

**A03/14-2**

**Quantifizierung der magnetischen Schirmwirkung der  
Abschirmvorrichtung PowerMan™ der Firma  
CFW EMV-Consulting AG**

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

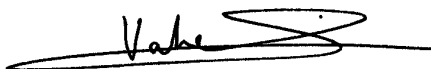
Ausführungsdatum: 17.-26.03.2003 und 23.-25.04.2003

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
	5.1	NS-Verteilung ohne PowerMan	
	5.2	NS-Verteilung mit PowerMan	
	6	Schlussfolgerungen	14

Zürich, 4. Juni 2003

FACHKOMMISSION FÜR HOCHSPANNUNGSFRAGEN



Dr. V. Der Houhanessian  
Versuchsleiter



Dr. R. Bräunlich  
Geschäftsleiter

# 1 Zusammenfassung

Die Wirksamkeit der Magnetfeld-Abschirmvorrichtung PowerMan der Firma CFW EMV-Consulting AG wurde messtechnisch untersucht:

Zu diesem Zweck wurde die magnetische Flussdichteverteilung in der Umgebung einer 630-kVA-NS-Verteilung mit und ohne die Abschirmvorrichtung ausgemessen und verglichen.

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

Beim Produkt, PowerMan, 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 NISV<sup>1</sup>, 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  $\mu$ T an Orten, wo sich Menschen aufhalten können
- Anlagengrenzwert (AGW bzw. Emissionsgrenzwert) von 1  $\mu$ 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 PowerMan zu quantifizieren und zu dokumentieren.

---

<sup>1</sup> 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 PowerMan wurden magnetische Flussdichtemessungen an einem 630-kVA-NS-Verteilung mit und ohne der genannten Abschirmung durchgeführt.

Die untersuchte NS-Verteilung wurde mit einem 630-kVA-Transformator (Typ ELIN TDQ-632A02S9K-99, Nennspannungen 16'800/420 V, Nennströme 21.65/866 A) eingespeist. Die Messungen wurden mit halber und voller Strombelastung durchgeführt.

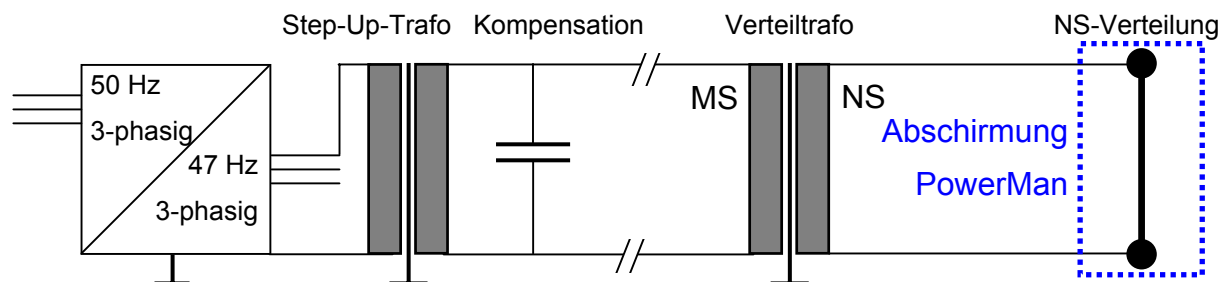
Tabelle 3.1: Zusammenstellung der durchgeführten Prüfungen

Nr.	Prüfobjekt	Belastung	NS-seitiger Kurzschlussstrom	Nullleiterstrom
1	NS-Verteilung ohne Abschirmung	50% / 100%	433 / 866 A	10.5 / 21 A
1	NS-Verteilung mit PowerMan-Abschirmung	50% / 100%	433 / 866 A	10.5 / 21 A

### 4 Versuchsanordnung und Messmethode

Bei dem zur Speisung der NS-Verteilung benutzten Verteiltransformator wurden die Unterspannungsklemmen an lange Niederspannungsverbindungskabel angeschlossen, die am Ende über NS-Verteilung 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 Abschirmung für NS-Verteilungen PowerMan benutzten Verteiltransformators

Bei der Untersuchung, NS-Verteilung mit PowerMan, die doppelt geführten Niederspannungskabel wurden in Richtung der positiven y-Achse (siehe Figuren 4.2 und 5.1) verlegt. Die aufgeteilten Polleiter wurden zur Minimierung des Magnetfelds in punktsymmetrischer Phasenfolge verlegt. Um die magnetische Flussdichte der Kabel zu unterdrücken, wurden sie teilweise mit Abschirm-Kanälen abgedeckt (siehe Figur 4.3).

Bei der Untersuchung wurde das Bodenniveau als Nullniveau  $z=0$  definiert.

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 PowerMan 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 5.7 und 5.8).

Es wurden auch Messwerte an den Oberflächen der inneren und äusseren Abschirmplatten des PowerMan bei verschiedenen Belastungen bestimmt (siehe Tabelle 5.3).

Ausserdem sind flächendeckende Messungen in der horizontalen x-y-Ebene, 50 cm oberhalb der Abschirmungen durchgeführt worden (siehe Tabellen 5.1, 5.2, 5.4 und 5.5).



Figur 4.2: NS-Verteilung mit der PowerMan-Abschirmung

a)



b)



c)

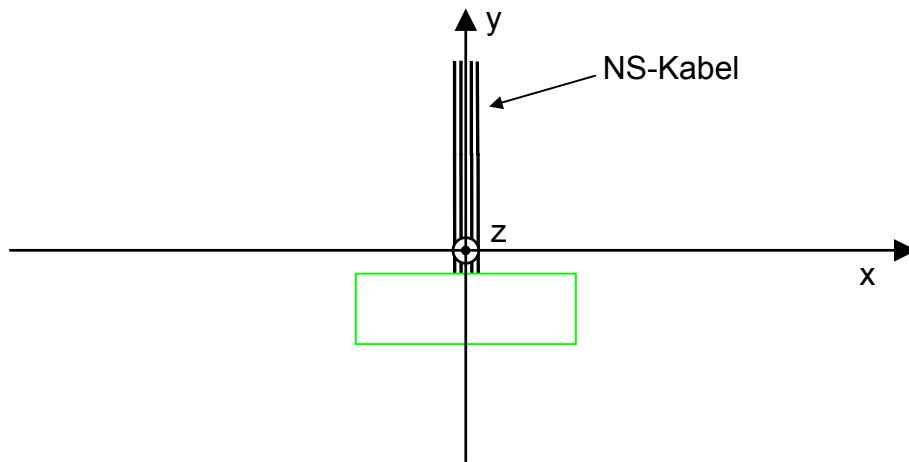


**Figur 4.3: Verlegung der NS-Kabel:**

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

## 5 Messergebnisse

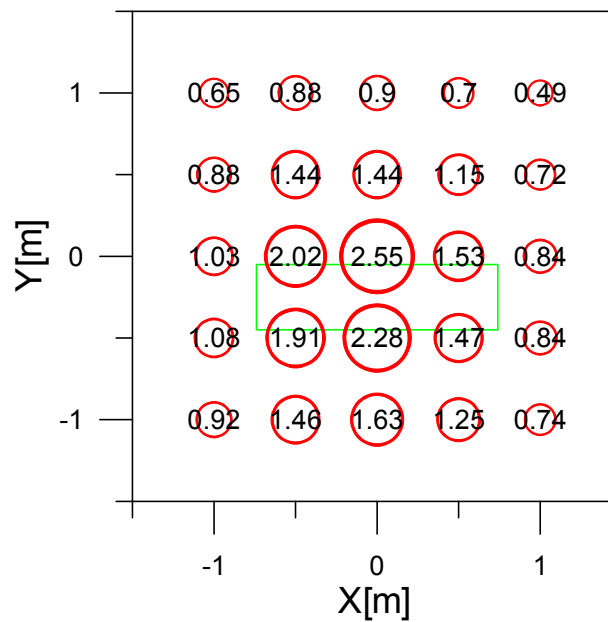
### 5.1 NS-Verteilung ohne PowerMan



**Figur 5.1: NS-Verteilung ohne Abschirmung**  
**Aussendimension der NS-Verteilung mit Rahmen 148×100×203 L×B×H in cm.**  
**Das Bodenniveau ist gleich Nullniveau (z=0)**

Tabelle 5.1: Messwerte PowerMan der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  in einer Horizontalebene 258 cm oberhalb des Bodens bei 50% Belastung

z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.65	0.88	0.9	0.7	0.49
y=50 cm	0.88	1.44	1.44	1.15	0.72
y=0 cm	1.03	2.02	2.55	1.53	0.84
y=-50 cm	1.08	1.91	2.28	1.47	0.84
y=-100 cm	0.92	1.46	1.63	1.25	0.74

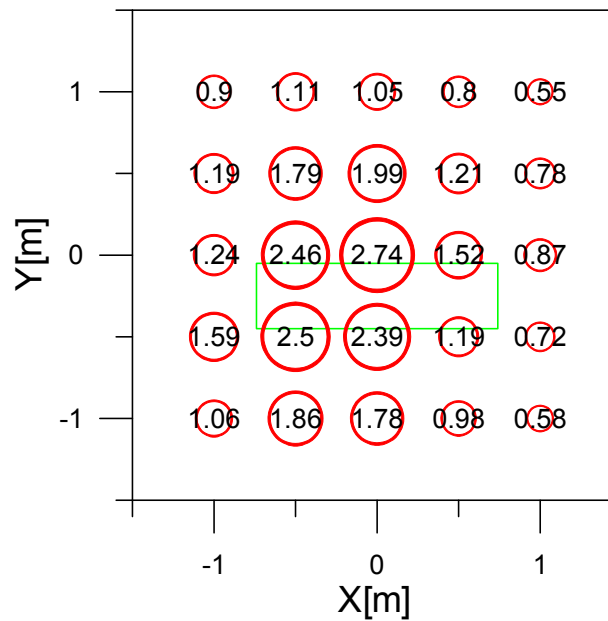


Figur 5.2: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.1



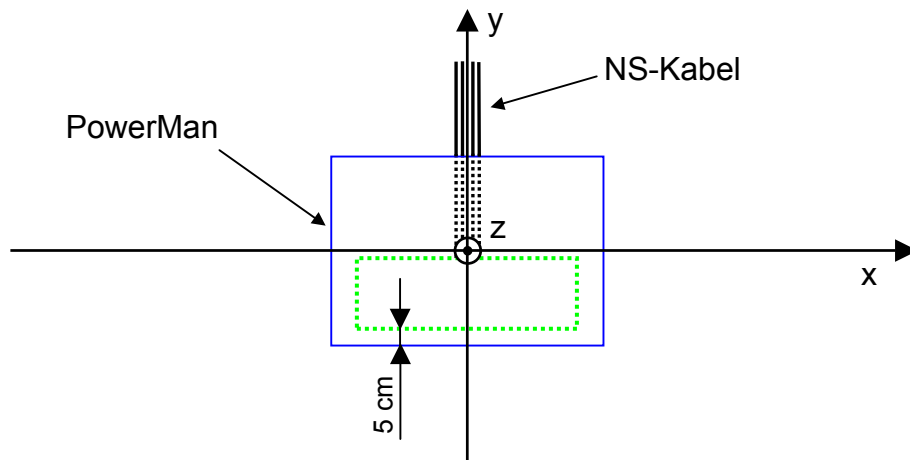
Tabelle 5.2: Messwerte PowerMan der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  in einer Horizontalebene 258 cm oberhalb des Bodens bei 100% Belastung

z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.9	1.11	1.05	0.8	0.55
y=50 cm	1.19	1.79	1.99	1.21	0.78
y=0 cm	1.24	2.46	2.74	1.52	0.87
y=-50 cm	1.59	2.5	2.39	1.19	0.72
y=-100 cm	1.06	1.86	1.78	0.98	0.58



Figur 5.3: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.2

## 5.2 NS-Verteilung mit PowerMan



**Figur 5.4:** NS-Verteilung mit PowerMan-Abschirmung montiert mit 5 cm Abstand zwischen dem hinteren Rahmen und der Abschirmwand

**Aussendimension von NS-Verteilung mit Rahmen 148×100×203 L×B×H in cm**

**Aussendimension von PowerMan 200×100×150 L×B×H in cm**

**Aussendimension von NS-Verteilung mit PowerMan 200×105×208 L×B×H in cm**

**Das Bodenniveau ist gleich Nullniveau (z=0)**

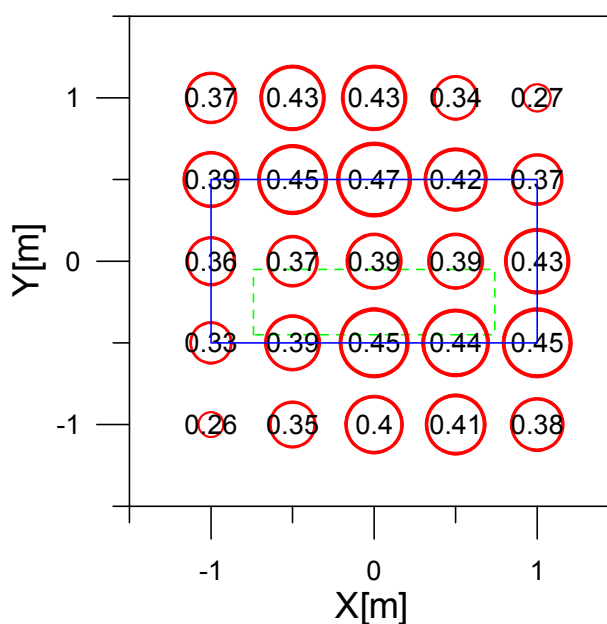
Tabelle 5.3: Messwerte PowerMan der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  an den Oberflächen der unterhalb (innen) und oberhalb (ausen) der Abschirmplatten bei 25%, 50%, 75% und 100% Belastung

x [cm]	-50	-50	0	0	50	50
y [cm]	0	0	0	0	0	0
z [cm]	197*	214	197	214	197	214
	(innen)	(ausen)	(innen)	(ausen)	(innen)	(ausen)
<b>Belastung</b>	<b>Effektivwerte der magnetischen Flussdichte [<math>\mu\text{T}</math>]</b>					
<b>25%</b>	8.86	0.28	34.2	0.32	5.42	0.3
<b>50%</b>	15.1	0.44	55.55	0.48	7.25	0.47
<b>75%</b>	18.62	0.52	63.7	0.55	8.32	0.54
<b>100%</b>	21.1	0.59	67.2	0.61	11.5	0.61

\*) Der Radius der Messsonde ist gleich 6 cm.

Tabelle 5.4: Messwerte PowerMan der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  in einer Horizontalebene (x-y-Ebene) 50 cm oberhalb der Abschirmung bei 50% Belastung

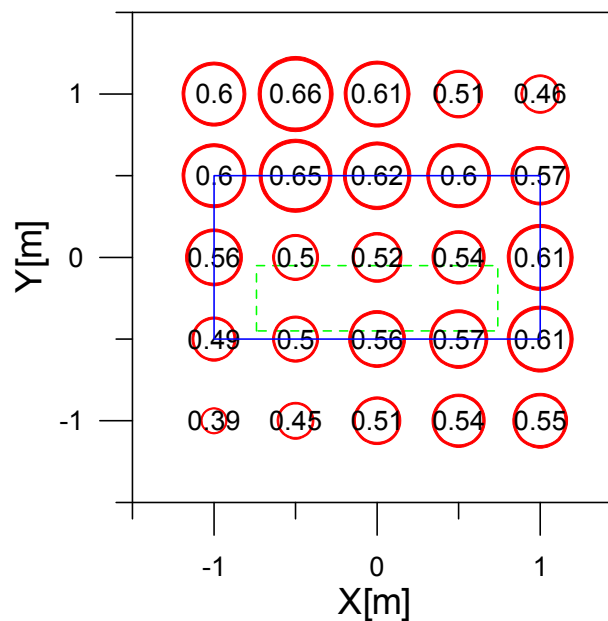
z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.37	0.43	0.43	0.34	0.27
y=50 cm	0.39	0.45	0.47	0.42	0.37
y=0 cm	0.36	0.37	0.39	0.39	0.43
y=-50 cm	0.33	0.39	0.45	0.44	0.45
y=-100 cm	0.26	0.35	0.4	0.41	0.38



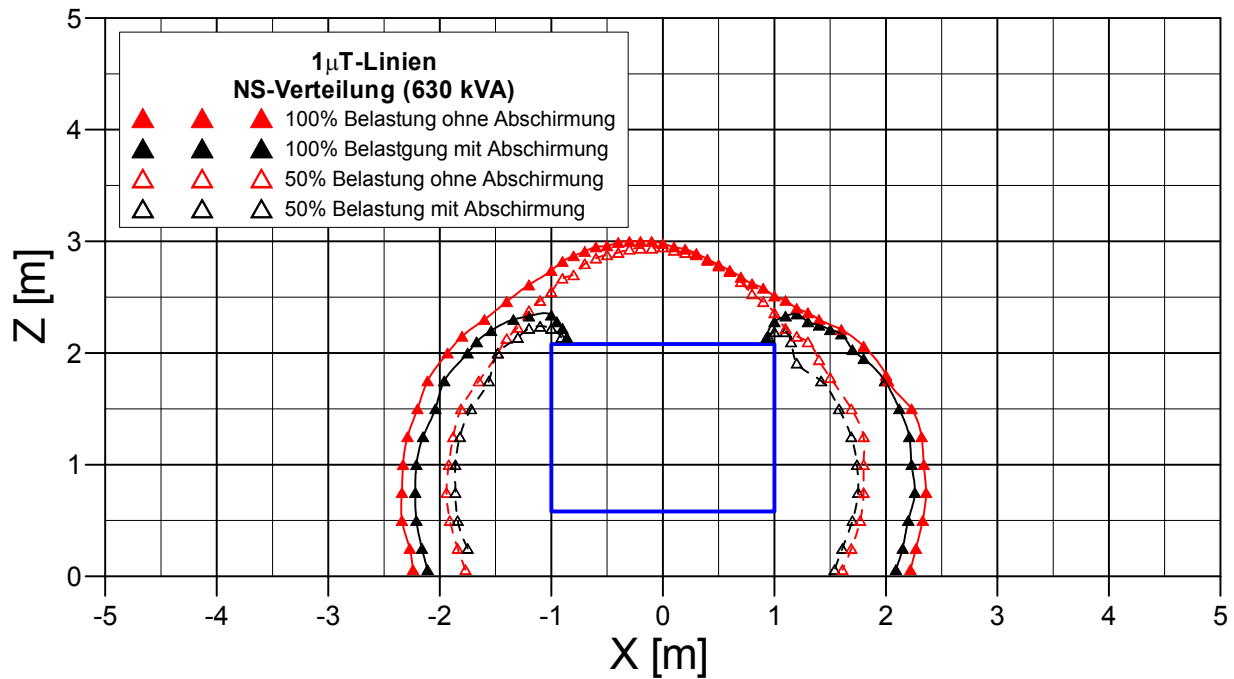
Figur 5.5: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.4

Tabelle 5.5: Messwerte PowerMan der magnetischen Flussdichte in  $\mu\text{T}$  in einer Horizontalebene (x-y-Ebene) 50 cm oberhalb der Abschirmung bei 100% Belastung

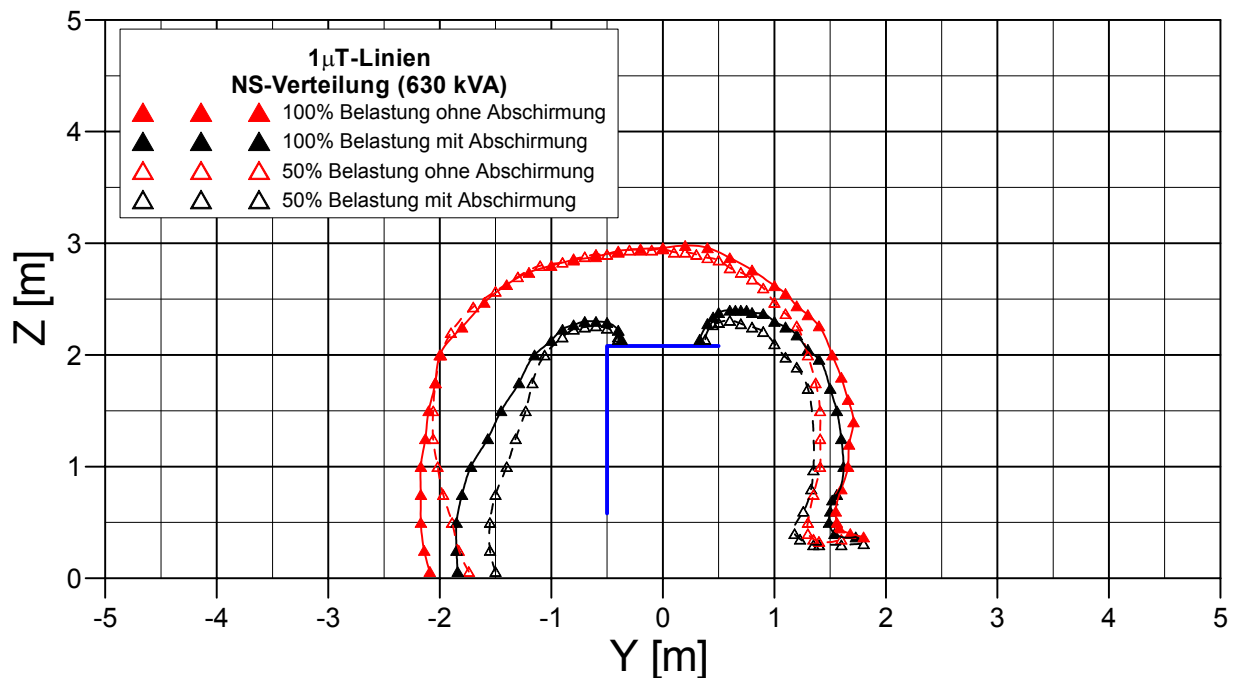
z=258 cm	x=-100 cm	x=-50 cm	x=0 cm	x=50 cm	x=100 cm
y=100 cm	0.6	0.66	0.61	0.51	0.46
y=50 cm	0.6	0.65	0.62	0.6	0.57
y=0 cm	0.56	0.5	0.52	0.54	0.61
y=-50 cm	0.49	0.5	0.56	0.57	0.61
y=-100 cm	0.39	0.45	0.51	0.54	0.55



Figur 5.6: Graphische Darstellung der Messwerte der Tabelle 5.5



Figur 5.7: 1- $\mu$ T-Linien in x-z-Ebene von einer 630-kVA-NS-Verteilung mit und ohne PowerMan-Abschirmung bei 50% bzw. 100% Belastung



Figur 5.8: 1- $\mu$ T-Linien in y-z-Ebene von einer 630-kVA-NS-Verteilung mit und ohne PowerMan-Abschirmung bei 50% bzw. 100% Belastung

## 6 Schlussfolgerungen

1. Durch den Einsatz der PowerMan-Abschirmung wurden die magnetischen Flussdichten der verwendeten NS-Verteilung 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. Als unerwarteter Nebeneffekt wurde bei den Untersuchungen an NS-Verteilungen festgestellt, dass sich die 1- $\mu$ T-Isolinien bei 50% und 100% Belastung teilweise überlappen (siehe Figuren 5.7 und 5.8). Dieser "Effekt" konnte anlässlich einer zweiten Messung reproduziert werden.
4. Bei 100% des Nennstroms wurden durch das Abschirmprodukt in den senkrechten Symmetrieebenen folgende Reduktionen der Maximalhöhen der 1- $\mu$ T-Linie erreicht:

x-z-Ebene: 0.7 m                      y-z-Ebene: 0.7 m

Im Zentrum über Abschirmung wird eine Reduktion des Abstands bis zum Unterschreiten der magnetischen Flussdichte unter 1  $\mu$ T von 0.9 m erreicht.

5. Aus dem Verlauf der 1- $\mu$ T-Linie bei der Abschirmvorrichtung PowerMan für die Niederspannungsverteilung lässt sich vermuten, dass durch eine Vergrößerung der Bleche bei Bedarf und bei ausreichenden Platzverhältnissen eine weitere Reduktion der magnetischen Flussdichte erreicht werden könnte (Figuren 5.5 ... 5.8).