

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 91 (2000)

Heft: 23

Artikel: Magnetfelder reduzieren

Autor: Arnold, Martin / Lowack, Henrik

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855625>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Magnetfelder reduzieren

Massnahmen zur Umsetzung der NISV im Transformatorenstationenbau

Die Verordnung über nichtionisierende Strahlung (NISV) ist seit dem 1. Februar 2000 in Kraft. Die Verordnung bestimmt Grenzwerte für Emission und Immission elektromagnetischer Felder bis 300 GHz. Ausserdem werden die Geltungsbereiche sowie die Massnahmen für Neu- und Altanlagen und Sanierungsfristen festgelegt. Dieser Beitrag analysiert, welche Auswirkungen sich für Bau und Sanierung von Transformatorstationen ergeben. Dabei werden der Transformator und die Niederspannungshauptverteilung als Gesamtsystem betrachtet.

Seit dem 1. Februar 2000 ist die vom Bundesrat am 23. Dezember 1999 beschlossene Verordnung (NISV; SR 814.710) in Kraft. Die vorangegangene Vernehmlassung war äusserst rege gewesen und von den Medien, insbesondere was den Geltungsbereich der Sendeanlagen für den Mobilfunk betraf, nicht immer objektiv kommentiert worden. Auch in der Fachpresse äusserten sich Fachleute

Adresse der Autoren

Martin Arnold; Henrik Lowack, Dipl. El.-Ing. ETH, Arnold Engineering und Beratung, 8152 Opfikon Zürich
E-Mail: arnoldeub@swissonline.ch

und Organisationen zu den verschiedenen Geltungsbereichen wie Freileitungen, Unterwerke und Transformatorenstationen. Beim Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek) gingen fast 300 Stellungnahmen ein. Vergleicht man die vom Bundesrat genehmigte Verordnung mit der Vernehmlassungsfassung vom Februar 1999, dann stellt man fest, dass die rund zehn Seiten umfassende Definition

der Freihaltebereiche in der aktuellen Fassung der Verordnung weggefallen sind. Stattdessen werden Anlagegrenzwerte festgelegt, das heisst Werte, die dort eingehalten werden müssen, wo sich Menschen längere Zeit aufhalten.

Die nun vorliegende Verordnung ist Bestandteil des Umweltschutzgesetzes (USG; SR. 814.01). Sie schliesst eine wichtige Gesetzeslücke. Im Artikel 1 wird als Zweck formuliert, dass sie Menschen vor schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung schützen soll.

Nichtionisierende Strahlung muss im Sinne der Vorsorge so weit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, mindestens aber so, dass sie für Mensch und Umwelt weder schädlich noch lästig wird.

Für den Geltungsbereich Transformatorenstationen sind die im Kasten I aufgeführten Auszüge aus der Verordnung von Bedeutung. Als schweizerische Besonderheit unterscheidet die Verordnung zwischen Immissionsgrenzwerten, die auf Zahlen der Icnirp (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protec-

tion, www.icnirp.de) beruhen, und den sogenannten Anlagengrenzwerten, die die Emission einzelner Anlagen regeln und die zu sehr viel strengeren Auflagen führen können. Die Anlagengrenzwerte gelten als die niedrigsten Grenzwerte für nichtionisierende Strahlung in Europa.

Zu diversen Verordnungstexten sind Anmerkungen notwendig, weil verschiedene Definitionen unterschiedliche Auslegungen zulassen und seitens des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) bzw. der Vollzugsbehörden Präzisierungen gemacht wurden:

- Als Bewilligungs- und Kontrollbehörde amtet das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI).
- Als Nennleistungsgrösse (massgebender Betriebszustand) gilt der maximale sekundäre Strom des installierten Begrenzers (Sicherung, Leistungsschalter usw.). Diese Präzisierung bedeutet, dass z.B. bei einem installierten Transformator von 630 kVA mit einer sekundären Absicherung von 500 A diese Grösse massgebend ist. Für das Bewilligungsverfahren muss bei den einzureichenden Unterlagen im Standortdatenblatt 500 A angegeben werden. Wird nachträglich die Absicherung z.B. auf 800 A erhöht, wird ein neues Bewilligungsverfahren notwendig.
- Zurzeit gibt es vom Gesetzgeber keine Empfehlungen für Mess- und Berechnungsmethoden. Die Unklarheiten zum Thema Messebene sind wie folgt festgelegt worden: die Messebene ab Aussenwand und in der Station ab Boden beträgt 20 cm. Für Kabelleitungen beträgt der Messabstand ebenfalls 20 cm.
- Nicht als Orte mit empfindlicher Nutzung gelten: Turn- und Sporthallen, Kirchen, Gaststätten (Sitzplätze der Gäste) und Räume ab Höhen über 2 m.

Frequenz f	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]	magnetische Flussdichte [μ T]	Mittlungsdauer [min]
...
0,025–0,8 Hz	250/f	4/f	5/f	7
...

⁷ Massgebend ist der höchste Effektivwert (Art. 14 Abs. 5)

Kasten I Geltungsbereich Transformatorenstationen: Auszug aus der Verordnung

Private Transformatorstationen, in welchen die Strahlung auf das Betriebspersonal wirkt, fallen nicht unter die NISV.

Im Hinblick darauf, dass das ESTI die Durchsetzung der Verordnung voraussichtlich für den Frühling 2001 verfügen wird, haben sich die Ersteller und Betreiber von Transformatorstationen mit der Gesetzgebung ernsthaft auseinander zu setzen. Im Folgenden werden Optimierungsansätze für den Bau von emissions- und immissionskonformen Stationen aufgezeigt.

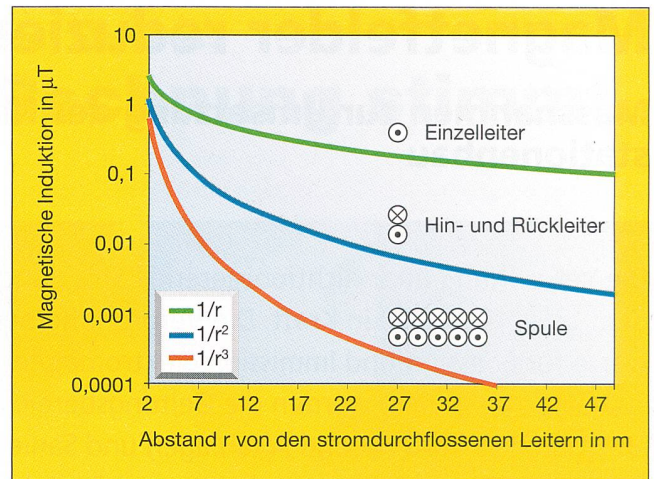
Niederfrequente magnetische Felder

Um jeden stromdurchflossenen Leiter bildet sich ein magnetisches Feld. Die Stärke dieses Feldes (H-Feld) wird in Ampère pro Meter (A/m) sowie als magnetische Flussdichte (B-Feld) in Tesla (T) bzw. Mikrottesla (μT) ausgedrückt. Das magnetische Feld durchdringt praktisch alle Materialien.

Permeable Materialien (Materialien mit hoher Permeabilitätszahl) stellen für Magnetfelder ein ideales Medium dar. Weil solche Materialien Feldlinien im Innern konzentrieren, können sie verwendet werden, um magnetische Felder umzulenken.

Im Unterschied zu niederfrequenten elektrischen Feldern lassen sich magnetische Felder nur mit aufwendigen Massnahmen abschirmen. Leitende Materialien schirmen das elektrische Feld wirksam ab. Magnetische Felder bereiten jedoch erhebliche Probleme. Es gibt keine Lösung, die sowohl unter dem Aspekt der Wirksamkeit und der Handhabung als auch der Kosten ideal wäre. Eine Abschirmung gegen Magnetfelder ist deswegen immer mit Kompromissen verbunden. Es gibt zwei Abschirmmechanismen, die eine Reduktion der magnetischen Flussdichte bewirken: 1. Führung des magnetischen Flusses durch ferromagnetisches Material (Material mit möglichst hoher Permeabilität) und 2. Flusskompensation durch Wirbelströme (Gegenfeld) mit hochleitfähigem Mate-

Bild 1 Abnahme der magnetischen Induktion in Funktion des Abstandes zur Quelle bei einem Strom von 30 A



rial. Die gebräuchlichsten Schirmmaterialien und ihre Wirkweisen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Abschirmungsmassnahmen sollten stets als letztes Mittel zur Einhaltung der Grenzwerte eingesetzt werden. Dies gilt besonders für Transformatorstationen. Bei Neubauten können entsprechende Vorkehrungen mit wesentlich geringerem Aufwand getroffen werden.

Solche Massnahmen sind aber gegen Magnetfelder, die durch Summenströme (Summe der Ströme aller Leiter einer Starkstromverbindung) erzeugt werden, kaum wirksam, da die Feldquelle (gebildet aus Hin- und Rückstrom) nicht umschlossen werden kann. Es ist zu bedenken, dass schon beim Auftreten von geringen Summenströmen I_s (z.B. $I_s = 5\% I_{Nenn}$) der Summenstrom-Feldanteil im interessierenden Abstand dominieren kann. Obwohl die vom Polleiter system erzeugten Magnetfelder reduziert sind, ergibt sich nur scheinbar keine Abschirmwirkung.

Die im Folgenden beschriebenen und dargestellten Möglichkeiten sind den Abschirmungen vorzuziehen.

Leiteranordnungen und Feldverteilungen

Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass Magnetfelder oft durch nichtoptimierte oder gar mangelhafte Verkabelun-

gen respektive Leiteranordnungen entstehen oder begünstigt werden. Prinzipiell gilt dies um so mehr, je höher der Strom ist.

Sowohl die Verteilanlagen selbst wie auch die Verkabelungen – insbesondere jene zwischen sekundärseitigem Transformatoranschluss und Niederspannungsverteilung – sind betroffen.

Das Verhalten der Feldstärke als Funktion des Abstands vom Leiter ist von der Art der stromdurchflossenen Leiter abhängig. Grundsätzlich kommen drei Varianten vor:

- Das Magnetfeld wird durch einen Einzeleiter erzeugt und nimmt mit dem Abstand gemäss $1/r$ ab. Der Rückstrom verteilt sich auf unzählige Wege im Potentialausgleichs- und Armierungssystem.
- Das Magnetfeld wird durch ein Leiterpaar (Hin- und Rückleiter) erzeugt und nimmt mit $1/r^2$ ab. Es fliesst der gleiche Strom hin und zurück.
- Das Magnetfeld wird durch eine Spule (z.B. Transformator) erzeugt und nimmt mit $1/r^3$ ab.

Bild 1 zeigt im Überblick, wie die entsprechenden Magnetfelder bei gleichen Strömen abnehmen.

Die Reduktion von Magnetfeldern im Dreiphasensystem kann durch geometrisch ideale Symmetrierung der einzelnen Polleiter erreicht werden. Das ist möglich, wenn jeder Polleiter doppelt vorhanden ist. Die Polleiterpaare können dann punkt- oder spiegelsymmetrisch angeordnet werden. Solche Polleiteranordnungen erzielen eine beachtliche Feldreduktion, wie im Bild 2 grafisch dargestellt wird. Ein Beispiel aus der Praxis zeigt, dass spiegelsymmetrische Polleiteranordnungen durchaus einfach installiert werden können:

In der ungünstigen Leiteranordnung in Bild 3 werden die sekundärseitigen An-

Material	Abschirmmechanismus	Abschirmwirkung
Stahlblech (magnetisch)	Führung des Flusses	Merklich
Mu-Metallfolie	Führung des Flusses	Sehr gut
Aluminiumblech	Flusskompensation	Gut
Kupferblech	Flusskompensation	Gut
Rostfreies Stahlblech	Nicht magnetisch, niedrige Leitfähigkeit	Schlecht
Kabelschleife	Flusskompensation	Merklich

Tabelle I Abschirmen von Magnetfeldern bei optimaler Polarisierung

schlusskabel in einem hohen Bogen und mit Kabelhaltern einer Aussenmauer entlangeführt. Zudem sind die Leiterabstände recht gross. Diese Leiteranordnung ist nicht ideal und führt örtlich zu sehr hohen Magnetfeldern.

Da meist zwei oder vier Leitungen pro Polleiter zur Verfügung stehen und ohnehin Kabelhalter eingesetzt werden müssen, kann selbst mit den gegebenen Elementen ein Optimum herausgeholt werden. Bild 4 zeigt Beispiele von Leiteranordnungen mit hohen und mit geringen Magnetfeldemissionen.

Summenströme und ihre Auswirkungen

Die oben behandelten Massnahmen zur Verringerung der Emission von magnetischen Wechselfeldern sind gegen die Einwirkung von Summenströmen absolut wirkungslos. Summenströme sind als Einzelleiterströme zu betrachten, welche relativ weit reichende Magnetfelder erzeugen (siehe Bild 1). Dies hat zur Folge, dass die Magnetfelder der relativ geringen Summenströme ab einer gewissen Distanz, die stärker abnehmenden Magnetfelder der Polleiterströme übertreffen. Bild 5 veranschaulicht diesen Sachver-

halt. Darin sind die Feldabnahmen von herkömmlich angeordneten und optimiert (punktsymmetrisch) angeordneten Polleitern bei 500 A der Feldabnahme eines Summenstromes von 25 A gegenübergestellt.

Solche Verhältnisse kommen in der Praxis relativ häufig vor. Die Problematik der Summenströme darf nicht ausser Acht gelassen werden. Es sind besonders die Niederspannungshauptverteilungen betroffen. Summenströme entstehen vorrangig aus drei Gründen:

- Niederspannungsnetz ist TN-C
- Niederspannungsnetz ist TN-C-S
- ungewollte Verbindung(en) zum Schutzleiter (PE) oder zum Potentialausgleich im TN-S-System

Das Problem bei den TN-C-/TN-C-S-Systemen wird basierend auf einem konkreten Fall aus der Praxis im Bild 6 dargestellt. Die Mehrfacherdung des Neutralleiters bewirkt, dass ein nicht unerheblicher Anteil des Neutralleiterstromes im Potentialausgleichs- und Armierungssystem zum Transformatorsternpunkt fliesst. Dieser Stromanteil fehlt folglich im Neutralleiter und vermag den entsprechenden Polleiterstromanteil nicht zu kompensieren. Misst man also den Sum-

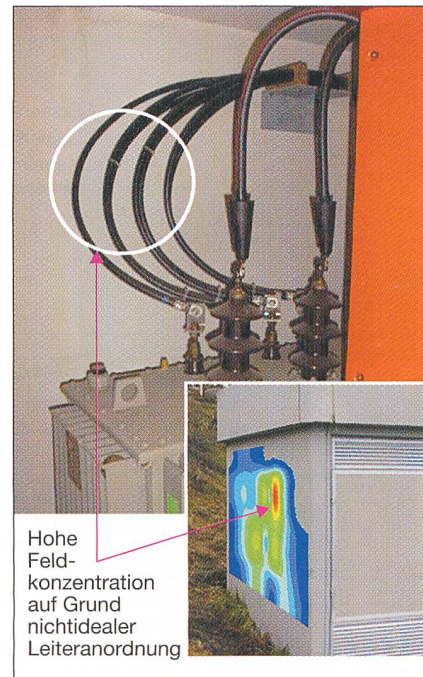


Bild 3 Ungünstige Leiteranordnung beim Sekundärabgang

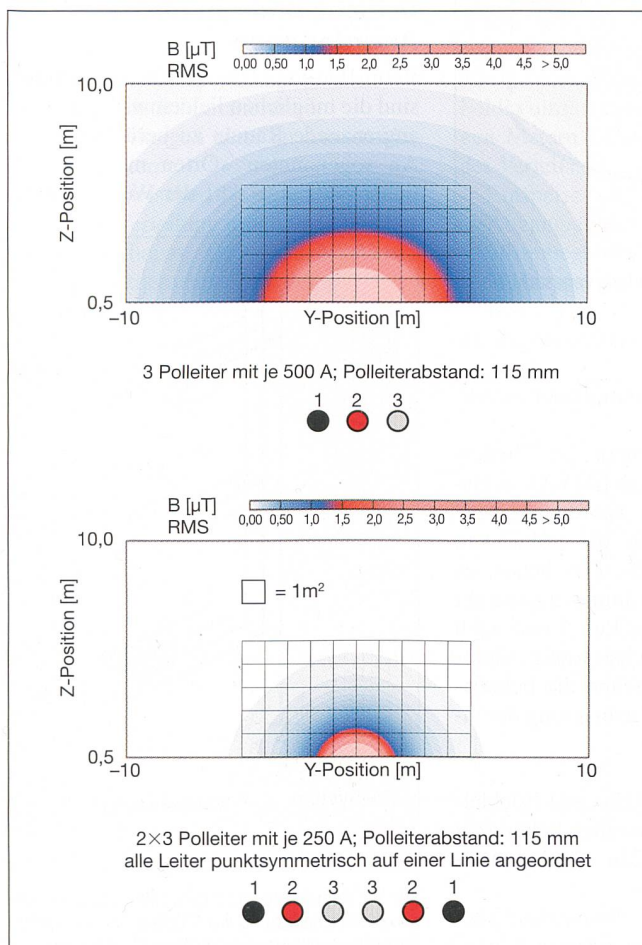


Bild 2 Feldverteilung: vertikaler Schnitt im Bereich 0,5-10 m oberhalb der Stromschienen bei einem Strom von 500 A

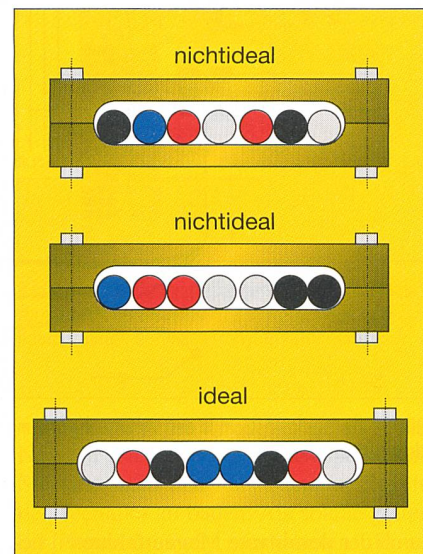


Bild 4 Ideale und nichtideale Leiteranordnungen in Kabelhaltern

menstrom über Pol- und Neutralleiter, erscheint genau dieser Stromanteil wieder.

Die mit dem Summenstrom zusammenhängenden Effekte sind im Bild 6 blau hervorgehoben. Konkret hat die Verbindungsleitung zwischen Transformator und Niederspannungshauptverteilung übermässig starke Felder abgegeben, die nicht auf den Laststrom und die Leiteranordnung zurückgeführt werden konnten.

In diesem Beispiel konnte, nach Analyse der Ist-Situation, durch Unterbrechung der Erdung am Transformatorsternpunkt der Summenstrom und somit

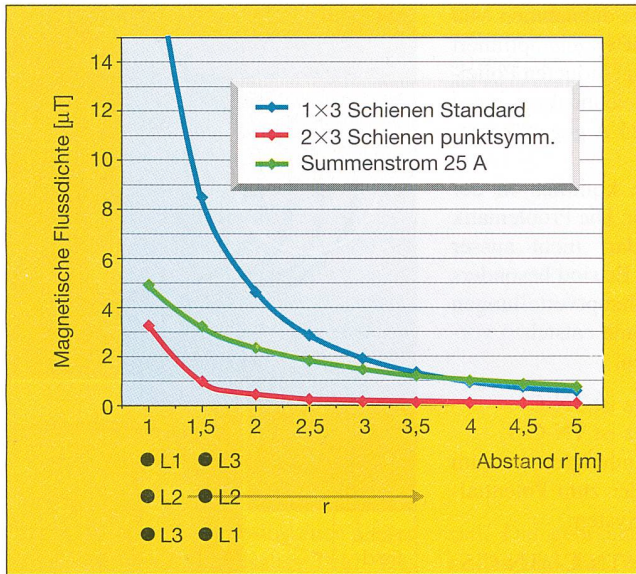


Bild 5 Vergleich der Magnetfelder von Polleiterströmen 500 A in zwei Anordnungen und einem Summenstrom von 25 A

- Kabel mit Schirm- oder Erdungsfunktion (wie z.B. mitgeführter PE-Leiter oder beidseitig geerdete Kabelschirme) unmittelbar auf oder neben leitenden, mit dem Potentialausgleichssystem vermaschten Flächen führen.

Einen besonderen Fall stellt der Schutzleiter dar. Durch seine Nähe zu den Polleitern und in Verbindung mit dem Potentialausgleichssystem können Probleme wegen induzierter Ströme auftreten. Konkret bedeutet dies wiederum das Auftreten von Summenströmen, diesmal aber im Schutzleiter, und zwar als induzierter Strom. Dieser ist also nicht Teil des Laststromes und fließt in Schleifen, welche vom Schutzleiter in Verbindung mit dem Potentialausgleich- und Armierungssystem gebildet werden. Solche induzierten Schutzleiterströme können durchaus 20 A bis 30 A betragen. Eine wirksame Gegenmassnahme ist der Einsatz von metallisch gut durchverbundenen und mit der Armierung vermaschten Kabelträgern entlang der Niederspannungskabeltrassen. Dabei ist darauf zu achten, dass der Schutzleiter, wenn immer möglich, auf der Metallfläche aufliegt.

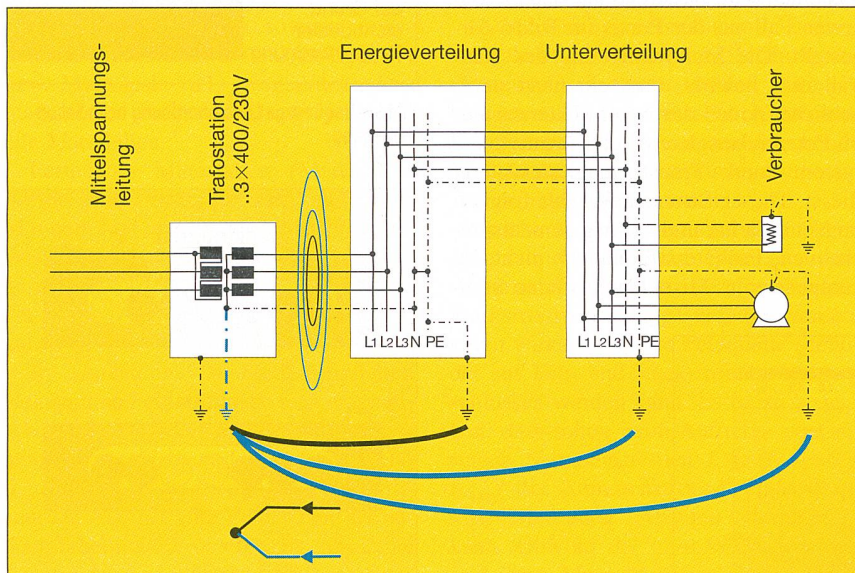


Bild 6 Der Summenstrom in den Verbindungsleitungen Transformator-NS-Hauptverteilung verursacht ein dominantes Magnetfeld.

auch der dominante Magnetfeldanteil beseitigt werden. Die Erdungsstelle wurde in die Hauptverteilung verlegt.

EMV-Aspekte

In konsequent aufgebauten TN-S-Systemen können keine Summenströme entstehen. Damit dies auf die Dauer gewährleistet ist, empfiehlt es sich, entsprechende Stromüberwachungssysteme einzusetzen. Bild 7 zeigt schematisch, an welchen Stellen im TN-S-System sogenannte RCM-Geräte (Residual Current Monitor) zu installieren sind. Bei einer frei wählbaren Stromschwelle kann Alarm oder eine entsprechende Meldung ausgelöst werden. Eine derartige Stromüberwachung ist in Anbetracht der zunehmenden Neutralleiterüberlastungen be-

sonders auch für den Neutraleiter zweckmässig.

Für Leiteranordnungen im Niederspannungssystem gilt aus EMV-Gesichtspunkten generell, dass Anordnungen gewählt werden, welche die induktiven Kopplungen reduzieren. Das heisst, es sollte eine Leiteranordnung angestrebt werden, welche andere Leiter und auch die Umgebung möglichst wenig beeinflusst. Grundsätzlich gelten die bekannten Massnahmen zur Verringerung der induktiven Einkopplung:

- Leiterabstände von Hin- und Rückleitern so gering wie möglich halten (die dadurch entstehenden Schleifenflächen sind gering)
- Störquellen- und Störsenkenkabel räumlich voneinander getrennt führen

Örtliche und räumliche Anordnungen

Beim Bau von Transformatorstationen sind die möglichen Feldeinwirkungen auf angrenzende Räume zu berücksichtigen. An sogenannten «Orten mit empfindlicher Nutzung» darf der Wert der mag-

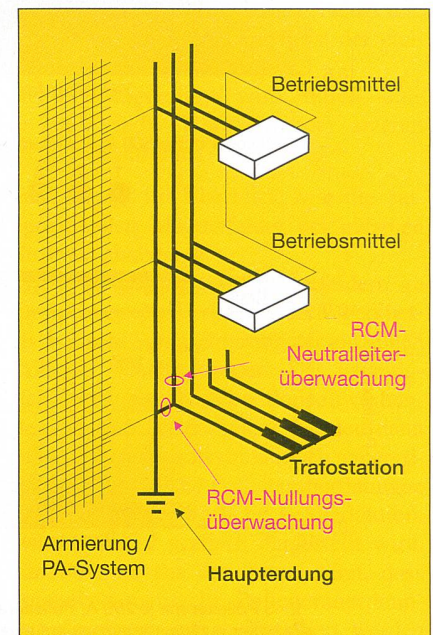


Bild 7 Vermeidung von ungewollten Doppelerdungen sowie Überlastung des N-Leiters durch gezielte Stromüberwachungen mit RCM im TN-S-System

netischen Flussdichte laut Verordnung den Wert von $1 \mu\text{T}$ nicht überschreiten. Als Orte mit empfindlicher Nutzung gelten Orte, an denen mit längerem Aufenthalt (mehr als 10% eines Tages) von Personen gerechnet werden muss. Insbesondere versteht die NISV unter solchen Orten:

- Wohn-, Schlaf- und Aufenthaltsräume
- Arbeitsplätze und Büroräume
- Schulräume und Spielplätze

Bei bestehenden Stationen ist man in der Regel mit einer gegebenen Anordnung konfrontiert. Allfällige feldreduzierende Massnahmen sind in solchen Anlagen auf Optimierungen innerhalb der Station auszurichten (Geräte- und Leiteranordnungen). Bei der Planung und dem Bau von Neuanlagen empfiehlt es sich, die Stationen in Untergeschossen, Einstellhallen/Garagen, Lagerbereichen oder freistehend (ober- oder unterirdisch) immer auf Distanz zu Orten mit empfindlicher Nutzung zu platzieren. Stationen in bewohnten Gegenden sind grundsätzlich zu vermeiden.

Um im Sinne der NISV die Feldemissionen so gering wie möglich zu halten, sind neben einem idealen Stationsstandort und den optimierten Leiteranordnungen auch die Standorte der felderzeugenden NS-Einrichtungen gezielt zu wählen. Es sollte dabei berücksichtigt werden:

- feldemittierende Komponenten auf minimalem Raum anordnen
- NS-Verteilungen nicht an Aussenwänden platzieren
- Distanz zwischen Trafo-Abgängen und der NS-Verteilung möglichst klein halten, das heisst, Trafo und NS-Verteilung nebeneinander platzieren
- NS-Verkabelungen bei Bedarf im Bodenbereich führen

- Transformator in die Ölwanne absenken

Bild 8 zeigt ein Beispiel einer optimierten Geräteanordnung. Es gilt zu beachten, dass sich die Magnetfelder bei gleichzeitigem Betrieb der einzelnen Anlageteile überlagern. Die gerichteten Magnetfeldgrössen können sich aufaddieren oder kompensieren. Diese Effekte sind stark ortsabhängig.

Sofern ein herkömmlicher Transformator zu hohe Magnetfelder erzeugt, ist der Einsatz eines emissionsarmen Transformators mit unten angeordneten NS-Abgängen zu prüfen. Wie die Feldverteilung eines solchen Transformators gegenüber einem herkömmlichen aussehen kann, ist im Bild 9 grafisch dargestellt. Die zwei Grafiken zeigen jeweils die Grössen der magnetischen Flussdichten bei Nennlast in 2 m Höhe über den Transformatoren als Konturflächen.

Grundsätzlich sollte festgehalten werden, dass hohe Feldemissionen am besten vermieden werden können, wenn die Standorte für den Bau der Transformatorstationen und die Geräteanordnungen schon in der Vorprojektphase festgelegt werden.

Aufbau von NS-Verteilungen

Die NS-Verteilanlagen (Schaltgerätekombinationen) können von einer einzelnen Verteileinheit bis zu einer mehrere Felder umfassenden Verteilfront von einigen Metern Länge reichen. Bestandteile der Verteilanlagen können sein:

- Einspeise- und Kuppelfelder
- Abgangsfelder mit verschiedensten Strombegrenzereinrichtungen
- Mess- und Rundsteuereinrichtungen

Beim Bau von NS-Verteilanlagen gilt es, die aktuellen Gesetze (ELG), Verord-

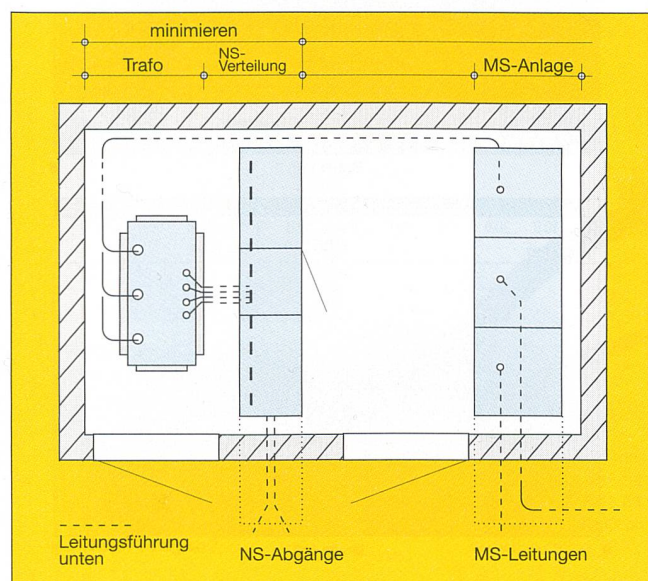


Bild 8 Beispiel einer Transformatorstation mit optimierter Geräteanordnung

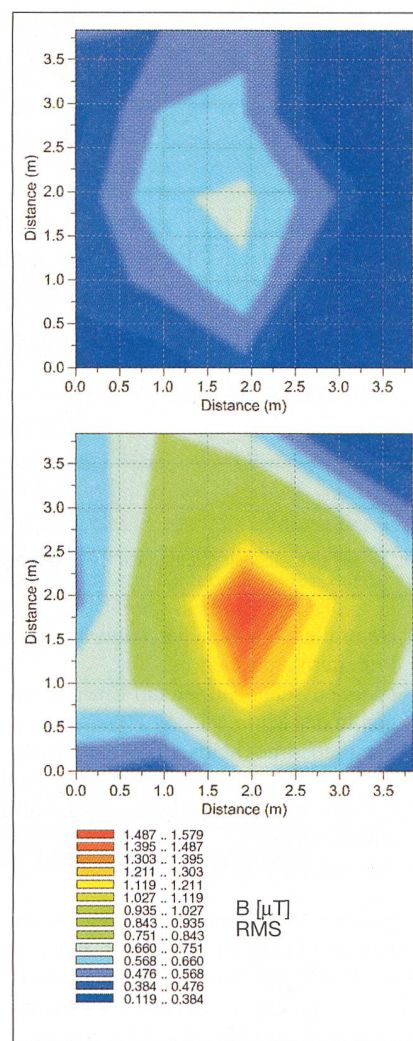


Bild 9 Magnetfeldverteilungen an 630-kVA-Transformatoren bei Nennlast in 2 m Höhe; oben optimierter, unten normaler Transformator

nungen (StV, NIV, NEV, VEMV) und Normen (NIN, EN, HD) zu respektieren. Sie sind nach den «anerkannten Regeln der Technik» zu bauen. Als solche gelten die international anerkannten Europäischen Normen der Serie EN 60439 (Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen).

NS-Verteilanlagen sind ausserdem so zu konzipieren, dass an «Orten mit empfindlicher Nutzung» die magnetische Flussdichte unter $1 \mu\text{T}$ liegt (NISV) und durch sie «in voraussehbaren Störfällen andere Geräte elektromagnetisch nicht stören oder gestört werden» (Art.3 des VEMV).

Um der NISV entsprechen zu können, ist es empfehlenswert, bei der Auslegung von NS-Verteilanlagen folgende wesentlichen Massnahmen zu berücksichtigen:

- Stromschienen möglichst nahe beieinander anordnen

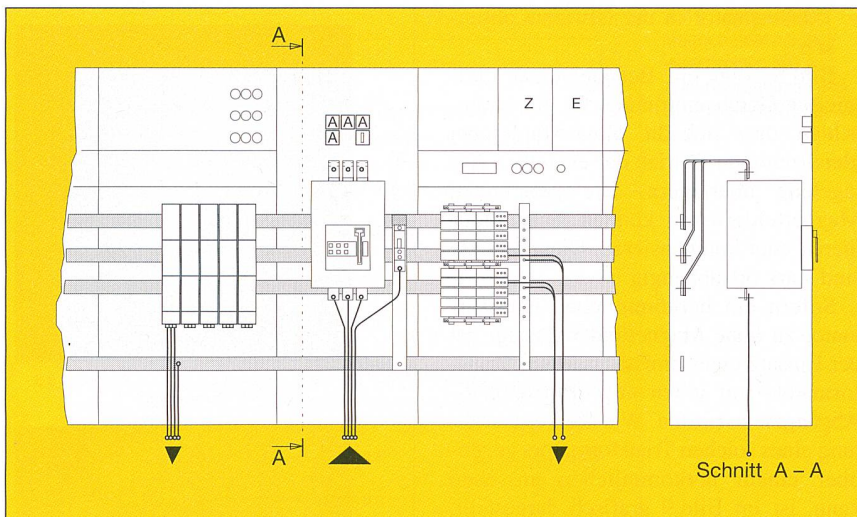


Bild 10 Beispiel einer emissionsarmen NS-Verteilung mit Mitteneinspeisung

- Neutralleiter möglichst nahe bei den Polleitern anordnen
- symmetrischer Aufbau mit Einspeisungen in der Mitte
- symmetrische beidseitige Aufteilung der Last (Abgänge)
- Einspeisungen und Abgänge nahe am Boden führen
- Schrankgehäuse aus Metall

Werden NS-Verteilungen unter diesen Aspekten konzipiert (siehe als Beispiel Bild 10), können bezüglich der Feldverteilung deutliche Emissionsverbesserungen erreicht werden. Zur Visualisierung der Emissionen sind im Bild 11 die Magnetfeldverteilungen bei unterschiedlichen Einspeisungsstellen dargestellt.

Als weitere Massnahme kann das Anordnen des PEN-Leiters in grösstmöglicher Nähe zu den Polleitern betrachtet werden. Auf Grund des heute üblicherweise relativ grossen Abstandes zwischen dem PEN-Leiter und den Polleitern wirken sich Last- und somit Stromasymmetrien um so deutlicher aus (Faustregel: grösserer Abstand = grösseres Magnetfeld).

Speziell bei Bürogebäuden mit überwiegendem PC-Anteil macht sich bei zu weit entfernt angeordnetem Neutralleiter ein weiterer Effekt bemerkbar. Die 150-Hz-Stromüberschwingungen bilden einen recht hohen Anteil am Gesamtstrom. Da sich diese im Dreiphasensystem aber nicht kompensieren, erzeugen sie ein um so höheres Magnetfeld (150 Hz).

Koordination und Planung

Da in der Regel Transformatorstationen in einem Gebäude integriert gebaut werden und so zwangsläufig Zusammenhänge mit angrenzenden Gebäu-

den und Einrichtungen bestehen, ist es notwendig, bei der Planung einer Anlage möglichst früh die Schnittstellen zwischen den Beteiligten (z.B. Bauherrschaft oder deren Vertretung, EVU, Fachingenieur, Architekt, Systemlieferanten) festzulegen und Baukoordinationen schon in der Vorprojektphase (Phase 1) zu beachten.

Als Schnittstellen können die Übergänge Leitungstrassen aussen/innen, die Übergänge Leitungen/Geräte usw., aber auch die Abgrenzung der Verantwortung zwischen Planung und Ausführung angeführt werden.

Es ist empfehlenswert, die Beteiligten bereits in der Vorprojektphase auf die

möglichen Feldeinwirkungen und die Regelungen der NISV aufmerksam zu machen.

Für den Bau von Transformatorstationen sollten koordiniert und abgesprochen werden:

- Standort und angrenzende Räume
- Form der Station und Orte für Einführungen MS und Abgänge NS
- Anordnung der Geräte und Aufbau der NS-Verteilung
- Kabelwege innerhalb der Station
- Dimensionen
- Abklärungen betreffend der zu erwartenden Magnetfeldemissionen

Wissenswertes zu Messungen

Die korrekte Messung der magnetischen Wechselfelder ist Voraussetzung für eine fachgerechte und objektive Beurteilung. Messungen sollten nachvollziehbar und reproduzierbar sein, denn erst damit erlangen sie Glaubwürdigkeit. Messdokumentationen sind mit der Angabe der verwendeten Messgeräte zu versehen.

Bei Magnetfeldmessungen sind die massgebenden Frequenzen der Quelle(n) zu beachten. In besonderen Fällen muss frequenzselektiv gemessen werden. Erst dann ist eine Zuordnung und Gewichtung der Störeinflüsse möglich.

Magnetfelder sind immer auf die erzeugenden Ströme zu beziehen. Die Beachtung der zeitlichen Verläufe der Ströme ist wichtig bei der Erfassung von Magnetfeldern. Treten während der Mag-

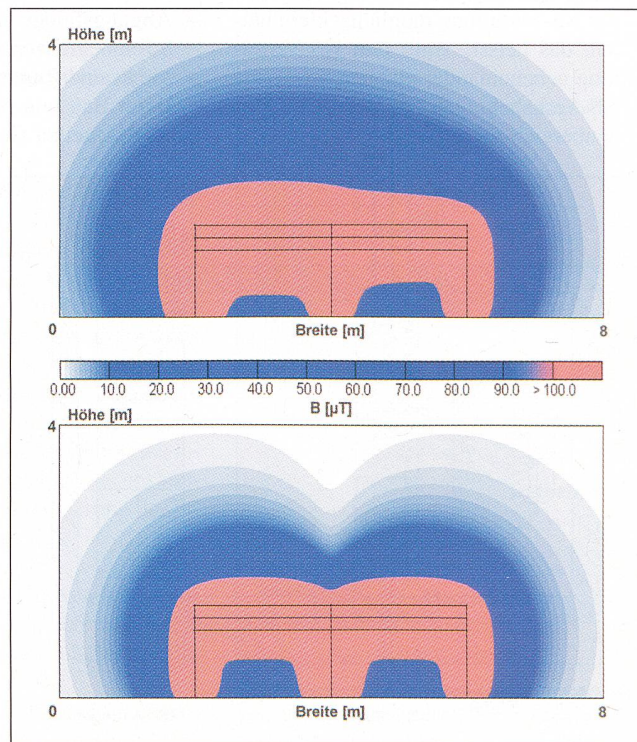


Bild 11 Magnetfeldverteilungen bei unterschiedlichen Einspeisungsstellen mit 1000 A und jeweils 500 A Abgängen; oben Seiteneinspeisung, unten Mitteneinspeisung

netfeldmessungen wesentliche Stromänderungen auf, müssen diese in den Messwerten berücksichtigt werden.

Beim Messen ist zu beachten:

- massgebend sind die Effektivwerte
- Auslastung resp. Ströme müssen bekannt sein
- Messintervall sollte bedeuten: kontinuierlich messen und intervallweise mitteln (nicht intervallweise, mit Pausen messen)
- Einflüsse allfälliger weiterer Frequenzen (z.B. $16^{2/3}$ Hz, 150 Hz)
- Messebene ab Aussenwand und ab Boden in der Station 20 cm

Bei der Bewertung der Magnetfelder nach NISV ist der höchste Effektivwert massgebend und nicht ein Mittelwert über mehrere Minuten. Dies bedingt ein entsprechendes Messverfahren, das den zeitlichen Feldverlauf zu registrieren vermag. Da Effektivwerte ohnehin Mittel-

werte darstellen und die meisten Messgeräte über eine bestimmte Anzahl Perioden mitteln, ist eine aufwendige Echtzeitaufzeichnung nicht angemessen. Mittelungszeiten von einigen Sekunden ergeben eine hinreichende Auflösung.

Die NISV ist nun seit über 200 Tagen in Kraft. Speziell in EVU-Kreisen wer-

den Diskussionen in Bezug auf ihre Interpretation sowie die notwendig werdenden und möglichen Massnahmen geführt. Mit diesem Beitrag sollen die verschiedenen Aspekte verständlich gemacht und Optimierungsansätze für das Gesamtsystem «Transformatorstation» aufgezeigt werden.

Réduction des champs magnétiques

Mesures destinées à appliquer l'ORNI dans la construction des stations de transformation

L'Ordonnance sur le rayonnement non-ionisant (ORNI) est en vigueur depuis le 1^{er} février 2000. Elle fixe les valeurs limites d'émission et d'immission de champs magnétiques jusqu'à 300 GHz. En outre, elle fixe les domaines d'application et les mesures à prendre dans les nouvelles et anciennes installations ainsi que les délais d'assainissement. L'article analyse les conséquences qui en découlent pour la construction et l'assainissement de stations de transformation, en considérant le transformateur et la distribution principale à basse tension comme un tout.

Der SEV auf dem Internet / L'ASE sur l'Internet:
<http://www.sev.ch>



B&S

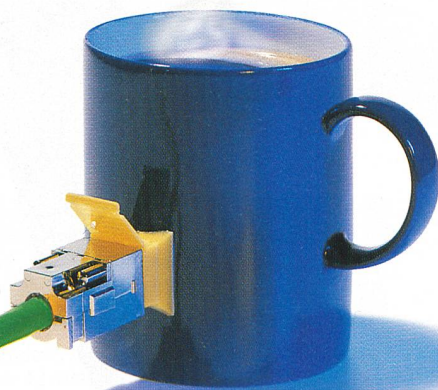
Mit MMC3000 im LAN können Sie jetzt einfach zehn Jahre Tee trinken und brauchen nicht zu investieren. Sie bekommen Übertragungsraten in Gbit/s und geniessen höchste EMV-Sicherheit. Und das erst noch mit weniger Kabel, Dosen und Steckern – dank der Mehrfachdienste. Das heisst: mehr Leistung für wenig Geld. Günstig, isn't it?



MMC3000:
10 Jahre Investitionsschutz zum Spartarif.

Noch Fragen?

Was wollen Sie eigentlich?



BKS Kabel-Service AG
Fabrikstrasse 8
CH-4552 Derendingen
Tel: +41/32-681 54 54
Fax: +41/32-681 54 59
e-mail bksmail@bks.ch
www.bks.ch

BKS Kabel-Service AG
Rue de Galilée
CH-1400 Yverdon-les-Bains
Tél: +41/24-423 94 09
Fax: +41/24-423 94 10
e-mail romandie@bks.ch

BKS
Plug in High-Tech!

MiCOM P140

DER UNIVERSELLE ABZWEIGSCHUTZ

MiCOM

DAS MiCOM P140 SPIELT IHRE MELODIE.

EIN AUSSERGEWÖHNLICHER KÜNSTLER, DER

MIT SEINEM BREITEN REPERTOIRE DEN SCHUTZ

UND DIE STEUERUNG VON FREILEITUNGEN,

KABELN ODER TRANSFORMATORABGÄNGEN

ABDECKT UND SOMIT EINE KOMPLETTE

LÖSUNG DARSTELLT.

DAS MiCOM P140 HARMONIERT MIT

DER GESAMTEN ANLAGE UND SORGT

FÜR EINE EINWANDFREIE FUNKTION UND

ALARMIERUNG. GENAU WAS SIE VON

EINEM AUSSERGEWÖHNLICHEN KÜNSTLER

ERWARTEN.

PERFEKT INSZENIERT FÜR SCHUTZ UND STEUERUNG.



ALSTOM

ALSTOM AG
Carl-Sprecher-Strasse 1, CH-5036 Oberentfelden, Schweiz
Tel. 062 7373737, Fax 062 7373797