# Adaptive waveguides applying photorefractive spatial solitons

Vom Fachbereich Physik
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

genehmigte
**DISSERTATION**

von

**Dipl.-Phys. Jürgen Petter**
aus Fulda

Darmstadt 2003
D 17

| | |
|---|---|
| Referent: | Prof. Dr. T. Tschudi |
| Korreferentin: | Prof. Dr. C. Denz |
| Tag der Einreichung: | 22. April 2003 |
| Tag der mündlichen Prüfung: | 19. Mai 2003 |

Berichte aus der Physik

**Jürgen Petter**

# Adaptive waveguides applying photorefractive spatial solitons

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2003

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Petter, Jürgen:*
Adaptive waveguides applying photorefractive spatial solitons / Jürgen Petter.
Aachen : Shaker, 2003
(Berichte aus der Physik)
Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2003
ISBN 3-8322-1763-0

Copyright Shaker Verlag 2003
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1763-0
ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

*"There's no line here to end."*

Frank Mittelbach

# Contents


**1 Motivation and introduction** **1**

1.1 Solitons in optical information processing . . . . . 2

1.2 Intention and structure of the thesis . . . . . 4

**2 Self-focusing in optically nonlinear media** **7**

2.1 Self-focusing / Spatial screening solitons . . . . . 7

2.1.1 Kerr-nonlinearity - isotropic refractive index modulation . 8

2.1.2 Saturable nonlinearity . . . . . 9

2.1.3 Photorefractive nonlinearity . . . . . 12

2.1.4 Anisotropic beam shape . . . . . 17

2.2 Experimental realization of photorefractive screening solitons . . . 21

2.2.1 Beam-Bending . . . . . 22

2.2.2 Filamentation . . . . . 30

**3 Waveguiding in spatial solitons** **35**

3.1 Basics of optical waveguides . . . . . 35

3.1.1 Types of waveguides / modal structure . . . . . 36

3.1.2 Waveguide loss . . . . . 40

3.2 Waveguiding in photorefractive solitons . . . . . 41

3.2.1 Experimental investigation . . . . . 41

3.2.2 Guidance of a single beam . . . . . 42

3.2.3 Waveguide efficiency . . . . . 44
3.2.4 Anisotropic waveguide structure . . . . . 46

**4 Interaction of photorefractive solitons** **53**
4.1 Incoherent interaction . . . . . 53
4.1.1 Attraction / repulsion of incoherent solitons . . . . . 54
4.1.2 Rotation / spiraling . . . . . 62
4.2 Coherent soliton interaction . . . . . 69
4.2.1 Phase dependent attraction and repulsion . . . . . 70
4.2.2 Transfer of energy, soliton birth and annihilation . . . . . 72

**5 Waveguiding in interacting solitons** **75**
5.1 Waveguiding in solitons without mutual exchange of energy . . . . 75
5.1.1 Independent steering of solitons . . . . . 76
5.2 Waveguiding in solitons with energy-exchange / Beam splitter . . 77

**6 Arrays of photorefractive solitons** **83**
6.1 Interaction of several solitons . . . . . 83
6.2 Realization of a $3 \times 3$ - soliton array . . . . . 89
6.2.1 Anisotropic character of waveguide channels . . . . . 92
6.3 Independent guiding of beams in single array channels . . . . . 94
6.3.1 Maintenance of array . . . . . 95
6.4 Controlled fusion of channels . . . . . 96
6.5 Realization of a large soliton arrays . . . . . 98
6.6 Digitized images due to soliton arrays . . . . . 99

**7 Summary and Outlook** **101**
7.1 Summary . . . . . 101
7.2 Outlook . . . . . 104

**Appendix - Crystal properties of $Sr_{60}Ba_{40}Nb_2O_6$** **107**

**Bibliography** **109**

**Acknowledgments** **117**

**Zusammenfassung in deutscher Sprache** **119**

**Curriculum Vitae** **121**

**Authors list of Publications** **123**