

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Zusammenfassung/Summary ..... | 1 |
|-------------------------------|---|

JÜRGEN LETHMATE:

## **1. Geoökologie, Umweltmonitoring und Umweltbildung**

|  |    |
|--|----|
| 1. Einleitung .....                                  | 7  |
| 2. Die neue Physiogeographie .....                   | 7  |
| 3. Umweltmonitoring .....                            | 8  |
| 4. Perspektivenwechsel im Geographieunterricht ..... | 9  |
| 5. Umweltbildung als Nahraum-Didaktik .....          | 12 |
| 6. Kulturelle Wende und Glokalisierung .....         | 14 |
| 7. Der Zweck von Schule .....                        | 15 |
| 8. Wissensorientierte Umweltbildung .....            | 15 |
| 9. Literatur .....                                   | 18 |

JOACHIM GEHRMANN:

## **2. Zur atmosphärischen Luftschadstoffbelastung in Nordrhein-Westfalen. Sind naturnahe Ökosysteme durch Versauerung und Eutrophierung bedroht?**

|  |    |
|--|----|
| 1. Einleitung .....  | 23 |
| 2. Das forstliche Umweltmonitoring .....   | 23 |
| 3. Großrauminventuren .....  | 24 |
| 4. Dauerbeobachtungsflächen .....  | 25 |
| 5. Entstehung und zeitliche Entwicklung von anthropogenen Luftverunreinigungen ..... | 26 |
| 6. Entwicklung der Deposition von Luftverunreinigungen im Wald .....                 | 27 |
| 7. Bundesweite Einordnung der Säure- und Stickstoffdepositionen .....                | 29 |
| 8. Bewertung anhand von Critical Loades und Stoffbilanzen .....                      | 31 |
| 9. Wald und Wasser – Bedrohung der Grundwasserqualität .....                         | 37 |
| 10. Biotische Folgen – reduzierte Artenvielfalt und nachlassende Vitalität .....     | 39 |
| 11. Fazit .....  | 41 |
| 12. Literatur .....  | 42 |

JÜRGEN LETHMATE:

## **3. Waldquellen in Westfalen als Indikatorsysteme des Umweltmonitorings**

|   |    |
|---|----|
| 1. Einleitung .....                                     | 45 |
| 2. Frischwasser-Shrimps und andere Bioindikatoren ..... | 45 |
| 3. Eine neue Qualität der Gewässerbelastung .....       | 46 |
| 4. Menschengemachte Versauerung .....                   | 47 |
| 5. Indikatorsysteme des Waldmonitorings .....           | 48 |
| 6. Waldquellen als Trendmessstelle .....                | 49 |
| 7. Landesweite Trendanalyse .....                       | 51 |
| 8. Biodiversitätsverlust .....                          | 52 |
| 9. Literatur .....                                      | 53 |

JÜRGEN LETHMATE:

## 4. Das Osning-Projekt.

### Geökologische und ökologiedidaktische Forschung im Teutoburger Wald

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Einleitung   | 55 |
| 2.  | Im Kontext der Ökosystemforschung  | 56 |
| 2.1 | Über die Biosphäre hinaus  | 56 |
| 2.2 | Ökosystemmodell und ökosystemarerer Ansatz                                 | 58 |
| 3.  | Stickstoffhaushalt – eine aktuelle Forschungsfrage                         | 59 |
| 3.1 | Stickstoffbelastung im Osning  | 59 |
| 3.2 | Veränderung der Krautschicht   | 60 |
| 3.3 | Stickstoffbilanz: Input und Output   | 61 |
| 3.4 | Nährstoff- und Aluminiumauswaschung  | 61 |
| 3.5 | Alkalitätsverlust  | 63 |
| 3.6 | Mineralzerstörung  | 63 |
| 3.7 | Ein vorläufiges Fazit  | 64 |
| 4.  | Biologische und geographische Ökosystemforschung                           | 65 |
| 4.1 | Gemeinsames Forschungsobjekt   | 65 |
| 4.2 | Die Ökologie der Geographen  | 65 |
| 4.3 | Die Ökologie der Biologen  | 69 |
| 5.  | Die Bedeutung der Fachdidaktik   | 70 |
| 5.1 | Das Lernziel „ökosystemare Betrachtungsweise“                              | 70 |
| 5.2 | Didaktik-Missverständnis   | 71 |
| 5.3 | Alltagsvorstellungen   | 71 |
| 6.  | Didaktische Forschungsstrategie  | 73 |
| 6.1 | Das Modell „Didaktische Rekonstruktion“                                    | 73 |
| 6.2 | Lernervorstellungen zum Ökosystembegriff                                   | 73 |
| 6.3 | Didaktische Strukturierung   | 76 |
| 7.  | Ein spezifisch-geographisches Lernziel                                     | 77 |
| 8.  | Danksagung   | 79 |
| 9.  | Literatur  | 80 |
|     | Anhang: Staatsexamensarbeiten im thematischen Kontext des Osning-Projektes | 83 |

JÜRGEN LETHMATE:

## 5. Stickstofffresser und Stickstoffflüsse in Ackergräben.

### Schulgemäße Untersuchungen an unspektakulären Biotopen

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 1.  | Einleitung  | 85  |
| 2.  | Geeignete Anlässe für Untersuchungen                            | 85  |
| 3.  | Stickstofffresser   | 86  |
| 4.  | Kurz- und Langzeituntersuchungen                                | 88  |
| 5.  | Der „Ammoniaktod“   | 88  |
| 6.  | Stickstoffflüsse  | 93  |
| 7.  | Stickstoffüberschüsse der Einzugsgebiete                        | 96  |
| 8.  | Umweltpolitischer Bezug: Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie | 97  |
| 9.  | Schulgemäße Wissenschaftlichkeit                                | 97  |
|     | Arbeitsbogen 1: Kartierung von Zeigerorganismen                 | 98  |
|     | Arbeitsbogen 2: Ammonium- und Nitratmessung                     | 99  |
| 10. | Literatur   | 100 |

JÜRGEN LETHMATE:

## 6. Stickstoffregen im Münsterland.

### Zur Didaktik eines „glokalen“ Umweltproblems

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 1.  | Einleitung   | 101 |
| 1.1 | Die Substanz, die alles erstickt   | 101 |
| 1.2 | Dimensionen des Problems „reaktiver Stickstoff“  | 102 |
| 1.3 | Didaktischer und räumlicher Bezug  | 103 |
| 2.  | Chemie und Ökologie des Stickstoffregens   | 104 |
| 2.1 | Stechend riechende Gase: Vom SO <sub>2</sub> zum NH <sub>3</sub>                               | 104 |
| 2.2 | Ammoniakemissionen   | 105 |
| 2.3 | Ammoniakfreisetzung  | 108 |
| 2.4 | Vom Ammoniak zum Stickstoffregen   | 109 |
| 2.5 | Ökologische Effekte  | 110 |
| 2.6 | Ammoniak, Ammonium und Nitrat im Vergleich   | 112 |
| 2.7 | Das Critical Load-Konzept  | 113 |
| 3.  | Das Handlungssystem „Veredelungswirtschaft“  | 115 |
| 3.1 | Stickstoffregen als Umweltproblem  | 115 |
| 3.2 | Zentren der Schweinehaltung  | 117 |
| 3.3 | Münsterland: Schweineland  | 119 |
| 3.4 | Münsterland: Vaterland von Wurst und Schinken  | 122 |
| 3.5 | Das glokale Schnitzel  | 124 |
| 3.6 | Billig, aber nicht preiswert   | 131 |
| 3.7 | Zum Problem „Tiergerechtigkeit“  | 134 |
| 3.8 | „Umweltschweine“ und Bio-Illusionen  | 141 |
| 3.9 | Zwischen Einsicht und Ordnungsrecht  | 143 |
| 4.  | Stickstoffregen im Münsterland   | 146 |
| 4.1 | Stickstoff als geographiedidaktisches Problem  | 146 |
| 4.2 | Messparameter  | 147 |
| 4.3 | Messmethoden   | 153 |
| 4.4 | Auswertungsmethoden  | 156 |
| 4.5 | Konzentrationen und Depositionen   | 157 |
| 4.6 | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N-Verhältnisse und Critical Load | 161 |
| 4.7 | Vergleichsstudie des StUA Münster  | 162 |
| 4.8 | Entsäuerter Regen mit saurer Wirkung   | 165 |
| 4.9 | Eutrophierende Wirkung des Stickstoffregens  | 167 |
| 5.  | Didaktische „Fallstricke“  | 171 |
| 5.1 | Verhaltensprävention versus Verhältnisprävention   | 171 |
| 5.2 | Global denken lernen   | 173 |
| 6.  | Danksagung   | 175 |
| 7.  | Literatur  | 176 |
|     | Anhang: Globale Entwicklung atmosphärischer Stickstoffdepositionen                             | 186 |

JÜRGEN LETHMATE:

## 7. Das geoökologische Anforderungsprofil in der Umweltbildung. Eine Fallstudie aus dem Trinkwasserschutzgebiet „Hohe Ward“ (Münster)

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 1.  | Einleitung                                    | 187 |
| 1.1 | Das Defizit geoökologischer Untersuchungen    | 187 |
| 1.2 | Über geschwätziges Denken hinaus              | 188 |
| 1.3 | Aufschlüsselung der Fallstudie                | 190 |
| 2.  | Ökologische Geographie als Anforderungsprofil | 191 |
| 2.1 | Geographische Mensch-Umwelt-Forschung         | 191 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 2.2   | Der ökosystemare Ansatz .....                              | 192 |
| 2.3   | Persistente Umweltprobleme .....                           | 195 |
| 3.    | Die Fallstudie in der Geographie .....                     | 195 |
| 3.1   | Die Böden .....  | 196 |
| 3.2   | Stoffflüsse .....  | 201 |
| 3.3   | Bewertung .....  | 202 |
| 3.4   | Zusammenfassung .....                                      | 203 |
| 4.    | Die Fallstudie im Geographieunterricht .....               | 205 |
| 4.1   | Methodische Anforderungsprofile .....                      | 205 |
| 4.1.1 | Allgemeindidaktisch .....                                  | 205 |
| 4.1.2 | Ökologiedidaktisch .....                                   | 208 |
| 4.2   | Ergebnisse .....   | 216 |
| 4.2.1 | Geländearbeit .....  | 216 |
| 4.2.2 | Laborarbeit .....  | 222 |
| 4.3   | Klausurvorschlag .....                                     | 231 |
| 4.4   | Schulgemäßheit des Anforderungsprofils .....               | 233 |
| 5.    | Die Fallstudie im Kontext aktueller Didaktikdiskurse ..... | 235 |
| 5.1   | Schülervorstellungen .....                                 | 235 |
| 5.2   | Umweltbildung und Nachhaltigkeitsbildung .....             | 236 |
| 6.    | Ausblick .....   | 240 |
| 7.    | Danksagung .....   | 241 |
| 8.    | Literatur .....  | 242 |
| 9.    | Stellungnahme der Umweltbehörde der Stadt Münster .....    | 250 |
|       | Anhang: Gefahr aus der Leitung .....                       | 251 |