

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50606/2017  
 (22) Anmeldetag: 20.07.2017  
 (45) Veröffentlicht am: 15.03.2019

(51) Int. Cl.: **H04B 10/00** (2013.01)  
**H04B 10/43** (2013.01)  
**H04B 10/50** (2013.01)  
**H04L 27/20** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
 EP 0872968 A2  
 DE 69600300 T2  
 EP 0911921 A1  
 WO 2007141547 A1  
 EP 2778770 A2  
 US 9059801 B1  
 US 2015249501 A1

(73) Patentinhaber:  
 AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
 1220 Wien (AT)

(72) Erfinder:  
 Schrenk Bernhard Dr.  
 2122 Ulrichskirchen (AT)

(74) Vertreter:  
 Wildhack & Jellinek Patentanwälte OG  
 1030 Wien (AT)

### (54) Verfahren zum Empfangen eines modulierten Lasers sowie Empfangseinheit

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Empfangen eines modulierten Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ), mit einer Übertragungseinheit (10) umfassend einen Laser (1) und einen Elektroabsorptionsmodulator (2).

Die Erfindung sieht vor, dass das empfangene optische Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) auf den Laser (1) gerichtet wird, dass aufgrund der Einstrahlung des optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) auf den Laser (1) die optische Frequenz ( $f_L$ ) des vom Laser (1) abgestrahlten Lichts ( $S_L$ ) an die optische Frequenz ( $f_R$ ) des empfangenen optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) angepasst und/oder angeglichen wird, dass das vom Laser (1) abgestrahlte Licht ( $S_L$ ) und das über den Lichtwellenleiter (3) empfangene optische Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) im Elektroabsorptionsmodulator (2) überlagert werden, dass das derart erstellte Überlagerungssignal vom Elektroabsorptionsmodulator (2) in ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R$ ), insbesondere in ein elektrisches Stromsignal ( $I_R$ ), umgewandelt wird, und dass ein Empfangssignal ( $S_R$ ) zur Verfügung gestellt wird, das dem elektrischen Empfangssignal ( $I_R$ ) entspricht oder von diesem abgeleitet ist.

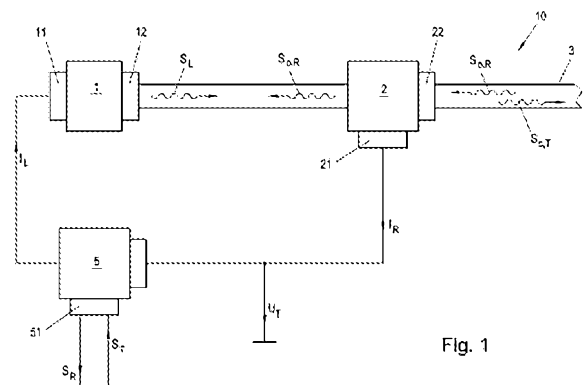


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Empfang eines optischen, modulierten Signals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiters betrifft die Erfindung eine Übertragungseinheit nach Anspruch 9, die insbesondere zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Zentralknoten und einen Antennenknoten gemäß den Ansprüchen 13 bzw. 15. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Datenübertragungsnetzwerk gemäß Anspruch 17 sowie ein Datenübertragungsnetzwerk gemäß Anspruch 19.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Vorrichtungen zum Senden von Daten oder Signalen umfassend einerseits einen Laser und andererseits einen Elektroabsorptionsmodulator bekannt. Das vom Laser ausgesendete Licht wird dabei durch den Elektroabsorptionsmodulator abgeschwächt, sodass das Licht am Ausgang des Elektroabsorptionsmodulators moduliert vorliegt und über einen Lichtwellenleiter in ein Datennetzwerk eingekoppelt werden kann.

**[0003]** Erste Aufgabe ist es, bei einer solchen Konfiguration die Möglichkeit zur Verfügung zu stellen, Daten oder Signale mit derselben Übertragungseinheit, zu übermitteln bzw. zu empfangen.

**[0004]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Empfangen eines modulierten, insbesondere amplitudenmodulierten, vorzugsweise durch Modulation von Licht erstellten, optischen Empfangssignals,

**[0005]** - mit einer Übertragungseinheit umfassend einen Laser mit einem elektrischen Eingang zur Steuerung des Laserstroms sowie der Frequenz des vom Laser abgegebenen Lichts, wobei der Laser einen optischen Laserausgang aufweist, sowie einen dem optischen Laserausgang nachgeschalteten Elektroabsorptionsmodulator, der einen elektrischen Modulationsanschluss aufweist,

**[0006]** - wobei der Laser auf den Elektroabsorptionsmodulator gerichtet wird und das Licht des Lasers durch den Elektroabsorptionsmodulator hindurch geleitet wird und an einem optischen Anschluss des Elektroabsorptionsmodulators in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird.

**[0007]** Erfindungsgemäß ist bei einem Verfahren zum Empfangen eines derartigen optischen Empfangssignals vorgesehen,

**[0008]** - dass das empfangene optische Empfangssignal, mit einer optischen Frequenz innerhalb eines vorgegebenen optischen Frequenzbereichs über den Lichtwellenleiter durch den Elektroabsorptionsmodulator hindurch auf den Laser gerichtet wird,

**[0009]** - dass der Laser durch Ansteuerung des elektrischen Eingangs auf eine vorgegebene optische Frequenz voreingestellt wird, die innerhalb eines optischen Frequenzbereichs, der insbesondere innerhalb von  $\pm 1$  GHz um die optische Frequenz des empfangenen optischen Empfangssignals liegt,

**[0010]** - dass aufgrund der Einstrahlung des optischen Empfangssignals auf den Laser die optische Frequenz des vom Laser abgestrahlten Lichts an die optische Frequenz des empfangenen optischen Empfangssignals angepasst und/oder angeglichen wird,

**[0011]** - dass das vom Laser abgestrahlte Licht und das über den Lichtwellenleiter empfangene optische Empfangssignal im Elektroabsorptionsmodulator überlagert werden, dass das derart erstellte Überlagerungssignal vom Elektroabsorptionsmodulator in ein elektrisches Empfangssignal, insbesondere in ein elektrisches Stromsignal, umgewandelt wird, das vorzugsweise dem Stromverlauf am elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators entspricht, und

**[0012]** - ein Empfangssignal zur Verfügung gestellt wird, das dem elektrischen Empfangssignal entspricht oder von diesem abgeleitet ist, und an einem Signalanschluss, insbesondere als Strom- oder Spannungssignal, zur Verfügung gehalten wird.

**[0013]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Empfangen eines modulierten Empfangssignals mit einer Übertragungseinheit umfassend einen Laser und einen Elektroabsorptionsmodulator. Die Erfindung sieht vor, dass das empfangene optische Empfangssignal auf den Laser gerichtet wird, dass aufgrund der Einstrahlung des optischen Empfangssignals auf den Laser die optische Frequenz des vom Laser abgestrahlten Lichts an die optische Frequenz des empfangenen optischen Empfangssignals angepasst und/oder angeglichen wird, dass das vom Laser abgestrahlte Licht und das über den Lichtwellenleiter empfangene optische Empfangssignal im Elektroabsorptionsmodulator überlagert werden, dass das derart erstellte Überlagerungssignal vom Elektroabsorptionsmodulator in ein elektrisches Empfangssignal, insbesondere in ein elektrisches Stromsignal, umgewandelt wird, und dass ein Empfangssignal zur Verfügung gestellt wird, das dem elektrischen Empfangssignal entspricht oder von diesem abgeleitet ist.

**[0014]** Diese Maßnahme ermöglicht es auf einfache Weise, eine an sich bekannte Kombination eines Lasers und eines Elektroabsorptionsmodulators zum Empfangen von optischen Signalen zu betreiben.

**[0015]** Darüber hinaus kann zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von Daten, insbesondere im Duplexbetrieb, vorsehen sein,

**[0016]** a) dass ein zu übertragendes Sendesignal als elektrisches Sendesignal, insbesondere als elektrisches Spannungssignal, zur Verfügung gestellt wird,

**[0017]** b) dass das elektrische Sendesignal als Spannungssignal während des erfindungsgemäßen Empfangs an den Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators angelegt wird und derart durch Modulation des vom Laser erzeugten Lichts ein optisches Sendesignal erstellt in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird,

**[0018]** c) dass der vom Elektroabsorptionsmodulator aufgenommene Strom ermittelt und derart ein Stromsignal erstellt wird, der bei Vorgabe dieses elektrischen Sendesignals vom Elektroabsorptionsmodulator aufgenommen wird,

**[0019]** d) dass aufgrund von vorgegebenen Kriterien derjenige zeitliche Stromverlauf modelliert wird, der sich bei einer vorgegebenen Bestrahlung des Elektroabsorptionsmodulators durch das Licht des Lasers und einer vorgegebenen Signalbeaufschlagung mit dem elektrischen Sendesignal am elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators ergibt, wenn über den Lichtwellenleiter kein optisches Empfangssignal empfangen wird oder ein optisches Empfangssignal empfangen wird, das kein moduliertes Signal enthält, und dieser Stromverlauf als modellierter Stromverlauf zur Verfügung gehalten wird,

**[0020]** e) dass die Differenz zwischen dem in Schritt c) gemessenen Stromverlauf und dem in Schritt d) modellierten Stromverlauf gebildet wird, und

**[0021]** f) dass diese Differenz als vom optischen Empfangssignal herrührend angenommen und als Empfangssignal bereitgestellt wird.

**[0022]** Eine bevorzugte Ausführungsform, die auf die sich ändernden Ausbreitungseigenschaften von Lichtwellen im Lichtwellenleiter, insbesondere auf zeitlich variierendes Polarisationsverhalten des Lichtwellenleiters Rücksicht nimmt, sieht vor,

**[0023]** - dass das Licht des Lasers zusätzlich auf einen weiteren Elektroabsorptionsmodulator gerichtet wird,

**[0024]** - dass die optischen Anschlüsse der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren an jeweils einen der beiden Polarisierungseingänge eines Polarisationsstrahlteilers angeschlossen werden und der Ausgang des Polarisationsstrahlteilers mit dem Lichtwellenleiter gekoppelt wird,

**[0025]** - dass mit beiden Elektroabsorptionsmodulatoren jeweils ein elektrisches Empfangssignal ermittelt wird, wobei das elektrische Empfangssignal mit der höheren Signalstärke als Empfangssignal zur Verfügung gehalten wird.

**[0026]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung, die in einem solchen Fall einen Duplexbetrieb auf einfache Weise ermöglicht, sieht vor, dass derjenige Elektroabsorptionsmodulator für das Versenden des optischen Sendesignals herangezogen wird, an dem das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ermittelt wurde, wobei insbesondere das zu übertragende Sendesignal, vorzugsweise in Form eines elektrischen Spannungssignals, an den Modulationsanschluss desjenigen Elektroabsorptionsmodulators angelegt wird, an dem das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ermittelt wird.

**[0027]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung, die einen Duplexbetrieb im Zeit-Multiplex ermöglicht, sieht vor, dass zur Erstellung eines modulierten optischen Empfangssignals Licht mit einer vorgegebenen optischen Frequenz mit einem zu übertragenden Signal moduliert wird, und wobei abwechselnd in hintereinanderfolgenden Zeitabschnitten

**[0028]** - Signale gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren empfangen werden, wobei die optische Frequenz des Lasers auf die vorgegebene optische Frequenz eingestellt wird, und

**[0029]** - anschließend im jeweils nachfolgenden Zeitabschnitt Licht mit derselben vorgegebenen optischen Frequenz vom Laser auf den Elektroabsorptionsmodulator abgegeben wird und ein zu übertragendes Sendesignal, insbesondere in Form eines elektrischen Spannungssignals am elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators vorgegeben wird, sodass das durch den Elektroabsorptionsmodulator hindurchgehende Licht entsprechend dem zu übertragenden Sendesignal abgeschwächt wird und das derart erhaltene optische Sendesignal in den Lichtwellenleiter eingekoppelt und übertragen wird.

**[0030]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung, die einen Duplexbetrieb im Frequenz-Multiplex ermöglicht, sieht vor, dass - zur Erstellung des Empfangssignals ein Datensignal mit einer vorgegebenen ersten elektrischen Frequenz moduliert wird, sodass es Frequenzanteile innerhalb ersten Frequenzbereichs um die vorgegebene elektrische Frequenz aufweist und das derart erhaltene Signal anschließend zur Modulation von Licht mit einer vorgegebenen optischen Frequenz verwendet wird und derart ein optisches moduliertes Empfangssignal erhalten wird,

**[0031]** - dass dieses Empfangssignal gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren unter Verwendung von Licht mit der vorgegebenen optischen Frequenz erhalten wird und derart ein elektrisches Empfangssignal erhalten wird, das Frequenzanteile innerhalb eines vorgegebenen ersten elektrischen Frequenzbereichs aufweist, und - gleichzeitig ein elektrisches Sendesignal, das Signale innerhalb eines vom ersten Frequenzband verschiedenen und mit diesem nicht überlappenden, vorzugsweise von diesem beabstandeten, elektrischen Frequenzbands aufweist, an den Elektroabsorptionsmodulator angelegt wird und mittels des Lasers Licht mit der vorgegebenen optischen Frequenz auf den Elektroabsorptionsmodulator abgegeben wird, - sodass das durch den Elektroabsorptionsmodulator hindurchgehende Licht entsprechend dem zu übertragenden Sendesignal abgeschwächt wird und das derart erhaltene optische Sendesignal in den Lichtwellenleiter eingekoppelt und übertragen wird.

**[0032]** Eine besonders vorteilhafte Art des Betriebs eines Mobilfunknetzwerks zum Übertragen von Signalen von einem Zentralknoten zu einem Antennenknoten sieht vor,

**[0033]** - dass ein, insbesondere zuvor über ein Datennetz empfangenes, Datensignal im Zentralknoten bereitgestellt wird und anschließend mit zumindest einer von einem Oszillator vorgegebenen Frequenz moduliert wird und derart ein moduliertes elektrisches Signal erstellt wird,

**[0034]** - wobei mittels einer zentralen Übertragungseinheit aufgrund des modulierten, elektrischen Signals ein optisches, moduliertes Signal bereitgestellt und in den Lichtwellenleiter eingekoppelt und einen der Antennenknoten übertragen wird,

**[0035]** - wobei aufgrund des so erstellten optischen Signals im Antennenknoten gemäß einem der vorangehenden Ansprüche ein Empfangssignal mittels einer antennenseitigen Übertragungseinheit ermittelt und am Signalanschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit bereitgestellt wird, und

[0036] - wobei das Empfangssignal, gegebenenfalls verstärkt, vorzugsweise in Form eines Strom- oder Spannungssignals, an die Antenne des Antennenknotens übertragen wird und von dieser abgestrahlt wird.

[0037] Wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass es nicht erforderlich ist, dass in den einzelnen Antennenknoten Oszillatoren für die Transponierung bzw. Frequenzumsetzung der empfangenen Signale sowie keine Digital-zu-Analog Wandler vorhanden sein müssen, da zwischen den Antennenknoten und dem Zentralknoten Signale optisch und moduliert übertragen werden.

[0038] Besonders bevorzugt kann zur Übertragung von Signalen von mobilen Endgeräten über einen Antennenknoten und einem Zentralknoten in ein Datennetz vorgesehen sein,

[0039] - dass von der Antenne des Antennenknotens einlangende modulierte, elektromagnetische Signale, insbesondere Mobilfunksignale, empfangen und, gegebenenfalls verstärkt, an den Signalanschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit des Antennenknotens weitergeleitet werden, und von der antennenseitigen Übertragungseinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche ein optisches Signal erstellt und über den Lichtwellenleiter an den Zentralknoten übertragen wird,

[0040] - dass dieses optische Signal im Zentralknoten empfangen und insbesondere gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren, mittels der zentralen Übertragungseinheit, in ein elektrisches Signal umgewandelt wird,

[0041] - dass dieses elektrische Signal unter Verwendung einer vom Oszillator vorgegebenen Frequenz demoduliert wird und das derart demodulierte Datensignal im Zentralknoten zur Verfügung gehalten und gegebenenfalls über das Datennetz weiter übermittelt wird.

[0042] Erfindungsgemäß sind zudem bei einer Übertragungseinheit zum Empfangen eines optischen Empfangssignals vorgesehen

[0043] - ein Laser mit einem elektrischen Eingang und einem optischen Laserausgang,

[0044] - zumindest ein dem optischen Laserausgang des Lasers nachgeschalteter Elektroabsorptionsmodulator mit einem elektrischen Modulationsanschluss und einem optischen Anschluss zur optischen Ankopplung des Elektroabsorptionsmodulators an einen Lichtwellenleiter,

[0045] wobei der Laser derart auf den optischen Anschluss des Elektroabsorptionsmodulators ausgerichtet und positioniert ist, dass das Licht des Lasers am optischen Anschluss aus dem Elektroabsorptionsmodulator austritt und dass vom am optischen Anschluss aus auf den Elektroabsorptionsmodulator eintreffendes Licht auf den Laser gerichtet ist,

[0046] wobei der Elektroabsorptionsmodulator dazu ausgebildet ist, vom Laser abgestrahltes Licht und ein am optischen Anschluss einlangendes optisches Empfangssignal zu überlagern, und an seinem elektrischen Modulationsanschluss ein elektrisches Empfangssignal bereitzuhalten, das einem Überlagerungssignal des vom Laser abgestrahlten Lichts und des optischen Empfangssignals entspricht, und

[0047] - eine mit dem elektrischen Eingang des Lasers und dem elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators verbundene Steuereinheit mit einem elektrischen Signalanschluss, wobei die Steuereinheit dazu ausgebildet ist,

[0048] - den Laserstrom sowie die Frequenz des vom Laser abgegebenen Lichts über den elektrischen Eingang des Lasers auf einen Wert innerhalb eines optischen Frequenzbereichs festzulegen, der insbesondere im Bereich von +/- 1 GHz um die Wellenlänge des im Lichtwellenleiter geführten Lichts oder um die optische Frequenz des empfangenen optischen Empfangssignals liegt, und

- [0049]** - das elektrische Empfangssignal am elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators zu analysieren und derart ein dem am optischen Anschluss einlangenden optischen Empfangssignal entsprechendes Empfangssignal zur Verfügung zu halten.
- [0050]** Eine solche Übertragungseinheit ermöglicht es, mit einem einfachen Aufbau mit an sich bekannten Komponenten zum Übertragen von optischen Signalen eine Übertragungseinheit zu erstellen, die auch in der Lage ist, optische Signale zu empfangen.
- [0051]** Darüber hinaus kann zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von Daten, insbesondere im Duplexbetrieb, vorgesehen sein, dass die Steuereinheit ferner dazu ausgebildet ist,
- [0052]** - basierend auf dem an ihrem Signalanschluss anliegenden, zu übertragenden Sendesignal als elektrisches Sendesignal zu erstellen während des Empfangs von Signalen an den Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators anzulegen,
- [0053]** - den vom Elektroabsorptionsmodulator aufgenommenen Strom zu ermitteln und derart ein Stromsignal zu erstellen,
- [0054]** - aufgrund von vorgegebenen Kriterien denjenigen zeitlichen Stromverlauf zu modellieren, der sich bei einer vorgegebenen Bestrahlung des Elektroabsorptionsmodulators durch das Licht des Lasers und einer vorgegebenen Signalbeaufschlagung am elektrischen Modulationsanschluss des Elektroabsorptionsmodulators ergibt, wenn über den Lichtwellenleiter kein optisches Empfangssignal einlangt oder ein optisches Empfangssignal einlangt, das kein moduliertes Signal enthält, und dieser Stromverlauf als modellierten Stromverlauf zur Verfügung zu halten,
- [0055]** - die Differenz zwischen dem gemessenen Stromverlauf und dem modellierten Stromverlauf zu bilden, und diese Differenz oder einen davon abgeleiteten Signalverlauf als Empfangssignal bereitzustellen.
- [0056]** Eine bevorzugte Ausführungsform, die auf die sich ändernden Ausbreitungseigenschaften von Lichtwellen im Lichtwellenleiter, insbesondere auf zeitlich variierendes Polarisationsverhalten des Lichtwellenleiters Rücksicht nimmt, sieht vor,
- [0057]** - dass ein weiterer Elektroabsorptionsmodulator vorgesehen ist, auf den das Licht des Lasers gerichtet ist,
- [0058]** - dass die optischen Anschlüsse der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren an jeweils einen der beiden Polarisierungseingänge eines Polarisationsstrahlteilers angeschlossen sind und der Ausgang des Polarisationsstrahlteilers mit dem Lichtwellenleiter gekoppelt ist,
- [0059]** - dass beide Elektroabsorptionsmodulatoren jeweils dazu ausgebildet sind, an ihrem elektrischen Modulationsanschluss ein elektrisches Empfangssignal zu ermitteln, und
- [0060]** - dass die Steuereinheit dazu ausgebildet ist, dasjenige elektrische Empfangssignal mit der höheren Signalstärke als Empfangssignal an ihrem Signalanschluss zur Verfügung zu halten.
- [0061]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung, die in einem solchen Fall einen Duplexbetrieb auf einfache Weise ermöglicht, sieht vor, dass die Steuereinheit dazu ausgebildet ist, denjenigen Elektroabsorptionsmodulator für das Versenden des optischen Sendesignals auszuwählen, an dem sie das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ermittelt hat, wobei sie das zu übertragende Sendesignal, insbesondere in Form eines elektrischen Spannungssignals, an den Modulationsanschluss desjenigen Elektroabsorptionsmodulators anlegt, an dem sie das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ermittelt hat.
- [0062]** Ein bevorzugter Zentralknoten, mit dem es innerhalb eines Mobilfunknetzwerks möglich ist, optische Signale derart zu übertragen, dass diese in den Antennenknoten nicht moduliert zu werden brauchen und daher in den Antennenknoten kein Oszillator bzw. Frequenzumsetzer sowie keine Digital-zu-Analog Wandler vorhanden sein braucht, sieht vor:

**[0063]** - Eine Datenvermittlungseinheit mit zumindest einem Datenanschluss zum Anschluss an ein Datennetz, zumindest einem Modulationsanschluss und zumindest einem Frequenzeingang,

**[0064]** - einen mit dem Frequenzeingang verbundenen Oszillator, wobei der Oszillator zur Erstellung von Frequenzsignalen nach vorgegebenen Kriterien und zur Übermittlung der Frequenzsignalen an den Frequenzeingang ausgebildet ist, und

**[0065]** - zumindest eine erfindungsgemäße zentrale Übertragungseinheit, wobei der Signalanschluss der zentralen Übertragungseinheit mit einem Modulationsanschluss der Datenvermittlungseinheit verbunden ist und ein Lichtwellenleiter in den optischen Anschluss der zentralen Übertragungseinheit eingekoppelt ist,

**[0066]** wobei die Datenvermittlungseinheit dazu ausgebildet ist,

**[0067]** - ein über das Datennetz am Datenanschluss einlangendes Datensignal nach einem vorgegebenen Modulationsverfahren auf zumindest ein vom Oszillator an den Frequenzeingang übermittelteres Frequenzsignal aufzumodulieren und am Modulationsanschluss als moduliertes Sendesignal bereitzustellen und nach vorgegebenen Kriterien an die entsprechende zentrale Übertragungseinheit zu übermitteln und

**[0068]** - ein über den Modulationsanschluss von der zentralen Übertragungseinheit einlangendes Empfangssignal nach einem vorgegebenen Demodulationsverfahren mittels eines vom Oszillator vorgegebenen Frequenzsignals zu demodulieren und am ersten elektrischen Datenanschluss als demoduliertes Datensignal bereitzustellen und an das Datennetz weiterzuleiten.

**[0069]** Besonders bevorzugt kann zum Senden von Signalen vom vorteilhaften Zentralknoten zu einem der Antennenknoten vorgesehen sein, dass die zentrale Übertragungseinheit vorzugsweise dazu ausgebildet ist,

**[0070]** - mittels eines Lasers Licht zu erstellen und auf einen Elektroabsorptionsmodulator zu richten und derart

**[0071]** - ein am Signalanschluss der zentralen Übertragungseinheit von der Datenvermittlungseinheit einlangendes Sendesignal als moduliertes optisches Sendesignal am optischen Anschluss bereitzustellen, in den Lichtwellenleiter einzukoppeln, und insbesondere an einen Antennenknoten zu übertragen, und

**[0072]** - ein, insbesondere von einem Antennenknoten, über den Lichtwellenleiter am optischen Anschluss einlangendes optisches Empfangssignal als Empfangssignal am Signalanschluss zur Verfügung zu stellen und an die Datenvermittlungseinheit zu übermitteln.

**[0073]** Ein Antennenknoten zur drahtlosen Übertragung von Daten an ein Mobilfunkgerät mit einer Antenne, der optische Signale auf einfache Weise weiter verarbeiten kann und insbesondere keines eigenen Oszillators, Frequenzumsetzers oder Digital-zu-Analog Wandlers bedarf, sieht vor:

**[0074]** - eine Mobilfunkantenne, wobei die Mobilfunkantenne dazu ausgebildet ist, mit dem Mobilfunkgerät in Funkverbindung zu treten,

**[0075]** - zumindest eine erfindungsgemäße antennenseitige Übertragungseinheit, deren Signalanschluss an die Antenne angeschlossen ist, und

**[0076]** - einen mit dem optischen Anschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit verbundenen Lichtwellenleiter.

**[0077]** Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die antennenseitige Übertragungseinheit insbesondere dazu ausgebildet ist, mittels eines Lasers Licht zu erstellen und auf einen Elektroabsorptionsmodulator zu richten und derart

**[0078]** - ein an ihrem Signalanschluss vom Verstärker einlangendes Signal als moduliertes optisches Signal am optischen Anschluss bereitzustellen, in den Lichtwellenleiter einzukoppeln, und insbesondere an einen Zentralknoten zu übertragen, und

**[0079]** - ein, insbesondere von einem Zentralknoten, über den Lichtwellenleiter am optischen Anschluss einlangendes optisches Signal als Sendesignal am Signalanschluss zur Verfügung zu stellen und über den bidirektionalen Verstärker an die Mobilfunkantenne zu übermitteln.

**[0080]** Zur Verstärkung der Signale vor der Signalübertragung kann vorgesehen sein, dass der Antennenknoten einen an die Mobilfunkantenne angeschlossenen bidirektionalen Verstärker umfasst,

**[0081]** - der an den Signalanschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit angeschlossen ist, und

**[0082]** - der dazu ausgebildet ist,

**[0083]** - die von der Mobilfunkantenne aufgenommenen Daten zu verstärken und als elektrisches Empfangssignal an den Signalanschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit weiterzuleiten, und

**[0084]** - von der antennenseitigen Übertragungseinheit an ihrem bereitgestellten Signale zu verstärken und an die Mobilfunkantenne zur Übermittlung weiterzuleiten.

**[0085]** Ein Datenübertragungsnetzwerk, bei dem die zuvor erwähnten Antennenknoten mit einem Zentralknoten verbunden sind, und bei dem die Notwendigkeit entfällt, dass in den einzelnen Antennenknoten ein separater Oszillator, Frequenzumsetzer oder Digital-zu- Analog Wandler vorhanden ist, sieht vor:

**[0086]** - Einen erfindungsgemäßen Zentralknoten und

**[0087]** - eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Antennenknoten,

**[0088]** wobei jeweils der optische Anschluss der antennenseitigen Übertragungseinheit des Antennenknotens und der optische Anschluss der zentralen Übertragungseinheiten des Zentralknotens miteinander über jeweils einen Lichtwellenleiter verbunden sind, und

**[0089]** wobei vorzugsweise zumindest eine mit der Mobilfunkantennen in Funkverbindung stehendes, Mobilfunkgerät.

**[0090]** Ein Datenaustauschnetzwerk, mit dem auf einfache Weise eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Übertragungseinheiten miteinander in Datenkommunikationsverbindung gebracht werden können, sieht vor:

**[0091]** - Eine zentrale Schnittstelle mit Anschlüssen und

**[0092]** - eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Übertragungseinheiten, wobei der jeweilige optische Anschluss der einzelnen Übertragungseinheiten jeweils mit einem Anschluss der Schnittstelle mittels eines Lichtwellenleiters verbunden ist,

**[0093]** - wobei die Schnittstelle dazu ausgebildet ist, bei ihr über einen der Lichtwellenleiter einlangende, optische Signale zu verteilen und an die übrigen Übertragungseinheiten weiterzuleiten,

**[0094]** - wobei jeder Übertragungseinheit zumindest eine Sende- und Empfangsfrequenz zugeordnet ist und wobei in der jeweiligen Steuereinheit jeder der Übertragungseinheiten jeweils die den Sende- und Empfangsfrequenzen zugeordneten Übertragungseinheiten hinterlegt sind, und

**[0095]** - wobei die Steuereinheiten der Übertragungseinheiten dazu ausgebildet sind, im Fall der Datenübertragung ihren Laser durch Ansteuerung des jeweiligen elektrischen Eingangs auf eine optische Frequenz einzustellen, die sich in einem optischen Frequenzbereich, insbesondere von  $\pm 1$  GHz um die optische Frequenz der für den Empfang ausgewählten Übertragungseinheit, befindet.

- [0096] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Übertragungseinheit 10.
- [0097] Fig. 2 zeigt ein spektrales Frequenzdiagramm des Lichts des Lasers in der optischen Ebene mit aufmoduliertem, zu empfangenden optischen Signal in der Ausgangssituation.
- [0098] Fig. 3 zeigt ein spektrales Frequenzdiagramm des Lichts des Lasers sowie des zu empfangenden optischen Signals in der optischen Ebene nach der Anpassung der Laserfrequenz durch Injection Locking
- [0099] Fig. 4 zeigt ein Frequenzdiagramm des elektrischen Basisband-Empfangssignals in der elektrischen Ebene nach der Anpassung der Laserfrequenz  $f_L$  an  $f_R$  durch Injection Locking.
- [00100] Fig. 5 zeigt ein Frequenzdiagramm in der optischen Ebene bei Verwendung mehrerer optischer Signalfrequenzen.
- [00101] Fig. 5a und Fig. 5b zeigen die bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung unter Verwendung von Frequenz-Multiplexing auftretenden optischen und elektrischen Signale.
- [00102] Fig. 6 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform zur Berücksichtigung von sich ändernden Polarisationsseigenschaften von Lichtwellen im Lichtwellenleiter.
- [00103] Fig. 7 zeigt dabei ein Datenübertragungsnetzwerk für den Mobilfunk im Überblick.
- [00104] Fig. 8 zeigt einen Zentralknoten des in Fig. 7 dargestellten Datenübertragungsnetzwerks im Detail.
- [00105] Fig. 9 zeigt einen Antennenknoten des in Fig. 7 dargestellten Datenübertragungsnetzwerks im Detail.
- [00106] Fig. 10 zeigt ein Datenübertragungsnetzwerk gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.
- [00107] Die in Fig. 1 dargestellte Übertragungseinheit entsprechend einer ersten Ausführungsform der Erfindung umfasst einen Laser 1, der einen elektrischen Eingang 11 aufweist, mit dem der bei der Erstellung des Lichts  $S_L$  verwendete Laserstrom  $I_L$  geregelt werden kann. Durch die Vorgabe des Laserstroms  $I_L$  kann die Wellenlänge bzw. Frequenz des vom Laser 1 abgegebenen Lichts  $S_L$  festgelegt werden.
- [00108] Die Frequenz des vom Laser 1 abgegebenen Lichts  $S_L$  ist auch von der Temperatur des Lasers 1 abhängig. Dieser Umstand kann dazu genutzt werden, die Frequenz des Lichts  $S_L$  grob festzulegen. Die Feinsteuerung der Frequenz des Lichts  $S_L$  kann durch Variation des Laserstroms  $I_L$  vorgenommen werden. Zudem kann der Laser 1 temperaturstabilisiert sein, wodurch die Einflüsse von Schwankungen der Temperatur auf die Frequenz des Lichts  $S_L$  vermieden werden. Weiters weist der Laser 1 einen optischen Laserausgang 12 auf, von dem aus das vom Laser 1 erzeugte Licht  $S_L$  abgestrahlt wird.
- [00109] Elektroabsorptionsmodulatoren, wie der in Fig. 1 dargestellte Elektroabsorptionsmodulator 2, sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus der folgenden Veröffentlichung: T. Ido et al., IEEE Phot. Tech. Lett., Vol. 6, no. 10, pp. 1207-1209 (1994). Derartige Elektroabsorptionsmodulatoren können zusammen mit Laserelementen wie dem Laser 1 auf einem Chip co-integriert werden.
- [00110] Dieser Elektroabsorptionsmodulator 2 hat die Eigenschaft, dass bei ihm vom Laser 1 eintretendes Licht  $S_L$  abhängig von der am elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 der anliegenden Spannung abgeschwächt wird und als ausgehendes,

optisches Signal  $S_{o,T}$  über einen optischen Anschluss 22 abgegeben und in einen Lichtwellenleiter 3 eingekoppelt wird. Der durch den elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 fließende elektrische Strom  $I_R$  ist dabei etwa proportional zu derjenigen Lichtmenge, die aus dem vom Laser 1 abgegebenen Licht  $S_L$  entnommen und nicht in das übertragene, optische Signal  $S_{o,T}$  weitergeleitet wird.

**[00111]** Der vorliegende Elektroabsorptionsmodulator 2 hat zusätzlich die Eigenschaft, dass ein bei ihm am optischen Anschluss 22 vom Lichtwellenleiter 3 her kommendes, empfangenes, optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  teilweise an den Laser 1 weitergeleitet wird, wobei der Elektroabsorptionsmodulator 2 abhängig von dem bei ihm einlangenden, empfangenen, optischen Empfangssignal  $S_{o,R}$  ein elektrisches Empfangssignal  $I_R$ , im vorliegenden Fall im Form eines Stromsignals, erstellt und an seinem elektrischen Modulationsanschluss 21 bereit hält. Dieses Stromsignal  $I_R$  ist proportional zu der im Elektroabsorptionsmodulator 2 vorherrschenden Lichtleistung oder Lichtintensität. Da die Frequenz des vom Laser 1 abgegebenen Lichts  $S_L$  ungefähr auf jene des optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  eingestellt ist und die Differenz der Frequenzen kleiner als die elektro-optische Bandbreite des Elektroabsorptionsmodulators 2 ist, ergibt sich kohärentoptische Detektion des optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$ , welche im Gegensatz zur direkten optischen Detektion ohne lokalen optischen Oszillator, in Form eines Lasers 1 die im Allgemeinen bekannten Vorteile einer höheren Detektions-Empfindlichkeit und Frequenzselektivität ergibt, d.h. es findet eine Signalfilterung während der Detektion statt.

**[00112]** Ein gemäß einem Spannungssignal steuerbarer Anteil des beim Elektroabsorptionsmodulator 2 einlangenden, empfangenen, optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  wird durch den Elektroabsorptionsmodulator 2 hindurch auf den Laser 1 gerichtet. Dabei wird vorab durch Ansteuerung und Einstellung des Laserstroms  $I_L$  sichergestellt, dass das vom Laser 1 abgegebene Licht  $S_L$  eine vorgegebene optische Frequenz hat, die nahe der optischen Frequenz des einlangenden optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  liegt.

**[00113]** Das elektrische Empfangssignal  $I_R$  wird an eine Steuereinheit 5 weitergeleitet, die auch dazu ausgebildet ist, an den elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 ein vorgegebenes Spannungssignal anzulegen, um derart die Durchlässigkeit des Elektroabsorptionsmodulators 2 zu regeln. Darüber hinaus ist die Steuereinheit 5 auch dazu ausgebildet, den Laserstrom  $I_L$  derart einzustellen, dass das vom Laser 1 abgegebene Licht  $S_L$  eine vorgegebene optische Frequenz aufweist.

**[00114]** Die Steuereinheit 5 weist einen Signalanschluss 51 auf, über den bevorzugt auch bidirektionale Daten übertragen werden können. Sofern von dem Elektroabsorptionsmodulator 2 ein elektrisches Empfangssignal  $I_R$  in Form eines Stromsignals zur Verfügung gestellt wird, wird dieses Stromsignal von der Steuereinheit 5 gemessen und am Signalanschluss 51 der Steuereinheit 5 wird ein Empfangssignal  $S_R$  zur Verfügung gehalten, das diesem Stromsignal  $I_R$  entspricht.

**[00115]** Zum Versenden von optischen Signalen  $S_{o,T}$  mittels der in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit 10 wird am Signalanschluss 51 der Steuereinheit 5 ein Sendesignal  $S_T$  vorgegeben, das im vorliegenden Fall als elektrisches Spannungssignal an den elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 weitergeleitet wird.

**[00116]** Fig. 2 zeigt ein spektrales, optisches Frequenzdiagramm des Lichts  $S_L$  des Lasers 1 sowie des empfangenen optischen Signals  $S_{o,R}$  in der Ausgangssituation. Die Frequenz  $f_L$  des Lichts  $S_L$  wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Erfindung innerhalb eines optischen Frequenzbereichs  $F$  von typisch  $\pm 1$  GHz um die optische Frequenz  $f_R$  des empfangenen, optischen Signals  $S_{o,R}$  liegt. Ebenso kann die Frequenz  $f_L$  des Lichts  $S_L$  des Lasers 1 derart eingestellt werden, dass sie innerhalb eines optischen Frequenzbereichs  $F$  von typisch  $\pm 1$  GHz um eine vorgegebene optische Frequenz liegt, die für das Versenden des optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  vorgegeben ist.

**[00117]** Dadurch, dass somit auf den Laser 1 das Empfangssignal  $S_{o,R}$  einstrahlt, das annähernd dieselbe Frequenz hat, wie das vom Laser 1 abgegebene Licht  $S_L$ , kommt es zu einem

als "Injection Locking" bekannten Effekt, bei dem sich die Frequenz des vom („Slave“-)Laser 1 abgestrahlten Lichts  $S_L$  an die optische („Master“-)Frequenz des empfangenen, optischen Signals  $S_{o,R}$  angleicht. Dadurch ergibt sich der entscheidende Vorteil der gegenständlichen Methode: Die kohärent-optische Detektion des optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  erfolgt nicht mit ungefährender Anpassung der optischen Frequenzen des Lasers 1 und des Signals  $S_{o,R}$ , was dem Fall der Intradyne-Detektion entspricht, sondern mit exakter Anpassung dieser Frequenzen, was dem Fall der Homodyne-Detektion entspricht. Im Gegensatz zur Intradyne-Detektion, welche einen enormen Rechenaufwand zwecks Signalverarbeitung und Rückgewinnung des Informationssignals benötigen, ergeben sich aufgrund der attraktiven Eigenschaften der Homodyne-Detektion, die sonst nur mit komplexen Phasen-Regelschleifen, engl.: "Phase Locked Loop", zu erzielen sind, enorme Vorteile in Kosten- und Energieeffizienz bei der Implementierung einer Übertragungseinheit 10.

**[00118]** Fig. 3 zeigt ein spektrales, optisches Frequenzdiagramm des Lichts  $S_L$  des Lasers 1 sowie des empfangenen optischen Signals  $S_{o,R}$  nach der Anpassung der Laserfrequenz  $f_L$  durch Injection Locking. Dies hat nunmehr den wesentlichen Vorteil, dass aufgrund der gleichen Frequenzen des Lichts  $S_L$  des Lasers 1 sowie des empfangenen, optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  eine Überlagerung stattfindet, bei der die im empfangenen, optischen Empfangssignal  $S_{o,R}$  enthaltenen Signale exakt im Basisband zu liegen kommen („Homodyne-Detektion“) und daher besonders leicht, also ohne zusätzliche digitale Signalverarbeitung zwecks Frequenzoffsetkorrektur, ausgelesen und im elektrischen Empfangssignal IR besonders leicht identifiziert werden können.

**[00119]** Durch die Überlagerung des Lichts  $S_L$  des Lasers 1 sowie des empfangenen, optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  wird ein Stromsignal erstellt, das etwa proportional zum Produkt der Feldstärken des Lichts  $S_L$  und des Empfangssignals  $S_{o,R}$  ist. Aufgrund der Angleichung der Frequenz  $f_L$  des Lasers 1 an die Zentralfrequenz  $f_R$  des Empfangssignals  $S_{o,R}$  wird das vom Empfangssignal  $S_{o,R}$  erstellte Frequenzband in einen Frequenzbereich um 0 Hz abgebildet und landet daher im elektrischen Basisband (Fig. 4). Durch den Injection-Locking Effekt können je nach optischer Empfangsleistung die niedrigen Frequenzanteile unterdrückt werden. Durch geeignete senderseitige Kodierung des Empfangssignals  $S_{o,R}$  kann dies kompensiert werden, etwa durch Verwendung von Mittelwert-freien Codes, wie zum Beispiel das Alternative-Mark-Inversion Kodierverfahren.

**[00120]** Die optischen Frequenzen liegen vorteilhafterweise im Bereich von 150-800 THz. Wird beispielsweise für die Datenübertragung rotes Licht verwendet, erhält man etwa eine typische Lichtfrequenz  $f_L$ ,  $f_R$  von 430 THz. Fasergebundene optische Kommunikation bedient sich von Lichtfrequenzen um 190 THz, um minimalen Transmissionsverlusten ausgesetzt zu sein. Die Bandbreite des im optischen Signal  $S_o$  modulierten Signals kann - abhängig von der Anzahl der parallel gewählten optischen Trägerfrequenzen  $f_{L,1}$ ,  $f_{L,2}$ , ... - etwa im Bereich von einigen GHz gewählt werden, aber in Zusammenhang mit breitbandigen Informationssignalen bis in den Bereich von typischerweise 100 GHz reichen.

**[00121]** Sofern über einen einzigen Lichtwellenleiter 3 mehrere optische Signale  $S_{o,1}$   $S_{o,2}$   $S_{o,3}$  mit mehreren Trägerfrequenzen übertragen werden sollen, sollten die Trägerfrequenzen  $f_{L,1} = |f_{R,1} - f_L|$  (mit  $f_L = f_{R,0}$  durch Injection Locking),  $f_{L,2}$ ,  $f_{L,3}$  so weit beabstandet voneinander sein, dass die durch die Modulation verursachte Verbreiterung des jeweiligen Bands nicht zu einem Überschneiden der Signale führt. Wird beispielsweise eine Übertragungsbandbreite von 6 GHz für das Informationssignal gewählt, wie dies bei neueren Mobilfunknetzen üblich ist, so können die einzelnen Trägerfrequenzen - unter Verwendung eines Sicherheitsbands zueinander und zusätzlicher Modulationstechnik, wie beispielsweise Einseitenbandmodulation oder komplexere Verfahren wie etwa orthogonales Frequenzmultiplexverfahren, dann mit etwa 10 GHz beabstandet sein, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist.

**[00122]** Besonders vorteilhaft ist es, das Licht  $S_L$  des Lasers 1 bei der Übertragung von Daten mit bereits modulierten elektrischen Signalen zu modulieren. So kann beispielsweise ein Datensignal, das über Mobilfunk übertragen werden soll, auf eine für den Mobilfunk typische elektri-

sche Trägerfrequenz im Bereich von einigen GHz moduliert werden. Anschließend wird das so modulierte elektrische Signal als elektrisches Sendesignal  $U_T$  herangezogen und derart mittels einer in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit 10 ein optisches Signal  $S_{o,1}$  erstellt, das über einen Lichtwellenleiter 3 übertragen werden und von einer anderen, insbesondere ebenfalls einer in Fig. 1 dargestellten, Übertragungseinheit 10 empfangen wird. Nach dem Empfang und der im Elektroabsorptionsmodulator 2 vorgenommenen Demodulation liegt ein dem elektrischen Sendesignal  $U_T$  entsprechendes Empfangssignal  $I_R$  vor, welches auf der exakt gleichen Trägerfrequenz zu liegen kommt, die für das Informationssignal vorgesehen war. Zu beachten ist, dass bei der empfangenden Übertragungseinheit 10 keine Notwendigkeit der elektrischen Modulation besteht, da das elektrische Signal bereits moduliert vorliegt. In diesem Zusammenhang können alternativ auch mehrere dieser Informationssignale auf dementsprechend mehreren engbenachbarten Trägerfrequenzen gleichzeitig übertragen werden bzw. diese auch auf niedrigeren Zwischenfrequenzen, beispielsweise im Frequenzband von 0 bis 10 GHz, übertragen werden und anschließend auf sehr hohe Trägerfrequenzen, wie beispielsweise im Bereich von 60-80 GHz, transponiert werden. Dabei ergibt sich jeweils den Vorteil, dass die ursprünglich gewählten Trägerfrequenzen erhalten bleiben, da gemäß dem Verfahren kein Frequenzversatz bei der kohärentoptischen Detektion auftritt.

**[00123]** Im Folgenden wird nun anhand der Fig. 1 eine Variante der Erfindung beschrieben, mit der gleichzeitig ein einlangendes, optisches Signal  $S_{o,R}$  empfangen werden kann, und mit der andererseits ein optisches Sendesignal  $S_{o,T}$  übertragen werden kann. Zum Zweck der Erstellung und Übermittlung des Sendesignals  $S_{o,T}$  setzt die Steuereinheit 5 die am elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 anliegende Spannung entsprechend den im Sendesignal  $S_T$  enthaltenen Daten auf einen vorgegebenen, durch ein elektrisches Spannungssignal festgelegten Wert.

**[00124]** Durch diese Maßnahme wird das vom Laser 1 abgegebene Licht  $S_L$  entsprechend dem elektrischen Sendesignal  $U_T$  abgeschwächt und tritt aus dem Elektroabsorptionsmodulator 2 als optisches Sendesignal  $S_{o,T}$  heraus.

**[00125]** Wie auch im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der vom Elektroabsorptionsmodulator 2 aufgenommene Strom  $I_R$ , der bei Vorgabe des elektrischen Sendesignals  $U_T$  vom Elektroabsorptionsmodulator 2 sowie bei Bestrahlung mit dem einlangenden, optischen Empfangssignal  $S_{o,R}$  entsteht, gemessen.

**[00126]** Dadurch, dass das am optischen Anschluss 22 des Elektroabsorptionsmodulators 2 einlangende, optische Signal  $S_{o,R}$  jedoch Daten enthält, entsteht am elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 ein Strom, der von dem modellierten Stromverlauf  $I_{R,m}$  abweicht.

**[00127]** Um die Auswirkungen des optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  auf den Stromverlauf  $I_R$  isolieren zu können und die Einflüsse des elektrischen Sendesignals  $U_T$  auf den Stromverlauf zu ermitteln und zu eliminieren, wird derjenige zeitliche Stromverlauf  $I_{R,m}$  modelliert, der sich bei einer vorgegebenen Bestrahlung des Elektroabsorptionsmodulators 2 durch den Laser 1 und der vorgegebenen Signalbeaufschlagung am elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 ergibt, wenn über dem Lichtwellenleiter 3 kein optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  empfangen wird, oder ein optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  empfangen wird, das kein moduliertes Signal enthält. Dies kann durch Kalibrierung anhand bekannter optischer Eingangs- und Ausgangssignale erfolgen.

**[00128]** Anschließend wird die Differenz  $\Delta I$  zwischen dem gemessenen Stromverlauf  $I_R$  und dem modellierten Stromverlauf  $I_{R,m}$  gebildet, was durch bekannte Signalverarbeitungsalgorithmen in der digitalen Ebene bzw. durch Hochfrequenz-Schaltungstechnik in der analogen Ebene bewerkstelligt werden kann. Diese Differenz  $\Delta I$  wird nunmehr als vom optischen Empfangssignal  $S_{o,R}$  herrührend angenommen und als Empfangssignal  $S_R$  bereitgestellt oder für die Erstellung des Empfangssignals  $S_R$  verwendet. Mit dieser Maßnahme ist es möglich, diejenigen Einflüsse, die im Rahmen des Sendens des Sendesignals  $S_T$  erstehenden Einwirkungen auf den elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 fließenden Strom

herauszurechnen und trotz der Beaufschlagung des Elektroabsorptionsmodulators 2 mit einem elektrischen Sendesignal  $U_T$  ein dem einlangenden, optischen Empfangssignal  $S_{o,R}$  entsprechendes Empfangssignal  $S_R$  zu erstellen. Damit ist es auch möglich, die vorliegende Anordnung im Voll-Duplexbetrieb zu betreiben.

**[00129]** Alternativ ist es natürlich möglich, die Übertragungseinheit 10 im allgemein bekannten Halb-Duplexbetrieb zu betreiben, sodass sich ein Sendesignal  $S_T$  und ein Empfangssignal  $S_R$  zeitlich nicht überlappen. Dabei wird zur Erstellung eines modulierten optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  Licht mit einer vorgegebenen optischen Frequenz  $f_R$  mit einem zu übertragenden Signal moduliert. Anschließend werden abwechselnd in hintereinanderfolgenden Zeitabschnitten jeweils ein Empfangsschritt und ein Sendeschritt vorgenommen.

**[00130]** Im Rahmen des Empfangsschritts innerhalb eines ersten Zeitabschnitts wird, wie vorstehend beschrieben, unter Einstellung der optischen Frequenz  $f_L$  des Lasers 1 auf die vorgegebene optische Frequenz  $f_R$  ein optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  empfangen und, wie vorstehend beschrieben, demoduliert und in ein elektrisches Empfangssignal  $I_R$  umgewandelt und von der Steuereinheit 5 weiter verarbeitet.

**[00131]** Im Rahmen eines anschließenden Sendeschritts innerhalb eines nachfolgenden zweiten Zeitabschnitts wird Licht  $S_L$  mit derselben vorgegebenen optischen Frequenz  $f_L$  vom Laser 1 auf den Elektroabsorptionsmodulator 2 abgegeben. Weiters wird ein zu übertragendes Sendesignal  $S_T$ , insbesondere in Form eines elektrischen Spannungssignals, am elektrischen Modulationsanschluss 21 des Elektroabsorptionsmodulators 2 wird. Dadurch wird erreicht, dass das durch den Elektroabsorptionsmodulator 2 hindurchgehende Licht entsprechend dem zu übertragenden Sendesignal  $S_T$  abgeschwächt wird und das derart abgeschwächte optische Sendesignal  $S_{o,T}$  in den Lichtwellenleiter 3 eingekoppelt und übertragen wird.

**[00132]** Eine weitere Alternative besteht in der Verwendung von Multiplexing, um das Sendesignal  $S_T$  und das Empfangssignal  $S_R$  im Voll-Duplexbetrieb entsprechend zu trennen. Ein attraktives Beispiel hierfür wäre das gängig verwendete Frequenz-Multiplexing, sodass Sendesignale und Empfangssignale  $S_T$ ,  $S_R$  in unterschiedlichen elektrischen Frequenzbereichen, jedoch mit derselben optischen Trägerfrequenz, übertragen werden und ein Übersprechen durch Filterung unterdrückt werden kann.

**[00133]** Die im Rahmen des Frequenz-Multiplexing auftretenden Signale sind in den Fig. 5a und Fig. 5b näher dargestellt.

**[00134]** Im Rahmen des Frequenz-Multiplexing wird der Übertragungseinheit 10 ein optisches moduliertes Empfangssignal  $S_{o,1}$  zugeleitet, bei dessen Erstellung ein Datensignal  $D_1$  mit einer vorgegebenen ersten elektrischen Frequenz  $f_1$  moduliert wird. Man erhält dabei ein Signal  $S_1$ , das Frequenzanteile innerhalb des ersten Frequenzbereichs  $F_{el,1}$  um die vorgegebene elektrische Frequenz  $f_{el,1}$  aufweist. Das derart erhaltene Signal  $S_1$  wird anschließend zur Modulation von Licht mit einer vorgegebenen optischen Frequenz  $f_L$  verwendet. Man erhält auf diese Weise ein optisches moduliertes Empfangssignal  $S_{o,R}$ .

**[00135]** Dieses Empfangssignal  $S_{o,1}$  wird, wie im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform der Erfindung beschrieben, unter Verwendung von Licht  $S_L$  mit der vorgegebenen optischen Frequenz  $f_L$  erhalten. Dabei wird ein elektrisches Empfangssignal  $I_R$  erhalten, das Frequenzanteile innerhalb eines vorgegebenen ersten elektrischen Frequenzbereichs  $F_{el,1}$  aufweist.

**[00136]** Gleichzeitig zum Empfang der Daten im ersten elektrischen Frequenzband  $F_{el,1}$  werden Daten im zweiten elektrischen Frequenzband  $F_{el,2}$  gesendet. Dabei wird ein elektrisches Sendesignal  $U_T$  verwendet, das Signale innerhalb eines vom ersten Frequenzband  $F_{el,1}$  verschiedenen und mit diesem nicht überlappenden und von diesem beabstandeten, elektrischen Frequenzbands  $F_{el,2}$  aufweist. Dieses elektrische Sendesignal  $U_T$  kann durch Modulation eines Datensignals  $D_2$  erstellt werden, wobei dasselbe elektrische Modulationsverfahren verwendet werden kann wie bei der Erstellung Signale  $S_1$ .

**[00137]** Das elektrische Sendesignal  $U_T$  wird an den Elektroabsorptionsmodulator 2 angelegt.

Gleichzeitig wird mittels des Lasers 1 Licht  $S_L$  mit der vorgegebenen optischen Frequenz  $f_L$  auf den Elektroabsorptionsmodulator 2 abgegeben. Auf diese Weise wird das durch den Elektroabsorptionsmodulator 2 hindurchgehende Licht entsprechend dem zu übertragenden elektrischen Sendesignal  $U_T$  abgeschwächt und das derart erhaltene optische Sendesignal  $S_{o,T}$  in den Lichtwellenleiter 3 eingekoppelt und übertragen.

**[00138]** In Fig. 6 ist eine bevorzugte zweite Ausführungsform der Erfindung dargestellt, die bevorzugt auf die Polarisation des über den Lichtwellenleiter 3 laufenden Lichts abgestimmt ist. Wesentlicher Hintergrund dieser Ausführungsform ist es, dass aufgrund physikalischer Einwirkungen auf den Lichtwellenleiter 3, insbesondere durch thermische Effekte oder mechanische Einflüsse, die Polarisation des über den Lichtwellenleiter 3 übermittelten Lichts  $S_{o,R}$ ,  $S_{o,T}$  zeitlichen Schwankungen unterliegt und für den gegenständlichen Fall der kohärenten optischen Detektion die Polarisationszustände von lokalem Licht  $S_L$  aus dem Laser 1 und einlangendem, zu empfangendem optischen Signal  $S_{o,R}$  idealerweise gleich sind. Zudem können durch die Abstimmung des einlangenden Polarisationszustandes den im Allgemeinen polarisationsselektiven Eigenschaften der verwendeten Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' vorgebeugt werden. Im vorliegenden zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung findet sich ein Laser 1, der über einen elektrischen Eingang 11 verfügt und der einen optischen Laserausgang 12 aufweist, dem zwei Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' nachgeschaltet sind. Die Ausbildung des Lasers 1 bzw. der Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' entspricht vorzugsweise der Ausbildung des Lasers 1 und des Elektroabsorptionsmodulators 2 im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Wie auch im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird vom Laser 1 erstelltes Licht  $S_L$  an beide Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' weitergeleitet. Beide elektrischen Modulationsanschlüsse 21, 21' der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' sind zu einer gemeinsamen Steuereinheit 5 geführt. Darüber hinaus ist die Steuereinheit 5, wie auch im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, an den elektrischen Eingang 11 des Lasers 1 angeschlossen, der der Steuerung der Frequenz  $f_L$  des Lichts  $S_L$  dient.

**[00139]** Die beiden optischen Anschlüsse 22, 22' der Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' sind an die beiden Polarisationseingänge 41, 41' eines Polarisationsstrahlteilers 4 angeschlossen. Der gemeinsame Ausgang 42 des Polarisationsstrahlteilers 4 ist in den Lichtwellenleiter 3 eingekoppelt. Die grundsätzliche Funktionalität der in Fig. 2 dargestellten Übertragungseinheit 10 entspricht der in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit 10. Natürlich können die beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' ebenso durch zwei separate Laser 1, 1' gespeist werden, die sich gemäß der zuvor beschriebenen Methode des Injection Locking an die einlangende optische Frequenz  $f_R$  des empfangenen optischen Signals  $S_{o,R}$  anpassen. In der Regel wird man sich jedoch der photonischen Integration bedienen, um die Vorrichtung wie in Fig. 6 mit nur einem Laser 1 zu bewerkstelligen.

**[00140]** Eine wesentliche Besonderheit besteht im vorliegenden Fall darin, dass das empfangene optische Signal  $S_{o,R}$  unabhängig von seiner Polarisierung empfangen werden kann, wobei abhängig vom Polarisationszustand des einlangenden optischen Empfangssignals  $S_{o,R}$  von den beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' ein elektrisches Empfangssignal  $I_R$ ,  $I_R'$  erstellt wird. Das elektrische Empfangssignal  $I_R$ , das am elektrischen Modulationsanschluss 21 des ersten Elektroabsorptionsmodulators 2 anliegt, hängt seiner Größe nach davon ab, wie stark das einlangende, optische Empfangssignal  $S_{o,R}$  nach der Polarisationsrichtung des ersten Polarisationseingangs 41 des Polarisationsstrahlteilers 4 ausgerichtet ist. Das elektrische Empfangssignal  $I_R'$ , das am elektrischen Modulationsanschluss 21' des zweiten Elektroabsorptionsmodulators 2' anliegt, hängt seiner Größe nach davon ab, wie stark das einlangende, optische Empfangssignal  $S_{o,R}$  nach der Polarisationsrichtung des zweiten Polarisationseingangs 41' des Polarisationsstrahlteilers 4 ausgerichtet ist.

**[00141]** Langt nun ein optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  ein, das im Wesentlichen nach der ersten Polarisationsrichtung polarisiert ist, so finden sich von dem Signal herrührende Signalanteile im Wesentlichen im elektrischen Empfangssignal  $I_R$ , das am elektrischen Modulationsanschluss 21 des ersten Elektroabsorptionsmodulators 2 anliegt. Langt hingegen ein optisches Empfangssignal  $S_{o,R}$  ein, das im Wesentlichen nach der zweiten Polarisationsrichtung polarisiert ist, so fin-

den sich von dem Signal herrührende Signalanteile im Wesentlichen im elektrischen Empfangssignal  $I_R'$ , das am elektrischen Modulationsanschluss 21' des zweiten Elektroabsorptionsmodulators 2' anliegt. Durch Verwendung eines Polarisationsstrahlteilers 4, welcher orthogonale Polarisationsrichtungen an die beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' leitet, kann somit unabhängig vom einlangenden Polarisationszustand des Lichts stets ein Signal empfangen werden, welches im ungünstigsten Fall lediglich um einen bekannten Faktor von etwa 0.5 von zumindest einem der Elektroabsorptionsmodulatoren abgeschwächt empfangen wird.

**[00142]** Die Steuereinheit 5 bestimmt in weiterer Folge, welches der beiden elektrischen Empfangssignale  $I_R, I_R'$  größer ist bzw. die größere Signalenergie oder Signalstärke aufweist und zieht jeweils das Empfangssignale  $I_R, I_R'$  mit der größeren Signalenergie oder Signalstärke für die Erstellung des Empfangssignals  $S_R$  heran.

**[00143]** Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform besteht nunmehr die Möglichkeit, einen der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' zum Versenden von Signalen zu verwenden. Wird in einem der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' die größere Signalstärke oder Signalenergie festgestellt, so wird jeweils der andere Elektroabsorptionsmodulator 2, 2' zum Versenden von Signalen herangezogen. Die Steuereinheit 5, die bereits festgestellt hat, in welchem der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' die größere Signalstärke oder Signalenergie vorliegt, wählt zum Versenden des zu übertragenden Sendesignals  $S_T$  jeweils den Elektroabsorptionsmodulator 2, 2' aus, von dem die jeweils schwächere Signalenergie oder Signalstärke ausgeht und legt an den elektrischen Modulationsanschluss 21, 21' dieses Elektroabsorptionsmodulators 2, 2' ein elektrisches Sendesignal  $U_T$  an, das dem Sendesignal  $S_T$  entspricht. Aufgrund dieses elektrischen Sendesignals  $U_T$  wird der betreffende Elektroabsorptionsmodulator 2, 2' dazu veranlasst, ein optisches Sendesignal  $S_{o,T}$  zu erstellen, das in einem der beiden Polarisationsgänge 41, 41' des Polarisationssteilers 4 eingekoppelt wird und demgemäß am Ausgang 42 des Polarisationssteilers 4 vorliegt und in den Lichtwellenleiter 3 eingekoppelt wird.

**[00144]** Natürlich ist es gemäß der zuvor beschriebenen Funktion der Vorrichtung ebenso möglich, beide Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' in Sendefunktion oder in Empfangsfunktion zu betreiben bzw. die Funktionen der Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' zeitlich zu ändern. Dadurch ist es möglich, die Datenrate flexibel an die jeweilige Situation in Bezug auf den benötigten Datendurchsatz anzupassen. Im Fall, dass beide Elektroabsorptionsmodulatoren 2, 2' in Empfangsfunktion betrieben werden, kann ebenso das im Allgemeinen bekannte Polarisations-Multiplexing verwendet werden, um den Datendurchsatz zu erhöhen.

**[00145]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung, die einen Einsatz im Mobilfunk ermöglicht, ist in den Fig. 7 bis 9 näher dargestellt. Fig. 7 zeigt dabei ein Datenübertragungsnetzwerk 40 für den Mobilfunk im Überblick. Mit einer solchen Ausführungsform ist ein Verfahren zum Übertragen von Signalen von einem Zentralknoten 30 zu einem mit einer Mobilfunkantenne 24a, 24b, 24c versehenen und vom Zentralknoten 30 entfernt angeordneten Antennenknoten 20a, 20b, 20c vorgesehen. Im Mobilfunk besteht grundsätzlich die Aufgabe, einem entfernt angeordneten Mobilfunkgerät 6a, 6b, 6c, das jeweils über eine Sende- und Empfangsantenne 61a, 61b, 61c verfügt, mit einem Datennetz 34 in Datenkommunikation zu bringen. Dies kann beispielsweise zur Übertragung von Gesprächen oder von Daten erfolgen.

**[00146]** Welche Daten vom Netzwerk 34 an die einzelnen Mobilfunkgeräte 6a, 6b, 6c weitergeleitet werden, ist nur von geringer Bedeutung, da die Datenübertragung letztlich in den meisten Fällen in Form eines modulierten Signals erfolgt. Im Folgenden werden nunmehr zunächst die Datenübertragung von einem Netzwerk 34 zu einem Mobilfunkgerät 6a, 6b, 6c sowie die Datenübertragung von einem Mobilfunkgerät 6a, 6b, 6c zum Datenübertragungsnetzwerk 34 näher beschrieben.

**[00147]** Zunächst werden vom Datenübertragungsnetzwerk 34 Daten  $D_1$  an den Zentralknoten 30 übertragen (Fig. 8). Im Zentralknoten 30 werden die Daten  $D_1$  von einer Datenvermittlungseinheit 36 empfangen, wobei die Daten  $D_1$  an einen Datenanschluss 36a, 36b, 36c der Datenvermittlungseinheit 36 übertragen werden. Der Zentralknoten 30 verfügt über einen Oszillator

37, der an die Vermittlungseinheit 36 unterschiedliche Frequenzsignale  $f_1$ ,  $f_2$  mit jeweils unterschiedlicher Frequenz übermittelt. Diese Frequenzsignale  $f_1$ ,  $f_2$  langen bei der Vermittlungseinheit 36 an den dafür vorgesehenen Frequenzeingängen  $36f_1$ ,  $36f_2$  ein. Ein derartiger Oszillator 37 erstellt zur Datenübertragung ein Frequenzsignal, dessen Frequenz über die Zeit sehr stabil ist und keinen Frequenzschwankungen unterliegt. Da die Erstellung eines solchen Frequenzsignals stark temperaturabhängig ist, ist die Bereitstellung eines stabilen Oszillators 37 nur mit großem Aufwand und Kosten möglich.

**[00148]** Demgemäß ist es von Vorteil, dass sich ein solcher Oszillator 37 im Zentralknoten 30 befindet, und nicht an den mit dem Zentralknoten 30 in Verbindung stehenden, jedoch entfernt angeordneten Antennenknoten 20a, 20b, 20c. Gerade wenn ein Zentralknoten 30 mit einer großen Anzahl von Antennenknoten 20a, 20b, 20c in Datenkommunikation steht, ist es von Vorteil, wenn lediglich ein einziger zentraler Oszillator 37 verwendet wird. Dieser kann insbesondere in einem klimatisierten Serverraum angeordnet sein, um Schwankungen zu vermeiden. Ebenso kann zur Einsparung von Kosten aufgrund dieser Konsolidierung von technologischen Funktionen in einem Zentralknoten 30 ein qualitativ hochwertigerer, zentralisierter Oszillator 37 eingesetzt werden.

**[00149]** Sind, wie dies noch gezeigt wird, im Bereich der Antennenknoten keine Oszillatoren 37 erforderlich, so entfällt auch die Notwendigkeit, an einzelnen Mobilfunkstandorten bzw. Antennenknoten 20a, 20b, 20c eine entsprechende Klimatisierung zur Herstellung eines Oszillators 37 zur Verfügung zu stellen, wodurch große Kosteneinsparungen erreicht werden können.

**[00150]** Die einzelnen, vom Oszillator 37 erstellten Frequenzsignale  $f_1$ ,  $f_2$  werden der Datenvermittlungseinheit 36 zugeführt. Diese ermittelt, abhängig von der für den Mobilfunk benötigten Frequenz sowie von der im Datenpaket  $D_1$  angegebenen Empfängerangabe, diejenige Frequenz, die für die Übertragung an den Empfänger benötigt wird, sowie denjenigen Antennenknoten 20a, 20b, 20c bzw. Mobilfunkstandort, an dem der Empfänger des betreffenden Datensignals  $D_1$  erreichbar ist.

**[00151]** Im vorliegenden Fall wählt die Datenvermittlungseinheit 36 das Frequenzsignal  $f_2$  zur Modulation des Datensignals  $D_1$  und überträgt diese Daten über den Modulationsanschluss 360a an eine zentrale Übertragungseinheit 310a. Die Datenvermittlungseinheit 36 weist darüber hinaus noch zwei weitere zentrale Übertragungseinheiten 310a, 310b, 310c auf, die mit jeweils einem Anschluss 360a, 360b, 360c der Datenvermittlungseinheit 36 angeschlossen sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich bei den von der Datenvermittlungseinheit 36 über die Modulationsanschlüsse 360a, 360b, 360c an die zentralen Übertragungseinheiten 310a, 310b, 310c abgegebenen Signale um elektrische Signale  $S_1$ ,  $S_2$ . Diese werden im vorliegenden Fall von der Datenvermittlungseinheit 36 erstellt, indem das vorgegebene Datensignal  $D_1$  mit einer vorgegebenen Frequenz  $f_2$  moduliert wird. Die vorgegebene Frequenz  $f_2$  entspricht im vorliegenden Fall derjenigen Frequenz, mit der das Signal letztlich von der Mobilfunkantenne 24a des Antennenknotens 20a abgestrahlt und an das für den Empfang bestimmte Mobilfunkgerät 6a übertragen werden soll. Von der Datenvermittlungseinheit 36 wird zu diesem Zweck ein moduliertes Sendesignal  $S_1$  erstellt, das an den Signalanschluss 351a der ersten zentralen Übertragungseinheit 310a übertragen wird. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel entspricht die zentrale Übertragungseinheit 310a der in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit 10. Auch die beiden übrigen zentralen Übertragungseinheiten 310b, 310c entsprechen der in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit.

**[00152]** Aufgrund des von der Datenvermittlungseinheit 36 erstellten Signals  $S_1$  erstellt die erste zentrale Übertragungseinheit 310a an ihrem optischen Anschluss 322a ein moduliertes, optisches Sendesignal  $S_{o,1}$ , das über einen Lichtwellenleiter 3a an den Antennenknoten 20a übermittelt wird. Das heißt, dass eine analog-optische Transmission des Signals  $S_1$  erfolgt.

**[00153]** Der Antennenknoten 20a ist im Detail in Fig. 9 näher dargestellt, insbesondere ist dargestellt, dass das eben erwähnte optische Sendesignal  $S_{o,1}$  über den Lichtwellenleiter 3a an den Antennenknoten 20a übertragen wird. Der Antennenknoten 20a umfasst eine Übertragungseinheit 210a mit einem optischen Anschluss 222a, in den der Lichtwellenleiter 3a einge-

koppelt ist und über den das optische, modulierte Signal  $S_{o,1}$  an die Übertragungseinheit 210a gelangt. Die Übertragungseinheit 210a entspricht im Wesentlichen der in Fig. 1 dargestellten Übertragungseinheit 10 und stellt an ihrem Signalanschluss 251a ein Signal  $S_1\sim$  zur Verfügung, das an einen Antennenverstärker 23a weitergeleitet und von einer Mobilfunkantenne 24a abgestrahlt wird. Das abgestrahlte Signal wird vom Mobilfunkgerät 6a über die Antenne 61a empfangen, demoduliert und weiterverarbeitet.

**[00154]** Dadurch, dass das optische Signal  $S_{o,1}$  bereits mit einem modulierten elektrischen Signal  $S_1$  moduliert wurde, das heißt, dass sich das Informationssignal bereits in modulierter Form auf einer elektrischen Trägerfrequenz befindet, erhält man im Antennenknoten 20a nach der optischen Demodulation im Elektroabsorptionsmodulators 2 ein elektrisches modulierte Empfangssignal  $I_R$  (Fig. 1) bzw ein modulierte Empfangssignal  $S_1\sim$  am Signalanschluss 251a der Übertragungseinheit 210a. Da dieses Signal bereits in modulierter Form vorliegt, braucht ein separater Oszillator 37 nicht vorgesehen sein. Viel mehr ist es möglich, das bereits zuvor im Zentralknoten 30 modulierte Signal  $S_1$ , das im Zentralknoten 30 noch in ein optisches Signal  $S_{o,1}$  umgewandelt wurde, im Antennenknoten 20a wieder in ein elektrisches Signal  $S_1\sim$  umzuwandeln, das an die Mobilfunkantenne 24a zur Abstrahlung weiterübermittelt wird. Es ist somit auch kein Digital-Analog Wandler notwendig, welcher im Fall von digital-optischer Transmission notwendig wäre, um das Signal  $S_1$  in ein Mobilfunk-taugliches Signal  $S_1\sim$  zu konvertieren.

**[00155]** In weiterer Folge wird nunmehr erläutert, wie ein vom Mobilfunkgerät 6a über dessen Antenne 61a abgestrahltes Signal von einem Antennenknoten 20a empfangen und über den Zentralknoten 30 an das Datennetz 34 übermittelt wird. Das bei der Mobilfunkantenne 24a einlangende Signal wird im Verstärker 23a verstärkt und als Sendesignal  $S_2\sim$  an den Signalanschluss 251a der Übertragungseinheit 210a weitergeleitet. Die Übertragungseinheit 210a erstellt aufgrund des Sendesignals  $S_2\sim$  an ihrem optischen Anschluss 22a ein Signal  $S_{o,2}$ , das über den Lichtwellenleiter 3a an den Zentralknoten 30 weitergeleitet wird. Im Zentralknoten 30 ist der Lichtwellenleiter 3a, wie bereits erwähnt, an den optischen Anschluss 322a der ersten zentralen Übertragungseinheit 310a angeschlossen. Am Signalanschluss 351a der ersten zentralen Übertragungseinheit 310a des Zentralknotens 30 liegt ein Signal  $S_2$ , im vorliegenden ein modulierte, elektrisches Signal  $S_2$ , an, das an den ersten Modulationsanschluss 360a der Datenvermittlungseinheit 36 geführt ist. Die Datenvermittlungseinheit 36 demoduliert das am ersten Modulationsanschluss 360a anliegende Signal  $S_2$  unter Verwendung der vom Oszillator 37 erstellten zweiten Frequenz  $f_2$ , die am Frequenzanschluss 36f<sub>2</sub> der Datenvermittlungseinheit 36 anliegt. Das aufgrund der Demodulation des Signals  $S_2$  erstellte Datensignal  $S_2$  wird am Ausgang der Datenvermittlungseinheit 36 bereitgehalten und als Datensignals  $D_2$  an das Datennetzwerk 34 übermittelt.

**[00156]** Auch für die Übertragung von modulierten Signalen von Mobilfunkgerät 6a, 6b, 6c in das Datennetzwerk 34 ist es nicht erforderlich, dass sich im Antennenknoten 20a, 20b, 20c ein Oszillator 37 befindet. Das Mobilfunkgerät 6a verfügt über einen Oszillator 37 und übermittelt elektromagnetische Signale mit einer vorgegebenen Frequenz an die Mobilfunkantenne 24a. Weiters wird das so empfangene Signal im Verstärker 23a verstärkt und von der Mobilfunksende- und -empfangseinrichtung 210a in ein optisches Signal  $S_{o,2}$  umgewandelt. Es ist im Antennenknoten 20a, 20b, 20c nicht erforderlich, das vom Mobilfunkgerät 6a, 6b, 6c empfangene Signal  $S_2\sim$  überhaupt zu demodulieren. Viel mehr wird das empfangene Signal einfach in ein optisches Signal  $S_{o,2}$  umgewandelt und zur weiteren Verarbeitung an den Zentralknoten 30 übermittelt.

**[00157]** Diese Methode für die analoge Übermittlung von modulierten Mobilfunksignalen über optische Lichtwellenleiter 3 geht davon aus, dass die Modulations- bzw. Empfangsbandbreite der Übertragungseinheiten 210,310 größer ist als die elektrische Trägerfrequenz der modulierten Mobilfunksignale  $S_1, S_1\sim, S_2, S_2\sim$ . Für den besonderen Fall, dass sehr hohe Trägerfrequenzen jenseits von typischen elektro-optischen Bandbreiten von Elektroabsorptionsmodulatoren 2 verwendet werden, wie dies etwa in neuen Mobilfunkstandards, wie beispielsweise 5G angedacht ist, kann die Übertragung der Mobilfunksignale in modulierter Form wie zuvor beschrieben nun auf einer „Zwischen“- Frequenz erfolgen. Eine anschließende Frequenzumsetzung der

Signale  $S_1, S_1^{\sim}, S_2, S_2^{\sim}$  durch Frequenzmischung mit einer vordefinierten, aus einem lokalen elektrischen Oszillator 37 stammenden Frequenz, kann das empfangene, modulierte Signal  $S_1, S_1^{\sim}, S_2, S_2^{\sim}$  dann auf die gewünschte hohe Trägerfrequenz transponiert werden. Eine solche Frequenzumsetzung ist allgemein bekannt und auch für derartige Zwecke in Verwendung.

**[00158]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung, mit der eine Vielzahl von Übertragungseinheiten 10a, ..., 10f in einem Datenaustauschnetzwerk 70 miteinander verkoppelt werden können, ist in Fig. 10 dargestellt. Dieses umfasst eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Übertragungseinheiten 10a, ..., 10f, die jeweils über einen Lichtwellenleiter 3a, ..., 3f in eine zentrale optische Schnittstelle 7 eingekoppelt sind. Dabei ist jeweils ein Lichtwellenleiter 3a, ..., 3f vorgesehen, der jeweils in einen Anschluss 22a, ..., 22f einer Übertragungseinheit 10a, ..., 10f und einen Anschluss 71a, ..., 71f der zentralen Schnittstelle 7 eingekoppelt ist.

**[00159]** Die zentrale optische Schnittstelle 7 kann in der einfachsten Ausführung ein passiver optischer Koppler in NxN Konfiguration sein, wobei N die Anzahl der Anschlüsse am bidirektionalen Ein- und Ausgang dieses passiven Leistungsteilers ist. Im Fall von Fig. 10 wäre  $N = 3$ . Zudem kann eine interne Rückkopplung an den Koppleranschlüssen der zentralen optischen Schnittstelle erfolgen, um Signale künstlich wieder an dieselbe Seite des Kopplers zu transferieren. So ist es etwa möglich, dass auch Übertragungseinheiten 10a, 10b und 10c miteinander kommunizieren können.

**[00160]** Im vorliegenden Datenaustauschnetzwerk 70 ist es auf einfache Weise möglich, dass einzelne der hier dargestellten Übertragungseinheit 10a, ..., 10f miteinander dadurch in Datenverbindung treten, dass sie eine gemeinsame optische Sende- und Empfangsfrequenz vereinbaren, wobei insbesondere jeder Übertragungseinheit 10a, ..., 10f jeweils eine Sende- und Empfangsfrequenz zugeordnet ist, unter der diese angesprochen werden kann. Will nun beispielsweise eine Übertragungseinheit 10e mit einer anderen Übertragungseinheit 10a in Datenkommunikation treten, so kann diese beispielsweise die Frequenz ihres Lasers 1e auf eine Frequenz einstellen, die im Wesentlichen der optischen Frequenz des Lasers 1a der Übertragungseinheit 10a entspricht und dementsprechend an die Übertragungseinheit 10a Daten übertragen.

**[00161]** Um hier eine vorteilhafte Datenkommunikation zu gewährleisten, kann auch vorgesehen sein, dass sämtliche Sende- und Empfangsfrequenzen, die den einzelnen Übertragungseinheiten 10a, ..., 10f zugewiesen sind, allen übrigen Übertragungseinheiten 10a, ..., 10f bekannt und bei diesen hinterlegt sind. Als Antwort kann beispielsweise die Übertragungseinheit 10a unter Beibehaltung ihrer eigenen Sendefrequenz eine Antwort an die die Kommunikation initiiierende Übertragungseinheit 10e zurück übermitteln.

**[00162]** Die übrigen Übertragungseinheiten können ihren Laser 1b, 1c, 1d, 1f dabei ebenfalls auf die Frequenz der ersten Übertragungseinheit 10a setzen, sämtliche Kommunikation zwischen den Sende- und Empfangsvorrichtungen 10a, 10e mitlesen, das heißt, dass Information im Punkt-zu-Mehrpunkt Verfahren ausgetauscht werden kann. Gegebenenfalls können weitere Nachrichten an diese beiden Übertragungseinheiten 10a, 10e übermittelt werden.

**[00163]** Darüber hinaus ist es aber möglich, dass parallel zur Kommunikation der beiden Übertragungseinheiten 10a, 10e beispielsweise auch die Übertragungseinheiten 10b, 10d miteinander in Datenverbindung treten und eine abweichende optische Sende- und Empfangsfrequenz wählen. Die Wahl der einzelnen optischen Sende- und Empfangsfrequenzen kann zur Vermeidung von Übersprechen wie in Fig. 5 dargestellt gewählt werden.

**[00164]** Dabei kann beispielsweise von der Übertragungseinheit 10b eine Frequenz für die Aufnahme der Kommunikation mit Übertragungseinheit 10d gewählt werden, der der Übertragungseinheit 10d zugewiesenen Frequenz entspricht. In diesem Fall ist es möglich, dass die Übertragungseinheiten 10a, 10e sowie die Übertragungseinheiten 10b, 10d miteinander in Datenkommunikation treten, ohne die jeweils anderen Übertragungseinheiten 10a, ..., 10f zu stören.

**[00165]** Übertragungsfrequenzen können elektrisch aber auch optisch festgelegt werden. Wäh-

rend auf einer optischen Frequenz gemäß dem Frequenz-Multiplex mehrere elektrische Trägerfrequenzen definiert werden können, so können ebenso mehrere optische Frequenzen durch Verstimmung der Emissionswellenlänge des Lasers 1 genutzt werden, was bei Lasern 1 im allgemeinen über den Laserstrom  $I_L$  oder die Temperatur bewerkstelligt werden kann. Dadurch ergibt sich generell bereits die Möglichkeit, eine Vielzahl von möglichen Übertragungskanälen zu bewerkstelligen. Die Erkennung des zu selektierenden Kanals kann durch charakteristische Pilottöne, die anhand einer jeder Übertragungseinheit bekannten, fix vorgegebenen und hinterlegten Definition der jeweiligen optischen Frequenz zum Beispiel bei sehr niedrigen Frequenzen im Kilohertz-Bereich beaufschlagt sind, erfolgen. Elektrisches Frequenz-Multiplexing eignet sich hier besonders für bereits modulierte Signale, während sich exklusive optische Frequenzen besonders für die Übertragung des Informationssignals im Basisband, das heißt ohne vorherige elektrische Modulation auf eine elektrische Trägerfrequenz anbieten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Empfangen eines modulierten, insbesondere amplitudenmodulierten, vorzugsweise durch Modulation von Licht ( $S_L$ ) eines Lasers (1) erstellten, optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ),
  - mit einer Übertragungseinheit (10) umfassend einen Laser (1) mit einem elektrischen Eingang (11) zur Steuerung des Laserstroms ( $I_L$ ) sowie der Frequenz des vom Laser (1) abgegebenen Lichts ( $S_L$ ), wobei der Laser (1) einen optischen Laserausgang (12) aufweist, sowie einen dem optischen Laserausgang (12) nachgeschalteten Elektroabsorptionsmodulator (2), der einen elektrischen Modulationsanschluss (21) aufweist,
  - wobei der Laser (1) auf den Elektroabsorptionsmodulator (2) gerichtet wird und das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) durch den Elektroabsorptionsmodulator (2) hindurch geleitet wird und an einem optischen Anschluss (22) des Elektroabsorptionsmodulators (2) in einen Lichtwellenleiter (3) eingekoppelt wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

  - dass das empfangene optische Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ), mit einer optischen Frequenz innerhalb eines vorgegebenen optischen Frequenzbereichs über den Lichtwellenleiter (3) durch den Elektroabsorptionsmodulator (2) hindurch auf den Laser (1) gerichtet wird,
  - dass der Laser (1) durch Ansteuerung des elektrischen Eingangs (11) auf eine vorgegebene optische Frequenz ( $f_L$ ) voreingestellt wird, die innerhalb eines optischen Frequenzbereichs ( $F$ ), der insbesondere innerhalb von  $\pm 1$  GHz um die optische Frequenz ( $f_R$ ) des empfangenen optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) liegt,
  - dass aufgrund der Einstrahlung des optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) auf den Laser (1) die optische Frequenz ( $f_L$ ) des vom Laser (1) abgestrahlten Lichts ( $S_L$ ) an die optische Frequenz ( $f_R$ ) des empfangenen optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) angepasst und/oder angeglichen wird,
  - dass das vom Laser (1) abgestrahlte Licht ( $S_L$ ) und das über den Lichtwellenleiter (3) empfangene optische Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) im Elektroabsorptionsmodulator (2) überlagert werden, dass das derart erstellte Überlagerungssignal vom Elektroabsorptionsmodulator (2) in ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R$ ), insbesondere in ein elektrisches Stromsignal ( $I_R$ ), umgewandelt wird, das vorzugsweise dem Stromverlauf ( $I_R$ ) am elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) entspricht, und
  - ein Empfangssignal ( $S_R$ ) zur Verfügung gestellt wird, das dem elektrischen Empfangssignal ( $I_R$ ) entspricht oder von diesem abgeleitet ist, und an einem Signalanschluss (51), insbesondere als Strom- oder Spannungssignal, zur Verfügung gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von optischen Signalen ( $S_{o,R}$ ,  $S_{o,T}$ ), **dadurch gekennzeichnet,**
  - a) dass ein zu übertragendes Sendesignal ( $S_T$ ) als elektrisches Sendesignal ( $U_T$ ), insbesondere als elektrisches Spannungssignal, zur Verfügung gestellt wird,
  - b) dass das elektrische Sendesignal ( $U_T$ ) als Spannungssignal während des Empfangs gemäß Anspruch 1 an den Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) angelegt wird und derart durch Modulation des vom Laser (1) erzeugten Lichts ( $S_L$ ) ein optisches Sendesignal ( $S_{o,T}$ ) erstellt in den Lichtwellenleiter (3) eingekoppelt wird,
  - c) dass der vom Elektroabsorptionsmodulator (2) aufgenommene Strom ermittelt und derart ein Stromsignal ( $I_R$ ) erstellt wird, der bei Vorgabe dieses elektrischen Sendesignals ( $U_T$ ) vom Elektroabsorptionsmodulator (2) aufgenommen wird,
  - d) dass aufgrund von vorgegebenen Kriterien derjenige zeitliche Stromverlauf ( $I_{R,m}$ ) modelliert wird, der sich bei einer vorgegebenen Bestrahlung des Elektroabsorptionsmodulators (2) durch das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) und einer vorgegebenen Signalbeaufschlagung mit dem elektrischen Sendesignal ( $U_T$ ) am elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) ergibt, wenn über den Lichtwellenleiter (3) kein optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) empfangen wird oder ein optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) empfangen wird, das kein moduliertes Signal enthält, und dieser Stromverlauf als modellierter Stromverlauf ( $I_{R,m}$ ) zur Verfügung gehalten wird,

- e) dass die Differenz ( $\Delta I$ ) zwischen dem in Schritt c) gemessenen Stromverlauf ( $I_R$ ) und dem in Schritt d) modellierten Stromverlauf ( $I_{R,m}$ ) gebildet wird, und
- f) dass diese Differenz ( $\Delta I$ ) als vom optischen Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) herrührend angenommen und als Empfangssignal ( $S_R$ ) bereitgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) zusätzlich auf einen weiteren Elektroabsorptionsmodulator (2') gerichtet wird,
  - dass die optischen Anschlüsse (22, 22') der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren (2, 2') an jeweils einen der beiden Polarisationseingänge (41, 41') eines Polarisationsstrahlteilers (4) angeschlossen werden und der Ausgang (42) des Polarisationsstrahlteilers (4) mit dem Lichtwellenleiter (3) gekoppelt wird,
  - dass mit beiden Elektroabsorptionsmodulatoren (2, 2') jeweils ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R, I_{R'}$ ) ermittelt wird, wobei das elektrische Empfangssignal ( $I_R, I_{R'}$ ) mit der höheren Signalstärke als Empfangssignal ( $S_R$ ) zur Verfügung gehalten wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3 zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von optischen Signalen ( $S_{o,R}, S_{o,T}$ ), **dadurch gekennzeichnet**, dass derjenige Elektroabsorptionsmodulator (2, 2') für das Versenden des optischen Sendesignals ( $S_{o,T}$ ) herangezogen wird, an dem das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ( $I_R, I_{R'}$ ) ermittelt wurde, wobei insbesondere das zu übertragende Sendesignal ( $S_T$ ), vorzugsweise in Form eines elektrischen Spannungssignals, an den Modulationsanschluss (21, 21') desjenigen Elektroabsorptionsmodulators (2, 2') angelegt wird, an dem das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ( $I_R, I_{R'}$ ) ermittelt wird.
5. Verfahren zum Empfangen und Versenden von optischen modulierten Signalen ( $S_{o,R}, S_{o,T}$ ) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zur Erstellung eines modulierten optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) Licht ( $S_L$ ) mit einer vorgegebenen optischen Frequenz ( $f_L$ ) mit einem zu übertragenden Signal ( $S_1$ ) moduliert wird, und wobei abwechselnd in hintereinanderfolgenden Zeitabschnitten
- Signale gemäß Anspruch 1 empfangen werden, wobei die optische Frequenz ( $f_L$ ) des Lasers (1) auf die vorgegebene optische Frequenz ( $f_R$ ) eingestellt wird, und
  - anschließend im jeweils nachfolgenden Zeitabschnitt Licht ( $S_L$ ) mit derselben vorgegebenen optischen Frequenz ( $f_R$ ) vom Laser (1) auf den Elektroabsorptionsmodulator (2) abgegeben wird und ein zu übertragendes Sendesignal ( $S_T$ ), insbesondere in Form eines elektrischen Spannungssignals, am elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) vorgegeben wird, sodass das durch den Elektroabsorptionsmodulator (2) hindurchgehende Licht ( $S_L$ ) entsprechend dem zu übertragenden Sendesignal ( $S_T$ ) abgeschwächt wird und das derart erhaltene optische Sendesignal ( $S_{o,T}$ ) in den Lichtwellenleiter (3) eingekoppelt und übertragen wird.
6. Verfahren zum Empfangen und Versenden von optischen modulierten Signalen ( $S_{o,1}, S_{o,2}$ ) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
- zur Erstellung des Empfangssignals ( $S_{o,1}, S_{o,R}$ ) ein Datensignal ( $D_1, D_2$ ) mit einer vorgegebenen ersten elektrischen Frequenz moduliert wird, sodass es Frequenzanteile innerhalb ersten Frequenzbereichs ( $F_{el,1}$ ) um die vorgegebene elektrische Frequenz ( $f_{el,1}$ ) aufweist und das derart erhaltene Signal ( $S_1$ ) anschließend zur Modulation von Licht mit einer vorgegebenen optischen Frequenz verwendet wird und derart ein optisches moduliertes Empfangssignal ( $S_{o,1}, S_{o,R}$ ) erhalten wird,
  - dass dieses Empfangssignal ( $S_{o,1}, S_{o,R}$ ) gemäß Anspruch 1 unter Verwendung von Licht ( $S_L$ ) mit der vorgegebenen optischen Frequenz erhalten wird und derart ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R$ ) erhalten wird, das Frequenzanteile innerhalb eines vorgegebenen ersten elektrischen Frequenzbereichs ( $F_{el,1}$ ) aufweist, und
  - gleichzeitig ein elektrisches Sendesignal ( $U_T$ ), das Signalanteile innerhalb eines vom ersten Frequenzband verschiedenen und mit diesem nicht überlappenden, vorzugsweise von diesem beabstandeten, elektrischen Frequenzbands ( $F_{el,2}$ ) aufweist, an den Elektroabsorptionsmodulator (2) angelegt wird und mittels des Lasers (1) Licht ( $S_L$ ) mit

- der vorgegebenen optischen Frequenz auf den Elektroabsorptionsmodulator (2) abgegeben wird,
- sodass das durch den Elektroabsorptionsmodulator (2) hindurchgehende Licht entsprechend dem zu übertragenden Sendesignal ( $S_T$ ) abgeschwächt wird und das derart erhaltene optische Sendesignal ( $S_{o,T}$ ) in den Lichtwellenleiter (3) eingekoppelt und übertragen wird.
7. Verfahren zum Übertragen von Signalen von einem Zentralknoten (30) zu einem mit einer Antenne (24a, 24b, 24c), vorzugsweise Mobilfunkantenne, versehenen, vom Zentralknoten (30) entfernt angeordneten, Antennenknoten (20a, 20b, 20c),
- wobei ein, insbesondere zuvor über ein Datennetz (34) empfangenes, Datensignal ( $D_1$ ) im Zentralknoten (30) bereitgestellt wird und anschließend mit zumindest einer von einem Oszillator (37) vorgegebenen Frequenz ( $f_1, f_2$ ) moduliert wird und derart ein moduliertes elektrisches Signal ( $I_1$ ) erstellt wird,
  - wobei mittels einer zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) aufgrund des modulierten, elektrischen Signals ( $I_1$ ) ein optisches, moduliertes Signal ( $S_{o,1}$ ) bereitgestellt und in den Lichtwellenleiter (3) eingekoppelt und einen der Antennenknoten (20a, 20b, 20c) übertragen wird,
  - wobei aufgrund des so erstellten optischen Signals ( $S_{o,1}$ ) im Antennenknoten (20a, 20b, 20c) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche ein Empfangssignal ( $S_1$ ) mittels einer antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) ermittelt und am Signalanschluss (251a, 251b, 251c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) bereitgestellt wird, und
  - wobei das Empfangssignal ( $S_1$ ), gegebenenfalls verstärkt, vorzugsweise in Form eines Strom- oder Spannungssignals, an die Antenne (24a, 24b, 24c) des Antennenknotens (20a, 20b, 20c) übertragen wird und von dieser abgestrahlt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass von der Antenne (24a, 24b, 24c) des Antennenknotens (20a, 20b, 20c) einlangende modulierte, elektromagnetische Signale, insbesondere Mobilfunksignale, empfangen und, gegebenenfalls verstärkt, an den Signalanschluss (251a, 251b, 251c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) des Antennenknotens (20a, 20b, 20c) weitergeleitet werden, und von der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) nach einem der vorangehenden Ansprüche ein optisches Signal ( $S_2$ ) erstellt und über den Lichtwellenleiter (3) an den Zentralknoten (30) übertragen wird,
  - dass dieses optische Signal ( $S_2$ ) im Zentralknoten (30) empfangen und insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche, mittels der zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c), in ein elektrisches Signal ( $I_2$ ) umgewandelt wird,
  - dass dieses elektrische Signal ( $I_2$ ) unter Verwendung einer vom Oszillator (37) vorgegebenen Frequenz ( $f_1, f_2$ ) demoduliert wird und das derart demodulierte Datensignal ( $D_2$ ) im Zentralknoten (30) zur Verfügung gehalten und gegebenenfalls über das Datennetz (34) weiter übermittelt wird.
9. Übertragungseinheit (10), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend
- einen Laser (1) mit einem elektrischen Eingang (11) und einem optischen Laserausgang (12),
  - zumindest einen dem optischen Laserausgang (12) des Lasers (1) nachgeschalteten Elektroabsorptionsmodulator (2) mit einem elektrischen Modulationsanschluss (21) und einem optischen Anschluss (22) zur optischen Ankopplung des Elektroabsorptionsmodulators (2) an einen Lichtwellenleiter (3),  
wobei der Laser (1) derart auf den optischen Anschluss (22) des Elektroabsorptionsmodulators (2) ausgerichtet und positioniert ist, dass das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) am optischen Anschluss (22) aus dem Elektroabsorptionsmodulator (2) austritt und dass vom am optischen Anschluss (22) aus auf den Elektroabsorptionsmodulator (2) einfallendes Licht auf den Laser (1) gerichtet ist,

- wobei der Elektroabsorptionsmodulator (2) dazu ausgebildet ist, vom Laser (1) abgestrahltes Licht ( $S_L$ ) und ein am optischen Anschluss (22) einlangendes optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) zu überlagern, und an seinem elektrischen Modulationsanschluss (21) ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R$ ) bereitzuhalten, das einem Überlagerungssignal des vom Laser (1) abgestrahlten Lichts ( $S_L$ ) und des optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) entspricht,
- eine mit dem elektrischen Eingang (11) des Lasers (1) und dem elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) verbundene Steuereinheit (5) mit einem elektrischen Signalanschluss (51), wobei die Steuereinheit (5) dazu ausgebildet ist,
    - den Laserstrom ( $I_L$ ) sowie die Frequenz des vom Laser (1) abgegebenen Lichts ( $S_L$ ) über den elektrischen Eingang (11) des Lasers (1) auf einen Wert innerhalb eines optischen Frequenzbereichs festzulegen, der insbesondere im Bereich von  $\pm 1$  GHz um die Wellenlänge des im Lichtwellenleiter (3) geführten Lichts oder um die optische Frequenz ( $f_R$ ) des empfangenen optischen Empfangssignals ( $S_{o,R}$ ) liegt, und
    - das elektrische Empfangssignal ( $I_R$ ) am elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) zu analysieren und derart ein dem am optischen Anschluss (22) einlangendes optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) entsprechendes Empfangssignal ( $S_R$ ) zur Verfügung zu halten.
10. Übertragungseinheit (10) nach Anspruch 9 zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von optischen Signalen ( $S_{o,R}$ ,  $S_{o,T}$ ), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (5) ferner dazu ausgebildet ist,
- basierend auf dem an ihrem Signalanschluss (51) anliegenden, zu übertragenden Sendesignal ( $S_T$ ) als elektrisches Sendesignal ( $U_T$ ) zu erstellen während des Empfangs von Signalen an den Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) anzulegen,
  - den vom Elektroabsorptionsmodulator (2) aufgenommenen Strom zu ermitteln und derart ein Stromsignal ( $I_R$ ) zu erstellen,
  - aufgrund von vorgegebenen Kriterien den zeitlichen Stromverlauf zu modellieren, der sich bei einer vorgegebenen Bestrahlung des Elektroabsorptionsmodulators (2) durch das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) und einer vorgegebenen Signalbeaufschlagung am elektrischen Modulationsanschluss (21) des Elektroabsorptionsmodulators (2) ergibt, wenn über den Lichtwellenleiter kein optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) einlangt oder ein optisches Empfangssignal ( $S_{o,R}$ ) einlangt, das kein moduliertes Signal enthält, und dieser Stromverlauf als modellierten Stromverlauf ( $I_{R,m}$ ) zur Verfügung zu halten,
  - die Differenz ( $\Delta I$ ) zwischen dem gemessenen Stromverlauf ( $I_R$ ) und dem modellierten Stromverlauf ( $I_{R,m}$ ) zu bilden, und diese Differenz oder einen davon abgeleiteten Signalverlauf als Empfangssignal ( $S_R$ ) bereitzustellen.
11. Übertragungseinheit (10) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass ein weiterer Elektroabsorptionsmodulator (2') vorgesehen ist, auf den das Licht ( $S_L$ ) des Lasers (1) gerichtet ist,
  - dass die optischen Anschlüsse (22, 22') der beiden Elektroabsorptionsmodulatoren (2, 2') an jeweils einen der beiden Polarisierungseingänge (41, 41') eines Polarisationsstrahlteilers (4) angeschlossen sind und der Ausgang (42) des Polarisationsstrahlteilers (4) mit dem Lichtwellenleiter (3) gekoppelt ist,
  - dass beide Elektroabsorptionsmodulatoren (2, 2') jeweils dazu ausgebildet sind, an ihrem elektrischen Modulationsanschluss (21) ein elektrisches Empfangssignal ( $I_R$ ,  $I_R'$ ) zu ermitteln, und
  - dass die Steuereinheit (5) dazu ausgebildet ist, dasjenige elektrische Empfangssignal ( $I_R$ ,  $I_R'$ ) mit der höheren Signalstärke als Empfangssignal ( $S_R$ ) an ihrem Signalanschluss (51) zur Verfügung zu halten.

12. Übertragungseinheit (10) nach Anspruch 11 zum gleichzeitigen Senden und Empfangen von elektrischen Signalen ( $S_{o,R}$ ,  $S_{o,T}$ ), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (5) dazu ausgebildet ist, denjenigen Elektroabsorptionsmodulator (2, 2') für das Versenden des optischen Sendesignals ( $S_{o,T}$ ) auszuwählen, an dem sie das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ( $I_R$ ,  $I_R'$ ) ermittelt hat, wobei sie das zu übertragende Sendesignal ( $S_T$ ), insbesondere in Form eines elektrischen Spannungssignals, an den Modulationsanschluss (21, 21') desjenigen Elektroabsorptionsmodulators (2, 2') anlegt, an dem sie das jeweils schwächere elektrische Empfangssignal ( $I_R$ ,  $I_R'$ ) ermittelt hat.
13. Zentralknoten (30) umfassend
- eine Datenvermittlungseinheit (36) mit zumindest einem Datenanschluss (36a) zum Anschluss an ein Datennetz (34), zumindest einem Modulationsanschluss (360a, 360b, 360c) und zumindest einem Frequenzeingang (36f<sub>1</sub>, 36f<sub>2</sub>),
  - einen mit dem Frequenzeingang (36f<sub>1</sub>, 36f<sub>2</sub>) verbundenen Oszillator (37), wobei der Oszillator (37) zur Erstellung von Frequenzsignalen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) nach vorgegebenen Kriterien und zur Übermittlung der Frequenzsignalen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) an den Frequenzeingang (36f<sub>1</sub>, 36f<sub>2</sub>) ausgebildet ist, und
  - zumindest eine zentrale Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei der Signalanschluss (351a, 351b, 351c) der zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) mit einem Modulationsanschluss (360a, 360b, 360c) der Datenvermittlungseinheit (36) verbunden ist und ein Lichtwellenleiter (3) in den optischen Anschluss (322a, 322b, 322c) der zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) eingekoppelt ist,
- wobei die Datenvermittlungseinheit (36) dazu ausgebildet ist,
- ein über das Datennetz (34) am Datenanschluss (36a) einlangendes Datensignal ( $D_1$ ) nach einem vorgegebenen Modulationsverfahren auf zumindest ein vom Oszillator (37) an den Frequenzeingang (36f<sub>1</sub>, 36f<sub>2</sub>) übermitteltes Frequenzsignal ( $f_1$ ,  $f_2$ ) aufzudemulieren und am Modulationsanschluss (360a, 360b, 360c) als moduliertes Sendesignal ( $S_1$ ) bereitzustellen und nach vorgegebenen Kriterien an die entsprechende zentrale Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) zu übermitteln und
  - ein über den Modulationsanschluss (360a, 360b, 360c) von der zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) einlangendes Empfangssignal ( $S_2$ ) nach einem vorgegebenen Demodulationsverfahren mittels eines vom Oszillator (37) vorgegebenen Frequenzsignals ( $f_1$ ,  $f_2$ ) zu demodulieren und am ersten elektrischen Datenanschluss (36a) als demoduliertes Datensignal bereitzustellen und an das Datennetz (34) weiterzuleiten.
14. Zentralknoten (30) nach Anspruch 13, wobei die zentrale Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) vorzugsweise dazu ausgebildet ist,
- mittels eines Lasers (1) Licht ( $S_L$ ) zu erstellen und auf einen Elektroabsorptionsmodulator (2) zu richten und derart
  - ein am Signalanschluss (351a, 351b, 351c) der zentralen Übertragungseinheit (310a, 310b, 310c) von der Datenvermittlungseinheit (36) einlangendes Sendesignal ( $S_1$ ) als moduliertes optisches Sendesignal ( $S_{o,1}$ ) am optischen Anschluss (322a, 322b, 322c) bereitzustellen, in den Lichtwellenleiter (3) einzukoppeln, und insbesondere an einen Antennenknoten (20a, 20b, 20c) zu übertragen, und
  - ein, insbesondere von einem Antennenknoten (20), über den Lichtwellenleiter (3) am optischen Anschluss (322a, 322b, 322c) einlangendes optisches Empfangssignal ( $S_{o,2}$ ) als Empfangssignal ( $S_2$ ) am Signalanschluss (351a, 351b, 351c) zur Verfügung zu stellen und an die Datenvermittlungseinheit (36) zu übermitteln.
15. Antennenknoten (20a, 20b, 20c) zur drahtlosen Übertragung von Daten an ein Mobilfunkgerät (6a, 6b, 6c) mit einer Antenne (61a, 61b, 61c), insbesondere Mobilfunkantenne, umfassend
- eine Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c), wobei die Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c) dazu ausgebildet ist, mit dem Mobilfunkgerät (6a, 6b, 6c) in Funkverbindung zu treten,

- zumindest eine antennenseitige Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, deren Signalanschluss an die Antenne (61a, 61b, 61c) angeschlossen ist, und
  - einen mit dem optischen Anschluss (222a, 222b, 222c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) verbundenen Lichtwellenleiter (3).
16. Antennenknoten (20a, 20b, 20c) nach Anspruch 15, wobei die antennenseitige Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) insbesondere dazu ausgebildet ist, mittels eines Lasers (1) Licht ( $S_L$ ) zu erstellen und auf einen Elektroabsorptionsmodulator (2) zu richten und derart
- ein an ihrem Signalanschluss (251a, 251b, 251c) vom Verstärker (23) einlangendes Signal ( $S_2$ ) als moduliertes optisches Signal ( $S_2$ ) am optischen Anschluss (222a, 222b, 222c) bereitzustellen, in den Lichtwellenleiter (3) einzukoppeln, und insbesondere an einen Zentralknoten (30) zu übertragen, und
  - ein, insbesondere von einem Zentralknoten (30), über den Lichtwellenleiter (3) am optischen Anschluss (222a, 222b, 222c) einlangendes optisches Signal ( $S_1$ ) als Sendesignal ( $S_1$ ) am Signalanschluss (251a, 251b, 251c) zur Verfügung zu stellen und über den bidirektionalen Verstärker (23) an die Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c) zu übermitteln.
17. Antennenknoten (20a, 20b, 20c) nach Anspruch 15 oder 16, ferner umfassend einen an die Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c) angeschlossenen bidirektionalen Verstärker (23a, 23b, 23c)
- der an den Signalanschluss (251a, 251b, 251c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) angeschlossen ist, und
  - der dazu ausgebildet ist,
    - die von der Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c) aufgenommenen Daten zu verstärken und als elektrisches Empfangssignal ( $S_2$ ) an den Signalanschluss (251a, 251b, 251c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) weiterzuleiten, und
    - von der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) an ihrem Signalanschluss (251a, 251b, 251c) bereitgestellte Signale ( $S_1$ ) zu verstärken und an die Mobilfunkantenne (24a, 24b, 24c) zur Übermittlung weiterzuleiten.
18. Datenübertragungsnetzwerk (40) umfassend
- einen Zentralknoten (30) nach Anspruch 13 oder 14 und
  - eine Vielzahl von Antennenknoten (20a, 20b, 20c) nach Anspruch 15, 16 oder 17, wobei jeweils der optische Anschluss (222a, 222b, 222c) der antennenseitigen Übertragungseinheit (210a, 210b, 210c) des Antennenknotens (20a, 20b, 20c) und der optische Anschluss (322a, 322b, 322c) der zentralen Übertragungseinheiten (310a, 310b, 310c) des Zentralknotens (30) miteinander über jeweils einen Lichtwellenleiter (3a, 3b, 3c) verbunden sind, und
- wobei vorzugsweise zumindest eine mit der Mobilfunkantennen (24a, 24b, 24c) in Funkverbindung stehendes, Mobilfunkgerät (6a, 6b, 6c).
19. Datenaustauschnetzwerk (70) zur Datenübermittlung, umfassend
- eine zentrale Schnittstelle (7) mit Anschlüssen (71a, 71b, 71c) und
  - eine Vielzahl von Übertragungseinheiten (10a, 10b, 10c) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei der jeweilige optische Anschluss (22a, ..., 22f) der einzelnen Übertragungseinheiten (10a, ..., 10f) jeweils mit einem Anschluss (71a, ..., 71f) der Schnittstelle (7) mittels eines Lichtwellenleiters (3a, ..., 3f) verbunden ist,
  - wobei die Schnittstelle (7) dazu ausgebildet ist, bei ihr über einen der Lichtwellenleiter einlangende, optische Signale ( $S_o$ ) zu verteilen und an die übrigen Übertragungseinheiten (10a, ..., 10f) weiterzuleiten,
  - wobei jeder Übertragungseinheit (10a, 10b, 10c) zumindest eine Sende- und Empfangsfrequenz zugeordnet ist und wobei in der jeweiligen Steuereinheit (5) jeder der Übertragungseinheiten (10a, ..., 10f) jeweils die den Sende- und Empfangsfrequenzen zugeordneten Übertragungseinheiten (10a, ..., 10f) hinterlegt sind, und

- wobei die Steuereinheiten (5) der Übertragungseinheiten (10a, ..., 10f) dazu ausgebildet sind, im Fall der Datenübertragung ihren Laser (1) durch Ansteuerung des jeweiligen elektrischen Eingangs (11) auf eine optische Frequenz ( $f_L$ ) einzustellen, die sich in einem optischen Frequenzbereich (F), insbesondere von  $\pm 1$  GHz um die optische Frequenz der für den Empfang ausgewählten Übertragungseinheit (10a, ..., 10f), befindet.

**Hierzu 8 Blatt Zeichnungen**

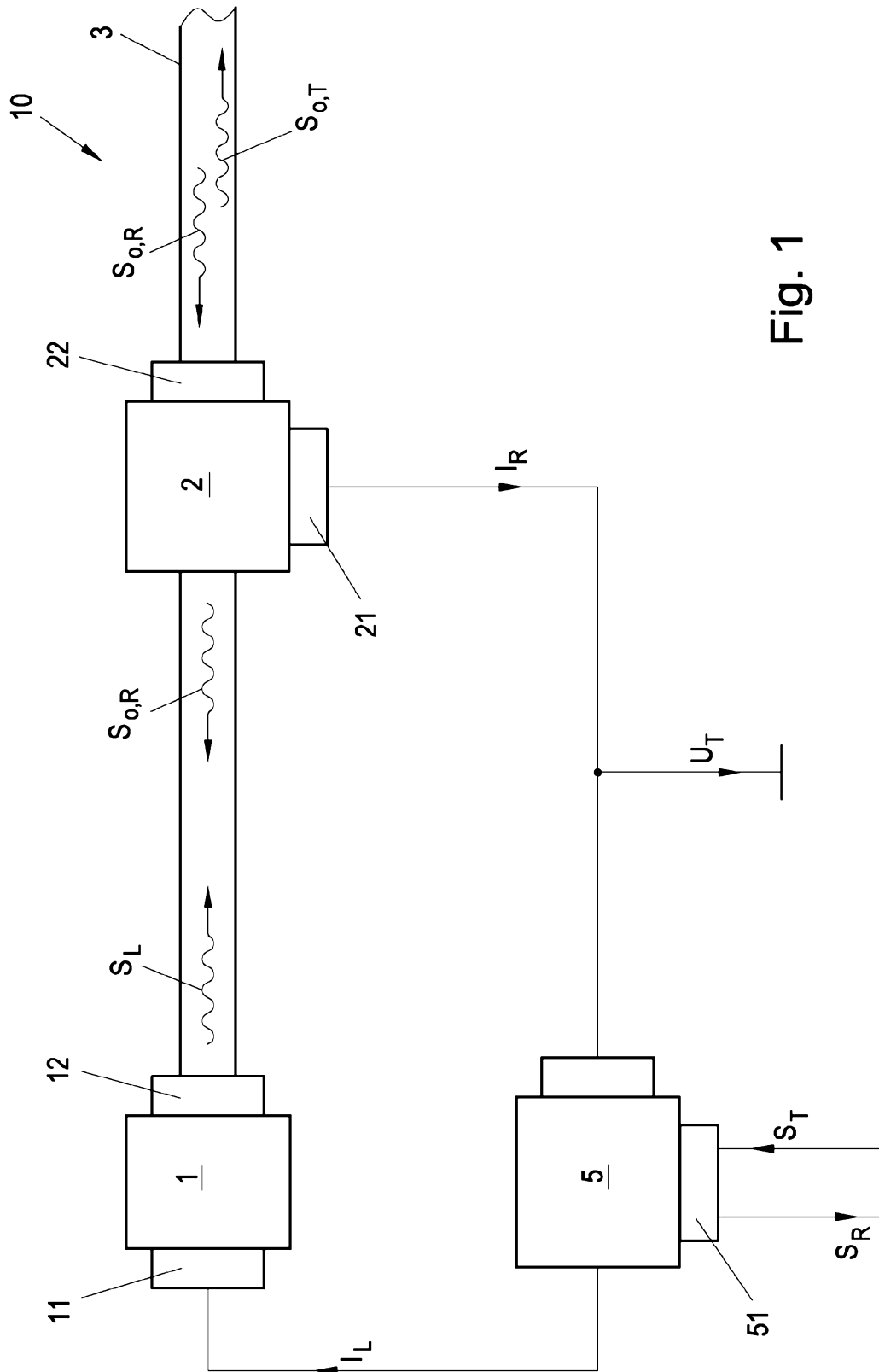


Fig. 1

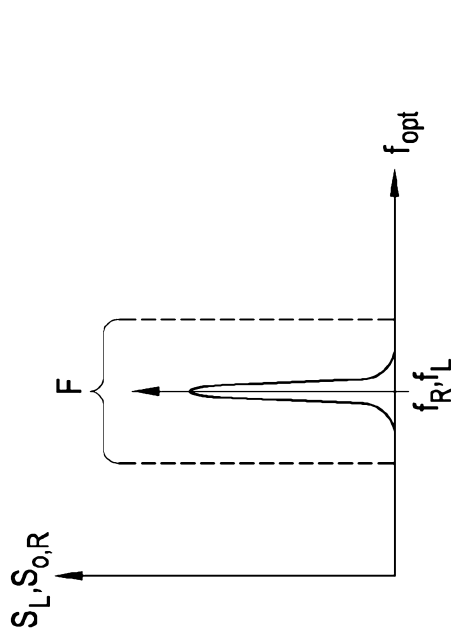


Fig. 3

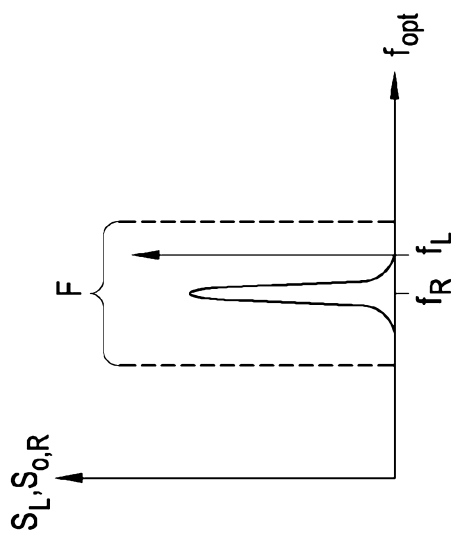


Fig. 2

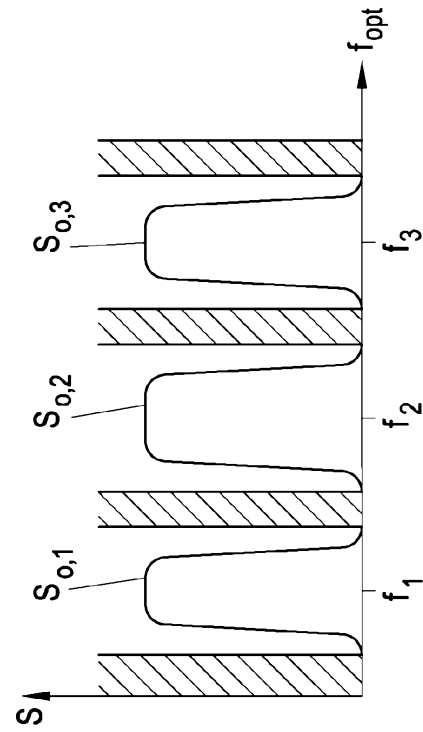


Fig. 5

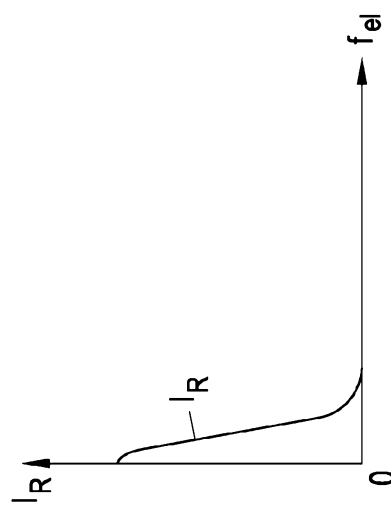


Fig. 4

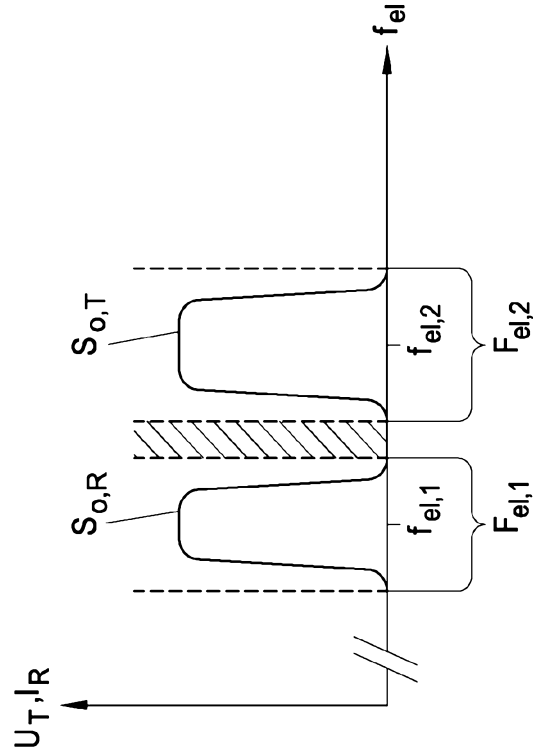


Fig. 5b

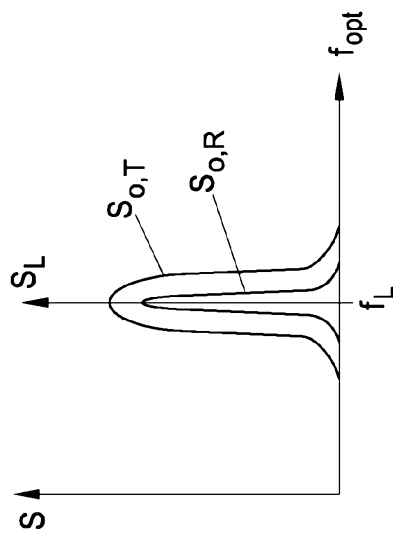


Fig. 5a

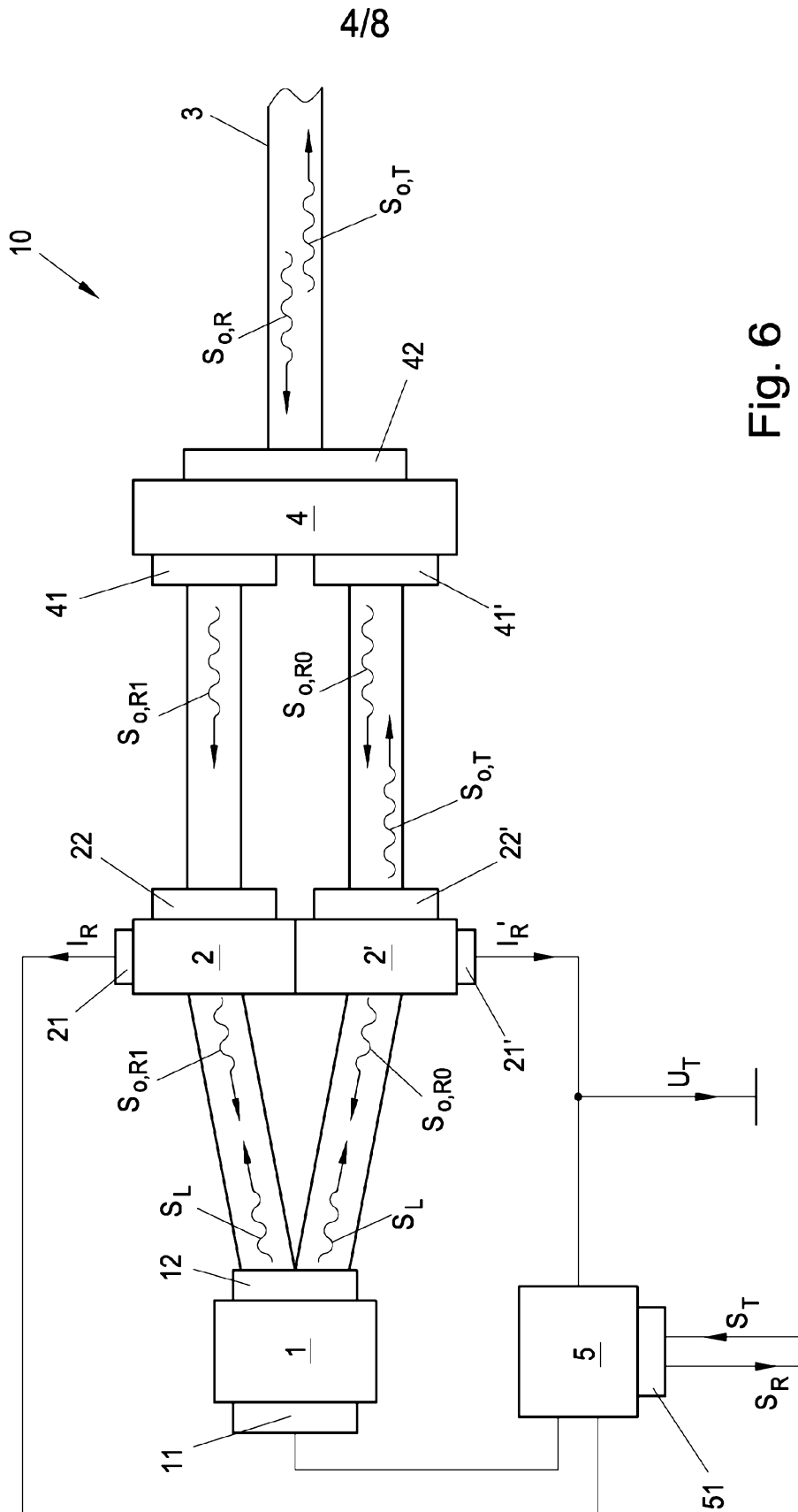


Fig. 6

5/8

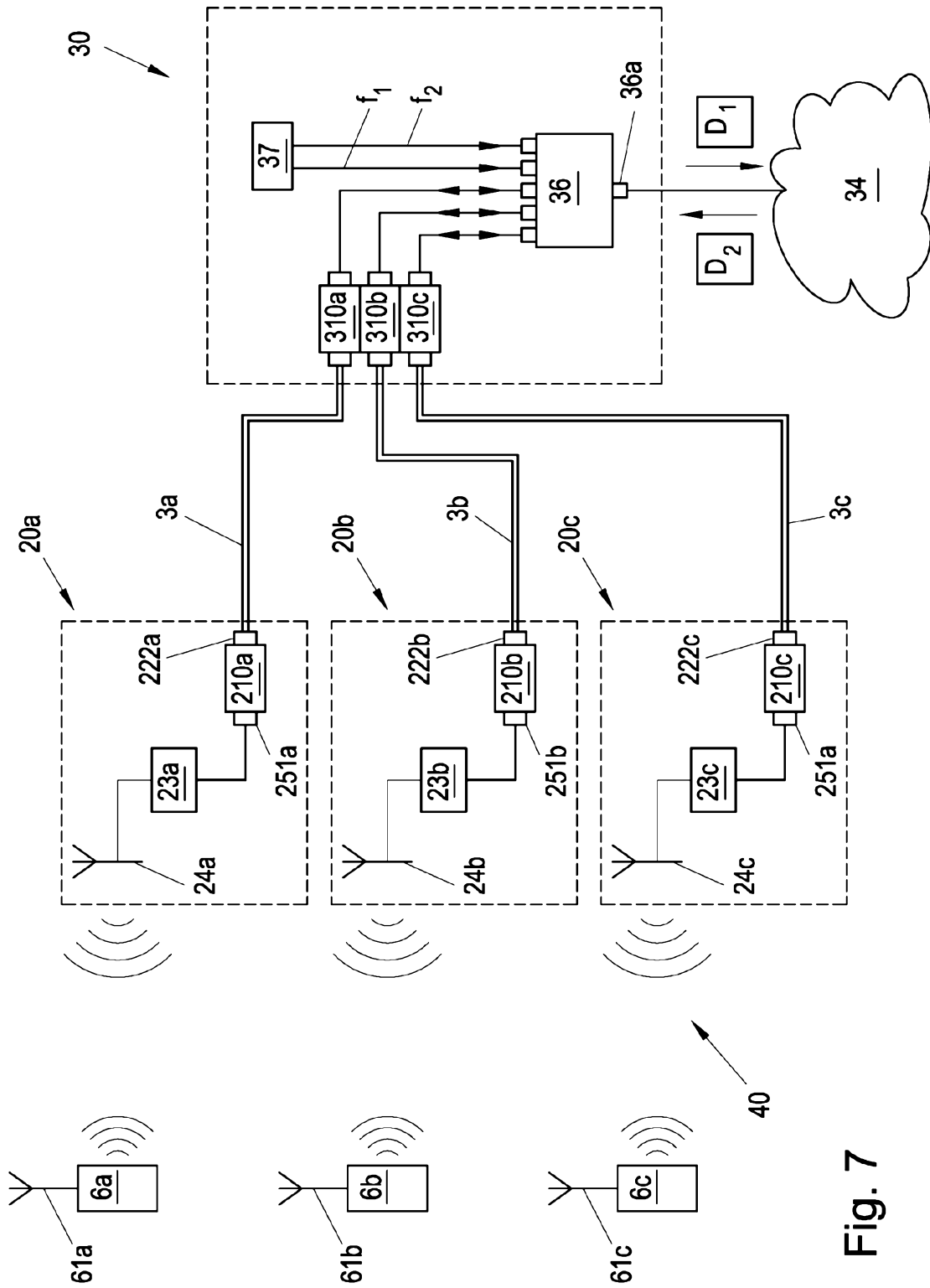


Fig. 7

6/8

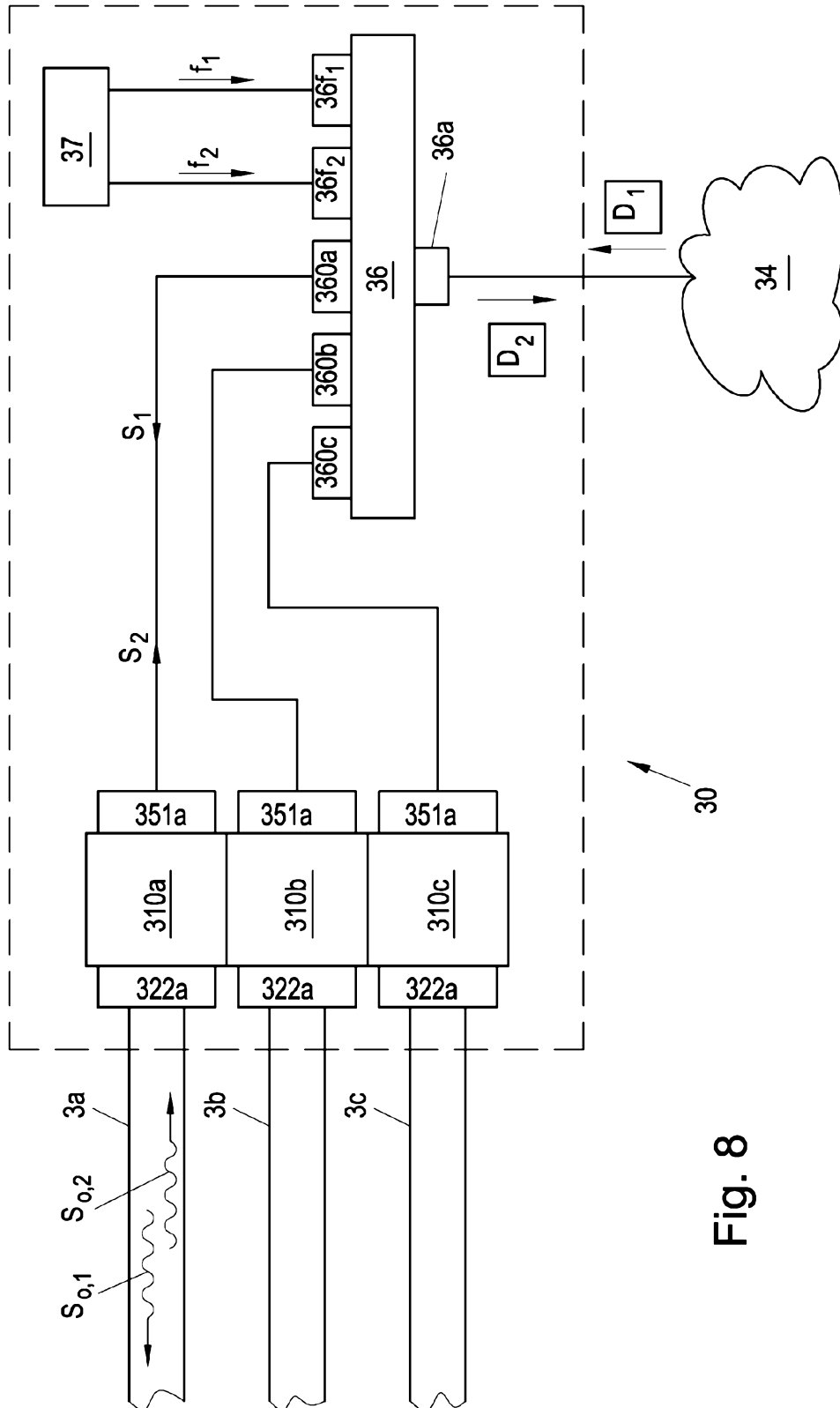


Fig. 8

7/8

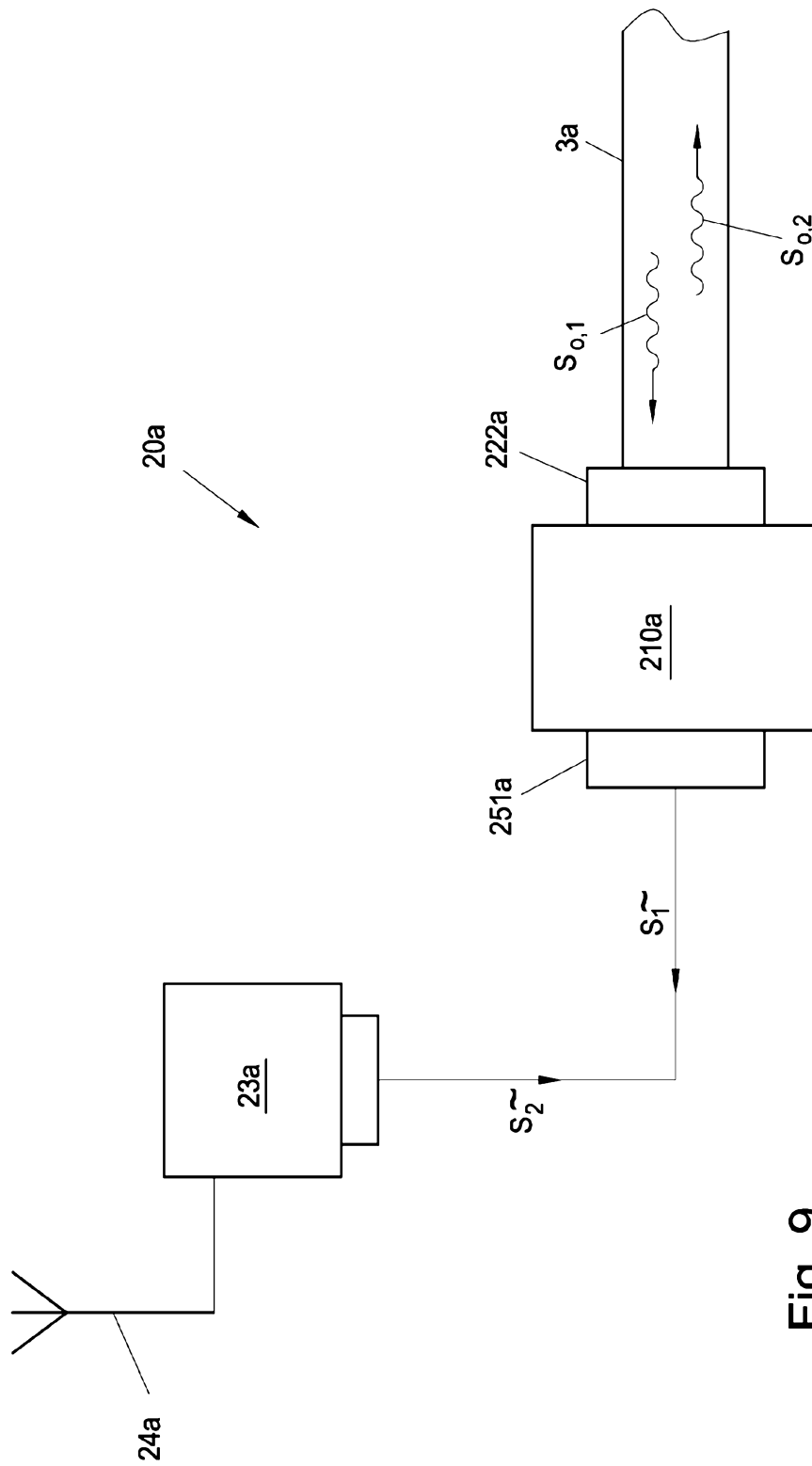


Fig. 9

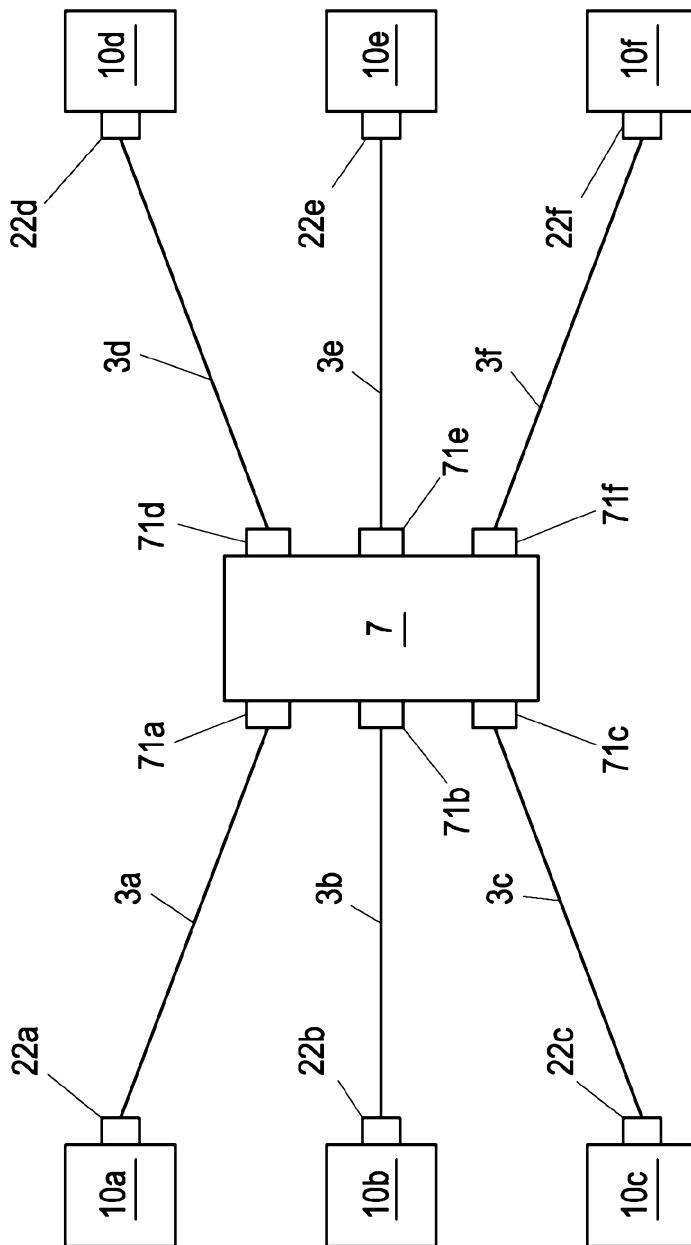


Fig. 10