

Kinderklinik und Poliklinik der Technischen Universität München
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Klinikum Schwabing
der Klinikum München GmbH
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. St. Burdach)

Ertrinkungsunfälle bei Kindern und Jugendlichen

Renate Bichlmayer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin (Dr. med.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. Dr. B. Pontz
2. apl. Prof. Dr. F. A. M. Baumeister

Die Dissertation wurde am 04.10.2007 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 23.01.2008 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>I</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>IV</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i>	<i>V</i>
<i>Anhangverzeichnis</i>	<i>VI</i>
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	<i>VII</i>
<i>1 Einleitung und Fragestellung</i>	<i>1</i>
<i>2 Material und Methoden</i>	<i>3</i>
<i>3 Grundlagen</i>	<i>5</i>
<i>3.1 Terminologie</i>	<i>5</i>
<i>3.2 Epidemiologie</i>	<i>5</i>
<i>3.3 Pathophysiologie</i>	<i>9</i>
3.3.1 Pulmonales System	9
3.3.2 Kardiovaskuläres System	12
3.3.3 Zentrales Nervensystem	14
3.3.4 Renales System	15
3.3.5 Hypothermie	15
<i>4 Eigene Ergebnisse</i>	<i>19</i>
<i>4.1 Präklinische Parameter</i>	<i>19</i>
4.1.1 Merkmale des Untersuchungskollektivs	19
4.1.1.1 Geschlecht und Alter	20
4.1.1.2 Nationalitäten der Kinder	21
4.1.1.3 Vorerkrankungen und spezielle Umstände	22
4.1.2 Unfallgeschehen	22
4.1.2.1 Notarztprotokolle	23
4.1.2.2 Unfallzeitpunkte	23
4.1.2.3 Unfallorte und mögliche Unfallursachen	24
4.1.2.4 Wassertemperaturen	26
4.1.2.5 Submersionszeiten	26
4.1.2.6 Ersthelfer	27
4.1.3 Präklinische Diagnostik	28
4.1.3.1 Glasgow Coma Scale (GCS) vor Ort	28
4.1.3.2 Pupillenreaktion vor Ort	29
4.1.3.3 Blutzuckerwerte vor Ort	30
4.1.3.4 Körpertemperatur vor Ort	30
4.1.4 Versorgung vor Ort	31
4.1.4.1 Einsatzzeiten	31
4.1.4.2 Reanimationsdauer	31
4.1.4.3 Intubation	33
4.1.4.4 Medikamentengabe	33
4.1.4.5 Beatmung	34
4.1.4.6 Wärmeerhaltung	35

4.1.4.7	Transportmittel zum Krankenhaus	35
4.2	Klinische Parameter	35
4.2.1	Aufnahmebefunde	35
4.2.1.1	Reanimationspflichtigkeit	36
4.2.1.2	Glasgow Coma Scale (GCS) bei Aufnahme	36
4.2.1.3	Pupillenreaktion bei Aufnahme	36
4.2.1.4	Körpertemperatur bei Aufnahme	37
4.2.1.5	Blutdruck und Puls	39
4.2.2	Laborchemische Parameter	39
4.2.2.1	Glukosewerte	41
4.2.2.2	Elektrolytwerte	41
4.2.2.3	Transaminasen	43
4.2.2.4	Kreatinin	44
4.2.2.5	Hämoglobin und Hämatokrit	44
4.2.2.6	pH-Werte	45
4.2.2.7	Gerinnungsfaktoren	45
4.2.3	Apparative Diagnostik	46
4.2.3.1	Bildgebung	46
4.2.3.2	Elektroenzephalogramm (EEG)	47
4.2.3.3	Evozierte Potentiale	48
4.2.3.4	Intrakranielle Druckmessung	49
4.3	Neurologische Beeinträchtigungen	49
4.3.1	Akute Hirnschädigungen	49
4.3.2	Ertrunkene Kinder mit schwerem neurologischen Defizit (SND)	51
4.4	Prognoseabschätzung mittels Score nach Durchholz	53
5	Diskussion	55
5.1	Methodik und Limitation der Untersuchung	55
5.2	Eigene Ergebnisse im Vergleich mit anderen Autoren	56
5.2.1	Präklinische Parameter	56
5.2.1.1	Untersuchungskollektiv	56
5.2.1.2	Unfallzeitpunkte	57
5.2.1.3	Unfallorte und mögliche Unfallursachen	58
5.2.1.4	Wassertemperatur und Submersionszeit	62
5.2.1.5	Ersthelfer	63
5.2.1.6	Präklinische Diagnostik	63
5.2.1.7	Versorgung vor Ort	65
5.2.2	Klinische Parameter	66
5.2.2.1	Aufnahmebefunde	66
5.2.2.2	Klinischer Verlauf	69
5.2.3	Patienten mit vegetativem Status	70
5.2.4	Diskussion verschiedener Prognose-Scores	71
5.2.5	Prognose-Score nach Durchholz	73
6	Therapieempfehlungen bei Ertrinkungsunfällen	75
6.1	Therapie vor Ort/Rettungswesen	75
6.2	Intensivmaßnahmen	78
6.2.1	Ateminsuffizienz	78
6.2.2	Neurointensivtherapie	80

	III
6.2.3 Weitere intensivmedizinische Empfehlungen	82
6.3 Hypothermiemanagement	83
7 Präventionsmaßnahmen	86
7.1 Beaufsichtigung	86
7.2 Schwimmunterricht und Pädagogik	87
7.3 Sicherung der Gewässer	88
8 Zusammenfassung	90
<i>Literaturverzeichnis</i>	<i>IX</i>
<i>Anhang</i>	<i>XVIII</i>
<i>Danksagung</i>	
<i>Erklärung</i>	

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung der pathophysiologischen Abläufe im pulmonalen System	10
Abb. 2: Outcome des Untersuchungskollektivs	19
Abb. 3: Geschlechterverteilung	20
Abb. 4: Alter und Geschlecht	20
Abb. 5: Altersgruppen und Outcome	21
Abb. 6: Unfallzeitpunkte nach Monaten	23
Abb. 7: Unfallzeitpunkte nach Tageszeiten	24
Abb. 8: Unfallorte und Outcome	24
Abb. 9: Reanimationsdauer und Outcome	32
Abb. 10: Körpertemperatur bei Aufnahme und Outcome	37
Abb. 11: Bewusstseinsstörungen bei akuten Hirnschädigungen	50

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Weltweite Mortalität durch Ertrinken im Jahr 2000 pro 100.000 Einwohner	6
Tab. 2: Anzahl der durch Ertrinkungsunfälle Gestorbenen 1980 bis 2002 nach der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes	7
Tab. 3: Anzahl der durch Ertrinkungsunfälle gestorbenen Kinder und Jugendliche 1998 bis 2002 nach der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes	8
Tab. 4: Verschiedene Hypothermiegrade und deren Auswirkungen auf wichtige Organsysteme	16
Tab. 5: Unfallursachen nach Alter	25
Tab. 6: Submersionszeiten und Outcome	26
Tab. 7: Submersionszeiten in Minuten und Outcome	27
Tab. 8: Einteilung der Ersthelfer	28
Tab. 9: Professionelle Reanimationen durch herbeigerufene Notärzte	28
Tab. 10: Glasgow Coma Scale	29
Tab. 11: GCS vor Ort und Outcome	29
Tab. 12: Pupillenreaktion vor Ort	30
Tab. 13: Körpertemperatur am Unfallort und Outcome	31
Tab. 14: Reanimationsdauer und Outcome	32
Tab. 15: Präklinische Beatmung unter Berücksichtigung des Outcomes	34
Tab. 16: Transportmittel zum Primärkrankenhaus	35
Tab. 17: GCS bei Aufnahme und Outcome	36
Tab. 18: Pupillenreaktion bei Aufnahme	37
Tab. 19: Körpertemperatur bei Aufnahme und Outcome	38
Tab. 20: Outcome unter Berücksichtigung der Körpertemperatur bei Aufnahme und der Submersionszeiten	38
Tab. 21: Ausgewählte Laborwerte bei Klinikaufnahme	40
Tab. 22: Glukosewerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	41
Tab. 23: Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentrationen bei Aufnahme bezüglich Outcome	42
Tab. 24: Natriumwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	42
Tab. 25: Kaliumwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	42
Tab. 26: Chloridwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	43
Tab. 27: GOT bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	43
Tab. 28: GPT bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	44
Tab. 29: Kreatininwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	44
Tab. 30: pH-Werte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	45
Tab. 31: Gerinnungswerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome	46
Tab. 32: Dauer der Krankenhaus- bzw. Rehabilitationsaufenthalte bei den Kindern mit schweren neurologischen Defiziten	52
Tab. 33: Score nach Durchholz	53
Tab. 34: Score nach Durchholz angewandt auf Patienten dieser Studie	54

Anhangverzeichnis

Anhang 1: Kinder mit schweren neurologischen Defiziten und ihren klinischen Veränderungen nach der Anschlussrehabilitation im Vergleich zum Entlassungszustand aus dem Primärkrankenhaus	XVIII
Anhang 2: Individuelle Daten der Kinder mit schweren neurologischen Defiziten	XXI

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	= Abbildung
aBGA	= arterielle Blutgasanalyse
AEP	= Akustisch evozierte Potenziale
ARDS	= Acute respiratory distress syndrom
AT III	= Antithrombin III
bzw.	= beziehungsweise
ca.	= zirka
cCT	= kranielle Computertomographie
cmH ₂ O	= Zentimeter Wassersäule
cMRT	= kranielle Magnetresonanztomographie
CO ₂	= Kohlendioxid
CT	= Computertomographie
d. h.	= das heißt
EEG	= Elektroenzephalogramm
EKG	= Elektrokardiogramm
engl.	= englisch
et al.	= et alii (und andere)
FiO ₂	= inspiratorische Sauerstoffkonzentration
fMRI	= Funcional magnetic resonance imaging
g/dl	= Gramm pro Deziliter
GCS	= Glasgow Coma Scale
GFR	= glomeruläre Filtrationsrate
Hb	= Hämoglobin
HIV	= humanes Immundefizienzvirus
Hkt	= Hämatokrit
Hrsg.	= Herausgeber
HWS	= Halswirbelsäule
ICP	= Intrakranieller Druck
Kap.	= Kapitel
kg	= Kilogramm
KG	= Körpergewicht
mg/dl	= Milligramm pro Deziliter
Min, min.	= Minute
ml	= Milliliter
mmHg	= Millimeter Quecksilbersäule
mmol/l	= Millimol pro Liter
MRT	= Magnetresonanztomographie
n	= Anzahl
Nr.	= Nummer
o. ä.	= oder ähnliches
O ₂	= Sauerstoff
paO ₂	= Sauerstoffpartialdruck
PEEP	= Positiver endexpiratorischer Druck
PET	= Positronenemissionstomographie
pH	= pondus Hydrogenii
PTT	= partielle Thromboplastinzeit
S.	= Seite
sec.	= Sekunde

SEP	= Somatosensorisch evozierte Potenziale
sog.	= sogenannt
Std.	= Stunde
Tab.	= Tabelle
TÜV	= Technischer Überwachungsverein
u. Ä.	= und Ähnliches
u. a.	= unter anderem
u. U.	= unter Umständen
U/l	= Unit pro Liter
USA	= Vereinigte Staaten von Amerika
usw.	= und so weiter
V. a.	= Verdacht auf
v. a.	= vor allem
VEP	= Visuell evozierte Potenziale
WHO	= World Health Organisation
z. B.	= zum Beispiel
ZNS	= zentrales Nervensystem
µl	= Mikroliter

Will sehen, was ich weiß, Vom Büblein auf dem Eis

Friedrich Güll (1812-1879)

Gefroren hat es heuer
Noch gar kein festes Eis.
Das Büblein steht am Weiher
Und spricht zu sich ganz leis:
„Ich will es einmal wagen,
Das Eis, es muß doch tragen.
Wer weiß?“

Das Büblein stampft und hacket
Mit seinem Stiefelein.
Das Eis auf einmal knacket,
Und krach! schon bricht's hinein.
Das Büblein platscht und krabbelt,
Als wie ein Krebs und zappelt
Mit Arm und Bein.

„O helft, ich muß versinken
In lauter Eis und Schnee!
O helft, ich muß ertrinken
Im tiefen, tiefen See!“
Wär' nicht ein Mann gekommen –
Der sich ein Herz genommen,
O weh!

Der packt es bei dem Schopfe
Und zieht es dann heraus,
Vom Fuße bis zum Kopfe
Wie eine Wasserm Maus.
Das Büblein hat getropfet,
Der Vater hat's geklopfet,
Zu Haus.

1 Einleitung und Fragestellung

Mit der bildhaften Kinderreimgeschichte „Vom Büblein auf dem Eise“ hat Friedrich Güll 1827 einen pädagogischen Hintergrund verfolgt, wie in vielen seiner weiteren Gedichte und Lieder. Das Thema Ertrinken ist heute leider noch so aktuell wie damals vor fast zweihundert Jahren.

Die WHO berichtete von weltweit 450.000 Menschen, die im Jahr 2000 durch Ertrinken ums Leben gekommen sind (Peden 2003, S. 195). Die Zahl basiert auf einer der größten angelegten Studien zu diesem Thema, der Global Burden of Disease study, einer gemeinsamen Untersuchung der WHO, der Weltbank und der Harvard University (Tan, S. 325/326). Um ein Vielfaches noch höher ist die Zahl der so genannten Beinaheertrinkungsunfälle, deren Zahl bisher statistisch nicht erfasst werden konnte (Brenner 2003, S. 440).

Im Jahr 2002 fand in Amsterdam erstmals ein Weltkongress zum Thema Ertrinken statt, organisiert durch die niederländische Gesellschaft zur Rettung von Ertrinkungsopfern, der Maatschappij tot Redding van Drenkelingen. Nach jahrelanger Vorbereitungsphase fanden sich mehr als 500 Experten aus über 40 verschiedenen Ländern zusammen. Richtlinien und Empfehlungen, welche Fortschritte in der Prävention von Ertrinkungsunfällen, in der Rettung und in der Behandlung von Ertrinkungsopfern bringen sollen, wurden interdisziplinär erarbeitet. Viele der Experten wurden schon lange in die Vorbereitungsphase miteinbezogen und es war das erste Mal, dass das Thema Ertrinken in einem internationalen Zusammentreffen so breit erörtert wurde (Van Dorp J., Knappe J., Bierens J. (2002), [Stand 18.11.2006]).

Weltweit stellt das Ertrinken für Kinder im Alter von unter 15 Jahren die häufigste Ursache für Unfalltodesfälle dar (Peden 2003, S. 1995). Betrachtet man die Todesursachen weltweit allgemein, d. h. einschließlich der Todesfälle infolge von Erkrankungen wie z. B. Infektionskrankheiten, Tuberkulose, HIV oder Malaria, so nehmen die tödlichen Ertrinkungsunfälle im Alter von 0-4 Jahren immerhin den elften Platz und im Alter von 5-14 Jahren sogar die dritte Stelle ein (Peden 2003, S. 197). In den höher entwickelten

Ländern rangiert Ertrinken in den Mortalitätsskalen aufgrund des besseren Gesundheitswesens noch weiter vorne.

Die brisante Bedeutung dieses Themas ist wohl ein Grund für die enorme Literaturvielfalt zum Thema Ertrinken, vor allem aus englischsprachigen Ländern. Obwohl die meisten Ertrinkungsunfälle in ärmeren Ländern geschehen (Peden 2003, S. 196), bezieht sich der Großteil der Literaturangaben auf die Industrienationen. Geographische und klimatische Unterschiede, Divergenzen in der Freizeitgestaltung und auch Unterschiede in den Organisationsstrukturen des Rettungswesens in den verschiedenen Ländern lassen einen direkten Vergleich nicht ohne weiteres zu. Weiterhin gibt es nur wenige bedeutende Literaturangaben, die auf resultierende Behinderungen der überlebenden Opfer näher eingehen.

Hieraus ergab sich die Motivation für die vorliegende Arbeit. In der retrospektiv gestalteten Studie werden 76 Fälle von Ertrinkungsunfällen bei Kindern im deutschen Binnenraum analysiert, deren Daten aus vier verschiedenen Kliniken stammen. Es werden anfangs die immensen Erkenntnisse zur Pathophysiologie des Ertrinkens zusammengefasst und aktualisiert, während im Hauptteil der Arbeit auf die präklinischen und klinischen Besonderheiten, immer im Hinblick auf das spätere Outcome der Kinder, eingegangen wird.

Des Weiteren liegt ein Schwerpunkt der Arbeit auf der genaueren Darstellung und dem weiteren Verlauf der neurologischen Schäden der Kinder. Neben der Anwendung eines jüngeren Scores zur Abschätzung des Outcomes gibt die Arbeit unter Berücksichtigung internationaler Literatur auch Therapieempfehlungen für Ertrinkungsopfer, einschließlich eines Vorschlages zum Hypothermiemanagement. Abschließende Präventionsmaßnahmen haben zum Ziel weitere Unfälle dieser Art zu vermeiden.

2 Material und Methoden

In dieser Untersuchung wurden die Ertrinkungs- bzw. Beinaheertrinkungsunfälle von insgesamt 76 Kindern retrospektiv analysiert.

Die Daten stammen aus folgenden vier Krankenhäusern:

- **Kinderkrankenhaus St. Marien in Landshut *:**
16 Fälle, Erhebungszeitraum 01.01.1995 – 01.09.2003,
- **Kinderklinik München Schwabing:**
23 Fälle, Erhebungszeitraum 04.08.1997 – 19.08.2003,
- **Kinderklinik und Poliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital in München:**
11 Fälle, Erhebungszeitraum 01.01.1996 – 18.09.2003,
- **Städtischen Krankenhaus München-Harlaching, Kinderabteilung:**
26 Fälle, Erhebungszeitraum 01.01.1996 – 29.09.2003.

* zwei Fälle aus dem Kinderkrankenhaus in Landshut sind von einem anderen Krankenhaus zuverlegt worden

Es wurden all die Fälle ausgewertet, die in den entsprechenden Aufnahmebüchern der Intensivstationen der einzelnen Krankenhäuser unter der Diagnose Ertrinkungsunfall oder Beinaheertrinkungsunfall erschienen sind. Alle aus den Notfallprotokollen, Arztbriefen und Krankenakten erhobenen Daten wurden anonymisiert in die Untersuchung aufgenommen.

Die unterschiedlichen Schweregrade der Unglücksfälle führten zu einem recht heterogenen Patientengut.

Bei den Unglücksfällen handelt es sich ausschließlich um Unfälle in Süßgewässern. Eine Unterscheidung in Eiswasser-, Kaltwasser- und Warmwasserunfälle war mangels entsprechender Angaben nicht möglich.

Das Unfallgeschehen und der anschließende Verlauf der 76 Ertrinkungs- bzw. Beinaheertrinkungsunfälle sind chronologisch in einen präklinischen und klinischen Abschnitt aufgegliedert. Kinder mit neurologischen Ausfällen, die nach der Akutbehandlung zum Zwecke einer Neurorehabilitation in das Behandlungszentrum

Vogtareuth in Oberbayern, einer Klinik für Neuropädiatrie und Neurologische Rehabilitation, verlegt wurden, konnten weiterverfolgt werden. Die Datenerhebung aus den Krankenunterlagen im Behandlungszentrum Vogtareuth erlauben Aussagen hinsichtlich der weiteren Entwicklung der behinderten Kinder.

Die Einteilung der Kinder erfolgte in drei Gruppen entsprechend ihres Outcomes. In der ersten Gruppe befinden sich Kinder, die mit scheinbarer Restitutio ad integrum das Krankenhaus verlassen konnten (Outcome: Gut). Die zweite Gruppe beinhaltet die Fälle, bei denen schwere neurologische Defizite resultierten (Outcome: SND), und in der letzten Gruppe (Outcome: Tod) wurden Fälle mit tödlichem Ausgang zusammengefasst.

Ausgewählte Parameter wurden bezüglich des Outcomes der Patienten auf Signifikanz geprüft. Zur statistischen Auswertung wurden hierzu zwei Hauptgruppen gebildet. Eine Gruppe enthält die Kinder, die den Unfall ohne Folgen überstanden (Outcome: Gut), die andere Gruppe enthält die Fälle, in denen die Kinder einen schweren neurologischen Schaden davontrugen oder verstarben (Outcome: SND und Tod).

Als Statistiksoftware fungierte das Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) für Windows, Version 12.0. Die SPSS-Tabellen enthalten für die drei Outcomegruppen folgende Abkürzungen: gut – für gesund entlassene Kinder, schlecht – für Kinder, die schwer behindert blieben, TOD – für verstorbene Kinder. Qualitative Merkmale wurden mittels der parametrischen Testverfahren Chi-Quadrat-Test nach Pearson (bei großen Zelhäufigkeiten) und Exakter Test nach Fisher (bei schwach besetzten Zellen) überprüft. Bei quantitativen Merkmalen fand der Wilcoxon(-Mann-Whitney)-Test für unverbundene Stichproben Anwendung (exakte Signifikanz – 2-seitiger Test). Das Signifikanzniveau (zugelassener Fehler 1. Art) betrug $<0,05$. Die deskriptive Statistik erfolgte mittels SPSS und Microsoft Excel Version 2002.

3 Grundlagen

Bevor auf die erhobene Studie detailliert eingegangen wird, sind im Vorfeld einige grundlegende und wesentliche Punkte vorzuschicken.

3.1 Terminologie

Bisher verstand man unter **Ertrinken** (engl.: drowning) üblicherweise ein Eintauchen von Körper (Immersion) und Kopf (Submersion) in einer Flüssigkeit, mit Todesfolge innerhalb von 24 Stunden (Gries 2001, S. 888). Als **Beinahe-Ertrinken** (engl.: near-drowning) hingegen galt ein Ertrinken, welches mindestens 24 Stunden überlebt wurde (Gries 2001, S. 888). Dennoch kam es mangels einheitlicher Terminologie immer wieder zu Missverständnissen. Auf dem im Jahr 2002 in Amsterdam stattgefundenen Welt-Kongress über das Ertrinken einigte man sich daher auf folgende einheitliche Definition des Ertrinkens: „Drowning is the process of experiencing respiratory impairment from submersion/immersion in liquid.“ (Van Dorp J., Knape J., Bierens J. (2002), [Stand 18.11.2006]).

In der Literatur werden weiterhin folgende Begriffe verwendet (Lindner 1987, S. 545):

- **Trockenes Ertrinken:** Ertrinken ohne Nachweis einer stattgehabten Aspiration;
- **Feuchtes Ertrinken:** Ertrinken mit einer Flüssigkeitsaspiration;
- **Primäres Ertrinken:** Eigentliches Ertrinken mit Eindringen von Flüssigkeit in die Atemwege;
- **Sekundäres Ertrinken:** Verzögerter Todeseintritt durch auftretende Komplikationen, v. a. pulmonalen Ursprungs.

3.2 Epidemiologie

Gemäß der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ertranken im Jahr 2000 **weltweit** 449.000 Menschen. Auf 100.000 Einwohner kamen 7,4 Tote durch Ertrinken (Tab. 1).

Die meisten Fälle durch Ertrinken (97 %) geschehen in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (Peden 2003, S. 195), v. a. in Afrika (13,1 pro 100.000 Einwohner),

im Westpazifikraum und in Südostasien (Peden 2003, S. 198). Aus geographischer Sicht findet sich die höchste Mortalitätsrate durch Ertrinken beim männlichen Geschlecht in Afrika (19,2 pro 100.000). Beim weiblichen Geschlecht dagegen in China (9,9 pro 100.000), gefolgt von Indien und Afrika (Peden 2003, S. 198).

Altersgruppe	Beide		
	Männlich	Weiblich	Geschlechter
0-4	21,7	15,8	18,9
5-14	12,0	6,7	9,5
15-29	7,5	2,4	5,0
30-44	6,2	2,1	4,3
45-59	6,9	2,5	4,7
60-69	6,6	4,0	6,2
70-79	11,8	6,8	8,9
80+	16,7	12,0	14,6
Gesamt	9,9	4,9	7,4

Tab. 1: Weltweite Mortalität durch Ertrinken im Jahr 2000 pro 100.000 Einwohner (in Anlehnung an Peden 2003, S. 198)

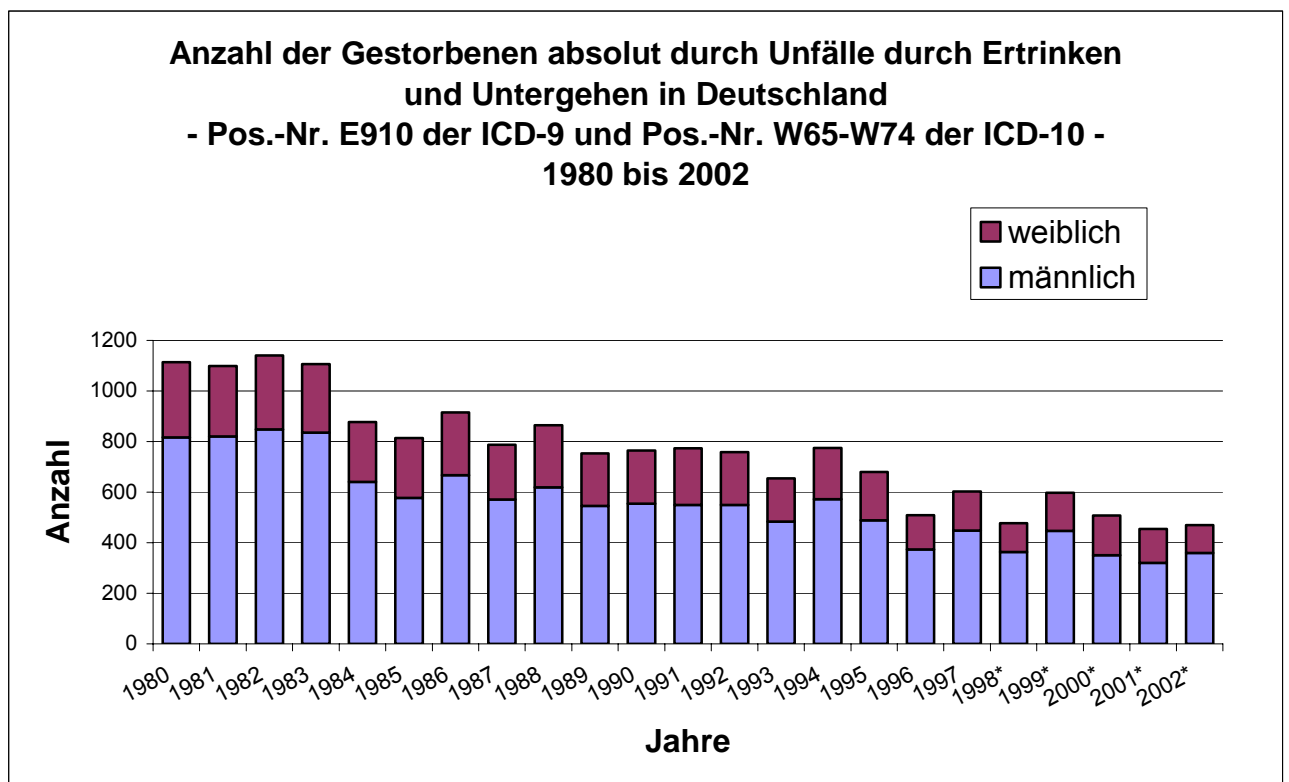
Wenn man weltweit alle Altersgruppen vergleicht (Tab. 1), erreichen die Mortalitätsraten durch Ertrinken bei beiden Geschlechtern bei Kindern im Alter von 0-4 Jahren ihren Höhepunkt.

In den USA ertranken im Jahr 2000 durch absichtliches und unabsichtliches Ertrinken 4.073 Menschen. Davon waren fast 1.400 Kinder und junge Leute bis einschließlich 19 Jahre. Die Altersverteilung der Ertrinkungsopfer gestaltet sich bimodal. Der erste Gipfel ergab sich für Kinder beiderlei Geschlechts im Alter von unter fünf Jahren (597 Fälle). In dieser Altersgruppe betrug die Mortalitätsrate für unbeabsichtigtes Ertrinken 2,96 pro 100.000 (Jungen 3,66, Mädchen 2,23). In der Altersgruppe von 15-19 Jahren war die Rate für beide Geschlechter 1,83 pro 100.000 (Jungen 3,26, Mädchen 0,33). Jungen weisen hier nochmals einen Höhepunkt auf, während die Ertrinkungsunfälle bei den Mädchen nach einem Maximum im Kleinkindesalter kontinuierlich abnehmen (Center for Disease Control and Prevention (2004), [Stand 04.05.2004]). Geographisch gesehen ereignen sich in den Vereinigten Staaten von Amerika die meisten Unglücksfälle im Westen des Landes (Quan 1999, S. 255). Die Mortalitätsrate ist bei der ländlichen Bevölkerung höher und insgesamt umgekehrt proportional zum Pro-Kopf-Einkommen (Orlowski 1987, S. 78). Aus soziodemographischer Sicht betrachtet ist interessant, dass die schwarze Bevölkerung im Alter von über zehn Jahren ein mehr als zehnfach höheres Risiko hat zu ertrinken als die weiße Bevölkerung. Ein Hauptgrund ist, dass die Schwimmkenntnisse der schwarzen

Einwohner zum Teil große Defizite aufweisen. Nach Gilchrist (Gilchrist 2000, S. 111) gaben 1994 bei einer Umfrage 62 % der schwarzen Bevölkerung an, dass ihre Schwimmfähigkeiten begrenzt sind, während es bei der weißen Bevölkerung nur 32 % waren (Brenner 2001, S. 89). Die Ertrinkungsrate für schwarze Kinder über vier Jahren liegt in USA fast zweimal so hoch wie für weiße Kinder. Unter vier Jahren ist das Verhältnis nahezu ausgeglichen (Ibsen 2002, S S402).

In **Australien** war von 1992 bis 1998 die Gesamtmortalitätsrate durch Ertrinken im Durchschnitt bei 1,5 pro 100.000 (Grenfell 2003, S. 990). Am höchsten war sie hier ebenfalls bei kleinen Kindern unter fünf Jahren mit 4,6 pro 100.000 (Moon 2002, S. 377). Dort, wie auch in anderen Ländern, wo viel Wassersport betrieben wird, ist die Zahl derer, die bei dieser Freizeitaktivität umkommen, beträchtlich hoch (Grenfell 2003, S. 990).

Betrachtet man die Todesfälle durch Ertrinken und Untergehen in **Deutschland**, so ergibt sich für die Gesamtbevölkerung, basierend auf der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes, folgendes Bild:

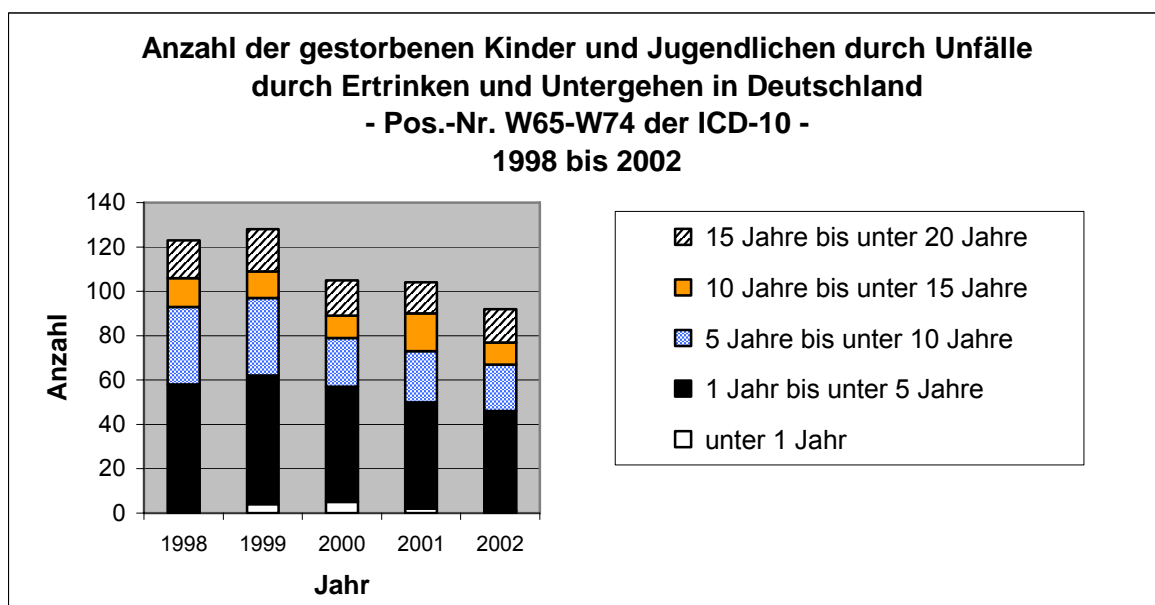


Tab. 2: Anzahl der durch Ertrinkungsunfälle Gestorbenen (alle Altersgruppen) 1980 bis 2002 nach der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes (Gruppe VIII A1) (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003)

(* es ist zu beachten, dass die Statistiken ab 1998 auf der International Classification of Diseases - Tenth Revision (ICD-10) der WHO basieren, welche die ICD-9 der vorhergehenden Jahre ablöste)

Wie man in Tabelle 2 erkennt, ergibt sich insgesamt eine rückläufige Tendenz. Im Vergleich der einzelnen Bundesländer liegen Bayern und Baden-Württemberg an der Spitze der Statistik, gefolgt von Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003).

Auch bei den Kindern ist die Zahl der Todesfälle durch Ertrinken leicht zurückgegangen (Tab. 3). Gab es 1998 bei den unter 20-jährigen 123 Todesopfer, waren es im Jahre 2002 noch 92. Die am größten gefährdete Gruppe sind unbeaufsichtigte Kleinkinder (1-4 Jahre). Im Jahre 2000 ereigneten sich von insgesamt 507 Fällen in der Gesamtbevölkerung 52 (10,26 %) in diesem Alter (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003).



Tab. 3: Anzahl der durch Ertrinkungsunfälle gestorbenen Kinder und Jugendliche 1998 bis 2002 nach der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes (Gruppe VIII A1) (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003)

Ertrinkungsunfälle bei Kindern unter einem Jahr sind eher selten, wenn sie vorkommen, dann geschehen sie meist in der Badewanne. In den Altersgruppen von einem Jahr bis unter fünf Jahren und von fünf bis unter zehn Jahren ereignen sich die meisten Unglücksfälle in natürlichen Gewässern und Schwimmbecken, wohingegen bei Jugendlichen, genauso wie im Erwachsenenalter, eindeutig wieder natürliche Gewässer die Hauptunglücksstelle sind (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003). Laut Sefrin passieren nur etwa 10 % der Ertrinkungsunfälle im Meerwasser (Sefrin 1999, S. 418).

Beim Vergleich beider Geschlechter bezüglich der Häufigkeit der Ertrinkungsunfälle ist festzustellen, dass das männliche Geschlecht durch alle Altersstufen hindurch immer die größte Gruppe darstellt. Beispielsweise waren im Jahr 2001 bei den Kindern der Altersgruppe von einem Jahr bis unter fünf Jahren 36 von 48 Kindern Knaben (75,0 %), 2002 waren 35 von 45 Kindern männlich (77,78 %) (Statistisches Bundesamt, Todesursachenstatistik, 2003).

Nur etwa ein Zehntel der Ertrinkungsunfälle enden tödlich. Die Zahl der so genannten Beinahe-Ertrunkenen wird statistisch nicht erfasst. Man geht davon aus, dass sie um ein Vielfaches höher liegen (Sefrin 1999, S. 417).

3.3 Pathophysiologie

Beschäftigt man sich mit dem Thema Ertrinken, so trifft man durchaus auf einige pathophysiologische Besonderheiten. Auch eine eventuell mit einhergehende Hypothermie tritt gerade bei diesen Unglücksfällen gehäuft auf. Sie hat unter Umständen einen wesentlichen Einfluss auf den Ausgang des Ertrinkungsunfalls.

3.3.1 Pulmonales System

Kommt es zum Untergehen in einem flüssigen Medium, versucht das Ertrinkungsopfer willkürlich die Atmung anzuhalten. Durch den steigenden CO₂-Partialdruck und die zunehmende Hypoxie wird aber nach kurzer Zeit der Atemreiz ausgelöst (Fretschner 1993, S. 366). Der genaue weitere Mechanismus des Ertrinkungsvorganges ist allerdings immer noch unklar. Lange Zeit wurde unterschieden in **feuchtes** und **trockenes Ertrinken** (Zuckerman 2000, S. 361/362). Flüssigkeit, die in den Oropharynx und den Larynx eindringt, kann einen Vagusreflex hervorrufen, den so genannten Laryngospasmus. Wird das Opfer aufgrund des zunehmenden Sauerstoffmangels bewusstlos, löst sich infolge einer Muskelrelaxation dieser Spasmus in 85-90 % der Fälle wieder auf. Das Opfer kann jetzt mangels Atemwegsreflexen beim Einatmen Flüssigkeit oder Erbrochenes aspirieren. Man spricht hierbei vom „feuchten Ertrinken“. In den restlichen 10-15 % persistiert der Laryngospasmus, wodurch eine Aspiration verhindert wird, und ohne dass Flüssigkeit in die Lungen eindringt, kann es bei fortschreitender Hypoxie zum Tode kommen („trockenes Ertrinken“) (Orlowski 1987, S. 81).

Modell (Modell 1993, S. 253), genauso wie viele andere Autoren (Lindner 1987, S. 545; Fretschner 1993, S. 366; Orłowski 1987, S. 81), beschreibt seit langem diese Theorie. 1999 zweifelt er allerdings an der Möglichkeit des Ertrinkens ohne Aspiration (Modell 1999, S. 1119). Er versucht „trockenes Ertrinken“ auf plötzliche Todesursachen zurückzuführen, die primär nicht mit Ertrinken assoziiert sind, sondern wie sie auch außerhalb des Wassers auftreten können (z. B. plötzlichen Tod durch Herzstillstand, tödliche Arrhythmien oder Koronarspasmen).

Im Tierexperiment wurde schon früh nachgewiesen, dass es Unterschiede gibt, je nachdem ob jemand im Salz- oder Süßwasser ertrinkt (Modell 1969b, S. 421). In Abbildung 1 sind die für ein Ertrinken in Süßwasser und Salzwasser angenommenen pathophysiologischen Auswirkungen dargestellt.

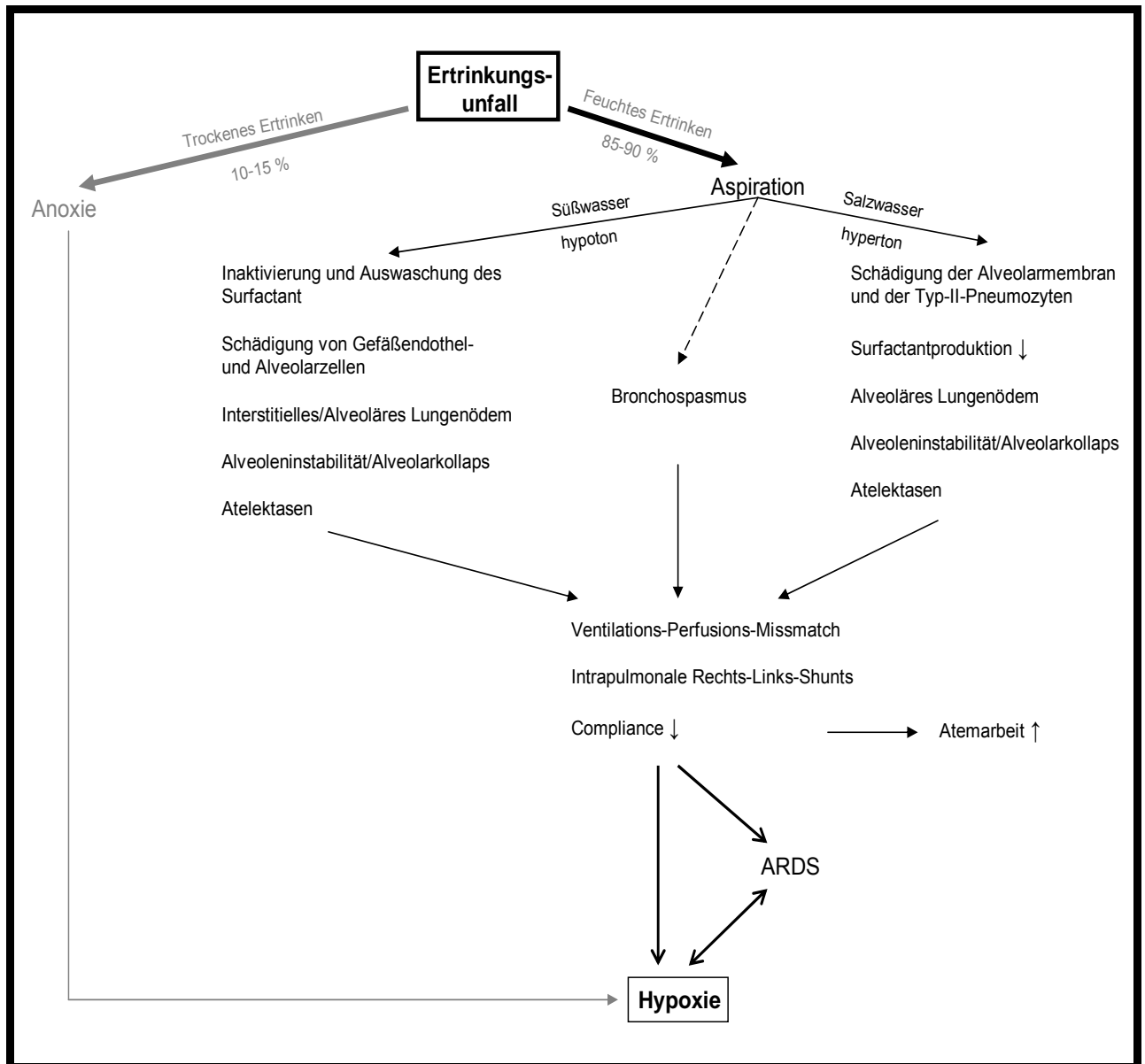


Abb. 1: Darstellung der pathophysiologischen Abläufe im pulmonalen System (in Anlehnung an Modell 1993, S. 253-254; Wilken 1994, S. 695-696; Hasibeder 2003, S. 334-335; Ibsen 2002, S. S403-S404)

Kommt es durch aspirierte Flüssigkeit zur Füllung der Alveolen, wird die Gasaustauschfläche insgesamt reduziert (Gries 2001, S. 893). Nach Modell sind es selten mehr als 22 ml/kg KG Flüssigkeit, die beim Ertrinkungsvorgang aspiriert wird (Modell 1993, S. 254). Der Körper kompensiert diese geringen Mengen relativ schnell. Somit stellt die rein physikalische Anwesenheit der aspirierten Flüssigkeit in den Alveolen nicht das Hauptproblem dar (Modell 1993, S. 254). Die Veränderungen des Surfactant sind von entscheidender Bedeutung. Aspiriertes hypotones **Süßwasser** schädigt und inaktiviert den Surfactant direkt und zerstört die alveoläre Basalmembran (Orlowski 1987, S. 79). Es kommt zum interstitiellen und alveolären Lungenödem und zur Alveoleninstabilität (Hasibeder 2003, S. 335). Die Alveolen kollabieren und Atelektasen können entstehen (Modell 1993, S. 253). **Salzwasser** dagegen ist hyperton und hat eine dreifach höhere Osmolalität als menschliches Plasma (Lindner 1987, S. 548). Hier tritt nun Flüssigkeit aus dem Intravasalraum in die Alveolen über, ein alveoläres Lungenödem ist die Folge (Hasibeder 2003, S. 335). Auch hier spielt der Surfactant eine Rolle. Indem die Typ-II-Pneumozyten geschädigt werden, wird indirekt die Surfactantproduktion beeinträchtigt und die oberflächenaktive Substanz wird verdünnt (Wilken 1994, S. 695). Resultate sind auch hier Alveolarkollaps und Atelektasen (Hasibeder 2003, S. 335).

Ein Flüssigkeitseintritt in die Alveolen kann auch direkt zu einer reflektorischen akuten Obstruktion der Bronchiolen führen (Bronchospasmus) und so den pulmonalen Gasaustausch noch weiter erschweren (Wilken 1994, S. 695; Hasibeder 2003, S. 335), ebenso wie eine Schaumbildung, die sich durch die Vermischung von aspiriertem Wasser und Sekret ergeben kann (Gehring 1993, S. 111).

Pathophysiologisch gibt es zwar Unterschiede, klinisch ist die Unterscheidung in Ertrinken in Süß- oder Salzwasser aber weniger von Bedeutung, als früher angenommen wurde (Gries 2001, S. 893; Sefrin 1999, S. 422; Lindner 1987, S. 546). Zusammenfassend ergibt sich also bei beiden Wasserarten ein Lungenödem. Die Endstrecke ist für beide ebenfalls die gleiche. Das progrediente Ventilations/Perfusions-Missverhältnis und die entstandenen intrapulmonalen Rechts-Links-Shunts (durch die Perfusion nicht belüfteter Alveolen) können zum akuten Lungenversagen, dem sog. ARDS (engl.: Acute respiratory distress syndrom) führen (Wilken 1994, S. 695). Auch eine stattgehabte Aspiration fördert die Entstehung eines ARDS (Ibsen 2002, S. S404). Die abnehmende Lungendehnbarkeit (Compliance) erschwert noch zusätzlich die Atemarbeit (Hasibeder 2003, S. 335). Alles mündet schließlich in die pulmonale Hypoxie (Wilken 1994, S. 695), Hyperkapnie und metabolische Azidose (Lindner 1987, S. 548). Ist die resultierende arterielle Hypoxämie

sehr schwer, kommt es zur Bewusstlosigkeit und Tod durch kardiale Insuffizienz (Moon 2002, S. 379).

Ein ARDS kann innerhalb von kurzer Zeit entstehen (Quan 1999, S. 256). Die pulmonalen Veränderungen können durchaus auch progredient sein und klinisch erst nach einiger Zeit in Erscheinung treten (Gries 2001, S. 893). Gemäß Hasibeder reichen bereits sehr kleine aspirierte Wassermengen aus, um ein schweres Lungenversagen herbeizuführen (Hasibeder 2003, S. 334). Wurde stark verschmutzte Flüssigkeit aspiriert, kann dies den Verlauf zusätzlich komplizieren (Modell 1993, S. 253).

3.3.2 Kardiovaskuläres System

Bei Kindern ist oft ein Reflex vorhanden, den man v. a. von Meeressäugtieren her kennt und der sich protektiv auf das Herz-Kreislaufsystem auswirken kann (Ibsen 2002, S. S404). Dieser sog. (Ein-)Tauchreflex (engl.: **diving reflex**) wird ausgelöst über einen erniedrigten paO_2 , der über arterielle Chemorezeptoren das vegetative Nervensystem aktiviert. Es folgt eine Vaskokonstriktion in nicht überlebenswichtigen Organen mit einer Umleitung des Blutflusses zugunsten zerebraler und kardialer Gewebe. Das parasympathische Nervensystem erzeugt zusätzlich eine Bradykardie, wodurch der myokardiale O_2 -Verbrauch sinkt. Beide Effekte, die periphere Vasokonstriktion und die Bradykardie, führen zu einer verbesserten Hypoxietoleranz. Bei Kleinkindern kann dieser Tauchreflex über sensorische Afferenzen des Nervus trigeminus auch durch den bloßen Kontakt des Gesichtes mit kaltem Wasser ausgelöst werden (Hasibeder 2003, S. 335/336; Pearn 1985, S. 586). Je kälter das Wasser, desto ausgeprägter ist der Reflex (Sefrin 1999, S. 420). In manchen Fällen kann sogar direkt eine Asystolie ausgelöst werden (Giesbrecht 2000, S. 734; Sefrin 1999, S. 419). Ist ein Divingreflex vorhanden, so kann es auch passieren, dass trotz vorhandenem Kreislauf selbst professionelle Retter diesen nicht mehr wahrnehmen können. Sie gehen von Kreislaufstillstand aus (Sefrin 1999, S. 420).

Lange Zeit wurde in der Literatur auf die Auswirkungen, die das aspirierte Wasser, abhängig von dessen Osmolalität, auf den Elektrolythaushalt haben kann, großer Wert gelegt. Es wurde propagiert, dass große Mengen an aspirierter Flüssigkeit zu **Elektrolytverschiebungen** führen und dass es infolge dessen zum Herzkreislaufstillstand kommt (Hasibeder 2003, S. 336).

In früheren Tierversuchen zeigte sich, dass aspiriertes Süß- und Salzwasser zu fast gegensätzlichen Elektrolytveränderungen im Plasma führen können. **Süßwasser** wird aufgrund seiner niedrigen Osmolalität ins Gefäßsystem aufgenommen. Infolgedessen kommt es zu einer Hämodilution, Hypervolämie und extrazelluläre Elektrolytkonzentrationen nehmen ab. Kommt es zusätzlich zur Hämolyse, wird Hämoglobin freigesetzt und die Kaliumkonzentration nimmt zu. Wird hingegen **Salzwasser** aspiriert, hat dies aufgrund seiner hohen Osmolalität fast gegensätzliche Effekte. Wasser tritt aus dem Intravaskulärräumen in die Alveolen über. Es kommt zur Hypovolämie, Hämokonzentration und die Elektrolytkonzentrationen im Extrazellularraum steigen an (Conn 1995, S. 2029; Seffrin 1999, S. 421; Swann 1947, S. 432; Swann 1951, S. 379/380).

Diese seit langem übliche Einteilung in Süßwasser- und Salzwasserertrinken ist in der Praxis weniger von Relevanz, da beim Menschen selten so viel aspiriert wird wie im Tiermodell dargestellt (Harries 1981, S. 407; Hasibeder 2003, S. 336). Mindestens 85 % der Beinaheertrunkenen aspirieren weniger als 10 ml/kg KG (Modell 1969a, S 414). Sowohl bei Süß-, als auch bei Salz- oder Brackwasser sind Elektrolytstörungen klinisch nicht entscheidend (Ibsen 2002, S. S403). Eventuell auftretende Veränderungen werden vom Körper relativ schnell wieder ausgeglichen (Orlowski 1987, S. 80). Wird hingegen erheblich mehr Flüssigkeit aufgenommen als oben beschrieben, können sich ergebende Veränderungen im Blutvolumen und in den Elektrolytkonzentrationen durchaus ernste Ausmaße annehmen (Modell 1993, S. 254), ebenso bei Ertrinkungsunfällen, die sich im Toten Meer ereignen, denn dort sind die Elektrolytkonzentrationen des Wassers extrem hoch (Moon 2002, S. 379).

Gegenwärtig wird versucht, sich die kardiovaskulären Auswirkungen durch schwere Hypoxie, exzessive Katechoaminfreisetzung, Störungen im Säure-Basen-Haushalt und Hypothermie zu erklären. Hierbei kann es zu diversen Formen von Herzrhythmusstörungen oder gar zum Herzkreislaufversagen kommen (Hasibeder 2003, S. 336).

Eine eintretende Hypothermie beeinflusst den gesamten Organismus, an vorderster Stelle allerdings das kardiovaskuläre System. Auf Veränderungen, die sich beim hypothermen

Patienten ergeben können, wird im Abschnitt Hypothermie (Kap. 3.3.5) noch genauer eingegangen.

3.3.3 Zentrales Nervensystem

Die Langzeitfolgen und die Morbidität der Ertrinkungsopfer sind meistens bedingt durch die Folgen von hypoxisch-ischämischen Schädigungen des Zentralen Nervensystems. Das Gehirn besitzt von allen Organen die geringste Hypoxie-, Ischämie- und Hypoglykämietoleranz. Kommt es zu zerebralen Schäden, so können sie auf zwei Ursachen zurückgeführt werden: entweder auf den gestörten pulmonalen Gasaustausch oder eine zerebrale Minderperfusion, ausgelöst durch ein Versagen der Zirkulation. Klinisch sind beide oft kaum voneinander zu differenzieren (Gehring 1993, S. 112).

Nach einer anfänglichen Phase, in der zerebrale Veränderungen noch reversibel sind, führen zunehmende intrazelluläre Hypoxie und Azidose zur Störung der Blut-Hirn-Schranke mit einem nachfolgenden Hirndruckanstieg (Levin 1993, S. 330). Ein Hirnödem stellt eine häufige Komplikation dar, welche schon innerhalb von 6 bis 12 Stunden nach dem Unfall auftreten kann (Quan 1999, S. 256). Es kommt zur irreversiblen Schädigung des Gehirns, wobei die verschiedenen Gehirnregionen unterschiedlich anfällig sind (Pearn 1985, S. 587). Sehr vulnerabel für Hypoxie und Ischämie scheinen Gebiete um Gefäßendzonen, der Hippocampus oder die Basalganglien zu sein (Ibsen 2002, S. S404).

Wird ein Ertrinkender gerettet, kann es im weiteren Verlauf, je nachdem, wie weit die zerebrale Schädigung bereits fortgeschritten war bzw. wie schnell eine ausreichende Oxygenierung wieder hergestellt werden konnte, durchaus noch zu einer Restitutio ad integrum kommen (Sefrin 1999, S. 419). Darüber hinaus sind von unterschiedlichen Ausfallerscheinungen bis zum Apallischen Syndrom oder Hirntod verschiedene Schweregrade der Gehirnschädigung möglich (Levin 1993, S. 330).

Es ist wohl ein Zusammenspiel von verschiedenen Faktoren (z. B. Submersionszeit, bestehende Vorerkrankungen, Kleidung, Stressreaktion des Opfers), welche die neurologische Prognose des Ertrinkungsopfers beeinflussen (Hasibeder 2003, S. 336). Dass es aber trotz langer Submersionszeiten gerade bei Kindern durchaus Fälle mit gutem neurologischen Outcome gibt, ist v. a. auf zwei Erklärungen zurückzuführen – ein

eventuell auftretender Divingreflex (siehe Kapitel 3.3.2) und eine Zerebroprotektion durch eine Hypothermie (Gooden 1992, S. 629).

3.3.4 Renales System

Die Nierenfunktion wird bei Ertrinkungsopfern selten beeinträchtigt (Levin 1993, S. 331; Modell 1993, S. 254). Auch Hasibeder geht meist nur von milden Nierenfunktionseinschränkungen aus. Ein schweres akutes Nierenversagen oder eine disseminierte intravaskuläre Koagulopathie sind seiner Meinung nach nur nach sehr langen Hypoxiezeiten festzustellen oder Folge von Komplikationen (z. B. systemische Infektionen) während der Intensivtherapie (Hasibeder 2003, S. 337).

3.3.5 Hypothermie

Eine pathophysiologische Besonderheit des Ertrinkungsunfalls ist die oft mit einhergehende, rasche Abnahme der Körpertemperatur. Der in diesem Zusammenhang häufig verwendete Begriff der akzidentellen Hypothermie bedeutet ein unbeabsichtigtes Absinken der Körperkerntemperatur (Gries 2001, S. 889).

Man unterscheidet je nach Körpertemperatur verschiedene Hypothermiegrade (Elsässer 1999, S. 397; Larsen 1999, S. 1161; Gries 2001, S. 889; Striebel 2003, S. 1123):

1. leichte oder milde Hypothermie (37-32°C bzw. 35-32 °C),
2. mittlere, mäßige oder moderate Hypothermie (32-28 °C),
3. schwere oder tiefe Hypothermie (28-18 °C) und
4. ausgeprägte oder profunde Hypothermie (18-4 °C).

Eine herabgesetzte Körpertemperatur wirkt sich auf alle wichtigen Organsysteme aus (Tab. 4).

<p>Im Stadium der milden Hypothermie: (Erregungsstadium)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bewusstsein: weitgehend erhalten - Neuromuskuläres System: keine Störung der Motorik, leichte Hyperreflexie, und Kältezittern zur endogenen Thermogenese - Herz-Kreislaufsystem: Sympathikusaktivierung führt zur peripheren Vasokonstriktion, Tachykardie und gesteigertem Herzzeitvolumen - Respiratorisches System: anfangs sympathikusinduzierte, gesteigerte Atemfrequenz, dann Hypoventilation mit herabgesetztem Atemminutenvolumen - Renales System: Kältediurese
<p>Im Stadium der moderaten Hypothermie: (Erschöpfungsstadium)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bewusstsein: langsame Eintrübung, Halluzinationen - Neuromuskuläres System: Abnahme der Motorik und der Reflexe (Hyporeflexie) durch eine Herabsetzung der Nervenleitungsgeschwindigkeit - Herz-Kreislaufsystem: zunehmenden Bradykardie, Abfall des Blutdruckes und des Herzzeitvolumens, Auftreten von Arrhythmien; <i>Typische EKG-Veränderungen:</i> PQ- und QT-Zeiten sind verlängert, QRS- Komplex ist verbreitert, J-Welle (Osborn-Welle) tritt auf - Respiratorisches System: Atemwegsreflexe fallen aus, Hypoventilation und vermindertes Sauerstoffangebot verstärken eine azidotische Stoffwechsellage, CO₂-Produktion nimmt immer mehr ab - Renales System: Abnahme der GFR und des renalen Blutflusses
<p>In den Stadien der schweren und tiefen Hypothermie: (Lähmungsstadium)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bewusstsein: Bewusstlosigkeit - Neuromuskuläres System: Areflexie und generalisierte Parese - Herz-Kreislaufsystem: Bradykardie bis hin zur Asystolie oder auftretendes Kammerflimmern - Respiratorisches System: Lungenstauung und Lungenödem kompliziert den Verlauf, schließlich Apnoe - Renales System: verminderte GFR und renaler Blutfluß, Oligurie

Tab. 4: Verschiedene Hypothermiegrade und deren Auswirkungen auf wichtige Organsysteme (in Anlehnung an Antretter 1997, S. 373; Elsässer 1999, S. 397; Ibsen 2002, S. S404; Gries 2001, S. 889-891)

Eine erniedrigte Körpertemperatur hat darüber hinaus aber auch noch weitere Einflüsse auf den Organismus. Eine nach links verschobene Sauerstoffbindungskurve verschlechtert die O₂-Abgabe an das Gewebe. Die Entwicklung einer azidotischen Stoffwechsellage wird begünstigt (Antretter 1997, S. 374). Aufgrund einer verminderten Insulinfreisetzung bzw. einer peripheren Insulinresistenz entsteht eine Hyperglykämie (Gries 2001, S. 891). Eine zunehmende Hypothermie vermindert einerseits die Gerinnungsaktivität (Gries 2001,

S. 891), kann aber andererseits durch erhöhte Gefäßpermeabilität zu einer Hypovolämie mit Hämatokritanstieg führen und die Entstehung einer disseminierten intravasalen Gerinnung begünstigen (Antretter 1997, S. 374). Durch eine Verschiebung von Kalium aus dem Extrazellularraum in den Intrazellularraum kann sich eine Hypokaliämie ergeben (Antretter 1997, S. 374).

Die erwähnten Folgen der Hypothermie stehen einer möglichen Zerebroprotektion gegenüber. Bei einer Hypothermie wird der Stoffwechsel herabgesetzt. Dies erhöht bis zu einem gewissen Grad die Ischämietoleranz der Organe und die Reanimationszeit des ZNS ist verlängert. Alles wird unter dem Begriff des **zerebroprotektiven Effekts** subsumiert (Sefrin 1999, S. 421).

Der Sauerstoffverbrauch nimmt mit zunehmender Hypothermie immer mehr ab. Bei einer Temperatur von 30 °C beträgt der O₂-Verbrauch 50 %, bei 25 °C nur noch 25 % des Ausgangswertes (Larsen 1999, S. 1160).

Bei Unfällen im warmen Wasser ist eine erfolgreiche Reanimation nach 10-15 Minuten nahezu auszuschließen, während bei sog. Eiswasserunfällen unter Umständen sogar nach über 60 Minuten noch eine erfolgreiche Reanimation möglich ist (Antretter 1994, S. 837). In der Literatur werden immer wieder Einzelfälle beschrieben, in denen trotz sehr langer Submersionszeiten ein gutes neurologisches Outcome zu verzeichnen war (Bolte 1988, S. 377; Antretter 1994, S. 837; von Stockhausen 1997, S. 936; Perk 2002, S.524). Die Fallberichte haben oft Gemeinsamkeiten. Es sind meist junge Leute betroffen, die Unfälle ereigneten sich in sehr kaltem Wasser und die Körpertemperatur war um mindestens 7 °C gefallen (Gooden 1992, S. 629). Erst wenn das Gehirn von 37 °C auf 30 °C oder weniger abgekühlt ist, stellt sich eine Hypoxietoleranz ein (Gooden 1992, S. 629). Die Ischämietoleranz ist bei einer Körpertemperatur von 20 °C etwa 10-mal höher als bei 37 °C (Althaus 1982, S. 493). Ausschlaggebend ist dabei, dass die Abkühlung so schnell geschieht, dass das ZNS seinen Metabolismus reduziert hat, bevor es z. B. durch einen Herzstillstand zur ischämisch-hypoxischen Schädigung des Gehirns kommen kann (Kallas 1993, S. 297).

Bei Kindern scheint sich eine Hypothermie schneller zu entwickeln als bei Erwachsenen (Gries 2001, S. 892). Sie haben, verglichen mit der Körpermasse, eine relativ große Körperoberfläche, eine nur dünne Fettisolationsschicht (Kallas 1993, S. 297), einen relativ

großen Kopf und eine gut durchblutete Kopfhaut. Alles begünstigt ein schnelles Auskühlen sowohl im Wasser als auch nach der Bergung (durch Verdunstung und Konduktion). Zusätzlich verschlucktes und aspiriertes kaltes Wasser führt zu einer inneren Kühlung (Gries 2001, S. 892).

Eine Hypothermie kann sich also durchaus positiv auf den Ausgang eines Ertrinkungsunfalles auswirken. Man muss aber ganz klar herausstellen, dass die Fallberichte, in denen es trotz langer Submersionszeiten zu einem guten Ausgang kam, nur Einzelfälle darstellen (Suominen 1997, S. 114). Eine Hypothermie birgt immer ein Risiko in sich und sie stellt eigentlich eine ungünstige Ausgangslage dar (Suominen 1997, S. 114; Salomez 2004, S. 264). Pro Grad Celsius Temperatureniedrigung steigt das Mortalitätsrisiko um 1-4 % (Elsässer 1999, S. 397).

4 Eigene Ergebnisse

4.1 Präklinische Parameter

Im präklinischen Teil werden anfangs die Patienten genauer beschrieben, während dann auf die Ertrinkungsunfälle und die notfallmäßige Versorgung der Kinder bis zur Klinikaufnahme näher eingegangen wird.

4.1.1 Merkmale des Untersuchungskollektivs

Die Einteilung der Kinder erfolgte in drei Gruppen entsprechend ihres Outcomes (Abb. 2). In der ersten Gruppe befinden sich Kinder, die mit scheinbarer Restitutio ad integrum das Krankenhaus verlassen konnten (Outcome: Gut). Die zweite Gruppe beinhaltet die Fälle, bei denen schwere neurologische Schäden resultierten (Outcome: SND) (SND = schweres neurologisches Defizit) und in der letzten Gruppe (Outcome: Tod) wurden Fälle mit tödlichem Ausgang zusammengefasst.

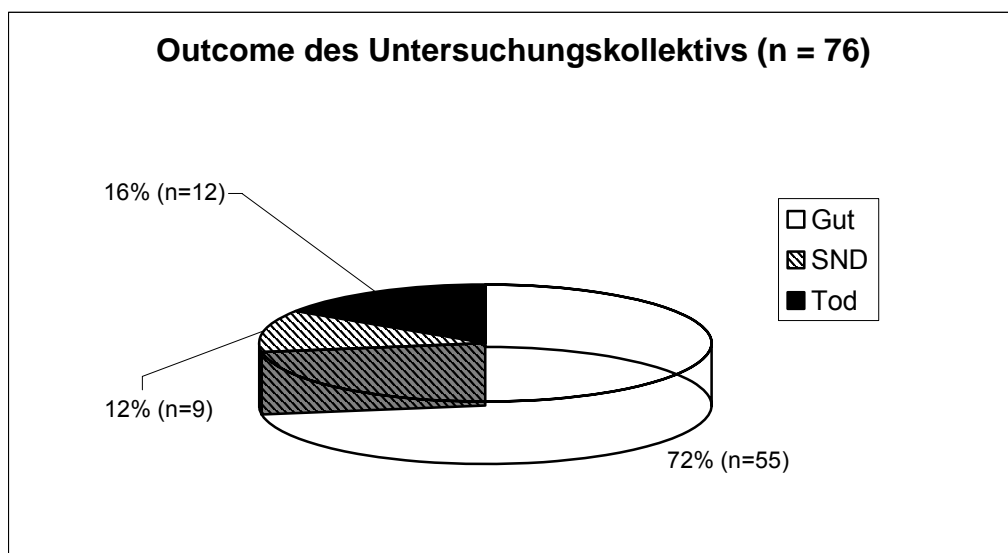


Abb. 2: Outcome des Untersuchungskollektivs

Im Kapitel 4.3 erfolgt eine genauere Analyse der Gruppe mit SND.

Aus der letzten Gruppe (Outcome: Tod) verstarben acht Kinder noch am Unfalltag, vier Kinder verstarben am 1., 3. und 5. Tag nach dem Unglück.

4.1.1.1 Geschlecht und Alter

Von den insgesamt 76 Kindern waren 58 männlichen (76,3 %) und 18 weiblichen Geschlechts (23,7 %). Es fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Outcome ($p > 0,05$).

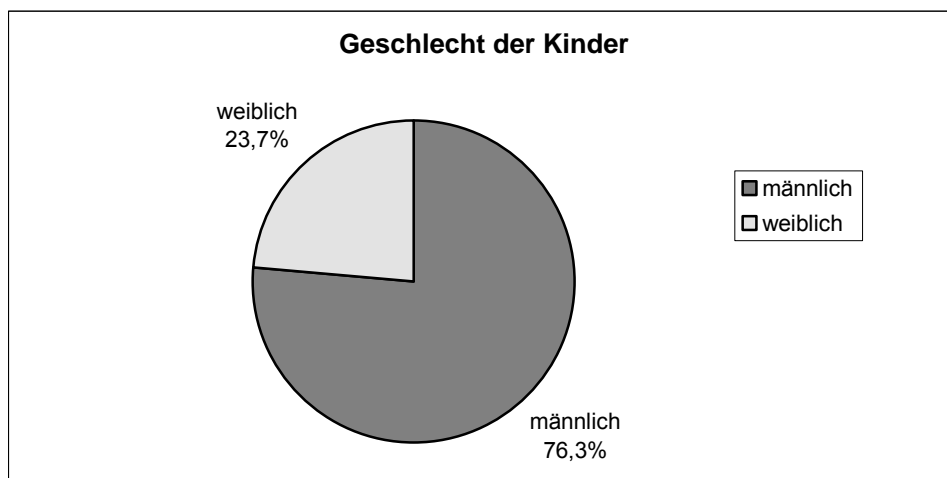


Abb. 3: Geschlechterverteilung

Das jüngste Kind war sieben Monate alt, das älteste 15 Jahre und einen Monat. Das mittlere Alter betrug somit vier Jahre und sieben Monate. Das männliche Geschlecht dominierte in nahezu allen Altersgruppen (Abb. 4).

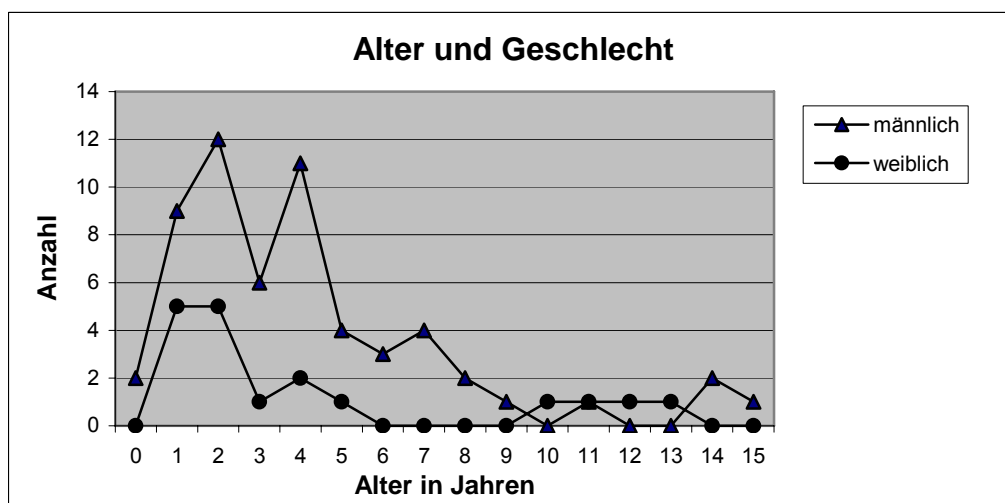


Abb. 4: Alter und Geschlecht

Auffällig ist, dass gerade Kinder im Vorschulalter sehr häufig verunglückten. 61 der 76 Kinder (80,26 %) waren in einem Alter bis einschließlich sechs Jahre (Abb. 5).

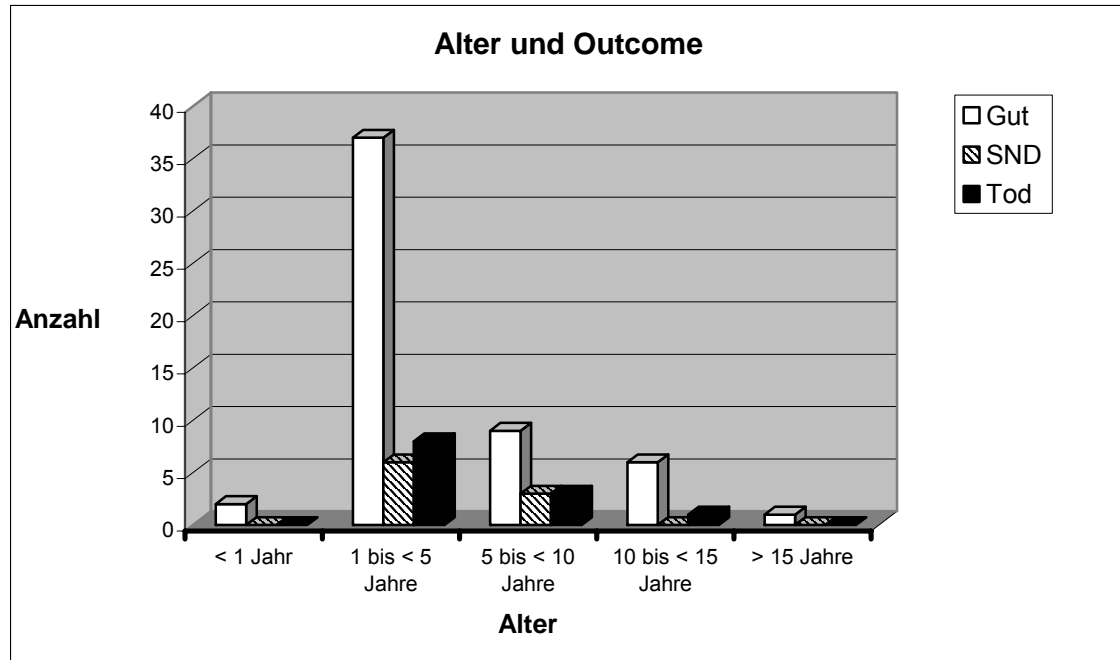


Abb. 5: Altersgruppen und Outcome

Die Kinder im Alter von fünf bis unter zehn Jahren erlitten öfter ein schlechtes Outcome als die anderen Altersgruppen. Von den 15 Kindern dieses Alters verstarben 20 % (drei Kinder), ebenso viele trugen einen neurologischen Schaden davon. Bei den Kindern, die jünger als fünf Jahre waren, starben 15,1 % ($n=8/53$), 11,3 % ($n=6/53$) erlitten ein SND. Zwischen dem Alter und dem Outcome besteht aber keine signifikante Beziehung ($p>0,05$).

4.1.1.2 Nationalitäten der Kinder

Aufgrund der Angaben in den Krankenunterlagen ist davon auszugehen, dass etwa 40-45 % der Kinder ausländischer Herkunft sind. Somit würde der prozentuale Ausländeranteil im untersuchten Patientenkollektiv deutlich über dem prozentualen Ausländeranteil (8,8 %) in der Gesamtbevölkerung liegen (Statistisches Bundesamt Deutschland (2007), [Stand 16.06.2007]).

4.1.1.3 Vorerkrankungen und spezielle Umstände

Bei 19 Kindern (25 %) konnten Vorerkrankungen eruiert werden, wobei auf einige Kinder auch mehrere Diagnosen zutrafen. In drei weiteren Fällen waren die Diagnosen nicht gesichert (V. a. Absencen, V. a. latente Epilepsie, V. a. Gerinnungsstörung).

Besondere Befunde, die eventuell in kausalem Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen stehen könnten, waren:

- Pathologisches EEG (Outcome: Gut),
- Rolando-Epilepsie und Long-QT-Syndrom (Outcome: Gut),
- Muskelhypotonie und geistige Retardierung (Outcome: Tod),
- Muskelhypotonie, choreatiforme Dyskinesie und geistige/motorische Retardierung (Outcome: SND),
- Arterielle Hypotonie, Commotio cerebri und rezidivierende Kopfschmerzen (Outcome: Gut),
- Fieberkrampf (Outcome: SND).

Die übrigen Vorerkrankungen waren aus folgenden Bereichen: Dermatologie (Gräserallergie, Mollusca dermi contagiosa, Neurodermitis), Stoffwechselsystem (Hyperurikämie, Adipositas, Glukoseintoleranz, essentielle Glukosurie, Eisenmangelanämie), Renales System (Urethrastenose, Pendelhoden) und Respirationstrakt (V. a. akuten viralen Infekt).

In einigen Fällen bestanden schwerwiegende psychosoziale Problemsituationen (Drogenabusus der Eltern; Flüchtlingsdrama eines Kindes, das sich von den Eltern getrennt in Deutschland aufhielt). Über die Frage, inwieweit sie auf das Unfallgeschehen Einfluss nahmen, kann nur spekuliert werden.

4.1.2 Unfallgeschehen

Anhand der Angaben in den Notarztprotokollen und Krankenunterlagen kann auf das Unfallereignis näher eingegangen werden.

4.1.2.1 Notarztprotokolle

In den 76 Fällen von Ertrinkungsunfällen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, wurde 70-mal der Notdienst alarmiert (92,1 %). Hiervon lagen 63 Notarztprotokolle vor, sieben Protokolle fehlten in den Krankenunterlagen. Sechsmal wurde kein Notarzt gerufen.

In 62 Fällen war ein Erwachsenennotarzt anwesend, in 28 Fällen zusätzlich ein Kindernotarzt. Achtmal war ausschließlich ein Kindernotarzt vor Ort.

4.1.2.2 Unfallzeitpunkte

In den kalten Monaten Oktober bis einschließlich April ereigneten sich 18 Fälle (23,68 %) (Abb. 6), zwölf davon geschahen im Freien. Hiervon überlebten neun Kinder gesund, bei dreien hingegen resultierte ein schwerer neurologischer Schaden. Die Mehrzahl der Ertrinkungsunglücke passierte in den warmen Sommermonaten.

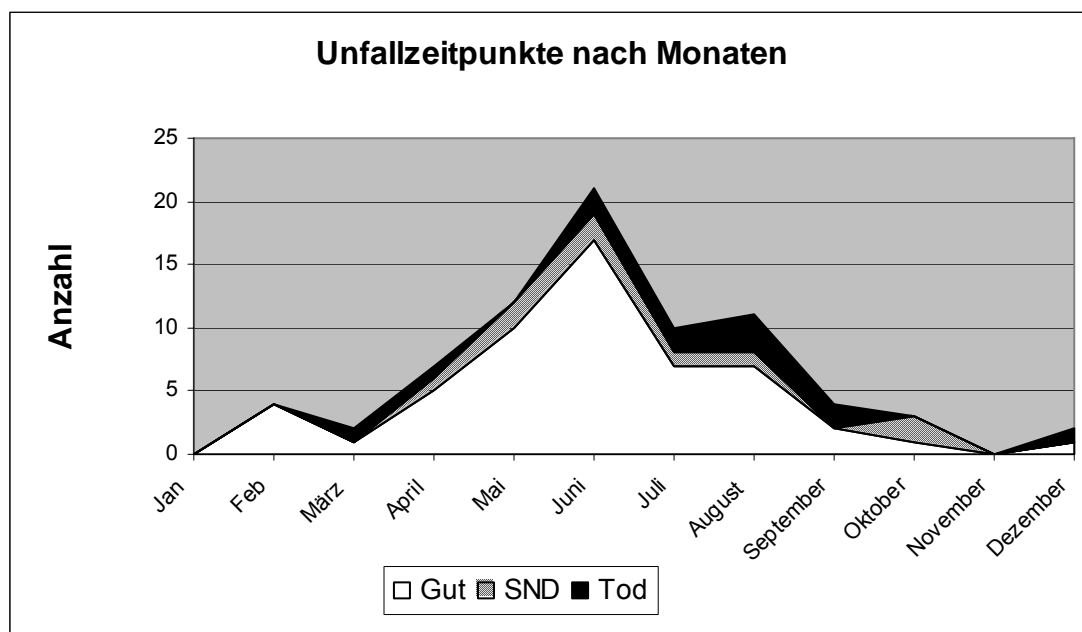


Abb. 6: Unfallzeitpunkte nach Monaten

Bezüglich der Tageszeiten, zu denen die Unfälle geschahen, ließen sich zwei Spitzen erkennen, am Nachmittag und am frühen Abend (Abb. 7). Lediglich in einem Fall fehlten Angaben zum Unfallzeitpunkt.

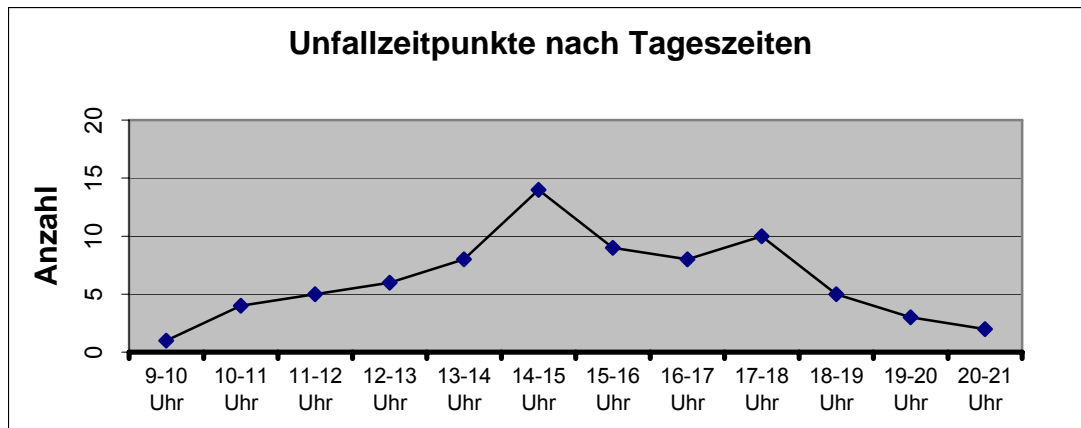


Abb. 7: Unfallzeitpunkte nach Tageszeiten

4.1.2.3 Unfallorte und mögliche Unfallursachen

Bei den zugrunde liegenden Ertrinkungsunfällen handelt es sich ausnahmslos um Unfälle im Süßwasser.

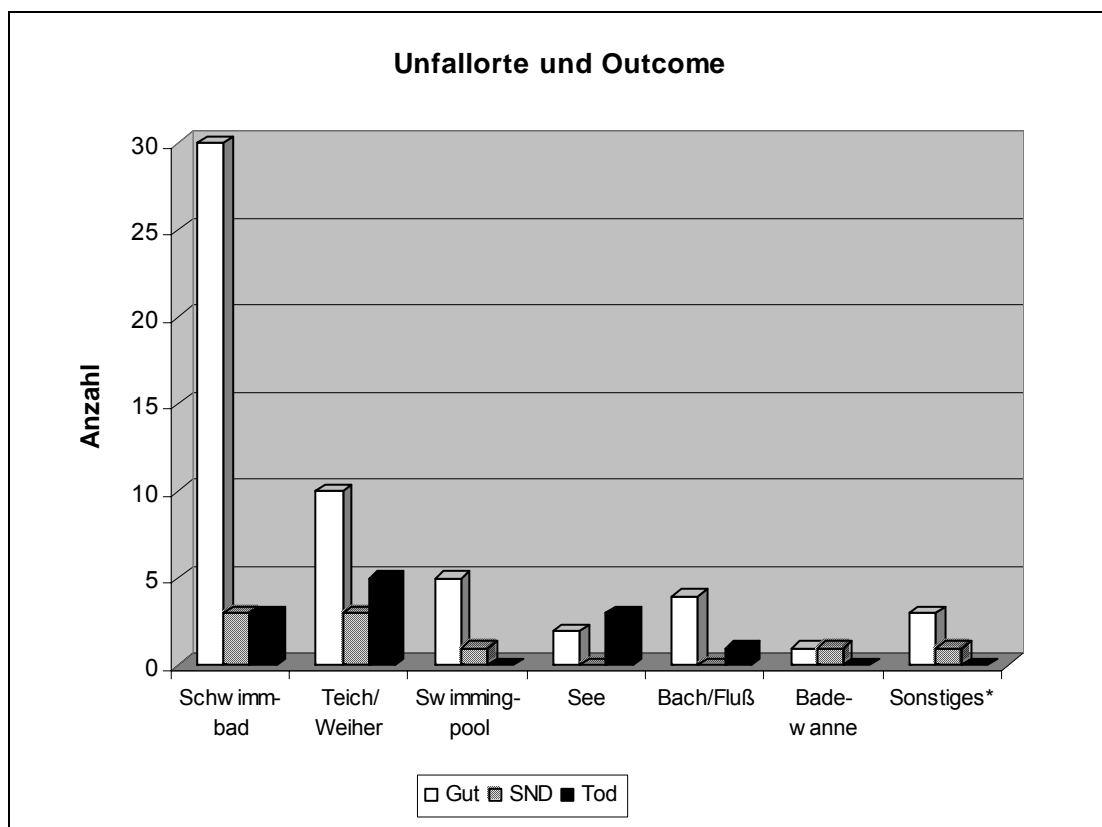


Abb. 8: Unfallorte und Outcome (* Brunnen, Sickergrube und Regentonne)

Die Unfallorte bezüglich ihres Outcomes betrachtet (Abb. 8), lassen erkennen, dass öffentliche Schwimmbäder (Outcome: 83,3 % Gut, 8,3 % SND, 8,3 % Tod) ähnlich zu

Swimmingpools (Outcome: 83,3 % Gut, 16,7 % SND) annähernd gleich gut abschneiden. In Bächen und Flüssen überlebten 80 % der Kinder gesund, der Rest der Fälle endete tödlich. Besonders schlecht verliefen die Ertrinkungsunfälle in stehenden offenen Gewässern (Teich/Weiher - Outcome: 55,5 % Gut, 16,7 % SND, 27,8 % Tod; See – Outcome: 40 % Gut, 60 % Tod). Die Unfälle in Teichen/Weihern ereigneten sich meist in unmittelbarer Umgebung der Wohnung der Kinder (61 % auf eigenem Anwesen, 27,8 % auf Nachbaranwesen).

Analysiert man je nach Alter die Umstände, unter denen es zum Ertrinkungsunfall gekommen ist, so ist zu erkennen, dass Kleinkinder häufig in der Badewanne ertrinken oder ins Wasser fallen. Die Verletzung der Aufsichtspflicht scheint hier maßgeblich zum Unfallgeschehen beizutragen. Mit zunehmendem Alter geschehen die Unglücke dann vermehrt im Rahmen von Badeunfällen (Tab. 5), anfangs oft aufgrund unzureichender Schwimmkenntnisse, später zum Teil beim Herumtollen (Rutschen, Tauchen, ins Becken springen), meist blieben die genauen Ursachen der Badeunfälle aber ungeklärt.

Alter in Jahren	<1	1-2	3-4	5-9	10-14	>15
Unfallursachen						
in Wasser gefallen	0	26	5	0	0	0
Badeunfall	0	2	15	15	6	1
Badewanne	0	2	0	0	0	0
Schwimmunterricht	0	0	0	0	1	0
Sonstiges	2	1	0	0	0	0

Tab. 5: Unfallursachen nach Alter

Die Verwendung von Schwimmhilfen (Schwimmflügel, aufblasbare Tiere, Schwimmreifen usw.) stellen keinen 100%-igen Schutz vor Ertrinkungsunfällen dar. In der zugrunde liegenden Studie waren drei Kinder dabei, die trotz Schwimmhilfen verunfallten, eines davon mit tödlichem Ausgang.

Gleiches gilt für Swimmingpools oder Teiche, welche durch Planen oder Zäune scheinbar sicher sind. Auch hier ereigneten sich trotz dieser Schutzmaßnahmen vier Unglücksfälle, einer endete tödlich, ein weiterer mit schwerem neurologischem Schaden. Gründe hierfür waren offen gelassene Türen oder unvollständig abgedeckte Swimmingpools.

Einer der Ertrinkungsunfälle in der Badewanne geschah bei einem Kleinkind, obwohl es von seinem neunjährigen Bruder beaufsichtigt wurde. Ein älteres Mädchen war beim Streckentauchen im Rahmen des Schulsports nicht mehr aufgetaucht und tödlich verunglückt. Besonders dramatisch waren zwei Badeunfälle, in denen Kinder in einem Fluss von einer gefährlichen Unterströmung mitgerissen und in einem Wehr unter Wasser eingeklemmt wurden (Outcome: 1 Gut, 1 Tod).

Unter Sonstiges fallen neben einem zweijährigen Jungen, der ins Eis eingebrochen war, auch die beiden Fälle der jüngsten Kinder in dieser Untersuchung. Ersteres war wegen defekter Bremsen im Kinderwagen in einen Teich gerollt, das zweite Kind wurde durch Fahrlässigkeit vom schwimmenden Vater im See fast ertränkt.

Es fiel auf, dass zwei der verstorbenen Kinder genau an ihren Geburtstagen ertranken, ein Kind, welches gesund überlebte, verunglückte auf einer Kindergeburtstagsfeier.

4.1.2.4 Wassertemperaturen

Die Wassertemperaturen waren nur in fünf Fällen eruierbar. Zweimal war hierbei die Temperatur mit 0 °C angegeben. Es handelt sich hier also um Unfälle im Sinne eines sog. Eiswasserertrinkens. Ein Kind überlebte ohne Schaden, das andere mit schwerem neurologischem Defizit. Über die Wassertemperatur in den anderen zehn Fällen, die sich in den kalten Monaten Oktober bis April im Freien ereigneten, lässt sich nur vermuten, dass es sich um kalte Temperaturen handelte. Ob noch weitere Eiswasserunfälle darunter waren, bleibt offen. Mindestens drei Unfälle ereigneten sich in warmen Gewässern (zweimal in der Badewanne, einmal im Warmwasserbecken). Zwischen den Wassertemperaturen und dem Outcome besteht in dieser Studie kein signifikanter Zusammenhang ($p > 0,05$).

4.1.2.5 Submersionszeiten

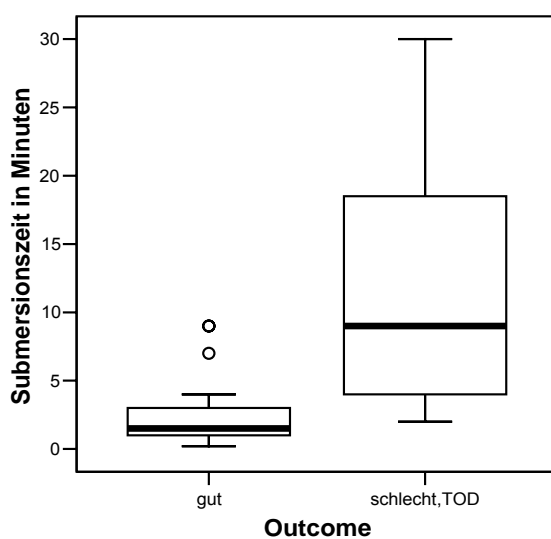
In 38 Fällen konnten die geschätzten Submersionszeiten erhoben werden.

	Gut	SND	Tod	in %
< 5 Min.	24	4	1	76,3
5-10 Min.	3	1	0	10,5
10-20 Min.	0	0	2	5,3
> 20 Min.	0	0	3	7,9

Tab. 6: Submersionszeiten und Outcome

Die Untertauchzeit ist ein Parameter, der fast ausnahmslos auf subjektiven Einschätzungen beruht. Sie ist daher nur unter Vorbehalt in die Auswertung miteinzubeziehen. Ausgehend von den zugrundeliegenden Daten ergibt sich mit zunehmender Submersionsdauer ein Trend zu einem schlechten Ausgang ($p < 0,05$).

Der tödliche Unfall bei einer Untertauchzeit von max. fünf Minuten ereignete sich im Rahmen des Schulsportes beim Streckentauchen.



Tab. 7: Submersionszeiten in Minuten und Outcome

4.1.2.6 Ersthelfer

In 63 Fällen (82,9 %) wurden Ersthelfermaßnahmen ergriffen, elfmal wurde nichts unternommen und zweimal war es fraglich, ob Maßnahmen der Ersten Hilfe ergriffen wurden (Outcome: 1 Gut, 1 Tod). Bei 33 Ertrinkungsunfällen wurden primär von Laien Maßnahmen durchgeführt. Dies waren 20-mal empfohlene Laienreanimationsmaßnahmen und 13-mal ungewöhnlichere Aktionen (an den Füßen hochgehalten, thorakale oder abdominelle Kompressionen, geschüttelt, Kopf überstreckt, an Armen hochgehalten oder stimuliert im weitesten Sinne), die aber trotzdem zwölfmal zu einem gesunden Überleben beitrugen. Bademeister oder zufällig anwesendes Krankenpflegepersonal waren in 22,2 % der Fälle die Ersthelfer vor Ort und in einem Viertel der Fälle wurden die Reanimationsmaßnahmen primär durch professionelle Helfer ergriffen.

	Gut	SND	Tod	in %
Laien	22	6	5	52,4
Bademeister, Krankenpflegepersonal	13	0	1	22,2
Ärzte, Rettungsdienstangehörige*	8	3	5	25,4

Tab. 8: Einteilung der Ersthelfer (* herbeigerufene Hausärzte, benachbarte oder zufällig anwesende Ärzte oder Rettungsdienstpersonal)

Die eingetroffenen Notärzte waren bei 20 Kindern zum Reanimieren gezwungen (Outcome: 8 SND, 12 Tod). Bei acht dieser Kinder (Outcome: 6 SND, 2 Tod) konnte bis zur Klinikeinlieferung durch die professionelle Reanimation eine Kreislaufstabilisierung erreicht werden. Lediglich bei einem Kind, welches später mit einem SND entlassen wurde, war die Laienreanimation erfolgreich, so dass keine Reanimation durch den Notarzt mehr nötig war.

	Gut	SND	Tod
Reanimation durch Notarzt vor Ort	0	8	12
Reanimation bei Klinikaufnahme	0	2	10

Tab. 9: Professionelle Reanimationen durch herbeigerufene Notärzte

Keines der Kinder, die gesund überlebten, bedurfte vor Ort einer professionellen Reanimation.

4.1.3 Präklinische Diagnostik

Im folgenden Abschnitt werden wichtige Parameter besprochen, die in der präklinischen Diagnostik erhoben werden konnten.

4.1.3.1 Glasgow Coma Scale (GCS) vor Ort

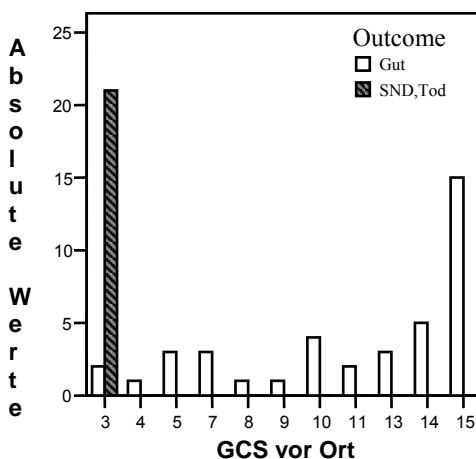
Zur Einschätzung des Bewusstseinszustandes der Kinder wandten die Notärzte vor Ort in 61 Fällen den Glasgow Coma Scale (GCS) an. Es handelt sich hierbei um die weltweit am häufigsten angewandte Komaskala (Heim 2004, S. 1254), die drei Komponenten evaluiert (Öffnen der Augen, verbale Antwort, motorische Antwort) und somit grob den Hirnstamm,

die Hirnrinde und die Integrität des Bewegungssystems und des spinalen Systems überprüft (Heim 2004, S. 1247). Wichtig ist es, den GCS wiederholt zu erheben, um so den Verlauf zu beurteilen.

Augen öffnen	- spontan	4
	- auf Ansprechen	3
	- auf Schmerz	2
	- keine Antwort	1
Motorische Antwort	- gezielt auf Aufforderung	6
	- gezielt auf Schmerz	5
	- ungezielte Abwehr	4
	- Beugesynergismen (Dekortikationshaltung)	3
	- Streckesynergismen (Dezerebrationshaltung)	2
	- keine Antwort	1
Verbale Leistung	- orientiert	5
	- verwirrt	4
	- inadäquat /Wortsalat	3
	- unverständliche Laute	2
	- keine Antwort	1

Tab. 10: Glasgow Coma Scale (Heim 2004, S. 1247)

Eine niedrige Punktezahl im GCS, festgestellt durch die Notärzte am Unfallort, geht in dieser Studie im Signifikanztest mit einem schlechten Outcome einher ($p < 0,05$).



Tab. 11: GCS vor Ort und Outcome

4.1.3.2 Pupillenreaktion vor Ort

Es konnten in 49 Fällen aus den Notarztprotokollen die Pupillenreaktion der Unfallopfer vor Ort entnommen werden.

	Gut	SND	Tod	in %
Enge Pupillen mit Lichtreaktion	3	0	0	6,1
Mittelweite Pupillen mit Lichtreaktion	22	0	0	44,9
Weder eindeutig physiologisch noch eindeutig pathologisch	3	1	0	8,2
Weite Pupillen und lichtstarr	4	2	7	26,5
Entrundete Pupillen und lichtstarr	0	4	3	14,3

Tab. 12: Pupillenreaktion vor Ort

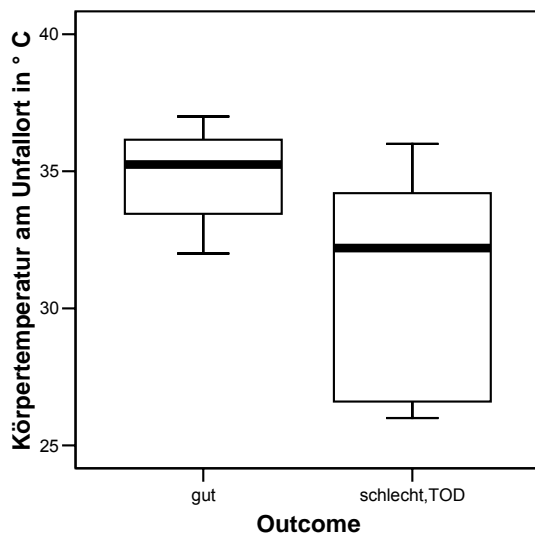
Obwohl auch vier Kinder mit einem guten Outcome vor Ort eine pathologische Pupillenreaktion aufwiesen, erwies sich dieser Parameter als signifikanter Einflussfaktor bezüglich des Outcomes ($p < 0,05$).

4.1.3.3 Blutzuckerwerte vor Ort

Die Bestimmung des Blutzuckerspiegels am Unfallort gehörte in dieser Studie nicht zur Routineuntersuchung. In lediglich 14 Fällen wurde der Glukosewert bestimmt. Die Werte lagen zwischen 98 und 291 mg/dl (Mittelwert 188 mg/dl, Standardabweichung 54,4 mg/dl). Bis auf einen Fall mit SND (223 mg/dl) verliefen alle Fälle ohne Schaden. Im Signifikanztest erwies sich der Blutglukosespiegel als ungeeignet ($p > 0,05$).

4.1.3.4 Körpertemperatur vor Ort

Die Körpertemperatur vor Ort wurde in 19 Fällen gemessen. Es kamen Werte zwischen 26,0 °C bis 37,0 °C vor. Bei zwei Kindern war die Körpertemperatur mit den vorhandenen Thermometern nicht mehr messbar.



Tab. 13: Körpertemperatur am Unfallort und Outcome

Die Körpertemperatur vor Ort erwies sich hinsichtlich des Outcomes im statistischen Test als signifikant ($p < 0,05$).

4.1.4 Versorgung vor Ort

Anhand der vorhandenen Notarztprotokolle konnten die nachfolgenden Punkte bezüglich der Erstversorgung am Unfallort näher analysiert werden.

4.1.4.1 Einsatzzeiten

In 46 der insgesamt 76 Fälle konnten aus den Notfallprotokollen bzw. mittels Unterstützung der Rettungsdienstleistungsstelle München genauere Zeiten bezüglich Alarmabgabe bzw. Übergabe der Patienten an das Primärkrankenhaus erhoben werden. Die durchschnittliche Zeit zwischen Alarmabgabe und Ankunft am Unfallort (bzw. Alarmabgabe und Übergabe an Krankenhaus) betrug bei den gesund entlassenen Kindern 7,36 Minuten (bzw. 46,44 Min.), bei den Kindern mit SND 20 Minuten (bzw. 68 Min.) und bei den verstorbenen Kindern 11,43 Minuten (bzw. 68,71 Min.).

4.1.4.2 Reanimationsdauer

Angaben zur Reanimationsdauer waren in 34 Notarztprotokollen vorhanden.

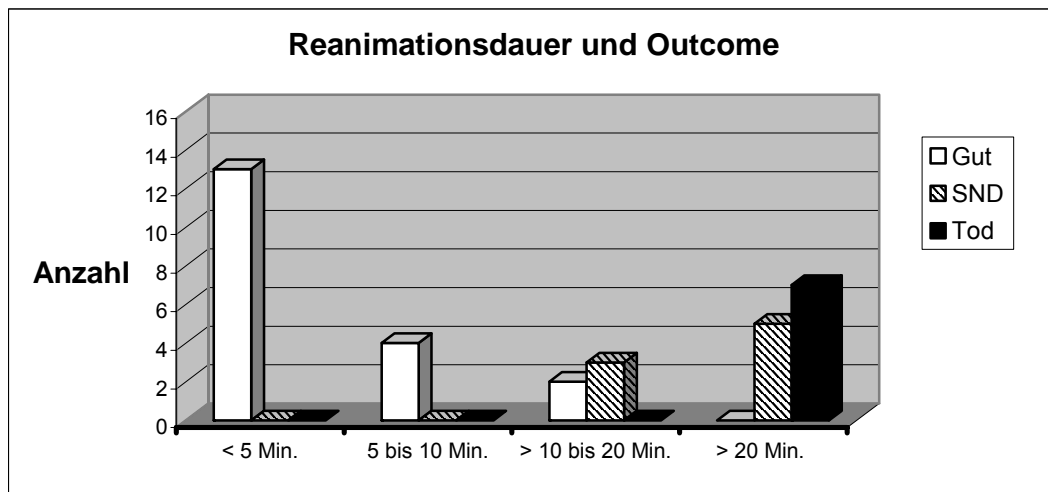
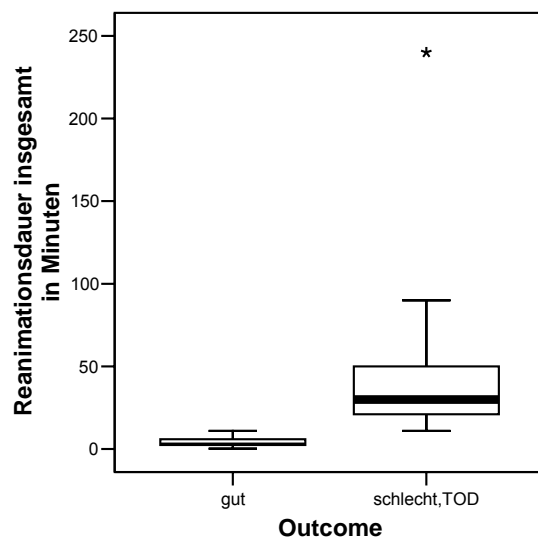


Abb. 9: Reanimationsdauer und Outcome

Mit zunehmender Reanimationsdauer ergab sich ein schlechteres Outcome (Abb. 9). Bei sechs Kindern wurde sogar länger als 50 Minuten reanimiert. Davon gingen schließlich vier Fälle tödlich aus. Die mit über vier Stunden längste Reanimation wurde bei einem zweijährigen Kind nach Erwärmung auf 32,2 °C schließlich erfolglos beendet.



Tab. 14: Reanimationsdauer und Outcome

Eine lange Reanimationsdauer ist mit einem schlechten Outcome assoziiert ($p < 0,05$).

4.1.4.3 Intubation

In 32 Fällen wurde vor Ort intubiert. Dies waren neben den verstorbenen Kindern und denen mit einem resultierenden neurologischen Schaden auch zwölf gesund entlassene Kinder. Die Intubationen wurden von Erwachsenennotärzten (20 Fälle), von Kindernotärzten (9 Fälle), vom Rettungsdienstpersonal (2 Fälle) und vom Hausarzt (1 Fall) durchgeführt.

Der Tubus wurde bis auf einen Fall ausnahmslos orotracheal gelegt. Eine ösophageale Fehlplatzierung wurde vom eintreffenden Kindernotarzt korrigiert, in drei weiteren Fällen wurde ebenfalls von Kindernotärzten und einmal vom Erwachsenennotarzt umintubiert. All die Fälle, in denen es zur Umintubation kam, endeten mit einem schlechten Outcome im Sinne eines Todes oder eines schweren neurologischen Defizits.

Insgesamt wurde elfmal eine Magensonde gelegt, davon in sieben Fällen vom Kindernotarzt.

4.1.4.4 Medikamentengabe

Zur Medikamentenapplikation wurden vor allem intravenöse Zugänge gewählt, siebenmal wurde vor Ort ein intraossärer Zugang gelegt (Outcome: 1 Gut, 2 SND, 4 Tod).

In den Notarztprotokollen wurden bei 16 Ertrinkungsunfällen Angaben zur **Adrenalingabe** vor Ort gemacht. Alles waren Fälle, in welchen die Kinder verstarben oder einen schweren Schaden davontrugen. Bei letzteren (6 Angaben) wurden im Durchschnitt 2,29 mg Adrenalin verabreicht, bei den tödlichen Verläufen (10 Angaben) waren es durchschnittlich 4,765 mg.

In zwölf Fällen konnten den Unterlagen Angaben über den Einsatz von **Natriumbikarbonat** am Unfallort entnommen werden. Bei zwei gesund entlassenen Kindern, bei einem Kind mit SND und bei neun verstorbenen Kindern wurde die Puffersubstanz vor Ort verabreicht.

In diesem Zusammenhang berücksichtigte diese Studie die Kaliumwerte, die sich bei der ersten Blutanalyse im Krankenhaus ergaben. In einem einzigen Fall wurde bei den

entsprechenden Patienten eine Hypokaliämie (Kalium < 3,3 mmol/l) festgestellt (Outcome: Gut). Bei vier später verstorbenen Kindern hingegen bestand eine Hyperkaliämie (Kalium > 4,6 mmol/l) mit Werten zwischen 4,8 mmol/l und 7,3 mmol/l. Alle zwölf Kinder befanden sich bei Aufnahme trotz verabreichter Puffersubstanz in einer azidotischen Stoffwechsellage. Die pH-Werte der Kinder, welche im Vorfeld Natriumbikarbonat erhielten, lagen zwischen 6,46 (Outcome: Tod) und 7,05 (Outcome: 2 Gut), mit einem durchschnittlichen pH-Wert von 6,77.

Die prophylaktische Verabreichung von **Glukokortikoiden** durch den Notarzt zur Verminderung eines hypoxisch-ischämischen bedingten Nervenzellschadens bleibt umstritten (Pfenniger 1993, S. 236). In diesem Patientenkollektiv bekamen gesichert fünf Kinder Kortikoide infundiert. Drei dieser Kinder verließen das Krankenhaus in einem guten Zustand, bei den beiden anderen Kindern resultierten schwere neurologische Schäden. Die geringe Fallzahl erlaubt nicht, eine Tendenz abzuleiten.

Bei acht der verunglückten Kinder traten am Unglücksort oder im Laufe des folgenden Transportes zerebrale Krampfanfälle auf. Bis auf ein Kind, welches durch den Unfall einen neurologischen Schaden davontrug, wurden alle Kinder später gesund entlassen. Vor Ort wurden vom Notarzt viermal antikonvulsive Medikamente verabreicht, bei zwei Kindern waren die Krämpfe selbstlimitierend, bei den restlichen fehlten die entsprechenden Notfallprotokolle.

4.1.4.5 Beatmung

Zur präklinischen Beatmung konnten aus 17 Notfallprotokollen Angaben entnommen werden.

	Gut	SND	Tod
Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) [in cm H ₂ O]	1 x PEEP 3 1 x PEEP 5 2 x PEEP 6	1 x PEEP 4 4 x PEEP 5 1 x PEEP 7	1 x PEEP 5
Inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO₂)	1 x 0,5 5 x 1,0	6 x 1,0	5 x 1,0

Tab. 15: Präklinische Beatmung unter Berücksichtigung des Outcomes

4.1.4.6 Wärmeerhaltung

Ertrinkungsunfälle gehen oft mit einer Hypothermie einher. Was die Wiedererwärmung bzw. die Vermeidung einer weiteren Auskühlung betrifft, waren nur in fünf der zur Verfügung stehenden Notarztprotokolle genauere Angaben über entsprechende Maßnahmen zu entnehmen (Kleider entfernt, Anwendung von Decken, Folien und Warmpacks).

4.1.4.7 Transportmittel zum Krankenhaus

Die Transportarten der verunfallten Kinder sind aus Tabelle 16 ersichtlich.

	Gut	SND	Tod	Fälle mit gutem Outcome in %
Rettungswagen	3	0	0	100
Notarztwagen	22 [7]	2 [1]	2 [2]	84,62
Rettungshubschrauber	15 [7]	7 [4]	10 [9]	46,88
Krankentransportwagen	1	0	0	100
Privat	4	0	0	100
Fraglich	10 [6]	0	0	100

Tab. 16: Transportmittel zum Primärkrankenhaus ([] Anzahl der entsprechenden Fälle mit Kindernotärzten)

4.2 Klinische Parameter

Nach der Versorgung der verunglückten Kinder durch Laienhelfer bzw. durch das Rettungsdienstpersonal vor Ort wurden sie auf die Intensivstationen in den entsprechenden Krankenhäusern eingeliefert.

4.2.1 Aufnahmebefunde

Die körperliche Untersuchung, unterstützt durch laborchemische und apparative Diagnostik ergeben grundlegende Erkenntnisse über den Zustand der verunfallten Kinder.

4.2.1.1 Reanimationspflichtigkeit

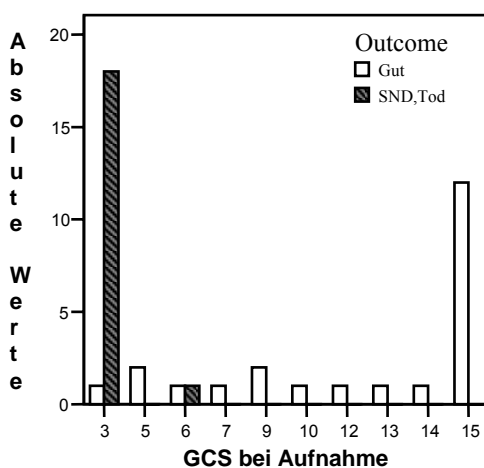
Von den 20 Kindern, die durch Notärzte reanimiert werden mussten, stabilisierten sich acht Kinder noch vor Ort bzw. auf dem Weg zum versorgenden Krankenhaus. Von letzteren überlebten sechs Kinder mit SND, die beiden anderen verstarben im weiteren Verlauf während der Intensivtherapie.

Insgesamt wurden zwölf Kinder bei Klinikaufnahme noch reanimiert, in 83,3 % dieser Fälle musste die Reanimation erfolglos abgebrochen werden. In den übrigen Fällen resultierten schwere neurologische Schäden.

Eine Reanimationspflichtigkeit bei Aufnahme war eindeutig mit schlechtem Outcome assoziiert ($p < 0,05$).

4.2.1.2 Glasgow Coma Scale (GCS) bei Aufnahme

Ein niedriger GCS erwies sich ebenso wie bei der präklinischen Diagnostik auch bei Klinikaufnahme als schlechter Prognosefaktor ($p < 0,05$). Lediglich ein Kind mit schlechtem Outcome wies zum Zeitpunkt der Klinikeinweisung einen GCS von sechs Punkten auf. Es verstarb aber während der anschließenden intensivmedizinischen Therapie.



Tab. 17: GCS bei Aufnahme und Outcome

4.2.1.3 Pupillenreaktion bei Aufnahme

Lediglich bei fünf Kindern waren keine Angaben zur Pupillenreaktion bei Aufnahme vorhanden.

	Gut	SND	Tod	in %
Enge Pupillen mit Lichtreaktion	9	0	0	12,7
Mittelweite Pupillen mit Lichtreaktion	42	0	0	59,2
Weder eindeutig physiologisch noch eindeutig pathologisch	2	3	0	7,0
Weite Pupillen und lichtstarr	0	1	10	15,5
Entrundete Pupillen und lichtstarr	0	2	2	5,6

Tab. 18: Pupillenreaktion bei Aufnahme

Bei fünf Kindern mit engen, aber auf Licht reagierenden Pupillen wurden im Vorfeld Opiate eingesetzt, so dass die Miosis auch medikamentös bedingt sein kann. Alle Kinder mit bei Aufnahme weiten und lichtstarrten Pupillen bzw. mit entrundeten und lichtstarrten Pupillen erlitten ein schlechtes Outcome im Sinne eines SND oder Todes.

Eine pathologische Pupillenreaktion bei Aufnahme erwies sich als signifikant hinsichtlich eines schlechten Outcomes ($p < 0,05$).

4.2.1.4 Körpertemperatur bei Aufnahme

In 74 Fällen (97,37 %) wurde die rektale Temperatur bei Aufnahme erfasst (Abb. 10).

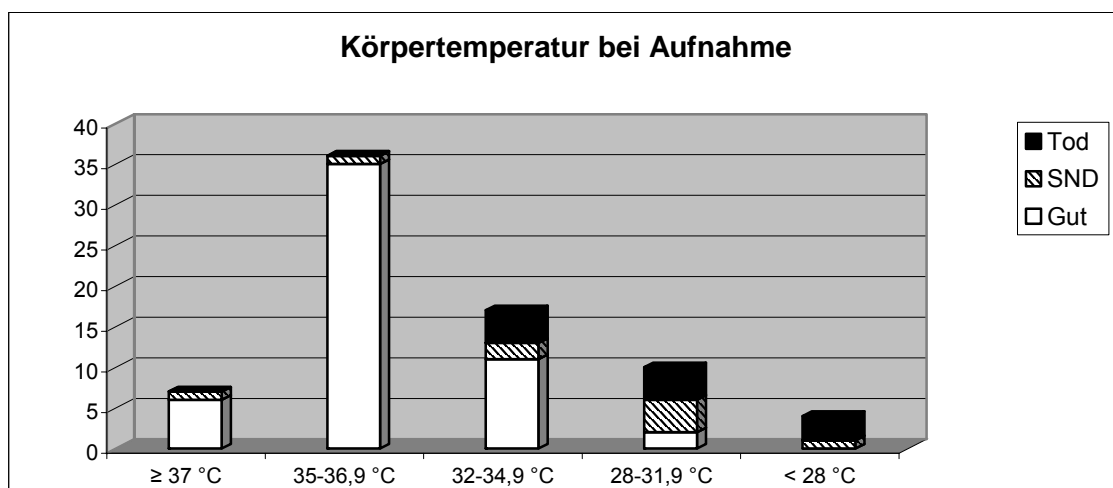
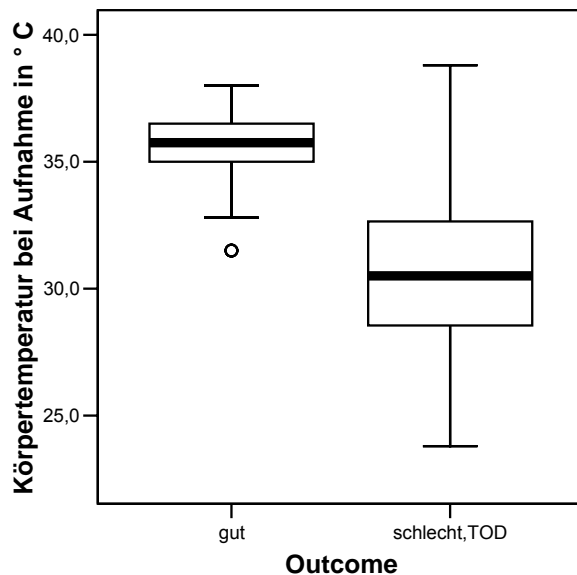


Abb. 10: Körpertemperatur bei Aufnahme und Outcome

Eine Körpertemperatur von ≥ 35 °C war meist mit gutem Outcome assoziiert. Hier konnten von insgesamt 43 Kindern 95,35 % (41 Kinder) das Krankenhaus später wieder gesund verlassen.

Auch in der Gruppe von 32 °C bis unter 35 °C überwog die Gruppe mit gutem Verlauf (64,71 %). Eine niedrige Körpertemperatur bei Aufnahme ging prognostisch häufig mit einem schlechten Outcome einher ($p < 0,05$). Bei einer Körpertemperatur von unter 32 °C konnte lediglich bei 14,29 % (2 Kinder) später ein gutes Outcome verzeichnet werden.



Tab. 19: Körpertemperatur bei Aufnahme und Outcome

Im Vergleich zur Temperatur am Unfallort sind sechs Kinder bis zur Klinikaufnahme noch mehr ausgekühlt. Von ihnen waren vier reanimationspflichtig.

Vergleicht man die Submersionszeiten der Kinder mit den Körpertemperaturen bei Aufnahme ergibt sich hinsichtlich ihres Outcomes (Gut/SND/Tod) folgendes Bild:

	Hypothermie (< 35 °C)	Normothermie (≥ 35 °C)
< 5 Minuten	6/3/0	18/1/1
5-10 Minuten	2/1/0	1/0/0
10-20 Minuten	0/0/2	0/0/0
> 20 Minuten	0/0/3	0/0/0

Tab. 20: Outcome (Gut/SND/Tod) unter Berücksichtigung der Körpertemperatur bei Aufnahme und der Submersionszeiten

Diejenigen Unglücksfälle, in denen die Kinder erst nach mehr als zehn Minuten aus dem Wasser geborgen werden konnten, waren häufig mit einer Hypothermie und tödlichem Ausgang assoziiert.

4.2.1.5 Blutdruck und Puls

Ausgenommen der zwölf laufenden Reanimationen waren in den anderen Fällen bis auf eine Ausnahme Angaben über die Blutdruckwerte bzw. die Pulswerte bei Klinikaufnahme gemacht worden.

Bei Aufnahme waren 24 Kinder tachykard mit Pulswerten von mehr als 120/min. (Outcome: 20 Gut, 3 SND, 1 Tod), eine Bradykardie von weniger als 60/min. fand sich nur bei einem später gesund entlassenen Kind.

Hypertensive systolische Blutdruckwerte von mehr als 140 mmHg lagen in fünf Fällen vor (Outcome: 4 Gut, 1 SND), hypotensive systolische Blutdruckwerte von weniger als 100 mmHg in elf Fällen (Outcome: 8 Gut, 2 SND, 1 Tod). In drei Fällen lag der Schockindex (Quotient aus Herzfrequenz und systolischem Blutdruck) über 1,0 (Outcome: 2 SND, 1 Tod).

4.2.2 Laborchemische Parameter

Mit Ausnahme von einem Kind (Outcome: Gut), bei welchem überhaupt keine Blutwerte analysiert wurden, und einem Kind (Outcome: Gut), bei dem erst am nächsten Tag Laborwerte untersucht wurden, wurde bei allen übrigen Kindern unmittelbar nach Klinikaufnahme bzw. innerhalb der ersten Stunden Laboruntersuchungen durchgeführt, allerdings in unterschiedlichem Umfang.

VARIABLE (Normwerte *)	WERTE BEI ANKUNFT Spannweite / Median, Mittelwert +/- SD	% mit abnormen Werten
Glukose (70-106 mg/dl)	46 - 514 / 149 193,43 +/- 124,66	75,36
Natrium (134-143 mmol/l)	127 - 196 / 137 138,04 +/- 8,77	33,33
Kalium (3,3-4,6 mmol/l)	2,10 - 11,80 / 3,70 3,92 +/- 1,21	30,43
Chlorid (96-109 mmol/l)	92 - 109 / 103 102,51 +/- 3,38	2,04
Calcium gesamt (2,19-2,51 mmol/l)	0,73 - 3,00 / 2,30 2,16 +/- 0,50	43,06
GOT (5-22 U/l)	6 - 218 / 24 44 +/- 48,25	54,84
GPT (5-21 U/l)	6 - 602 / 14,50 42,47 +/- 101,76	31,58
Kreatinin (0,5-0,8 mg/dl)	0,25 - 1,20 / 0,50 0,58 +/- 0,23	50,00
Creatinkinase (10-94 U/l)	8 - 479 / 93,50 138,79 +/- 102,23	46,67
Hb (11,1-14,3 g/dl)	7,10 - 15,70 / 12,50 12,26 +/- 1,58	22,05
Hk (32-40 %)	20,60 - 53,80 / 37,30 37,09 +/- 4,58	25,37
Leukozyten (5,5-15,5 x 10 ³ /μl)	1,10 - 26,80 / 11,20 11,54 +/- 5,09	23,08
pH (7,35-7,43)	6,24 - 7,47 / 7,22 7,13 +/- 0,31	77,46
Quick (70-130 %)	36 - 132 / 89,50 86,20 +/- 19,20	23,53
PTT (26-36 sec)	20 - 180 / 32,50 51,44 +/- 43,42	51,35
AT III (80-120 %)	53 - 150 / 96 94,11 +/- 21,59	37,14
Thrombozyten (286-509 x 10 ³ /μl)	18 - 537 / 280 276,14 +/- 108,59	54,69
Fibrinogen (180-350 mg/dl)	155 - 412 / 236 248,42 +/- 59,30	8,33

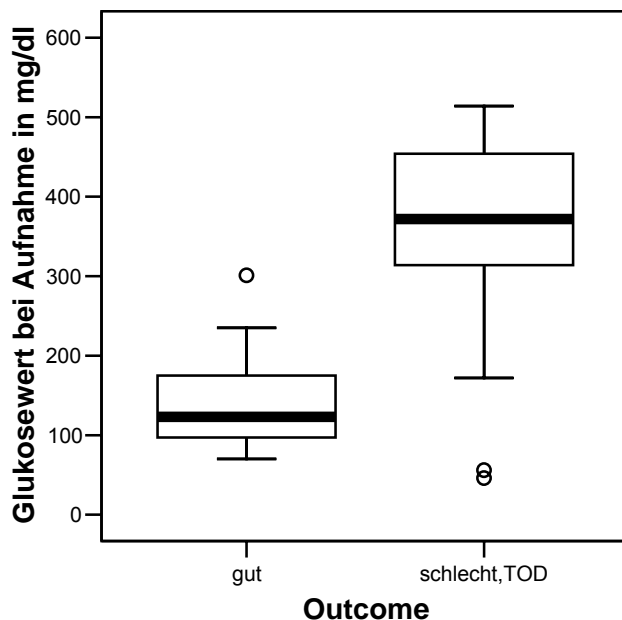
Tab. 21: Ausgewählte Laborwerte bei Klinikaufnahme (* Normwerte gemäß Thomas „Labor und Diagnose, Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik“ [Thomas 1998, S. 56-57, 134-135, 384-385, 614, 1687-1717]. Zur Auswahl der altersabhängigen Referenzwerte wurde das Durchschnittsalter der Kinder verwendet.)

4.2.2.1 Glukosewerte

In 69 Fällen wurden Angaben zum Blutglukosewert bemacht. Die durchschnittlichen Werte lagen für Kinder mit gutem Outcome bei 136 mg/dl, für Kinder mit SND bei 398 mg/dl und bei verstorbenen Kindern bei 304 mg/dl.

Gesund entlassene Kinder wiesen Glukosewerte zwischen 70 – 301 mg/dl auf, bei Kindern, die mit schweren Schäden überlebten, zeigten sich erhöhte Werte von 352 – 514 mg/dl, und bei verstorbenen Kindern kamen sowohl hypo- als auch hyperglykämische Werte zwischen 46 – 477 mg/dl vor. Die niedrigsten Werte von 46 und 56 mg/dl zeigten sich bei zwei verstorbenen Kindern, der höchste Glukosewert von 514 mg/dl fand sich bei einem Kind mit SND.

Abweichungen von normoglykämischen Werten gingen signifikant häufig mit einem schlechten Outcome einher ($p < 0,05$).



Tab. 22: Glukosewerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

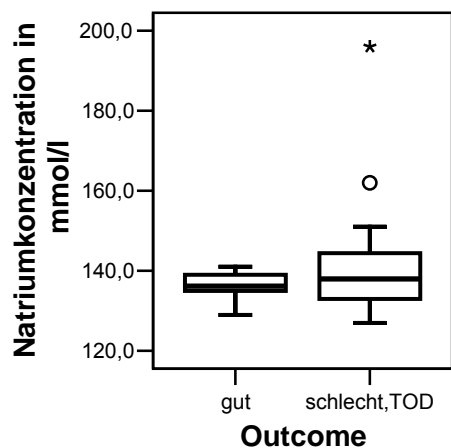
4.2.2.2 Elektrolytwerte

Die Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentrationen waren in der überwiegenden Zahl der Fälle im Normbereich.

	Natrium (134-143 mmol/l)	Kalium (3,3-4,6 mmol/l)	Chlorid (96-109 mmol/l)
Normbereich	41/5/2	39/4/5	35/6/7
Hypo	10/4/2	11/4/0	0/0/1
Hyper	0/0/8	0/0/6	0/0/0

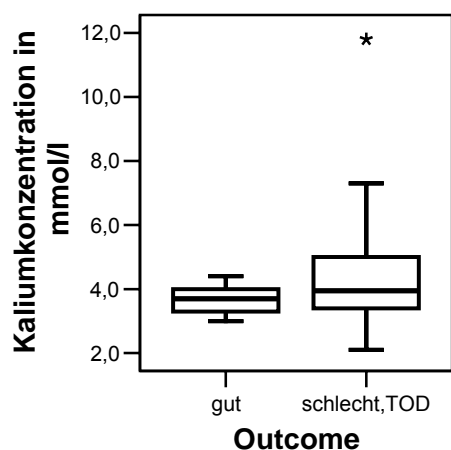
Tab. 23: Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentrationen bei Aufnahme bezüglich Outcome

In 72 Fällen wurden Natriumkonzentrationen bestimmt.



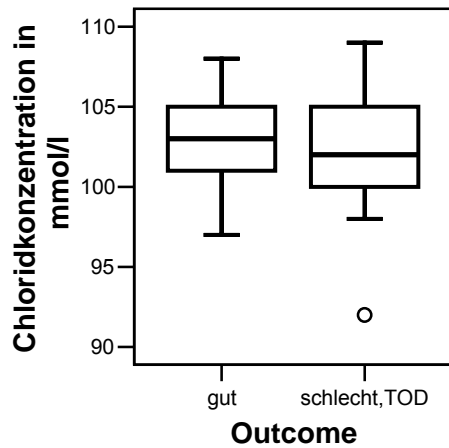
Tab. 24: Natriumwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

Angaben über Kaliumwerte fanden sich bei 69 Kindern, drei weitere Proben waren hämolytisch (Outcome: 1 Gut, 1 SND, 1 Tod).



Tab. 25: Kaliumwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

49 Blutproben wurden auf ihre Chloridkonzentration untersucht.

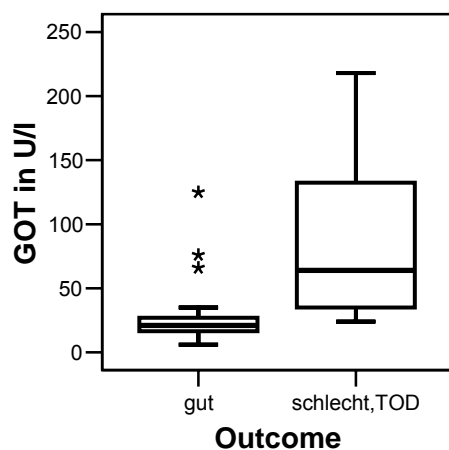


Tab. 26: Chloridwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

Die Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentrationen ließen im zugrunde liegenden Patientengut ebenso wie die Calciumkonzentration keine signifikante Aussage bezüglich des Outcomes zu ($p > 0,05$).

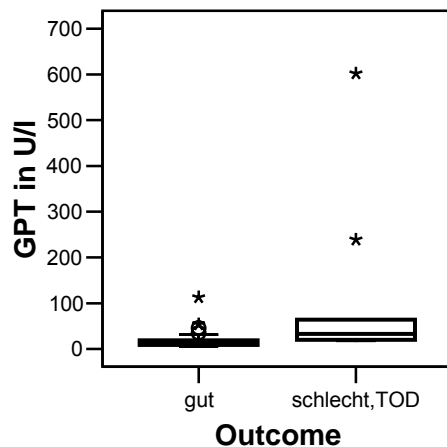
4.2.2.3 Transaminasen

Die Transaminasen GOT (Glutamat-Oxalazetat-Transaminase) und die GPT (Glutamat-Pyruvat-Transaminase) können bei Schädigung der Leberzellen enorm erhöhte Werte aufweisen. Angaben hierzu wurden in 31 bzw. 38 Fällen gemacht.



Tab. 27: GOT bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

Bei einem verstorbenen Kind war die GPT mit 602 U/l enorm hoch.

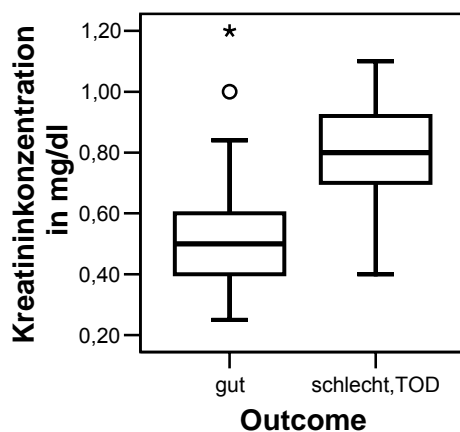


Tab. 28: GPT bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

Erhöhte Werte der GOT bzw. GPT gingen signifikant häufig mit einem schlechten Outcome einher ($p < 0,05$).

4.2.2.4 Kreatinin

Bei 48 Angaben zur Kreatininkonzentration waren 24 Kinder im Normbereich (Outcome: 19 Gut, 2 SND, 3 Tod). Sechs von acht Kindern mit erhöhten Kreatininwerten erlitten ein schlechtes Outcome (2 SND, 3 Tod). Im statistischen Test war dieser Laborwert signifikant ($p < 0,05$).



Tab. 29: Kreatininwerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

4.2.2.5 Hämoglobin und Hämatokrit

Bei der überwiegenden Zahl der Kinder befanden sich die Hämoglobinwerte im Normbereich (Outcome: 40 Gut, 9 SND, 4 Tod). Bei zehn Kindern fielen niedrigere Hb-

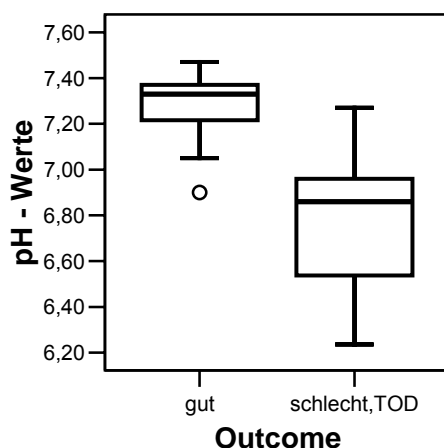
Werte von $<11,1$ g/dl auf (Outcome: 5 Gut, 5 Tod), bei drei später gesund entlassenen Kindern war dieser Parameter über der Norm.

Die Analyse der Hämatokritwerte fiel ähnlich aus. Innerhalb der Norm waren 74,63 % der ertrunkenen Kinder (Outcome: 37 Gut, 9 SND, 4 Tod). Hk-Werte <32 % traten lediglich in drei Fällen auf (Outcome: 1 Gut, 2 Tod), wohingegen Werte >40 % bei 14 Kindern vorlagen (Outcome: 11 Gut, 3 Tod).

Beide Parameter waren in dieser Studie nicht geeignet, den Verlauf der Ertrinkungsunfälle voraussagen zu können ($p>0,05$).

4.2.2.6 pH-Werte

Zwischen einem erniedrigten pH-Wert und einem schlechten Outcome bestand eine signifikante Beziehung ($p<0,05$).



Tab. 30: pH-Werte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

4.2.2.7 Gerinnungsfaktoren

Erniedrigte Quickwerte waren signifikant für ein schlechtes Outcome ($p<0,05$), ebenso wie verminderte Thrombozytenkonzentrationen ($p<0,05$).

	Gut	SND	Tod
Quick normal (70-130 %)	19	7	0
Quick <70 %	0	1	6
PTT normal (26-36 sec.)	16	2	0
PTT >36 sec.	2	6	3
AT III normal (80-20 %)	18	3	1
AT III < 80 %	1	4	5
AT III > 120 %	2	1	0
Fibrinogen normal (180-350 mg/dl)	21	7	5
Fibrinogen < 180 mg/dl	1	1	0
Fibrinogen > 350 mg/dl	1	0	0
Thrombozyten normal (286-509 x 10³/μl)	25	3	1
Thrombozyten <286 x 10³/μl	21	6	6
Thrombozyten >509 x 10³/μl	2	0	0

Tab. 31: Gerinnungswerte bei Aufnahme hinsichtlich Outcome

4.2.3 Apparative Diagnostik

Eine weiterführende apparative und bildgebende Diagnostik, sowohl bei Klinkaufnahme als auch zur Verlaufskontrolle, ist extrem hilfreich vor allem um zerebrale und pulmonale Beeinträchtigungen festzustellen, die sehr häufig nach Ertrinkungsunfällen auftreten können.

4.2.3.1 Bildgebung

Eine **Röntgenthoraxuntersuchung** sollte gerade bei Ertrinkungsunfällen zur Standarddiagnostik gehören. Oft können schon kurz nach dem Unfallereignis pulmonale Veränderungen diagnostiziert werden, die auf pathologische Veränderungen hindeuten, wie z. B. eine stattgehabte Aspiration, ein sich entwickelndes Lungenödem, eine beginnende Pneumonie oder ein beginnendes ARDS (Schocklunge) (Salomez 2004, S. 264). Eine Röntgenuntersuchung des Skelettsystems kann über mögliche Begleitverletzungen Aufschluss geben.

In diesem Patientenkollektiv wurden bei 59 Kindern (77,6 %) initial (am Einlieferungstag bzw. am darauf folgenden Tag) Röntgenthoraxaufnahmen angefertigt, die in pathologische bzw. nicht pathologische Befunde eingeteilt wurden. Als pathologisch galten alle Auffälligkeiten (z. B. Infiltrationen oder Verschattungen) in den Röntgenbildern, die auf oben genannten Pathologien hinwiesen, unabhängig ihres Schweregrades.

In 44 Fällen waren positive Befunde erhoben worden. Hiervon wurden später 30 Kinder gesund entlassen (68,18 %), sieben Kinder erlitten einen schweren neurologischen Schaden und sieben Kinder verstarben. Alle später verstorbenen Kinder, bei denen eine Röntgenthoraxuntersuchung durchgeführt wurde, hatten auch entsprechend auffällige Befunde. Einen anfangs unauffälligen Röntgenthoraxbefund hatten zwei Kinder, die später mit SND entlassen wurden. Sie entwickelten jedoch im weiteren Verlauf der intensivmedizinischen Therapie pulmonale Veränderungen.

Bei 13 später gesund entlassenen Kindern waren auch die entsprechenden Röntgenbefunde negativ.

Neben der Röntgenuntersuchung sind die **kraniale Computertomographie (cCT)** und die **Magnetresonanztomographie des Schädels (cMRT)** bewährte diagnostische Instrumente. In fünf Fällen wurde ein cCT durchgeführt, bei zwei Kindern mit gutem Outcome und bei drei Kindern mit SND. Bei einem Kind zeigte das cCT gleich nach Klinikaufnahme Pathologien, trotzdem verließ das Kind die Klinik später ohne neurologische Schäden. In der Gruppe mit SND fanden sich in den ersten Tagen nach der Aufnahme einmal ein unauffälliges und zweimal ein pathologisches cCT.

Ein cMRT wurde bei sieben⁷ Kindern angefertigt (Outcome: 2 Gut, 5 SND). Auch hier zeigte die Untersuchung bei einem später gesund entlassenen Kind pathologische Veränderungen. In der Gruppe mit SND waren die Befunde zweimal unauffällig, während in den restlichen Fällen die MRT-Untersuchungen Wochen bzw. Monate nach dem Unfallereignis Auffälligkeiten aufwiesen.

4.2.3.2 Elektroenzephalogramm (EEG)

Ein EEG wurde bei 46 Kindern in den ersten Tagen des Klinikaufenthaltes abgeleitet. Im Rahmen dieser Arbeit wurde bei der Auswertung in 4 Schweregrade unterschieden:

- altergemäß (unauffällig bzw. dem Sedierungszustand entsprechend),
- leicht verändert (unspezifische Allgemeinveränderungen),
- schwer verändert und
- inaktiv.

Bei 24 Kindern konnte ein unauffälliges EEG beobachtet werden. Alle diese Kinder wurden später gesund entlassen. Leicht veränderte EEG-Ableitungen waren bei zehn Kindern erfasst worden, von denen ebenfalls alle das Unglück ohne Schaden überstanden.

In zwölf Fällen wurden schwer veränderte Hirnstrompotentiale festgestellt. Eines dieser Kinder konnte das Krankenhaus später trotzdem in gutem Zustand verlassen. Obwohl es noch am Unfalltag ein pathologisches EEG aufwies, verbesserte sich der Befund bis zum fünften Tag.

Bei allen neun Kindern mit SND traten in den EEG-Ableitungen schwere Veränderungen auf.

Ein Kind, dessen EEG anfangs schwere Pathologien und später eine Inaktivität zeigte, verstarb wenig später. Auch ein anderes verstorbene Kind wies von Anfang an ein hochpathologisches EEG auf.

4.2.3.3 Evozierte Potentiale

Evozierter Potentiale werden ausgelöst, indem periphere Nerven oder Hirnnerven mit Reizen stimuliert werden. Je nachdem, welche Reizquelle verwendet wird, wird unterschieden in somatosensorisch evozierte Potentiale (SEP), visuell evozierte Potentiale (VEP) oder akustisch evozierte Potentiale (AEP). Hierdurch ausgelöste Hirnstromänderungen (evozierte Potentiale) können z. B. zur Beurteilung von Komapatienten oder zur Hirntoddiagnostik herangezogen werden (Striebel 2003, S. 473-476).

Bei sechs Patienten wurden während des stationären Aufenthaltes evozierte Potentiale abgeleitet. Zwei später gesund entlassene Kinder zeigten jeweils am Tag nach dem Unfallgeschehen keine pathologischen Veränderungen in den akustisch evozierten Potentialableitungen.

Aus der Gruppe mit schweren zerebralen Behinderungen war bei einem Opfer noch am Unfalltag ein leicht verändertes Ergebnis festgestellt worden, das aber schon am nächsten Tag wieder altersgemäß war. Bei einem anderen Kind war am zweiten Tag keine Antwort auslösbar, es überlebte aber mit SND. In einem dritten Fall aus dieser Gruppe wurden evozierte Potentiale erst fünf Monate nach dem Unfall abgeleitet. Die VEP waren hoch pathologisch, während die AEP unauffällig waren.

Bei einem Kind waren am vierten Tag nach dem Ertrinkungsunfall keine Potentiale auslösbar. Es verstarb am nächsten Tag.

4.2.3.4 Intrakranielle Druckmessung

Der intrakranielle Druck (ICP) kann durch Ventrikelkatheter, durch epidural oder subdural platzierte Drucksonden oder durch intraparenchymatös eingeführte Sonden gemessen werden (Striebel 2003, S. 470).

In dieser Studie wurde nur zweimal Angaben zur ICP-Messung gemacht, bei einem später gesund entlassenen Kind und einem Kind, das einen zerebralen Schaden davontrug. Beim ersten Kind kam es nur kurzfristig zu Erhöhungen des Hirndrucks auf maximal 20-25 mmHg. Ansonsten bewegten sich in beiden Fällen die ICP-Werte überwiegend im Normbereich.

4.3 Neurologische Beeinträchtigungen

4.3.1 Akute Hirnschädigungen

Schädel-Hirn-Traumata und hypoxische Hirnschädigungen (z. B. nach Reanimationen) können zu schwerwiegenden neurologischen Ausfällen führen. Es können verschiedene Bewusstseinsstörungen auftreten, die teilweise fließend ineinander übergehen (Abb. 11).

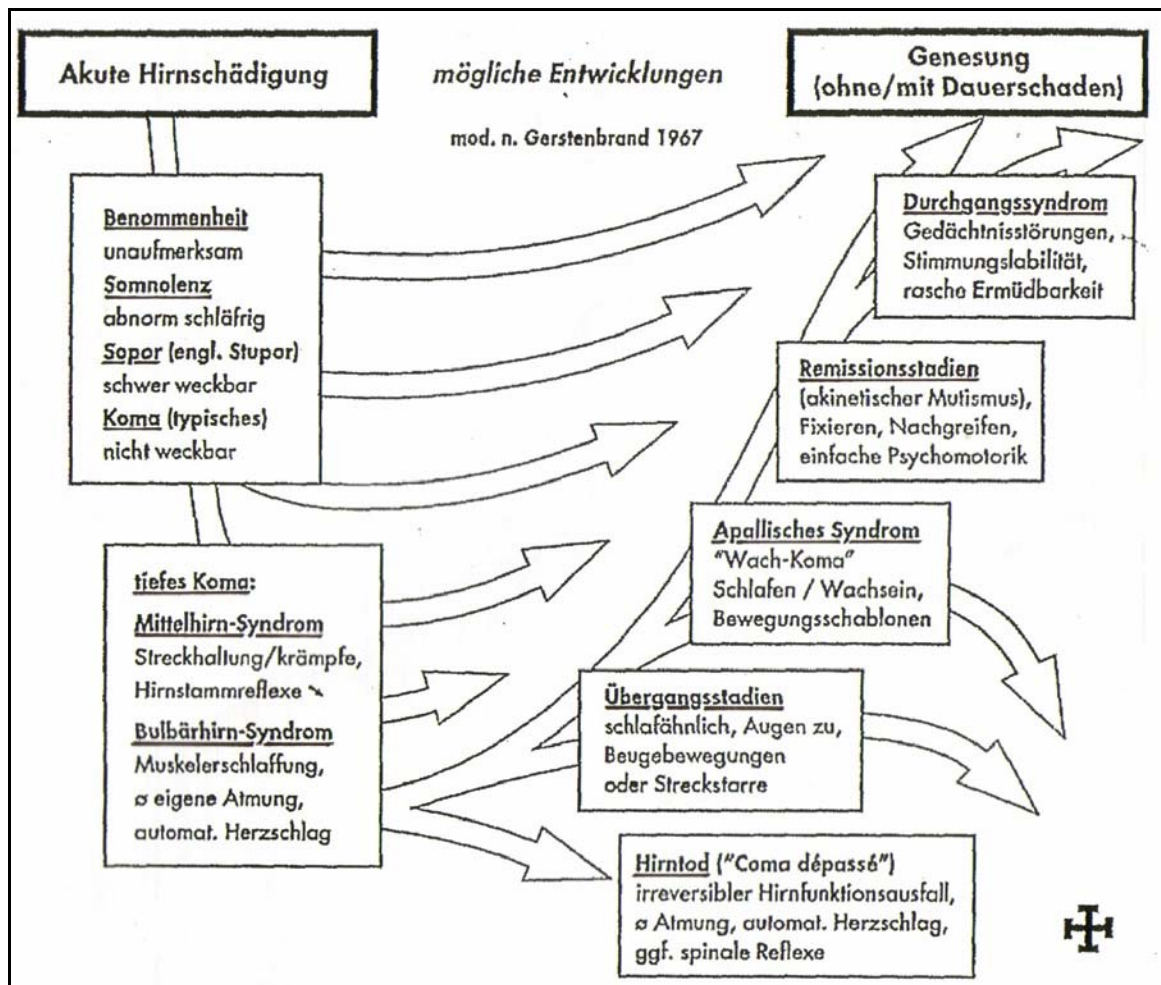


Abb. 11: Bewusstseinsstörungen bei akuten Hirnschädigungen (Spittler 1999, S. 40)

Eine Form der Bewusstseinsstörung, welche oft mit Ertrinkungsunfällen assoziiert wird, ist das sog. „Apallische Syndrom“, „Wachkoma“ oder der „vegetative Status“ (engl. vegetative state).

Vor allem die graue und weiße Substanz des Großhirns beider Hemisphären werden hier verletzt, während die Hirnstammfunktionen (vegetative Funktionen) noch weitgehend erhalten bleiben (Faymonville 2004, S. 1200).

Das typische **apallische Syndrom** entwickelt sich meist nach länger andauerndem Koma und kann wenige Stunden bis Jahre anhalten. Die Patienten können sich nicht mehr spontan äußern, mit den Augen nicht mehr fixieren, zeigen keine sinnvolle Reaktion auf Ansprache und können keinen Kontakt zu ihrer Umwelt aufnehmen. Zum Teil sind die Patienten aber in der Lage, Emotionen durch Geräuschgebung (Schreien, Gurren, Ächzen) oder ihre Mimik kundzutun. Auf Schmerzreize reagieren sie mit Augenöffnen und ansteigenden vegetativen Parametern (ansteigender Herzfrequenz und Blutdruck). Bei

erhaltenem Schlaf-Wach-Rhythmus wechseln sich Phasen der Wachheit ohne Bewusstheit, bei der die Patienten mit ihren Augen ins Leere blicken, und Phasen mit geschlossenen Augen ab. Bei meist erhöhtem Muskeltonus sind spontane, allerdings unkoordinierte Bewegungen, durchaus möglich (Faymonville 2004, S. 1197/1198). Die Erscheinungsformen eines vegetativen Status weisen eine erhebliche Variationsbreite auf (Spittler 1999, S. 44).

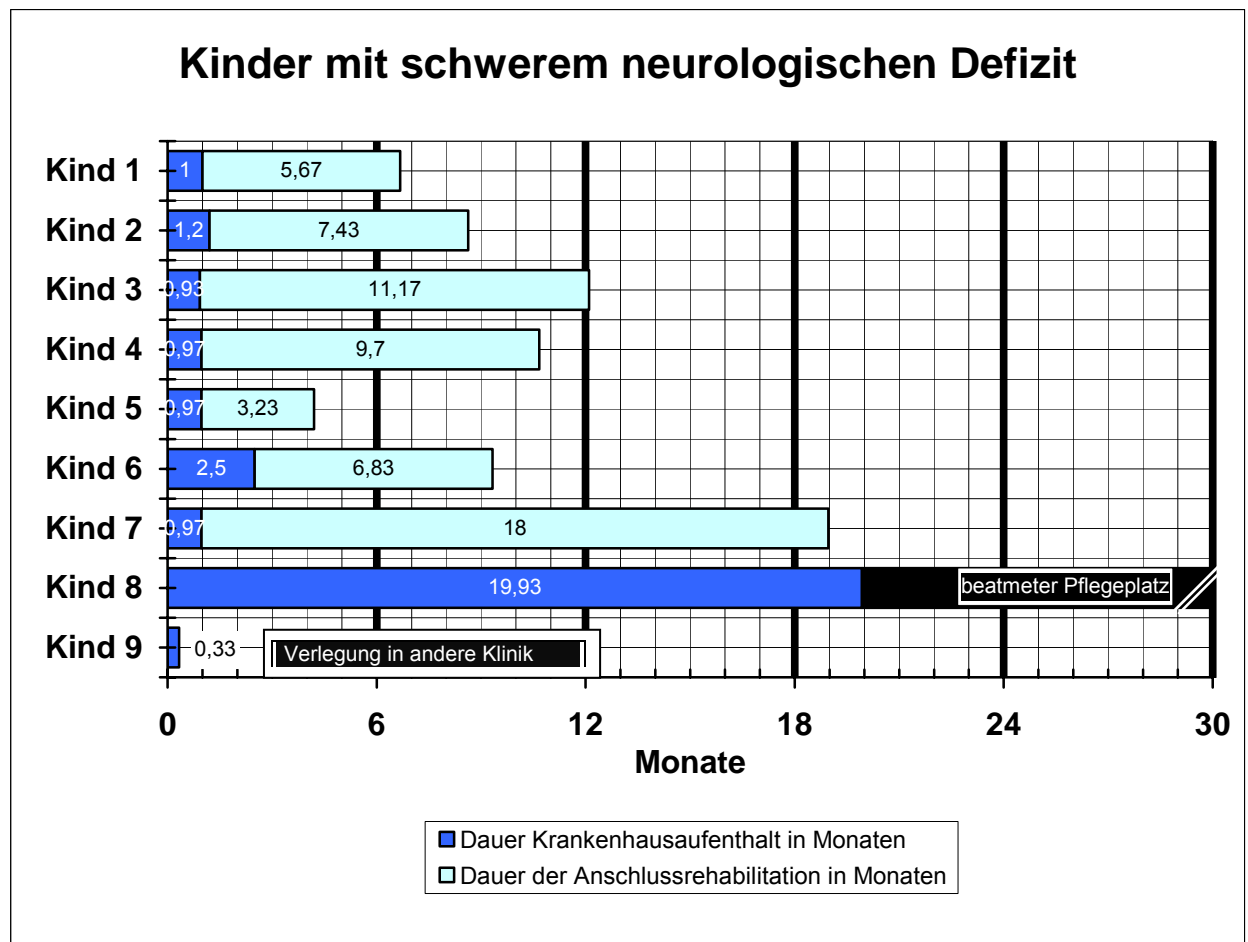
Je länger der Zustand unverändert besteht, desto schlechter sind die Aussichten auf Besserung (Spittler 1999, S. 41). Ein Zustand, der länger als drei bis sechs Monate nach der akuten Hirnschädigung fast unverändert anhält, wird als persistierender vegetativer Status bezeichnet (Spittler 1999, S. 40).

Visuelle Fixierung oder Reaktionen auf bestimmte Gesten können erste Anzeichen eines Übergangs in ein **Remissionsstadium** sein. Die meist minimalen Fortschritte sind allerdings oft nur sehr schwer zu erkennen. Bei einer weiteren Verbesserung des Zustandes kann der Patient ein **Durchgangssyndrom** erreichen, das durch ausgeprägte Gedächtnisstörungen und eine labile Stimmungslage gekennzeichnet ist (Spittler 1999, S. 40).

Im zeitlichen Verlauf kommt es während des vegetativen Status aufgrund einer fortschreitenden Wallner-Degeneration von Neuronen in der PET (Positronenemissionstomographie) zu einer zunehmenden Reduktion des Gehirnstoffwechsels (Faymonville 2004, S. 1200). Bei Patienten, die nach einem vegetativen Status das Bewusstsein wiedererlangen konnten, zeigte sich in der PET ein Wiederanstieg der Stoffwechselaktivität in den entsprechenden Hirnregionen. Der genaue Mechanismus dieser Regeneration ist noch unbekannt, man vermutet hierbei als ursächlich ein Wiederaussprossen von Axonen, ein Wachstum von Neuriten und die Zellteilung (Faymonville 2004, S. 1200).

4.3.2 Ertrunkene Kinder mit schwerem neurologischen Defizit (SND)

Neun Kinder (12 %) überlebten den Ertrinkungsunfall mit schweren neurologischen Ausfällen, wovon sich acht dieser Kinder posttraumatisch in einem vegetativen Status befanden, das neunte Kind (Kind 5 in Tab. 32) zeigte neurologische Defizite in Form einer Hyperkinesie und schweren dystonen Bewegungsstörungen.



Tab. 32: Dauer der Krankenhaus- bzw. Rehabilitationsaufenthalte bei den Kindern mit schweren neurologischen Defiziten (SND)

Die meisten Kinder wurden nach stationärem Klinikaufenthalt rasch einer Rehabilitation zugeführt (Tab. 32). Die Kinder eins bis sieben wurden dem Behandlungszentrum Vogtareuth zugewiesen, einer Klinik für Neuropädiatrie und Neurologische Rehabilitation, in der sie auf Akutstationen bzw. allgemeinen neuropädiatrischen Stationen einer intensiven Therapie und Rehabilitation zugeführt wurden (u. a. Physio- und Ergotherapie, Logopädie, Musiktherapie).

Die Veränderungen, die sich durch diese Neurorehabilitationen ergaben, verglichen mit den Entlassungszuständen aus den Primärkrankenhäusern, sind für die Kinder eins bis sieben aus dem Anhang (Anhang 2) zu entnehmen. Ebenfalls im Anhang (Anhang 3) befindet sich eine Aufstellung mit individuellen Daten dieser neun Kinder.

Alle neun Kinder mussten primär kardiopulmonal reanimiert werden (Reanimationszeiten zwischen 10 und 90 Minuten). Dennoch konnten alle Kinder, die in Vogtareuth rehabilitiert wurden, wenn auch meist schwer behindert, wieder nach Hause entlassen

werden. Die Eltern und das familiäre Umfeld der betroffenen Kinder waren durchwegs äußerst engagiert und erhielten Unterstützung durch ambulante Therapieeinrichtungen und Förderstätten.

4.4 Prognoseabschätzung mittels Score nach Durchholz

Durch das Bestreben, das Outcome von Ertrinkungsopfern mit Hilfe bestimmter Prädiktoren schon möglichst früh vorausszusagen, sind in der Vergangenheit eine Vielzahl von Scores entstanden.

Einen jüngeren Score entwickelte Durchholz 1999 im Rahmen seiner Dissertation (Tab. 33). Er berücksichtigte nur solche Parameter, die gut objektivierbar waren (Bewusstseinslage, Pupillenreaktion, Blutzuckerwert, pH-Wert, Initialtemperatur) und im statistischen Test eine eindeutige Unterscheidung in gutes und schlechtes Outcome zuließen. Unter schlechtem Outcome wurden Tod und ein schweres neurologisches Defizit zusammengefasst. Das Punktesystem sollte möglichst bald nach der klinischen Aufnahme angewandt werden. Durchholz konnte mittels seines Scores eine Sensitivität von 100 % und eine Spezifität von 96 % erzielen.

		Punkte
Bewusstseinslage bei Aufnahme	ansprechbar	3
	bewusstseinsgetrübt	2
	bewusstlos ohne Reanimationszustand	1
	reanimationspflichtig	0
Pupillenreaktion	normal	2
	weder eindeutig pathologisch, noch eindeutig physiologisch	1
	weit und lichtstarr	0
Blutzucker	< 200 mg/dl	3
	200-300 mg/dl	2
	300-400 mg/dl	1
	> 400 mg/dl	0
pH-Wert	> 7,1	2
	6,8 – 7,1	1
	< 6,8	0
Initialtemperatur	> 34 °C	2
	30-34 °C	1
	< 30 °C	0
GESAMTPUNKTE		0 - 12

Tab. 33: Score nach Durchholz (Durchholz 1999, S. 64)

Dieses Punktesystem wurde retrospektiv auf die Patienten dieser Studie angewandt (Tab. 34). Bei 54 Kindern konnte ein entsprechender Punktwert ermittelt werden.

	≤ 5 Punkte	> 5 Punkte	gesamt
Schlechtes Outcome	14	1	15
Gutes Outcome	0	39	39
gesamt	14	40	54

Tab. 34: Score nach Durchholz angewandt auf Patienten dieser Studie

Die Sensitivität (Wahrscheinlichkeit, dass Kranke als krank erkannt werden) betrug in dieser Arbeit 93,33 % (14/15), die Spezifität (Wahrscheinlichkeit, dass Gesunde als gesund erkannt werden) sogar 100 %. Lediglich ein Kind mit einem schlechten Outcome erreichte einen Wert von sechs Punkten und wurde daher falsch positiv eingestuft.

5 Diskussion

5.1 Methodik und Limitation der Untersuchung

In der vorliegenden Studie wurden diejenigen Fälle retrospektiv bearbeitet, die in den ausgewählten Krankenhäusern in den Aufnahmebüchern der Intensivstationen unter der Einweisungsdiagnose Ertrinken oder Beinahertrinken aufgeführt wurden. Diese Arbeit erhebt keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit. Ertrinkungsunfälle, die unter einer anderen Eingangsdiagnose erfasst wurden, bzw. nicht auf der Intensivstation aufgenommen wurden, sind nicht enthalten.

Die Erhebungszeiträume der Datensätze in den vier Kliniken waren unterschiedlich lang. Ziel war es, möglichst viele Fälle zu eruieren. Vergleiche der erhobenen Zeiträume zwischen den Kliniken sind kein Studienbestandteil. In der Kinderklinik München Schwabing wurden Fälle rückwirkend bis August 1997 erhoben, da die vorhergehenden Fälle bereits für eine andere Arbeit ausgewertet wurden.

Einschränkungen sind weiterhin, dass manche Akten oder Angaben unvollständig waren (z. B. Notarztprotokolle). Die Daten und statistischen Auswertungen dieser Untersuchung beziehen sich nur auf eindeutige Angaben.

Es konnten nicht alle Fälle der ertrunkenen Kinder, die schwere neurologische Defizite erlitten, weiterverfolgt werden. Die z. T. recht subjektiven Ausformulierungen in den einzelnen Akten der Rehabilitationsverläufe wurden versucht, auswertbar zu interpretieren. Falls in den Unterlagen Angaben zu finden waren, in denen der Zustand der Kinder zu späteren Zeitpunkten beschrieben wurde (z. B. Wiederaufnahmen in das Behandlungszentrum Vogtareuth, Arztbriefe von niedergelassenen Ärzten oder anderen Kliniken an das Behandlungszentrum Vogtareuth), wurden diese so gut wie möglich in die Studie integriert. Unterschiede in den Verfolgungszeiträumen sind hier unumgänglich.

Trotz des retrospektiven Charakters dieser Arbeit und den oben genannten Limitationen kann dennoch davon ausgegangen werden, dass die durchgeführte Analyse die Beantwortung der Fragestellung zulässt.

5.2 Eigene Ergebnisse im Vergleich mit anderen Autoren

5.2.1 Präklinische Parameter

Im Folgenden sollen wesentliche Charakteristika des Patientenbildes und Auffälligkeiten zum Unfallgeschehen herausgearbeitet und zusammen mit der präklinischen Notfalltherapie aus Erfahrungen und Erkenntnisse anderer Autoren diskutiert werden.

5.2.1.1 Untersuchungskollektiv

Diverse Studien bestätigen, dass vor allem Kleinkinder vom Ertrinken bedroht sind. Während in dieser Arbeit das mittlere **Alter** der Kinder mit vier Jahren, sieben Monaten bestimmt werden konnte, finden sich in anderen Studien durchaus auch jüngere Altersdurchschnitte. Ross und Lavelle berichten von 26 Monaten bzw. der Mehrzahl der Ertrinkungsopfer unter drei Jahren (Ross 2003, S. 449; Lavelle 1993, S. 370). Der Drang, die Umwelt zu erkunden, und die Faszination des Wassers scheinen bei Kleinkindern ein Hauptgrund zu sein, weshalb sie häufig in Ertrinkungsunfälle verwickelt werden.

Ein in amerikanischen Analysen beschriebener zweiter Gipfel im Alter von 15-19 Jahren (Center for Disease Control and Prevention (2004), [Stand 04.05.2004]) ließ sich hier nicht verifizieren.

Die höhere Risikobereitschaft von Jungen spiegelt sich durch nahezu alle Altersgruppen von Ertrinkungsopfern wieder. In dieser Studie überwiegt das männliche **Geschlecht**, genauso wie in vielen vergleichbaren Arbeiten zum Thema Ertrinken (Ross 2003, S. 446; Grenfell 2003, S. 990; Hwang 2003, S. 51; Suominen 2002, S. 247), und liegt mit 76,3 % sehr nahe an den Angaben von Lavelle (Lavelle 1993, S. 370) und Quan (Quan 1999, S. 225).

Auffallend ist in dieser Arbeit der übermäßig hohe Anteil von Opfern **ausländischer** Herkunft. Es wird davon ausgegangen, dass Kinder unterschiedlicher ethnischer oder rassischer Abstammung unterschiedliche Risikoprofile aufweisen (Idris 2003, S. 52). Kinderreichtum und ein differentes Freizeitverhalten ausländischer Familien könnten hier

maßgeblich sein. Vergleichbare Daten anderer Autoren fehlen hierzu. Präventionsmaßnahmen speziell in dieser Risikogruppe wären ratsam.

Eine Reihe von **Erkrankungen** können immer wieder mit Ertrinkungsunfällen in Verbindung gebracht werden. Epilepsien, körperliche oder geistige Behinderungen, eine subklinische Myokarditis (Somers 2005, S. 205) oder ein nicht erkanntes Long-QT-Syndrom, bei welchem das Schwimmen als Trigger für Arrhythmien fungieren kann (Ibsen 2002, S. S402; Moon 2002, S. 378), sind nur einige Beispiele hierfür. Epilepsien sollen das Ertrinkungsrisiko sogar um das sieben bis zehnfache erhöhen (Quan 1999, S. 255; Kemp 1993, S. 685; Diekema 1993, S. 614), wobei Mädchen hier häufiger ertrinken als Jungen (Kemp 1993, S. 685; Diekema 1993, S. 614). Auch in der vorliegenden Arbeit waren retrospektiv in einem Viertel der Fälle zum Unfallzeitpunkt Begleitbefunde vorhanden. Während hiervon der Hauptteil der Unglücke glimpflich verlief, waren es die Kinder mit Muskelhypotonien und geistiger bzw. körperlicher Retardierung, welche verstarben bzw. schwere neurologische Schäden aufwiesen. Ein weiteres Kind erlitt bei bestehendem Fieber in der Badewanne einen Fieberkrampf und blieb daraufhin schwerst behindert.

5.2.1.2 Unfallzeitpunkte

Bezüglich der **Tageszeit**, zu der sich Ertrinkungsunfälle gehäuft ereignen sollen, gibt es konträre Meinungen. Gemäß Orłowski und Szpilman passieren die meisten Unfälle um die Mittagszeit herum (Orłowski 2001, S. 644). Brenner spricht hingegen von 83 % der Ertrinkungsunfälle, welche zwischen nachmittags und 20 Uhr geschehen (Brenner 2005, S. 441).

Entsprechend der verstärkten Freizeitaktivitäten der Kinder in den Nachmittagsstunden, gab es auch in dieser Studie zwei Spitzen, nachmittags zwischen 14-15 Uhr und am Spätnachmittag zwischen 17-18 Uhr. Zu diesen Zeiten waren sowohl Kleinkinder als auch Schulkinder in etwa gleichem Maße betroffen, während bei Ertrinkungsunfällen in den Vormittagsstunden oder Abendstunden v. a. Kleinkinder verunglückten.

Ein Trend, dass die Unfälle häufig auch am Wochenende passieren (Brenner 2005, S. 440; Salomez 2004, S.262), kann diese Studie mit einem Drittel der Fälle, die sich an Samstagen, Sonntagen oder an Feiertagen ereigneten, tendenziell andeuten.

Dass die meisten Ertrinkungsunfälle in den warmen Sommermonaten geschehen (Suominen 2002, S. 249; Ross 2003, S. 447), kann diese Arbeit bekräftigen. Über 75 % der

Kinder ertranken in den warmen **Monaten** Mai bis einschließlich September, mit einer Spitze im Juni. Hauptunglücksort war hier entsprechend dem Freizeitverhalten der Kinder das öffentliche Schwimmbad. Die meisten Todesfälle waren ebenfalls in den warmen Monaten zu verzeichnen.

5.2.1.3 Unfallorte und mögliche Unfallursachen

Viele Autoren sehen die unterschiedlichen Ertrinkungsorte korrespondierend mit dem Alter der Kinder (Brenner 2001, S. 86; Brenner 2002, S. 1050; Kemp 1992, S. 1143; Quan 1999, S. 255). Obwohl diese Annahme durch diese Studie zwar grob gestützt werden kann, kann ein direkter Vergleich mit Daten aus Ländern, mit differenten Vorkommen von natürlichen Gewässern oder mit unterschiedlichem Freizeitverhalten und andersartigem Klima, nicht ausnahmslos eingegangen werden. Allein das häufige Vorhandensein von Swimmingpools oder Hot Pools in den USA oder Australien und dem damit verbundenen häufigen Ertrinken darin (Brenner 2001, S. 87), kann aufgrund eines selteneren Vorkommens in Deutschland nicht direkt übertragen werden. Trotzdem lassen sich typische Unfallorte definieren.

Während Brenner (Brenner 2003, S. 441; Brenner 2001, S. 86) und Kemp (Kemp 1992, S. 1144) bei Babys und Säuglingen das heimische **Bad** meist als Ertrinkungsort beschreiben, sind es in dieser Arbeit hingegen Kleinkinder im Alter von eineinhalb und zweieinhalb Jahren, welche in der Badewanne ertranken. Die Gründe waren das kurzzeitige Verlassen des Badezimmers durch die Aufsichtsperson bzw. die Übertragung der Aufsicht auf den älteren Bruder. Ross warnt davor, die Kompetenz eines älteren Geschwisterchens zu überschätzen (Ross 2003, S. 449; Kemp 1992, S. 1144).

Kinder, welche an Infektionen leiden, dürfen aufgrund des Risikos eines Fieberkrampfes keinesfalls unbeaufsichtigt in der Badewanne gelassen werden. Auch Kinder mit bekannten Anfallsleiden oder Epilepsieanamnese in der Familie brauchen besondere Aufmerksamkeit (Ross 2003, S. 449).

Diverse Autoren weisen darauf hin, v. a. bei Badewanneunfällen auf Indizien für mögliche Misshandlungshinweise zu achten (Lavelle 1995, S. 347; Alpert 2003, S. 385). Während es in dieser Studie keinen Anhalt für ein Missbrauchsdelikt gab, soll bei Unfällen in der Badewanne stets in ganz besonderem Maße ein Augenmerk auf mögliche Begleitverletzungen und die Plausibilität des Unfallherganges gerichtet sein. Bei Unstimmigkeiten und entsprechenden Hinweisen muss diesen unbedingt nachgegangen

werden (Quan 1999, S. 257). Gerade bei sehr jungen Kindern verbirgt sich hinter solchen Fällen nicht selten eine Art der **Kindesmisshandlung oder Vernachlässigung** (Lavelle 1995, S. 347; Quan 1999, S. 255; Alpert 2003, S. 386).

Die Kinder unter einem Jahr sind in dieser Arbeit durch Fremdverschulden verunglückt, indem einmal der Vaters den Säugling zum Schwimmen in einen tiefen See mitgenommen hatte und einmal der unbeaufsichtigte Kinderwagen in einen Teich gerollt ist.

Mit zunehmender Mobilität der Kinder werden mögliche Gefahrenquellen in der **Umgebung der Wohnung** oftmals unterschätzt (Kemp 1992, S. 1144). Ross berichtet von 82 % der Unfälle im Alter von bis zu fünf Jahren, welche sich in der Nähe von zu Hause ereigneten (Ross 2003, S. 446). In dieser Studie geschah in insgesamt 15 Fällen (19,7 %) das Ertrinkungsunglück auf dem eigenen Grundstück. Hier waren gerade Kleinkinder im Alter von ein bis zwei Jahren sehr gefährdet. Ihr Bewegungsdrang und ihre Entdeckungsfreude und damit verbunden das Vermögen, sich unbemerkt zu entfernen, werden von den Eltern häufig unterschätzt (Kemp 1992, S. 1144). Sechs Kinder in dieser Altersgruppe ertranken auf dem eigenen Grundstück in Teichen oder Bächen. Alle Kinder, die auf benachbartem Boden verunglückten, waren ebenfalls im Alter von einem bis zwei Jahren.

Die Anziehungskraft des Wassers und mangelnde Beaufsichtigung waren es auch, welche vier Kleinkinder ertrinken ließen, als sie sich zu Besuch bei einem Besitzer von Teichen bzw. Swimmingpools aufhielten.

Mit 39,5 % ist die Altersgruppe von ein bis zwei Jahren die am stärksten vertretene Gruppe in dieser Studie. Breit initiierte Aufklärungskampagnen, mitunter auch durch Pädiater, könnten Ansätze sein, auf verkannte Gefahrenquellen sensibilisiert zu werden. Auch kleinste Wasseransammlungen, z. B. Pfützen oder Wassereimer, stellen für Kleinkinder eine Gefährdung dar (Moon 2002, S. 378).

Ab zwei Jahren ertranken zusehends mehr Kinder in **natürlichen Gewässern** wie Flüssen und Seen. Von den zehn Kindern, welche so verunfallten, waren fünf Kinder im Alter zwischen zwei und drei Jahren. Dies deutet darauf hin, dass sich diese Kinder nicht nur um das Haus herum aufhalten, sondern sich durchaus auch weiter entfernen.

Dass mit zunehmendem Alter die natürlichen Gewässer an Gefahrenpotenzial zunehmen, berichten auch andere Autoren (Brenner 2001, S. 86; Salomez 2004, S. 263). Die Zahlen sind in Ländern mit höherem Vorkommen von natürlichen Gewässern wie z. B. in skandinavischen Ländern entschieden höher (Suominen 2002, S. 249). In Finnland

geschehen ca. 80 % der Ertrinkungsunfälle in natürlichen Gewässern (Suominen 2002, S. 249).

Interessant erscheint mitunter, dass zwei der tödlichen Ertrinkungsunfälle genau an den jeweiligen Geburtstagen der Kinder geschahen, ein weiterer Fall passierte auf einer Kindergeburtstagsfeier. Die Kinder waren zwischen drei und fünf Jahren alt. Kemp weist eindringlich darauf hin, dass bei Feiern (Geburtstagsfeiern, Poolpartys) die Aufsichtspflicht leicht vernachlässigt wird und es hier häufig zu Unfällen kommen kann (Kemp 1992, S. 1144).

Hauptertrinkungsort überhaupt waren mit 47,4 % die **öffentlichen Schwimmbäder** (Freibäder, Hallenbäder). Im Alter ab drei Jahren war das Schwimmbad sogar in 74,4 % der Fälle der Unglücksort. In der Mehrzahl der Fälle (83 %) war hier ein gutes Outcome zu verzeichnen. Dies ist auf die schnelle Rettung der Kinder v. a. durch Bademeister oder andere Badegäste zurückzuführen. Oft waren bei Reanimationsbedarf auch professionelle Helfer schon vor Ort (zufällig anwesende Ärzte, Rettungsdienst- oder Krankenpflegepersonal). Auch in einer Erhebung von Kemp haben viele der in öffentlichen Bädern ertrunkenen Kinder das Unglück gut überstanden, während Unfälle in offenen Gewässern eine höhere Mortalität aufwiesen (Kemp 1992, S. 1144). Dennoch sind in der hier zugrunde liegenden Arbeit drei Kinder im Schwimmbad unbemerkt ertrunken und wurden erst nach längerer Zeit aus dem Wasser geborgen. Dies waren Fälle, in denen die Schwimmbäder sehr überfüllt waren. Für den Bademeister und andere Aufsichtspersonen verlangen solche Umstände ein höheres Maß an Aufmerksamkeit, um den Überblick zu bewahren.

Im Schwimmbad verunglückten Kinder aller Altersgruppen. Der Badeunfall war mit insgesamt 51,3 % die häufigste Ursache für den Ertrinkungsunfall. Alle Kinder im Alter von fünf bis neun Jahren verunglückten im Rahmen eines Badeunfalls und hiervon 93,3 % im öffentlichen Schwimmbad. Diese Altersgruppe scheint besonders deswegen stark gefährdet zu sein, weil viele Kinder in diesem Alter noch Nichtschwimmer sind oder das Schwimmen erlernen, ihre Schwimmfähigkeiten aber selbst oft nur schwer einschätzen können und auch die Eltern sich in falscher Sicherheit wiegen. Kommt es zu unvorhersehbaren Situationen (Stürze, Rangeleien, leichte Verletzungen durch Fremdverschulden), können sich die Kinder plötzlich oft nicht mehr über Wasser halten.

Ein Mädchen ertrank im Rahmen des Schwimmunterrichts beim Streckentauchen. Idris und Berg weisen eindringlich auf die Gefahr des Hyperventilierens vor einem Tauchmanöver hin (Idris 2003, S. 48). Lehrer oder Schwimmtrainer müssen die Kinder hierüber unbedingt aufklären.

Bei den Ertrinkungsunfällen, die in öffentlichen Seen geschahen, haben sich in drei von fünf Fällen die Kinder unbemerkt von der Aufsichtsperson entfernt. Ein Kind ertrank als Nichtschwimmer, als es von einer aufblasbaren Schwimmhilfe gefallen war. Die Verwendung von Schwimmhilfen (Schwimmflügel, aufblasbare Tiere, Schwimmreifen usw.) stellt keinen 100%-igen Schutz vor Ertrinkungsunfällen dar. Im vorliegenden Patientengut waren insgesamt drei Kinder dabei, die trotz der genannten Schwimmhilfen verunfallten, eines davon mit tödlichem Ausgang. Es wird eindringlich davor gewarnt, Schwimmflügel oder aufblasbare Schwimmhilfen als sicheren Ertrinkungsschutz anzusehen (Decker 2003, S. 36). Sie ersetzen keinesfalls eine adäquate Beaufsichtigung. Gleiches gilt für Swimmingpools oder Teiche, welche durch Planen oder Zäune scheinbar sicher sind. Auch hier ereigneten sich trotz dieser Schutzmaßnahmen vier Unglücksfälle, einer endete tödlich, ein weiterer mit schwerem neurologischem Schaden.

Werden vermisste Kinder gesucht, muss bedacht werden, dass Ertrunkene nicht unbedingt auf der Wasseroberfläche treiben müssen, sondern sich auch einige Meter unter Wasser befinden können. In sechs Fällen dieser Arbeit wurden die Kinder am Boden des Ertrinkungsmediums gefunden, zwei mussten von Tauchern vom Grund des Sees geborgen werden. Daher sollte immer möglichst frühzeitig professionelle Hilfe angefordert werden, um nicht unnötige Zeit zu verlieren.

Summa summarum lässt sich übereinstimmend mit anderen Autoren (Brenner 2003, S. 441; Orłowski 2001, S. 644) erkennen, dass eine Verletzung der Aufsichtspflicht und mangelnde Schwimmkenntnisse die Hauptursachen waren, die zum Ertrinkungsunfall geführt haben. Gemäß einer Erhebung von Liller et al. in den USA, in der 700 Haushalte befragt wurden (Liller K. 1993, S. 349/350), gaben nur knapp die Hälfte der Befragten an, dass eine Beaufsichtigung die beste Prävention von Ertrinkungsunfällen darstellt. Über ein Drittel war der Meinung, dass sie es für am sichersten hielten, wenn die Kinder schwimmen könnten. Hier ist unbedingt mehr Aufklärung erforderlich.

Erstaunlich ist, dass in dieser Studie in keinem einzigen Fall Alkoholisierung oder ein Drogendelikt vorlag, während in anderen Studien mit zunehmendem Alter bei den Opfern

immer häufiger **Alkoholkonsum** nachzuweisen ist (Moon 2002, S. 378; Levy 2004, S. CR19). Bei Jugendlichen sind ca. 22 %, bei Erwachsenen (Altersgruppe 21-64 Jahre) ist sogar fast die Hälfte alkoholisiert. Diese Unfälle nehmen häufiger einen tödlichen Verlauf als ohne Alkoholeinfluss (Moon 2002, S. 378; Levy 2004, S. CR20). Alkohol führt zu Gleichgewichtsstörungen und Störungen der Koordination und Motorik. Durch die Dilatation der Gefäße kommt es schneller zu einer Hypothermie (Howland 1993, S. 91).

5.2.1.4 Wassertemperatur und Submersionszeit

Kasuistiken, die in der Literatur des Öfteren beschrieben werden, in denen es bei Ertrinkungsunfällen in sehr kaltem Wasser zu einem guten Outcome gekommen ist (Bolte 1988, S. 377; Antretter 1994, S. 837; Perk 2002, S.524), deuten darauf hin, dass die Wassertemperatur für die Prognose der Ertrinkungsopfer entscheidend sein kann. In dieser Studie lässt sich, aufgrund der zu geringen Fallzahl mit Temperaturangaben des Ertrinkungsmediums, ein spezifisches Outcome, basierend auf den **Wassertemperaturen**, nicht feststellen. Der Fall eines Kindes, welches trotz Ertrinken in sog. Eiswasser schwerst behindert blieb, kann die These des guten Outcomes bei Eiswasserunfällen ebenso wenig widerlegen, wie der Fall des Ertrinkens in der Badewanne, welcher mit einem SND endete, ein generell schlechteres Abschneiden von Warmwasserunfällen bestätigen kann, da ein anderer Unfall in der Badewanne in dieser Studie auch ohne Schäden überlebt wurde.

Dass es in der Notfallsituation oftmals übersehen wird, die Wassertemperatur zu ermitteln, ist durchaus verständlich. Im Hinblick auf die Eruiierung der möglichen **Submersionszeit** des Ertrinkungsopfers könnte sie aber durchaus hilfreich sein. Denn auch aus dieser Arbeit geht hervor, dass mangels Beobachtung des Ertrinkungsunfalls die Zeit, die das Opfer im oder unter Wasser war, meist entweder nicht einmal annähernd bekannt ist oder nur grob geschätzt werden konnte. Nichts desto trotz kann die Submersionszeit, wie sich im statistischen Test ergab, durchaus ein Indiz für das Outcome des Ertrinkungsopfers sein. Gemäß Suominen (Suominen 1997, S. 114; Suominen 2002, S. 250) hat die Submersionszeit einen sehr bedeutenden Aussagewert. Er konnte einen Median von fünf Minuten für ein gutes Outcome und einen Median von 16 Minuten für ein schlechtes Outcome verifizieren (Suominen 2002, S. 247). Aufgrund dieser wichtigen Aussagekraft sollten die professionellen Helfer bestrebt sein, möglichst genaue zeitliche Angaben zum Unfallgeschehen zu erhalten.

5.2.1.5 Ersthelfer

Die Tatsache, dass die Kenntnisse in **Erster Hilfe** bei vielen erwachsenen Bundesbürgern zunehmend zurückgehen, falls sie nicht regelmäßig aufgefrischt werden, zeigt sich auch in unseren Daten. In 13 Fällen wurden Maßnahmen durchgeführt (an den Füßen hochgehalten, thorakale oder abdominelle Kompressionen, geschüttelt, Kopf überstreckt, an Armen hochgehalten oder stimuliert im weitesten Sinne), die nicht unbedingt lehrbuchhaft erscheinen, die aber trotzdem zwölfmal zu einem gesunden Überleben beitrugen. Somit scheint etwas Gegenwärtigkeit und Courage der umstehenden Laien besser zu sein als abwartendes Nichtstun. Kyriacou stellt ebenfalls heraus, dass diejenigen Kinder das beste Outcome erzielten, welche sofort kardiopulmonal reanimiert oder Mund-zu-Mund beatmet wurden, dass aber auch Maßnahmen wie thorakaler oder abdomineller Kompressionen öfter zu einem guten Ergebnis führten als gar keine Maßnahmen (Kyriacou 1994, S. 149).

Mangelhafte Kenntnisse in Erster Hilfe vor allem bei Kindern bestätigt auch eine Umfrage in Florida, in der 53 % der Befragten zugaben, bei Säuglingen und Kindern keine Reanimationsmaßnahmen durchführen zu können. Über die Hälfte würden sich aber zutrauen, Erwachsene zu reanimieren (Liller 1993, S. 350). Auch Bierens geht davon aus, dass bei kindlichen Notfällen eine größere Hürde besteht, erste Hilfe zu leisten, aus Angst etwas falsch zu machen oder die Kinder zu verletzen (Bierens 2002, S. 579). Gemäß einer Studie von Kyriacou resultierten deutlich weniger neurologische Schäden, wenn bei Ertrinkungsunfällen gleich von der Aufsichtsperson Erste Hilfe geleistet wurde (Kyriacou 1994, S. 137). Alle erwachsenen Bundesbürger im Allgemeinen und Eltern, Erzieher, Lehrer oder sonstige Aufsichtspersonen im Speziellen sollten unbedingt in erster Hilfe geschult sein. Vorgaben des Gesetzgebers könnten hier eine große Hilfestellung geben.

5.2.1.6 Präklinische Diagnostik

Zur Einschätzung des Bewusstseinszustandes der Kinder wurde sowohl am Unfallort (in 80 % der Fälle), als auch später bei Klinikaufnahme der sogenannte **Glasgow Coma Scale** (GCS) angewandt. Seine relativ einfache Anwendbarkeit und auch sein Bekanntheitsgrad – er ist die weltweit am häufigsten angewandte Komaskala (Heim 2004, S. 1254) – könnten hierfür die Gründe sein, warum er in viele Notarztprotokolle integriert wurde. Eine andere Klassifikation, begründet von Conn und Modell (Conn 1980, S. 201), welche primär für Ertrinkungsopfer vorgeschlagen wurden, konnte sich nicht durchsetzen.

Der GCS ist zwar sehr weit verbreitet, aber auch in seiner Anwendung können Fehler auftreten, und es sind einige Besonderheiten zu beachten (Heim 2004, S. 1247). Der Patient soll z. B. zuerst verbal zu bestimmten Aktionen aufgefordert werden, bevor er durch taktile Reize stimuliert wird. Auch sollen zur Auslösung einer motorischen Reaktion immer beide Körperhälften des Patienten berührt werden (Heim 2004, S. 1247). Ob diese Besonderheiten allen tätigen Notärzten bekannt sind, ist fraglich. Andererseits ist es auch dahingestellt, ob dies unter Zeitdruck in der Notfallsituation auch möglich wäre. Ferner ist anzumerken, dass der GCS bei Kleinkindern aufgrund einer fehlenden verbalen Kommunikationsfähigkeit nur eingeschränkt anwendbar ist und in dieser Altersgruppe die modifizierte Form, der „Pediatric Glasgow Coma Scale“, angebracht wäre (Reilly 1988, S. 30).

Trotz der Limitationen des Glasgow Coma Scales erscheint seine Anwendung dennoch sehr hilfreich und erlaubt auch einen internationalen Vergleich.

Ein niedriger GCS am Unfallort war in dieser Arbeit ein Indiz für ein schlechtes Outcome, 21 von 23 Kindern mit einem GCS von drei erlitten ein schlechtes Outcome. Ebenfalls signifikant für eine schlechte Prognose waren weite und lichtstarre **Pupillen**, was auch in der Literatur immer wieder beschrieben wird (Lavelle 1993, S. 373; Kallas 1993, S. 296).

Beim Ertrinkungsunfall wird meist viel Körperwärme verloren. Es wäre wichtig, am Unfallort die Körpertemperatur des Opfers zu messen (Suominen 1997, S. 114). In der Praxis ist dies leider noch nicht fundiert, wie auch die Zahlen dieser Arbeit belegen. Lediglich bei einem Viertel der Kinder wurde die rektale **Temperatur** gemessen. Zum einen können durch diesen Wert, hier auch im Zusammenhang mit der Wassertemperatur, Rückschlüsse gezogen werden, wie lange sich das Opfer im Wasser befand, zum anderen kann auch ein übermäßiger Wärmeverlust während der Rettungs- und Transportphase aufgedeckt und zukünftig vermindert werden. Bei hypothermen Opfern soll schon vor Ort u. U. die Möglichkeit einer Erwärmung mittels Extrakorporalem Kreislauf in Erwägung gezogen werden.

Zur Temperaturmessung ist anzumerken, dass die Thermometer auf den Einsatzfahrzeugen eine Hypothermie oft nicht ausreichend anzeigen können, weil die Messskala nach unten begrenzt ist. Auch in dieser Arbeit konnte bei zwei Kindern mit den vorhandenen Thermometern keine Körpertemperatur mehr gemessen werden.

5.2.1.7 Versorgung vor Ort

Das Ergreifen von sofortigen Rettungsmaßnahmen von Seiten der Ersthelfer oder Laien vor Ort, noch vor dem Eintreffen des Rettungsdienstpersonals, ist erwiesenermaßen mit einem positiveren Outcome verbunden (Kyriacou 1994, S. 137). Die Reanimationsmaßnahmen wurden in 20 Fällen von den Notärzten, unter der Prämisse eine Hypoxie so schnell wie möglich zu unterbrechen und stabile Herz-Kreislaufverhältnisse herzustellen, weitergeführt. Es ist wichtig, gerade auch im Hinblick auf eine mögliche Hypothermie, ausreichend lange zu reanimieren. Einer Arbeit aus Schottland zufolge werden Reanimationen oft zu früh abgebrochen (Wyatt 1999, S. 101).

Der Forderung nach großzügiger Indikationsstellung für die endotracheale **Intubation** (Gries 2001, S. 894) spiegelt sich in den 42 % der Kinder wieder, die in der zugrunde liegenden Studie vor Ort intubiert wurden. Eine Tubusfehlage und drei Umintubationen verdeutlichen, dass die Intubation bei Kindern doch immer wieder Schwierigkeiten bereitet. Die vier betroffenen Kinder verstarben oder blieben schwer behindert.

Leider sind in den Notarztprotokollen zur Beatmung nur unzureichende Angaben vorhanden. Es wird eine kontrollierte Beatmung mit 100 % Sauerstoff und PEEP empfohlen (Hasibeder 2003, S. 338; Gries 2001, S. 894; Orłowski 2001, S. 634). Dies konnte in 11 Fällen auch eindeutig aus den Protokollen entnommen werden.

Die Applikation von Sympathomimetika im Rahmen von Reanimationsmaßnahmen ist unabdingbar. Die höchsten Mengen an **Adrenalin** wurden bei später verstorbenen Kindern appliziert. Auch in einer anderen Studie wurden die höchsten Dosen an Adrenalin bei Kindern mit einem später schlechten Outcome verabreicht (Christensen 1997, S. 717).

Während sich acht der 20 reanimationspflichtigen Kinder in dieser Studie noch vor Ort oder während des Transportes stabilisierten, wurden die restlichen Opfern unter laufender Reanimation an die Klinikärzte übergeben.

Reanimationsmaßnahmen vor Ort bleiben bei **hypothermen** Opfern oft erfolglos. Einen Ertrunkenen unter laufenden Wiederbelebungsmaßnahmen präklinisch einer effektiven Wiedererwärmung zuzuführen, ist fast unmöglich. Um ein möglichen Erfolg der Reanimationsmaßnahmen aber abschätzen zu können, müssen die Patienten unter laufender Reanimation in die Klinik transportiert werden, wo sie dann unter Fortführung der Wiederbelebung langsam aufgewärmt werden.

Forderungen, wonach alle Ertrinkungsopfer einer Wiedererwärmung mittels Herz-Lungen-Maschine zugeführt werden sollten, sind übertrieben und praktisch nicht durchführbar. Es sollten bestimmte Voraussetzungen vorliegen (Gries 2001, S. 895). Notärzte sollten hierüber aufgeklärt sein.

5.2.2 Klinische Parameter

In Notfallsituationen kommt es nicht selten zum Verlust von Informationen. Gerade bei Ertrinkungsunfällen kann es für die nachfolgende Therapie und Entscheidungsfindung wichtig sein, Informationen über die präklinischen Ereignisse an die weiterbehandelnden Ärzte weiterzugeben. Im folgenden Abschnitt werden wichtige Punkte des klinischen Verlaufes heraus gegriffen und mit den Ergebnissen und Empfehlungen anderer Autoren verglichen.

5.2.2.1 Aufnahmebefunde

Kinder, die bei Klinikaufnahme noch **reanimationspflichtig** waren, erlitten ein eindeutig schlechtes Outcome. Der Anteil der laufenden Reanimationen bei Aufnahme (15,8 %) deckt sich exakt mit den Zahlen von Thüner und Seifrin mit ebenfalls 15,8 % (Thüner 2006, S. 120), während bei Kyriacou fast ein Fünftel noch bei Übernahme reanimiert werden mussten (Kyriacou 1994, S. 139). Während in beiden Arbeiten von dieser Patientengruppe schließlich 60 bzw. 64 % verstarben (Thüner 2006, S. 120; Kyriacou 1994, S. 139), waren es in der hier vorliegenden Studie sogar 83 %, die restlichen Kinder blieben schwerst behindert. Keines der Opfer, die mit instabilen Kreislaufverhältnissen im Krankenhaus ankamen, konnte gesund überleben. In einer Arbeit von Szpilman erlitten alle Ertrinkungsopfer mit einem Herz-Kreislaufstillstand von mehr als 14 Minuten ein schlechtes Outcome (Szpilman 2004, S. 25).

Obwohl Arbeiten existieren, in denen sich die Ertrinkungsopfer trotz anfangs lichtstarrer Pupillen vollkommen erholten (Kemp 1991, S. 932), deutete in dieser Arbeit eine pathologische **Pupillenreaktion** bei Aufnahme auf ein schlechtes Abschneiden hin. Eine prolongierte kardiopulmonale Reanimation und ein pathologischer Pupillenstatus gelten auch bei Ibsen als schlechtes Zeichen (Ibsen 2002, S. S406).

Der GCS war in vielen Studien ein guter Indikator für ein schlechtes Outcome. Lavelle sieht starre Pupillen und einen GCS von ≤ 5 als schlechtes Indiz an (Lavelle 1993, S. 370), Beushausen einen GCS von ≤ 4 (Beushausen 1997, S. 477) und bei Gries verzeichneten 80 % der Ertrunkenen mit einem GCS von kleiner fünf ein schlechtes Outcome (Gries 2001, S. 897). Die Daten der hier vorliegenden Arbeit stützen diese Ergebnisse, dennoch stand auch dieser Parameter nicht in allen Fällen für ein schlechtes Outcome, denn ein Kind mit einem GCS von drei bei Klinikaufnahme überlebte gesund, während ein anderes Kind mit einem GCS von sechs verstarb.

Die **Temperaturerhebung** bei der Klinikaufnahme gehörte in fast allen Fällen (97 %) zur Diagnostik. Bezüglich einer Outcomeabschätzung ist herauszustellen, dass eine niedrige Temperatur eher mit einem schlechten Verlauf einherging. Andere Autoren kommen zu ähnlichen Ergebnissen (Suominen 2002, S. 250; Kallas 1993, S. 296; Quan 1999, S. 258; Christensen 1997, S. 717; Crowe 2003, S. 275). Eine Hypothermie unter 32 °C war signifikant für einen schlechten Verlauf, 86 % verstarben oder erlitten ein SND.

Es muss unbedingt bedacht werden, dass eine Hypothermie bei Klinikaufnahme nicht unbedingt auf ein schnelles Abkühlen hindeuten muss und keinesfalls Rückschluss auf einen zerebralen Schaden zulässt. Suominen stellt heraus, dass die Möglichkeit einer scheinbar schnelleren Abkühlung bei Kindern, bedingt durch die größere Körperoberfläche, und einer damit möglicherweise einhergehenden zerebralen Protektion, nicht überbewertet werden darf, denn ab dem ersten Lebensjahr nimmt das Verhältnis Körperoberfläche zu Körpergewicht sehr schnell ab (Suominen 2002, S. 251). Kinder hatten in seiner Arbeit kein besseres Outcome als Erwachsene (Suominen 2002, S. 251).

Trotz erfreulicher Verläufe nach Eiswasserunfällen kann davon ausgegangen werden, dass sie eher die Ausnahme darstellen und es sich hier um eine Art Selektionsbias handelt, wenn stark hypotherme Ertrunkene das Unglück ohne Schaden überstehen. Ein Großteil von solchen Unfällen, in denen die Opfer nicht gesund überlebten, werden nur selten veröffentlicht (Suominen 1997, S. 114). Bezüglich der Entstehung der Auskühlung können Informationen zum Unfallhergang, der Wasser- und Umgebungstemperatur und zur Rettungsdauer sehr hilfreich sein.

Die Entscheidung, hypotherme Patienten einer Wiedererwärmung mittels Herz-Lungenmaschine zuzuführen, muss immer individuell getroffen werden. Es sollten bestimmte Bedingungen erfüllt sein (siehe Kap. 6.3) (Gries 2001, S. 895; Antretter 1997, S. 376). Forderungen, alle hypothermen Patienten einer Erwärmung mittels Herz-Lungen-

Maschine zuzuführen, bezeichnet Gries als realitätsfremd (Gries 2001, S. 895). Klinische Erfahrungen mit dieser Methode der aktiven Wiedererwärmung sind sicher von Vorteil. Verfügbare tragbare Geräte erlauben es mittlerweile, hypotherme Opfer in Ausnahmefällen auch außerhalb von Spezialzentren zu therapieren (Bierens 2002, S. 582). Eine Studie über das Langzeit-Outcome der Überlebenden (15 von 32 Patienten) nach einer Wiedererwärmung mittels kardiopulmonalem Bypass erbrachte sowohl neurologisch als auch neuropsychologisch ein erfreuliches Ergebnis. Die Lebensqualität der Befragten war durchaus zufriedenstellend (Walpoth 1997, S. 1500). In dieser Arbeit wurde bei keinem der Kinder ein kardiopulmonaler Bypass angewandt.

In dieser Studie waren erhöhte **Blutglukosewerte** bei Klinikaufnahme signifikant mit einem schlechten Outcome verbunden. Andere Untersuchungen bestätigen dieses Ergebnis (Michaud 1991, S. 1356; Sieber 1992, S. 104; Quan 1999, S. 257). Gemäß Michaud gehen Blutglukosewerte ab 250 mg/dl mit schweren neurologischen Schäden einher (Michaud, 1991, S. 1356). Aber auch Hypoglykämien können die Prognose verschlechtern (Quan 1999, S. 257; Sefrin 1999, S. 417). In dieser Arbeit verstarben zwei Kinder mit Blutglukosewerten von unter 60 mg/dl. Hypoglykämien können den zerebralen Blutfluß steigern und zu einem erhöhten intrakraniellen Druck führen (Sieber 1992, S. 104). Es wird daher empfohlen, sowohl Hypo- als auch Hyperglykämien durch aggressive Therapiemaßnahmen zu vermeiden (Sieber 1992, S. 104).

Ein erniedrigter **pH-Wert** deutet auf eine azidotische Stoffwechsellage hin. Er lag zum Aufnahmezeitpunkt der Kinder bei einem Mittelwert von 7,13, wobei Ertrinkungsopfer mit einem schlechten Outcome bei Klinikaufnahme eindeutig niedrigere pH-Werte aufwiesen als Kinder, die das Unglück gesund überstanden. Auch in der Literatur gelten arterielle pH-Werte von <7,0 (Harries 2003, S. 1337; Grubbauer 2003, S. 242) als ungünstiges Zeichen nach Ertrinkungsunfällen. Dennoch wird auch von einem Ausnahmefall berichtet, in dem das Ertrinkungsopfer trotz einem pH von 6,33 gesund überlebte (Opdahl 1997, S. 1431).

Die **Natrium-, Kalium- und Chloridkonzentrationen** waren ebenso wie die Hämoglobin- und Hämatokritwerte in der überwiegenden Zahl der Fälle im Normbereich und konnten nicht zur Prognoseeinschätzung herangezogen werden. Auch andere Autoren berichten von nur geringen Schwankungen der Serumelektrolyte (Quan 1999, S. 257; Harries 1981, S. 408). Selten auftretende milde Hyponatriämien sind meist

selbstlimitierend (Quan 1999, S. 257). Hyperkaliämien mit Werten bis zu 11,8 mmol/l und Hybernatriämien mit Werten bis zu 196 mmol/l traten nur bei später verstorbenen Kindern auf. Alle hier untersuchten Ertrinkungsunfälle geschahen in Süßwasser. Die Theorie der Elektrolytverschiebungen in Abhängigkeit von der Art des Wassers (Süß- oder Salzwasser) (Conn 1995, S. 2029; Sefrin 1999, S. 421; Swann 1947, S. 432; Swann 1951, S. 379/380) kann zumindest für Süßwasser in dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

5.2.2.2 Klinischer Verlauf

Bezüglich des **Gesamtoutcomes** schnitten die Ertrinkungsopfer in dieser Arbeit mit 72 % gesund entlassener Kinder, 16 % verstorbener Kinder und 12 % schwer behinderter Kinder, verglichen mit der Erhebung von Thüner (79 % gesund/ 11,5 % verstorben/ 9,5 % schwer behindert) (Thüner 2006, S. 112) insgesamt etwas schlechter ab.

In 92 % der Fälle wurden die später gesund entlassenen Patienten mindestens 24 Stunden auf einer Intensivstation überwacht. Zwei Kinder verließen noch am Unfalltag wieder das Krankenhaus, eines davon wurde von den Eltern gegen ärztlichen Rat mit nach Hause genommen, jedoch am nächsten Tag bei V. a. eine Aspirationspneumonie wieder stationär aufgenommen. Dies unterstreicht die Empfehlung diverser Autoren, Kinder nach einem Ertrinkungsunfall auch bei scheinbar unauffälligem klinischen Verlauf mindestens 24 Stunden zu überwachen (von Stockhausen 1997, S. 938; Aring 1999, S. 166).

Die häufigsten Gründe für ein Versterben nach Ertrinkungsunfällen sind eine posthypoxische Enzephalopathie, ein ARDS, ein Multiorganversagen oder septische Komplikationen (Idris 2003, S. 49). In dieser Arbeit konnte bei elf Kindern während des stationären Aufenthaltes gesichert ein **Hirnödem** nachgewiesen werden, wovon ein Kind verstarb, fünf Kinder schwer behindert blieben, aber auch fünf Kinder wieder gesund entlassen werden konnten. Thüner berichtet von ähnlichen Zahlen. Bei fast der Hälfte der Kinder, welche vor Ort reanimiert wurden oder einer Beatmung bedurften, konnte man ebenfalls diese schwerwiegende Komplikation nachweisen (Thüner 2006, S. 116). Er machte auch die Beobachtung, dass je hypothermer die Ertrinkungsopfer waren, sie umso wahrscheinlicher ein Hirnödem entwickelten. Unter 28 °C waren es sogar fast 80 % der Patienten. Eine Unterkühlung erwies sich also keinesfalls protektiv bezüglich der Ausbildung eines Hirnödems (Thüner 2006, S. 120).

Bei zwei Kindern wurde ein Hirndrucksensor angebracht (Outcome: 1 Gut, 1 SND). Erhöhte Hirndruckwerte deuten zwar meist auf einen schlechten Verlauf hin, ein Hirndruck im Normbereich ist allerdings nicht unbedingt ein Prognosefaktor für ein gutes Outcome. Eine routinemäßige Messung des ICP wird nicht empfohlen (Gries 2001, S. 897; Ibsen 2002, S. S407).

Ein deutliches Indiz für ein **ARDS** konnte den Unterlagen in elf Fällen (14,5 %) entnommen werden, vier Kinder verstarben, vier Kinder erlitten ein SND, drei wurden später gesund entlassen. Bei Thüner entwickelten nur 11,6 % ein ARDS (Thüner 2006, S. 121). Ein Drittel der Kinder, die am Unfallort einer kardiopulmonalen Reanimation bedurften und/oder beatmet wurden, entwickelten seiner Studie nach ein ARDS (Thüner 2006, S. 116). Allerdings konnten bei dieser Komplikation aber mehr Kinder überleben (31 %), als bei einem Hirnödem (17 %) (Thüner 2006, S. 121). Im Zusammenhang mit einem ARDS wird oft der Einsatz von Surfactant diskutiert (Gries 2001, S. 897; Suzuki 1996, S. 384). Die Tatsache, dass durch eine empfohlene Surfactant-Applikation bei Ertrinkungsopfern bisher nicht in großem Maße Erfolge zu verzeichnen sind, führen Bierens und Staudinger auf Wissenslücken im genaueren Umgang (Intervalle, Dauer und Dosierungen) und fehlende Routine in der Surfactantanwendung zurück (Bierens 2002, S. 583; Staudinger 1997, S. 182).

Onarheim verzeichnet einen Erfolg durch Surfactantgabe bereits im frühen Stadium (Onarheim 2004, S. 780). Auch in dieser Arbeit wurde in einem Fall, schon am Aufnahmetag, Surfactant appliziert, das Kind blieb allerdings schwer behindert.

5.2.3 Patienten mit vegetativem Status

Die klinische Diagnostik von Patienten im vegetativen Status gestaltet sich oft schwierig. Die bewussten Wahrnehmungsfähigkeiten und kognitiven Funktionen der Patienten einzuschätzen und geringste Fortschritte wahrzunehmen bzw. zu objektivieren, stellt die Ärzte immer wieder vor Probleme. Die wiederholte Evaluation des klinischen Zustandes ist unabdingbar, aber auch sehr schwierig, denn kleinste Fortschritte sind mitunter äußerst schwer zu erkennen.

Eine Möglichkeit kleine Veränderungen und die zerebrale Aktivität etwas zu objektivieren, könnte sein, die Gehirnaktivität zu quantifizieren. PET (Positronenemissionstomographie)

und fMRI (functional magnetic resonance imaging) könnten hier eventuell Fortschritte bringen (Faymonville 2004, S. 1997). Trotzdem werden die ganz individuellen Krankheitsverläufe der Patienten im vegetativen Status auch weiterhin eine große Herausforderung für den Intensivmediziner und Pädiater darstellen.

Eine maximale Therapie ist gut zu rechtfertigen bei Patienten im vegetativen Status, die hierunter auch Fortschritte zeigen. Im chronischen oder persistierenden vegetativen Status hingegen ist dies allerdings schwieriger, weil hier der weitere Verlauf besonders unsicher ist. In der Literatur finden sich einige Beispiele von Patienten im persistierenden vegetativen Status, die erst nach Monaten bzw. Jahren Zeichen einer Besserung aufwiesen (Arts 1985, S. 1302; Childs 1996, S. 24).

Die therapeutischen Möglichkeiten werden immer besser, die maximalen Möglichkeiten oft ausgereizt, aber die Schwierigkeit abzuschätzen, wann der „richtige Augenblick zum Aussteigen“ gekommen ist, bleibt bestehen. Die zwar seltenen, aber dennoch gegenwärtigen Fälle von Patienten im persistierenden vegetativen Status, die sich erst nach Jahren erholten, machen deutlich, dass individuell entschieden werden muss.

5.2.4 Diskussion verschiedener Prognose-Scores

In der Literatur werden viele Versuche beschrieben, den Ärzten ein Instrument an die Hand zu geben, um Ertrinkungsopfer, die das Unglück gesund überstehen könnten, abzugrenzen von Opfern, die versterben oder schwerst behindert bleiben werden. Vielleicht spiegelt es ein wenig die Unsicherheit wieder, mit der die Kliniker den Ertrinkungsopfern oft gegenüberstehen, wenn man bedenkt, dass schon seit vielen Jahren nach solchen Prognosemöglichkeiten gesucht wird, bislang aber kein Vorschlag uneingeschränkt zutrifft (Bierens 2002, S. 580). Trotzdem gibt es den Klinikern eine kleine Hilfestellung, denn die meisten Ärzte haben wenig Erfahrung mit diesem Krankheitsbild (Bierens 2002, S. 580).

Die verschiedenen Versuche, ein gesundes Outcome von einem schlechten Verlauf abzugrenzen, bezogen die unterschiedlichsten Parameter mit ein. So werden neben den Daten zum Unfallgeschehen (Suominen 2002, S. 253; Orłowski 1979, S. 176), der Zeit bis zur Rettung (Orłowski 1979, S. 176; Quan 1992, S. 909) oder die Dauer der Reanimation (Gries 2001, S. 897), der Zustand des Opfers bei Klinikaufnahme (Lavelle 1993, S. 368; Bratton 1994, S. 169; Christensen 1997, S. 715) oder Laborparameter (Gries 2001, S. 897;

Christensen 1997, S. 716; Graf 1995, S. 312) genauso herangezogen wie demographische Daten (Graf 1995, S. 312).

Während Suominen die Submersionszeit alleine als entscheidend für ein schlechtes Outcome ansieht (Suominen 2002, S. 253), ist es für Orłowski eine Kombination einer Submersionszeit von länger als fünf Minuten und vier anderen Variablen (Alter ≤ 3 Jahre, mehr als zehn Minuten bis zur Rettung, Koma und pH $< 7,10$ bei Klinikaufnahme) (Orłowski 1979, S. 176). Auch in der Klassifikation von Gries ist eine kurze Submersionszeit von weniger als fünf Minuten eine wichtige Größe, die zusammen mit der Reanimationsdauer (< 10 Minuten), dem Alter des Kindes (> 3 Jahre), dem Bewusstseinszustand (kein Bewusstseinsverlust) und zwei Laborwerten (pH-Wert $> 7,1$ und Kalium $< 7,5$ mmol/l) auf einen guten Verlauf hindeutet (Gries 2001, S. 897). Moon sieht bei einer kurzen Submersionszeit und dem Vorhandensein einer spontanen Atmung und Herzaktion bei einem GCS von > 5 gute Voraussetzungen für eine Genesung (Moon 2002, S. 383).

Andere Autoren verwenden eher Parameter, die zum Zeitpunkt der Klinikaufnahme bestimmt werden. Christensen konnte mit 93 % Wahrscheinlichkeit ein schlechtes Outcome voraussagen, wenn die Opfer reanimationspflichtig oder apnoisch waren, im Koma lagen und ihr pH-Wert $< 7,0$ war (Christensen 1997, S. 716). Lavelle (Lavelle 1993, S. 368) und Bratton (Bratton 1994, S. 167) werten einen GCS ≤ 5 als schlechtes Zeichen, ersterer zusammen mit reaktionslosen Pupillen.

Einen völlig neuen Ansatz verfolgt Szpilman in seiner Publikation aus dem Jahr 1997. Sie basiert auf einer groß angelegten Studie mit 1.831 Ertrinkungsopfern in Brasilien. Aufgrund von klinischen Kriterien, die vor Ort erhoben werden, teilte er nach der Schwere der kardiopulmonalen Beeinträchtigung in sechs Untergruppen (Grad eins bis sechs) ein; je höher der Grad, desto höher die voraussichtliche Mortalität. Hierzu zieht er folgende Parameter heran: die Atmung, den pulmonalen Auskultationsbefund, den Blutdruck und den Puls (Szpilman 1997, S. 660). Diese Einteilung kann die Notwendigkeit einer Hospitalisation deutlich machen - er empfiehlt alle Opfer ab dem Grad zwei zu hospitalisieren - und Anhaltspunkte bezüglich der Mortalität geben (Orłowski 2001, S. 634).

Neben diesen angeführten Klassifikationen gibt es noch eine Reihe anderer Versuche, ein schlechtes Outcome gegenüber einem gutem abzugrenzen. Alle Vorschläge sind mit

Einschränkungen behaftet. Eindeutige und absolut zuverlässige Prädiktoren bezüglich des neurologischen Outcomes von Ertrinkungsopfern fehlen nach wie vor. Die Überlegenheit einer dieser Einteilungen kann nicht eindeutig belegt werden und es kann kein Verfahren speziell herausgehoben werden.

Viele Parameter sind im klinischen Alltag schwer zu erheben, genaue Zeitspannen zum Ertrinkungs- und Rettungsvorgang liegen nur in Ausnahmefällen vor. Der Ansatz von Szpilman konnte in dieser Arbeit retrospektiv nicht überprüft werden, weil die geforderten Parameter bei weitem nicht vollständig zu eruieren waren. Wie weit sich die von ihm geforderten Daten in der Praxis erheben lassen, ist noch dahingestellt.

5.2.5 Prognose-Score nach Durchholz

Einen Score, der relativ objektivierbare Daten in sich vereint, ist der Prognose-Score nach Durchholz, den es in dieser Arbeit zu überprüfen galt. Im Rahmen seiner Dissertation erarbeitete Durchholz eine Einteilung (Durchholz 1999, S. 64), die retrospektiv, auf die hier vorliegenden Fälle angewandt, eine Sensitivität von 93,33 % und eine Spezifität von 100 % ergab. Nur eines der Kinder wurde fälschlicherweise besser eingeteilt, als es schließlich abschnitt. Durchholz selbst berichtet in seiner Arbeit von ähnlich guten Ergebnissen bezüglich Sensitivität und Spezifität (Durchholz 1999, S. 64).

Der Wert von genau fünf Punkten wurde hier, mangels eindeutiger Angabe in der Originalarbeit, prognostizierend für ein schlechtes Outcome gewertet.

In den Score nach Durchholz fließen hohe Blutglukosewerte bei Klinikaufnahme negativ ein. Dies kann durch die Beobachtungen aus der hier vorliegenden Arbeit gestützt werden. Dennoch gibt es zwei Kinder, die zum Aufnahmezeitpunkt extrem niedrige Blutglukosewerte aufwiesen und beide verstorben sind. Obwohl auch in der Literatur Hypoglykämien als schlechtes Zeichen angesehen werden (Quan 1999, S. 257; Sefrin 1999, S. 417/418), erlauben es diese beiden Ausreißer noch nicht, den Score bezüglich extremer Hypoglykämien abzuändern. Weitere Beobachtungen hierzu sind zu empfehlen.

Insgesamt ist der Vorschlag von Durchholz in der Praxis gut anzuwenden, schließlich sind es Daten, die bei einer Klinikaufnahme eines Ertrinkungsopfers fast routinemäßig erhoben werden. Auch liefern die recht objektiven Parameter eine gute Vergleichsmöglichkeit, sowohl zwischen den Kliniken als auch international, unabhängig von der Struktur des Rettungswesens in den verschiedenen Ländern.

Der Score wurde mittlerweile bei insgesamt 97 Kindern angewandt. Noch größere Fallzahlen, auf die dieser Score retrospektiv oder besser noch unmittelbar angewandt werden sollte, könnten den Prognose-Score nach Durchholz noch besser verifizieren.

6 Therapieempfehlungen bei Ertrinkungsunfällen

6.1 Therapie vor Ort/Rettungswesen

Die Prognose von Ertrinkungsopfern wird durch rasches und couragiertes Handeln, auch von Seiten von Laienhelfern, deutlich verbessert (Kyriacou 1994, S. 137). Die Rettungskraft (Laie oder professioneller Helfer) darf sich hierbei aber keinesfalls selbst in Gefahr bringen. Wenn die Rettung zu gefährlich erscheint, sollte rechtzeitig Hilfe initiiert werden, z. B. durch das Technische Hilfswerk, die Feuerwehr, die Wasserwacht, die Deutsche Lebensrettungsgesellschaft o. ä. (Gries 2001, S. 893).

Bei der Bergung aus dem Wasser sollte auf mögliche Begleitverletzungen geachtet werden. Schädel-Hirn-Traumen oder spinale Schäden sind bei Ertrinkungsunfällen möglich, insgesamt aber selten (Hasibeder 2003, S. 337; Hwang 2003, S. 52), die Inzidenz von HWS-Verletzungen wird mit 0,5 % angegeben (Watson 2001, S. 658). Der Unfallhergang und die Beschaffenheit des Gewässers (v. a. seichte Gewässer) können Hinweise bezüglich eines HWS-Traumas geben (Salomez 2004, S. 265). Es wird nicht empfohlen, jeden Geretteten vor Ort explizit auf HWS-Verletzungen zu untersuchen (Hwang 2003, S. 52), ebenso könnten routinemäßig angewandte HWS-Stützkragen die Rettungsmaßnahmen verzögern (Watson 2001, S. 658). Bei Hinweisen auf entsprechende Wirbelsäulenverletzungen ist allerdings ein entsprechendes Traumamanagement geboten.

Das Opfer sollte, wenn möglich, in horizontaler Lage geborgen werden (Harries 2003, S. 1336; Moon 2002, S. 380). Ibsen empfiehlt, bei apnoischen Opfern schon im Wasser Atemspenden durchzuführen (Ibsen 2002, S. S406), und Szpilman hat in einer Studie belegt, dass durch Mund-zu-Mund-Beatmung noch während der Bergung signifikant weniger Todesfälle zu verzeichnen waren, wenngleich hieraus auch eine größere Zahl von Opfern mit SND resultierte. Dieses Manöver ist allerdings enorm anstrengend und soll nur von erfahrenen bzw. sicheren Rettern praktiziert werden (Szpilman 2004, S. 30).

Nach der Rettung auf eine trockene und feste Unterlage sollen weitere Erstmaßnahmen erfolgen. Von einem „Heimlich-Manöver“ wird bei Ertrinkungsunfällen abgeraten.

Thoraxkompressionen können unter Umständen angebracht sein, wenn ein Fremdkörper die oberen Atemwege verlegt (Ibsen 2002, S406). Hauptziel ist primär die Unterbrechung der Hypoxie um neurologische Schäden zu verhindern (Hasibeder 2003, S. 337).

Wachen und spontan atmenden Ertrinkungsopfern führt man über Maske oder Nasensonde Sauerstoff zu (Hasibeder 2003, S. 337), somnolente Opfer ohne Zeichen einer Ateminsuffizienz können in die stabile Seitenlage gebracht werden, immer unter Beachtung eines eventuellen Erbrechens (Salomez 2004, S. 264). Falls wegen insuffizienter Atmung eine Maskenbeatmung nötig ist, kann zur Verringerung des Aspirationsrisikos der Krikoiddruck durchgeführt werden (Salomez 2004, S. 264).

Bei Zeichen einer Ateminsuffizienz soll die Indikation für eine endotracheale Intubation großzügig gestellt und durch Beatmung mit 100 % Sauerstoff und PEEP mögliche Atelektasen eröffnet bzw. die Lungencompliance verbessert werden (Lackner 2002, S. 592). Durch eine im Anschluss platzierte Magensonde kann das Aspirationsrisiko gesenkt, die Beatmung erleichtert und einer weiteren Auskühlung entgegengewirkt werden (Gries 2001, S. 894).

Das Ergreifen von sofortigen Rettungsmaßnahmen ist essentiell für das Überleben und das neurologische Outcome nach Submersion. Daher sind bei Herzkreislaufstillstand unverzüglich Maßnahmen zur kardiopulmonalen Reanimation gemäß den aktuellen Richtlinien einzuleiten. Speziell bei Ertrinkungsunfällen soll der Patient vor einer Defibrillation möglichst abgetrocknet und auf eine trockene Unterlage gebracht werden (Gries 2001, S. 894). Es wird empfohlen, eine mögliche azidotische Stoffwechsellage möglichst nicht durch eine Blindpufferung mit Bikarbonat, sondern durch O₂-Gabe zu therapieren (Lackner 2002, S. 592) und dem Patienten ausreichend kolloidale oder kristalloide Flüssigkeit zuzuführen, um einer häufig bestehenden Hypovolämie entgegenzuwirken (Hasibeder 2003, S. 338). Eine Antibiotika- oder Steroidgabe vor Ort wird nicht befürwortet (Hasibeder 2003, S. 338).

Sind die Opfer normotherm, so gelten die bekannten Algorithmen der Erstversorgung. Im Zusammenhang mit Ertrinkungsunfällen und einer damit häufig einhergehenden Hypothermie müssen allerdings Besonderheiten bei der Reanimation beachtet werden (Gries 2001, S. 887). Ertrunkene sollen vor weiterer Auskühlung geschützt (nasse Kleidung entfernen, in Decken oder Folien wickeln, Magensonde legen, vor Wind schützen usw.) und nur vorsichtig bewegt werden, um zu vermeiden, dass durch großartige

Umlagerungen und Bewegungen des Patienten kaltes Blut aus der Peripherie mit warmen Kernblut vermischt wird (sog. „after-drop“) (Lackner 2002, S. 592). Maßnahmen zur Wiedererwärmung im Vorfeld sieht Harries als überflüssig an, primäres Ziel sei es, eine weitere Auskühlung zu verhindern (Harries 2003, S. 1336). Gries empfiehlt im Notfall bevorzugt die tympanale Temperaturmessung durch geeignete Thermometer (Gries 2001, S. 889). Gemäß Suominen wird viel Wärme auch nach der Rettung verloren. Eine in der Notaufnahme gemessene niedrige Temperatur hat daher nicht immer gleiche Ursachen. Sie muss immer zusammen mit der Submersionszeit, Wassertemperatur und Transportzeit in Zusammenhang betrachtet werden (Suominen 1997, S. 114).

Gries empfiehlt beim Hypothermen die Verwendung von Nadelelektroden (Gries 2001, S. 894). Ein bestehendes Kammerflimmern kann bei Unterkühlten therapierefraktär sein (Lackner 2002, S. 592). Erfolgreiche Reanimationen sind bei Körpertemperaturen unter 30 °C unwahrscheinlich (Schwarz 2002, S. 312). Hier sollten maximal 3 Defibrillationen abgesetzt und erst nach entsprechender Erwärmung hiermit fortgefahren werden (Schwarz 2002, S. 312).

Die Anschlagzeit applizierter Medikamente ist bei erniedrigter Körpertemperatur deutlich verlängert (Gries 2001, S. 894). Bei moderater Hypothermie können Medikamente in längeren Zeitabständen appliziert werden (The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation 2000, S. 269). Gegebenenfalls kann auf die Applikation von Vasopressoren sogar ganz verzichtet werden, bis eine Wiedererwärmung erzielt wurde (Schwarz 2002, S. 312).

Die Reanimationsmaßnahmen müssen gemäß dem Grundsatz „Nobody is dead unless warm and dead“ (Gries 2001, S. 895) konsequent weitergeführt werden, bis eine adäquate Wiedererwärmung des Opfers stattgefunden hat (Gries 2001, S. 895).

Die Beurteilung des klinischen Status (z. B. GCS) vor Ort und im Verlauf ist empfehlenswert, um Zustandsveränderungen früh zu erkennen. Alle Beinaheertrinkungsunfälle sollten zumindest kurzfristig klinisch überwacht werden (Lackner 2002, S. 592; Hasibeder 2003, S. 337). Causey fand in einer Studie, dass Kinder, die primär einen GCS von mindestens 13 Punkten erreichten und später in der Klinik keine Anzeichen von Lungenversagen aufwiesen und deren Röntgenthoraxaufnahmen bzw. spontane Sauerstoffsättigung im Normbereich waren, nach einem Beobachtungszeitraum

von vier bis sechs Stunden in mehr als 95 % der Fälle sicher nach Hause entlassen werden konnten (Causey 2000, S. 9).

Parallel zu den Ersthelfermaßnahmen muss frühzeitig an ein geeignetes Transportmittel gedacht werden. Rettungshubschrauber gewährleisten meist einen schnelleren Transport in entsprechende Kliniken. Auch die Entscheidung, stark hypotherme Patienten mit Herzkreislaufstillstand einer Wiedererwärmung durch eine Herzlungenmaschine zuzuführen, bedarf im Vorfeld einer entsprechenden Organisation, um innerklinische Abläufe im aufnehmenden Krankenhaus zu bahnen (Hasibeder 2003, S. 338; Harries S. 1336). Bei diesen Patienten sollen präklinisch keine Aufwärmversuche ergriffen werden (Antretter 1997, S. 377; Moon 2002, S. 380). Nötige Reanimationsmaßnahmen müssen während des Transportes unbedingt beibehalten werden (Lackner 2002, S. 592).

6.2 Intensivmaßnahmen

Die frühzeitige Wiederherstellung einer normalen Zirkulation und suffizienten Oxygenation sind Hauptziele intensivmedizinischer Bemühungen.

6.2.1 Ateminsuffizienz

Bei vielen der Ertrinkungsopfer steht die pulmonale Insuffizienz klinisch im Vordergrund. Die neue Definition des Ertrinkens: "Drowning is the process of experiencing respiratory impairment from submersion/immersion in liquid" (Van Dorp J., Knappe J., Bierens J. (2002), [Stand 18.11.2006]) betont die respiratorischen Probleme nach einem Ertrinkungsunfall.

Bei schwerer pulmonaler Beeinträchtigung ist die frühzeitige endotracheale Intubation und mechanische Ventilation angezeigt. Ziel ist es, durch entsprechende Anpassung von FiO_2 und PEEP eine gute arterielle Sauerstoffsättigung zu erreichen (Suominen 2002, S. 249). Eine Hypoxämie sollte möglichst vermieden und eine metabolische Azidose durch adäquate Oxygenierung ausgeglichen werden (Harries 2003, S. 1337). Bei spontan atmenden Patienten kann eine Atemunterstützung mittels CPAP (Continuous positive airway pressure) angebracht sein (Ibsen 2002, S. S406; Moon 2002, S. 381).

Eine anfängliche Röntgenthoraxaufnahme ist sinnvoll, die pulmonale Situation kann sich im weiteren Verlauf aber durchaus noch verschlechtern (Salomez 2004, S. 264; Moon 2002, S. 381). Aspirierte kontaminierte Flüssigkeiten oder Magensaft führen beim Ertrinkungsopfer häufig zur pulmonalen Beeinträchtigung durch Pneumonien (Bierens 2002, S. 582; Harries 2003, S. 1338). Eine initiale Untersuchung von Sekreten des Respirationstraktes, Magensaft, Sputum und Blut sind unbedingt zu empfehlen (Bierens 2002, S. 582; Harries 2003, S. 1337). Bronchoskopien lassen schon relativ früh das Ausmaß der tracheobronchialen Schädigung erkennen, eventuell aspirierte größere Fremdkörper können in gleicher Sitzung entfernt und zur weiteren Zytodiagnostik kann eine bronchoalveoläre Lavage gewonnen werden (Gries 2001, S. 896). Ein regelmäßiges bakteriologisches Monitoring ist weiterhin unabdingbar. Wasserproben des Ertrinkungsmediums können bei der Suche nach potentiellen Infektionserregern ebenso hilfreich sein (Bierens 2002, S. 583). Vom Erregerspektrum sind es häufiger gramnegative Aerobier, die nachgewiesen werden, die fulminant verlaufende Pneumonien oder eine Sepsis auslösen können. Grampositive Aerobier, oft aus dem Oropharyngealtrakt des Patienten stammend, verursachen beim Ertrinkungsopfer hingegen seltener dramatische Krankheitsbilder, und Anaerobier werden eher im Zusammenhang mit sekundären nosokomialen Infektionen gefunden (Bierens 2002, S. 583). Pulmonale Pilzinfektionen sind vom klinischen Verlauf und wegen mitunter oft sehr langen Inkubationszeiten häufig schwer zu diagnostizieren. Therapeutisch bereiten sie gegebenenfalls aufgrund Resistenzen gegenüber üblichen Antimykotika Probleme (Bierens 2002, S. 583).

Es herrscht weitgehend Konsensus, dass keine prophylaktische antiinfektiöse Therapie stattfinden soll (Bierens 2002, S. 583; van Berkel 1996, S. 106; Moon 2002, S. 382; Grubbauer 2003/2004, S. 245), außer es wurde stark kontaminierte Flüssigkeit aspiriert und das Opfer ist auf mechanische Beatmung angewiesen (van Berkel 1996, S. 106).

Schwere pulmonale Dysfunktionen können fortschreiten und sich in einem Lungenödem oder ARDS manifestieren. Hypoxämie oder Hyperkapnie sind erste Anzeichen für eine derart schwere Beeinträchtigung der Lungenfunktion. Patienten mit ARDS profitieren meist von der Beatmung mit PEEP (Hasibeder 2003, S. 338; Harries 2003, S. 1337) und niedrigen Tidalvolumina (Moon 2002, S. 381). Im Management des ARDS gelten die üblichen Therapieempfehlungen, mit der Besonderheit, dass bei Ertrinkungsopfern permissive Hyperkapnien im Hinblick auf eventuell mit einhergehende zerebrale Schäden möglichst vermieden werden sollten (Bierens 2002, S. 583; Ibsen 2002, S. S406).

Die Anwendung einer extrakorporalen Membranoxygenation oder die Applikation von exogenem Surfactant-Factor können durchaus in Erwägung gezogen werden (Kopp 2004, S. 173; Harries 2003, S. 1337; Gries 2001, S. 897; Suzuki 1996, S. 384), ihr definitiver Nutzen konnte aber bislang nicht eindeutig nachgewiesen werden (Staudinger 1997, S. 182; Salomez 2004, S. 264; Gries 2001, S. 897; Moon 2002, S. 382). Ebenso kann der routinemäßige Einsatz von Kortikosteroiden nicht klar befürwortet werden (Van Berkel 1996, S. 106; Moon 2002, S. 382; Harries 2003, S. 1337).

Intermittierende Lagerungsmanöver, v. a. die 180°-Bauchlage bringen bei schwerem akuten Lungenversagen durchaus Vorteile, indem Atelektasen wieder eröffnet werden und der pulmonale Gasaustausch verbessert wird (Bein 2004, S. 1056; Hasibeder 2003, S. 339). Zur besseren Diagnostik und Therapie empfiehlt sich bei Patienten, die pulmonal und kardiovaskulär schwer beeinträchtigt sind, ein Pulmonalkatheter (Hasibeder 2003, S. 339).

Ein Lungenödem kann sich bei vormals asymptomatischen Patienten entwickeln, daher sollten auch scheinbar nicht beeinträchtigte Ertrinkungsopfer mindestens 4-6 Stunden klinisch überwacht werden (van Berkel 1996, S. 104; Moon 2002, S. 381; Harries 2003, S. 1337), Ibsen fordert sogar bis zu 12 Stunden (Ibsen 2002, S. S406), bevor sie dann bei unauffälligem Röntgenthoraxbefund, normaler aBGA und entsprechend unauffälliger Klinik nach Hause entlassen werden können (van Berkel 1996, S. 105).

6.2.2 Neurointensivtherapie

Ziel der intensivmedizinischen Behandlung des Ertrunkenen ist es, durch eine stabile Herz-Kreislaufsituation und adäquate pulmonale Ventilation, eine ausreichende Oxygenierung sicherzustellen und so ein weiteres Fortschreiten cerebraler Schäden zu vermeiden.

Die beim Ertrinkungsunfall entstehende hypoxisch-ischämische Enzephalopathie führt zum Hirnödem. Empfehlungen hinsichtlich eines diesbezüglich adäquaten Neuromonitorings bleiben unbefriedigend. Die routinemäßige Messung des ICP wird mangels Erfolgen nicht mehr empfohlen (Ibsen 2002, S. S407; Wilken 1994, S. 696; Hasibeder 2003, S. 339; Gries 2001, S. 897). Das neurologische Outcome konnte hierdurch nicht vorausgesagt oder verbessert werden (Moon 2002, S. 382; Lavelle 1993, S. 372).

Das EEG-Monitoring eignet sich gut, um frühe zerebrale Schäden oder zerebrale Anfälle zu diagnostizieren (Bierens 2002, S. 581; Moon 2002, S. 383). Trotzdem ist der Einsatz von EEG-Ableitungen durch die Beeinflussbarkeit durch bestimmte Medikamente (z. B. Sedativa) limitiert (Bierens 2002, S. 581). Zerebrale Anfälle sollten umgehend durch den Einsatz von Antikonvulsiva durchbrochen werden (Bierens 2002, S. 581; Moon 2002, S. 382).

Evozierte Potentiale können im weiteren Neuromonitoring hilfreich sein (Gries 2001, S. 897), aber auch sie sind artefaktanfällig. Der Stellenwert der transkraniellen Dopplersonographie zur Messung des zerebralen Blutflusses ist noch nicht hinreichend bewiesen (Bierens 2002, S. 581).

Ein kraniales CT wird erst nach etwa 48-72 Stunden empfohlen, da es Zeit bedarf, bis entsprechende Veränderungen hier deutlich werden (Hasibeder 2003, S. 339). Eine weitere diagnostische Möglichkeiten stellt die Protonenmagnetresonanzspektroskopie dar, die es erlaubt, Hirnareale mit hypoxischen Schäden besser zu verifizieren (Bierens 2002, S. 581; Gries 2001, S. 897). Diese Methoden, ebenso wie die Bewertung der Jugularvenenoxygenation oder die nichtinvasive Messung der regionalen zerebralen Oxygenation durch Infrarot-Spektroskopie, könnten zukünftig an Stellenwert gewinnen (Bierens 2002, S. 581).

Conn schlug 1978 ein Konzept vor (H.Y.P.E.R.-Konzept - **H**yperhydratation, **H**yperventilation, **H**yperpyrexia, **H**yper-**e**xcitability, **H**yper-**r**igidity), welches gekennzeichnet durch Flüssigkeitsrestriktion, Hyperventilation, Hypothermie und Barbituratcoma, Glukokortikoidapplikation, Relaxation und Messung und Therapie des intrakraniellen Druckes neuroprotektiv wirken sollte (Conn 1978, S. 263). Es kann in seiner Gesamtheit aber nicht mehr empfohlen werden. Es brachte keine Verbesserung des neurologischen Outcomes (Salomez 2004, S. 264-265; Nussbaum 1988, S. 630; Hasibeder 2003, S. 339; Ibsen 2002, S. S407).

Dass eine induzierte milde Hypothermie die Mortalität nach Herz-Kreislaufstillständen senkt und das neurologische Outcome deutlich verbessert, wurde in Studien nachgewiesen (Holzer 2002, S. 549; Bernard 2002, S. 557; Smith 2002, S. 380). Die Neuroprotektion wird durch verschiedene Mechanismen erklärt. Die milde Hypothermie soll z. B. das Auftreten von Ionenkanalleckagen und spontanen Depolarisationen der Neurone

vermindern, die Freisetzung proinflammatorischer Mediatoren und exzitatorischer Neurotransmitter senken, eine Caspasenaktivierung hemmen und mitochondriale Dysfunktionen verhindern. Ferner wird einer erhöhten Gefäßpermeabilität und der Ausbildung von Hirnödemen entgegengewirkt (Brüx 2005, S. 228).

Am Weltkongress zum Ertrinken 2002 ging die Anwendung dieser milden induzierten Hypothermie in die Empfehlungen zum Therapiemanagement bei Ertrinkungsopfern ein (Van Dorp J., Knape J., Bierens J. (2002), [Stand 18.11.2006]). Dies bedeutet, bei komatösen, endotracheal intubierten und mechanisch ventilierten Patienten nach der Wiederherstellung der Herz-Kreislauffunktion, die Temperatur für 12 – 24 Stunden bei 32-24 °C zu halten (Moon 2002, S. 382-383). Eine Hyperthermie sollte hingegen unbedingt vermieden werden (Van Dorp J., Knape J., Bierens J. (2002), [Stand 18.11.2006]; Moon 2002, S. 383).

Pharmakologisch therapeutische Ansätze, welche den Verlauf hypoxisch-ischämischer Enzephalopathien günstig beeinflussen könnten (z. B. Antikonvulsiva, Antioxidantien, Calciumantagonisten, Magnesium) sind noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen (Bierens 2002, S. 581; Moon 2002, S. 382).

6.2.3 Weitere intensivmedizinische Empfehlungen

Ibsen hält bei Ertrinkungsopfern ein großzügiges invasives Monitoring für angebracht (Ibsen 2002, S. S407). Eine nicht selten bestehende ausgeprägte Hypovolämie sollte, bevorzugt mit Kristalloiden, umgehend ausgeglichen werden (Harries 2003, S. 1337; Ibsen 2002, S. S407). Eine intensive Insulintherapie ist unbedingt angebracht, um im normoglykämischen Bereich (80-110 mg/dl) zu sein, denn dies bessert nachgewiesenermaßen das Outcome erheblich (Salomez 2004, S. 265; Van den Berghe 2001, S. 1359; Moon 2002, S. 382). Septische Zustände bis hin zum Multiorganversagen kommen unter konsequenter Blutzuckereinstellung seltener vor, die Gesamtmortalität ist niedriger und auch die Beatmungszeiten auf den Intensivstationen ist kürzer (Van den Berghe 2001, S. 1359).

Sekundäre hypoxiebedingte Organfunktionsstörungen verschiedenen Schweregrades können den Verlauf der intensivmedizinischen Therapie komplizieren und im Multiorganversagen enden (Gries 2001, S. 897; Hasibeder 2003, S. 336; Quan 1999,

S. 257). Auch Koagulopathien und Rhabdomyolysen werden im Zusammenhang mit Ertrinkungsunfällen beschrieben und sollten möglichst frühzeitig therapeutische Konsequenzen induzieren (Lester 2002, S. 282; Hasibeder 2003, S. 337; Gries 2001, S. 897; Quan 1999, S. 257).

6.3 Hypothermiemanagement

Therapie eines Ertrinkungsopfers bedeutet sehr häufig gleichzeitig ein konsequentes Vorgehen gegen eine mit einhergehende Hypothermie. Für die Art der eingesetzten Wiedererwärmungstechniken ist neben dem Grad der Unterkühlung auch von Bedeutung, ob stark unterkühlte Opfer kardiovaskulär stabil sind, oder ob ein Herz-Kreislaufstillstand vorliegt. Gerade wenn ein Herz-Kreislaufstillstand infolge der Hypothermie und nicht aufgrund Hypoxie oder Azidose eintritt, sind die Erfolgsaussichten bei Umsetzung eines konsequenten Wiedererwärmungskonzeptes durchaus gut (Antretter, 1997, S. 375).

Es gibt drei Wiedererwärmungstechniken, die sich in der Intensität und im Grad der Invasivität unterscheiden (Gries 2001, S. 892-893; Elsässer 1999, S. 395-397):

1. Die passive externe Wiedererwärmung. Der Patient wird in Folien und Decken gehüllt und erwärmt sich durch die eigene produzierte Körperwärme. Die Erwärmung erfolgt bei dieser Technik relativ langsam (ca. 0,4 °C pro Stunde) und sollte daher als alleinige Maßnahme nur bei Unterkühlungen bis zu 30 °C durchgeführt werden.

2. Die aktive externe Wiedererwärmung. Hier wird Patienten mit schwerer Hypothermie durch den Einsatz von Wärmedecken oder Warmluftgebläsen von außen aktiv Wärme zugeführt. Ein stündlicher Temperaturanstieg von 0,5 – 1,0 °C wird hierdurch erreicht. Dieses Verfahren ist aber mit möglichen Komplikationen verbunden. Durch die anfangs bestehende periphere Vasokonstriktion kann es leichter zu Verbrennungen kommen. Bei einer Körperkerntemperatur von unter 32 °C kann schon eine Wärmeanwendung von 40 °C zu Hautverbrennungen führen (von Stockhausen 1997, S. 936). Kommt es mit zunehmender Erwärmung zur Dilatation der Gefäße, sinken der systemische Gefäßwiderstand und der arterielle Blutdruck ab. Kühles Schalenblut, das zum Körperzentrum transportiert wird, birgt die Gefahr des „Afterdrop“ mit bedrohlichen

Herzrhythmusstörungen in sich. Saure Stoffwechselprodukte, welche sich peripher angesammelt haben und jetzt ebenfalls eingeschwemmt werden, induzieren häufig zusätzliche Komplikationen, eine Laktatazidose wird verstärkt. Sich ergebende kardiale Arrhythmien oder eine jetzt demaskierte Hypovolämie können unter Umständen zu einem schweren Wiedererwärmungsschock führen.

3. Die aktive zentrale Wiedererwärmung. Sie ist die invasivste und effektivste Art der Wiedererwärmung bei extremer Hypothermie. Angewärmte Atemgase, Magen-, Pleura-, Blasenspülungen mit warmen Lösungen und/oder eine Peritonealdialyse können die Körpertemperatur um mehrere Grad Celsius pro Stunde erhöhen. Besonders gut, aber meist nur in Spezialzentren verfügbar, sind die Techniken der Hämodialyse bzw. Hämofiltration und des kardiopulmonalen Bypasses (Herz-Lungen-Maschine, extrakorporale Zirkulation). Letzteres stellt bei Opfern mit extremer Hypothermie und kardiovaskulärer Instabilität (Kammerflimmern oder Asystolie) den Goldstandard dar. Unter bestimmten Voraussetzungen können eventuell aber auch andere extrakorporale Systeme zum Einsatz kommen (z. B. continuous arteriovenous rewarming system, CAVS).

Bei hypothermen, aber kardiovaskulär stabilen Patienten können präklinisch passive und aktive externe Erwärmungsmethoden zur Anwendung kommen (aufgeheiztes Transportfahrzeug, metallbeschichtete Folien, warme Infusionslösungen, warme Atemluft, Warmluftgebläse) (Hasibeder 2003, S. 338; Antretter 1997, S. 375), bei stärkerer Hypothermie auch die aktive Aufwärmung mittels Hämodialyse oder Hämofiltration (Antretter 1997, S. 375). Bei Herzkreislaufstillstand muss hingegen der Einsatz der Herzlungenmaschine erwogen werden (Hasibeder 2003, S. 338; Antretter 1997 S. 375).

In der Literatur werden immer wieder Fälle beschrieben, in denen es bei vormals extrem hypothermen Beinaheertrunkenen trotz therapierefraktären Kammerflimmerns oder Asystolie durch den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine zur vollen Genesung gekommen ist (Antretter 1994, S. 837; Gilbert 2000, S. 375; Thalmann 2001, S. 607).

Antretter sieht allerdings die Chancen für hypotherme Opfer mit einem Kaliumwert ≥ 10 mmol/l, einem pH-Wert $< 6,5$ und einer Körpertemperatur von < 12 °C trotz einer Therapie mittels extrakorporaler Zirkulation als sehr ungünstig an (Antretter 1997, S. 376). Auch eine Studie an Lawinenopfern deutet darauf hin, dass hohe Kaliumwerte die

Erfolgsaussichten des Einsatzes einer Herz-Lungen-Maschine enorm mindert (Mair 1994, S. 51-52).

Gries empfiehlt Ertrinkungsopfer mit folgenden Voraussetzungen mittels Herzlungenmaschine zu erwärmen (Gries 2001, S. 895):

- schwere Hypothermie von $< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Hypothermie, welche durch sehr schnelle Abkühlung entstanden ist (Eiswasser), mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass das ZNS abgekühlt war, bevor der Herzkreislaufstillstand eingetreten ist,
- junge Patienten, die kardiovaskulär vormals gesund waren,
- ein geeignetes Zentrum mit Herz-Lungenmaschine schnell erreichbar ist.

Bei erfolgreich hergestellter Herz-Kreislaufaktivität, aber weiterhin komatösen Zustandes des Opfers, sollte die Körpertemperatur nicht auf normale Werte weiter erhöht werden (Bierens 2002, S. 582). Gemäß einer Studie profitieren Patienten nach Herzstillständen aus einer milden Hypothermie von $32 - 34\text{ }^{\circ}\text{C}$ über 12 bis 24 Stunden durch ein besseres neurologisches Outcome (Brüx 2005, S. 243; Holzer 2002, S. 553-554). Eine Hyperthermie sollte unbedingt vermieden werden (Bierens 2002, S. 582).

Obwohl mit der Herzlungenmaschine die Körpertemperatur pro Stunde um bis zu $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhöht werden kann (Hasibeder 2003, S. 338), sollte die Aufwärmung langsam durchgeführt werden, $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Std.}$ gilt als sinnvoll (Wilken 1994, S. 696). Falls bei einer bestehenden Hypothermie die Wiedererwärmung zu aggressiv stattfindet, können bei erhöhtem zerebralen Blutfluss und Metabolismus z. B. durch die Schädigung von Zellorganellen ausgeprägte Reperfusionsschäden resultieren (Wilken 1994, S. 696).

Die Therapie mittels extrakorporalem Kreislauf kann eingestellt werden, wenn trotz einer erreichten Körperkerntemperatur von mind. $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ keine dauerhafte spontane Herzaktion eintritt (Hasibeder 2003, S. 338; Bierens 2002, S. 582).

Da hypotherme Patienten meist ein Flüssigkeitsdefizit aufweisen, ist auf einen ausgeglichenen Flüssigkeitshaushalt zu achten (Bierens 2002, S. 582). Um ausgeprägte hypoglykämische Zustände während der Wiedererwärmung zu umgehen, wird davon abgeraten, Patienten mit einer Hypothermie unter $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ Insulin zu verabreichen (Gries 2001, S. 891).

7 Präventionsmaßnahmen

Die Diskussion des Themas Ertrinken ist unvollständig, wenn die Prävention außer Acht gelassen wird. Präventionsmaßnahmen sollten den altersabhängigen unterschiedlichen Risikoprofilen angepasst werden.

7.1 *Beaufsichtigung*

Die Vernachlässigung der Aufsichtspflicht ist v. a. im Kleinkindesalter eine Hauptursache von Ertrinkungsunfällen (Brenner 2003, S. 441). Kinder sollten sich nie alleine und unbeobachtet in der Nähe von Wasser aufhalten und auch Spielsachen dürfen nicht in der Umgebung von Gefahrenquellen deponiert werden. Viele der Unfälle würden sich durch ein geeignetes Maß an Präventionsmaßnahmen und Beaufsichtigung durch Eltern, Erwachsene, Bademeister oder Rettungsschwimmer vermeiden lassen (Tan 2004, S. 326-327). Gemäß einer Studie von Rimsza, in der er 4.806 Todesfälle von Kindern unter 18 Jahren zwischen 1995 und 1999 analysierte, hätten 90 % der Ertrinkungsunfälle durch adäquate Aufsicht und Poolumzäunung vermieden werden können (Rimsza 2002, S. 110). Auch Toiletten, Eimer oder Wasserpfützen stellen potentielle Gefahrenquellen dar (Salomez 2004, S. 265). Entgegen der Meinung vieler Leute geschieht Ertrinken oft lautlos und unbemerkt (Quan 1999, S. 256). Daher ist es nicht ausreichend, bei offener Badezimmertür die Kinder alleine in der Badewanne sitzen zu lassen. Um diesen falschen Sicherheitsgedanken zu entkräften, wäre mehr öffentliche Aufklärung gefordert. Kindersitze in der Badewanne ersetzen keinesfalls eine Beaufsichtigung (Byard 2004, S. 305; Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention 2003, S. 437).

Bei großen Menschenansammlungen (Festen, Poolpartys, Geburtstagsfeiern u. Ä.), bei denen sich Gewässer in der Nähe befinden, ist besondere Vorsicht geboten. Da Eltern und Erwachsene hier oft abgelenkt sind, können sich die Kinder leicht unbemerkt in Gefahr begeben.

Die Eltern von stärker gefährdeten Kindern, welche an epileptischen Anfällen leiden, geistig oder körperlich behindert sind oder sonstige schwere Beeinträchtigungen aufweisen, sollten von Pädiatern expliziert auf die erhöhten Unfallgefahren hingewiesen werden. Wenn sich die Kinder in der Nähe von Gewässern aufhalten, dann nur in

Anwesenheit von Aufsichtspersonen, die auch über die potentiellen Anfallsgeschehen und Beeinträchtigungen der Kinder aufgeklärt sind und im Ernstfall auch in der Lage sind, entsprechend einzugreifen.

Epilepsien sollen das Ertrinkungsrisiko um das 10fache erhöhen (Diekema 1993, S. 614). Wenn man berücksichtigt, dass viele der durch epileptische Anfälle bedingten Ertrinkungsunfälle zu Hause in der Badewanne geschehen (Kemp 1993, S. 685, Diekema 1993, S. 612), sollte bei Babys und Kindern immer eine erwachsene Person anwesend sein. Auch ist es ratsam, Heranwachsenden mit entsprechenden Anfallsleiden oder Behinderungen zu empfehlen, mit zunehmendem Alter, die Dusche dem Bad vorzuziehen, jemandem im Haus Bescheid zu geben, wenn sie duschen oder baden und die Badezimmertür nicht zu verschließen (Kemp 1993, S. 685, Diekema 1993, S. 616).

Aufsichtspersonen müssen ihrerseits die Aufsicht auch erfüllen und Rettungsmaßnahmen ergreifen können. Älteren Kindern und auch Erwachsenen, die selbst an Krankheiten wie Epilepsie, Autismus, körperlichen Behinderungen u. Ä. leiden, sollte keine Aufsichtspflicht auferlegt werden (Salomez 2004, S. 266).

TÜV-geprüfte Schwimmflügel mit Sicherheitsventilen und mehreren getrennt voneinander aufblasbaren Kammern können als Schwimmhilfe empfohlen werden, während aufblasbare Tiere oder Schwimmreifen hingegen keine geeigneten Schwimmhilfen darstellen (Decker 2003, S. 36)!

7.2 Schwimmunterricht und Pädagogik

Bisher gibt es keine eindeutigen Empfehlungen, ab welchem Alter Kindern das Schwimmen beigebracht werden soll oder ob Schwimmunterricht bei kleinen Kindern Unfälle vermeiden könnte (Brenner 2003, S. 443).

Einige Autoren befürworten Schwimmunterricht für Kleinkinder schon ab 2 Jahren (Orlowski 2001, S. 644), zum Erlernen von einfachen Bewegungen im Wasser, zum Trainieren und Kontrollieren der Atmung im Wasser oder um einfache Sicherheitsregeln kennenzulernen (Gladish 2002, S. 168/169). Andere Autoren sind hingegen der Meinung, dass zu früher Schwimmunterricht das Ertrinkungsrisiko aufgrund eines unvorsichtigeren und risikoreicheren Umgangs sowohl der Kinder, als auch von Seiten der Eltern, erhöhen

könnte, und empfehlen Schwimmunterricht erst ab vier Jahren (Brenner, Saluja 2003, S. 211; Brenner 2003, S. 442; Salomez 2004, S. 266). Keinesfalls darf man die Schwimmfähigkeiten der Kinder dann aber überschätzen. Schwimmen im Schwimmbad bedeutet nicht unbedingt, dass die Kinder auch in natürlichen Gewässern sicher sind (Kemp 1992, S. 1145; Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention 2003, S. 438).

Im Kleinkindesalter können Malaktionen über die Sicherheit am Wasser, Aufklärungskampagnen oder das Erlernen einfacher Baderegeln Kindern die Gefahr des Wassers näher bringen. Schwimmunterricht als fester Bestandteil des Schulportes oder Wassersicherheitstraining kann die Ertrinkungsrate senken (Tan 2004, S. 327). Ebenso wäre es von großem Nutzen, wenn heranwachsende Jugendliche Reanimationsmaßnahmen sicher beherrschen würden (Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention 2003, S. 438).

Alkohol sollte bei allen wasserassoziierten Beschäftigungen verboten und gemieden werden. Jugendliche müssen unbedingt auf diese Tatsache hingewiesen werden.

7.3 Sicherung der Gewässer

Eine adäquate Sicherung privater Schwimmanlagen, z. B. durch Zäune um Swimmingpools, kann die Zahl der Ertrinkungsunfällen reduzieren (Tan 2004, S. 327). Architekten, Entwickler von Schwimmanlagen und jeder, der beabsichtigt, einen Teich anzulegen oder sich einen Swimmingpool anzuschaffen, sollte von vorne herein höchstmögliche Sicherheitsmaßnahmen einplanen (Tan 2004, S. 328). Von Seiten der Legislative könnten hier entsprechende Gesetze oder Verordnungen von Nutzen sein (Quan 1999, S. 258). Ebenso wird gefordert, dass alle Besitzer von Swimmingpools, Teichen oder Seen Reanimationsmaßnahmen beherrschen sollten (Salomez 2004, S. 266; Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention 2003, S. 438). Gemäß Orłowski und Szpilman sind 42 % der Poolbesitzer hierzu nicht in der Lage (Orłowski 2001, S. 644).

In offenen Gewässern sollte nur in Arealen gebadet werden, wo Bademeister oder Rettungsschwimmer anwesend sind (Salomez 2004, S. 266). Hinweisschilder,

Markierungen, Bojen und Pfosten sollten deutlich angebracht sein und so sichere Schwimmareale markieren (Tan 2004, S. 327).

8 Zusammenfassung

Ertrinken ist eine Hauptursache für Todesfälle im Kindes- und Jugendalter. Als gefährdetste Gruppe haben sich in dieser Arbeit Kleinkinder im Vorschulalter herausgestellt, die überwiegend im häuslichen Umfeld und der Nachbarschaft mangels unterschätztem Risiko und unzureichender Beaufsichtigung ertranken. Insgesamt stammen die Ertrinkungsopfer aus allen Altersklassen. Die Unfälle geschahen erwartungsgemäß häufiger in den warmen Monaten des Jahres. Der übermäßig hohe Anteil des männlichen Geschlechts an den Ertrinkungsopfern kann mitunter auf die höhere Risikobereitschaft der Jungen zurückgeführt werden. Überraschend war der überproportional hohe Anteil an Opfern ausländischer Herkunft.

Ereignen sich Ertrinkungsunfälle, so nehmen eine schnelle Bergung und die sofortige Zuführung von Basisreanimationsmaßnahmen Schlüsselrollen in der Rettung und dem späteren Outcome von Ertrinkungsopfern ein. Das häufige Vorkommen von Ertrinkungsunfällen und die oft unzureichenden Ersthelferkenntnissen erfordern es, Eltern von Kindern und Jugendlichen (z. B. im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen), genauso wie auch alle Personen, die im weiteren Sinne an der Beaufsichtigung von Kindern beteiligt sein können, wiederholt auf mögliche Gefahrenquellen und die Bedeutung von Ersthelferkenntnissen hinzuweisen. Poolbesitzer oder Eigentümer von Seen, Teichen oder anderweitig gefährlichen Gewässern müssen sich ihrer Verantwortung bewusst sein.

Gerade bei schweren Ertrinkungsunglücken sind ungewisse Prognosen für alle Beteiligten sehr belastend. Diverse Vorhersage-Scores versuchen eine Stütze zu geben, liefern im statistischen Test auch gute Ergebnisse, eine 100-prozentig sichere Aussage bezüglich des Outcomes, welche den Ärzten und Eltern die Verantwortung abnehmen könnte, können auch die scheinbar besten Scores nicht geben. Diese Tatsache und auch die Ausnahmefälle von Ertrinkungsopfern, die trotz aussichtsloser Prognose eine restitutio ad integrum erreichen konnten, scheinen eine radikale Therapie zu rechtfertigen.

Allerdings wird die Zahl der Überlebenden mit schweren neurologischen Ausfällen unter Ausreizung maximaler therapeutischer Optionen nicht unbedingt gemindert. Dies bedeutet für den Patienten und die Angehörigen oft eine immense Belastung. Auch die finanziellen Folgen, die sich für die Eltern und die Gesellschaft ergeben, sind verheerend. Bleibt zu hoffen, dass Fortschritte im Neuromonitoring und Erfolg versprechende neuroprotektive

Ansätze bald die bisherige Intensivtherapie der Ertrinkungsopfer verbessern können. Bis auf weiteres gilt es immer wieder individuell abzuwägen, ob man auch scheinbar aussichtslosen Ertrinkungsopfern eine Chance gibt oder ob man durch Therapiebeendigung der aus menschlicher und volkswirtschaftlicher Sicht sehr großen Belastung von immer mehr Fällen mit schwersten Behinderungen entgeht.

Vielleicht etwas überraschend, aber sehr erfreulich war in dieser Arbeit die Beobachtung, dass die Familien ein großes Engagement zeigten und versuchten, mitunter auch schwerst behinderte Kinder bei sich zu Hause wieder aufzunehmen. Weitreichende Aussagen zum Langzeitoutcome von Ertrinkungsopfern, zur Lebensqualität der betroffenen Familien und auch den ökonomischen Auswirkungen könnten durch entsprechende Langzeitstudien erhoben werden und vielleicht zur Entscheidungsfindung beitragen.

Im Zusammenhang mit Ertrinkungsunfällen erscheint es als sehr wichtig, dass die Eltern von Anfang an in Informations- und Entscheidungsprozesse miteinbezogen werden. Eine Begleitung der Eltern und Angehörigen durch die behandelnden Ärzte und das Pflegepersonal und auch eine Involvierung eines Psychologen und des Sozialdienstes scheinen extrem wichtig.

Ertrinken ist eine Hauptursache für Todesfälle im Kindes- und Jugendalter. Dass die Bedeutung dieses Themas auf internationaler Ebene und von großen Organisationen erkannt wurde, zeigt mitunter die Veranstaltung eines Weltkongresses zum Thema Ertrinken. Dass die Brisanz aber auch die Basis erreichen muss, dort, wo die Unfälle passieren, steht ohne Zweifel. Denn die beste Prävention bleibt die Vermeidung von Ertrinkungsunfällen.

Literaturverzeichnis

Althaus, U., Aeberhard, P., Schüpbach, P., Nachbur, B.H., Mühlemann, W. Management of profound accidental hypothermia with cardiorespiratory arrest. *Ann. Surg.* 195 (1982) 492-495

Alpert, B. Bathtub drowning: unintentional, neglect or abuse. *Med. Health.* 86 (2003) 385-386

Antretter, H., Müller, L.C., Cottogni, M., Dapunt, O.E. Erfolgreiche Reanimation bei ausgeprägter Hypothermie nach Beinahe-Ertrinken. *Dtsch. Med. Wschr.* 119 (1994) 837-840

Antretter, H., Dapunt, O.E. Therapie der akzidentellen Hypothermie. *Dtsch. med. Wschr.* 122 (1997) 373-377

Aring, C. Beinahe-Ertrinken. *Notfall Rettungsmed.* 2 (1999) 164-166

Arts, W., van Dongen, H.R., van Hof-van Duin, J., Lammens, E. Unexpected improvement after prolonged posttraumatic vegetative state. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 48 (1985) 1300-1303

Bein, T., Sabel, K., Scherer, A., Papp-Jambor, C., Hekler, M., Dubb, R., Schlitt, H.J., Taeger K. Vergleich von inkompletter (135 °) und kompletter Bauchlage (180 °) beim schweren akuten Lungenversagen. *Anaesthesist.* 53 (2004) 1054-1060

Bernard, S., Gray, T., Buist, M., Jones, B., Silvester, W., Gutteridge, G., Smith, K. Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N. Engl. J. Med.* 346 (2002) 557-563

Beushausen, Th. Ertrinkungsunfälle. In: „Das Kinder Notfall Intensiv Buch“, Kretz, F.J., Beushausen, Th. (Hrsg.), Urban & Schwarzenberg, München, 1997, 1. Auflage, 469-477

Bierens, J., Knappe, J., Gelissen, H. Drowning. *Curr. Opin. Crit. Care.* 8 (2002) 578-586

Bolte, R.G., Black, P.G., Bowers, R.S., Thorne, J.K., Corneli, H.M. The use of extracorporeal rewarming a child submerged for 66 Minutes. *JAMA.* 260 (1988) 377-379

Bratton, S.L., Jardine, D.S., Morray, J.P. Serial neurologic examinations after near drowning and outcome. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 148 (1994) 167-170

Brenner, R.A., Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention. Prevention of drowning in infants, children, and adolescents. *Pediatrics.* 112 (2003) 440-445

- Brenner, R., Saluja, G., Smith, G.S. Swimming lessons, swimming ability, and the risk of drowning. *Inj. Control Saf. Promot.* 10 (2003) 211-216
- Brenner, R.A. Childhood drowning is a global concern. *BMJ.* 324 (2002) 1049-1050
- Brenner, R.A., Trumble, A.C., Smith, G.S., Kessler, E.P., Overpeck, M.D. Where children drown, United States 1995. *Pediatrics.* 108 (2001) 85-89
- Brüx, A., Girbes, A., Polderman, K. Kontrollierte milde und moderate Hypothermie. *Anaesthesist.* 54 (2005) 225-244
- Byard, R.W., Donald, T. Infant bath seats, drowning and near-drowning. *J. Paediatr. Child Health.* 40 (2004) 305-307
- Byard, R.W., de Koning, C., Blackbourne, B., Nadeau, J.M., Krous, H.F. Shared bathing and drowning in infants and young children. *J. Paediatr. Child Health.* 37 (2001) 542-544
- Causey, A.L., Tilelli, J.A., Wanson, M.E. Predicting discharge in uncomplicated near-drowning. *Am. J. Emerg. Med.* 18 (2000) 9-11
- Centers for Disease Control and Prevention (2004): Statistische Auswertung mit Hilfe einer Datenbank. Elektronisch veröffentlicht: URL: <http://www.cdc.gov/ncipc/wisqars>. [Stand: 04.05.2004]
- Childs, N.L., Mercer, W.N. Brief Report: Late improvement in consciousness after post-traumatic vegetative state. *N. Engl. J. Med.* 334 (1996) 24-25
- Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention. Prevention of drowning in infants, children, and adolescents. *Pediatrics.* 112 (2003) 437-439
- Conn, A.W., Miyasaka, K., Katayama, M., Fujita, M., Orima, H., Barker, G., Bohn, D. A canine study of cold water drowning in fresh versus salt water. *Crit. Care. Med.* 23 (1995) 2029-2037
- Conn, A.W., Montes, J.E., Barker, G.A., Edmonds, J.F. Cerebral salvage in near-drowning following neurological classification by triage. *Can. Anaesth. Soc. J.* 27 (1980) 201-210
- Conn, A., Edmonds, J., Barker, G. Near-drowning in cold fresh water: current treatment regimen. *Can. Anaesth. Soc. J.* 25 (1978) 259-265
- Crowe, S., Mannion, D., Healy, M., O'Hare, B., Lyons, B. Paediatric near-drowning: mortality and outcome in a temperate climate. *Ir. Med. J.* 96 (2003) 274-276

- Decker, K. Kinderschwimmhilfen. *Medizin heute*. 6 (2003) 36-37
- Diekema, D.S., Quan, L., Holt, V.L. Epilepsy as a risk factor for submersion injury in children. *Pediatrics*. 91 (1993) 612-616
- Durchholz, C. „Ertrinkungsunfälle im Kindesalter – eine retrospektive Erhebung“. Dissertation Technische Universität München, München 1999, S. 63-65
- Elsässer, A., Binnering, U., Saurbier, B., van de Loo, A. Akzidentelle Hypothermie. *Intensivmed*. 36 (1999) 393-398
- Diekema, D.S., Quan, L., Holt, V.L. Epilepsy as a risk factor for submersion injury in children. *Pediatrics*. 91 (1993) 612-616
- Faymonville, M.-E., Pantke, K.-H., Berré, J., Sadzot, B., Ferring, M., de Tiège, X., Mavroudakakis, N., van Bogaert, P., Lambermont, B., Damas, P., Franck, G., Lamy, M., Luxen, A., Moonen, G., Goldman, S., Maquet, P., Laureys, S. Zerebrale Funktionen bei hirngeschädigten Patienten. *Anaesthesist*. 12 (2004) 1195-1202
- Fretschner, R., Klöss, T., Borowczak, C., Berkel, H. Erstversorgung und Prognose nach Ertrinkungsunfällen. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther*. 28 (1993) 363-368
- Gehring, H., Döriges, V., Nielsen, H., Schwieder, G., Braun, J. Beinahe-Ertrinken – Diskrepanz zwischen Klinik und pathophysiologischen Veränderungen. *Notarzt*. 9 (1993) 110-115
- Giesbrecht, G.G. Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *AAviat. Space Environ. Med*. 71 (2000) 733-752
- Gilbert, M., Busund, R., Skagseth, A., Nilsen, P.A., Solbo, J.P. Resuscitation from accidental hypothermia of 13,7 °C with circulatory arrest. *Lancet*. 355 (2000) 375-376
- Gilchrist, J., Sacks, J.J., Branche, C.M. Self-reported swimming ability in US adults, 1994. *Public Health Rep*. 115 (2000) 110-111
- Gladish, K. Swimming programs for infants and toddlers. *Pediatrics*. 109 (2002) 168-169
- Gooden, B.A. Why some people do not drown. Hypothermia versus the diving response. *Med. J. Aust*. 157 (1992) 629-632
- Graf, W., Cummings, P., Quan, L., Brutocao, D. Predicting Outcome in Pediatric Submersion Victims. *Ann. Emerg. Med*. 26 (1995) 312-319

- Grenfell, R. Drowning management and prevention. *Aust. Fam. Physician.* 32 (2003) 990-993
- Gries, A. Notfallmanagement bei Beinahe-Ertrinken und akzidenteller Hypothermie. *Anaesthesist.* 50 (2001) 887-901
- Grubbauer, H.M., Skrabl-Baumgarnter, A., Rödl, S. Behandlung des kindlichen Ertrinkungsunfalles. *Pädiatr. Prax.* 64 (2003/2004) 237-247
- Harries, M. Near drowning. *BMJ.* 327 (2003) 1336-1338
- Harries, M.G. Drowning in man. *Crit. Care Med.* 9 (1981) 407-408
- Hasibeder, W., Friesenecker, B., Mayr, A. Beinaheertrinken: Epidemiologie – Pathophysiologie – Therapie. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 38 (2003) 333-340
- Heim, C., Schoettker, P., Spahn, D.R. Glasgow Coma Score für den Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma. *Anaesthesist.* 12 (2004) 1245-1255
- Holzer, M. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N. Engl. J. Med.* 346 (2002) 549-556
- Howland, J., Smith, G.S., Mangione, T., Hingson, R., DeJong, W., Bell, N. Missing the boat and drinking on boating. *JAMA.* 270 (1993) 91-92
- Hwang, V., Shofer, F. S., Durbin, D. R., Baren, J.M. Prevalence of traumatic injuries in drowning and near drowning in children and adolescents. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 157 (2003) 50-53
- Ibsen, L.M., Koch, T. Submersion and asphyxial injury. *Crit. Care. Med.* 30 (2002) S402-S408
- Idris, A.H., Berg, R.A., Bierens, J., Bossaert, L., Branche, C.M., Gabrielli, A., Graves, S.A., Handley, A.J., Hoelle, R., Morley, P.T., Papa, L., Pepe, P.E., Quan, L., Szpilman, D., Wigginton, J.G., Modell, J.H. Recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning: the “Utstein Style”. *Resuscitation.* 59 (2003) 45-57
- Kallas, H.J., O’Rourke, P.P. Drowning and immersion injuries in children. *Curr. Opin. Pediatr.* 5 (1993) 295-302
- Kemp, A.M., Sibert, J.R. Epilepsy in children and the risk of drowning. *Arch. Dis. Child.* 68 (1993) 684-685

- Kemp, A.M., Sibert, J.R. Drowning and near drowning in children in the United Kingdom: lessons for prevention. *BMJ.* 304 (1992) 1143-1146
- Kemp, A.M., Sibert, J.R. Outcome in children who nearly drown: a British Isles study. *BMJ.* 302 (1991) 931-933
- Kopp, R., Henzler, D., Dembinski, R., Kuhlen, R. Extrakorporale Membranoxygenierung beim akuten Lungenversagen. *Anaesthesist.* 53 (2004) 168-174
- Kyriacou, D.N., Arcinue, E.L., Peek, C., Kraus, J. F. Effect of immediate resuscitation on children with submersion injury. *Pediatrics.* 94 (1994) 137-142
- Lackner, C.K., Ruppert, M., Boscher, A., Kanz, K.G., Mutschler, W.E. Ertrinkungsunfälle und „Beinaheertrinken“. *MMW Fortschr. Med.* 38 (2002) 591-592
- Larsen, R. Hypothermie. In: „Anästhesie“, Larsen, R. (Hrsg.), Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1999, 6. Auflage, 1160-1161
- Lavelle, J.M., Shaw, K.N. Near drowning: is emergency department cardiopulmonary resuscitation or intensive care unit cerebral resuscitation indicated? *Crit. Care Med.* 21 (1993) 368-373
- Lavelle, J.M., Shaw, K.N., Seidl, T., Ludwig S. Ten-year reviews of pediatric bathtub near-drownings: evaluation of child abuse and neglect. *Ann. Emerg. Med.* 25 (1995) 344-348
- Lester, J. Rhabdomyolysis: a late complication of near-drowning. *J. Emerg Nurs.* 28 (2002) 280-283
- Levin, D.L., Morriss, F.C., Toro, L.O., Brink, L.W., Turner, G.R. Drowning and near-drowning. *Pediatr. Clin. North. Am.* 40 (1993) 321-336
- Levy, D., Mallonee, S., Miller, T.R., Smith, G.S., Spicer, R.S., Romano, E.O., Fisher, D.A. Alcohol involvement in burn, submersion, spinal cord, and brain injuries. *Med. Sci. Monit.* 10 (2004) CR17-24
- Liller, K.D., Kent, E.B., Arcari, C., McDermott, R.J. Risk factors for drowning and near-drowning among children in Hillsborough County, Florida. *Public Health Rep.* 108 (1993) 346-353
- Lindner, K.H., Ahnefeld, F.W. Präklinische Diagnostik und Erstversorgung nach Ertrinkungsunfall. *Notfallmed.* 13 (1987) 545-552
- Mair, P., Kornberger, E., Furtwaengler, W., Balogh, D., Antretter, H. Prognostic markers in patients with severe accidental hypothermia and cardiocirculatory arrest. *Resuscitation* 27 (1994) 47-54

- Michaud, L.J., Rivara, F.P., Longstreth, W.T. Jr., Grady, M.S. Elevated initial blood glucose levels and poor outcome following severe brain injuries in children. *J. Trauma.* 31 (1991) 1356-1362
- Modell, J.H., Davis, J.H. Electrolyte changes in human drowning victims. *Anesthesiology.* 30 (1969a) 414-420
- Modell, J.H., Weibley, T.C., Ruiz, B.C., Newby, E.J. Serum Electrolyte Concentrations after Fresh-water Aspiration: a comparison of species. *Anesthesiology.* 30 (1969b) 421-425
- Modell, J.H. Drowning. *N. Engl. J. Med.* 328 (1993) 253-256
- Modell, J.H., Bellefleur, M., Davis, J.H. Drowning without aspiration: is this an appropriate diagnosis? *J. forensic Sci.* 44 (1999) 1119-1123
- Moon, R.E., Long, R.J. Drowning and near-drowning. *Emerg. Med.* 14 (2002) 377-386
- Nussbaum, E., Maggi, J. C. Pentobarbital therapy does not improve neurologic outcome in nearly drowned, flaccid-comatose children. *Pediatrics.* 81 (1988) 630-634
- Onarheim, H., Vik, V. Porcine surfactant (Curosurf) for acute respiratory failure after near-drowning in 12 year old. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 48 (2004) 778-781
- Opdahl, H. Survival put to the acid test: extreme arterial blood acidosis (pH 6.33) after near drowning. *Crit. Care Med.* 25 (1997) 1431-1436
- Orlowski, J.P., Szpilman, D. Drowning – rescue, resuscitation, and reanimation. *Pediatr. Clin. North Am.* 48 (2001) 627-646
- Orlowski, J.P. Drowning, near-drowning, and ice-water submersions. *Pediatr. Clin. North Am.* 34 (1987) 75-92
- Orlowski, J.P. Prognostic factors in pediatric cases of drowning and near-drowning. *JACEP.* 8 (1979) 176-179
- Pearn, J. Pathophysiology of drowning. *Med. J. Aust.* 142 (1985) 586-588
- Peden, M.M., McGee, K. The epidemiology of drowning worldwide. *Inj. Control Saf. Promot.* 10 (2003) 195-199
- Perk, L., van de Burg, F.B., Berendsen, H.H., van't Wout, J.W. Full recovery after 45 min accidental submersion. *Intensive Care Med.* 28 (2002) 524

- Pfenniger, J. Neurological intensive care in children. *Intensive Care Med.* 19 (1993) 243-250
- Quan, L. Near-drowning. *Pediatr. Rev.* 20 (1999) 255-259
- Quan, L., Kinder, D. Pediatric Submersions: prehospital predictors of outcome. *Pediatrics.* 90 (1992) 909-913
- Reilly, P.L., Simpson, D.A., Sprod, R., Thomas, L. Assessing the conscious level in infants and young children: a paediatric version of the Glasgow Coma Scale. *Childs Nerv Syst.* 4 (1988) 30-33
- Rimsza, M.E., Schackner, R.A., Bowen, K.A., Marshall, W. Can child deaths be prevented? The arizona child fatality review program experience. *Pediatrics.* 110 (2002) e11
- Salomez, F., Vincent, J.-L. Drowning: a review of epidemiology, pathophysiology, treatment and prevention. *Resuscitation.* 63 (2004) 261-268
- Schwarz, B., Maier, P. Kardiopulmonale Reanimation bei akzidenteller Hypothermie: Gibt es neue Aspekte? *Intensivmed.* 39 (2002) 311-314
- Sefrin, P. Unfälle im Wasser. In: „Notfalltherapie, Erstversorgung im Rettungsdienst“, Sefrin, P. (Hrsg.), Urban und Schwarzenberg, München, 1999, 6. Aufl., 417-427
- Sieber, F.E., Traystman, R.J. Special issues: Glucose and the brain. *Crit. Care Med.* 20 (1992) 104-114
- Smith, T., Bleck, T. Hypothermia and neurologic outcome in patients following cardiac arrest: should we be hot to cool off our patients? *Crit. Care.* 6 (2002) 377-380
- Somers, G.R., Smith, C.R., Wilson, G.J., Zielenska, M., Tellier, R., Taylor, G. Association of drowning and myocarditis in a pediatric population. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 129 (2005) 205-209
- Spittler, J. F. Krankheitsbedingte Bewusstseinsstörungen. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* 67 (1999) 37-47
- Statistisches Bundesamt (Gruppe VIIIA1-Gesundheitswesen), Todesursachenstatistik. Anzahl der Gestorbenen absolut durch Unfall durch Ertrinken und Untergehen in Deutschland, Schriftliche Mitteilung vom 31.07.2003
- Statistisches Bundesamt Deutschland (2007): Gebiet und Bevölkerung – Ausländische Bevölkerung. Elektronische veröffentlicht: URL: http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrtab2.asp [Stand 16.04.2007]

- Staudinger, T., Bankier, A., Strohmaier, W., Weiss, K., Locker, G., Knapp, S., Röggl, M., Laczika, K., Frass, M. Exogenous surfactant therapy in a patient with adult respiratory distress syndrome after near drowning. *Resuscitation*. 35 (1997) 179-182
- Striebel, H.W. Messung des intrakraniellen Drucks. In: „Die Anästhesie – Grundlagen und Praxis“, Striebel, H.W. (Hrsg.), Schattauer, Stuttgart-New-York, 2003, 470
- Striebel, H.W. Evozierte Potenziale. In: „Die Anästhesie – Grundlagen und Praxis“, Striebel, H.W. (Hrsg.), Schattauer, Stuttgart-New-York, 2003, 473-476
- Striebel, H.W. Herz-Lungen-Maschine. In: „Die Anästhesie – Grundlagen und Praxis“, Striebel, H.W. (Hrsg.), Schattauer, Stuttgart-New-York, 2003, 1119-1125
- Suominen, P., Baillie, C., Korpela, R., Rautanen, S., Ranta, S., Olkkola, K.T. Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning. *Resuscitation*. 52 (2002) 247-254
- Suominen, P.K., Korpela, R.E., Silfast, G.O., Olkkola, K.T. Does water temperature affect outcome of nearly drowned children. *Resuscitation*. 35 (1997) 111-115
- Suzuki, H., Ohta, T., Iwata, K., Yamaguchi, K., Sato, T. Surfactant therapy for respiratory failure due to near-drowning. *Eur. J. Pediatr*. 155 (1996) 383-384
- Swann, H.G., Brucer, M., Moore, C., Veziens, B.L. Fresh water and sea water drowning: A study of the terminal cardiac and biochemical events. *Texas Rpts. Biol. Med.* 5 (1947) 423-437
- Swann, H.G., Spafford, N.R. Body salt and water changes during fresh and sea water drowning. *Texas Rpts. Biol. Med.* 9 (1951) 356-382
- Szpilman, D., Soares, M. In-water resuscitation – is it worthwhile? *Resuscitation*. 63 (2004) 25-31
- Tan, R.M.K. The epidemiology and prevention of drowning in Singapore. *Singapore Med. J.* 45 (2004) 324-329
- Thalmann, M., Trampitsch, E., Haberfellner, N., Eisendle, E., Kraschl, R., Kobin, G. Resuscitation in near drowning with extracorporeal membrane oxygenation. *Ann. Thorac. Surg.* 72 (2001) 607-608
- The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 8: Advanced Challenges in Resuscitation: Section 3: Special challenges in ECG. *Resuscitation*. 46 (2000) 267-271

- Thomas, L. Referenzwerte. In: „Labor und Diagnose, Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik“, Thomas, L. (Hrsg.), TH-Book Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt, 1998, 5. Auflage, S. 56-57, 134-135, 384-385, 614, 1687-1717
- Van Berkel, M., Bierens, J., Lie, R., De Rooy, T., Kool, L., Van de Velde, E., Meinders, A. Pulmonary oedema, pneumonia and mortality in submersion victims; a retrospective study in 125 patients. *Intensive Care Med.* 22 (1996) 101-107
- Van den Berghe, G., Wouters, P., Weekers, F., Verwaest, C., Bruyninckx, F., Schetz, M., Vlasselaers, D., Ferdinande, P., Lauwers, P., Bouillon, R. Intensive insulin therapy in critically ill patients. *N. Engl. J. Med.* 345 (2001) 1359-1367
- Van Dorp, J., Knape, J., Bierens, J. (2002): Final recommendations of the World Congress on Drowning Amsterdam 26-28 June 2002. Elektronisch veröffentlicht: URL: <http://www.drowning.nl/Recommendations> [Stand: 18.11.2006]
- von Stockhausen, H. B. Ertrinkungsunfall. In „Lust, Pfaundler: Pädiatrische Diagnostik und Therapie“, Bartels, H. (Hrsg.), Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1997, 29. Auflage, 936-938
- Walpoth, B.H., Walpoth-Aslan, B.N., Mattle, H.P., Radanov, B.P., Schroth, G., Schaeffler, L., Fischer, A.P., von Segesser, L., Althaus, U. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *N. Engl. J. Med.* 337 (1997) 1500-1505
- Watson, R.S., Cummings, P., Quan, L., Bratton, S., Weiss, N.S. Cervical spine injuries among submersion victims. *J. Trauma.* 51 (2001) 658-662
- Wilken, B., Kirschstein, M., Gortner, L. Ertrinkungsunfälle im Kindesalter. *Monatsschr. Kinderheilkd.* 142 (1994) 692-698
- Wyatt, J.P., Tomlinson, G.S., Busuttil, A. Resuscitation of drowning victims in south-east Scotland. *Resuscitation.* 41 (1999) 101-104
- Zuckerman, G.B., Conway, E.E. Drowning and near Drowning: a pediatric epidemic. *Pediatr. Ann.* 29 (2000) 360-366

Anhang

Anhang 1: Kinder mit schweren neurologischen Defiziten und ihren klinischen Veränderungen nach der Anschlussrehabilitation im Vergleich zum Entlassungszustand aus dem Primärkrankenhaus

	Kind 1	Kind 2	Kind 3	Kind 4
ALTER	1 Jahr 7 Monate	1 Jahr 5 Monate	1 Jahr 5 Monate	5 Jahre 5 Monate
AUFNAHMEZUSTAND BEI REHABILITATION	Vegetativer Status	Vegetativer Status	Vegetativer Status	Vegetativer Status
MOTORIK	weiterhin Tonuserhöhung aller Extremitäten, starke Dystonien; verbesserte Kopf- und Rumpfkontrolle	weiterhin einschießende Spasmen und opistotone Haltung, weiterhin keine Kopfkontrolle möglich und ausgeprägte Rumpfhypotonie; leichte Besserung der Spitzfußstellung	Spastizität und Dystonien durch installierte Baclofen-Pumpe verbessert; weiterhin Kopfkontrolle kaum möglich, zunehmende Rumpfhypotonie	Spastizität und Dystonien durch installierte Baclofen-Pumpe verbessert, keine opistotone Haltung mehr; willkürliche Bewegungen können noch nicht ausgeführt werden
Stehen	jetzt im Stehständer möglich	jetzt im Stehständer möglich	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich
Gehen	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich
Sitzen	jetzt im gehaltenen Sitz möglich (Sitzschale, Buggy)	weiterhin nur in gehaltenem Sitz möglich	jetzt in gehaltenem Sitz möglich	jetzt längere Zeit in gehaltenem Sitz möglich
ERNÄHRUNG	PEG weiterhin nötig; Schluckreaktion verbessert, Würgereaktion nicht verbessert	Entfernung der Nasensonde und Anlage einer PEG bei weiterhin unzureichendem Schluckakt	schluckt jetzt z. T. etwas passierte Kost, weiterhin aber über Nasensonde ernährt (PEG hat wg. implant. Baclofenpumpe keinen Platz)	schluckt weiterhin z. T. etwas passierte Kost, aber weiterhin auf PEG angewiesen,
ZEREBRALE ANFÄLLE	stabilisiert	zunehmend generalisierte Anfälle, schwer einstellbar		stabilisiert, bleibt nach Absetzen der Antikonvulsiva anfallsfrei
KARDIOPULMONALE SITUATION				Abnahme der schweren vegetativen Krisen

PULMONALE SITUATION		weiterhin rezidivierende Infekte, z. T. Sauerstoffbedarf nötig, rezidivierende Apnoephasen; insgesamt aber stabilisiert		
SEHEN	fixiert besser und verfolgt kurzzeitig	bezüglich der Wahrnehmung kaum Veränderungen, weiterhin kein Fixieren und Verfolgen	fixiert jetzt und verfolgt kurzzeitig	fixiert jetzt gut und verfolgt in alle Richtungen
HÖREN	reagiert jetzt auf akustische Reize mit Blickwendung	jetzt z. T. geringe Reaktion auf akustische Reize	reagiert jetzt auf akustische Reize mit Blickwendung	reagiert jetzt gut auf Ansprache
KOMMUNIKATION	ausgeglicenerer Gemütszustand, verbesserte Aufmerksamkeit, reagiert besser auf Ansprache, kann Emotionen ausdrücken; aber kein sicherer Blickkontakt	keine Veränderung (kein Blickkontakt, leicht positive Reaktion auf vertraute Personen, kann Unwohlsein z. T. ausdrücken)	reagiert jetzt manchmal auf bestimmte Situationen und taktile Reize; lautiert ungerichtet	kommuniziert jetzt über Laute und Mimik, im Ansatz Stimmproduktion, gutes Sprachverständnis, gutes Situationsverhalten
ENTLASSUNG	NACH HAUSE	NACH HAUSE	NACH HAUSE	NACH HAUSE

	Kind 5	Kind 6	Kind 7
ALTER	1 Jahr 11 Monate	6 Jahre 3 Monate	2 Jahre 2 Monate
AUFNAHMEZUSTAND REHABILITATION	Neurologisches Defizit mit dystoner Bewegungsstörung (auf Komaremissionsskala 16 von 24 Punkten)	Vegetativer Status	Vegetativer Status
MOTORIK	Muskeltonus deutlich gebessert, kaum noch Hyperkinäsien, Kopf- u. Rumpfkontrolle deutlich gebessert, greift jetzt gezielt, aber noch dysmetrisch, bevorzugt eine Körperhälfte	weiterhin schwere Tetraspastik, keine Kopf- und Rumpfkontrolle, insgesamt keine motorischen Fortschritte	Spastizität und Dystonien durch installierte Baclofen-Pumpe verbessert; keine opistotone Haltung mehr; weiterhin schlechte Kopf- und Rumpfkontrolle; Subluxation eines Hüftgelenkes
Stehen	in gehaltenem Stand möglich	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich
Gehen	jetzt geführtes Gehen möglich, ataktisches Gangbild	weiterhin nicht möglich	weiterhin nicht möglich
Sitzen	sitzt jetzt frei, aber leichte Fallneigung zur Seite	weiterhin nur in gehaltenem Sitz möglich	weiterhin nur in gehaltenem Sitz möglich
ERNÄHRUNG	weiterhin nasogastrale Sonde, aber zunehmend über orale Nahrungsaufnahme	weiterhin über PEG, schluckt z. T. etwas passierte Kost, häufiges Erbrechen	weiterhin nasogastrale Sonde, aber zunehmend über orale Nahrungsaufnahme
ZEREBRALE ANFÄLLE		stabilisiert unter antikonvulsiver Therapie	zunehmend generalisierte Anfälle, stabilisiert unter antikonvulsiver Therapie
KARDIOPULMONALE SITUATION			
PULMONALE SITUATION	wiederholt Infekte der oberen Atemwege		
SEHEN	weiterhin kein Hinweis auf Sehstörung	weiterhin fragliches Fixieren, verfolgt nicht	weiterhin fragliches Fixieren, verfolgt nicht
HÖREN	weiterhin kein Hinweis auf Hörstörung	weiterhin kein Hinwenden zur Geräuschquelle	jetzt z. T. geringe Reaktion auf akustische Reize
KOMMUNIKATION	gutes Situationsverständnis, gutes Sprachverständnis, aber noch keine verständliche Wortbildung	reagiert auf Eltern positiv, aber insgesamt kaum Besserung	kann jetzt Emotionen z. T. ausdrücken, Aufmerksamkeit verbessert, reagiert gut auf Eltern; aber insgesamt kaum Kommunikation möglich
ENTLASSUNG	NACH HAUSE	NACH HAUSE	NACH HAUSE

Anhang 2: Individuelle Daten der Kinder mit schweren neurologischen Defiziten

Kind 1 (Reanimation: 15 Minuten, GCS vor Ort: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 29,7 °C) konnte nach der Rehabilitation in Vogtareuth nach Hause entlassen werden, war allerdings in allen Bereichen des täglichen Lebens komplett auf Hilfe angewiesen.

Kind 2 (Reanimation: ca. 50 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 28,0 °C) konnte ebenfalls anschließend zu Hause betreut werden. 4,5 Jahre nach dem Unfall und nach mehreren Klinikaufenthalten wegen wiederholten Infekten der oberen und unteren Atemwege und rezidivierenden Status epilepticus befand sich das Kind immer noch im apallischen Syndrom mit hochpathologisch verändertem EEG.

Kind 3 (Reanimation: ca. 90 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 25,4 °C) wurde nach Entlassung zu Hause von den Eltern und Großeltern betreut.

Kind 4 (Reanimation: 30 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 35,1 °C) wurde nach der Rehabilitation in Vogtareuth nach Hause entlassen und konnte eine Förderschule besuchen. 1,5 Jahre nach dem Ertrinkungsunfall war das Kind wegen einer Baclofenintoxikation kurzzeitig stationär. Zu diesem Zeitpunkt konnte es „Ja“ sagen und verstand Aufforderungen. Allerdings litt es weiterhin an einer schweren spastischen Tetraparese und dystonen Bewegungsstörungen. Es musste noch immer über eine PEG ernährt werden.

Kind 5 (Reanimation: ca. 10 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 29,4 °C) konnte nach Entlassung nach Hause später einen integrativen Kindergarten bzw. eine Förderschule besuchen. 4 ¼ Jahre nach dem Unfall lag die kognitive Leistungsfähigkeit des Kindes im unteren Durchschnittsbereich, die Sprache war nicht altersentsprechend und verlangsamt und das Kind bevorzugte bei Aktivitäten eine Körperhälfte.

Kind 6 (Reanimation: 15 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 32,2 °C) konnte nach dem Rehabilitationsaufenthalt in Vogtareuth

ebenfalls nach Hause zurückkehren. 3 Jahre nach dem Unfall befand sich das Kind weiterhin im apallischen Syndrom. Der Muskeltonus hatte bis dahin etwas abgenommen. Visuell konnte kein Fixieren und Verfolgen festgestellt werden. Die Ernährung wurde durch eine PEG sichergestellt. Der Zustand des Kindes hatte sich stabilisiert und die Eltern kamen nach eigenen Angaben mit ihrem behinderten Kind zu Hause gut zurecht.

Kind 7 (Reanimation: 20 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 30,0 °C) wurde ebenfalls nach Hause entlassen und konnte später einen Kindergarten besuchen. Bei guter Remission aus dem apallischen Syndrom kam es bei diesem Kind zu ausgeprägten gastrointestinalen Problemen (Refluxösophagitis Grad III, chronische Gastritis, rezidivierende Hämatemesis, Ulcus ventriculi und akute Pankreatitis), die zu wiederholten Klinikaufenthalten führten (Anlage einer PEG-Sonde, Hiatoplastik, Fundoplicatio und Pyloroplastik).

Kind 8 (Reanimationsdauer fraglich, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 38,8 °C), welches zum Unfallzeitpunkt 2 Jahre und 6 Monate alt war, erlitt einen Ertrinkungsunfall in der Badewanne. Nach dem Unfall befand sich das Kind im apallischen Syndrom mit Hydrocephalus e vacuo, zentraler Amaurosis, starker Tetraspastik und cerebralen Krampfanfällen. Neben einer gestörten Regulation der Körpertemperatur war das Kind bei fehlendem Atemantrieb voll beatmungspflichtig. Nach langer Wartezeit konnte es schließlich nach fast 20 Monaten in ein Pflegezentrum mit Beatmungsplatz verlegt werden. Zu diesem Zeitpunkt zeigten sich trotz intensiver Rehabilitationsmaßnahmen im Primärkrankenhaus kaum Fortschritte.

Kind 9 (Reanimation: 20 Minuten, GCS vor Ort: 3, GCS bei Aufnahme: 3, Körpertemperatur bei Aufnahme: 32,3 °C), ein bereits vor dem Unfall psychomotorisch retardiertes Kind im Alter von 7 Jahren und 1 Monat wurde nach 10 Tagen im Primärkrankenhaus in eine Kinderklinik in einem anderen Bundesland verlegt, welche näher am Wohnort der Eltern lag. Leider konnte der weitere Verlauf nicht mehr verfolgt werden. Zum Verlegungszeitpunkt befand sich das Kind im apallischen Syndrom, fixierte nicht mit den Augen und zeigte keine Reaktion auf Ansprache oder Berührung. Ein persistierender Status epilepticus musste durch eine Narkose unterbrochen werden.

Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie Herrn Professor Dr. Dr. Bertram Pontz für das Überlassen dieser Arbeit und seine große Unterstützung, Motivation und Hilfsbereitschaft bei der Planung, Durchführung und dem Verfassen der vorliegenden Arbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bedanken bei den Klinikleitern der Kinderklinik München-Schwabing, des Städtischen Krankenhauses München-Harlaching, des Dr.-von-Haunerschen Kinderspitals in München und des Kinderkrankenhauses St. Marien in Landshut, durch deren Erlaubnis zur Akteneinsicht und Datensammlung diese Arbeit erst entstehen konnte. Ebenfalls gilt mein Dank allen Ärzten und Schwestern, die mich in den verschiedenen Kliniken unterstützt haben.

Ein besonderes Dankeschön geht an Herrn Dr. Holthausen und Herrn Dr. Kluger vom Behandlungszentrum Vogtareuth für die Unterstützung dieser Dissertation.

Schließlich danke ich auch meiner Familie und meinen Freunden, hier insbesondere Herrn Christian Wolf, die mich im Studium und bei dem Vorhaben dieser Untersuchung bestätigt und unterstützt haben.

Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die der Fakultät für Humanmedizin der Technischen Universität München zur Promotionsprüfung vorgelegte Arbeit mit dem Titel:

Ertrinkungsunfälle bei Kindern und Jugendlichen
in der Kinderklinik und Poliklinik der Technischen Universität München
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Klinikum Schwabing
der Klinikum München GmbH

unter der Anleitung und Betreuung durch Herrn Professor Dr. Dr. Bertram Pontz ohne sonstige Hilfe erstellt und bei der Abfassung nur die gemäß § 6 Abs. 5 angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe die Dissertation in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt.

Ich habe den angestrebten Doktorgrad noch nicht erworben und bin nicht in einem früheren Promotionsverfahren für den angestrebten Doktorgrad endgültig gescheitert.

Die Promotionsordnung der Technischen Universität München ist mir bekannt.

München, den 26.09.2007

(Renate Bichlmayer)