

Raumzeitliche Lichtimpulsausbreitung in Wellenleitern

Prof. Dr. Carsten Fallnich

AG Optische Technologien,
Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Angewandte Physik,
Corrensstr. 2, 48149 Münster

Die Ausbreitung von ultrakurzen Lichtimpulsen in optischen Einmoden-Wellenleitern wird durch dispersive und nichtlineare Effekte dominiert, und dieses eindimensionale Problem kann mit der nichtlinearen Schrödingergleichung theoretisch beschrieben werden. Bis auf wenige Ausnahmefälle werden zur Lösung der nichtlinearen Schrödingergleichung numerische Lösungsmethoden benötigt, wie z.B. das Split-Step-Fourier-Verfahren. Letztlich lässt sich z.B. bei der Erzeugung von Superkontinua in Einmoden-Wellenleitern eine sehr gute Übereinstimmung der theoretischen Vorhersagen mit den experimentellen Ergebnissen erreichen.

Mit der Skalierung der (Spitzen-) Leistung der sich ausbreitenden Lichtimpulse ergeben sich aber schwer kontrollierbare Impulsverhältnisse durch den zunehmenden Einfluss der nichtlinearen Effekte. Zur Beherrschung dieser Verhältnisse bei einer solchen Leistungsskalierung wird für eine konstante Flächenleistungsdichte gesorgt, indem typischerweise mit zunehmender (Spitzen-) Leistung ein vergrößerter Kerndurchmesser des Wellenleiters und damit auch ein größerer Modenfelddurchmesser gewählt wird. Mit vergrößertem Kerndurchmesser nimmt aber die Wahrscheinlichkeit für die Ausbreitung höherer transversaler Moden zu, so dass die Lichtimpulsausbreitung zu einem mehrdimensionalen Problem wird: Für jede transversale Mode ist dann die Lösung einer eigenen nichtlinearen Schrödingergleichung erforderlich, und über Kopplungsterme muss die Wechselwirkung zwischen den beteiligten Moden berücksichtigt werden.

In dem Vortrag soll aufgezeigt werden, wie durch gekoppelte nichtlineare Schrödingergleichungen raumzeitliche Phänomene in optischen Wellenleitern untersucht werden können, um bspw. eine gezielte Energieübertragung von einer transversalen Mode in eine andere zu erreichen. Mit einer solchen Modenkonversion sind neue Anwendungsmöglichkeiten in der Lasertechnik und der Telekommunikation denkbar. Neben Ergebnissen theoretischer Untersuchungen werden auch vergleichende experimentelle Ergebnisse vorgestellt.

Spatio-temporal light pulse propagation in waveguides

Prof. Dr. Carsten Fallnich

AG Optical Technologies,
Westfälische Wilhelms-Universität, Institute of Applied Physics,
Corrensstr. 2, 48149 Münster

The propagation of ultrafast light pulses in single-mode optical waveguides is dominated by dispersive and nonlinear effects, and this one-dimensional problem can be described theoretically with the nonlinear Schrödinger equation. Apart from a few exceptions, numerical methods are required for the solution of the nonlinear Schrödinger equation, like the split-step Fourier method. Finally, e.g. within supercontinuum generation in single-mode waveguides, a very good agreement of the theoretical results with the experimental results can be achieved.

However, with the scaling of the (peak) power of the propagating light pulses, pulse conditions which are difficult to control can result from the increasing influence of the nonlinear effects. In order to enable control of these conditions within such a scaling process, a constant power density can be provided by an enlarged waveguide core. But, with the diameter of the waveguide core also the mode field diameter will be increased, and therefore, the probability for the propagation of higher transverse modes increases, such that the light pulse propagation becomes a multidimensional problem: For each transverse mode, the solution of its own nonlinear Schrödinger equation is then required. And the interaction between the participating modes must be taken into account via coupling terms.

The lecture will show how by means of coupled nonlinear Schrödinger equations spatio-temporal phenomena in optical waveguides can be investigated in order to achieve a controlled energy transfer from one transverse mode to another. With such a mode conversion, new applications in laser technology and telecommunications could be enabled. In addition to the results of theoretical investigations, comparative experimental results are also presented.