

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 94 (2003)
Heft: 18

Artikel: Umweltfreundliche, strahlungsreduzierte Verteiltransformatoren
Autor: Wruss, Gerhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857592>

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: 29.03.2025

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

Umweltfreundliche, strahlungsreduzierte Verteiltransformatoren

Mit der «Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)», die Anfang 2000 in Kraft getreten ist, muss an Orten, wo sich Menschen dauernd aufhalten können, ein Grenzwert von 1 μT eingehalten werden. Bei Neuanlagen muss man dies in der Planung berücksichtigen, bestehende Anlagen müssen umgerüstet werden. Die IBA Elektro AG, Aarau, bringt in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein mit einem strahlungsreduzierten Verteiltransformator das Produkt neuer Techniken und Technologien auf den Markt (Bild 1).



Bild 1 Messaufbau bei FKH/Däniken für 630-kVA SR-Transformator mit gebündelter US-Anspeisung.

■ Gerhard Wruss

Merkmale

Verteiltransformatoren sind Geräte, die zur Versorgung der Endverbraucher mit elektrischer Energie dienen. Der «Strom aus der Steckdose», genauer gesagt die üblichen 230 Volt, werden über einen solchen Verteiltransformator geliefert. Diese Transformatoren sind üblicherweise sehr nahe am menschlichen Lebensraum aufgestellt, zum Beispiel auf Masten, in Trafostationen oder auch

in Kellergeschossen von Gebäuden. Um den Anlagengrenzwert von 1 μT einzuhalten, müssen Transformatoren etwas anders gebaut werden.

Ein wesentlicher Punkt dieses Produktes ist die strahlungsreduzierte Ausführung hinsichtlich der Stärke des elektromagnetischen Feldes (kurz: EMF) im Umkreis des Transformators. Studien haben ergeben, dass eine dauernde Belastung des menschlichen Körpers durch EMF Gesundheitsrisiken birgt. Dieser Transformator ist mit inneren und äusseren Flussführungen ausgerüstet, die das Auftreten elektromagnetischer Strahlung stark reduzieren.

Nicht zuletzt zeichnet sich dieser Transformator durch sehr niedrige Wärmeverluste aus, und auch das Betriebsgeräusch ist praktisch nicht hörbar. Diese Vorzüge werden einerseits durch den Einsatz von hochwertigen Materialien er-

zielt, andererseits aber vor allem durch Hightech und Know-how auf diesem Gebiet. Die VA Tech ETG und die IBA Elektro AG sind überzeugt, dass mit dieser Weiterentwicklung ein sinnvoller Beitrag zum Umweltschutz geleistet wird.

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich speziell mit der elektromagnetischen Strahlung.

Die elektromagnetische Strahlung von Verteiltransformatoren

In diesem Beitrag werden ausschliesslich Zusammenhänge mit dem niederfrequenten elektromagnetischen Feld (50 Hertz) behandelt. Es wird nicht auf die Einflüsse des elektrischen Feldes, das durch die elektrische Spannung verursacht wird, oder auch nicht auf höherfrequente Strahlungen durch Mobilfunknetze bzw. Mobiltelefone oder Ähnlichem eingegangen.

Warum wurde dieses Produkt entwickelt?

Als Lieferant von Verteiltransformatoren in die Schweiz wurde VA Tech ETG mit der «Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)» konfrontiert, die mit 23. Dezember 1999 datiert ist und per 1. Februar 2000 in Kraft getreten ist [1]. Darin ist festgelegt, dass an Orten, wo sich Menschen dauernd aufhalten können («Orte mit empfindlicher Nutzung»), eine maximale Flussdichte von 1 μT auftreten darf (so genannter «Anlagengrenzwert» bzw. «Emissionsgrenzwert»).

Auch in anderen Ländern steigt die Sensibilität der Bevölkerung in Bezug auf Elektro-Smog, die vor allem durch den Mobilfunk ausgelöst wurde. Viele Menschen, die nur ein «Weh-Wehen» oder auch eine ernste Erkrankung haben, setzen sich zunehmend intensiv mit dem Thema «Strahlung von Elektrogeräten» auseinander. Es gibt mittlerweile viele Baubiologen, die die Wohnräume auf Strahlen im Nano-Tesla-Bereich (nT) untersuchen und auf Grund dieser Messwerte die Wohnräume gestalten und optimieren.

Da der Verteiltransformator ein wesentliches Teil in der Kette der Energieverteilung darstellt, waren die Hersteller dieses Produktes aufgefordert, einen Transformator zu entwickeln, der den

Adresse des Autors
Ing. Gerhard Wruss
Leiter Technik und F&E für
Verteiltransformatoren
VA Tech Elin Transformatoren GmbH & Co.
A 8160 Weiz
gerhard.wruss@vatech.etg.at

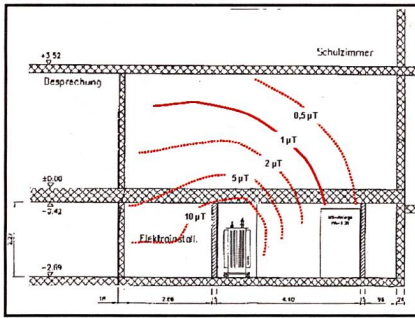


Bild 2 Schnittdarstellung Schulgebäude mit E-Verteilung im Kellergeschoss.

Anforderungen hinsichtlich eines geringen äusseren elektromagnetischen Feldes entspricht. Deshalb wurde im vergangenen Jahr 2002 ein Transformatortyp entwickelt (im folgenden Bericht mit «SR» = «strahlungsreduziert» gekennzeichnet), der sich durch seine niedrige Strahlungsemission auszeichnet.

Es gibt jedoch innerhalb der europäischen Industrie auch Bemühungen, dem Trend zu sinkenden Grenzwerten entgegenzuwirken. VA Tech ETG als Transformatorenhersteller ist jedoch davon überzeugt, dass sich die Entwicklung nicht aufhalten lassen wird, und dies nur eine neue, positive Herausforderung an die Industrie sein kann, der sie sich zu stellen hat.

Die Studien

Zum Thema «Wirkung der EMF auf den Menschen» wurden bisher unzählige Studien gemacht. Viele Experten haben bisher versucht, den Einfluss des EMF auf den Menschen herauszufinden – und kamen zu keinen einheitlichen Ergebnissen.

Untersuchungsergebnisse von seriösen Stellen berichten von einer Risikogrenze ab 0,2 bzw. 0,4 µT ([2], [3]).

VA Tech ETG ist nicht in der Lage, die Ergebnisse der verschiedenen Studien

«In der seriösen Wissenschaft ist heute allgemein akzeptiert, dass Werte oberhalb von 0,2 µT zu einem erhöhten Krebsrisiko führen» (Quelle: Umweltjournal – Neue Katalyse-Veröffentlichungen zum Thema Elektromog)

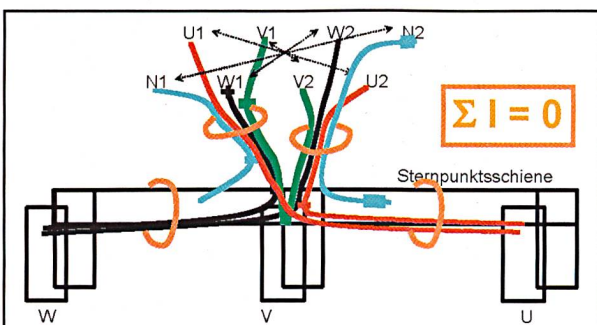


Bild 3 Prinzipdarstellung der «Kompensierten US-Schaltung».

über den Einfluss des EMF auf den Menschen zu widerlegen oder zu bestätigen – sie kann diese nur zur Kenntnis nehmen.

Eine klare Aussage war auf der deutschen Internetseite www.umweltjournal.de zu lesen.

Die üblichen europäischen Grenzwerte liegen, zum Beispiel in Deutschland, bei 100 µT (26. Verordnung aus dem Jahr 1996). Die Schweiz nimmt mit dem Grenzwert von 1 µT sicherlich eine europäische Vorreiterrolle ein. Aber auch in anderen europäischen Ländern ist indes eine Diskussion zur Herabsetzung dieses Grenzwertes entflammt.

Da es sich bei Transformatoren um sehr langlebige Geräte handelt (rund 40 Jahre) ist es sinnvoll, zukunftssichere Technologien – falls vorhanden – anzuwenden. Es könnte sonst passieren, dass das Gerät schon nach zehn Jahren auf Grund einer Nichteinhaltung veränderter gesetzlicher Grenzwerte nicht mehr eingesetzt werden kann.

Was nun diese Strahlungswerte in der Realität bedeuten, ist an Hand eines Praxisfalls dargestellt. Es handelt sich dabei um ein Schulgebäude, in dem sich die Energieversorgung mit einem 630-kVA-Transformator in Normalausführung im Kellergeschoss befindet (Bild 2).

Es ist fraglich, ob sich dieser Raum als Schulzimmer eignet, in dem sich die Schüler fast den ganzen Tag befinden.

Die strahlungsreduzierte Ausführung («SR-Ausführung»)

Für die Reduzierung der Strahlungsemission unterscheidet man zwei Hauptansatzpunkte:

- «direkt im und am Transformator» ist der Punkt, der den Trafhersteller betrifft
- «bei der US-Anspeisung» ist der Punkt, den der Anlagenbauer zu realisieren hat

Grundregeln

- «Das Übel an der Wurzel packen» – d.h. den Streufluss dort bekämpfen, wo er entsteht
- Den Streufluss führen, nicht verdrängen



Bild 4 Vertikale Streuflussführung, «Kesselschirmung».

Je nach dem ob der Transformator in horizontaler, vertikaler oder in beiden Richtungen strahlungsreduziert gebaut werden soll, werden die verschiedenen Streuflussführungen vorgesehen.

Im folgenden Abschnitt werden einige Massnahmen zur Reduktion des äusseren Magnetfeldes beschrieben. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Möglichkeiten, die hier aber nicht alle berücksichtigt werden.

Die Massnahmen im Detail

Kompensierte Unterspannungs-Schaltung («US-Schaltung»)

Die Verbindung der Unterspannungswicklungen mit den Durchführungen erzeugt ein vom Strom und der geometrischen Lage der einzelnen Schaltleitungen abhängiges Magnetfeld. Eine unkompenzierte Schaltleitung mit einem Strom von $I_{eff} = 1000 \text{ A}$ würde in einem Abstand von 1 m (in Luft) ein Magnetfeld von 200 µT erzeugen. Aber je enger man die Schaltleitungen der drei Phasen und des Sternpunkts geometrisch aneinander legt, desto geringer wird das resultierende abgestrahlte elektromagnetische Feld. Die Herausforderung besteht darin, an möglichst vielen Stellen der US-Schaltung einerseits alle drei Phasen plus Sternpunktsschiene, und andererseits zufließende und abfließende Strompfade örtlich zu vereinen. Um diese Theorie umsetzen zu können, wird jede Phase auf zwei Zweige aufgetrennt, d.h., man bekommt nun statt vier acht Schaltleitungen und damit auch acht statt vier Durchführungen.

Bild 3 stellt die neu entwickelte «kompensierte Unterspannungsschaltung» dar.

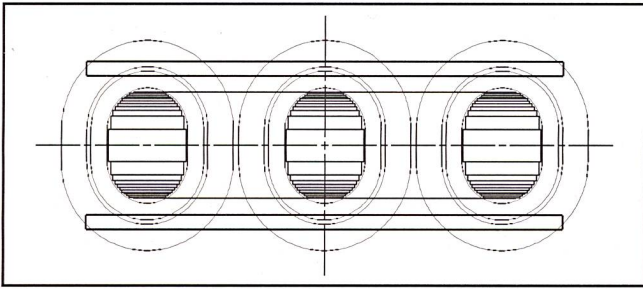


Bild 5 Verkettete Jochschirmung.

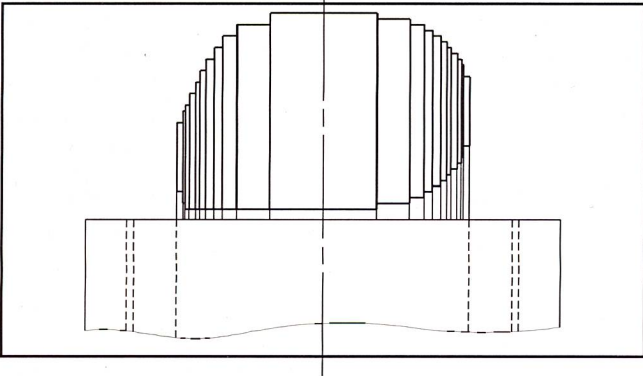


Bild 6 Flachjochausführung (linke Seite), zum Vergleich Normalausführung (rechte Seite).

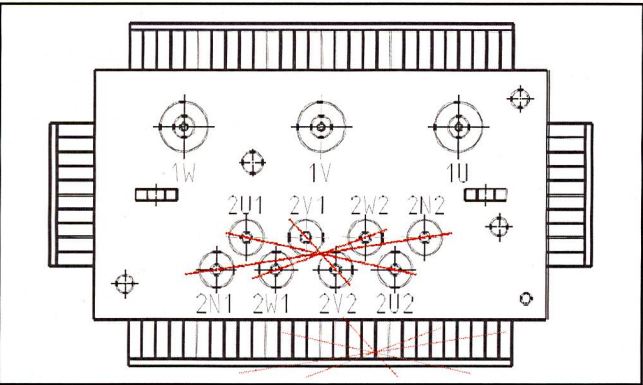


Bild 7 «Punktsymmetrische» US-Durchführungsanordnung.

Hochpermeable Streufluss-Führungen, vertikal

Der austretende Streufluss wird schenkelweise über die Kesselwand geschlossen (Bild 4).

Hochpermeable Streufluss-Führungen, horizontal

Der Wicklungsstreufluss wird über die 3 Schenkel kompensiert («Verkettete Jochschirmung», Bild 5).

Flachjochausführung

Damit wird ein Teil des Wicklungsstreuflusses, der sich im Bereich des Fensters befindet, direkt ins Joch gelenkt (Bild 6).

Punktsymmetrisch parallele US-Durchführungen

Wie bei der beschriebenen US-Schaltungsanordnung bereits dargestellt, ist jeder US-seitige Strang auf zwei parallele Zweige aufgeteilt. Durch die Halbierung der Ströme und der punktsymmetrischen Anordnung ergaben sich günstigere Abstrahlungswerte. Natürlich können daher auch Durchführungen für den halben Nennstrom eingesetzt werden. Nachteilig ist aber der Mindestabstand nach Norm von 40 mm für die Schlagweite, kleinere Abstände würden bessere Werte bringen. Nachteilig für die Abstände sind auch Anschlussklemmen, weil der Drehradius höhere Abstände erfordert. Dafür ist aber bei diesen erhöhten Abständen eine berührungssichere Ausführung mit Anschlussklemmen inklusive Abdeckhauben realisierbar (Bild 7).

US-Abdeckhaube

Die US-Abdeckhaube ist eine sehr wirksame und daher wesentliche Komponente für die strahlungsreduzierte Ausföhrung (Bild 8).

Prüfaufbau

Um den Einfluss der US-seitigen Anspeisung möglichst gering zu halten, müssten die einzelnen Kabel miteinander verdreht werden (Bild 8). Für die Messungen bei FKH Däniken in der Schweiz wurden die Anspeisekabel jedoch nur gebündelt geführt (Bild 9).

Die Resultate der Massnahmen

Es wurden die Transformatortypen 630, 1000 und 1250 kVA gemessen. In Bild 10 sind die Isolinien für den Typ 630 kVA abgebildet. Für die Darstellung wurde eine eigene Software entwickelt.

Die 1- μ T-Linie konnte in z-Achse von 5 m auf unter 2,32 m reduziert werden. Wenn man die US-Durchführungen als relative Bezugskante heranzieht (absolute Höhe über Boden 1,36 m), entspricht dies einer Reduktion von 3,64 m auf 0,96 m, das sind über 70%. Bild 11 zeigt die 1- μ T-Linie.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die 1- μ T-Grenze liegt beim 630/1000/1250-kVA-Transformator (inklusive Rollen) in vertikaler Richtung unter 2,32/2,78/2,90 Meter und in horizontaler Richtung unter 1,9/2,3/2,3 Meter, jeweils von der Trafomitte aus gemessen.



Bild 8 US-Abdeckhaube für 1000-kVA-Transformator.

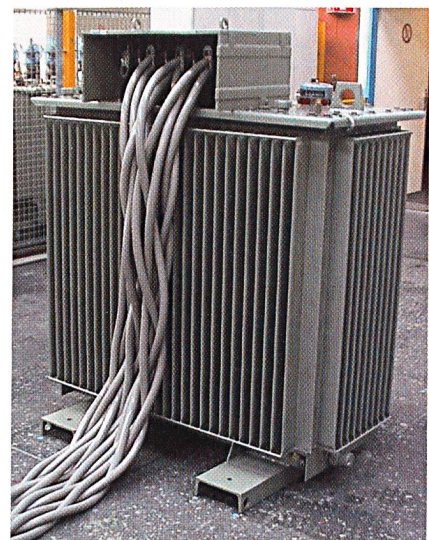


Bild 9 Messaufbau für 630-kVA-SR-Transformator mit verdrehter US-Anspeisung.

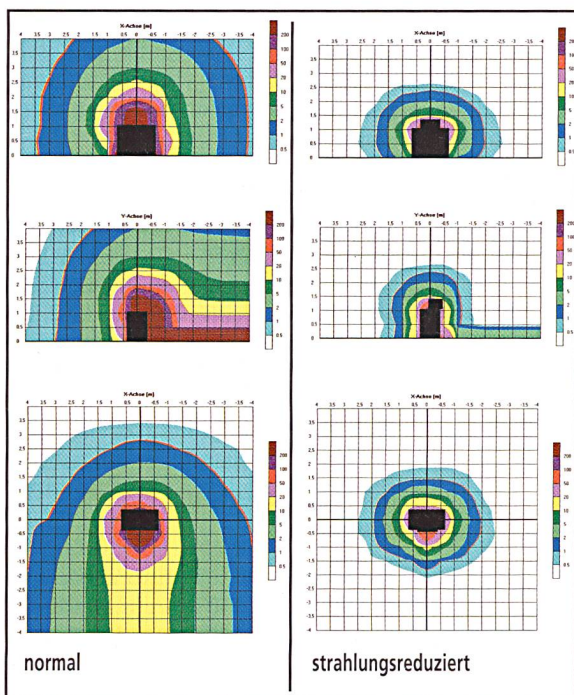


Bild 10 Isoliniendarstellung in Auf-, Seiten- und Grundriss eines 630-kVA-Transformators in Normal- und SR-Ausführung.

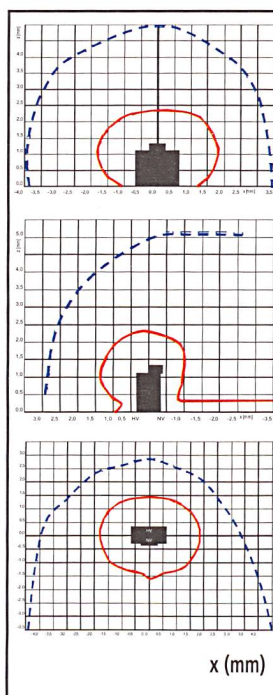


Bild 11 Darstellung der 1-µT-Linie (- Normalausführung, - strahlungsreduziert) im Auf-, Seiten- und Grundriss für Normal- und SR Transformator 630 kVA (für Fussboden).

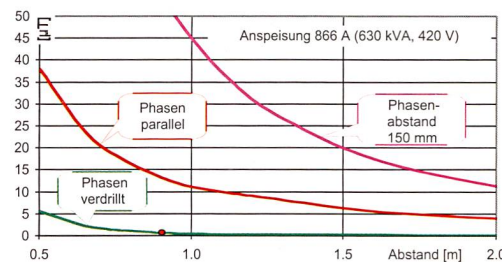


Bild 12 Induktionen verschiedener US-Anspeisungsvarianten bei 866 A.

(Fussboden). Sogar beim 1000-kVA- und 1250 kVA-SR-Transformator würde die 1-µT-Linie noch innerhalb der Messhöhe von 20 cm über dem Fussboden liegen.

Fazit: mit Transformatoren der SR-Ausführung kann man auch bei niedrigen Kellergeschossen die Schweizer Vorgabe von 1 µT einhalten.

Literatur

- [1] «Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NISV)», Schweizerischer Bundesrat, 23. Dezember 1999.
- [2] «NCRP Draft Recommendations on EMF Exposure Guidelines», Section 8 (reprinted June 1995).
- [3] «Abschlussbericht der EMF II Studie», IMSD – Technischer Bericht, Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz, Dezember 2000.

Einfluss der Unterspannungs-Anspeisung

Abhängig vom Leiterstrom und von den Phasenabständen baut sich um die Anspeisung ein mehr oder weniger grosses Magnetfeld auf.

Die grundsätzliche Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke $H = \text{Strom } I / \text{Feldlinienlänge (Feldlinienlänge} = \text{Abstand } a \cdot 2\pi)$ und weiter mit Flussdichte bzw. Induktion $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$. Da die Summe der Ströme bzw. des daraus resultierenden Feldes im symmetrischen Drehstromsystem in jedem Zeitaugenblick Null ist, ergibt sich das auftretende Magnetfeld nur durch die Abstände der einzelnen Phasen. Das heisst mit anderen Worten, je enger die US-Anspeisekabel miteinander geführt sind, desto kleiner ist das daraus resultierende Magnetfeld. Dieser einfache Ansatz lässt sich nur dann effizient realisieren, wenn die US-

Kabel miteinander verdreht werden. US-seitige Sammelschienen sind ungünstig.

Es wurden drei Anordnungen gemessen: mit dem normalen Phasenabstand 150 mm, mit Kabel an Kabel ohne Abstand und mit verdrehten Kabel.

Bild 12 zeigt den Einfluss des Phasenabstandes der Anspeisekabel bei einem Strom von 866 A. Man erkennt auch, dass die Anordnung «Phasen verdreht», sehr gute Werte ergibt (1 µT bei 0,85 m), wobei hochflexible Kabel verwendet wurden.

Für den beschriebenen Praxisfall «Schulgebäude» erhält man nun neue Werte (Bild 13). Die 1-µT-Linie verläuft nun unterhalb des «± 0.00-Niveaus»

Internet

www.vatechgetg.at
www.iba-aarau.ch
www.admin.ch/ch/d/sr/c814_710.html
www.umweltjournal.de
www.midel.com

Generalvertretung der VA Tech ETG-Transformatoren in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein:

IBA Elektro AG
 Obere Vorstadt 37, Postfach
 5001 Aarau
 Telefon 062 835 00 60
iba@iba-aarau.ch
www.iba-aarau.ch

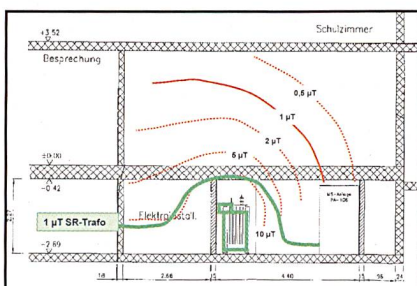


Bild 13 Praxisfall: Kellerinstallation mit 630-kVA-SR-Transformator.

Transformateurs de distribution respectueux de l'environnement et à faible rayonnement

L'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), entrée en vigueur au début 2000, stipule qu'une valeur limite de 1 µT doit être respectée pour les endroits où des personnes se tiennent en permanence. Il doit être tenu compte de cette valeur dans la planification des nouvelles installations. Celles qui existent déjà doivent être adaptées. L'entreprise IBA Elektro AG, Aarau, met sur le marché en Suisse et dans la Principauté du Liechtenstein un produit de technique et technologie nouvelles: un transformateur de distribution à faible rayonnement.