



Die Energie, die mehr Sicherheit bietet. Massnahmen gegen Elektromog.

**Sonderdruck aus Bulletin SEV/VSE
vom 21. November 2003/Nr. 23**

ewz
Netzdienstleistungen
Tramstrasse 35
8050 Zürich
Telefon 058 319 46 25
Telefax 058 319 41 84
netzdienstleistungen@ewz.ch
www.ewz.ch

ewz

Die Energie

NISV – Sanierungsmöglichkeiten und Kostenfolgen für Verteilnetzbetreiber

Die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) ist seit 1. Februar 2000 in Kraft. Die Elektrizitätsunternehmen in der Schweiz sind davon stark betroffen, da ihre Anlagen strenge Emissionsgrenzwerte erfüllen müssen. Dies gilt nicht nur für Neu-, sondern auch für Alt-Anlagen. ewz (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich) hat sich frühzeitig mit der Problematik befasst. Schwerpunkte des vorliegenden Beitrags bilden die Umsetzung der NISV in der Stadt Zürich, die Sanierungsmöglichkeiten – insbesondere die Abschirmung von MS/NS-Transformatoren – und die Kostenfolge bei Alt-Anlagen. Dazu wird eine Übersicht über die bis anhin sanierten Anlagen mit Angabe der Massnahmen und der Kosten gegeben und die Frage nach dem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand gestellt.

Die Verteilung von elektrischer Energie hat Konsequenzen für ihre Nutzer. Früher stand dabei primär der Schutz vor Berührung der Verteilnetzanlagen im Vordergrund; später folgten dann Vorschriften über Lärmemissionen. Seit dem Jahr 2000 sind zusätzlich die elektrischen und magnetischen Felder der Verteilnetzanlagen in der Schweiz gesetzlich durch die Verordnung über nichtionisierende

Lukas Küng, Hans-Heinrich Schiesser, David Hearn, Hansruedi Luternauer

Strahlung (NISV) geregelt [1]. Bild 1 zeigt die aktuellen Grenzwerte in der Schweiz. Es wird unterschieden zwischen Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN), wo sich Personen regelmässig länger als 4 Stunden pro Tag aufhalten, und Orten, wo sich Menschen aufhalten können (<4 Stunden pro Tag). In beiden Räumen darf der Immissionsgrenzwert (IGW) nicht überschritten werden. Bei den OMEN gilt in der Schweiz gegenüber anderen Ländern verschärfend, dass die Abstrahlung für jede einzelne elektrische Anlage – von der Transformatorenstation (TS) bis zu Kabeln oder Freileitungen (letztere beiden nur bei Neu-

anlagen) – innerhalb des Raumes den Anlagengrenzwert (AGW) von 1 mT nicht überschreiten darf. Es muss jedoch beachtet werden, dass unter Umständen auch in OMEN Werte grösser als 1 mT gemessen werden können, da sich die Emissionen verschiedener Anlagen ad-

dieren können und der IGW als Grenzwert gilt. Für Betriebspersonal gelten höhere Grenzwerte. Da eine schädliche Wirkung der nichtionisierenden Strahlung bislang nicht nachgewiesen werden konnte, sind die Grenzwerte im Sinne einer präventiven Vorsorge tief angesetzt.

Der Vorteil für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) seit der Einführung der NISV liegt darin, dass man heute mit betroffenen Personen nicht mehr über Grenzwerte diskutieren muss, sondern sich über die Abhilfemassnahmen einigen kann. Auch die Kostenaufteilung der Sanierung ist geregelt. Die NISV hat einige Eigenheiten, die Folgen für die EVU und auch für die Nutzer der elektrischen Energie haben:

- weltweit einzigartig tiefe Vorsorgegrenzwerte [2]. Die Folge: Auf Grund des kleinen Markts werden keine emissionsarmen Verteilnetzanlagen speziell für den Schweizer Vorsorgegrenzwert entwickelt; es müssen daher teure Sonderanfertigungen eingesetzt werden. Die Erfahrungen für diesen tiefen Grenzwert fehlen.
- dieselben tiefen Grenzwerte sowohl für neue als auch für bestehende Anlagen (so genannte Alt-Anlagen) und extrem kurze Sanierungsfristen. Folge: Da die durchschnittliche Anlagelebensdauer ungefähr 40 Jahre beträgt – also weit länger als die Sanierungsfris-

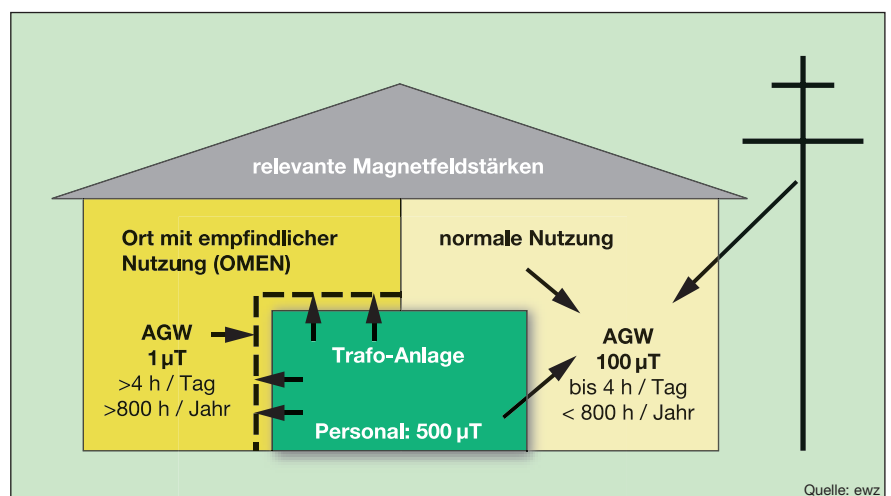


Bild 1 Schematischer Querschnitt durch ein Gebäude mit einer Transformatoren-Station (TS) und umgebenden Räumlichkeiten

Die NISV-Grenzwerte sind für den Anlagengrenzwert (AGW) und den Immissionsgrenzwert (IGW) angegeben. Die gestrichelte Linie deutet die Messdistanz von 0,2 m zu der Aussenmauer der TS an, wo die 1-µT-Limite erfüllt sein muss. OMEN: Orte mit empfindlicher Nutzung

Nichtionisierende Strahlung

- ten von 5 Jahren – ist es praktisch unmöglich, die Sanierung innerhalb dieser kurzen Zeitdauer durchzuführen, ohne die Versorgungssicherheit zu reduzieren.
- fehlende Ausführungsbestimmungen. Folge: Seit bald 4 Jahren fehlen die Ausführungsbestimmungen zur NISV. Bei den aktuell gebauten Anlagen kann deshalb nicht garantiert werden, dass sie in Zukunft diesen fehlenden Bestimmungen genügen werden. Diese Rechtsunsicherheit hat zur Folge, dass bei etlichen Neuanlagen unnötige Mehrkosten entstehen können und somit die Sanierungsaktivitäten bei den EVU entsprechend klein sind. Es ist selbstverständlich klar, dass auch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) mit diesen einzigartigen Grenzwerten Neuland für die Ausführungsbestimmungen betritt.
 - Hausinstallationen und Elektrogeräte sind dem AGW nicht unterworfen. Folge: Während der Verteilnetzbetreiber für seine Anlagen verpflichtet ist, die Grenzwerte einzuhalten, kann eine in der Nähe befindliche alte Hausinstallation diese Werte ohne Konsequenzen überschreiten. Die Sanierung der Verteilnetzanlagen wäre somit zwecklos. Für neue Hausinstallationen ist nach NISV der «aktuelle Stand der Technik» anzuwenden.

Alle diese NISV-Eigenheiten führen zu erhöhten Kosten für die EVU – und somit schliesslich für die Nutzer der elektrischen Energie – ohne wirklich zu garantieren, dass die elektrischen und magnetischen Felder so tief wie möglich zu liegen kommen. Im vorliegenden Beitrag wird beschrieben, wie ewz mit dieser Situation umgeht.

Situation in der Stadt Zürich

In städtischen Gebieten kommt die NISV auf Grund der engeren Platzverhältnisse viel mehr zur Anwendung als in ländlichen Gebieten. Elektrische und magnetische Felder sind nur ein Teil von vielen städtischen Umweltfaktoren, allerdings ist die Akzeptanz von zusätzlichen potenziellen Belastungen gering. Die Anfragen und Klagen von verunsicherten Personen häufen sich.

ewz hat aus diesem Grund eine Reihe von Massnahmen eingeleitet, um die magnetischen Felder im Stadtgebiet zu reduzieren.

- Erfassung der NISV-relevanten Daten für alle Anlagen
- Abschirmversuche
- Pilotsanierungen

- kurzfristige Massnahmen durch den Kunden und ewz
- kompetente Beratung.

Dabei werden im Folgenden unter Anlagen MS/NS-Transformatoren-Stationen¹⁾ verstanden, deren elektromagnetischen Felder am ehesten grössere Personenkreise treffen (z.B. Schulräume, Kindergärten oder Büroräume).

Die Sanierung einer Anlage kann nur im ausgeschalteten Zustand erfolgen. Ein sauber geplantes Vorgehen Anlage für Anlage ist notwendig, um die Versorgungssicherheit auch während der Sanierungen gewährleisten zu können. So sind bei ewz pro Jahr maximal 30 Anlagenanierungen möglich, ohne die Versorgungssicherheit wesentlich zu gefährden. Zurzeit werden alle 860 Anlagen nach NISV-relevanten Kennwerten (Magnetfeldstärke, Betriebslast, Art der Nutzung der umliegenden Räume usw.) in einer Liste erfasst. Die Kennzahlen werden nach Vorsorgekriterien gewichtet und daraus eine Sanierungsreihenfolge berechnet. ewz schätzt je nach Ausführungsbestimmungen bei ungefähr 400 Anlagen mit einem Handlungsbedarf. Allein schon die Erstellung der Prioritätenliste kostet ewz pro Anlage im Schnitt etwa 2500 Franken.

Jede Anlage muss vor Ort besucht und die Nutzung der umliegenden Räume festgestellt werden. Dies erfolgt nach Möglichkeit zusammen mit den Liegenschaftsbesitzern oder Verwaltungen. Bei diesen Begehungen muss auch festgestellt werden, ob es weitere Magnetfeldquellen – beispielsweise von Hausinstallationen – gibt.

Je nach Auswirkung der Magnetfelder und Empfinden der Kunden werden kurzfristige Massnahmen vorgeschlagen: auf der Nutzerseite das Verschieben eines Arbeitsplatzes an eine Position im Raum mit tieferen Feldwerten, auf der Betreiberseite prüft ewz beispielsweise die Entlastung einer kritischen Anlage durch benachbarte Anlagen bis zur Sanierung. Eine solche kurzfristige Massnahme entbindet ewz nicht von den Verpflichtungen hinsichtlich der NISV, sondern sie ist im Sinne einer «vorsorglichen» Zwischenlösung für die Betroffenen zu verstehen, bis eine Anlage saniert werden kann.

Da eine Anlage auf Grund der Kurzschlussbedingungen oder auf Grund von Versorgungssicherheitsüberlegungen usw. für den Normalbetriebszustand «über»-dimensioniert sein kann, sind für die ewz-Sanierungsliste nicht die NISV-Grenzwerte bei Nennlast (theoretische Maximalwerte), sondern die real auftretenden Felder (Betriebslast) massgebend.

Die Sanierungsliste soll helfen, dass eine Gleichbehandlung bezüglich der NISV innerhalb des Versorgungsgebietes gewährleistet werden kann. Trotz der Anstrengungen seitens von ewz kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Sanierungsfristen eingehalten werden können. Das Buwal wird sich mit etlichen Sonderregelungen auseinandersetzen müssen.

Die Erfahrung bei den Begehungen der Anlagen zeigt, dass die von den wenigsten Menschen wahrnehmbaren magnetischen Felder bei den betroffenen Perso-

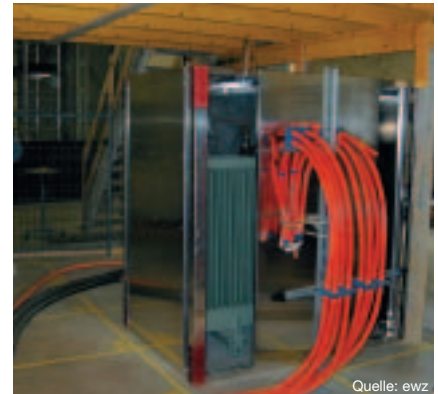


Bild 2 Transformator-Abschirmkabine vor dem Anschluss der NS-Kabelstränge in der Versuchsanlage von ewz



Bild 3 MS/NS-Transformator mit Anschluss-Abschirmhaube über dem NS-Kabelanschluss

Das magnetische Feld wird von den ESTI-Prüfern ausgemessen



Bild 4 MS/NS-Transformator mit Trafo- und Anschluss-Abschirmhaube, eingebaut an der TS Schaffhauserstrasse

Die Transformator-Abschirmhaube lässt sich über einen Seilzug einfach anheben

nen eine Verunsicherung auslösen. Ein einfach messbarer Grenzwert (einfache Ausführungsbestimmungen) würde Kunden und Betreibern helfen, eine einvernehmliche Lösung zu finden.

Anlagenkategorien und mögliche Abhilfemassnahmen

Drei Anlagentypen werden im Städtetz unterschieden: Die ersten zwei sind Neu-Anlagen und Umbauten von bestehenden Anlagen, welche schon durch planerische Möglichkeiten eine Optimierung der Grenzwerte zulassen. Der dritte Typ ist die so genannte Alt-Anlage, welche vor Inkraftsetzung der NISV in Betrieb genommen wurde und in der nahen Zukunft in der bestehenden Konfiguration weiter betrieben wird. Ein Teil dieser Anlagen muss hinsichtlich NIS saniert werden. Bei ewz betrifft dies – wie schon erwähnt – rund 400 von 860 Alt-Anlagen. Die dabei anfallenden Kosten werden auf etwa 10–12 Mio. Franken geschätzt.

Bei Neuanlagen soll der Standort so projektiert werden, dass keine OMEN in die Nähe der Anlage zu liegen kommen. Dieser Zustand sollte auch vertraglich ab-

gesichert werden. Bei Umbauten und Neu-Anlagen in nicht frei wählbarer Lage dagegen müssen die Betriebsmittel (z.B. Transformatoren oder Schaltanlagen) so optimiert werden, dass die magnetische Flussdichte ausserhalb der Anlagenmauern im Bereich der empfindlichen Nutzung unterhalb von 1 μT bleibt. Dazu bieten sich folgende Optimierungsmöglichkeiten: Anordnung der Betriebsmittel, Anordnung der Phasen von Kabelleitungen, geeignete Feldzuteilung, Sammelschienenanordnung, Anordnung der Erdungsschiene, Optimierung der Betriebsmittel durch die Hersteller (z.B. [3]). Einen Überblick über die technischen Möglichkeiten findet sich in [4] und zwei Beispiele sind in [5] beschrieben.

Wenn die Optimierung nicht genügt, bleibt noch die Möglichkeit der Abschirmung. Diese muss insbesondere bei Alt-Anlagen, welche in nächster Zeit nicht umgebaut werden, in Betracht gezogen werden. Um Anlagen optimal zu sanieren, müssen die Strom führenden Komponenten abgeschirmt werden. Nur umfangreiche, komplexe, numerische Simulationen würden es – wenn überhaupt – erlauben, bei der Berechnung der Mag-

netfelder die Wirkung der Abschirmbleche zu erfassen [6]. Folglich muss bei der Eruiierung von Abschirmwirkungen experimentell vorgegangen werden. Dazu werden in einer Versuchsanlage verschiedene Abschirmmöglichkeiten getestet, d.h. die entsprechenden Magnetfelder ausgemessen. Untersucht werden dabei die Abschirmungen für Transformatoren und Kabelstränge, die Flächenabschirmungen von Decken oder Böden, die Einhüllung oder Abdeckung von NS-Verteilungen sowie der NS-Verteilung in Sammelschienenhöhe. Die Untersuchungen werden dabei mit Materialien wie Stahl, μ -Metall (vornehmlich Si-Fe oder Ni-Fe-Legierungen), μ -Metall/Aluminium und Aluminium durchgeführt.

In der Versuchsanlage wurden Tests mit der Einhüllung oder Abdeckung der NS-Verteilung sowie Flächenabschirmungen von Decken oder Böden (meist sind die OMEN über einer TS zu finden) durchgeführt. Diese Resultate wurden in [5] publiziert. Es zeigte sich, dass mit einfachen Methoden (einfache Stahlblechabdeckung) nur das starke Feld direkt um die Quelle reduziert wird, für die Reduktion des schwächeren Feldes aber

Art	Trafostation	Inbetriebnahme	Massnahme	OMEN	Ungefähre Kosten [CHF]
AGW	TS Moosstr. 74	2000	Flächen-Abschirmung	Kindergarten (direkt oberhalb TS)	45 000
AGW	TS Zollfreilager	2002	Flächen-Abschirmung	Küche (direkt oberhalb TS)	37 000
AGW	TS Paradeplatz	1977	Boden-Abschirmung oben	Ticketeria (direkt oberhalb TS)	10 000
AGW	TS Strassburgstr. 9	1998	Abschirmung NS-Verteilung Trafo-Abschirmkabine + Anschluss-Abschirmhaube NS-Ableitungen nach vorne (spitzen)	Empfang (direkt oberhalb TS)	50 000
AGW	TS Zwielpplatz	1994	opt. Trafo einsetzen (red. Leistung 1000 \rightarrow 630 kVA) NS-Ableitungen unten und optimiert NS-Verteilung Mitteleinspeisung (über 2 Sicherungen) Abschirmung NS-Verteilung	Kindergarten (direkt oberhalb TS)	30 000
AGW	TS Schaffhauserstr. 235	1999	opt. Trafos einsetzen (red. Leistung 1000 \rightarrow 630 kVA) NS-Ableitungen unten und optimiert NS-Verteilung Mitteleinspeisung (über 2 Sicherungen)	Kindergarten/Hort Spielplatz (direkt oberhalb TS)	18 000
AGW	TS Bruderwies 55	1998	opt. Trafos einsetzen (red. Leistung 1000 \rightarrow 630 kVA) NS-Ableitungen unten und optimiert NS-Verteilung Mitteleinspeisung (über 2 Sicherungen) mögliche gezielte Abschirmung (je nach Bedarf)	Kindergarten (direkt oberhalb TS)	30 000
AGW	TS Altweg-Schulhaus	1972	NS-Schienen optimieren (Trafo – NS Schalter) PEN-Leiter mitgeführt	Handarbeitszimmer (direkt oberhalb TS)	20 000
AGW	TS Rotachstrasse	1969	NS-Schienen optimieren (Trafo – NS Schalter) PEN-Leiter mitgeführt mögliche gezielte Abschirmung	Kindergarten (versetzt oberhalb TS)	20 000
AGW	TS Schaffhauserplatz	1994	Trafo 3 abschirmen mit Haube NS-Ableitungen nach vorne (spitzen) Kabelführung GR Trafos nach unten	Kinderhort/Spielplatz (direkt oberhalb Ecke TS)	45 000
AGW	TS Sperletweg 60	1996	Trafo 1 abschalten Abschirmung MS-Anlage (hinten + oben)	Kinderhort (direkt hinter MS-Anlage und Trafo)	18 000
IGW	TS Sperletweg 60	1996	Werbefafel ausserhalb NS-Verteiler	Zugänglich (direkt hinter NS-Verteilung)	4 000

Quelle: ewz

Tabelle Überblick über die bis September 2003 NIS-sanierten Alt-Anlagen auf dem Gebiet der Stadt Zürich

kompliziertere Anordnungen von Blechen, Winkeln und teureren Metallen nötig sind (Kombination von μ -Metall und Aluminium). Weitere Tests sind mit Transformatoren durchgeführt worden. Die Resultate werden nachfolgend vorgestellt.

Abschirmmöglichkeiten an MS/NS-Transformatoren

Es sollen Massnahmen gezeigt werden, welche direkt an den Transformatoren wirken. Die Versuchsanordnungen wurden nach den Versuchsmessungen von neutraler Stelle, dem Eigenössischen Starkstrominspektorat (ESTI), nachgemessen. Verglichen wurde eine «Trafo-Abschirmkabine» (Industrieprodukt) mit zwei «Trafohauben», welche in der Versuchsanlage von ewz in Zusammenarbeit mit Systron EMV GmbH entwickelt worden sind. Die Hauben bestehen aus einer Sandwichkonstruktion (z.B. Aluminium, μ -Metall, Aluminium).

Bild 2 zeigt die Trafo-Abschirmkabine (Box) bei der Montage in der Versuchsanlage. Die Kabel sind noch nicht angeschlossen. Der Transformator ist rundherum ganzflächig abgeschirmt. Die Konstruktion entspricht der Vorstellung, dass eine völlige Abschirmung einer Quelle die Magnetfelder am besten reduziert. Der Einsatz von Abschirmkabinen hat aber gezeigt, dass bei ungünstiger Anordnung der NS-Kabel, möglicher Kabinenvergrößerungen oder zusätzlicher Öffnungen die erwartete Reduktion nicht immer garantiert werden kann. Die Vermutung liegt nahe, dass der Hauptgrund für starke Felder bei den NS-Anschlüssen liegt. Die Folge ist eine gezielte Abdeckung dieser Quelle. Dies wird mit einer «Anschluss-Abschirmhaube» (AAH) gemacht, welche den NS-Kabelanschluss, d.h. die Trafo-Abgänge und die Auskreuzung der NS-Kabel, abdeckt. Bild 3 zeigt die AAH zum Zeitpunkt der Messung. Die gute Dämpfungswirkung der AAH führte zur Konstruktion der «Trafo-Abschirmhaube» (TAH), welche als geschweisste Haube ohne Öffnungen über den ganzen Transformator gestülpt wird (Bild 4).

Als letzte Abschirmvariante wurden die beiden Hauben AAH und TAH kombiniert vermessen. Alle Abschirmungsvarianten werden mit dem Grundfeld (kA = keine Abschirmung) verglichen. Die Messungen fanden unter folgenden technischen Bedingungen statt: $I_{sek} = 1460$ A, 1000 kVA-Transformator (u_k 4,5%) im Kurzschlussbetrieb.

Bild 5 stellt die Messresultate dar. In den beiden Aufrissdarstellungen sind die 1- μ T-Isolinien (Grenzwert) der fünf Vari-

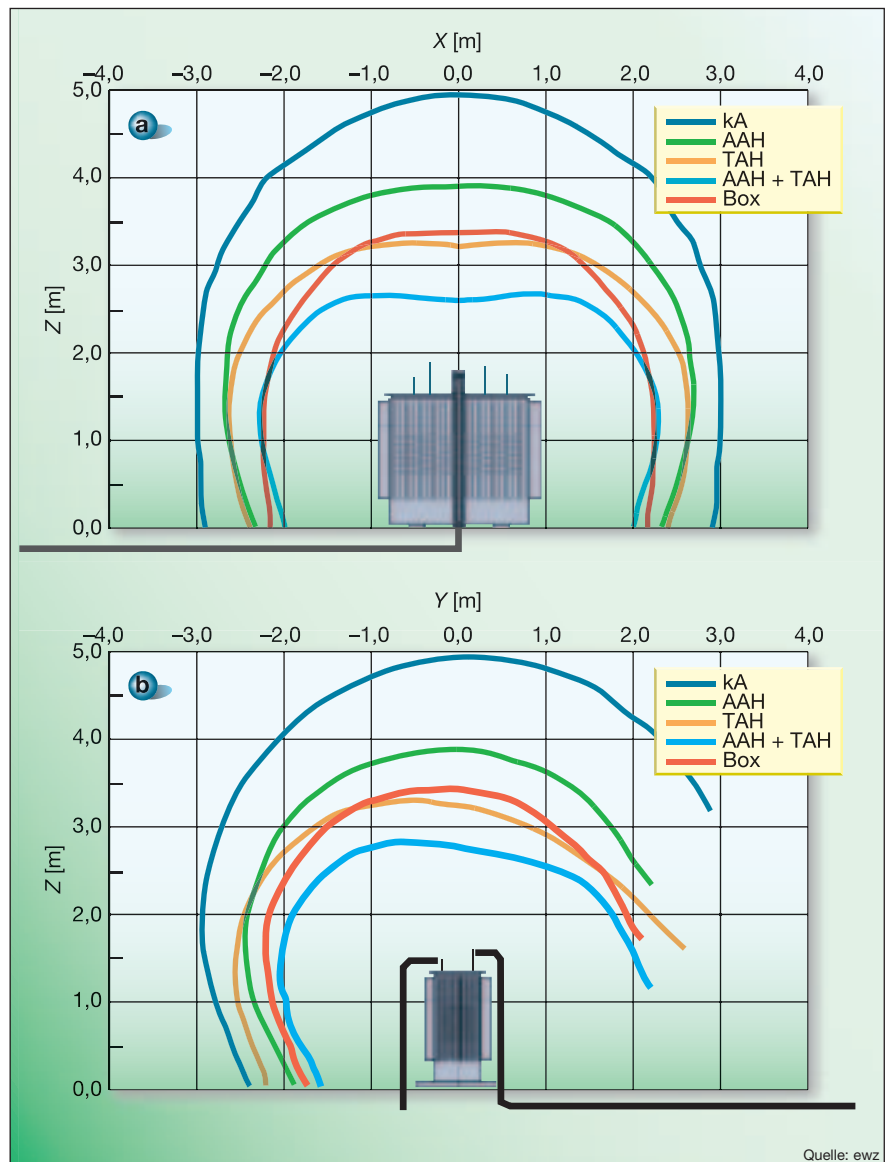


Bild 5 Vergleich der 1- μ T-Isolinie (AGW) des magnetischen Feldes ohne Abschirmung (kA) mit vier Abschirmmethoden für MS/NS-Transformatoren im Aufriss (Bild a) und Seitenriss (Bild b)

AAH: Anschluss-Abschirmhaube; TAH: Transformator-Abschirmhaube; AAH + TAH: beide Hauben kombiniert; Box: Transformator-Abschirmkabine

anten (kA , AAH, TAH, AAH + TAH und Box) eingetragen. Die äusserste Linie stellt die Hülle des Grenzwertes ohne eine Abschirmung dar. Auf einer Höhe von etwa 5 m über dem Boden der TS ist das magnetische Feld soweit abgeklungen, dass der Grenzwert nicht mehr überschritten wird. Im Horizontalschnitt sind es etwa 3 m von der Mitte des Transformators, auf der Seite des NS-Kabelanschlusses bis 4 m. Im Folgenden wird die Diskussion auf die Höhe beschränkt, da sich bei ewz OMEN meist, wie bereits erwähnt, über einer TS befinden. Für «empfindliche» Nebenräume lässt sich die Diskussion gleich führen.

Mit einer AAH wird die 1- μ T-Isolinie um einen Meter zur TS hin verschoben. Mit einer TAH lässt sich das magnetische

Feld weiter nach unten bringen, und zwar im gleichen Umfang wie mit einer Box. Werden beide Abschirmhauben kombiniert (AAH + TAH), so reduziert sich das Magnetfeld nochmals um etwa 0,5 m auf rund 2,7 m über dem Boden. Diese Massnahme erlaubt es in den meisten Fällen, die 1- μ T-Isolinie des Magnetfeldes innerhalb der TS zu behalten. Im Vergleich zu einem industriellen strahlungsreduzierten Transformatortyp (1000 kVA, u_k nicht bekannt, 1 μ T rund 2,8 m über Boden, [3]), ist diese Lösung für «alte» Transformatoren gleichwertig. Je nach Raumhöhe und Transformatorenleistung kann nun die geeignete Variante ausgewählt werden.

In der Zugänglichkeit (Störungsbehebung, Wartung, Reparatur) sind die Hau-

ben im Gegensatz zur Box vorteilhafter. Erst für das Demontieren von Anschlüssen müssten die Hauben etwas angehoben werden, während die Box mit grossem Aufwand demontiert werden müsste, ausser Monteure winden sich durch die schmalen Öffnungen (Bild 2). Die Kombination AAH + TAH ist vor allem für grosse Transformatoren gedacht, über denen sich direkt ein OMEN befindet. Nicht jede Alt-Anlage lässt sich aber auf diese Art sanieren, etwa wenn sich die MS- oder NS-Sammelschiene in Deckennähe befindet. Dann ist der Einfluss dieser Sammelschiene gegebenenfalls grösser und umfassendere Umbauten müssen durchgeführt werden.

Sanierungsmassnahmen und -kosten

In ersten Alt-Anlagen im Stadtnetz von ewz sind Abschirmmassnahmen durchgeführt worden, welche sich auf die oben erwähnten Versuche abstützen. Diese Anlagen (Stand September 2003) sind in der Tabelle aufgeführt. In der ersten Kolonne findet sich die Art der Sanierung (AGW oder IGW), dann folgt der Name der TS. Die dritte Kolonne gibt das Jahr der letzten Inbetriebnahme der TS an, sei es als Erstbetrieb oder als Wiederbetrieb nach Umbau. Es folgt eine detaillierte Angabe der getroffenen Massnahmen sowie die Beschreibung des OMEN. Ungefähre reine Sanierungskostenangaben sind aus der letzten Kolonne ersichtlich.

Die Erfahrung mit eigenen Anlagen zeigen, dass bei Neu-Anlagen und Total-sanierungen oder bei Umbauten mit Mehrkosten von maximal 10% die Grenzwerte eingehalten werden können, falls die NISV-Ausführungsbestimmung nach ewz-Annahmen festgelegt werden. Bei vorgezogenen Umbauten – weil Abschirmungen nicht möglich sind – muss mit zusätzlichen Kapitalkosten gerechnet werden, da die Lebensdauer der Anlage nicht voll ausgenützt werden kann, wie dies etwa bei der TS Luchswiesenstrasse der Fall war (detaillierte Kostenzusammenstellung in Kasten). Wird eine solche Station auf Grund der NISV total saniert, so muss neben den Kosten für die neue Anlage auch der Restwert der alten Anlage zu den Sanierungskosten addiert werden.

Bei Alt-Anlagen, wie sie in der Tabelle aufgeführt sind, wird – je nach Anlage – mit Sanierungskosten von bis zu 50000 Franken gerechnet. Da die Abschirmung der Transformatoren (wie beispielsweise die TS Strassburgstr. 9 oder die TS Schaffhauserplatz) nur ein Teil einer Alt-Anlagen-Sanierung ist – weitere Mass-

Rechenbeispiel

TS Luchswiesenstrasse 186

Die TS Luchswiesenstrasse 186 wurde 10 Jahre zu früh saniert: Umbaukosten total 250 000 Franken, zuzüglich Provisorium 50 000 Franken. Bei Kapitalkosten von 4%: $10 \cdot 12\,000$ Franken = 120 000 Franken. Der Restwert Anlage beträgt 80 000 Franken und der Anschluss der Kabel 25 000 Franken (wird bei Netzneubau ersetzt). Die Totalkosten für die zu frühe Sanierung (Nichtausnutzen der Lebensdauer) belaufen sich somit auf 225 000 Franken. Zusatzkosten für NISV-konforme Neuanlage: 0 Franken (vorbehältlich Ausführungsbestimmungen).

nahmen betreffen die Kabelführung und die NS-Verteilung –, müssen die Massnahmen, welche in Kombination zum Erfolg führen, für jede Alt-Anlage individuell bestimmt werden. Im Falle der Transformatoren-Abschirmungen kann erwähnt werden, dass die Box und die Kombination AAH + TAH etwa gleich teuer zu stehen kommen, die kombinierten Hauben aber eine bessere Reduktion des magnetischen Feldes ergeben.

Neben Abschirmungen kann auch die Nennleistung der Transformatoren reduziert werden, was wiederum das magnetische Feld reduziert. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass diese Lösung für die TS Zwielfplatz, Schaffhauserstr. 235 und Bruderwies 55 (alle OMEN sind Kindergärten) gewählt wurde. Es wurde jeweils ein kleinerer, optimierter Transformator eingebaut. Diese Massnahme führt aber unter Umständen zu einer verminderten Versorgungssicherheit, da weniger Leistung im Bedarfsfall (z.B. Umschaltung bei einer Störung) zur Verfügung stehen wird. Inwieweit eine solche Reduktion der Versorgungssicherheit von den Kunden akzeptiert wird, ist noch abzuwarten.

Schlussfolgerungen

Bei Neuanlagen und Umbauten kann der Anlagengrenzwert (AGW) durch richtige Massnahmen in der Planung und Projektierung in den meisten Fällen ohne grossen Mehraufwand eingehalten werden. Sobald eine Alt-Anlagen-Sanierung nötig ist, wird es komplexer. Jede Anlage ist ein Fall für sich und muss individuell behandelt werden. Kurzfristige Massnahmen von Seiten des EVU und der Kunden können die relevanten Magnetfeldwerte einer Anlage während der Sanierungsfrist erheblich reduzieren. Versuche mit diversen Abschirmungen Strom führender Teile liessen erkennen, wie man im Einzelfall vorgehen kann. Insbesondere Abschirmungen an der Quelle, wie die kombinierten Transformatorenhauben, welche die für den AGW massgebenden

Distanzen fast halbieren, lassen die Hoffnung aufkommen, dass wenigstens ein Teil der Alt-Anlagen relativ kostengünstig saniert werden kann. Bei anderen Anlagen muss man mit Sanierungskosten bis 50 000 Franken rechnen. Bei Anlagen, welche vor Ablauf ihrer Lebensdauer ersetzt werden müssen, können die einzurechnenden Kapitalkosten ein Vielfaches der Sanierungskosten betragen (Kasten). Dies stellt die Frage nach den technisch und betrieblich zumutbaren Aufwendungen eines EVU. Wo sind die Grenzen des Zumutbaren, was ist wirtschaftlich tragbar?

Von Seiten der Kunden als auch der EVU ist es wichtig, dass sich die Ausführungsbestimmungen an real auftretenden Magnetfeldwerten orientieren, die für beide Seiten einfach nachvollziehbar sind. Das EVU soll keine theoretischen Felder aus Gründen der Versorgungssicherheit abschirmen müssen. Nur so lassen sich die Feldwerte rasch und kostengünstig reduzieren.

¹ MS: Mittelspannung; NS: Niederspannung

Referenzen

- [1] NISV: Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV). SR 814.710, 1999.
- [2] Eurelectric: EMF Exposure Standards, applicable in Europe and elsewhere. Environment & Society Working Group, 2003.
- [3] G. Wruss: Umweltfreundliche, strahlungsreduzierte Verteiltransformatoren. *Bulletin SEV/VSE*, Nr. 18, 2003, 23–26.
- [4] M. Arnold, H. Lowack: Magnetfelder reduzieren, Massnahmen zur Umsetzung der NISV im Transformatorenstationsbau. Sonderdruck aus *Bulletin SEV/VSE*, Nr. 23 und 25, 2000, 11–17, resp. 41–42.
- [5] H. Luternauer, D. Hearn, H.-H. Schiesser: Electromagnetic Fields – Optimisation of MV/LV Transformer Stations. CIREN, 17th Int. Conf. on Electricity Distribution, Session 2, Paper No 8, Barcelona, 12–15 May 2003, 6pp.
- [6] B. Jäkel, A. Müller: Niederfrequente Magnetfelder von Mittelspannungsanlagen. *etz*, Nr. 16, 2000, 14–19.

Angaben zu den Autoren

Dr. **Lukas Küng** studierte Elektrotechnik an der ETH Zürich und verfasste seine Doktorarbeit über eine elektrische Maschine für den Einsatz in einem Fahrzeug. Danach war er Entwicklungs- und Beschaffungsleiter «Elektrische Maschinen» bei ABB. Seit 2001 arbeitet er bei ewz, wo er für das Geschäftsfeld Netzdienstleistungen und die Umsetzung der NISV verantwortlich ist.

ewz, CH-8050 Zürich, lukas.kueng@ewz.ch

Dr. **Hans-Heinrich Schiesser** studierte Geografie an der Universität Zürich. Er verfasste seine Doktorarbeit auf dem Gebiet der Radarmeteorologie. Er weist eine langjährige wissenschaftliche Mitarbeit in Forschungsprogrammen am Institut für Atmosphäre und Klima an der ETH Zürich aus. Seit 1999 arbeitet er bei ewz, wo er für Spezialaufgaben im Bereich Planung verantwortlich ist.

ewz, CH-8050 Zürich, hans.schiesser@ewz.ch

David Hearn, El.-Ing. HTL, studierte Elektrotechnik an der FH Zürich. Seit 1999 arbeitet er bei ewz, wo er für Spezialaufgaben im Bereich Planung verantwortlich ist.

ewz, CH-8050 Zürich, david.hearn@ewz.ch

Hansruedi Luternauer, El.-Ing. HTL, studierte Elektrotechnik an der FH Muttenz. Seit 1985 arbeitet er bei ewz im Bereich Planung und ist verantwortlich für Netzdesign.

ewz, CH-8050 Zürich,

hansruedi.luternauer@ewz.ch

ORNI – les possibilités d’assainissement et les coûts entraînés pour les exploitants de réseau de distribution

L’Ordonnance sur la protection contre les rayonnements non-ionisants (ORNI) est en vigueur depuis le 1^{er} février 2000. Les entreprises électriques de Suisse en sont directement touchées étant donné que leurs installations doivent respecter des limites rigoureuses d’émission. Celles-ci sont valables non seulement pour les nouvelles installations mais également pour les anciennes. ewz (l’entreprise électrique de la Ville de Zurich) a commencé assez tôt à s’occuper du problème. Les points essentiels du présent article sont la mise en œuvre de l’ORNI en ville de Zurich, les possibilités d’assainissement – en particulier le blindage des transformateurs MT/BT – et les coûts entraînés dans le cas des installations anciennes. Il est en outre donné un aperçu des installations assainies jusqu’à présent avec les mesures prises et les coûts encourus, et la question des efforts économiquement raisonnables est posée.

Hier informieren Sie sich.

Besuchen Sie für weitere Informationen unsere Website www.ewz.ch. Oder nehmen Sie direkt mit uns Kontakt auf, wenn Sie individuell beraten werden möchten.

ewz
Netzdienstleistungen
Tramstrasse 35
8050 Zürich
Telefon 058 319 46 25
Telefax 058 319 41 84
netzdienstleistungen@ewz.ch
www.ewz.ch

