Tilman Butz

Fouriertransformation für Fußgänger

Tilman Butz

Fouriertranformation für Fußgänger

3., durchgesehene und erweiterte Auflage

Teubner

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Tilman Butz
Geboren 1945 in Göggingen/Augsburg. Ab 1966 Studium der Physik an der Technischen Universität München, Diplom 1972, Promotion 1975, Habilitation 1985; von 1985 bis 1992 wissenschaftlicher Assistent. Seit 1993 Professor für Experimentalphysik an der Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften.
e-mail: butz@physik.uni-leipzig.de
http://www.uni-leipzig.de/~nfp/butz/butz.html

Abbildungen: H. Gödel, T. Soldner (1.2, 1.5), H. Dietze (1.3, 1.10), Dr. T. Reinert (3.11), St. Jankuhn (4.24)

1. Auflage 1998
2. Auflage 2000
3., überarbeitete und erweiterte Auflage Oktober 2003

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN 978-3-519-20202-8 ISBN 978-3-322-92662-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-92662-3

Für Renate
Raphaela
Florentin

Vorwort

Fouriertransformation[1] für Fußgänger. Für *Fußgänger*? Zu diesem Titel inspirierte mich das berühmte Buch von Harry J. Lipkin „Beta-decay for Pedestrians"[2], in dem so schwierige physikalische Probleme der schwachen Wechselwirkung wie Helizität und Paritätsverletzung für „Fußgänger" anschaulich erläutert werden. Im Gegensatz dazu kommt man bei der diskreten Fouriertransformation mit den vier Grundrechenarten aus, die jeder Schüler beherrschen sollte. Da es sich auch noch um einen linearen Algorithmus[3] handelt, dürfte es eigentlich ebensowenig Überraschungen geben wie bei der vielzitierten „Milchmädchenrechnung". Dennoch hält sich im Zusammenhang mit Fouriertransformationen hartnäckig das Vorurteil, dabei könne Information verlorengehen oder man könnte Artefakten aufsitzen; jedenfalls sei diesem mystischen Zauberspuk nicht zu trauen. Solche Vorurteile haben ihre Wurzeln häufig in schlechten Erfahrungen, die man bei der – unsachgemäßen – Verwendung fertiger Fouriertransformationsprogramme oder -hardware gemacht hat.

Dieses Buch wendet sich an alle, die als Laien – als Fußgänger – einen behutsamen und auch amüsanten Einstieg in die Anwendung der Fouriertransformation suchen, ohne dabei mit zuviel Theorie, mit Existenzbeweisen und dergleichen konfrontiert werden zu wollen. Es ist geeignet für Studenten der naturwissenschaftlichen Fächer an Fachhochschulen und Universitäten, aber auch für „nur" interessierte Computerfreaks. Ebenso eignet es sich für Studenten der Ingenieurwissenschaften und für alle Praktiker, die mit der Fouriertransformation arbeiten. Elementare Kenntnisse in der Integralrechnung sind allerdings wünschenswert.

Wenn sich durch dieses Buch Vorurteile vermeiden oder gar abbauen lassen, dann hat sich das Schreiben schon gelohnt. Hier wird gezeigt, wie es „funktioniert". Die Fouriertransformation wird generell nur in einer Dimension be-

---

[1] Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), französischer Mathematiker und Physiker.

[2] H. J. Lipkin, Beta-decay for Pedestrians. Amsterdam: North-Holland Publ. 1962.

[3] Integration und Differentiation sind lineare Operatoren. Dies ist in der diskreten Version (Kapitel 4) sofort einsichtig und gilt natürlich auch beim Übergang zur kontinuierlichen Form.

handelt. In Kapitel 1 werden als Einstieg Fourierreihen vorgestellt und dabei wichtige Sätze bzw. Theoreme eingeführt, die sich wie ein roter Faden durch das ganze Buch ziehen. Wie es sich für Fußgänger gehört, werden natürlich auch „Fußangeln" erläutert. Kapitel 2 behandelt kontinuierliche Fouriertransformationen in großer Ausführlichkeit. Sehr umfangreich werden in Kapitel 3 die Fensterfunktionen diskutiert, deren Verständnis essentiell für die Vermeidung enttäuschter Erwartungen ist. In Kapitel 4 werden diskrete Fouriertransformationen unter besonderer Berücksichtigung des Cooley-Tukey-Algorithmus (Fast Fourier Transform, FFT) besprochen. Kapitel 5 bringt schließlich ein paar nützliche Beispiele für die Filterwirkung einfacher Algorithmen. Hier wurden aus der riesigen Stoffülle nur solche Themen aufgegriffen, die bei der Datenaufnahme bzw. -vorverarbeitung relevant sind und oftmals unbewußt ausgeführt werden. Die Spielwiese im Anhang bietet die Möglichkeit, das Gelernte an einigen nützlichen Beispielen auszuprobieren, und zugleich soll sie die Lust für die Entwicklung eigener Ideen wecken.

Dieses Buch entstand aus einem Manuskript für Vorlesungen an der Technischen Universität München und an der Universität Leipzig. Es hat daher einen starken Lehrbuchcharakter und enthält viele Beispiele – oft „per Hand" nachzurechnen – und zahlreiche Abbildungen. Zu zeigen, daß ein deutschsprachiges Lehrbuch auch amüsant und unterhaltsam sein kann, war mir ein echtes Anliegen, denn Strebsamkeit und Fleiß alleine können Kreativität und Phantasie töten. Es muß auch Spaß machen und sollte den Spieltrieb fördern. Die beiden Bücher „Applications of Discrete and Continuous Fourier Analysis"[4] und „Theory of Discrete and Continuous Fourier Analysis"[5] haben die Gliederung und den Inhalt dieses Buches stark beeinflußt und sind als Zusatzlektüre – speziell für „Theoriedurstige" – zu empfehlen. Für die vielen neudeutschen Ausdrücke wie z.B. „sampeln" oder „wrappen" entschuldige ich mich im voraus und bitte um Milde.

Dank gebührt Frau U. Seibt und Frau K. Schandert sowie den Herren Dipl.-Phys. T. Reinert, T. Soldner und St. Jankuhn, insbesondere aber Herrn Dipl.-Phys. H. Gödel für die mühevolle Arbeit, aus einem Manuskript ein Buch entstehen zu lassen. Anregungen, Anfragen und Änderungsvorschläge sind erwünscht.

Viel Spaß beim Lesen, Spielen und Lernen.

Leipzig, Mai 1998 T. Butz

[4]H. J. Weaver, Applications of Discrete and Continuous Fourier Analysis. New York: A Wiley-Interscience Publication, JOHN WILEY & SONS 1983.

[5]H. J. Weaver, Theory of Discrete and Continuous Fourier Analysis. New York: JOHN WILEY & SONS 1989.

Vorwort zur zweiten Auflage

Bei der Durchsicht der ersten Auflage sind einige Fehler gefunden worden, die in der zweiten Auflage korrigiert wurden. Ich danke insbesondere für Hinweise von aufmerksamen Lesern, auch für Hinweise per e-mail. Anregungen, Anfragen und Hinweise sind weiterhin erwünscht.

Leipzig, Dezember 1999 T. Butz

Vorwort zur dritten Auflage

Zu der ersten und zweiten Auflage des Buches sind zahlreiche Hinweise, Anfragen und Anregungen von aufmerksamen Lesern eingegangen, auch per e-mail, für die ich mich sehr bedanke. Besonderer Dank gebührt Herrn Dipl.-Phys. St. Jankuhn für sein akribisches Korrekturlesen; die Hinweise wurden in der dritten Auflage berücksichtigt. Außerdem wurden einige Änderungen und Erweiterungen vorgenommen, insbesondere in den Kapiteln 2.3, 2.4, 3, 4.7 und 5.2, die zum Teil aus intensiven e-mail Diskussionen über bestimmte Formulierungen resultierten. Anregungen, Anfragen und Hinweise sind weiterhin erwünscht.

Leipzig, Juli 2003 T. Butz

Inhalt