

Ursachen und ökologische Folgen großräumiger Grundwasserabsenkungen im Rheintalgraben

Gerhard Albert

An example from the Vorderpfalz (Ludwigshafen/Rhein) shows the courses and ecological impacts combined with groundwater lowery.

Ecological impacts, groundwater lowery.

1. Einführung

Seit Mitte der 70er Jahre sind in verschiedenen Landschaftsräumen großflächige Grundwasserabsenkungen aufgetreten. Die damit verbundenen Probleme haben dazu beigetragen, die enge Verknüpfung zwischen der Nutzung des Grundwassers und der Beeinträchtigung des ökologischen Potentials aufzuzeigen. Indizien sprechen dafür, daß sich dieses Problemfeld in den nächsten Jahren auf Grund des weiter steigenden Wasserbedarfes noch verstärken wird. Die mit Grundwasserabsenkungen zwangsläufig verbundenen ökologischen Risiken werden sich dadurch erhöhen.

An einem Beispiel aus der Vorderpfalz wird dargestellt, welche Ursachen und ökologischen Folgewirkungen großflächige Grundwasserabsenkungen beinhalten.

2. Natürliche Grundstruktur des Wasserhaushaltes im Untersuchungsraum

Das Untersuchungsgebiet ist Teil des oberrheinischen Tieflands und umfaßt den linksrheinischen Landschaftsraum des Rheintalgrabens zwischen Frankenthal im Norden und Speyer im Süden (Abb. 1). Der Grundwasserhaushalt dieses Gebietes wird wesentlich durch umfangreiche Ablagerungen des Rheins geprägt, die im Bereich Ludwigshafen eine Mächtigkeit von ca. 300 m besitzen. Innerhalb dieser Lockergesteinssedimente konnte sich ein mächtiger Grundwasserkörper ausbilden, der dem Geländeniveau folgend zum Rhein entwässert.

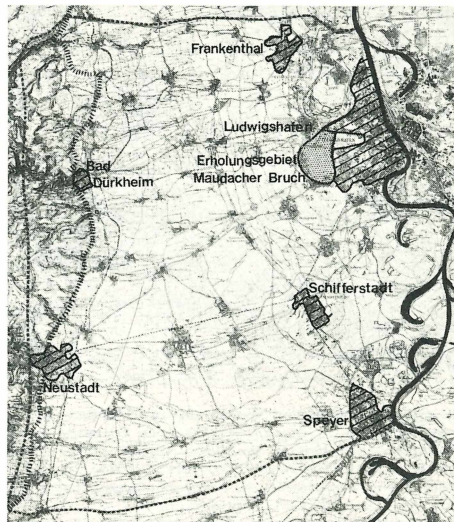


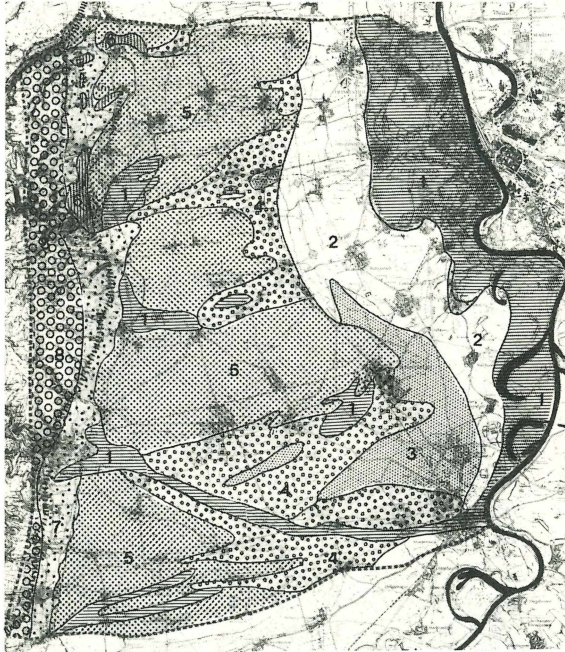
Abb. 1: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes Raum Ludwigshafen.

Der Lage zwischen Hunsrück und Pfälzer Wald im Westen und Odenwald im Osten verdankt der Landschaftsraum eine ausgeprägte trockenwarme Klimakomponente. Mit einer mittleren Lufttemperatur von 9.9 °C und mittleren Niederschlägen zwischen 450-600 mm/Jahr zählt das Gebiet zu den trockensten und wärmsten Landschaftsräumen Deutschlands. Erwartungsgemäß ist die für den Grundwasserhaushalt wesentliche Tiefenversickerung unter diesen klimatischen Bedingungen gering. Untersuchungen der Bodenfeuchte im Jahresgang und Lysimeterbeobachtungen zeigen, daß die Grundwasserneubildung in der Regel nur während des Winterhalbjahres stattfindet. Im Sommer zehrt die Evapotranspiration einen Großteil des Niederschlages auf. Überschlägig kann in diesem Raum von folgenden Schätzwerten für die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen (DIEDERICH et al. 1980) ausgegangen werden:

- Hügelland der Vorbergzone 0.5 l/s · km²
- Ebene Flächen der Frankenthaler Terrasse 0-2 l/s · km²
- Ebene Flächen mit überwiegend sandiger Deckschicht > 2-5 l/s · km²

Bei der Interpretation der Angaben ist zu berücksichtigen, daß die im Mittel unterdurchschnittlichen Winterniederschläge der 70er Jahre zu einer vergleichsweise noch geringeren Grundwasserneubildung aus der Niederschlagsversickerung geführt haben.

Trotz dieser ungünstigen Klimavoraussetzungen ist das ökologisch verwertbare Wasserangebot im oberflächennahen Bereich unter ungestörten Wasserhaushaltsbedingungen als gut einzuschätzen. Die von STROBEL (1959) zusammengestellte Übersicht über die potentiell natürlichen Vegetationseinheiten der Vorderpfalz weist nach, daß insbesondere östlich der Linie Frankenthal-Mutterstadt Vegetationstypen dominieren, die auf Wasserüberschußsituationen angewiesen sind (Abb. 2). In Rhein-



1. Bruch- und Auenwälder der Rheinniederung (Nässezeiger)
2. Riedgesellschaften im Bereich der Niederen Terrasse (Nässezeiger)
3. Trockenrasengesellschaften der Flugsandböden (Trockenzeiger)
4. Eichen-Hainbuchen-Mischwald (Feuchtezeiger) der Schwemmelkegel
5. Traubeneichen-Trockenwald und Steppenheidegesellschaften der Löß- und Tertiärsandböden (Trockenzeiger)
6. Eichen-Trockenbusch und mediterran beeinflusste Steppenrasen (extreme Trockenzeiger)
7. Laubmischwald (mäßiger Feuchtezeiger)
8. Eichen-Birken-Mischwald auf Buntsandstein (relativer Trockenzeiger)

Abb. 2: Natürliche Vegetationseinheiten der Vorderpfalz und deren Aussagewert als Feuchtigkeitszeiger.

(Verändert nach STROBEL 1959).

nähe (ca. 2000 m) spielt dabei das sich auf das Grundwasser auswirkende Rheinhochwasser eine zusätzlich wesentliche Rolle. Für die rheinferneren Standorte sind dagegen die großräumigen Wasserhaushaltszusammenhänge von Bedeutung: Morphologie und Geologie des linksrheinischen Rheintalgrabens bewirken, daß der vom Haardgebirgsrand dem Rheintalgraben zufließende Grundwasserstrom im Bereich der Vorbergzone zusammen mit dem Versickerungsanteil des Niederschlagswassers ungehindert in tiefere Bodenschichten versickern kann. Mit zunehmender Nähe zum Rhein wird diese vertikale Fließbewegung durch abdichtende Tonschichten erschwert, so daß eine Trennung in zwei Grundwasserstockwerke eintritt. Gleichzeitig entstehen durch die Stratigraphie der Tonhorizonte im tieferen Grundwasserleiter gespannte Grundwasserverhältnisse. Der Druckausgleich ist im wesentlichen nur durch lokale Fenster in der abdichtenden Tonschicht möglich. Unter weitgehend ungestörten Wasserhaushaltsbedingungen steigt das gespannte Grundwasser durch die Unterbrechungen im oberen Ton vom tieferen Stockwerk in das oberflächennahe Grundwasserstockwerk (Abb. 3). Diese hydraulische Beziehung stellt sicher, daß weitere Teile der Vorderpfälzer Rheinebene in ihren ökologischen Standortbedingungen nicht nur auf das natürliche Niederschlagsangebot angewiesen sind, sondern kontinuierlich auch vom Grundwasser mit Wasser versorgt werden. Die gleichbleibend geringen Flurabstände und die stark grundwasserabhängigen Vegetationstypen sind die Ergebnisse dieser Wasserhaushaltszusammenhänge.

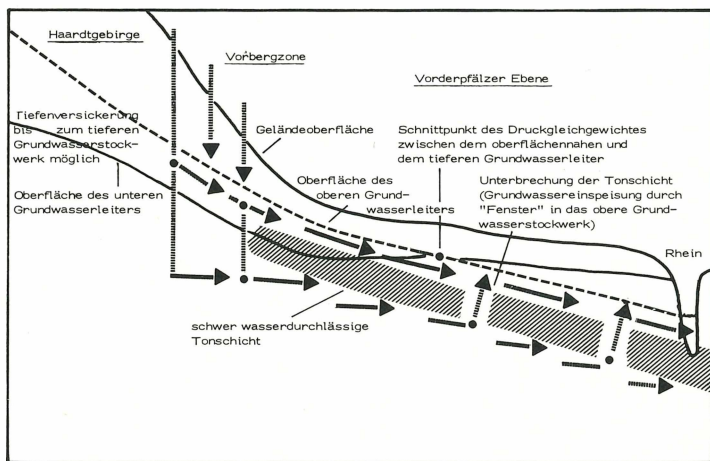


Abb. 3: Hydraulische Beziehung zwischen den Grundwasser-Stockwerken unter natürlichen Bedingungen.

3. Veränderungen im Wasserhaushalt

Diese vom lokalen Niederschlagsangebot weitgehend unabhängige ökologische Situation wurde durch die Intensivierung des Flächennutzungsmusters weitgehend verändert. Die wesentlichen Ursachen sind:

- Steigerung der Grundwasserentnahmen für Industrie, Gewerbe und private Haushaltungen. 1973 betrug die Förderung im Gesamtraum Speyer - Worms ca. 83 Mill./m³, davon je zur Hälfte Trink- und Brauchwasser.

Tab. 1: Grundwasserentnahmen 1965 - 1973 in Mill. m³.
(Quelle: Technische Werke Ludwigshafen)

	1965	1970	1973	Steigerung seit 1965
Trinkwasser	31.5	38.3	41.5	31%
Brauchwasser	35.1	37.9	41.2	17%
Gesamt	66.6	76.2	82.7	24%

Entnahmeschwerpunkt ist der Verdichtungsraum Ludwigshafen - Mannheim. Hier wurden 1975 allein 128 Mill. m³/Jahr gefördert; hiervon wurden 92 Mill. m³/Jahr aus dem tieferen Grundwasserleiter entnommen. Die Fördermengen zeigen eine deutliche Entnahmesteigerung von 1965 bis 1970. Die 70er Jahre zeigen dagegen eine geringere Steigerungsrate.

- Starke Inanspruchnahme des oberflächlichen Grundwasseraquifers für Beregnung. Der Flächenanteil gärtnerisch intensiv bewirtschafteter Flächen hat sich in der Vorderpfalz in den letzten 25 Jahren mehr als verdoppelt. Zur Wasserversorgung dieser Intensivflächen wurden bis vor wenigen Jahren überwiegend Flachbrunnen genutzt. Um diese Wasserentnahmen aus dem oberflächennahen Grundwasserhorizont zu senken, wurde vom Beregnungsverband Vorderpfalz ein Leitungsnetz gebaut, über das große Flächen der Vorderpfalz mit Wasser aus dem Otterstädter Altrhein versorgt werden. Die über Jahre hinweg hohe Grundwasserentnahme für Beregnungszwecke ist seither erheblich zurückgegangen. Offizielle Schätzungen gehen für 1975 von einem Entnahmewert von 4 Mill. m³ aus. Dabei muß berücksichtigt werden, daß ein Teil der Beregnungsbrunnen ohne Genehmigung betrieben wird und in zahlreichen Hausgärten ebenfalls eine große Zahl ungenehmigter Brunnen steht. Die reale Grundwasserentnahme für private, landwirtschaftliche und gärtnerische Zwecke ist deshalb auch heute mit Sicherheit höher anzusetzen.
- Reduzierung der Tiefenversickerung durch die Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrswegefächern sowie den Kiesabbau im Grundwasserbereich. Durch die Überbauung versickerungsfähiger Böden treten Versiegelungseffekte ein, die zu einer Verringerung der Tiefenversickerung führen. Durch die Drainwirkung des Kanalisationsnetzes wird dieser Effekt noch verstärkt. Wählt man landwirtschaftliche Nutzflächen mit einem Grundwasserflurabstand > 1 m als Bezugsbasis, zeigen sich in der Vorderpfalz folgende Differenzen in der Grundwasserneubildung:
 - Für Waldflächen eine Minderung von ca. 100 mm/Jahr (BAUMGARTNER 1967; MITSCHERLICH 1971; BRECHTEL 1973).
 - Für bebauete Flächen eine Minderung von ca. 50% (250-300 mm/Jahr); für dicht bebaute Flächen eine Minderung der Tiefenversickerung auf Null (SCHOSS 1977).
 - Bei aufgedecktem Grundwasser in Kiesgruben ebenfalls eine Reduzierung auf Null. Bei einer potentiellen Verdunstung von durchschnittlich 750 mm ist auf der Fläche mit einem Defizit von über 200 mm zu rechnen.

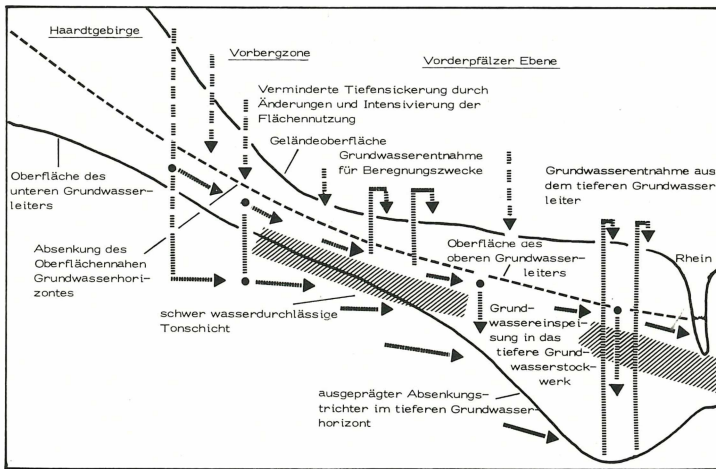


Abb. 4: Hydraulische Beziehungen zwischen den Grundwasser-Stockwerken unter den aktuellen Bedingungen.

Durch das räumlich-zeitliche Zusammenwirken dieser Veränderungen im Wasserhaushalt entstand unter dem Siedlungsschwerpunkt Mannheim-Ludwigshafen ein Grundwasserabsenkungstrichter. Folgewirkung dieser Entwicklung war, daß nicht mehr wie unter ungestörten Wasserhaushaltsbedingungen Wasser vom tieferen Aquifer zum oberflächennahen Grundwasserhorizont aufsteigt und so entscheidend zur Sicherstellung geringer Grundwasserflurabstände beitragen kann. Die Situation hat sich vielmehr umgekehrt, indem das noch vorhandene oberflächennahe Grundwasser nun durch die Tonschicht und insbesondere die 'Fenster' im oberen Ton zum tieferen Grundwasserleiter sickert (Abb. 4).

Die Fließrichtungsumkehrung der hydraulischen Beziehungen zwischen den Grundwasserleitern wurde durch die Reduzierung der Niederschlagsversickerung und Entnahmen aus dem oberflächennahen Horizont verschärft.

Die durch diese Entwicklung ausgelösten Grundwasserabsenkungen bewirkten ihrerseits schwerwiegende Beeinträchtigungen, insbesondere in den von geringen Flurabständen bzw. Wasserüberschußsituationen abhängigen Vegetationstypen und Biotopflächen.

4. Ökologische Auswirkungen

Die Konsequenzen dieser Entwicklung zeigen sich besonders deutlich und schnell an den empfindlichen Feuchtbiotopen. Der Landschaftsraum Maudacher Bruch ist dafür ein Beispiel (vgl. Abb. 1).

Das Bruchgebiet umfaßt eine ehemalige Rheinschlinge, die durch flußmorphologische Vorgänge im 8. und 9. Jahrhundert vom Hauptstrom abgeschnitten wurde. Die Rekonstruktion der ökologisch wirksamen Wasserhaushaltssituation zeigt, daß bis vor wenigen Jahren Grundwasser oberflächennah im Bruchgebiet anstand (Abb. 5). Der Standortfaktor war Existenzgrundlage zur Ausbildung eines ausgeprägten Bruchwaldes. Die Wasserüberschußsituation verdankte der Landschaftsraum mehreren Besonderheiten der oberflächennahen Wasserhaushaltssituation:

- Durch die Sedimentationsvorgänge in der ehemaligen Rheinschlinge bildete sich eine oberflächennahe trogförmige Tonschicht aus, die weitgehend verhinderte, daß Oberflächen- und Niederschlagswasser ungehindert versickerten.
- Die kontinuierliche Wassernachlieferung wurde durch einen wasserführenden Sand- und Kieshorizont sichergestellt, der am Prallhang der Rheinschlinge angeschnitten wurde.
- Letztlich sorgte das unter der Tonschicht anstehende gespannte Grundwasser dafür, daß auch vom Untergrund die abdichtende Tonschicht in einem wassergesättigten Zustand gehalten wurde.

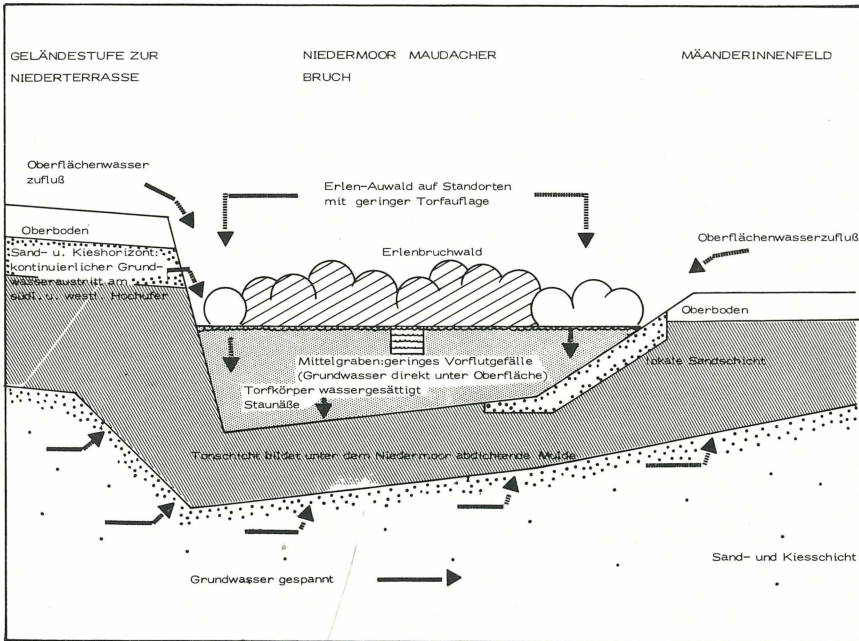


Abb. 5: Maudacher Bruch unter ungestörten Wasserhaushaltsbedingungen.

Im Zusammenwirken dieser Standortseigenschaften entstand eine Wasserüberschußsituation, die zur Entwicklung eines Erlenbruches wesentlich beitrug. Durch die Grundwasserabsenkungen wurde diese Sondersituation schwerwiegend verändert (Abb. 6):

- Durch den Grundwasserabsenkungstrichter wurden die gespannten Grundwasserverhältnisse unter der Tonschicht aufgehoben und so ein Austrocknungsprozeß im Tonhorizont ausgelöst.
- Die starke Inanspruchnahme des oberflächennahen Grundwasserkörpers und die unzureichende Tiefenversickerung hatten zur Folge, daß die zur Wassernachlieferung notwendigen Grundwasseraustritte zurückgingen und in den Trockenjahren 1973, 1975 und 1976 völlig versiegten.

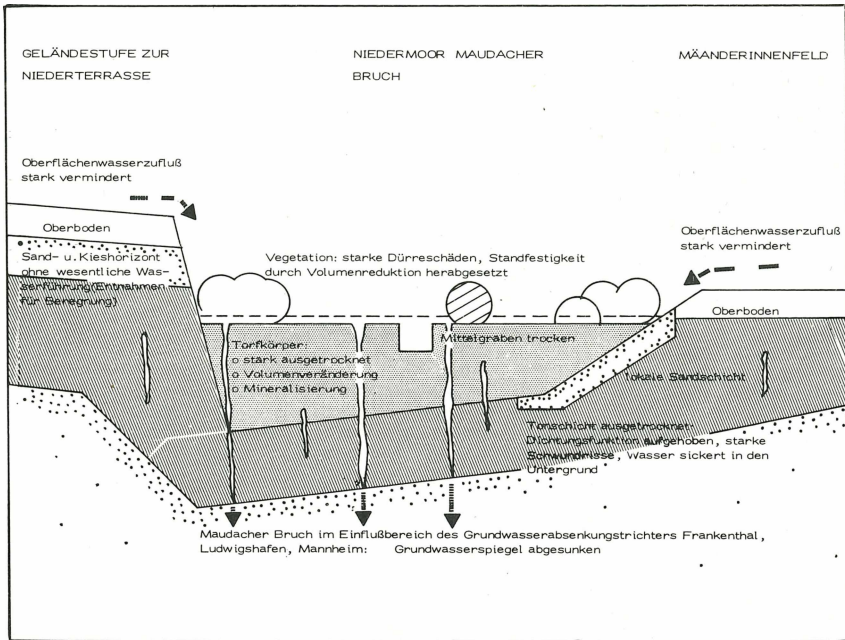


Abb. 6: Maudacher Bruch im aktuellen Zustand.

Die durch diesen Prozeß ausgelöste Trockenlegung von Ton- und darüber lagernder Torfschicht beschleunigte ihrerseits den Entwässerungsvorgang. Die Tonschicht trocknete aus, und es entstanden Trockenrisse (Abb. 7). Dieser einmal in Gang gekommene Entwässerungseffekt verstärkte sich selbsttätig, indem die Schrumpfrisse Leitungsbahnen bildeten, über die auch das im Torfkörper noch gehaltene Wasser beschleunigt abfließen konnte.

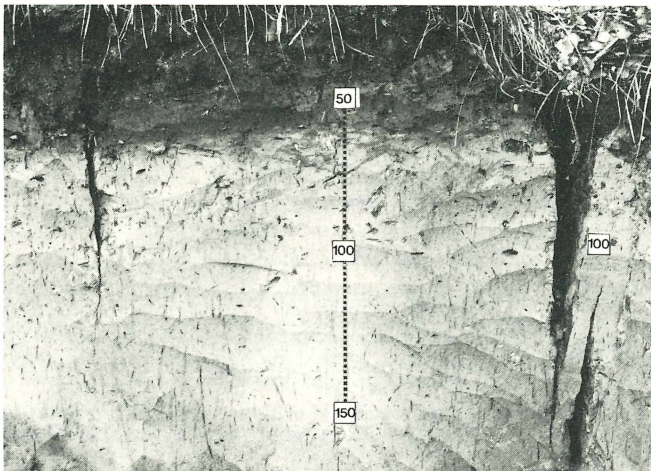


Abb. 7: Trockenrisse im Ton- und Torfkörper.
Aufnahme August 1977, Standort 'Kellersches Wäldchen',
Maudacher Bruch, Ludwigshafen/Rhein.

durch die Trockenlegung des Bruchgebietes wurden zahlreiche ökologische Folgeeffekte in Boden, Vegetation und Tierwelt ausgelöst:

- Der Torfkörper ist durch den Bodenwasserverlust weitgehend geschrumpft und wird durch hinzutretende Luft mineralisiert.
- Die veränderten Bodeneigenschaften haben ihrerseits die Vegetation beeinflusst. Durch die Mineralisierung stellten sich insbesondere in der Krautschicht neue Arten ein. Ein Teil der bisherigen, für das Bruchgebiet charakteristischen Arten ist verschwunden. Die typische Baumschicht zeigt ausgeprägte Trockenschäden. Durch die Bodensenkungen wurde der Wurzelansatz von *Alnus incana* freigelegt und erweckt den optischen Eindruck von "Stelzwurzeln". Die Standfestigkeit der Bäume hat sich durch diesen Vorgang stark vermindert.
- Zwei Jahre nach den ersten deutlich erkennbaren Trockenschäden wurde von BÖTTCHER (1978) eine vegetationskundliche Untersuchung des Landschaftsraumes durchgeführt (vgl. Abb. 8). Danach sind folgende Pflanzengesellschaften von der Grundwasserabsenkung betroffen:
 - Erlenbruch (*Carici elongatae-Alnetum*, reiche Ausbildung) als Restbestand des ehemaligen End- und Dauerstadiums der natürlichen Vegetationsentwicklung.
 - Grauweiden-Gebüsch, wahrscheinlich ein Degenerationsstadium der ehemaligen Vegetationsverhältnisse.
 - Erlen-Auenwald und Eschen-Erlen-Auenwald als Vegetationstyp auf Standorten mit geringer Torfmächtigkeit bzw. stark vernäßigem Mineralboden.
 - Feuchte Grünland-, Röhricht-, Großseggen- und Hochstauden-Bestände.

Vergleiche mit älteren Vegetationsaufnahmen (SCHÄFER 1963) belegen, daß ein tiefgreifender Wandel in der Zwischenzeit stattgefunden hat. Die vorgefundene Situation deutet darauf hin, daß der aktuelle Zustand nur die Momentaufnahme eines noch nicht abgeschlossenen Prozesses darstellt.

- Ebenfalls stark verändert hat sich die Fauna des Landschaftsraumes. Während noch Mitte der 60er Jahre zahlreiche Wat- und Wasservogel regelmäßig beobachtet wurden, sind zum aktuellen Zeitpunkt die an den Milieufaktor Wasser gebundenen Tierarten weitgehend verschwunden. Bei einer Beringungsaktion wurden Mitte der 60er Jahre noch 127 Teichrohrsänger gefangen, dagegen waren es 1975 nur noch 19 Exemplare. Durch die Grundwasserabsenkung haben sich andererseits die Biotopbedingungen verschiedener Vogelarten verbessert. Insbesondere die Spechtpopulation hat zugenommen; sie beruht im wesentlichen auf der räumlichen Häufung kranker bzw. toter Bäume.

5. Problemvernetzung

Die großräumigen Grundwasserabsenkungen im Verdichtungsraum Ludwigshafen/Rhein haben zahlreiche Ursachen. Die für das Problem primär verantwortlich gemachten unmittelbaren Grundwasserentnahmen aus dem tieferen Grundwasserhorizont sind zweifellos ein wesentlicher Ursachenkomplex. Daneben sind aber auch die nur schwer quantifizierbaren Nutzungseinflüsse wie

- Entnahme von Beregnungswasser aus dem Grundwasser,
- Verdunstungsverlust bei aufgedecktem Grundwasser,
- Entwässerungseffekte durch Drainung und Gewässer Ausbau,
- Versiegelungswirkung der Siedlungs- und Straßenflächen

mit als wesentlicher Ursachenkomplex in die Wasserhaushaltsbilanz der oberflächennahen Grundwasserhältnisse einzubeziehen.

Es muß davon ausgegangen werden, daß im Untersuchungsgebiet keine klare Trennung zwischen einem oberen und einem tieferen Grundwasseraquifer besteht. Starke Entnahmen im tieferen Grundwasserleiter führen unter diesen Rahmenbedingungen in der Regel auch im oberflächennahen Grundwasserhorizont zu Grundwasserabsenkungen. Folgewirkungen für die ökologische Struktur der Landschaftsräume sind deshalb nicht auszuschließen. Risiken ergeben sich auch dann, wenn das oberflächennahe Grundwasser durch anthropogene Einflüsse in seiner Qualität negativ verändert ist. Die höhere Abströmgeschwindigkeit des oberflächennahen Grundwassers zum tieferen Grundwasserleiter beinhaltet in diesem Fall die Gefahr, daß die Grundwasserlagerstätte langfristig verunreinigt wird.

Langfristige Prognosen gehen von einem weiteren Anstieg des Wasserbedarfes von Industrie und Bevölkerung aus. Die lokale Beanspruchung des Grundwasserpotentials in den Verbraucherzentren zwingt dazu, bisher ungenutzte Grundwasserreserven zu erschließen. Durch die in der Regel enge räumliche Nachbarschaft grundwasserhöfiger Gebiete und Feuchtbiotopflächen ist das Risiko groß, daß auch hier ökologisch problematische Grundwasserabsenkungen auftreten.

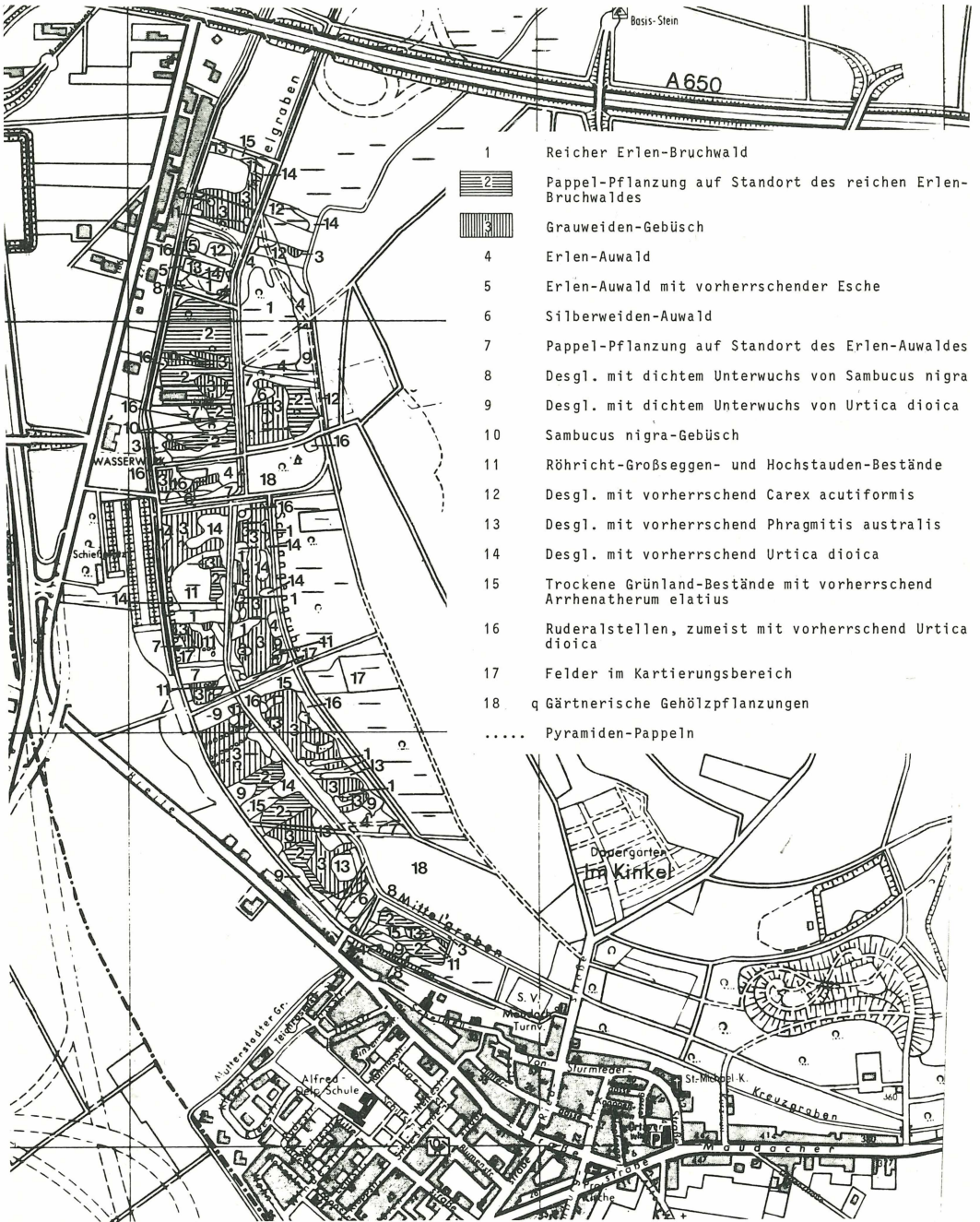


Abb. 8: Vegetation Maudacher Bruch.
Vegetationskartierung BÖTTCHER 1981.

Letztlich sind auch lokalklimatische Folgeeffekte der Grundwasserabsenkung zu beachten. Die grundwassernahen und damit kaltluftproduzierenden Niederungsflächen im unmittelbaren Nachbarschaftsbereich zum Stadtgebiet Ludwigshafen haben bisher dazu beigetragen, die in den Sommermonaten bei Schwachwindsituationen in den dicht bebauten Stadtteilen entstehenden 'Wärmeinseln' abzubauen. Es bleibt abzuwarten, in welchem Umfang die grundwasserfernen Standorte dazu noch in der Lage sind.

Literatur

- BAUMGARTNER A., 1967: Energetic bases for different vaporization from forest and agricultural land. Proc. Int. Symp. Forest Hydrol.: 381-389.
- BÖTTCHER H., 1981: Vegetationskartierung Maudacher Bruch. Inf. Stadtentwicklung Ludwigshafen 2. Ludwigshafen (Stadtverw.).
- BRECHTEL H.M., 1973: Ein methodischer Beitrag zur Quantifizierung des Einflusses von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen auf die Grundwasserneubildung in der Rhein-Main-Ebene. Z. Dt. Geol. Ges. 124: 593-605.
- DIEDERICH G. et al., 1980: Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum. - Analyse des Ist-Zustandes. Stuttgart/Wiesbaden/Mainz (Min. f. Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt u. Forsten Baden-Württemberg; Hess. Minister f. Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft u. Forsten; Min. f. Landwirtschaft, Weinbau u. Forsten, Rheinland-Pfalz): 71 S.
- MITSCHERLICH G., 1971: Waldklima und Wasserhaushalt [Wald, Wachstum und Umwelt Bd. 2]. Frankfurt (Sauerländer): 365 S.
- SCHÄFER A., 1963: Die Pflanzenwelt in und um Ludwigshafen am Rhein. Pollichia, III. Reihe, 10: 6-67.
- SCHOSS H.-D., 1977: Die Bestimmung des Versiegelungsfaktors nach Meßtischblatt-Signaturen. Wasser und Boden 5: 138-140.
- STROBEL H., 1959: Die pflanzengeographische Gliederung der Vorderpfalz. Pollichia, III. Reihe, 6: 5-84.

Adresse

Dr. Gerhard Albert
Dudweilerstr. 1
D-3000 Hannover 71

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [10_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Albert Gerhard

Artikel/Article: [Ursachen und ökologische Folgen großräumiger Grundwasserabsenkungen im Rheintalgraben 365-373](#)