

Optische Speicherung

Inhalte:

- Mittels Lichtsignale: Fotografie, Kinofilm, Mikrofilm, Videospeicherung
- Mittels opt. lichttechnischer Methoden: Lithographie, Buchdruck, Barcode, CD und Videodisc

Eigenschaften opt. Plattenspeicher:

- Kontaktfreie Widergabe
- Archivierbarkeit und Datenschutz
- Neue Prinzipien der Spurfinding
- Extrem hohe Speicherdichte, Begrenzung: Apertur und Wellenlänge; Steigerung $\Rightarrow$ kürzere Wellenlängen, Max. vier zu erwarten

Völz optbegr, 22.7.90

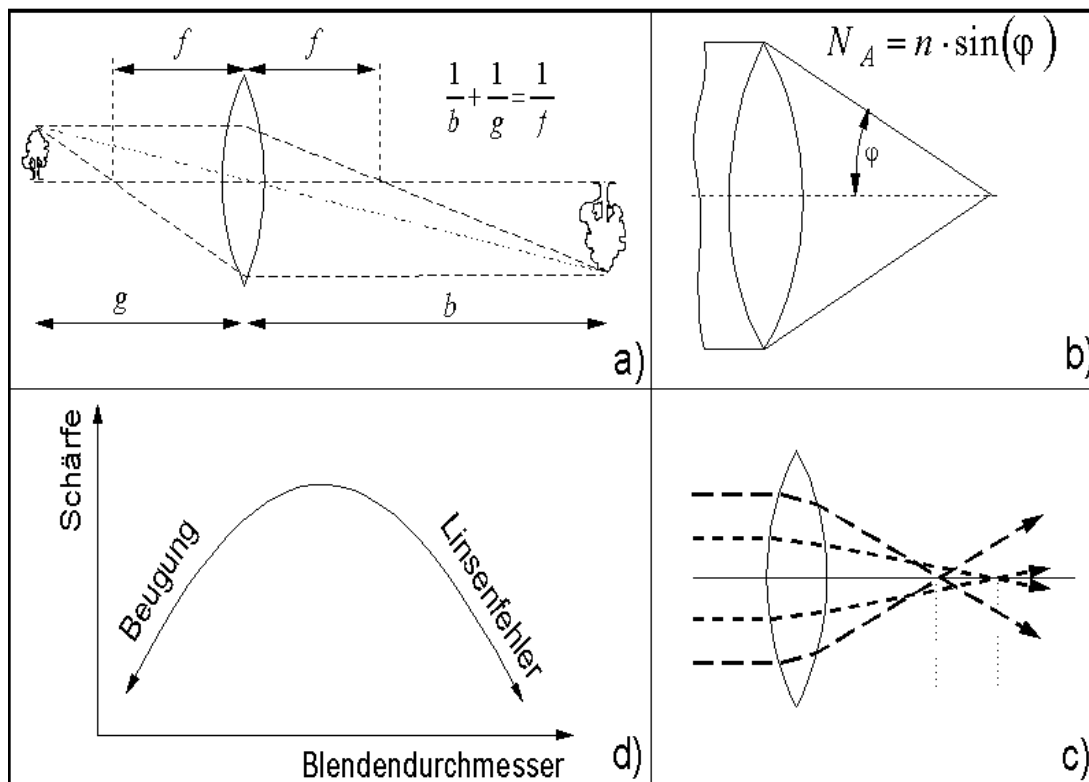
Methoden der Optik

Methode	Besonderheit	vorteilhaft für
Strahlenoptik	Licht wird als geradlinig sich ausbreitender Strahl behandelt, der an Mediengrenzen gebrochen wird	Linsen und Prismen
Wellenoptik	Licht breitet sich von jedem Punkt als Kugelwelle aus, die Summe bildet eine Wellenfront, Huygensches Prinzip, Interferenzen auf.	Beugung, Anisotropie, Polarisation, Holographie
Quantenoptik	Licht wird aus Partikel (Quanten, Photonen) bestehend angesehen. Sie entstehen und Verschwinden.	Kohärenzlänge, Laser

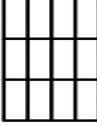
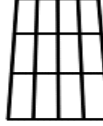
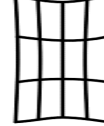
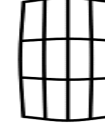
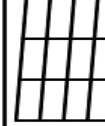
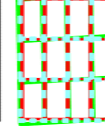
numerische Apertur entspricht dem Winkel unter dem Licht von einer Optik genutzt werden kann.

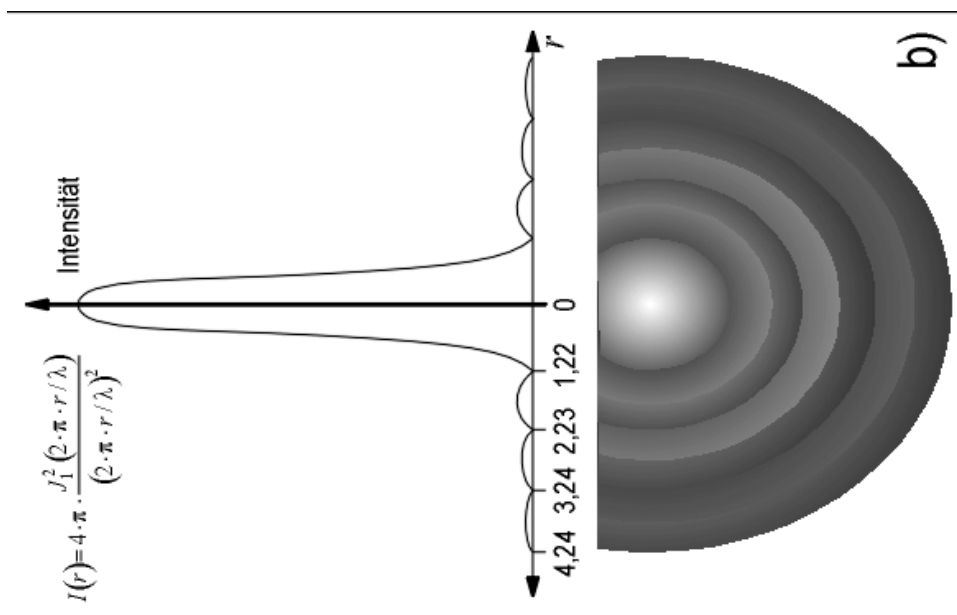
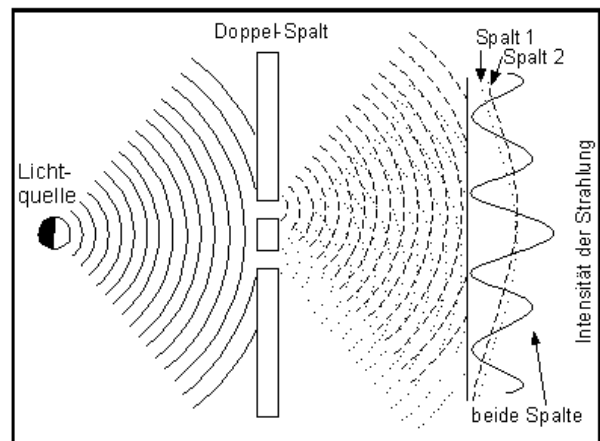
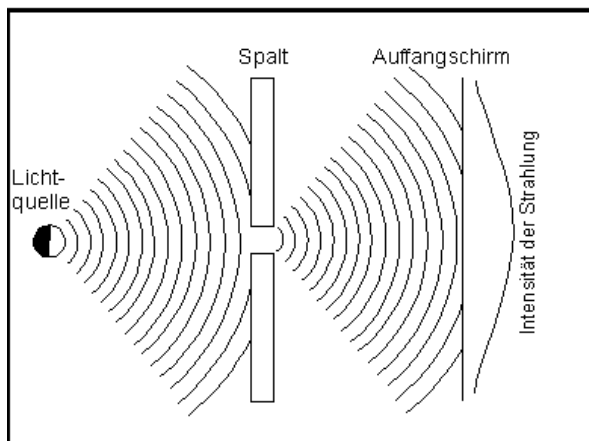
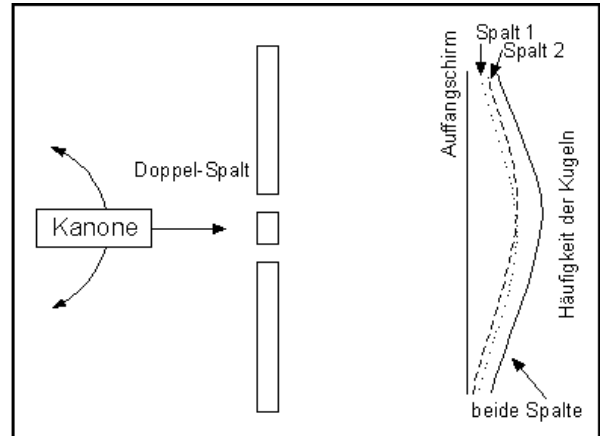
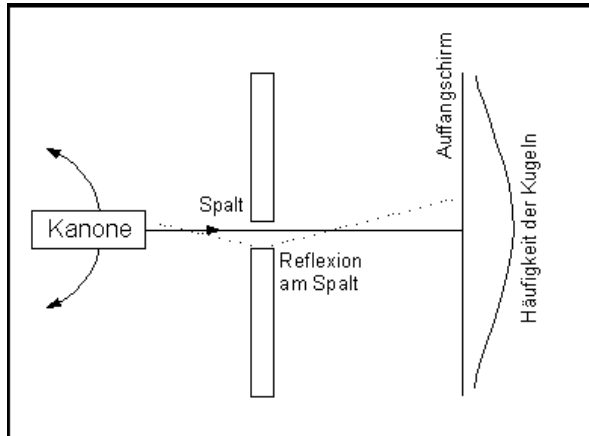
Dicke Linsen besitzen bezüglich Randstrahlen Fehler in der Brennweite. Diese Fehler müssen durch zusätzliche Linsen aus anderem Material (anderem Brechungsindex) korrigiert werden. So entstehen Mehrlinsensysteme, dabei werden auch Farbfehler korrigiert, die aus der Änderung des Brechungsindex mit der Wellenlänge folgen.

Die Grundproblematik besteht darin, daß nur Kugeloberflächen präzise mit weniger präzisen Mitteln hergestellt werden können. Zwei Flächen gegeneinander geschliffen führen stets zu Kugelflächen. Weitaus schwerer sind plane Flächen herzustellen. Hierzu müssen drei Flächen gegeneinander „abgeglichen“ werden. Dann entsteht der Radius unendlich.



aperturdr. k.u.ö.k. 28.95

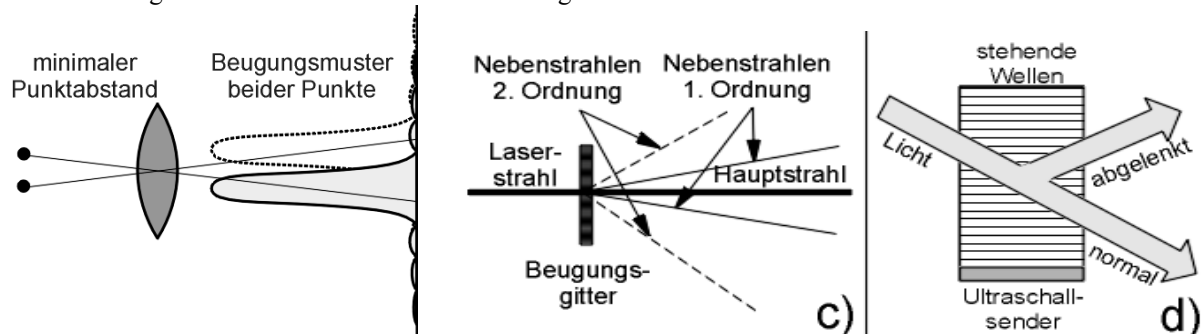
korrekt	oft durch Einstellung zu verringern				oft äußeres Magnetfeld	Nur durch Eingriffe zu beeinflussen			
	Trapez	kissenförmig	tonnenförmig	nichtlinear	Verzerrung	Neigung	Drehung	Helligkeit	Farbkonvergenz
									
Bildfehler.cdr h.völz 22.98									



beugung.cdr h.völz 2.6.95

Hinter einem Einfachspalt (besser Loch) breitet sich eine Kugelwelle aus (Huygensches Prinzip. Hinter einem Doppelspalt können die beiden Kugelwellen interferieren und erzeugen ein periodisches Intensitätsmuster mit grober Näherung gemäß $\sin(x)/x$ = Spaltfunktion, Whittaker-Funktion, idealer Tiefpaß usw. Notwendig ist aber dazu die Erfüllung der Kohärenz (s.u.)

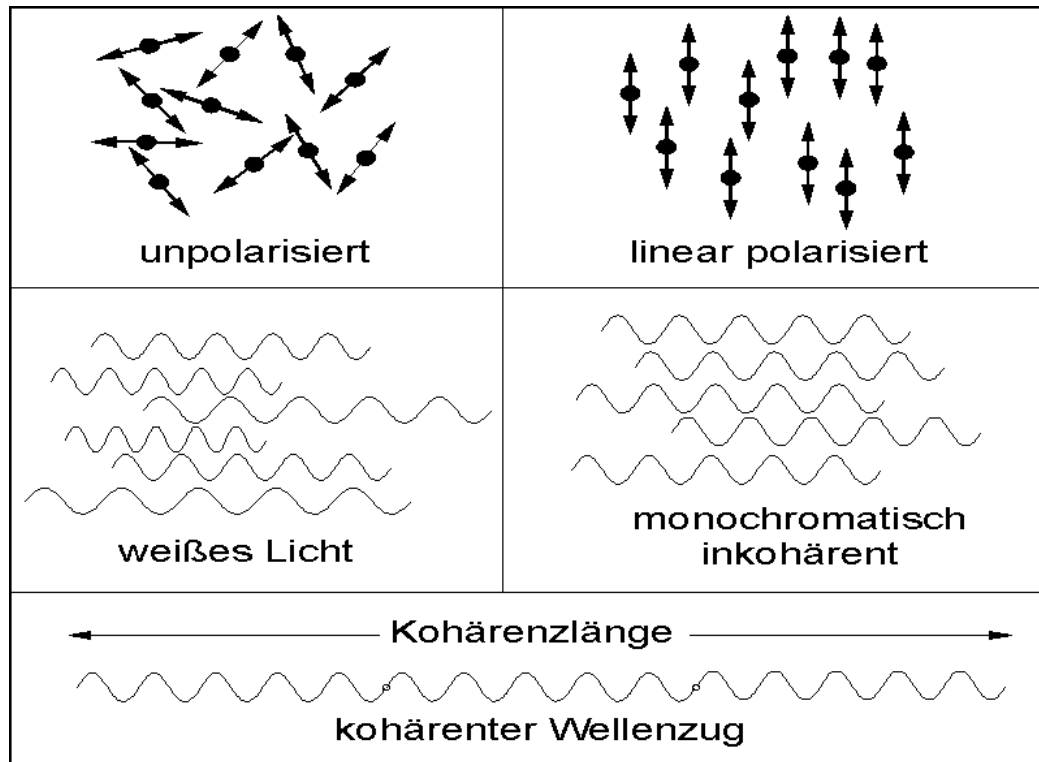
Hinter einem Gitter (Mehrfachspalt) entstehen so neben dem unabgelenkten Hauptstrahl, Nebenstrahlen 1., 2. usw. Ordnung. Durch Gitterabstand und Wellenlänge ist die Intensität der Nebenstrahlen zu beeinflussen.



Zwischen Rand- + Farbfehler und Beugungsfehler (Interferenz) gibt es bei Optiken eine optimale Schärfe. Randfehler sind bei großer Öffnung am stärksten, Beugungsfehler bei kleiner. Dort wo beide gleich groß sind liegt das Optimum. Bei Photoobjektiven wird das meist bei der Blende um 1:5,6 bis 1:8 liegen.

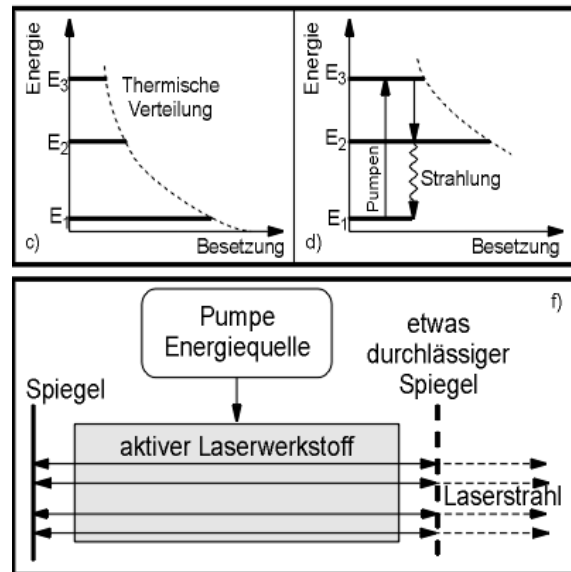
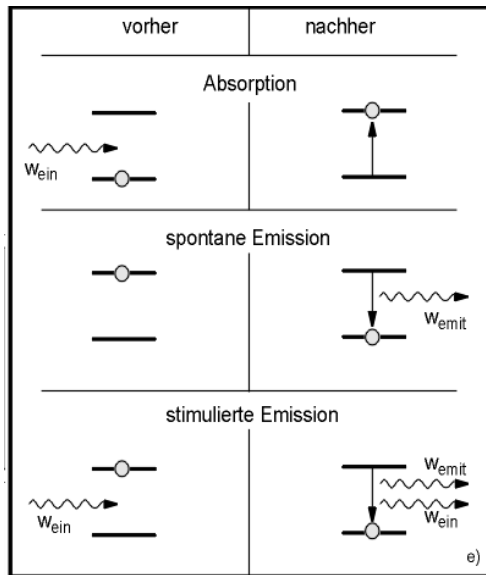
Eigenschaften des Lichts

- **Polarisation:** Ausrichtung der elektrischen Feldvektors der elektromagnetischen Welle, Magnetvektor steht senkrecht darauf
- **Monochromasie:** Es sollte nur eine Lichtwellenlänge ($\approx$ Farbe) auftreten, oder doch aber zumindest ein enger Wellenlängenbereich
- **Kohärenzlänge:** Länge eines Photons als Wellenzug (Tageslicht mm bis cm). Durch „Synchronisation“ lassen sich mehrere Wellenlängen (Photonen) exakt aneinander „binden“, Dadurch verlängert sich die Kohärenzlänge

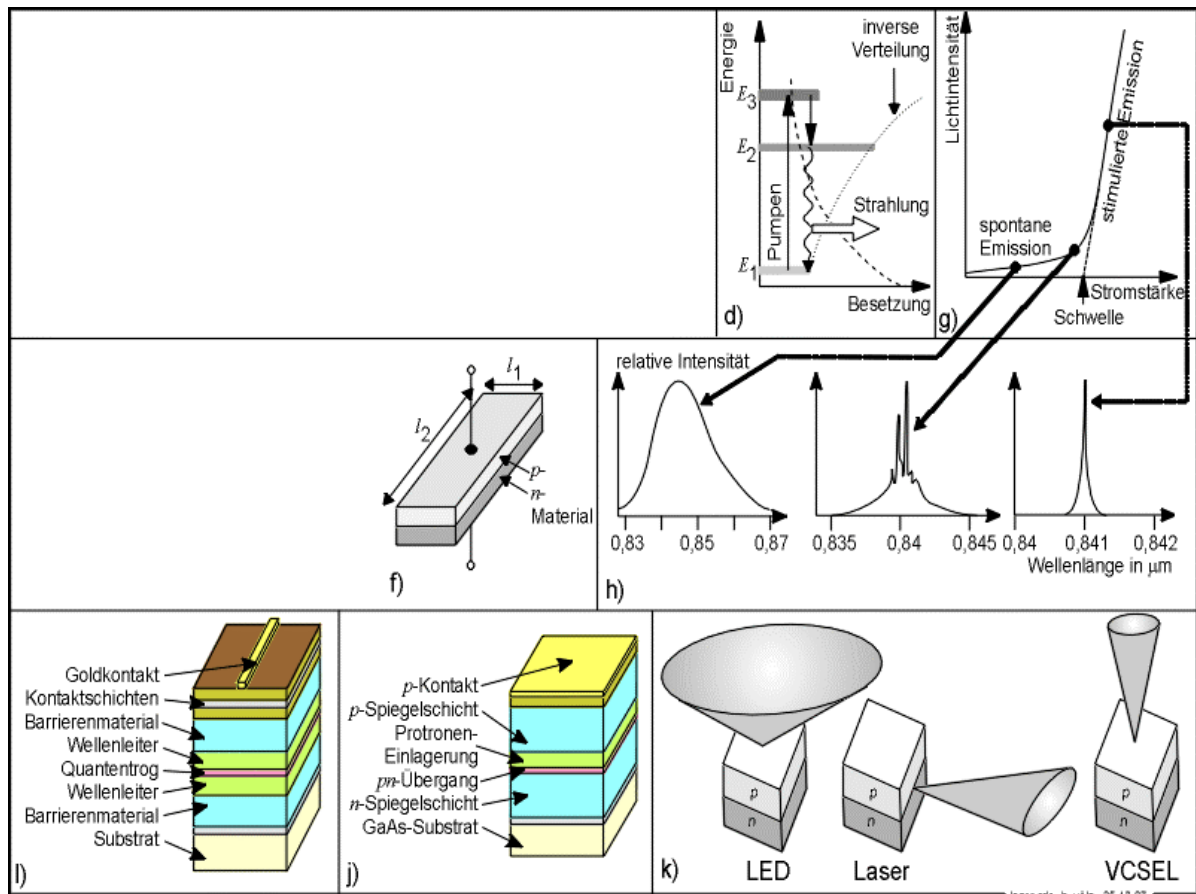
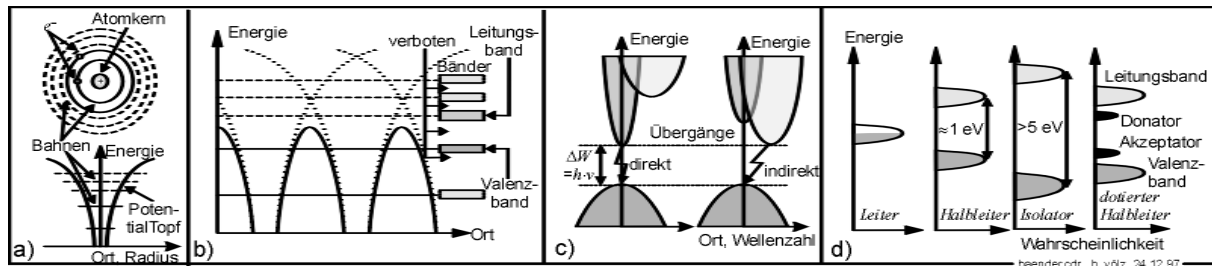


llchtart.odr h. völk 5.6.95

Voraussetzung für eine größere Kohärenzlänge ist die von Einstein vorausgesagte stimulierte Emission



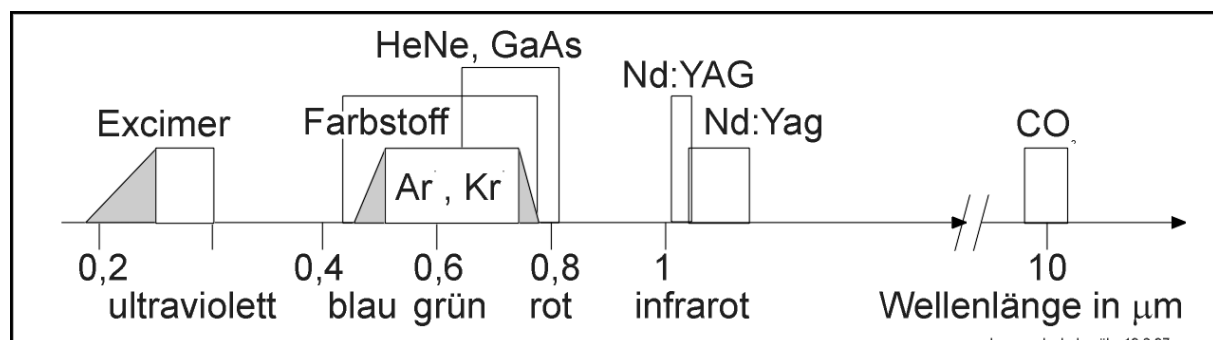
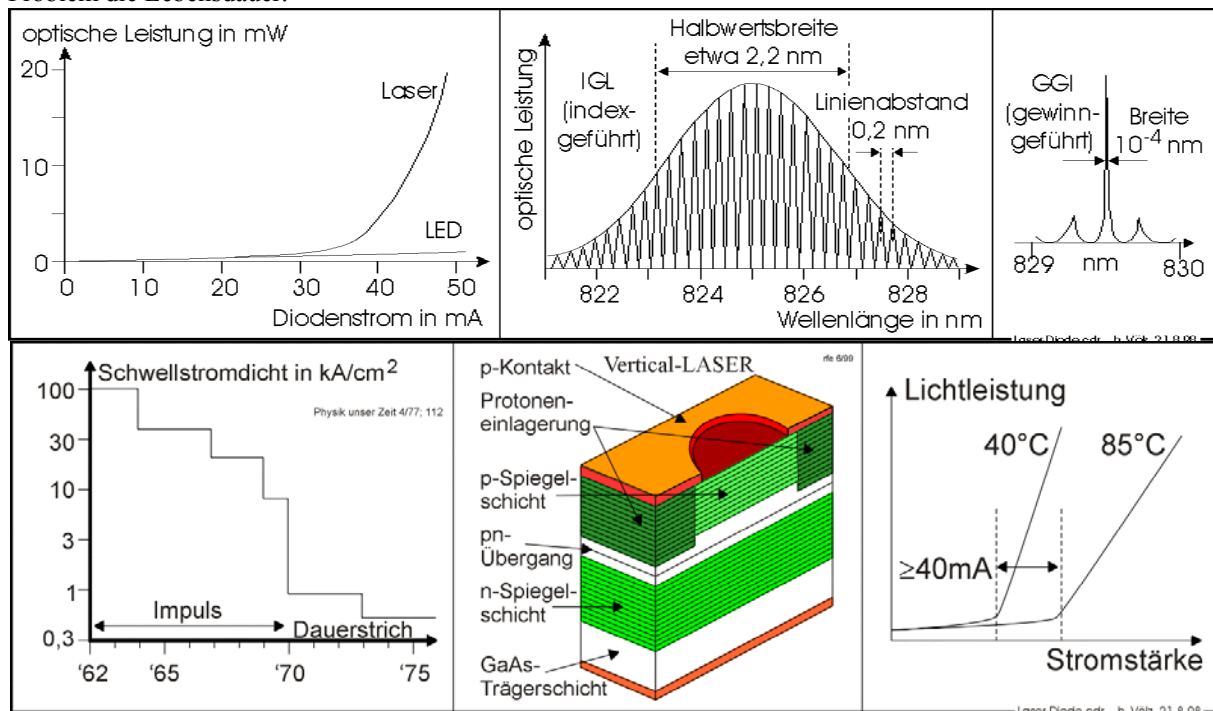
Grundlage für die weiteren Betrachtungen ist das Bändermodell

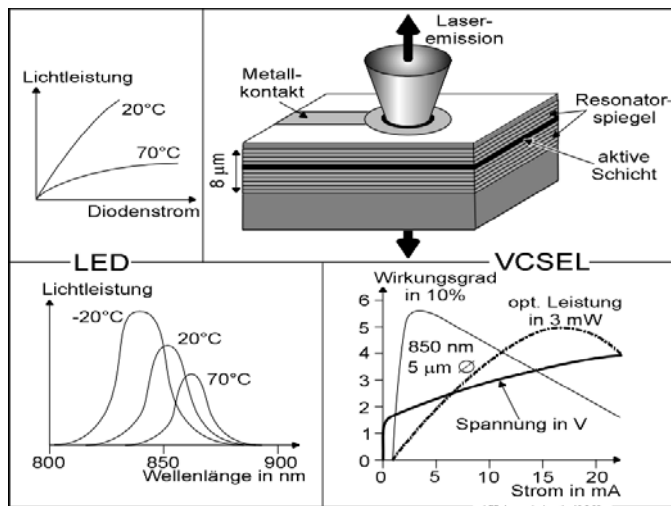


Die größere Kohärenzlänge ermöglicht ein Laser. Dazu wird wiederum ein 3-Termsystem benötigt, bei dem der mittlere Term metastabil ist. Gepumpt wird mit Energie, wie Licht, Strom, chemische Reaktionen usw. Dabei gelangen Elektronen auf den höchsten, dritten Term und fallen sofort auf den zweiten metastabilen zurück. So kann hier eine hohe Ladungsdichte entstehen (inverse Temperaturverteilung). Durch ein Photon dieser Energie können mit Lawineneffekt, viele Elektronen herunterfallen und sich synchronisieren. Dies wird durch ein Interferometer verstärkt (parallele Spiegel mit einem Abstand von (möglichst wenigen) Vielfachen der Lichtwellenlänge. Die darin entstehende stehende Welle ermöglicht nahezu ideale Synchronisation nach Weg und Zeit. Ein Spiegel wird dabei zu etwa 1 bis 10 % durchlässig gemacht. So kann der Laserstrahl austreten.

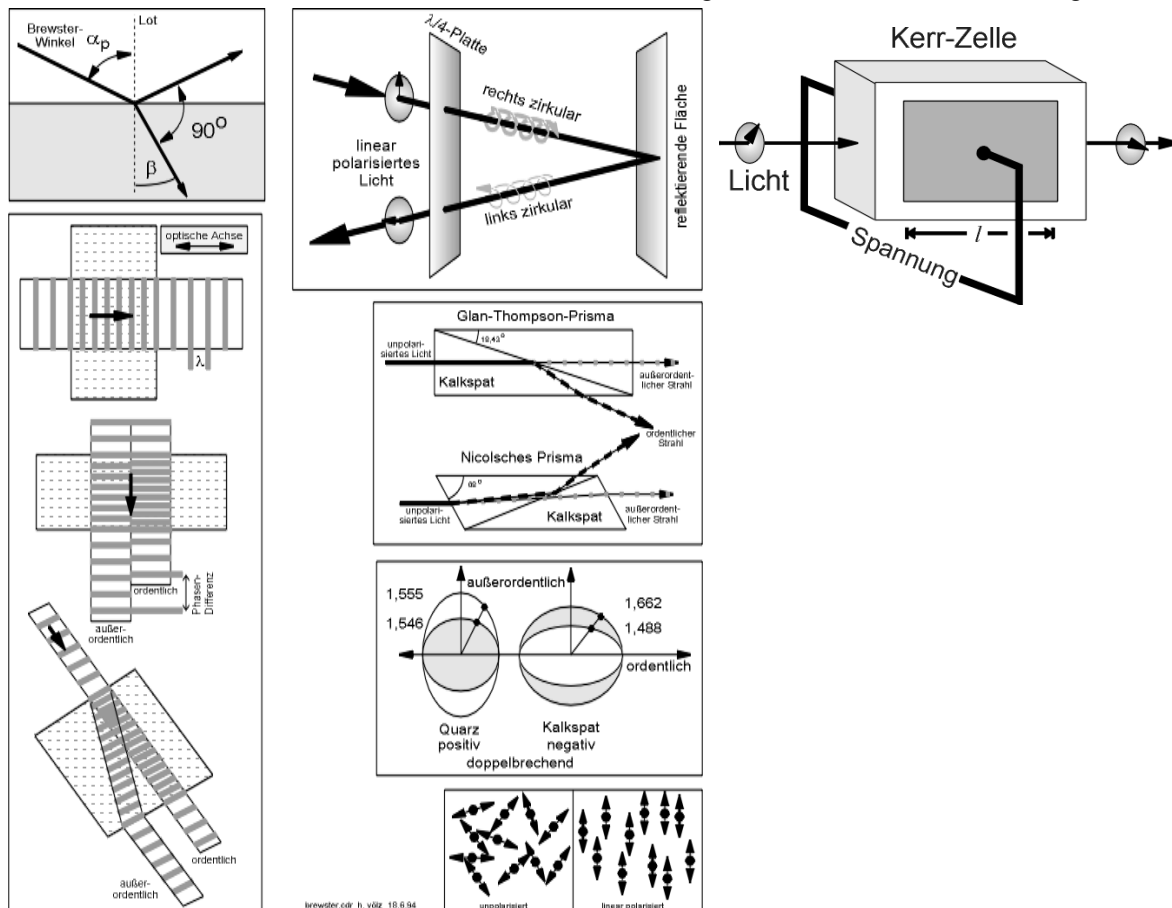
Bei Halbleiterlaser (muß das Bändermodell zur Beschreibung benutzt werden. Es wird im Grunde genommen ein LED (Lumi) genommen und mit den Spiegeln versehen. Das Problem war das Erreichen der Schwellstromstärke (ausreichende Pumpleistung) und die bei der Erhitzung mögliche Lebensdauer. Für GaAs-Laser ist das heute in mehreren Varianten gut möglich, allerdings mit einem sehr komplexen Mehrschichtenaufbau. Die verschiedenen Varianten haben, engeren Wellenlängenbereich: LED ca. 50 nm, einfacher Laser 5 nm, neueste Techniken < 1 nm. Es treten entsprechend der Resonanz des Spiegelsystems (Länge einige Mikrometer) bis zu tausend verschiedene stehende Wellen (Moden) auf. Die letzte Variante ergibt praktisch einen Monomodenlaser.

Durch Gasentladung, Farbstoffe in Glas, chemische Reaktionen usw. sind heute Laser im Bereich von 0,2 bis 10 Mikrometer möglich. Sie können jedoch meist nur im Impulsbetrieb genutzt werden. Die Halbleiterlaser sind fast die einzigen für Dauerbetrieb. Hier mußten für grün, blau und UV neue Substrate mit entsprechendem Bandabstand gefunden werden. z. Z. sind hier Lösungen vorhanden bzw. in Sicht. Aber auch hier ist wird das Problem die Lebensdauer.





Viele Materialien sind anisotrop, ihre physikalischen Eigenschaften hängen von der Richtung ab. Das erklärt sich u.a. daraus, daß der Gitterabstand der Atome und Moleküle nicht in allen Kristallrichtungen gleich ist. Weiter ergibt sich dadurch auch ein Unterschied für die Ausrichtung der elektromagnetischen Felder bei der Lichtwelle. Dann spricht man von optisch anisotropem Material. Diese Materialien haben immer eine optische Hauptachse, in der sich Licht unabhängig von der Ausrichtung des Feldvektors ausbreitet. In den anderen Richtungen kommt es entweder zu unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Wellen je nach Polarisationsrichtung und/oder Lichtaustritt in verschiedene Richtungen. Auf dieser Basis sind einige Anordnungen zur Polarisation aufgebaut, Glen-Thomson- bzw. Nicolsches Prisma. Eine andere Methode benutzt den Brewsterschen Winkel. Effekt tritt etwas immer bei Reflexion von Licht an Scheiben auf und kann dann durch Polarisationsfilter gemindert werden. Eine besonders preiswerte Methode benutzt das dichroitische Verhalten von Stoffen, sie absorbieren Licht mit verschiedenen Polarisations Ebenen unterschiedlich stark. Herstellung ist heute relativ einfach und daher sehr preiswert. Eine Kunststoffolie wird bei Erhitzung in einer Richtung stark gedehnt. Dabei richten sie die Makromoleküle in dieser Richtung aus. Durch zusätzliche Farbstoffe, absorbieren sie daher Licht einer Polarisationsrichtung besonders stark, aber nie 100 %ig.



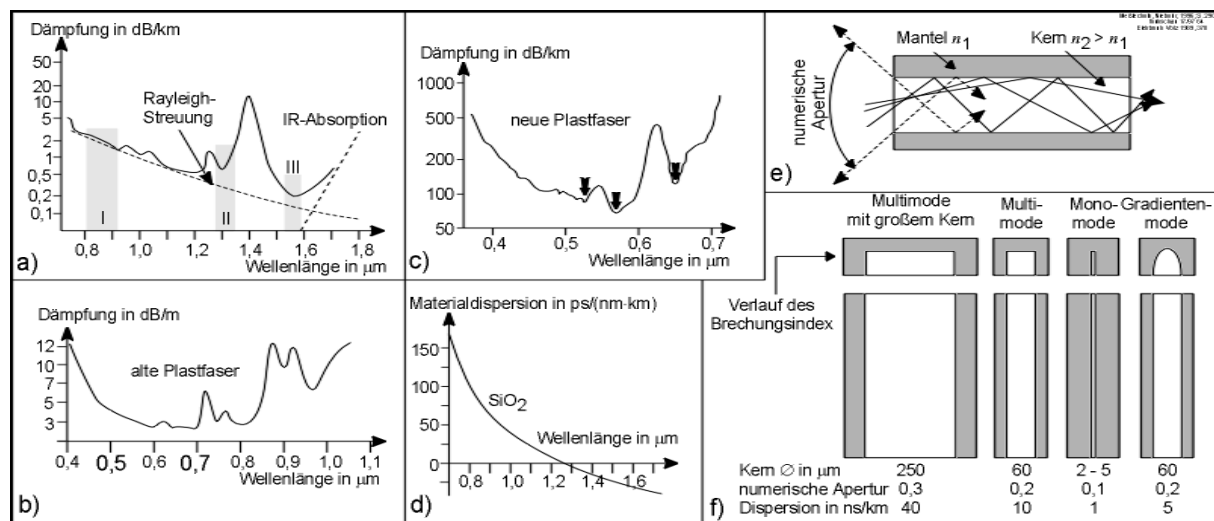
Eine Kerrzelle ist ein elektrischer Kondensator, in dessen Feld sich eine Flüssigkeit befindet (meist Nitro-Verbindung), Je nach der Stärke des Feldes im MV/cm-Bereich wird die Ebene der Polarisation gedreht.

Ein $\lambda/4$ -Blättchen besteht aus einer dünnen Scheibe optisch anisotropen Materials. Die Dimensionen sind so, dass die ordentliche und außerordentliche Welle um genau $\lambda/4$ verschoben wird. Dadurch wird eine linear polarisierte Welle in eine zirkular polarisierte umgewandelt bzw. umgekehrt. Bei Reflexion der zirkularen Welle unterscheiden sich daher die eintretende und zurückgestrahlte um 90° in der Polarisationssebene und können so leicht voneinander getrennt werden.

Die Wechselwirkung zwischen Licht und Magnetismus ist sehr gering. Für magnetooptische Verfahren hatte man zunächst auf den Faraday-Effekt gesetzt, heute wird fast nur noch der polare Kerr-Effekt genutzt.

Lichteinfall			
Magnetisierung			
	Faraday-Effekt $\varphi = V \cdot d \cdot H = F \cdot d$ F : spezifische Faradaydrehung φ : Drehwinkel der Polarisation V : Verdet'sche Konstante H : magnetische Feldstärke d : durchstrahlte Schichtdicke	polarer	Kerr-Effekte $\varphi \sim H + c \cdot H^2$ φ : Drehwinkel der Polarisation c : Wert $\ll 1$ H : magnetische Feldstärke
	Voigt- und Cotton-Mouton-Effekt dichroitische Doppelbrechung $n \sim d \cdot H^2$ H : magnetische Feldstärke d : durchstrahlte Schichtdicke sehr kleiner Effekt n : Brechungsindex		
		longitudinaler	

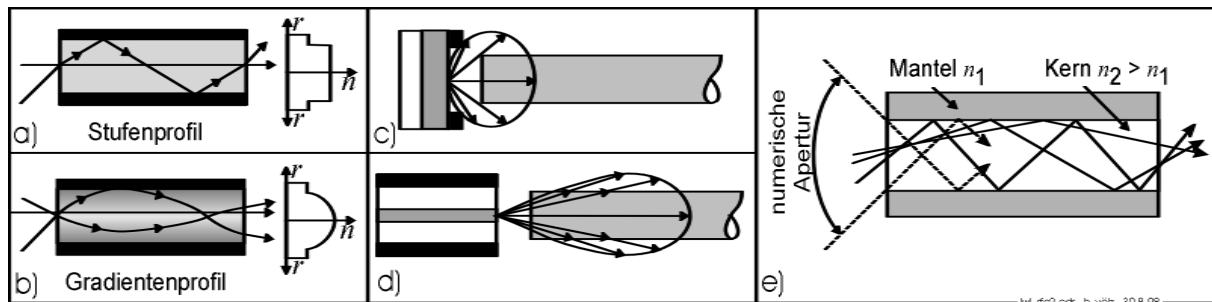
magnopt.cdr h. völs 3.10.94



lichttek.cdr h. völs 16.9.97

Lichtleitfasern

Heute gibt es Glasfasern für die Langstreckenübertragung und Plastefasern für kurze Entfernungen. Beide Arten bestehen aus einem Kern mit einem Brechungsindex, der kleiner ist als der darüber befindliche Mantel. Je nach Durchmesser des Kerns werden Multimoden und Monomodenfasern unterschieden. Die Modenzahl ist durch die unterschiedliche Weglänge der einzelnen Lichtwege in der Faser bestimmt. Diese Wege hängen von der Apertur (max. möglicher Eintrittswinkel in die Faser und den daraus folgende unterschiedlichen Reflexionswinkeln) ab. Nur hinreichend dünne Kerne um 2 - 5 μm ermöglichen „Mono“-Mode-Betrieb (mit praktisch nur gradliniiger Ausbreitung). Eine andere Verbesserung, die zeitweilig genutzt wurde sind die Gradientenfasern, bei ihnen hat der Kern einen variablen Brechungsindex, der zu Mitte hin zunimmt. So konnte mehr Lichtleistung übertragen werden. Sie haben sich aber kaum praktisch bewährt.



Für die Lichteinkopplung in die dünne Faser muß die Quelle eine möglichst steile Richtcharakteristik aufweisen. Andernfalls besteht bezüglich des Abstandes und der Justage zu wenig Spielraum.

Der Übertragungsbereich der Lichtleitfasern ist nach kurzen Wellenlängen durch die Rayleigh-Streuung und nach langen durch die IR-Absorption begrenzt. Zusätzliche Absorption treten durch die OH^+ -Ionen und andere Unreinheiten auf. So gibt es drei gut nutzbare Fenster um 0,85, 1,3 und 1,55 μm . Wobei insbesondere das mittlere vorteilhaft ist. Hier ist die Materialdispersion praktisch Null. Auch andere Laufzeitfehler wirken sich hier am wenigsten aus. Mit Wellenlängenmultiplex sind heute (im Labor) Datenraten bis 1 TBit/s erreichbar.

Für kurze Wegstrecken hat auch die Plastefaser Bedeutung erlangt. Sie erreicht heute Verluste bis zu 70 dB/km herab, kann also für Kabellängen im m-Bereich vernachlässigt werden. Der optimale optische Bereich liegt bei ihr um 0,65 μm , dies vor allem weil dort auch preiswert Bauelemente verfügbar sind.

