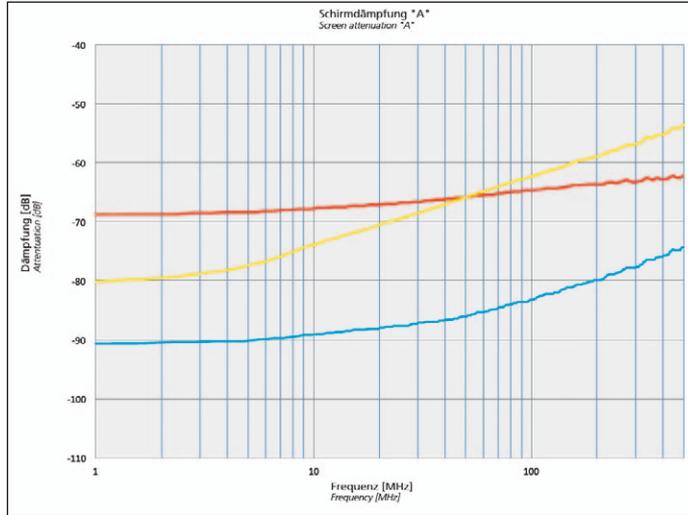


Unterschätzen Sie nicht das Schirmdämpfungsmaß!

Wir leben im Zeitalter der EMV (elektromagnetische Verträglichkeit). Diese gilt es bei Geräten, aber auch bei Kabeln und deren Verbindern, zu beachten. Wichtig dabei ist das Schirmdämpfungsmaß, kurz Schirmungsmaß genannt: das Verhältnis der Felder im Gerät/Kabel und am Gerät/Kabel.



Elektromagnetische Wellen sind meist die Störgröße, wenn es um die Schirmdämpfung geht. Es kann sich jedoch lohnen etwas genauer hinzuschauen: Magnetische oder auch elektrische Komponenten können überwiegen, insbesondere im Nahfeld der Strahlungsquelle (d.h. im Abstand bis zu etwa fünf Wellenlängen). Elektrische Felder (E-Felder) lassen sich relativ leicht mittels einer geerdeten Schirmung fernhalten. Magnetfelder (H-Felder) sind hartnäckiger. Hier hilft eine Erdung nichts. Man kommt nur durch die richtige Materialauswahl und -dicke gegen sie an.

Grundsätzlich gilt, dass offene Strukturen (Monopole, Dipole) zunächst das elektrische Feld und geschlossene Strukturen (Schleifen, Loops) zunächst das magnetische Feld abstrahlen. Im Fernfeld (etwa über zehn Wellenlängen Entfernung) kommt es

dann immer mehr zur Herausbildung der zugehörigen Komponente, bis sich die Energie in E- und H-Feld-Komponente gleich verteilt hat.

Für Geräte und koaxiale Netze zur Verteilung von Rundfunksignalen gilt die Normenserie EN 50083, für die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten ist speziell die Norm EN 50083-2 und für Anlagen und Netze die Norm EN 50083-8 gültig.

Frequenzen und Reichweiten

Die von den elektromagnetischen Wellen transportierte Energie wandelt sich etwa an den Bauelementen der Schaltung oder im nicht ausreichend

geschirmten Kabel in Spannungs- oder Stromstörungen. Der Störabstand wird reduziert. Im Extremfall kommt es zur Störung bzw. Zerstörung des Geräts.

Elektromagnetische Wellen treten praktisch im gesamten Frequenzbereich von wenigen Hertz bis zu mehreren Gigahertz auf. Dabei ist die Störreichweite bei gegebener Strahlungsleistung auch stark von der Frequenz abhängig. Es folgen einige Richtangaben:

- bis 10 kHz

sehr geringe Reichweite (meist nur wenige Zentimeter)

Die bekannteste Störung in diesem Bereich ist das 50/100-Hz-Brummen (je nach Art der Gleichrichtung) der Netzspannung. Eine mögliche Störquelle ist das Magnetfeld des Netztrafos.

- 10 kHz bis 30 MHz

Die Störreichweite kann je nach Quelle und Abstrahlart (Antenne) von wenigen Zentimetern bis weit über 1000 km betragen. Der Störeffekt nimmt sukzessive mit der Frequenz zu.

- 30 bis 500 MHz

Solche Störungen sind reine elektromagnetische Felder und haben Reichweiten von mehreren 100 m bis in den mehrstelligen Kilometer-Bereich.

Kabeltyp	Impedanz	Anwendung
RG-58/U	53,5 Ohm	Ethernet
RG-58A/U	50 Ohm	10Base2
RG-58C/U	50 Ohm	10Base2
RG-59	75 Ohm	Kabelfernsehen
RG-62	93 Ohm	ARCnet

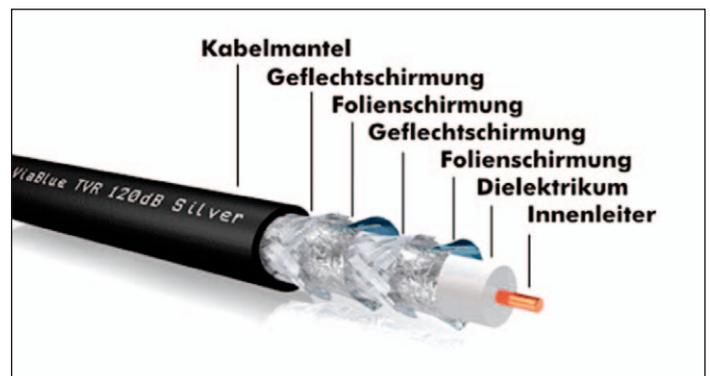


Tabelle 1: Einige typische Einsatzmöglichkeiten für Koaxialkabel

Bild 1: Zweifach geschirmtes Antennenkabel (Quelle: IT Wissen)



Bild 2: Das Koaxkabel 125 HD ist dreifach geschirmt und bietet daher extrem hohe Störsicherheit für Fernsehverteilanlagen in Häusern oder in multimedialfähigen BK-Netzen

- über 500 MHz

Diese Störungen rühren z.B. von Richtfunkverbindungen her. Sie können sich dann in einer selektiven Störung beim Sat-Empfang äußern. Die Störreichweiten können stark schwanken.

Symmetrisch und unsymmetrisch

Das EMV-Gesetz formuliert folgende Anforderungen:

- Die Erzeugung elektromagnetischer Störungen muss so weit begrenzt werden, dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten sowie sonstigen Geräten möglich ist.
- Die Geräte müssen eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb möglich ist.

Man könnte meinen, dass geringe Störaussendungen mit hoher Störfestigkeit einhergehen und umgekehrt. Das ist im Allgemeinen auch so, da eine Abschirmung in beiden Richtungen wirkt. Geht es jedoch um den Grundaufbau des Systems (symmetrisch oder unsymmetrisch), hat man die Ausnahme von der Regel. Denn ein symmetrischer Aufbau ist zumindest theoretisch schon per se störarm bzw. störfest. Eine Schirmung wie beim unsymmetrischen Koaxialkabel ist theoretisch nicht erforderlich,

**KLASSE
A
CLASS**

Bild 3: Dieses Symbol kennzeichnet Koaxialkabel mit hoher Schirmdämpfung

da bereits das Funktionsprinzip eine Abstrahlung unterbindet und äußere Störungen kompensiert. Somit gilt es hier lediglich, auf eine hohe Genauigkeit der Symmetrie zu achten und äußere Einflüsse, welche die Symmetrie stören könnten (etwa bei der Leitungsverlegung) fernzuhalten. Da dies in der Praxis nicht immer in ausreichendem Maße möglich ist, werden auch geschirmte symmetrische Leitungen angeboten.

Schirmdämpfung bei Koaxialkabeln

Koaxialkabel finden vielseitige Anwendungen (Tabelle 1). Im Gegensatz zu einem entstehenden oder fertiggestellten Gerät kann man bei einem Kabel einen Typ wählen, dessen Schirmungsmaß von vornherein bekannt ist (Datenblatt). Eine hohe Schirmdämpfung ist bei Koaxialkabeln meist aus zwei Gründen erwünscht:

1. Abschirmung gegen äußere Felder (Störuneempfindlichkeit)
2. Strahlung des Kabels selbst gering halten (Störsicherheit)

Die Grenzwerte für die Störfeldstärke sind in der Europeanorm EN 50117 festgelegt und in die EN 50083 übernommen worden, wo auch die Messverfahren beschrieben werden.

Die gesamte Schirmwirkung eines Koaxialkabels ist ab etwa 30 MHz von der Länge unabhängig. Die Abhängigkeit von der Länge bei kleineren Frequenzen resultiert aus dem längenabhängigen Kopplungswiderstand in



Bild 4: Die KoKeT-Prüfvorrichtung zur Messung der Schirmwirkung

mOhm/m. Dieser ist ein Maß für die Güte der Schirmung. Er ist der Quotient aus der Spannung längs des Schirms des gestörten Systems und dem Strom des störenden Systems. Sein absoluter Wert sowie sein Frequenzgang hängt stark vom Aufbau der Schirmung ab.

Die Schirmung kann aus Folie und/oder Geflecht bestehen und einfach, doppelt (Bild 1) oder dreifach (Bild 2) sein. Weiter ist das Material von Bedeutung. Preiswerte Kabel setzen auf Aluminiumfolie und/oder ein blankes Kupfergeflecht. Oft ist ein versilbertes, nicht selten auch ein verzinnertes Kupfergeflecht anzutreffen. Es lohnt sich für den Anwender, hierüber Informationen einzuholen.

In den eingangs genannten Normen ist u.a. für die Störstrahlungsleistung, also für den

Grad der Beeinflussung anderer Dienste durch das TV-Kabelnetz, im Frequenzbereich von 30 bis 1000 MHz ein Grenzwert von 20 dBpW festgelegt; dies entspricht 27 dBµV/m in 3 m Abstand. Für die Einstrahlungsfestigkeit, also für den Grad der Widerstandsfähigkeit des TV-Kabelnetzes gegen äußere elektromagnetische Felder, gilt ein Grenzwert von 106 dBµV/m bei einem Verhältnis zwischen Nutz- und Störsignal von 57 dB. Das Schirmdämpfungsmaß von eingesetzten Kabeln muss nach EN 50117 und EN 60966-2 mindestens 75 dB im genannten Frequenzbereich betragen.

Bezüglich der Grenzwerte wurden drei Schirmungsklassen definiert:

- A+: Kopplungswiderstand ≤ 5 mOhm/m bei 5 MHz,



Bild 5: blueglobe TRI mit freigelegtem Schirmgeflecht

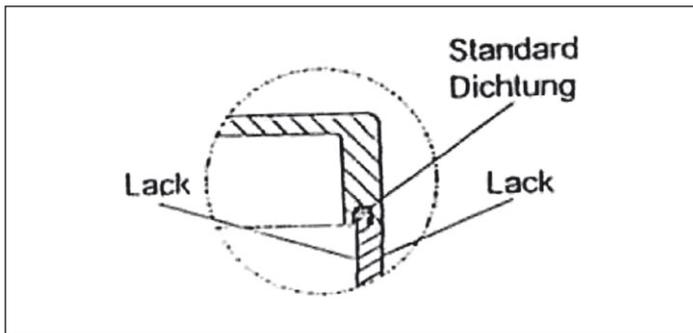


Bild 6: Das herkömmliche Gehäuseprinzip

Schirmdämpfung ≥ 95 dB im Bereich 30...1000 MHz

- A: Kopplungswiderstand wie bei A+, Schirmdämpfung ≥ 85 dB im Bereich 30...1000 MHz
- B: Kopplungswiderstand wie bei A, Schirmdämpfung ≥ 75 dB im Bereich 30...1000 MHz

Um in einem Umfeld zunehmender Störungen einen störungsfreien Empfang zu gewährleisten, haben die Mitgliedsunternehmen des ZVEI-Fachverbands Satellit & Kabel das Qualitätszeichen „Klasse A“ entwickelt (Bild 3). Die Kriterien hierfür basieren u.a. auf der Norm DIN EN 50083-2 sowie den Normreihen DIN EN 50117 und DIN EN 60966, welche Werte für die Schirmdämpfung, mit denen ein störungsfreier Empfang möglich ist, definieren. Da die Nutzung in TV-Kabelnetzen keinen Schutz vor Störungen durch andere Sendeanlagen genießt, ist man gut beraten, Kabel mit einem Schirmdämpfungsmaß von mindestens 85 dB zu verwenden.

Tabelle 2 zeigt Grenzwerte für den BOS-Funk.

Schirmdämpfung bei Verbindern

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch für koaxiale Steckverbinder, wie etwa SMA oder F und Kabelverschraubungen ein Schirmdämpfungsmaß angegeben wird. Beispielsweise die Pflitsch-Kabelverschraubungen zeichnen sich durch eine hohe Schirmdämpfung aus. Pflitsch hat zur Ermittlung der Schirmwirkung

ein Messverfahren entwickelt, dass die Qualität der Abschirmung über den frequenzabhängigen Spannungsabfall an der Kabelverschraubung ermittelt. Das KoKeT-Messverfahren (Koaxial Kelvin Tube) erlaubt Messungen nach IEC 62153-4-10 von geschirmten Kabelverschraubungen bis zu einer Größe von M85. Das Arbeitsprinzip ist universell nutzbar:

„Die Messvorrichtung besteht aus einem geschlossenem Gehäuse aus gut leitendem Material (Bild 4). Durch eine in der Mitte installierte Trennwand entstehen zwei Kammern. Die EMV-Kabelverschraubung wird in der Bohrung der Trennwand befestigt. Das in der Kabelverschraubung fixierte Kontaktelement wird über einen koaxialen, axial verschiebbaren Messfühler mit einem HF-Signal versorgt. Der HF-Strom, der durch das leitende Metall des gesamten Prüfaufbaus geführt wird, erzeugt am frequenzabhängigen Widerstand des Prüflings (Transferimpedanz) einen Spannungsabfall. Dieser wird in koaxialer Kelvin-Anordnung gemessen und auf der Ausgangsseite der Auswerteeinheit zugeführt. Die Transferimpedanz lässt sich nach dem Ohmschen Gesetz U/I berechnen. Je kleiner die gemessene Spannung, desto kleiner ist die Transferimpedanz und umso besser ist die Schirmwirkung des Prüflings.“ [1]

Ein Beispiel ist die Reihe blueglobe TRI von Pflitsch (Bild 5). Diese EMV-Kabelverschraubung bietet in industriellen Datentechnik-Anwendungen mit mindestens 65 dB Signal-

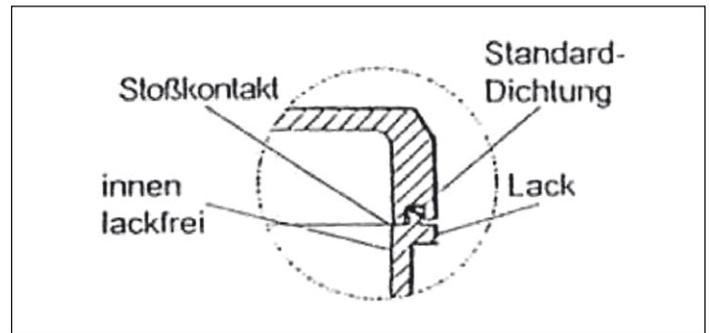


Bild 7: Das neue, EMV-festere Gehäuseprinzip

sicherheit bis 1 GHz. Darüber hinaus werden bis 2,5 GHz noch mindestens 50 dB erreicht. Ist das Schirmgeflecht freigelegt, lässt sich das Kabel einfach durch die blueglobe TRI schieben. Die Triangelfeder legt sich sofort sicher um das Schirmgeflecht und gewährleistet ohne das Anziehen der Druckschraube bereits einen EMV-Schutz. Die Schirmung ist mechanisch von der Abdichtung getrennt.

Im Aufmacherbild ist der typische Dämpfungsverlauf bei blueglobe TRI in Blau eingezeichnet. Die gelbe Linie gilt für die Kabeleinführung UNI Entstör und die rote für die Kabeleinführung UNI Iris.

Schirmdämpfung bei Kleingehäusen

Bei metallenen Gehäusen ist die Schirmdämpfung aus verschiedenen Gründen in der Regel deutlich geringer, als bei Kabeln und Verschraubungen. Nach [2] kommt Dichtungen und Verschlüssen eine entscheidende Bedeutung zu. Bei den dort untersuchten Kleingehäusen konnten mit alternativen Lösungen optimale Werte um 50 dB erzielt werden. Es wird festgestellt, dass die Normen (wie MIL 285) unzureichend sind, da sie sich nur auf große Abmessungen beziehen. Man befand ein modifiziertes Messverfahren mit Feldsensor als zu unempfindlich und nutzte ein Messverfahren mit Stripline. Verschiedene Aluminiumgehäuse wurden in verschiedenen Ausstattungsformen (z.B. Schraubverschluss/Spannverschluss) sorgfältig untersucht.

Fazit

„Metallgehäuse bieten einen gewissen Schutz gegen Störstrahlungen ohne zusätzliche Maßnahmen. Schwachstelle ist die Verbindungsebene zwischen Ober- und Unterteil, da in der Regel eine nichtleitende Dichtung vorhanden ist. Lack in der Nut und auf der Feder erhöhen die Isolierwirkung. Die übliche Lösung ist, Nut und Feder lackfrei zu halten und leitfähige Dichtungen zu verwenden. Diese Lösung ist aufwendig und unsicher, da die lackfreien, ungeschützten Aluminium-Oberflächen zu Korrosion neigen. Die durch Korrosion gebildete Oxydationsschicht vermindert zusätzlich die Abschirmleistung.“

Dieses Dilemma ist in Bild 6 skizziert, während Bild 7 ein verbessertes und patentiertes Gehäuseprinzip zeigt, welches eine Kontaktierung von Ober- und Unterteil herbeiführt. Ober- und Unterteil werden als Einheit außen lackiert und bleiben innen lackfrei. Dies bedeutet EMV ohne Aufpreis. Bild 8 zeigt conFORM, ein extrem robustes



Bild 8: Ein Gehäuse vom Typ conFORM (Quelle: www.roltec.de)

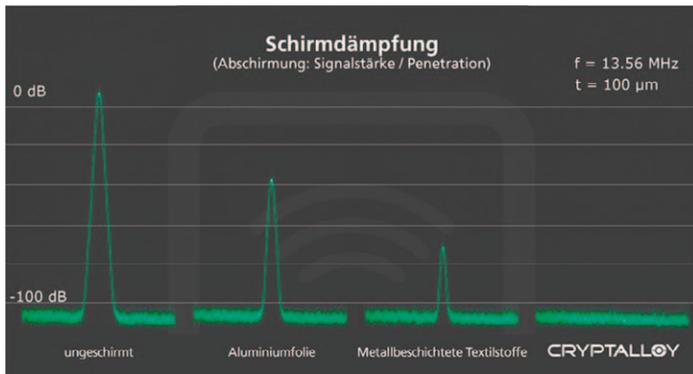


Bild 9: Ergebnisse vom Test verschiedener Materialien
(Quelle: www.epiguard.ch)

EMV-Gehäuse, welches über eine standardmäßige EMV-Abschirmung ohne teure leitende Dichtung verfügt. Über die patentierte Verzahnungskontur zwischen Deckel und Unterteil wird dabei der durchgängige Kontakt hergestellt. Das Gehäuse wird in 14 Größen angeboten.

Last but not least: Blocking-Folie

Zum Schluss sei eine neuartige Speziallösung vorgestellt. Das RFID-Blocking-Material der Marke Cryptalloy ist eine High-tech-Spezialmetall-Legierung, Made in Germany. Dieses Hochleistungsmaterial wurde speziell für die Dämpfung und Abschirmung elektromagnetischer Funkwellen von RFID-Transpondern entwickelt. Es blockt

die Funkübertragung zwischen RFID-Transponder und legalen oder unautorisierten RFID-Lesegeräten und schirmt RFID Chips von Karten und Pässen ab. Cryptalloy ist dennoch ein Breitband-Abschirmungsmaterial. Es blockt alle relevanten, gängigen RFID-Frequenzen auf einer maximalen Abschirmungsstufe.

Cryptalloy garantiert im Vergleich zu regulären Metallfolien, Beschichtungen und Geweben einen maximalen Abschirmungsgrad bei einer minimalen Wandstärke. Für Materialien wie Aluminium, Aluminiumverbundstoffe, mit Aluminium beschichtete Papiere oder Vliese oder metallbeschichtete Textilstoffe (beschichtet etwa mit Kobalt, Zink, Kupfer, Zink/

Band/Frequenz	Klasse A	Klasse A+	Klasse B
70 cm/443,6...449,926 MHz	≥85 dB	≥95 dB	≥75 dB
Tetra 380...400 MHz	≥85 dB	≥95 dB	≥75 dB
2 m/165,21...173,98 MHz	≥85 dB	≥95 dB	≥75 dB
4 m/74,215...87,255 MHz	≥85 dB	≥95 dB	≥75 dB
8 m/34,36...39,4 MHz	≥85 dB	≥95 dB	≥75 dB

Tabelle 2: Mindestwerte für BOS-Funk, festgelegt in DIN 47264, EN 50117-1 und IEC 61196

Nickel, Kupfer/Nickel oder Silber/Kupfer/Nickel-Materialien) oder Gewebe mit eingewobenen Metallfäden oder Metallgarnen oder RFI-EMI/EMF-Schirmungsmaterialien trifft dies nicht zu. Bild 9 dokumentiert einen Labortest des Herstellers Krypton Technologies in Niederfrequenzband LF, weil dort höchste Abschirmungswerte auch höchste Schirmungseffektivität für alle anderen RFID-Frequenzen bedeuten.

FS

Referenzen

[1] Pflitsch GmbH & Co KG: Katalog EMV/EMC, www.pflitsch.de

[2] Rolec Gehäusesysteme, Rose + rose GmbH & Co. KG/Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik der Hannover Uni: Analyse des Schirmdämpfungsmaßes von Kleingehäusen (Internet)

[3] Schwab, Adolf: „Elektromagnetische Verträglichkeit“, Springer-Verlag Heidelberg

[4] Durcansky, Georg: „EMV-gerechtes Gerätedesign“, Franzis-Verlag München

[5] Gonschorek, Karl-Heinz; Singer, Hermann: „Elektromagnetische Verträglichkeit - Grundlagen, Analysen, Maßnahmen“, Teubner-Verlag Stuttgart

[6] „Elektromagnetische Verträglichkeit von TV-Kabelnetzen“, herausgegeben von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Verträglichkeit des Ausschusses Technische Regulierung in der Telekommunikation

[7] Zeitschrift „EMC Journal“, KM Verlagsgesellschaft München ◀

Begriffe

• Ableitstrom

Strom, der von Leitungen oder Geräten über Parasitärkapazitäten gegen Erde fließt

• Ausgangsdrossel

dient der Verringerung des Störpegels der Ausgangsleitung, bildet mit Parasitärkapazitäten einen Tiefpass

• Ausgangsfilter

dient der Funkentstörung, Geräuschfilterung und Reduzierung von Ableitstromspitzen

• Bedeckung(sgrad)

Angabe für die Schirmung von Kabeln, beschreibt den prozentualen Anteil, den die Schirmung vom Dielektrikum bedeckt, hat unmittelbaren Einfluss auf Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

• Ferritringkern

gesintertes, oxidiertes Eisen mit guten magnetischen Eigenschaften in Ringform, dient zur Reduzierung der Oberwellenanteile von HF-Strömen

• Funktionserdung

ordnungsgemäße, hochfrequenzgerechte Erdung, so dass HF-Ströme optimal nach Masse abfließen können

• Kopplungswiderstand

Verhältnis von induzierter Störspannung zwischen Innenleiter und Gehäuse zum aufgeprägten Störstrom auf dem Schirm

• Netz

Zusammenfassung von mehreren Übertragungstrecken, die an einzelnen Punkten elektrisch oder optisch mittels einer

Anlage, eines Systems, eines Geräts oder eines Bauteils verbunden sind

• Netzfilter

dient der Filterung von Störspannungen von und zum Versorgungsnetz

• Schirmdämpfung

(logarithmisches) Verhältnis von elektromagnetischer Feldstärke außerhalb des Kabels/Gehäuses zur elektromagnetischen Feldstärke innerhalb des Kabels/Gehäuses

• Störfestigkeit

Fähigkeit eines Geräts, einer Anlage oder eines Systems, während einer elektromagnetischen Störung ohne Funktionsbeeinträchtigung zu arbeiten