

Sicherheit bei Arbeiten mit Lichtwellenleitern (3)

Wenn keine Information über den Gefährdungsgrad oder die Laserklassen eines LWL-Systems vorliegen, ist eine Gefährdungsbeurteilung entsprechend § 3 der BGV A1 (Grundsätze der Prävention) durchzuführen. Dabei sind die im Beitrag aufgeführten Gefährdungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

Spezifische Gefährdungen

- ▶ In Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS) sind die Enden der Lichtwellenleiter (LWL) üblicherweise flexibel und eine Abstrahlung ist nahezu in beliebiger Richtung möglich.
- ▶ Im Zusammenhang mit LWLKS werden häufig Mikroskope oder Lupen benutzt, z. B. zur Begutachtung von Steckerstirnflächen, die unter Umständen die Gefährdung erhöhen können.
- ▶ Die emittierte Strahlung liegt allgemein im Infrarot-Bereich und ist damit unsichtbar. Es besteht kein visueller Warnreiz. Die Strahlung kann jedoch bis zu einer Wellenlänge von 1400 nm auf die Netzhaut gelangen.
- ▶ Der Kerndurchmesser eines Lichtwellenleiters ist meist so klein (im Bereich einiger μm), dass er im Auge eines Betrachters beugungsbegrenzt auf einen Punkt der Netzhaut abgebildet wird (Punktlichtquelle).
- ▶ Eine weitere Gefährdung besteht beim Faserbruch. Dieser kann gewollt beim Spleißen oder ungewollt entstehen.
- ▶ Die aus dem LWLKS austretende Strahlung ist mehr oder weniger stark divergent (Bild 1). Mit zunehmender Entfernung nimmt die Gefährdung mit dem Quadrat des Abstands von der Austrittsstelle ab. Bei Verwendung von Hochleistungssteckern mit Modenfeldaufweitung gilt dies jedoch nur eingeschränkt.
- ▶ Werden einzelne Fasern, die aus Sicherheitsgründen jeweils bestimmte Klassengrenzwerte einhalten, z. B. in einem Faserbündchen zusammengefasst, kann sich allein durch diese örtliche Konzentration von Strahlungsquellen eine Gefährdung einstellen bzw. erhöhen.

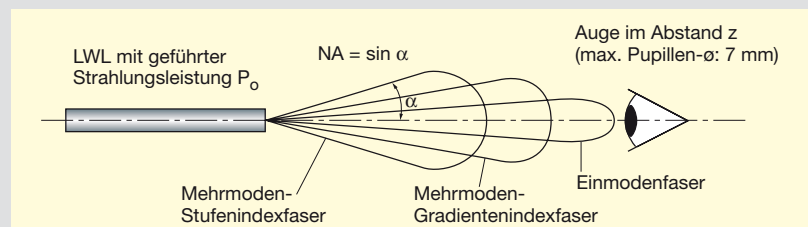
▶ In Datenblättern von Sendekomponenten mit Steckbuchsen („receptacle“) wird üblicherweise die bestimmungsgemäß in den LWL eingekoppelte Strahlungsleistung angegeben. Sie berücksichtigt dabei die unter Umständen hohen Koppelverluste beim Anschluss eines Steckverbinders. **Diese Koppelverluste gibt es beim direkten Blick in das Sendeelement nicht.** Bei einer Gefährdungsbeurteilung auf Basis von Datenblattangaben ist dies zu berücksichtigen.

Lichtwellen in Glasfasern

Während in einer Monomodefaser nur ein einziger Modus, der Grundmodus, ausbreitungsfähig ist, sind es in einer Multimodefaser viele hundert Moden, die sich u. a. durch Feldverteilung und Ausbreitungsgeschwindigkeit unterscheiden. Bei den Glasfaserkabeln unterscheidet man zwischen Monomodefasern (Einmoden-Faser) und Multimodefasern, bei den Multimodefasern wiederum zwischen sogenannten Stufenindex-Profilfasern und Gradientenindex-Profilfasern. Das Grundprinzip der Ausbreitung eines Laserstrahls in einem Lichtwellenleiter und den Aufbau einer Leitung zeigt Bild 2.

Gefährdungsbeurteilung

Bild 1 zeigt, dass abhängig von Fasertyp und den bestehenden Moden, unterschiedliche Strahlprofile beim Austritt aus der Faser entstehen, deren Eigenschaften für die Gefährdungsbeurteilung wichtig sind. In der BGI 5031 sind zur korrekten Gefährdungsbeurteilung Tabellen, Formeln



1 Unterschiedliches Verhalten eines aus dem Lichtwellenleiter austretenden Strahls abhängig von Faser- und Modeneigenschaften

NA: Numerische Apertur

MODEN-EIGENWELLEN

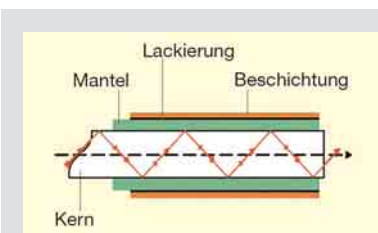
Unter **Moden** versteht man diskrete Lichtwellenformen, die sich im Kernglas eines Lichtwellenleiters ausbreiten, vorausgesetzt dass die Einkopplung des Lichtes in die Faser unterhalb eines bestimmten Winkels, des so genannten Akzeptanzwinkels, erfolgt. Moden verstärken sich durch Interferenzen und werden auch Eigenwellen genannt.

und Übersichten zusammengestellt, die es erlauben abhängig von Durchmesser des Glasfaserkerns, dem Strahldurchmesser im Abstand von 100 mm von der Austrittsstelle (und damit von der Modenart) und des Eintrittswinkels des Strahls in den Lichtwellenleiter die mögliche Gefährdung zu berechnen.

Da Lichtwellenleiter und Übertragungswellenlängen in ihrer Vielfalt aus praktischen Gründen eingeschränkt sind, kann in vielen Fällen zur Beurteilung einer Gefährdung auf die Angaben in Tafel 1 Bezug genommen werden.

Dort werden die Gefährdungsgrade 1 bis 3B abhängig von verwendeter Wellenlänge und Fasertyp sowie der eingespeisten Leistung angegeben. **Wichtig sind in diesem Zusammenhang für eine Beurteilung die folgenden acht Anmerkungen zu der Spalte Gefährdungsgrad 3.**

1. Gefährdungsgrade 1M und 2M. Die maximale Leistung, die in Tafel 1 für 11- μm -Einmodenfasern aufgeführt ist, ist durch die Bestrahlungsstärke begrenzt. Der genaue Leistungsgrenzwert für Glasfasern wird deshalb durch die kleinste zu erwartende Strahldivergenz bestimmt, die wiederum vom Modenfelddurchmesser



2 Prinzipieller Aufbau eines Lichtwellenleiters und Führung des Lichtstrahls in der Faser

Tafel 1 Gefährdungsgrad in Abhängigkeit von Wellenlänge, Fasertyp und Leistung

(Leistungsgrenzwerte für 11- μ m-Einmodenfasern (SM) und Mehrmodenfasern (MM) mit numerischer Apertur von 0,18 (Kerndurchmesser < 150 μ m) gemäß DIN EN 60825-2)

Wellenlänge und Fasertyp	Gefährdungsgrad					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	0,39 mW (-4,1 dBm)	3,9 mW (+5,9 dBm)	1 mW (0 dBm)	10 mW (+10 dBm)		500 mW (+27 dBm)
780 nm (MM)	0,57 mW (-2,5 dBm)	5,6 mW (+7,5 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
850 nm (MM)	0,78 mW (-1,1 dBm)	7,8 mW (+8,9 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
980 nm (MM)	1,42 mW (+1,53 dBm)	14,1 mW (+11,5 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
980 nm (SM)	1,42 mW (+1,53 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	7,26 mW (+8,6 dBm)	500 mW (+27 dBm)
1310 nm (MM)	15,6 mW (+12 dBm)	156 mW (+21,9 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
1310 nm (SM)	15,6 mW (+12 dBm)	42,8 mW (+16,3 dBm)	–	–	88 mW (+19 dBm)	500 mW (+27 dBm)
1400 bis 1600 nm (MM)	10 mW (+10 dBm)	384 mW (+25,8 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
1420 nm (SM)	10 mW (+10 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)
1500 nm (SM)	10 mW (+10 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	siehe Anm.	500 mW (+27 dBm)

(MFD) der Einmodenfaser abhängig ist. Dies kann sich bei unterschiedlichen Werten des MFD ändern und zu bedeutenden Unterschieden bei den Grenzwerten der Klassen bei sich änderndem Modenfelddurchmesser führen. In manchen Hochleistungs-Steckverbindern werden vergrößerte MFD verwendet, wobei die Fernfeld-Divergenz geringer ist. Diese Steckverbinder können einen höheren Gefährdungsgrad zur Folge haben. Bei Benutzung solcher Steckverbinder wird die Bestimmung des Gefährdungsgrads dringend empfohlen.

2. 1300-nm-Werte. Die 1310-nm-Werte sind für 1270 nm berechnet, dies ist die kürzeste Wellenlänge im 1310-nm-Übertragungsfenster.

3. Faserparameter. Die verwendeten Faserparameter decken den jeweils schlimmsten Fall ab. Die Werte für die Einmodenfaser sind für eine Faser mit 11 μ m Modenfelddurchmesser berechnet und die Werte für die Mehrmodenfaser für eine Faser mit einer numerischen Apertur von 0,18. Viele Systeme, die bei 980 nm und 1550 nm arbeiten, benutzen Fasern mit kleinerem Modenfelddurchmesser. Zum Beispiel gilt ein Grenzwert von 197 mW für den Gefährdungsgrad 1M, wenn eine dispersionsverschobene Glasfaserkabel bei 1550 nm betrieben wird, die einen oberen Grenzwert für den Modenfelddurchmesser von 9,1 μ m aufweist. Für andere Werte des Modenfelddurchmessers und der Wellenlänge benutzen Sie bitte die IEC 60825-1, Beispiel A.6.3 (siehe DIN EN 60825-2:2004).

4. Grenzwerte 1M für < 1310 nm. Für 900 nm und kürzere Wellenlängen und Einmodenfasern werden hier keine Grenzwerte für den Gefährdungsgrad 1M angegeben, weil die bei diesen Wellenlängen auftretende Divergenz ziemlich variiert. Der Grund dafür ist, dass sich diese Wellenlängen in Wirklichkeit in mehreren

Moden in einer Standard-1310-nm-Einmodenfaser ausbreiten und die genaue Divergenz vom eher unvorhersehbaren Grad der Modenmischung abhängig ist. Die veränderliche Modenmischung ist ebenfalls ein großes Problem, wenn man versucht, diese Wellenlängen in einer echten Mehrmodenfaser zu bewerten. Wenn notwendig, kann man in diesen Fällen einen Wert mit der Annahme berechnen, dass die gesamte Leistung in der Faser im Grundmodus geführt wird. Mit den Gleichungen für Einmodenfasern erhält man einen konservativen Wert.

5. Mehrmodenfasern mit Kerndurchmessern > 150 μ m. Diese Lichtwellenleiter (z. B. Hartmantel-Silicafasern (HCS) mit 200 μ m Kerndurchmesser oder Plastikfasern mit 1000 μ m Kerndurchmesser) müssen als mittelgroße ausgedehnte Quellen angesehen werden. Die anwendbare Quellengröße kann vom Grad der Modenfüllung abhängen und sollte genau bestimmt werden, bevor man die Grenzwerte berechnet.

6. Grenzwerte für den Gefährdungsgrad 2. Für scheinbare Quellengrößen von weniger als 33 μ m (das gilt in der Lichtwellenleiter-Übertragungstechnik in den meisten Fällen) sind die Grenzwerte für den Gefährdungsgrad 2 immer niedriger als die entsprechenden Werte 1M: sicher für das unbewaffnete Auge, aber möglicherweise unsicher bei Benutzung optischer Instrumente.

7. Bündeladerfasern und Flachbandkabel. Die Grenzwerte in der Tafel 1 wurden nur für Einzelfasern berechnet. Wenn Bündeladerfasern oder Flachbandkabel mit Einzelfasern in dichter Nachbarschaft beurteilt werden müssen, dann muss jede Einzelfaser und jede mögliche Gruppe dieser Fasern untersucht werden.

8. 1420-nm-Wert. Die 1420-nm-Werte wurden für den Raman-Bereich von 1420 bis 1500 nm berechnet. H. H. Egyptian

Wiso-Test

Die Fragen zur Wirtschafts-, Sozial- und Gemeinschaftskunde wiederholen den Lehrstoff zum Bereich „Krankenversicherung“. Sie stammen aus dem Prüfungsbuch des Directa-Teams „Wirtschafts- und Betriebslehre“ (www.directa-verlag.de). Die Lösungen finden Sie auf Seite 16.

1

Aufgabe

Die wesentliche Aufgabe einer gesetzlichen Krankenkasse besteht darin:

- A Das Altersruhegeld abzusichern.
- B Bei Unfällen die medizinische Hilfe zu garantieren.
- C Unfallfürsorge zu betreiben.
- D Die einzelnen Mitglieder und deren Familien bei Krankheit abzusichern.

2

Leistung

Alle Versicherten einer gesetzlichen Krankenkasse haben einen gesetzlichen Anspruch auf:

- A Alle marktmöglichen Leistungen.
- B Leistungen, die von der Einzahlungshöhe abhängen.
- C Alle Regelleistungen.
- D Zuzahlung, damit die Beiträge gesteigert werden können.

3

Arbeitgeber

Ein Arbeitgeber hat die Krankenversicherungsbeiträge nicht an den Gesundheitsfond abgeführt. Der Arbeitnehmer:

- A Verliert somit den Versicherungsschutz.
- B Bleibt dennoch versichert.
- C Erhält einen Schutz vom Arbeitsamt.
- D Muss seinen Beitragsanteil an den Gesundheitsfond selbst zahlen.