

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität zu Lübeck
ehem. Direktor Prof. Dr. med. M. Oehmichen

**Beinahe-Ertrinken:
Retrospektive Analyse von klinischen Labordaten in 34 Fällen.**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Universität zu Lübeck

- Aus der Medizinischen Fakultät -

Vorgelegt von

Renate Arends
aus Aurich

Lübeck 2005

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Manfred Oehmichen

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. Pierre Moubayed

Tag der mündlichen Prüfung:
25.06.2007

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den
25.06.2007

gez. Prof. Dr. med. Werner Solbach
Dekan der Medizinischen Fakultät

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ertrinken	1
1.1.1	Definition: Terminologie und Klassifikation	1
1.1.2	Typische Zeichen des akuten Ertrinkens	4
1.1.3	Epidemiologie.....	5
1.2	Aufgaben der Rechtsmedizin bei Ertrinkungstodesfällen	7
1.2.1	Die Feststellung der Todesart.....	7
1.2.2	Suizidales Ertrinken.....	7
1.2.3	Ertränken im Sinne eines Homicides.....	8
1.2.4	Unfalltod.....	8
1.2.5	Intoxikation /Alkohol	8
1.3	Fragestellung der Arbeit	9
1.3.1	Tierexperimentelle vs. Klinische Beobachtungen	9
1.3.2	Untersuchungsziel	11
2	Material und Methoden	12
2.1	Auswahl des Fallmaterials.....	12
2.2	Definition der erfassten Parameter	14
2.2.1	Dauer der Suspension:	14
2.2.2	Dokumentation der Wasserart:	14
2.2.3	Wassertemperatur:	15
2.2.4	Reanimation:.....	15
2.2.5	Todesursachen:	16
2.2.6	Klinisch-chemische Untersuchungen (Referenzwerte):	17
3	Ergebnisse	20
3.1	Einzelfallanalyse.....	20
3.1.1	Süßwasser – nicht überlebt.....	20
3.1.2	Süßwasser - überlebt.....	98
3.1.3	Salzwasser – nicht überlebt	121
3.1.4	Salzwasser - überlebt.....	137
3.2	Synopse der Analyse des Fallmaterials	153
3.2.1	Allgemeine Daten	153
3.2.2	Laborbefunde.....	156
4	Diskussion.....	162
4.1	Literaturübersicht.....	162
4.2	Vergleich der eigenen mit früheren Untersuchungen.....	166
4.3	Schlussfolgerung und kritische Einordnung.....	170
5	Zusammenfassung	172
6	Literaturverzeichnis	174
7	Danksagung.....	185
8	Lebenslauf	187

1 Einleitung

1.1 Ertrinken

In der Unfallstatistik der WHO steht die Todesursache Ertrinken mit weltweit ca. 140.000 Todesfällen pro Jahr (nach Verkehrsunfällen mit ca. 1,26 Millionen Todesfällen) an zweiter Stelle, wobei der überwiegende Teil Kinder unter 5 Jahren sind (Somers et al. 2005). Heute wird davon ausgegangen, dass durch Immersion die Atemfunktion durch eingeatmete Flüssigkeit eingeschränkt wird, wobei das zentrale pathophysiologische Geschehen durch Hirn-Hypoxie bestimmt wird (Salomez und Vincent 2004). In einem aktuellen Handbuchtitel des Faches Rechtsmedizin (Brinkmann 2004) wird jedoch unter Berufung auf eigene Experimente aus den 80er Jahren als wesentlicher zusätzlicher pathophysiologischer Vorgang die Elektrolytveränderung des Blutes angegeben, die u.a. todesursächlich sein soll. Dieser Frage soll unter Berücksichtigung klinischer Labordaten von Fällen eines Beinahe-Ertrinkens in einer retrospektiven Untersuchung nachgegangen werden.

1.1.1 Definition: Terminologie und Klassifikation

Der Begriff „**Ertrinken**“ bezieht sich auf die Vorstellung, dass Wasser in den Magen gerät, wobei der Nachweis von wässriger Flüssigkeit im Mageninhalt seit Jahrhunderten auch als ein diagnostisches Kriterium des Todes durch Ertrinken angesehen wird (siehe u.a. Siebenhaar 1838). Man hatte zunächst vermutet, dass durch das Schlucken von zuviel Wasser der Magen übermäßig gedehnt wird und dadurch der Tod eintritt. Erst im 17. Jahrhundert stellte der Anatom Sylvinus fest, dass beim Ertrinken Wasser auch in die Lunge gelangt, d.h. „eingeatmet“ wird. Im 18. Jahrhundert beschreibt der Pathologe Morgagni den Zusammenhang zwischen dem „Überschwemmen der Lunge durch Wasser“ und dem „Erstickungstod“. Heute geht man überwiegend davon aus, dass Ertrinken ein Erstickungstod bei oder unmittelbar nach Immersion in Flüssigkeiten darstellt (van Laak 1999), wobei am Ende ein tödlicher Sauerstoffmangel des Gehirns zum Tode führt. Es handelt sich somit um eine Sonderform des Erstickens.

Beim „typischen“ Ertrinken erfolgt ein Verlegen der Atemöffnungen durch ein flüssiges Medium. Dabei reicht es aus, dass die Atemöffnungen bedeckt sind und das Opfer sich

aus dieser Lage nicht selbst befreien kann bzw. nicht befreit wird. Als flüssige Medien gelten neben Süß- und Salzwasser auch jegliche anderen Flüssigkeiten, wozu u.a. Jauche, Schlamm, Mörtel, Fruchtwasser, Urin usw. gehören können.

Der Todeskampf bei Ertrinkung dauert etwa drei bis fünf Minuten. Am Anfang dominiert nach plötzlicher Immersion eine inspiratorische Apnoe mit nachfolgender zwanghafter Einatmung und Verschlucken von Flüssigkeit. Infolge des cerebralen Sauerstoffmangels tritt ein Bewusstseinsverlust auf, kombiniert mit dem sogenannten Excitationsstadium: Es treten Laryngospasmus, tonisch-klonische Krämpfe und Zwerchfellfaszifikationen auf. Es vermischt sich Bronchialsekret mit eingedrungener Flüssigkeit und bildet einen weißen Schaum. Am Ende steht eine terminale Atembewegung, durch die möglicherweise nochmals Wasser aspiriert wird. Ist nach Bergung des Ertrunkenen der Herz- und Atemstillstand durch Wiederbelebensmaßnahmen nicht rückgängig zu machen, handelt es sich um einen Tod durch akutes Ertrinken (Modell 1973, Harries 1981, Bennett und Elliott 1993, Schöchel et al. 1994). Dieser Vorgang wird u.a. mit dem Begriff „*nasses Ertrinken*“ gekennzeichnet, da Wasser aspiriert wurde.

Ein akutes, „atypisches“ Ertrinken wird bei 10-20% der Ertrinkenden beobachtet, u.a. durch den plötzlichen Kontakt von kaltem Wasser mit der Bronchialschleimhaut, kombiniert mit Blutdruckabfall, wobei es auf Grund eines Kontaktes von (kaltem) Wasser mit der Kehlkopfschleimhaut zum Laryngospasmus kommt. Der Laryngospasmus löst sich erst 2–3 Minuten infolge hypoxischer Einwirkung. Da innerhalb dieses Zeitintervalls keine Atmung – auch keine Einatmung von Wasser – erfolgt, bleibt die Lunge trocken. Durch Freisetzung von CO₂ kommt es zusätzlich zur Überdehnung und Einreißen der elastischen Fasern so wie von Septen, so dass ein Emphysema aquosum entsteht. Dieser Vorgang wird auch mit dem Begriff des „*trockenen Ertrinkens*“ bezeichnet (Bieri 1979, Copeland 1985).

Abzugrenzen ist eine andere Form der reflektorischen Kreislaufdepression, die von einem plötzlichen Herzstillstand über den Vagotonus durch Kontakt von kaltem Wasser mit der Gesichtshaut ausgelöst werden kann. Dieser Tod kann auch einen geübten Schwimmer betreffen, der plötzlich untergeht, ohne jegliche Versuche der Eigenrettung und ohne die oben aufgeführte Symptomatik. Bei der Leichenöffnung fehlen alle typischen Zeichen des Ertrinkens. Dieser Vorgang wird u.a. mit dem Begriff „*Immersionssyndrom*“ bezeichnet

(Bieri 1979, Lamphier 1979). Ein ähnliches Phänomen wird u.a. mit dem Begriff „*diving reflex*“ von Gooden (1972) beschrieben.

Ein besonderer Pathomechanismus ist bei Tauchversuchen von jugendlichen Ertrinkungsopfern zu beobachten. Um möglichst lange tauchen zu können, wird vor dem Tauchvorgang mehrere Minuten lang willkürlich hyperventiliert. Der arterielle CO₂-Partialdruck kann dadurch bis auf Werte unter 15 mmHg gesenkt werden. Die Hyperkapnie als Auslöser des Atemanreizes erfolgt durch den künstlich erniedrigten Ausgangswert verspätet: Beim Schwimmen unter Wasser wird Sauerstoff verbraucht und es entwickelt sich eine Hypoxämie. Diese kann zum Bewusstseinsverlust führen, bevor die durch die Hyperventilation verzögert eintretende Hyperkapnie den Inspirationsreflex auslöst und den Schwimmer zum Auftauchen zwingt (Aepli 1975). Madea (2003) verwendet hierfür den Begriff „*Schwimmbad-Blackout*“.

Wird ein Ertrinkungsvorgang überlebt, wird der Vorgang mit dem Begriff „**Beinahe-Ertrinken**“ gekennzeichnet (Layon und Modell 1992). Diesem Begriff entspricht in der anglo-amerikanischen Literatur der Terminus „*near-drowning-syndrome*“ (Schuhmann et al. 1976, Dick 1981, Modell 1981, Rice und MacKenzie 1989, Falk 2002). In der Regel ist der Zustand durch ein Koma und einen Atemstillstand gekennzeichnet. Patienten, die das Krankenhaus jedoch mit einer Asystolie erreichen, haben durchgehend eine infauste Prognose (Spack et al. 1997). Nach initialem Überleben beträgt die Letalität trotz intensivmedizinischer Maßnahmen bis 25%, wobei knapp 10% dieser Fälle durch neurologische Ausfälle langzeitgeschädigt sind (Weinstein 1996). Auch wenn der Atem- und Kreislaufstillstand umgehend rückgängig gemacht werden sollte, halten Noonan et al. (1996) eine stationäre Beobachtung, selbst beim klinisch unauffälligen Patienten, für mindestens 24 Stunden für erforderlich (s.a. Sachdeva 1999).

Weiterhin ist das *Immersionstrauma* abzugrenzen, das durch die akzidentelle Absenkung der Körpertemperatur (Hypothermie) unter 35°C beim –zumeist unfreiwilligen– Aufenthalt in kalter Flüssigkeit auftritt. Der Wärmeverlust in kalter Flüssigkeit erfolgt bis zu 30mal schneller als in der kalten Luft. Die mittlere Überlebenszeit in 10°C kaltem Wasser beträgt 120 min, in 5°C kaltem Wasser 60 min (van Laak 1999). Allerdings: Bei Immersion kann die Überlebenszeit hypoxiegefährdeter Organe durch Hypothermie verlängert sein, da der Sauerstoffverbrauch und –bedarf entsprechend reduziert wird.

Abzugrenzen vom „Ertrinkungstod“ ist schließlich der **Badetod**. Mit diesem Begriff wird ein Tod im Wasser bezeichnet, ohne den Vorgang einer Asphyxie. Es handelt sich in der Regel um einen „natürlichen Tod“, der sich zufällig im Wasser ereignet, wie zum Beispiel als Folge eines Herzinfarktes (Bernett und Haas 1984).

1.1.2 Typische Zeichen des akuten Ertrinkens

Durch die Pendelatmung während des Ertrinkens (s.o.) entsteht in den Luftwegen eine Mischung des flüssigen Mediums (Wasser) mit Luft und Schleim, wobei proteinreicher Schleim durch den Fremdkörperreiz vermehrt abgesondert wird. Nach Aussetzen des hydrostatischen Druckes bei der Bergung der Leiche aus dem Wasser tritt spontan ein zäher, feinblasiger, weißlicher Schaum aus den Atemwegen und quillt pilzartig aus den Mund- und Nasenöffnungen hervor. Nach der Bergung trocknet der charakteristische **Schaumpilz** verhältnismäßig rasch ab. In Einzelfällen finden sich zusätzlich eine Zyanose, eine leichte Dunsung des Gesichtes sowie einzelne petechiale Blutungen. Jedoch variiert der pathologische Befund von Fall zu Fall erheblich (Somers 2006b), so dass sich nur in 43% der Fälle das schaumige Lungensekret nachweisen lässt, allerdings in 80% ein erhöhtes Lungengewicht. Der Schaumpilz ist nicht spezifisch für Ertrinken; er findet sich in Einzelfällen auch beim Lungenödem anderer Ursache.

Weitere äußerlich erkennbare Zeichen, die für einen Ertrinkungstod sprechen, gibt es nicht: Waschhautbildung ist kein vitales Phänomen, sondern kann ebenso bei der Leiche entstehen, die in einem feuchten Milieu liegt; Verletzungen, d.h. Haut- und Gewebedurchtrennungen bzw. Schürfverletzungen, können u.a. durch Schiffsschrauben und/oder im Sinne von sog. Treibverletzungen im bewegten Wassern wie Flüssen als avitale Verletzungen beobachtet werden.

Öffnet man den Thorax bei der inneren Besichtigung der Leiche, so fallen in vielen Fällen überblähte Lungen auf, wobei sich beide Lungen vor dem Mittelfell berühren und den Herzbeutel überlappen, das sog. **Emphysema aquosum** (Fornes et al. 1998). Durch den sezernierten Schleim, der sich mit der Ertrinkungsflüssigkeit vermischt, entsteht offenbar eine Ventilstenose in den kleinen Bronchiolen und Bronchien. Ein „Ausatmen“ der inspirierten Luft ist – wie beim Laryngospasmus - nicht mehr vollständig möglich, so dass

eine Überblähung des Lungengewebes erfolgt. Diese geht u.a. mit einer Zerreißung der Alveolarsepten einher und führt zu einem Elastizitätsverlust. Das Zerreißen der Alveolarwände wird zusätzlich durch forcierte Atembewegungen induziert. Es tritt Blut aus den Kapillaren aus, das durch die intraalveoläre Flüssigkeit hämolysiert wird. Das freiwerdende Hämoglobin durchtränkt das Gewebe, insbesondere das Lungenfell, so dass unscharf begrenzte rote Flecken in der Pleura zu beobachten sind, die sog. **Paltaufsche Flecken**.

Infolge der Überblähung des Lungengewebes kommt es zur Kompression der Blutgefäße mit der Folge eines verminderten Querschnittes des Durchflusses. Dadurch bedingt ist eine akute Rechtsherzbelastung bzw. Rechtsherzinsuffizienz. Sekundär ist eine akute Blutstauung von Leber und Nieren zu beobachten. Die Milz ist auffälligerweise nicht gestaut, offenbar durch die Stress-assoziierte Adrenalinausschttung, wodurch die Milzgefe kontrahiert werden.

Wie bereits erwähnt, wird bei der Immersion zumeist gleichzeitig auch **Wassergeschluckt**. Im Magen ist oft vermehrt wässrige Flüssigkeit nachweisbar. Gleichzeitig lassen sich Folgen einer Zwerchfellkontraktion nachweisen, die zu **Einrissen in der Magenschleimhaut** führen können. Dieses Phänomen stellt ein weiteres diagnostisches Kriterium des Ertrinkungstodes dar.

Ob ein Opfer auch tatsächlich ertrunken ist oder tot ins Wasser verbracht wurde, kann u.a. der Konzentrationsunterschied von **Strontium** im Blut der rechten und linken Herzkammer klären (Azparren 1998). Der Goldstandard ist nach Piette (2005) der Nachweis von **Diatomeen** (Kieselalgen) im Blut in Kombination mit typischen Sektionsbefunden. De la Grandmaison (2006) hat den Konzentrationsunterschied von **Eisen** im Blut zwischen rechter und linker Herzkammer als guten biochemischen Marker für Süßwasserertrinken ermittelt.

1.1.3 Epidemiologie

Wenn man von 140.000 Todesfällen (s.o.) als Folge der Ertrinkung ausgeht, muss die Zahl der Ertrinkungsunfälle noch um ein vielfaches höher sein (Harries 1981). In der Bundesrepublik Deutschland werden allerdings Unfälle mit Ertrinken nur unzureichend

erfasst, wobei Beinahe-Ertrunkene schon gar nicht registriert werden. In England betreffen 42% der tödlichen Ertrinkungsunfälle ein Ertrinken von Kindern unter 16 Jahren (Langrehr et al. 1975). In Alabama/USA ist Ertrinken bei Kindern unter vier Jahren der dritthäufigste Unfalltod. In Australien wird für Süßwasserertrinkungsunfälle bei 1-15jährigen eine Inzidenz von 10 auf 100.000 angegeben (Pearn et al. 1976). Joseph und King (1998) beschreiben die Epidemiologie besonders im Hinblick auf die entstehenden Kosten für die Gesellschaft.

Eine australische Studie (Byard et al. 2001) befasst sich mit Ertrinkungsunfällen von Kleinkindern unter zwei Jahren, die zum Todeszeitpunkt mit einem Geschwisterchen in der Badewanne saßen: In verschiedenen Krankenhäusern und gerichtsmedizinischen Instituten wurden die Autopsiebefunde von 1963 bis 1999 verglichen. Bei einer Fallzahl von 17 Kindern bestand während unterschiedlich langer Zeit jeweils keine Aufsicht. Die Ertrunkenen waren im Durchschnitt 11,8 Monate alt, mit einer Knabenwendigkeit von 10:7. Die überlebenden Geschwisterchen sind im Schnitt 30,4 Monate alt. Ein Baden von Kleinkindern zusammen mit Geschwistern sollte daher nur unter konstanter Aufsicht erfolgen. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass ein erhöhtes Risiko für ein unbeaufsichtigtes Kind besteht, wenn ein älteres Kind mit in der Badewanne sitzt. Die Nutzung eines Badesitzes für Kleinkinder vermittelt zwar ein Gefühl der Sicherheit, ersetzt jedoch die Aufsicht nicht (Byard und Donald 2004, Sibert et al. 2005).

Kinder unter 10 Jahren sind auch in Deutschland zu 34,8% in tödliche Ertrinkungsunfälle involviert (Fretschner et al. 1993). Nach Stricker (1983) sind zwei Altersgipfel zu verzeichnen: Kinder unter 6 Jahren und (männliche) Jugendliche zwischen 15 und 20 Jahren. Die Häufung von Ertrinkungsunfällen bei Vorschulkindern und das Überwiegen des männlichen Geschlechts der älteren Kinder werden aktuell auch von Somers (2006a) in seiner demographischen Studie von 2005 bestätigt.

Eine mittlere jährliche Inzidenz für Ertrinkungsunfälle im Einzugsgebiet der Lübecker Kinderintensivstation beträgt 3,7 Fälle pro Jahr, mit einer Letalität von 23,9% (Wilken et al. 1994). Es handelt sich bei dieser Untersuchung um eine retrospektive Studie, welche die Jahre 1979 bis 1992 einschließt. Das mittlere Lebensalter beträgt 3,9 Jahre; es besteht bei einem Geschlechtsverhältnis von 1,5:1 eine Knabenwendigkeit.

Wasser übt besonders auf Kinder eine große Anziehungskraft aus. Sobald das Laufen möglich ist, ist auch die Gefahr eines Sturzes in Gartenteiche, Wasserbottiche oder Weiher groß. Die meisten Unfälle bei Kleinkindern ereignen sich im häuslichen Bereich. Der überwiegende Teil der Kinder (75-90%) war zum Zeitpunkt des Unfalls ohne Aufsicht (Kemp und Sibert 1992, Wilken et al. 1994). Vereinzelt werden auch Ertrinkungsfälle im Rahmen von Kindesmisshandlung werden beschrieben (Kemp et al. 1994).

Seitdem es im Bundesstaat Arizona gesetzlich vorgeschrieben ist, Swimmingpools zu umzäunen, ist es dort zu einem deutlichen Rückgang der Ertrinkungsunfälle von Kindern gekommen (Flood et al. 1990). Schon Orłowski war 1988 von 80% weniger Unfällen ausgegangen, wenn derartige Massnahmen zur Regel werden. In Deutschland sind es weniger die privaten Swimmingpools, als eher eine Vielzahl von Zierteichen und Fischeichen in den Gärten, die eine Gefahr für Kleinkinder darstellen. Es wird propagiert, durch eine gesetzliche Auflage zum Einzäunen solcher Gefahrenquellen einen Rückgang der Unfallzahlen zu erzielen.

1.2 Aufgaben der Rechtsmedizin bei Ertrinkungstodesfällen

1.2.1 Die Feststellung der Todesart

Wenn ein Tod im Wasser erfolgt wird häufig der Rechtsmediziner zur Todesermittlung hinzugezogen. Er hat einerseits die Todesart und andererseits die Todesursache zu ermitteln, wobei u.a. ein Fremdverschulden nachzuweisen bzw. auszuschließen ist. Der Auftrag wird vermittelt durch die Staatsanwaltschaften. Bei Haftungsansprüchen haben u.a. auch Versicherungsgesellschaften Interesse an der Aufklärung.

1.2.2 Suizidales Ertrinken

In der Fallstudie von Fieguth et al. (1997) wurden 513 Suizidfälle in einem Rechtsmedizinischen Institut retrospektiv untersucht. Mit 7,6% liegt Ertrinken an fünfter Stelle der Methoden zur Selbsttötung, nach Intoxikationen (28,1%), Erhängen (25,3%), Erschießen (17,2%) und dem Sprung in die Tiefe (9,7%). Am häufigsten wurde der Suizid in der Altersgruppe zwischen 18 und 30 Jahren beobachtet.

1.2.3 Ertränken im Sinne eines Homicides

Den Tod im Wasser durch Fremdverschulden nachzuweisen kann sich bei fehlenden eindeutigen Verletzungen bisweilen als sehr schwierig darstellen. Der Leichenbeschauer (praktische) Arzt vor Ort muss den Verdacht auf eine Fremdeinwirkung äußern, damit weitere Untersuchungen und Ermittlungen anlaufen können. Bei begründetem Verdacht muss der Beweis mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit erbracht werden, um einen Täter zur Verantwortung heranziehen zu können. Ertränken als Homicid ist allerdings selten.

1.2.4 Unfalltod

Als Unfall wird eine plötzliche, nicht beabsichtigte, schädigende Einwirkung äußerer Faktoren auf den menschlichen Körper bezeichnet. Unter diesen Begriff fallen Todesfälle, die im Straßenverkehr, bei der Arbeit, beim Sport oder in häuslicher Umgebung vorkommen. Von vornherein ist eine enge Zusammenarbeit des die Leichenschau durchführenden Arztes mit den Untersuchungsbehörden zwingend notwendig, um eine Zuordnung des Einzelfalls zu ermöglichen. Weiterreichende Untersuchungen technischer und kriminalistischer Art können unerlässlich sein.

1.2.5 Intoxikation /Alkohol

Die Fähigkeit zur Selbsthilfe ist bei dem Ertrinkungsopfer erheblich herabgesetzt, wenn der Unfall unter Alkoholeinfluss erfolgt. 30% der jugendlichen und erwachsenen Ertrinkenden in Deutschland sind alkoholisiert. In Südosteuropa sind es 5% und in Skandinavien dagegen sogar bis zu 80% (Jost 1981). Gerade bei Jugendlichen in der Adoleszenz spielt der Alkohol bei Ertrinkungsunfällen eine große Rolle. Auch hier besteht eine deutliche Knabenwendigkeit. Die Arbeit von Patetta und Biddinger (1988) in North Carolina geht von 53% positiven Alkoholtest bei den über 15jährigen aus. Ähnliche Ergebnisse werden durch Plueckhahn (1984) für den amerikanischen Distrikt Geelong veröffentlicht: In der Altersgruppe der 30-64jährigen beträgt hier der Prozentsatz der Alkoholisierten sogar 51%.

1.3 Fragestellung der Arbeit

1.3.1 Tierexperimentelle vs. Klinische Beobachtungen

Schon 1867 können Gwosdew und 1869 Falk (beide zit. bei Modell 1963) im Tierexperiment nachweisen, dass ein Teil der Ertrinkungsflüssigkeit in den Kreislauf gelangt. In Tierexperimenten und durch Untersuchungen an humanen Wasserleichen bestätigt Revenstorf 1902 diese Befunde.

Eine Vielzahl von Arbeiten beschäftigt sich seitdem mit der Frage, welche pathophysiologischen Vorgänge beim Ertrinkungsunfall tatsächlich ablaufen. Es gibt mittlerweile eine große Anzahl tierexperimenteller Studien, in denen Elektrolytverschiebungen, Veränderungen der Körperkerntemperatur, Entwicklung von Folgeerkrankungen, Auswirkungen der Anoxie auf die cerebrale Funktion, die Prognose und viele weitere Faktoren beurteilt werden. Als Versuchstiere werden vor allem Hunde, aber auch Schweine und Ratten verwendet. Im Experiment wird narkotisierten Tieren Wasser in die Trachea insuffliert.

Nach trachealer **Süßwasserapplikation** befindet sich Aspirationsflüssigkeit in den Alveolen, die im Vergleich zu dem zirkulierenden Blut stark hypoton ist. Es folgt der Einstrom von Ertrinkungsflüssigkeit in das Gefäßsystem. Nach Swann und Spafford (1991) ist bei einem 2 Minuten dauernden Aspirationsversuch das Blut schon zur Hälfte mit Ertrinkungsflüssigkeit verdünnt. Nach einer Latenzzeit bildet sich ein Lungenödem aus. Als Ursache hierfür wird von Aepli (1975) die Hypervolämie – die Überfüllung des Kreislaufes mit Wasser – genannt. Die Verdünnung des Blutes durch Wasser verursacht eine Hypoproteinämie und eine Abnahme der Plasmakonzentrationen von Natrium, Chlorid und Calcium. Außerdem fällt der Hämoglobin- und Hämatokritwert infolge einer Zell-Lyse deutlich ab, während die Serum-Kalium-Konzentration ansteigt.

Eine Folge des Wasserübertrittes ist u.a. die Hämolyse der Erythrozyten. Das freigesetzte Hämoglobin wird ab einer Konzentration von über 135 mg% über die Nieren ausgeschieden. Eine sekundäre tubuläre Nierenschädigung kann auftreten und zu Anurie und sekundärer Urämie führen. Durch Zytolyse kommt es sekundär zur Freisetzung von Kalium, so dass eine relative Hyperkaliämie resultiert (Conn et al. 1995). Diese kann schlussendlich zum akuten Herztod durch Kammerflimmern führen.

Beim experimentellen **Ertrinken im Salzwasser** tritt auf Grund des osmotischen Gradienten umgekehrt Flüssigkeit aus dem Gefäßsystem in die Alveolen ein. Dieser Vorgang führt obligat – ohne Verzögerung - zum Lungenödem. Die Behandlung ist schwierig, da sich Proteine in der Ödemflüssigkeit befinden und das Lungenparenchym mechanisch und biochemisch durch das hypertone Aspirat verändert ist. Das Salzwasser wäscht den Antiatelektasenfaktor Surfactant geringer aus bzw. deaktiviert ihn nicht, so dass es im Gegensatz zum Süßwasserertrinken hier zu keiner Atelektasenbildung kommt. Das Lungenödem hat jedoch auch die Nichtbelüftung der durchbluteten Alveolen und damit einen Rechts-Links-Shunt mit Hypoxie und Azidose zur Folge.

Es entsteht eine Hypovolämie durch die Transudation von Serum und Proteinen aus dem Blut in die Alveolen. Die Folge ist ein Syndrom mit Kreislaufkollaps, Schock und sekundärer Schädigung von Nieren und anderen Organen. Elektrolyte strömen entlang des osmotischen Gradienten in die Blutbahn. Die bestehende Hypovolämie führt zur Hämokonzentration mit einer relativen Zunahme des Hämatokrits, des Hämoglobins sowie der Proteine und der Elektrolyte. Die beschriebenen Veränderungen sind der Menge der aspirierten Flüssigkeit proportional und können sich nach der Bergung des Opfers wieder normalisieren. Eine intravasale Hämolyse tritt bei Salzwasserertrinken jedoch nicht auf und damit sind auch keine erhöhten Hämoglobin- und Kaliumwerte im Blutserum zu erwarten. Ein Kammerflimmern ist deshalb nicht zu beobachten. Hingegen sieht man thromboembolische Komplikationen auf Grund der hohen Blutviskosität.

Die **Übertragung** dieser tierexperimentellen Beobachtungen **auf den Menschen** wurde jedoch bereits von Modell und Davis (1969a) und Modell et al. (1976) bzw. Hasan et al. (1971) in Frage gestellt. Sie stellten fest, dass differente Beobachtungen sich auf die verschiedenen Versuchsanordnungen zurückführen lassen: Tierversuche, bei denen das Süßwasser direkt über den Endotrachealtubus in die Lungen gegeben wird, führen zu einer signifikanten Hämolyse, Hyperkaliämie und Hyponatriämie (Modell et al. 1966a, 1969b, 1972). Bei 10-15% aller Ertrinkungsunfälle des Menschen hat man jedoch bei der Obduktion kein Wasser in den Lungen nachweisen können. Spitz und Blanke (1961) nahmen an, dass durch den Reiz des Wassers am Kehlkopf ein Larynxkrampf (Laryngospasmus) ausgelöst wurde, der das Eindringen von Wasser in die Lungen verhinderte.

Ein weiterer wichtiger Punkt zur Erklärung ist die Feststellung von Modell (1971), dass in etwa 85% aller menschlichen Ertrinkungsunfälle nur 2-3 ml bzw. bis maximal 10 ml Flüssigkeit pro kg Körpergewicht aspiriert werden. Somit sind weder biochemische Veränderungen im venösen Blut messbar, noch lässt sich im Sektionssitus ein wesentliches Aspartat nachweisen.

1.3.2 Untersuchungsziel

Wenn also die pathophysiologischen Überlegungen der o.g. Autoren aus den Jahren 1969 bis 1976 richtig sind, erstaunt die Übertragung pathophysiologischer Befunde aus dem Tierversuch auf den menschlichen Ertrinkungsvorgang, wie er sich im neuerdings veröffentlichten Handbuch für Rechtsmedizin im Jahre 2004 entnehmen lässt. Um dieser Frage nachzugehen war es naheliegend, an Hand von klinischen Daten von Fällen, die beinahe ertrunken waren, zu überprüfen, ob sich Verhältnisse im einen oder anderen Sinne auch nur ansatzweise darstellen lassen. Gleichzeitig war beabsichtigt, das spezifische Fallmaterial unter dem Begriff „Beinahe-Ertrinken“ kasuistisch aufzuarbeiten und zu dokumentieren, um eine Übersicht unterschiedlicher Kriterien zu erhalten und zusammenzustellen.

Der Untersucherin war dabei bewusst, dass es sich um eine **retrospektive Untersuchung** handelt mit vielen ungeklärten Variablen. Sie konnte sich nur auf Befunde stützen, die in den Krankenunterlagen zur Verfügung standen. Da die Fälle ferner aus unterschiedlichen Kliniken (und damit auch unterschiedlichen Laboratorien) sowie von unterschiedlichen Zeitpunkten stammen, dürften zusätzliche Unschärfen zu erwarten sein. Nichts desto trotz ist davon auszugehen, dass trotzdem die erhobenen Daten die Frage des Einflusses einer Elektrolytentgleisung bei Ertrinkungsvorgängen zu beantworten vermögen.

2 Material und Methoden

2.1 Auswahl des Fallmaterials

Im Zeitraum von 1980 bis 1997 werden 34 überlebte Ertrinkungsfälle erfasst. In 10 Fällen wurde der Unfall langfristig überlebt, in 24 Fällen starben die Opfer kurzzeitig nach dem Unfall.

Der größte Anteil der Fälle stammt aus Schleswig Holstein: Im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, wurden diese im Institut für Rechtsmedizin und in der Klinik für Kinderheilkunde erfaßt. Lübeck selbst ist 15mal der Ort eines solchen Ertrinkungsunfalls; je zweimal Travemünde bzw. Reinbeck, und je einmal Neustadt, Süsel, Grömitz, Eutin, Scharbeutz und Ratzeburg. Aus Baden-Württemberg wurden sechs Fälle integriert: 3 Fälle aus Karlsruhe, 2 Fälle aus Mannheim und 1 Fall aus Heidelberg. Drei Fälle aus Niedersachsen verteilen sich auf Aurich und Oldenburg.

Es wurden Fälle in die Studie aufgenommen, in denen nach dem Ertrinkungsunfall entweder mit ($n = 31$) oder ohne ($n = 3$) kardio-pulmonaler Reanimation ein intakter Kreislauf bestand und in denen mindestens einmal Blut entnommen werden konnte. Folgende Auswahlkriterien wurden zu Grunde gelegt:

1. Immersion im Wasser (Süß- oder Salzwasser)
2. mit und ohne kardio-pulmonaler Reanimation
3. Stationäre Behandlung
4. Blutuntersuchungen

Aus den jeweiligen Krankenunterlagen werden die Umstände und Befunde der Patienten entnommen: Anamnese, der körperliche Untersuchungsbefund, Laborparameter, Befunde von Röntgen- und Computertomographien, Magnetresonanzuntersuchungen, neurologischen Konsilen. Außerdem wird regelmäßig der Verlauf der Behandlung beschrieben. Wenn der Patient jedoch sehr schnell verstorben ist bzw. auch sehr zügig entlassen werden konnte, liegt meist nur ein kurzer Abschlussbrief des behandelnden Arztes in Form einer **Epikrise** vor.

In den **Tagesverlaufskurven** sind Kreislaufparameter und die Körpertemperaturen graphisch dargestellt. Außerdem werden die Laborwerte und Blutgasanalysen jeweils dem Abnahmezeitpunkt zugeordnet. In ärztlichen oder pflegerischen Kommentaren werden Bemerkungen beispielsweise zum Zustand des Patienten, zu ggf. geführten Angehörigengesprächen, zum Ablauf einer Reanimation oder auch zu der präklinischen Anamnese registriert.

Meist beinhalten die Akten noch **zusätzliche Laborbefunde** im Sinne einer chronologischen, tabellarischen Auflistung der klinisch-chemischen Befunde.

Beim Ableben des Patienten ist der behandelnde Arzt verpflichtet, die ärztliche Leichenschau durchzuführen und den Tod in der sogenannten **Todesbescheinigung** zu dokumentieren. Liegt eine Kopie der Todesbescheinigung in der Patientenakte vor, so kann nur auf die klinischerseits „vermutete“ Todesursache geschlossen werden. In den meisten Fällen erfolgte jedoch eine **Obduktion**, die in einem ausführlichen Protokoll dokumentiert ist.

Fast immer ist bei Ertrinkungsunfällen, Suizid oder häuslichen Unfällen die **Polizei** vor Ort. Es werden in Ermittlungsprotokollen regelmäßig Aussagen dokumentiert. Durch Akteneinsicht lassen sich somit weitere Hinweise, vor allem auf die zeitlichen Zusammenhänge, gewinnen.

In nahezu allen Fällen standen sämtliche Unterlagen zur Verfügung. So können die Daten aus dem Arztbrief, der Krankenakte mit allen Untersuchungen und Verlaufsparemtern, sowie dem ausführlichen Sektionsbefund und eventuell noch weiteren Dokumenten wie Vernehmungsprotokollen der Polizei oder Unterlagen bei einem Hubschraubertransport entnommen werden.

In dem **ersten Teil der Ergebnisse** wird in Form von Kasuistiken jeweils eine kurze Zusammenfassung des Ablaufes der Geschehnisse gegeben. Diesem folgen jeweils zwei bzw. drei Seiten mit graphischer Darstellung von Kalium, Natrium, pH-Wert, Hämoglobin, mittlerem korpuskulärem Hämoglobin, mittlerem korpuskulärem Erythrozytenvolumen und Gesamtprotein in Abhängigkeit von dem Zeitintervall nach dem Ertrinkungsvorfall. In einer Tabelle pro Fall sind Alter, Geschlecht, Dauer der

Immersion, Wassertemperatur (warm/mittel/kalt), Salzgehalt des Wassers (süß/salzig/gemischt), kardio-pulmonale Reanimation, Dauer der Reanimation, Körpertemperatur, Überlebenszeit, Todesursache und Todesart – soweit bekannt - angegeben. In einer zweiten Tabelle sind für die angeführten Laborparameter die minimalen und maximalen Werte in vier Zeitintervallen nach der Immersion erfasst.

In dem **zweiten Teil der Ergebnisse** werden die Einzelbefunde synoptisch zusammengefasst, d.h. die Angaben zu Alter und Geschlecht der ertrunkenen Person, Wasserart, der Überlebenszeit sowie der Todesursache, wobei auch die Angaben zur Dauer der Immersionszeit, der Reanimation, der Beatmung und des Überlebens berücksichtigt wurden. Wesentlich waren die synoptische Darstellung der Laborbefunde und die Frage einer möglichen Korrelation.

2.2 Definition der erfassten Parameter

2.2.1 Dauer der Immersion:

In keinem der vorliegenden Fälle sind genaue Immersionszeiten bekannt; es handelt sich jeweils ausschließlich um Schätzwerte, zum Beispiel durch Zeugen des Unfallgeschehens. Oder es werden Schätzungen vorgenommen, wie lange ein Kind unbeobachtet in einer Badewanne gesessen hat oder beim Spielen verschwunden war, bis der Zeuge das Opfer ertrunken vorfindet. In der Regel handelt es sich um Zeitintervalle, in deren Rahmen die tatsächliche Immersionszeit „vermutet“ wird.

Eine zusätzliche Zeiterfassung wird durch die Angaben im Notarztprotokoll möglich: Wenn die Alarmierungszeit vermerkt ist, kann in Einzelfällen durch weitere Zeitangaben im Protokoll auch auf die Immersionszeit geschlossen werden.

2.2.2 Dokumentation der Wasserart:

Für die Fragestellung der Arbeit sollte die Wasserart u.a. von Bedeutung sein. Es sollen die Wirkung Süß- und Salzwasser erfasst werden: Der Salzgehalt im Badewannenwasser, in Zierteichen, Badeseen und Kanälen ist extrem niedrig, so dass diese Fälle „Süßwasser“

zugeordnet werden. Die Ertrinkungsunfälle in der Ostsee und im Hafenbecken Lübeck (Fall 34) werden zwar „Salzwasser“ zugeordnet; allerdings ist der Salzgehalt – im Vergleich mit der Nordsee – gering: maximal 0,9% gegenüber >3,0% in der Nordsee, so dass eigentlich von einem Mischwasser auszugehen ist. Nichts desto trotz wird im Folgenden das „Mischwasser“ mit „Salzwasser“ interpretiert. Es konnte kein Fall eines „Beinahe-Ertrinkens“ aus der Nordsee berücksichtigt werden.

2.2.3 Wassertemperatur:

Es liegen nur in zwei der 34 Fälle genaue Messwerte der Wassertemperatur vor. Bei den übrigen Fällen werden die äußeren Umstände geschätzt. Es muss ferner mit andersgearteten Temperaturen in unterschiedlichen Wassertiefen gerechnet werden, die jedoch nicht erfasst wurden. Daher werden im Folgenden nur annähernde Angaben möglich:

Die Wassertemperatur des in der häuslichen Badewanne ertrunkenen Kindes wird als „warm“ bezeichnet (Fall 20). Dagegen handelt es sich bei einem Suizid in der Trave im Februar um „sehr kaltes“ Wasser (Fall 4). Insgesamt werden vier Klassen gebildet, wobei die Temperatur zugeordnet wird: warm = $> 20^{\circ}\text{C}$, mittel = $15 - 20^{\circ}\text{C}$, kalt = $10 - 15^{\circ}\text{C}$ und sehr kalt = $< 10^{\circ}\text{C}$.

2.2.4 Reanimation:

Als Reanimation werden die notfallmäßigen Sofortmassnahmen nach Eintritt eines Herz-Kreislauf-Stillstandes oder Atemstillstandes mit Bewusstlosigkeit bezeichnet. Diese Maßnahmen müssen innerhalb der sogenannten Wiederbelebungszeit erfolgt sein, damit ein Überleben möglich wird.

Das kritische Organ ist das Gehirn mit einer Wiederbelebungszeit von ca. 5 bis 8 Minuten bei einer Körpertemperatur von 37°C . Bei 30°C Körpertemperatur steigt die Wiederbelebungszeit auf 8 bis 10 Minuten und bei 20°C kann sie bis zu 20 Minuten dauern (Aepli 1975). Beim Herzen beträgt die Wiederbelebungszeit bei 37°C 15-30 Minuten. Bei Kindern und Säuglingen wird von einer leicht verlängerten Wiederbelebungszeit ausgegangen.

In den hier beschriebenen 34 Fällen wurde unterschiedlich lange und mit unterschiedlicher Intensität reanimiert. In drei Fällen reichten einfache Maßnahmen aus, um bei dem primär bewusstlosen Patienten mit Atemstillstand wieder eine Spontanatmung mit regelmäßigen Herzaktionen und Bewußtseinsklarheit herzustellen: In Fall 6 ist der Patient primär bewusstlos, klart aber spontan auf. In Fall 21 drückt die Mutter initial auf den Brustkorb und klopft auf den Rücken des ertrunkenen Kindes, bis dieses etwas Schaum spuckt und schließlich ohne weitere Maßnahmen ansprechbar wird. In Fall 22 wurde das leblose Kind in eine stabile Seitenlage gebracht, so dass sich Wasser aus dem Mund entleert und es daraufhin wieder spontan atmete.

Bei den übrigen 31 Fällen mussten durch den anwesenden Notarzt oder Arzt vor Ort weitere Maßnahmen wie Intubation, Beatmung und Herzdruckmassage durchgeführt werden. Auch werden Notfallmedikamente wie Natriumbicarbonat, Katecholamine usw. vor Ort gegeben. In allen diesen Fällen erfolgte der Transport der Patienten, teilweise unter Reanimationsbedingungen, ins Krankenhaus.

Die Dauer der Reanimationsmaßnahmen ist ähnlich schwierig zu ermitteln, wie die der Immersion. Auch hier liegen in der Regel keine genauen Daten vor. Aus Angaben von Notarzt, Augenzeugen, Laienhelfern und Rettungspersonal werden Schätz- bzw. Näherungswerte ermittelt. In zwölf Fällen sind die Angaben zur Reanimationszeit jedoch zu ungenau oder sie fehlen vollständig, so dass in der vorliegenden Studie keine Daten aufgeführt werden konnten. Als Reanimationszeit ist dann „unbekannt“ vermerkt.

2.2.5 Todesursachen:

Zehn der 34 Fälle konnten am Ende das Krankenhaus lebend verlassen: zum Teil ohne wesentliche Dauerschädigung (*restitutio ad integrum*; $n = 5$), bzw. mit schwersten neurologischen Ausfällen ($n = 5$). Der Tod trat in den übrigen 24 Fällen nach unterschiedlich langer Dauer *post immersionem* ein. Obduktionsbefunde liegen in 17 Fällen vor. In diesen Fällen wurden nicht nur die äußere Inspektion, sondern auch die inneren Untersuchungsbefunde berücksichtigt.

Ein „**Herz-Kreislaufversagen**“ ist die am häufigsten genannte klinische Diagnose (Todesursache). Gemeint ist offenbar – und den hier gegebenen Voraussetzungen - ein primärer, irreversibler Herzstillstand als Folge eines Kammerflimmerns, deren Ursache jedoch das eigentliche Interesse gilt.

Ursächlich kann sein ein „Schock“, sekundäre Herzrhythmusstörungen, ein Reinfarkt als Folge der Immersion (Fall 28), ein Multiorganversagen und der „Hirntod“.

2.2.6 Klinisch-chemische Untersuchungen (Referenzwerte):

Kalium

Die Referenzwerte sind altersabhängig:

Neugeborene	3,6 – 6,0 mmol/l
Säuglinge	3,7 – 5,7 mmol/l
Kinder nach dem 12. Monat	3,2 – 5,4 mmol/l
Erwachsene (ab 16 Jahre)	3,5 – 5,0 mmol/l

Natrium

Die Konzentration von Natrium ist im extrazellulären Raum ca. 15mal höher als im intrazellulären Raum. Damit ist Natrium das Kation mit der höchsten Konzentration im Extrazellularraum und zusammen mit dem Kalium, das im Intrazellularraum in vergleichsweise hoher Konzentration vorliegt, der Hauptträger der Osmolalität im jeweiligen Flüssigkeitsraum.

Die Referenzwerte sind altersabhängig:

Kinder	130 – 145 mmol/l
Erwachsene (ab 16 Jahre)	135 – 144 mmol/l

Für die folgende Auswertung werden Referenzwerte zugrunde gelegt, die teilweise altersabhängig waren.

Der pH-Wert

Der Referenzbereich liegt zwischen 7,36 und 7,44. Der pH-Wert ist ein Messwert ohne eine SI-Einheit. Liegt der Wert unter 7,36, so spricht man von einer Azidose. Eine Alkalose wird durch einen Wert über 7,44 gekennzeichnet. Die Normwerte sind altersunabhängig.

Hämoglobin

Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, sind Angaben zum „gelösten“ Hämoglobin nicht möglich, da dieses nicht routinemäßig gemessen wird. Das Hämoglobin ist mit 90% des Trockengewichts der wichtigste Bestandteil der Erythrozyten und ist für den Sauerstofftransport zuständig.

Referenzbereiche sind alters- und geschlechtsabhängig:

Kinder	Neugeborene	17 – 27 g/dl (170 – 270 g/l)
	1. Monat	12 – 22 g/dl (120 – 220 g/l)
	6. Monat	10 – 15 g/dl (100 – 150 g/l)
	1. Jahr	9,5 – 14,5 g/dl (95 – 145 g/l)
	2. – 10. Jahr	10 – 16 g/dl (100 – 160 g/l)
Männer	10 – 20 Jahre	12 – 17 g/dl (120 – 170 g/l)
	20 – 40 Jahre	13 – 18 g/dl (130 – 180 g/l)
	> 40 Jahre	14 – 17 g/dl (140 – 170 g/l)
Frauen	10 – 20 Jahre	12 – 16 g/dl (120 – 160 g/l)
	20 – 40 Jahre	12 – 17,5 g/dl (120 – 175 g/l)
	> 40 Jahre	12,7 – 16 g/dl (127 – 160 g/l)

Mittleres korpuskuläres Hämoglobin (MCH)

Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin bezeichnet den Hämoglobingehalt des Einzelerythrozyten in picogramm. Der Wert wird berechnet aus dem Hämoglobin im Vollblut und der Erythrozytenzahl.

Die Berechnung des mittleren korpuskulären Hämoglobins erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{MCH} = \text{HbE} = \frac{\text{Hämoglobin im Vollblut (g/l)}}{\text{Erythrozytenzahl (} 10^{12}/\text{l)}} \quad (\text{pg})$$

Referenzbereich: 26 – 32 pg.

Mittleres korpuskuläres Erythrozytenvolumen (MCV)

Das mittlere korpuskuläre Erythrozytenvolumen berechnet sich aus der Erythrozytenzahl und dem Hämatokrit. Die Messgröße gibt Auskunft über intrazelluläre Flüssigkeitsänderungen. Die Berechnung erfolgt über folgende Formel:

$$\text{MCV} = \frac{\text{Hämatokrit (l/l)}}{\text{Erythrozytenzahl (} 10^{12}/\text{l)}} \quad (\mu\text{m}^3)$$

Referenzbereich: 80 – 94 μm^3

Gesamtprotein

Das Blutplasma (Plasma = Blut ohne korpuskuläre Bestandteile) bzw. das Serum (Serum = Plasma ohne Fibrinogen) enthält eine Vielzahl verschiedener Proteine, von denen etwa 100 biochemisch charakterisiert und etwa 50 in ihrer biologischen Funktion bekannt sind. Die Unterschiede in der Konzentration sind sehr groß und reichen von dem mengenmäßig am meisten vorkommenden Albumin mit 40 g/l bis zum IgE, das normalerweise in einer Konzentration von ca. 50 Mikrogramm/l nachweisbar ist. Die Summe aller Proteine, deren Hauptanteile Albumin und Globulin sind, wird als Gesamtproteine bezeichnet.

Referenzbereiche sind altersabhängig:

Säuglinge bis 12. Monat	4,80 – 7,60 g/dl
Kinder 1 – 16 Jahre	6,00 – 8,00 g/dl
Erwachsene	6,60 – 8,70 g/dl

3 Ergebnisse

3.1 Einzelfallanalyse

3.1.1 Süßwasser – nicht überlebt

Fall 1 (Lübeck – 133/80)

Ereignis:

Das dreijährige Mädchen wird im Mai gegen Mittag von Tauchern aus der Trave geborgen, nachdem es für 10 bis 15 Minuten unter der Wasseroberfläche gewesen sei. Nach ca. 20 Minuten Reanimation durch den Notarzt können im Krankenhaus erste Herzaktionen nachgewiesen werden und 25 Minuten nach der Aufnahme wird eine Schnappatmung beobachtet.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme ist das Mädchen auf 28,9°C unterkühlt und muß über 24 Stunden apparativ beatmet werden. Nach dem Erwärmungsbad kommt es zu einer Gegenregulation mit Entwicklung von Temperaturen bis zu 40°C. Die Thoraxübersichtsaufnahme zeigt keine wesentliche Aspiration und nach 48 Stunden kann extubiert werden.

Verlauf:

Unter der medikamentösen (prophylaktisch-antibiotischen) Behandlung kommt es zunächst zu einer Besserung und ausreichenden Spontanatmung. Im EEG bestehen Allgemeinveränderungen dritten Grades, die Pupillenreflexe sowie Reaktion auf Schmerzreize sind vorhanden, Muskeleigenreflexe sind schwach auslösbar, Spontanatmung besteht. Die Elektrolyte verschieben sich nicht wesentlich. Die Transaminasen und die Creatininkinase sind erhöht bei leichten Zeichen eines Innenschichtschadens im Elektrokardiogramm. Nach vier Tagen erlischt plötzlich die Schmerzreaktion und kurz darauf tritt ein Atemstillstand ein. Es wird reintubiert und beatmet, jedoch zeigen Kontrollen des Elektroenzephalogramms einen isoelektrischen Verlauf. In weiteren Untersuchungen wird der dissoziierte Hirntod nachgewiesen und bestätigt. Neun Tage nach dem Ertrinkungsunfall erliegt das Mädchen einem Herz-Kreislaufversagen.

Sektionsergebnisse: Intravitale Autolyse des Gehirns.

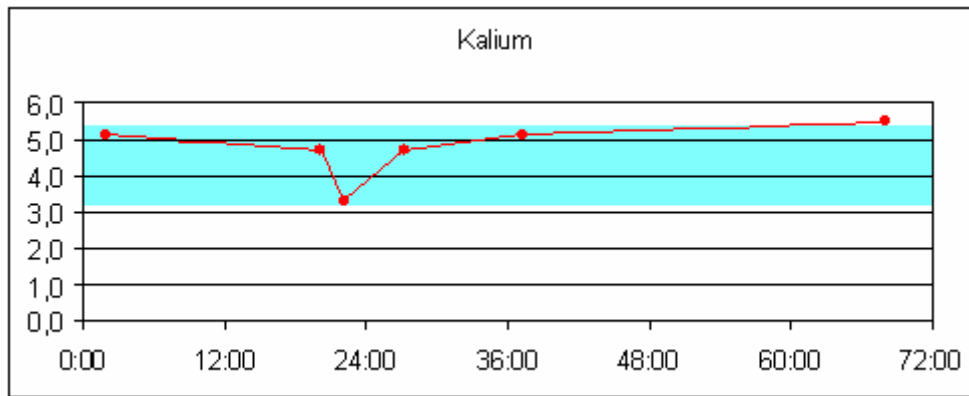


Abb. 1a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

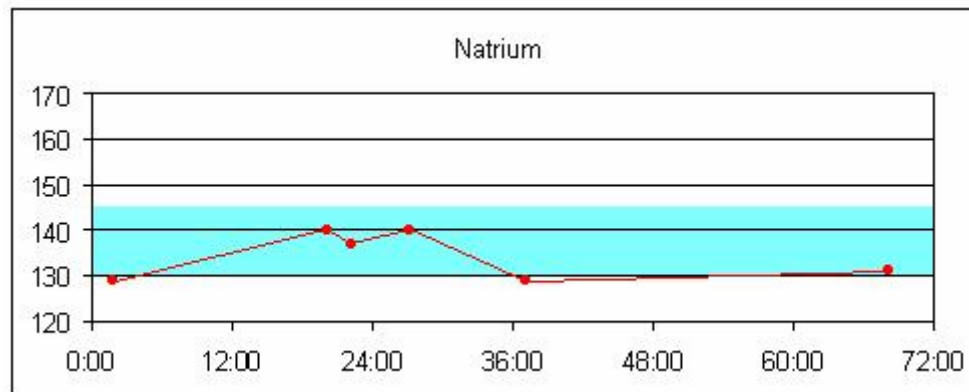


Abb. 1b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

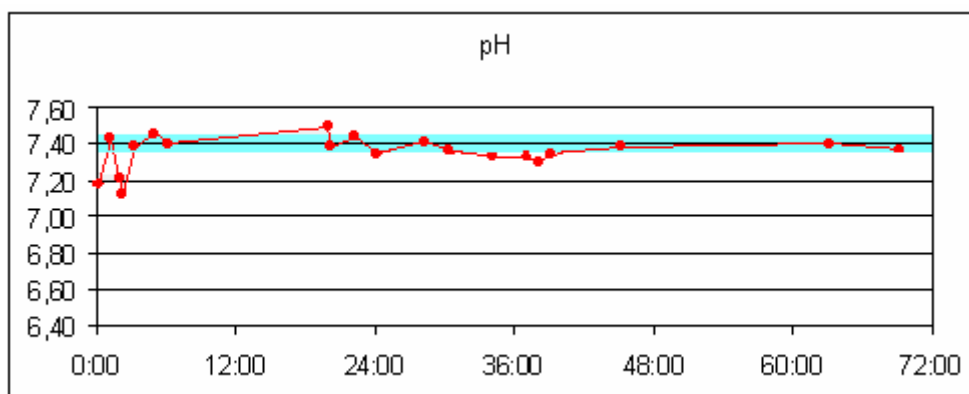


Abb. 1c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

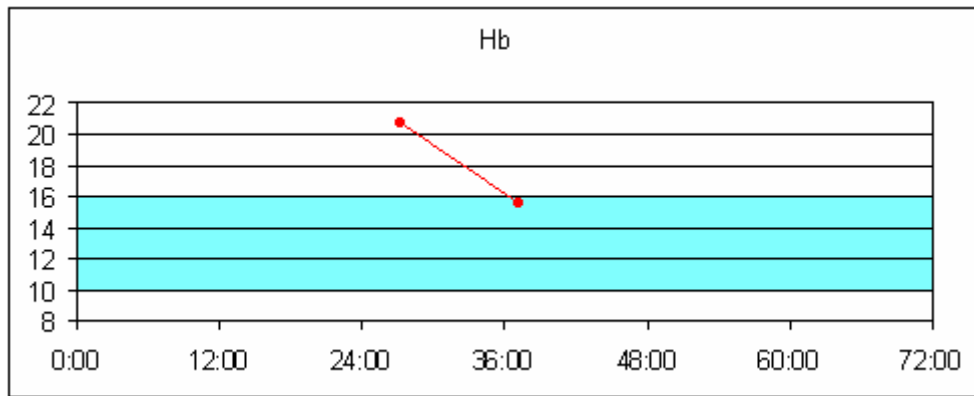


Abb. 1d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

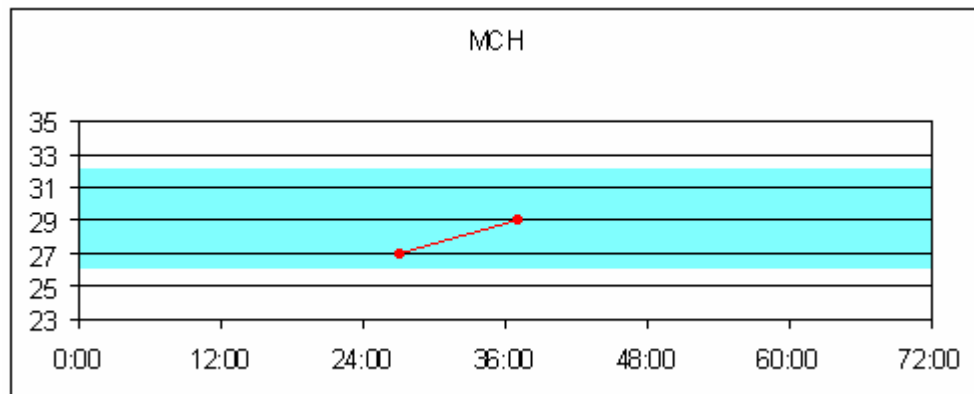


Abb. 1e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

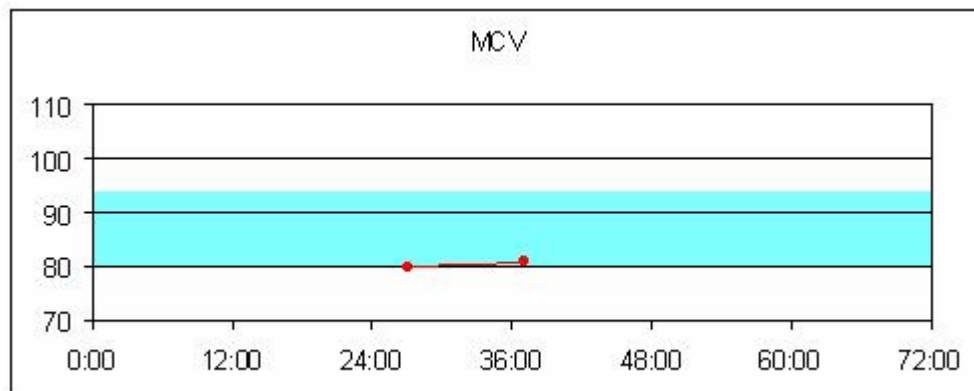


Abb. 1f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	1
Alter	3 Jahre, 5 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	10 bis 15 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	20min
Körpertemperatur	28,9°C (= Minimum nach 2 Stunden)
Überlebenszeit	9 Tage, 5 Stunden, 30 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	Unfall (Trave)

Tab. 1: Angaben zum Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 1.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	5,1	Keine Werte	3,3 - 5,1	5,5
Natrium mmol/l	130 - 145	129	Keine Werte	129 - 140	131
pH	7,36 – 7,44	7,13 - 7,46	7,4	7,30 - 7,50	7,37 - 7,4
Hb g/dl	10 - 16	Keine Werte	Keine Werte	15,5 – 20,7	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	Keine Werte	Keine Werte	27 - 29	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	80 - 81	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 2: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 1)

Fall 2 (Lübeck – 158/85)

Ereignis:

An einem August-Nachmittag schreit das sieben-jährige Mädchen beim Baden in einem Baggersee plötzlich auf und geht dann unter. Nach circa zehn Minuten kann es geborgen werden und wird sofort von einer anwesenden Ärztin reanimiert. Bei Ankunft des Notarztes ist das Kind tief bewusstlos bei Fehlen von Kreislauf und Atmung. Es bestehen eine ausgeprägte Zyanose und beiderseits weite, entrundete Pupillen bei fehlender Lichtreaktion. Ein Kammerflimmern kann durch Defibrillation in einen Sinusrhythmus konvertiert werden. Es erfolgt die Intubation und das Absaugen von massenhaft Mageninhalt aus der Lunge. Die Spontanatmung setzt ein, die Pupillen werden enger.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme auf der Intensivstation ist das Mädchen blass, zentralisiert, bei stabilen Kreislaufverhältnissen orotracheal intubiert. Über beiden Lungen werden massiv grobblasige Rasselgeräusche auskultiert. Mit 30,8°C besteht eine ausgeprägte Hypothermie.

Verlauf:

Der Zustand bessert sich zunächst nach Azidosepufferung. Eine halbe Stunde nach Aufnahme setzt eine Bradykardie ein, die in ein Kammerflimmern übergeht. Nach lang anhaltender Reanimation mit mehrfacher Defibrillation bei zunehmendem Lungenödem kommt es erst nach einer Stunde zu einem normofrequenten Kammerersatzrhythmus. In den folgenden drei Tagen stabilisiert sich der Zustand zunächst recht gut.

Nach der Extubation am 5. Tag entwickelt sich am 6. Tag eine Mittelhirnsymptomatik. Im cerebralen CT zeigt sich ein ausgeprägtes Ödem der basalen Hirnabschnitte. Trotz erneut maximaler Therapie kommt es in den folgenden Tagen zu Regulationsstörungen des Blutdruck und der Temperatur. Rezidivierende Bradykardien und Asystolien sind zuletzt nicht mehr zu beheben und das Kind verstirbt acht Tage nach dem Badeunfall.

Sektionsergebnisse:

Hypoxische-ischämische Schädigung von Hirn, Herzmuskel, Leber und Nieren, beginnende Aspirationspneumonie, hochgradiges Lungenödem, Pleuraerguss, Beatmungslungen, nekrotisierende Tracheobronchitis.

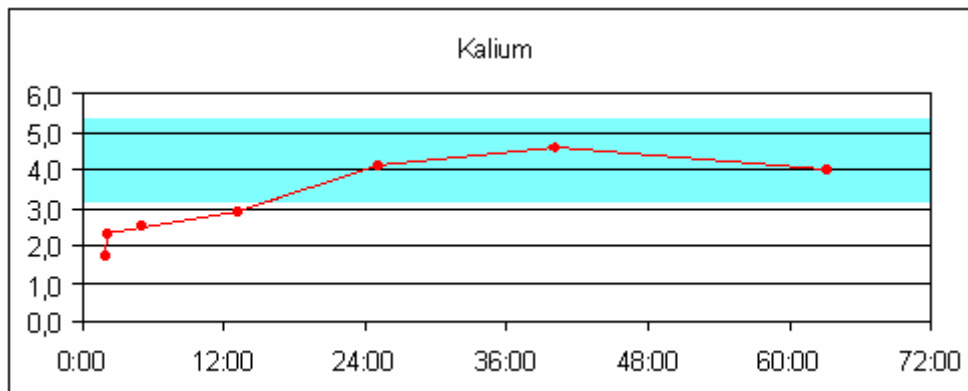


Abb. 2a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

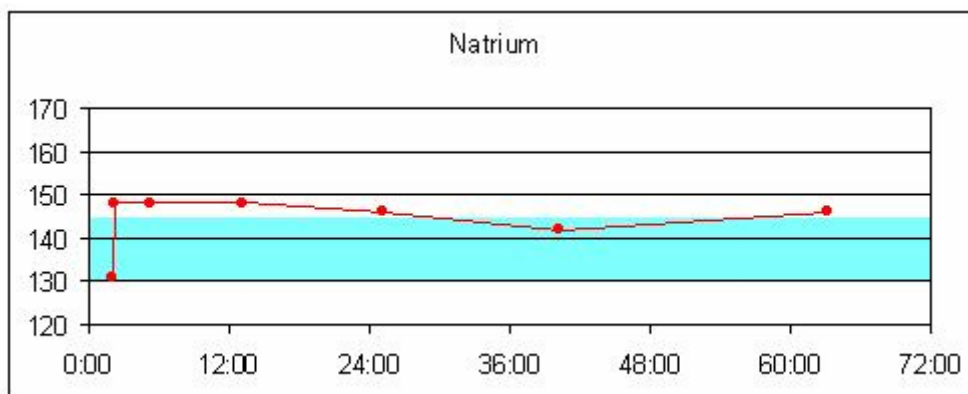


Abb. 2b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

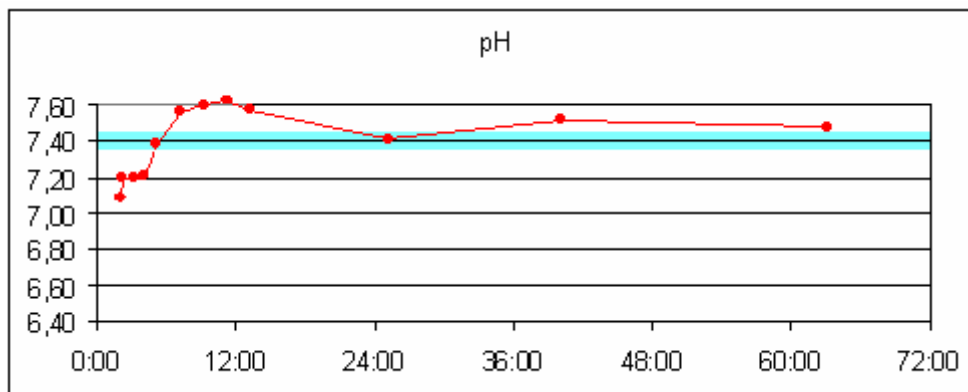


Abb. 2c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

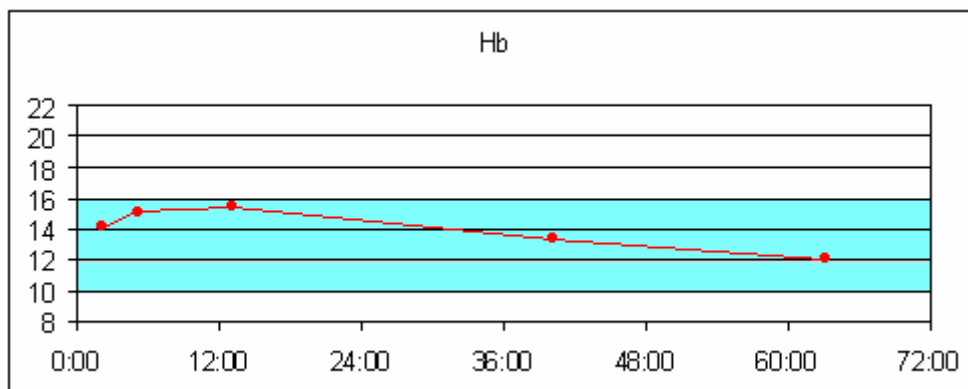


Abb. 2d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

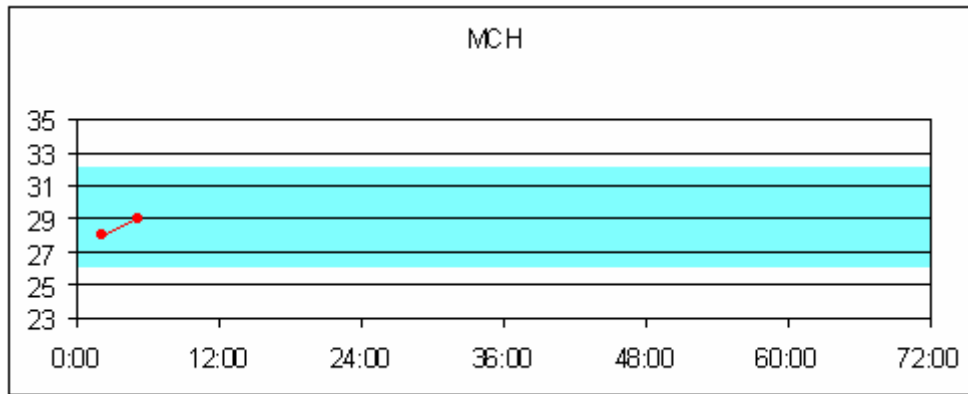


Abb. 2e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

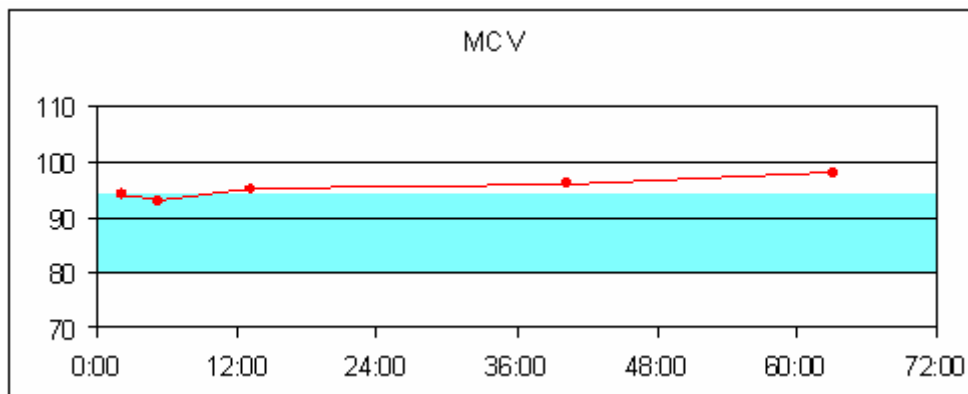


Abb. 2f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

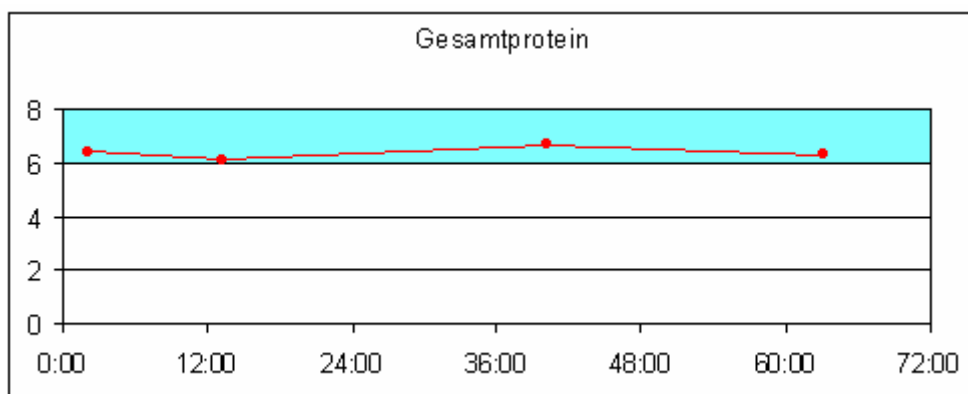


Abb. 2g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	2
Alter	7 Jahre, 1 Monat
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	ca. 10 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	45 Minuten
Körpertemperatur	30,8°C (= Minimum nach 2 Stunden)
Überlebenszeit	8 Tage
Todesursache	Multiorganversagen
Todesart	Badeunfall (Baggersee)

Tab. 3: Angaben zum Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 2.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	1,7 - 2,5	2,9	4,1 - 4,6	4
Natrium mmol/l	130 - 145	131 - 148	148	142 - 146	146
pH	7,36 – 7,44	7,08 - 7,38	7,56 - 7,63	7,41 - 7,52	7,48
Hb g/dl	10 - 16	14,1 - 15,1	15,4	13,4	12
MCH pg	26 - 32	28 - 29	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	93 - 94	95	96	98
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	6,4	6,1	6,7	6,3

Tab. 4: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 2)

Fall 3 (Lübeck – 165/87)

Ereignis:

Die Mutter findet die vierjährige Tochter leblos und zyanotisch in der häuslichen Badewanne vor, nachdem sie sich maximal 10 Minuten außerhalb des Zimmers aufgehalten hatte. Sie ruft sofort den Kindsvater hinzu, der das Mädchen birgt und bis zur Erschöpfung Reanimationsversuche durchführt. Initial zeigt das Kind eine Schnappatmung, doch im weiteren Verlauf bleibt es leblos. Nach 40 Minuten trifft der Notarzt ein und reanimiert das Kind. Erst nach einer Stunde besteht eine ausreichende Stabilität von Herz und Kreislauf, so dass der Transport mit dem Hubschrauber in das Universitätsklinikum erfolgen kann.

Stationäre Behandlung:

Das Mädchen kommt mit Zeichen des Hirntodes zur Aufnahme. Unter Katecholaminzufuhr und Beatmung bestehen jedoch ausreichend stabile Kreislaufverhältnisse.

Verlauf:

Zwei Stunden nach dem Unfall beträgt die Körpertemperatur 33°C. Es lässt sich zwar unter Kreislauftherapie mit Volumenersatz und Katecholaminen eine Kreislaufstabilisierung mit Normalisierung der Blutdruckwerte und ausreichende Diurese erzielen, jedoch ist eine Verbesserung der cerebralen Funktionen nicht möglich. Nach etwa 21 Stunden wird eine Carotisangiographie durchgeführt: Es sind keine Zeichen einer cerebralen Perfusion mehr vorhanden und die intensivmedizinische Therapie wird beendet. Das Mädchen verstirbt circa 23 Stunden nach dem Unfall. Die klinische Diagnose bei Zustand nach Reanimation lautet: hypoxisches Hirnödem mit konsekutiver Einklemmung, akutes Lungen- und Herz - Kreislauf - Versagen.

Sektionsergebnisse:

Erbsgroße frische Blutung in der Zungenmuskulatur, extremes Hirnödem mit ausgeprägten Hirndruckzeichen, erhebliches Lungenödem mit Mantelemphysem und schaumiger, schleimiger Flüssigkeit in den Luftwegen, Schockzeichen der Nieren und akute Blutstauung der inneren Organe. Todesursache ist ein zentrales Multiorganversagen.

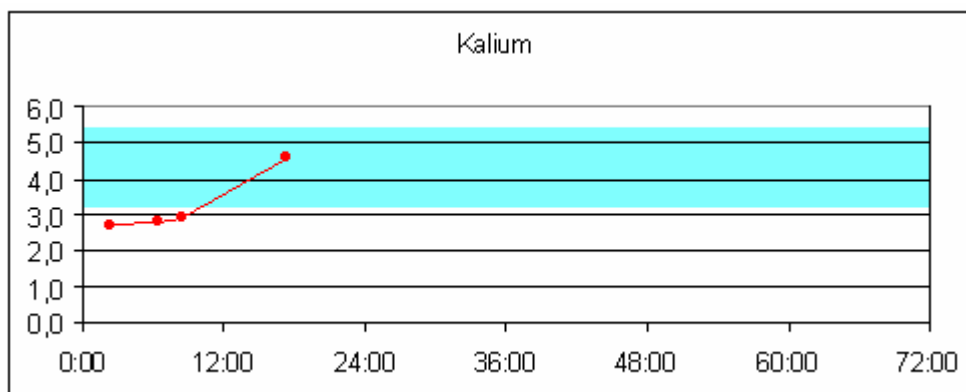


Abb. 3a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

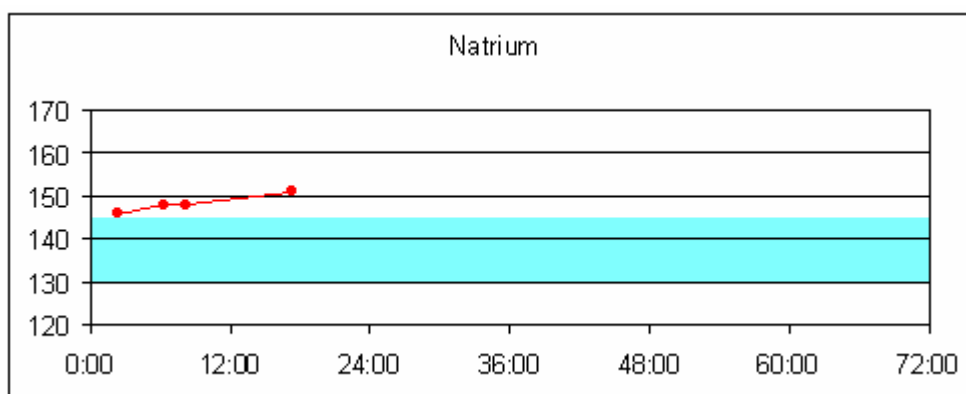


Abb. 3b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

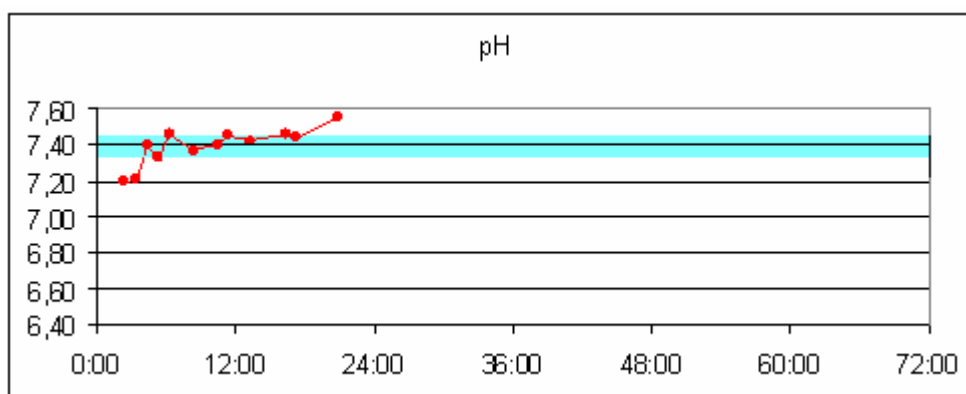


Abb. 3c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

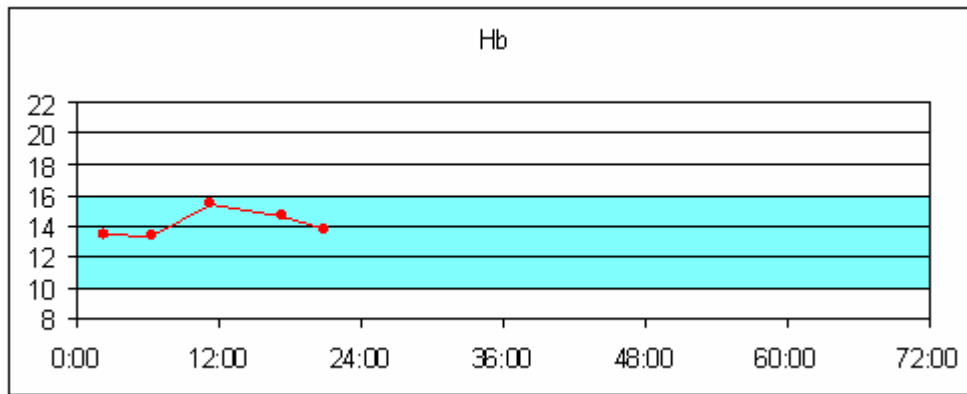


Abb. 3d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

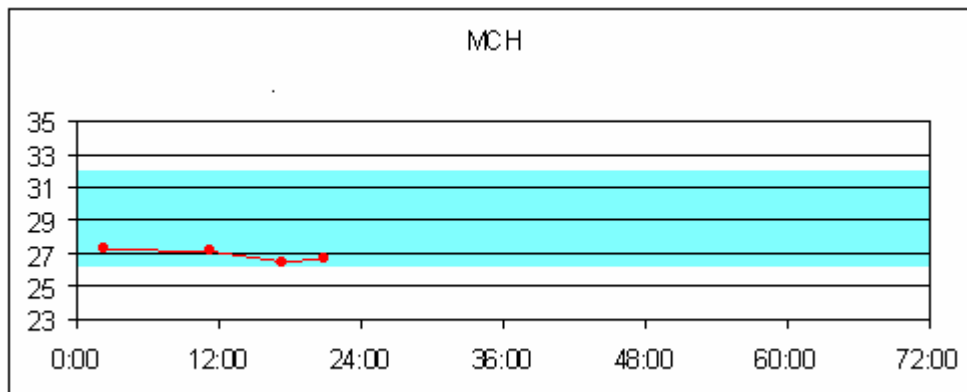


Abb. 3e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

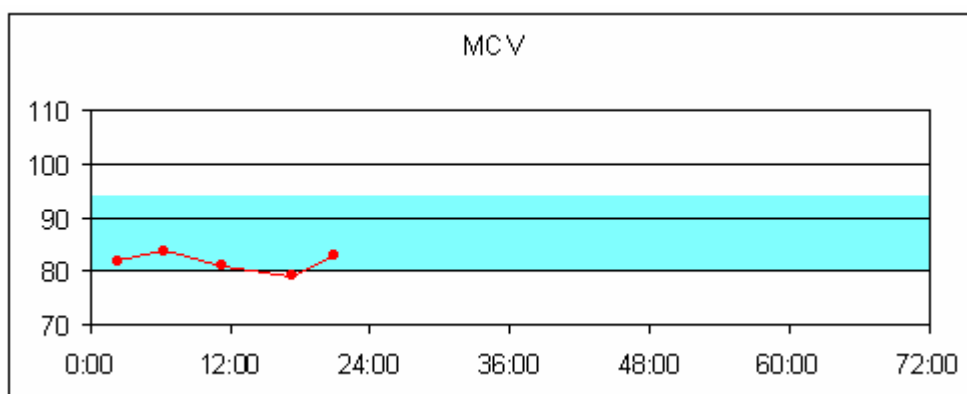


Abb. 3f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	3
Alter	4 Jahre, 2 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	10 Minuten
Wassertemperatur	warm
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	80 Minuten(40min Laien, 40min NA)
Körpertemperatur	33°C (= Minimum nach 2 Stunden, 20 Minuten)
Überlebenszeit	23 Stunden
Todesursache	Multiorganversagen
Todesart	(Badewannen-)Unfall

Tab. 5: Angaben zum Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 3.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,7	2,8 - 4,6	Keine Werte	†
Natrium mmol/l	130 - 145	146	148 - 151	Keine Werte	†
pH	7,36 – 7,44	7,20 - 7,33	7,37 - 7,46	7,55	†
Hb g/dl	10 - 16	13,5	13,4 -15,4	13,8	†
MCH pg	26 - 32	27,3	26,5 - 27,2	26,7	†
MCV μm ³	80 - 94	82	79 - 84	83	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	†

Tab. 6: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 3)

Fall 4 (Lübeck – 35/90)

Ereignis:

An einem Morgen im Februar wird die 77-jährige Frau von der Feuerwehr aus der Trave geborgen, nachdem sie eine unbekannt lange Zeit im Wasser gelegen hatte. Die Frau leidet an Altersdepression und aus ihrer Vorgeschichte sind mehrere Suizidversuche bekannt. Um 8.52 Uhr trifft der Notarzt ein und findet die Patientin mit einer Schnappatmung vor. Nach der Intubation atmet sie wieder spontan. Der Blutdruck ist zunächst nicht messbar, die Herzfrequenz liegt bei 60 Schlägen pro Minute und es besteht ein Sinusrhythmus. Die Pupillen sind mittelweit.

Stationäre Behandlung:

Die Patientin kommt mit einer Körpertemperatur von 25°C zur stationären Aufnahme. Dieser Wert sinkt noch weiter auf minimal 24,8°C zu einem Zeitpunkt, der ca. 72 Minuten nach dem Unfallereignis liegt. Zu Beginn liegt eine Bradyarrhythmie mit Blutdruckwerten von systolisch zeitweise unter 50 mmHg vor. Nach langsamer Erwärmung stabilisiert sich die Kreislaufsituation. Die Patientin ist weiterhin nicht ansprechbar mit lediglich ungezielten Abwehrbewegungen auf starke Schmerzreize. Zusätzlich entwickelt sich nach 24 Stunden ein ausgedehnter linkshirniger Apoplex mit kompletter Hemiparese rechts.

Verlauf:

Die antibiotische Behandlung bei Verdacht auf Aspiration kann bei fehlendem radiologischem Nachweis sowie nur leicht erhöhten Entzündungszeichen wieder abgesetzt werden. Wegen einer Tachyarrhythmie wird die Patientin digitalisiert. Ein Diabetes mellitus sowie eine Niereninsuffizienz im Stadium der kompensierten Retention sind anamnestisch bekannt. Trotz intensivmedizinischer Maximaltherapie verschlechtert sich der Allgemeinzustand der Patientin zunehmend. Sie verstirbt sieben Tage nach dem Ereignis mit den klinischen Zeichen des Herz-Kreislauf-Versagens bei Zustand nach linkshirnigem Apoplex.

Sektionsergebnis:

Bestätigung der klinischen Diagnose durch die Obduktion: multiple Organvorschädigungen und fortgeschrittene generalisierte cerebrale Ischämie bei linksseitiger Nekrose im Versorgungsgebiet der Ateria cerebri media, Dilatation beider Herzventrikel sowie Dysatelektasen und abschnittsweise Atelektasen beider Lungen mit fraglich beginnender Pneumonie.

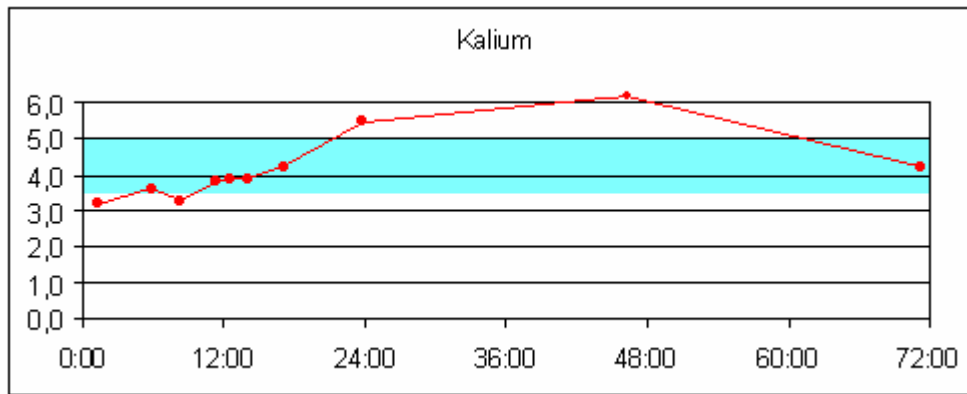


Abb. 4a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

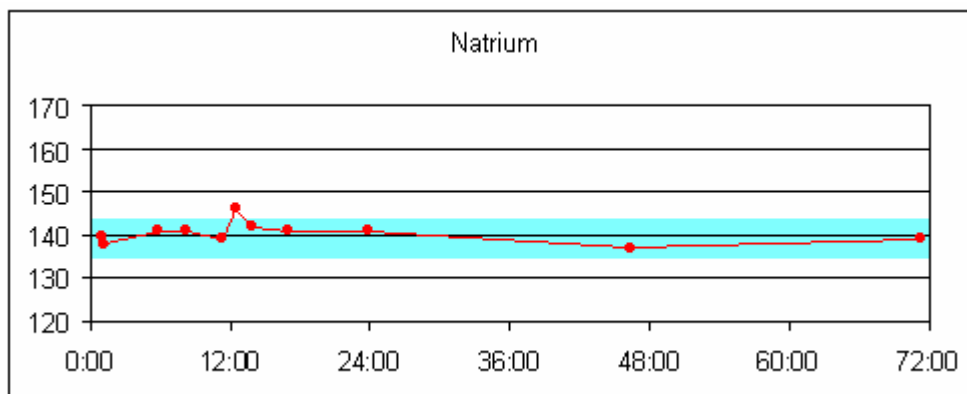


Abb. 4b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

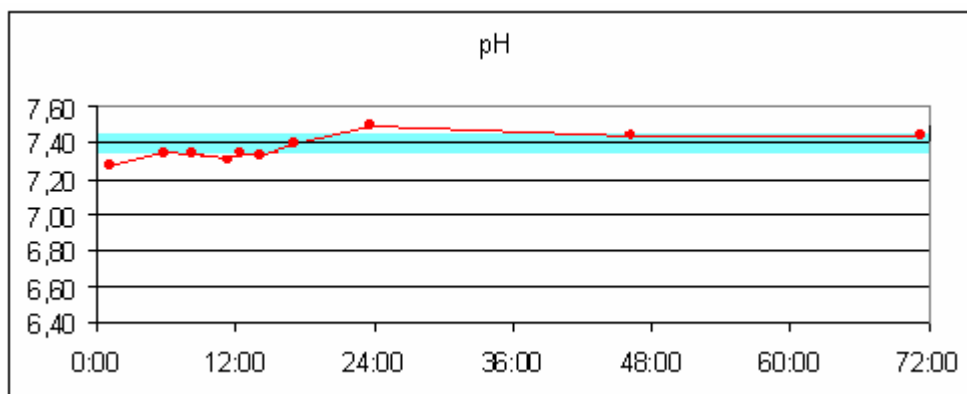


Abb. 4c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

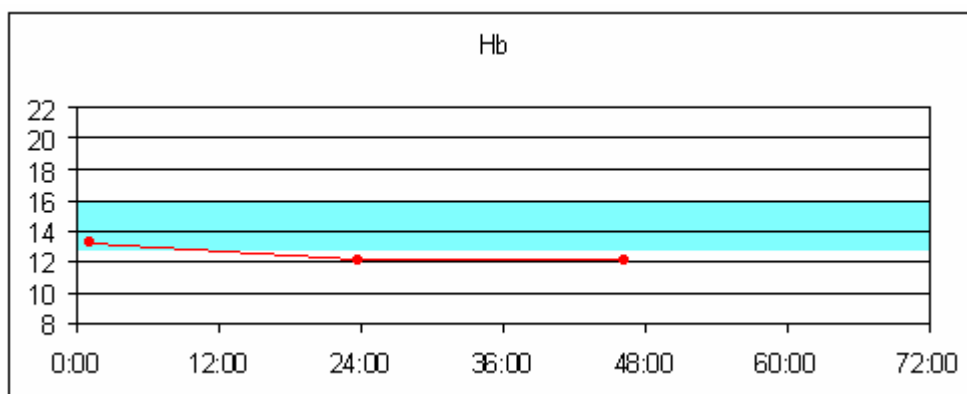


Abb. 4d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

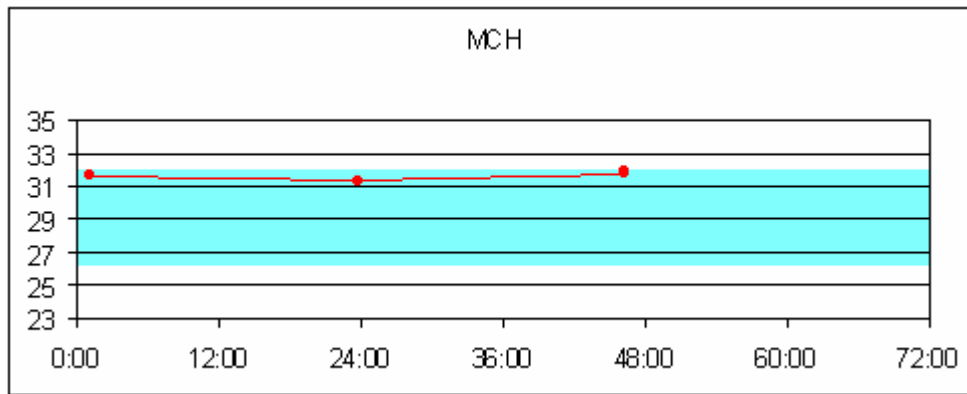


Abb. 4e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

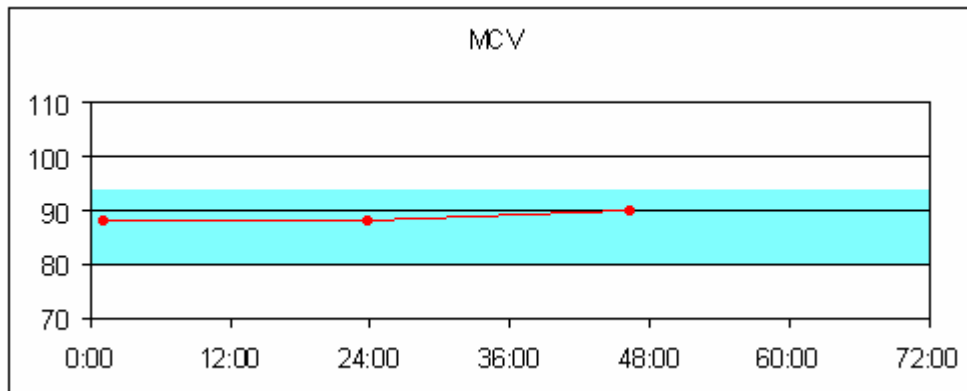


Abb. 4f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

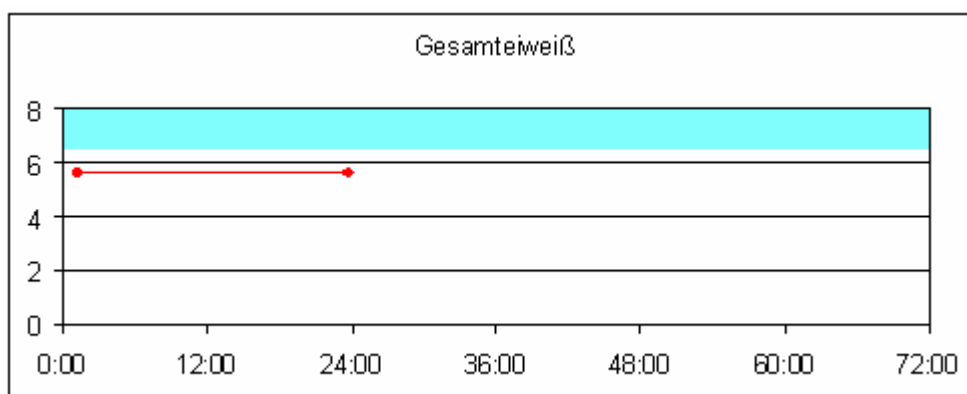


Abb. 4g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	4
Alter	77 Jahre, 11 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	sehr kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	nein
Dauer der Reanimation	/
Körpertemperatur	25°C (Minimum = 24,8°C nach 72 Minuten)
Überlebenszeit	7 Tage, 7 Stunden, 35 Minuten
Todesursache	zentrales Versagen nach linkshirinigem Infarkt
Todesart	Suizid (Trave)

Tab. 7: Angaben zum Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 4.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	3,2 - 3,6	3,3 - 4,2	5,5	4,2 - 6,2
Natrium mmol/l	135 - 144	138 - 141	139 - 146	141	137 - 139
pH	7,36 – 7,44	7,27 - 7,35	7,31 - 7,39	7,5	7,44
Hb g/dl	12,7 - 16	13,3	Keine Werte	12,2	12,2
MCH pg	26 – 32	31,6	Keine Werte	31,3	31,7
MCV μm^3	80 – 94	88	Keine Werte	88	90
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	5,6	Keine Werte	5,6	Keine Werte

Tab. 8: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 4)

Fall 5 (Lübeck – 11/93)

Ereignis:

Das neunjährige Mädchen besucht an einem Januar-Nachmittag ein Schwimmbad. Sie rutscht von der Wasserrutsche und wird ca. fünf Minuten später von ihrem jüngeren Bruder schlaff im Wasser treibend aufgefunden. Der Bademeister führt die Herz-Druck-Massage durch. Der Notarzt trifft auf die Patientin in bewusstlosem Zustand, ohne Reaktion auf Schmerzreize und mit endgradiger Pupillenreaktion auf Lichtreiz. Elektrokardiographisch besteht ein Kammerflimmern. Nach Defibrillation besteht ein Ersatzrhythmus. Es folgen abwechselnd Kammertachykardien und Bradykardien.

Stationäre Behandlung:

Die Patientin kommt intubiert und asystol unter Herz-Druck-Massage zur stationären Aufnahme. Die Lungen sind mit generalisierten, beiderseits feuchten Rasselgeräuschen seitengleich belüftet. Das Abdomen ist bis auf fehlende Darmgeräusche unauffällig. Bei der neurologischen Untersuchung zeigen sich mittelweite, seitengleiche Pupillen mit endgradiger Reaktion auf Licht, keine Reaktion auf Schmerzreize.

Verlauf:

Direkt nach der Aufnahme auf der Intensivstation wird mehrfach defibrilliert und es werden massiv Katecholamine gegeben. Es wird zunächst ein Herzeigenrhythmus mit 140 Schlägen pro Minute erreicht. Durch Volumengabe in Form von fresh-frozen-plasma und Erythrozytenkonzentraten wird ein ausreichender Blutdruck erreicht. Im klinischen Verlauf zeigt sich ein progredientes Lungenversagen und eine schwere Schocksymptomatik bei Volumenmangelschock mit Verbrauchskoagulopathie. Circa zehn Stunden nach der stationären Aufnahme entwickeln sich rezidivierend Asystolien. Nach erneutem Defibrillieren wird eine Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute erreicht. Nach weiteren acht Stunden tritt eine Asystolie ein, von der sich das Mädchen 18 Stunden nach seinem Badeunfall nicht mehr erholt.

Sektionsergebnisse:

Ausgeprägte Schocksymptomatik mit Blutstauung der inneren Organe. Zentrales Regulationsversagen bei hochgradigem hypoxisch-bedingten Hirnödem.

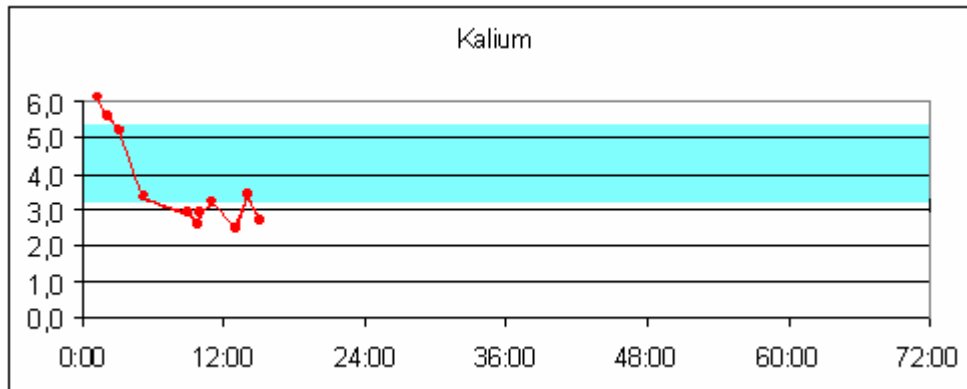


Abb. 5a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

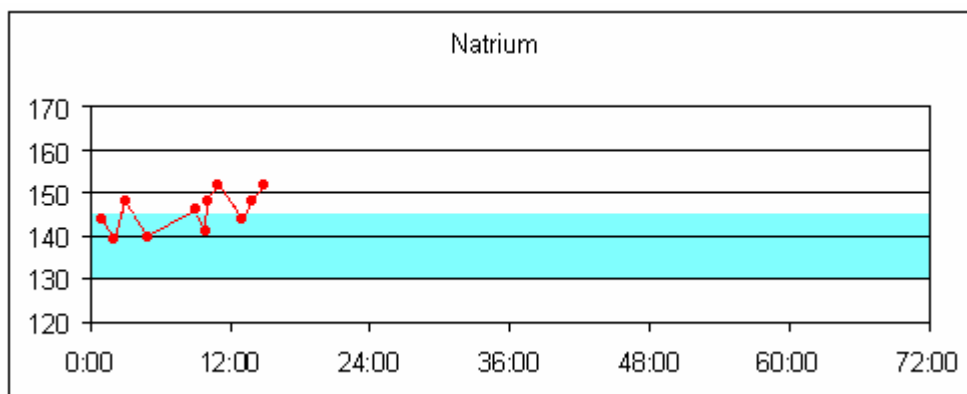


Abb. 5b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

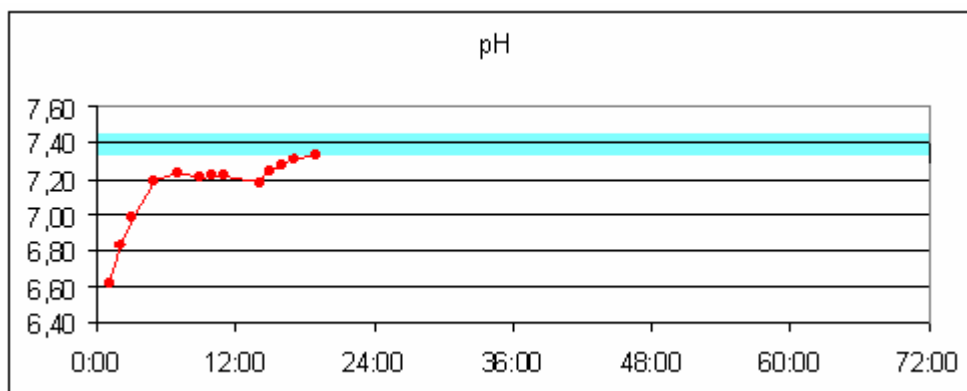


Abb. 5c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

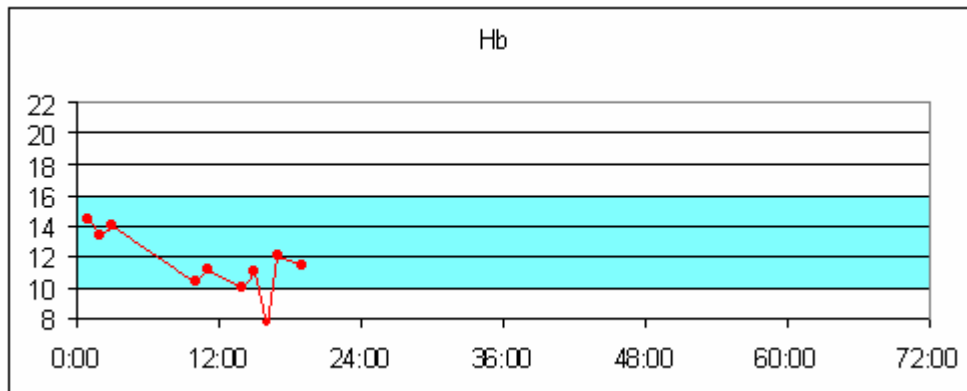


Abb. 5d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

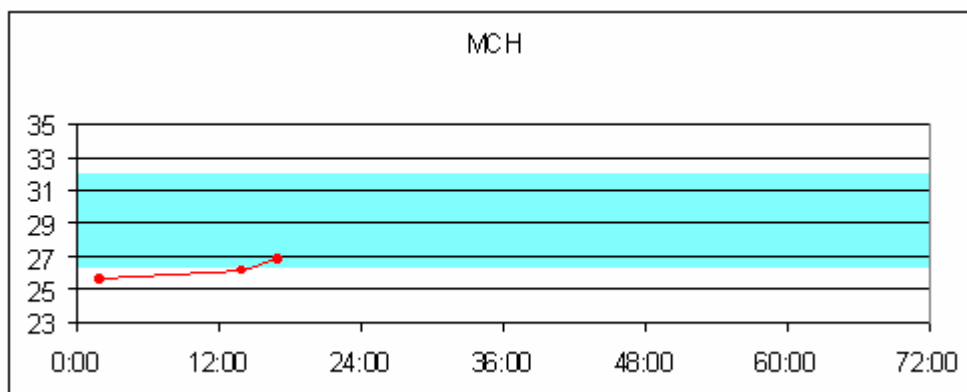


Abb. 5e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

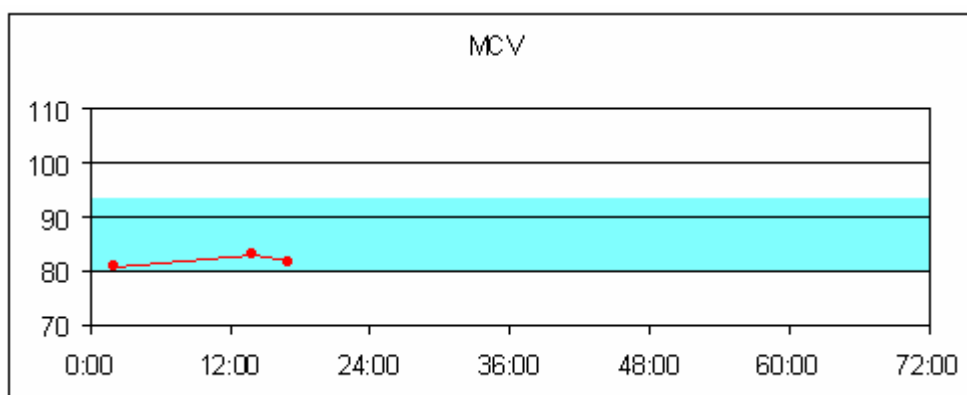


Abb. 5f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	5
Alter	9 Jahre, 2 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	35 Minuten
Körpertemperatur	unbekannt
Überlebenszeit	19 Stunden
Todesursache	Schock, Hirnödem
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 9: Angaben zum Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 5.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,3 - 6,2	2,5 - 3,4	Keine Werte	†
Natrium mmol/l	130 - 145	139 - 148	141 - 152	Keine Werte	†
pH	7,36 – 7,44	6,62 - 7,19	7,18 - 7,31	7,33	†
Hb g/dl	10 - 16	13,4 - 14,5	7,5 - 12,1	11,5	†
MCH pg	26 - 32	25,6	26,1 - 26,9	Keine Werte	†
MCV μm^3	80 - 94	81	82 - 83	Keine Werte	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	†

Tab. 10: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 5)

Fall 6 (Lübeck – 120/93)

Ereignis:

23-jähriger geistig behinderter Mann erleidet als Folge einer perinatalen hypoxischen Hirnschädigung mehrmals täglich Krampfanfälle. 1987 wird ihm ein Astrozytom frontal links entfernt. An einem Vormittag im Juli 1993 nimmt er mit einer Behindertensportgruppe am therapeutischen Schwimmen teil. Er erleidet im Wasser einen Krampfanfall und die zuvor angelegte Schwimmweste löst sich. Nachdem er „viel“ Wasser aspiriert hat, kann er mit Zeitverzögerung aus dem Badebecken geborgen werden. Der Notarzt findet den Patienten zunächst noch somnolent und am Beckenrand liegend vor. Der „Ertrunkene“ wird zunehmend wacher, öffnet die Augen und reagiert gezielt auf Schmerzreize. Die Pupillen sind mittelweit, der Blutdruck liegt bei 120 / 80 mmHg und das Herz schlägt regelmäßig mit einer Frequenz von 84 pro Minute. Der Patient erhält Sauerstoff und Ringerlösung und wird ins Krankenhaus verbracht.

Stationäre Behandlung:

Der Patient kommt im Schock zur stationären Aufnahme: er ist zyanotisch, ateminsuffizient und befindet sich in schwerst reduziertem Allgemeinzustand. Nach klinischen und röntgenologischen Befunden liegen die Symptome einer schweren respiratorischen Insuffizienz nach Beinahe-Ertrinken vor: die Thoraxaufnahme zeigt deutlich fleckig konfluierende Verschattungen beider Lungen. Bei einer Atemfrequenz von sechs Zügen pro Minute mit unregelmäßigen Atemzügen sind über den Lungen grobblasige Rasselgeräusche zu auskultieren. Die Herzschläge sind regelmäßig bei einer Frequenz von 100 pro Minute. Nach 60 Minuten besteht eine Hypothermie bei einer Temperatur von 36,8°C, der Blutdruck ist nicht mehr messbar und stabilisiert sich auch unter eingreifenden Maßnahmen nicht mehr.

Verlauf:

Trotz intensivmedizinischer Behandlung, künstlicher Beatmung sowie hochdosierter parenteraler Gabe von Katecholaminen ist das sich ausbildende Lungenödem und eine kurz darauf eintretende Asystolie nicht mehr zu beherrschen. Der junge Mann verstirbt noch am gleichen Tag circa zweieinhalb Stunden nach dem Unfall.

Sektionsergebnis:

Mäßig ausgeprägtes Hirnödem, deutliches hämorrhagisches Lungenödem bei Zustand nach Wasseraspiration, beginnende Bronchopneumonie mit subpleuralen Dyselektasen. Todesursache ist das Lungenödem.

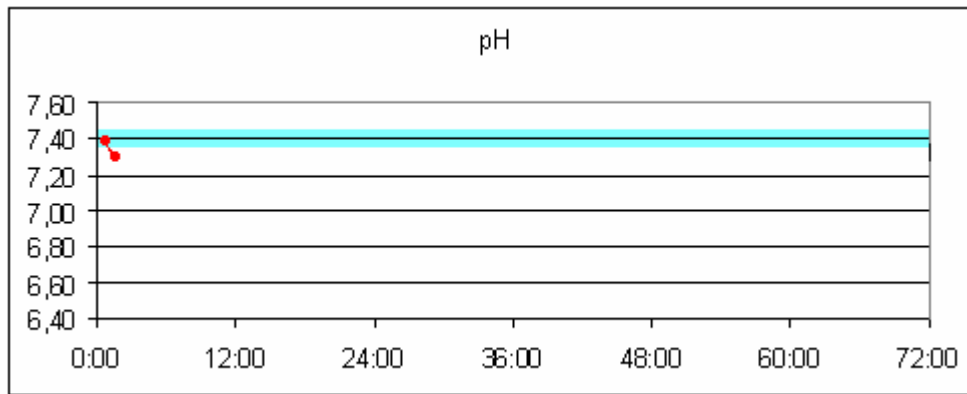


Abb. 6a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

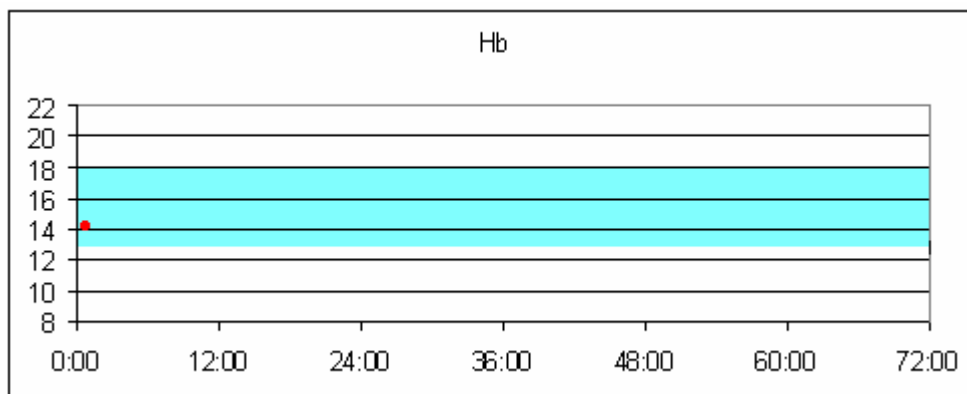


Abb. 6b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

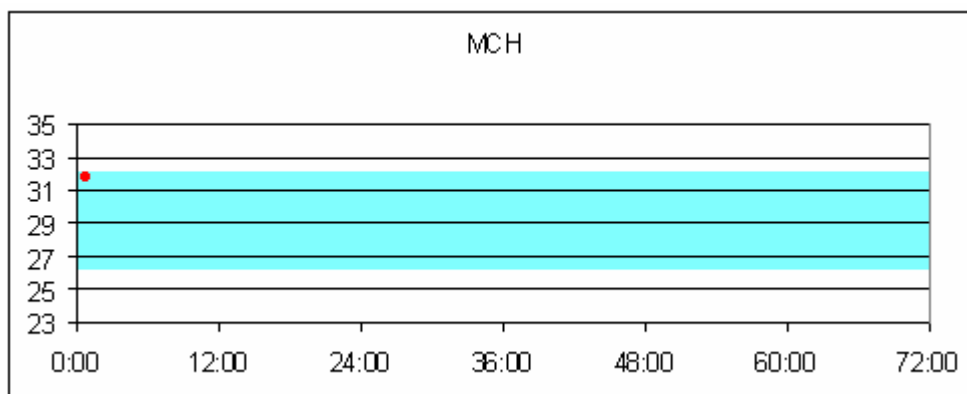


Abb. 6c: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion

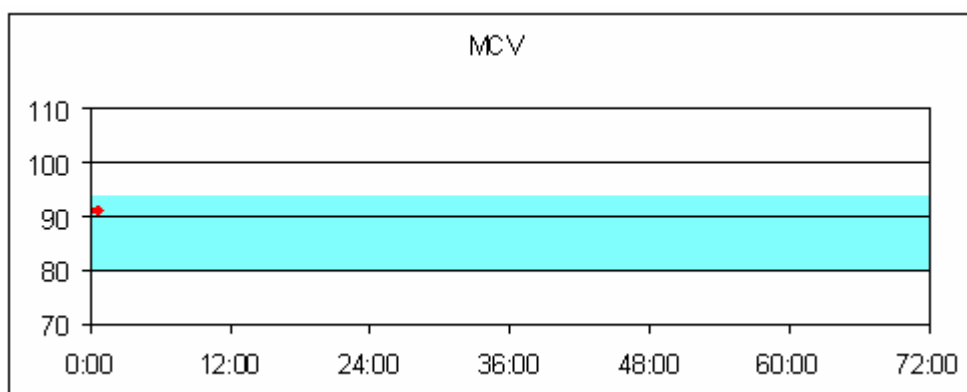


Abb. 6d: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion

Fall - Nr.	6
Alter	23 Jahre, 11 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	wenige Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
Kardio-pulmonale Reanimation	nein
Dauer der Reanimation	/
Körpertemperatur	36,8°C (= Minimum nach 60 Minuten)
Überlebenszeit	2 Stunden, 35 Minuten
Todesursache	Lungenödem
Todesart	Badeunfall bei cerebralem Krampfanfall

Tab. 11: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 6.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	Keine Werte	†	†	†
Natrium mmol/l	135 - 144	Keine Werte	†	†	†
pH	7,36 – 7,44	7,38 - 7,30	†	†	†
Hb g/dl	13 – 18	14,1	†	†	†
MCH pg	26 - 32	31,7	†	†	†
MCV µm ³	80 - 94	91	†	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	Keine Werte	†	†	†

Tab. 12: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 6)

Fall 7 (Karlsruhe – H., M. 1984)

Ereignis:

Viereinhalb-jähriges Mädchen, das an einem Julitag im Freischwimmbad ins Becken fällt und dort nach ca. zehn Minuten vom Kindsvater unter der Wasseroberfläche treibend gesehen wird. Wiederbelebungsversuche werden vom Bademeister begonnen. Der Notarzt trifft nach 30 Minuten ein und findet das nicht atmende Kind mit weiten, lichtstarrten Pupillen, einer Herzfrequenz von circa 30 Schlägen pro Minute und ohne tastbaren peripheren Puls an. Der Notarzt reanimiert weiter und verabreicht Dopamin und Bikarbonat. Daraufhin sind die peripheren Pulse wieder tastbar bei einer Herzfrequenz von mehr als 100 Schlägen pro Minute.

Stationäre Behandlung:

Das komatöse Mädchen kommt bei fehlender Spontanatmung intubiert und beatmet auf die Intensivstation. Die Lungen sind seitengleich belüftet mit beidseitig mittelblasigen Rasselgeräuschen. Bei vollständiger Areflexie wird auch auf Schmerzreize keine Reaktion gezeigt; die Pupillen sind maximal weit, entrundet und ohne Lichtreaktion. Die Körpertemperatur beträgt 33,1°C. Die Herzaktionen sind regelmäßig ohne pathologische Geräusche bei einer Herzfrequenz von 130 pro Minute und einem Blutdruck von 130/70 mmHg.

Verlauf:

Sofort nach der stationären Aufnahme wird mit einer Hyperventilationstherapie begonnen und prophylaktisch antibiotisch behandelt. Unter Sedierung und zusätzlich hochdosierter Luminalgabe kommt es zweimal zu einem generalisierten tonisch-klonischen Krampfanfall. Es wird eine bilanzierte Flüssigkeits- und Elektrolyttherapie durchgeführt sowie bei Hyperglykämien intravenös Insulin appliziert. EEG-Untersuchungen ergeben ein hochpathologisches Hirnstromkurvenbild. Nach Absetzen der Sedierung ist das Kind weiterhin tief komatös und völlig schlaff, ohne auslösbare Muskeleigenreflexe, mit weiten, lichtstarrten Pupillen. Die EEG-Untersuchungen zeigen praktisch keine Hirnaktivität. Es wird eine Hirnperfusionsszintigraphie durchgeführt, mit Nachweis der Kriterien des Hirntodes; alle therapeutischen Maßnahmen werden beendet. Das Mädchen verstirbt acht Tage nach dem Unfall.

Sektionsergebnis:

Zentrales Herz-Kreislaufversagen nach Sauerstoffmangel des Gehirns (intravitaler Hirntod).

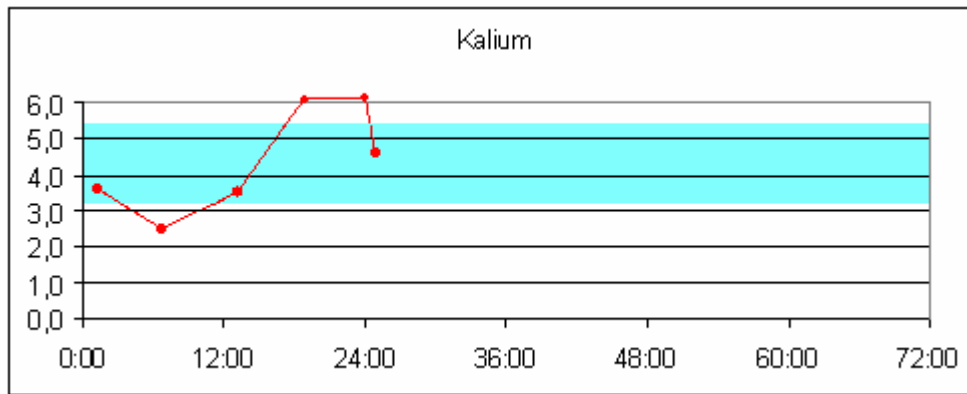


Abb. 7a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

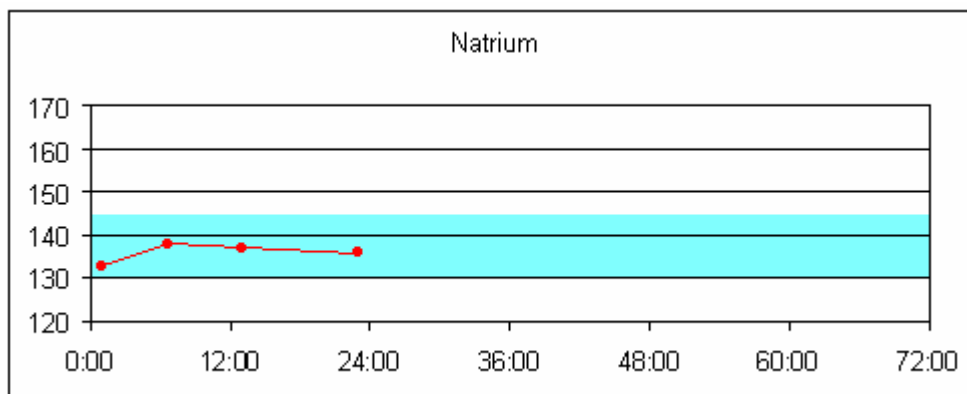


Abb. 7b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

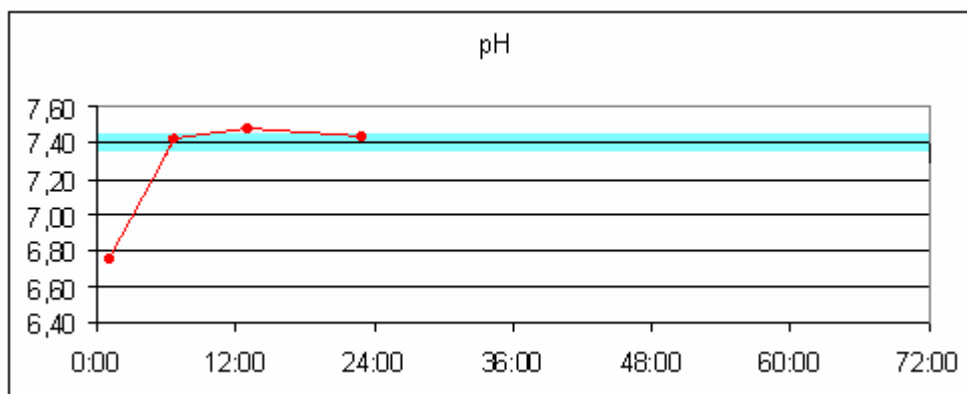


Abb. 7c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

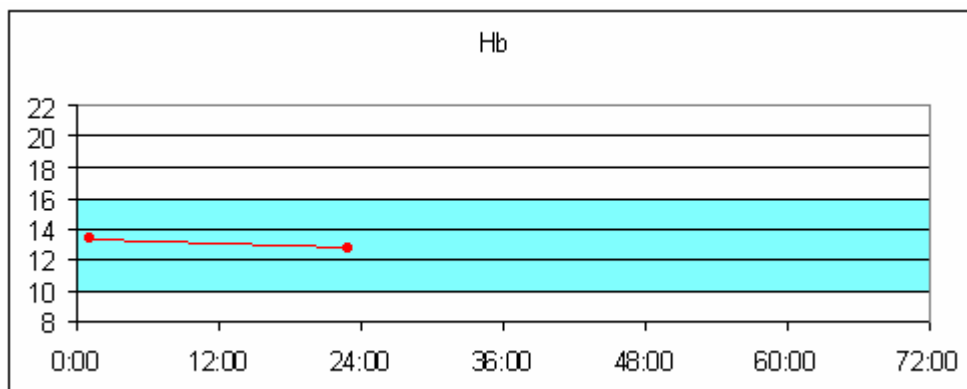


Abb. 7d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

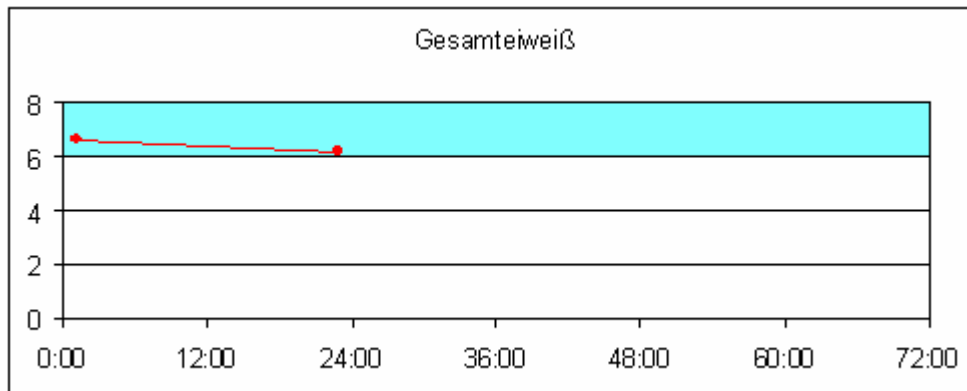


Abb. 7e: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	7
Alter	4 Jahre, 4 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	5 - 10 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	45 Minuten (20 min Laien, 25 min NA)
Körpertemperatur	33,1°C (= Minimum nach 65 Minuten)
Überlebenszeit	8 Tage, 10 Stunden
Todesursache	Hirntod
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 13: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 7.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,6	2,5 - 3,5	4,6 - 6,0	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	133	137 - 138	136	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	6,76	7,42 - 7,48	7,43	Keine Werte
Hb g/dl	10 - 16	13,4	Keine Werte	12,8	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	6,6	Keine Werte	6,2	Keine Werte

Tab. 14: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 7)

Fall 8 (Karlsruhe – M., A. 1991)

Ereignis:

Die Mutter findet ihren einjährigen Sohn kopfüber in einem Wasserbottich liegen, leblos. Sie versucht, das Wasser aus der Lunge zu entfernen, und fährt dann mit ihrem eigenen Auto ins Klinikum. In der HNO-Abteilung wird es reanimiert und notfallmäßig intubiert und beatmet. Während des Transportes in die Kinderklinik entwickelt sich eine zweite Asystolie. Nach Gabe von Suprarenin unter Herzdruckmassage besteht ein Sinusrhythmus.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme liegen keine Spontanbewegungen und eine Temperatur von 38,5°C vor; das intubierte Kleinkind wird bebeatet. Die Haut ist kalt und marmoriert bei leichter Zyanose der Schleimhäute. Nach Umintubation werden erbrochene Nahrungsreste aus den Lungen abgesaugt. Radiologisch lässt sich eine Infiltration nachweisen.

Verlauf:

Im weiteren Verlauf werden die Zeichen einer Aspirationspneumonie deutlich. Es wird volumenkontrolliert beatmet und über drei Tage hyperventiliert. Nach schwieriger Entwöhnung vom Respirator wird nach 13 Tagen extubiert, doch der Zustand des Kindes verschlechtert sich. Bei der erneuten Intubation wird eine subglottische Enge gesehen und am folgenden Tag ein Tracheostoma angelegt. Die druckunterstützte Beatmung wird durch deutliche bronchiale Obstruktionen problematisch. Am 19. stationären Tag muss die Trachealkanüle zweimal ausgetauscht werden. In der Röntgen-Thorax-Kontrolle zeigt sich ein Pneumomediastinum. Für wenige Stunden ist eine Beatmung wieder möglich, bis das Kind erneut reanimationspflichtig wird. Trotz Herz-Druck-Massage, medikamentöser Therapie und erneutem Trachealkanülenwechsel ist eine Beatmung nicht mehr möglich und ein ausgeprägtes Hautemphysem tritt auf. Von weiteren Maßnahmen wird abgesehen. Die postmortal durchgeführte Thoraxaufnahme zeigt u.a. einen beidseitigen Pneumothorax. Während der gesamten Behandlung ist das Kind nicht mehr aus dem Koma erwacht und die EEG-Ableitungen zeigen ein deutlich pathologisches Hirnstromkurvenbild.

Sektionsergebnisse:

Mäßige Zeichen einer Schädelinnendruckerhöhung, Hautemphysem, Pneumomediastinum und Pneumoperitoneum. Todesursache: ausgedehnter Pneumothorax beidseits. Mikroskopisch werden Schockveränderungen in Lungen, Leber und Nieren sichtbar, sowie ischämische Nervenzellveränderungen im Gehirn.

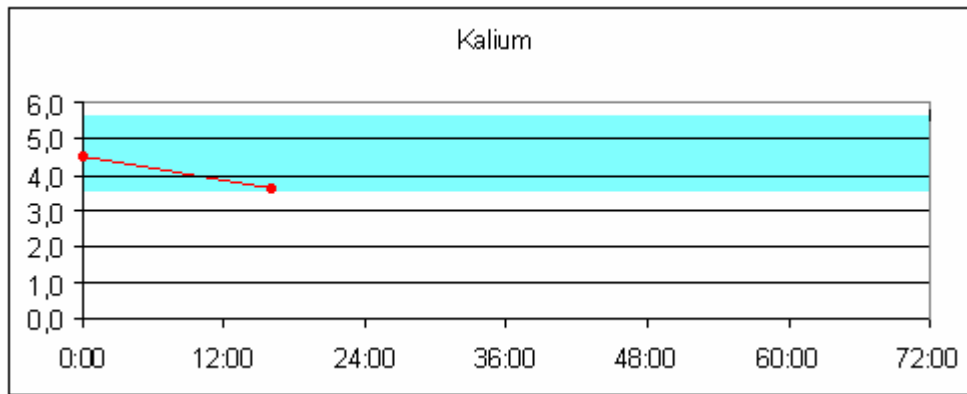


Abb. 8a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

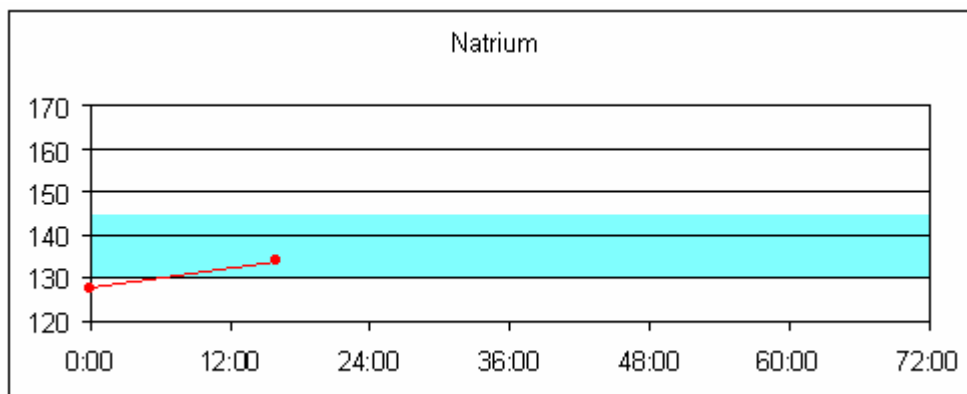


Abb. 8b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

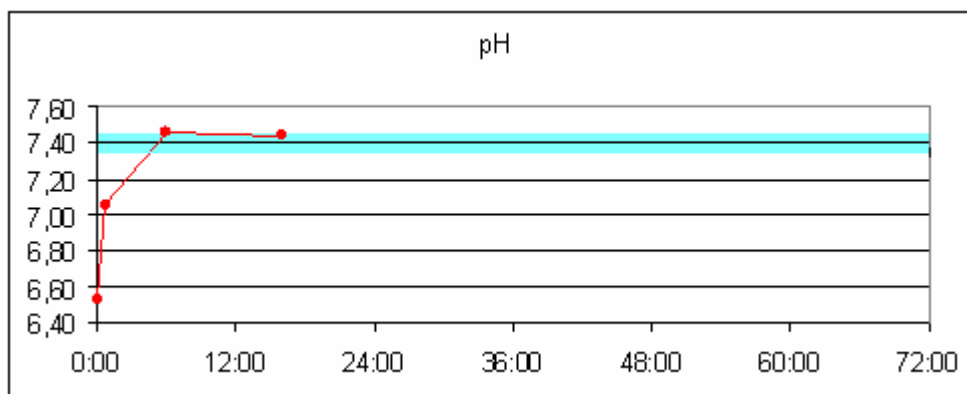


Abb. 8c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

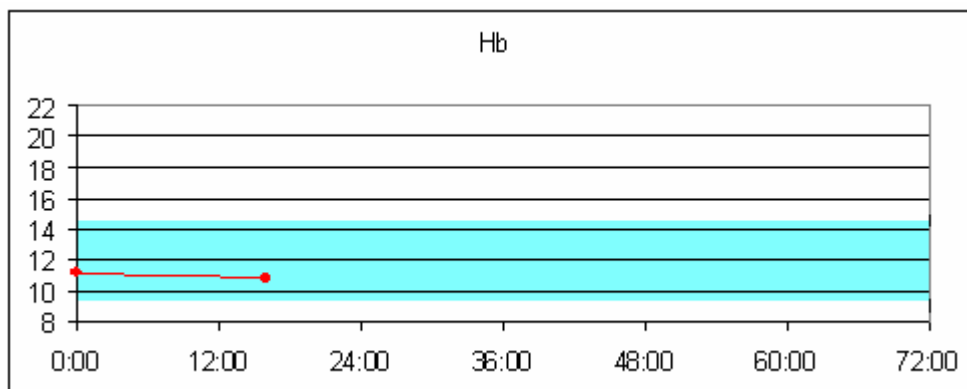


Abb. 8d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

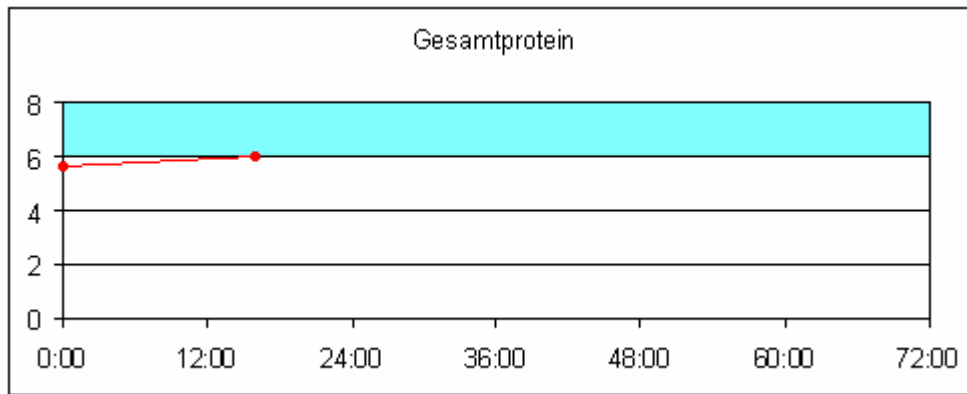


Abb. 8e: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	8
Alter	1 Jahr, 2 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	unbekannt
Körpertemperatur	38,5°C nach 6 Stunden
Überlebenszeit	19 Tage, 6 Stunden
Todesursache	Multiorganversagen
Todesart	Unfall (Wasserbottich)

Tab. 15: Angaben zu Ertrinkungsoffer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 8.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,7 – 5,7	4,5	3,6	Keine Werte	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	128	134	Keine Werte	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	6,53 - 7,46	7,44	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	9,5 – 14,5	11,2	10,8	Keine Werte	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,6	6,0	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 16: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 8)

Fall 9 (Karlsruhe – T., O. 1984)

Ereignis:

Zehnjähriger Junge wird im Juli reaktionslos in einem Schwimmbad beobachtet. Nach wenigen Minuten unter Wasser kann er geborgen werden. Zunächst findet für zehn Minuten eine Reanimation durch Laien statt. Der Notarzt übernimmt den Patienten und reanimiert für weitere 40 Minuten.

Stationäre Behandlung:

Die Aufnahme in der Klinik erfolgt ca. 60 Minuten nach dem Unfall. Der Junge ist mit einer Körpertemperatur von initial 32,4°C stark unterkühlt. Die ausgeprägte Hypothermie wird mit physikalischen Maßnahmen - wie erwärmten Infusionen und einer Decke mit Warmluftgebläse - behandelt. Unter diesen Maßnahmen bleibt der Kreislauf bei eher hypotonen Blutdruckwerten stabil.

Verlauf:

Der Patient ist initial massiv azidotisch entgleist. In der ersten Blutgasanalyse liegt der pH-Wert bei 7,05, der pO₂ bei 66 mmHg, der pCO₂ bei 56,5 mmHg und der Basenüberschuss (BE) bei -16,2 mval/l. Nach fünf Stunden kann unter Beatmungstherapie eine Normalisierung dieser Werte erreicht werden. Die massive Hypokaliämie mit einem Anfangswert von 2,6 mmol/l ist nach wenigen Stunden stationärer Infusionsbehandlung auf subnormale Werte zwischen 3,0 und 3,3 mmol/l angestiegen. Nach 48 Tagen wird der Junge auf die periphere Allgemeinstation verlegt. Im weiteren Verlauf bleibt der Patient komatös und entwickelt ein schweres Stammhirnsyndrom mit ausgeprägten, therapieresistenten Krampfanfällen. Die hochdosierte antikonvulsive Therapie kann ein fast tägliches Auftreten der epileptischen Anfälle nicht verhindern. Die Elektroenzephalogramm-Befunde verschlechtern sich nach vier Monaten zunehmend und das hirnelektrische Bild entspricht schließlich fast dem einem Status epilepticus. Eine ausreichende Kalorienzufuhr kann trotz der Duodenalsonde durch immer wieder auftretende Fieberschübe und Tachypnoen nicht erreicht werden. Es kommt rezidivierend zu Aspirationspneumonien, die immer wieder zu Gaben von unterschiedlichen Antibiotika zwingen. 180 Tage nach dem Unfall erliegt der Junge in der Folge einer Pseudomonaspneumonie einem zentralen Herz- und Kreislaufstillstand.

Sektionsergebnisse:

Atelektasen, ausgeprägte Pneumonie, Kachexie.

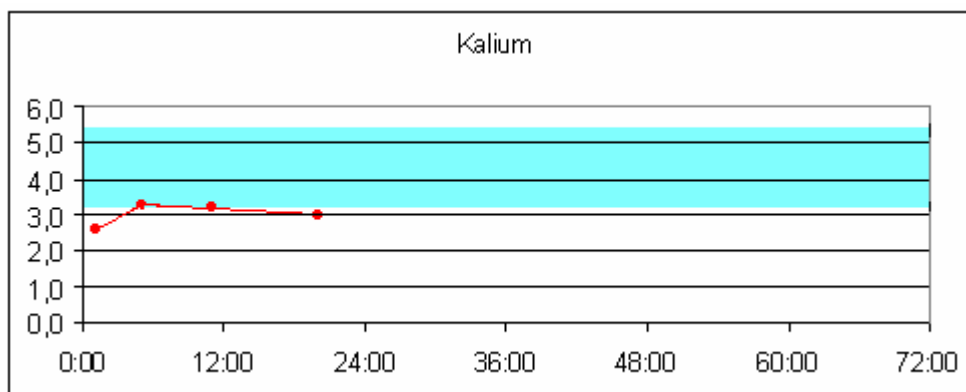


Abb. 9a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

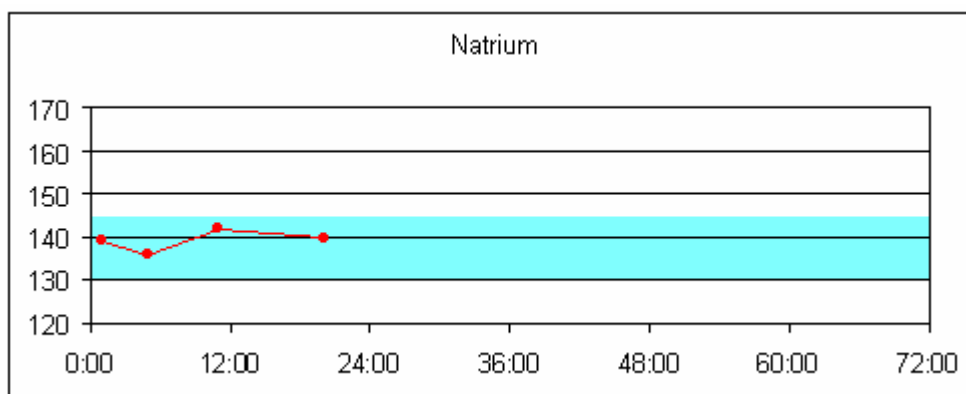


Abb. 9b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

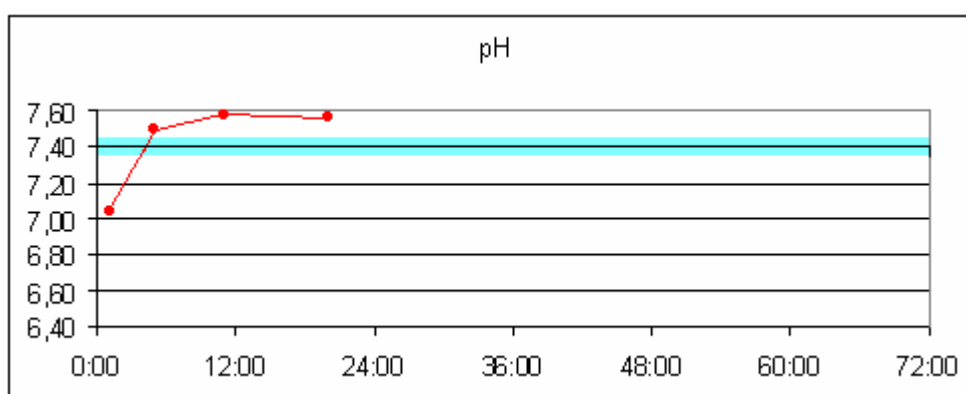


Abb. 9c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

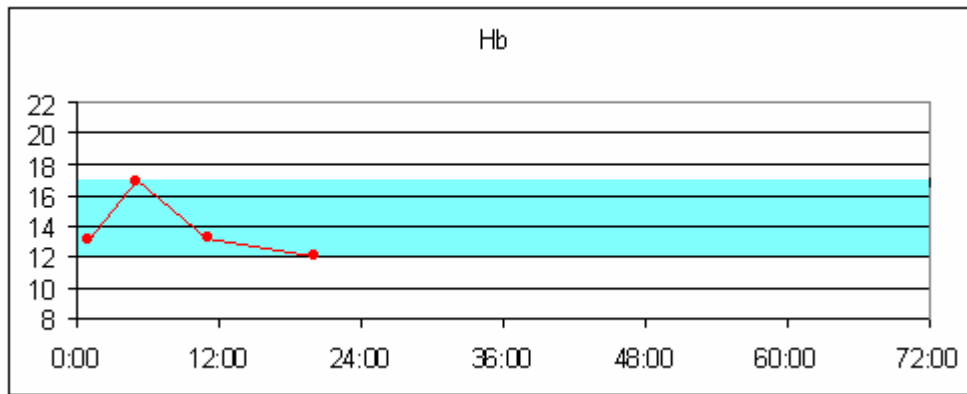


Abb. 9d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

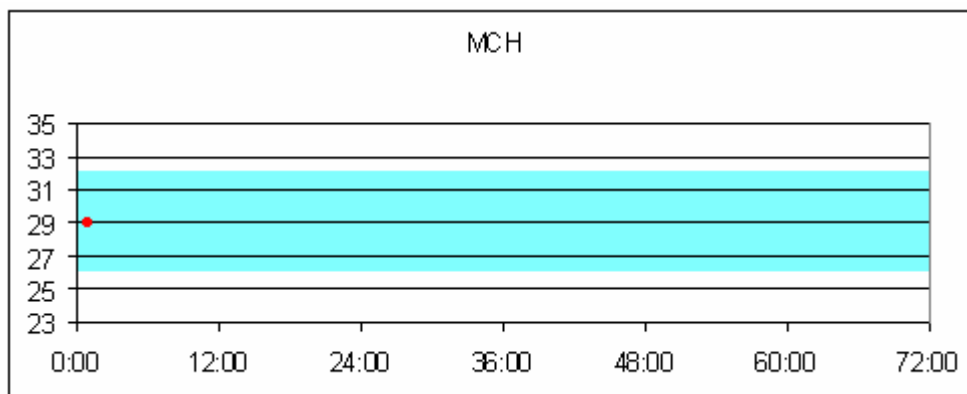


Abb. 9e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

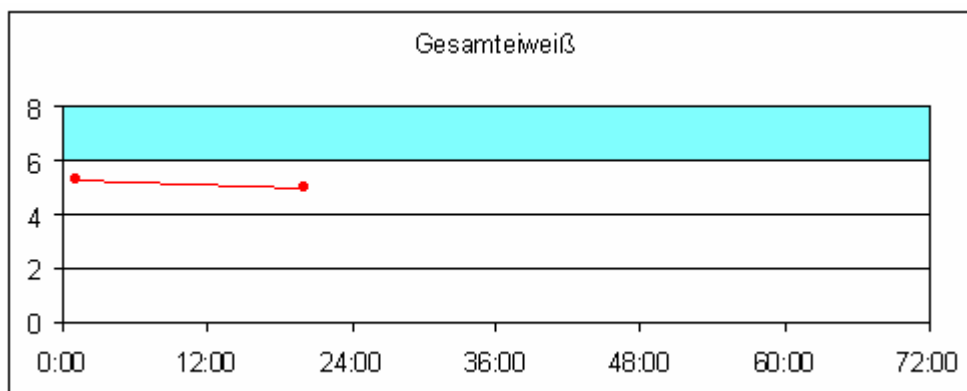


Abb. 9f: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	9
Alter	5 Jahre, 10 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	einige Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	50 Minuten (10 min Laien, 40 min NA)
Körpertemperatur	32,4°C (= Minimum nach 60 Minuten)
Überlebenszeit	180 Tage
Todesursache	Pseudomonaspneumonie
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 17: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 9.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,6 - 3,3	3,2	3,0	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	136 - 139	142	140	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	7,05 - 7,50	7,58	7,56	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	13,1 - 17,0	13,3	12,1	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	29	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,3	Keine Werte	5,0	Keine Werte

Tab. 18: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 9)

Fall 10 (Mannheim – L., R. 1943)

Ereignis:

Die 41-jährige Frau klagt seit einiger Zeit über unklare Schwindelanfälle. Im Mai besucht sie zusammen mit ihrer Familie ein Schwimmbad: Sie schwimmt mit ihrem Ehemann etwa 200m, ohne dabei irgendwelche Beschwerden zu äußern. Dann taucht sie plötzlich unter. Später kann niemand Angaben zum Unfallhergang machen. Der Notarzt findet eine tief-zyanotische und komatöse Patientin, deren Pupillen bereits entrundet sind. Er intubiert und beatmet die Frau und verabreicht im Rahmen der Reanimation die üblichen Medikamente. Bei Kammerflimmern wird mit Erfolg defibrilliert und die Pupillen sind kurz danach wieder isocor.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme befindet sich die Patientin im Schock. Es besteht ein Minimalkreislauf mit gut tastbaren Femoralis- und Carotispulsen bei nicht meßbarem peripheren Blutdruck und einer Herzfrequenz um 80/min. Bei einer generalisierten Zyanose lassen sich über den Lungen beidseits grobblasige feuchte Rasselgeräusche auskultieren. Radiologisch und klinisch besteht das Vollbild eines Lungenödems. Laborchemisch stellt sich eine Hämolyse mit einem deutlich erhöhten bzw. ansteigenden LDH-Wert dar. Es entwickelt sich sekundär eine tubuläre Nierenschädigung mit Anurie. Der Kaliumwert ist auch bei massiver Azidose mit 3,2 mmol/l deutlich zu niedrig. Das EKG zeigt eine Sinustachykardie mit Zeichen der Rechtsherzbelastung.

Verlauf:

Trotz Einsatz aller intensiv-medizinischen Maßnahmen gelingt es nicht, das Schockgeschehen zu durchbrechen. Es kann kein stabiler Kreislauf mehr aufgebaut werden. Im Vordergrund steht zunehmend eine schwere, diffuse ischämische Hirnschädigung. Die Patientin verstirbt acht Stunden nach dem Ertrinkungsunfall.

Der behandelnde Arzt hält als auslösenden Faktor einen leichtgradigen Laxantienabusus für möglich, welcher zu einer Hypokaliämie mit der Folge einer gravierenden Herzrhythmusstörung geführt haben könnte.

Sektionsergebnisse:

Lungenödem, Hirnödem, Schockorgane.

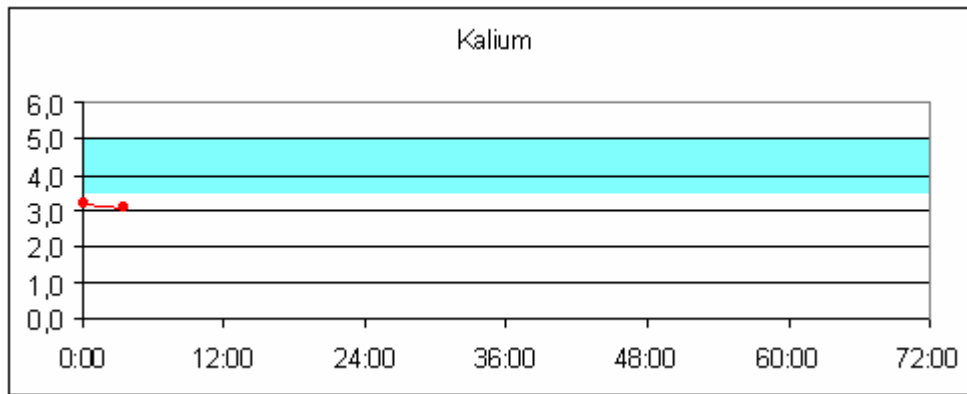


Abb. 10a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

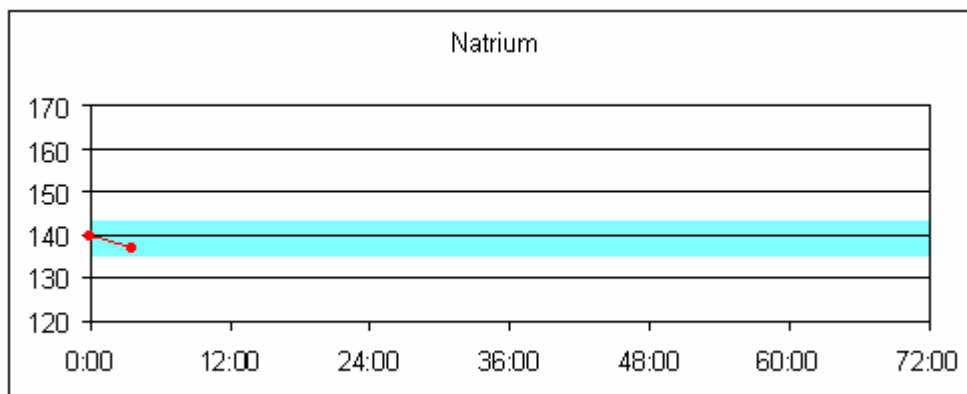


Abb. 10b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

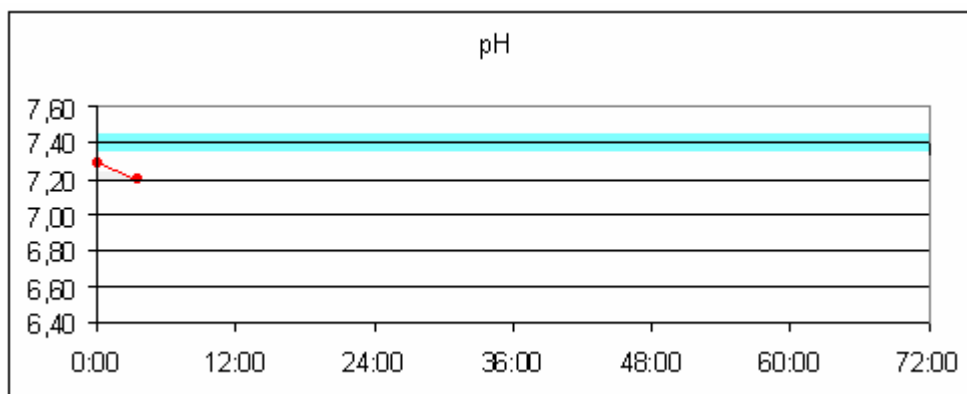


Abb. 10c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

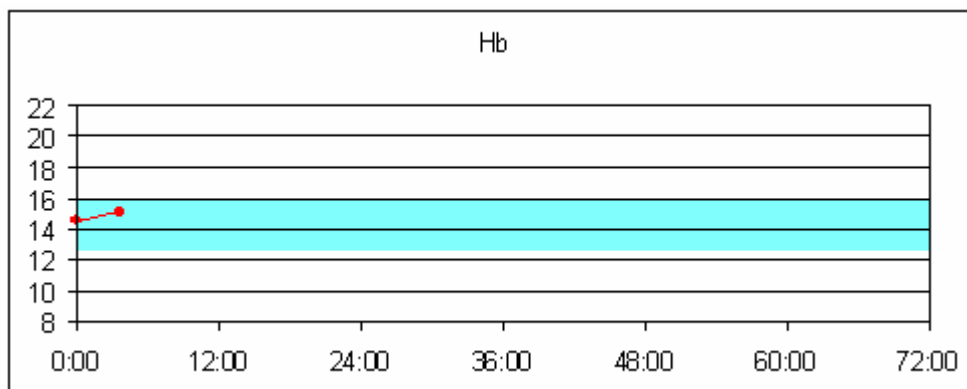


Abb. 10d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

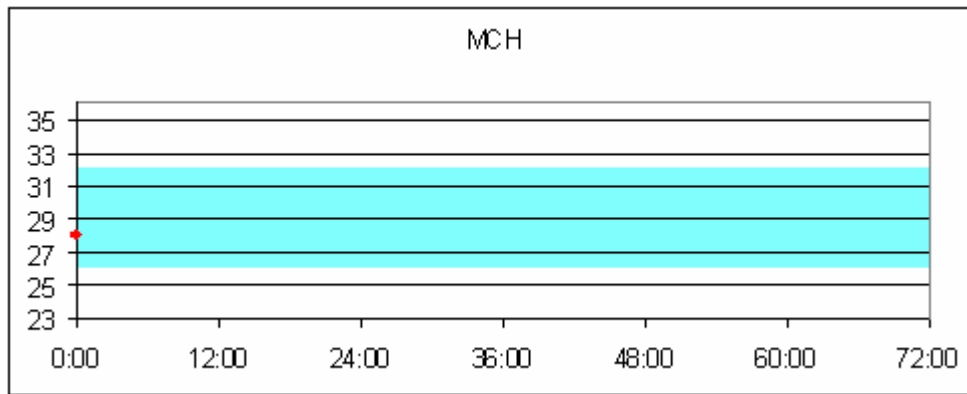


Abb. 10e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	10
Alter	41 Jahre
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	unbekannt
Körpertemperatur	39°C (Minimum = 37°C nach 3,5 Stunden)
Überlebenszeit	8 Stunden
Todesursache	Schock
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 19: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 10.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	3,1 - 3,2	Keine Werte	†	†
Natrium mmol/l	135 - 144	137 - 140	Keine Werte	†	†
pH	7,36 – 7,44	7,20 - 7,29	Keine Werte	†	†
Hb g/dl	12,7 – 16,0	14,6 - 15,1	Keine Werte	†	†
MCH pg	26 - 32	28	Keine Werte	†	†
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	Keine Werte	Keine Werte	†	†

Tab. 20: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 10)

Fall 11 (Heidelberg – H., T. 1986)

Ereignis:

Die Mutter vermisst an einem Nachmittag im Mai ihren zweijährigen Sohn. Nach ca. zwanzigminütiger Suche entdeckt sie ihn treibend im Weiher hinter einem Spielplatz und zieht ihn sofort an Land. Die eingetroffenen Polizisten unternehmen Wiederbelebungsversuche. Um 17.00 Uhr trifft der Hubschrauber am Unfallort ein: der Notarzt reanimiert den Jungen, intubiert und beatmet ihn. Er beurteilt den Zustand des Kindes nach der Glasgow-Coma-Scale mit drei Punkten.

Stationäre Behandlung:

Unter Reanimationsbedingungen erfolgt der Transport in die Kinderklinik, die gegen 18.00 Uhr erreicht wird. Es wird ein Puls von maximal 30/min gemessen, Pupillenreaktionen sind nicht vorhanden, die Körpertemperatur beträgt 30,5°C und der Blutzucker liegt bei 250mg%. Nach 30 Minuten Reanimation kommen erste, einzelne Herzaktionen: um 18.50 Uhr ein AV-Rhythmus und um 19.30 Uhr schließlich ein Sinusrhythmus. Die Körpertemperatur ist auf 28,5°C abgesunken, der systolische Blutdruck beträgt 60mmHg, bei weiterhin lichtstarrten Pupillen.

Verlauf:

Das Kind wird langsam aufgewärmt, so dass seine Körpertemperatur nach 5 Stunden anzusteigen beginnt und nach 9 Stunden 37,5°C erreicht. Zu diesem Zeitpunkt liegt der systolische Blutdruck zwischen 45 und 25 mmHg und steigt trotz kontinuierlicher Gabe von Dopamin und Dobutrex nicht an. Es besteht eine Anurie. Die Pupillen sind weiterhin lichtstarr. In der Blutgasanalyse zeigt sich eine respiratorische Azidose bei einer Sauerstoff-Sättigungen von 80% unter Beatmung. Um 23.00 Uhr entwickelt der Junge eine Schnappatmung und muss relaxiert werden. Als um 3.30 Uhr eine Körpertemperatur von 37,5°C erreicht wird, kommt es zu einem Blutdruckabfall, systolisch 25 mmHg. Um 3.50 Uhr fällt die Herzfrequenz innerhalb von zwei Minuten von 140 auf 100/min und innerhalb von Sekunden von 100 auf 0/min. Das Kind wird asystol und verstirbt schließlich 11 Stunden nach dem Unfall am Herz-Kreislaufversagen.

Sektionsergebnisse:

Schocksymptomatik. Hämoperikard nach intrakardialen Injektionen.

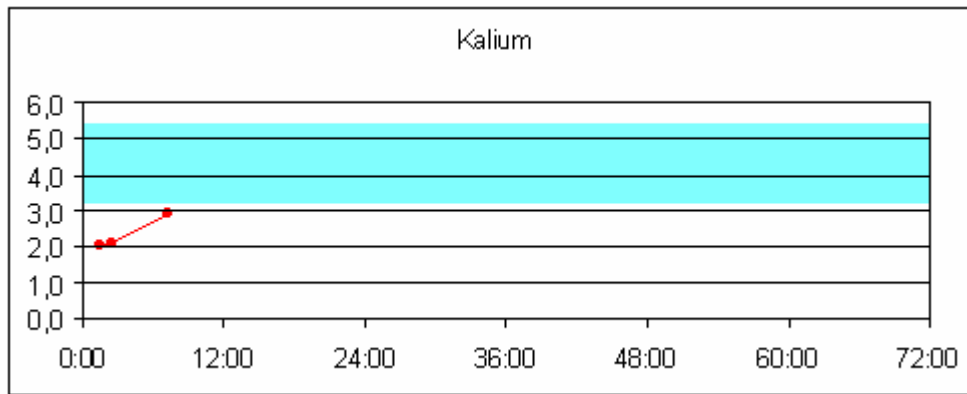


Abb. 11a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

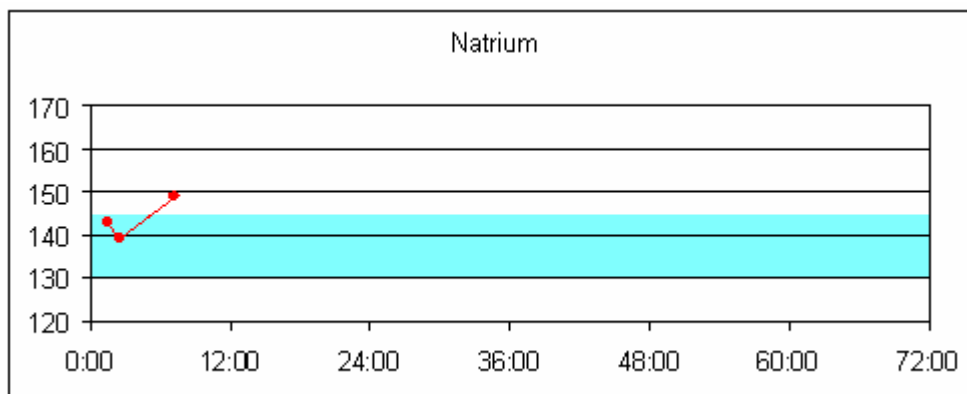


Abb. 11b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

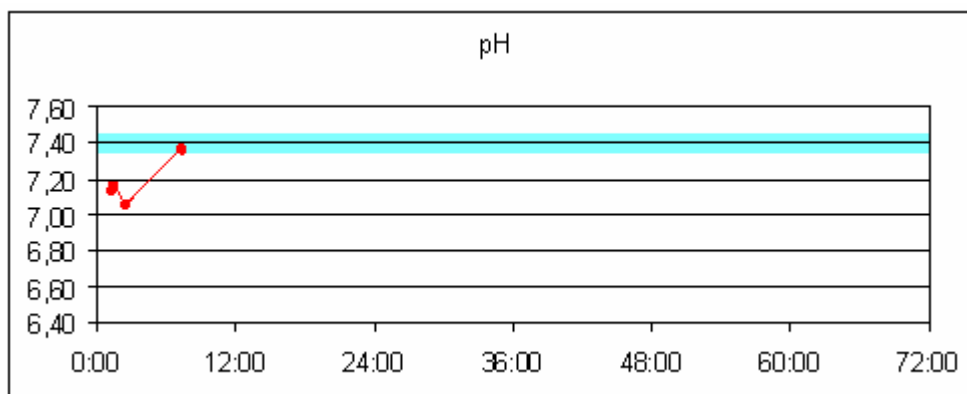


Abb. 11c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

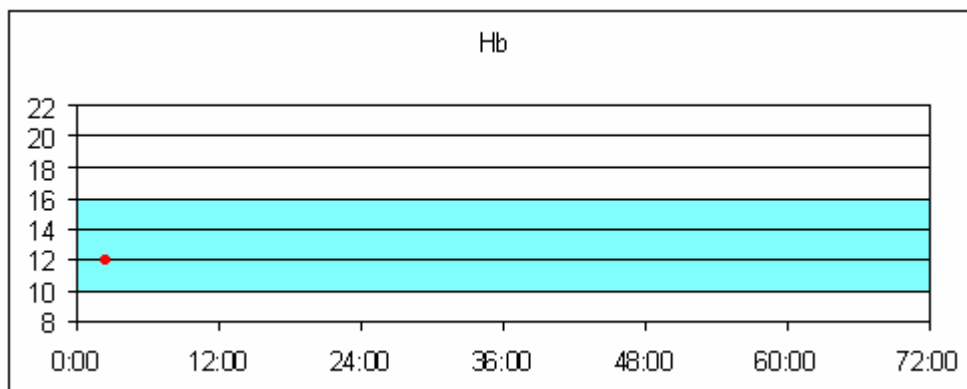


Abb. 11d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

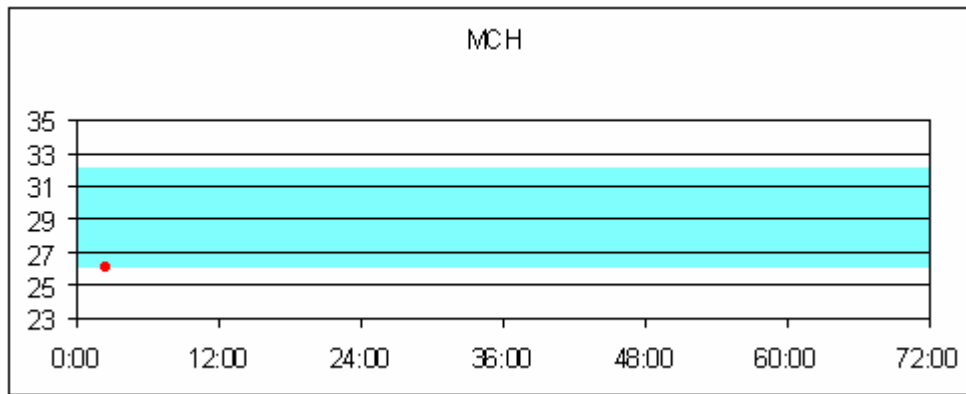


Abb. 11e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	11
Alter	2 Jahre, 2 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	maximal 20 Minuten
Wassertemperatur	kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	170 Minuten (20 min Laien, 150 min NA/Arzt)
Körpertemperatur	30,5°C (Minimum = 28,5°C nach 2,5 Stunden)
Überlebenszeit	11 Stunden, 20 Minuten
Todesursache	Schock, Hämatoperikard (iatrogen)
Todesart	Unfall (Weiher)

Tab. 21: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 11.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,0 - 2,1	2,9	†	†
Natrium mmol/l	130 - 145	139 - 143	149	†	†
pH	7,36 – 7,44	7,06 - 7,16	7,37	†	†
Hb g/dl	10 - 16	11,9	Keine Werte	†	†
MCH pg	26 - 32	26	Keine Werte	†	†
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 -8,0	Keine Werte	Keine Werte	†	†

Tab. 22: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 11)

Fall 12 (Heidelberg – H., A.-C. 1982)

Ereignis:

An einem Nachmittag im Juni taucht ein 5 Jahre alter Junge im Nichtschwimmerbecken eines Thermalbades unter. Vermutlich 5 Minuten soll er unter der Wasseroberfläche gelegen haben, bevor er von anwesenden Ärzten leblos geborgen und reanimiert wird. Etwa 10 Minuten später trifft der Notarzt ein: Trotz Intubation und Beatmung sowie medikamentöser Therapie und fortgesetzter kardiopulmonaler Reanimation während des Transportes ist der Junge bei Aufnahme auf die Intensivstation der Kinderklinik - etwa 30 Minuten nach dem Unfall - noch ohne eigene Herzaktion, tief komatös und leicht unterkühlt. Seine Pupillen sind beiderseits weit und ohne Reaktion auf Licht.

Stationäre Behandlung:

Nach Fortsetzung der Reanimationsmaßnahmen auf Station kann der Kreislauf unter hochdosierter Katecholamingabe nach ca. 60 Minuten mit Blutdruckwerten systolisch um 95 mmHg stabilisiert werden. Unter maschineller Beatmung und massiver Substitution von Bikarbonat gelingt der schrittweise Ausgleich der ausgeprägten metabolischen Azidose. Zur Prophylaxe bzw. Therapie eines hypoxischen Hirnödems wird das Kind unter dem Einsatz von Dopamin, Dobutamin, Furosemid, Phenobarbital und Decadron hyperventiliert. Um frühzeitig einer intracraniellen Drucksteigerung entgegen zu wirken, behandeln die Ärzte mit Etomidat-Dauerinfusion.

Verlauf:

Weite, entrundete und lichtstarre Pupillen, keine Reaktion auf Schmerzreize; deutliches Absinken der Kopftemperatur im Vergleich zu Rumpf und Extremitäten innerhalb weniger Stunden nach Aufnahme sind erste Anzeichen einer schweren cerebralen Schädigung. Unter stabilen Kreislaufverhältnissen wird ca. 18 Stunden nach dem Unfall ein erstes EEG abgeleitet: es kann jedoch keinerlei Hirnaktivität nachgewiesen werden. Die Untersuchung der evozierten Potentiale (BERA) bestätigen den Verdacht auf einen ischämiebedingten dissoziierten Hirntod. Nachdem auch die im Abstand von 12 Stunden durchgeführte zweite Ableitung ein isoelektrisches Null-Linien-EEG zeigt, wird nach 26 Stunden der Hirntod des Jungen diagnostiziert.

Sektionsergebnis: Intravitaler Hirntod.

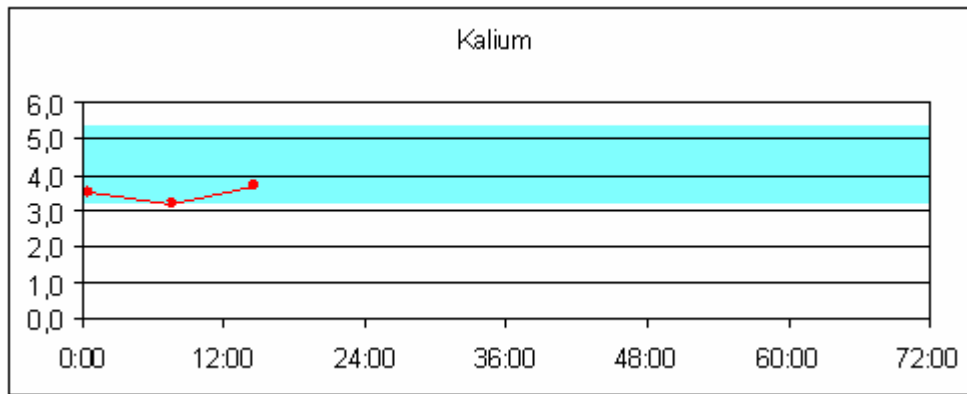


Abb. 12a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

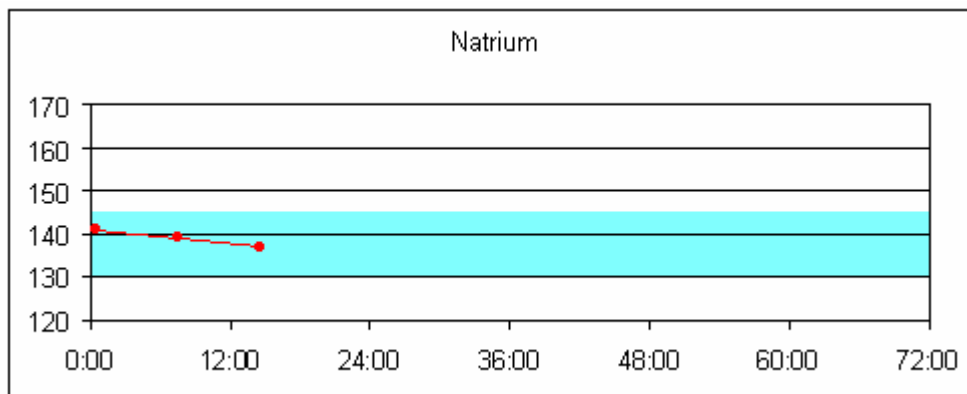


Abb. 12b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

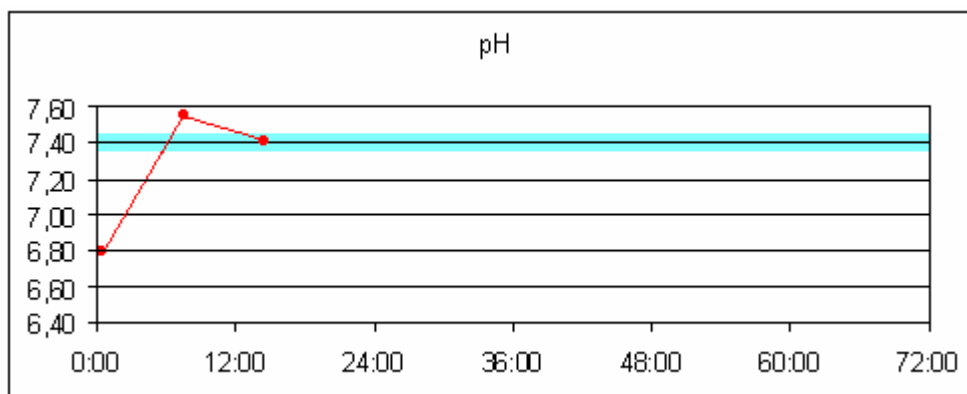


Abb. 12c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

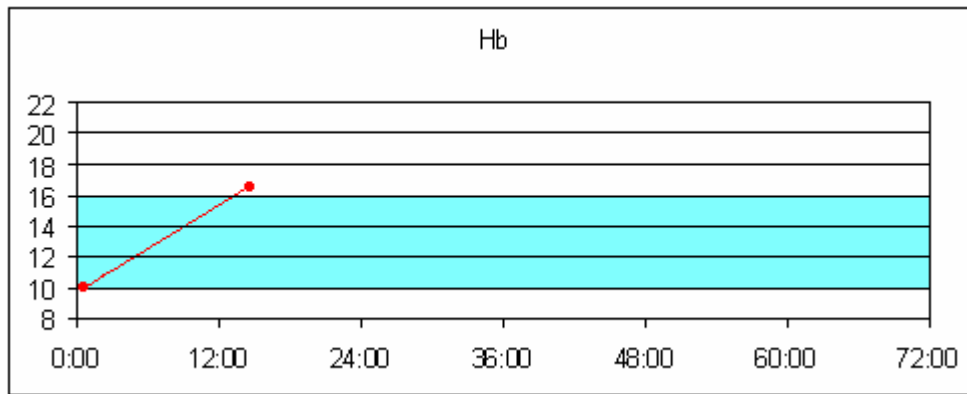


Abb. 12d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

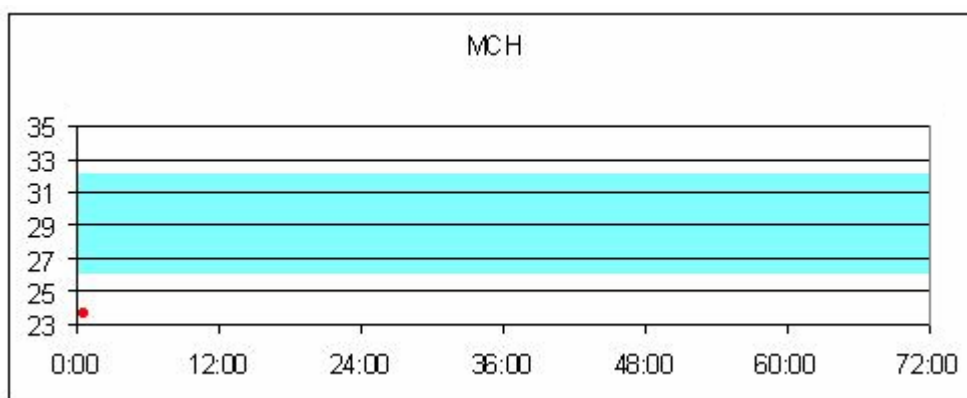


Abb. 12e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

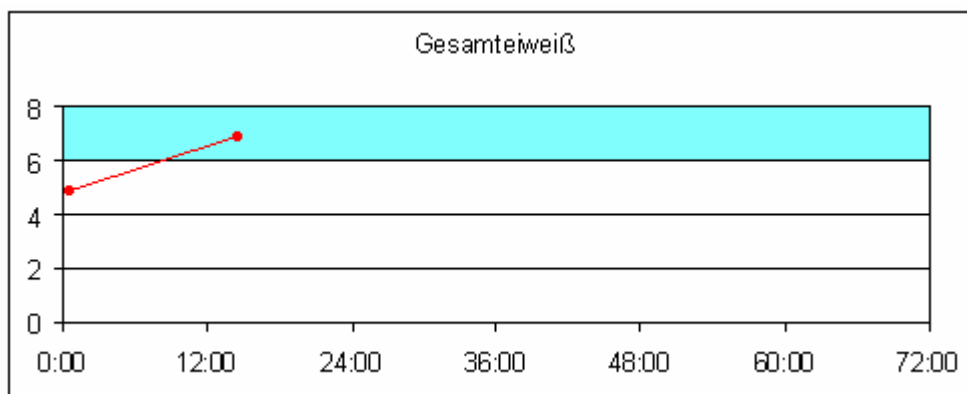


Abb. 12f: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	12
Alter	5 Jahre, 4 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel - warm
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	90 Minuten (10 min Ärzte, 80 min NA)
Körpertemperatur	36,5°C (= Minimum nach 30 Minuten)
Überlebenszeit	26 Stunden, 30 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	Badeunfall (Thermalbad)

Tab. 23: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 12.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,5	3,2 - 3,7	Keine Werte	†
Natrium mmol/l	130 - 145	141	137 - 139	Keine Werte	†
pH	7,36 – 7,44	6,79	7,41 - 7,55	Keine Werte	†
Hb g/dl	10 – 16	10	16,5	Keine Werte	†
MCH pg	26 - 32	23,7	Keine Werte	Keine Werte	†
MCV µm ³	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 -8,0	4,9	6,9	Keine Werte	†

Tab. 24: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 12)

Fall 13 (Lübeck – 120/94)

Ereignis:

Der 25-jährige Mann fuhr an einem Julinachmittag mit Freunden an einen See. Obwohl er gesund und ein guter Schwimmer ist, wird er plötzlich auf einer von Badenden besetzten Schwimmpattform vermisst. Nach circa zehn Minuten wird er leblos unter Wasser treibend gefunden. Nach der Bergung wird von anwesenden Laien unverzüglich mit der Reanimation begonnen, die vom Notarzt fortgesetzt wird. Nach Herstellung einer ausreichenden Herzaktion, nach Intubation und maschineller Beatmung, erfolgt der Transport in die Klinik.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme ist der Patient intubiert und beatmet. Äußerlich sind keine Verletzungszeichen erkennbar. Der Blutdruck liegt initial bei 80/50 mmHg und die Herzfrequenz bei 90 Schlägen pro Minute. Eine Stunde nach dem Unfall liegt der pH-Wert bei 6,74 und der Basenüberschuss bei $-28,3$ mval/l. Es bestehen weite, lichtstarre Pupillen bei Fehlen von peripheren Muskeldehnungsreflexen. Schmerzreaktionen sind nicht auslösbar.

Verlauf:

Im Verlauf wird die maschinelle Beatmung fortgesetzt und ausreichende Herz- und Kreislaufverhältnisse unter Zufuhr von Katecholaminen und Plasmaexpandern gewährleistet. Eine antibiotische Therapie wird zur Prophylaxe einer möglichen beginnenden Pneumonie begonnen. Die intensive Behandlung wird über vier Tage fortgesetzt, ohne dass sich eine nennenswerte Befundverbesserung einstellt. Die neurologischen Ausfallserscheinungen sprechen für den schon vor Klinikaufnahme eingetretenen Hirntod. Nachdem am sechsten Tag klar ist, dass eine Erholung oder Besserung des hirnorganischen Befundes nicht zu erwarten ist, wird die Maximaltherapie abgebrochen und auf die Erhaltung der vitalen Funktionen reduziert.

Am achten stationären Tag kommt es zu einer rapiden Verschlechterung, die unter den Zeichen eines kardiogenen Pumpversagens zum Herzstillstand führt.

Sektionsergebnisse: Massives Hirnödem, Schockorgane.

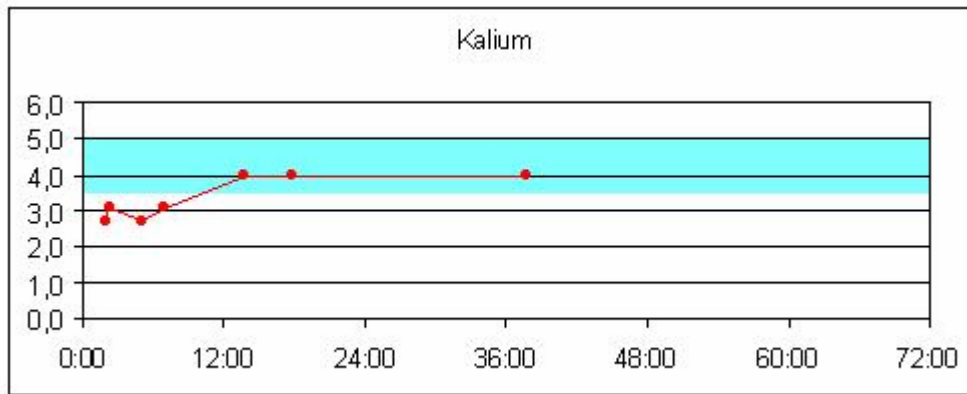


Abb. 13a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

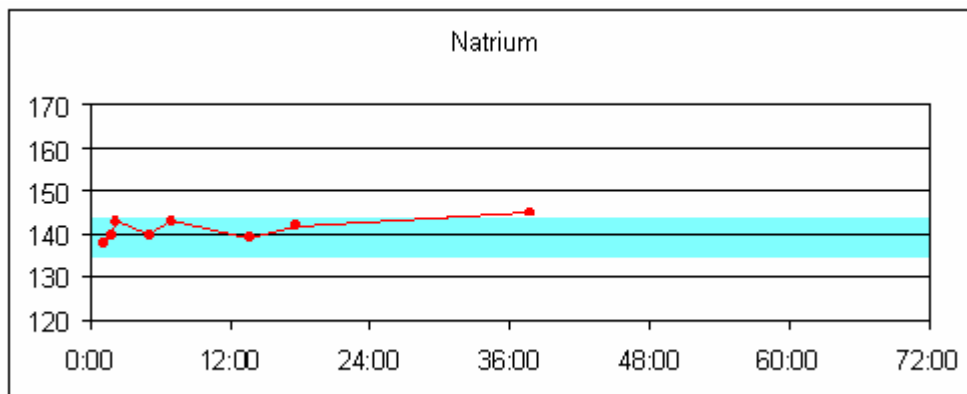


Abb. 13b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

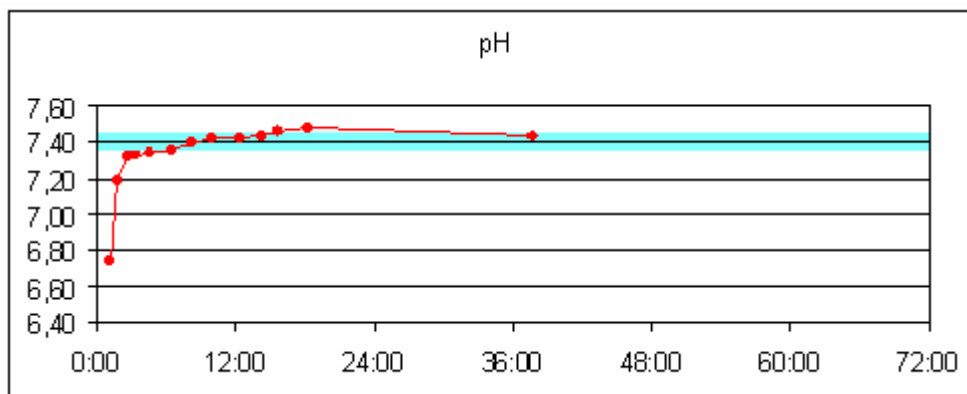


Abb. 13c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

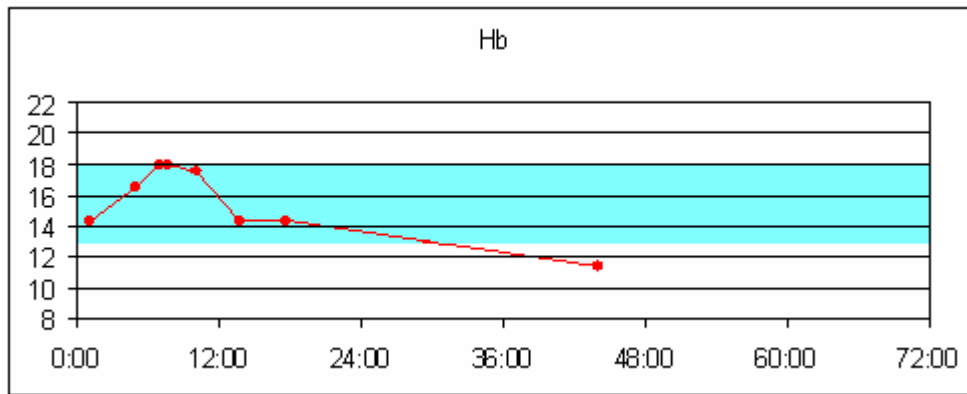


Abb. 13d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

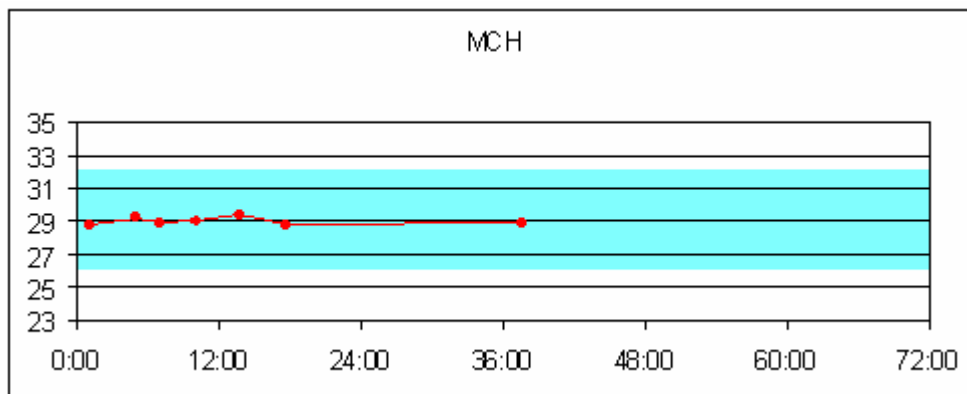


Abb. 13e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

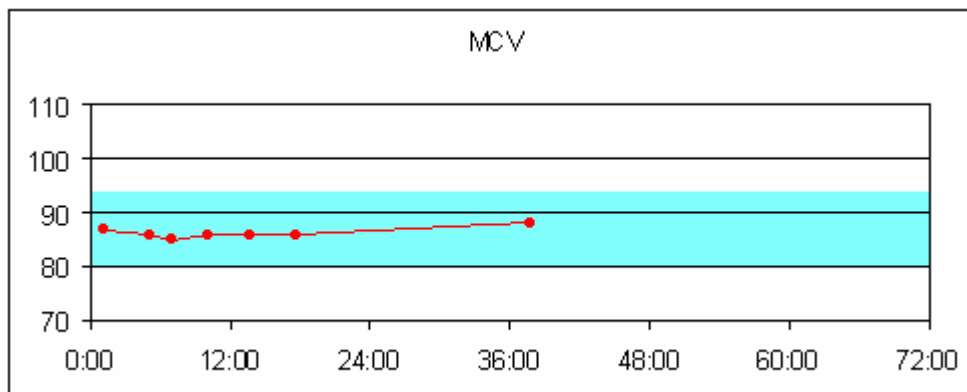


Abb. 13f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	13
Alter	25 Jahre, 3 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 Minuten
Wassertemperatur	27°C (gemessen)
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	15 Minuten (5 min Laien, 10 min NA)
Körpertemperatur	34,4°C (= Minimum nach 71 Minuten)
Überlebenszeit	8 Tage, 12 Stunden
Todesursache	Schock
Todesart	Badeunfall (Teich)

Tab. 25: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 13.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	2,7 – 3,1	3,1 - 4	4	Keine Werte
Natrium mmol/l	135 - 144	138 – 143	139 - 143	145	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	6,74 - 7,34	7,36 - 7,46	7,43 - 7,48	Keine Werte
Hb g/dl	13 – 18	14,3 - 16,5	14,3 - 18	Keine Werte	11,4
MCH pg	26 - 32	28,8 - 29,2	28,8 - 29,4	28,9	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	86 - 87	85 - 86	88	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 26: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 13)

Fall 14 (Oldenburg – 229/92)

Ereignis:

Ein 28-jähriger Mann feiert in den frühen Abendstunden im Mai zusammen mit anderen Personen an einem Teich. Gegen etwa 18.30 Uhr soll er unter erheblichem Alkoholeinfluss ins Wasser gegangen sein. Die Freunde hören ihn schreien und beobachten ein ca. dreiminütiges Untertauchen, bevor sie ihn bergen können. Bei Eintreffen des Notarztes zeigen sich eine ausgeprägte Spastik, eine leichte Zyanose, feuchte Rasselgeräusche und bereits eingetretene stabile Kreislaufverhältnisse. Auf dem Transport wird u.a. Lasix zur Lungenödemprophylaxe gegeben.

Stationäre Behandlung:

Der Patient wird unterkühlt, intubiert und beatmet zunächst auf die Intensivstation übernommen. Im Dauerkatheter finden sich etwa 200 ml blutiger Urin, der noch vom Transport stammt. Danach kommt keine Ausscheidung mehr zustande. Bei grobblasigen Rasselgeräuschen lässt sich massiv heller, roter Schaum aus den Lungen absaugen. Nach zusätzlicher Verschlechterung der Oxygenierung soll der Patient an die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) angeschlossen werden. Bei Verlegung besteht eine Tachykardie von 160/min unter Katecholaminunterstützung und das Bild einer metabolischen Azidose. Nach dem Transport kommt es zum Kreislaufstillstand: Es werden Reanimationsmaßnahmen eingeleitet, die zum Sinusrhythmus führen. Der Anschluss an die ECMO erfolgt unter halbwegs stabilen hämodynamischen Verhältnissen.

Verlauf:

Der Patient hat eine andauernde metabolische Azidose und wiederholte Kreislaufeinbrüche, die mehrmals von kurzfristigem Kammerflimmern begleitet werden. Wegen massiv erhöhten Lungenwiderstandes ist eine maschinelle Beatmung nicht möglich: Es wird mit dem Ambubeutel beatmet. Defibrillation und externe Massage stabilisieren den Kreislauf, bis es ca. 1,5 Stunden nach Anschluss an die ECMO zum erneuten Kreislaufstillstand mit Kammerflimmern kommt, von dem der Patient sich trotz maximaler Therapie nicht mehr erholt. Der junge Mann verstirbt ca. 9,5 Stunden nach dem Unfall im protrahierten Schock an Herz-Kreislaufversagen.

Sektionsergebnisse:

Extreme Schocklungen, massive subendokardiale Blutungen in der linken Ausflussbahn, Hirnvolumenvermehrung mit Hirndruckzeichen, Schockveränderungen von Nieren und Leber sowie Blässe der inneren Organe.

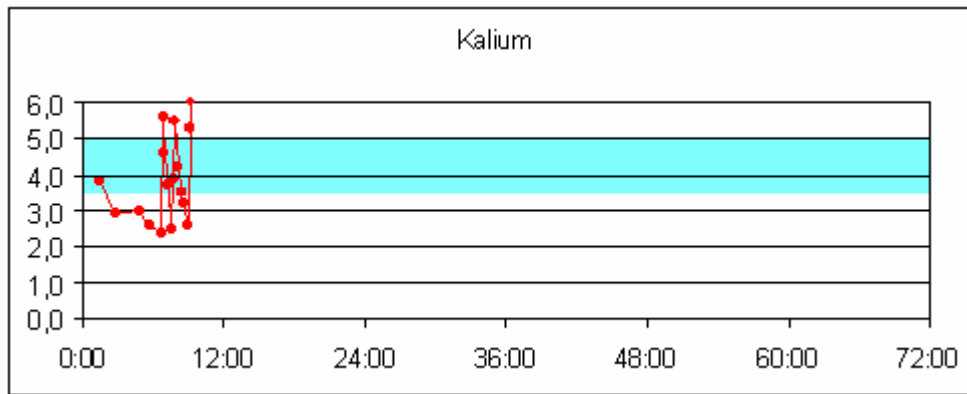


Abb. 14a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

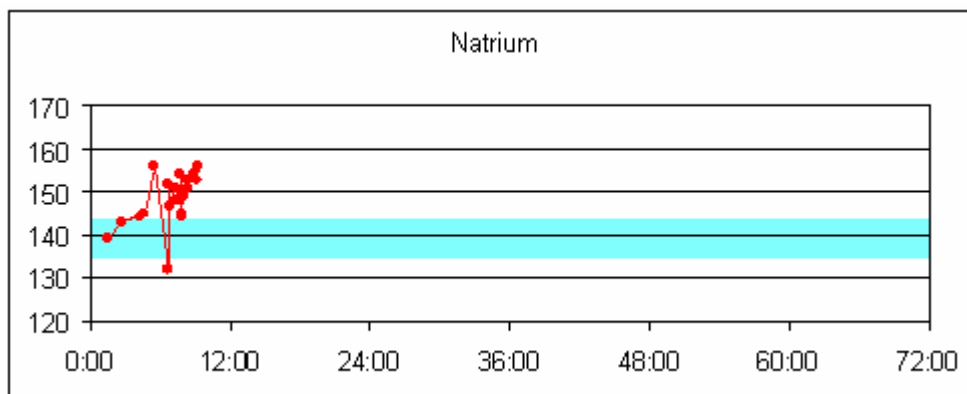


Abb. 14b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

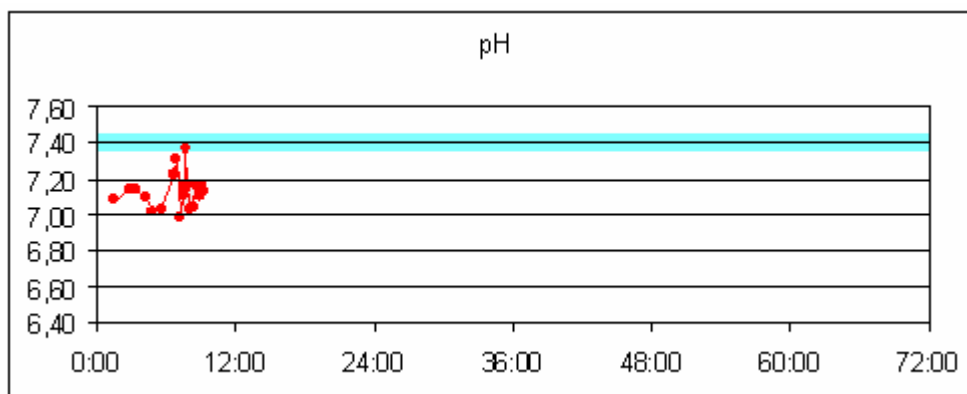


Abb. 14c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

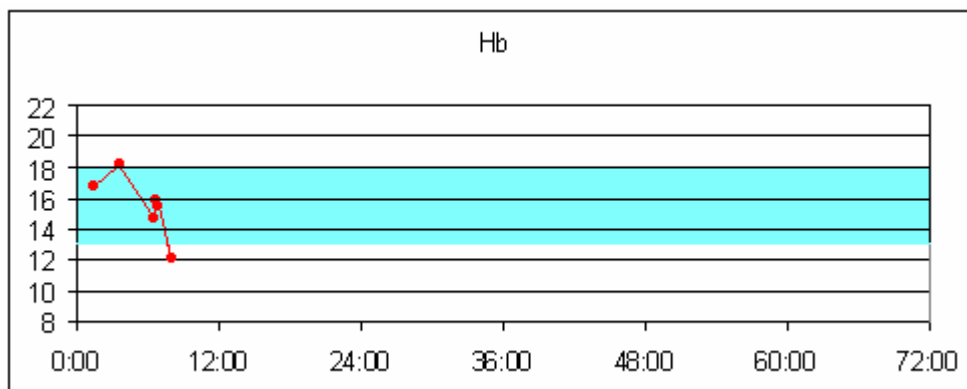


Abb. 14d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

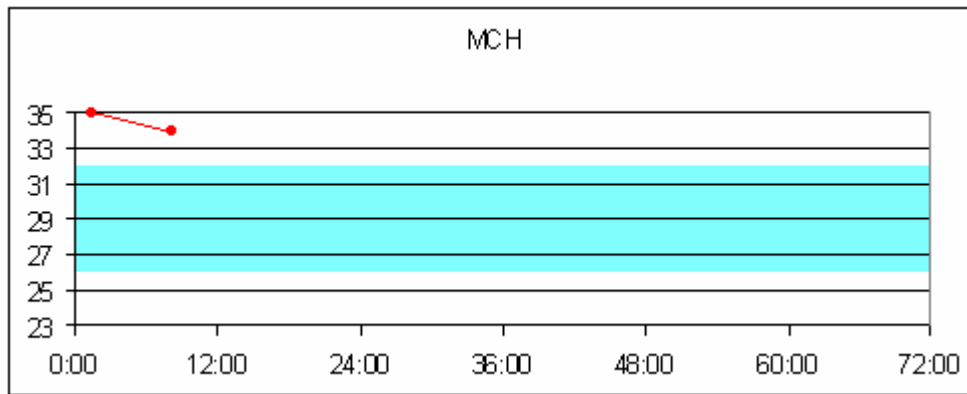


Abb. 14e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

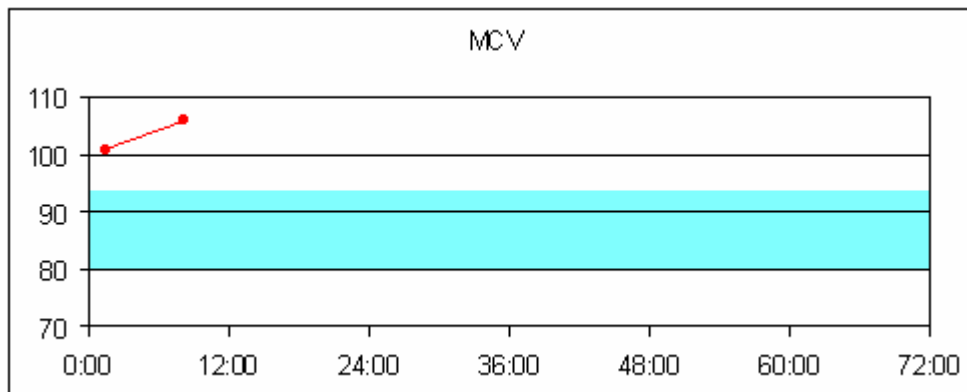


Abb. 14f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

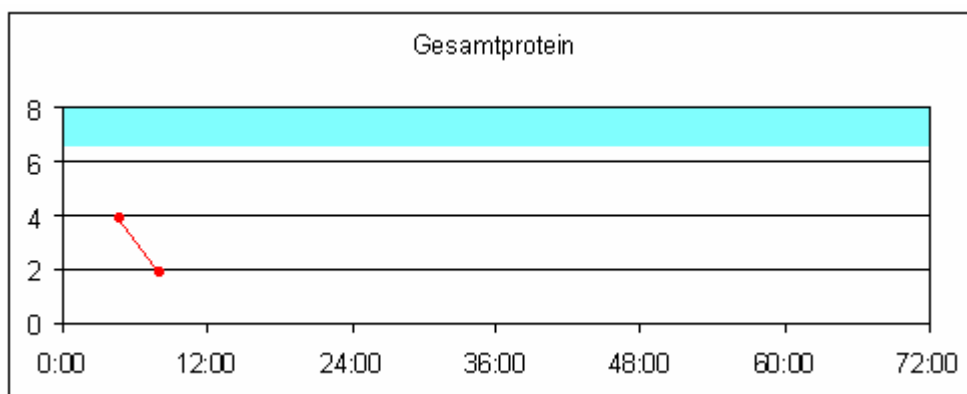


Abb. 14g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	14
Alter	28 Jahre, 8 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	3 Minuten
Wassertemperatur	mittel - kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	nein
Dauer der Reanimation	ja
Körpertemperatur	36,1°C (= Minimum nach 4 Stunden)
Überlebenszeit	9 Stunden, 30 Minuten
Todesursache	protrahiertes Schockgeschehen
Todesart	Badeunfall unter Alkoholeinfluss (Teich)

Tab. 27: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 14.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	3,8 – 2,6	2,4 - 6,2	†	†
Natrium mmol/l	135 - 144	139 - 156	132 – 156	†	†
pH	7,36 – 7,44	7,02 - 7,14	6,99 - 7,37	†	†
Hb g/dl	13 – 18	16,7 - 18,2	12,2 - 15,9	†	†
MCH pg	26 - 32	35	34	†	†
MCV μm ³	80 - 94	101	106	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	3,9	1,9	†	†

Tab. 28: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 14)

Fall 15 (Oldenburg – 13/92)

Ereignis:

Das 3 ³/₄ - jährige Kind wird an einem Januar-Abend auf dem Bauch liegend ertrunken in der häuslichen Badewanne aufgefunden. Bei den Reanimationsversuchen des Vaters entleeren sich reichlich Wasser und Schleim aus dem Mund des Mädchens. Der Notarzt intubiert, beatmet und legt einen zentralen Venenkatheter.

Stationäre Behandlung:

75 Minuten nach dem Unfall kommt das Kind blass, mit einer Körpertemperatur von 31,7°C, zur stationären Aufnahme. Ohne Eigenatmung wird über den Tubus manuell beatmet. Die Pupillen sind beiderseits weit und lichtstarr und es lassen sich keinerlei physiologische oder pathologische Reflexe auslösen. Bei einer Herzfrequenz von 110 Schlägen pro Minute beträgt der Blutdruck 100/60 mmHg. In der Blutgasanalyse findet sich eine ausgeprägte Azidose.

Verlauf:

Im Verlauf zeigt sich auf der Röntgen-Thorax-Aufnahme eine besonders perihilar betonte fleckige Zeichnung beider Lungen. Schon am zweiten stationären Tag ist im Computertomogramm des Kopfes ein ausgeprägtes generalisiertes Hirnödem mit völliger Kompression der Liquorräume zu sehen. Unter restriktiver Flüssigkeitszufuhr wird hyperoxisch beatmet und flankierend mit Katecholaminen, Diuretika, Kortison und Antibiose behandelt. Unter dieser Therapie lassen sich zwar bei kreislaufstabilen Verhältnissen gute Sauerstoffwerte im arteriellen Blut erreichen, der Gesamtzustand mit bestehender absoluter Areflexie und Anurie bessert sich jedoch nicht. Am fünften stationären Tag wird ein Kontrollcomputertomogramm des Kopfes angefertigt: Es zeigt sich unverändert das generalisierte Hirnödem; zusätzlich besteht der Verdacht auf eine sekundäre subarachnoidale Blutungen. Am sechsten stationären Tag finden sich im Elektroenzephalogramm abnormale Hirnstromkurven. Fast sieben Tage nach dem häuslichen Unfall kommt es zu einem erneuten Kreislaufstillstand, dem das Mädchen schließlich erliegt.

Sektionsergebnisse:

Erweichtes nekrotisches Gehirn bei exzessiven Druckzeichen und sekundären Druckblutungen. Schockorgane mit passiver Blutüberfüllung. Fahle Verfärbung der Herzmuskulatur als Hinweis auf ischämische Schädigung.

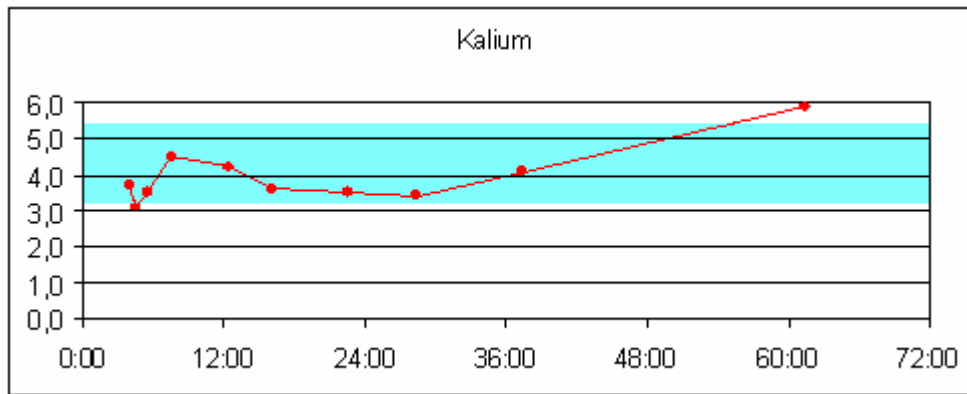


Abb. 15a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

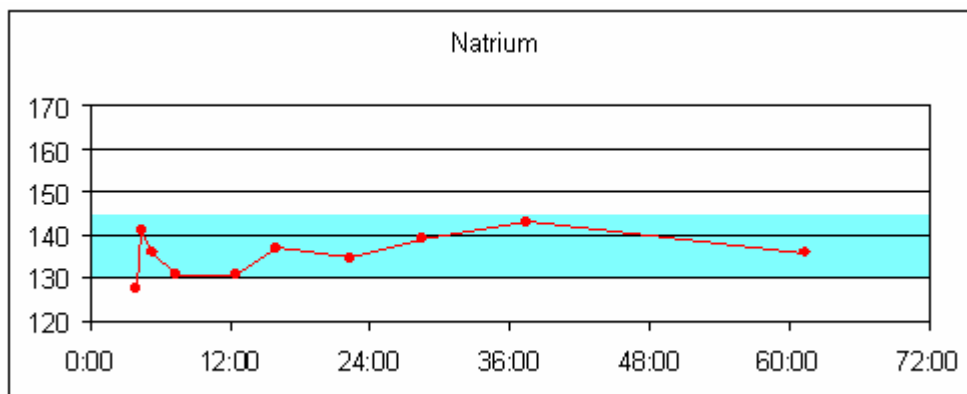


Abb. 15b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

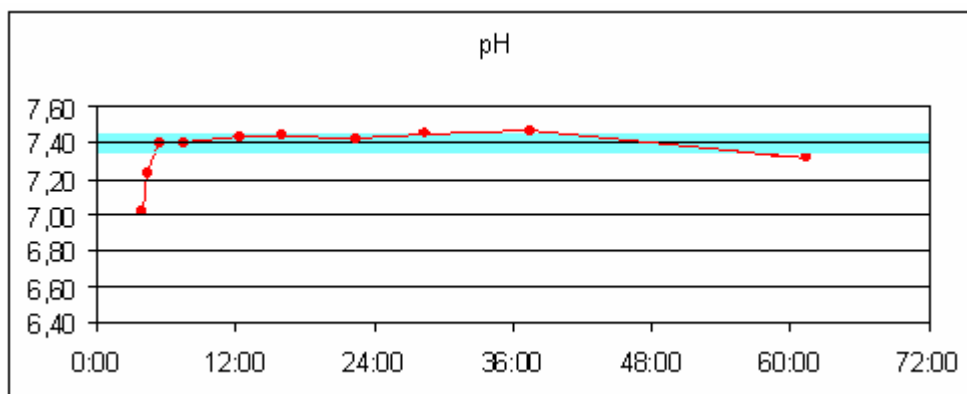


Abb. 15c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

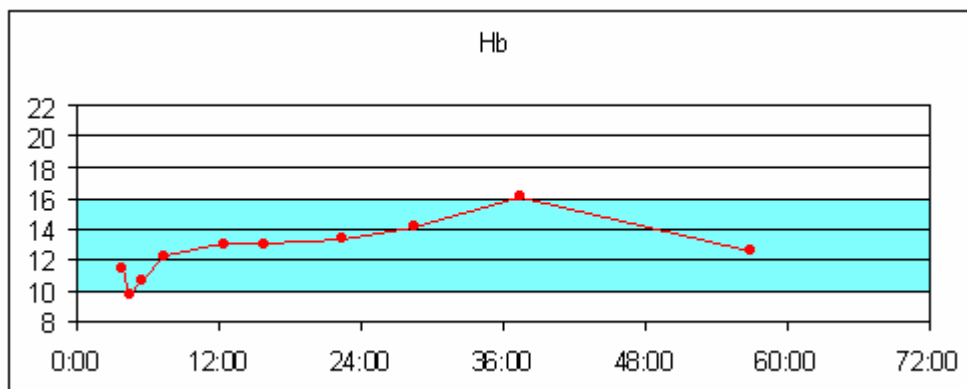


Abb. 15d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

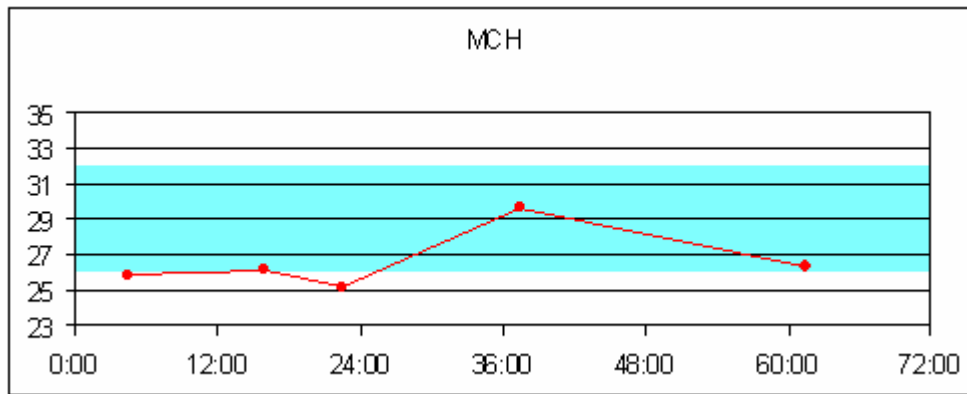


Abb. 15e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

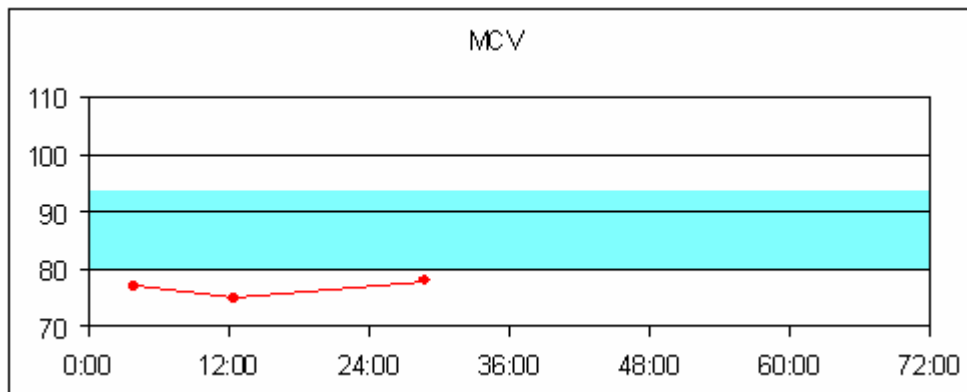


Abb. 15f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

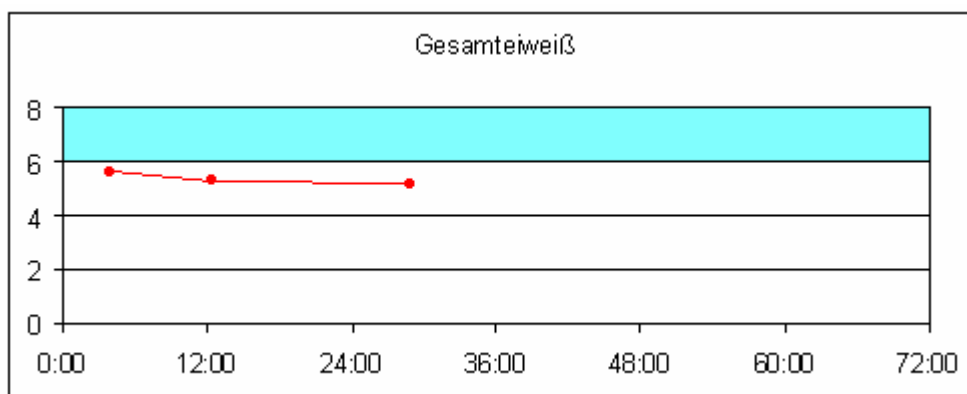


Abb. 15g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	15
Alter	3 Jahre, 8 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	wenige Minuten
Wassertemperatur	warm
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	maximal 75 Minuten
Körpertemperatur	31,7°C (= Minimum nach 75 Minuten)
Überlebenszeit	6 Tage, 21 Stunden, 20 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	(Badewannen-)Unfall

Tab. 29: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 15.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,7 - 3,1	3,6 - 4,5	3,4 - 4,1	5,9
Natrium mmol/l	130 - 145	128 - 141	131 - 137	135 - 143	136
pH	7,36 – 7,44	7,02 - 7,4	7,4 - 7,44	7,42 - 7,47	7,32
Hb g/dl	10 – 16	11,5 – 9,8	12,3 - 13	13,4 - 16,1	12,6
MCH pg	26 - 32	25,9	26,2	25,2 - 29,7	26,3
MCV μm^3	80 - 94	77	75	78	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,6	5,3	5,2	Keine Werte

Tab. 30: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 15)

Fall 16 (Lübeck – M., K. 1990)

Ereignis:

Das siebenjährige Mädchen wird am Nachmittag im März in einem Schwimmbad leblos treibend gesehen. Aufgrund des letzten Beckenkontrollganges der Angestellten lässt sich eine Submersionszeit von maximal fünf Minuten ermitteln. Der Bademeister birgt das Kind und beginnt mit den Wiederbelebungsmaßnahmen. Als der Notarzt 10 Minuten später eintrifft, fehlen Herzaktionen, die Pupillen sind beiderseits weit und lichtstarr. Es erfolgt bei tiefer Bewusstlosigkeit die orotracheale Intubation und Gabe von Suprarenin und Atropin über den Tubus. Der Notarzt entschließt sich, unter kontinuierlicher Herzdruckmassage in die Kinderklinik zu fahren. Während des Transportes wird einmal mit 20 Joule und zweimal mit 40 Joule defibrilliert.

Stationäre Behandlung:

Circa 70 Minuten nach dem Unfall wird das Kind unter Reanimationsbedingungen aufgenommen. Spontane Herzeigenaktionen sind weiterhin noch nicht erfolgt. Der neurologische Status ist kritisch bei dem komatösen Kind, welches keine physiologischen Reflexmuster bei weiten, lichtstarrten Pupillen zeigt. Wegen der Fehllage des Tubus wird jetzt unter klinischen Bedingungen auf nasotracheal umintubiert. Es wird schließlich noch eine Knochenschraube gelegt, weil die Punktion einer Vene nicht möglich ist und ein venöser Zugang somit fehlt. Über die Magensonde fließt blutiges Sekret ab. Eine Ausscheidung kommt nicht zustande. Die Körpertemperatur bei Aufnahme ist auf 35,4°C gesunken und die erste Messung der Sauerstoff-Sättigung ergibt einen Wert von 30%.

Verlauf:

Unter kontinuierlicher Herzdruckmassage wird eine O₂-Sättigung von über 90% erreicht. Die initiale Blutgasanalyse ist jedoch stark azidotisch (bei einem anfänglichen pH-Wert von 6,54) und hyperkapnisch (bei einem CO₂-Wert von 141,4 mmHg). Auch mehrfache Gaben von Suprarenin pur, Natriumbikarbonat und Kalzium führen nicht zu eigenen Herzaktionen. Die Blutgaswerte verschlechtern sich nach 30 Minuten Reanimation noch weiter: Der pH liegt zuletzt bei 6,43 und der Basenüberschuss bei -49,5. Nach zweimaligem frustrenen Versuch der Defibrillation mit 50 Joule werden die Reanimationsmaßnahmen circa 100 Minuten nach dem Unfall eingestellt.

Sektionsergebnisse: Reanimationsmaßnahmen, Einblutungen der Magenschleimhaut, intravitaler Hirntod.

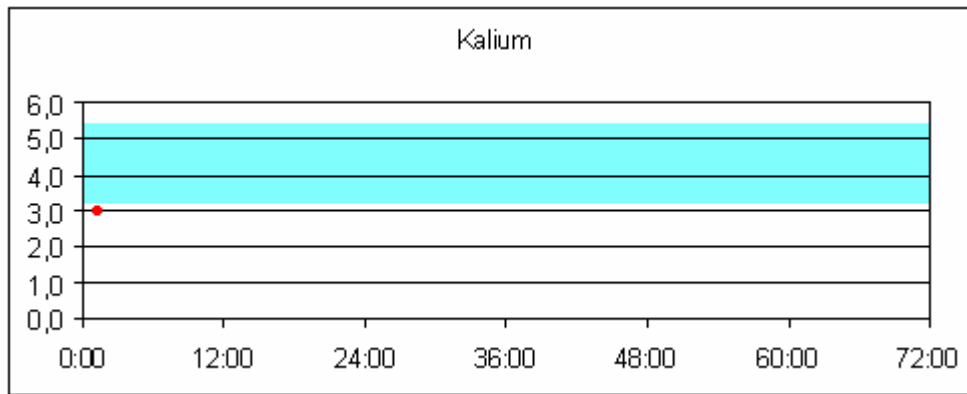


Abb. 16a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

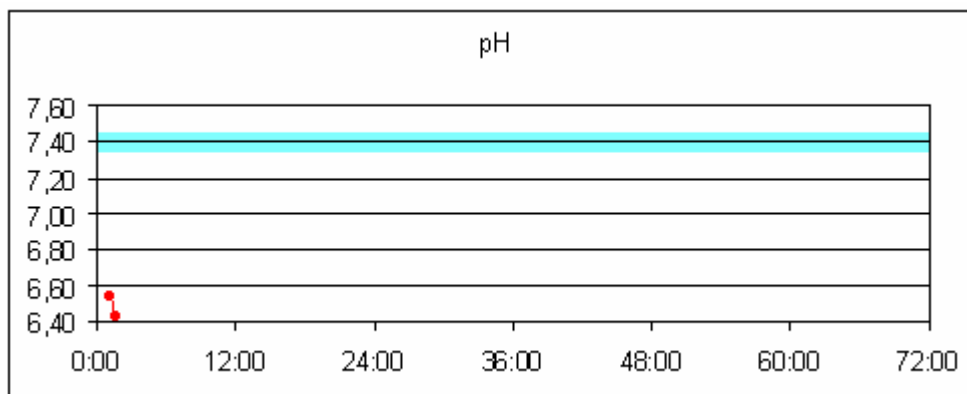


Abb. 16b: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

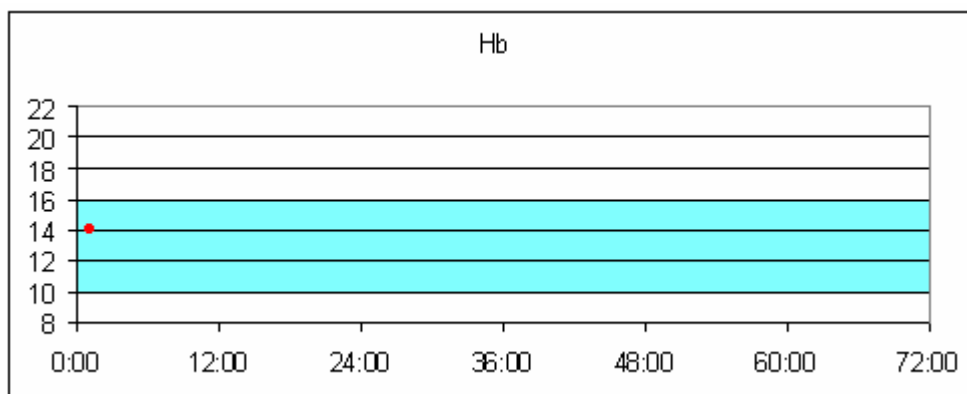


Abb. 16c: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

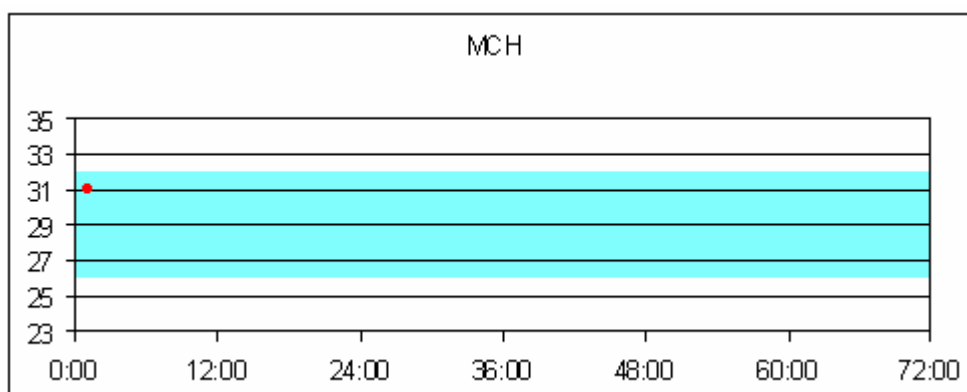


Abb. 16d: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	16
Alter	7 Jahre
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	95 Minuten (7 min Laien, 88 min NA)
Körpertemperatur	35,4°C (= Minimum nach 70 Minuten)
Überlebenszeit	100 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 31: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 16.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,0	†	†	†
Natrium mmol/l	130 - 145	Keine Werte	†	†	†
pH	7,36 – 7,44	6,43 - 6,54	†	†	†
Hb g/dl	10 – 16	14	†	†	†
MCH pg	26 - 32	31	†	†	†
MCV μm ³	80 - 94	Keine Werte	†	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	†	†	†

Tab. 32: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 16)

Fall 17 (Lübeck – K., A. 1984)

Ereignis:

An einem Aprilnachmittag wird der 13-jährige Junge im Wasser eines Erlebnisbades treibend gefunden und geborgen, nachdem etwa fünf Minuten zuvor schon ein anderer Junge leblos am Beckenrand aufgefunden worden war. Über den Unfallhergang ist nichts bekannt. Die Reanimation erfolgt verzögert, da erst der zuvor entdeckte Junge versorgt wird. Die Pupillen sind von Beginn an weit und lichtstarr. Die erste gemessene Körpertemperatur liegt bei 33°C. Unter den Reanimationsmaßnahmen kommt es zwar immer wieder zu Phasen von Eigenrhythmus, zunächst jedoch ohne hämodynamisch wirksamen Auswurf. Im Rahmen der Erstversorgung wird der Patient intubiert und erhält eine Herzdruckmassage. Es werden potente Medikamente wie Katecholamine, Atropin, Lidocain, Natriumbikarbonat und Volumen verabreicht. Zweimalig wird erfolglos defibrilliert.

Stationäre Behandlung:

Die Aufnahme erfolgt unter Reanimationsbedingungen: Die Pupillen sind unverändert weit und lichtstarr und die Temperatur beträgt jetzt 34,3°C. Die initial sehr schlechte Blutgasanalyse mit starker Azidose und Hyperkapnie kann unter Fortführung der Reanimation nur leicht verbessert werden: Der erste gemessene pH liegt bei 6,54 und steigt nur gering auf einen Wert von 6,68 an. Der pCO₂ von 111 mmHg kann unter der Beatmung mit 100% Sauerstoff auf 35,4 mmHg gesenkt werden. Der Basenüberschuss liegt im schwer entgleisten Bereich bei einem negativen Wert von -49,6 und lässt sich nur gering auf einen Wert von -39,9 mval/l anheben.

Verlauf:

Für wenige Minuten kommt es dann zu Eigenaktionen mit einer Frequenz von circa 90 Schlägen pro Minute. Kurz darauf tritt erneut ein Herzstillstand ein und die Herzdruckmassage wird fortgeführt. Trotz der Gabe von aufgewärmten Infusionslösungen und physikalischen Maßnahmen fällt die Körperkerntemperatur weiter auf 32°C ab. Nach zweieinhalbstündiger Reanimation werden alle Maßnahmen bei ausbleibender Herzaktion und weiten, lichtstarrten Pupillen eingestellt.

Sektionsergebnisse: Oberlappenatektase und Unterlappeninfiltration. Schockorgane.

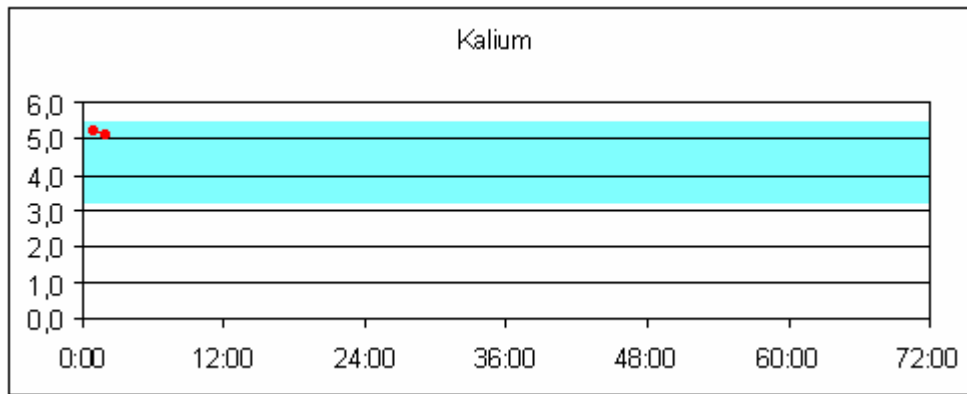


Abb. 17a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

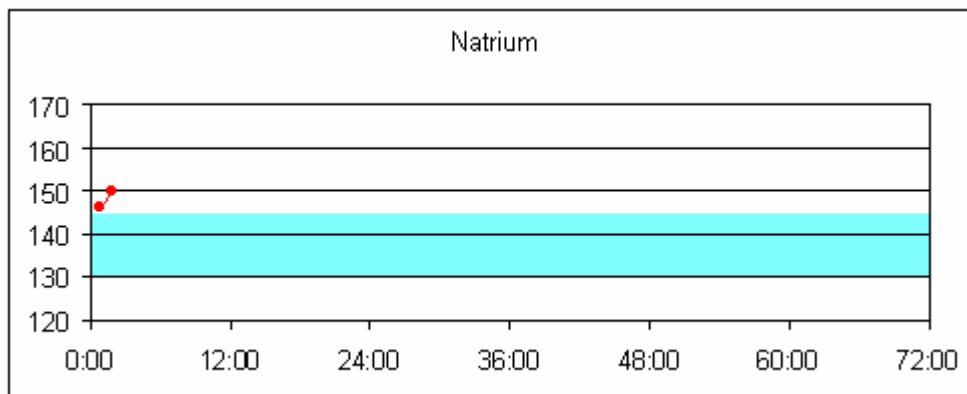


Abb. 17b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

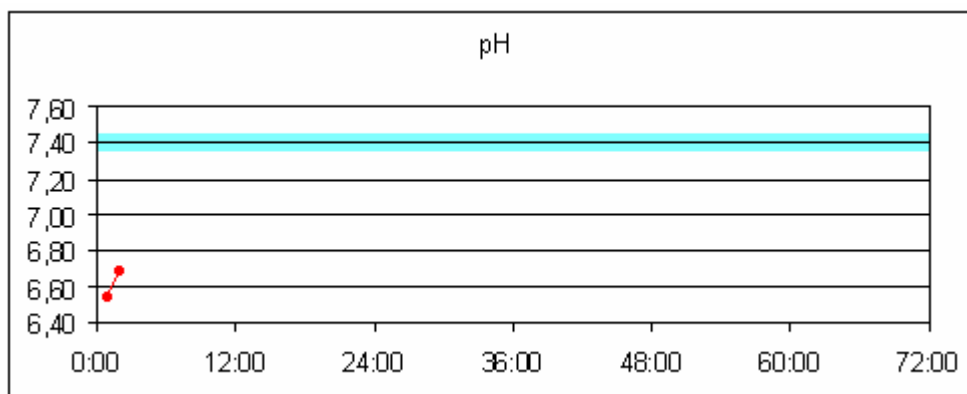


Abb. 17c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

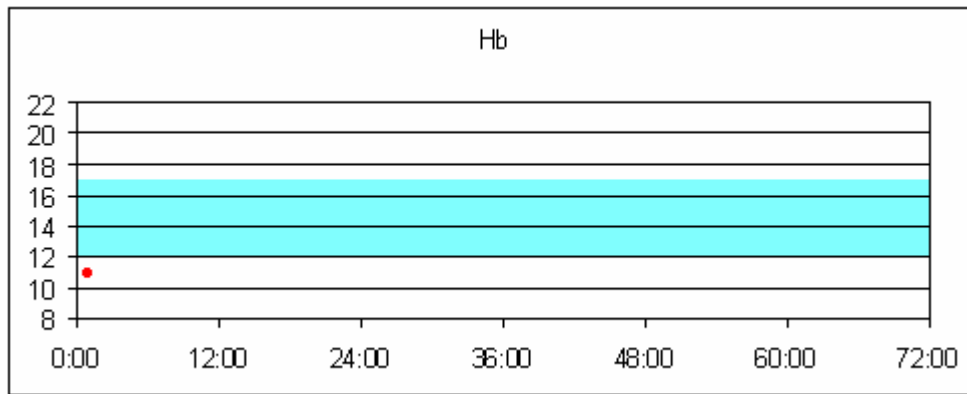


Abb. 17d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

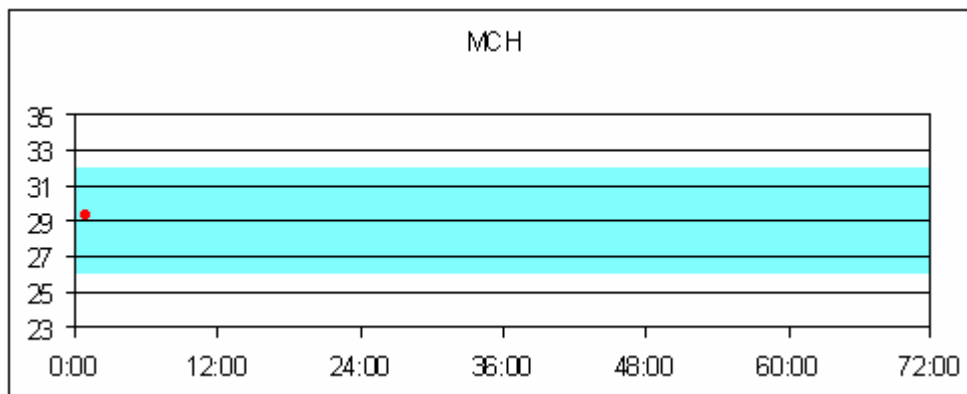


Abb. 17e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

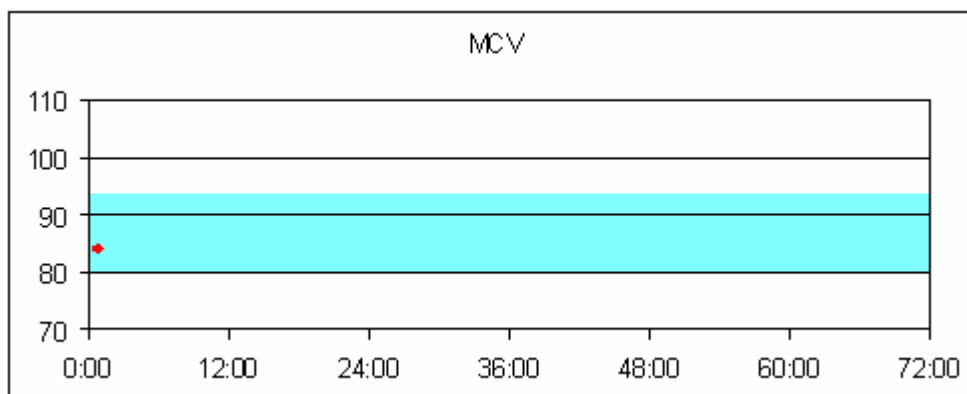


Abb. 17f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	17
Alter	13 Jahre
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	140 Minuten (15 min Laien, 125 min Ärzte)
Körpertemperatur	33°C (Minimum = 32,4°C nach 2,5 Stunden)
Überlebenszeit	2 Stunden, 30 Minuten
Todesursache	Schock
Todesart	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 33: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 17.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	5,1 - 5,2	†	†	†
Natrium mmol/l	130 - 145	146 - 150	†	†	†
pH	7,36 – 7,44	6,54 - 6,68	†	†	†
Hb g/dl	12 – 17	10,9	†	†	†
MCH pg	26 - 32	29,3	†	†	†
MCV µm ³	80 - 94	84	†	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	†	†	†

Tab. 34: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 17)

Fall 18 (Oldenburg – 366/94)

Ereignis:

Die Mutter lässt den fünfeinhalb Monate alten Säugling für fünf Minuten alleine, nachdem sie ihn mit einem Schwimmring in die mit Wasser gefüllte Badewanne gesetzt hat. Als sie zurückkommt ist der Schwimmring umgekippt und der Kopf des Kindes befindet sich unter Wasser. Sie beatmet zunächst Mund-zu-Mund. Bei Eintreffen des Notarztes ist der Säugling leblos, ohne Herzaktion und hat weite lichtstarre Pupillen. Unter Herzdruckmassage und Beatmung zeigt sich eine Herzfrequenz von 40 bis 50 Schlägen pro Minute.

Stationäre Behandlung:

Bei der Aufnahme ist der Säugling komatös, die Kreislaufverhältnisse sind schlecht. Bei nur rechtsseitig zu hörendem Atemgeräusch muss die Tubuslage korrigiert werden. Nach Anlegen einer Infusion und intravenöser Gabe von Suprarenin kann ein regelmäßiger Sinusrhythmus mit einer Frequenz von 135 bis 145 Schlägen pro Minute erreicht und die Herzdruckmassage beendet werden.

Verlauf:

Es müssen zunehmend höhere Beatmungsdrucke angewandt werden und es wird laufend blutiges Sekret aus dem Tubus abgesaugt. Wegen der ausgeprägten metabolischen Azidose wird fraktioniert Natrium-Bikarbonat verdünnt mit physiologischer Kochsalzlösung gegeben. Die labilen Blutdruckwerte stabilisieren sich zunächst unter Gabe von Frischplasma. Der Säugling scheidet jetzt jedoch große Mengen blutigen, schleimig-flüssigen Stuhl aus. Die Aufnahmetemperatur beträgt 35,8°C und sinkt trotz Wärmezufuhr noch auf 34°C ab. Dann steigt sie kontinuierlich, später überschießend auf 38°C an. Die Pupillen werden eng und reagieren etwas auf Lichteinfall. Im Verlauf der ersten Stunden kommt es zu plötzlich auftretenden, unbeeinflussbaren Tonuserhöhungen, die eine Beatmung schwierig machen und auch von dreimaligen Phenobarbitalgaben nicht beeinflusst werden können. Nach einer gewissen Stabilisierung der Situation kommt es in den späten Abendstunden plötzlich zu einer akuten Verschlechterung: Die Beatmung wird sehr schwierig und ist zuletzt nicht mehr möglich. Bei zusätzlichem Kammerflimmern bringt die Defibrillation keinen Erfolg und das Mädchen verstirbt circa 10 Stunden nach dem Ertrinkungsunfall.

Sektionsergebnisse:

Hirnödem, Lungenödem und Schocklunge, passive Blutüberfüllung der inneren Organe.

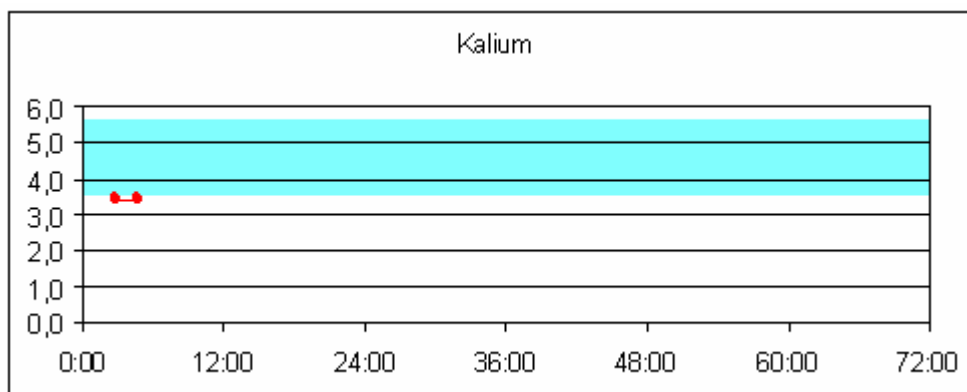


Abb. 18a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

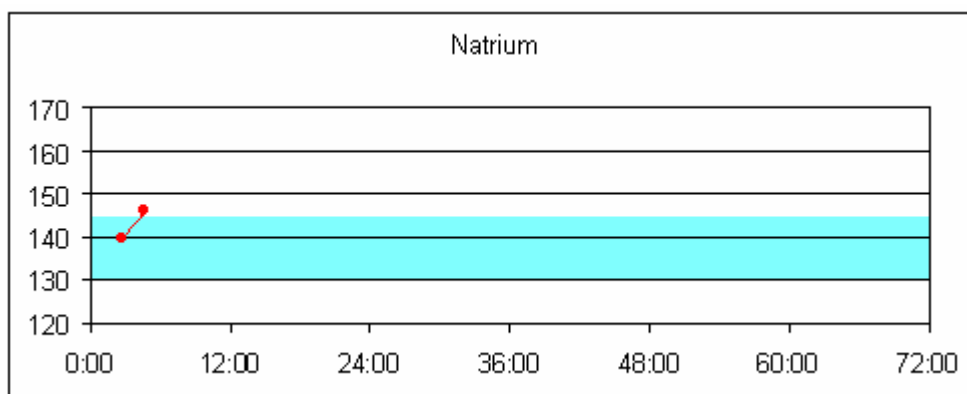


Abb. 18b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

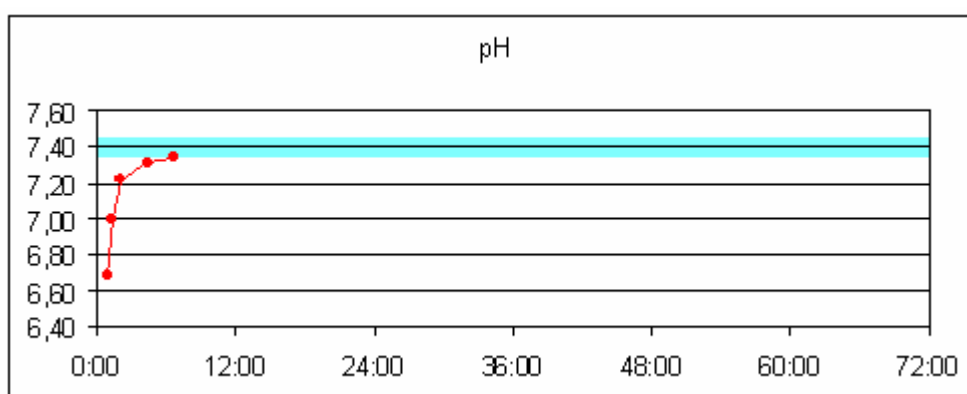


Abb. 18c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

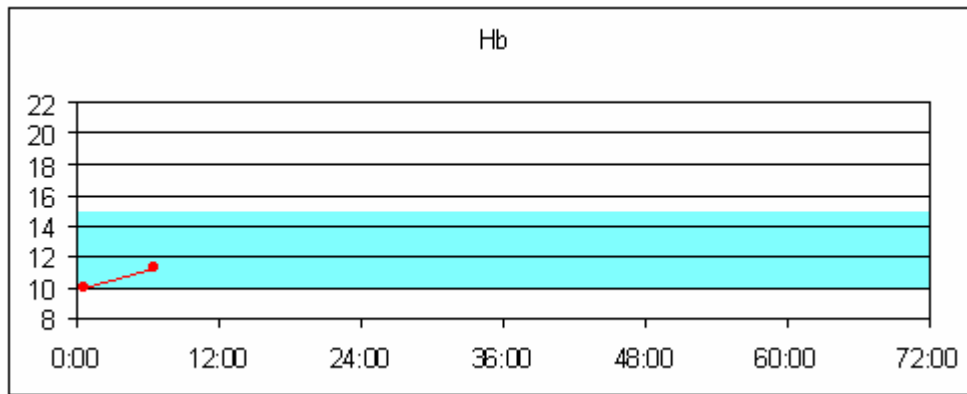


Abb. 18d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

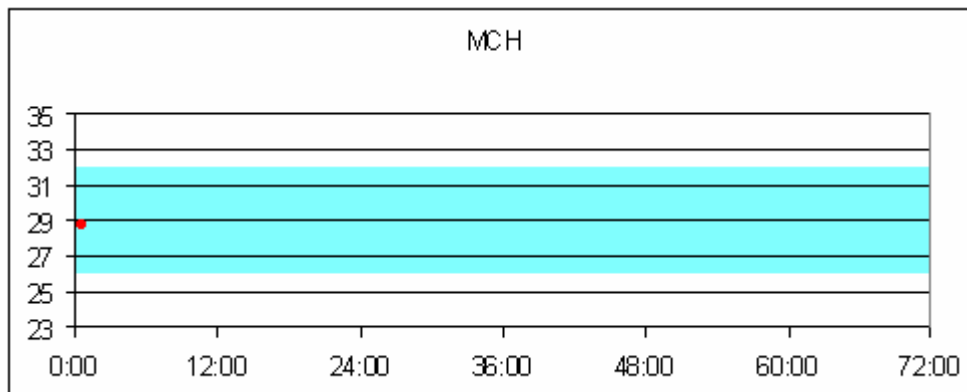


Abb. 18e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

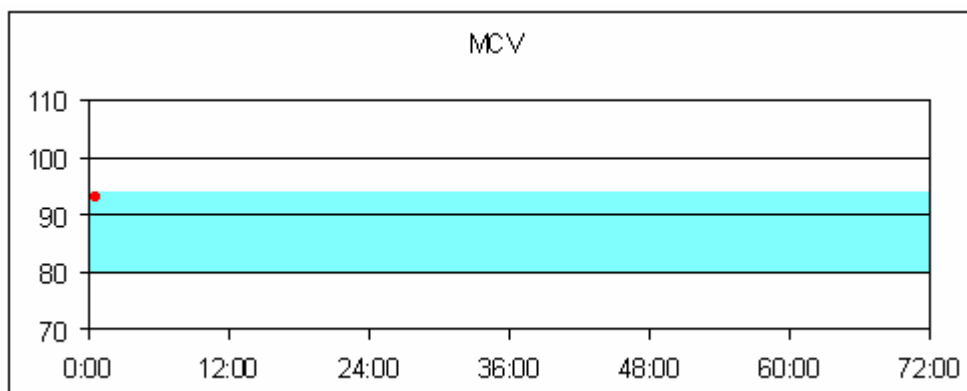


Abb. 18f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	18
Alter	5 Monate
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	2 -5 Minuten
Wassertemperatur	warm
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	unbekannt
Körpertemperatur	35,8°C (Minimum = 34,8°C nach 2 Stunden)
Überlebenszeit	9 Stunden, 5 Minuten
Todesursache	Schock
Todesart	(Badewannen-) Unfall

Tab. 35: Angaben zu Ertrinkungsoffer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 18.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,7 – 5,7	3,4	Keine Werte	†	†
Natrium mmol/l	130 - 145	140 - 146	Keine Werte	†	†
pH	7,36 – 7,44	6,68 - 7,31	7,34	†	†
Hb g/dl	10 – 15	10	11,3	†	†
MCH pg	26 - 32	28,7	Keine Werte	†	†
MCV μm^3	80 - 94	93	Keine Werte	†	†
Gesamtprotein g/dl	4,8 – 7,6	Keine Werte	Keine Werte	†	†

Tab. 36: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 18)

Fall 19 (Lübeck – 261/87)

Ereignis:

An einem Dezembermorgen fährt der 79-jährige Mann in suizidaler Absicht mit dem PKW in den Kanal und ist längere Zeit unter Wasser, bis er von der Feuerwehr geborgen werden kann. Bei Eintreffen des Notarztes hat der Patient einen Kreislaufstillstand, Kammerflimmern und weite, endrundete Pupillen. Er wird intubiert und beatmet. Es muss insgesamt viermal mit bis zu maximal 360 Joule defibrilliert werden. Unter Reanimationsbedingungen und bei nur passager peripher meßbarem Blutdruck erfolgt die Einlieferung in die nahe gelegene Universitätsklinik.

Stationäre Behandlung:

Nach circa einer halben Stunde ist der Mann im Krankenhaus. Hier wird bei erneut bestehendem Kammerflimmern dreimal mit bis zu 400 Joule defibrilliert und die Herzdruckmassage fortgeführt. Schließlich besteht ein Blutdruck von systolisch 150 mmHg und es besteht eine Herzfrequenz von 40 bis 50 Schlägen pro Minute unklaren Erregungsursprungs. Es wird wiederholt blutiges Sekret aus dem Tubus abgesaugt.

Verlauf:

Nach der intensivmedizinischen Stabilisierung der cardiopulmonalen Funktion erfolgt der Versuch einer Wiedererwärmung: Der Hypothermie mit Anfangswerten von 33,1°C versucht man mit Heizdecken und erwärmten Infusionen entgegenzuwirken. Innerhalb der nächsten zwei Stunden sinkt die Körpertemperatur noch weiter auf bis zu 29,6°C ab und es gelingt nicht, die Temperatur wesentlich über 30°C anzuheben. Nach drei Stunden befindet sich der Patient im protrahierten Schock im Sinne einer Bradyhypotension bei Hypothermie mit Schrittmacherpflichtigkeit. Mit zunehmender Hypothermie fällt auch der Blutdruck auf systolische Werte kleiner als 60 mmHg. Es kommt zur elektromechanischen Entkopplung und der Patient verstirbt circa fünfeinhalb Stunden nach seinem Selbstmordversuch. Im Krankenhaus wird ein Ertrinkungsunfall mit Aspiration, Zustand nach Kammerflimmern und Reanimation und eine ausgeprägte Hypothermie diagnostiziert.

Sektionsergebnisse:

Hirnschämie, Hirnödem, reanimationsbedingte Rippenserienfrakturen beiderseits; akute Lungenüberblähung mit Ödem. Todesursache ist ein zentrales Funktionsversagen bei intravitalem Hirntod.

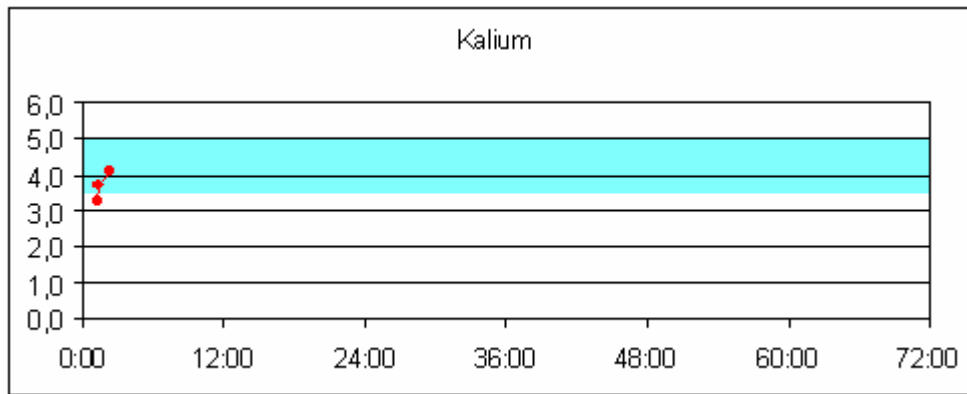


Abb. 19a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

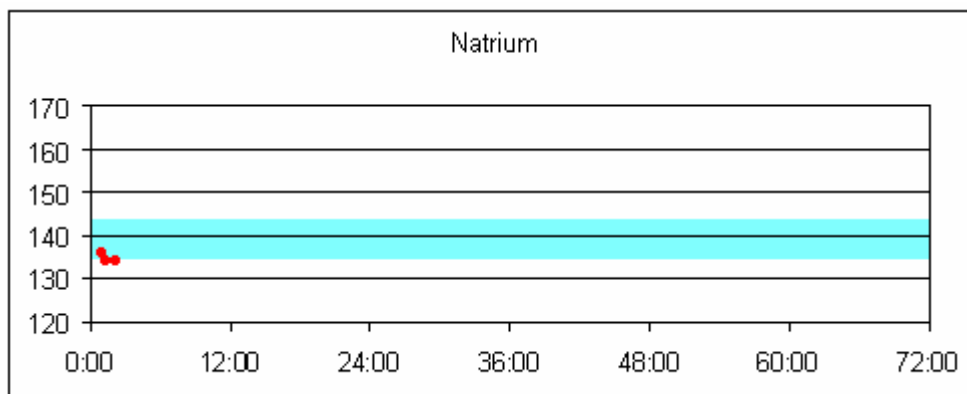


Abb. 19b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

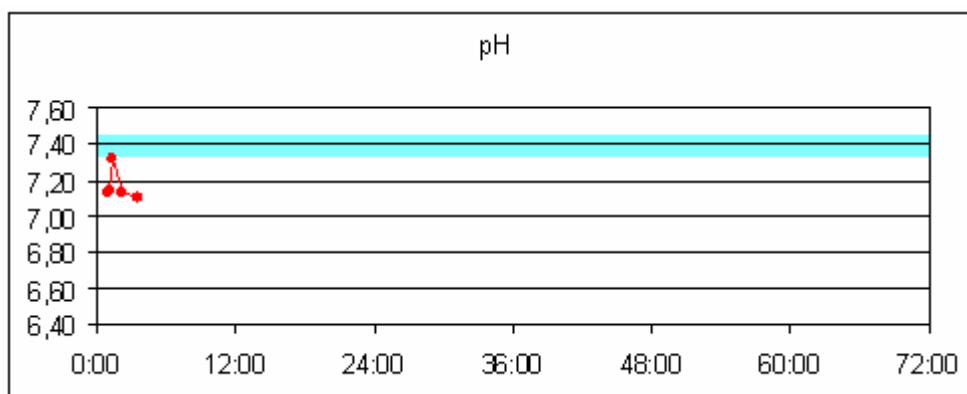


Abb. 19c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

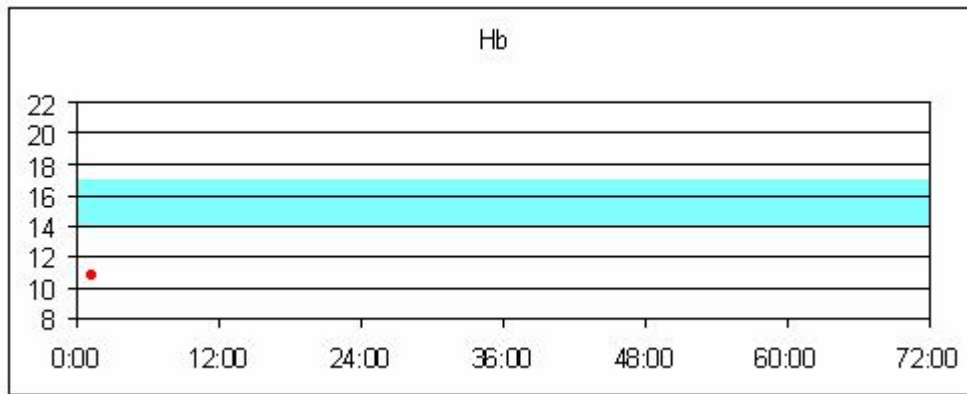


Abb. 19d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

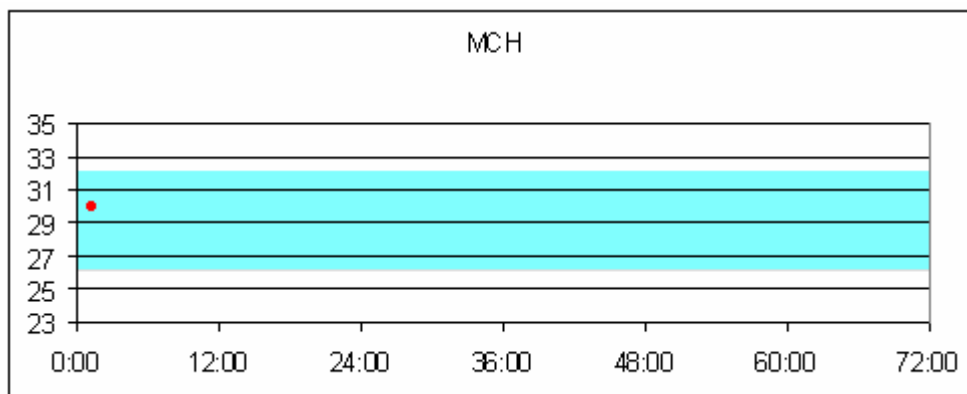


Abb. 19e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

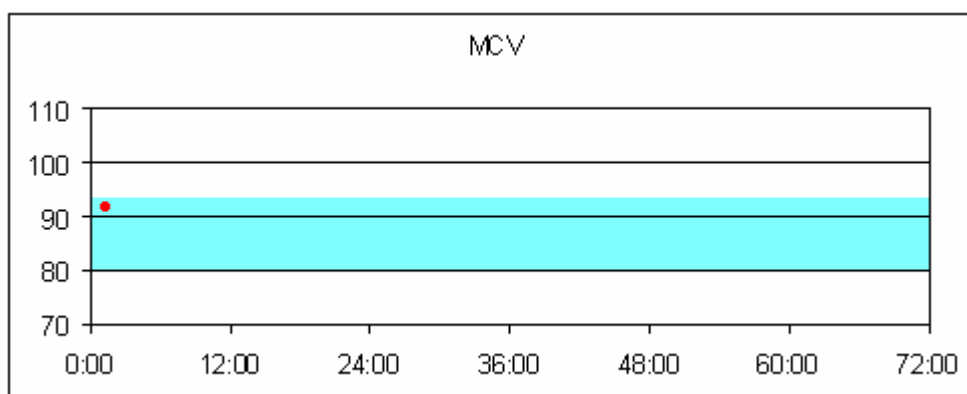


Abb. 19f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	19
Alter	79 Jahre, 11 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	sehr kalt
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	35 Minuten
Körpertemperatur	33,1°C (Minimum = 29,6°C nach 3 Stunden)
Überlebenszeit	5 Stunden, 30 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	Suizid (Brackwasserkanal)

Tab. 37: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 19.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	3,3 - 4,1	†	†	†
Natrium mmol/l	135 - 144	134 - 136	†	†	†
pH	7,36 – 7,44	7,1 - 7,32	†	†	†
Hb g/dl	14 – 17	10,8	†	†	†
MCH pg	26 - 32	29,9	†	†	†
MCV μm ³	80 - 94	92	†	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	Keine Werte	†	†	†

Tab. 38: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 19)

Fall 20 (Lübeck – 14/93)

Ereignis:

An einem Januartag gegen 17:45 Uhr sitzt der zweijährige Junge angeblich nur zwei Minuten mit seinen beiden Geschwistern unbeaufsichtigt in der warmen Badewanne, bis er von der Mutter leblos aufgefunden wird. Beim Herausziehen aus der Wanne zeigt er keine Reaktion. Der Notarzt trifft 15 Minuten später ein und findet das Kind mit Schnappatmung, weiten, lichtstarrten Pupillen und einer Asystolie vor. Die Glasgow-Coma-Scale liegt bei drei Punkten und die initiale Temperatur unter 32°C. Im Rahmen der Reanimation wird mehrfach defibrilliert. Während der gesamten Zeit besteht ein intraossärer Zugang. Um 19.05 Uhr trifft der Babynotarzt ein. Die von 18.00 Uhr an bestehende Asystolie wechselt um 19.25 Uhr unter Gabe von Katecholaminen, Natriumbikarbonat, Atropin und Volumeninfusion zu ersten Herzaktionen. Um 19.40 Uhr liegt eine Herzfrequenz von 80/min vor und der Transport des Kindes kann erfolgen.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme hat der Junge seitengleich belüftete Lungen mit massiv grobblasigen Rasselgeräuschen. Unter Suprarenin und mit Dobutrexperfusor liegt die Herzfrequenz bei 132 Schlägen pro Minute. Die Pupillen sind weit und reagieren prompt auf Licht. Der Cornealreflex ist beiderseits schwach positiv. Der erste pH liegt bei 6,57, d.h. es besteht eine massive Azidose. Mit der Körpertemperatur von 30,3°C etwa zweieinhalb Stunden nach dem Unfallereignis liegt eine ausgeprägte Hypothermie vor. Dieser Wert verschlechtert sich nach fünf Stunden noch auf eine Temperatur von 27,8°C und kann im weiteren Verlauf nicht auf Werte über 33°C angehoben werden.

Verlauf:

Es wird mehrfach Humanalbumin substituiert und eine antiödematöse Therapie wird mit Mannitol durchgeführt. Die entgleisten Blutgase müssen wiederholt mit Natriumbikarbonat ausgeglichen werden. Unter Katecholaminen in ansteigender Dosierung und Diuretikagabe kommt es zu keinem Zeitpunkt zu einer Ausscheidung. Es wird ein Null-Linien-EEG abgeleitet und der Hirntod festgestellt. Nach fast 16 Stunden kommt es erneut zu einer Asystolie, die irreversibel bleibt.

Sektionsergebnis:

Ausgeprägtes Hirnödem, ischämische Schädigung der Herzmuskulatur, Darmschleimhauteinblutungen. Todesursache: Zentrales Regulationsversagen bei Hirnödem.

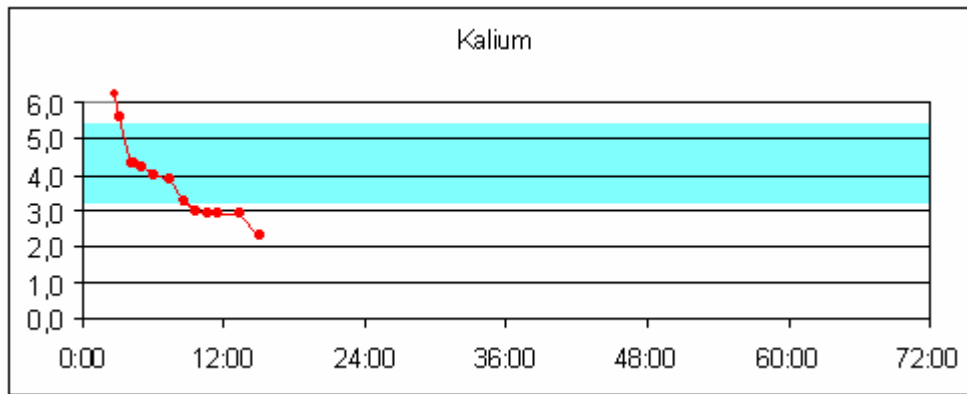


Abb. 20a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

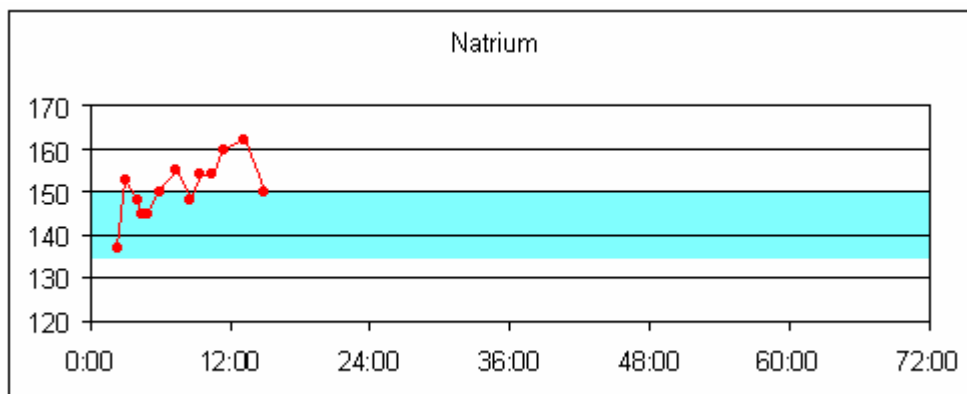


Abb. 20b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

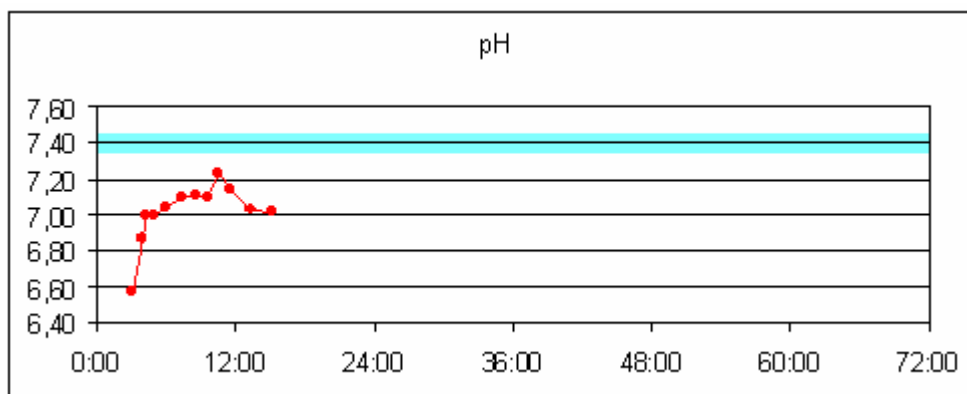


Abb. 20c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

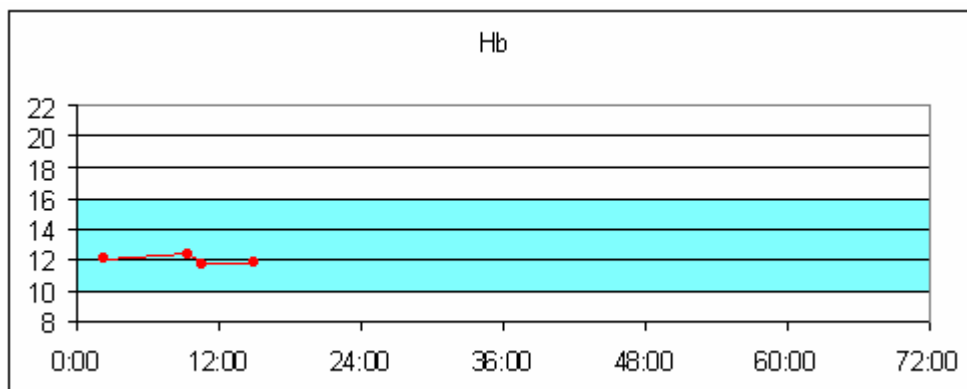


Abb. 20d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

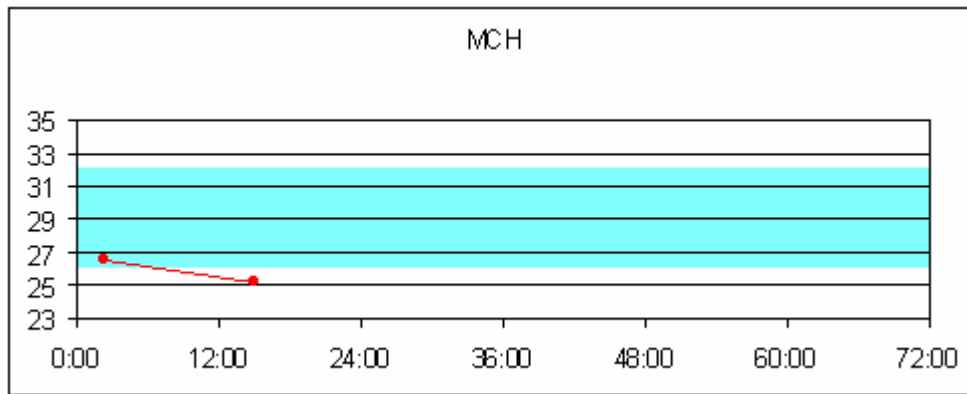


Abb. 20e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

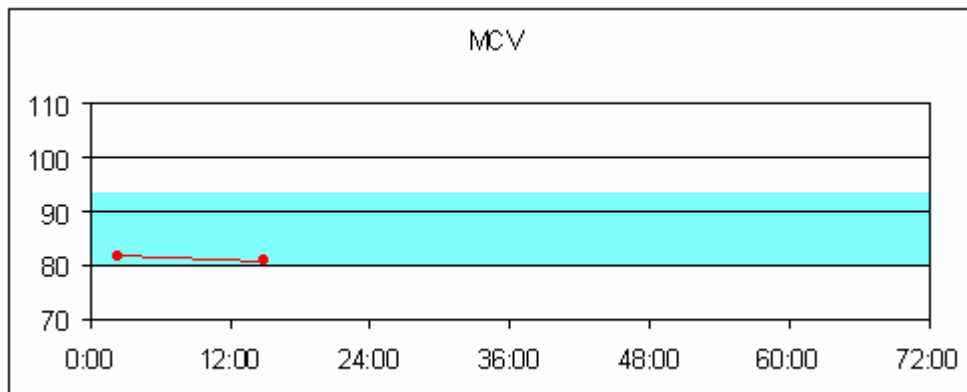


Abb. 20f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

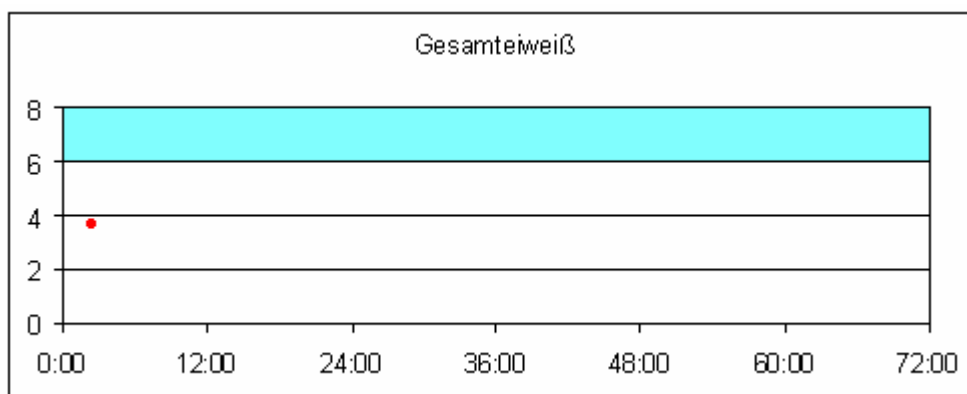


Abb. 20g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	20
Alter	2 Jahre, 1 Monat
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	2 Minuten
Wassertemperatur	warm
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	80 Minuten (10 min Laien, 70 min NA)
Körpertemperatur	30,3°C (Minimum = 28,4°C nach 4 Stunden)
Überlebenszeit	15 Stunden,45 Minuten
Todesursache	Hirnödem
Todesart	(Badewannen-)Unfall

Tab. 39: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 20.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	6,8 – 4,0	2,9 - 3,9	†	†
Natrium mmol/l	130 - 145	137 - 153	148 - 162	†	†
pH	7,36 – 7,44	6,57 - 7,05	7,09 - 7,23	†	†
Hb g/dl	10 – 16	12	11,7 - 12,4	†	†
MCH pg	26 - 32	26,6	25,2	†	†
MCV µm ³	80 - 94	82	81	†	†
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	3,7	Keine Werte	†	†

Tab. 40: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 20)

3.1.2 Süßwasser - überlebt

Fall 21 (Lübeck – M., M. 1992)

Ereignis:

In den frühen Abendstunden im August wird der dreijährige Junge von seinem Bruder mit dem Kopf nach unten im Gartenteich treibend aufgefunden. Es wird von einer eher kurzen Submersionszeit ausgegangen. Der Junge wird aus dem Wasser gezogen und die Mutter klopft ihm sodann auf den Rücken und drückt auf seinen Brustkorb. Es läuft etwas schaumiges Sekret aus seinem Mund und es besteht eine Lippenzyanose. Ein hinzu gerufener Kinderarzt sieht den Jungen in einem stabilen Zustand: er ist somnolent, jedoch ansprechbar. Der alarmierte Notarzt trifft 70 Minuten nach dem Ertrinkungsunfall ein. Nachdem er ein Diuretikum und ein Kortikosteroid gespritzt hat, begleitet er den Patienten ins Krankenhaus. Die erste rektal gemessene Temperatur liegt prästationär bei 35,8°C.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme wird ein Junge mit blassem Hautkolorit gesehen, der leicht unterkühlt ist. Schon drei Stunden, nachdem er aus dem Wasser gezogen worden war, bestehen bereits Körpertemperaturen über 37°C vor. Das Kind ist etwas verlangsamt, jedoch gut ansprechbar. Mit Blutdruckwerten um 100/55 mmHg und Herzfrequenzen zwischen 95 und 135 Schlägen pro Minute liegen stabile Kreislaufverhältnisse vor. Die mit dem Pulsoxymeter dokumentierten Sättigungswerte liegen durchgehend zwischen 98 und 100%. Die laborchemischen Entzündungszeichen bleiben im Normbereich und Fieber tritt nicht auf. Es wird eine Röntgenthoraxaufnahme vorgenommen, in der Infiltrate in beiden Lungenunterfeldern zu sehen sind. Dies wird zunächst als Hinweis auf eine ausgeprägte Aspiration gewertet. Der Junge wird auf der Intensivstation für drei Tage am Monitor überwacht. Schließlich kann er von dort gesund nach Hause entlassen werden. Der neurologische Status zeigt seitengleiche motorische Aktionen sowie ein physiologisches Reflexmuster. Auch die psychomotorischen und sozialen Verhaltensweisen sind altersentsprechend.

Folgen: Restitutio ad integrum.

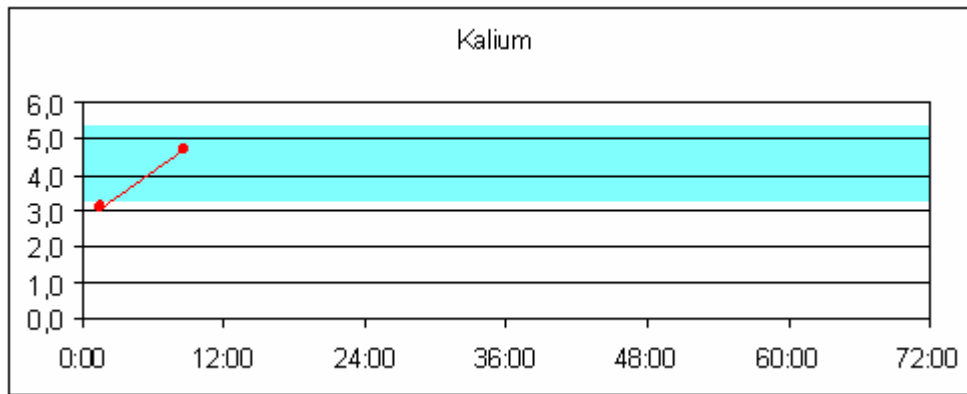


Abb. 21a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

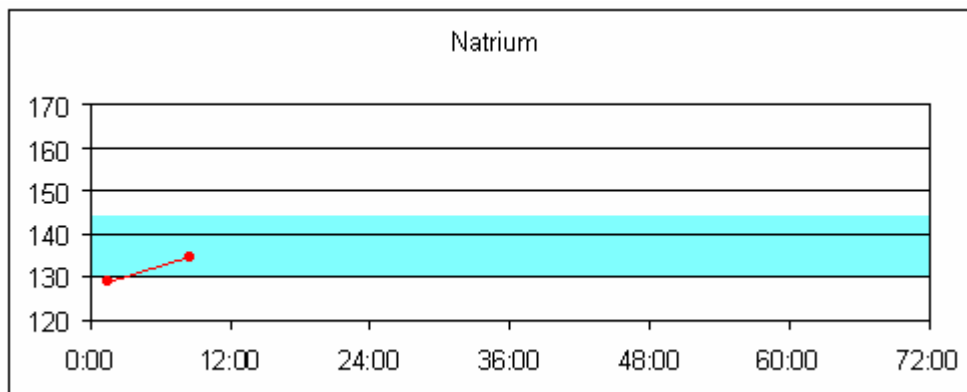


Abb. 21b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

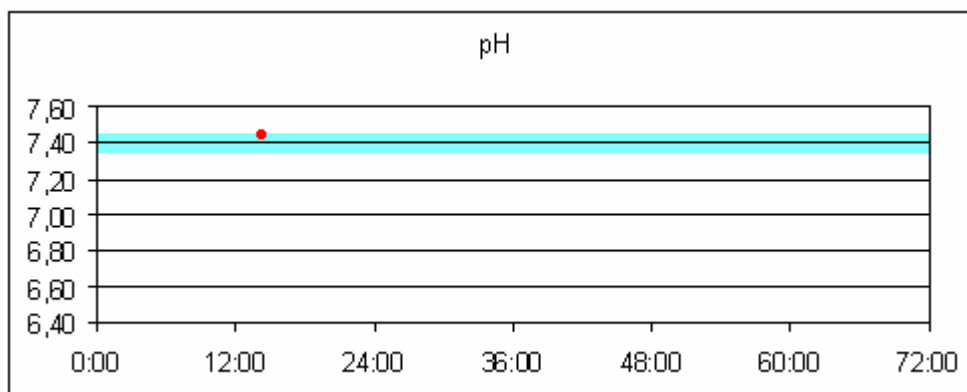


Abb. 21c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

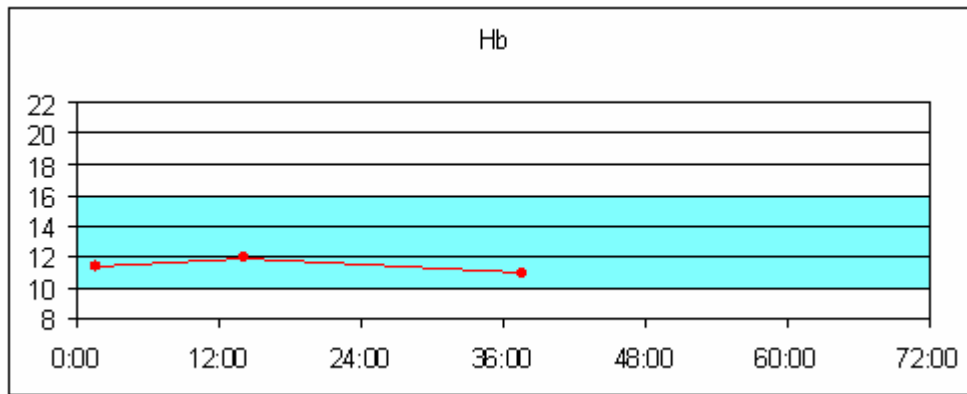


Abb. 21d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

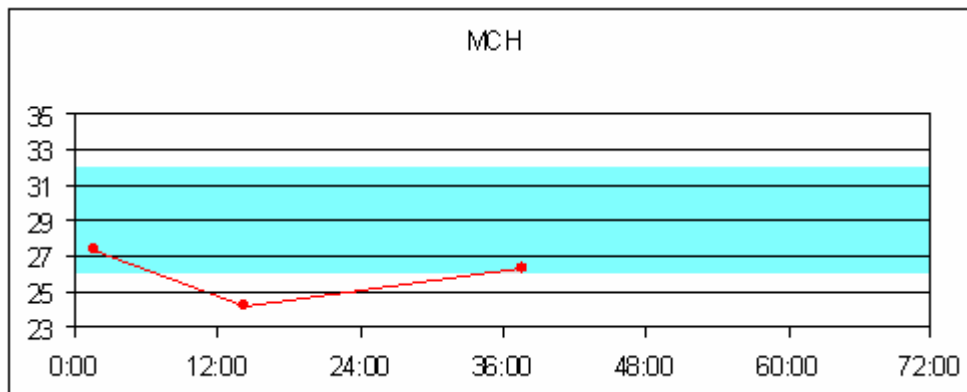


Abb. 21e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

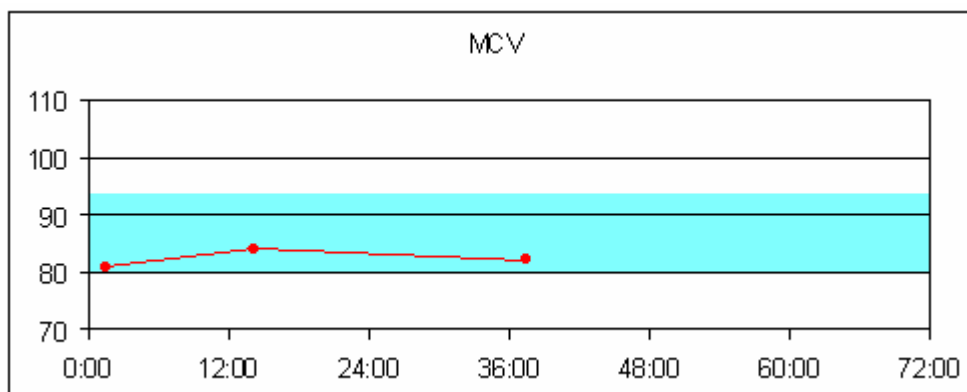


Abb. 21f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	21
Alter	3 Jahre, 9 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	nein
Dauer der Reanimation	-
Körpertemperatur	36,8°C (= Minimum nach 2 Stunden)
Krankenhausaufenthalt	3 Tage stationäre Überwachung
Folgen	Restitutio ad integrum
Ereignis	Unfall (Gartenteich)

Tab. 41: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 21.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,1	4,7	Keine Werte	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	129	135	Keine Werte	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	Keine Werte	7,44	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	11,4	11 - 11,9	Keine Werte	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	27,4	24,2 - 26,3	Keine Werte	Keine Werte
MCV µm ³	80 - 94	81	84	82	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,7	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 42: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 21)

Fall 22 (Lübeck – S., D. 1993)

Ereignis:

An einem Apriltag gegen Mittag wird der eineinhalb-jährige Junge von der Mutter für zwei bis drei Minuten unbeobachtet im Garten gelassen. Als sie zurück kommt findet sie das Kind leblos, auf dem Rücken liegend und mit dem Kopf unter Wasser in dem Teich. Nachdem sie den Jungen geborgen hat, legt sie ihn in eine stabile Seitenlage und drückt auf seinen Brustkorb. Dabei entleert sich Wasser aus dem Mund und das Kind beginnt nach einer Minute wieder zu atmen. Der Notarzt findet das Kind spontan atmend, schreiend und mit beiderseits verdrehten Bulbi auf dem Boden liegend vor. Die Lungen sind auskultatorisch frei und seitengleich belüftet. Die Haut ist kalt bei rosigem Kolorit. Unter kreislaufstabilen Verhältnissen mit einer Herzfrequenz um 140 Schlägen pro Minute und einem systolischen Blutdruck bei 100 mmHg erfolgt der Transport in die Klinik, ohne dass weitere ärztliche Maßnahmen erforderlich werden.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme liegen der Blutdruck bei 100/55 mmHg und die Herzfrequenz bei 120 Schlägen pro Minute. Während der Untersuchung schreit das Kind unaufhörlich. Es sind über der Lunge rechts-dorsal grobblasige Rasselgeräusche zu auskultieren und die erste gemessene Körpertemperatur liegt bei 36,8°C. Der Allgemeinzustand wird bei jetzt grauem Hautkolorit und beginnender Zentralisation als leicht reduziert angesehen. Die Monitorkontrolle und weitere Behandlung erfolgt auf der Kinderintensivstation.

Verlauf:

Es entwickeln sich in den folgenden vier Tagen unter stationärer Beobachtung erhöhte Temperaturen bis 38,7°C. Auch die laborchemischen Entzündungszeichen steigen an, so dass bei radiologischem Verdacht auf eine Peribronchitis beidseits antibiotisch behandelt wird. Die intravenöse Gabe des Antibiotikums kann bei unkompliziertem Verlauf nach wenigen Tagen oralisiert werden. Die O₂-Sättigung liegen während des gesamten Aufenthaltes über 97% und Atembeschwerden treten nicht auf. Zu Entgleisungen der Elektrolyte oder des Blutzuckers kommt es nicht. Die Nahrungsaufnahme geschieht ohne Probleme. Am vierten stationären Tag kann der Junge gesund und ohne Folgen des Unfalls wieder nach Hause entlassen werden.

Folgen: Restitutio ad integrum.

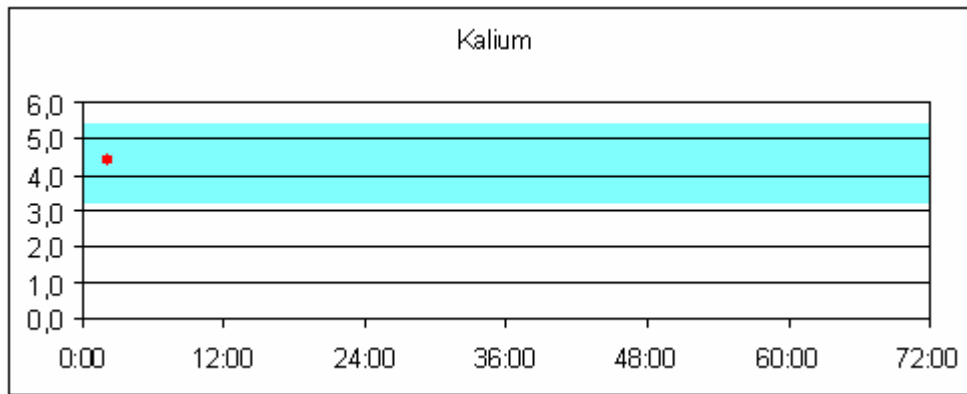


Abb. 22a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

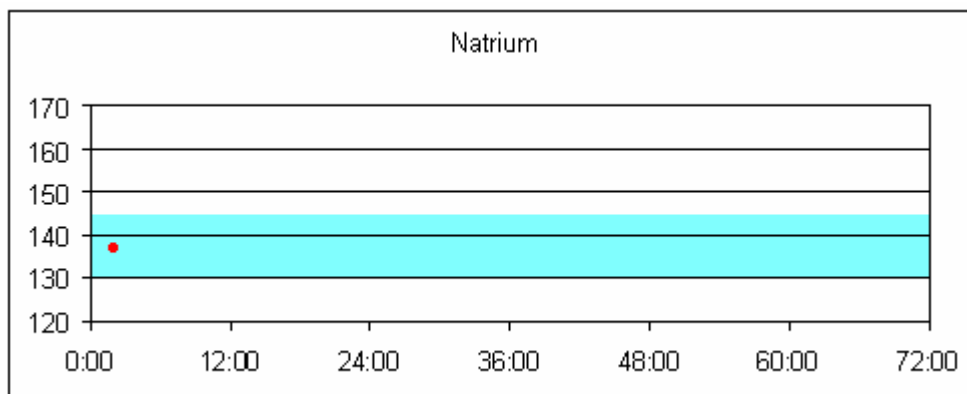


Abb. 22b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

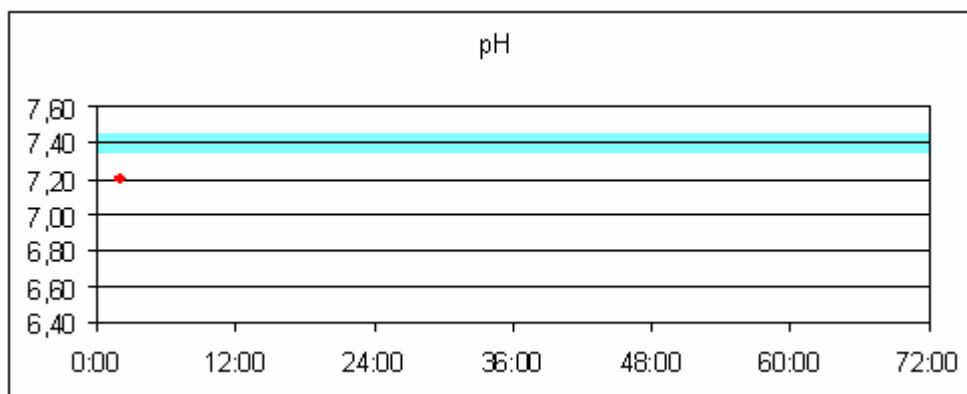


Abb. 22c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

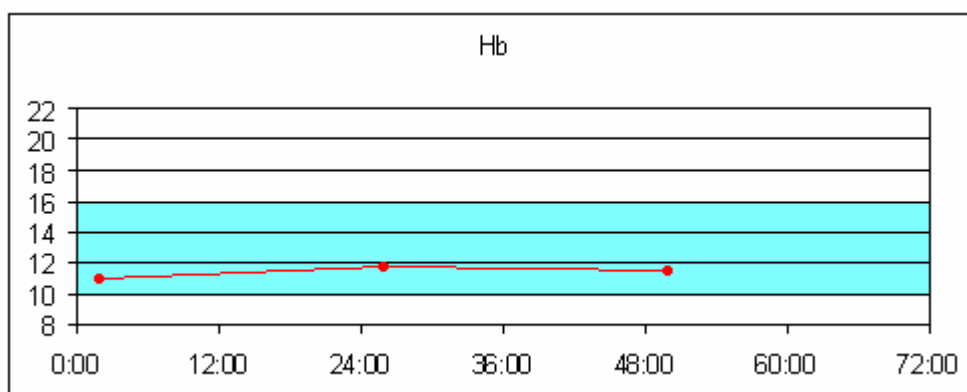


Abb. 22d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

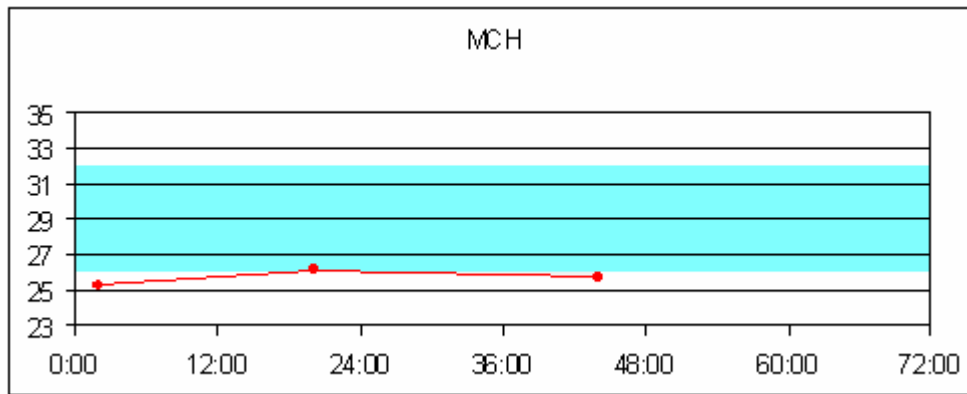


Abb. 22e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	22
Alter	17 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	2 Minuten
Wassertemperatur	kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	nein
Dauer der Reanimation	/
Körpertemperatur	36,8°C (= Minimum nach 2 Stunden)
Krankenhausaufenthalt	3 Tage stationäre Überwachung
Folgen	Restitutio ad integrum
Ereignis	Unfall (Gartenteich)

Tab. 43: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 22.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	4,4	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	137	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	7,20	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	11,7	Keine Werte	11,7	11,5
MCH pg	26 - 32	25,3	26,2	25,8	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 44: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 22)

Fall 23 (Lübeck – H., W. 1991)

Ereignis:

Das zweijährige Mädchen wird an einem September-Nachmittag von der Mutter im benachbarten Fischteich treibend, bewusstlos, atonisch und zyanotisch vorgefunden. Bei einer Immersionszeit von etwa fünf Minuten wird mit der Laienreanimation begonnen. Der Notarzt findet ein Kind mit weiten, lichtstarrten Pupillen und Asystolie vor. Nach primärer Intubation, Herzdruckmassage und Katecholamintherapie lässt sich rasch ein Kreislauf etablieren und das Kind wird umgehend auf die pädiatrische Intensivstation der Universitätsklinik verbracht.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme bestehen weiterhin zentralisierte Kreislaufverhältnisse und weite, lichtstarre Pupillen. Eine beginnende schnappende Eigenatmung fällt bei sonst unauffälligem internistischen Untersuchungsbefund auf. Äußere Verletzungszeichen fehlen. Das Mädchen ist mit 29,8°C stark unterkühlt. Laborchemisch fällt eine massive Azidose bei Hypokapnie, ein deutlich negativer Basenüberschuss sowie ein erniedrigter Kaliumwert auf. Das Blutbild ist zunächst noch unauffällig.

Verlauf:

Die Vitalfunktionen stabilisieren sich und nach einer Woche kann das Kind extubiert werden. Die Aspirationspneumonie ist unter entsprechender Antibiose rasch rückläufig. Eine transiente Diabetes-insipidus-Symptomatik wird nach zweimaliger Gabe von antidiuretischem Hormon gut beherrscht. Trotz Hyperventilation und Hirnödemtherapie mit Mannitol sind Zeichen eines erhöhten intracerebralen Druckes nachweisbar. Es kommt mit zunehmender Frequenz zu tonisch-klonischen Anfällen, die als Stammhirnanfälle gedeutet werden. Außerdem besteht eine dystone Symptomatik, die unter Gabe von Tetrazepam nur leicht gebessert werden kann. Der Bewusstseinszustand des Mädchens ist unverändert apallisch. Die Anfallsfrequenz kann unter antiepileptischer Medikation gesenkt werden. Nach drei Wochen wird die Patientin in stabilisiertem Allgemeinzustand, mit stabilen Vitalfunktionen und unproblematischer Spontanatmung auf die periphere Station verlegt.

Folgen:

Mit einer spastischen Tetraparese und einem apallischem Residual-Syndrom wird die Patientin später in einem Kinderzentrum zu rehabilitativen Maßnahmen vorgestellt und aus der Klinik entlassen.

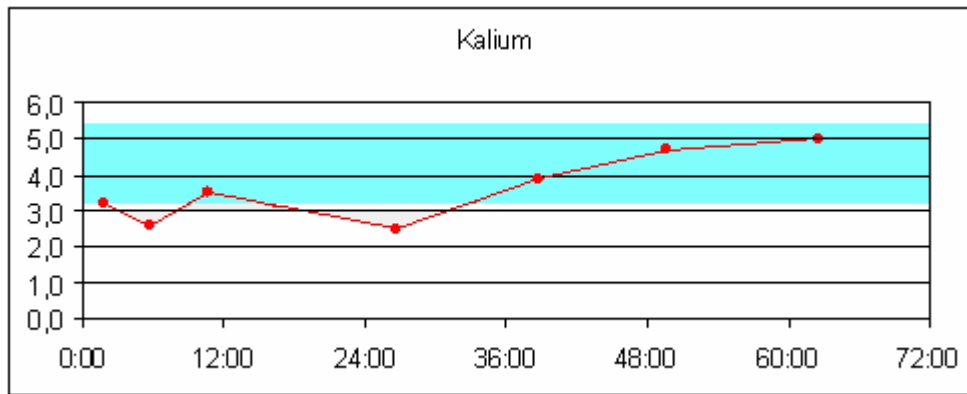


Abb. 23a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

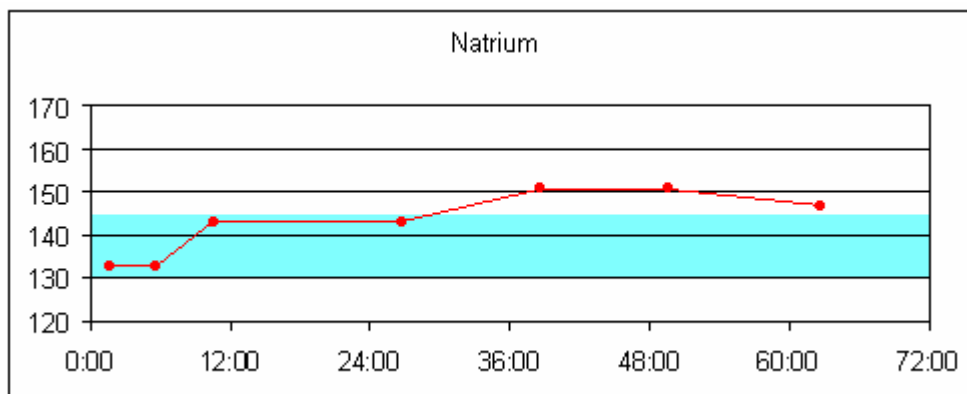


Abb. 23b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

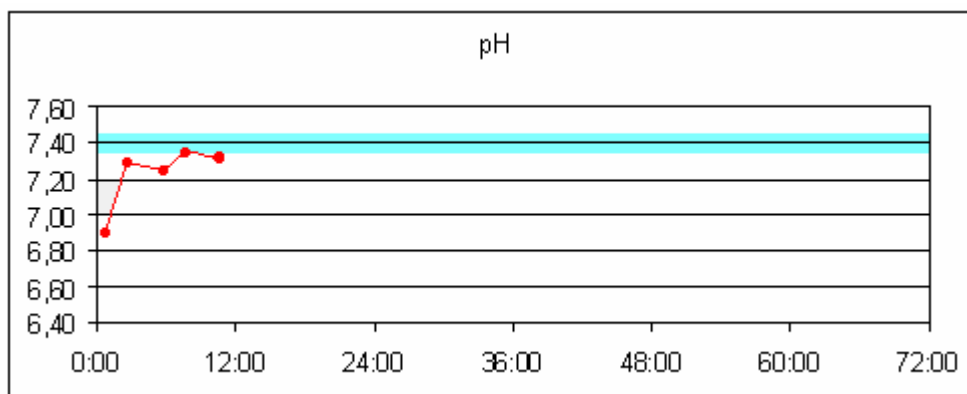


Abb. 23c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

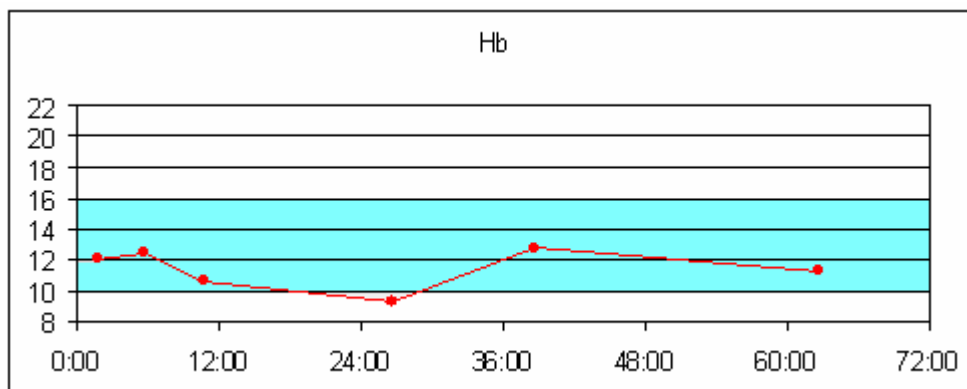


Abb. 23d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

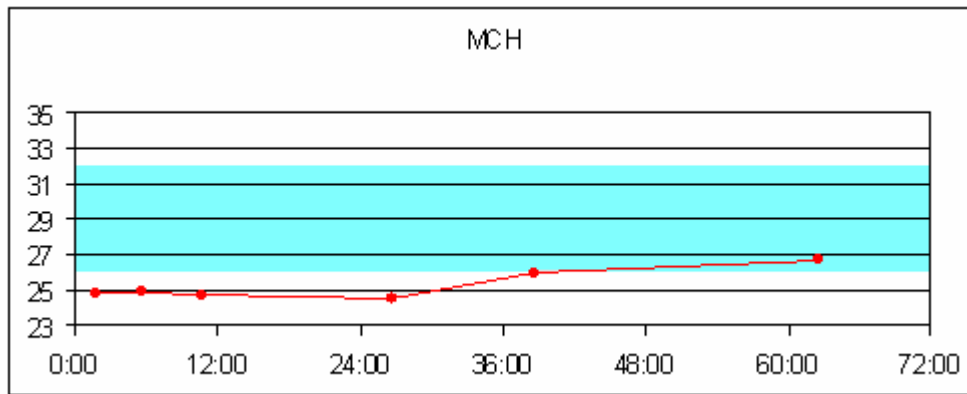


Abb. 23e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

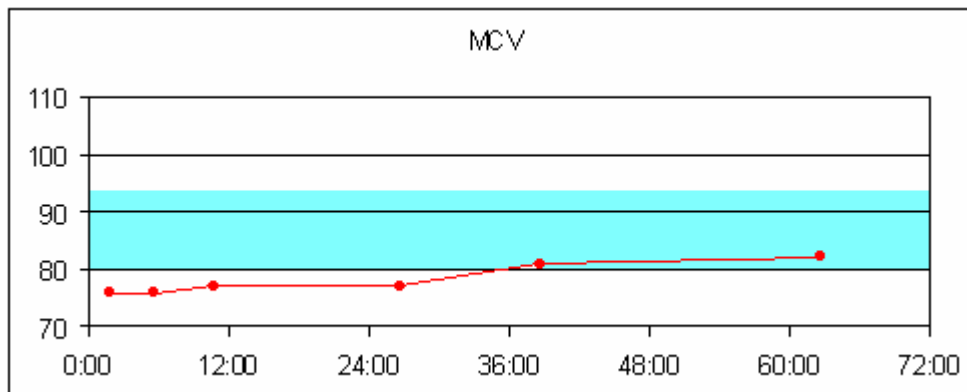


Abb. 23f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

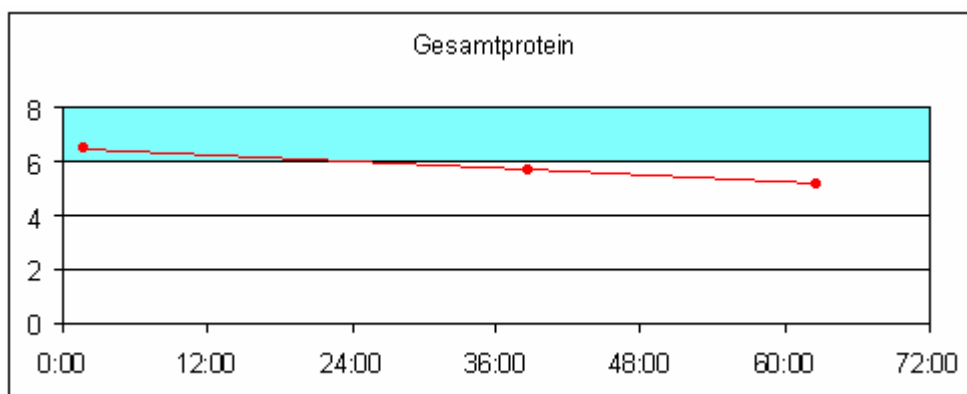


Abb. 23g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	23
Alter	2 Jahre
Geschlecht	weiblich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel - kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	10 Minuten
Körpertemperatur	29,8°C = Minimum nach 40 min)
Krankenhausaufenthalt	24 Tage Intensiv, danach periphere Station
Folgen	Apallisches Syndrom, spastische Tetraparese
Ereignis	Unfall (Teich)

Tab. 45: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 23.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,2 – 2,6	3,5	2,5 - 3,9	4,7 – 5,0
Natrium mmol/l	130 - 145	133	143	143 - 151	147 - 151
pH	7,36 – 7,44	6,9 – 7,29	7,31 - 7,35	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	12,1 – 12,5	10,6	9,3 – 12,8	11,3
MCH pg	26 - 32	24,8 – 24,9	24,7	24,5 - 26	26,7
MCV μm^3	80 - 94	76	77	77 - 81	82
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	6,5	Keine Werte	5,7	5,2

Tab. 46: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 23)

Fall 24 (Lübeck – Z., L. 1984)

Ereignis:

Der 12-jährige Junge wird an einem Apriltag im Erlebnisbad mittags unter Wasser treibend gesichtet. Der Schwimmmeister führt die Mund-zu-Mund-Beatmung durch, bis nach 15 Minuten der Notarzt eintrifft. Der Patient wird wegen Bewusstlosigkeit und zunehmender Zyanose intubiert und beatmet. Es erfolgt der Transport in notärztlicher Begleitung und etwa 75 Minuten nach dem Unfall wird der Junge der Intensivstation übergeben.

Stationäre Behandlung:

Bei der Aufnahme im Krankenhaus liegt ein zufriedenstellender Blutdruck mit einem Anfangswert von 114/44 mmHg vor. Das Pulsoxymeter dokumentiert eine gute Sättigung bei 100% unter Beatmung mit PEEP und 100% Sauerstoff. Der Patient ist leicht tachykard mit einer Herzfrequenz um 130 Schläge pro Minute. Bei der auskultatorischen Untersuchung zeigen sich die Lungen belüftet mit Rasselgeräuschen über beiden Flügeln.

Verlauf:

Es werden stabile Kreislaufverhältnisse durch Katecholamin-, fresh-frozen-plasma-, Albumin- und Erythrozytengabe erreicht. Die Flüssigkeitsrestriktion soll einem Hirnödem vorbeugen. Das Elektroenzephalogramm zeigt einen physiologischen Befund mit Ausschluss von epileptischen Herden. Die erste Röntgenaufnahme des Thorax zeigt ein schweres „acute respiratory distress syndrome“ (ARDS) mit multiplen diffusen Infiltraten und Ausdehnung auf beide Lungen. Fieber und Entzündungsparameter sind nach entsprechender Antibiose rückläufig. Nach vier Tagen wird die Sedierung schrittweise zurückgefahren und der Patient in der Folge zunehmend wacher. Schließlich kann er ohne Komplikationen extubiert werden. Die radiologische Kontrolle zeigt jetzt keine pathologischen Befunde mehr. In den folgenden Stunden ist der Junge voll orientiert und reagiert auf Ansprache adäquat. Nach fünf stationären Tagen wird der Junge ohne neurologisches Defizit und in einem guten Allgemeinzustand auf die periphere Kinderstation ins heimatnahe Krankenhaus verlegt.

Folgen: Restitutio ad integrum.

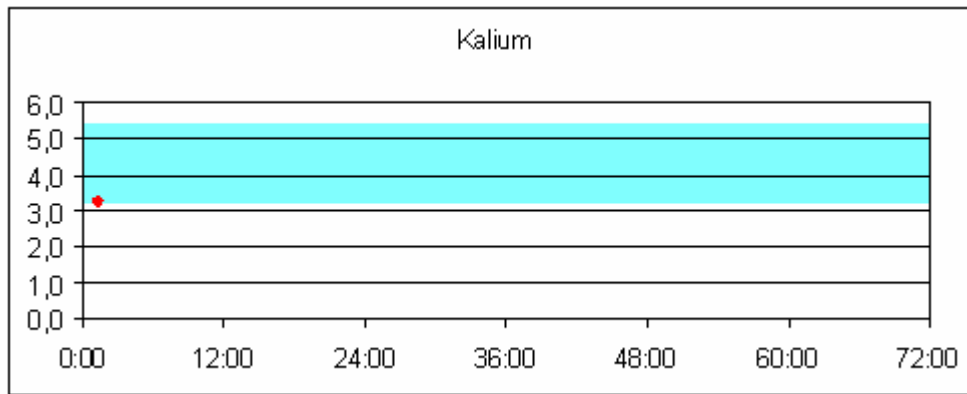


Abb. 24a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

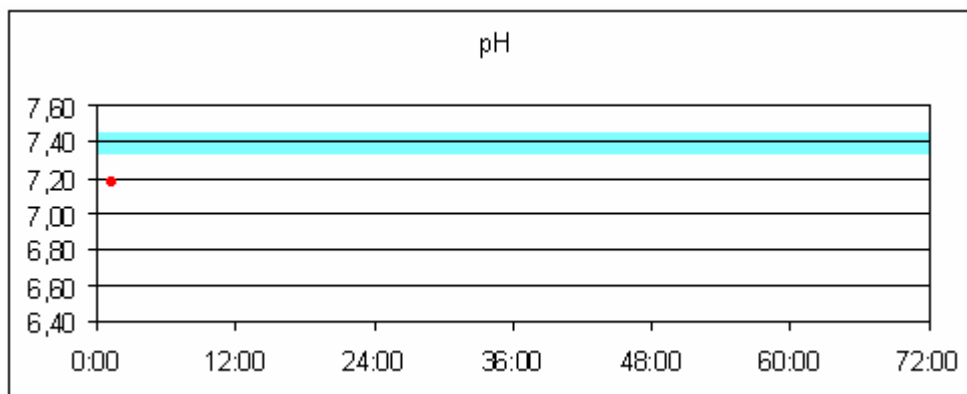


Abb. 24b: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

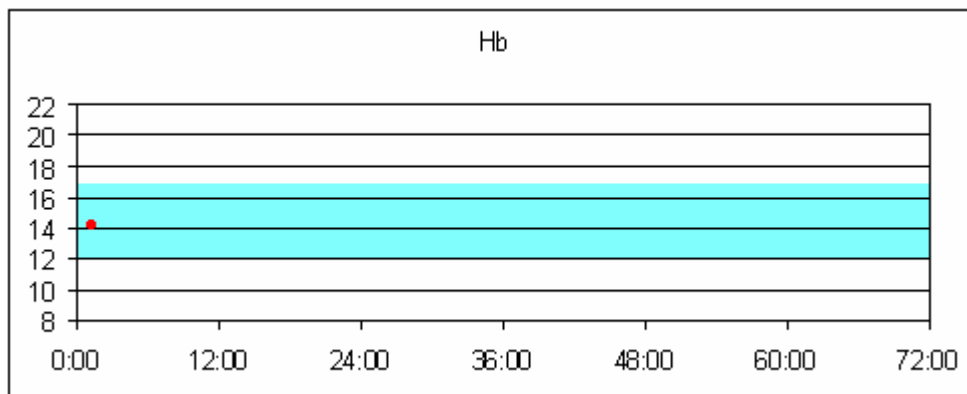


Abb. 24c: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

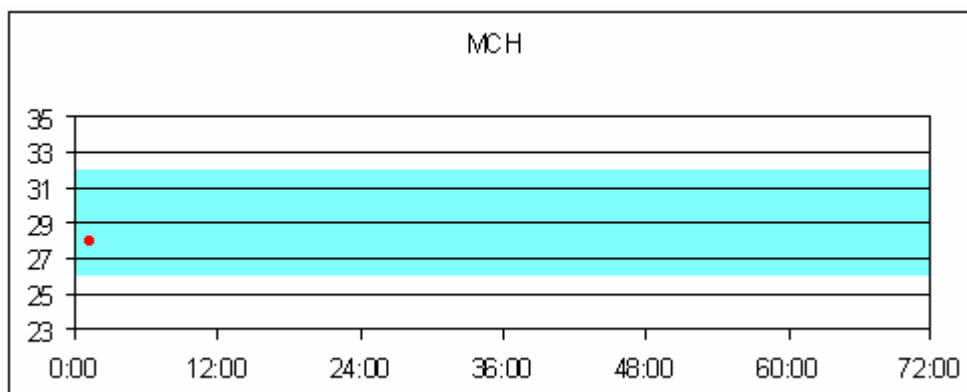


Abb. 24d: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion

Fall - Nr.	24
Alter	12 Jahre, 7 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	15 Minuten (durch Laien)
Körpertemperatur	39°C (= Minimum nach 75 min)
Krankenhausaufenthalt	5 Tage stationär
Folgen	keine Defizite
Ereignis	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 47: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 24.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,3	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	7,18	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	12 – 17	14,1	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	28	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 48: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 24)

Fall 25 (Lübeck – J., M.-O. 1992)

Ereignis:

An einem Apriltag fällt der zweijährige Junge in einem unbeobachteten Moment in den Gartenteich, ist dann für eine unbekannte Zeit unter Wasser und wird schließlich vom Großvater geborgen. Die Großeltern beginnen mit Laienreanimation und rufen Hilfe. Bei Ankunft des Notarztes ist das Kind bewusstlos. Auf Schmerzreize erfolgt eine gezielte Abwehr und es kommt mehrfach zu schwallartigem Erbrechen. Bei kreislaufstabilen Verhältnissen wird das Kind intubiert und beatmet.

Stationäre Behandlung:

Die Aufnahme erfolgt im stabilisierten Allgemeinzustand hypothermisch mit Temperaturen um 31,3°C. Die Lungen sind seitengleich belüftet mit linksseitig mittel- bis grobblasigen Rasselgeräuschen. Unter Sedierung wird weiterhin gezielt auf Schmerzreize reagiert, die Muskeleigenreflexe sind lebhaft und die Pupillen eng mit prompter Reaktion auf Licht. Der Blutdruck liegt bei 95/42 mmHg.

Verlauf:

Es kommt zum Blutdruckabfall und zu Bradykardien, so dass eine kreislaufunterstützende Therapie mit Katecholaminen erforderlich wird. Diese Medikation kann im Verlauf reduziert und nach 40 Stunden schließlich wieder abgesetzt werden. Am Aufnahmetag erfolgt zudem die Gabe von 250 ml Erythrozytenkonzentrat bei einem Anfangswert für Hämoglobin von 8,5 g/dl und einem initialen Hämatokrit von 26%. Die Beatmung erfolgt unter Hyperventilationsbedingungen. Der Sauerstoffanteil kann zügig reduziert werden und am 3. Tag wird extubiert, nachdem die Atmung zuvor problemlos über eine sogenannte feuchte Nase möglich war. Bei den röntgenologischen und laborchemischen Zeichen einer Aspirationspneumonie wird zunächst intravenös, und nach sieben Tagen oral, antibiotisch behandelt. In den ersten drei Tagen erfolgt eine Mannitgabe zur Hirnödemprophylaxe, obwohl zumindest klinisch kein Hinweis auf ein Ödem besteht. Ab dem zweiten Tag wird der Patient zunehmend wacher. Er wirkt zunächst noch etwas verlangsamt und ist im Verlauf dann jedoch neurologisch unauffällig. Neun Tage nach dem Unfall wird der Junge nach Hause entlassen.

Folgen: Restitutio ad integrum.

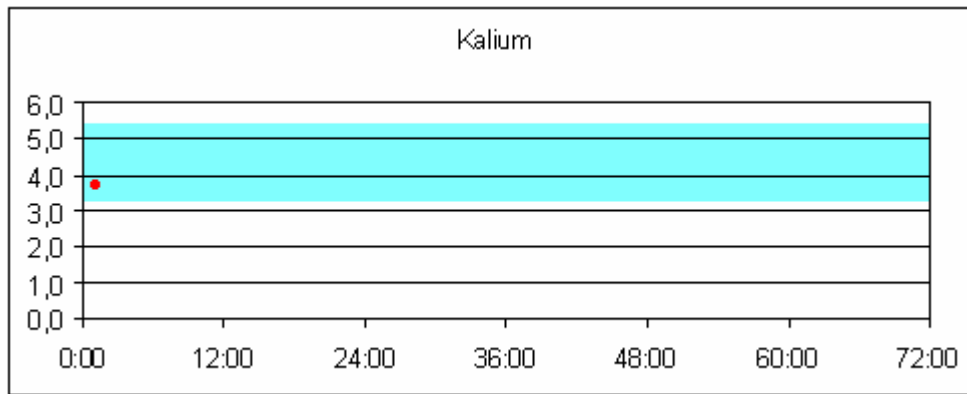


Abb. 25a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

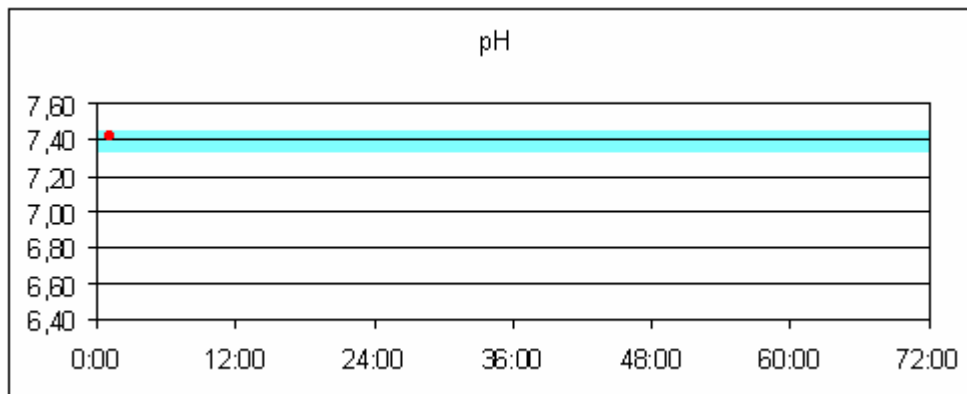


Abb. 25b: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

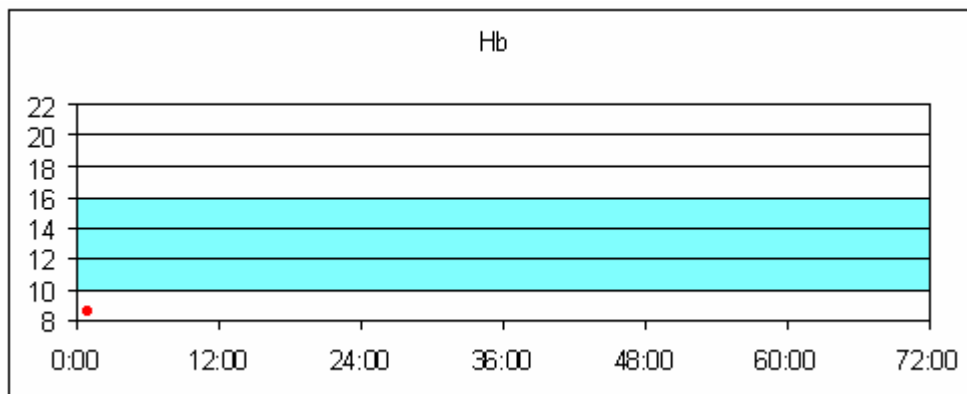


Abb. 25c: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

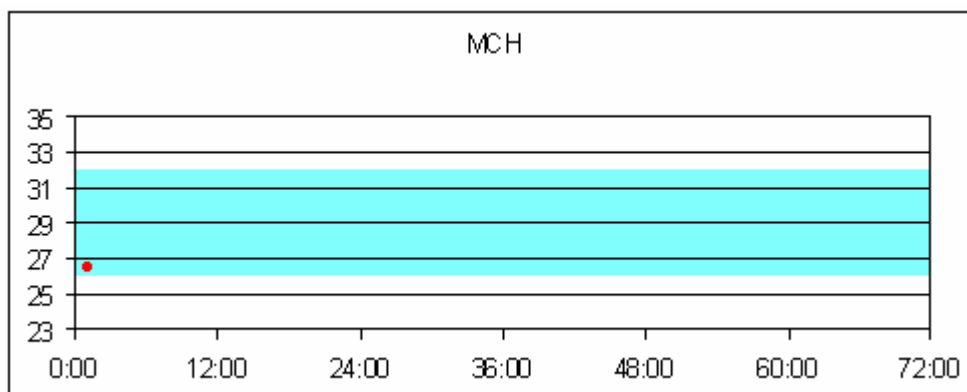


Abb. 25d: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion

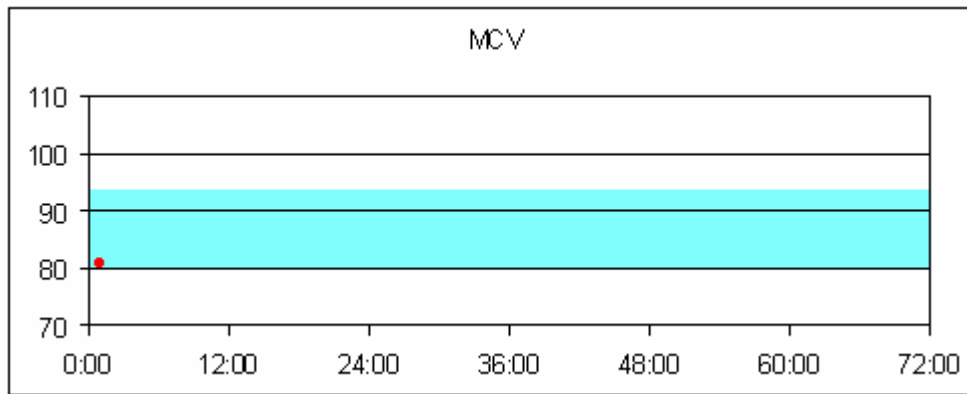


Abb. 25e: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	25
Alter	2 Jahre
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	unbekannt
Wassertemperatur	kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	unbekannt (durch Laien)
Körpertemperatur	31,3°C (= Minimum bei Aufnahme)
Krankenhausaufenthalt	10 Tage stationär
Folgen	keine Defizite
Ereignis	Unfall (Gartenteich)

Tab. 49: Angaben zu Ertrinkungsoffer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 25.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,7	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Natrium mmol/l	130 - 145	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	7,42	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	8,5	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCH pg	26 - 32	26,5	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	81	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 50: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 25)

Fall 26 (Lübeck – P., M. 1994)

Ereignis:

An einem Oktobernachmittag findet die Mutter das einjährige Kind unterhalb der Wasseroberfläche des Zierteiches treibend vor. Nach ca. 10- bis 15-minütiger Submersionszeit beginnt die Mutter mit der Reanimation. Eine halbe Stunde nach dem Unfall trifft der Rettungshubschrauber ein: Zu diesem Zeitpunkt ist der Junge blaß-zyanotisch, seine Pupillen sind weit und lichtstarr, jedoch noch nicht entrundet. Bei Apnoe und Asystolie wird sofort intubiert, beatmet und bis zur Übergabe auf der Intensivstation permanent die Herzdruckmassage durchgeführt.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme liegt eine Bradykardie, Hypotonie und Hypothermie vor. Bei bestehender Schnappatmung wird relaxiert und kontrolliert beatmet. Die Pupillen sind beiderseits weit, reagieren jetzt jedoch auf Licht. Es wird mehrfach Humanalbumin und Natriumbikarbonat gegeben. Eine Kreislauftherapie mit Katecholaminen und eine Hirnödemprophylaxe mit Mannitol wird eingeleitet.

Verlauf:

Radiologisch zeigt sich ein ARDS. Klinisch besteht ein erhöhter Beatmungsdruckbedarf und Sauerstoffbedarf. Diese Parameter sind im Verlauf der ersten 12 Stunden deutlich rückläufig. Die Körpertemperatur beträgt minimal 28,6°C und nach langsamen Anwärmen besteht nach achteinhalb Stunden Normothermie. Es werden Fresh-Frozen-Plasma und Erythrozytenkonzentrate gegeben. Unter Sedierung und Relaxierung befindet sich das Kind zunächst in einem hämodynamisch stabilen Zustand. Bei laborchemisch ansteigenden Entzündungsparametern und anfänglich deutlicher Leukopenie erfolgt die antibiotische Therapie. Radiologische Kontrollen zeigen ein rückläufiges ARDS. Am vierten Tag des stationären Aufenthaltes werden Sedativa und Relaxantien vorsichtig reduziert und das Kind reagiert darunter klinisch adäquat. Mehrfache Elektroenzephalogramme zeigen weder Focus noch Anfallsbereitschaft. Am fünften Tag ist die Extubation möglich. Bei noch unruhigen Bewegungen besteht eine adäquate Reaktion auf Umweltreize und ein guter Verlauf der neurologischen Entwicklung. Nach elf Tagen Intensivstation erfolgt die Verlegung auf die periphere Station. Nach weiteren drei Tagen kann der Junge nach Hause entlassen werden.

Folgen: Insgesamt verhält sich das Kind wie früher und ist allenfalls etwas ruhiger geworden.

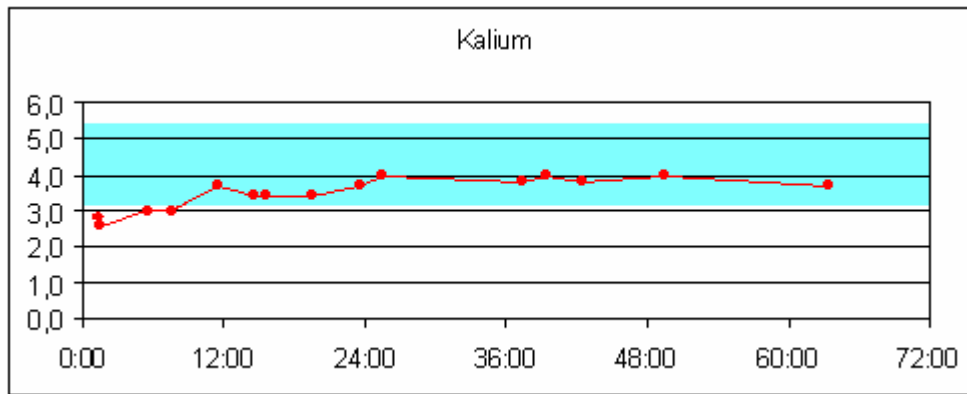


Abb. 26a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

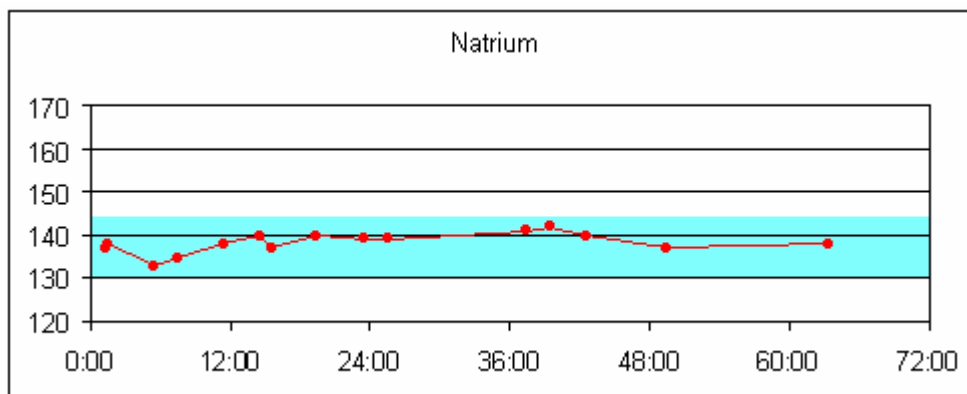


Abb. 26b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

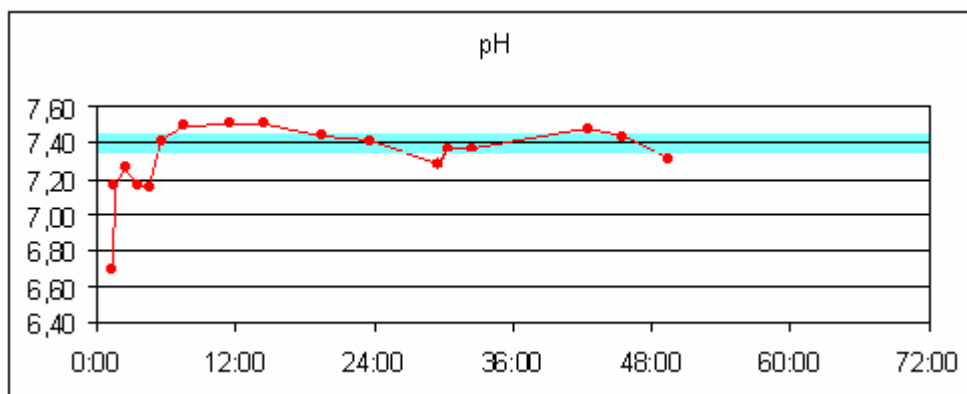


Abb. 26c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

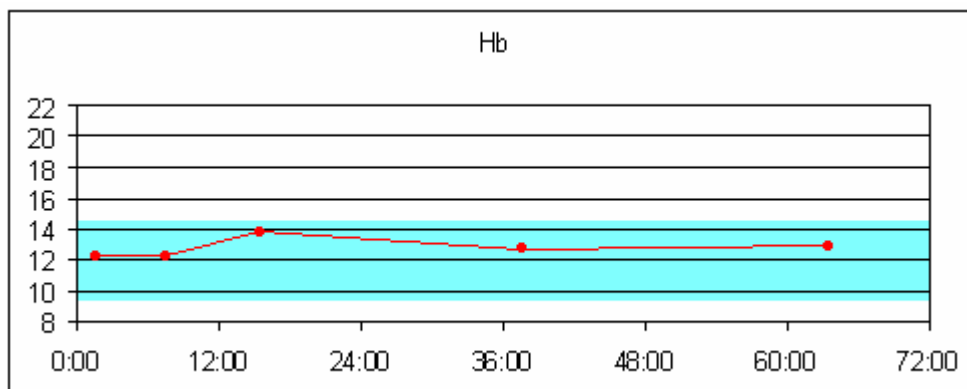


Abb. 26d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

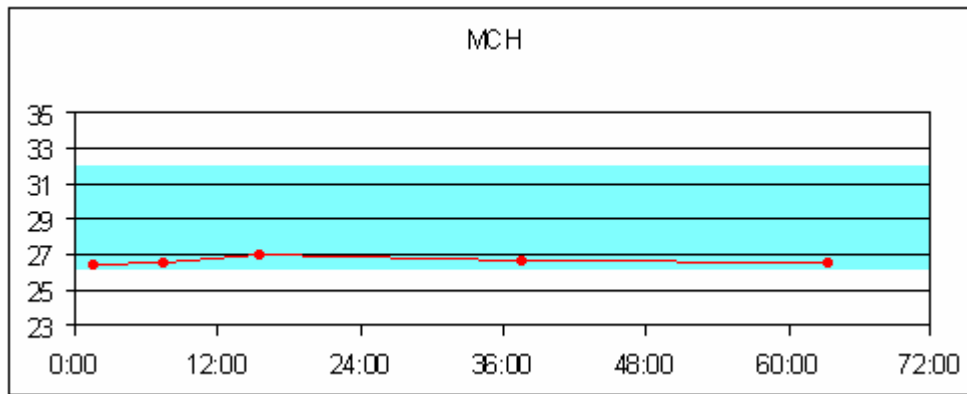


Abb. 26e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

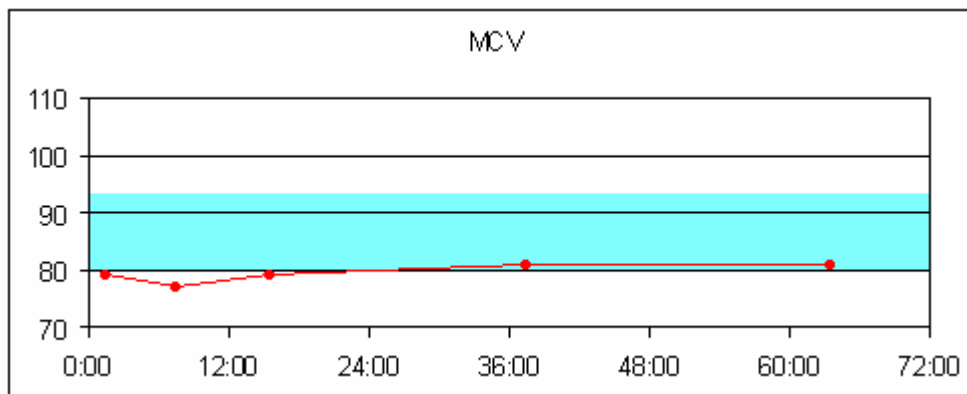


Abb. 26f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

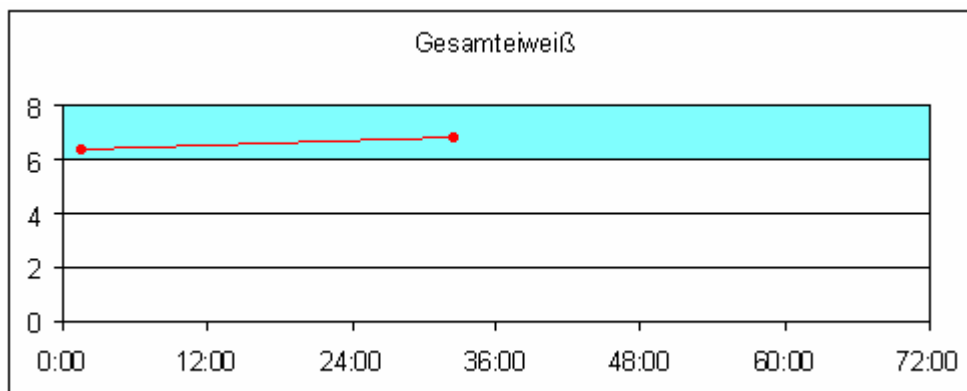


Abb. 26g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	26
Alter	1 Jahr, 4 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 -15 Minuten
Wassertemperatur	kalt
Salzgehalt des Wassers	gering
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	80 Minuten (35 min Laien, 45 min NA)
Körpertemperatur	31,0°C (Minimum = 28,5°C nach 1,5 Stunden)
Krankenhausaufenthalt	13 Tage Intensiv, 2 Tage Peripher
Folgen	Restitutio ad integrum
Ereignis	Unfall (Zierteich)

Tab. 51: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 26.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,6 - 3	3 - 3,7	3,7 - 4	3,7 - 4
Natrium mmol/l	130 - 145	133 - 138	135 - 140	139 - 142	137 - 140
pH	7,36 – 7,44	6,7 - 7,41	7,5 - 7,51	7,28 - 7,44	7,31 - 7,48
Hb g/dl	9,5 – 14,5	12,3	12,3 - 13,8	12,7	12,9
MCH pg	26 - 32	26,4	26,5 - 27	26,6	26,5
MCV μm^3	80 - 94	79	77 - 79	81	81
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	6,4	Keine Werte	6,8	Keine Werte

Tab. 52: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 26)

3.1.3 Salzwasser – nicht überlebt

Fall 27 (Lübeck – 149/81)

Ereignis:

Im Juli gegen 15.00 Uhr wird der 9-jährige Junge in der Ostsee treibend aufgefunden und primär für tot gehalten. Er wird von der Rettungshubschrauberbesatzung geborgen und reanimiert. Über die Umstände des Unfalls und die Dauer der Immersion sind keine Angaben vorhanden. Nach primärer Reanimation mit Intubation, Defibrillation, Alupent-, Kortison- und Calciumgabe wird der Junge in ein peripheres Krankenhaus verbracht.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme beträgt die Kerntemperatur 28,5°C, die Herzfrequenz liegt bei 50 Schlägen pro Minute, es bestehen Extrasystolen. Eine Spontanatmung ist nicht vorhanden. Es lassen sich weder Muskeleigenreflexe noch pathologische Reflexe auslösen. Die Pupillen sind mittelweit und ohne Reaktion auf Licht. In der Aufnahmenacht werden vereinzelt Krampfanfälle mit Kloni beider Beine beobachtet. Das Elektroenzephalogramm zeigt Allgemeinveränderungen zweiten bis dritten Grades.

Verlauf:

Am folgenden Tag wird der Patient in die Universitätsklinik verlegt. Im Verlauf wird das dem hypoxischen Hirnschaden nachfolgende Ödem mit Hyperventilation, Fortecortin- und hochdosierter Luminalgabe behandelt. Die Antibiose bei der Aspirationspneumonie muß wegen eines akuten Nierenversagens umgesetzt werden. Am dritten Behandlungstag kommt es unter der Verschlechterung des neurologischen Status zu zentralbedingten Temperatur-regulationsstörungen. Die Pupillen sind inzwischen lichtstarr bei nicht mehr auslösbaren Muskeleigenreflexen. Es entwickelt sich infolge einer kardialen Dekompensation mit Tachykardien bis 240 Schlägen pro Minute ein Lungenödem, welches zunächst noch überwunden werden kann. Das akute Nierenversagen, das Streßulcus, die Hyperglykämien und die metabolische Azidose werden symptomatisch behandelt. Am 7. Behandlungstag steht erneut die kardiale Problematik im Vordergrund und das Kind verstirbt gegen Mittag in protrahiertem Herz-Kreislaufversagen.

Sektionsergebnisse: Schock.

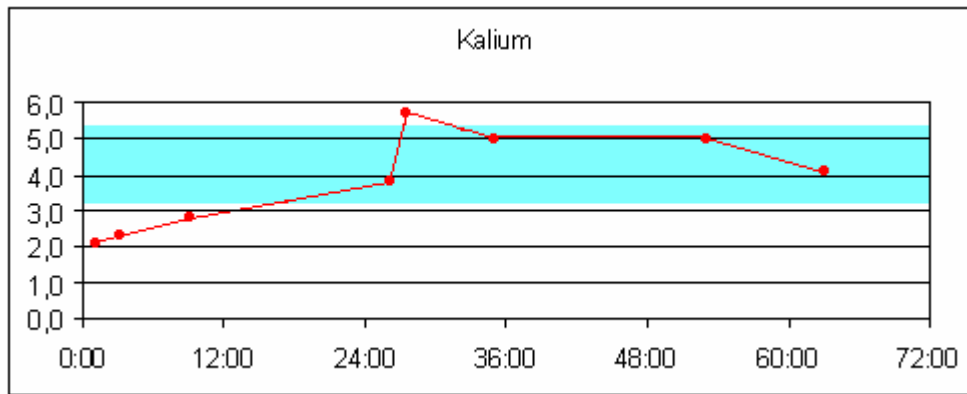


Abb. 27a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

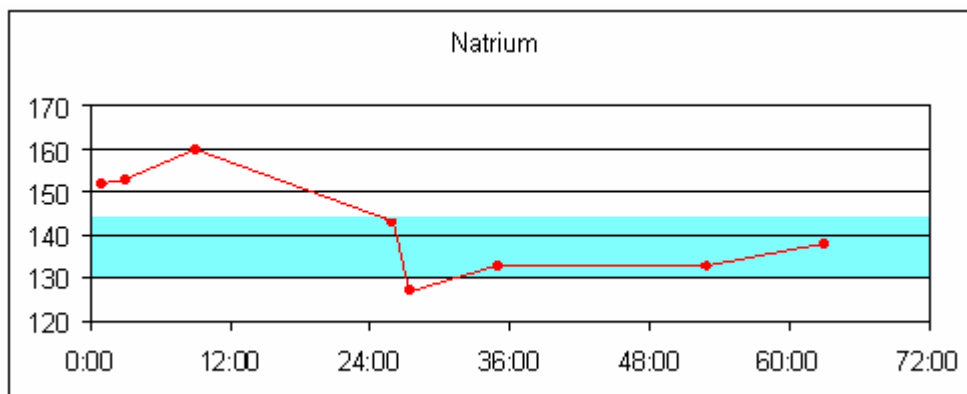


Abb. 27b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

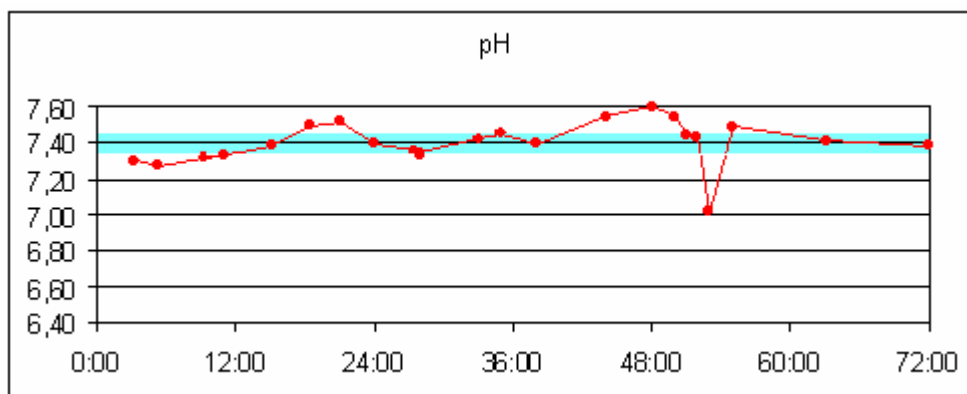


Abb. 27c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

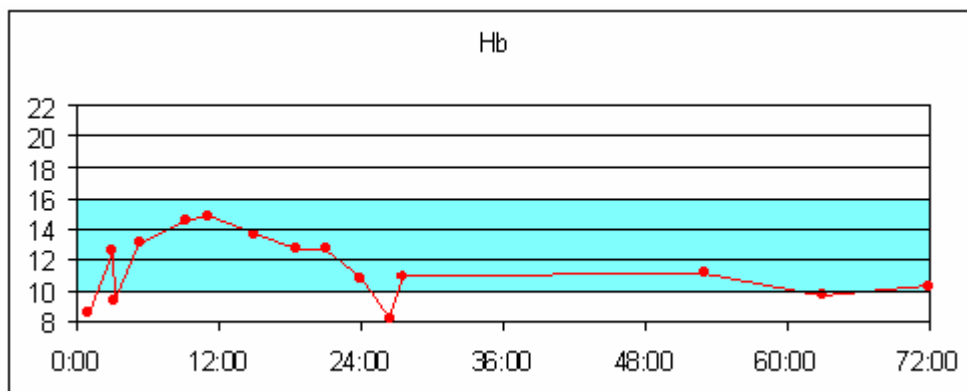


Abb. 27d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

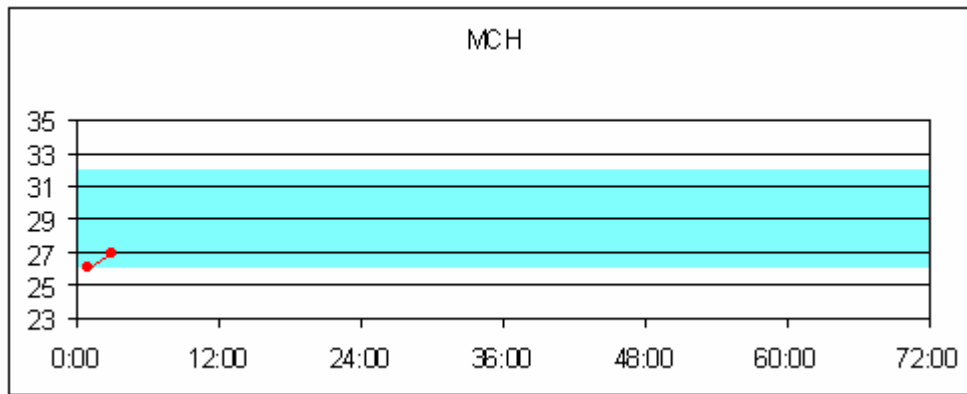


Abb. 27e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

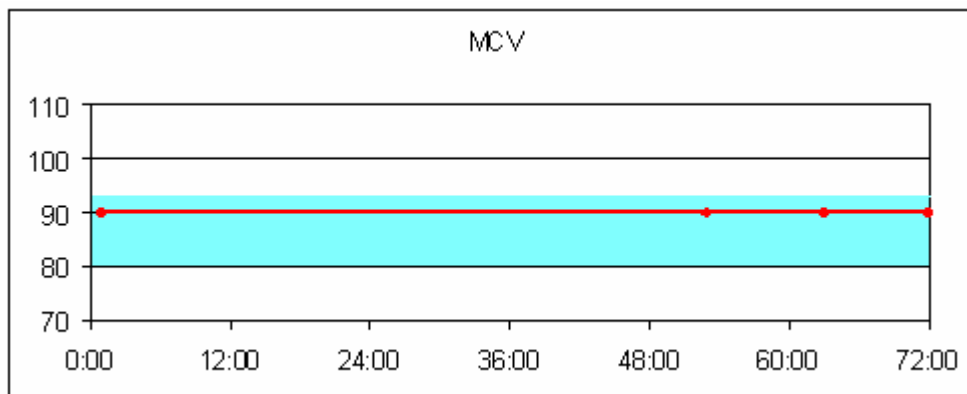


Abb. 27f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

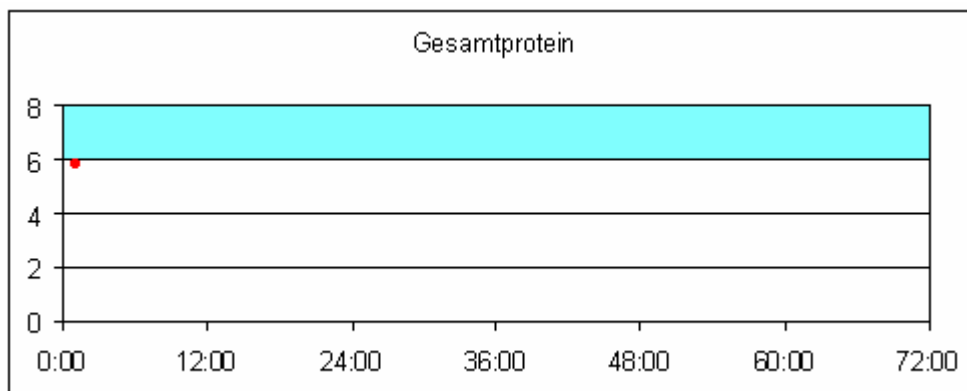


Abb. 27g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	27
Alter	9 Jahre, 3 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	nicht bekannt
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	nicht bekannt
Körpertemperatur	28°C (= Minimum nach 1 Stunde)
Überlebenszeit	8 Tage, 30 Minuten
Todesursache	protrahiertes Herz-Kreislaufversagen
Todesart	Badeunfall (Ostsee)

Tab. 53: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 27.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,1 - 2,3	2,8	3,8 - 5,7	4,1 - 5
Natrium mmol/l	130 - 145	152 - 153	160	127 - 143	133 - 138
pH	7,36 – 7,44	7,27 - 7,3	7,32 - 7,38	7,35 - 7,52	7,02 - 7,6
Hb g/dl	10 – 16	8,6 - 13,1	13,7 - 14,9	8,2 - 12,7	9,8 - 11,2
MCH pg	26 - 32	26 - 27	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
MCV μm^3	80 - 94	90	Keine Werte	Keine Werte	90
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,8	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 54: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 27)

Fall 28 (Lübeck – 150/88)

Ereignis:

Im August versucht der 64-jährige Mann die in der Ostsee verunglückte Lebensgefährtin zu retten und gerät dabei selbst für ca. 10 bis 15 Minuten unter Wasser, kann jedoch geborgen werden. Der Notarzt findet den Patienten bei seinem Eintreffen gegen 18.30 Uhr mit weiten, lichtstarrten Pupillen und ohne motorische Reaktionen vor. Nach Durchführung der Reanimationsmaßnahmen kann der Patient kreislaufstabil und intubiert mit Spontanatmung per Hubschrauber in das Krankenhaus transportiert werden.

Stationäre Behandlung:

Der kräftige, komatöse Patient von pyknischem Habitus wird stationär aufgenommen; seine Haut ist ausreichend durchblutet, trocken und kühl. Die Pupillen sind weit und lichtstarr und es besteht ein deutlicher Foetor alcoholicus. Über der Lunge ist unter Beatmung eine Spastik auskultierbar. Das Herz schlägt regelmäßig mit einer Frequenz von 79 Schlägen pro Minute und der Blutdruck liegt bei 120 / 80 mmHg. Bei schlaffem Muskeltonus sind keine Pyramidenzeichen auslösbar und es fehlt die Reaktion auf Schmerzreize. Unter Gabe von Fortecortin, Diuretika, Antihypertensiva, Antibiotika und Katecholaminen sowie einer ausreichenden Flüssigkeits- und Kaloriensubstitution kann zunächst eine Stabilisierung des Krankheitsgeschehens erreicht werden.

Verlauf:

Komplizierend entwickelt sich eine kardiale Insuffizienz auf dem Boden eines inferioren Infarktes. Unter der Lungenstauung entwickelt sich eine hypostatische Pneumonie. Es stellt sich keine Besserung des hypoxiebedingten, schweren Mittelhirnsyndroms ein, so dass der Patient das Bewusstsein nicht wiedererlangt. Zeitweilig treten zusätzlich fokalmotorische Krampfanfälle auf. Am siebten Behandlungstag kommt es schließlich zum Exitus letalis bei Herz-Kreislauf-Versagen.

Sektionsergebnisse:

Die Obduktion ergibt als Hauptleiden eine schwergradige allgemeine Arteriosklerose, einen älteren Herzinfarkt, subakute Blutstauung der inneren Organe, Herzinsuffizienz, einen Status lacunaris cerebri, eine Leberverfettung sowie eine Aspirationspneumonie. Als Todesursache besteht ein protrahierter Hypoxieschaden nach Ertrinkungsunfall, d.h. Rezidivinfarkt und hypoxische Enzephalopathie.

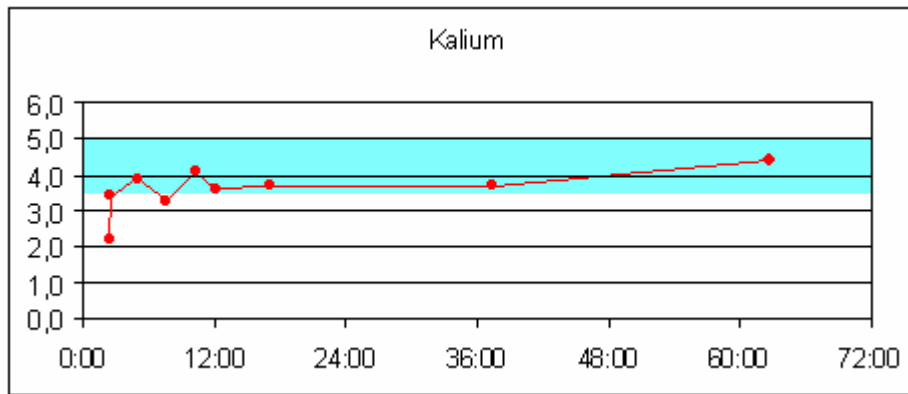


Abb. 28a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

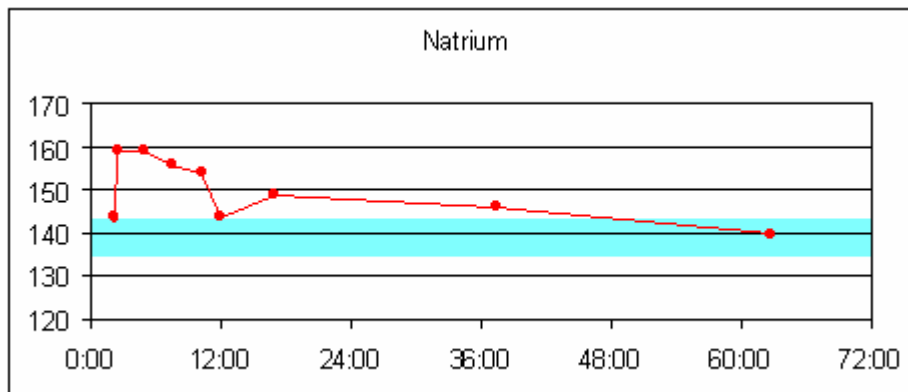


Abb. 28b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

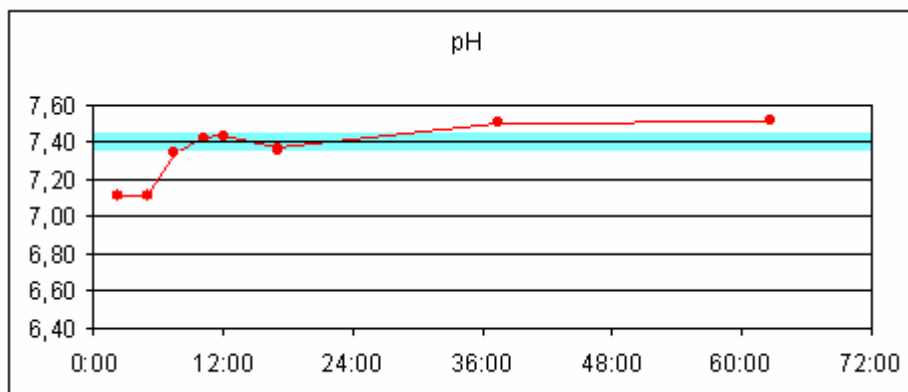


Abb. 28c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

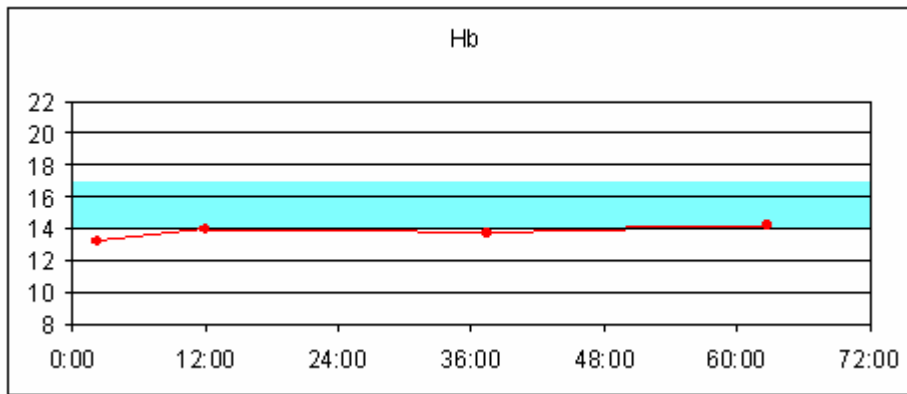


Abb. 28d: Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

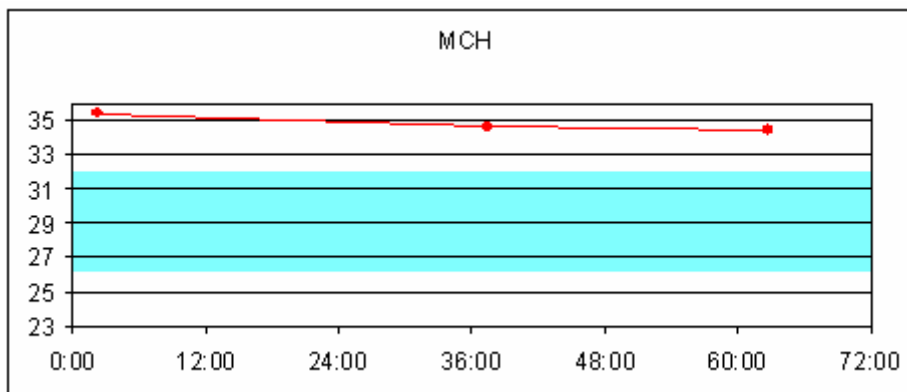


Abb. 28e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

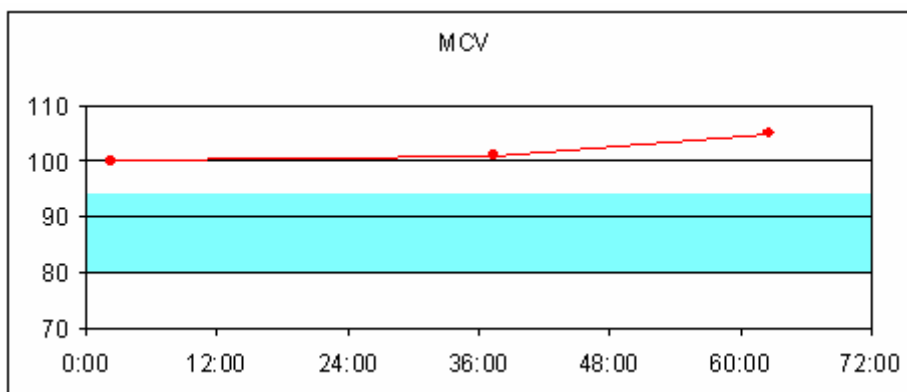


Abb. 28f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	28
Alter	64 Jahre, 7 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 - 15 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	55 Minuten
Körpertemperatur	38,7°C (nach 17 Stunden)
Überlebenszeit	6 Tage, 6 Stunden
Todesursache	Rezidiv-Infarkt, hypoxische Enzephalopathie
Todesart	Badeunfall (Ostsee)

Tab. 55: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 28.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	2,2 - 3,9	3,3 - 4,1	3,7	4,4
Natrium mmol/l	135 - 144	144 - 159	144 - 156	146	140
pH	7,36 – 7,44	7,11	7,34 - 7,43	7,5	7,51
Hb g/dl	14 – 17	13,2	13,9	13,7	14,1
MCH pg	26 - 32	35,4	Keine Werte	34,6	34,4
MCV μm^3	80 - 94	100	Keine Werte	101	105
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 56: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 28)

Fall 29 (Lübeck – 104/91)

Ereignis:

An einem Julitag rutscht offenbar (unbeobachtet) der neunjährige Junge am Grömitzer Ostseeufer aus und gerät ins Wasser. Er wird von einer Krankenschwester halb im Wasser liegend leblos aufgefunden. Den letzten Kontakt zu seinen Eltern hatte er 30 bis 45 Minuten zuvor. Die Krankenschwester beginnt mit der Reanimation bis nach 15 Minuten der Notarzt eintrifft. Er findet den Patienten mit weiten, lichtstarrten Pupillen sowie Kreislauf- und Atemstillstand vor. Der Notarzt intubiert und gibt zunächst intratracheal und dann auch intravenös Suprarenin. Nachdem weiterhin kein kardialer Rhythmus einsetzt, wird ein externer Schrittmacher eingesetzt. Nach Bikarbonat- und erneuter Suprareninegabe setzen 40 Minuten später kardiale Eigenaktionen ein und der Patient kann ins Kreiskrankenhaus transportiert werden.

Stationäre Behandlung:

Hier wird er weiter beatmet und erhält Bikarbonat, Dexamethason, Furosemid, Dopamin und Dobutrex. Wegen eines Pneumothorax wird eine Pleuradrainage gelegt. Mit dem Hubschrauber erfolgt die Verlegung in die Universitätsklinik. Bei Aufnahme ist der Junge tief komatös und zeigt klinisch Zeichen des Hirntodes. Die Haut ist blass, die Mikrozirkulation ausreichend und die Pulse sind allseitig tastbar. Über den Lungen finden sich seitengleiche, kräftige Atemgeräusche, die leicht verschärft sind mit ubiquitär trockenen und vereinzelt über dem linken Mittelfeld mittel- bis grobblasigen feuchten Rasselgeräuschen. Die Herztöne sind rein und regelmäßig. Die Pupillen sind weit, seitengleich und reagieren nicht auf Licht bei negativen Kornealreflexen. Auf Schmerzreize erfolgt keine Reaktion.

Verlauf:

Kreislauf und Beatmung können stabilisiert werden. Auf der Glasgow-Coma-Scale erreicht der Junge während seines gesamten stationären Aufenthaltes lediglich die geringstmögliche Punktzahl. Es bestehen keine klinischen Zeichen, die für eine cerebrale Funktion sprechen. Zuletzt zeigt sich in kontinuierlich durchgeführten EEG-Ableitungen eine elektroenzephalographische Inaktivität und fünf Tage nach dem Unfall wird der Hirntod festgestellt.

Sektionsergebnisse:

Dissoziierter Hirntod bei massivem Hirnödem und Absterben von vitalen Hirnzentren. Fragliche Fraktur des 6. Halswirbels.

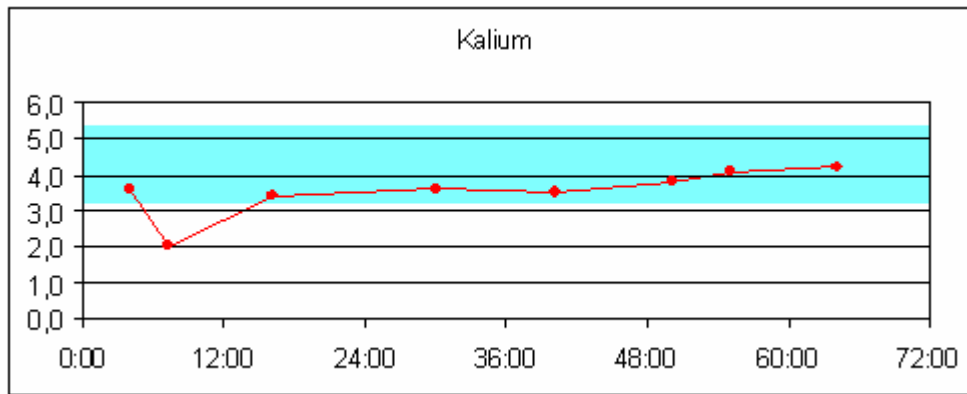


Abb. 29a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

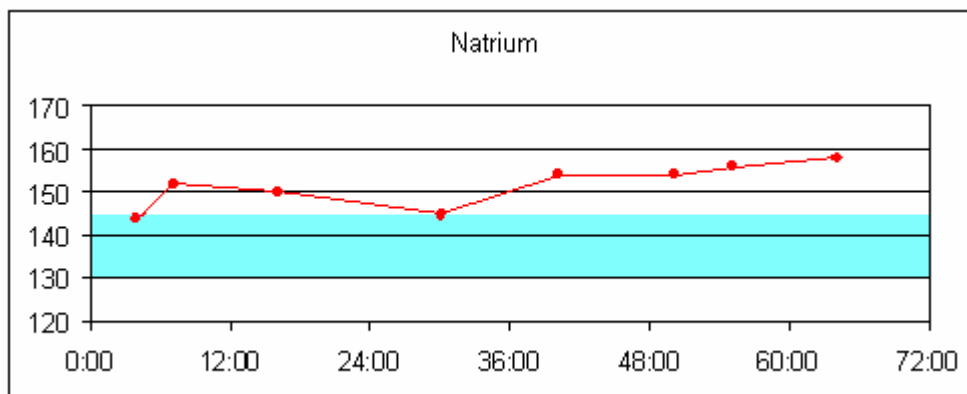


Abb. 29b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

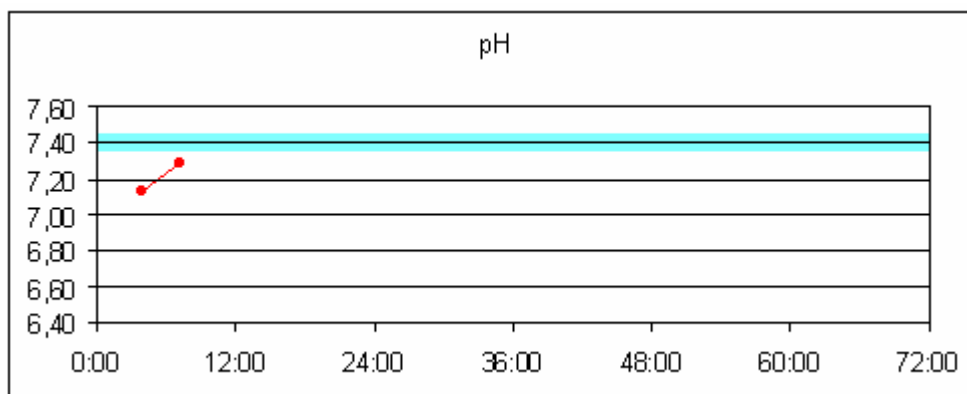


Abb. 29c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

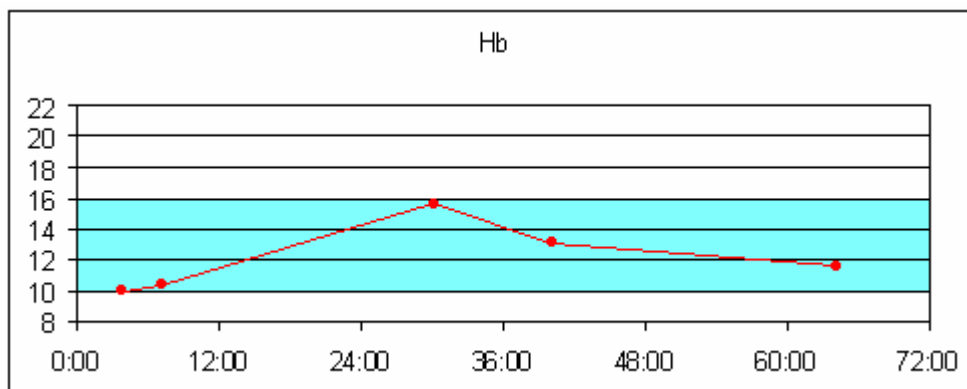


Abb. 29d : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

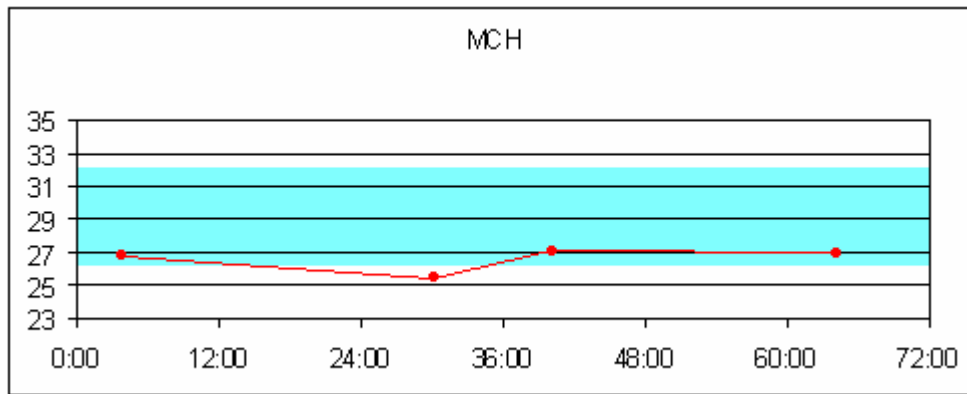


Abb. 29e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

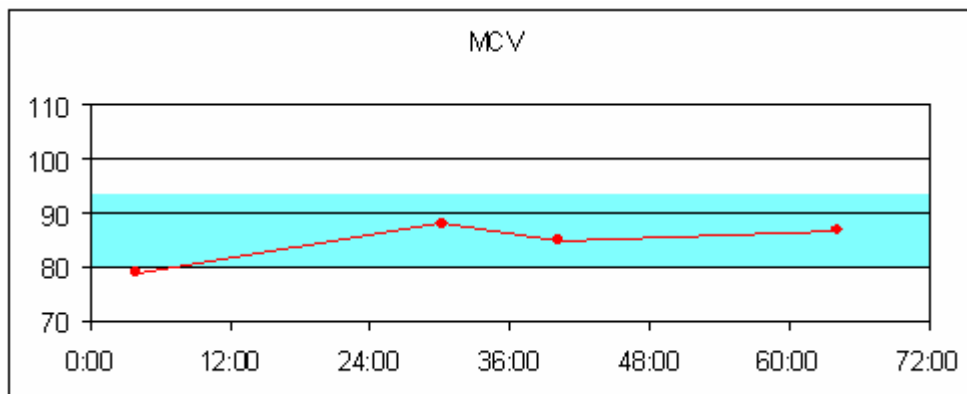


Abb. 29f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

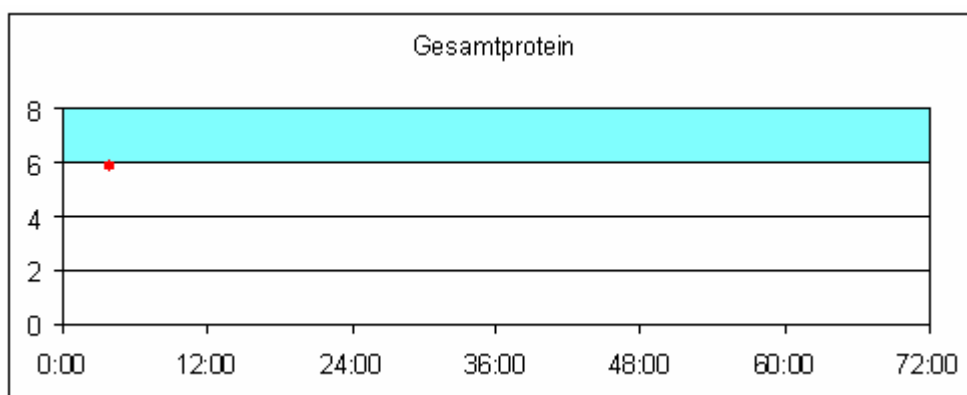


Abb. 29g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	29
Alter	9 Jahre, 11 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	36 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	55 Minuten (15 min Laien, 40 min NA)
Körpertemperatur	35,1°C (= Minimum nach 4 Stunden)
Überlebenszeit	5 Tage
Todesursache	Hirntod
Todesart	Badeunfall (Ostsee)

Tab. 57: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 29.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,6 - 2	3,4	3,5 - 3,6	3,8 - 4,2
Natrium mmol/l	130 - 145	144	150 - 152	145 - 154	154 - 158
pH	7,36 – 7,44	7,13 - 7,29	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	10 – 16	10	10,4	13,1 - 15,7	11,6
MCH pg	26 - 32	26,8	Keine Werte	25,4 - 27,1	27
MCV μm^3	80 - 94	79	Keine Werte	85 - 88	87
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,9	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 58: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 29)

Fall 30 (Lübeck – 129/94)

Ereignis:

An einem Augusttag in den frühen Abendstunden wird ein 16-jähriger Schüler, der selbst DLRG-Rettungsschwimmer ist, von seinen Freunden leblos in der Ostsee treibend gesehen und geborgen. Zu dem Zeitpunkt des Unfalls hat das Wasser eine Temperatur von 18-19°C. Die Immersionszeit wird mit etwa 10 min angegeben. Zunächst beginnen die Freunde mit einer Herzdruckmassage und Mund-zu-Mund-Beatmung. Der ca. eine halbe Stunde später eingetroffene Notarzt findet den Patienten primär mit Kammerflimmern vor. Es wird neunmal defibrilliert. Nach der Intubation lässt sich eine größere Menge Wasser absaugen und der Patient wird beatmet. Nach der medikamentösen Therapie mit Atropin und Katecholaminen kann der Patient mit einem stabilem Sinusrhythmus auf die Intensivstation verbracht werden.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme fällt im klinischen Untersuchungsbefund die massiv abzusaugende Flüssigkeit mit multiplen Sandbeimengungen aus beiden Lungen auf. Die Sedierung wird nach wenigen Stunden abgesetzt, ohne dass es bei dem komatösen Patienten zu einer zunehmenden Wachheitssteigerung käme. Er atmet anfangs noch spontan. Im CCT wird ein Hirnödem diagnostiziert, welches adäquat therapiert wird. Die Rhabdomyolyse wird mit einer Harnalkalisierung und die Aspirationspneumonie antibiotisch behandelt.

Verlauf:

Am 4. stationären Tag entwickelt der Patient bei sonst stabilem Zustand einen rechtsfokalen Krampfanfall sowie eine neu aufgetretene Sinusbradykardie. Bei erneutem Krampfgeschehen - und trotz jetzt angesetzter antiepileptischer Medikation - entwickelt der Patient eine zunehmende Spastik. In der Nacht des siebten stationären Tages wird der Patient akut apnoisch unter einem Blutdruckeinbruch. Es besteht jetzt eine totale Areflexie (inklusive der Hirnstammreflexe). Ein zweimalig durchgeführtes EEG zeigt wiederholt eine hirnelektrische Stille, so dass nach zweimalig positiven Apnoetest sowie zweimalig durchgeführtem neurologischen Konsil der Hirntod festgestellt wird.

Sektionsergebnisse:

Zeichen des intravitalen Hirntodes; massive, eitrige Bronchopneumonie, die links ausgeprägter ist als rechts; Zustand nach Organexplantation.

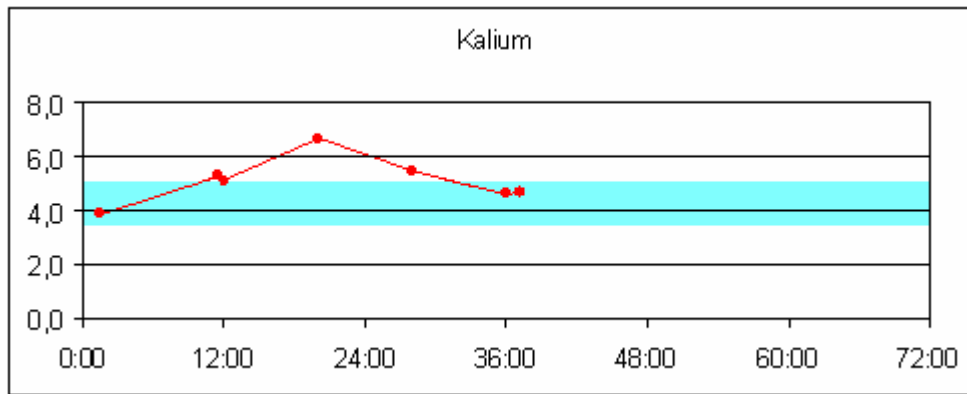


Abb. 30a : Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

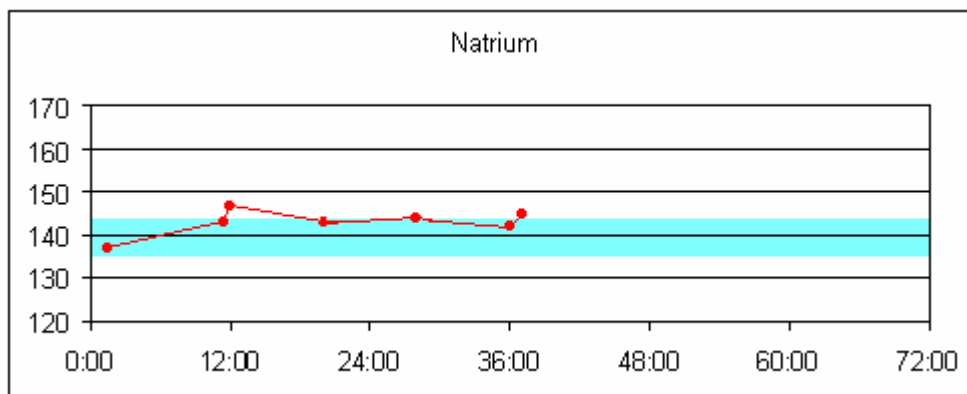


Abb. 30b : Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

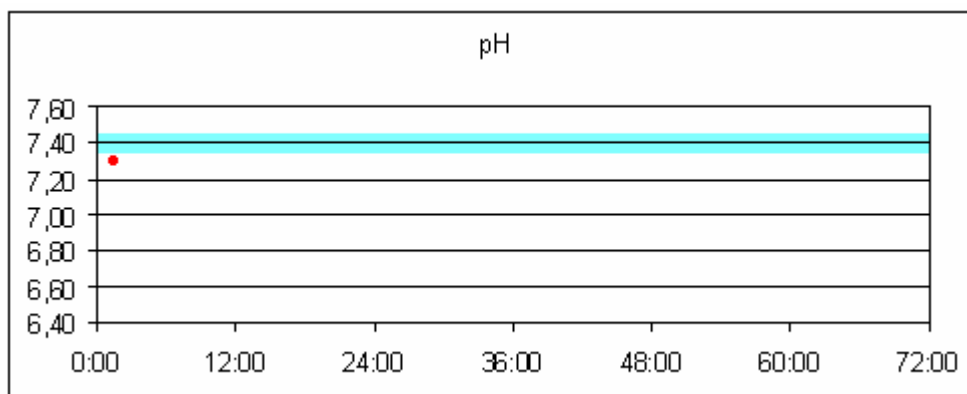


Abb. 30c : Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

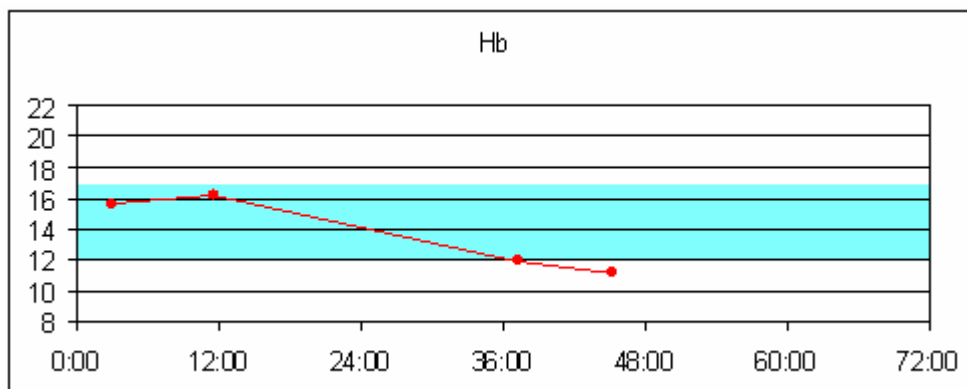


Abb. 30d : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

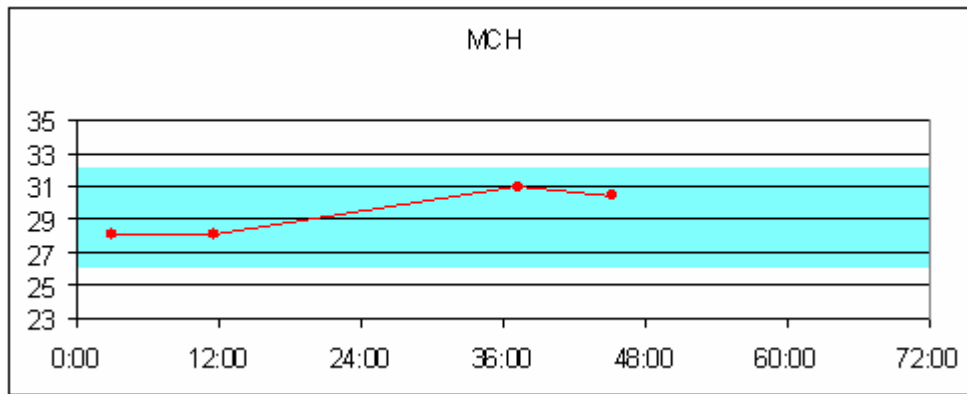


Abb. 30e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

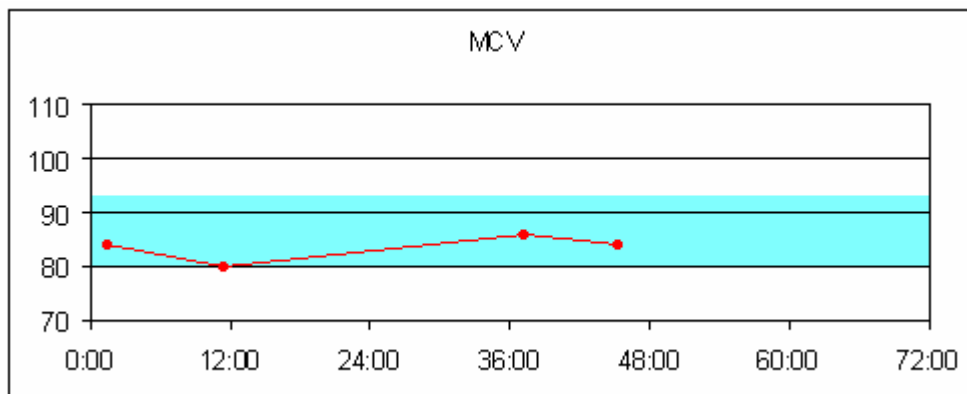


Abb. 30f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

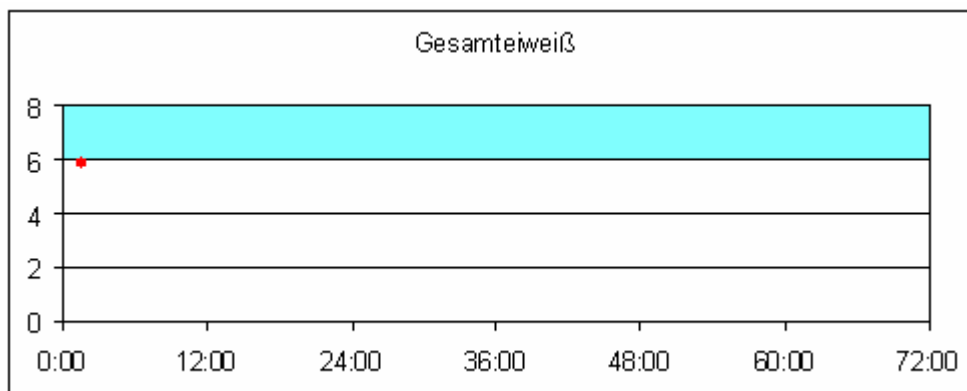


Abb. 30g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	30
Alter	16 Jahre, 9 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 Minuten
Wassertemperatur	18 -19°C (gemessen)
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	30 Minuten (durch Laien)
Körpertemperatur	unbekannt
Überlebenszeit	6 Tage, 16 Stunden , 30 Minuten
Todesursache	Hirntod
Todesart	Badeunfall (Ostsee)

Tab. 59: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 30.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	3,9	5,1 - 5,3	4,6 - 6,7	Keine Werte
Natrium mmol/l	135 - 144	137	143 - 147	142 - 145	Keine Werte
pH	7,36 – 7,44	7,3	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte
Hb g/dl	12 – 17	15,7	16,2	11,9	11,2
MCH pg	26 - 32	28,1	28,1	30,9	30,4
MCV μm^3	80 - 94	84	80 - 86	84	Keine Werte
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	5,9	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 60: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 30)

3.1.4 Salzwasser - überlebt

Fall 31 (Lübeck – H., H. 1987)

Ereignis:

Der siebenjährige Junge rutscht beim Besuch des Salzwasserschwimmbades auf der Treppe zum Becken aus und wird nach unbekannter Submersionszeit vom Bademeisterteam geborgen und reanimiert. Bei Eintreffen des Notarztes zeigt der Junge keine Reaktionen auf Schmerzreize, keine verbalen noch motorischen Reaktionen und die Pupillen sind divergent und mittel bis eng. Es bestehen eine suffiziente Spontanatmung sowie stabile Kreislaufverhältnisse. Der komatöse Junge wird intubiert und beatmet und auf die Intensivstation der Medizinischen Universität verbracht.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme ist der Patient sediert, kreislaufstabil, intubiert und beatmet. Die Anfangstemperatur liegt bei 34,5°C und es sind beiderseits grobblasige Rasselgeräusche zu auskultieren. Die Extremitäten befinden sich in Decerebrationshaltung bei seitengleichen Muskeleigenreflexen. Auf Schmerzreiz wird mit Grimmassieren und Pulsanstieg reagiert.

Verlauf:

Eine hirnödemprophylaktische Therapie mit Flüssigkeitsrestriktion, Mannitolgabe und Hyperventilation wird begonnen. Das CCT am dritten stationären Tag zeigt einen unauffälligen Befund. Die Aspirationspneumonie wird über acht Tage erfolgreich antibiotisch behandelt. Am fünften Behandlungstag wird zunächst extubiert und eine Stunde später wegen zunehmender Dyspnoe bei Glottisödem wieder reintubiert. 24 Stunden danach kann nach mehrfacher Solu-Decortin-Gabe problemlos extubiert werden und unter ruhiger, suffizienter Spontanatmung besteht kein zusätzlicher Sauerstoffbedarf mehr. Am neunten stationären Behandlungstag kann der Junge mit einer deutlichen Verlangsamung im Sinne eines Durchgangssyndroms und deutlich verminderter grober Kraft auf die neuropädiatrische Station verlegt werden. Im weiteren Verlauf zeigt sich eine Besserung des neurologischen Status: der Patient ist bei unbeeinträchtigter Motorik orientiert, nimmt Kontakt auf und spielt mit anderen Kindern. Nach drei Tagen kann er zu weiteren Rehabilitationsmaßnahmen entlassen werden.

Folgen: Durchgangssyndrom, im Verlauf Besserung.

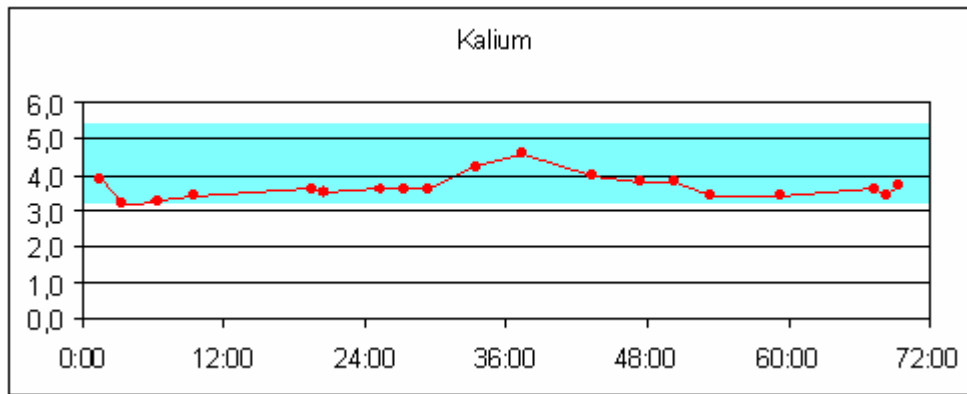


Abb. 31a. : Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

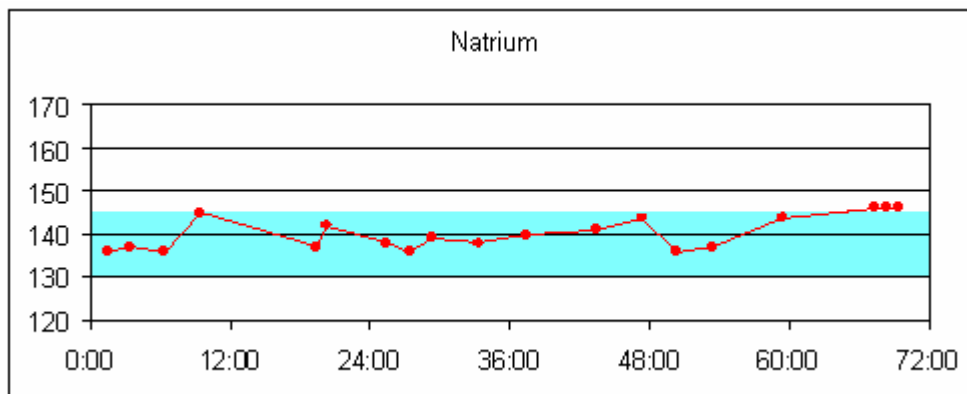


Abb. 31b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

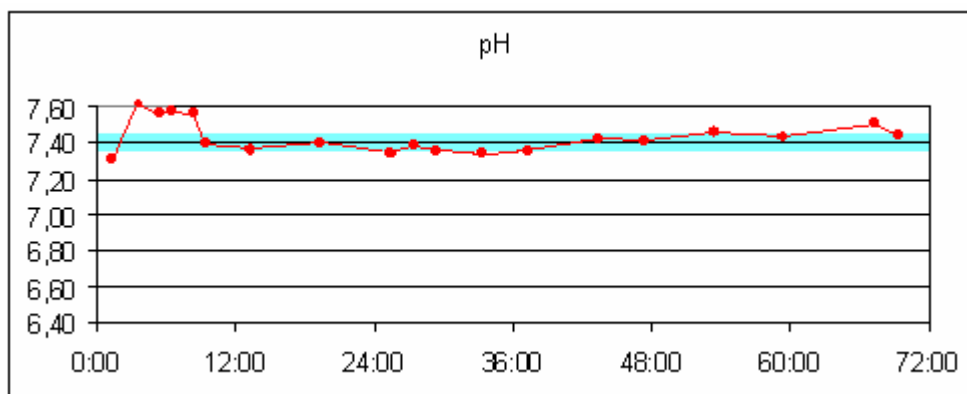


Abb. 31c : Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

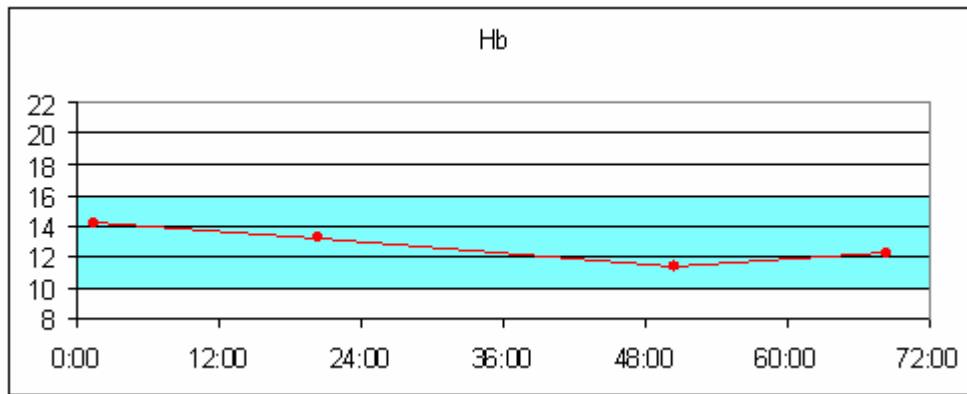


Abb. 31d : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

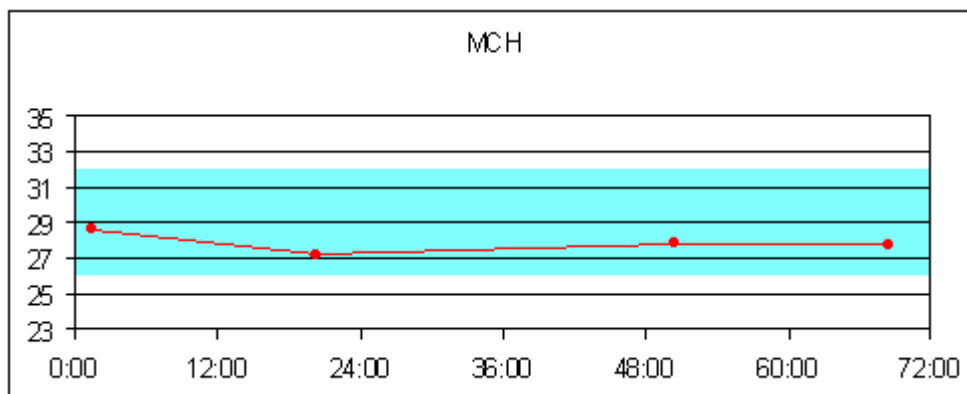


Abb. 31e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

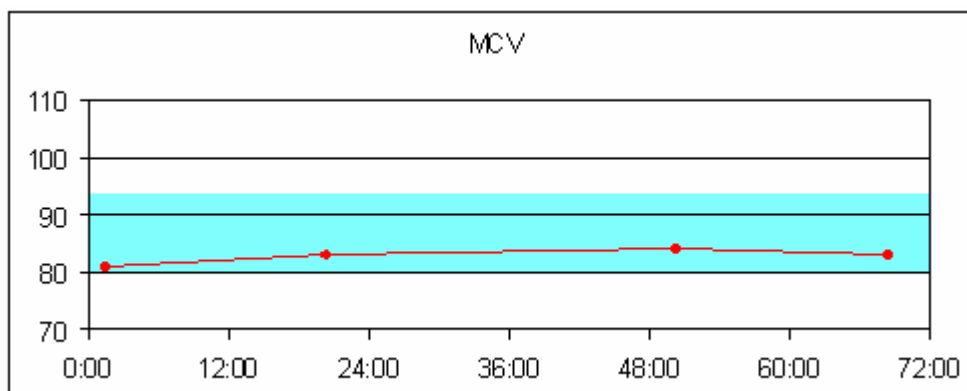


Abb. 31f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	31
Alter	7 Jahre, 10 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	5 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja (durch Laien)
Dauer der Reanimation	unbekannt
Körpertemperatur	34,5°C (= Minimum nach 1 Stunde)
Krankenhausaufenthalt	9 Tage Intensiv, 3 Tage Peripher
Folgen	Durchgangssyndrom, im Verlauf Besserung
Ereignis	Badeunfall (Schwimmbad)

Tab. 61: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsprozess sowie den Folgen zu Fall 31.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	3,2 - 3,9	3,3 - 3,4	3,5 - 4,6	3,4 - 4
Natrium mmol/l	130 - 145	136 - 137	136 - 145	136 - 142	136 - 146
pH	7,36 – 7,44	7,31 - 7,62	7,37 - 7,57	7,34 - 7,4	7,41 - 7,51
Hb g/dl	10 – 16	14,2	Keine Werte	13,2	11,4 - 12,3
MCH pg	26 - 32	28,6	Keine Werte	27,2	27,8 - 27,9
MCV μm^3	80 - 94	81	Keine Werte	83	83 - 84
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 62: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 31)

Fall 32 (Lübeck – L., C. 1986)

Ereignis:

Der siebenjährige Junge wird als Nichtschwimmer am Ostseestrand bereits für zehn Minuten vermisst, als er von einem Badegast leblos an der Wasseroberfläche treibend gefunden wird. Nach der Bergung wird für etwa 14 Minuten eine Laienreanimation durchgeführt. Der Notarzt findet den Jungen mit Asystolie und lichtstarrten Pupillen vor. Er reanimiert weitere 16 Minuten und transportiert den Patienten dann intubiert in die Klinik.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme besteht eine spontane Schnappatmung, keine Reaktion auf Schmerzreize und ein seitengleiches Atemgeräusch ohne Nebengeräusche. Die Pupillen sind mittelweit und lichtstarr. Die Pulse sind kräftig bei einer Herzfrequenz von 110 Schlägen pro Minute. Initial wird zur Hirnödempnrophylaxe hyperventiliert und nur restriktiv Flüssigkeit gegeben. Die ausgeprägte Azidose wird einmalig mit Natriumbikarbonat gepuffert. Die Hypokaliämie wird ausgeglichen und auch die Hypotonie wird über einige Tage erfolgreich behandelt.

Verlauf:

Ausgeprägte Blutdruckschwankungen normalisieren sich im Verlauf. Für einige Tage bestehen nicht therapiebedürftige Hyperglykämien. Innerhalb von zwölf Stunden kann die Körpertemperatur von 33,2 auf 36°C gesteigert werden. Es kommt schon am Aufnahmetag zu langanhaltenden generalisierten Krampfanfällen, die therapeutisch nur schwer zu beeinflussen sind. Die Hirndruckwerte sind normal, korrelieren jedoch eng mit den Blutdruckwerten. Nachdem der Patient suffizient spontan atmet, kann er am 13. Tag extubiert werden. Fehlende Schutzreflexe und eine Schleimretention machen eine erhöhte Sauerstoffgabe und krankengymnastische Behandlungen notwendig. Eine Aspirationspneumonie wird antibiotisch behandelt. Der Patient erhält eine Duodenalsonde, weil es zu ausgeprägten Refluxereignissen kommt und sich der Nahrungsaufbau als schwierig gestaltet. Neurologisch besteht ein apallisches Syndrom, mit dem der Junge nach drei Wochen auf die periphere Station verlegt wird. Nach weiteren zwölf stationären Tagen erfolgt die heimatnahe Verlegung in ein Universitätsklinikum. Die Prognose hinsichtlich der neurologischen Entwicklung wird als sehr schlecht eingeschätzt und deswegen ist eine Rehabilitation in einem Kinderzentrum zunächst nicht indiziert.

Folgen: Apallisches Syndrom.

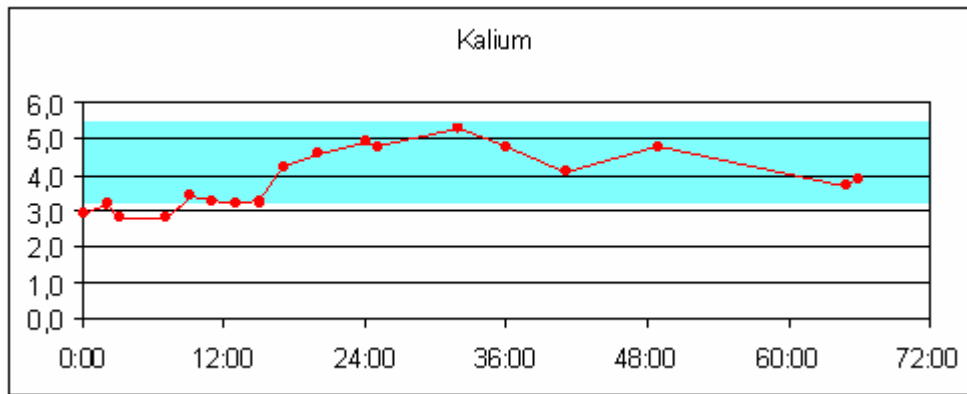


Abb. 32a : Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

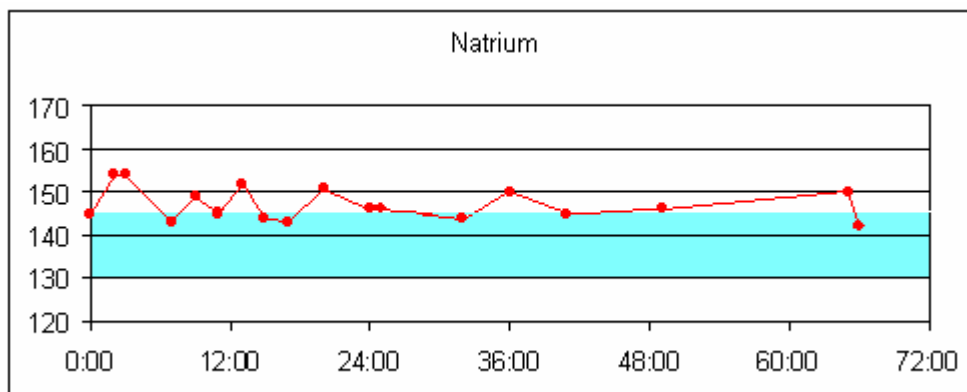


Abb. 32b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

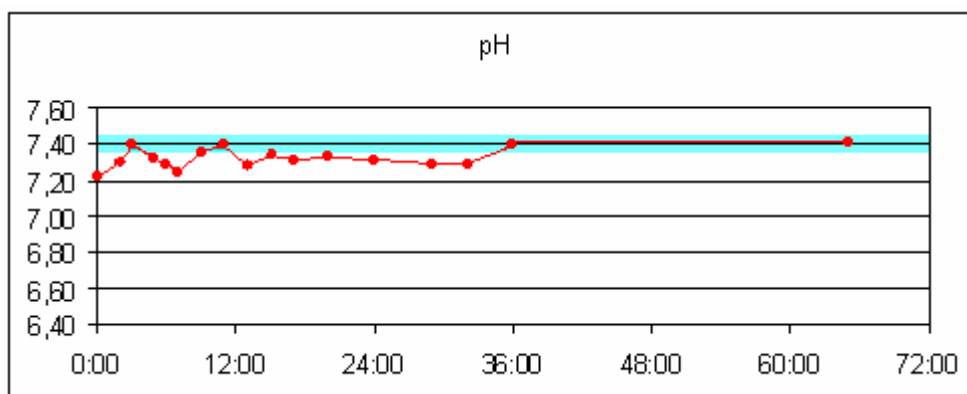


Abb. 32c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

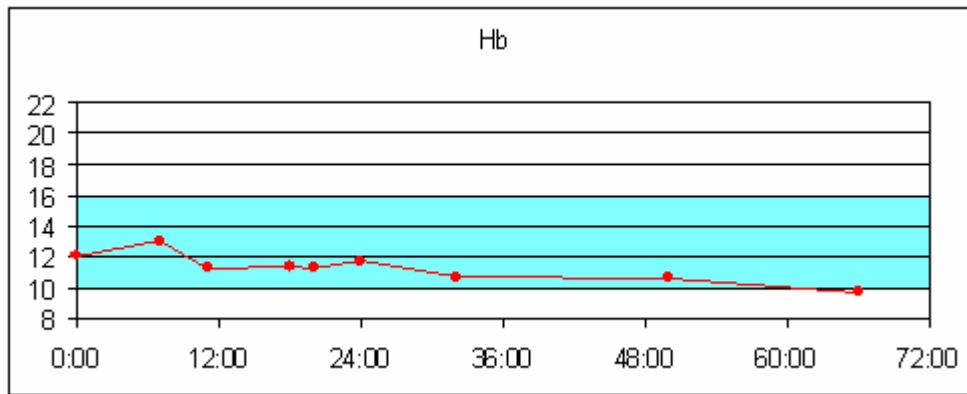


Abb. 32d : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

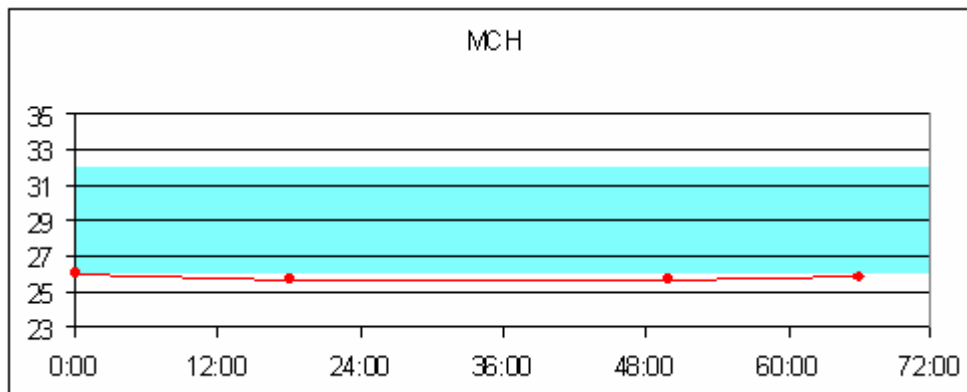


Abb. 32e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

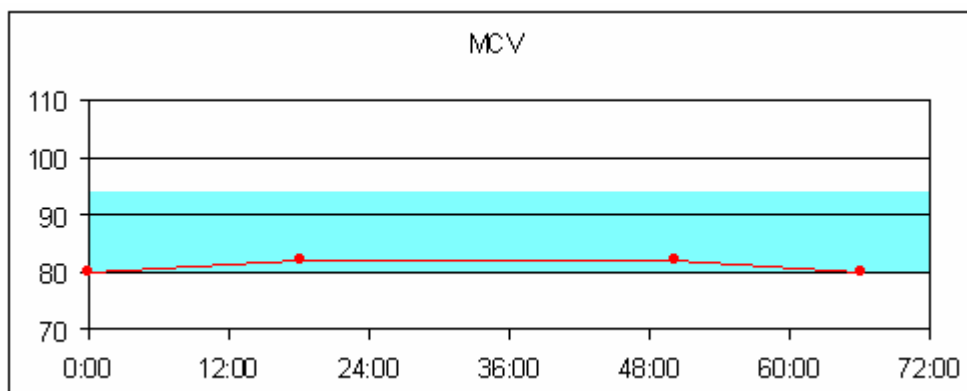


Abb. 32f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	32
Alter	7 Jahre, 7 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 - 20 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	30 Minuten (14 min Laien, 16 min NA)
Körpertemperatur	33,2°C (= Minimum bei Aufnahme)
Krankenhausaufenthalt	21 Tage Intensiv, 12 Tage Peripher
Folgen	Apallisches Syndrom
Ereignis	Badeunfall (Ostsee)

Tab.63: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 32.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	2,8 - 3,2	2,8 - 4,2	4,1 - 5,3	3,7 - 4,8
Natrium mmol/l	130 - 145	145 - 154	143 - 152	144 - 151	142 - 150
pH	7,36 – 7,44	7,22 - 7,39	7,24 - 7,39	7,29 - 7,39	7,41
Hb g/dl	10 – 16	12	11,3 - 13	10,7 - 11,7	9,8 - 10,6
MCH pg	26 - 32	26,1	25,7	Keine Werte	25,7 - 25,9
MCV μm^3	80 - 94	80	82	Keine Werte	80 - 82
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 64: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 32)

Fall 33 (Lübeck – P., T. 1986)

Ereignis:

Der achtjährige Junge wird im Juli nach etwa 15 Minuten Submersion in der Ostsee treibend aufgefunden und von einem anwesenden Arzt reanimiert. Beim Eintreffen des Notarztes besteht eine Asystolie bei maximal weiten Pupillen. Nach Intubation, Beatmung und circa 30-minütiger Reanimation wird das Kind mit dem Hubschrauber in die Klinik transportiert.

Stationäre Behandlung:

Bei Aufnahme wird der komatöse Patient bei stabilen Herz-Kreislauf-Verhältnissen beatmet. Es besteht eine Pupillenstarre und eine durch Fentanyl bedingte Miosis. Die Muskeleigenreflexe sind seitengleich lebhaft auslösbar und es bestehen weder Kloni noch Pyramidenbahnzeichen. Jedoch wird auf Schmerzreize nicht reagiert und es deutet sich eine Dezerebrationsstarre an. Die Lungen sind seitengleich belüftet und ohne Nebengeräusche.

Verlauf:

Zur Hirnödempnrophylaxe wird hyperventiliert und Mannitol gegeben. Katecholamine unterstützen den Kreislauf und erhöhen die Nierenperfusion. Die initiale Körpertemperatur von 31,3°C kann langsam innerhalb von neun Stunden auf 36°C angehoben werden. Das Lungenödem bildet sich zurück und die Beatmung kann nach 48 Stunden beendet werden. Bei bestehender Aspirationspneumonie wird antibiotisch behandelt. Initial kommt es zu sehr ausgeprägten, teils blutigen Diarrhoen. Innerhalb eines Tages bilden sich die Dezerebrationszeichen zurück und der Junge öffnet nach Extubation auf Ansprache die Augen und macht gezielte Abwehrbewegungen. Pupillomotorik und Muskeleigenreflexe sind jetzt unauffällig. Nach vier Tagen erfolgt die Verlegung auf die periphere neuropädiatrische Station. Zu diesem Zeitpunkt ist der Junge noch nicht orientiert und zeitweise agitiert. Er zeigt unkoordinierte fahrige Bewegungen mit jedoch gezielter Abwehr. Nach weiteren zwei Tagen verbessert sich der Allgemeinzustand überraschend: Der Patient ist wach und reagiert etwas verlangsamt, jedoch adäquat. Es folgen 15 Tage Rehabilitationsmaßnahmen in einem Kinderzentrum. Der Junge kann schließlich ohne schwerwiegende bleibende neurologische Folgen nach Hause entlassen werden.

Folgen:

Geringe Teilleistungsschwächen, u.a. Dysdiadochokinese der rechten Hand.

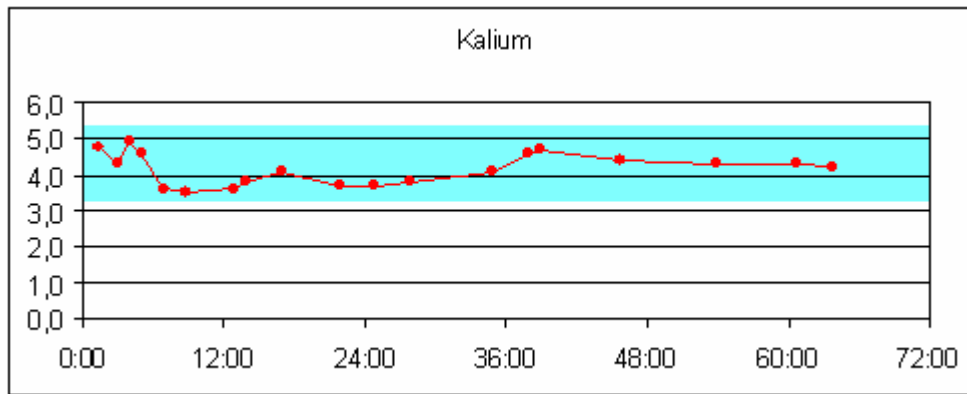


Abb. 33a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

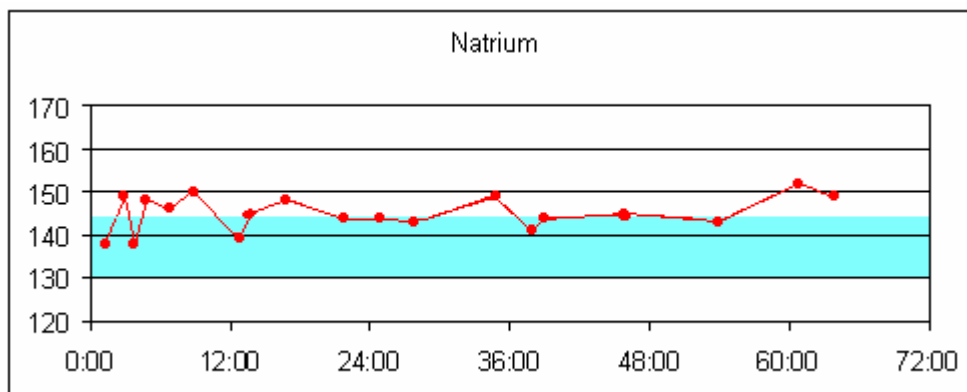


Abb. 33b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

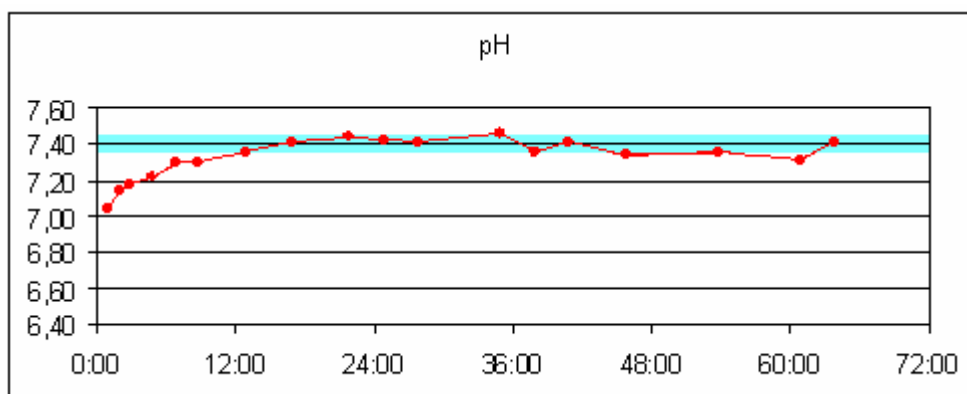


Abb. 33c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

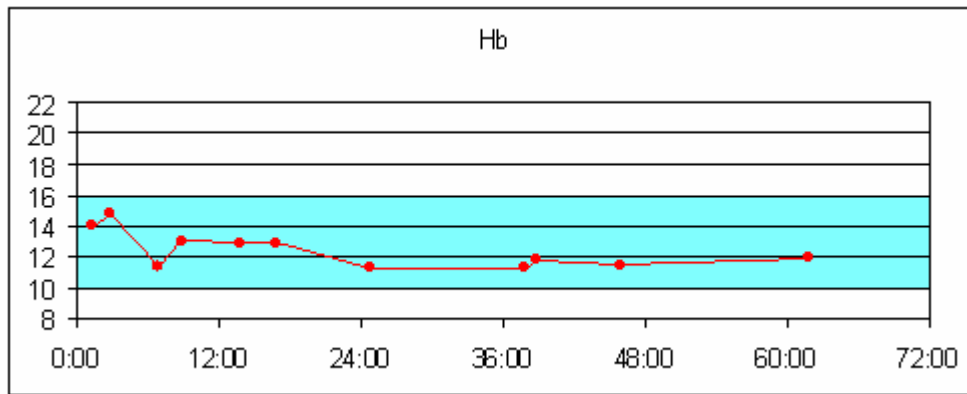


Abb. 33d : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

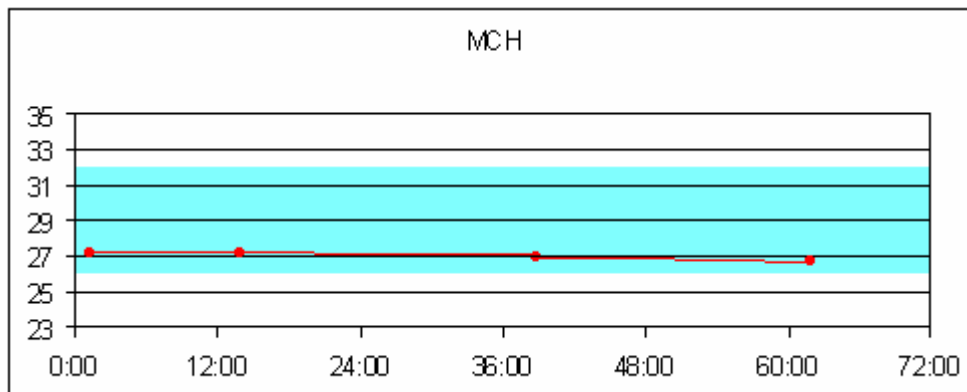


Abb. 33e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

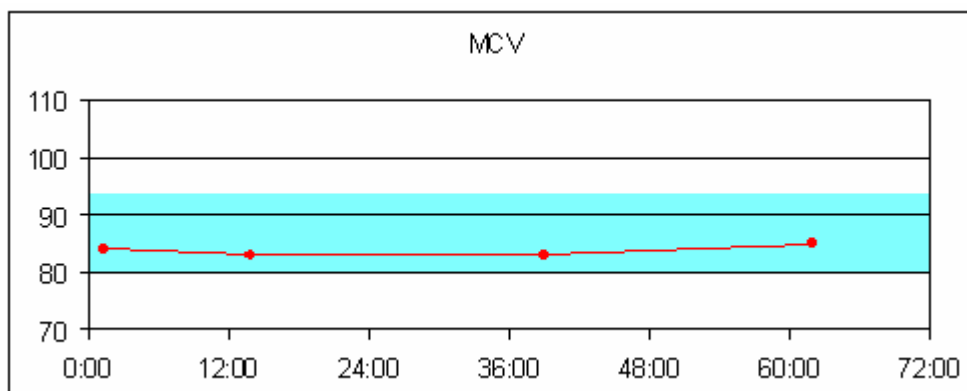


Abb. 33f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	33
Alter	7 Jahre, 9 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	10 -15 Minuten
Wassertemperatur	mittel
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	30 Minuten (10 min Arzt, 20 min NA)
Körpertemperatur	31,3°C (= Minimum nach 50 min)
Krankenhausaufenthalt	5 Tage Intensiv, 9 Tage Neuropädiatrie, Reha
Folgen	Dysdiadochokinese der rechten Hand
Ereignis	Badeunfall (Ostsee)

Tab. 65: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsverfahren sowie den Folgen zu Fall 33.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,2 – 5,4	4,3 - 4,9	3,5 - 4,1	3,7 - 4,7	4,2 - 4,4
Natrium mmol/l	130 - 145	138 - 149	139 - 150	141 - 149	143 - 152
pH	7,36 – 7,44	7,04 - 7,22	7,3 - 7,41	7,36 - 7,46	7,31 - 7,41
Hb g/dl	10 – 16	14 - 14,8	11,4 - 13	11,3 - 11,8	11,5 -11,9
MCH pg	26 - 32	27,2	27,2	27	26,7
MCV μm^3	80 - 94	84	83	83	85
Gesamtprotein g/dl	6,0 – 8,0	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 66: Minimaler/maximaler Messwert im Zeitintervallen nach Immersion (Fall 33)

Fall 34 (Lübeck – Q., B. 1955)

Ereignis:

In einer Juninacht wird der 40-jährige Mann von Tauchern aus dem Wasser eines Ostsee-Jachthafens geborgen, nachdem er circa eine halbe Stunde zuvor unter Alkoholeinfluss abgängig war. Die Blutalkoholkonzentration beträgt zum Unfallzeitpunkt 2,68 Promille. Es erfolgt die unverzügliche Reanimation durch den anwesenden Notarzt bei initialer Asystolie. Nach Überführung in ein Kammerflimmern wird rezidivierend defibrilliert, bis schließlich stabile Kreislaufverhältnisse vorliegen. Der Patient wird intubiert und beatmet und auf die Intensivstation der Universitätsklinik verbracht.

Stationäre Behandlung:

Fast drei Stunden nach dem Unfallereignis beträgt die Körpertemperatur 32,6°C. Sie kann in den folgenden Stunden langsam angehoben werden und beträgt nach neun Stunden 38,2°C. Der Kreislauf ist stabil mit einem Blutdruck von 140/70mmHg und einer Herzfrequenz von 90 pro Minute. Es besteht ein Vesikuläres Atmen ohne Rasselgeräusche über den Lungen. Eine ausgeprägte Azidose mit einem pH-Wert von 6,88 und einem Basenüberschuss von -25 mval/l zeigt sich in der Blutgasanalyse. Das Blutbild ist initial unauffällig bei Normalwerten für die Elektrolyte. Auffällig ist ein langsamer Anstieg der Laktatdehydrogenase auf ein Maximum von 678 U/l.

Verlauf:

Während des gesamten stationären Aufenthaltes kommt es zu keiner neurologischen Befundbesserung: Der Patient bleibt komatös und reagiert mit pathologischen Reflexen. Es wird klinisch von einem hypoxischen Hirnschaden ausgegangen bei im CCT nachgewiesener aufgehobener Rindenmarkgrenze. Unter wechselnder Antibiose bei Verdacht auf Pneumonie sind die Temperaturen und laborchemischen Entzündungsparameter schließlich rückläufig. Nach zwei Monaten wird der Mann - versorgt mit PEG-Sonde, Zystofix und Tracheostoma - im stabilen Allgemeinzustand zu weiteren Rehabilitationsmaßnahmen in ein Neurologisches Zentrum verlegt.

Folgen: Hypoxischer Hirnschaden, Pflegebedürftigkeit.

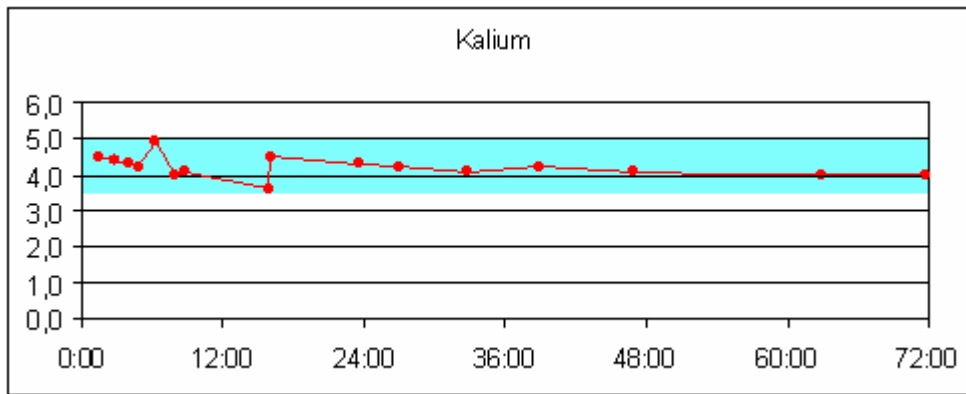


Abb. 34a: Der Kaliumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

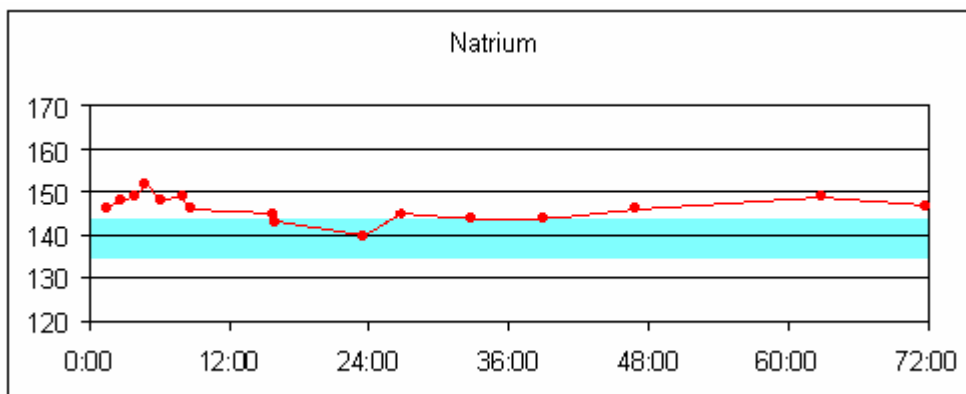


Abb. 34b: Der Natriumwert in mmol/l (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

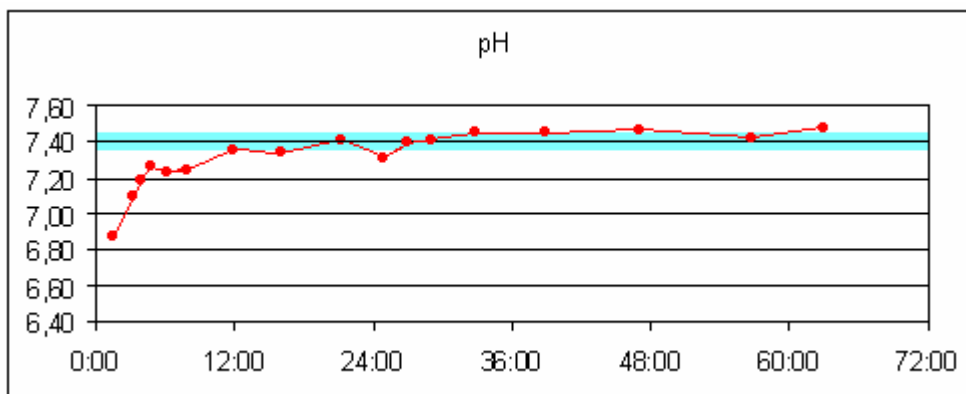


Abb. 34c: Der pH-Wert (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

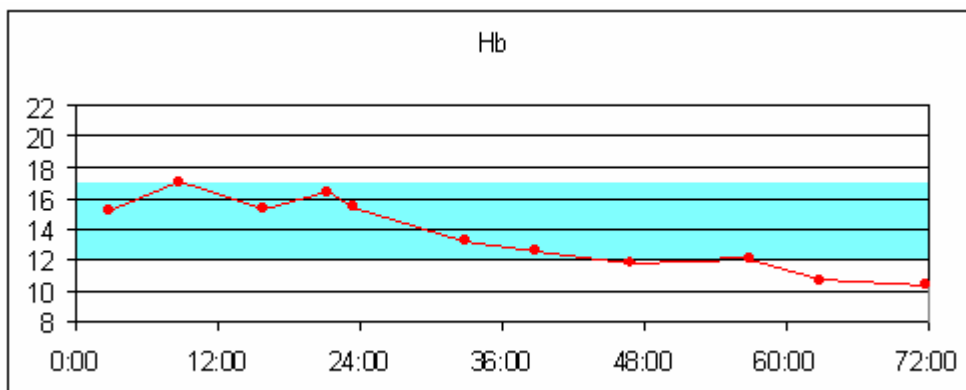


Abb. 34d. : Der Hämoglobinwert in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

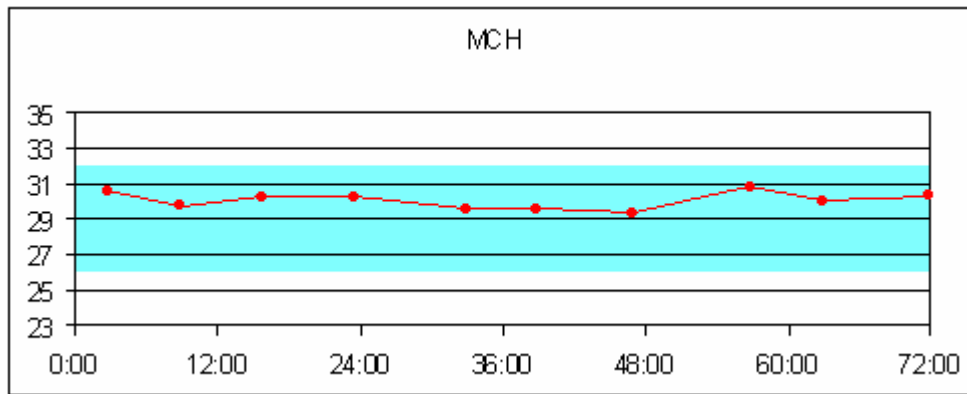


Abb. 33e: Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin in pg (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

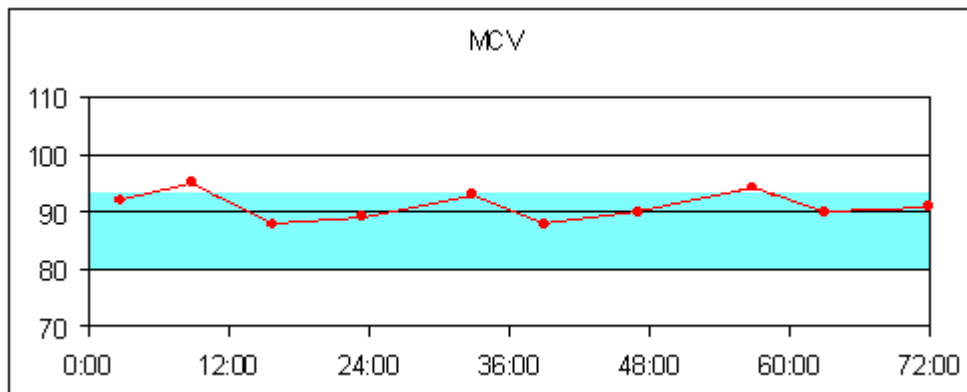


Abb. 33f: Das mittlere korpuskuläre Volumen in μm^3 (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

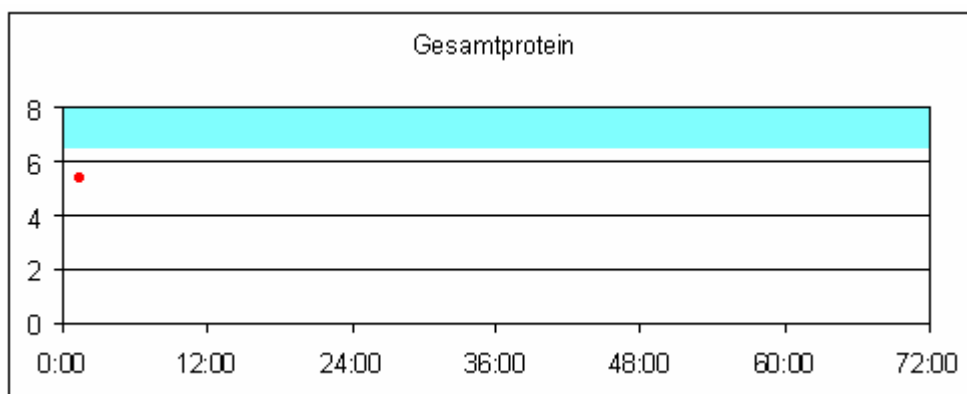


Abb. 34g: Das Gesamtprotein in g/dl (y-Achse) im zeitlichen Verlauf bis 72 Stunden nach Immersion (x-Achse)

Fall - Nr.	34
Alter	40 Jahre, 11 Monate
Geschlecht	männlich
Dauer der Immersion	25 Minuten
Wassertemperatur	mittel - kalt
Salzgehalt des Wassers	mittel
kardio-pulmonale Reanimation	ja
Dauer der Reanimation	30 - 45 Minuten (durch NA)
Körpertemperatur	32,6°C (Minimum = 32,3°C nach 4 Stunden)
Krankenhausaufenthalt	2 Monate stationär, Neurologisches Zentrum
Folgen	hypoxischer Hirnschaden
Ereignis	Unfall (Hafenbecken)

Tab. 67: Angaben zu Ertrinkungsopfer, dem Ertrinkungs- und Wiederbelebungsvorgang sowie den Folgen zu Fall 34.

Zeit nach der Immersion (Intervall)					
	Norm	I (0-6h)	II (6-18h)	III (18-42h)	IV (42-72h)
Kalium mmol/l	3,5 – 5,0	4,2 - 4,5	3,6 - 4,9	4,1 - 4,3	4 - 4,1
Natrium mmol/l	135 - 144	146 - 152	143 - 149	140 - 145	146 - 149
pH	7,36 – 7,44	6,88 - 7,26	7,23 - 7,36	7,31 -7,45	7,42 - 7,48
Hb g/dl	12 – 17,5	15,2	15,3 - 17,1	12,6 - 16,4	10,4 - 12,1
MCH pg	26 - 32	30,6	29,8 - 30,3	29,6 - 30,3	29,4 - 30,8
MCV μm^3	80 - 94	92	88 - 95	88 - 93	90 - 94
Gesamtprotein g/dl	6,6 – 8,7	5,4	Keine Werte	Keine Werte	Keine Werte

Tab. 68: Minimaler/maximaler Messwert in Zeitintervallen nach Immersion (Fall 34)

3.2 Synopse der Analyse des Fallmaterials

3.2.1 Allgemeine Daten

Es wurden 34 Ertrinkungstodfälle untersucht, davon ereigneten sich 26 Unfälle in Süßwasser, sieben in isotonem Wasser (Ostsee) und ein Unfall in Salzwasser. In zehn Fällen überlebt das Opfer, während 24mal nach unterschiedlich langer Überlebenszeit der irreversible Kreislaufstillstand eingetreten ist.

Das **Geschlechterverhältnis** zeigt mit 23:11 bzw. 2,1:1 ein Überwiegen des männlichen Geschlechts (Abb. 35). Bezogen auf Kinder bis einschließlich 16 Jahren besteht ein Verhältnis von 1,9:1.

Die **Überlebenszeit** ist die Zeit in Stunden, die das Opfer die Submersion überlebte, d.h. ein (relativ) stabiler Kreislauf aufrechterhalten werden konnte: Die minimale Überlebenszeit der Verstorbenen beträgt 1,66 Stunden und die maximale 4.320 Stunden, bei einer mittleren Überlebenszeit von 279,5 Stunden. Die 24 Patienten, die an den Folgen des Ertrinkungsunfalls verstorben sind, können bezüglich der Überlebenszeit folgendermassen klassifiziert werden: in 12 Fällen beträgt die Überlebenszeit weniger als 27 Stunden, in 10 Fällen zwischen 5 bis 10 Tage, in 2 Fällen > 10 Tage (19 bzw. 180 Tage).

Als **Todesursachen** (Tab. 69) wurden überwiegend hirn-bedingte (z.B. Hirntod, Hirnödem, Ischämie: n = 9) bzw. hämodynamische Komplikationen (z.B. Herzinsuffizienz, Schock: n = 8) festgestellt. Ein Multiorganversagen (n = 4) sowie pulmonologische Komplikationen wie Pneumonie, Lungenödem und ARDS standen im Zentrum der klinischen Diagnosen und symptomatischen Therapie.

Eine **Reanimation** (Tab. 69) war in drei Fällen nicht notwendig, im Übrigen fand sie in unterschiedlicher Intensität statt. Obgleich in einem Fall (Fall Nr. 6) keine kardiopulmonale Reanimation primär notwendig war, starb diese Person später an Lungenversagen.

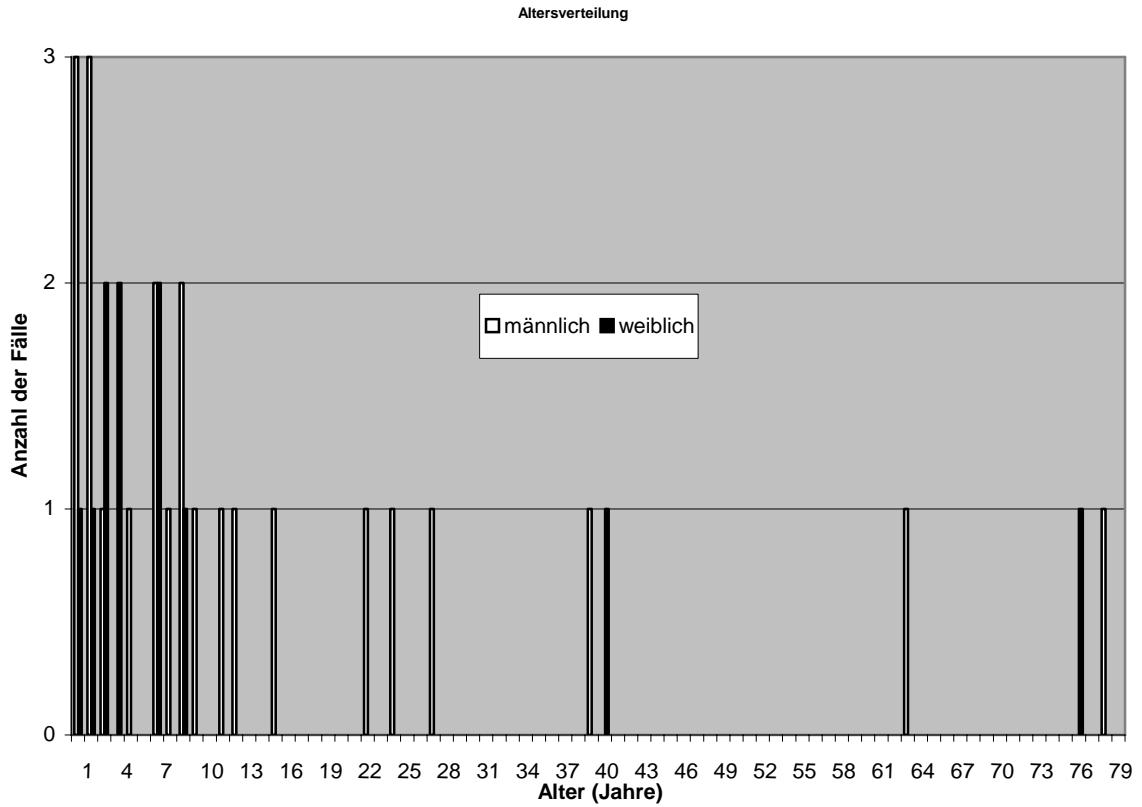


Abb. 35: Anzahl der Fälle (y-Achse) korreliert mit dem Lebensalter in Jahren (x-Achse).

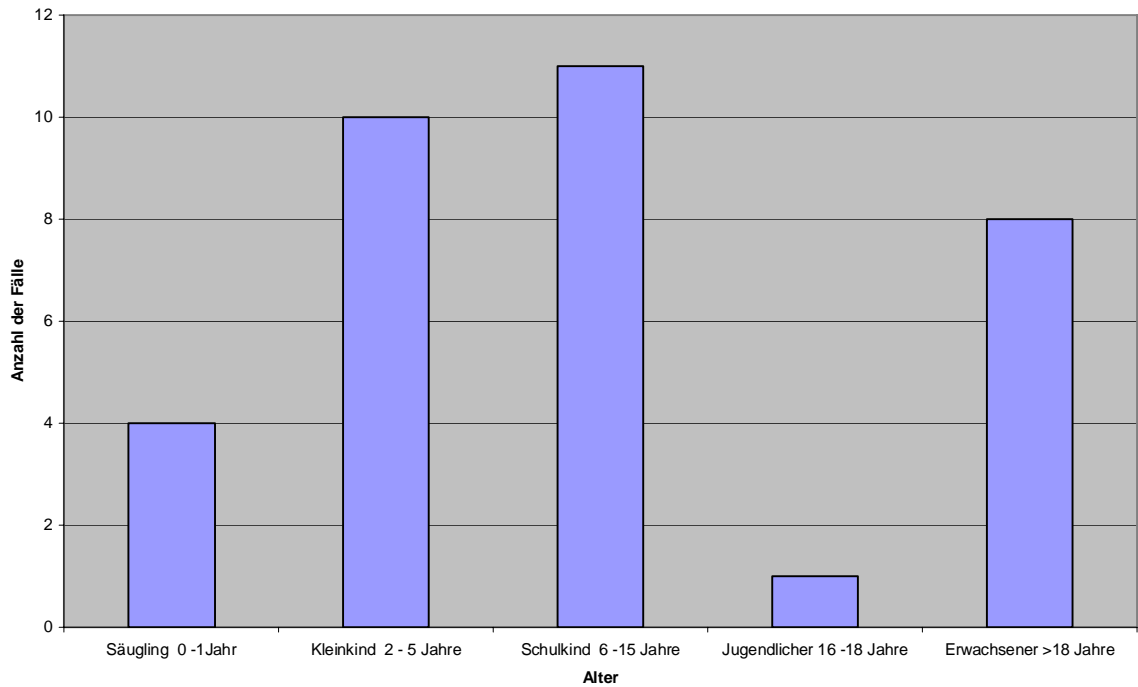


Abb. 36: Altersverteilung: Anzahl der Ertrinkungsfälle unterschiedlicher Lebensabschnitte: Säugling, Kleinkind, Schulkind, Jugendlicher und Erwachsener.

Eine Gesamtübersicht über das Fallmaterial der Tabellen 69 zu entnehmen:

Fall-Nr.	Alter (Jahre)	Temperatur (°C)	Rea	stationäre Behandlung	Salzwasser	Todesursache
1	3	28,9	+	9d	nein	Hirntod
2	7	30,8	+	8d	nein	Multiorganversagen
3	4	33	+	23 h	nein	Multiorganversagen
4	77	25	+	7 d	nein	Multiorganversagen
5	9	Ø	+	0,5 h	nein	Schock
6	23	36,8	-	2,5 h	nein	Lungenödem
7	4	33,1	+	8 d	nein	Hirntod
8	1	38,5	+	19 d	nein	Multiorganversagen
9	10	32,4	+	180 d	nein	Pneumonie
10	41	39	+	8 h	nein	Schock
11	2	30,5	+	11 h	nein	Schock
12	5	36,5	+	26,5 h	nein	Hirntod
13	25	34,4	+	8 d	nein	Schock
14	28	36,1	+	9 h	nein	Schock
15	3	31,7	+	6 d	nein	Hirntod
16	7	35,4	+	100 min	nein	Hirntod
17	13	33	+	2,5 h	nein	Schock
18	0,5	35,8	+	9 h	nein	Schock
19	79	33,1	+	5,5 h	nein	Hirntod
20	2	30,3	+	16 h	nein	Hirnödem
21	3	36,8	-	3 d	nein	Restitutio
22	1,5	36,8	-	3 d	nein	Restitutio
23	2	29,8	+	24 d	nein	Spastische Tetraparese
24	12	39	+	5 d	nein	Restitutio
25	2	31,3	+	10 d	nein	Restitutio
26	1,5	31	+	13 d	nein	Restitutio
27	9	28	+	8 d	ja	Schock
28	64	38,7	+	6 d	ja	Herzinfarkt, hypox. Enzephalopathie
29	9	35,1	+	5 d	ja	Hirntod
30	16	Ø	+	8 d	ja	Hirntod
31	7	34,5	+	9 d	ja	Durchgangssyndrom
32	7	33,2	+	33 d	ja	Appallisches Syndrom
33	7	31,3	+	14 d	ja	Motorische Störungen
34	40	32,6	+	60 d	ja	hypoxischer Hirnschaden

Tab. 69: Übersicht der Umstände und Befunde des Ertrinkungsfalles.

Zeichenerklärung:

kardio-pulmonale Reanimation hat stattgefunden (Rea)	+
kardio-pulmonale Reanimation hat nicht stattgefunden (Rea)	-
nicht untersucht	Ø
Tage	d
Stunden	h
Minuten	min
Fälle, die überlebt haben	

Eine Beatmung erfolgte in allen Fällen nach durchgeführter Reanimation. In zwei Fällen erwies sich eine Beatmung als nicht notwendig (Fall Nr. 21 und 22). Die **Beatmungszeit** (Tab. 69) betrug minimal 1,5 und maximal 1440 Stunden, im Mittel 182,4 Stunden. Acht Überlebende wurden zwischen 48 und 1440 Stunden beatmet. Die 24 verstorbenen Patienten sind im Mittel 147,4 Stunden beatmet worden.

Die geschätzte **Immersiondauer** betrug minimal 2 und maximal 36 Minuten, bei einem Mittelwert von 9 Minuten. In zehn Fällen lagen keine bzw. keine genauen Angaben vor.

Die **erste gemessene Körpertemperatur** (Tab. 69) war nahezu durchgehend hypotherm, minimal 25°C, und nur in zwei Fällen maximal 39°C (Fall Nr. 10 und 24). In zwei Fällen (Fall Nr. 5 und 30) gibt es zur Temperatur keine Angaben. Die durchschnittliche Anfangstemperatur betrug bei den Verstorbenen 33,7°C, bei den überlebenden Patienten im Mittel 33,3°C. Der **Zeitpunkt der Messung** war unterschiedlich lag im Mittel bei 121 Minuten nach der Submersion. In Fall Nr. 8 wird der erste Messwert allerdings erst 17 Stunden nach dem Unfall dokumentiert, im Gegensatz zu den übrigen Fällen, in denen innerhalb der ersten sechs Stunden ein erster Messwert dokumentiert wurde. Ohne Berücksichtigung des Falles Nr. 8 erfolgte die Messung im Mittel 92 Minuten nach dem Ereignis.

Die **Altersverteilung** (Tab. 69, Abb. 35, 36): Es sind vor allem Kinder bis 16 Jahre betroffen (n = 25). Die Kinder sind zwischen fünf Monaten und 16 Jahren und im Mittel 5,7 Jahre alt. Das jüngste Kind ist fünf Monate alt; und das höchste Alter liegt bei 79 Jahren, wobei der Altersdurchschnitt des gesamten Fallmaterials bei 15,4 Jahren liegt. Bei den Erwachsenen liegt die Altersspanne von 23 bis 79 Jahren mit einem Durchschnittswert bei 47,1 Jahren.

3.2.2 Laborbefunde

In der folgenden Übersicht sind die erfassten Laborparameter des gesamten Fallmaterials dargestellt:

Fall	K ⁺	Na ⁺	pH	Hb	MCH	MCV	Protein
1	n	↓	↓	∅	∅	∅	∅
2	↓	n	↓	n	n	n	n
3	↓	↑	↓	n	n	n	∅
4	↓	n	↓	n	n	n	↓
5	↑	n	↓	n	↓	n	∅
6	∅	∅	n	n	n	n	∅
7	n	n	↓	n	∅	∅	n
8	n	↓	↓	n	∅	∅	↓
9	↓	n	↓	n	n	∅	↓
10	↓	n	↓	n	n	∅	∅
11	↓	n	↓	n	n	∅	∅
12	n	n	↓	n	↓	∅	↓
13	↓	n	↓	n	n	n	∅
14	n	n	↓	n	↑	↑	↓
15	n	↓	↓	n	↓	↓	↓
16	↓	∅	↓	n	n	∅	∅
17	n	↑	↓	↓	n	n	∅
18	↓	n	↓	n	n	n	∅
19	↓	↓	↓	↓	n	n	∅
20	↑	n	↓	n	n	n	↓
21	↓	↓	∅	n	n	n	∅
22	n	n	↓	n	↓	∅	∅
23	n	n	↓	n	↓	↓	n
24	n	∅	↓	n	n	∅	∅
25	n	∅	n	↓	n	n	∅
26	↓	n	↓	n	n	↓	n
27	↓	↑	↓	↓	n	n	↓
28	↓	n	↓	↓	↑	↑	∅
29	n	n	↓	n	n	↓	↓
30	n	n	↓	n	n	n	↓
31	n	n	↓	n	n	n	∅
32	↓	n	↓	n	n	n	∅
33	n	n	↓	n	n	n	∅
34	n	↑	↓	n	n	n	↓

Tab. 70: Übersicht der erfassten Laborparameter. (1. Messwert)

Zeichenerklärung:

Normwert	n
Erhöht	↑
Erniedrigt	↓
Nicht untersucht	∅
Fälle, die überlebt haben	

Kalium-Konzentration im Serum (< 200 min Überlebenszeit)

In 33 der Fälle liegen K^+ -Spiegelbestimmungen vor. Die K^+ -Konzentration im Serum, die innerhalb von 200 min nach Bergung gemessen wurde, ist nur zweimal deutlich erhöht (Fall Nr. 5: Kammerflimmern; Fall Nr. 20: primäre Asystolie). 16mal liegt der Wert im Normbereich; 15mal ist er erniedrigt. Im Verlauf der stationären Behandlung fällt der Kaliumspiegel jedoch bei einer Zweitbestimmung in den meisten Fällen trotz Substitution noch zusätzlich ab. Kein Unterschied ergibt sich bei Vergleich von Fällen bezüglich Süß- oder Salzwasser-Immersion. Bei den überlebten 10 Fällen liegt der Kaliumspiegel in sieben Fällen im Normbereich und in drei Fällen unterhalb der Norm.

In Tabelle 71 ist die Kaliumkonzentration von Opfern mit dauerhaftem Überleben der von Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind gegenübergestellt: Erhöhte Kaliumwerte sind nur bei den nach einem Intervall verstorbenen zwei Opfern zu verzeichnen (Fall Nr. 5 und Fall Nr. 20).

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	23	100	10	100
Kalium im Normbereich	9	39	7	70
Kalium erhöht	2	9	0	0
Kalium erniedrigt	12	52	3	30

Tab. 71: Vergleich der Kaliumkonzentrationen (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

Natrium

Die Natriumkonzentration liegt in den Süßwasserfällen überwiegend im Normbereich bzw. darunter (Hyponatriämie). In zwei Süßwasserfällen liegen nur grenzwertig erhöhte Werte vor (Fall 3 und 17 mit je 146 mmol/l bei einem Normwert von bis zu 145 mmol/l). Alle Salzwasserfälle zeigen normale ($n = 6$) oder leicht erhöhte Natriumkonzentrationen ($n = 2$; Fall 27 und Fall 34).

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	22	100	8	100
Natrium im Normbereich	15	68	6	75
Natrium erhöht	3	14	1	12,5
Natrium erniedrigt	4	18	1	12,5

Tab. 72: Vergleich der Natriumkonzentration (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

pH im Serum (< 100 min Überlebenszeit)

Eine Überprüfung des pH erfolgte in 33 Fällen. Der pH-Wert liegt innerhalb von 100 min nach Bergung in nahezu allen Fällen im azidotischen Bereich (<7,36); nur in zwei Fällen liegt der Wert innerhalb von 100 min nach der Bergung im Normbereich (Fall 25, überlebt; Fall 6, verstorben), jedoch kein mal im alkalischen Bereich. Dies ist offenbar unabhängig vom Salzgehalt des Wassers.

Bei allen überlebten Fällen steigt der pH-Wert bei der Zweitbestimmung infolge therapeutischer Maßnahmen im weiteren Verlauf an. Ein niedriger pH-Wert ist allerdings prognostisch nicht ungünstig: drei Fälle (Fall Nr. 23, 26 und 34) überlebten trotz deutlich erniedrigtem pH <7.

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	24	100	9	100
pH im Normbereich (7,36-7,44)	1	4	1	11
pH = Alkalose (> 7,44)	0	0	0	0
pH = Azidose (< 7,36)	23	96	8	89

Tab. 73: Vergleich des pH-Wertes (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

Hämoglobin (< 240 min Überlebenszeit)

Bestimmungen des Hämoglobins liegen in 33 Fällen vor. Auffällig ist, dass das Hämoglobin, das innerhalb von 240 min nach Bergung gemessen wurde, in keinem Fall erhöht ist. Die Werte liegen überwiegend im Normbereich (n = 28) bzw. unterhalb der Norm (n = 5). Erniedrigte Initialwerte kommen sowohl bei den überlebten wie auch bei

den verstorbenen Fällen vor, ohne dass sich hier bestimmte Häufungen ergeben. Ein Unterschied zwischen Süß- und Salzwasser lässt sich nicht darstellen.

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	23	100	10	100
Hb im Normbereich	19	83	9	90
Hb erhöht	0	0	0	0
Hb erniedrigt	4	17	1	10

Tab. 74: Vergleich der Hämoglobinkonzentrationen (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

Mittleres Korpuskuläres Hämoglobin (< 180 min Überlebenszeit)

Das mittlere korpuskuläre Hämoglobin wurde in 31 Fällen (21 Verstorbenen, 10 Überlebende) dokumentiert. In mehr als 3/4 der Fälle - sowohl der Verstorbenen als auch der Überlebten - liegt der Wert für das MCH innerhalb von 180 min nach Bergung im Normbereich. Abweichungen von der Norm gibt es nur in Einzelfällen: In Fall Nr. 14 (MCH = 35 pg, Süßwasser, verstorben) und in Fall Nr. 28 (MCH = 35,4 pg, Salzwasser, verstorben) liegen die Werte deutlich über der Norm. Fünf Fälle sind mit Werten zwischen 23,7 und 25,9 pg initial erniedrigt (Fall Nr. 5, Nr.12, Nr. 15, Nr. 22 und Nr. 23).

Die Initialwerte der übrigen Fälle verteilen sich um den Normbereich (26-32 pg) und zeigen keine spezifischen Tendenzen in Bezug auf Verlauf (überlebt vs. letal) bzw. Wasserart (Süßwasser vs. Salzwasser).

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	21	100	10	100
MCH im Normbereich	16	76	8	80
MCH erhöht	2	10	0	0
MCH erniedrigt	3	14	2	20

Tab. 75: Vergleich mittleres korpuskuläres Hämoglobin (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

Mittleres korpuskuläres Volumen (MCV)

Das mittlere korpuskuläres Volumen (MCV) wurde in 24 Fällen bestimmt. Beim überlebten Süßwasserertrinken liegt in zwei Fällen (Fall Nr. 23 und Nr. 26) initial ein erniedrigter MCV-Wert vor, der im Verlauf konstant erniedrigt bleibt. Bezüglich der Wasserart zeigen sich keine richtungsweisenden Unterschiede: Süßwasser 12x Normbereich, 3x erniedrigt und 1x erhöht und Salzwasser 6x Normbereich, 1x erniedrigt und 1x erhöht. Die MCV-Werte der dauerhaft überlebten Fälle werden niedriger bestimmt im Vergleich zu den Daten der Fälle mit sekundär letalem Ausgang.

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	16	100	8	100
MCV im Normbereich	12	75	6	75
MCV erhöht	2	12,5	0	0
MCV erniedrigt	2	12,5	2	25

Tab. 76: Vergleich des mittleren korpuskulären Volumens (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

Gesamteiweiß

Das Gesamteiweiß wurde 15mal bestimmt. In allen überlebten Süßwasserertrinkungsunfällen liegt der Gesamteiweißwert im Normbereich. Bei den letalen Süßwasserertrinkungsfällen liegen 7mal eine relative Hypoproteinämie und zweimal ein Normwert für das Gesamteiweiß vor. Alle Salzwasserfälle zeigen erniedrigte Gesamteiweißwerte.

	nach Intervall verstorben		dauerhaft überlebte Fälle	
	N1	%	N2	%
Gesamtzahl der untersuchten Fälle	12	100	3	100
Gesamtprotein im Normbereich	2	17	2	67
Gesamtprotein erhöht	0	0	0	0
Gesamtprotein erniedrigt	10	83	1	33

Tab. 77: Vergleich des Gesamteiweiß (Normwert, erhöhter und erniedrigter Wert) zwischen Opfern mit dauerhaftem Überleben und Opfern, die nach einem Intervall verstorben sind.

4 Diskussion

4.1 Literaturübersicht

Zur Pathophysiologie des Ertrinkens sind zahlreiche Untersuchungen veröffentlicht. Zu unterscheiden sind hier Arbeiten, die sich auf Tierversuche beziehen, von denjenigen, die retrospektiv Ertrinkungsunfälle von Menschen untersuchen. Zu berücksichtigen sind einerseits hämodynamische Faktoren, andererseits Elektrolytveränderungen.

4.1.1 Hämodynamische Veränderungen

In der Arbeit von Madert et al. (1982) aspirieren Hunde Flüssigkeiten unterschiedlicher Osmolarität über einen Tubus. Hierbei werden Aspirationsmengen von bis zu 80 ml/kg Körpergewicht appliziert, die zu folgenden *Veränderungen der hämodynamischen Parameter* führten:

Es entwickelte sich ein Anstieg des Pulmonalarteriendruckes (in der Süßwassergruppe: Zunahme auf 220% des Ausgangsniveaus) und des pulmonalen Kapillardruckes, der bei Süßwasser deutlich steiler und höher als bei Salzwasser war. Im großen Kreislauf kommt es unter Salzwasser zu einem besonders ausgeprägten initialen, systemarteriellen Druckabfall bei Ausgangswerten zwischen 116 und 136 mmHg mit einem Abfall auf bis zu 16 mmHg. Zusammengefasst werden folgende Feststellungen gemacht: Bei Salzwasserertrinken kommt es im Körperkreislauf zu besonders ausgeprägten phasenhaften Veränderungen, während bei Süßwasserertrinken im Lungenkreislauf geradezu exzessive Blutdruckanstiege resultieren. Diese Ergebnisse lassen sich theoretisch insofern mit den physiopathologischen Abläufen nach Ertrinken in Einklang bringen: Nach Süßwasseraspiration resultiert eine relative Hypervolämie durch Diffusion von aspirierter Flüssigkeit.

Gbaanador et al. führten 1992 ähnliche Versuche an Schafen durch, wobei nach transtrachealer Aspiration von 10 ml/kg KG Salz- bzw. Süßwasser unterschiedliche Veränderungen der Hämodynamik resultieren: Der systemische und pulmonale Gefäßwiderstand ist nach Süßwasseraspiration deutlich erhöht im Vergleich zum nur

leichten Anstieg beim Salzwasserertrinken. Die Autoren beschreiben wie Madert et al. (1982) die Veränderungen im Salzwasser als unmittelbar eintretend und besonders ausgeprägt, während beim Süßwasserertrinken die hämodynamischen Veränderungen mit Verzögerung nachweisbar werden und nicht so schwerwiegend sind. Als Hinweis auf die Hämodilution bei Süßwasserertrinken wird der Abfall des Hämatokrit von 28 auf 24% gewertet. Bei Salzwasser-Aspiration steigt der Hämatokrit hingegen von 24 auf 30% innerhalb von zwei Stunden an, im Sinne einer Hämokonzentration.

Auch Lindner et al. (1983) führen den Anstieg des mittleren pulmonalarteriellen Drucks und des pulmonalvaskulären Widerstandes in der Süßwassergruppe nicht nur auf Hypoxie sowie Hyperkapnie, sondern auch auf eine passagere Hypervolämie durch die Flüssigkeitsresorption zurück. Der mittlere Pulmonalarteriendruck nach Süßwasserertrinken stieg nach der Apnoephase signifikant auf das Doppelte an (von 21 auf 43 mmHg 5 min nach Ertrinken) und lag bei Versuchsende 28% über dem initialen Wert. Keine signifikante Änderung ergibt sich in der Salzwassergruppe (Anstieg von 21 auf 26 mmHg 5 min nach Ertrinken). Die Untersuchungen erfolgen nach standardisiertem Beinahe-Ertrinken mit 12,5 ml/kg KG Süß- bzw. Salzwasser an 14 narkotisierten und beatmeten Jungschweinen. Nach einer Apnoezeit von 3 min wird sofort mit 100% Sauerstoff beatmet.

Zusammengefasst zeigt die Hämodynamik folgende Veränderungen: Nach Süßwasser-Aspiration kommt es initial zu einer vagalen Sofortreaktion mit Bradykardie und Blutdruckabfall im systemischen Kreislauf. Im Salzwasser ist dieser Blutdruckabfall wegen des Volumenverlustes ausgeprägt, während im Süßwasser der Druckabfall bedingt durch die Wasseraufnahme milder verläuft.

4.1.2 Elektrolytveränderungen

Ende der 40er Jahre führen Henry Swann und seine Mitarbeiter (1947, 1949, 1991) eine Reihe von Ertrinkungsversuchen an Tieren durch, mit Abwandlungen im Versuchsaufbau, der Fragestellung und unter Verwendung unterschiedlicher Versuchstiere. Die Autoren stellen fest, dass sich unter der Bedingung des totalen Untertauchens die Serumelektrolyte

und das Blutvolumen bei den Tieren so verändern können, dass sich der Tod des Versuchstieres allein aufgrund dieser Veränderungen erklärt.

Auch Aepli beschreibt 1975 Wasser- und Elektrolytverschiebungen im Blut von ertrunkenen Tieren, die infolge der Aspiration von Wasser hervorgerufen werden und die als Todesursache eines Ertrinkungsunfalls neben der Asphyxie beschrieben werden. Er unterteilt den Ertrinkungsunfall in zwei Phasen, wobei die erste Phase durch Asphyxie, Laryngospasmus (15% der Fälle) oder Wasseraspiration (85% der Fälle) erklärt wird, während in der zweiten Phase Wasser- und Elektrolytveränderungen im Blut dominieren. Die biochemischen Veränderungen sind von der Menge und von der Zusammensetzung der aspirierten Flüssigkeit abhängig. Aepli beruft sich u.a. auf die Versuche von Modell und Mitarbeiter (1966b und 1969a): Es wird festgestellt, dass die Wasser- und Elektrolytveränderungen im venösen Blut erst ab einem Aspirationsvolumen von mehr als 22 ml pro kg Körpergewicht messbar sind.

Trotz der zusätzlichen zahlreichen Veröffentlichungen von Modell und Mitarbeitern in den 60er und 70er Jahren (s.o.) werden von Brinkmann und Mitarbeitern in den 80er und 90er Jahren weitere Untersuchungen durchgeführt, die zusammenfassend von Brinkmann in einem rechtsmedizinischen Handbuch (2004) veröffentlicht wurden. Die Tierversuche werden so geschildert, dass die Ergebnisse unvermittelt auf den Menschen übertragen werden.

Der Autor bezieht sich im Rahmen der pathophysiologischen Erklärung der Wirkung von Ertrinkungsflüssigkeiten unterschiedlicher Osmolaritäten vor allem auf eigene tierexperimentelle Untersuchungen der 80er Jahre mit Hunden (s.a. Püschel et al. 1982, Madert et al. 1982): „Süß- und Salzwasser wirken extrem unterschiedlich: im Süßwasser kommt es zu einer raschen Hämolyse und ferner zu einer massiven *hypotonen Hyperhydratation* (79ml/kgKG); im Salzwasser hingegen kommt es zu massivem Einstrom von NaCl in das Blut (Serum-Natriumkonzentration 155mmol/l nach 7,5min) und zum Ausstrom von Proteinen sowie von Flüssigkeit in die Alveolen. Es kommt zum Bild der *hypertonen Hypohydratation*. Das Serumkalium steigt in beiden Milieus erheblich an, im Süßwasser 4,8mmol/l und im Salzwasser 5mmol/l nach jeweils 4 Minuten“. Grundlage dieser Untersuchungen sind Aspirationsvolumina von nahezu 80ml/kgKG.

Orlowski beschreibt 1988, dass die bei den Tierversuchen erzielten Ergebnisse in Bezug auf Elektrolytverschiebungen und Änderungen des Hämoglobinwertes in dieser Deutlichkeit so nicht bei den Fallstudien ertrunkener Menschen nachvollzogen werden können. Diese im Tierversuch nachgewiesenen Veränderungen der Laborwerte seien beim Menschen minimal und nicht von klinischer Bedeutung. In 10 bis 15 % der Ertrinkungsfälle werde beim trockenen Ertrinken wenig oder kein Wasser aspiriert. Es tritt entweder kein Lungenschaden aufgrund der Aspiration auf oder aber - wenn sich ein Lungenödem entwickelt - so entsteht dies nicht sekundär auf dem Boden des aspirierten Wassers, sondern aufgrund der Hypoxie.

In einer jordanischen Arbeit (Al-Talafieh et al. 1999) werden 34 Beinahe-Ertrinkungsunfälle (Salzwasser) von Patienten zwischen 12 und 60 Jahren untersucht, von denen fünf verstorben sind. Eine maschinelle Beatmung ist in 14 Fällen erforderlich. Es werden insgesamt ähnliche Daten wie in anderen internationalen Studien bezüglich der Klinik, des Labors und der Röntgenergebnisse erhoben: Das Lungenödem ist die häufigste radiologische Diagnose. In allen Fällen besteht jedoch zunächst eine Hypoxie. Eine signifikante metabolische Azidose tritt 19mal auf und eine signifikante respiratorische Azidose 15mal. Eine wesentliche Elektrolytverschiebung wird jedoch nicht geschildert.

Im Gegensatz zu Brinkmann (2004) wird im aktuellen Lehrbuch „Praxis der Rechtsmedizin“ (Madea 2003) durch den Rechtsmediziner Keil (2003) darauf hingewiesen, dass die aspirierte Flüssigkeitsmenge relativ gering ist, und dass daher die Osmolarität des Wassers allenfalls einen geringen Einfluss auf den Pathomechanismus des Ertrinkens nehmen dürfte. Der gleiche Autor weist bereits auf die klinische Beobachtung in Fällen eines Beinahe-Ertrinkens hin, in denen keine Zunahme des Wasseranteils im Blut (Hydrämie) und keine Elektrolytverschiebung zu beobachten sei.

Weitere biochemische Untersuchungen an Menschen nach Beinahe-Ertrinken liegen nur vereinzelt vor. In der Studie von Byard et al. (2006), konnten bei menschlichen Ertrinkungsopfern signifikant erniedrigte Natriumspiegel (117 mmol/l) nach Süßwasserertrinken festgestellt werden, gegenüber einer Konzentration von 153 mmol/l nach Salzwasserertrinken. Die Messung des Natriumspiegels erfolgte aus dem peripheren Venenblut. Auch diese Autoren gehen davon aus, dass das Volumen der aspirierten Flüssigkeit beim humanen Ertrinken eher klein ist und die Osmolarität des Wassers nur

einen geringen Einfluss auf den Pathomechanismus des Ertrinkungstodes hat. Zwar diffundiert das hypotone Süßwasser schnell aus den Alveolen in den Kreislauf und wird im Körper verteilt, jedoch führt dies weder zu einer signifikanten Zunahme des Wasseranteils im Blut, noch zu relevanten Verschiebungen der Serumelektrolytkonzentrationen. Auch Lee (1998) bestätigt in seiner retrospektiven Studie, dass weder Serumelektrolyte noch die Hämoglobinkonzentration deutlich vom Normwert abweichen, wobei auch bei ihm die im Salzwasser Ertrunkenen im Vergleich zu im Süßwasser Ertrunkenen einen signifikant höheren Natriumspiegel (138 mmol/l bei Süßwasser- vs. 144 mmol/l bei Salzwasserertrinken) und Hämoglobinspiegel aufweisen.

Rumbak (1996) untersucht in seiner Arbeit 10 menschliche Fälle von Beinahe-Ertrinken im Süßwasser in Bezug auf die Klinik, die Röntgenthoraxaufnahmen, die Serumelektrolyte, das Blutbild und den alveolar-arteriellen Sauerstoffgradienten. In sechs Fällen entwickeln sich innerhalb von 24 Stunden dramatische klinische und radiologische Zeichen des Lungenödems. Bei der überwiegenden Zahl der Fälle fehlen jedoch signifikante Änderungen der Serumelektrolyte – insbesondere auch des Serumchlorids. Auf Grund des schnellen Rückgangs des Lungenödems und bei Fehlen einer signifikanten Flüssigkeitsaspiration wird bei diesen Patienten eine neurogene Ursache des Lungenödems postuliert. Auch in der Arbeit von Weinstein (1996) wird das Lungenödem als „nicht-kardiogen“ beschrieben. Als Ursache wird die zentrale Hypoxie als schwerste pathophysiologische Konsequenz des Ertrinkens mit der häufig begleitenden Aspiration benannt.

4.2 Vergleich der eigenen mit früheren Untersuchungen

Im Schrifttum werden experimentelle Befunde nach Insufflation von Flüssigkeit über einen Trachealtubus am narkotisierten Tier als physiologisches Modell des Ertrinkungsvorganges wiedergegeben, letztmals im zweibändigen Handbuch für Rechtsmedizin (Brinkmann und Madea 2004), wobei u.a. ein Herzstillstand nach intravasaler Kaliumfreisetzung (Hyperkaliämie) als Folge einer Erythrozyten-Lyse bei Diffusion von hypotoner Aspirationslösung (Süßwasser) aus dem Bronchialsystem in das Blutwegssystem diskutiert wird. Diese Schlussfolgerung widerspricht der Hypothese, wonach beim organären menschlichen Ertrinken primär ein Sauerstoffmangel von Bedeutung ist, mit der Folge einer ischämischen/hypoxischen Schädigung, v.a. des Gehirns.

Es stellt sich die Frage, ob bei humanen Beinahe-Ertrinkungsfällen infolge einer Wasser aspiration Elektrolytveränderungen (Kalium, pH) oder Veränderungen des Hämoglobins (Hämoglobinfreisetzung, mittleres korpuskuläres Hämoglobin, mittleres korpuskuläres Erythrozytenvolumen) auftreten und ob diese Einfluss auf das tödliche Geschehen nehmen.

Der klinische Verlauf - sowie insbesondere der Verlauf von Laborbefunden - wird in 34 Fällen eines Beinahe-Ertrinkens, überwiegend nach Herzstillstand und kardio-pulmonaler Reanimation, erfasst, wobei eine Differenzierung von Ertrinken in Salzwasser und isotonem Wasser gegenüber Süßwasser ebenso vorgenommen wird wie eine Differenzierung von Fällen, die den Ertrinkungsvorgang auf Dauer überlebt haben, und Fällen, die nach einem kurzen zeitlichen Intervall verstorben sind.

In der eigenen Untersuchung konnten die *Kaliumkonzentrationen* nur in zwei Fällen innerhalb der ersten 200 min als pathologisch im Sinne einer Hyperkaliämie angetroffen werden. Der Wert lag in nahezu 50% der Fälle im Normbereich und war in 45% der Fälle als zu niedrig im Sinne einer Hypokaliämie zu interpretieren.

Die *Natriumkonzentration* liegt in fast allen Süßwasserfällen im Normbereich bzw. leicht darunter (Ausnahmen Fall Nr. 3 und Nr. 17: 146 mmol/l = diskrete Erhöhung). In den „Salzwasserfällen“ dagegen sind die Konzentrationen normal bzw. leicht erhöht.

Der *pH* lag nur in zwei Fällen innerhalb der ersten 100 min innerhalb der Norm, aber in 94% der Fälle im azidotischen Bereich. Alle überlebten Fälle verzeichnen einen Anstieg des überwiegend azidotischen pH-Wertes von der Erst- zur Zweitmessung, so dass von einer suffizienten Behandlung ausgegangen werden kann. Werte im alkalischen Bereich werden in der zweiten Bestimmung nur dreimal gemessen.

Das *Hämoglobin* lag in 85% der Fälle innerhalb der ersten 240 min nach Bergung im Normbereich und war nur in 15% der Fälle erniedrigt. Der Hämoglobinwert steigt von der ersten zur zweiten Messung überwiegend an. Ein Unterschied zwischen Süß- und Salzwasser lässt sich nicht darstellen. Es bleibt jedoch zu diskutieren, inwiefern der Hämoglobinwert schon vor dem Ertrinken von der Norm abgewichen war (Stichwort: Polyglobulie oder Anämie als Vorbefund oder Vorerkrankungen) und in welchem

Ausmaß Behandlungsmaßnahmen wie die Gabe von Diuretika und/oder Infusionen den Hämoglobinwert verfälschen. Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, fehlt die Erfassung des „freien Hämoglobins“.

Das *mittlere korpuskuläre Hämoglobin (MCH)* lag in ca. 80% der Fälle innerhalb von 180 min nach Bergung im Normbereich, wobei sich der Rest der Fälle verteilte auf 6% erhöhte und 16% erniedrigte Werte. Extreme Schwankungen vom ersten zum zweiten Messwert sind nicht zu verzeichnen und es lassen sich keine Trends bezüglich Überleben und Wasserart beschreiben.

Ähnlich verhält es sich auch mit dem *mittleren korpuskulären Erythrozytenvolumen (MCV)*, welches nach dem Ertrinken in 75% aller Fälle im Normbereich liegt. Die Fälle außerhalb der Norm korrelieren weder zur Wasserart noch zur Überlebenszeit.

Das Gesamtprotein wird viermalig im Normbereich bestimmt (jeweils Süßwasserfälle) bei ansonsten durchgehend erniedrigten Messwerten. Bei im Salzwasser Ertrunkenen liegen ausschließlich erniedrigte Gesamtproteinwerte vor.

Wesentliche Unterschiede der einzelnen erfassten Parameter zwischen später verstorbenen und überlebten Fällen konnten nicht festgestellt werden. Keine eindeutigen Differenzen bestanden ferner zwischen den Fällen, die im Süßwasser – und denen, die im isotonen bzw. Salzwasser – ertrunken waren.

Hofbauer (2004) stellt in ihrer Studie unter Zuhilfenahme von histomorphometrischen Techniken an der Lunge sowie durch Vergleich von Lungengewichten fest, dass die typischen Befunde, die bei standardisierten Tierversuchen erhalten werden, nicht auf den Menschen übertragen werden können. Es kommt offenbar zu osmotischen Vorgängen beim Ertrinken in verschiedenen osmolaren Flüssigkeiten. Durch große interindividuelle Unterschiede bezüglich dem körperlichen Zustand und den Ertrinkungs-Umständen sei jedoch von einer erheblichen Variation der diagnostizierten organischen und biochemischen Befunde auszugehen.

Bei Vergleich der Lungengewichte und der histomorphometrisch ermittelten Werte des Gewebeanteils und des Anteils der freien Alveolen ergibt sich kein statistisch signifikanter

Unterschied zwischen den Gruppen Süßwasser- und Salzwasser-Ertrinken. Der intraalveoläre Flüssigkeitsgehalt erwies sich in der Süßwassergruppe jedoch – anders als erwartet - deutlich höher als in der Salzwassergruppe. Verschiedene vom Salzgehalt unabhängige Mechanismen werden in der Arbeit für die Ausbildung des pulmonalen Ödems verantwortlich gemacht.

Die Schlussfolgerung ist, dass aus den unterschiedlichen tierexperimentellen Studien nur eingeschränkte Informationen zum pathophysiologischen Ablauf des Ertrinkungsvorgangs beim Menschen zu erhalten sind, da den Tieren im narkotisierten Zustand Wasser über einen Beatmungsschlauch insuffliert wird. Durch diesen Versuchsaufbau kommt es automatisch zu einem vergleichsweise großen Aspirationsvolumen, das beim Menschen mit 2-3ml/kgKG geschätzt wird, d.h. ca. 200 bis 300 ml insgesamt beträgt (Modell 1971, van Laak 1999). Die Ergebnisse bezüglich etwaiger Elektrolytveränderungen können daher nicht auf den menschlichen Ertrinkungsfall übertragen werden.

Damit aber konnten Ergebnisse bestätigt werden, die u.a. auch mit anderen Methoden gewonnen wurden. Durch 1H-Magnet-Resonanz-Spektroskopie bei 16 Kindern eines Beinahe-Ertrinkens konnten die Autoren Kreis und Mitarbeiter (1996) signifikante Stoffwechseleränderungen nachweisen, die einer hypoxischen Enzephalopathie entsprachen: Am Gehirn fanden sie einen Verlust des N-Azetylaspartats und des Kreatinins, während gleichzeitig ein Anstieg der Laktat- und Glutamin/Glutamat-Konzentration bestand. Eine andere Untersuchungsgruppe (Connors et al. 1992) konnte bei 12 Kindern nach Beinahe-Ertrinken feststellen, dass kein signifikanter Unterschied des cerebralen Blutflusses stattfand, dass kein erhöhter intracranieller Druck bestand und dass der cerebrale Perfusionsdruck identisch war, wenn er 24 oder 48 Stunden nach dem Unfallereignis erfasst wurde. Ausschließlich die Sauerstoffdiffusion erwies sich als reduziert und damit relevant für die Prognose. Der neuropathologische Befund bei kurzfristig überlebten Ertrinkungsfällen ist jeweils durch ischämische Veränderungen des Gehirns gekennzeichnet (Oehmichen et al. 2006). Bereits an Fällen eines akuten Ertrinkens – ohne Überleben - lassen sich Veränderungen an Nervenzellen im Sinne einer ischämischen Schädigung nachweisen (Kühn et al. 2005).

4.3 Schlussfolgerung und kritische Einordnung

Die eigenen Ergebnisse weisen aus, dass bei überlebten Ertrinkungsfällen weder systematische Veränderungen der diskutierten Elektrolyte noch des Hämoglobins und MCV's bzw. Gesamteiweißes stattfinden. Diese Beobachtungen sprechen gegen die Annahme einer wesentlichen Diffusion aspirierter Flüssigkeit in der Lunge aus dem alveolären Kompartiment in das Blutgefäßsystem. Wesentliche Einflüsse durch Flüssigkeitsdiffusion können somit als Mechanismus ausgeschlossen werden, die das tödliche Geschehen beeinflussen. Die Befunde sprechen dafür, dass derartige Diffusionen von Flüssigkeit in relevanter Menge nicht stattfinden, offenbar weil das Wasser nicht bis zur Ebene der Alveolen aspiriert wird. Mithin ist auch auf Grund der eigenen Studie davon auszugehen, dass der Ertrinkungstod ein Erstickungstod ist, infolge einer hypoxisch-ischämischen Hirnschädigung, und dass zusätzliche zytolytische Einflüsse oder Elektrolytentgleisungen keinen wesentlichen Einfluss auf den tödlichen Geschehensablauf nehmen.

Als Ursache für den fehlenden Einfluss von aspirierter Flüssigkeit muss die vergleichsweise zu geringe Menge aspirierter Flüssigkeit angenommen werden, die in das alveoläre Kompartiment gelangt. Ursächlich hierfür dürfte der Larynxkrampf (in 10-15% der Fälle), Brochospasmus bzw. Verlegung der Bronchien durch Schleim/Wassergemisch sein, sowie eine akute – zunächst reflektorische, dann aber auch hypoxisch-ischämische - Kreislauf- und Atemdepression.

Die Menge des Aspirates ist beim menschlichen Ertrinken in der Regel so gering, dass Veränderungen des Blutvolumens und der Elektrolyte klinisch nicht zum Tragen kommen. Tierexperimentelle Studien (Modell und Mitarbeiter 1966b, 1969a) konnten nachweisen, dass mindestens 22 ml/kgKG Flüssigkeit aspiriert werden müssen, damit es zu relevanten Blutveränderungen kommt. Das Aspirationsvolumen beim realen menschlichen Ertrinkungsunfall wird mit 2-3 ml/kgKG geschätzt und reicht daher offenbar nicht aus, vergleichbare Veränderungen hervorzurufen.

Inwiefern das Verschlucken von Ertrinkungsflüssigkeit (Flüssigkeit im Magen) für den Krankheitsverlauf entscheidend ist, kann hier nicht geklärt werden. In den Krankenakten und Sektionsberichten wird zwar häufig von einem stark flüssigkeitsgefüllten Magen bzw.

heftigem Erbrechen von Wasser berichtet, eine Relation zu biochemischen Blutveränderungen besteht jedoch offensichtlich nicht.

Kritisch anzumerken ist, dass in dieser Arbeit keine standardisierten Messungen erfolgen können, da es sich um eine retrospektive Studie handelt, die ausschliesslich vorliegende Untersuchungsergebnisse aus unterschiedlichen Kliniken berücksichtigt. Entscheidend waren jeweils die ersten bestimmten Laborparameter und deren Verlauf. Die Vergleichbarkeit unter den Einzelfällen wird durch die Anordnung der Messwerte in Diagrammen mit gleicher Zeitachse möglich. So lässt sich der Verlauf der beschriebenen Laborparameter in Einzelfallgraphiken und Synopsen darstellen.

Entscheidend für den Behandlungsverlauf und die eventuell für das Opfer entstehenden Folgen des Unfalls sind vor allem die Hypoxie sowie die davon abhängige Azidose. Das kritische Organ ist das Gehirn, da hier die Toleranzzeiten für eine Hypoxie besonders niedrig sind und bei geschädigtem Nervengewebe allenfalls eine Defektheilung zu erwarten ist. Von Vorteil mag im Einzelfall die Hypothermie sein, wie sie vor allem bei den sogenannten Eiswasserunfällen auftritt, aber auch in den tieferen Wasserschichten immer zu beobachten ist. Die in der eigenen Untersuchung nahezu durchgehend dokumentierte Hypothermie dürfte – im Gegensatz zu diesen Fällen – am ehesten Schockbedingt gewesen sein, d.h. symptomatisch. Möglicherweise hat sie auch einen gewissen neuroprotektiven Effekt.

5 Zusammenfassung

Es wurde eine Zusammenstellung von Fällen eines Beinahe-Ertrinkens angestrebt, wobei der tragende Aspekt die Frage war, ob der Ertrinkungstod wesentlich durch eine Elektrolytdissoziation bzw. alveoläre (osmolare) Flüssigkeitsdiffusion beeinflusst wird, wie in Tierversuchen wiederholt demonstriert, oder aber Folge einer ischämisch-hypoxischen Hirnschädigung ist, wie sie im realen humane Ertrinken angenommen wird.

Hier stellte sich im Detail die Frage, ob beim humanen Beinahe-Ertrinken infolge einer Wasserrespiration Elektrolytveränderungen (Kalium, Natrium, pH) oder Veränderungen der roten Blutzellen (Hämoglobingehalt, mittleres korpuskuläres Hämoglobin, mittleres korpuskuläres Erythrozytenvolumen) auftreten und ob diese Veränderungen Einfluss auf das tödliche Geschehen nehmen. Da nach Beinahe-Ertrinken klinischerseits in der Regel Laborbefunde zur Verfügung stehen, war davon auszugehen, dass diese spezielle Frage durch Fallanalyse beantwortet werden kann.

Der klinische Verlauf sowie – insbesondere – die Veränderungen von Laborbefunden während der klinischen Behandlung wird in 34 Fällen eines Beinahe-Ertrinkens mit Herzstillstand kasuistisch erfasst, wobei eine Differenzierung von Ertrinken in Salzwasser gegenüber Süßwasser ebenso vorgenommen wird wie eine Differenzierung von Fällen, die den Ertrinkungsvorgang auf Dauer überlebt haben, von Fällen, die nach einem kurzen zeitlichen Intervall kardialer und pulmonaler Funktionserhaltung verstorben sind.

Die *Kaliumkonzentration* erwies sich nur in zwei Fällen innerhalb der ersten 200 min als erhöht (hyperkalämisch) während sie in 48% der Fälle im Normbereich und in 45% der Fälle unter der Normgrenze (Hypokaliämie) liegt. Die *Natriumkonzentration* ist mit zwei Ausnahmen in allen Süßwasserfällen im Normbereich oder grenzwertig darunter gelegen, während im Salzwasser hochnormale und erhöhte Werte im Blut bestehen. Der *pH* liegt nur in zwei Fällen innerhalb der ersten 100 min im Normbereich, aber in 94% der Fälle eindeutig im azidotischen Bereich. Das *Hämoglobin* liegt in 85% der Fälle innerhalb der ersten 240 min nach Bergung im Normbereich und erwies sich in 15% der Fälle als erniedrigt. Das *mittlere korpuskuläre Hämoglobin (MCH)* liegt in 77% der Fälle innerhalb von 180 min nach Bergung im Normbereich, wobei sich der Rest der Fälle verteilt auf 6% erhöhte und 16% erniedrigte Werte. Auch das *mittlere korpuskuläre Erythrozytenvolumen*

(*MCV*) liegt in 75% aller Fälle im Normbereich und wird weder durch Süß- noch durch Salzwasserertrinken durchgehend erhöht oder erniedrigt. Für das Gesamtprotein werden v.a. erniedrigte Werte gemessen bei vier Normwert-bestimmungen der Süßwasserfälle. Wesentliche Unterschiede zwischen später verstorbenen und überlebten Fällen konnten nicht festgestellt werden. Keine eindeutigen Differenzen bestanden zwischen den Fällen, die im Süßwasser – und denen, die im isotonen bzw. Salzwasser – ertrunken waren.

Die eigenen Ergebnisse weisen aus, dass bei überlebten humanen Ertrinkungsfällen weder systematische Veränderungen der diskutierten Elektrolyte noch des Hämoglobins bzw. wesentliche Veränderungen der Proteinkonzentration stattfinden. Diese Beobachtungen sprechen gegen die Annahme einer ausgeprägten Diffusion aspirierter Flüssigkeit in der Lunge aus dem alveolären Kompartement in das Blutgefäßsystem. Wesentliche Einflüsse einer Flüssigkeitsdiffusion können somit als Mechanismus ausgeschlossen werden, der das tödliche Geschehen beeinflusst. Die Befunde sprechen dafür, dass derartige Diffusionen nur allenfalls in geringem Ausmaß stattfinden, offenbar weil die Flüssigkeit nur zu geringen Mengen bis in die Alveolen aspiriert wird. Die Differenzen zu den Ergebnissen im Tierversuch erklären sich am ehesten durch die unterschiedliche Menge aspirierter Flüssigkeit – bei Tieren >10ml/kgKG, beim Menschen 1-3ml/kgKG. Mithin ist auch auf Grund der eigenen Befunde davon auszugehen, dass der Ertrinkungstod primär ein Erstickungstod infolge einer hypoxisch-ischämischen Hirnschädigung ist.

6 Literatur

Aepli R:

Physiopathology of accidental drowning. Schweiz Med Wochenschr 105, 161-165 (1975)

Al-Talafieh A, al-Majali R, al-Dehayat G:

Clinical, laboratory and x-ray findings of drowning and near-drowning in the Gulf of Aqaba. East Mediterr Health J 5, 706-709 (1999)

Azparren JE, Vallejo G, Reyes E, Herranz A, Sancho M:

Study of the diagnostic value of strontium, chloride, haemoglobin and diatoms in immersions cases. Forensic Sci Int 30, 123-132 (1998)

Bennett P, Elliott D:

The physiology and medicine of diving. 4. Aufl., WB Sanders, London (1993)

Bernett P, Haas W:

Ertrinken, Badetod, und andere Zwischenfälle beim Schwimmsport. Fortschr Med 102, 752-754 (1984)

Bieri J:

Near-drowning in children. Schweiz Med Wochenschr 7, 1010-1018 (1979)

Brinkmann B:

Tod im Wasser. In: Brinkmann B, Madea B: Handbuch gerichtliche Medizin. 1. Aufl., 797-824, Springer-Verlag, Berlin (2004)

Byard RW, de Koning C, Blackbourne B, Nadeau J, Krous HF:

Shared bathing and drowning in infants and young children. J Paediatr Child Health 37, 542-544 (2001)

Byard RW, Donald T:

Infant bath seats, drowning and near-drowning. J Paediatr Child Health 40, 305-307 (2004)

Byard RW, Cains G, Simpson E, Eitzen D, Tsokos M:

Drowning, haemodilution, haemolysis and staining of the intima of the aortic root – preliminary observations. *J Clin Forensic Med* 17, 57-67 (2006)

Conn AW, Miyasaka K, Katayama M, Fujita M, Orima H, Barker G, Bohn D:

Canine study of cold water drowning in fresh versus salt water. *Crit Care Med* 23, 2029-2037 (1995)

Connors R, Frewen TC, Kisson N, Kronick J, Sommerauer J, Lee R, Singh N, Tiffin N, Brown T:

Relationship of cross-brain oxygen content difference, cerebral blood flow, and metabolic rate to neurologic outcome after near-drowning. *J Pediat* 121, 839-844 (1992)

Copeland AR:

An assessment of lung weights in drowning cases. The Metro Dade County experience from 1978 to 1982. *Am J Forensic Med Pathol* 6, 301-304 (1985)

De la Grandmaison GL, Leterreux M, Lasseguette K, Alvarez JC, Mazancourt P, Durigon M:

Study of the diagnosis value of iron in fresh water drowning. *Forensic Sci Int* 157, 117-120 (2006)

Dick W:

Wann spricht man von Beinahe-Ertrinken, wann von Ertrinken? (Kongressbericht). *Notfallmed* 7, 1066 (1981)

Falk JL, Escowitz HE:

Submersion injuries in children and adults. *Semin Respir Crit Care Med* 23, 47-55 (2002)

Fieguth A, Grimm U, Kleemann WJ, Tröger HD:

Methods of suicide in an autopsy sample of the Institute of Forensic Medicine of the Hannover Medical School. *Arch Kriminol* 199, 13-20 (1997)

Flood DJ, Aickin M, Englander SJ, Tucker D:

Child drownings and near drowning associated with swimming pools – Maricopa County, Arizona 1988 and 1989. JAMA 264, 680 (1990)

Fornes P, Pepin G, Heudes D, Lecomte D:

Diagnosis of drowning by combined computer-assisted histomorphometry of lungs with blood strontium determination. J Forensic Sci 43, 772-776 (1998)

Fretschner R:

First aid and prognosis following drowning accidents. Results of a retrospective study of 115 cases. In: Fretschner R, Kloss T, Borowczak C, Berkel H: Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 28, 363-368, Thieme, Stuttgart (1993)

Gbaanador GB, Stothert JC, Basadre JO, Traber L, Linares HA, Traber DL:

Comparison of the pulmonary lymphatic and hemodynamic changes of near-drowning in a sheep model. Circ Shock 38, 245-252 (1992)

Gooden B:

Drowning and the diving reflex in man. Med J Aust 2, 583 (1972)

Harries MG:

Drowning in a man. Crit Care Med 9, 407 (1981)

Hasan S, Avery WG, Fabian C, Sackner MA:

Near-drowning in humans: A report of 36 patients. Chest 59, 191-197 (1971)

Hofbauer V:

Vergleichende histomorphometrische Studie an Ertrinkungslungen: Untersuchung wesentlicher histopathologischer Aspekte beim akzidentellen Ertrinken in Wasser unterschiedlicher Osmolarität. Med. Diss. München (2004)

Joseph MM, King WD:

Epidemiology of hospitalization for near-drowning. South Med J 91, 253-255 (1998)

Jost U:

Near-drowning. First aid at the scene of the accident. The need for aftercare and intensive therapy facilities. *MMW Munch Med Wochenschr* 123, 1529-1532 (1981)

Keil W: Tod im Wasser.

In: Madea B (Hrsg.): *Praxis Rechtsmedizin – Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*. 2. Band, 166-170, Springer-Verlag, Berlin (2003)

Kemp AM, Sibert JR:

Drowning and near drowning in children in the United Kingdom: lessons for prevention. *BMJ* 304, 143-1146 (1992)

Kemp AM, Mott AM, Silbert JR:

Accidents and child abuse in bathtub submersions. *Arch Dis Child* 70, 345-348 (1994)

Kreis R, Arcinue E, Ernst T, Shonk TK, Flores R, Ross BD:

Hypoxic encephalopathy after near-drowning studied by quantitative ¹H-magnetic-resonance spectroscopy: metabolic changes and their prognostic value. *J Clin Invest* 97, 1142-1154 (1996)

Kühn J, Meissner C, Oehmichen M:

Microtubule-associated protein 2 (MAP2) – a promising approach to diagnosis of forensic types of hypoxia-ischemia. *Acta Neuropathol* 110, 579-586 (2005)

Laak U v.:

Wasserunfälle. In: Hempel G, Kriet C, Schulte M, Esch J (Hrsg): *Notfallmedizin*. 1. Aufl., 358-371, Thieme, Stuttgart (1999)

Lamphier TA:

Current status of treatment of near-drowning. *Alaska Med* 21, 72-77 (1979)

Langrehr D, Neuhaus R, Arnold R, Singbarth G:

Therapie bei zwei Fällen von „Beinahe-Ertrinken“. *Anästhesist* 24, 91-96 (1975)

Layon AJ, Modell JH:

Treatment of near-drowning. *J Fla Med Assoc* 79, 625-629 (1992)

Lee KH:

A retrospective study of near-drowning victims admitted to the intensive care unit. *Ann Acad Med Singapore* 27, 344-346 (1998)

Lindner KH, Dick W, Lotz P:

The delayed use of positive end-expiratory pressure (PEEP) during respiratory resuscitation following near drowning with fresh or salt water. *Resuscitation* 10, 197-211 (1983)

Lunetta P, Modell JH, Sajantila A:

What is the incidence and significance of "dry-lungs" in bodies found in water? *Am J Forensic Med Pathol* 25, 291-301 (2004)

Madea B, Brinkmann B:

Handbuch gerichtliche Medizin. 1 Aufl., 797-824, Springer-Verlag, Berlin (2004)

Madert J, Bause HW, Püschel K, Brinkmann B:

Hämodynamische Dysregulation beim Ertrinken in verschieden-osmolaren Flüssigkeiten. *Beitr Gerichtl Med* 40, 109-115 (1982)

Modell JH:

Resuscitation following aspiration of chlorinated fresh water. *J Amer med Ass* 185, 651 (1963)

Modell JH, Gaub M, Moya F, Vestal B, Swarz M:

Physiologic effects of near drowning with chlorinated fresh water, distilled water and isotonic saline. *Anaesthesiology* 27, 33-41 (1966a)

Modell JH, Moya F:

The effects of fluid volume in chlorinated fresh water drowning. *Anesthesiology* 27, 662 (1966b)

Modell JH, Davis JH:

Electrolyte changes in human drowning victims. *Anaesthesiology* 30, 414-420 (1969a)

Modell JH, Weibly TC, Ruiz BC, Newly EJ:

Serum electrolyte concentrations after fresh-water aspiration: A comparison of species. *Anaesthesiology* 30, 421-425 (1969b)

Modell JH:

The pathophysiology and treatment of drowning and near-drowning. Charles C Thomas, Springfield, 3 (1971)

Modell JH, Kuck EJ, Ruiz BC, Heinitsh H:

Effect of intravenous vs. aspirated distilled water on serum electrolytes and blood gas tensions. *J Appl Physiol* 32, 579-584 (1972)

Modell JH:

Treatment of near-drowning. In introduction to life support. Little and Brown, Boston (1973)

Modell JH, Graves SA, Ketover A:

Clinical course of 91 consecutive near-drowning victims. *Chest* 70, 231-238 (1976)

Modell JH:

Drown versus near-drown: a discussion of definitions. *Crit Care Med* 9, 315 (1981)

Noonan L, Howrey R, Ginsburg CM:

Freshwater submersion injuries in children: a retrospective review of seventy-five hospitalized patients. *Pediatrics* 98, 368-371 (1996)

Oehmichen M, Auer RN, König HG:

Forensic neuropathology and associated neurology. 1. Aufl., 442-447, Springer-Verlag, Berlin (2006)

Orlowski JP:

Drowning, near-drowning, and ice-water-drowning. JAMA 15, 390-391 (1988)

Patetta MJ, Biddinger PW:

Characteristics of drowning death in North Carolina. Public Health Rep 103, 406-411 (1988)

Pearn J, Nixon J, Wilkey J:

Freshwater drowning and near drowning accidents involving children. Med. J Aust 2, 942-946 (1976)

Piette MH, De Letter EA:

Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. Forensic Sci Int. 22, 92-97 (2005)

Plueckhahn VD:

Alcohol and accidental drowning. A25-year study. Med J Aust 141, 22-25 (1984)

Püschel K, Madert J, Bause HW, Brinkmann B:

Zur Agonochemie des Ertrinkens. Beitr Gerichtl Med 40, 99-107 (1982)

Rice DP, MacKenzie EJ:

Cost of injury in United States: a report to congress, 1989. San Francisco, CA: Institute for Health and Aging, University of California; and Baltimore, MD: Prevention Center, School of Hygiene and Public Health, John Hopkins University (1989)

Rumbak MJ:

The etiology of pulmonary edema in fresh water near-drowning. Am J Emerg Med 14, 176-179 (1996)

Sachdeva RC:

Near drowning. Crit Care Clin 15, 281-296 (1999)

Salomez F, Vincent JL:

Drowning: a review of epidemiology, pathophysiology, treatment and prevention. Resuscitation 63, 261-268 (2004)

Schöchl H, Hofmann N, Miller K, Pieringer R:

Ertrinkungsnotfälle. Notfallmed 20, 588-591 (1994)

Schuhmann SH, Rowe JR, Glazer JS:

The iceberg phenomenon of near-drowning. Crit Care Med 4, 127 (1976)

Sibert J, John N, Jenkins D, Mann M, Sumner V, Kemp A, Cornall P:

Drowning of babies in bath seats: do they provide false reassurance? Child Care Health Dev 31, 255-259 (2005)

Siebenhaar DFJ:

Ertrinken. In: Siebenhaar DFJ: Enzyklopädisches Handbuch der gerichtlichen Arzneikunde für Ärzte und Rechtsgelehrte. 1. Bd., 220-223, Verlag Engelmann, Leipzig (1838)

Somers GR, Chiasson DA, Smith CR:

Pediatric drowning: a 20-year review of autopsied cases: I. demographic features. Am J Forensic Med Pathol 26, 316-319 (2005)

Somers GR, Chiasson DA, Smith CR:

Pediatric drowning: a 20-year review of autopsied cases: I. demographic features. Am J Forensic Med Pathol 26, 316-319 (2006a)

Somers GR, Chiasson DA, Smith CR:

Pediatric drowning: a 20-year review of autopsied cases: II. pathologic features. Am J Forensic Med Pathol 27, 20-24 (2006b)

Spack L, Gedeit R, Splaingard M, Havens PL:

Failure of aggressive therapy to alter outcome in pediatric near-drowning. Pediatr Emerg Care 13, 98-102 (1997)

Spitz WU, Blanke RV:

Mechanism of death in fresh water drowning. Arch Path 71, 661 (1961)

Stricker R:

Drowning: physiopathology and therapy. ZFA Stuttgart 59, 507-509 (1983)

Swann HG, Brucer M, Moore C:

Fresh water and sea water drowning: a study of terminal cardiac and biochemical events. Tex Rep Biol Med 5, 423-437 (1947)

Swann HG, Brucer M:

The cardiorespiratory and biochemical events during rapid anoxic death: VI. Fresh water and sea water drowning. Tex Rep Biol Med 7, 604-618 (1949)

Swann HG, Spafford NR:

Body salt and water changes during fresh and sea water drowning. Tex Red Biol Med 9, 356-382 (1991)

Weinstein MD:

Near-drowning: epidemiology, pathophysiology, and initial treatment. J Emerg Med 14, 461-467 (1996)

Wilken B, Kirchstein M, Gortner L:

Ertrinkungsunfälle im Kindesalter. Monatsschr Kinderheilkunde 142, 692-698 (1994)

Danksagung

Mein Dank gilt v.a. Herrn Prof. Dr. med. M. Oehmichen für seine intensive und ergiebige Unterstützung bei dieser Arbeit sowie den Mitarbeitern des Institutes für Rechtsmedizin für die Hilfe bei der Arbeitsplatzgestaltung und der Beschaffung des Fallmaterials.

Herr Prof. Dr. med. Schuck und Herr Dr. med. Larsch aus dem Institut für Rechtsmedizin der Hochschule Hannover – Außenstelle Oldenburg – haben mir einen Archivarbeitsplatz gestellt und mir Hilfestellung bei der Anforderung der Krankenakten gegeben. Meinen herzlichen Dank hierfür.

Einen weiteren Dank möchte Ich Frau Dr. Früchtnicht aussprechen, die mir in der Anfangsphase mit Fällen aus Heidelberg, Mannheim und Karlsruhe sehr geholfen hat.

Für die Motivation von Seiten meiner Familie möchte Ich mich auf diesem Wege bedanken.

7 Lebenslauf

Name:	Renate Arends
Geburtstag und -ort:	5. Juli 1973 in Aurich
Wohnort:	Lüttje-Leegde 7 in 26607 Aurich-Walle
Familienstand:	ledig, kinderlos
12.05.1993	Abitur
19.04. – 08.08.1999	PJ Anästhesie / Ostholstein Klinik Eutin und Malente / Chefärztin Dr. Lichtenauer
09.08. - 28.11.1999	PJ Innere / Ostholstein Klinik Eutin / Dr. Maeder, Dr. Freudenthaler und Dr. Gützkow
29.11. – 19.03.2000	PJ Chirurgie / Ostholstein Klinik Eutin und Malente / Dr. Graudins und Dr. Grabener
30.05.2000	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
01.06.2000 – 30.11.2001	Ärztin im Praktikum Innere / Kreiskrankenhaus Wittmund / Chefarzt Dr. Schütze
01.12.2001	Approbation als Ärztin
01.12.2000 – 31.03.2002	Assistenzärztin Innere / Kreiskrankenhaus Wittmund / Chefarzt Dr. Schütze
01.04.2002 – 31.05.2004	Assistenzärztin Innere / Kreiskrankenhaus Wittmund / Chefarzt Dr. Seidler
01.06.2004 – 31.11.2004	Assistenzärztin Chirurgie/ Chefarzt Dr. Klotter Kreiskrankenhaus Aurich
01.01.2005 – 31.06.2006	Assistenzärztin Praxis Dipl. med. Blohm, Esens Weiterbildung Allgemeinmedizin
26.07.2006	Fachärztin für Allgemeinmedizin

Renate Arends