Physik mit Python

Oliver Natt

Physik mit Python

Simulationen, Visualisierungen und Animationen von Anfang an

2. Auflage

Springer Spektrum

Oliver Natt
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm
Nürnberg, Deutschland

ISBN 978-3-662-66453-7 ISBN 978-3-662-66454-4 (eBook)
https://doi.org/10.1007/978-3-662-66454-4

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

Planung/Lektorat: Gabriele Ruckelshausen
Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Es ist weitgehend unbestritten, dass der Computer zu einem nahezu unverzichtbaren Werkzeug in den Ingenieur- und Naturwissenschaften geworden ist, und auch in den allgemeinbildenden Schulen wird mit größer werdendem Druck eine Digitalisierung des Unterrichts gefordert. An Universitäten und Hochschulen werden schon seit längerer Zeit viele Lehrveranstaltungen über Physik durch Computergrafiken, -animationen und -simulationen ergänzt. Dabei werden die oftmals schönen Animationen zwar von den Studierenden mit Begeisterung aufgenommen, der Erkenntnisgewinn durch das bloße Betrachten der Animationen ist dagegen oft gering.

Im Gegensatz dazu berichten Lehrende immer wieder, dass sie selbst beim Erstellen der Animationen und Grafiken erstaunlich viel hinzulernen. Es klingt daher verlockend, entsprechende Programmieraufgaben zu stellen, damit nicht dem Lehrenden, sondern den Studierenden dieser Lernerfolg zuteilwird. Leider scheitert dies oft an den Programmierkenntnissen. Die Tatsache, dass unser Alltag in hohem Maße von digitalen Geräten durchdrungen ist, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die wenigsten Studierenden zu Beginn ihres Studiums mit irgendeiner Programmiersprache wirklich so vertraut sind, dass sie diese auf Anhieb dazu verwenden können, um ein gegebenes Problem zu lösen. Es stellt sich somit die Frage nach einem geeigneten didaktischen Ansatz, um in die Benutzung des Computers zur Lösung von naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen einzuführen.

Ein sicherlich extremer Standpunkt, der zum Teil in den Ingenieurwissenschaften vertreten wird, geht davon aus, dass es völlig ausreichend sei, wenn man die entsprechenden Simulationsprogramme bedienen kann. Es zeigt sich allerdings immer wieder, dass die meisten Menschen mit professionellen Simulationsprogrammen völlig überfordert sind, wenn sie nicht wenigstens eine grobe Idee davon haben, wie die Programme eigentlich funktionieren.

Der andere Standpunkt, der in vielen Büchern über Computerphysik oder Computational Physics vertreten wird, besteht darin, dass man zunächst einmal jede einzelne numerische Methode von der Pike auf lernen muss, bevor man diese sinnvoll anwenden kann. Es ist unbestritten wichtig, sich mit den numerischen Methoden tiefgehend auseinanderzusetzen, wenn man ernsthaft Computerphysik betreiben möchte. Für viele Studierende ist dies aber kein geeigneter Einstieg, da man auf diese Weise erst relativ spät dazu in der Lage ist, komplexere physikalische Probleme zu bearbeiten.

Vergleichen wir die Situation einmal mit einem völlig anderen Lehrgebiet: In der Schulmathematik wird das Rechnen mit reellen Zahlen ganz intuitiv gelehrt. Es würde sicherlich niemand auf die Idee kommen, den ersten Kontakt mit den reellen Zahlen über eine axiomatische Einführung herzustellen. Genauso sollte man beim wissenschaftlichen Rechnen zunächst einmal Problemlösungsstrategien verinnerlichen. Man benötigt einen intuitiven Zugang dafür, wie man überhaupt ein physikalisches Problem in ein Computerprogramm übersetzen kann, sowie einige Erfahrungen, wie man die Ergebnisse der eigenen Computerprogramme auf Plausibilität überprüfen kann. Man muss wissen, wie man die Ergebnisse der eigenen Programme grafisch ansprechend aufbereitet, und nicht zuletzt muss man eine geeignete Programmiersprache beherr-

schen. Erst danach kann man (und dann sollte man auch) tiefer einsteigen und sich intensiver mit der zugrunde liegenden numerischen Mathematik beschäftigen.

An der TH Nürnberg erhalten die Studierenden des Studiengangs »Angewandte Mathematik und Physik« bereits in den ersten beiden Semestern eine grundlegende Einführung in Programmiertechniken. Im dritten Semester wird ein Simulationsseminar angeboten, in dem die Studierenden während eines Semesters – meistens in einer Zweiergruppe – an einem Simulationsthema arbeiten. Die dabei von den Studierenden erzielten Ergebnisse begeistern immer wieder aufs Neue, und auch die Studierenden geben sehr viele positive Rückmeldungen zu dieser Lehrveranstaltung, die oft noch am Ende des Bachelorstudiums als ein »Highlight des Studiengangs« bezeichnet wird.

Dieses Buch soll mehr Studierende für das Thema Computerphysik begeistern, indem die oben beschriebene inhaltliche und didaktische Herangehensweise weiterverfolgt wird. Anhand typischer Fragestellungen aus der klassischen Mechanik wird ein praxisorientierter Einstieg in das Thema Computersimulationen gegeben.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Frau Anja Dochnal und Frau Anja Groth für die gute Betreuung vonseiten des Springer-Verlages sowie bei Frau Margit Maly für die vielen hilfreichen Diskussionen bedanken. Ein besonderer Dank gebührt darüber hinaus den Kolleginnen und Kollegen der Fakultät »Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften« der TH Nürnberg, die mir durch Entlastung bei einigen Lehrveranstaltungen den Freiraum zum Schreiben dieses Buches gewährt haben. Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Studenten, Frau Anja Mödl und Herrn Andreas Nachtmann, sowie bei Fabian Steinmeyer für das Durcharbeiten des Manuskripts und viele hilfreiche Vorschläge bedanken.

Gegenüber der ersten Auflage dieses Buchs wurden einige Fehler beseitigt, und an zahlreichen Stellen wurden kleinere Ergänzungen und Verbesserungen vorgenommen. Bei den vielen Leserinnen und Lesern der ersten Auflage bedanke ich mich ganz herzlich für die entsprechenden Hinweise. Darüber hinaus habe ich in dieser Auflage die Programme nicht nur an den aktuellen Stand der Entwicklung angepasst, sondern auch etwas mehr Wert auf formale Aspekte des Programmierens gelegt: Missverständliche Variablennamen in den Programmen wurden geändert und alle Funktionen sind jetzt durchgehend mit Docstrings versehen. Um das Buch für den Einstieg in das Programmieren noch attraktiver zu machen, wurde das einführende Kapitel über Python in zwei Kapitel aufgeteilt, sodass schon direkt nach der Einführung in die Programmiersprache einige Übungsaufgaben gestellt werden können, bevor die Bibliotheken NumPy und Matplotlib besprochen werden. Ein zusätzliches Kapitel am Ende des Buches bietet darüber hinaus einen Einblick, wie man objektorientierte Programmiermethoden für die Simulation physikalischer Probleme einsetzen kann.

Nürnberg, im November 2022 Oliver Natt

Inhaltsverzeichnis