

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Weil Physik schwer ist?

Zu: „Die Besten für das Lehramt gewinnen“ von Edward Krubasik, Dezember 2014, S. 3

Krubasiks Ausführungen, wie denn die Besten zu gewinnen sind, bringen mich zum Nachdenken und erwecken in mir das Bedürfnis nach tieferer Klärung. Krubasik schreibt: „Dass Physik zudem als schwieriges Fach gilt, führt insgesamt zu einem eklatanten Physiklehrermangel ...“ Was wäre denn die Folgerung daraus? Soll man mehr Physiklehrer dadurch gewinnen, dass man der Physik einen Anstrich von mehr Einfachheit gibt? Wäre es stattdessen nicht lohnenswert, einmal die These zu untersuchen, dass sich die Besten für die Physik entscheiden, weil sie schwer ist?

Krubasik schreibt: „Wir brauchen gut ausgebildete Physiklehrende. Dazu kann helfen, Betreuungsquoten im Studium weiter zu verbessern, um die Abbrecherquote zu reduzieren.“ Unbedingte Zustimmung zur Verbesserung der Betreuungsquoten! Wozu aber die Reduzierung der Abbrecherquoten? Die Besten werden doch nicht unter denjenigen zu finden sein, die unter den jetzigen Studienbedingungen ihr Studium abbrechen!

Krubasik schreibt: „Mathematik ist die Sprache der Physik.“ Zustimmung! Kann die hohe Abbrecherquote dadurch zustande kommen, dass dieser Sachverhalt in der Schule zu sehr verschwiegen wird? Wäre es nicht erstrebenswerter, in der Schule ein realistischeres Bild von der Physik zu vermitteln? Aber dann gilt die Physik als schwer – siehe oben!

Krubasik schreibt, dass „erfahrungsgemäß“ Kinder mit Migrationshintergrund besonders häufig für Technik und Naturwissenschaften zu begeistern sind. Was bedeutet hier erfahrungsgemäß? Lässt sich diese Aussage empirisch belegen? Wenn ja, gibt es eine Theorie, die aus dieser Korrelation eine Kausalität macht? Und bestehen Unterschiede zwischen verschiedenen Herkunftsländern?

Ralf Wambach

Abbe und das Nahfeld

Zu: „Abbe ausgetrickst“ von J. Bewersdorf, Ch. Eggeling und T. A. Klar, Dezember 2014, S. 23

Abbes Beugungsgrenze wurde bereits Anfang der 80er-Jahre „ausgetrickst“, und zwar durch das Nahfeld-Optische-Mikroskop (NFO). Das 1981/82 im IBM Forschungslabor Zürich entwickelte Gerät löste zum ersten Mal Details von rund $20 \text{ nm} \approx \lambda/20$ auf, also weit jenseits der Beugungsgrenze [1, 2]. In der Folge wurde gezeigt, dass solche sub-mikroskopische Auflösung für verschiedene Arten von optischer NFO-Mikroskopie möglich ist (z. B. [3]), auch in Fluoreszenz. Zwar ist NFO auf Oberflächen beschränkt, aber es setzt das Objekt nicht einer starken Bestrahlung aus. Dieser Quantensprung der Mikroskopie wird in dem historischen Teil des Artikels leider nicht erwähnt.

Wie tief das Abbe-Limit auch 1985 noch in den Köpfen der Mikroskopiker verwurzelt war, musste ich bei einem Vortrag bei der Tagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) erfahren. Ich stieß auf blanke Ablehnung, als ich Transmissions-Aufnahmen mit 20 nm kleinen Details zeigte. Ein in Würde ergrauter Optiker brachte es auf den Punkt: „Junger Mann, haben Sie noch nie etwas von der Abbeschen Grenze gehört?!“ Sagte es und begann mit seinem Nachbarn ein lautes Gespräch ...

Auch U. Ch. Fischer, der aus einer anderen Tradition das Thema anging, konnte sub-mikroskopische Auflösung mit Reflexions-Nahfeldmikroskopie nachweisen [4] – und zwar am MPI für biophysikalische Chemie in Göttingen, der heutigen Heimat des STED. Gemeinsam zeigten wir in der Folge die wichtige Rolle auf, die Protrusionen und Plasmonen in der Nahfeldoptik spielen [5].

Der Beitrag der Nahfeld-Optik sollte fairerweise in die Geschichte vom Überschreiten des Abbeschen Limit aufgenommen werden, zumal er am Anfang der Entwicklung von Nano-Optik, Plasmonik und optischen Antennen steht [6]. Diese sind aufstrebende Forschungsge-

biete der Optik. STED und PALM stehen in enger Beziehung dazu.

Dieter W. Pohl

- [1] D. W. Pohl, Patent EP0112401, US4,604,520
- [2] D. W. Pohl, W. Denk und M. Lanz, Appl. Phys. Lett. **44**, 651 (1984); D. W. Pohl, W. Denk und U. Dürig, SPIE **565**, 56 (1985)
- [3] A. Zayats und D. Richards (Hrsg.), Nano-Optics and Near-Field Optical Microscopy, Artech House, London (2009)
- [4] U. Ch. Fischer, J. Vac. Sci. Technol. **B3**(1), 386 (1985)
- [5] U. Ch. Fischer und D. W. Pohl, Phys. Rev. Lett. **62**, 458 (1989)
- [6] vgl. D. W. Pohl, Physik Journal, August/September 2013, S. 35 (Stern-Gerlach-Preisträgerartikel)

Erwiderung von J. Bewersdorf, Ch. Eggeling und T. A. Klar

Liest man die Originalarbeit von Ernst Abbe, so kann eigentlich kein Zweifel daran bestehen, dass Abbe sich ausschließlich auf die Fernfeldoptik bezieht. Dies ist implizit darin erkennbar, dass er immer wieder auf die Abbildung durch Linsen und Objektive verweist, und explizit daran, dass er sich auf die Fraunhofer-Beugung beruft. Mithin kann unserer Meinung nach von einem „echten“ Austricksen auch nur dann gesprochen werden, wenn dies in der Fernfeldmikroskopie geschieht. Dies zu beleuchten war Absicht unseres Artikels, nicht jedoch die unbestreitbaren Erfolge der Nahfeldmikroskopie zu schmälern.

Dennoch lohnt ein Blick in die Begründung des Nobelkomitees, weshalb der Nobelpreis für die Erfindung von PALM und STED vergeben wurde und nicht für die Erfindung der Nahfeldmikroskopie. Måns Ehrenberg befindet in der wissenschaftlichen Laudatio zum Nobelpreis über die Nahfeldmikroskopie [1]: „... the implementation of this technique remains technically cumbersome and its applications have remained limited to surface studies.“ Im weiteren Verlauf dieser Laudatio wird auch klar, dass Eric Betzig den Nobelpreis für die Erfindung der (Fernfeld-)PALM-Mikroskopie erhalten hat und explizit nicht für seine Beiträge zur Nahfeldmikroskopie. Dennoch ist es aus unserer Sicht durchaus bedauerlich,

Ralf Wambach,
Willich

Prof. Dr. Dieter W.
Pohl, Adliswil,
Schweiz

dass zur Nahfeldmikroskopie in der Laudatio nur zwei (vergleichsweise späte) Arbeiten von Betzig zitiert werden, nicht jedoch die früheren Arbeiten zur Nahfeldmikroskopie, insbesondere nicht die von Kollegen Pohl, Denk und Lanz [2] sowie von Lewis, Isaacson, Harootunian und Muray [3]. Deshalb sei hier nochmal kurz die frühe Nahfeldmikroskopie skizziert.

Bei mechanischen Wellen ist eine Auflösung weit unterhalb der Wellenlänge schon lange eine Selbstverständlichkeit. Ärzte können mit ihren Stethoskopen die Lage des Herzens auf 10 cm genau bestimmen, obwohl sie Schallwellen von bis zu 100 m Wellenlänge abhören (dies war sicherlich auch Ernst Abbe bekannt). Die moderne Ultraschalluntersuchung ist noch um einiges genauer. Konsequenterweise haben Pohl, Denk und Lanz ihre legendäre Veröffentlichung zur Nahfeldmikroskopie von 1984 auch mit „Optical stethoscopy“ überschrieben [2].

Doch auch im Bereich der elektromagnetischen Wellen ist die „Nahfeldauflösung“ seit langem bekannt: E. A. Synge hat 1928 postuliert, dass durch ein Loch in einem Metallfilm mit einem Durchmesser im sub-Wellenlängenbereich Strukturen mit Abmessungen kleiner als die der Wellenlänge auflösbar sein sollten [4]. Realisiert wurde ein Nahfeldmikroskop für elektromagnetische Wellen im Zentimeterbereich im Jahr 1972 durch E. A. Ash und G. Nicholls [5]. Diese zeigten bereits eine Auflösung unterhalb eines Millimeters, konkret $\lambda/60$. Doch obwohl die Nahfeldauflösung bei akustischen Wellen und elektromagnetischen Radiowellen quasi Allgemeinwissen, und die Nahfeldmikroskopie für Zentimeterwellen gezeigt war, kam es nun, wie Dieter Pohl eindrücklich schildert, zum vehementen Widerstand gegen die Nahfeldauflösung, just in dem Moment, in dem das Adjektiv „optisch“ auftaucht. Erklärbar ist das nur dadurch, dass das „Abbe-

sche Limit“ – von vornherein, siehe oben, nur für die Fernfeldoptik entwickelt – sich so tief in alle Köpfe eingebrannt hat, dass es nicht nur in der Fernfeldoptik, sondern auch in der Nahfeldoptik offensichtlich ein Denkverbot bewirkte. Dies sollte uns allen zur Mahnung reichen, immer wieder die aktuell akzeptierten Theorien zu hinterfragen und insbesondere freie und grundlegende Forschung gegenüber der reinen Weiterentwicklung und Anwendung nicht zu kurz kommen zu lassen – heißt letztlich auch: zu finanzieren.

- [1] *M. Ehrenberg*, Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2014: Super-Resolved Fluorescence Microscopy, The Royal Swedish Academy of Science, Stockholm (2014)
- [2] *D. W. Pohl, W. Denk und M. Lanz*, Appl. Phys. Lett. **44**, 651 (1984)
- [3] *A. Lewis et al.*, Ultramicroscopy **13**, 227 (1984)
- [4] *E. A. Synge*, Philosophical Magazine **6**, 356 (1928)
- [5] *E. A. Ash und G. Nicholls*, Nature **237**, 510 (1972)