

Der Tod in der Badewanne (2)

Ereignisanalysen von Stromunfällen und neue Denkansätze

HUBERT BACHL, GOTTFRIED BIEGELMEIER, FRANZ TAUBENKORB **Tödliche Unfälle durch in die Badewanne fallende Betriebsmittel sind Gegenstand dieses zweiteiligen Beitrags. Der zweite Teil befasst sich mit den Selbstversuchen eines der Autoren und der Bewertung aller geschilderten Ergebnisse.**

Zur Bestätigung der Überlegungen zum Einfluss des Betriebszustands und der Steckerposition wurden zwei schutzisolierte Haartrockner (A und B) an dem Wannende, das dem geerdeten Abfluss gegenüberliegt, in eine mit normalem Leitungswasser ($\rho = 35 \Omega\text{m}$) gefüllte Badewanne getaucht. Hierbei wurden die Fehlerströme in Abhängigkeit vom Einschaltzustand der Geräte und

sich wie im ersten Beitragsteil berichtet, ein Fehlerstrom ergeben, der mit 0,5 bis 1 A wesentlich über den im Laborversuch ermittelten Werten lag. Hauptursache dafür war der etwa um den Faktor zwei niedrigere spezifische Widerstand des Wassers gegenüber den Laborversuchen.

Versuche mit Menschen in der Badewanne

Um die tatsächlichen Ströme im menschlichen Körper zu messen und die physiologischen Reaktionen zu erkennen, wenn ein Mensch in der Badewanne den verschiedenen Unfallsituationen unterworfen wird, hat der zweitgenannte Autor schon 1986 Selbstversuche durchgeführt. Bei diesen wurde eine Messschaltung

nach Bild 5 angewendet. Bei einigen Versuchen wurde auch ein Fehlerstromschutzschalter mit einem Nennwert des Auslösefehlerstroms von 30 mA in die Schaltung eingebaut, um das Auslöseverhalten feststellen zu können.

Die Versuche wurden im Badezimmer einer Neubauwohnung mit einer emaillierten Badewanne durchgeführt, bei der der metallene Abfluss und die Wanne gemeinsam an die Schutzleitung angeschlossen waren.

Die Versuche wurden mit und ohne Anfassen des Haartrockners durchgeführt, wobei die Versuchsperson bei einigen Versuchen in der Wanne liegend den Haartrockner und/oder die Wasserarmatur



Bild 6: Selbstversuch in der Badewanne, Gerät mit rechter Hand umfasst, Füße berühren den Abfluss nicht

Schalter	Gerät	Fehlerstrom in mA	
		Steckerposition: Schalter im Außenleiter ¹	Steckerposition: Schalter im Neutralleiter ²
AUS	Gerät A	18,5	201
	Gerät B	38	247
EIN	Gerät A	148	78
	Gerät B	170	113

¹ Diese Steckerposition wird in der Folge als weniger kritisch bezeichnet.
² Diese Steckerposition wird in der Folge als kritisch bezeichnet.

Tabelle 6: Fehlerströme von Haartrocknern in der Badewanne

der Steckerposition gemessen. Die Messergebnisse sind aus Tabelle 6 ersichtlich.

Für die folgenden beschriebenen Selbstversuche wurde ein schutzisolierter Haartrockner verwendet, dessen charakteristische Betriebsdaten aus Tabelle 7 entnommen werden können.

Bei Messungen, die nach dem kürzlich in Österreich bekannt gewordenen tödlichen Badewannenunfall durchgeführt wurden, hat

Ing. Hubert Bachl, Geschäftsführer und technischer Leiter, Cooperative Testing Institute (CTI), Wien
Prof. Ing. Dr. phil. Gottfried Biegelmeier, staatlich bef. und beeid. Ingenieurkonsultent für Elektrotechnik, Wien
Dr. Franz Taubenkorb, Abteilungsleiter im österreichischen Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien

Fortsetzung aus »de« 23/2003

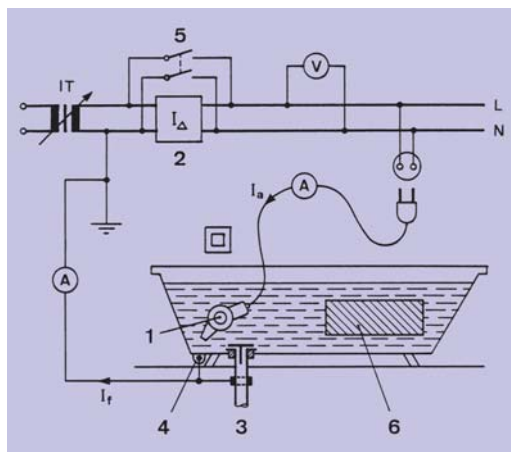


Bild 5: Messanordnung zur Messung von Betriebsströmen und Fehlerströmen eines in eine Badewanne gefallenen Gerätes mit einem Menschen in der Wanne

IT – Isoliertransformator für regelbare Wechselspannung
1 – Versuchsgerät
2 – Fehlerstromschutzschalter
3 – Erdungsanschluss des Abflusses
4 – Anschlussnocken an der Badewanne
5 – Überbrückungsschalter für den Fehlerstromschutzschalter
6 – Körper der Versuchsperson unter verschiedenen Versuchsbedingungen

berührte. Eine ausführliche Darstellung der Versuchsergebnisse findet sich in [1].

Zusammenfassend kann hierzu gesagt werden, dass ein Haartrockner, der am Fußende in die Wanne fällt, während die Beine das geerdete Abflussventil nicht berühren, eine kaum spürbare Elektrisierung verursacht. Ein funktionstüchtiger 30 mA Fehlerstromschutzschalter schaltet, wie bei allen anderen Versuchsanordnungen auch, sofort aus, wenn das Gerät in die Wanne fällt. Berührt der Mensch mit einem Fuß den Abfluss, so fließt bereits bei 75 V ein Fehlerstrom von 130 mA. Der Teilfehlerstrom durch das Bein verursacht eine Bewegungshemmung in jenem Fuß, der den Abfluss berührt.

Wird der Haartrockner in der Hand gehalten und die Füße berühren den Abfluss nicht (Bild 6), dann sind bereits bei 100 V die Wirkungen sehr stark (Fehlerstrom 15 mA bei unkritischer Steckerposition).

Wie bei dem eingangs beschriebenen tödlichen Badewannenunfall werden die Verhältnisse sofort lebens-

gefährlich, wenn das Elektrogerät am Kopfende oder seitlich in die Wanne fällt. Der Strom fließt dann zum Teil durch das Wasser und zum Teil durch den Körper des Badenden, der einen gut leitenden Parallelweg darstellt, weil der spezifische Widerstand des Badewassers (ρ etwa 20 bis 50 Ωm) wesentlich höher ist als der spezifische Widerstand im Körperinneren (für Blut z. B. 2 Ωm). In vielen Fällen wird dabei auch das Herz durchströmt und es tritt Muskelverkrampfung im ganzen Körper auf. Der Badende kann sich also nicht mehr bewegen. Man kann bei Unfallsnachbildungen von einem Körperwiderstand $Z_T = 50 \Omega$ bei Berührungsspannungen über 100 V ausgehen, wenn eine Extremität, z. B. ein Arm, als Serienwiderstand zu dem in der Wanne befindlichen Körper wirkt, wie das etwa beim Anfassen der Wasserarmatur der Fall ist.

Zusatzschutz im Badezimmer

Elektrische Haartrockner, Heizgeräte und dergleichen, die im eingeschalteten oder ausgeschalteten Zustand in eine mit Wasser gefüllte Badewanne fallen, verursachen eine Gefährdung des Badenden, wenn gleichzeitig geerdete Teile im Wasser vorhanden sind (z. B. der geerdete Abfluss) oder wenn der Mensch eine Verbindung zwischen dem Wasser und den geerdeten Teilen herstellt. Das Ausmaß der Gefährdung wird von vielen Faktoren entscheidend beeinflusst. Diese müssen zum Teil als gegeben hingenommen werden – z. B. die Leitfähigkeit des Wassers –, oder sie unterliegen dem Zufall wie die Position des Steckers in der Steckdose oder der Betriebszustand des Gerätes. Ansatzpunkte für sicherheitstechnische Verbesserungen sind die Gerätekonstruktion, das Material für Wanne und Leitungen, die verwendeten Schutzeinrichtungen, die den fehlerhaften Zustand erfassen, und das Verhalten der Menschen.

Es ist paradox, dass die Schutzisolierung elektrischer Geräte bei solchen Unfallsituationen nachteilig ist. Geräte mit Schutzleiter haben geerdete Gehäuseteile, die auch unter Wasser geerdet bleiben. Fehlerströme bilden sich vor allem zwischen diesen Gehäuseteilen und aktiven Teilen aus. Bei Badewannenunfällen

Normalbetrieb im trockenen Zustand			
Betriebsstufe 0/I ausgeschaltet			
Betriebsstufe			I_A
I/I	(Gebläse I/Heizung I)		$I_A = 1,4 \text{ A}$
I/II	(Gebläse I/Heizung II)		$I_A = 2,7 \text{ A}$
I/III	(Gebläse I/Heizung III)		$I_A = 3,7 \text{ A}$
II/I	(Gebläse II/Heizung I)		$I_A = 2,5 \text{ A}$
II/II	(Gebläse II/Heizung II)		$I_A = 3,7 \text{ A}$
II/III	(Gebläse II/Heizung III)		$I_A = 4,8 \text{ A}$
Betrieb unter Wasser in der Badewanne bei geerdetem Abfluss ohne Brauseschlauch, spezifischer Widerstand des Badewassers 35 Ωm .			
Gerätelage	Fehlerstrom in mA		Betriebsstufe
	kritische Steckerposition	weniger kritische Steckerposition	
beim Abfluss			
Wannenmitte	250	230	II/III
Wannenende gegenüber Abfluss	180	140	
beim Abfluss			
Wannenmitte	340	48	0/I
Wannenende gegenüber Abfluss	310	37	
	260	35	

Tabelle 7: Betriebs- und Fehlerströme des Haartrockners, der in den beschriebenen Versuchen verwendet wurde, Nennspannung 220 V

bleibt daher der Fehlerstromanteil zum geerdeten Abfluss klein. Konstruktive Änderungen durch Einbau von über einen Schutzleiter geerdeten Teilen im Inneren des Gerätes könnten verhindern, dass gefährliche Berührungsspannungen in der Badewanne auftreten.

Da sich die Schutzisolierung bei den meisten Haushaltsgeräten durchgesetzt hat und, ausgenommen in der Badewanne, auch einen hohen Schutzpegel gegen elektrische Unfälle ermöglicht, sind die beschriebenen Verhältnisse für den Badewannenunfall charakteristisch.

Wesentlich ist, dass Fehlerstromschutzschalter mit einem Nennwert des Auslösefehlerstromes von 30 mA praktisch sofort auslösen, wenn ein Gerät in eine Wanne mit geerdetem Abfluss fällt. Und zwar noch bevor der Badende den Versuch unternehmen kann, das Gerät aus dem Wasser zu nehmen. Elektrische Geräte im Bereich der Badewanne zu verbieten, ist oft schon aufgrund der beengten räumlichen Verhältnisse im Badezimmer kaum einzuhalten.

Es werden also immer wieder Geräte unabsichtlich in die Badewanne fallen. Auch Errichtungsvorschriften, die die Installationen von Steckdosen im Schutzbereich der Badewanne untersagen, sind leicht durch Verlängerungsleitungen zu umgehen. Die verpflichtende Einführung eines Zusatzschutzes durch Fehlerstrom-

schutzschalter mit $I_{An} \leq 30 \text{ mA}$ für Stromkreise mit Steckdosen in Hausinstallationen ist daher zur Zeit das wirksamste Mittel, Unfälle in der Badewanne zu vermeiden. Die früher geltende Bestimmung, dass die elektrisch leitfähige Badewanne, der leitfähige Abflusssutzen und die leitfähige Frischwasserleitung (Wasserarmatur) durch eine Potentialausgleichsleitung zu verbinden sind, sollte aufrecht erhalten werden. Diese Potentialausgleichsleitung sollte mit dem nächstliegenden Schutzleiter verbunden werden.

Vorschläge zur Normenvereinfachung

Die beschriebenen Versuche haben klar gezeigt, dass in die Wanne gefallene Geräte nur unter bestimmten Umständen unmittelbar zur Gefahr führen. Zur gefährlichen Elektrisierung kommt es dann, wenn das Gerät oder geerdete Teile (z. B. die Wasserarmatur) angefasst werden, das Gerät den Körper berührt oder ihm nahe kommt und im Wannenwasser geerdete Teile vorhanden sind.

Die beste Reaktion auf ein in die Wanne gefallenes Elektrogerät besteht ja darin, dass der Badende ohne das Gerät anzufassen oder geerdete Teile zu berühren, aus der Wanne steigt, falls er dazu noch in der Lage ist. Fällt das Gerät am Kopfende oder seitlich in die Wanne und berührt den Badenden, so führt dies zum Muskel-

krampf im ganzen Körper und damit zur Unbeweglichkeit. Der Tod tritt schnell ein und es können – wie der eingangs beschriebene Unfall zeigt – sogar unter Wasser Strommarken auftreten.

Der folgende Versuch bestätigt, dass die Unfallgefahr im Badezimmer kaum größer als z.B. in der Küche ist – vorausgesetzt, dass sich keine Person in der Badewanne befindet: Die Versuchsperson stand dabei mit nassen Füßen neben der Wanne auf dem keramischen Fliesenboden und versuchte den Haartrockner aus der Wanne zu nehmen. Es zeigte sich erwartungsgemäß, dass diese Unfallsituation unkritisch ist. Infolge des hohen Standortwiderstandes ist selbst bei nassen Fliesen kaum eine Elektrisierung spürbar, solange nicht gleichzeitig ein geerdetes Teil berührt wird.

Dann aber ist die Gefährdung bei einem Stromweg Hand – Hand nicht größer als in allen anderen Räumen. Beim Versuch wurde die Spannung bis auf 100 V gesteigert, wobei die Elektrisierung kaum spürbar war. Beim ins Wasser getauchten Haartrockner kam es jedoch im Gerät, im Engegebiet in der Nähe der aktiven Teile, zu einer starken Erwärmung, sodass es nicht mehr möglich war, den Griff des Haartrockners weiter in der Hand zu halten.

Ein Überdenken der beschriebenen technischen Gegebenheiten führt dazu, die Kompliziertheit der Normen für Räume mit Badewanne oder Dusche, und dabei insbesondere die Berechtigung der Schutzbereiche, zu hinterfragen [5]. Wirklich notwendig und berechtigt ist sicher die Forderung nach dem Zusatzschutz mit Fehlerstrom-Schutzschaltern mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 30$ mA. Die ordnungsgemäße Funktion dieser Schalter vorausgesetzt, können damit tödliche Unfälle in der Badewanne verhindert werden.

Abschließend sei noch auf einen Missstand hingewiesen, der aus der Sicht der Autoren durch eine ungenügende technische Auswertung von Elektrounfällen entsteht. Es gibt zwar ausgezeichnete statistische Aufzeichnungen über Unfallszahlen, geordnet nach verschiedenen Klassifikationen [6], aber die Darstellung der Unfallursachen und Folgerungen für die Verbesserung der Normung erfolgt nur selten. Dabei sind die

Fragestellungen nach jedem Elektrounfall klar:

1. Warum hat der Basisschutz versagt?
2. Warum hat der Fehlerschutz versagt?
3. Warum hat der Zusatzschutz – falls vorhanden – versagt?

Zu dem beschriebenen tragischen Badewannenunfall lauten die Antworten:

Zu 1.: Weil der Haartrockner in die Wanne gefallen ist und den Körper des Mädchens berührt hat.

Zu 2.: Trotz Nullung konnten die Überstrom-Schutzeinrichtungen nicht ansprechen, weil der Fehlerstrom zu klein war.

Zu 3.: Der Fehlerstrom-Schutzschalter hatte einen Nennfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 0,3$ A und ist daher für den Zusatzschutz nicht geeignet. Trotzdem hätte er bei einem Fehlerstrom $I_F = 0,5$ A bis 1 A auslösen müssen. Da er sowohl beim Betätigen der Prüfeinrichtung, wie auch bei der Prüfung mit einem Anlagenprüfgerät nicht ausgelöst hat war seine Schutzfunktion nicht gegeben.

Fazit

Für einen weitreichenden Schutz vor einem elektrischen Schlag in der Badewanne sind Fehlerstrom-Schutzschalter mit hoher Auslösezuverlässigkeit und einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta n} \leq 30$ mA als Zusatzschutz für Steckdosen unbedingt notwendig. Die Errichtungsnormen für die Badezimmerinstallation könnten vereinfacht werden und sich möglicherweise, zusätzlich der für andere Räume üblichen Anforderungen, auf den Potentialausgleich im Wannenbereich beschränken. Die derzeit genormten Schutzbereiche erscheinen aus Sicht der Autoren nicht notwendig.

Da selbst Techniker oft nicht wissen, dass auch ein ausgeschalteter Haartrockner, wenn dieser noch mit der Steckdose verbunden ist, einen tödlichen Elektrounfall verursachen kann, wenn er in die Badewanne fällt, sollte überlegt werden, ob nicht eine entsprechende Aufklärungskampagne – etwa über die Medien – hier wirksamer ist.

Literatur der zweiten Folge

- [1] Biegelmeier, G. und Rabitsch, G.: Körperströme und Berührungsspannungen in der Badewanne, E. u. M. 103/1986, H3, S. 50 ff.
- [5] Hörmann, W.: Neue Bestimmung für Räume mit Badewanne oder Dusche, »de« 23/2001 S. 24 ff.; »de« 24/2001, S. 37 ff.; »de« 3/2002, S. 34
- [6] Altmann, S., Jühling, J., Kiebach, K. und Zürneck, H.: Elektrounfälle in Deutschland, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Forschung Fb 941 – Dortmund/Berlin 2002

(Ende des Beitrags)