

Der Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V. (BVS) ist die zentrale Organisation der öffentlich bestellten und vereidigten sowie gleichwertig qualifizierten Sachverständigen in Deutschland.

Allgemeine Hinweise zu den BVS-Standpunkten

BVS-Standpunkte spiegeln die fachliche Meinung der BVS-Sachverständigen in dem Fachbereich, der den jeweiligen Standpunkt erarbeitet hat, wider. Die fachliche Meinung ergibt sich unter Berücksichtigung entsprechender normativer oder gesetzlicher Anforderungen, kann allerdings im Widerspruch zu diesen stehen. Die in dem Standpunkt dargestellten Sachverhalte und ggf. Wertgrenzen ergeben sich auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse oder der Einschätzung einer als sachgerecht zu beurteilenden Gebrauchstauglichkeit.

Die in den Standpunkten aufgeführten Wertgrenzen stellen kein Anforderungsniveau dar. Es handelt sich hierbei um Empfehlungen, die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen.

Bezüglich der Anwendung der Standpunkte wird darauf hingewiesen, dass die BVS-Standpunkte keine technisch eingeführten Normen, auf die in Verträgen Bezug genommen wird, ersetzen können. Ebenso wenig ersetzen sie gesetzliche Vorgaben. Den Mitgliedern im BVS steht es frei, abweichende Meinungen zu vertreten. Bei der Durchführung eines Vorhabens sind somit in jedem Falle gesetzliche Vorgaben, eingeführte technische Bestimmungen und vertraglich vereinbarte Regelwerke zu berücksichtigen. Soll von vorstehenden Vorgaben auf der Grundlage eines Standpunktes abgewichen werden, so ist dieses zwischen den Vertragsparteien zu vereinbaren. Unbenommen hiervon sind gesetzliche Vorgaben und behördlich eingeführte technische Bestimmungen.

Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Der Fachbereich Elektro- und Informationstechnik im BVS diskutiert in Arbeitskreisen Fachthemen die durch Normen, Merkblätter, Richtlinien, usw. nicht ausreichend geregelt sind oder deren besondere Bedeutung

hervorgehoben werden soll.

Das Diskussionsergebnis wird in **Standpunkten** mit konkreten Empfehlungen veröffentlicht.

Der Inhalt dieser Veröffentlichung soll als Richtschnur bei Bewertungen und Beurteilungen herangezogen werden. Kritiken und Anregungen sind ausdrücklich erwünscht.

Mit Wissensfortschreibung werden Standpunkte und Richtlinien in unregelmäßiger Zeitenfolge aktualisiert.

Viele Bereiche technischer und baupraktischer Belange sind nicht oder nur eingeschränkt geregelt; Anforderungen nicht ausreichend definiert.

Bei Sonderkonstruktionen und beim Bauen im Bestand sind technische Regelwerke darüber hinaus häufig nicht anwendbar und es müssen Sonderlösungen gefunden werden.

Je nach Interessenlage der Planer, Ausführenden und Nutzer werden so die Lücken gegebenenfalls auch Widersprüche im Regelwerk unterschiedlich interpretiert und/oder ergänzt.

Vor diesem Hintergrund werden im BVS **Standpunkte** von öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen, die unmittelbar mit vorstehend dargestellten Konflikten konfrontiert sind, erarbeitet.

Dieses dient dem Ziel, eine Empfehlung und Hilfe für Planer, Ausführende und Nutzer auszusprechen, wie in den Fällen, in denen keine hinreichenden Regelwerke vorhanden sind, verantwortungsbewusst gehandelt werden kann. Außerdem sollen besonders bedeutsame technische Regeln besonders hervorgehoben werden.

Die BVS-Standpunkte werden unabhängig von einer Interessenlage erarbeitet.

Impressum

Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e. V.
Charlottenstraße 79/80
10117 Berlin
Download: www.bvs-ev.de
Stand: 01-2020

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Begriffsdefinition
- 3 Gesetzliche Grundlagen
- 4 Anforderungen aus Normen und Richtlinien
- 5 Technische Erläuterungen
- 6 Schlussfolgerungen
- 7 Literatur/Quellen
- 8 Empfehlungen des BVS
Mitwirkende des Arbeitskreises

1 Einleitung

Bei den öffentlichen Niederspannungsnetzen werden in Deutschland zwei unterschiedliche Systeme nach Art der Erdverbindung angewandt: Das TN-System (ca. zu 85 %) sowie das TT-System (ca. 15 %). Die Systeme unterscheiden sich bezüglich der Verantwortlichkeit beim Betrieb des Ortsnetzes, dem Einsatz von Schutzorganen, den Anforderungen an Erdungsanlagen sowie der Zuverlässigkeit des Fehlerschutzes im Hinblick auf den Schutz gegen den elektrischen Schlag. Bei Anlagen mit hohen Leistungen unterscheiden sich die Systeme auch bezüglich der Aufwendungen zur Realisierung des Fehlerschutzes; so sind die Kosten bei einem Anschluss an das TT-System wesentlich höher.

Welches System im Ortsnetz und beim Anschluss der Anlagen der Anschlussnehmer angewendet wird, entscheidet der Netzbetreiber. Die Festlegungen folgen nicht immer physikalischen Begründungen, sondern teilweise auch historischen Gegebenheiten. So kommt es auch vor, dass die Verantwortung für den Schutz gegen den elektrischen Schlag in den Verantwortungsbereich des Anschlussnehmers verlagert wird. Auch ist festzustellen, dass einzelne Netzbetreiber weiter auf der Anwendung des TT-Systems beharren, während andere Zug um Zug vorhandene TT-Systeme in das überwiegend vorteilhaftere TN-System umwandeln.

Bei der Wiedervereinigung Deutschlands war die Anwendung des jeweiligen Netzsystems vom beitretenden Bundesland davon abhängig, welchem Energieversorger das jeweilige Gebiet zugeordnet wurde. So wurde beispielsweise für das Bundesland Thüringen von den betreffenden Netzbetreibern das TT-System festgelegt.

Die Forderungen einzelner Netzbetreiber, Gebäude „wie im TT-System“ anzuschließen, widersprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Diese Forderung hat erhebliche wirtschaftliche und technische Folgen für

die Beteiligten am Markt, insbesondere auch bei rechtlichen Auseinandersetzungen. Für den Errichter von Elektroanlagen ergibt sich am Hausanschlusskasten eine unlogische Farbkennzeichnung von elektrischen Leitern, auf deren Basis das angewandte Netzsystem nicht zu erkennen ist. Es ist daher notwendig, die technischen Aspekte von Systemen nach Art der Erdverbindung sowie die Fehlentwicklungen in diesem Bereich darzustellen und Handlungsempfehlungen zu geben. Die Notwendigkeit bzw. der „Ausführungszwang“ zum Anschluss von elektrischen Anlagen an das TT-System entsprechend den Vorgaben der Netzbetreiber wird kritisch hinterfragt.

2 Begriffsdefinitionen

TN-System: Im TN-System ist ein Punkt direkt geerdet; die Körper (von elektrischen Betriebsmitteln) der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden.

TT-System: Im TT-System ist das Versorgungssystem geerdet; die Körper (von elektrischen Betriebsmitteln) der elektrischen Anlage sind mit Erden verbunden, die unabhängig von den Erden des Versorgungssystems sind.

Fehlerschutz: Schutz gegen elektrischen Schlag unter den Bedingungen eines Einzelfehlers.

Fehlerspannung: Spannung zwischen einer gegebenen Fehlerstelle und der Bezugserde bei einem Isolationsfehler.

Berührungsspannung: Spannung zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen, wenn solche leitfähigen Teile von einem Menschen oder einem Tier nicht berührt werden (unbeeinflusste Berührungsspannung).

Zusätzlicher Schutz: Schutzmaßnahme zusätzlich zum Basisschutz und/oder Fehlerschutz.

Netzbetreiber: Betreiber eines Übertragungs- oder Verteilungsnetzes für elektrische Energie.

Für die weiteren Begriffe gelten die Begriffsdefinitionen der DIN VDE 0100-200 [1].

3 Gesetzliche Grundlagen

3.1 Energiewirtschaftsgesetz

Im **Energiewirtschaftsgesetz [2]** sind die Anforderungen an Energieanlagen festgelegt:

§ 18 Allgemeine Anschlusspflicht

... *„Das Interesse des Anschlussnehmers an kostengünstigen Lösungen ist dabei besonders zu berücksichtigen.“*

§ 19 Technische Vorschriften

„(1) Betreiber von Elektrizitätsversorgungsnetzen sind verpflichtet, unter Berücksichtigung der nach § 17 festgelegten Bedingungen und der allgemeinen technischen Mindestanforderungen nach Absatz 4 für den Netzanschluss von Erzeugungsanlagen, Anlagen zur Speicherung elektrischer Energie in Elektrizitätsverteilernetzen, Anlagen direkt angeschlossener Kunden, Verbindungsleitungen und Direktleitungen technische Mindestanforderungen an deren Auslegung und deren Betrieb festzulegen und im Internet zu veröffentlichen.

[...]

(3) Die technischen Mindestanforderungen nach den Absätzen 1 und 2 müssen die Interoperabilität der Netze sicherstellen sowie sachlich gerechtfertigt und nichtdiskriminierend sein.“

§ 49 Anforderungen an Energieanlagen

„(1) Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

(2) Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von ...

1. Elektrizität die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. ...“

3.2 Netzanschlussverordnung (NAV) [3]

Diese Verordnung regelt die Allgemeinen Bedingungen, zu denen Netzbetreiber nach § 18 Abs. 1 des Energiewirtschaftsgesetzes jedermann an ihr Niederspannungsnetz anzuschließen und den Anschluss zur Entnahme von Elektrizität zur Verfügung zu stellen haben. Diese sind Bestandteil der Rechtsverhältnisse über den Netzanschluss an das Elektrizitätsversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung (Netzanschluss) und die Anschlussnutzung. Das Netzanschlussverhältnis besteht zwischen Anschlussnehmer und dem Netzbetreiber. Der Netzanschluss verbindet das Elektrizitätsversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung mit der elektrischen Anlage des Anschlussnehmers. Er beginnt in der Regel an der Abzweigstelle des Niederspannungsnetzes und endet mit der Hausanschlusssicherung.

§ 5 Herstellung des Netzanschlusses

„(2) Art, Zahl und Lage der Netzanschlüsse werden nach Beteiligung des Anschlussnehmers und unter Wahrung seiner berechtigten Interessen vom Netzbetreiber nach den anerkannten Regeln der Technik bestimmt. Das Interesse des Anschlussnehmers an einer kostengünstigen Errichtung der Netzanschlüsse ist dabei besonders zu berücksichtigen.“

§ 13 Elektrische Anlage

„(1) Für die ordnungsgemäße Errichtung, Erweiterung, Änderung und Instandhaltung der elektrischen Anlage hinter der Hausanschlusssicherung (Anlage) ist der Anschlussnehmer gegenüber dem Netzbetreiber verantwortlich.“

4 Anforderung aus Normen und Richtlinien

Die Anforderungen bzw. Grundsätze im Hinblick auf die Schutzmaßnahmen sind in den Normen DIN VDE 0100-100 [4], DIN VDE 0100-410 [5], VDE 0100-540 [6] und VDE 0100-600 [7] dargelegt.

In den Technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber (TAB) [8] werden insbesondere die Handlungspflichten der Netzbetreiber, Errichter, Planer und Betreiber von Anlagen festgelegt. Aktuell sind diese auch in die VDE-AR-N 4100 [9] aufgenommen worden.

5 Technische Erläuterungen

5.1 Systeme nach Art der Erdverbindungen

Die Systeme der Wechselstromversorgung lassen sich in zwei Teile unterscheiden:

1. der „**speisende**“ Teil, in der die Erzeugung/Verteilung der elektrischen Energie durch den NB erfolgt (Verteilungsnetz), und
2. der „**verbrauchende**“ Teil, in der die Elektroanlagen der Gebäude der Anschlussnehmer (AN) betrieben werden (Verbraucheranlage).

5.2 Betrachtung der Verteilungsnetze

Unsere Wechselstromsysteme (Einphasen-, Dreiphasen-/Drehstromsysteme) werden hinsichtlich der Erdverbindungen in unterschiedliche Typen gegliedert. Diese Typen werden mit zwei Buchstaben als Kurzzeichen benannt (z. B. TN-System, TT-System). Das erste Kurzzeichen bezieht sich auf die Erdung eines aktiven Leiters an der speisenden Stromquelle des NB (z. B. am Sternpunkt des einspeisenden Transformators), das zweite auf die Verbindung der Körper der Betriebsmittel (z. B. Metallgehäuse) der Gebäudeinstallationen beim Anschlussnehmer (AN) zur Erde (TT-System) oder zum vorgenannten Erdungspunkt an der Stromquelle des NB (TN-System).

Beim TN-System wird der Neutralleiter an der speisenden Stromquelle (Transformator des NB) direkt geerdet (meist geerdeter Sternpunkt, Betriebserder). Die Körper der Betriebsmittel (z. B. metallische Gehäuse) der Gebäudeinstallation beim AN werden über Schutzleiter (PE oder/und PEN) mit dem Erdungspunkt an der speisenden Stromquelle direkt verbunden (Bild 1). Im TN-System fließt der Fehlerstrom im Fehlerfall bei einem Körperschluss direkt über den Schutzleiter zum Sternpunkt

der Stromquelle. Zu diesem Zweck wird der Schutzleiter der Anlage sowie die Haupterdungsschiene mit dem PEN-Leiter am Hausanschlusskasten verbunden.

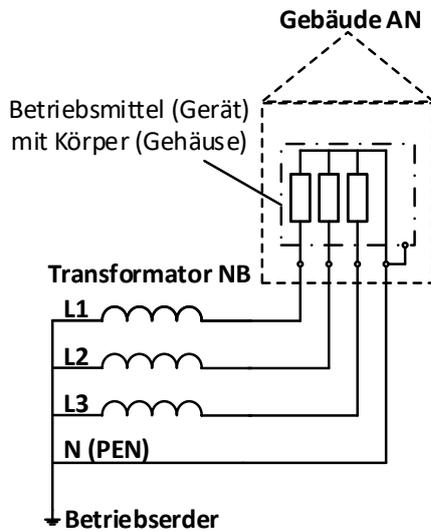


Bild 1: TN-System (gemäß DIN VDE 0100-100)

Beim TT-System wird der Neutraleiter an der speisenden Stromquelle (Transformator des NB) direkt geerdet (meist geerdeter Sternpunkt, Betriebserder). Die Körper der Betriebsmittel der Gebäudeinstallation beim AN werden mit einem eigenen Erder vor Ort verbunden (Anlagenerder). Im TT-System sind somit zwei voneinander unabhängige Erder vorhanden (Bild 2).

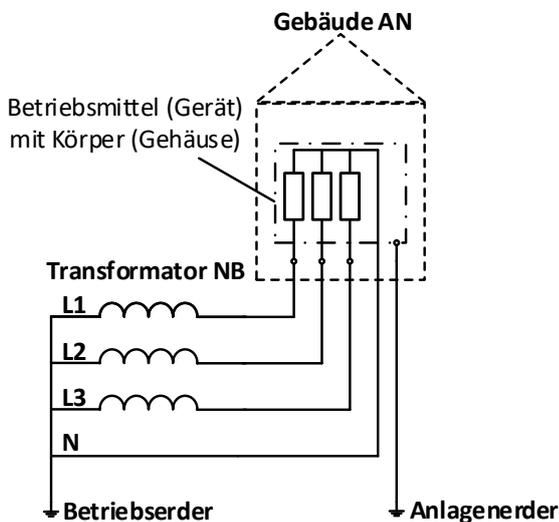


Bild 2: TT-System (gemäß DIN VDE 0100-100)

Im TT-System fließt im Fehlerfall bei einem Körperschluss der Fehlerstrom über die Verbindung des Körpers mit dem Anlagenerder über das Erdreich. Zur Realisierung der Schutzmaßnahme werden die Schutz- und Potentialausgleichsleiter mit einer Erdungsanlage (Anlagenerder) verbunden.

5.3 Geschichtlicher Hintergrund

Das TT-System wurde ursprünglich als Schutzerdung bezeichnet und ist seit ca. 1900 die erste elektrotechnische Schutzmaßnahme (der Begriff Schutzerdung

wurde neu definiert). Dabei wurde am Transformator des Netzbetreibers (NB) ein Leiter, meist der Sternpunkt, mit dem Erdreich verbunden. Jeweils an den Gebäuden der Anschlussnehmer (AN) wurden weitere Erder installiert, mit denen die Körper der Betriebsmittel (metallische Gehäuse der Geräte) verbunden waren. Bei einem sogenannten Fehler durch Körperschluss, einer unerwünschten Verbindung zwischen einem Phaseleiter mit dem Gehäuse, kam ein Fehlerstrom zum Fließen, welchem sich folgende elektrische Widerstände „entgegenstellten“ (Fehlerschleife): Erdungswiderstand R_A (Anlagenerder) an der Gebäudeanlage, Erdungswiderstand R_B (Betriebserder) am Transformator des Netzbetreibers, Widerstand des Außenleiters bis hin zum Körperschluss sowie der Erdungsleiter/Schutzleiter bis zum Anlagenerder (Bild 3).

In 1914 gab es erste Überlegungen zur Nutzung metallischer Objekte zur Rückführung des Fehlerstromes [10]; diese Netzform wurde später „Nullung“ und wird heute TN-System genannt. Das TN-System ist weltweit das am häufigsten genutzte System [11]. In der ehemaligen DDR wurde in 1982 quasi das TN-System flächendeckend eingeführt [12]; trotzdem wurde 1997 von regionalen Netzbetreibern in Thüringen eine Umstellung von TN- auf TT-Systeme angekündigt und gefordert [13]. In 1992 ist in Deutschland die Forderung weggefallen, TT-Systeme in landwirtschaftlichen Betriebsstätten zu betreiben [14]. In Österreich wurde 1998 die sogenannte Nullungsverordnung veröffentlicht; mit einer 10-jährigen Übergangsfrist wurden dabei grundsätzlich alle Ortsnetze sowie Gebäudeanschlüsse für einen Anschluss an das TN-System ertüchtigt [15]. Aktuell werden in Deutschland von einigen Netzbetreibern vorhandene TT-Systeme in TN-Systeme umgewandelt bzw. wird der Anschluss den Anschlussnehmern freigestellt (z.B. RWE [16], [17]). Andere Netzbetreiber fordern nach wie vor den Anschluss von Gebäudeanlagen wie im TT-System.

5.4 Realisierung des Fehlerschutzes

Die Reihenschaltung von Erdungsanlagen beim **TT-System** hat einen hohen elektrischen Widerstand der „Fehlerschleife“, einen nur geringen Fehlerstrom und eine lange Zeitdauer bis zum Auslösen der Schmelzsicherung zur Folge. Damit liegt eine erhöhte Gefährdung beim Berühren des fehlerhaften Gerätes und dem gesamten Schutz- und Potentialausgleichssystem vor, denn diese hängt nicht nur von der Höhe des durch den menschlichen Körper fließenden Stromes ab, sondern insbesondere auch von der Zeitdauer. Besonders im Sommer bei Trockenheit und im Winter bei Dauerfrost ist es beinahe unmöglich, einen akzeptablen Fehlerschutz mit Sicherungen zu realisieren. Grundsätzlich macht dies den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen notwendig. Nachteilig ist auch die sehr hohe Fehlerspannung, welche bei der Schutzerdung bis zu ca. 200 V betragen kann und eine erhebliche Zeit vorliegt.

Beim **TN-System** liegt durch die Nutzung metallischer Leiter zur Fortleitung des Fehlerstromes ein so geringer Widerstand vor, dass der Fehlerschutz problemlos mit Sicherungen zu realisieren ist. In der Regel beträgt die Fehlerspannung bis zum Auslösen der Sicherung lediglich ca. 115 V.

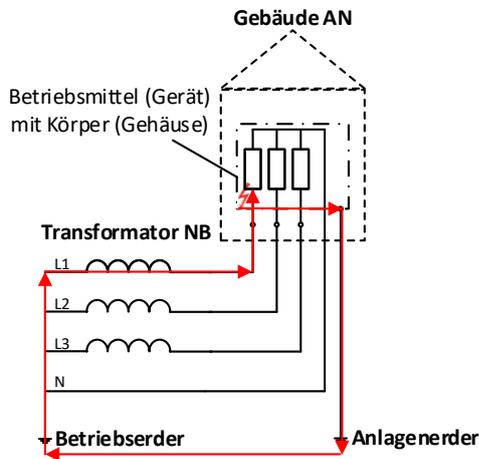


Bild 3: Fehlerstrom bei der Schutzterdung; der Strom fließt über den Anlagenerder und über den Betriebserder

Im **TT-System** basiert der Fehlerschutz grundsätzlich auf dem Funktionieren einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung. Problematisch hierbei ist, dass bei diesem komplexen elektromechanischen Schutzgerät das Schaltschloss mit einer sehr geringen Leistung ausgelöst wird. Wird die Mechanik des Schutzgerätes über einen längeren Zeitraum nicht bewegt, kann es im Fehlerfall zu einer Fehlfunktion mit Nichtauslösen kommen. Die Hersteller der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen schreiben daher das regelmäßige Auslösen durch Betätigen der Testtaste vor. Bei einem Körperschluss und Fehlfunktion des Schutzgerätes liegt im TT-System auf dem gesamten Schutz- und Potentialausgleichssystem eine dauerhafte Fehlerspannung von 190 - 220 Volt an [18]. Die installierten Leitungsschutzschalter lösen wegen zu geringem Fehlerstrom nicht aus. Dies war ein wichtiger Grund für Österreich, in 1998 die Nullungsverordnung zu verabschieden. Da es keine zentrale Erfassung von Elektrounfällen gibt, ist derzeit nicht bekannt, welche Ausfallrate bei solchen Schutzgeräten vorliegt bzw. wie viele Geräte mit Herstellerfehlern im Einsatz sind, die nicht mehr funktionieren. Hinzu kommt, dass noch alte Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vom Typ AC mit zweifelhaftem Auslöseverhalten im Einsatz sind. Problematisch ist im TT-System auch der Anschluss von Anlagen mit hoher Leistung (z.B. Photovoltaik-Anlagen, Biogasanlagen, Kälteanlagen usw.). Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind bei hohen Betriebsströmen kostenintensiv; bei sehr hohen Strömen müssen Differenzstrommesssysteme eingesetzt werden, welche auf einen Leistungsschalter wirken. Entsprechende Schutzgeräte müssen im TT-System in einer Schutzklasse 2 – Umgebung installiert werden.

Im **TN-System** wird der Fehlerschutz in den Gebäudeanlagen in der Regel mit Leitungsschutzschaltern realisiert. Als zusätzlicher Schutz werden heute zunehmend Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zusätzlich vorgesehen. Bei einem Körperschluss und Ausfall der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung kann der Leitungsschutzschalter problemlos auslösen, da ein entsprechend hoher Fehlerstrom vorliegt. Somit liegt im TN-System quasi ein Backup-Schutz vor. Im Ortsnetz ist der Netzbetreiber verpflichtet, die Bedingungen nach $R_B/R_E \leq 50(U_0-50)$ zu erfüllen [19].

R_B der Erderwiderstand in Ω aller parallelen Erder

R_E der kleinste Widerstand in Ω von fremden leitfähigen Teilen, die sich in Kontakt mit Erde befinden und nicht mit einem Schutzleiter verbunden sind und über die ein Fehler zwischen Außenleiter und Erde auftreten kann

U_0 die Nennwechselspannung in V Außenleiter gegen Erde

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein entsprechender Fehler mit Auswirkung gemäß o.a. Gleichung heute kaum noch eine Rolle spielt, da viele Ortsnetze inzwischen verkabelt bzw. Freileitungen mit Bündelkabel installiert sind.

5.5 TT-Systemzwang in Thüringen

Die ehemalige DDR hatte weitestgehend eine Umstellung auf das TN-System vollzogen (1984/DDR/TGL 9552/06:1984-07). Durch die „Neuaufteilung“ der Energieversorgung nach der Wende wurde dieser Versorgungsbereich Netzbetreibern zugeschlagen, welche die Realisierung eines TT-Systems vorsahen. In einer hohen Anzahl von Gebäuden lag zu diesem Zeitpunkt noch die sogenannte „klassische Nullung“ vor; d.h. die Leitungen bis zur Steckdose waren nur zweifach ausgeführt. Prinzipiell mussten daher in einem Ortsnetz erst alle Gebäudeinstallationen an die Erfordernisse eines TT-Systems angepasst werden (Installation von 3-adrigen Leitungen, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sowie Erdungsanlagen), ehe die vollkommene Systemumstellung vollzogen war. Die Folge waren hingegen langwierige und teilweise problematische Übergangslösungen, die von den Installateuren rechtsverbindlich mit den Netzbetreibern abgestimmt werden mussten.

5.6 Nullungsverordnung in Österreich

Der Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten hatte in 1998 die Nullungsverordnung für Österreich per Bundesgesetzesblatt erlassen. Ziel war es, die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Schutzmaßnahmen zu erhöhen und im Konsens mit den österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVUs) grundsätzlich alle öffentlichen Verteilungsnetze mit einer Nennspannung von 400/230 V künftig nullungsfähig, d. h. einheitlich als TN-System auszubauen. Alle nach dem 1.1.1999

neu zu errichtenden öffentlichen Verteilungsnetze mussten für die Anwendung der „vergleichsweise zuverlässigen und kostengünstigen Schutzmaßnahme Nullung“ freigegeben werden. Bestehende öffentliche Verteilungsnetze, in denen die Nullung bisher noch nicht angewendet werden durfte, mussten in einem vorgegebenen Zeitraum geprüft und einschränkungslos für die Anwendung der Nullung in den Verbraucheranlagen – selbst für landwirtschaftliche Anwesen mit Nutztierhaltung (!) – freigegeben werden. Bis zum 31.12.2008 waren die Maßnahmen abzuschließen; ein „Zurückbleiben hinter der Planung“ musste ausdrücklich begründet werden [15].

5.7 Regelwerke und Praxis der TT-Systeme in Deutschland

Die Systeme nach Art der Erdverbindung sind in der DIN VDE 0100-100 geregelt bzw. beschrieben:

„Im TT-System ist nur ein Punkt direkt geerdet und die Körper (von elektrischen Betriebsmitteln) der elektrischen Anlage sind mit Erden verbunden, die unabhängig von den Erden ... des Versorgungssystems sind“ (Bild 4).

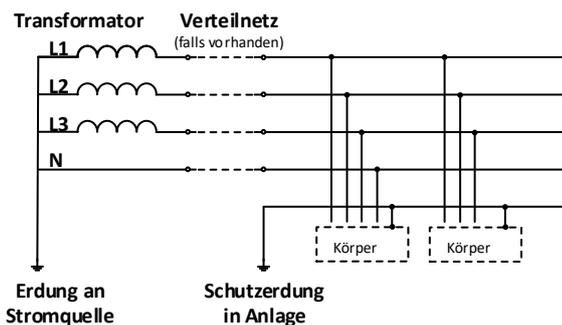


Bild 4: TT-System nach DIN VDE 0100-100

In allen dem Arbeitskreis bekannten Ortsnetzen wird der N-Leiter zur Sternpunkt-Erdung an den Straßenverteilern bzw. an Einrichtungen der Straßenbeleuchtung zusätzlich geerdet. Damit liegt kein N-Leiter, sondern ein PEN-Leiter vor, der auch Schutzfunktionen übernimmt! Es handelt sich somit um ein TN-System! Es gibt Fälle, bei denen von den Netzbetreibern der N-Leiter am Hausanschluss mit einer Erdungsanlage verbunden wird (z.B. Bandstahl im Kabelgraben des Gebäudeeinführungskabels) um dann vom Anschlussnehmer bzw. Errichter der Gebäudeanlagen zu fordern, den Anschluss wie im TT-System vorzunehmen. Dies ist normenkonform jedoch nicht möglich, da gemäß DIN VDE 0100-200; 826-13-07 ein unabhängiger Erder wie folgt definiert ist [1]:

„Erder, der sich in einem solchen Abstand von anderen Erden befindet, dass sein elektrisches Potential nicht nennenswert von Strömen zwischen Erde und den anderen Erden beeinflusst wird“.

Diese Praxis wird vom BDEW, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft stark kritisiert [20]:

„Echte TT-Systeme wird es m.E. in Deutschland kaum geben. Denkbar wären solche Systeme zur Versorgung abgelegener einzelner elektrischer Verbraucheranlagen, z.B. einzelne Gehöfte, die über eine gewisse Entfernung mit einer Freileitung direkt aus einem sogenannten »Masttransformator« versorgt werden. Doch selbst in einem solchen System ist der Neutralleiter nicht nur am Sternpunkt des Transformators geerdet, sondern häufig auch noch einmal am letzten Mast vor Eintritt in das zu versorgende Gebäude. Damit handelt es sich hier eben auch nicht um ein TT-System, sondern um ein TN-System“.

„Falsch dagegen ist es, davon zu sprechen, dass eine elektrische Verbraucheranlage, die aus einem Verteilungsnetz (TN-System) mit kombiniertem Neutral- und Schutzleiter versorgt wird, ab dem Übergabepunkt (HAK) im TT-System ausgeführt werden soll. Der Begriff »System nach Art der Erdverbindung« erlaubt solche Anlagen nicht. Entweder es wird ein TN-System angewendet oder es kommt ein TT-System zu Einsatz. ...“.

In den TAB bzw. der VDE-AR-N-4100 ist jeweils angegeben: „Der Netzbetreiber erteilt Auskunft über das vorhandene Netzsystem“. Folgerichtig müssten die Netzbetreiber dem Errichter zur Auskunft geben, dass im Ortsnetz ein TN-System vorhanden ist; andernfalls läge eine fehlerhafte Auskunft mit erheblichen Auswirkungen für Installation beim Anschlussnehmer vor.

5.8 Farbkennzeichnung von elektrischen Leitern

Die Farbkennzeichnungen sind in [21] festgelegt:

- Neutralleiter oder Mittelleiter müssen über ihre gesamte Länge durch die Farbe Blau gekennzeichnet sein.
- Schutzleiter müssen über ihre gesamte Länge Grün-Gelb gekennzeichnet sein.
- PEN-Leiter müssen, wenn sie isoliert sind, durch eine der folgenden Verfahren gekennzeichnet sein:
 - grün-gelb über die gesamte Länge, zusätzlich mit blauer Markierung an den Leiterenden, oder
 - blau über die gesamte Länge, zusätzlich mit grün-gelber Markierung an den Leiterenden

Gleichzeitig werden folgende Ausnahmen gewährt:

- Für Deutschland ist nach Entscheidung des Komitees 221 „Elektrische Anlagen und Schutz gegen elektrischen Schlag“ die Variante der durchgehend hellblauen Kennzeichnung für PEN-Leiter nicht zulässig, es sei denn, öffentliche oder damit vergleichbare Verteilungsnetze werden von TT-System in TN-System geändert.
- Die zusätzliche blaue Markierung an den Enden durchgehend grün-gelb gekennzeichneten PEN-Leiter darf entfallen bei Kabeln und Leitungen, die in öffentlichen und damit vergleichbaren anderen Verteilungsnetzen, z. B. in der Industrie, eingesetzt werden.

Für den Elektrofachmann ergibt sich dadurch vor Ort die Problematik, dass anhand der Farbkennzeichnung am Gebäudeeinführungskabel die Netzform nicht zu erkennen ist; es ist daher vor jeder Arbeitsaufnahme notwendig, die Netzform beim Netzbetreiber zu erfragen.

5.9 Medizinische Einrichtungen

In medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 ist die Anwendung des TT-Systems nicht zulässig [22]. Dies betrifft Anwendungsteile wie intrakardiale Verfahren oder lebenswichtige Behandlungen und chirurgische Operationen, wo eine Unterbrechung der Stromversorgung Lebensgefahr verursachen kann. Dies führt zu kostenintensiven Installationen von Trenntransformatoren mit Anwendung des TN-S-Systems bzw. IT-Systems.

5.10 Betrieb von Frequenzumrichter

Das TT-System macht grundsätzlich die Installation einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung notwendig. Bei Anschluss von Betriebsmitteln, welche den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen/Typ B mit erweitertem Frequenzbereich erfordern, müssen sehr niedrige Erdungswiderstände erreicht werden. Hierbei darf nicht der Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N}$ sondern es muss der maximale Auslösestrom $I_{\Delta Amax}$ im entsprechenden Erfassungsfrequenzbereich herangezogen werden.

Gemäß dem Zusammenhang $R_E = U_B / I_{\Delta Amax}$ ist dann der maximal zulässige Erdungswiderstand R_E zu berechnen. Als zulässige Berührungsspannungen U_B sind dabei die für 50 Hz bekannten Werte 50 V bzw. 25 V zugrunde zu legen. Hierbei können sich so niedrige Erdungswiderstände ergeben, welche auch bei Trockenheit und Frosteinwirkung dauerhaft nur mit erhöhtem Aufwand zu realisieren sind.

5.11 Ladeeinrichtungen für die E-Mobilität

Im Hinblick auf das künftig veränderte Mobilitätsverhalten durch den Anstieg der Elektrofahrzeuge wird in den nächsten Jahren die Ladeinfrastruktur in erheblichem Maße auszubauen sein.

Es ist weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll, für Ladestrukturen, die unmittelbar aus dem Ortsnetz versorgt werden sollen, generell – so wie dies bereits einige Netzbetreiber in ihren Richtlinien verlangen – eine eigenständige Erdungsanlage zu fordern. In dicht bebauten Gebieten sind Erdungsanlagen technisch kaum umsetzbar.

Die Entscheidung für eine Erdungsanlage hängt von mehreren Faktoren (Standort, Blitzrisiko, Dimensionierungen, Netzform, andere Infrastrukturen etc.) ab, die in eine Einzelfallbetrachtung einzubeziehen sind [23].

Bei direktem Anschluss von Ladesäulen an das Ortsnetz ist im TT-System immer eine aufwändige Erdungsanlage notwendig. Im TN-System kann eine Ladesäule

auch ohne Erdungsanlage betrieben werden. TT-Systeme stellen für Betreiber von Ladeeinrichtungen einen Wettbewerbsnachteil dar.

5.12 Überspannungsschutz

Bei der Installation von Überspannungsschutzgeräten sind im TT-System zusätzliche Anforderungen zu erfüllen, um Fehlauflösungen sowie Beschädigungen durch Blitz- bzw. Blitzteilströme an vorgelagerten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zu vermeiden. Dies kann zu höheren Kosten bei der Planung, Komponentenauswahl von Überspannungsschutzgeräten als auch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen führen (z.B. mit erhöhter Stromstoßfestigkeit) [24]. Außerdem muss im TT-System von höheren „Restspannungen“ ausgegangen werden [25].

5.13 Vor- und Nachteile TT- und TN-Systeme

Vorteile TT-System:

- kaum Streuströme; „bedingt EMV-freundlich“
- N-Leiter-Bruch = ohne Auswirkung auf Personenschutz
- für Netzbetreiber geringere Verantwortung

Nachteile TT-System:

- hoher Aufwand für automatische Abschaltung im Fehlerfall/Fehlerschutz
- hoher Aufwand durch Notwendigkeit der Schutzklasse 2 - Umgebung
- hohe Fehlerspannung im Fehlerfall bis zur Abschaltung auf dem gesamten Schutz- und Potentialausgleichssystem
- durch hohe Berührungsspannung wird der Hautwiderstand herabgesetzt
- kein Backup-Schutz bei Versagen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (ein Schutzorgan = Fehlerschutz)
- Fehlerschutz nur mit Erdung möglich
- Vermaschung der Gebäude-Erder zur Verbesserung der Netzbedingungen (Betriebserder R_B) ist nicht möglich
- keine Selektivität d. zentr. Einbau RCD
- Überspannungsschutz aufwändiger + höhere „Restspannung“
- TT-System bei dichter Bebauung nicht möglich
- TT-System bei metallenen Versorgungsleitungen nicht möglich
- In vielen Anlagen finden keine regelmäßigen Prüfungen statt; mit dem Versagen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung muss gerechnet werden

Vorteile TN-System:

- TN-S-System „EMV-freundlich“
- geringere Berührungsspannung im Fehlerfall bis zur Abschaltung
- geringerer Aufwand für automatische Abschaltung im Fehlerfall
- Fehlerschutz durch Schutzorgane in Reihenschaltung

- Backup-Schutz bei Versagen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
- Fehlerschutz ist ohne Erdungsanlage möglich
- höhere Selektivität beim Fehlerschutz d. einzelne Schutzorgane in Endstromkreise
- Überspannungsschutz: geringerer Aufwand + geringere „Restspannung“

Nachteile TN-System:

- TN-C-System, TN-C-S-System; „nicht EMV-freundlich“
- PEN-Leiter-Bruch = mit Auswirkung auf Personenschutz (nur bei fehlendem Potentialausgleich)
- für Netzbetreiber größere Verantwortung (Einhaltung der Spannungsabweichung)

6 Schlussfolgerung

6.1 Kritikpunkte

1. Die derzeitigen Ausführungen der TT-Systeme entsprechen aus Sicht des BDEW und der Verfasser grundsätzlich nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik.
2. Die Auskünfte der Netzbetreiber, dass TT-Systeme im Ortsnetz vorhanden sind, sind vor dem Hintergrund der tatsächlich vorliegenden Erdungsverhältnisse fragwürdig.
3. Der Fehlerschutz im TT-System erscheint zweifelhaft; bei Ausfall der gegenüber dem Leitungsschutzschalter vergleichsweise komplexen Fehlerstrom-Schutzeinrichtung liegt kein Fehlerschutz vor. Dies bedeutet Gefahr für Leib und Leben; auch der Sachschutz ist nicht mehr gegeben!
4. Der Fehlerschutz ist im TT-System aufwändiger - insbesondere bei Anlagen/Betriebsmittel mit hohen Betriebsströmen.
5. TT-Systeme sind in der Regel aus administrativen bzw. historischen und nicht aus technischen Gründen festgelegt worden; grundsätzlich ist – wie beim TN-System – auch im TT-System der Transformatorsternpunkt geerdet.
6. TT-Systeme widersprechen aus Sicht der Verfasser den Anforderungen gem. EnWG und der NAV, welche vorsehen, die Wahrung des berechtigten Interesses der Anschlussnehmer nach kostengünstiger Errichtung der Netzanschlüsse zu berücksichtigen.
7. TT-Systeme sind ein Hemmnis im Hinblick auf den Ausbau der Ladeinfrastruktur zur E-Mobilität, regenerativer Einspeiser und den Betrieb medizinischer Einrichtungen in der Fläche, da ein erheblicher und erhöhter Aufwand für Fehlerschutz, Erdungsanlagen und sonstiger Betriebsmittel notwendig ist.

7 Literatur

- [1] DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200): 2006-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 200: Begriffe – IEC 60050-826:2004, modifiziert)
- [2] EnWG (2005, zuletzt geändert am 17.12.2018) Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)
- [3] NAV (2006, zuletzt geändert am 17.12.2018) Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung-NAV)
- [4] DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
- [5] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2018-10 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
- [6] DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2012-06 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter
- [7] DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600):2017-06 Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 6: Prüfungen
- [8] Technische Anschlussbedingungen TAB 2019 für den Anschluss an das Niederspannungsnetz, Stand: Februar 2019, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- [9] VDE-AR-N 4100:2019-04 Technische Anschlussregeln für die Niederspannung, herausgegeben vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
- [10] Müller, R.: Handbuch der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in Niederspannungsanlagen; VEB Verlag Technik Berlin, 1970
- [11] Rudolph, W.: Einführung in die VDE; VDE-Schriftenreihe 39, 2. Auflage 1999
- [12] DDR-Standard TGL 9552/06:1984-07: Wohngebäude, Elektrotechnische Anlagen; Verlag für Standardisierung, Leipzig
- [13] K. Bödeker, Berlin: ep Elektropraktiker 51 (1997), „Zeitgemäße Elektroinstallation“, Umstellung vom TN-S-System zum TT-System; Übergangslösungen, Huss Verlag
- [14] DIN VDE 0100-705:1992-10: Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1.000 V; Landwirtschaftliche und gartenbauliche Anwesen

- [15] ep Elektropraktiker 53 (1999), Nullungsverordnung für Österreich, Huss-Verlag
- [16] Ruhoff, Paul: Einführung des TN-Systems bei RWE, Vortrag vom 26.02.2010 (RWE Westfalen-Weser-Ems Verteilnetz), <https://docplayer.org/9145042-Einfuehrung-des-tn-system-bei-rwe.html> [20.05.2019]
- [17] LSW Netz: Umstellung TT- auf TN-System, 07/2017, Herausgeber: LSW Netz GmbH & Co.KG, 38432 Wolfsburg, https://www.lsw-netz.de/fileadmin/user_upload/lsw-netz/strom/themenseite/Netzumstellung_TT-TN_Juli_2017.pdf [20.05.2019]
- [18] Kiefer, Gerhard; Schmolke, Herbert: VDE 0100 und die Praxis, Abs. 5.1.2; 16. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, ISBN 978-3-8007-4344-5, VDE-Verlag Verlag GmbH
- [19] DIN VDE 0100-410:2018-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- [20] de Der Gebäudetechniker 08/2010 Hüthig und Pflaum Verlag
- [21] DIN VDE 0100-510:2014-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen
- [22] DIN VDE 0100-710:2012-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Medizinisch genutzte Bereiche
- [23] BVS-Standpunkt Fundamentender Erdungsanlagen 05-2019 Bezugsquelle: <https://www.bvs-ev.de/downloads/bvs-standpunkte-richtlinien/>
- [24] Blitzplaner: 3. Aktualisierte Auflage, DEHN + SÖHNE, 92306 Neumarkt, ISBN 978-3-9813770-0-2
- [25] Biegelmeier, Kiefer, Krefter: Schutz gegen elektrischen Schlag; VDE-Schriftenreihe Nr. 83, VDE-Verlag, 2001, Seite 137

- [26] <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/DieBundesnetzagentur/UeberdieAgentur/Aufgaben/aufgaben-node.html> [06.05.2019]

8 Empfehlungen des BVS

1. Die Auskünfte der Netzbetreiber sind kritisch zu hinterfragen.
2. Sofern der Netzbetreiber angibt, dass im Ortsnetz ein TN-System vorliegt, ist der Anschluss an das Niederspannungsnetz entsprechend auszuführen.
3. Sofern der Netzbetreiber auf einen Anschluss „wie im TT-System“ besteht, sollte die Bundesnetzagentur hinzugezogen werden. Die Bundesnetzagentur ist die Regulierungsbehörde u.a. für den Bereich der Elektrizität und gewährleistet eine möglichst sichere, preisgünstige und verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche Energieversorgung [26].
4. Bei Unklarheiten bzw. Streitigkeiten wird grundsätzlich empfohlen, die Bundesnetzagentur einzuschalten.

Hinweis/Netzzugang:

In der Beschlusskammer 6 der Bundesnetzagentur werden Regulierungsentscheidungen u.a. in Netzzugangungsverfahren getroffen. Die Bundesnetzagentur ist zuständig, wenn es zu unterschiedlichen Auslegungen im Hinblick auf § 19 und § 20 des EnWG (sachlich gerechtfertigte, diskriminierungsfreie technische Mindestanforderungen) zwischen Netzbetreiber und Letztverbrauchern kommt.

Der Bundesfachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik wird die Bundesnetzagentur formal aufrufen, die derzeitige Praxis der weiterhin vereinzelt Verwendung von TT-Netzen zu prüfen und nachfolgend zu beenden; Im Sinne einer möglichst sicheren, preisgünstigen und verbraucherfreundlichen Energieversorgung sollte flächendeckend das TN-System eingeführt werden.

Leiter des Arbeitskreises „Systeme in Niederspannungsnetzen“

Mitwirkende des Arbeitskreises

Prof. Dr.-Ing. **Dirk Brechtken**, öbuv Sachverständiger für elektrische Anlagen der Energietechnik bis 36 kV
54329 Konz
Telefon +49 6501 / 60 02 89 - E-Mail: brechtken@prof-brechtken.de

Peter Gabler, öbuv Sachverständiger für Schäden durch Überspannung an elektronischen Systemen sowie elektromagnetische Verträglichkeit in der technischen Gebäudeausrüstung
71691 Freiberg am Neckar
Telefon +49 7141 / 75 310 - E-Mail: info@sv-gabler.de

Martin Schauer, öbuv Sachverständiger für das Elektrotechnikerhandwerk und elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder
97074 Würzburg
Telefon +49 931 / 70 28 80 - E-Mail: mail@sv-schauer.de

Georg Dachs, öbuv Sachverständiger für Elektroinstallateur- Handwerk
81547 München
Telefon +49 89 / 69 34 08 16 - Mail: georg-dachs@elektro-gutachter.com

Prof. Dipl.-Ing. **Dieter Gruner**, öbuv Sachverständiger für Systeme und Anwendungen in der Informationsverarbeitung im Bereich der Prozessautomation
01099 Dresden
Tel. +49 351 417 988 98 - Email: dieter.gruner@web.de



Bundesverband öffentlich
bestellter und vereidigter
sowie qualifizierter
Sachverständiger e. V.



Bundesgeschäftsstelle

Charlottenstraße 79/80
10117 Berlin

T + 49 (0) 30 255938 0

F + 49 (0) 30 255938 14

E info@bvs-ev.de

I www.bvs-ev.de