

ŠTÚDIE

HEINZ KARRASCH*

**UMWELTPROBLEME DES OBERRHEINGEBIETES: AUSGEWÄHLTE
FALLSTUDIEN**

Heinz Karrasch: Environmental Problems of the Upper Rhine Region: Selected Case Studies. Geogr. Čas., 40, 1988, 3; 17 figs, 4 photos, 36 refs.

The paper deals with three types of environmental problems: 1. with environmental problems of autochthonous origin, 2. with environmental problems having long-range effects, and 3. with environmental problems of predominantly allochthonous origin. For each of these types selected case studies are presented. Among the first category the negative impacts of the Upper Rhine regulations as well as the development of the hydroelectrical resources and the navigation route are described. A second case study is dedicated to the air quality trends with an emphasis on photochemical oxidants. The second category of environmental problems originates in the Upper-Rhine-Region but is of critical concern also for other areas as, for instance, the Netherlands with regard to the salt pollution of the Rhine river, caused by the Alsatian potassium industry. Ecological impacts, extending down to the Middle Rhine section, have also been observed as a result of the Sandoz accident in November 1986. The most serious environmental problem in the FRG is the forest decline, attributed to atmospheric pollution. It includes the Upper Rhine Region and especially the Black Forest, which is one of the most heavily affected areas with 75 % of damaged trees according to the last inventory of 1987. The causal interpretation is very complex, but obviously long-range transports of air pollutants essentially contribute.

**1 MERKMALE DES OBERRHEINGEBIETES UND ART DER
UMWELTBELASTUNGEN**

Das Oberrheingebiet im engeren Sinne umfaßt den Oberrheingraben, der eine Länge von ca. 350 km und eine Breite von im Mittel 35 km besitzt. Im weiteren Sinne sind die Randgebirge hinzuzurechnen — zumindest mit ihren östlichen resp. westlichen Abdachungen, wie es auch in der Planung geschieht. Die 1972 konstituierte „Konferenz Oberrheinischer Regionalplaner“ legt ihrer Ab-

* Prof. Dr. Heinz Karrasch, Geographisches Institut der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 348, 6900 Heidelberg, BRD.

grenzung der Planungsregion „Oberrheingebiet“ die sich damit mehr oder weniger deckenden Verwaltungsgrenzen zugrunde und erfaßt so ein Areal von 27 692 km², das von 9,1 Millionen Menschen (Stand 1986) bewohnt wird. Das ergibt eine mittlere Bevölkerungsdichte von rund 330 E/km², eine Zahl, die aber nur wenig aussagekräftig ist, weil zu große Disparitäten existieren. Sie drücken sich sowohl in einer W—0— als auch einer S—N—Differenzierung aus. Die linke Rheinseite ist deutlich schwächer besiedelt; und etwas Entsprechendes trifft für das südliche Oberrheingebiet zu, wobei die Grenze auf der Linie Karlsruhe zu ziehen ist. Das nördliche Oberrheingebiet wird von den beiden großen Verdichtungsräumen beherrscht: dem Rhein-Main-Gebiet mit dem Städteband Hanau-Offenbach-Frankfurt-Wiesbaden-Mainz sowie dem Rhein-Neckar-Gebiet mit Mannheim-Ludwigshafen und Heidelberg, die unter den Agglomerationen in der Bundesrepublik an 2. bzw. 6. Stelle rangieren. Weitere Verdichtungsräume resp. Oberzentren sind Karlsruhe, Basel, Strasbourg, Mulhouse und Freiburg. In dieser Aufzählung fehlt noch Darmstadt, das aber eigentlich dem Rhein-Main-Gebiet zu subsumieren ist.

Die Umweltprobleme resultieren aus den vielfältigen Nutzungskonflikten, die durch die Bevölkerungskonzentration gegeben sind, beschränken sich aber keineswegs auf die Siedlungsschwerpunkte, wo die Industrie und der Verkehr die Hauptbelastungsquellen darstellen. Unter den verschiedenen Industriebranchen verdient die chemische Industrie besondere Erwähnung, die sich der Standortvorzüge des Oberrheingebietes bedient und mit den Stammsitzen und Hauptproduktionsstätten der Firmen BASF, Hoechst AG, Ciba-Geigy, Sandoz etc. vertreten ist. Eines der gravierendsten Probleme ist die Zersiedelung, die geradezu explosionsartige Inanspruchnahme von zumeist hochwertigen Flächen für Bebauung, Verkehrswege und Rohstoffgewinnung, für die sich der Terminus „Landschaftsverbrauch“ eingebürgert hat. Zu den nachteiligen ökologischen Folgen gehören u. a. die Bodenversiegelung, die Landschaftszerschneidung sowie die Grundwasseroffenlegung durch Auskiesung. Davon betroffen ist vorrangig das Umland der Agglomerationen. Als repräsentativ können die folgenden Zahlen von Mannheim (Bevölkerungsdichte 2038 E/km²) und dem östlich anschließenden Rhein-Neckar-Kreis (Bevölkerungsdichte 441 E/km²) angesehen werden. Während die Zunahme der Siedlungsfläche in Mannheim von 1960—78 „nur“ 18 % ausmachte, betrug sie im Rhein-Neckar-Kreis 88 %, was fast einer Verdoppelung gleichkommt. Die Geschwindigkeit hat sich etwas verlangsamt; aber immer noch beläuft sich die jährliche Flächeninanspruchnahme im gesamten Rhein-Neckar-Gebiet auf 860 ha, wovon allein 539 ha auf Bebauungsflächen entfallen (vgl. WÜRZNER 1986, S. 141).

Die Flächenverluste gehen auf Kosten der Landwirtschaft, die allerdings infolge ihrer hohen Bewirtschaftungsintensität auch selbst zum Verursacher von Umweltschäden geworden ist. Dazu gehören vor allem die Nitratkontamination der ergiebigen Grundwasserressourcen des Oberrheingebietes sowie die Biotopverluste (vgl. Foto 1). Biotopverluste großen Ausmaßes — nämlich mit Bezug auf die Auwälder — sind auch durch den Oberrheinausbau eingetreten.

Mit der Aufzählung soll nur die Vielseitigkeit der relevanten Probleme angedeutet werden und keineswegs ihre vollständige Auflistung erfolgen. Es sei noch ein letztes Beispiel hinzugefügt: der Anfang der siebziger Jahre geplante Ausbau von Kernkraftwerken, der überdimensioniert war und jegliche grenzüberschreitende Koordination nicht nur hinsichtlich der Kapazität, sondern auch

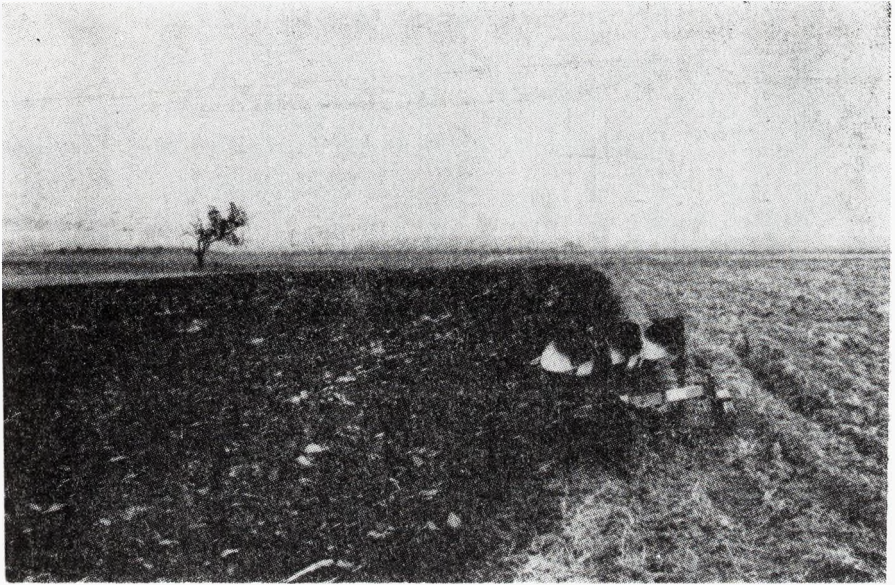


Foto 1: Monotonie der Agrarlandschaft bei totalem Biotopverlust südl. Bantzenheim (Elsaß), im Dunst chemische Industrie von Chalampé. Aufn.: 4. Okt. 1987.

hinsichtlich der Standortwahl vermissen ließ. Das Oberrheingebiet gehört mit 62 % der Fläche zur Bundesrepublik Deutschland; der französische und der Schweizer Anteil betragen 32 resp. 6 %. Eine wirksame Umweltvorsorge ist nur mit großen gemeinsamen Anstrengungen zu erreichen.

2 UMWELTAKTIVITÄTEN, UMWELTFORSCHUNG UND UMWELTPLANUNG

Eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung solcher Einsichten ist ein gewachsenes Umweltbewußtsein. So gehen Umweltaktivitäten heute von allen Gruppen der Gesellschaft aus. In Abb. 1 ist ein Schema entworfen worden, mit dem der Weg von der Umweltinitiative zur Umweltscheidung verdeutlicht werden soll. Es bleibt zu ergänzen, daß es nicht notwendigerweise einer Organisation bedarf. Auch der einzelne Bürger kann aktiv werden. Eine Vorreiterrolle in bezug auf ökologische Belange üben die Naturschutzverbände aus, deren Verdienst es nicht zuletzt ist, daß das Umweltbewußtsein fortlaufend geschärft wird. Auch bei den politischen Parteien gehören die Zeiten weitgehend der Vergangenheit an, in denen Umweltaspekte nur eine Alibifunktion besaßen.

Eine beratende Aufgabe besitzt der „Rat von Sachverständigen für Umweltfragen“, ein unabhängiges Gremium von 12 auf Zeit ernannten Mitgliedern, die die Hauptgebiete des Umweltschutzes repräsentieren. Dazu gehört in der gegenwärtigen Zusammensetzung auch ein Geographieprofessor. Der Auftrag besteht darin, „die jeweilige Situation der Umwelt und deren Entwicklungstendenzen darzustellen sowie Fehlentwicklungen und Möglichkeiten zu deren Ver-

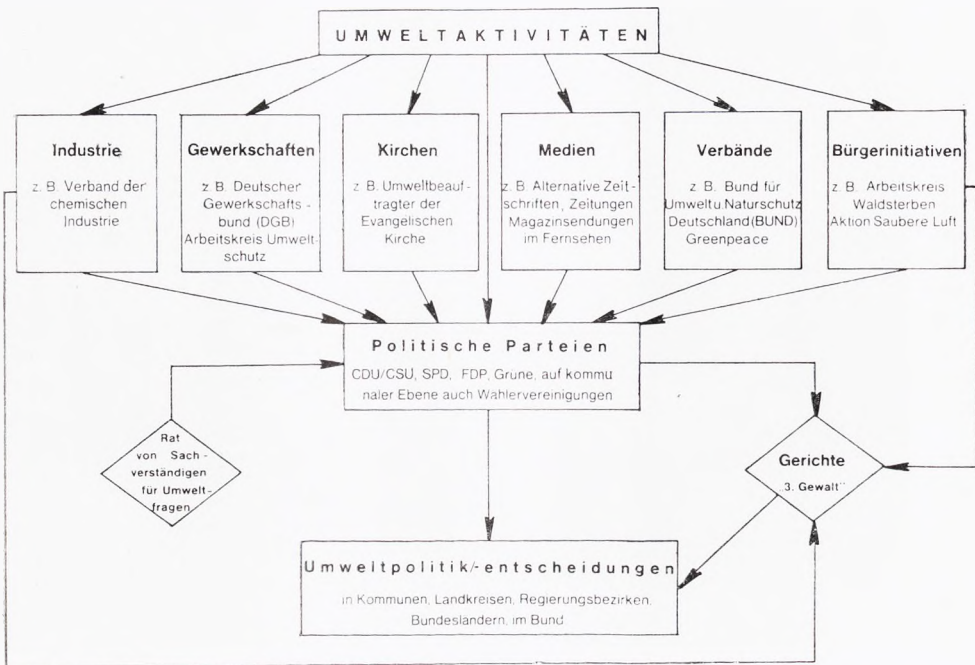


Abb. 1: Umweltinitiativen und ihre Umsetzung auf der politischen Ebene in der Bundesrepublik Deutschland.

meidung oder zu deren Beseitigung aufzuzeigen“ (§ 2.1 des Erlasses über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen vom 28. Dez. 1971). Die Arbeit dokumentiert sich in richtungsweisenden Gesamtgutachten der Umweltsituationen, von denen das erste 1974, ein zweites 1978 und das dritte gerade erst (1988) erschienen sind, sowie einer Reihe von Sondergutachten wie z. B. „Umweltprobleme des Rheins“ (1976), „Waldschäden und Luftverunreinigungen“ (1983), „Umweltprobleme der Landwirtschaft“ (1985).

Jede Bewertung der Umweltsituation und jede Beurteilung der Umweltverträglichkeit hängen letztlich vom Stande der Umweltforschung ab. Auf diesem Gebiet werden die Wissenschaften vor immer neue Herausforderungen gestellt. Die Schwierigkeiten liegen einerseits in der Komplexität der Phänomene, andererseits in der heute notwendigen großräumigen Betrachtungsweise sowie der gewünschten langfristigen Prognose. Mit zunehmender Beschäftigung hat sich ergeben, daß eine isolierte Analyse und darauf besierende Abwehrmaßnahmen nur zur Verlagerung von Problemen und zu häufig wesentlich gravierenderen Folgen führen. Aus diesem erweiterten Aufgabenspektrum mußten auch für die Umweltforschung neue Organisationsformen gefunden werden. Sie sind aus dem Schema der Abb. 2 ersichtlich, wobei auch die Forschungsschwerpunkte der jeweiligen Institutionen angegeben sind. Nach wie vor hat die klassische Universitätsforschung — vor allem auf dem Gebiet der Grundlagenforschung — eine starke Stellung, was im Schema auch durch die zentrale Pos-

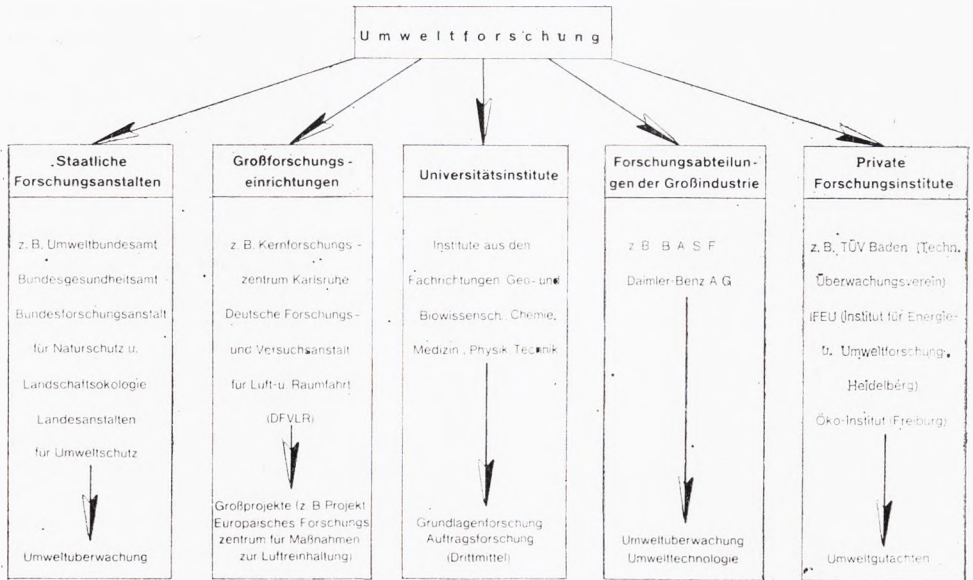


Abb. 2: Umweltforschung in der Bundesrepublik Deutschland: Institutionen und Aufgabenverteilung.

tierung zum Ausdruck gebracht ist. Daran partizipiert die Geographie, deren Rolle noch weitaus gewichtiger sein könnte, wenn sie sich nicht in der Vergangenheit durch eine Praxisferne selbst geschadet hätte.

Dem großen personellen und materiellen Aufwand, den die neuen Aufgaben erfordern, tragen die Großforschungseinrichtungen Rechnung, auf die sich daher die Großprojekte konzentrieren. Allerdings tun sie das nicht nur im Alleingang, wie das Schema (Abb. 2) vielleicht suggerieren könnte, sondern durchaus in Kooperation mit anderen Institutionen, wobei die Universitätsinstitute wiederum eine wichtige Rolle spielen. Ein gutes Beispiel liefert das Projekt „Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung“ (PEF), das mit dem Oberrheingebiet eng verbunden ist, einerseits durch die Institutionalisierung im Kernforschungszentrum Karlsruhe, andererseits durch die Untersuchungen, die sich vorrangig auf diese Region konzentrieren. Das 1983 gestartete Projekt besitzt 5 Schwerpunkte:

- a) Erfassung und Analyse der Einwirkungen von Luftschadstoffen auf Wald-bäume,
- b) Wirkungszusammenhänge zwischen Luftverunreinigungen und Atemwegserkrankungen beim Menschen,
- c) Erforschung der atmosphärischen Ausbreitung, Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen,
- d) Entwicklung und Optimierung wirtschaftlich-technischer Verfahren zur Minderung bzw. Vermeidung von Emissionen sowie,
- e) Instrumente und Empfehlungen für den wirtschaftlichen und politischen Bereich.

Mit dem letztgenannten Schwerpunkt ist ein direkter Bezug zur Umweltplanung hergestellt. Sie wird im Oberrheingebiet dadurch kompliziert, daß die Region von einer Vielzahl nationaler und internationaler Grenzen geteilt wird. Auf das Oberrheingebiet entfallen nicht weniger als 55 Stadt- und Landkreise resp. Kantone in der Schweiz und Arrondissements in Frankreich, die zu 13 Planungsregionen zusammengeschlossen sind. Der Oberrhein stellt auf seiner gesamten Länge eine Grenze dar, so daß es u. a. zwischen links- und rechtsrheinische Planung zu koordinieren gilt. Auf nationaler Ebene ist diese Notwendigkeit vor allem im Rhein-Neckar-Raum gegeben. Die Agglomeration teilt sich auf die 3 Bundesländer Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen auf. Durch den Abschluß eines Staatsvertrages zwischen diesen Bundesländern im Jahre 1969 wurde der Raumordnungsverband Rhein-Neckar geschaffen, der genau den bis dahin bestehenden Mangel beheben sollte, nämlich eine wohlabgestimmte Gesamtplanung zu gewährleisten. Dazu gehören natürlich auch die Umweltbelange.

Auf der internationalen Ebene existieren bislang nur embryonale Ansätze. Dazu zählen eine 1975 vereinbarte Deutsch-Französisch-Schweizerische Regierungskommission für das Oberrheingebiet und 4 Arbeitsgemeinschaften von Regionalverbänden (vgl. AGEK 1982). Hinzu kommt die schon erwähnte Konferenz Oberrheinischer Regionalplaner, bei der kein Treffen ausgelassen wird, die „Planungsgemeinschaft Oberrhein“ zu fordern — bislang freilich ohne Erfolg. Die Realität beschreibt BECKER-MARX (1987, S. 53) mit den Worten: „Der Oberrhein ist ein Verkehrskorridor ohne gesamtträumlichen Verkehrsentwurf, ein Siedlungsband ohne Siedlungsplan, eine Naturlandschaft ohne Landschaftskonzept“.

3 AUSWAHL DER FALLSTUDIEN

Mit der Behandlung der Umweltprobleme wird keine Vollständigkeit angestrebt. Vielmehr sollen einzelne Fallstudien von grundsätzlicher Bedeutung ausgewählt werden. Die auftretenden Umweltprobleme lassen sich in 3 Kategorien einteilen:

- a) Umweltprobleme mit autochthonem Ursprung,
- b) Umweltprobleme mit Fernwirkung,
- c) Umweltprobleme mit allochthonem Ursprung.

In die erste Kategorie fallen alle „hausgemachten“ Umweltbelastungen, in die zweite und dritte Kategorie der Export und Import von Schadstoffen mit ökologischen Folgen, deren Dimensionen nur partiell bekannt sind und deren Erfassung und Bewältigung den aktuellen Schwerpunkt der Forschung darstellen. Die Fallstudien betreffen jeweils Beispiele aus allen 3 Kategorien.

4 UMWELTPROBLEME MIT AUTOCHTHONEM URSPRUNG

4.1 *Negative Folgen des Oberrheinausbaus*

Die heutigen Umweltprobleme resultieren aus dem Totalanspruch des Menschen, die Natur zu seinem Nutzen zu „vervollkommen“. Dabei fehlte und fehlt es freilich an integralen Konzepten. Es wurden und werden immer nur

partikuläre Ziele gesetzt. Solange sie den alleinigen Bewertungsmaßstab bilden, mag es gerechtfertigt erscheinen, die vorgenommenen Eingriffe als Errungenschaften zu feiern. Dafür bietet nicht zuletzt der Wasserbau ein Beispiel par excellence. Der Oberrhein hat inzwischen 170 Jahre an diesen „Errungenschaften“ partizipiert, manch einer wird sagen: profitiert. Dennoch sind zumindest Zweifel zu äußern, wenn man bedenkt, daß man heute gegen Probleme anzukämpfen hat, die erst im Gefolge der wasserbaulichen Maßnahmen entstanden sind oder sich zeitlich und räumlich verlagert haben:

- a) Die Hochwassergefahr ist keineswegs endgültig gebannt, im Gegenteil: bei den sog. Jahrhundertereignissen muß im nördlichen Oberrheingebiet sogar mit einem wesentlich höheren Abflußscheitel gerechnet werden.
- b) Die Tiefenerosion des Rheins kann nur durch sehr kostenaufwendige Maßnahmen aufgehalten, nicht aber gestoppt werden.
- c) Im südlichen Oberrheingebiet sind gravierende Grundwasserabsenkungen eingetreten.
- d) Durch die Manipulation des Abflußregimes und landwirtschaftliche Folgenutzungen wurden die typischen Auelebensräume drastisch reduziert und devastiert auf Größenordnungen von maximal 1 % der ehemaligen Ausdehnung, nach strengeren Maßstäben von lediglich 1 ‰ (vgl. WAHL 1985, S. 99).

Die wasserbaulichen Maßnahmen am Oberrhein umfaßten 3 Phasen:

1. die Oberrheinkorrektion nach Plänen TULLAs von 1817—80,
2. die Rheinregulierung, d. h. die Umgestaltung zur Schifffahrtsstraße, von 1907—1939 sowie,
3. den Ausbau zur Kraftwasserstraße, der nach dem Ersten Weltkrieg begann und mit der Fertigstellung der Staustufe Iffezheim südlich von Karlsruhe im Jahre 1977 einen vorläufigen Abschluß fand (vgl. Abb. 3).

Die Oberrheinkorrektion diente der Landesmelioration. Sie war vorrangig auf einen wirksamen Hochwasserschutz der Rheinanliegergemeinden ausgerichtet; aber es erfolgte auch eine Trockenlegung von großen Teilen der Rheinaue und verschiedenen Altrheinarmen mit dem Ziel der Landgewinnung. Der badische Wasserbauingenieur Johann Gottlieb TULLA (1770—1828) zwang den Rhein in ein 200—250 m breites Bett. Wie der Abb. 3 zu entnehmen ist, bestehen zwischen dem südlichen und nördlichen Oberrheinlauf Gefällsunterschiede. Im gefällsreicheren südlichen Oberrheingebiet bis Karlsruhe (mittleres Gefälle 0,87 ‰) war die sog. Furkationszone ausgebildet, die sich durch zahlreiche anastomosierende Rheinarme auszeichnete. Hier wurde der Rhein durch aufwendige Eingriffe in einem neuen Bett zum kräftigen Einschneiden veranlaßt, um ein für allemal eine Stromverlagerung zu verhindern. Unterhalb von Karlsruhe schloß sich die Määnderzone (mittleres Gefälle 0,025 ‰) an. Hier genügte es, die Mäanderschleifen künstlich durchzustehen. Die Laufverkürzung war erheblich. Sie belief sich im Furkationsbereich auf 14 %, in der Määnderzone auf gar 37 %.

Neue Probleme traten auf, als um die Jahrhundertwende die Großschifffahrt an Bedeutung gewann. Sie erforderte ein Fahrwasser von gleichbleibender Lage und Tiefe, das jedoch infolge der Tiefenerosion und der unregelmäßigen Geschiebeakkumulation — vor allem der sich verlagernden Kiesbänke — nicht gewährleistet war. So wurde nach den Plänen von Max HONSELL (1843—1910) die Oberrheinregulierung durchgeführt. Sie bestand darin, in das Mittelwasser-

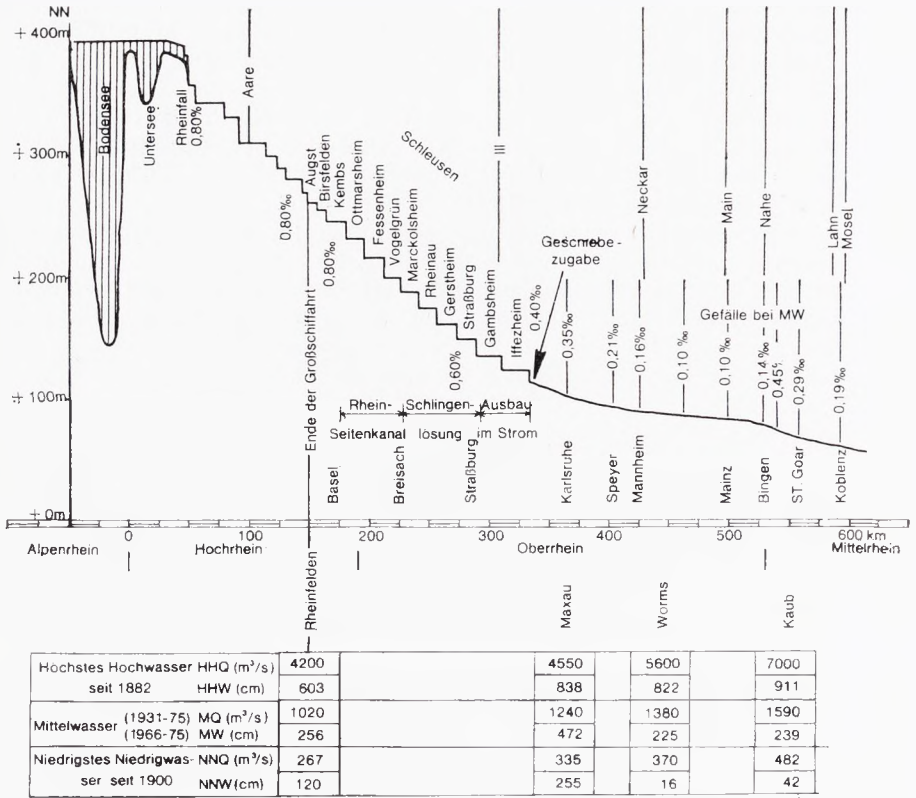


Abb. 3: Hochrhein- und Oberrheinausbau im Längsprofil. Entwurf unter Verwendung von BV (1981, Bild 2).

bett ein System von Querbuhnen, Schwellen und Leitwerken einzubauen, wodurch der Rhein eine Niedrigwasserrinne von 80 m Breite in der Strommitte schuf.

Die wasserbaulichen Eingriffe der ersten beiden Phasen erfüllten ihre Zielsetzungen. Bedenklich war allerdings das Ausmaß der Tiefenerosion und der damit verknüpften Grundwasserabsenkungen, das die Erwartungen erheblich übertraf. Die ökologischen Vorbehalte nehmen allerdings noch zu im Hinblick auf die jüngeren Baumaßnahmen der dritten Phase, in der der Ausbau zur Kraftwasserstraße erfolgte. Von Süden nach Norden lassen sich 3 Abschnitte unterscheiden, die auch einer zeitlichen Abfolge hinsichtlich ihrer Entstehung entsprechen: der Seitenkanal, die Schlingenlösung und der Stromausbau. Aus Abb. 4 sind die schematisierten Grundrisse mit den verschiedenen Staustufen, aus Abb. 3 das stark überhöhte Längsprofil zu ersehen.

Im Versailler Vertrag von 1919 wurde Frankreich das Recht zugesprochen, die Wasserkraft auf der badisch-elsässischen Rheinstrecke zu nutzen. Dazu plante man den parallel zum Rhein verlaufenden „Grand Canal d’Alsace“ oder

„Rheinseitenkanal“, dessen Bau zwischen 1928 und 1959 realisiert wurde. Im Restrhein fließen — abgesehen von Hochwasserereignissen — nur noch geringe Wassermengen ab. Der Mindestabfluß beträgt lediglich 15—20 m³/s, wobei der Entzug durch den Rheinseitenkanal bis zu 1160 m³/s ausmacht (vgl. VIESER 1985, S. 36 sowie die Tabelle der mittleren und extremen Abflüsse in Abb. 3). Das entspricht einer Absenkung des Wasserstandes um 2—3 m mit den gleichsinnigen Konsequenzen für den Grundwasserspiegel und einer daraus resultierenden Versteppung (vgl. MÜGIN 1962). Schon damals, d. h. genauer ab 1952, fehlte es nicht an groß angelegten Protestaktionen, die Parteien, Gemeinden und Interessengruppen in dem Ziel einte, Frankreich zu alternativen Lösungskonzepten zu veranlassen. Nach dem ursprünglichen Plan sollte der Rheinseitenkanal bis Strasbourg gebaut werden; tatsächlich konnte erreicht werden, daß dieses Vorhaben auf der Strecke Breisach-Strasbourg zugunsten der sog. „Schlingenlösung“ aufgegeben wurde.

Zu den Merkmalen der Schlingenlösung gehört, daß das Wasser zumindest auf der Hälfte der Fließstrecke vollständig im alten Rheinbett abfließt. Lediglich im Bereich der 4 Staustufen mit den zugehörigen Schiffahrtsschleusen erfolgt die Ableitung und nachfolgende Rückführung, die zusammen die Schlingenform entstehen lassen. Der Stützung des Grundwassers dient ein System von festen Schwellen und beweglichen Wehren. Von besonderer Bedeutung ist dabei das Kulturwehr Kehl/Strasbourg (vgl. KUHL 1984).

Unterhalb von Strasbourg sind zwei weitere Staustufen angelegt worden, und zwar im Stromausbau oder Vollausbau. Der Rhein selbst wurde zum Kanal. Man benutzte dazu weitgehend das ehemalige Mittelwasserbett, wobei die Seitendämme an den alten Rheinufern errichtet wurden.

Für die Gesamtbeurteilung sei erwähnt, daß die 10 im Zuge des Oberrheinausbaus entstandenen Kraftwerke über eine installierte Leistung von etwa 1500 MW verfügen. Als Vergleichswert kann man die derzeitige Kapazität der Atomkraftwerke im Oberrheingebiet betrachten, die sich auf mehr als das Vierfache beläuft, nämlich bei ca. 6500 MW liegt.

Eine negative Folgewirkung stellte sich bei allen unterschiedlichen Konzeptionen des Oberrheinausbaus übereinstimmend ein: die flußabwärtige Verlagerung der Tiefenerosion. Sie setzte jeweils unterhalb der letzten Staustufe ein. Es schien daher unabwendbar zu sein, im Zeitintervall von etwa 4 Jahren die nächste Staustufe zu bauen und wiederum mit dem gleichen Problem konfrontiert zu werden. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, wurden umfangreiche Modell- und Naturversuche unternommen (vgl. BV 1981). Als Alternativen boten sich die Sohlenpanzerung mit einer Grobkiesauflage, die Anlage von Grundschwellen sowie die Geschiebezugabe an. Die beiden ersten Verfahren erwiesen sich wegen einer Gefährdung der Schiffahrt als ungeeignet. Die Geschiebezugabe wurde im Naturexperiment zwischen 1975 und 1980 unterhalb der Staustufen Gamsheim und Iffezheim erfolgreich getestet. Das Verfahren basiert darauf, daß in dem betroffenen Flußabschnitt ein Erosionsausgleich durch eine flächenhafte Verklappung von Kies vorgenommen wird. Man bedient sich dabei selbstfahrender Klappschuten, deren Laderaum in Längsrichtung schlitzenartig geöffnet wird.

Die Geschiebezugabe befindet sich heute nicht mehr im Teststadium, sondern stellt eine langfristige Strombaumaßnahme dar, für die auch zwischenstaatliche Vereinbarungen mit Frankreich abgeschlossen wurden. Der ursprünglich ge-

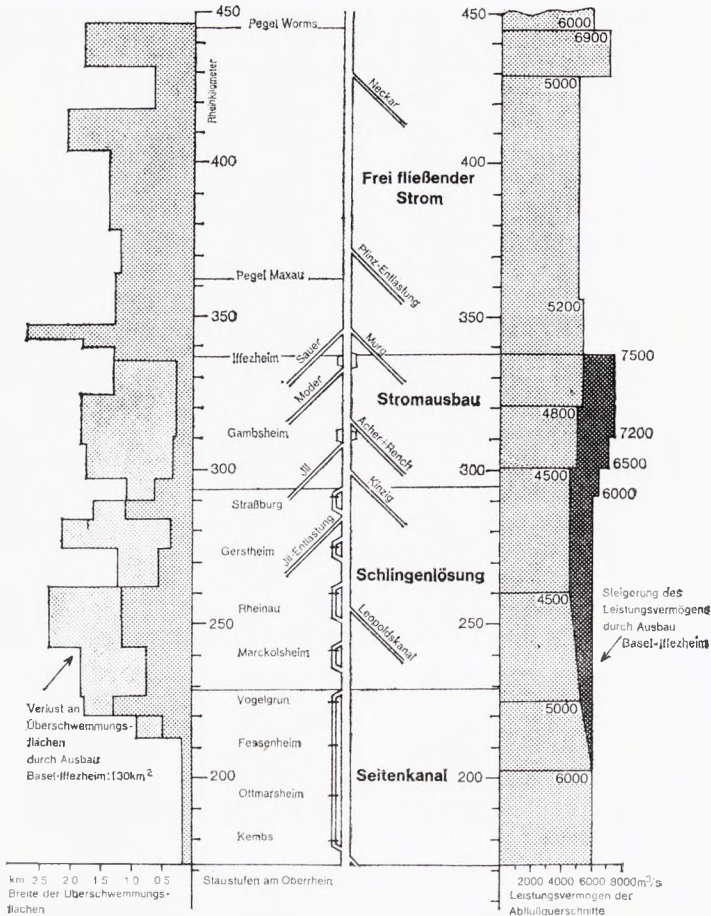


Abb. 4: Der Oberrheinausbau und seine Folgen für den Hochwasserabfluß: Veränderungen an Retentionsflächen und am Abflußvermögen. Entwurf unter Verwendung von HSR (1978), MELU (1979, 1980), VIESER (1985) und TZSCHUCKE (1985).

plante Bau einer Staustufe Neuburgweier unterhalb von Iffezheim (vgl. Abb. 3) werden derzeit nicht zur Diskussion.

Für die Geschiebezugabe unterhalb von Iffezheim (vgl. Abb. 3) wurden im Zeitraum 1978–85 im Mittel 167 000 m³/Jahr benötigt (vgl. FELKEL 1987, S. 182). Mittelfristig, d. h. für die nächsten 20 Jahre, dürfte der Bedarf aus vorhandenen Kiesgruben in der näheren Umgebung der Zugabestelle zu decken sein. Darüber hinaus sind neue Kiesgewinnungsareale erforderlich, was zusätzlichen Landschaftsverbrauch für eine bloße „Reparaturmaßnahme“ bedeutet.

Weitaus gravierender ist das Hochwasserproblem, das durch den Oberrheinausbau eine gefährliche Verschärfung erfahren hat. Auf den ersten Blick muß eine solche Aussage paradox erscheinen; denn am Anfang der wasserbaulichen

Eingriffe wurde ja gerade dem Hochwasserschutz die höchste Priorität eingeräumt. Die Wende zu einer Verschlechterung begann aber bereits nach Abschluß der TULLA'schen Rheinkorrektion, als die Dämme nach und nach weiter verlegt wurden. Ein Höhepunkt in dieser negativen Entwicklung wurde mit dem Ausbau des südlichen Oberrheins zur Kraftwasserstraße erreicht und dabei ganz besonders in der jüngsten Phase des Vollausbaus, als die Dämme unmittelbar am Rheinufer errichtet wurden.

Aus Abb. 4 sind die durch den Oberrheinausbau von 1955—77 verlorengegangenen Überschwemmungsflächen ersichtlich. Es handelt sich um 130 km², was einem Verlust von 60 % des vorher vorhandenen Retentionsareals entspricht. Trotzdem besteht innerhalb der Ausbaustrecke eine große Überflutungssicherheit, da durch die neuen Dammsysteme der maximale Abflußquerschnitt sogar noch vergrößert wurde, z. B. bei Strasbourg von 4500 auf 6000 m³/s, in Iffezheim von 5200 auf 7500 m³/s (vgl. Abb. 4); aber davon kann keine Rede mehr sein in dem talabwärtigen frei fließenden Strom. Wegen der reduzierten Retentionsfläche laufen die Hochwasserwellen wesentlich höher auf. Hinzu kommt, daß durch die Rheinverkürzung und erhöhte Flußgeschwindigkeiten die Hochwasserwellen früher eintreffen als in der Vergangenheit. Daraus resultiert die akute Gefahr, daß der Hochwasserscheitel des Rheins mit denjenigen seiner Nebenflüsse — vor allem des Neckars — zusammenfällt. In Abb. 5 ist diese Situation simuliert für das Hochwasser von 1882/83, das wohl von die zweigipfelige Hochwasserwelle am Pegel Worms, wie sie tatsächlich abgelaufen ist, und die berechnete Ganglinie unter den gegenwärtigen Bedingungen. Das Volumen über dem derzeitigen Leistungsvermögen des Abflußquerschnitts betrüge 240 Millionen m³. Bei Wiederkehr eines darartigen Hochwasserereignisses wären die Folgen für die Anliegergemeinden des nördlichen Oberrheins und des Neckars katastrophal, und dabei ist besonders auf Ludwigshafen und Mannheim zu verweisen.

Der Handlungsbedarf war nicht wegzudiskutieren; und so formulierte die eingesetzte Hochwasser-Studienkommission die Zielsetzung: „Die Retentionsmaßnahmen sind so zu bemessen, daß ein Schutz gegen das Hochwasser 1882/83 und gegen ein 200 jährliches Hochwasser in Maxau bzw. 220 jährliches Hochwasser in Worms gewährleistet ist. Hochwasser dieser Jährlichkeiten konnten vor dem Ausbau gerade noch schadlos abfließen“ (HSR 1978, S. 37).

Zur Abhilfe wird eine Kombination von verschiedenen Maßnahmen eingesetzt:

- a) Dammanpassungen zur Erhöhung des Leistungsvermögens,
- b) Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke von Krembs bis Strasbourg,
- c) Rückhaltung im Strom durch den Bau von Retentionswehren,
- d) Rückhaltung neben dem Strom in Taschenpoldern.

Beim Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke nutzt man Fließzeitunterschiede zwischen dem Rheinlauf und dem Rheinseitenkanal bzw. den Schlingenkanälen aus, um den Abflußscheitel abzuflachen. Mit Retentionswehren, zu denen das genannte Kulturwehr Kehl/Strasbourg gehört, kann der gleiche Effekt durch Steuerung des Aufstaus resp. der Entleerung erzielt werden. Gegenüber diesen technischen Lösungen bietet sich bei dem Taschenpolderkonzept die Möglichkeit, die auf Hochwasserschutz angelegte Maßnahme mit ökologischen Zielen zu verbinden. Es geht darum, ehemalige Altrheinarme, die heute von der funk-

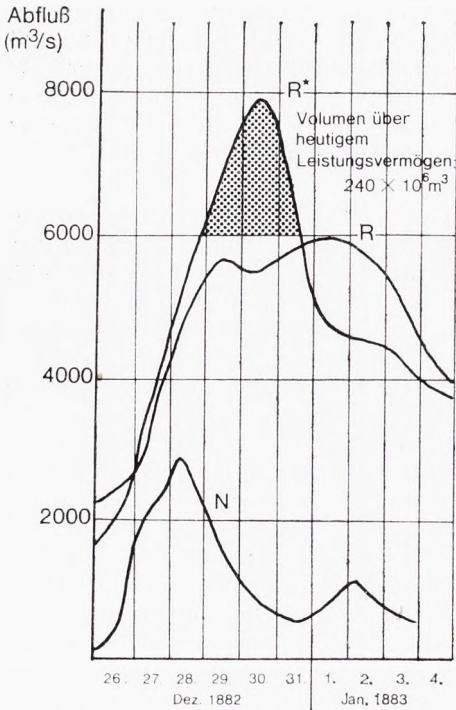


Abb. 5: Abflußganglinie des Katastrophenhochwassers 1882/83 am Pegel Worms und die Simulation für die veränderten Bedingungen nach dem Oberrheinausbau. Entwurf unter Verwendung von HSR (1978) sowie MELU (1979, 1980).

- N = Abflußganglinie des Neckars
- R = Abflußganglinie des Rheins
- R* = Berechnete Ganglinie unter heutigen Abflußbedingungen

tionellen Aue abgetrennt sind, wieder zu integrieren und damit nicht nur zusätzliche Retentionsflächen zu gewinnen, sondern eine partielle Auenrenaturierung zu verwirklichen (vgl. z. B. DISTER 1985, Abb. 4 u. S. 244 ff.). Die Hochwassertoleranz der Flora muß dabei gebührend beachtet werden. Die Überflutungen der Taschenpolder dürfen nicht auf Spitzenhochwässer beschränkt bleiben, sondern es müssen regelmäßige, „ökologische“ Flutungen stattfinden.

Die Schäden der Märzhochwässer 1988 haben sich im Oberrheingebiet in Grenzen gehalten. Es wäre genauer zu untersuchen, inwieweit dies auf bereits realisierte Maßnahmen zurückzuführen ist. Mit der neu entfachten Diskussion der Problematik sollte die Bereitschaft wachsen, die funktionellen Auen nachhaltig zu vergrößern, wobei an Größenordnungen gedacht ist, die über das Polderkonzept hinausgehen: aus Gründen des Arten- und Biotopschutzes, der Grundwasserregeneration und eines verbesserten Hochwasserschutzes, der auch den weiter entfernten Rheinanliegern zugute käme.

Es bleibt nachzutragen, daß außer dem Oberrheinausbau auch noch andere Ursachen für die Hochwasserverschärfung verantwortlich sind, so etwa die Bodenversiegelung und die Flurbereinigung, insbesondere die Rebflurbereinigung

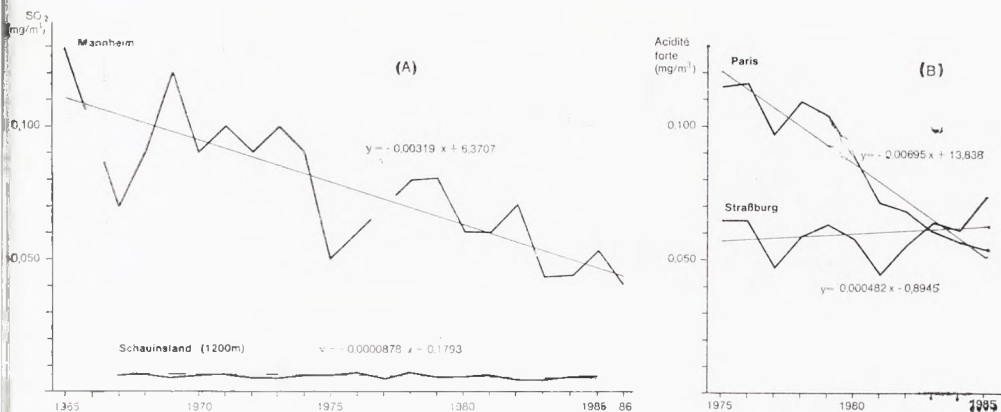


Abb. 6: Entwicklung der SO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) für Vergleichspaare
 (A) Mannheim/Schauinsland (Bergstation im Schwarzwald ohne Lokalemissionen)
 (B) Acidité forte: Strasbour/Paris.

mit der Aufgabe der Kleinterrassierung [z. B. im Kaiserstuhl]. Abschließend sei darauf hingewiesen, daß der Oberrheinausbau auch einen negativen Effekt auf die Fauna ausgeübt hat. Durch die Beseitigung der Unterschiede in den Gefälls- und Sedimentationsverhältnissen ist es zu einer Uniformierung und Artenverarmung gekommen [vgl. KINZELBACH 1982].

4.2 Luftverunreinigung

Mit der Luftqualität im nördlichen Oberrheingebiet kann man allenfalls zufrieden sein, wenn man sich an dem Bewertungsmaßstab der amtlichen Immissionsgrenzwerte von wenigen Indikatorschadstoffen orientiert. Dieses Resümee zog der Verfasser [KARRASCH 1983a, S. 97] aus der vergleichenden Auswertung von Emissions- und Immissionsdaten sowie Bioindikatorbeobachtungen. An dieser Aussage kann uneingeschränkt festgehalten werden. Die Luftreinhaltestrategien haben in den Agglomerationen Erfolge zu verbuchen, wie der Trend der SO₂-Immissionen (Jahresmittel) von Mannheim exemplarisch belegt (vgl. Abb. 6A). Kritisch ist allerdings anzumerken, daß es zunächst Hochschornsteinpolitik war, bevor die emissionsreduzierenden Maßnahmen an Gewicht gewannen. Nicht unerwähnt bleiben darf, daß sich auf der französisch-elsässischen Seite kein ähnlich positiver Trend abzeichnet. Während beispielsweise auch in Paris ein rapider Rückgang der SO₂-immissionen zu registrieren ist, kann in Straßburg mit Bezug auf die letzten 12 Jahre bestenfalls von einer Stagnation, wenn nicht gar einer Verschlechterung die Rede sein (vgl. Abb. 6B).

Unklar ist, wie die Immissionsentwicklung in Oberrheingebiet außerhalb der Agglomerationen aussieht, da ausreichend lange Beobachtungsreihen fehlen. Die Station Schauinsland im Schwarzwald (vgl. Abb. 6A) bietet für eine solche Beurteilung keine verlässliche Grundlage, da sie in 1200 m Meereshöhe liegt und damit über der Durchmischungsschicht von austauschbaren Wetterlagen

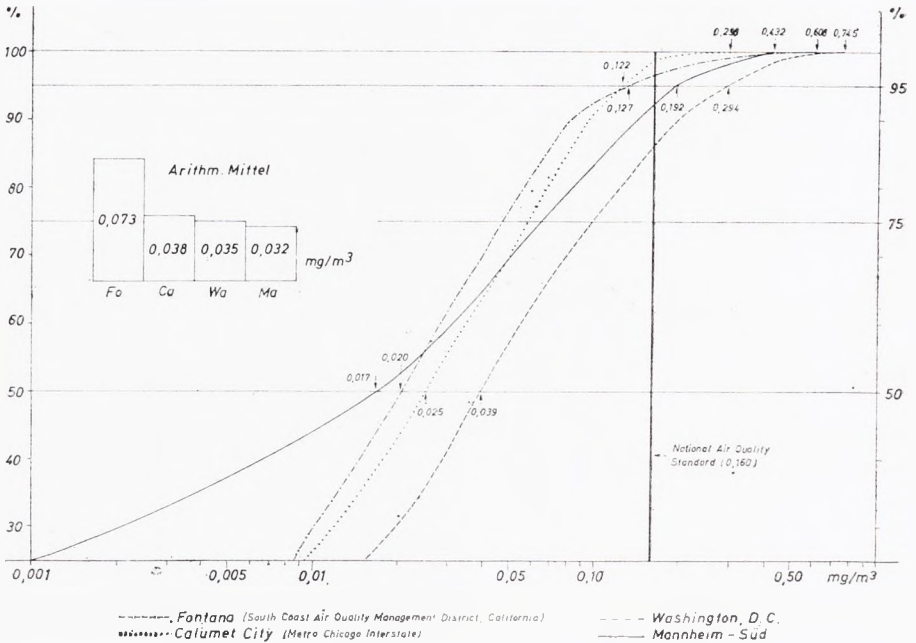
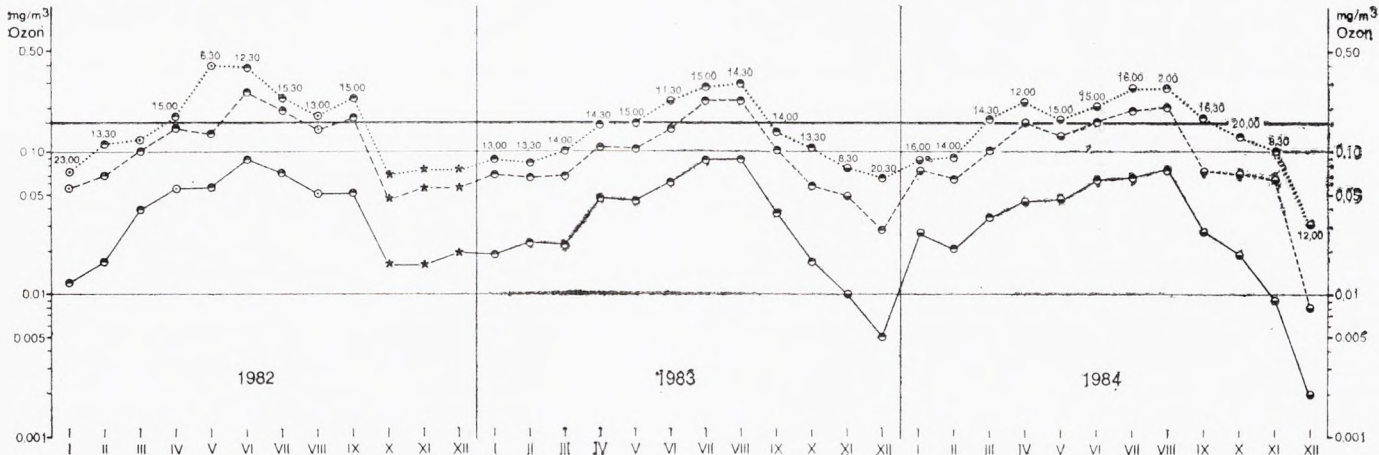
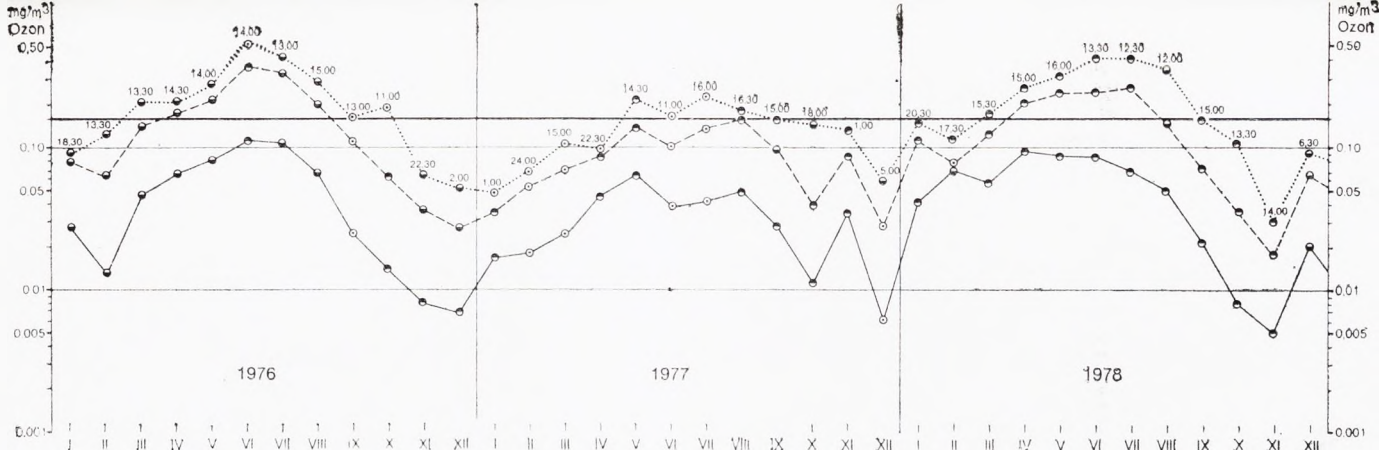


Abb. 7: Summenhäufigkeit und arithmetisches Jahresmittel der Ozonimmissionen [1/2 resp. 1-Stundenmittel] in Mannheim und ausgewählten amerikanischen Agglomerationen 1976.

mit den hohen Immissionsbelastungen. Außerdem ließen die vorliegenden Daten keine sichere Einschätzung zu.

Es gibt allerdings Flechtenstudien, die für eine Verschlechterung der Luftqualität in der Außenzone und im Umland der Agglomerationen sprechen. So haben KIRSCHBAUM & STEUBING (1987) ihre 1971 erstmals durchgeführten Flechtenkartierungen in Frankfurt und seiner Umgebung wiederholt. Diese Zweiterhebung fand 1985 statt und ergab einen weiteren Rückgang der immisionsempfindlichen Flechtenarten, und zwar vor allem in dem zuvor noch weniger belasteten Süden und Osten des Untersuchungsgebietes (vgl. KIRSCHBAUM & STEUBING 1987, S. 259). Bemerkenswert ist, daß die z. B. in München oder London beobachtete Flechtenwiederbesiedlung der Agglomerationszentren sich für Frankfurt nicht bestätigen ließ, was auch für das Rhein-Neckar-Gebiet gilt (vgl. KARRASCH 1986, S. 214). Die Immissionsbelastung scheint also in beiden Fällen noch für eine Trendumkehr zu hoch zu sein, wobei sich nicht entscheiden läßt, ob dies allein den SO₂-Konzentrationen zuzuschreiben ist oder inwieweit ein synergistischer Effekt vorliegt.

Besondere Aufmerksamkeit ist der photochemischen Oxidantienbildung zu widmen, die sich im Oberrheingebiet durch eine hohe Intensität auszeichnen kann (vgl. KARRASCH 1981). Es handelt sich um ein Sommerphänomen. Eine Extrembelastung trat 1976 auf, einem Jahr, das durch einen Dürresommer und damit durch maximale Einstrahlung charakterisiert war. In diesem Jahr über-



- Höchstes Monatsmittel der Beobachtungsstationen
- - - Größter 95%-Wert (Halbstundenmittel) der Beobachtungsstationen
- Größter 3-Stundenmittelwert der Beobachtungsstationen
- National Air Quality Standard USA (Stundenmittel)
- Station Mannheim - Mitte
- Station Mannheim - Nord
- ◐ Station Mannheim - Süd
- ★ Station Ludwigshafen - Mundenheim
- 14,00 Anfangszeit des größten Dreistundenmittels

Abb. 8: Ozonimmissionen in Mannheim 1976—78 und 1982—84.

trafen die O₃-Kurzzeitimmissionen Mannheims sogar diejenigen von Chicago und Washington, D. C., was insofern überrascht, als diese amerikanischen Metropolen eine erheblich südlichere Breitenlage besitzen. Der Befund ist aus Abb. 7 ablesbar, wenn man z. B. das 95-Perzentil betrachtet. Erwartungsgemäß reichen die O₃-Immissionen der 3 Stationen nicht an die Belastungen im Großraum Los Angeles heran, der in Abb. 7 durch die Station Fontana repräsentiert wird.

In Abb. 8 sind einige O₃-Jahresgänge der Mannheimer Stationen auswahlweise zusammengestellt worden. Bei den absoluten Monatsmaxima (3-Std.-Mittel) findet man auch die Angabe der jeweiligen Eintrittszeit. Man erkennt, daß es sich in den Sommermonaten dominant um Mittags- resp. frühe Nachmittagstermine handelt, was als Hinweis auf die anthropogeninduzierte Entstehung in der bodennahen Troposphäre gewertet werden kann. Auffällig ist der starke Kontrast zwischen den Jahren 1976 und 1977. Während z. B. 1976 das 95-Perzentil den damals noch gültigen amerikanischen Immissionsgrenzwert (U. S. National Ambient Primary Air Quality Standard) von umgerechnet 0,160 mg/m³ in 5 Sommermonaten übertraf, trat diese Situation 1977 in keinem Monat ein, wohl aber wieder 1978 in 4 Monaten usw. Die photochemische Oxidantienbildung hängt von der Intensität und Dauer der Einstrahlung ab. Diese Voraussetzungen sind bei antizyklonalen Großwetterlagen optimal erfüllt. Aus einer Kalibrierung der Großwetterlagen und unter Bezug auf ihre Häufigkeit konnte abgeleitet werden, daß in Mannheim/Ludwigshafen im Mittel an 21 Sommertagen eine hohe Bereitschaft für maximale Ozonkonzentrationen besteht (vgl. KAR-RASCH 1983b, S. 67). Die Ursachen der relativ zahlreichen Ozonepisoden sind einerseits auf die Strahlungsgunst des Oberrheingebietes zurückzuführen, andererseits auf die hohen Emissionen von Oxidantienvorläufern: Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen, die zu den höchsten in der Bundesrepublik zählen.

Es gehört zu den Merkmalen der O₃-Immissionen, daß sie außerhalb der Agglomerationszentren noch ansteigen, was u. a. auch durch Bioindikation belegt werden konnte. In den Jahren 1984-86 wurden an verschiedenen Standorten die amerikanische Buschbohnenorte Pinto (*Phaseolus vulgaris* L.) sowie die einheimische Kleine Brennnessel (*Urtica urens*) als Indikatorpflanzen eingesetzt und die Blattschädigungsraten ermittelt. Als Schwerpunkte der Belastung erwiesen sich die Schwarzwald-Hochlagen und die Schwarzwaldvorbergzone (vgl. LfU 1987, S. 126—127). Auf diesen Sachverhalt wird noch bei der Behandlung der neuartigen Waldschäden zurückzukommen sein (vgl. auch Abb. 16).

5 UMWELTPROBLEME MIT FERNWIRKUNG

Entsprechend der vorgenommenen Kategorisierung soll nun auf Umweltprobleme eingegangen werden, die im Oberrheingebiet induziert sind, aber eine Fernwirkung besitzen. Man pflegt in der Umweltforschung zu unterscheiden zwischen chronischen und akuten Belastungen. Die Auswahl wurde so getroffen, daß jeweils ein Beispiel zur Sprache kommt.

5.1 Die Rheinversalzung

Es ist ein ungewöhnlicher Anblick, urplötzlich in der Oberrheinebene auf eine verödete Bergbaulandschaft mit Abraumhalden, Schachtanlagen und Salzsümpfen

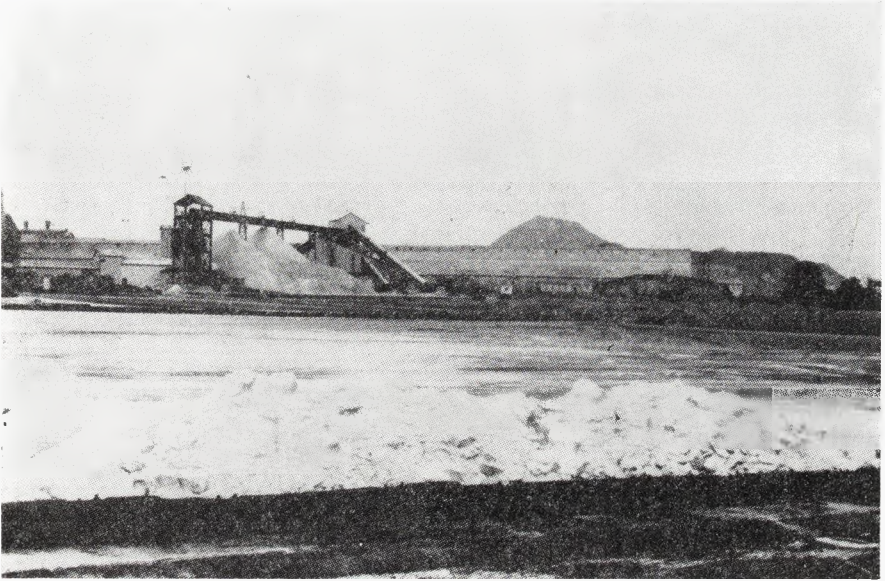


Foto 2: Kalibergbau in Wittelsheim (Elsaß). Aufn.: 4. Okt. 1987.

fen zu stoßen [vgl. Foto 2]. Ein solcher Anblick bietet sich am nordwestlichen Stadtrand von Mulhouse bei den Ortschaften Wittelsheim und Staffelfelden, die das Zentrum der elsässischen Kali-industrie bilden, der Mines de Potasse d'Alsace. Diese Industrie stellt mit ihren Abwassereinleitungen in den Rhein ein extremes Negativbeispiel dar für den fortgesetzten Aufschub von Umweltvorsorgemaßnahmen zugunsten von ökonomischen Interessen.

Die Brisanz des Problems ergibt sich nicht zuletzt daraus, daß das Rheinwasser ein wichtiger Rohstoff für die Trinkwasserbereitung sowohl in der Bundesrepublik als auch in den Niederlanden ist. In den Niederlanden kommen noch Beeinträchtigungen in der Landwirtschaft hinzu wegen Nutzung des Wassers für Berieselung, was besonders bei Gemüse- und Zierpflanzenkulturen geschieht. So verwundert es nicht, daß die Rheinversalzung seit langen ein Stein des Anstoßes ist und Gegenstand vieler Beratungen war in der bereits 1950 geschaffenen „Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung“. 1972 faßten die Minister der Rheinuferstaaten den Beschluß, die Chloridbelastung stufenweise so zu verringern, daß Konzentrationsüberschreitungen von 200 mg/l nicht mehr auftreten. Diese Zielvorgabe ging auch ein in die Präambel des 1976 unterzeichneten „Übereinkommens zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung durch Chloride“, den Rhein-Salzvertrag, der allerdings erst am 5. Juli 1985 in Kraft trat, da das Ratifizierungsverfahren in Frankreich eine so lange Zeit beanspruchte.

In Abb. 9 ist die Entwicklung des Chloridgehaltes für den Zeitraum 1966–86 dargestellt, und zwar für den Pegel Maxau, der sich ca. 140 km unterhalb der Kaliabwässereinleitung befindet, sowie für den Pegel Kleve-Bimmen an der deutsch-niederländischen Grenze. Um die Daten besser einordnen zu können,

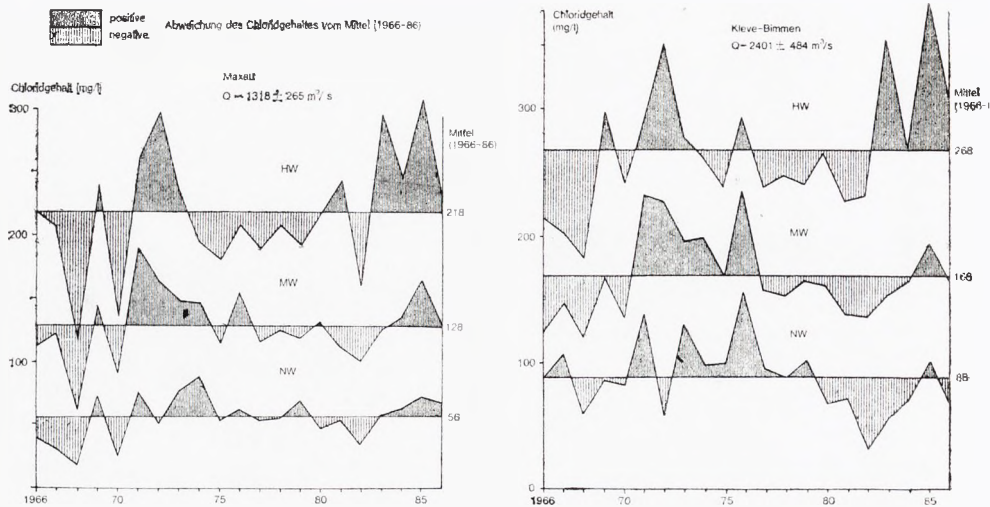


Abb. 9: Entwicklung des Chloridgehaltes und Abweichungen vom Mittel 1966—86 an den Meßstellen Maxau und Kleve-Bimmen. Q = Mittlerer Jahresabfluß \pm Standardabweichung, HW = höchster Wert, MW = Mittelwert, NW = niedrigster Wert.

sollte man die Chloridkonzentration des Rheins oberhalb der Einleitung kennen. Sie liegt im Jahresmittel unter 16 mg/l. Für die Kaliabwässer haben KRAUSE & CARBIENER (1975, S. 273 u. zugehörige Karte) rd. 150 000 mg/l angegeben. An der Meßstelle Weisweil knapp 30 km unterhalb der Einleitung beträgt das Jahresmittel 142 mg/l; und als Höchstwert sind 1985 325 mg/l gemessen worden (vgl. DKRR 1987, S. 50). Was die Zielvorgabe 200 mg/l bei den Höchstwerten anbelangt, so wird sie bereits in Maxau in 2/3 aller Jahre überschritten, in Kleve-Bimmen bis auf eine Ausnahme alljährlich, und zwar ganz beträchtlich bis hin zu der Spitzenkonzentration von 384 mg/l im Jahre 1985. An der letztgenannten Meßstelle übertreffen sogar die Mittelwerte in Einzeljahren die 200 mg/-Marke (vgl. Abb. 9).

Um die Trinkwasserqualität zu gewährleisten, fordert die IAWR, die Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, die Einhaltung von 100 mg/l (Grenzwert A) resp. von 150 mg/l (Grenzwert B), wenn physikalisch-chemische Aufbereitungsverfahren eingesetzt werden. Solche Chloridgehalte sind Zukunftsperspektiven; denn die Rheinversalzung zeigt immer noch einen aufsteigenden Trend. Bei den Chloridkonzentrationen wird die Trendanalyse erschwert durch die Variabilität der Wasserführung. Um eindeutige Befunde zu erhalten, muß man daher die Chloridfracht heranziehen. Aus Abb. 10 ist zu ersehen, daß die Chloridfracht — bezogen auf den Zeitraum 1966—86 — in Maxau um 0,8 kg/s, in Kleve-Bimmen um 1,38 kg/s zugenommen hat. Daraus kann man die mittleren, jährlichen Steigerungsraten berechnen, die sich auf 25 230 t resp. 43 520 t belaufen.

Natürlich soll nicht der Eindruck erweckt werden, als ob der elsässische Kalibergbau allein für die Rheinversalzung verantwortlich wäre. So tragen z. B. auch Sümpfungswässer aus dem Kohlebergbau in Nordrhein- Westfalen durch-

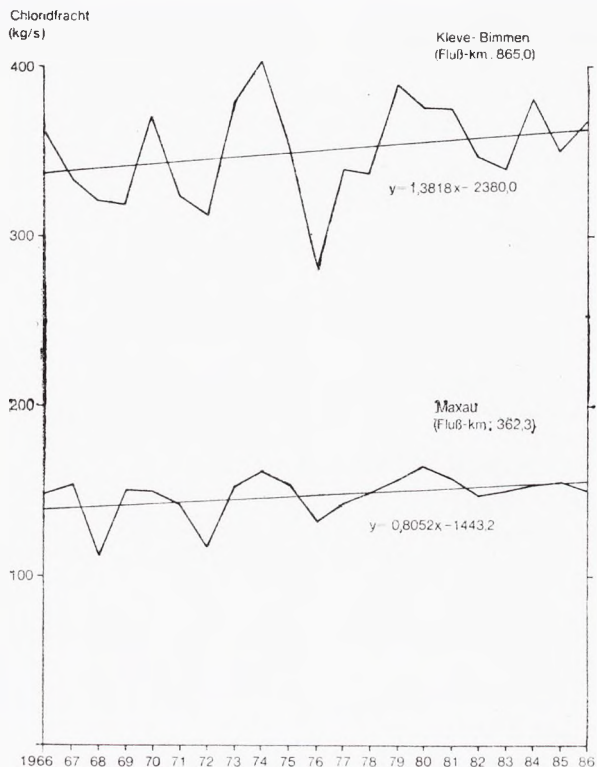


Abb. 10: Trend der Chloridfracht an den Meßstellen Maxau und Kleve-Bimmen 1966–86.

aus nennenswert zu Salzbelastung bei, wie die mittleren Chloridfrachten von Emscher mit 24,4 kg/s und Lippe mit 21,7 kg/s im Jahre 1984 belegen. Dennoch ist der elsässische Kalibergbau der mit weitem Abstand größte Einleiter. Sein Anteil macht noch an der deutsch-niederländischen Grenze rd. 36 % (Mittel 1975–85) aus. Eine Trendumkehr nur zu erreichen sein, wenn in die emissions-reduzierenden Maßnahmen auch der Hauptverursacher einbezogen wird. Durch die endlich erfolgte Ratifizierung des Rhein-Salzvertrages in Frankreich scheinen die Voraussetzungen gegeben zu sein. Die zulässigen Salzeinleitungen der Kaliindustrie sind folgendermaßen geregelt. Ausgehend von einem Niveau von 130 kg/s, war spätestens am 5. Januar 1987 die Einleitung um 20 kg/s zu verringern. Der Zeitplan sieht außerdem vor, daß ab 5. Januar 1989 eine weitere Verminderung um 60 kg/s erfolgt.

Die Zahl der Skeptiker über die termingerechte Erfüllung dieser Vereinbarungen ist groß (vgl. RIWA 1987, S. 39) — nicht zuletzt auch, weil über die Endlagerung der Abfallsalze eine langwierige und höchst kontroverse Diskussion stattfand. Eine von französischer Seite favorisierte Lösung sieht die Verpressung der Abwässer bei Chalampé unmittelbar an der deutsch-französischen Grenze in 1500–2000 m Tiefe vor. Bei der komplizierten Grabentektonik sind alle Prognosen über die Ausbreitung der Salzlagunen höchst zweifelhaft (vgl.

FISCHER 1985, S. 78). Gefahren bestehen im Hinblick auf eine Kontaminierung des Grundwassers sowie der Mineralquellen benachbarter Kurorte (Bad Bellingen, Bad Krozingen). Es spricht manches dafür, daß die elsässische Kaliindustrie noch einige Zeit für negative Schlagzeilen sorgen wird — sowohl auf der lokalen Ebene als auch in den Niederlanden.

5.2 Der Sandoz-Unfall

Mann sollte aus der Chloridbelastung keineswegs den generellen Schluß ziehen, daß sich die Rheinwasserqualität in den letzten 10 Jahren nicht verbessert hat. Letzteres wäre objektiv falsch. Hinsichtlich der biologischen Gewässergüte war der Oberrhein 1975 überwiegend kritisch belastet (Gewässergütestufe II—III), unterhalb der Neckarmündung stark verschmutzt (Gewässergütestufe III) und partiell sogar sehr stark resp. übermäßig verschmutzt (Gewässergütestufen III—IV resp. IV). 1985 registriert man eine Verbesserung um mindestens eine halbe Stufe (vgl. UBA 1986, S. 271—273). Es dominiert die Gewässergütestufe II (mäßig belastet), d. h. die Sauerstoffversorgung ist gut. Man findet eine Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen etc., was sich auch auf den Fischbestand günstig auswirkt. Von einem Tag auf den anderen gab es einen empfindlichen Rückschlag: durch die Brandkatastrophe bei Sandoz am 1. November 1986.

Das betreffende Werk der Firma Sandoz liegt unmittelbar am Rhein in Schweizerhalle bei Basel (Rhein-km 159). Das Feuer brach in einer Lagerhalle aus, in der über 1000 t Agrochemikalien lagerten. Bei der mehrstündigen Brandbekämpfung wurden ca. 15 000 m³ Löschwasser eingesetzt, die — belastet mit den Chemikalien — über das innerbetriebliche Kanalnetz in den Rhein gelangten. Man rechnet mit einem Eintrag von 1—3 % der gelagerten Stoffe. Bei den dominierenden Insektiziden handelte es sich um hochtoxische Phosphorsäureester, unter denen das Disulfoton mit 2900—8700 kg und das Thiometon mit 1200—3600 kg am stärksten in Erscheinung traten (vgl. DKRR 1986, S. 9). Die freigesetzten Substanzen sind im Wasser als schwer bzw. nicht abbaubar einzustufen.

In Abb. 11 ist am Beispiel des Disulfotons ersichtlich, wie sich die Schadstoffwelle rheinabwärts fortpflanzte und welche Verdünnungseffekte dabei auftraten. Die Differenz machte an der deutsch-niederländischen Grenze (Lobith) immerhin 2 Zehnerpotenzen aus, wenn man zum Vergleich die Station Märkt (Rhein-km 173,6) mit einem Höchstwert von 600 µg/l Disulfoton heranzieht. Die Anreicherungen in den Rheinsedimenten zeigten eine ähnliche talabwärtige Abnahme mit Spitzenwerten bei Basel (Rhein-km 163,1) von 41,4 mg/kg TG¹) Disulfoton (vgl. DKRR 1986, S. 80).

Entsprechend diesen unterschiedlichen Schadstoffkonzentration waren auch die ökologischen Auswirkungen. Bis zur Loreley (Rhein-km 560) wurde der gesamte Aalbestand vernichtet. Im Oberrheingebiet sind auch die Bestände anderer Fischarten wie Äschen, Hechte und Zander erheblich geschädigt worden. Die Schäden des Makrozoobenthons können der Abb. 12 entnommen werden, in der nach 4 Schadstufen differenziert wird. Die Auswirkungen reichen bis Bad Honnef (Rhein-km 640). Das Oberrheingebiet ist sehr stark betroffen. Be-

¹ TG = Trockengewicht.

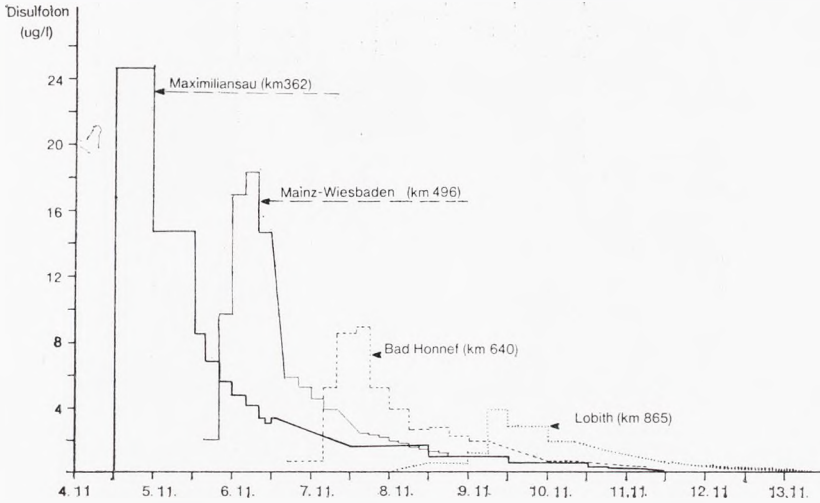


Abb. 11: Zeitlicher Verlauf der Schadstoffwelle nach dem Sandoz-Unfall in Schweizerhalle bei Basel am 1. November 1986, dargestellt am Beispiel der Disulfotonkonzentration. Quelle: DKRR (1986, Anlage 8.9).

merkenwerterweise weist der Restrhein zwischen Neuenburg und Breisach einen sehr günstigen Befund auf, was mit den erheblichen Grundwasserzuflüssen erklärt werden kann (vgl. DKRR 1986, S. 15). Die unterhalb der Neckarmündung feststellbaren Unterschiede zwischen den beiden Uferseiten korrespondieren mit den verschiedenen Belastungsgraden, die auch in den Gewässergütekarten dokumentiert sind (vgl. UBA 1986, S. 271).

Das Makrozoobenthon bildet die Nahrungsgrundlage der Fische. Es muß also mit Folgen im Hinblick auf ihr Wachstum und ihre Reproduktion gerechnet werden. Von dem Sandoz-Unfall waren auch ca. 40 Wasserwerke betroffen, die ihre Wasserentnahmen bis zu 20 Tage total einstellen oder vermindern mußten. Die aus dem Unfall zu ziehenden Lehren betreffen vor allem die nachhaltige Verbesserung der Sicherheitskontrollen und die Funktionsfähigkeit des Internationalen Warn- und Alarmplanes Rhein. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Störfall zur Katastrophe wird, kann minimiert werden. Allerdings kommt man wohl auch nicht umhin, den Sandoz-Unfall in einer Serie von Ereignissen zu sehen, die Gefahren des „Restrisikos“ bewußt machen mit Konsequenzen, die weit, sehr weit über die Schadensquelle hinausreichen können.

6 UMWELTPROBLEME MIT ALLOCHTHONEM URSPRUNG

Von Umweltprobleme mit allochthonem Ursprung ist zu sprechen, wenn sie durch eine wesentliche Außenbeeinflussung gekennzeichnet sind oder — anders ausgedrückt — wenn die Quellen gänzlich oder zumindest maßgeblich außerhalb der betrachteten Lokalität oder Region zu suchen sind. Als bekanntestes Beispiel gelten die „neuartigen“ Waldschäden.

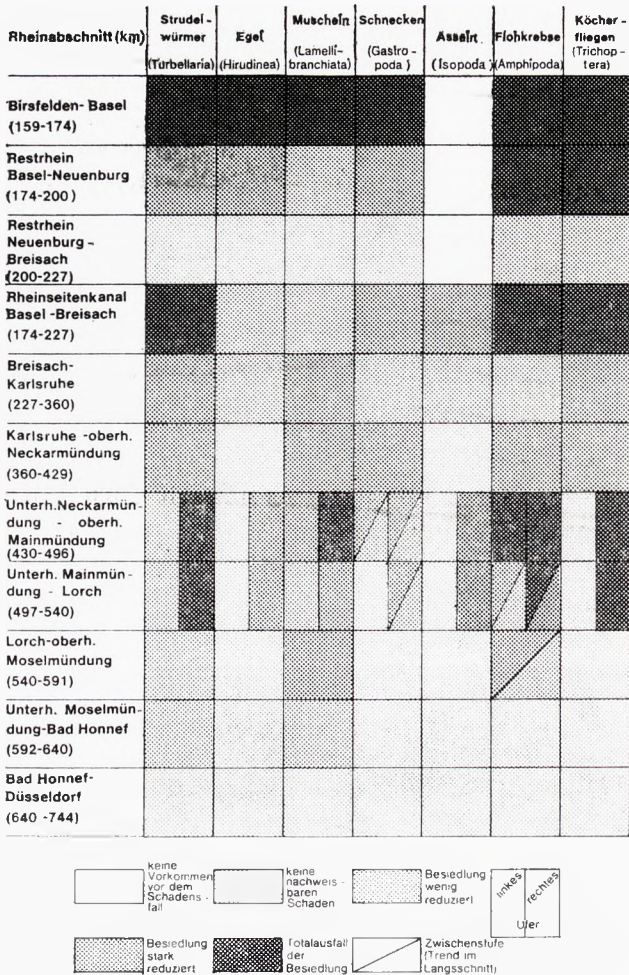


Abb. 12: Schädigung des Makrozoobenthonbestandes im Rhein auf Grund des Sandoz-Unfalles am 1. November 1986. Entwurf nach Bewertungen von DKRR (1986, S. 53).

6.1 Neuartige Waldschäden

Das Neuartige an den Waldschäden ist, daß sie auch in Gebieten auftreten, die eigentlich bis zum Beginn systematischer Messungen als Reinluftgebiete galten. Dazu gehören die Randgebirge des Oberrheingebietes — allen voran der Schwarzwald, der eines der am stärksten betroffenen Mittelgebirge ist (vgl. Foto 3). Über diese Thematik existiert mittlerweile eine Flut von Literatur. Stellvertretend für die Vielzahl sei hier lediglich auf die alljährlichen Statuskolloquien des Projektes Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur



Foto 3: Totschaden eines Tannenwaldbestandes am SW-Hang des Katzenkopfes in ca. 1100 m Höhe (Nördlicher Schwarzwald). Aufn.: 3. Nov. 1987.

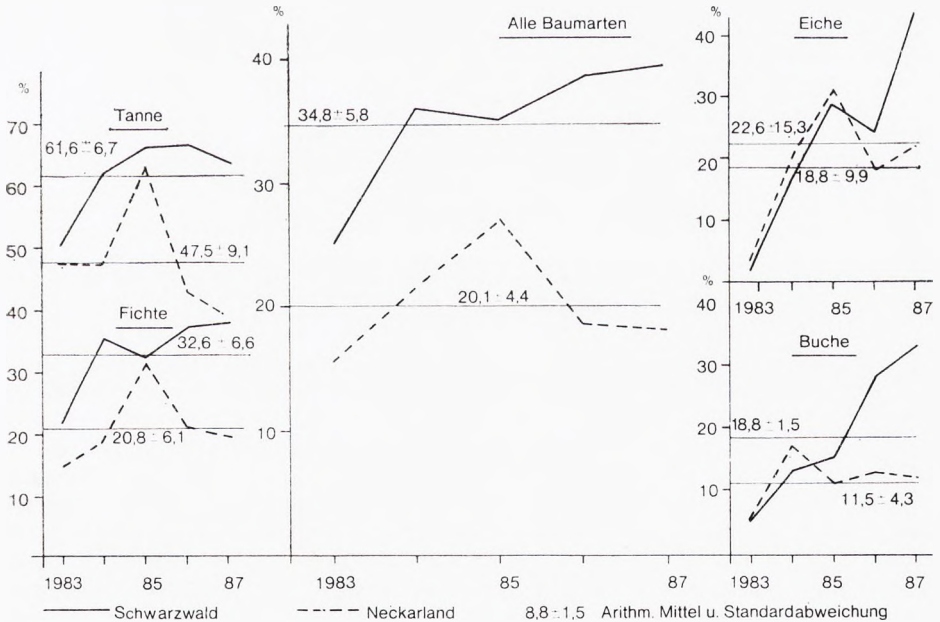


Abb. 13: Waldschäden (Schadstufe 2–4) an der Ostflanke des mittleren und südlichen Oberrheingebietes 1983–87 auf Grund der Inventuren im 4×4 km-Netz (im Neckarland 1987 8×8 km-Netz): Gesamtergebnis und Differenzierung nach einzelnen Baumarten. Datenquelle: MLRLF (1987).

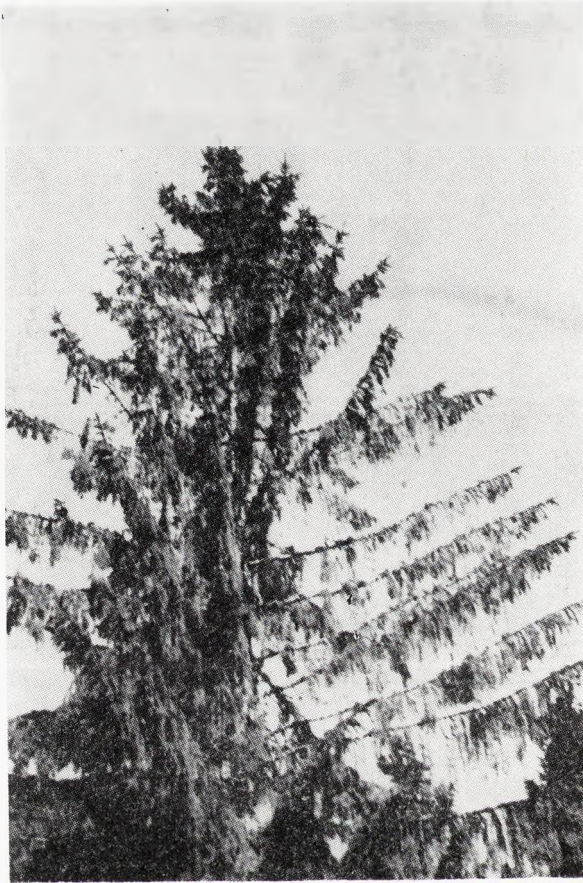


Foto 4: Fichtenkrone am W-Hang der Hornisgrinde im nördlichen Schwarzwald in ca. 1050 m Höhe: Lamettasyndrom, Vergilbungserscheinungen und Kronenverlichtung im status nascendi. Aufn.: 3. Nov. 1987.

Luftreinhaltung verwiesen, weil dort die subtilen Forschungsprogramme aus dem Schwarzwald behandelt werden (vgl. z. B. PEF 1987).

In diesem Beitrag beschränken wir uns darauf, einige Beobachtungen zu kommentieren, die das Ausmaß und den Beginn der Schädigungen betreffen. In Abb. 13 sind die Ergebnisse der terrestrischen Waldschadensinventuren wiedergegeben, die seit 1983 flächendeckend mit jährlicher Wiederholung in der gesamten Bundesrepublik durchgeführt werden. Die Beurteilung basiert auf den Nadel- und Blattverlusten sowie der Vergilbung. Danach werden die Probebäume in 5 Schadstufen eingruppiert, die der Abb. 14 zu entnehmen sind. Die differierenden Angaben zwischen Abb. 13 und 14 beruhen darauf, daß bei der Trendanalyse (Abb. 13) nur die oberen Schadklassen 2—4 berücksichtigt wurden. Die Werte sind immer noch sehr hoch, am extremsten bei der Tanne. Im Schwarzwald fallen im 5-jährigen Mittel fast 62 % der Tannen in die Kategorie

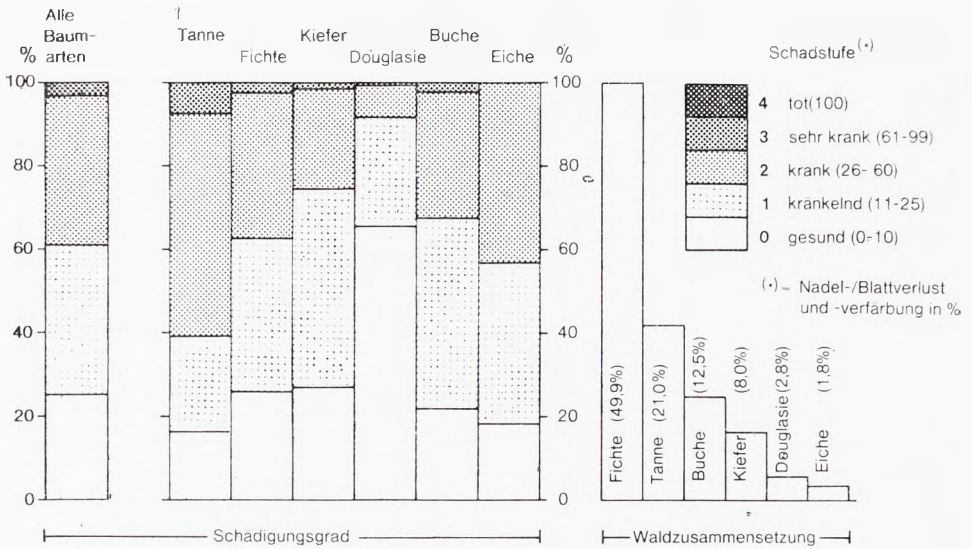


Abb. 14: Waldzusammensetzung und Waldschadensinventur 1987 im Schwarzwald: Differenzierung nach Schadstufen und Baumarten. Datenquelle: MLRLF (1987).

krank resp. sehr krank oder sind bereits abgestorben, im nördlich und östlich anschließenden Wuchsgebiet des Neckarlandes sind es 47,5 %. Die Differenzen zwischen Schwarzwald und Neckarland betreffen nicht allein die Quantität, sondern schließen auch den Trend ein. Im Schwarzwald beobachtet man eine Zunahme der Schäden, bei den Laubbäumen sogar in dramatischer Weise, während für das Neckarland stärkere Fluktuationen charakteristisch sind und man eine leichte Besserung der Situation herauslesen kann. Was die quantitativen Unterschiede anbelangt, so resultieren sie aus der größeren Höhenlage des Schwarzwaldes, da die Schadensschwerpunkte im Hochschwarzwald liegen (vgl. Foto 3 u. 4). Bezüglich des Trendverhaltens ist darauf hinzuweisen, daß die Witterungsverhältnisse der letzten Jahre das Waldwachstum begünstigten — speziell der Nadelbäume. Wegen der starken Vorschädigung der Bäume vermochte sich aber offenbar dieser Einfluß im Hochschwarzwald nicht nachhaltiger auszuwirken (vgl. auch MLRLF 1987, S. 8).

In Abb. 14 sind die Ergebnisse der letzten Waldschadensinventur noch einmal — gesondert nach den einzelnen Baumarten — graphisch aufbereitet worden. Wenn am Anfang der systematischen Erhebungen vorwiegend von den beträchtlichen Schädigungen der Koniferen die Rede war, dann zeigt sich nunmehr mit aller Deutlichkeit, daß die Laubbäume kaum nachstehen. Nur 18 % der Eichen und 22 % der Buchen im Schwarzwald konnten im Herbst 1987 als gesund bezeichnet werden. Die geringsten Schäden weist eine importierte Baumart auf: die Douglasie.

Sichtbare Waldschädigungen in ungewohntem Umfang wurden seit Mitte der 70er Jahre wahrgenommen. Die ersten Krankheitssymptome müssen aber wohl wesentlich weiter zurückdatiert werden. Eine solche Aussage läßt sich durch dendrochronologische Untersuchungen belegen, wie die Abb. 15 am Bei-

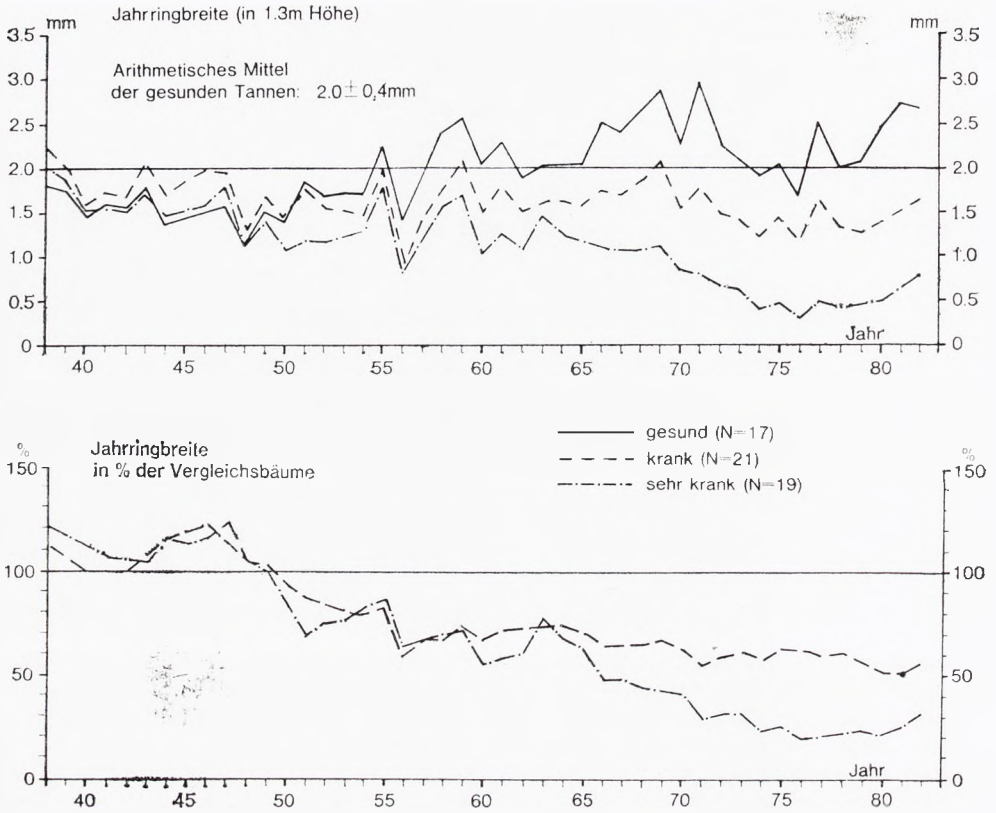


Abb. 15: Jahringbreiten von Tannen (Mittelholz, Durchmesser in 1,3 m: 26–50 cm) im Schwarzwald bei Alpirsbach. Die Einstufung des Gesundheitszustandes ist nach den Befunden von 1982 erfolgt. Das arithmetische Mittel bezieht sich auf die gesunden Bäume. Die gesunden Exemplare dienen auch als „Vergleichsbäume“, um die Verminderung des Dickenwachstums bei den kranken und sehr kranken Bäumen prozentual zu erfassen. Quelle: MELUF (1984, S. 18) ergänzt.

spiel von Schwarzwaldtannen zeigt. Nun hängt das Dickenwachstum der Bäume in starkem Maße von den jeweiligen Witterungsverhältnissen ab. Diesen Faktor kann man aber weitgehendst eliminieren, wenn man mit Relativzahlen operiert, wie es im unteren Diagramm der Abb. 15 geschehen ist. Man erkennt, daß die ersten Symptome einer Beeinträchtigung offenbar am Anfang der 50er Jahre auftraten. Sollte es ein Zufall sein, daß eine zeitliche Koinzidenz mit dem Beginn eines rapiden Wirtschaftswachstums und eines dadurch bedingten kräftigen Anstiegs der Emissionen von Luftverunreinigungen besteht? An einer verneinenden Antwort kann es kaum Zweifel geben durch eine Vielzahl von Indizienbeweisen.

Bislang war vorwiegend vom Schwarzwald die Rede. Es handelt sich aber um ein ubiquitäres Phänomen, das auch die Oberrheinebene nicht ausspart. Da

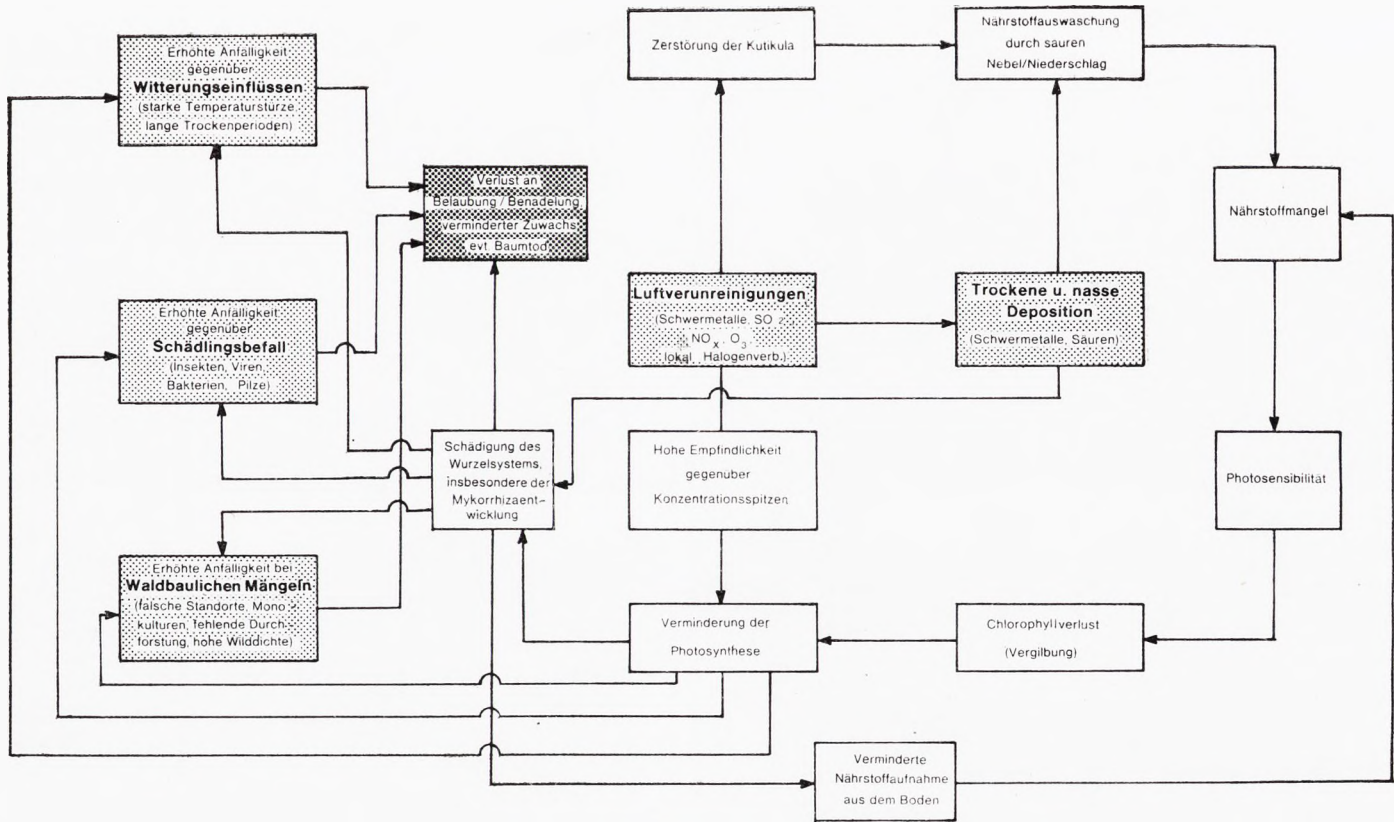


Abb. 16: Modell der Wirkungszusammenhänge bei den „neuartigen“ Waldschäden. Primärursache: Luftverunreinigungen. Sekundärursachen: Witterungseinflüsse, Schädlingsbefall, waldbauliche Mängel.

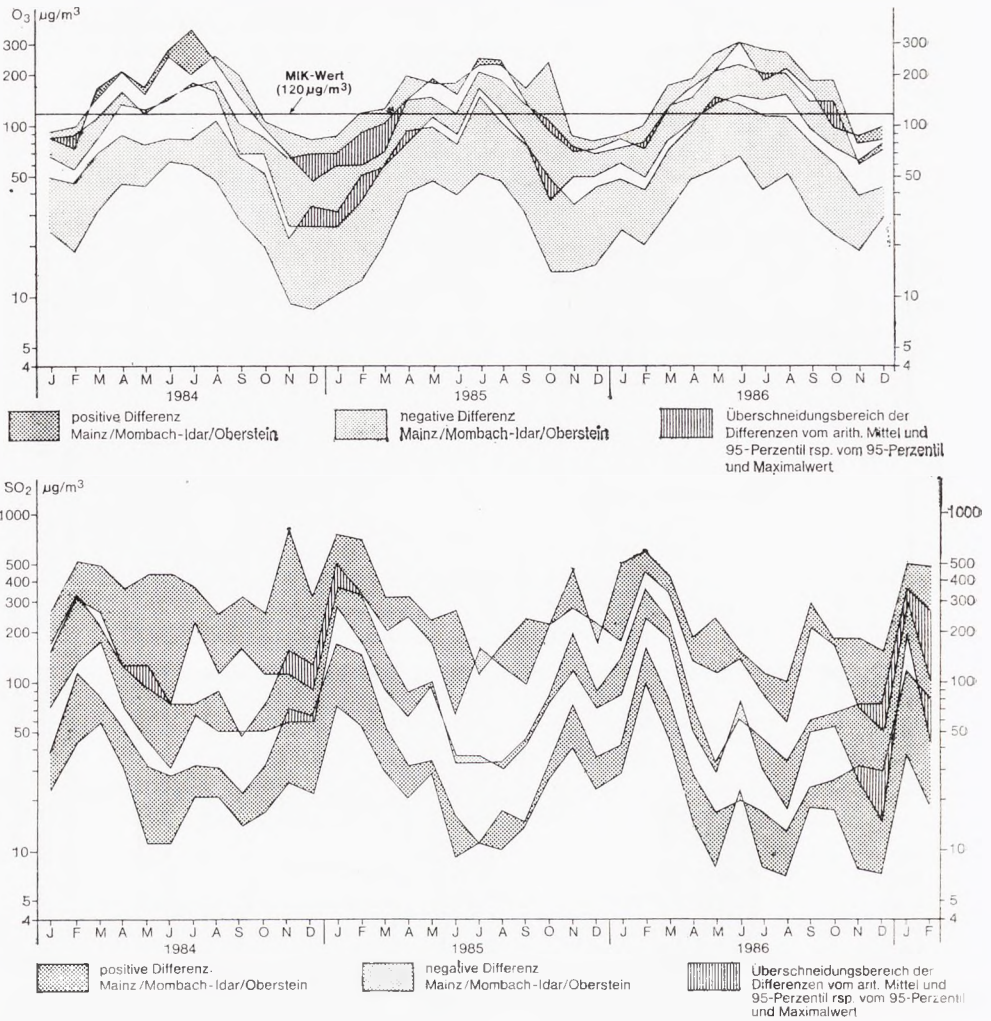


Abb. 17: Differenzen der O₃ und SO₂-Immissionen (höchster 1/2-Std.-Wert, 95-Perzentil, arith. Mittel) in der Paarung von oberrheinischen Agglomerationen und den flankierenden Mittelgebirgen am Beispiel von Mainz-Mombach und Idar-Oberstein (Hunsrück, 650 m NN).

es kein unbetroffenes Gebiet gibt, muß von einer Generalursache ausgegangen werden. Andererseits ist aus der Differenzierung des Schädigungsgrades die Komplexität abzuleiten, die für ein Ursachenbündel spricht. Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, in eine vertiefte Ursachenanalyse einzutreten. Stattdessen wird ein Modell (vgl. Abb. 16) vorgelegt, mit dem versucht wird, den derzeitigen Kenntnisstand zu repräsentieren. Das Modell enthält Gewichtungen, in dem die Luftverunreinigungen durch ihre zentrale Postierung als

Primärursachen herausgestellt werden gegenüber Streßfaktoren wie Witterungseinflüssen, Schädlingsbefall und waldbaulichen Mängeln, die als Sekundärursachen in Betracht zu ziehen sind. In dem Modell wird offen gelassen, welchen der angeführten Luftverunreinigungen die Schlüsselrolle zufällt und wie die Deposition im Vergleich zu den Immissionen zu beurteilen ist. Dies geschieht nicht allein wegen der bestehenden Forschungslücken, sondern es soll damit auch zum Ausdruck gebracht werden, daß es nach Ansicht des Verfassers keine generellen Gewichtungsfaktoren gibt. Sie müssen vielmehr von Region zu Region, besser noch von Standort zu Standort neu ermittelt werden.

Es sei nochmals auf die Problematik der Reinluftgebiete zurückgekommen. In Abb. 17 werden die O₃- und SO₂-Immissionen einer oberrheinischen Agglomerationsstation mit denjenigen am flankierenden Mittelgebirge verglichen. Für das SO₂ ergibt sich der Trivialbefund des Verdünnungseffektes. Allerdings muß diese Aussage mit der Einschränkung versehen werden, daß bei Betrachtung der Kurzzeitbelastungen auch mal der umgekehrte Fall möglich ist. An manchen Bergstationen können sogar kurzfristig Extremkonzentrationen gemessen werden, was auf die Bedeutung des Ferntransportes hinweist.

Beim Ozon werden die größeren Konzentrationen fast durchweg außerhalb der Agglomerationen und vor allem in den höheren Lagen der Mittelgebirge angetroffen (vgl. Abb. 17). Es fehlt dort an NO, das in den Agglomerationen einen rapideren Ozonabbau bedingt und damit die Belastung reduziert. Auf die Wirkungen ist bereits in 4.2 aufmerksam gemacht worden, als von dem Einsatz von *Phaseolus vulgaris* L. und *Urtica urens* als Bioindikatoren gesprochen wurde. Mit diesem kurzen Exkurs sollte nur angedeutet werden, warum das Ozon in der Diskussion der Waldschadensursachen eine zunehmende Beachtung und Gewichtung erfahren hat. Abschließend ist festzuhalten, daß die neuartigen Waldschäden maßgeblich durch Ferntransporte von Luftverunreinigungen verursacht sind und damit ein weiteres Problem darstellen, das allein auf der nationalen Ebene nicht zu lösen ist (vgl. KARRASCH 1983c).

7 PERSPEKTIVEN

Es war das vorrangige Ziel dieses Beitrages, auf die veränderten Dimensionen der Umweltprobleme am Beispiel des Oberrheingebietes hinzuweisen. Umweltschutz ist viel komplizierter geworden, als man noch zu Anfang und Mitte der 70er Jahre annahm. Damals konzentrierten sich die Anstrengungen auf die Agglomerationen resp. die Schadensbegrenzung vor Ort. Dieser Ansatz ist heute kritisch zu beurteilen, weil die gewählten Lösungen teilweise nicht vorhergesehene Nebenwirkungen hatten. Vor Ort sind Erfolge unbestreitbar, wobei die „Altlasten“ allerdings noch zu bewältigen sind. Es fehlt auch an einem wirksamen Konzept, den Landschaftsverbrauch zu minimieren, wovon nur peripher die Rede war. Wirklich gravierend aber sind die überregionalen Probleme mit Fremdbeteiligung. Hierbei steht man vor der Aufgabe, die Ursachen und die Verursacher zu identifizieren. Im praktischen Handeln sollte auf das Vorsorgeprinzip gesetzt werden. Internationale Kooperation und Solidarität sind unerläßlich, was im Dreiländereck des Oberrheingebietes gewiß keine neue Erkenntnis ist. In ihrer Umsetzung liegen die Defizite.

LITERATUR

1. AGEB (= Arbeitsgemeinschaft Europäischer Grenzregionen): Europäische Charta der Grenz- und grenzüberschreitenden Regionen. Ziele und Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft Europäischer Grenzregionen. Bonn 1982. — 2. BECKER-MARX, K.: Grenzüberschreitende Regionen in Zentraleuropa und ihre Organisation. In: Konferenz Oberrheinischer Regionalplaner: Oberrhein, Struktur und Entwicklung. Karlsruhe 1987, S. 47—55. — 3. BUNR (= Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Rhein-Bericht. Bericht der Bundesregierung über die Verunreinigung des Rheins durch die Brandkatastrophe bei der Sandoz AG/Basel und weitere Chemieunfälle. Umweltbrief Nr. 34, 1987. — 4. BV (= Bundesminister für Verkehr, Abt. Binnenschifffahrt u. Wasserstraßen): Untersuchungen zur Frage, ob die Sohlenerosion des Oberrheins unterhalb der Staustufe Iffezheim durch Geschiebezugabe, weitere Staustufen oder Grundswellen verhindert werden kann. Schlußbericht. Bonn 1981. — 5. DISTER, E.: Taschenpolder als Hochwasserschutzmaßnahme am Oberrhein. In: Geographische Rundschau, 37, 1985, S. 241—247. — 6. DKRR (= Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins): Deutscher Bericht zum Sandoz-Unfall mit Meßprogramm. Folgen des Sandoz-Unfalls, getroffene Maßnahmen, Wiederherstellungsprogramm. Ministerkonferenz der Rheinanliegerstaaten Rotterdam, 19. Dezember 1986. — 7. DKRR, Zahlentafeln der physikalisch-chemischen Untersuchungen 1986. Niedernhausen/Ts. 1987. — 8. FELKEL, K.: Acht Jahre Geschiebezugabe am Oberrhein. In: Wasserwirtschaft, 77, 1987, S. 181—185. — 9. FISCHER, L.: Die Chloridbelastung des Rheins. In: 10. Arbeitstagung der IAWR vom 1.—4. Okt. 1985 am Bodensee. Amsterdam 1985, S. 74—78. — 10. FRICKE, W.: Ergebnisse der Arbeit „Planung über die Grenzen“: Ansätze zur Lösung der Planungsprobleme. In: BECKER-MARX, K. & FRICKE, W. (Hrsg.): Stand der grenzüberschreitenden Raumordnung am Oberrhein. Heidelberger Geographische Arbeiten, 71, 1981, S. 3—13.
11. HSR (= Hochwasser-Studienkommission für den Rhein): Schlußbericht. Teil I: Text, Teil II—IV: Anlagen. o. O. 1978. — 12. HÜGIN, G.: Wesen und Wandlung der Landschaft am Oberrhein. In: Beiträge zur Landespflege, 1, 1962, S. 186—250. — 13. IAWR (= Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet): Rheinbericht 1983—85. Amsterdam 1986. — 14. KARRASCH, H.: Ausgewählte Studien zur Luftqualität im Rhein-Neckar-Gebiet. In: Mannheimer Geographische Arbeiten, 10, 1981, S. 179—189. — 15. KARRASCH, H.: Die Luftqualität im nördlichen Oberrheingebiet in vergleichender Sicht. In: Mannheimer Geographische Arbeiten, 14, 1983a, S. 63—100. — 16. KARRASCH, H.: Photochemical Air Pollution, Comparative Studies of American and German Agglomerations. In: Hommes et Terres du Nord 1983b, No. 3, S. 65—69. — 17. KARRASCH, H.: Transboundary Air Pollution in Europe. In: ADAMS, J. S. et al. (Eds.): American-German International Seminar. Geography and Regional Policy: Resource Management by Complex Political Systems. Heidelberger Geographische Arbeiten, 73, 1983c, S. 321—344. — 18. — KARRASCH, H.: Trends der urbanen Modifikation des Klimas. In: Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen, 6, 1986, S. 205—220. — 19. KINZELBACH, R.: Veränderungen der Fauna im Oberrhein. In: HALLER, N. (Hrsg.): Natur und Landschaft am Oberrhein. Versuch einer Bilanz. Veröffentlichung der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Speyer, 70, 1982, S. 66—86. — 20. KIRSCHBAUM, U. & STEUBING, L.: Veränderung der epiphytischen Flechtenvegetation in der Region Untermain (1971 bis 1985) und ihre Beziehung zur Immissionsituation. In: Staub — Reinhaltung der Luft, 47, 1987, S. 257—260.
21. GRAUSE, W. & CARBIENER, R.: Die Chloridkonzentration in den Gewässern der Oberrheinebene und ihrer Randgebirge. In: Erdkunde, 29, 1975, S. 267—277. — 22. KUHL, D.: Das Kulturwehr Kehl/Straßburg und die Seitenpolder des Rheins bei Altenheim. In: Wasserwirtschaft, 74, 1984, S. 361—365. — 23. LfU (= Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg): Umweltbericht 1987. Karlsruhe 1987. — 24. MELU (= Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg, Wasserwirtschaftsverwaltung): Hochwasserschutz Oberrhein. Stuttgart 1979 u. 1980. — 25. MELUF (= Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württem-

berg). Walderkrankung und Immissionseinflüsse. Stuttgart 1984. — 26. MLRLF (= Ministerium für Ländlichen Raum, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg): Terrestrische Waldschadensinventur 1987 Baden-Württemberg. Stuttgart 1987. — 27. PEF (= Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung): 3. Statuskolloquium des PEF vom 10. bis 12. März 1987 in Karlsruhe, KfK-PEF 12, Bd. 1. Karlsruhe 1987. — 28. PHILIPPI, G.: Änderungen der Flora und Vegetation am Oberrhein. In: HAILER, N. (Hrsg.): Natur und Landschaft am Oberrhein. Versuch einer Bilanz. Veröffentlichung der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Speyer, 70, 1982, S. 87—105. — 29. RIWA (= Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven): Jahresbericht 1985, Teil A: Der Rhein, Amsterdam 1987. — 30. RSU (= Rat von Sachverständigen für Umweltfragen): Waldschäden und Luftverunreinigungen. Sondergutachten, Stuttgart u. Mainz 1983.

31. SCHÄFER, W.: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? In: Natur und Museum, 103, 1973, S. 1—29, S. 73—83, S. 110—123, S. 137—153, S. 177—192, S. 312—319; 104, 1974, S. 248—252, S. 297—305, S. 331—343 u. S. 358—363. — 32. TZSCHUCKE, H.—P.: Verhinderung der Sohlenerosion unterhalb der Staustufe Iffezheim — untersuchte Alternativen und derzeitige Maßnahmen. In: Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt, 24, 1985, S. 57—69. — 33. UBA (=Umweltbundesamt): Daten zur Umwelt 1986/87. Berlin 1986. — 34. VIESER, H.—J.: Hochwasserverschärfung durch Ausbau des Oberrheins. In: Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt, 24, 1985, S. 31—45. — 35. WAHL, P.: Arten- und Biotopschutz im der Rheinaue. In: Wasserbau-Mitteilungen der Technischen Hochschule Darmstadt, 24, 1985, S. 93—102. — 36. WÜRZNER, E.: Landschaftsverbrauch und Bodenkontaminierung im Rhein-Neckar-Raum. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Heidelberg 1986.

Heinz Karrasch

PROBLÉMY PROSTREDIA OBLASTI HORNÉHO RÝNA: VYBRANÉ MODELOVÉ ŠTÚDIE

Región horného Rýna je hraničnou oblasťou medzi NSR, Francúzskom a Švajčiarskom, ale člení ho aj množstvo národných a administratívnych hraníc (štátnych, okresných, katastrálnych). Tieto hranice sú pritažujúcou okolnosťou pre plánovanie prostredia. Skúsenosti z posledných 15 rokov ukázali, že problémy prostredia sú veľmi komplexné a nemožno ich úspešne riešiť bez použitia integratívneho prístupu.

Príspevok zahrňuje 5 vybraných modelových štúdií problémov prostredia, ktoré sa klasifikujú do troch typov: 1. problémy prostredia autochtónneho pôvodu, 2. problémy prostredia spôsobené v regióne, ale s veľkým rozsahom, 3. problémy prostredia prevažne alochtónneho pôvodu.

Prvá modelová štúdia sa zaoberá negatívnymi dôsledkami úprav rieky horného Rýna, ktoré sa začali v minulom storočí (1817—1880). Dôvodom úprav bolo zmenšenie nebezpečia povodní a získanie poľnohospodárskej pôdy. Je paradoxom, že neskoršie úpravy zmenšili ochranu pred povodňami, a že spôsobili problémy ako urýchlenú lineárnu eróziu, zníženie hladiny podzemnej vody a stále zmenšovanie a znehodnocovanie jelšových porastov po stranách vodného toku. Nívné jelšové porasty sa zmenšili na 1 %, alebo dokonca na menej z pôvodnej rozlohy. Problémy kulminovali po vytvorení lodnej dopravy a využití hydroelektrických zdrojov v r. 1928—1977. Pod každou priehradou začala v koryte pôsobiť intenzívna erózia. Od r. 1978 sa používa nová metóda ako alternatíva k výstavbe ďalších priehrad na hornom Rýne. Erózia riečného koryta sa kompenzuje pridávaním štrkov zo susednej poriečnej nivy. Priemerné ročné množstvo dosahuje 167 000 m³. Najvýznamnejším vplyvom je nárast nebezpečia povodní pod po-

slednou priehradou, zvlášť tam, kde sa do Rýna vlievajú veľké prítoky, ako napr. Neckar. Ohrozené mestá v tomto prípade sú Ludwigshafen a Mannheim. Medzi rôznymi spôsobmi ochrany výhodu má kombinovanie hydraulických a ekologických opatrení. Renaturácia jelšových porastov v starých meandroch by sa mohla dosiahnuť za podmienky „ekologických záplav“.

Druhá modelová štúdia medzi problémami prostredia autochtónneho pôvodu sa zaoberá trendami kvality ovzdušia. Stratégiou bolo zlepšenie kvality ovzdušia v aglomeráciách a úspech je evidentný v prípade väčšiny pôvodných znečisťovateľov s výnimkou Strasbourgu. Pozitívny výsledok však nemožno jednoducho vzťahovať aj na vidiecke oblasti. Keďže chýbajú dáta, poznatky sa môžu zakladať len na bioindikátoroch. V niektorých vidieckych oblastiach sa kvalita ovzdušia zhoršila. Problémom je vznik fotochemických oxidantov. Vysoké hodnoty emisií a radiácie v oblasti horného Rýna sú v dôsledku vysokej intenzity fotochemických reakcií počas častých anticyklónálnych situácií v lete a na jeseň. Ozón sa považuje za jednu z potenciálnych príčin hynutia lesov.

Druhý typ problémov prostredia s rozsiahlymi dôsledkami sa predkladá dvoma modelovými štúdiami znečisťovania vody Rýna. Zasoľovanie vody Rýna je starý problém, ktorý sa však v priebehu času zhoršuje. Najväčší znečisťovateľ je alsaský chemický priemysel, lokalizovaný na severozápadnom okraji Mulhouse. Vody Rýna slúžia ako zdroj pitných vôd v regióne dolného Rýna a zvlášť v Holandsku, kde sa tiež používajú na zavlažovanie zeleniny a okrasných rastlín. Vysoké koncentrácie chloridov sú v rozpore s týmto využívaním a musia sa používať veľmi nákladné spôsoby úpravy vody. Hoci medzinárodná dohoda existuje od r. 1976, Francúzsko ju ratifikovalo až 5. júla 1985. Francúzsko musí v súčasnosti znížiť objem slaných odpadových vôd, ktoré sa vypúšťajú do Rýna neďaleko Fessenheimu. Problém však nemožno reálne vyriešiť bez prijateľnej ekologickej koncepcie depozitu slaných odpadov.

Salinita nie je hlavný indikátor kvality vody v hornom Rýne. Pozoruhodné zlepšenia sa dosiahli za posledných 10–15 rokov. Nehoda v závode Sandoz 1. novembra 1986 bola ťažkým úderom týmto snahám. Vysokotoxické a nereaktívne insekticídy, ako napr. disulfotón a thiometon boli splavené do Rýna vodou pri hasení požiaru. Populácia úhorov bola zničená totálne, fauna rýb a makrozoobenthos bola silne poškodená v celom hornom Rýne a v menšom rozsahu aj v strednom Rýne. Vplyvy bolo možné pozorovať do vzdialenosti 500 km od miesta nehody.

Najväčšia výzva pre špecialistov je tretia kategória problémov prostredia, ktoré majú alochtónny pôvod a nemožno ich jasne určiť súčasným stavom výskumu. Vybraná modelová štúdia sa zameriava na tzv. novodobé poškodenie lesa, ktoré značí hynutie lesa nového typu ďaleko od zdroja znečisťovania. V regióne horného Rýna sa tento fenomén vyskytuje všade, ale maximálny rozsah poškodenia je v Čiernom lese, kde podľa zisťovania v r. 1987 je poškodených 75 % stromov. Ovplyvnené sú všetky drevné druhy — ako ihličnaté, tak aj listnaté. Prvé viditeľné indikácie poškodenia boli pozorované v polovici sedemdesiatych rokov. Dendrochronologické štúdia však ukázali, že zmenšovanie prírastku sa začalo už v päťdesiatych rokoch. Príčinná interpretácia je veľmi komplexná a predčasné zovšeobecňovania by boli skôr na škodu ako na úžitok. Zrejme ide o kombináčny efekt, ktorý je spôsobený ďalekým prenosom vzdušných znečisťovnín. Podstatné otázky sú, či sú významnejšie priame účinky (koncentrácie znečistenín, ozón), alebo nepriame účinky (ukladanie) a ako interagujú základné mechanizmy.

Vážne otázky prostredia sú globálne problémy, ktoré možno riešiť len cestou medzinárodnej kooperácie. V regióne horného Rýna to nie je nová skúsenosť, aby sa však dosiahli tieto nevyhnutné kroky treba prekonať mnoho nedostatkov.

Obr. 1. Iniciatívy v životnom prostredí a ich presadzovanie do politickej úrovne v Nemeckej spolkovej republike.

- Obr. 2. Výskum životného prostredia v Nemeckej spolkovkej republike. Inštitúcie a deľba úloh.
- Obr. 3. Úpravy vysokého a horného Rýna v pozdĺžnom profile. Náčrt podľa BV (1981, obr. 2).
- Obr. 4. Úpravy horného Rýna a ich dôsledky v odtoku veľkých vôd: Zmeny na retenčných plochách a na objeme odtoku. Náčrt podľa HSR (1978), MELU (1979, 1980), VIESER (1985) a TZSCHUCKE (1985).
- Obr. 5. Odtoková línia katastrofálnej veľkej vody 1882/83 podľa vodomeru vo Wormse a simulácia zmenených podmienok po úpravách horného Rýna. Náčrt podľa HSR (1978) a MELU (1979, 1980).
- Obr. 6. Vývoj imisíí SO₂ (ročné stredné hodnoty) v porovnávacích pároch.
 (A) Mannheim/Schauinsland (horská stanica v Schwarzwalde bez lokálnych emisíí),
 (B) Silná acidita: Strasbourg/Paris.
- Obr. 7. Častosť súm a aritmetický stred ozónových imisíí (polhodinový, resp. hodinový stred) v Mannheime a vo vybraných amerických aglomeráciách 1976.
- Obr. 8. Ozónové imisie v Mannheime 1976—1978 a 1982—1984.
- Obr. 9. Vývoj obsahu chloridu a odchýlky od stredu 1966—1986 na meracích lokalitách Maxau a Kleve-Bimmen.
 Q = stredný ročný odtok \pm štandardná odchýlka,
 HW = najvyššia hodnota,
 MW = stredná hodnota,
 NW = najnižšia hodnota.
- Obr. 10. Trend chloridovej záťaže na meracích lokalitách Maxau a Kleve-Bimmen 1966—1986.
- Obr. 11. Časový priebeh vlny škodlivých látok po nehode Sandoz vo Schweizerhalle pri Bazileji 1. novembra 1986, stanovený na príklade disulfotónových koncentrácií. Zdroj: DKRR (1986, príloha 8. 9).
- Obr. 12. Poškodenie stavu makrozoobenthosu v Rýne v dôsledku nehody Sandoz 1. novembra 1986. Náčrt podľa hodnotenia DKRR (1986, s. 53).
- Obr. 13. Poškodenie lesa (stupeň poškodenia 2—4) na východnej strane strednej a južnej rýnskej oblasti 1983—1987 na základe inventarizácie v sieti 4×4 km (v oblasti Neckaru 1987 sieť 8×8 km). Celkový výsledok a diferenciacia podľa jednotlivých drevinných druhov. Zdroj dát: MLRLF (1987).
- Obr. 14. Zloženie lesa a inventarizácia poškodenia lesa 1987 vo Schwarzwalde: diferenciacia podľa stupňa poškodenia a drevinného druhu. Zdroj dát: MLRLF (1987).
- Obr. 15. Sírka letokruhov jedle (stredne staré porasty, priemer vo v. 1,3 m: 26—50 cm) vo Schwarzwalde pri Alpirsbachu. Odstupňovanie zdravotného stavu je podľa zisťovania v r. 1982. Aritmetický stred sa vzťahuje na zdravé stromy. Zdravé stromy slúžia aj ako „porovnávacie stromy“, aby sa percentuálne zistilo znižovanie rastu priemeru kmeňových chorých a veľmi chorých stromov. Zdroj: MELUF (1984, s. 18) doplnené.
- Obr. 16. Model súvislostí pôsobenia pri „nových“ poškodeniach lesa. Primárna príčina: znečistenia ovzdušia. Sekundárne príčiny: vplyvy počasia, postihnutie škodcami, nedostatky v lesnom hospodárstve.
- Obr. 17. Rozdiely v imisíách O₃ a SO₂ (najvyššia polhodinová hodnota, 95-percentný aritmetický stred) v párovaní hornorýnskych aglomerácií a susedných stredohorí na príklade Mainz/Mombach a Idar-Oberstein (Hunsrück, 650 m n. m.).

Foto 1. Monotónnosť poľnohospodárskej krajiny s totálnou stratou biotopov južne od Batzenheimu (Alsasko), v opare chemický priemysel v Chalampé. Fotografované 4. októbra 1987.

Foto 2. Ťažba drasla vo Wittelsheime (Alsasko). Fotografované: 4. októbra 1987.

- Foto 3. Totálne poškodenie jedľového lesného porastu na JZ svahu kóty Katzenkopf v nadm. v. ca 1100 m [severný Schwarzwald]. Fotografované: 3. novembra 1987.
- Foto 4. Koruna smreka na západnom svahu kóty Hornigrinde v nadm. v. ca 1050 m v severnom Schwarzwalde: syndróm lametty, javy zožltnutia a presvetlenia koruny v stave nascendi. Fotografované: 3. novembra 1987.

Гейнц Карраш

ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕГИОНА ВЕРХНИЙ РЕЙН: ИЗБРАННЫЕ МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Регион верхний Рейн представляет собой пограничную область между ФРГ, Францией и Швейцарией и подразделяется на множество национальных и политико-административных единиц, в результате чего он изрезан государственными, районными и кадастровыми границами. Эти границы выступают так затруднение в процессе планирования окружающей среды. Опыт последних 15 лет показал, что проблемы окружающей среды являются составной частью одного комплекса и их успешное решение невозможно без применения интеграционного подхода.

Статья содержит 5 избранных модельных исследований проблем окружающей среды, которые можно классифицировать как три типа проблем: 1. проблемы окружающей среды автохтонного происхождения, 2. проблемы окружающей среды возникающие в самом регионе и достигающие крупных размеров, 3. проблемы окружающей среды преимущественно аллохтонного происхождения.

Первое модельное исследование занимается негативными последствиями регулировок верхнего течения реки Рейн, начавшихся уже в прошлом веке (1817—1880). Цель регулировок — уменьшить опасность возникновения наводнений и заполучить сельскохозяйственные почвы. Парадоксально, что более поздние регулировки понизили степень охраны перед наводнениями и сопутствовали возникновению следующих проблем: стала быстрее развиваться линейная эрозия, понизился уровень подземных вод уменьшились площади и обесценились поросли ольхи вдоль водотока. Прежние размеры пойменных ольшаников существенно сократились — до 1 % и даже менее. Проблемы кульминировали после введения судоходства и после строительства гидроэнергетических сооружений в 1928—1977 гг. Ниже каждой плотины в русле реки начала развиваться интенсивная эрозия. Начиная с 1978 г. применяется новый метод, сопровождающий строительство последующих плотин на верхнем Рейне. Эрозия речного русла компенсируется прибавлением гальки из соседней поймы. Среднегодовое количество таких работ достигает объема 167 000 м³. Самым важным моментом является повышение опасности наводнений ниже последней плотины, особенно в местах, где в Рейн впадают крупные притоки, как например Некар. В данном случае подвержены опасности города Людвиксгафен и Мангейм. Среди разных видов охраны определенными преимуществами обладает комбинация гидравлических и экологических мероприятий. Восстановление порослей ольшаника в старых меандрах можно было бы достичь путем создания „экологических наводнений“.

Второе модельное исследование проблем окружающей среды автохтонного происхождения рассматривает тенденции изменений в качестве атмосферы. Стратегической целью было улучшение качества атмосферного воздуха в городских агломерациях. Успехи налицо, что касается большинства прежних загрязнителей — за исключением Страсбурга. Положительные результаты, однако, нельзя просто отнести и к сельским регионам. Поскольку отсутствуют конкретные данные, наши знания о загрязнении сельской местности могут исходить лишь из наблюдений за биоиндикаторами. В некоторых сельских регионах качество воздуха ухудшилось.

Проблемой является образование фотохимических окислителей. Высокие показатели эмиссий и радиации в регионе верхнего течения Рейна достигаются в результате высокой интенсивности протекания фотохимических реакций во время часто повторяющихся антициклональных ситуаций летом и осенью. Одной из потенциальных причин гибели лесов считается озон.

Другой тип проблем окружающей среды с важными последствиями представлен двумя модельными исследованиями загрязнения воды Рейна. Засаливание рейнских вод — это старая проблема, которая с течением времени, однако, все ухудшается. Самым крупным загрязнителем является эльзасская химическая промышленность, размещенная в северо-западной окраине Мюлуза. Рейнские воды являются ресурсом питьевой воды для региона нижнего Рейна и, в особенности, для Нидерландов, где применяются для орошения земель с овощами и цветами. Высокая концентрация хлоридов находится в противоречии с такой эксплуатацией вод Рейна и, поэтому, необходимо использовать очень трудоские способы водоочистки. Несмотря на то, что международный договор существует с 1976 г., Францией ратифицирован лишь 5 июля 1985 г. Франция в настоящее время должна понизить общий объем соленых отходов вод, выпускаемых в Рейн вблизи Фессенгейма. Проблему, однако, нельзя реально решить без разработки приемлемой экологической концепции задержки соленых отходов.

Степень солености не является главным индикатором качества воды в верхнем течении Рейна. В течение последних 10—15 лет были достигнуты существенные результаты по улучшению качества рейнской воды. Эти тенденции, однако, получили тяжелый удар 1 ноября 1986 г. в результате аварии в заводе Сандоз 1. Высокотоксичные и не реагирующие инсектициды, как например дисульфотон и тиометон, были смыты в Рейн водой, оттекающей во время тушения пожара. Полностью истреблена вся популяция угорей, сильно повреждены семейства рыб и макрозообентозов на всем верхнем и в меньшей степени на среднем течении Рейна. Последствия наблюдались даже на расстоянии 500 км от места аварии.

Крупным вызовом для специалистов является третья категория проблем окружающей среды, имеющих аллохтонное происхождение и нельзя их отчетливо выявить при современном состоянии исследований. Избранное модельное исследование занимается так называемым „новейшим постраданием леса“, означающим погибание леса нового типа вдали от источников загрязнения. В регионе верхнего Рейна этот феномен встречается повсюду, но максимальные ущербы наблюдаются в Шварцвальде, где по данным на 1987 г. повреждено 75 % деревьев. В результате влияния промышленных выбросов повреждены все виды — как лиственные, так и хвойные. Признаки повреждения впервые были замечены в половине семидесятых лет. Дендрохронологические исследования, однако показали, что замедление прироста началось уже в пятидесятые годы. Поиск поводов указывает на очень широкий комплекс причин и, поэтому, преждевременные обобщения могли бы принести больше вреда чем пользы. По-видимому здесь проявляется комбинационный эффект в результате дальнего переноса вредных веществ воздушным путем. Суть вопроса в том, являются ли более важными прямые воздействия (концентрация вредных веществ, озон), или же косвенные воздействия (собирательность), а также в том, как взаимодействуют основные механизмы.

Серьезными вопросами окружающей среды являются глобальные проблемы, которые поддаются решению лишь путем международного сотрудничества. Для региона верхнего Рейна такой опыт не является чем то новым, но и здесь необходимо преодолеть множество барьеров с целью принятия неизбежных мер.

Рис. 1. Виды инициатив по проблематике окружающей среды и пути их проникновения в политический уровень в ФРГ.

Рис. 2. Исследования в области окружающей среды в ФРГ: организации и распределение задач.

- Рис. 3. Регулировки высокогорного и верхнего Рейна в продольном профиле. Рисунок приводится из источника BV (1981, рис. 2).
- Рис. 4. Регулировки верхнего Рейна и их последствия на сток паводковых вод: Изменения площадей задерживаемых вод и объемов стока. Изображение по источникам: HSR (1978), MELU (1979, 1980), VIESER (1985), TZSCHUCKE (1985).
- Рис. 5. Сточная линия вод катастрофического наводнения 1882/83 согласно показаниям водомера в Вормсе и симуляция измененных условий после регулировок верхнего Рейна. Изображение по источникам: HSR (1978), MELU (1978, 1980).
- Рис. 6. Ход имиссий двуокиси серы (среднегодовые величины) в сравнительных парах: (А) — Мангейм/Шауинсланд (горная станция в Шварцвальде без местных эмиссий), (В) — Сильная кислотность: Страсбург/Париж.
- Рис. 7. Частота сумм и арифметическое среднее озоновых имиссий (средние полу- часовые или же часовые величины) в Мангейме и в избранных американских агломерациях (1976 г.).
- Рис. 8. Озоновые имиссии в Мангейме в 1976—1978 и в 1982—1984 гг.
- Рис. 9. Ход содержания хлорида и отклонения от средних показателей (1966—1986 гг.) на измерительных станциях Максау и Клеве-Биммен. HW — максимальное значение, MW — среднее значение, NW — минимальное значение.
- Рис. 10. Тенденция загрузки хлоридом на измерительных станциях Максау и Клеве-Биммен (1966—1986 гг.).
- Рис. 11. Временной ход волны вредных веществ после аварии Сандоз в Швейцар- галле вблизи Базеля 1 ноября 1986 г., на примере концентрации дисульфотона. Источник: DKRR (1986, приложение 8.9).
- Рис. 12. Повреждение состояния макрозообентоза в Рейне в результате аварии Сандоз 1 ноября 1986 г. Изображение по источнику DKRR (1986, стр. 53).
- Рис. 13. Повреждение леса (ступени повреждения 2—4) на восточной стороне средне- и южнерейнского региона (1983—1987 гг.), определенное в результате инвентаризации по сети квадратов 4 × 4 км (в районе Некара 8 × 8 км). Общий результат и подразделение по видам отдельных древесных культур. Источник: MLRLF (1987).
- Рис. 14. Состав леса и инвентаризация повреждения леса в 1987 г. в Шварцвальде: дифференциация в зависимости от меры повреждения и по видам древесных пород. Источник: MLRLF (1987).
- Рис. 15. Ширина годичных колец пихты (деревья среднего возраста, диаметром на высоте 1,3 м от 26 до 50 см) в Шварцвальде в окрестностях Альпирсбаха. Степени физического состояния (здоровья) определялись в 1982 г. Арифметическое среднее относится к здоровым деревьям. Здоровые деревья выступают также в роли „деревьев-эталонов“ в целях процентного определения уменьшения роста диаметра стволов больных и очень больных деревьев. Источник: MELUF (1984, стр. 18) дополненный.
- Рис. 16. Модель взаимовоздействий в случае „новейших“ повреждений леса. Первичная причина: загрязнение атмосферного воздуха. Вторичные причины: влияние погоды, нападение органическими вредителями, недостатки в лесном хозяйстве.
- Рис. 17. Дифференции в имиссиях озона и двуокиси серы (максимальное получасовое значение, 95-процентное арифметическое среднее) для сравнения пар агломераций верхнего Рейна и соседних среднегопной на примере. Майнц/Момбах и Идар/Оберштайн (Гунсрюкк, 650 м над уровнем моря).

Фото 1. Монотонный характер сельскохозяйственного ландшафта с полностью утраченными биотопами южнее Батценгейма (Эльзас); в дымке химическая промышленность в г. Шалампе. Сфотографировано 4 октября 1987 г.

- Фото 2. Добыча одного кали в Виттелсгейме (Эльзас). Сфотографировано 4 октября 1987 г.
- Фото 3. Тотальное повреждение пихтового леса на юго-западном склоне высотной отметки Катценкопф на высотах примерно 1100 м над уровнем моря (северный Шварцвальд). Сфотографировано 3 ноября 1987 г.
- Фото 4. Крона ели на западном склоне вершины Горнисгринде на высоте примерно 1050 м над уровнем моря в северном Шварцвальде: синдром ламетты, пожелтелые и просветленные кроны в стадии возрождения. Сфотографировано 3 ноября 1987 г.

Перевод: Л. Правдова