

Umweltinformatik

Was ist Umweltinformatik?

Im Studium der Umweltinformatik wird eine Grundausbildung in der Informatik mit Anwendungsperspektiven aus der Umwelt- und Ökosystemforschung verbunden. Die Analyse und Bewertung von Umwelt- und von Ökosystemen steht im Zentrum dieses Anwendungsgebietes.

In der Umweltinformatik schneiden sich zwei „globale Themen“, die in der Vergangenheit wenig miteinander zu tun hatten. Globalisierung geht mit folgenden zwei Merkmalen einher: Mit den niedrigen Kosten globaler Ströme von Rohstoffen und Industriegütern sowie den niedrigen Kosten von Informationen und von Informationsverarbeitung. Die beiden Seiten der Umweltinformatik kommen darin zum Ausdruck: Warenströme sind mit Eingriffen in die Umwelt und in Ökosysteme verbunden. Die Informationsströme sind Ausdruck der modernen Kommunikations- und Informationstechnologie (IT).

Bisher wurden große Umweltthemen, wie Waldschäden, Umweltgifte, Abnahme der Biodiversität, Risiken der Gentechnik oft vor einem eher technikfeindlichen Hintergrund öffentlich diskutiert. Die technisch dominierte Umgestaltung von Natur führte immer wieder neue Risiken und Folgen von moderner Technik vor Augen. Diese unerwarteten Folgen waren und sind schwer zu bewerten oder zu kontrollieren. Das aktuell bekannteste Thema ist der Klimawandel infolge menschlicher (technischer) Freisetzung von Treibhausgasen in die Atmosphäre. Neue Kommunikationstechnologien stehen für den immensen Fortschritt, durch den sich die Computertechnologie in den letzten Jahren in ihren Anwendungen in vielen gesellschaftlichen Bereichen manifestiert hat. Chiptechnologie und Verfahren der Programmierung sind zu Ikonen von Hochtechnologie und Fortschritt der modernen Zivilisation geworden.

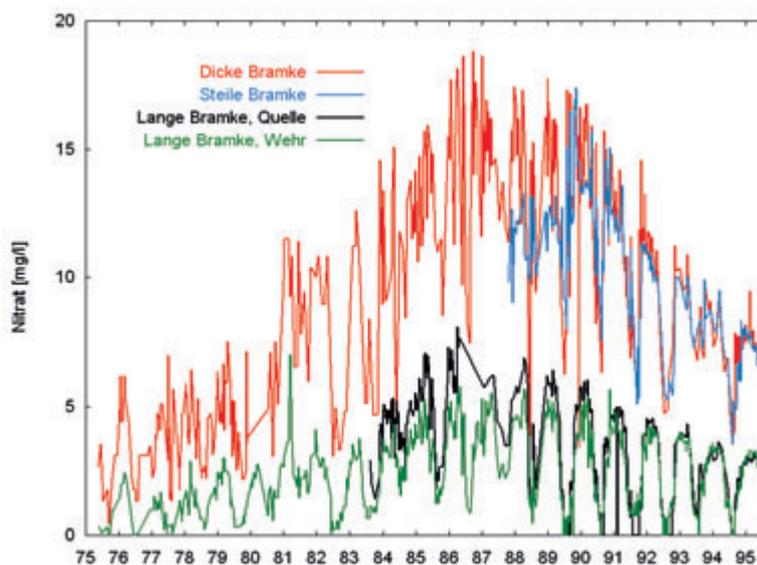
Was spricht dafür, gerade diese beiden Themen: Schutz und Bewahrung von Umwelt und Ökosyste-

men einerseits, und moderne Technologie in der Informationsverarbeitung und Kommunikation andererseits in einem Studiengang zusammenzufassen? Waren bisher nicht gerade Arbeitsteilung und Spezialisierung Garanten des technischen Fortschritts? Was haben feldökologische Arbeiten und Softwareentwicklung miteinander zu tun? Woher stammt unsere Überzeugung, dass diese Kompetenzen sich gegenseitig befruchten können?

Womit befasst sich die Forschung in der Umweltinformatik?

Bisher hat sich die Umweltforschung als eine angewandte Wissenschaft verstanden. Naturwissenschaftliche Kenntnisse können mit den Methoden und Techniken der Informatik erstmals auch auf große komplizierte Umweltsysteme übertragen werden: angefangen vom täglichen Wetterbericht bis hin zu den langfristigen Szenarien der Klimaentwicklung. Derartige Modelle und Anwendungen basieren auf dem Teil der heutigen Computertechnik, der schnellere und umfangreichere (algorithmische) Berechnungen erlaubt. Neben der Rechengeschwindigkeit hat die IT einen weiteren zentralen Aspekt. Heutige Computer sind nicht nur immens schneller als ihre Vorläufer, sondern sie unterstützen interaktive Schnittstellen zum Benutzer. Hier liegt der Grund dafür, dass Computer in ihren kulturellen und sozialen Auswirkungen in erster Linie als eine neue Kommunikationstechnik wirken (Spiele, Internet, E-Commerce, etc.). Das oben genannte Selbstverständnis von Umweltforschung als angewandte Naturwissenschaft hat diesen zweiten wichtigen Aspekt von IT bisher wenig beachtet und

Abbildung 1: Die regelmäßige Überwachung von gelösten Inhaltsstoffen in Waldbächen, hier Nitrat, liefern Zeitreihen, die auf Zusammenhänge mit Klimaänderungen, dem Waldwachstum und menschlichen Eingriffen analysiert werden. (Quelle: H. Meesenburg, Niedersächsische Forstl. Versuchsanstalt).



scheinbar auch nicht benötigt.

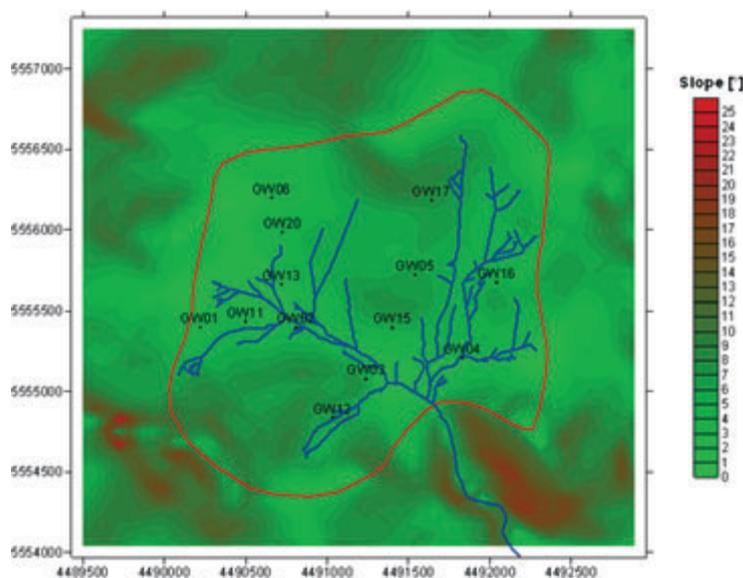
Bei vielen Umweltproblemen, besonders immer dann, wenn das Interesse den lebenden Bestandteilen des (Öko)Systems gilt, stehen Bewertungsfragen im Vordergrund. Es reicht nicht nur zu wissen, wie, wo und warum Ökosysteme sich ändern (siehe Abb. 1), sondern die kritische Frage ist, wie die beobachteten oder auch befürchteten Veränderungen zu bewerten sind. Die Rekonstruktion der Naturgeschichte hat gezeigt, wie veränderlich unsere Umwelt in der Vergangenheit gewesen ist, angefangen beim Klima, bis zu Ökosystemen und Populationen, von deren Nutzung menschliche Zivilisationen abhängen. Hinzu kommt, dass selbst da, wo man über längere Zeiträume von relativ vergleichbaren Ökosystemen ausging, wie etwa in Mitteleuropa, sich die Bewertung ähnlicher Ökosysteme durch den Menschen stark verändert hat, wie z. B. im Fall von Buchenwäldern. Es genügt daher nicht, die Ökosysteme von morgen, wie das Wetter, vorherzusagen (falls das überhaupt in absehbarer Zeit möglich werden wird). Die Kompetenz, diese künftigen und oft unvermeidbaren Änderungen zu bewerten und zu steuern (siehe Abb. 2), ist in vielen Fällen der eigentlich limitierende Aspekt. Das Wissen um die den jeweiligen Zielen, wie Nahrungs- oder Holzproduktion, Erholungsmöglichkeiten für Menschen, Naturschutz etc., angemessene Bewertungsgrundlage muss ständig dokumentiert und aktualisiert werden. Bis heute ist dieses empirische Wissen aus dem Umgang mit Ökosystemen die Grundlage von Entscheidungen über den Umgang mit Natur und belebter Umwelt geblieben.

Bei diesem Thema und der Frage, wie Bewertungs- und Steuerungskompetenz gegenüber Umwelt, Natur, Ökosystemen systematisch organisiert werden können, öffnet sich ein neues und breites Anwendungsgebiet der IT. Die bislang weitgehend ungenutzten Aspekte der neuen Technik, die interaktiven

und kommunikativen Seiten von IT, werden gerade bei der Behandlung von ökologischen Fragen benötigt. Welche Rolle Interaktion in ökologischen Systemen spielt, in welcher Beziehung der Interaktionsbegriff der Biologie zu dem der Informatik (statt dem in der Physik) steht, ist eine wichtige offene Frage in der Grundlagenforschung und der Praxis.

Über Forschungsfragen der Zukunft kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Jeder Studierende, der sich für ein Fach entscheidet, übernimmt mit seiner Wahl automatisch eine derartige Spekulation über zukünftige Entwicklungs- und Forschungsthemen. Wir wollen an dieser Stelle unsere eigenen Spekulationen explizit machen.

Es zeichnet sich eine Trennung bei der Behandlung von belebten und unbelebten Systemen ab. Während bei den großen Umweltsystemen, wie Atmosphäre, Hydro- und Lithosphäre, oft Skalen untersucht werden, bei denen lebende Systeme selbst keinen Einfluss auf die Veränderungen besitzen und nur von diesen Systemen abhängen, ist das bei lebenden Systemen (Ökosystemen) anders. Dort können aufgrund von Strategien und Entscheidungen der Organismen Veränderungen auftreten, für die ein grundsätzlich anderer (interaktiver) Modelltyp gewählt werden kann und sollte. Für Informatikanwendungen auf unbelebte Systeme ist es typisch, dass dort der eigentliche technische und intellektuelle Aufwand dem Vorhersageproblem gilt, während die Bewertung des Ergebnisses relativ trivial erscheint (z. B. bei der individuellen Bewertung des Wetterberichts) oder abgetrennt werden kann. Bei Ökosystemen scheint das umgekehrt zu sein. Dort liegt der sys-



tematische Aufwand oft darin, Informationen über den Erfolg von Kontroll- und Steuerungsmaßnahmen in der Vergangenheit oder in ähnlichen Ökosystemen zu organisieren und der intellektuelle Anspruch gilt den Bewertungs- und Steuerungsentscheidungen. Die Auswahl unter den vorhandenen Eingriffsmöglichkeiten und Maßnahmen ist meist klein, die unmittelbaren Folgen der Maßnahmen sind klar. Ihre langfristigen Wirkungen sind dagegen (prinzipiell?) unvorhersagbar, etwa wie bei Heiratsentscheidungen. Die Informatik bietet Methoden, um beide Typen von Problemstellungen, die Vorhersage und die Bewertungsprobleme auf der theoretischen und der praktischen Seite zu unterstützen. Hier liegt aktuelle Grundlagenforschung dicht neben der praktischen Anwendung, wie es für junge, wenig ausdifferenzierte Forschungsfelder typisch ist.

In welchen Berufsfeldern wird Umweltinformatik benötigt?

Alle Richtungen der angewandten Informatik basieren auf einer soliden Einführung in die Informatik. 60% der Inhalte des Studiums sind den Inhalten in Mathematik und Informatik gewidmet. Auf diese

Abbildung 2: Grenzen eines kleinen hydrologischen Einzugsgebiets im Fichtelgebirge. Die Farben geben die Hangneigungen wieder. An den eingezeichneten Punkten befinden sich Grundwassermessstellen. (Quelle: G. Lischied)

Umweltinformatik

Inhalte werden wir hier nicht weiter eingehen. Sie sind an anderer Stelle beschrieben und bilden die Grundlage und Ergänzung zu den fachlichen Inhalten der Anwendung, um die es hier gehen soll.

Umweltthemen können nach unterschiedlichen Kriterien organisiert werden, z. B. als:

- Umweltmonitoring am zu schützenden System. Es ist nach einer Einteilung in Kompartimente wie Boden, Wasser, Luft organisiert und ist derzeit das dominierende Thema. Es steht daher auch im Vordergrund des Curriculums und kommt in den gemeinsamen Veranstaltungen mit der Geoökologie zum Ausdruck.
- Gefahrenstoffabwehr orientiert sich an der stofflichen Grundlage der Gefährdung. Hier steht eine Änderung der rechtlichen Grundlage für den Umgang mit Chemikalien bevor. Die Fächer Umweltchemie und Ökotoxikologie gehören als Wahlfächer zum Curriculum für Umweltinformatiker.
- Produktionsprozessüberwachung ist auf mögliche Quellen einer Gefahr ausgerichtet. Sie kann nach Branchen, Firmen, Industriestandorten etc. organisiert werden. Hier bestehen Überlappungen mit und Spezialisierungsmöglichkeiten in Inhalten des Studiengangs Bio- und Umweltingenieurwissenschaften.
- Ziel- und Bewertungsrahmen sind an der Zielsetzung des Schutzes von Umwelt und Ökosystemen und der Grundlage der Bewertung orientiert. Dieses Feld bildet derzeit noch eine Zukunftsperspektive. Anwendungen sind hier technisch möglich, befinden sich aber noch in der Entwicklung. Ein „Flugsimulator für Umweltschützer“ ist ein einschlägiges Leitbild für diesen Anwendungsbereich. Die Grundlagen und Beispiele dazu werden u.a. in den Veranstaltungen zur ökologischen Modellbildung behandelt.

Das gemeinsame Merkmal für Umweltinformatik in diesen Kontexten ist, dass dort ein umfangreicher, meist automatisch erzeugter Dateninputstrom vorliegt, der organisiert und einer anspruchsvollen Bewertung zugeführt werden muss. Die Steuer- und Regelungsentscheidungen, die aufgrund dieser Daten fallen, sind oft zu dokumentieren, genauso wie die Kommunikation unter den entsprechenden Experten zu unterstützen ist. Auf der einen Seite müssen die Verfahren der Messtechnik und der Datenerhebung bekannt sein (wenn auch nicht in dem Umfang eigenständig beherrscht werden, wie durch die dort zuständigen Spezialisten). Auf der anderen Seite muss ein Verständnis für die Auswertungs- und Steuerungskompetenz vorhanden sein, um diese Entscheidungen unterstützen und dokumentieren zu können. Der Umweltinformatiker muss nicht selbst diese Bewertungs- und Entscheidungskompetenz besitzen, sondern sie soweit verstehen, dass er sie technisch optimal unterstützen kann.

Im Folgenden sind einige typische Beispiele aus diesen Berufsfeldern aufgezählt.

1. Monitoring: Für jedes der Kompartimente gilt eine gesetzliche Grundlage, die von der EU bis zur Ländergesetzgebung und Verwaltungsvorschriften reicht (z. B. EU-Wasserrahmenrichtlinie, Bodenschutzgesetz des Bundes, TA-Luft). Bundes- bzw. Landesbehörden sind u.a. mit der Umsetzung und Überwachung dieser Grundlagen beauftragt. Hinzu kommen Aufgaben der Gefahrenabwehr (z. B. der Hochwasserschutz und die Hochwasservorhersage beim Bayerischen Landesamt für Umwelt). Der Fortschritt in der Sensortechnik ist vergleichbar mit dem in der IT. Hier sind zunehmend große Datenmengen zu erfassen und auszuwerten. Wichtige Spezialfälle sind räumlich strukturierte Daten,

z. B. aus der Satellitenüberwachung, für deren Behandlung geographische Informationssysteme (GIS) zur Verfügung stehen und lange oder hochaufgelöste Zeitreihen (siehe Abb. 3), die mit modernen nicht-linearen Methoden ausgewertet werden.

2. Durch die anstehende Novellierung des Chemikaliengesetzes wird die Bewertung und Behandlung von Gefahrenstoffen im EU-Raum auf eine neue Grundlage gestellt (EU Gesetzesinitiative zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe, REACH). Danach müssen ca. 100.000 Altstoffe einer Prüfung unterzogen werden. Als Altstoff gelten alle chemischen Substanzen, die sich bereits im Handel befinden. Hier wird vermutlich in der chemischen Industrie eine erhöhte Nachfrage nach Kompetenz im Umgang mit großen Datenmengen zu ökotoxikologischen Fragen entstehen.
3. Für viele Branchen ist die Darstellung ihres Produktionsstandortes, ihrer Produkte, ihres Markennamens als „umweltfreundlich“ zu einem wichtigen Imagefaktor geworden. Eine der wichtigen Qualifikationen für einen betrieblichen Umweltbeauftragten ist die Organisation und Präsentation der entsprechenden Datenströme. Oft sind die Daten, die für die Kostenrechnung des Betriebes anfallen, eng verknüpft (bzw. identisch) mit Daten zur betrieblichen Ökobilanz. Hier ist eine breite Kompetenz gefragt, die über die Informatikinhalte hinausgeht.
4. Grundlagen- und Anwendungsforschung zum Thema Umwelt und Ökosystem wird auf lange Sicht ein Thema bleiben, in dem Umweltinformatiker in sehr unterschiedlichen Themen und Forschungskontexten eingebettet werden.

Was hat die Universität Bayreuth in dieser Hinsicht zu bieten?

Die Informatik, mit derzeit vier Lehrstühlen an der UBT vertreten, ist an anderer Stelle in diesem Band beschrieben. Seit der Gründung der Universität bildet Ökologie einen ihrer Schwerpunkte in Forschung und Lehre. An der UBT besteht eine Reihe von Zusammenschlüssen, in denen die naturwissenschaftlichen Lehrstühle der Universität Bayreuth im Hinblick auf Umweltfragen zusammenarbeiten: z. B. das „Bay-CEER“ (Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung) oder „Forne“ (Forschungsstelle für das „Recht der Nachhaltigen Entwicklung“) in den Rechtswissenschaften zum Umweltrecht. Umweltinformatiker erfahren dieses breite Angebot in Form von Lehrveranstaltungen, die sie gemeinsam mit Studierenden aus den benachbarten Studiengängen des Umweltbereichs besuchen.

Als erste deutsche Universität hat Bayreuth vor über zwanzig Jahren den erfolgreichen Studiengang Geoökologie eingerichtet. Die Leitmetapher des Geoökologie-Studienganges bestand und besteht darin, die Umwelt als ein komplexes System zu verstehen, das mit menschlichen Gesellschaften in einem Stoff- und Energieaustausch steht. Hier werden die naturwissenschaftlichen Grundlagen zu diesen Strömen gelehrt und erforscht. Im Unterschied zur Geoökologie ist die Leitmetapher der Lehre in der Umweltinformatik, den Studierenden die Umwelt- und Ökosysteme als informationsverarbeitende Systeme zu präsentieren, mit denen und über die Menschen kommunizieren können. Die Mensch-Umweltbeziehung kann heute mit den Techniken der Informatik nach den Problem- und branchenspezifischen Anforderungen organisiert werden.

Weiterhin existiert an der UBT ein Studiengang für Umwelt- und Bioingenieure, in denen die technische

Seite des Umweltschutzes behandelt wird. Hier finden Umweltinformatiker die Gelegenheit zur Vertiefung im Hinblick auf betriebliche Berufsfelder. Zu Themen der Umweltchemie und Ökotoxikologie existieren Lehr- und Forschungseinrichtungen, die in beiden hier genannten Studiengängen beteiligt sind.

Darüber hinaus besteht ein Angebot an weitergehenden Masterprogrammen und die Gelegenheit zur Promotion, um damit das Bachelorstudium der Umweltinformatik als Sprungbrett für eine einschlägige Weiterqualifikation zu verwenden. In erster Linie bietet sich das Masterprogramm zur Umweltinformatik an, in dem Studierende die oben angesprochenen Forschungsthemen im Rahmen des eigenen Studiums vertiefen können. Aber auch die Masterprogramme der Nachbardisziplinen stehen für gute Absolventen der Umweltinformatik offen: Programme der Geoökologie, Biologie,

Ingenieurwissenschaften und der Elitestudiengang „Global Change Ecology“. Bereits im Bachelor-Studiengang steht ein Angebot an interdisziplinären Lehrveranstaltungen zur Verfügung, die über den Tellerand eines naturwissenschaftlichen oder ingenieurwissenschaftlichen Curriculums hinausreichen: Sie erhalten z. B. Gelegenheit an gemeinsamen Lehrveranstaltungen (Seminaren) mit Studierenden aus den Fächern „Philosophy und Economics“ oder der Kulturwissenschaften teilzunehmen.

Insgesamt treffen im Studiengang Umweltinformatik viele Entwicklungen zusammen, die die technischen und gesellschaftlichen Veränderungen der nächsten Jahre beeinflussen werden. Die Frage, wie sich moderne Gesellschaften und Technologien langfristig in ihrer Umwelt erhalten und bewähren können, wird ein Thema des 21. Jahrhunderts bleiben. ■

Abbildung 3:
Auswertungen von Umweltdaten werden oft für Gebiete benötigt. Hier ist die Schätzung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser dargestellt. (Quelle: Umweltbundesamt H. Behrendt, u.a. (2003))

