

Biodiversitätsforschung als Zukunftsdisziplin

Ein Beitrag der Biologiedidaktik

Jürgen Mayer

Kurzfassung

Die biologische Vielfalt ist ein Charakteristikum der belebten Natur. Unter dem Begriff der Biodiversität erfährt sie derzeit innerhalb der Biologie, der Ökonomie und der Politik eine zunehmende Wertschätzung. So wurde ihre Erhaltung und nachhaltige Nutzung in der Rio-Konvention zum 'Schutz der Biodiversität' international festgelegt. Zur Umsetzung dieser Konvention sind Initiativen des Staates, der Wirtschaft, der Forschung und der Bildung gefordert. Die Beteiligung der Humanwissenschaften ist dabei unabdingbar, denn die Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt ist einerseits die Quelle der Umweltprobleme, andererseits der Schlüssel zu ihrer Lösung. Im Fokus der Biologiedidaktik steht dabei die Frage, wie Kinder und Jugendliche durch Lehr-Lernprozesse befähigt und motiviert werden können, ihre Verantwortung im Bereich individuellen und gesellschaftlichen Umwelthandelns mit bezug auf die biologische Vielfalt wahrzunehmen.

1 Biodiversität - Karriere eines Begriffes

Die biologische Vielfalt ist ein grundlegendes Phänomen innerhalb der belebten Natur. Die Artenvielfalt, ihre genetische Variabilität und die Mannigfaltigkeit an Ökosystemen sind die Basis einer Vielzahl ökologischer Leistungen wie Stoffabbau, Wasserreinigung und Bodenbildung. Neben diesen ökologischen Leistungen bilden biologische Ressourcen in Form von Produkten zur Nahrung, als Medizin und als Rohstoff die Basis der menschlichen Lebensgestaltung.

Dennoch wurde dem Phänomen der biologischen Vielfalt innerhalb der Biowissenschaften lange Zeit nur geringes Interesse entgegen gebracht. Im Zentrum der Forschung und des Selbstverständnisses der Biologie standen vielmehr die Grundphänomene biologischer Systeme wie Stoffwechsel, Vererbung und Evolution. In ihrem Bestreben, die Prinzipien des Lebens zu ergründen, hatte die moderne Biologie die Vielfalt der „Lebensträger“ weitgehend aus dem Auge verloren. Selbst innerhalb der Umweltforschung und des Umwelt-

schutzes spielte die biologische Vielfalt lange Zeit eine vergleichsweise geringe Rolle. Der auf die Umweltmedien ausgerichtete „technische Umweltschutz“ und der auf Arten, Lebensgemeinschaften und Landschaften ausgerichtete Arten- und Naturschutz existierten weitgehend unvermittelt nebeneinander. Dabei stand in den 70er und 80er Jahren vor allem der technische Umweltschutz mit bezug auf die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft im Zentrum umweltpolitischer Bemühungen.

Erst der dramatische Verlust an biologischer Vielfalt auf der einen Seite und die zunehmende Einsicht in deren aktuellen und potentiellen Nutzen auf der anderen Seite, führte in den letzten Jahren zu einer zunehmenden Wertschätzung der biologischen Vielfalt in Wissenschaft, Politik und Wirtschaft. Die Renaissance, die das Phänomen der biologischen Vielfalt innerhalb der Biologie erfuhr, ist eng mit dem Terminus ‘biodiversity’ verbunden. Arbeiten zur Biodiversität füllen inzwischen v.a. im angelsächsischen Sprachraum eine umfangreiche Bibliographie. Auch innerhalb der Bundesrepublik läßt sich eine steigende Rezeption des Begriffs und ein Boom der Biodiversitätsforschung beobachten (REICHHOLF, 1993; BLAB et al., 1995; HAEUPLER, 1995; LINSENMAIR, 1995; KÖNIG & LINSENMAIR, 1996). So bezeichnet Wolfgang HABER (1994) die Biodiversität als „eines der größten unverstandenen Schlüsselprobleme der Biologie, wenn nicht der Naturwissenschaft insgesamt“, und Hubert MARKL (1995) sieht in der Biodiversitätsforschung eine der bedeutendsten Zukunftsdisziplinen der Biologie. Der international renommierte Biologe E.O. WILSON (1995) prognostiziert sogar, daß die Disziplinen der biologischen Vielfalt zukünftig eine Führungsrolle innerhalb der Biologie einnehmen werden.

2 Phänomen Biodiversität

2.1 Was ist Biodiversität?

Mit dem Begriff ‘Biodiversität’ kennzeichnet man das Phänomen der Vielfalt innerhalb der belebten Natur. Am augenfälligsten tritt uns diese Mannigfaltigkeit in den schätzungsweise 15 Millionen Arten von Mikroorganismen, Pilzen, Pflanzen und Tieren entgegen. Unter biologischer Vielfalt wurde im traditionellen Sinne fast ausschließlich diese Artenvielfalt verstanden. Das neuerliche Konzept biologischer Vielfalt, das mit dem Terminus ‘Biodiversität’ verbunden ist, geht jedoch über dieses Verständnis in mehrfacher Weise hinaus. Der Begriff ‘Biodiversität’ wird im neuen Kontext als Vielfalt der Organismen sowie der ökologischen Beziehungen, in denen sie stehen, definiert (vgl. OTA, 1987; MCNEELY et al., 1990; PRIMACK, 1995). Diese Definition erlaubt die Unter-

scheidung von drei Ebenen der Diversität, nämlich der genetischen Diversität, der Artendiversität und der ökologischen Diversität (Abb. 1).



Abb. 1: Ebenen der Biodiversität.

Artendiversität bedeutet im einfachsten Fall Artenreichtum, d.h. die Anzahl der in einem bestimmten Gebiet vorkommenden Spezies. In der Ökologie ist es dagegen üblich mit der Meßgröße Diversität neben der Anzahl auch die relative Häufigkeit der Arten, die Abundanz, mit zu berücksichtigen. Die Diversität ist dabei bei hoher Artenzahl und weitgehender Gleichverteilung der Individuenzahl am größten. Ein weiteres Maß, die „taxonomische Diversität“, berücksichtigt auch, wie eng bestimmte Arten miteinander verwandt sind. So leben z.B. weit mehr Arten auf dem Land als im Meer; die terrestrischen Arten sind jedoch weit enger miteinander verwandt als die Meeresspezies. Daher ist die taxonomische Vielfalt der Meere größer als es die bloße Zählung von Arten erwarten läßt.

Ökologische Diversität drückt sich in den zahlreichen Lebensgemeinschaften, Biotoptypen und Landschaften sowie in deren ökologischen Prozessen aus. Sie repräsentiert die verschiedenen kollektiven Reaktionen von Arten auf unterschiedliche Umweltbedingungen. Zu diesem Bereich gehört die Vielfalt der ökologischen Nischen und die Heterogenität der abiotischen Standortfaktoren, sowie die Vielfalt der Biotoptypen und Landschaften.

Das erweiterte Verständnis biologischer Vielfalt bezieht neben den wildlebenden Arten auch die Vielfalt der domestizierten Arten ein. Der Hintergrund

Die **genetische Diversität** (intraspezifische Vielfalt) umfaßt die Variabilität innerhalb einer Art, sowohl zwischen geographisch voneinander isolierten Populationen als auch zwischen den Individuen einer Population. Sie basiert auf der Anordnung der DNS und ihrer Mutationen innerhalb eines Organismus und ist die Quelle aller Biodiversität. Die zentrale Einheit dieser Ebene ist die Population mit ihrer Variabilität in Form von Biotypen, Ökotypen, Lokalrassen und Unterarten.

ist der dramatische Verlust an genetischer Vielfalt innerhalb der Nutztiere und Nutzpflanzen (Generosion). So werden von den bekannten 10.000 bis 50.000 eßbaren Pflanzen nur etwa 150 bis 200 für die menschliche Nahrung verwendet. Allein drei Arten - Weizen, Reis und Mais - decken rund 60 % des Nahrungsbedarfs. Anstatt die enormen potentiellen Nahrungsreserven zu erschließen, erfolgt eine immer stärkere Konzentration auf wenige Hochleistungssorten einiger Arten. Diese genetische Gleichförmigkeit erhöht die Anfälligkeit für Schädlinge und reduziert die Möglichkeiten einer Population, sich an Umweltveränderungen anzupassen. Die FAO schätzt, daß seit Anfang des Jahrhunderts 75 % der genetischen Diversität landwirtschaftlich genutzter Pflanzen verloren ging.

Das Konzept der verschiedenen Ebenen der Biodiversität bedeutet für die Ökologie und die Naturschutzbiologie eine Erweiterung der Aufgabenstellung und des disziplinären Selbstverständnisses (MEFFE, 1994; BLAB et al., 1995; PRIMACK, 1995). Die Berücksichtigung der genetischen Vielfalt im Naturschutz ist noch relativ jung, wird aber sicherlich an Bedeutung gewinnen (SCHMID & MATTHIES, 1994; KLEIN & SSYMANK, 1995), denn wie für das Aussterben einer Art, gilt auch für die genetische Vielfalt, daß ein einmal verlorengangenes Merkmal mit aller Wahrscheinlichkeit nicht noch einmal entsteht. Damit gehen schon beim Verlust von Teilpopulationen einer Art wichtige genetische Informationen verloren, nicht erst beim Aussterben der Art. Daher ist die Aufgabe des Arten- und Naturschutzes nicht nur die Erhaltung der Tier- und Pflanzenarten, sondern deren Erhalt auch in ausreichend großen Lebensgemeinschaften.

Als ein weiterer Aspekt ergibt sich aus den verschiedenen Ebenen der Biodiversität, daß diese jeweils eigene Naturschutzziele und Strategien erfordern und damit der Schutz einer Ebene nicht notwendigerweise die anderen einschließt. So ist die ökologische Vielfalt nicht allein über die gefährdeten Arten zu erfassen und zu schützen. In der 'Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen' sind zahlreiche in ihrem Bestand gefährdete Biotoptypen verzeichnet, die von nicht oder nur wenig bedrohten Arten besiedelt werden (vgl. BLAB & RIECKEN, 1993). Weiterhin ist von Bedeutung, daß sich die Naturschutzziele und Strategien zwischen den Ebenen der Biodiversität z.T. widersprechen können. So kann der Erhalt der ökologischen Vielfalt, im Sinne des Zulassens einer natürlichen Sukzessionsreihe (Prozeßschutz), dem Erhalt der Artenvielfalt widersprechen (Artenschutz), wenn die Sukzessionsentwicklung mit einer Abnahme der Artendiversität verbunden ist.

2.2 Biodiversität als wissenschaftliches Konzept

Während die Definition der Biodiversität auf drei unterschiedlichen Ebenen als allgemein anerkannt gelten kann, ist die darüber hinausgehende Frage, inwieweit sich ein theoretisch schlüssiges, wissenschaftliches Konzept der Biodiversität oder gar eine Theorie formulieren läßt, noch offen. Ausgangspunkt diesbezüglicher Überlegungen ist ein generelles Verständnis des Begriffs „Biodiversität“, also der grundlegenden Eigenschaft lebender Systeme, voneinander spezifisch verschieden zu sein (SOLBRIG, 1991). Diversität wird damit als wesentliche Eigenschaft biologischer Systeme angesehen. Da das Leben in verschiedenen hierarchischen Ebenen organisiert ist, zeigt sich Biodiversität auf allen diesen Organisationsebenen - von Molekülen bis zu Ökosystemen.

Darüber hinaus werden in der Literatur weitere Diversitätsbegriffe als Teil des umfassenden Konzeptes ‘biologische Vielfalt’ genannt, die teils eine Tradition in der Ökologie haben, teils im Zuge der Biodiversitätsdiskussion neu eingeführt wurden: z.B. Strukturdiversität, als Vielfalt der räumlichen Bedingungen in einem Lebensraum (SCHAEFER & TISCHLER, 1993), physiologische Diversität (HABER, 1993), Ressourcen-Diversität (HAEUPLER, 1995) u.a. Ordnen lassen sich diese verschiedenen Aspekte der biologischen Vielfalt, wenn man an den Systemcharakter biologischer Systeme mit den grundlegenden Einheiten Elemente, Strukturen und Funktionen anknüpft (NOSS, 1990; MEFFE, 1994; HAEUPLER, 1995). Die Vielfalt der Gene, Arten und Ökosysteme erscheint dann als Vielfalt der Elemente eines Systems auf verschiedenen Organisationsebenen. Strukturelle Diversität bezeichnet dagegen die räumliche Heterogenität und Schichtung der jeweiligen Elemente biologischer Systeme, z.B. die Altersstruktur von Populationen, die räumliche Verteilung, zeitliche Aspekte, u.a. Unter funktioneller Diversität kann man die Vielfalt der unterschiedlichen Funktionen der Elemente bzw. der ablaufenden Prozesse zusammenfassen, wie Fortpflanzungsweise und Verbreitungsformen, Photosynthesemodus oder ökologische Vorgänge wie Prädation, Parasitismus und Mutualismus.

Trotz dieser interessanten Ansätze, kann nach dem gegenwärtigen Diskussionsstand noch nicht von einem allgemein akzeptierten und vor allem theoretisch fundiertem wissenschaftlichen Konzept ‘Biodiversität’ gesprochen werden. Dennoch hat der Terminus eine innovative Funktion für die Bio- und Umweltwissenschaften. In konzeptioneller Hinsicht ist mit der Schöpfung des Begriffs ‘Biodiversität’ eine bedeutsame Integrationsleistung verbunden. „Biodiversität“ ist zu einer verbindenden Klammer zwischen verschiedenen biologi-

schen Disziplinen wie Populationsgenetik, Systematik, Ökologie, und Naturschutzbiologie geworden. In praktischer Hinsicht erlaubt die Weite des Konzepts die Berücksichtigung aktueller Erfordernisse des Naturschutzes, z.B. die Einbeziehung der genetischen Ebene, die Integration des Schutzes von Nutztieren und Nutzpflanzen sowie die Berücksichtigung globaler Aspekte des Arten- und Naturschutzes. Damit wird letztlich der Umstand gefördert, daß die biologische Vielfalt, bzw. Fragen nach deren Umfang, Funktion und Nutzungsmöglichkeiten wieder als wissenschaftliche Herausforderung innerhalb der biologischen Wissenschaft angesehen werden: So hat die Ecological Society of America die 'biological diversity' zu einer ihrer drei derzeitigen Forschungsprioritäten erklärt (LUBCHENCO et al., 1991); in der Schweiz wurde ein umfangreiches Biodiversitäts-Programm gestartet; die UNESCO hat gemeinsam mit der International Union of Biological Science (IUBS) das Programm 'Diversitas' aufgelegt, in dem u.a. den menschlichen Dimensionen der Biodiversität besondere Beachtung geschenkt wird; und nicht zuletzt haben Biosystematiker mit der „Agenda Systematik 2000“ eine weltweite Initiative zur Entdeckung, Beschreibung und Klassifizierung der Biodiversität begründet (STEININGER, 1996).

2.3 Umfang biologischer Vielfalt

Die Frage nach Anzahl, taxonomischer und geographischer Verbreitung der Arten nimmt in der Biodiversitätsdiskussion einen großen Raum ein (WILSON & FRANCES, 1988; MAY, 1992), insbesondere da eine realistische Schätzung des gegenwärtigen Ausmaßes des Artensterbens auf dem Wissen über die Zahl und die Verteilung der heute auf der Erde lebenden Arten basiert. Bis vor einigen Jahren wurde die weltweite Artenzahl allgemein mit ca. 1,5 Millionen angegeben. Sie war damit nur unwesentlich höher als die geschätzte Anzahl wissenschaftlich beschriebener Arten. Bestimmte Organismengruppen sind relativ gut erforscht, wie Säugetiere, Vögel und Samenpflanzen der gemäßigten Regionen. Dennoch werden selbst in diesen Gruppen Jahr für Jahr einige Arten entdeckt. So wurden allein im Zeitraum von 1985 - 1995 ca. 150 bislang noch unentdeckte Säugetierarten beschrieben, darunter allein elf neue Primaten (HUTTERER, 1995).

In den letzten Jahren wurde die Zahl der geschätzten Arten erheblich nach oben korrigiert und schwankte zwischen 10 und 30 Millionen. Diese Korrektur erfolgte insbesondere durch Forschungen im tropischen Regenwald. So untersuchte ERWIN (1991) die Insektenfauna im Kronendach einzelner Bäume. Er fand dabei auf der Krone einer einzigen Baumart 1.200 Käferarten, darunter 800 Herbivore. Er nahm an, daß 20 % (160) dieser herbivoren Käferarten auf

den Baum als Nahrungsquelle spezialisiert sind. Da Käfer nach bisherigen Daten ca. 40 % aller Insekten stellen, könnten im Kronendach dieses Baumes 400 Insektenarten leben. ERWIN schätzte weiterhin, daß im Kronendach lediglich zwei Drittel der gesamten Insektenfauna eines Baumes lebt, auf der Baumart insgesamt also 600 Arten. Da es ungefähr 50.000 Arten tropischer Bäume gibt kam ERWIN auf eine Gesamtzahl von 30 Millionen Insektenarten.

Aufgrund dieser und ähnlicher Hochrechnungen sprach man in den letzten Jahren von geschätzten 10-30 Millionen Arten. Selbst 100 Millionen Arten wurden für möglich gehalten. Allerdings ist jeder Schritt dieser Berechnung sehr spekulativ. Die bislang verlässlichsten Zahlen bietet der 1.100 Seiten umfassende Bericht „Global Biodiversity Assessment“, den mehr als tausend Wissenschaftler für die Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP) erstellt haben (HEYWOOD, 1995). Als vorläufige Arbeitsbasis schlägt der Report einen mittleren Wert von 13 bis 14 Millionen Spezies vor (Tab. 1). Lediglich ein Achtel (1,75 Mill.) davon ist wissenschaftlich beschrieben. Fast zwei Drittel der bekannten Arten gehören zu den Arthropoden. Innerhalb dieses Stammes dominieren die Insekten mit 950.000 beschriebenen Arten.

Die globale Vielfalt von Tieren und Pflanzen ist auf der Erde nicht gleichmäßig verteilt. Für die meisten Gruppen terrestrischer Tiere und Pflanzen gilt ein Breitengrad-Gradient, nach dem die Diversität an den Polen am geringsten ist und in Richtung der Tropen zunimmt und die höchsten Werte in den immergrünen, dauerfeuchten tropischen Tieflandregenwäldern erreicht. Tropische

Tab. 1: Schätzungen der globalen Artenvielfalt (in Tausend) (Quelle: HEYWOOD, 1995).

| Spezies | Beschriebene Arten | Geschätzte Anzahl lebender Arten | | Arbeitsbasis |
|-------------------|--------------------|----------------------------------|---------|--------------|
| | | hoch | niedrig | |
| Viren..... | 4 | 1.000 | 50 | 400 |
| Bakterien..... | 4 | 3.000 | 50 | 1.000 |
| Pilze..... | 72 | 2.700 | 200 | 1.500 |
| Einzeller..... | 40 | 200 | 60 | 200 |
| Algen..... | 40 | 1.000 | 150 | 400 |
| Pflanzen..... | 270 | 500 | 300 | 320 |
| Rundwürmer..... | 25 | 1.000 | 100 | 400 |
| Krebse..... | 40 | 200 | 75 | 150 |
| Spinnentiere..... | 75 | 1.000 | 300 | 750 |
| Insekten..... | 950 | 100.000 | 2.000 | 8.000 |
| Weichtiere..... | 70 | 200 | 100 | 200 |
| Wirbeltiere..... | 45 | 55 | 50 | 50 |
| sonstige..... | 115 | 800 | 200 | 250 |
| Summe..... | 1.750 | 111.655 | 3.635 | 13.620 |

Regenwälder findet man vor allem in den feuchten, äquatornahen Regionen von Südamerika, Afrika und Asien. Obwohl sie nur sieben Prozent der Landfläche der Erde bedecken, lebt in ihnen schätzungsweise die Hälfte aller existierenden Arten. Daneben wird in Korallenriffen, großen tropischen Seen und der Tiefsee eine enorme, noch unentdeckte biologische Vielfalt vermutet.

In Deutschland kommen rund 3.200 Arten der Gefäßpflanzen, etwa 45.000 Tierarten und ca. 750 verschiedene Biotoptypen vor. Von den weltweit etwa 6.000 bekannten Kulturpflanzen sind in Deutschland etwa 2.000 Arten anbaubar. Davon werden heute ca. 200 Arten von Landwirtschaft und Gartenbau besonders genutzt. Schwerpunkte der pflanzlichen Vielfalt liegen in den Mittelgebirgen und Hügelländern sowie in den Alpen. 32 endemische Arten und Sippen von Farn- und Blütenpflanzen kommen in Deutschland vor (BfN, 1995). Mitteleuropa ist somit ein Gebiet mit relativ gering entwickelter Artenvielfalt, in dem die dezimierende Wirkung der Eiszeit sowie die ungünstigen Bedingungen nacheiszeitlicher Wiederbesiedlung deutlich werden. Diese Situation darf aber nicht dahingehend gedeutet werden, daß die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland von geringer Bedeutung sei. Neben den Schutzbemühungen im eigenen Land müssen sich insbesondere die Industriestaaten an globalen Schutzmaßnahmen beteiligen. Aufgrund der Tatsache, daß etwa 2/3 der Artenvielfalt in Ländern der dritten Welt existieren und darüber hinaus diese Gebiete zum großen Teil die Genzentren der in Mitteleuropa angebauten Kulturpflanzen sind, muß ein weitsichtiger Schutz der biologischen Vielfalt auch die Belange der Entwicklungsländer, bzw. die Notwendigkeit einer globalen Umweltpolitik berücksichtigen.

2.4 Verlust an biologischer Vielfalt

Der anthropogen bedingte Verlust an biologischer Vielfalt läßt sich nur schwer und ungenau abschätzen. Die Werte variieren zwischen 5 % und 50 % der Gesamtartenzahl. Ursache für diese Ungenauigkeit ist, daß in die Schätzungen verschiedene Annahmen eingehen, über die selbst nur ungenaue Daten vorliegen:

- Die Schätzung des derzeitigen Artenbestandes und dessen prozentualer Anteil in den Tropen,
- die Schätzung der Waldvernichtung in den Tropen,
- eine Annahme über Zusammenhang von Flächen- und Artenverlust und
- die Schätzung einer natürlichen Aussterberate (eine Übersicht über Prognosen bietet MEFFE, 1994).

Tab. 2: Anzahl der nachgewiesenen Arten, die seit 1600 ausgestorben sind (nach HEYWOOD, 1995).

| Gruppe | Anzahl der nachgewiesenen Arten, die seit 1.600 ausgestorben sind |
|--------------|---|
| Weichtiere | 191 |
| Vögel | 115 |
| Säugetiere | 58 |
| Andere Tiere | 120 |
| Tiere gesamt | 484 |
| Pflanzen | 654 |

Die meisten Prognosen der vergangenen Jahre gingen von einer globalen Artenzahl von 3 bis maximal 10 Millionen aus; nach dem gegenwärtigen Stand ist dieser Wert auf ca. 13 Millionen nach oben zu korrigieren (siehe Tab. 1). Der Verlust an tropischen Wäldern wurde in den vergangenen Jahren allgemein auf 0,7 % bis 1,8 % pro Jahr geschätzt. Nach einem aktuellen FAO-Bericht betrug die jährliche Entwaldung in den letzten zehn Jahren in den Tropen 0,8 %. Der größte Unsicherheitsfaktor der

Schätzung des globalen Artenverlustes ist der angenommene Zusammenhang von Wald- und Artenverlust. Die meisten Autoren (Überblick siehe bei NOSS, 1990) nehmen dabei an, daß bei einer Biotopvernichtung 50 % der darin lebenden Arten aussterben. Aufgrund der Tatsache, daß in die Prognose des globalen Artenverlustes mehrere Annahmen eingehen, die selbst nur ungenau abgeschätzt werden können, lassen sich derzeit keine wirklich verlässlichen Zahlen angeben. Als gesichert gilt jedoch, daß seit Beginn des 17. Jahrhunderts mindestens 480 Tier- und 654 Pflanzenarten ausgestorben sind (HEYWOOD, 1995). Die tatsächlichen Zahlen liegen noch höher, da nur beschriebene Arten gezählt werden. Ausgehend von einer natürlichen Aussterberate von ungefähr einer Art in 300 Jahren liegt damit der anthropogen bedingte Artenverlust mindestens um mehrere Hundert über der natürlichen Aussterberate.

3 Humanwissenschaftliche Dimensionen der Biodiversität

In der „Konvention über die biologische Vielfalt“ wird über die biologischen und ökologischen Aspekte hinaus deren Wert in sozialer, wirtschaftlicher, erzieherischer, kultureller und ästhetischer Hinsicht bekräftigt (vgl. Tab. 3). Insofern sind die Humanwissenschaften aufgerufen, sich mit dem Phänomen Biodiversität und seiner individuellen wie gesellschaftlichen Bewertung zu befassen.

Die systematische Auflistung des Wertes der biologischen Vielfalt erfolgt nicht zuletzt deshalb, weil es im Einzelfall oft schwierig ist, die Öffentlichkeit von der Notwendigkeit des Artenschutzes zu überzeugen, insbesondere wenn

Tab. 3: Kategorien der Wertschätzung biologischer Vielfalt.

| Wertschätzung | Kriterium | Beispiele |
|-------------------------|----------------------|--|
| ökonomischer Wert | materieller Nutzen | Nahrung, Genußmittel, Arznei, Futterpflanzen, Rohstoffe |
| ökologischer Wert | ökologische Funktion | Stoffabbau, Wasserreinigung, Bodenbildung, Klimawirkung |
| wissenschaftlicher Wert | Information | Erfindungsleistungen (Bionik), Bio-Indikatoren, genetische Information |
| ästhetischer Wert | Schönheit | Zier- und Zimmerpflanzen, Blumenschmuck, Parks |
| rekreativer Wert | Erholungsfunktion | Städtische Freiräume, Gärten, Naherholungs- und Urlaubsgebiete |

dieser hohe Kosten verursacht. So untersuchten KARGER & WIEDEMANN (1994) in einer empirischen Studie die Wahrnehmung und Bewertung unterschiedlicher Umweltprobleme. Mittels Clusteranalyse fanden sie vier Gruppen:

1. globale Umweltgüter (Klima, Ozon),
2. lokale Umweltgüter (Wasser-, Luftqualität),
3. entfernte Naturgüter (Wale, Artenvielfalt) und
4. nationale Naturgüter (national bedrohte Tierarten).

Ähnliche Ergebnisse fand LEHMANN & GERDS (1991). Hinsichtlich der Wertschätzung zeichnen sich die globalen Umweltgüter nach Meinung der Befragten dadurch aus, daß von ihrem Schutz viele Menschen profitieren, einschließlich der eigenen Person. Dementsprechend haben diese Umweltprobleme den größten Aufforderungscharakter für Umwelthandeln.

Ebenfalls lokale Umweltgüter, wie Gewässer, Boden und Luftqualität verbessern nach Einschätzung der Befragten die Lebensqualität und sind in ihrer Wirkung im Alltag erfahrbar. Auch sie motivieren zum umweltgerechten Handeln. Im Gegensatz dazu ist die Wertschätzung der Naturgüter (biologische Vielfalt) relativ gering. Nach Auffassung der Befragten besteht kein Bedrohungspotential und keine persönliche Betroffenheit. Vielmehr steigert der Arten- und Naturschutz weder die Lebensqualität, noch sichert er die Lebensgrundlagen des Menschen. Der Gruppe der Naturgüter wird lediglich ein „ideeller Wert“ zugeschrieben, wobei keine Verantwortung zum Schutz dieser Güter empfunden wird. Dementsprechend wird eine persönliche Betroffenheit in

Hinblick auf das Aussterben von Tier- und Pflanzenarten nicht gesehen. Konsequenterweise war das Umwelthandeln bei solchen Problemen deutlich am geringsten (vgl. LEHMANN & GERDS, 1991). Das Informationsverhalten, Unterstützung, Alltagshandeln und Verbraucherverhalten nahmen sogar ab, je mehr ein Umweltproblem „lediglich“ mit der Gefährdung von Tier- und Pflanzenarten verbunden war.

Diese geringe Wertschätzung der biologischen Vielfalt im Bewußtsein der Öffentlichkeit ist sicherlich zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß vielen Menschen die Bedeutung der sie umgebenden biologischen Vielfalt für die Sicherung ihrer Existenzgrundlagen und Lebensqualität nicht bewußt ist. Dabei läßt sich an einer Vielzahl von Beispielen der ökonomische, ästhetische, wissenschaftliche oder rekreative Wert der biologischen Vielfalt belegen (Tab. 3). Dennoch wird ihr meistens lediglich ein ideeller Wert zugeschrieben, der im konkreten Konfliktfall allzuoft den ökonomischen Erwägungen geopfert wird.

3.1 Ökonomische Bewertung der biologischen Vielfalt

In der gegenwärtigen Diskussion um die humanwissenschaftlichen Dimensionen dominiert der ökonomische Aspekt biologischer Vielfalt, d.h. deren Wertschätzung als natürliche Ressource (NORTON, 1988; WILSON & FRANCES, 1988; HAMPICKE, 1991; GROOMBRIDGE, 1992). Dieser Aspekt übergreift z.T. die anderen, indem der Wert der Biodiversität „monetarisiert“, d.h. in einem finanziellen Wert ausgedrückt wird. Über den wirtschaftlichen Wert der biologischen Vielfalt lagen bisher nur ungenaue Schätzungen vor. Um diesen Mangel zu beheben, hatte das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) Kostenstudien in einzelnen Ländern angeregt. Die Bundesrepublik Deutschland wurde von der UNEP als Beispiel für ein europäisches Industrieland ausgewählt. Das Institut für Umweltstudien, Heidelberg, legte 1992 eine vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Auftrag gegebene Studie über die wirtschaftliche Bedeutung der biologischen Vielfalt in der Bundesrepublik Deutschland vor. Nach dieser Studie beträgt der Wert der biologischen Vielfalt in der Bundesrepublik zwischen 3,2 und 5 Milliarden DM pro Jahr (vgl. IUS, 1992). Diesem Wert stehen die zu erwartenden Kosten des Naturschutzes gegenüber, die sich lediglich auf rund 1,3 Milliarden DM pro Jahr belaufen.

3.2 Schutz und nachhaltige Nutzung der Biodiversität

Auch auf politischer Ebene ist der Verlust an biologischer Vielfalt inzwischen als dringliches Problem erkannt, und es sind zahlreiche internationale Initiativen auf den Weg gebracht worden. Internationale Organisationen wie die

World Conservation Union (IUCN), der World Wildlife Fund (WWF), das World Resource Institute (WRI), die FAO und die UNESCO engagieren sich in erheblichem Maße im Bereich des Biodiversitäts-Schutzes, der mit einer nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt verbunden wird.

Ausgangspunkt diesbezüglicher Bemühungen war die World Conservation Strategy (IUCN/WWF/UNEP, 1991) und die Global Biodiversity Strategy (WRI/ IUCN/UNEP, 1992). Bisheriger Höhepunkt der politischen Aktivitäten war die Verabschiedung der Biodiversitäts-Konvention auf dem 'Erdgipfel der Vereinten Nationen zu Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Juni 1992 in Rio de Janeiro (UNEP, 1992). Diese wurde von über 170 Staaten - u.a. der Bundesrepublik Deutschland (vgl. BMU, 1995) - unterzeichnet. Ziel dieses Übereinkommens ist

- die Erhaltung der biologischen Vielfalt,
- die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und
- die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung ergebenden Vorteile.

Erreicht werden sollen diese Ziele durch eine Identifizierung gefährdeter Arten und Biotope sowie der Ursachen ihrer Gefährdung, durch Schutzmaßnahmen innerhalb (in situ Schutz) wie auch außerhalb der natürlichen Lebensräume (ex situ Schutz) sowie durch Maßnahmen, die eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen sicherstellen. Weiterhin enthält die Konvention Regelungen, die einen Ausgleich zwischen Nutzer- und Ursprungsländern genetischer Ressourcen vorsehen.

Nachhaltige Entwicklung (sustainable development) bedeutet in diesem Zusammenhang, „die Nutzung von Bestandteilen der biologischen Vielfalt in einer Weise und in einem Ausmaß, die nicht zum langfristigen Rückgang der biologischen Vielfalt führen, wodurch ihr Potential erhalten bleibt, die Bedürfnisse und Wünsche heutiger und künftiger Generationen zu erfüllen“ (BMU 1993, S. 28). Mit dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung von Umwelt und Gesellschaft wird versucht,

- den ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Wechselwirkungen der Umweltprobleme,
- ihrer zunehmend internationalen und globalen Natur sowie der Notwendigkeit einer langfristigen Denk- und Wirtschaftsweise, und
- nicht zuletzt den Bedürfnissen der Dritten Welt und den Interessen künftiger Generationen besser als bisher Rechnung zu tragen (vgl. MAYER, 1995 d; 1996 a, c).

4 Biodiversität und Bildung

Im Artikel 13 der „Rio-Konvention über biologische Vielfalt“ erklären die Unterzeichner ihre Bereitschaft zur „Aufklärung und Bewußtseinsbildung in der Öffentlichkeit“, die durch Einbeziehung dieser Thematik in Bildungsprogramme realisiert werden soll (BMU, 1993). Entsprechend diesem Auftrag arbeiten insbesondere internationale Organisationen, wie die Welt-Naturschutz-Organisation (vgl. MAYER, 1996 d) und die UNESCO (MAYER, 1993 b; UNESCO, 1994) an Konzepten und Materialien zur „biodiversity education“. Ziel dieser Initiativen ist es, Kinder, Jugendliche und Erwachsene zu befähigen und zu motivieren, ihre Verantwortung im Bereich individuellen und gesellschaftlichen Umwelthandelns mit bezug auf die biologische Vielfalt wahrzunehmen. Im Fokus der Biologiedidaktik steht dabei die Frage, wie dieses Ziel mittels inhaltsspezifischer Lehr-Lernprozesse erreicht werden kann. Dazu müssen das biologische Grundlagenwissen zur Biodiversität, entsprechend dem aktuellen Forschungsstand und die humanwissenschaftlichen Dimensionen der Biodiversität wie Ästhetik, Ökonomie, Kultur, Ethik, mit den umweltpsychologischen Erkenntnissen über die Wahrnehmung und Wertschätzung der biologischen Vielfalt und die Bedingungen umweltverantwortlichen Handelns zusammengebracht werden.

4.1 Themen zeitgemäßer Formenkunde

Die Frage, wie das Phänomen der biologischen Vielfalt angemessen im Biologieunterricht berücksichtigt werden kann, wurde bereits Anfang der 90er Jahre in einer empirischen Delphi-Studie aufgegriffen (MAYER, 1992; 1994 a). Der damalige Ausgangspunkt war dabei ein innerdidaktischer, nämlich die zunehmende Kritik an der geringen Formenkenntnis der Schüler sowie der Wunsch vieler Lehrer, Unterricht wieder stärker auf konkrete Lebewesen zu beziehen und der Freilandbiologie mehr Gewicht zu geben. In der Delphi-Studie wurden u.a. Biologiedidaktiker, Fachbiologen und Lehrer nach Zielen, Inhalten und Methoden einer zeitgemäßen Formenkunde befragt. Wesentliche Ergebnisse waren fünf thematisch unterschiedliche Konzepte formenkundlichen Unterrichts, eine Liste unterrichtlich bedeutsamer Arten und Taxa (Tab. 4) sowie Anregungen zur Verbesserung des formenkundlichen Unterrichts.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine zeitgemäße Formenkunde nicht allein die Systematik der Artenvielfalt zum Gegenstand hat. In ihr werden vielmehr die biologischen Grundlagen der biologischen Vielfalt in Zusammenhang mit ihrer Nutzung, Gefährdung und Erhaltung thematisiert (MAYER, 1994 b; c; 1995 b). Dies schließt sowohl die Betrachtung der Biodiversität auf den verschiedenen

Tab. 4: Themenbereiche zeitgemäßer Formenkunde.

| Themenbereiche | Inhalte |
|---|--|
| Erkenntnis der Einheit biologischer Vielfalt | Grundphänomene des Lebendigen (Stoffwechsel, Vererbung), insbesondere Mutation und Vererbung als Quelle genetischer Vielfalt |
| Evolution und Ordnung biologischer Vielfalt | Baupläne, Organisationsstufen, Verwandtschaft, Evolution, taxonomische Vielfalt |
| Ökologie und Schutz biologischer Vielfalt | Angepaßtheit, Lebensgemeinschaften, Bioindikation, Arten- und Naturschutz, ökologische Vielfalt |
| Erleben und pflegen der biologischen Vielfalt | Phänologie, Freizeitbiologie, Ästhetik, Naturerleben, Sport und Naturschutz, Tourismus |
| Nutzung der biologischen Vielfalt | Land-, Forst-, Fischereiwirtschaft; Ernährung, Gesundheit, Rohstoffe, Biotechnik |

Ebenen des Lebendigen ein, als auch verschiedene disziplinäre Aspekte der allgemeinen, der speziellen und der angewandten Biologie. Dieser Ansatz einer Zeitgemäßen Formenkunde bietet die Möglichkeit, das Phänomen der biologischen Vielfalt in zahlreiche Themen des gegenwärtigen Biologieunterrichts einzubeziehen. Im Hinblick auf die humanwissenschaftlichen Dimensionen der Biodiversität kommt den anwendungsorientierten biologischen Disziplinen wie der Biotechnik, der Agrar- und Landschaftsökologie sowie dem Naturschutz große Bedeutung zu (HEDEWIG, 1995; MAYER, 1995; ZABEL, 1995). Dieses Konzept einer zeitgemäßen Formenkunde wird damit nicht nur den curricularen und didaktischen Ansprüchen eines modernen Biologieunterrichts gerecht, sondern entspricht auch dem aktuellen Stand der Biodiversitätsforschung. Auf einem zweiten Symposium zu „Formenvielfalt im Biologieunterricht“ wurden zahlreiche Beispiele aus der Praxis vorgestellt, die diesem Konzept entsprechen (HORN et al., 1994). Darüber hinaus liegen zahlreiche weitere Unterrichtsbeispiele vor (vgl. z.B. HORN, 1994, KLEIN & SSYMAN, 1995).

4.2 Wertschätzung der biologischen Vielfalt

Die geringe Wertschätzung der biologischen Vielfalt durch Schüler und Erwachsene in Hinblick auf ihre Bedeutung als Ressource der menschlichen Lebensgestaltung ist zu einem erheblichen Teil auf Veränderungen in der Lebensführung innerhalb unserer industriell geprägten Gesellschaft zurückzuführen. So fehlt heute weitgehend der unmittelbare und praktische Umgang mit den uns umgebenden Lebewesen, aus dem zur Zeit der bäuerlichen Lebensweise die Erfahrung des Nutzens der Lebewesen erwuchs. In welcher Weise auch heute noch Tier- und Pflanzenarten die Grundlage für Nahrungsmittel, Arznei, Duftstoffe, Farben, Fasern und industrielle Rohstoffe darstellen, ist den meisten

Menschen kaum bewußt. Betrachtet man nicht allein die gegenwärtig kultivierten Arten, sondern die Genressourcen der Pflanzen für eine potentielle Nutzung, sind nach einer Untersuchung von SCHLOSSER (1991) 1.056 der ca. 3.000 Kormophyten Mitteleuropas als aktuelle oder potentielle wirtschaftliche Ressource einzustufen. Dies bezieht sich auf Nahrungspflanzen, Arznei- und Gewürzpflanzen, Pflanzen zur Landschaftsgestaltung, auf Forstgehölze sowie auf Rohstoffpflanzen (vgl. Tab. 5).

Im Rahmen der Umweltbildung kommt es daher insbesondere darauf an, neben dem intrinsischen Wert der biologischen Vielfalt, ihren direkten, indirekten und potentiellen Nutzen für gegenwärtige und künftige Generationen deutlich zu machen (MAYER, 1994 c). Damit soll die Einsicht vermittelt werden, daß in der biologischen Vielfalt von ca. 13 Millionen Arten ein ungeheures Nutzenpotential enthalten, und die biologische Vielfalt auch aus diesem Grund zu erhalten ist. Dabei sollte herausgestellt werden, daß der tatsächliche Nutzen heute noch gar nicht erfaßt ist; deshalb muß sich eine Naturschutzstrategie auf die Gesamtheit der biologischen Vielfalt beziehen.

4.3 Naturerleben und Formenkenntnis

Um das Konzept einer zeitgemäßen Formenkunde weiter zu entwickeln, wurde am IPN ein Symposium zum Thema „Vielfalt begreifen - Wege zur Formen-

Tab. 5: Nutzungsmöglichkeiten von 1.055 Wildpflanzen (Kormophyten) Mitteleuropas (SCHLOSSER, 1991).

| Nutzungsart | Anzahl | Nutzungsgruppen | Anzahl |
|----------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Gemüse/Wildgemüse | 52 | Nahrungspflanzen i.w.S. | 262 |
| Obstpflanzen, Wildfrüchte | 94 | | |
| Öl/Stärke/Eiweißpflanzen | 27 | | |
| Futterpflanzen | 89 | | |
| Arznei-/Gewürzpflanzen | 260 | Arznei/Gewürzpflanzen | 260 |
| Zierpflanzen | 326 | Gestaltungspflanzen | 620 |
| Landschaftsgestaltung | 221 | | |
| Bodenkultivierung | 73 | | |
| Forstgehölze | 37 | Forstgehölze | 37 |
| Rohstoffe (Farben, Fasern) | 27 | Rohstoffpflanzen | 27 |

kunde“ veranstaltet, auf dem biologiedidaktische, fachwissenschaftliche und pädagogische Aspekte des Themas erörtert wurden (MAYER, 1995). Helmut SCHREIER (1995) führte auf dem Symposium aus, daß die Formenkenntnis heute so gering sei, weil sie ihre Bedeutung in der Lebenspraxis der Menschen weitgehend eingebüßt habe. Schüler kommen heute in ihrem Alltagsleben sehr gut aus, ohne die Namen der sie umgebenden Organismen zu kennen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß Formenkenntnis heute bedeutungslos ist, sondern vielmehr, daß ihre Bedeutung für die Schüler erschlossen werden muß. Die Aufgabe besteht darin, der Begrenztheit des Alltagsbewußtseins entgegenzuwirken und den Blick für die Wertschätzung des Alltäglichen, Unscheinbaren zu öffnen. Dazu muß Biologieunterricht Erfahrungen im Umgang mit Organismen organisieren, um alltäglichen Erfahrungsdefiziten entgegenzuwirken. Dabei sollte zum einen der sinnliche Zugang zur biologischen Vielfalt nicht vernachlässigt werden; zum anderen sollte an die subjektive Bedeutung von Arten angeknüpft und ein persönlicher Bezug hergestellt werden. Aufgabe der Formenkunde ist daher nach SCHREIER (1995), dem vertrauten Umgang mit Lebewesen einen neuen „Sitz im Leben der Menschen“ zu geben. Dies bedeutet nicht nur die Vermittlung von unmittelbarer Naturerfahrung sondern ebenso, daß die Beschäftigung mit der biologischen Vielfalt mit einem individuellen Sinn erfüllt und auf die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler bezogen werden muß. Dazu bieten sich zahlreiche Themen und Aktivitäten zur Naturerfahrung an, die den unterschiedlichen Dimensionen des Mensch-Natur-Verhältnisses Rechnung tragen (Tab. 6).

4.4 Von der Formenkenntnis zum Umwelthandeln

Die Bedeutung und die Vermittlung von Formenkenntnissen nimmt innerhalb der biologiedidaktischen Diskussion einen besonderen Raum ein (vgl. z.B. ANT, 1992; ZABEL, 1993; STICHMANN, 1994). In der plakativen Aussage „Man kann nur schützen, was man kennt“ wird von Didaktikern und Naturschützern die Vermittlung formenkundlicher Kenntnis im Dienste eines naturpfleglichen Verhaltens gefordert. Allerdings belegen empirische Studien, daß die Vermittlung von Wissen nur einen geringen Einfluß auf naturpflegliche Einstellungen und entsprechendes Verhalten hat, so daß die Bedeutung von Formenkenntnissen durchaus kontrovers diskutiert wird. Dabei zeigt sich, daß oftmals ein unterschiedlich weites bzw. enges Verständnis der Begriffe „Formenkenntnis“, „Artenkenntnis“ und „Sippenkenntnis“ die Ursache von Mißverständnissen ist. Für eine Klärung und Definition der Begriffe ist es notwendig, die zwei darin enthaltenen Teile (Formen und Kenntnis) getrennt zu betrachten. Zum einen geht es nämlich um die Frage, welcher Lerninhalt den Schülerinnen und Schü-

Tab. 6: Charakterisierung unterschiedlicher Dimensionen der Naturerfahrung.

| Naturerfahrung | Themen | Tätigkeiten/Aktivitäten | Objekte |
|----------------|---|--|--|
| erkundende | Allgemeine Biologie, Biologische Systematik | Naturbeobachtungen, Zoobesuch, Grüne Schule, Artenbestimmung | wissenschaftlich bedeutsame Arten, neu entdeckte Arten |
| ökologische | Naturschutz, Umweltschutz, Umweltgefährdung | Biotoppflege, Patenschaften, Artenschutz, Nisthilfen bauen, Schulhofgestaltung | ökologische Schlüsselarten, geschützte Arten |
| instrumentelle | Nutzanwendung, Natur als Ressource, Angewandte Biologie | Schulgartenarbeit, Tierhaltung auf Schulbauernhöfen, Sammeln/Ernten | Nutztiere, Nahrungspflanzen, Wildgemüse, Färber-, Duftpflanzen |
| ästhetische | Naturästhetik, Kunst, Symbolik, Kultur, Brauchtum | Natur-Zeichnen, Landschaftsmalerei, Basteln, Naturphotographie | Zimmer-, Zierpflanzen, „schöne Tiere“, Naturmaterialien, Symboltiere |
| soziale | Sozialbindung, Tierschutz | Haus- und Heimtierhaltung, Aquarien- Terrarienhaltung, Reiten | Haus- und Heimtiere, Pferde, Exoten |

lern vermittelt werden soll, also was unter ‘Formen’ zu verstehen ist. Der zweite Punkt betrifft die Frage, welches Ziel mit der Vermittlung dieser Inhalte verfolgt wird, also z.B. Kenntnisse oder auch darüber hinaus gehende Fertigkeiten, Einstellungen u.ä.

Bezüglich der Inhaltsfrage ist allgemeiner Konsens, daß es innerhalb der Formenkunde nicht allein um Namen von Organismen und auch nicht nur um systematische Aspekte geht (HORN, 1994; STICHMANN, 1994; HEDEWIG, 1995; ZABEL, 1995). Vielmehr faßt man unter biologischen Formen Gruppen von Lebewesen nach unterschiedlichen Kriterien zusammen, z.B. als Lebensformen. Diese „Formen“ und die damit assoziierten Inhalte sollten bezogen auf den Lerngegenstand der Formenkunde als „formenkundlicher Unterrichtsinhalt“ bezeichnet werden (MAYER, 1992). Dieser Terminus hat den Vorteil, daß er das erweiterte - über systematische Aspekte von Arten und Sippen hinausgehende - Verständnis einer zeitgemäßen Formenkunde auch explizit ausdrückt und damit die Verständigung in der Sache erleichtert. Ein weiterer Vorteil dieses Begriffes ist - und dies trifft den zweiten Teil der Begriffsbestimmung - , daß er die Zielsetzung der Vermittlung dieser Inhalte nicht allein auf Kenntnisvermittlung einschränkt, wie es der Begriff der Formen*kenntnis* nahelegt.

Wie auch im Bereich der Inhalte hat sich das Verständnis der Lerndimensionen innerhalb des Biologieunterrichts erweitert und geht über kognitive

Aspekte hinaus. Bei näherer Betrachtung der Diskussion um Formenkunde wird deutlich, daß das Ziel auch gerade die affektive Dimension der Einstellungen, Interessen und Werthaltungen einschließt - was allerdings beim Begriff der Formen*kenntnis* nicht zum Ausdruck kommt. Der Begriff der formenkundlichen Inhalte bietet dagegen Raum, die angezielten Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie die affektive Dimension der Interessen, Einstellungen und Werthaltungen explizit zu benennen. Insofern wurde „Formenkenntnis“ auf dem IPN-Symposium auch als „Vertrautheit mit der Biologie von Arten und ihrer Beziehung zum Menschen“ definiert, wobei die emotionale Dimension unmittelbarer Naturerfahrung sowie die Dimension der Werthaltungen eine große Rolle spielt. Zwischen einem solch erweiterten Verständnis von Formenkenntnis - oder besser formenkundlichen Fähigkeiten, Einstellungen und Werthaltungen - und naturschützendem Handeln besteht durchaus ein Zusammenhang.

Dennoch müssen zur Erklärung von umweltverantwortlichem Handeln weitere Faktoren herangezogen werden, wie die „Zuschreibung von Verantwortlichkeit“ und die „Einschätzung der Wirksamkeit des eigenen Handelns“ (BOLSCHO, 1995; GEBAUER, 1995). Insofern kann Formenkenntnis sicherlich positiv auf Handeln wirken, genügt aber allein nicht, Kinder, Jugendliche und Erwachsene zu aktiven Umweltschützern werden zu lassen. Dies wird letztlich auch durch die Alltagserfahrung bestätigt, nach der selbst Experten mit umfangreichem Wissen oder Naturfreunde keineswegs immer ein ihrem Wissen entsprechendes Verhalten zeigen. BERCK & KLEE (1995) sehen in ihrer Studie ebenfalls keine enge Korrelation zwischen Arteninteresse und praktischem Naturschutz. Auf der anderen Seite zeigt sich, daß sich Menschen ohne viel Kenntnisse im Natur- und Umweltbereich aus religiösen, ethischen oder politischen Motiven im Umweltbereich engagieren (HEDEWIG, 1995; STICHMANN, 1995).

4.5 Unterrichtsbeispiel: Färberpflanzen

Ein aktuelles Beispiel für die zunehmende Bedeutung der Biodiversität ist die Nutzung von Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe. In der öffentlichen Diskussion geht es vor allem um die aus pflanzlichen Ölen gewonnenen Energieträger wie Methanol oder Rapsöl, die als Kraftstoffe genutzt werden. Daneben erlangen jedoch Pflanzenfasern zur Herstellung verschiedenster Materialien, Stärke zur Produktion biologisch abbaubarer Verpackungsmaterialien (vgl. RUPPRECHT & MAYER, im Druck) sowie Naturfarben für Kleidung, Kosmetik und Nahrungsmittel eine immer größere Bedeutung (JOHN et al., 1996).

Die Gewinnung von Farbstoffen aus Pflanzen gehört zu den ältesten kulturhistorischen Traditionen der Menschheit. Nachdem im 19. Jahrhundert synthetisch hergestellte Farbstoffe die Naturfarben weitgehend verdrängten, steigt in

Tab. 7: Färberpflanzen.

| Färberpflanze | Färbende Organe | Farbe |
|---|-----------------|-------|
| Färberwaid (<i>Isatis tinctoria</i>) | Blätter | blau |
| Färberwau (<i>Reseda luteola</i>) | Kraut | gelb |
| Färberröte/Krapp (<i>Rubia tinctoria</i>) | Wurzel | rot |
| Saflor/Färberdistel (<i>Carthamus tinctorius</i>) | Blüten | rot |
| Färberscharte (<i>Serratula tinctoria</i>) | Kraut | gelb |
| Färberginster (<i>Genista tinctoria</i>) | Kraut | gelb |
| Färberwaldmeister (<i>Asperula tinctoria</i>) | Wurzel | rot |
| Färberkamille (<i>Anthemis tinctoria</i>) | Blütenköpfe | gelb |
| Färber-Ochsenzunge (<i>Alkanna tinctoria</i>) | Wurzel | rot |
| Stockrose (<i>Altaea rosea</i>) | Blüten | rot |
| Indigo (<i>Indigofera tinctoria</i>) | Kraut | blau |
| Safran (<i>Crocus sativus</i>) | Blütennarben | gelb |

jüngster Zeit mit dem Trend zur „Sanften Chemie“ und bedingt durch ein gestiegenes Umweltbewußtsein das Interesse an natürlichen Farbstoffen. Die Pflanzung und Pflege von Färberpflanzen im Schulgarten ermöglichen eine Auseinandersetzung mit den einzelnen Arten bzw. der pflanzlichen Vielfalt, ihren biologischen Besonderheiten, ökonomischen Nutzungsmöglichkeiten und kulturgeschichtlichen Aspekten (Tab. 7).

Bezüge zur umgebenden Pflanzenwelt ergeben sich, wenn das Färberbeet durch Arten aus der Wildkrautflora - beispielsweise Rainfarn *Chrysanthemum vulgare*, Brennessel *Urtica dioica*, Wiesenkerbel *Anthriscus silvestris*, Tüpfel-Johanniskraut *Hypericum perforatum* - bereichert wird. Durch die Einbeziehung der gesamten Bandbreite zum Färben geeigneter Pflanzen, wie sie z. B. auf Exkursionen vermittelt werden kann, wird die Bedeutung der Erhaltung von biologischer Vielfalt erfahrbar. So läßt sich zeigen, daß für den Menschen ein biologisches Potential mit erheblichem Nutzwert direkt vor der „Haustür“ liegt, aus dem heraus über die Jahrhunderte immer neue, auch komplexere Färbemittel entdeckt worden sind. Am Beispiel eines im Schulgarten betriebenen

Anbaus nach ökologischen Gesichtspunkten können Kriterien und Probleme nachhaltiger Nutzung der biologischen Vielfalt mit den Schülern erarbeitet werden.

5 Resümee

Der Schutz der biologischen Vielfalt berührt die Frage nach der Erfüllung von grundlegenden Lebensbedürfnissen des Menschen und von Lebensqualität, bis hin zur Überlebensfähigkeit der Menschheit überhaupt. Dennoch wird aufgrund der derzeitigen Erosion an biologischer Vielfalt ein großer Teil der Lebewesen ausgestorben sein, bevor sie je ein Mensch zu Gesicht bekommen - geschweige denn wissenschaftlich beschrieben oder sogar hinsichtlich nutzbringender Inhaltsstoffe oder Eigenschaften erforscht hätte. Eine große Zahl von Biologen stimmen darin überein, daß die Fehleinschätzung des Werts der biologischen Vielfalt und in ihrer Folge die Ausrottung von Arten und ganzen Lebensgemeinschaften sich als einer der gravierendsten und nicht mehr gut zu machenden Fehler des ausgehenden 20. Jahrhunderts erweisen wird. So vergleicht der Biologe E.O. WILSON die derzeitige Artenausrottung mit dem Verbrennen einer Bibliothek, ohne zu wissen was in den Büchern steht und ohne zu ermessen, wie wichtig diese Information für die Menschheit ist. Er bezeichnet die derzeitige Zerstörung der biologischen Vielfalt als wissenschaftliche Tragödie, als moralischen Skandal und als wirtschaftliches Fiasko. Dem Biologieunterricht kommt in diesem Zusammenhang die Aufgabe zu, zur Wertschätzung und letztlich zum Erhalt der biologischen Vielfalt beizutragen.

6 Zitierte Literatur

- ANT, H. (1992): Gedanken zum Problem Artenkenntnis in der Schule. In: Vogt, H. & M. Hesse: Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie Münster IDB **1**, 59-66.
- BERCK, K.-H. & R. KLEE (1995): Empirische Untersuchungen über Bedingungen der Genese von Arten-Interesse - und das „Siebenschrittmodell“ als Vorschlag zu ihrer Realisierung im Biologieunterricht. In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN, Kiel. 61-85.
- BLAB, J., M. KLEIN & A. SSYMANK (1995): Biodiversität und ihre Bedeutung in der Naturschutzarbeit. Natur und Landschaft **70** (1), 11-18.
- BLAB, J. & U. RIECKEN [Hrsg.] (1993): Grundlagen und Probleme einer Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Kilda, Greven.
- BOLSCHO, D. (1995): Vom Wissen zum Handeln. Überlegungen zu einem kognitions-theoretischen Handlungsmodell. In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN Kiel, 111-119.
- BFN, BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1995): Materialien zur Situation der biologischen Vielfalt in Deutschland. Bonn.
- BMU, BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.] (1993): Bericht der Bundesregierung über die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Bonn.

- DEUTSCHER BUNDESTAG (1992): Bericht: der Bundesregierung über die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (03.-14. Juni 1992) Drucksache 12/3380.
- ERWIN, W. (1990): How many species are there? Revisited. *Conservation Biology* **5**, 330-333.
- GEBAUER, M. (1995): Welchen Stellenwert hat die Formenkenntnis im Umweltbewußtsein von Grundschulern? In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN, Kiel. 258-262.
- GROOMBRIDGE, B. [Ed.] (1992): *Global Biodiversity. Status on the Earth's Living Resources.* Chapman and Hall, London.
- HABER, W. (1993): *Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes.* Umweltschutz Bd. 1, *Economia*, Bonn.
- HAEUPLER, H. (1995): Diversität. In: Kuttler, W. [Hrsg.]: *Handbuch zur Ökologie.* Analytica, Berlin. 63-67.
- HAMPICKE, U. (1991): *Naturschutz-Ökonomie.* Ulmer, Stuttgart.
- HEDEWIG, R. (1995): Die Vermittlung von Formenkunde bei überwiegend allgemeinbiologischer Orientierung des Unterrichts. In: Mayer, J.: *Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde.* IPN. Kiel. 133-142
- HEYWOOD V.H. [Ed.] (1995): *Global Biodiversity Assessment.* Published for the United Nations Environment Programme. University Press, Cambridge.
- HORN, F. (1994): Biovielfalt - Konsequenzen für den Unterricht. *Biol. i. d. Schule* **43** (1), 1-4.
- HORN, F., J. MAYER & B. OEHMIG (1994): Biologieunterricht und Formenvielfalt. In: Bayrhuber, H., K. Etschenberg, K.-H. Gehlhaar, O. Grönke, R. Klee, H. Kühnemund & J. Mayer [Hrsg.]: *Interdisziplinäre Themenbereiche und Projekte im Biologieunterricht.* 9. Fachtagung der Sektion Fachdidaktik im VdBiol vom 19.9. bis 24.9.93 in Ludwigsfelde. IPN, Kiel. 337-341.
- HUTTERER, R. (1995): Unbekannte Säugetierwelt: Übersicht der seit 1985 beschriebenen Arten. In: *Tier und Museum* **4**, 77-88.
- IUS, Institut für Umweltstudien (1992): *The Economic Importance of the Conservation of Biological Diversity in the Federal Republic of Germany.* Heidelberg.
- JOHN, St., I. LUDWICHOWSKI & J. MAYER (1996): Von der Färbepflanze zur Pflanzenfarbe - ein Beispiel für die nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt. In: Schulbiologiezentrum Hannover [Hrsg.]: *Umwelterziehung zieht Kreise.* Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, Hannover. 67-77.
- KARGER, C.R. & P.M. WIEDEMANN (1994): Wahrnehmung von Umweltproblemen als Auslöser ökologischen Handelns. *Natur und Landschaft* **69** (1), 3-8.
- KLEIN, M. & A. SSYMANK (1995): Biodiversität und Naturschutz. Teil 1: Die Bedeutung der genetischen Diversität. *Biol. i. d. Schule* **44** (1), 53-56.
- KÖNIG, B. & K.E. LINSENMAIR, (1996): *Biologische Vielfalt. Spektrum Verständliche Forschung.: Spektrum*, Heidelberg.
- LEHMANN, J. & I. GERDS (1991): Merkmale von Umweltproblemen als Auslöser ökologischen Handelns. In: Eulefeld, G., D. Bolscho, H. Seybold (Hrsg.): *Umweltbewußtsein und Umwelterziehung.* IPN, Kiel. 23-35.
- LINSENMAIR, K.E. (1995): Biologische Vielfalt und ökologische Stabilität. In: Markl, H. et. al. (Hrsg.): *Wissenschaft in der globalen Herausforderung.* Wiss. Ver.-Ges., Stuttgart. 267-295.
- LUBCHENKO, J. et al. (1991): The Sustainable Biosphere Initiative: An Ecological Research Agenda. *Ecology* **72** (2), 371- 412.
- MARKL, H. (1995): Wohin geht die Biologie? *Biologen in unserer Zeit* **3**, 33-39.
- MAY, R.M. (1992): Wie viele Arten von Lebewesen gibt es? *Spektrum der Wissenschaft*, 72-79.
- MAYER, J. (1992). Formenvielfalt im Biologieunterricht. Ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde. IPN Kiel (= IPN.132)
- MAYER, J. (1993 a): Bedeutung der Formenkunde für die Umweltbildung. In: *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 22. Jahrestagung in Zürich, 1992. Zürich. 379-384.
- MAYER, J. [Mitarb.] (1993 b). CRISCI, J. V., J.D. MCINERNEY, P.J. MCWETHY: *Order & Diversity in the Living World: Teaching Taxonomy & Systematics in Schools.* Reston: National Association of Biology Teachers (NABT), Commission for Biological Education of the International Union of Biological Sciences in Cooperation with UNESCO, 1993.
- MAYER, J. (1994 a). Zeitgemäße Formenkunde im Biologieunterricht. *MNU* **47** (1), 44-51.
- MAYER, J. (1994b): Formenkunde als themenübergreifende Aufgabe des Biologieunterrichts. In: Bayrhuber, H., K. Etschenberg, K.-H. Gehlhaar, O. Grönke, R. Klee, H. Kühnemund, J. Mayer, (Hrsg.): *Interdisziplinäre Themenbereiche und Projekte im Biologieunterricht.* 9. Fachtagung der

- Sektion Fachdidaktik im VdBiol vom 19.9. bis 24.9.93 in Ludwigsfelde. IPN, Kiel (= IPN.142). 283-287.
- MAYER, J. (1994 c): Biodiversität - ein biologisches Konzept und seine Bedeutung für den Biologieunterricht. In: Jäkel, L., M. Schallies, I. Venter, U. Zimmermann (Hrsg.): Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften. Tagungsband. Deutscher Studienverlag, Heidelberg. 161-169.
- MAYER, J. [Hrsg.] (1995 a): Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde! Tagungsband des IPN-Symposiums zum Thema Formenvielfalt im Biologieunterricht. IPN, Kiel.
- MAYER, J. (1995 b): Formenvielfalt als Thema des Biologieunterrichts. In: Mayer, J. (Hrsg.): Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde! Tagungsband des IPN-Symposiums zum Thema Formenvielfalt im Biologieunterricht. IPN, Kiel. 37 - 60.
- MAYER, J. (1995 c): Wege zur Formenkunde - Ergebnisse und Folgerungen des IPN-Symposiums. In: Mayer, J. (Hrsg.): Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde! Tagungsband des IPN-Symposiums zum Thema Formenvielfalt im Biologieunterricht. IPN, Kiel. 265-272.
- MAYER, J. (1995 d): Nachhaltige Entwicklung - ein Leitbild zur Neuorientierung der Umwelterziehung? DGU-Nachrichten **12**, 43-56.
- MAYER, J. (1996 a): Nachhaltige Entwicklung als Leitidee der Umwelterziehung. In: Bayrhuber, H. et al.: Biologieunterricht und Lebenswirklichkeit. 10. Fachtagung der Sektion Fachdidaktik im VdBiol. in Weilburg, IPN, Kiel.
- MAYER, J. (1996 b): Using the Delphi Technique to Identify and Prioritise Concepts for Biodiversity Education In: Elcome, D. (Hrsg.): Education and Communication for Biodiversity. Key concepts, strategies and case studies in Europe. World Conservation Union (IUCN), 81-87.
- MAYER, J. (1996 c): Nachhaltige Entwicklung - ein Leitbild zum Umgang mit natürlichen Ressourcen. In: DIFF, Deutsches Institut für Fernstudienforschung: Veränderung von Böden durch anthropogene Einflüsse. Ein interdisziplinäres Studienbuch. Springer, Berlin.
- MAYER, J. (1996 d): Concepts for Biodiversity Education. In: European Committee for Environmental Education (ECEE)/Commission on Education and Communication/World Conservation Union (IUCN): Biodiversity Education and Communication, Report of the Workshop held in Valsain, Spain. IUCN, Gland. 24-32.
- MAYER, J. & F. HORN (1993): Formenkenntnis - wozu? Basisartikel. UB **17** (189), 4-13.
- MCNEELY, J.A., K.R. MILLER, W.V. REID, R.A. MITTERMEIER, T.B. WERNER (1990): Conserving the world's biological diversity. IUCN, WRI, CI, WWF- US and World Bank. Washington D.C.
- MCNEELY, J.A. (1988): Economics and Biological Diversity: Developing and Using Economic Incentives to Conserve Biological Resources. IUCN, Gland.
- MEFFE, G.K. (1994): Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates.
- NORTON, E. [Ed.] (1986): The preservation of species: The value of biological diversity. Princeton University Press, Princeton NJ.
- NOSS, R.F. (1990). Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. Conservation Biology **4** (4), 355-363.
- OTA/Office of Technological Assessment of the U.S. Congress (1987). Technologies to Maintain Biological Diversity. OTA-F-330. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- PRIMACK, R.B. (1995): Naturschutzbiologie. Spektrum. Akad. Verl., Heidelberg.
- REID, W.V. & K.R. MILLER (1989): Keeping options alive: The Scientific Basis for conserving Biodiversity. World Resources Institute.
- REICHHOLF, J.H. (1993): Biodiversität. Warum gibt es so viele verschiedene Arten? Universitas, 830-840.
- RITTER, M., S. BIBER-KLEMM, K. ICKSTADT, Ch. KOCHER SCHMID & N. STETTLER (1995): Gesellschaftliche Wahrnehmung, Bewertung und Umsetzung von Biodiversität. GAIA **4** (4), 250-260.
- RUPPRECHT, C. & J. MAYER (1997): Nachwachsende Rohstoffe - eine umweltgerechte Alternative? Einweggeschirr als schulrelevantes Beispiel. PdN-Biologie **46** (3), (im Druck).
- SCHAEFER, M. & W. TISCHLER (1983). Ökologie. Fischer, Stuttgart.
- SCHLOSSER, S., L. REICHHOFF & P. HANELT (1991): Wildpflanzen Mitteleuropas. Nutzung und Schutz. DLV, Berlin.
- SCHMID, B. & D. MATTHIES, (1994): Seltenheit und Gefährdung - Populationsbiologische Grundlagen des Artenschutzes. Naturwissenschaften **81**, 283-292.
- SCHREIER, H. (1995): Die Erfahrung der Formenvielfalt und ihre pädagogische Dimension. In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN, Kiel. 21-36.

- SOLBRIG, O.T (1991): From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. Paris: Int. Union of Biol. Sciences (IUBS). deutsch: Solbrig, O.T.: Biodiversität. Wissenschaftliche Fragen und Vorschläge für die internationale Forschung. Bonn: Dt. UNESCO-Kommission, 1994.
- STEININGER, F.F. [Hrsg.] (1996): Agenda Systematik 2000: Erschließung der Biosphäre; Eine weltumspannende Initiative zur Entdeckung, Beschreibung und Klassifizierung aller Arten der Erde. Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 22. Kramer, Frankfurt a.M.
- STICHMANN, W. (1994): Rolle der Formenkenntnis im Biologieunterricht. In: Stichmann, W. (Hrsg.). Formenkenntnis. Sammelband UB, 2-5.
- STICHMANN, W. (1994): Wege zur Formenkenntnis. In: Stichmann, W. (Hrsg.): Bestimmungshilfen. Sammelband UB, 2-5.
- STICHMANN, W. (1995): Didaktische Aspekte im Beziehungsfeld von Formenkenntnis und Naturschutzhandeln. In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN, Kiel. 120-128.
- UNEP (1993): Convention on Biological Diversity. Nairobi, 1992. deutsch: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro - Dokumente - Klimakonvention, Konvention über die Biologische Vielfalt, Rio-Deklaration. Bonn.
- UNESCO (1994): Education and Science for Maintaining Biodiversity. Swiss National Commission for UNESCO. Basle (Swiss).
- WILSON, E.O. (1985): The biological diversity crisis: A challenge to science. Issues in Science and Technology, **2**, 20-29.
- WILSON, E.O. (1989): Biodiversity, In: Scientific -American, Sept. 1989. S. 60-66 (deutsche Übersetzung in: Spektrum der Wissenschaft, November 1989).
- WILSON, E.O. (1990): Bedrohung des Artenreichtums. In: Menschheit und Erde. Spektrum der Wissenschaft Sonderheft **9**, 42-49.
- WILSON, E.O. & M.P. FRANCES (1988) (Eds.): Biodiversity, National Academy Press. deutsch: Wilson, E.O. [Hrsg.] (1992): Ende der biologischen Vielfalt. Verlust an Arten, Genen und Lebensräumen und die Chancen für eine Umkehr. Spektrum, Heidelberg.
- WRI/IUCN/UNEP (1995): Global Biodiversity Strategy: Guidelines for Action to Save, Study, and Use Earth's Biotic Wealth Sustainably and Equitably. Washington, D.C.
- WRI/IUCN/UNEP [Hrsg.] (1995): National Biodiversity Planning. Guidelines Based on Early Experiences Around the World. Washington.
- ZABEL, E. (1995): Vermittlung von Sippen-(Formen-)kenntnissen in einem allgemeinbiologisch orientierten Unterricht. In: Mayer, J.: Vielfalt begreifen - Wege zur Formenkunde. IPN, Kiel. 143-154.
- ZABEL, E.: Sippen- (Formen-) Kenntnisse - ein aktuelles Problem biologischer Unterweisungen. In: Biol. i.d. Schule **42** (6), 204-211.

Verfasser: Jürgen Mayer. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel. Olshausenstraße 62, 24 098 Kiel.