

## Landschaftsökologische Beiträge zum Flusseinzugsgebietsmanagement in der Mesta-Nestos-Region (Bulgarien-Griechenland)

Grunewald, Karsten; Monget, Jean-Marie; Nikolova, Nadeshda; Scheithauer, Jörg

Veröffentlichungsversion / Published Version

Zeitschriftenartikel / journal article

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Grunewald, K., Monget, J.-M., Nikolova, N., & Scheithauer, J. (2003). Landschaftsökologische Beiträge zum Flusseinzugsgebietsmanagement in der Mesta-Nestos-Region (Bulgarien-Griechenland). *Europa Regional*, 11.2003(3), 110-119. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-48160-8>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

# Landschaftsökologische Beiträge zum Flusseinzugsgebietsmanagement in der Mesta-Nestos-Region (Bulgarien-Griechenland)

KARSTEN GRUNEWALD, JEAN-MARIE MONGET, NADESHDA NIKOLOVA und JÖRG SCHEITHAUER

## Einleitung

Eine starke regionale und vertikale Differenzierung zwischen den Gebirgen in Südwest-Bulgarien und Nordgriechenland mit positiver Wasserbilanz einerseits und den südlichen Tälern, Becken und dem Deltagebiet mit semimediterranen und mediterranen Bedingungen und Wasserdefiziten andererseits erfordern integrierte Ansätze und langfristige Planungen für das Wasserressourcen-Management. Für die Überwachung der Wasserressourcen im Sinne einer nachhaltigen Wassernutzung sind neben hydrologischen Parametern von Grundwasser und Gewässernetz die Ausstattungs- und Prozessmerkmale des Einzugsgebietes unter besonderer Berücksichtigung sozio-ökonomischer Aspekte von Bedeutung. Letztlich wirken sich anthropogene Eingriffe in den Naturhaushalt in Abhängigkeit von den Naturpotenzialen und Landschaftsfunktionen der einzelnen Teileinzugsgebiete auch auf die ökologische Qualität der Gewässerökosysteme aus. Deshalb erfordert ein effektives Management der Wasserressourcen fundierte Kenntnisse über Zustand und Funktionsweise der Einzugsgebiete aus landschaftsökologischer Sicht.

Diesem Sinne wird mit der neu ausgerichteten europäischen Wasserpolitik entsprochen, deren Kern die Wasserrahmenrichtlinie (EU-Kommission 2000) darstellt. Geographisch-komplexe Einzugsgebietsbetrachtungen, Bevölkerungspartizipation und grenzübergreifende Zusammenarbeit bilden Schwerpunkte dieses Regelwerkes. Alle Gewässer sollen einen „guten ökologischen Zustand“ erreichen. An der Umsetzung der EU-WRRL arbeiten nicht nur die gegenwärtigen Mitgliedsstaaten, sondern auch alle Beitrittskandidaten.

Die Staaten Ostmittel- und Südosteuropas befinden sich in tiefgreifenden Transformationsprozessen. Jedes Land, jede Region hat eigene histori-

sche, religiöse, wirtschaftliche und naturräumliche Profile. Deshalb kann es keine allgemeingültigen, erprobten Entwicklungskonzepte geben. Politisch-sozioökonomische Wandelprozesse werden von gravierenden globalen und regionalen Umweltveränderungen wie Klimaerwärmung oder Rückgang der sauren Niederschläge überlagert.

Zwischen ökonomischer Transformation und Umweltzustand besteht ein enger Zusammenhang. Ein wirtschaftlicher Aufschwung ist für die Verbesserung der Lebensverhältnisse Voraussetzung. In den Staaten Ostmittel- und Südosteuropas ist das Problembewusstsein gegenüber schädlichen Umwelteinwirkungen enorm gewachsen. Viele Belastungen, die man früher billigend in Kauf nahm, werden heute, nach der Demokratisierung der Länder, als untragbar empfunden (GRUNEWALD u. STOILOV 1998, S. 9).

Vor diesen Hintergründen werden seit einigen Jahren verstärkt Forschungen im Flussökosystem Mesta-Nestos (Bulgarien-Griechenland) durchgeführt. In Südosteuropa besitzt dieses Einzugsgebiet neben dem Donauraum eine herausragende Stellung in der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Gewässerschutzes. Folgende Gründe sind dafür ausschlaggebend:

- Die Länder Bulgarien und Griechenland besitzen vergleichbar große Anteile des Einzugsgebietes, welches viele regionaltypische Problemfelder aufweist und deshalb als Pilotgebiet für transnationales Flusseinzugsgebietsmanagement in Südosteuropa geeignet ist.
- Griechenland als „Unterlieger“ hat an der Wasserressource „Mesta“ evidenten Interesse. In einem 1996 abgeschlossenen bilateralen Vertrag wurde den Griechen das Recht zugesichert, mindestens 29 % des jährlichen Abflusses zu nutzen.

• Hinsichtlich der gewässerökologischen Erhebungen und Quantifizierungen erscheint das Mesta-Nestos-Gebiet im Vergleich mit benachbarten grenzüberschreitenden Einzugsgebieten (Struma-Strumon, Marica-Evros) einfacher zu bearbeiten. Es gehört nach WOLF et al. (2003) nicht zu den internationalen Einzugsgebieten mit „risk of political stress“.

Eine tiefgründig-komplexe geographische Charakterisierung stellt die Grundlage für ökologische, soziale und wirtschaftliche Bewertungen im Rahmen des Flusseinzugsgebietsmanagements dar. In den Gebieten des sog. „Eisernen Vorhangs“, zu denen die Grenzregion Mesta-Nestos gehörte, konnten in den Jahrzehnten vor der politischen Wende keine systematischen Forschungen durchgeführt werden. Demzufolge besteht die Notwendigkeit, zunächst geographisch-landschaftsökologische Grundlagen für diese Gebiete zu erarbeiten.

Eine Forschungsgruppe des Geographischen Instituts der Technischen Universität Dresden führt seit etwa einer Dekade landschaftsökologische Untersuchungen in der Mestaregion in Zusammenarbeit mit Kollegen der Südwest-Universität Blagoevgrad (Bulgarien) und der Ecole des Mines in Paris (Frankreich) durch. Ausgewählte Beiträge, insbesondere zur Quantifizierung der Wasserbilanz und zur Erfassung und Bewertung der Qualität der Oberflächengewässer im oberen Mesta-Nestos-Einzugsgebiet, sollen im Folgenden diskutiert werden.

## Physiogeographie des Einzugsgebietes

Die Mesta entspringt im Rilagebirge in Bulgarien, durchfließt in Südrichtung nach Aufnahme der Wasser aus dem Becken von Razlog das Tal zwischen den Gebirgsblöcken Pirin und Rhodopen, durchbricht das Grenzgebirge zu Griechenland (hier heißt

Bulgarien – Griechenland  
**Mesta-Nestos Einzugsgebiet - Physiogeographische Übersicht**

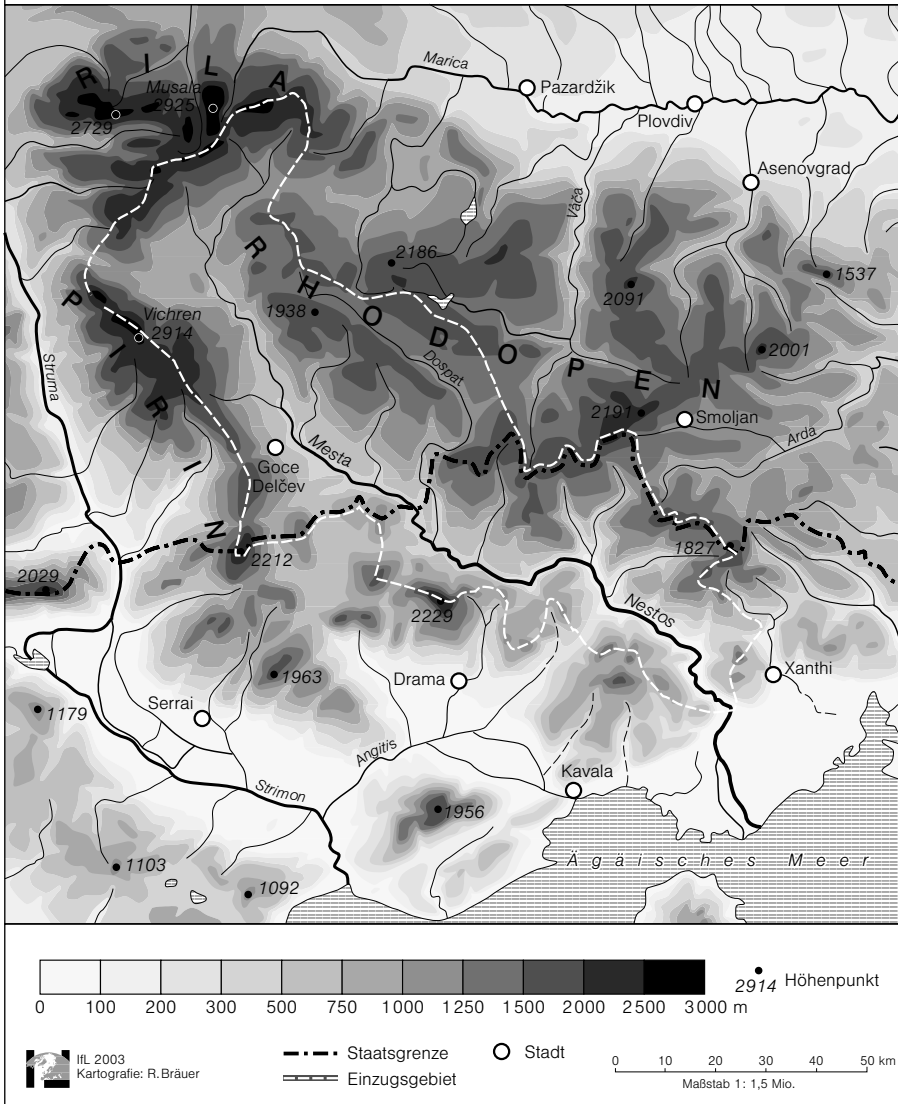


Abb. 1: Übersicht zum Mesta-Nestos-Einzugsgebiet (Bulgarien-Griechenland)  
 Quelle: eigene Bearbeitung

der Fluss Nestos) und mündet nach ca. 266 km Lauflänge in die Ägäis (Abb. 1). Das Einzugsgebiet umfasst insgesamt 5 750 km<sup>2</sup>, wovon 3 435 km<sup>2</sup> auf bulgarisches und 2 315 km<sup>2</sup> auf griechisches Territorium entfallen. Der größte Zufluss ist der Dospat, der 82 km in den bulgarischen Rhodopen fließt und erst in Griechenland in den Nestos mündet. Charakteristische hydrogeographische Kenndaten des Mesta-Einzugsgebietes sind in *Tabelle 1* zusammengestellt.

Das Untersuchungsgebiet in Südwest-Bulgarien gehört zu dem Mosaik von Gebirgsmassiven (Rila und Pirin bis knapp 3 000 m NN) und eingesenkten, mit neogenen und quartären Ablagerungen gefüllten Becken- und Tallandschaften (Becken von Razlog,

Mestatal), die durch Schwellen voneinander getrennt sind (Foto 1). Man findet ahemerobe Hochgebirgslandschaften, oligohemerobe Waldinseln und naturnahe Wald-Forstlandschaften der oberen bzw. mittleren Lagen, naturferne Forst-Wald-Wiesen-Mischgebiete der unteren Lagen, naturferne Wiesen-Steppenlandschaften der Becken (beide mesohemerob) sowie stärker bedrängte, z. T. euhemerobe Landschaftsteile der Becken und Täler (urban-industriell, bergbaulich geprägt; vgl. GRUNEWALD et al. 1999, S. 16).

Die Quellgebiete im Hochgebirge sind durch Naturschutzgebiete gekennzeichnet und unterliegen somit weitgehenden Restriktionen bzw. Entwicklungsplänen (Nationalparks Rila und Pirin, einige Biosphärenreserva-

te). Aus *Tabelle 1* wird ersichtlich, dass die montanen Gebirgswälder in Höhenlagen zwischen 1 000 und 2 000 m NN im Mestagebiet dominieren.

Einzugsgebietsfläche A [km <sup>2</sup> ]	2.768
Laufänge des Hauptflusses [km]	128
Gefälle der Mesta [%]	14,7
Flussdichte [km/km <sup>2</sup> ]	1,3-1,4
Naturräume [%]	
• Hochgebirge (>2.000 m NN)	8,1
• Montangebirge (1.000-2.000 m NN)	54,2
• Becken/Täler (200-1.000 m NN)	37,7
• Tiefland (<200 m NN)	0
Einwohnerzahl (gesamt)	134.000
Orte (>10.000 Ew.)	Goce Delčev, Razlog, Bansko
Bewässerungsfläche [km <sup>2</sup> ]	ca. 60

Tab. 1: Kenndaten des Flussgebietes der Mesta in Bulgarien (ohne Dospatgebiet)  
 Quelle: eigene Bearbeitung

Das Mesta-Einzugsgebiet gehört zu den wasserreichsten Regionen Bulgariens. Dies ist durch die Höhenlage begründet, denn die Niederschlagsmenge steigt mit der Höhe und die Evapotranspiration nimmt ab. Hoch- und Mittelgebirge gelten deshalb als „Wassertürme“ (VEIT 2002, S. 73). Die Rücklagen in Schnee und Seen besitzen eine hohe Bedeutung für den Abflussgang und die Bewässerungsmöglichkeiten im Frühsommer.

Die bulgarisch-griechische Grenze passieren im langjährigen Mittel (1961 - 1998) etwa 30 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde. Dies macht ca. 6,5 % der Gesamtabflüsse Bulgariens aus (GEORGIEV 1991, S. 124). Neben den orographischen Gegebenheiten beeinflusst die geozonale Nord-Süd-Erstreckung des Einzugsgebietes den Abflussgang, bestimmt durch Klimate des mediterranen Raumes, welche sich bereits im Gebiet um Goce Delčev bemerkbar machen.

Das Abflussregime des Mesta-Nestos ist deshalb als komplexes mediterran-pluvionivales zu bezeichnen. Folgende höhenabhängige Grundregel gilt:

- über 2 000 m NN: Frühjahr-Sommer-Maximum (Schneeregime),
- 1 000 bis 2 000 m NN: Frühjahrsmaximum (Schnee-Regen-Regime),



Foto 1: Fluss Mesta nahe des Ortes Mesta – Auwaldreste und extensive Landwirtschaft in gebirgiger Umgebung  
Foto: Grunewald 1996

- unter 1000 m NN: November-Dezember-Maximum (mediterraner Einfluss) und Nebenmaximum im Frühjahr. In Griechenland wandelt sich der landschaftliche Charakter des Untersuchungsgebietes (Foto 2). In einem engen Tal passiert der Nestos die

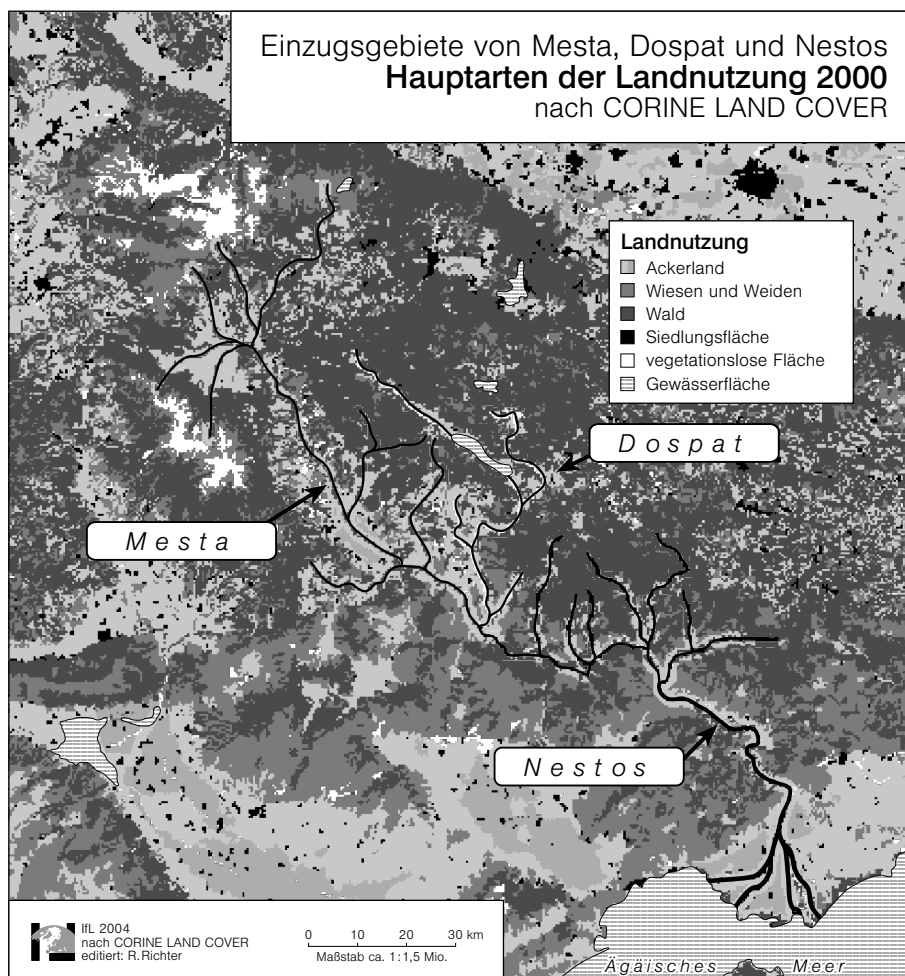


Abb. 2: Karte der Landnutzungsverteilung in den Einzugsgebieten von Mesta, Dospat und Nestos  
Quelle: erstellt aus CORINE LAND COVER-Daten

südlichen Rhodopen und schneidet letztlich die Lekani-Berge als tiefe Schlucht, um danach im breiten Delta südwestlich der Stadt Xanthi die Ägäis zu erreichen (Abb. 1). Größter Zufluss des Mesta-Nestos-Systems ist der nahe der bulgarisch-griechischen Grenze aus den West-Rhodopen kommende Dospat. Danach wird das Netz der Oberflächengewässer ärmer, denn in den Bergen von Lekani gewinnen die Erscheinungen des Karstes an Bedeutung. Hinzu kommt, dass der mediterrane Klimaeinfluss stärker ausgeprägt ist, und damit entschieden weniger Niederschlag als im übrigen Einzugsgebiet fällt und zur Entwicklung der typischen Mittelmeervegetation führte. Standortgerechte, wärme- und trockenheitsliebende Gewächse bzw. angepasste Hartlaubwälder wurden jedoch infolge der anthropogenen Überprägung meist verdrängt.

Die beschriebenen naturräumlichen Bedingungen spiegeln sich in der Landnutzungsverteilung wider (Abb. 2)

#### Anthropogeographische Einflüsse

Die gebirgige Mestaregion ist ein peripheres Gebiet in Bulgarien und wenig entwickelt. Die Einwohnerzahl im Einzugsgebiet der Mesta, das 8 Gemeinden umfasst, wird für das Jahr 2000 mit rd. 134 000 angegeben. Von den 93 Ortschaften weisen nur drei mehr als 10 000 Einwohner auf; Goce Delčev (20 533 Ew.) ist die größte Siedlung (BOURNASKI u. IVANOV 2003, S. 442). Dies unterstreicht den ländlichen Charakter der Region. Als kennzeichnende sozio-ökonomische Parameter müssen weiterhin benannt werden: hohe Arbeitslosigkeit (z. T. über 50 %), unterentwickelter Service-Sektor, marode Infrastruktur einschließlich wassertechnischer Ver- und Entsorgung, geringe industrielle und landwirtschaftliche Entwicklungspotenziale.

Dementsprechend beschränkt sich der anthropogene Einfluss auf das Gewässersystem der Mesta in Bulgarien auf (Foto 3):

- Abwassereinleitungen aus den Haushalten, Kleingewerben sowie Industrie- und Landwirtschaftsbetrieben,
- kleinere Altablagerungen, örtliche Deponien, Bergbauablasten, insbesondere die ehemaligen Urangruben bei Elešnica und Dospat,
- den Bau von Stau- und Bewässerungsanlagen.



*Foto 2: Die Mesta bei Goce Delčev kurz vor der griechischen Grenze*

Foto: Grunewald 2001

Aufgrund der marginalen Infrastruktur und weniger potenzieller Konsumenten (Tab. 1) werden gegenwärtig nur 3 % des Wasserressourcen genutzt. BOURNASKI und IVANOV (2003, S. 13) belegen dies mit Zahlen. Sie gehen von einem potenziellen Wasserbedarf der Mesta-Region von 84 822 Mio. m<sup>3</sup> aus, wovon gegenwärtig 17 220 Mio. m<sup>3</sup> in Anspruch genommen werden. Entwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten werden insbesondere auf den Sektoren Energiegewinnung, industrielle und landwirtschaftliche Nutzung sowie Tourismus gesehen.

Im Vergleich zur sozio-ökonomischen Lage wird die Umweltsituation im Einzugsgebiet sehr positiv eingeschätzt. BOURNASKI und IVANOV (2003, S. 6) sprechen sogar von einer „Perle Europas“; weil Biodiversität sowie der Zustand der Ressourcen Luft, Boden und Wasser im Vergleich zu vielen bulgarischen oder anderen europäischen Regionen natürlichere Merkmale aufweisen.

In den griechischen Regionen Ost-Makedonien und Thrakien, unterhalb

der südlichen Rhodopenausläufer, nimmt die Nutzungsintensität der Wasserressourcen deutlich zu. Da aufgrund der Breitenlage die Niederschläge abnehmen und Temperatur und Verdunstung steigen, kommt es zur Verknappung der Wasservorräte. Deswegen wurde der Nestos Mitte der 1990er Jahre durch mehrere große Dammkaskaden aufgestaut, die Dammhöhen betragen bis zu 175 m. Elektroenergiegewinnung und die Bereitstellung von Beregnungswasser sind die Hauptfunktionen der Anlagen. Das Gebiet am Unterlauf des Nestos ist eine der Wachstumsregionen auf dem Balkan. Bevölkerungs- und Industrieansiedlungen um Kavala und Xanthi sowie die landwirtschaftlichen Aktivitäten im Umland zeugen von dieser Entwicklung. Allerdings treten zunehmend Probleme mit der Wasserversorgung auf, auch der Grundwasserspiegel weist fallende Tendenzen auf.

Dies ist besonders gravierend für die Feuchtgebiete der Aue und das Nestos-Delta. Auch die zugeführte Sedimentfracht wurde durch die Staudambauten erheblich reduziert. Die

Schutzgebiete des Deltas (RAMSAR, NATURA 2000) sind infolgedessen in ihrem ökologischen Bestand erheblich gefährdet.

#### **Ausgewählte Aktivitäten aus Politik und Forschung**

Aufgrund der dargestellten Bedeutung, der Potenziale, aber auch der Probleme der grenzüberschreitenden Region nahm seit dem politischen Umbruch in Bulgarien eine beachtliche Zahl an Aktivitäten ihren Anfang. Im Rahmen des INTERREG I-Programmes wurde das Projekt „Study of pollution of transborder river Nestos (Greece-Bulgaria) and impact on the receiver“ (1992 - 1994) gestartet, wobei eine erste Bestandsaufnahme der Gewässerqualität realisiert wurde (MIHAILOV et al. 1994; ARGIROPOULOS et al. 1996, S. 427). Es schloss sich im Jahr 2000 das Projekt „Training of engineers and transfer of know-how in environmental protection of Nestos (Mesta) river basin in both Greece and Bulgaria“ an (INTERREG II, PAPACHRISTOU et al. 2000). Die Bildung der EUROREGION Mesta-Nestos im Jahr 1997 sollte insbesondere die Koordinierung und Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit forcieren (SEWITZ 1999, S. 18).

Die Installation und Inbetriebnahme von Messstationen an den Flüssen zur Überwachung der Wasserqualität sowie verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur (wie Bau eines Grenzüberganges Ilinden-Drama) erfolgte mit Fördermitteln aus dem PHARE-Programm. Analog ist in Bulgarien mit der Sanierung der Urangruben und reservoirartigen Becken mit Bergbaurückständen, sog. Tailings, begonnen worden, wobei Erfahrungen der WISMUT (Deutschland) genutzt werden (Ref.: EuropeAid/112196/D/W/BG).

Eine weitere Intention ist ein Forschungsprojekt im 5. Rahmenprogramm der EU mit dem Ziel, Referenzstudien zur nachhaltigen Entwicklung im ländlichen Raum und integriertes grenzüberschreitendes Regionalmanagement in Gebieten des ehemaligen „Eisernen Vorhanges“ durchzuführen (BOURNASKI u. IVANOV 2003, S. 439ff.). Nicht zuletzt der Abschluss eines bilateralen Abkommens zwischen Bulgarien und Griechenland zur nachhaltigen Wassernut-



*Foto3: Gewässerverbau und Abfall im Gewässerbett charakterisieren Abschnitte des Flusses Glazne in Bansko*

Foto: Grunewald 1998

zung und zum Schutz der Wasserressourcen im Einzugsgebiet spiegelt die vielfältigen Aktivitäten im Einzugsgebiet wider (State Gazette 1996).

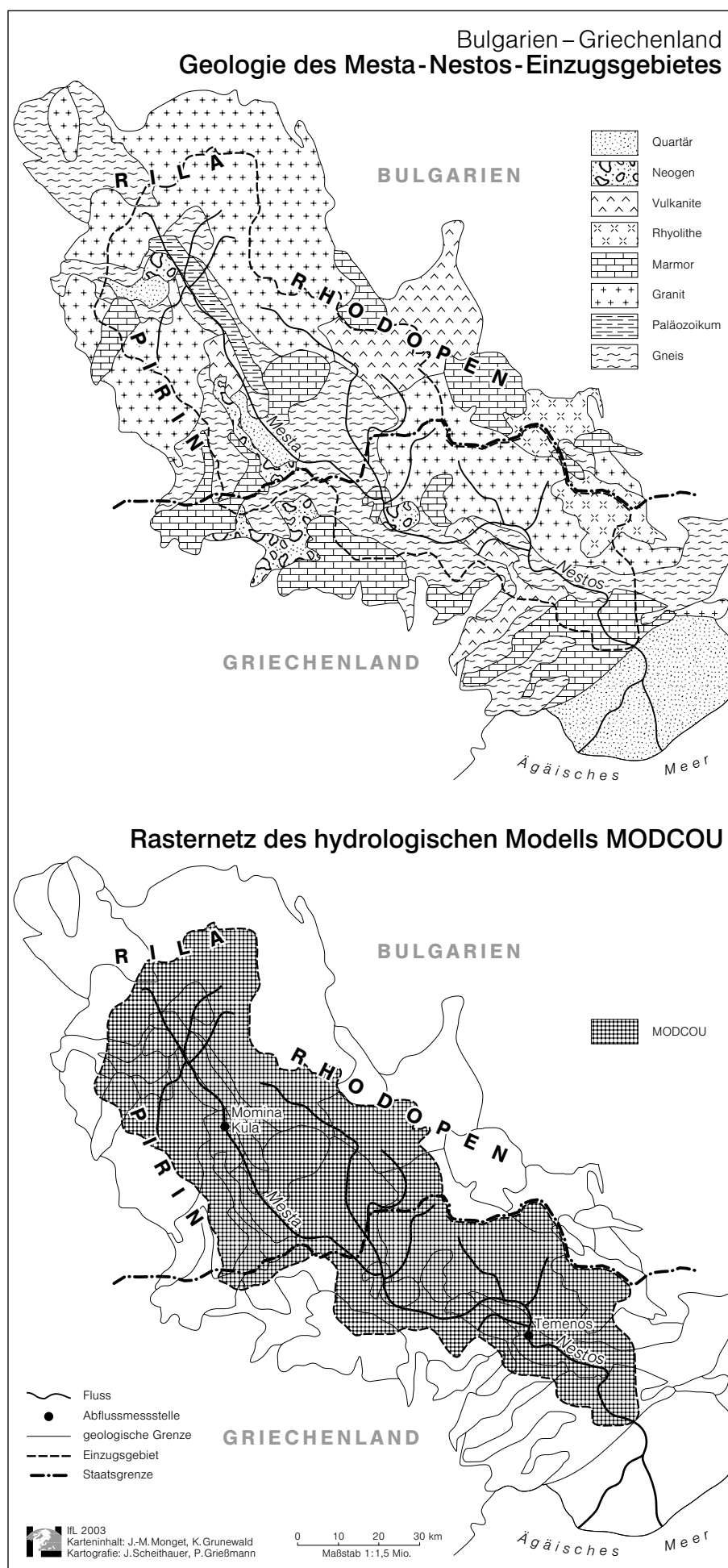
### Hydrologische Modellierung

Bereits in den frühen 1960er Jahren wurden rechnergestützte Algorithmen für die Modellierung von Oberflächen- und Grundwasser entwickelt (BRUCH et al. 1973, S. 201ff.). Diese dienen der Erfüllung von Planungszielen der Regierungen oder lokalen Behörden. Dagegen wird heute durch das Paradigma der Nachhaltigkeit ein integriertes und umfassendes Wasserressourcenmanagement nachgefragt. Die Risikoabschätzung der Auswirkungen von Interaktionen zwischen Boden, Grundwasser und Landnutzung impliziert die komplexe Beschreibung von stofflichen Verlagerungspfaden, beispielsweise für Kohlen- bzw. Stickstoff.

Das Verhalten des unterirdischen Aquifers kann mittels Fließ- und Transportgleichungen numerisch durch bestimmte differenzielle bzw. elementare Algorithmen erfasst werden (DE MARSILY 1986). Aus Gründen der Komplexität der Berechnungen in Verbindung mit Messungen für die Kalibrierung werden finite Differenziale angewandt. Mit dem hydrologischen Modell MODCOU steht ein raumbezogenes Werkzeug mit einer Kopplung von Oberflächengewässern und Grundwasserreservoirs zur Verfügung. Die einzigartige Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten beruht auf dem Einsatz der finiten bzw. konjugierten Differenziale und einem multiskaligen Rasternetz (GOMEZ et al. 2003).

Für jede Rasterzelle werden aus Niederschlag und potenzieller Verdunstung der Oberflächenabfluss und die Tiefeninfiltration berechnet. Der Transfer des Oberflächenabflusses im Gewässernetz und dessen Verweilzeit hängen von der Topographie (Entfernung und Hangneigung zu stromabwärts positionierten Zellen) sowie von der Zeit gleichen Niederschlages

Abb. 3: Rasternetz der numerischen Hydrologiedaten in MODCOU – untersetzt mit der geologischen Karte für das gesamte Einzugsgebiet  
Quelle: eigene Bearbeitung



und Abflusses als einzugsgebietsweiter Parameter ab. Dagegen wird die Infiltration und deren Beitrag zur Grundwasserneubildung als vielschichtige Speicher-Stauer-Abfolge konstruiert. Die Verzögerung des Transfers zum Grundwasser in der ungesättigten Zone beschreibt ein Kaskadenmodell mit homogenen, linear angeordneten Reservoirs (NASH 1970, S. 282ff.). Mittels zweidimensionaler Diffusionsgleichungen kann die Dynamik der Infiltrationsrate zum Grundwasserspeicher berechnet werden. Die resultierende, ebenfalls dynamische Komponente ist mit dem Wasserstand in den „Fließgewässerzellen“ zu koppeln. Hieraus ergibt sich der Beitrag des Grundwassers zum Gebietsabfluss (GOMEZ et al. 2003, S. 203).

Beispielsweise in einem Land wie Bulgarien, dessen Wasserressourcen bekanntermaßen limitiert sind, erfolgt die Bewertung von Auswirkungen langfristiger Klimaveränderungen durch den Bulgarischen Meteorologischen Dienst im Marica-Einzugsgebiet mit Hilfe von ISBA-MODCOU (ARTINIAN u. GOLAZ 1998, S. 26). Ein Beitrag zur besseren und nachhaltigeren Vorsorgepolitik wird hieraus erwartet.

Aufgrund der Ausdehnung des Mesta-Nestos-Einzugsgebietes wurde für MODCOU eine Basisauflösung von 250 Metern und der Kartenmaßstab von 1 : 250 000 gewählt. Mit der gestellten Anforderung, jede Zelle mit Parametern zu füllen, waren vorhandene und öffentlich zugängliche, globale Datensätze in Annäherung an universelle Interessen ganz Europas bzw. des Mittelmeerraumes zu nutzen. Verwendet wurde einmal das globale digitale Höhenmodell GTOPO30 des USGS (United States Geological Survey) mit einer Auflösung von einem Kilometer. Des Weiteren fanden die CORINE-Daten zur Landnutzung mit einer Rasterweite von 250 Metern Eingang in die Modellierung (s. Abb. 2). Der European Solar Radiation Atlas lieferte die notwendigen Klimainformationen wie Niederschlag, Lufttemperatur und potenzielle Evapotranspiration, die FAO (Food and Agriculture Organisation of UN) die Boden- und Geländedatenbasis. Zwecks Überprüfung und Verbesserung des Wissensstandes über die bestehende Landnutzung wurden die korrigierten Satellitenbilder von LANDSAT TM

einerseits für den Sommer- und zum anderen für den Winteraspekt hinzugezogen. Abschließend musste eine einheitliche, digitale, bulgarisch-griechische, geologische Karte geschaffen werden. Wie diese in das MODCOU-Raster einbezogen wird, zeigt *Abbildung 3*.

Das hydrologische Gebietsmodell MODCOU, erarbeitet von der französischen Arbeitsgruppe der Ecole des Mines, steht für Anwendungen im Einzugsgebiet Mesta-Nestos zur Verfügung.

Zur Kalibrierung des Modells diente der Durchschnitt aus 8 Reihen des Monatsniederschlags und die Messung monatlicher Durchflüsse an der Station Temenos im Nestos-Einzugsgebiet, zur Verfügung gestellt durch die Greece Public Power Corporation (PPC). Im Mesta-Einzugsgebiet wurde der über das Med-HYCOS-Programm publizierte, monatliche Durchfluss in Momina Kula genutzt. Trotz der bestehenden Unvollständigkeit der Daten war MODCOU in der Lage,

für die Testphase zwischen 1981 und 1984 monatliche Durchflüsse an beiden Stationen mit einer Abweichung von 10 Prozent zu reproduzieren. Diese Genauigkeit reicht für den Umgang mit hydrologischen Problemen auf globaler Ebene aus.

### Gewässerqualität – Fallstudien im Mesta-Einzugsgebiet

Die Qualität des Oberflächen- und Grundwassers im Einzugsgebiet resultiert aus einer Vielzahl natürlicher und anthropogen bedingter Prozessabläufe. Zur Überwachung des Gewässerzustandes an der Mesta wurde ein Beobachtungssystem aufgebaut, welches unter Kontrolle des bulgarischen Ministeriums für Umwelt und Wasser steht (MOEW, [www.moew.government.bg](http://www.moew.government.bg)).

Geographisch-geoökologische Detailuntersuchungen in repräsentativen Landschaftsräumen ergänzen das Monitoring, um Informationen zu speziellen Problemzonen bereitzustellen. Die Arbeiten der geoökologisch orientier-

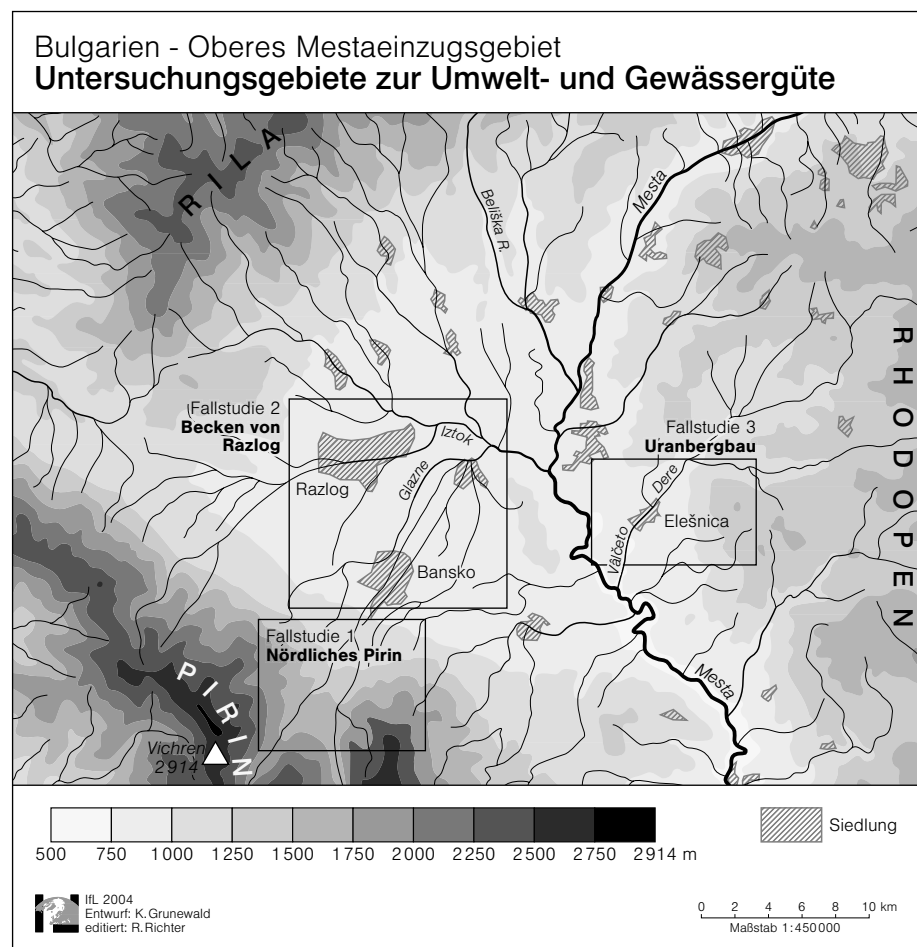


Abb.4: Lage der Fallstudienuntersuchungen zur Umwelt- und Gewässergüte im Mestagebiet

Quelle: eigene Bearbeitung

ten deutsch-bulgarischen Forschungsgruppe konzentrierten sich in den letzten Jahren insbesondere auf die Untersuchungen zur Struktur, Funktion und Dynamik der Landschaften im nördlichen Piringebirge und im Hochbecken von Razlog einschließlich der Auswirkungen des Uranbergbaus bei Elešnica (s. Abb. 4). Im Folgenden sollen wichtige Ergebnisse als Fallstudien dargelegt werden. Neben Gewässeranalysen wurden Boden- und Vegetationsuntersuchungen durchgeführt sowie wirtschaftliche und touristische Potenziale bewertet, um Merkmale des Umweltzustandes komplex zu erfassen (GRUNEWALD et al. 1999; GRUNEWALD u. SCHMIDT 2000; NIKOLOVA 2001).

#### Fallstudie 1 – Gewässerqualität im Nationalpark Pirin

Die Gewässerstrukturgüte wurde an Referenzabschnitten der beiden Hauptflüsse Banderica und Demjanica kartiert. Laufentwicklung, Längs- und Querprofil, Sohlen- und Uferstruktur sowie die Nutzung im Gewässerumfeld zeigten sich weitgehend naturnah (Tab. 2). Ebenso wiesen die gewässerbiologischen Aufnahmen (Anwendung

Foto 4:  
Beprobung eines Fließgewässers aus dem Nördlichen Pirin im Bereich des fluvioglazialen Schuttfächers oberhalb der Stadt Bansko  
Foto: Grunewald 2000



eines vereinfachten Saprobienbestimmungsverfahrens) auf günstige Bedingungen hin (Foto 4). Gewässergütemessungen, die in den Jahren 1998 - 2002 realisiert wurden, ergaben geringe elektrische Leitfähigkeiten, schwach basische pH-Werte und geogene Gehalte an Alkali- und Erdalkali-Ionen. Belastungen der Gebirgsbäche mit organischen Schadstoffgruppen wurden nicht nachgewiesen, aber vereinzelte Schwermetall-, Aluminium- und Nitratbefunde waren erhöht (GRUNEWALD et al. 1999, S. 78ff.).

Insgesamt hält sich die Beeinflussung des Ökosystems „Nördliches Pi-

rin“ durch forstliche Nutzungen, touristische Objekte (Hütten, Zeltplätze, Lifte, Pisten, Hotels u. ä.) und touristische Aktivitäten (Wandern, Picknick, Winter- und Sommersport) aus Sicht des Umweltschutzes in einem tolerierbaren Rahmen. Im Vergleich zu vielen Alpenregionen ist sie eher gering (VEIT, 2002, S. 196ff.). Stoffmissionen aufgrund der Emissionen aus dem Becken von Razlog machen sich wenig bemerkbar, wie die durchgeführten Analysen zeigten. Handlungsbedarf aus stoffhaushaltlicher Sicht wird in einer geordneten Abfall- und Abwasserentsorgung gesehen.

Untersuchungsabschnitt	Nördliches Pirin	Becken von Razlog	Mesta
(Flüsse)	(Banderica, Demjanica)	(Glazne, Istok, Bela Reka)	(bei Mesta bzw. Mominina Kula)
Bewertung der Gewässerstruktur	naturnah	deutlich beeinträchtigt bis stark geschädigt	bedingt naturnah bis deutlich beeinträchtigt
(Güteklasse)	(I)	(IV-VI)	(II-IV)
Bewertung der Saprobologie	unbelastet	gering bis mäßig belastet	gering belastet
(Güteklasse)	(I)	(II-III)	(II)
Ausgewählte chem.-phys. Parameter			
Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	40-80	250-500	200-300
pH	7,0-8,0	7,0-8,0	6,5-8,0
DOC [mg/L]	<0,5	<2	<2
AOX [ $\mu\text{g}/\text{L}$ ]	n.n.	<60	<60
NO <sub>3</sub> [mg/L]	1-10	1-15	1-10
o-PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup> [mg/L]	<0,06	0,1-0,2	0,1
Cd [mg/L]	n.n.	n.n.	n.n.
Pb [mg/L]	<0,01	0-0,06	0,1
Fe [mg/L]	0-0,02	0,1-2,0	0,1-2,0
Al [mg/L]	<0,5	0,1-1,0	1,5

Tab. 2: Ausgewählte Parameter des Gewässerzustandes an Referenzabschnitten der Mesta sowie Zuflüssen im Nördlichen Pirin (typische Werte für den Zeitraum 1998 - 2002)

n.n – unterhalb der Nachweisgrenze

Quelle: Klassifikation in Anlehnung an LAWA-Verfahren, vgl. SCHNAUFFER u. GRUNEWALD 2001, S. 319ff.

#### Fallstudie 2 – Umweltzustand im Becken von Razlog

Die morphologische Gewässerstruktur der Bäche und Flüsse im „Becken von Razlog“ ist in vielen Abschnitten als deutlich beeinträchtigt bis stark geschädigt kartiert worden. Kennzeichnend sind Verbauungen, Abwasserreinleitungen, gewässerunverträgliche Nutzungen im Umfeld sowie fehlende Gewässerrandstreifen, so dass Maßnahmen zur Verbesserung erforderlich sind. Auch die chemische Gewässergüte zeigt das Maß der anthropogenen Beeinflussung an. Gegenüber den Gebirgsbächen sind die elektrischen Leitfähigkeiten erhöht, besonders in landwirtschaftlich genutzten Abschnitten (s. Tab. 2). Die Nitrit- und Nitratkonzentrationen waren zu den Messzeitpunkten niedrig. Hingegen zeigten die Ammonium- und Orthophosphatgehalte Belastungen vor allem aufgrund von Abwässern aus Siedlungen und der Tierhaltung an. Erhöhte Konzentrationen an Alkali- und Erdalkali-Ionen sowie Schwermetall- und Aluminium-Ionen wurden häufiger festgestellt. Die Ana-



lysen auf persistente organische Chemikalien zeigten keine Belastungen, was einerseits auf das hohe Selbstreinigungspotenzial der Gewässer und andererseits auf geringe Applikationen von Pestiziden in der Landwirtschaft und die gedrosselte Produktion der Betriebe, aber auch technologische Erfolge schließen lässt (GRUNEWALD u. SCHMIDT 2000, S. 85).

Trotz der Beeinträchtigungen der Fließgewässer im Becken in Struktur und Güte wurden gute Zustandsklassen der Gewässerbiologie (Saprobie) aufgenommen, was gleichfalls auf die funktionierende Selbstreinigung hinweist.

Insgesamt müssen für das Becken von Razlog erhebliche Strukturveränderungen (Substrate, Gewässerstrukturen, Vegetation) und deutliche stoffhaushaltliche Modifikationen herausgestellt werden. Aktivitäten im abiotischen und biotischen Ressourcenschutz sowie Maßnahmen im technischen Umweltschutz sind dringend geboten (Foto 5).

Eine latente und zum Teil auch akute Gefahr stellen ungesicherte Altlasten dar. Anhand einer wilden Abfalldeponie am Gewerbegebiet von Razlog wurde ein Fallbeispiel untersucht und dokumentiert. Die Halde ist bis zu 30 m hoch, 70 m lang und 40 m breit. Sie besteht offensichtlich aus Abfällen der nahegelegenen Pa-



Foto 5: Abwassereinleitungen in die Iztok im Gewerbegebiet Razlog  
Foto: Grunewald 1998

pierfabrik „Pirinhart“. Daneben sind Schlacken, Aschen und Bauschutt eingemischt. Völlig ungesicherte Böschungen, modrig-scharf riechende Dämpfe und fehlende Oberflächen- oder Sickerwasserabdichtung charakterisieren die Deponie. Sie ist bisher frei zugänglich. Schadstoffverlagerungen sind ungehindert möglich und stellen eine potenzielle Gefährdung für die Getreide- und Gemüsefelder, die am Haldenfuß beginnen sowie die nur 20 m entfernte Aue der Iztok dar (Iztok heisst der Fluss, der die Wässer des nördlichen Pirin und des Becken von Razlog aufnimmt und östlich von Razlog in die Mesta mündet, s. Abb. 4).

### Fallstudie 3 – Auswirkungen des Uranbergbaus

Ein spezielles Gefährdungspotenzial für die Gewässerqualität der Mesta-Nestos-Region stellt der ehemalige Uranbergbau oberhalb des Dorfes Elešnica und im Dospatgebiet dar. Die Uranerzförderung und später auch Aufbereitung bei Elešnica am Fuße der Rhodopen (700 - 1 200 m NN) begann 1955 und wurde 1991/92 auf Staatsbeschluss eingestellt.

Neben den ehemaligen Gruben stellen insbesondere die radioaktiven Abfallprodukte, gelagert in Tailings und auf Halden auf einer Fläche von ca. 250 000 m<sup>2</sup> im Tal des Flusses Vălčeto Dere, einem linken Nebenfluss der Mesta, eine Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Im Jahr 1994 wurden im Umkreis der Ortschaft Elešnica 50 Bodenproben durch Gamma-Spektrum-Analysen untersucht. Es zeigte sich, dass 21 % der Ackerflächen stark mit Radionukliden, 30 % mittel, 47 % gering belastet und nur 2 % unbelastet einzustufen waren (NIKOLOVA 2001, S. 63).

Die Auswirkung der Urangewinnung auf die Gewässerqualität wird seit 1970 analysiert, ohne dass man von einer umfassenden Kontrolle der Strahlenbelastung im Gebiet sprechen kann. Abbildung 5 gibt einen Überblick zu den Urankonzentrationen der Mesta. Auffällig sind die hohen Werte am Nebenfluss Vălčeto Dere, d. h. im Abstrom der Bergbauanlagen. Maximale Konzentrationen wurden in den 1980er Jahren gemessen, als Säureaufschlüsse technologisch realisiert worden sind. Die Mesta selbst weist

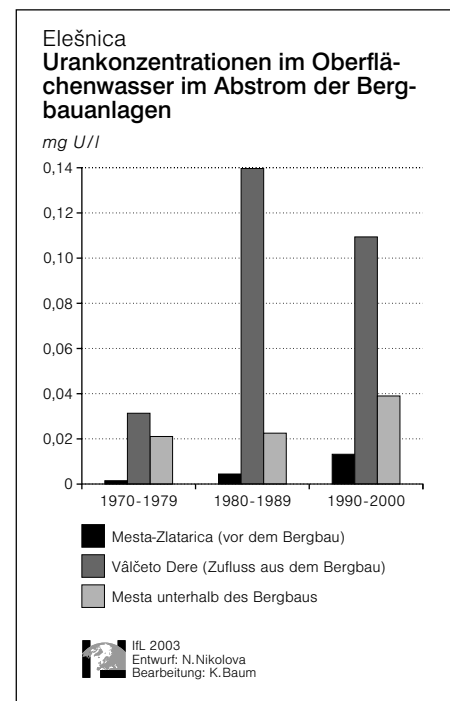


Abb. 5: Urankonzentrationen im Oberflächenwasser im Abstrom der Bergbauanlagen bei Elešnica  
Quelle:

aufgrund der Verdünnung und des Selbstreinigungspotenzials des Flusses schnell wieder Urankonzentrationen auf, die sich den Werten vor der

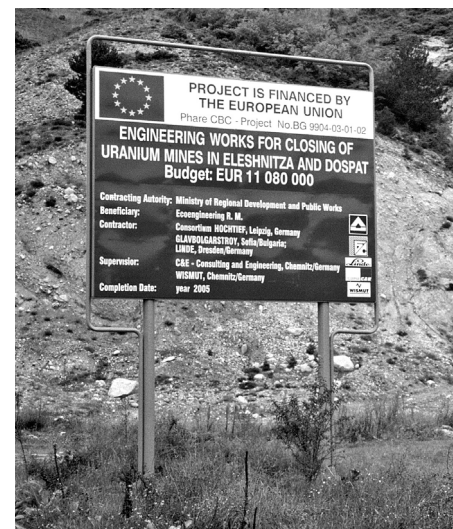


Foto 6: Hinweistafel für die Sanierungsvorhaben „Uranbergbau Elešnica und Dospat“  
Foto: Grunewald 2002

Bergbaubeeinflussung annähern. Charakteristisch für Uran ist die rasche Sedimentation am Gewässergrund (mögliche sekundäre Kontamination) bzw. die aktive Sorption an Schwebstoffen oder Bakterien (ILINA u. FILOVA 1990 S. 15).

Auch wenn die Messwerte für Uran in der Mesta die bulgarischen Grenzwerte im jeweiligen Dekadenmittel nicht überschreiten, stellen die Halden und Tailings eine hohe Umweltgefährdung dar. Dies gilt auch für Begleitelemente wie Schwermetalle. Insofern ist es für die Betroffenen der Region und vor allem auch die Unterlieger in Griechenland wichtig, dass wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse transparent gemacht werden. Mit finanzieller Unterstützung der EU und unter Nutzung der Erfahrungen der WISMUT GmbH Deutschland ist begonnen worden, die Hinterlassenschaften des Uranbergbaus zu sanieren (Foto 6) ([http://europa.eu.int/comm/enlargement/report2002/bu\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/enlargement/report2002/bu_en.pdf)).

### Schlussfolgerungen für das grenzübergreifende Einzugsgebietsmanagement

Die Entwicklung integrativer Umweltmanagementstrategien, sozioökonomischer Szenarien und Monitoring-Richtlinien für Flusseinzugsgebiete ist zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Wasserressourcen geboten. Neben der Analyse, Bewertung und Verknüpfung naturwissenschaftlicher und sozioökonomischer Daten und Modelle steht bei grenzüberschreitenden Einzugsgebieten der Aufbau von bi- bzw. multinationalen Gremien im Mittelpunkt.

Für das Flusseinzugsgebiet Mesta-Nestos (Bulgarien-Griechenland) kann nach mehr als einer Dekade der politischen Wende ein erfreulicher Bearbeitungsstand diagnostiziert werden. Wesentlich ist die integrative und ökosystemare Herangehensweise nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-Kommission 2000) mit geographischer Bestandsaufnahme, der funktionalen Interpretation (Potenziale, Belastbarkeit, Stärken-Schwächen-Analyse) sowie der Verbindung mit den verschiedenen Interessen der Bewohner, Nutzer und Nutznießer.

Im Blickpunkt stehen auf der einen Seite die Gebirgsregionen als „Wasserschlösser“ und auf der anderen Seite die Becken-, Tal- und Tieflandsgebiete mit den „Hauptwassernutzern“. Der mediterrane Raum ist dabei auf die Wasserlieferung aus den Gebirgen angewiesen. In *Abbildung 6* sind die Gewässerabschnitte des Einzugsgebietes Mesta-Nestos mit wesentlichen

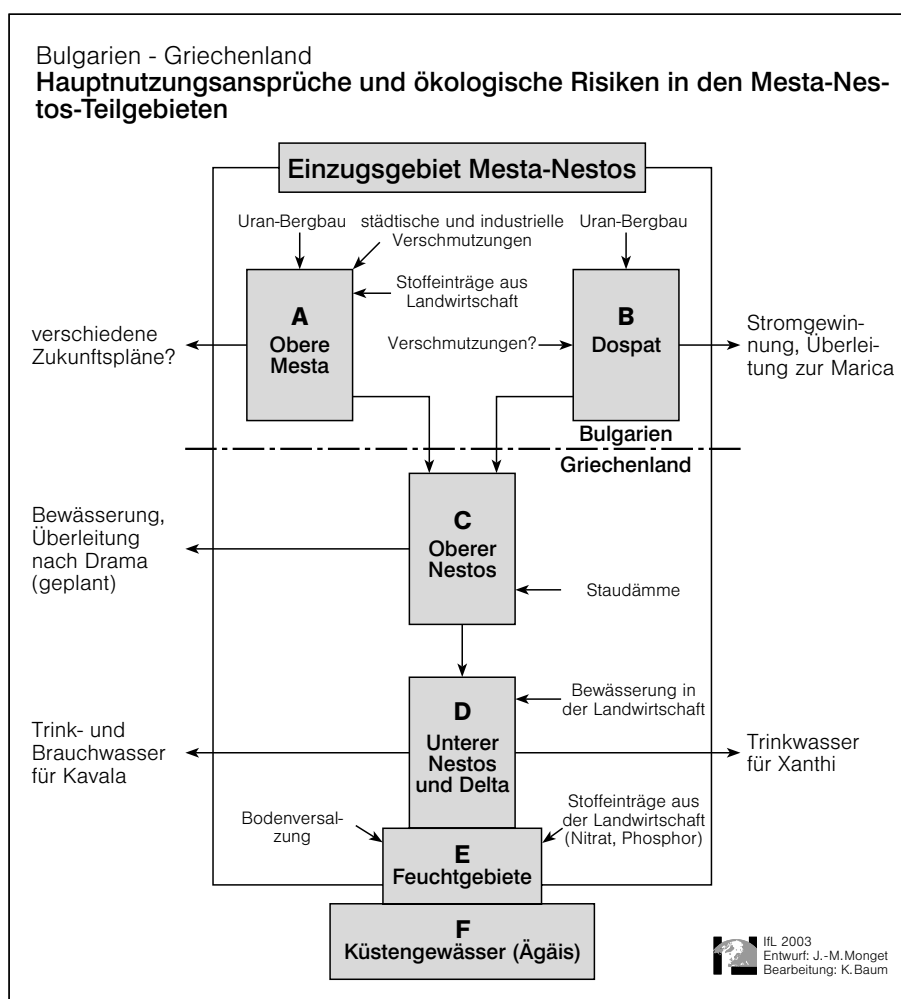


Abb. 6: Hauptnutzungsansprüche und ökologische Risiken in den Mesta-Nestos-Teilgebieten – schematisierter Überblick

Quelle:

Nutzungsansprüchen und Umweltrisiken schematisiert zusammengefasst.

Gegenwärtig können folgende Entwicklungsziele formuliert werden:

1. Schutz der ökologischen Funktionen in den Gebirgslandschaften: behutsame Entwicklung der touristischen, wasser- und forstwirtschaftlichen Nutzung; Ausbau der Naturschutzpotenziale; Erhalt und Förderung der vielfältigen Schutz- und Regulationsaufgaben des Bergwaldes. Schutzaufgaben stehen auch im Nestos-Delta im Vordergrund, hier allerdings unter starkem Nutzungsdruck.
2. In den Wirtschafts- und Lebensräumen der Becken, Täler und Tiefländer haben die Nutzungsfunktionen Vorrang. Die optimale Inanspruchnahme der Naturressourcen (hohe Wertschöpfung, Entwicklung der Wirtschaft nach dem Stand der Technik) ist bei minimalen externen Effekten (Emissionen, Eingriffe) zu realisieren. Im

Mestagebiet sind Aktivitäten im technischen Umweltschutz und in der Infrastrukturverbesserung anzustreben. Die Altlasten müssen saniert werden.

Mit der eingesetzten und zu erwartenden wirtschaftlichen Entwicklung im Betrachtungsraum dürften sich die Nutzungsansprüche an die Wasserressourcen erhöhen. Wie sich dies auf das Wasserdargebot, die Wasserqualität, Vegetation und Landnutzung einschließlich technologischer Wechselwirkungen auswirken wird, muss Bestandteil weiterer wissenschaftlicher Forschungen wie auch zu erarbeitender Managementstrategien sein. Das Einzugsgebiet Mesta-Nestos kann diesbezüglich für Südosteuropa Pilotcharakter tragen.

### Literatur

ARGIROPOULOS, D., J. GANOULIS a. E. PACHRISTOU (1996): Water quality as-

- assessment of the Greek part of Nestos (Mesta) River. In: GANOULIS, J. et al. (eds.): Transboundary water resources management: Institutional and engineering approaches. NATO ASI Series, Partnership sub-series 2. Environment, Vol. 7, Springer-Verlag, pp. 427 - 438.
- ARTINIAN, E. a. C. GOLAZ-CAVAZZI (1998): Surface processes and hydrological modeling of the surface and groundwater transfer for the Maritsa, Tundza and Arda river basins in Bulgaria. Conférence de l'Académie des Sciences Bulgare sur le thème: Water resources – Use and Protection, Sofia 23 - 25 Sept., pp. 26 - 28.
- BOURNASKI, E. a. I. IVANOV (2003): Bulgarian-Greek cooperation for the integrated water management of the Mesta/Nestos transboundary river basin: 1. The Bulgarian Territory; 2. The Bulgarian Water Resources. 2<sup>nd</sup> Int. Conference on the protection of the planet earth, Sofia 05 - 08 June, pp. 439-453.
- BRUCH, J. C. a. G. ZYVOLOSKI (1973): Finite element solution of unsteady and unsaturated flow in porous media. In: WHITEMAN, J. R. (Eds.): The Mathematics of Finite Elements and Applications, Academic Press, pp. 201 - 211.
- DE MARSILY, G. (1986): Quantitative hydrogeology: groundwater hydrology for engineers. Academic Press, Orlando.
- EU-Kommission (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) – Abl. der Europäischen Gemeinschaft L327/1 vom 22.12.2000.
- GEORGIEV, M. (1991): Fizicheska geografija na Bulgarija (Physische Geographie Bulgariens). Universitätsverlag „Kliment Ochridski“, 3. Aufl., Sofia.
- GOMEZ, E., E. LEDOUX, J.-M. MONGET a. G. DE MARSILY (2003): DISTRIBUTED surface-groundwater coupled model applied to climate or long term water management impacts at basin scale. European Water, e-bulletin of EWRA, 1/2, pp. 3 - 8.
- GRUNEWALD, K. u. D. STOILOV (1998): Natur- und Kulturlandschaften Bulgariens – Landschaftsökologische Bestandsaufnahme, Entwicklung- und Schutzpotenzial. Reihe „Bulgarische Bibliothek“, Biblion Verlag, Marburg.
- GRUNEWALD, K., F. HAUBOLD u. M. GEBEL (1999): Ökosystemforschung Südwest-Bulgarien. Untersuchungen zur Struktur, Funktion und Dynamik der Landschaften im nördlichen Pirin und im Becken von Razlog. Dresdener Geographische Beiträge, Heft 5, Selbstverlag der TU Dresden, Institut für Geographie, Dresden.
- GRUNEWALD, K. u. W. SCHMIDT (2001): Persistente organische Schadstoffe in Böden, Gewässern und in Firn der Region nördliches Piringebirge (Bulgarien). UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 13 (2), S. 79 - 85.
- ILINA, L. A. u. V. A. FILOVA (1990): Vrednye chemiceskye veščestva – radioaktivnye veščestva (chemische Schadstoffe – radioaktive Stoffe), spr. „chemija“ (Wörterbuch der Chemie), Leningrad.
- MIHAILOV, G., R. ARSOV, R. NIKOLAEVA, T. TZACHEV a. A. STANCHEV (1994): Current status of the anthropogenic impact on the Bulgarian part of the Mesta (Nestos) river. INTERREG I program, final report (Bulgarian part), Sofia.
- NASH, J. E. a. J. V. SUTCLIFFE (1970): River flow forecasting through conceptual models, 1, a discussion of principles. J. Hydrol., 10(3), pp. 282 - 290.
- NIKOLOVA, N. (2001): Spatial analysis pollution of Mesta River with radioactive wastes during the emission of tailing pond near Eleshnitsa village. International Scientific Session, Sofia, October 2001, Proceedings, pp. 61-64.
- PAPACHRISTOU, E., J. GANOULIS, A. BELLOU, E. DARAKAS a. D. IOANNIDOU (2000): The Mesta/Nestos River: A transboundary water quality assessment. In: GANOULIS, J. et al. (eds.): Transboundary Water Resources in the Balkans. Kluwer Academic Publishers, NL, pp. 33 - 40.
- SEWITZ, C. (1999): Grenzüberschreitende Zusammenarbeit in Regionen an EU-Außengrenzen – vergleichende Untersuchung zwischen Griechenland und Bulgarien (Euroregion Nestos-Mesta) sowie Deutschland und Tschechien (Euroregion EUREGIO EGRENSIS). Diplomarbeit, TU Dresden, Inst. für Geographie.
- SCHNAUFFER, A. u. K. GRUNEWALD (2001): Bewertung unterschiedlicher Verfahren zur Beurteilung der Gewässergüte anhand sächsischer Fließgewässer. Natur und Landschaft, 76, Heft 7, S. 319 - 325.
- State Gazette (1996): Mitteilungen in der „State Gazette“ vom 19.09.1996, Bulgarien, Sofia.
- VEIT, H. (2002): Die Alpen – Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Ulmer, UTB 2327, Stuttgart.
- WOLF, A., J. NATHARIUS, J. DANIELSON, B. WARD a. J. PENDER (1999): International Waters: Identifying Basins at Risk. Water Policy, No. 5, pp. 29 - 60.

Doz. Dr. KARSTEN GRUNEWALD  
Dipl.-Geogr. JÖRG SCHEITHAUER  
Technische Universität Dresden  
Institut für Geographie  
D-01062 Dresden

Prof. Dr. JEAN-MARIE MONGET,  
CIG/GSTI – Ecole des Mines de Paris  
Rue Claude Daunesse – BP 207  
F-06904 Paris

Dipl.-Geogr. NADESHDA NIKOLOVA  
Südwest-Universität Blagoevgrad  
B. Toshev Str. 3  
BG-2700 Blagoevgrad