

## Anschlussklemmen in Verteilern

**?** Ist der Einsatz von schraublosen Verbindungsklemmen als Anschlussklemmen in Verteilern zulässig?

**!** In der grundlegenden Sicherheitsnorm für typgeprüfte (TSK) und partiell typgeprüfte NS-Schaltgerätekombinationen (PTSK) DIN VDE 0660 Teil 500, die für Verteiler gilt, findet sich kein Hinweis, der die Art der zu verwendenden Anschlussklemmen vorschreibt. In [1] wird im Abschnitt 7.1.3.1 gefordert, die Anschlüsse so auszuführen, dass die von außen eingeführten Leiter angeschlossen werden können und sichergestellt ist, dass die Kontaktkraft aufrecht erhalten bleibt. Dazu können gemäß dem in Klammern gesetzten Hinweis auch schraublose Klemmen vorgesehen werden (Steckanschlüsse). Sie gewährleisten einen gleichbleibenden Kontaktdruck, so dass sich einwandfreie Leiterverbindungen ohne ein Nachziehen von Schrauben realisieren lassen. Außerdem lässt sich die Montagezeit gegenüber Schraubklemmen senken.

Zu beachten ist, dass Klemmen im Verteiler befestigt sein müssen. Mit losen Steckklemmen, z. B. Verbindungsdosenklemmen, die gemäß DIN VDE 0606 Teil 1 in Abzweigdosen zum Verbinden kleiner Querschnitte zulässig sind, lassen sich die Forderungen in DIN VDE 0100-510 [2], DIN VDE 0100-520 [3] und DIN VDE 0100 Teil 729 [4] nicht erfüllen. Darin wird gefordert, dass die Bedienung, Inspektion, Wartung und der Zugang zu den lösbaren Verbindungen, die Prüfung und die dauerhafte Erkennbarkeit der von außen eingeführten Leiter zu ihren Stromkreisen und die Kennzeichnung leicht möglich sind.

Für den Anschluss der Außenleiter ist der Einsatz von Reihenklemmen nach DIN VDE 0611 möglich, die auch als Steckklemmen angeboten werden [5]. Sie werden mehr und mehr eingesetzt und können oberhalb oder unterhalb der Einbaugeräte oder auch auf der gleichen Normschiene angebracht werden. N- und PE-Leiter lassen sich am einfachsten an N-/PE-Schienen anschließen. Bei Verwendung spezieller Reihenklemmen, worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll, ist aber ebenfalls ein Steckanschluss realisierbar.

Ob und unter welchen Bedingungen immer noch vorhandene AI-Leitungen an schraublose Reihenklemmen angeschlossen werden können, müsste bei Bedarf mit dem jeweiligen Klemmenhersteller beraten werden.

Weitere Hinweise zu diesem Problem können [6] entnommen werden.

### Literatur

- [1] DIN EN 60439-1 VDE 0660 Teil 500:2000-08 Niederspannungs-Schalteratekombinationen; Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen.
- [2] DIN VDE 0100-510:1997-01 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Allgemeine Bestimmungen.
- [3] DIN VDE 0100-520:1996-01 –; Kabel- und Leitungssysteme (-anlagen).
- [4] DIN VDE 0100 Teil 729:1986-11 –; Aufstellen und Anstellen von Schaltanlagen und Verteilern.
- [5] DIN EN 60947-7-1/ VDE 0611 Teil 1: 2000-05 Niederspannungs-Schaltgeräte; Hilfseinrichtungen; Hauptabschnitt 1: Reihenklemmen für Kupferleiter.
- [6] *Senkbeil, H.*: Steckklemmen in Verteilern. Elektropraktiker, Berlin 54(2000)1, S. 19-20.  
*H. Senkbeil*

## Zulässige Berührungsspannungen

**?** Unter den extremen Bedingungen im Schwimmbad und im Whirlpoolbereich mit Wassertemperaturen bis zu 34 °C (im Whirlpool 40 °C), Lufttemperaturen bis 35 °C und Luftfeuchtigkeit bis 70 % (95 % bei Störungsbeseitigungen am Entfeuchtungsgerät), sowie der erhöhten Leitfähigkeit des Wassers durch die eingesetzten Wasseraufbereitungskemikalien, reduziert sich der Hautwiderstand auf wenige Ohm, so dass bereits Spannungen von weniger als 10 V gefährlich werden können. Zu berücksichtigen ist auch die Gefahr von Sekundärunfällen, z. B. ertrinken. Im Privatbereich wird häufig allein gebadet, in medizinischen Bädern haben die Badenden häufig eine stark eingeschränkte Bewegungsfähigkeit.

In der Literatur finden sich so gut wie keine Angaben über resultierende Körperströme (mit den entsprechenden Körperschädigungen) bei Spannungen unterhalb von AC 25 V bzw. DC 60 V und deutlich reduzierten Hautwiderständen.

Welche dauernd anstehenden Berührungsspannungen und kurzzeitig anstehenden Berührungsspannungen (bis 2 s) sind unter diesen extremen Bedingungen tolerierbar?

**!** **Berührungsspannung.** Seit vielen Jahren bemüht man sich in der IEC-ACOS im Arbeitskreis ELV (extra-low-voltage) dauernd zulässige Berührungsspannungen unter verschiedenen Bedingungen festzulegen. Eine diesbezügliche internationale Norm IEC 61201-ELV-Limit values hat sich nicht bewährt. Mit der Revision geht es auch nicht weiter. Dies liegt an der unmöglichen Aufgabenstellung, weil der Berüh-

rungsstrom auf die verschiedenartigste Weise entstehen und wirken kann.

**Körperimpedanz.** Ebenso schwer zu definieren sind die Körperimpedanzen, für die Angaben in IEC 60479-1 gemacht werden. Unter extremen Bedingungen können durchaus AC 10 V, 50 Hz, Herzkammerflimmern auslösen.

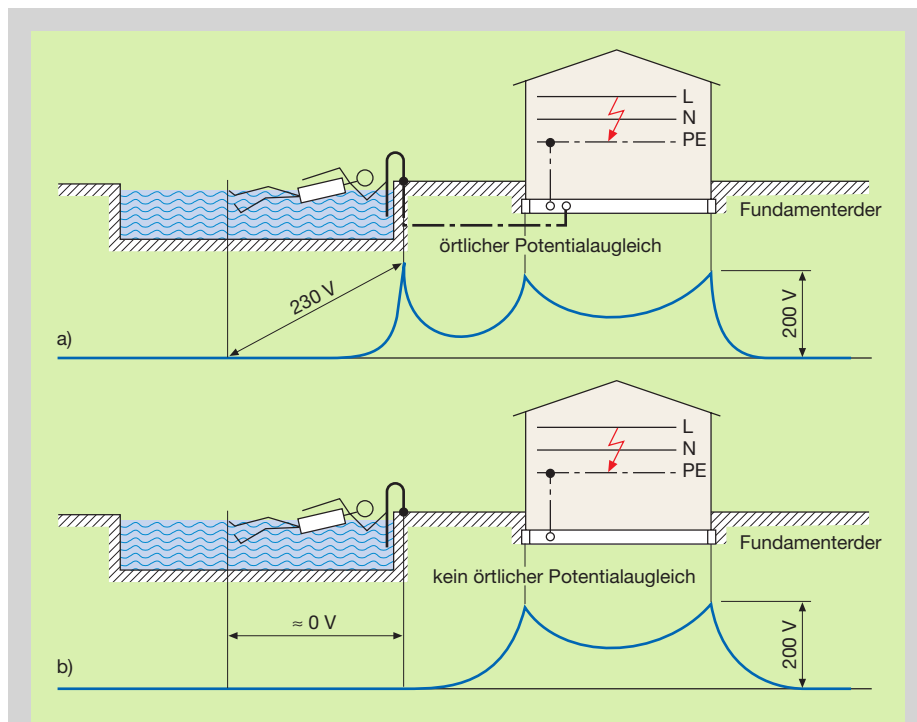
Ganz grob geschätzt kann man dies wie folgt ableiten: Blut hat einen spezifischen Widerstand von rund  $200 \Omega \text{cm} = 2 \Omega \text{m}$ . Ein Zylinder mit 20 cm Durchmesser und einer Höhe von 20 cm hat, wenn er in Längsrichtung durchströmt wird, einen Widerstand von rund  $10 \Omega$ .

Wenn ein Mensch mit schweißnassen Händen von Hand zu Hand durchströmt wird, beträgt seine Körperimpedanz  $Z_T$  (5 %) =  $960 \Omega$  bei Berührungsspannungen bis etwa 25 V. Die Hauptimpedanz liegt in den Armen. Auf den Stromweg Schulter-Schulter entfallen rund 6 %, das sind also etwa  $50 \Omega$ . Für die Durchströmungen Brust-Rücken werden einige hundert Ohm angegeben. Nimmt man  $100 \Omega$  bei schweißnassen großen Berührungsflächen an, dann beträgt der Berührungsstrom bei AC 10 V, 50 Hz,  $I_T = 0,1 \text{ A}$ . Dieser liegt an der Flimmergrenze.

Fällt ein Haartrockner in eine Badewanne, dann fließen bei 230-V-Netzspannung Fehlerströme bis zu etwa 1 A. Ein Teil davon fließt über den Körper des Badenden [1] und verursacht Muskelstarre und Kammerflimmern in wenigen zehn Millisekunden [2].

**Schutz gegen elektrischen Schlag.** Aus dem vorher Gesagten erkennt man, dass die wichtigste Maßnahme beim Schutz gegen schädlichen elektrischen Schlag – vor allem unter extremen Bedingungen – in der Absenkung der Berührungsspannung besteht.

A priori erfolgt dies bei Körperschlüssen bei der **Nullung (TN-System)** durch eine Fehler-spannung  $U_F$ , die unter der Hälfte der Netzspannung liegt und meist sogar nur wenige zehn Volt beträgt. Die berührbare Teil-fehler-spannung  $U_{FP}$  muss dann weiter durch Potentialausgleich als Zusatzschutz auf wenige Volt gesenkt werden. Die Berührungsspannung  $U_T$  ist immer kleiner als  $U_{FP}$  und damit spürt der Badende bei der Nullung kaum eine Elektrisierung während der Fehler-ausschaltung durch die Überstrom-Schutz-einrichtungen. In jedem einzelnen Fall ist dann zu überlegen, wie das elek-trische Strömungsfeld, z. B. im Schwimm-becken, verläuft, um das zugeordnete Gefähr-dungsmodell zu beurteilen. Der Potential-ausgleich ist jedenfalls mit Überlegung zu installieren, weil unter Umständen dadurch Berührungsspannungen sogar vergrößert werden können, wie Bild 1 zeigt. Um in der Badewanne oder im Schwimmbecken auch bei ins Wasser gefallen elektrischen Betriebsmitteln einen Schutz zu gewährleisten, ist ein Zusatzschutz durch Fehlerstrom-Schutzschalter mit einem Nennfehlerstrom



**1 Erhöhung der Gefahr durch den Potentialausgleich in Schwimmbecken (aus [3])**

- a) die metallene Leiter des Schwimmbeckens ist mit dem Potentialausgleich verbunden; der Badende ist gefährdet; die Leiter liegt an einer Fehler-spannung von etwa 200 V mit steilem Spannungstrichter
- b) die metallene Leiter des Schwimmbeckens ist nicht mit dem Hauptpotentialausgleich verbunden; beim Versagen des Fehlerschutzes (z. B. Nichtauslösen eines FI-Schutzschalters) ist der Badende nicht gefährdet, da im Becken nur geringe Potentialunterschiede auftreten

$I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  vorzusehen, wobei deren Auslösezuverlässigkeit eine besondere Bedeutung zukommt.

Wesentlich ungünstigere Verhältnisse liegen bei der **Schutz-Einzel-erdung** (Fehlerstrom-Schutzschaltung, TT-System nach IEC 60364) vor. Durch die hohen Spannungsgradienten, auch bei Vorhandensein eines Potentialausgleichs, können im Schwimmbecken Personen bei Körperschlüssen durchaus gefährdet sein. Im TT-System liegen ja bei Körperschlüssen die Fehler-spannungen im Netz 3 N ~ 400/230 V oft bei 200 V und die Spannungstrichter sind viel steiler als im TN-System. Dies soll abschließend die Beschreibung eines tragi-schen Elektrounfalls zeigen, der sich im bebauten Gebiet südlich von Wien ereignet hat und bei dem zwei Personen getötet wurden.

**Elektrounfall.** Die Anlage war einzeln geerdet und durch einen FI-Schutzschalter geschützt (Fehlerstrom-Schutzschaltung). Im Garten des Einfamilienhauses befand sich ein kleines Schwimmbecken mit Umlaufpumpe. Der Widerstand der Verbrauch-erdung betrug rund  $30 \Omega$ . Im Stromkreis der Umlaufpumpe trat ein Körperschluss auf, wodurch der metallene Wasserauslauf, der in das Schwimmbecken ragte, eine Fehler-spannung von 215 V annahm, bei einem

Fehlerstrom  $I_F$  von rund 7 A. Der FI-Schutzschalter (Nennfehlerstrom 30 mA) löste nicht aus. Die berührbaren Teilfehler-spannungen im Schwimmbecken gegen den Wasserauslauf wurden zwischen 100 V und 170 V gemessen. Als der Anlageninhaber in das Schwimmbecken stieg, erlitt er einen tödlichen elektrischen Schlag. Seine Ehefrau fand ihn nach Stunden leblos im Schwimmbecken. Sie wollte ihn bergen und verunglückte dabei ebenfalls tödlich.

**Literatur**

- [1] Biegelmeier, G.; Rabitsch, G.: Körperströme und Berührungsspannungen in der Badewanne. E.u.M. 103(1986)3, S. 50-59.
- [2] Underwriters Laboratories Inc.: Development of a shock hazard test procedure for underwater swimming pool lighting fixtures. Bulletin of research, Nr. 60.
- [3] Biegelmeier, G., Kiefer, G.; Krefter, K.-H.: VDE-Schriftenreihe „Schutz in elektrischen Anlagen“
  - Band 80: Gefahren durch den elektrischen Strom.
  - Band 81: Erdungen, Berechnung, Ausführung und Messung.
  - Band 82: Schutz gegen gefährliche Körperströme.
  - Band 83: Schutz gegen Überströme und Überspannungen
  - Band 84: Schutz-einrichtungen.

G. Biegelmeier