



(10) **DE 10 2014 009 142 A1** 2015.12.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 009 142.2**

(22) Anmeldetag: **20.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2015**

(51) Int Cl.: **G02F 1/11 (2006.01)**

**G02B 21/00 (2006.01)**

**G02B 21/06 (2006.01)**

**G01N 21/64 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Carl Zeiss Microscopy GmbH, 07745 Jena, DE**

(74) Vertreter:  
**Hampe, Holger, Dipl.-Phys., 07745 Jena, DE**

(72) Erfinder:  
**Roscher, Burkhard, Dr., 07743 Jena, DE; Wilhelm, Stefan, 07743 Jena, DE; Möhler, Gunter, 07745 Jena, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

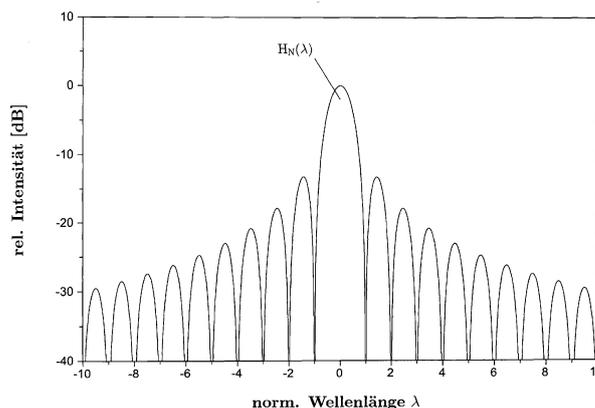
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung eines akustooptischen Bauteils**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung eines akustooptischen Bauteils zum Beeinflussen hindurchtretenden Lichtes, insbesondere zur Beeinflussung des Beleuchtungs- und/oder Detektionslichtes im Strahlengang eines Mikroskops, vorzugsweise eines Laser-Scanning-Mikroskops,

wobei eine Einstellung der Beleuchtungs und/oder Detektionswellenlänge mit mindestens einem Frequenzgenerator erfolgt der mit dem akustooptischen Bauteil verbunden ist und die Beeinflussung steuert,

wobei, vorzugsweise zur Gewährleistung einer temperaturunabhängigen Beeinflussung, der Frequenzgenerator ein Signal erzeugt das für die Intensitätsverteilung der Wellenlänge des Beleuchtungs und/oder Detektionslichtes eine spektrale Spreizung erzeugt

wobei die Ansteuerung durch zwei oder mehrere Ansteuersignale derart erfolgt dass zwei oder mehr sich überlappende und/oder überlagernde Hauptkeulen der Übertragungsfunktion des akustooptischen Bauteils oder Hauptmaxima erzeugt werden.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Ein – Lasersystem in einem Laser-Scanning-Mikroskop, wie unter anderem in EP 1 795 938 A2, DE 19702753 C2 beschrieben, weist zur Wellenlängenauswahl und zur Beeinflussung der Intensität des Laserlichts ein akusto-optisches Element (AOTF/AOM) auf, dessen spektrale Eigenschaften an die spektrale Charakteristik des zu übertragenden Laserlichts angepasst sind.

**[0002]** Abb. 1 zeigt beispielhaft eine ideale Übertragungsfunktion  $H(\lambda)$  eines AOTF mit rechteckförmigem Transducer bei Anregung mit einem Einzelsinus.

**[0003]** Üblicherweise werden durch den Schnitt des Kristalls und die Geometrie des darauf angebrachten Transducers die optischen Übertragungseigenschaften des akusto-optischen Elements (AOTF/AOM) eingestellt. Durch die Wahl der Geometrie können hierbei sowohl die Breite der Hauptkeule als auch das Abklingverhalten der Nebenkeulen der Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  beeinflusst werden. Häufig wird ein rechteckförmiger Transducer realisiert, dessen normierte Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  die  $\text{sinc}^2$ -Funktion beschreibt.

$$H_0(\lambda) = \text{sinc}^2\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)$$

**[0004]** Die Frequenz  $f_n$  des anregenden HF-Signals ist für eine vorgegebene Laserwellenlänge  $\lambda_n$  unter anderem durch die Materialeigenschaften und die Geometrie des Kristalls bestimmt. Sie ist umgekehrt proportional zu der Laserwellenlänge  $\lambda_n$ , die sich durch das angeregte Beugungsgitter beeinflussen lässt.

$$\lambda_n \sim \frac{1}{f_n}$$

**[0005]** Die Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  wird unter anderem durch die folgenden Parameter charakterisiert (siehe auch Fig. 6):

- $B_{3\text{dB}}$  – Bandbreite, bei der die Hauptkeule der Übertragungsfunktion auf die Hälfte ihres Maximums abgeklungen ist (auch FWHM – full width at half maximum)
- $B_N$  – Abstand der Nullstellen, die die Hauptkeule der Übertragungsfunktion begrenzen

**[0006]** Für die gleichzeitige Beeinflussung von zwei oder mehr Laserlinien ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ) enthält das zur Ansteuerung des akusto-optischen Elements verwendete HF-Signal pro Laserlinie einen sinus-förmigen Träger. Jeder sinusförmige Träger der Frequenz  $f_1, f_2, \dots, f_n$  regt im akusto-optischen Element ein Beugungsgitter für die entsprechende Laserlinie an.

**[0007]** Auf Grund der Beziehung  $\lambda_n \sim 1/f_n$  können die Eigenschaften der Übertragungsfunktion auch in Abhängigkeit von der Frequenz des anregenden HF-Signals charakterisiert werden. Man kann insbesondere ein  $\Delta f_{B_N}$  zur Beschreibung der Breite der Hauptkeule in Abhängigkeit von der Verstimmung der Abstimmfrequenz des Ansteuersignals angeben. Es gilt:

$$\Delta f_{B_N} \sim 1/B_N$$

**[0008]** Für den rechteckförmigen Transducer gilt  $B_{3\text{dB}} = 0,89$  und  $B_N = 2$ . Die Größen  $B_N$  und  $B_{3\text{dB}}$  verhalten sich demnach zueinander wie folgt:

$$B_{3\text{dB}} = 0,445 B_N \text{ bzw. } \text{FWHM} = 0,445 B_N$$

## Konventionelle Nutzung des AOTF

**[0009]** Der Abstand  $\Delta\lambda$  zweier benachbarter Laserlinien wird mindestens so groß gewählt, dass sich die Hauptkeulen der Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  des akusto-optischen Elements nicht überlagern. Dies ist gegeben, wenn der Abstand  $\Delta\lambda$  zweier Laserlinien nicht kleiner als der Nullstellenabstand  $B_N$  der Hauptkeule der Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  des akusto-optischen Elements ist. Es gilt:

$$\Delta\lambda \geq B_N$$

**[0010]** Für den rechteckförmigen Transducer ergibt sich somit:

$$\Delta\lambda \geq 2,247 \text{ FWHM}$$

**[0011]** Die Anpassung der Transducer-Geometrie zur Einstellung der Übertragungseigenschaften geht üblicherweise einher mit einer signifikanten Erhöhung der notwendigen Leistung des hochfrequenten Ansteuersignals des AOTF, um die geforderte Beugungseffizienz von  $> 90\%$  zu erreichen. Im Vergleich zu einem Standard-AOTF mit rechteckförmigen Transducer kann eine Anhebung der HF-Ansteuerleistung je nach Wellenlänge des Laserlichts um bis zu 7 dB erforderlich sein. Typische Werte liegen bei  $> +27 \text{ dBm}$  ( $\sim 500 \text{ mW}$ ) für den modifizierten AOTF im Gegensatz zu  $+20 \text{ dBm}$  ( $\sim 100 \text{ mW}$ ) für einen Standard-AOTF.

**[0012]** Die Anhebung der HF-Steuerleistung verursacht eine zusätzliche Erwärmung des akusto-optischen Elements und bewirkt dadurch auf Grund der Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Temperatur im Kristall (z. B.  $\text{TeO}_2$ ) eine Änderung seiner optischen Eigenschaften.

**[0013]** Durch die Erwärmung erfährt insbesondere die Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  eine deutliche spektrale Verschiebung.

**[0014]** Durch das Aufheizen des AOTF-Kristalls auf eine Temperatur deutlich oberhalb der Raumtemperatur (z. B.  $50^\circ\text{C}$ ) mit einer geregelten elektrischen Heizung kann dieser unerwünschten Temperaturdrift entgegengewirkt werden (DE-19827140-A1).

**[0015]** Alternativ ist es möglich, die Temperaturstabilisierung mit einem Peltierelement vorzunehmen oder eine temperaturgesteuerte Frequenznachführung des HF-Ansteuersignals zu realisieren, wie zum Beispiel in DE 20 2007 015 506 U1 und in DE 19827140 A1 beschrieben.

**[0016]** Lokale Veränderungen der Kristalltemperatur durch kurzzeitige Variation der HF-Ansteuerleistung – zum Beispiel auf Grund von Intensitätsmodulation des Laserlichts während der Bildaufnahme – können durch derartige Verfahren nicht erfasst und kompensiert werden und haben, bezogen auf die erste Beugungsordnung des AOTF, unerwünschte Veränderungen von Winkel und Intensität des Laserlichts durch die spektrale Verschiebung der Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  zur Folge.

#### Beschreibung der Erfindung und ihrer Wirkungen und Vorteile

**[0017]** Die Erfindung wird bei einer Anordnung bzw. einem Verfahren gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche durch die jeweiligen kennzeichnenden Merkmale charakterisiert.

**[0018]** Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0019]** Die Erfindung und ihre Wirkungen und Vorteile werden nachstehend näher erläutert.

#### Neuartige Nutzung des AOTF

**[0020]** Das akusto-optische Element wird erfindungsgemäß durch zwei oder mehr sinusförmige HF-Signale pro Laserlinie angesteuert. Der spektrale Abstand  $\Delta f$  der sinusförmigen HF-Signale wird bewusst so gewählt, dass es zu einer Überlagerung der Hauptkeulen der angeregten Übertragungsfunktionen  $H_0(\lambda)$  kommt. Die Überlappung der Hauptkeulen der angeregten Übertragungsfunktionen  $H_N(\lambda)$  ist gewollt, da dies durch die Superposition der Einzelübertragungsfunktionen zu einer Verbreiterung der Hauptkeule in der resultierenden Übertragungsfunktion  $H_\Sigma(\lambda)$  führt.

Beispiel:

AO Tunable Filter AOTF. nc-VIS von AA Opto-Electronic (Datenblattwerte):

• Optical Wavelength $\lambda$	450–700 nm
• Spectral Resolution (FWHM)	1,5 nm
• Drive Frequency $f$	153–80 MHz
• Abstimmsteilheit $k_{\text{Tune}}$	0,292 MHz/nm

**[0021]** Daraus lassen sich mit den oben angegebenen Beziehungen unter Annahme eines rechteckförmigen Transducers die folgenden Werte berechnen:

- Abstand der Nullstellen  $B_N$  3,37 nm ( $B_N = \text{FWHM}/0,445$ )
- Abstand der Nullstellen  $\Delta f_{BN}$  0,98 MHz ( $\Delta f_{BN} = k_{\text{Tune}} \cdot B_N$ )

bei konventioneller Nutzung bedeutet das:

- Mindestabstand der Laserlinien  $\Delta\lambda$   $\geq 3,37$  nm ( $\Delta\lambda \geq 2,247 \cdot \text{FWHM}$ )
- Abstand der sinusförmigen Träger  $\Delta f$   $\geq 0,98$  MHz

bei Nutzung im Sinne der Erfindung:

- Abstand der sinusförmigen Träger  $\Delta f$   $< 0,98$  MHz

**[0022]** In diesem Datenblatt ist ein Wert von 30 kHz/°C für die Drift der AOTF Frequenz in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben.

**[0023]** Durch eine geschickte Wahl der Anfangsphasenlage und Amplitude der einzelnen Träger des erzeugten Signals kann man erreichen, dass das Signal I eine (nahezu) konstante Hüllkurve aufweist.

**[0024]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen in **Fig. 2–Fig. 5** näher erläutert.

**[0025]** In **Fig. 2** ist schematisch eine Lichtquelle dargestellt, beispielhaft durch einen Laser L.

**[0026]** Die Lichtquelle kann auch aus mehreren über Strahlteiler zusammengeführten Lasern, wie im Stand der Technik dargestellt, bestehen. Das Licht der Lichtquelle L gelangt über einen AOTF zur Wellenlängenauswahl und Intensitätssteuerung in Richtung eines Mikroskops, vorzugsweise eines Laser-Scanning-Mikroskops.

**[0027]** Lichtquelle L und AOTF können auch in einem (gestrichelt dargestellten) Beleuchtungsmodul BM angeordnet sein, das durch Direktkopplung oder durch eine oder mehrere Lichtleitfasern mit dem mikroskopischen Strahlengang optisch verbunden ist.

**[0028]** Eine Ansteuereinheit AS, meist verbunden mit weiteren Mikroskopfunktionen, dient auch der Ansteuerung des AOTF.

**[0029]** Zwischen der Ansteuereinheit und dem AOTF ist vorteilhaft gemäß der Erfindung als Frequenzgenerator eine Mehrfrequenz-Mischereinheit MIX vorgesehen, deren Wirkungsweise im Weiteren noch näher erläutert wird:

Die Erfindung betrifft die Ansteuerung eines akusto-optischen Elements (AOTF/AOM) mit einem Hochfrequenzsignal. Ein derartiges Signal enthält mehrere hochfrequente Träger, die – nicht zwingend – einen gleichmäßigen Abstand  $\Delta f$  zueinander haben und identische oder unterschiedliche Signalamplituden aufweisen.

**[0030]** Diese Art der Ansteuerung bewirkt, dass mehrere durch die Kristall- und Transducer-Geometrie vorgegebene Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  überlagert werden, welche um ein Vielfaches von  $\Delta f$  zueinander verschoben sind und durch die Amplitude des jeweils anregenden Einzelträgers bewertet werden.

**[0031]** Die resultierende Übertragungsfunktion  $H_N(\lambda)$  ergibt sich aus der Superposition der spektral verschobenen Übertragungsfunktion  $H_0(\lambda)$  der das akusto-optische Element anregenden Einzelträger.

**[0032]** Bezüglich des Abklingverhaltens der Nebenkeulen der Übertragungsfunktion ist es sinnvoll, den Trägerabstand  $\Delta f$  des ansteuernden Signals so zu wählen, dass die Hauptkeulen benachbarter Übertragungsfunktionen die Minima der jeweils direkten Nachbarn ergänzen.

**[0033]** Die Übertragungsfunktion  $H_N(\lambda)$  des akusto-optischen Elements erfährt durch diese Ansteuerung und der daraus resultierenden Superposition mehrerer Übertragungsfunktionen  $H_0(\lambda)$  eine spektrale Spreizung, welche insbesondere eine Aufweitung ihrer Hauptkeule zur Folge hat. Das Abklingverhalten der Nebenkeulen,

welches bei rechteckförmigen Transducern durch die  $\text{sinc}^2$ -Funktion vorgegeben ist, verändert sich hingegen nicht oder nicht signifikant.

**[0034]** Die erfindungsgemäße Anregung eines akusto-optischen Elements (AOTF/AOM) erlaubt es demnach, die spektrale Breite der Hauptkeule der Übertragungsfunktion beliebig zu vergrößern, ohne das Abklingverhalten der Nebenkeulen wesentlich zu verändern. Dies ermöglicht, die Hauptkeule der Übertragungsfunktion so aufzuspreizen, dass sowohl der Puls eines Lasersystems wie in u. a. EP 1 795 938 A2 beschrieben optimal übertragen wird, als auch der Temperaturgang des Kristalls keinen Einfluss mehr auf die Übertragung von Laserlicht einer bestimmten Wellenlänge hat. Dies gelingt dadurch, dass die Breite der Hauptkeule durch die Anzahl der Träger des Hochfrequenzsignales und ihre Abstände untereinander so weit aufgespreizt wird, dass der zu übertragende Puls mit seiner spektralen Breite oder auch die zu übertragende Wellenlänge eines Gas- oder DPSS Lasersystems auch bei maximaler Temperaturdrift des Kristalls noch innerhalb der Hauptkeule der Übertragungsfunktion liegt. Der Temperaturbereich sollte dabei Umgebungstemperaturen im Bereich zwischen 15°C und 35°C umfassen, wobei Arbeitstemperatur des Kristalls um etwa 20°C höher als die Umgebungstemperatur liegen kann.

**[0035]** Durch die erfindungsgemäße Lösung zur Ansteuerung akusto-optischer Elemente (AOTF/AOM) wird es möglich, ohne Anpassung der Transducer-Geometrie, das heisst unter Verwendung von Standard-Bauteilen, die spektralen Eigenschaften des Kristalls an die spektralen Eigenschaften des eingekoppelten Laserlichts anzupassen. Ein zusätzlicher positiver Effekt besteht darin, dass vollständig auf die Heizung der Kristalle verzichtet werden kann. Dies verringert den nachteiligen Eintrag von Wärme im System. Durch den Wegfall der Heizung und der dafür notwendigen elektronischen und mechanischen Bauelemente wird der Entwurf kompakterer Baugruppen möglich, die ein höheres Maß an Systemintegration erlauben. Des Weiteren treten auch keine nachteiligen Effekte durch lokale Erwärmungen der Kristalle mehr auf, da die dadurch verursachte Drift der Übertragungsfunktion ebenfalls durch die Aufweitung ihrer Hauptkeule aufgefangen wird.

**[0036]** Vorteilhaft ist zudem die nahezu rechteckförmige Charakteristik der Hauptkeule der Übertragungsfunktion  $H_N(\lambda)$ , welche sicherstellt, dass Winkel und Intensität des Laserlichts in der ersten Beugungsordnung des AOTF über den gesamten spezifizierten Temperaturbereich von z. B. 15°C bis 45°C stabil bleibt.

**[0037]** Das Prinzip der Kompensation der Temperaturdrift bei Ansteuerung des akusto-optischen Elements mit einem hochfrequenten Signal verdeutlicht **Abb. 3**.

**[0038]** Sie zeigt das erfindungsgemäße Prinzip der Kompensation der Temperaturdrift eines AOTF/AOM durch Ansteuerung des Kristalls mit fünf Trägern im Wesentlichen gleicher Leistung.

**[0039]** Die Übertragungsfunktion  $H_N(\lambda)$  bei Raumtemperatur (**2**) wird durch Erwärmung des Kristalls spektral verschoben (**3**); die Breite ihrer Hauptkeule und das Abklingverhalten der Nebenkeulen werden dadurch nicht beeinflusst. Durch eine geeignete Wahl von Trägeranzahl und -abstand wird die Hauptkeule der Übertragungsfunktion durch Überlagerung mehrerer einzelner Hauptkeulen spektral so aufgespreizt, dass die Laserlinie (**1**) mit einer festen Wellenlänge über den gesamten Temperaturbereich unverfälscht übertragen wird.

**[0040]** In **Abb. 4** und **Abb. 5** soll die Entstehung der Summen-Übertragungsfunktion bei Ansteuerung eines AOTF mit einem OFDM-Signal (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, deutsch Orthogonales Frequenzmultiplexverfahren) weiter verdeutlicht werden.

**[0041]** In beiden Abbildungen wird ein OFDM-Signal mit drei Trägern verwendet – die resultierende Übertragungsfunktion  $H_N(\lambda)$  ergibt sich also aus der Superposition von jeweils drei spektral um  $\lambda$  bzw.  $0,7 \text{ n}\lambda$  gegeneinander verschobenen Kurven  $H_0(\lambda)$ ,  $H + 1(\lambda)$   $H - 1(\lambda)$  in **Fig. 4** und  $H_0(\lambda)$   $H + 0,7(\lambda)$   $H - 0,7(\lambda)$ .

**[0042]** Die Abbildungen unterscheiden sich in der Größe der spektralen Verschiebung. In der Zeichnung **Abb. 4** die Verschiebung so gewählt, daß die Hauptkeule einer Übertragungsfunktion jeweils in ein Minimum der benachbarten Funktion fällt. In der Zeichnung 5 ist die Verschiebung etwas geringer (0,7 statt 1).

**[0043]** Die Erzeugung des hochfrequenten Signals erfolgt vorzugsweise mit einem I/Q-Mischer, welcher sowohl analog als auch digital ausgeführt sein kann. Die komplexen Basisbandsignale zur Ansteuerung des In-phase- und Quadraturpfads des I/Q-Mischers lassen sich bei äquidistanten Trägerabständen des Signals vorteilhaft mit Hilfe der inversen diskreten Fouriertransformation (IDFT) berechnen.

**[0044]** Der I/Q-Mischer außerdem hat die vorteilhafte Eigenschaft, die Seitenbänder des eingestellten Hauptsignals zu unterdrücken, so dass eine optimale Hauptkeule eines Signals erzeugt werden kann.

**[0045]** Zur Einstellung des Frequenzgenerators wie des I/Q Mischers kann vorteilhaft eine gemessene Verteilung der temperaturabhängigen Frequenzdrift des AOTF herangezogen werden, wobei vorteilhaft beispielsweise eine Monitordiode im Strahlengang angeordnet ist, die die Intensitätsveränderung der Signalübertragung des AOTF in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur erfasst.

**[0046]** Die Ansteuerung des beschriebenen Signalgenerators zur Erzeugung des Signales kann dann vorteilhaft derart erfolgen, dass die entstandene verbreiterte Übertragungsfunktion für einen gewünschten Temperaturbereich im Wesentlichen eine gleiche spektrale Charakteristik aufweist.

**[0047]** Zu diesem Zweck kann auch vorteilhaft mit dem Signalgenerator ein Optimierungsverfahren erfolgen, um in Abhängigkeit von der vorgegebenen Temperaturdifferenz, in der der AOTF gleiche Übertragungseigenschaften aufweist eine optimale Anzahl und Verteilung der spektral versetzten Übertragungsfunktionen zu erzeugen.

**[0048]** Die Hochfrequenzsignale zur Ansteuerung des Signalgenerators wie des I/Q-Mischers können vorteilhaft mit einem frei programmierbaren Bauteil wie einem FPGA erzeugt werden.

**[0049]** FPGA sind in einem völlig anderen Zusammenhang bereits im Zusammenhang mit Laser-Scanning-Mikroskopen beschrieben worden: DE 10 2006 034 905 A1, DE 19858456 A1.

**[0050]** Durch die Erfindung werden in unerwartet einfacher und dennoch sehr variabler Weise die im obengenannten Stand der Technik beschriebenen aufwändigen Versuche, das Problem der Temperaturabhängigkeit akustooptischer Bauteile zu beheben, gelöst.

**[0051]** Vorteilhaft ist die Erfindung auch auf akustooptische Bauteile in Mikroskopen anwendbar, die sowohl auf den Beleuchtungs- als auch auf den Detektionsstrahlengang Einfluss nehmen, beispielsweise zur Einstellung der Bandbreite durchgelassener oder gesperrter Wellenlängenbereiche, auch z. B. bei einer breitbandigen Lichtquelle („Weisslichtlaser“).

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1795938 A2 [0001, 0034]
- DE 19702753 C2 [0001]
- DE 19827140 A1 [0014, 0015]
- DE 202007015506 U1 [0015]
- DE 102006034905 A1 [0049]
- DE 19858456 A1 [0049]

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung zur Ansteuerung eines akustooptischen Bauteils zum Beeinflussen hindurchtretenden Lichtes, insbesondere zur Beeinflussung des Beleuchtungs- und/oder Detektionslichtes im Strahlengang eines Mikroskops, vorzugsweise eines Laser-Scanning-Mikroskops, mit mindestens einem Frequenzgenerator zur Einstellung der Beleuchtungs und/oder Detektionswellenlänge der mit dem akustooptischen Bauteil zur Steuerung der Beeinflussung verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass vorzugsweise zur Gewährleistung einer temperaturunabhängigen Beeinflussung, der Frequenzgenerator derart ausgebildet ist, dass er ein Signal erzeugt das für die Intensitätsverteilung der Wellenlänge des Beleuchtungs- und/oder Detektionslichtes eine spektrale Spreizung erzeugt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Ansteuerung des Frequenzgenerators durch zwei oder mehrere Ansteuersignale derart erfolgt dass zwei oder mehr sich überlappende und/oder überlagernde Hauptkeulen der Übertragungsfunktion des akustooptischen Bauteils oder Hauptmaxima erzeugt werden.
3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–2 wobei die Ansteuersignale des AOTF einen Abstand zueinander aufweisen der mindestens zwei sich überlagernde Hauptkeulen erzeugt.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–3 wobei der Frequenzabstand  $\Delta\lambda$  mindestens zweier benachbarter Wellenlängen kleiner als 2,247 einer Bandbreite (FWHM) ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–4 wobei die Hauptkeulen jeweils durch zwei Minima begrenzt sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–5 wobei das Verhältnis der Intensität Hauptkeule/Nebenkeule mindestens 10:1 beträgt.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–6 wobei temperaturabhängige Verschiebungen der Übertragungsfunktion das Übertragungsverhalten des Kristalls des akustooptischen Bauteils im Wesentlichen nicht verändern.
8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–7 wobei beidseitig der Beleuchtungs und/oder Detektionswellenlänge spektral verschobene Übertragungsfrequenzen vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–8 wobei ein analoger und/oder digitaler Frequenzgenerator vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–9 wobei der Frequenzgenerator ein I/Q Mischer ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–10 wobei die Einstellung der Signalverteilung des Frequenzgenerators anhand einer gemessenen Temperaturdriftkurve des akustooptischen Bauteils erfolgt.
12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–11 wobei ein FPGA zur Ansteuerung des Frequenzgenerators vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–12 wobei das akustooptische Bauteil ein AOTF oder AOM oder AOBS ist.
14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1–13 wobei in einem akustooptischen Bauteil sowohl das Beleuchtungslicht des Mikroskops als auch das Detektionslicht des Mikroskops beeinflussbar ist.
15. Verfahren zur Ansteuerung eines akustooptischen Bauteils zum Beeinflussen hindurchtretenden Lichtes, insbesondere zur Beeinflussung des Beleuchtungs- und/oder Detektionslichtes im Strahlengang eines Mikroskops, vorzugsweise eines Laser-Scanning-Mikroskops, wobei eine Einstellung der Beleuchtungs und/oder Detektionswellenlänge mit mindestens einem Frequenzgenerator erfolgt der mit dem akustooptischen Bauteil verbunden ist und die Beeinflussung steuert,

**dadurch gekennzeichnet**, dass vorzugsweise zur Gewährleistung einer temperaturunabhängigen Beeinflussung, der Frequenzgenerator ein Signal erzeugt das für die Intensitätsverteilung der Wellenlänge des Beleuchtungs- und/oder Detektionslichtes eine spektrale Spreizung erzeugt.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15 wobei die Ansteuerung durch zwei oder mehrere Ansteuersignale derart erfolgt dass zwei oder mehr sich überlappende und/oder überlagernde Hauptkeulen der Übertragungsfunktion des akustooptischen Bauteils oder Hauptmaxima erzeugt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–16, wobei die erzeugten Ansteuersignale des AOTF einen Abstand zueinander aufweisen der mindestens zwei sich überlagernde Hauptkeulen erzeugt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–17, wobei der Frequenzabstand  $\Delta\lambda$  mindestens zweier benachbarter Wellenlängen kleiner als 2,247 einer Bandbreite (FWHM) ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–18, wobei die Hauptkeulen jeweils durch zwei Minima begrenzt sind.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–19 wobei das Verhältnis der Intensität Hauptkeule/Nebenkeule mindestens 10:1 beträgt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–20 wobei temperaturabhängige Verschiebungen der Übertragungsfunktion das Übertragungsverhalten des Kristalls des akustooptischen Bauteils im Wesentlichen nicht verändern.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–21, wobei beidseitig der Beleuchtungs und/oder Detektionswellenlänge spektral verschobene Übertragungsfrequenzen vorgesehen sind.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–22, wobei die Erzeugung der Ansteuersignale durch einen analogen und/oder digitalen Frequenzgenerator erfolgt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–23 wobei der Frequenzgenerator ein I/Q Mischer ist.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–24, wobei die die Einstellung der Signalverteilung des Frequenzgenerators anhand einer gemessenen Temperaturdriftkurve des akustooptischen Bauteils erfolgt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–25 wobei ein FPGA zur Ansteuerung des Frequenzgenerators vorgesehen ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–26, wobei das akustooptische Bauteil ein AOTF oder AOM oder AOBS ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–27, wobei in einem akustooptischen Bauteil sowohl das Beleuchtungslicht des Mikroskops als auch das Detektionslicht des Mikroskopsbeeinflusst wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 14–28, wobei in einem Optimierungsverfahren die Signalverteilung verändert wird und die entstandene Verteilung bezüglich ihres Temperaturverhaltens erfasst und korrigiert wird.

30. Mikroskop zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 14–29.

31. Mikroskop, beinhaltend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–14.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

rel. Intensität [dB]

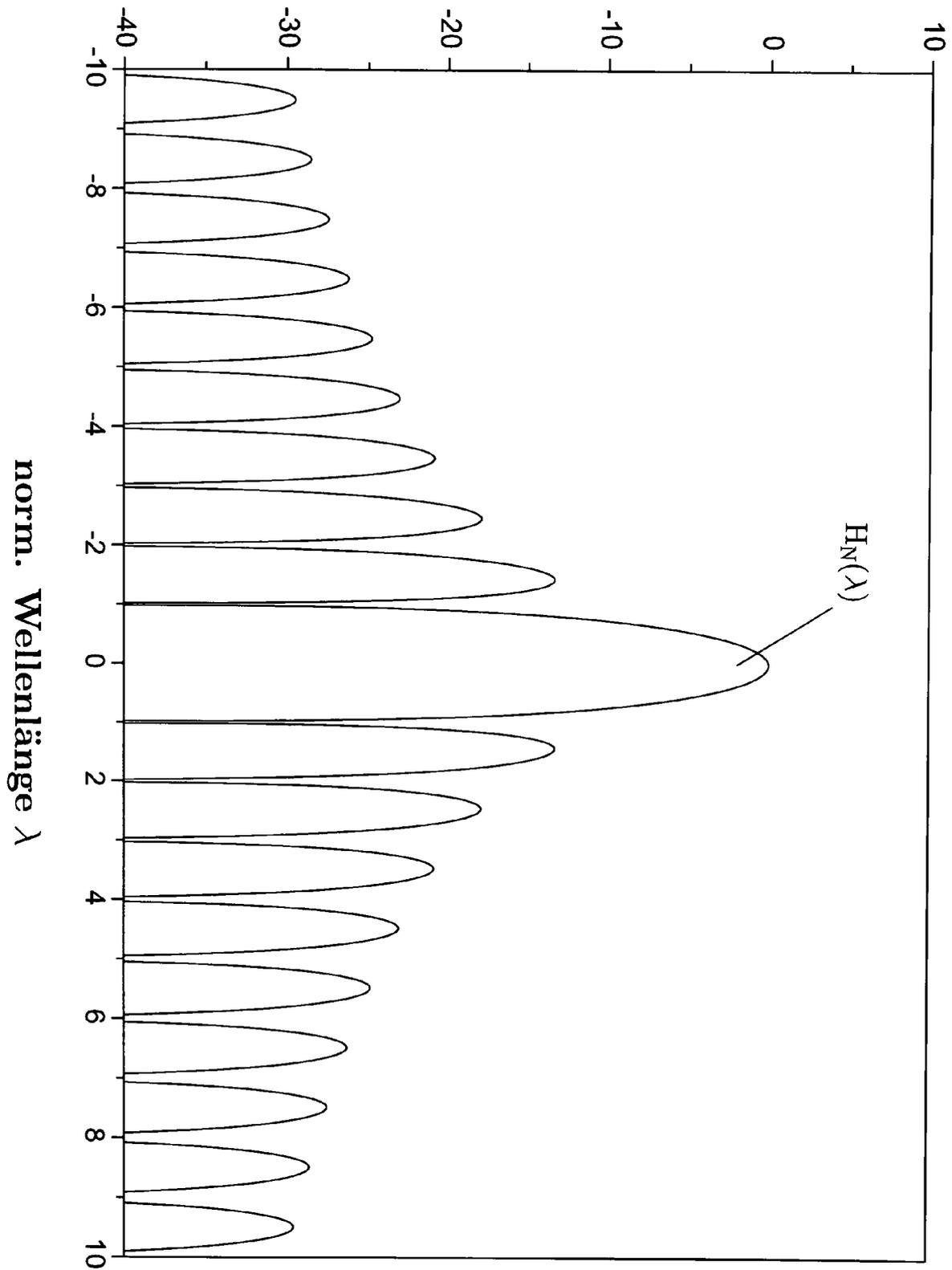


Fig. 1

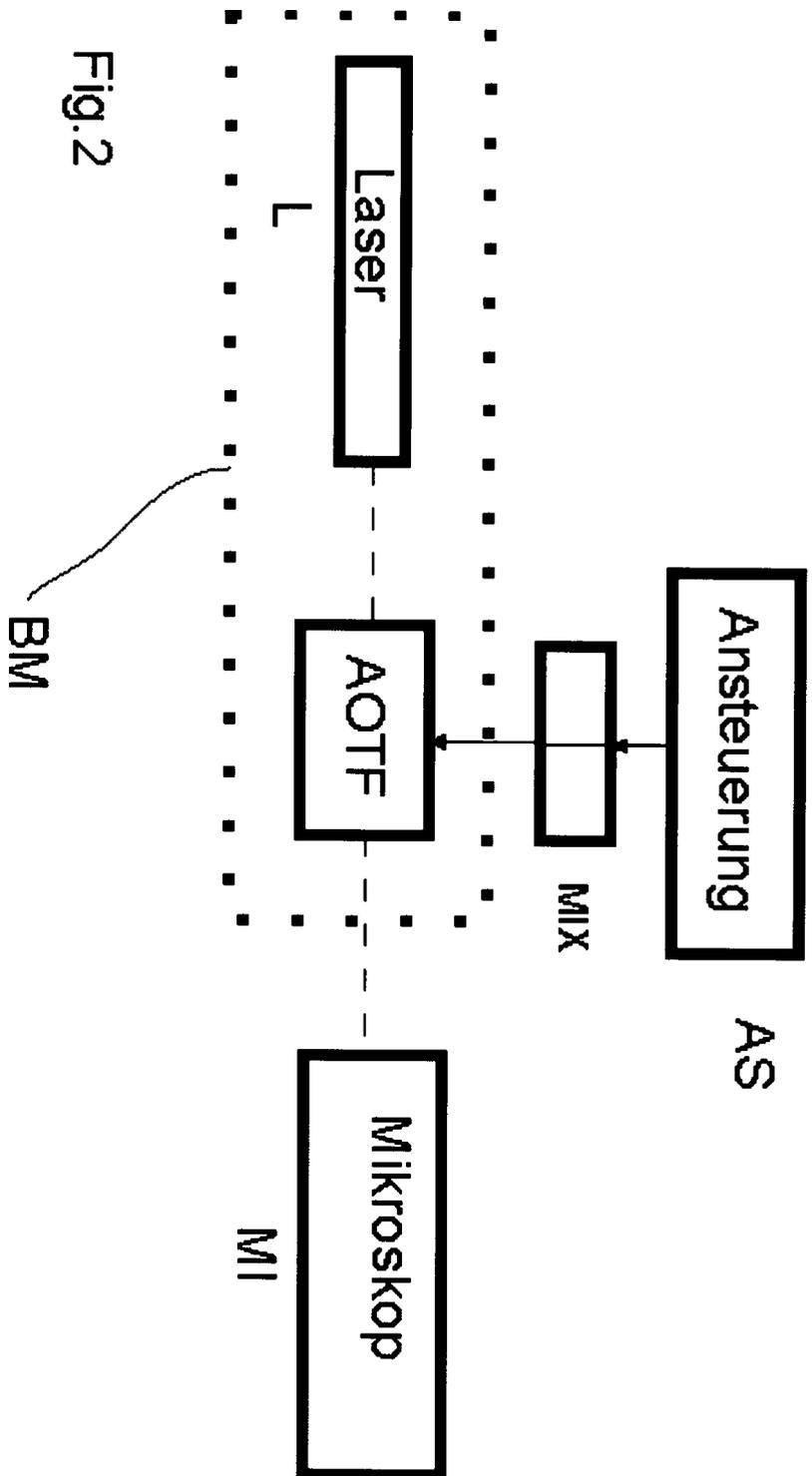


Fig.2

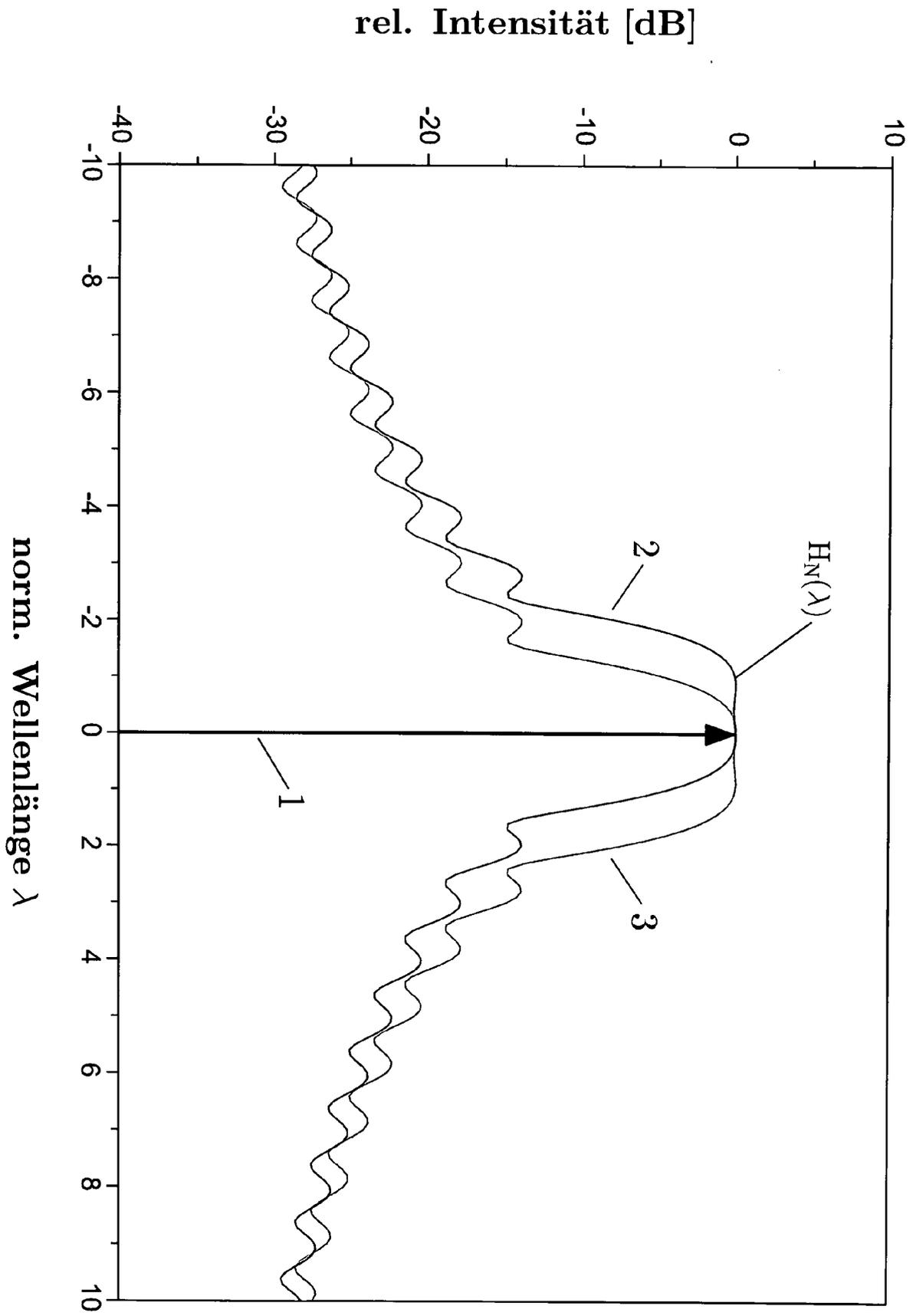


Fig. 3

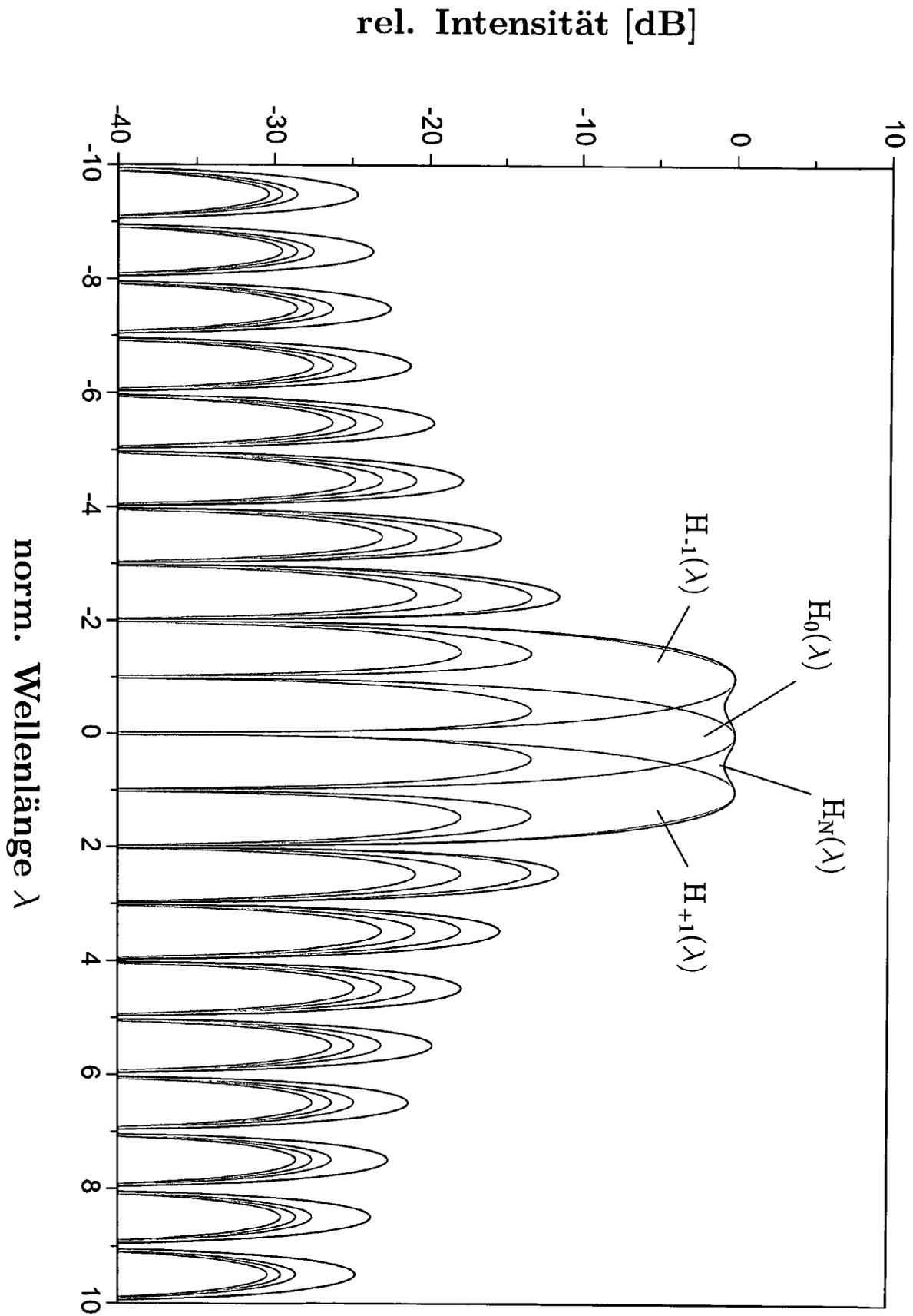


Fig. 4

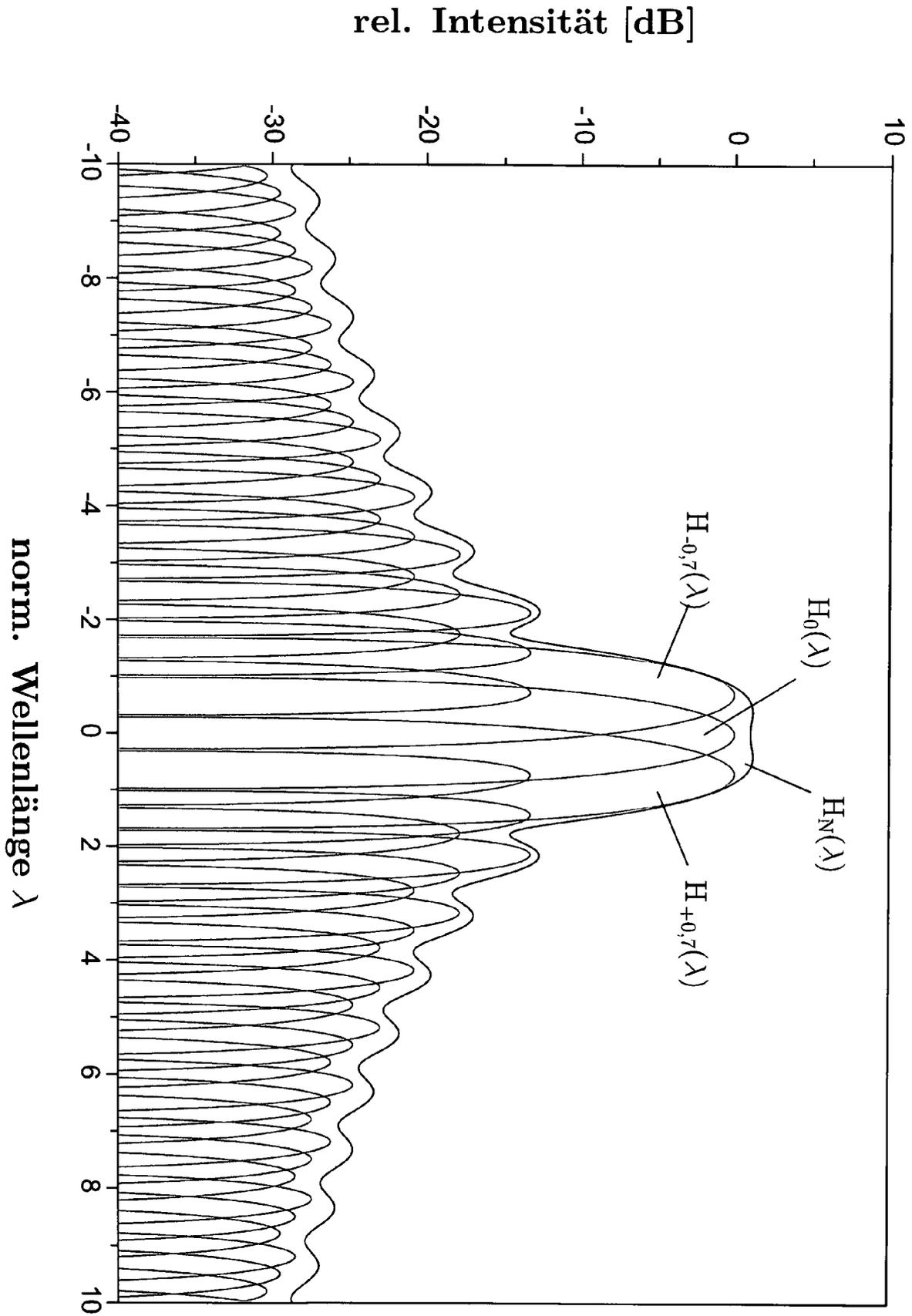


Fig. 5