

3.1. Einführung in das Aufgabengebiet

3.1.1. Erläuterung der Begriffe „Stauen“ und „Rieseln“

Beim „Stauen“ wird abfließendes Wasser zurückgehalten und beim „Rieseln“ fließendes Wasser, meist in dünner Schicht, über den Boden geleitet.

Abfließendes Wasser kann durch Staueinrichtungen verschiedenster Art zurückgehalten werden, z. B. durch den *Staudamm* einer Talsperre oder durch die *Staubohle* eines einfachen Grabenstaus. Obwohl im erwähnten Vergleich das gestaute Wasser unterschiedlichen Zwecken dienen kann, wird doch in beiden Fällen die gleiche Absicht verfolgt:

Der nutzlose Abfluß in Überschußzeiten soll unterbunden werden, um das Wasser in Bedarfszeiten verfügbar zu haben.

Im Folgenden wird nur auf die Verwendung des gestauten Wassers in den sogenannten „Durstperioden“ zur Versorgung der Pflanzen eingegangen.

Die Rieselbewässerung ist meist mit *Stauhaltung* verbunden. Der Unterschied zu den Stauverfahren besteht darin, daß letztere – hauptsächlich in den gefüllearmen Niederungsgebieten angewendet – vornehmlich die Aufgabe haben, den Grundwasserstand zu regulieren, während die Rieselfverfahren der Oberflächenbewässerung auf mehr oder weniger stark geneigtem Gelände dienen.

3.1.2. Entwicklung und Bedeutungswandel der Stau- und Rieselfverfahren

Die Stau- und Rieselfverfahren zählen gegenüber der material- und arbeitsintensiven Beregnung zu den *einfachen* Bewässerungsverfahren.

Sowohl die Stau- als auch die Rieselfverfahren wurden bereits in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts in Deutschland angewendet. Sie haben jedoch mit der ökonomischen und gesellschaftlichen Entwicklung einen tiefgreifenden Bedeutungswandel erfahren.

Im Jahre 1750 soll der Bürgermeister Drechsler die erste *Rieselbewässerung* im Siegener Land angelegt haben. Die Wiesenrieselung, gekennzeichnet durch einen hohen Wasserbedarf, kleine Wirtschaftsfächen und hohen Handarbeitsaufwand, konnte sich im 19. Jahrhundert auf dem Mittelgebirgsgrünland beachtlich verbreiten; denn Wasser war ausreichend vorhanden, die Arbeitskraft war billig, und das Grünland war vorwiegend in Klein- und Kleinstflächen aufgeteilt, die von Hand bewirtschaftet wurden. Da die

mineralische Düngung erst in den mittleren Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts bekannt wurde (Justus von Liebig begründete die Mineraltheorie 1840), spielte auch die *düngende Wirkung* des Rieselwassers eine bedeutende Rolle.

In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die Rieselverfahren auch im Flachland verstärkt bei der Verwertung von Abwässern angewendet. Im Rahmen der Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen nehmen aber die *Rieselfelder* eine Sonderstellung ein, weil die Belange der Abwasserreinigung gegenüber der landwirtschaftlichen Ausnutzung, vor allem in der ersten Zeit ihrer Anwendung, im Vordergrund standen.

Im Zeitalter der Großflächenbewirtschaftung mit hoher Mechanisierungsstufe, bei hohem Aufwand an mineralischem Dünger und zunehmender Wasserverknappung hat die Rieselbewässerung stark an Bedeutung eingebüßt. Neue Rieselungsanlagen werden kaum noch gebaut; alte Anlagen werden zum Teil umgewandelt. So sollen z. B. etwa 11000 ha Berliner Rieselfelder durch Großberegnungsanlagen ersetzt werden. Da es aber unter Umständen sinnvoll sein kann, bestehende Rieselanlagen instand zu halten und zu nutzen, sollen die wichtigsten Rieselverfahren mitbehandelt werden.

Die Stauverfahren zur Grundwasserregulierung haben demgegenüber mit der Entwicklung an Bedeutung gewonnen. Dies ist einerseits bedingt durch das gemeinsame Interesse von Wasserwirtschaft und Landwirtschaft, möglichst viel Wasser, auch im Boden, zu speichern. Andererseits entsprechen die Stauverfahren in hervorragender Weise der zeitgemäßen Großflächenbewirtschaftung, weil in den gefällearmen Niederungen der Grundwasserstand am wirksamsten beeinflußt werden kann, wenn die Stauverfahren über ganze Grabensysteme angewendet werden können.

Das für die einzelbäuerliche Wirtschaftsweise charakteristische kleinräumige Denken stand der sinnvollen Wasserregulierung vielfach entgegen.

Durch die sozialistische Umgestaltung der Landwirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik wurden die besten Voraussetzungen für die großflächige Bewirtschaftung und die Regulierung des Wassers im Bereich der Landwirtschaft geschaffen.

Das gilt besonders für die Wasserrückhaltung und die Bewässerung nach dem jeweils günstigsten Verfahren.

3.1.3. Anwendungsbereiche und Aufgabenstellung in der DDR

Die Stauverfahren zur Grundwasserregulierung werden in ebenen bis wenig geneigten Niederungsgebieten, vorwiegend auf Böden mit durchlässigem Untergrund, angewendet.

Auf diesen Standorten sinkt in der Vegetationsperiode bei Vorhandensein eines ausreichenden Entwässerungssystems schon in kürzeren niederschlagsfreien Perioden das Grundwasser mit dem Grabenwasserspiegel kontinuierlich ab. Es tritt relativ schnell der Zustand ein, daß das Kapillarwasser aus dem Bereich der Pflanzenwurzeln gelangt. Ohne Regulierung des Grundwassers sind diese Standorte – besonders in Jahren mit längeren Trockenperioden – ertragsunsicher.

Die unter Grundwassereinfluß stehenden Niederungsböden werden nicht nur als Grünland genutzt. Vor allem die Talsandgebiete in den nördlichen und mittleren Bezirken

der DDR sind durch Entwässerung für Grünland zu trocken und somit Ackerstandorte geworden.

Für Ackerkulturen wird ein Einfluß des Grundwassers auf den Ertrag bis zur Grundwassertiefe von 1,5 — 2,0 m angenommen; bei den wesentlich flacher wurzelnden Grünlandpflanzen endet der Grundwassereinfluß etwa bei 1,0 m Grundwassertiefe.

Von den 1,3 Millionen ha Grünland der DDR liegen etwa 800 000 ha auf Grundwasserstandorten; der Ackeranteil, auf dem oches Grundwasser (nicht zeitweilige Staunässe!) von Bedeutung ist, wird auf 600 000 ha geschätzt.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß bei den zu fordernden Voraussetzungen nicht alle Grundwasserböden im geschätzten Umfang von 1,4 Millionen ha LN für die Stauverfahren in Betracht kommen, wird der Anwendungsbereich mit etwa 1 Million ha LN veranschlagt. Diesem Anwendungsbereich stehen in der DDR Berieselungsanlagen im Umfang von etwa 20 000 ha gegenüber. Davon sind etwa 13 000 ha Rieselfelder — davon allein 11 500 ha in der Umgebung von Berlin — und 5 000 ha Rieselanlagen im Mittelgebirge.

Der Perspektivplan des Meliorationswesens sieht vor, die Bewässerungsfläche bis zum Jahre 1970 um mindestens 200 000 ha einfache Bewässerungsverfahren zu erweitern. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Anlagen zur Grundwasserregulierung.

3.2. Die einzelnen Stau- und Rieselfverfahren

3.2.1. Die Stauverfahren zur Grundwasserregulierung

Die Stauverfahren zur Grundwasserregulierung werden in diesem Abschnitt nur informatorisch erwähnt. Die Einrichtungen zur Grundwasserregulierung mittels Stauverfahren werden deshalb im Abschnitt 3.4. „Bauwerke und Einrichtungen für Stau- und Rieselfverfahren“, S. 128, die Technologie der Grundwasserregulierung im Abschnitt 3.6. „Technologie der Grundwasserregulierung mittels Stauverfahren“, S. 140, beschrieben.

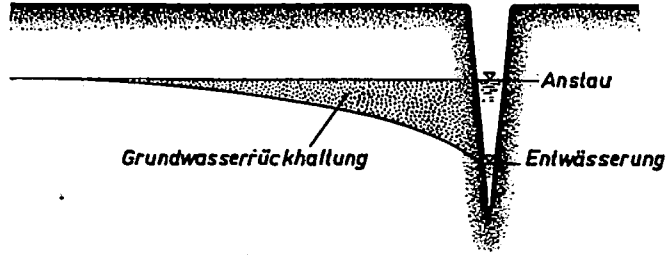
Demgegenüber werden die Einrichtungen für die weniger bedeutungsvollen Überstauungs- und Rieselfverfahren einschließlich der Technologie in diesem Abschnitt vollständig behandelt.

3.2.1.1. Grabenanstau

Der Grabenanstau ist dadurch gekennzeichnet, daß nur das im Staubereich anfallende Wasser zurückgehalten wird.

Der *Staubereich* ergibt sich aus der möglichen *Stauhöhe* und der vom Gelände abhängigen *Rückstaulänge* im Graben. Der Grabenanstau stellt also nur eine Unterbindung des Wasserabflusses in Entwässerungsgräben dar und ist kein eigentliches Bewässerungsverfahren.

Abb. 1
Verlauf der
Grundwasseroberfläche unter
Anstaubedingungen



Die Wirkung des Grabenanstaues ist begrenzt, weil der Grabenwasserspiegel nicht über die jeweilige mittlere Grundwasseroberfläche gehoben werden kann (siehe Geländeschnitt in Abb. 1). Demzufolge muß der Graben rechtzeitig angestaut werden, solange noch Grundwasser zu den Gräben hin abfließt.

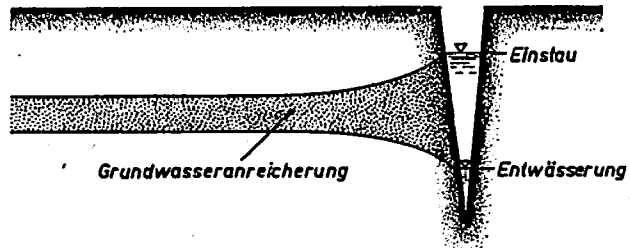
In Anstaubeieten verlangt somit die Grundwasserregulierung viel Aufmerksamkeit, Erfahrung und schnelles Reagieren auf Witterungsänderungen.

Obleich kein Zusatzwasser zur Verfügung steht, wird durch die vorbeugende Abflußverzögerung der für den Pflanzenwuchs schädliche Wassermangel hinausgezögert, wodurch häufig der Anschluß an die wiedereinsetzenden Niederschläge erreicht wird.

3.2.1.2. Grabeneinstau

Der Grabeneinstau ist dadurch gekennzeichnet, daß vor allem Wasser zurückgehalten wird, das von höhergelegenen, nicht im Staubeereich liegenden Flächen zufließt bzw. zugeleitet wird.

Abb. 2
Verlauf der
Grundwasseroberfläche unter
Einstaubebedingungen



Beim Grabeneinstau steht also zusätzliches Wasser, sogenanntes *Fremdwasser*, zur Verfügung. Insofern ist der Grabeneinstau ein echtes Bewässerungsverfahren.

Die Wirkung des Grabeneinstaues auf die Wasserversorgung der Pflanzen – das trifft gleichermaßen für den künstlichen und den Dräneinstau zu – ist weit intensiver als beim Grabenanstau. Durch die Aufhöhung des Grabenwasserspiegels über das Niveau der Grundwasseroberfläche hinaus (siehe Geländeschnitt in Abb. 2) wird das Grundwasser vom Graben aus unter Druck gesetzt, womit ein Ansteigen des Grundwasserspiegels verbunden ist. Der Grabeneinstau hat unter den Bedingungen der Deutschen Demokratischen Republik von allen Stauverfahren die größte Bedeutung.

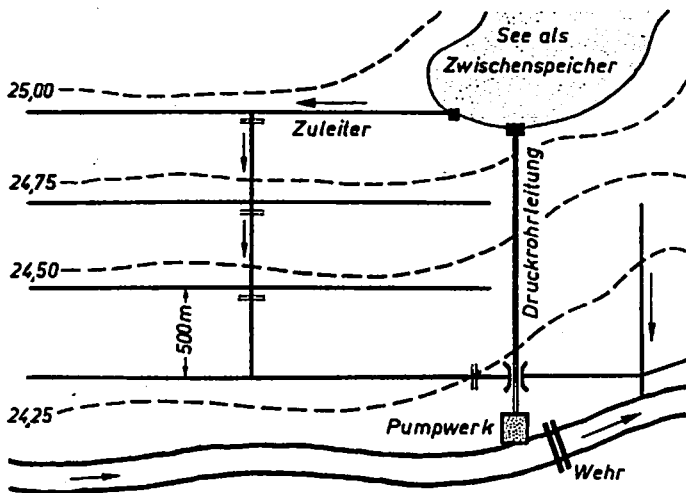


Abb. 3
Anlage zum künstlichen Einstau mittels Pumpwerk und Zwischenspeicher

3.2.1.3. Künstlicher Einstau über Schöpf- und Pumpwerke

Beim künstlichen Einstau wird Fremdwasser aus tiefergelegenen wasserreichen Niederungen oder Speichern in höhergelegene Grundwassergebiete geschöpft oder über längere Druckrohrleitungen gepumpt.

Der künstliche Einstau – vereinzelt schon in den letzten Jahrzehnten angewendet – gewinnt mit der steigenden Intensivierung der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Wenn es möglich ist, den künstlichen Einstau mit Zwischenspeichern (siehe Abb. 3) zu kombinieren, kann auch das in Nässeperioden nutzlos abfließende Wasser ausgenutzt werden.

3.2.1.4. Dräneinstau

Beim Dräneinstau wird Fremdwasser in Dränanlagen eingeleitet.

Gegenwärtig wird der Dräneinstau hauptsächlich auf Niedermoorstandorten in Verbindung mit der im Einzelsaugersystem verlegten Maulwurfaußenschnittdränung (siehe Abb. 4) mit guter Wirkung angewendet.

Der Dränanstau, bei dem ohne Fremdwasserzuführung nur der Abfluß aus den Dränen unterbunden wird, spielt nur eine untergeordnete Rolle.

3.2.2. Die Überstauung und die Staurieselung

Bei der Überstauung wird das Wasser auf ebene bis schwach geneigte Flächen geleitet, die durch Dämme abgeteilt sind.

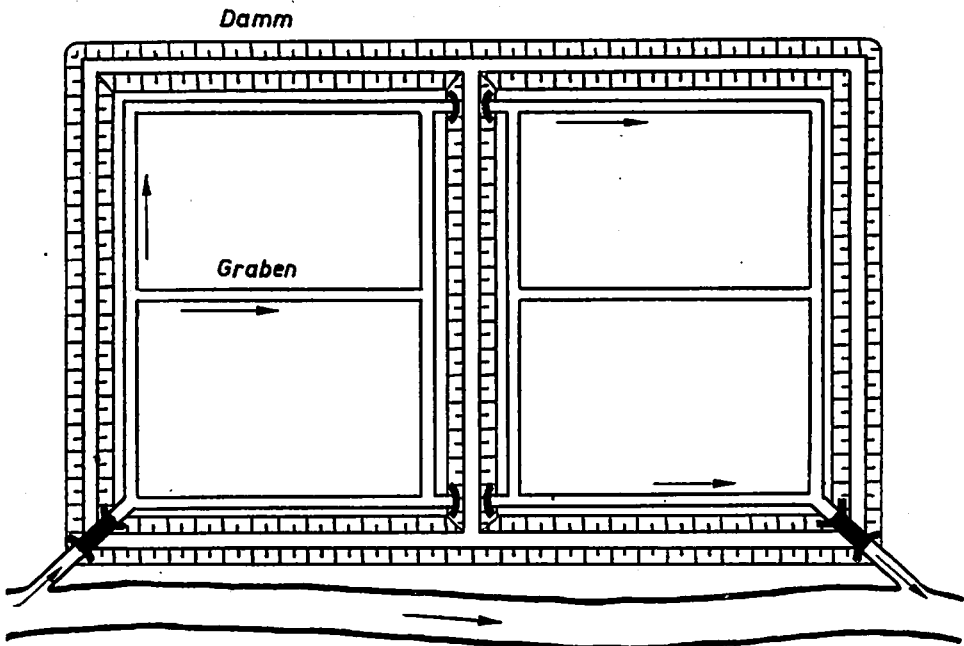
Auf diesen Flächen (Abb. 5) bleibt das Wasser mit einer Überstauungshöhe von 0,2 bis 0,3 mm eine Zeitlang stehen.

Abb. 4
Die Einzel-
ausmündungen der
Maulwurfausschnitt-
dränung
auf Niedermoor
begünstigen den
Dräneinstau



Die Überstauung wird hauptsächlich in Ländern angewendet, in denen mangels mineralischer Düngung die im Hochwasser der Flüsse enthaltenen wertvollen Schwebstoffe für die Nährstoffversorgung Bedeutung haben. In der Deutschen Demokratischen Republik spielt die Überstauung nur in der Abwasserbeseitigung eine Rolle.

Abb. 5 Anlage zur Überstauung



Bei der Staurieselung wird an Stelle der stehenden Überstauung eine fließende Überstauung ebener bis schwach geneigter Flächen in dünner Schicht vorgenommen.

Die Staurieselung war auf den Abwasser-Rieselfeldern, vor allem im 19. Jahrhundert, das bevorzugte Verfahren.

Die *baulichen Anlagen* bei der Überstauung und Staurieselung sind – abgesehen von Sonderfällen – die gleichen. So kann eine Überstauungsanlage auch zur Staurieselung verwendet werden, indem die Polder bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt werden und danach durch Regelung der Auslaßschleusen dafür gesorgt wird, daß die gewünschte Wasserhöhe erhalten bleibt.

Gegenüber der Überstauung, bei der das stehende Wasser an Sauerstoff verarmt, wird das fließende Wasser bei der Staurieselung mit Sauerstoff angereichert.

Die durch Dämme begrenzten Stauflächen sollen möglichst im Rechteck angelegt werden. Die Stauflächen der Rieselfelder sind nur 0,5 bis 1,25 ha groß (bei den großen Überstauungsanlagen in der Vereinigten Arabischen Republik – Ägypten – haben dagegen die Stauflächen eine Größe bis zu 1700 ha). Zur Beschickung der Stauflächen sind *Absperrschieber* mit Rohrstützen oder *Einlässe* mit Schützen im Gebrauch.

3.2.3. Das Fluten eingedeichter Niederungen

Das *Einlassen von Flußwasser* in eingedeichte Grünlandgebiete hatte vor der Zeit der verstärkten Anwendung mineralischer Dünger gelegentlich als düngende Bewässerung Bedeutung.

Heute wird das Fluten eingedeichter Niederungen nur noch als wasserwirtschaftliche Notmaßnahme angewendet. Wenn z. B. bei Elbhochwasser Gemeinden oder Städte gefährdet sind, wird die Hochwasserspitze durch das Fluten von Poldern in der Havelniederung „gekappt“ und somit die Hochwassergefahr für menschliche Siedlungen abgewendet.

3.2.4. Die Rieselfverfahren

Bei den Rieselfverfahren werden unterschieden:

- Furchenrieselung
- Hangrieselung

3.2.4.1. Furchenrieselung

Bei der Furchenrieselung wird das Wasser bei vorhandener oder künstlich geschaffener Geländeneigung aus den Zuleitern in Furchen geleitet.

Bei dieser Bewässerung (siehe Abb. 6) soll das Wasser durch Sohle und benetzte Wandungen in den Boden der Beete eindringen. Auf den Abwasser-Rieselfeldern bedeutete der teilweise Übergang von der Überstauung zur Furchenrieselung, die besonders im Hackfrucht- und Gemüseanbau Eingang fand, einen Fortschritt in bezug auf die Ausnutzung des Wassers durch die Landwirtschaft.

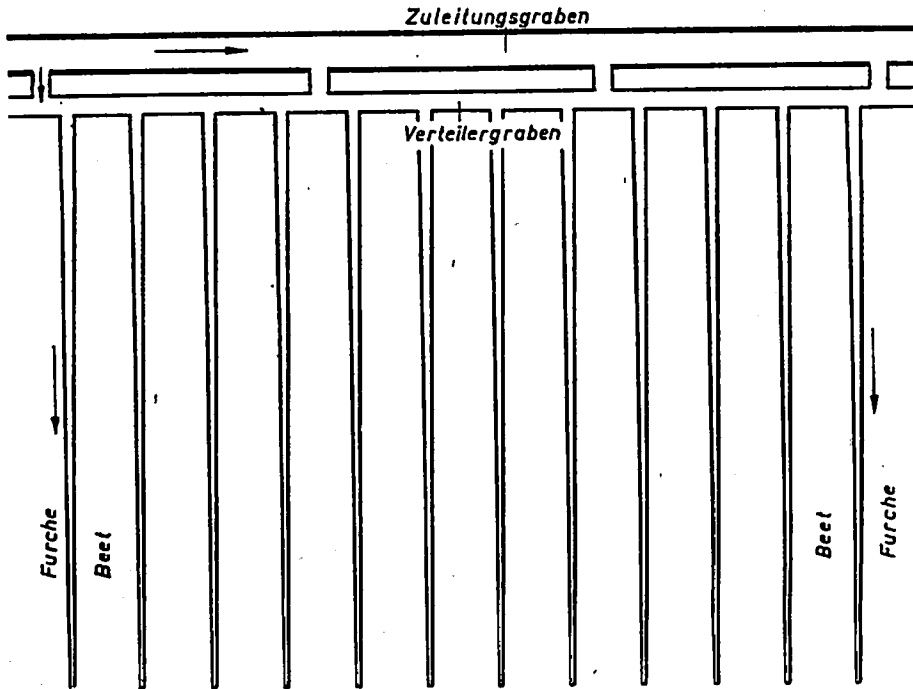


Abb. 6 Anlage zur Furchenrieselung

Bei der Furchenrieselung sollen die einzelnen Furchen etwa 0,2 m breit und etwa 0,2 bis 0,3 m tief sein; bei Obstanlagen beträgt die Breite bis 0,5 m und die Tiefe bis 0,2 m.

Die Furchen werden gleichlaufend im Abstand von 1,30 bis 1,50 m mit einem Gefälle von etwa 0,3 bis 0,5 ‰, höchstens 2 ‰, angeordnet, und zwar so, daß das Wasser bis an das Ende der Furchen gelangen kann, aber nicht überläuft.

3.2.4.2. Hangrieselung

Bei der Hangrieselung wird das Wasser über Zuleiter, Verteilerrinnen und Rieselrinnen auf Flächen mit natürlicher oder hergestellter Neigung geleitet.

Charakteristisch ist, daß das in ganz dünner Schicht den Boden überfließende Wasser an keiner Stelle zum Stillstand kommen darf. Voraussetzung ist deshalb ein stärkeres Gefälle.

Außerdem muß das Wasser durch Zu- und Ableitungsrinnen fortgesetzt in Bewegung gehalten werden.

Die Hangrieselung wird, wenn das natürliche Gefälle ausreicht, als natürliche Hangbau angewendet. Die einfachste Form der Hangrieselung mit natürlichem Gefälle wird als wilde Hangrieselung (siehe S.120) bezeichnet.

In Gebieten des Flachlandes, in denen viel Wasser, aber kein natürliches Geländegefälle zur Verfügung stand, wurde im 18. und 19. Jahrhundert vielfach das Gelände mit großem Aufwand an Erdarbeiten umgeformt und eine Hangrieselung künstlich geschaffen. Zu unterscheiden sind:

- der künstliche Hangbau
- der künstliche Rückenbau

Beim künstlichen Hangbau sind die hergestellten Hangflächen sägezahnartig angeordnet;
 beim künstlichen Rückenbau ist die Oberfläche satteldachartig in gleichmäßige Tafeln von 3 bis 8 m Breite bei einer Länge von etwa 50 m aufgeteilt.

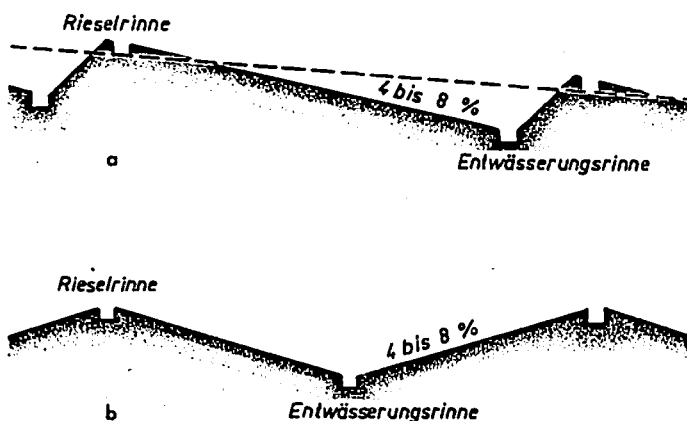


Abb. 7
 Geländeschnitte
 a künstlicher Hangbau
 b künstlicher Rückenbau

Die Abbildung 7 zeigt Querschnitte, aus denen die künstliche Umgestaltung des vorher ebenen bzw. schwach geneigten Geländes zu ersehen ist.

Die Flächen der künstlichen Hangrieselung können weder mit Maschinen befahren, noch beweidet werden. Wirtschaftlich sind sie also *bedeutungslos* geworden. Historisch gesehen, zeugen sie vom mühevollen Streben des Menschen nach einer möglichst hohen Ausnutzung des Wassers unter den damals gegebenen Möglichkeiten.

Beim „Kunstwiesenbau“ – wie die künstliche Hangrieselung auch genannt wird – wurden auf kleinster Fläche höchste Erträge erzielt. Möller (1952) nennt Heuerträge in 3 bis 4 Schnitten von 100 bis 120 dt/ha in bester Qualität.

Die *einfachste Form* der Hangrieselung (wilde Rieselung) besteht darin, daß das Bewässerungswasser durch *Zuleiter* auf die höchsten Geländestellen geleitet und von hier aus mehr oder weniger unregelmäßig in dünner Schicht verrieselt wird. In der Regel werden aus den Zuleitern *Rieselrinnen* abgezweigt, die den höchsten Geländelinien fast waagrecht folgen. Mit *Stechschützen* (Abb. 9) werden Hindernisse in die Rieselrinnen gebaut, so daß das Wasser gezwungen wird, die Furchenkanten zu überfließen und in breiter Bahn über die Flächen zu rieseln. Die in den Geländemulden gelegenen Entwässerungsgräben nehmen das abgerieselte Wasser auf, soweit es ihnen zufließt.

Abb. 8
Anlage einer wilden
Rieselung

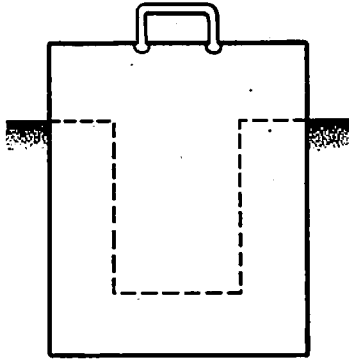
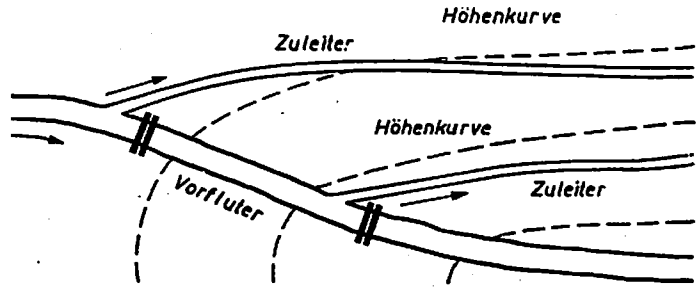


Abb. 9
Stechschütz zum Anstauen des Wassers in Rieselrinnen

Der natürliche Hangbau (Abb. 10) unterscheidet sich von der wilden Rieselung dadurch, daß durch Anlegen von Verteilergräben, Rieselrinnen und Ableitern eine größere Gleichmäßigkeit der Berieselung erzielt wird. Es gibt daher keine scharfe Grenze zwischen der wilden Rieselung und dem natürlichen Hangbau. Abgesehen von unbedeutenden Einebnungsarbeiten, soll das Gelände beim natürlichen Hangbau *nicht* (wie beim künstlichen Hang- und Rückenbau) umgeformt werden.

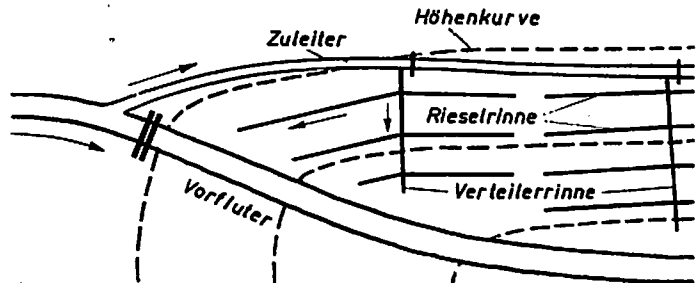


Abb. 10
Anlage zum
natürlichen Hangbau

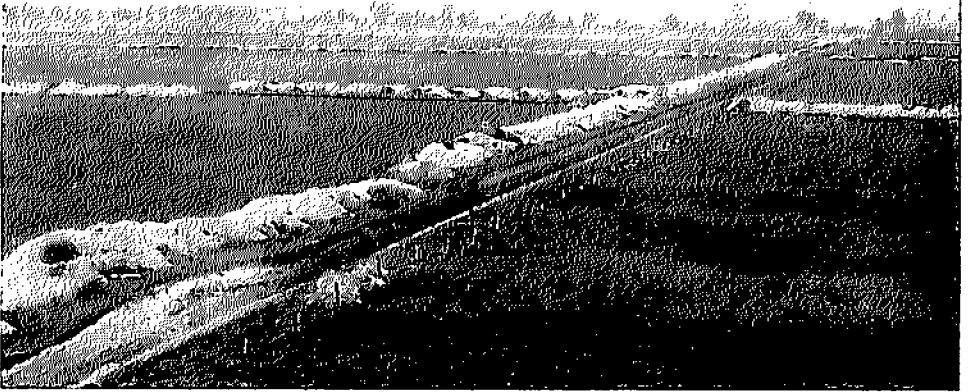


Abb. 11

Sandunterlagertes Anmoor – ein typischer Staustandort im Havelländischen Luch

3.3. Standorteignung für Stau- und Rieselfverfahren

3.3.1. Standorteignung für die Grundwasserregulierung mittels Stauverfahren

Standortbedingte Voraussetzungen für die Anwendung der Stauverfahren zur Grundwasserregulierung sind:

- *eine ebene horizontale bis schwach geneigte Geländeoberfläche –*
Niederungen mit einem Längsgefälle $< 0,2\text{‰}$ sind als sehr gut, solche mit einem Längsgefälle von $0,2$ bis $0,5\text{‰}$ als gut bis noch geeignet zu bezeichnen. Bei einem größeren Längsgefälle hängt die Wirtschaftlichkeit der in dichten Abständen erforderlichen Staubauberke von der Breitenausdehnung der Niederung ab.
- *ein oberflächennaher Grundwasserstand –*
Das Stauen ist nur dann wirtschaftlich, wenn im nicht gestauten Zustand die Grundwasseroberfläche auf Gründlandstandorten nicht tiefer als $1,5$ m, auf Ackerstandorten nicht tiefer als 2 m absinkt, weil sonst zu viel nutzloser Porenraum aufgefüllt werden muß.
- *ein durchlässiger Untergrund –*
Schr gut geeignet sind Sandböden, sandunterlagerte Anmoorböden und sandunterlagerte flachgründige Niedermoorböden (Moormächtigkeit bis 8 dm). Mittelgründige Niedermoorböden (Moormächtigkeit 8 bis 12 dm) sind ebenfalls noch gut geeignet, wenn die Mooraufgabe von hochanstehenden Sandbänken durchzogen wird. Tiefgründige Niedermoorböden (Moormächtigkeit > 12 dm), lehmige und tonige Niederungsböden werden mehr und mehr mittels Dränung entwässert und somit auch für die Grundwasserregulierung durch Stauhaltung über den Dräneinstau erschlossen.

Die Abbildung 11 zeigt ein typisches Einstaugebiet im Havelländischen Luch mit humosem Sand und sandunterlagertem Anmoor. Hier sind sichere Grünlanderträge ohne Grundwasserregulierung mittels Grabeneinstau undenkbar.

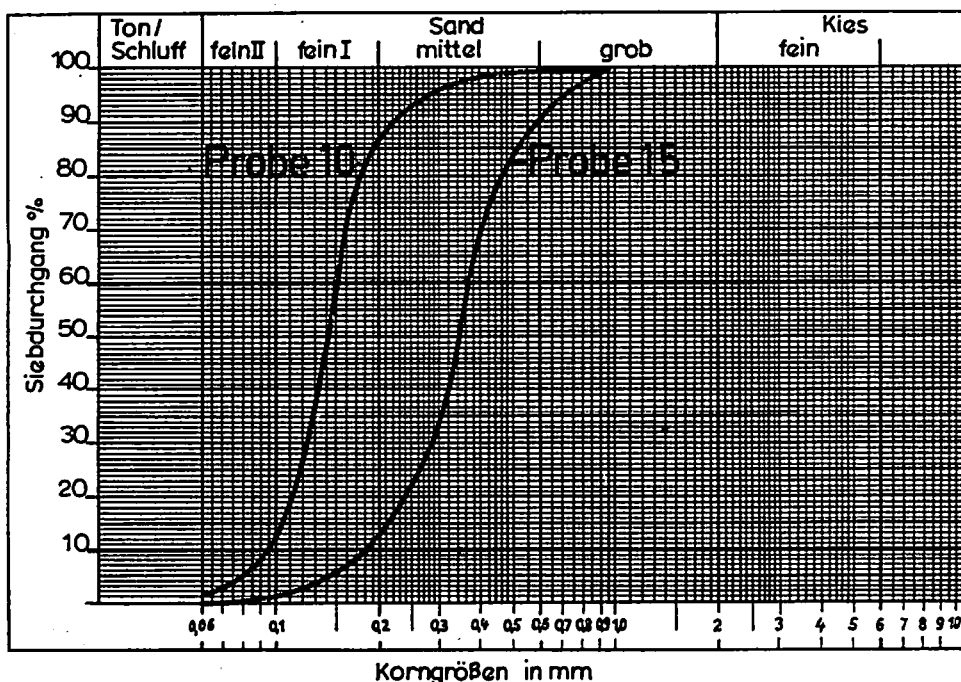
Die Möglichkeiten der Grundwasserbeeinflussung durch *Stauhaltung* sollen anhand von Ergebnissen aufgezeigt werden, die bei Grabeneinstauversuchen im Havelländischen Luch und im Institut für Grünland- und Moorforschung Paulinenaue auf sandunterlagertem Anmoor und flachgründigem Niedermoor gewonnen wurden.

Der wichtigste Kennwert zur Einschätzung der Eignung eines Standortes für die Einstaubewässerung ist die Durchlässigkeit k (in m/Tag) des Untergrundbodens.

Abb. 12 Darstellung der aus der Siebanalyse gewonnenen Korngrößenverteilung — bei 10 % und 60 % des Siebdurchganges wird an den Schnittpunkten der Kornverteilungskurve die jeweilige Korngröße auf der Abszisse ermittelt

	Probe	
	10	15
$d_{10\%}$	0,09	0,18
$d_{60\%}$	0,15	0,38
$U: \frac{d_{60\%}}{d_{10\%}}$	1,7	2,1
$k: (m/d)$	8	29

Kornverteilungskurven



Der k -Wert wird auf Grund der Siebanalyse des Bodens bestimmt. Wie aus der graphischen Darstellung (siehe Abb. 12) zu ersehen ist, wird die *Korngröße* ermittelt, welche die 10% der feinkörnigen Masse des Siebdurchganges von den 90% des größeren Siebrückstandes scheidet. Auf gleiche Weise wird die Korngröße bei 60% des Siebdurchganges bestimmt. Aus dem Verhältnis $d_{60\%}$ zu $d_{10\%}$ wird die *Ungleichförmigkeit* der Kornzusammensetzung (U) errechnet. Je mehr sich die Kornzusammensetzung einer gleichen Größe ($U = 1$) nähert, desto geringer ist die Möglichkeit, daß sich kleinere Körner zwischen größere einlagern, was zur Verkleinerung des Porenvolumens führt.

Folglich nimmt die Wasserdurchlässigkeit mit zunehmendem Ungleichförmigkeitsgrad U ab.

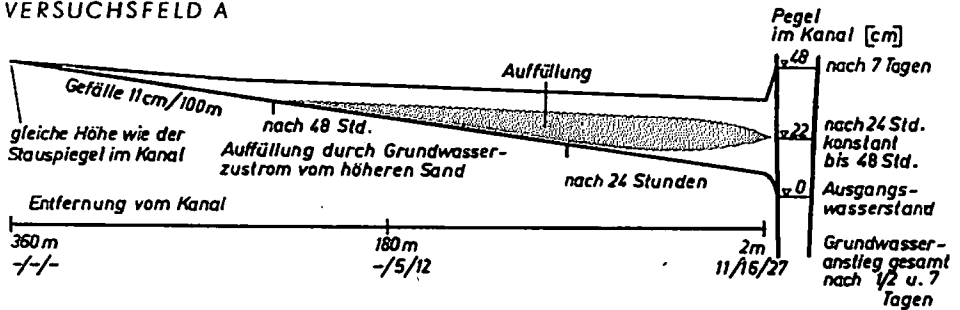
Aus U wird tabellarisch die *Durchlässigkeit* k ermittelt (Staurichtlinie, 1966). Das in Abbildung 12 dargestellte Beispiel zeigt die Probe 10 mit der geringsten und die Probe 15 mit der größten Durchlässigkeit des Versuchsstandortes Paulinenaue (S. 123).

Aus der Abbildung 13 ist der Anstieg des Grundwasserspiegels im Boden des Versuchsfeldes zu ersehen, das an den Einstaugraben (Havelländischer Hauptkanal) angrenzt. Die *Aufhöhung* des Kanalwasserspiegels führt zu einem relativ schnellen Anstieg des Grundwassers (Versuchsfeld B bis 350 m in 40 Stunden).

Der rasche Anstieg in relativ großer Entfernung vom Kanal läßt sich nur so erklären, daß sich das Wasser im Porenraum des Sandes – vom gestauten Graben her unter Druck gesetzt – wie in einem System kommunizierender Röhren mehr oder weniger nur in vertikaler Richtung bewegt.

Abb. 13 Einstauereffekt (Weite, Höhe und Zeit) auf dem Versuchsstandort in Paulinenaue

VERSUCHSFELD A



VERSUCHSFELD B

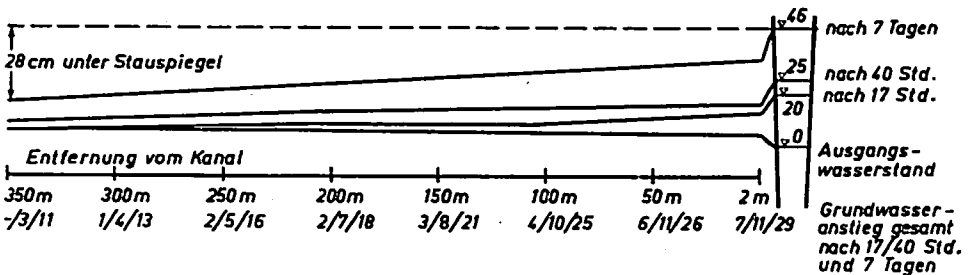
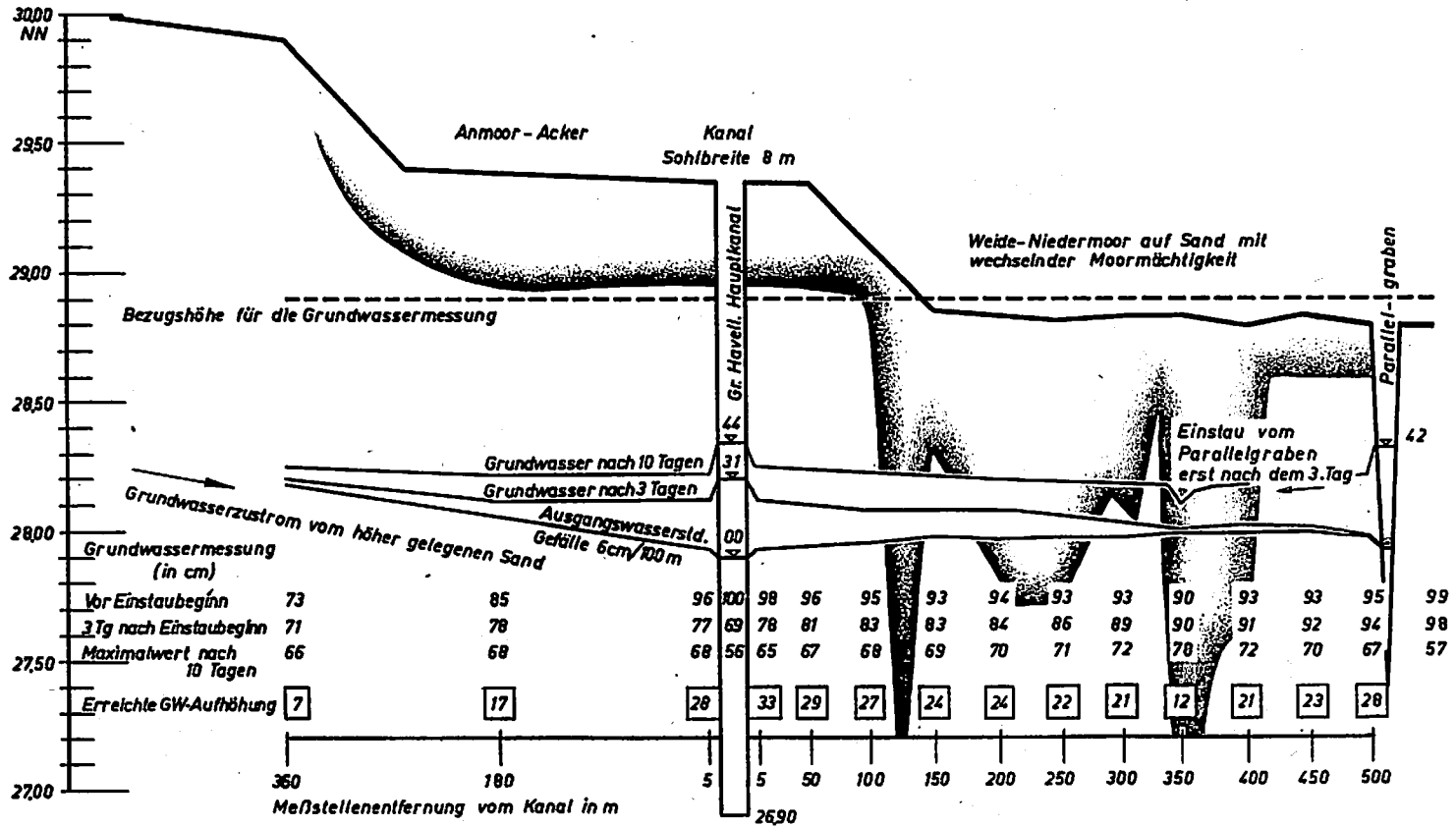


Abb. 14 Geländeschnitt — Versuchsstandort Paulinenaue, Einstauereffekt im Sand und auf flach- bis mittelgründigem Moor



Die standortspezifische Höhendifferenz zwischen Stauspiegelhöhe (Stauziel) und der Grundwasseroberfläche in einer bestimmten Entfernung vom Einstaugraben ist ebenfalls ein wichtiger Kennwert für die Projektierung und den Betrieb der Stauanlagen.

Auf den Niederungsstandorten mit Sanduntergrund schwankt diese Höhendifferenz in 200 m Entfernung vom Einstaugraben (allgemeine Bezugsbasis) zwischen 20 und 40 cm. *Je geringer diese Höhendifferenz, desto höher ist der Einstaueffekt.* Starker Grundwasserzustrom (vgl. Versuchsfeld A der Abb. 13) erhöht die Einstauwirkung. Es kommt zu einer Auffüllung des Grundwassers aus zwei Richtungen.

Bei Stauvorhaben größeren Umfangs ist die vorherige Ermittlung der *Grundwasserströmung* anhand des Grundwassergefälles von großer praktischer Bedeutung; denn

wie einerseits der Grundwasserzustrom den Staueffekt erhöht, kann andererseits das Abströmen des Grundwassers in ein tieferliegendes Gebiet den Erfolg der Einstaubewässerung in Frage stellen.

Die Abbildung 14 zeigt ein Gesamtbild von dem Stauversuchsfeld des Objektes Paulinenaue. Zu beachten ist vor allem, daß rechtsseitig auf dem Niedermoorstandort auch auf den Teilabschnitten mit größerer Moormächtigkeit ein sehr guter Einstaueffekt (umrandete Zahlen) erreicht werden konnte. Diese Wirkung erklärt sich aus dem bewegten Untergrundrelief. Der Weg, den das Wasser im Moor zurückzulegen hat, ist nur kurz, weil die Sandbänke in das Moor hineinragen (S. 125).

Allgemein wird auf Niederungsstandorten bei einer Durchlässigkeit des Untergrundsandnes von ≥ 5 m/Tag mit einer effektiven Reichweite des Einstaueffektes von 250 m gerechnet.

Hieraus ergeben sich mögliche Grabenabstände von etwa 500 m. Großräumige Einstauversuche, die zur Zeit auf Talsandflächen der Kooperationsgemeinschaft Neuholland durchgeführt werden, lassen erwarten, daß unter günstigen Bedingungen sogar bei Grabenabständen von 600-1000 m eine wirksame Grundwasserregulierung zu erzielen ist.

Anhand der Abbildung 15 soll das praktische Beispiel einer Einstaubewässerungsanlage dargestellt werden, das neben den häufigsten Bodenverhältnissen die Verstärkung des Staueffektes durch einen *Zuleitungsgraben* in den unterliegenden Staubereich zeigt.

Die *Bodenverhältnisse* sind dadurch gekennzeichnet, daß von links oben, ausgehend vom humosen Sand über das Anmoor, die Moormächtigkeit nach rechts unten zunimmt. Das Gelände mit der größten Moormächtigkeit (> 12 dm) liegt hier, wie es in der Regel der Fall ist, am tiefsten. Dieses Gelände ist nicht bewässerungsbedürftig. Folglich ist der *untere* Zuleitungsgraben durch ein Stau abgeriegelt, und der Unterlauf des Grabens dient nur der Entwässerung, was durch die Einleitung in das Unterwasser des Wehres 2 unterstrichen wird.

Der *obere* Zuleitungsgraben führt das Wasser entlang des höchsten Geländes und reichert somit das Grundwasser von oben an.

Auf der oberen Hälfte rechts ist noch eine Verstärkung der Einstauwirkung in schwer durchlässigem Torf mittels einer Dränung mit Einzelausmündung dargestellt.

Aus dem Geländeschnitt geht hervor, daß das tieferliegende Unterwasser im höhergelegenen Teil des Staubereiches nur wenig wirksam sein kann.

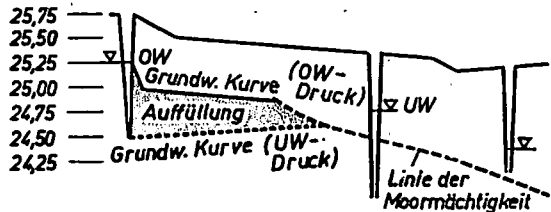
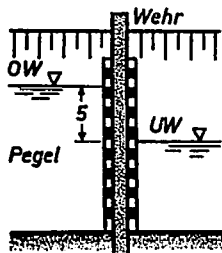
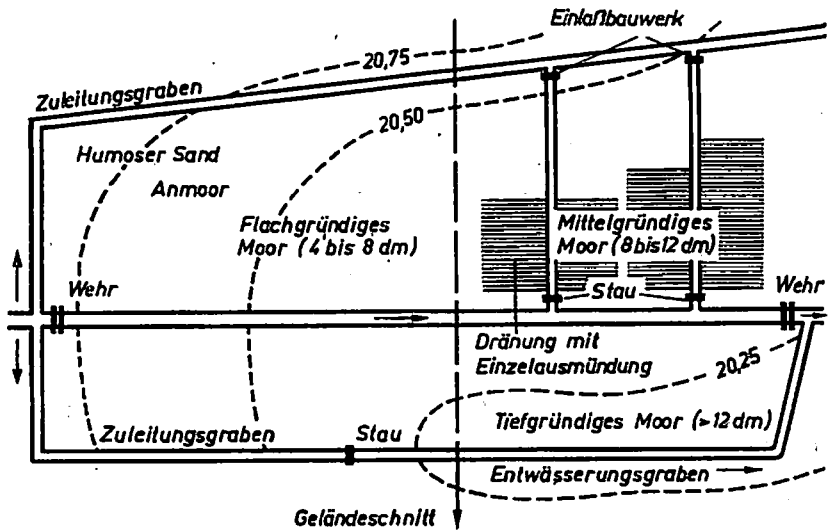


Abb. 15

Erhöhung des Einstauereffektes durch Einspeisung aus dem Oberwasser des Wehres in den unterliegenden Staubeereich

Durch den größeren Oberwasserdruck wird eine wesentlich intensivere Grundwasseranreicherung erzielt.

Die Unterbrechung der Schraffur an der Moorgrenze soll zeigen, daß der Grundwasseranstieg in schwerdurchlässigem Torf stark abgebremst wird, woraus sich die Notwendigkeit einer *zusätzlichen Dränung* ergibt.

AUFGABE

Fortigen Sie nach dem Beispiel der Abb. 15 ein Modell an, wobei besonders auf die Höhenverhältnisse zu achten ist!

3.3.2. Standorteignung für die Überstauung, die Staurieselung und die Rieselfverfahren

Bei den Überstauungs- und Rieselfverfahren wird die *Anfeuchtung der Bodenoberfläche* bezweckt, wobei die auf Niederungsstandorten eintretende Grundwasseranreicherung nur als Nebenerscheinung zu werten ist. Als Standortfaktoren sind von Bedeutung:

- die Oberflächengestaltung, vor allem die Geländeneigung,
- die Durchlässigkeit des Krumbodens

Bei der *Überstauung* und der *Staurieselung* sollen die Flächen annähernd waagrecht liegen.

Demgegenüber ist bei den *Rieselfverfahren* ein Geländegefälle von mindestens 2% erforderlich.

Das Gefälle muß um so größer sein, je durchlässiger der Boden und je geringer die verfügbare Wassermenge ist.

3.4. Bauwerke und Einrichtungen für Stau- und Rieselfverfahren

3.4.1. Bauwerke und Einrichtungen zur Grundwasserregulierung

3.4.1.1. Wehre und Staubauwerke

Die Wehre in den zentralen Wasserläufen nehmen eine Schlüsselstellung im System der Grundwasserregulierung ein.

Abb. 16 Nadelwehr — eine Wehranlage älterer Bauart

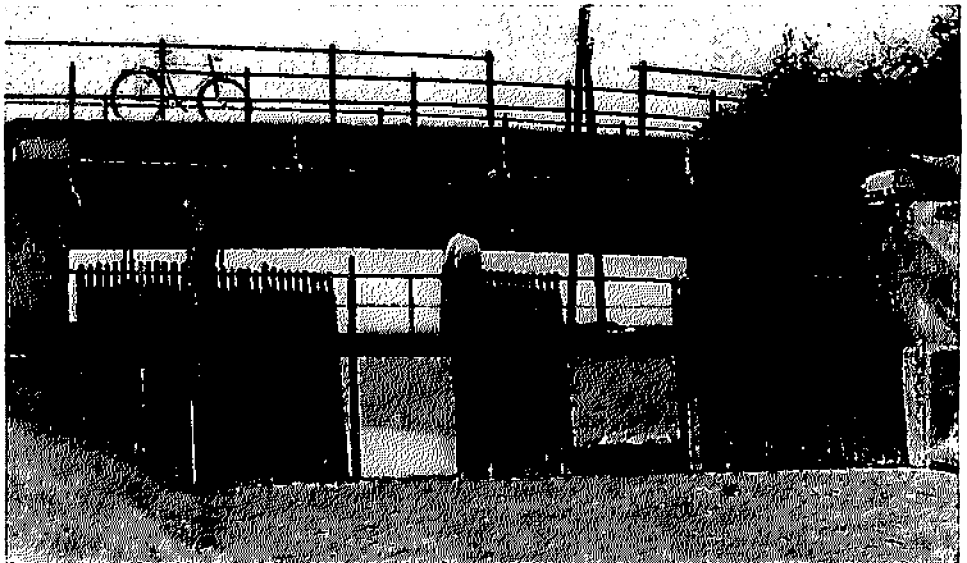


Abb. 17
Doppelschützenwehr —
eine Wehranlage
modernerer Bauart

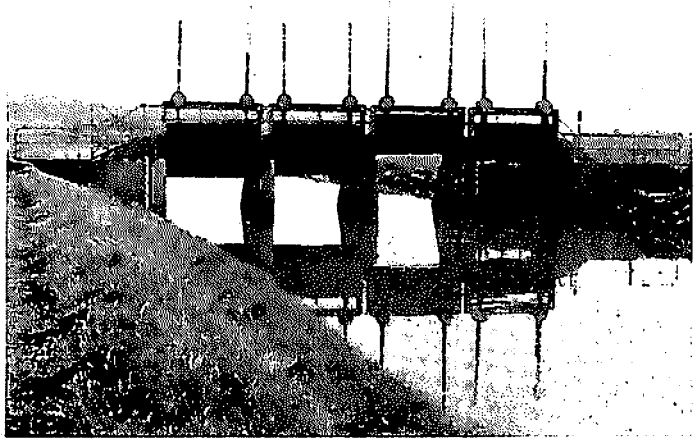
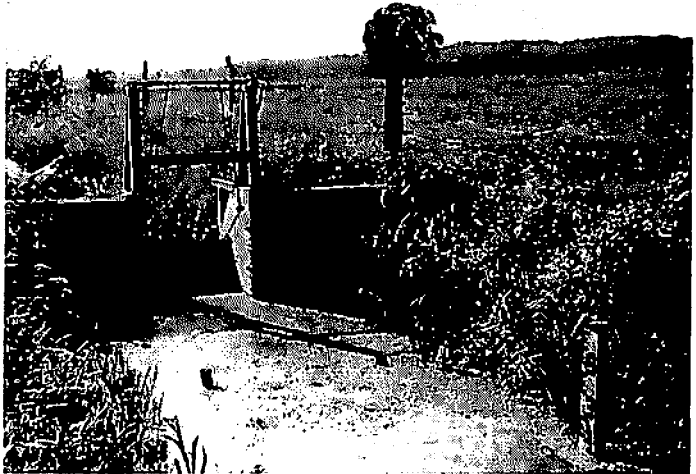


Abb. 18
Klappenstau
aus Stahlbeton-
fertigteilen
in freistehender
Ausführung



Mittels eines Wehres wird der Abfluß in den großen Vorflutern geregelt, außerdem dienen sie der Speisung von Bewässerungszuleitern.

Die Bauausführung der Wehre ist unterschiedlich. Die Abbildung 16 ist als *Nadelwehr* dargestellt, das für Wasserläufe mit geringen Schwankungen in der Abflußmenge geeignet ist. Ein modernes *Schützenwehr* zeigt die Abbildung 17.

In mittelgroßen und kleinen Wasserläufen sind derzeit verschiedene Staubauwerke in Holz- und Betonbauweise bekannt. Die neueren Ausführungen sind fast ausschließlich Betonbauten.

Auf Abbildung 18 ist ein *Klappenstau* aus Stahlbetonfertigteilen zu sehen. Dieses Staubauwerk wird sowohl freistehend (siehe Abbildung) oder am Kopf von Rohrdurchlässen in Gräben bis zu einer Sohlbreite von 1,20 m eingebaut. Eine Stahlklappe, die mittels einer Winde angehoben und durch Wasserdruck gesenkt wird, garantiert eine leichte, bequeme und genaue Einstellung der gewünschten Wasserspiegelhöhe.

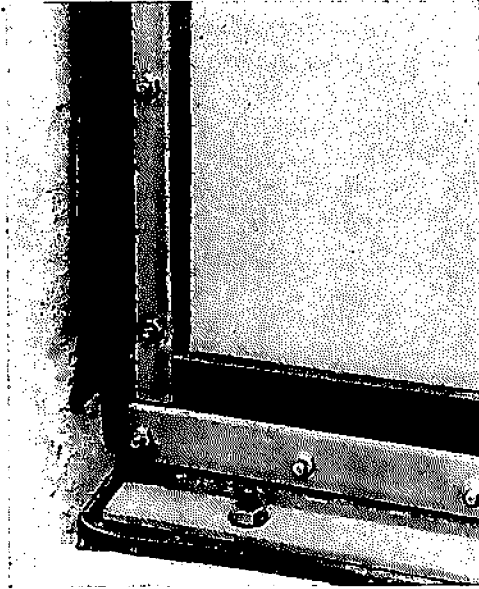


Abb. 19
Befestigung und Abdichtung
der Stahlklappe im Betonkasten

Die Klappe ist mit einer 6 mm starken Gummifolie gegen die Betonwände abgedichtet und mit einer 12mm starken Gummileiste am Betonkasten elastisch befestigt (Abb. 19).

Auf Abbildung 20 sind die einzelnen Betonfertigteile des Klappenstaues mit der Hebevorrichtung dargestellt.

Die Meliorationsgenossenschaft „Baruther Urstromthal“ mit dem Sitz in Trebbin hat seit 1962 61 Stück dieser Klappenstaue in Gräben eingebaut und dadurch gute Ergebnisse bei der Wasserregulierung erzielt.

Abb. 20 *Fertigteile des Klappenstaues*

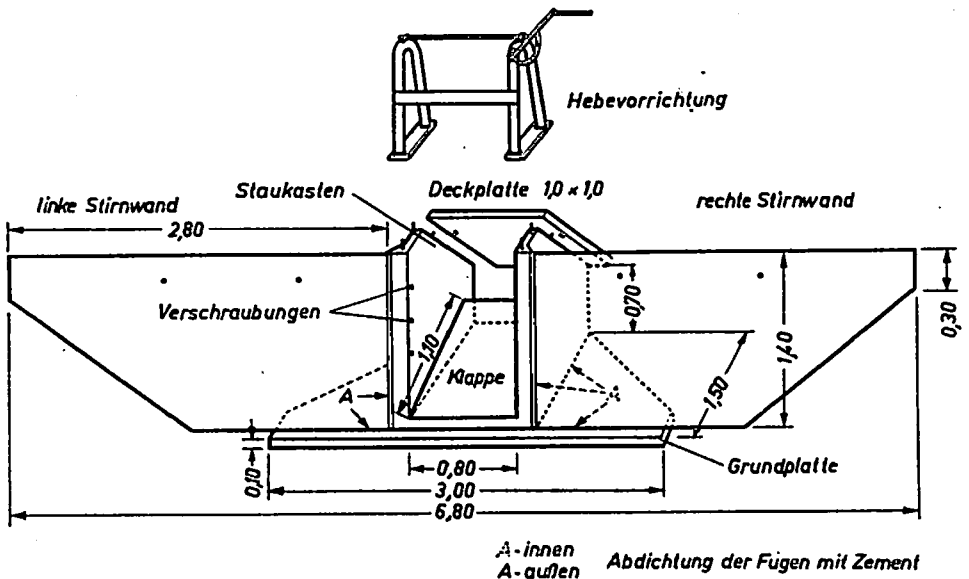
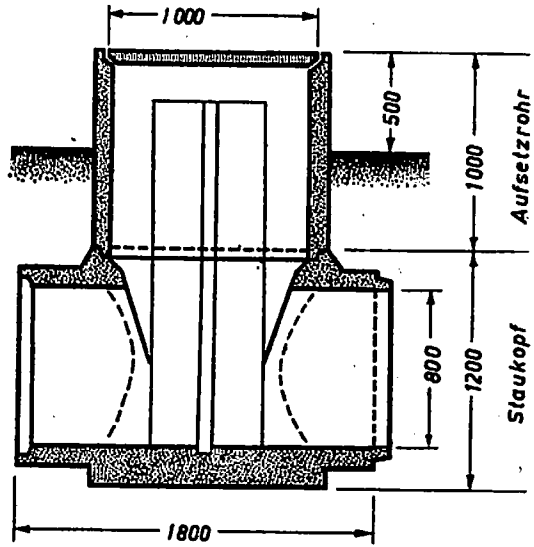


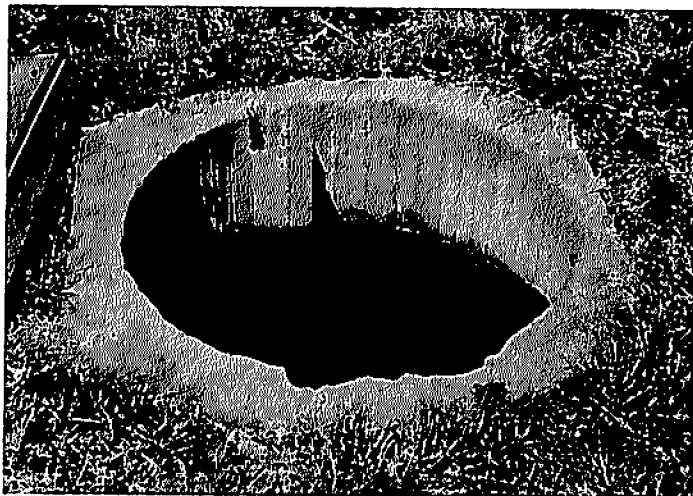
Abb. 21
Rohrstau aus Betonfertigteilen

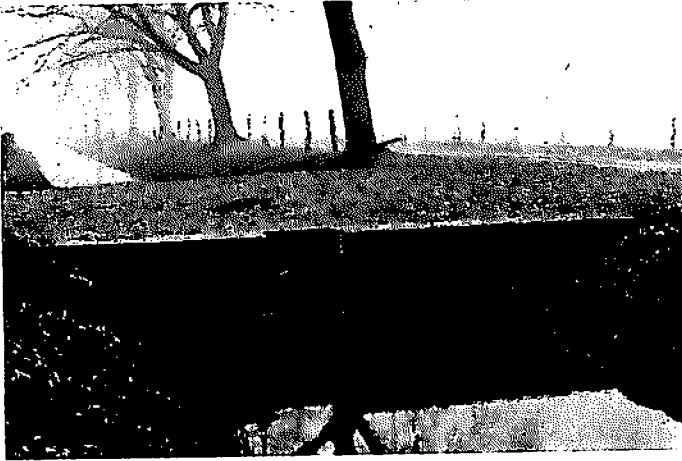


In kleineren Wasserläufen sind die sogenannten *Rohrstaus* (Abb. 21 und 22) weit verbreitet. Diese Fertigteile werden in Verbindung mit Rohrdurchlässen eingebaut. In den beiderseits eingelassenen Betonnut des Rohrstaus werden Staubohlen eingesetzt, die allerdings nicht so einfach wie die Stauklappe des vorgenannten Bauwerkes zu handhaben sind. Überall dort, wo die Staubauwerke bei wenig schwankendem Wasseranfall nur selten bedient zu werden brauchen, sind diese einfachen Rohrstau durchaus angebracht.

Die Abbildung 23 zeigt einen *Rohrdurchlaß*, dessen in Ortbetonbauweise gefertigte Stirnwand die Möglichkeit zum Einsetzen von Staubohlen bietet. Mit Hilfe dieses Betonstaukopfes ist es möglich, sich unterschiedlichen Grabengrößen anzupassen.

Abb. 22
Eingebauter Rohrstau





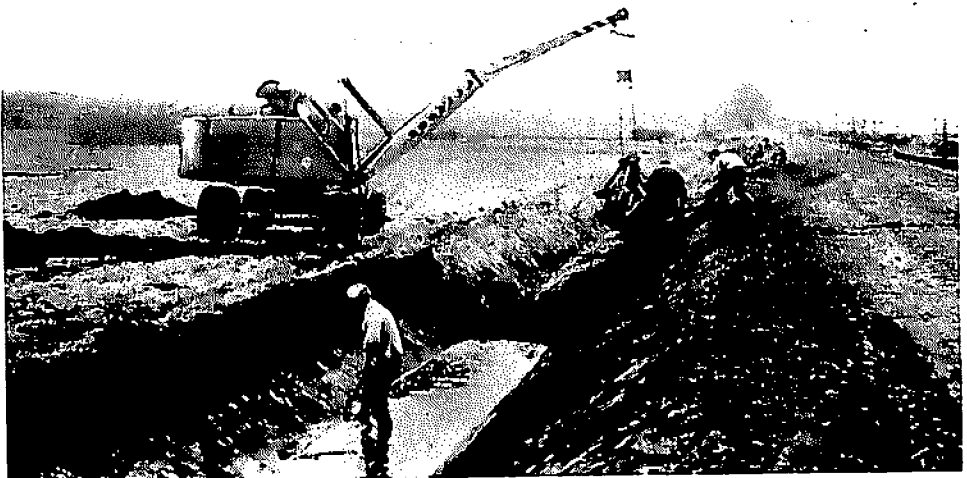
*Abb. 23
Betonstaukopf
in Ortbetonbauweise*

3.4.1.2. Gräben zur Grundwasserregulierung

Funktionsfähige Gräben sind für die Einstaubewässerung ebenso wichtig wie funktionssichere Staubauwerke.

Auf den Grünlandflächen des Institutes für Grünland- und Moorforschung in Paulinen-
aue wurde eine bestmögliche Einstauwirkung erst erzielt, nachdem die alten Binnen-
gräben mit maximal 80 cm Tiefe auf 1,20 bis 1,30 (siehe Abb. 24, unten) vertieft und
mit einer entsprechend flacheren Böschung im Verhältnis 1:1,5 ausgebaut wurden.

Abb. 24 Tiefe Gräben begünstigen die Einstauwirkung



Das Grabensystem muß weiter so angelegt sein, daß bei plötzlich auftretendem Starkregen das eingestaute Wasser auch *schnell* wieder abgeleitet werden kann. Überall dort, wo bei vorhandenem Längsgefälle einer Niederung auch ein Quergefälle im Gelände vorhanden ist oder im Staubereich Stufen in der Höhenlage auftreten, ist die Anlage von *Zuleitungsgräben* zu empfehlen. Diese Zuleitungsgräben werden aus dem Oberwasser eines Wehres gespeist und leiten das Wasser in den unterhalb des Wehres liegenden Staubereich (siehe auch Abb. 15, S. 127).

3.4.1.3. Pegel und Grundwassermeßrohre

In den Wasserläufen sind an den Staubauwerken und an anderen wichtigen Punkten im Bewässerungsgebiet Pegel anzubringen.

Ein Pegel ist eine Meßvorrichtung, mit der die Höhe des Wasserspiegels bestimmt werden kann.

Die *Pegelhöhen* müssen mit den *Höhen der Grundwassermeßrohre*, die auf den Flächen einzusetzen sind, in Beziehung stehen, damit die Differenz zwischen dem Graben- und Grundwasserstand in jeder Witterungslage schnell ermittelt werden kann.

Es ist notwendig, den Grundwasserstand in regelmäßigen Abständen zu beobachten, um daraus gegebenenfalls Maßnahmen zur Wasserregulierung ableiten zu können. Diesem Zweck dienen die Grundwassermeßrohre.

Auf Abbildung 25 ist ein bewährtes *Bohrgerät* zur Anlage von Grundwassermeßrohren dargestellt. Bei der Bohrung im feuchten Sand wird zunächst das Mantelrohr des Bohrgerätes mit drehender Bewegung in den Boden eingedrückt. Aus diesem wird der Boden etappenweise mit dem Tellerbohrer entnommen, der ein Hohlgestänge hat, durch das bei der Bodenentnahme Luft einströmen kann. Mit diesem Bohrgerät können Meßrohre unter schwierigsten Bedingungen, auch im Schwemmsand, eingesetzt werden. Entweder wird das Mantelrohr selbst als Meßrohr im Boden belassen, oder ein dünneres PVC-Rohr wird nach der Entfernung des Mantelrohres in die Bohrung eingesetzt.

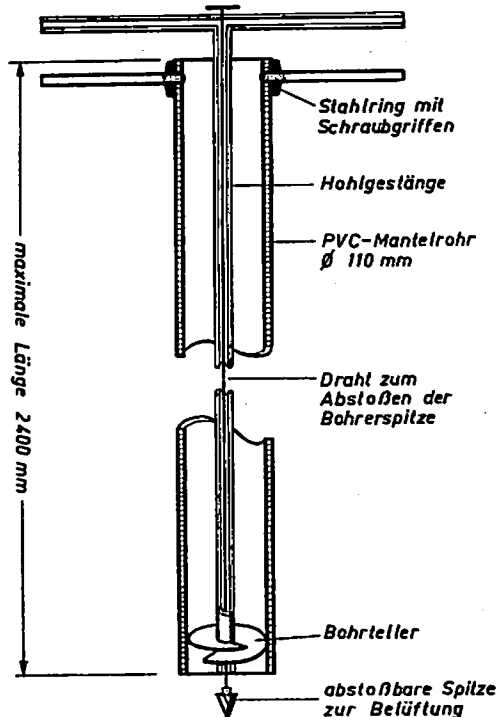


Abb. 25
Bohrgerät zur Anlage
von Grundwassermeßstellen

Als Grundwassermessrohre haben sich *PVC-Rohre* sehr gut bewährt. Diese Rohre werden unten mit einer Holzkegelspitze versehen, und im Abstand von 10 cm werden 1 mm breite schräg verlaufende Schlitzze in die Rohre gesägt. Die dem Wassereintritt dienenden Schlitzze können in 2 Reihen oder spiralförmig angeordnet werden.

Grundwassermessrohre sollen vor allem an leicht zugänglichen Stellen, möglichst in Reihen, senkrecht zum Einstaigraben eingesetzt werden.

Die notwendige Anzahl an Grundwassermessrohren ist in hohem Maße vom Standort abhängig.

Die Abstände in der Reihe können von 50 bis 300 m schwanken; die Abstände von Reihe zu Reihe werden in der Regel mindestens 500 m betragen.

Unter praktischen Bedingungen ist je nach dem Grad der Gleichmäßigkeit des Staugebietes für 20 bis 50 ha ein Messrohr einzuplanen.

Die Grundwassermessrohre sind gut zu sichern, damit sie durch Weidevieh und beim Einsatz von Maschinen und Geräten nicht beschädigt werden.

Auf Abbildung 26 sind mehrere Möglichkeiten der Sicherung von Messrohren dargestellt. Die *Variante a* zeigt die Sicherung eines über das Geländeniveau hinausragenden Messrohres durch ein Betonrohr mit der lichten Weite von 250 bis 300 mm. Diese befestigte Absicherung kommt für feste Mineralböden in Frage. Sie bietet sich für Dauermeßstellen an Flurgrenzen und Wegrändern an, an denen nicht gepflügt wird und keine

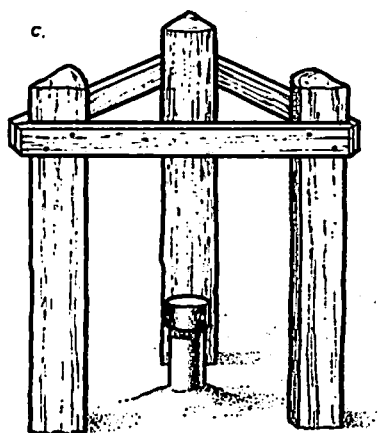
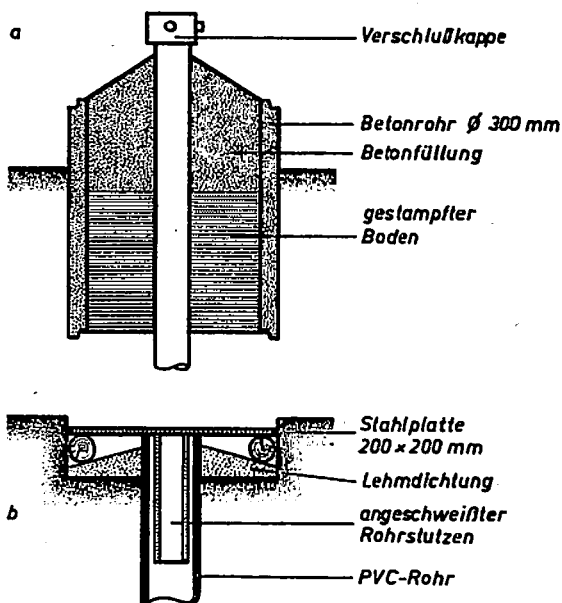


Abb. 26 Sicherung der Grundwassermessrohre

- a befestigte Absicherung herausragender Rohre an Wegen und Grenzen
- b versenkte Abdeckung auf Grünlandflächen
- c Sicherung mit hohen Pfählen auf weichen Böden

Maschinen eingesetzt werden. Als Meßrohr sollte hier ein Stahlrohr mit mindestens 50 mm lichter Weite mit Filter oder ein dickwandiges PVC-Druckrohr verwendet werden. Eine zusätzliche Markierung der Meßstelle durch eine höhere Stange kann unter Umständen angebracht sein.

Die *Variante b* zeigt eine versenkte Abdeckung, die eine maschinelle Bearbeitung der Flächen überhaupt nicht beeinträchtigt. Sie ist allerdings nur auf gut entwässerten Standorten anwendbar, auf denen kein Oberflächenwasser auftritt. Auf Standorten, die gepflügt werden, empfiehlt es sich, ein herausnehmbares größeres Zwischenstück von 60 cm Länge auf das Meßrohr aufzusetzen.

Bewährt hat sich folgende Kombination: ein Meßrohr 1,5 m lang, 76 mm Durchmesser, 1 mm Wandstärke mit einem darauf geschobenen Abschlußrohr von 0,6 m Länge, 110 mm Durchmesser und 3 mm Wandstärke.

Vor dem Pflügen wird das Abschlußrohr herausgenommen und das Meßrohr verschlossen. Nach der Ansaat wird der Rohrabschluß in der alten Form wiederhergestellt. Die *Variante c* ist hauptsächlich auf Moorgrünland anzuwenden.

Wenn möglich, sollten Koppelzäune und natürliche Grenzen als Standort für Grundwassermeßstellen ausgenutzt werden.

AUFGABE

Ermitteln Sie die Höhe des Grundwasserstandes (Angabe in m NN) auf der Mitte einer Grünlandfläche, die einen Grabenabstand von 400 m aufweist, aus folgenden Angaben:

- Pegelstand am Wehr 25,50 m NN;
- Wasserspiegelgefälle bis zum Einlaßbauwerk, das 1 km oberhalb des Wehres liegt, $0,05\text{‰}$;
- Wasserspiegelgefälle vom Einlaßbauwerk bis zur 2,5 km entfernten Eintauchfläche $0,02\text{‰}$;
- Höhenverlust im Boden (vgl. Abschnitt 3.3.1., S. 122) 30 cm auf 200 m.

3.4.1.4. Einrichtungen zur künstlichen Eintauchbewässerung

Die *künstliche Eintauchbewässerung* soll anhand eines praktischen Beispiels der LPG „Georgi Dimitroff“ in Neuholland behandelt werden.

Die Übersichtsskizze (Abb. 27) zeigt eine als Acker und zum Teil im Wechsel mit Grünland genutzte Talsandebene, die beidseitig von Grünlandniederungen begrenzt wird. Durch die Entwässerung der Grünlandniederungen wurde auf der Talsandplatte das Grundwasser abgesenkt, und aus grundwasserbeherrschtem Sandgrünland (Grundwasserstandsschwankungen von 0,4 bis 1,0 m) wurde ein grundwasserbeeinflusster Sandacker mit Grundwasserständen von 1,0 bis 1,7 m. Damit war ein spürbarer Ertragsabfall verbunden.

Die Schnelle Havel führt aber Wasser genug, um das Grundwasser der Talsandebene *anreichern* zu können. Ein natürlicher Grabeneinstau scheidet auf Grund der Höhenlage des Havelwasserspiegels aus. Folglich wurde ein *Schöpfwerk* (Abb. 28) zu dem Zwecke angelegt, Wasser aus der Schnellen Havel in ein Staubecken – eine tiefgelegene Wiesensenke – zu schöpfen, um von dort aus über die Gräben 1 und 2 das Grundwasser auf der Talsandebene zu speisen.

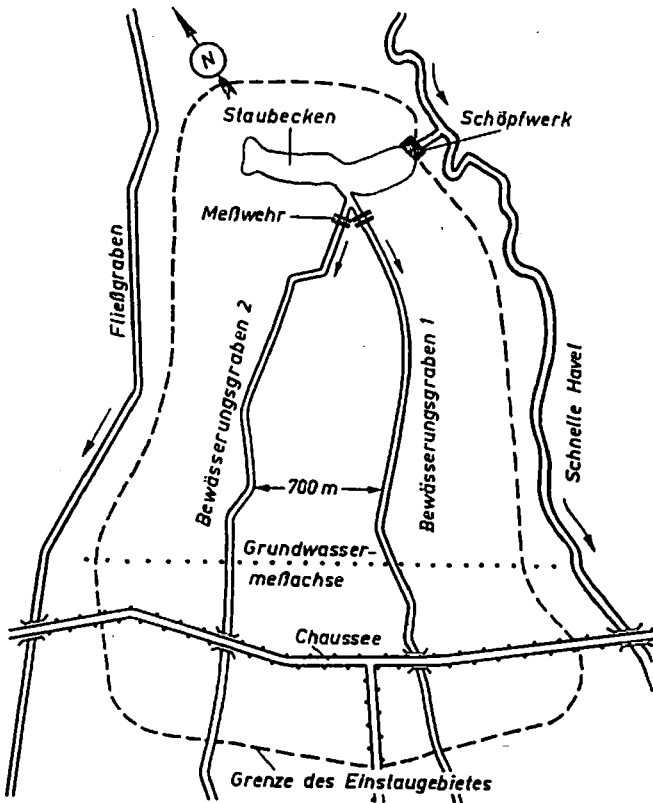


Abb. 27
 Übersichtsskizze
 von der Anlage einer
 künstlichen
 Einstaubewässerung
 in der LPG
 „Georgi Dimitroff“
 in Neuholland

Abb. 28 Schöpfwerk zur künstlichen Einstaubewässerung

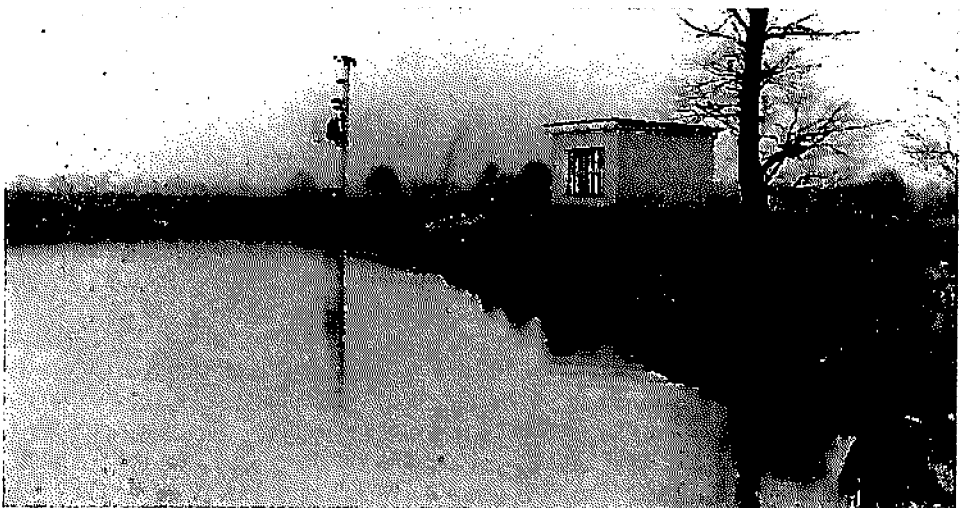


Abb. 29
 Meßwehr mit
 Schreibpegel zur
 Bestimmung der
 Einstauwassermenge

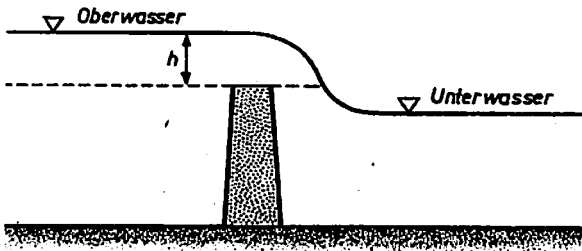
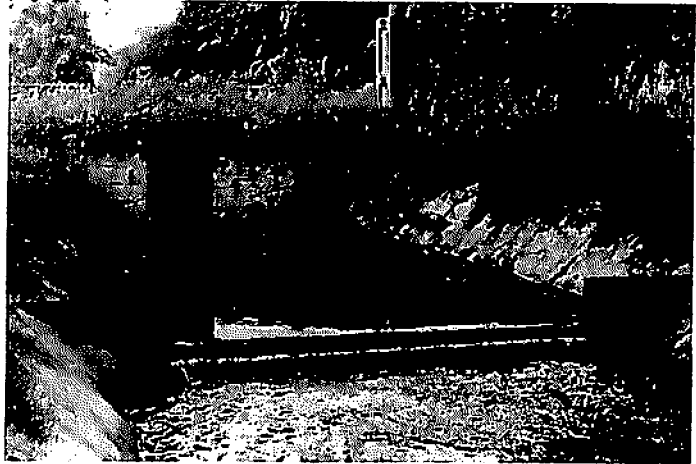


Abb. 30
 Prinzip des vollkommenen
 Überfalls

Der künstliche Einstau in der LPG Neuholland ist seit 1966 in Betrieb. Die *Grundwasserstände* sind wieder angestiegen, ertragsunsichere Weiden sind vollwertiges Grünland geworden, und selbst von dem höchstgelegenen, vorher öderlandartigen Sandacker werden Getreideerträge zwischen 22 und 30 dt/ha erzielt. Vor allem der *Ackerfutterbau* bringt hohe und sichere Erträge (Zweitfruchtmais 480 dt/ha, Futterrüben 800 dt/ha). Gegenüber dem ursprünglichen Zustand vor der Entwässerung der angrenzenden Grünlandniederung besteht jetzt der Vorteil,

daß der Grundwasserstand nicht nach dem Witterungsverlauf schwankt, sondern in Trockenperioden *hoch* und in Nässeperioden *tief* gehalten werden kann.

Der künstliche Einstau mittels des Schöpfwerkes ermöglicht es ferner, den *Stauspiegel* so hoch zu halten, daß das eingestaute Wasser (über Meßwehre fallend) nach dem Prinzip des vollkommenen Überfalls leicht gemessen werden kann.

Auf Abbildung 29 ist das *Meßwehr* im Graben 1 dargestellt. Der Wasserbedarf für den Einstau der etwa 150 ha großen Fläche am Graben 1 soll in einem Beispiel anhand gemessener Werte nach dem vollkommenen Überfall (siehe Abb. 30, S. 137) errechnet werden. Die ankommende Geschwindigkeit des Wassers kann vernachlässigt werden.

Unter den Bedingungen des vollkommenen Überfalls ergibt sich folgende Beziehung:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Diese Wassermenge wurde in einer Zeit von 9,5 Stunden gemessen.

Tabelle 1

Darin bedeuten:

einzusetzende
Werte

Q	= Wassermenge in m ³ /s	unbekannte
μ	= Beiwert, der den durch Reibung und Einengung entstehenden Verlust ausgleicht	0,83
b	= Breite der Überfallöffnung	2,0 m
h	= Überfallhöhe	0,09 m
$\sqrt{2gh}$	= theoretische oder ideelle Abflußgeschwindigkeit	$\sqrt{2g} = 4,429$ $\sqrt{h} = 0,3$ m

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,83 \cdot 2,0 \cdot 0,09 \cdot 4,429 \cdot 0,3$$

$$Q = \underline{\underline{0,132 \text{ m}^3/\text{s}}} \text{ (Einstaufläche: 150 ha)}$$

Neben den Schöpfwerken und Pumpstationen (siehe auch Abb. 3, S. 116), die nur der Bewässerung dienen, wird mehr und mehr auch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, *Entwässerungsschöpfwerke* gleichzeitig als *Bewässerungsschöpfwerke* zu nutzen. Diese von den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben in letzter Zeit verstärkt erhobene Forderung wird in der TGL „Schöpfwerke“ bereits berücksichtigt. Das Zurückpumpen von Außenwasser macht zusätzliche Bauwerkteile zur Sicherung des Außenwasserflusses erforderlich. Meist wird eine gesonderte Pumpe zum Bewässerungsbetrieb benutzt.

AUFGABEN

1. Ermitteln Sie aus der in Tabelle 1 errechneten Wassermenge (die 9,5 Stunden lang überfiel) den Wasserverbrauch je ha in mm und Tag (Ergebnis abrunden!)
2. Ermitteln Sie aus dieser Wassermenge die Bewässerungsspende in l/s und ha für den vollen Tag mit 24 Stunden (abrunden)!
3. Berechnen Sie anhand der angegebenen Beziehung die Wassermenge, wenn das Wasser mit einer Überfallhöhe h von 0,05 m einen vollen Tag überfällt.
4. Errechnen Sie aus der zweiten Wassermenge ebenfalls den Wasserverbrauch je ha in mm und die Bewässerungsspende in l/s und ha!

3.5. Wasserbedarf und Wasserverbrauch bei Stau- und Rieself Verfahren

Bei dem ständig steigenden Wasserbedarf in Industrie und Landwirtschaft ist der Wasserverbrauch bei den einzelnen Bewässerungsverfahren von besonderem Interesse.

Der Wasserbedarf ist in der Wasserwirtschaft zu einem orstrangigen Planungsfaktor geworden und spielt bei perspektivischen Entscheidungen in den meisten Fällen die wichtigste Rolle.

Auf die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen angewendet, bedeutet das, daß von vornherein

die wassersparenden Verfahren (Beregnung und Einstaubewässerung) denen vorzuziehen sind, die Wasser vergeuden.

Der Wasserverbrauch bei der Bewässerung setzt sich zusammen aus:

- der Verdunstung des der Luft ausgesetzten freien Wassers (Wasserspiegel und Wassertropfen bei der Beregnung),
- der Verdunstung des Bodens,
- dem Wasserverbrauch der Pflanzen.

Hinzu kommen Verluste durch Versickerung, Auffüllung nutzlosen Porenraumes und oberirdischen sowie unterirdischen Abfluß. Diese Faktoren müssen beim Wasserbedarf mit einkalkuliert werden. In Tabelle 2 sind Bedarfswerte nach Schröder (1950), Möller (1952), Press (1959), Uhdn (1964) und Scholz (1966) zusammengestellt.

Tabelle 2

Wasserbedarf bei Stau- und Rieselfverfahren im Vergleich mit der Beregnung

	Beregnung	Einstaubewässerung	Überstauung	Staurieselung	Furchenriese- lung	Hangriese- lung
in l/s ha	0,3—1,1	0,2—0,5	60—100	etwa 20	30—50 (1,0 je Furche)	10—50
Verluste ¹ mm im Jahr	V	V, P	V, S, A	V, S, A	V, S	V, S, A
	50—200	150—300	Abwasserverwertung 1500 bis 5000		600	

¹ V = Verdunstung; P = Verlust durch Auffüllung nutzlosen Porenraumes; S = Sickerungsverluste; A = Verluste durch Abfluß

Aus der Sicht des Wasserverbrauches unterscheidet sich die Beregnung zunächst von allen übrigen Verfahren dadurch, daß bei der Verregnung des Wassers die geringsten Verluste auftreten.

Die Beregnung gilt aber auch — und das ist besonders wichtig — als das Verfahren mit dem sparsamsten Wasserverbrauch, weil die Höhe der einzelnen Gaben beliebig gering gewählt werden kann, so daß nur die Wassermenge benötigt wird, die dem tatsächlichen Bedarf der Pflanzen entspricht.

Nur eine mit bester Sachkenntnis betriebene *Einstaubewässerung* kommt unter günstigen Bedingungen der Beregnung in diesem Vorteil nahe.

Bei der *Überstauung*, *Staurieselung* und der *Rieselbewässerung* wird betriebsbedingt mehr Wasser gebraucht, als die Pflanzen physiologisch ausnutzen.

Die hohen Zuflußspenden bei den Überstauungs- und Rieselfverfahren ergeben sich aus der Forderung, die gesamte Bewässerungsfläche gleichmäßig anzufeuchten.

Das ist vor allem bei schwacher Geländeneigung und bei durchlässigem Boden nur mit *großen Wassermengen* je Zeiteinheit zu erreichen. Daraus wiederum ergeben sich die nicht selten sehr hohen Abflußverluste, denen möglichst durch Wiederverwendung des Wassers begegnet werden sollte.

Wichtig sind ferner die *Wassermengen, die in einer Wachstumsperiode verbraucht bzw. gebraucht* werden. Bei diesen Zahlen wird die hohe Wirksamkeit der Beregnung deutlich. Die Werte der *Abwasserberegnung* liegen nach *Uhdén* allerdings mehr als doppelt so hoch.

Auf dem Niedermoorgrünland des Instituts für Grünland- und Moorforschung Paulinenaue hat *Scholz* den *Wasserbedarf für die Einstaubewässerung* in den Trockenjahren 1959 und 1964 mit etwa 250 mm je Trockenjahr ermittelt. Dabei wurde von Versuchsergebnissen ausgegangen, über die *Kalisvaart* (1960) berichtet. Er rechnet auf einem Grünlandstandort in den Niederlanden in warmen trockenen Perioden mit einer Wasserzufuhr von „beinahe 0,5 l/s ha“, um einen Grundwasserstand von 40 cm unter Gelände aufrechtzuerhalten.

Der unter diesen Bedingungen ermittelte Wasserverbrauch der Grünlandpflanzen von 4 mm in 24 Stunden wurde bei der Auswertung des Grundwasserganges auf dem Grünlandstandort in Paulinenaue in den Jahren 1959 und 1964 (vgl. Abb. 34, 35, S. 150, 151) für die Tage in Ansatz gebracht, an denen das Grundwasser eine sinkende Tendenz aufwies.

Bei der *Einstaubewässerung* muß beachtet werden, daß sich die Einstauwassermenge immer aus zwei Komponenten zusammensetzt:

- der Menge, die bei Einstaubeginn zur Auffüllung erforderlich ist,
- der Menge, die zur ständigen Ergänzung des Wasserentzuges durch die Pflanzen verbraucht wird.

Es kommt darauf an, den *Auffüllungsbedarf* so gering wie möglich zu halten!

Die Angaben von *Uhdén* über die jährliche Bewässerungsmenge bei der *Hangberieselung* beziehen sich auf die Wiesen im Boker-Heide-Verband, die aus Vorflutern berieselt werden. Diese 600 m dürften ein typischer Wert für dieses Verfahren sein.

3.6. Technologie der Grundwasserregulierung mittels Stauverfahren

3.6.1. Organisatorische Voraussetzungen

3.6.1.1. Gesetzliche Grundlagen

Eine wirksame *Grundwasserregulierung* ist nur dann zu erreichen, wenn die Organe der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft eng zusammenarbeiten. Die Grundlage dieser Zusammenarbeit bietet das „Gesetz über den Schutz, die Nutzung und die Instandhaltung der Gewässer und den Schutz vor Hochwassergefahren – Wassergesetz“ –, vom 17. 4. 1963, aus dem nachstehend jene Abschnitte zitiert werden sollen, die für die Grundwasserregulierung besonders wichtig sind.

Unter den wasserwirtschaftlichen Hauptaufgaben sind im Wassergesetz

die Bereitstellung von Brauchwasser in erforderlicher Menge und Güte

u. a. für die Versorgung der Landwirtschaft sowie die Instandhaltung und der Ausbau der Gewässer zur planmäßigen Ausnutzung des Wassers, insbesondere zur Sicherung und Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion genannt.
Der oberste Grundsatz für die Planung und Durchführung der genannten Aufgaben lautet:

Die Nutzung des Wassers hat so zu erfolgen, daß ein ausgeglichener Wasserhaushalt in den Flußeinzugsgebieten gesichert wird.

Weiterhin ist festgelegt, daß beim Bau von Entwässerungsanlagen für landwirtschaftliche Nutzflächen die erforderliche Bewässerung und bei Bewässerungsmaßnahmen die erforderliche Entwässerung zu berücksichtigen sind.

Das Amt für Wasserwirtschaft mit seinen nachgeordneten Dienststellen ist verantwortlich für die planmäßige Ausnutzung des in der Natur vorhandenen Wassers.

Es koordiniert und kontrolliert die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen aller Zweige der Volkswirtschaft und hat in Zusammenarbeit mit den zentralen und örtlichen staatlichen Organen Wasserhaushaltsbilanzen aufzustellen.

Neben dem oberirdischen Wasser ist auch das *Grundwasser* ein „Gewässer“ im Sinne des Gesetzes. Die Nutzung der Gewässer bedarf der Genehmigung. Diese wird je nach Zuständigkeit von den Wasserwirtschaftsdirektionen bzw. von den Organen der Wasserwirtschaft der Kreise oder Bezirke erteilt. Zur regelmäßigen Kontrolle der Instandhaltung und der Nutzung der Gewässer bilden die örtlichen Räte *Schaukommissionen* und *Staubeiräte*.

In der ersten Verordnung zum Wassergesetz vom 17. 4. 1963 worden die gesetzlichen Festlegungen präzisiert. Die Wasserläufe werden nach ihrer Bedeutung bzw. nach ihrer Zuständigkeit für ihre Instandhaltung eingeteilt in

- Wasserstraßen,
- zentrale Wasserläufe,
- örtliche Wasserläufe der Wasserwirtschaft,
- örtliche Wasserläufe der Landwirtschaft,
- Wasserläufe, die einzelnen Betrieben, Einrichtungen oder Grundstücken dienen.

Die Bewässerung land- und forstwirtschaftlicher sowie gartenbaulicher Nutzflächen wird ausdrücklich als *genehmigungspflichtige* Nutzung herausgestellt.

Das Genehmigungsverfahren wird in der ersten *VO zum Wassergesetz* ausführlich behandelt. Dieses wird im Stadium der Vorbereitung einer geplanten Bewässerungsmaßnahme durch einen *wasserwirtschaftlichen Vorbescheid* eingeleitet. Der wasserwirtschaftliche Vorbescheid enthält bereits Festlegungen u. a. über die höchstzulässige Entnahme-, Einleitungs- und Verlustmenge und über höchste und tiefste Staugrenzen (Stauziele). Das Genehmigungsverfahren wird durch die Erteilung der *wasserwirtschaftlichen Genehmigung* abgeschlossen. Mit der wasserrechtlichen Genehmigung werden entsprechende *Auflagen* erteilt, die sich auf die Instandhaltung der Anlagen und den Staubetrieb,

insbesondere auch auf die Regelung des zeitlichen Abflusses aus Staubereichen (Schwallbetrieb) erstrecken. So wird z. B. hervorgehoben, daß

aufgestautes Wasser ohne Genehmigung nicht plötzlich abgelassen werden darf.

Die *Meliorationsordnung* vom 29. 6. 1967 ist eine weitere gesetzliche Grundlage, in der – ausgehend von den Beschlüssen des VII. Parteitagess der SED – vor allem die notwendigen *Kooperationsbeziehungen* auf dem Gebiet des Meliorationswesens herausgestellt werden.

In der Meliorationsordnung wird festgelegt (§ 6),

daß zur Erhöhung des Nutzeffektes die Meliorationsvorhaben und wasserwirtschaftlichen Vorhaben einheitlich zu planen und vorzubereiten sind.

Der engen Verflechtung der landwirtschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Interessen und Aufgaben, insbesondere auf dem Gebiet der Bewässerung, trägt der Abs. 5 Rechnung, in dem es heißt:

- Das Amt für Wasserwirtschaft sichert die Ausarbeitung der prognostischen und perspektivischen Entwicklung und Deckung des Wasserbedarfes zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion als Bestandteil der Prognose für Meliorationen und des einheitlichen Planes.
- Es gewährleistet die Mitarbeit der nachgeordneten Organe und Betriebe bei der Ausarbeitung von Vorbereitungsunterlagen.
- Es sichert die Bereitstellung eines Höchstmaßes von Abwasser und Klarwasser für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen.
- Die Wasserwirtschaftsdirektionen erarbeiten im Auftrage der Produktionsleitungen der Bezirkslandwirtschaftsräte¹ technisch-ökonomische Grundkonzeptionen für wasserwirtschaftliche Vorhaben mit spezieller Aussage für Meliorationen unter Beachtung der volkswirtschaftlichen Belange für ganze Wassereinzugsgebiete.
- Es gewährleistet, daß den Genossenschaftsbauern und Landarbeitern Vorschläge für die rationellste Nutzung wasserwirtschaftlicher Anlagen, Studien und Gutachten im Auftrage der sozialistischen Betriebe der Landwirtschaft angefertigt werden.
- Mit den LPG und VEG werden schrittweise Vereinbarungen über die Nutzung und Gewährleistung einer ständigen Leistungsfähigkeit wasserwirtschaftlicher Gewässer sowie anderer wasserwirtschaftlicher Anlagen (Schöpfwerke, Stau, Wehre, Rückhaltebecken) abgeschlossen.

Das *Musterstatut* für Meliorationsgenossenschaften vom 19. 12. 1962 regelt und sichert den technologischen Ablauf der Grundwasserregulierung insofern, als darin die Meliorationsgenossenschaften für den Betrieb von Bewässerungseinrichtungen sowie die Koordinierung der Bewässerungspläne der einzelnen Betriebe verantwortlich gemacht werden.

¹ jetzt Räte für landwirtschaftliche Produktion und Nahrungsgüterwirtschaft

Diese Festlegung im Musterstatut bezieht sich in erster Linie auf die *Grundwasserregulierung*, weil sich diese meist großräumig über ganze Einzugsgebiete erstreckt und die Eigentumsgrenzen der Landwirtschaftsbetriebe in der Regel mehrfach überschreitet. Demgegenüber wird die *Beregnung* vielfach nur innerhalb der Grenzen eines Betriebes eingesetzt.

Laut Musterstatut sind die Meliorationsgenossenschaften auch verpflichtet, ihre Mitglieder in Schaukommissionen sowie in Stau- und Schöpfwerks-Beiräte zu entsenden.

3.6.1.2. Aufgabe und Arbeitsweise der Staubeiräte

Nach dem Wassergesetz, § 47, Abs. 2, haben die Staubeiräte insbesondere die Aufgabe,

die Ausübung der Stau (des Staubetriebes) in ihrem Einzugsgebiet im Interesse des höchsten volkswirtschaftlichen Nutzens zu koordinieren und zu regeln.

Grundsätzlich soll der Staubeirat die Dienststellen der Wasserwirtschaft – soweit es sich um Anlagen der Wasserwirtschaft handelt – zum ausgewogenen Vorteil der an der Stauhaltung materiell interessierten Betriebe und Institutionen beraten. Diese Beratung erfolgt auf Grund von Beschlüssen des Staubeirates über Stauziele, Stauzeiten, Wasser-Verteilung und gegebenenfalls auch Wassermengenbestimmungen. Die Beschlüsse des Staubeirates bilden die Grundlage für rechtskräftige Entscheidungen der jeweiligen Rechtsträger; der Staubeirat selbst ist keine juristische Person.

Die genannten Aufgaben können nur dann sachgemäß wahrgenommen werden, wenn im Staubeirat neben den Rechtsträgern der Wasserläufe und baulichen Anlagen alle an der Wassernutzung Interessierten vertreten sind. In der Regel setzt sich der Staubeirat zusammen aus

- den zuständigen Flußmeistern der Wasserwirtschaftsdirektionen,
- den Leitern der Meliorationsgenossenschaften,
- den Vertretern von Industriebetrieben, die Brauchwasser aus den Wasserläufen entnehmen,
- sonstigen Interessenten (Anglerverband, Feuerwehr u. a. m.).

Um wirksam arbeiten und richtig entscheiden zu können, braucht der Staubeirat *Kartenunterlagen* mit einem Verzeichnis der Wasserläufe, der Bauwerke und Höhenangaben von den Flächen, die im Einzugsgebiet der zu stauenden Wasserläufe liegen. Danach werden die Vorteilsflächen abgegrenzt und die Stauziele sowie die Verantwortlichkeiten in einer *Stauordnung* festgelegt.

3.6.1.3. Die Stauordnung als Arbeitsgrundlage für den Staubetrieb

Stauordnungen werden sowohl für Großeinzugsgebiete, für die ein Staubeirat besteht, als auch für Teileinzugsgebiete, die von einer Meliorationsgenossenschaft betreut werden, aufgestellt. Eine Stauordnung hat folgenden Inhalt:

1. Standortbedingungen im Einzugsgebiet

Erstens sind unter diesem Punkt *Staubereiche* oder *Staugebiete* abzugrenzen und zu

benennen. Der Begriff Staubereich steht jeweils mit einem Staubauwerk in Zusammenhang. Der Staubereich eines Staues oder Wehres ergibt sich aus der möglichen Stauhöhe und der vom Geländegefälle abhängigen Rückstaulänge im Graben. In Gebieten mit Geländegefälle stehen in einem Wasserlauf meist mehrere Staubauwerke hintereinander. Man spricht dann vom Staugebiet eines Wasserlaufes, der mehrere Staubereiche umfaßt.

Zweitens sind die *Bodenverhältnisse* in den Staubereichen bzw. Staubeieten zu beschreiben. Nach den meist anzutreffenden Bedingungen sind die Bodenverhältnisse (nur zusammenhängende Flächen) zu unterteilen in

- humosen Sand,
- sandunterlagertes Anmoor,
- sandunterlagertes flachgründiges Niedermoor (Moormächtigkeit $< 0,8$ m),
- sandunterlagertes mittelgründiges Niedermoor (Moormächtigkeit 0,8-1,2 m),
- schwerdurchlässige Böden, zu denen tiefgründiges Niedermoor, lehmige, tonige Böden und Sandböden mit Stauschichten im Profil zu zählen sind.

Drittens ist es zweckmäßig, eine *Übersicht über die Grundwasserverhältnisse* im Zusammenhang mit der Nutzung als Grünland oder Ackerland anzufertigen. Die Grundwasserverhältnisse sollten nach den Richtlinien der Bodenkunde in folgende Gruppen eingestuft werden:

- grundwasserbeeinflußt (der Grundwasserspiegel schwankt um den Mittelwert von 1,5 m unter Flur);
- grundwassernah (der Grundwasserspiegel schwankt um den Mittelwert von 1,0 m unter Flur);
- grundwasserbeherrscht (der Grundwasserspiegel schwankt um den Mittelwert von 0,5 m unter Flur);
- stark grundwasserbeherrscht (der Grundwasserspiegel liegt etwa 0,5 m unter Flur und höher).

Da Feldfrüchte tiefer als Grünlandpflanzen wurzeln und somit tieferes Grundwasser besser auszunutzen vermögen, kann möglicherweise auf der Grundlage dieser Ermittlungen eine Umlegung von Grünland in Ackerland vorgenommen werden.

Viertens sind die *Zuflüsse von Fremdwasser* aus höhergelegenen Gebieten von entscheidender Bedeutung für die Grundwasserregulierung. Je nachdem, ob Fremdwasser zur Verfügung steht oder nicht, können *Einstau- oder Anstaugebiete* unterschieden werden. Das ist schon deshalb zweckmäßig, um regional gültige Zeitrichtwerte für die Staubedienung aufstellen zu können; denn unter Anstaubedingungen müssen die Staue im Frühjahr eher als unter Einstaubedingungen geschlossen werden.

2. Stau- und Meßanlagen im Einzugsgebiet

Unter diesem Punkt sind – ausgehend vom jeweils größten Wasserlauf – *Wehre* und *Staubauwerke*, *Pegel* und *Grundwassermessrohre* aufzuführen.

3. Stauplan

Der Stauplan ist zweckmäßigerweise in Tabellenform – notfalls im Querformat – aufzustellen (siehe Tabelle 3, vgl. auch Abb. 32, S. 147).

Tabelle 3 *Beispiel eines Stauplanes*

Stauanlage und Station	Kurz- bezeich- nung	Pegel- null über NN	Stauziele am Pegel in cm			Verant- wortlicher
			Winter	März/ April	Sommer	
Nadelwehr Bergerdamm St. 42+300	GH 8	27,05	110	130	154	Schrödter
Nadelwehr Paulinenaue St. 35—500	GH 7	26,89	90	120	160	Schrödter
Nadelwehr Wagenitz St. 29+800	GH 6	26,40	1,30	1,70	180	Schrödter
Nadelwehr Senzke St. 27+400	GH 5	26,34	0,80	1,20	140	Kitzmann
Nadelwehr Kriele St. 23+100	GH 4	26,11	0,70	1,00	140	Kitzmann
Nadelwehr Kotzen St. 19+600	GH 3	25,40	1,15	1,15	140	Kitzmann
Nadelwehr Rhinsmühlen St. 16+800	GH 2	25,35	1,15	1,15	140	Kitzmann
Nadelwehr Kornhorst St. 11+600	GH 1	24,65	0,80	0,80	140	Kitzmann

Auf die in Tabelle 3 aufgeführten Stauziele wird im Abschnitt 3.6.2. nochmals eingegangen.

4. Aufgaben der Verantwortlichen

Unter diesem Punkt sind in der Stauordnung die Aufgaben des Produktionsleiters der Meliorationsgenossenschaft sowie auch die Aufgaben des verantwortlichen Stauwärters anzugeben. Die Festlegungen beziehen sich auf

- die Verantwortung gegenüber den Landwirtschaftsbetrieben,
- die Arbeitsschutzbestimmungen,
- die Instandhaltung der Stau- und Meßanlagen,
- die Führung der Kontrollbücher.

AUFGABEN

1. Wie groß muß die Wassermenge Q in l/s sein, wenn in ein Grünlandgebiet von 288 ha täglich 3 mm Wasser eingestaut werden sollen?
2. Wieviel ha Grünlandfläche können bei einem Wasserbedarf von täglich 3 mm mit einem Zufluß von 25 l/s Fremdwasser versorgt werden?

3.6.2. Der Staubetrieb des Großen Havelländischen Hauptkanals als Beispiel einer großräumigen Grundwasserregulierung

Westnordwestlich von Berlin liegt das *Havelländische Luch* mit einer Niederungsfläche von etwa 46000 ha. Das durch die Städte Rathenow, Brandenburg und Oranienburg markierte Gebiet wird von einer großen Havel Schleife begrenzt. Im Havelländischen Luch, das in den Jahren von 1718 bis 1724 urbar gemacht wurde, spielt die *Grundwasserregulierung* mittels Stauhaltung auf Grund der geringen Mooraufgabe und des durchlässigen Untergrundsandes seit jeher eine hervorragende Rolle. Es wurden im Institut für Gründland- und Moorforschung Paulinenaue Versuchsergebnisse erzielt, die nicht nur für die Technologie der Grundwasserregulierung im Havelländischen Luch, sondern darüber hinaus für viele Standorte der mittleren und nördlichen Bezirke der Deutschen Demokratischen Republik Bedeutung haben.

3.6.2.1. Entstehung und Besonderheiten des Großen Havelländischen Hauptkanals

Der *Große Havelländische Hauptkanal* wurde in den Jahren 1718 bis 1719 gebaut. Von der Mündung in die Havel bei Hohenauen bis zum Schöpfwerk Zeestow am Havelkanal weist er eine Länge von 58,5 km auf und entwässert auf dieser Strecke den Hauptteil des Havelländischen Luchs. Für das gesamte Einzugsgebiet des Kanals, das sich über zwei Kreise erstreckt, besteht nur ein Staubeirat (vgl. Stauplan, Tabelle 3, S. 145). Der Trasse einer natürlichen Abflusssenke folgend, diente der Kanal ursprünglich nur der Entwässerung. Aber schon 1737 bis 1738 wurde ein 15 km langer Graben von Brieselang bis Nieder-Neuendorf eigens zu dem Zwecke der *Fremdwasserzuleitung* aus der

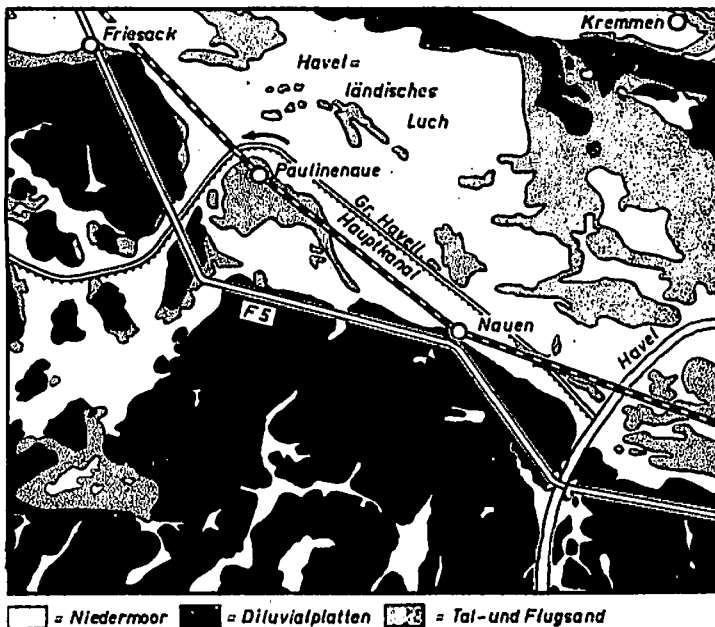


Abb. 31
Geologische
Übersichtsskizze
vom Havelländischen
Luch

höhergelegenen Havel ausgebaut. Das Hochwasser wurde in das Grabensystem der Luchniederung zur Grundwasseranreicherung eingeleitet, so daß von einer typischen *Grabeneinstaubewässerung* gesprochen werden kann.

Im 3. Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts wurde der Kanal vertieft, und zum Zwecke der Stauhaltung wurden 8 Nadelwehre (siehe auch Abb. 16, S. 128) gebaut.

Die geologische Übersichtskarte (Abb. 31) zeigt den Verlauf der Kanaltrasse in der Niederung zwischen den Diluvialplatten der Grundmoräne. Die Niedermoorbildungen sind im wesentlichen flachgründig; die Sandunterlagerung wird aus der geologischen Gesamtsituation verständlich.

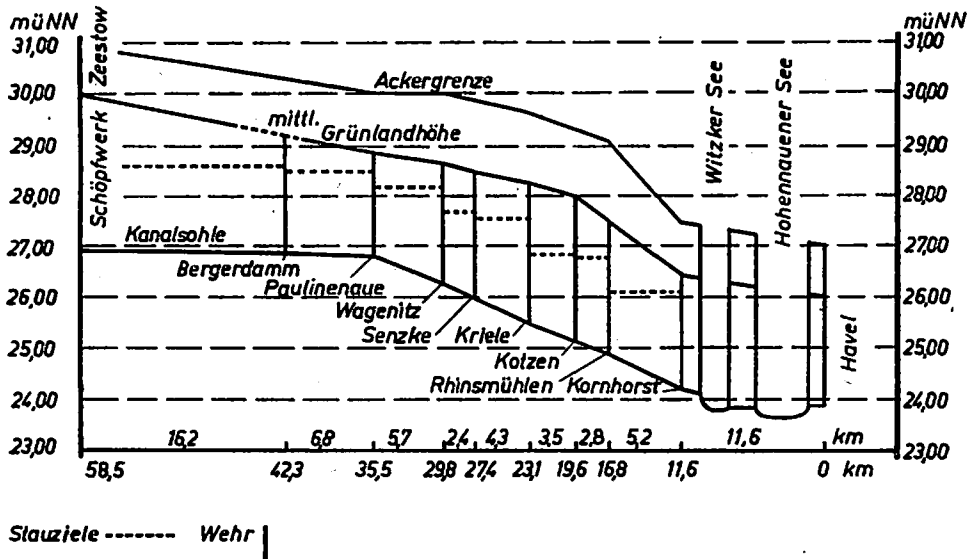


Abb. 32 Längsschnitt des Großen Havelländischen Hauptkanals mit Staubereichen und Stauzielen

Auf Abbildung 32 ist der Längsschnitt des Großen Havelländischen Hauptkanals dargestellt. Es fällt auf, daß der Kanal auf den oberen 23 km so gut wie kein Sohlgefälle aufweist. Das Geländegefälle ist in dieser Luchebene ebenfalls nur sehr gering. In Verbindung mit dem durchlässigen Untergrund sind das geradezu ideale Bedingungen für die Grundwasserregulierung mittels Stauhaltung. Die Staubereiche sind folglich sehr lang. Das eigentliche Gefälle des Kanals erstreckt sich hauptsächlich auf die mittleren 24 km und beträgt etwa 0,1‰. Auch dieses Gefälle ist noch als sehr günstig anzusprechen.

Der Kanal beginnt jetzt am Schöpfwerk Zeestow, wo Fremdwasser aus dem höhergelegenen Havelkanal eingespeist werden kann. Es liegt eine wasserrechtliche Genehmigung über die Einspeisung von 2,5 m³/s vor. Davon sind etwa 0,8 m³/s für 2500 ha Beregnung und etwa 1,7 m³/s für etwa 12000 ha Grünlandbewässerung durch Grabeneinstau vorgesehen. Auf Abbildung 32 sind auch die *Sommerstauziele* eingezeichnet, die nur dann überzogen werden dürfen, wenn reichlich Wasser zur Verfügung steht. Bei einem Vergleich der Sommerstauziele mit den Winterwasserständen in Tabelle 3 zeigt

sich, daß der Kanal insofern eine optimale Wasserregulierung ermöglicht, als die Wasserstände im Winter tief und im Sommer etwa um 70 cm höher gehalten werden können. Die Wasserstandsschwankungen im Kanal sind relativ gering, so daß die Nadelwehre die geforderte Funktion erfüllen können.

3.6.2.2. Die Bedeutung der Pegel- und Grundwasserganglinien für die Technologie der Grundwasserregulierung

Bei der Grundwasserregulierung muß von der Beobachtung des Grundwasserstandes ausgegangen werden.

Der Grundwasserstand wird hauptsächlich von den Niederschlägen sowie von der produktiven und unproduktiven Verdunstung (Transpiration und Evaporation) beeinflusst.

Auch unterirdischer *Grundwasserzstrom* und *Grundwasserabfluß* (vgl. Abschnitt 3.3.1. „Standorteignung für die Grundwasserregulierung mittels Stauverfahren“, S. 122) sowie *Frosteinflüsse* können eine Rolle spielen. Die periodisch vorzunehmenden *Grundwasserstandsmessungen* werden zunächst in eine Tabelle eingetragen, aus der auch die errechnete Differenz zum zugehörigen Pegel zu ersehen sein soll.

Tabelle 4

Grundwasserstandstabelle

Fläche.....zugehöriger Pegel.....m NN

Datum der Messung	Rohr-Nr. Wasserstand in cm		OK Rohr m NN Errechnete Größen	
	unter Ober- kante Rohr	unter Ober- kante Gelände	Grundwasserhöhe	Differenz zum Pegel

Der *Grundwassergang* wird durch die graphische Darstellung der abgelesenen Werte, besser der errechneten Grundwasserhöhen, erreicht (Abb. 33). Stehen die Grundwassermeßrohre höhenmäßig mit dem zugehörigen Pegel des Einstaugrabens in Beziehung und wird die Pegelganglinie ebenfalls eingetragen, dann ist aus der graphischen Darstellung gleichzeitig zu ersehen, ob ein *Entwässerungszustand* oder ein *Bewässerungszustand* gegeben ist.

Der *Entwässerungszustand*, wobei die Grundwasseroberfläche über dem Vorflutwasserspiegel liegt, ist typisch für das Winterhalbjahr, unter Umständen auch für Nässeperioden im Sommerhalbjahr.

Der *Bewässerungszustand*, wobei die Grundwasseroberfläche unter dem Stauspiegel des Einstaugrabens liegt, ist nur bei Fremdwassereinspeisung, eventuell auch bei starkem Grundwasserzstrom, gegeben.

Am Beispiel des Stausandortes Paulinonau sollen die Beziehungen zwischen dem Pegelgang des Großen Havelländischen Hauptkanals, dem Grundwasserergang auf einer 373 bis 513 m vom Kanal entfernten Versuchsfäche, dem Temperaturgang und den Niederschlägen gezeigt werden. Aus diesen Meßergebnissen soll der optimale Zeitpunkt des Staubegins im Frühjahr abgeleitet werden. Ausgewählt wurden die Trockenjahre 1959 (Abb. 34) und 1964 (Abb. 35), die dem feuchten Sommer des Jahres 1967 (Abb. 36, S. 152) gegenübergestellt werden.

Die Pegelganglinien (siehe Abb. 34 und 35) lassen sehr deutlich erkennen, wann die Staubohlen gesetzt wurden. Die kleineren Schwankungen sind auf Niederschläge im Einzugsgebiet zurückzuführen. Wie aus der Grundwasseranglinie (siehe Abb. 34) hervorgeht, sank 1959 im sehr trockenen März mit nur 9,4 mm Niederschlag der Kanalspiegel bis zur Grundstauhöhe ab; fast parallel dazu verläuft die Ganglinie des Grundwasserstands. Der Anstieg des Kanalspiegels wie auch des Grundwasserspiegels Anfang April war niederschlagsbedingt.

Am 17. April wurde der Kanal über das Niveau des Grundwasserstands eingestaut, womit der Entwässerungszustand aufgehoben war. 15 mm Niederschlag am 18. April verursachten bei einer Mitteltemperatur von 3 bis 8 °C einen Grundwasseranstieg von 11 cm. Unter ähnlichen Staubedingungen wurden vom 2. bis 3. Mai bei 9 bis 11 °C die Mitteltemperatur zum gleichen Grundwasseranstieg von 11 cm schon 27 mm benötigt. Obwohl der Kanalspiegel nicht tiefer als der Grundwasserspiegel lag, sank das Grundwasser nach diesen hohen Niederschlägen schnell ab. Dadurch war der Zeitpunkt gekennzeichnet, an dem die Zusatzversorgung durch den Einstau von Fremdwasser hätte einsetzen müssen.

Von außerordentlich großer Bedeutung für den Erfolg der Grundwasserregulierung ist, daß der Staubeginn im Frühjahr zum richtigen Zeitpunkt festgelegt wird.

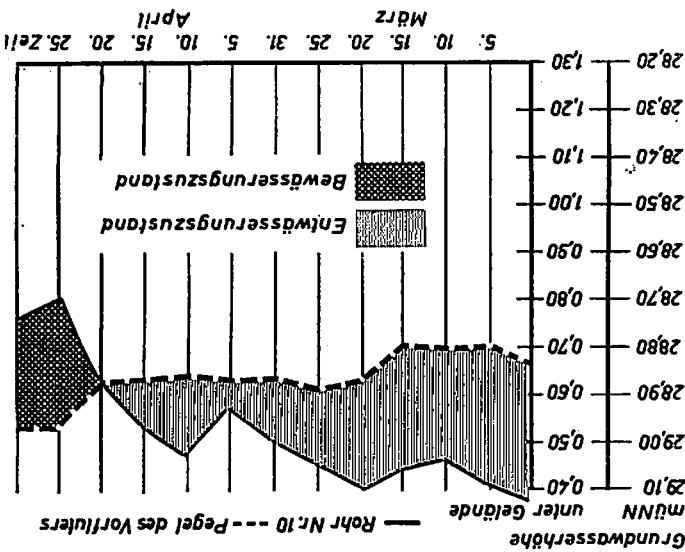


Abb. 33 Grundwasseranglinien

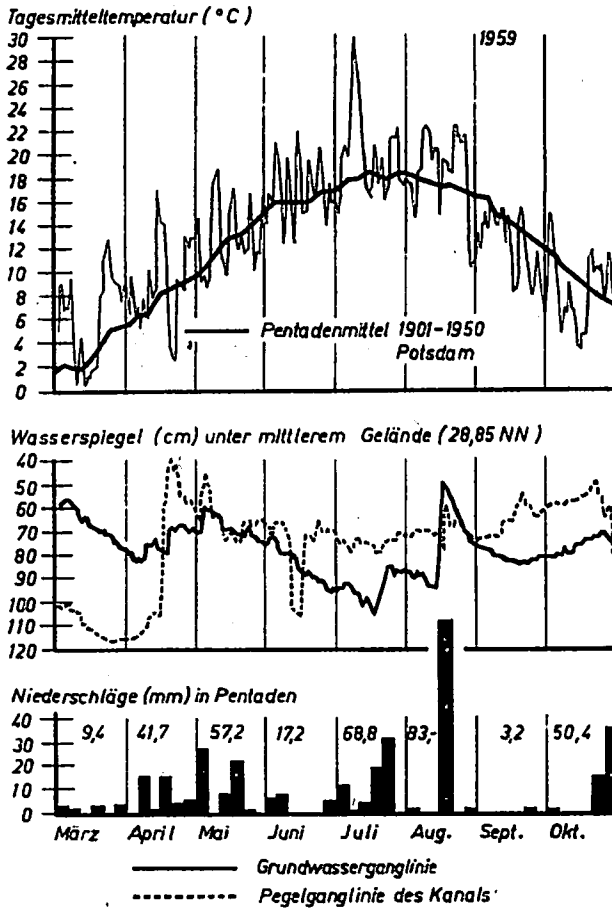
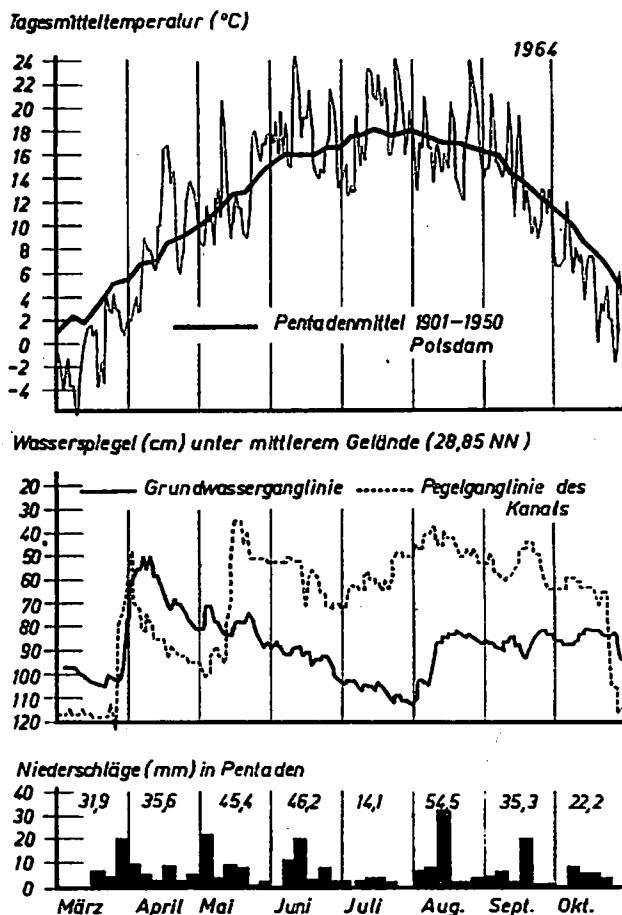


Abb. 34
Abhängigkeit des
Grundwasserganges von den
Niederschlägen,
der Temperatur und der
Stauspiegelhöhe des Großen
Havelländischen Hauptkanals
(1959)

Die Auswertung des gleichen Zeitabschnittes 1964 (siehe Abb. 35) führt zu ähnlichen Resultaten. In der Frostperiode Anfang März, war das Grundwasser bei tiefem Kanal-
spiegel ebenfalls tief abgesunken. Ende März wurden die Staubohlen gesetzt. In wenigen
Tagen stiegen mit dem Kanal-
spiegel die Grundwasserstände um mehr als 50 cm an,
wobei naturgemäß das Auftauen des Bodens mitwirkte. Das als Eis festgelegte Wasser
in der oberen Bodenschicht wurde frei und füllte zusammen mit den Niederschlägen
das Grundwasser auf. Daraufhin wurde der Kanal-
spiegel wieder abgesenkt. Es herrschten von Anfang April bis 13. Mai *Entwässerungsbedingungen*, die während des
Aprils wesentlich zu dem starken Abfall des Grundwasserspiegels beitragen.
Wie aus dem Vergleich mit Abbildung 34 zu ersehen ist, hätte bei höherem Kanal-
spiegel das Grundwasser bis Ende April auf 60 cm unter Flur gehalten werden können.
Auch im Jahre 1964 war ab Anfang Mai ein *Zusatzwasserbedarf* festzustellen, in dem
das Grundwasser im Mai selbst bei höherliegendem Kanalwasserspiegel eine stark
fallende Tendenz aufwies. Durch den etwa 30 cm über dem Grundwasser liegenden Kanal-
wasserspiegel konnte das Absinken nur in geringem Maße aufgehalten werden.

Abb. 35

Abhängigkeit des Grundwasserganges von den Niederschlägen, der Temperatur und der Stauspiegelhöhe des Großen Havelländischen Hauptkanals (1964)



In gleicher Weise wurden die Jahre 1960, 1961, 1962, 1963 und 1965 ausgewertet. In 5 von 7 Fällen zeigte sich,

daß Ende April bis Anfang Mai der optimale Zeitpunkt für den Einstaubeginn ist, wenn bei Tagesmitteltemperaturen über 10 °C das Grundwasser unter 60 cm abzusinken beginnt.

Welche Auswirkungen der zu späte Staubeginn haben kann, soll noch einmal anhand der Meßergebnisse in Paulinenaue am Vergleich der beiden Trockenjahre 1959 und 1964 (siehe Abb. 34 und 35) gezeigt werden. 1959 fielen von März bis Anfang Juni 108,3 mm, 1964 im gleichen Zeitraum 113,9 mm Niederschlag. Während aber Anfang Juni 1959 das Grundwasser auf Grund des rechtzeitigen Staues im April noch auf 70 cm stand, war es eingangs 1964 bereits auf 90 cm unter Flur abgesunken, weil im April nicht gestaut wurde, sondern im Gegenteil der Kanal noch entwässernd wirkte. Bei den geringen Niederschlägen in den nachfolgenden Monaten wirkte dieses Versäumnis nach,

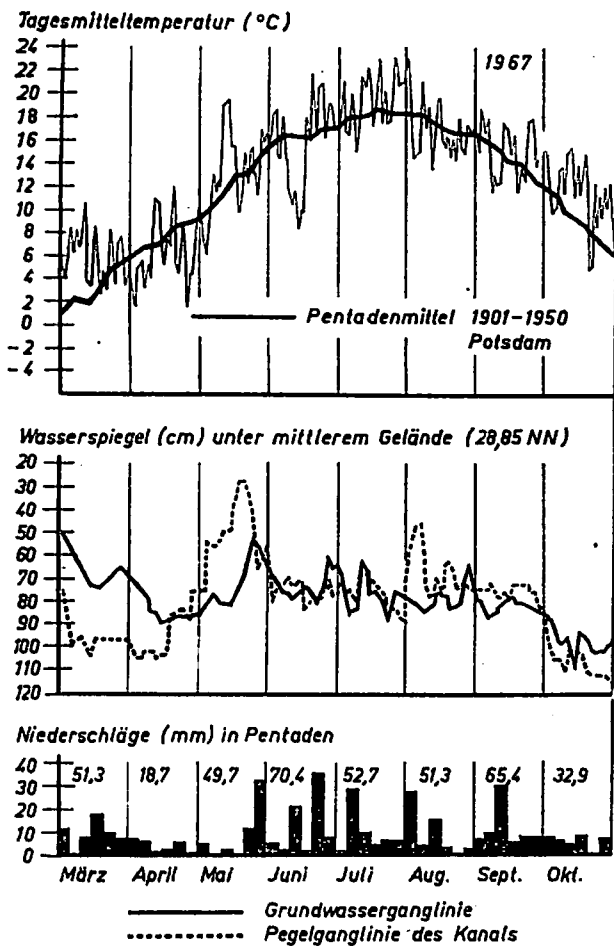


Abb. 36
 Abhängigkeit des Grundwasserganges von den Niederschlägen, der Temperatur und der Stauspiegelhöhe des Großen Havelländischen Hauptkanals (1967)

so daß sich im Juli 1964 die tiefsten überhaupt gemessenen Grundwasserstände einstellten.

Im Jahre 1967 (siehe Abb. 36) wurde die Stauhaltung im Frühjahr so eingerichtet, daß der *Einstau*phase im Mai eine vorbeugende *Anstau*phase ab 19. April vorausging. Diese Anstauphase verhinderte, daß das Grundwasser im Frühjahr stark absank, ließ aber gleichzeitig eine schnellere Erwärmung des Bodens bei Grundwasserständen von etwa 60 cm zu und sicherte somit einen zeitigen Aufwuchs. Ein zu früher *Einstau* kann nämlich zu Nässeschäden führen, wenn plötzlich im März/April (vgl. auch Abb. 35, S. 151) starke Niederschläge fallen.

In *Anstaugebieten* ist der optimale Zeitpunkt des Staubeginns *früher* als in *Einstaugebieten* gegeben.

Die vorbeugende Abflußverzögerung muß einsetzen, solange der Boden noch einen angemessenen Abfluß spendet.

Sie muß selbst auf die Gefahr hin erfolgen, daß besonders tief gelegene Flächen (soweit diese nur einen bedeutungslosen Umfang einnehmen) im Frühjahr später abtrocknen. Daß auf austrocknungsgefährdeten Böden auch unter Anstaubedingungen ein, wenn auch schwer meßbarer Erfolg zu erwarten ist, lehrt die Erfahrung. Verfolgt man z. B. auf solchen Böden die Wirkung einschneidender Entwässerungsmaßnahmen, so ist immer wieder festzustellen, daß die Erträge in Trockenjahren vor der Entwässerung höher waren, solange das Grabensystem für Nässeperioden unzureichend ausgebaut war.

Der *Grabenanstau* bezweckt nicht mehr, als eben diese positive Wirkung der Abflußverzögerung des unzureichenden Grabensystems durch eine gezielte Regulierung des Grundwasserstandes mittels Stauanlagen in einem auch für Nässeperioden ausreichenden Grabensystem weitestgehend zu erhalten.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Grundwasserstände im Frühjahr fast täglich überprüft und die Stauanlagen dem Witterungsverlauf entsprechend kurzfristig bedient werden.

3.7. Mehrerträge durch Einstaubewässerung

Es ist eindeutig erwiesen, daß die Höhe der Erträge auf austrocknungsgefährdeten Böden in hohem Maße von einem *wurzelnahen Grundwasserstand* abhängt. Trotzdem liegen keine genauen Angaben über die Höhe des jeweils zu erwartenden *Mehrertrages* vor. Das ist einerseits dadurch begründet, daß die Grundwasserregulierung auf den genannten Standorten – wo die Möglichkeit dazu besteht – als eine Selbstverständlichkeit angesehen wird. Andererseits ist es methodisch außerordentlich kompliziert, die Mehrerträge exakt zu bestimmen, die allein der Grundwasserregulierung zuzuschreiben sind. Die Schwierigkeit besteht vor allem darin, auf ein und demselben Standort Flächen zu begrenzen, auf denen durch Einstau unterschiedlich hohe Grundwasserstände gehalten werden können.

Nachstehend sollen einige Versuchsergebnisse und Ertragsauswertungen aufgeführt werden, die einige Anhaltspunkte geben können.

Bei einem Weidemastversuch ermittelte *Berg*¹ auf etwa vergleichbaren Grünlandstandorten mit Grundwasserständen unter Gelände von 1,0 bis 1,5 (ungestaut) und 0,6 bis 0,7 m (eingestaut) einen

Mehrertrag durch Einstaubewässerung von 45 dt Grünmasse bzw. 108 kg Fleisch je ha.

Versuche in der Sowjetunion ergaben

Mehrerträge je ha durch Dräneinstau von 14 bis 25 dt Heu.

¹ Zitiert in Scholz, Wiese, Mehnert „Die Staubewässerung auf Grundwasserstandorten“. Zeitschrift „Wissenschaftlich-technischer Fortschritt“, Heft 6, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1965

In der LPG Neuholland stiegen die Erträge auf dem Ackerland nach dem künstlichen Einstau in den Jahren 1966 und 1967

um etwa 5 bis 10 GE

gegenüber den nicht eingestauten Ackerflächen an.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Mehrerträge durch Einstaubewässerung je nach der erreichten Höhe des Grundwasserstandes in Trockenperioden und je nach der Jahreswitterung zwischen 2 bis 12 GE je ha schwanken.

Der Mehrertrag durch Einstaubewässerung unter mittleren Bedingungen dürfte im Mittel der Jahre zwischen 3 bis 5 GE je ha liegen.

Höhere Durchschnittswerte sind vor allem bei intensiv betriebenem künstlichen Einstau zu erwarten.