

## Zusammenfassung

Aufbauend auf den Grundsätzen der Systemanalyse werden die in den Aspekten der inhaltlichen Beschränkung, der räumlichen Abgrenzung und der zeitlichen Entwicklung bestehenden Besonderheiten der Analyse von als Geosystemen zu betrachtenden geographischen Objekten unter Berücksichtigung des historischen Aspekts dargestellt. Nach der Skizzierung der Ergebnisse der Struktur- und Prozeßanalyse der Wasserförderung bzw. Zuflußverhältnisse des Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde werden zur Interpretation der festgestellten Trendentwicklung als Indikatorgebiete das Gebiet des Ehemaligen Salzigen Sees und das Einzugsgebiet der Schlenze charakterisiert.

## Summary

### *Consideration of the historical aspects in the analysis of geosystems*

Based on the principles of systematic analysis the peculiarities in analysing geographical objects regarded as geosystems are described and the historical aspects are taken into consideration. These peculiarities consist of aspects of limitation concerning the contents, spacious demarcations and temporal development. After the results of analysing the structure and process of the water production and direct intact conditions respectively of the copper shale mining in the Mansfeld syncline have been sketched, the area of the former Salty Lake and the drainage area of the Schlenze are analysed as indicator areas for the interpretation of the established trend development.

## Резюме

### *Учитывание исторического аспекта при анализе геосистем*

Основываясь на принципах системного анализа с учётом исторического аспекта изложены существующие особенности анализа географических объектов, которые следует рассматривать как геосистемы, в аспектах ограничения по содержанию, пространственного разграничения и переходящего развития. После зарисовывания результатов структурного и процессного анализа извлечения воды, вернее условий притока медных сланцев горного промысла в Мансфельдской синклинали охарактеризованы в качестве индикаторных районов район бывшего Солёного озера и район водосбора Шленце для истолкования развития.

# Die Berücksichtigung des historischen Aspekts bei der Analyse von Geosystemen

*Mit 4 Abbildungen und 5 Tabellen im Text*

*Autor:*

Dr. sc. nat. KLAUS D. AURADA  
4020 Halle (Saale)  
Thälmannplatz 18

---

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 7  
Seite 35...50  
VEB H. Haack Gotha 1982

# 1. Systemanalyse von geographischen Objekten

Die Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie basiert auf der Übertragung mathematischer Beschreibungsformen von Prozeßabläufen und Systemzuständen in technisch strukturierten Systemen auf geographische Objekte, die dann als Geosystem bezeichnet zu werden pflegen.

Nach HAASE (1979) wurde unter Verwendung des biologischen Ökosystembegriffs (STÖCKER 1979) mit der Postulierung des Geosystems das Landschaftsparadigma durch das Systemparadigma (SOČAVA 1974) abgelöst. Der Unterschied zwischen dem Geosystem und dem Ökosystem basiert nach BARSCH (1978) auf der Erweiterung des Ökosystembegriffs durch die Berücksichtigung geosynergetischer Relationen in Geosystemen, wobei der ökologische Ansatz als Spezialfall des systemtheoretischen Ansatzes in der Geographie betrachtet und somit eine enge Verwandtschaft von komplex-geographischem Ansatz und allgemeinwissenschaftlich-systemtheoretischem Ansatz festgestellt werden kann (PREOBRAŽENSKIJ 1977).

Bei nüchterner Betrachtung der Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie in den beiden letzten Dezennien muß konstatiert werden, daß das Geosystem-Konzept weder voll akzeptiert wird (SCHMIDT, G. 1979) noch seine in der mathematischen Verifizierbarkeit beruhenden Vorzüge nutzbar gemacht werden konnten (STEINER 1979). Symptom hierfür ist die Darstellung zahlreicher Modelle, für die die Kritik PREOBRAŽENSKIJS (1977) zutrifft, daß komplizierteste Modelle von Geosystemen mit auf traditionelle Weise gewonnenen Informationen gestaltet und exakte Mittel und Methoden für die Darstellung trivialer Modelle des Geosystems genutzt werden. Welches sind die Hintergründe, die einer breiten Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie entgegenstehen? Bei dem Versuch einer Beantwortung dieser Frage sei der Begriff des Geosystems auf anthropogen unbeeinflusste physiogene Systeme und gekoppelte anthropogen-physiogene Systeme beschränkt (AURADA 1979a).

Unter Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Systemeingabe, Systemzustand und Systemausgabe können die durch die Systemanalyse zu lösenden Probleme nach dem jeweils unbekanntem Teilglied klassifiziert werden; die Systemanalyse beruht darauf, daß zwei der Größen bekannt sind und die dritte gesucht wird:

- die Vorhersage einer unbekanntem Ausgabe,
- die Identifizierung einer unbekanntem Systemoperation,
- die Entdeckung einer unbekanntem Eingabe.

Der komplexe und komplizierte Charakter des Geosystems zwingt, sollen überhaupt dem mathematischen Apparat der Systemtheorie zugängliche Lösungswege gefunden werden, zu einer Erweiterung der Systemanalyse im engeren Sinn um eine methodologisch unumgängliche, problemreduzierende Objektanalyse, die eine inhaltliche, räumliche und zeitliche Beschränkung auf wesentliche Systemzustände, Strukturelemente und Prozeßabläufe gestattet.

## 1.1.

### *Aspekt der inhaltlichen Beschränkung*

Die Beschränkung auf wesentliche, sogenannte kritische Komponenten des Geosystems (SOČAVA 1974), führt unmittelbar auf entsprechende Auswahlkriterien:

- Meßbarkeit des prozeßtragenden Mediums,
- Meßbarkeit der prozeßaufgeprägten Medien,
- Abgrenzbarkeit des Bilanzraumes.

Auf dieser Grundlage ergeben sich als wesentliche Bestandteile der Durchsatzcharakteristik des Geosystems:

- der Volumenstrom  $\dot{V} = dV/dt$  [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ],
- der Massestrom  $\dot{m} = m/dt$  [ $kg \cdot s^{-1}$ ],
- der Wärmestrom  $\Phi = dQ/dt$  [ $J \cdot s^{-1}$ ].

Damit erscheinen Teilglieder des Wasserkreislaufs und – bereits mit Einschränkungen – damit verbundene Massetransportvorgänge, die Bioproduktion und Elemente der Strahlungsbilanz als am geeignetsten zur Charakterisierung von Geosystemen (HAASE 1979, LESER 1978, NEUMEISTER 1979b).

Da das Wasser als dynamisches Bindeglied zwischen den relativ stabilen Systemkomponenten (Klima, Vegetation, Boden), die bisher Hauptgegenstand landschaftsökologischer Forschung waren, fungiert und seine physikalischen und chemischen Eigenschaften in Raum und Zeit relativ exakt quantitativ bestimmt werden können, ergibt sich als zweckmäßige Basiseinheit des Geosystems das Einzugsgebiet (GREGORY und WALLING 1973, STREIT (1979) bzw. unter Berücksichtigung seiner Dreidimensionalität der Einzugsgebietskörper (AURADA 1979a, DYCK 1980, SPENGLER 1976). Dadurch können die aufgeführten Durchsatzcharakteristika auch als flächenbezogener Volumenstrom [ $l \cdot s^{-1} km^{-2}$ ], Massstrom [ $kg \cdot s^{-1} km^{-2}$ ] und Wärmestrom [ $J \cdot s^{-1} km^{-2}$ ] sowie die volumenbezogene Konzentration

$$c = m/V [g \cdot l^{-1}]$$

als zeit- und raumbezogene Konzentration

$$c' = m/V/\Delta t/\Delta A [g \cdot l^{-1} s^{-1} km^{-2}],$$

die einer Interpretation als Intensität zugänglich sein dürfte, verwendet werden (AURADA 1980).

Es sei festgehalten, daß das Einzugsgebiet sowohl die Bedingungen des offenen und dynamischen Systems als auch der geometrischen Geschlossenheit erfüllt und damit in Abhängigkeit von der gewählten Zeitdimension als zeitinvariant zu postulierenden Gleichgewichtszustände mit Hilfe seiner morphometrischen Kennzeichnung eine Gliederung in funktionale Ordnungseinheiten ermöglicht (KLOSTERMANN 1970, LEDER 1973, SOČAVA 1974).

Die Phasen des Abflußprozesses als prozeßtragendes Fluid und somit als integrale Komplexgröße können sowohl deterministisch als auch stochastisch dargestellt werden. Der deterministische Prozeß erzeugt für gleiche bzw. für vergleichbare Raum- und Zeitkoordinaten stets identische Realisierungen, besitzt also eine Zustandsvarianz gleich Null. Alle Zustände des stochastischen Prozesses treten mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten auf und lassen Schlüsse auf andere Zustände infolge zu kalkulierender Varianzen nur mit Irrtumswahrscheinlichkeiten größer Null zu. Dabei sei daran erinnert, daß Determinismus auch als statistische Approximation von sehr hoher Wahrscheinlichkeit interpretiert werden kann.

Die Analyse von Zeitreihen des Abflußprozesses gestattet bei Berücksichtigung des Trendanteils eine Realisierung des Konzepts des dynamischen Gleichgewichts und nach Eliminierung des Trendanteils durch eine Analyse der periodischen (phasen- und amplitudenkonstante Oszillationen) Komponenten eine Realisierung des Konzepts des Fließgleichgewichts. Damit wird sowohl die Abgrenzung von naturräumlich bzw. hydrologisch homogenen Einheiten, die nicht notwendig durch Wasserscheiden begrenzt sein müssen (Konzept des unit response bzw. unit source area), als auch die Verwendung von Einzugsgebieten als räumliche Basiseinheiten (Konzept des lumped system) möglich (STREIT 1979).

## 1.2.

### *Aspekt der räumlichen Abgrenzung*

Die Systemanalyse erfordert als Voraussetzung der Bilanzierung von Systemein- und -ausgängen die Abgrenzung des betrachteten Systems (DROZDOV 1978), das in Anlehnung an REINISCH (1979) auch als Bilanzraum betrachtet werden kann. NEUMEISTER (1979b) stellt mit Recht fest, daß durch die Überbetonung der Strukturforschung von Geosystemen ihrer Abgrenzung bisher eine zu geringe Aufmerksamkeit geschenkt worden sei.

Da die Abgrenzung eines Systems von seiner Umwelt prinzipiell nur durch die Intensität des Zusammenhangs zwischen einzelnen Elementen bestimmt wird, beinhaltet insbesondere die laterale Begrenzung von Geosystemen Schwierigkeiten. Zwar enthalten auch bisher bekannte Vorstellungen der Vertikalabgrenzung von Geosystemen, mit einer Obergrenze bis einschließlich erdoberflächennaher Luftschicht und Untergrenze bis Oberfläche Grundwasser, Unterkante Bodenentwicklung oder unterhalb des Grundwasserniveaus, wie sie in Begriffen der „Geodermis“ (KUGLER 1976) oder des „naturräumlichen Hauptstockwerks“ (RICHTER 1979) ausgedrückt werden und als „Schichtkonzept“ (NEUMEISTER 1979a) dem inkrementalen und sequentiellen Charakter der Modellbildung zugänglich gestaltet werden sollen, Unschärfen, die wegen des jeweils gewählten Abstraktionsgrades aber nicht überbewertet werden sollten.

Dagegen birgt die Lateralabgrenzung von Geosystemen noch methodische Probleme, die insbesondere durch die Varianz von Systemzuständen kompliziert wird. Obwohl NEUMEISTER (1979b) die Topen- und Chorenstruktur auch bei der Betrachtung von Geosystemen prinzipiell für gültig hält, wird zur Systemabgrenzung die Existenz von Geochoren mit Topen im Kommunikationsgefüge mit integralen Systemausgängen vorausgesetzt.

Der Arealbegriff (HERZ 1979) bietet einen günstigen Ansatzpunkt für die Raumcharakteristik von Geosystemen, weil die Bestimmung von Gegensatz- und Ähnlichkeitsgruppen mit trennenden Diskontinuitäten einer der Varianz von Systemzuständen entsprechenden Flächenvariabilität (Flächenexpansion, Flächenkontraktion als  $\Delta A$ )

$$\Delta A = dA/dt [m^2 \cdot \Delta t^{-1}]$$

von Geosystemen Rechnung zu tragen vermag und damit auch einer modellhaften Erschließung, wie sie z. B. als BOOLSches Modell auf der Grundlage eines POISSONSchen Punktprozesses (OHSER und STOYAN 1980, BAUER und STOYAN 1980) vorstellbar wäre, zugänglich erscheint. Dabei sei nicht verkannt, daß die dabei vorauszusetzende Verwendung von nur komplementären Ereignissen eine Einschränkung bedeutet, wenn auch BARSCH (1978) eine räumliche Abgrenzung nach dem Prinzip der Arealkongruenz von Einzelmerkmalen nur dann für möglich hält, wenn die Ursachekriterien dieser Einzelmerkmale geeignet sind, die Existenz oder Nichtexistenz solcher Kopplungen zu veranschaulichen.

Ein vergleichbares Prinzip wird auch als „flächendynamisches Modellkonzept“ mit einer dynamischen Variation der Abflußbildungs- und Verdunstungsflächen der Einzugsgebiete in Abhängigkeit vom Feuchtgehalt des Bodens angewendet, wobei das Gesamtspektrum der in einem Gebiet vorkommenden Werte des betreffenden Parameters mithilfe einer Verteilungsfunktion näherungsweise erfaßt wird, ohne daß ihre reale flächenhafte Verteilung (Ortsabhängigkeit) berücksichtigt wird (BECKER 1976).

### 1.3.

#### *Aspekt der zeitlichen Entwicklung*

Die Geographie studiert nicht Raum oder Zeit, sondern als Systeme aufzufassende Objekte, die

sich in Raum und Zeit verändern (SCHMIDT, G. 1979). Jedes dieser Objekte befindet sich somit zu einem konkreten Zeitpunkt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Zustand aus einer Menge von alternativen Zuständen (STEINER 1979). Die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Änderungen des Systemzustandes in der Zeit, die auf der Grundlage der dem System zugeordneten Durchsatz- und Raumcharakteristik und dem damit verbundenen Zuwachs an Entropie mit der Zeit dem Geosystem die Eigenschaft des Alterns verleiht, schließt bei der Wahl der Zeitcharakteristik des Systems die explizite Berücksichtigung der Zeitdimension ein. Die Übereinstimmung von Ein- und Ausgabe, d. h. die Erhaltung von Masse und Energie in offenen Systemen, kann nur im Rahmen des Fließgleichgewichts-Konzepts vorausgesetzt werden. Da die Kompensation von als externe limitierte Eingaben auftretenden Störungen nicht trägheitsfrei erfolgt, treten Oszillationen um einen als zeitinvariant betrachteten Durchschnittswert auf. Der Entwicklungsaspekt wird dagegen bei Langzeituntersuchungen im Rahmen des Konzepts des dynamischen Gleichgewichts berücksichtigt, indem ein zeitvarianter, trendbehafteter, gegebenenfalls auch rhythmisch oder zyklisch alternierend auftretender Durchschnittswert durch kurzfristige Oszillationen überlagert wird (SCHIPULL 1974).

Die Berücksichtigung der geologischen [ $n \cdot 10^6$  a], der rezenten [ $n \cdot 10^3$  a] oder der aktuellen [ $a \dots 10^1$  a] Zeitdimension, im Hinblick auf physiogen-geomorphologische Systeme als historisch-morphogenetischer oder aktualistisch-morphodynamischer Ansatz differenziert (SCHMIDT, K. H. 1978), wird durch die notwendige Berücksichtigung der anthropogenen Überlagerung von physiogenen Prozeßabläufen noch bedeutsamer. DEMEK (1977) kennzeichnet die direkte oder indirekte Beeinflussung geomorphologischer Prozeßabläufe als Akzeleration und Retardation von Entwicklungsabläufen, die in Abhängigkeit von der Wahl der Zeitdimension und des dadurch postulierten Gleichgewichtskonzepts besser als equilibrioturbale bzw. equilibriopetale Prozesse zu charakterisieren sind (VAN BEMMELEN 1968).

Da die anthropogene Beeinflussung im Hinblick auf die Zeitcharakteristik physiogener Prozeßabläufe als asynchron aufgefaßt werden muß, kann



sie sowohl eine Beschleunigung als auch eine Hemmung von unbeeinflusst in geologischer oder rezenter Zeitdimension ablaufender physiogener Prozesse hervorrufen. Durch eine Trendbeeinflussung und gegebenenfalls eine Frequenz- und Amplitudenverschiebung der überlagernden Oszillationen ist sie in der Lage, eine Veränderung des Gleichgewichtszustandes und damit des Stabilitätsverhaltens von Geosystemen zu bewirken (AURADA 1980). Hierin ist die Bedeutung des historischen Aspekts in der geographischen Systemanalyse begründet.

Zur Veranschaulichung des Zusammenhanges zwischen Stabilität und Gleichgewichtszustand ist die Stabilitätsdefinition nach LJAPUNOW geeignet. Ausgehend von einer Umgebung  $\Omega(q_G, \epsilon)$

$$\Omega(q_G, \epsilon) \triangleq \{q: \|q - q_G\| < \epsilon\},$$

wobei  $q$  die Menge aller Zustände bedeutet, deren Abstand vom Gleichgewichtspunkt  $q_G$  kleiner als eine gegebene positive reelle Zahl  $\epsilon$  ist, wird der Gleichgewichtszustand  $q_G$  eines ungestörten Systems dann als stabil bezeichnet, wenn zu jeder beliebigen Umgebung  $\Omega(q_G, \epsilon)$  eine davon abhängige Umgebung  $\Omega(q_G, \eta)$  existiert:

$$q(0) \in \Omega(q_G, \eta) \Rightarrow q(t) \in \Omega(q_G, \epsilon); \\ \forall t \geq 0;$$

er ist asymptotisch stabil, wenn er stabil ist und für alle Anfangswerte  $q(0) \in \Omega(q_G, \eta)$  gilt:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|q(t) - q_G\| = 0$$

(REINISCH 1974, 1979, UNBEHAUEN 1980).

Da sich in nichtlinearen physiogenen Systemen der Zustand von einem stabilen Gleichgewichtspunkt entfernen kann, wenn die Anfangsauslenkung einen bestimmten Wert überschreitet, ist für zulässige Anfangsauslenkungen, bezogen auf das das physiogene System beanspruchende anthropogene System, ein Stabilitätsbereich als die größte Umgebung der Anfangswerte  $\Omega(q_G, \eta_{\max})$  zu definieren, aus der der Zustand nach jeder limitierten Erregung in  $t \rightarrow \infty$  asymptotisch nach  $q_G$  zurückkehrt.

Bezogen auf ein im Fließgleichgewichtszustand befindliches physiogenes System, kann es in Abhängigkeit von der zeitlichen Entwicklung des beanspruchenden anthropogenen Systems zu einer Divergenz zwischen  $\Omega(q_G, \epsilon)$  und  $\Omega(q_G, \eta)$  bzw.  $\Omega(q_G, \eta_{\max})$  kommen, die zu einem instabilen

Zustand führt und durch Maßnahmen der Prozeßführung wieder konvergent gestaltet werden muß (AURADA 1979 a).

Die Berücksichtigung der zeitabhängigen Entwicklung von physiogenen Geosystemen auf der Grundlage des Konzepts des dynamischen Gleichgewichts führt unter Berücksichtigung der angeführten Durchsatz- und Raumcharakteristika interessanterweise zu bereits in der DAVISSchen Zyklustheorie vorhandenen Denkansätzen (SCHUMM 1977, SOLNCEV 1977) bzw. zum aktualistischen Ansatz der zeitabhängigen Identität geomorphologischer Formen und Prozesse (GREGORY und WALLING 1973).

2.

## Zuflußverhältnisse im Kupferschieferbergbau in der Mansfelder Mulde

Der Kupferschieferbergbau in der Mansfelder Mulde wurde im Jahr 1970 eingestellt und damit die Wasserhaltung zwischen  $-787,7$  m NN und  $+73,8$  m NN aufgelassen (JUNG u. a. 1972, JUNG und SPILKER 1972). Die Vorhersage für den zeitlichen und räumlichen Verlauf des Wiederanstiegsprozesses des abgesenkten Grundwassers erfolgte mit Hilfe eines Modellkonzepts, dessen ausführliche Grundlagen in AURADA (1970a, 1979a) dargestellt sind. Dabei konnte das Grubengebäude auf der Grundlage des vorhandenen geologischen Kenntnisstandes (JUNG 1965, JUNG und LIEBISCH 1966) als weitgehend isoliertes System mit den stochastischen Ein- und Ausgangsgrößen Wasserzufluß und Wasserförderung aufgefaßt, damit der Wiederanstiegsprozeß als volumenstromabhängige Systemzustandsänderung charakterisiert und ihr Verlauf bei einem Speicherraumvolumen von  $214,9$  Mio  $m^3$  mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode berechnet werden.

2.1.

### Strukturanalyse

Die Ergebnisse der Strukturanalyse, in diesem Fall die historische Entwicklung des Grubengebäudes,

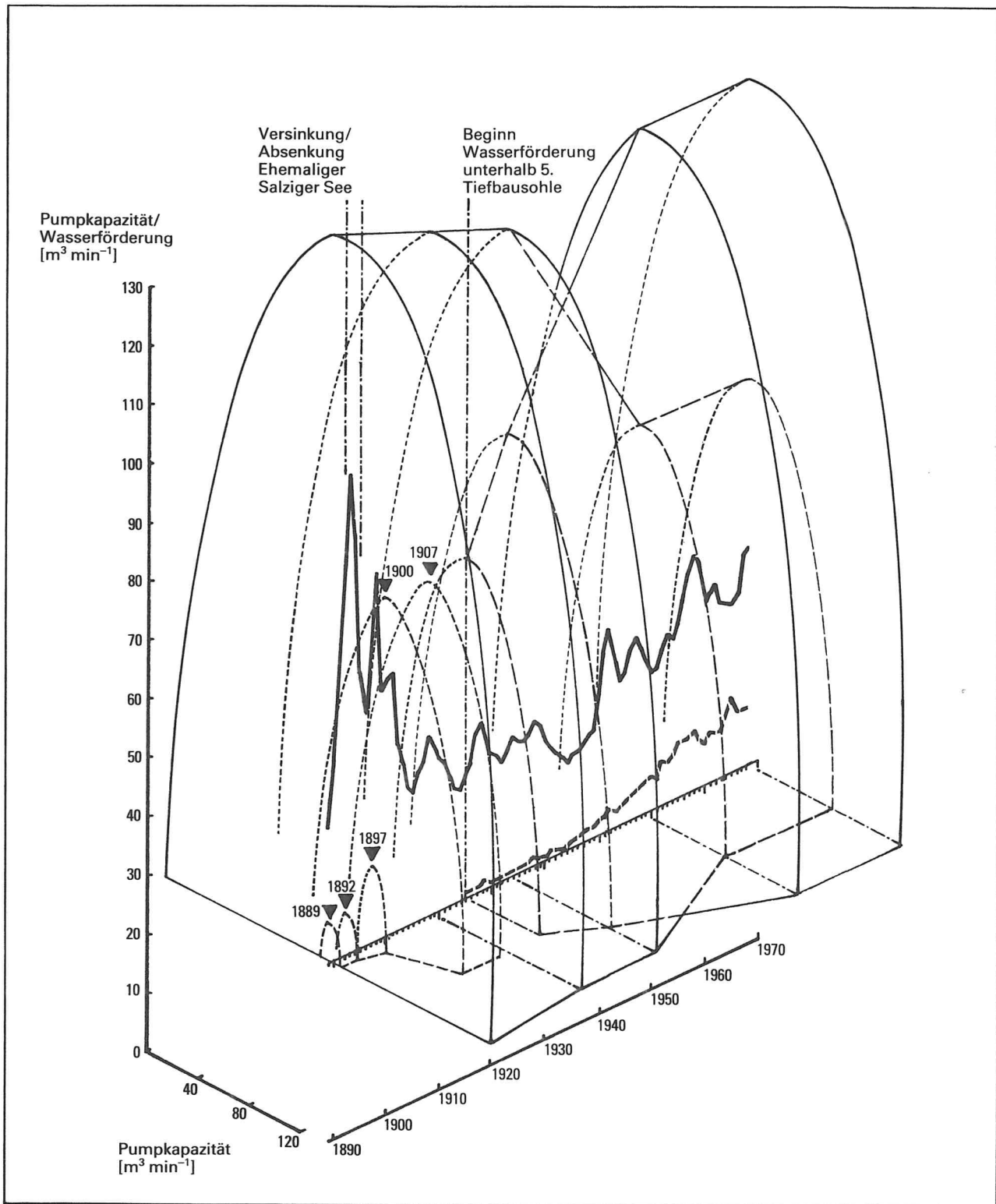


Abbildung 1  
Fördermengen der Grubenwasserhaltung des  
Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde in einem  
durch die installierte Förderkapazität charakterisierten  
Zustandsraum

- Wasserförderung Gesamtgrubenwasserhaltung  
(1889...1968)
- - - Wasserförderung unterhalb 5. Tiefbausohle  
(1915...1968)
- 1907 ▼ Wassereintrich mit nachfolgendem Anstieg  
des Wassers im Grubengebäude

| Entwicklungsetappen<br>Wasserhaltung | Grubenwasserhaltung                                                 |                                                                      |                                                                     |                                                                     |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                      | installierte Kapazität                                              |                                                                      | Wasserförderung                                                     |                                                                     |
|                                      | oberhalb<br>5. Tiefbausohle<br>[m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] | unterhalb<br>5. Tiefbausohle<br>[m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] | maximale<br>Jahresförderung<br>[m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] | maximale<br>Monatsförderung<br>[m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] |
| 12. 12. 1809...29. 05. 1879          | (16,2)                                                              | –                                                                    | –                                                                   | –                                                                   |
| 29. 05. 1879...20. 02. 1908          | 123,5 <sup>1</sup>                                                  | –                                                                    | 41,9 <sup>2</sup>                                                   | 86,8 <sup>2</sup>                                                   |
| 20. 02. 1908...28. 12. 1923          | 116,0                                                               | 58,0 <sup>3</sup>                                                    | 23,5                                                                | 57,5                                                                |
| 28. 12. 1923...14. 12. 1948          | 111,0                                                               | 75,5                                                                 | 22,5                                                                | 37,7                                                                |
| 14. 12. 1948...01. 07. 1970          | 66,0                                                                | 117,0                                                                | 31,0 <sup>4</sup>                                                   | 45,8 <sup>4</sup>                                                   |

<sup>1</sup> seit 1889

<sup>2</sup> 1889...1907

<sup>3</sup> seit 1914

<sup>4</sup> bis 1968

Tabelle 1

Installierte Förderkapazität und Wasserförderung der Grubenwasserhaltung im Kupferschieferbergbau der Mansfelder Mulde (Jahresreihe 1889...1968)

der Wasserlösung durch Stollen und der Wasserhaltung durch Betriebs- und Hauptwasserhaltungen umfassend, ergaben als laterale Systemabgrenzung

- den Zechsteinausstrich (Grenze des Präsalinars) im N (Hettstedt–Rothenburger Sattel), im W (Harz) und SW (Hornburger Sattel),

- die Hornburger Tiefenstörung im SE (zwischen Gebiet der Mansfelder Seen und Kreuzung der Halleschen Marktplatzverwerfung mit der Saale bei Friedeburg),

und als vertikale Systemabgrenzung

- als Obergrenze das Niveau des Schlüssel-Stollens (+73,8 m NN),

- als Untergrenze die Höhenlage der 14. Tiefbausohle als Synonym für die dem Präsalinar aufliegende Untergrenze der Kupferschieferlagerstätte.

Die Systemstruktur wurde durch 12 Speicherlamellen, geordnet nach der Höhenlage der einzelnen Tiefbausohlen in Abständen von jeweils 62,5 m, nachgebildet.

## 2.2.

### *Prozeßanalyse*

Die Ergebnisse der Prozeßanalyse, die auf der Grundlage von Monatswerten der Wasserförderung (HIMMELHEBER 1893, KIEL 1958) für den Zeitraum 1889...1968 erfolgte, ergab:

- die Wasserförderung im Zeitraum 1889...1914 wird durch zahlreiche Wassereinträge und die Versinkung bzw. Absenkung des Salzigen Sees beeinflusst (LORENZ 1962),

- die Identität zwischen Wasserzufluß und Wasserförderung kann somit gesichert nur für den Zeitraum 01. 11. 1914...31. 10. 1968 unterstellt und als Grundlage weiterer Berechnungen verwendet werden.

In Abbildung 1 ist in Anlehnung an die zwei-dimensionale Zustandsraumdarstellung bei KUO (1971, S. 296) die Entwicklung der Wasserförderung der Grubenwasserhaltung dargestellt. Zur Charakterisierung des Stabilitätsbereichs wurde die installierte Förderkapazität herangezogen, deren auf Einzeljahre bezogenen Veränderungen den wichtigsten Etappen der Entwicklung der Wasserhaltung entsprechen (Tabelle 1):

- 12. 12. 1809...29. 05. 1879

- Auffahrung Schlüssel-Stollen,

- 29. 05. 1879...20. 02. 1908

- bis Inbetriebnahme Zwischenhebung

- 5. ... 3. Tiefbausohle,

- 20. 02. 1908...28. 12. 1923

- bis Inbetriebnahme Hauptwasserhaltung

- 3. Tiefbausohle...Schlüssel-Stollen,

- 28. 12. 1923...14. 12. 1948

- bis Inbetriebnahme Reservewasserhaltung

- 5. Tiefbausohle...Schlüssel-Stollen,

- 14. 12. 1948...01. 07. 1970

- bis Auflassung Wasserhaltung.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß es im Zeitraum 1889...1914 durch mehrere Wassereinträge

| Wassereinbruch | Stratigraphischer Horizont | Niveau Wassereinbruch [m NN] | Wasseranstieg Grubengebäude [m NN] | Maximaler Zufluß [m³ · min⁻¹] | Restzufluß [m³ · min⁻¹] |
|----------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 26. 07. 1889   | Ca 1                       | -170                         | +30                                | 22                            | 20,0 <sup>1</sup>       |
| 07.05. 1892    | Na 1                       | -172                         | +10                                | 80                            | 11,5 <sup>1</sup>       |
| 20. 07. 1897   | A 1 (u)                    | -109                         | -50                                | 21                            | 21,0 <sup>1</sup>       |
| 25. 07. 1900   | Na 1                       | -172                         | -130                               | 60                            | 21,5 <sup>1</sup>       |
| 17. 10. 1907   | Ca 1                       | -230                         | -150                               | 30                            | 15...20                 |
| 09. 03. 1952   | Ca 1                       | -486                         | ohne                               | 19                            | ca. 4                   |
| 17. 09. 1958   | Na 1/Ca 1                  | unterhalb -235               | ohne                               | 1500-2000                     | 3                       |

<sup>1</sup> Einbruchstelle abgedichtet

Tabelle 2

Wassereinbrüche im Kupferschieferbergbau der Mansfelder Mulde mit nachfolgendem Wasseranstieg im Grubengebäude oder permanentem Restzufluß (nach LORENZ 1962)

che (Tabelle 2) mit nachfolgendem Wasseranstieg im Grubengebäude zu den für die Jahre der Wassereinbrüche dargestellten Einschränkungen der Förderkapazität kam. Obwohl die weder als Ganglinie dargestellten Jahresmittelwerte noch die ihnen zugrunde liegenden monatlichen Wasserfördermengen die Gesamtkapazität der Wasserhaltung überschritten haben, kam es durch die zeitweise Überflutung des Grubengebäudes zu instabilen Systemzuständen, die im Zeitraum 1915...1968 während der Auffahrung des Grubenfeldes unterhalb der 5. Tiefbausohle (-235,1 m NN) durch eine deutliche Kapazitätserweiterung von vornherein kompensiert werden sollten. Diesem Zweck diente auch die Anlage untertägiger Kapselfelder mit insgesamt 3,508 Mio m<sup>3</sup> Speicherraum.

Durch die durchgeführte Trendanalyse (Tabelle 3) konnte nachgewiesen werden, daß dem Zuflußbereich oberhalb der 5. Tiefbausohle (endgültig fixiert durch den Wassereinbruch vom 17.10.1907 mit einem Restzufluß von 20...25 m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>) das Zuflußgebiet des Ehemaligen Salzigen Sees und dem Zuflußbereich unterhalb der 5. Tiefbausohle (fixiert durch die Wassereinbrüche vom 09.03.1952 und 17.09.1958 mit einem gemeinsamen Restzufluß von ca. 7 m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>) das Zuflußgebiet der Saale entsprachen.

Die weiteren Phasen der Modellbildung und Modellanwendung seien vernachlässigt, es sei auf AURADA (1979a) verwiesen.

Während des Betriebes der Wasserhaltung des Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde

Tabelle 3

Zuflußverhältnisse im Grubengebäude des Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde (Jahresreihe 1915...1968)

| Zuflußbereich               | Zufluß              |                    | Zuflußanteil                       |           |                      |           |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
|                             |                     |                    | unterhalb Niveau Schlüssel-Stollen |           | Grubengebäude gesamt |           |
|                             | Mittel [m³ · min⁻¹] | Trend [m³ · min⁻¹] | Mittel [%]                         | Trend [%] | Mittel [%]           | Trend [%] |
| Grubengebäude               | 30,6                | +10,4              | -                                  | -         | 100,0                | 100,0     |
| oberhalb Schlüssel-Stollen  | 4,9                 | - 3,7              | -                                  | -         | 16,0                 | - 35,6    |
| unterhalb Schlüssel-Stollen | 25,7                | +14,1              | 100,0                              | 100,0     | 84,0                 | +135,6    |
| oberhalb 5. Tiefbausohle    | 21,7                | + 2,9              | 84,4                               | +20,6     | 71,0                 | + 27,9    |
| unterhalb 5. Tiefbausohle   | 4,0                 | +11,2              | 15,6                               | +79,4     | 13,0                 | +107,7    |



| Zuflußbereich                                             | Zufluß [Mio m <sup>3</sup> · a <sup>-1</sup> ] |           | Zuflußgebiet                                   | Entzug [Mio m <sup>3</sup> · a <sup>-1</sup> ] |                                  |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                           | 1915...68                                      | 1956...68 |                                                | 1956...68                                      |                                  |
| Grubengebäude                                             | 16,083                                         | 19,447    | Saale<br>(Halle-Trotha bis Rothenburg)         | 17,6                                           | (18,1) <sup>1</sup>              |
| Süßwasserbereich<br>(oberhalb Niveau Schlüssel-Stollen)   | 2,575                                          | 1,892     | Böse Sieben<br>Schlenze<br>Wipper <sup>2</sup> | 1,4                                            | 0,8<br>0,6<br>(0,5) <sup>2</sup> |
| Salzwasserbereich<br>(unterhalb Niveau Schlüssel-Stollen) | 13,508                                         | 17,555    | Ehemaliger<br>Salziger See und Saale           | 16,2                                           |                                  |
| Südlicher Zuflußbereich<br>(oberhalb 5. Tiefbausohle)     | 11,406                                         | 12,720    | Ehemaliger<br>Salziger See                     | 12,0                                           |                                  |
| Nördlicher Zuflußbereich<br>(unterhalb 5. Tiefbausohle)   | 2,102                                          | 4,730     | Saale<br>(Trebitz bis Friedeburg)              | 4,2                                            |                                  |

<sup>1</sup> Einschließlich Wipper-Gebiet.

<sup>2</sup> Außerhalb Saale-Teileinzugsgebiet (Trebitz–Friedeburg).

Tabelle 4

Identifizierung von Zuflußbereichen und Zuflußgebieten des Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde (Jahresreihe 1956...1968)

sind den oberirdischen Gewässern im Jahresdurchschnitt (1915...68) 16,083 Mio m<sup>3</sup> Wasser entzogen worden (AURADA 1979b):

- 11,406 Mio m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup> im Einzugsgebiet des Ehemaligen Salzigen Sees,
- 2,575 Mio m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup> in den Einzugsgebieten der (Harz-) Wipper, der Bösen Sieben und der Schlenze,
- 2,102 Mio m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup> im Einzugsgebiet der Saale zwischen Trebitz und Friedeburg.

In Tabelle 4 sind die bilanzmäßigen Zusammenhänge zwischen den Zuflußbereichen im Grubengebäude und den Entzugsgebieten des Gewässernetzes für die Jahresreihe 1956...68 dargestellt.

Der durchschnittliche jährliche Salztransport der seit 1884 salzhaltigen Grubenwässer läßt sich mit 0,125 Mio t (natürliche Auslaugung) und 0,860 Mio t (bergbauverstärkte Auslaugung) angeben (ALBRECHT 1974; KNIESEL 1980).

### 2.3.

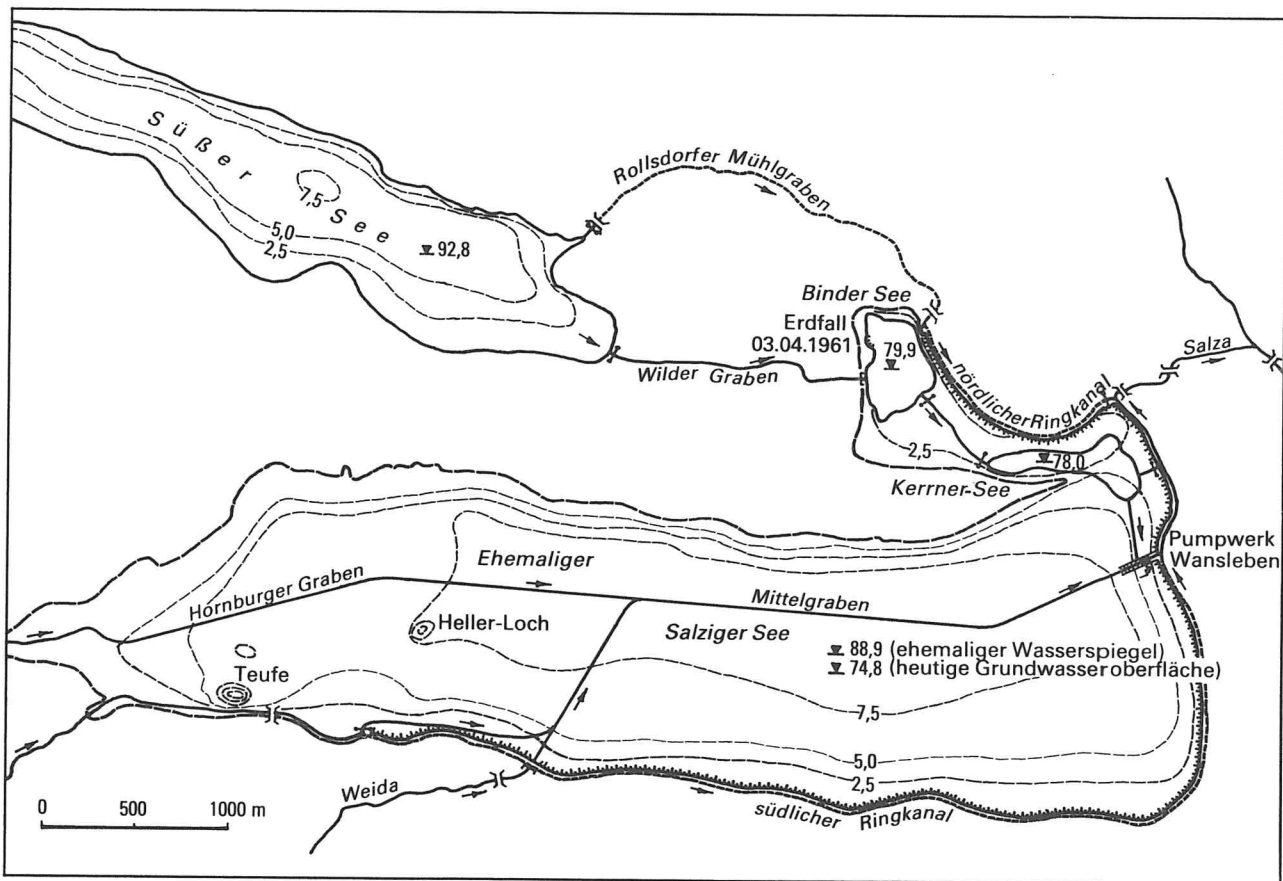
#### *Räumliche Indikation der historischen Entwicklung der Wasserhaltung*

Die Zuflüsse zum Grubengebäude erfolgten überwiegend aus der Salinarabfolge der Mansfelder

Mulde, wobei zu beachten ist, daß die Existenz der unterirdischen Wasserwanderwege des südlichen und nördlichen Zuflußbereiches entlang der Steinsalzverbreitungsgrenzen die vorhergehende Entwässerung des Zechsteinausstriches voraussetzt. Die subsosive Tätigkeit der im Salinar migrierenden Wässer, die Abhängigkeit von tektonischen Lineamenten verrät, hat besonders im Kreuzungsbereich tektonischer Störungen Schwächezonen geschaffen, die durch historische und rezente Erdfallbildungen, Senkungs- und Binnenentwässerungsgebiete gekennzeichnet sind.

Die Schichtglieder des Unteren, Mittleren und Oberen Buntsandsteins sowie des Unteren Muschelkalks können gegenüber dem Salinar und untereinander im allgemeinen als geohydrologisch selbständig betrachtet werden, was jedoch nicht ausschließt, daß insbesondere in tektonisch angelegten Schwächezonen und an den Außenrändern der Verbreitung des Mittleren Buntsandsteins Verbindungen zum Zechstein bzw. Unteren Buntsandstein, etwa im Gefolge untertägiger Wassereinträge, möglich gewesen sind.

Die zeitliche Entwicklung der Grubenwasserhaltung muß auf dieser Grundlage durch räumliche Entsprechungen in durch Wasserentzug betroffenen Einzugsgebieten gekennzeichnet werden können. Als Indikatorgebiete werden unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen hydrogeologischen und hydrologischen Positionierung der Ehemalige



- Ausdehnung des Ehemaligen Salzigen Sees
- - - 5,0 - Isobathen (nach ULE 1888) [m], im Bereich Binder- und Kernner-See vereinfacht
- ▽ Wasserspiegel bzw. Grundwasseroberfläche [m NN]

- Fließgewässer (funktionsuntüchtig)
- ┌ Gefällestufe
- └ Absperrbauwerk
- Fließrichtung

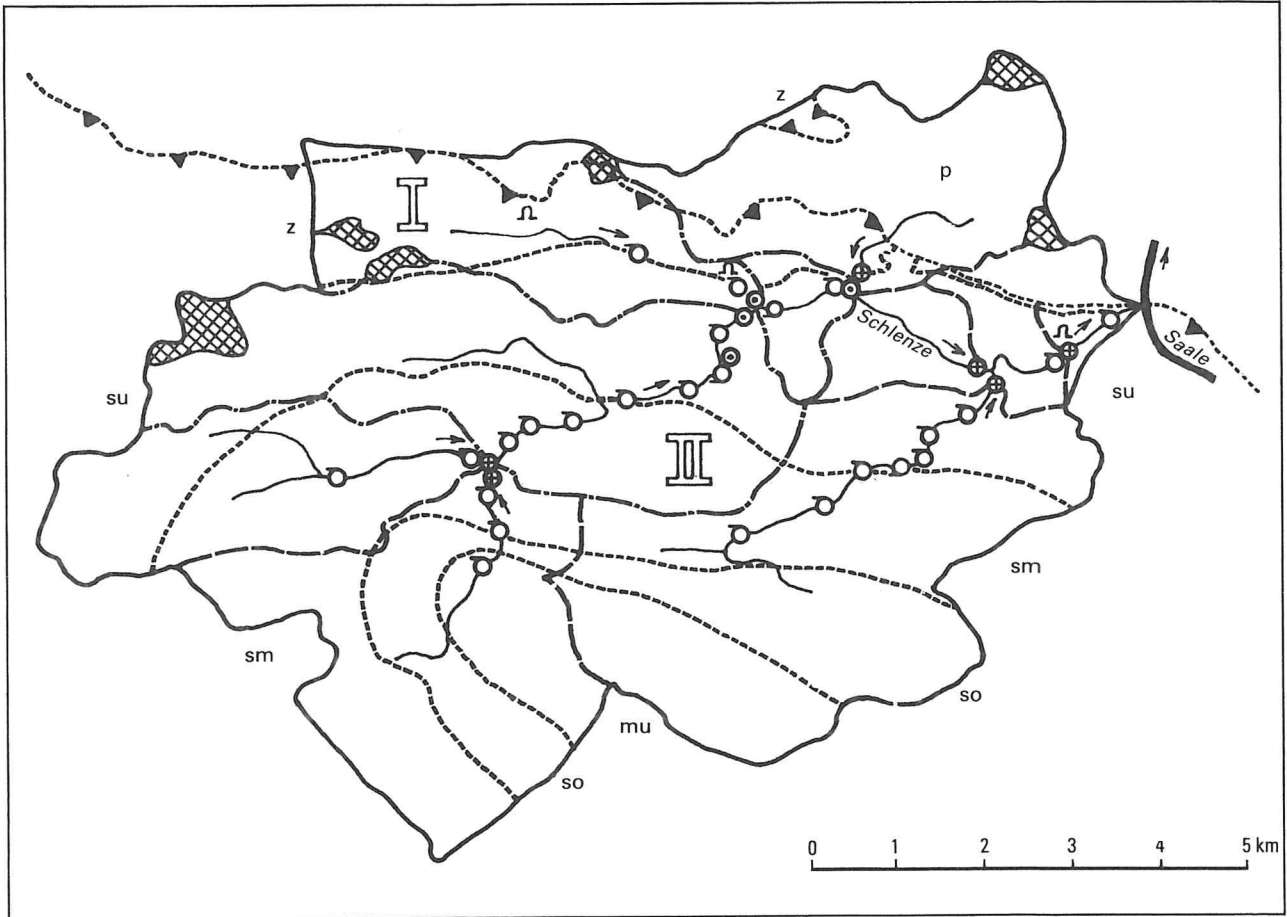
Abbildung 2  
Hydrographische Verhältnisse im Gebiet der Mansfelder Seen

Salzige See und das Einzugsgebiet der Schlenze herangezogen.

### 2.3.1. Ehemaliger Salziger See

Das Gebiet des Ehemaligen Salzigen Sees wurde 1892 von einem folgenschweren Wassereinbruch betroffen. Während der noch heute existierende Süße See (Wasserspiegel bei 92,8 m NN, Einzugsgebiet 187,4 km<sup>2</sup>) unbeeinträchtigt blieb, sank der Wasserspiegel des Salzigen Sees von ehemals 88,9 m NN bis auf die noch heute vorhandenen Restflächen des Binder-Sees (79,9 m NN) und Kernner Sees (78,0 m NN) ab. Durch die Versinkung bzw. Absenkung des Salzigen Sees in den Jahren 1892...1895, die zu Maximalzuflüssen im Grubengebäude bis zu 200 m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup> bei -172 m

NN am 24. 10. 1892 führten und den Wasserstand im Grubengebäude um 182 m auf +10 m NN (LORENZ 1962) ansteigen ließen, fiel die Salza unterhalb des Salzigen Sees ab 07. 05. 1892 trocken. Die Vorflut des insgesamt 398,9 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebietes mußte durch das am 25. 01. 1894 mit einer Kapazität von 120 m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup> in Betrieb gehende Pumpwerk Wansleben an der Ostseite des Ehemaligen Salzigen Sees gesichert werden. Durch das Abpumpen des Mittelgrabens wird die Grundwasseroberfläche im Gebiet des ehemaligen Seebeckens auf 74,8 m NN gehalten. Die Funktion des Pumpwerkes Wansleben wird durch dezentralisierte Pumpstationen (Teufe, Hellerloch, Aselebener Flur) mit 23,5 m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup> unterstützt. Die zur Entlastung des Pumpwerkes angelegten, um das ehemalige Seebecken herumführenden nördlichen und südlichen Ringkanäle sind durch



- |           |                                                    |    |                                                         |
|-----------|----------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------|
| —         | Wasserscheide Flußgebiet                           | su | Unterer Buntsandstein                                   |
| - - -     | Wasserscheide Teileinzugsgebiete                   | sm | Mittlerer Buntsandstein                                 |
| - · - · - | Wasserscheide beeinflusster Teilgebiete (I und II) | so | Oberer Buntsandstein                                    |
| ▨         | Binnenentwässerungsgebiete                         | mu | Unterer Muschelkalk                                     |
| →         | Fließrichtung                                      | ⊙  | Durchflußmeßstellen 1833/34                             |
| ---▲---   | Zechsteinausstrich<br>(in Richtung des Einfallens) | ⊕  | Durchflußmeßstellen 1966...69                           |
| - - - - - | Begrenzung der hydrogeologischen Teilkomplexe      | ⌒  | Stollenmundloch                                         |
| p         | Permokarbon<br>(Hettstedt-Rothenburger Sattel)     | ○  | Wasserkraftnutzung<br>(ehemalige oberflächliche Mühle)  |
| z         | Zechstein                                          | ⊖  | Wasserkraftnutzung<br>(ehemalige unterflächliche Mühle) |

Abbildung 3  
Übersicht Schlenze-Einzugsgebiet

Senkungsbewegungen nicht funktionstüchtig (Abbildung 2).

Die auch rezent vorhandene Aktivität der die Versinkung des Salzigen Sees begünstigenden Auslaugungsvorgänge im Kreuzungsbereich der Hornburger Tiefenstörung mit der SE-Verlängerung des Martinschächter Flözgrabens wurde durch die Erdfallbildung in der Uferzone des Binder-Sees am 03.04.1961 (KAMMERER 1962) mit nachfolgender Zuflußerhöhung im Grubengebäude signalisiert.

2.3.2.  
*Einzugsgebiet der Schlenze*

Als zweites Indikatorgebiet wurde das 112,1 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet der Schlenze am Nordrand der Mansfelder Mulde gewählt. Aufgrund der unmittelbaren Bergbaubeeinflussung dieses Flußgebietes, die durch den Ausbau der Wasserlösung mit Hilfe von Stollen seit etwa 1750 und der Fernwirkung der bergmännischen Wasserhaltung, die mit stetig absinkendem Entwässerungsniveau ab

| Teilgebiet | Einzugsgebiet      |                        | Flußdichte               |                          | teilgebietsbezogener Abfluß         |                                     |                                     |
|------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|            |                    |                        | um 1850                  | um 1970                  | Zufluß                              | Entzug                              | Abfluß                              |
|            | [km <sup>2</sup> ] | [% F <sub>Eges</sub> ] | [km · km <sup>-2</sup> ] | [km · km <sup>-2</sup> ] | [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ] | [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ] | [m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ] |
| I          | 12,6               | 11,2                   | 0,63                     | 0,57                     | (0,046)                             | 0,011 <sup>1</sup>                  | 0,035                               |
| II         | 21,7               | 19,4                   | 0,51                     | 0,27                     | (0,064)                             | 0,009 <sup>2</sup>                  | 0,055                               |
| Schlenze   | 112,1              | 100,0                  | 0,48                     | 0,38                     | (0,200)                             | 0,020                               | 0,180 <sup>3</sup>                  |

<sup>1</sup> seit 1750

<sup>2</sup> seit 1860

<sup>3</sup> MQ (1967...75)

Tabelle 5  
Bergbaulicher Wasserentzug im Einzugsgebiet der Schlenze

etwa 1860 angesetzt wurde, mußte die Beeinflussung zuerst den z-Ausstrichbereich erfassen und dann den su-Bereich erfassen. Damit rückten zwei Teileinzugsgebiete als Indikatorgebiete in den Vordergrund (vgl. Abbildung 3):

- Teilgebiet I mit einem z-Anteil von 59,1 % und einem su-Anteil mit 33,1 %,
- Teilgebiet II mit einem z-Anteil von 1,8 % und einem su-Anteil von 63,1 %.

Als Nachweisverfahren für den Wasserentzug durch den Bergbau wurden herangezogen:

- Veränderungen der Wasserkraftnutzung,
- Veränderungen der Wasserversorgung,
- Veränderungen des Gewässernetzes und
- Veränderungen der teilgebietsbezogenen Abflüsse.

Von 25 wasserkraftgetriebenen Mühlen im Jahr 1850 existierte 1968 nur noch eine extensiv betriebene Wasserkraftnutzung. Die Analyse der Auflfassungstermine zeigte jedoch, daß Ursachenüberlagerungen (irreversible Hochwasserschäden vom 14.07.1910), Energiesubstitution, Produktionskonzentration und Unrentabilität) eine bergbaubezogene Aussage nicht zulassen.

Durch bergbaulichen Wasserentzug sind nachweislich 1822 im Teileinzugsgebiet I und 1954 im Teileinzugsgebiet II Wasserversorgungsanlagen beeinträchtigt worden.

Die Analyse von Flußdichtewerten der Jahre 1850 und 1970 ergab, daß eine Verringerung von 0,63 auf 0,57 km · km<sup>-2</sup> (Teileinzugsgebiet I) und von 0,51 auf 0,27 km · km<sup>-2</sup> (Teileinzugsgebiet II) erfolgte. Im Gesamteinzugsgebiet verringerte sie sich von 0,48 auf 0,38 km · km<sup>-2</sup> und unter-

schreitet damit den von LEDER (1973) für diesen Bereich angegebenen Wert mit durchschnittlich 1,0 km · km<sup>-2</sup> bzw. einem Schwankungsbereich von 0,4...1,5 km · km<sup>-2</sup> (Tabelle 5).

Exakt konnte die Bergbaubeeinflussung durch den Vergleich von aktuellen Durchflußmessungen und 1833...34 erfolgten Durchflußmessungen (Staatsarchiv Magdeburg 1832...34) auf der Grundlage teilgebietsbezogener Abflüsse nachgewiesen werden (Tabelle 5).

In Abbildung 4 weichen die Teileinzugsgebiete, die bergbaulich nicht beeinflusst werden konnten, von der Annahme einer einzugsgebietsbezogenen Abflußzunahme von 0 % Abfluß bei 0 % Fläche bis 100 % Abfluß bei 100 % Fläche positiv, die Teileinzugsgebiete, die eine bergbauliche Beeinflussung vermuten ließen, negativ ab.

Der nachweisbare Wasserentzug im Zeitraum 1750...1860 betrifft 11,2 % des Gesamteinzugsgebietes (Teileinzugsgebiet I) und beträgt 0,011 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>; er mindert die Abflußspende von 1,75 auf 1,65 l · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup>. Durch das Versiegen der Seelöcher – Erdfälle mit artesisch austretendem salzhaltigen Wasser im Teileinzugsgebiet II – im Zeitraum 1857...1877 wird die Abflußspende auf 1,60 l · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup> verringert. Im Zeitraum 1860...1970 erweitert sich das Gebiet des Wasserentzuges auf 30,6 % des Gesamteinzugsgebietes (Teileinzugsgebiete I und II) und beträgt insgesamt 0,020 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>; die Abflußspende wird auf 1,52 l · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup> erniedrigt. Der mittlere Abfluß von 0,180 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> (1967...75) wurde somit um mindestens 15,3 % (= 0,23 l · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup> = 0,6 Mio m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup>) verringert (AURADA 1970b).

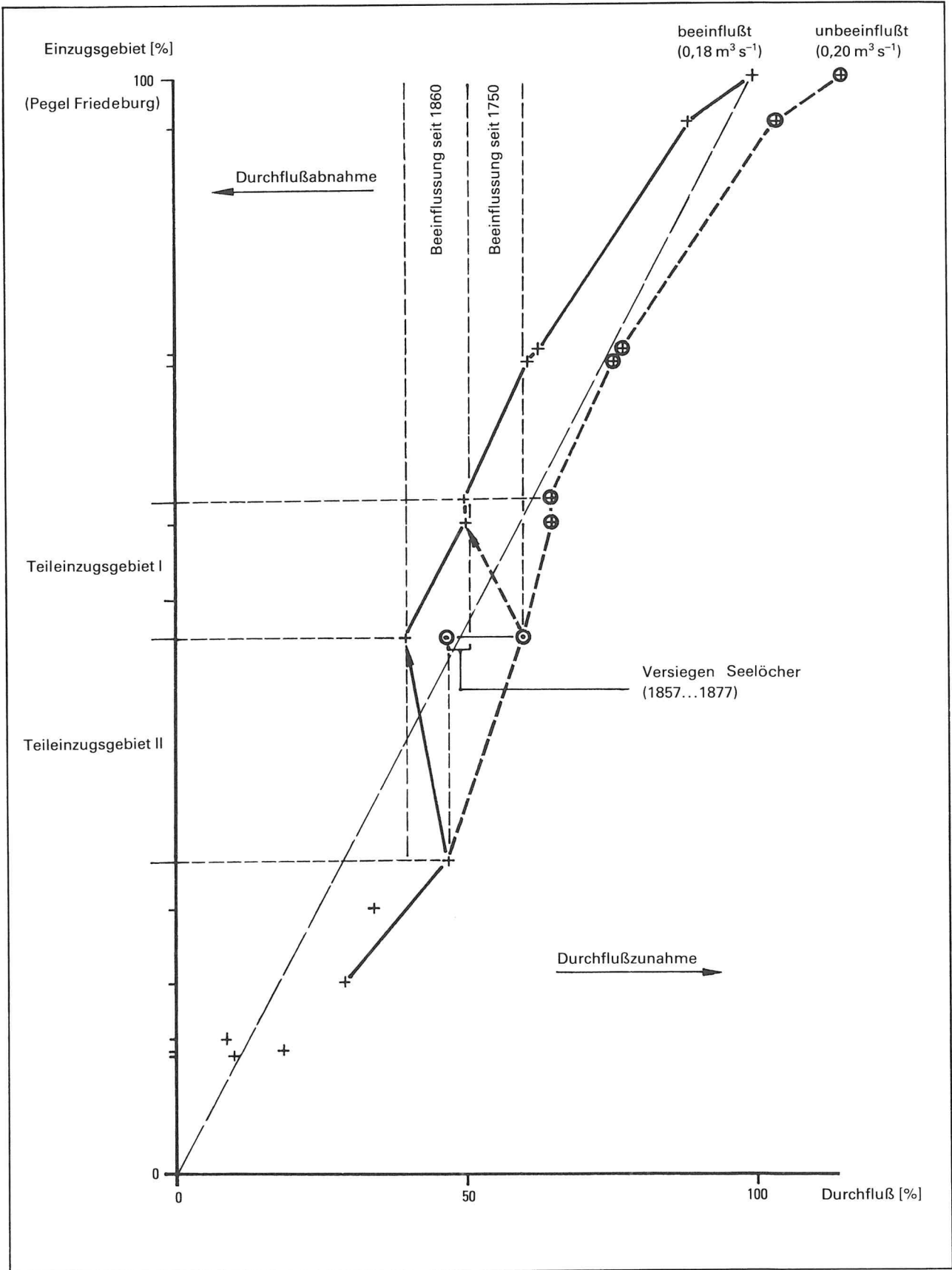


Abbildung 4  
Bergbaulicher Wasserentzug im Schlenze-Einzugsgebiet

- ⊕ Durchflußwerte 1750 (rekonstruiert)
- ⊙ Durchflußmeßergebnisse 1833/1834
- + Durchflußmeßergebnisse 1966...69



## Schlußbemerkungen

Unter den die Systemanalyse im engeren Sinn erweiternden Aspekten der inhaltlichen Beschränkung, der räumlichen Abgrenzung und der zeitlichen Entwicklung von Geosystemen im Rahmen der Analyse geographischer Objekte besitzt der historische Aspekt wegen der Zeitdiskontinuität zwischen physiogenen Prozeßabläufen und ihrer anthropogenen Beeinflussung besondere Bedeutung. Da das Motiv anthropogener Eingriffe in physiogene Prozeßabläufe auf der Beseitigung von Divergenzen zwischen realem Prozeßablauf im physiogenen System und der Prozeßfunktion im anthropogenen System beruht, stehen historisch konkretisierbare Bemühungen um eine Stabilisierung anthropogen genutzter physiogener Systeme, wie am Beispiel der Zuflußverhältnisse im Kupferschieferbergbau der Mansfelder Mulde und ihrer technischen Beherrschung dargestellt, im Mittelpunkt der geographischen Systemanalyse.

Die Anwendung des systemtheoretischen Kalküls auf geographische Objekte ist abhängig von einer mathematisch verifizierbaren fachspezifischen Formulierung der Durchsatz-, Raum- und Zeitcharakteristik wesentlicher Strukturen, Prozeßabläufe und Systemzustände in als Geosystem zu behandelnden geographischen Objekten, die eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Modellbildung und Modellanwendung darstellen.

## Literatur

- ALBRECHT, W.:  
Einfluß des Kupferschieferbergbaus auf die hydrogeologischen Verhältnisse im Südwestteil der Mansfelder Mulde. — In: Geogr. Berichte. — Gotha; Leipzig. — 19 (1974), 2, S. 121...130.
- AURADA, K. D.:  
Berechnung des Wiederanstiegsprozesses im Grubengebäude des Kupferschieferbergbaus in der Mansfelder Mulde mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode. — In: Wasserwirtsch. — Wassertechn. — Berlin. — 20 (1970a), 8, S. 264...270.
- AURADA, K. D.:  
Veränderungen der Abflußverhältnisse eines Flußgebietes durch bergbauliche Beeinflussung seit 1750. — In: Wasserwirtsch. — Wassertechn. — Berlin. — 20 (1970b), 12, S. 409...413.
- : Ergebnisse geowissenschaftlich angewandter Systemtheorie (Vorhersage und Steuerung lang- und kurzfristiger Prozeßabläufe). — In: Peterm. Geogr. Mitt. — Gotha; Leipzig. — 123 (1979a), 4, S. 217...224.
- : Zur Vollendung des Schlüssel-Stollens in der Mansfelder Mulde vor 100 Jahren (1879). — In: Geogr. Berichte. — Gotha; Leipzig. — 24 (1979b), 4, S. 271...279.
- : Physiogene und anthropogene Steuerungsmechanismen der chemischen Denudation und des Ionenabflusses. — In: Acta hydrochim. et hydrobiol. — Berlin. — 8 (1980), 6, S. 525...559.
- BARSCH, H.:  
Landschaftskundliche Aspekte des Geosystem-Konzepts. — In: Wiss. Zeitschr. PH Potsdam. — Potsdam. — 22 (1978), 3, S. 335...341.
- BAUER, H., und D. STOYAN:  
Ein mathematisches Modell der Verteilung tektonischer Störungen. — In: Zeitschr. f. angew. Geol. — Berlin. — 26 (1980), 6, S. 316...319.
- BECKER, A.:  
Erfassung der feuchteabhängigen Variation der Abflußbildungs- und Verdunstungsflächen in hydrologischen Einzugsgebietsmodellen. — In: Acta Hydrophysica. — Berlin — XX (1976), 4, S. 181...211.
- BEMMELEN, R. W. VAN:  
Die Bedeutung der Dimensionen Länge, Zeit, Druck und Temperatur in den Erdwissenschaften. — In: Geologie. — Berlin. — 17 (1968), 5, S. 497...517.
- DEMEK, J.:  
Změny geomorfologických pochodů a reliéfu země vlivem činnosti lidské společnosti. — In: Zprávy Geografického Ústavu ČSAV. — Brno. — XIV (1977), 7/8, S. 176...187.
- DROZDOV, A. V.:  
Landschaftskundliche Aspekte bei Bilanzuntersuchungen. — In: Peterm. Geogr. Mitt., — Gotha; Leipzig. — 122 (1978), 1, S. 13...16.
- DYCK, S.:  
Angewandte Hydrologie. Teil 2: Der Wasserhaushalt der Flußgebiete und seine Modellierung. — Berlin: 1980.
- GREGORY, K. J., und D. E. WALLING:  
Drainage basin. Form and process. A geomorphological approach. — London: 1973.

- HAASE, G.:  
Entwicklungstendenzen in der geotopologischen und geochorologischen Naturraumerkundung. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 123 (1979), 1, S. 7...18.
- HERZ, K.:  
Zur Dialektik der Genese von Arealen und Arealgruppen. – In: *Geogr. Berichte.* – Gotha; Leipzig. – 24 (1979), 4, S. 209...216.
- HIMMELHEBER, H.:  
Über die Wasserhaltung beim Mansfelder Kupferschiefer-Bergbau.  
– In: *Dt. Bauzeitung.* – Berlin. – XXVII (1893), 70, S. 425...427; 72, S. 438...441.
- JUNG, W.:  
Zum subsalinaren Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. – In: *Geologie.* – Berlin. – 14 (1965), 3, S. 254...271.
- JUNG, W., und K. LIEBISCH:  
Die Grubenhydrologie in der Mansfelder Mulde. – In: *Zeitschr. f. angew. Geol.* – 12 Berlin. – (1966), 10, S. 511...521.
- JUNG, W. u. a.:  
Grundsätze und erste Ergebnisse der Verwahrung von Schächten in der Mansfelder Mulde. – In: *Neue Bergbautechnik.* – Leipzig. – 2 (1972), 8, S. 626...629.
- JUNG, W., und M. SPILKER:  
Hydrologische Probleme beim Wasseranstau in der Mansfelder Mulde. – In: *Zeitschr. f. angew. Geol.* – Berlin. – 18 (1972), 1, S. 17...21.
- KAMMERER, F.:  
Ein neuer Erdfall bei Rollsdorf im Kreise Eisleben. – In: *Hall. Jb. Mitteldt. Erdgesch.* – Leipzig. – 4 (1962), S. 82...89.
- KIEL, K.:  
Wasserversorgung und Wasserhaltung der Mansfelder Mulde unter Berücksichtigung der geologisch-hydrologischen Verhältnisse. – In: *Neue Hütte.* – Leipzig. – 3 (1958), 10, S. 577...585.
- KLOSTERMANN, H.:  
Zur geomorphometrischen Kennzeichnung kleiner Einzugsgebiete. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 114 (1970), 4, S. 241...260.
- KNIESEL, J.:  
Modellvorstellungen zur Dynamik der Auslaugungsprozesse des Zechsteinsalzes in den Saxoniden der DDR. – In: *Hall. Jb. Geowiss.* – Gotha; Leipzig. – 5 (1980), S. 49...75.
- KUGLER, H.:  
Zur Aufgabe der geomorphologischen Forschung und Kartierung in der DDR. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 120 (1976), 2, S. 154...160.
- KUO, B. C.:  
Automatische Steuerungs- und Regeltechnik. – Berlin: 1971.
- LEDER, A.:  
Morphometrische Flußgebietsuntersuchungen im Gebiet der DDR. – Ein Beitrag zur quantitativen Geomorphologie. – In: *Wiss. Zeitschr. Humboldt- Univ. Berlin, Math.-Nat. R.* – Berlin. – XXII (1973), 6, S. 655...669.
- LESER, H.:  
Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme. – In: *Landschaft und Stadt.* – Stuttgart. – 10 (1978), 3, S. 107...114.
- LORENZ, S.:  
Wassereinbrüche im Mansfelder Kupferschieferbergbau. – In: *Zeitschr. angew. Geol.* – Berlin. – 8 (1962), 6, S. 310...316.
- NEUMEISTER, H.:  
Das „Schichtkonzept“ und einfache Algorithmen zur Vertikalverknüpfung von „Schichten“ in der physischen Geographie. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 123 (1979a), 1, 19...23.  
–: Zur Messung der „Leistung“ des Geosystems – Forschungsansätze in der physisch-geographischen Prozeßforschung. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 123 (1979b), 2, S. 101...107.
- OHSER, J., und D. STOYAN:  
Zur Beschreibung gewisser zufälliger Muster in der Geologie. – In: *Zeitschr. f. angew. Geol.* – Berlin. – 26 (1980), 4, S. 209...212.
- PREOBRAŽENSKIJ, V. S.:  
Formen von Integrationsprozessen in der Geographie. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 121 (1977), 3, S. 175...177.
- REINISCH, K.:  
Kybernetische Grundlagen und Beschreibung kontinuierlicher Systeme. – Berlin: 1974.  
–: Analyse und Synthese kontinuierlicher Steuerungssysteme. – Berlin: 1979.
- RICHTER, H.:  
Naturräumliche Stockwerkgliederung. – In: *Potsdamer Forschungen, Reihe B,* – Potsdam. – 15 (1979), S. 141...149.
- SCHIPULL, K.:  
Geomorphologische Studien im zentralen Südnorwegen mit Beiträgen über Regelungs- und Steuerungssysteme in der Geomorphologie. – In: *Hamburger Geogr. Studien.* – 31 (1974).
- SCHMIDT, G.:  
Systemtheoretische Betrachtungsweise und Anwendung der Systemtheorie in der Geographie. – In: *Peterm. Geogr. Mitt.* – Gotha; Leipzig. – 123 (1979), 3, S. 151...157.
- SCHMIDT, K.-H.:  
Gleichgewichtszustände in geomorphologischen Systemen.  
– In: *Geogr. Zeitschr.* – Wiesbaden. – 66 (1978), 3, S. 183...196.

- SCHUMM, S. A.:  
The fluvial system. – New York, London, Sydney,  
Toronto: 1977.
- SOČAVA, V. B.:  
Das Systemparadigma in der Geographie. – In: Pe-  
term. Geogr. Mitt. – Gotha; Leipzig. – 118 (1974),  
3, S. 161...166.
- SOLNCEV, V. N.:  
O trudnostjach vnedrenija sistemnogo podchoda v  
fizičeskiju geografiju. – In: Voprosy Geografii. –  
Moskva. – 104 (1977), S. 20...36.
- SPENGLER, R.:  
Angewandte Hydrogeographie als Beitrag zur opti-  
malen Nutzung der Wasserressourcen. – In: Peterm.  
Geogr. Mitt. – Gotha; Leipzig. – 120 (1976), 2,  
S. 149...153.
- Staatsarchiv Magdeburg:  
Ergebnisse der Durchfluß- und Schüttungsmessungen  
1833/34. In: Acta des Königlich Preußischen Manns-  
feldischen Berg-Amtes zu Eisleben, den Betrieb und  
Haushalt des Mansfeldischen Schlüssel-Stollens be-  
treffend. Signatur: F 4, Tit. Eb, Nr. 120, Vol. VII (1832  
bis 1834).
- STEINER, D.:  
Systemtheorie/Systemanalyse und Geographie. – In:  
Geogr. Zeitschr. – Wiesbaden. – 67 (1979), 3,  
S. 185...210.
- STÖCKER, G.:  
Ökosystem – Begriff und Konzeption. – In: Arch.  
Naturschutz und Landschaftsforschung. – Berlin. –  
19 (1979), 3, S. 157...176.
- STREIT, U.:  
Raumvariante Erweiterung von Zeitreihenmodellen:  
Ein Konzept zur Synthetisierung monatlicher Abfluß-  
daten von Fließgewässern unter Berücksichtigung von  
Erfordernissen der wasserwirtschaftlichen Planung. –  
In: Giessener Geogr. Schriften. – 46 (1979).
- ULE, W.:  
Die Mansfelder Seen. – In: Mitt. d. Ver. f. Erdk. z.  
Halle a. d. Saale – (1888), S. 10...42.
- UNBEHAUEN, R.:  
Systemtheorie. – Berlin: 1980.