

# Danksagung

Ich habe die Arbeit an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, im Fachlaboratorium *Biomedizinische Optik und NMR-Messtechnik* in Berlin durchgeführt und wurde dort von vielen Mitarbeitern wohlwollend unterstützt.

Frau Dr. Wabnitz war eine kritische und sehr begeisternde wissenschaftliche Betreuerin, die die Arbeit wesentlich beeinflusst hat und die mich genaues Arbeiten gelehrt hat. Durch Herrn Prof. Rinneberg habe ich eine breite wissenschaftliche Förderung erfahren; sein Vertrauen gab mir die Möglichkeit, eigene Ideen auszuprobieren und selbstbewusst auf internationalen Konferenzen aufzutreten. Herr Pawlak hat die Werkstattarbeiten, Herr Petzelt (Software), Herr Walter (Elektronik) und Herr Wojcik (Software) haben die benötigten Ingenieurarbeiten durchgeführt. Durch intensive Diskussionen gingen Ideen von Herrn Dr. Ebert und Herrn Dr. Sukowski in die Arbeit ein.

Ohne physiologische Vorkenntnisse habe ich diese Arbeit begonnen. Erst nach vielen Gesprächen mit Mitarbeitern der Klinischen Forschergruppe an der Neurologischen Klinik der Charité konnte ich die medizinische Fragestellung formulieren. Der wichtigste medizinische Ansprechpartner war Herr Dr. Obrig, der in mir eine Faszination für physiologische Fragestellungen entflammte. Herr Dr. Kohl hat mir durch seine Erfahrung in der Biomedizinischen Optik geholfen, diese Faszination umzusetzen. Die Medizindoktoranden Herr Syré, Herr Thomas und Frau Malak haben mich bei den Probandenmessungen unterstützt. Bei Herrn Prof. Villringer möchte ich mich für mitreißende und motivierende Diskussionen bedanken.

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung im Gra-

## 11. Zusammenfassung

duiertenkolleg *Klinische und kognitive Neurowissenschaften.*

# Lebenslauf

Name: Jens Steinbrink  
Geburtsdatum: 16.06.70  
Geburtsort: Waiblingen

Schulbildung: 1990 Abitur am Gymnasium Neckartenzlingen

Physik-  
studium: Ab WS 91/92 an der Universität Dortmund  
SS 93 Vordiplom

Ab WS 93/94 an der Humboldt-Universität zu Berlin  
Diplomarbeit am MPI für Plasmaphysik, Garching  
Studienabschluss Juli 1997

Promotion : Seit Okt. 1997 an der Physikalisch-Technischen Bundes-  
anstalt und an der Neurolog. Klinik der Charité, Berlin  
Gefördert im GRK 423: 'Klin. und kogn. Neurowiss.'  
Forschungsaufenthalt : MGH, Harvard, Boston, USA

Lehre: WS 92/93 SS 93 Tutorium an der Universität Dortmund  
WS 95/96 SS96 Übungsgruppenleiter im Grundstudium  
Physik an der Humboldt-Universität zu Berlin

Zusatz-  
studium: Ab WS 94/95 Abenstudium gewerblicher Rechtsschutz  
WS 95/96 Abschluss mit Zertifikat

# Vorveröffentlichungen

## Publikationen

- *Near-infrared spectroscopy: does it function in functional activation studies of the adult brain ?*; H. Obrig, R. Wenzel, M. Kohl, S. Horst, P. Wobst, J. Steinbrink, F. Thomas and A. Villringer, *Int. J. of Psychopsychology* **35** (2000) 125-142
- *Spontaneous low frequency oscillations of cerebral haemodynamics and metabolism under rest and visual stimulation in adults*; H. Obrig, M. Neufang, R. Wenzel, M. Kohl, J. Steinbrink and A. Villringer, im Druck
- *Determining changes in NIR absorption using a layered model of the human head* J. Steinbrink, H. Wabnitz, H. Obrig, A. Villringer and H. Rinneberg eingereicht (Mai 2000) bei *Phys. Med. Biol.*, in Druck
- *Depth resolved determination of an ICG bolus in the adult human head* M. Kohl, J. Steinbrink, H. Obrig, J. Malak und A. Villringer, in Vorbereitung

## Vorträge auf internationalen Konferenzen

- *Localisation of absorption changes of layers in a turbid medium by photon time of flight measurement*; J. Steinbrink (Redner), H. Wabnitz and H. Rinneberg OSA Meetings on Biomedical Optics, June 1999, Munich (Germany) *Extended Abstract: OSA Technical Digest*, S. 223-225

- *Nonlinear Traits in the Cerebral Oxygenation Response to Short Visual Stimuli*; F. Thomas, R. Wenzel, J. Steinbrink(Redner), H. Obrig, M. Kohl, U. Scholz und A. Villringer 27th Annual Meeting of the International Society on Oxygen Transport to Tissue, 1999, Hannover (NH,USA)
- *Depth localization of absorption changes by single distance time domain reflectometry on the adult human head* J. Steinbrink(Redner), H. Wabnitz, H. Rinneberg, H. Obrig, M. Kohl, J. Malak and A. Villringer; OSA Biomedical Topical Meetings 2000, Miami (Florida, USA)  
*Extended Abstract*: OSA Technical Digest, S. 278-280

## Posterpräsentationen auf internationalen Konferenzen

- *Signal Physiology in Functional Cerebral Activation Studies*; F. Thomas, J. Steinbrink, P. Wobst, F. Syré, M. Kohl, H. Obrig, R. Wenzel, A. Villringer; Berlin Neuroscience Forum 1999
- *Localization of changes of light absorption in a layered head model by photon time of flight measurements*; J. Steinbrink, H. Wabnitz, H. Rinneberg; Berlin Neuroscience Forum 1999

## Messebeitrag

- *Mit rotem Licht auf graue Zellen*; Stand auf der Science Fair der Freien Universität Berlin vor dem Reichstag, Posterpräsentation mit Demonstrationsexperiment.

# Verwendete Symbole

## Optische Eigenschaften

$l_s$	freie Weglänge der Photonen zwischen zwei Streuereig.	mm
$\mu_s$	Streukoeffizient	mm <sup>-1</sup>
$\mu'_s$	reduzierter Streukoeffizient	mm <sup>-1</sup>
$\mu_t$	Transportstreukoeffizient	mm <sup>-1</sup>
$g$	Anisotropiefaktor	1
$D$	Diffusionskoeffizient $D = (3\mu_a + 3\mu'_s)^{-1}$	mm
$c$	Lichtgeschwindigkeit im Medium mit Brechungsindex $n$	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$
$c_j$	Lichtgeschwindigkeit im $j$ -ten Kompartiment	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$

## Licht

$n_{ph}$	Photonendichte	1/mm <sup>3</sup>
$\vec{J}_{ph}$	Photonenfluss	$\frac{1}{\text{s}}$
$J_{ph}$	Betrag des Photonенflusses	$\frac{1}{\text{s}}$
$\vec{j}_{ph}$	Photonenflussdichte	$\frac{1}{\text{mm}^2\text{s}}$
$j_{ph}$	Betrag der Photonенflussdichte	$\frac{1}{\text{mm}^2\text{s}}$
$N$	berechnete Laufzeitverteilung	1/Kanal
$N_{mes}$	gemessene Laufzeitverteilung	1/Kanal
$N_k$	Photonen im $k$ -ten Zeitkanal der LZV	1
$N_{tot}$	gesamte Photonenzahl	1
$\Delta A$	Änderung der Attenuation $\Delta A = -\ln\left(\frac{N_{tot,1}}{N_{tot,2}}\right)$	1
$\Delta A_k$	zeitabhängige Änderung der Att. $\Delta A(t) = -\ln\left(\frac{N_1(t)}{N_2(t)}\right)$	1
$t$	Photonenlaufzeit	ns

$\langle t \rangle$	mittlere Photonenlaufzeit	ns
$\phi$	Phase	Grad
$\langle l_j \rangle'(t)$	Mittlere partielle Weglänge (zeitabhängig)	mm
$\langle l_j \rangle$	Mittlere partielle Weglänge (zeitunabhängig)	mm

### Spektroskopie

DPF	Differentieller Pfadlängenfaktor	1
$\varepsilon$	molarer dekadischer Extinktionskoeffizient	l/mmol mm
$c_x$	Konzentration des Stoffes $x$	$\mu\text{mol/l}$

### Sättigung

$Y$	Sättigungsparameter	%
$S_{O_2}$	Sauerstoffsättigung	%
$pS_{O_2}$	partielle Sauerstoffsättigung	%
$paS_{O_2}$	partielle arterielle Sauerstoffsättigung	%

### Sonstiges

$T$	Zeit während der Messung	s
$\rho$	Optodenabstand	mm
$\chi^2$	Chi-Quadrat	1

# Index

- 10-20 System, 109
- Absorptionsquerschnitt, 9
- Anisotropiefaktor, 9
- Attenuation, 12
  - zeitabhängig, 51
  - zeitunabhängig, 52
- Bananenbahn, 2
- Basisfunktion, 60
- Bindegewebe, 79
- Bindungskurve, 93
- Blut, Zusammensetzung, 91
- Blutflussantwort, 106
- Bluthirnschranke, 97
- continuous-wave, 11
- cw, 11
- Desoxyhämoglobin, 92
- DPF-Konzept, 45
  - für mittlere Flugzeit, 53
- Dura Mater, 79
- Einzelstreuung, 8
- Epidermis, 77
- Extinktionskoeffizienten, 83
- Flugzeit, mittlere, 13
- Frequenzdomäne, 24
- Galea aponeurotica, 79
- Hämoglobin
  - Def., 92
  - Spektren, 84
- Hauptwertzerlegung, 58
- Henry-Greenstein Phasenfunktion, 9
- Hintergrundeigenschaften, 64
- Hirnhaut, 79
- Intensitätsprofil, 23
- klinische Anwendung
  - Pulsoxymetrie, 100
  - Sauerstoffsättigung, 99
  - zerebraler Blutfluss, 101
- Kompartiment, 15
- Kopfhaut, 77
- Lipide, 84
- Liquorraum
  - Definition, 80
  - optische Eigenschaften, 81
- Medium, trübes, 3
- Mie-Streuung, 8
- Nahinfrarotspektroskopie, 2
- NIRS, 2

- Oxyhämoglobin, 92
- Pfadlänge, mittlere partielle , 51
- Pfadlangenfaktor, 45
- Phasenfunktion, 8, 9
- Photonenrauschen, 12
- pulsatil, 96
- Pulsoxymetrie
  - allgemein, 100
  - am Kopf, 124
- Regularisierung, 60
- Residuen, gewichtete, 22
- Sättigungsparameter, 95
- Sauerstoffpartialdruck, 92
- Sauerstoffsättigung, 92
- Sauerstoffsättigung, partielle , 93
- Schädel, 79
- Schichtphantom, 62
- Schwarte, *siehe* Skalp 77
- Sensitivitätsfaktor der mittleren
  - Flugzeit, 56
- singular value decomposition, *siehe*
  - Hauptwertzerlegung 58
- Skalp, 77
- Streukoeffizient, effektiver, 10
- Streukoeffizient, reduzierter, *siehe*
  - Streukoeffizient, effektiver
- Streuung
  - Ursache, 85
- Streuwinkel, 9
- Streuwirkungsquerschnitt, 8
- Substanz, graue, 80
- Substanz, weiße, 80
- SVD, *siehe* Hauptwertzerlegung 58
- Tiefenauflösung
  - MPP, 51
  - Prinzip, 47
  - zeitabhängige MPP, 51
- Ulbrichkugel, 75
- Valsalva-Manöver, 111
- Vorwärtsstreuung, 9
- Weglänge, freie, 9
- Y, 95