

## BIOMATHEMATIK

## Eine vielseitige Forschungsdisziplin

*Die Biomathematik ist weit vielseitiger, als ich zunächst erwartet hatte. Gerade die Statistik erweist sich als unverzichtbares Werkzeug, um wissenschaftliche Fragestellungen – nicht nur in Biologie und Medizin – systematisch zu untersuchen.*

Mein Name ist Alina, ich habe am RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz in Remagen Biomathematik im Bachelor und *Applied Mathematics* mit Schwerpunkt Biomathematik im Master studiert. Das Biomathematik-Studium ist interdisziplinär aufgebaut. Im ersten Teil des Bachelorstudiums liegt der Schwerpunkt vor allem auf theoretischen mathematischen und statistischen Methoden wie Analysis, Lineare Algebra oder Wahrscheinlichkeitstheorie, die später in der praktischen Anwendung eine zentrale Rolle spielen. Ferner sind grundlegende Kenntnisse aus Humanmedizin sowie aus der Biologie wie aus der Genetik und der Evolutionsbiologie Teile des Bachelorstudiums. Da komplexe Berechnungen und Modellierungen immer mit Hilfe eines Computers durchgeführt werden, lernt man im Studium auch die Programmierung in verschiedenen Programmiersprachen wie z. B. Java, R, Matlab oder Python. Im weiteren

Verlauf des Studiums werden die Inhalte zunehmend praxis- und the-menorientierter. Anhand anschaulicher Beispiele – etwa aus der Brustkrebsforschung – werden die theoretischen Inhalte vertieft und weiterentwickelt. Dabei lernt man, wie verschiedene statistische Modellierungstechniken auf reale Daten angewendet werden und welche Herausforderungen diese mit sich bringen – etwa fehlende oder unvollständig beobachtete Werte oder unnatürliche Verteilungen. Darüber hinaus lernt man Verfahren kennen – auch aus der Bioinformatik –, die in großen Datensätzen wie Genexpressionsdaten Muster sowie krankheitsspezifische Auffälligkeiten identifizieren können. Ebenso wird gezeigt, wie datengetriebene Methoden zur Entdeckung von Subgruppen eingesetzt werden, die gemeinsame Merkmale oder Genexpressionsprofile aufweisen und somit für Diagnose und Therapie relevant sein können. Für diese Aufga-

ben werden auch Strategien aus dem Maschinellen Lernen (ML) und der Künstlichen Intelligenz (KI) vermittelt.

### Schwerpunktsetzungen in Studium und Promotion

Den Abschluss des Bachelorstudiums bildet ein Praxissemester, das ich am UCL (*University College London*) *Cancer Institute* in London verbrachte. Meine damalige Arbeitsgruppe beschäftigte sich unter anderem mit der Evolution von Tumoren, insbesondere bei Lungenkrebspatienten/-innen. Meine Aufgabe für die Bachelorarbeit bestand darin, anhand genetischer Daten zunächst ethnische Gruppen (z. B. europäisch, afrikanisch, asiatisch) innerhalb der Erkrankten zu identifizieren und diese anschließend hinsichtlich verschiedener Merkmale – etwa Mutationsmuster – zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Spätestens in dieser Zeit wurde mir bewusst, welche zentrale Bedeutung die Biomathematik für die Planung, Durchführung und Weiterentwicklung wissenschaftlicher Forschung hat. Forschungsfragen müssen sorgfältig vorbereitet werden – etwa mit Blick auf die erforderliche Fallzahl –, um eine ausreichende Aussagekraft zu erzielen. Für die Analyse benötigte ich das methodische Rüstzeug aus dem Studium, und die gewonnenen Erkenntnisse führten immer wieder zu neuen, weiterführenden Fragestellungen.

Nach Abschluss meiner Bachelorarbeit in London stand fest: Ich wollte mein Repertoire an mathematischen und statistischen Methoden gezielt erweitern und vertiefen. Deshalb entschied ich mich für ein weiterführendes Masterstudium, in dem – wie bereits im Bachelorstudium – fundierte theoretische Kenntnisse aus Mathematik, Statistik und Bioinformatik vermittelt wurden, die die Anwendung in der Praxis erst ermöglichen. Im Masterstudium konnte ich allerdings meine inhaltlichen Schwerpunkte freier wählen. Ich

### ZUR PERSON



*Ich bin Alina Schenk und habe von 2015 bis 2021 am RheinAhrCampus Biomathematik (Bachelor) und anschließend Applied Mathematics (Master) studiert. Für meine Bachelorarbeit habe ich ein halbes Jahr am University College London Cancer Institute geforscht. Meine Masterarbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie der Universitätsklinik Bonn, wo ich seit 2021 als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig bin. Dort habe ich auch meine Promotion in Medizinischer Biometrie begonnen und im Mai 2025 erfolgreich verteidigt. Meine Arbeit an der Schnittstelle von Medizin und Statistik bereitet*

*mir täglich große Freude. Ich habe die Möglichkeit, medizinische Forschung aktiv mitzugestalten und arbeite in einem interdisziplinären Team, in dem ich stetig dazulerne.*

entschied mich für eine Vertiefung in den Bereichen Biostatistik und Bioinformatik, da mir durch mein Praktikum am Krebsforschungsinstitut in London bewusst geworden war, dass ich mich in Richtung medizinischer Statistik weiterentwickeln möchte. Im Masterstudium lernte ich Methoden kennen, die insbesondere für die Auswertung medizinischer Daten von Bedeutung sind – etwa Verfahren zum Umgang mit Messwiederholungen oder Ansätze der Bayes'schen Statistik, die es ermöglichen, vorhandenes Vorwissen in die Analyse einzubeziehen. Meine Masterarbeit mit dem Titel „*On the Adaptation of the Cox Model and the Estimation of Survival Functions in Case-Cohort Study Designs*“, in der ich mich mit einer Methode zur Auswertung von Überlebenszeitdaten im Case-Cohort-Studien-Design befasste, habe ich am Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie des Universitätsklinikums Bonn verfasst. Hier bin ich seitdem als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig und habe meinen PhD in Medizinischer Biometrie absolviert. Im Mai 2025 habe ich meine Disputation, ebenfalls zum Thema „Überlebenszeitanalyse“, erfolgreich abgeschlossen. Zu meinen Aufgaben gehören zurzeit die Planung und Auswertung klinischer Studien sowie die (Weiter-)Entwicklung moderner statistischer Methoden und Verfahren, auch im Bereich der Künstlichen Intelligenz. Darüber hinaus berate ich die Ärztinnen und Ärzte der Uniklinik bei statistischen Fragestellungen und unterstütze sie bei der Konzeption und Interpretation ihrer Analysen.

### Wieso Biomathematik?

Schon in der Schulzeit haben mich die Fächer Mathematik und Biologie besonders begeistert. An der Mathematik fasziniert mich ihre klare Logik und Struktur, während ich an der Biologie vor allem spannend finde, wie Organismen und Ökosysteme auf natürliche Weise an unterschiedliche Gegebenheiten und



**ABB. 1** Ausreichend Regen ist entscheidend dafür, dass Wälder auf pazifischen Inseln überlebensfähig bleiben. Foto: M. Neuhäuser.

Herausforderungen angepasst sind. Besonders fasziniert mich die Humanbiologie – und immer wieder, wie viele hochkomplexe und präzise aufeinander abgestimmte Abläufe in jeder Sekunde in unserem Körper stattfinden, damit wir atmen, uns bewegen, denken, sprechen, hören, sehen und riechen können. Ebenso spannend finde ich die Frage, wie die Medizin gezielt eingreifen kann, wenn einer dieser Prozesse gestört ist: Welche Folgen hat eine solche Störung für den gesamten Organismus? Und an welchen Punkten muss man ansetzen, um das Gleichgewicht wiederherzustellen und den Ablauf reibungslos zu gestalten? Für mich vereint die Biomathematik die Fachrichtungen Mathematik und Biologie/Medizin auf ideale Weise: Sie ermöglicht es, komplexe biologische Prozesse mithilfe mathematischer oder statistischer Modelle zu beschreiben und besser zu verstehen. Besonders interessant finde ich die Frage, wie sich die klaren Strukturen und Methoden der Mathematik nutzen lassen, um die Vielschichtigkeit biologischer Systeme greifbar und erklärbar zu machen.

Die mathematische und statistische Modellierung trägt entscheidend dazu bei, zu verstehen, welche Faktoren einen Organismus, ein Ökosystem oder den menschlichen Körper aus dem Gleichgewicht bringen – und welche Veränderungen oder Ergänzungen notwendig sind,

um dieses Gleichgewicht wiederherzustellen. Denn aus den Beobachtungen von Forschenden entstehen erste Vermutungen, die schließlich zu konkreten Hypothesen führen. Um diese Hypothesen zu prüfen und ihre mögliche Allgemeingültigkeit zu belegen, müssen gezielt Stichprobendaten erhoben und mithilfe passender statistischer Methoden ausgewertet werden. Genau hier setzt meine Arbeit an: Von der Planung des Stichprobenumfangs bis hin zur Auswertung der Daten bringe ich meine Expertise ein. Dabei nutze ich intensiv die frei verfügbare und sehr flexible Statistiksoftware R, mit der ich bereits während meines Studiums umfassende Erfahrungen sammeln konnte.

### Praxisbeispiel Waldzerstörung auf pazifischen Inseln

Im Rahmen meines Masterstudiums habe ich gemeinsam mit Kolleginnen aus Remagen, Salzburg und St. Andrews (Schottland) an einem Projekt zur Untersuchung der Waldzerstörung auf pazifischen Inseln gearbeitet (Abbildung 1). Diese Re-Analyse hatte das Ziel, Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Kulturfaktoren auf der einen Seite und der vor-europäischen Entwaldung auf den Inseln auf der anderen Seite erneut zu untersuchen – mit dem Anspruch, bekannte Befunde zu bestätigen oder bislang unentdeckte Muster zu identifizieren. Dabei wurden

verschiedene ökologische Variablen – wie Niederschlag, maximale Höhenlage, Isolation und geographische Breite – sowie kulturelle Faktoren wie die Art der Landwirtschaft und die Landbesitzverhältnisse mithilfe eines nicht-parametrischen multivariaten statistischen Verfahrens untersucht. Dieses Verfahren bietet eine Möglichkeit, mehrere Variablen gleichzeitig zu untersuchen, ohne dass dabei strenge Voraussetzungen wie eine bestimmte Verteilung der Daten erfüllt sein müssen. Das bedeutet, dass die Aussagekraft der Ergebnisse deutlich besser abgesichert ist als in früheren Auswertungen, da sie nicht mehr auf schwer überprüfbar oder nur näherungsweise geltenden Annahmen beruhen. Wie bereits frühere Studien vermuten ließen, konnten wir bestätigen, dass insbesondere die Regenmenge einen wesentlichen Einfluss auf die Waldzerstörung hatte. Diese war umso größer, je geringer Regen und Tephra (unverfestigte Ablagerungen von einem Vulkanausbruch) sind, je kleiner eine Insel ist und umso weiter sie vom Äquator entfernt liegt. Weitere spannende Ergebnisse sind in der zugehörigen Publikation [1] beschrieben. Solche Analysen sind besonders wichtig, weil sie zeigen, wie stark ökologische Rahmenbedingungen die Landnutzung durch den Menschen beeinflussen – ein Verständnis, das auch für heutige Fragestellungen wie nachhaltige Ressourcennutzung, Klimaresilienz und den Schutz sensibler Ökosysteme von großer Bedeutung ist. In einer Zeit des Klimawandels mit veränderten Regenmengen kann man diese Ergebnisse als Warnung interpretieren. Denn auch in Deutschland führten die Dürreperioden der vergangenen Sommer zu massiven Waldschäden.

### Anwendungsbeispiel aus der klinischen Praxis

Ein Anwendungsbeispiel aus der klinischen Praxis ist die Entwicklung eines Vorhersagetools zur Abschätzung der 30-Tage-Sterblichkeit bei

über 80-jährigen Patientinnen und Patienten, die sich einem Eingriff unter Anästhesie unterziehen. Ziel war es, ein einfaches, praxistaugliches Punktesystem zu entwickeln, das die Wahrscheinlichkeit eines Versterbens innerhalb von 30 Tagen nach dem Eingriff vorhersagt. In die Entwicklung flossen verschiedene Risikofaktoren ein, darunter der Grad der Gebrechlichkeit, die Selbstständigkeit der Patientinnen und Patienten sowie Art und Dringlichkeit des geplanten Eingriffs. Letztlich entstand ein leicht anzuwendendes System, das auf der Beantwortung von nur drei Fragen basiert: Wie ist die aktuelle Lebenssituation – lebt die Person selbstständig oder in betreuter Umgebung? Wie schwerwiegend ist der bevorstehende Eingriff – handelt es sich um einen größeren oder kleineren operativen Eingriff? Ist der Eingriff geplant oder ein Notfall? Für jede Antwort wird eine definierte Punktzahl (größer oder gleich Null) vergeben, wobei eine größere Punktzahl mit einem größeren Risiko assoziiert ist. Die Punktzahlen werden aufsummiert und eine direkte Einschätzung der 30-Tage-Mortalität wird ermöglicht. Das Ergebnis war ein schnelles, unkompliziertes Werkzeug, das ohne aufwändige Zusatzuntersuchungen eine fundierte Risikoabschätzung erlaubt und die klinische Entscheidungsfindung unterstützen kann. Das Vorhersagetool ist publiziert worden [2] und kann außerdem in einer kleinen Web-Applikation selbst getestet werden ([https://schenkalina.shinyapps.io/pirate\\_app/](https://schenkalina.shinyapps.io/pirate_app/)).

### Schlussfolgerungen

Biologie und Medizin sind heute ohne die Unterstützung der Biomathematik bzw. der Bioinformatik kaum noch denkbar. Die komplexen Fragestellungen und riesigen Datenmengen, die moderne Lebenswissenschaften erzeugen, können nur mit mathematisch-statistischen Methoden und computergestützten Verfahren sinnvoll analysiert und

interpretiert werden. Gleichzeitig liefern Fragestellungen aus der Biologie und Medizin faszinierende, relevante und zukunftssträchtige Anwendungsfelder, die stetig neue methodische Entwicklungen im Bereich der Biomathematik anregen.

Biomathematiker bilden somit eine unverzichtbare Brücke zwischen Theorie und Praxis, die Forschung effizienter macht und Innovationen vorantreibt. Sie sind ein überaus wertvoller und gewinnbringender Teil interdisziplinärer Teams, die den Fortschritt in den Lebenswissenschaften maßgeblich unterstützen. Nur durch die enge Zusammenarbeit von Biologie/Medizin und Mathematik/Statistik sowie der Informatik können zukünftige Herausforderungen – etwa in den Bereichen personalisierte Medizin, Systembiologie oder der Analyse großer Gesundheitsdaten – erfolgreich bewältigt werden.

Die Biomathematik eröffnet durch ihre interdisziplinäre Ausrichtung ein breites Spektrum an Tätigkeitsfeldern an der Schnittstelle von Biologie/Medizin und Mathematik/Statistik. Unsere Expertise ist gefragter denn je – gerade weil sie analytisches Denken mit fachlichem Verständnis verbindet und komplexe Zusammenhänge sichtbar macht. Diese unsere Expertise ist unverzichtbar, um datenbasierte Entwicklungen in den Lebenswissenschaften erfolgreich mitzugestalten.

### Literatur

- [1] A. Schenk et al. (2021). Predictors of pre-European deforestation on Pacific islands: A re-analysis using modern multivariate non-parametric statistical methods. *Forest Ecology and Management* 493, 119238, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119238>
- [2] A. Schenk et al. (2023). Pre-Interventional Risk Assessment in The Elderly (PIRATE): Development of a scoring system to predict 30-day mortality using data of the Peri-Interventional Outcome Study in the Elderly. *PLOS ONE* 18(12), e0294431, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294431>

Alina Schenk, Bonn