



## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

---

|      |                       |      |          |      |          |
|------|-----------------------|------|----------|------|----------|
| (21) | WP G 01 M / 247 653 3 | (22) | 02.02.83 | (45) | 04.12.85 |
|------|-----------------------|------|----------|------|----------|

---

|      |                                                                          |
|------|--------------------------------------------------------------------------|
| (71) | Akademie der Wissenschaften der DDR, 1199 Berlin, Rudower Chaussee 5, DD |
| (72) | Lehmann, Johannes, Dr. Dipl.-Phys.; Keilig, Walter, Dr. Dipl.-Phys., DD  |

---

(54) Verfahren zum Messen der Dämpfung von Übertragungsgliedern faseroptischer Systeme

---

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Dämpfung von Übertragungsgliedern faseroptischer Systeme. Die Aufgabe der Erfindung, ein einfaches Meßverfahren mit einer Drift der Meßwertstabilität von besser als 0,01 dB/h zur Ermittlung möglichst kleiner Dämpfungsänderungen anzugeben, wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Licht auf das zu vermessende Übertragungsglied und einen Referenzweg geeignet abgebildet wird, wobei eine wechselseitige Hell/Dunkel-Tastung mit mindestens  $\frac{1}{10}$  Hz vorgenommen wird und das aus diesen Wegen austretende Licht einem geeigneten Monochromatisierungs- und Auswertesystem zugeführt wird, wodurch sofort Angaben zum spektralen Dämpfungsverlauf des zu vermessenden Übertragungsgliedes verfügbar werden. Fig. 1



## Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum Messen der Dämpfung von Übertragungsgliedern faseroptischer Systeme der Nachrichtenübertragung mit einer Drift der Meßwertstabilität besser als 0,01 dB/h, **gekennzeichnet dadurch**, daß Licht einer Lichtquelle, die einen dem jeweils zu vermessenden spektralen Dämpfungsverlauf entsprechenden Wellenlängenbereich emittiert, mittels eines optischen Abbildungssystems mit mindestens einer dem zu vermessenden Übertragungsglied entsprechenden Apertur auf ein Faserankopplungssystem derart abgebildet wird, daß zugleich eine gleichartige Ausleuchtung des zu vermessenden Übertragungsgliedes und eines Referenzlichtleitweges gewährleistet wird, und vor der Lichteinkopplung in die oder nach dem Lichtaustritt aus den beiden Lichtleitwegen eine wechselseitige Hell/Dunkel-Tastung mit mindestens  $1/10$  Hz des die jeweiligen Lichtwege durchsetzenden Lichts sowie dessen stufenweise oder kontinuierliche Monochromatisierung mit üblichen Mitteln vorgenommen wird und die so erhaltenen Lichtsignale einem Empfängersystem zugeführt werden, wobei mit ansich bekannten Mitteln solche Bedingungen gewählt werden, daß im Arbeitsbereich des Empfängersystems lineare Beziehungen zwischen empfangener Lichtleistung und elektrischer Ausgangssignale des Empfängersystems bestehen oder eine derartige bewirkende nachfolgende Korrektur durchgeführt wird, und der Signalausgang des Empfängersystems einer nachfolgenden Auswerteeinheit zugeführt wird, in der die Signale in die den jeweiligen Lichtwegen zugeordnete Signale aufgetrennt werden und mittels geeigneter ansich bekannter Auswerteeinheiten Angaben für den Dämpfungsverlauf des zu vermessenden Übertragungsgliedes erhalten werden.
2. Verfahren nach Punkt 1., **gekennzeichnet dadurch**, daß als Lichtquelle ein Strahler mit näherungsweise Lambertscher Strahlungscharakteristik verwendet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1. und 2., **gekennzeichnet dadurch**, daß zwei dicht nebeneinander strahlende Punkte der Lichtquelle auf die jeweiligen Lichtwegeingänge abgebildet werden.
4. Verfahren nach Punkt 1. im Fall der Messung der Dämpfung an Lichtleitfasern, **gekennzeichnet dadurch**, daß für den Referenzlichtleitweg eine Lichtleitfaser von der zu messenden Lichtleitfaser entsprechendem Typ verwendet wird.
5. Verfahren nach Punkt 1. und 4., **gekennzeichnet dadurch**, daß als Referenzlichtleitweg ein abgetrenntes Teilstück der zu messenden Lichtleitfaser verwendet wird.
6. Verfahren nach Punkt 1., **gekennzeichnet dadurch**, daß die den jeweiligen Lichtleitwegen zugeordneten Signale mittels analoger Schaltungstechnik ins Verhältnis gesetzt und dieses Verhältnis logarithmiert direkt zur Anzeige gebracht wird.
7. Verfahren nach Punkt 1., **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil des vom Referenzlichtleitweg gewonnenen Signals zur Steuerung der Leistung der Lichtquelle verwendet wird.
8. Verfahren nach Punkt 7., **gekennzeichnet dadurch**, daß das vom Referenzlichtleitweg gewonnene Teilsignal derart zur Steuerung der Leistung der Lichtquelle verwendet wird, daß das den Referenzlichtleitweg verlassende Signal nahezu konstant gehalten wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Dämpfung von Übertragungsgliedern faseroptischer Systeme der Nachrichtenübertragung. Das erfindungsgemäße Meßverfahren findet Anwendung zur Ermittlung des spektralen Dämpfungsverlaufes von Lichtleitfasern, zur Ermittlung kleinster Dämpfungsänderungen, die bei Manipulationen an Lichtleitfasern auftreten, zur Bestimmung der Dämpfungseigenschaften passiver Bauteile in faseroptischen Übertragungssystemen, z. B. von Koppel- und Verzweigungsgliedern. Das erfindungsgemäße Meßverfahren findet bevorzugt zur schnellen Kontrolle der Dämpfung Anwendung.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei Transmissionsverfahren zur Dämpfungsbestimmung von lichtführenden Gliedern optischer Systeme werden prinzipiell einmal die in das betreffende Glied einfallende Lichtleistung des interessierenden Wellenlängenbereiches und zum anderen die austretende Lichtleistung gemessen und die so erhaltenen Leistungswerte in bekannter Weise zueinander in Bezug gesetzt.

Bei einer Dämpfungsmessung an Lichtleitfasern ist es zunächst problematisch, die Eingangsleistung genau zu bestimmen. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, kann man so verfahren, daß in die zu messende Lichtleitfaser Licht der gewünschten Wellenlänge oder auch nacheinander Licht aus einem breiten Wellenlängenbereich (z. B. von  $0,5\mu\text{m}$  ...  $1,8\mu\text{m}$ ) eingekoppelt wird. Die aus dem anderen Faserende austretende Lichtausgangsleistung wird gemessen; die anfallenden Meßwerte werden gespeichert. Danach wird die Faser gekürzt und der gesamte Meßvorgang wiederholt. Gemäß der Definition für die Dämpfung  $D = 10 \lg \frac{\text{Eingangsleistung}}{\text{Ausgangsleistung}}$  ist für jede Wellenlänge der entsprechende Logarithmus der zugehörigen Eingangs- und

Ausgangsleistungen zu bilden; wobei unter Ausgangsleistung die Lichtausgangsleistung der ungekürzten und unter der Eingangsleistung die Lichtleistung am Ausgang der gekürzten Faser zu verstehen sind. Will man auf das Kürzen der Faser verzichten, oder muß man überhaupt ohne Faserkürzung arbeiten, weil z. B. die Dämpfung von in Kabeln verarbeiteten Fasern zu bestimmen ist, dann kann etwa vor oder nach der Messung der Ausgangsleistung aus der zu messenden Faser, letztere durch eine Vergleichsfaser ersetzt werden, worauf dann bezogen wird, oder man verschafft sich in gesonderten Eichschritten einen Überblick über die am Eingang der zu messenden Faser anfallenden Lichtleistung, woraus schließlich mit der bestimmten Ausgangsleistung der Dämpfungswert mit den verschiedensten Mitteln ermittelt werden kann. Die Genauigkeit bei einem solchen Vorgehen wird dann bestimmt durch die Kenntnis der Einkoppelvorgänge.

In jedem Falle sind immer zwei Meßwerte ins Verhältnis zu setzen, die zu relativ weit auseinanderliegenden Zeitpunkten ermittelt wurden. Somit wird die Meßgenauigkeit und insbesondere die vorrangig interessierende Erfäßbarkeit von kleinen Dämpfungswerten wesentlich bestimmt durch die zeitliche Stabilität der in der Meßanordnung arbeitenden Baugruppen, wie z. B. die der Lichtquelle, der Lichtein- und Lichtauskoppelanordnung sowie der Empfänger/Verstärkergruppe. Zur Erreichung einer hohen Meßgenauigkeit insbesondere bei der Erfassung von kleinen Dämpfungen ist daher ein großer Aufwand bei der Stabilisierung aller Baugruppen, vorrangig der Lichtquelle, zu betreiben. Darüber hinaus erfordert es noch einen großen elektronischen Aufwand, wenn, wie bisher üblich, die Meßwerte länger gespeichert und danach entsprechend der Dämpfungsdefinition rechnerisch weiterverarbeitet werden. Die Meßzeit beträgt im allgemeinen und auch bei den

Literaturbeispielen, in denen die bisher höchsten Meßgenauigkeiten erscheinen (ca. 10...30 min) was besonders für die Aufnahme von Dämpfungsverläufen zutrifft. Die Meßgenauigkeitsangaben der Literatur sind vielfach nicht eindeutig, da oft Angaben in dB/km gemacht werden, ohne Längenangaben zu machen. Bei Kimmich, Klaus; Zwick, Ulrich (NTG-Fachberichte 75 S. 62 „Automatisierter Meßplatz für spektrale Dämpfungsmessung optischer Fasern bis 1800 nm“) wird eine Meßgenauigkeit von 0,03 dB/km angegeben. In einem Beispiel wird eine Faserlänge von ca. 2 km genannt. Damit würde sich hier eine Meßwertstabilität von ca. 0,06 dB über eine Meßzeit von ca. 30 min ergeben ( $\Delta > 0,1$  dB/h). In Le-Hiep, T.; Kersten, R. Th. (NTG-Fachberichte 75 S. 66 „Messung von Fasereigenschaften im Wellenlängenbereich 0,85  $\mu$ m bis 1,7  $\mu$ m“) wird eine Meßgenauigkeit von 0,1 dB/km genannt, wobei in einem Beispiel die Faserlänge 1,3 km beträgt; damit wäre hier eine Stabilität von ca. 0,1 dB anzusetzen. Für Fasermeßeinrichtungen gemäß Yamaguchi, M. (IEEE-19 (1982) 185 (Mai S. 42/47 „Measuring instruments for Optical-Fiber Communication Systems“) werden Stabilitätswerte von 0,1 dB/5 h und 0,02 dB/min angegeben; hier ist ein erheblicher Aufwand für die Stabilität der Lichtquelle betrieben worden. Mit Hilfe dieser bekannten Verfahren lassen sich kleine Dämpfungen im Bereich von 0,05 dB... 0,1 dB, wie sie beispielsweise bei Faserverbindungsanordnungen auftreten, nur relativ ungenau messen.

### **Ziel der Erfindung**

Es ist das Ziel der Erfindung, ein Verfahren zum Messen der Dämpfung von Übertragungsgliedern faseroptischer Systeme der Nachrichtenübertragung anzugeben, welches mit einem Minimum an Stabilisierungsmaßnahmen eine höhere Meßgenauigkeit bei gleichzeitig erhöhter Langzeitstabilität ermöglicht.

### **Darlegung des Wesens der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Meßverfahren anzugeben, bei dem auf einfache Weise für die jeweilige Messung bei einer Drift der Meßwertstabilität von besser als 0,01 dB/h möglichst kleine Dämpfungsänderungen ermittelt werden können. Weiterhin ist die Ermittlung spektraler Dämpfungsverläufe niedrig dämpfender Lichtleitfasern Aufgabe der Erfindung. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, das Licht einer Lichtquelle, die einen dem jeweils zu vermessenden spektralen Dämpfungsverlauf entsprechenden Wellenlängenbereich emittiert, mittels eines optischen Abbildungssystems mit mindestens einer dem zu vermessenden Übertragungsglied entsprechenden Apertur auf ein Faserankopplungssystem derart abgebildet wird, daß zugleich eine gleichartige Ausleuchtung des zu vermessenden Übertragungsgliedes und eines Referenzlichtleitweges gewährleistet wird, und vor der Lichteinkopplung in die oder nach dem Lichtaustritt aus den beiden Lichtleitwegen eine wechselseitige Hell/Dunkel-Tastung mit mindestens  $1/10$  Hz des die jeweiligen Lichtwege durchsetzenden Lichts sowie dessen stufenweise oder kontinuierliche Monochromatisierung mit üblichen Mitteln vorgenommen wird und die so erhaltenen Lichtsignale einem Empfängersystem zugeführt werden, wobei mit ansich bekannten Mitteln solche Bedingungen gewählt werden, daß im Arbeitsbereich des Empfängersystems lineare Beziehungen zwischen empfangener Lichtleistung und elektrischer Ausgangssignale des Empfängersystems bestehen oder eine derartiges bewirkende nachfolgende Korrektur durchgeführt wird, und der Signalausgang des Empfängersystems einer nachfolgenden Auswerteeinheit zugeführt wird, in der die Signale in die den jeweiligen Lichtwegen zugeordneten Signale aufgetrennt werden und mittels geeigneter ansich bekannter Auswerteeinheiten Angaben für den Dämpfungsverlauf des zu vermessenden Übertragungsgliedes erhalten werden. Es hat sich gezeigt, daß bei der erfindungsgemäß vorgenommenen Messung alle nicht auf die Wirkung der Lichtleitwege zurückführbaren Schwankungen eliminiert werden und überraschenderweise die Eigenschaften des Referenzlichtleitweges beim erfindungsgemäßen Meßverfahren nicht mehr in das Meßergebnis eingehen. Damit muß der Vergleichsweg nicht notwendig als Vergleichsfaser ausgeführt werden. Bei einem Vergleichsweg, der nicht mit einer entsprechenden Vergleichsfaser erzeugt wird, ist allerdings so vorzugehen, daß Schwankungen der Lichtleistung am Eingang des zu messenden lichtführenden Gliedes als proportionale Schwankungen auch im Vergleichsweg auftreten. Eine entsprechende Vergleichsfaser wird dann vorteilhaft als Vergleichsweg eingesetzt, wenn Dämpfungsmessungen ohne Kürzung einer zu messenden Faser vorgenommen werden sollen. Es liegt selbstverständlich im Rahmen der Erfindung in Abhängigkeit vom verwendeten Empfängersystem, etwa zur Kompensation von Dunkelstromdriften, in die wechselseitige Hell/Dunkel-Tastung noch eine vollständige beide Lichtwege betreffende Dunkelastung einzuschleiben. Dieser Fall soll durch den Begriff Hell/Dunkel-Tastung erfindungsgemäß mit umfaßt sein. Unter der erfindungsgemäß vorgenommenen gleichartigen Ausleuchtung des zu vermessenden Übertragungsgliedes und des Referenzlichtleitweges ist zu verstehen, daß z. B. im Fall der Messung an einer Lichtleitfaser und der Verwendung eines Lichtleitfaserstücks als Referenzlichtleitweg, solche Bedingungen realisiert werden, daß, wenn beispielsweise ein Drittel des Kerns der Lichtleitfaser am Eingang ausgeleuchtet werden soll, die Referenzfaser in der gleichen Weise ausgeleuchtet wird.

### **Ausführungsbeispiel**

Zur näheren Illustration des erfindungsgemäßen Meßverfahrens soll folgendes, die Erfindung nicht beschränkendes Ausführungsbeispiel dienen.

Die beiliegende Figur zeigt eine mögliche Meßanordnung zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Fall der Dämpfungsmessung einer Lichtleitfaser.

Das Licht eines strahlenden Wolframwendels 1 einer Halogenlampe wird mit einem optischen Abbildungssystem 2 auf die Eingänge einmal der zu messenden Faser 3 und zum anderen einer zweiten Faser 4, die den optischen Teil des Referenzlichtleitweges darstellt, abgebildet. Die Abbildung erfolgt dabei derart, daß zwei dicht benachbarte strahlende und sich auf gleicher Temperatur befindliche Elemente des Wolframwendels mit einer numerischen Apertur, die zunächst größer als die der zu messenden Faser ist, auf den dicht beieinanderliegenden Eingängen der Faser 3 und der optischen Referenzfaser 4 als Bildpunkte abgebildet werden, die damit eine gleiche Strahlungscharakteristik näherungsweise eines Lambertschen Strahlers zeigen. Mit dem Abbildungssystem 2 lassen sich weiterhin Aperturänderungen so durchführen, daß eine Anpassung der Apertur vorgenommen wird. Gleiche Einkoppelbedingungen werden dadurch erreicht, indem die Fasereingänge von 3 und 4 am Ort des Bildes von 1 in einer Halterung mit Immersionsöl an eine dort senkrecht zu den einfallenden Strahlenbündeln stehende dünne Quarzglasscheibe 5 angedrückt werden. Das eingekoppelte Licht durchläuft die zu messende Faser 3 und den optischen Kontrollkanal 4. Die Ausgänge werden in einer Halterung erneut mit Immersionsflüssigkeit an eine senkrecht zu den dicht beieinander und parallel liegenden Achsen von 3 und 4 stehende Quarzglasscheibe 6 angedrückt. Mit einem Objektiv 7 werden die Ausgänge auf den Eingangsspalt eines Monochromators 9 abgebildet. Dabei wird die Vergrößerung der Abbildung so gewählt, daß die Faserapertur an die Monochromatorapertur angepaßt wird. Die Lage der Bilder der Ausgänge von 3 und 4

im Monochromatorspalt kann über einen Reflex am Monochromatorprisma justiert werden. Das zerlegte Licht, das aus dem Monochromatorausgangsspalt austritt, fällt auf einen Empfänger 10 (Fotodiode). Mit einer vor dem Monochromatoreingang angeordneten Unterbrecherblende 8 werden wechselseitig die Wege des von 3 und 4 kommenden Lichtes freigegeben. Die Unterbrecherfrequenz beträgt zwischen  $1/10$  und 50 Hz. Mittels eines Verstärkersystems 11 wird das wechselnde Signal am Empfängerausgang verstärkt, und es wird eine elektrische Signalzerlegung 12 synchron mit der durch einen Impulsgeber 13 gesteuerten Bewegung der Blende 8 vorgenommen. Die so erhaltenen getrennten Signale I/II für die Faser 3 und die Faser 4 werden einem logarithmischen Verstärker 14 zugeführt. Das Signal II von 4 dient als Bezugssignal. Am Ausgang des logarithmischen Verstärkers 14 fällt ein Signal im Dämpfungsmaß an, das auf einem Schreiber 15 direkt aufgezeichnet wird. Das vom Kontrollkanal 4 anfallende Signal II wird gleichzeitig zum Steuern der Lampenleistung über das System 16 verwendet, so daß das Vergleichssignal von 4 nahezu konstant über den interessierenden Wellenlängenbereich am Eingang des logarithmischen Verstärkers 14 anfällt. Wird für den optischen Teil des Referenzlichtweges eine Faser 4, die vom gleichen Typ der zu messenden Faser 3 ist, verwendet und die am Eingang gleiche Abmessungen besitzt, dann ergibt die Schreiberkurve gerade den Dämpfungsverlauf eines Faserstückes von 3, das eine Länge besitzt, die der Differenz der Längen von 3 und 4 gleich ist. Wird eine andere Faser 4 oder ein andersartiger Vergleichsweg verwendet, muß eine Eichung (Festlegen des Nullpunktes der Dämpfung) durch Kürzen der Faser 3 vorgenommen werden. In jedem Falle werden Einflüsse von Manipulationen an der Faser 3 dann direkt unmittelbar angezeigt, wenn während der Manipulation die Ein- und Auskoppelbedingungen festgehalten werden.