

A03/14-1

**Quantifizierung der magnetischen Schirmwirkung der
Abschirmvorrichtung TrafoMan® der Firma
CFW EMV-Consulting AG**

Auftraggeber: CFW EMV-Consulting AG, Nordstrasse 24, CH-9410 Heiden

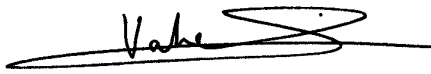
Ausführungsdatum: 17.-26.03.2003 und 23.-25.04.2003

Beteiligte: CFW EMV-Consulting AG: Herr Ch. Fischbacher
FKH: Herren Dr. V. Der Houhanessian,
C. Meyer, T. von Deschwanden
A. Resenterra

Inhalt:	1	Zusammenfassung	2
	2	Einleitung Veranlassung	2
	3	Testobjekte und Messvarianten	3
	4	Versuchsanordnung und Messmethode	3
	5	Messergebnisse	7
	6	Schlussfolgerungen	11

Zürich, 4. Juni 2003

FACHKOMMISSION FÜR HOCHSPANNUNGSFRAGEN



Dr. V. Der Houhanessian
Versuchsleiter



Dr. R. Bräunlich
Geschäftsleiter

1 Zusammenfassung

Die Wirksamkeit der Magnetfeld-Abschirmvorrichtung TrafoMan für Verteiltransformatoren der Firma CFW EMV-Consulting AG wurde messtechnisch untersucht:

Zu diesem Zweck wurde die magnetische Flussdichteverteilung in der Umgebung eines Verteiltransformators (S_N 630 kVA / U_N 16 kV) mit und ohne die Abschirmvorrichtung ausgemessen und verglichen.

Das magnetische Flussdichtefeld wurde durch die Ermittlung der 1- μ T-Isolinien in den senkrecht stehenden Symmetrieebenen des Prüfobjekts (x-z- und y-z-Ebene) charakterisiert.

Beim Produkt, TrafoMan, wurde eine markante Reduktion der magnetischen Flussdichte durch den Einsatz der Abschirmvorrichtung festgestellt.

Die maximale Schirmwirkung der Vorrichtung im Nahbereich (<50 cm) wurde erwartungsgemäss jeweils hinter der Mitte der Abschirmplatten festgestellt.

2 Einleitung Veranlassung

Im Rahmen der Umsetzung der Verordnung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung NISV¹, welche auf den 1. Februar 2000 in Kraft getreten ist, sind alle Energieversorgungsanlagen bezüglich der Einhaltung der festgelegten Grenzwerte zu beurteilen und unter Umständen nachzubessern.

Die Verordnung legt für Starkstromanlagen mit Netzbetriebsfrequenz, 50 Hz, folgende Grenzwerte fest:

- Immissionsgrenzwert: 100 μ T an Orten, wo sich Menschen aufhalten können
- Anlagengrenzwert (AGW bzw. Emissionsgrenzwert) von 1 μ T an Orten mit empfindlicher Nutzung.

Eine mögliche Lösung für die Nachbesserung von Anlagen mit Überschreitungen des AGWs ist der Einsatz von magnetischen Abschirmungen. Neuerdings werden fertige Abschirmeinheiten für Transformatoren und Niederspannungsverteilungen angeboten. Die Produkte TrafoMan und PowerMan der Firma CFW EMV-Consulting AG, CH-9410 Heiden, sind Beispiele solcher Lösungen.

Das Ziel dieser Messkampagne war es, die Wirksamkeit der Abschirmvorrichtung TrafoMan zu quantifizieren und zu dokumentieren.

¹ SR 814.710, Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung vom 23. Dezember 1999

3 Testobjekte und Messvarianten

Für die Bewertung der Schirmwirkung des CFW-Produkts TrafoMan wurden magnetische Flussdichtemessungen an einem 630-kVA-Verteiltransformator mit und ohne der genannten Abschirmung durchgeführt.

Die Versuche wurden mit einem bezüglich magnetischer Flussdichte nicht optimierten 630-kVA-Transformator ausgeführt (Typ ELIN TDQ-632A02S9K-99, Nennspannungen 16'800/420 V, Nennströme 21.65/866 A). Die Messungen wurden mit halber und voller Strombelastung im Kurzschlussbetrieb durchgeführt.

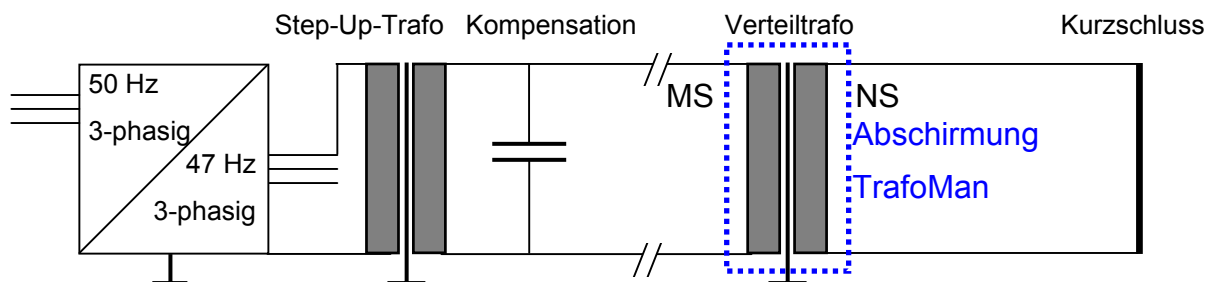
Tabelle 3.1: Zusammenstellung der durchgeführten Prüfungen

Nr.	Prüfobjekt	Belastung	NS-seitiger Kurzschlussstrom	Nullleiterstrom
1	Transformator ohne Abschirmung	50% / 100%	433 / 866 A	17.5 / 35 A
2	Transformator mit TrafoMan-Abschirmung	50% / 100%	433 / 866 A	17.5 / 35 A

4 Versuchsanordnung und Messmethode

Bei dem zur Untersuchung benutzten Verteiltransformator wurden die Unterspannungsklemmen an lange Niederspannungsverbindungskabel angeschlossen, die am Ende kurzgeschlossen waren. Mit einem frequenzvariablen Umrichter wurden mittelspannungsseitig Kurzschlussströme in der Höhe von 50% bzw. 100% des Nennstroms eingespeist (siehe Messreihen, Tabelle 3.1). Entsprechend der Kurzschlussspannung von 4.63% und der eingestellten Ströme ergaben sich mittelspannungsseitig Einspeisespannungen von bis zu 778 V.

Die notwendige Speiseeinrichtung des Verteiltransformators (siehe Figur 4.1), der Frequenzumrichter, der "Step-Up"-Transformator und die Kompensationskapazitäten wurden in ausreichend grossem Abstand vom Untersuchungsort aufgestellt, um Feldbeeinflussungen aus der Speiseanordnung auszuschliessen.



Figur 4.1: Einphasiges Versuchsschema für die Kurzschlusseinspeisung des für die Untersuchung der Trafoabschirmung TrafoMan benutzten Verteiltransformators

Die doppelt geführten Niederspannungskabel wurden in Richtung der positiven y-Achse (siehe Figuren 4.2 und 5.1) auf einer Höhe von 15 cm verlegt. Die aufgeteilten Polleiter wurden zur Minimierung des Magnetfelds in punktsymmetrischer Phasenfolge verlegt. Die MS-Kabel wurden verdreht auf dem Bodenniveau in der Richtung der negativen y-Achse verlegt (siehe Figur 4.3). Um die magnetische Flussdichte der Kabel zu unterdrücken, wurden sie teilweise mit Abschirm-Platten bzw. -Kanälen abgedeckt.

Bei der Untersuchung der TrafoMan-Abschirmung wurde der Verteiltransformator auf einer Höhe von 55 cm über dem Boden positioniert (siehe Figur 4.2). Die TrafoMan-Abschirmung wurde auf eine Höhe von 30 cm aufgestellt.

Bei der Auswertung der Messresultate der TrafoMan-Abschirmung wurde die untere Kante der Bleche (Höhe über Boden 30 cm) als Nullniveau $z=0$ definiert (siehe Figur 4.2).

Folgendes Messgerät wurde für alle Messungen der magnetischen Flussdichte eingesetzt:

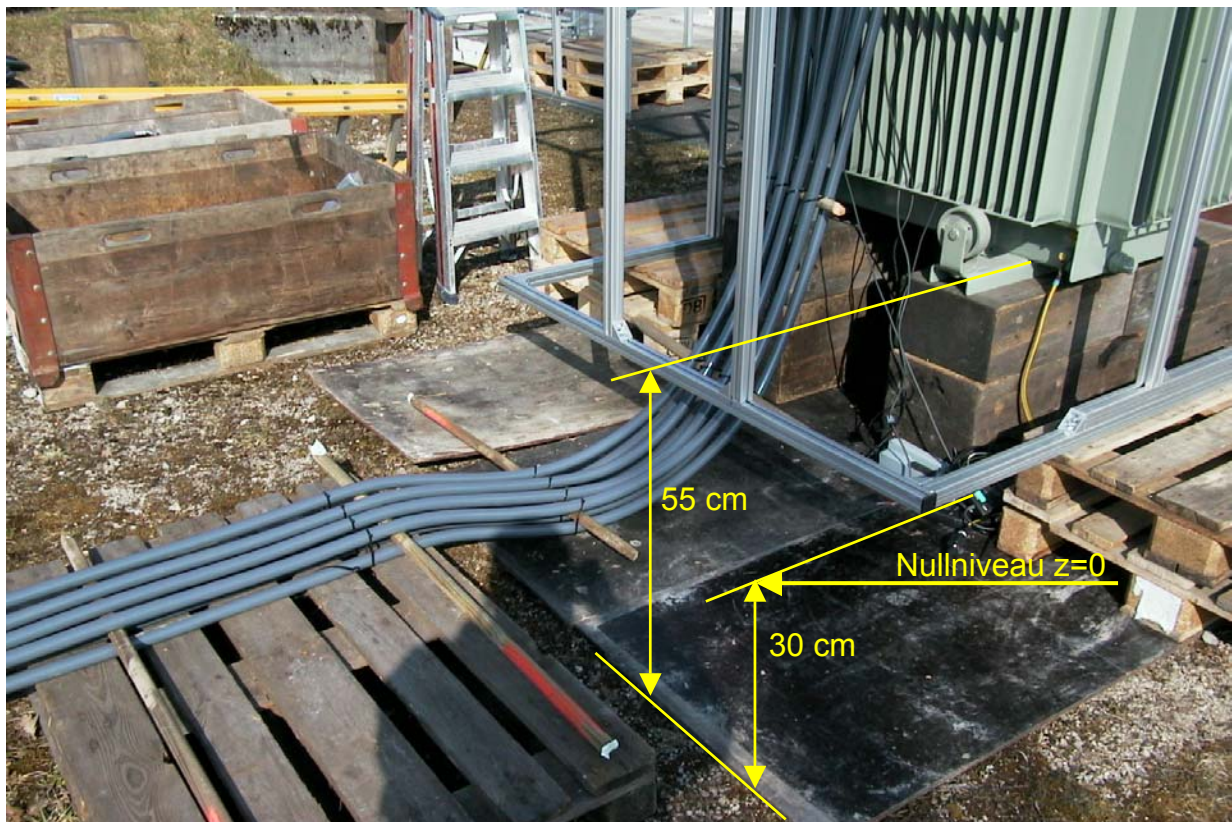
Marke :	Wandel & Goltermann
Typ :	EFA-3 EM Field Analyzer System
Messbandbreite :	5 Hz....30 kHz
Messunsicherheit :	$\pm 3\% \pm 1 \text{ nT}$
Messbereich :	40 nT bis 10 mT (für die spezifizierte Messunsicherheit)
Letzte Kalibration :	24. April 2002.

Um den Einfluss der störenden, netzfrequenten magnetischen Flussdichten aus der Umgebung zu minimieren, wurden alle Untersuchungen bei einer Betriebsfrequenz von 47 Hz durchgeführt. Die magnetischen Flussdichten wurden bei dieser Frequenz schmalbandig gemessen.

Die Quantifizierung der Schirmwirkung des TrafoMan wurde hauptsächlich durch Vergleich der gemessenen $1\text{-}\mu\text{T}$ -Isolinien vorgenommen. Diese Linien gleicher Flussdichte wurden in den senkrechten Symmetrieebenen (x-z-Ebene und y-z-Ebene) mit und ohne Abschirmungen gemessen und beurteilt. Die $1\text{-}\mu\text{T}$ -Isolinien wurden bei 50% und 100% Belastung in den genannten Symmetrieebenen gesucht (siehe Figuren 5.4 und 5.5).

Es wurden auch Messwerte an den Oberflächen der inneren und äusseren Abschirmplatten des TrafoMan bei verschiedenen Belastungen bestimmt (siehe Tabelle 5.1).

Ausserdem sind flächendeckende Messungen in der horizontalen x-y-Ebene, 50 cm oberhalb der Abschirmung durchgeführt worden (siehe Tabellen 5.2 und 5.3).



Figur 4.2: Aufstellung des Verteiltransformators und der TrafoMan-Abschirmung

a)



b)



c)



d)

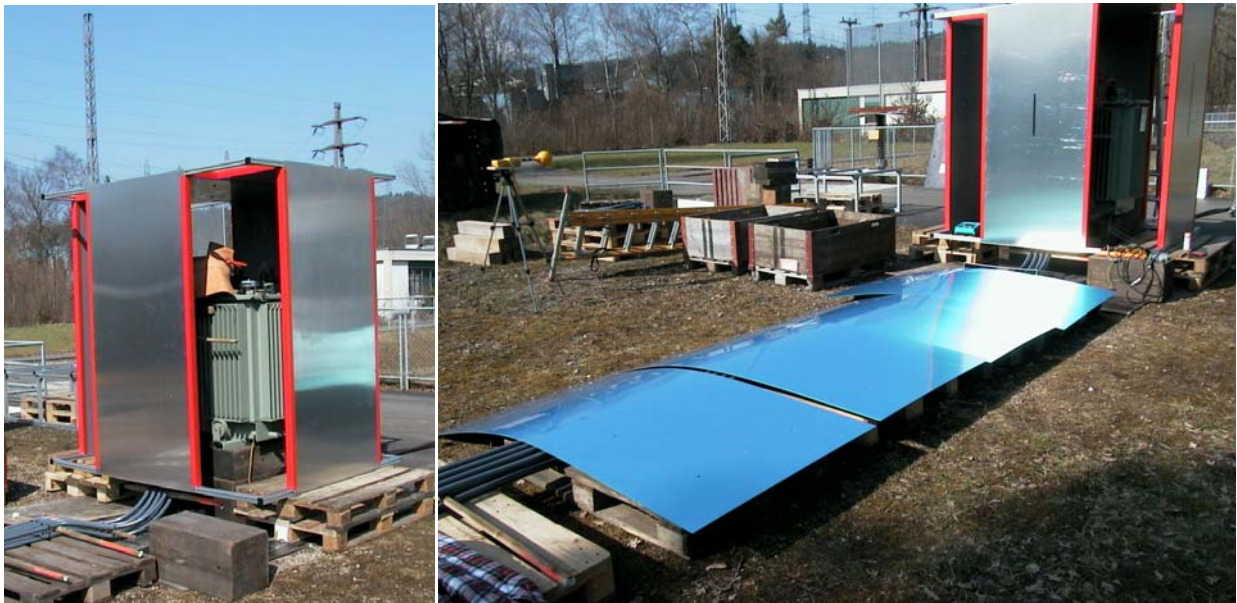
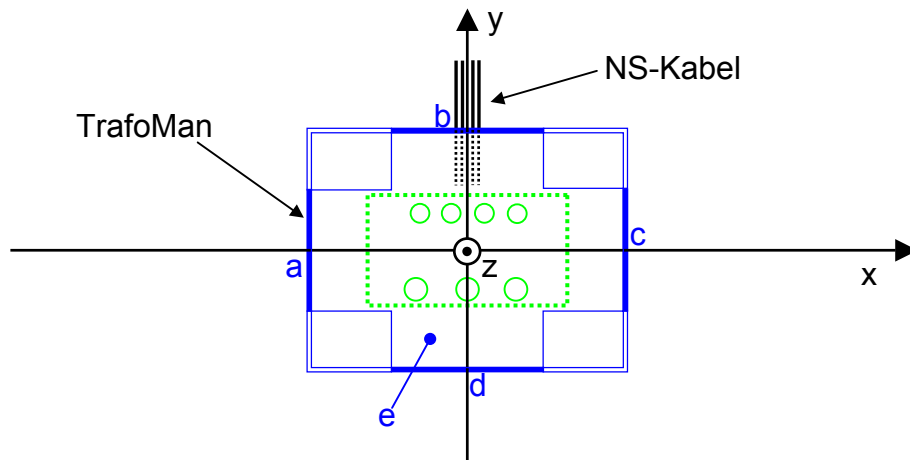


Figur 4.3: Verlegung der MS- und NS-Kabel:

Die MS-Kabel wurden verdreht und mit Abschirmkanälen abgeschirmt (a und b)

Die NS-Kabel wurden doppelt geführt und die gleichnamigen Polleiter punktsymmetrisch angeordnet (c). Ausserdem wurden sie mittels Abschirmplatten (d) abgedeckt

5 Messergebnisse



Figur 5.1: Der 630-kVA-Transformator mit TrafoMan-Abschirmung

**Aussendimension des Verteiltransformators: 132×73×145 L×B×H in cm
(inkl. Durchführungen und Rollen)**

Aussendimension des TrafoMan 212×161×208 L×B×H in cm

Die untere Kante der Abschirmung liegt beim Null-Niveau (z=0)

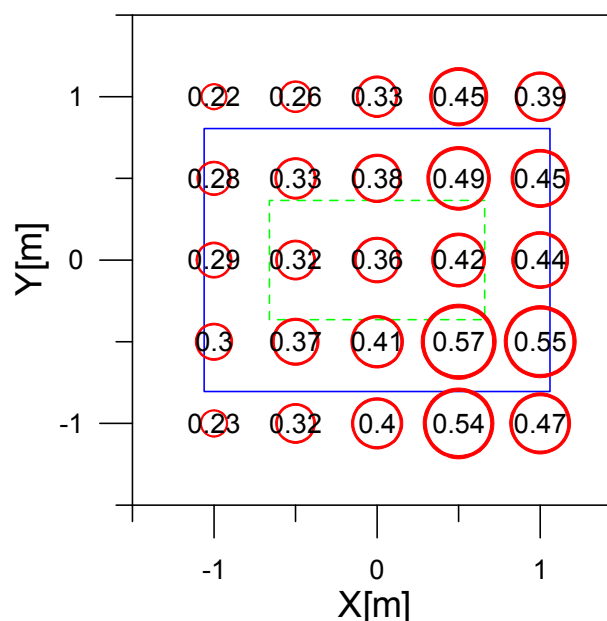
Tabelle 5.1: Messwerte TrafoMan der magnetischen Flussdichte in μT an den äusseren (ausssen) und inneren (innen) Oberflächen der Abschirmung bei 25%, 50%, 75% und 100% Belastung

Punkt:	a _{ausssen}	a _{innen}	b _{ausssen}	b _{innen}	C _{ausssen}	C _{innen}	d _{ausssen}	d _{innen}	e _{ausssen}	e _{innen}
x [cm]	-112*	-95	0	0	112	95	0	0	0	0
y [cm]	0	0	86.5	69.5	0	0	-86.5	-69.5	0	0
z [cm]	104	104	104	104	104	104	104	104	214	197
Belastung	Effektivwerte der magnetischen Flussdichte [μT]									
25%	0.27	18.4	1.11	47.2	0.43	15.2	0.54	11.0	0.23	16.0
50%	0.47	31.2	2.01	94	0.75	23.2	0.92	20.0	0.37	32.3
75%	0.69	41.8	2.78	130	1.08	28.8	1.20	28.5	0.50	48.7
100%	0.92	51.1	3.48	188	1.44	32.6	1.56	36.6	0.65	63.5

*) Position der Ausssenwand -106 cm plus Radius der Messsonde 6 cm

Tabelle 5.2: Messwerte TrafoMan der magnetischen Flussdichte in μT in einer Horizontalebene (x-y-Ebene) 50 cm oberhalb der Abschirmung bei 50% Belastung

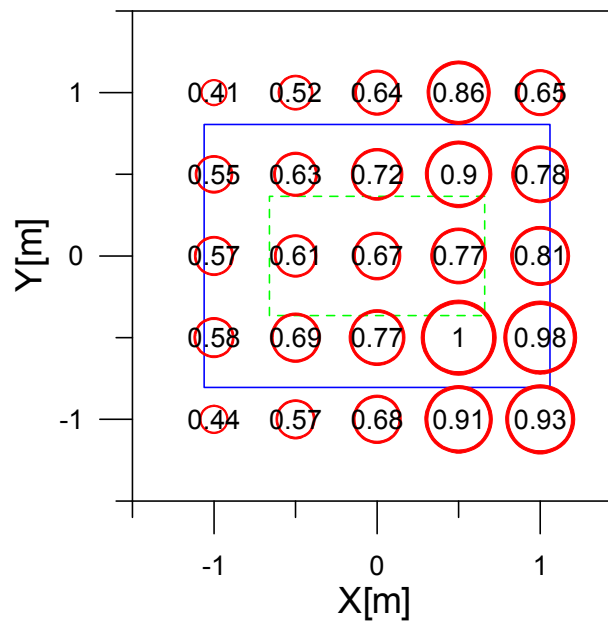
z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.22	0.26	0.33	0.45	0.39
y=50 cm	0.28	0.33	0.38	0.49	0.45
y=0 cm	0.29	0.32	0.36	0.42	0.44
y=-50 cm	0.30	0.37	0.41	0.57	0.55
y=-100 cm	0.23	0.32	0.40	0.54	0.47



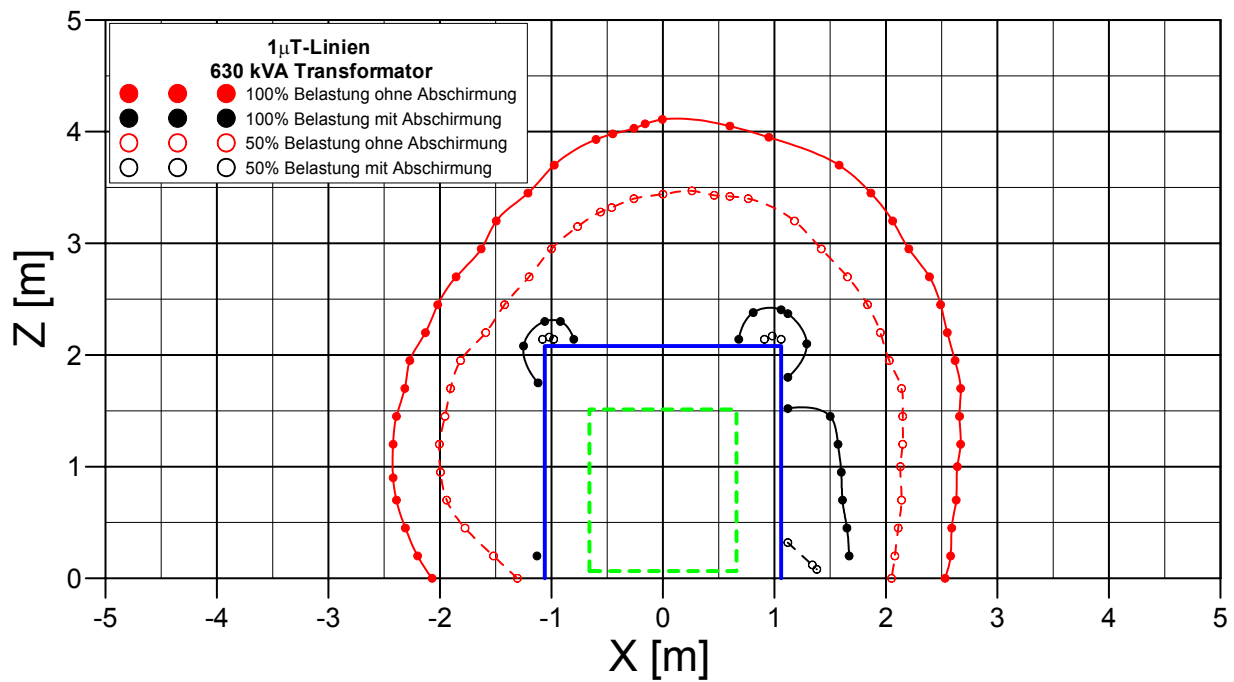
Figur 5.2: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.2

Tabelle 5.3: Messwerte TrafoMan der magnetischen Flussdichte in μT in einer Horizontalebene (x-y-Ebene) 50 cm oberhalb der Abschirmung bei 100% Belastung

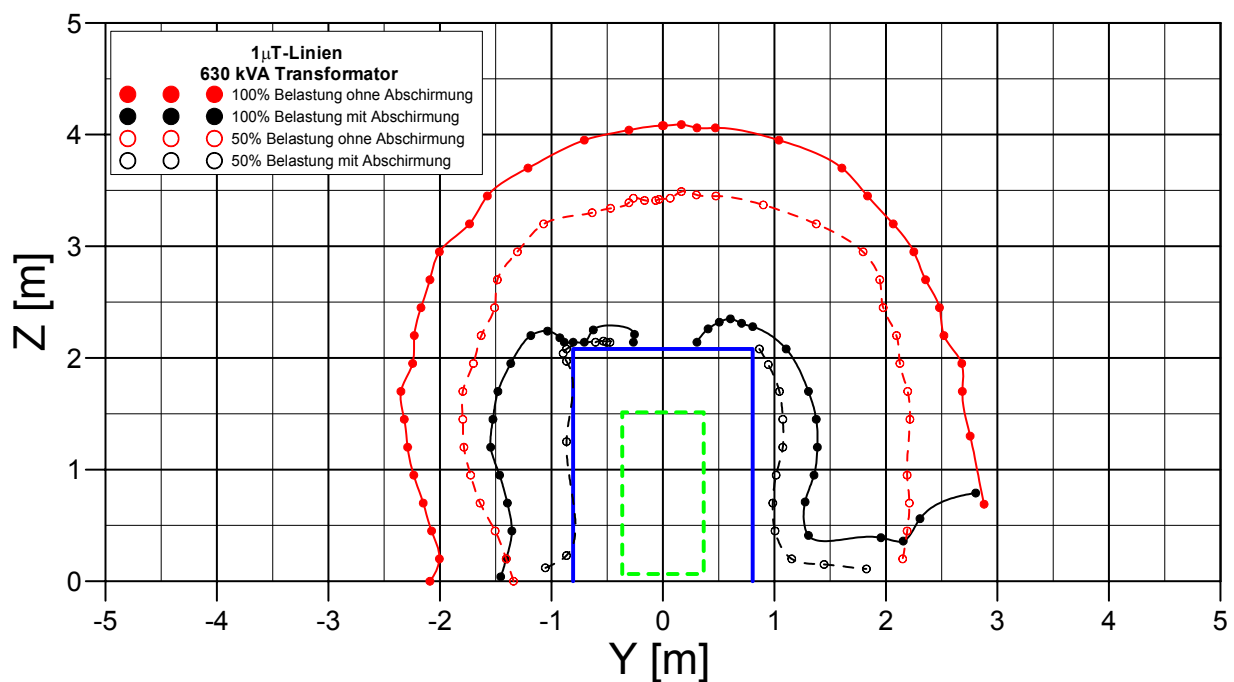
z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.41	0.52	0.64	0.86	0.65
y=50 cm	0.55	0.63	0.72	0.90	0.78
y=0 cm	0.57	0.61	0.67	0.77	0.81
y=-50 cm	0.58	0.69	0.77	1.00	0.98
y=-100 cm	0.44	0.57	0.68	0.91	0.93



Figur 5.3: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.3



Figur 5.4: 1- μ T-Linien in der x-z-Ebene eines 630-kVA-Transformators mit und ohne TrafoMan-Abschirmung bei 50% bzw. 100% Belastung



Figur 5.5: 1- μ T-Linien in der y-z-Ebene eines 630-kVA-Transformators mit und ohne TrafoMan-Abschirmung bei 50% bzw. 100% Belastung

6 Schlussfolgerungen

1. Durch den Einsatz der TrafoMan-Abschirmung wurden die magnetischen Flussdichten des verwendeten Verteiltransformators in den untersuchten senkrecht stehenden x-z- und y-z-Symmetrieebenen markant unterdrückt.
2. Die Annahme konnte bestätigt werden, dass die Schirmwirkung im Nahbereich (<50 cm) in der Mitte der Abschirmplatten am stärksten ist.
3. Bei 100% des Nennstroms wurden durch das Abschirmprodukt in den senkrechten Symmetrieebenen folgende Reduktionen der Maximalhöhen der 1- μ T-Linie erreicht:

x-z-Ebene: 1.7 m

y-z-Ebene: 1.8 m

Im Zentrum über Abschirmung wird eine Reduktion des Abstands bis zum Unterschreiten der magnetischen Flussdichte unter 1 μ T von 2.0 m erreicht.