



LEHRBUCH

Thomas Dandekar
Meik Kunz

Bioinformatik

Ein einführendes Lehrbuch

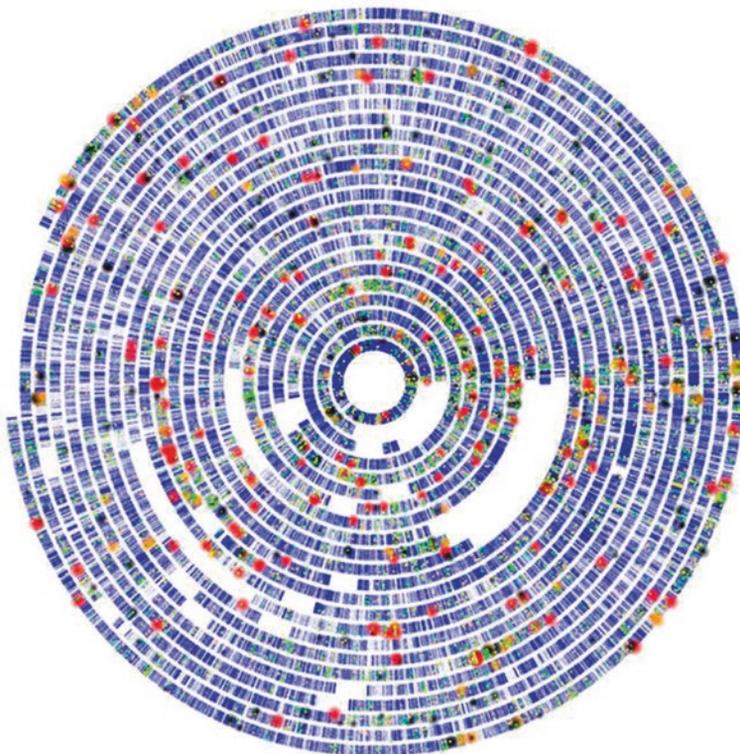
2. Auflage



Springer Spektrum



Bioinformatik



Kein schwarz-weiß: Faszinierende Schattierungen der Individualität. In dieser künstlerischen Darstellung werden alle Varianten eines gesunden Menschen (Identifier: NA12878) angezeigt. Sie sind auf mehreren Kreisen, die für die verschiedenen Chromosomen stehen, nach ihrer Position auf dem Chromosom organisiert. Die Größe und Farbe der Varianten wurde gemäß der Schwere des *Impakts* auf die Funktion des Genoms ausgewählt. Man kann beispielsweise die vielen grauen Varianten sehen, die auf kein Gen fallen und deswegen schwer einzuordnen sind. Im Gegensatz dazu stehen die schwarzen und dunklen Varianten, die einen schweren Fehler in den betroffenen Genen verursachen. Dies zeigt, wie auch bei gesunden Menschen eine beachtliche Anzahl von Gendefekten gefunden werden kann

Thomas Dandekar · Meik Kunz

Bioinformatik

Ein einführendes Lehrbuch

2. Auflage

 **Springer** Spektrum

Thomas Dandekar
Department of Bioinformatics
Universität Würzburg
Würzburg, Deutschland

Meik Kunz
Lehrstuhl für Medizinische Informatik
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Erlangen, Deutschland

ISBN 978-3-662-62398-5 ISBN 978-3-662-62399-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62399-2>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2017, 2021

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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Wolf

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

Inhaltsverzeichnis

Teil I Wie funktioniert Bioinformatik?

1	Sequenzanalyse: Die Sprache des Lebens entziffern	3
1.1	Wie starte ich meine Bioinformatikanalyse? Nützliche Links und Tools	7
1.2	Proteinanalysen sind einfach mit dem richtigen Tool	14
1.3	Übungsaufgaben zum 1. Kapitel	20
	Literatur.	24
2	Magische RNA	27
2.1	RNA-Sequenzen sind biologisch aktiv	27
2.2	Analyse von RNA-Sequenz, -Struktur und -Funktion.	30
2.3	Übungsaufgaben zum 2. Kapitel	33
	Literatur.	37
3	Genome – molekulare Landkarten von Lebewesen	39
3.1	Genome sequenzieren – Genome buchstabieren	39
3.2	Das Humangenom entziffert	42
3.3	Ein Steckbrief des Humangenoms	43
3.4	Übungsaufgaben zum 3. Kapitel	46
	Literatur.	49
4	Stoffwechsel modellieren und neue Antibiotika finden	51
4.1	Wie kann ich den Stoffwechsel bioinformatisch modellieren?	52
4.2	Nützliche Werkzeuge zur Stoffwechselmodellierung	55
4.3	Übungsaufgaben zum 4. Kapitel	57
	Literatur.	59
5	Systembiologie und Krankheitsursachen aufdecken	61
5.1	Anwendungsbeispiel: Wie kommt es bei Phosphorylierung zur Herzschwäche?	62

5.2	Generalisierung: Wie baut man ein systembiologisches Modell?	67
5.3	Übungsaufgaben zum 5. Kapitel	73
	Literatur.	78
Teil II Wie verstehe ich Bioinformatik?		
6	Superschnelle Sequenzvergleiche erkennen, welche Moleküle vorliegen	83
6.1	Schnelles Suchen: BLAST als Beispiel für eine heuristische Suche	84
6.2	Pflege von Datenbanken und Beschleunigung von Programmen	85
6.3	Übungsaufgaben zum 6. Kapitel	90
	Literatur.	91
7	Signalkaskaden durch Messen der kodierten Information besser verstehen	93
7.1	Kodieren mit Bits.	93
7.2	Die verschiedenen Ebenen der Kodierung	95
7.3	Kodierung besser verstehen	96
7.4	Übungsaufgaben zum 7. Kapitel	98
	Literatur.	100
8	Wann hört ein Computer zu rechnen auf?	103
8.1	Wann wird es denn für den Computer schwierig?	104
8.2	Komplexität und Rechenzeit einiger Algorithmen.	106
8.3	Informatische Lösungsansätze für rechenintensive Bioinformatikprobleme	107
8.4	NP-Probleme sind nicht leicht zu fassen	109
8.5	Übungsaufgaben zum 8. Kapitel	111
	Literatur.	113
9	Komplexe Systeme verhalten sich grundsätzlich ähnlich	115
9.1	Komplexe Systeme und ihr Verhalten	115
9.2	Komplexe Systeme durch Omics-Techniken erschließen	120
9.3	Typische Verhaltensweisen von Systemen.	123
9.4	Systemingredienzien: Emergenz, modularer Bau, positive und negative Signal-Rückgabe-Schleifen	126
9.5	Pioniere der Systemwissenschaften	128
9.6	Welche Systembiologie-Software kann ich nehmen?	131
9.7	Übungsaufgaben zum 9. Kapitel	133
	Literatur.	135

10 Evolution mit dem Computer besser vergleichen	137
10.1 Wie würde ein Kurzüberblick über die Evolution von der Entstehung des Lebens bis heute aussehen?	138
10.2 Evolution betrachten: konservierte und variable Bereiche	142
10.3 Evolution messen: Sequenz und Sekundärstruktur	143
10.4 Evolution beschreiben: phylogenetische Stammbäume	145
10.5 Proteinevolution: Domänen erkennen	147
10.6 Übungsaufgaben zum 10. Kapitel	150
Literatur	152
11 Design-Prinzipien einer Zelle	155
11.1 Bioinformatik bringt einen Überblick über das Design einer Zelle. ...	156
11.2 Bioinformatik zeigt Detaileinblicke über die Molekularbiologie der Zelle	157
11.3 Übungsaufgaben zum 11. Kapitel	164
Literatur	170
 Teil III Was ist das magisch Faszinierende an Bioinformatik?	
12 Leben entwickelt immer neue Information im Dialog mit der Umwelt ...	175
12.1 Molekulare Wörter geben immer nur im Kontext der Zelle einen Sinn	176
12.2 Druckfehler werden in der Zelle ständig wegselektiert	180
12.3 Übungsaufgaben zum 12. Kapitel	185
Literatur	186
13 Leben erfindet immer neue Ebenen der Sprache	189
13.1 Die verschiedenen Sprachen und Codes in einer Zelle	190
13.2 Es entstehen immer neue molekulare, zelluläre und interzelluläre Sprachebenen und -arten	192
13.3 Innovation: synthetische Biologie	195
13.4 Neue Ebenen der Kommunikation durch Technik	197
13.5 Das Internet – eine neue Ebene der Kommunikation	198
13.6 Eine parallele Sprachebene: natürliches und analoges Rechnen	199
13.7 Zukünftige Ebene der Kommunikation: der Nanozellulose-Chip	201
13.8 Die Sprache des Lebens technisch mithilfe der synthetischen Biologie nutzen	204
13.9 Übungsaufgaben zum 13. Kapitel	211
Literatur	213
14 Wir können über uns nachdenken – der Computer nicht	215
14.1 Menschen hinterfragen, Computer folgen Programmen	216
14.2 Künstliche Intelligenz	217

14.3	Aktuelle Anwendungen der Künstlichen Intelligenz in der Bioinformatik	221
14.4	Biologische Intelligenz	225
14.5	Übungsaufgaben zum 14. Kapitel	226
	Literatur.	228
15	Wie ist unser eigenes, extrem leistungsfähiges Gehirn aufgebaut?	231
15.1	Modulare Bauweise führt zu immer neuen Eigenschaften – bis hin zum Bewusstsein	232
15.2	Bioinformatik hilft, das Gehirn besser zu beschreiben	235
15.3	Gehirnbaupläne	237
15.4	Mögliche Ziele	239
15.5	Übungsaufgaben zum 15. Kapitel	240
	Literatur.	242
16	Bioinformatik verbindet das Leben mit dem Universum und dem ganzen Rest	243
16.1	Probleme lösen mithilfe der Bioinformatik	244
16.2	Globale Probleme modellieren und mildern	247
16.3	Globale Digitalisierung und persönlicher Freiraum	252
16.4	Welche Aufgaben ergeben sich für eine moderne Bioinformatik im Internetzeitalter?	256
16.5	Übungsaufgaben zum 16. Kapitel	258
	Literatur.	259
17	Schlussbetrachtung und Zusammenfassung	263
Teil IV Glossar, Tutorial, Lösungen und Weblinks		
18	Glossar	269
19	Tutorial: ein Überblick zu wichtigen Datenbanken und Programmen	287
19.1	Genomische Daten: von der Sequenz zur Struktur und Funktion	287
19.2	RNA: Sequenz-, Struktur-Analyse und Kontrolle der Genexpression	299
19.3	Proteine: Informationen, Struktur, Domänen, Lokalisation, Sekretion und Transport.	304
19.4	Zelluläre Kommunikation, Signalkaskaden, Metabolismus, Shannon-Entropie	311
19.5	Leben erfindet immer neue Ebenen der Sprache	317
19.6	Einführung in das Programmieren (Meta-Tutorial)	319
20	Lösungen zu den Übungsaufgaben	331
20.1	Sequenzanalyse: Die Sprache des Lebens entziffern.	331
20.2	Magische RNA.	335

20.3	Genome – molekulare Landkarten von Lebewesen	340
20.4	Stoffwechsel modellieren und neue Antibiotika finden	343
20.5	Systembiologie und Krankheitsursachen aufdecken	344
20.6	Superschnelle Sequenzvergleiche erkennen, welche Moleküle vorliegen.	348
20.7	Signalkaskaden durch Messen der kodierten Information besser verstehen	351
20.8	Wann hört ein Computer zu rechnen auf?	356
20.9	Komplexe Systeme verhalten sich grundsätzlich ähnlich	357
20.10	Evolution mit dem Computer besser vergleichen	359
20.11	Design-Prinzipien einer Zelle	362
20.12	Leben entwickelt immer neue Information im Dialog mit der Umwelt.	367
20.13	Leben erfindet immer neue Ebenen der Sprache	369
20.14	Wir können über uns nachdenken – der Computer nicht.	374
20.15	Wie ist unser eigenes, extrem leistungsfähiges Gehirn aufgebaut?	376
20.16	Bioinformatik verbindet das Leben mit dem Universum und dem ganzen Rest	377
	Literatur.	378

Übersicht zu wichtigen Datenbanken und Programmen und deren allgemeinen Verwendung	379
---	------------

Stichwortverzeichnis	385
---------------------------------------	------------