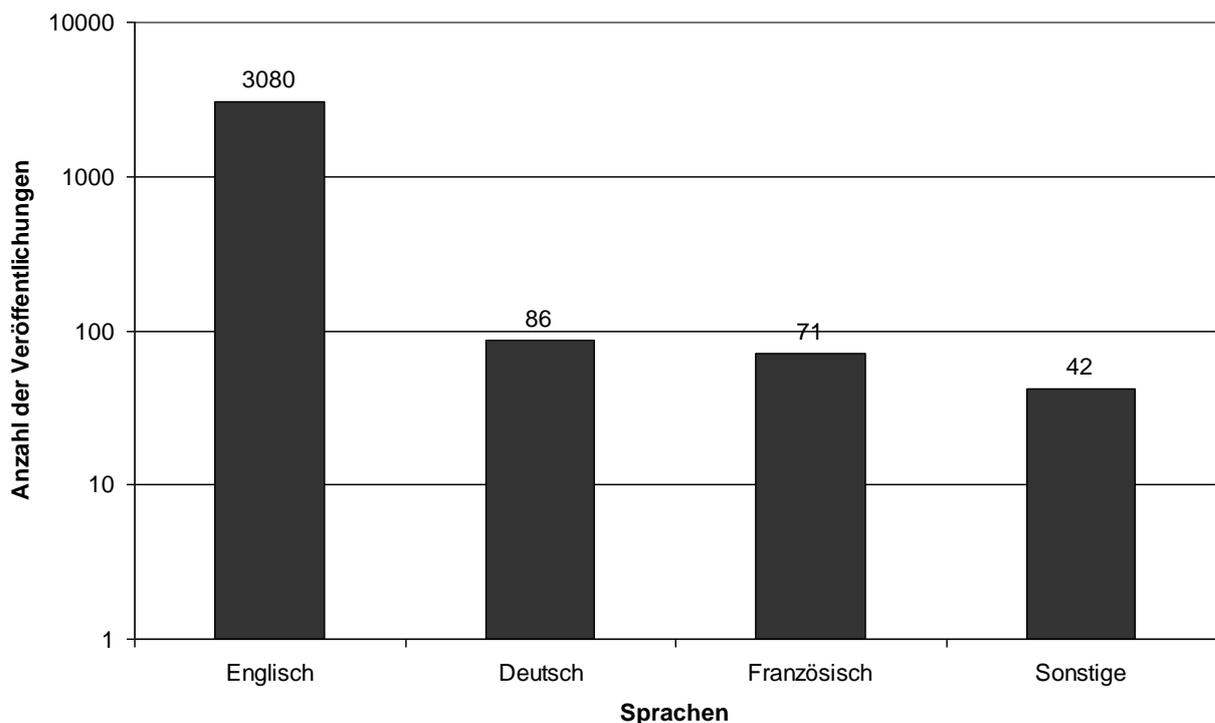


Abbildung 5: Publikationen nach Sprachzugehörigkeit

#### 3.2 Analyse der Publikationsjahre

Die Analyse der Anzahl der Artikel nach den Jahren ihrer Veröffentlichung ergibt folgendes Bild:

Bis 1945 kommt es zu einer stetigen Zunahme an Publikationen mit einem Publikationsmaximum von 19 Artikeln. In den darauf folgenden sechs Jahren, geht

## Ergebnisse

die Anzahl der Veröffentlichungen jedoch zurück, bis das Publikationsaufkommen, wie in Abbildung 6 ersichtlich, fast vollständig zum Erliegen kommt.

Absolute Minima in der Anzahl der Publikationen sind in den Jahren 1951 und 1959 zu konstatieren, nämlich, mit jeweils nur einem Artikel zum Thema Barotrauma. In der Zeit zwischen diesen Publikationsminima sind durchschnittlich 3-4 Veröffentlichungen pro Jahr feststellbar. Ab 1959 bis 1988 ist ein stetiger Anstieg mit nur kleineren Schwankungen in der Anzahl der jährlichen Publikationen zu verzeichnen. Nachdem es im Jahr 1988 noch einmal zu einem kleineren Einbruch der Publikationsrate kommt, steigt diese in den darauf folgenden zwei Jahren explosionsartig von 25 auf bis zu 121 Veröffentlichungen pro Jahr an. In den folgenden 13 Jahren kommt es zu einer wechselhaften Zu- und Abnahme des Publikationsaufkommens, allerdings mit einem insgesamt deutlichen Aufwärtstrend. Die Anzahl der Publikationen liegt während dieser Periode niemals unterhalb einer Marke von 100 Artikeln pro Jahr. Seit 2004 wiederum besteht ein ungebrochen steiler Anstieg der Publikationsrate von einem Wert von 142 auf aktuell 211 Publikationen pro Jahr (2008).

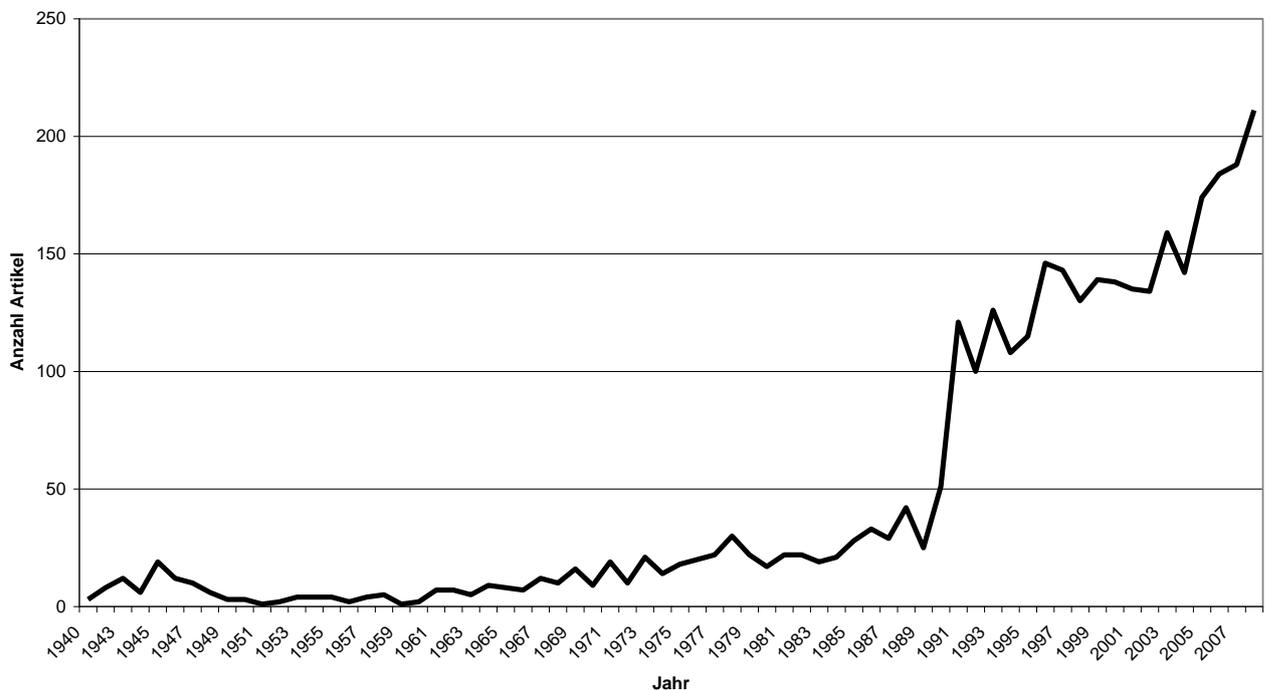


Abbildung 6: Analyse nach Jahr der Publikation

### 3.3 Analyse der Erscheinungsformen der Publikationen

Insgesamt fanden sich elf verschiedene Publikationsformen, die mit dem Thema Barotrauma assoziiert sind. Mit einem Anteil von 69% der Gesamtveröffentlichungen stellt der *Article* die Haupterscheinungsform dar. Die Restlichen 31% teilen sich in eine Vielzahl verschiedenster Publikationsformen. Im Einzelnen ist ihr Anteil jedoch so gering, dass sie als Erscheinungsform nur eine verhältnismäßig geringe Relevanz haben. Ersichtlich wird dies in Abbildung 7, in der die fünf häufigsten ermittelten Publikationsformen *Proceeding Paper*, *Review*, *Meeting Abstract* und *Letter* aufgeführt werden. Unter der Kategorie „Andere“ sind zu Gunsten der Übersichtlichkeit alle übrigen sechs ermittelten Erscheinungsformen zusammengefasst, die einen Anteil von jeweils weit unter 5% haben. Bei der Bezeichnung der Erscheinungsformen, handelt es sich um die Originalkategorien wie sie im ISI-WoS ermittelt wurden.

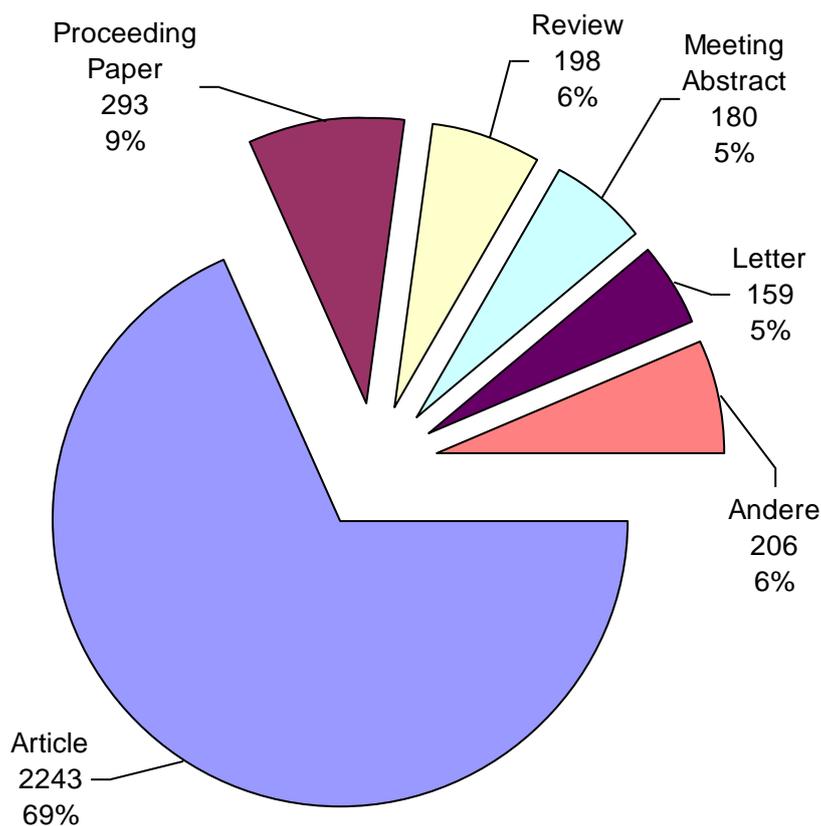


Abbildung 7: Publikationen nach Erscheinungsformen

### 3.4 Analyse des durchschnittlichen Publikationsumfanges

Im folgenden Abschnitt wurde untersucht, in wie fern sich das durchschnittliche Volumen der barotraumaassoziierten Veröffentlichungen innerhalb der letzten Jahrzehnte verändert hat.

Hierfür wurden sämtliche Artikel der letzten 30 Jahre auf ihr Publikationsjahr und ihre durchschnittliche Seitenzahl hin analysiert.

Innerhalb der ersten zehn Jahre des Untersuchungszeitraums kam es nur zu einer geringen Zunahme des durchschnittlichen Artikelumfangs um eine Seite, von 4,27 auf 5,21 Seiten pro Artikel. Von 1988 bis 1990 fiel die durchschnittliche Seitenzahl kurzfristig wieder auf ein absolutes Minimum von 4,20, um anschliessend innerhalb von zwei Jahren auf ein absolutes Maximum von 7,35 anzusteigen. Seitdem unduliert die durchschnittliche Seitenzahl in einem ca. fünf Jahresrhythmus zwischen sechs und sieben Seiten pro Artikel. Grafisch wurde dies in Abbildung 8 festgehalten.

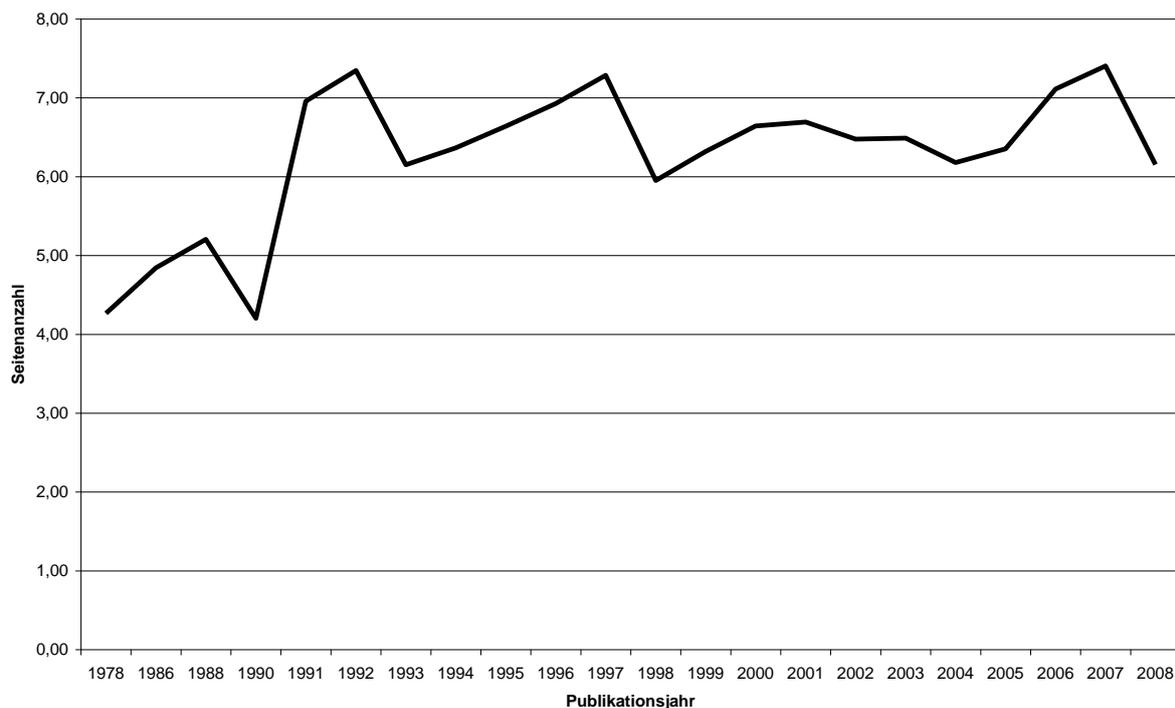


Abbildung 8: Durchschnittler Umfang der Publikationen

### 3.5 Analyse der Fluktuation des Literaturverzeichnisvolumens über die Jahre

Als ein Indikator für das ansteigende Publikationsaufkommen der Forschung zum Thema Barotrauma wurde in Abbildung 9 die zeitliche Entwicklung der durchschnittlichen Größe der Literaturverzeichnisse dargestellt.

## Ergebnisse

Zwischen den Jahren 1978 und 1993 ließ sich eine Verdopplung der durchschnittlichen Quellenzahl von 14,72 auf 30,32 verzeichnen. Zum steilsten Anstieg kam es dabei während der Jahre 1986 bis 1988, in der es zu einer Größenzunahme der Literaturverzeichnisse um durchschnittlich 14 Quellen kam.

Abgesehen von zwei Einbrüchen in den Jahren 1994 (24,84) und 1998 (23,91) hat sich die durchschnittliche Größe der Literaturverzeichnisse in den letzten 15 Jahren auf ca. 30 Quellen pro Publikation eingependelt.

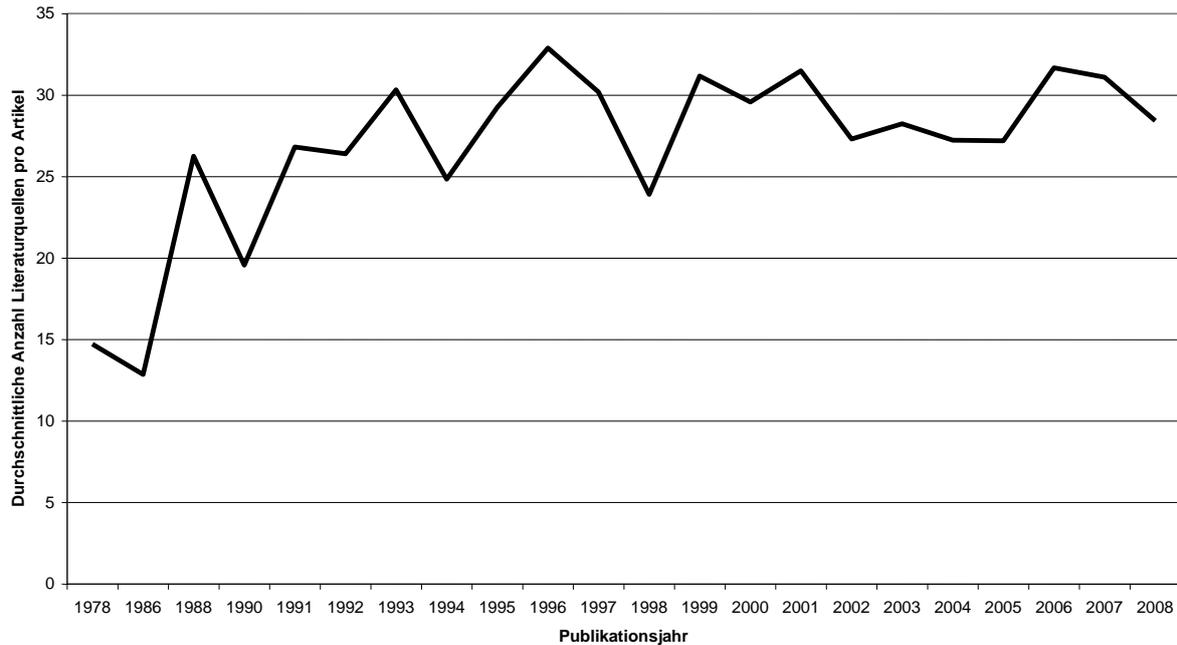


Abbildung 9: Entwicklung der Größe der Literaturverzeichnisses

### 3.6 Analyse nach Quellenzeitschriften

Insgesamt konnten 812 verschiedene Zeitschriften identifiziert werden, die bisher mindestens eine der nach Anwendung der in 2.2 beschriebenen Suchstrategie ermittelten Artikel publiziert haben.

Mit Abstand an erster Stelle steht hierbei das Journal *Aviation, Space and Environmental Medicine*, in dem 287 Artikel veröffentlicht wurden. Dies entspricht 9% aller Publikationen, die mit dem Barotrauma thematisch assoziiert sind. Es handelt sich hierbei um eine von der AsMA (Aerospace Medical Association) herausgegebene Fachzeitschrift. Die AsMA ist die größte professionelle internationale Fachgesellschaft auf dem Gebiet der Flug- und Raumfahrtmedizin.

In der Rangliste der meist publizierenden Zeitschriften finden sich fast ausschließlich sehr themenspezifische Fachblätter wie das *Undersea And Hyperbaric Medicine Journal*, *Undersea Biomedical Research* und das *Journal of Applied Physiology*. Wie

## Ergebnisse

der Abbildung 10 zu entnehmen ist, finden sich lediglich auf Platz 10 und 12 mit dem *British Medical Journal* und dem *Lancet* zwei medizinische Fachzeitschriften, die eher allgemeine breitgefächerte Themenbereiche abdecken.

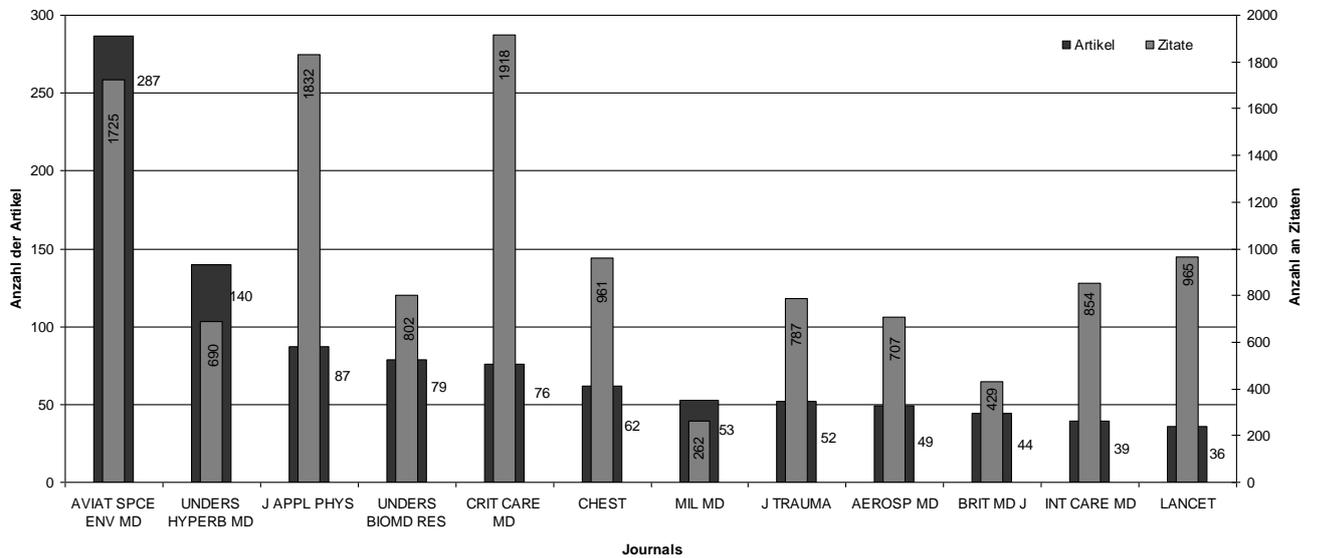


Abbildung 10: Rangliste der meistpublizierenden Quellenzeitschriften mit Gesamtzitationsaufkommen

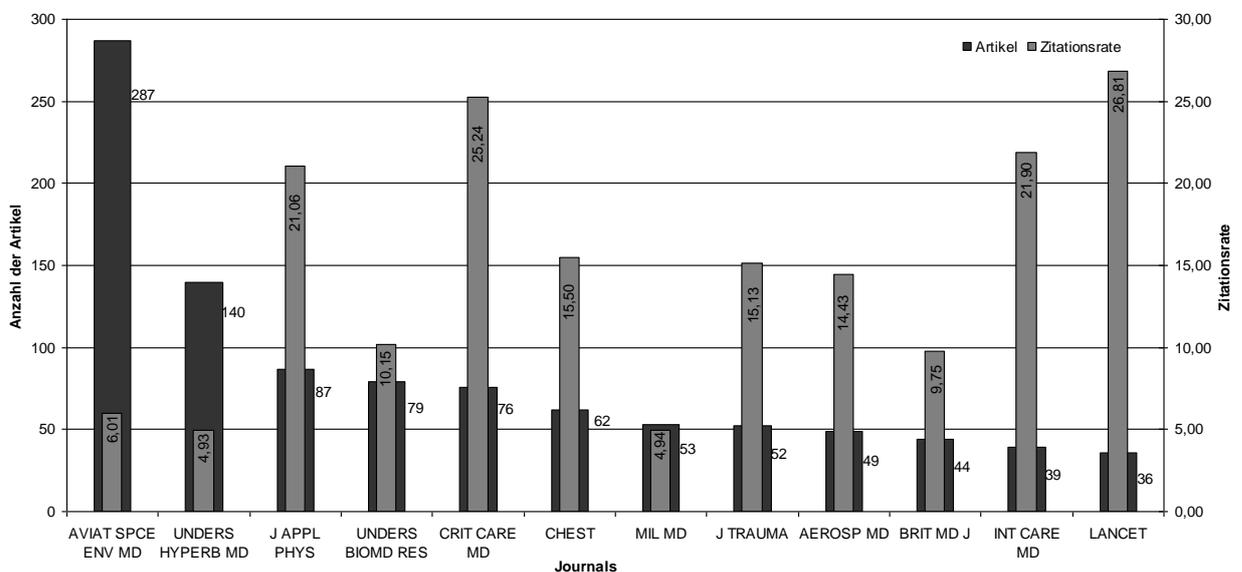


Abbildung 11: Rangliste der meistpublizierenden Quellenzeitschriften mit Zitationsrate

### 3.7 Analyse der Themengebiete (Subject Areas)

Bei ihrer Veröffentlichung in wissenschaftlichen Fachzeitschriften, werden Publikationen entsprechend ihrer Fragestellungen unterschiedlichen Themengebieten (*Subject Areas*) zugeordnet.

## Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die den Artikeln am häufigsten zugeordneten Fachgebiete nach verschiedenen bibliometrischen Gesichtspunkten untersucht.

### 3.7.1 Publikationsstärkste Themengebiete

Zunächst wurden die zehn häufigsten Themengebiete über die Anzahl der ihnen zugeordneten Artikel identifiziert und in Abbildung 12 dargestellt.

Besonders auffällig ist, dass neben allgemeinen Themenbereichen wie *Medicine Internal & General* und *Surgery* und auf Platz 1 und 3 mit 700 bzw. 420 Artikeln auch verhältnismäßig kleine medizinische Fachbereiche wie *Sport Sciences*(453) und *Public, Environmental & Occupational Health* (368) bei den barotraumaassoziierten Publikationen in den Vordergrund treten. Sie nehmen Rang 2 und 4 unter den häufigsten Themengebieten ein.

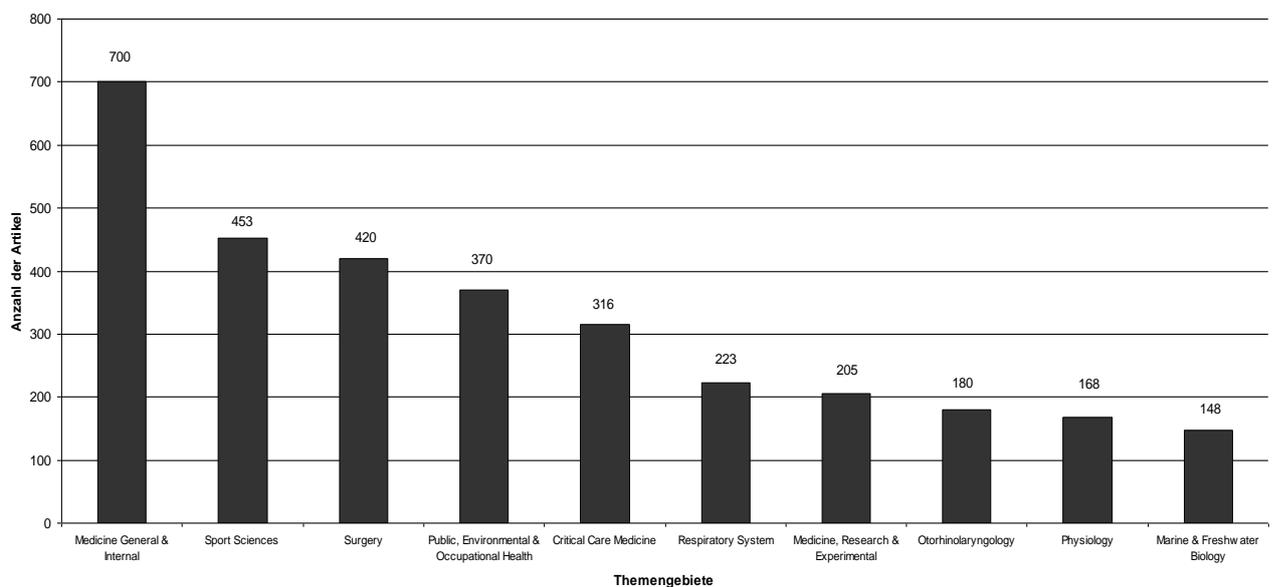


Abbildung 12: Publikationsstärkste Themengebiete

### 3.7.2 Meist zitierte Themengebiete

Zur besseren Einschätzung der ihnen jeweils entgegengebrachten Resonanz durch andere Wissenschaftler, wurden die einzelnen Themengebiete auf ihre jeweilige durchschnittliche Zitationsrate hin betrachtet. Die zehn meistzitierten Themengebiete wurden in Abbildung 13 zusammen mit ihrer durchschnittlichen Zitationsrate mittels eines Säulendiagramms dargestellt. Auffällig ist die deutliche Divergenz zwischen meist publizierenden und meist zitierten Themengebieten. So erscheinen die viel publizierenden Themengebiete *Sport Sciences* (3887) und *Public, Enviromental &*

## Ergebnisse

*Occupational Health* (2086) nur noch auf Platz 5 und 7 im Ranking. Das meist publizierende Themengebiet *Medicine, General & Internal* (9669) platziert sich auch bei den erhaltenen Gesamtziten auf Rang 1. Die *Critical Care Medicine* (6125) und *Respiratory System* (4468) platzieren sich hingegen in diesem Ranking auf Platz 2 und 3 und befanden sich in Bezug auf ihr Publikationsaufkommen lediglich im Mittelfeld der meist publizierenden Themengebiete.

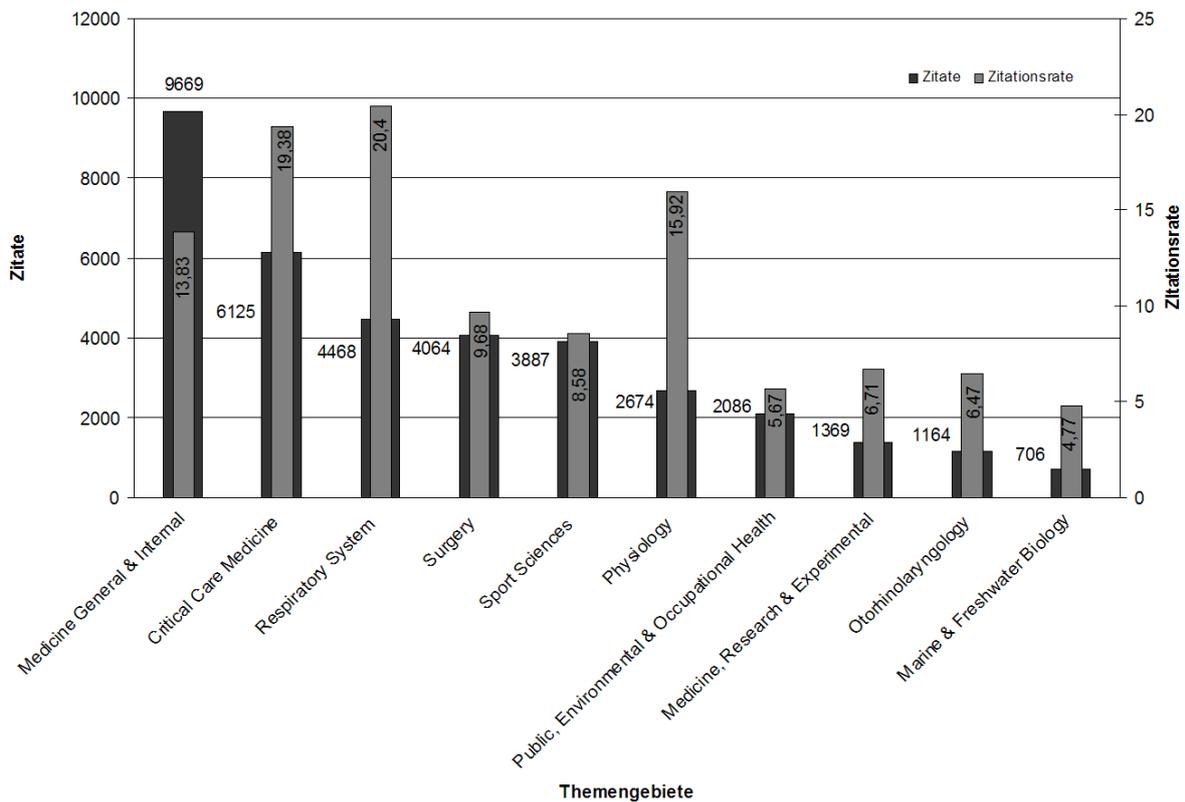


Abbildung 13: Meist zitierte Themengebiete

### 3.7.3 internationale Verteilung der Themengebiete

Vergleicht man die Häufigkeitsverteilung der Themengebiete innerhalb der zehn publikationsstärksten Länder miteinander, zeigt sich, dass diese international doch sehr starken Fluktuationen unterliegt.

Zur Visualisierung wurde in Abbildung 14 ein Säulendiagramm erstellt. Es erfasst die prozentuale Verteilung der barotraumaassoziierten Veröffentlichungen des jeweiligen Landes auf die bereits in Abbildung 12 identifizierten zehn häufigsten Themengebiete.

Wie deutlich zu erkennen liegt die Höhe der einzelnen Säulen des Diagramms teilweise über und teilweise unter der 100% Marke. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Publikationen oft mehreren Themengebieten zugeordnet sind bzw. nicht in

## Ergebnisse

jedem Land alle Themengebiete vertreten sind. Auch können in einzelnen Ländern Artikel überdurchschnittlich häufig Themengebieten zugeordnet werden, die nicht zu den zehn international meist zugeordneten gehören.

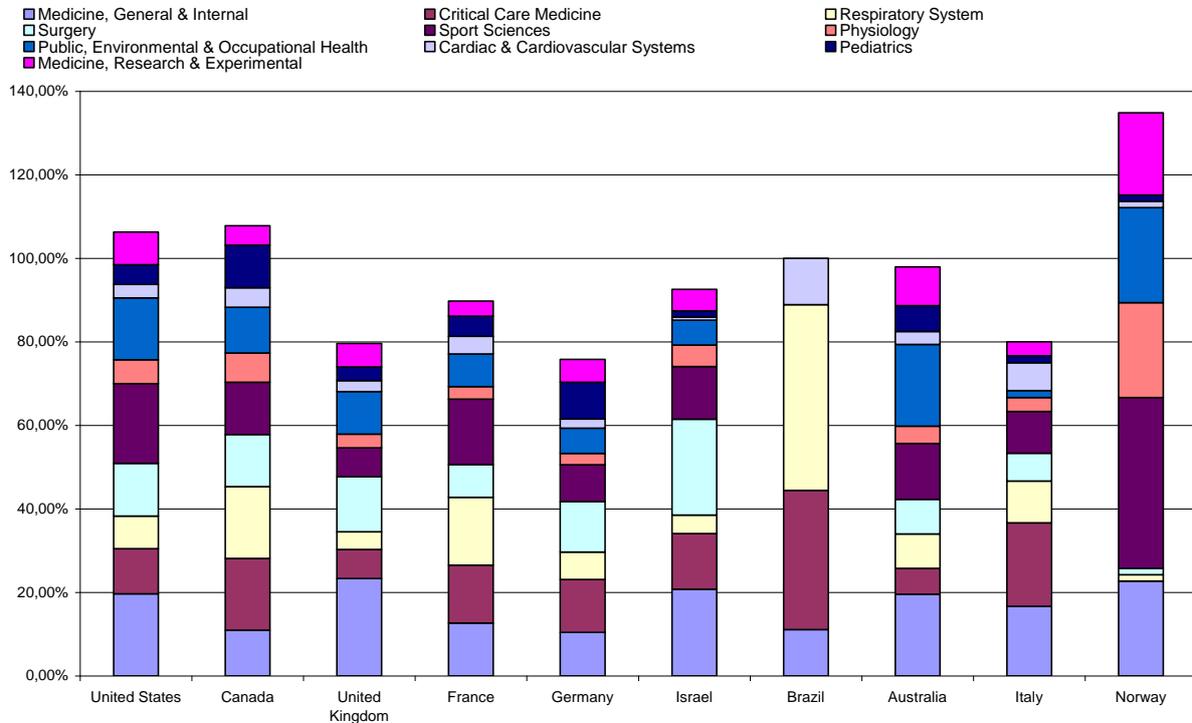


Abbildung 14: internationale Verteilung der Themengebiete

### 3.7.4 Menge der zugeordneten Themengebiete pro Publikation

Wie bereits in 3.7.4 gezeigt sind die Publikationen häufig mit mehr als einem Themengebiet assoziiert. Zur besseren Verdeutlichung dieser Tatsache wurden alle Artikel auf die Anzahl der ihnen zugeordneten Themengebiete hin analysiert.

Die Untersuchung ergab, dass mit 1812 Artikeln nur knapp über die Hälfte aller Publikationen ausschließlich einen Themenschwerpunkt besaßen. Bei einem Drittel der Veröffentlichungen konnten zwei und bei weiteren ca. 14% der untersuchten Publikationen sogar drei Themengebiete ermittelt werden. Eine Zuordnung zu mehr als drei Themengebieten war, wie in Abbildung 15 zu erkennen, nur noch sehr selten zu finden.

Die maximale Anzahl an zugeteilten Themengebieten betrug sechs. Sie bestand allerdings nur bei zwei Publikationen.

## Ergebnisse

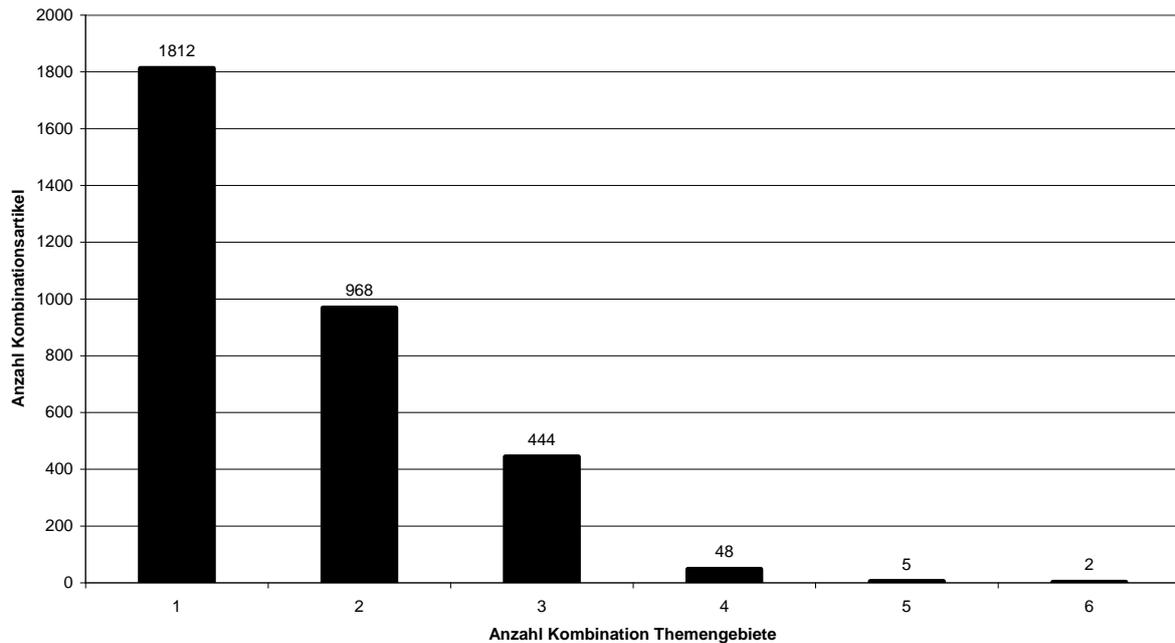


Abbildung 15: Verteilung der Artikel nach Anzahl der Themengebiete

### 3.7.5 Häufig kombinierte Themengebiete

Wie in 2.4.15.7 beschrieben wurden die in 3.7.4 ermittelten Kombinationsartikel mit mehr als einem Themenschwerpunkt auf die häufigsten miteinander kombinierten Themenschwerpunkte hin untersucht.

Das Ergebnis dieser Analyse wurde mit Hilfe eines Netzdiagrammes in Abbildung 16 grafisch aufgearbeitet. Der Übersichtlichkeit halber mussten, um in die Darstellung aufgenommen werden zu können, pro Themenkombination mindestens 20 Kombinationsartikel ermittelt werden können.

Dadurch fallen besonders drei Themengebiete ins Auge die mit Abstand besonders oft miteinander kombiniert wurden. Diese sind *Sport Sciences*, *Medicine, General & Internal* und *Public, Environmental & Occupational Health*. Alle drei Themengebiete waren ähnlich oft miteinander kombiniert. Am häufigsten jedoch bestand eine Kombination zwischen *Sport Sciences* und *Public, Environmental & Occupational Health*(297).

Mit 140 Kombinationsartikeln war die vierthäufigste Themenkombination zwischen *Medicine, Research & Experimental* und *Marine & Freshwater Biology* zu finden,

## Ergebnisse

gefolgt von *Surgery* und *Critical Care Medicine* (112) sowie *Physiology* und *Sport Sciences* (96). Alle übrigen Themenkombinationen waren jeweils nur bei weniger als 50 Artikeln festzustellen.

Besonders auffällig ist, dass *Surgery* unter den dargestellten Themengebieten überdurchschnittlich vielfältig mit anderen Themenbereichen kombiniert wurde. So konnten insgesamt sieben unterschiedliche Themenkombinationen unter Beteiligung von *Surgery* gefunden werden.

# Ergebnisse

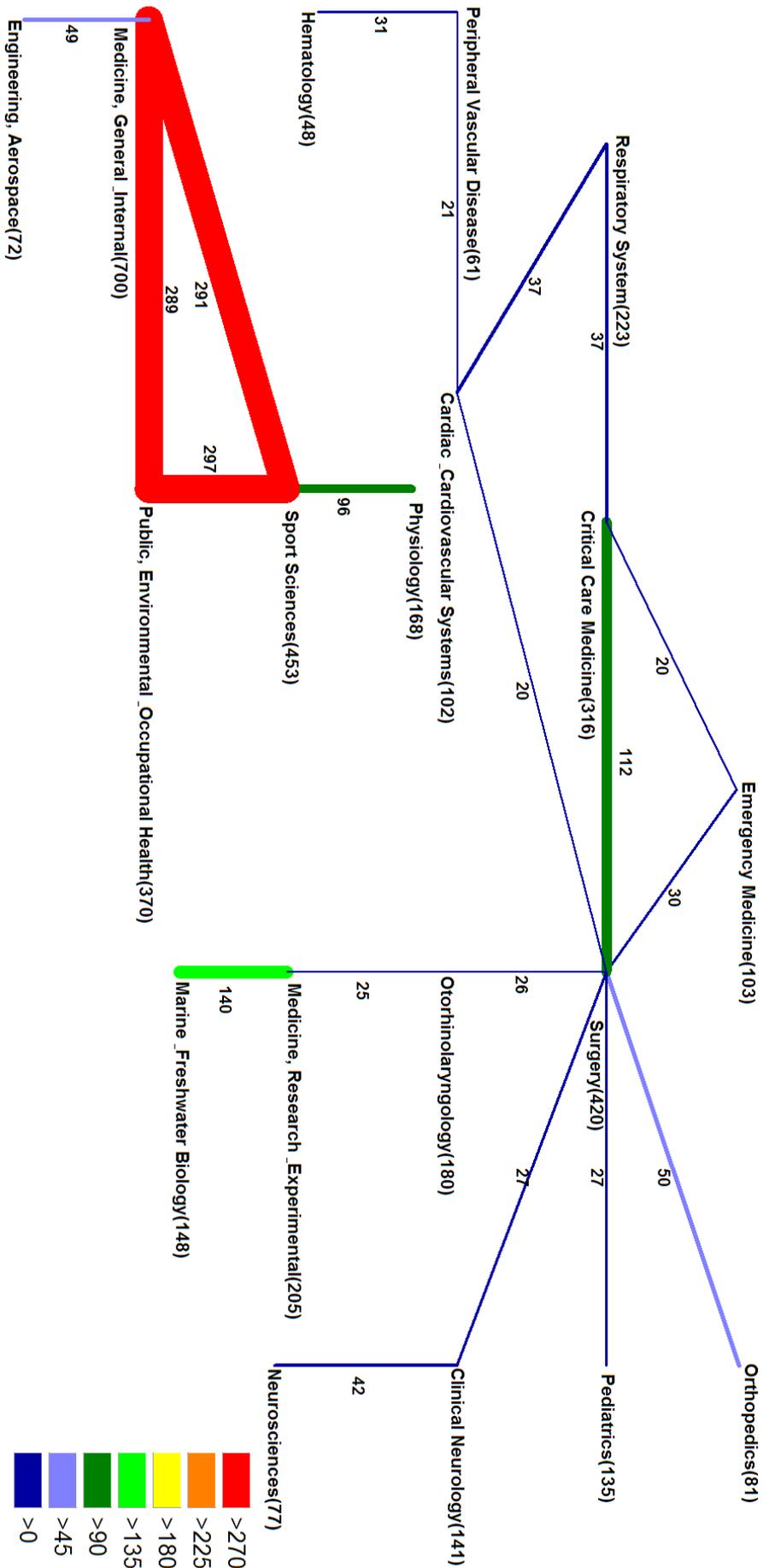


Abbildung 16: Netzdiagramm der Themengebiete

### 3.7.6 Zeitliche Entwicklung der Themengebiete

Eine weitere interessante Fragestellung ist, in welchen Bereichen der Medizin die Forschung zum Thema Barotrauma in den letzten Jahrzehnten den größten Vortrieb zu verzeichnen hatte. Hierzu wurden sämtliche Publikationen zum Thema Barotrauma hinsichtlich ihres Publikationsjahres und den ihnen zugeordneten Themengebieten analysiert.

Das Ranking der Themengebiete, nach der Anzahl der ihnen zugeordneten Publikationen, wurden in Abbildung 17 dargelegt. Zu sehen ist ihre Entwicklung innerhalb der letzten 50 Jahre in Bezug auf ihren prozentualen Anteil an allen analysierten Veröffentlichungen.

Zur besseren Übersicht wurden die Artikel aus jeweils vier Jahren zu einem Datenpunkt zusammengefasst.

Deutlich zu erkennen ist, dass der Themenbereich *Surgery* insgesamt den größten Vortrieb hatte. Machte dieser zwischen 1959 – 1963 noch nicht mal 1% der Publikationen aus, so sind mittlerweile mehr als 35% aller barotraumaassoziierten Veröffentlichungen dem Themenbereich *Surgery* zugeordnet. Innerhalb der letzten zehn Jahre war diese Entwicklung besonders steil, so dass sich *Surgery* mittlerweile als dominierendes Themengebiet bei aktuellen Publikationen durchgesetzt hat.

Die geringste Entwicklung unter den fünf analysierten Themenbereichen erlebte *Medicine, General & Internal*.

Als einziges aus der Rangliste der Themenbereiche lag es bereits bei Beginn des Untersuchungszeitraums mit 2,57% aller Neupublikationen oberhalb der 1% Marke.

Über mehr als 20 Jahre hielt es seine Führungsposition, wurde dann jedoch von den anderen 4 Themenbereichen überholt und macht aktuell nur noch 19,57% aller Neuveröffentlichungen aus. Den übrigen drei Themengebieten sind aktuell im Bereich *Sport Sciences* 27,59%, der *Critical Care Medicine* 28,8% und dem Bereich *Public, Environmental & Occupational Health* 30% aller Neuerscheinungen zugeordnet.

## Ergebnisse

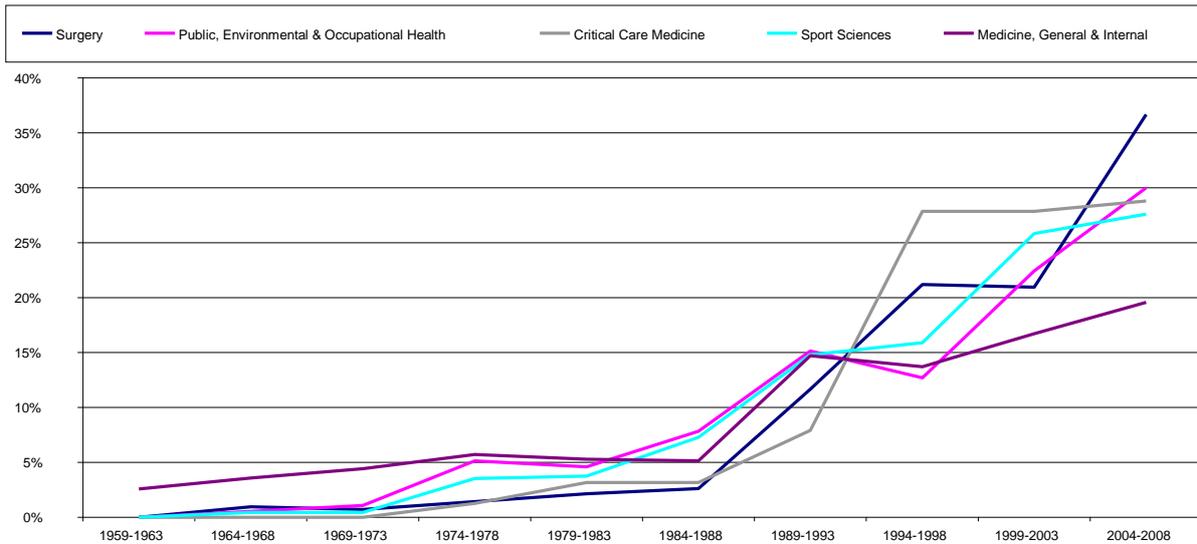


Abbildung 17: Entwicklung der Themengebiete

### 3.8 Analyse der Publikationsländer

#### 3.8.1 Internationales Publikationsaufkommen

Das höchste Aufkommen an thematisch mit dem Barotrauma assoziierten Publikationen ist in den USA zu verzeichnen. 1379 der insgesamt 3279 im *ISI Web of Science* identifizierten Publikationen wurden von den USA selbst oder mit ihrer Beteiligung veröffentlicht. Das macht 42% des Gesamtpublikationsaufkommens aus. Somit hat die USA mit Abstand die Führungsposition unter den weltweit meist publizierenden Nationen eingenommen. Im Verhältnis dazu weit abgeschlagen folgen, wie in Abbildung 18 ersichtlich, die drei meist publizierenden europäischen Länder Großbritannien mit 304(9%), Deutschland mit 182(6%) und Frankreich mit 166(5%) Publikationen international auf den Plätzen 2 bis 4. Das meistpublizierende asiatische Land ist Israel mit 135 (4%) Veröffentlichungen und nimmt damit weltweit Platz 5 ein.

## Ergebnisse

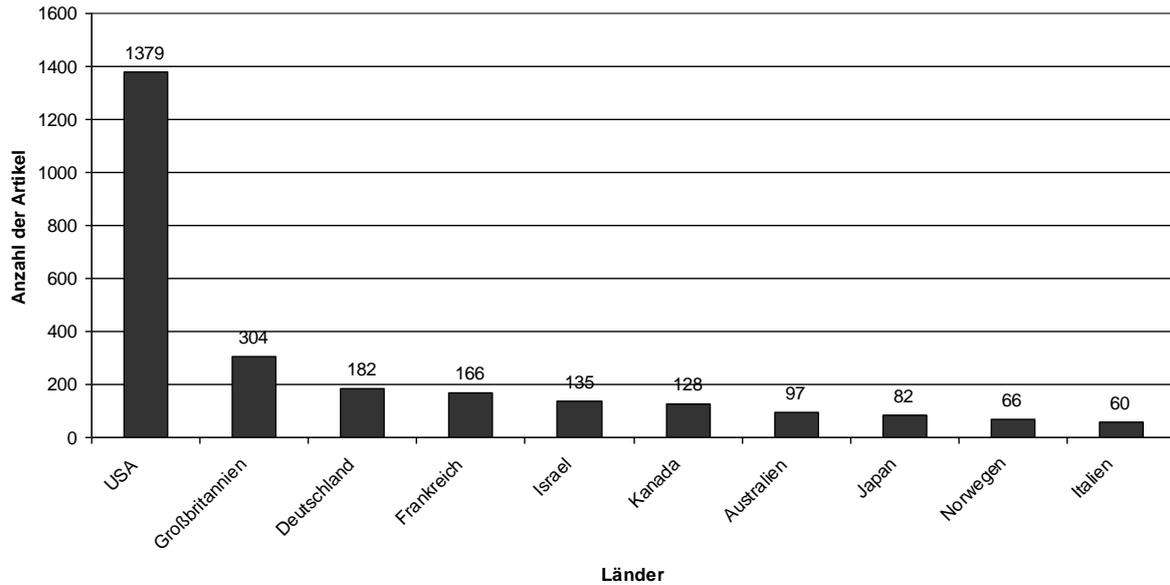


Abbildung 18: Publikationsaufkommen nach Ländern

Bei den meistpublizierenden afrikanischen und südamerikanischen Ländern handelt es sich um Südafrika mit 14 (0,4%) und Brasilien mit 9 (0,3%) Veröffentlichungen. Somit ist, wie auch im Kartenanamorphoten der Abbildung 19 sehr gut ersichtlich, ihr Anteil am Gesamtpublikationsaufkommen fast vollkommen zu vernachlässigen.

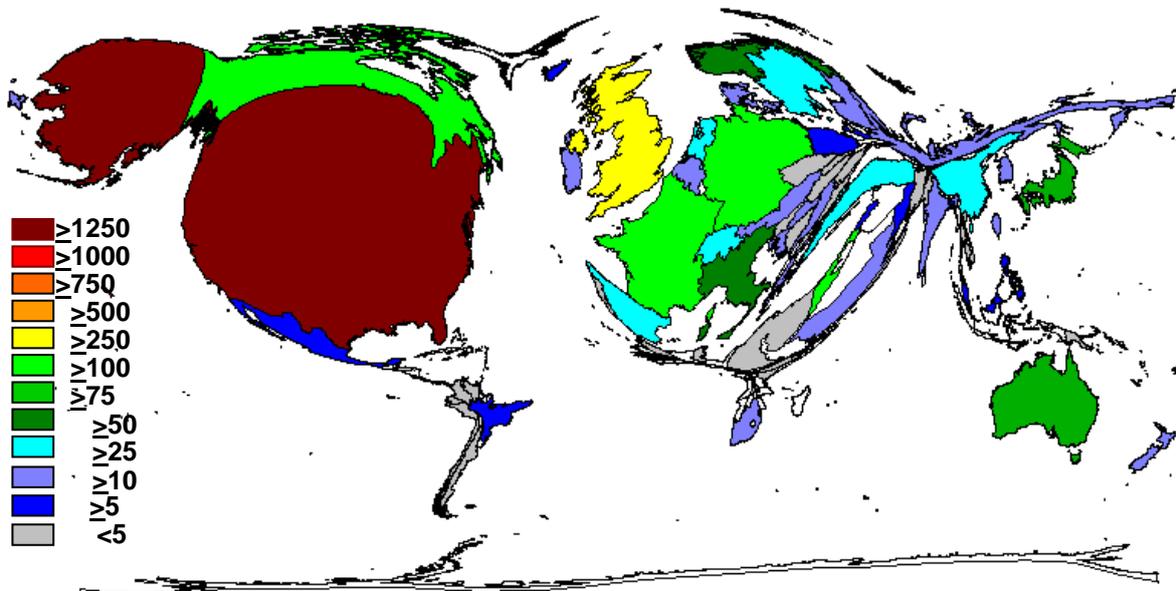


Abbildung 19: internationales Publikationsaufkommen

### 3.8.2 Internationales Zitationsaufkommen

Wie bereits unter 3.8 festgestellt stammen 42% aller barotraumaassoziierten Publikationen aus den USA, die somit das Land mit dem mit Abstand höchsten Publikationsaufkommen sind.

Daher ist es auch wenig verwunderlich, dass sie mit 16511 Zitaten auch bei der Rangliste der meist zitierten Länder auf Platz 1 stehen.

Mit großem Abstand folgen Kanada (2372) und Großbritannien(1844). Dieses massive internationale Gefälle hinsichtlich der erhaltenen Zitationen ist im Kartenanamorphoten in Abbildung 20 gut ersichtlich. Frankreich und Deutschland liegen auf Platz 4 und 5 mit 1680 bzw. 1640 erlangten Zitationen fast gleich auf. Ähnlich verhält es sich mit Israel (1136) und Brasilien (1116) auf den Plätzen 6 und 7.

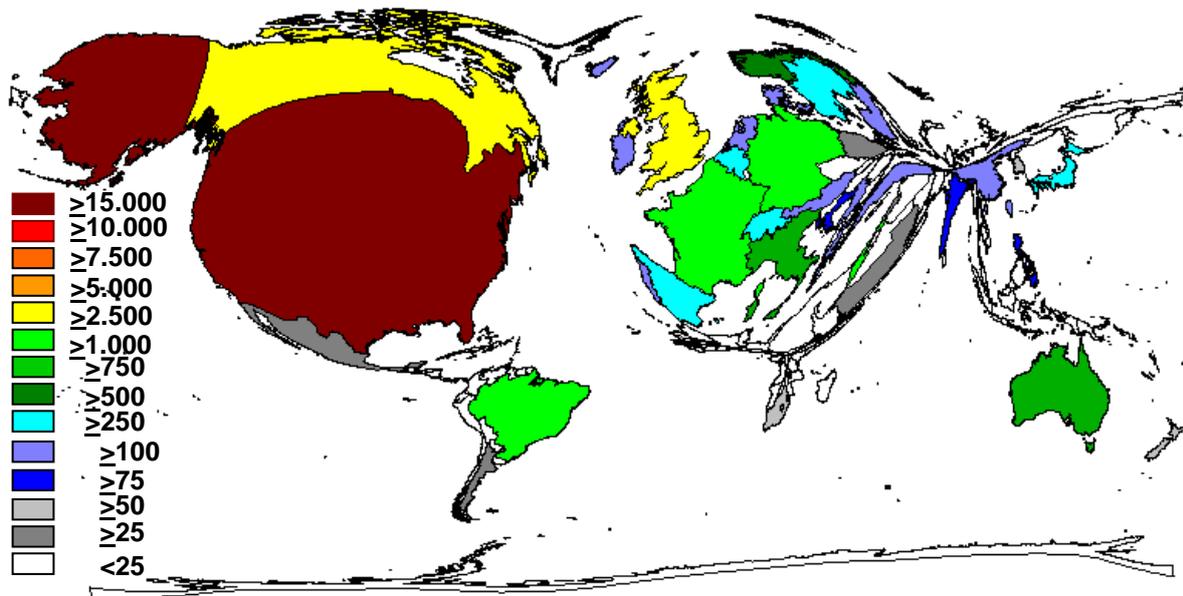


Abbildung 20: internationales Zitationsaufkommen

Ein vergleichbares Bild bietet sich, untersucht man die Publikationsländer im Hinblick auf ihre H-Indices.

Wie schon bei den erhaltenen Gesamtzitationen wird auch hier das Ranking durch die USA (53) angeführt. In deutlichem, jedoch lange nicht so drastischen Abstand folgt Kanada mit einem Indexwert von 27. Mit nur drei Indexpunkten weniger folgen Frankreich(24) und Großbritannien(24) auf Platz 3 und 4. In dichter Folge platzieren sich Deutschland(20), Israel(18), Australien(16) und Schweden(13) auf den Rängen 5 bis 8. Auf Platz 9 und 10 befinden sich Norwegen und Italien mit gleichem h-Index von 12. Visualisiert man diese Werte mit Hilfe eines Kartenanamorphoten wie in

## Ergebnisse

Abbildung 21 geschehen, dominieren drei Regionen die Weltkarte: Europa, Nordamerika und Australien. Regionale absolute Minimal sind besonders in Afrika und Zentralasien zu erkennen, jedoch auch Südamerika wird nur sehr klein dargestellt, da hier lediglich Brasilien(6) als einziges Land einen h-Index jenseits der fünf aufweisen kann.

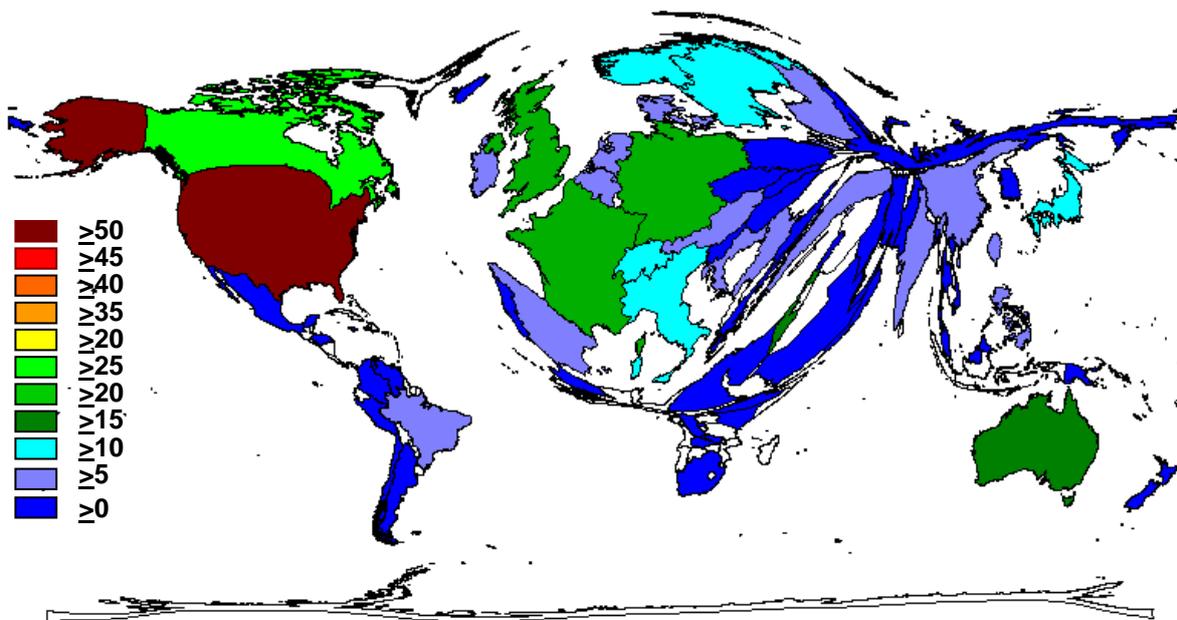


Abbildung 21: h-Index der Länder

Ein komplett anderes Bild ergibt sich, wenn, wie in Abbildung 22 geschehen, die durchschnittliche Zitationsrate als Kenngröße herangezogen wird. Da die Zitationsrate bei ihrer Berechnung eng mit dem Publikationsaufkommen des jeweiligen Landes verknüpft ist, wurden Länder mit weniger als 30 Publikationen aus der Wertung ausgeschlossen. So ließen sich besser vergleichbare Ergebnisse erhalten.

Nun steht mit großem Abstand Kanada mit einer Zitationsrate von 25,78 auf Platz 1. Das internationale Gefälle hinsichtlich der Zitationsrate ist auf den weiteren Plätzen nur marginal. So folgen auf Platz 2 und 3 Italien mit 14,11 und die USA mit 13,23 sowie auf den Plätzen 5 und 6 Frankreich und Deutschland mit 11,43 bzw. 10,51. Wie im Kartenanamorphoten in Abbildung 22 ersichtlich, ist hinsichtlich der Zitationsrate neben den nordamerikanischen Staaten eine deutliche Dominanz europäischer Länder zu erkennen.

## Ergebnisse

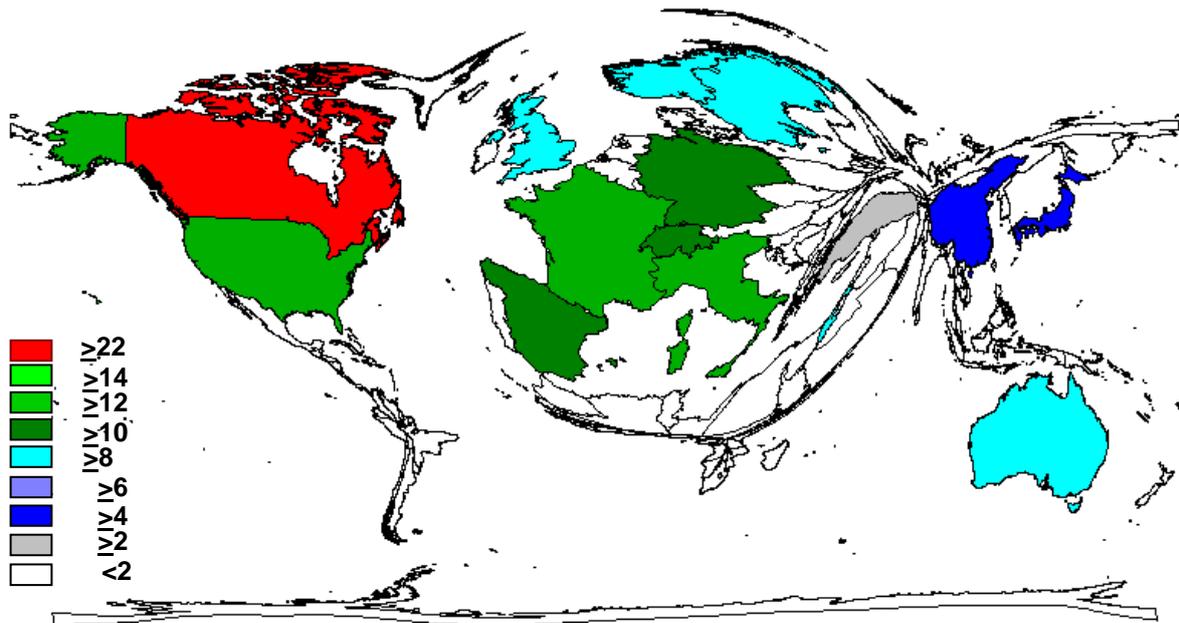


Abbildung 22: durchschnittliche Zitationsrate der Länder

Wie bereits beim Publikationsaufkommen gesehen, ist auch beim Zitationsaufkommen besonders auffällig, dass gerade die bevölkerungsreichsten Länder wie China und Indien unter den meist publizierenden und meist zitierten Ländern nicht vertreten sind. Ähnlich verhält es sich mit den Staaten des afrikanischen Kontinents. In Südamerika kann sich lediglich Brasilien hinsichtlich des internationalen Zitationsaufkommens behaupten, allerdings bei einem fast zu vernachlässigendem Publikationsaufkommen.

### 3.9 Analyse nach publizierenden Institutionen

Die Analyse zu den publizierenden Institutionen führte zu folgendem Ergebnis:

2101 Institutionen konnten identifiziert werden, die bis 2008 an der Veröffentlichung Barotrauma assoziierter Publikationen beteiligt waren. Es finden sich hierunter nicht nur Universitäten, sondern auch anderweitige staatliche, zivile und militärische Institutionen wie die *NASA*, die *United States Navy* und die *United States Airforce*.

Wie in Abbildung 23 ersichtlich, steht mit Abstand an erster Stelle der weltweit meistpublizierenden Institutionen die *United States Navy (USN)*. 145 aller 3279 analysierten Veröffentlichungen wurden hier veröffentlicht oder entstanden unter Beteiligung der *USN*. Bei der *USN* handelt es sich um die Teilstreitkraft zur See der USA.

## Ergebnisse

Mit einigem Abstand folgen auf Platz 2 und 3 mit 64 und 62 Artikeln die *University of Texas* und die US-amerikanische Luftwaffe *USAF*.

Geringer ist der Abstand zu den Plätzen 4-7. Diese werden von der *Duke University*(57), der ältesten kanadischen Universität *University of Toronto*(48), der Traditionsuniversität *Harvard University*(41) und dem *Walter Reed Army Medical Centre*(35) eingenommen, das in der medizinischen Forschung die Führungsposition unter den Militärkrankenhäusern der USA einnimmt. Auf Platz 8 und 9 befinden sich fast gleichauf mit 35 und 34 Publikationen die US-amerikanische Weltraumorganisation *NASA* und die *University of California San Diego*. Platz 10 wird von der *University of Washington* belegt(29).

Bei der Betrachtung dieser Rangliste sind sogleich zwei Dinge besonders auffällig: Zum einen besteht mit neun von zehn Institutionen eine deutliche US-amerikanische Dominanz und zum anderen handelt es sich bei fast der Hälfte dieser Einrichtungen um militärische Institutionen.

Zieht man den unter 2.3.1 beschriebenen h-Index zur objektiven Bewertung wissenschaftlicher Leistungen heran, ändert sich jedoch die Rangfolge unter den zehn meist publizierenden Institutionen nur geringfügig: die nach der Quantität der Publikationen führende *USN* nimmt lediglich Rang 2 hinter der vorher fünft platzierten *University of Toronto* ein. Hinter ihr auf Rang 3 reiht sich die *University of Texas*(15) ein. Die *USAF* fällt vom 3. auf den 4. Platz gefolgt von der *Harvard University* mit gleichem h-Index auf Platz 5. Die *Duke University* erreicht nur noch Platz 6. Bei den übrigen Institutionen dieser Rangliste sind mit h-Indizes von 10 bis 11 keine nennenswerten Veränderungen zu konstatieren.

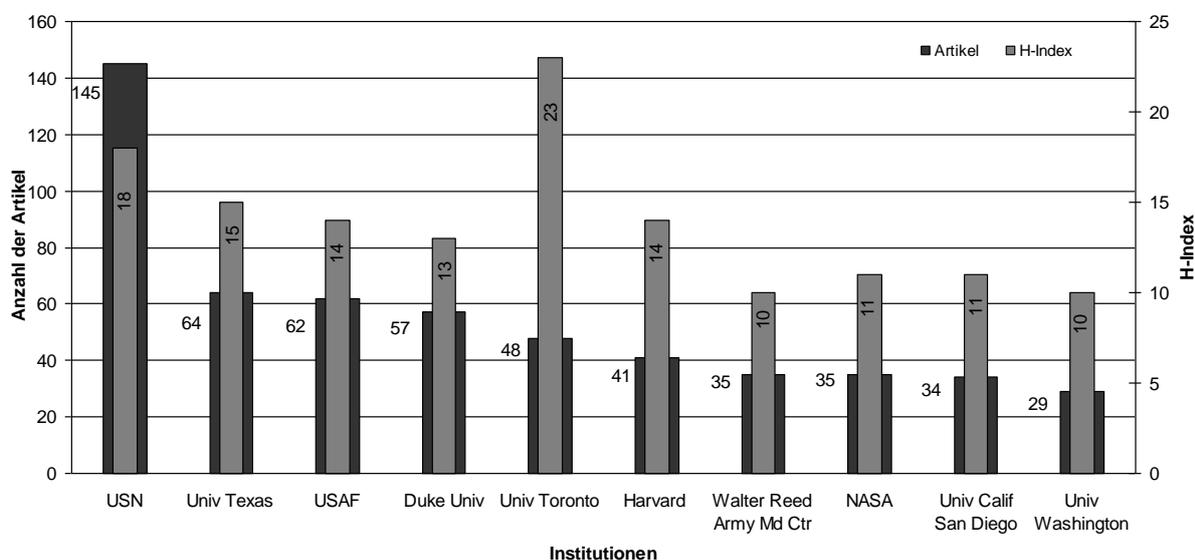


Abbildung 23: Rangliste der meistpublizierenden Institutionen mit h-Indices

## 3.10 Internationale Verteilung der Publizierenden Institutionen

Nicht nur beim Publikationsaufkommen nehmen die USA eine überdeutliche Spitzenposition ein. Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der Verteilung der Institutionen, die barotraumaassoziierte Forschung betreiben, die in Abbildung 24 wiedergegeben wird.

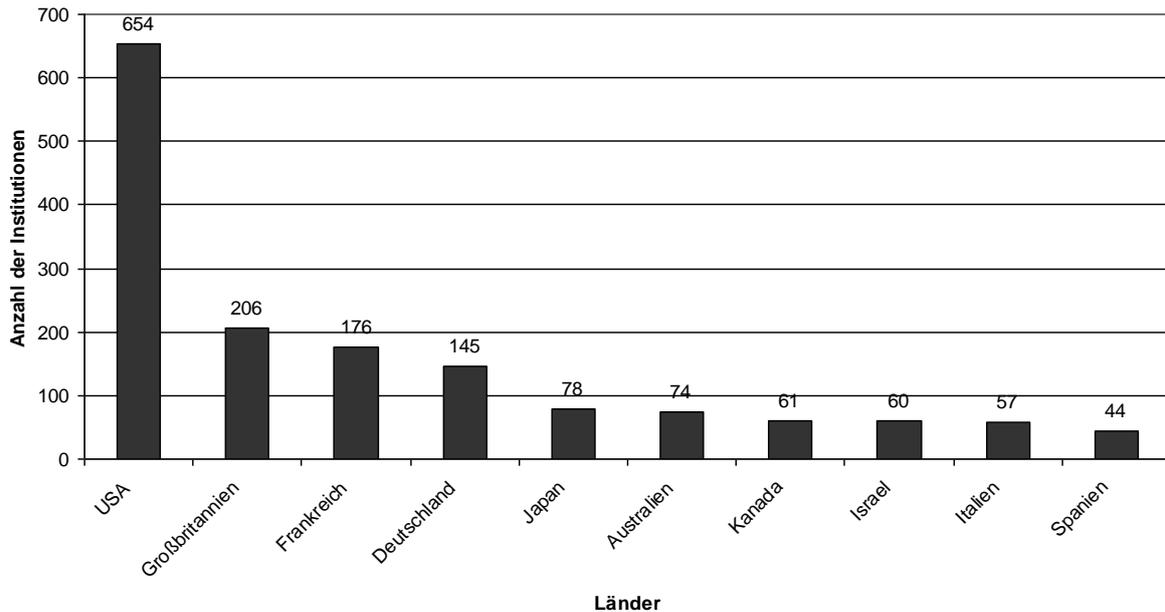


Abbildung 24: Rangliste der Länder mit den meisten publizierenden Institutionen

Mit 654 aller 2101 ermittelten Institutionen sind 31% in den USA ansässig.

Erst mit einigem Abstand folgen Großbritannien (206), Frankreich (176) und Deutschland(145).

Bemerkenswert ist weiterhin, dass Israel(60) als ein eher kleines und bevölkerungsschwaches Land unter den zehn Nationen mit den meisten Institutionen anzutreffen ist, wohingegen sich die bevölkerungsreichsten Länder der Erde China(28) und Indien(15) erst an 16. und 23. Stelle platzieren.

Die internationale Verteilung der Institutionen ist im Kartenanamorphoten in Abbildung 25 deutlich erkennbar.

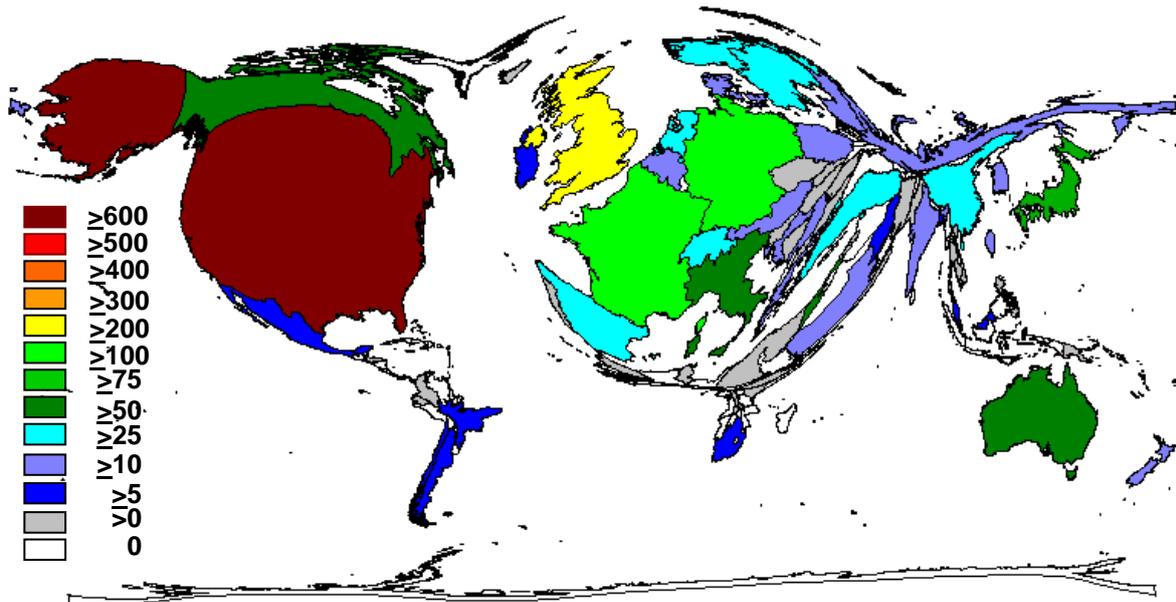


Abbildung 25: internationale Verteilung der publizierenden Institutionen

### 3.11 Kooperationsanalyse

#### 3.11.1 Länderkooperationen

Um einen Überblick über die existierenden internationalen Kooperationen zu erhalten, werden diese, wie unter 2.4.10 beschrieben, im Hinblick auf drei Kriterien analysiert: Die Entwicklung der internationalen Kooperationen über die Zeit, das Verhältnis von Anzahl der Kooperationsartikel zur Anzahl der kooperierenden Länder und schließlich die Häufigkeit der Kooperationen der verschiedenen Länder untereinander.

228 der insgesamt 3279 analysierten Publikationen konnten auf diese Weise als Ergebnis einer internationalen Kooperation identifiziert werden. Der erste dieser Kooperationsartikel stammt aus dem Jahre 1974. Betrachtet man die Entwicklung der Häufigkeit internationaler Kooperationsartikel pro Jahr von diesem Zeitpunkt an, ist innerhalb der ersten 17 Jahren ein wellenförmiger Verlauf mit nie mehr als zwei Veröffentlichungen pro Jahr festzustellen. Ab dem Jahre 1991 ist jedoch, wie in Abbildung 26 zu erkennen, bis auf drei Einbrüche in den Jahren 1999, 2002 und 2006 eine deutliche Mengenzunahme an internationalen Kooperationsartikeln zu erkennen, die schließlich in den Jahren 2005 und 2008 ihr bisheriges Maximum mit jeweils 26 veröffentlichten Kooperationsartikeln pro Jahr erreicht hat.

## Ergebnisse

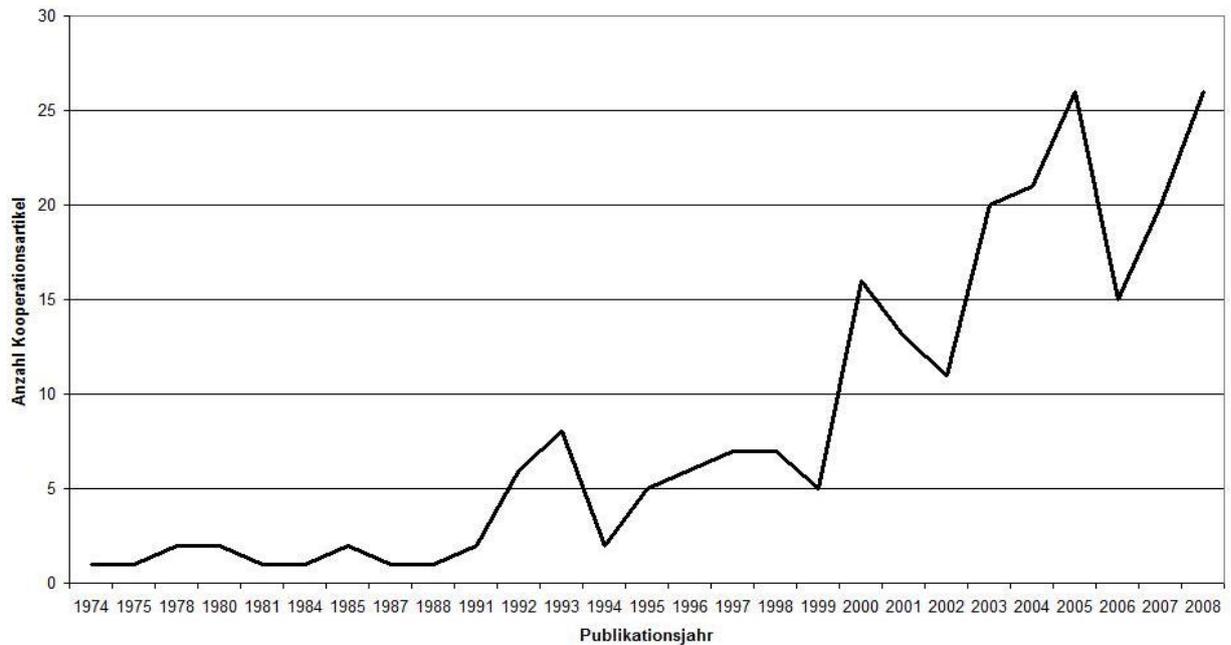


Abbildung 26: Kooperationsartikel über Jahre

Das Publikationsaufkommen der in internationaler Kooperation entstandenen Veröffentlichungen zeigt hinsichtlich der Anzahl der kooperierenden Länder, dass es mit steigender Anzahl der Kooperationspartner rapide abfällt. Dies ist in Abbildung 27 sehr gut ersichtlich. Allein 197 der 228 ermittelten Kooperationsartikel und somit 86% sind das Ergebnis der Kooperation nur zweier Länder. Nimmt man die Publikationen an denen drei Länder beteiligt waren, so liegt deren Anzahl bereits bei nur noch bei 20. In der Größenordnung von sechs, zehn und zwölf zusammenarbeitenden Ländern findet sich jeweils lediglich nur noch eine Veröffentlichung, die in Zusammenarbeit entstanden ist.

## Ergebnisse

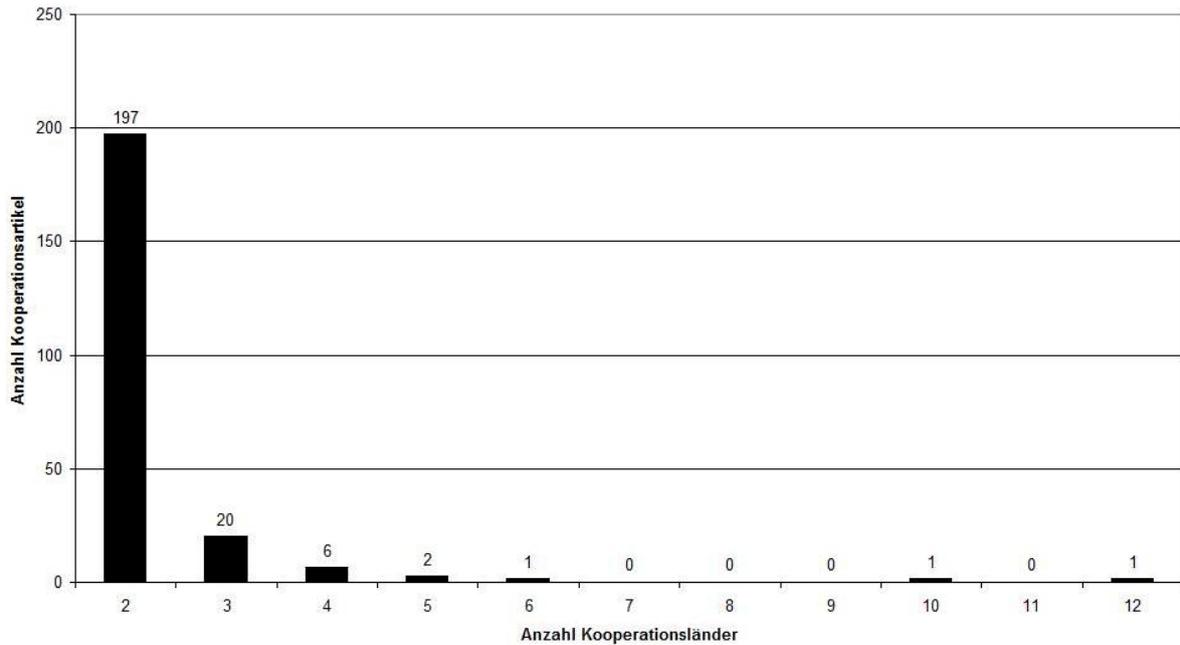


Abbildung 27: Anzahl der kooperierenden Länder

Darüber hinaus wurde auch der Einfluss der räumlichen Lage in Bezug auf die Häufigkeit von Kooperationen pro Jahr zwischen verschiedenen Ländern analysiert. Hierbei wurde, wie in 2.4.11, beschrieben nicht der individuellen Quantität an Kooperationsartikeln Aufmerksamkeit geschenkt, sondern vielmehr die Häufigkeit direkter Zusammenarbeit zwischen zwei Nationen in Abhängigkeit ihrer geographischen Beziehung zu einander.

Die dabei berechneten Ergebnisse wurden anhand zweier übereinanderliegender Graphen in Abbildung 28 dargestellt. So wird deutlich, dass im Verlauf beider Kurven das zeitliche Auftreten von Maxima und Minima beinahe kongruent ist.

In beiden Fällen steigt die Häufigkeit an Kooperationen bis zum Jahre 2003 nur sehr langsam, in einem wellenförmigen Verlauf an, um dann innerhalb von zwei Jahren explosionsartig zuzunehmen. Zwischen 2005 und 2008 fällt die Menge an Kooperationen dann wieder ab bis ihre jährliche Anzahl leicht über dem Niveau von 2003 liegt.

## Ergebnisse

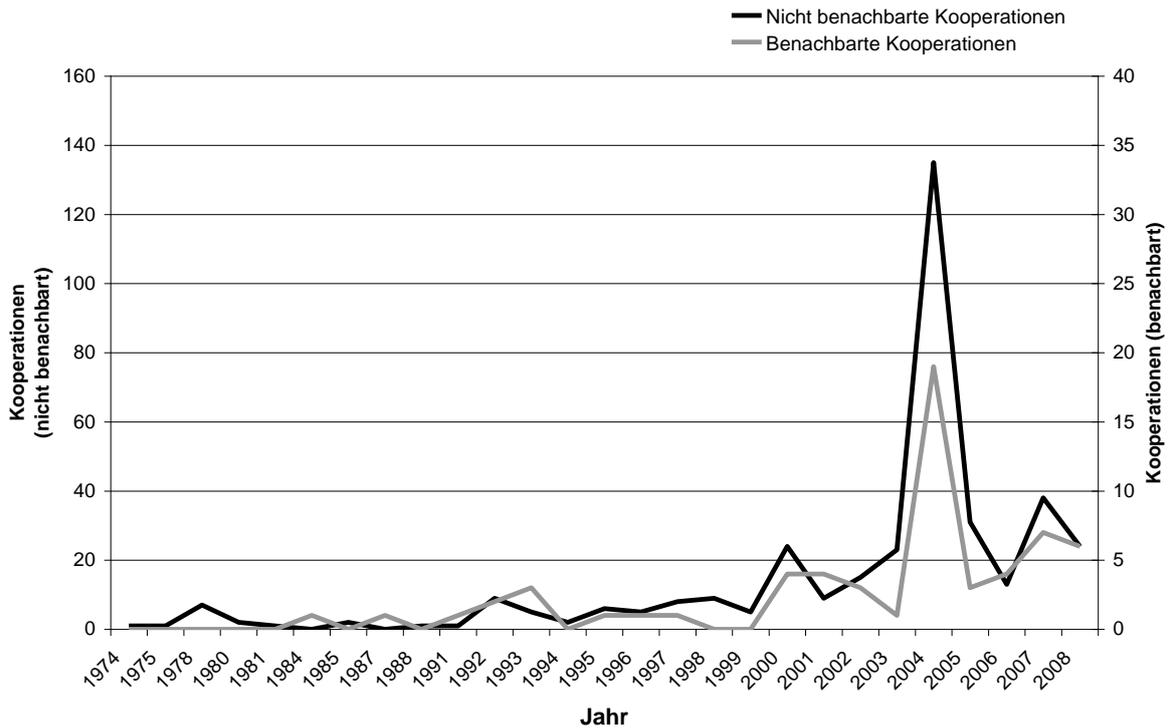


Abbildung 28: Kooperationsaufkommen benachbarter Länder

Zur besseren Veranschaulichung der Struktur der internationalen Zusammenarbeit unter den Ländern, die mindestens drei in Kooperation entstandenen Publikationen veröffentlicht haben, wurde in Abbildung 29 ein Netzdiagramm erstellt.

Die folgenden Ergebnisse ergaben sich bei der Analyse der internationalen Kooperationen und der Kooperationsverhältnisse.

Die USA steht bei der Anzahl der Internationalen Kooperationen mit Abstand an erster Stelle. 131 von 1379 in den USA veröffentlichten barotraumaassoziierten Publikationen sind das Ergebnis einer Länderkooperation. Insgesamt 16 verschiedene Länder konnten als Kooperationspartner ermittelt werden. An erster Stelle stehen dabei Kanada mit 26, gefolgt von England mit 15 und Israel mit 11 gemeinsamen Kooperationsartikeln. Deutschland steht bei der Anzahl der in Zusammenarbeit mit den USA veröffentlichten Artikel auf Platz 4.

Auf Platz 2 der meist kooperierenden Länder in Bezug auf die Anzahl mitveröffentlichter Kooperationsarbeiten befindet sich England. Von 304 veröffentlichten Artikeln sind 42 in Kooperation mit insgesamt neun verschiedenen Staaten entstanden. Somit ist Großbritannien auch das Land mit der zweithöchsten Anzahl an verschiedenen Kooperationspartnern, hinter den USA, die sein Hauptkooperationspartner ist. Als zweitwichtigster Kooperationspartner Englands konnte Deutschland mit sechs gemeinsamen Publikationen identifiziert werden.

## Ergebnisse

Gefolgt wird England auf dieser Rangliste von Kanada auf Platz 3 mit 36 und Deutschland auf Platz 4 mit 26 Kooperationsartikeln.

Auch wenn Kanada weltweit die drittmeisten Kooperationen aufweist, erstreckt sich seine internationale Zusammenarbeit jedoch auf verhältnismäßig nur eine kleine Anzahl von Staaten, nämlich Spanien, Portugal und wie bereits erwähnt die USA. Die Kooperationsachse mit den USA ist hierbei mit 26 gemeinsamen Veröffentlichungen die aktivste. Auch im internationalen Vergleich der Kooperationen zweier Länder ist der gemeinsame Output an Publikationen von Kanada und den USA deutlich der höchste.

Es konnte kein afrikanisches und nur ein südamerikanisches Land ermittelt werden, von dem mehr als drei Kooperationsartikel veröffentlicht wurden: Mexiko mit sieben Kooperationsartikeln von insgesamt neun dort veröffentlichten Publikationen. Somit befindet es sich auf Platz 3 der Staaten mit dem höchsten Anteil an Kooperationspublikationen gemessen an der Anzahl aller eigenen barotraumaassoziierten Veröffentlichungen. Vor Mexiko liegen dabei nur noch die Philippinen mit vier von fünf Publikationen und Portugal mit insgesamt drei Veröffentlichungen, die alle ausschließlich in Kooperation mit Frankreich entstanden sind.

Im asiatischen Raum ließen sich fünf Länder mit mehr als drei Kooperationsartikeln identifizieren: Japan mit zehn, China mit neun, Taiwan mit sieben, Indien mit sechs und die Philippinen mit vier.

Hierbei fiel auf, dass von diesen lediglich Japan und Taiwan Kooperationen mit nichtasiatischen Ländern, nämlich den USA, pflegten, die übrigen drei identifizierten Staaten blieben bei ihren Kooperationen unter sich.



### 3.11.2 Institutionskooperationen

Zur besseren Darstellung des Netzwerkes zwischen den publizierenden Einrichtungen wurde in Abbildung 30 ein Netzdiagramm angefertigt.

Als Schwellenwert für die Darstellung der Kooperationsachsen wurde eine Anzahl von mindestens zwei Kooperationen gewählt. Die erste Zahl hinter dem Institutionsnamen gibt die Anzahl aller Veröffentlichungen an, die von dieser Einrichtung selbstständig publiziert wurden oder unter ihrer Beteiligung entstanden sind. Bei der zweiten Zahl handelt es sich um die Gesamtzahl der in Kooperation entstandenen Artikel.

Hierbei wird deutlich, dass die USN nicht nur die Institution mit den meisten Veröffentlichungen darstellt, sondern auch die Einrichtung mit den meisten unterschiedlichen Kooperationspartnern(7). Gefolgt wird sie von der *Uniformed Service University of the Health Sciences*(6) und der *Harvard University*(5).

Die aktivsten Kooperationsverhältnisse bestehen zwischen *Uniformed Service University of the Health Sciences* und *Walter Reed Army Medical Centre*, dem kanadischen *Hospital For Sick Children* und der *University of Toronto*, sowie der *Harvard University* und dem *Brigham Womens Hospital* mit jeweils acht Kooperationen.

In den meisten Fällen wiederholter interinstitutioneller Kooperationen werden die Ländergrenzen nicht überschritten. Besonders deutlich wird dies am Beispiel der in Abbildung 30 dargestellten Kooperationsverhältnisse zwischen deutschen, israelischen und kanadischen Institutionen, die jeweils nur untereinander aktive Kooperationen pflegen.

Dies verdeutlicht, dass sich internationale Kooperationen zwischen den Institutionen selten wiederholen. Lediglich zwischen der *University Bergen* und dem schwedischen *Karolinska Institute* sowie zwischen der *Norwegian University of Science and Technology* und der *University of Split* fanden wiederholte internationale Kooperationen statt.



## 3.11.3 Autorenkooperationen

Auch hinsichtlich der Menge der an einer Publikation kooperierenden Autoren lässt sich über die Jahre eine gewisse Trendentwicklung verzeichnen.

Lag die durchschnittliche Autorenzahl bei den barotraumaassoziierten Publikationen 1978 noch bei 2,23, stieg sie in den folgenden 20 Jahren kontinuierlich an, bis sie sich im Jahre 1998 mit einem Wert von 4,15 beinahe verdoppelt hat.

Zwei kleinere Peaks in den Jahren 2000 (4,82) und 2004 (4,56) ausgenommen, unduliert sie nun seit Ende der 1990er Jahre um durchschnittlich vier Autoren pro Veröffentlichung.

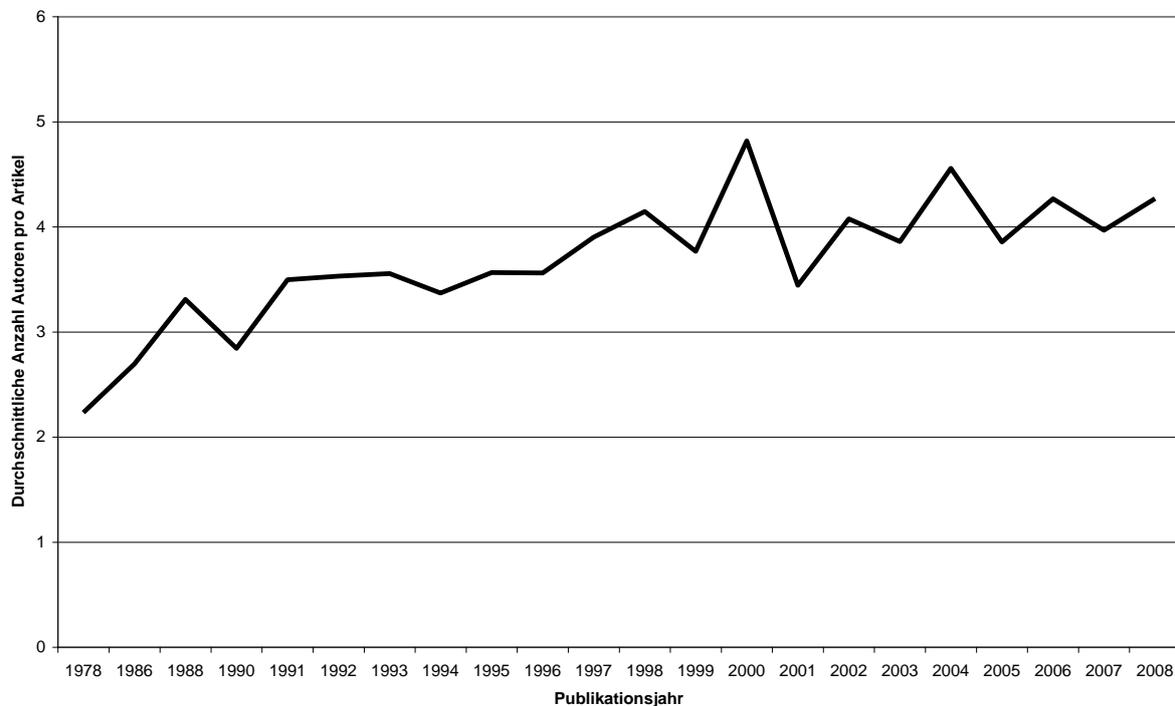


Abbildung 31: Entwicklung der durchschnittlichen Autorenzahl pro Artikel

Mit Hilfe der bereits in 2.4.10 beschriebenen Matrix wurden die Kooperationsverhältnisse der zum Thema Barotrauma publizierenden Autoren untersucht und ein Netzdiagramm erstellt, wie Abbildung 32 zeigt. Aufgrund der relativ übersichtlichen Anzahl von Autoren für die eine Beteiligung an mindestens einem Kooperationsartikel ermittelt wurde, konnte für die grafische Aufbereitung der Daten im Netzdiagramm ein Kooperationschwellenwert von eins gewählt werden und somit sämtliche Kooperationsverhältnisse unter den Autoren dargestellt werden.

## Ergebnisse

Überdies wurden in Abbildung 32 jedem Autor drei Ziffern beigefügt, von denen die erste der Gesamtanzahl der von ihm oder in seiner Beteiligung veröffentlichten barotraumaassoziierten Publikationen entspricht. Die zweite und dritte Ziffer geben die Menge der Erst- bzw. Seniorautorenschaften bei diesen wieder.

Bei der Analyse der Autorenkooperationen stach besonders das Kooperationsverhältnis zwischen Webb und Pilmanis hervor, das mit Abstand das aktivste ist. Es konnten 32 Arbeiten identifiziert werden, die in Zusammenarbeit dieser beiden Autoren entstanden sind. Weiterhin pflegen beide ein relativ reges Kooperationsverhältnis zu Balldin, dem ehemaligen Präsidenten der *International Academy of Aviation & Space Medicine*. Die übrigen unter 3.11.4 aufgeführten besonders produktiven Autoren pflegen in der Regel, wesentlich weniger aktive Kooperationsverhältnisse untereinander.



### 3.11.4 Publikationsaufkommen nach Autoren

Wie unter Abschnitt 2.4.6 beschrieben wurden im ISI-WoS die zehn produktivsten Autoren identifiziert. Maßstab für die Produktivität war hierbei die Anzahl der von ihnen bzw. unter ihrer Beteiligung veröffentlichten Artikel mit thematischer Assoziation zum Barotrauma. Neben der Anzahl der Publikationen wurde auch die Menge der sich auf sie beziehenden Zitate ermittelt.

Klar angeführt wird die der produktivsten Autoren von Andrew A. Pilmanis Ph.D., M.S. mit 46 barotraumaassoziierten Publikationen. Mit 334 hält er auch hinsichtlich der insgesamt erhaltenen Zitate die Führungsposition inne. Andrew A Pilmanis ist leitender Physiologe der Abteilung *High Altitude Medicine* am *US Air Force Research Laboratory (AFRL)* und ehemaliger Direktor des Forschungsbereiches *High Altitude Protection Research* der *Armstrong Laboratory`S Crew Technology Division*.

Platz 2 und 3 belegen gleich auf der Professor für Umweltphysiologie der Medizinischen Fakultät der *Norwegian University of Sciences and Technology* in Trondheim Dr. med. Alf O. Brubakk und der wissenschaftliche Leiter der *KRUG Life Sciences Inc.* in San Antonio Texas/USA James T. Webb Ph.D., M.S. mit jeweils 35 Publikationen. Mit 196 und 210 Gesamtzitate wurden sie auch ähnlich häufig zitiert. Die sich auf den Plätzen 4 bis 10 befindenden Autoren liegen bezüglich der Anzahl ihrer Veröffentlichungen, wie in Abbildung 33 ersichtlich, mit jeweils 21 bis 18 Publikationen dicht beieinander.

### 3.11.5 Zitationsaufkommen der Autoren

Mit verhältnismäßig vielen Gesamtzitate hinsichtlich der Anzahl ihrer Publikationen fallen innerhalb der meist zitierten Autoren folgende drei besonders auf:

Der Leiter der Kardiologie am *Temple University Medical Center*, emeritierte Professor, sowie ehemalige stellvertretende Dekan der *Temple University Medical School* Prof. Dr. Alfred Bove MD erhielt insgesamt 325 Zitate bei 18 barotraumaassoziierten Veröffentlichungen. Bove steht damit im Hinblick auf die Gesamtzitate auf Platz 2 hinter Pilmanis, der mehr als doppelt so viele Barotrauma bezogene Veröffentlichungen aufweisen kann.

Ebenfalls verhältnismäßig häufig zitiert wurden Captain Edward T. Flynn M.C. Mitglied der *Navy Experimental Diving Unit Panamy City Florida* (21/275) und der Direktor des *Israel Naval Medical Institute* in Haifa/Israel, Avi Shupka MD (19/236).

## Ergebnisse

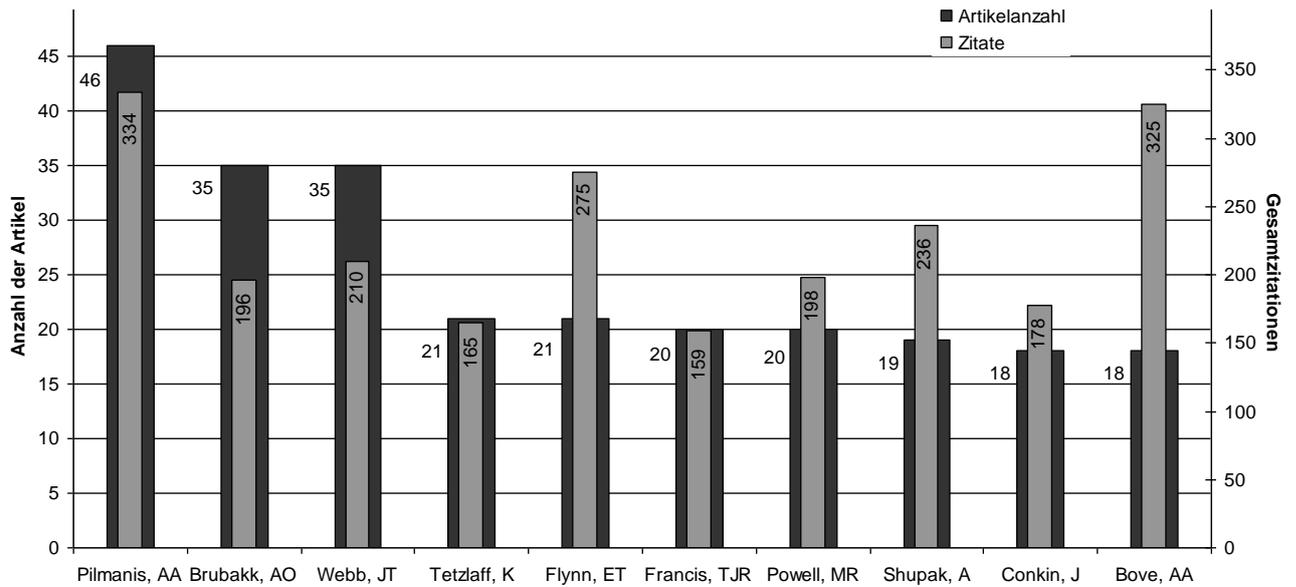


Abbildung 33: Rangliste der produktivsten Autoren mit Gesamtzitationen

### 3.11.6 Analyse der Zitationsrate der produktivsten Autoren

Neben der Anzahl an Gesamtzitate wurde als weitere bibliometrische Kennziffer, wie bereits in 2.4.15.3 beschrieben, die Zitationsrate der publikationsstärksten Autoren berechnet und analysiert.

Unter den zehn aktivsten Autoren lässt sich hinsichtlich der Zitationsrate eine noch deutlichere Divergenz des Verhältnisses dieser zum Publikationsvolumen der einzelnen Autoren feststellen. Veranschaulicht wurde dies in der Abbildung 34 anhand eines Balkendiagramms.

So konnte Bove (18) als Autor mit der mit Abstand höchsten Zitationsrate identifiziert werden, gefolgt von Flynn(21) und Shupak(19).

Das Mittelfeld in diesem Ranking gestaltet sich relativ homogen. So liegen die Autoren Conkin und Powell mit Zitationsraten von jeweils zehn sowie Francis und Tetzlaff mit jeweils acht dicht bei einander.

Für Pilmanis, den meist zitierten Autor mit den meisten Veröffentlichungen unter den zehn produktivsten Autoren, konnte überraschender Weise nur eine Zitationsrate von sieben berechnet werden. Auch die beiden zweit publikationsstärksten Autoren Brubakk und Webb wiesen eine verhältnismäßig geringe Zitationsrate von jeweils sechs auf.

## Ergebnisse

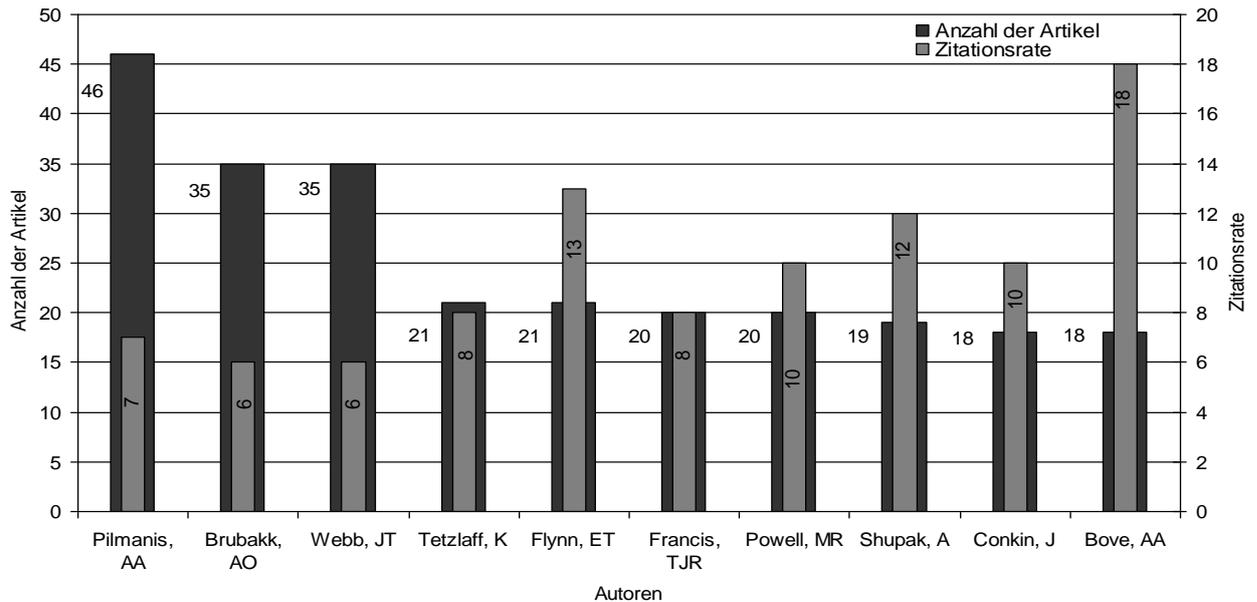


Abbildung 34: Rangliste der produktivsten Autoren mit Zitationsrate

### 3.11.7 Autoren nach h-Index

Bei der Analyse der zehn produktivsten Autoren hinsichtlich der von ihnen erreichten h-Indices zeigte sich erneut ein komplett anderes Bild, wie in Abbildung 35 ersichtlich:

Konnte bei der Zitationsrate und der Anzahl der Gesamtzitate noch ein relativ steiles Gefälle zwischen den zehn analysierten Autoren verzeichnet werden, so liegen sie in diesem Ranking doch sehr nah bei einander.

Angeführt wird die Rangliste der produktivsten Autoren nach h-Index wider Erwarten von Pilmanis (11), konnte doch im Vorfeld für ihn nur eine Zitationsrate von sieben errechnet werden. Dicht auf folgen Flynn(10) und Powell (10), ihre h-Indices stehen hingegen durchaus im Einklang mit der zuvor für sie errechneten Zitationsrate. Platz 4,5 und 6 belegen Brubakk, Conkin und Bove. Für sie konnte jeweils ein h-Index von neun bestimmt werden. Conkin und Bove erreichen diesen jedoch bereits bei einer deutlich geringeren Anzahl an Publikationen. Wie schon bei Pilmanis fiel auch bei Bove eine deutliche Divergenz zwischen Zitationsrate und h-Index auf. In diesem Fall war sie jedoch gegenläufig. Lag die errechnete Zitationsrate bei durchschnittlich 18 Zitaten pro Artikel, wurden nur neun seiner Publikationen tatsächlich mindestens neunmal zitiert. Den 7. und 8. Platz teilen sich Webb (8) und Francis (8). Bei ihnen ist Webb mit 35 Veröffentlichungen der deutlich publikationsstärkere. Den Abschluss dieser Rangliste bilden Tetzlaff (7) und Shupak (7) mit einer ähnlich hohen Anzahl an

## Ergebnisse

Veröffentlichungen. Bei Shupak fiel ein ähnliches, wenn auch nicht ganz so stark ausgeprägtes Missverhältnis zwischen Zitationsrate und h-Index auf wie bei Bove.

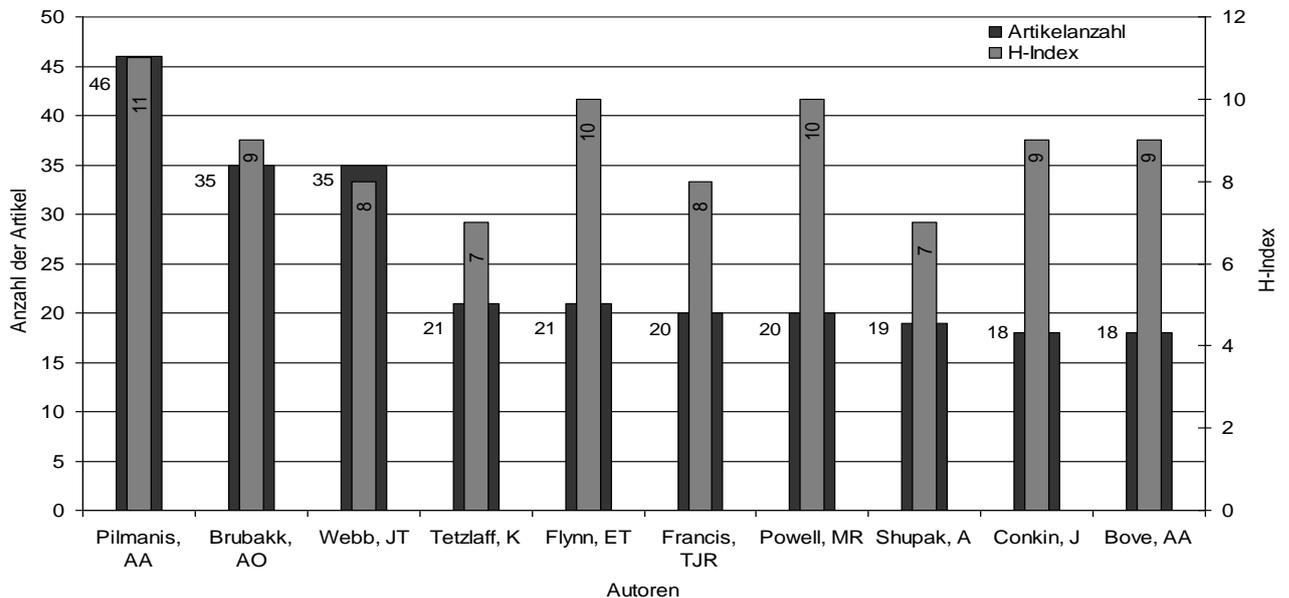


Abbildung 35: Rangliste der produktivsten Autoren mit h-Index

### 3.11.8 Analyse des Zitationsmusters und der Selbstzitationsrate der Autoren

Zur besseren Interpretation der Zitationsrate und der Menge der erhaltenen Zitate der zehn meist zitierten Autoren, wurden diese auf ihr Zitationsmuster untereinander sowie auf die Häufigkeit von Selbstzitationen hin untersucht.

Die Ergebnisse dieser Analyse wurden wie in 2.4.15.6 beschrieben aufbereitet und in Abbildung 36 grafisch dargestellt. Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurden Autoren mit weniger als zehn Publikationen von dieser Analyse ausgenommen.

Im Zuge dieser Untersuchung fiel auf, dass einige Autoren sich gegenseitig besonders häufig zitieren, wogegen andere innerhalb dieser Rangliste wenig oder gar nicht zitiert werden. Dafür zeichnen sie sich jedoch durch eine zum Teil sehr hohe Rate an Selbstzitationen aus.

So ist ein besonders aktives Verhältnis sich gegenseitig vergebener und erhaltener Zitate zwischen Shupak und Melamed zu verzeichnen. Shupak verweist dabei 27 mal auf Melamed und erhält wiederum von diesem zehn Zitate. Hinsichtlich der Selbstzitation befinden sich beide im Mittelfeld der analysierten Autoren. Konkret sind dies 4 % aller auf ihn verweisenden Zitate bei Melamed bzw. 8,9% bei Shupak.

## Ergebnisse

Ein weiteres, sehr aktives Verhältnis bezüglich gegenseitiger Zitierung lässt sich, wenn auch relativ einseitig, zwischen Slutsky und Parker identifizieren. Für Parker sind 27 Zitate zu verzeichnen, in denen Slutsky auf ihn verweist. Slutsky erhält hingegen von Parker lediglich 3 Zitierungen. Betrachtet man bei diesen beiden die Rate an auf sich selbst verweisenden Zitate, so bewegen sie sich im oberen Mittelfeld. Auch wenn bei Slutsky mit 68 zahlenmäßig die meisten Selbstzitationen unter den zehn meist zitierten Autoren festgestellt werden konnten, wird dies durch die große Menge insgesamt erhaltener Zitierungen relativiert. Somit stammen nur 5% aller auf diesen Autor verweisenden Zitate von ihm selbst. Bei Parker ist diese Quote noch niedriger: Nur 3,5% aller erhaltenen Zitate stammen von ihm selbst.

Besonders auffällig ist in diesem Zusammenhang Shaffer. Er hat mit 65 die zweithöchste Anzahl an Selbstzitationen, anteilig an allen erhaltenen Zitaten sind dies 21,8%. Er zitiert sich somit innerhalb der zehn meist zitierten Autoren mit Abstand am häufigsten. Die prozentual niedrigste Rate an Selbstzitationen liegt mit 2,8% bei Bove.

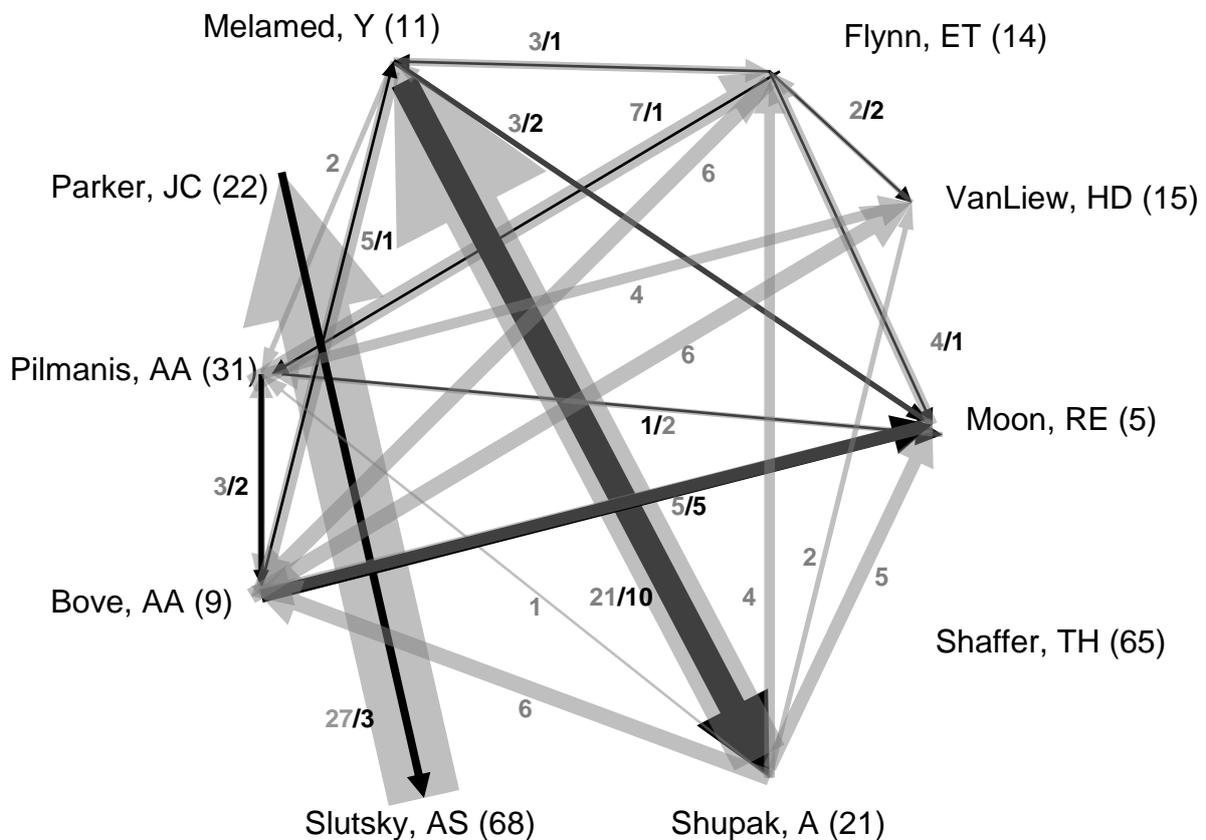


Abbildung 36: Zitationsmuster der meist zitierten Autoren

## 3.12 Sonstige Zitationsanalysen

Wie bereits in 2.4.15 beschrieben erfolgten mit Hilfe der *Citationsreports* umfangreiche Zitationsanalysen.

Im folgenden Abschnitt werden die hierbei erlangten Ergebnisse dargestellt.

### 3.12.1 Gesamtzitationsaufkommen nach Jahren

Betrachtet man den Verlauf der pro Jahr ermittelten Zitationen, die auf eine Publikation zum Thema Barotrauma verweisen und zwar von der Mitte des letzten Jahrhunderts bis ins Jahr 2008, so ist, wie in Abbildung 37 ersichtlich, bis auf kleine Schwankungen ein kontinuierlich steigender Aufwärtstrend zu konstatieren.

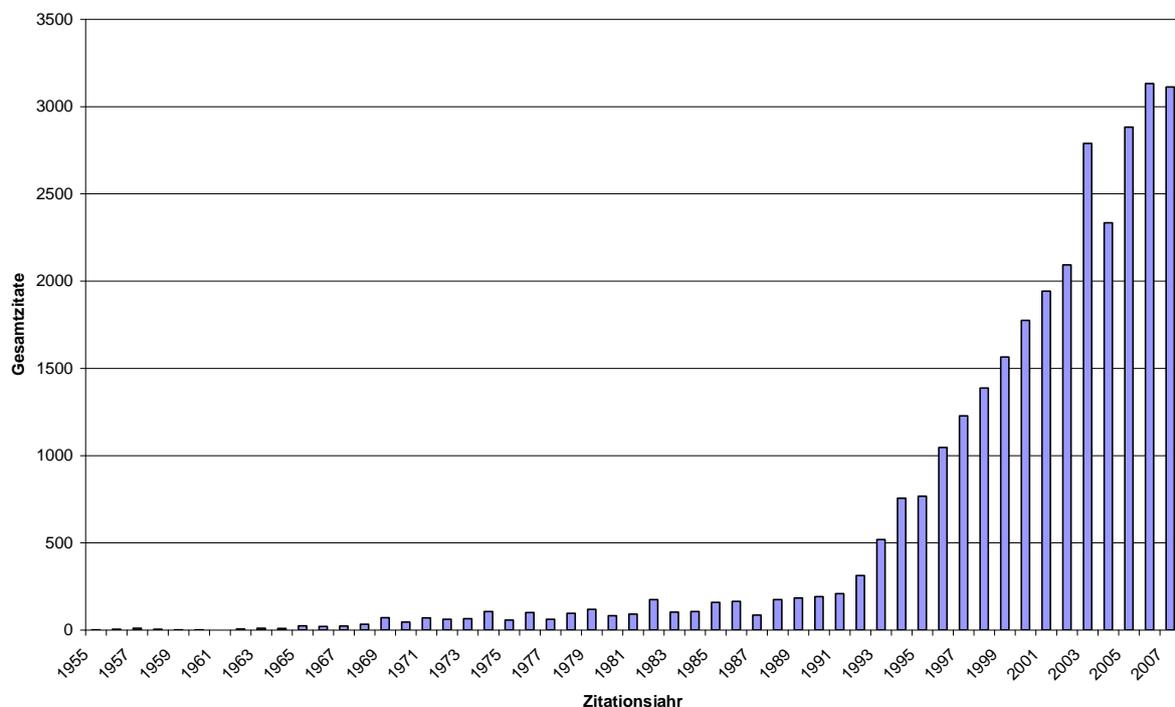


Abbildung 37: Entwicklung de Gesamtzitationsaufkommens

Ein anderes Bild bietet sich, wenn der zeitlichen Verlauf der Quantität der erhaltenen Zitate zu barotraumaassoziierten Veröffentlichungen ausgehend von ihrem Publikationsjahr bis Ende 2008 betrachtet wird.

So erhielten jede Artikel mit die vor 1990 publiziert wurden, verhältnismäßig wenig Zitate. Für die Veröffentlichungen aus den Jahren 1991 und 1992 hingegen schnellte die Zahl der erhaltenen Zitate sprunghaft in die Höhe, nämlich auf einen Wert von 2.604 im Jahre 1992. In den darauf folgenden Jahren brach dieser Trend allerdings wieder ab, bis er 1994 ein Minimum von 1533 erhaltenen Zitaten erreicht hat. Der

## Ergebnisse

weiterer Verlauf gestaltete sich, wie in **Error! Reference source not found.** ersichtlich, äußerst wechselhaft. Artikel aus den Jahren 1998 und 2000 konnten Spitzenwerte von 3205 bzw. 3768 erhaltenen Zitaten verzeichnen. Für Artikel aus dem Jahre 1999 konnten bis zum Ende des Messzeitraums jedoch nur 1707 Zitierungen registriert werden.

Bei Veröffentlichungen aus der jüngsten Vergangenheit fiel der Wert für die Anzahl an erhaltenen Zitaten wieder ab, bis im Jahre 2008 ein Minimum von lediglich 117 erreicht wurde.

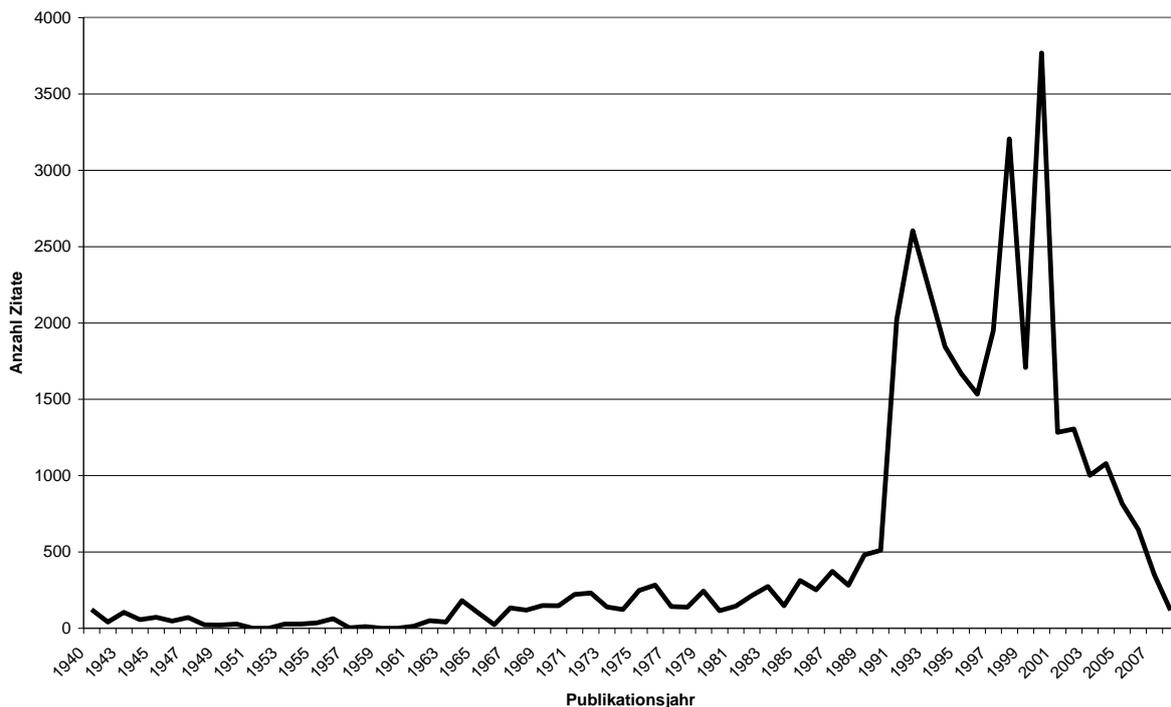


Abbildung 38 Zitationsaufkommen nach Publikationsjahr

### 3.12.1.1 Analyse der Zitationsrate nach Publikationsjahr

Um den in 3.12.1 besonders wechselhaften Verlauf näher zu untersuchen wurde die Entwicklung der Zitationsrate in Abhängigkeit vom Publikationsjahr der Veröffentlichungen analysiert.

Hierbei zeigte sich, wie in Abbildung 39 dargestellt, ein kongruentes Bild zu **Error! Reference source not found.**, was das zeitliche Auftreten von Maxima und Minima betrifft.

Folglich wurden Artikel aus den Jahren 1996 und 1999 tatsächlich durchschnittlich wesentlich weniger zitiert als Publikationen, die aus den Jahren 1992 1998 und 2000 stammen.

## Ergebnisse



Abbildung 39: Entwicklung der Zitationsrate

### 3.12.1.2 Analyse der Literaturhalbwertszeit

Eine weitere Zitationsanalyse unter Einbeziehung des Publikationsjahres wurde hinsichtlich der Halbwertszeit der barotraumaassoziierten Artikel durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in Abbildung 40 grafisch dargestellt. Ihr ist zu entnehmen, wie viel Prozent aller Zitationen der je Kurve analysierten Artikel im Durchschnitt auf die einzelnen nachfolgenden Jahre entfallen.

Die erste Marge der analysierten Artikel umfasst alle Publikationen des Zeitraums 1955-1991. In den ersten zwei Jahren ist ein explosiver Anstieg der Quantität der erhaltenen Zitate zu verzeichnen, liegt sie doch bei 5,23% aller erhaltenen Zitationen. Nach vier Jahren wurde die maximale pro Jahr erhaltene Menge an Zitaten erreicht und macht 5,6% aller bis zum Ende des Beobachtungszeitraums erhaltenen Zitate aus. Die 50%-Marke der insgesamt erhaltenen Zitate, die auch der Literaturhalbwertszeit entspricht, wurde für die analysierten Artikel durchschnittlich nach 13 Jahren erreicht. Für die Zeiträume 1955 – 1996 und 1955 – 2001 konnte in den ersten zwei Jahren nach der Veröffentlichung ein ähnlich steiler Anstieg berechnet werden. Die Jahresmaxima unterschieden sich für diese beiden Margen jedoch deutlich. Sie lagen bei 6,6% im vierten Jahr (1955 - 1996) und bei 7,92% im dritten Jahr (1955 – 2001). Auch die Halbwertszeiten verringerten sich mit steigender

## Ergebnisse

Aktualität der Artikel auf zehn bzw. neun Jahre. Auf die Folgejahre bezogen nähert sich das Zitationsaufkommen bei allen drei Margen nach einer gewissen Zeit einander an, bis, wie in Abbildung 40 zu erkennen, die Kurven nach 13 bzw. 17 Jahren konvergieren.

Für die letzte Marge, die die Artikel von 1955 – 2006 umfasst, wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Das Zitationsaufkommen steigt in den ersten Jahren am deutlichsten an, bis nach drei Jahren das Maximum von 12,14% erreicht ist. Daraufhin fällt es wieder konstant, bis es im achten Jahr nach der Publikation sich dem der Artikel von 1955 – 2001 angleicht. Die Literaturhalbwertszeit dieser Marge ist bereits nach sieben Jahren erreicht.

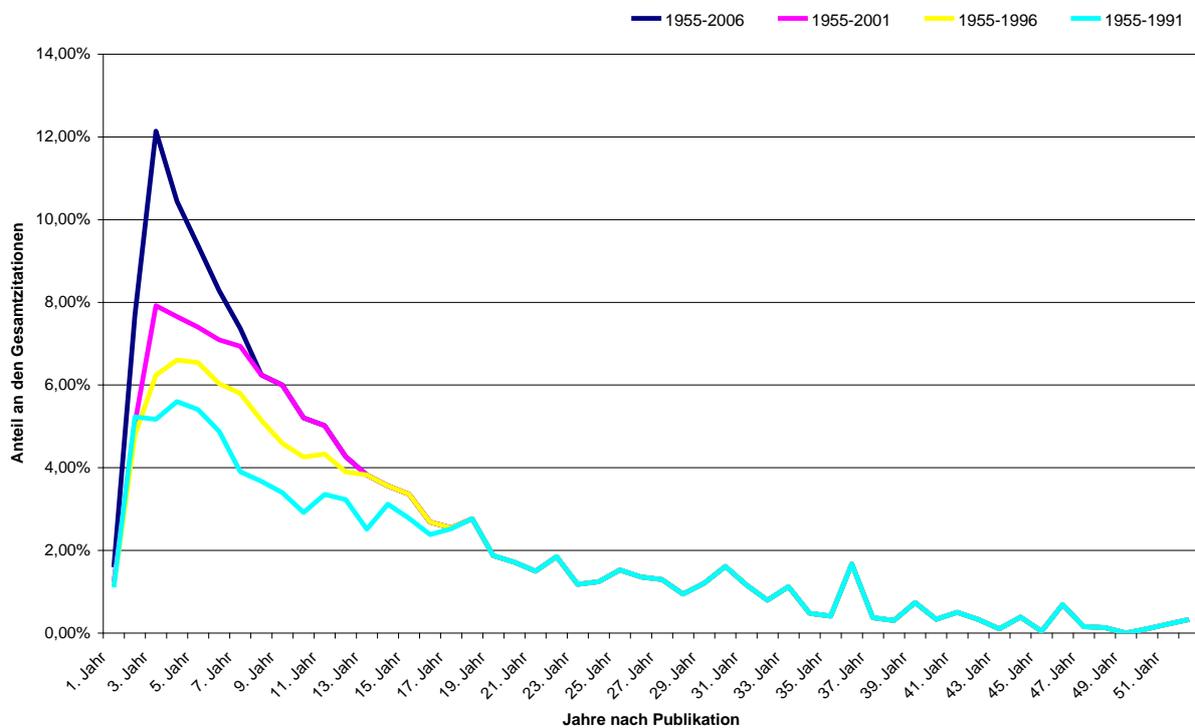


Abbildung 40: Literaturhalbwertszeit

### **4 Diskussion**

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine bibliometrische Studie über alle im ISI-WoS erfassten barotraumaassoziierten Publikationen des letzten Jahrhunderts bis einschließlich des Jahres 2008. Untersucht wurde die Rolle der internationalen Barotraumaforschung und welche Aspekte des Barotraumas im Vordergrund der Forschung stehen. Unter Verwendung bibliometrischer Analysemethoden wurden die wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema Barotrauma ausführlich untersucht. Dies ermöglicht, einen allgemeinen Überblick über die inhaltlichen Zusammenhänge und Spezialisierungen dieser Arbeiten zu erlangen. Durch die Interpretation der Daten wurden Tendenzen und Entwicklungen in der internationalen Erforschung des Barotraumas aufgezeigt. Auch konnte durch verschiedene Grafiken der zeitliche, qualitative als auch quantitative Verlauf der Entwicklung der Barotraumaforschung verdeutlicht werden. Die aufgearbeiteten Daten wurden sowohl in Form von absoluten Zahlen präsentiert, als auch prozentual wiedergegeben. Stellen absolute Zahlen eher unabhängige Größen dar, geben Prozentangaben Auskunft über die Verhältnisse der jeweils untersuchten Sachverhalte zu einander. Das Hauptaugenmerk der durchgeführten Recherche war, die gewonnenen Resultate in einen Gesamtkontext zu setzen und kritisch zu diskutieren und somit sowohl Schwerpunkte im zeitlichen Verlauf als auch hinsichtlich der thematischen Entwicklung und der geographischen Vernetzung der Barotraumaforschung zu erkennen und zu verstehen.

#### **4.1 Methodische Diskussion**

##### **4.1.1 Bibliometrische Analysen**

Die bibliometrischen Analysen dieser Arbeit verfolgten das Ziel die Produktivität jener Autoren, Institutionen und Staaten zu untersuchen, die an der Veröffentlichung barotraumaassoziierten Publikationen beteiligt sind sowie Rückschlüsse auf die Qualität ihrer wissenschaftlichen Arbeit zu ziehen. So wird als Maß der Produktivität das Publikationsaufkommen gewählt. Die Qualität der Forschung wird aus der Resonanz abgeleitet, die die einzelnen Publikationen durch andere Wissenschaftler erhalten. Als Maßstab wurden hierfür zitationsbezogene Werte wie der h-Index und die Zitationsrate genutzt. In der Zusammenschau der so ermittelten Ergebnisse können Fachgebiete ermittelt werden, die hinsichtlich des Barotraumas im

besonderen Interesse der Forschung stehen. Jedoch auch internationale Kristallisationspunkte mit besonders hohem barotraumabezogenen Forschungsaufkommen konnten auf diese Weise identifiziert werden. Im zeitlichen Verlauf konnte die Entwicklung der Forschung über die Jahre sowohl innerhalb der verschiedenen Länder, als auch der verschiedenen Forschungsteilgebiete beobachtet werden. Solche Trendanalysen erlauben Rückschlüsse auf Faktoren, die das Forschungsaufkommen günstig beeinflussen können und bieten auch Ausblicke in die mögliche zu erwartende Entwicklung der Barotraumaforschung.

### **4.1.2 Beurteilung der Datenquellen**

Der Export der in dieser Arbeit analysierten Daten erfolgte aus den Metadatenbanken *Web of Science* von *Thomson Scientific* und *PubMed* der *National Library of Medicine*. Beide gehören zu den weltweit größten und in der Wissenschaftswelt anerkanntesten biomedizinischen Datenbanken. Ihr Katalog umfasst eine Vielzahl medizinischer Fachblätter und wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert.[97] Dies beinhaltet nicht nur eine Erweiterung des Bestandes um neue Fachzeitschriften, sondern auch eine ständige Reevaluation der Publikationen bereits aufgenommener Journals nach eng definierten Richtlinien. Die Erfüllung dieser bereits seit über 40 Jahren existierenden Kriterien ist essentiell, um weiterhin in den Datenbanken aufgeführt zu werden. Diese Vorauswahl ist dem Anspruch geschuldet, in den Datenbanken möglichst qualitativ hochwertige Publikationen zu listen. Sie muss aber gleichzeitig auch kritisch bewertet werden, da die Aufnahmekriterien sehr streng sind und somit Nutzern von Datenbanken nicht uneingeschränkt alle Veröffentlichungen zum untersuchten Thema zugänglich werden. Datenbankrecherchen können daher nie als absolut repräsentativ gewertet werden. Dieser Nachteil wird wiederum dadurch ausgeglichen, dass bei der Datenbankrecherche zu einem spezifischen Thema die wesentlichen Aspekte eines Themas erfasst werden können, ohne dass unqualifizierte und wissenschaftlich wenig- oder irrelevante Datenmengen die eigentlichen Ergebnisse verfälschen.[99] So müssen die Artikel auf zuverlässigen Methoden basieren und ihre Ergebnisse den aktuellen Stand der Forschung repräsentieren. Die aufgenommenen Fachblätter müssen ein Herausbergremium aufweisen, das mit Experten aller Teilgebiete des durch die Zeitschrift repräsentierten Fachbereiches besetzt ist. Alle in diesen Journalen veröffentlichten Artikel müssen vor der Publikation durch eine qualifizierte

## Diskussion

Arbeitsgruppe evaluiert werden. Des Weiteren wird ein definierter minimaler Impactfaktor und ein regelmäßiges Erscheinen in definierten Zeitabständen sowie das Vertretensein in allen relevanten Sekundärquellen vorausgesetzt.[100]

Das ISI-WoS ist bezüglich seiner Aufnahmekriterien noch restriktiver. Zusätzlich zu den bereits genannten Kriterien müssen die Publikationen eine englischsprachige Zusammenfassung beinhalten sowie mindestens eine Autorenadresse und eine vollständige Auflistung der bibliographischen Hinweise aller vom Autor zitierten Arbeiten mit einschließen. Ebenso müssen die Autoren das Kriterium der internationalen Präsenz erfüllen. Durch die engen Qualitätskriterien, die die Publikationen zur Aufnahme in diese beiden Datenbanken erfüllen müssen, ist es insbesondere Nutzern des ISI-WoS nicht möglich, auf sämtliche Veröffentlichungen zu einem Thema zuzugreifen. [99] Dabei ist besonders die Vorauswahl der gelisteten Zeitschriften über das auf sie verweisende Zitationsaufkommen kritisch zu betrachten. Dies ist, in Form des JIF, für große Datenbanken das gängigste und am meisten Ausschlag gebende Qualitätskriterium. In diesem Zusammenhang konnte das empirisch bestätigte Phänomen, des so genannten „Matthäus-Effektes“ beobachtet werden. Hierbei handelt es sich um eine positive Rückkopplung. So werden renommierte bereits etablierte Fachzeitschriften schon aufgrund ihrer größeren Leserschaft häufiger zitiert und erreichen damit einen höheren JIF. Sie werden damit eher in die großen Datenbanken aufgenommen als unbekanntere Journals mit einem kleineren Leserkreis. [106-108] Ebenfalls durch die Vorauswahl bedingt, werden vorwiegend englischsprachige Fachzeitschriften katalogisiert. Auf diese Weise wird es anders sprachigen Publikationen erschwert in den Datenbanken indexiert zu werden.[109] Jedoch scheint nicht nur nach der Sprache, sondern auch nach dem Publikationsland selektiert zu werden. So stammten ca. 70% aller in den *Journal Citations Reports* der Jahre 1997 und 1998 erfassten Fachzeitschriften aus den USA, Großbritannien und den Niederlanden.[110] Im Vergleich zu anderen englischsprachigen oder vorwiegend in englischer Sprache publizierenden Ländern waren diese drei somit überdurchschnittlich stark repräsentiert. Auch in dieser Arbeit konnte der Einfluss sowohl des Matthäus-Effektes als auch des Language Bias auf das Publikations- und Zitationsverhalten innerhalb der Barotraumaforschung nachgewiesen werden. So wurden 94% aller Artikel in englischer Sprache verfasst. Auch in Bezug auf die Zitationsrate bei den barotraumaassoziierten Publikationen waren jene Zeitschriften wie *Lancet*, *Critical Care Medicine* und *Intensive Care*

*Medicine* führend, die sich ohnehin durch einen hohen Impactfaktor auszeichnen. Lediglich bezüglich der meist veröffentlichenden Länder wichen die Ergebnisse dieser Arbeit etwas von den allgemeinen themen- bzw. fachübergreifenden Beobachtungen von Winkmann et al. ab [110]. Sowohl die USA als auch Großbritannien haben die Führungsrollen unter den meist publizierenden Ländern inne, jedoch konnten für die Niederlande lediglich 28 barotraumabezogenen Veröffentlichungen identifiziert werden, weniger als 1% des Gesamtpublikationsaufkommens ausmacht.

### **4.1.3 Inhalte und Struktur der verwendeten Datenquellen sowie Suchstrategien**

Handelt es sich zwar bei beiden für diese Arbeit verwendeten Datenquellen um zwei der weltweit umfangreichsten Datenbanken, unterscheiden sie sich doch sowohl in der Struktur, als auch im inhaltlichen Schwerpunkt. So konzentriert sich *PubMed* ganz klar auf den Bereich der Biomedizin. Das *Web of Science* hingegen beinhaltet zusätzlich eine Große Auswahl an Publikationen verschiedener Natur- und Geisteswissenschaften. Strukturell unterscheiden sie sich im Archivsystem sowie bei der Verknüpfung von Artikeln und deren bibliometrischen Daten. Die funktional gravierendsten Unterschiede jedoch betreffen die Such- und Analysefunktionen. Bei *PubMed* wird mit Hilfe der integrierten MeSH-Datenbank die Möglichkeit eröffnet Suchbegriffe thematisch einzugrenzen und so gezielter Publikationen mit den gewünschten inhaltlichen Schwerpunkten zu identifizieren. So konnten unter Verwendung der MeSH-Funktion die verwandten Suchbegriffe „decompression illness“ und „blast injury“ konstatiert werden. Um auch die pluralisierten oder adjektivisierten Formen der Schlagworte zu berücksichtigen, wurde der jeweilige Wortstamm mit einem Asterisk versehen. Diese Methodik zeigte sich als äußerst effektiv, da sich die Anzahl der gefundenen Publikationen so von initial 2065 auf 3279 erhöhen ließ, ohne die Verwendung möglicherweise falsch gewählter oder ungenauer Schlagworte. Die Stärken des ISI-WoS liegen ganz unverkennbar in seinen vielfältigen Analysefunktionen. Mit den von dieser Datenbank angebotenen *Citation Reports* waren umfassende Zitationsanalysen für sämtliche in ihr katalogisierten Publikationen möglich. Für die Analysen der vorliegenden Arbeit wurden die individuellen Vorteile beider Datenquellen genutzt. Aufgrund der

unterschiedlichen Aufnahmekriterien beider Datenbanken für Publikationen gibt es deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Anzahl an katalogisierten barotraumaassoziierten Veröffentlichungen. Daher wurden die Analysen jeweils entweder mit *PubMed* oder mit dem ISI-WoS durchgeführt. Die Trefferzahlen beider Datenbanken wurden nie direkt miteinander verglichen. Verwendung für die einzelnen Analysen fand jeweils jene Datenquelle, welche auf Grund ihrer Struktur und Funktionalität die je nach Fragestellungen umfassendsten und am meisten detaillierten Ergebnisse lieferte. Gleichzeitig wurde jedoch auch das Ziel verfolgt, nur diejenigen Publikationen herauszufiltern, deren inhaltlicher Schwerpunkt beim Thema des Barotraumas liegt.

### 4.1.4 Suchzeitraum

Die Daten für die vorliegende Arbeit wurden im Zeitraum vom 12.01.2009 bis zum 02.02.2009 erhoben. Eingeschlossen wurden dabei alle Artikel, deren Veröffentlichungsdatum im Zeitraum zwischen 1900 und 2008 lag. Entgegen aktueller wissenschaftlicher Empfehlungen, den Beobachtungszeitraum szientrometrischer Analysen auf maximal 20 Jahre zu beschränken, wurden für diese Arbeit alle Artikel, deren Veröffentlichungsdatum im Zeitraum zwischen 1900 und 2008 lag, miteingeschlossen. Die Entscheidung hierfür ist der Tatsache geschuldet, dass der befürchtete Verzerrungseffekt durch ältere Publikationen die heutzutage evtl. nur noch wenig Resonanz erhalten für die vorliegende Arbeit nicht zu erwarten ist. Mit 2711 Publikationen seit 1988 wurden über 80% aller barotraumaassoziierten Artikel innerhalb der letzten 20 Jahre veröffentlicht. Dies macht folglich eine Verzerrung der Ergebnisse äußerst unwahrscheinlich.[99] Auf Grund der umfangreichen Peer Review Prozesse der benutzten Datenbanken ist nur eine verzögerte Aufnahme von Publikationen in selbige möglich. Dies bedingt wiederum, dass Publikationen aus dem Jahre 2008 unter Umständen erst im Laufe des Jahres 2009 in die Datenbanken aufgenommen wurden. Da die Erhebung und Analyse der Daten Anfang 2009 erfolgte, ist zu erwarten, dass sich das oben beschriebene Verhältnis des Publikationsaufkommens weiter zu Gunsten des Zeitraumes nach 1988 verschieben wird und somit der statistische Einfluss älterer Arbeiten auf die szientrometrischen Analysen weiter sinkt. Der Vorteil des längeren Beobachtungszeitraumes besteht darin, dass ältere Publikationen mit evtl. hoher Relevanz nicht außen vor gelassen werden.[99]

## 4.1.5 Qualitative Analysen wissenschaftlicher Arbeit

### 4.1.5.1 Journal Impact Factor

Eines der bekanntesten bibliometrischen Gütekriterien zum Vergleich der Qualität von Fachzeitschriften ist der *Journal Impact Factor* (JIF). Dieser von Eugene Garfield entwickelte Wert wurde in den 1960er Jahren erstmals vom ISI für Fachzeitschriften berechnet, wurde jedoch initial nur intern für den *Science Citation Index* genutzt. Heutzutage wird er vorwiegend in der Medizin als auch in der Naturwissenschaft zum qualitativen Vergleich von Fachzeitschriften untereinander verwendet. Er beschreibt definitionsgemäß das Verhältnis aus der Anzahl an Zitaten in einem definierten Zeitraum zur Anzahl der veröffentlichten Artikel in derselben Zeitspanne. Ein hoher JIF wird somit einem größeren Renommee der entsprechenden Fachzeitschrift gleichgesetzt. Bei der Verwendung des JIF als Qualitätsindikator ist allerdings Vorsicht geboten. Laut seines Begründers ist er nicht als definitives Bewertungskriterium für den qualitativen Vergleich wissenschaftlichen Arbeitens anwendbar. Insbesondere für den Vergleich verschieden großer Fachdisziplinen mit unterschiedlich vielen Forschern und Publikationsorganen und einer daraus resultierenden divergent hohen Zitierfrequenzen ist er nicht geeignet. Bestimmt ist er lediglich dazu, einzelne Fachzeitschriften innerhalb einer Referenzgruppe miteinander zu vergleichen. Eine Gegenüberstellung mit den Werten anderer Fachbereiche ist nicht intendiert.[96, 111, 112]

### 4.1.5.2 h-Index

Als Gütekriterium, das einen objektiveren qualitativen Vergleich wissenschaftlichen Arbeitens ermöglicht, wurde 2005 von Jorge E. Hirsch der Hirsch-Index (2.3.1) entwickelt.[101] Der Vorteil gegenüber anderen Indikatoren wie zum Beispiel der Gesamtanzahl von Zitationen eines Autors oder dem JIF besteht darin, dass die Zitationen einer einzigen, viel zitierten Veröffentlichung keinen großen Einfluss auf den Index haben.[113] Dem gegenüber besteht das Problem, dass es für Autoren mit wenigen Publikationen schwierig ist, einen entsprechend hohen h-Index zu erreichen, da der maximal zu erreichende h-Index der Gesamtanzahl publizierter Artikel entspricht.

Somit ist es für viel publizierende Autoren einfacher einen höheren h-Index zu erreichen, ohne dass jede ihrer Arbeiten häufig zitiert sein muss. Der oben benannte Vorteil kann allerdings auch kritisch bewertet werden, da besonders herausragende wissenschaftliche Arbeiten durch den Gebrauch des h-Index nicht entsprechend honoriert werden.

### 4.1.5.3 Zitationsrate

Neben dem JIF und dem h-Index wird in dieser Arbeit auch die durchschnittliche Anzahl der erhaltenen Zitationen als Kriterium für die wissenschaftliche Qualität einer Arbeit verwendet. Möglich ist dies durch die Funktion des *Citation Report* des ISI-WoS. Die durchschnittliche Zitationsrate ist ein weiterer Indikator mit dem sich abschätzen lässt, welche Resonanz eine Arbeit von anderen Wissenschaftlern erhält, was wiederum in gewissem Maße einen Rückschluss auf die wissenschaftliche Bedeutung einer Publikation zulässt. Die umfangreichen Zitationsanalysen dieser Arbeit betrachten verschiedene Aspekte der barotraumaassoziierten Forschung. Dadurch kann sowohl der Stellenwert einzelner Themenbereiche als auch die Forschung in verschiedenen Ländern und Regionen ermittelt sowie die zeitliche Entwicklung der durchschnittlichen Zitationsrate verschiedener Publikationsjahre untersucht werden. Führt man Zitationsanalysen durch, gibt es gewisse Punkte die man bei der Interpretation der Ergebnisse beachten muss.

Als Grundvoraussetzung für das exakte Durchführen aller Zitationsanalysen muss sichergestellt sein, dass Zitierungen fehlerfrei erfolgt sind. Ungenauigkeiten führen nämlich möglicherweise zu fehlerhaften Zuordnungen, was eine Verfälschung der Zitationsergebnisse bedingt. Auch bei renommierten Fachjournalen kann diese Fehlerquelle nicht vollständig ausgeschlossen werden.[114] Einen ähnlichen Einfluss können Selbstzitationen haben. Autoren ist es möglich, durch häufiges zitieren eigener Publikationen den ihrer Arbeit beigemessenen Wert zu steigern.[105] Bei der länderbezogenen Analyse der Zitationsrate muss berücksichtigt werden, dass es vereinzelt Länder mit sehr geringen Publikationszahlen gibt, für die unter Umständen keine repräsentative Zitationsrate bestimmt werden kann. Insbesondere trifft dies zu, wenn Wissenschaftler dieser Länder sich selbst oder inländische Arbeiten sehr häufig zitieren und somit ein nicht repräsentatives Zitationsaufkommen suggerieren. Um diesem Effekt entgegen zu wirken wird empfohlen, einen Schwellenwert von

mindestens 30 Veröffentlichungen pro Publikationsland festzusetzen um eine verwertbare durchschnittliche Zitationsrate zu erhalten.[112]

### **4.1.5.4 Kartenanamorphen**

Wie gut die graphische Darstellung komplexer Inhalte mittels Kartenanamorphen möglich ist, wurde bereits unter 2.3.2 ausführlich beschrieben. Durch das Funktionsprinzip der Kartenanamorphen, bei dem der zu bestimmende Parameter ins Verhältnis zur Fläche des analysierten Landes gesetzt wird, ist eine gewisse statistische Verzerrung für Länder mit besonders großer Fläche bedingt. So werden flächenmäßig große Staaten wie die USA, Russland oder China im Vergleich zu kleinen Ländern und Staaten mit besonders hohem Publikationsaufkommen weniger stark vergrößert dargestellt[103].

### **4.1.6 Analyse der Länderkooperationen**

Unter 2.4.10.1 wurde die Methode zur Analyse der Länderkooperationen beschrieben. Mit ihr war es unter Verwendung einer speziellen Software möglich, die erheblichen Datenmengen so aufzubereiten, dass sie sich gut verständlich darstellen ließen. Jedoch gibt es für die angewandte Software Limitationen, wenn die analysierten Publikationen nicht all jene für das Programm relevante Daten enthalten. Dies war bei 332 der 3279 untersuchten Artikel der Fall, was einen Anteil von 10,1% ausmacht. Bei diesen Publikationen war keine eindeutige Zuordnung zu einem Herkunftsland möglich. Eventuell vorhandene Länderkooperationen konnten bei diesen Artikeln somit nicht ermittelt werden. Ein möglicher Bias ist also bei dieser Analyse nicht auszuschließen, da die Publikationen ohne bekanntes Herkunftsland bei der Länderkooperationsanalyse nicht berücksichtigt werden konnten.

### **4.1.7 Autorenbezogene Analysen**

Für die unter 2.4.6 und 2.4.11 beschriebenen Analysen war eine genau Zuordnung von Autor zu Artikel notwendig. Durch Doppelnamen, Namensänderungen, Heirat sowie Nennung bzw. Nichtnennung mehrerer Vornamen besteht die Möglichkeit,

dass Publikationen die von ein und derselben Person verfasst wurden unterschiedlichen Autoren zugeordnet wurden. Dieses methodische Problem ist bekannt, ließe sich jedoch nur umgehen, wenn eine Datenrecherche zu allen Autoren durchgeführt würde. Jedoch ist dies auf Grund der großen Anzahl an Verfassern nicht möglich. Diese Problematik ist somit nicht lösbar und konnte daher bei der Interpretation der Ergebnisse nicht berücksichtigt werden.

### 4.2 Inhaltliche Diskussion

Das Barotrauma ist eine Gesundheitsstörung, die in ihren Grundzügen bereits Mitte des 17. Jahrhunderts bekannt war. Bereits Robert Boyle, der im Rahmen seiner Forschung zu den Gaseigenschaften auch Dekompressionsexperimente mit Tieren durchführte, soll hierbei bereits Gasblasen im Gefäßsystem entdeckt und daraus Rückschlüsse auf den Pathomechanismus deren Entstehung gezogen haben. 1857 konkretisierte der deutsche Physiologe Felix Hoppe-Seyler dies in seiner Theorie der Gasblasenembolie, gefolgt von Leroy de Mericourt, der 1869 hierzu eine medizinische Abhandlung verfasste.[115] Eine intensive Erforschung des Barotraumas in seinen verschiedenen Erscheinungsformen fand allerdings erst ab dem zweiten Drittel des 20. Jahrhunderts statt. Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung des barotraumaassoziierten Forschungsaufkommens seit 1900, da durch den Zugriff auf die Analysen der ISI-WoS Datenbank, auf denen die vorliegenden Ausführungen basieren, dieser Zeitrahmen vorgegeben ist.

#### 4.2.1 Publikationsanalysen

Wie in Abbildung 6 ersichtlich stammen die ersten in der Datenbank des ISI-WoS dokumentierten Publikationen zum Barotrauma aus dem Jahre 1940. Wahrscheinlich durch den Anstieg an Explosionsverletzungen im Ersten und Zweiten Weltkrieg bedingt, erhöht sich innerhalb von sechs Jahren das jährlichen Publikationsaufkommen um den Faktor 9,5. Diese Vermutung wird bestätigt, wenn die Veröffentlichungen aus dieser Zeit genauer betrachtet werden. So beziehen sich allein 32 von insgesamt 48 Veröffentlichungen direkt auf *blast injuries*, also explosionsbedingte Verletzungen. Während des Ersten Weltkriegs entwickelte sich die Kriegsführung aus der Luft und führte schließlich im Zweiten Weltkrieg zu einem Einsatz von Bomben in einem vorher nie da gewesenen Ausmaß. So wurden von 1914 bis 1940 immer wieder von Fällen getöteter Soldaten berichtet, deren Körper

## Diskussion

keine äußerlichen Verletzungen aufwiesen und bei denen erst durch Obduktionen Traumatisierungen von Zwerchfell und Lunge nachgewiesen werden konnten, ohne dass deren genaue Genese bekannt war.[116] Erst ab dem Jahre 1940 sind im ISI-WoS erste Publikationen zu den Explosionsverletzungen der Lunge zu finden, die sich mit dem dazugehörigen Pathomechanismus auseinandersetzen. In den Nachkriegsjahren nimmt das jährliche Publikationsaufkommen in gleichem Maße wieder ab, wie es zuvor angestiegen ist, bis ein absolutes Minimum von lediglich einer Veröffentlichung im Jahre 1950 erreicht wurde. Erst mit Beginn der 1960er Jahre beginnt das Publikationsaufkommen langsam wieder anzusteigen. Die jeweiligen Publikationsmaxima könnten also mit Entdeckungen, historischen Ereignissen und technischen Weiterentwicklungen verknüpft sein, die die Relevanz der Barotraumaforschung gesteigert haben. Bei solchen Beobachtungen sollte jedoch unbedingt berücksichtigt werden, dass es durch die aufwändigen *Peer-Review* Verfahren der namenhaften Fachzeitschriften zu einer Latenzzeit von ein bis zwei Jahren zwischen Erkenntnisgewinn und Publikation kommen kann.[117] Auf Grund der sehr unterschiedlichen Pathomechanismen, die zum Barotrauma führen können und der sehr verschiedenen Fachdisziplinen, die die Barotraumaforschung betreiben, wird es im weiteren Verlauf sehr schwierig, direkte Bezüge historischer Ereignisse zum Publikationsaufkommen herzustellen. In den kommenden Jahrzehnten kam es jedoch zu mehreren Ereignissen bzw. technischen Entwicklungen, die das von da an im Median bis heute exponentielle Wachstum des Publikationsaufkommens befeuert haben. Sie reichen von der beginnenden Verbreitung des SCUBA Divings als Massensport seit Ende der 1950er Jahre, der fortschreitenden Entwicklung im Flugzeugbau und der damit verbundenen Steigerung der Flughöhe bis hin zur Einführung der invasiven Beatmung in der Anästhesie und Intensivmedizin. Der steilste Anstieg des Publikationsaufkommens überhaupt fand um das Jahr 1991 statt. Die wahrscheinlichste Erklärung hierfür ist, dass ab 1991 im ISI-WoS nicht nur die vollständigen Publikationen, sondern auch die *Abstracts* gelistet wurden. Dies führte zu einem wesentlich größeren Datenpool, in dem die Suchbegriffe „*barotraum*“, „*decompress\* ill*“, und „*blast injur*“ dementsprechend auch häufiger zu finden waren.

### 4.2.2 Zitationsanalysen

Betrachtet man das jährliche Zitationsaufkommen wie in 3.12.1 geschah, zeichnet sich ein konstanter, in den 1990er Jahren beginnender Zuwachs an Zitationen zu barotraumaassoziierten Publikationen. Dies kann als generell wachsendes Interesse an der Barotraumaforschung gewertet werden. Eine genauere Analyse der Anzahl der Zitationen und der durchschnittlichen Zitationsrate nach dem Publikationsjahr der Arbeiten, auf die sie verweisen, zeigte drei große Peaks, nämlich 1991 bis 1995, 1998 und 2000. Die folgenden Ereignisse könnten dies erklären:

Wie bereits erwähnt, werden im ISI-WoS seit 1991 nicht nur die vollständigen Artikel, sondern auch die *Abstracts* gelistet. Damit steigt natürlich auch die Anzahl der Gesamtzitate um die Menge der in den neu hinzugekommenen *Abstracts* getätigten Zitationen an. Dies könnte ein Faktor für den sprunghaften Anstieg der gefundenen Zitationen in diesem Zeitraum sein.

Die beiden anderen Peaks fallen zeitlich exakt auf die Publikationsjahre der beiden mit Abstand meist zitierten Artikel zum Barotrauma: „Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome“ von Amato MB et al aus dem Jahre 1998 [118] und „Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome.“ des Acute Respiratory Distress Syndrome Networks von 2000 [119]. Beide Artikel stießen in der Wissenschaftswelt auf soviel Interesse, dass die von ihnen jeweils erreichten Zitationszahlen die anderer barotraumaassoziiierter Veröffentlichungen um ein Vielfaches übertrafen. Bei der inhaltlichen Auswertung beider Artikel fiel auf, dass sie beide aus dem Fachbereich der Intensivmedizin stammen und sich mit dem ARDS und dem durch maschinelle Beatmung verursachten Barotrauma befassten. Um diese Auffälligkeit näher zu beleuchten, wurden die einzelnen Themengebiete der Barotraumaforschung hinsichtlich ihrer Bedeutung eingehender untersucht. So ließen sich zwei große Themengebietskomplexe ausmachen, die sich hinsichtlich ihres Publikations- und Zitationsaufkommens stark von einander abhoben. Zum einen die sich hauptsächlich mit der Dekompressionskrankheit befassenden Themengebiete *Sport Science* und *Public, Environmental & Occupational Health* und zum anderen die Themenbereiche *Critical Care Medicine* und *Respiratory System*, die sich schwerpunktmäßig mit der

## Diskussion

intensivmedizinischen Barotraumaforschung im Rahmen des ARDS und der maschinellen Beatmung beschäftigen.

Ersterer Themenkomplex zeichnet sich durch ein vergleichsweise hohes Publikationsaufkommen hinsichtlich der Barotraumaforschung aus, während der intensivmedizinisch geprägte Komplex wesentlich mehr Zitationen (3.7.2) für sich beansprucht, was in einer mehr als doppelt so hohen durchschnittlichen Zitationsrate dieser Themengebiete resultiert. Diese Diskrepanz spiegelt sich ebenso wieder, vergleicht man die zum Barotrauma veröffentlichenden Journals hinsichtlich des Publikations- und Zitationsaufkommens miteinander, wie in Kapitel 3.6 geschehen. Die Ursache für diese Diskrepanz liegt wahrscheinlich darin begründet, dass die meisten der für das Barotrauma existierenden Krankheitsbilder und Pathomechanismen sich in der Domäne der Umwelt-, Arbeits- und Sportmedizin befinden. Die Intensivmedizin beschäftigt sich hingegen überwiegend nur mit einem Pathomechanismus des Barotraumas, dem der durch maschinelle Beatmung induzierten druckbedingten Schäden. Die geringeren Publikationszahlen in der Intensivmedizin lassen sich daher höchst wahrscheinlich mit dem kleineren thematischen Bereich begründen, den sie abdeckt. Allerdings sprechen die wider Erwarten hohen Zitationszahlen dagegen für die anscheinend höhere wissenschaftliche Relevanz dieses kleinen Themenbereiches der Barotraumaforschung. Die mechanische Beatmung wird generell wesentlich intensiver erforscht als beispielsweise die Dekompressionskrankheit. Allein die Suchbegriffe „mechanical ventilation“ und „ARDS“ fördern im ISI-WoS über 36.000 Publikationen zutage. Dies könnte ein Grund für die scheinbar höhere wissenschaftliche Relevanz der intensivmedizinischen Themengebiete sein.

Bei der Auswertung der Zitationsrate und des Gesamtzitationsaufkommens nach dem jeweiligen Publikationsjahr fiel auf, dass es bei den Veröffentlichungen aus den letzten sieben Jahren zu einem drastischen Rückgang an erhaltenen Zitationen kam. Dies lässt sich höchstwahrscheinlich auf die in Kapitel 3.12.1.2 ermittelte Literaturhalbwertszeit zurückführen. Somit sind Artikel mit einem Publikationsdatum nach 2001 noch nicht lange genug veröffentlicht und konnten so bisher nicht das Maximum der auf sie verweisenden Zitate erreichen.

### 4.2.3 Die Bedeutung des Veröffentlichungsformates

Zur besseren Interpretation der Verteilung der Veröffentlichungsformate muss initial die Stellung und Bedeutung der Publikationsformen zueinander geklärt werden. Der hohe Anteil des *Article* als primäres Veröffentlichungsformat mit 69% aller Publikationen liegt nahe. Er ist die Grundlage für alle anderen Formate wie *Reviews*, *Letters*, *Meeting Abstracts* und *Proceeding Papers*. Das mengenmäßige Verhältnis der Publikationsformate zueinander wurde in Abbildung 7 dargestellt. Im Vergleich zu der Menge an *Article* fiel hier der eher geringe Anteil an *Proceeding Papers* (9%) und *Meeting Abstracts* (5%) auf, die im Rahmen von Kongressen veröffentlicht werden. Dies spricht am ehesten dafür, dass der wissenschaftliche Diskurs der Barotraumaforschung eher mittels Journals als auf Kongressen stattfindet.

### 4.2.4 Bedeutung der Publikationssprache

Die Analyse der für diese Arbeit identifizierten Veröffentlichungen bezüglich ihrer Publikationssprache führte zu den in Kapitel 3.1 dargestellten Ergebnissen. Sie bestätigen, dass auch im Bereich der barotraumaassoziierten Forschung Englisch mit 94% die führende Publikationssprache ist. Dies ist konform mit den Ergebnissen einer von Winkelmann et al im Jahre 2002 veröffentlichten Studie, die zu dem Schluss kam, dass von allen zwischen 1995 und 2000 im *Science Citations Index* und *Medline* erschienenen Artikel 95,5% bzw. 88,5% in englischer Sprache publiziert wurden.[114] Weiterführend dazu wurde in diversen Studien gezeigt, dass der Anteil englischsprachiger Publikationen einer Fachzeitschrift in direktem Zusammenhang mit ihrem JIF steht. So haben Zeitschriften mit einem hohen Anteil englischsprachiger Publikationen einen höheren JIF und werden dementsprechend häufiger zitiert. Dieser Effekt wird als „language-bias“ bezeichnet. Seines Einflusses auf die Forschungsergebnisse sollte man sich bewusst sein.[120, 121] Das Herkunftsland, wie Navarro, F.A. zeigte [120], scheint im Gegensatz zur Publikationssprache hinsichtlich der Resonanz, die eine Veröffentlichung erhält, von geringerer Bedeutung zu sein. Diese These konnte auch in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Zwar befindet sich im Ranking nach der durchschnittlichen Zitationsrate Kanada als teilenglischsprachiges Land mit Abstand auf Platz 1, jedoch gefolgt von Italien, das bereits den 2. Platz einnimmt und das damit noch vor den USA liegt.

#### **4.2.5 Die wissenschaftliche Bedeutung der geographischen Verteilung des Publikationsaufkommens und der publizierenden Institutionen.**

Die geographische Verteilung des Publikationsaufkommens wird ganz klar von den USA dominiert. Ebenso verhält es sich mit der Gesamtanzahl der auf die Artikel entfallenden Zitationen. Weiterhin führen die USA bei der Quantität der Institutionen, die barotraumaassoziierte Forschung betreiben sowie der Anzahl der zu diesem Thema publikationsstärksten Wissenschaftler. So konnten zwischen 1940 und 2008 1379 Publikationen identifiziert werden, die in den USA veröffentlicht wurden, was 42% aller untersuchten Veröffentlichungen entspricht. Wie groß dieser Anteil am gesamten Publikationsaufkommen für ein Einzelland ist, wird im Kartenanamorphoten Abbildung 19 deutlich, in dem die USA im Vergleich zu anderen Ländern überdimensional vergrößert erscheinen. Wenn jedoch die Fläche der USA mit in Betracht gezogen wird, wird dies etwas relativiert. Summiert man beispielsweise die Publikationen aller EU-Länder, kann mit 1013 Veröffentlichungen ein ähnlich hohes Publikationsaufkommen festgestellt werden. Vergleicht man die USA hinsichtlich der Anzahl der zum Barotrauma forschenden Institutionen beispielsweise mit Deutschland, fällt auf, dass in den USA zwar mit Abstand die meisten Institutionen angesiedelt sind, auf die Fläche bezogen die Bundesrepublik allerdings über sechs mal so viele Einrichtungen verfügt. Der Publikationsoutput der einzelnen Institutionen in den USA ist im Schnitt jedoch um 68% höher als hier zu Lande. Somit kann angenommen werden, dass die hohe Publikationsleistung der USA nicht nur an der Menge ihrer Forschungseinrichtungen liegen kann. Diese Annahme einer hohen Effektivität us-amerikanischer Institutionen wird auch beim Vergleich der Zitationsraten bestärkt. Interpretiert man diese als einen Qualitätsmarker, liegen die Forschungseinrichtungen der USA(13,23) in diesem Punkt ebenfalls, wenn auch nur leicht vor denen aus Deutschland (11,43). Unter den zehn meist publizierenden Institutionen sind neun in den USA ansässig. Die einzige nicht US-Institution in diesem Ranking ist die University of Toronto(Kanada). Im internationalen Vergleich liegen die USA hinsichtlich ihres Gesamtzitationsaufkommens mit großem Abstand auf Platz 1. Dies trifft, wenn auch nicht in gleichem Ausmaß, ebenfalls auf den h-Index als höherwertigen Qualitätsindikator zu. Bei dieser Analyse war allerdings bereits zu erkennen, dass das bezüglich des h-Index zweit platzierte Kanada sich durch Publikationen, die von der Wissenschaftswelt mit regem Interesse aufgenommen werden, auszeichnet. Da

## Diskussion

der h-Index wie bereits unter 4.1.5.2 beschrieben in gewissem Maße vom Gesamtpublikationsoutput abhängen kann, wurde auch die Zitationsrate berücksichtigt. In diesem Ranking schnitt Kanada mit einer durchschnittlichen Zitationsrate von 25,78 mit Abstand am besten ab. So ist es auch nicht verwunderlich, dass die University of Toronto unter den meist publizierenden Institutionen die höchste durchschnittliche Zitationsrate hat. Eine Ursache für das gute Abschneiden der nordamerikanischen und europäischen Länder im Bezug auf die Barotraumaforschung könnten unter Umständen die überdurchschnittlich hohen Pro-Kopf-Ausgaben für das Gesundheitswesen sein. Sie liegen zwischen 3136 US\$ (Italien) und 7354 US\$ (Norwegen). Sie überschreiten den weltweiten Durchschnitt von 639 US\$ also deutlich. [122] Dieser Effekt wurde bereits in einer Studie von Bortz [123] beschrieben, die zu dem Schluss kam, dass die Pro-Kopf-Ausgaben im Gesundheitswesen eines Landes mit der Menge seiner Publikationen korreliert.

Für die starke Dominanz der USA könnte noch ein zusätzlicher Faktor eine Rolle spielen. So fiel bei der Analyse der Institutionen auf, dass sich überdurchschnittlich viele militärische Forschungseinrichtungen unter den zehn meist publizierenden Institutionen befanden, die ausschließlich in den USA ansässig waren: Die US Navy, US Airforce, das Walter Reed Army Medical Centre und die NASA. Zwar ist die Nasa die zivile Luft und Raumfahrtbehörde der USA, jedoch wird von ihr neben der zivilen auch militärische Grundlagenforschung in der Luftfahrt betrieben.

Das jährliche Budget des US-Militärs betrug 2006 über 500 Milliarden US\$, womit sich die USA sich deutlich von allen anderen Nationen der Welt absetzen. Ihr Militäretat übersteigt die jährlichen Militärausgaben Großbritanniens, das zu diesem Zeitpunkt den weltweit zweit höchsten Militäretat hatte um den Faktor 10. [124] Selbst die Ausgaben für den Bereich *Research & Development* des *Department of Defense* der USA für sich genommen, die in etwa dem militärischen Forschungsetat entsprechen, sind mit über 80 Milliarden US \$ immer noch mindestens doppelt so hoch wie der Gesamtmilitäretat anderer Nationen.

Es ist also davon auszugehen, dass die Barotraumaforschung in den USA von den hohen nationalen Militärausgaben profitiert und die militärische Forschung eine nicht unerhebliche Rolle bei der Erforschung des Barotraumas spielt.

Ein weiterer Punkt der in dieser Arbeit untersucht wurde, ist das Auftreten internationaler Kooperationsverhältnisse in der barotraumaassoziierten Forschung. Dabei zeigte sich, dass internationale Kooperationen, ausgenommen von Kooperationsverhältnissen zu den USA, hauptsächlich zwischen benachbarten bzw. geographisch nahe beieinander liegenden Ländern bestehen. Dies wird beim Betrachten des Netzdiagrammes in Abbildung 29 sehr deutlich, in dem benachbarte Länder Kooperationscluster zu bilden scheinen. Die USA stellen das Zentrum internationaler Kooperationen dar, mit den meisten Kooperationspartnern und den meisten Kooperationsartikeln. Dies ist sicherlich ihrem mit Abstand höchsten Publikationsaufkommen geschuldet. Die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Entwicklung der Kooperationsverhältnisse, wie in Abbildung 28 dargestellt, zeigt, sich, dass die Kooperationsaffinität zwischen benachbarten Ländern seit den 1970er Jahren bis 2000 relativ stabil war und in den Folgejahren denselben Schwankungen unterlag wie die Häufigkeit von Kooperationsverhältnissen nicht benachbarter Länder.

### **4.2.6 Die wissenschaftliche Bedeutung der Autoren**

Um die große Anzahl an Autoren, die sich weltweit mit der Barotraumaforschung befassen, im Hinblick auf ihre Signifikanz für die wissenschaftliche Welt mit einander zu vergleichen, wurden sie anhand ihrer Publikationszahlen, der durchschnittlichen Zitationsrate ihrer Arbeiten und ihres h-Index analysiert. Dabei stachen zwei Autoren aus zwei verschiedenen Themengebieten besonders hervor. Diese waren Andrew A. Pilmanis und Arthur Slutsky. Auf sie soll an dieser Stelle näher eingegangen werden.

Bei der Beteiligung an den meisten barotraumaassoziierten Veröffentlichungen zeichnete sich der Amerikaner Andrew A. Pilmanis aus. Er verfasste zehn als Erst- und 17 als Seniorautor. Damit hat er an über der Hälfte der unter seiner Beteiligung entstandenen Publikationen eine essentielle Rolle gespielt. Hinsichtlich der Gesamtzitationen schafft Pilmanis es nur auf den 3. Rang unter den meist zitierten Autoren. Trotzdem konnte für seine barotraumassoziierten Publikationen ein h-Index von elf ermittelt werden. Somit sind er und Slutsky, der den gleichen h-Index erreichte, die Forscher deren Arbeiten zum Barotrauma von der Wissenschaftswelt mit dem größten Interesse aufgenommen wurden. Thematisch spezialisierte sich Pilmanis auf die Dekompressionskrankheit. Wie in 3.11.3 gut ersichtlich pflegte er

## Diskussion

dabei ein sehr aktives Kooperationsverhältnis mit James T. Webb jenem Autor, für den in dieser Arbeit das zweithöchste Publikationsaufkommen ermittelt werden konnte. Beide sind Fellows der AsMA, deren Vizepräsident Webb ist und welche das zum Barotrauma meist publizierende Journal (*Aviation, Space and Environmental Medicine*) herausbringt (Kapitel 3.6). Sie arbeiteten gemeinsam an 32 ihrer Publikationen in den *Airforce Research Laboratories* in Brooks (Texas) zusammen.

Der Kanadier Slutsky landet hinsichtlich des Publikationsaufkommens zwar nur auf Rang 4, zeichnet sich allerdings durch die enorme Menge an Zitaten aus, die auf Arbeiten verweisen an denen er mitgewirkt hat. Kritisch zu betrachten ist jedoch, dass von diesen Veröffentlichungen nur eine einzige von ihm als Erstautor verfasst wurde und er nur bei acht als Seniorautor beteiligt war. Das bedeutet, dass er bei über der Hälfte der unter seinem Namen veröffentlichten Arbeiten nur eine untergeordnete Rolle als Koautor spielte. Die acht unter seiner Seniorautorenschaften veröffentlichten Artikel fanden jedoch ein sehr starkes Interesse in der Wissenschaftswelt. So konnten allein für sie 1079 Zitationen ermittelt werden. Es ist naheliegend, dass er als Direktor der *Interdepartmental Division of Critical Care Medicine* der *University of Toronto*, die Hauptverantwortung für das überdurchschnittlich gute Abschneiden sowohl seiner Institution (3.9) als auch seines Landes(3.8.2) hinsichtlich des Zitationsaufkommens trägt. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Intensivmedizin, insbesondere des ARDS.

Vergleicht man beide Autoren fällt in erster Linie, wie bereits unter 4.2.2 erörtert, die Diskrepanz zwischen Publikationsaufkommen und Zitationsaufkommen der Themenbereiche *Sport Science* und *Public, Environmental & Occupational Health* gegenüber der Bereiche *Critical Care Medicine* und *Respiratory System* auf, deren führende Forscher sie sind. Zwar erreichen beide den gleichen h-Index, jedoch musste Pilmanis dafür fast doppelt so viele Publikationen veröffentlichen. Dies spiegelt sich sehr stark in den jeweiligen Zitationsraten der beiden wieder, welche bei Pilmanis bei 7,26 und bei Slutsky bei 90,07 liegt. Weiterhin ist die Selbstzitationsrate der beiden Autoren kritisch zu betrachten. Slutsky liegt mit einer Rate von 5,03 % knapp unterhalb der durchschnittlichen Selbstzitationsrate von 6,89%, Pilmanis hingegen mit 9,28% weit darüber. Dies muss in Kontext zu den erhaltenen Gesamtzitationen gesetzt werden. Da Slutsky überdurchschnittlich viel zitiert wurde

## Diskussion

sinkt seine Selbstzitationsrate erheblich. Eine Betrachtung der Menge der Zitate, die auf ihn selbst verweisen, ergibt, dass er in halb so vielen unter seiner Beteiligung veröffentlichten Artikel doppelt so oft selbstzitiert wurde wie Pilmanis, was in Kapitel 3.11.8 gezeigt werden konnte.

### 5 Zusammenfassung

Das Barotrauma beschreibt Verletzungen, die durch den direkten oder indirekten Einfluss eines veränderten Umgebungsdruckes auf gasgefüllte Körperhöhlen verursacht werden. Gemeinsam mit der Dekompressionskrankheit und ihren Unterformen, bildet es einen Komplex von Gesundheitsstörungen, die auf der Veränderung des Umgebungsdrucks beruhen und sich gegenseitig bedingen können. So ist das Barotrauma in Form der Caissonkrankheit bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt, erlangte jedoch erst im 20. Jahrhundert durch die technischen Weiterentwicklungen im Bereich des Gerätetauchens, der Intensivmedizin und der Kriegsführung ein vermehrtes Interesse in der Forschungswelt.

Die vorliegende Arbeit stellt eine bibliometrische Analyse aller zwischen 1900 und 2008 in der Datenbank des *ISI-Web of Science* zu diesem Thema veröffentlichten Publikationen dar. Für diesen Zeitraum konnten 3279 Veröffentlichungen identifiziert werden, die sich mit dem Barotrauma befassen. Von einem kleinen Peak um das Jahr 1945 abgesehen existiert bis zur Mitte der 1960er Jahre kein nennenswertes Publikationsaufkommen. Etwa ab dem Jahre 1965 beginnen die jährlichen Publikationszahlen dann langsam zu steigen, bis sie im Jahre 1991 ihren steilsten Anstieg innerhalb des gesamten Beobachtungszeitraumes erleben. Seitdem hat das jährliche Publikationsaufkommen einen stetigen Aufwärtstrend erfahren, der in den letzten zwei Jahren noch einmal stark zugenommen hat. Der Anstieg des Publikationsaufkommens in den letzten 20 Jahren ist allerdings nicht nur auf eine intensivere Erforschung des Themas zurückzuführen. Die Aufnahme von *Abstracts* in die Datenbank des *ISI-WoS* spielt hierbei ebenfalls eine entscheidende Rolle.

Das mit Abstand häufigste Veröffentlichungsformat ist der *Article* mit 69% gefolgt von *Proceeding Paper*(9%), *Review*(6%), *Meeting Abstract*(5%) und *Letter*(5%).

Als dominierende Publikationssprache konnte mit 95% aller Veröffentlichungen die englische Sprache identifiziert werden. Ihre Dominanz ist dabei nicht durch den Anteil der englischsprachigen Publikationsländer bedingt, da dieser kumulativ nur knapp über 50% liegt. Es ist vielmehr ein Indiz dafür, dass landesunabhängig Englisch die führende Forschungssprache ist.

## Zusammenfassung

Das Land mit den meisten Publikationen sind die USA. 42% aller ermittelten Veröffentlichungen stammen direkt von dort oder wurden in Kooperation mit den USA veröffentlicht. So ist es nicht verwunderlich, dass sich auch neun der zehn meist publizierenden Institutionen innerhalb der USA befinden. Lediglich die *Toronto University* aus Kanada kann sich in dieser Rangliste, als einzige nicht in den USA ansässige Forschungseinrichtung, auf Rang 5 platzieren. Hinsichtlich des h-Index gelingt es ihr, mit einem Wert von 23 sogar alle US-amerikanischen Institutionen deutlich zu übertreffen. Bei der Analyse der Institutionen ist auffällig, dass sich unter den zehn publikationsstärksten von ihnen alleine vier militärische Forschungseinrichtungen befinden.

Im Hinblick auf das Zitationsaufkommen platzieren sich die USA ebenso auf Platz 1, werden allerdings hinsichtlich der durchschnittlichen Zitationsrate von Kanada um das Doppelte übertroffen.

Unter den Autoren barotraumassoziierter Publikationen sind zwei besonders zu erwähnen: Andrew A. Pilmanis und Arthur A. Slutsky.

Pilmanis, der mit einer Beteiligung an 46 Veröffentlichungen der produktivste Autor ist, befasst sich in seinen Artikeln primär mit der Dekompressionskrankheit. Hinsichtlich der erhaltenen Zitationen, muss er seine Führungsposition jedoch an Slutsky mit 1079 abgeben. Slutsky, der auch die mit Abstand höchste Zitationsrate erreicht, ist Direktor der *Interdepartmental Division of Critical Care Medicine* der *University of Toronto* und befasst sich besonders dem Einfluß der maschinellen Beatmung auf das ARDS sowie mit dem ARDS selbst. Seine Selbstzitationsrate liegt mit 5,03 % knapp unterhalb des Durchschnitts von 6,89%. Pilmanis erreicht hierbei einen Wert von 9,28%. Durch seine Forschungsarbeit ist Slutsky hauptverantwortlich für das überdurchschnittlich gute Abschneiden Kanadas und der kanadischen Forschungseinrichtungen bezüglich des Zitationsaufkommens sowie der Zitationsrate.

Durch die meisten barotraumaassozierten Veröffentlichungen zeichnet sich das *Journal Aviation, Space and Environmental Medicine* mit insgesamt 287 Veröffentlichungen aus. Die meisten Zitationen hingegen erhält das Journal *Critical Care Medicine* mit 1918 Zitaten bei nur 76 Publikationen. Es erreicht damit also eine vierfach höhere Zitationsrate.

## Zusammenfassung

Bei der genaueren Betrachtung der Analysen der Autoren und der Quellenzeitschriften sowie der von ihnen schwerpunktmäßig behandelten Themengebiete, fiel eine deutliche Diskrepanz zwischen Zitations- und Publikationsaufkommen auf. Eine genaue Analyse aller Themengebiete, unter denen barotraumaassoziierte Publikationen verfasst wurden, zeigte, dass sich die meisten Publikationen zwei übergeordneten Themenkomplexen zuordnen ließen. Zum einen den intensivmedizinisch orientierten Themengebieten *Critical Care Medicine* und *Respiratory System*, die sich hauptsächlich mit den Folgen der künstlichen Beatmung und dem ARDS beschäftigen, zum anderen den Bereichen *Sport Science* und *Public, Environmental & Occupational Health*, die sich mit den übrigen Pathomechanismen des Barotraumas befassen. Die beiden intensivmedizinischen Themengebieten zeichneten sich durch ein überdurchschnittlich hohes Zitationsaufkommen bei verhältnismäßig niedrigen Publikationszahlen aus und erreichten damit eine Zitationsrate, die die Themengebiete des anderen Komplexes fast um den Faktor vier übertrafen. Ihnen wird hinsichtlich der Barotraumaforschung demzufolge die meiste Aufmerksamkeit in der Wissenschaftswelt zuteil.

Die Literaturhalbwertszeit der Publikationen über das Barotrauma beträgt ca. sieben bis 13 Jahre. Dies entspricht der Zeit, nach der eine Veröffentlichung die Hälfte aller auf sie verweisenden Zitationen erhalten hat. Bei Artikeln aus den letzten Jahren kam es zu einem starken Rückgang des Zitationsaufkommens. Dies ist wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass seit ihrem Publikationsdatum noch nicht genügend Zeit vergangen ist und sie somit den größten Teil ihrer Zitationen noch nicht erhalten konnten.

Internationale Forschungsk Kooperationen sind heutzutage gängige Praxis in der modernen Wissenschaft. Hier waren wieder die USA der Spitzenreiter mit 131 in Kooperation entstandenen Veröffentlichungen. Sie sind damit die kooperationsfreudigste Nation. Das aktivste internationale Kooperationsverhältnis bestand zwischen Kanada und den USA mit 26 Kooperationsartikeln. Global ließen sich zwei Phänomene beobachten. Zum einen konnten für fast jedes Publikationsland, das in internationaler Kooperation Barotraumaforschung betreibt, Kooperationsverhältnisse zu den USA nachgewiesen werden. Die USA stehen damit quasi im Zentrum des Kooperationsnetzwerkes. Zum anderen zeigte sich, dass die geographische Lage anscheinend einen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens

## Zusammenfassung

von bilateralen Kooperationsverhältnissen hat. So wurden ganz deutlich benachbarte Länder bei der Wahl des Kooperationspartners bevorzugt. Ausgenommen davon waren nur Kooperationsverhältnisse zu den USA die über jede Entfernung aufgenommen wurden. Weltweit kommt es zu einer stetigen Zunahme an Kooperationsartikeln, wobei meist zwei Staaten an einer Forschungsarbeit beteiligt sind. Die USA sind das Land, das am häufigsten als Kooperationspartner ermittelt wurde.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Butler, F.K. and N. Gurney, *Orbital hemorrhage following face-mask barotrauma*. Undersea Hyperb Med, 2001. **28**(1): p. 31-4.
2. Senn, P., et al., [*Ocular barostress and barotrauma. A study of 15 scuba divers*]. Klin Monatsbl Augenheilkd, 2001. **218**(4): p. 232-6; discussion 237-8.
3. Peter Müller Wilfried Beuster, W.H., Peter Knessl, Hans Joachim Roggenbach, Volker Warninghoff, Wilhelm Welslau, Jürgen Wendling (2008) *Leitlinie Tauchunfall der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. Volume, 37*
4. Rittmeister, J., *Entstehung eines Barotraumas in einer starren Körperhöhle*, Barotrauma.jpg, Editor. 09.07.2007.
5. DePalma, R.G., et al., *Blast injuries*. N Engl J Med, 2005. **352**(13): p. 1335-42.
6. Ritenour, A.E. and T.W. Baskin, *Primary blast injury: update on diagnosis and treatment*. Crit Care Med, 2008. **36**(7 Suppl): p. S311-7.
7. Hull, J.B., *Traumatic amputation by explosive blast: pattern of injury in survivors*. Br J Surg, 1992. **79**(12): p. 1303-6.
8. Atkinson, R., *Blast and fragment injuries of the musculoskeletal system*. J Bone Joint Surg Am, 2003. **85-A**(7): p. 1390; author reply 1390.
9. Tsokos, M., et al., *Pathologic features of suicidal deaths caused by explosives*. Am J Forensic Med Pathol, 2003. **24**(1): p. 55-63.
10. Mayorga, M.A., *The pathology of primary blast overpressure injury*. Toxicology, 1997. **121**(1): p. 17-28.
11. Wightman, J.M. and S.L. Gladish, *Explosions and blast injuries*. Ann Emerg Med, 2001. **37**(6): p. 664-78.
12. Kluger, Y., *Bomb explosions in acts of terrorism--detonation, wound ballistics, triage and medical concerns*. Isr Med Assoc J, 2003. **5**(4): p. 235-40.
13. Hayda, R., R.M. Harris, and C.D. Bass, *Blast injury research: modeling injury effects of landmines, bullets, and bombs*. Clin Orthop Relat Res, 2004(422): p. 97-108.
14. Elsayed, N.M., *Toxicology of blast overpressure*. Toxicology, 1997. **121**(1): p. 1-15.
15. Turegano-Fuentes, F., et al., *Injury patterns from major urban terrorist bombings in trains: the Madrid experience*. World J Surg, 2008. **32**(6): p. 1168-75.
16. S. W. Hauschild, P.V., S. Wirtz, *Präklinisches Management bei Explosionsverletzungen*. Notfall & Rettungsmedizin, 2006. **9**(5): p. 453-472.
17. Sasser, S.M., et al., *Blast lung injury*. Prehosp Emerg Care, 2006. **10**(2): p. 165-72.
18. Leibovici, D., et al., *Blast injuries: bus versus open-air bombings--a comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions*. J Trauma, 1996. **41**(6): p. 1030-5.
19. Arnold, J.L., et al., *Mass casualty terrorist bombings: a comparison of outcomes by bombing type*. Ann Emerg Med, 2004. **43**(2): p. 263-73.
20. Phillips, Y.Y., *Primary blast injuries*. Ann Emerg Med, 1986. **15**(12): p. 1446-50.
21. Tetzlaff, K., E.S. Shank, and C.M. Muth, *Evaluation and management of decompression illness--an intensivist's perspective*. Intensive Care Med, 2003. **29**(12): p. 2128-36.

22. Francis TJR, S.D., *Describing Decompression Illness*, in *42nd Undersea and Hyperbaric Medical Society Workshop*. 1991.
23. Schroder, S., H. Lier, and S. Wiese, [*Diving accidents. Emergency treatment of serious diving accidents*]. *Anaesthesist*, 2004. **53**(11): p. 1093-102.
24. Muth, C.M., E.S. Shank, and B. Larsen, [*Severe diving accidents: physiopathology, symptoms, therapy*]. *Anaesthesist*, 2000. **49**(4): p. 302-16.
25. Lynch, J.J., et al., *Prevalence of right-to-left atrial shunting in a healthy population: detection by Valsalva maneuver contrast echocardiography*. *Am J Cardiol*, 1984. **53**(10): p. 1478-80.
26. Jager, M., et al., [*Acute low back pain with progressive sensorimotor paralysis. Differential diagnosis and therapy of acute decompression disease*]. *Dtsch Med Wochenschr*, 2002. **127**(22): p. 1188-91.
27. Gorman, D., et al., *A case of type 3 DCS with a radiologically normal spinal cord*. *Intern Med J*, 2006. **36**(3): p. 193-6.
28. Kot, J. and Z. Sicko, *Delayed treatment of bubble related illness in diving--review of standard protocol*. *Int Marit Health*, 2004. **55**(1-4): p. 103-20.
29. Dutka, A.J., et al., *Effect of lidocaine on somatosensory evoked response and cerebral blood flow after canine cerebral air embolism*. *Stroke*, 1992. **23**(10): p. 1515-20; discussion 1520-1.
30. *Berufskrankheiten-Verordnung*. 1997: Germany.
31. Dieler, R. and W.E. Shehata-Dieler, [*Medical aspects of diving in otorhinolaryngology. I. Barotrauma and decompression sickness*]. *Laryngorhinootologie*, 2000. **79**(12): p. 785-91.
32. Klingmann, C., [*Treatment of acute cochleovestibular damage after diving*]. *Hno*, 2004. **52**(10): p. 891-6.
33. King, P.F., *The Eustachian tube and its significance in flight*. *J Laryngol Otol*, 1979. **93**(7): p. 659-78.
34. Uzun, C., *Evaluation of pre-dive parameters related to eustachian tube dysfunction for symptomatic middle ear barotrauma in divers*. *Otol Neurotol*, 2005. **26**(1): p. 59-64.
35. Hamilton-Farrell, M. and A. Bhattacharyya, *Barotrauma*. *Injury*, 2004. **35**(4): p. 359-70.
36. Klingmann, C. and F. Wallner, [*Health aspects of diving in ENT medicine. Part I: Diving associated diseases*]. *Hno*, 2004. **52**(8): p. 757-67; quiz 768-9.
37. Csortan, E., et al., *Efficacy of pseudoephedrine for the prevention of barotrauma during air travel*. *Ann Emerg Med*, 1994. **23**(6): p. 1324-7.
38. Wiemann, K., *Das MSD Manual der Diagnostik und Therapie*. 2007: Urban & Fischer Bei Elsevier. 3194.
39. Cook, S.P., E.S. Deutsch, and J.S. Reilly, *Alternative indications for laser-assisted tympanic membrane fenestration*. *Lasers Surg Med*, 2001. **28**(4): p. 320-3.
40. Handler, S.D., *Current indications for tympanostomy tubes*. *Am J Otolaryngol*, 1994. **15**(2): p. 103-8.
41. Slaska-Kaspera, A., et al., [*The evaluation of cartilage and perichondrium grafts for the reconstruction of the tympanic membrane*]. *Otolaryngol Pol*, 2003. **57**(6): p. 889-92.
42. Klingmann, C., et al., *Barotrauma and decompression illness of the inner ear: 46 cases during treatment and follow-up*. *Otol Neurotol*, 2007. **28**(4): p. 447-54.
43. Goodhill, V., *Sudden deafness and round window rupture*. *Laryngoscope*, 1971. **81**(9): p. 1462-74.

44. Strutz, J., [*Otorhinolaryngologic disorders associated with diving*]. Hno, 2008. **56**(5): p. 499-504, 506-8.
45. Wilkes, M.K., et al., *Cochlear degeneration in minipigs after repeated hyperbaric exposures*. Undersea Biomed Res, 1989. **16**(2): p. 139-52.
46. Kelemen, G., *Temporal bone findings in cases of salt water drowning*. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1983. **92**(2 Pt 1): p. 134-6.
47. Ylikoski, J., et al., *Hyperbaric oxygen therapy seems to enhance recovery from acute acoustic trauma*. Acta Otolaryngol, 2008. **128**(10): p. 1110-5.
48. Becker, G.D. and G.J. Parell, *Barotrauma of the ears and sinuses after scuba diving*. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2001. **258**(4): p. 159-63.
49. Pullen, F.W., 2nd, *Perilymphatic fistula induced by barotrauma*. Am J Otol, 1992. **13**(3): p. 270-2.
50. Bachmann, G., et al., [*Measuring beta-trace protein for detection of perilymph fistulas*]. Hno, 2002. **50**(2): p. 129-33.
51. Bohm, F. and M. Lessle, [*Round window membrane defect in divers*]. Laryngorhinootologie, 1999. **78**(4): p. 169-75.
52. Goldmann, R.W., *Pneumocephalus as a consequence of barotrauma*. Jama, 1986. **255**(22): p. 3154-6.
53. Heckmann, J.G. and O. Ganslandt, *Images in clinical medicine. The Mount Fuji sign*. N Engl J Med, 2004. **350**(18): p. 1881.
54. Michel, S.J., *The Mount Fuji sign*. Radiology, 2004. **232**(2): p. 449-50.
55. Vanhoenacker, F.M., et al., *The Mount Fuji sign in tension pneumocephalus*. Jbr-Btr, 2008. **91**(4): p. 175.
56. Fix, A. and V.J. Lang, *A complication of forceful nose-blowing*. Am J Med, 2007. **120**(4): p. 328-9.
57. Glatz, K., C. Berger, and S. Schwab, [*Management and causes of pneumocephalus. Case report and review of the literature*]. Nervenarzt, 2005. **76**(12): p. 1532, 1534-8.
58. Michel, L., et al., *Air in "extra-dural space" after hyperbaric oxygen therapy*. J Trauma, 2007. **63**(4): p. 961.
59. Willenborg, K.M., et al., [*Accident with compressed air leading to orbital emphysema and pneumocephalus*]. Laryngorhinootologie, 2006. **85**(3): p. 201-3.
60. Russi, E.W., *Diving and the risk of barotrauma*. Thorax, 1998. **53 Suppl 2**: p. S20-4.
61. Schaffer, K.E., et al., *Mechanisms in development of interstitial emphysema and air embolism on decompression from depth*. J Appl Physiol, 1958. **13**(1): p. 15-29.
62. Larsen, R.Z., Thomas, *Auswirkungen und Komplikationen der Beatmung, in Beatmung: Grundlagen und Praxis*. 2009, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York: Homburg. p. 284.
63. e.V., G.f.T.-u.Ü., *Unterdruckbarotrauma der Lunge*. 2006.
64. Boussuges, A., et al., *Haemoptysis after breath-hold diving*. Eur Respir J, 1999. **13**(3): p. 697-9.
65. Boussuges, A., et al., [*Intra-alveolar hemorrhage. An uncommon accident in a breath holding diver*]. Presse Med, 1995. **24**(25): p. 1169-70.
66. Gouzi, F., et al., [*"Deep purple": a case of hemoptysis during breath-hold diving*]. Rev Mal Respir, 2007. **24**(9): p. 1129-32.
67. Kalemoglu, M. and O. Keskin, *Hemoptysis and breath-holding diving*. Mil Med, 2006. **171**(7): p. 606-7.

## Literaturverzeichnis

68. Lindholm, P. and C.E. Lundgren, *The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving*. J Appl Physiol, 2009. **106**(1): p. 284-92.
69. Crane, S.D., et al., *Randomised controlled comparison of continuous positive airways pressure, bilevel non-invasive ventilation, and standard treatment in emergency department patients with acute cardiogenic pulmonary oedema*. Emerg Med J, 2004. **21**(2): p. 155-61.
70. Gammage, M., *Treatment of acute pulmonary oedema: diuresis or vasodilatation?* Lancet, 1998. **351**(9100): p. 382-3.
71. Jamieson, A. and G.W. Kerr, *Treatment of high-altitude pulmonary oedema*. Lancet, 1992. **340**(8833): p. 1468.
72. Taha, S., et al., *Complicated negative pressure pulmonary oedema in a child with cerebral palsy*. Paediatr Anaesth, 2002. **12**(2): p. 181-6.
73. Gorman, D.F. and D.M. Browning, *Cerebral vasoreactivity and arterial gas embolism*. Undersea Biomed Res, 1986. **13**(3): p. 317-35.
74. Wherrett, C.G., R.J. Mehran, and M.A. Beaulieu, *Cerebral arterial gas embolism following diagnostic bronchoscopy: delayed treatment with hyperbaric oxygen*. Can J Anaesth, 2002. **49**(1): p. 96-9.
75. Peirce, E.C., 2nd, *Specific therapy for arterial air embolism*. Ann Thorac Surg, 1980. **29**(4): p. 300-3.
76. Moon, R.E., G. de Lisle Dear, and B.W. Stolp, *Treatment of decompression illness and iatrogenic gas embolism*. Respir Care Clin N Am, 1999. **5**(1): p. 93-135.
77. Shank, E.S. and C.M. Muth, *Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy*. Int Anesthesiol Clin, 2000. **38**(1): p. 111-38.
78. Gattinoni, L., et al., *Low-frequency positive-pressure ventilation with extracorporeal CO<sub>2</sub> removal in severe acute respiratory failure*. Jama, 1986. **256**(7): p. 881-6.
79. Frattallone, J.M., et al., *Management of pulmonary barotrauma by extracorporeal membrane oxygenation, apnea, and lung rest*. J Pediatr, 1988. **112**(5): p. 787-9.
80. Argyros, G.J., *Management of primary blast injury*. Toxicology, 1997. **121**(1): p. 105-15.
81. Cramer, F.S. and R.D. Heimbach, *Stomach rupture as a result of gastrointestinal barotrauma in a SCUBA diver*. J Trauma, 1982. **22**(3): p. 238-40.
82. Donaldson, E. and J. Pearn, *First aid in the air*. Aust N Z J Surg, 1996. **66**(7): p. 431-4.
83. Luderwald, S. and B. Zinka, *Fatal diving accidents: two case reports and an overview of the role of forensic examinations*. Forensic Sci Int, 2008. **180**(2-3): p. e1-5.
84. Picciano, L.D., B.C. Hansel, and F.A. Luchette, *Insufflation. Complications and recommendations*. Surg Endosc, 1995. **9**(7): p. 834-7.
85. Wiemann, K., *MSD Manual der Diagnostik und Therapie*. 2007: Urban & Fischer bei Elsevier. 3193.
86. Titu, L.V., et al., *Gastric barotrauma in a scuba diver: report of a case*. Surg Today, 2003. **33**(4): p. 299-301.
87. Boggia, R., *The ups and downs of barodontalgia*. Br Dent J, 1998. **184**(5): p. 209.
88. Kollmann, W., *Incidence and possible causes of dental pain during simulated high altitude flights*. J Endod, 1993. **19**(3): p. 154-9.

89. Senia, E.S., K.W. Cunningham, and R.E. Marx, *The diagnostic dilemma of barodontalgia. Report of two cases.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1985. **60**(2): p. 212-7.
90. Zadik, Y., *Aviation dentistry: current concepts and practice.* Br Dent J, 2009. **206**(1): p. 11-6.
91. Commons, U.M.W., *Zahnexplosion.png.* 2006.
92. Yeoh, R., R. Yeoh, and M. Singh, *Barotraumatic ocular haemorrhage sustained while scuba diving.* Clin Experiment Ophthalmol, 2008. **36**(6): p. 581-2.
93. Mader, C., *[Barotrauma in diving].* Wien Med Wochenschr, 1999. **151**(5-6): p. 126-30.
94. Kemmer, A., W. Welslau, and C.M. Muth, *[Injuries caused by pressure differences while diving].* MMW Fortschr Med, 2005. **147**(27-28): p. 33-4.
95. Kessel, R. *Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. (DGAUM) Arbeiten in Überdruck.* 1998 Dezember 2004 [cited; Available from: <http://www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/druckl.htm>].
96. Garfield, E., *The history and meaning of the journal impact factor.* Jama, 2006. **295**(1): p. 90-3.
97. Anon, *The Thomson Reuters Journal Selection Process.* 2009.
98. Moed, H.F., R.E. Debruin, and T.N. Vanleeuwen, *New Bibliometric Tools For The Assessment Of National Research Performance - Database Description Overview Of Indicators And First Applications.* Scientometrics. Scientometrics, 1995.: p. 33.
99. De Groote, S.L. and J.L. Dorsch, *Measuring use patterns of online journals and databases.* J Med Libr Assoc, 2003. **91**(2): p. 231-40.
100. Falagas, M.E., et al., *Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses.* Faseb J, 2008. **22**(2): p. 338-42.
101. Hirsch, J.E., *An index to quantify an individual's scientific research output.* Proc Natl Acad Sci U S A, 2005. **102**(46): p. 16569-72.
102. Gastner, M.T. and M.E. Newman, *From The Cover: Diffusion-based method for producing density-equalizing maps.* Proc Natl Acad Sci U S A, 2004. **101**(20): p. 7499-504.
103. Merrill, D.W., et al., *Use of density equalizing map projections (DEMP) in the analysis of childhood cancer in four California counties.* Stat Med, 1996. **15**(17-18): p. 1837-48.
104. Merrill, D., *Cartograms May Reveal Patterns in Cancer Incidence,* in Lawrence Berkeley Laboratory newspaper. 1984. p. 1.
105. Bortz, J.a.R.W., *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler in Statistik. für Human- und Sozialwissenschaftler.* 2007, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. p. 411-411.
106. Seglen, P.O., *Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research.* Bmj, 1997. **314**(7079): p. 498-502.
107. Ojasoo, T., H. Maisonneuve, and Y. Matillon, *[The impact factor of medical journals, a bibliometric indicator to be handled with care].* Presse Med, 2002. **31**(17): p. 775-81.
108. Bornmann, L. and H.D. Daniel, *The state of h index research. Is the h index the ideal way to measure research performance?* EMBO Rep, 2009. **10**(1): p. 2-6.
109. Nieminen, P. and M. Isohanni, *Bias against European journals in medical publication Databases.* Lancet, 1999. **353**(9164): p. 1592.

110. Winkmann, G., S. Schlutius, and H.G. Schweim, [*Publication languages of Impact Factor journals and of medical bibliographic databanks (reprint)*]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2002. **219**(1-2): p. 65-71.
111. Seglen, P.O., *Citations and journal impact factors: questionable indicators of research quality*. *Allergy*, 1997. **52**(11): p. 1050-6.
112. Andersen, J., J. Belmont, and C.T. Cho, *Journal impact factor in the era of expanding literature*. *J Microbiol Immunol Infect*, 2006. **39**(6): p. 436-43.
113. Rothenberg, R., *The impact factor follies*. *Epidemiology*, 2008. **19**(3): p. 372.
114. Siebers, R. and S. Holt, *Accuracy of references in five leading medical journals*. *Lancet*, 2000. **356**(9239): p. 1445.
115. How, J., D. West, and C. Edmonds, *Decompression sickness in diving*. *Singapore Med J*, 1976. **17**(2): p. 92-7.
116. HUNTER, B. *JOINT DISCUSSION No. 2*. in *Proceedings of the Royal Society of Medicine Vol. XXXIV*. 1941: Sections of Surgery and Pathology.
117. Welch, S.J., *Avoiding common problems during online submission of manuscripts*. *Chest*, 2007. **131**(5): p. 1591-4.
118. Amato, M.B., et al., *Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome*. *N Engl J Med*, 1998. **338**(6): p. 347-54.
119. Oba, Y. and G.A. Salzman, *Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury*. *N Engl J Med*, 2000. **343**(11): p. 813; author reply 813-4.
120. Navarro, F.A., [*English or German? The language of medicine based on the bibliographic data appearing in the Deutsche Medizinische Wochenschrift (1920 to 1995)*]. *Dtsch Med Wochenschr*, 1996. **121**(50): p. 1561-6.
121. Schaffner, A., *Journal impact factors depend on more than just publication language*. *Swiss Med Wkly*, 2006. **136**(27-28): p. 411-2.
122. WHO, *World Health Statistics 2007*. 2007.
123. Bortz, J.a.R.W., *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4 ed. 2006, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 411.
124. PETTER STÅLENHEIM, D.F. and W.O.a.C. PERDOMO, *Sipri Yearbook of 2006*, in *Sipri Yearbook of 2006*. 2006 SIPRI. p. 295 - 314.

## 7 Selbstständigkeitserklärung

### Erklärung

„Ich, Robert Garnew, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema *Das Barotrauma – Eine bibliometrische Studie* selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift

## **8 Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

### **9 Danksagung**

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. mult. David Groneberg für die Überlassung des Themas sowie die Betreuung dieser Arbeit.

Auch möchte ich Herrn Dipl. Ing. Cristian Scutaru für die Bereitstellung der von ihm entwickelten Software und seine Hilfestellung bei IT-Fragen danken.

Mein Dank gilt des weiteren meinen Eltern, die mich während meines gesamten Studiums immer unterstützt haben, meinen Mitdoktoranten Johannes und Evelyn, die mir stets mit gutem Rat zur Seite standen sowie Jane die mir bei den Korrekturen zu dieser Arbeit eine riesige Hilfe war.