
essentials

Essentials liefern aktuelles Wissen in konzentrierter Form. Die Essenz dessen, worauf es als „State-of-the-Art“ in der gegenwärtigen Fachdiskussion oder in der Praxis ankommt. Essentials informieren schnell, unkompliziert und verständlich.

- als Einführung in ein aktuelles Thema aus Ihrem Fachgebiet
- als Einstieg in ein für Sie noch unbekanntes Themenfeld
- als Einblick, um zum Thema mitreden zu können.

Die Bücher in elektronischer und gedruckter Form bringen das Expertenwissen von Springer-Fachautoren kompakt zur Darstellung. Sie sind besonders für die Nutzung als eBook auf Tablet-PCs, eBook-Readern und Smartphones geeignet.

Essentials: Wissensbausteine aus den Wirtschafts, Sozial- und Geisteswissenschaften, aus Technik und Naturwissenschaften sowie aus Medizin, Psychologie und Gesundheitsberufen. Von renommierten Autoren aller Springer-Verlagsmarken.

Rolf Theodor Borlinghaus

Unbegrenzte Lichtmikroskopie

Über Auflösung und
Super-Hochauflösung und die Frage,
ob man Moleküle sehen kann



Springer Spektrum

Dr. rer. nat. Rolf Theodor Borlinghaus
Sinsheim-Eschelbach
Deutschland

ISSN 2197-6708
essentials

ISBN 978-3-658-09873-5

DOI 10.1007/978-3-658-09874-2

ISSN 2197-6716 (electronic)

ISBN 978-3-658-09874-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

*to my friend and unintentional mentor
Lee D. Peachey*

Was Sie in diesem Essential finden können

- Eine Einführung zu den Grenzen der klassischen Lichtmikroskopie.
- Wie man aus einzelnen Molekülbildern ein ganzes Bild malen kann.
- Weniger ist mehr: Warum es hilft, angeregte Moleküle zu löschen, bevor sie sichtbar werden.

Vorwort

Das menschliche Auge ist das Ergebnis evolutionärer Entwicklungen von einigen 100 Mio. Jahren. Die Größe der Pupille, die Adaptationsfähigkeit der Linse und die Sensordichte auf der Netzhaut bestimmen, wie genau wir Details wahrnehmen können. Das Auge ist ein ganz großartiges und bewundernswertes Instrument, aber unsere optische Erkenntnisfähigkeit endet bei Strukturen von etwa 1/10 mm. Mehr brauchte man auch nicht, um im Alltag zu überleben – jedenfalls nicht im Alltag vor der Renaissance.

Optische Sehhilfen sind heute aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken, ob es nun die Brille für die nachlassende Lesefähigkeit oder die Kamera am mobilen Telefon ist, wir trauen unseren Augen nicht mehr so ohne weiteres. In der Forschung hat sich das Lichtmikroskop als Sehhilfe in den letzten 200 Jahren immer unentbehrlicher gemacht, und es wurde viel darüber nachgedacht, bis zu welchen Strukturgrößen man mit solchen Geräten vordringen kann. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts kennt man die Grenzen der optischen Auflösung in Lichtmikroskopen: 0,2 μm . Bald wurde die These, dass diese Größe mit einem Lichtmikroskop nicht unterschritten werden kann, zu einem Dogma und mit einer grundsätzlichen Grenze verwechselt, die durch „lichtgetriebene“ Geräte nicht passierbar sei. Mit anderen Geräten, etwa mit Elektronenmikroskopen, kann man noch viel kleinere Dinge erkennen, nochmals um tausendmal kleiner. Aber das ist eben nicht mehr Lichtmikroskopie.

Der Nobelpreis für Chemie 2014 wurde genau dafür vergeben: Die Grenze der optischen Auflösung wurde unterschritten. Das hört sich zunächst nach einem Widerspruch in sich an: Dann war es wohl doch nicht die Grenze? Bei genauerem Hinsehen wird die Lösung klar: Die optische Auflösungsgrenze der klassischen Mikroskopie bleibt, wo sie ist, aber es gibt pfiffige Methoden, die unter bestimmten Bedingungen mit dem Lichtmikroskop als Hilfswerkzeug noch viel kleinere Details „sichtbar“ machen können.

In diesem Büchlein wird zunächst Licht in die Diskussion zur Auflösung der klassischen Mikroskopie gebracht. Anschließend sollen zwei Methoden verständlich dargestellt werden, die „superhochaufgelöste“ Mikroskopie ermöglichen. Eben jene, die mit dem Nobelpreis gewürdigt wurden.

Rolf T Borlinghaus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Die Auflösung des klassischen Lichtmikroskopes	1
1.2	Superauflösung durch Positionsbestimmung von Einzelmolekülen	1
1.3	Superauflösung durch Verkleinerung des „Lichtfingers“	2
2	Was ist Auflösung?	3
2.1	Textur und Gitter	5
2.2	Leuchtende Punkte	11
2.3	Halbwertsbreite	14
2.4	Was stimmt nun?	15
3	Mikroskopische Glühwürmchen	17
3.1	Aufregung um Abregung	17
3.2	Bilder einer Anregung	19
4	Ortung auf molekularer Ebene	23
4.1	Von ganz kleinen Fehlern	23
4.2	Die Zeit-Lupe	25
5	Weniger ist mehr	29
5.1	Einstein	30
5.2	Bagel	31
5.3	Nullstellen und hohe Leistung	32
6	RESOLFT	35

Zusammenfassung	37
Was Sie aus diesem Essential mitnehmen können	39
Literatur	41

Über den Autor



Rolf T Borlinghaus wurde 1988 bei Prof. Dr. Peter Läger am Institut für Biophysik in Konstanz promoviert und bekleidet heute eine Teilzeit-Position bei Leica Microsystems CMS in Mannheim als Senior Scientist. Daneben betätigt er sich als freier Autor, Feldbotaniker und Lebenskünstler.